



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ IV – ΣΥΝΘΕΣΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΙΧΜΗΣ

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΑΔΙΑΦΑΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ
(ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ) ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ:
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΚΥΠΡΙΑΚΗΣ ΤΥΠΙΚΗΣ ΟΙΚΙΑΣ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΝΙΚΟΛΑΟΣ Γ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ

ΑΘΗΝΑ 2024



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ IV – ΣΥΝΘΕΣΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΙΧΜΗΣ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΑΔΙΑΦΑΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ
(ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ) ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ :
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΚΥΠΡΙΑΚΗΣ ΤΥΠΙΚΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

Επιβλέπων και Μέλη Επιτροπής

Μιλτιάδης Κατσαρός

Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Φλώρα - Μαρία Αν. Μπουγιατιώτη

Επίκουρη Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Σόλων Ξερόπουλος

Ομότιμος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	13
ABSTRACT.....	15
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	16
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	17
Α. Αντικείμενο και στόχοι της εργασίας	17
Β. Τοποθέτηση του θέματος στο ευρύτερο επιστημονικό του πλαίσιο.....	19
Γ. Μεθοδολογία Προσέγγισης.....	26
Δ. Διάρθρωση κεφαλαίων εργασίας	28
ΜΕΡΟΣ Α: ΑΝΑΛΥΣΗ – ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΑΣ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	30
1.1 Το επάγγελμα του αρχιτέκτονα και η σχέση του με το περιβάλλον.....	30
1.2 Οι τρεις πυλώνες της επιστήμης της κατασκευής, ο κατασκευαστικός τομέας και η ρύπανση του περιβάλλοντος.....	32
1.3 Φαινόμενο του θερμοκηπίου	36
1.4 Διεθνής Κινητοποίηση	39
1.5 Η συμβολή του παθητικού σχεδιασμού κτιρίων	41
1.6 Παθητικός σχεδιασμός και τρόποι μετάδοσης θερμότητας	42
1.6.1 Θερμότητα	42
1.6.2 Μετάδοση θερμότητας με Αγωγή (Conduction).....	43
1.6.3 Μετάδοση θερμότητας με Μεταφορά / Συναγωγή (Convection).....	45
1.6.4 Μετάδοση θερμότητας με Ακτινοβολία (Radiation)	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΟΥ ΚΤΡΙΑΚΟΥ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΚΥΠΡΙΑΚΟ ΧΩΡΟ	48
2.1 Ο σχεδιασμός κτιρίων στην Κύπρο και ο ρόλος του αρχιτέκτονα.....	48
2.1.1 Εξωτερικό Κέλυφος.....	48
2.1.2 Τοπικότητα	48
2.1.4 Ενεργειακός σχεδιασμός σήμερα.....	50
2.1.5 Ο ρόλος του αρχιτέκτονα στον ενεργειακό σχεδιασμό	50

2.2 Ο Ρόλος της Πολιτείας – Θεσμικό πλαίσιο της Κύπρου για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων	53
2.2.1 Γενικά στοιχεία	53
2.2.2 Θεσμικό πλαίσιο ενεργειακής απόδοσης κτιρίων στην Κύπρο.....	54
2.2.3 Διάταγμα 2007 (Κ.Δ.Π. 568/2007)	55
2.2.4 Διάταγμα 2009 (Κ.Δ.Π. 446/2009)	56
2.2.5 Διάταγμα 2013 (Κ.Δ.Π. 432/2013)	57
2.2.6 Διάταγμα 2016 (Κ.Δ.Π. 119/2016)	58
2.2.7 Διάταγμα 2020 (Κ.Δ.Π. 121/2020)	59
2.3 Θερμική προστασία συμπαγών στοιχείων εξωτερικού κελύφους	61
2.3.1 Θερμική προστασία στις εξωτερικές τοιχοποιίες	63
2.3.2 Φέροντα Στοιχεία (Δοκάρια και Υποστυλώματα).....	73
2.3.3 Θερμομόνωση εξωτερικών Τοίχων	77
2.3.3 Οριζόντια στοιχεία (Στέγαση – Οροφές).....	87
2.3.4 Κουφώματα από αλουμίνιο – Θερμική αναβάθμιση.....	90
ΜΕΡΟΣ Β: ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΥΠΙΚΗΣ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΣΕ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΜΕΝΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ	92
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΥΠΙΚΗΣ ΟΙΚΙΑΣ: ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	92
3.1 Εισαγωγή.....	92
3.2 Σχετικές έρευνες	93
3.3 Γενικές πληροφορίες - Ορισμοί	93
3.4 Οικιστικό απόθεμα στην Κύπρο	97
3.4.1 Γενικά στοιχεία	97
3.4.2 Στοιχεία επιφάνειας - εμβαδού	101

3.4.3 Στοιχεία δωματίων.....	106
3.4.4 Στοιχεία Η/Μ εγκαταστάσεων	109
3.5 Κλιματικά δεδομένα	111
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΥΠΙΚΗΣ ΟΙΚΙΑΣ: ΔΟΜΙΚΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΚΥΠΡΙΑΚΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	115
4.1 Εισαγωγή.....	115
4.2 Φέροντας οργανισμός.....	116
4.2.1 Θεμελίωση.....	116
4.2.2 Υποστυλώματα - Δοκάρια.....	128
4.2.3 Πλάκες.....	131
4.3 Στοιχεία πλήρωσης – Εξωτερικές Τοιχοποιίες	132
4.4 Σύνοψη Προδιαγραφών τυπικής οικίας	136
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗΣ ΤΥΠΙΚΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΧΩΝ	139
5.1 Εισαγωγή.....	139
5.2 Δημιουργία μοντέλου - Κατόψεις.....	140
5.3 Δημιουργία ψηφιακού προσομοιώματος στο λογισμικό Design Builder – Βασικές παραδοχές.....	141
5.4 Προσδιορισμός Κατασκευαστικών Λεπτομερειών Δομικών Στοιχείων, Στοιχείων Πλήρωσης και Ανοιγμάτων – Παραδοχές & Εισαγωγή δεδομένων.....	155
5.4.2 Παραδοχές και Εισαγωγή Δεδομένων	156
5.4.3 Δραστηριότητα (Activity).....	156
5.4.4 Construction	159
5.4.5 Ανοίγματα – Κουφώματα (Openings).....	181
5.4.6 Φωτισμός (Lighting)	183
5.4.6 Μηχανολογικά συστήματα θέρμανσης - ψύξης (HVAC).....	184
5.4.7 Παραγωγή Ενέργειας (Generation)	188
5.4.8 Miscellaneous & CFD	188
5.5 Παραμετρική προσομοίωση	189

**ΜΕΡΟΣ Γ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ, ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ, ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ
ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΔΙΑΦΑΝΟΥΣ ΜΕΡΟΥΣ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΤΟΥ
ΒΑΣΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ, ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ, ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ & ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ..... 198**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ – ΠΛΑΚΑ ΟΡΟΦΗ..... 198**

6.1 Μεθοδολογία Καθορισμού και Αξιολόγησης Πειραμάτων 198

6.2 Θερμομόνωση 200

6.2.1 Προσθήκη θερμομόνωσης πάχους 1 έως 15 εκ. επί της πλάκας οροφής.
..... 200

6.3 Κυπριακά τυπικά τούβλα 202

6.3.1 Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 5 έως 50 εκ..... 202

6.3.2 Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου 10 και 20 εκ. σε απόσταση από την
πλάκα 5 έως 20 εκ. 205

6.3.3 Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου 10 και 20 εκ. με θερμομόνωση 1
έως 15 εκ. 207

6.4 Θερμομονωτικά τούβλα 208

6.4.1 Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου 5 έως 50 εκ. 208

6.4.2 Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου 10 και 20 εκ. σε απόσταση από την
πλάκα 5 έως 20 εκ. 210

6.4.3 Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου 10 και 20 εκ. με θερμομόνωση
πάχους 1 έως 15 εκ. 211

6.5 Ξύλο..... 213

6.5.1 Προσθήκη ξύλου πάχους 1 έως 25 εκ. 213

6.5.2 Προσθήκη ξύλου πάχους 1 έως 25 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5 έως
20 εκ. 216

6.6 Άλλα υλικά 217

6.6.1 Προσθήκη χύματος πάχους 15 έως 150 εκ..... 217

6.6.2 Προσθήκη Νερού πάχους 10 έως 80 εκ.	220
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ - ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ (ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ, ΔΟΚΑΡΙΑ & ΤΟΙΧΟΙ ΠΛΗΡΩΣΗΣ)	
7.1 Θερμομόνωση	222
7.1.1 Προσθήκη θερμομόνωσης στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος πάχους 1 έως 15 εκ.	222
7.1.2 Προσθήκη θερμομόνωσης στην εσωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος πάχους 1 έως 15 εκ.	225
7.2 Κυπριακά τυπικά τούβλα	227
7.2.1 Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος πάχους 5 έως 60 εκ.	227
7.2.2 Προσθήκη τοίχου πάχους 10 έως 30 εκ. από Κυπριακό τυπικό τούβλο και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.	229
7.3 Θερμομονωτικά τούβλα	231
7.3.1 Προσθήκη τοίχου από τούβλο θερμομονωτικό στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος πάχους 5 έως 60 εκ.	231
7.3.2 Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10 έως 30 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.	232
7.4 Ξύλο.....	234
7.4.1 Προσθήκη ξύλου πάχους 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.	234
7.4.2 Προσθήκη ξύλου πάχους 1 έως 5 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος....	236
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗΣ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗΣ ΕΠΙ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ (ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ)	
8.1 Γενικά εισαγωγικά.....	238
8.2 Προσθήκη θερμομόνωσης στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος πάχους 1 έως 15 εκ.	239

8.2.1 Τοίχοι πλήρωσης.....	239
8.2.2 Φέροντα στοιχεία: Υποστυλώματα και δοκάρια.....	242
8.2 Προσθήκη θερμομόνωσης πάχους 1 έως 15 εκ. επί της πλάκας οροφής.	245
8.3 Σύγκριση των τριών πειραμάτων.....	248
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ - ΠΛΑΚΑ ΟΡΟΦΗΣ.....	250
9.1 Θερμομόνωση	250
9.1.1 Προσθήκη θερμομόνωσης πάχους από 1 έως 15 εκ. επί της πλάκας οροφής.	250
9.2 Κυπριακό τυπικό τούβλο	250
9.2.1 Προσθήκη κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 5 έως 50 εκ.	250
9.2.2 Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 10 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5 έως 20 εκ.....	253
9.2.3 Προσθήκη κυπριακού τούβλου πάχους 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5 έως 20 εκ.	256
9.2.4 Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 10 εκ. με θερμομόνωση 1 έως 15 εκ.	259
9.2.5 Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 20 εκ. με θερμομόνωση 1-15 εκ.	261
9.3 Θερμομονωτικό τούβλο	263
9.3.1 Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 5 έως 50 εκ.....	263
9.3.2 Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5-20 εκ.	266
9.3.3 Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5-20 εκ.	268
9.3.4 Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 εκ. με θερμομόνωση 1 έως 15 εκ.	270

9.3.5 Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 20 εκ. με θερμομόνωση 1 έως 15 εκ.	273
9.4 Ξύλο.....	275
9.4.1 Προσθήκη ξύλου πάχους 1 έως 25 εκ.	275
9.4.2 Προσθήκη ξύλου 1 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5 έως 20 εκ.	278
9.4.3 Προσθήκη ξύλου 2 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5 έως 20 εκ.	280
9.4.4 Προσθήκη ξύλου 5 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5 έως 20 εκ.	282
9.4.5 Προσθήκη ξύλου 10 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5 έως 20 εκ.	285
9.4.6 Προσθήκη ξύλου 25 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5 έως 20 εκ.	286
9.5 Άλλα υλικά	288
9.5.1 Προσθήκη Χώματος πάχους 15 έως 150 εκ.	288
9.5.2 Προσθήκη νερού πάχους 10 έως 80 εκ.	291

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑΤΟΣ - ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ (ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ, ΔΟΚΟΙ & ΤΟΙΧΟΙ ΠΛΗΡΩΣΗΣ).....	294
10.1 Γενικά.....	294
10.2 Θερμομόνωση	295
10.2.1 Προσθήκη θερμομόνωσης πάχους 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος	295
10.2.2 Προσθήκη Θερμομόνωσης πάχους 1 έως 15 εκ. στην εσωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.	297
10.3 Κυπριακό τυπικό τούβλο	300
10.3.1 Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος πάχους 5 έως 60 εκ.	300
10.3.2 Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 10 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος	302

10.3.3 Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 20 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος	305
10.3.4 Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 30 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος	307
10.4 Θερμομονωτικό τούβλο	310
10.4.1 Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος πάχους 5 έως 60 εκ.	310
10.4.2 Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος	313
10.4.3 Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 20 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος	316
10.4.4 Προσθήκη τοίχου από Θερμομονωτικό τούβλο πάχους 30 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος	319
10.5 ΞΥΛΟ	322
10.51 Προσθήκη ξύλου 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος	322
10.5.2 Προσθήκη ξύλου 1 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.	324
10.5.3 Προσθήκη ξύλου 2 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.	327
10.5.4 Προσθήκη ξύλου 3 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.	329
10,5.5 Προσθήκη ξύλου 5 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.	332

ΜΕΡΟΣ Δ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... 335

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ - ΠΛΑΚΑ ΟΡΟΦΗΣ..... 335

11.1 Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου 5 έως 60 εκ. με προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου 5 έως 60 εκ.....	335
11.2 Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 10 και 20 εκ. σε απόσταση 5 και 20 εκ. από την πλάκα.....	337
11.3 Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 και 20 εκ. σε απόσταση 5 και 20 εκ. από την πλάκα	338
11.4 Προσθήκη Κυπριακού τυπικού και θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 εκ. και 20 εκ. σε απόσταση 5 και 20 εκ. από την πλάκα.....	340
11.5 Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. με Κυπριακά τυπικά τούβλα 10 και 20 εκατοστών.....	341
11.6 Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. με θερμομονωτικά τούβλα 10 και 20 εκατοστών.....	343
11.7 Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. με Κυπριακά τυπικά και θερμομονωτικά τούβλα 10 και 20 εκατοστών.....	346
11.8 Προσθήκη ξύλου πάχους 1, 2, 5, 10 και 25 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5 έως 25 εκ.	350
11.9 Σύνοψη αποτελεσμάτων πειραμάτων πλάκας οροφής.....	352

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12: ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑΤΟΣ (ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ) - ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ, ΔΟΚΟΙ & ΤΟΙΧΟΙ ΠΛΗΡΩΣΗΣ 356

12.1 Προσθήκης θερμομόνωσης πάχους 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική και εσωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.	356
12.2 Προσθήκη τοίχου στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος πάχους 5 έως 60 εκ. από Κυπριακό τυπικό τούβλο και από θερμομονωτικό τούβλο	358
12.3 Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 10, 20, και 30 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνη 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.....	360
12.4 Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10, 20 και 30 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.	363
12.5 Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό και θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10, 20, και 30 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικού περιβλήματος.....	365
12.6 Προσθήκη ξύλου πάχους 1, 2, 3 και 5 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνη 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.....	368
12.7 Σύγκριση αποτελεσμάτων πειραμάτων κατακόρυφων στοιχείων εξωτερικού περιβλήματος.....	371

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13: ΣΥΝΟΨΗ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ, ΤΟΣΟ ΓΙΑ ΤΑ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ, ΟΣΟ ΚΑΙ ΓΙΑ ΤΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ..... 374

13.1 Σύνοψη των αποτελεσμάτων.....	374
13.2 Αξιοποίηση και εφαρμογή των συστημάτων.....	375
13.4 Περαιτέρω συμπεράσματα και προτάσεις για το παθητικό σύστημα της πλάκας οροφής.....	383
13.5 Περαιτέρω συμπεράσματα και προτάσεις για το παθητικό σύστημα του εξωτερικού περιβλήματος.....	384

13.6 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	388
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΤΙΤΛΩΝ ΚΑΙ ΠΗΓΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ	389
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	407
A. Ελληνική Βιβλιογραφία.....	407
Διαδικτυακό άρθρο χωρίς συντάκτη	409
B. Αγγλική Βιβλιογραφία	410
Διαδικτυακό άρθρο (ξενόγλωσσο) χωρίς συντάκτη.....	413
Γ. Ιστοσελίδες.....	414

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εισβολή του 1974 και η κατάληψη του 40% του εδάφους της Κύπρου από τους Τούρκους κατακτητές, δημιούργησε ένα τεράστιο αριθμό 200,000 προσφύγων που έπρεπε άμεσα να στεγαστούν στο ελεύθερο μέρος του νησιού. Το γεγονός αυτό, οδήγησε, μέσα στις επόμενες δεκαετίες, στη δημιουργία ενός πολύ μεγάλου οικιστικού αποθέματος, το οποίο κτίστηκε γρήγορα και στόχο είχε την άμεση κάλυψη των στεγαστικών αναγκών των προσφύγων.

Οι γρήγορες λύσεις, καθώς και η οικονομική ανάπτυξη που ακολούθησε τα επόμενα χρόνια, κάλυψαν μεν τις απαιτούμενες ανάγκες στέγασης, με κτιριακό απόθεμα όμως, που δεν είχε καμία πρόνοια θερμικής προστασίας των κατασκευών. Κατά συνέπεια, όλες αυτές οι κατασκευές που κτίστηκαν μεταπολεμικά και συνέχισαν να κτίζονται μέχρι και την αρχή του 21^{ου} αιώνα, αποτελούν σήμερα, μία μεγάλη πηγή κατανάλωσης σημαντικών ποσοστών ενέργειας, για να μπορούν οι χώροι αυτοί να έχουν τις απαιτούμενες συνθήκες θερμικής άνεσης.

Η έρευνα αυτή εστιάζει σε όλο αυτό το, θερμικά απροστάτευτο οικιστικό απόθεμα, το οποίο είναι ενεργό και προσπαθεί να αξιολογήσει ποιος είναι ο αποδοτικότερος τρόπος να προστατευτεί, έτσι ώστε να σταματήσει να αποτελεί εστία κατανάλωσης ενέργειας και μόλυνσης του περιβάλλοντος. Για να επιτευχθεί ο στόχος δοκιμάζονται ποικίλοι τρόποι με παθητικά συστήματα θερμικής προστασίας των κατασκευών. Λόγω της δοκιμής πολλαπλών συστημάτων, επιλέγεται όπως αξιολογήσή τους γίνει μέσω λογισμικών δυναμικής προσομοίωσης.

Καθορίζεται, κατά συνέπεια, αρχικά, ένας τύπος οικιστικής μονάδας πολύ κοντά στον πολυπληθέστερο τύπο που συνθέτει αυτό το οικιστικό απόθεμα, ο οποίος θα αποτελέσει την βάση για την έρευνα και την εφαρμογή των παθητικών συστημάτων. Ο καθορισμός του τύπου αυτού αποτελεί πρωτογενή έρευνα και βασικό κομμάτι αυτής της διατριβής. Στη συνέχεια, με βάση την Κυπριακή πραγματικότητα, επιλέγονται υλικά που βρίσκονται σε αφθονία στην τοπική αγορά και δημιουργούνται συστήματα θερμικής προστασίας που στην συνέχεια αξιολογούνται στο μοντέλο της οικίας που έχει καθοριστεί από την έρευνα.

Τέλος, όλα τα αποτελέσματα των πειραμάτων αξιολογούνται χωριστά, αλλά συγκρίνονται και μεταξύ τους και εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με τον αρχικό στόχο της έρευνας, που ήταν η εύρεση του αποδοτικότερου συστήματος. Επίσης, με

βάση τα αποτελέσματα, εξετάζονται και διάφορες παράμετροι που θα καταστήσουν εφικτή τη δυνατότητα εφαρμογής του συστήματος στην πράξη.

ABSTRACT

The invasion of 1974 and the occupation of 40% of the territory of Cyprus by the Turkish conquerors, created a huge number of refugees, 200,000 displaced people who had to be immediately housed in the free part of the island. This situation led, in the following decades, to the creation of a very large housing stock, which was built quickly and mainly aimed to cover the housing needs of the refugees.

The quick solutions as well as the economic development that followed in the following years covered the required housing needs, but this was done in a building stock that had no provision for thermal protection of the structures. Consequently, all these constructions that were built after the war and continued to be built until the beginning of the 21st century, are today, a great source of consumption of significant percentages of energy, in order for these spaces to have the required thermal comfort conditions.

This research focuses on this thermally unprotected housing stock, which is active and tries to assess what is the most efficient way to thermally upgrade it, so that it no longer is a source of energy consumption and environmental pollution. In order to achieve the above goal, within the research, various ways are being tested with passive thermal protection systems of constructions. Due to the testing of multiple systems, these will be evaluated through dynamic simulation software.

Consequently, initially, a type of housing unit very close to the most populous type that constitutes this housing stock is defined. This will form the basis for the research to apply the passive systems. Then, based on the Cypriot reality, materials that are abundant in the local market are selected and thermal protection systems are created which are then evaluated on the house model determined by the research.

Finally, all the results of the experiments are evaluated separately, but they are also compared with each other and conclusions are drawn regarding the initial goal of the research, which was to find the most efficient system. Also, based on the results, various parameters are examined that will make the application of these systems practical in real use.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πρώτα από όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Παντοδύναμο γιατί χωρίς Αυτόν τίποτε δεν είναι κατορθωτό. Ιδιαίτερες ευχαριστίες στις Ιερές Μονές του Οσίου Μελετίου στον Κιθαιρώνα και της Αγίας Μαρίας της Αμιρούς στην Αψιού και στις εκεί αδελφότητες, που πάντα με τις προσευχές τους φρόντιζαν να έχω καθαρότητα μυαλού και δύναμη να δουλεύω.

Ευχαριστώ, επίσης, τους καθηγητές της τριμελούς επιτροπής μου, κ. Μιλτιάδη Κατσαρό, Δρ. Φλώρα – Μαρία Α. Μπουγιατιώτη και κ. Σόλωνα Ξενόπουλο που ο κάθε ένας με την επιστημονική κατάρτιση του αλλά και ως άνθρωποι υψηλής αξίας, με βοήθησαν σε διαφορετικές φάσεις και ο κάθε ένας με τον δικό του τρόπο σε όλο αυτό το πολύχρονο ταξίδι.

Ευχαριστίες θα ήθελα να πω και στους δύο καθηγητές και φίλους, μετά από τόσα χρόνια, Παναγιώτη Τουλιάτο και Νάσω Χρυσοχού, που με τις γνώσεις, την εμπειρία, την αγάπη και την υπομονή τους, συνέβαλαν και αυτοί με τον τρόπο τους στην ολοκλήρωση της διατριβής μου. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τον Παναγιώτη Γκατσόπουλο που όποτε χρειαζόμουν την βοήθεια του για το λογισμικό της έρευνας, πάντα αφιέρωνε τον χρόνο του για να με βοηθήσει.

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω τους πολυαγαπημένους μου γονείς στους οποίους χρωστώ τα πάντα, που πίστεψαν σε εμένα και ήταν πάντα δίπλα μου και με στήριζαν σε ότι χρειαζόμουν.

Δεν θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω και τις δυο κορούλες μου, που η αγάπη τους και η πίστη τους σε έμένα, ήταν και είναι πάντα η κινητήριος δύναμή μου να δουλεύω, να προοδεύω και να προσπαθώ να αποτελώ παράδειγμα για αυτές.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

A. Αντικείμενο και στόχοι της εργασίας

Η παρούσα έρευνα, έχει ως στόχο να μελετήσει την ενεργειακή συμπεριφορά των μεταπολεμικών συμβατικών κατοικιών στον Κυπριακό χώρο, οι οποίες είναι κατασκευασμένες με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα και τοιχοποιίες από συνήθη τούβλα και να προτείνει λύσεις για την ενεργειακή τους αναβάθμιση. Ο λόγος που επιλέχθηκαν ως θέμα οι κατοικίες αυτές, είναι γιατί αποτελούν σημαντικό ποσοστό του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος, ενώ συνολικά ο οικιστικός τομέας έχει σημαντική συμβολή σε θέματα ενεργειακής κατανάλωσης στον Κυπριακό χώρο έχοντας τις ανάγκες για θέρμανση και ψύξη μόνον των νοικοκυριών, να καταναλώνουν πέραν του 50% τις συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται στον οικιστικό τομέα¹. Έτσι, η έρευνα θα εστιαστεί σε θέματα κατανάλωσης ενέργειας και κυρίως σε τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας σε τομείς, όπου σημαντικό ρόλο μπορούν να διαδραματίσουν οι σχεδιαστικές και κατασκευαστικές, κυρίως, αποφάσεις και επιλογές του αρχιτέκτονα, με αποκλειστική έμφαση σε συστήματα παθητικής προστασίας του εξωτερικού περιβλήματος μίας κατοικίας.

Οι επιλογές του αρχιτέκτονα, όσον αφορά την προδιαγραφή των δομικών υλικών μίας νέας ή υφιστάμενης κατασκευής, μπορούν να παίξουν καθοριστικό ρόλο στην απεξάρτηση ενός κτιρίου, ή ίσως πιο σωστά, στην ελαχιστοποίηση της εξάρτησής του, από τη χρήση συμβατικής ενέργειας για θέρμανση και ψύξη. Ταυτόχρονα, μπορούν να συμβάλουν στη μείωση ή τον περιορισμό της χρήσης υλικών με μεγάλη εμπιερχόμενη ενέργεια με αυξημένες εκπομπές, για παράδειγμα, στο στάδιο της παραγωγής τους, που προκαλούν ανυπολόγιστη καταστροφή στο παγκόσμιο περιβαλλοντικό ισοζύγιο.

Αποτέλεσμα του πιο πάνω γεγονότος, είναι σήμερα, στο νησί, να υπάρχει ένα τεράστιο απόθεμα από συμβατικές κατοικίες, οι οποίες στην απόλυτη πλειοψηφία τους δεν έχουν καμία πρόνοια θερμομόνωσης και κατά συνέπεια, χρησιμοποιούν τεράστια

¹ G.P.Panayiotou, S.A. Kalogirou, G. A. Florides, C.N. Maxoulis, A.M. Papadopoulos, M. Neophytou, P. Fokaides, G.Georgiou, A. Symeou, G. Georgakis, "The characteristics and the energy behavior of the residential building stock of Cyprus in view of Directive 2002/91/EC", στο: Energy and Buildings 42 (2010), 2083-2089.

ποσά ενέργειας για να πετύχουν, στο εσωτερικό τους, τις επιθυμητές συνθήκες θερμικής άνεσης, τόσο κατά την ψυχρή περίοδο (περίοδο θέρμανσης), όσο και κατά τη διευρυμένη καλοκαιρινή περίοδο (περίοδο δροσισμού).

Οι πρώτες υποχρεωτικές νομοθετικές διατάξεις για τη θερμική προστασία των κατασκευών εμφανίζονται το 2007 (βλ. Κεφ. 2, Παρ. 2.2). Μέχρι τότε η θερμομόνωση ήταν άγνωστη και ανύπαρκτη στις κατασκευές. Αυτός είναι ο λόγος που η έρευνα της παρούσας διδακτορικής διατριβής επικεντρώνεται σε αυτό το τεράστιο οικιστικό απόθεμα (βλ. Κεφ. 3, Παρ. 3.4) από απροστάτευτες, θερμικά, κατασκευές από σπλισμένο σκυρόδεμα που έχει δημιουργηθεί και αξιολογεί τρόπους ενεργειακής αναβάθμισής τους, με στόχο τη μείωση στο ελάχιστο δυνατό, της απαιτούμενης κατανάλωσης ενέργειας.

Πιο συγκεκριμένα στην έρευνα αυτή επιχειρείται η αξιολόγηση παθητικών συστημάτων που σκοπό έχουν τη μείωση των θερμικών απωλειών και προσόδων σε ένα συμβατικό κτίριο, με απώτερο στόχο την ποσοτικοποίηση και τον, κατά το δυνατόν, πιο ακριβή υπολογισμό της απόδοσης αυτών των συστημάτων. Επιχειρείται, επίσης, και η σύγκριση της απόδοσης των τεχνικών που χρησιμοποιούνταν όταν κατασκευάστηκαν αυτές οι κατοικίες, με την ελάχιστη πρόνοια αναφορικά με την κατανάλωση ενέργειας, σε σχέση με τα σημερινά δεδομένα που μετά και το 2007 έχουν αναβαθμιστεί σε ευθυγράμμιση με την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία και συνεχίζουν να αναθεωρούνται.

B. Τοποθέτηση του θέματος στο ευρύτερο επιστημονικό του πλαίσιο

Κλιματική αλλαγή

Ο πλανήτης Γη, μετά την βιομηχανική επανάσταση, άρχισε να υπόκειται σε κλιματική αλλαγή (climate change). Με τον όρο αυτό δηλώνεται η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη. Η αλλαγή αυτή ξεκίνησε με αργούς ρυθμούς να παρατηρείται προς το τέλος του 18^{ου} αιώνα, λόγω της αύξησης της χρήσης των ορυκτών καυσίμων και της παράλληλης αύξησης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (βλ. Κεφ. 1, Παρ. 1.3). Σήμερα, ωστόσο, η αύξηση αυτή σημειώνεται με τους ταχύτερους ρυθμούς που έχουν καταγραφεί ποτέ στην γνωστή ιστορία ύπαρξης του πλανήτη². Με αυτούς τους ρυθμούς, είναι εύκολα αντιληπτό το πόσο καταστροφικές θα είναι οι συνέπειες τα επόμενα 200 χρόνια, σε μία ανθρωπότητα που η ύπαρξη της στον πλανήτη έχει καταγραμμένη ζωή τουλάχιστον 500,000 χρόνια.

Η επιβάρυνση που έχει προκαλέσει η ανθρωπότητα στο φυσικό περιβάλλον, μέσα στο οποίο ζει και από το οποίο η ίδια εξαρτάται, έχει φτάσει σε ανησυχητικά επίπεδα³. Η Γη άρχισε να μην ανέχεται τον 'ένοικο' της και με την πλήρη συγκατάθεση του ανθρώπου και των απερίσκεπτων, σχεδόν εγκληματικών ενεργειών του, παρατηρείται καθημερινά, έξαρση στα ακραία καιρικά και φυσικά φαινόμενα, ολοένα αυξανόμενες

² Άνευ συγγραφέα, "What is Climate Change ?" στο: *World Bank Group, Climate change knowledge portal for Development practitioners and policy makers*. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/overview#:~:text=Climate%20change%20is%20the%20significant,change%20from%20natural%20weather%20variability>. Ημ.πρόσβασης 10/6/2023.

³ Άνευ συγγραφέα, "United Nations As Humanity's Environment Footprint Becomes Increasingly Unsustainable, Global Leaders Recommit to Joint Climate Action, at Opening of Stockholm Summit", *STOCKHOLM+50, PLENARY, 1ST & 2ND MEETINGS (AM & PM) ENV/DEV/2046 2 JUNE 2022*, <https://press.un.org/en/2022/envdev2046.doc.htm>, Ημ.πρόσβασης 10/6/2023

φυσικές καταστροφές και συνεχόμενη αύξηση γνωστών και μη ασθενειών. Τα φαινόμενα αυτά οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στην κλιματική αλλαγή⁴.

Με την κλιματική κρίση και την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης σημειώνονται εντονότερα καλοκαίρια με εκτεταμένες περιόδους καυσώνων. Αυτό έχει σαν συνέπεια τον επηρεασμό της καθημερινότητας μέχρι και του δείκτη θνησιμότητας των ευάλωτων ομάδων του πληθυσμού και εν τέλει και την μετακίνηση των κλιματικών ζωνών στον πλανήτη. Με την άνοδο της θερμοκρασίας, οι πυρκαγιές (wildfires) είναι πιο καταστροφικές σε σχέση με προηγούμενους αιώνες, γιατί με τη συνεχόμενη αυτή αύξηση της θερμοκρασίας, το φυσικό περιβάλλον δεν είναι πλέον σύμμαχος του ανθρώπου στην καταπολέμησή τους, καθιστώντας την κατάσβεσή τους πάρα πολύ δύσκολη⁵ (Εικ. 1).



Εικόνα 1: Με την υπερθέρμανση του πλανήτη αυξάνεται συνεχώς ο βαθμός δυσκολίας κατάσβεσης των πυρκαγιών.

⁴ Άνευ συγγραφέα, "What Is Climate Change?", *United Nations, Climate Action*, <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change>, Ημ.πρόσβασης 12/3/2022

⁵ Άνευ συγγραφέα, "Σχετίζονται τελικά οι καταστροφικές φωτιές με την κλιματική αλλαγή;" by dasarxeio on 22/09/2021, στο: *dasarxeio.com 10 χρόνια (2013-2023)*, <https://dasarxeio.com/2021/09/22/102383/>, Ημ. Πρόσβασης 2/3/2023

Η άνοδος της θερμοκρασίας και το πιο θερμό κλίμα που ξεκίνησε να επικρατεί στον πλανήτη, οδηγεί, επίσης, στην μείωση των χιονοπτώσεων και στο λιώσιμο των παγετώνων σε ολόκληρο τον πλανήτη. Ενδεικτικά να αναφερθεί ότι πάγοι του Βορείου Πόλου μέσα σε μόλις πενήντα χρόνια (1950-2000) έχουν λιώσει σε ποσοστό 20% ανεβάζοντας τη στάθμη της θάλασσας κατά 15 εκατοστά παγκοσμίως⁶. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας προκαλεί πλημμύρες παραθαλάσσιων πόλεων και γενικά περιοχών που έχουν χαμηλό υψόμετρο, αλλά και περιοχών που είναι κοντά σε ποταμούς. Με την αύξηση των υδρατμών από εξάτμιση, λόγω υψηλότερων θερμοκρασιών, σημειώνονται πλέον και ακραίες βροχοπτώσεις που προκαλούν μέχρι και πλημμύρες, όπως πρόσφατα σημειώθηκε στην Θεσσαλία, το Σεπτέμβριο του 2023, με ανυπολόγιστο κόστος και καταστροφές (Εικ. 2).



Εικόνα 2: Σεπτέμβριος 2023, Θεσσαλία. Ανυπολόγιστες οι καταστροφές από τις πλημμύρες λόγω ακραίων βροχοπτώσεων.

⁶ Church, J.A., P.U. Clark, A. Cazenave, J.M. Gregory, S. Jevrejeva, A. Levermann, M.A. Merrifield, G.A. Milne, R.S. Nerem, P.D. Nunn, A.J. Payne, W.T. Pfeffer, D. Stammer and A.S. Unnikrishnan, 2013: Sea Level Change. στο: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Για να γίνει αντιληπτό το εύρος των συνεπειών της υπερθέρμανσης του πλανήτη, εκτός από την επιδείνωση των φυσικών καταστροφών που αναφέρθηκαν (πλημμύρες, τυφώνες, ξηρασίες, φωτιές κλπ), που ολοένα αυξάνονται από τη μία και δύσκολα πλέον αντιμετωπίζονται από την άλλη, να αναφερθούν και η μείωση των παγκόσμιων αποθεμάτων πόσιμου νερού, εξαφάνιση ειδών από τη χλωρίδα και την πανίδα του πλανήτη, καθώς επίσης και οι μελέτες από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (World Health Organisation - WHO) που κρούουν τον κώδωνα του κινδύνου προειδοποιώντας ότι με αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1 – 2 °C οι χώρες του Βόρειου Ημισφαιρίου (Ευρώπη, Αμερική κ.λπ.) θα γεμίσουν με κουνούπια και έντομα γενικότερα που είναι φορείς τροπικών θανατηφόρων ασθενειών, όπως η ελονοσία και ο δάγκειος πυρετός⁷.

Υπερπληθυσμός

Ο ανθρώπινος πληθυσμός της Γης έχει δεκαεξαπλασιαστεί σε λίγες μόλις εκατονταετίες⁸, δημιουργώντας, με την αστικοποίηση, μεγάλες και ασφυκτικά πυκνοκατοικημένες μεγαλουπόλεις (Εικ. 3). Αντίστοιχα έχουν αυξηθεί και οι ανάγκες του, οι οποίες καλύπτονται από τα φυσικά αγαθά του πλανήτη.

Το περιβάλλον, ωστόσο, δεν αποτελεί αστείρευτη πηγή πρώτων υλών⁹. Η φύση φαίνεται ότι δεν μπορεί να ανταπεξέλθει πλέον στις ανάγκες της ανθρωπότητας, οι οποίες ολοένα και αυξάνονται. Το γεγονός αυτό εκφράζεται από την έννοια του περιβαλλοντικού ή οικολογικού αποτυπώματος (ecological footprint), που αξιολογεί τις

⁷ Άνευ συγγραφέα, Συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, στο: *Ευρωπαϊκή επιτροπή, Ενέργεια, κλιματική αλλαγή, περιβάλλον*, https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_el, Ημ. Πρόσβασης 22/4/2022.

⁸ Άνευ συγγραφέα, "World Population by Year", <https://www.worldometers.info/world-population/world-population-by-year/>, ημ. προσβ. 20/08/2023.

⁹ Άνευ συγγραφέα, "The Problems We Face With the Overconsumption of Natural Resources", blog 19/08/2022, *terrapass*, <https://terrapass.com/blog/overconsumption-of-natural-resources/#:~:text=The%20changes%20we%20make%20to%20some%20natural%20resources%20have%20a,global%20warming%20and%20climate%20change.>, Ημ. πρόσβασης 20/08/2023.

δυνατότητες ενός πληθυσμού να παράγει τους φυσικούς πόρους τους οποίους καταναλώνει¹⁰.



Εικόνα 3: Το κέντρο της πόλης της Λευκωσίας χαρακτηρίζεται από επίσης πυκνή δόμηση για την κλίμακά της.

Επιπρόσθετα, υπάρχει σοβαρό πρόβλημα με τα αποθέματα των ορυκτών καυσίμων του πλανήτη¹¹, αλλά και την αλόγιστη χρήση αυτών, η οποία επιδεινώνει το καταστροφικό γεγονός που συντελείται στη φύση με την ολοένα αυξανόμενη χρήση της τεχνολογίας και της βαριάς βιομηχανίας από τον άνθρωπο, η οποία καταλήγει στην ρύπανση της ατμόσφαιρας (Εικ. 4) και στην αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου, η οποία εν τέλει, καταλήγει στην επιδείνωση της υπερθέρμανσης του πλανήτη από το, κατά τα άλλα αναγκαίο, για την ανάπτυξη της ζωής στον πλανήτη Γη, φαινόμενο του θερμοκηπίου (βλ. Κεφ. 1, Παρ. 1.3).

Η ανθρωπότητα έχει αναπτυχθεί γύρω από μία παγκόσμια βιομηχανία η οποία, για ποικίλους λόγους διεθνών οικονομικών συμφερόντων, που δεν θα αναλυθούν στην παρούσα διατριβή, βασίζεται ή, ακόμα θα μπορούσε να λεχθεί, ότι εξαρτάται από τα ορυκτά καύσιμα, τα οποία για να δημιουργηθούν χρειάστηκαν εκατομμύρια ετών και είναι αδύνατον να αποκατασταθούν αφενός και αφετέρου, προκαλούν καταστροφική μόλυνση στο περιβάλλον.

¹⁰ "Ecological Footprint", στο: *Global footprint network*, <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>, Ημ. Πρόσβασης 20/2/2022

¹¹ Ε.α.



Εικόνα 4: Αυξημένες εκπομπές ρύπων δημιουργούνται στην ατμόσφαιρα, στην προσπάθεια να καλυφθούν οι θερμικές (και όχι μόνο) ανάγκες των κτιρίων, του, συνεχώς, αυξανόμενου πληθυσμού της γης.

Το δομημένο περιβάλλον και κατά συνέπεια ο κατασκευαστικός τομέας συνολικά στην Ευρωπαϊκή Ένωση, όπως αναφέρει το τμήμα Υπηρεσίας Ενέργειας της Κύπρου, ευθύνεται, σήμερα, για την κατανάλωση του 40% της παραγόμενης ενέργειας. Αυτή η κατανάλωση έχει ως αποτέλεσμα και τη σημαντικότερη αύξηση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα κατά 30%¹², σε σχέση με το τι συνέβαινε πριν τη βιομηχανική επανάσταση. Το γεγονός αυτό καθιστά τον αρχιτέκτονα συνυπεύθυνο, τόσο στην αντιμετώπιση των φυσικών καταστροφών, όσο και, κυρίως, στη μόλυνση και την καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος. Η μη αξιοποίηση των φυσικών πηγών ενέργειας και η δημιουργία κτιρίων με εσωτερικούς χώρους, που για να είναι βιώσιμοι πρέπει να καταναλώνονται αυξημένα ποσά ενέργειας, με ταυτόχρονες ρυπογόνες εκπομπές στην ατμόσφαιρα, συνθέτει έναν τομέα που οι αρχιτέκτονες μπορούν να προσφέρουν πολλά. Οι αρχιτέκτονες και οι λοιποί εμπλεκόμενοι μηχανικοί στον κατασκευαστικό τομέα θα πρέπει να εντείνουν τις προσπάθειες τους στα στάδια της μελέτης και του σχεδιασμού, αλλά και της

¹² Άνευ συγγραφέα, “ Green Paper on Energy Efficiency or Doing More With Less ”, *European Lex, Access to European Union Law*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52005DC0265>, Ημ. Πρόσβασης 12/07/2021

κατασκευής κτιρίων, με στόχο το μικρότερο δυνατό ενεργειακό και οικολογικό αποτύπωμα των κτιρίων στο περιβάλλον.

Προς αυτήν την κατεύθυνση, συμβάλλουν από τη μία πλευρά, σαφώς, οι τεχνικές προδιαγραφές που καθορίζονται από την ομάδα των μηχανικών και έχουν να κάνουν με τα δομικά υλικά που παίζουν σημαντικό ρόλο στην παθητική συμπεριφορά σε θέματα ενεργειακής απόδοσης μίας κατασκευής. Από την άλλη όμως, καθοριστικός είναι ο ίδιος ο σχεδιασμός που προβλέπει ο αρχιτέκτονας, ο οποίος λαμβάνει υπόψη του όλες εκείνες τις παραμέτρους από τα αρχικά στάδια του σχεδιασμού, που θα παίξουν καθοριστικό ρόλο στην αξιοποίηση των φυσικών αστείρευτων πηγών ενέργειας για τη σωστή ενεργειακή λειτουργία ενός κτιρίου και στην εξαρχής μειωμένη ανάγκη του για κατανάλωση συμβατικών (ορυκτών) καυσίμων για τη θέρμανση και την ψύξη των εσωτερικών του χώρων.

Οι νέες κατασκευές, δυνητικά, μπορούν να σχεδιαστούν ακολουθώντας σωστά τις αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού και των κτιρίων σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Για τις υφιστάμενες κατασκευές, ωστόσο, που αποτελούν και το αντικείμενο της παρούσας διατριβής, θα πρέπει να μεθοδευτεί μία προσέγγιση που να βελτιώνει τη ενεργειακή συμπεριφορά τους, όσο αδιάφορος και αν ήταν ο σχεδιασμός τους όταν μελετήθηκαν σε σχέση με τα τοπικά κλιματικά δεδομένα, με αναβαθμίσεις που θα επικεντρώνονται κυρίως στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτίσματος και στη βελτίωση του ενεργειακού αποτυπώματός τους στο περιβάλλον.

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να δοθεί έμφαση στη διατήρηση του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος και στην ενεργειακή αναβάθμιση του έναντι της λύσης της κατεδάφισης, για λόγους οικονομικούς και οικολογικούς. Με αυτή την μέθοδο, επιτυγχάνεται η διατήρηση των υλικών και της ενσωματωμένης ενέργειάς τους η και η μείωση κατανάλωσης νέων πρώτων υλών από το περιβάλλον και ότι αυτό συνεπάγεται και σε εξοικονόμηση τεράστιων οικονομικών πόρων και εκπομπών ρύπων προς την ατμόσφαιρα που περιλαμβάνει η ανοικοδόμηση ενός νέου κτίσματος. *“Το πιο οικολογικό κτίριο, είναι αυτό που έχει ήδη κτιστεί... Η χρήση, η συντήρηση, η ανανέωση και η προσαρμογή των υπάρχόντων κτιρίων είναι η πιο πράσινη προσέγγιση και είναι*

ιδιαίτερα σημαντική για την επίτευξη των στόχων μείωσης των εκπομπών που προβλέπεται και στη Συμφωνία του Παρισιού για την Κλιματική Αλλαγή”¹³.

Γ. Μεθοδολογία Προσέγγισης

Η μεθοδολογία που ακολουθείται στην παρούσα έρευνα, για μπορέσουν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα και εν τέλει, προτάσεις για την αποδοτική ενεργειακή αναβάθμιση μεγάλους μέρους των υφιστάμενων συμβατικών κατασκευών στην Κύπρο, εστιάζεται στην πειραματική εξέταση / διερεύνηση διαφόρων παθητικών συστημάτων θερμικής προστασίας του αδιαφανούς μέρους του εξωτερικού κελύφους.

Για να μπορούν τα επιμέρους αποτελέσματα των δοκιμών των διαφόρων παθητικών συστημάτων ενεργειακής αναβάθμισης, να συγκριθούν μεταξύ τους και να μπορούν να εξαχθούν ουσιαστικά συμπεράσματα, όσον αφορά την αποτελεσματικότητα του κάθε συστήματος, θα πρέπει να υπάρχει μία κοινή βάση αναφοράς. Αυτή η κοινή συνισταμένη επιλέγεται να είναι η τυπική συμβατική κατοικία της Κύπρου, που αποτελεί και τον πολυπληθέστερο τύπο κατοικίας που ανεγείρεται στο νησί.

Η κρίσιμη διαδικασία του καθορισμού της τυπικής οικίας, δεν λαμβάνεται από κάποια άλλη πηγή, αλλά καθορίζεται στα πλαίσια αυτής της διατριβής, αφού μελετάται όλο το κτιριακό οικιστικό απόθεμα του νησιού που είναι καταγεγραμμένο μέχρι σήμερα και αφορά όλες τις κλιματικές ζώνες, σε όλες τις επαρχίες της Κύπρου, τόσο στο αστικό, όσο και στο επαρχιακό περιβάλλον. Τα στοιχεία για αυτόν τον καθορισμό εξάγονται από το αρχείο για τον κατασκευαστικό τομέα που διατηρεί το Τμήμα Στατιστικής Υπηρεσία της Κύπρου¹⁴ και αφορούν τα πιο κάτω γεωμετρικά χαρακτηριστικά:

- Εμβαδόν
- Αριθμός ορόφων
- Αριθμός δωματίων
- Τύπος κτιρίου
- Ύπαρξη ημιυπαίθριων χώρων.

¹³ Άνευ συγγραφέα, “The greenest building... is the one that is already built”, στο: *Carl Elefante* <https://carlelefante.com/insights/the-greenest-building-is/> Ημ. πρόσβασης 15/11/2023

¹⁴ Άνευ συγγραφέα, *Στατιστική Κατασκευών και Στέγασης 1996, Τμήμα Στατιστικής και Ερευνών, Υπουργείο Οικονομικών, Λευκωσία 2016*

Ταυτόχρονα, εφόσον στόχος είναι η δημιουργία ποικίλων πειραμάτων πάνω σε αυτήν την τυπική κατοικία, κρίθηκε απαραίτητο η όλη διαδικασία να γίνει ηλεκτρονικά, με προσομοιώσεις σε εξειδικευμένο πρόγραμμα δυναμικής και παραμετρικής, θερμικής προσομοίωσης, μέσω του οποίου θα μπορέσουν να αξιολογηθούν πολλαπλά παθητικά συστήματα που βελτιώνουν την ενεργειακή συμπεριφορά των κατοικιών. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και τις δυνατότητες που υπάρχουν σήμερα, οι έρευνες βασισμένες σε ηλεκτρονικά μέσα και λογισμικά προσομοίωσης έχουν καθιερωθεί ευρέως στον επιστημονικό χώρο ¹⁵ και αποτελούν πλέον συνηθισμένη και κοινή πρακτική¹⁶. Έτσι, με τον καθορισμό της τυπικής κατοικίας, μετά τη μελέτη των στοιχείων του Τμήματος Στατιστικής Υπηρεσία της Κύπρου, δημιουργείται συγκεκριμένο τρισδιάστατο μοντέλο, το οποίο αποτελεί τη βάση των πειραμάτων και έτσι όλα τα αποτελέσματα που εξάγονται, μπορούν και είναι συγκρίσιμα μεταξύ τους καθώς έχουν κοινή αναφορά.

Όσον αφορά τα πειράματα που διενεργούνται στην τυπική κατοικία, η έρευνα, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, εστιάζει στα συμπαγή στοιχεία του εξωτερικού αδιαφανούς κελύφους της κατοικίας. Στα παθητικά συστήματα θερμικής προστασίας που εφαρμόζονται γίνεται χρήση μίας πληθώρας υλικών που υπάρχουν και χρησιμοποιούνται στον κατασκευαστικό τομέα του νησιού και εφαρμόζονται, τόσο στα κατακόρυφα στοιχεία της τυπικής οικίας, που τα συνθέτουν οι τοιχοποιίες, τα υποστυλώματα και οι δοκοί, όσο και στα οριζόντια στοιχεία της που είναι βασικά οι πλάκες από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Με δεδομένο ότι το μέγεθος και γενικότερα το σχήμα των ανοιγμάτων δεν αλλάζει εύκολα σε μία υφιστάμενη κατασκευή, η αναβάθμιση των κουφωμάτων με τεχνολογικά νεότερα, θεωρείται αυτονόητη ενέργεια, καθώς τα πιο σύγχρονα έχουν βελτιωμένη θερμική συμπεριφορά, τόσο σε επίπεδο πλαισίου, όσο και στο επίπεδο του

15 H. Peng, M. Li, H. Huang, L. Wen, "Investigation on spatial distribution and thermal properties of typical residential buildings in South China's Pearl River Delta" στο *Energy and Buildings* 206 (2020), Elsevier 2019, www.elsevier.com/locate/enbuild , ημ. πρόσβασης 28/7/2022

16 Y, Ruan, Q Liu, W. Zhou, R. Firestone, W. Gao, T. Watanabe, "Optimal option of distributed generation technologies for various commercial buildings, στο *Applied Energy Volume 86, Issue 9, September 2009*, σελ. 1641-1653, <https://shorturl.at/bRXZ4> , ημ. Πρόσβασης 28/7/2022

υαλοπετάσματος. Συνεπώς, αναφορικά με το διαφανές μέρος του εξωτερικού κελύφους, γίνεται η παραδοχή ότι αυτά αναβαθμίζονται με νεότερα, με εξαρτήματα θερμοδιακοπής και υαλοπετάσματα με επιστρώσεις χαμηλής εκπομπής. Αυτός είναι και ο λόγος που η παρούσα έρευνα, επικεντρώνεται και εξετάζει μία σειρά από συστήματα που μπορούν να αναβαθμίσουν ενεργειακά, τη θερμική συμπεριφορά των κατακόρυφων και οριζόντιων αδιαφανών στοιχείων της εξωτερικής επιδερμίδας του απροστάτευτου οικιστικού αποθέματος.

Δ. Διάρθρωση κεφαλαίων εργασίας

Με βάση τα όσα έχουν αναφερθεί, η διάρθρωση των κεφαλαίων της παρούσας έρευνας χωρίζεται ουσιαστικά σε τέσσερα μεγάλα μέρη.

Το Μέρος Α αποτελείται από δύο κεφάλαια, είναι εισαγωγικό και παρατίθενται σε αυτό γενικές έννοιες και το αναγκαίο θεωρητικό υπόβαθρο για την κατανόηση των υπολοίπων μερών της έρευνας, που εστιάζονται στη δημιουργία της βάσης των πειραμάτων, στα ίδια τα πειράματα και στα συμπεράσματα.

Πιο συγκεκριμένα στο Μέρος Α, στο 1^ο Κεφάλαιο ακολουθεί επεξηγηματική ανάλυση της σημασίας του επαγγέλματος του αρχιτέκτονα και του ρόλου του στον ενεργειακό σχεδιασμό και την αειφόρο ανάπτυξη σε σχέση με την ρύπανση που προκαλεί ο κατασκευαστικός τομέας στο περιβάλλον και επεξηγείται γενικά, αλλά και ειδικά στις κατασκευές, η έννοια της μεταφοράς θερμότητας και του φαινομένου του θερμοκηπίου και πως αυτό κατέληξε, στην εποχή μας, να επηρεάζει αρνητικά το θερμικό ισοζύγιο του πλανήτη και να συντείνει στην υπερθέρμανσή του και στην κλιματική αλλαγή. Στο 2^ο Κεφάλαιο, εισάγονται θέματα βιοκλιματικού σχεδιασμού και παρουσιάζεται το νομικό-θεσμικό πλαίσιο που ισχύει στην Κύπρο για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και ο ρόλος που διαδραματίζει η πολιτεία στα θέματα αυτά. Γίνεται, επίσης, αναφορά σε βασικές έννοιες και στρατηγικές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και ειδικότερα του παθητικού σχεδιασμού και θερμικής προστασίας, πάνω στις οποίες θα βασιστεί η αξιολόγηση της απόδοσης των εκάστοτε παθητικών συστημάτων θερμικής προστασίας των συμβατικών και όχι μόνον, κατασκευών. Παράλληλα παρουσιάζεται μελέτη της σύγχρονης συμβατικής κατοικίας στην Κύπρο και λεπτομερής ανάλυση των οικοδομικών υλικών, μεθόδων και τεχνοτροπιών οικοδόμησής της.

Το Μέρος Β είναι καθοριστικό για την έναρξη και την εξέλιξη της έρευνας καθώς, δημιουργείται η βάση πάνω στην οποία θα διενεργηθούν τα πειράματα. Αναλύονται

δηλαδή όλα εκείνα τα δεδομένα και οι πληροφορίες που οδηγούν στον καθορισμό της τυπικής κατοικίας, προσομοίωμα της οποίας θα δημιουργηθεί στον υπολογιστή και θα αποτελέσει τη βάση των πειραμάτων της έρευνας.

Συγκεκριμένα, στο 3^ο Κεφάλαιο, διενεργείται, λεπτομερής ανάλυση των στοιχείων του Τμήματος Στατιστικής Υπηρεσίας της Κύπρου και καθορίζονται τα γεωμετρικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της τυπικής κατοικίας. Στο 4^ο Κεφάλαιο, σε συνδυασμό με την προηγηθείσα μελέτη των δομικών και κατασκευαστικών χαρακτηριστικών της συμβατικής κατασκευής στην Κύπρο, καθίσταται εφικτός ο καθορισμός του αντίστοιχου δομικού συστήματος και των δομικών υλικών του μοντέλου που θα δημιουργηθεί.

Το Μέρος Β ολοκληρώνεται με το 5^ο Κεφάλαιο, στο οποίο περιγράφεται όλη η διαδικασία της δημιουργίας του μοντέλου προσομοίωσης της τυπικής κατοικίας στον υπολογιστή σε εξειδικευμένο πρόγραμμα υπολογισμού θερμικών απωλειών κτιρίων. Γίνεται, επίσης, περιγραφή και τεκμηρίωση όλων των παραμέτρων και παραδοχών που λήφθηκαν υπόψη για τη δημιουργία του μοντέλου. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται είναι το Design Builder, που έχει ως βάση ενεργειακής προσομοίωσης το λογισμικό Energy Plus.

Το Μέρος Γ, είναι το πειραματικό μέρος της διατριβής, στο οποίο διενεργούνται όλα τα πειράματα των διαφόρων συστημάτων παθητικής θερμικής προστασίας επί της Τυπικής Κατοικίας που αναφέρθηκαν πιο πάνω. Πιο αναλυτικά στο 6^ο και στο 7^ο Κεφάλαιο, γίνεται ο καθορισμός και η περιγραφή των πειραμάτων που θα διενεργηθούν στο μοντέλο, ενώ στο Κεφάλαιο 8 γίνεται η καταγραφή των πρώτων συμπερασμάτων των πειραμάτων και μερική σύγκριση και ανάλυση των πρώτων αποτελεσμάτων. Στη συνέχεια στο 9^ο και 10^ο Κεφάλαιο καταγράφονται και αναλύονται διεξοδικά όλα τα πειράματα της έρευνας.

Στο τελευταίο Μέρος Δ, και πιο συγκεκριμένα στα Κεφάλαια 11 και 12 γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων των επιμέρους αναβαθμίσεων των πειραμάτων που διενεργήθηκαν και παρουσιάστηκαν στο Μέρος Γ με παράλληλη αξιολόγηση τους και εξαγωγή συμπερασμάτων. Στο τέλος κάθε Κεφαλαίου ακολουθεί και συγκριτική παρουσίαση της κάθε κατηγορίας των πειραμάτων. Στο 13^ο Κεφάλαιο γίνεται σύνοψη όλων των βέλτιστων αποτελεσμάτων και παρατίθενται προτάσεις για αξιοποίηση των συστημάτων με βάση τα συνολικά αποτελέσματα. Η διατριβή ολοκληρώνεται με το Κεφάλαιο 14 στο οποίο καταγράφονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα επί του συγκεκριμένου αντικειμένου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΑΣ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

1.1 Το επάγγελμα του αρχιτέκτονα και η σχέση του με το περιβάλλον

Το επάγγελμα του αρχιτέκτονα είναι συνυφασμένο με έννοιες όπως, δημιουργία, αισθητική πληρότητα, ομορφιά, όπως ακριβώς και ενός οπουδήποτε καλλιτέχνη, δηλαδή ζωγράφου ή γλύπτη. Η βασική διαφορά όμως, είναι ότι ο ζωγράφος ή ο γλύπτης παράγουν μόνο τέχνη και τις πλείστες φορές, χωρίς εντολές από κάποιον που έχει ανάγκη το έργο τους, σε αντίθεση με τον αρχιτέκτονα που πάντα δημιουργεί κατόπιν εντολής για μία συγκεκριμένη ανάγκη.

Επομένως, ο ρόλος του αρχιτέκτονα στη διαμόρφωση του κτισμένου περιβάλλοντος αρχίζει εκεί όπου προκύπτει μία λειτουργική ανάγκη, για τον οποιοδήποτε λόγο, μικρό ή μεγάλο, από έναν 'εργοδότη - εντολέα', ο οποίος έχει συγκεκριμένες απαιτήσεις, ώστε να γίνει μία κατασκευή, η οποία έχει ως στόχο να καλύψει αυτήν τη συγκεκριμένη χρηστική ανάγκη ή ομάδα αναγκών. Αυτή η ανάγκη, αποτελεί το κτιριολογικό πρόγραμμα και μπορεί να είναι ένα μικρό κατάλυμα που θα καλύψει τις απαιτήσεις ενός και μόνο χρήστη, ή ένα αεροδρόμιο με το σύμπλεγμα εμπορικών και οικιστικών κτιρίων που το υποστηρίζουν, μαζί επίσης, με το όλο σύστημα υποδομής, που περιλαμβάνει από χώρους ηλεκτρομηχανολογικής υποστήριξης μέχρι και μελέτη οδικού ή και σιδηροδρομικού δικτύου που το ενώνει με την παρακείμενη πόλη, το οποίο σύμπλεγμα, θα καλύψει τις ανάγκες δεκάδων χιλιάδων χρηστών.

Σε οποιαδήποτε από τις δύο παραπάνω ακραίες περιπτώσεις ο αρχιτέκτονας, που μπορεί να ταυτίζεται με ομάδα δεκάδων αρχιτεκτόνων και άλλων συνεργατών, θα κληθεί να αντιμετωπίσει και να δώσει λύσεις στις εκάστοτε χρηστικές απαιτήσεις του ή των 'εργοδοτών', λύσεις που μέσα από μία διαδικασία, θα πρέπει να καταλήξουν σε μία κατασκευή στον χώρο που θα καλύπτει, ιδανικά όλες τις ανάγκες του εντολέα και όχι μόνον. Είναι, επίσης, σημαντικό, να γίνει κατανοητό ότι το έργο που θα σχεδιάσει ένας αρχιτέκτονας και θα υλοποιηθεί, έχει διάρκεια ζωής περίπου ενός αιώνας, με τα σημερινά δεδομένα, γιατί παλαιότερα τα έργα είχαν διάρκεια ζωής αιώνες ή ακόμη και χιλιετίδες. Έστω και για μία τόσο μικρή, σχετικά, χρονική διάρκεια ζωής, αυτό σημαίνει ότι είτε αρέσει στον κόσμο είτε όχι, το οποιοδήποτε υλοποιημένο έργο, θα παραμένει σε κοινή θέαση για τουλάχιστον δύο γενεές. Θα το βλέπουν οι ένοικοι μία περιοχής, οι περαστικοί, οι τουρίστες και όλων των ειδών οι επισκέπτες, χωρίς να

έχουν αντίθετη επιλογή, όπως αντίστοιχα χωρίς ιδιαίτερες επιλογές θα το βιώνουν και οι χρήστες του.

Εκτός βεβαία από την παράμετρο της αισθητικής ή της λειτουργίας ενός κτιρίου, υπάρχει και η παράμετρος της επίτευξης στο εσωτερικό του, των κατάλληλων συνθηκών άνεσης (θερμικής, οπτικής, ακουστικής, κ.λπ.) και ευεξίας. Αν το κτίριο δεν έχει ορθό βιοκλιματικό και ενεργειακό σχεδιασμό, θα πρέπει οι χρήστες του να καταναλώνουν μεγάλα ποσά ενέργειας για να μπορούν να αισθάνονται άνετα, θερμικά, μέσα σε αυτό. Το αποτέλεσμα θα είναι να ανέχονται ένα ενεργοβόρο και πολυέξοδο κτίριο. Επιπρόσθετα των δυσκολιών που θα υπάρχουν, οι χρήστες ενός τέτοιου κτιρίου, πρέπει να συνυπολογιστούν στην εξίσωση και τις συνέπειες αυτής της ρυπογόνας κατασκευής προς το περιβάλλον. Μία παράμετρος που δυστυχώς, λόγω περιορισμένης περιβαλλοντικής ηθικής του σημερινού ανθρώπου, δεν λαμβάνεται υπόψη στον σχεδιασμό, αλλά οι συνέπειες της, είναι καθημερινά αισθητές με την κλιματική αλλαγή που συντελείται αυτή τη στιγμή στον πλανήτη και τις αλυσιδωτές συνέπειές της.

Η ευθύνη του αρχιτέκτονα σε αυτές τις περιπτώσεις των κτιρίων είναι μεγάλη. Ακόμα πιο σωστά θα μπορούσε να ειπωθεί ότι ο αρχιτέκτονας φέρει την αποκλειστική ευθύνη για την κατασκευή ενός ενεργοβόρου κτιρίου, γιατί οι υπόλοιπες ειδικότητες των μηχανικών εμπλέκονται σε ένα κτίριο μετά την ολοκλήρωση του σχεδιασμού του από τον αρχιτέκτονα. Ο πολιτικός μηχανικός, σε καμία περίπτωση δεν αλλάζει το σχέδιο ενός αρχιτέκτονα, παρά μόνο, προσπαθεί με τη στατική του μελέτη, να σχεδιάσει έναν φέροντα οργανισμό που θα στηρίζει τα ολοκληρωμένα σχέδια του αρχιτέκτονα και να διαστασιολογήσει σωστά τα φέροντα στοιχεία του. Παρομοίως, ο μηχανολόγος μηχανικός, χρησιμοποιώντας συστήματα θέρμανσης και ψύξης, θα προσπαθήσει να προσδώσει στο κτίριο που έχει παραλάβει από τον αρχιτέκτονα, τη δυνατότητα της επίτευξης συνθηκών θερμικής άνεσης, με τη χρήση της απαραίτητης ενέργειας. Όσο λιγότερα στοιχεία παθητικού, βιοκλιματικού σχεδιασμού περιλαμβάνει το κτίριο που θα παραλάβει ο μηχανολόγος μηχανικός, τόσο μεγαλύτερη ισχύ και τόση περισσότερη ενέργεια θα χρειαστεί να καταναλώνουν τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα που θα προδιαγράψει.

Επομένως, η ευθύνη του αρχιτέκτονα είναι μεγάλη και ο ρόλος του ιδιαίτερος σημαντικός, όσον αφορά τον σχεδιασμό και τη δημιουργία ενός κτιρίου που θα αξιοποιεί τις φυσικές πηγές ενέργειας αποτελεσματικά και θα χρησιμοποιεί τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης ως υποστηρικτικά, επιβαρύνοντας το περιβάλλον στον ελάχιστο δυνατό βαθμό. Ο αρχιτέκτονας, πρέπει να βάζει την παράμετρο της

ενεργειακής συμπεριφοράς του δημιουργήματός του και κατ' επέκταση της συνδιαλλαγής του κτιρίου του με το περιβάλλον, από την αρχική φάση του σχεδιασμού, από τη σύλληψη της πρώτης και αρχικής ιδέας.

Το κτιριολογικό πρόγραμμα, η θέα, η αισθητική, η σωστή στατική συμπεριφορά, οι σωστές προσβάσεις, η ένταξη στο ευρύτερο περιβάλλον, η κλίμακα και όλες οι άλλες σημαντικές παράμετροι που καθορίζουν την κεντρική ιδέα του αρχιτέκτονα θα πρέπει να είναι εξίσου σημαντικές με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό του και με παραμέτρους όπως ο προσανατολισμός, ο σκιασμός, η επιλογή των υλικών, τα ποσοστά των υαλοστασίων επί των όψεων, κ.λπ.

1.2 Οι τρεις πυλώνες της επιστήμης της κατασκευής, ο κατασκευαστικός τομέας και η ρύπανση του περιβάλλοντος

Όλη η διαδικασία της σύλληψης μίας ιδέας και της σχεδίασης ενός κτιρίου, η φάση της υλοποίησής του και εν τέλει, η διαδικασία της συνδιαλλαγής του με το περιβάλλον, αποσαφηνίζεται στους τρεις πυλώνες της επιστήμης της κατασκευής¹⁷, όπως τους, αναφέρει στις πανεπιστημιακές του σημειώσεις, ο Νίκος Παναγιωτόπουλος.

Η όλη διαδικασία της υλοποίησης ενός οποιουδήποτε έργου, όπως καταγράφεται στις σημειώσεις του, ξεκινά από την αρχική λειτουργική ανάγκη, βάσει της οποίας δημιουργείται το κτιριολογικό πρόγραμμα, μέχρι και την ολοκλήρωση της κατασκευής που θα ικανοποιήσει το πρόγραμμα αυτό και συντίθεται από τρεις παραμέτρους, τις οποίες ο αρχιτέκτονας πρέπει να χειριστεί σωστά και να ακολουθήσει. Καμία από τις τρεις αυτές παραμέτρους δεν μπορεί να παραμεληθεί ή να τύχει περισσότερης σημασίας εις βάρος μίας άλλης, αν ο αρχιτέκτονας θέλει να κάνει σωστά τη δουλειά του και να δώσει στο περιβάλλον ένα έργο που θα έχει αντιμετωπίσει με ηθικές αξίες, τόσο τον εντολέα με τις δικές του ανάγκες, όσο και το περιβάλλον, στο οποίο επεμβαίνει και υλοποιεί την κατασκευή του.

17 Ν. Παναγιωτόπουλος, "Πανεπιστημιακές σημειώσεις Πανεπιστημίου Frederick", στο μάθημα: *Δομική φυσική – τεχνολογία κελύφους*, Λευκωσία 2011

Οι τρεις αυτοί παράμετροι, οι οποίες αποκαλούνται και πυλώνες της επιστήμης της κατασκευής, είναι:

- Το Κτιριολογικό πρόγραμμα
- Η Υλοποίηση της κατασκευής και
- Η Συνδιαλλαγή με το περιβάλλον

Στον πρώτο πυλώνα, που αναφέρεται στο κτιριολογικό πρόγραμμα, ο στόχος του αρχιτέκτονα είναι να επιλύσει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο θέματα, όπως η λειτουργικότητα της κατασκευής και θέματα αισθητικής που προκύπτουν και αποδίδονται από τον αρχιτέκτονα, μέσω της σωστής επίλυσης της κάτοψης και της ογκοπλασίας, της πλαστικότητας και γενικότερα της μορφής του αρχιτεκτονήματός του.

Στον δεύτερο πυλώνα της οικοδομικής διαδικασίας (υλοποίηση της κατασκευής), ο αρχιτέκτονας θα κληθεί να δώσει τη μεθοδολογία για την κατασκευή του Έργου. Αυτή περιλαμβάνει μια σειρά αμέτρητων σχεδίων, σημειώσεων και τεχνικών όρων και προδιαγραφών, με κατασκευαστικές λεπτομέρειες, λύσεις, προτάσεις, τεχνοτροπίες από την μία και επιλογή των σωστών υλικών από την άλλη. Όλα αυτά θα πρέπει, με τη σωστή καθοδήγηση από τον αρχιτέκτονα, να δουλέψουν αρμονικά για να ολοκληρωθεί ομαλά και σωστά, τηρώντας όλες τις διαδικασίες, η υλοποίηση του δημιουργήματός του.

Στον τρίτο πυλώνα υπάρχει η παράμετρος της συνδιαλλαγής του, υπό δημιουργία, κτιρίου, τόσο με το άμεσο περιβάλλον στο οποίο κτίζεται, όσο με το γενικότερο περιβάλλον μέσα στο οποίο εντάσσεται. Από περιβαλλοντολογικής πλευράς, το τι ακριβώς έχει καταφέρει ο αρχιτέκτονας με την επίλυση όλων των κτιριολογικών αναγκών του 'εργοδότη' μεταφρασμένες σε ένα οποιοδήποτε κτίριο ή κατασκευή στο χώρο, είναι στην πραγματικότητα, την αναπόφευκτη επέμβασή του στο φυσικό περιβάλλον και είτε μας αρέσει είτε όχι, την αλλοίωση των ισορροπιών της φύσης, με αποτέλεσμα να αλλάξει για τις επόμενες δεκαετίες μια φυσική εξέλιξη αιώνων με βίαιο τρόπο. Αυτό όμως είναι, μοιραία, αναγκαίο, που το επιβάλλει η εξέλιξη της ανθρωπότητας και για το οποίο δεν μπορούμε να κάνουμε τίποτε, καθώς ο άνθρωπος, ως αδύναμο ζώο, μη έχοντας άλλα όπλα και τις ικανότητες να επιβιώσει χρησιμοποιώντας τα φυσικά του χαρακτηριστικά, πρέπει να χρησιμοποιήσει τη λογική του και το μυαλό του αρχικά και στη συνέχεια να "επιβληθεί" και να επικρατήσει στο περιβάλλον του.

Ο αρχιτέκτονας, όμως, δεν πρέπει ποτέ του να ξεχνά ότι μέσα στον ρόλο του επαγγέλματος του, εκτός από τα πρώτα δύο ζητήματα που αναπτύχθηκαν πιο πάνω έχει έναν επίσης σημαντικότερο ρόλο, αυτόν της ηθικής ευθύνης απέναντι στο περιβάλλον, στο οποίο αναπόφευκτα επεμβαίνει. Μία έννοια ηθικής συμπεριφοράς, η οποία είναι πολυδιάστατη στα θέματα του επαγγέλματος του αρχιτέκτονα, εννοώντας την πολύπλευρη επέμβαση, με τις συνέπειες που τη συνοδεύουν, που προκαλεί ο άνθρωπος στο φυσικό του περιβάλλον, με οποιοδήποτε μικρή ή μεγάλη κατασκευή που θα σχεδιάσει και θα ανεγείρει.

Η μία διάσταση, η οποία εύκολα μπορεί να γίνει αντιληπτή είναι αυτή που αφορά τις συνέπειες που προκαλούνται στο άμεσο περιβάλλον της επέμβασης. Δηλαδή την πιθανή εγκοπή δέντρων, το μπάζωμα ποταμών, την καταστροφή ενός βιότοπου ή δάσους και γενικότερα την οποιαδήποτε αλλοίωση στο δεδομένο περιβάλλον, αλλά και στο μικρόκλιμα ή, ανάλογα του μεγέθους της επέμβασης και στο μεσόκλιμα μίας περιοχής, αλλά και στο οικοσύστημά της, δηλαδή στη δεδομένη χλωρίδα και πανίδα της. Πίσω από αυτήν την άμεση αλλοίωση, η οποία είναι εύκολα αντιληπτή στον περίγυρο και στον χώρο που γίνεται ένα αρχιτεκτόνημα, υπάρχει και μία παράλληλη έμμεση καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος, η οποία μπορεί να συγκεκριμενοποιηθεί σε δύο επίπεδα.

Από τη μία είναι η μόλυνση και η καταστροφή που προκαλεί η εύρεση των πρώτων υλών και η δημιουργία των υλικών και μέσων που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα έργο. Αυτή η φάση της εξαγωγής πρώτων υλών και της κατασκευής είναι που αναφέρεται στον πυλώνα 2, στη διαδικασία της υλοποίησης ενός έργου, με την προδιαγραφή των υλικών. Η καταστροφή που συντελείται για παράδειγμα, σε ένα δάσος που μετατρέπεται σε εμπορεύσιμη ξυλεία ή και σε ένα βουνό με φυσικά πετρώματα, το οποίο σε κάποια χρόνια εξαφανίζεται γιατί έχει γίνει μάρμαρο, διακοσμητική πέτρα και γρανίτης ή η παραγωγή μίας πληθώρας σύνθετων, πλαστικών και χημικών υλικών που η δημιουργία τους μολύνει ίσως ανεπανόρθωτα το περιβάλλον και καταναλώνει ταυτόχρονα σημαντικά ποσά ενέργειας. Τα υπολείμματα ή τα οικοδομικά απόβλητα γενικά (Απόβλητα Εκσκαφών, Κατασκευών και Κατεδαφίσεων, ΑΕΚΚ), επίσης, όταν δεν τύχουν σωστής διαχείρισης μετά από την κατεδάφιση μίας οικοδομής και ακολουθήσει ανεξέλεγκτη απόρριψη στη φύση των άχρηστων υλικών, με τα οποία ήταν κατασκευασμένα, μπορεί να αποτελέσουν αιτία πρόκλησης, για δεκαετίες

ολόκληρες, μόλυνση στο φυσικό υπέδαφος και τα υπόγεια υδάτινα αποθέματα μίας περιοχής¹⁸.

Από την άλλη, οφείλει ο αρχιτέκτονας να αναλογιστεί και να υπολογίσει τις μακροχρόνιες συνέπειες που έχει και θα έχει η λειτουργία ενός δομημένου συνόλου στο περιβάλλον, νοουμένου ότι αυτό το σύνολο πρέπει να παρέχει στους ενοίκους του τις σωστές συνθήκες διαβίωσης. Αυτό που συνήθως συμβαίνει και με βεβαιότητα συνέβαινε για δεκαετίες και στην Κύπρο, είναι η απίστευτη κατανάλωση σημαντικών ποσοστών ενέργειας σε ενεργοβόρα μηχανολογικά και ηλεκτρολογικά συστήματα θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού και αερισμού για να μπορέσει ο δομημένος χώρος να είναι βιώσιμος παρέχοντας τις επιθυμητές συνθήκες ανθρώπινης ευεξίας. Αιτία του φαινομένου αυτού, οι ελλιπείς αρχιτεκτονικές μελέτες, που με την αδιαφορία τους στις βασικές αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και της εξοικονόμησης ενέργειας, οδηγούσαν σε ένα κτιριακό αποτέλεσμα που δημιουργούσε χώρους εξαρτημένους από ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα θέρμανσης, ψύξης, αερισμού και φωτισμού του βιώσιμου χώρου.

Συνοψίζοντας, ο κατασκευαστικός τομέας και τα υλοποιημένα κτίρια συντείνουν στην καταστροφή του περιβάλλοντος σε δύο επίπεδα, τα οποία αποτελούν και το αντικείμενο της παρούσας έρευνας. Το πρώτο είναι αυτό που προαναφέρθηκε και συμβαίνει στη φάση της κατασκευής του κτιρίου και αφορά την ενέργεια που χρειάζεται να καταναλωθεί για τα υλικά που επιλέγονται και τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται σε μία κατασκευή και το δεύτερο επίπεδο αφορά τις απαιτήσεις ενός υλοποιημένου κτιρίου που χρειάζονται για να είναι βιώσιμο, καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του, ο μόνιμος “ενεργειακός διάλογος” με το περιβάλλον του και οι συνέπειες αυτού του διαλόγου. Το ανησυχητικό γεγονός, δεν είναι μόνο το ιδιαίτερα μεγάλο αυτό ποσοστό που ήδη επιβαρύνει σημαντικά το φυσικό περιβάλλον, αλλά και το δυσοίωνα μέλλον στον τομέα των κατασκευών, καθώς η επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με εκπομπές ρύπων από τις ανθρώπινες ενέργειες παραμένει σε εξαιρετικά υψηλό επίπεδο¹⁹.

¹⁸ Άνευ συγγραφέα, “Απόβλητα εκσκαφών κατασκευών & κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ),” <https://rb.gy/dr1fhe> , Ημ. πρόσβασης 22/12/2023

¹⁹ Άνευ συγγραφέα, “Ατμοσφαιρική ρύπανση”, στο: *European Environment Agency*, <https://www.eea.europa.eu/el/themes/air>, Ημ. πρόσβασης 13/ 02/2022

1.3 Φαινόμενο του θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου (greenhouse effect), αυτό καθ' αυτό, δεν αποτελεί την αιτία για την υπερθέρμανση που βιώνει σήμερα ο πλανήτης Γη. Αυτό που στην ουσία συμβαίνει με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, είναι η παγίδευση θερμότητας στην ατμόσφαιρα της Γης. Η ηλιακή ακτινοβολία εκπεμπόμενη από τον Ήλιο, λόγω του ότι είναι μικρού μήκους κύματος, είναι ιδιαίτερα ισχυρή και μπορεί να διανύσει την τεράστια απόσταση των 150, περίπου, εκατομμυρίων χιλιομέτρων μέχρι την Γη, να διαπεράσει όλα τα στρώματα της ατμόσφαιράς της και να καταλήξει στην επιφάνεια του πλανήτη.²⁰

Το ποσοστό της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας που διαπερνά την ατμόσφαιρα του πλανήτη, σε παγκόσμιο επίπεδο είναι περίπου 55%. Από το υπόλοιπο 45%, το 26% ποτέ δεν φτάνει στη Γη γιατί αντανακλάται πίσω στο διάστημα από την ατμόσφαιρα, ενώ το υπόλοιπο 19% απορροφάται από αυτήν. Από το 55% που διαπερνά τελικά την ατμόσφαιρα, το 4% επιστρέφει πίσω στο διάστημα και το 51% είναι αυτό παραμένει στην ατμόσφαιρα και θερμαίνει τελικά την επιφάνεια της Γης²¹.

Η ηλιακή ακτινοβολία, αφού προσπέσει στην επιφάνεια της γης, αποθηκεύεται στον φλοιό της, ο οποίος θερμαίνεται και επανεκπέμπει πίσω στο διάστημα υπέρυθρη πλέον ακτινοβολία, μεγάλου μήκους κύματος. Η ακτινοβολία αυτή, όντας μεγάλου μήκους κύματος, δεν είναι τόσο ισχυρή όπως την, μικρού μήκους κύματος, ακτινοβολία του ήλιου και μεγάλο μέρος της δεν μπορεί να διαπεράσει τα διάφορα στρώματα της ατμόσφαιρας της Γης που τη συνθέτουν τα λεγόμενα αέρια του θερμοκηπίου (greenhouse gases) και να διαφύγει προς το διάστημα. Το αποτέλεσμα είναι να απορροφάται από τη μία, η υπέρυθρη ακτινοβολία από τα αέρια του θερμοκηπίου και να εκπέμπεται πίσω στην ατμόσφαιρα και από την άλλη να εγκλωβίζεται η θερμότητα στην ατμόσφαιρα της Γης, αυξάνοντας εν τέλει, την θερμοκρασία της.²²

²⁰ Άνευ συγγραφέα, "What is the greenhouse effect?", NASA <https://climate.nasa.gov/faq/19/what-is-the-greenhouse-effect/>, Ημ. πρόσβασης 5/12/2022

²¹ Ε.Π.Τσίγκα (επιμ.), *Ενεργειακός Σχεδιασμός, Εισαγωγή στους Αρχιτέκτονες, Θεσσαλονίκη 1994*.

²² P. Katsafados , & I. Mavromatidis, "Φαινόμενο του Θερμοκηπίου", στο: Katsafados, P., & Mavromatidis, I. 2015. Εισαγωγή στη φυσική της ατμόσφαιρας και την κλιματική αλλαγή

Αξίζει να σημειωθεί ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου, προκαλώντας την αύξηση της θερμοκρασίας της Γης, αποτελεί στοιχείο ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη της ανθρώπινης ζωής στον πλανήτη, γιατί αν δεν υπήρχε ο εγκλωβισμός της θερμότητας και όλη η εκπεμπόμενη, από την Γη, υπέρυθρη ακτινοβολία διέφευγε στο διάστημα, τότε η μέση θερμοκρασία της Γης θα ήταν γύρω στους -18°C αντί στους 15°C , παγώνοντας όλα τα αποθέματα νερού, καθιστώντας την ανάπτυξη της ζωής στον πλανήτη αδύνατη, τουλάχιστον με τη σημερινή μορφή.²³

Το στρώμα αυτό, που περιβάλλει τον πλανήτη και εύκολα μπορεί να διαπεράσει η μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον Ήλιο, αλλά δύσκολα η υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από την Γη προς το διάστημα, όπως αναφέρθηκε μόλις πιο πάνω, αποτελείται από τα αέρια του θερμοκηπίου, τα οποία είναι κυρίως:

- το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) σε ποσοστό 55%
- χλωροφθοράνθρακες (CFCs) σε ποσοστό 25%
 - υπερφθοράνθρακες (PFCs)
 - υδροφθοράνθρακες (HFCs)
- το μεθάνιο (CH_4) σε ποσοστό 15%
- το οξείδιο του αζώτου (N_2O) σε ποσοστό 5%
- εξαφθοριούχο θείο (SF_6)
- η υγρασία (H_2O)
- όζον (O_3)

Με τη Βιομηχανική Επανάσταση και την ανακάλυψη της δύναμης του ατμού, η ανθρωπότητα ξεκίνησε να χρησιμοποιεί τα ορυκτά καύσιμα (fossil fuels) ως πρώτη ύλη για παραγωγή ενέργειας, τα οποία παράγοντας ενέργεια, απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα μεγάλα ποσά διοξειδίου του άνθρακα. Η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα οφείλεται κατά 65-70% στη χρήση ορυκτών καυσίμων που αναλογεί σε 6 δισεκατομμύρια τόνους ετήσιων εκπομπών CO_2 . Το υπόλοιπο οφείλεται

[Undergraduate textbook]. Kallipos, Open Academic Editions (2015).
<https://hdl.handle.net/11419/3714>

²³ Ε.α.

κυρίως στην καταστροφή των δασών, που έχουν τη δυνατότητα να δεσμεύουν σημαντικά ποσοστά CO₂²⁴.

Υπάρχουν διάφοροι επίσημοι φορείς που καταγράφουν το πρόβλημα που δημιουργείται με τις εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα, τις δυσοίωνες προοπτικές του προβλήματος και πως μπορεί αυτό, με τους κατάλληλους χειρισμούς από τους ανθρώπους στον κατασκευαστικό τομέα, να περιοριστεί. Έχει υπολογιστεί ότι το ποσοστό του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα μέχρι το 2100 (στα αισιόδοξα σενάρια γιατί τα απαισιόδοξα μιλάνε και για το 2050) θα διπλασιαστεί, με το 30% της αύξησης να έχει γίνει μόλις τα τελευταία 200 - 250 χρόνια μέχρι το 2000 και ότι η μέση θερμοκρασία του πλανήτη ανά δεκαετία θα αυξάνεται από 0,1 - 0,4 °C.²⁵

Ο άνθρωπος, μη σεβόμενος τον πλανήτη μέσα στον οποίο ζει, όπως αναφέρθηκε εκτενώς και στην εισαγωγή, έχει καταφέρει να δημιουργήσει επικίνδυνες απειλές για το είδος του και πρέπει να πάρει μέτρα για την ίδια του την συμπεριφορά, καθώς θέτει στην ύπαρξή του σοβαρότατα θέματα επιβίωσης στο άμεσο μέλλον. Ο 20ος αιώνας είναι ο θερμότερος αιώνας που έχει καταγραφεί από τον καιρό που ξεκίνησε ο άνθρωπος τις επιστημονικές του μετρήσεις²⁶.

Η εξάρτηση του σημερινού τρόπου ζωής του ανθρώπου από τα ορυκτά καύσιμα είναι τέτοια που για να κρατηθούν τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα ως έχουν σήμερα, πρέπει να μειωθούν οι παγκόσμιοι ρύποι κατά 40%, γεγονός που προϋποθέτει πολιτικές αποφάσεις σχεδόν αδύνατες να εφαρμοστούν, λαμβάνοντας υπόψη τα παγκόσμια συμφέροντα και τις ισορροπίες που υπάρχουν με βάση τα ορυκτά καύσιμα.

²⁴ G. Bayer, M. Defays, M. Fisher κ.α., *Tackle Climate Change: Use Wood*, London 2009.

²⁵ R. Lindsey and L. Dahlman, "Climate Change: Global Temperature", στο: *Climate.gov*, <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature> , Ημ. Πρόσβασης 3/9/2022.

²⁶ P D Jones 1, T J Osborn, K R Briffa, "The evolution of climate over the last millennium", *Science*, May 2001, Pdf in https://www.researchgate.net/publication/12010362_The_Evolution_of_Climate_Over_the_Last_Millennium . Ημ. Πρόσβασης 28/4/2022.

1.4 Διεθνής Κινητοποίηση

Το ευχάριστο είναι ότι η διεθνής κοινότητα έχει συνειδητοποιήσει την καταστροφή που συντελείται και υπάρχει πλέον μία γενικότερη ευαισθητοποίηση στα θέματα ενέργειας, τουλάχιστον εντός Ευρωπαϊκής Ένωσης. Πολλές χώρες στην Ευρώπη έχουν πλέον ενεργοποιηθεί στα θέματα της ρύπανσης του περιβάλλοντος και έχουν θέσει στόχους για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα μέσα στα πλαίσια των αποφάσεων της διάσκεψης του Ρίο²⁷ του πρωτοκόλλου του Κιότο²⁸ και της συμφωνίας των Παρισίων²⁹. Θεσπίζουν νομοθεσίες και εφαρμόζουν πολιτικές και μεθοδολογίες στον κατασκευαστικό τομέα, τόσο σε επίπεδο υλικών, όσο και των κτιρίων, προσπαθώντας να διασφαλίσουν τους στόχους τους, οι οποίες έχουν αποφέρει μία σειρά μέτρων που εφαρμόζονται στην επικράτεια της Ευρώπης και κατά συνέπεια και στην Κύπρο (βλ. Κεφ. 2, Παρ. 2.2).

Το πρώτο σημαντικό βήμα έγινε από την ανθρωπότητα για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής με τη σύνοδο του ΟΗΕ το 1997 που κατέληξε στο πρωτόκολλο του Κιότο που έθεσε νέους στόχους στο χειρισμό των ορυκτών καυσίμων και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), με απώτερο στόχο τη μείωση των εκπομπών των αερίων που συντείνουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Και πάλι όμως, τα παγκόσμια συμφέροντα είχαν τον ρόλο τους και φάνηκε ότι μόνο ένα μέρος της ανθρωπότητας μπορεί να ενδιαφερθεί για το σύνολο της ανθρωπότητας. Κάποιες σημαντικές χώρες όσον αφορά την παραγωγή τους σε ρύπους, όπως η Ρωσία, η Ουκρανία, η Αυστραλία η Ιαπωνία και οι ΗΠΑ αρνήθηκαν να συμμετάσχουν ουσιαστικά στα μέτρα που προνοούσε το πρωτόκολλο. Όπως και να έχει όμως, το πρωτόκολλο

²⁷ Άνευ συγγραφέα, “ Τι αφορούσε η Διάσκεψη του Ρίο, ποιες είναι οι 3 Συμβάσεις που συνάφθηκαν στη διάρκεια αυτής και ποιο ζήτημα αποτελεί προτεραιότητα του διεθνούς συστήματος;”, *Ινστιτούτο μελετών πολιτικής και δημοκρατίας*, <https://shorturl.at/qtKU0>. Ημ. Πρόσβασης 5/12/2022.

²⁸ Άνευ συγγραφέα, “ Kyoto Protocol on climate change”, *EUR-Lex Access to the European Union law*, <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/kyoto-protocol-on-climate-change.html>, Ημ. Πρόσβασης 5/12/2022.

²⁹ Άνευ συγγραφέα, “Συμφωνία του Παρισίου για την κλιματική αλλαγή”, *Ευρωπαϊκό Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης*, <https://www.consilium.europa.eu/el/policies/climate-change/paris-agreement/#what>, Ημ. Πρόσβασης 5/12/2022.

του Κιότο σε συνεργασία με τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών αποτέλεσε το πρώτο βήμα της ανθρωπότητας για την καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος μέσω της μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου.

Δύο τρόποι υπάρχουν για να μειωθεί το CO₂ στην ατμόσφαιρα. Ο πρώτος, ο αυτονόητος, είναι η μείωση των εκπομπών προς την ατμόσφαιρα και ο άλλος είναι η απομάκρυνσή του από αυτήν και η αποθήκευσή του, έννοιες που γίνονται αντιληπτές με την κατανόηση του κύκλου ζωής του άνθρακα. Κύκλος ζωής του άνθρακα, ονομάζεται η συνεχόμενη ανταλλαγή από τις πηγές παραγωγής του άνθρακα (carbon sources) στις αποθήκες του άνθρακα (carbon sinks). Οι αποθήκες αυτές δουλεύουν ως αποθήκες διοξειδίου του άνθρακα μιας και αποθηκεύουν το παραγόμενο CO₂ από την ανταλλαγή που γίνεται στον κύκλο ζωής του άνθρακα. Ετησίως, η ανθρωπότητα παράγει 7,9 δισεκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρά, ενώ οι αποθήκες απορροφούν τα 4,9 δις. Αυτό σημαίνει ότι κάθε χρόνο στην ατμόσφαιρα του πλανήτη προστίθενται 3,3 δις τόνων διοξειδίου του άνθρακα³⁰.

Οι πρόνοιες του πρωτοκόλλου του Κιότο μπορεί να συνεισφέρουν σημαντικά στη μείωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα, αλλά για να σταματήσει η επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου και η αυξανόμενη υπερθέρμανση του πλανήτη, πρέπει να αυξηθούν ταυτόχρονα και οι αποθήκες άνθρακα πράγμα που προϋποθέτει επιπλέον δάση και αύξηση στη γενικότερη χρήση του ξύλου. Ο λόγος που η υιοθέτηση της ξυλείας και η αύξησή της χρήσης του στις κατασκευές είναι επιτακτικός, έγκειται στο γεγονός ότι όταν υπάρχει αειφορική / βιώσιμη διαχείριση των δασών, αντί να μειώνονται τα δάση με τη χρήση του ξύλου, αυξάνονται και κατά συνέπεια αυξάνονται και οι αποθήκες διοξειδίου του άνθρακα. Αυτό συμβαίνει γιατί στις οργανωμένες οικονομίες, όπως της Ευρώπης και της Αμερικής, τα δάση από τα οποία κόβονται τα δέντρα για τη δημιουργία ξυλείας για τα εργοτάξια, είναι ελεγχόμενα και κυρίως λόγω της στρατηγικής απόφασης, ότι για κάθε 100 δέντρα που κόβονται για αυτό το σκοπό φυτεύονται 140 καινούρια. Το όφελος είναι διπλό καθώς, από τη μία, το γεγονός αυτό, αυξάνει τα δάση και από την άλλη δημιουργεί νέα δάση, δηλαδή νέες αποθήκες που θα αντλήσουν από την ατμόσφαιρα επιπλέον διοξείδιο του άνθρακα. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος που το ξύλο, αποτελεί ένα από τα υλικά που εφαρμόζεται στα παθητικά

³⁰ G. Bayer, M. Defays, M. Fisher κ.α., *Tackle Climate Change: Use Wood*, London 2009.

συστήματα θερμικής προστασίας, τα οποία αποτελούν αντικείμενο μελέτης για τα πειράματα της παρούσας διατριβής.

1.5 Η συμβολή του παθητικού σχεδιασμού κτιρίων

Ήδη από τη δεκαετία του 1970 και την πρώτη πετρελαϊκή κρίση, έχει προχωρήσει η μελέτη και η έρευνα στον τομέα της αξιοποίησης των φυσικών ανεξάντλητων και καθαρών πηγών ενέργειας, με αποτέλεσμα να έχουν αναπτυχθεί ποικίλες τεχνικές και τεχνολογίες που να αξιοποιούν κυρίως την ηλιακή ενέργεια, τόσο για τη θέρμανση, όσο και για την ψύξη των κτιρίων. Έχει γίνει επίσης αντιληπτό το όφελος της παθητικής προστασίας της κατασκευής και βάσει αυτού, έχουν εξελιχθεί και διάφορα παθητικά συστήματα προστασίας των κτιρίων. Για τα συστήματα αυτά, δίνεται ένας πολύ χαρακτηριστικός ορισμός από τους Παπαδόπουλο και Αξαρλή³¹, οι οποίοι αναφέρουν ότι τα συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας, βασίζονται στη φυσική ροή της θερμικής ενέργειας και στις φυσικές ιδιότητες των υλικών, χωρίς να κάνουν καθόλου χρήση ηλεκτρομηχανολογικών μέσων.

Αυτό που δεν έχει ακόμα γίνει σαφές και αποτελεί στόχο της παρούσας διδακτορικής διατριβής, είναι η ποσοτικοποίηση του οφέλους, με τον υπολογισμό της εξοικονόμησης ενέργειας που επιτυγχάνεται από τη χρήση των παθητικών συστημάτων προστασίας του εξωτερικού περιβλήματος και η απόδοσή τους στον χρόνο, με το παράλληλο οικονομικό και περιβαλλοντικό όφελος

Η υπερθέρμανση του πλανήτη έχει στρέψει την προσοχή των επιστημόνων προς την κατεύθυνση της ανάπτυξης διαφόρων εφαρμογών παθητικής προστασίας των κτιρίων, στοχεύοντας στη μείωση των εκπομπών ρύπων προς την ατμόσφαιρα. Έτσι, ίσως μπορέσει το φαινόμενο του θερμοκηπίου να επανέλθει στον ρόλο που διαδραμάτιζε τόσες χιλιετηρίδες, ο οποίος ήταν η υποβοήθηση δημιουργίας των κατάλληλων συνθηκών, απαραίτητων για την ύπαρξη του ανθρώπου στον πλανήτη Γη και όχι στον ρόλο που έχει σήμερα που το μετέτρεψε ο άνθρωπος με τις ενέργειές του σε ένα

³¹ Μ. Παπαδόπουλος & Κ. Αξαρλή, *Ενεργειακός σχεδιασμός και παθητικά ηλιακά συστήματα κτιρίων*, Δομική φυσική II, Θεσσαλονίκη 2015, 7.

φαινόμενο εναντίον του, προκαλώντας την υπερθέρμανση του πλανήτη με τις γνωστές καταστροφικές ενέργειες στις ισορροπίες του οικοσυστήματός μας.

1.6 Παθητικός σχεδιασμός και τρόποι μετάδοσης θερμότητας

1.6.1 Θερμότητα

Οι εφαρμογές παθητικής προστασίας των κτιρίων και τα παθητικά συστήματα θέρμανσης και δροσισμού του βιοκλιματικού σχεδιασμού βασίζονται στη θερμότητα και των τρόπων μετάδοσής της. Η κατανόηση της έννοιας της θερμότητας και κυρίως ο τρόπος με τον οποίο μεταδίδεται αυτή στο περιβάλλον και στις κατασκευές, είναι ουσιώδους σημασίας, καθώς μέσω της επεξήγησης της διαδικασίας με την οποία θερμαίνονται τα κτίρια μπορούν να αντληθούν συμπεράσματα για τον τρόπο με τον οποίο μπορούν αυτά να προστατευθούν θερμικά.

Μελετώντας τον ορισμό της θερμότητας στην πληθώρα των βιβλίων που αναφέρονται σε αυτήν ή στον κυβερνοχώρο, διαπιστώνεται ότι υπάρχουν ποικίλοι ορισμοί και ερμηνείες που την περιγράφουν και την επεξηγούν, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες.

Η πρώτη είναι η επιστημονική εξήγηση του φαινομένου της ανάπτυξης της θερμότητας και η δεύτερη είναι ίσως η πιο εμπειρική μεταφορά του φαινομένου, ερμηνεύοντας και περιγράφοντας τις καταστάσεις στις οποίες παρατηρείται αύξηση της θερμότητας³². Ένα μικρό δείγμα των επιστημονικών ορισμών του φαινομένου παρατίθεται πιο κάτω στα οποία η θερμότητα περιγράφεται ως:

- Μορφή ενέργειας που εμφανίζεται ως κίνηση των μορίων σε ένα σώμα στερεό, υγρό ή αέριο ή ως ακτινοβολία στον χώρο
- Το άθροισμα της κινητικής ενέργειας μορίων ενός παρατηρούμενου σώματος ή όγκου
- Ενέργεια σε κατάσταση μετάβασης
- Η ενέργεια που περικλείει ένα σώμα εξαιτίας της "χαοτικής κίνησης" των σωματιδίων που το αποτελούν

³² Ν. Γ, Γεωργίου, "Πανεπιστημιακές σημειώσεις Πανεπιστημίου Frederick", στο μάθημα: *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Ι*, Λευκωσία 2016

Όλα τα πιο πάνω περιγράφουν με έναν πολύ ορθό επιστημονικό λόγο και με όρους που μπορεί να υπολογίσει η επιστήμη της φυσικής, το φαινόμενο της θερμότητας. Η εμπειρική πλευρά της παρατήρησης της θερμότητας δίδεται στα πιο κάτω παραδείγματα όπου η θερμότητα περιγράφεται ως:

- Η ποσότητα θερμικής ενέργειας που ακτινοβολεί κάθε υλικό σώμα με συνέπεια, να μεταφέρεται μεταξύ όμορων σωμάτων ή μορίων λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας τους
- Η ενέργεια που ρέει από ένα σώμα σε ένα άλλο λόγω της διαφορετικής τους θερμοκρασίας
- Η μεταφορά ενέργειας από ένα σύστημα προς το περιβάλλον του, ως συνέπεια μόνο της διαφοράς θερμοκρασίας.

Αυτό που ενδιαφέρει τον Αρχιτέκτονα και τον βοηθά στη δεύτερη κατηγορία των ορισμών, είναι να αντιληφθεί όχι τη φυσική εξήγηση του φαινομένου της θερμότητας, άλλα τους τρόπους με τους οποίους μεταδίδεται αυτή, έτσι ώστε να μπορεί να κατανοήσει τη συμπεριφορά και τη μετάδοσή της στα δομικά υλικά και στον χώρο και να την αξιοποιήσει ανάλογα, σε όλα όσα περιλαμβάνει η επιστήμη της Δομικής Φυσικής στον τομέα των κατασκευών. Επομένως με μία προσεκτική ματιά στη δεύτερη κατηγορία ορισμών παρατηρείται ότι, οι πιο πάνω καταστάσεις περιγράφουν τους τρεις τρόπους³³ με τους οποίους μεταδίδεται η θερμότητα, δηλαδή με αγωγή, με μεταφορά και με ακτινοβολία.

1.6.2 Μετάδοση θερμότητας με Αγωγή (Conduction)

Η μετάδοση της θερμότητας με τη διαδικασία της αγωγής γίνεται από μόριο σε μόριο εντός ενός στερεού ή μεταξύ δύο επαπτόμενων στερεών. Χρειάζεται δηλαδή μία μορφή στερεής ύλης μέσα στην οποία, ή με την επαφή αυτής με κάποιο άλλο στερεό, να μεταδοθεί η θερμότητα. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι το στερεό αυτό ή αυτά να έχουν υψηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ή θερμικής διάχυσης των μορίων του υλικού. Τα υλικά αυτά, μέσα από τα οποία η θερμότητα μεταδίδεται εύκολα και

³³ Ε.Π.Τσίγκα (επιμ.), *Ενεργειακός Σχεδιασμός, Εισαγωγή στους Αρχιτέκτονες, Θεσσαλονίκη 1994.*

γρήγορα, έχουν συνήθως πυκνή δομή μεταξύ των μορίων τους, όπως είναι οι φυσικοί λίθοι, και κατά συνέπεια το μπετόν που είναι ένας τεχνητός λίθος, ο σίδηρος, ως μέταλλο, κ.λπ.). Ενδεικτικά παρατίθενται στον Πίνακα 1.1 βασικά δομικά υλικά των συμβατικών κατασκευών που έχουν υψηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.

Δομικό Υλικό	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/mK)
Τούβλα διάτρητα	0,40
Επίχρισμα με βάση το τσιμέντο	1,00
Άμμος και Χαλίκια	2,00
Σκυρόδεμα υψηλής πυκνότητας με οπλισμό 2%	2,50
Γρανίτης	2,80
Μάρμαρο	3,50
Χάλυβας	50,00
Αλουμίνιο	200,00

Πίνακας 1.1: Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας βασικών δομικών υλικών συμβατικής κατασκευής

Χαρακτηριστικό παράδειγμα της πιο πάνω διαδικασίας, είναι το πείραμα που όλοι σχεδόν έχουν κάνει σε παιδική ηλικία, κρατώντας ένα νόμισμα στην μία άκρη του και με έναν αναπτήρα ανάβουμε φλόγα και τη βάζουμε στη άλλη πλευρά του νομίσματος. Σε δευτερόλεπτα η θερμότητα, μέσω της διαδικασίας της αγωγής, μεταφέρεται μέσα στα μόρια του νομίσματος και φτάνει στην άλλη άκρη, όπου αισθανόμαστε την αύξηση της θερμοκρασία του νομίσματος στο χέρι μας. Άλλο παράδειγμα είναι η υπερθέρμανση μίας κατσαρόλας που ακουμπά σε ένα μεταλλικό ηλεκτρικό μάτι στην κουζίνα. Εκεί θερμαίνεται το μάτι με το ρεύμα και η σιδερένια κατσαρόλα μέσω των σημείων επαφής της με το θερμό μάτι θερμαίνεται και αυτή.

Η κατανόηση της μετάδοσης θερμότητας μέσω της διαδικασίας της αγωγής στον τομέα της κτιριολογίας, γίνεται αντιληπτή μέσω του παραδείγματος των θερμογεφυρών σε ένα κτίσμα. Σε ένα υποστύλωμα, για παράδειγμα, από οπλισμένο σκυρόδεμα που είναι σοβατισμένο εσωτερικά και εξωτερικά με τσιμεντοκονίαμα, η θερμότητα μεταφέρεται ως εξής: η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στην εξωτερική επιφάνεια του επιχρίσματος, η οποία θερμαίνεται. Εντός των μορίων του σοβά η θερμότητα μεταφέρεται με αποτέλεσμα όλη η στρώση του σοβά 2-3 εκατοστά εν τέλει, να θερμανθεί. Ο σοβάς, εφόσον εφάπτεται με το υποστύλωμα, μεταφέρει τη θερμότητα στο μπετόν. Αντίστοιχα, πάλι με τη διαδικασία εντός των μορίων του υλικού, το μπετόν θερμαίνεται σε όλο το

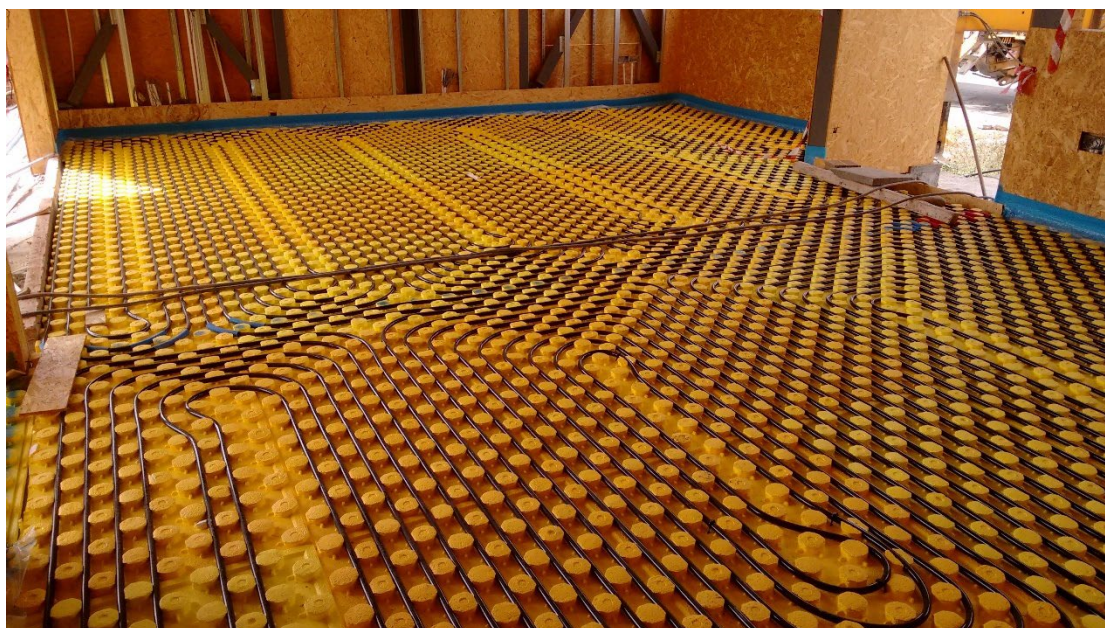
πάχος του και μετά με τη διαδικασία της επαφής δύο επαπτόμενων υλικών, μεταφέρει εκ νέου την θερμότητα στο υλικό του εσωτερικού επιχρίσματος της κατασκευής. Το ίδιο συμβαίνει και σε μία λιθοδομή μία παραδοσιακής κατοικίας, όπου η πιο πάνω διαδικασία γίνεται μεταξύ των λιθοσωμάτων μίας εξωτερικής τοιχοποιίας και του κονιάματος που τα συνδέει και εφάπτεται σε αυτά.

Η όλη πάνω διαδικασία, αναφέρεται λεπτομερώς, γιατί είναι η βασική αιτία μέσα από την οποία, οι συμβατικές κατασκευές που εξετάζονται στη παρούσα έρευνα, συνθέτουν μία τεράστια αποθήκη θερμότητας στον αστικό ιστό των πόλεων της Κύπρου και δυστυχώς χρειάζεται να καταναλωθούν τεράστια ποσά ενέργειας για να μπορέσουν οι ένοικοι που τις χρησιμοποιούν, να ζουν σε σωστές συνθήκες θερμικής άνεσης. Επομένως, στα πειράματα που διενεργούνται, γίνεται προσπάθεια να σταματήσει, με διάφορους τρόπους, αυτή η αλυσίδα μεταφοράς της θερμότητας μέσω των δομικών υλικών που η δομή των μορίων τους μεταφέρει ταχύτατα την θερμότητα στο εσωτερικό της κατασκευής.

1.6.3 Μετάδοση θερμότητας με Μεταφορά / Συναγωγή (Convection)

Η μετάδοσης της θερμότητας με τη διαδικασία της μεταφορά ή συναγωγής γίνεται όταν αυτή πραγματοποιείται από και προς κάποιο ρευστό. Το ρευστό αυτό μπορεί να είναι υγρό ή αέριο.

Ένα παράδειγμα μετάδοσης θερμότητας με μεταφορά ή συναγωγή με την παρεμβολή κάποιου υγρού, είναι το βράσιμο του αυγού μέσα σε μεταλλικό δοχείο από νερό. Το δοχείο, αφού ζεσταθεί από μία πηγή θερμότητας, είτε αυτή είναι ηλεκτρικό μάτι ή με φωτιά, μεταδίδει τη θερμότητά του με τη διαδικασία της μεταφοράς, στο νερό μέσα στο μεταλλικό δοχείο με το οποίο είναι σε επαφή και αυτό σιγά σιγά βράζει. Στη συνέχεια, εφόσον το νερό ζεσταθεί και αποκτήσει θερμοκρασία μεγαλύτερη από αυτή του αυγού, μεταδίδει τη θερμότητά του στο αυγό και πάλι με την διαδικασία της μεταφοράς, καθώς μεσολαβεί ρευστό στοιχείο και έτσι στο τέλος βράζει και το αυγό και ψήνεται.



Εικόνα 1.1. Εγκατάσταση θέρμανσης δαπέδου σε κατοικία στη Λευκωσία, 2015. Η μετάδοση θερμότητας γίνεται με τη διαδικασία της μεταφοράς/συναγωγής, μέσω του ζεστού νερού που κυκλοφορά στις σωλήνες τις θέρμανσης.

Στις κατασκευές παρατηρείται μετάδοση θερμότητας με μεταφορά ή συναγωγή στις περιπτώσεις όπου το υλικό μετάδοσης είναι το νερό ή ο αέρας. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελούν οι θερμάνσεις δαπέδου, όπου μέσα στις σωλήνων της εγκατάστασης της θέρμανσης (Εικ. 1.1) κυκλοφορά νερό. Όταν υπάρχει ανάγκη θέρμανσης των εσωτερικών χώρων, ο λέβητας του συστήματος ενεργοποιείται και ζεσταίνει νερό. Το ζεστό αυτό νερό, διοχετεύεται στο σύστημα σωληνώσεων που μόλις αναφέρθηκε και θερμότητα μεταφέρεται, μέσω του νερού, σε όλους του εσωτερικούς χώρους. Με την διαδικασία της μεταφοράς ζεσταίνονται τα τοιχώματα των σωλήνων από το ζεστό νερό και στη συνέχεια η θερμότητα μεταφέρεται με αγωγή στα υποστρώματα του δαπέδου που συνήθως είναι ισχυρά τσιμεντοκονία και κάποιο σκληρό δάπεδο κεραμικό ή μάρμαρο. Ακολούθως η θερμότητα, με μεταφορά και πάλι και ακτινοβολία, μέσω των θερμών δαπέδων, μεταφέρεται στους εσωτερικούς χώρους άνωθεν αυτών.

Με βάση τα πιο πάνω, θα εξεταστεί στα πειράματα, τόσο η συνεισφορά του νερού όσο και του αέρα, στην καθυστέρηση της μετάδοσης της θερμότητας, αλλά και πρόσθετοι τρόποι παρεμπόδισης της μεταφοράς της θερμότητας μεταξύ του εσωτερικού χώρου και του εξωτερικού περιβάλλοντος.

1.6.4 Μετάδοση θερμότητας με Ακτινοβολία (Radiation)

Ο τρίτος και τελευταίος τρόπος μετάδοσης της θερμότητας στο περιβάλλον, αφορά τη διαδικασία της ακτινοβολίας στον αέρα με ηλεκτρομαγνητικά κύματα, χωρίς την παρεμβολή ύλης.

Κάθε υλικό σώμα, μόλις αποκτήσει υψηλότερη θερμοκρασία από παρακείμενο του στερεό υγρό ή αέριο, ακτινοβολεί προς αυτό θερμότητα, μεταδίδοντάς την. Αυτό το φαινόμενο παρατηρείται στις κατασκευές στις περιπτώσεις όπου μία πλάκα οροφής ή εξωτερική τοιχοποιία, οι οποίες είναι αμόνωτες θερμικά, θερμαίνονται απευθείας από την ακτινοβολία του ήλιου. Στην συνέχεια όταν τα δομικά αυτά στοιχεία θερμανθούν και αποκτήσουν μεγαλύτερη θερμοκρασία από τον εσωτερικό χώρο που περιβάλλουν, ξεκινούν και ακτινοβολούν θερμότητας εσωτερικά και τον θερμαίνουν.

Στις ελαφρές κατασκευές ήδη εφαρμόζονται ευρέως φράγματα ακτινοβολίας της θερμότητας, τα οποία είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά. Στην Εικόνα 1.2, φαίνεται έργο από ελαφρά κατασκευή κατά τη φάση της κατασκευής των εξωτερικών τοιχοποιιών και διακρίνεται, μεταξύ του εξωτερικού και του εσωτερικού συστήματος της τοιχοποιίας, η τοποθέτηση ανακλαστικού υλικού για αποκοπή, ακριβώς, της μετάδοσης της θερμότητας μέσω ακτινοβολίας, εντός της εξωτερικής τοιχοποιίας. Αντίστοιχο παράδειγμα αποτελούν και οι επιστρώσεις χαμηλής εκπομπής (low-e) στους ενεργειακούς υαλοπίνακες.



Εικόνα 1.2: Τοποθέτηση ανακλαστικού υλικού για αποκοπή της μετάδοσης της θερμότητας, μέσω ακτινοβολίας, εντός εξωτερικής τοιχοποιίας από ξηρά δόμηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΟΥ ΚΤΡΙΑΚΟΥ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΚΥΠΡΙΑΚΟ ΧΩΡΟ

2.1 Ο σχεδιασμός κτιρίων στην Κύπρο και ο ρόλος του αρχιτέκτονα.

2.1.1 Εξωτερικό Κέλυφος

Ένα οποιοδήποτε κτίριο, είναι ένα τεχνητό ανθρώπινο κέλυφος που καλείται να διαδραματίσει τον ρόλο της διαμόρφωσης ενός εσωτερικού περιβάλλοντος βιώσιμου, ασφαλούς και άνετου για τον χρήστη του. Το κτίριο αποτελεί, στην ουσία, μία μεμβράνη διαχωρισμού του περιβάλλοντος από τον ανθρώπινο χώρο. Η μεμβράνη αυτή, που αποτελεί την επιδερμίδα μίας κατασκευής, άλλοτε ανακόπτει και άλλοτε εξασφαλίζει, κατά κρίση και κατά επιθυμία, επικοινωνίες, επαφές και ανταλλαγές σε πολλαπλά επίπεδα³⁴. Αυτή τη μεμβράνη την μορφώνει το εξωτερικό κέλυφος ενός κτιρίου και δυστυχώς, όπως παρουσιάστηκε πιο πάνω, υπάρχει πληθώρα παραδειγμάτων στον Κυπριακό χώρο, στα οποία είναι κατασκευασμένο αυτό το κέλυφος, με την απουσία οποιασδήποτε πρόνοιας θερμικής προστασίας.

2.1.2 Τοπικότητα

Ρίχνοντας μία ματιά σε οποιαδήποτε πόλη της Μεσογείου και δυστυχώς και της Κύπρου, είναι εύκολα αντιληπτό ότι στη μόρφωση του κελύφους των κτιρίων, που δημιουργούν οι αρχιτέκτονες, υπερισχύει, άκριτη μορφοκρατία μοντέλων άλλων χωρών, με εντελώς διαφορετικό κλίμα από αυτό της Μεσογείου. Κυριαρχεί η εμπορική επιβολή ακριβών τύπων κτιρίων και προϊόντων ενεργοβόρων και ρυπογόνων, όπως π.χ. διάφορα σύνθετα κρύσταλλα με ακριβά και εξειδικευμένα αέρια χαμηλής αγωγιμότητας (Εικ.2.1), αντί για παράδειγμα απλού σκιασμού. Αυτές οι επιλογές έχουν δημιουργήσει ιδιαίτερα ενεργοβόρα κτίρια, τόσο από πλευράς των υλικών που χρησιμοποιούν, όσο και από πλευράς της ενέργειας που χρειάζονται να

34 Π. Τουλιάτος, “Πανεπιστημιακές σημειώσεις Πανεπιστημίου Frederick”, στο μάθημα: *Αρχιτεκτονική Τεχνολογία Ι - Εισαγωγή*, Λευκωσία 2015

καταναλώσουν για να είναι βιώσιμα. Η εξάρτηση αυτών των κτιρίων από τα μηχανολογικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης είναι σχεδόν απόλυτη.



Εικόνα 2.1: Εμπορικά κτίρια στη Κύπρο με όψεις εξ' ολοκλήρου από υαλοπίνακες χωρίς καμία πρόνοια σκιασμού.

Εκτός από τα υλικά και την απουσία προστασίας των ανοιγμάτων, τα κτίρια, σε ένα μεγάλο ποσοστό, σχεδιάζονται και κατασκευάζονται χωρίς να δίνεται καμία σημασία στον προσανατολισμό τους. Κατασκευές σχεδιάζονται, αδειοδοτούνται και κτίζονται με όλες τις όψεις ίδιες, κατασκευασμένες από υαλοπετάσματα, αδιαφορώντας αν η μία είναι νότια δυτική και δέχεται ηλιακές προσόδους κατά την καλοκαιρινή περίοδο ή αν είναι βόρεια έχοντας τεράστιες θερμικές απώλειες κατά τη χειμερινή περίοδο. Το αποτέλεσμα είναι ιδιαίτερα αρνητικό για το περιβάλλον, γιατί αυτά τα κτίρια εκπέμπουν πολύ μεγάλες ποσότητες ρύπων στην ατμόσφαιρα μολύνοντάς την, καθώς η όλη προσπάθεια επίτευξης θερμικής άνεσης στο εσωτερικό αυτών των κτιρίων βασίζεται εξ' ολοκλήρου σε ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης, των οποίων η λειτουργία, βασίζεται στην καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ρεύματος.

2.1.4 Ενεργειακός σχεδιασμός σήμερα

Η όλη προσπάθεια μείωσης αυτού του αρνητικού ενεργειακού αποτυπώματος των κτιρίων και της προσπάθειας βελτίωσης της συμπεριφοράς τους, εστιάζεται σήμερα:

- Στη θερμομόνωση του κελύφους, τόσο των οριζόντιων όσο και των κατακόρυφων στοιχείων αυτού
- Στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κουφωμάτων (υαλοστάσια και πλαίσιο)
- Στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των ηλεκτρομηχανολογικών (H/M) συστημάτων θέρμανσης και ψύξης
- Στη γενικότερη ενίσχυση μηχανικών μέσων υποβοήθησης, όπως ηλεκτροκίνητοι εξαερισμοί, ανανέωση αέρα κλπ.
- Στη χρήση ηλιακών πλαισίων παραγωγής ζεστού νερού χρήσης (ZNX)
- Στη χρήση ΑΠΕ και κυρίως φωτοβολταϊκών συστημάτων παραγωγής ρεύματος

Όλα τα πιο πάνω, απλά καταδεικνύουν την απουσία του αρχιτέκτονα ως κύριου πρωταγωνιστή στη διαμόρφωση βέλτιστων εσωτερικών κλιματικών συνθηκών ανθρώπινης ευεξίας.

2.1.5 Ο ρόλος του αρχιτέκτονα στον ενεργειακό σχεδιασμό

Η αρχική σύνθεση θα έπρεπε να λαμβάνει υπόψιν θέματα σωστού ενεργειακού και παθητικού σχεδιασμού. Πριν να καταλήξει κάποιος στη λύση των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων για την επίτευξη των επιθυμητών συνθηκών θερμικής άνεσης, θα έπρεπε, από τους αρχιτέκτονες να μελετώνται θέματα κατά την επίλυση των κτιρίων τέτοια, στα οποία να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση και σημασία στις 4 στρατηγικές βιοκλιματικού σχεδιασμού οι οποίες είναι:

1. Στρατηγική Θέρμανσης
2. Στρατηγική Ψύξης
3. Στρατηγική Φυσικού Φωτισμού και
4. Στρατηγική Αερισμού

Οι πρώτες δύο αφορούν στρατηγικές που εφαρμόζονται σε συγκεκριμένες εποχές ενός χρόνου. Η στρατηγική θέρμανσης αφορά σχεδιαστικές λύσεις και εργαλεία που θα

δουλέψουν παθητικά σε μία κατασκευή κατά την διάρκεια των κρύων ημερών του χειμώνα, ενώ η στρατηγική ψύξης, αφορά αντίστοιχες σχεδιαστικές προτάσεις που σκοπό έχουν να βοηθήσουν την παθητική συμπεριφορά μία κατασκευής κατά την, ιδιαιτέρως, ζεστή περίοδο του καλοκαιριού που βιώνουν οι χώρες της νότιας Ευρώπης. Σε αντίθεση των πιο πάνω στρατηγικών, οι τελευταίες δύο στρατηγικές φωτισμού και αερισμού αφορούν σχεδιαστικές λύσεις και πρακτικές που σκοπό έχουν να προσφέρουν φυσικό φωτισμό και αερισμό σε μία κατασκευή όλες τις εποχές του χρόνου.

Έτσι, το γενικό σχήμα και η γεωμετρία του κτιρίου όπως και ο προσανατολισμός των εσωτερικών χώρων όπως και των όψεων, θα πρέπει να σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνονται οι στόχοι των πιο πάνω στρατηγικών βιοκλιματικού σχεδιασμού. Η μελέτη της όλης επιδερμίδας ενός κτιρίου, επίσης, με σωστό σχεδιασμό στο ποσοστό των ανοιγμάτων ανάλογα σε ποια όψη βρίσκονται και ο σωστός σκιασμός, καθώς και η θερμική προστασία των αδιαφανών στοιχείων του εξωτερικού κελύφους, μπορούν να προστατέψουν ένα κτίριο από τα ανεπιθύμητα θερμικά κέρδη του καλοκαιριού και ταυτόχρονα να επιτύχουν αποτελεσματική παθητική θέρμανση στο εσωτερικό του κατά την χειμερινή περίοδο. Όλες οι πιο πάνω ενέργειες θα πρέπει να γίνονται με επιλογή υλικών φιλικά προς το περιβάλλον ή με την ελάχιστη δυνατή εκπομπή ρύπων κατά την φάση της κατασκευής τους. Τέλος θα πρέπει με όλα τα πιο πάνω εργαλεία να μπορούν οι εσωτερικοί χώροι να φωτίζονται φυσικά και να δίνεται η δυνατότητα σε αυτούς, στις ώρες που πρέπει, να επιτυγχάνουν εύκολα και γρήγορα φυσικό εξαερισμό.

Είναι αδιανόητο στη Μεσόγειο, με τόσο πλούσιο ηλιασμό, καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, να υπάρχουν κτίρια που να βασίζονται εξ' ολοκλήρου σε τεχνητά συστήματα φωτισμού, θέρμανσης και ψύξης. Όπως, επίσης, είναι αδιανόητο και σε κλίμα όπως αυτό της Κύπρου, με την τόση έντονη ηλιακή ακτινοβολία, να υπάρχουν νότιες, ανατολικές και δυτικές γυάλινες προσόψεις, με λανθασμένες σκιάσεις ή, ακόμη χειρότερα, χωρίς απολύτως τη παραμικρή πρόνοια θερμικής προστασίας (Εικ. 2.1).

Η παρουσία του ανθρώπου σε αυτό το οικοσύστημα, δεν μπορεί να χαρακτηρίζεται με την αδιαφορία του προς τα φυσικά δεδομένα και την προσπάθεια επιβολής σε αυτό, με κάθε κόστος, αφηφώντας ενεργειακά και οικολογικά ζητήματα. Ο άνθρωπος πρέπει να συμπορευτεί με τη φύση, να αξιοποιήσει τις αστείρευτες και ανανεώσιμες φυσικές πηγές ενέργειας που διαθέτει, με κύρια αυτών, τον ήλιο και να τις χρησιμοποιήσει με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι σύμμαχοί του στη δημιουργία σωστών εσωτερικών κλιματικών συνθηκών παρά πολέμιός τους. Το να μην δίνεται έμφαση σε αυτά τα

ζητήματα, απλά εξαντλεί τα αποθέματα ορυκτών καυσίμων από τον πλανήτη, μολύνει την ατμόσφαιρα και γενικότερα το περιβάλλον και χειροτερεύει τη διαβίωση του ανθρώπου σε αυτόν.

Εδώ είναι που ο αρχιτέκτονας πρέπει να αντιληφθεί τον ρόλο που έχει στη διαμόρφωση του κτισμένου περιβάλλοντος και στη διαμόρφωση των εσωτερικών κλιματικών συνθηκών στα κτίρια που σχεδιάζει. Πρέπει να αναλογιστεί τις ευθύνες που έχει στη δημιουργία ενός κτιρίου, που για να είναι βιώσιμο, σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να εξαρτάται απόλυτα από τα Η/Μ συστήματα. Ο αρχιτέκτονας οφείλει να κατανοήσει τον ρόλο του στην αειφόρο ανάπτυξη. Να καταλάβει ότι το σχέδιο που θα κάνει ίδιος, είναι αυτό που θα καθορίσει τον βαθμό εμπλοκής των ηλεκτρολόγων και μηχανολόγων μηχανικών. Πρέπει να αντιληφθεί τη βαρύνουσα σημασία της αρχικής σύλληψης του σχεδιασμού του. Ότι σε αυτήν την αρχική σύλληψη πρέπει να λύσει τα θέματα ηλιασμού, δροσισμού, φωτισμού και αερισμού και ότι τα τεχνητά μέσα θα δουλεύουν απλά συμπληρωματικά και υποβοηθητικά.

Αντί αυτού, όπως φαίνεται από το κτισμένο περιβάλλον που υπάρχει στις σύγχρονες μεσογειακές πόλεις, ο αρχιτέκτονας σήμερα, εκπονεί αρχιτεκτονικές μελέτες χωρίς να έχει συνεννοηθεί με άλλες ειδικότητες μηχανικών, όπως ο πολιτικός, ο ηλεκτρολόγος και ο μηχανολόγος μηχανικός. Δεν λαμβάνει υπόψη του τη βιοκλιματική, αντισεισμική και την ενεργειακή πολιτική. Καταλήγει σε μία κτιριολογική λύση, στην οποία αφήνει τις άλλες ειδικότητες να επιλύσουν τα πιο πάνω, ουσιώδους σημασίας, ζητήματα. Κατά συνέπεια, σχεδιάζει, στην καλύτερη περίπτωση, καλαίσθητα κτίρια, επιλύοντας τα διάφορα κτιριολογικά λειτουργικά προβλήματα, χωρίς να λαμβάνει υπόψη του θέματα ενεργειακής ή ακόμα και αντισεισμικής συμπεριφοράς, θεωρώντας ότι τα θέματα αυτά θα έρθουν εκ των υστέρων, οι αρμόδιοι προαναφερθέντες μηχανικοί να τα επιλύσουν.

Με αυτή τη φιλοσοφία σχεδιασμού μόνο διορθωτικές και ενεργοβόρες λύσεις μπορούν να προκύψουν γιατί από την αρχική σύλληψη του ο αρχιτέκτονας είτε το θέλει είτε όχι, έχει δεσμεύσει το κτίριο στατικά, βιοκλιματικά και ενεργειακά για όλη την υπόλοιπη ζωή του.

Αυτός είναι και ο λόγος που η παρούσα διατριβή έχει μεγάλο πεδίο έρευνας, καθώς θα ασχοληθεί με ήδη υπάρχοντα κτίρια στον οικιστικό τομέα, που έχουν σχεδιαστεί και οικοδομηθεί με απουσία θερμικής προστασίας και πρόνοιες σωστού αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, όπως αυτές αναφέρθηκαν πιο πάνω. Μη μπορώντας να γίνει επέμβαση στη βασική αρχιτεκτονική λύση που έχει δοθεί, υποχρεωτικά θα εξεταστεί, σε αυτές τις κατασκευές, η δυνατότητα της, εκ των υστέρων, επέμβασης στο εξωτερικό κέλυφος,

με λύσεις και συστήματα παθητικής θερμικής προστασίας, με σκοπό τη μείωση του ενεργειακού αρνητικού αποτυπώματός τους στο περιβάλλον .

2.2 Ο Ρόλος της Πολιτείας – Θεσμικό πλαίσιο της Κύπρου για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων

2.2.1 Γενικά στοιχεία

Συνήγορος, στην πιο πάνω υποβάθμιση της σημασίας της αρχικής αρχιτεκτονικής μελέτης, είναι και η πολιτεία που περιορίζεται σε νομοθεσίες και οικοδομικούς κανονισμούς που ελέγχουν θέματα νομικά, συντελεστών δόμησης, κάλυψης και άλλων κανονισμών που καμία σχέση δεν έχουν με τη σωστή εφαρμογή στρατηγικών βιοκλιματικού σχεδιασμού στα κτίρια. Οι πολεοδομικοί κανονισμοί καθορίζουν για μια οικοδομή το εμβαδό που θα κτιστεί και την επιφάνεια που θα καλυφθεί και δεν έχουν καμία πρόνοια για προσανατολισμό θερμογέφυρες, θερμομόνωση, αερισμό και εξαερισμό, σκίασμό εξωτερικών επιφανειών, θερμική μάζα, θερμικές αποθήκες, ποσοστό υαλοπινάκων στις όψεις κλπ.

Σημαντικός σταθμός στην αλλαγή της νομοθεσίας και στην ουσιαστική εστίαση σε θέματα κατανάλωσης ενέργειας των κτηρίων, αποτέλεσε ο κανονισμός της ΕΕ αριθ. 244/2012 της 16/1/2012 προς συμπλήρωση της οδηγίας 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την ενεργειακή απόδοσης των κτηρίων³⁵.

Έγιναν σημαντικές αλλαγές προς την κατεύθυνση της κατανάλωσης ενέργειας στα κτήρια αλλά, ακόμα και η, κατά τα άλλα, πολύ ορθή απαίτηση για υποχρεωτική πλέον σύνταξη Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) για κάθε κτίριο, ζητείται από τις αρμόδιες αρχές στη φάση της υποβολής των τελικών κατασκευαστικών σχεδίων, μετά που έχει δοθεί η έγκριση στη βασική αρχιτεκτονική μελέτη που περιλαμβάνει πλήρη αρχιτεκτονικά σχέδια κατόψεων, όψεων και τομών. Ωστόσο το ΠΕΑ αποτέλεσε ένα πολύ σημαντικό βήμα για την αναβάθμιση της παθητικής θερμικής προστασίας στα κτίρια.

³⁵ Κανονισμός της ΕΕ αριθ. 244/2012 της 16/1/2012 προς συμπλήρωση της οδηγίας 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού (pdf), Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2012/244/oj/ell/pdf_a1a, ημ, πρόσβασης, 3/3/2019.

Αναφορικά με το ΠΕΑ, όπως αναφέρεται στην ιστοσελίδα της Υπηρεσίας Ενέργειας του Υπουργείου Ενέργειας, Εμπορίου και Βιομηχανίας, *“Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) κτιρίου έχει μορφή παρόμοια με τις ενεργειακές ετικέτες που χρησιμοποιούνται για τη σήμανση διαφόρων οικιακών συσκευών και χρησιμοποιείται για την ενεργειακή σήμανση των κτιρίων. Σκοπός του είναι να παρέχει χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την συνολική ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου και βάσει της διαμόρφωσης των τυποποιημένων ενεργειακών κατηγοριών, ώστε να μπορεί κάποιος εύκολα να συγκρίνει την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου με κάποιο άλλο. Το ΠΕΑ συνοδεύεται από συστάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας στο κτίριο”*.

“Το ΠΕΑ κτιρίου εκδίδεται μόνο από Ειδικευμένο Εμπειρογνώμονα, ο οποίος είναι εγγεγραμμένος στο αντίστοιχο Μητρώο, αφού πρώτα υποβληθεί για καταχώρηση στο Μητρώο πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. Για την έκδοση ΠΕΑ ο ιδιοκτήτης του κτιρίου ή ο εκπρόσωπος του, διορίζει τον Ειδικευμένο Εμπειρογνώμονα συνυπογράφοντας το σχετικό έντυπο του παραρτήματος 3 των σχετικών κανονισμών (Κ.Δ.Π.164/2009 & Κ.Δ.Π. 39/2014)”. “Το ΠΕΑ είναι δεκαετούς ισχύος, όμως πρέπει να αναθεωρείται σε περίπτωση που οποιαδήποτε αλλαγή στο κτίριο επηρεάζει ουσιαστικά την ενεργειακή του απόδοση”.

2.2.2 Θεσμικό πλαίσιο ενεργειακής απόδοσης κτιρίων στην Κύπρο

Προς το τέλος της πρώτης δεκαετίας της νέας χιλιετηρίδας άρχισαν να εμφανίζονται οι πρώτες προσπάθειες για πρόνοιες ενεργειακής απόδοσης νέων κτιρίων και από τότε συνεχίζουν και γίνονται σημαντικά βήματα που τείνουν να βελτιώσουν σε ένα μεγάλο βαθμό αρκετά πράγματα που δεν λειτουργούσαν σωστά. Με την εναρμόνιση της Κύπρου με τους Ευρωπαϊκούς κανονισμούς, έχουν παρθεί μέτρα που σιγά-σιγά βάζουν κάποια όρια στον τρόπο κατασκευής των κτιρίων και των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων που χρησιμοποιούν, με στόχο τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος των κατασκευών και των εκπεμπόμενων ρύπων προς το περιβάλλον. Αυτές οι οδηγίες καθορίζονται στα Διατάγματα 2007, 2009, 2013, 2016 και 2020 και παρουσιάζονται με λεπτομέρεια πιο κάτω.

2.2.3 Διάταγμα 2007 (Κ.Δ.Π. 568/2007)

Η πρώτη προσπάθεια προς τη κατεύθυνση ενός λιγότερο ενεργοβόρου σχεδιασμού για τις νέες κατασκευές στην Κύπρο, έγινε τον Δεκέμβριο του 2007, όταν με το Διάταγμα 2007 (Κ.Δ.Π. 568/2007)³⁶ τέθηκαν σε εφαρμογή οι πρώτες απαιτήσεις για ελάχιστη ενεργειακή απόδοση στα νέα κτίρια. Η προσπάθεια αυτή εστιάστηκε σε θέματα παθητικής προστασίας των κτιρίων μπήκε σε ισχύ στις 21/12/2007.

Οι μηχανικοί και ο κόσμος με το νέο αυτό διάταγμα, έρχονται σε επαφή με μία “νέα” έννοια, για τα τότε δεδομένα, αυτή του συντελεστή θερμοπερατότητας, το γνωστό “U-Value”. Με βάση το διάταγμα, για πρώτη φορά, καθορίζονται για κάθε νέο κτίριο και για κάθε κτίριο συνολικής επιφάνειας άνω των 1000 τετραγωνικών μέτρων που υφίσταται ριζική ανακαίνιση, οι μέγιστοι επιτρεπόμενοι συντελεστές θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων του εξωτερικού κελύφους και η μεθοδολογία υπολογισμού τους. Πιο συγκεκριμένα το διάταγμα έβαζε περιορισμούς για τους μέγιστους συντελεστές θερμοπερατότητας στα πιο κάτω στοιχεία ως εξής:

- Εξωτερικές τοιχοποιίες και στοιχεία της φέρουσα κατασκευής (κολώνες, δοκοί και τοιχία) : $0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Οριζόντια δομικά στοιχεία (δάπεδα σε πυλωτή, δάπεδα σε πρόβολο, δώματα και στέγες) και οροφές που συνιστούν μέρος του εξωτερικού κελύφους : $0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Κουφώματα (πόρτες και παράθυρα) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου : $3,80 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Δάπεδα υπερκείμενα κλειστού μη θερμαινόμενου υπογείου ή ημιυπόγειου χώρου : $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

Μετά την έκδοση αυτού του διατάγματος ο κόσμος και οι ειδικοί, ξεκίνησαν να εφαρμόζουν συστηματικά πλέον τη χρήση θερμομονωτικών πλακών στο εξωτερικό κέλυφος των κτιρίων και συγκεκριμένα στις εξωτερικές τοιχοποιίες αυτών, στην πλάκα οροφής τελευταίου ορόφου και στην πλάκα δαπέδου πρώτου ορόφου στις περιπτώσεις των πολυκατοικιών με πιλοτή. Το διάταγμα και αποτέλεσε μία τομή στα θέματα παθητική προστασίας των κτιρίων και επέφερε σημαντικές αλλαγές στον τρόπο

³⁶ Κ.Δ.Π. 568/2007, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/kdp568_2007.pdf

δόμησης των νέων συμβατικών καθώς έπρεπε να βρεθούν τρόποι να θερμομονώνεται, στοιχειωδώς, όλο το εξωτερικό κέλυφος μίας κατασκευής.

2.2.4 Διάταγμα 2009 (Κ.Δ.Π. 446/2009)

Σε συνέχεια του διατάγματος του 2007 ακολούθησε, μετά από 2 σχεδόν χρόνια, το Διάταγμα 2009 (Κ.Δ.Π. 446/2009)³⁷ το οποίο μπήκε σε ισχύ την 1^η Ιανουαρίου του 2010. Το νέο αυτό διάταγμα έχει τις ίδιες απαιτήσεις σχετικά με τους μέγιστους συντελεστές θερμοπερατότητας των στοιχείων μίας κατασκευής, όπως αυτές περιγράφονται στο διάταγμα του 2007, αλλά εισήχθη μία ακόμη σημαντική απαίτηση η οποία αποτέλεσε, επίσης, σημαντική τομή στη φιλοσοφία δόμησης των νέων κατασκευών καθώς επιβάλλεται πλέον, ότι τα νέα κτίρια, θα χρησιμοποιούν υλικά και τεχνολογία τέτοια, που να μπορεί να εκδοθεί Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης με ίση ή καλύτερη ενεργειακή κλάση από Β. Η διαδικασία έκδοσης ενός Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) ενός κτιρίου, γίνεται αφού δοθούν σε συγκεκριμένο λογισμικό μία πληθώρα στοιχείων που αφορούν την υπό ανέγερση οικοδομή. Συγκεκριμένα, το λογισμικό που χρησιμοποιείται στην Κύπρο είναι το iSBEM και δίνονται, μεταξύ άλλων, δεδομένα για τα πιο κάτω:

- Προσανατολισμό κτιρίου
- Γεωμετρικά δεδομένα των χώρων
- Κατασκευαστικά δεδομένα εξωτερικού κελύφους
- Κατασκευαστικά δεδομένα εσωτερικής κατασκευής
- Κατασκευαστικά δεδομένα όλων των οριζόντιων στοιχείων συμπεριλαμβανομένου και του εδάφους
- Δεδομένα για το μέγεθος και την κατασκευή των κουφωμάτων, τόσο του υαλοπίνακα όσο και του πλαισίου
- Συντελεστής κατακόρυφου ή οριζόντιου σκιασμού ανοιγμάτων
- Δεδομένα για τον φωτισμό και άλλα Ηλεκτρολογικά συστήματα
- Σύστημα Θέρμανσης & Ψύξης
- Σύστημα για Ζεστό Νερό Χρήσης ΖΝΧ
- Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

³⁷ Κ.Δ.Π. 446/2009, <https://shorturl.at/msO16>

Το διάταγμα ορίζει, επίσης, Μέσο Συντελεστή Θερμοπερατότητας U_{mean} για τις κατοικίες $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ και για μη κατοικίες $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$., καθιστά υποχρεωτική την τοποθέτηση ηλιακού συστήματος για ΖΝΧ και την πρόνοια για εγκατάσταση συστήματος παραγωγής ηλεκτρισμού από ΑΠΕ.

Βλέποντας τα πιο πάνω, γίνεται αντιληπτό, ότι με αυτή την αλλαγή που επέβαλε το διάταγμα του 2009, για έκδοση ΠΕΑ υψηλής ενεργειακής κλάσης, εφαρμόζονται πλέον κατασκευαστικές οικοδομικές λύσεις και ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις που καθιστούν την κατοικία ένα σύνολο που έχει μετρήσιμη και οριοθετημένη συνολική ενεργειακή κατανάλωση.

2.2.5 Διάταγμα 2013 (Κ.Δ.Π. 432/2013)

Το 2013, η νομοθεσία γίνεται πιο απαιτητική, όσον αφορά τις κατασκευαστικές προδιαγραφές των κτιρίων. Χωρίς να μειώσει τις απαιτήσεις των προηγούμενων διαταγμάτων, εκδόθηκε νέο Διάταγμα (Κ.Δ.Π. 432/2013)³⁸, το οποίο τέθηκε σε ισχύ στις 11/12/2013, μέσα στο οποίο υπήρχαν αυστηρότερες απαιτήσεις για τους συντελεστές θερμοπερατότητας του εξωτερικού κελύφους. Ξεχωρίζουν, επίσης, σε διαφορετικές κατηγορίες οι απαιτήσεις για κάθε νέο κτίριο, για κάθε νέα κτιριακή μονάδα και κάθε κτίριο συνολικής επιφάνειας άνω των 1000 τετραγωνικών μέτρων που υφίσταται ριζική ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας.

Στην παρούσα διατριβή, λόγω του αντικειμένου έρευνας, τονίζονται οι βελτιώσεις στις απαιτήσεις ελάχιστης ενεργειακής απόδοσης για κάθε νέο κτίριο, οι οποίες είναι οι πιο κάτω:

- Εξωτερικές τοιχοποιίες και στοιχεία της φέρουσας κατασκευής (κολώνες, δοκοί και τοιχία) : $0,72 \text{ W/m}^2\text{K}$ αντί $0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Οριζόντια δομικά στοιχεία (δάπεδα σε πυλωτή, δάπεδα σε πρόβολο, δώματα και στέγες) και οροφές που συνιστούν μέρος του εξωτερικού κελύφους : $0,63 \text{ W/m}^2\text{K}$ αντί $0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Κουφώματα (πόρτες και παράθυρα) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου: $3,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ αντί $3,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

³⁸ Κ.Δ.Π. 432/2013, https://energy.gov.cy/assets/entipo-iliko/KDP432_2013.pdf

- Δάπεδα υπερκείμενα κλειστού μη θερμαινόμενου χώρου : παρέμεινε η απαίτηση στα 2,0 W/m²K

Οι πρόνοιες για τους μέσους συντελεστές θερμοπερατότητας, για την παραγωγή ρεύματος με ΑΠΕ και την εγκατάσταση ηλιακών πλαισίων για ΖΝΧ παραμένουν ίδιες. Σε αυτό διάταγμα προστέθηκε, επίσης, μία νέα παράμετρος, αυτή του συντελεστή σκίασης σε κουφώματα (παράθυρα που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου), η οποία με βάση το λογισμικό που εκδίδονται τα ΠΕΑ για τις κατασκευές, ορίστηκε στο 0,63,³⁹ τονίζοντας τη σημασία που δείχνουν πλέον οι αρμόδιες αρχές στα θέματα προστασίας των ανοιγμάτων σε μία χώρα με τόσο έντονη ηλιακή ακτινοβολία για τη μεγαλύτερη περίοδο του χρόνου.

Μία ακόμη πρόνοια του νέου αυτού διατάγματος που εκδόθηκε και αποτέλεσε σημαντική τομή στην ενεργειακή συμπεριφορά των νέων κτιρίων, αφορούσε κτίρια που δεν έχουν οικιστική χρήση στα οποία απαιτούσε το 3% της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας να προέρχεται από ΑΠΕ. Τέλος, ίδιες παρέμειναν οι απαιτήσεις για το Μέσο Συντελεστή Θερμοπερατότητας U_{mean} 1,3 W/m²K για κατοικίες και για μη κατοικίες 1,8 W/m²K, καθώς και η απαίτηση για ΠΕΑ κτιρίου ενεργειακής κλάσης ίσης ή καλύτερης από Β κατηγορία.

2.2.6 Διάταγμα 2016 (Κ.Δ.Π. 119/2016)

Το 2016 με το διάταγμα Κ.Δ.Π. 119/2016⁴⁰, οι μέγιστες απαιτήσεις για τους συντελεστές θερμοπερατότητας του εξωτερικού κελύφους επίσης, αλλάζουν και γίνονται αυστηρότερες.

Συγκεκριμένα τα στοιχεία που βελτιώθηκαν είναι τα πιο κάτω:

- Εξωτερικές τοιχοποιίες και στοιχεία της φέρουσας κατασκευής (κολώνες, δοκοί και τοιχία) : 0,40 W/m²K αντί 0,72 W/m²K

³⁹ Μεθοδολογία Υπολογισμού της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου, Φεβρουάριος 2015, σελ. 48, https://energy.gov.cy/assets/entipo-iliko/MYEAK_KDP33-2015.pdf, ημ. πρόσβασης 12/6/2018

⁴⁰ Κ.Δ.Π. 119/2016, https://energy.gov.cy/assets/entipo-iliko/KDP119_2016.pdf

- Οριζόντια δομικά στοιχεία (δάπεδα σε πυλωτή, δάπεδα σε πρόβολο, δώματα και στέγες) και οροφές που συνιστούν μέρος του εξωτερικού κελύφους : 0,40 W/m²K αντί 0,63 W/m²K
- Κουφώματα (πόρτες και παράθυρα) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου: 2,90 W/m²K αντί 3,23 W/m²K
- Δάπεδα υπερκείμενα κλειστού μη θερμαινόμενου χώρου : παρέμεινε η απαίτηση στα 2,0 W/m²K

Ο συντελεστής σκίασης παραμένει στο 0,63, ενώ για τις μονοκατοικίες, απαιτείται πλέον, το 25% της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας, να προέρχεται από ΑΠΕ. Το διάταγμα τέθηκε σε ισχύ την 1^η Ιανουαρίου του 2017 και για την κατάθεση αίτησης για έκδοση άδειας οικοδομής μίας κατοικίας από τις τοπικές αρχές, απαραίτητη ήταν και η κατάθεση εντύπου ΠΕΑ ελάχιστης ενεργειακής κλάσης ίσης ή καλύτερης από Β. Σε περίπτωση που δεν προσκομιζόταν ΠΕΑ ή προσκομιζόταν ΠΕΑ ενεργειακής κλάσης Γ ή χαμηλότερης, δεν παραλαμβάνονταν η αίτηση και δεν μπορούσε να εκδοθεί άδεια οικοδομής, η οποία είναι η απαιτούμενη άδεια που δίνει το δικαίωμα στον αιτούντα, βάσει της νομοθεσίας, να ξεκινήσει τις οικοδομικές εργασίες στο τεμάχιό του.

Είναι εύκολα αντιληπτό, ότι τα συγκεκριμένα διατάγματα έχουν αλλάξει ριζικά τον τρόπο κατασκευής των κατοικιών σε σχέση με το πώς οικοδομούνταν αυτές πριν και μέχρι 2007. Οι αλλαγές αυτές εντοπίζονται και καταγράφονται και παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο και αποτελούν μέρος των πειραμάτων που γίνονται στην τυπική οικία της Κύπρου και αξιολογούνται τα αποτελέσματά τους.

2.2.7 Διάταγμα 2020 (Κ.Δ.Π. 121/2020)

Νέες και αυστηρότερες πρόνοιες και απαιτήσεις, μόνον όσον αφορά τα κουφώματα μίας κατοικίας, εισάγονται το 2020 με το διάταγμα Κ.Δ.Π. 121/2020,⁴¹. Έτσι, οι μέγιστες απαιτήσεις για τους συντελεστές θερμοπερατότητας του εξωτερικού κελύφους, σε σχέση με το προηγούμενο διάταγμα, διαμορφώνονται ως εξής:

⁴¹ Κ.Δ.Π. 121/2020, <https://shorturl.at/bnruG>

- Εξωτερικές τοιχοποιίες και στοιχεία της φέρουσας κατασκευής (κολώνες, δοκοί και τοιχία) : $0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Οριζόντια δομικά στοιχεία (δάπεδα σε πυλωτή, δάπεδα σε πρόβολο, δώματα και στέγες) και οροφές που συνιστούν μέρος του εξωτερικού κελύφους : $0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Κουφώματα (πόρτες και παράθυρα) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου: $2,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ αντί $2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Δάπεδα υπερκείμενα κλειστού μη θερμαινόμενου χώρου : παρέμεινε η απαίτηση στα $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

Ένα άλλο στοιχείο που αλλάζει και καθιστά την ύπαρξη συστημάτων ΑΠΕ στις κατοικίες ουσιώδους σημασίας, είναι η αναβάθμιση της απαίτησης για έκδοση ΠΕΑ σε κτίρια που χρησιμοποιούνται ως κατοικίες από κατηγορία Β σε Α.

2.3 Θερμική προστασία συμπαγών στοιχείων εξωτερικού κελύφους

Η κατασκευαστική δομή της συμβατικής κατασκευής στην Κύπρο και πως αυτή δομείται είναι ουσιώδους σημασίας για την κατανόηση της λειτουργίας του όλου συστήματος και πως αυτό συμπεριφέρεται. Μέσω αυτής της γνώσης, θα καταστεί δυνατή και η κατανόηση της ανάγκης που έχουν αυτές οι κατασκευές σε θέματα ενεργειακής συμπεριφοράς και πως μπορούν, όλες οι πρόνοιες που αναλύθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, να εφαρμοστούν.

Σε μία τέτοια κατασκευή, τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους των συμβατικών κτιρίων αποτελούνται από τα κατακόρυφα στοιχεία, που με τη σειρά τους διαχωρίζονται σε εξωτερικές τοιχοποιίες και στοιχεία φέροντος οργανισμού και σε οριζόντια στοιχεία, τα δώματα. Κατασκευαστικά, ιδιαίτερη σημασία έχει και η σύνδεση των κατακόρυφων στοιχείων πλήρωσης με τα στοιχεία του φέροντος οργανισμού.

Όταν οι τοιχοποιίες εφάπτονται σε υποστυλώματα, υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους στερεώνονται σε αυτά. Ο πρώτος είναι με άνοιγμα οπών στο υποστύλωμα με αρίδα κάθε 60-90 εκατοστά, βάθους 5-8 εκατοστών και εμφύτευση μέσα σιδήρου διατομής Φ 8χιλ. συνήθως, το οποίο προεξέχει κατά 15-20 εκατοστά της κολώνας και κτίζεται μέσα στον τοίχο, (Εικ. 2.2). Το σίδερο αυτό στερεώνεται μέσα στην οπή της κολώνας με ειδικά εποξικά χημικά πρόσμικτα.



Εικόνα 2.2: Άνοιγμα οπής με αρίδα σε υποστύλωμα για εμφύτευση σιδήρου με σκοπό την σύνδεση της τοιχοποιίας με το φέρον στοιχείο.

Ο δεύτερος τρόπος είναι με τη χρήση μεταλλικών γωνιών, οι οποίες καρφώνονται στο υποστύλωμα με σφύρα και οι προεξοχές είναι αυτές που κτίζονται μέσα στον τοίχο και τον “δένουν” με το υποστύλωμα (Εικ. 2.3).



Εικόνα 2.3: Μεταλλική γωνία στερεωμένη στο υποστύλωμα, έτοιμη να κτιστεί εντός της τοιχοποιίας, για την καλύτερη σύνδεση της με το φέρων στοιχείο της κατασκευής.

Σε κτίρια μεγαλύτερων διαστάσεων, δύσκολα το υποστύλωμα ενσωματώνεται στο πάχος ενός εξωτερικού τοίχου, καθώς, παρόλο που το πάχος του εξωτερικού τοίχου έχει αυξηθεί λόγω επιταγών της θερμομόνωσης, έχει αυξηθεί πολύ, παράλληλα, και η αναγκαία διατομή του στοιχείου του φέροντος οργανισμού από οπλισμένο σκυρόδεμα. Και είναι πλέον, μέλημα της αρχιτεκτονικής μελέτης να βάλει σε αρμονική θέση και τάξη τα φέροντα με τα μη φέροντα στοιχεία. Γι' αυτό και ο αρχιτέκτονας θα πρέπει να μελετά και να αποφασίζει ο ίδιος για τις θέσεις των υποστυλωμάτων σε ένα κτίριο και ο πολιτικός μηχανικός να βρίσκει έτοιμη την προτεινόμενη, από τον αρχιτέκτονα, διαστύλωση και απλώς να διορθώνει, όπου χρειάζεται, να διαστασιολογεί και να αποφασίζει τον οπλισμό για τα φέροντα στοιχεία.

Στην πάνω πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας, ο τοίχος στερεώνεται στη δοκό με το λεγόμενο σφήνωμα. Το σφήνωμα γίνεται στα τελευταία 20-30 εκατοστά πριν το τελείωμα του τοίχου στη δοκό ή την πλάκα με την τοποθέτηση λοξών τούβλων που

σφηνώνονται στο κενό αυτό (Εικ. 2,4). Με την πάροδο των χρόνων και κυρίως με την αδιαφορία των ίδιων των επιβλεπόντων αρχιτεκτόνων μηχανικών, το σφήνωμα έχει σχεδόν σταματήσει να εφαρμόζεται στην Κύπρο παρά τη γνωστή σεισμικότητα της νήσου.



Εικόνα 2.4: Ημιτελής κατασκευή της δεκαετίας του 1980, όπου διακρίνονται οι ανεπίχριστες εξωτερικές τοιχοποιίες πάχους 20 εκατοστών κτισμένες με σύνηθες ξαπλωτό τούβλο. Στην κορυφή των τοιχοποιιών, στο σημείο επαφής με τα δοκάρια του φέροντος οργανισμού, διακρίνεται επίσης, το τελείωμα της τοιχοποιίας με σφήνωμα των τούβλων στις δοκούς.

2.3.1 Θερμική προστασία στις εξωτερικές τοιχοποιίες

Οι εξωτερικές τοιχοποιίες της συμβατικής κατοικίας έχουν τύχει σημαντικής εξέλιξης με την πάροδο του χρόνου και κυρίως με τη θέσπιση νέων νομοθεσιών που ξεκίνησαν από το 2007 και έπειτα, όπως προαναφέρθηκε (βλ. Κεφ.2, Παρ.2.2). Και αυτό γιατί το αυτονόητο της σωστής βιοκλιματικής και παθητικής συμπεριφοράς της κατασκευής δεν μπορούσε να υπερισχύσει της οικονομικής παραμέτρου της κατασκευής μέσα στα πλαίσια της ευσυνειδησίας ή ακόμη και της απλής κοινής λογικής, αλλά έπρεπε να επιβληθούν τα διατάγματα από το κράτος, για να εφαρμοστούν στοιχειώδεις αρχές παθητικής προστασίας και ενεργειακής προσέγγισης στη τεχνολογία της κατασκευής.

Εξετάζοντας, την εξέλιξη στον τρόπο δόμησης της εξωτερικής τοιχοποιίας της σύγχρονης συμβατικής κατασκευής, διακρίνονται τρεις περίοδοι στον τρόπο δόμησης της, άμεσα συσχετισμένες με τις αντίστοιχες αλλαγές των νομοθεσιών.

- Η πρώτη περίοδος συναντάται σε όλη τη σύγχρονη ιστορία των κατασκευών αυτών και αφορά τοιχοποιίες με καμία απολύτως θερμομονωτική πρόνοια, η οποία σταμάτησε υποχρεωτικά με το διάταγμα του 2007.
- Η δεύτερη περίοδος ξεκίνησε να εμφανίζεται προς τα τέλη του 20^{ου} αιώνα στην οποία συναντώνται κάποιες πρόνοιες θερμομόνωσης, αλλά μόνο στο μέρος των τοίχων πλήρωσης από τούβλα. Τα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία παρέμεναν εντελώς αμόνωτα θερμικά. Η φάση αυτή σταμάτησε και αυτή με το πρώτο διάταγμα του 2007.
- Η τρίτη περίοδος ξεκίνησε με την εφαρμογή του διατάγματος του 2007, όπου καθίσταται υποχρεωτική δια νόμου, η θερμομόνωση στις εξωτερικές τοιχοποιίες πλήρωσης και στα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία (κολώνες, τοιχία και δοκάρια). Από τότε μέχρι και σήμερα, η αύξηση στις απαιτήσεις των μετέπειτα διαταγμάτων απλά αλλάζει τις διατομές των υλικών προστασίας

Είναι, επίσης, σημαντικό να αναφερθεί ότι η διατομή της εξωτερικής τοιχοποιίας επηρεάζεται από τις εκάστοτε αλλαγές της αντισεισμικής νομοθεσίας, καθώς το πλάτος των υποστυλωμάτων και των δοκαριών στην περίμετρο μίας κατασκευής, έπαιξε και παίζει και σήμερα καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του πάχους της εξωτερικής τοιχοποιίας.

Πρώτη περίοδος μέχρι το διάταγμα του 2007

Κατά την περίοδο που μελετά η παρούσα έρευνα από το 1980 και μέχρι και το πρώτο Διάταγμα του 2007, ως βασικό υλικό οικοδομής των τοιχοποιιών πλήρωσης, είναι ο Κυπριακός διάτρητος οπτόπλινθος ή τούβλο, οι διαστάσεις του οποίου διαμορφώθηκαν σε 10 X 20 X 30 εκατοστά με διάφορες παραλλαγές που αναλύονται στη συνέχεια (Εικ. 2.5).



Εικόνα 2.5: Το τυπικό Κυπριακό τούβλο διαστάσεων 10 X 20 X 30 εκ.

Στις εσωτερικές τοιχοποιίες (μεσότοιχους), το τούβλο χιζόταν με τη διάσταση των 10 εκατοστών ως βάση και ύψος τα 20 εκατοστά, δημιουργώντας τοίχους πάχους 10 εκατοστών (Εικ. 2.6).



Εικόνα 2.6: Μεσότοιχος με το τυπικό τούβλο να είναι κτισμένο “όρθιο” δημιουργώντας εσωτερικούς τοίχους πλάτους 10 εκατοστών (15 εκατοστά με τα επιχρίσματα)

Ο φέρωντας οργανισμός, κατά την ίδια περίοδο, μπορούσε να είναι ελαχίστου διατομής 20 εκατοστών. Μετά το 1984, το πλάτος των 20 εκατοστών αφορούσε υποστυλώματα με το μήκος να είναι τετραπλάσιο του πλάτους, δηλαδή ουσιαστικά αυτό ίσχυε μόνο σε

τοιχία με ελάχιστη διάσταση 20 X 80 εκατοστά. Τα δοκάρια επιτρεπόταν να είναι πλάτους 20 εκατοστών και τελευταία, μέχρι και το Δεκέμβριο του 2011 που εφαρμόστηκε ο νέος αντισεισμικός Ευρωκώδικας δεν υπήρχε κανονισμός που να το απαγορεύει.

Κατά συνέπεια, στην περίπτωση που ο φέροντας οργανισμός κατασκευαζόταν με τοιχία και δοκάρια πλάτους 20 εκ., οι εξωτερικές τοιχοποιίες κτίζονταν με το ίδιο τούβλο με βάση τα 20 εκατοστά και ύψος τα 10 εκατοστά δημιουργώντας τοίχους πλάτους 20 εκατοστών (Εικ.2.7).



Εικόνα 2.7: Εξωτερική δομική τοιχοποιία κτισμένη με το τυπικό τούβλο “ξαπλωτό” δημιουργώντας εξωτερικές τοιχοποιίες πλάτους 20 εκατοστών (25 εκατοστά με τα επιχρίσματα)

Στη συνέχεια, μετά περίπου από το 1984, καθιερώθηκε στις κατασκευές, ως επί το πλείστον, η ελαχίστη διάσταση υποστυλωμάτων και δοκών να είναι 25 εκατοστά. Σε αυτές τις περιπτώσεις, λόγω του αυξημένου πλάτους της τοιχοποιίας, χρησιμοποιείται ένα παραπλήσιο τούβλο διαστάσεων 10 X 25 X 30 και πάλι ξαπλωτό, με βάση τη διάσταση των 25 εκατοστών (Εικ. 2.8). Αυτή η μέθοδος της τοιχοποιίας με το ξαπλωτό - πλαγιαστό τούβλο (είτε 20 είτε 25 εκατοστά), εφαρμόζοταν από τη συντριπτική πλειοψηφία των εταιρειών ανάπτυξης γης που στόχευαν στο χαμηλότερο δυνατό κόστος μίας οικιστικής μονάδας και σε μεγάλο ποσοστό και από ιδιώτες που ανέγειραν τις κατοικίες τους και πάλι για λόγους οικονομίας.



Εικόνα 2.8: Στα δεξιά φαίνεται εξωτερική τοιχοποιία κτισμένη με “ξαπλωτό” τούβλο πλάτους 25 εκατοστών και από πάνω της διακρίνεται δοκός πλάτους, επίσης, 25 εκατοστών. Κάθετα προς αυτόν διακρίνεται τοιχοποιία εσωτερική, πλάτους 10 εκατοστών.

Δεύτερη περίοδος μέχρι το διάταγμα του 2007

Λίγο πριν το τέλος του 20^{ου} αιώνα και κυρίως στις αρχές του 21^{ου} πριν το 2007, για τους λόγους που προαναφέρθηκαν, άρχισε ο κόσμος κάπως να ενημερώνεται σε περιβαλλοντικά θέματα και αναπτύχθηκε παράλληλα με την προηγούμενη τεχνοτροπία, κυρίως από ιδιοκτήτες κατοικιών και σίγουρα όχι από τις εταιρείες ανάπτυξης γης, μια ευαισθησία στο θέμα της θερμικής προστασίας των κατασκευών. Έτσι, εμφανίζονται ιδιοκτήτες που ανέγειραν τις κατοικίες τους και συνυπολόγιζαν και τα μακροπρόθεσμα λειτουργικά έξοδα μίας κατοικίας σε κατανάλωση ρεύματος και πετρελαίου και τότε, στο πλάτος των 25 εκατοστών που κτίζονταν οι εξωτερικοί τοίχοι πλήρωσης, άρχισαν να εμφανίζονται τοίχοι εξωτερικοί με δύο μονούς (ορθοδρομικούς) τοίχους πάχους 10 εκατοστών έκαστος, αφήνοντας στη μέση ένα διάκενο 5 εκατοστών. Το διάκενο αυτό είτε έμενε άδειο, αφήνοντας το ακίνητο στρώμα αέρα, να προσφέρει τις όποιες αντιστάσεις στη μετάδοση της θερμότητας ή, σε άλλες περιπτώσεις, τοποθετείτο κάποιο θερμομονωτικό υλικό, που κυρίως ήταν εξηλασμένη ή διογκωμένη πολυστερίνη (Εικ. 2.9 & Εικ. 2.10).



Εικόνα 2.9: Εξωτερική τοιχοποιία κτισμένη με διπλό τοίχο έχοντας στο ενδιάμεσο κενό, θερμομονωτικές πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης.



Εικόνα 2.10: Υπό ανέγερσή κατοικία το 2004 πριν την εφαρμογή των νομοθεσιών περί ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. Από τις λίγες περιπτώσεις που η εξωτερική τοιχοποιία κτίζεται με διπλό τοίχο και στη μέση τοποθετούνται θερμομονωτικές πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης

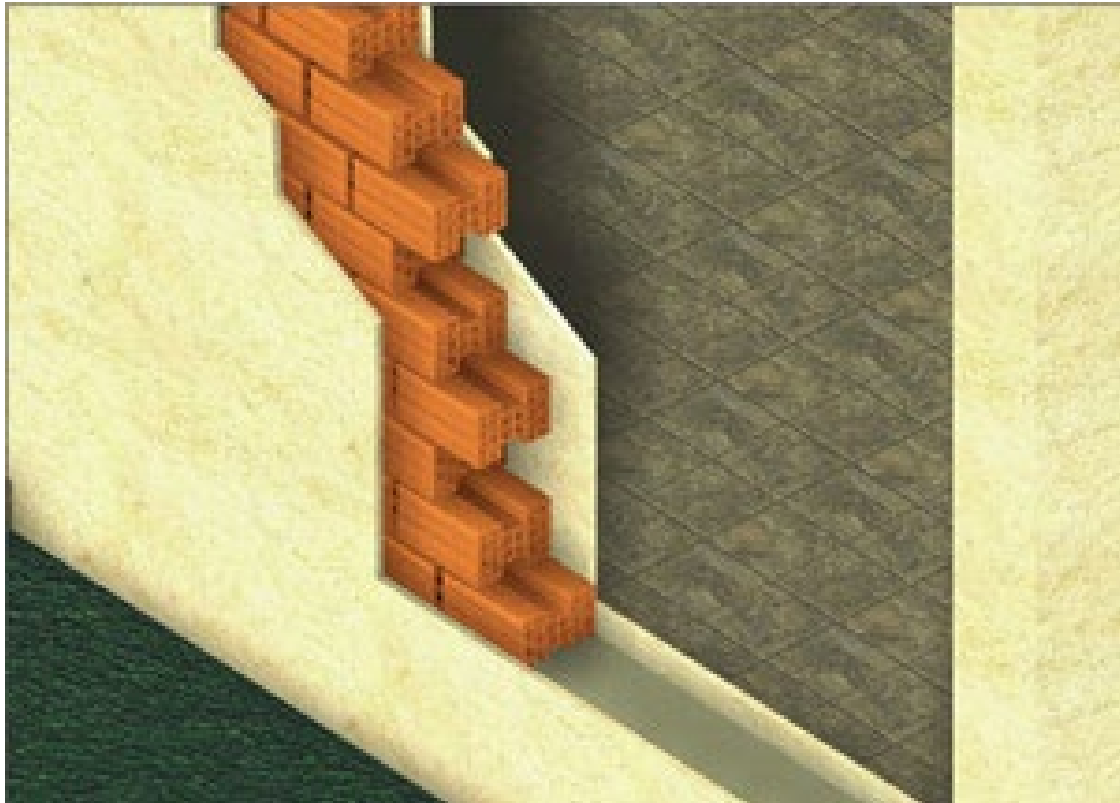
Σημειώνεται ότι, τέτοιες τοιχοποιίες, άρχισαν να εφαρμόζονται συστηματικά την περίοδο αυτή και για έναν πρόσθετο λόγο, εκτός από την ευαισθητοποίηση για τα περιβαλλοντικά θέματα μόνο, αλλά και γιατί το κόστος των καυσίμων για θέρμανση ή του ρεύματος για ψύξη άρχισε να αποτελεί ένα υπολογίσιμο έξοδο για τα νοικοκυριά. Τονίζεται όμως σε αυτό το σημείο, ότι αυτό ήταν προαιρετικό και μόνο αν το επιζητούσε ο εκάστοτε χρηματοδότης του έργου και ότι στη συντριπτική πλειοψηφία τους οι εταιρείες ανάπτυξης γης, που οικοδομούσαν και οικοδομούν πολύ μεγαλύτερο ποσοστό οικιστικών μονάδων από τους ιδιώτες, χρησιμοποιούσαν την οικονομικότερη μέθοδο με το πλαγιαστό τούβλο πλάτους 20 ή 25 εκατοστών, ανάλογα των διαστάσεων των φερόντων στοιχείων, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω (Εικ. 2.7 & Εικ. 2.8).

Με την πάροδο του χρόνου και στο πλάτος των 25 εκατοστών δημιουργήθηκαν διάφορες παραλλαγές τούβλων που έδιναν περισσότερες επιλογές στην κατασκευή της εξωτερικής τοιχοποιίας. Περιγράφονται 2 από αυτές, το τούβλο Η και το θερμομονωτικό τούβλο που ήταν ευρέως διαδεδομένες και πάλι στα πλαίσια της προαιρετικής επιλογής ενός ιδιοκτήτη και φυσικά μακριά από τις επιλογές της συντριπτικής πλειοψηφίας των εταιρειών ανάπτυξης γης:

Τούβλο σχήματος 'Η': Οι διαστάσεις του τούβλου στο ορθογώνιο που το περικλείει, είναι 25 X 20 X 30 εκατοστά. Η βάση είναι τα 25 εκ. και το ύψος 20 εκ. Το τούβλο 'Η' δημιουργήθηκε από την ανάγκη για μία πιο πρακτική λύση στο κτίσιμο και κατασκευαστικά πιο σωστής λύσης, της κατασκευής των 2 δρομικών τοίχων με διάκενο στη μέση. Το τούβλο 'Η' έλυσε κατασκευαστικά το πρόβλημα των 2 ανεξάρτητων μονών τοίχων, αφού με το συγκεκριμένο τούβλο υπάρχουν και πάλι 2 τοίχοι πάχους 10 εκατοστών με διάκενο στη μέση, δεμένοι όμως μεταξύ τους, αυξάνοντας σημαντικά τη σταθερότητα του τοίχου και κάνοντας την κατασκευή ιδιαίτερα συμπαγή (Εικ. 2.11).

Από την άλλη, πρέπει να επισημανθεί ότι η ένωση αυτή, δημιουργεί μία σημαντική θερμογέφυρα στη μέση του τούβλου, αλλά αυτό αντισταθμίζεται σε κάποιο βαθμό, με το υλικό που είναι κατασκευασμένο το τούβλο που προσφέρει αυξημένες θερμομονωτικές ιδιότητες. Διευκρινίζεται ότι θερμομόνωση, βάσει των επίσημων εντύπων της Υπηρεσία Ενέργειας της Κυπριακής Δημοκρατίας *"είναι το τμήμα ενός κατασκευαστικού στοιχείου του οποίου ο βαθμός θερμομόνωσης είναι σημαντικά χαμηλότερος από τη μέση τιμή θερμομόνωσης του συνόλου του στοιχείου"*⁴². Απαραίτητη προϋπόθεση για να δουλέψει σωστά το θέμα της θερμομόνωσης στο τούβλο 'Η', είναι να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο κτίσιμο και το συνδετικό τσιμεντοκονίαμα να μπαίνει μόνον στις δύο προεξοχές των 10 εκατοστών στις άκριες του τούβλου. Έτσι περιορίζονται σημαντικά και οι θερμογέφυρες του κονιάματος και παραμένει το κενό αέρα στη μέση προσφέροντας αντίσταση στη μετάδοση της θερμότητας στις δύο επιφάνειες του τοίχου.

⁴² Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενέργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-pinakas-diorthosewn.pdf , ημ. πρόσβασης 16/4/2016



Εικόνα 2.11: Τρισδιάστατη αναπαράσταση τοιχοποιίας κτισμένης με τούβλο σχήματος “H”

Θερμομονωτικό τούβλο: Η δεύτερη επιλογή είναι ένα τούβλο με τις ίδιες διαστάσεις 25 X 20 X 30 εκατοστά, το οποίο είναι και αυτό κατασκευασμένο από ειδικό μείγμα υλικού προσφέροντας αυξημένες θερμομονωτικές ιδιότητες σε σχέση με το απλό τούβλο, προσφέροντας συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας γύρω $\lambda = 0,20 \text{ W/m.K}$. Το σύνηθες τούβλο, συγκριτικά με το θερμομονωτικό, έχει διπλάσιο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ο οποίος είναι γύρω στο $\lambda = 0,40 \text{ W/m.K}$. Εκτός από το υλικό που είναι κατασκευασμένο το τούβλο, έχουν γίνει μελέτες και για την τοποθέτηση των οπών του τούβλου, οι οποίες είναι σχεδιασμένες με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι ακόμη πιο αποτελεσματικό το τούβλο στα θέματα της μείωσης της μετάδοσης της θερμότητας (Εικ. 2.12).

Σημειώνεται, ότι και σε αυτήν την περίπτωση, το συνδετικό κονίαμα τοποθετείται στις δύο άκρες του τούβλου, αφήνοντας το μεσαίο 1/3 του πλάτους του τούβλου χωρίς κονίαμα, περιορίζοντας και πάλι τις θερμογέφυρες του κονιάματος. Κατασκευαστικά, επίσης, το τούβλο αυτό αποτελεί τη βέλτιστη λύση από την πλευρά της συμπαγούς κατασκευής. Σε όλες τις περιπτώσεις τα τούβλα κτίζονται σταυρωτά με τους αρμούς να διασταυρώνονται στη μέση του κάθε τούβλου. Οι τοίχοι που συναντούν ο ένας τον άλλον, ενώνονταν μεταξύ τους με τα τούβλα εναλλάξ, έτσι ώστε να εισέρχεται η μία τοιχοποιία μέσα στην άλλη.



Εικόνα 2.12: Εξωτερική τοιχοποιία της κατασκευής, με τα ειδικά θερμομονωτικά τούβλα (διακρίνονται στο πάχος του τοίχου / παρειά ανοίγματος).

Τρίτη περίοδος, από το διάταγμα του 2007 και μετέπειτα

Μετά το 2007 έγιναν πολύ σημαντικά βήματα προς την κατεύθυνση των λιγότερο ενεργοβόρων κατοικιών. Από την μία, ήταν το διάταγμα του 2007, οι πρόνοιες και οι απαιτήσεις του οποίου παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα, όπου για πρώτη φορά εισήχθηκε η έννοια της θερμικής αγωγιμότητας των στοιχείων του κελύφους μίας κατοικίας. Η θέσπιση του νόμου για υποχρεωτική θερμομόνωση του εξωτερικού περιβλήματος της κατοικίας, έκανε όλες τις μεθόδους που αναφέρθηκαν πιο πάνω για τη θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας, οι οποίες εφαρμόζονταν μόνο αν ο εκάστοτε ιδιοκτήτης το επιθυμούσε, να είναι υποχρεωτικές. Και από την άλλη, ήταν το διάταγμα του 2009, το οποίο επέβαλλε σε κάθε αίτηση άδειας οικοδομής να κατατίθεται πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης για τις κατοικίες, με την ελάχιστη αποδεκτή κατηγορία κατανάλωσης να είναι η κατηγορία Β. Αυτά τα δύο μεγάλα βήματα, μαζί με τα μετέπειτα διατάγματα που αναβάθμιζαν τις ενεργειακές απαιτήσεις των κατοικιών,

άλλαξαν την παθητική προστασία και τον τρόπο δόμησης των εξωτερικών τοίχων πλήρωσης προς το καλύτερο.

Ένα, επίσης ουσιώδους σημασίας, σημαντικότερο στοιχείο της νέας αυτής νομοθεσίας, το οποίο έφερε αλλαγές στην οικοδόμηση της εξωτερικής τοιχοποιίας ήταν η υποχρεωτική θερμομόνωση του φέροντος οργανισμού. Η υποχρεωτική θερμομόνωση των στοιχείων του φέροντος οργανισμού, αύξησε ουσιαστικά, περαιτέρω το συνολικό πάχος της εξωτερικής τοιχοποιίας και αναβάθμισε σε πολύ μεγάλο βαθμό τη θερμική προστασία του εξωτερικού περιβλήματος των νέων κατασκευών. Απέκλεισε όμως τη δυνατότητα, εκ του έξωθεν, να ελέγχεται η ακεραιότητα, από άποψη ρωγμών του, ψαθυρής συμπεριφοράς, σκελετού από σπλισμένο σκυρόδεμα, εφόσον η θερμομόνωση τοποθετείται κατά κόρον στην εξωτερική πλευρά. Έτσι, μετά το 2007, οι μηχανικοί είναι υποχρεωμένοι να προδιαγράφουν και να βρίσκουν κατασκευαστικές λύσεις με τις οποίες να θερμομονώνουν, τόσο τους τοίχους πλήρωσης, όσο και τα φέροντα στοιχεία των εξωτερικών τοιχοποιιών, οι οποίες αναλύονται στη συνέχεια.

2.3.2 Φέροντα Στοιχεία (Δοκάρια και Υποστυλώματα)

Η θερμομόνωση των φερόντων στοιχείων μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι να τοποθετηθεί η όποια θερμομόνωση στην εξωτερική πλευρά των δοκών και υποστυλωμάτων και η άλλη να θερμομονωθούν τα στοιχεία αυτά στην εσωτερική πλευρά. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται και στις δύο περιπτώσεις είναι δύο κατηγοριών.

Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τα υλικά που επικολλιούνται, είτε στην εσωτερική (Εικ. 2.13), είτε στην εξωτερική πλευρά, με ειδικές κόλλες ή κατά τη φάση της σκυροδέτησης και αυτά είναι κυρίως η εξηλασμένη και η διογκωμένη πολυστερίνη και ο πετροβάμβακας.



Εικόνα 2.13: Κατοικία με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, ο οποίος έχει θερμομονωθεί εξωτερικά με επικολλημένες πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης.

Επιπρόσθετα της επικόλλησης, μπορούν οι πλάκες αυτές να στερεωθούν με ειδικά καρφιά που διαπερνούν το θερμομονωτικό υλικό και εισέρχονται εντός του φέροντος στοιχείου και διαθέτουν πλατύ πλαστικό κεφάλι για καλύτερο στερέωμα της θερμομονωτικής πλάκας (Εικ. 2.147). Στη συνέχεια, επικαλύπτονται με κάποιο επίχρισμα. Αυτά τα θερμομονωτικά υλικά τοποθετούνται, είτε απευθείας στα φέροντα στοιχεία ή σε σοβατισμένη, με δύο χέρια σοβά, επιφάνεια.

Μετά την τοποθέτηση των θερμομονωτικών πλακών, το τελείωμα μπορεί να γίνει, αν πρόκειται για μικρή επιφάνεια, με 3 χέρια κανονικού σοβά έτοιμου για βάψιμο ή αν πρόκειται για μεγάλες επιφάνειες, τότε γίνεται με ειδικές σπάτουλες που επικαλύπτουν την τοιχοποιία. Για να γίνει αυτό, η όλη επιφάνεια καλύπτεται με πλαστικό δίκτυ, το οποίο με το πρώτο χέρι σπάτουλας επικολλάται πάνω στις θερμομονωτικές πλάκες καλύπτοντας ταυτόχρονα τις ενώσεις των πλακών αυτών. Στη συνέχεια, αφού αφεθεί ο συνδυασμός σπάτουλας με δίκτυ να αποξηραθεί, επενδύεται με μία επιπλέον στρώση τελικού επιχρίσματος. Το συνολικό πάχος αυτού του τελειώματος δεν ξεπερνά τα 5 χιλιοστά (Εικ. 2.15).



Εικόνα 2.14: Κατοικία με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, ο οποίος έχει θερμομονωθεί με πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης. Διακρίνεται το στερέωμά του με πλατυκέφαλα καρφιά.



Εικόνα 2.15: Εξωτερικό επίχρισμα θερμομονωτικών πλακών από δύο χέρια σπάτουλας και πλαστικό δίκτυ.

Η δεύτερη κατηγορία υλικών, αφορά εξωτερικά επιχρίσματα που κατασκευάζονται με θερμομονωτικά υλικά. Τέτοιου είδους επιχρίσματα είναι τσιμεντοειδή κονιάματα που περιέχουν μέσα κόκκους από διογκωμένη πολυστερίνη, ανάλογα με το επιθυμητό τελείωμα που χρειάζεται να έχει η επιφάνεια του τοίχου (Εικ. 2.16). Το πάχος του σοβά που χρειάζεται σε αυτήν την περίπτωση, για να έχει το φέρων στοιχείο πάχους 25 εκατοστών την αναγκαία θερμική αντίσταση, είναι περίπου στα 5 εκατοστά. Έτσι επειδή κατασκευαστικά δεν συστήνεται τα κονιάματα επικάλυψης να ξεπερνούν τα 2-3 εκατοστά πάχος, η θερμομόνωση αυτή γίνεται υποχρεωτικά με τοποθέτηση θερμοσοβά και στις δύο πλευρές των φερόντων στοιχείων.



Εικόνα 2.16: Εξωτερικό επιχρίσματα από τσιμεντοειδή κονίαμα που περιέχει μέσα κόκκους από διογκωμένη πολυστερίνη.

Στην περίπτωση που για κάποιο λόγο δεν μπορεί να τοποθετηθεί και στις δύο πλευρές ο θερμομονωτικός σοβάς και πρέπει να μπει μόνο στην μία πλευρά, τότε τοποθετείται πλαστικό ή μεταλλικό ανοξείδωτο πλέγμα οπλισμού. Το υλικό αυτό τοποθετείται απευθείας στην επιφάνεια του μπετόν ή του τούβλου. Γίνεται πρώτα στερέωμα πλαστικών ή μεταλλικών οδηγών στην επιφάνεια που χρειάζεται να σοβατιστεί και στη συνέχεια το υλικό ψεκάζεται ανάμεσα στους οδηγούς με ειδικά μηχανήματα και στρώνεται προσεκτικά από εξειδικευμένα συνεργεία (Εικ. 2.17).



Εικόνα 2.17: Ψεκασμός θερμοσοβά από εξειδικευμένο συνεργείο, στην επιφάνεια του μπετόν και του τούβλου. Διακρίνονται οι μεταλλικοί οδηγοί στην επιφάνεια που χρειάζεται να σοβατιστεί.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στον Οδηγό Θερμομόνωσης Κτιρίων⁴³, η λύση του θερμοσοβά αναφέρεται ως ενίσχυση θερμομόνωσης και όχι ως ένας από τους τρόπους θερμομόνωσης. Στο έντυπο αυτό, οι τρόποι θερμομόνωσης των δοκών και των υποστυλωμάτων είναι οι δύο που αναφέρθηκαν πιο πάνω, εξωτερικά ή εσωτερικά.

2.3.3 Θερμομόνωση εξωτερικών Τοίχων

Με τα νέα δεδομένα, όπου έπρεπε να θερμομονώνονται και τα κατακόρυφα στοιχεία του φέροντος οργανισμού, στη θερμομόνωση των τοίχων πλήρωσης παρέμειναν

⁴³, Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-pinakas-diorthosewn.pdf , ημ. πρόσβασης 16/4/2016

κάποιες από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνταν προ του 2007 και εισήχθη και μία νέα. Έτσι, βασικά, μαζί με τις παλιές, προέκυψαν τριών ειδών τεχνολογίες που καθιερώθηκαν για την θερμομόνωση του κατακόρυφου εξωτερικού τοίχου πλήρωσης οι οποίες είναι:

- Τεχνολογία Α
διπλός τοίχος κτισμένος με σύνηθες διάτρητο τούβλο με τοποθέτηση θερμομονωτικών πλακών στη μέση, συνήθως εξηλασμένη ή διογκωμένη πολυστερίνη (Εικ. 2.9 & 2.10)
- Τεχνολογία Β
θερμομονωτικό ή άλλου είδους οικοδομικό τούβλο με χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (Εικ.2.12) ή τούβλα σχήματος Η (Εικ. 2.11)
- Τεχνολογία Γ
Κανονικό ή τυπικό τούβλο το οποίο επικαλύπτεται εξωτερικά (μαζί με τα φέροντα στοιχεία Εικ. 2.13 & Εικ 2.14) με πλάκες θερμομόνωσης. Το σύστημα αυτό ονομάζεται θερμοπρόσοψη και αναλύεται λεπτομερώς πιο κάτω.

Τεχνολογία Α

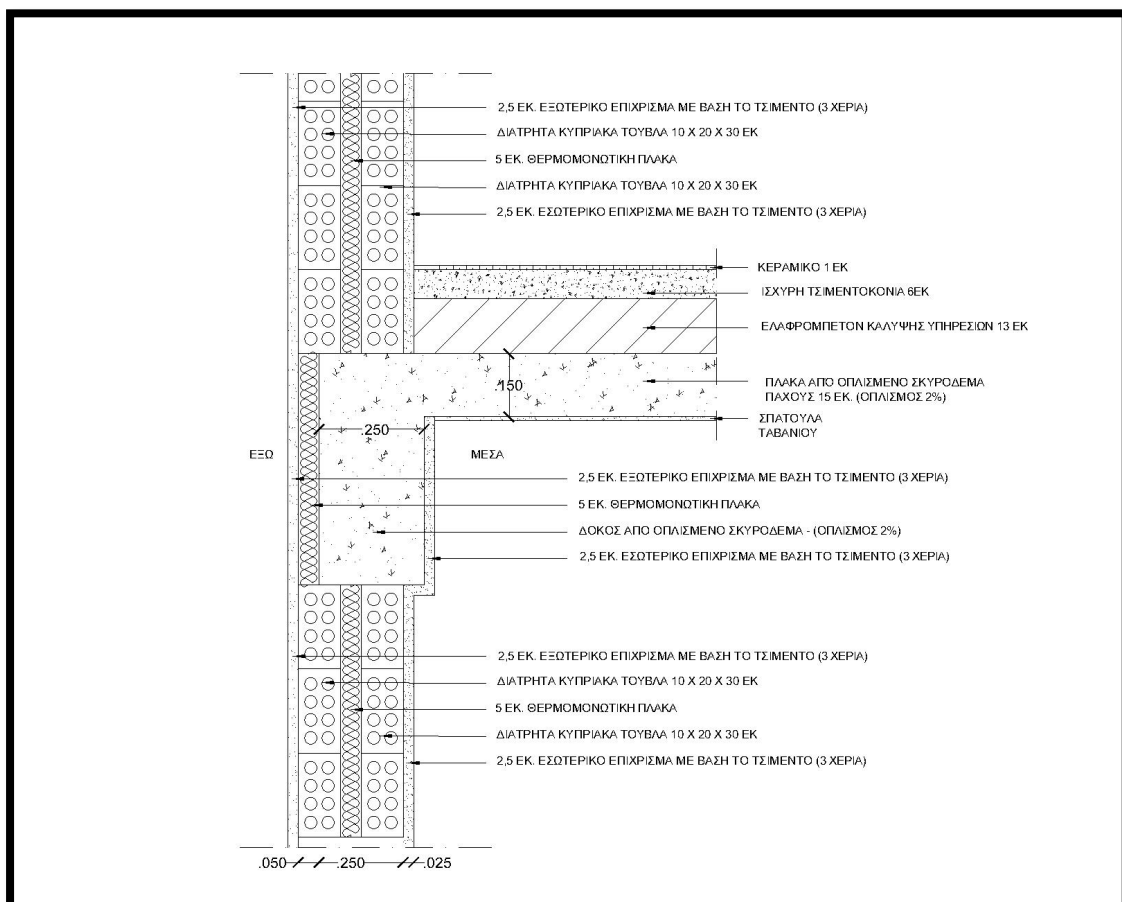
Η τεχνολογία αυτή θερμομόνωσης των τοίχων πλήρωσης, που επεξηγήθηκε πιο πάνω, ονομάζεται και θερμομόνωση στον πυρήνα της εξωτερικής τοιχοποιίας. Επιγραμματικά υπενθυμίζεται ότι αφορά δύο τοίχους, που κτίζονται σε απόσταση μεταξύ τους (ο ένας στην έξω πλευρά και ο άλλος στη μέσα πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας) και στο κενό που δημιουργείται μεταξύ τους τοποθετείται το υλικό θερμομόνωσης (Εικ. 2.9 & 2.10).

Η διαφορά με τη δεύτερη περίοδο που αναφέρθηκε είναι ότι πριν το 2007, υπήρχαν περιπτώσεις που στο κενό αυτό δεν έμπαινε κανένα θερμομονωτικό υλικό και η θερμική αντίσταση του τοίχου περιοριζόταν σε αυτά τα 5 – 10 εκατοστά εγκλωβισμένου αέρα, που όντως προσφέρουν μία σημαντική αντίσταση στη μετάδοση της θερμότητας, όπως θα δούμε πιο κάτω στα παραδείγματα που θα αναλυθούν. Σήμερα όμως, με τη νέα νομοθεσία, η αντίσταση που προσφέρει ο αέρος δεν είναι επαρκής για την απαιτούμενη θερμική προστασία σε μία κατοικία.

Υπάρχει, ωστόσο, ποικιλία παραλλαγών ανάλογα με το πάχος των φερόντων στοιχείων και της επιθυμητής θερμομόνωσης. Η ποικιλία στις παραλλαγές είναι εφικτή και λόγω των διαφόρων μεγεθών τούβλων που έχει αναπτύξει η τοπική βιομηχανία τουβλοποιίας. Σε έναν τοίχο που ο φέροντας οργανισμός είναι πάχους π.χ. 25

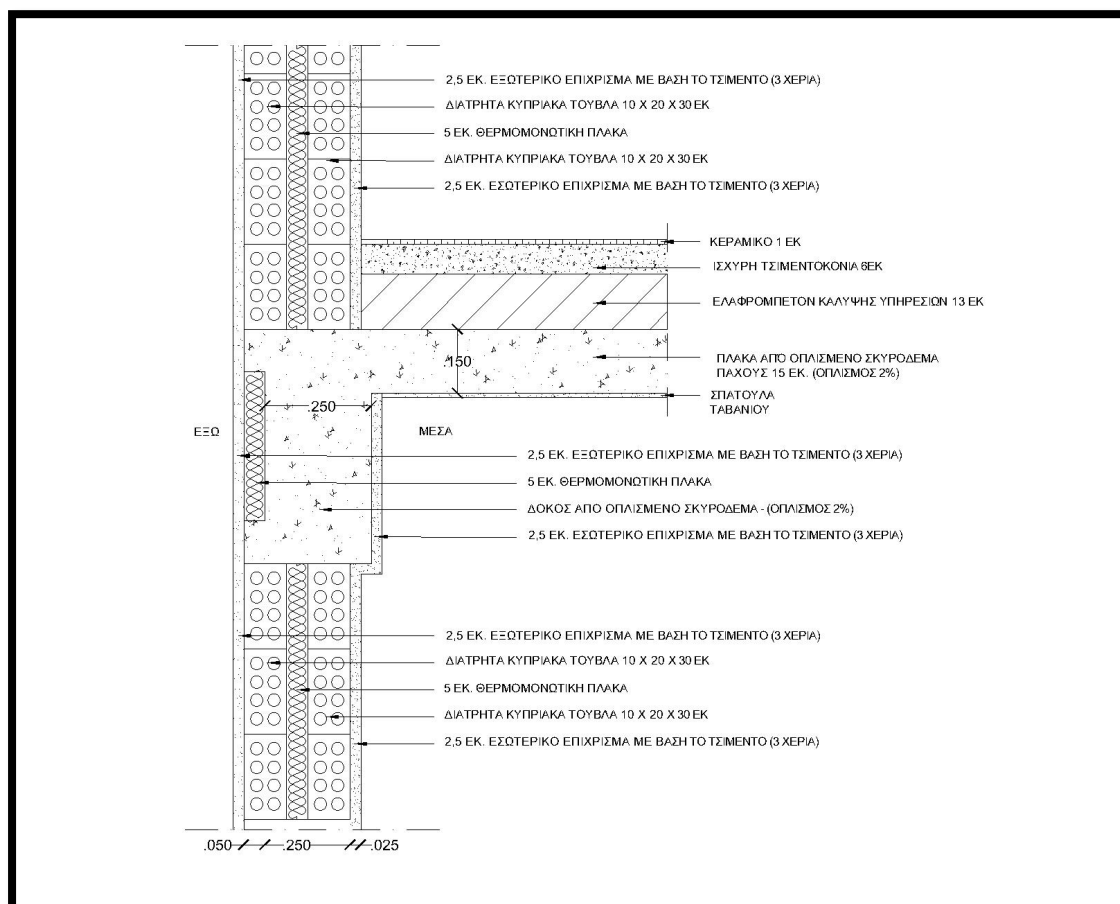
εκατοστά με 5 εκατοστά θερμομονωτικού υλικού προστασία στην εσωτερική πλευρά του σκελετού, υπάρχει ένα συνολικό πλάτος 30 εκατοστά που πρέπει να καλύψει ο τοίχος πλήρωσης για να είναι συνευθειακές οι δύο παρειές (εσωτερική και εξωτερική) του τοίχου.

Άρα μπορεί να κτιστούν δύο τοίχοι των 10 εκατοστών πάχους και στο διάκενο των 10 εκατοστών στο ενδιάμεσο να τοποθετηθούν 5 εκατοστά θερμομονωτικού υλικού και το υπόλοιπο να μείνει αέρας. Ή μπορεί να μπει 10 εκατοστά θερμομονωτικό υλικό μόνο, ή 8 συν 2 ή όποιον άλλο συνδυασμό αποφασίσει ο υπεύθυνος μηχανικός. Ας σημειωθεί ότι λόγω σεισμού πρέπει οι δύο τοίχοι να συνδέονται μεταξύ τους με κάποιο τρόπο. Αν τώρα στο ίδιο παράδειγμα, η θερμομόνωση του σκελετού γίνει από την εξωτερική πλευρά, τότε υπάρχει ένας περιορισμός. Δεν μπορεί να κτιστεί 10 εκατοστά τοίχος στην εξωτερική πλευρά της τοιχοποιίας γιατί η μισή από αυτήν την τοιχοποιία, θα εδράζεται στην πλάκα και η άλλη μισή στο θερμομονωτικό υλικό, πράγμα που αφήνει ουσιαστικά τον μισό τοίχο να στηρίζεται σε πολυστερίνη, γεγονός καταστροφικό για την κατασκευή (Εικ. 2.18).



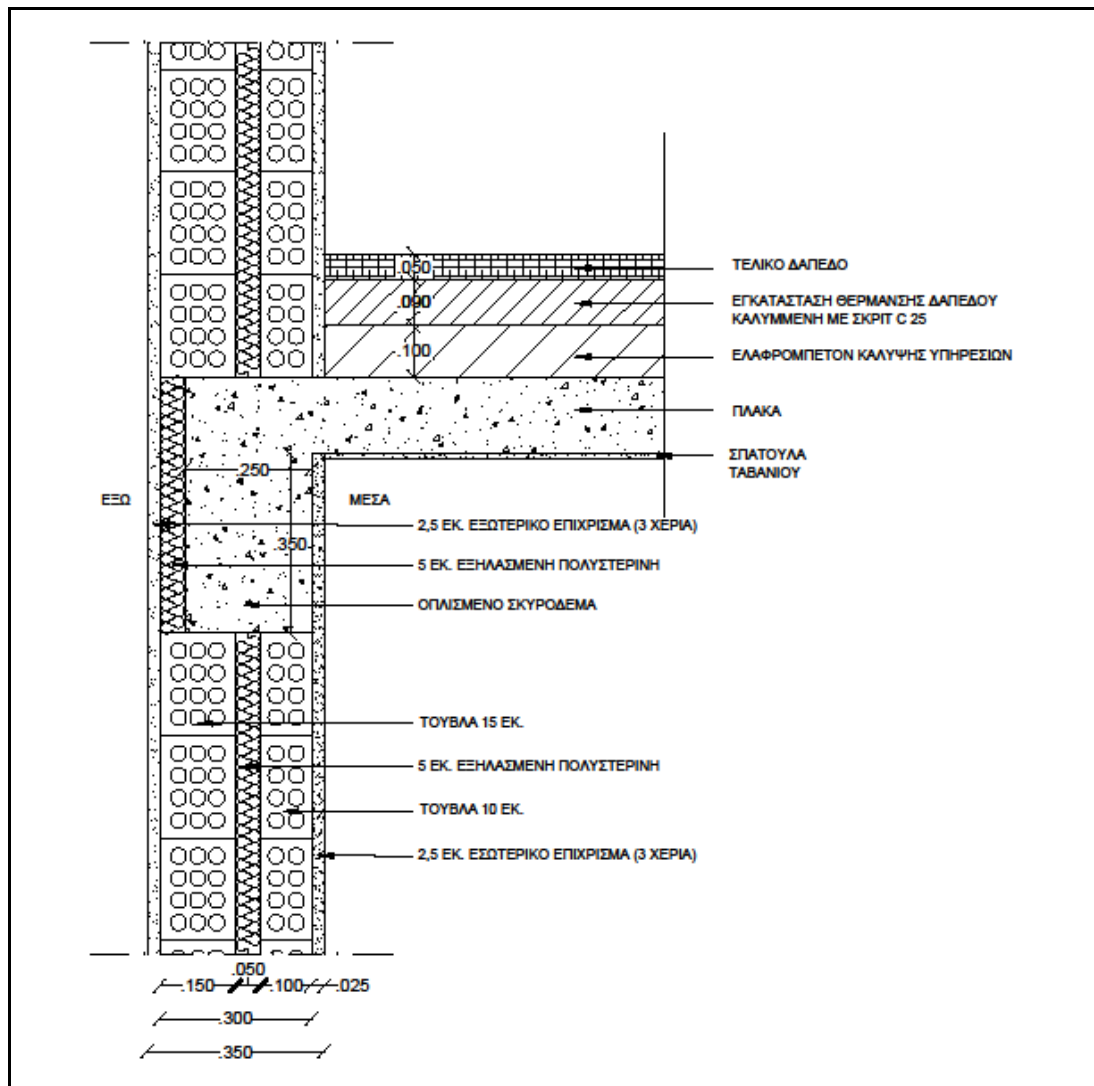
Εικόνα 2.18: Κατασκευαστική λεπτομέρεια διπλής τοιχοποιίας με θερμομόνωση, όπου ο εξωτερικός τοίχος δεν εδράζεται σωστά στη δοκό.

Για να μην υπάρχει αυτή η αδυναμία στο θέμα της έδρασης του τοίχου, μπορεί, εναλλακτικά, στο πάνω και κάτω μέρος της δοκού τα πρώτα 5- 10 εκατοστά της δοκού να επεκτείνονται προς τα έξω και πάνω σε αυτήν την προεξοχή να γίνεται η έδραση του τοίχου (Εικ. 2.19). Αυτό επιλύει από τη μία το κατασκευαστικό θέμα της επαφής του τοίχου με την δοκό, αλλά από την άλλη, αφήνει την αντίστοιχη θερμογέφυρα.



Εικόνα 2.19: Κατασκευαστική λεπτομέρεια διπλής τοιχοποιίας με θερμομόνωση όπου φαίνονται προεξοχές που έχουν γίνει στο πάνω και κάτω μέρος της δοκού για να γίνεται σωστή έδραση και επαφή της εξωτερικής παρειάς του τοίχου στη δοκό.

Ένας άλλος τρόπος αντιμετώπισης του φαινομένου αυτού είναι να χρησιμοποιηθούν τούβλα πάχους 15 εκατοστών για το κτίσιμο του εξωτερικού τοίχου, αφού αυτός θα εδράζεται 5 εκατοστά στο θερμομονωτικό υλικό και 10 στην πλάκα (Εικ. 2.20 & Εικ. 2.21). Έτσι τα 2/3 του τοίχου θα έχουν σωστή έδραση επί της πλάκας. Στη συνέχεια, μπορεί ο εσωτερικός να είναι και πάλι 10 εκατοστά αφήνοντας ένα κενό 5 εκατοστών στη μέση, στο οποίο μπορεί να μπει θερμομονωτικό υλικό 3 ή 4 ή 5 εκατοστών ανάλογα και πάλι με τις αποφάσεις του υπεύθυνου μηχανικού. Έτσι γίνεται αντιληπτό πόσες διαφορετικές παραλλαγές μπορούν να προκύψουν στον σχεδιασμό μίας εξωτερικής τοιχοποιίας.



Εικόνα 2.20: Κατασκευαστική λεπτομέρεια διπλής τοιχοποιίας με θερμομόνωση στον πυρήνα, όπου ο εξωτερικός τοίχος είναι κτισμένος με τούβλα πάχους 15 εκατοστών έτσι ώστε τα 2/3 του τοίχου να εδράζονται στην πλάκα.



Εικόνα 2.21: Διπλός τοίχος με θερμομόνωση στη μέση, όπου ο εξωτερικός τοίχος είναι κτισμένος με τούβλα πάχους 15 εκατοστών έτσι ώστε τα 2/3 να έρχονται σε επαφή με τα φέρονται στοιχεία.

Τεχνοτροπία Β

Η επόμενη τεχνοτροπία δόμησης του εξωτερικού τοίχου πλήρωσης που αναλύθηκε πιο πάνω, είναι όταν χρησιμοποιούνται τούβλα, όπου το ίδιο το υλικό του εξωτερικού τοίχου έχει θερμομονωτικές ιδιότητες. Τέτοια υλικά είναι τούβλα κατασκευασμένα από ειδικό μείγμα πηλού, με χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, προσφέροντας ικανότητες θερμικής αντίστασης (μικρός συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, λ) και επιπλέον, γίνεται και ειδική μελέτη στην τοποθέτηση των οπών του τούβλου, ώστε να υπάρχει μία πρόσθετη αντίσταση στη μεταφορά της θερμότητας από τη θερμή στην ψυχρή επιφάνεια (Εικ. 2.12). Εκτός από τους οπτόπλινθους αυτού του είδους, υπάρχουν και άλλα υλικά όπως π.χ. τα τούβλα Y-Tong που είναι έτοιμα μπλοκ κατασκευασμένα από ελαφροσκυρόδεμα (AAC – Autoclaved aerated concrete) και έχουν, επίσης, ενισχυμένες θερμομονωτικές ιδιότητες.

Σε αυτές τις περιπτώσεις η τοιχοποιία δομείται κατά 3 με 5 εκατοστά μεγαλύτερη των δοκών και των υποστυλωμάτων, ανάλογα με το πάχος της θερμομονωτικής πλάκας

που θα τοποθετηθεί στα φέροντα στοιχεία και σήμερα, με τις νέες απαιτήσεις θερμομόνωσης, το πάχος αυτό έχει φτάσει τα 8 εκατοστά. Ο λόγος είναι για να προεξέχει ο τοίχος πλήρωσης από τα φέροντα στοιχεία και στην εσοχή που δημιουργείται τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό που απαιτείται για τη θερμομόνωση των φερόντων στοιχείων. Κατά αυτόν τον τρόπο, ολοκληρώνοντας τη διαδικασία κτισίματος των τοίχων πλήρωσης και θερμομόνωσης των φερόντων στοιχείων, όλα τα δομικά στοιχεία βρίσκονται στην ίδια ευθεία, έτοιμα να δεχθούν το εξωτερικό τελικό επίχρισμα, (Εικ. 2.22).



Εικόνα 2.22: Κατοικία με φέροντα οργανισμό θερμομονωμένο με εξηλασμένη πολυστερίνη και τοίχους πλήρωσης από θερμομονωτικά τούβλα, έτοιμη να δεχθεί εξωτερικά επίχρισματα.

Έτσι, συναντώνται στο εμπόριο τούβλα πάχους από 28 μέχρι και 30 εκατοστά για να χρησιμοποιούνται σε κατοικίες με φέροντα οργανισμό πάχους 25 και 30 εκατοστών αντίστοιχα, ο οποίος θα θερμομονωθεί με θερμομονωτικές πλάκες πάχους 3 εκατοστών. Το υλικό που χρησιμοποιείται σε αυτές τις περιπτώσεις για τη θερμομόνωση των δοκών και των υποστυλωμάτων είναι η εξηλασμένη πολυστερίνη, λόγω αυξημένων θερμομονωτικών ιδιοτήτων σε σχέση με τη διογκωμένη πολυστερίνη και τον πετροβάμβακα. Σε περιπτώσεις που ο χώρος για τοποθέτηση θερμομονωτικού

υλικού είναι 4 ή 5 εκατοστά τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τα άλλα θερμομονωτικά υλικά.

Με το τελευταίο διάταγμα, στο οποίο έγιναν αυστηρότερες οι απαιτήσεις για τον ελάχιστο συντελεστή θερμοπερατότητας των φερόντων στοιχείων, το ελάχιστο πάχος θερμομονωτικού υλικού που απαιτείται να επικολληθεί επί των στοιχείων αυτών είναι τουλάχιστον 8 εκατοστά. Άρα εμφανίζονται εξωτερικές τοιχοποιίες που στο σημείο του φέροντος οργανισμού πάχους 25 εκατοστών, μαζί με το θερμομονωτικό υλικό των 8 εκατοστών, δημιουργείται ένα συνολικό πάχος 33 εκατοστών. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούνται θερμομονωτικά τούβλα πάχους 33 εκατοστών.

Τεχνοτροπία Γ

Αναφέρθηκε αρχικά ότι δημιουργήθηκε και μία τρίτη φιλοσοφία θερμομόνωσης του κατακόρυφου μέρους του εξωτερικού κελύφους, αυτού της καθολικής κάλυψης από την εξωτερική πλευρά, τόσο των τοίχων πλήρωσης, όσο και των κολόνων και δοκών με θερμομονωτικές πλάκες (Εικ. 2.23 & Εικ.2.214). Σε αυτές τις περιπτώσεις επιλέγεται υλικό του τοίχου πλήρωσης να έχει το ίδιο πάχος με αυτό των δοκών και των υποστυλωμάτων.

Αν για παράδειγμα ο σκελετός είναι πλάτους 25 εκατοστών, θα επιλεγούν τούβλα που έχουν επίσης, πάχος 25 εκατοστά. Έτσι με το συμπλήρωμα του κτισίματος όλων των εξωτερικών τοιχοποιιών όλες οι εξωτερικές επιφάνειες (τοίχοι πλήρωσης και φέροντα στοιχεία) βρίσκονται στην ίδια ευθεία (Εικ. 2.23.α & 2.24.α). Στη συνέχεια ολόκληρη η επιφάνεια των στοιχείων του εξωτερικού περιβλήματος, σοβατίζεται με δύο χέρια επίχρισμα με βάση το σιμέντο - σοβάς (Εικ. 2.23 β & 2.24.β).



Εικόνα 2.23: Εξωτερικοί τοίχοι πλήρωσης κτισμένοι: α) με Κυπριακό τυπικό τούβλο στο πλάτος των φερόντων στοιχείων (αριστερά), β) με εξωτερικό επίχρισμα (μέση) και γ) με όλες τις εξωτερικές επιφάνειες να καλύπτονται με θερμομονωτικές πλάκες (δεξιά).

Το όλο σύστημα ολοκληρώνεται, όπως προαναφέρθηκε, με την επένδυση εξωτερικά με θερμομονωτικές πλάκες (Εικ. 2.23γ & 2.24γ). Με αυτόν τον τρόπο θερμομόνωσης, ελαχιστοποιούνται οι θερμογέφυρες δημιουργώντας ένα ιδιαίτερα αποτελεσματικό σύστημα θερμικής προστασίας του εξωτερικού κελύφους.

Αναφορικά με το υλικό του τοίχου πλήρωσης είναι, στις πλείστες περιπτώσεις, το τυπικό τούβλο χωρίς επιπλέον θερμομονωτικές ιδιότητες. Ο λόγος είναι ότι με την εξωτερική θερμομόνωση, η διαφορά στη θερμική αντίσταση που θα προσφέρει ένα τούβλο θερμομονωτικό, είναι πολύ χαμηλή σε σχέση με το κόστος του τούβλου και έτσι επιλέγεται το απλό τούβλο. Αυτό το στοιχείο, εξετάζεται και στα πειράματα που γίνονται στη συνέχεια στο πειραματικό μέρος της διατριβής.



Εικόνες 2.24: Εξωτερικοί τοίχοι πλήρωσης κτισμένοι με Κυπριακό τυπικό τούβλο: α) στο πλάτος των φερόντων στοιχείων (πάνω), β) με εξωτερικό επίχρισμα (μέση) και γ) όταν στο τέλος όλες οι εξωτερικές επιφάνειες καλύπτονται με θερμομονωτικές πλάκες (κάτω).

2.3.3 Οριζόντια στοιχεία (Στέγαση – Οροφές)

Η οροφή μίας κατοικίας αποτελεί το πιο σημαντικό δομικό στοιχείο, όσον αφορά τις ανάγκες για θερμική προστασία της, γιατί έχει τις πιο σημαντικές συνολικές θερμικές απώλειες σε σχέση με τις υπόλοιπες επιφάνειες του εξωτερικού κελύφους. Την καλοκαιρινή περίοδο, όλες οι πλευρές μίας κατοικίας είναι εκτεθειμένες στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Όλες οι κατακόρυφες πλευρές, ακόμη και η Βόρεια, δέχονται αυτή την ακτινοβολία κάποιες ώρες της ημέρας. Οι μεν ανατολικές και δυτικές όψεις των κτιρίων επιβαρύνονται σημαντικά από τον καλοκαιρινό ήλιο, καθώς προσπίπτει σε αυτές με σχεδόν κάθετη γωνία, ενώ η νότια δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία με χαμηλή μεν γωνία πρόσπτωσης, αλλά κατά τις μεσημεριανές ώρες, όπου η γη παραλαμβάνει τα περισσότερα θερμικά φορτία από την ήλιο λόγω υψηλής γωνίας πρόσπτωσης επί της επιφάνειας της γης. Σε αντίθεση με τις κατακόρυφες επιφάνειες, η πλάκα οροφής μίας κατοικίας, που συνήθως είναι οριζόντια, δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία με την μεγαλύτερη επιβάρυνση να καταγράφεται κατά τις μεσημεριανές ώρες όπου ο ήλιος, στο γεωγραφικό πλάτος που βρίσκεται η Κύπρος, προσπίπτει, στο ηλιοστάσιο του Ιουνίου, με ένα υψηλότατο ηλιακό ύψος γωνίας 78°.

Επισημαίνεται, επίσης, ότι στα οριζόντια στοιχεία η έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία, υπάρχει καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, σε αντίθεση με τις κατακόρυφες πλευρές που δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία μόνο κάποιες ώρες της ημέρας. Επομένως, γίνεται εύκολα αντιληπτό, πόσο εντονότερο είναι το πρόβλημα θερμικών κερδών στις οριζόντιες πλάκες και κατά συνέπεια, πόσο μεγαλύτερη είναι η ανάγκη θερμικής προστασίας της οριζόντιας πλάκας οροφής, σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη πλευρά του εξωτερικού κελύφους μίας κατοικίας.

Τα οριζόντια εκτεθειμένα φέροντα στοιχεία σε μία συμβατική κατασκευή είναι βασικά οι πλάκες από οπλισμένο σκυρόδεμα και μπορούν να θερμομονωθούν, ως φέροντα στοιχεία, όπως αναφέρθηκε και πιο πριν, με δύο μόνο τρόπους. Ο πρώτος είναι με θερμομόνωση εσωτερικά, προς τους χώρους της κατοικίας και ο δεύτερος και πιο συνηθισμένος στην εξωτερική, εκτεθειμένη προς το περιβάλλον, πλευρά. Η θερμομόνωση στην εξωτερική πλευρά ενός φέροντος στοιχείου ή και οποιουδήποτε στοιχείου του εξωτερικού κελύφους μίας κατοικίας, προστατεύει καταρχήν τα οικοδομικά υλικά της κατασκευής από τη μακρόχρονη έκθεση στις εξωτερικές έντονα εναλλασσόμενες θερμοκρασιακά συνθήκες. Ταυτόχρονα όμως, σε αυτές τις έντονες μεταβολές των εξωτερικών καιρικών συνθηκών, μένει εκτεθειμένο το υλικό της θερμομόνωσης, το οποίο και πρέπει να παρακολουθείται και να συντηρείται ανάλογα.

Κατασκευαστικά επίσης, η μέθοδος θερμομόνωσης μίας πλάκας από την εξωτερική της πλευρά, είναι πιο οικονομική λύση από την εσωτερική τοποθέτηση της θερμομόνωσης, καθώς είναι πιο εύκολη η κατασκευή της, αφού απλά εναποθέτονται τα θερμομονωτικά υλικά στις πλάκες (Εικ. 2.25) και στη συνέχεια επικαλύπτονται με άλλα υλικά, όπως π.χ. μπετόν ρύσεων και υγρομόνωση (Εικ. 2.26).

Σε θέματα ενεργειακής απόδοσης της κατασκευής, το δομικό αυτό στοιχείο της πλάκας, επειδή είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα (όπως και όλα τα στοιχεία που είναι κατασκευασμένα από μπετόν) είναι υλικό με πολύ πυκνή δομή μορίων και έχει υψηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ($\lambda=2,3-2,5 \text{ W/m.K}$). Η μη προστασία του και η έκθεση του στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία, έχει ως αποτέλεσμα την αποθήκευση στα μόρια του, μεγάλου ποσοστού θερμικής ενέργειας την οποία καθυστερεί να αποδώσει πίσω στο περιβάλλον, με αποτέλεσμα το στοιχείο αυτό να αποτελεί ουσιαστικά ένα θερμαντικό σώμα που αποθηκεύει και εκπέμπει υπέρυθρη ακτινοβολία, καθ' όλη σχεδόν τη διάρκεια των νυχτερινών ωρών στους εσωτερικούς χώρους. Επομένως, η τοποθέτηση της θερμομόνωσης στην εξωτερική πλευρά του κελύφους προστατεύει, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες το στοιχείο της πλάκας, από την άμεση έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία και την έντονη συσσώρευση θερμικής ενέργειας.

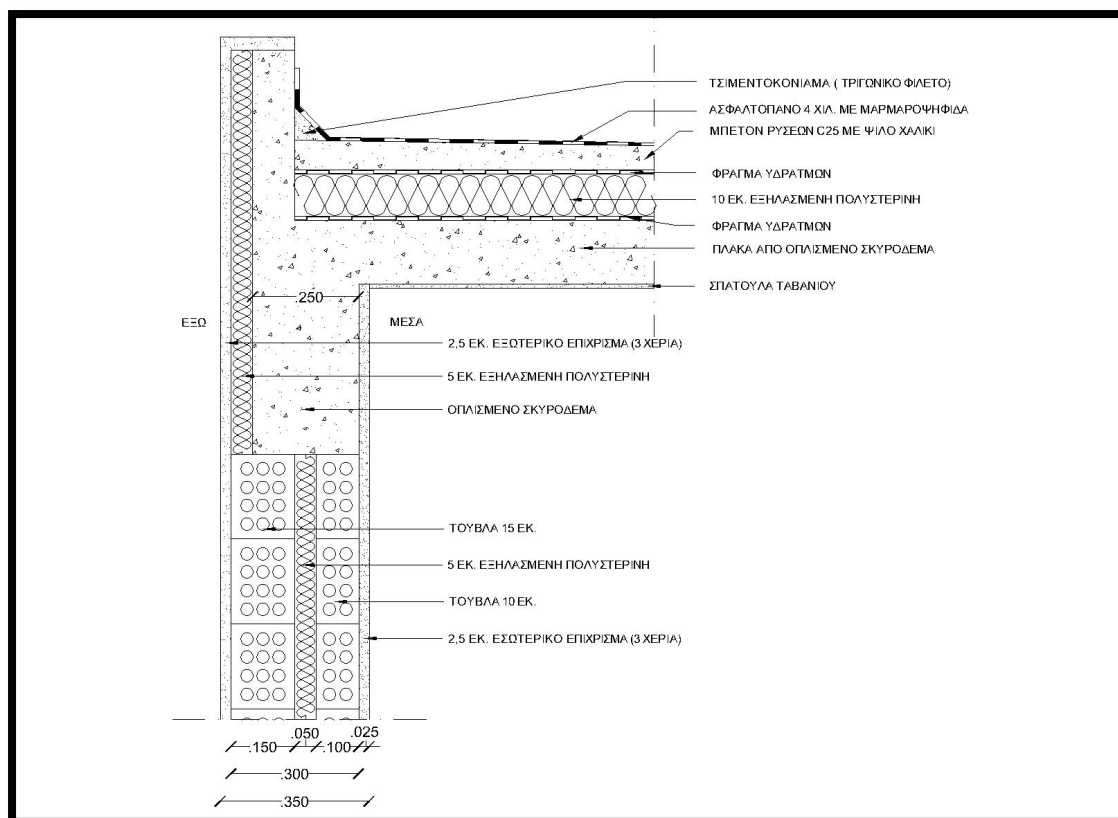


Εικόνα 2.25: Τοποθέτηση θερμομονωτικών πλακών επί πλάκας οροφής, πάνω από φράγμα υδρατμών.



Εικόνα 2.26: Τυπική υγρομόνωση πλάκας οροφής στον Κυπριακό χώρο, όπου η τελική επιφάνεια είναι ασφαλτική μεμβράνη με μαρμαροψηφίδα που επικολλάται στο μπετόν ρύσεων με πύραυνο.

Η τυπική διαδικασία της θερμομόνωσης της τελευταίας πλάκας μίας οικοδομής και κατά συνέπεια της οροφής μίας διώροφης κατοικίας, αρχίζει με την τοποθέτηση ενός φράγματος υδρατμών επί της πλάκας, πριν από την τοποθέτηση του θερμομονωτικού υλικού (Εικ. 2.25). Στη συνέχεια τοποθετούνται οι πλάκες θερμομόνωσης (Εικ. 2.25) και προαιρετικά πάλι, μπορεί να τοποθετηθεί ένα επιπλέον φράγμα υδρατμών στην πάνω πλευρά του θερμομονωτικού υλικού για αποφυγή του φαινομένου των συμπυκνώσεων. Ακολούθως, σκυροδετείται μπετόν ρύσεων μέσου πάχους 10 εκατοστών και η κατασκευή ολοκληρώνεται με την τοποθέτηση υγρομόνωσης πάνω από το μπετόν ρύσεων. Μία τυπική υγρομόνωση, ευρέως διαδεδομένη στον Κυπριακό χώρο είναι η τοποθέτηση με πύραυνο, ασφαλτικής μεμβράνης με μαρμαροψηφίδα (Εικ. 2.26). Εσωτερικά δεν συναντάται συχνά η θερμομόνωση, παρά μόνο σε περιπτώσεις κυρίως υφιστάμενων υποστατικών, οι οποίες ανακαινίζονται και αναβαθμίζονται ενεργειακά. Όλη η πιο πάνω διαδικασία φαίνεται και στην κατασκευαστική λεπτομέρεια πιο κάτω (Εικ. 2.27)



Εικόνα 2.27: Κατασκευαστική λεπτομέρεια θερμομόνωσης και υγραμόνωσης πλάκας οροφής κατοικίας.

2.3.4 Κουφώματα από αλουμίνιο – Θερμική αναβάθμιση

Τα κουφώματα αλουμινίου και κυρίως η διατομή τους που είναι καθαρό μέταλλο, έχοντας συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 200 \text{ W/m.K}$ (Πιν. 1.1), αποτελούν μία από τις σοβαρές θερμογέφυρες των κατασκευών. Η εσωτερική πλευρά μιας διατομής από αλουμίνιο, ανεβάζει θερμοκρασία ίδια σχεδόν με την εξωτερική πλευρά, η οποία είναι εκτεθειμένη στον καλοκαιρινό ήλιο σημειώνοντας υψηλότερες θερμοκρασίες. Αντίστοιχα τον χειμώνα τα πλαίσια αλουμινίου έχουν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες εσωτερικά.

Η αντιμετώπιση αυτού του σοβαρού προβλήματος, επιτυγχάνεται με την προσθήκη ενός υλικού χαμηλής αγωγιμότητας, του πολυαμίδιου, μεταξύ του εξωτερικού και εσωτερικού μέρους του πλαισίου του αλουμινίου (Εικ. 2.28). Το υλικό αυτό, το οποίο ονομάζεται θερμοδιακοπή, έχει πολύ χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ($\lambda = 0,25 \text{ W/m.K}$) και αποκόπτει σε μεγάλο βαθμό τη μετάδοση θερμότητας ανάμεσα στην

εξωτερική, εκτεθειμένη στο εξωτερικό περιβάλλον, πλευρά του αλουμινίου και στην εσωτερική.



Εικόνα 2.28: Προφίλ αλουμινίου με θερμοδιακοπή από πολυαμίδιο.

**ΜΕΡΟΣ Β: ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΥΠΙΚΗΣ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΣΕ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΜΕΝΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΥΠΙΚΗΣ ΟΙΚΙΑΣ: ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ,
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ**

3.1 Εισαγωγή

Η ανάλυση του δομικού συστήματος της συμβατικής κατοικίας στην Κύπρο που έγινε στα προηγούμενα κεφάλαια, έχει καταδείξει το σοβαρό πρόβλημα που υπάρχει στην έλλειψη θερμικής προστασίας των κατασκευών αυτών από τη μία και από την άλλη έχει παρουσιάσει ποικίλους τρόπους, υλικά και λύσεις που υπάρχουν για να μπορέσει να προστατευτεί ένα τέτοιο κέλυφος, τόσο από τις θερμικές απώλειες κατά την περίοδο του χειμώνα, όσο και από τα θερμικά κέρδη κατά την περίοδο του καλοκαιριού. Αυτά είναι τα στοιχεία που διερευνώνται στην παρούσα διατριβή και μέσω της παραμετρικής προσομοίωσης θα αξιολογηθούν, σε ποικίλα πειράματα, διάφοροι τρόποι προστασίας του αδιαφανούς μέρους του εξωτερικού κελύφους, επί συγκεκριμένου αντικειμένου που αποτελεί και την κοινή βάση όλων των προσομοιώσεων.

Ουσιώδους σημασίας στοιχείο της διαδικασίας αυτής, αποτελεί το βασικό αντικείμενο, επάνω στο οποίο θα διενεργηθούν όλα τα πειράματα. Το στοιχείο αυτό είναι η τυπική κατοικία της Κύπρου κατά την χρονική περίοδο που εξετάζει η έρευνα. Η κατοικία αυτή θα πρέπει να καθοριστεί με ιδιαίτερη ακρίβεια, τόσο γεωμετρικά, όσο και κατασκευαστικά, έτσι ώστε να αντιπροσωπεύει τον πολυπληθέστερο τύπο που κατασκευάζεται στην Κύπρο, ο οποίος αποτελεί και τον πυρήνα του τεράστιου όγκου του οικιστικού αποθέματος που υπάρχει στο νησί και χρειάζεται ενέργειες θερμικής αναβάθμισης.

Μία πρόσθετη, επίσης σημαντική, παράμετρος για την ορθότερη συμπεριφορά του μοντέλου στα πειράματα που θα διενεργηθούν στο θέμα της ενεργειακής κατανάλωσης της τυπικής οικίας, αποτελεί και η κατά το δυνατό, καλύτερη προσομοίωση των κλιματικών δεδομένων που επικρατούν στο νησί. Με αυτόν τον τρόπο, στόχος της εξέλιξης της έρευνας είναι στο τέλος της προσπάθειας καθορισμού της τυπικής οικίας στο νησί, να δημιουργηθεί τόσο γεωμετρικά, όσο και κατασκευαστικά ένα μοντέλο που θα αξιολογηθεί σε θέματα κατανάλωσης ενέργειας στα συγκεκριμένα κλιματικά δεδομένα της Κύπρου.

3.2 Σχετικές έρευνες

Σε άρθρο τους στο περιοδικό "Energy and Buildings", οι Panagiotou et al.⁴⁴, πραγματεύτηκαν το θέμα των χαρακτηριστικών και της ενεργειακής συμπεριφοράς, του οικιστικού κτιριακού αποθέματος της Κύπρου, με βάση την Οδηγία 2002/91/EC (EPBD). Οι συγγραφείς αναφέρονται σε κάποια συμπεράσματα σχετικά με τον πολυπληθέστερο τύπο κατοικίας του Κυπριακού κτιριακού αποθέματος. Οι πληροφορίες που καταγράφονται στο εν λόγω άρθρο για τα στοιχεία της "μέσης" Κυπριακής κατοικίας, αποκτούν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την παρούσα έρευνα, καθώς ακολουθεί διεξοδική ανάλυση, η οποία έχει αντίστοιχο στόχο.

Αναφέρεται, λοιπόν, ότι τον επικρατέστερο τύπο κατοικίας που συνθέτει το οικιστικό απόθεμα της νήσου, τον αποτελεί η ανεξάρτητη μονοκατοικία, η οποία έχει μέσο εμβαδό 172,9 τ.μ. Το άρθρο συνεχίζει κάνοντας αναφορά στο γεγονός, ότι το 82% των κατοικιών είναι κατασκευασμένες χωρίς καμία πρόνοια θερμικής προστασίας στο εξωτερικό κέλυφος και ότι το βασικό σύστημα που χρησιμοποιείται για θέρμανση της κατοικίας είναι ο λέβητας πετρελαίου. Αναφορικά με τον τύπο των κουφωμάτων των κατοικιών, σημειώνεται ότι, ένα ποσοστό μόλις πάνω από το 50% έχει διπλούς υαλοπίνακες, που αποτελεί πολύ θετικό στοιχείο, συγκριτικά με το γεγονός της απουσία θερμομόνωσης επί του εξωτερικού περιβλήματος που προαναφέρθηκε. Τέλος, επισημαίνεται ότι και πάλι, ένα πολύ μεγάλο ποσοστό κατοικιών που ξεπερνά το 82%, έχει πρόνοια για ZNX (ζεστό νερό χρήσης) με συστήματα ηλιακού θερμοσίφωνα με ηλιακά πλαίσια που ζεσταίνουν το νερό και το αποθηκεύουν σε κυλινδρικά δοχεία (boiler), για χρήση καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου.

3.3 Γενικές πληροφορίες - Ορισμοί

Για να καταστεί δυνατός, ο γεωμετρικός προσδιορισμός της τυπικής κατοικίας της Κύπρου, έγινε έρευνα με εκτενή ανάλυση των στοιχείων του οικιστικού αποθέματος του νησιού. Η έρευνα που έγινε και παρουσιάζεται πιο κάτω, βασίζεται στα δεδομένα

⁴⁴ G.P.Panagiotou, S.A. Kalogirou, G. A. Florides, C.N. Maxoulis, A.M. Papadopoulos, M. Neophytou, P. Fokaides, G.Georgiou, A. Symeou, G. Georgakis, "The characteristics and the energy behavior of the residential building stock of Cyprus in view of Directive 2002/91/EC", στο: Energy and Buildings 42 (2010), 2083-2089.

που εκδίδει ετησίως το Τμήμα Στατιστικής & Ερευνών της Κυπριακής Δημοκρατίας και εστιάστηκε στο σύνολο του κτιριακού αποθέματος, όπως αυτό έχει καταγραφεί από το 1980 μέχρι και το 2016. Πριν την ανάλυση αυτών των στατιστικών δεδομένων, κρίνεται αναγκαίο, για την καλύτερη και ορθότερη ανάγνωση και ερμηνεία των πληροφοριών που αναφέρονται στη συνέχεια, να γίνει αυτούσια παράθεση των εννοιών και των ορολογιών, όπως αυτές επεξηγούνται και περιγράφονται στις εκδόσεις “Στατιστικές Κατασκευών και Στέγασης” της Στατιστικής Υπηρεσία.⁴⁵

Κατοικία (οικιστική μονάδα): Κατοικία είναι ένα δωμάτιο ή σύνολο δωματίων με τα συμπληρωματικά τους σε ένα μόνιμο κτίριο ή κατασκευαστικά ξεχωριστό μέρος αυτού, που με τον τρόπο που κτίστηκε, ξανακτίστηκε, μετατράπηκε, κλπ. προορίζεται για κατοίκηση. Πρέπει να έχει ξεχωριστή πρόσβαση στο δρόμο (απευθείας ή μέσω κήπου ή χωραφιού) ή σε κοινόχρηστο χώρο στο κτίριο (κλιμακοστάσιο, διάδρομος, εξώστης, κ.λπ.). Ξεχωριστά δωμάτια για κατοίκηση που είναι κτισμένα, ξανακτισμένα, διαφοροποιημένα, κλπ. με σκοπό να χρησιμοποιηθούν για κατοίκηση πρέπει να θεωρούνται μέρος της κατοικίας. Έτσι μια κατοικία μπορεί να αποτελείται από ξεχωριστά κτίρια μέσα στον ίδιο χώρο, δεδομένου ότι προορίζονται καθαρά για κατοίκηση από το ίδιο το νοικοκυριό, π.χ. ένα δωμάτιο ή δωμάτια πάνω από ένα ξεχωριστό γκαράζ, που κατοικούνται από βοηθητικό προσωπικό ή άλλα μέλη του νοικοκυριού.

Μονοκατοικία: Είναι μια οικοδομή που περιλαμβάνει μόνο μια οικιστική μονάδα, κτισμένη σε ξεχωριστό οικόπεδο με απ' ευθείας πρόσβαση στο δρόμο.

Διπλοκατοικία: Είναι μια οικοδομή που είναι κτισμένη σε ένα οικόπεδο, αλλά αποτελείται από δύο ανεξάρτητες οικίες ενωμένες οριζόντια ή κάθετα. Οι οικίες αυτές μπορεί να έχουν έξοδο σε κοινό χώρο μέσα στην οικοδομή ή να έχουν ξεχωριστή πρόσβαση η κάθε μια απευθείας στο δρόμο.

Σπίτια σε συνεχή δόμηση: Είναι οικίες περισσότερες από δύο κτισμένες η μια δίπλα στην άλλη με ενιαίους τοίχους μεταξύ τους.

⁴⁵ Άνευ συγγραφέα, Στατιστική Κατασκευών και Στέγασης 2016, Τμήμα Στατιστικής και Ερευνών, Υπουργείο Οικονομικών, Λευκωσία 2016

Βοηθητική οικία: Είναι μια οικιστική μονάδα που βρίσκεται στο ίδιο οικόπεδο με άλλη κύρια οικία, με απ' ευθείας πρόσβαση στο δρόμο ή διά μέσου του κήπου. Συνήθως κτίζεται στο πίσω μέρος της αυλής.

Πολυκατοικία: Οικοδομή η οποία είναι κτισμένη σε ένα οικόπεδο και περιλαμβάνει τρεις ή περισσότερες οικιστικές μονάδες και δύο τουλάχιστον ορόφους, οι οποίες μπορούν να έχουν έξοδο σε κοινό χώρο μέσα στην οικοδομή ή μπορούν να έχουν ξεχωριστή έξοδο απευθείας στο δρόμο. Η πολυκατοικία που εκτός από διαμερίσματα έχει και καταστήματα/γραφεία κατατάσσεται ως κτίριο μεικτής χρήσης.

Διαμερίσματα: Είναι οικιστικές μονάδες σε πολυκατοικία

Δωμάτιο: Είναι ο χώρος σε μια οικιστική μονάδα που περιβάλλεται από το πάτωμα μέχρι την οροφή ή τη στέγη με τοίχους ή και με διαχωριστικό ύψους τουλάχιστο 2 μέτρων, που να έχει αρκετό εμβαδόν για να χωρεί ένα κρεβάτι για ενήλικα (τουλάχιστον 4 τετραγωνικά μέτρα). Έτσι τα συνήθη υπνοδωμάτια, τραπεζαρίες, σαλόνια, κουζίνες και άλλοι ξεχωριστοί χώροι που χρησιμοποιούνται ή προορίζονται για κατοίκηση περιλαμβάνονται βάσει του ορισμού στον αριθμό των δωματίων. Μια κουζινίτσα, δηλ. κουζίνα με λιγότερα από 4 τετραγωνικά μέτρα, διάδρομοι, βεράντες, προθάλαμοι δεν θεωρούνται δωμάτια. Τα μπάνια και τα αποχωρητήρια, ακόμα και αν είναι πάνω από 4 τετραγωνικά μέτρα, δε θεωρούνται δωμάτια.

Εμβαδόν κατοικίας: Οι πιο κάτω έννοιες χρησιμοποιούνται για το εμβαδόν οικιστικών χώρων:

- Συνολικό εμβαδόν είναι το εμβαδόν οικιστικού χώρου που περικλείεται από τους εξωτερικούς τοίχους μιας οικοδομής.
- Ωφέλιμο εμβαδόν είναι το εμβαδόν οικιστικού χώρου που περικλείεται από τους εξωτερικούς τοίχους, αλλά δεν περιλαμβάνει κελάρια, μη κατοικήσιμες σοφίτες κλπ. και (για τις πολυκατοικίες) τους κοινόχρηστους χώρους.
- Κατοικήσιμο εμβαδόν είναι το συνολικό εμβαδόν όλων των χώρων που εμπίπτουν στον ορισμό "δωμάτιο" όπως αυτό προσδιορίστηκε πιο πάνω.

Κατοικία με κεντρική θέρμανση: Κατοικίες θεωρούνται εξοπλισμένες με κεντρική θέρμανση εάν παρέχεται θέρμανση από κεντρικό σύστημα ή από εγκατάσταση που υπάρχει στο κτίριο ή μέσα στην κατοικία για σκοπούς θέρμανσης, ανεξάρτητα από την πηγή ενέργειας.

Κατοικία με σύστημα κλιματισμού: Κατοικίες θεωρούνται ότι έχουν σύστημα κλιματισμού, εάν υπάρχει κεντρική εγκατάσταση στο κτίριο ή εάν υπάρχουν ξεχωριστές μονάδες στα κύρια δωμάτια. Αεριστήρες ή παρόμοιες κινητές συσκευές δεν περιλαμβάνονται.

Οικιστικό απόθεμα: Το οικιστικό απόθεμα περιλαμβάνει μόνο συνηθισμένες (μόνιμες) κατοικίες, κατειλημμένες και μη. Ο όρος “κατοικία” χρησιμοποιείται γενικά αντί του όρου “συνήθης κατοικία”. Το οικιστικό απόθεμα δεν περιλαμβάνει αγροικίες (προσωρινές) και αυτοσχέδιες οικιστικές μονάδες (δηλαδή καλύβες, καμπίνες, παράγκες), κινητές στεγαστικές μονάδες (δηλαδή τροχοσκηνές, τροχόσπιτα, αντίσκηνα, βαγόνια, βάρκες) και μονάδες που δεν προορίζονται για ανθρώπινη στέγαση (δηλαδή στάβλοι, σιταποθήκες, μύλοι, γκαράζ, αποθήκες).

Αύξηση του οικιστικού αποθέματος: Αποτελείται από τις αυξήσεις στον αριθμό κατοικιών λόγω νέων κατασκευών και αυξήσεις που οφείλονται σε άλλους τύπους οικοδομικών δραστηριοτήτων (αποκατάσταση, συντήρηση, επέκταση, μετατροπή). Θεωρητικά οι αυξήσεις στον αριθμό κατοικιών χωρίς κατασκευαστική δραστηριότητα, (μετατροπή μιας κατοικίας σε δύο ή περισσότερες ή χώρου που χρησιμοποιείτο για μη οικιστικούς σκοπούς σε μια ή περισσότερες οικιστικές μονάδες χωρίς κατασκευαστική δραστηριότητα) πρέπει επίσης να περιλαμβάνονται, αλλά τέτοιες αυξήσεις είναι μικρής ποσοτικής σημασίας.

Μείωση του οικιστικού αποθέματος επέρχεται στις πιο κάτω περιπτώσεις:

- κατοικίες που παραμένουν μονίμως κενές (δηλαδή λόγω του ότι θεωρούνται ακατάλληλες για στέγαση ή γιατί υπάρχει μαρτυρία ότι δε θα ξανακατοικηθούν μόνιμα), ανεξάρτητα αν κατεδαφίστηκαν ή όχι. Σ’ αυτήν την κατηγορία περιλαμβάνονται επίσης κατοικίες οι οποίες, μετά που θεωρήθηκαν ακατάλληλες για στέγαση αναστηλώθηκαν και αποκαταστάθηκαν αποτελεσματικά (όπως αναφέρεται πιο πάνω, η αναστήλωση μιας κατοικίας θα πρέπει να καταγράφεται σαν αύξηση του οικιστικού αποθέματος),
- κατοικίες κατάλληλες για στέγαση που όμως κατεδαφίζονται, π.χ. για να δημιουργηθεί χώρος για ανέγερση νέων ή επέκταση εργοστασίων, για δημιουργία νέων δρόμων ή για διαπλάτυνση υφισταμένων δρόμων,
- κατοικίες που καταστρέφονται από πυρκαγιά, πλημμύρες, κατολισθήσεις ή άλλες θεομηνίες,

- μετατροπή δύο ή περισσότερων κατοικιών σε μία καθώς και μιας ή περισσότερων κατοικιών σε μη οικιστικό χώρο (με ή χωρίς κατασκευαστική δραστηριότητα).''

3.4 Οικιστικό απόθεμα στην Κύπρο

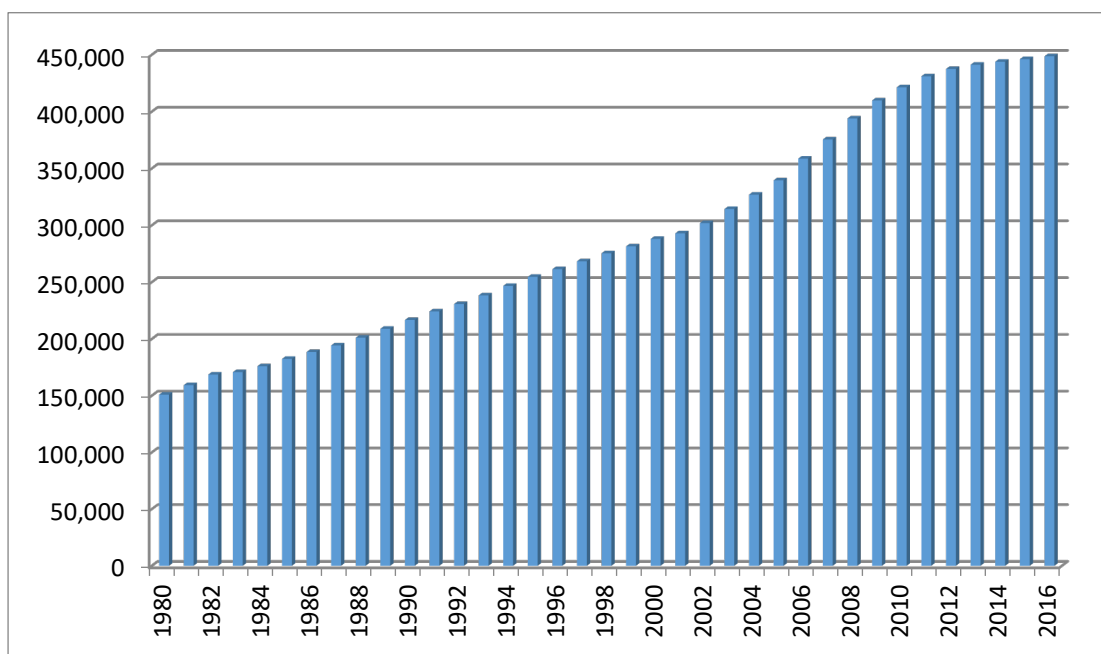
3.4.1 Γενικά στοιχεία

Η ανάλυση που ακολουθεί επικεντρώνεται στο οικιστικό απόθεμα της Κύπρου, με στόχο τη μετέπειτα εστίαση στις μονοκατοικίες και τις διπλοκατοικίες που αποτελούν και το θέμα αυτής της έρευνας. Τα στοιχεία αντλούνται από τη Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου (ΣΥΚ)⁴⁶ και παρουσιάζονται σε ραβδογράμματα με στόχο την αμεσότερη κατανόησή τους. Σκοπός είναι να αναλυθεί όλο το κατοικήσιμο απόθεμα της Κυπριακής Δημοκρατίας και μέσω της ανάλυσης αυτής, να καθοριστεί ο επικρατέστερος τύπος οικίας που υπάρχει αυτή τη στιγμή στη Κύπρο κτισμένος. Αυτός θα θεωρηθεί ότι καθορίζει την τυπική κατοικία, το μέγεθος και ο τύπος της οποίας, θα χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία προσομοιώματος στον υπολογιστή, που θα χρησιμοποιηθεί για το πειραματικό μέρος της διατριβής.

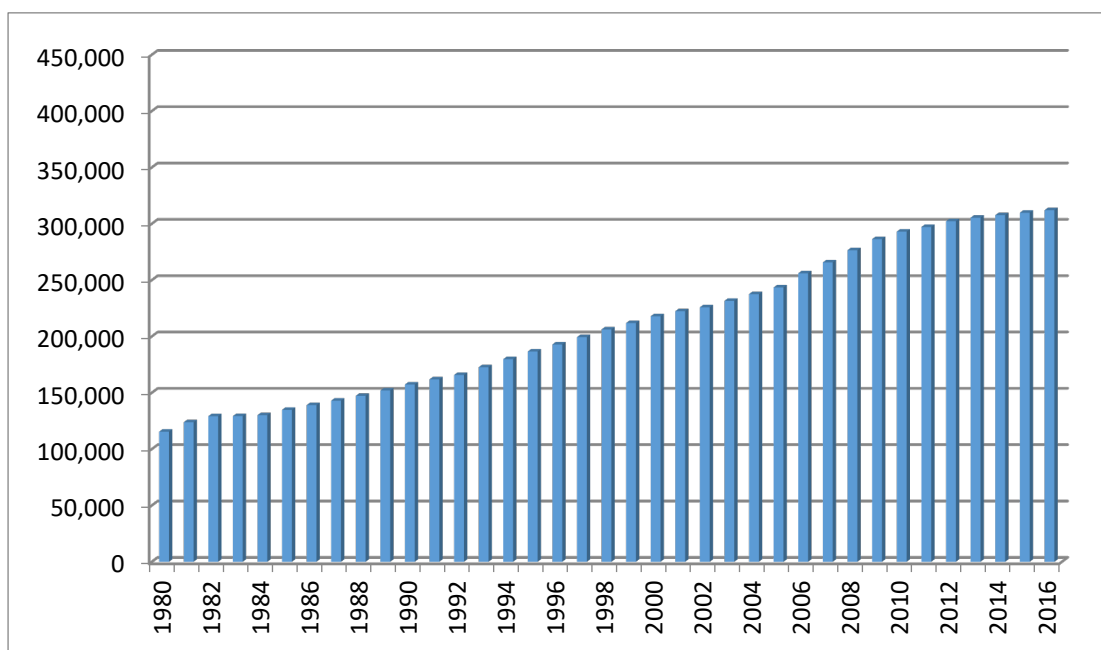
Στην πρώτο διάγραμμα (Εικ. 3.1) καταγράφεται το συνολικό οικιστικό απόθεμα στο νησί από το 1980 μέχρι και το 2016, ενώ στη συνέχεια (Εικ. 3.2) παρουσιάζεται το κατοικήσιμο απόθεμα, που διαφέρει από το οικιστικό ως προς το γεγονός ότι αυτό είναι ενεργό και αφορά οικοδομές που κατοικούνται και χρησιμοποιούνται ως κατοικίες.

Καθ' όλη την εξεταζόμενη περίοδο, παρατηρείται σταθερή αύξηση του οικιστικού αποθέματος σε μία σχεδόν γραμμική μορφή μέχρι και το έτος 2005. Από το 2006 μέχρι και το 2013, το απόθεμα φαίνεται να παρουσιάζει μία αύξηση στον ρυθμό ανάπτυξής του, ενώ από το 2013 και έπειτα αυτός ο ρυθμός δείχνει να έχει μία πιο ήπια ανάπτυξη. Πέραν από την ένταση της ανάπτυξης του αποθέματος που κατά περιόδους μειώνεται ή αυξάνεται, μία σημαντική πρόσθετη παρατήρηση αποτελεί το γεγονός ότι από το 1980 μέχρι και το 2016 το οικιστικό απόθεμα στο νησί έχει καταγράψει τέτοια άνοδο που έχει σχεδόν τριπλασιαστεί (Εικ. 3.2).

⁴⁶ Άνευ συγγραφέα, *Στατιστική Κατασκευών και Στέγασης 2016, Τμήμα Στατιστικής και Ερευνών, Υπουργείο Οικονομικών, Λευκωσία 2016*



Εικόνα 3.1: Συνολικό οικιστικό απόθεμα κατά την περίοδο 1980-2016.

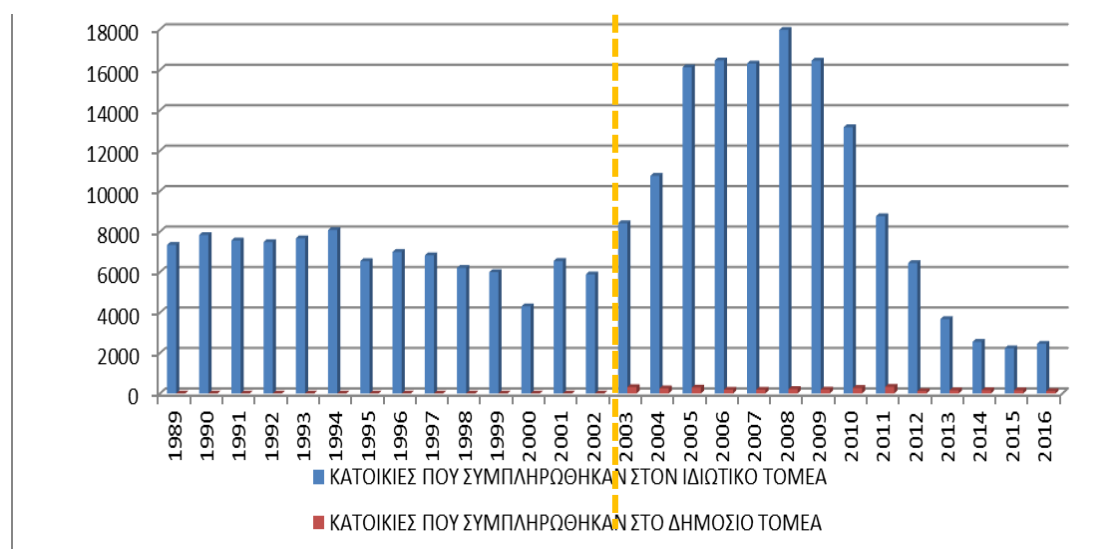


Εικόνα 3.2: Συνολικό κατοικήσιμο απόθεμα κατά την περίοδο 1980-2016.

Αυτό που παρατηρείται στην Εικόνα 3.2, είναι μία αυξητική τάση του κατοικήσιμου αποθέματος στο νησί, όπως ακριβώς και στην προηγούμενη Εικόνα 3.1 (λογικά το μη κατοικήσιμο είναι σταθερό γι' αυτό και πανομοιότυπη εικόνα αύξησης). Ο ρυθμός αύξησης του κατοικήσιμου αποθέματος, καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου που εξετάζεται, έχει πολλές ομοιότητες με τον αντίστοιχο ρυθμό αύξησης του οικιστικού αποθέματος, καθώς παρουσιάζει γραμμική περίπου μορφή μέχρι το 2005, μία ένταση

από το 2005 μέχρι το 2010 και μία πιο ήπια ανάπτυξη από το 2011 και μετά. Η διαφορά που υπάρχει μεταξύ των δύο περιπτώσεων είναι στον αριθμό των συνολικών μονάδων που έχουν αυξηθεί κατά την εξεταζόμενη περίοδο (1980-2016), όπου, στη δεύτερη περίπτωση του κατοικήσιμου αποθέματος, ο όγκος των μονάδων έχει διπλασιαστεί. Παρόλα αυτά, παραμένει το γεγονός της ύπαρξης μίας σημαντικότητας αύξησης του κτιριακού αποθέματος, το οποίο χρήζει μελέτης ως προς τον κατασκευαστικό τρόπο ανοικοδόμησής του και το ενεργειακό αποτύπωμά του στο περιβάλλον.

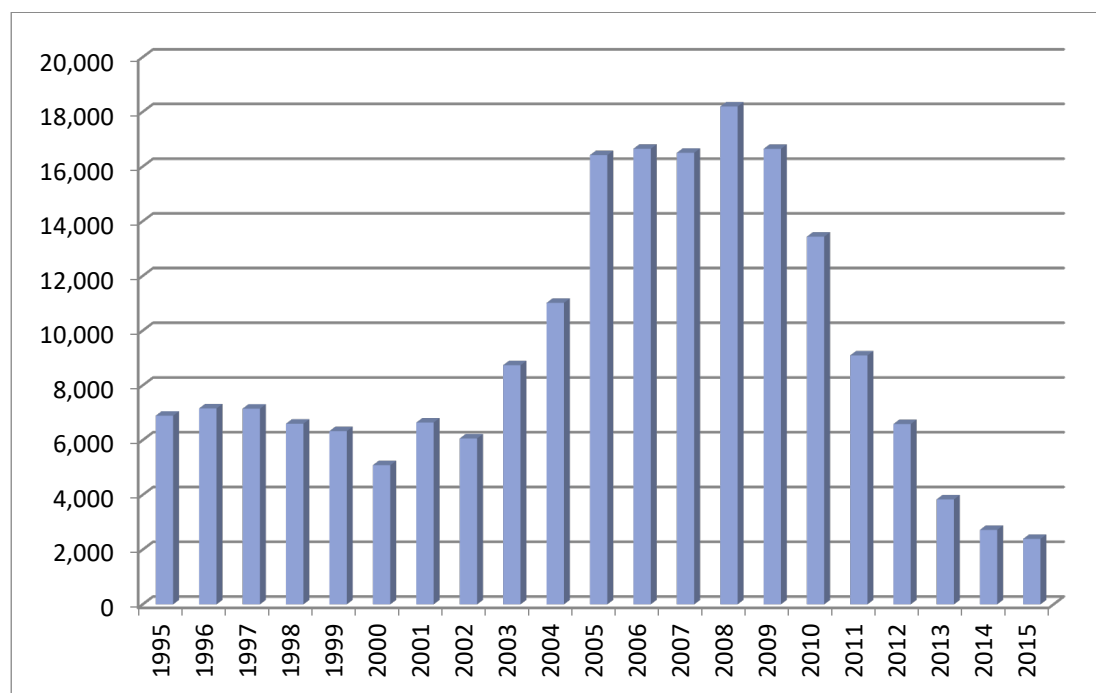
Στην Εικόνα 3.3 παρουσιάζεται ανάλυση του συνόλου των νέων κατοικιών που ανεγέρθηκαν, τόσο στον ιδιωτικό τομέα από πρωτοβουλία και χρηματοδότηση ιδιωτών, όσο και στον δημόσιο τομέα, εννοώντας κατοικίες ή συγκροτήματα κατοικιών που χρηματοδοτήθηκαν και ανεγέρθηκαν από διάφορες κρατικές υπηρεσίες ή φορείς. Τα στοιχεία που υπάρχουν στο αρχείο της στατιστικής υπηρεσίας Κύπρου για τις νέες κατοικίες στον ιδιωτικό τομέα, ξεκινούν από το 1980 σε αντίθεση με τα στοιχεία των νέων κατοικιών που αναπτύχθηκαν από τον δημόσιο τομέα τα οποία ξεκινούν από το 2003.



Εικόνα 3.3: Νεόδμητες κατοικίες κατά την περίοδο 1980-2016.

Εστιάζοντας στην περίοδο από το 2003 και μετά, όπου υπάρχουν συγκρίσιμα μεγέθη και για τις δύο κατηγορίες, είναι εμφανές, ότι οι κατοικίες που συμπληρώθηκαν στον ιδιωτικό τομέα, ξεπερνούν κατά πολύ αυτές του δημόσιου τομέα, αφού αποτελούν ποσοστό πέραν του 97,5% του συνόλου των νεοαναγεργθέντων κατοικιών στην Κύπρο (Εικ. 3.3). Με βάση τα πιο πάνω δεδομένα και νοούμενου ότι στόχος της παρούσας ανάλυσης είναι να καθορισθεί ο πολυπληθέστερος τύπος κατοικίας που υπάρχει σήμερα στην Κύπρο, τα στοιχεία που θα αναλυθούν, εστιάζονται στις κατοικίες και οικίες που έχουν ανεγερθεί στον ιδιωτικό τομέα, καθώς, όπως προκύπτει από τα

απόλυτα νούμερα που εικονογραφούνται στην Εικόνα 3.3, οι κατοικίες στον δημόσιο τομέα, αποτελούν ένα ελάχιστο ποσοστό που δεν ξεπερνά το 2,5% του συνόλου .

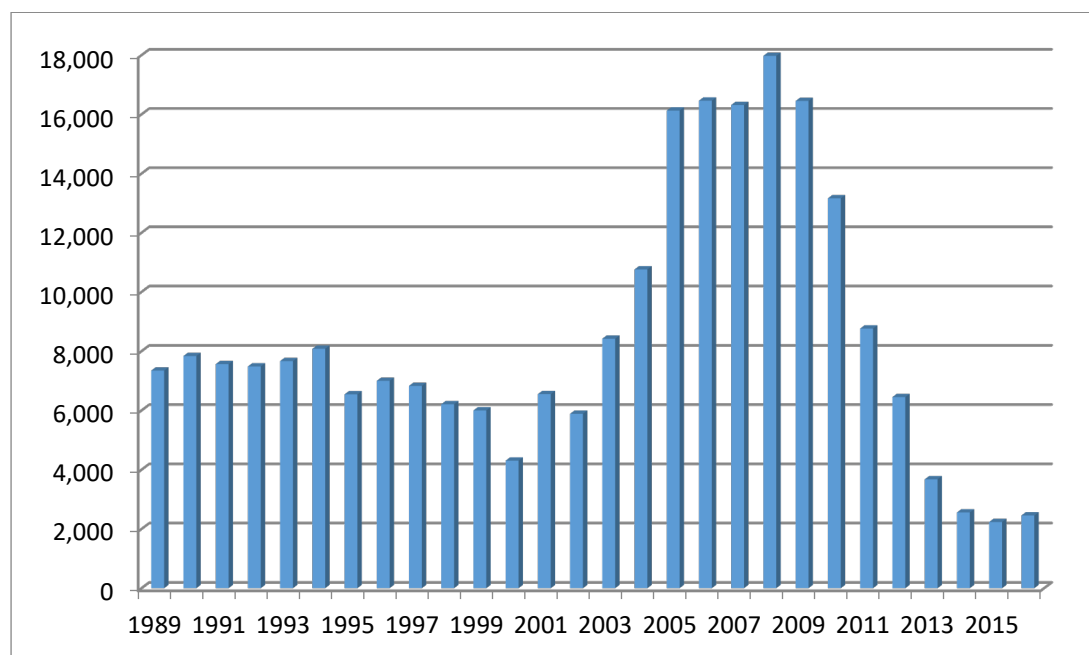


Εικόνα 3.4: Συνολικός αριθμός νέων κατοικιών που συμπληρώθηκαν κατά τα έτη 1995 μέχρι 2015, στον ιδιωτικό και στον δημόσιο τομέα.

Για τα έτη 1995 μέχρι 2015, οι περισσότερες νέες κατοικίες που συμπληρώθηκαν, τόσο στον ιδιωτικό, όσο και στον δημόσιο τομέα μαζί, ως ένα συνολικό άθροισμα, σε όλες τις επαρχίες της Κύπρου (Εικ. 3.4), δομήθηκαν κατά την πενταετία 2005-2010, μία περίοδο που ακολούθησε τη μεγάλη οικονομική κρίση του χρηματιστηρίου στην Κύπρο, όπου ο κόσμος, αποφάσισε, πλέον, να επενδύσει στον κατασκευαστικό τομέα, ως μία σταθερότερη αξία από αυτή των μετοχών.

Σημειώνεται, όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 2, στην Παράγραφο 2.2. ότι μέχρι εκείνη την περίοδο (1995-2007), δεν υπήρχε κανένα διάταγμα, οδηγία ή εντολή για οποιεσδήποτε απαιτήσεις σε θέματα ενεργειακής κατανάλωσης των κατοικιών που ανεγείρονταν. Οι πρώτες πρόνοιες άρχισαν να εμφανίζονται το 2007 και αφορούσαν ανώτατα όρια συντελεστών θερμοπερατότητας (K /U-value) για περιορισμένα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους. Η ανάπτυξη, κατά την περίοδο αυτή, είναι υπερδιπλάσια της ανάπτυξης που καταγράφηκε τις υπόλοιπες πενταετίες, πριν και μετά από την εν λόγω πενταετία. Η απότομη μείωση που παρουσιάζεται, επίσης, μετά το 2010 οφείλεται στη μεγάλη οικονομική κρίση που εμφανίστηκε στην Ευρώπη το 2008, η οποία επεκτάθηκε

ταχύτητα και στην Κύπρο με τα γνωστά κουρέματα των καταθέσεων και την γενικότερη κατάρρευση του τραπεζικού συστήματος σε όλη τη νήσο.

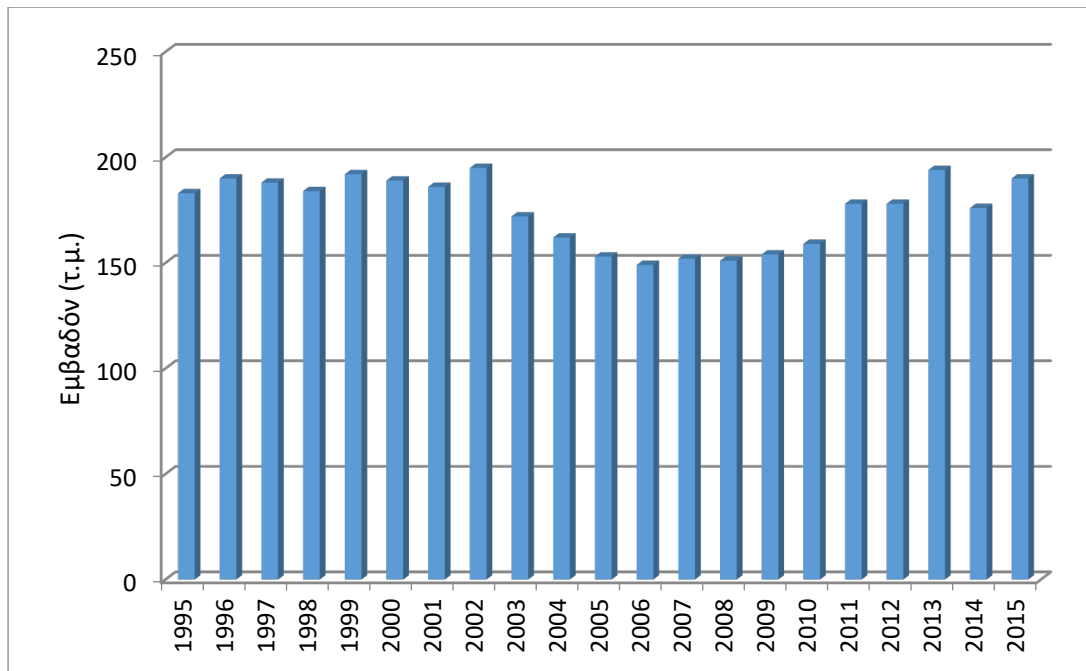


Εικόνα 3.5: Κατοικίες που συμπληρώθηκαν στον ιδιωτικό τομέα.

Πανομοιότυπη κατάσταση με τον απότομο υπερδιπλασιασμό στις νεοανεγερθείσες κατοικίες, εμφανίζεται και στην Εικόνα 3.5, στην οποία παρουσιάζονται μόνο οι κατοικίες που συμπληρώθηκαν στον ιδιωτικό τομέα. Ο λόγος της πανομοιότυπης εικόνας, είναι ότι, όπως προαναφέρθηκε (Εικ. 3.3), οι κατοικίες αυτές αποτελούν ένα ποσοστό κοντά στο 97,5% του συνόλου των κατοικιών αυτής της κατηγορίας.

3.4.2 Στοιχεία επιφάνειας - εμβαδού

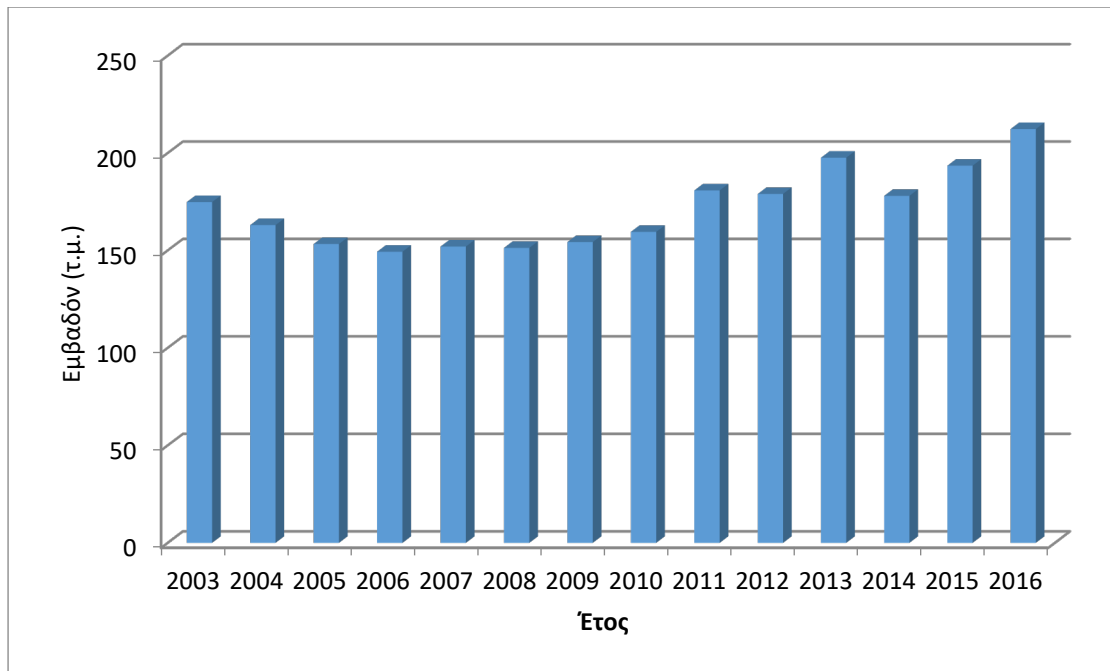
Το μέσο δομήσιμο εμβαδό κατά νέα κατοικία την περίοδο από το 1995 μέχρι και το 2016 (Εικ. 3.6), κυμαίνεται μεταξύ 180 και 195 τ.μ. με εξαίρεση την περίοδο 2005-2010, όπου το μέσο εμβαδό των νέων κατοικιών μειώθηκε κατά ένα ποσοστό γύρω στο 25%, με αποτέλεσμα οι κατοικίες κατά την πενταετία αυτή να κατασκευάζονται περίξ των 150 τ.μ.



Εικόνα 3.6: Μέσο εμβαδό (τ.μ.) κατά νέα κατοικία την περίοδο από το 1995 μέχρι και το 2016.

Παρατηρείται ότι η μείωση στο μέγεθος ουσιαστικά, της τυπικής κατοικίας συμπίπτει απόλυτα με τη χρονική περίοδο, κατά την οποία καταγράφηκε η αλματώδης αύξηση στη ανοικοδόμηση νέων κατοικιών που περιγράφηκε πιο πάνω. Το γεγονός αυτό, πιθανώς να οφείλεται στη μείωση της προσφερόμενης ποιότητας των κατοικιών (σημαντική παράμετρος της ποιότητας μίας κατοικίας είναι σαφώς το μέγεθός της), κατά την περίοδο της απότομης ανάπτυξης (2005-2010), λόγω αυξημένης ζήτησης του συγκεκριμένου προϊόντος στην αγορά των ακινήτων .

Ως προς το εμβαδό κατά νέα κατοικία στον ιδιωτικό τομέα για την περίοδο 2003 – 2015 (Εικ. 3.7), παρατηρείται μία μείωση κατά την περίοδο 2004 με 2010 με το κατώτατο μέγεθος να μειώνεται κάτω από τα 150 τετραγωνικά μέτρα ανά μονάδα, ενώ στη συνέχεια παρατηρείται μία αύξηση που ανεβάζει το μέγεθος της κάθε κατοικίας στα επίπεδα που βρισκόνταν οι κατοικίες πριν το 2002.

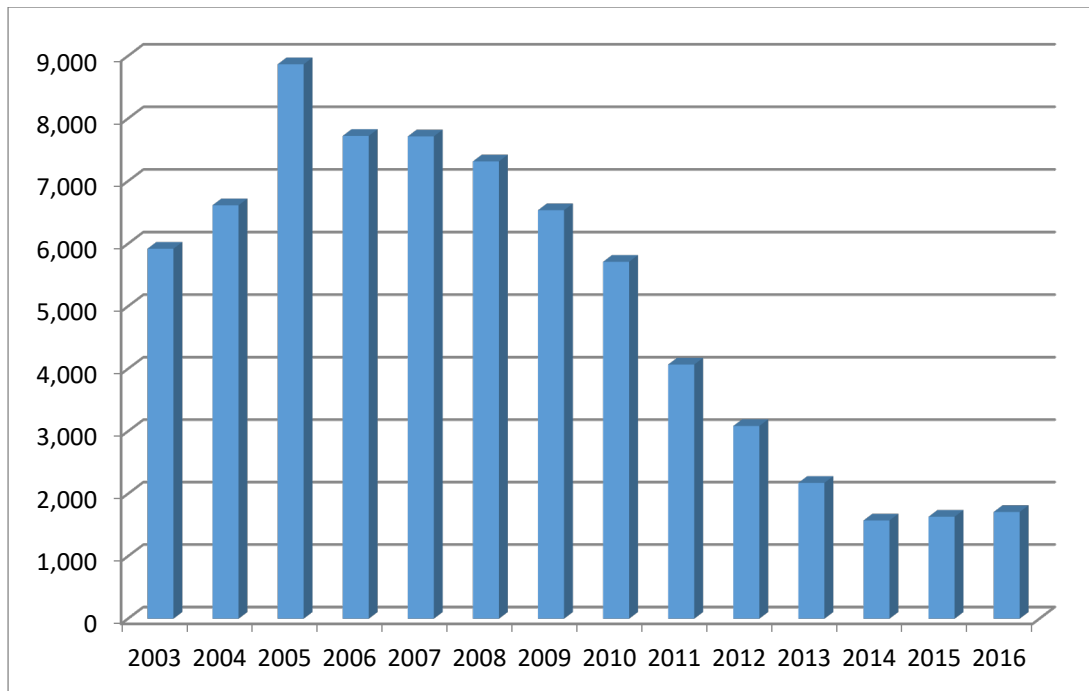


Εικόνα 3.7: Εμβαδό κατά κατοικία (τ.μ.) που ανεγέρθηκε στον ιδιωτικό τομέα την περίοδο από το 2003 μέχρι και το 2016.

Ουσιαστικά διακρίνεται μία πανομοιότυπη εικόνα με αυτή της Εικόνας 3.6 που παρουσιάζει το σύνολο των κατοικιών, τόσο του ιδιωτικού, όσο και του δημόσιου τομέα, καθώς τα στοιχεία της Εικόνας 3.7 των κατοικιών του ιδιωτικού τομέα, αφορούν το 97,5% του συνόλου των νέων κατοικιών (βλ. Εικ. 3.3).

Με την παρατήρηση των στατιστικών στοιχείων των κατοικιών που ανεγέρθηκαν την εξεταζόμενη περίοδο (1980-2016), έχει καταδειχθεί μία γενική εικόνα για την κατάσταση των οικιστικών οικοδομών στην Κύπρο. Με τον όρο κατοικία, όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του κεφαλαίου, όπου δόθηκαν αυτούσι οι όροι όπως τους χρησιμοποιεί η Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου (ΣΥΚ), εννοούνται όλων των ειδών τα καταλύματα που προορίζονται για κατοίκηση και αφορά, τόσο τις οικίες, όσο και τα διαμερίσματα. Κρίνοντας από τα μέχρι σήμερα μεγέθη των κατοικιών που ανεγείρονται στο νησί, θα δοθεί περαιτέρω έμφαση στις οικίες για τον σκοπό της παρούσας έρευνας, για να μπορέσει να οριστεί με περισσότερη ακρίβεια και με, όσο το δυνατόν, περισσότερα στοιχεία γίνεται η τυπική οικία.

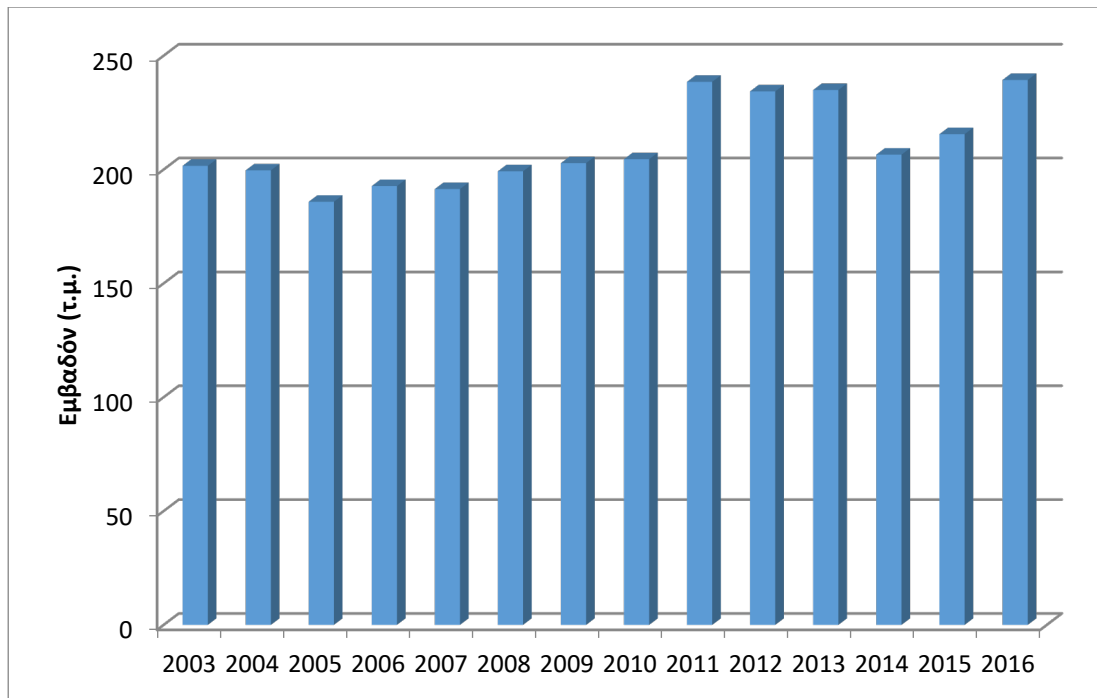
Προχωρώντας σε βάθος στην εξέταση των γεωμετρικών δεδομένων των οικιών για να μπορέσει να οριστεί καλύτερα ο επικρατέστερος τύπος οικίας στο νησί, παρουσιάζεται ο αριθμός των μονάδων των οικιών που συμπληρώθηκαν στον ιδιωτικό τομέα κατά την περίοδο 2003-2016 (Εικ. 3.8).



Εικόνα 3.8: Οικίες που συμπληρώθηκαν στον ιδιωτικό τομέα την περίοδο από το 2003 μέχρι και το 2016.

Αυτό που έχει ήδη διαπιστωθεί στις κατοικίες γενικότερα και φαίνεται και για τις οικίες, είναι η ραγδαία αύξηση των νεοαναγερθεισών οικιών κατά την πενταετία 2005 με 2010. Ας σημειωθεί ωστόσο, ότι η αύξηση αυτή, δεν σημαίνει απαραίτητα και αντίστοιχη αύξηση στα επίπεδα άνεσης ή ποιότητας της κατασκευής. Η αύξηση αυτή ακολουθείται από μία επίσης απότομη πτώση μετά το 2010, που διατηρεί τα επίπεδα των νέων οικιών ιδιαίτερα χαμηλά, με ένα ποσοστό μείωσης που αγγίζει σχεδόν το 70%. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και στα στοιχεία που έχουν καταγραφεί για τις νεόδμητες κατοικίες συνολικά κατά την περίοδο 1989-2016 (βλ. Εικ.3.3).

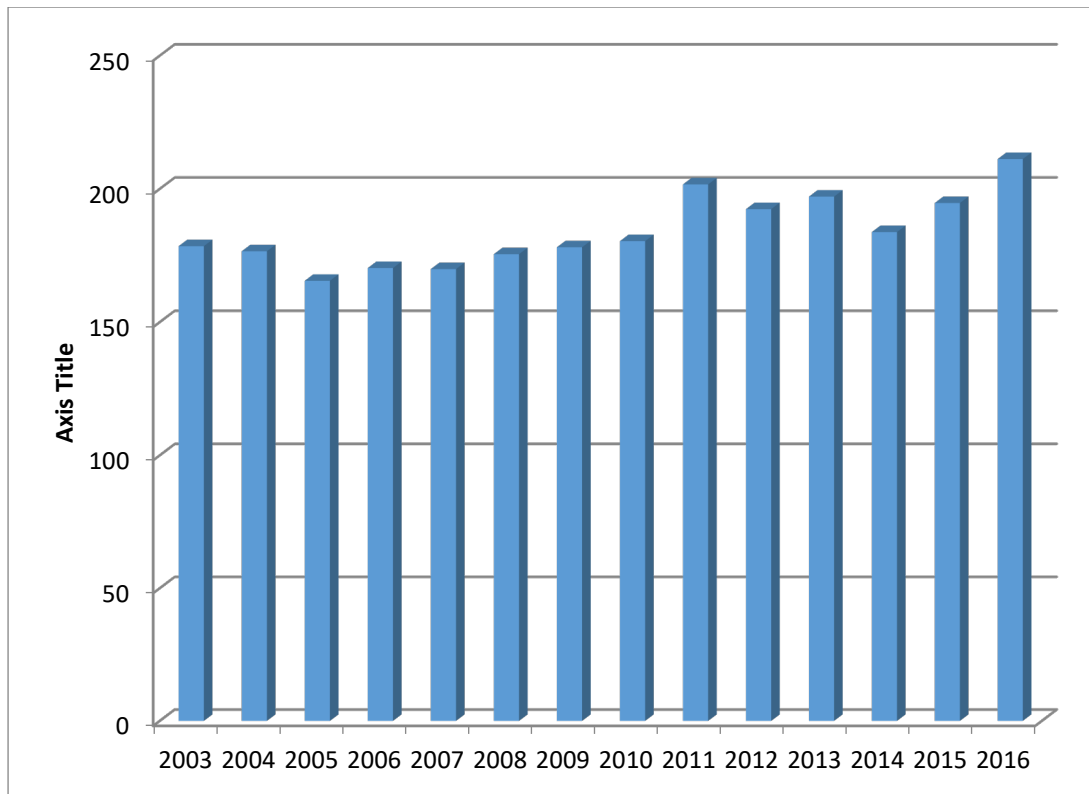
Αντιθέτως, ως προς το εμβαδό των οικιών που ανεγέρθηκαν κατά την περίοδο 2003-2016 (Εικ. 3.9), παρατηρείται ότι την πενταετία της αύξησης του αριθμού των οικιών (2005-2010), υπάρχει μία σαφής μείωση στο μέσο εμβαδό τους, ενώ την πενταετία του 2010 – 2015, που καταγράφεται μία σαφής μείωση στον αριθμό των νεοαναγερθεισών οικιών, παρατηρείται ότι αυξάνεται κατά 10 -15% το μέσο εμβαδό τους.



Εικόνα 3.9: Εμβαδό κατά οικία (τ.μ.) που συμπληρώθηκε στον ιδιωτικό τομέα την περίοδο από το 2003 μέχρι και το 2016.

Υπάρχει, δηλαδή, μία αντιστρόφως ανάλογη σχέση μεταξύ του αριθμού των νεοανεγερθεισών οικιών σε σχέση με το μέσο εμβαδό τους. Η απότομη στροφή της αγοράς προς τα ακίνητα μετά την οικονομική κρίση του χρηματιστηρίου, πιθανόν να δημιούργησε μία μεγάλη ζήτηση στον τομέα αυτό και φαίνεται ότι για να καλυφθεί, μειώθηκε κατά κάποιο τρόπο η ποιότητα στο προσφερόμενο προϊόν, καθώς, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, το μέγεθός μίας οικίας υποδηλώνει σε κάποιο βαθμό και την πολυτέλεια του “προϊόντος”. Είναι, επίσης, πιθανό η απότομη αύξηση της ζήτησης τέτοιων μονάδων με την αντίστοιχη μείωση στην ποιότητα τους, όσον αφορά το μέγεθος τους, να επέφερε και αντίστοιχη μείωση στην ποιότητα των τεχνικών προδιαγραφών των οικιών που ανεγείρονταν.

Εστιάζοντας περισσότερο και παρατηρώντας το ωφέλιμο εμβαδό ανά οικία που συμπληρώθηκε στον ιδιωτικό τομέα (Εικ. 3.10), το οποίο είναι αυτό που ενδιαφέρει για τον προσδιορισμό της τυπικής οικίας για σκοπούς έρευνας για τον καθορισμό της τυπικής οικίας στην Κύπρο, φαίνεται και πάλι, η μικρή μείωση στο συνολικό ωφέλιμο εμβαδό των νέων οικιών που κτίζονταν την περίοδο 2005-2010. Υπενθυμίζεται ότι από ωφέλιμο εμβαδό μίας κατοικίας, εξαιρούνται βοηθητικοί χώροι όπως κελάρια και μη κατοικήσιμες σοφίτες (βλ. Παρ. 3.3).

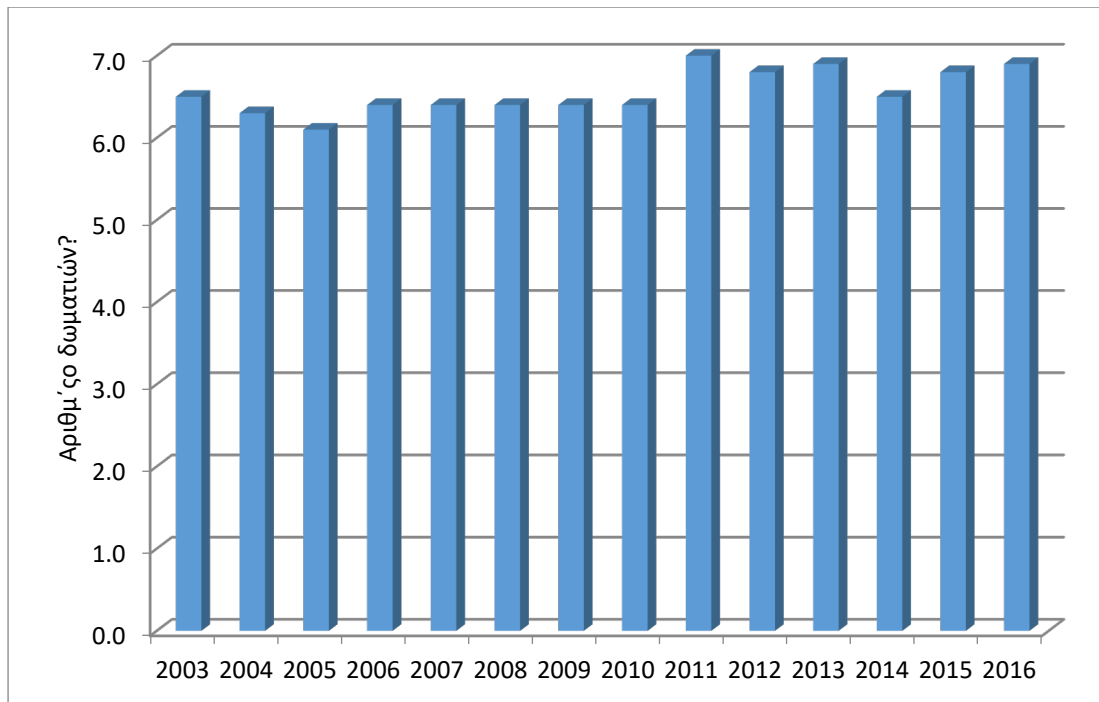


Εικόνα 3.10: Ωφέλιμο εμβαδό ανά οικία που συμπληρώθηκε στον ιδιωτικό τομέα την περίοδο από το 2003 μέχρι και το 2016.

Αναφορικά, βέβαια, με τον βασικό στόχο της παρούσας ανάλυσης και με τον προσδιορισμό του μεγέθους της τυπικής οικίας και άσχετα με τις διακυμάνσεις που παρατηρούνται, φαίνεται ότι κατά μέσο όρο (Εικ. 3.9 & 3.10), το ωφέλιμο εμβαδόν των οικιών που κτίστηκαν όλη την περίοδο, είναι γύρω στα 180 τ.μ. και αυτό το μέγεθος θα χρησιμοποιηθεί για το πειραματικό μέρος της διατριβής.

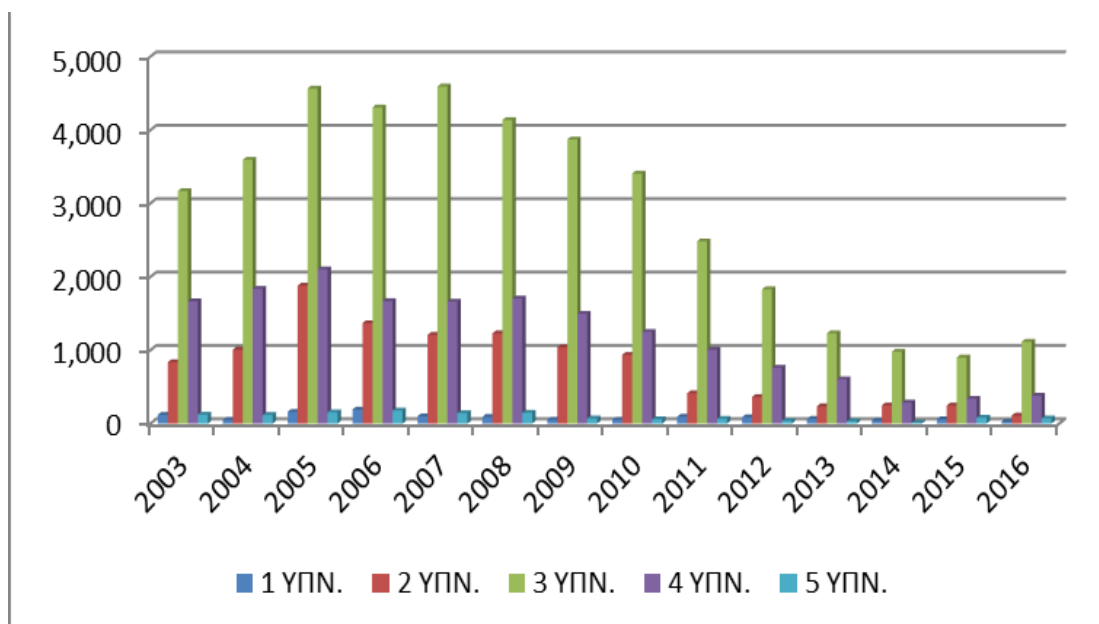
3.4.3 Στοιχεία δωματίων

Σχετικά με τον αριθμό των δωματίων (βλ. Παρ. 3.3) των οικιών που ανεγείρονται, τα στοιχεία της Στατιστικής Υπηρεσίας Κύπρου (Εικ. 3.11), δείχνουν μία σχετικά σταθερή κατάσταση, αφού φαίνεται ότι όλες οι οικίες έχουν 6 με 7 δωμάτια συνολικά. Για σκοπούς έρευνας, ο αριθμός δωματίων που καταγράφεται κατά μέσο όρο στο σύνολο των οικιών που έχουν ανεγερθεί την περίοδο κατά την οποία υπάρχουν στοιχεία είναι 6,5, το οποίο διευκρινίζεται πιο κάτω.



Εικόνα 3.11: Δωμάτια κατά οικία που ανεγέρθηκε στον ιδιωτικό τομέα την περίοδο από το 2003 μέχρι και το 2016.

Εξετάζοντας τον αριθμό των υπνοδωματίων στις οικίες που συμπληρώθηκαν, παρουσιάζεται μία καθαρή εικόνα (Εικ. 3.12), όπου οι οικίες με 3 συνολικά υπνοδωμάτια αποτελούν τη μεγάλη πλειοψηφία με ποσοστό που σταθερά περνά το 50% και αγγίζει το 60% του συνόλου των νεοανεγερθεισών κατοικιών στο νησί, σε όλη την περίοδο για την οποία υπάρχουν δεδομένα.



Εικόνα 3.12: Οικίες που συμπληρώθηκαν στον ιδιωτικό τομέα κατά αριθμό υπνοδωματίων την περίοδο από το 2003 μέχρι και το 2016.

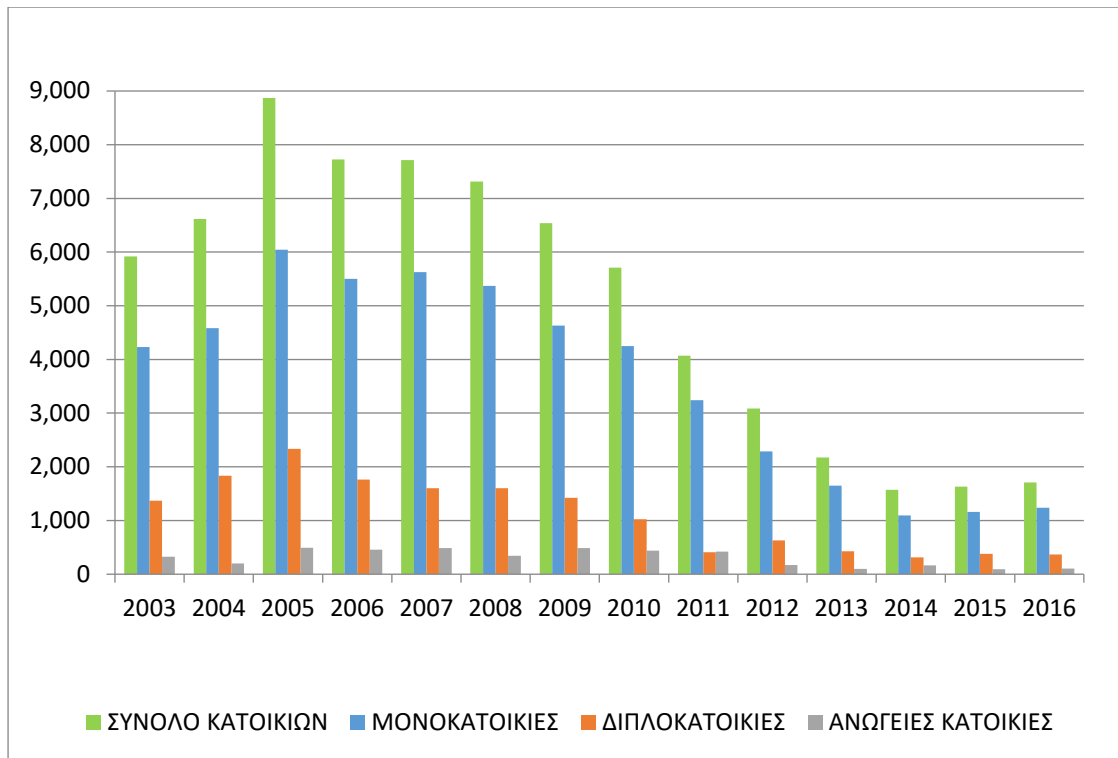
Αμέσως μετά, ακολουθούν οι ακόμα μεγαλύτερες οικίες με 4 υπνοδωμάτια με ποσοστό περίπου 24% του συνόλου και ακολουθούν, με ένα ποσοστό σχεδόν 15%, οι οικίες με συνολικό αριθμό 2 υπνοδωματίων. Οι κατά πολύ μικρότερες οικίες του ενός υπνοδωματίου και οι μεγαλύτερες των 5 υπνοδωματίων και άνω κυμαίνονται κοντά στο πολύ μικρό ποσοστό κοντά στο 2% αντίστοιχα.

Κατά συνέπεια και με βάση τον ορισμό του δωματίου όπως αυτός δίνεται από την ΣΥΚ (παρ. 3.3), όπου τα βασικά δωμάτια μιας οικίας, πέρα από τα υπνοδωμάτια, είναι η κουζίνα, το σαλόνι και η τραπεζαρία, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η τυπική οικία που θα χρησιμοποιηθεί στην έρευνα θα έχει συνολικά 6-7 δωμάτια (Εικ. 3.11). Από τη στιγμή που θα πρέπει να δημιουργηθεί συγκεκριμένο σπίτι που θα αποτελεί την τυπική οικία, τα δωμάτια δεν μπορούν να είναι 6,5. Επομένως θα πρέπει να αποφασιστεί αν η τυπική οικία θα έχει 6 ή 7 δωμάτια.

Τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν αφορούν δεδομένα για τη χρονική περίοδο 2003-2016. Τα δεδομένα για το μέγεθος των κατοικιών σε μία πολύ μεγαλύτερη χρονική περίοδο που ξεκινά από το 1995 μέχρι και το 2016 (Εικ. 3.6,) θεωρούνται πιο αντικειμενικά για το δείγμα που εξετάζεται. Αντιπαραθέτοντας τις δύο γραφικές παραστάσεις στις Εικόνες 3.8 & 3.9 βγαίνει το συμπέρασμα ότι εκτός από την περίοδο μεταξύ 2005-2010 που παρουσιάστηκε κατακόρυφη αύξηση στον αριθμό των μονάδων των οικιών (Εικόνα 3.8) με ταυτόχρονη μείωση του μεγέθους αυτών (Εικόνα 3.9), η υπόλοιπη χρονική περίοδος πριν και μετά την πενταετία αυτή παρουσιάζει μικρότερο αριθμό οικιών, οι οποίες όμως έχουν μεγαλύτερο μέγεθος.

Με βάση τα πιο πάνω δεδομένα, το μοντέλο που θα σχεδιαστεί για την τυπική οικία θα έχει 7 δωμάτια από τα οποία τα 3 θα είναι υπνοδωμάτια. Τα άλλα 4 θα είναι η κουζίνα, το καθιστικό, η τραπεζαρία και το σαλόνι. Υπενθυμίζεται (βλ παρ. 3.3), βάσει των τετραγωνικών μέτρων (ελάχιστο 4 τ.μ.) και της λειτουργίας που πρέπει να έχει ένας χώρος για να θεωρείται δωμάτιο, ότι οι μικρές κουζινίτσες, προθάλαμοι, μπάνια και αποχωρητήρια δεν εμπίπτουν σε αυτή την κατηγορία.

Ολοκληρώνοντας την αξιολόγηση των δεδομένων της Στατιστικής Υπηρεσίας Κύπρου σχετικά με το οικιστικό απόθεμα γενικότερα και τον τύπο των οικιών ειδικότερα, στην Εικόνα 3.13 απεικονίζεται ο τύπος των οικιών που έχουν ανεγερθεί κατά την περίοδο 2003 – 2016.



Εικόνα 3.13: Τύποι οικιών που συμπληρώθηκαν στον ιδιωτικό τομέα την περίοδο από το 2003 μέχρι και το 2016.

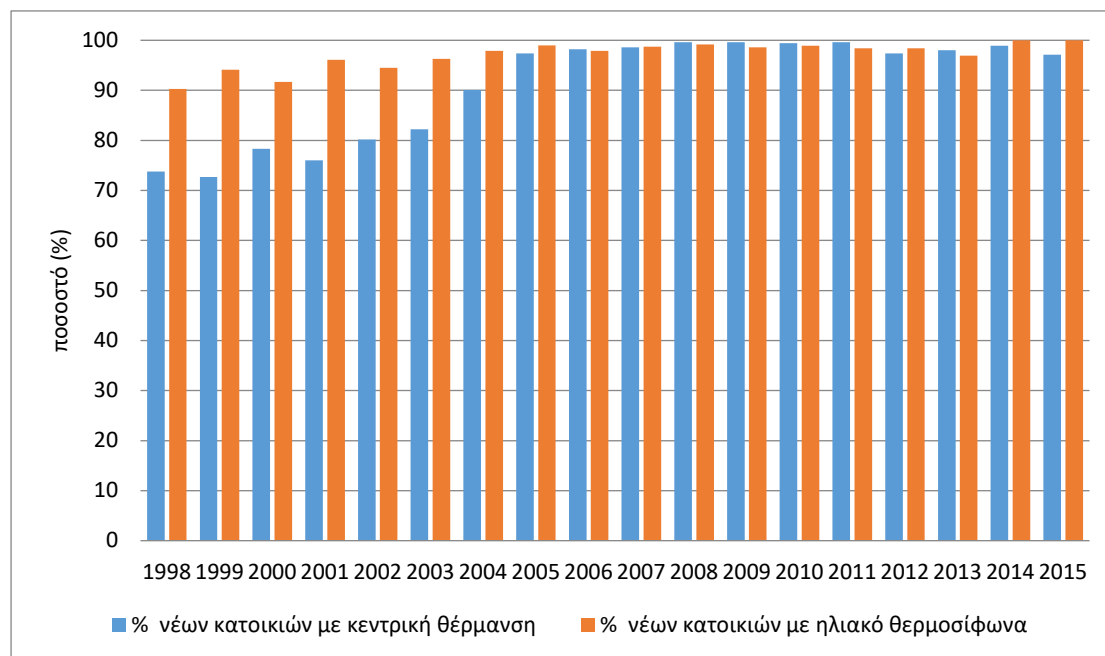
Είναι φανερό ότι η πολυπληθέστερη κατηγορία οικιών που ανεγείρονται στη Κύπρο είναι οι μονοκατοικίες, οι οποίες αποτελούν, κατά μέσο όρο, το 72% του συνόλου των ανεγερθέντων οικιών. Ακολουθούν οι διπλοκατοικίες με πολύ χαμηλότερο ποσοστό γύρω στο 21%, ενώ οι ανώγειες κατοικίες αποτελούν ένα πάρα πολύ μικρό ποσοστό του συνόλου γύρω στο 6%.

Με βάση τα πιο πάνω δεδομένα ως τυπική οικία θα θεωρηθεί η μονοκατοικία η οποία είναι μια οικοδομή που περιλαμβάνει μόνο μια οικιστική μονάδα, κτισμένη σε ξεχωριστό οικόπεδο με απ' ευθείας πρόσβαση από το δρόμο.

3.4.4 Στοιχεία Η/Μ εγκαταστάσεων

Για τον Η/Μ εξοπλισμό των οικιών που εξετάζονται και για τον καθορισμό των προδιαγραφών που θα έχει το μοντέλο στο οποίο θα γίνουν οι προσομοιώσεις, θα μελετηθούν τα δεδομένα, για τον Κυπριακό χώρο, εγκατάστασης στις κατοικίες, συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης (ZNX). Παρατηρώντας, τόσο την Εικόνα 3.14, όσο και την Εικόνα 3.15, φαίνεται ότι το ποσοστό, γενικά, των νέων

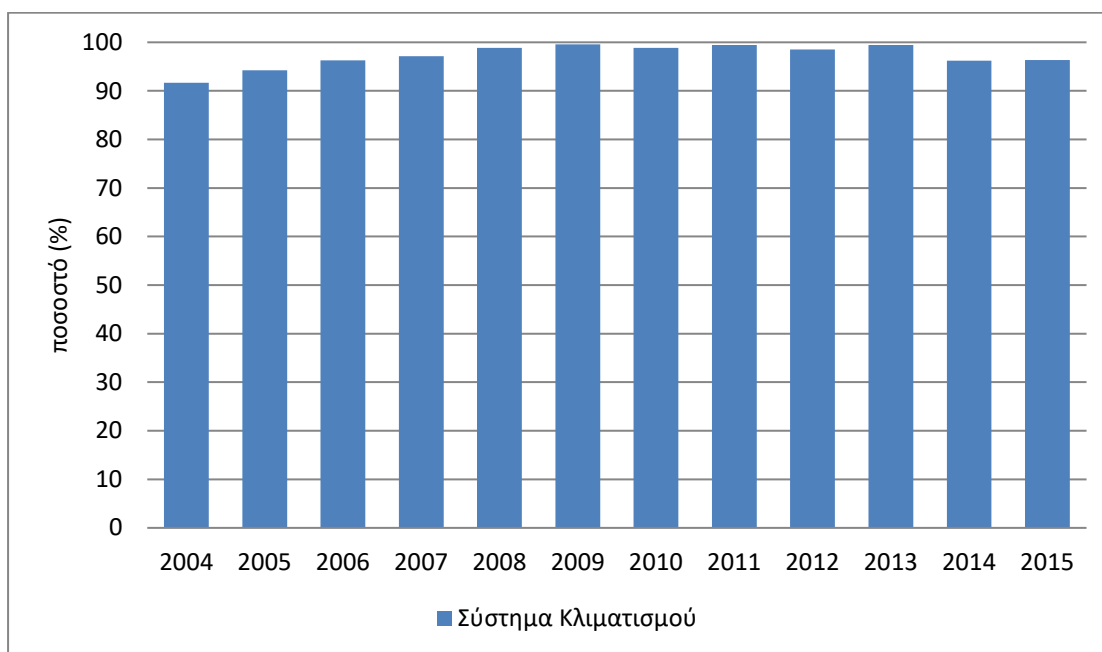
κατοικιών που κτίστηκαν από το 1998 μέχρι και το 2015 και είναι εξοπλισμένες με τα πιο πάνω συστήματα, είναι πολύ υψηλό, ιδιαιτέρως από το 2004 και μετέπειτα.



Εικόνα 3.14: Νέες κατοικίες με σύστημα κεντρικής θέρμανσης και ηλιακό θερμοσίφωνα από το 1998 μέχρι και το 2015.

Πιο αναλυτικά, στην Εικόνα 3.14, που παρουσιάζονται τα δεδομένα σχετικά με τον εξοπλισμό των νέων κατοικιών με σύστημα κεντρικής θέρμανσης από το 1998 μέχρι το 2003, δείχνει ένα πολύ υψηλό ποσοστό κατοικιών της τάξης του 70% με 80% να είναι εξοπλισμένες με τέτοια συστήματα, ενώ από το 2004 και μετά, τα ποσοστά αυτά αυξάνονται και κυμαίνονται μεταξύ 95% και 100%. Αντίστοιχη και πιο βελτιωμένη εικόνα παρουσιάζεται και στο ποσοστό των κατοικιών που είναι εξοπλισμένες με σύστημα θέρμανσης ZNX με ηλιακό θερμοσίφωνα που αποτελείται από ηλιακά πλαίσια θέρμανσης νερού και κυλινδρικό δοχείο αποθήκευσης του ζεστού νερού. Σε αυτήν την περίπτωση, με βάση και πάλι την Εικ. 3.14, το ποσοστό των κατοικιών που διαθέτουν τέτοιο σύστημα κατά την περίοδο 1998-2003 κυμαίνεται από 90% μέχρι 95%, ενώ μετά το 2004 το ποσοστό αυτό αυξάνεται πάνω από 97% καταγράφοντας και σε κάποιες περιπτώσεις ποσοστό 100%.

Παρόμοια πολύ υψηλά ποσοστά παρουσιάζονται και στον εξοπλισμό των νέων κατοικιών με σύστημα κλιματισμού, με τις κατοικίες που κτίστηκαν μετά το 2006 και συμπεριλαμβάνουν τέτοια συστήματα να ξεπερνούν το 96% του συνόλου (Εικ. 3.15).



Εικόνα 3.15: Ποσοστό κατοικιών στον ιδιωτικό τομέα με σύστημα κλιματισμού από το 2004 μέχρι και το 2015.

Ως αποτέλεσμα των πιο πάνω και αναφορικά με ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης (HVAC), η τυπική οικία θα πρέπει να είναι εξοπλισμένη με σύστημα ηλιακού θερμοσίφωνα για ζεστό νερό χρήσης (ZNX), με κεντρικό σύστημα θέρμανσης και με αντίστοιχο σύστημα ψύξης.

3.5 Κλιματικά δεδομένα

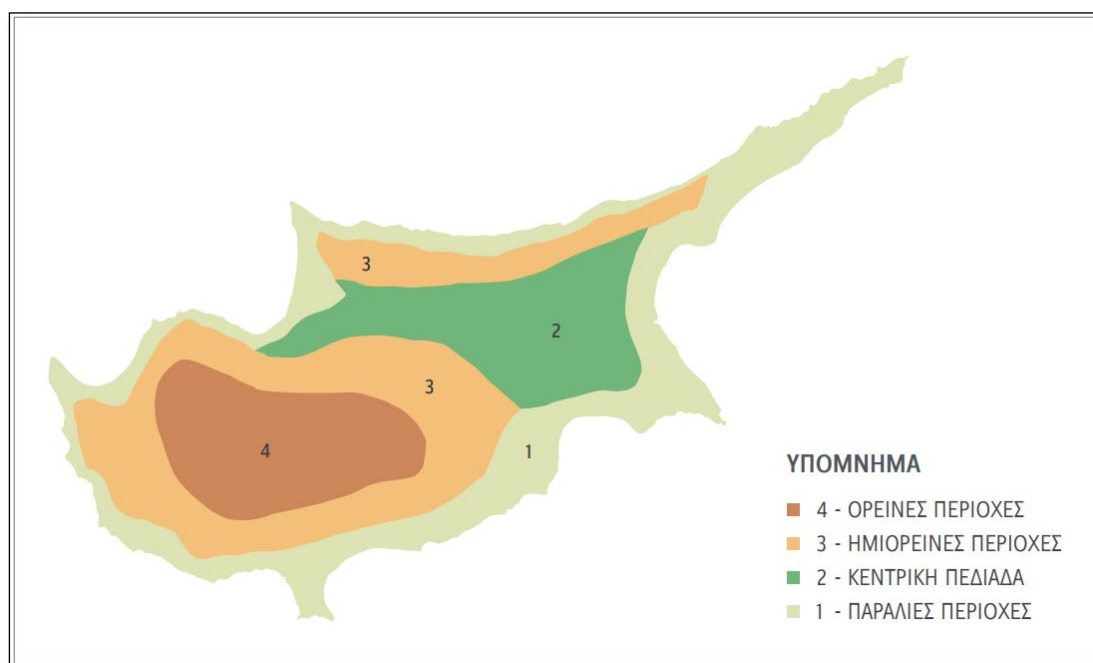
Τα κλιματικά δεδομένα με βάση τα οποία, το μοντέλο της τυπικής οικίας, θα εκτελεί τις προσομοιώσεις των διαφόρων σεναρίων κάνοντας υπολογισμό ενεργειακών καταναλώσεων, αποτελούν μία από τις ουσιαστικές παραμέτρους της όλης διαδικασίας. Λόγω του σημαντικού αυτού ρόλου που διαδραματίζουν, θα πρέπει να γίνει προσπάθεια για προσομοίωση των κλιματικών δεδομένων της Κύπρου.

Τα κλιματικά δεδομένα και οι διάφορες παράμετροι, αναφέρονται στις ατμοσφαιρικές μεταβλητές που περιλαμβάνουν δεδομένα για τη θερμοκρασία, την υγρασία, τη νεφοκάλυψη, τον υετό (βροχή, χιόνι, χιονόνερο χαλάζι και οποιαδήποτε άλλο

φαινόμενο πτώσης νερού σε οποιαδήποτε μορφή), την ηλιακή ακτινοβολία τον άνεμο⁴⁷.

Στον Κυπριακό χώρο, με βάση τη μεθοδολογία υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίου, διακρίνονται τέσσερις κλιματικές ζώνες οι οποίες φαίνονται στην Εικόνα 3.16 και είναι οι πιο κάτω:

- Κλιματική ζώνη 1: παράλιες περιοχές
- Κλιματική ζώνη 2: κεντρική πεδιάδα
- Κλιματική ζώνη 3: ημιορεινές περιοχές (υψόμετρο μέχρι 600μ)
- Κλιματική ζώνη 4: ορεινές περιοχές (υψόμετρο μεγαλύτερο από 600μ)



Εικόνα 3.16: Οι μετεωρολογικές ζώνες της Κύπρου, όπως αυτές καθορίζονται στον Τεχνικό οδηγό για τα κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.

⁴⁷ Τεχνικός οδηγός για τα κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, Υπουργείο ενέργειας, εμπορίου, βιομηχανίας και τουρισμού, Κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, , 2015

Η Κύπρος είναι χωρισμένη σε έξι διοικητικές περιφέρειες οι οποίες ονομάζονται επαρχίες (βλ. Εικ. .17) και είναι οι πιο κάτω:

- Επαρχία Λευκωσίας (μεγάλο μέρος της κατεχόμενο)
- Επαρχία Λεμεσού
- Επαρχία Λάρνακας
- Επαρχία Πάφου
- Επαρχία Αμμοχώστου (το μεγαλύτερο μέρος της κατεχόμενο)
- Επαρχία Κερύνειας (Κατεχόμενη)

Εκτός από τη Λευκωσία, η οποία είναι η πρωτεύουσα του νησιού και βρίσκεται ηπειρωτικά στην κλιματολογική ζώνη 2, όλες οι υπόλοιπες πόλεις της Κύπρου, βρίσκονται στην περίμετρό της, είναι παραλιακές και βρίσκονται στην κλιματολογική ζώνη 1 που αφορά παραλιακές περιοχές (Εικ. 3.16 & 3.17).



Εικόνα 3.17: Οι έξι επαρχίες της Κύπρου. Η Λάρνακα βρίσκεται νοτιοανατολικά του νησιού.

Οι προσομοιώσεις της παρούσας έρευνας απαιτούν τη χρήση ωριαίων κλιματικών δεδομένων σε μορφή .erw (EnergyPlus Weather format). Τα διαθέσιμα αρχεία κλιματικών δεδομένων .erw που διατίθενται για την Κύπρο αφορούν τους παρακάτω σταθμούς:

- στην ιστοσελίδα Climate.OneBuilding.Org⁴⁸
- στην ιστοσελίδα του EnergyPlus⁴⁹ μόνο τη Λάρνακα

Με βάση τα παραπάνω, το αρχείο κλιματικών δεδομένων που θα χρησιμοποιηθεί για τις προσομοιώσεις, Design Builder θα είναι αυτό της πόλης της Λάρνακας (Εικ. 3.17).

⁴⁸ https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_6_Europe/CYP_Cyprus/index.html

⁴⁹ https://energyplus.net/weather-region/europe_wmo_region_6/CYP

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΥΠΙΚΗΣ ΟΙΚΙΑΣ: ΔΟΜΙΚΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΚΥΠΡΙΑΚΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

4.1 Εισαγωγή

Στο προηγούμενο κεφάλαιο (Κεφ.3) διερευνήθηκαν και παρουσιάστηκαν αρκετά στοιχεία για τον καθορισμό του επικρατέστερου τύπου κατοικίας που υπάρχει στην Κύπρο, όπως το εμβαδό, ο αριθμός δωματίων, ο τύπος και τα βασικά ηλεκτρολογικά και μηχανολογικά συστήματα (παρ. 3.4), με στόχο να προσδιοριστεί με την καλύτερη δυνατή ακρίβεια η τυπική οικία που θα αποτελέσει και το αντικείμενο των πειραμάτων της παρούσας διατριβής. Σε αυτό το κεφάλαιο, για την καλύτερη δυνατή ολοκλήρωση της συλλογής στοιχείων για τον καθορισμό της τυπικής οικίας, θα μελετηθεί το δομικό της σύστημα και τα δομικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της οικίας που είναι δομημένη με “Συμβατική Κατασκευή”.

Ο όρο αυτός, στην περιοχή της ανατολικής λεκάνης της Μεσογείου, αλλά και γενικότερα, αναφέρεται στην κατοικία όπου ο φέρων οργανισμός είναι κατασκευασμένος από οπλισμένο σκυρόδεμα, η τοιχοπλήρωση συνήθως γίνεται με οπτόπλινθους (τούβλα) και τα τελειώματα με επιχρίσματα με βάση το τσιμέντο. Καθώς χρονικά, η τυπική οικία, στην παρούσα έρευνα, τοποθετείται στις τελευταίες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα και στις αρχές του 21^{ου}, εξετάζονται τα υλικά και η τεχνολογία κατασκευής που χρησιμοποιούνται κατά την ίδια περίοδο, όσον αφορά τον φέροντα οργανισμό (θεμελίωση – υποστυλώματα – τοιχία – δοκοί – πλάκες), οι εξωτερικές τοιχοποιίες και τα ανοίγματα, οι μονώσεις, τα τελειώματα και εγκαταστάσεις. Οι κατοικίες με φέροντα οργανισμό από μέταλλο ή ξύλο δεν θα εξεταστούν στην παρούσα έρευνα. Σημειώνεται ωστόσο, ότι τέτοιες κατοικίες με φέροντα οργανισμό από ελαφρά κατασκευή, ξεκίνησαν να εμφανίζονται συστηματικά μετά το 2000.

Σκοπός της ανάλυσης είναι να διαπιστωθεί ποιο ήταν το τυπικό σύστημα δόμησης συμβατικής κατασκευής της εξεταζόμενης περιόδου, να προδιαγραφούν τα σωστά υλικά βάσει των πραγματικών συνθηκών δόμησης, έτσι ώστε τα δεδομένα αυτά να εισαχθούν στο μοντέλο που θα δημιουργηθεί σε εξειδικευμένο λογισμικό και να χρησιμοποιηθούν στο πειραματικό μέρος της έρευνας, στην οποία θα αξιολογηθούν ποικίλα παθητικά συστήματα θερμικής προστασίας.

4.2 Φέροντας οργανισμός

Ο φέροντας οργανισμός μίας κατοικίας από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι εξ' ορισμού πλαισιωτός και ακολουθεί την κλασική μέθοδο κατασκευής και μεταφοράς των φορτίων από τη στέγαση μέχρι τη βάση. Το όλο σύστημα αποτελείται από την πλάκα που στηρίζεται και μεταφέρει τα μόνιμα και τα κινητά φορτία της σε δοκάρια, τα οποία με τη σειρά τους στηρίζονται και μεταφέρουν τα φορτία τους σε υποστυλώματα, τα οποία καταλήγουν στα θεμέλια που εδράζονται και εναποθέτουν, εν τέλει, τα συνολικά φορτία της κατασκευής στο έδαφος (Εικ. 4.1).



Εικόνα 4.1: Υπό ανέγερση κατοικία στη Λευκωσία που μόλις έχει ολοκληρωθεί ο φέροντας οργανισμός της, ο οποίος είναι κατασκευασμένος εξ' ολοκλήρου από οπλισμένο σκυρόδεμα.

4.2.1 Θεμελίωση

Μέχρι και τα τέλη του 20ού αιώνα οι πιο πάνω κατασκευές είχαν ως θεμέλια τα μεμονωμένα πέδιλα, τα οποία ήταν διαπλατύνσεις από οπλισμένο σκυρόδεμα, ύψους 50-80 εκατοστών, στα οποίες κατέληγαν τα υποστυλώματα της κατασκευής που σκοπό είχαν να μεγαλώσουν την επιφάνεια επαφής των υποστυλωμάτων της κατασκευής με το έδαφος (Εικ. 4.2).



Εικόνα 4.2: Θεμελίωση πολυκατοικίας στη Λευκωσία με μεμονωμένα πέδιλα.

Κάθε υποστύλωμα είχε το δικό του πέδιλο και όλα τα πέδιλα συνδέονταν μεταξύ τους με συνδετήριες δοκούς ή πεδιλοδοκούς (θεμελιοδοκούς ή σιδεροσυνδέσεις). Οι συνδετήριες δοκοί, όπως συμπεραίνεται από τα όνομά τους, ήταν δοκοί που συνέδεαν, μεταξύ τους, τα πέδιλα έτσι ώστε σε ένα πιθανό σεισμό, όλα τα υποστυλώματα της κατασκευής, να παραμείνουν ενωμένα και να μετακινηθούν μαζί, ως μία ενιαία κατασκευή (Εικ. 4.3).



Εικόνα 4.3: Συνδετήρια δοκάρια ή πεδילוδοκοί από οπλισμένο σκυρόδεμα που συνδέουν τα πέδιλα της θεμελίωσης της κατασκευής μεταξύ τους.

Τα πέδιλα θεμελιώνονταν σε στερεό έδαφος στην επιφάνεια του τεμαχίου που θα γινόταν η κατασκευή. Σε περίπτωση που το έδαφος δεν ήταν καλό για θεμελίωση τότε γινόταν εκσκαφή για αφαίρεση, κυρίως, των ξένων φερτών χωμάτων, μέχρι να βρεθεί στερεό υπέδαφος και τότε σε εκείνο το βάθος γινόταν το πέδιλο.

Παλαιότερα και μέχρι το 1983, η συνδετήρια δοκός των πεδίων γινόταν στην επιφάνεια του οικοπέδου, ενώ τα πέδιλα μπορούσαν να βρίσκονται σε αρκετό βάθος από τη θεμελιοδοκό ή σιδεροσύνεση. Αυτό, καταργήθηκε με τα “Σύντομα Αντισεισμικά Μέτρα” (ΣΑΜ) γιατί δημιουργούσαν οι λεγόμενοι “κοντοί στύλοι” ή τα “υποκόλωνα”, μικρά υποστυλώματα δηλαδή μεταξύ πεδίου και θεμελιοδοκού, τα οποία αποδείχθηκε, ότι σε περίπτωση σεισμού αστοχούσαν και έσπαζαν στην ένωση με την θεμελιοδοκό (Εικ. 4.4).



Εικόνα 4.4: Κοντοί στύλλοι ή υποκόλωνα σε κατασκευή της δεκαετίας του '80, τα οποία αποκαλύφθηκαν κατά τη διάρκεια εκσκαφής υπογείου γειτονικής, εφαπτόμενης, οικοδομής.

Μετά από αυτή τη διαπίστωση και με τη μελέτη επιπρόσθετων παραμέτρων των κατασκευών σε θέματα σεισμού, εμφανίστηκε ο Κυπριακός Αντισεισμικός Κανονισμός το 1996, στον οποίον καταργήθηκαν και επίσημα οι κοντοί στύλοι με βαθιές θεμελιώσεις και συνδετήριες δοκούς σε απόσταση από αυτές. Έτσι, αυτό που ξεκίνησε να εφαρμόζεται ήταν η διάνοιξη λάκκων στις διαστάσεις του πεδίου και μέχρι το βάθος που βρισκόταν το στερεό υπέδαφος, στο οποίο θα γινόταν η θεμελίωση, γέμιζαν οι λάκκοι με ισχυρό άοπλο σκυρόδεμα κατηγορίας B30/C20 ή B40/C25 μέχρι την επιφάνεια του τεμαχίου που θα γίνονταν τα πέδιλα. Κατά αυτόν τον τρόπο, τα πέδιλα εδράζονταν, πλέον, σε μία σκληρή επιφάνεια μπετόν και με κατασκευή θεμελιοδοκών, ενώνονταν πλέον τα πέδιλα μεταξύ τους, πάνω από την επιφάνεια εκσκαφής του τεμαχίου στο ίδιο επίπεδο αποφεύγοντας τα υποκόλωνα.



Εικόνα 4.5 Συνδετήριες δοκοί πεδίων, που έχουν υδρομονωθεί με ασφαλτοειδείς βαφές.

Στη συνέχεια, τα πέδιλα και οι συνδετήριες δοκοί υδρομονώνονταν με ασφαλτοειδή, συνήθως, υλικά που απλώνονταν με την βούρτσα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.5, και το κενό μεταξύ τους γέμιζε με λιθόστρωση, δηλαδή με διαβαθμισμένα σκύρα (χαβάρα ή χαβαροτσιάκκιλο), τα οποία βρέχονταν και συμπιέζονταν με δονητικό κύλινδρο σε στρώσεις των 20-30 εκατοστών (Εικ. 4.6). Η επιχωμάτωση έφτανε μέχρι το πάνω μέρος των πεδίων και των συνδετήριων δοκών.



Εικόνα 4.6: Επιχωμάτωση με λιθόστρωση στο ύψος της πάνω πλευράς των πεδιλοδοκών.

Στη συνέχεια απλωνόταν σε όλη την επιφάνεια φύλλο πολυθίνης (πολυαιθυλενίου-PE), για σκοπούς υγραμόνωσης και ακολουθούσε η τοποθέτηση οπλισμού (σχάρα συνήθως Y8-10/15-20) (Εικ. 4.7).



Εικόνα 4.7: Προετοιμασία σκυροδέτησης πατώματος ισογείου με τοποθέτηση φύλλου πολυθίνης και μεταλλικής σχάρας επί της επιχωμάτωσης των φερόντων στοιχείων της θεμελίωσης.

Με την ολοκλήρωση της υγρομόνωσης και της τοποθέτησης οπλισμού, διαστρωνόταν η πλάκα πατώματος ισογείου με σκυρόδεμα κατηγορίας C25 (Εικ. 4.8). Η τοποθέτηση του φύλλου πολυθίνης ή πολυαιθυλενίου ή νάιλον επί της λιθόστρωσης (Εικ. 4.7), εκτός από την υγρομόνωση που προσέφερε στην πλάκα ισογείου, έπαιζε και ένα ακόμα σημαντικό ρόλο. Την ώρα της σκυροδέτησης κατακρατούσε το νερό του σκυροδέματος μέσα στο μείγμα του μπετόν για να μην απορροφηθεί από το υλικό της επιχωμάτωσης, πράγμα ουσιώδες για να μπορέσει να ολοκληρωθεί η χημική αντίδραση του σκυροδέματος στον χρόνο που απαιτείται και να αποκτήσει αυτό τις επιθυμητές αντοχές.



Εικόνα 4.8: Ολοκλήρωση σκυροδέτησης πατώματος ισογείου αφού προηγουμένως έχει προηγηθεί υγρομόνωση και τοποθέτηση οπλισμού επί της επιχωμάτωσης των φερόντων στοιχείων της θεμελίωσης

Όπου το υπέδαφος ήταν πολύ σαθρό ή αμμώδες ή υπήρχαν υπόγεια νερά ή άργιλος (κόννος), αντί μεμονωμένων πέλδων, γινόταν διευρυμένη θεμελίωση με πεδιλοδοκούς. Η πεδιλοδοκός ήταν μία, επίσης, συνδετήρια δοκός, η οποία και πάλι είχε σκοπό να ενώσει όλα τα υποστυλώματα μεταξύ τους με τη διαφορά ότι, όλο το μήκος αυτής της δοκού εδραζόταν σε πέδιλο. Έτσι, αντί για μεμονωμένα πέλδια στη βάση κάθε υποστυλώματος, η οικοδομή εδραζόταν σε ένα συνεχόμενο, κατά μήκος

των συνδετήριων δοκών, πέδιλο, ενισχύοντας τη σταθερότητα και την ενιαία συμπεριφορά της κατασκευής σε ανομοιογενή εδάφη.

Το κενό που δημιουργούταν μεταξύ των πεδιλοδοκών, και πάλι γέμιζε με διαβαθμισμένα σκύρα, τα οποία βρέχονταν και συμπιέζονταν με δονητικό κύλινδρο σε στρώσεις των 20-30 εκατοστών μέχρι να αποκτηθεί η επιθυμητή αντοχή της λιθόστρωσης. Αυτό συνεχίστηκε μέχρι και τη δεκαετία του 90, όπου για πρακτικούς και κυρίως οικονομικούς λόγους, ξεκίνησε να εφαρμόζεται μία νέα θεμελίωση, η ενιαία θεμελίωση ή ενιαίο πέδιλο ή γενική κοιτόστρωση ή πεδιλόπλακα.

Η πεδιλόπλακα είναι ουσιαστικά μία μεγάλη πλάκα από μπετόν στο πάχος του πέδιλου, πάνω στην οποία θεμελιώνονται και καταλήγουν όλα τα υποστυλώματα. Η πεδιλόπλακα είναι οπλισμένη με διπλή σχάρα πάνω και κάτω και το πάχος της για μία συνηθισμένη διώροφη κατοικία κυμαίνεται μεταξύ 50-60 εκατοστών. Μέσα στη πεδιλόπλακα υπάρχουν και πάλι σιδεροσυνδέσεις που ενώνουν τα υποστυλώματα μεταξύ τους (Εικ.4.9).



Εικόνα 4.9: Θεμελίωση υπογείου με ενιαίο πέδιλο όπου διακρίνονται και οι συνδετήριες δοκοί που συνδέουν τα θεμέλια των υποστυλωμάτων μεταξύ τους.

Λόγω της κατασκευής της πεδιλόπλακας, ως μίας μεγάλης στερεής βάσης πάνω στην οποία στηρίζονται τα υποστυλώματα μίας κατοικίας, δεν χρειάζεται πλέον να γίνεται βαθιά εκσκαφή για ανεύρεση στερεού υπεδάφους. Η όλη κατασκευή του ενιαίου αυτού

πεδίου ξεκινά με μία επιφανειακή εκσκαφή με σκοπό τον καθαρισμό ουσιαστικά του τεμαχίου από τα επιφανειακά, ξένα συνήθως και φερτά χώματα.

Στη συνέχεια πάνω στην επιφάνεια αυτή, αφού βρεχτεί και κυλινδριστεί, επιστρώνεται λιθόστρωση, που αποτελείται από εδαφικά υλικά από διαβαθμισμένα σκύρα (χαβάρα ή χαβαροτσιάκκιλο ή το πιο ακριβό crusher run), τα οποία και πάλι διαβρέχονται και συμπιέζονται με δονητικό κύλινδρο, μέχρι να δημιουργηθεί μία ιδιαίτερα σκληρή και ανθεκτική επιφάνεια πάχους 15-20 εκατοστών (Εικ. 4.10).



Εικόνα 4.10: Διάστρωση εδαφικών υλικών από διαβαθμισμένα σκύρα τα οποία βρέχονται και συμπιέζονται με δονητικό κύλινδρο για τη δημιουργία ισχυρής βάσης για την πεδιλόπλακα.

Πάνω από τη λιθόστρωση, αφού συμπιεστεί ικανοποιητικά, τοποθετείται σκληρό φύλλο πολυαιθυλενίου (Εικ. 4.11), για σκοπούς υγρομόνωσης και συγκράτησης των υγρών του σκυροδέματος που θα σκυροδετηθεί, όπως εξηγήθηκε πιο πάνω.



Εικόνα 4.11: Τοποθέτηση φύλλου πολυαιθυλενίου πάνω από την λιθόστρωση.

Στη συνέχεια, γίνεται διάστρωση άοπλου σκυροδέματος ή μπετόν καθαριότητας, (γκρο μπετόν), περίπου 10-15 εκατοστών, το οποίο αποτελεί τη βάση πάνω στην οποία θα ξεκινήσει να τοποθετείται ο οπλισμός της ενιαίας κοιτόστρωσης (Εικ. 4.12). Το γκρο μπετόν ή μπετόν καθαριότητας, είναι άοπλο σκυροδεμα χαμηλής πυκνότητας, συνήθως C15. Σε κάποιες περιπτώσεις, πριν τον οπλισμό της πεδιλόπλακας, μπορεί να τοποθετηθεί ξανά ελαφρά στεγανωτική στρώση π.χ. φύλλο πολυθίνης για σκοπούς επιπλέον υγρομόνωσης.

Ο οπλισμός της πεδιλόπλακας, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, για μία κατοικία του μεγέθους που έχει αναφερθεί, αποτελείται από διπλή σχάρα Y8-10/15-20 πάνω και κάτω, με επικάλυψη περίπου 5-7 εκατοστά μπετόν στην κάθε πλευρά. Μέσα, επίσης, στο πάχος των 50 περίπου εκατοστών τέτοιου είδους πεδιλόπλακας, τοποθετείται ο οπλισμός των υποστυλωμάτων με σίδερα που γυρίζουν στο κάτω μέρος της ενιαίας αυτής θεμελίωσης για καλύτερη σύνδεση τους στη θεμελίωση. Μεταξύ τους, όλοι οι οπλισμοί των κολώνων ενώνονται με σιδεροσυνδέσεις (συνδετήριες δοκούς) στο πάχος πάντα της πεδιλόπλακας, που σκοπό έχουν να ενώσουν και πάλι τις κολώνες για τους ίδιους λόγους που ενώνονταν και στα μεμονωμένα πέδιλα, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω (Εικ. 4.9). Όλα αυτά, περικλείονται μέσα σε ένα περιμετρικό καλούπι ύψους 50 περίπου εκατοστών, το οποίο γεμίζει με μπετόν κατηγορίας C25 ή C30 (Εικ. 4.11).



Εικόνα 4.12: Διάστρωση άοπλου σκυροδέματος καθαριότητας (γκρο μπετόν) για τη δημιουργία καθαρής επιφάνειας για να μπορέσουν να ξεκινήσουν οι εργασίες σιδήρου της πεδιλόπλακας.



Εικόνα 4.13: Ενιαίο πέδιλο ή πεδιλόπλακα τυπικής διώροφης κατοικίας πάχους 50 εκ.

Με τη σκυροδέτηση της ενιαίας αυτής πλάκας η κατασκευή έχει φτάσει στο σημείο που είναι έτοιμο και πάλι το πάτωμα του ισογείου (Εικ. 4.13). Περιμετρικά η πεδιλόπλακα

υγρομονώνεται με τον ίδιο τρόπο, με ασφαλικά συνήθως υλικά, που απλώνονται με τη βούρτσα. Σημειώνεται επίσης, ότι μέσα στην πεδιλόπλακα, όπως και πριν μέσα στην επιχωμάτωση των συνδετήριων δοκών των μεμονωμένων πεδίων, ή της πεδילוδοκού, περνούν οι σωλήνες των αποχετεύσεων και άλλων υπηρεσιών όπως η κεντρική παροχή τηλεφώνου και ρεύματος της κατοικίας. Επειδή η επιλογή της θεμελίωσης με πεδιλόπλακα εξαρτάται από τα φορτία και το έδαφος έδρασης αυτής, σε εξαιρετικές περιπτώσεις με σοβαρά θέματα ασταθών υπεδάφων, όπου κριθεί αναγκαίο, κατασκευάζεται θεμελίωση με πεδιλόπλακα επί πασσάλων.

Όπως αναφέρθηκε, η πεδιλόπλακα ξεκίνησε να εφαρμόζεται από τους μηχανικούς για πρακτικούς λόγους και οικονομικούς, γιατί η κατασκευή ήταν σημαντικά πιο εύκολη και πιο γρήγορη και το κόστος του επιπλέον σκυροδέματος και σιδήρου που χρειαζόταν, αντισταθμιζόταν με το κόστος του υλικού της επιχωμάτωσης και των εργατικών για την συμπύεση αυτού, καθώς και με το κόστος που χρειαζόταν κάθε φορά να γίνονται εκσκαφές μέχρι την ανεύρεση στερεού εδάφους κατάλληλου για θεμελίωση.

Στατικά, όμως, η πεδιλόπλακα προσφέρει ακόμα ένα σημαντικότατο πλεονέκτημα καθώς με αυτήν, η κατασκευή είναι πλέον ένα ενιαίο στοιχείο και οποιεσδήποτε μικρομετακινήσεις ή υποχωρήσεις στο υπέδαφος δεν την επηρεάζουν. Επειδή το σπλισμένο σκυροδέμα είναι ψαθυρό υλικό, καθώς και όλες οι συνδέσεις του (δοκός με υποστύλωμα, συνδετήρια δοκός με υποστύλωμα κλπ.) είναι μη αρθρωτές, κάθε διαφορική υποχώρηση των θεμελίων μπορούσε να προκαλέσει σοβαρές αστοχίες στον υπόλοιπο φέροντα οργανισμό.

Έτσι, ήταν συχνό φαινόμενο, στην μέθοδο με τα μεμονωμένα πέδιλα, κάποιο από τα 15- 20 από αυτά που είχε μία κατοικία, να τύχαινε να μην καθόταν τελικά, σε υπέδαφος με την ίδια σκληρότητα των υπολοίπων, με αποτέλεσμα, στις διαφορετικές μικροϋποχωρήσεις που παρατηρούνταν, η συγκεκριμένη περιοχή να αντιδρούσε διαφορετικά και να παρουσιάζονταν μικρορωγμές και αντισταθμιστικά σχίσματα στις τοιχοποιίες. Το φαινόμενο αυτό των ρωγμών γινόταν ακόμη πιο έντονο στις περιπτώσεις των σεισμών, όπου οι μετακινήσεις αυτές γίνονταν ακόμη πιο έντονες και καταπονούσαν σε σημαντικά μεγαλύτερο βαθμό την κατασκευή. Το φαινόμενο αυτό με την ενιαία θεμελίωση αντιμετωπίστηκε με την έδραση όλων των υποστυλωμάτων επί κοινής, ίδιας σκληρότητας, θεμελίωσης.

Μετά την πιο πάνω ανάλυση φαίνεται ότι η μέθοδος θεμελίωσης με ενιαίο πέδιλο ή ενιαία κοιτόστρωση ή γενική κοιτόστρωση ξεκίνησε περίπου την περίοδο που εφαρμόστηκε ο Κυπριακός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΚΑΚ) το 1996 και πολύ

γρήγορα, λόγω στατικών, πρακτικών και οικονομικών λόγων, έχει επικρατήσει στη συντριπτική πλειοψηφία των συμβατικών, αλλά και των ελαφρών κατασκευών που και πάλι έχουν θεμελίωση από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Με βάση τα πιο πάνω και για το σκοπό της έρευνας, η θεμελίωση που θα χρησιμοποιηθεί στο βασικό μοντέλο της διώροφης οικίας, πάνω στο οποίο θα πραγματοποιηθούν τα πειράματα, θα είναι αυτή της γενικής ενιαίας κοιτόστρωσης από οπλισμένο σκυρόδεμα C 25 ή C 30 πάχους 50 εκατοστών.

4.2.2 Υποστυλώματα - Δοκάρια

Τα υποστυλώματα, όπως αναφέρθηκε, είναι καλά πακτωμένα στην θεμελίωση. Ο οπλισμός τους ξεκινά από τη βάση του πεδίου όπου κάμπτεται και αναπτύσσεται παράλληλα με την κάτω στρώση του οπλισμού της ενιαίας κοιτόστρωσης και στη συνέχεια συνεχίζει μέχρι και πάνω από το ύψος της κορυφής της πεδιλόπλακας ξεπερνώντας την κατά το ελάχιστον σε μήκος, ίσο με 80 φορές τη διατομή της μεταλλικής βέργας του οπλισμού. Αυτό δημιουργεί την απαραίτητη απόσταση για να υπάρχουν οι αναμονές πάνω στις οποίες, μετά την ολοκλήρωση της σκυροδέτησης της πεδιλόπλακας, θα συνεχίσει και θα συμπληρωθεί ο οπλισμός των κολώνων ισογείου (Εικ. 4.14).



Εικόνα 4.14: Πεδιλόπλακα κατοικίας, από την οποία εξέρχει ο οπλισμός των βάσεων των κολώνων (αναμονές) ο οποίος θα δεχθεί τον οπλισμό των υποστυλωμάτων.

Κατά την ίδια τεχνική ο οπλισμός των κολώνων ισογείου θα σταματήσει σε αντίστοιχο μήκος πάνω από την πλάκα οροφής ισογείου για να μπορεί να συνεχίσει ο οπλισμός

των κολώνων του ορόφου (Εικ. 4.15). Έτσι με την κατασκευή της πεδιλόπλακας και την ολοκλήρωση των εργασιών του οπλισμού των κολώνων του ισογείου, αυτές καλουπώνονται μέχρι το ύψος της δοκού (Εικ. 4.16) και στη συνέχεια πραγματοποιείται η σκυροδέτησή τους (Εικ. 4.17).



Εικόνα 4.15: Πλάκα οροφής ισογείου έτοιμη για σκυροδέτηση, όπου διακρίνεται οπλισμός των κολώνων ισογείου που σταματά στο κατάλληλο μήκος πάνω από την πλάκα για να μπορεί να τοποθετηθεί ο οπλισμός των κολώνων του ορόφου.



Εικόνα 4.16: Ολοκλήρωση της κατασκευής καλουπιού κολώνων ισογείου μέχρι το ύψος των δοκών της άνωθεν πλάκας.



Εικόνα 4.17: Αφαίρεση καλουπιών των κολώνων ισογείου μετά την σκυροδέτησή τους.

Η διατομή των υποστυλωμάτων και συγκεκριμένα η μικρή διάσταση της οποιασδήποτε ορθογωνικής διατομής κολώνας, είναι αυτή που θα καθορίσει και το πλάτος των δοκών του κάθε επιπέδου. Μέχρι και τους Ευρωκώδικες που εφαρμοστήκαν το 2012 για έργα μεγέθους μίας κατοικίας της τάξης των 180 τετραγωνικών μέτρων που εξετάζει η έρευνα αυτή, οι συνήθεις διατομές υποστυλωμάτων και δοκών ήταν 25 εκατοστά ή ακόμη και 20 εκατοστά. Στις πιο πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνταν τα 25 εκατοστά αλλά και τα 20 εκατοστά ήταν αποδεκτά από τη νομοθεσία. Μετά τους Ευρωκώδικες το 2012 εφαρμόστηκαν τέτοιοι περιορισμοί, που εμμέσως οδήγησαν στην κατάργηση των 20 εκατοστών, ως αποδεκτή διατομή για τη μικρή διάσταση των κολώνων και το πλάτος των δοκών, και πλέον, όλα τα φέροντα αυτά στοιχεία, έχουν τη μικρή τους διάσταση 25 εκατοστά το ελάχιστο. Το ύψος των δοκών για μία κατοικία των 180 τ.μ. ήταν περίπου 55 – 60 εκατοστά, λόγω του ότι στο μέγεθος των οικιών αυτών, δεν υπήρχαν ιδιαίτερα μεγάλα ανοίγματα ή πλάκες.

Αναφορικά με το πάχος των πλακών της οικίας που περιγράφεται, για τον ίδιο λόγο της ύπαρξης μικρών μέχρι μεσαίων αποστάσεων μεταξύ των κολώνων, τα 15 εκατοστά θεωρούνται ως μία λογική διατομή για το πάχος των πλακών. Η πλάκα και η

δοκός καλουπώνονται και σκυροδετούνται μαζί. Στην περίπτωση αντεστραμμένων δοκών και πάλι το καλούπι γίνεται μαζί με την πλάκα και οπωσδήποτε η σκυροδέτηση γίνεται την ίδια μέρα ταυτόχρονα με την πλάκα. Είναι απαγορευτικό να σκυροδετηθεί η πλάκα και αφού αποκτήσει ικανοποιητική αντοχή το μπετόν, να ακολουθήσει η σκυροδέτηση του υπολοίπου της αντεστραμμένης δοκού. Αυτό δεν ισχύει στην περίπτωση των κολώνων που η σκυροδέτηση μπορεί να διακοπεί και να συνεχίσει κάποια άλλη στιγμή.

Συνοψίζοντας τα πιο πάνω, για το βασικό μοντέλο της τυπικής οικίας που θα δημιουργηθεί για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας και για το μέγεθος των 180 τ.μ. που θα είναι, οι κολώνες θα κατασκευαστούν με ορθογωνική διατομή 25 Χ 40 εκατοστά και τα δοκάρια 25 Χ 55 εκατοστά (συμπεριλαμβανομένης και της πλάκας).

4.2.3 Πλάκες

Οι πλάκες οροφής ισογείου και οροφής ορόφου είναι και αυτές κατασκευασμένες από οπλισμένο σκυρόδεμα με οπλισμό από χαλύβδινες ράβδους με ποσοστό 2%, , όπως και ο υπόλοιπος φορέας (Εικ. 4.18). Το πάχος τους για μία κατοικία αυτού του μεγέθους που περιγράφεται σε αυτό το κεφάλαιο, η οποία δεν έχει ιδιαίτερα μεγάλα ανοίγματα, θεωρείται λογικό να μην ξεπερνά τα 15 εκατοστά. Πάνω από την πλάκα γίνεται μπετόν ρύσεων από ισχυρή τσιμεντοκονία για να μπορέσει να τοποθετηθεί από πάνω υγρομόνωση για τα βρόχινα νερά, η οποία έχει ένα μέσο πάχος γύρω στα 10 εκατοστά.



Εικόνα 4.18: Πλάκα οροφής από οπλισμένο σκυρόδεμα. Διακρίνονται και τα στηθαία κατασκευασμένα από το ίδιο υλικό.

Όπως αναφέρθηκε με λεπτομέρεια στο Κεφάλαιο 2, για σκοπούς υγρομόνωσης της πλάκας οροφής και όχι μόνο, μία ευρέως διαδεδομένη προστασία που χρησιμοποιείται στον νησί, είναι η ασφαλική μεμβράνη πάχους 4 χιλιοστών, η οποία επικολλάται με πύραυνο πάνω στο μπετόν ρύσεων. Καθώς αποτελεί το τελείωμα της κατασκευής της πλάκας, πάνω στην οποία κτυπούν οι έντονες ακτίνες του μεσογειακού ήλιου, στην πάνω πλευρά της μεμβράνης υπάρχουν κολλημένα μικρά κομματάκια σπασμένου πετρώματος γκρίζου ανοικτού χρώματος με σκοπό την αντανάκλαση των ηλιακών ακτινών σε πολλαπλές κατευθύνσεις (Εικ. 4.19).



Εικόνα 4.19: Υγρομόνωση πλάκας οροφής από ασφαλική μεμβράνη πάχους 4 χιλ. με μαρμαροψηφίδα.

Με βάση τα πιο πάνω, για τον σκοπό της έρευνας και της κατασκευής του μοντέλου προσομοίωσης, οι πλάκες θα θεωρηθούν ότι είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα με οπλισμό 2%, έχουν πάχος 15 εκατοστά και η πλάκα οροφής έχει επιπλέον μπετόν ρύσεων μέσου πάχους 10 εκατοστών και υγρομόνωση από ασφαλική μεμβράνη πάχους 4 χιλιοστών (Εικ. 4.21).

4.3 Στοιχεία πλήρωσης – Εξωτερικές Τοιχοποιίες

Οι εξωτερικές τοιχοποιίες σε μία συμβατική κατασκευή μορφώνονται, κυρίως, με βάση τις διατομές των περιμετρικών και εξωτερικών, φερόντων στοιχείων. Με βάση την

ανάλυση που έχει προηγηθεί, το πλάτος των υποστυλωμάτων και των δοκαριών στην τυπική συμβατική κατοικία δεν ξεπερνά τα 25 εκατοστά. Όπως αναφέρθηκε, η Κυπριακή νομοθεσία επέτρεπε μέχρι το 2012 και την εφαρμογή του ΚΑΚ, ελάχιστο πλάτος γραμμικών φερόντων στοιχείων ίσο με 20 εκατοστά, αλλά τις πλείστες περιπτώσεις, οι κατασκευές γίνονταν με φέροντα στοιχεία πλάτους 25 εκατοστών. Όπως εξηγήθηκε λεπτομερώς και στο Κεφάλαιο 2, για τις τοιχοποιίες, τόσο τις εσωτερικές, όσο και τις εξωτερικές χρησιμοποιείτο και χρησιμοποιείται ο τυπικός διάτρητος οπτόπλινθος, που κατασκευάζεται στην Κύπρο από τοπικά τουβλοποιεία, διαστάσεων 10 X 20 X 30 εκατοστών. Κατά μήκος των 30 εκατοστών αναπτύσσονταν και οι οπές του τούβλου (Εικ. 4.20).



Εικόνα 4.20: Τυπικό Κυπριακό διάτρητο τούβλο διαστάσεων 10 X 20 X 30 εκατοστά.

Το τούβλο αυτό στους μεσότοιχους, χιζόταν “όρθιο”, με την πλευρά των 10 x 30 εκατοστών να εδράζεται στην εκάστοτε πλάκα. Έτσι οι εσωτερικές τοιχοποιίες είχαν πάχος 10 εκατοστών και μαζί με τα τσιμεντοειδή επιχρίσματα είχαν συνολικό πάχος του μεσότοιχου 15 εκατοστά (Εικ. 4.21).



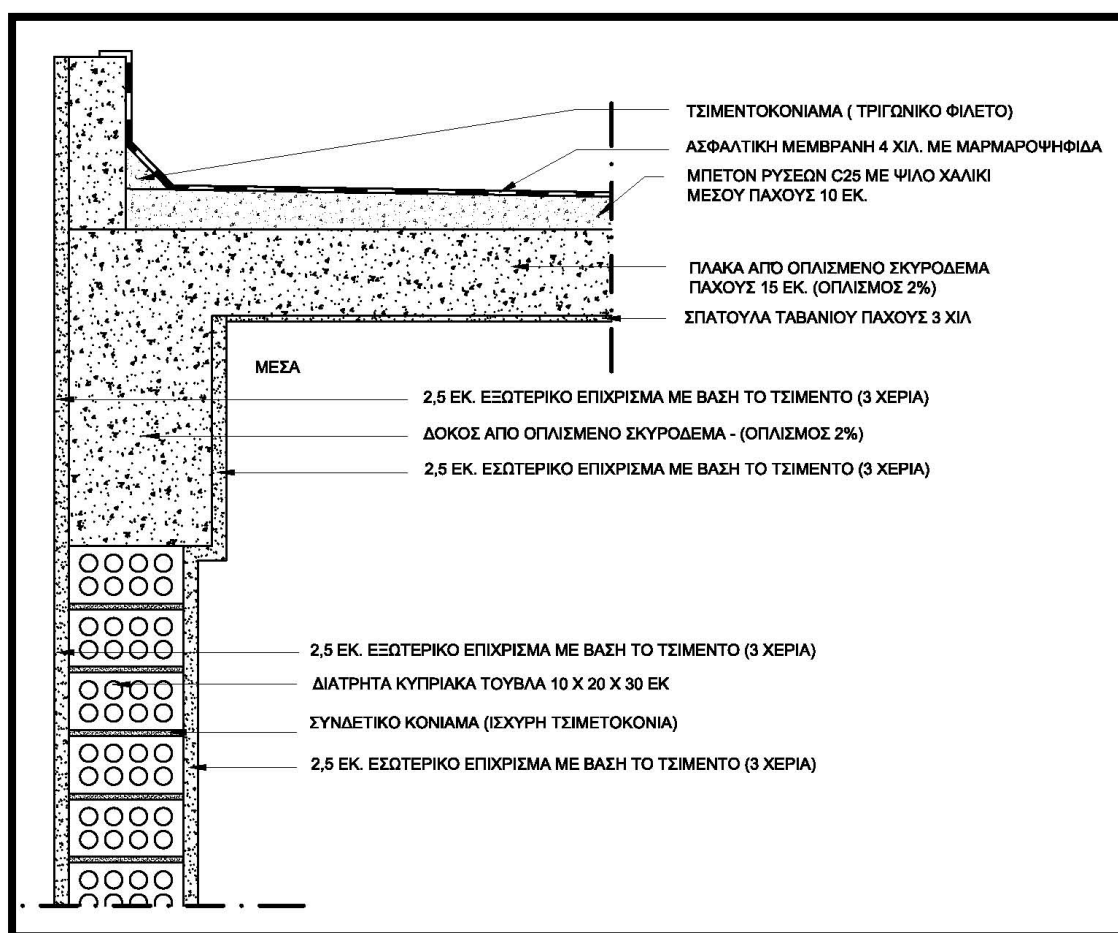
Εικόνα 4.21: Κτίσιμο μεσοτοιχίας με συνδετική κονία και όρθια κτισμένα τα τούβλα.



Εικόνα 4.22: Εξωτερικός τοίχος πλήρωσης από τυπικό τούβλο πάχους 20 εκ. κτισμένος κάτω από δοκάρι πλάτους, επίσης, 20 εκ.

Επαναλαμβάνεται, επίσης, ότι στις εξωτερικές τοιχοποιίες χρησιμοποιείται το ίδιο τούβλο, αλλά, στην εκάστοτε πλάκα εδραζόταν η πλευρά με διαστάσεις 20 X 30 εκατοστά. Έτσι ο τοίχος κατασκευαζόταν με πάχος 20 εκατοστά και μαζί με τα τσιμεντοειδή επιχρίσματα η συνολική του διάσταση ανέβαινε στα 25 εκατοστά. Στις περιπτώσεις που τα φέροντα στοιχεία είχαν και αυτά διάσταση 20 εκατοστά, τόσο η εσωτερική, όσο και η εξωτερική παρεία του τοίχου, συνέπιπταν με αυτή των φερόντων στοιχείων και δεν υπήρχαν προεξοχές (Εικ. 4.22).

Στις περιπτώσεις που τα υποστυλώματα και οι δοκοί είχαν πλάτος 25 εκατοστά, τότε η εξωτερική πλευρά του τοίχου των 20 εκατοστών, κτιζόταν ζυγισμένη με τη εξωτερική πλευρά των φερόντων στοιχείων αφήνοντας εσωτερικά να φαίνεται μία προεξοχή 5 εκατοστών μεταξύ των και του τοίχου (Εικ. 4.23).



Εικόνα 4.23: Κατασκευαστική λεπτομέρεια εξωτερικής τοιχοποιίας πλάτους 20 εκ. κτισμένης κάτω από δοκάρι πλάτους 25 εκ. όπου δημιουργείται προεξοχή στην εσωτερική πλευρά της κατασκευής.

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν, στο βασικό μοντέλο της τυπικής συμβατικής κατοικίας που εξετάζεται, οι τοιχοποιίες θα δημιουργηθούν με το τυπικό Κυπριακό τούβλο και θα

έχουν πάχος 20 εκατοστά ή 25 αν υπολογιστούν και τα 2,5 εκατοστά επίχρισμα που τοποθετούνται, τόσο εξωτερικά, όσο και εσωτερικά της τοιχοποιίας (Εικ. 4.23).

Υπενθυμίζεται, ότι από το 2007, που εφαρμόστηκαν τα πρώτα μέτρα θερμικής προστασίας των κτιρίων, έχουν δημιουργηθεί ποικίλα είδη τούβλων, όσον αφορά τις διαστάσεις τους, αλλά και της σύστασης των υλικών που τα αποτελούν και έχει δημιουργηθεί πληθώρα επιλογών στους τρόπους δόμησης των τοιχοποιιών του εξωτερικού κελύφους μίας οικίας. Όλες οι πιο πάνω κατασκευαστικές επιλογές στη μόρφωση των εξωτερικών τοιχοποιιών αναλύθηκαν στη Παράγραφο 2.3.3 και αποτελούν τη βάση για το μέρος της έρευνας και των πειραμάτων που διεξάγονται στο μοντέλο που δημιουργήθηκε στο λογισμικό Design Builder.

4.4 Σύνοψη Προδιαγραφών τυπικής οικίας

Συνοψίζοντας όλες τις πληροφορίες των Κεφαλαίων 3 & 4, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4.1, ως τυπική οικία θα θεωρηθεί η μονοκατοικία, η οποία είναι μια οικοδομή ανεξάρτητη, με απευθείας πρόσβαση στο δρόμο. Θα είναι διώροφη, μεγέθους 180 τετραγωνικών μέτρων, με 7 δωμάτια στο σύνολο, από τα οποία τα 3 θα είναι υπνοδωμάτια, ενώ τα υπόλοιπα 4 είναι η κουζίνα, το καθιστικό, το σαλόνι και η τραπεζαρία. Εννοείται ότι θα έχει χώρους υγιεινής, αλλά λόγω μεγέθους (βλ παρ. 3.3), με βάση τα δεδομένα της Στατιστικής Υπηρεσίας Κύπρου, δεν αποκαλούνται δωμάτια, αλλά συνυπολογίζονται στα τετραγωνικά μέτρα της οικίας.

Αναφορικά με τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης (HVAC), η Τυπική Οικία θα πρέπει να είναι εξοπλισμένη, τόσο με κεντρικό σύστημα θέρμανσης, όσο και αντίστοιχο σύστημα ψύξης. Θα έχει, επίσης, ηλιακά πλαίσια για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ZNX) και κυλίνδρου (boiler) αποθήκευσής του.

Όσον αφορά τον τρόπο κατασκευής της, η θεμελίωση που θα χρησιμοποιηθεί στο βασικό μοντέλο της διώροφης οικίας, θα είναι αυτή της γενικής ενιαίας κοιτόστρωσης από οπλισμένο σκυρόδεμα C25 ή C30 πάχους 50 εκατοστών. Τα υποστυλώματα θα κατασκευαστούν με ορθογωνική διατομή 25 X 40 εκατοστά, τα δοκάρια 25 X 55 εκατοστά (συμπεριλαμβανομένης και της πλάκας) και η πλάκα με πάχος 15 εκατοστά, όλα κατασκευασμένα με το ίδιο σκυρόδεμα με οπλισμό 2%. Πάνω από την πλάκα οροφής, θα υπάρχει ισχυρή τσιμεντοκονία, για μπετόν ρύσεων, μέσου πάχους 10 εκατοστών, η οποία θα έχει ως τελείωμα ασφαλική μεμβράνη με μαρμαροψηφίδα πάχους 4 χιλιοστών.

Οι τοιχοποιίες θα δημιουργηθούν με το τυπικό Κυπριακό τούβλο. Οι εσωτερικές θα έχουν πάχος τούβλου 10 εκατοστά και συνολικό 15 εκατοστά μαζί με τα επιχρίσματα πάχους 2,5 εκατοστών που τοποθετούνται και εκατέρωθεν του τοίχου και οι εξωτερικές θα έχουν πάχος 20 εκατοστά τούβλου και 25 εκατοστά συνολικά, συνυπολογίζοντας τα πάχους, 2,5 εκατοστών εσωτερικά και εξωτερικά επιχρίσματα.

ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΥΠΙΚΗΣ ΟΙΚΙΑΣ		
ΤΥΠΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
Τύπος Κατοικίας		Μονοκατοικία
Ωφέλιμο Εμβαδο		180 τ.μ.
Σύνολο δωματίων		7
Υπνοδωμάτια		3
ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΝΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ		
Κεντρικό σύστημα θέρμανσης		ΝΑΙ
Κεντρικό σύστημα ψύξης		ΝΑΙ
Ηλιακό σύστημα θερμοσίφωνα για ΖΝΧ		ΝΑΙ
ΔΟΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Θεμελίωση	Οπλ. Σκ. (1% οπλισμό)	Ενιαίο πέδιλο πάχους 50εκ.
Υποστυλώματα	Οπλ. Σκ. (2% οπλισμό)	24 X 40 εκ.
Δοκάρια	Οπλ. Σκ. (2% οπλισμό)	25 X 55 εκ.
Πλάκες	Οπλ. Σκ. (2% οπλισμό)	15 εκ.
Μπετόν ρύσεων	Άοπλο σκυρόδεμα	10 εκ. (Μέσο πάχος)
ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣ		
<u>Εξωτερικές Τοιχοποιίες</u>		
Σοβάς με βάση το τσιμέντο (εσωτερικά)		2.5 εκατοστά
Τοίχος		20.0 εκατοστά
Σοβάς με βάση το τσιμέντο (εξωτερικά)		2.5 εκατοστά
<u>Εσωτερικές Τοιχοποιίες</u>		
Σοβάς με βάση το τσιμέντο (εσωτερικά)		2.5 εκατοστά
Τοίχος		10.0 εκατοστά
Σοβάς με βάση το τσιμέντο (εξωτερικά)		2.5 εκατοστά

Πίνακας 4.1: Γεωμετρικά και δομικά χαρακτηριστικά τυπικής οικίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗΣ ΤΥΠΙΚΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΧΩΝ

5.1 Εισαγωγή

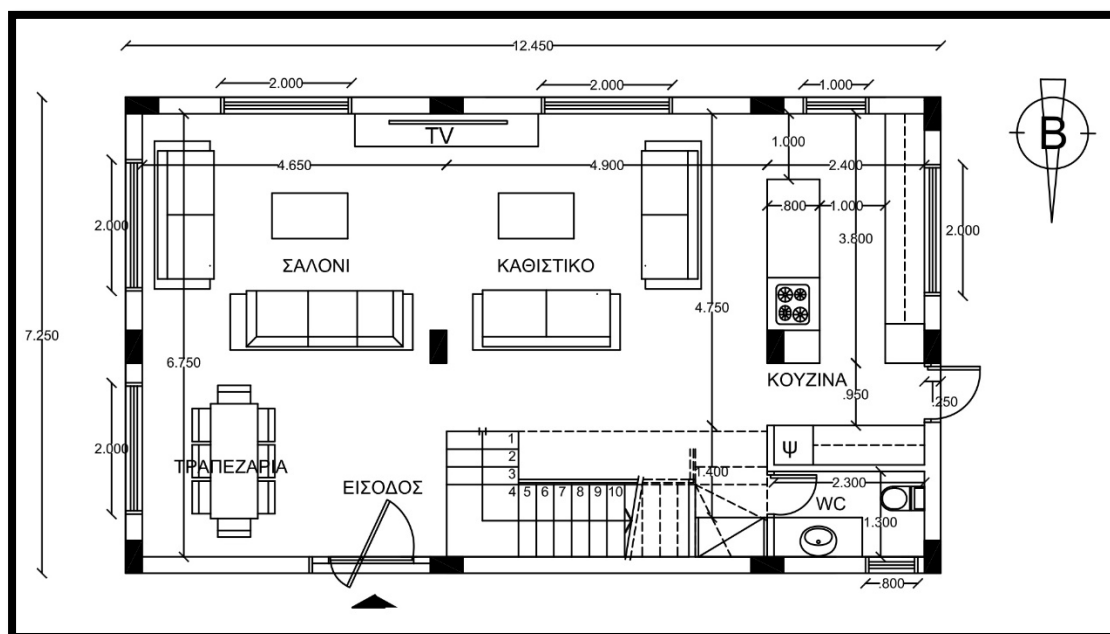
Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε σε αυτήν την έρευνα, αφορά την κατασκευή ενός βασικού τρισδιάστατου μοντέλου προσομοίωσης στο λογισμικό Design Builder, στο οποίο διενεργήθηκαν πειράματα που αφορούσαν την εφαρμογή ποικίλων συστημάτων ενεργειακής αναβάθμισης του εξωτερικού κελύφους του. Το βασικό μοντέλο κατασκευάστηκε βάσει της Κυπριακής κατασκευαστικής πραγματικότητας και των πραγματικών δεδομένων κατασκευής, τόσο γεωμετρικά, όσο και κατασκευαστικά, όπως αυτά προέκυψαν από την έρευνα, για τον καθορισμό της τυπικής οικίας, μετά την μελέτη των στοιχείων του Τμήματος Στατιστικής Υπηρεσίας της Κύπρου για τον Κατασκευαστικό Τομέα, καθώς επίσης και της μελέτης των τοπικών κατασκευαστικών μεθόδων, υλικών και τεχνοτροπιών που χρησιμοποιούνταν στο νησί, όπως αναλύθηκε λεπτομερώς στα δύο προηγούμενα Κεφάλαια 3 & 4.

Το βασικό μοντέλο αποτελεί μία τυπική κατασκευή, η οποία δεν έχει κανένα στοιχείο θερμικής προστασίας στο εξωτερικό κέλυφος, εκτός από τα κουφώματα τα οποία είναι σύγχρονα, κατασκευασμένα από πλαίσιο αλουμινίου με θερμοδιακοπή από πολυαμίδιο και διπλούς υαλοπίνακες. Ο λόγος είναι ότι το θέμα της ενεργειακής αναβάθμισης των υαλοπινάκων δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας έρευνας, για τους λόγους που έχουν ήδη εξηγηθεί.

Τα πειράματα που διενεργήθηκαν εστιάζονται στην αναβάθμιση του αδιαφανούς μέρους του εξωτερικού κελύφους. Έτσι για να αποδοθεί μία, όσο το δυνατόν, πιο ρεαλιστική προσέγγιση στη μελέτη των αποτελεσμάτων, αποφασίστηκε η διενέργεια πειραμάτων από μία σειρά από συστήματα παθητικής προστασίας, τα οποία εφαρμόστηκαν στο εξωτερικό κέλυφος της κατασκευής, έχοντας ως δεδομένη την ύπαρξη σύγχρονων, διπλών υαλοστασίων στα κουφώματα της κατασκευής. Η χρησιμοποίηση του βασικού τρισδιάστατου μοντέλου ως μία μόνιμη και σταθερή βάση των πειραμάτων βοήθησε έτσι ώστε όλα τα αποτελέσματα των πειραμάτων να έχουν μία κοινή βάση αναφοράς και να είναι άμεσα συγκρίσιμα μεταξύ τους, βελτιστοποιώντας έτσι την εικόνα της απόδοσης και κατά συνέπεια της αποτελεσματικότητας, του κάθε συστήματος.

5.2 Δημιουργία μοντέλου - Κατόψεις

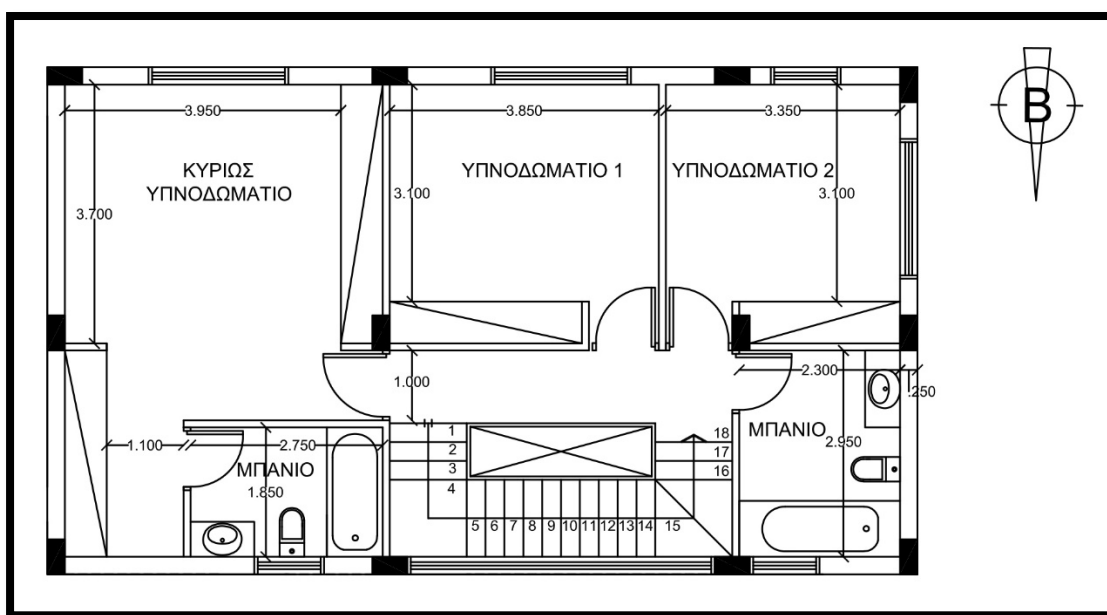
Πριν την έναρξη της κατασκευής του τρισδιάστατου ενεργειακού μοντέλου στον Design Builder, σχεδιάστηκαν στο AutoCAD οι τυπικές κατόψεις του ισόγειου και του ορόφου, σε τέτοιο μέγεθος και με τέτοιους χώρους, όπως αυτοί καθορίστηκαν από την έρευνα που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο με βάση τα στοιχεία της Στατιστικής Υπηρεσίας Κύπρου. Καθότι η εν λόγω έρευνα κατέληξε σε διώροφη κατοικία συνολικού εμβαδού 180 τετραγωνικών μέτρων, σχεδιάστηκαν δύο απλές γραμμικές ορθογωνικές κατόψεις διαστάσεων 12,45 x 7,25 μέτρα συνολικού εμβαδού 90 τετραγωνικά μέτρα έκαστη (Εικ. 5.1 & Εικ. 5.2). Στο ισόγειο τοποθετήθηκαν 4 κύριοι χώροι και στον όροφο 3, εξαιρουμένων των μπάνιων και της τουαλέτας των ξένων που λόγω μικρού εμβαδού δεν συμπεριλαμβάνονται στους 7 κύριους χώρους της κατοικίας.



Εικόνα 5.1: Κάτοψη Ισογείου τυπικής οικίας.

Η διάταξη των χώρων σε κάθε επίπεδο έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργούνται δύο ζώνες κατά μήκος της ορθογωνικής κάτοψης. Η πρώτη έχει τοποθετηθεί προς τον Νότο και περιλαμβάνει τους καθημερινούς και κύριους χώρους του κάθε επιπέδου και έχει νότιο προσανατολισμό και η δεύτερη έχει τοποθετηθεί προς τον Βορρά και περιλαμβάνει τις βοηθητικές λειτουργίες, η οποία ενεργεί και ως ζώνη θερμικής ανάσχεσης για τους κύριους νότιους χώρους. Όπως φαίνεται στις κατόψεις, στο ισόγειο (Εικ. 5.1), στη νότια ζώνη, χωροθετήθηκαν κατά σειρά από τη δύση προς την ανατολή, η κουζίνα, το καθιστικό και το σαλόνι, ενώ στη βόρεια ζώνη έχουν σχεδιαστεί η τουαλέτα των ξένων, η σκάλα, ο χώρος υποδοχής της εισόδου και η τραπεζαρία.

Αντίστοιχα στον όροφο στη νότια ζώνη, έχουν χωροθετηθεί τα τρία υπνοδωμάτια και στη βόρεια πλευρά, που όπως αναφέρθηκε δρα ως ζώνη θερμικής ανάσχεσης, σχεδιάστηκαν από τη δύση προς την ανατολή η κοινόχρηστη τουαλέτα που εξυπηρετεί τα δύο υπνοδωμάτια, ο χώρος της σκάλας και στην ανατολική πλευρά τοποθετήθηκαν μία ιματιοθήκη και ένα μπάνιο που αποτελούν τους χώρους εξυπηρέτησης του κυρίως υπνοδωματίου (Εικ. 5.2). Τα φέροντα στοιχεία και οι διαστάσεις τους, έχουν τοποθετηθεί βάσει πραγματικής στατικής μελέτης που έχει γίνει για αντίστοιχο τύπο κατοικίας η οποία πληροί τους αντισεισμικούς κώδικες που ισχύουν στην Κύπρο.



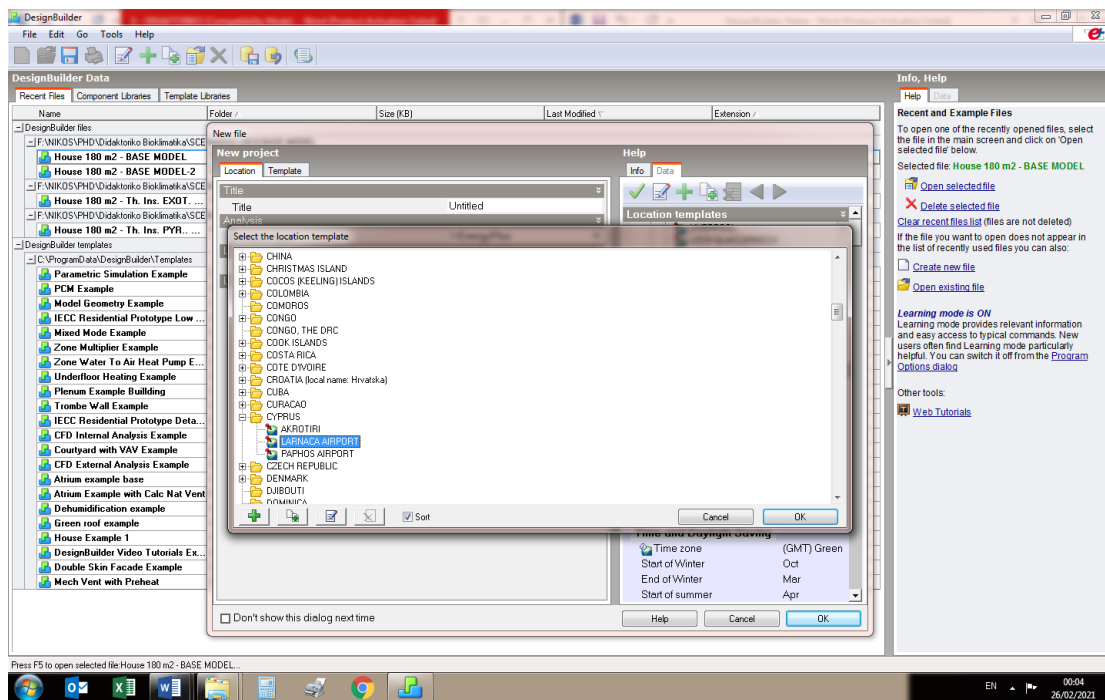
Εικόνα 5.2: Κάτοψη Ορόφου τυπικής οικίας

5.3 Δημιουργία ψηφιακού προσομοιώματος στο λογισμικό Design Builder – Βασικές παραδοχές

Η διαδικασία της κατασκευής του Βασικού Μοντέλου (Base Model) της τυπικής Κυπριακής οικίας με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα στο λογισμικό Design Builder, βασίστηκε στη μεθοδολογία που περιγράφεται σε πανεπιστημιακές σημειώσεις σχετικού προπτυχιακού μαθήματος.⁵⁰

⁵⁰ Φ. Μπουγιαπιώτη, "Σημειώσεις για το μάθημα Ε. Θ. Οικοδομικής βου εξαμήνου, Κατεύθυνση: Ε.Θ. Βιώσιμου και Βιοκλιματικού Σχεδιασμού, Ε.Μ.Π., 2019

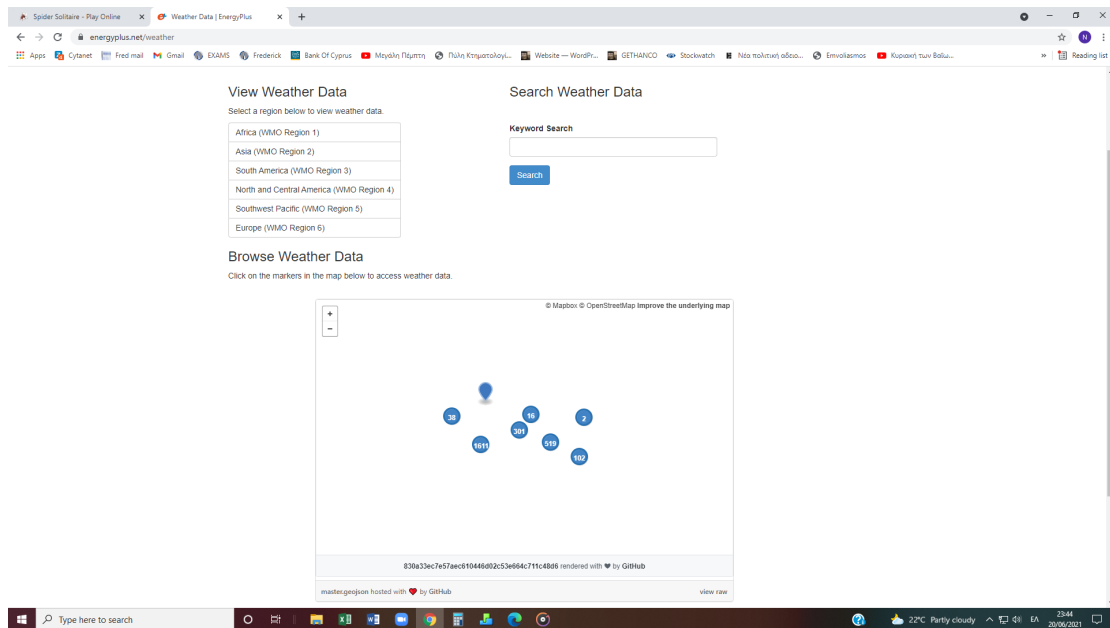
Η δημιουργία του τρισδιάστατου Βασικού Μοντέλου, ξεκινάει με τη δημιουργία ενός νέου project, όπου ανοίγοντας ο διάλογος των στοιχείων του project, στη επιλογή Tab Location και στη συνέχεια οι επιλογές στο Location, ανοίγει ένα πάνελ με όλες τις τοποθεσίες που έχει το λογισμικό. Εκεί, ανάμεσα στις αποθηκευμένες τοποθεσίες που υπάρχουν για την Κύπρο, γίνεται η επιλογή LARNACA AIRPORT (Εικ. 5.3).



Εικόνα 5.3: Επιλογή τοποθεσίας προσομοιώματος.

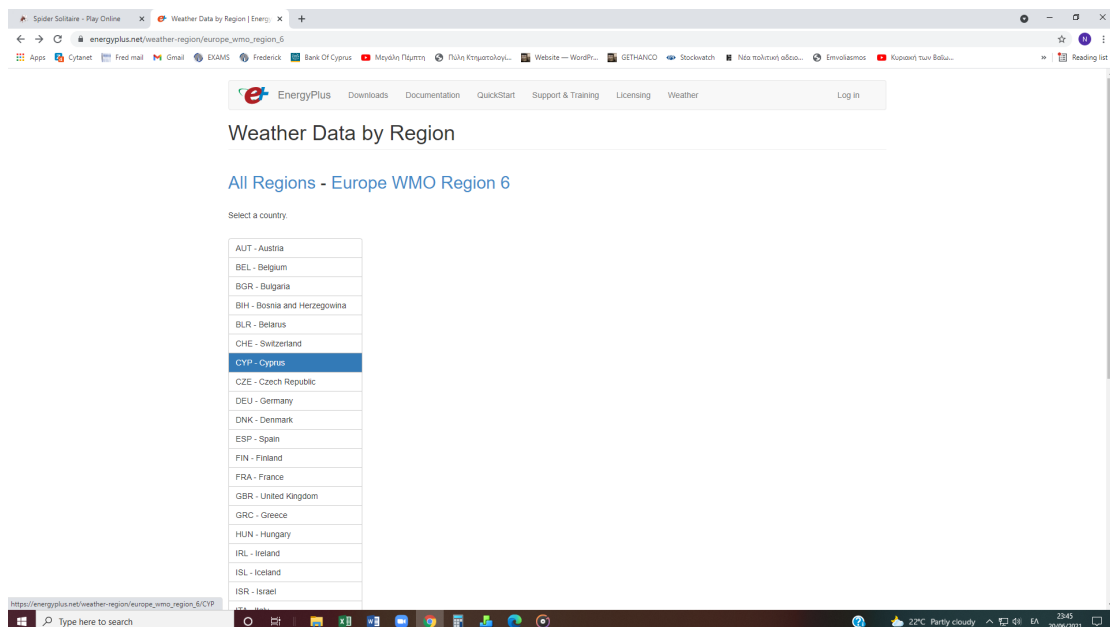
Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν τα δεδομένα μίας τοποθεσίας, μπορούν αυτά, να βρεθούν στο διαδίκτυο και να κατεβούν στον υπολογιστή. Η διαδικασία είναι απλή, καθώς γίνεται αναζήτηση στο διαδίκτυο για *erw + energy plus (energy plus weather data)* και εκεί εμφανίζονται κλιματικά δεδομένα για όλες τις ηπείρους του πλανήτη⁵¹ (Εικ. 5.4).

⁵¹ Ενδεικτικά βλέπε: https://energyplus.net/weather-region/europe_wmo_region_6 και <http://climate.onebuilding.org/>, ημ. προσβ. 04/09.2018, και Εικόνα.99



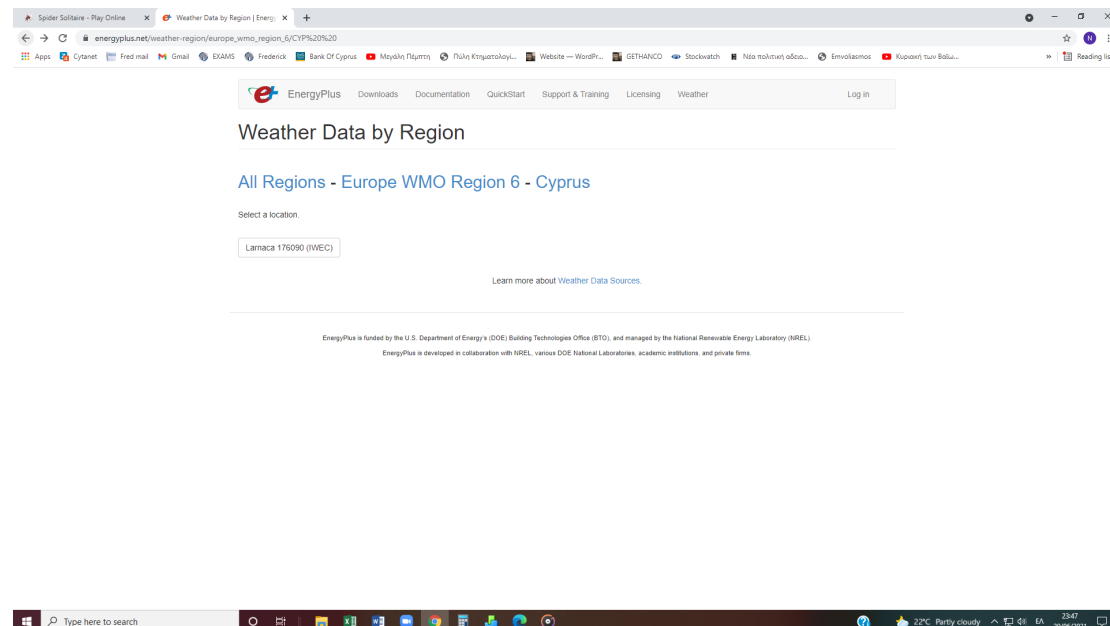
Εικόνα 5.4: Αναζήτηση κλιματικών δεδομένων τοποθεσίας που δεν υπάρχει στη βιβλιοθήκη του λογισμικού. Ορισμός της περιοχής της Ευρώπης.

Στην περίπτωση της παρούσας διατριβής και για να γίνει κατορθωτή η επιλογή της Λάρνακας, επιλέγεται πρώτα η Ευρώπη και εμφανίζονται όλες οι χώρες της και εν συνεχεία επιλέγεται η Κύπρος (Εικ. 5.5)



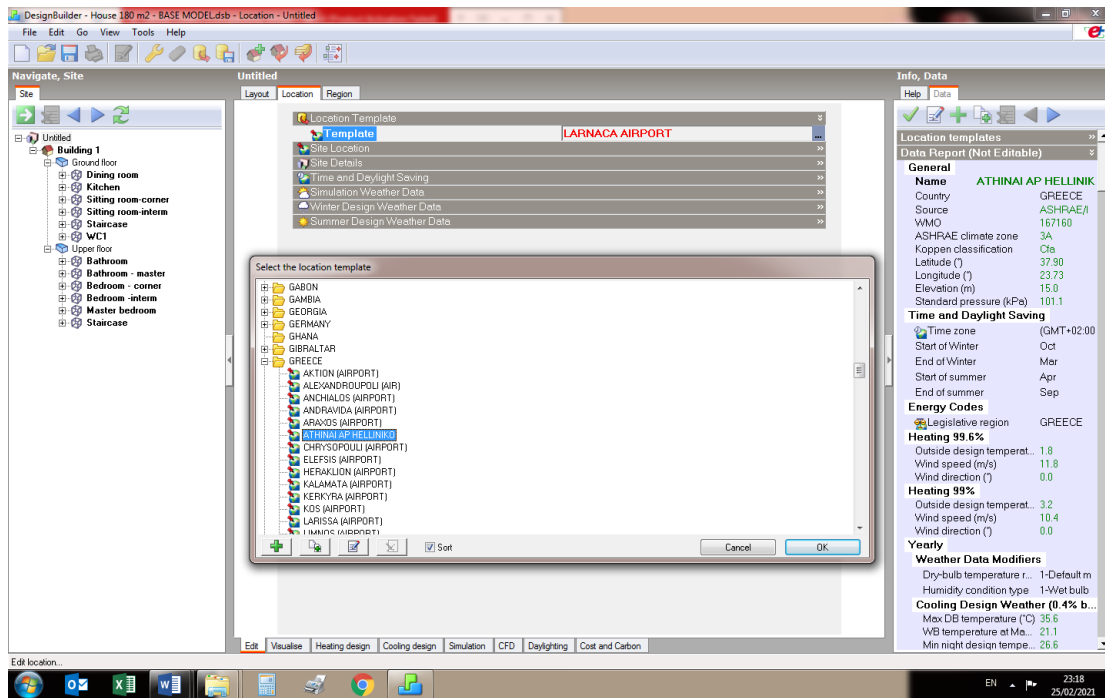
Εικόνα 5.5: Αναζήτηση κλιματικών δεδομένων τοποθεσίας που δεν υπάρχει στη βιβλιοθήκη του λογισμικού. Ορισμός της περιοχής της Κύπρου.

Αυτόματα εμφανίζονται τα κλιματικά δεδομένα της Λάρνακας (Εικ. 5.6) και κάνοντας αυτήν την επιλογή, δίνεται η δυνατότητα να κατεβούν όλα τα αρχεία των κλιματικών δεδομένων της Λάρνακας και αποθήκευσής τους στον υπολογιστή.



Εικόνα 5.6: Αναζήτηση κλιματικών δεδομένων τοποθεσίας που δεν υπάρχει στη βιβλιοθήκη του λογισμικού. Ορισμός της περιοχής της Λάρνακας.

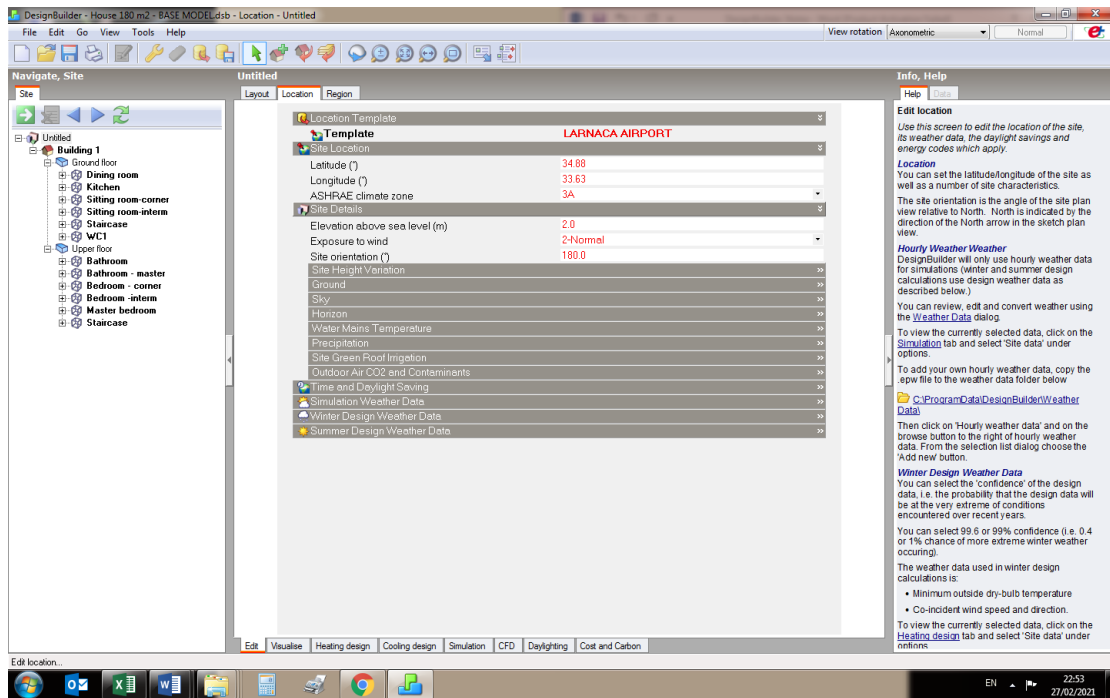
Στην περίπτωση που χρειάζεται να ερευνηθεί η συμπεριφορά του Βασικού Μοντέλου σε διαφορετικές κλιματικές ζώνες από αυτή της Κύπρου, γίνεται αλλαγή της τοποθεσίας του μοντέλου (Location). Για να γίνει αυτό έχοντας επιλεγμένο το σύνολο του μοντέλου στο site, επιλέγεται το Tab Location, όπου διακρίνεται η υπάρχουσα τοποθεσία που είναι το LARNACA AIRPORT και ανοίγοντας τις επιλογές στο μενού Select the location template, γίνεται δυνατή η επιλογή οποιασδήποτε τοποθεσίας χρειάζεται για τα πειράματα. Στο παράδειγμα που παρουσιάζεται πιο κάτω έχει επιλεγεί η περιοχή της Αθήνας με τα κλιματικά δεδομένα του αεροδρομίου του Ελληνικού (Εικ. 5.7).



Εικόνα 5.7: Επιλογής διαφορετική τοποθεσίας του μοντέλου.

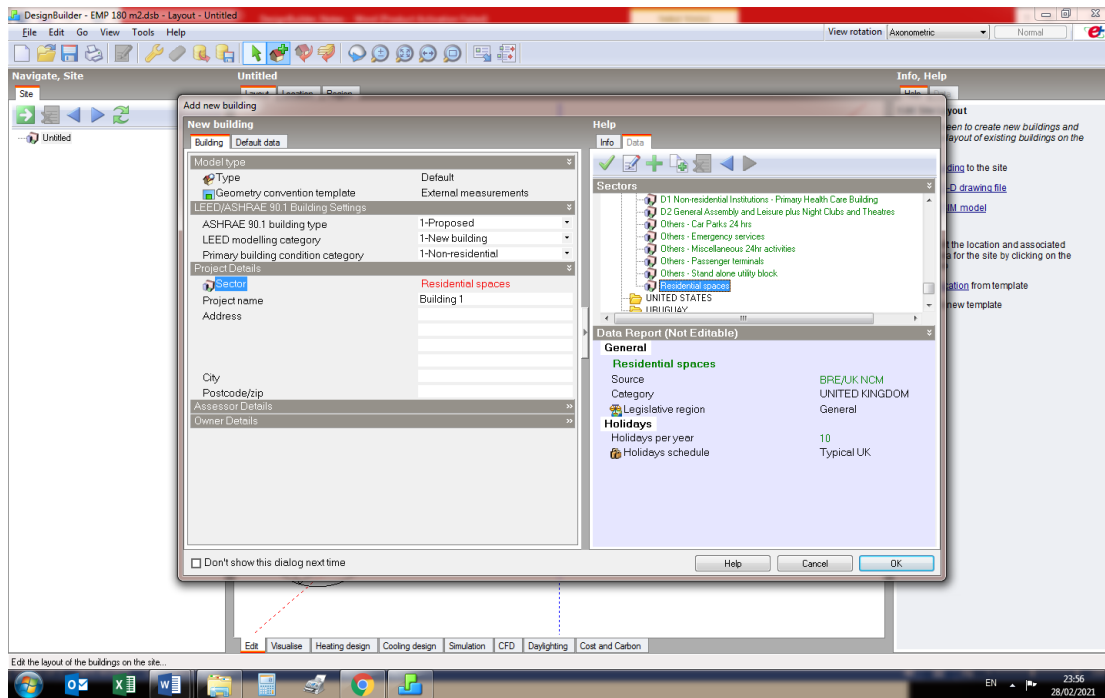
Στη συνέχεια, παραμένοντας στο Location, στο Site Location, καθορίζονται επιπρόσθετα στοιχεία που αφορούν τα κλιματικά δεδομένα του τεμαχίου που βρίσκεται η τυπική οικία. Πιο συγκεκριμένα, πατώντας στο Site Details, καθορίζεται η φυσιολογική έκθεση στον άνεμο (Exposure to wind) διαλέγοντας την επιλογή 2-Normal (Εικ. 5.8).

Ο προσανατολισμός ορίζεται στο Site Orientation, βάζοντας σε μοίρες τη θέση του Βορρά. Στο αντικείμενο της παρούσας έρευνας, τοποθετώντας 180° στο Site Orientation (Εικ. 5.8)., ο Βορράς ορίστηκε με τέτοιο τρόπο, ώστε τοποθετώντας την κάτοψη στο τεμάχιο, οι κύριοι καθημερινοί κοινόχρηστοι χώροι του ισογείου (σαλόνι, καθιστικό και κουζίνα) και τα τρία υπνοδωμάτια στον όροφο, να έχουν προσανατολισμό προς το νότο



Εικόνα 5.8: Καθορισμός έκθεσης στον άνεμο και προσανατολισμού του μοντέλου.

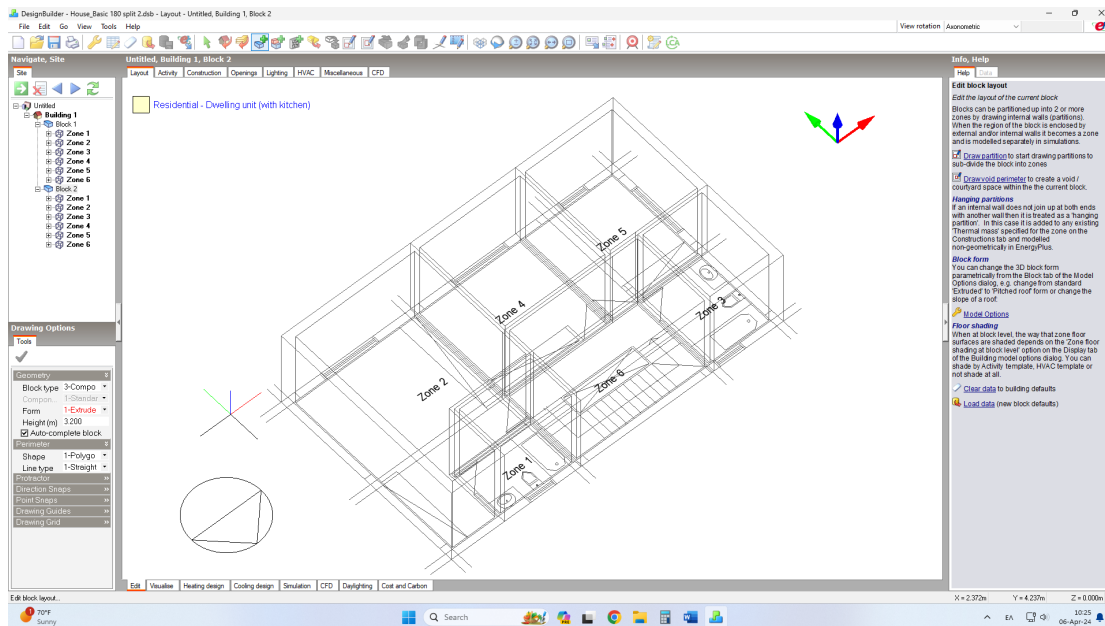
Η δημιουργία του μοντέλου, ξεκινά επιλέγοντας το εικονίδιο της εντολής Add new building, το οποίο βρίσκεται κάτω από την μπάρα εντολών (command bar). Με την επιλογή της πιο πάνω εντολής ανοίγει ένας διάλογος, στον οποίο καθορίζονται γενικές ρυθμίσεις που αφορούν το, υπό δημιουργία, μοντέλο, όπως ο τύπος του και η χρήση του. Έτσι στο Project Details, στο σημείο Sector, αλλάζει η προκαθορισμένη επιλογή για γραφειακούς χώρους και καθότι το μοντέλο που θα δημιουργηθεί αφορά κατοικία, επιλέγεται η λειτουργία Residential spaces (Εικ. 5.9).



Εικόνα 5.9: Καθορισμός τύπου και χρήσης του μοντέλου.

Στο Design Builder ο σχεδιασμός γίνεται κατευθείαν με την δημιουργία τρισδιάστατου ψηφιακού μοντέλου στο χώρο. Έτσι, για το διώροφο μοντέλο της τυπικής οικίας, σχεδιάζονται ξεχωριστά τα δύο επίπεδα ισογείου και ορόφου της κατοικίας και στη συνέχεια τοποθετείται το ένα πάνω στο άλλο, δημιουργώντας το διώροφο, υπό μελέτη, κτίριο.

Για την κατασκευή του πρώτου επιπέδου, αυτού του ισογείου, επιλέγεται το εικονίδιο Add new Block που βρίσκεται στο Command bar και αμέσως εμφανίζεται ο κέρσορας με ένα μολύβι και τους τρεις άξονες σχεδιασμού στο χώρο, όπου ο κόκκινος είναι ο Χ, ο πράσινος είναι ο Ψ και ο μπλε αφορά την καθ' ύψος τρίτη διάσταση που είναι Ζ. Η δημιουργία του επιπέδου του ισογείου, αρχίζει με τον σχεδιασμό του εξωτερικού περιγράμματος της κάτοψης ισογείου. Σχεδιάζεται ένα ορθογώνιο περίγραμμα διαστάσεων 7,25 Χ 12,45 που αφορά το μέγεθος των κατόψεων της τυπικής οικίας (Εικ. 5.1 & 5.2) που δημιουργήθηκαν μετά την μελέτη που προηγήθηκε στα Κεφάλαια 3 & 4. Με την ολοκλήρωση του περιγράμματος αυτόματα δημιουργείται ένα Block αποτελούμενο από μία θερμική ζώνη (Zone 1). Καθότι αυτό το Block αποτελεί έναν κανονικό ωφέλιμο όροφο στον χώρο, πρέπει να καθοριστεί και το ωφέλιμο ύψος αυτού. Έτσι στα Drawing Options, στο Geometry, στην τρίτη επιλογή που είναι το Height, ορίζεται το ύψος του επιπέδου από άξονα πλάκας σε άξονα πλάκας, που στην προκειμένη περίπτωση είναι 3,20 μ., αφήνοντας ένα καθαρό ύψος ορόφου 2,80 μ. περίπου, το οποίο είναι σύνηθες στον Κυπριακό χώρο (Εικ. 5.10).

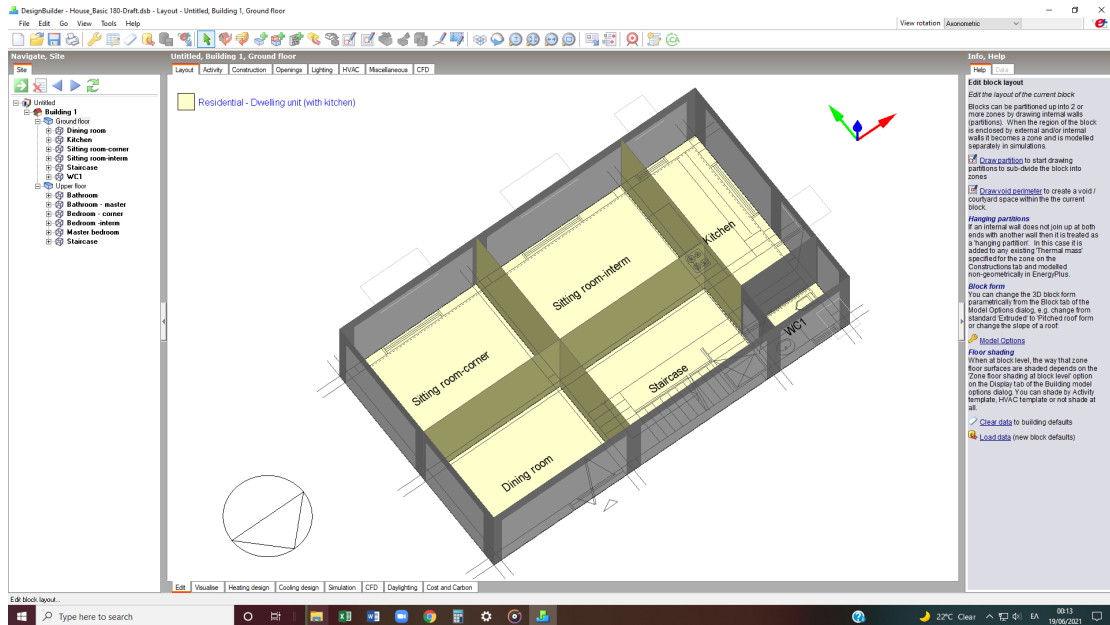


Εικόνα 5.10: Καθορισμός ύψος του χώρου του κάθε επιπέδου.

Το κάθε επίπεδο της Τυπικής Οικίας έχει πολλαπλά χωρίσματα (partitions) τα οποία διαιρούν το χώρο σε αντίστοιχες θερμικές ζώνες. Τα διάφορα αυτά διαχωριστικά, σχεδιάζονται με την εντολή Draw partitions στο Command bar. Με τον διαχωρισμό ενός χώρου με partition, αυτόματα στην κάτοψη, δημιουργείται νέα θερμική ζώνη. Σημειώνεται επίσης, ότι με την επιλογή της συγκεκριμένης εντολής, δίνονται στο tab Drawing Options, οι δυνατότητες σχεδιασμού δύο ειδών διαχωριστικών.

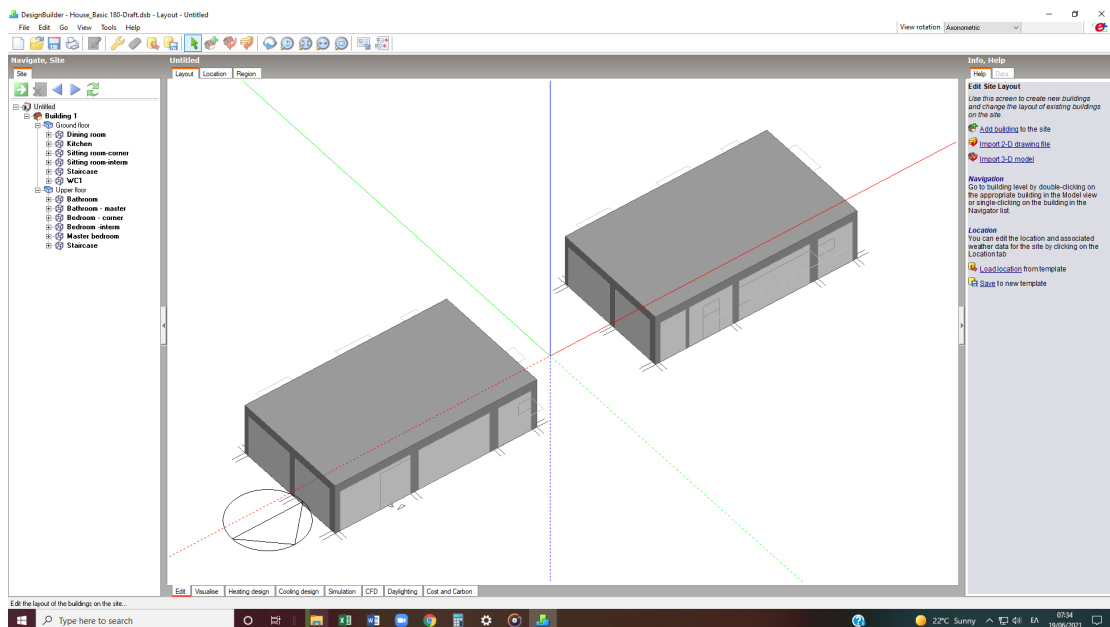
Η πρώτη επιλογή είναι τα Standard partitions, τα οποία χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό χώρων με υπαρκτά όρια, όπως οι τοίχοι και η δεύτερη επιλογή είναι τα Virtual partitions, τα οποία χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις, όπου τα όρια μεταξύ των θερμικών ζωνών είναι νοητά, όπως συμβαίνει στη κάτοψη ισογείου της Τυπικής Οικίας, όπου οι χώροι των καθιστικών, της κουζίνας, του κλιμακοστασίου και της τραπεζαρίας χωρίζονται μεταξύ τους μόνο με νοητά λειτουργικά όρια και όχι κτιστούς τοίχους (Εικ. 5.11).

Στην κάτοψη του ισογείου που φαίνεται στην Εικόνα 5.11, διακρίνονται με διαφανές μπλε χρώμα τα νοητά όρια που αναφέρθηκαν πιο πάνω, ενώ στην βορειοδυτική γωνία που βρίσκεται η τουαλέτα, η οποία διαχωρίζεται από τους υπόλοιπους χώρους με κτιστούς τοίχους, διακρίνονται με γκριζό χρώμα τα υπαρκτά κτιστά όρια διαχωρισμού της θερμικής ζώνης του μπάνιου.



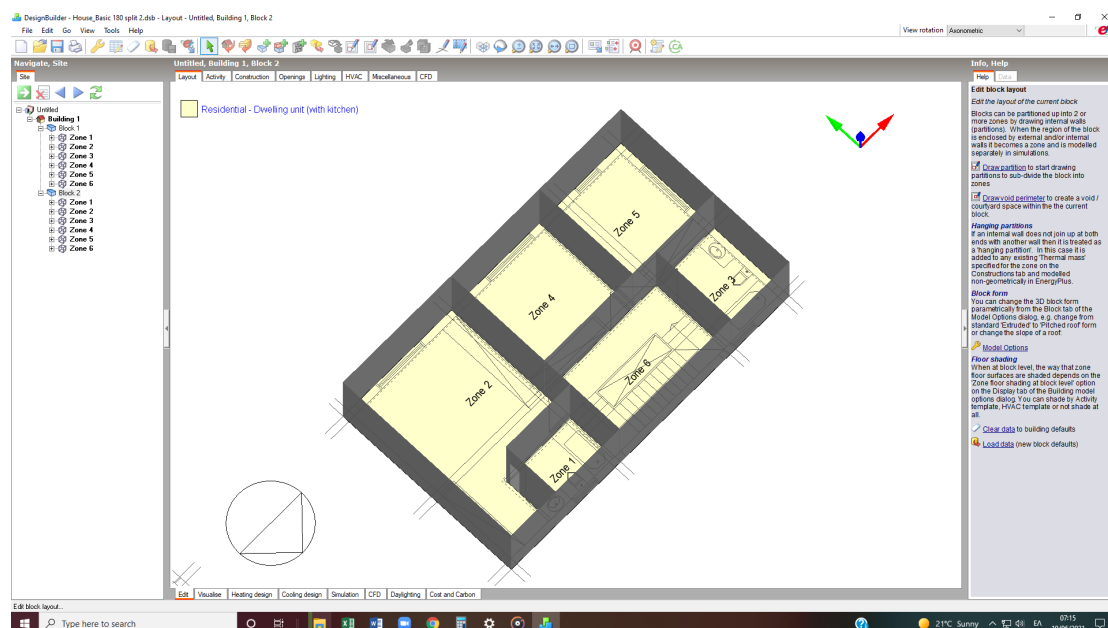
Εικόνα 5.11: Σχεδιασμός εσωτερικών νοητικών διαχωριστικών (virtual partitions) στην κάτοψη ισογείου.

Για τη δημιουργία του ορόφου ακολουθείται η ίδια διαδικασία, όπου κρίζεται, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, δίπλα από το επίπεδο του ισογείου, ένα νέο Block το οποίο αποτελεί το επίπεδο του ορόφου (Εικ. 5.12). Και σε αυτό το Block ορίζεται το ύψος του ορόφου.



Εικόνα 5.12: Δημιουργία των δύο επιπέδων (ισογείου και ορόφου) ξεχωριστά πριν την ένωσή τους σε ένα διώροφο μοντέλο.

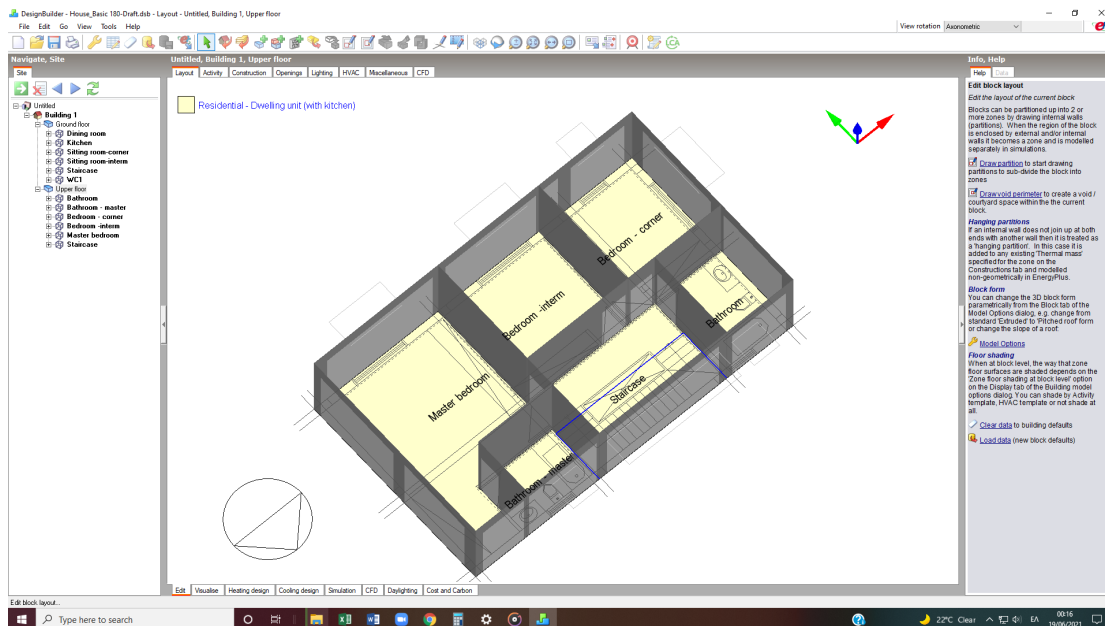
Σε αντίθεση με το ισόγειο, στον όροφο, όλοι οι χώροι διαχωρίζονται μεταξύ τους με κτιστούς τοίχους λόγω ανάγκης ιδιωτικότητας. Κατά συνέπεια, οι θερμικές ζώνες του ορόφου που δημιουργούνται, διαχωρίζονται μεταξύ τους με Standard partitions, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.13, τα οποία διακρίνονται με γκριζο χρώμα. Σημειώνεται επίσης, ότι κάθε φορά που διαχωρίζεται ένας χώρος δημιουργείται μία νέα θερμική ζώνη. Στην Εικόνα 5.13, που φαίνεται το Block του ορόφου, μετά τον διαχωρισμό των χώρων φαίνεται ότι έχουν δημιουργηθεί και αριθμηθεί 6 διαφορετικές θερμικές ζώνες.



Εικόνα 5.13: Δημιουργία 6 διαφορετικών θερμικών ζωνών στον όροφο διαχωρισμένες μεταξύ τους με κανονικά διαχωριστικά (standard partitions).

Λόγω του ότι η κάθε θερμική ζώνη αφορά και έναν ξεχωριστό χώρο με συγκεκριμένη λειτουργία, όπως αυτή καθορίστηκε κατά την ανάλυση και τον προσδιορισμό της τυπικής οικίας, σωστό είναι να μετονομαστούν οι χώροι ανάλογα με την λειτουργία τους. Έτσι, πηγαίνοντας στο tab Navigate, Site, επιλέγοντας την κάθε θερμική ζώνη ξεχωριστά, δίνεται η επιλογή επέμβασης στον όνομα της ζώνης και δίνεται πλέον στη κάθε θερμική ζώνη ονομασία, ανάλογα με τη λειτουργία του κάθε χώρου (Εικ. 5.14). Η μετονομασία των ζωνών με όνομα που περιγράφει τη λειτουργία του κάθε χώρου, είναι μία διαδικασία ιδιαίτερα χρήσιμη που θα βοηθήσει πολύ όταν θα έρθει η στιγμή που σε κάθε χώρο, ανάλογα με τη χρήση του, θα δίνονται και αντίστοιχα δεδομένα για την δραστηριότητά του .

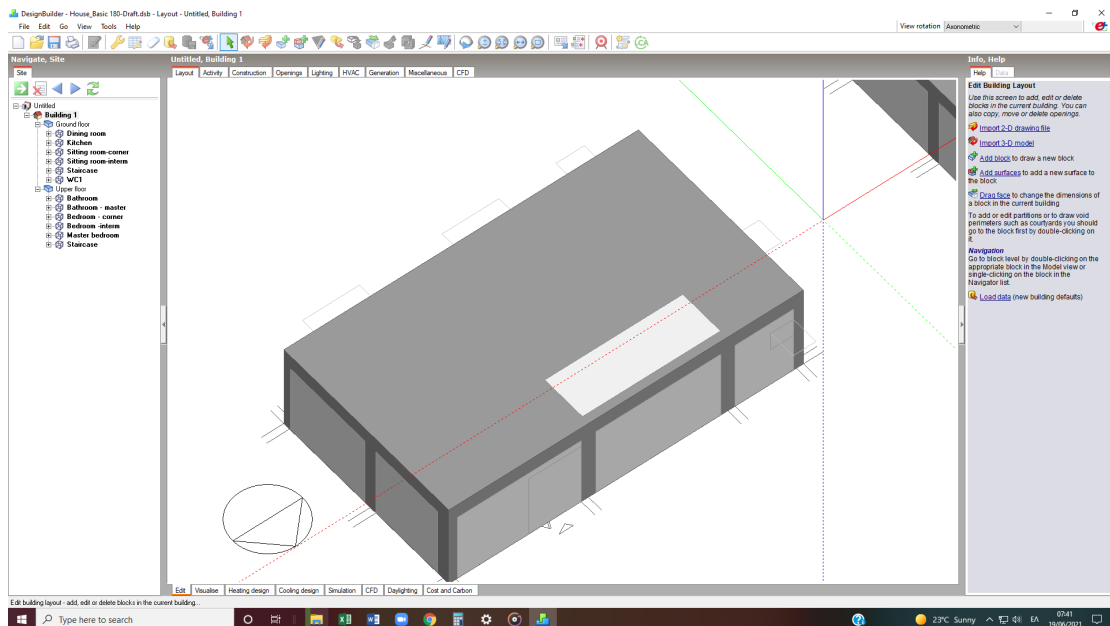
Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και με τις ονομασίες των Blocks, όπου εκεί ονοματίζονται τα δύο επίπεδα ισόγειου (Ground floor) και ορόφου (Upper floor) αντίστοιχα.



Εικόνα 5.14: Μετονομασία της κάθε θερμικής ζώνης με όνομα που περιγράφει την χρήση του κάθε χώρου.

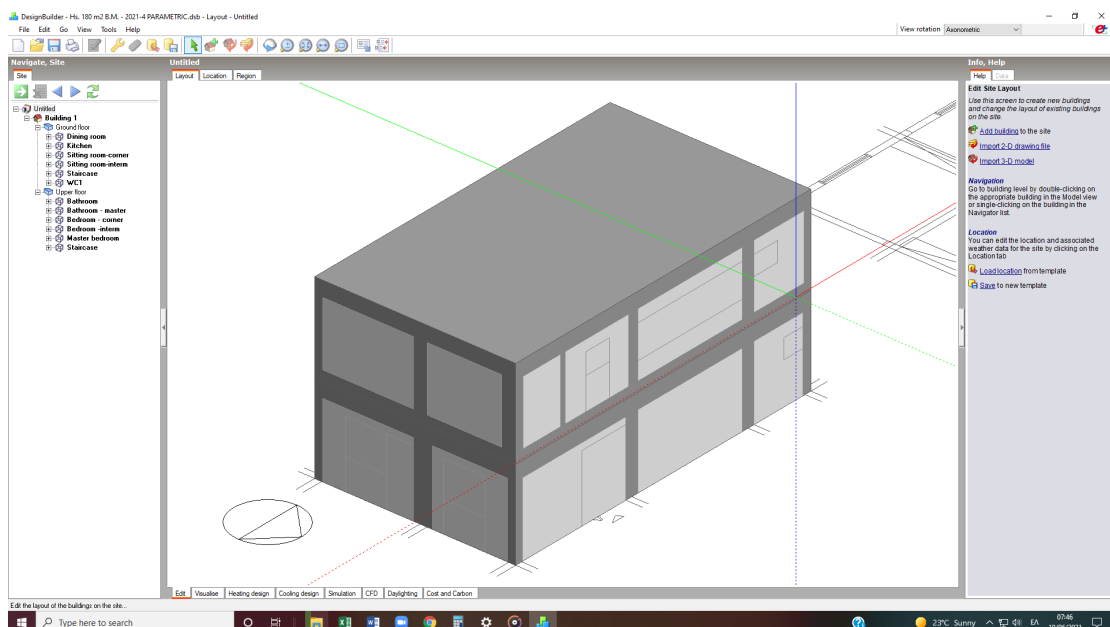
Να σημειωθεί, ότι παρόλο που τα υπαρκτά όρια, τόσο των εξωτερικών, όσο και εσωτερικών χωρισμάτων φαίνονται δυσδιάστατα και παρουσιάζονται χωρίς πάχος, στην πραγματικότητα, το κάθε ένα από αυτά έχει τις δικές του προδιαγραφές και κατά συνέπεια και ιδιότητες, οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά στη συνέχεια.

Ολοκληρώνοντας τα δύο επίπεδα ισογείου και ορόφου και πριν τοποθετηθεί ο όροφος πάνω στο ισόγειο, για να ολοκληρωθεί η σχεδιαστική φάση της διώροφης οικίας, πρέπει πρώτα να δημιουργηθεί το κενό που υπάρχει στο σημείο της σκάλας και συνδέει λειτουργικά και θερμικά τους δύο ορόφους. Αυτό γίνεται με την εντολή Draw void perimeter που βρίσκεται στο command bar και διακρίνεται στην Εικόνα 5.15 με το γκρίζο ανοικτό χρώμα στην οροφή του ισογείου.



Εικόνα 5.15: Δημιουργία του κενού που υπάρχει στο σημείο της σκάλας στην οροφή του όγκου του ισογείου που συνδέει λειτουργικά και θερμικά τους δύο ορόφους.

Με τη δημιουργία και του κενού στο σημείο της σκάλας, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, τοποθετείται το Block του ισογείου πάνω στο Block του ορόφου για να ολοκληρωθεί η πρώτη φάση του σχεδιασμού του διώροφου μοντέλου της τυπικής οικίας (Εικ.5.16).



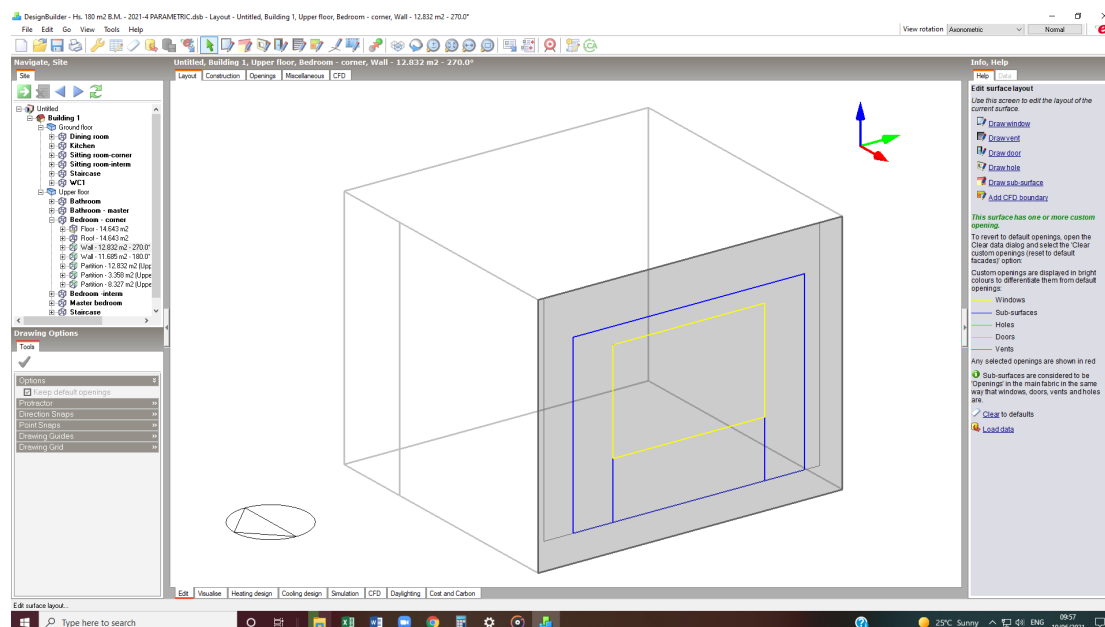
Εικόνα 5.16: Ολοκλήρωση της ογκοπλαστικής φάσης του διώροφου προσομοιώματος με την τοποθέτηση του όγκου του ορόφου επί του αντίστοιχου όγκου ισογείου.

Τελειώνοντας με τη διαδικασία των εξωτερικών ορίων και των εσωτερικών διαχωριστικών των δύο επιπέδων, πρέπει να σχεδιαστούν όλα τα στοιχεία που υπάρχουν, όπως κολώνες, δοκοί, παράθυρα και πόρτες, τόσο στις εξωτερικές όψεις

του κτιρίου, όσο και στις εσωτερικές τοιχοποιίες. Για να γίνει αυτό θα πρέπει σε κάθε επίπεδο να επιλέγεται ο κάθε χώρος ξεχωριστά και να σχεδιάζεται σε όλα τα όρια του, εσωτερικά και εξωτερικά, οποιοδήποτε άνοιγμα υπάρχει.

Στο παράδειγμα που φαίνεται στην Εικόνα 5.17, επιλέγηκε τυχαία το γωνιακό βορειοδυτικό υπνοδωμάτιο (Bedroom – corner) στο όροφο (Upper floor) και φαίνεται στον δυτικό τοίχο ο σχεδιασμός των φερόντων στοιχείων (οριζόντιων και κατακόρυφων) και η δημιουργία του εξωτερικού παραθύρου. Για να γίνει αυτό χρησιμοποιείται αρχικά η χρήση της εντολής Place construction line, η οποία βρίσκεται στο command bar, όπου με αυτήν την εντολή σχεδιάζονται όλες οι βοηθητικές γραμμές που θα χρειαστούν για τον προσδιορισμό, με ακρίβεια, όλων των προαναφερθέντων στοιχείων.

Στη συνέχεια, αφού έχουν οριστεί όλες οι βοηθητικές γραμμές, με την εντολή Draw sub-surfaces από το command bar, σχεδιάζονται πάνω στην επιφάνεια της τοιχοποιίας που έχει επιλεγεί, τα φέροντα στοιχεία, οι κολόνες και τα δοκάρια, τα οποία φαίνονται με μπλε γραμμές. Ακολούθως, επιλέγεται η εντολή Draw window, και πάλι από το command bar και ακολουθώντας τα όρια του ανοίγματος που έχουν οριστεί από πριν, σχεδιάζεται το παράθυρο, το οποίο στη Εικόνα 5.17 φαίνεται με το κίτρινο περίγραμμα.

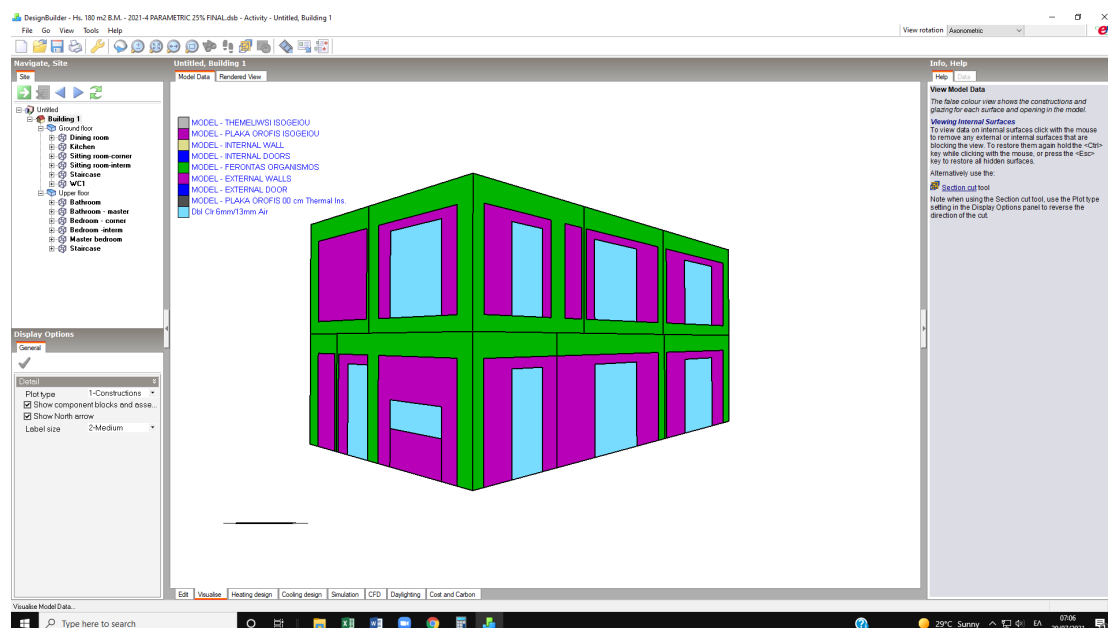


Εικόνα 5.17: Σχεδιασμός όλων των απαραίτητων βοηθητικών γραμμών και σχηματισμός ανοίγματος σε εξωτερική τοιχοποιία.

Στην περίπτωση που χρειάζεται να σχεδιαστεί πόρτα, όπως για παράδειγμα σε αυτήν την κατοικία η εξώπορτα, επιλέγεται και πάλι η επιφάνεια του τοίχου που πρέπει να μπει η εξώπορτα και με την εντολή Draw door που βρίσκεται και πάλι στο command

bar, σχεδιάζεται το περίγραμμά της πάνω στον τοίχο. Η ίδια μέθοδος ακολουθείται και με τον σχεδιασμό όλων των εσωτερικών μεσόθυρων που υπάρχουν στο μοντέλο. Η διαδικασία αυτή ακολουθείται σε όλες τις θερμικές ζώνες σε όλους τους εξωτερικούς τοίχους, μέχρι που να διαμορφωθούν, σε όλες τις εξωτερικές επιφάνειες, όλων των ειδών τα φέροντα στοιχεία και τα ανοίγματα.

Ας σημειωθεί εδώ ότι, σε όλα αυτά τα στοιχεία που σχεδιάζονται στις κατακόρυφες επιφάνειες όλων των εσωτερικών και εξωτερικών τοίχων, καθώς και στα ίδια τα οριζόντια και κατακόρυφα στοιχεία, θα προσδιοριστούν αργότερα, όλα τα τεχνικά και θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των υλικών που τα συνθέτουν. Όταν ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός όλων των στοιχείων, μπορεί να γίνει ένας έλεγχος του συνόλου πατώντας την εντολή visualise, όπου διακρίνονται όλα τα φέροντα στοιχεία, οι τοιχοποιίες και τα ανοίγματα στο μοντέλο με διαφορετικά χρώματα. Στο συγκεκριμένο μοντέλο φαίνονται με πράσινο χρώμα τα φέροντα στοιχεία, με μωβ οι τοιχοποιίες και με γαλάζιο τα ανοίγματα (Εικ. 5.18).



Εικόνα 5.18: Τρισδιάστατη άποψη του ψηφιακού προσομοιώματος, όπου το κάθε στοιχείο του εξωτερικού κελύφους έχει το δικό του χρώμα με το αντίστοιχο υπόμνημα πάνω αριστερά, για καλύτερη κατασκευαστική αντίληψη του συνόλου.

5.4 Προσδιορισμός Κατασκευαστικών Λεπτομερειών Δομικών Στοιχείων, Στοιχείων Πλήρωσης και Ανοιγμάτων – Παραδοχές & Εισαγωγή δεδομένων.

5.4.1 Εισαγωγή

Με την αποπεράτωση του σχεδιαστικού μέρους του τρισδιάστατου προσομοιώματος της διώροφης τυπικής οικίας, ακολουθεί ο καθορισμός διαφορετικών επιφανειών επί του μοντέλου, όπου κάθε μία από αυτές αντιστοιχεί σε διαφορετικό υλικό, όπως αυτά προέκυψαν από τα αποτελέσματα της ανάλυσης του δομικού και κατασκευαστικού συστήματος που ακολουθείτο στην Κύπρο την χρονική περίοδο μετά την εισβολή μέχρι και τις αρχές του 21^{ου} αιώνα που παρουσιάστηκε στα Κεφάλαια 3 & 4.

Δύο είναι τα επόμενα βήματα για την ολοκλήρωση του προσομοιώματος που θα αποτελέσει το βασικό μοντέλο (base model) και τη βάση για εφαρμογή συστημάτων ενεργειακής αναβάθμισης. Το πρώτο είναι η εισαγωγή δεδομένων, παραμέτρων και παραδοχών του μοντέλου, συνθηκών αυτού και διαφόρων συστημάτων που εμπεριέχονται σε αυτό.

Το δεύτερο είναι η εισαγωγή των θερμοφυσικών χαρακτηριστικών των υλικών που χρησιμοποιούνται, στο δομικό σύστημα του, τόσο στα οριζόντια, όσο και κατακόρυφα στοιχεία του, είτε αυτά είναι φέροντα στοιχεία, όπως κολώνες, δοκάρια και πλάκες, είτε άλλα μη φέροντα, όπως τοιχοποιίες, πατώματα κουφώματα κλπ. Για τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιούνται ο Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων⁵², αλλά και ένα έντυπο της ίδιας υπηρεσίας που εξηγεί αναλυτικά την Μεθοδολογία Υπολογισμού της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου (ΜΥΕΑΚ)⁵³ για την Κύπρο. Σημειώνεται, ότι τα έντυπα αυτά

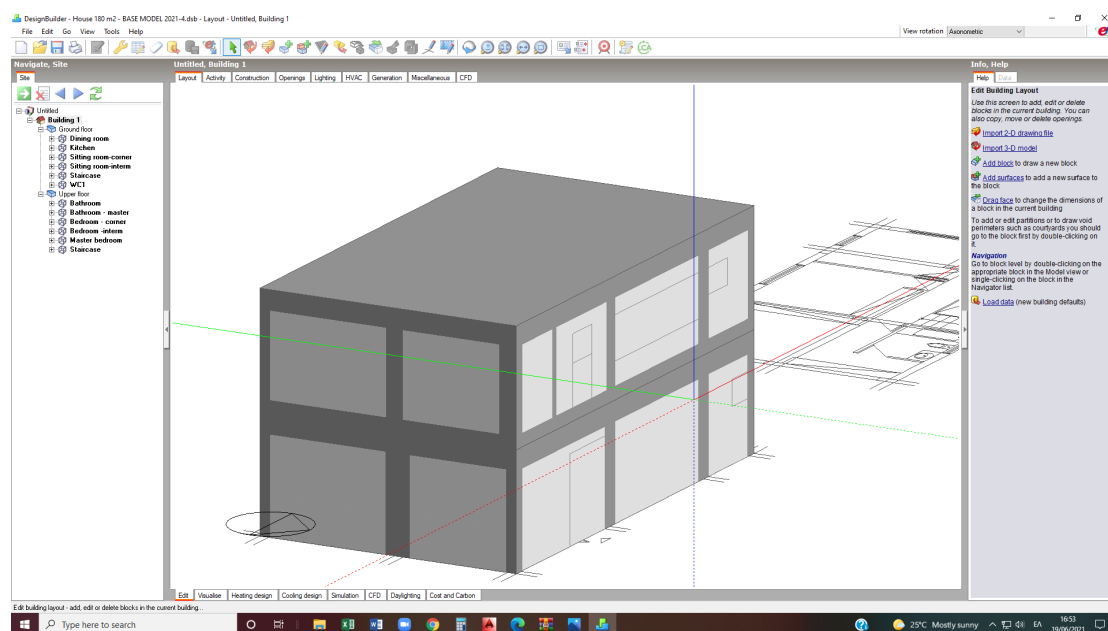
⁵² Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-pinakas-diorthosewn.pdf , ημ. πρόσβασης 16/4/2016

⁵³ Η ΜΥΕΑΚ προέκυψε από “το άρθρο 3 της Οδηγίας 2010/31/ΕΚ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (στο εξής «Οδηγία 2010/31/ΕΚ»), το οποίο καλεί τα κράτη μέλη να θεσπίσουν και να εφαρμόσουν μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, στη βάση του γενικού πλαισίου του Παραρτήματος Ι της Οδηγίας 2010/31/ΕΚ. Για το σκοπό αυτό έχει αναπτυχθεί η ΜΥΕΑΚ. Η ΜΥΕΑΚ έχει καθοριστεί στη βάση των πρότυπων που έχει εκδώσει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (στο εξής η «CEN») για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και την έκδοση πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης”.

ακολουθούνται από τους μελετητές στην Κύπρο, για τις ενεργειακές μελέτες που εκπονούν, για σκοπούς σύνταξης και έκδοσης ΠΕΑ και αδειοδότησης κτιρίων.

5.4.2 Παραδοχές και Εισαγωγή Δεδομένων

Ο τρόπος εισαγωγής των δεδομένων, βρίσκεται σε μία σειρά από εντολές που εμφανίζονται πάνω από το τρισδιάστατο μοντέλο, όταν στο Navigate, Site έχει, από πριν, επιλεγεί, όλο το κτίριο στο Building (Εικ. 5.19). Οι εντολές αναφέρονται πιο κάτω μαζί με όλες τις πληροφορίες και παραδοχές που έχουν χρησιμοποιηθεί στην παρούσα προσομοίωση.



Εικόνα 5.19: Επιλογή όλου του κτιρίου για εισαγωγή κατασκευαστικών και θερμοφυσικών δεδομένων της κατασκευής.

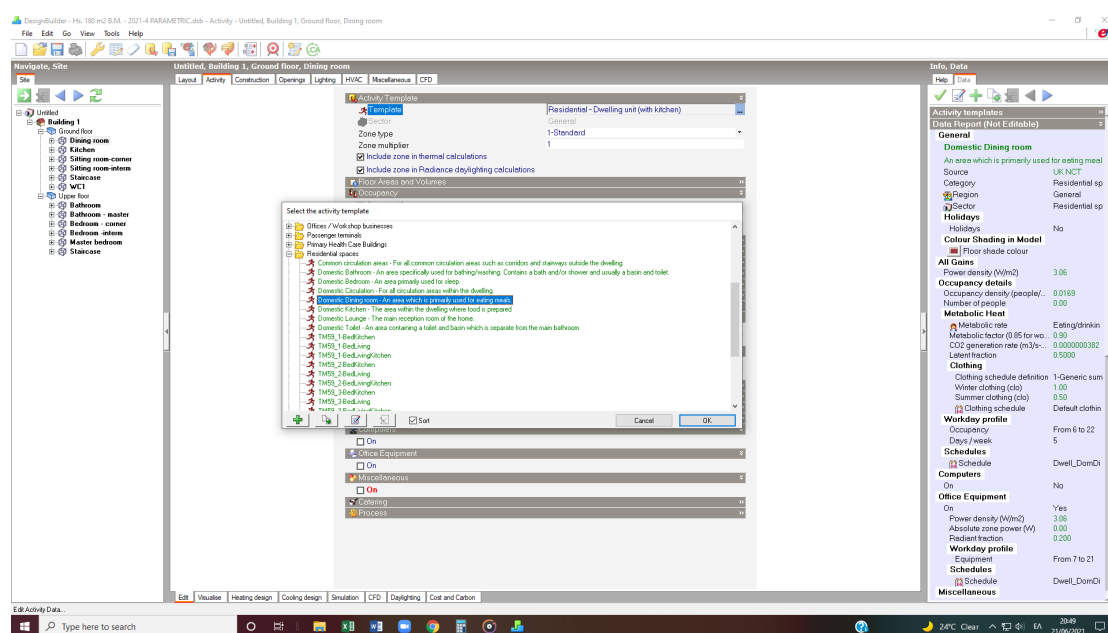
5.4.3 Δραστηριότητα (Activity)

Στο Template Activity, ορίζεται η δραστηριότητα του κτιρίου και της κάθε θερμικής ζώνης ξεχωριστά και ανάλογα με την επιλογή, εισάγονται τα αντίστοιχα δεδομένα για τον κάθε χώρο από το λογισμικό. Επίσης, στο Template αυτό, καθορίζονται οι ώρες και ο αριθμός των ανθρώπων που χρησιμοποιούν τον κάθε χώρο.

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, το γεγονός ότι έχει μετονομαστεί κάθε θερμική ζώνη με το όνομα της λειτουργίας του κάθε χώρου, είναι πάρα πολύ βοηθητικό, γιατί φαίνεται η λειτουργία του κάθε χώρου απευθείας από το Block το επίπεδο στο οποίο βρίσκεται. Η διαδικασία ορισμού της δραστηριότητας, ξεκινά με το να επιλεγεί από το

Block του κάθε επιπέδου ο κάθε χώρος ξεχωριστά, για να μπορέσουν να καθοριστούν τα δεδομένα του από την βιβλιοθήκη του λογισμικού. Στο παράδειγμα που φαίνεται στην εικόνα, στο επίπεδο του ισογείου (Ground unit floor), γίνεται επιλογή του πρώτου χώρου που είναι η τραπεζαρία (Dining room).

Στη συνέχεια, στον διάλογο στο Activity Template, στην πρώτη επιλογή στο Template, γίνεται αναζήτηση από τη βιβλιοθήκη του λογισμικού, ώστε να βρεθεί ονομασία του χώρου που να ταιριάζει με την πραγματική του λειτουργία. Στο φάκελο Residential spaces, υπάρχουν όλοι οι τυπικοί χώροι μίας κατοικίας και έτσι επιλέγεται το Domestic Dining room (Εικ. 5.20).



Εικόνα 5.20: Ορισμός δραστηριότητας της θερμικής ζώνης της τραπεζαρίας του προσομοιώματος.

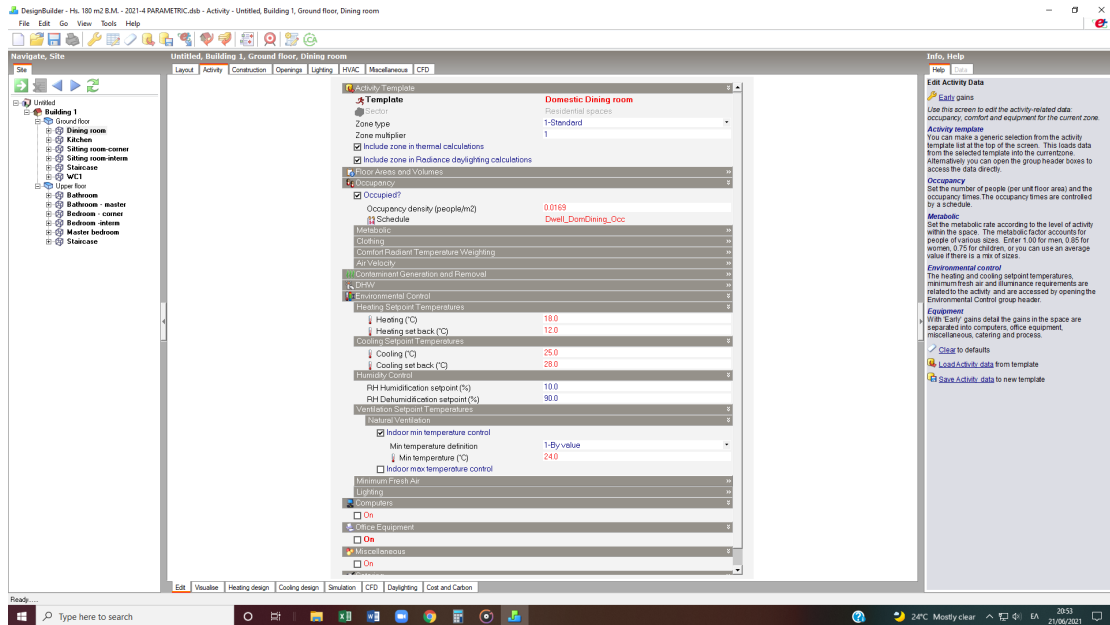
Με τον ορισμό, στο Template, του είδους του χώρου, το λογισμικό καθορίζει από μόνο του διάφορες παραμέτρους που αφορούν την λειτουργία μίας τραπεζαρίας, όπως την πυκνότητα χρήσης (Occupancy density) μετρούμενη σε ανθρώπους ανά τετραγωνικό μέτρο, τον τύπο ρουχισμού, την κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (ZNX), τις απαιτήσεις του χώρου για θερμική άνεση μετρούμενες σε βαθμούς Κελσίου, τόσο για τον χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι, καθώς και δεδομένα που αφορούν το ποσοστό υγρασίας στο χώρο και το επίπεδο φυσικού αερισμού και άλλα όπως φαίνεται στην Εικ. 5.20.

Αντίστοιχα, από τον ίδιο φάκελο, για την κάθε θερμική ζώνη ξεχωριστά, έγινε επιλογή που να αποδίδεται σωστά η λειτουργία του κάθε χώρου. Αναλυτικά οι επιλογές που έγιναν για τον κάθε χώρο στο κάθε επίπεδο συνοψίζονται στον Πίνακα 5.1 πιο κάτω.

ΘΕΡΜΙΚΗ ΖΩΝΗ ΣΤΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ	ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ
Ground Floor	
Dining room	Domestic Dining room
Kitchen	Domestic Kitchen
Sitting room – corner	Domestic Lounge
Sitting room – interm	Domestic Lounge
Staircase	Domestic Circulation
WC 1	Domestic Toilet
Upper Floor	
Bathroom	Domestic Bathroom
Bathroom – master	Domestic Bathroom
Bedroom – corner	Domestic Bedroom
Bedroom – interm	Domestic Bedroom
Master Bedroom	Domestic Bedroom
Staircase	Domestic Circulation

Πίνακας 5.1: Καθορισμός δραστηριότητας ξεχωριστά σε κάθε θερμική ζώνη του προσομοιώματος.

Λόγω του είδους των προσομοιώσεων που θα γίνουν στην έρευνα, που στόχο έχουν να ελέγξουν τις διαφορές στην κατανάλωση που επιφέρει κάθε παθητικό σύστημα, θα πρέπει να μηδενιστεί η παράμετρος των εσωτερικών κερδών για μην επηρεάζουν τα αποτελέσματα οι όποιες λειτουργίες έχουν σχέση με τον φωτισμό, λειτουργία υπολογιστών και ηλεκτρικών συσκευών κουζίνας κλπ. Έτσι, στις τελευταίες επιλογές του διαλόγου στο Activity Template, όπως φαίνεται στην Εικόνα, στα Tabs Computers, Office Equipment, Miscellaneous και Catering, θα πρέπει να μην υπάρχει κάτι επιλεγμένο, άρα να είναι όλα απενεργοποιημένα (off) όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.21.



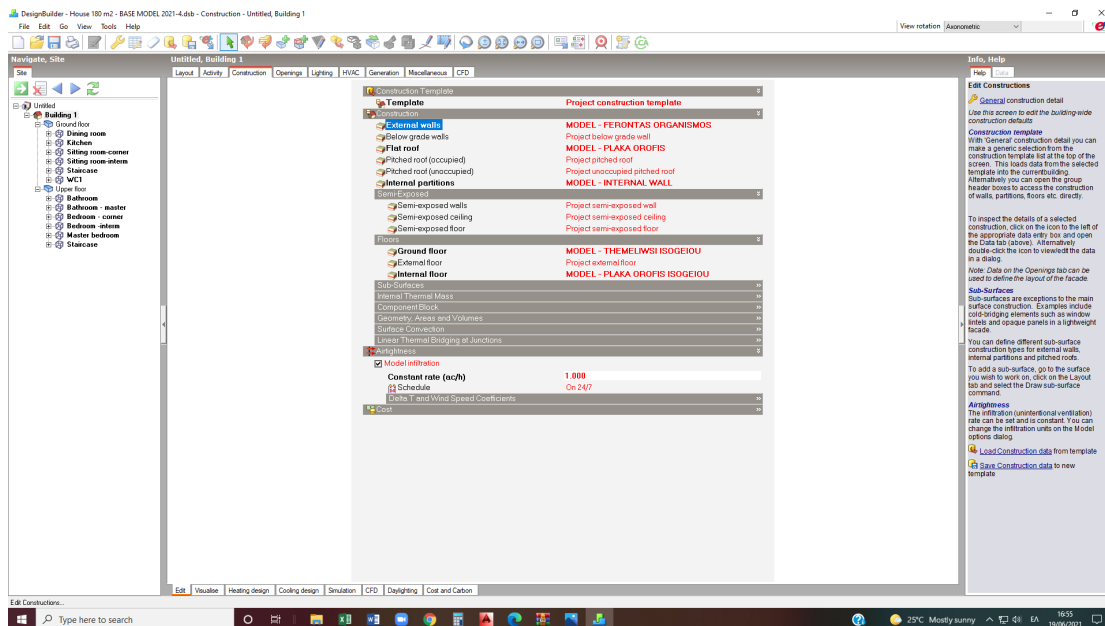
Εικόνα 5.21: Απενεργοποίηση όλων των εσωτερικών κερδών στο μοντέλο για να επηρεάζουν τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων.

5.4.4 Construction

Σε αυτό το Template, εισάγονται όλα τα υλικά δόμησης όλων των στοιχείων του κτιρίου.

Φέροντας Οργανισμός

Στην κατηγορία, που επίσης ονομάζεται Construction, αρχικά καθορίζεται ο φέροντας οργανισμός, ο οποίος είναι κατασκευασμένος από οπλισμένο σκυρόδεμα, στο External walls. Για την κατασκευή του στοιχείου του Φέροντος οργανισμού δημιουργείται ένα νέο στοιχείο, όπου μπαίνοντας μέσα στις ιδιότητες του και ακολουθώντας με τη σειρά τις διάφορες πληροφορίες που πρέπει να εισαχθούν, δίδεται, καταρχήν νέο όνομα (Εικ. 5.22).

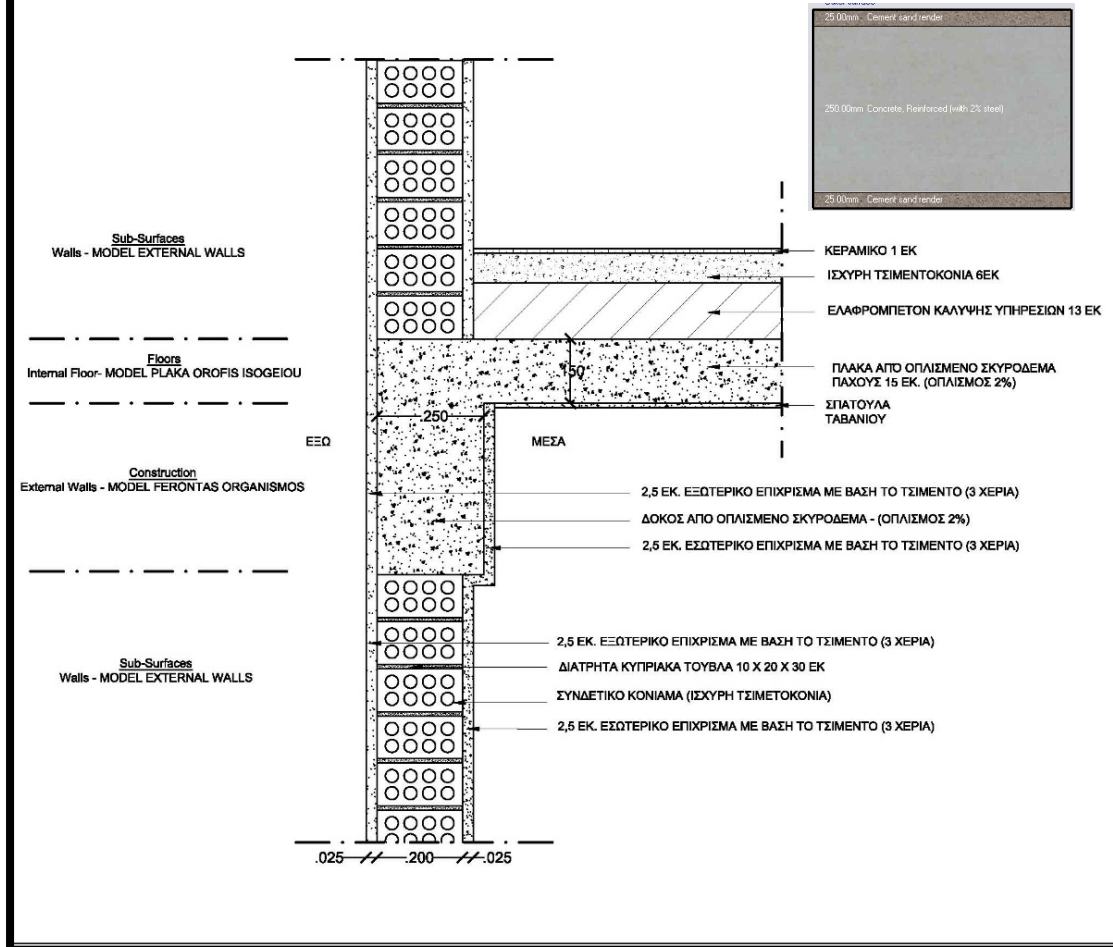


Εικόνα 5.22: Το λογισμικό δεν υποστηρίζει ελληνικούς χαρακτήρες γι' αυτό όλα τα νέα δομικά στοιχεία που δημιουργούνται καταγράφονται με λατινικούς χαρακτήρες.

Σημειώνεται ότι σε όλα τα στοιχεία που δημιουργούνται για το μοντέλο της τυπικής οικίας, δίνεται στην αρχή το όνομα MODEL για να ξεχωρίζουν από τα προαποθηκευμένα που έχει το Design Builder και στη συνέχεια, με λατινικούς χαρακτήρες, το όνομα του στοιχείου. Ο λόγος που γράφονται με λατινικούς χαρακτήρες είναι γιατί το πρόγραμμα δεν υποστηρίζει ελληνικούς χαρακτήρες. Έτσι, στο παρόν στοιχείο, δίνεται το όνομα MODEL – FERONTAS ORGANISMOS.

Στη συνέχεια καθορίζεται ο αριθμός των στρώσεων / υλικών που περιλαμβάνει το στοιχείο, (Number of layers). Τα στοιχεία του φέροντα οργανισμού αποτελούνται από τρία layers, τα οποία είναι, ο ίδιος ο φέροντας οργανισμού από οπλισμένο σκυρόδεμα στο layer 2 στη μέση και εκατέρωθεν αυτού, το εξωτερικό και εσωτερικό επίχρισμα στα layer 1 και 3 αντίστοιχα, όπως φαίνεται στο κατασκευαστικό σχέδιο στην Εικόνα 5.23

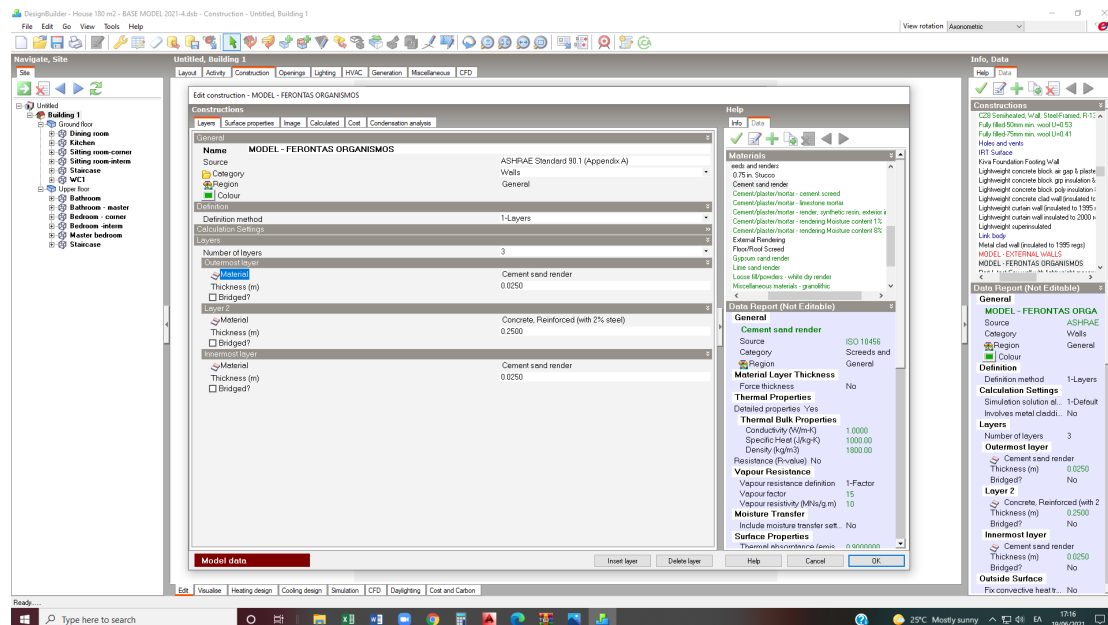
ΤΥΠΙΚΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑ - ΒΑΣΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΪΑΣ



Εικόνα 5.23: Κατασκευαστική λεπτομέρεια στην οποία φαίνονται τα φέροντα στοιχεία και οι εξωτερικές τοιχοποιίες με τα επιχρίσματά τους. Αριστερά στο σχέδιο καταδεικνύεται το κάθε στοιχείο πως καταχωρήθηκε μέσα στο λογισμικό στην βιβλιοθήκη του προσομοιώματος, ενώ στην ένθετη φωτογραφία φαίνεται το φέρον στοιχείο, όπως το παρουσιάζει το λογισμικό.

Από την αποθήκη των υλικών που υπάρχουν στο Design Builder, επιλέγεται από το folder Screed and renders, το επίχρισμα Cement sand render γιατί διακρίνεται ότι όλες οι ιδιότητές του υλικού (Thermal Bulk Properties) ταυτίζονται με αυτές που υπάρχουν

στο αντίστοιχο υλικό στον προαναφερθέντα οδηγό θερμομόνωσης⁵⁴. Ακριβώς από κάτω από το υλικό καθορίζεται το πάχος του, το οποίο είναι 2,5 εκατοστά (Εικ. 5.24).



Εικόνα 5.24: Εισαγωγή δεδομένων επιχρίσματος με βάση το τσιμέντο, φερόντων στοιχείων.

Γενικά, η αρχή επιλογής όλων των υλικών που θα τοποθετηθούν στο μοντέλο από την βιβλιοθήκη του προγράμματος θα είναι η, κατά το δυνατό, μεγαλύτερη ταύτιση των θερμοφυσικών ιδιοτήτων των υλικών του, με αυτές του Οδηγού Θερμομόνωσης (Υπηρεσία Ενέργειας, 2010). Σκοπός είναι η κατασκευή του τρισδιάστατου προσομοιώματος και τα αποτελέσματα των πειραμάτων να είναι όσο πιο κοντά γίνεται στα Κυπριακά δεδομένα.

Το αντίστοιχο υλικό στον οδηγό θερμομόνωσης, βρίσκεται στη σελίδα 112 και είναι το υλικό 1.5.2.3 στην κατηγορία Επιχρίσματα και κονιάματα, το οποίο είναι Επίχρισμα με άμμο και τσιμέντο⁵⁵. Πιο συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5.2, οι ιδιότητες του υλικού έχουν ως εξής:

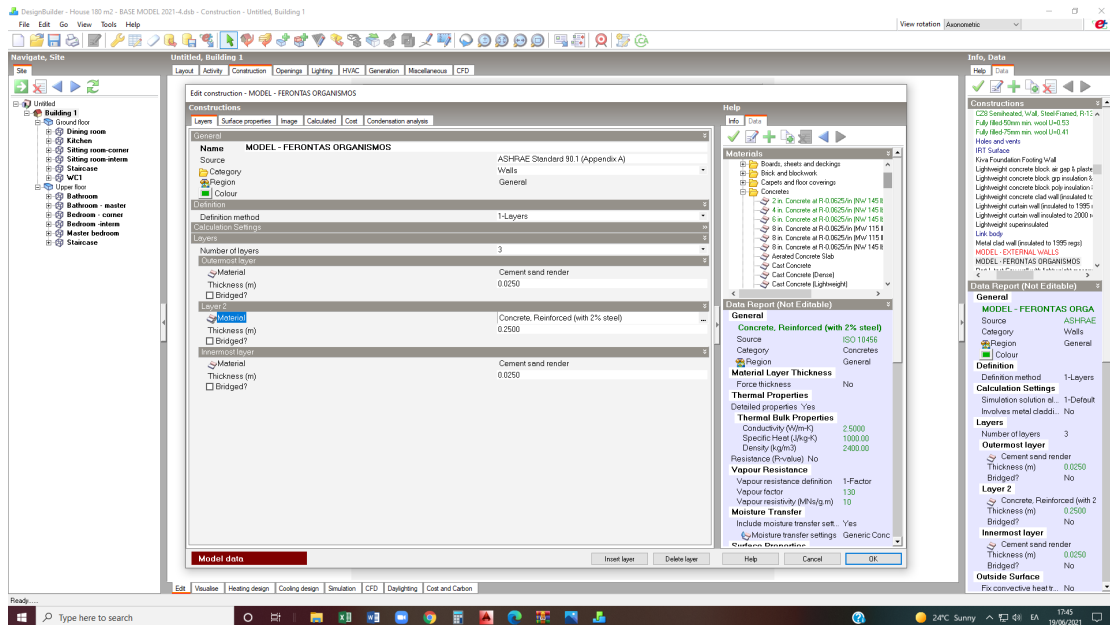
⁵⁴ Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενέργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-pinakas-diorthosewn.pdf , ημ. πρόσβασης 16/4/2016

⁵⁵ Ε.α., 112

Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού (Conductivity)	1.00 W/mK
Ειδική Θερμότητα Cp (Specific Heat)	1.00 KJ/KgK
Πυκνότητα (Density)	1800 Kg/m ³

Πίνακας 5.2: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά επιχρίσματος με βάση το τσιμέντο.

Ακολουθως, το επόμενο υλικό στο layer 2 είναι, όπως αναφέρθηκε, το φέρον στοιχείο από οπλισμένο σκυρόδεμα, το οποίο στον οδηγό θερμομόνωσης είναι το υλικό 1.6.1.4 και ανήκει στην κατηγορία των Σκυροδεμάτων υψηλής πυκνότητας με 2% οπλισμό⁵⁶. Αντίστοιχο υλικό με ταυτόσημες ιδιότητες από την βιβλιοθήκη του προγράμματος βρίσκεται στο φάκελο των Concretes και είναι το Concrete, Reinforced (with 2% steel). Το πάχος υλικού ορίζεται στα 25 εκατοστά.



Εικόνα 5.25: Εισαγωγή δεδομένων φερόντων στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Πιο συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5.3, οι ιδιότητες του υλικού έχουν ως εξής:

Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού (Conductivity)	2.50 W/mK
Ειδική Θερμότητα Cp (Specific Heat)	1.00 KJ/KgK
Πυκνότητα (Density)	2400 Kg/m ³

Πίνακας 5.3: Θερμοφυσικές ιδιότητες οπλισμένου σκυροδέματος με οπλισμό 2%.

⁵⁶ Ε.α., 112

Το τρίτο layer που αφορά το επίχρισμα που τοποθετείται εσωτερικά των φερόντων στοιχείων το οποίο είναι ακριβώς το ίδιο και με το ίδιο πάχος, με αυτό του πρώτου layer (Εικ. 5.24).

Πλάκα Οροφής

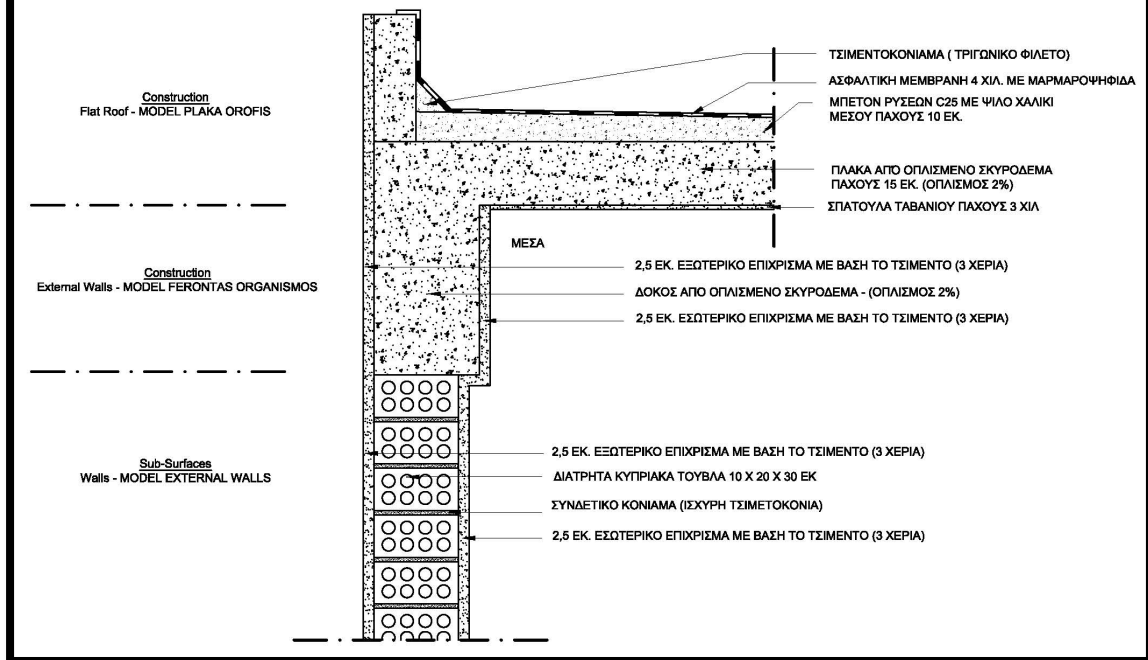
Το επόμενο στοιχείο που θα καθοριστεί, βρίσκεται στην τρίτη επιλογή στο Construction, ονομάζεται Flat roof και αφορά την πλάκα οροφής. Ακολουθώντας την ίδια μεθοδολογία με το προηγούμενο στοιχείο, το αντίγραφο που δημιουργείται για να κατασκευαστεί η πλάκα με τα υλικά που την συνοδεύουν, μετονομάζεται MODEL – PLAKA OROFIS και αποτελείται από τέσσερα Layers.

Όπως φαίνεται και στο λεπτομερές κατασκευαστικό σχέδιο στην Εικόνα 5.26, υπάρχει η πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα, η οποία εσωτερικά είναι επιχρισμένη με μία πολύ λεπτή στρώση εσωτερικής σπάτουλας. Από πάνω από την πλάκα υπάρχει το μπετόν ρύσεων που είναι κατασκευασμένο από ισχυρή τσιμεντοκονία και η κατασκευή ολοκληρώνεται με τοποθέτηση ασφαλικής μεμβράνης για προστασία από το υγρό στοιχείο.

Για τη δημιουργία της συγκεκριμένης κατασκευής στο Design Builder με τα τέσσερα layers, από έξω προς τα μέσα και για το πρώτο layer, επιλέγηκε το υλικό Bitumen, felt/sheet, από τον φάκελο Asphalts and other roofing finishes, από την βιβλιοθήκη του προγράμματος, με πάχος 4 χιλιοστά (Εικ. 5.27). Το υλικό που υπάρχει στην Κυπριακή αγορά, όπως αναφέρεται στον οδηγό θερμομόνωσης, είναι το ασφαλτόπανο με κωδικό 6.4 στην κατηγορία των Συνθετικών και Ασφαλικών Υλικών Επίστρωσης⁵⁷.

⁵⁷ Ε.α.,115

ΤΥΠΙΚΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑ - ΒΑΣΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ
ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΠΛΑΚΑΣ ΟΡΟΦΗΣ

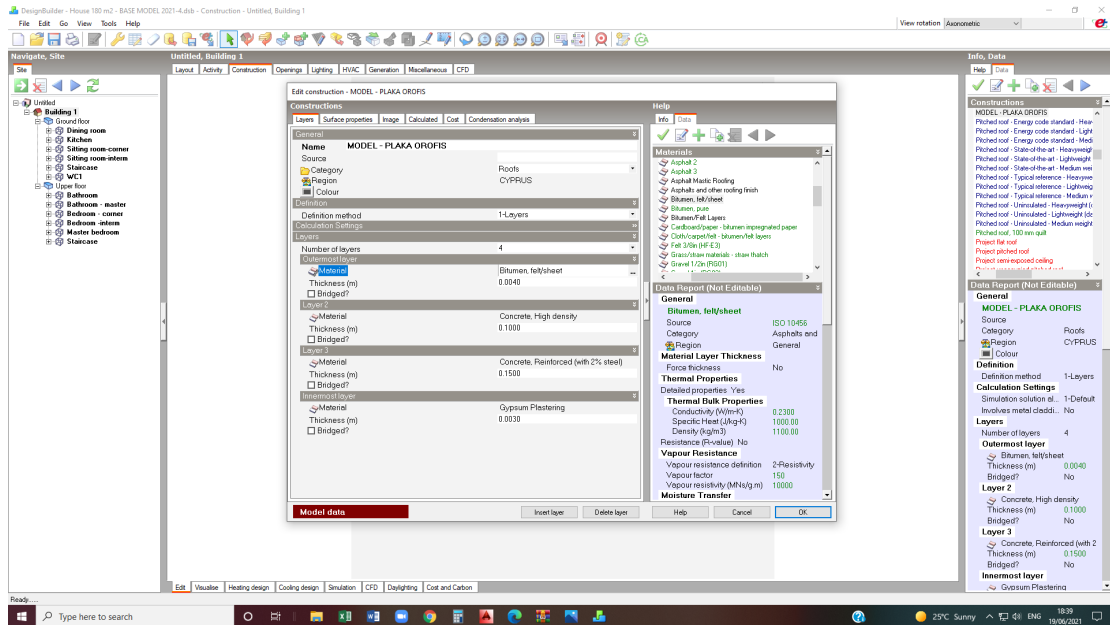


Εικόνα 5.26: Κατασκευαστική λεπτομέρεια πλάκας οροφής από οπλισμένο σκυρόδεμα με άοπλο μπετόν ρύσεων και υγραμόνωση.

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5.4, οι ιδιότητες του υλικού έχουν ως εξής:

Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού (Conductivity)	0.23 W/mK
Ειδική Θερμότητα Cp (Specific Heat)	1000 KJ/KgK
Πυκνότητα (Density)	1100 Kg/m ³

Πίνακας 5.4: Θερμοφυσικές ιδιότητες ασφαλτικής μεμβράνης.



Εικόνα 5.27: Εισαγωγή δεδομένων πλάκας οροφής.

Για την ισχυρήτσιμεντοκονία που μορφώνει το μπetonό ρύσεων χρησιμοποιείται Σκυρόδεμα Υψηλής Πυκνότητας, χωρίς οπλισμό με κωδικό 1.6.1.3 στον οδηγό θερμoμόνωσης⁵⁸. Από την βιβλιοθήκη του λογισμικού, επιλέγηκε, με τις ίδιες ιδιότητες, από τον φάκελο Concretes, το υλικό Concrete, High density, με μέσο πάχος 10 εκατοστά.

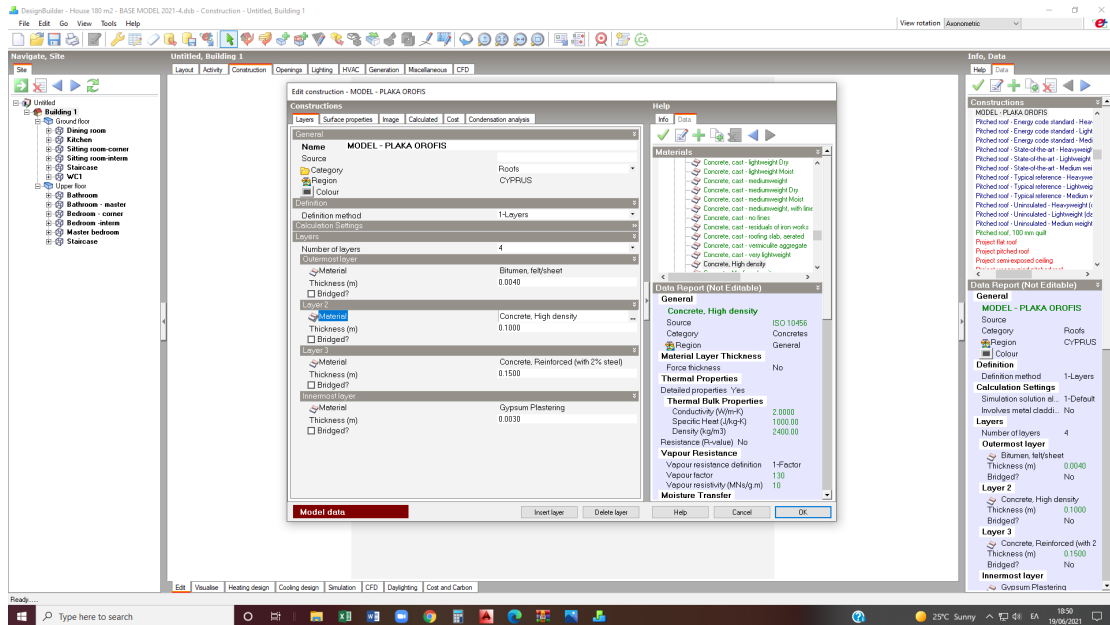
Οι ιδιότητες του υλικού, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5.5 έχουν ως εξής:

Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού (Conductivity)	2.00 W/mK
Ειδική Θερμότητα Cp (Specific Heat)	1000 KJ/KgK
Πυκνότητα (Density)	2400 Kg/m ³

Πίνακας 5.5: Θερμοφυσικές ιδιότητες ισχυρήςτσιμεντοκονίας.

Για την πλάκα οροφής, έχει προδιαγραφεί το οπλισμένο σκυρόδεμα που επιλέγηκε στα φέροντα στοιχεία κολώνων και δοκών, όπως και για όλα τα στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα στην κατασκευή, με τη διαφορά ότι το πάχος της ορίζεται στα 15 εκατοστά.

⁵⁸ Ε.α., 112



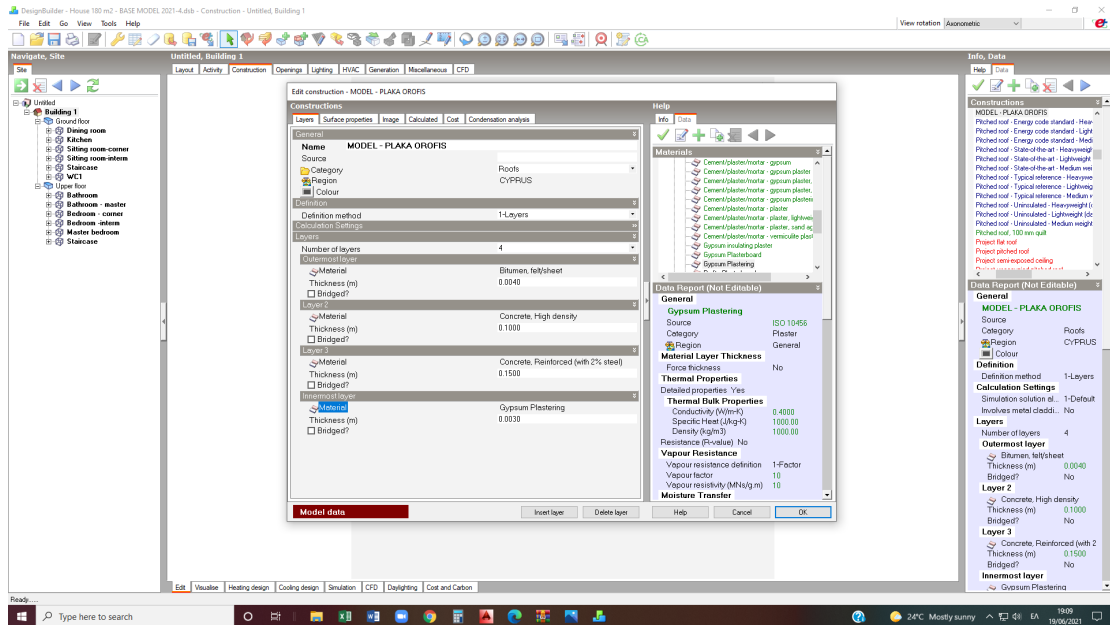
Εικόνα 5.28: Εισαγωγή δεδομένων ισχυρής τιμεντοκονίας που χρησιμοποιείται για την διαμόρφωση ρύσεων στην πλάκα οροφής .

Τέλος, για το εσωτερικό επίχρισμα, στο layer 4, που είναι μία λεπτή σπάτουλα πάχους περίπου 3 χιλιοστών χρησιμοποιείται το υλικό με κωδικό 1.5.1.2.1 που βρίσκεται στη κατηγορία των Επιχρισμάτων και κονιαμάτων⁵⁹. Το υλικό που επιλέγηκε στο Design Builder, βρίσκεται στο φάκελο Plaster και είναι το Gypsum Plastering (Εικ. 5.29), το οποίο έχει τις πιο κάτω ιδιότητες, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.6:

Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού (Conductivity)	0.40 W/mK
Ειδική Θερμότητα Cp (Specific Heat)	1000 KJ/KgK
Πυκνότητα (Density)	1000 Kg/m ³

Πίνακας 5.6: Θερμοφυσικές ιδιότητες σπάτουλας εσωτερικών χώρων.

⁵⁹ Ε.α., 112

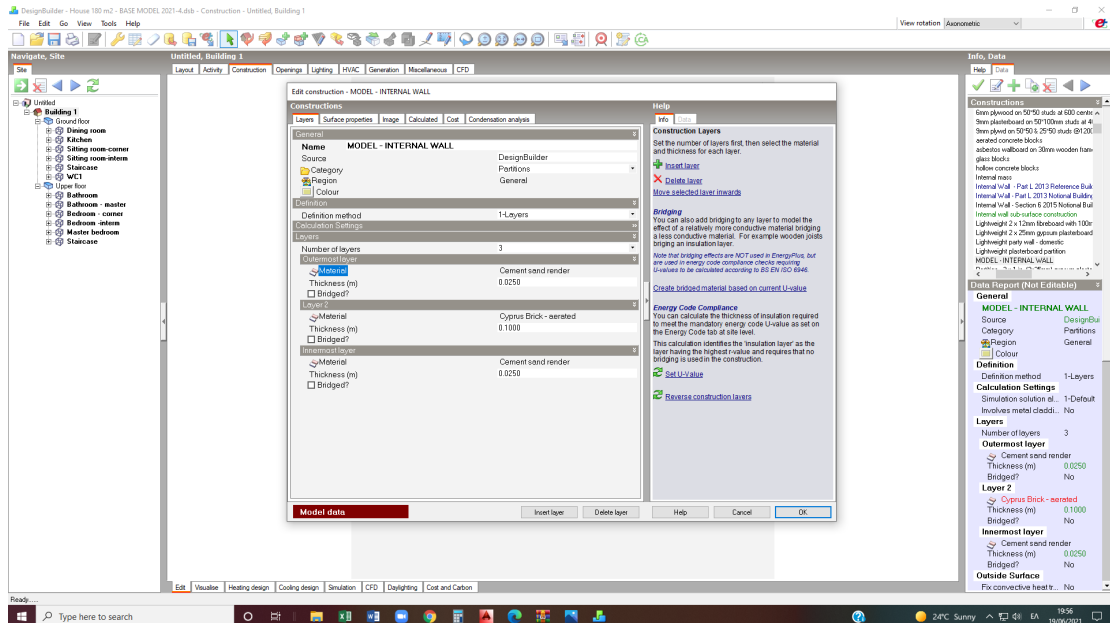


Εικόνα 5.29: Εισαγωγή δεδομένων σπάτουλας ταβανιού για εσωτερική χρήση .

Εσωτερικές Τοιχοποιίες / Διαχωριστικά πετάσματα

Οι εσωτερικές τοιχοποιίες βρίσκονται στην κατηγορία Construction, και έχουν σχετικά απλή κατασκευή. Είναι κτισμένες με το τυπικό Κυπριακό τούβλο, διαστάσεων 10 X 20 X 30 εκατοστά, το οποίο σουβατίζεται και από τις δύο πλευρές με επίχρισμα με βάση το τσιμέντο. Το τούβλο κτίζεται με την πλευρά των 10 εκατοστών να επικάθεται στην πλάκα (βλ. Κεφ. 4) και έτσι το τελικό πάχος της τοιχοποιίας, συνυπολογίζοντας τα επίχρισματα, φτάνει τα 15 εκατοστά.

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία με τα προηγούμενα στοιχεία, δημιουργείται ένα αντίγραφο από την βιβλιοθήκη του προγράμματος και ονομάζεται MODEL – INTERNAL WALL και η κατασκευή του αποτελείται από τρία υλικά (layers) (Εικ. 5.30).



Εικόνα 5.30: Τα δεδομένα του επιχρίσματος των τοιχοποιιών είναι τα ίδια με αυτά του επιχρίσματος των φερόντων στοιχείων.

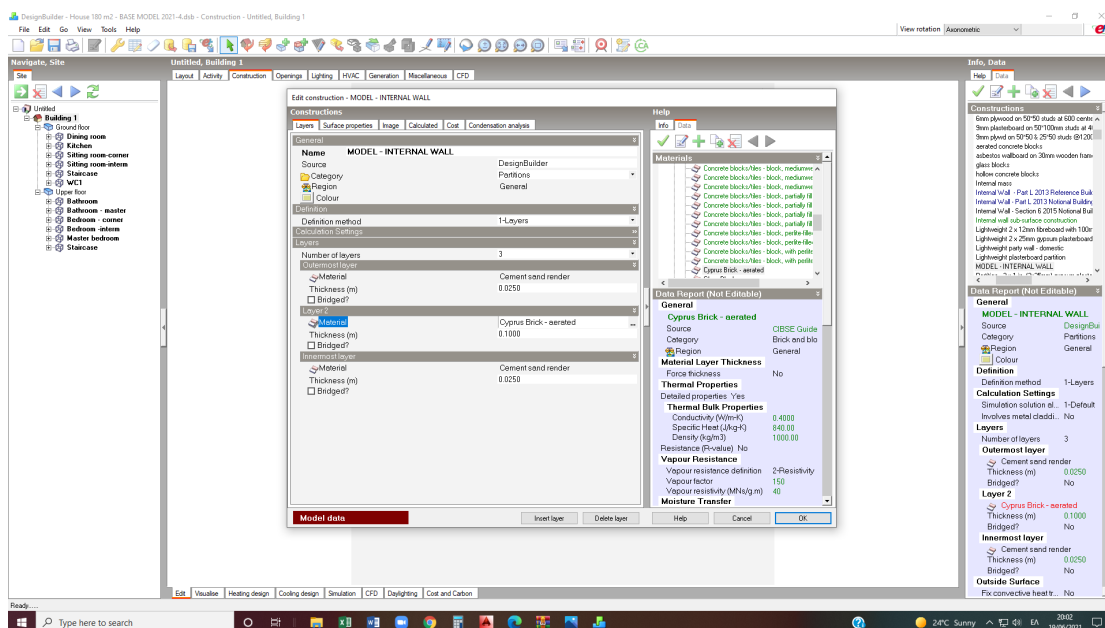
Τα layers 1 & 3, είναι τα επιχρίσματα, τα οποία είναι τα ίδια με αυτά που χρησιμοποιούνται στο επιχρίσμα των κολώνων και των δοκών (Εικ. 5.24). Έτσι, επιλέγεται και πάλι το Cement sand render με πάχος 2,5 εκατοστά σε κάθε πλευρά της τοιχοποιίας.

Για το Κυπριακό τούβλο, επειδή δεν βρέθηκε κάποιο τούβλο στην βιβλιοθήκη του προγράμματος με τις αντίστοιχες ιδιότητες του Κυπριακού, δημιουργήθηκε καινούριο υλικό που χρησιμοποιήσε ως βάση ένα block που βρίσκεται στον Brick and blockwork και ονομάστηκε Cyprus Brick – aerated (Εικ. 5.31). Σε αυτό το τούβλο οι θερμοφυσικές ιδιότητες είναι πολύ κοντά με αυτές του Κυπριακού τούβλου, όπως αυτές αναγράφονται στον οδηγό θερμομόνωσης στην κατηγορία Τούβλα (αργιλικά)⁶⁰ και είναι οι πιο κάτω στον Πίνακα 5.7:

Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού (Conductivity)	0.40 W/mK
Ειδική Θερμότητα Cp (Specific Heat)	840 KJ/KgK
Πυκνότητα (Density)	1000 Kg/m ³

Πίνακας 5.7: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά Κυπριακού τούβλου.

⁶⁰ Ε.α., 111



Εικόνα 5.31: Εισαγωγή δεδομένων Κυπριακού τούβλου.

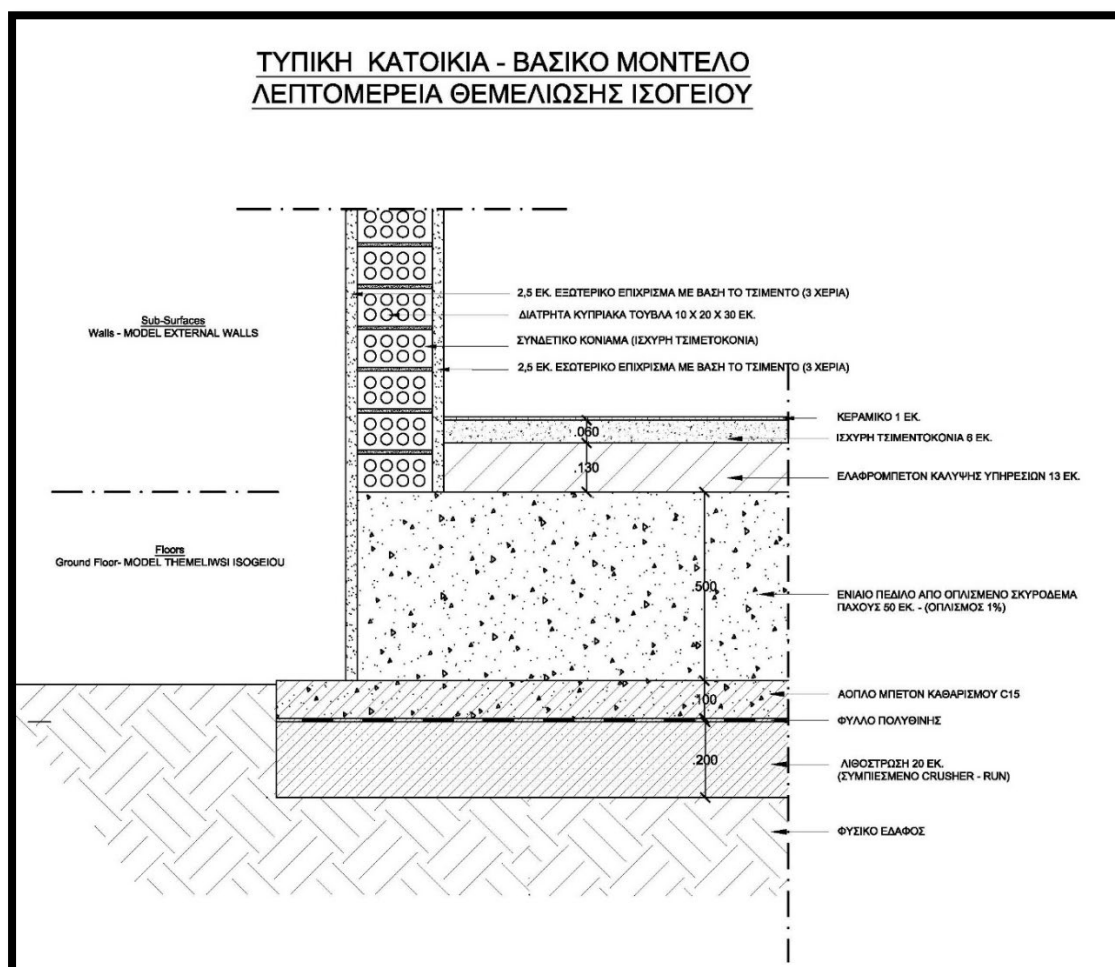
Η μοναδική τιμή που διαφέρει, είναι η ειδική θερμότητα που σε σχέση με τον οδηγό θερμομόνωσης είναι 840 KJ/KgK αντί για 1000 KJ/KgK.

Θεμελίωση Ισογείου

Ακολουθώντας την σειρά με την οποία το λογισμικό καθορίζει τα διάφορα μέρη του μοντέλου, στην τρίτη επιλογή δίνονται οι προδιαγραφές των πατωμάτων, στην κατηγορία Floors. Στην πρώτη επιλογή, στο Ground floor, καταγράφεται η κατασκευαστική λεπτομέρεια της θεμελίωσης της κατασκευής. Με βάση την ανάλυση που έγινε στο Κεφάλαιο 4 (Παρ. 4.2), το σύνολο της κατασκευής αποτελείται από τα πιο κάτω υλικά που φαίνονται στη σχεδίο λεπτομέρεια θεμελίωσης ισογείου στην Εικόνα 5.32.

Αρχικά, θα τοποθετηθεί σε επαφή με την γη λιθόστρωση πάχους 20 εκατοστών, η οποία θα δεχθεί από πάνω φύλλο πολυθίνης για σκοπούς υγρομόνωσης. Πάνω από το φύλλο πολυθίνης θα γίνει το μπετόν καθαριότητας, το οποίο αποτελεί τη βάση της θεμελίωσης που θα γίνει από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 50 εκατοστών. Στη συνέχεια τοποθετούνται οι υπηρεσίες που καλύπτονται με ελαφρομπετόν και τέλος θα μπει το τελικό δάπεδο ισογείου, το οποίο είναι κεραμικό πάχους 1 εκατοστού, το οποίο

για να κολληθεί επί του ελαφρομπετόν, χρειάζεται να μπει ισχυρή τσιμεντοκονία πάχους τουλάχιστον 6 εκατοστών.

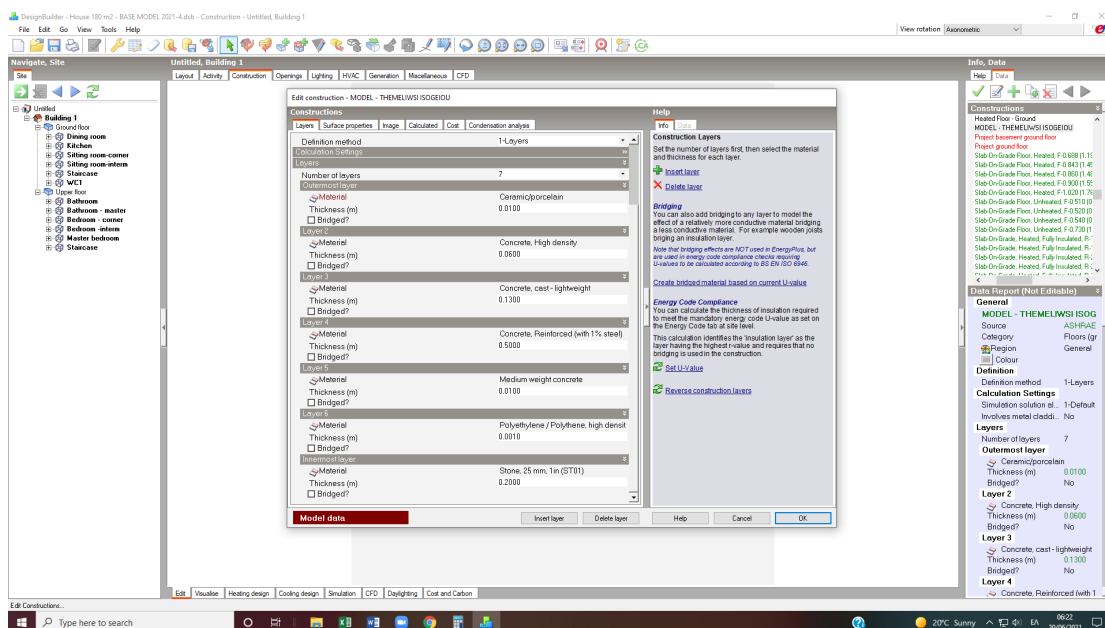


Εικόνα 5.32: Κατασκευαστική λεπτομέρεια θεμελίωσης ενιαίου πεδίλου από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αριστερά στο σχέδιο φαίνεται σε ποιο ακριβώς σημείο θα περαστούν μέσα στο πρόγραμμα οι πληροφορίες θεμελίωσης και εξωτερικής τοιχοποιίας.

Με βάση την πιο πάνω περιγραφή, στο Design Builder, για να γίνει η εισαγωγή των δεδομένων της θεμελίωσης, δημιουργείται ένα στοιχείο που ονομάζεται MODEL – THEMELIWSI ISOGEIOU το οποίο αποτελείται από 7 συνολικά layers, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.33. Ξεκινώντας από πάνω προς τα κάτω, δηλαδή από το εσωτερικό προς το φυσικό έδαφος, στο layer 1 επιλέγεται το υλικό Ceramic/porcelain με πάχος 1 εκατοστό. Οι ιδιότητες του υλικού είναι οι πιο κάτω:

Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού (Conductivity)	1.30 W/mK
Ειδική Θερμότητα Cp (Specific Heat)	840 KJ/KgK
Πυκνότητα (Density)	2300 Kg/m ³

Πίνακας 5.8: Θερμοφυσικές ιδιότητες κεραμικών πλακών για χρήση σε εσωτερικό πάτωμα.



Εικόνα 5.33: Εισαγωγή δεδομένων θεμελίωσης από οπλισμένο σκυρόδεμα.

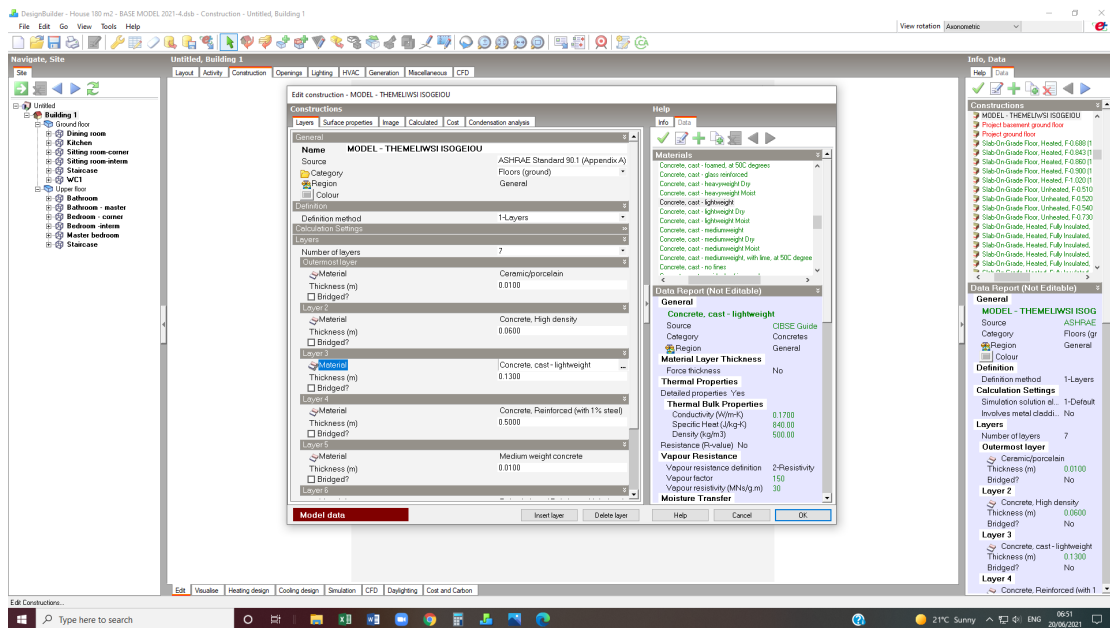
Στο layer 2, προδιαγράφεται ισχυρή τσιμεντοκονία, Concrete, High density η οποία είναι το υλικό που χρησιμοποιήθηκε στην πλάκα οροφής για τις ρύσεις (Εικ. 5.28 & Πίν. 5.5), πάχους 6 εκατοστών. Το layer 3, βάσει του οδηγού θερμομόνωσης, είναι το ελαφροσκυρόδεμα με κωδικό 1.6.2.1.3, το οποίο βρίσκεται στην κατηγορία των Σκυροδεμάτων και Ελαφρών Σκυροδεμάτων⁶¹. Στο πρόγραμμα, επιλέγεται το υλικό Concrete, cast – lightweight, πάχους 13 εκατοστών, με τις πιο κάτω ιδιότητες:

Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού (Conductivity)	0.17 W/mK
Ειδική Θερμότητα Cp (Specific Heat)	840 KJ/KgK
Πυκνότητα (Density)	500 Kg/m ³

Πίνακας 5.9: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά ελαφροσκυροδέματος.

Η μόνη διαφορά του υλικού που επιλέγηκε στο λογισμικό, με αυτό του οδηγού θερμομόνωσης, είναι η τιμή της θερμικής αγωγιμότητας, η οποία είναι κατά 0,01 W/mK λιγότερα, από τις προδιαγραφές που δίνονται στον οδηγό θερμομόνωσης.

⁶¹ Ε.α., 112



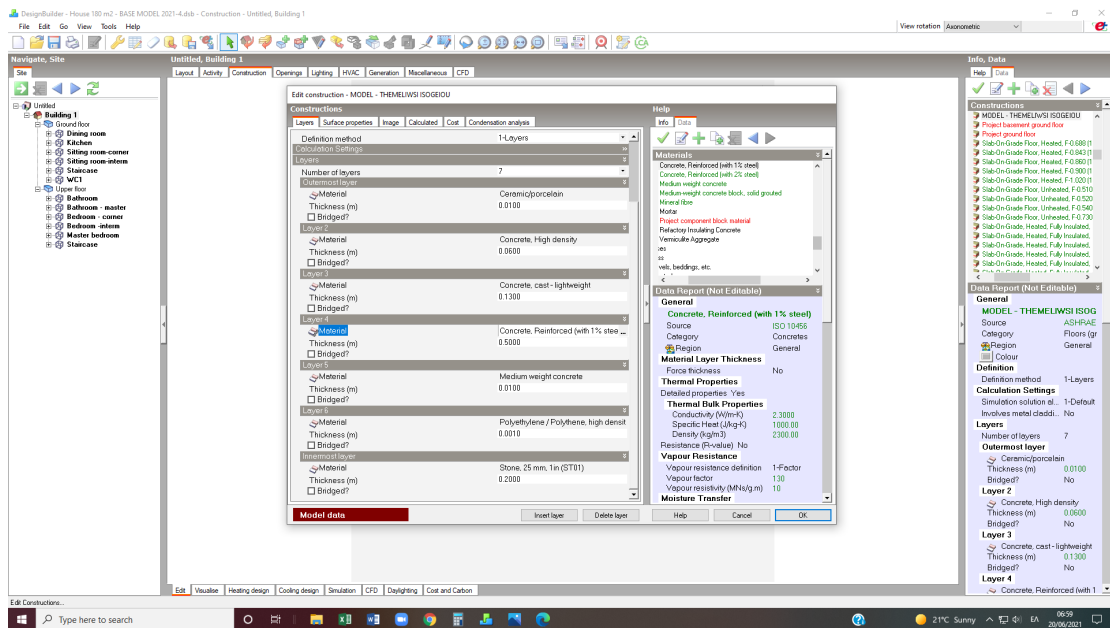
Εικόνα 5.34: Με τονισμένο μπλε χρώμα διακρίνονται τα χαρακτηριστικά του ελαφροσκυροδέματος άνωθεν του ενιαίου πεδίου.

Για το υλικό που χρησιμοποιείται για την θεμελίωση, επιλέγεται στο λογισμικό το Concrete, Reinforced (with 1% steel) πάχους 50 εκατοστών, Εικόνα, το οποίο έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με το υλικό Οπλισμένο σκυρόδεμα με 1% χάλυβα με κωδικό 1.6.1.3, που βρίσκεται στην κατηγορία των Τύπων Σκυροδεμάτων⁶². Τα χαρακτηριστικά του είναι τα εξής:

Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού (Conductivity)	2.30 W/mK
Ειδική Θερμότητα Cp (Specific Heat)	1000 KJ/KgK
Πυκνότητα (Density)	2300 Kg/m ³

Πίνακας 5.10: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά οπλισμένου σκυροδέματος θεμελίωσης με ποσοστό οπλισμού 1%.

⁶² Ε.α., 112



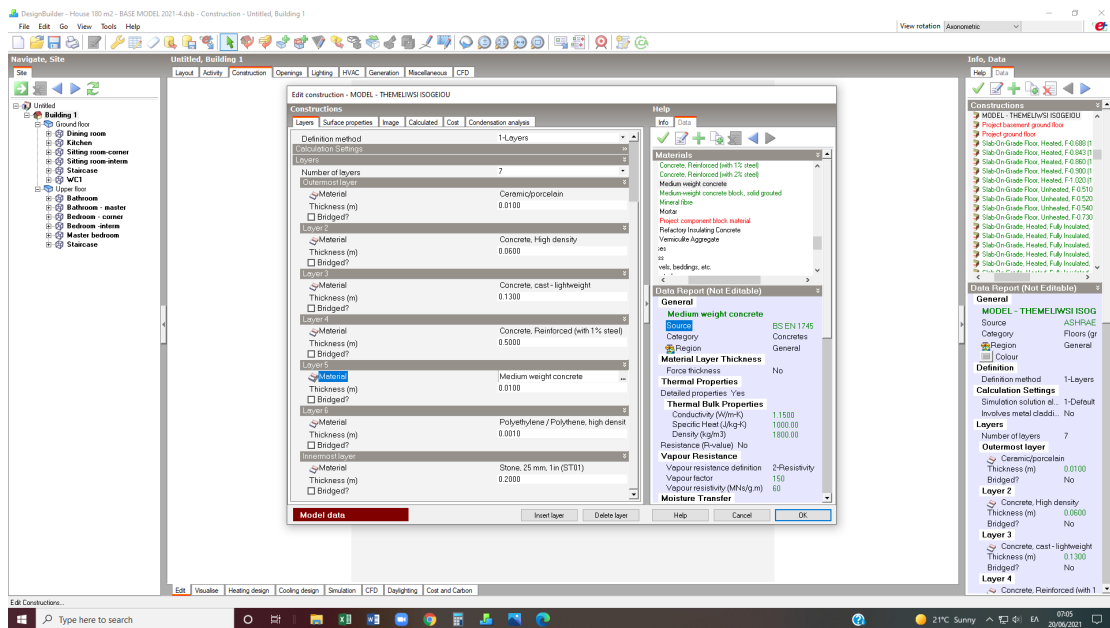
Εικόνα 5.35: Εισαγωγή δεδομένων για το οπλισμένο σκυρόδεμα της πεδιλόπλακα (ενιαίο πέδιλο)

Κάτω από την πεδιλόπλακα, στο layer 5, τοποθετείται το μπετόν καθαριότητας, πάχους 10 εκατοστών, που περιγράφεται στον οδηγό θερμομόνωσης, στην κατηγορία των Τύπων Σκυροδεμάτων, ως μπετόν μέσης πυκνότητας⁶³ και έχει κωδικό 1.6.1.1. Πανομοιότυπο υλικό στο Design Builder, είναι το Medium weight concrete, Εικόνα 5.36, και έχει τα ίδια χαρακτηριστικά τα οποία είναι τα εξής:

Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού (Conductivity)	1.15 W/mK
Ειδική Θερμότητα Cp (Specific Heat)	1000 KJ/KgK
Πυκνότητα (Density)	1800 Kg/m ³

Πίνακας 5.11: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά σκυροδέματος καθαριότητας.

⁶³ Ε.α., 112



Εικόνα 5.36: Εισαγωγή δεδομένων σκυροδέματος καθαριότητας το οποίο σκυροδετείται κάτω από την πεδιλόπλακα.

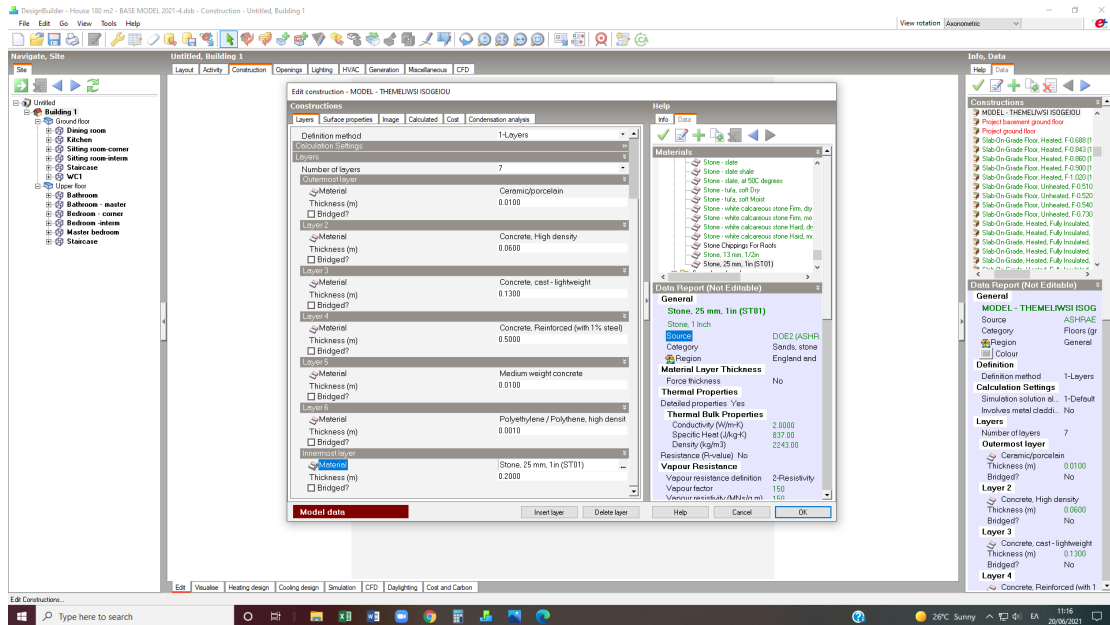
Το λεπτό φύλλο πολυθίνης πάχους 1 χιλιοστού, που μπαίνει στο Layer 6, βρίσκεται στην κατηγορία των Πλαστικών σε Στερεά Μορφή και είναι το Πολυαιθυλένιο/πολυθίνιο υψηλής πυκνότητας με κωδικό 11.9.1⁶⁴. Το αντίστοιχο του στο Design Builder βρίσκεται στον φάκελο Plastics, solid και είναι το Polyethylene/Polythene, high density με τις πιο κάτω πανομοιότυπες ιδιότητες:

Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού (Conductivity)	0.50 W/mK
Ειδική Θερμότητα Cp (Specific Heat)	1800 KJ/KgK
Πυκνότητα (Density)	980 Kg/m ³

Πίνακας 5.12: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά φύλλου πολυαιθυλενίου ή φύλλου πολυθίνης.

Τέλος, σε επαφή με την γη, στο Layer 1, υπάρχει η λιθόστρωση, πάχους 20 εκατοστών, που αποτελείται από άμμο και διαβαθμισμένα σκύρα (Εικ. 5.37).

⁶⁴ Ε.α., 117



Εικόνα 5.37: Εισαγωγή δεδομένων της λιθόστρωσης ως πρώτο υλικό στην όλη κατασκευή της θεμελίωσης.

Στο οδηγό θερμομόνωσης, στα Εδαφικά Υλικά, υπάρχει ο συνδυασμός άμμος με χαλίκια με τον κωδικό 2.2⁶⁵. Βάσει των ιδιοτήτων του υλικού αυτού, από την βιβλιοθήκη του Design Builder, στο φάκελο Sands, stones and soils, επιλέγεται το Stone, 25mm, 1in (ST01) (Εικ. 5.37), το οποίο έχει αντίστοιχες ιδιότητες που αναφέρονται στον πίνακα πιο κάτω:

Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού (Conductivity)	2.00 W/mK
Ειδική Θερμότητα Cp (Specific Heat)	837 KJ/KgK
Πυκνότητα (Density)	2243 Kg/m ³

Πίνακας 5.13: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά της λιθόστρωσης κάτω από τη θεμελίωση.

⁶⁵ Ε.α., 114

Πλάκα Οροφής Ισογείου

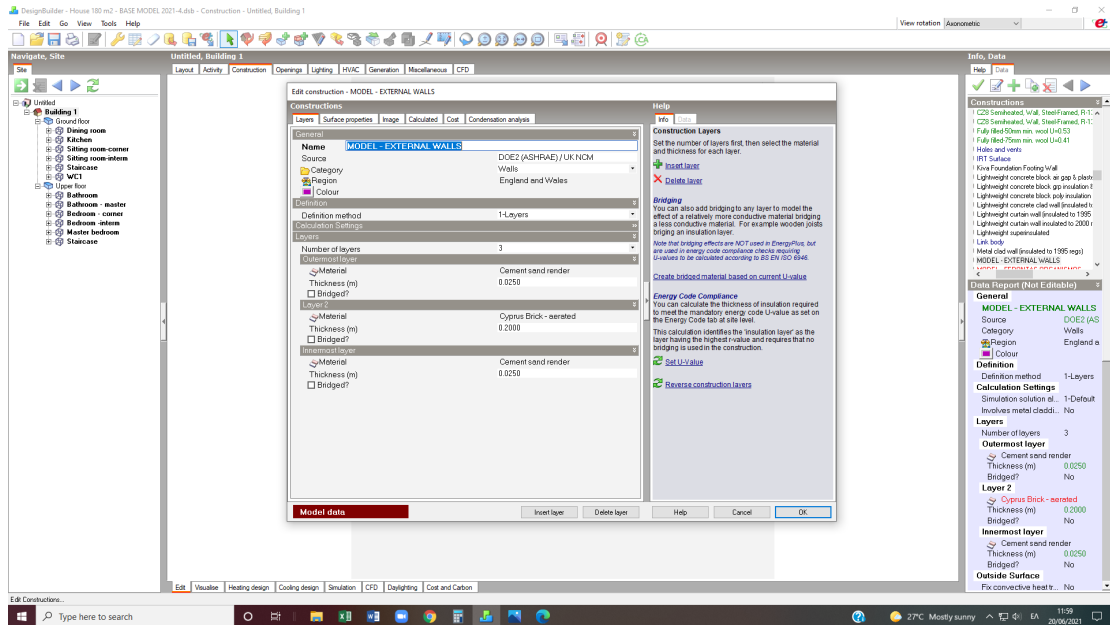
Στην κατηγορία Floors, δίνονται με λεπτομέρεια τα υλικά και της πλάκας οροφής ισογείου. Η λεπτομέρειά της φαίνεται στην Εικόνα 5.23 και περιλαμβάνει τα ίδια σχεδόν υλικά με τις επικαλύψεις που έχουν τοποθετηθεί στο δάπεδο ισογείου.

Δημιουργείται στο λογισμικό ένα νέο στοιχείο που ονομάζεται MODEL – PLAKA OROFIS ISOGEIΟΥ, η οποία αποτελείται από 5 Layers. Από πάνω προς τα κάτω και με πάχος 1 εκατοστό, χρησιμοποιούνται κεραμικά πλακίδια, τα οποία τοποθετούνται επί ισχυρής τσιμεντοκονίας, πάχους 6 εκατοστών, που επιλέγεται για το Layer 3 και κάτω από αυτή, βρίσκονται 13 εκατοστά ελαφρομπετόν, που σκοπό έχει να καλύψει, με χαμηλό βάρος, τις υπηρεσίες ηλεκτρολογικών και υδραυλικών/μηχανολογικών εγκαταστάσεων (Εικ. 5.23). Όλα τα υλικά, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, είναι ακριβώς τα ίδια με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στο δάπεδο ισογείου και κατά συνέπεια έχουν τις ίδιες, με αυτά, θερμοφυσικές ιδιότητες. Από κάτω από το δάπεδο που μόλις παρουσιάστηκε, βρίσκεται το φέρων στοιχείο της πλάκας από οπλισμένο σκυρόδεμα με οπλισμό 2%, η οποία επικαλύπτεται από κάτω με σπάτουλα εσωτερικής χρήσης, όπως ακριβώς έχει περιγραφεί στην πλάκα οροφής ορόφου.

Εξωτερικές Τοιχοποιίες

Οι εξωτερικές τοιχοποιίες της κατασκευής καθορίζονται στην επόμενη κατηγορία με το όνομα Sub-Surfaces. Επειδή στο Base Model, η όλη κατασκευή είναι χωρίς θερμική προστασία στα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους, έτσι και εδώ η κατασκευή της εξωτερικής τοιχοποιίας είναι πάρα πολύ απλή και ίδια με αυτή των εσωτερικών τοιχοποιιών. Η μόνη διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι σε αυτήν την περίπτωση το τούβλο έχει κτιστεί “ξαπλωτό” με την διάσταση των 20 εκατοστών επί της πλάκας.

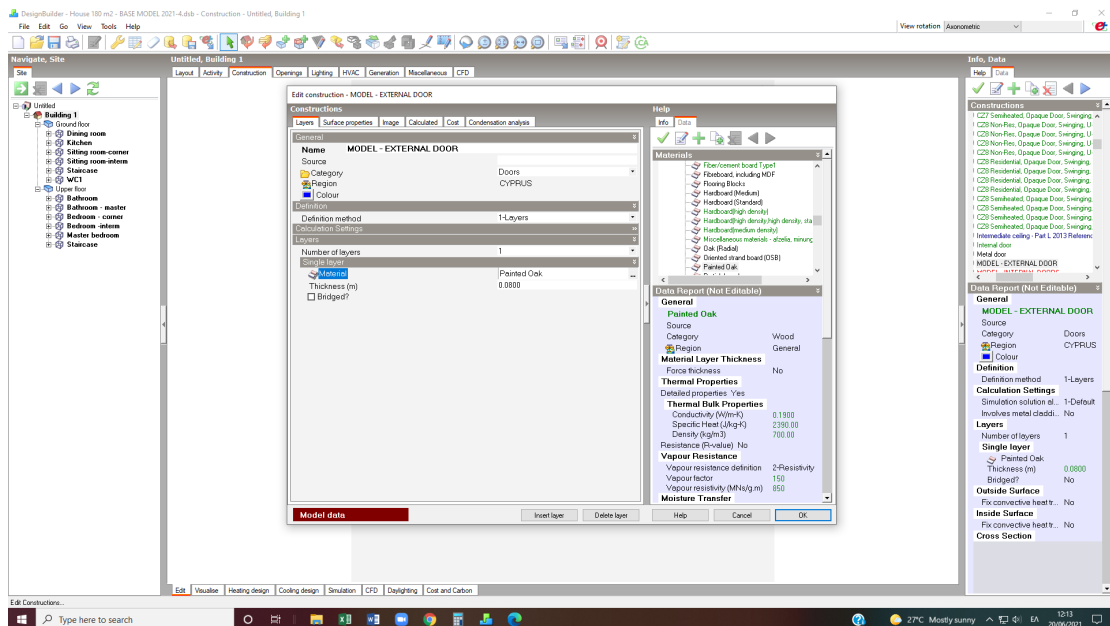
Για τη δημιουργία του στοιχείου στο λογισμικό, δημιουργείται αντίγραφο ενός υφιστάμενου τοίχου και μετονομάζεται σε MODEL – EXTERNAL WALLS. Διαθέτει 3 Layers, όπως την εσωτερική τοιχοποιία, όπου το πρώτο και το τρίτο είναι τα επιχρίσματα πάχους 2,5 εκατοστών έκαστο και στη μέση τοποθετείται το Cyprus Brick – aerated πάχους 20 εκατοστών (Εικ. 7.38). Οι θερμοφυσικές ιδιότητες των υλικών είναι ακριβώς οι ίδιες με τον MODEL - INTENAL WALLS



Εικόνα 5.38: Εισαγωγή δεδομένων της εξωτερικής τοιχοποιίας της τυπικής οικίας.

Εξώθυρα – Μεσόθυρες

Σε αυτήν την κατηγορία καθορίζεται και το υλικό της εξώθυρας. Δημιουργείται και πάλι ένα στοιχείο που ονομάζεται MODEL – EXTERNAL DOOR και για την κατασκευή της επιλέγεται ο δρυς, ένα ιδιαίτερα ανθεκτικό είδος ξυλείας που χρησιμοποιείται στην Κύπρο σε μεγάλο βαθμό για εξώπορτες, λόγω της υψηλής αντοχής του στις εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Στο λογισμικό επιλέγεται το υλικό Painted Oak, από τον φάκελο Wood, το δε πάχος της εξώπορτας, ορίζεται στα 8 εκατοστά (Εικ. 5.39).



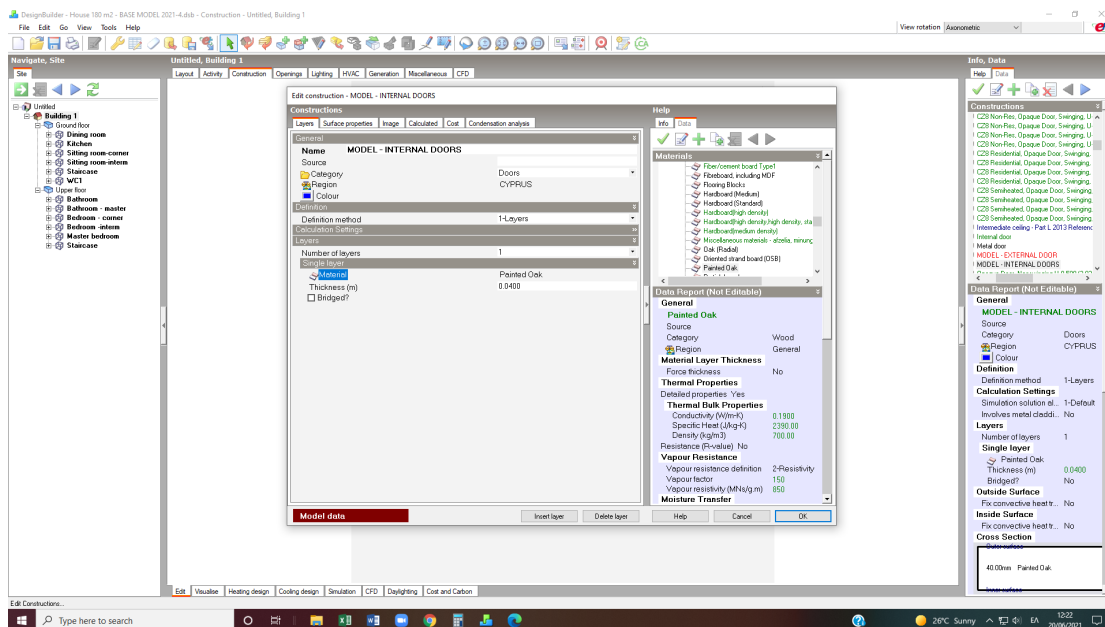
Εικόνα 5.39: Προδιαγραφή από ξύλο δρυ για την εξωτερική πόρτα της τυπικής οικίας.

Οι ιδιότητες που δίνονται στο λογισμικό για τον δρυ, δεν είναι ακριβώς οι ίδιες, αλλά είναι πολύ κοντά σε αυτά που προδιαγράφει και ο οδηγός θερμομόνωσης⁶⁶. Τα χαρακτηριστικά, λοιπόν, του δρυ φαίνονται στον Πίνακα 5.14 και έχουν ως εξής:

Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού (Conductivity)	0.19 W/mK
Ειδική Θερμότητα Cp (Specific Heat)	2390 KJ/KgK
Πυκνότητα (Density)	700 Kg/m ³

Πίνακας 5.14: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά του δρυ.

Για τις μεσόθυρες, δημιουργείται και πάλι ένα στοιχείο που ονομάζεται MODEL – INTERNAL DOORS (Εικ. 5.40). Ως υλικό των μεσόθυρων, επιλέγεται το ίδιο με αυτό της εξώθυρας, δηλαδή δρυς (Painted Oak), με την διαφορά ότι σε αυτήν την περίπτωση προδιαγράφεται πάχος μεσόπορτων 4 εκατοστά.



Εικόνα 5.40: Εισαγωγή δεδομένων μεσόπορτων (εσωτερικών ξύλινων πορτών).

⁶⁶ Ε.α., 114

Ανεμοστεγανότητα - Airtightness

Τέλος, στο Construction Template, ζητείται να καθορισθεί η ανεμοστεγανότητα του μοντέλου. Ανατρέχοντας στον ΜΥΕΑΚ⁶⁷, καθορίζονται οι διάφορες τιμές για το ποσοστό διείσδυσης αέρα (θέρμανσης και ψύξης) για όλων των τύπων τις κατασκευές (Πίν. 5.15).

Πίνακας 16: Παραδείγματα από χαρακτηριστικές διαρροές

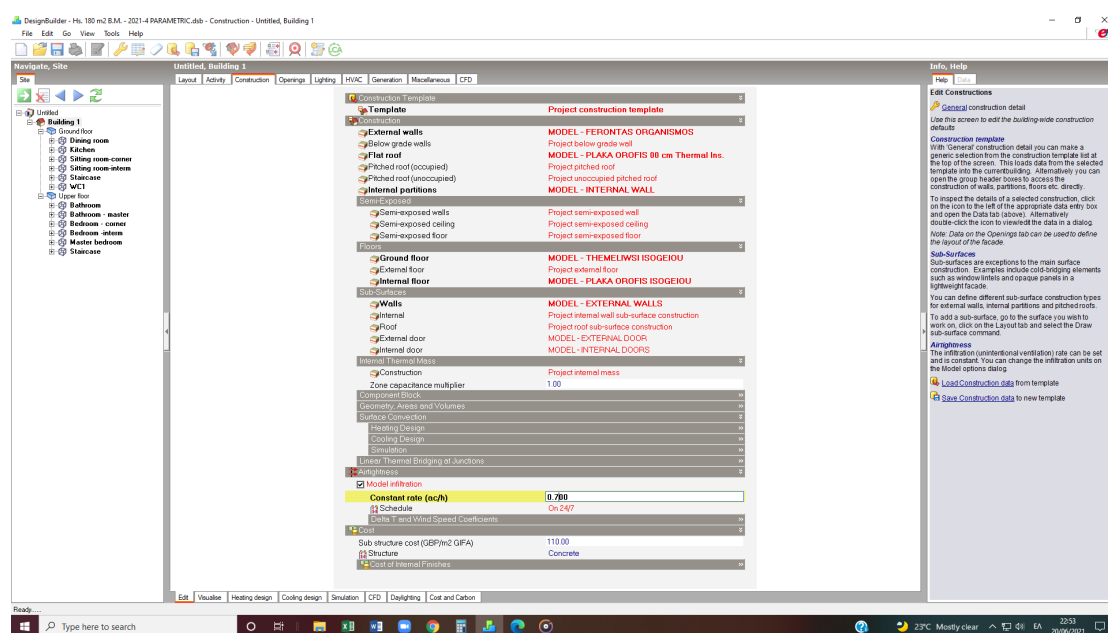
m ³ /ανά m ² εξωτερικού κελύφους (exp n=0.667)				
Επίπεδο διαρροών		Q4Pa	Q10Pa	Q50Pa
Μονομελής οικογένεια	Χαμηλό	0.5	1	2.5
	Μέσο	1	2	5
	Ψηλό	2	3.5	10
Πολυμελής οικογένεια, μη οικιστικά εκτός βιομηχανικά	Χαμηλό	0.5	1	2.5
	Μέσο	1	2	5
	Ψηλό	2	3.5	10
Βιομηχανικά	Χαμηλό	1	2	5
	Μέσο	2	3.5	10
	Ψηλό	1	7	20

Πίνακας 5.15: Καθορισμός ανεμοστεγανότητας ή διείσδυσης αέρα για διάφορους τύπους κατασκευών στον ΜΥΕΑΚ.

Στην έρευνα αυτή, εξετάζεται η αποτελεσματικότητα παθητικών συστημάτων που εφαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος. Σκοπός είναι να καταλήξει η έρευνα στη βέλτιστη λύση εφαρμογής λύσεων ενεργειακής αναβάθμισης του υφιστάμενου, απροστάτευτου, θερμικά, οικιστικού αποθέματος που υπάρχει στην Κύπρο. Θεωρώντας ότι ένας ιδιοκτήτης μίας τέτοιας κατασκευής θα προχωρήσει στην ενεργειακή αναβάθμιση της κατοικίας του, το πρώτο πράγμα που θα αντικαταστήσει θα είναι τα, παλιάς τεχνολογίας αλουμίνια κουφώματα της οικίας του και με σύγχρονα, διπλά μονωμένα με μηχανισμούς θερμοδιακοπής. Σημειώνεται επίσης, ότι δίνονται σημαντικά κίνητρα χρηματοδοτήσεων από το κράτος για τέτοιες εργασίες, νοουμένου ότι ο κάθε ιδιοκτήτης εναρμονιστεί με τις οδηγίες της Υπηρεσίας Ενέργειας.

⁶⁷ Μεθοδολογία Υπολογισμού της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου, Φεβρουάριος 2015, σελ. 48, https://energy.gov.cy/assets/entipo-iliko/MYEAK_KDP33-2015.pdf, ημ. πρόσβασης 12/6/2018, 60 & 61, Πίνακας 16

Κατά συνέπεια, γίνεται η παραδοχή ότι τα κουφώματα αλουμινίου που τοποθετούνται σε τέτοιες περιπτώσεις, θα είναι σύγχρονα και με ιδιαίτερα χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Επομένως για την τιμή στο Airtightness και με βάση τα δεδομένα του ΜΥΕΑΚ, επιλέγεται να μπει ο συντελεστής 0,7 (Εικ. 5.41), μία τιμή που δηλώνει υψηλή ανεμοστεγανότητα και βρίσκεται ανάμεσα στην μεσαία και χαμηλή τιμή του Πίνακα 5.15.



Εικόνα 5.41: Εισαγωγή συντελεστή ανεμοστεγανότητας στο μοντέλο.

Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται ότι το μοντέλο και κατά συνέπεια και τα αποτελέσματα των πειραμάτων θα είναι ακόμα πιο κοντά στην πραγματικότητα, όσον αφορά τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας των διαφόρων συστημάτων παθητικής προστασίας του εξωτερικού κελύφους που θα ελεγχθούν.

5.4.5 Ανοίγματα – Κουφώματα (Openings)

Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο που πρέπει να καθοριστεί στο μοντέλο σχετικά με τα ανοίγματα, είναι το ποσοστό της επιφάνειας του διαφανούς μέρους του εξωτερικού κελύφους, που το συνθέτουν τα παράθυρα, οι μπαλκονόπορτες και η εξώπορτα σε σχέση με το αδιαφανές μέρος. Ο καθορισμός της αναλογίας αυτής, γίνεται βάση των πινάκων που αναφέρονται στον ΜΥΕΑΚ Κύπρου. Πιο κάτω (Πίν. 5.16), παρατίθεται

αυτούσιος ο πίνακας όπως παρουσιάζεται στον ΜΥΕΑΚ Κύπρου⁶⁸, όπου φαίνονται οι προκαθορισμένες τιμές που υπάρχουν στο κτίριο αναφοράς, το οποίο χρησιμοποιείται συγκριτικά, για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης των κατασκευών στην Κύπρο. Σε αυτό τον πίνακα, στην κατηγορία των οικιστικών κτιρίων, φαίνεται ότι το ποσοστό των ανοιγμάτων δεν πρέπει να ξεπερνά 25% του συνόλου των εξωτερικών επιφανειών της κατοικίας.

Πίνακας Ε4: Εμβαδόν ανοιγμάτων στο κτίριο αναφοράς			
Είδος κτιρίου		Παράθυρα και πόρτες προσωπικού ως % του εμβαδού του εκτεθειμένου τοίχου	Φεγγίτες ως % του εμβαδού της οροφής
Οικιστικά κτίρια (για μόνιμη ή προσωρινή διαμονή)	Κατοικίες	≤25 %	Ίσο με το πραγματικό κτίριο
Χώροι συνέλευσης, γραφεία και καταστήματα	Μη Κατοικίες	≤25 %	Ίσο με το πραγματικό κτίριο
Βιομηχανικά κτίρια και χώροι αποθήκευσης	Μη Κατοικίες	Ίσο με το πραγματικό κτίριο	Ίσο με το πραγματικό κτίριο

Πίνακας 5.16: Τα ποσοστά εμβαδού ανοιγμάτων ανάλογα με τη χρήση μίας κατασκευής, όπως αυτά καταγράφονται στον ΜΥΕΑΚ .

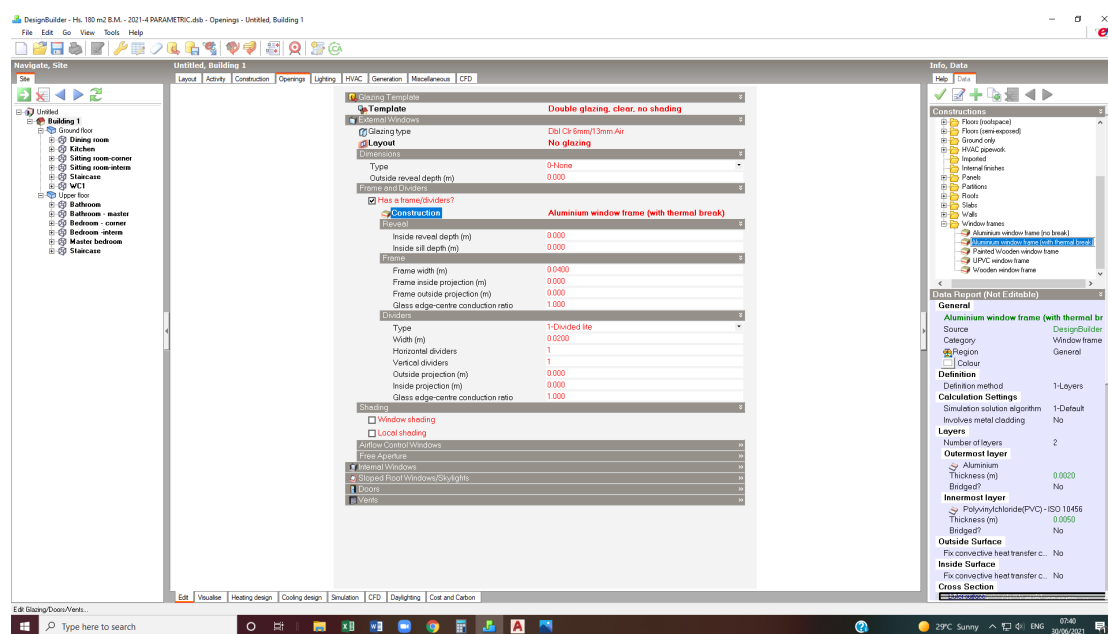
Έτσι, στο μοντέλο που κατασκευάστηκε, για την καλύτερη επίτευξη των πραγματικών συνθηκών στις προσομοιώσεις, έχουν τοποθετηθεί, στο σύνολό τους, ανοίγματα με ποσοστό 22,7% επί του εξωτερικού κελύφους.

Σε αυτήν την κατηγορία, καθορίζονται, επίσης, οι διάφορες παράμετροι που έχουν να κάνουν με το μέγεθος και την τεχνολογία των κουφωμάτων των ανοιγμάτων. Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, η έρευνα επικεντρώνεται στην ενεργειακή αναβάθμιση των αδιαφανών στοιχείων του εξωτερικού κελύφους, κάνοντας την παραδοχή ότι τα κουφώματα είναι αναβαθμισμένα. Κατά συνέπεια, στο Glazing Template, ορίζεται τύπος υαλοστασίων διπλός, με πάχος 6 χιλ. και κενό μεταξύ τους 13 χιλ., Για να γίνει δυνατή η προδιαγραφή των υαλοστασίων και του πλαισίου από τον χρήστη του λογισμικού, θα πρέπει να οριστεί στην κατηγορία External Windows, στο Layout των

⁶⁸ ΜΥ Μεθοδολογία Υπολογισμού της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου, Φεβρουάριος 2015, σελ. 48, https://energy.gov.cy/assets/entipo-iliko/MYEAK_KDP33-2015.pdf, ημ. πρόσβασης 12/6/2018, 94

υαλοπετασμάτων, η επιλογή No Glazing (Εικ. 5.42), αλλιώς σε αντίθετη περίπτωση, το λογισμικό θα ορίσει από μόνο του προκαθορισμένα μοντέλα.

Επίσης, στην κατηγορία Frame and Dividers, ορίζεται η προδιαγραφή του πλαισίου και επιλέγεται να είναι κατασκευή από αλουμίνιο, που αφορά την πληθώρα των κουφωμάτων στις κατασκευές της Κύπρου. Επιπρόσθετα, λόγω του ότι τα κουφώματα θεωρούνται αναβαθμισμένα, τα πλαίσια πρέπει να καθοριστούν ότι είναι κατασκευασμένα με εξαρτήματα βελτιωμένης θερμικής απόδοσης ή με θερμοδιακοπή. Έτσι, σε ότι αφορά τα πλαίσια και τα καίτια (Frames & Dividers), γίνεται επιλογή στο κουτάκι Has a frame/divider και ανοίγοντας τις επιλογές στο Construction, από τον φάκελο Window frame, επιλέγεται το Aluminium window frame (with thermal brake) (Εικ. 5.42).

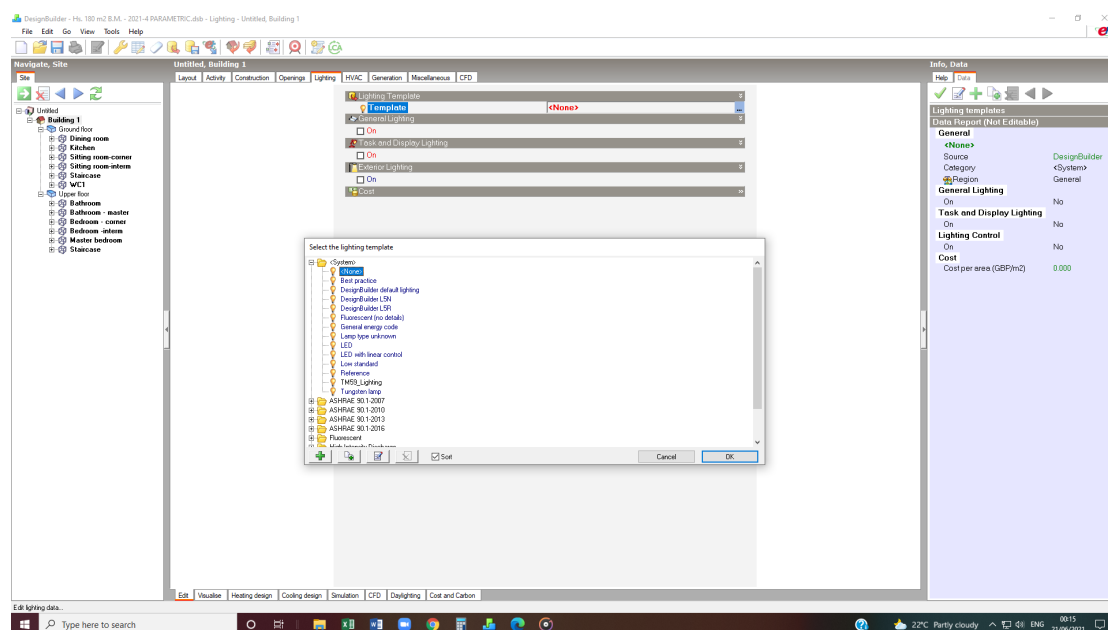


Εικόνα 5.42: Προδιαγραφή των κουφωμάτων από αλουμίνιο με εξαρτήματα θερμοδιακοπής (thermal break)

5.4.6 Φωτισμός (Lighting)

Στην καρτέλα του φωτισμού (tab Lighting) στα πρότυπα φωτισμού (Template Lighting), όπως ήδη εξηγήθηκε πιο πάνω, στην παράγραφο για τη δραστηριότητα (Activity), θα πρέπει όλες οι επιλογές να είναι απενεργοποιημένες. Έτσι, στο επίπεδο Building που αφορά όλο το μοντέλο, στην πρώτη επιλογή προτύπου φωτισμού (Lighting Template), επιλέγεται από τον φάκελο System, το None και στις επόμενες τρεις επιλογές δεν

επιλέγεται κανένα κουτάκι, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.43, για να είναι όλα απενεργοποιημένα (off).



Εικόνα 5.43: Όλες οι επιλογές φωτισμού απενεργοποιούνται για να μην επηρεάζουν τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων.

5.4.6 Μηχανολογικά συστήματα θέρμανσης - ψύξης (HVAC)

Στα πρότυπα αυτά (Template), ορίζονται τα μηχανολογικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης. Η χρησιμότητα του καθορισμού αυτών των συστημάτων έγκειται στο γεγονός ότι, μέσω των καταναλώσεων των συστημάτων αυτών για κάθε σύστημα που θα εφαρμόζεται, θα καθορίζεται και η αποτελεσματικότητα του κάθε συστήματος παθητικής προστασίας. Ποσοτικοποιείται δηλαδή, η απόδοση του κάθε συστήματος σε φορτία κατανάλωσης των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης και θα μπορούν τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων να συγκριθούν αφενός, με το Βασικό Μοντέλο, και αφετέρου, μεταξύ τους για τον προσδιορισμό, εν τέλει, της βέλτιστης λύσης παθητικής προστασίας.

Για τον καθορισμό του είδους των συστημάτων που θα οριστούν στα πρότυπα των μηχανολογικών συστημάτων θέρμανσης - ψύξης (HVAC Template), αλλά και των αποδόσεών τους, θα χρησιμοποιηθούν οι πληροφορίες που αναφέρονται στον

ΜΥΕΑΚ (Πίν. 5.17)⁶⁹ και χρησιμοποιούνται στο κτίριο αναφοράς του Κυπριακού λογισμικού iSBEM. Ο λόγος είναι ότι το εν λόγω λογισμικό, είναι αυτό που χρησιμοποιείται, δια νόμου, στην Κύπρο για υπολογισμό και έκδοση Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης κτιρίων. Έτσι, στον Πίνακα 5.17 που ακολουθεί, παρατίθενται στοιχεία που αναφέρονται στις εποχιακές αποδόσεις την Η/Μ συστημάτων (HVAC) για κατοικίες και χρησιμοποιούνται στο κτίριο αναφοράς, σε μία πλήρως κλιματιζόμενη κατοικία. Σημειώνεται ότι το SEER αναφέρεται στο σύστημα ψύξης και στο σύστημα θέρμανσης το SCoP

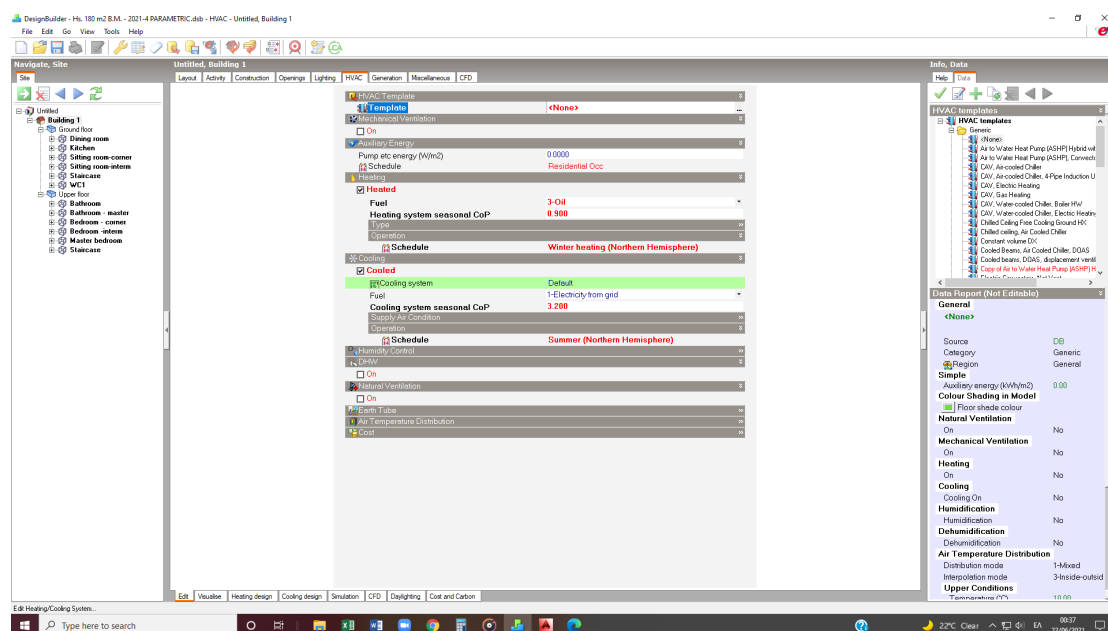
Πίνακας Ε5: Εποχιακές αποδόσεις του συστήματος HVAC στο κτίριο αναφοράς			
Κατοικίες			
Επίπεδο υπηρεσιών		SSEER Ψύξης	SCoP Θέρμανσης
1	Θέρμανση με φυσικό αερισμό	Δεν εφαρμόζεται	0.9
2	Θέρμανση με μηχανικό αερισμό	Δεν εφαρμόζεται	0.9
3	Πλήρως κλιματιζόμενο	3.2	0.9
4	Μεικτό σύστημα εναλλαγής	3.2	0.9
5	Μη θερμαινόμενο με φυσικό αερισμό	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται

Πίνακας 5.17: Εποχιακές αποδόσεις μηχανολογικών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης.

Με βάση, λοιπόν, τα στοιχεία του Πίνακα 5.17, σε μία πλήρως κλιματιζόμενη κατοικία, το σύστημα ψύξης έχει SSEER 3.2 και το σύστημα θέρμανσης SCoP 0,9. Αυτοί οι δείκτες προδιαγράφουν σύστημα ψύξης που δουλεύει με ηλεκτρικό ρεύμα, όπως τα κοινά επίτοιχα κλιματιστικά απομονωμένης μονάδας (split units) και σύστημα θέρμανσης που δουλεύει με λέβητα πετρελαίου.

⁶⁹ Μεθοδολογία Υπολογισμού της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου, Φεβρουάριος 2015, σελ. 48, https://energy.gov.cy/assets/entipo-iliko/MYEAK_KDP33-2015.pdf, ημ. πρόσβασης 12/6/2018,

Για να μπορέσει να προδιαγραφεί το κάθε σύστημα ξεχωριστά, στη πρώτη επιλογή, HVAC Template, μπαίνει στο Template η επιλογή none ώστε να παραληφθούν τα προκαθορισμένα μοντέλα του λογισμικού και ο προσδιορισμός των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης γίνεται με λεπτομέρεια στις επιμέρους ενότητες που ακολουθούν. Έτσι, στο σύστημα θέρμανσης (Heated) προδιαγράφεται καταρχήν το καύσιμο λειτουργίας του συστήματος (στο Fuel), το οποίο είναι το πετρέλαιο. Στη συνέχεια, ζητείται η εποχιακή απόδοση του λέβητα που θα χρησιμοποιηθεί και θα δουλεύει με πετρέλαιο και βάσει του Πίνακα 5.17, γράφεται το 0,9 (Εικ. 5.44). Αναφορικά με τις ώρες λειτουργίας του συστήματος, στη λειτουργία (Schedule), επιλέγεται από την βιβλιοθήκη του λογισμικού στο φάκελο General η επιλογή Winter heating (Northern Hemisphere) όπως φαίνεται πιο κάτω στην Εικόνα 5.44).



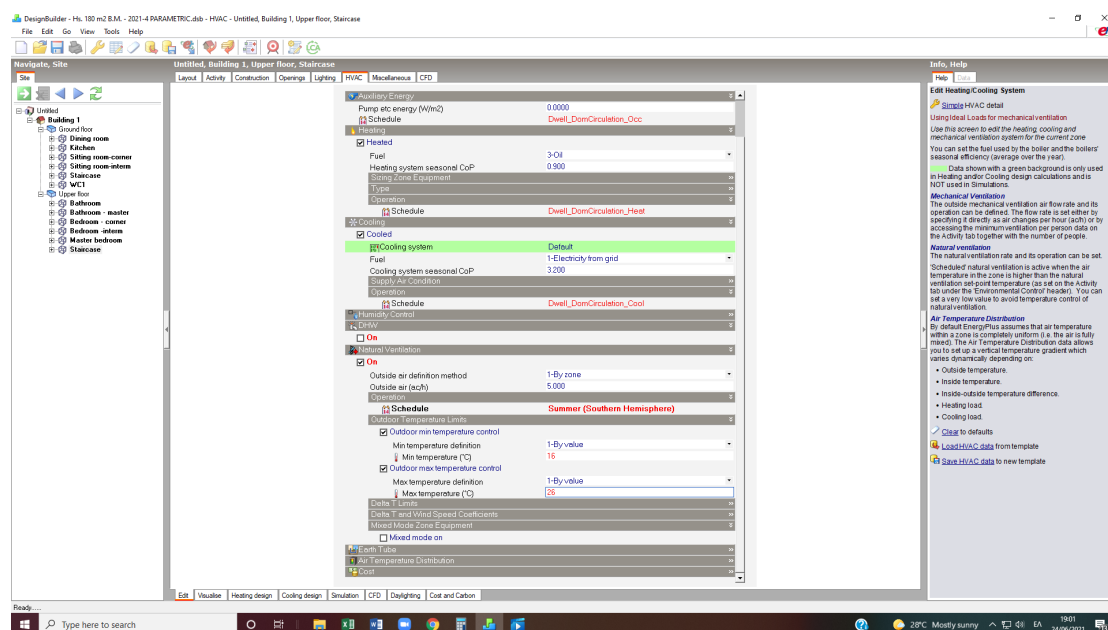
Εικόνα 5.44: Εισαγωγή δεδομένων για τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης που θα έχει το προσομοίωμα της τυπικής οικίας.

Για το σύστημα ψύξης και εφόσον έχει αποφασιστεί να είναι ανεξάρτητες κλιματιστικές μονάδες που δουλεύουν με ρεύμα, επιλέγεται το διασυνδεδεμένο σύστημα (Electricity from grid). Για τον ορισμό της εποχιακής απόδοσης του συστήματος ορίζεται ο συντελεστής 3.2 (Εικ. 5.44), ακολουθώντας και πάλι, τα πρότυπα που αναφέρονται στον ΜΥΕΑΚ (Πίν. 5.17).

Στην κατηγορία για το Ζεστό Νερό Χρήσης (DHW), δεν ενεργοποιείται η παράμετρος (Εικ. 5.44 & Εικ. 5.45), γιατί η συντριπτική πλειοψηφία των κατοικιών στην Κύπρο έχει τοποθετημένα, δια νόμου, ηλιακά πλαίσια που ζεσταίνουν το νερό καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Το νερό αποθηκεύεται σε μικρά κυλινδρικά δοχεία για χρήση του καθ' όλη

τη διάρκεια της ημέρας. Λόγω της πλούσιας ηλιοφάνειας που υπάρχει στην Κύπρο, σχεδόν όλες τις μέρες του χρόνου όλα τα νοικοκυριά έχουν ζεστό νερό από τον ήλιο. Τις πολύ λίγες μέρες που υπάρχει συννεφιασμένος ουρανός, χρησιμοποιείται ηλεκτρικός θερμοσίφωνας για να ζεσταίνει νερό. Αυτό όμως όντως συμβαίνει πάρα πολύ λίγες μέρες τον χρόνο για το λόγο αυτό, η καταναλισκόμενη ενέργεια για Ζεστό Νερό Χρήσης θεωρείται αμελητέα.

Στην κατηγορία του φυσικού αερισμού (Natural Ventilation), ορίζεται ο φυσικός δροσισμός που επιτυγχάνεται μέσω των ανοιγμάτων της οικοδομής κατά την καλοκαιρινή περίοδο, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες αέρα, το επιτρέπουν. Λόγω του στόχου της έρευνας να εξετάσει σενάρια σε κλιματικές συνθήκες που να είναι κατά το δυνατόν πιο κοντά στην πραγματικότητα, επιλέγεται να οριστεί η παράμετρος αυτή με τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτυγχάνεται δροσισμός (να ανοίγουν δηλαδή τα παράθυρα), όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες αέρα είναι κάτω από 26°C. Για να επιτευχθεί αυτό, ενεργοποιείται ο φυσικός αερισμός (Natural Ventilation), πατώντας στο κουτάκι με το 'On' και στην κατηγορία Operation, στο Schedule, ανοίγοντας τις διάφορες επιλογές, μέσα στον φάκελο General, ορίζεται η περίοδος καλοκαίρι για το βόρειο ημισφαίριο (Summer Northern Hemisphere) (Εικ. 5.45).



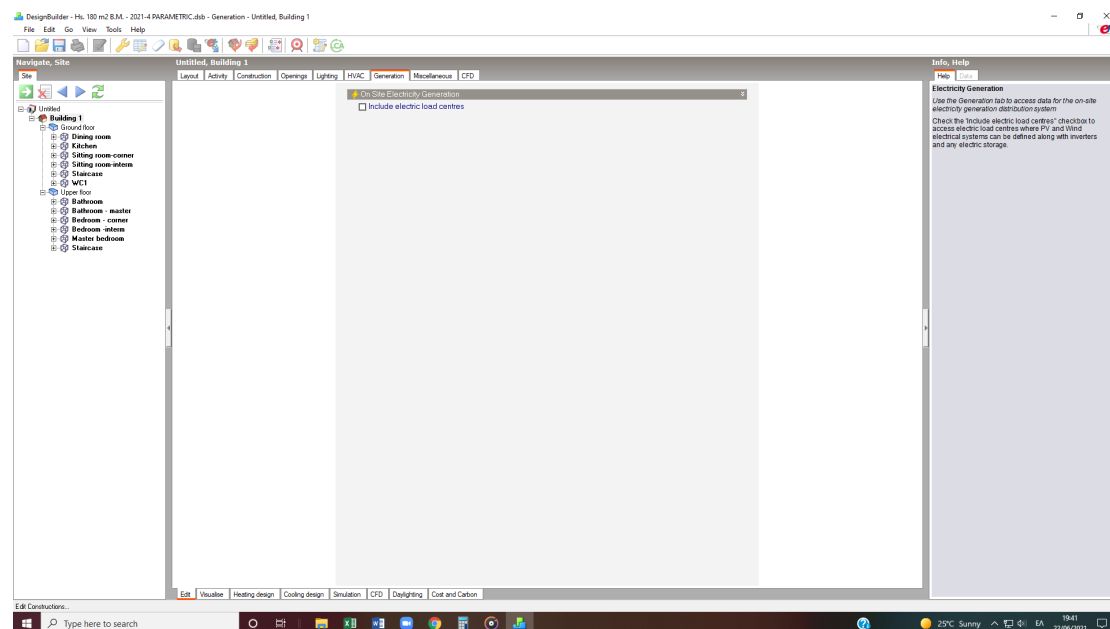
Εικόνα 5.45: Εισαγωγή δεδομένων για θέματα φυσικού αερισμού για συγκεκριμένες ώρες και θερμοκρασίες.

Στη συνέχεια, στην κατηγορία των ορίων εξωτερικών θερμοκρασιών (Outdoor Temperature Limits), ενεργοποιούνται οι μέγιστες και ελάχιστες εξωτερικές θερμοκρασίες κατά τις οποίες θα επιτρέπεται ο φυσικός δροσισμός, μέσω των

ανοιγμάτων. Ως ελάχιστη θερμοκρασία ορίζονται οι 16°C και ως μέγιστη οι 26°C. Η διαδικασία αυτή, προσομοιώνει την συνεισφορά του φυσικού αερισμού στον παθητικό δροσισμό της κατασκευής, μειώνοντας παράλληλα, τα απαιτούμενα φορτία κατανάλωσης των μηχανολογικών συστημάτων για σκοπούς ψύξης των εσωτερικών χώρων.

5.4.7 Παραγωγή Ενέργειας (Generation)

Στο πρότυπο παραγωγής ενέργειας (Template Generation), εισάγονται δεδομένα που έχουν σχέση με την χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Καθότι, η παρούσα έρευνα, δεν εξετάζει αυτήν την παράμετρο, θα πρέπει, η μοναδική επιλογή που υπάρχει στο On Site Electricity Generation, να μείνει απενεργοποιημένη (Εικ. 5.46).



Εικόνα 5.46: Απενεργοποίηση της επιλογής παραγωγής ενέργειας στο μοντέλο, λόγω της μη εξέτασης του παράγοντα της ύπαρξης φωτοβολταϊκών πανέλων.

5.4.8 Miscellaneous & CFD

Στα τελευταία δύο Templates, δεν αλλάζει/διαφοροποιείται καμία ρύθμιση γιατί, για το μεν Miscellaneous, όπως αναλύθηκε πιο πάνω, γίνεται προσπάθεια αποφυγής της παραμέτρου των εσωτερικών προσόδων και για τη δε υπολογιστική ρευστομηχανή (Computational Fluid Dynamics CFD), δεν θα πραγματοποιηθούν αντίστοιχες προσομοιώσεις.

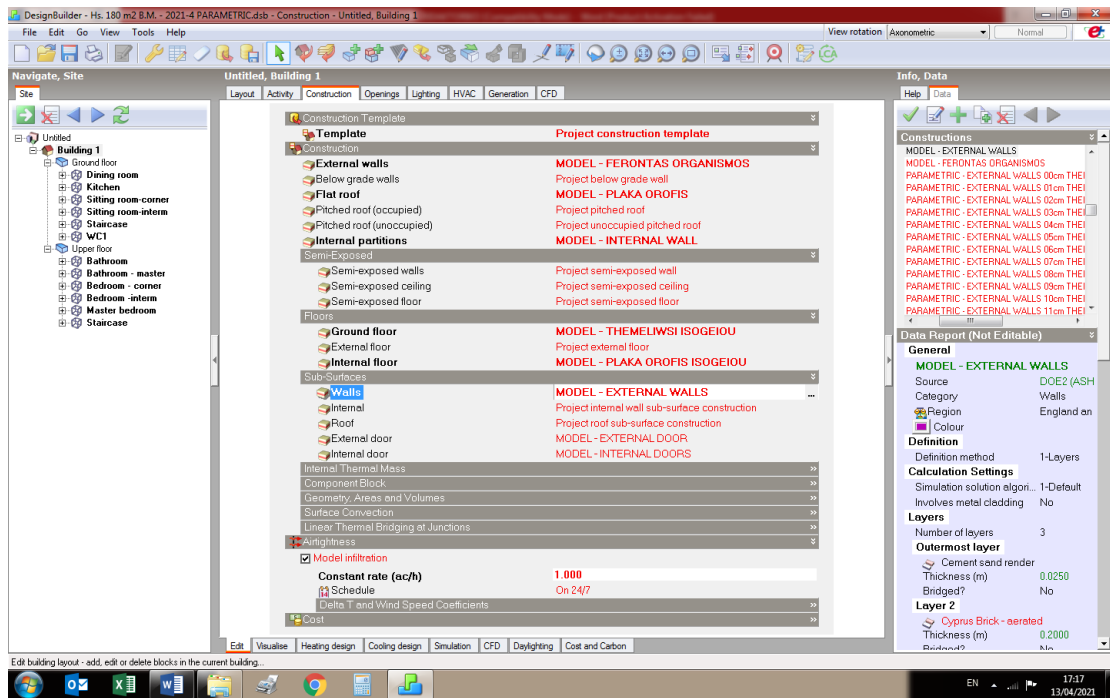
5.5 Παραμετρική προσομοίωση

Το λογισμικό Design Builder, δίνει τη δυνατότητα διεξαγωγής πειραμάτων σε πολλαπλά σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης του εξωτερικού κελύφους μέσω μίας παραμετρικής διαδικασίας. Όταν χρειάζεται, για παράδειγμα, να αξιολογηθεί η θερμική προστασία που προσφέρει ένα θερμομονωτικό υλικό σε ένα στοιχείο του εξωτερικού κελύφους, μέσω της παραμετρικής διαδικασίας του λογισμικού, δίνεται η δυνατότητα να εξεταστούν ταυτόχρονα πολλαπλά σενάρια με προσθήκη διαφορετικού πάχους, κάθε φορά, του θερμομονωτικού υλικού.

Για παράδειγμα, παρουσιάζεται πιο κάτω, η περίπτωση που χρειάζεται να εξεταστεί η αποδοτικότητα που προσφέρει η προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας και εξετάζονται σενάρια προσθήκης θερμομόνωσης από 1 εκ. μέχρι 15 εκατοστά. Η ίδια διαδικασία χρησιμοποιήθηκε σε όλα τα πειράματα στα οποία αξιολογήθηκε η προσθήκη θερμομονωτικού υλικού και συγκεκριμένα εξηλασμένης πολυστερίνης στα στοιχεία που συνθέτουν το εξωτερικό περίβλημα της τυπικής Κυπριακής οικίας.

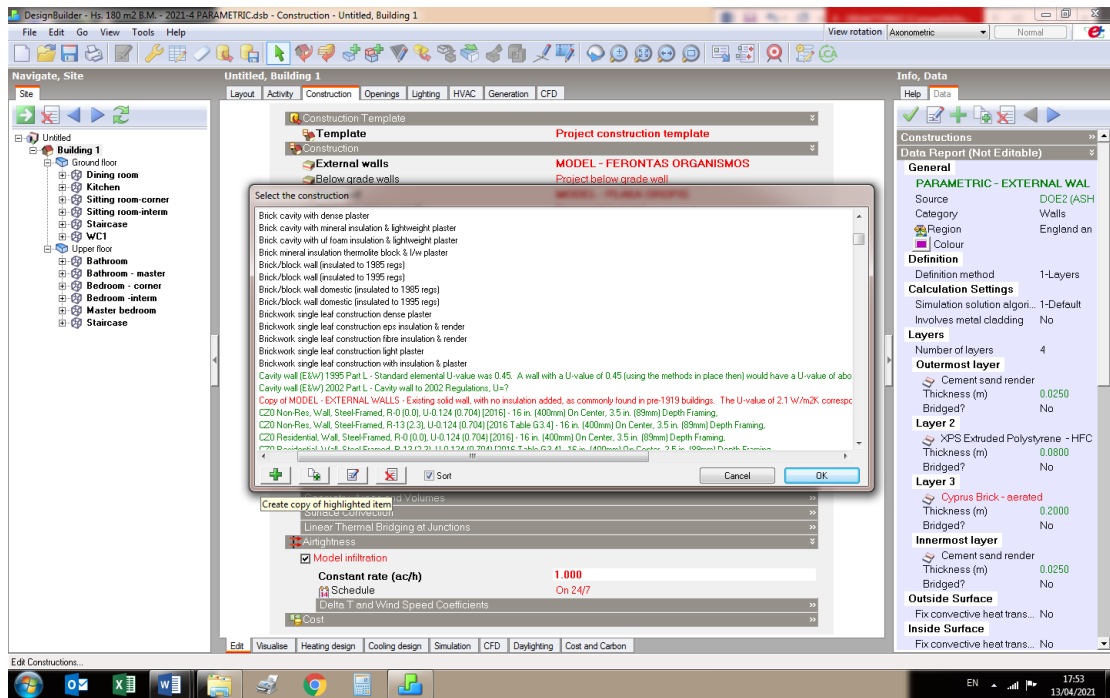
Διαδικασία παραμετρικής προσομοίωσης προσθήκης εξηλασμένης πολυστερίνης στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας πάχους από 1 εκ. μέχρι 15 εκ.

Η διαδικασία για να μπορέσει να μπει σε εφαρμογή προϋποθέτει την εξ' αρχής δημιουργία, του κάθε τοίχου που χρειάζεται να αξιολογηθεί, μέσα στη βιβλιοθήκη των εξωτερικών τοιχοποιιών του λογισμικού. Για να γίνει αυτό, βρισκόμενος στο Navigate, Site και έχοντας επιλεγμένο το Building, επιλέγεται στο Edit το Construction Tab και εμφανίζονται όλα τα στοιχεία τα οποία συνθέτουν το μοντέλο που έχει δημιουργηθεί. Στο Sub-Surfaces, υπάρχει στο Walls ο αρχικός τύπος της εξωτερικής τοιχοποιίας του βασικού μοντέλου ο MODEL EXTERNAL WALLS οποίος δεν έχει καμία θερμομόνωση. Πατώντας πάνω στον τοίχο ανοίγουν δεξιά τρεις τελείες.



Εικ. 5.47. Επιλογή του εξωτερικού τοίχου του μοντέλου.

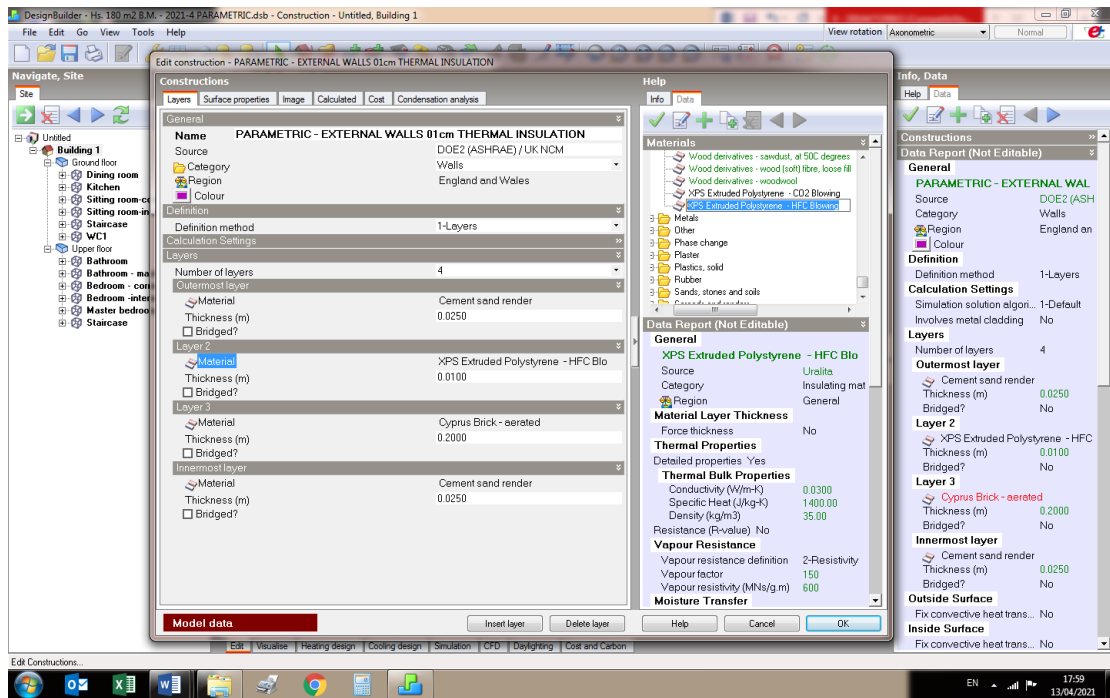
Πατώντας πάνω στις τρεις τελείες, ανοίγουν όλα τα στοιχεία του μοντέλου και πηγαίνοντας στο folder Walls, ανάμεσα σε όλες τις προκατασκευασμένες επιλογές τοίχων που έχει το λογισμικό, εμφανίζεται και ο τοίχος του συγκεκριμένου μοντέλου, που έχει ήδη κατασκευαστεί, ο MODEL EXTERNAL WALLS. Αφού γίνει η επιλογή του (Εικ. 5.47), δημιουργείται ένα αντίγραφο του πατώντας κάτω αριστερά στον διάλογο που έχει ανοίξει το εικονίδιο Copy of highlighted item (Εικ. 5.48).



Εικόνα 5.48: Δημιουργία αντιγράφου του βασικού τοίχου για να χρησιμοποιηθεί ως βάση για την επεξεργασία και δημιουργία των πολλαπλών τοίχων που θα αξιολογηθούν παραμετρικά.

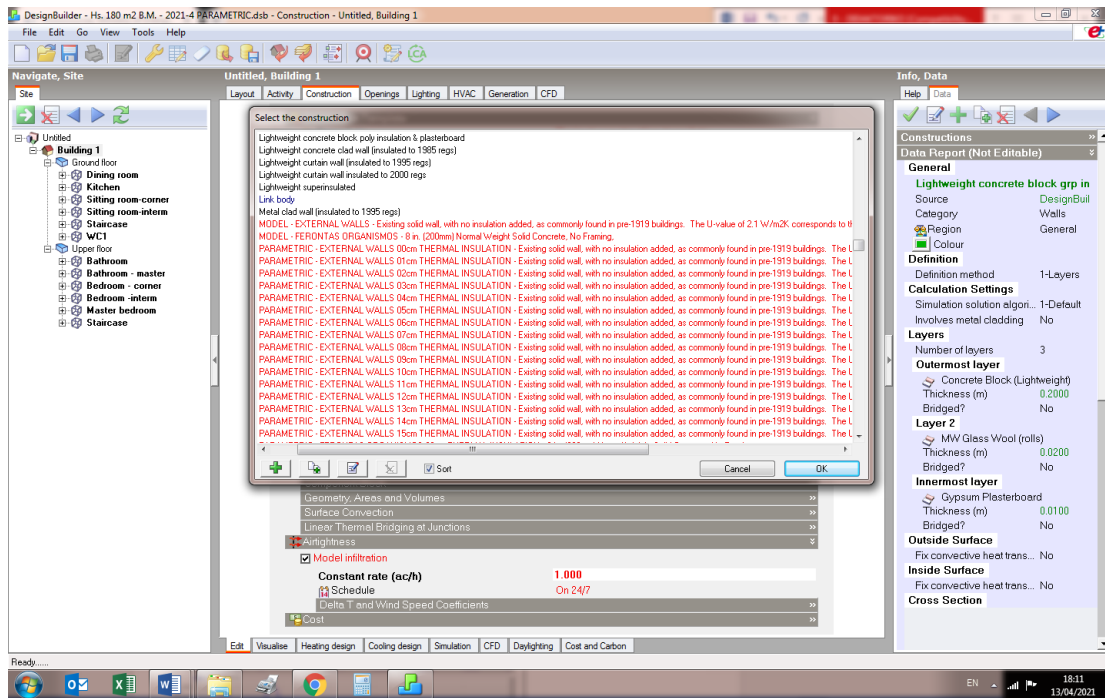
Το αντίγραφο δημιουργείται και στη συνέχεια, επιλέγοντάς το και πατώντας το επόμενο εικονίδιο επεξεργασίας επιλεγμένων δεδομένων (Edit selected data), ανοίγει ένας διάλογος στον οποίο μπορούν να γίνουν οι επιθυμητές αλλαγές στον συγκεκριμένο τοίχο (Εικ.5.49). Εφόσον ο σκοπός είναι να προστεθεί στην εξωτερική πλευρά του τοίχου θερμομονωτικό υλικό, επιλέγεται το insert layer και προστίθεται ένα καινούριο layer στην θέση 2 το οποίο βρίσκεται αμέσως μετά το εξωτερικό επίχρισμα (Εικ. 5.49). Εκεί επιλέγεται το υλικό XPS Extruded Polystyrene - HFC Blowing το οποίο έχει τα ίδια θερμοφυσικά χαρακτηριστικά με την εξηλασμένη πολυστερίνη που χρησιμοποιείται στην Κύπρο, όπως αυτά περιγράφονται στον Οδηγό θερμομόνωσης κτιρίων⁷⁰.

⁷⁰ Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργειακής, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, <https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomosis-ktiriwn-2h-ekdosi-pinakas-diorthosewn.pdf> , ημ. πρόσβασης 16/4/2016



Εικόνα 5.49: Προδιαγραφή στην βιβλιοθήκη του μοντέλου των υλικών που αποτελούν τους τοίχους που θα αξιολογηθούν.

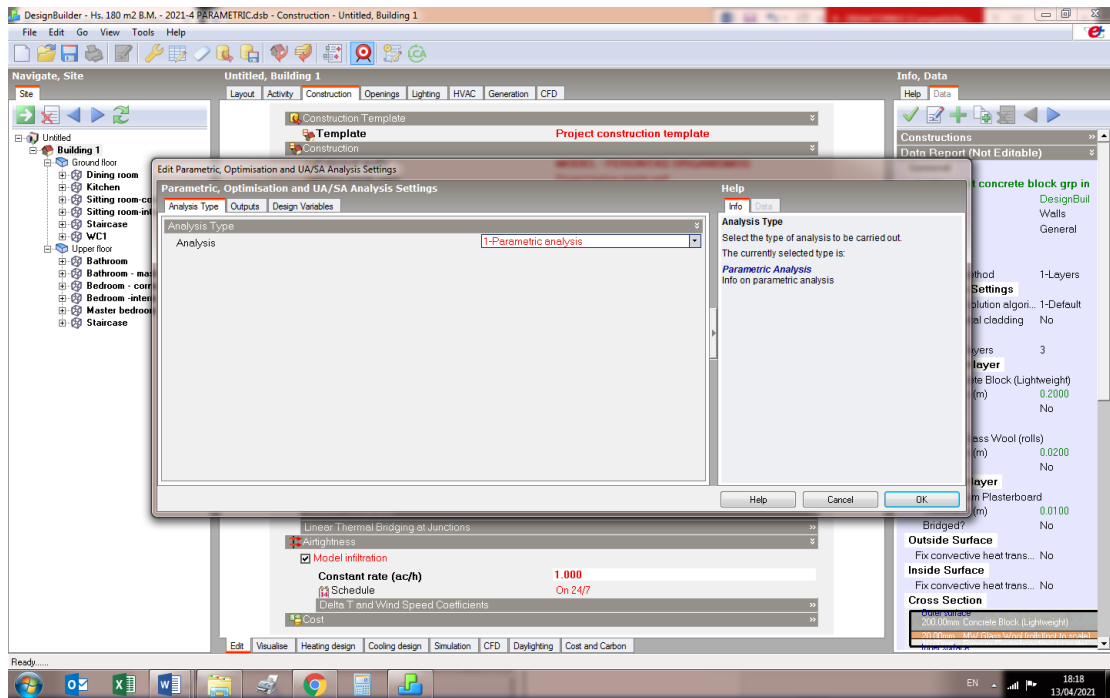
Αφού επιλεγεί το υλικό, δίνεται νέο όνομα στον τοίχο, PARAMETRIC - EXTERNAL WALLS 01cm THERMAL INSULATION και στη συνέχεια καθορίζεται και το πάχος του, που στην προκειμένη περίπτωση είναι 1 εκατοστό (Εικ. 5.49). Πατώντας το OK, ολοκληρώνεται η διαδικασία κατασκευής τους τοίχους και αυτός αποθηκεύεται με το νέο όνομα. Στη συνέχεια επαναλαμβάνεται η πιο πάνω διαδικασία για την κατασκευή αντίστοιχου τοίχου με προσθήκη 2 εκατοστών εξηλασμένης πολυστερίνης και μετά με 3 εκατοστά και συνεχίζεται, μέχρι να κατασκευαστούν όλες οι επιλογές που χρειάζεται να αξιολογηθούν. Στην παρούσα έρευνα, στο συγκεκριμένο παράδειγμα δημιουργήθηκαν αντίστοιχες εξωτερικές τοιχοποιίες με πάχη θερμομονωτικού υλικού μέχρι τα 15 εκατοστά (Εικ. 5.50).



Εικόνα 5.50: Ολοκλήρωση της δημιουργίας όλων των τοίχων που θα αξιολογηθούν στην παραμετρική προσομοίωση.

Με την ολοκλήρωση της “κατασκευής” όλων των τοιχοποιιών που θα αξιολογηθούν μπορεί, πλέον, να ξεκινήσει η διαδικασία της παραμετρικής προσομοίωσης.

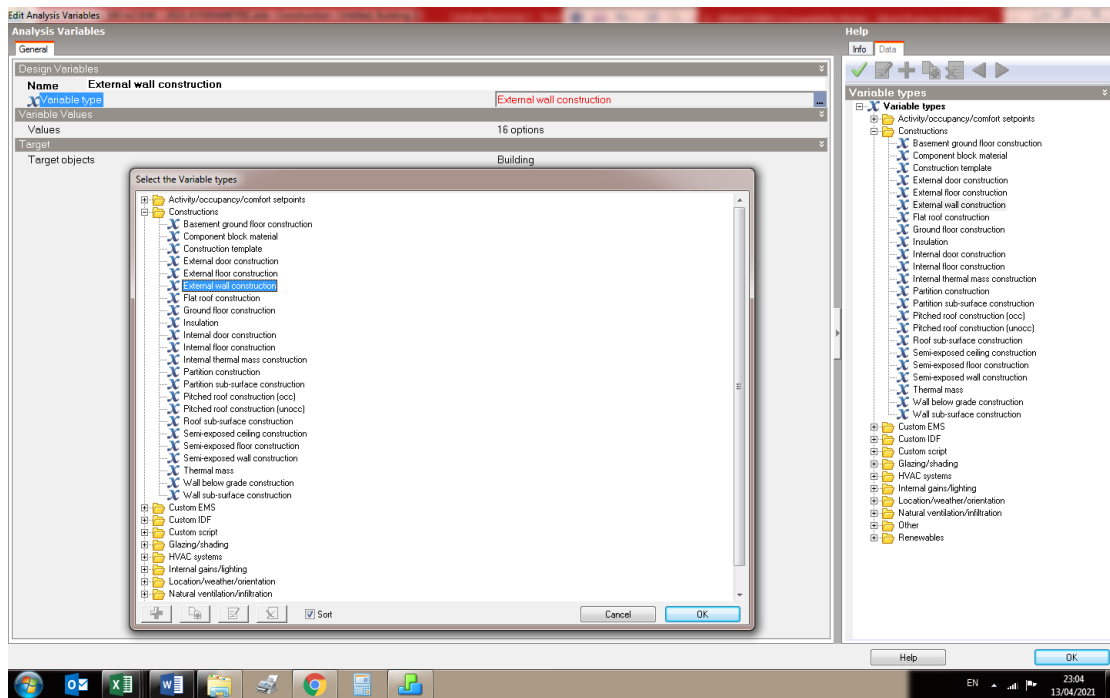
Επιστρέφοντας στην αρχική σελίδα, επιλέγεται, από το command bar, το εικονίδιο Parametric, Optimisation and UA/SA Analysis Settings, που μοιάζει έναν κόκκινο στόχο. Ανοίγουν 3 επιλογές και πρέπει στην πρώτη, στην οποία καθορίζεται ο τύπος της ανάλυσης που θα γίνει (Analysis Type), να γίνει επιλεγεί το 1-Parametric analysis (Εικ. 5.51).



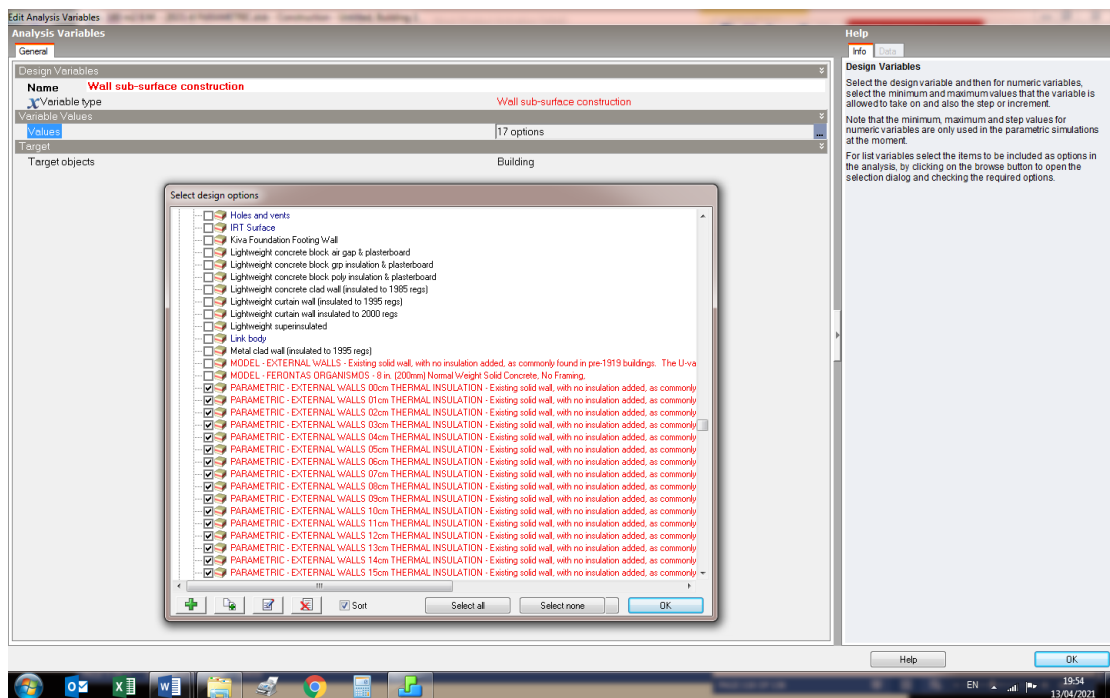
Εικόνα 5.51: Έναρξη της διαδικασίας της παραμετρικής προσομοίωσης με την αντίστοιχη επιλογή στον τύπο της επιθυμητής ανάλυσης.

Στη συνέχεια στο Outputs επιλέγεται ο τύπος των αποτελεσμάτων που χρειάζεται. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα σβήνονται οι προεπιλεγμένες ρυθμίσεις του λογισμικού και γίνεται προσθήκη των αποτελεσμάτων που χρειάζονται, πατώντας το κουμπί με τον πράσινο σταυρό Add Output, όπου ανοίγουν οι διάφορες επιλογές αποτελεσμάτων που μπορεί να υπολογίσει το λογισμικό και για το συγκεκριμένο παράδειγμα επιλέγεται στα objectives, από τον φάκελο, Energy and Loads, τα φορτία για ψύξη με την χρήση ρεύματος, Cooling (Electricity).

Για να ολοκληρωθεί η διαδικασία και να ξεκινήσει το πρόγραμμα να υπολογίζει τα φορτία για ψύξη και τον τρόπο με τον οποίο αυτά μεταβάλλονται ανάλογα με το πάχος της θερμομόνωσης που προστίθεται στην εξωτερική τοιχοποιία, πρέπει να γίνει, στο Tab, Design Variables, η επιλογή των τοίχων που έχουν δημιουργηθεί για τον σκοπό της παραμετρικής προσομοίωσης. Έτσι, γίνεται διαγραφή των προεπιλεγμένων ρυθμίσεων, όσον αφορά τα Design Variables και γίνεται νέα επιλογή στο Variable type στο folder Constructions και επιλέγεται το External wall construction, μέσα στο οποίο περιλαμβάνονται οι εξωτερικοί τοίχοι που θα ελεγχθούν (Εικ. 5.52).



Εικόνα 5.52: Επιλογή του φακέλου μέσα στον οποίο έχουν αποθηκευτεί οι επιλογές των τοίχων που θα αξιολογηθούν.

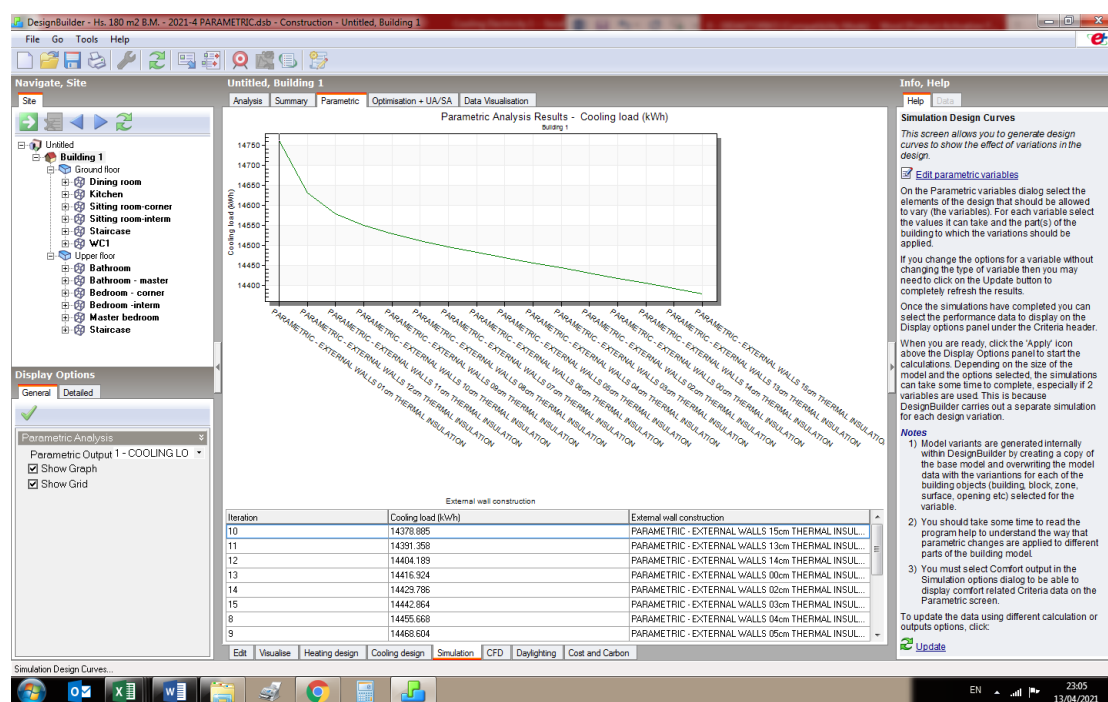


Εικόνα 5.53: Επιλογή όλων των τοίχων που θα αξιολογηθούν

Στη συνέχεια, στα Variable Values, στις επιλογές (options) και στον διάλογο που ανοίγει, δίνεται η δυνατότητα επιλογής όλων των τοίχων που χρειάζεται να αξιολογηθούν. Πριν γίνει κάποια επιλογή, επειδή το λογισμικό κάποτε έχει προεπιλεγμένα στοιχεία, σβήνονται οι όποιες επιλογές πιθανόν να υπάρχουν πατώντας στο κάτω μέρος, στην εντολή select none. Ακολούθως, μπαίνοντας στο

φάκελο (folder) Walls, γίνεται επιλογή των τοίχων που έχουν δημιουργηθεί με τα διαφορετικά πάχη θερμομόνωσης, επιλέγοντάς τους στο κουτάκι αριστερά από τον κάθε τοίχο (Εικ. 5.53).

Στον επόμενο διάλογο που ανοίγει, στο Variable Option Order, γίνεται ρύθμιση των επιλογών με βάση τη σειρά που είναι επιθυμητό να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα και ακολούθως, αφού εμφανιστεί η αρχική οθόνη, γίνεται επιλογή στην εντολή Simulation και ξεκινά η προσομοίωση όλων των επιλογών που έχουν δοθεί για αξιολόγηση. Στην περίπτωση που για κάποιο λόγο δεν ξεκινήσει η παραμετρική προσομοίωση, θα πρέπει να τρέξει ένα απλό simulation, με ένα υλικό και μετά το πρόγραμμα θα επιτρέψει να προχωρήσει η ανάλυση και ο παραμετρικός υπολογισμός. Όταν ολοκληρωθεί η παραμετρική προσομοίωση, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα όλων των τοιχοποιιών μαζί, είτε σε μορφή γραφικής παράστασης (Εικ. 5.54), είτε σε πίνακα δεδομένων.



Εικόνα 5.54: Παρουσίαση συγκριτικών αποτελεσμάτων παραμετρικής προσομοίωσης.

Αυτό, είναι πολύ βοηθητικό, διότι αφενός, η παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε γραφική παράσταση, προσφέρει άμεση οπτικοποίηση των συγκριτικών αποτελεσμάτων, όπου διακρίνεται πολύ εύκολα η αποτελεσματικότητα του παθητικού συστήματος προστασίας που έχει αξιολογηθεί. Αφετέρου, η δυνατότητα αποθήκευσης των αποτελεσμάτων του πίνακα δεδομένων, δίνει τη δυνατότητα, σε μεταγενέστερο στάδιο που θα έχουν διεξαχθεί πολλαπλά πειράματα, να γίνει παράθεση και συγκριτική

αξιολόγηση των αποτελεσμάτων διαφόρων σεναρίων μαζί, για εξαγωγή ακριβέστερων συμπερασμάτων σχετικά με την αποτελεσματικότητα του κάθε συστήματος.

**ΜΕΡΟΣ Γ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ, ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ, ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΕΠΙ
ΤΟΥ ΑΔΙΑΦΑΝΟΥΣ ΜΕΡΟΥΣ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΤΟΥ ΒΑΣΙΚΟΥ
ΜΟΝΤΕΛΟΥ, ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ, ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ & ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ – ΠΛΑΚΑ ΟΡΟΦΗ**

6.1 Μεθοδολογία Καθορισμού και Αξιολόγησης Πειραμάτων

Η πειραματική διερεύνηση (παραμετρική επεξεργασία ψηφιακού μοντέλου), εστιάζει στο αδιαφανές μέρος του εξωτερικού περιβλήματος και χωρίζεται σε δύο κατηγορίες:

- Η πρώτη αφορά τα παθητικά συστήματα που εφαρμόζονται στην πλάκα οροφής (δώματος) που αποτελεί το οριζόντιο μέρος του εξωτερικού κελύφους και
- Η δεύτερη κατηγορία αφορά τα συστήματα που αναβαθμίζουν ενεργειακά το κατακόρυφο αδιαφανές μέρος του κελύφους, το οποίο το συνθέτουν το σύνολο των εξωτερικών τοιχοποιιών πλήρωσης και τα κατακόρυφα στοιχεία του φέροντος οργανισμού, που είναι οι τα υποστυλώματα και τα δοκάρια της κατασκευής.

Σε όλα τα πειράματα που διεξάγονται στο μοντέλο, τα ανοίγματα θεωρούνται αναβαθμισμένα, ενεργειακά, με υαλοπίνακες επενδυμένους με φίλτρα χαμηλής εκπομπής (low-emissivity / low-e) και πλαίσια με εξαρτήματα βελτιωμένης θερμικής απόδοσης⁷¹ (με θερμοδιακοπή). Το συγκεκριμένο μέτρο αναβάθμισης δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας έρευνας, καθώς ήδη εφαρμόζεται στο οικιστικό απόθεμα του νησιού και υποστηρίζεται από διάφορα σχέδια επιχορήγησης του Κράτους.

⁷¹ Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργείας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-pinakas-diorthosewn.pdf , ημ. πρόσβασης 16/4/2016, 78-

Επίσης, οι επιλογές που υπάρχουν διαθέσιμες στην Κυπριακή αγορά έχουν να κάνουν περισσότερο με τον προμηθευτή που θα επιλέξει κάποιος για την αναβάθμιση των κουφωμάτων και την τιμή που θα έχουν αυτά, παρά την ποιότητα και την αποτελεσματικότητα των επιλογών, καθώς αυτές καθορίζονται και προδιαγράφονται αυστηρά από την Υπηρεσία Ενέργειας της Κυπριακής Δημοκρατίας, με συγκεκριμένους συντελεστές θερμοπερατότητας (U-Value), τόσο για τα πλαίσια των κουφωμάτων, όσο και για τους υαλοπίνακες αυτών⁷².

Επειδή ο στόχος των πειραμάτων είναι να βρεθεί η βέλτιστη λύση ενεργειακής αναβάθμισης της τυπικής οικίας στον Κυπριακό χώρο, η μεθοδολογία διενέργειας των πειραμάτων εστιάζει στο κάθε σύστημα ξεχωριστά, τόσο στα κατακόρυφα, όσο και στα οριζόντια στοιχεία του εξωτερικού περιβλήματος. Γι' αυτό το λόγο, το κάθε πείραμα παρουσιάζεται και αξιολογείται ξεχωριστά και διενεργείται ανάλυση των δεδομένων, με στόχο την ποσοτικοποίηση της αποτελεσματικότητάς του, στην απροστάτευτη, θερμικά, τυπική Κυπριακή οικία.

Στη συνέχεια, αφού εξαχθούν τα πρώτα συμπεράσματα, επιχειρείται μερική σύνθεση και σύγκριση, όπου αυτό είναι δυνατό, μεταξύ των συστημάτων θερμικής προστασίας και στο τέλος μία συνολική σύγκριση όλων των παθητικών συστημάτων μεταξύ τους, με σκοπό να οδηγηθεί η έρευνα στο βέλτιστο σύστημα προστασίας της τυπικής σημερινής συμβατικής οικίας στο νησί. Ένα, επίσης, σημαντικό στοιχείο που εξηγεί τη μεθοδολογία της επιλογής των υλικών και του είδους των παθητικών συστημάτων που εφαρμόζονται στο μοντέλο, είναι η ευκολία της εφαρμογής τους στην πράξη, το χαμηλό κόστος, καθώς και η διαθεσιμότητα των υλικών στον Κυπριακό χώρο. Ο λόγος είναι η κατάληξη σε μία συνολική πρόταση, που θα βελτιώσει τη θερμική απόδοση των κατοικιών αφενός και αφετέρου να μπορεί να εφαρμοστεί στην πραγματικότητα εύκολα και με λογικό κόστος, έτσι ώστε να μπορέσει η έρευνα αυτή να καταλήξει σε μία πρόταση άμεση, εύκολη και οικονομικά εφαρμόσιμη. Σε κάποιες περιπτώσεις, ωστόσο, λόγω του γεγονότος ότι για το κάθε σύστημα γίνεται προσομοίωση ηλεκτρονική και δεν εμπλέκονται έξοδα και κόστη κατασκευής και εφαρμογής, εξετάζονται και κάποιες περιπτώσεις συστημάτων που στην πράξη πιθανόν να μην είναι και τόσο εύκολη η λειτουργική τους εφαρμογή, απλά και μόνο γιατί παρέχει αυτήν την δυνατότητα το λογισμικό.

72 Κ.Δ.Π. 121/2020, <https://shorturl.at/bnruG>, 432

6.2 Θερμομόνωση

6.2.1 Προσθήκη θερμομόνωσης πάχους 1 έως 15 εκ. επί της πλάκας οροφής.

Το πρώτο πείραμα που διενεργείται αφορά την προσθήκη θερμομονωτικού υλικού επί της πλάκας οροφής. Το θερμομονωτικό υλικό που επιλέγεται είναι η εξηλασμένη πολυστερίνη, η οποία είναι το αποτελεσματικότερο, θερμομονωτικά, υλικό, βάσει του πίνακα δεδομένων των υλικών που καταγράφονται στον Οδηγό θερμομόνωσης Κτιρίων⁷³ και έχει τα πιο κάτω θερμοφυσικά χαρακτηριστικά:

Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού (Conductivity)	0,030 W/mK
Ειδική Θερμότητα Cp (Specific Heat)	0,081 KJ/KgK
Πυκνότητα (Density)	< 20 Kg/m ³

Πίνακας 6.1: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά της εξηλασμένης πολυστερίνης (XPS).

Η εξηλασμένη πολυστερίνη είναι ένα υλικό το οποίο υπάρχει σε αφθονία στην Κυπριακή αγορά από πολυάριθμους προμηθευτές και παραδίδεται σε έτοιμες πλάκες στο εργοτάξιο μεγέθους μέχρι και 0.60 x 2,5 μέτρα σε πάχη μέχρι και 10 εκατοστά. Είναι υλικό ελαφρύ, κόβεται και επεξεργάζεται εύκολα και τοποθετείται με μία σχετικά επίσης, εύκολη και γρήγορη διαδικασία. Τα δεδομένα αυτά καθιστούν την εφαρμογή του υλικού ιδιαίτερα πρακτική και κατά συνέπεια με χαμηλό εργατικό κόστος. Όλα τα πιο πάνω ταυτίζονται απόλυτα με τις απαιτήσεις της μεθοδολογίας επιλογής των συστημάτων και υλικών της παρούσας έρευνας που αναφέρθηκε πιο πάνω, και αφορά λύσεις που θα αξιολογηθούν, οι οποίες είναι οικονομικά συμφέρουσες, κατασκευαστικά εύκολες και άμεσα εφαρμόσιμες.

Η Κυπριακή νομοθεσία έχει καταστήσει, από το καλοκαίρι του 2016⁷⁴, υποχρεωτική την προστασία των πλακών οροφής μίας συμβατικής κατασκευής, με τέτοιες απαιτήσεις (U-Value = 0.40 W/m²K), ώστε με αυτό το υλικό, η προστασία να επιτυγχάνεται με ελάχιστο πάχος 8 εκατοστά. Υπάρχουν, ωστόσο, έρευνες που

⁷³ Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργείας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-pinakas-diorthosewn.pdf , ημ. πρόσβασης 16/4/2016, 116

⁷⁴ Κ.Δ.Π. 119/2016, https://energy.gov.cy/assets/entipo-iliko/KDP119_2016.pdf, 950

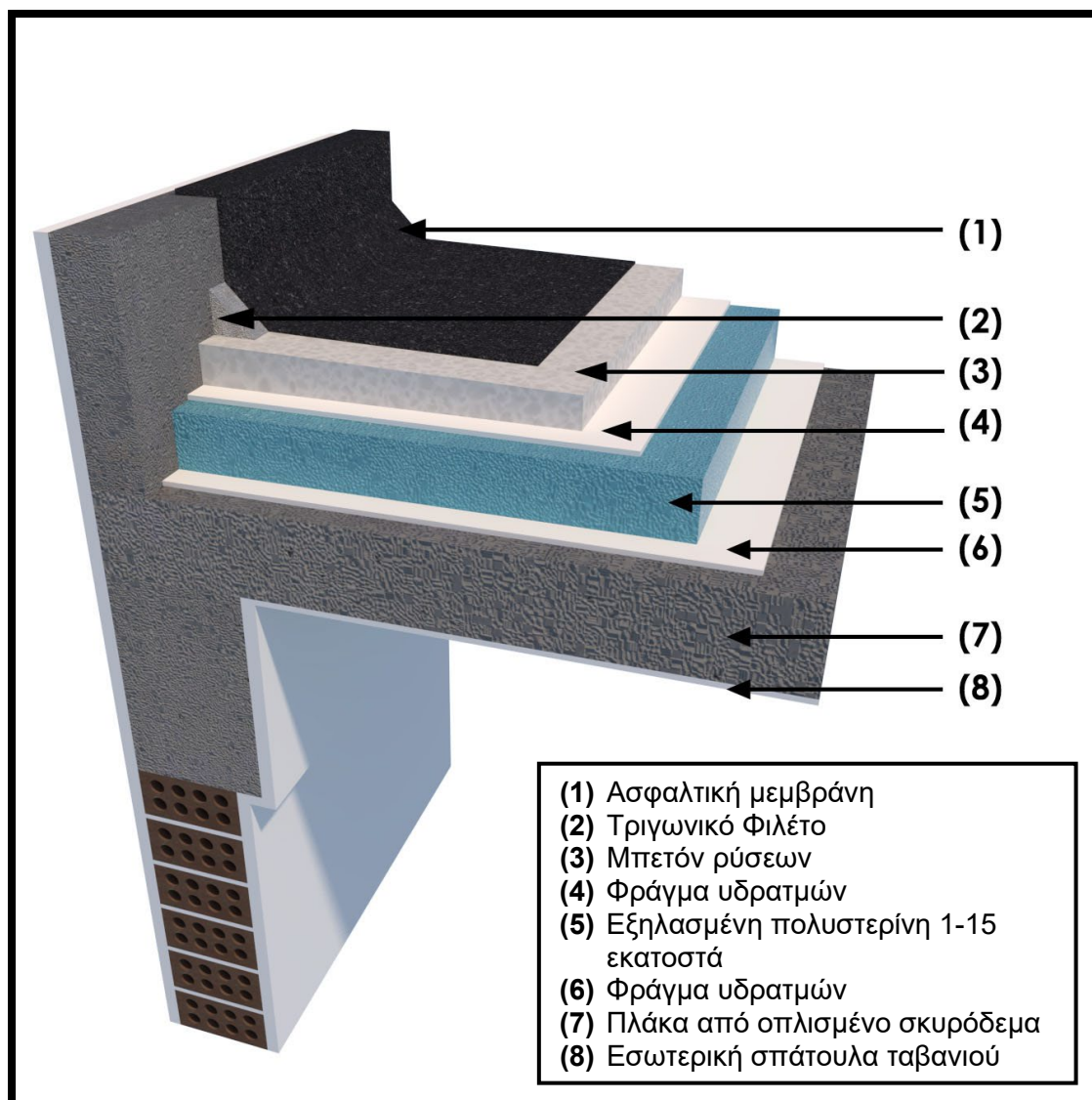
καταδεικνύουν ως βέλτιστο πάχος θερμομόνωσης τα 10 εκατοστά⁷⁵. Με βάση αυτό το δεδομένο, αποφασίστηκε όπως στην παρούσα έρευνα εξεταστούν πάχη μέχρι και 15 εκατοστά προσθήκης εξηλασμένης πολυστερίνης στην πλάκα οροφής, για να αξιολογηθεί και η αποτελεσματικότητα του συστήματος στο διπλάσιο, σχεδόν, πάχος από αυτό που επιβάλλει η ισχύουσα νομοθεσία.

Κατασκευαστικά, η εξηλασμένη πολυστερίνη πρέπει να προστατεύεται για να μπορεί να έχει χρόνο ζωής κοντά στα 100 χρόνια⁷⁶. Για τον λόγο αυτό, μετά την τοποθέτησή της, θα ακολουθήσει μπετόν ρύσεων, πάνω στο οποίο θα επικολληθεί νέα στεγανωτική ασφαλική μεμβράνη με μαρμαροψηφίδα (λευκές ορυκτές ψηφίδες), όπως φαίνεται στην Εικ. 6.1. Καθώς υπάρχει ήδη, από την αρχική φάση κατασκευής της πλάκας, μπετόν ρύσεων, καλόν είναι αυτό να αφαιρεθεί για να μην επιβαρύνεται η πλάκα οροφής με πρόσθετο βάρος πράγμα που αυξάνει τις ροπές που αναπτύσσονται σε περίπτωση σεισμού. Η ενέργεια αυτή σε τέτοιου μεγέθους κατασκευές, μπορεί να ολοκληρωθεί σε μία μέρα, γεγονός που σημαίνει ότι δεν επιβαρύνει με κάποιο σημαντικό κόστος τους ιδιοκτήτες.

Έτσι, με την αφαίρεσή του αρχικού μπετόν ρύσεων και τον καθαρισμό της πλάκας, θα τοποθετηθούν οι θερμομονωτικές πλάκες από εξηλασμένη πολυστερίνη και αφού πάνω και κάτω από αυτές τοποθετηθούν φράγματα υδρατμών για τις συμπυκνώσεις από μεμβράνες πολυθίνης, θα γίνει η σκυροδέτηση νέου μπετόν ρύσεων και στην συνέχεια το όλο σύστημα θα ολοκληρωθεί με την τελική επίστρωση της υγραμόνωσης, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω και φαίνεται στην Εικ. 6.1.

⁷⁵ N. Daouas, "A study on optimum insulation thickness in walls and energy savings in Tunisian buildings based on analytical calculation of cooling and heating transmission loads", στο *Applied Energy* 88 (2011) 156-164, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261910002990> ημ. Πρόσβασης 4/4/2017

⁷⁶ Άνευ συγγραφέα, " Ten facts about Expanded Polystyrene (EPS) insulation to help specifiers, *Designing Buildings*, [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Ten_facts_about_Expanded_Polystyrene_\(EPS\)_in_insulation_to_help_specifiers#5._Durability-](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Ten_facts_about_Expanded_Polystyrene_(EPS)_in_insulation_to_help_specifiers#5._Durability-), Ημ. Πρόσβασης 16/12/2022



Εικόνα 6.1: Τρισδιάστατη απεικόνιση τοποθέτησης εξηλασμένης πολυστερίνης επί πλάκας οροφής από οπλισμένο σκυρόδεμα. Διακρίνονται τα φράγματα υδρατμών πάνω και κάτω από αυτήν, το άοπλο μπετόν ρύσεων και στεγανωτική ασφαλτική μεμβράνη.

6.3 Κυπριακά τυπικά τούβλα

6.3.1 Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 5 έως 50 εκ.

Ενώ είναι γνωστό ότι η εξηλασμένη πολυστερίνη είναι από τα πιο αποδοτικά θερμομονωτικά υλικά λόγω, κυρίως, του ιδιαίτερα χαμηλού συντελεστή χαμηλής αγωγιμότητας (λ) που διαθέτει, θα εξεταστούν και άλλες επιλογές για την θερμική προστασία της πλάκας οροφής για δύο κυρίως λόγους. Ο ένας αφορά την σοβαρή μόλυνση που προκαλεί στο περιβάλλον η εργοστασιακή διαδικασία παραγωγής της

εξηλασμένης πολυστερίνης και συγκεκριμένα η χημική επεξεργασία των πρώτων υλών που χρειάζονται για την παραγωγή της⁷⁷. Ο άλλος λόγος αφορά την αντοχή της εξηλασμένης πολυστερίνης και όλων των αντίστοιχων υλικών που είναι παράγωγα πετρελαίου, στον χρόνο, ειδικά όταν αυτά τοποθετούνται κοντά στην εξωτερική τελική επιφάνεια και δεν ακολουθούν άλλα πιο ανθεκτικά υλικά σημαντικού πάχους, τα οποία θα προστάτευαν την εξηλασμένη πολυστερίνη από τα έντονα καιρικά φαινόμενα ιδιαίτερα κατά την περίοδο του καλοκαιριού.

Έτσι, στα πειράματα που θα διενεργηθούν θα αξιολογηθεί η αποδοτικότητα και άλλων υλικών που έχουν χαμηλότερο ενεργειακό αποτύπωμα προς το περιβάλλον από την εξηλασμένη πολυστερίνη και αντίστοιχων αυτής, όπως αναλύεται στην Εικόνα 6.8 που ακολουθεί πιο κάτω στην παράγραφο 8.4.1. Πρώτα εξετάζεται το τυπικό Κυπριακό τυπικό τούβλο, το οποίο έχει διαστάσεις 10 X 20 X 30 εκατοστά. Είναι διάτρητο και πρόσθετοι λόγοι που συντείνουν στην επιλογή του είναι ότι πρόκειται για υλικό που υπάρχει σε αφθονία στην κυπριακή αγορά και διατίθεται σε χαμηλό κόστος, καθώς υπάρχουν αρκετοί κατασκευαστές και προμηθευτές.

Επίσης, ως υλικό έχει μεγάλη αντοχή στο χρόνο χωρίς να χάνει τις θερμοφυσικές και μηχανικές ιδιότητες του. Τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά του είναι τα πιο κάτω:

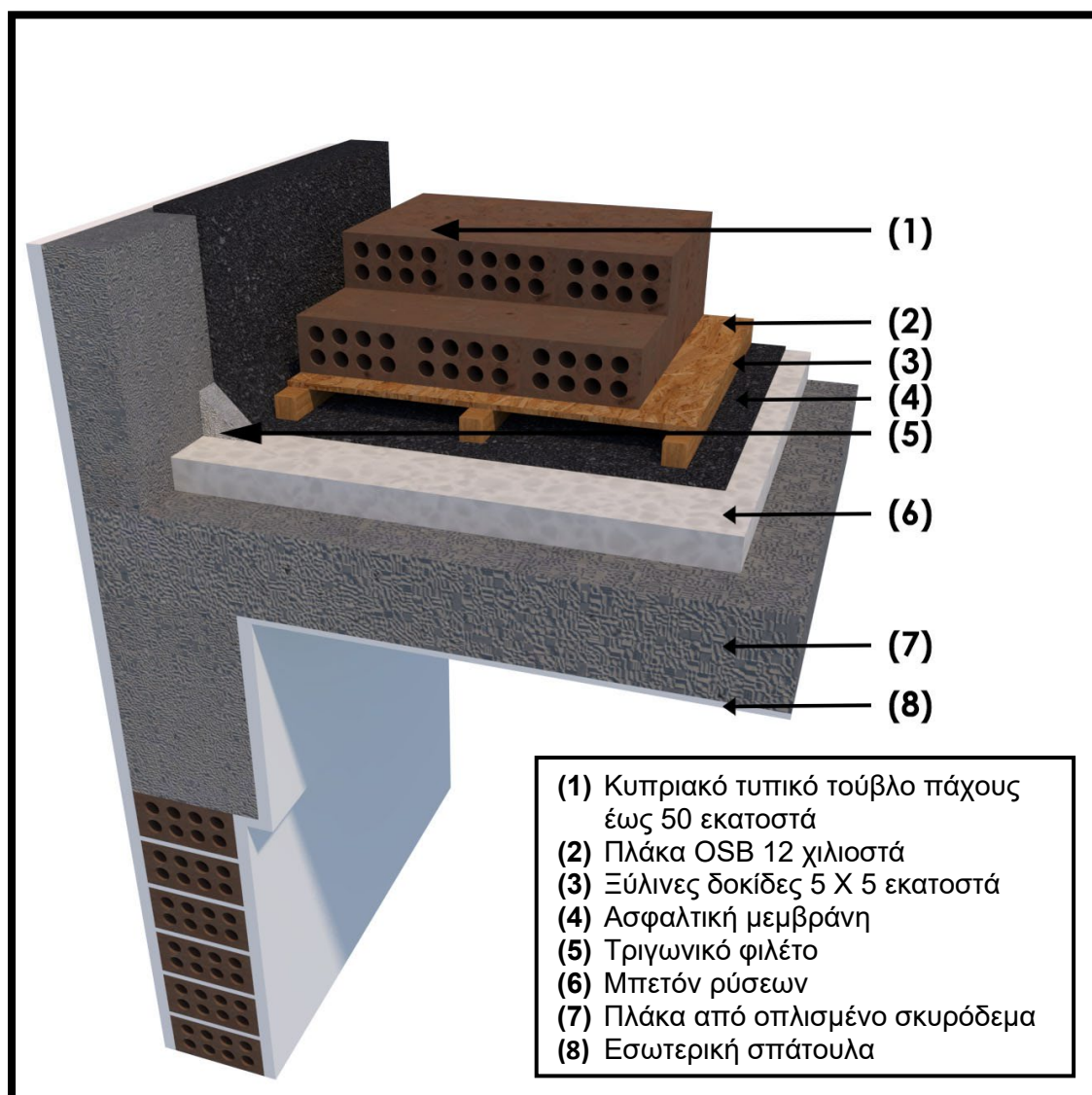
Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού (Conductivity)	0,40 W/mK
Ειδική Θερμότητα Cp (Specific Heat)	1,00 KJ/KgK
Πυκνότητα (Density)	1000 Kg/m ³

Πίνακας 6.2: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά Κυπριακού τυπικού τούβλου.

Αρχικά, επιλέγεται η απλή εναπόθεσή του επί της πλάκας οροφής, λόγω του ότι πρακτικά αποτελεί μία εύκολη και γρήγορη και απλή διαδικασία και κατά συνέπεια και με χαμηλό οικονομικό κόστος. Επειδή τα τούβλα είναι ουσιαστικά πολλά μικρά μεμονωμένα τεμάχια, προτείνεται όπως το φορτίο των τούβλων εναποτεθεί σε πλάκες OSB, οι οποίες θα εδράζονται σε ξύλινα πηχάκια που θα είναι διαστρωμένα στην πλάκα, όπως φαίνεται στην Εικ. 6.2 και δεν θα τραυματίζουν την όποια υγρομόνωση /

⁷⁷ N. Llantoy, M. Chafer, L. Cabeza, "A comparative life cycle assessment (LCA) of different insulation materials for buildings in the continental Mediterranean climate", στο: *Energy & Buildings* Volume 225 (2020) 110323, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778820300311> , ημ. Πρόσβασης 16/12/2019

στεγάνωση υπάρχει. Αυτό δημιουργεί, επίσης, ένα μικρό στρώμα αέρα / διακένου, στο πάχος που θα έχουν οι ξύλινοι πήχεις, το οποίο θα αξιολογηθεί στο επόμενο πείραμα.



Εικόνα 6.2: Τοποθέτηση τούβλων στην πλάκα οροφής

Αναφορικά με το συνολικό πάχος των 50 εκατοστών που επιλέγηκε ως το μέγιστο για το παρόν πείραμα, η κύρια παράμετρος που οδήγησε στην επιλογή αυτή είναι το βάρος του υλικού και πόσο αυτό επιβαρύνει την πλάκα. Με βάση την πυκνότητα του υλικού που φαίνεται στον πίνακα με τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά του τούβλου που παρουσιάστηκε πιο πάνω, με 50 εκατοστά πάχος διάτρητου τυπικού τούβλου επί της πλάκας, ομοιόμορφα διαστρωμένο επί αυτής, προστίθεται ένα βάρος στην πλάκα 500 kg/m^2 ανά τετραγωνικό μέτρο. Το βάρος αυτό αποτελεί το μισό περίπου από αυτό που υπολογίζεται από τους πολιτικούς μηχανικούς βάσει των αντισεισμικών κανονισμών για φορτία πλακών. Συγκεκριμένα υπολογίζεται κινητό φορτίο 200 kg/m^2 με συντελεστή

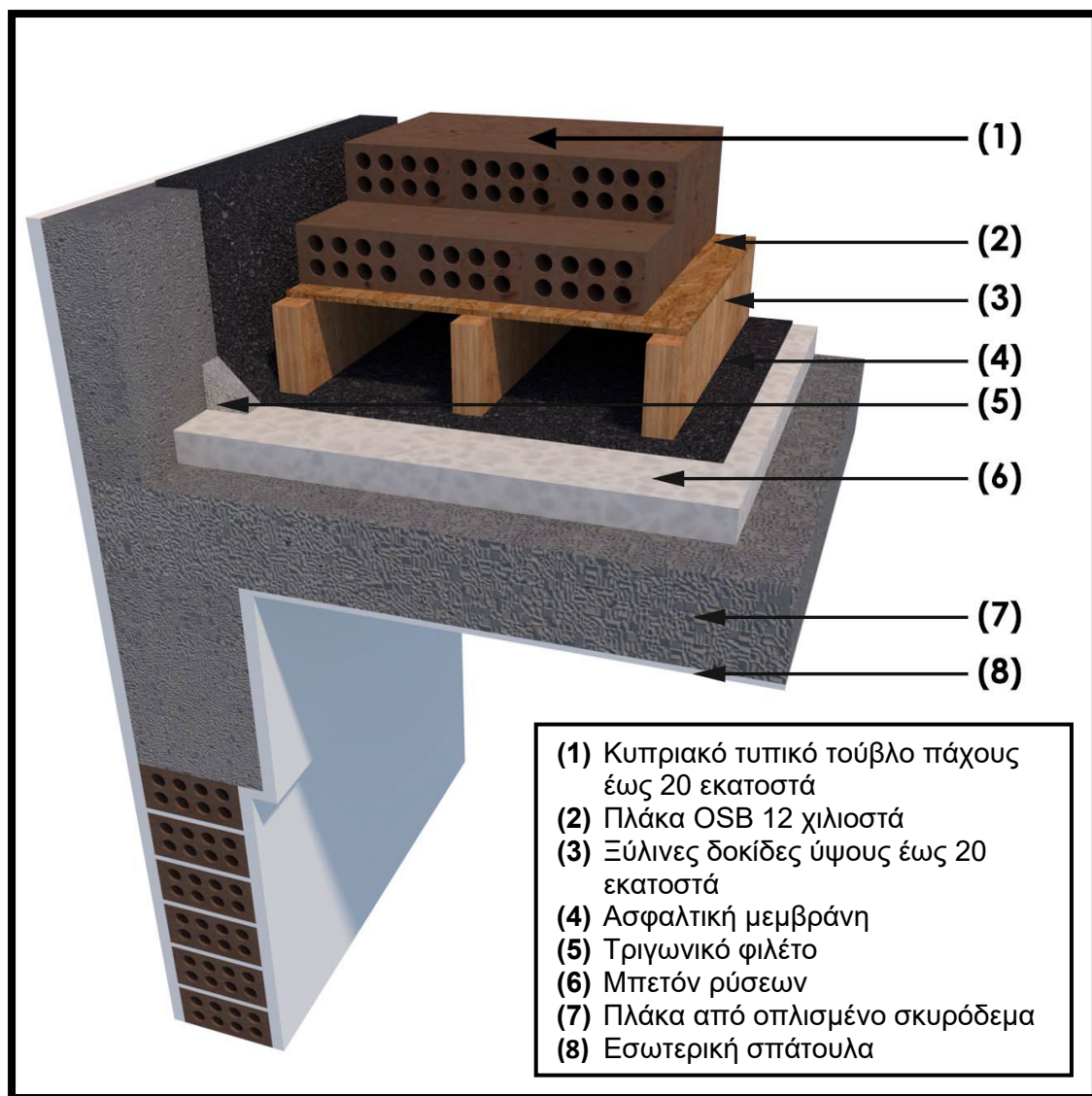
ασφάλειας 1,5 και ακίνητο φορτίο γύρω στα 350 kg/m² με συντελεστή ασφάλειας 1,35⁷⁸. Άρα τα 500 kg/m² στην περίπτωση του πειράματος είναι αρκετά μέσα στα όρια των υπολογιζόμενων φορτίων για τέτοιου είδους κατασκευές.

6.3.2 Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου 10 και 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5 έως 20 εκ.

Στο παρόν πείραμα, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, αξιολογείται η συνεισφορά που έχει το διάκενο, στο προηγούμενο πείραμα, της απλής εναπόθεσης τούβλων σε απόσταση από την πλάκα οροφής. Έτσι εξετάζεται στρώμα από τυπικά τούβλα πάχους 10 και 20 εκατοστών όταν αυτά απέχουν από την πλάκα σε αποστάσεις από 5 έως 20 εκατοστά. Σημειώνεται ότι δεν υπάρχει δυνατότητα στην παραμετρική μελέτη που γίνεται μέσω του λογισμικού, να προσομοιωθεί το διάκενο αυτό ως αεριζόμενο (baffle) και ως εκ τούτου, η συνεισφορά του, περιορίζεται στην επίδραση της όποιας θερμομόνωσης προσφέρει ως στρώμα αέρα.

Κατασκευαστικά, αυτός το σύστημα, χρησιμοποιεί την ίδια λογική του προηγούμενου πειράματος κατά την οποία, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 6.3, τα τούβλα τοποθετούνται σε επιφανειακά ξύλινα στοιχεία. Τα στοιχεία αυτά είναι, και πάλι πλάκες OSB, οι οποίες διατίθενται στην Κυπριακή αγορά σε αφθονία και σε πάρα πολύ μικρό κόστος. Η διαφορά σε αυτό το πείραμα είναι ότι κάτω από τις ξύλινες πλάκες OSB δεν υπάρχουν μικρής διατομής πήχεις, αλλά ξύλινα δοκάρια των οποίων η διατομή μεταβάλλεται για να επιτυγχάνεται η επιθυμητή, κάθε φορά, απόσταση του συστήματος από την πλάκα από τα 5 έως τα 20 εκατοστά (Εικ. 6.3). Τα ξύλινα δοκάρια επίσης, αποτελούν μία ασφαλή επιλογή για την βάση αυτού του συστήματος, η οποία δεν θα τραυματίσει την στεγάνωση της πλάκας.

⁷⁸ Σεισμικός κώδικας για κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα στην Κύπρο, Σύνδεσμος Πολιτικών Μηχανικών και Αρχιτεκτόνων Κύπρου, Λευκωσία 1991



Εικόνα 6.3: Τοποθέτηση Κυπριακών τυπικών τούβλων σε απόσταση από την πλάκα οροφής. Διακρίνεται η ξύλινη κατασκευή που δημιουργεί την απόσταση αλλά και την βάση έδρασης των τούβλων.

Το βάρος του όλου συστήματος στην μέγιστη του διατομή δεν αποτελεί κάποιο πρόβλημα για την κατασκευή, καθώς είναι τέτοιο που επιβαρύνει την πλάκα με 200 kg/m² ανά τετραγωνικό μέτρο, το οποίο είναι σημαντικά χαμηλότερο από το προηγούμενο πείραμα και σχεδόν 4 με 5 φορές μικρότερο από αυτό που εξετάζεται στους αντισεισμικούς υπολογισμούς τέτοιων κατασκευών.

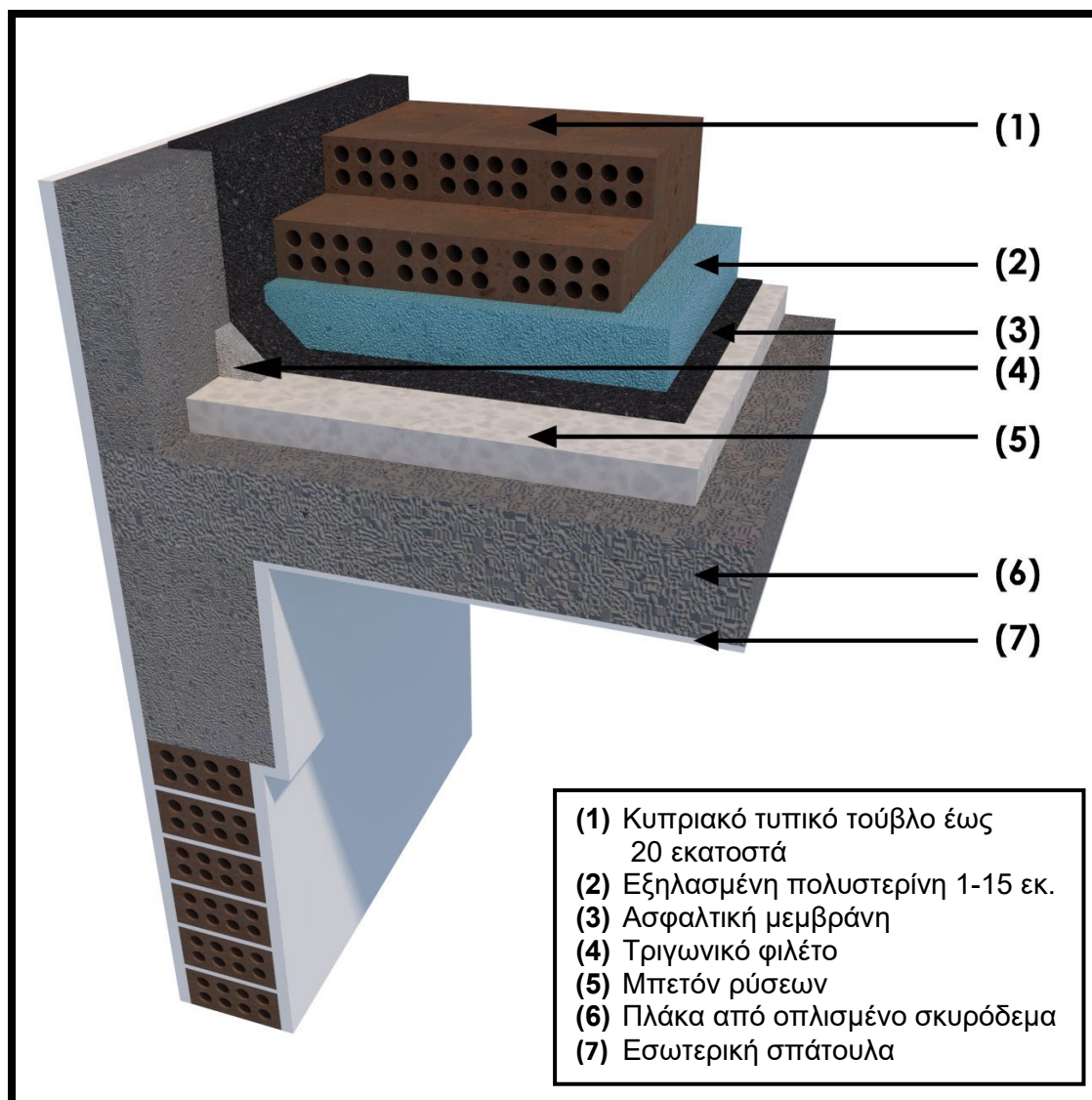
6.3.3 Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου 10 και 20 εκ. με θερμομόνωση 1 έως 15 εκ.

Στη συνέχεια εξετάζεται ένας ακόμη συνδυασμός από τα υλικά που ήδη έχουν αναφερθεί και έχουν χρησιμοποιηθεί στα προηγούμενα πειράματα και αυτά είναι το τυπικό τούβλο και η εξηλασμένη πολυστερίνη (για τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά τους βλ. Πίν. 6.1 & Πίν. 6.2). Με τον πιο πάνω συνδυασμό αξιολογείται η συνεισφορά ενός αμιγούς θερμομονωτικού υλικού στο σύστημα της απλής εναπόθεσης τούβλων επί της πλάκας οροφής.

Κατασκευαστικά, το θερμομονωτικό υλικό μπορεί απλά να τοποθετηθεί επί της πλάκας στη επιθυμητή διατομή και τα τούβλα να τοποθετηθούν πάνω από αυτό, όπως φαίνεται στην Εικ. 6.4. Η υγρασιμότητα, οι ρύσεις και γενικά όλο το υφιστάμενο σύστημα απορροής όμβριων υδάτων θα μπορεί να συνεχίσει να λειτουργεί κανονικά, καθώς το βρόχινο νερό θα περνά μέσα από τα τούβλα και την πολυστερίνη και θα διοχετεύεται στις υπάρχουσες υδρορροές. Δεν υπάρχει θέμα τραυματισμού της στεγάνωσης από το όλο σύστημα, καθώς η εξηλασμένη πολυστερίνη που επικάθεται σε αυτήν δεν είναι υλικό που μπορεί να προκαλέσει οποιονδήποτε ζημιά. Αναφορικά με το βάρος του συστήματος, ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στη περιγραφή του προηγούμενου πειράματος, καθώς τα τούβλα έχουν το ίδιο πάχος με το προηγούμενο πείραμα και το βάρος του θερμομονωτικού υλικού είναι σχεδόν αμελητέο αφού δεν ξεπερνά τα 2 kg/m².

Ένα σημαντικό πρόσθετο πλεονέκτημα αυτή της πρότασης είναι η προστασία, από τα καιρικά φαινόμενα, της ευαίσθητης εξηλασμένης πολυστερίνης, η οποία όπως αναφέρθηκε πιο πάνω για να φτάσει στο μέγιστο όριο ζωής της θα πρέπει να τοποθετηθεί σωστά και προστατευτεί καταλλήλως⁷⁹.

⁷⁹ Άνευ συγγραφέα, " Ten facts about Expanded Polystyrene (EPS) insulation to help specifiers, *Designing Buildings*, [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Ten_facts_about_Expanded_Polystyrene_\(EPS\)_in_insulation_to_help_specifiers#5. Durability-](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Ten_facts_about_Expanded_Polystyrene_(EPS)_in_insulation_to_help_specifiers#5. Durability-), Ημ. Πρόσβασης 16/12/2022



Εικόνα 6.4: Σύστημα παθητικής θερμομόνωσης με συνδυασμό τούβλων και εξηλασμένης πολυστερίνης.

6.4 Θερμομονωτικά τούβλα

6.4.1 Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου 5 έως 50 εκ.

Σε αυτό το πείραμα, καθώς και στα πειράματα που ακολουθούν, εισάγεται ένα νέο υλικό, το θερμομονωτικό τούβλο. Το τούβλο αυτό είναι κατά 25% περίπου ελαφρύτερο από το σύνηθες τυπικό τούβλο που εξετάστηκε πιο πάνω, αλλά το πιο σημαντικό είναι ότι έχει θερμική αγωγιμότητα σημαντικά χαμηλότερη, η οποία είναι σχεδόν η μισή σε σχέση με το τυπικό τούβλο. Στον Πίνακα 6.3 πιο κάτω φαίνονται με λεπτομέρεια τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά του.

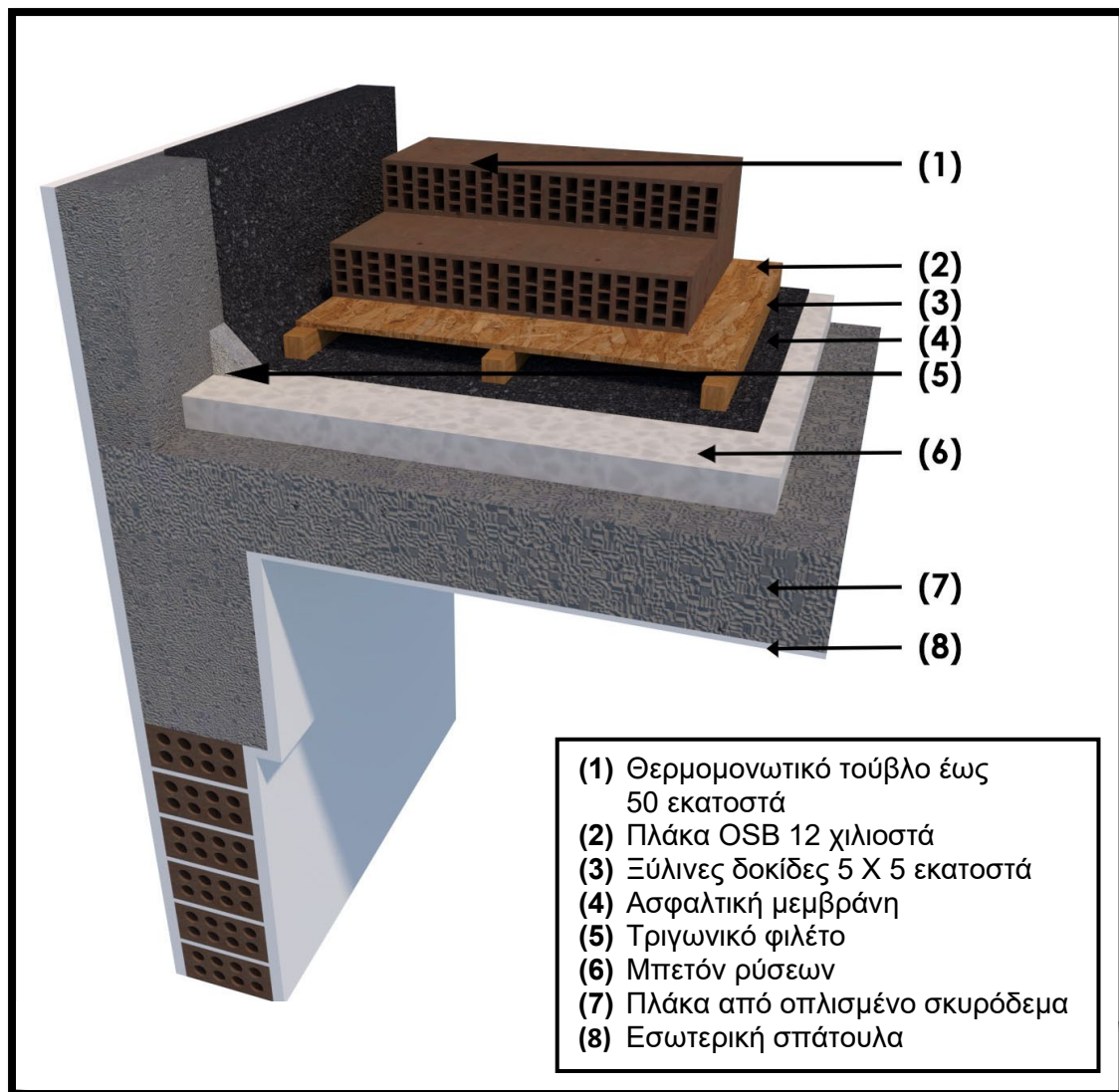
Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού (Conductivity)	0,20 W/mK
Ειδική Θερμότητα Cp (Specific Heat)	
Πυκνότητα (Density)	< 750 Kg/m ³

Πίνακας 6.3: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά θερμομονωτικών τούβλων.

Να σημειωθεί ότι η τεχνολογία των θερμομονωτικών τούβλων εξελίσσεται συνεχώς και ο στόχος είναι να κατασκευάζονται ακόμη πιο στιβαρά τούβλα με ακόμη χαμηλότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Παρόλα αυτά, στην έρευνα αυτή και στα πειράματα που ακολουθούν, τόσο η πυκνότητα του υλικού, όσο και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του που εφαρμόστηκαν, είναι αυτά που αναφέρονται στον Πίνακα 6.3 και αφορά τα τούβλα που υπάρχουν σήμερα και χρησιμοποιούνται στην Κυπριακή αγορά.

Σαφής στόχος της σειράς των πειραμάτων με τα θερμομονωτικά τούβλα είναι η εξέταση της αποτελεσματικότητάς τους σε σύγκριση με το τυπικό τούβλο. Έτσι, τα πειράματα που εκτελούνται είναι αντίστοιχα με αυτά που έγιναν με το τυπικό τούβλο και επαναλαμβάνονται με την ίδια σειρά αντικαθιστώντας το τυπικό με το θερμομονωτικό τούβλο σε κάθε μία από τις περιπτώσεις

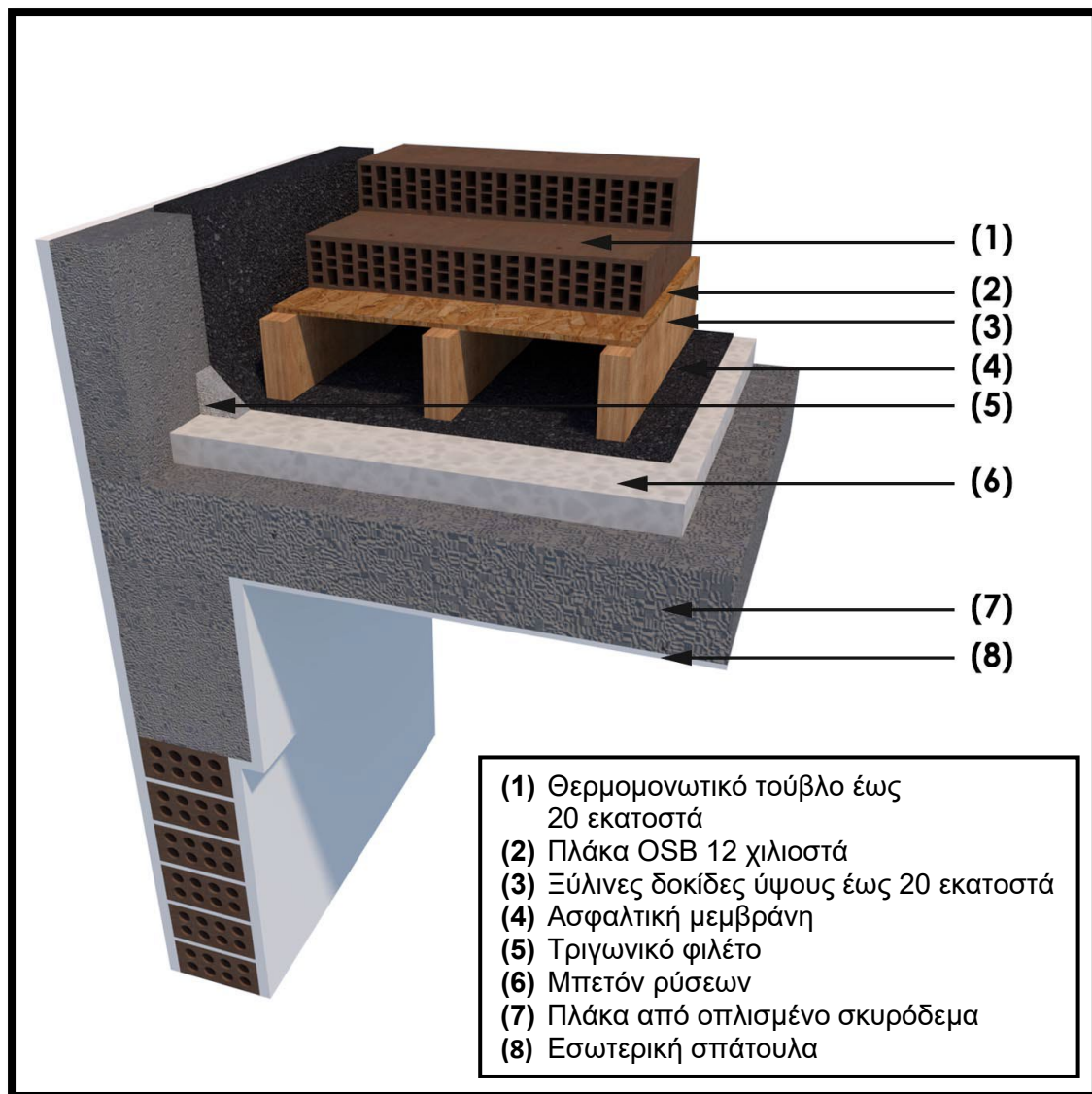
Με βάση αυτή τη λογική, η σειρά των πειραμάτων με τα θερμομονωτικά τούβλα ξεκινά με την προσθήκη έως και 50 εκατοστών αυτών των μονάδων επί της πλάκας οροφής. Η κατασκευαστική λογική παραμένει, επίσης η ίδια με αυτή των τυπικών τούβλων, με τα θερμομονωτικά τούβλα να τοποθετούνται σε επιφανειακά στοιχεία τα οποία είναι ξύλινες πλάκες OSB, οι οποίες εδράζονται σε μικρής διατομής ξύλινα πηγάκια για τους λόγους που αναφέρθηκαν πιο πάνω, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 6.5. Το βάρος του συστήματος είναι πιο χαμηλό από το αντίστοιχο με τα κανονικά τούβλα και δεν ξεπερνά τα 400 kg/m² στη μέγιστη διατομή του. Το βάρος αυτό, όπως αναλύθηκε και πιο πριν, είναι λιγότερο από το μισό από αυτό που υπολογίζεται συνήθως σε τέτοιου είδους κατασκευές.



Εικόνα 6.5: Τοποθέτηση θερμομονωτικών τούβλων επί της πλάκας οροφής σε ξύλινη βάση για την καλύτερη προστασία της κάτωθεν υγραμόνωσης.

6.4.2 Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου 10 και 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5 έως 20 εκ.

Κατά αντιστοιχία του πειράματος που διενεργήθηκε με τα τυπικά τούβλα σε απόσταση από την πλάκα, διενεργείται και αυτό το πείραμα αντικαθιστώντας τα με θερμομονωτικά. Η κατασκευαστική λογική, καθώς και όλα τα υπόλοιπα θέματα που έχουν σχέση με την εφαρμογή αυτού του συστήματος και της λογικής του, είναι πανομοιότυπα με αυτά της χρήσης του συστήματος με το τυπικό τούβλο και αναφέρθηκαν πιο πάνω και φαίνονται στην Εικόνα 6.6.

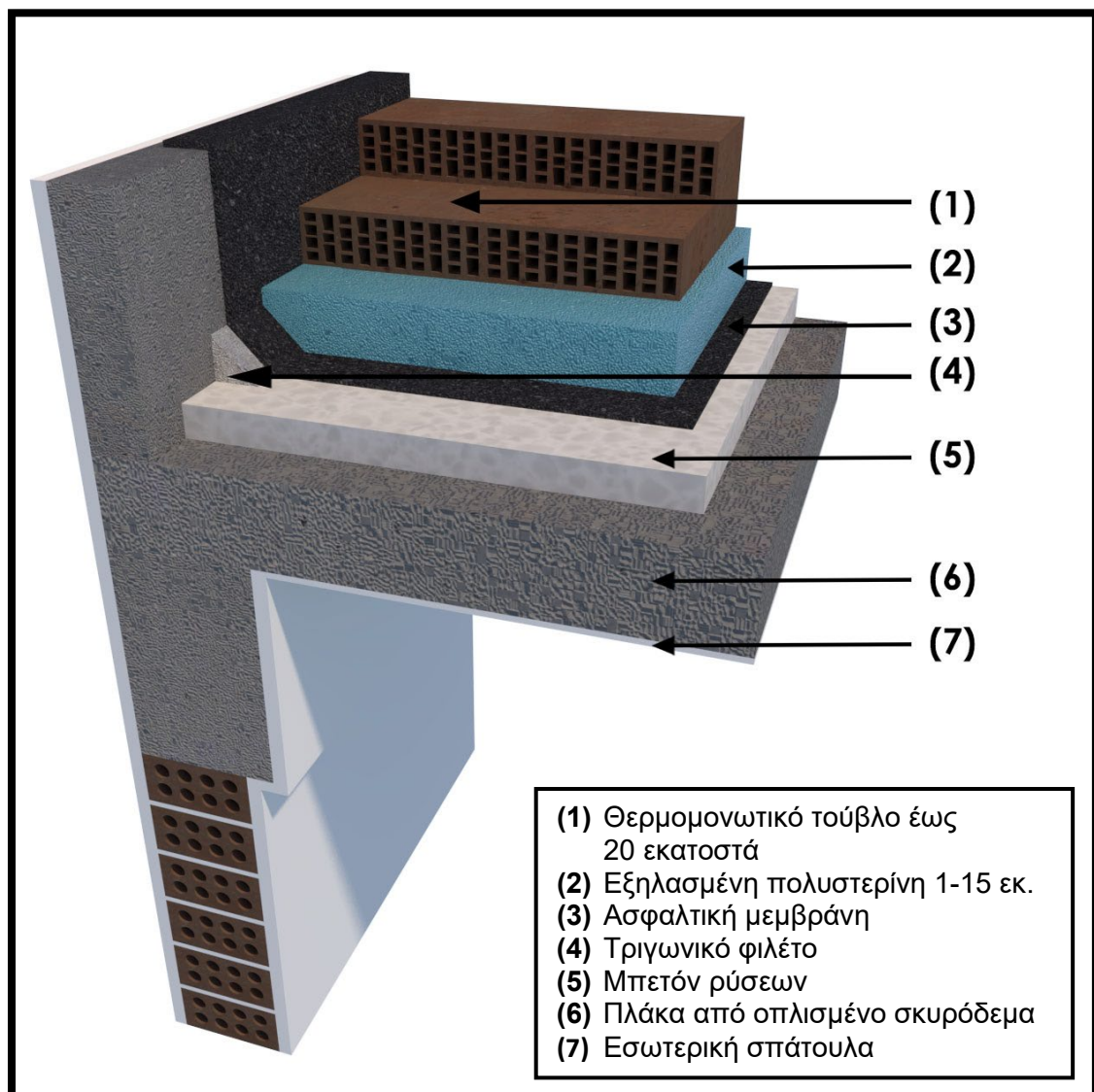


Εικόνα 6.6: Τοποθέτηση θερμομονωτικών τούβλων σε απόσταση από την πλάκα οροφή, τα οποία εδράζονται σε ξύλινη κατασκευή που δημιουργεί την απόσταση αλλά και την βάση έδρασης των τούβλων.

6.4.3 Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου 10 και 20 εκ. με θερμομόνωση πάχους 1 έως 15 εκ.

Το πείραμα αυτό είναι βασισμένο στην ίδια λογική με το πείραμα που περιγράφεται στην παράγραφο 6.3.3 και το μόνο που διαφέρει είναι η αντικατάσταση του τυπικού τούβλου με το θερμομονωτικό, έχοντας όλες τις λεπτομέρειες ίδιες με το προαναφερθέν πείραμα. Μία πρόσθετη διαφορά είναι το βάρος του συστήματος που, όπως αναφέρθηκε, είναι κατά 20% περίπου ελαφρύτερο από αυτό με το τυπικό τούβλο της Κύπρου. Και πάλι στην Εικ. 6.7 παρουσιάζεται με λεπτομέρεια η κατασκευή του

συστήματος που έχει ακριβώς την ίδια κατασκευαστική λογική με το αντίστοιχο σύστημα με το τυπικό τούβλο.

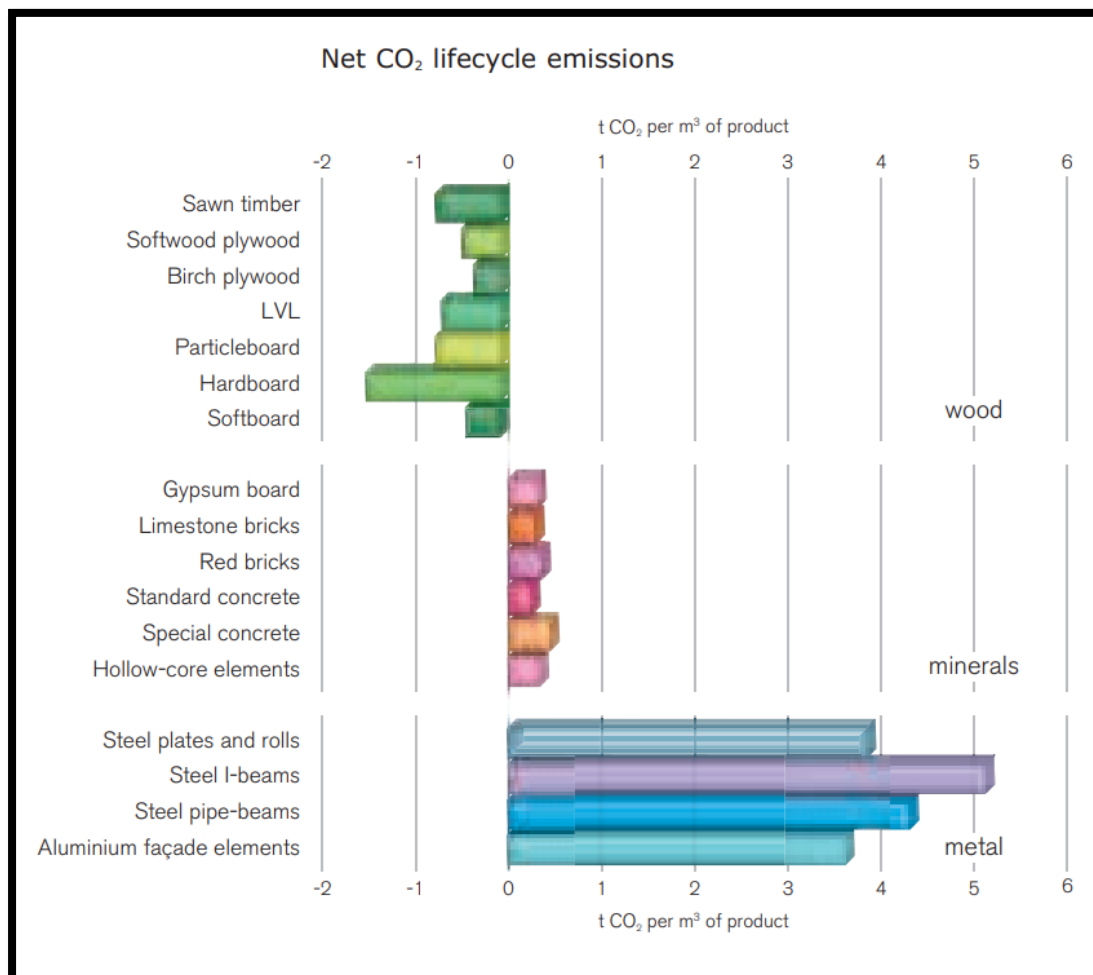


Εικόνα 6.7: Προσθήκη επί της πλάκας οροφής θερμομονωτικών τούβλων σε συνδυασμό με θερμομονωτικές πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης.

6.5 Ξύλο

6.5.1 Προσθήκη ξύλου πάχους 1 έως 25 εκ.

Στα πειράματα για την προστασία του εξωτερικού κελύφους μία συμβατικής κατασκευής θα αξιολογηθεί και το ξύλο και τα παράγωγα προϊόντα αυτού, καθώς δεν αποτελεί μόνο ένα υλικό με ιδιαίτερα χαμηλό ενεργειακό αποτύπωμα, αλλά ή χρήση του στον κατασκευαστικό τομέα, υπό προϋποθέσεις, συμβάλει και στην μείωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Πολύ σημαντική πηγή πληροφοριών για το ρόλο του ξύλου και γενικότερα των οικοδομικών υλικών αναφορικά με τις εκπομπές τους στην ατμόσφαιρα διοξειδίου του άνθρακα, αποτελεί το βιβλίο “Tackle Climate Change: Use Wood” που αφορά έκδοση της Ευρωπαϊκή Συνομοσπονδίας Βιομηχανιών Ξύλου (CEI-Bois).



Εικόνα 6.8: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα διαφόρων οικοδομικών υλικών.

Όπως φαίνεται και στην πιο πάνω Εικόνα 6.8, στην δεύτερη ομάδα υλικών με κόκκινες αποχρώσεις, η χρήση στην οικοδομική βιομηχανία υλικών, όπως το μπετόν και τα τούβλα, παρόλο που έχουν σαφώς λιγότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα σε σχέση με τον σίδηρο και το αλουμίνιο, εξακολουθούν, στην κλίμακά τους, να έχουν αρνητικό αντίκτυπο στην μόλυνση της ατμόσφαιρας. Η βιομηχανική ελεγχόμενη χρήση του ξύλου, ιδιαίτερα στην Ευρώπη, συνεισφέρει στην αύξηση των δασών και κατά συνέπεια, στην καταπολέμηση της αύξησης εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, καθώς το ξύλο, όπως είναι γνωστό, παγιδεύει εντός της ύλης του διοξείδιο του άνθρακα⁸⁰.

Πάντα με βάση την Εικόνα 6.8 και παρατηρώντας την πρώτη ομάδα υλικών με πράσινες αποχρώσεις, το γεγονός της παγίδευσης του διοξειδίου του άνθρακα, συντείνει στην καταγραφή, από πλευράς του ξύλου ως οικοδομικό υλικό, αρνητικών τιμών όσον αφορά την εκπομπή στην ατμόσφαιρα διοξειδίου του άνθρακα γι' αυτό και στην Ευρωπαϊκή Ένωση γίνεται προσπάθεια για προώθηση της χρήσης του ξύλου στο κατασκευαστικό τομέα για βιοκλιματικούς και περιβαλλοντολογικούς πλανητικούς λόγους⁸¹. Για το λόγο αυτό στα πειράματα εντάχθηκαν παθητικά συστήματα χρησιμοποιώντας ξύλο ή παράγωγα αυτού, καθώς επίσης και συστήματα με συνδυασμό υλικών, ένα εκ των οποίων είναι το ξύλο.

Το πρώτο σύστημα που δοκιμάστηκε στο μοντέλο της τυπικής οικίας, αφορά απλή εναπόθεση βιομηχανικών επιφανειακών ξύλινων πλακών OSB, στην πλάκα οροφής. Ο λόγος που επιλέγηκαν αυτές οι πλάκες είναι διότι έχουν θερμοφυσικά χαρακτηριστικά, όπως φαίνεται στον πιο κάτω Πίνακα 6.4, σχεδόν όμοια με αυτά του φυσικού ξύλου και κατασκευάζονται από ότι πετάγεται από την βιομηχανική επεξεργασία του φυσικού ξύλου και ακριβώς για αυτόν τον λόγο αποτελούν πολύ οικονομική λύση.

⁸⁰ G. Bayer, M. Defays, M. Fisher κ.α., *Tackle Climate Change: Use Wood*, London 2009.

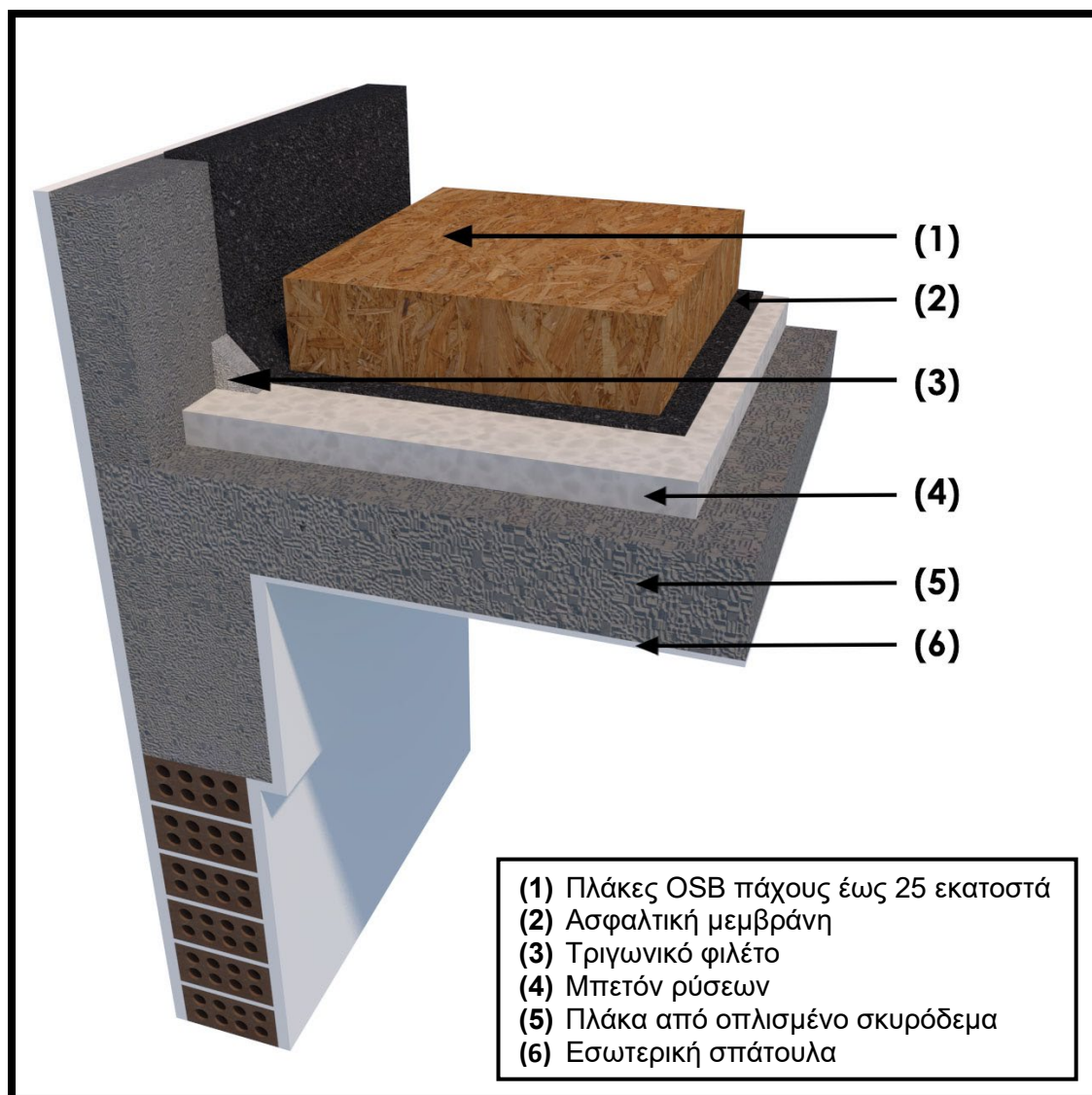
⁸¹ S. Liang, H. Gu, R. Bergman, St. S. Kelley, "Comparative life-cycle assessment of a mass timber building and concrete alternative", *wood and fiber science*, April 2020, V (52) 217-229, https://www.researchgate.net/publication/340960305_Comparative_life-cycle_assessment_of_a_mass_timber_building_and_concrete_alternative, ημ πρόσβασης, 24/7/2021

Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού (Conductivity)	0,130 W/mK
Ειδική Θερμότητα Cp (Specific Heat)	1,7 KJ/KgK
Πυκνότητα (Density)	650 Kg/m ³

Πίνακας 6.4: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά πλακών OSB από επεξεργασία ξύλινων υπολειμμάτων.

Ένας ακόμη λόγος της επιλογής αυτών των πλακών είναι και το ιδιαίτερα χαμηλό βάρος τους. Παρόλο που μία λογική διατομή του συστήματος θα κυμαινόταν στα 10 με 15 εκατοστά, αποφασίστηκε εντούτοις, να αξιολογηθεί μέχρι και πάχος 25 εκατοστών (Εικ. 6.9), λόγω του ότι παρέχεται, αφενός, από το λογισμικό εύκολα η δοκιμή του παραμετρικά και αφετέρου το συνολικό βάρος του συστήματος στην μέγιστη διατομή του δεν ξεπερνά τα 165 κιλά το τετραγωνικό μέτρο που αποτελεί μία πάρα πολύ χαμηλή τιμή σε σχέση με το πως υπολογίζονται και τι αντέχουν οι πλάκες σήμερα σε τέτοιου είδους κατασκευές. Αν, ωστόσο, τα αποτελέσματα παρουσιάσουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας με ένα τέτοιο πάχος υλικού, τότε θα προχωρήσει η έρευνα σε ρεαλιστική πρόταση κατασκευαστικής λεπτομέρειας χρήσης του υλικού αυτού σε τέτοιου μεγέθους διατομές.

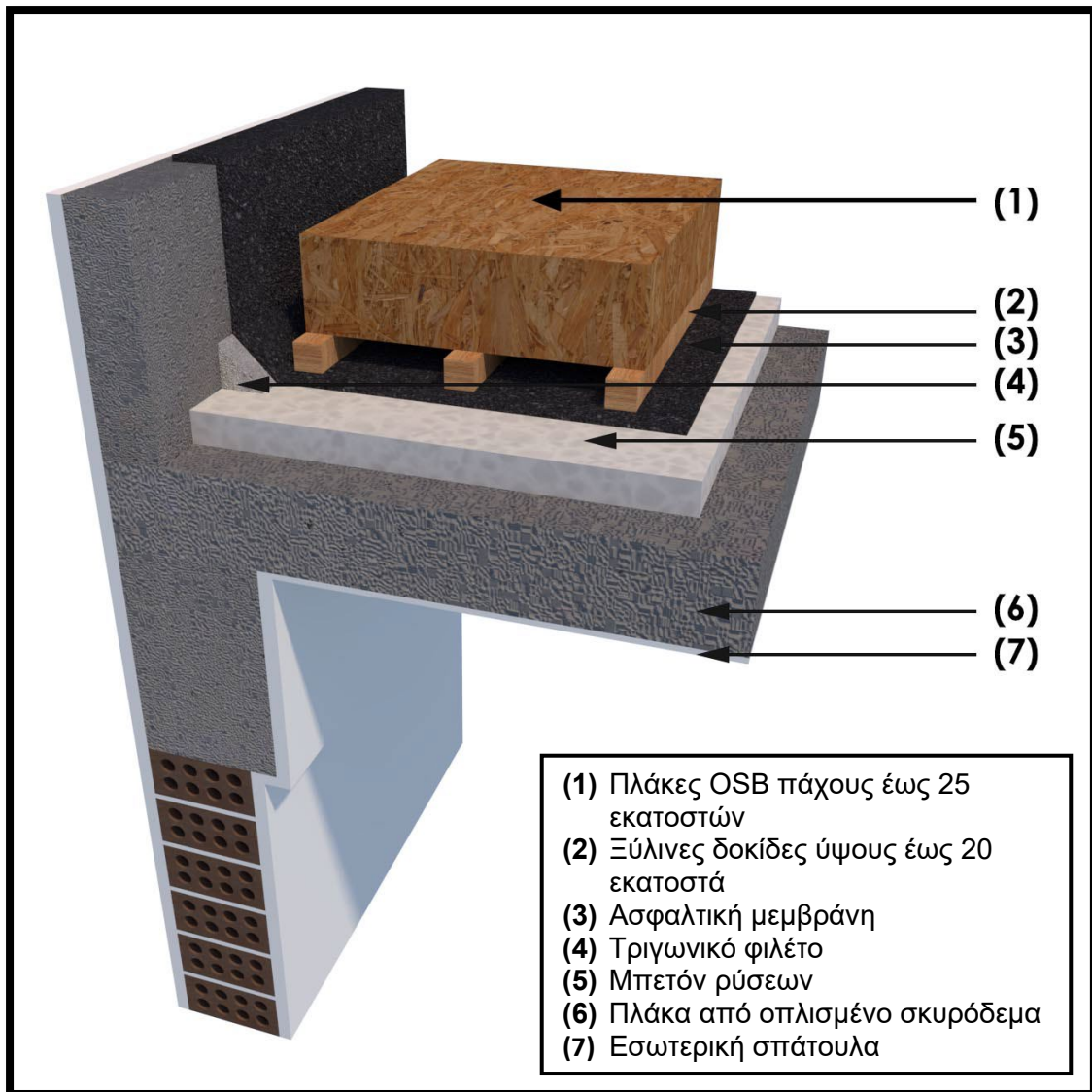
Αναφορικά με την κατασκευαστική και την πρακτική πλευρά αυτού του συστήματος και της τοποθέτησης τέτοιου υλικού στην οροφή μίας οικοδομής προκύπτουν θέματα που πηγάζουν από την απουσία προστασίας του υλικού αυτού, το οποίο παραμένει εκτεθειμένο στις εξωτερικές συνθήκες της νήσου που περιλαμβάνουν υψηλότερες θερμοκρασίες κατά του καλοκαιρινούς μήνες και υγρασία και βροχές κατά τις υπόλοιπες περιόδους του χρόνου. Υπάρχουν τρόποι να προστατευτούν αυτές οι πλάκες και να μην είναι εκτεθειμένες στις εξωτερικές καιρικές συνθήκες, εντούτοις, σε αυτήν την φάση των πειραμάτων, εξετάζεται η αποδοτικότητα του υλικού αυτού ως θερμομονωτικό και αν προκύψουν αποτελέσματα στα πειράματα που το αναδεικνύουν ως σημαντικό σύστημα θερμικής προστασίας, τότε θα επεκταθεί η έρευνα σε τρόπους επίλυσης του προβλήματος αυτού με ανάλυση και πρόταση κατασκευαστικών λεπτομερειών.



Εικόνα 6.9: Τοποθέτηση ξύλινων πλακών OSB επί της πλάκας οροφής.

6.5.2 Προσθήκη ξύλου πάχους 1 έως 25 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5 έως 20 εκ.

Σε συνέχεια των προηγούμενων αντίστοιχων πειραμάτων, αξιολογείται η συνεισφορά που έχει το στρώμα αέρα σε συνδυασμό με την απλή εναπόθεση πλακών OSB μέχρι 25 εκατοστά του αμέσως προηγούμενου πειράματος επί της πλάκας οροφής. Το συνολικό στρώμα αέρα που εξετάζεται σε όλα τα πειράματα αφορά αποστάσεις του συστήματος από την πλάκα από 5 έως 20 εκατοστά. Στην Εικόνα 6.10 παρουσιάζεται και πάλι, σε τρισδιάστατη απεικόνιση ο τρόπος με τον οποίο θα κατασκευαστεί το σύστημα.



Εικόνα 6.10: Προσθήκη ξύλινων πλακών σε απόσταση από την πλάκα οροφής.

6.6 Άλλα υλικά

6.6.1 Προσθήκη χώματος πάχους 15 έως 150 εκ.

Σε αυτό το πείραμα δοκιμάζεται η τεχνολογία και η φιλοσοφία των φυτεμένων δωματίων για τη διερεύνηση πρακτικών και έξυπνων θερμικών λύσεων για την προστασίας της πλάκας οροφής. Τα φυτεμένα δώματα, είναι τριών κατηγοριών και τα πάχη τους ξεκινούν από 5 έως 15 εκατοστά με τις εκτατικές πράσινες οροφές και φτάνουν μέχρι

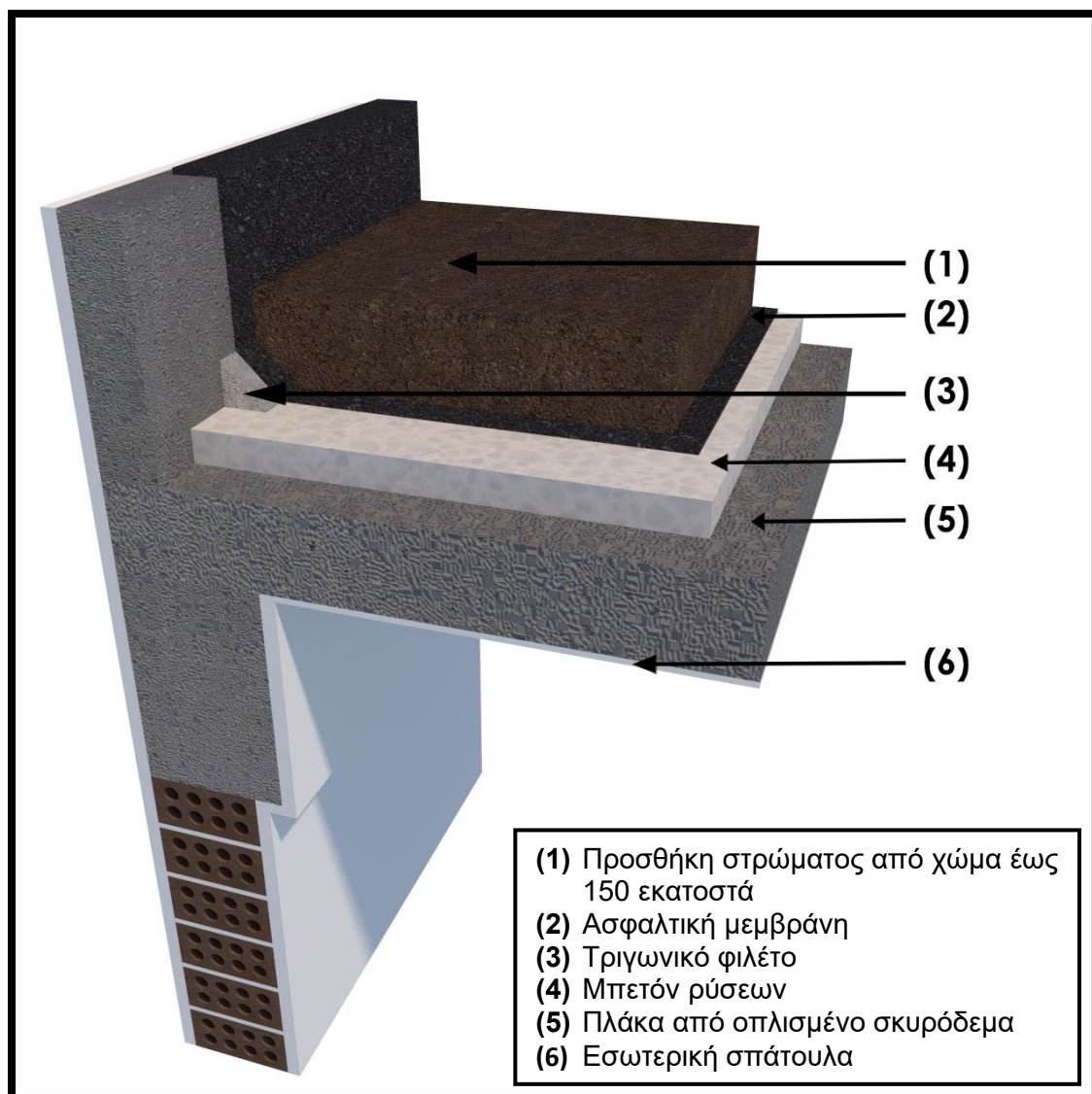
τα 100 εκατοστά περίπου στις εντατικές πράσινες οροφές⁸². Επομένως, για την προσομοίωση φυτεμένου δώματος στο μοντέλο της τυπικής οικίας, διενεργήθηκαν πειράματα προσθήκης στρώματος από χώμα επί της πλάκας οροφής. Το πάχος του στρώματος αυξανόταν σταδιακά από τα 15 εκατοστά μέχρι και τα 105 εκατοστά, όπως φαίνεται στην Εικ. 6.11, για να προσομοιάσει, ως ένα βαθμό, τα πάχη χώματος που υπάρχουν στα φυτεμένα δώματα για να καλυφθούν όλες οι γνωστές περιπτώσεις φυτεμένων οροφών.

Η επιλογή του χώματος, επίσης, έγινε γιατί το υλικό αυτό είναι φτηνό υπάρχει σε αφθονία στο νησί και ταιριάζει παραδοσιακά στην Κύπρο. Οι παραδοσιακές κατασκευές, επίσης, στις περιοχές της Κύπρου και στην περιοχή του Αιγαίου, αλλά και της λεκάνης της Μεσογείου γενικότερα έχουν αρκετά ιστορικά κτίρια τα οποία είχαν πάνω στην οροφή τους χώμα για σκοπούς θερμομόνωσης, αλλά διαμόρφωσης ρύσεων για τα όμβρια ύδατα⁸³.

Στη συνέχεια, το πείραμα επεκτάθηκε μέχρι το πάχος στρώματος του χώματος στο δώμα να φτάσει τα 150 εκατοστά για να εξεταστεί, για το δεδομένα της Κύπρου, αν υπάρχει αναγκαιότητα της αύξησης της προσθήκης χώματος επί της πλάκας σε πάχη πέραν από τα γνωστά μέχρι σήμερα φυτεμένα δώματα. Σε αυτήν την προσπάθεια, όπως αναφέρθηκε και πιο πριν, συνηγόρησε και η ευκολία που παρέχεται από το λογισμικό για τέτοιου είδους παραμετρικές προσομοιώσεις. Ισχύει ότι αναφέρθηκε πιο πάνω για το ξύλο, ότι αν τα αποτελέσματα παρουσιάσουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας με αυτό το πάχος, η διατριβή θα προχωρήσει στην εξέταση της εφαρμογής ενός τέτοιου συστήματος με δεδομένα ρεαλιστικά και κατασκευαστικά εφαρμόσιμα.

⁸² L. Doyle, *Essential Green Roof Construction: The Complete Step-by-Step Guide*, New Society Publishers 2021

⁸³ Π. Τουλιάτος, “Πανεπιστημιακές σημειώσεις Πανεπιστημίου Frederick”, στο μάθημα: Κατασκευαστική ανάλυση και παθολογία ιστορικών και μνημειακών κατασκευών, Λευκωσία 2015



Εικόνα 6.11: Προσθήκη χώματος επί της πλάκας οροφής

Παρόλο που το πείραμα διενεργήθηκε λόγω των δυνατοτήτων που παρέχονται από το λογισμικό, φαίνεται ότι στην πραγματικότητα είναι δύσκολη η εφαρμογή τέτοιου συστήματος σε όλη την έκτασή του. Ο λόγος είναι το βάρος που προσθέτει το χώμα ως υλικό σε μία υφιστάμενη κατασκευή, η οποία έχει ήδη υπολογιστεί στα φορτία που αναφέρθηκαν πιο πάνω. Έτσι, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 6.5, με πυκνότητα υλικού $1,460 \text{ Kg/m}^3$ η χρήση τέτοιων συστημάτων σε πάχη άνω των 50 εκατοστών καθίσταται απαγορευτική, πόσω μάλλον, όταν αυτό το σοβαρό φορτίο τοποθετείται στο ανώτατο επίπεδο μίας κατασκευής που είναι κτισμένη σε μία σεισμογενή χώρα όπως η Κύπρος, αυξάνοντας σημαντικά τις ροπές που δημιουργούνται σε περίπτωση μίας έντονης δυναμικής φόρτισης όπως είναι ο σεισμός. Συνυπολογίζοντας και το γεγονός ότι μία εκτεθειμένη πλάκα με τόσο χώμα, θα βρέχεται και από τα βρόχινα νερά αυξάνοντας περαιτέρω το βάρος της λόγω της μεγάλης υδροαπορροφητικότητας, τότε

το αποδεκτό πάχος γίνεται ακόμη λιγότερο εκτός και αν τοποθετηθούν ειδικά συστήματα προστασίας που δεν θα επιτρέπουν στο νερό της βροχής να εισέρχεται μέσα στο χώμα και να προσθέτει επιπλέον βάρος στην πλάκα οροφής.

Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού (Conductivity)	1,28 W/mK
Ειδική Θερμότητα Cp (Specific Heat)	0,88 KJ/KgK
Πυκνότητα (Density)	1460 Kg/m ³

Πίνακας 6.5: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά χώματος.

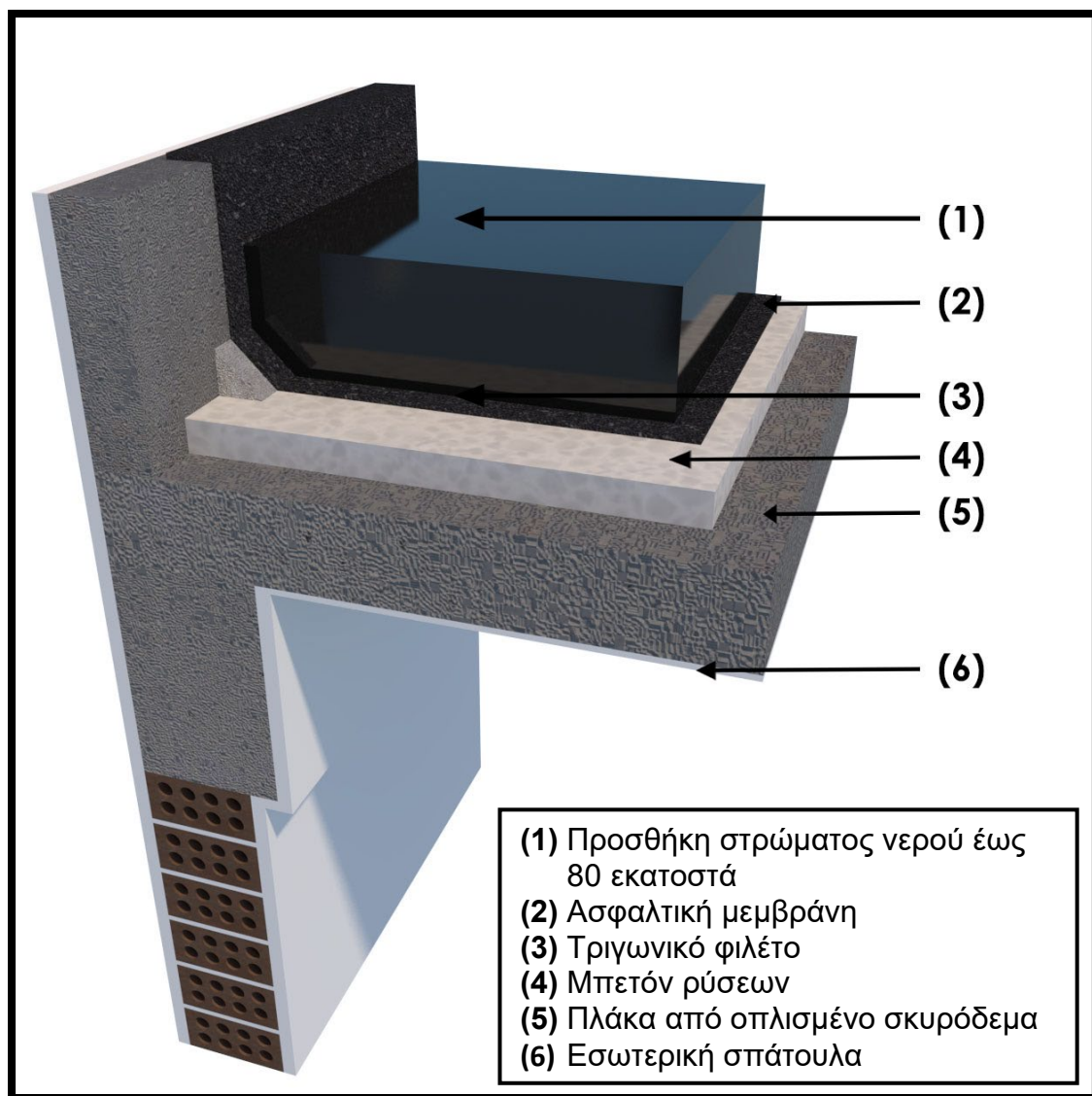
Η διενέργεια του πειράματος και τα συμπεράσματα αυτού, ωστόσο, θα δείξουν την πραγματική χρησιμότητα του συστήματος. Αν αυτό αποδειχθεί ιδιαίτερα αποδοτικό, τότε αυτό θα είναι χρήσιμο, περισσότερο, για νέες κατασκευές οι οποίες θα έχουν την δυνατότητα να υπολογίζουν τα φορτία ενός τέτοιου συστήματος από την αρχή.

6.6.2 Προσθήκη Νερού πάχους 10 έως 80 εκ.

Τέλος, εξετάζεται η προσθήκη νερού στην πλάκα οροφής σε μία προσπάθεια προσομοίωσης και αξιολόγησης συστημάτων. όπως οι δεξαμενές οροφής (roof ponds). Οι δεξαμενές οροφής είναι συστήματα με αυξημένο κόστος εγκατάστασης και στην πράξη, τα συστήματα αυτά συστήνεται να έχουν σύστημα προστασίας πάνω από το στρώμα νερού και να ανοιγοκλείνουν ανάλογα την εποχή. Επίσης, θα πρέπει να υπάρχουν και συστήματα ώστε το νερό να μην παραμένει στάσιμο και να κυκλοφορεί περιοδικά, καθώς και φίλτρα καθαρισμού του. Στο παρόν πείραμα, ωστόσο, δεν προσομοιάζεται με τόση λεπτομέρεια μία λίμνη οροφής, αλλά αξιολογείται μόνο η παθητική προστασία που παρέχει στρώμα νερού στην πλάκα οροφής, όπως φαίνεται στην Εικ. 6.12.

Θερμική Αγωγιμότητα Σχεδιασμού (Conductivity)	0,61 W/mK
Ειδική Θερμότητα Cp (Specific Heat)	4,19 KJ/KgK
Πυκνότητα (Density)	997 Kg/m ³

Πίνακας 6.6: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά νερού.



Εικόνα 6.12: Προσθήκη νερού επί της πλάκας οροφής.

Το πάχος του στρώματος αυτού που εξετάζεται στο πείραμα, λόγω και πάλι του σημαντικού βάρους που διαθέτει, όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.6, περιορίζεται μέχρι τα 80 εκατοστά που εξακολουθεί να είναι στη μέγιστή του διατομή απαγορευτικό για τις υφιστάμενες κατασκευές που εξετάζονται. Επαναλαμβάνεται επίσης, ότι ένα τέτοιο στρώμα νερού στην οροφή μίας πλάκας, μπορεί να αποτελέσει ιδιαίτερο πρόβλημα στο σεισμό, καθώς αποτελεί κινούμενο δυναμικό φορτίο. Ισχύει όμως αυτό που αναφέρθηκε και στο πείραμα με το χώμα ότι τα συμπεράσματα του πειράματος θα είναι γενικά και αν όντως αποδειχθεί σημαντικός ο ρόλος του νερού επί της πλάκας οροφής, οι πληροφορίες αυτές θα χρησιμεύσουν για τον υπολογισμό των νέων αντίστοιχων κατασκευών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ - ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ (ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ, ΔΟΚΑΡΙΑ & ΤΟΙΧΟΙ ΠΛΗΡΩΣΗΣ)

7.1 Θερμομόνωση

Πριν ξεκινήσει η περιγραφή των συστημάτων που θα εφαρμοστούν στα κατακόρυφα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους, επαναλαμβάνεται ότι αυτά εφαρμόζονται, τόσο στα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία τα οποία είναι τα υποστυλώματα και τα δοκάρια, όσο και στους εξωτερικούς τοίχους πλήρωσης.

7.1.1 Προσθήκη θερμομόνωσης στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος πάχους 1 έως 15 εκ.

Το πρώτο σύστημα που εφαρμόζεται στα κατακόρυφα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους, αφορά την τοποθέτηση θερμομονωτικών πλακών στην εξωτερική πλευρά των στοιχείων αυτών. Το θερμομονωτικό υλικό, πιο συγκεκριμένα, είναι η εξηλασμένη πολυστερίνη για τους λόγους που έχουν ήδη εξηγηθεί (Κεφ. 6, παρ. 6.2.1) και τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά της παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 6.1.

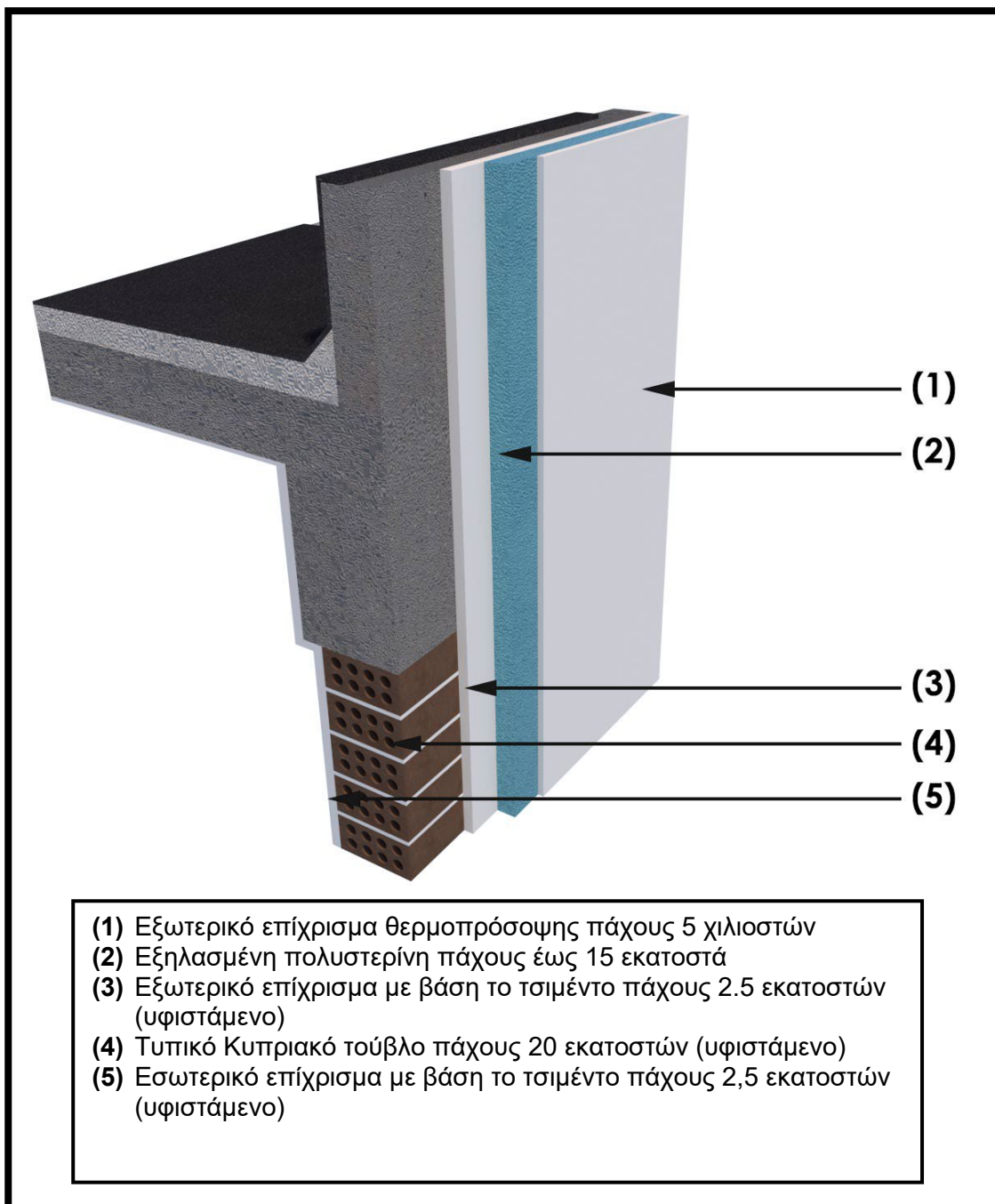
Σήμερα, είναι ευρέως διαδεδομένη η λύση της εξωτερικής θερμομόνωσης (θερμοπρόσοψης) στον Κυπριακό κατασκευαστικό τομέα. Η επένδυση δηλαδή θερμομονωτικών πλακών στις κατακόρυφες όψεις του κτιρίου. Η λύση αυτή εφαρμόζεται κατά κόρον, καθώς με πάχη έως 8 εκατοστά επένδυσης ενός αποδοτικού υλικού θερμομόνωσης όπως η εξηλασμένη πολυστερίνη, επιτυγχάνονται οι στόχοι θερμομόνωσης του εξωτερικού κελύφους, όπως αυτοί καθορίζονται από τους κανονισμούς θερμικής προστασίας των κτιρίων. Ένα άλλο επίσης, σημαντικό πλεονέκτημα της λύσης αυτής, είναι ότι με την καθολική επένδυση όλων των όψεων του κτιρίου με ένα θερμομονωτικό υλικό, μειώνονται σε πάρα πολύ μεγάλο βαθμό οι θερμογέφυρες. Σε αυτό το πρώτο πείραμα δοκιμάζεται πάχος προσθήκης της εξηλασμένης πολυστερίνης μέχρι και 15 εκατοστά, με στόχο την εξέταση και την αξιολόγηση της αποδοτικότητας του συστήματος σε πάχος σχεδόν διπλάσιο από αυτό που, όπως αναφέρθηκε, είναι το ελάχιστο αποδεκτό με βάση την σημερινή νομοθεσία.

Παρόλα τα πλεονεκτήματα, ωστόσο, της λύσης αυτής, υπάρχουν και κάποια θέματα που με αυτήν την τεχνοτροπία προκαλούν προβληματισμό. Ένα από αυτά, εμφανίζεται στην περίπτωση όπου γίνει ένα σεισμός σε ένα κτίριο. Το γεγονός αυτό είναι πολύ

πιθανό και έχει συμβεί πολλές φορές στο παρελθόν, καθώς η Κύπρος βρίσκεται σε σειсмоγενή περιοχή. Το πρόβλημα λοιπόν που εγείρεται μετά από έναν σεισμό σε ένα κτίριο, το οποίο δεν έχει καταρρεύσει και το εξωτερικό κέλυφος αυτού είναι καλυμμένο με θερμομονωτικές πλάκες, είναι η αδυναμία της παρατήρησής, εξωτερικά, οποιονδήποτε αστοχιών και ζημιών στα στοιχεία του φέροντος οργανισμού. Μη μπορώντας να παρατηρήσει κάποιος εξωτερικά και να αντιληφθεί την πραγματική κατάσταση του φέροντος οργανισμού ενός κτιρίου μετά από μία σεισμική δόνηση, η είσοδος σε αυτό για παροχή βοήθειας ή άλλου λόγου, καθίσταται ιδιαίτερα επικίνδυνη.

Μία άλλη, αντίστοιχης φύσης, ανησυχία που υπάρχει στις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα με θερμοπρόσοψη, είναι και πάλι η απόκρυψη πιθανής οξειδωσης του οπλισμού του φέροντος οργανισμού η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη ρηγμάτωσή του. Σε αυτήν την περίπτωση συμβαίνει ένα, αντίστοιχο με πριν, γεγονός, κατά το οποίο οι χρήστες ενός κτιρίου δεν μπορούν να γνωρίζουν την παθολογία του κτιρίου μέσα στο οποίο κατοικούν και έτσι ποτέ να μην πάρουν τα μέτρα τους για επιδιόρθωση της κατασκευής εγκαίρως και πριν αυτή φτάσει σε σημείο που η επισκευή της να καθίσταται πολυδάπανη ή ακόμη και αδύνατη.

Όσον αφορά τη διαδικασία κατασκευής του συστήματος της θερμοπρόσοψης, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 7.1, οι θερμομονωτικές πλάκες EPS στερεώνονται με ειδικά πλατυκέφαλα καρφιά στο εξωτερικό κέλυφος, αφού πρώτα έχει τοποθετηθεί ειδική ισχυρή κόλλα σε όλη την επιφάνεια της πλάκας. Στη συνέχεια, επικολλάται σε όλη την επιφάνεια πλαστικό δίκτυο και ολοκληρώνεται το τελείωμα με ειδικό επίχρισμα. Το συνολικό πάχος των δύο τελευταίων ειδικών επιχρισμάτων δεν ξεπερνά τα 4 με 5 χιλιοστά. Με τέτοιο μικρό πάχος επικάλυψης εγείρεται και το θέμα της προστασίας του θερμομονωτικού υλικού και της αντοχής και αποδοτικότητάς τους σε βάθος χρόνου, λόγω της μόνιμης έκθεσής του στον έντονο καλοκαιρινό ήλιο που επικρατεί στη νήσο.



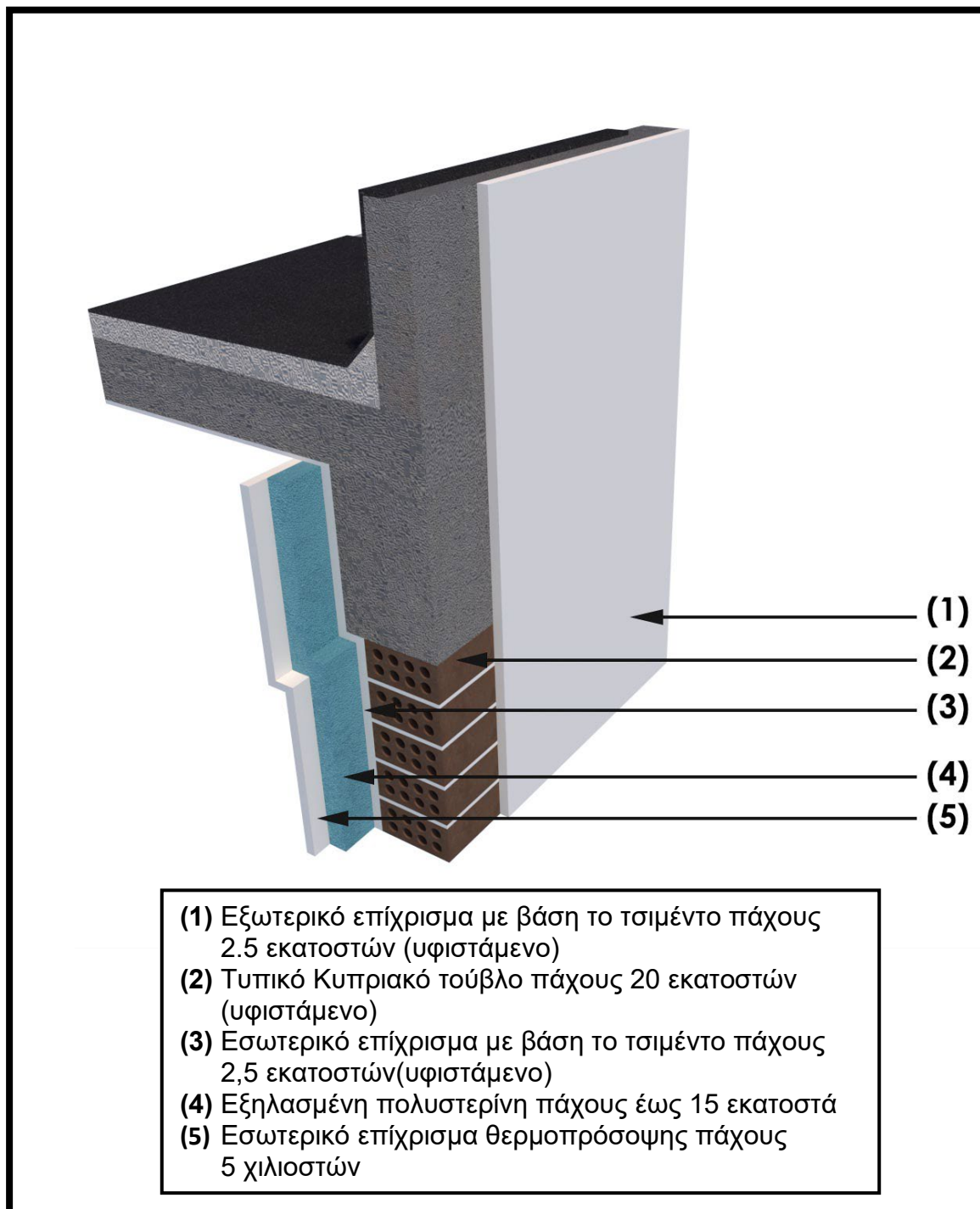
Εικόνα 7.1: Εξωτερική τοποθέτηση θερμομόνωσης σε υφιστάμενο συμβατικό τοίχο από τούβλα και σοβά (θερμοπρόσοψη).

7.1.2 Προσθήκη θερμομόνωσης στην εσωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος πάχους 1 έως 15 εκ.

Λόγω, κυρίως, των μειονεκτημάτων που μόλις αναφέρθηκαν σχετικά με την εφαρμογή θερμομονωτικών πλακών στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού κελύφους, στο επόμενο πείραμα αξιολογείται η αποδοτικότητα της προσθήκης της εξηλασμένης πολυστερίνης στα πάχη του προηγούμενου πειράματος, όταν αυτή τοποθετηθεί στην εσωτερική πλευρά του εξωτερικού κελύφους.

Ο τρόπος που θα τοποθετηθεί είναι ο ίδιος με τον προηγούμενο και εικονογραφείται στην Εικόνα 7.2. Επικολλώνται και καρφώνονται οι πλάκες στην εσωτερική πλευρά των εξωτερικών τοιχοποιιών και ακολούθως τοποθετείται το πλαστικό δίκτυ με τα δύο χέρια επικάλυψης. Συνολικά πάλι, το επίχρισμα αυτό, δεν θα ξεπερνά το πάχος των 5 χιλιοστών, αλλά λόγω του ότι οι θερμομονωτικές πλάκες βρίσκονται εσωτερικά, το τελείωμα θα αφορά σπάτουλα εσωτερικού χώρου για μικρές επιφάνειες ή γυψοσανίδα για μεγαλύτερες επιφάνειες. Με αυτόν τον τρόπο αντιμετωπίζεται το σημαντικό μειονέκτημα της ευαίσθητης εξηλασμένης πολυστερίνης, η οποία δεν είναι εκτεθειμένη στον έντονο καλοκαιρινό ήλιο της Κύπρου και στα έντονα καιρικά φαινόμενα γενικά, με αποτέλεσμα η ζωή της να μπορεί να φτάσει ακόμη και τα 100 χρόνια, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω. Επίσης, με αυτόν τον τρόπο τοποθέτησης παραμένει η εξωτερική όψη όλων των δομικών στοιχείων ακάλυπτη, επιτρέποντας την παρακολούθησή τους για τυχόν παθολογίες ή ζημιές που μπορεί να προκύψουν από υγρασίες ή γενικότερα φυσικές φθορές ή ακόμη από δυναμικές καταπονήσεις όπως ο σεισμός.

Το σημαντικό, όμως, μειονέκτημα σε αυτό το σύστημα προστασίας είναι ότι επειδή ακριβώς τοποθετείται η θερμική προστασία εσωτερικά, όλο το εξωτερικό κέλυφος, όντας εκτεθειμένο στον καλοκαιρινό ήλιο, υπερθερμαίνεται και αποθηκεύει εντός των στοιχείων του τεράστια ποσά θερμότητας. Αυτό συμβαίνει, καθώς τα υλικά με τα οποία είναι κατασκευασμένο, όπως τα τούβλα, σουβάδες και οπλισμένο σκυρόδεμα, είναι υλικά με πυκνή δομή μορίων και αποτελούν θερμική μάζα, έχοντας την ιδιότητα να αποθηκεύουν θερμότητα εντός της ύλης τους για πολλή ώρα.



Εικόνα 7.2: Τοποθέτηση εξηλασμένης πολυστερίνης στην εσωτερική πλευρά συμβατικής τοιχοποιίας από σύνηθες τούβλο.

Εκτός από την αποθήκευση της θερμότητας, με την τεχνοτροπία αυτή δημιουργούνται και σημαντικές θερμογέφυρες κυρίως στα σημεία που βρίσκεται η οριζόντια πλάκα κάθε επιπέδου και στα ανοίγματα των όψεων. Ένα, επίσης, μικρότερο σε σημασία, μειονέκτημα είναι ότι η προσθήκη μέχρι και 15 εκατοστών θερμομονωτικού υλικού στο εσωτερικό των εξωτερικών τοιχοποιιών, μειώνει σημαντικά τον εσωτερικό ωφέλιμο χώρο.

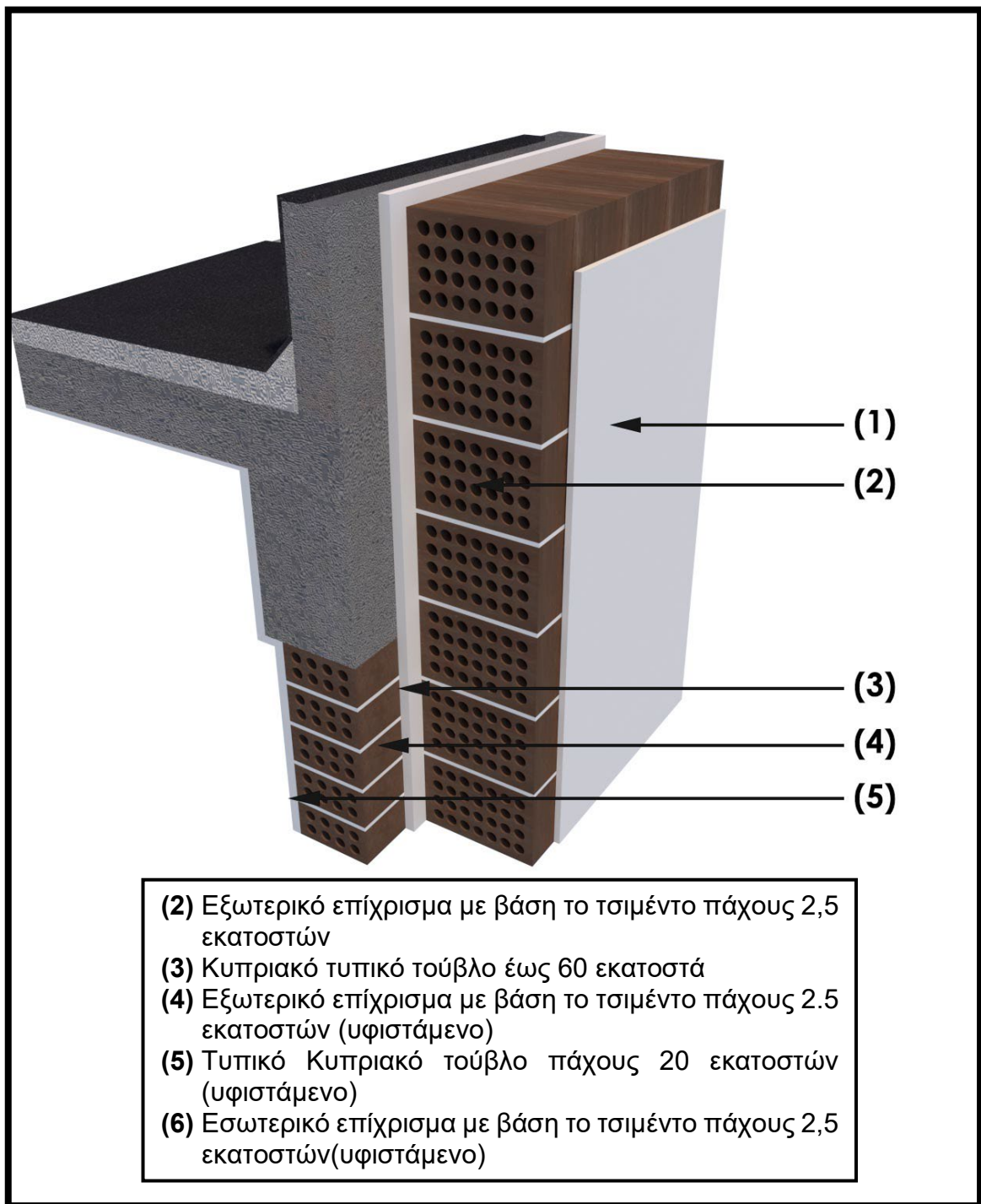
7.2 Κυπριακά τυπικά τούβλα

7.2.1 Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος πάχους 5 έως 60 εκ.

Η επιλογή του Κυπριακού τυπικού τούβλου, ως ένα από τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στα συστήματα που θα δοκιμαστούν, αναλύθηκε εκτενώς στο Κεφάλαιο 6, Παράγραφο 6.3.1. Τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά του παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 6.2.

Στο παρόν σύστημα επιλέγεται όπως κτιστεί εξωτερικά από την υφιστάμενη κατασκευή, τοίχος από τυπικό τούβλο όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.3. Σημαντικό στοιχείο που πρέπει να αναφερθεί στην χρήση του τούβλου στα κατακόρυφα συστήματα παθητικής προστασίας που εξετάζονται, είναι ότι αυτό πρέπει να δομηθεί σωστά. Πρέπει να ενωθεί καταλλήλως με την υφιστάμενη τοιχοποιία και να τηρηθούν οι κανόνες σωστής δόμησής του για τέτοια μεγάλα ύψη όπως το σταύρωμα των τούβλων και τα ενδιάμεσα διαζώματα που θα συνδέονται με τον στατικό φορέα της υφιστάμενης κατασκευής στο ύψος των υφιστάμενων δοκαριών

Κατά αυτόν τον τρόπο, όταν η νέα τοιχοποιία που κτίζεται εξωτερικά, συνδεθεί σωστά με την υφιστάμενη, αυτές θα λειτουργούν σαν ένα σώμα, εξαλείφοντας τα μειονεκτήματα που αναφέρθηκαν πιο πάνω αναφορικά με την απόκρυψη πιθανής παθολογίας και τρωτότητας του βασικού αρχικού φορέα σε περίπτωση φθοράς, ζημιών ή δυναμικών καταπονήσεων.



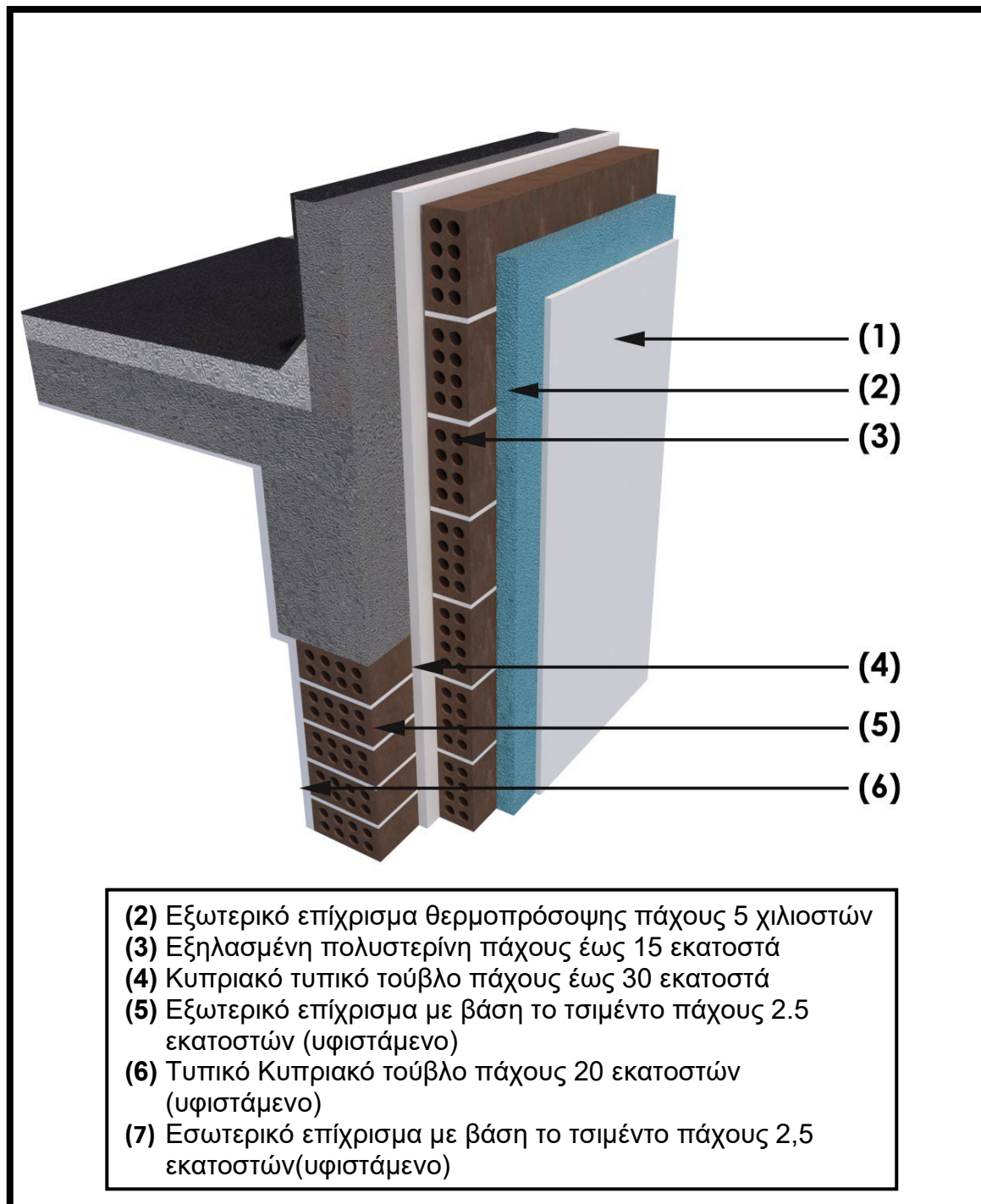
Εικόνα 7.3: Προσθήκη τοίχου από τυπικό Κυπριακό τούβλο εξωτερικά του εξωτερικού περιβλήματος.

Το πάχος του τοίχου που δοκιμάζεται στο πείραμα επιλέγηκε να είναι μέχρι τα 60 εκατοστά. Ο λόγος που επιλέγηκε αυτό το πάχος έχει να κάνει περισσότερο με το γεγονός ότι στις παραδοσιακές πλινθόκτιστες και λιθόκτιστες κατασκευές της Κύπρου, οι τοίχοι, σε τέτοιας κλίμακας οικοδομές, κυμαίνονταν σε αντίστοιχες διατομές και είναι κάτι ιδιαίτερα σύνηθες στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική του νησιού⁸⁴.

7.2.2 Προσθήκη τοίχου πάχους 10 έως 30 εκ. από Κυπριακό τυπικό τούβλο και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.

Στη συνέχεια εξετάζεται σύστημα με συνδυασμό των δύο πιο πάνω υλικών. Επιλέγονται τοίχοι από τυπικό Κυπριακό τούβλο πάχους 10, 20 και 30 εκατοστών να αξιολογηθούν σε συνδυασμό με εξηλασμένη πολυστερίνη σε πάχος μέχρι 15 εκατοστά. Στο παρόν σύστημα επιλέγεται όπως κτιστεί, εξωτερικά από την υφιστάμενη κατασκευή, τοίχος από τυπικό τούβλο και στη συνέχεια να τοποθετηθούν πλάκες από εξηλασμένη πολυστερίνη πάχους έως 15 εκατοστά, όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.4. Η ύπαρξη, ωστόσο στρώματος πολυστερίνης μετά τις τοιχοποιίες, οι οποίες θα έχουν ενοποιηθεί με κάποιο τρόπο και θα αποτελούν ένα σώμα, θα τις αποκρύπτει, με συνέπεια να ισχύουν τα μειονεκτήματα και οι ανησυχίες που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 7.1.1, αναφορικά με την απόκρυψη ζημιών και γενικότερα παθολογίας και τρωτότητας της κατασκευής του βασικού εξωτερικού περιβλήματος της κατασκευής σε περίπτωση φυσικής φθοράς ή δυναμικής καταπόνησης στην οποία θα υποστεί η κατασκευή.

⁸⁴ Ν. Χρυσοχού, *Κυπριακή παραδοσιακή αρχιτεκτονική. Από την αγροτική στην αστική, εξέλιξη και επιδράσεις*, Λευκωσία, Εν τύποις 2014, 39



Εικόνα 7.4: Προσθήκη παθητικού συστήματος προστασίας με συνδυασμό Κυπριακού τούβλου και εξηλασμένης πολυστερίνης.

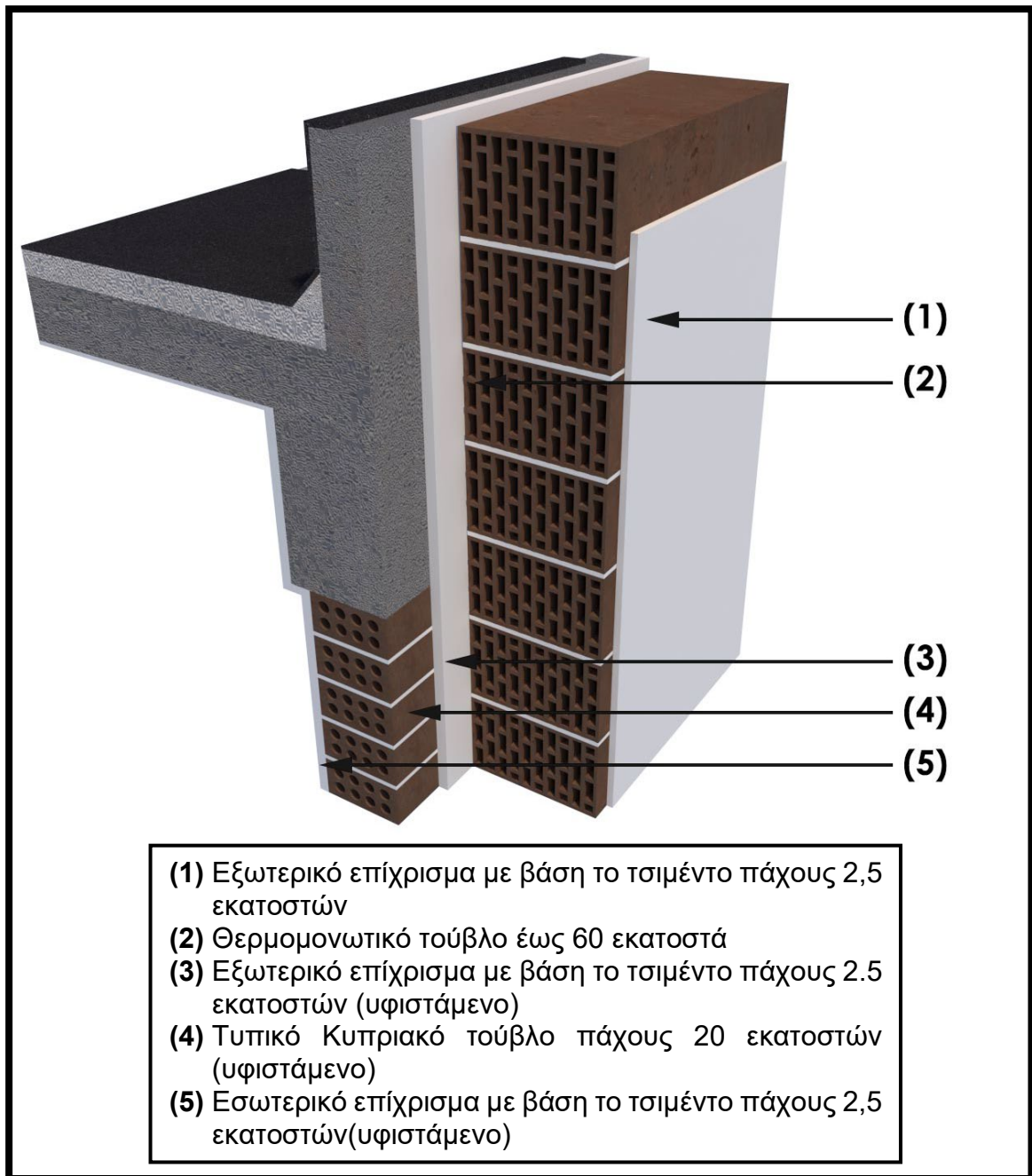
7.3 Θερμομονωτικά τούβλα

7.3.1 Προσθήκη τοίχου από τούβλο θερμομονωτικό στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος πάχους 5 έως 60 εκ.

Κατά αντιστοιχία του πειράματος στην παράγραφο 7.2.1, στο παρόν πείραμα αξιολογείται η προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο εξωτερικά του εξωτερικού περιβλήματος (Εικ. 7.5). Το θερμομονωτικό τούβλο όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, από μόνο του, αποτελεί μία αποδεκτή, για την Κυπριακή νομοθεσία, λύση για τοίχους πλήρωσης θερμομονωμένου. Τα τούβλα αυτά προσφέρονται από τους προμηθευτές σε διάφορες διαστάσεις, καθώς η διατομή αυτών, ποικίλει και προσαρμόζεται ανάλογα με το πάχος που θα έχουν τα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία μίας νέας συμβατικής κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα (βλ. Κεφ. 2, Παρ. 2.3).

Με δεδομένο, όπως έχει ήδη αναφερθεί, ότι σήμερα η απαιτούμενη θερμομόνωση, βάσει νομοθεσίας, των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων είναι, το ελάχιστο, 8 εκατοστά εξηλασμένης πολυστερίνης, συνεπάγεται ότι αν τα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία και τα δοκάρια μίας κατασκευής είναι πλάτους 20 εκατοστών, μαζί με τις θερμομονωτικές πλάκες των 8 εκατοστών, το συνολικό πάχος στις κολώνες και στα δοκάρια θα είναι 28 εκατοστά πριν το τελικό επίχρισμα. Αντίστοιχα αν το πάχος των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων και των δοκαριών θα είναι 25 εκατοστά, μαζί με τις θερμομονωτικές πλάκες, το συνολικό πάχος θα είναι 33 εκατοστά πριν το επίχρισμα.

Με αυτήν τη λογική και με δεδομένο ότι, τόσο τα φέροντα στοιχεία με τις θερμομονωτικές πλάκες, όσο και οι τοίχοι πλήρωσης δέχονται εσωτερικά και εξωτερικά το ίδιο επίχρισμα, είναι κατασκευαστικά πολύ πρακτικό τα δύο αυτά στοιχεία να είναι συνευθειακά. Έτσι, διατίθενται στην αγορά θερμομονωτικά τούβλα αντίστοιχου πάχους 28 και 33 εκατοστών. Διατίθενται και σε άλλες διαστάσεις αλλά αυτές χρησιμοποιούνται πιο συχνά για τον λόγο που μόλις εξηγήθηκε. Έτσι, το θερμομονωτικό τούβλο υπάρχει και αυτό σε αφθονία την Κυπριακή αγορά και προμηθεύεται από μία πληθώρα τουβλοποιείων που υπάρχουν στο νησί. Τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά του παρατέθηκαν και πάλι πιο πάνω στον Πίνακα 6.3. Για τη σωστή δόμηση ενός τέτοιου τοίχου περιμετρικά της τυπικής οικίας, θα πρέπει να εφαρμοστούν όλες οι αρχές σωστής δόμησης που αναφέρθηκαν για το τυπικό τούβλο, καθώς έχουν πολύ όμοιες μηχανικές ιδιότητες.

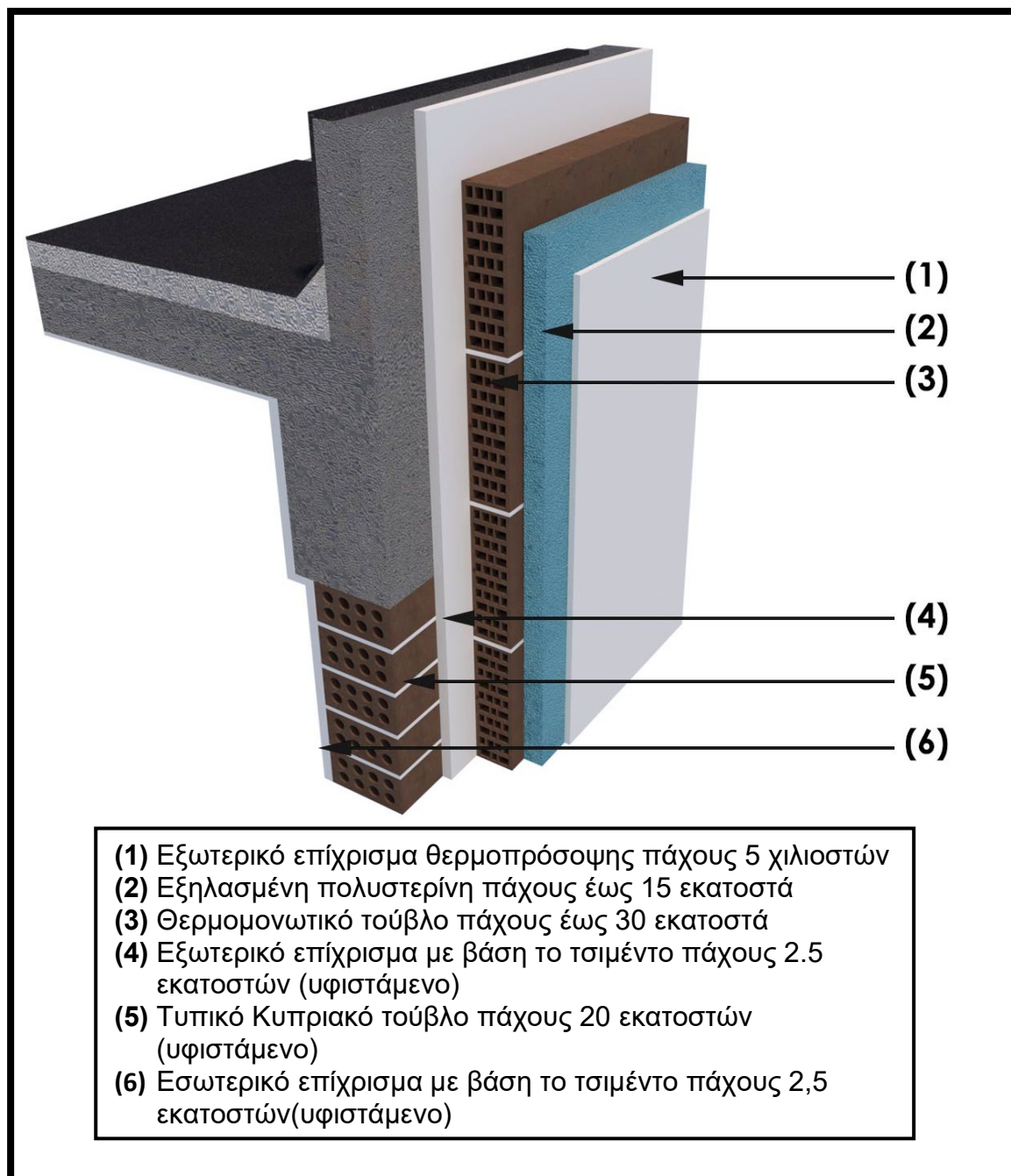


Εικόνα 7.5: Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο εξωτερικά του εξωτερικού περιβλήματος.

7.3.2 Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10 έως 30 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.

Αντίστοιχα πειράματα που έγιναν με συνδυασμό τυπικών τούβλων και εξηλασμένης πολυστερίνης, διενεργούνται με την χρήση του θερμομονωτικού τούβλου στην θέση

του τυπικού τούβλου σε αντίστοιχες διατομές των 10, 20 και 30 εκατοστών με πάχη εξηλασμένης πολυστερίνης έως και 15 εκατοστά. Τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των δύο αυτών υλικών έχουν παρουσιαστεί στους Πίνακες 6.1 & 6.3 και στην Εικόνα 7.6 φαίνεται ο τρόπος κτισίματος του όλου συστήματος, περιμετρικά της κατοικίας.



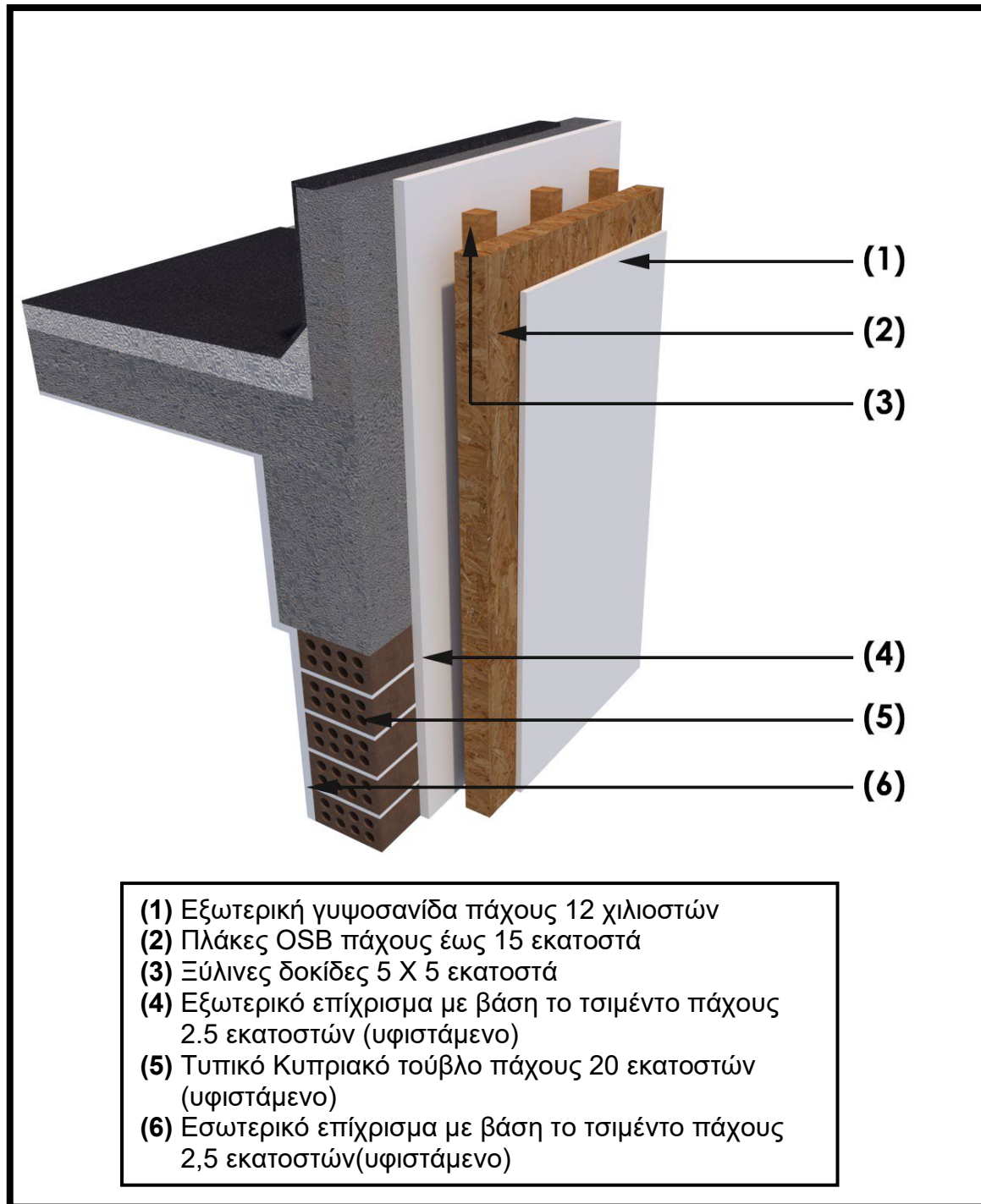
Εικόνα 7.6: Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικά τούβλα και εξηλασμένης πολυστερίνης στο εξωτερικό περιβλημά της τυπικής κατοικίας

7.4 Ξύλο

7.4.1 Προσθήκη ξύλου πάχους 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.

Με βάση την ανάλυση για τη σημασία της χρήσης του ξύλου στον κατασκευαστικό τομέα (βλ. Κεφ. 6, παρ. 6.4), διενεργείται το επόμενο πείραμα με την δημιουργία παθητικού συστήματος προστασίας για τα κατακόρυφα στοιχεία του εξωτερικού περιβλήματος που αποτελείται μόνο από πλάκες OSB με πάχη από 1 έως 15 εκατοστά.

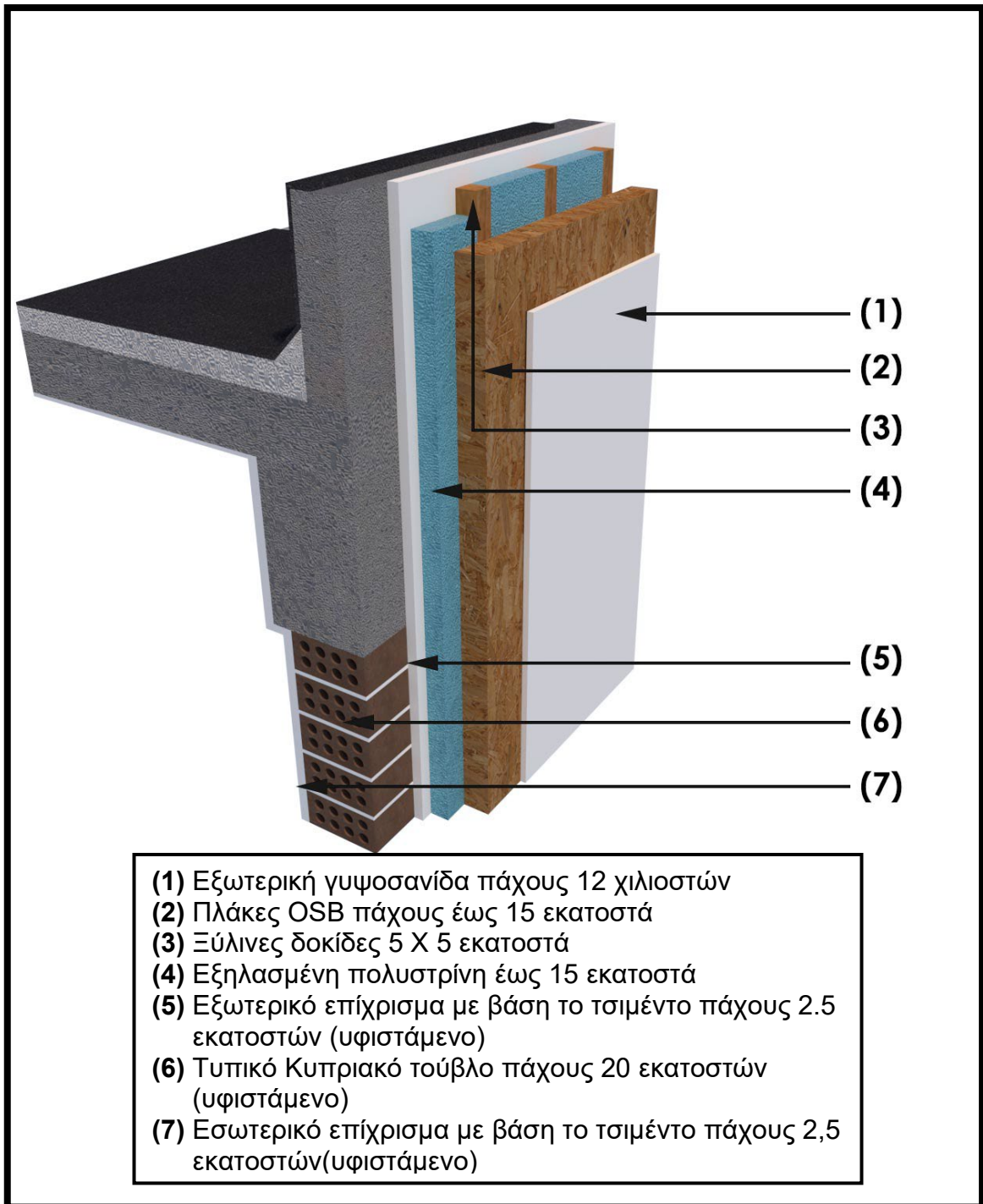
Κατασκευαστικά, όπως διακρίνεται στην Εικόνα 7.7, για να μπορέσει να κατασκευαστεί αυτό το σύστημα, θα πρέπει να βιδωθούν στις υφιστάμενες τοιχοποιίες, ξύλινες δοκιμές (πήχεις) μικρής διατομής κάθε 60 ή ακόμη και 40 εκατοστά, οι οποίες θα αποτελέσουν τον σκελετό πάνω στον οποίο θα βιδωθούν οι ξύλινες πλάκες. Έτσι, θα δημιουργηθεί ένας δεύτερος τοίχος έξω από τον υφιστάμενο, που θα τον περιβάλλει και θα αναρτάται ουσιαστικά από αυτόν. Για τον λόγο αυτό, πρέπει να γίνει σημαντική προεργασία για την απόφαση της διατομής αυτών των πηχών και του ακριβούς τρόπου στερέωσής τους στο υφιστάμενο κατακόρυφο εξωτερικό κέλυφος.



Εικόνα 7.7: Προσθήκη συστήματος παθητικής προστασία με βάση το ξύλο ως υλικό (πλάκες OSB), που αναρτάται από σύστημα ξύλινων κατακόρυφων δοκίδων, οι οποίες έχουν στερεωθεί στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.

7.4.2 Προσθήκη ξύλου πάχους 1 έως 5 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.

Τέλος, με βάση το προηγούμενο πείραμα και ως μία εξέλιξη αυτού, διενεργείται το τελευταίο πείραμα το οποίο έχει την ίδια κατασκευαστική λογική με το προηγούμενο. Δημιουργείται δηλαδή, και πάλι, ένας σκελετός από ξύλινους πήχεις, ο οποίος καρφώνεται πάνω στα κατακόρυφα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους. Στη συνέχεια, όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.8, πάνω σε αυτόν το σκελετό θα στερεωθούν οι πλάκες από OSB, όπως ακριβώς έγινε και στο προηγούμενο πείραμα. Η διαφορά σε αυτήν την περίπτωση είναι ότι στο ενδιάμεσο κενό μεταξύ υφιστάμενης τοιχοποιίας και των ξύλινων πανέλων, θα τοποθετηθεί θερμομονωτικό υλικό. Το πάχος αυτού θα κυμαίνεται από 1 μέχρι και 15 εκατοστά και για να μπορέσει να υλοποιηθεί αυτό, θα πρέπει να αλλάξει και η διατομή από τους πήχεις και να προσαρμόζεται στο πάχος της επιθυμητής εξηλασμένης πολυστερίνης που θα τοποθετηθεί.



Εικόνα 7.8: Τοποθέτηση παθητικού συστήματος πλακών OSB μαζί με θερμομονωτικές πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης εξωτερικά του εξωτερικού περιβλήματος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗΣ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗΣ ΕΠΙ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ (ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ)

8.1 Γενικά εισαγωγικά

Οι προσομοιώσεις, εφαρμόζονται σε ετήσια βάση με σκοπό να καταδειχθούν τα δεδομένα της ενεργειακής συμπεριφοράς του μοντέλου στη διάρκεια ολόκληρου έτους. Σκοπός είναι να εξαχθούν συμπεράσματα που αφορούν την ενεργειακή αναβάθμιση που προσφέρει το κάθε παθητικό σύστημα προστασίας, τόσο κατά την περίοδο του καλοκαιριού, όσο και κατά την περίοδο του χειμώνα και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων παρουσιάζεται ή απεικονίζεται με τρεις τρόπους.

Ο πρώτος αφορά γραφική παράσταση μόνο της ενεργειακής κατανάλωσης του μοντέλου ετησίως, όπως αυτή καταγράφεται με την αύξηση των διατομών των υλικών του κάθε παθητικού συστήματος. Σε αυτήν την παράσταση, στον άξονα Ψ εμφανίζεται η ετήσια κατανάλωση σε kWh και στον άξονα Χ το πάχος της θερμομονωτικής πλάκας που προστίθεται κάθε φορά στο εξωτερικό κέλυφος. Σε όλες αυτές τις γραφικές παραστάσεις, η πρώτη τιμή στον πίνακα αφορά την κατανάλωση της τυπικής οικίας χωρίς καμία θερμική προστασία και είναι η τιμή αναφοράς για όλα τα πειράματα που διενεργούνται. Η τιμή αυτή καθορίζει την ετήσια κατανάλωση της τυπικής οικίας και είναι 12,296 kWh. Στη συνέχεια φαίνονται οι υπόλοιπες τιμές της παραμετρικής προσομοίωσης για κάθε παράμετρο που διαφοροποιείται.

Ο δεύτερος τρόπος αφορά γραφική παράσταση, η οποία παραθέτει ταυτόχρονα πολλαπλές πληροφορίες. Για την επίτευξη της απόδοσης οπτικά αυτών των πληροφοριών, χρησιμοποιείται γραφική παράσταση που στον άξονα Ψ έχει 2 πληροφορίες. Έτσι, ενώ στον άξονα Χ καταγράφεται και πάλι η σταδιακή αύξηση της διατομής των υλικών του εκάστοτε παθητικού συστήματος, στην αριστερή πλευρά της παράστασης στον άξονα Ψ, παρουσιάζεται η αντίστοιχη ετήσια εξοικονόμηση για την κάθε περίπτωση σε kWh, η οποία στην παράσταση αποδίδεται με τη μορφή κατακόρυφων κίτρινων μπαρών. Στην δε δεξιά πλευρά στον άξονα Ψ απεικονίζονται δύο πρόσθετες επεξηγηματικές πληροφορίες σε ποσοστό επί της εκατό. Η πρώτη, σε μορφή κόκκινης γραμμής, δείχνει την σταδιακή αύξηση του ποσοστού της εξοικονόμησης ενέργειας σε σχέση με την αρχική κατανάλωση, ενώ η δεύτερη, σε μορφή μπλε γραμμής παρουσιάζει το ποσοστό αύξησης επί της συνολικής

εξοικονόμησης που επιτυγχάνεται στο συγκεκριμένο παθητικό σύστημα που εξετάζεται σε κάθε περίπτωση. Για σκοπούς καλύτερης οπτικής αντίληψης των αποτελεσμάτων και απευθείας σύγκρισης μεταξύ τους οι τιμές στους άξονες Ψ παραμένουν οι ίδιες σε όλα τα αποτελέσματα. Η μόνη διαφορά παρατηρείται στο ανώτατο όριο στον αριστερό άξονα Ψ των kWh ανάλογα με το αν τα πειράματα αφορούν παθητικά συστήματα που δοκιμάζονται στα οριζόντια στοιχεία του εξωτερικού κελύφους ή στα κατακόρυφα

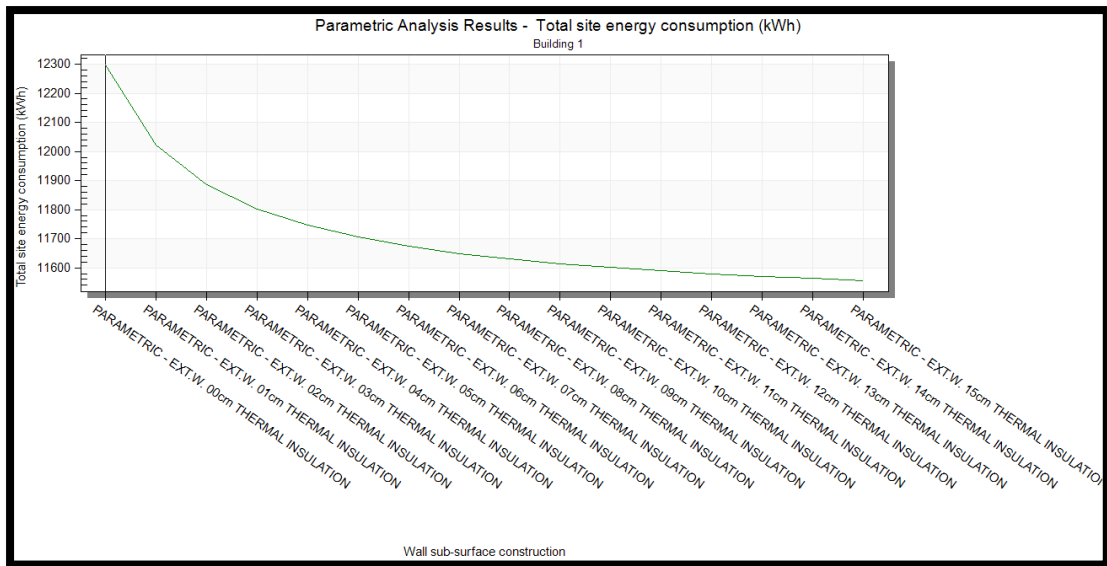
Η τρίτη παράθεση πληροφοριών αφορά πίνακα που παρουσιάζει με ακρίβεια όλες τις τιμές που εικονογραφούνται στις 2 προαναφερθείσες γραφικές παραστάσεις. Σημειώνεται επίσης, ότι σε κάθε καταγραφή αποτελεσμάτων, παρουσιάζεται και η τιμή της αρχικής θερμικά απροστάτευτης κατοικίας ως σημείο αναφοράς και ως μέτρο σύγκρισης κοινό σε όλες τις προσομοιώσεις, με σκοπό την καλύτερη οπτικοποίηση της ενεργειακής αναβάθμισης που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή του κάθε συστήματος σε σχέση με την αρχική ενεργειακή συμπεριφορά της Τυπικής οικίας.

Αρχικά, διενεργούνται τρία πειράματα με σκοπό να διαπιστωθεί το ποσοστό της συνεισφοράς των κατακόρυφων και οριζόντιων στοιχείων του εξωτερικού κελύφους που αξιολογούνται σε αυτήν την έρευνα, στην εξοικονόμηση ενέργειας της τυπικής κατοικίας. Έτσι, θα εξεταστεί η αποδοτικότητα προσθήκης θερμομονωτικού υλικού, στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας αρχικά επί των δύο στοιχείων του εξωτερικού περιβλήματος που είναι αρχικά η εξωτερική τοιχοποιία (κατακόρυφα στοιχεία πλήρωσης) και στη συνέχεια τα κατακόρυφα στοιχεία του φέροντος οργανισμού (δοκάρια και υποστυλώματα) και τέλος στο οριζόντιο στοιχείο του εξωτερικού κελύφους που το αποτελεί η πλάκα οροφής από οπλισμένο σκυρόδεμα. Τα πειράματα θα γίνουν αφενός ξεχωριστά, αφετέρου θα πραγματοποιηθούν με τα ίδια δεδομένα και την προσθήκη του ίδιου υλικού και ίδιου πάχους και στα τρία στοιχεία και στη συνέχεια θα γίνει σύγκριση μεταξύ τους.

8.2 Προσθήκη θερμομόνωσης στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος πάχους 1 έως 15 εκ.

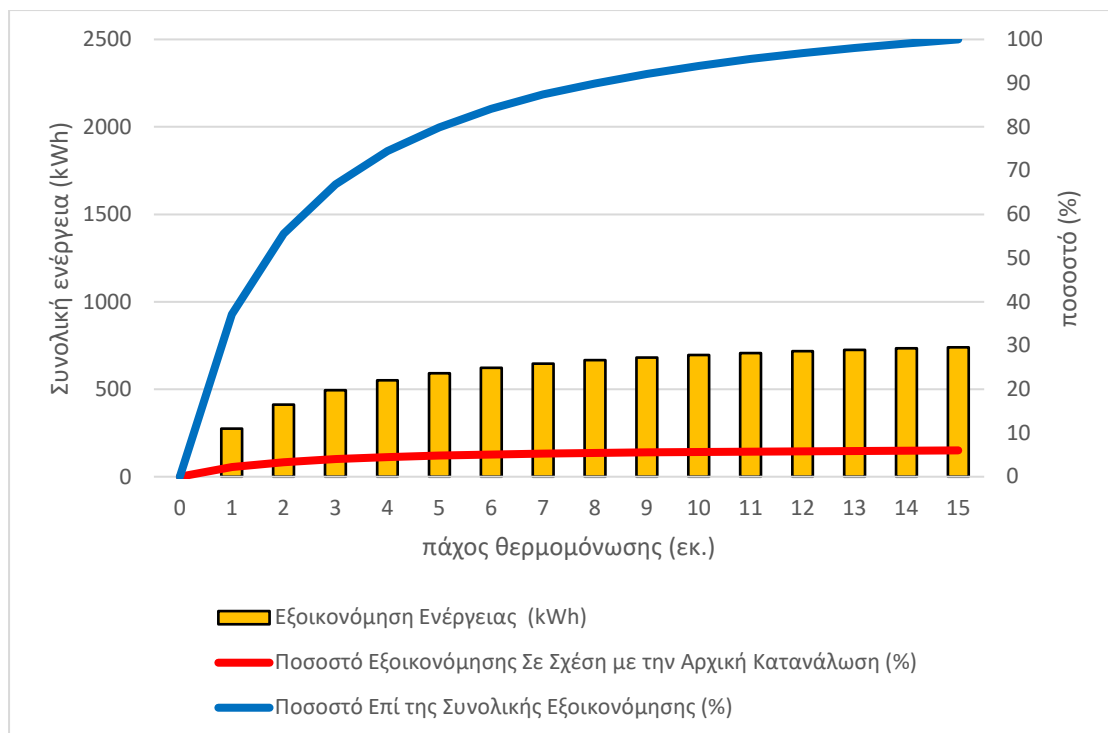
8.2.1 Τοίχοι πλήρωσης

Στις Εικόνες 8.1 & 8.2 φαίνονται, στο σύνολό τους τα αποτελέσματα της παραμετρικής προσομοίωσης για προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης στην εξωτερική τοιχοποιία με πάχη από 1 έως 15 εκατοστά.



Εικόνα 8.1: Προσθήκη θερμομόνωσης στην Εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)

Στην Εικόνα 8.1 συγκεκριμένα πιο πάνω, στον άξονα Ψ εμφανίζεται η ετήσια κατανάλωση σε kWh και στον άξονα Χ το πάχος της θερμομονωτικής πλάκας που προστίθεται κάθε φορά στο εξωτερικό κέλυφος.



Εικόνα 8.2: Προσθήκη θερμομόνωσης στην Εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Παρατηρώντας τις γραφικές παραστάσεις στις δύο προαναφερθέντες εικόνες, φαίνεται ότι η ενεργειακή κατανάλωση της κατοικίας αρχίζει να μειώνεται σημαντικά από την προσθήκη θερμομονωτικών πλακών πάχους μόλις 1 εκατοστού στην εξωτερική τοιχοποιία, ενώ επίσης φαίνεται ότι μετά την προσθήκη θερμομονωτικών πλακών πάχους περίξ των 7 με 8 εκατοστών, η μείωση στην ενεργειακή κατανάλωση ξεκινά και γίνεται αμελητέα.

Πιο συγκεκριμένα, με βάση τα αποτελέσματα του πειράματος που καταγράφονται λεπτομερώς στον Πίνακα 8.1, με την προσθήκη στρώματος 15 εκατοστών θερμομόνωσης στην εξωτερική τοιχοποιία, επιτεύχθηκε συνολική μείωση στην ενεργειακή κατανάλωση της κατοικίας 740 kWh. Η εξοικονόμηση δηλαδή που επιτεύχθηκε ανέρχεται σε ποσοστό 6% ετησίως, όπως διακρίνεται με την κόκκινη γραμμή στην Εικόνα 10.2 και στην τέταρτη στήλη του Πίνακα 8.1. Οι 411 kWh, ένα ποσοστό δηλαδή 55% της συνολικής εξοικονόμησης, έχει επιτευχθεί με την προσθήκη μόλις 2 εκατοστών θερμομονωτικών πλακών. Μέχρι την προσθήκη πάχους θερμομονωτικού υλικού 8 εκατοστών έχει επιτευχθεί εξοικονόμηση στην ενεργειακή κατανάλωση 666 kWh, ένα ποσοστό 90% της συνολικής εξοικονόμησης, ενώ μέχρι την προσθήκη θερμομονωτικού υλικού πάχους 10 εκατοστών επιτυγχάνεται εξοικονόμηση 696 kWh, το οποίο αποτελεί ένα ποσοστό που αγγίζει το 94% της συνολικής εξοικονόμησης που επιτυγχάνεται στο παρόν πείραμα.

Στη συνέχεια, μειώνεται η συνεισφορά του θερμομονωτικού υλικού στην μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης καταλήγοντας, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, από τα 11 εκ πάχους υλικού και πάνω, η μείωση της κατανάλωσης να είναι ελάχιστη έως αμελητέα. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι με την προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους 11-15 εκατοστών, η μείωση που καταγράφεται στην ενεργειακή κατανάλωση της κατοικίας είναι μόλις 44 kWh, ένα ποσοστό λίγο κάτω από το 6% της συνολικής εξοικονόμησης ενέργειας.

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57	0	0	0
1	12,021.68	274.89	2.24	37.1
2	11,885.30	411.27	3.34	55.6
3	11,801.65	494.92	4.02	66.9
4	11,745.59	550.98	4.48	74.4
5	11,705.03	591.54	4.81	79.9
6	11,673.75	622.82	5.06	84.1
7	11,649.33	647.24	5.26	87.4
8	11,630.77	665.80	5.41	89.9
9	11,614.54	682.03	5.55	92.1
10	11,600.99	695.58	5.66	94.0
11	11,589.48	707.09	5.75	95.5
12	11,579.52	717.05	5.83	96.9
13	11,570.90	725.67	5.90	98.0
14	11,563.12	733.45	5.96	99.1
15	11,556.29	740.28	6.02	100.0

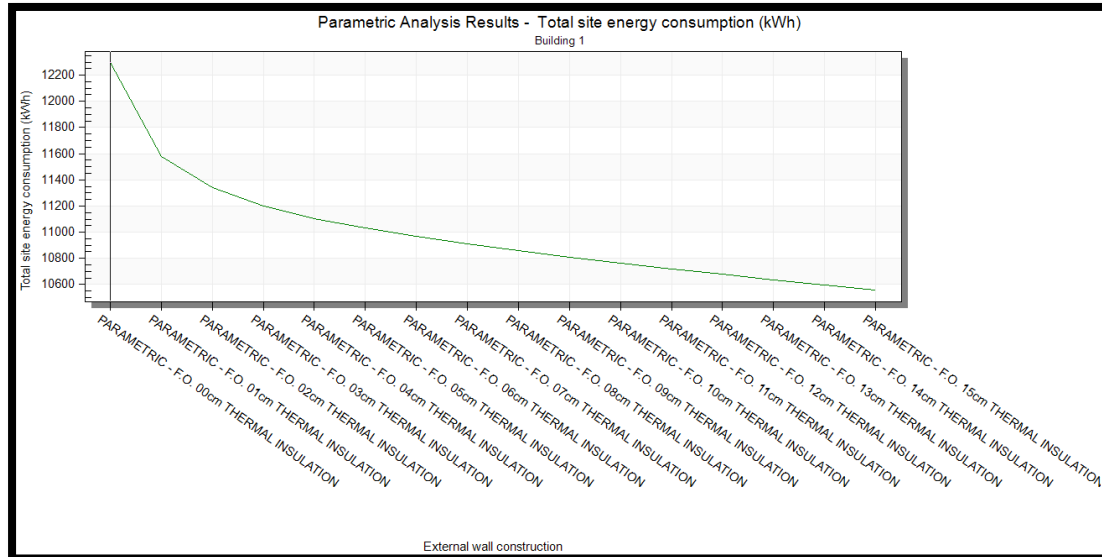
Πίνακας 8.1: Προσθήκη θερμομόνωσης στην Εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

8.2.2 Φέροντα στοιχεία: Υποστυλώματα και δοκάρια.

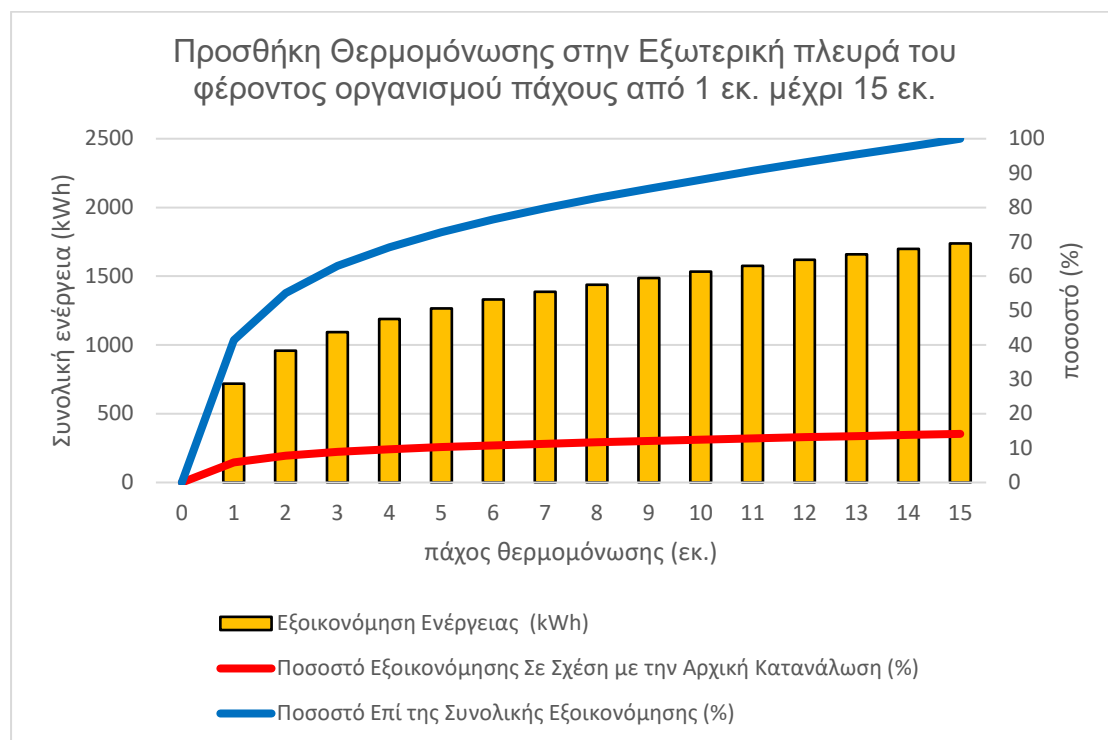
Κάτω από τις ίδιες συνθήκες με το πιο πείραμα και με το ίδιο υλικό (εξηλασμένη πολυστερίνη) και τα ίδια πάχη προσθήκης θερμομονωτικού υλικού (1 έως 15 εκατοστά), διενεργείται το επόμενο πείραμα, αυτή τη φορά, επί των κατακόρυφων στοιχείων του φέροντος οργανισμού που αποτελείται από τα υποστυλώματα και τα δοκάρια από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Με βάση τα στοιχεία των αποτελεσμάτων που εικονογραφούνται στις δύο Εικόνες 8.3 & 8.4 και την λεπτομερή καταγραφή των τιμών στον Πίνακα 8.2, η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας με την προσθήκη μέχρι και 15 εκατοστών θερμομονωτικού υλικού στην εξωτερική πλευρά των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων, ανέρχεται στις 1738 kWh, ένα ποσοστό 14,1% επί της συνολικής κατανάλωσης. Όπως και στην προηγούμενη προσομοίωση, έτσι και σε αυτή, παρατηρείται απότομη μείωση της κατανάλωσης στα

πρώτα 2-4 εκατοστά προσθήκης θερμομόνωσης, ενώ μετά τα 11 εκατοστά η εξοικονόμηση μειώνεται σημαντικά.



Εικόνα 8.3: Προσθήκη Θερμομόνωσης στην Εξωτερική πλευρά του φέροντος οργανισμού (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)



Εικόνα 8.4: Προσθήκη θερμομόνωσης στην Εξωτερική πλευρά του φέροντος οργανισμού (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Με βάση, επίσης, τα στοιχεία των αποτελεσμάτων των δύο γραφικών παραστάσεων και την καταγραφή των τιμών στον Πίνακα 8.2, η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας με την προσθήκη μέχρι και 15 εκατοστών θερμομονωτικού υλικού στην εξωτερική πλευρά των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων, ανέρχεται στις 1738 kWh, ένα ποσοστό 14,1% επί της συνολικής κατανάλωσης. Όπως και στην προηγούμενη προσομοίωση και σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται απότομη μείωση της κατανάλωσης στα πρώτα 2-4 εκατοστά προσθήκης θερμομόνωσης, ενώ μετά τα 11 εκατοστά η εξοικονόμηση μειώνεται σημαντικά.

Συγκεκριμένα, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, το 55% της συνολικής εξοικονόμησης (958 kWh), επιτυγχάνεται με την προσθήκη μόλις 2 εκατοστών θερμομονωτικού υλικού, ενώ στα 5 εκατοστά υλικού έχει επιτευχθεί το 72,8% της συνολικής εξοικονόμησης, που ανέρχεται στις 1266 kWh. Σημειώνεται, επίσης, ότι στα 8 εκατοστά προσθήκης θερμομόνωσης η εξοικονόμηση ανέρχεται στις 1439 kWh, ποσοστό επί του συνόλου 82,8%, ενώ στα 10 εκατοστά θερμομόνωσης η εξοικονόμηση που έχει επιτευχθεί είναι 1,533 kWh που αντιστοιχεί στο 88,2% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας.

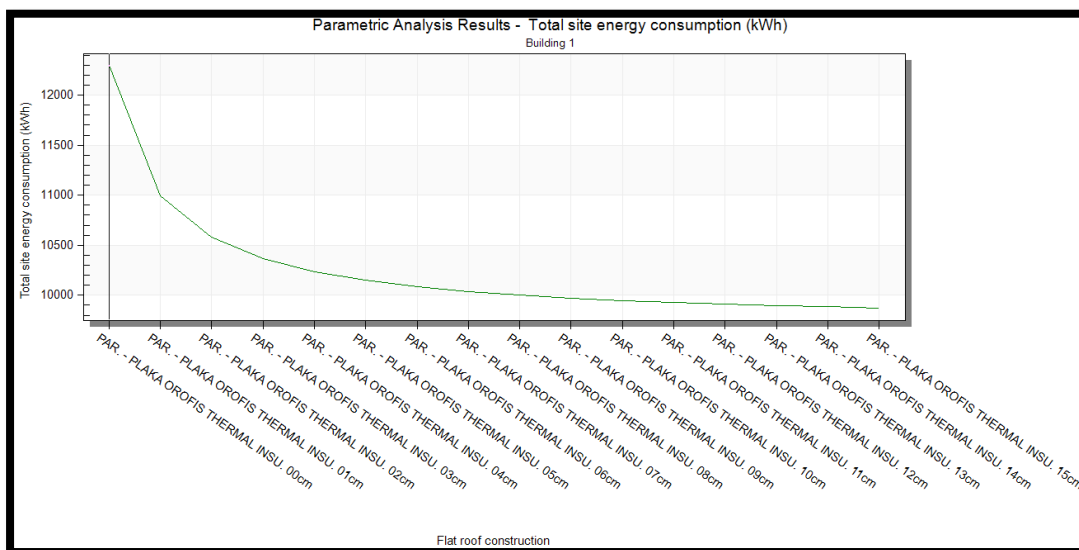
Οι δύο προσομοιώσεις που μόλις παρουσιάστηκαν, έχουν καταγράψει συνολική ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας στην περίπτωση που θερμομονώνεται η εξωτερική τοιχοποιία πλήρωσης 740 kWh και αντίστοιχη εξοικονόμηση στην περίπτωση θερμομόνωσης των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων του εξωτερικού κελύφους 1738 kWh. Ένα σημαντικό πρώτο συμπέρασμα από την σύγκριση των δύο προσομοιώσεων είναι ότι παρόλο που τα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία αποτελούν, ως εμβადόν, μικρότερο ποσοστό σε σχέση με τους εξωτερικούς τοίχους πλήρωσης στο σύνολο των κατακόρυφων επιφανειών του εξωτερικού κελύφους της τυπικής οικίας, η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται προστατεύοντας τα φέροντα στοιχεία, είναι σημαντικά μεγαλύτερη αγγίζοντας ποσοστό της τάξης του 235%. Το γεγονός αυτό, οφείλεται, πιθανόν, στην μεγάλη διαφορά στην τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας (U-value) των δύο στοιχείων (αναφορά για τα U-value).

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57	0	0	0
1	11,576.82	719.75	5.85	41.4
2	11,338.38	958.19	7.79	55.1
3	11,202.01	1,094.56	8.90	63.0
4	11,106.46	1,190.11	9.68	68.4
5	11,030.30	1,266.27	10.30	72.8
6	10,966.08	1,330.49	10.82	76.5
7	10,909.53	1,387.04	11.28	79.8
8	10,857.58	1,438.99	11.70	82.8
9	10,809.33	1,487.24	12.09	85.5
10	10,763.94	1,532.63	12.46	88.1
11	10,720.31	1,576.26	12.82	90.7
12	10,677.98	1,618.59	13.16	93.1
13	10,637.17	1,659.40	13.49	95.4
14	10,597.25	1,699.32	13.82	97.7
15	10,558.12	1,738.45	14.14	100.0

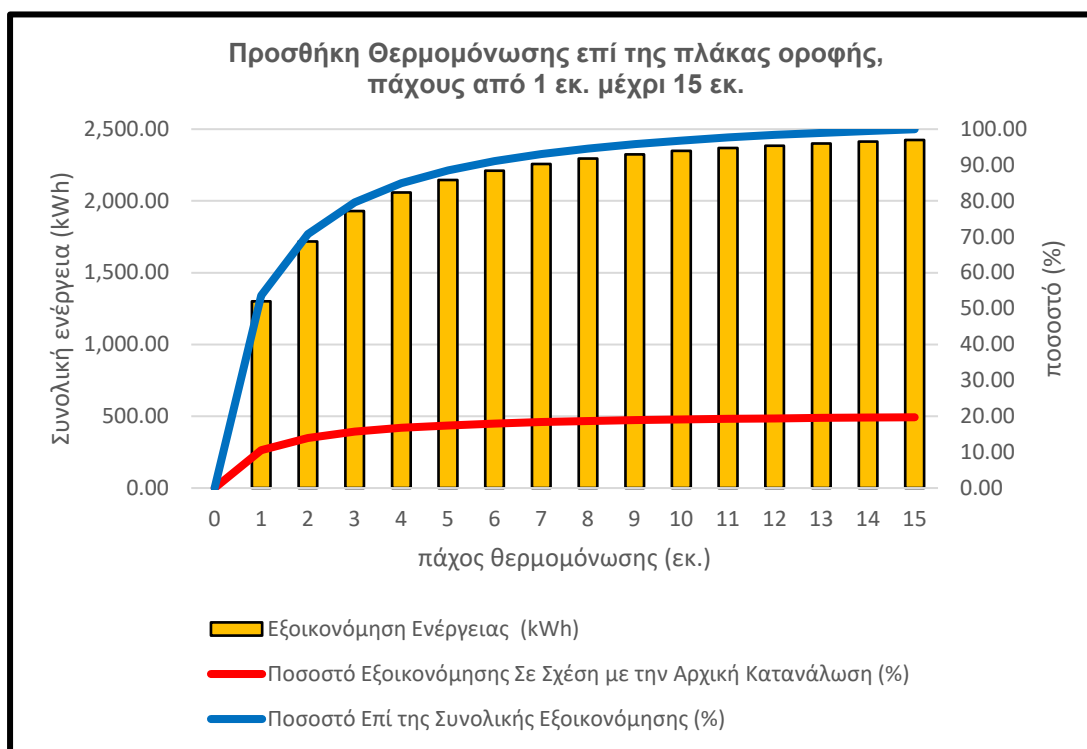
Πίνακας 8.2: Προσθήκη θερμομόνωσης στην Εξωτερική πλευρά του φέροντος οργανισμού πάχους 1-15 εκ.. Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

8.2 Προσθήκη θερμομόνωσης πάχους 1 έως 15 εκ. επί της πλάκας οροφής.

Με το ίδιο υλικό, την εξηλασμένη πολυστερίνη, διενεργείται και η τρίτη προσομοίωση με την προσθήκη του πιο πάνω υλικού επί της πλάκας οροφής με πάχη από 1 έως 15 εκατοστά όπως και στα προηγούμενα δύο πειράματα. Με βάση τα πιο πάνω, τα στοιχεία που καταγράφηκαν στην προσομοίωση που έγινε στο μοντέλο, παρουσιάζονται στις Εικόνες 8.5 & 8.6 και στον Πίνακα 8.3.



Εικόνα 8.5: Προσθήκη θερμομόνωσης επί της πλάκας οροφής (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)



Εικόνα 8.6: Προσθήκη θερμομόνωσης επί της πλάκας οροφής (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα της προσομοίωσης πιο πάνω, διαφαίνεται ότι η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας, με την προσθήκη μέχρι και 15 εκατοστών θερμομονωτικού υλικού επί της οριζόντιας πλάκας οροφής, ανέρχεται στις 2,424 kWh. Επιτυγχάνεται, δηλαδή, ένα ποσοστό εξοικονόμησης πολύ κοντά στο 20%.

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57			
1	10,996.35	1,300.22	10.57	53.6
2	10,579.83	1,716.74	13.96	70.8
3	10,366.81	1,929.76	15.69	79.6
4	10,236.92	2,059.65	16.75	84.9
5	10,149.70	2,146.87	17.46	88.5
6	10,087.07	2,209.50	17.97	91.1
7	10,039.42	2,257.15	18.36	93.1
8	10,002.20	2,294.37	18.66	94.6
9	9,972.69	2,323.88	18.90	95.8
10	9,948.72	2,347.85	19.09	96.8
11	9,928.43	2,368.14	19.26	97.7
12	9,911.15	2,385.42	19.40	98.4
13	9,896.47	2,400.10	19.52	99.0
14	9,883.37	2,413.20	19.62	99.5
15	9,872.27	2,424.30	19.72	100.0

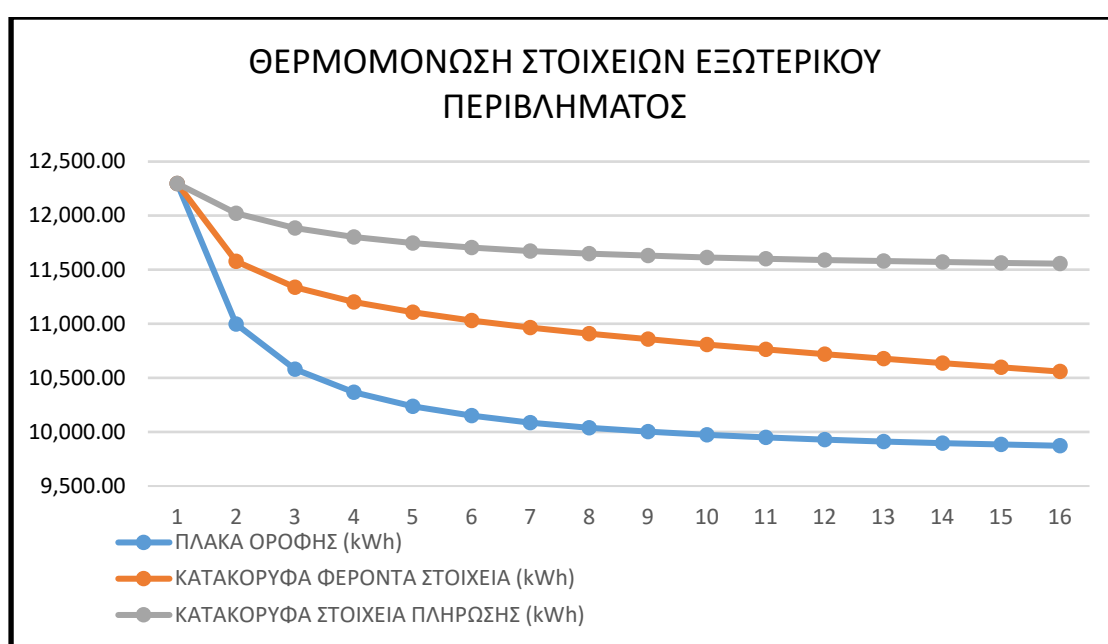
Πίνακας 8.3: Προσθήκη θερμομόνωσης επί της πλάκας οροφής (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Η μείωση αυτή, όπως και στα προηγούμενα πειράματα με την προσθήκη του ίδιου υλικού, επιτυγχάνεται πολύ γρήγορα από τη στιγμή που προστίθεται σταδιακά το πάχος της θερμομόνωσης. Μόλις στο πρώτο εκατοστό προσθήκης εξηλασμένης πολυστερίνης, έχει επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας 1,300 kWh που αντιστοιχεί σε ένα ποσοστό σχεδόν 54% επί της συνολικής μείωσης που επιτυγχάνεται με τα 15 εκατοστά προσθήκης θερμομονωτικού υλικού. Μέχρι τα 5 εκατοστά προσθήκης υλικού έχει επιτευχθεί μείωση 2,209 kWh, ποσοστό που ξεπερνά το 91% τη συνολικής μείωσης, ενώ από τα 11 μέχρι και τα 15 εκατοστά προσθήκης θερμομόνωσης, η

μείωση αλλάζει κατά ένα πολύ μικρό ποσοστό που μόλις ξεπερνά το 2% επί της συνολικής εξοικονόμησης που επιτυγχάνεται στο πείραμα.

8.3 Σύγκριση των τριών πειραμάτων

Μετά την επιμέρους ανάλυση του κάθε στοιχείου του εξωτερικού περιβλήματος, στην Εικόνα 8.7 παρουσιάζονται συγκριτικά σε γραφική παράσταση οι τρεις περιπτώσεις που αναλύθηκαν πιο πάνω και στον Πίνακα 8.4 οι αντίστοιχες τιμές που έχουν καταγραφεί σε κάθε πείραμα.



Εικόνα 8.7: Προσθήκη θερμομόνωσης επί όλων των στοιχείων (κατακόρυφων και οριζόντιων) του εξωτερικού κελύφους (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)

Μελετώντας τα πιο πάνω αποτελέσματα, διαφαίνεται ότι η θερμομόνωση της πλάκας οροφής (μπλε καμπύλη στην Εικ. 8.7), αποτελεί την αποτελεσματικότερη ενέργεια, όσον αφορά τη θερμική προστασία της τυπικής οικίας, καθώς επιφέρει την μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση και με τις άλλες δύο προτάσεις θερμομόνωσης. Συγκεκριμένα, η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με την προσθήκη μέχρι και 15 εκατοστών εξηλασμένης πολυστερίνης στη πλάκα οροφής είναι 2,424 kWh και είναι σχεδόν ή ίδια τιμή με την τιμή των 2,478kWh που προκύπτει από το άθροισμα των ετήσιων τιμών εξοικονόμησης ενέργειας των δύο υπολοίπων κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού κελύφους, των φερόντων και των στοιχείων πλήρωσης,

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΦΕΡΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΠΛΑΚΑ ΟΡΟΦΗΣ (kWh)	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΦΕΡΟΝΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ (kWh)	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΛΗΡΩΣΗΣ (kWh)
0	12,296.57	12,296.57	12,296.57
1	10,996.35	11,576.82	12,021.68
2	10,579.83	11,338.38	11,885.30
3	10,366.81	11,202.01	11,801.65
4	10,236.92	11,106.46	11,745.59
5	10,149.70	11,030.30	11,705.03
6	10,087.07	10,966.08	11,673.75
7	10,039.42	10,909.53	11,649.33
8	10,002.20	10,857.58	11,630.77
9	9,972.69	10,809.33	11,614.54
10	9,948.72	10,763.94	11,600.99
11	9,928.43	10,720.31	11,589.48
12	9,911.15	10,677.98	11,579.52
13	9,896.47	10,637.17	11,570.90
14	9,883.37	10,597.25	11,563.12
15	9,872.27	10,558.12	11,556.29

Πίνακας 8.4: Προσθήκη θερμομόνωσης επί όλων των στοιχείων (κατακόρυφων και οριζόντιων) του εξωτερικού κελύφους (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Το πιο πάνω συμπέρασμα, καθιστά το επόμενο κεφάλαιο ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς αναλύονται και παρουσιάζονται σε αυτό διεξοδικά, πάρα πολλές επιλογές και με ποικίλα υλικά και συνδυασμούς αυτών, με τις οποίες μπορεί να προστατευτεί, θερμικά, η οριζόντια πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα που καλύπτει τη δώροφη τυπική οικία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ - ΠΛΑΚΑ ΟΡΟΦΗΣ

9.1 Θερμομόνωση

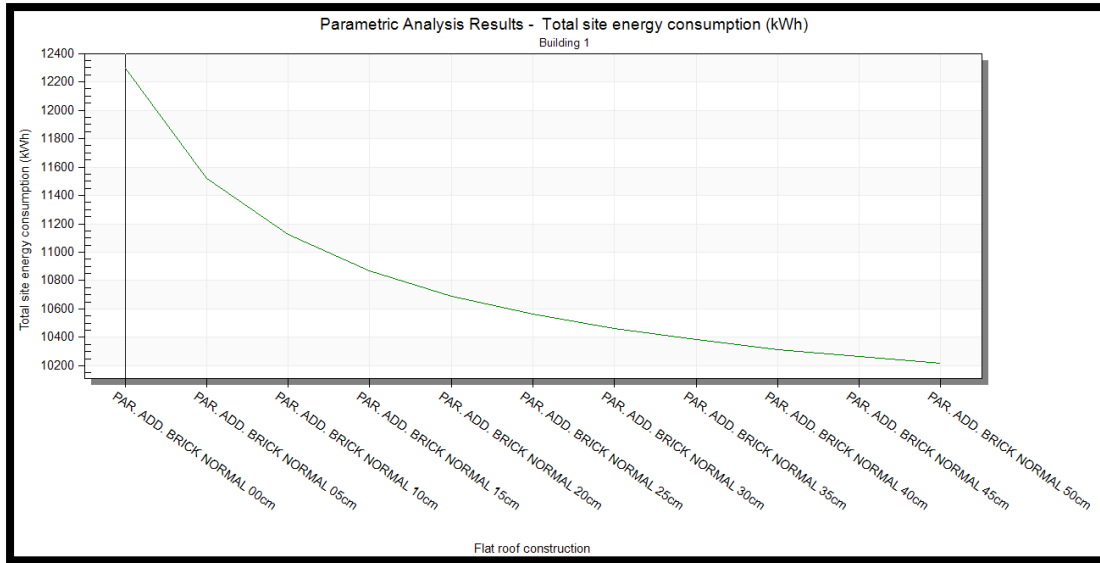
9.1.1 Προσθήκη θερμομόνωσης πάχους από 1 έως 15 εκ. επί της πλάκας οροφής.

Το πείραμα αυτό μόλις αναλύθηκε (βλ. Κεφ. 10, Παρ. 10.2) και υπενθυμίζεται ότι με την προσθήκη θερμομονωτικών πλακών εξηλασμένης πολυστερίνης μέχρι και 15 εκατοστά στην πλάκα οροφής, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας 2,424 kWh, ένα ποσοστό δηλαδή της τάξης του 19,72% εξοικονόμησης ετησίως.

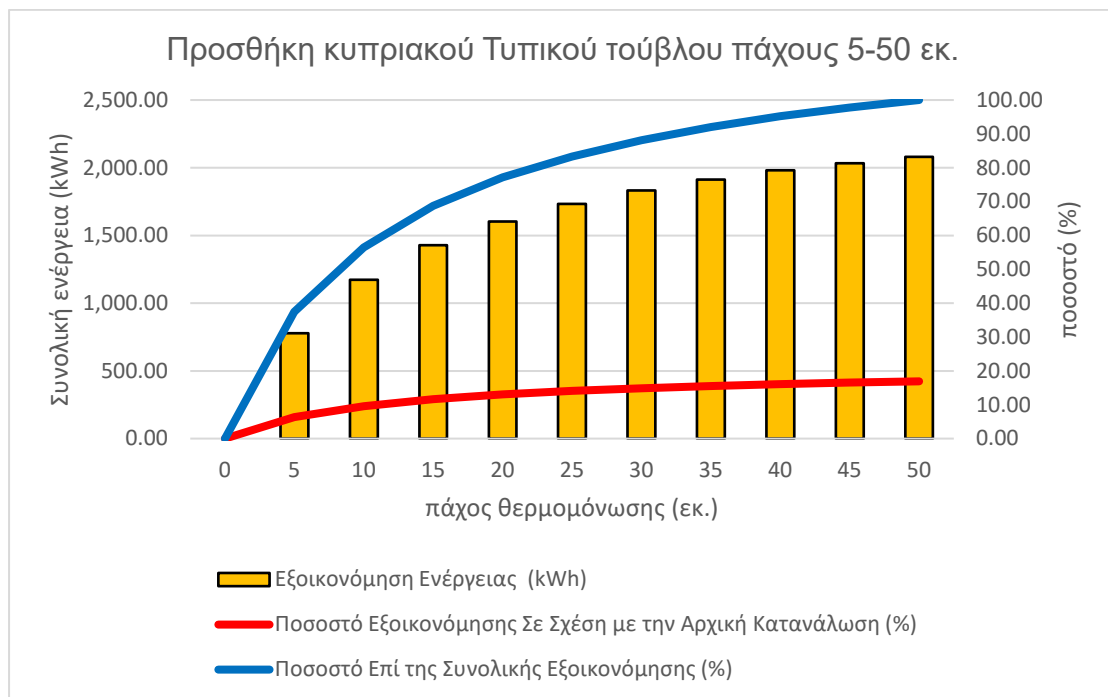
9.2 Κυπριακό τυπικό τούβλο

9.2.1 Προσθήκη κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 5 έως 50 εκ.

Σε αυτό το πείραμα και στην προσπάθεια να εξεταστούν λύσεις θερμικής προστασίας της πλάκας οροφής, πρακτικά εύκολες, οικονομικές και με υλικά που υπάρχουν σε αφθονία στην Κυπριακή αγορά, εξετάζεται η προστασία που μπορεί να προσφέρει η απλή εναπόθεση, στην πλάκα οροφής, κυπριακών διάτρητων τούβλων με πάχη από 5 μέχρι και 50 εκατοστά. Με βάση τα πιο πάνω δεδομένα, καταγράφηκαν τα στοιχεία της προσομοίωσης που έγινε στο μοντέλο, τα οποία παρουσιάζονται στις Εικόνες 9.1 & 9.2 και οι τιμές πιο αναλυτικά στον Πίνακα 9.1.



Εικόνα 9.1: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου (5-50 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)



Εικόνα 9.2: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου (5-50 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Πάχος Κυπριακού Τυπικού Τούβλου (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57	0	0	0
5	11,518.02	778.55	6.33	37.4
10	11,122.75	1,173.82	9.55	56.5
15	10,867.82	1,428.75	11.62	68.7
20	10,692.48	1,604.09	13.05	77.1
25	10,564.46	1,732.11	14.09	83.3
30	10,463.91	1,832.66	14.90	88.1
35	10,383.30	1,913.27	15.56	92.0
40	10,316.14	1,980.44	16.11	95.2
45	10,263.97	2,032.60	16.53	97.8
50	10,217.17	2,079.40	16.91	100.0

Πίνακας 9.1: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου (5-50 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

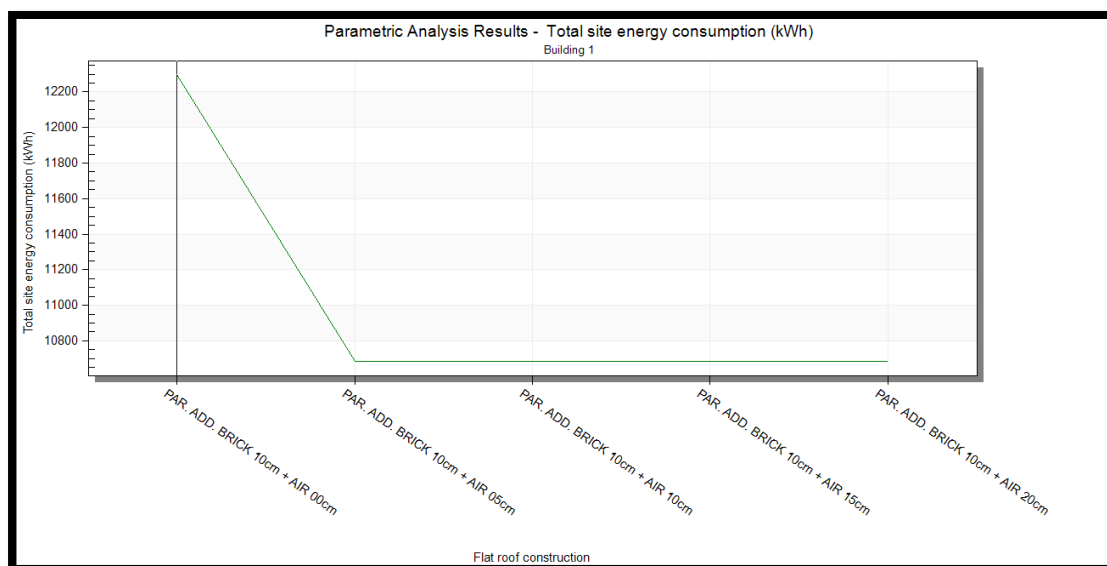
Παρατηρώντας τα αποτελέσματα, διαφαίνεται ότι με το πείραμα αυτό η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας με την προσθήκη κυπριακού τούβλου πάχους μέχρι 50 εκατοστών επί της οριζόντιας πλάκας οροφής, ανέρχεται στις 2.079,4 kWh. Ένα ποσοστό εξοικονόμησης σε σχέση με την αρχική κατανάλωση 16,91%. Η μείωση της εξοικονόμησης αυτής επιτυγχάνεται πολύ γρήγορα. Με το πρώτο τούβλο πάχους 10 εκατοστών που προστίθεται, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας 1.173,8 kWh, ένα ποσοστό δηλαδή της τάξης του 56,5% επί της συνολικής εξοικονόμησης που επιτυγχάνεται με τα 50 εκατοστά προσθήκης κυπριακού τούβλου.

Στη συνέχεια παρατηρείται ότι μέχρι τα 30 εκατοστά πάχους προσθήκης κυπριακού τούβλου, επιτυγχάνεται μείωση της καταναλισκόμενης ετήσιας ενέργειας 1,832.6 kWh, δηλαδή ένα ποσοστό εξοικονόμησης 14,9% σε σχέση με την αρχική κατανάλωση, το οποίο επίσης αγγίζει το 88% της συνολικής εξοικονόμησης του πειράματος. Ουσιαστικά, τα τελευταία 20 εκατοστά πάχους κυπριακού τούβλου προσφέρουν ένα ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας μόλις 13%. Πιο συγκεκριμένα, η προσθήκη των πρώτων 20 εκατοστών κυπριακού τούβλου προσφέρει ένα ποσοστό που αγγίζει το 77% επί της συνολικής εξοικονόμησης, όπου αυτό ανέρχεται στις 1,604 kWh της εξοικονόμησης ενέργειας, ενώ, τα τελευταία 20 εκατοστά προσθήκης κυπριακού

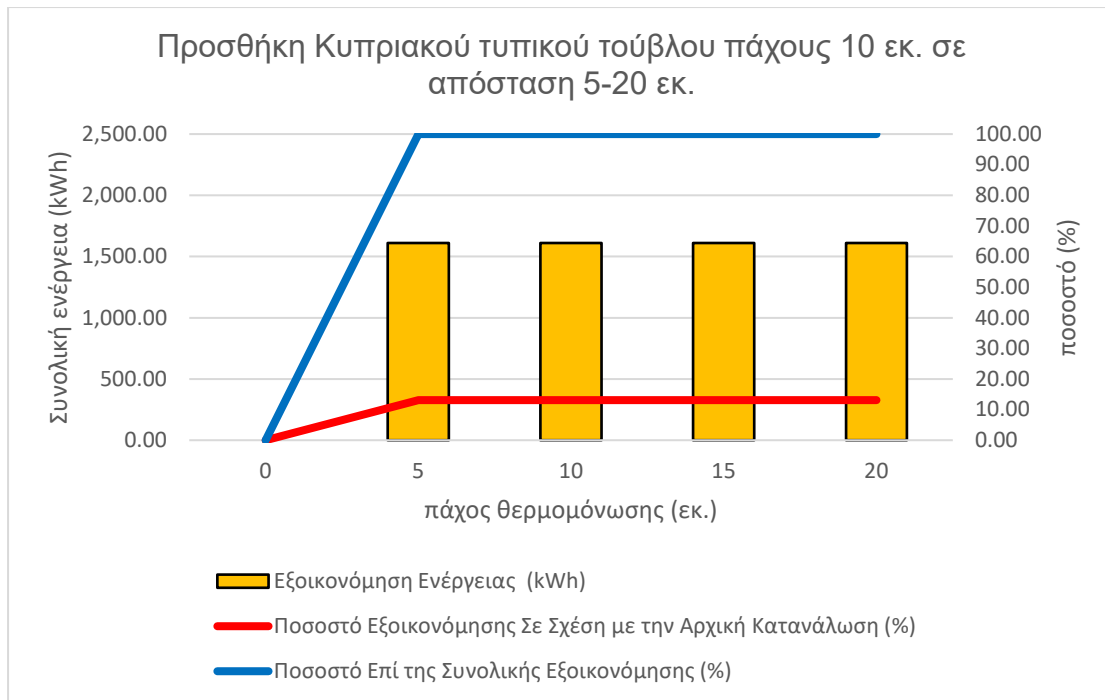
τούβλου φαίνεται να προσφέρουν ένα συνολικό ποσοστό που μόλις ξεπερνά το 10% επί της συνολικής εξοικονόμησης που επιτυγχάνεται στο συγκεκριμένο πείραμα.

9.2.2 Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 10 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5 έως 20 εκ.

Συνεχίζοντας με το ίδιο υλικό, διενεργείται το επόμενο πείραμα με την προσθήκη του τυπικού κυπριακού τούβλου επί της πλάκας οροφής με πάχος 10 εκατοστών σε απόσταση όμως, σε αυτήν την περίπτωση, από την πλάκα, η οποία απόσταση κυμαίνεται από 5 μέχρι 20 εκατοστά. Ουσιαστικά, στο συγκεκριμένο πείραμα τοποθετείται η όποια προστασία σε απόσταση από την πλάκα, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα διάκενο αέρα στο ενδιάμεσο διάστημα. Επομένως, αξιολογείται ταυτόχρονα με το κυπριακό τούβλο και η αποτελεσματικότητα του στρώματος αέρα που υπάρχει μεταξύ της πλάκας και οποιουδήποτε συστήματος παθητικής προστασίας από πάνω. Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, το διάκενο αυτό δεν μπορεί να προσομοιωθεί στο λογισμικό ως αεριζόμενο στρώμα (baffle) και έτσι υπολογίζεται ως στρώμα αέρα.



Εικόνα 9.3: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 10 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.) Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)



Εικόνα 9.4: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 10 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Απόσταση Κυπριακού Τούβλου από Πλάκα (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57	0	0	0
5	10,685.78	1,610.79	13.10	100.0
10	10,685.78	1,610.79	13.10	100.0
15	10,685.78	1,610.79	13.10	100.0
20	10,685.78	1,610.79	13.10	100.0

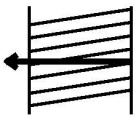
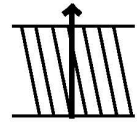
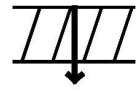
Πίνακας 9.2: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 10 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Σύμφωνα με Εικόνες 9.3 & 9.4, όπου καταγράφονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης και την αναλυτική καταγραφή των αποτελεσμάτων στον Πίνακα 9.2, παρατηρείται ότι, είτε η στρώση από 10 εκατοστά πάχους τούβλα απέχει 5 εκατοστά από την πλάκα οροφής, είτε 20 εκατοστά δεν υπάρχει διαφοροποίηση στην εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς η ετήσια εξοικονόμηση της τυπικής οικίας είναι

σταθερή και ανέρχεται στις 10,685 kWh, ένα ποσοστό 13,1% επί της αρχικής κατανάλωσης. Συγκεκριμένα, έχει επιτευχθεί μια εξοικονόμηση ενέργειας 1,610 kWh, ποσοστό επί του συνόλου 13,1 %, το οποίο επιτυγχάνεται από τα πρώτα 5 εκατοστά απόστασης της προσθήκης Κυπριακού Τούβλου από την πλάκα και στη συνέχεια, όπως αναφέρθηκε, καταγράφονται πανομοιότυπα αποτελέσματα όσο αυξάνεται η απόσταση από τα 5 εκ. στα 20 εκ. χωρίς καμία διαφοροποίηση.

Συνεπώς, από τη στιγμή που βρίσκεται σε απόσταση από την πλάκα οροφής το σύστημα προστασίας και παρεμβάλλεται, ενδιάμεσα, στρώμα αέρα, το πάχος του στρώματος αυτού φαίνεται να είναι αδιάφορο και η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται είναι άμεσα εξαρτώμενη από το σύστημα προστασίας παρά με την απόσταση αυτού από την πλάκα οροφής. Η εξήγηση αυτού του αποτελέσματος οφείλεται στο γεγονός ότι από κάποιο πάχος και έπειτα, η αντίσταση θερμοδιαφυγής των διάκενων σταθεροποιείται. Σχετικός είναι και ο Πίνακας 9.3⁸⁵, στον οποίο καταγράφονται οι τιμές αναφοράς θερμικής αντίστασης στρώματος αέρα που βρίσκεται εγκλωβισμένος ενδιάμεσα σε αδιαφανή δομικά στοιχεία, στον οποίο φαίνεται ότι από τα 25 χιλιοστά και έπειτα η αντίσταση στρώματος αέρα σταθεροποιείται και είναι αδιάφορη από το πάχος της.

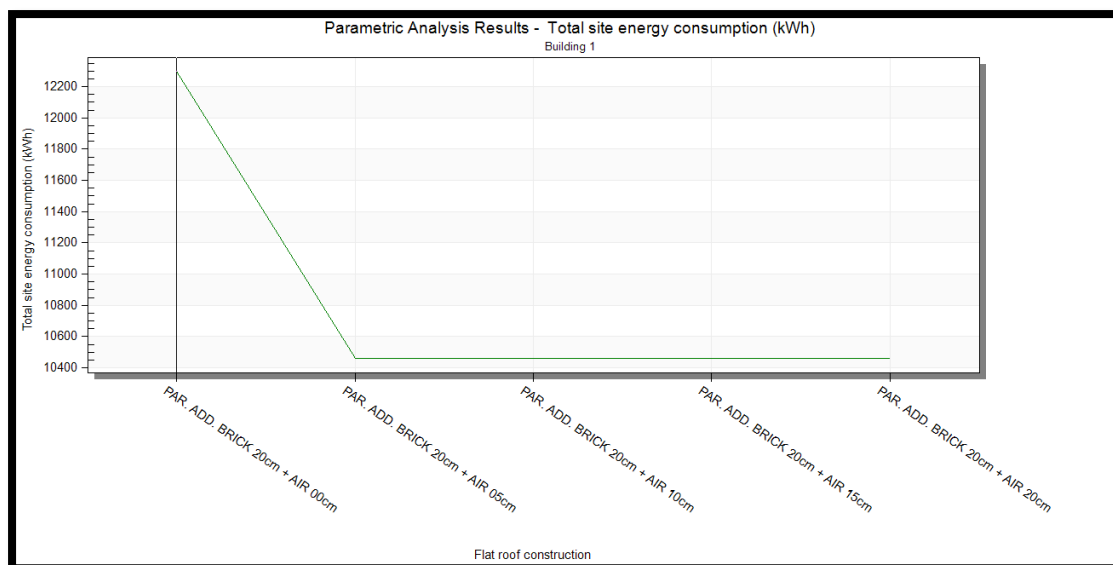
⁸⁵ Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υψηλής Ενεργειακής, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-_pinakas-diorthosewn.pdf , ημ. πρόσβασης 16/4/2016 49

R _a για ΜΗ ανακλαστική επιφάνεια και στις δύο πλευρές (ε≥0,8) (m ² K / W)			
Πάχος στρώματος αέρα (mm)	Διεύθυνση ροής θερμότητας		
			
0	0.00	0.00	0.00
5	0.11	0.11	0.11
7	0.13	0.13	0.13
10	0.15	0.15	0.15
15	0.17	0.16	0,17
25	0.18	0.16	0.19
50	0.18	0.16	0.21
100	0.18	0.16	0.22
300	0.18	0.16	0.23

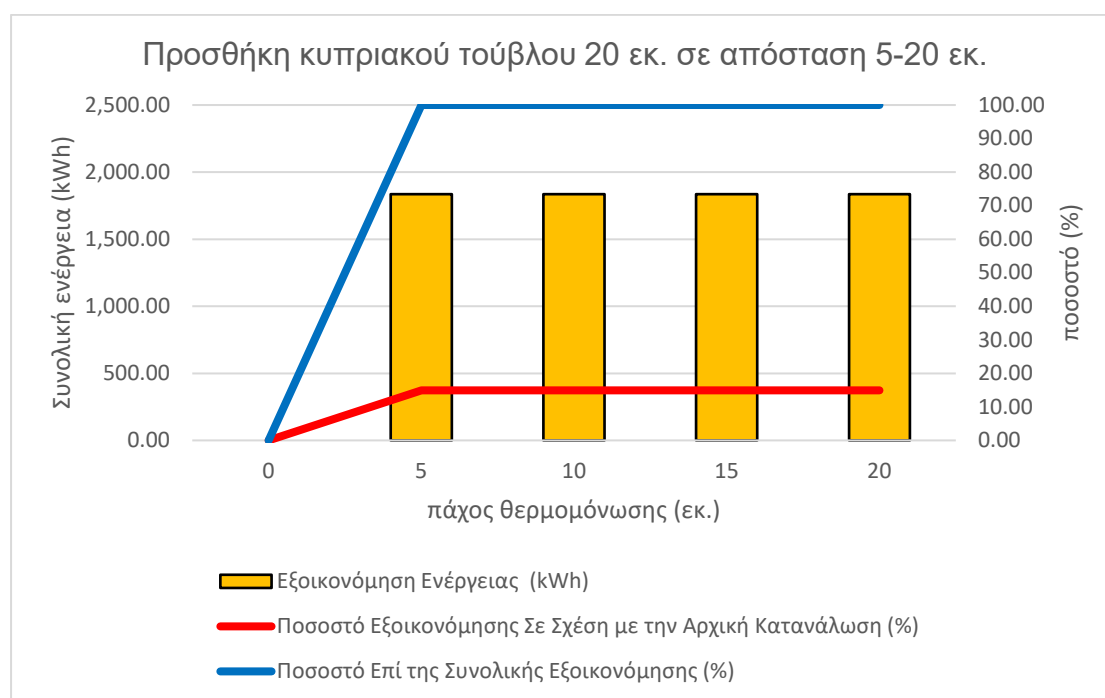
Πίνακας 9.3: Τιμές αναφοράς θερμικής αντίστασης στρώματος αέρα που βρίσκεται εγκλωβισμένος ενδιάμεσα σε αδιαφανή δομικά στοιχεία που έχουν επίπεδες μη ανακλαστικές επιφάνειες (μη αεριζόμενα στρώματα αέρα)

9.2.3 Προσθήκη κυπριακού τούβλου πάχους 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5 έως 20 εκ.

Το επόμενο πείραμα διενεργείται με τον ίδιο τρόπο όπως το προηγούμενο, με την διαφορά να εστιάζεται στην αύξηση του πάχους του υλικού προστασίας με την τοποθέτηση κυπριακού τυπικού τούβλου 20 εκατοστών πάχους, με τις ίδιες αποστάσεις από την πλάκα οι οποίες κυμαίνονται από 5-20 εκατοστά.



Εικόνα 9.5: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.) Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)



Εικόνα 9.6: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Απόσταση Κυπριακού Τούβλου από Πλάκα (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57	0	0	0
5	10,461.84	1,834.73	14.92	100.0
10	10,461.84	1,834.73	14.92	100.0
15	10,461.84	1,834.73	14.92	100.0
20	10,461.84	1,834.73	14.92	100.0

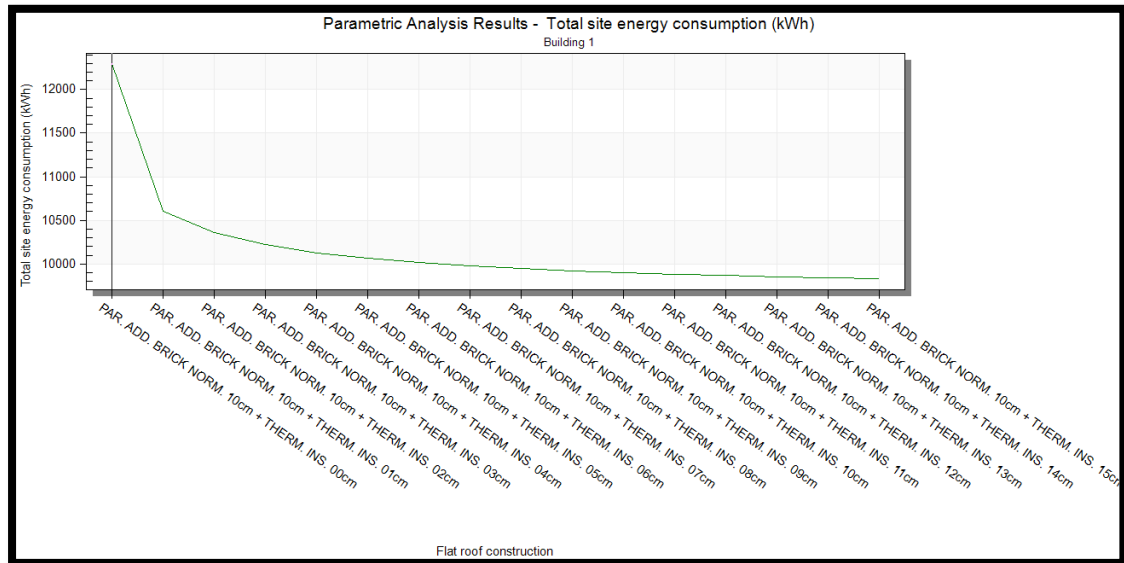
Πίνακας 9.4: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Με βάση τα αποτελέσματα που εικονογραφούνται στις Εικόνες 9.5 & 9.6 και την καταγραφή των τιμών στον Πίνακα 9.4, η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας της Τυπικής οικίας με τα νέα δεδομένα, ανέρχεται στις 10,461 kWh, ένα ποσοστό 14.9% επί της συνολικής κατανάλωσης και παραμένει σταθερή όσο αυξάνεται η απόσταση τοποθέτησης του συστήματος αυτού από την πλάκα. Όπως και στην προηγούμενη προσομοίωση, παρατηρείται και σε αυτήν την προσπάθεια το ίδιο συμπέρασμα. Από τη στιγμή που μεσολαβεί στρώμα με αέρα τουλάχιστον 5 εκατοστών, η οποιαδήποτε αύξησή του δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα της θερμομόνωσης. Πιο συγκεκριμένα, έχει επιτευχθεί μια εξοικονόμηση ενέργειας 1,834 kWh, ποσοστό που αντιστοιχεί στο 14.9% επί της συνολικής κατανάλωσης, το οποίο επιτυγχάνεται από τα πρώτα 5 εκατοστά. Σε σχέση με το προηγούμενο πείραμα παρατηρείται πρόσθετη εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης των 224 kWh.

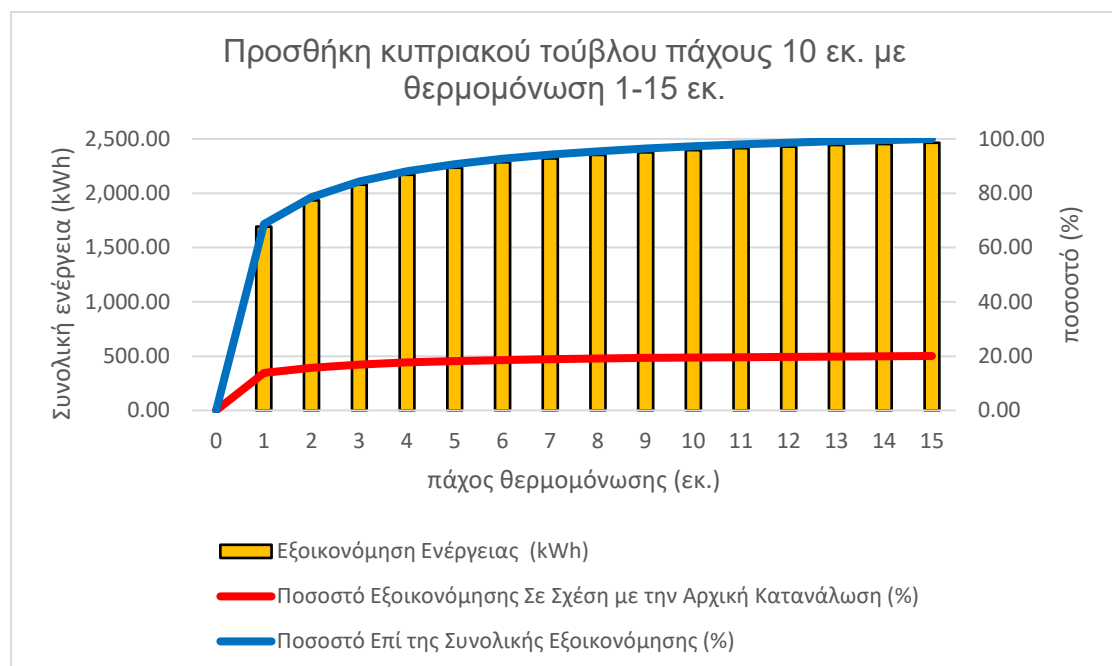
Συμπερασματικά, η προστασία που προσφέρει το σύστημα παθητικής προστασίας που τοποθετείται στην πλάκα οροφής διαφαίνεται και σε αυτό το πείραμα ότι επιφέρει μία πρόσθετη προστασία σε σχέση με το προηγούμενο πείραμα, η οποία οφείλεται εξολοκλήρου στην αύξηση του πάχους του υλικού του τούβλου που προστίθεται και όχι στην απόσταση που μεσολαβεί μεταξύ αυτού και της πλάκας και η εξοικονόμηση αυτή δεν διαφοροποιείται από την απόσταση του συστήματος προστασίας από την πλάκα.

9.2.4 Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 10 εκ. με θερμομόνωση 1 έως 15 εκ.

Η επόμενη προσομοίωση που ακολουθεί, διενεργείται κάτω από τις ίδιες συνθήκες της πρώτης περίπτωσης και με το ίδιο υλικό, το κυπριακό τούβλο 10 εκατοστών πάχους, να τοποθετείται στην πλάκα οροφής, παρεμβάλλοντας ενδιάμεσα του τούβλου και της πλάκας, θερμομονωτικό υλικό με πάχος από 1 μέχρι 15 εκατοστά.



Εικόνα 9.7: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 10 εκ. με θερμομόνωση (1-15 εκ.) Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).



Εικόνα 9.8: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 10 εκ. με θερμομόνωση (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57	0	0	0
1	10,603.88	1,692.69	13.77	68.7
2	10,361.14	1,935.43	15.74	78.5
3	10,219.08	2,077.49	16.89	84.3
4	10,126.07	2,170.50	17.65	88.1
5	10,061.54	2,235.04	18.18	90.7
6	10,012.68	2,283.89	18.57	92.7
7	9,974.81	2,321.76	18.88	94.2
8	9,944.57	2,352.00	19.13	95.4
9	9,919.80	2,376.77	19.33	96.5
10	9,899.22	2,397.35	19.50	97.3
11	9,880.99	2,415.58	19.64	98.0
12	9,866.38	2,430.19	19.76	98.6
13	9,853.52	2,443.05	19.87	99.1
14	9,842.27	2,454.30	19.96	99.6
15	9,832.42	2,464.15	20.04	100.0

Πίνακας 9.5: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 10 εκ. με θερμομόνωση (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

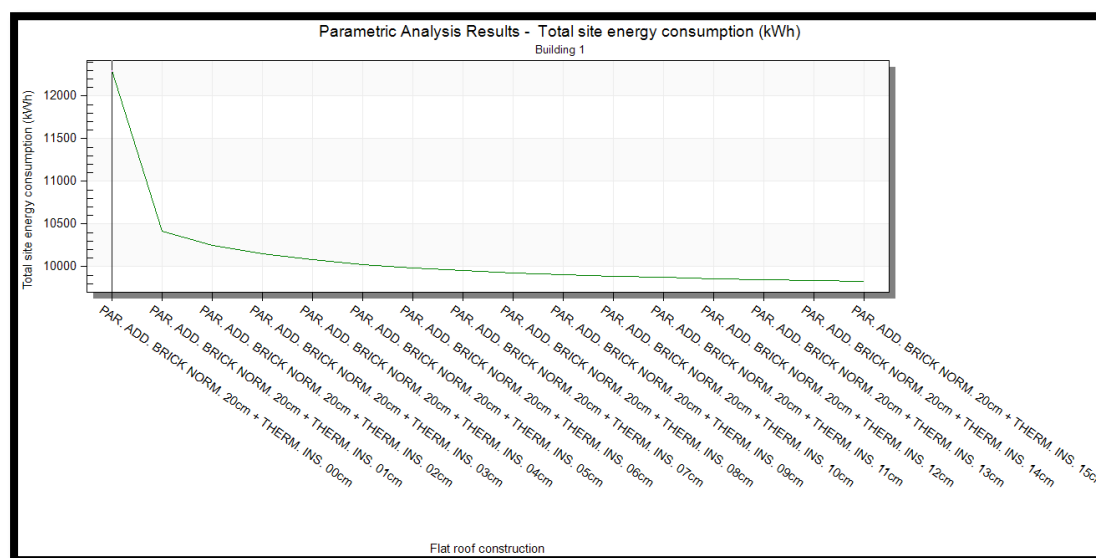
Τα στοιχεία που καταγράφηκαν στην προσομοίωση που έγινε στο μοντέλο παρουσιάζονται στις Εικόνες 9.7 & 9.8 και στον Πίνακα 9.5. Παρατηρώντας τα αποτελέσματα, η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με την προσθήκη 10 εκατοστών κυπριακού τυπικού τούβλου και εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους 15 εκατοστών, ανέρχεται στις 2,464.15 kWh, ένα ποσοστό 20% ετησίως. Μόλις με το πρώτο εκατοστό εξηλασμένης πολυστερίνης, έχει επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας 1,692.6 kWh, δηλαδή ένα ποσοστό που αντιστοιχεί κατά 68,7% επί της συνολικής εξοικονόμησης. Στη συνέχεια, το ποσοστό 90,7% της συνολικής μείωσης επιτυγχάνεται με τα πρώτα 5 εκατοστά προσθήκης θερμομονωτικού υλικού κάτω από το στρώμα με τα τούβλα, ενώ μέχρι τα 8 εκατοστά προσθήκης υλικού η μείωση αυτή ξεπερνά το 95,4% της συνολικής εξοικονόμησης, καθώς ανέρχεται στις 2,235 kWh. Από τα 8 εκατοστά προσθήκης θερμομόνωσης και

πάνω, τα υπόλοιπα 7 εκατοστά του συστήματος προστασίας, συνεισφέρουν μόνο για το 5% επί της συνολικής εξοικονόμησης που επιτυγχάνεται στο πείραμα.

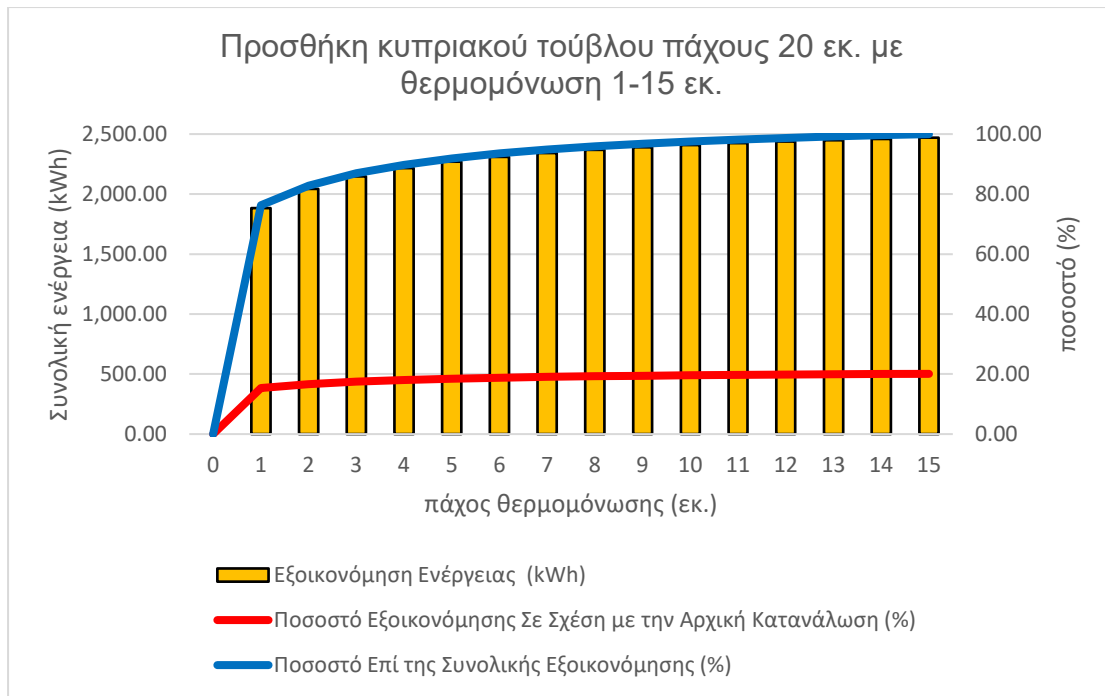
Συγκρίνοντας το παρόν πείραμα με το πείραμα στην Παράγραφο 9.1.1, στο οποίο είχε προστεθεί μόνον η θερμομόνωση, διαφαίνεται ότι η προσθήκη κυπριακού τούβλου 10 εκατοστών επί της εξηλασμένης πολυστερίνης, προσφέρει μια αμελητέα βελτίωση της τάξης των 40 kWh ετησίως, το οποίο είναι ένα ποσοστό της τάξης του 0.02%. Ουσιαστικά, φαίνεται ότι το θερμομονωτικό υλικό είναι πολύ πιο αποτελεσματικό, ενώ η προσθήκη ενός διάτρητου τούβλου δεν προσφέρει καμία ουσιαστική πρόσθετη προστασία στο σύνολο του συστήματος.

9.2.5 Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 20 εκ. με θερμομόνωση 1-15 εκ.

Σε συνέχεια του προηγούμενου πειράματος και με σκοπό να εξεταστεί περαιτέρω η αποτελεσματικότητα του κυπριακού τούβλου ως υλικό για σύστημα θερμικής προστασίας στην Τυπική Οικία, διενεργείται το παρόν πείραμα στο οποίο το πάχος τη θερμομόνωσης παραμένει το ίδιο ενώ διαφοροποιείται το πάχος προσθήκης του κυπριακού τυπικού τούβλου αυξάνοντάς το από 10 σε 20 εκατοστά. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στις Εικόνες .9 & .10 και στον Πίνακα .6.



Εικόνα 9.9: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 20 εκ. με θερμομόνωση (1-15 εκ.)
Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)



Εικόνα 9.10: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 20 εκ. με θερμομόνωση (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Σύμφωνα με τα δεδομένα που καταγράφονται πιο πάνω, έχει επιτευχθεί συνολική εξοικονόμηση ενέργειας 2,468.8 kWh, ένα ποσοστό 20,08% ετησίως. Όπως και στις προηγούμενες προσομοιώσεις, έτσι και σε αυτήν, παρατηρείται απότομη μείωση της κατανάλωσης από την προσθήκη του πρώτου εκατοστού εξηλασμένης πολυστερίνης. Συγκεκριμένα, παρουσιάζεται μείωση 1,884 kWh ετησίως, ένα ποσοστό που αγγίζει το 76.3% επί της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης. Καταγράφηκε επίσης, ότι κατά την προσθήκη 5 εκατοστών εξηλασμένης πολυστερίνης έχει επιτευχθεί 2,268 kWh εξοικονόμηση ενέργειας που αντιστοιχεί σε ποσοστό 91,9% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Κατά συνέπεια, από το στάδιο εκείνο και μετά, τα υπόλοιπα 10 εκατοστά θερμομονωτικού υλικού συνεισφέρουν στη μείωση ενέργειας μόνον για ένα ποσοστό της τάξης του 8% περίπου .

Όπως έγινε και στο αμέσως προηγούμενο πείραμα, συγκρίνοντας το παρόν πείραμα με το πείραμα στην Παράγραφο 9.1.1, διαφαίνεται ότι η προσθήκη κυπριακού τούβλου 20 εκατοστών επί της εξηλασμένης πολυστερίνης, προσφέρει μια επίσης πολύ μικρή βελτίωση της τάξης των 44 kWh ετησίως, το οποίο είναι ένα ποσοστό της τάξης του 0.02%. Βλέποντας, επίσης, τα αποτελέσματα του προηγούμενου πειράματος, παρατηρείται ότι ο διπλασιασμός του πάχους του τούβλου από 10 σε 20 εκατοστά επί του στρώματος των 15 εκατοστών εξηλασμένης πολυστερίνης παρέχει μία αμελητέα πρόσθετη εξοικονόμηση ενέργειας 4 kWh ετησίως μόνον. Ουσιαστικά, αποδεικνύεται

και πάλι ότι το θερμομονωτικό υλικό είναι πιο αποτελεσματικό, ενώ η προσθήκη ενός διάτρητου τούβλου δεν προσφέρει καμία ουσιαστική σημασία στο σύνολο του συστήματος.

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57	0	0	0
1	10,412.53	1,884.04	15.32	76.3
2	10,253.11	2,043.46	16.62	82.8
3	10,150.34	2,146.23	17.45	86.9
4	10,079.85	2,216.72	18.03	89.8
5	10,027.47	2,269.10	18.45	91.9
6	9,986.90	2,309.67	18.78	93.5
7	9,954.55	2,342.02	19.05	94.9
8	9,928.35	2,368.22	19.26	95.9
9	9,906.98	2,389.59	19.43	96.8
10	9,888.05	2,408.52	19.59	97.5
11	9,872.32	2,424.25	19.71	98.2
12	9,858.88	2,437.69	19.82	98.7
13	9,847.14	2,449.43	19.92	99.2
14	9,836.96	2,459.62	20.00	99.6
15	9,827.77	2,468.80	20.08	100.0

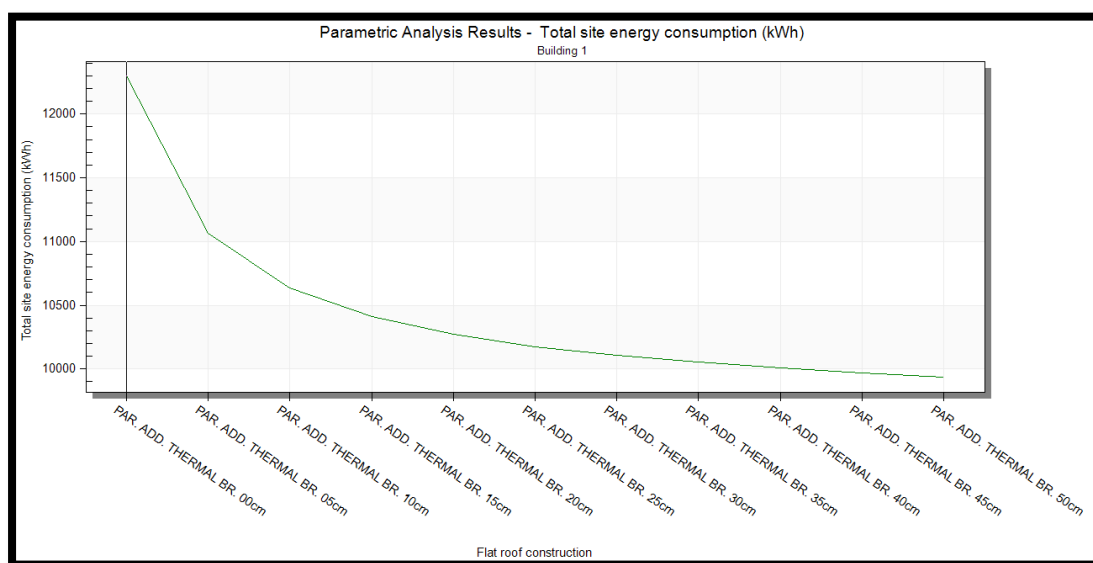
Πίνακας 9.6: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 20 εκ. με θερμομόνωση (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

9.3 Θερμομονωτικό τούβλο

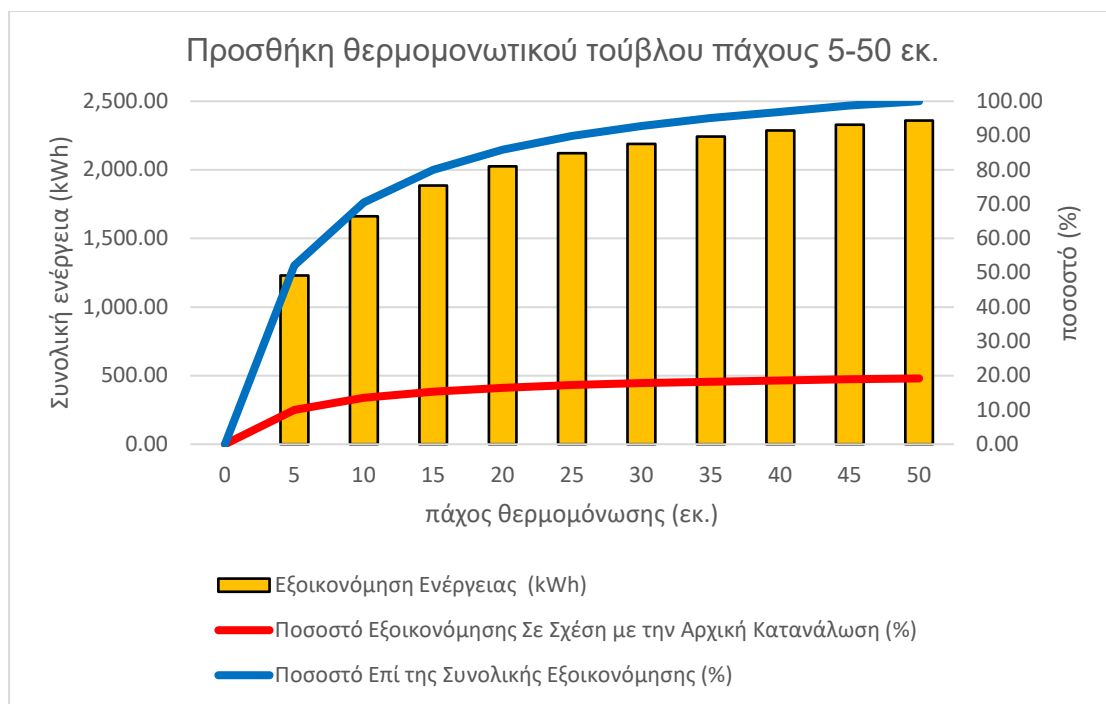
9.3.1 Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 5 έως 50 εκ.

Με βάση τα πειράματα που διενεργήθηκαν πιο πάνω, επανεξετάζεται η προστασία που μπορεί να προσφέρει η απλή εναπόθεση στην πλάκα οροφής, τούβλων, αλλά αυτή τη φορά το πείραμα διενεργείται χρησιμοποιώντας τούβλα θερμομονωτικά, τα οποία έχουν τον μισό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ σε σχέση με το τυπικό

κυπριακό τούβλο (βλ. Κεφάλαιο 4) που εξετάστηκε στα προηγούμενα πειράματα. Αρχικά εξετάζεται το θερμομονωτικό τούβλο από μόνο του στην προσπάθεια να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητά του σε σχέση με το πάχος το οποίο μεταβάλλεται και στην συνέχεια εξετάζεται η οποία προστασία σε απόσταση από την πλάκα και πως θα επηρεάζει το ελεύθερο στρώμα του αέρα στο ενδιάμεσο διάστημα πλάκας και τούβλων. Το πρώτο πείραμα διενεργείται με την προσθήκη πάχους θερμομονωτικού τούβλου το οποίο κυμαίνεται από 5 μέχρι 50 εκατοστά. Η καταγραφή των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης παρουσιάζεται στις Εικόνες 9.11 & 9.12 και οι τιμές πιο αναλυτικά στον Πίνακα 9.7.



Εικόνα 9.11: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου (5-50 εκ.) Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)



Εικόνα 9.12: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου (5-50 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Πάχος Θερμομονωτικού Τούβλου (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57			
5	11,067.59	1,228.98	9.99	52.1
10	10,634.69	1,661.88	13.51	70.5
15	10,410.33	1,886.24	15.34	80.0
20	10,270.55	2,026.02	16.48	85.9
25	10,175.71	2,120.86	17.25	89.9
30	10,108.04	2,188.53	17.80	92.8
35	10,053.67	2,242.90	18.24	95.1
40	10,010.64	2,285.93	18.59	96.9
45	9,967.59	2,328.98	18.94	98.7
50	9,938.12	2,358.45	19.18	100.0

Πίνακας 9.7: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου (5-50 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Σε αυτό το πείραμα αυτό διαφαίνεται ότι η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας με την προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους μέχρι 50 εκατοστών ανέρχεται στις 2,758 kWh ετησίως. Επιτυγχάνεται δηλαδή ένα ποσοστό εξοικονόμησης 19.1% επί της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης. Η μείωση αυτής της ενέργειας επιτυγχάνεται πολύ γρήγορα. Με την προσθήκη των πρώτων 5 εκατοστών θερμομονωτικού τούβλου, έχει ήδη επιτευχθεί η μισή εξοικονόμηση ενέργειας η οποία ανέρχεται στις 1,228.9 kWh. Η τιμή αυτή αποτελεί ποσοστό που ξεπερνά το 50% της συνολικής εξοικονόμησης που επιτυγχάνεται με την προσθήκη θερμομονωτικών τούβλων έως και 50 εκ.

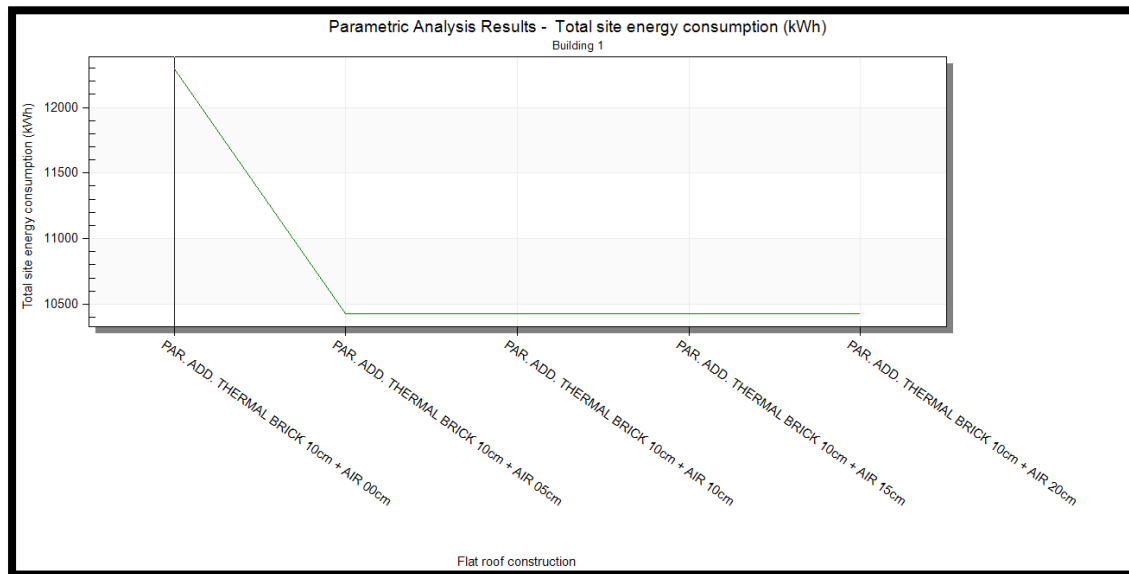
Στη συνέχεια, παρατηρείται ότι με την προσθήκη 25 εκατοστών θερμομονωτικών τούβλων, του μισού δηλαδή συνολικού πάχους προσθήκης του πειράματος, επιτυγχάνεται μείωση της ετήσιας κατανάλωσης 2,120 kWh το οποίο αποτελεί το 90% της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης του πειράματος. Ουσιαστικά, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 9.7, από τις 2,358.4 kWh εξοικονόμησης ενέργειας που επιτυγχάνονται, με την προσθήκη 50 εκατοστών πάχους θερμομονωτικού τούβλου, τα τελευταία 25 εκατοστά συμβάλουν μόνο στις 237 kWh εξοικονόμησης, ένα ποσοστό δηλαδή που μόλις αγγίζει το 10%,.

9.3.2 Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5-20 εκ.

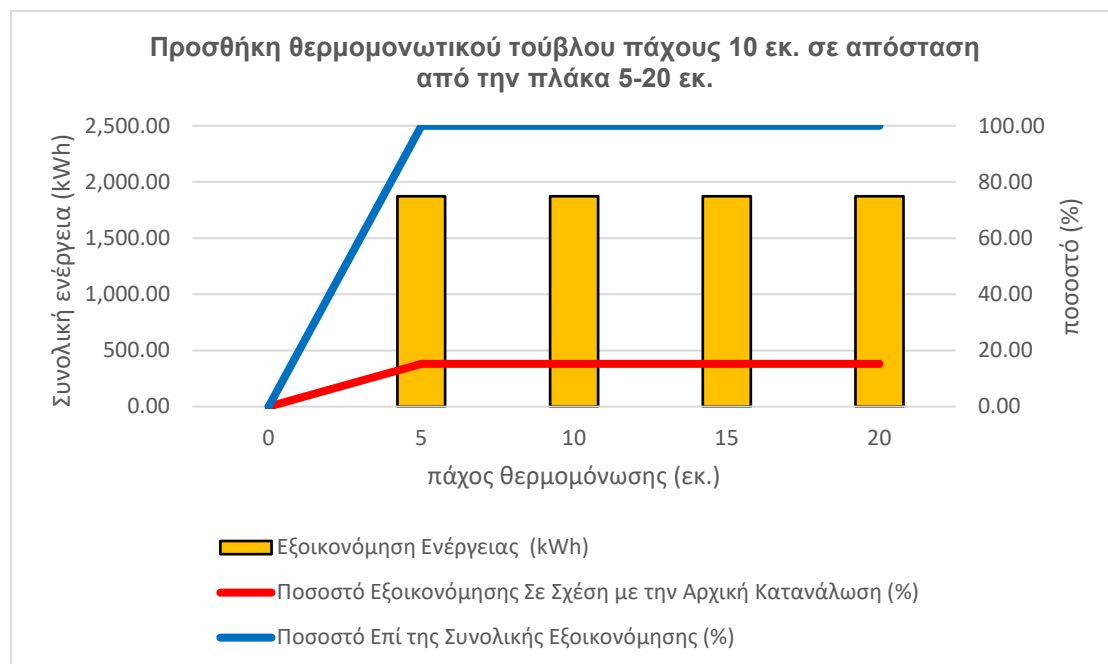
Χρησιμοποιώντας το ίδιο υλικό, πραγματοποιείται το επόμενο πείραμα με την προσθήκη του θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 εκατοστών επί της πλάκας οροφής, καθώς αυτό αποδείχτηκε πιο αποδοτικό από το κυπριακό τυπικό τούβλο. Το πάχος του θερμομονωτικού τούβλου παραμένει το ίδιο με την διαφορά ότι μεταβάλλεται η απόσταση που τοποθετείται από την πλάκα η οποία κυμαίνεται από τα 5 μέχρι 20 εκατοστά.

Όπως και στα προηγούμενα πειράματα έτσι και στο συγκεκριμένο, το σύστημα προστασίας τοποθετείται σε απόσταση από την πλάκα, δημιουργώντας ένα διάκενο αέρα στο ενδιάμεσο διάστημα. Επομένως, αξιολογείται αυτή φορά, η αποτελεσματικότητα του ελεύθερου στρώματος αέρα που δημιουργείται μεταξύ της πλάκας και οπουδήποτε συστήματος παθητικής προστασίας από πάνω, ταυτόχρονα με την αποτελεσματικότητα του θερμομονωτικού τούβλου. Τα αποτελέσματα της

προσομοίωσης παρουσιάζονται στις Εικόνες 9.13 & 9.14 και οι αντίστοιχες τιμές καταγράφονται στον Πίνακα 9.8.



Εικόνα 9.13: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.) Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)



Εικόνα 9.14: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Απόσταση Θερμομονωτικού Τούβλου 10 εκ. από Πλάκα (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57	0	0	0
5	10,424.12	1,872.45	15.23	100.0
10	10,424.12	1,872.45	15.23	100.0
15	10,424.12	1,872.45	15.23	100.0
20	10,424.12	1,872.45	15.23	100.0

Πίνακας 9.8: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

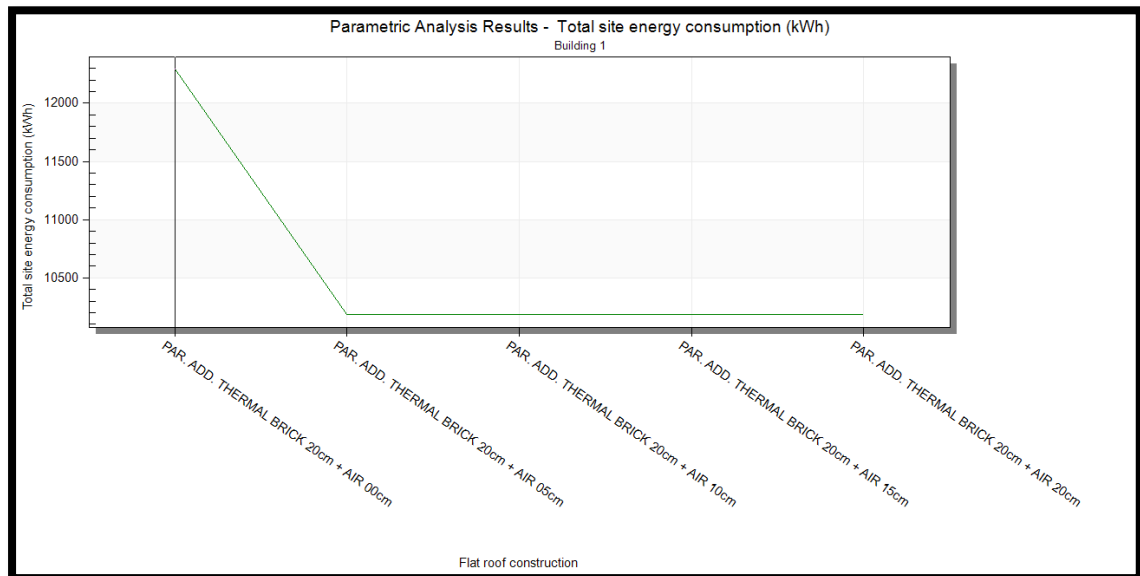
Παρατηρώντας τα αποτελέσματα της προσομοίωσης διαφαίνεται ότι, η συνολική ετήσια κατανάλωση της Τυπικής Κατοικίας που καταγράφεται από την προσθήκης στρώματος 10 εκατοστών θερμομονωτικών τούβλων σε απόσταση μέχρι και 20 εκατοστά απόσταση από την πλάκα οροφής, ανέρχεται στις 10,424.1 kWh, ένα ποσοστό 15.23 % επί της αρχικής κατανάλωσης. Σημειώνεται επίσης, η ίδια παρατήρηση με τα προηγούμενα αντίστοιχα πειράματα, ότι η εξοικονόμησης αυτή δεν παρουσιάζει καμία διαφοροποίηση όσο μεταβάλλεται η απόσταση του συστήματος προστασίας από την πλάκα οροφής.

Πιο συγκεκριμένα, έχει επιτευχθεί μια εξοικονόμηση ενέργειας 1,872.4 kWh, ποσοστό επί του συνόλου 13,1 % το οποίο επιτυγχάνεται από τα πρώτα 5 εκατοστά απόστασης της προσθήκης θερμομονωτικού τούβλου από την πλάκα. Στην συνέχεια, όπως προαναφέρθηκε καταγράφεται το ίδιο αποτέλεσμα, δηλαδή όσο αυξάνεται η απόσταση από τα 5 εκ μέχρι τα 20 εκ δεν υπάρχει καμία διαφοροποίηση. Επομένως, από την στιγμή που το σύστημα παθητικής προστασίας βρίσκεται σε απόσταση από την πλάκα οροφής και παρεμβάλλεται στρώμα αέρα, μεγαλύτερη των 300 χιλιοστών (βλ. πίνακα) δεν παρατηρείται και διαφοροποίηση στα αποτελέσματα.

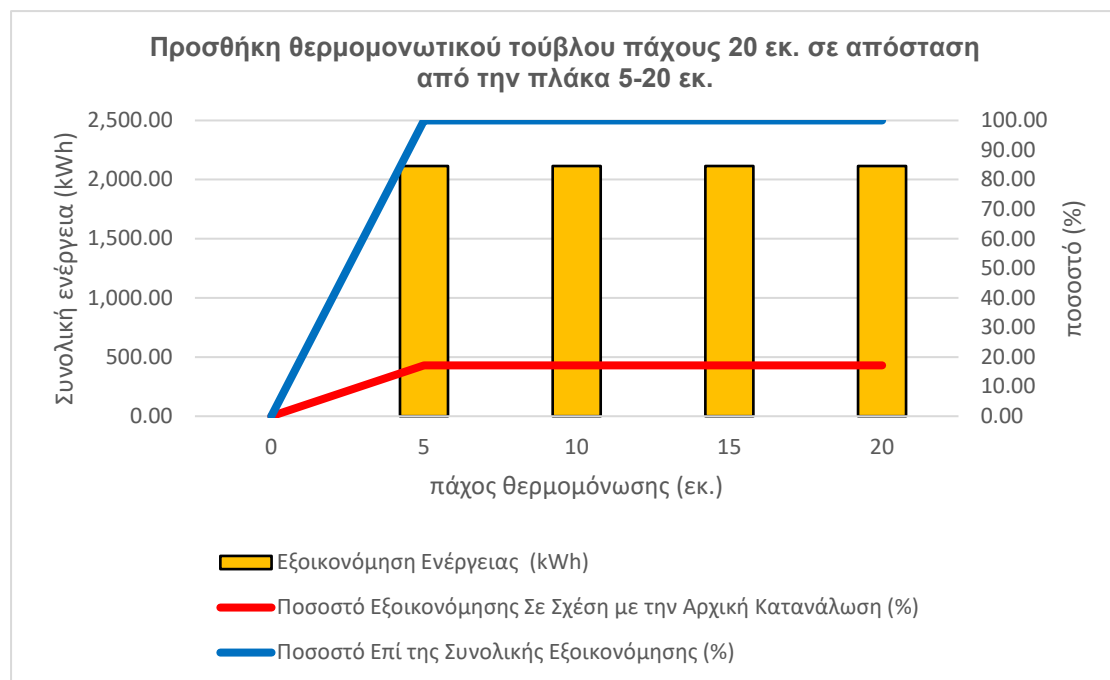
9.3.3 Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5-20 εκ.

Το επόμενο πείραμα διενεργείται με τον ίδιο τρόπο με το προηγούμενο, με την διαφορά να εντοπίζεται στην αύξηση του πάχους του υλικού προστασίας με την

τοποθέτηση θερμομονωτικού τούβλου 20 εκατοστών πάχους, με τις ίδιες αποστάσεις από την πλάκα οι οποίες κυμαίνονται από 5-20 εκατοστά.



Εικόνα 9.15: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.) Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)



Εικόνα 9.16: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Απόσταση Θερμομονωτικού Τούβλου 20 εκ. από Πλάκα (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57	0	0	0
5	10,182.99	2,113.58	17.19	100
10	10,182.99	2,113.58	17.19	100
15	10,182.99	2,113.58	17.19	100
20	10,182.99	2,113.58	17.19	100

Πίνακας 9.9: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

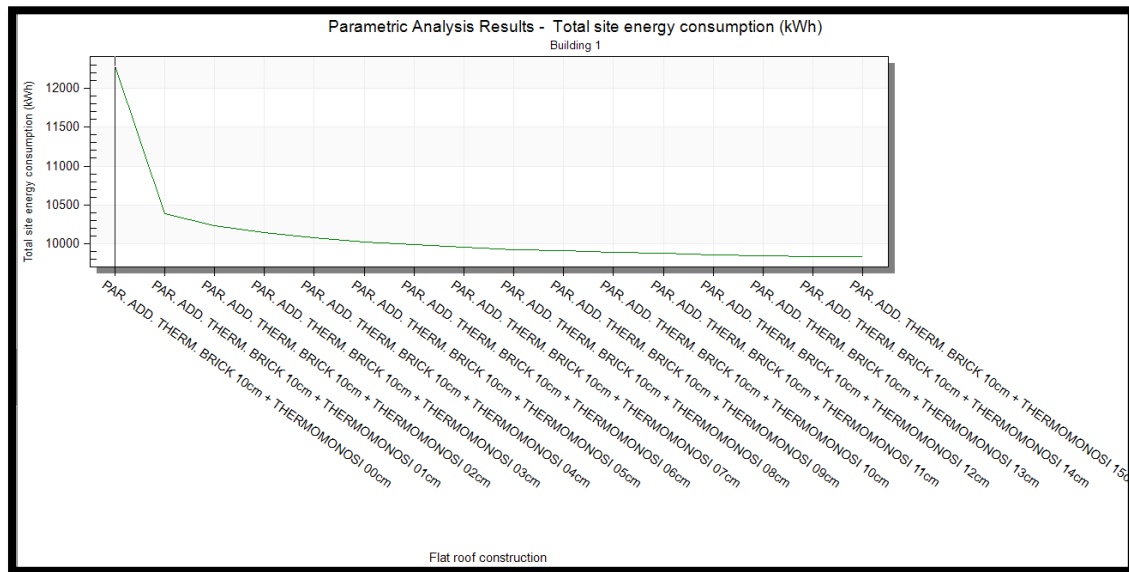
Με βάση τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στις Εικόνες 9.25 & 9.26 και στον Πίνακα 9.9, καταγράφεται μια ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας 2,133,58 kWh, η οποία αποτελεί ένα ποσοστό εξοικονόμησης 17.19% επί της συνολικής κατανάλωσης. Η εξοικονόμηση αυτή επιτυγχάνεται τοποθετώντας το σύστημα προστασίας σε απόσταση 5 εκατοστών από την πλάκα και δεν μεταβάλλεται καθόλου όσο η απόσταση αυτή μεγαλώνει. Η παρατήρηση αυτή είναι πανομοιότυπη με όλα τα αντίστοιχα πειράματα που διενεργήθηκαν, όπου μεταβαλλόταν η απόσταση του συστήματος προστασίας από την πλάκα.

Σε σχέση με το προηγούμενο πείραμα, η περαιτέρω μείωση που παρατηρείται είναι της τάξης του 2% και οφείλεται στην αύξηση του πάχους του στρώματος του θερμομονωτικού τούβλου. Συγκεκριμένα η εξοικονόμηση ενέργειας που υπάρχει είναι 241 kWh, η οποία παραμένει σταθερή, όσο και να μεταβάλλεται η απόσταση των θερμομονωτικών τούβλων από την πλάκα οροφής.

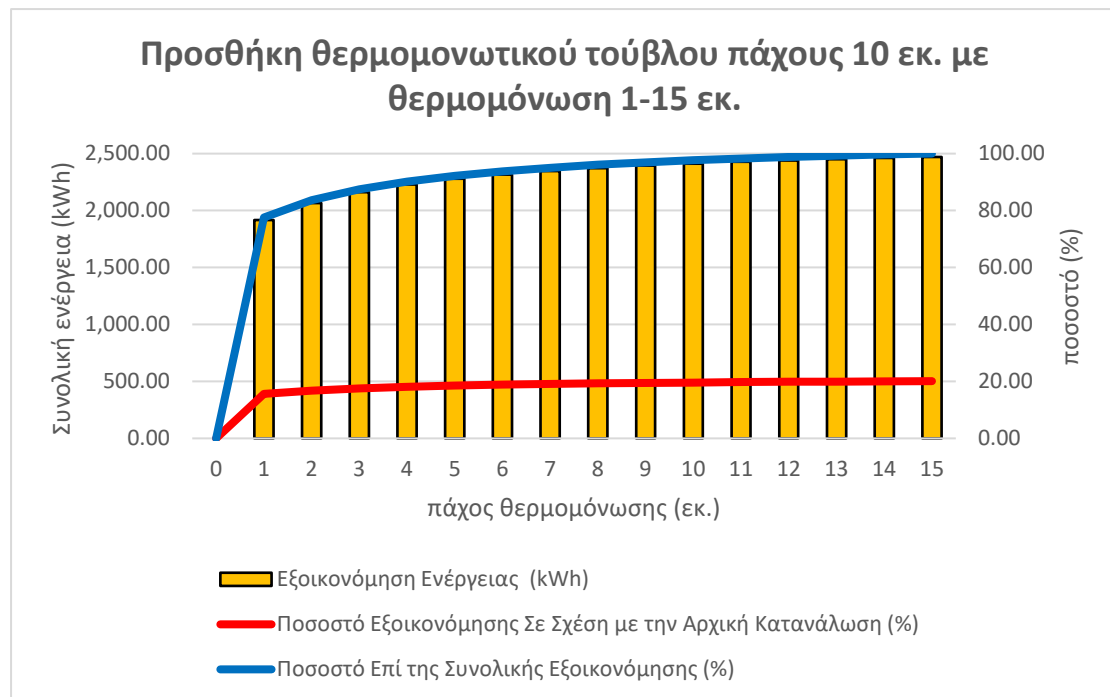
9.3.4 Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 εκ. με θερμομόνωση 1 έως 15 εκ.

Στην επόμενη προσομοίωση, εξετάζεται η αποτελεσματικότητα 10 εκατοστών θερμομονωτικού τούβλου σε συνδυασμό με πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης από 1 μέχρι 15 εκατοστά. Ο λόγος που επιλέγεται η εξηλασμένη πολυστερίνη είναι γιατί το υλικό αυτό έχει αποδειχθεί ότι είναι το πιο αποτελεσματικό σύστημα παθητικής

προστασίας μέχρι στιγμής. Τα στοιχεία που καταγράφηκαν στο πείραμα, παρουσιάζονται στις Εικόνες 9.17 & 9.18 και στον Πίνακα 9.10.



Εικόνα 9.17: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 εκ. με θερμομόνωση (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)



Εικόνα 9.18: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 εκ. με θερμομόνωση (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57			
1	10,378.85	1,917.73	15.60	77.6
2	10,231.29	2,065.28	16.80	83.6
3	10,135.07	2,161.50	17.58	87.5
4	10,068.76	2,227.81	18.12	90.2
5	10,018.52	2,278.05	18.53	92.2
6	9,979.88	2,316.69	18.84	93.8
7	9,948.85	2,347.72	19.09	95.0
8	9,923.35	2,373.22	19.30	96.1
9	9,902.47	2,394.10	19.47	96.9
10	9,884.13	2,412.44	19.62	97.7
11	9,868.99	2,427.58	19.74	98.3
12	9,855.95	2,440.62	19.85	98.8
13	9,844.48	2,452.09	19.94	99.3
14	9,834.41	2,462.16	20.02	99.7
15	9,825.61	2,470.96	20.09	100.0

Πίνακας 9.10: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 εκ. με θερμομόνωση (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

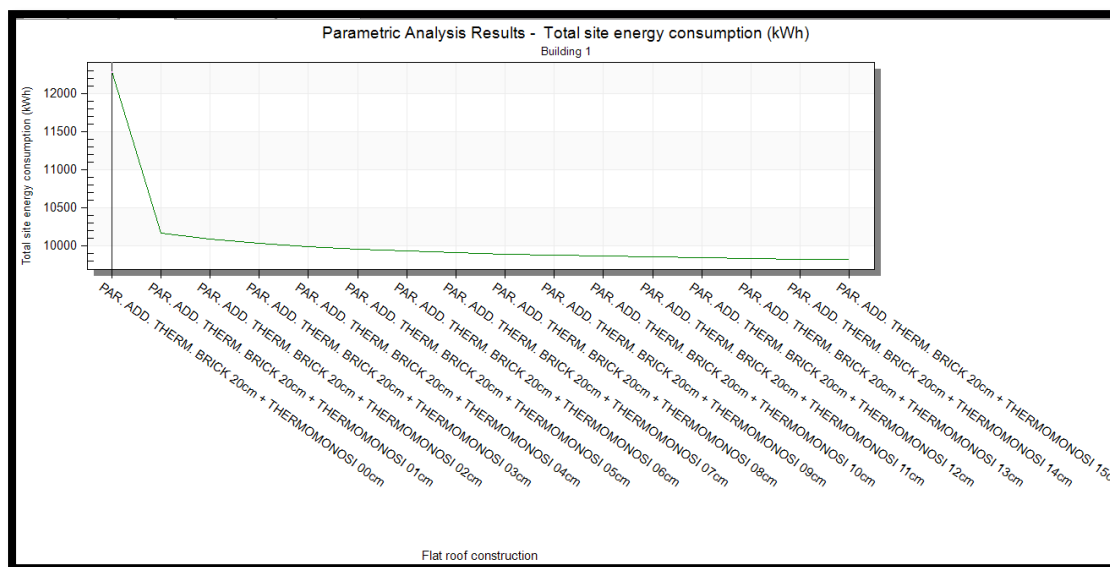
Μελετώντας τα αποτελέσματα, παρατηρείται ότι ο συνδυασμός της προσθήκης μέχρι και 15 εκατοστών θερμομόνωσης και 10 εκατοστών θερμομονωτικού τούβλου επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας 2,470.96 kWh ετησίως. Δηλαδή ένα ποσοστό που μόλις ξεπερνά το 20 % της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης. Αξιοσημείωτη παρατήρηση αποτελεί το γεγονός ότι με την προσθήκη μόλις ενός εκατοστού θερμομόνωσης σε συνδυασμό με τα 10 εκατοστά θερμομονωτικού τούβλου καταγράφεται εξοικονόμηση 1,917.7 kWh, ένα ποσοστό της τάξης του 77,6 % της συνολικής ετήσιας εξοικονόμησης.

Στη συνέχεια, με τα πρώτα 4 εκατοστά προσθήκης πολυστερίνης κάτω από το θερμομονωτικό τούβλο, η εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται στις 2,227.8 kWh, ποσοστό που έχει ξεπεράσει το 90,2 %, της συνολικής εξοικονόμησης του συγκεκριμένου παθητικού συστήματος. Επομένως, από τα 4 εκατοστά και μετέπειτα,

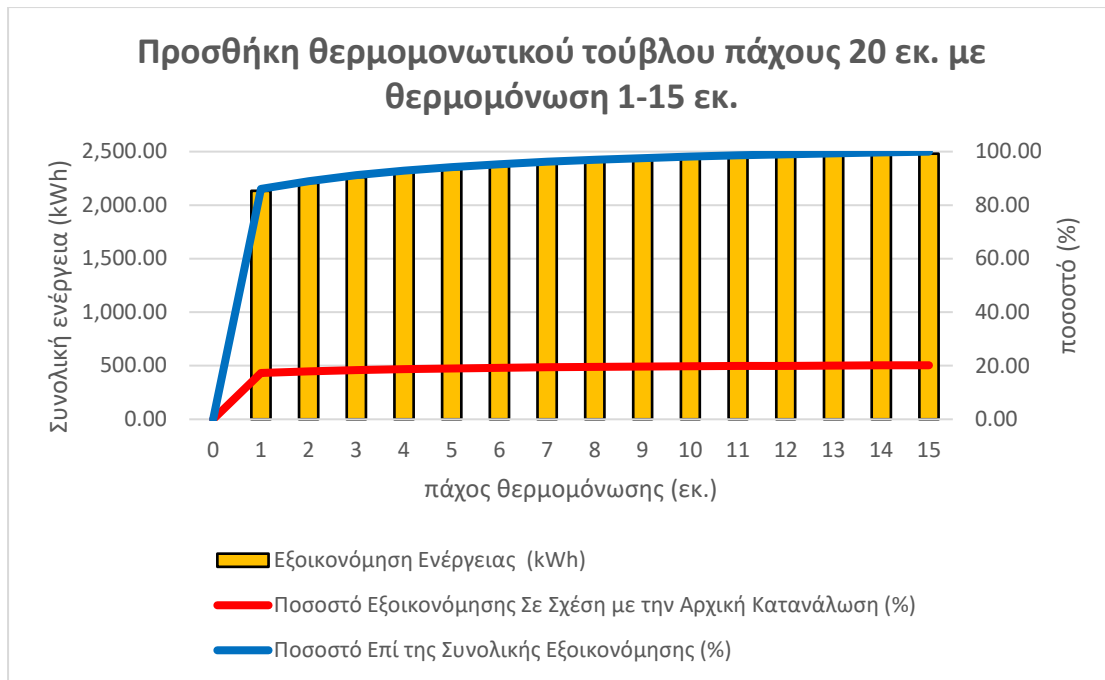
τα τελευταία 10 εκατοστά πολυστερίνης, ουσιαστικά συνεισφέρουν σε ένα ποσοστό που αγγίζει το 10 % της συνολικής εξοικονόμησης. Δηλαδή, από τις 2,470 kWh, οι 2,227 kWh επιτυγχάνονται με τα πρώτα 4 εκατοστά και οι υπόλοιπες 250 kWh επιτυγχάνονται με την προσθήκη των υπόλοιπων 10 εκατοστών.

9.3.5 Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 20 εκ. με θερμομόνωση 1 έως 15 εκ.

Όπως και στην περίπτωση των τυπικών κυπριακών τούβλων, διενεργείται το ίδιο πείραμα αυξάνοντας το πάχος του θερμομονωτικού τούβλου στο διπλάσιο, στα 20 εκατοστά, αφήνοντας την παράμετρο της εξηλασμένης πολυστερίνης την ίδια, να κυμαίνεται από 1 μέχρι 15 εκατοστά. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζονται πιο κάτω στις Εικόνες 9.19 & 9.20 και στο Πίνακα αναλυτικής καταγραφής δεδομένων 9.11.



Εικόνα 9.19: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 20 εκ. με θερμομόνωση (1-15 εκ.)
Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)



Εικόνα 9.20: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 20 εκ. με θερμομόνωση (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του πειράματος, με τα 15 εκατοστά πολυστερίνης και τα 20 εκατοστά θερμομονωτικού τούβλου, φαίνεται ότι επιτυγχάνεται εξοικονόμηση 2,481 kWh ετησίως, ποσοστό που αγγίζει 20.18 % της συνολικής εξοικονόμησης σε σχέση με την αρχική κατανάλωση.

Σε σχέση με το προηγούμενο πείραμα, παρατηρείται μία σχεδόν αμελητέα διαφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης των μόλις 11 kWh. Ο διπλασιασμός του πάχους του θερμομονωτικού τούβλου με 10 επιπλέον εκατοστά υλικού, προσφέρει μια συνολική αύξηση στην εξοικονόμηση, ενός πολύ μικρού ποσοστού ετησίως (0.44%). Ουσιαστικά όλη η προστασία επιτυγχάνεται με την προσθήκη του εξειδικευμένου θερμομονωτικού υλικού επί της πλάκας οροφής που στην προκειμένη περίπτωση είναι η εξηλασμένη πολυστερίνη.

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57			
1	10,162.23	2,134.34	17.36	86.0
2	10,088.51	2,208.06	17.96	89.0
3	10,033.51	2,263.06	18.40	91.2
4	9,991.53	2,305.04	18.75	92.9
5	9,958.66	2,337.91	19.01	94.2
6	9,930.91	2,365.66	19.24	95.3
7	9,908.92	2,387.66	19.42	96.2
8	9,891.58	2,404.99	19.56	96.9
9	9,875.63	2,420.94	19.69	97.6
10	9,861.84	2,434.73	19.80	98.1
11	9,849.95	2,446.62	19.90	98.6
12	9,839.41	2,457.16	19.98	99.0
13	9,830.11	2,466.46	20.06	99.4
14	9,821.83	2,474.74	20.13	99.7
15	9,815.49	2,481.08	20.18	100.0

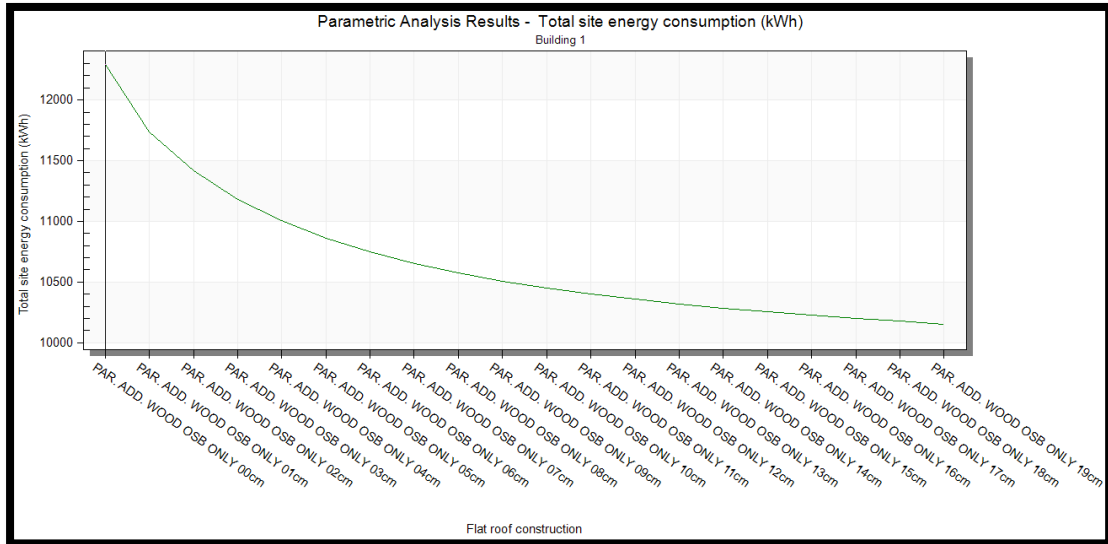
Πίνακας 9.11: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 20 εκ. με θερμομόνωση (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

9.4 Ξύλο

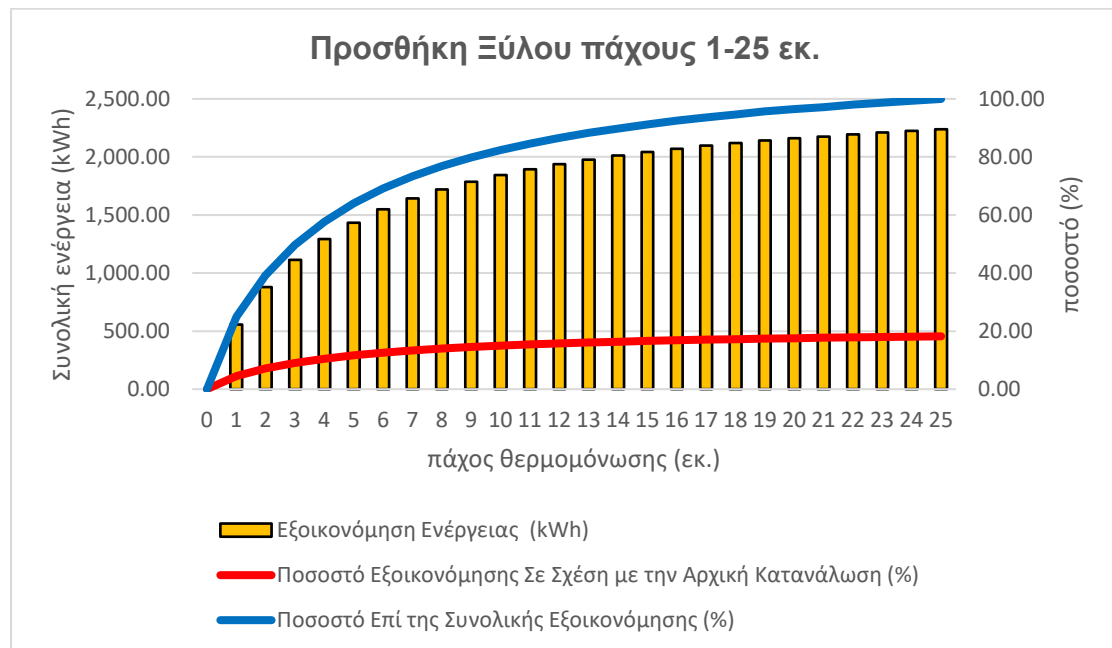
9.4.1 Προσθήκη ξύλου πάχους 1 έως 25 εκ.

Έχοντας δοκιμάσει ποικίλους συνδυασμούς χρησιμοποιώντας την εξηλασμένη πολυστερίνη, το τυπικό κυπριακό τούβλο και το θερμομονωτικό τούβλο, δοκιμάζεται στα επόμενα πειράματα, η συμπεριφορά ενός διαφορετικού υλικού, του ξύλου και πιο συγκεκριμένα των παραγώγων αυτού, όπως της πλάκας OSB. Έτσι, στο πείραμα αυτό, αξιολογείται η αποτελεσματικότητα που προσφέρει στην θερμική προστασία της πλάκας οροφής, η προσθήκη αυτού του υλικού με πάχη από 1 μέχρι 25 εκατοστά. Εφαρμόζοντας τις πιο πάνω παραμέτρους στο μοντέλο της τυπικής οικίας

καταγράφηκαν τα στοιχεία της προσομοίωσης τα οποία παρουσιάζονται στις Εικόνες 9.21 & 9.22 και οι αναλυτικές τιμές στον Πίνακα 9.12.



Εικόνα 9.21: Προσθήκη ξύλου (1-25 εκ.) Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)



Εικόνα 9.22: Προσθήκη ξύλου (1-25 εκ.) Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Με την ολοκλήρωση του πειράματος διαφαίνεται ότι τα 25 εκατοστά προσθήκης ξύλου επί της οριζόντιας πλάκας οροφής προσφέρουν μια εξοικονόμηση που ανέρχεται στις 2,338 kWh, ένα ποσοστό εξοικονόμησης, σε σχέση με την αρχική κατανάλωση, της τάξης του 18,21 % ετησίως.

Πάχος Ξύλινης Πλάκας OSB (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57			
1	11,739.63	556.94	4.53	24.9
2	11,416.88	879.69	7.15	39.3
3	11,182.96	1,113.61	9.06	49.7
4	11,004.21	1,292.36	10.51	57.7
5	10,862.61	1,433.96	11.66	64.0
6	10,748.40	1,548.17	12.59	69.1
7	10,653.84	1,642.73	13.36	73.4
8	10,575.40	1,721.17	14.00	76.9
9	10,509.00	1,787.57	14.54	79.8
10	10,452.14	1,844.43	15.00	82.4
11	10,402.68	1,893.89	15.40	84.6
12	10,358.87	1,937.71	15.76	86.5
13	10,320.04	1,976.53	16.07	88.3
14	10,285.58	2,010.99	16.35	89.8
15	10,253.75	2,042.83	16.61	91.2
16	10,225.76	2,070.81	16.84	92.5
17	10,200.06	2,096.52	17.05	93.6
18	10,177.12	2,119.45	17.24	94.7
19	10,154.58	2,141.99	17.42	95.7
20	10,136.13	2,160.44	17.57	96.5
21	10,120.48	2,176.09	17.70	97.2
22	10,102.77	2,193.80	17.84	98.0
23	10,086.61	2,209.96	17.97	98.7
24	10,071.86	2,224.71	18.09	99.4
25	10,057.92	2,238.65	18.21	100.0

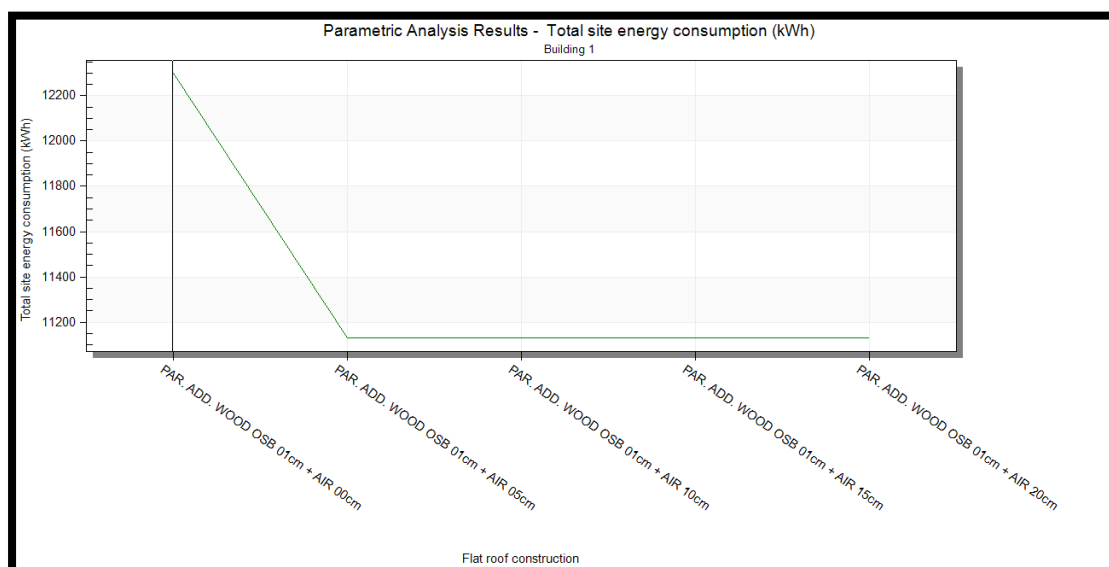
Πίνακας 9.12: Προσθήκη ξύλου (1-25 εκ.) Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Η εξοικονόμηση αυτή επιτυγχάνεται ραγδαία. Το 50% της συνολικής εξοικονόμησης που ανέρχεται στις 1,292.3 kWh επιτεύχθηκε με την προσθήκη πλακών OSB πάχους μόλις 3 εκατοστών στο σύνολο των 25 εκατοστών που δοκιμάστηκαν σε αυτό το πείραμα επί της πλάκα οροφής.

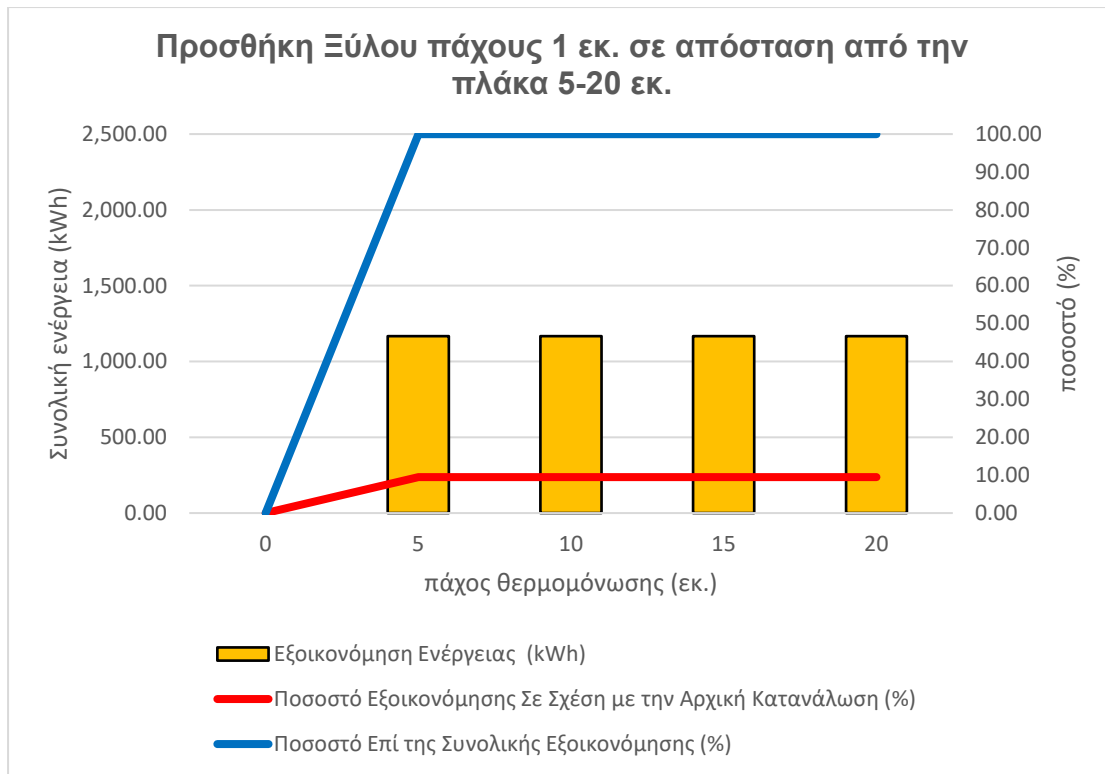
Στη συνέχεια, με τα 14 εκατοστά πάχους ξύλου, επιτυγχάνεται ένα ποσοστό προστασίας που αγγίζει το 90% της συνολικής εξοικονόμησης, καθώς ανέρχεται στις 2,010.9 kWh. Κατά συνέπεια, τα τελευταία 10 εκατοστά πάχους ξύλου, συνεισφέρουν μόνο στην προστασία του 10% της συνολικής εξοικονόμησης που αυτή επιτυγχάνεται στο σύνολο της προσθήκης των 25 εκατοστών.

9.4.2 Προσθήκη ξύλου 1 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5 έως 20 εκ.

Στη συνέχεια, όπως και στα πειράματα που έγιναν με τα τούβλα, διενεργείται πείραμα με την προσθήκη πάχους 1 εκατοστού ξύλου επί της πλάκας οροφής, σε απόσταση από αυτήν. Η απόσταση αυτή επιλέγεται να είναι η ίδια με τα αντίστοιχα πειράματα που έγιναν με τα τούβλα για να μπορούν γίνουν συγκρίσεις στο τέλος με βάση τα ίδια δεδομένα και κυμαίνεται από 5 μέχρι 20 εκατοστά.



Εικόνα 9.23: Προσθήκη ξύλου πάχους 1 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Επίσημα ενεργειακή κατανάλωση (kWh)



Εικόνα 9.24: Προσθήκη ξύλου πάχους 1 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Στο συγκεκριμένο πείραμα καταγράφηκαν τα ίδια σχετικά συμπεράσματα με τα προηγούμενα πειράματα που σχετίζονται με συστήματα προστασίας σε απόσταση από την πλάκα οροφής. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης απεικονίζονται στην γραφική παράσταση στις Εικόνες 9.23 & 9.24 και τα δεδομένα αναλυτικά στον Πίνακα 9.13.

Η πρώτη ασφαλής παρατήρηση βλέποντας τα αποτελέσματα, έχει να κάνει με το γεγονός της μη διαφοροποίησης των αποτελεσμάτων εξοικονόμησης, όσο μεταβάλλεται η απόσταση του συστήματος προστασίας από την πλάκα. Επίσης, σύμφωνα με τα δεδομένα του πειράματος που καταγράφονται στον Πίνακα 9.13, η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας της Τυπικής οικίας ανέρχεται στις 1.166,34 kWh, ένα ποσοστό 9,49 % επί της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης. Το αποτέλεσμα αυτό έχει επιτευχθεί από τα πρώτα εκατοστά απόστασης της προσθήκης ξύλου από την πλάκα οροφής. Επομένως, όπως ήδη αναφέρθηκε, καταγράφονται πανομοιότυπα αποτελέσματα, καθώς όσο αυξάνεται η απόσταση από τα 5 στα 20 εκατοστά, δεν υπάρχει καμία διαφοροποίηση.

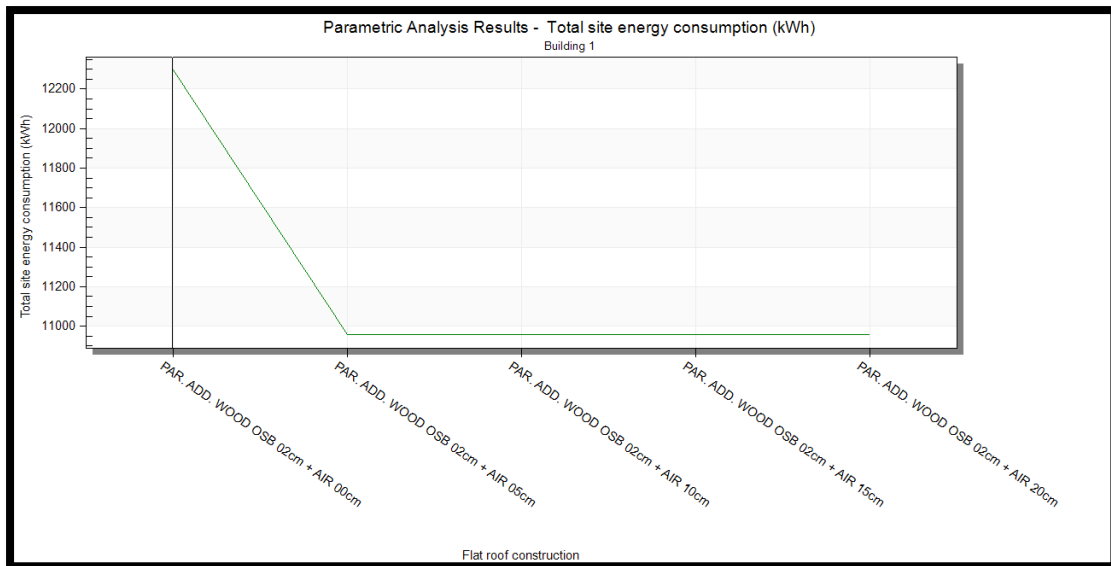
Απόσταση Πλάκας OSB Πάχους 1 εκ. από Πλάκα (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,299.97			
5	11,130.23	1,166.34	9.49	100.0
10	11,130.23	1,166.34	9.49	100.0
15	11,130.23	1,166.34	9.49	100.0
20	11,130.23	1,166.34	9.49	100.0

Πίνακας 9.13: Προσθήκη ξύλου πάχους 1 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

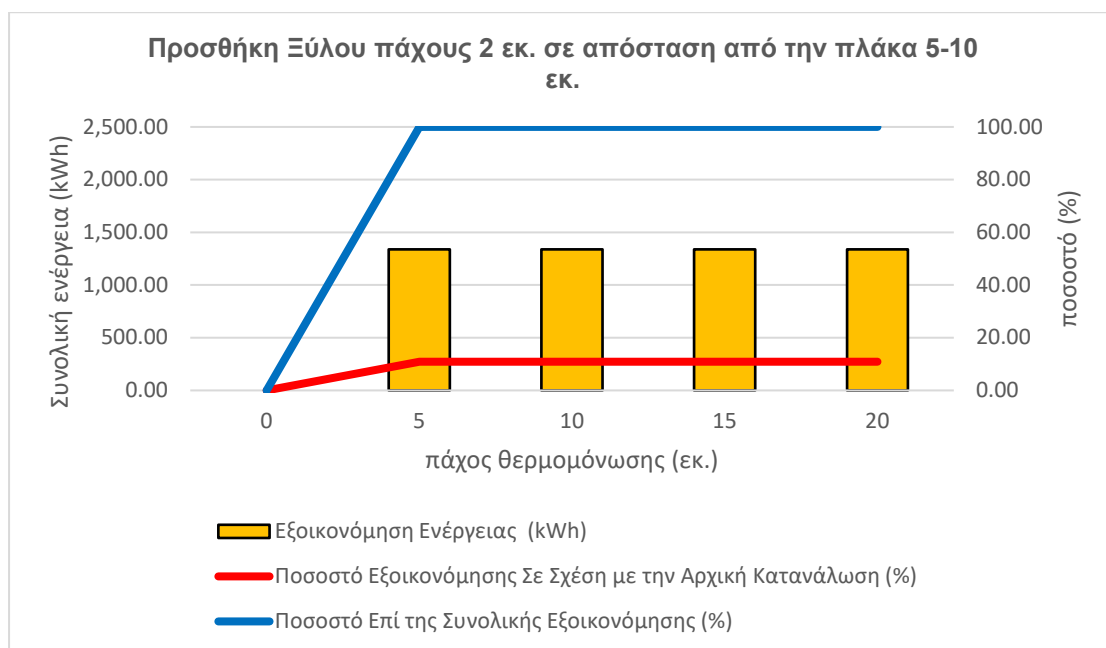
Σε σχέση με το προηγούμενο πείραμα που τοποθετήθηκε το ξύλο απευθείας στην πλάκα, η προσθήκη 1 εκατοστού ξύλου σε απόσταση από αυτήν, παρουσιάζει μία αυξημένη εξοικονόμηση 609 kWh, η οποία είναι η διαφορά που προκύπτει όταν αφαιρεθούν από τις 1.166,34 kWh, οι 556,94 kWh του πρώτου πειράματος. Η διαφορά αυτή μεταφράζεται σε ένα ποσοστό αυξημένης προστασίας που προσεγγίζει το 5% στο σύνολο της εξοικονόμησης και οφείλεται αποκλειστικά στην απόσταση που μεσολαβεί μεταξύ του υλικού που παρουσιάζεται και της πλάκας. Το δε πιο εντυπωσιακό συμπέρασμα που προκύπτει από τη σύγκριση των δύο πειραμάτων είναι ότι η παρεμβολή αέρα έστω και 5 εκατοστών μεταξύ της πλάκας και του 1 εκατοστού OSB προσφέρει μία σημαντική αύξηση στη προστασία της κατοικίας της τάξης του 209,4%

9.4.3 Προσθήκη ξύλου 2 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5 έως 20 εκ.

Συνεχίζοντας με το ίδιο σύστημα παθητικής προστασίας με την προσθήκη του ξύλου σε απόσταση από 5 μέχρι 20 εκατοστά, διενεργείται το επόμενο πείραμα διπλασιάζοντας αυτή την φορά το πάχος της πλάκας OSB στα 2 εκατοστά επί της πλάκας οροφής.



Εικόνα 9.25: Προσθήκη ξύλου πάχους 2 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)



Εικόνα 9.26: Προσθήκη ξύλου πάχους 2 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Στις Εικόνες 9.25 & 9.26 και στις αναλυτικές τιμές του Πίνακα 9.14, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας της Τυπικής Κατοικίας που καταγράφηκε, ανέρχεται στις 10.957,37kWh. Παρατηρείται, συνεπώς, μία εξοικονόμηση ενέργειας 1.339,21kWh, ένα ποσοστό της τάξης του 10,89% επί της συνολικής αρχικής κατανάλωσης. Σε σύγκριση με το προηγούμενο πείραμα υπάρχει μία αύξηση στη εξοικονόμηση 172,87 kWh, η οποία οφείλεται στην αύξηση του πάχους της ξύλινης πλάκας από 1 σε 2 εκατοστά.

Απόσταση Πλάκας OSB Πάχους 2 εκ. από Πλάκα (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57			
5	10,957.37	1,339.21	10.89	100.0
10	10,957.37	1,339.21	10.89	100.0
15	10,957.37	1,339.21	10.89	100.0
20	10,957.37	1,339.21	10.89	100.0

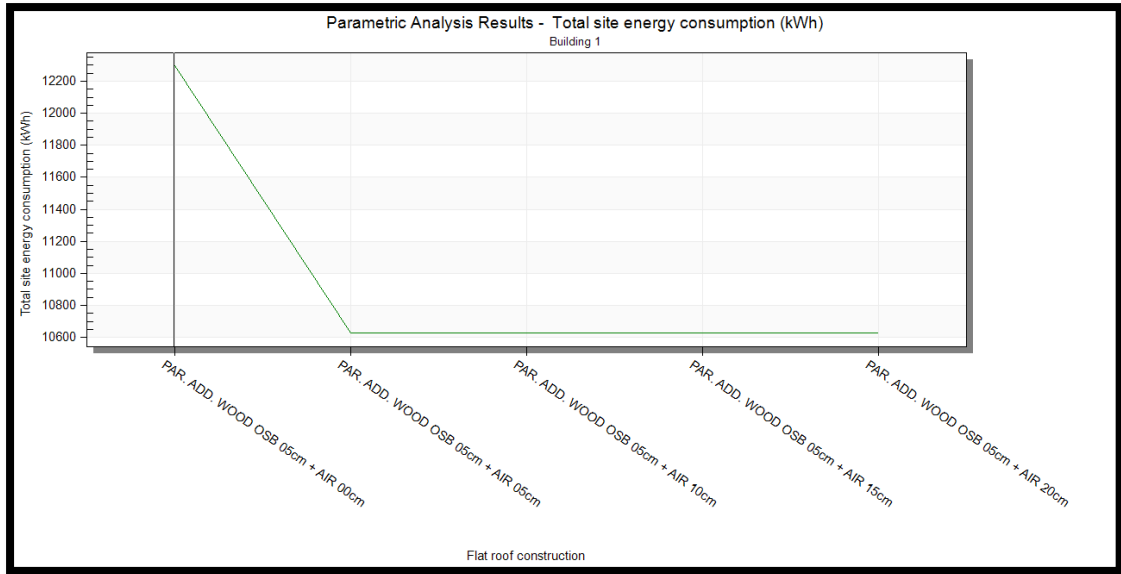
Πίνακας 9.14: Προσθήκη ξύλου πάχους 2 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Η μείωση στην κατανάλωση παραμένει και επιτυγχάνεται από τα πρώτα 5 εκατοστά απόστασης. Όπως και στα προηγούμενα πειράματα έτσι και σε αυτό, παρατηρείται το ίδιο ακριβώς συμπέρασμα. Φαίνεται ότι το πάχος στρώματος αέρα που μεσολαβεί δεν προσφέρει καμία διαφοροποίηση στην καταναλισκόμενη ενέργεια της Τυπικής Οικίας.

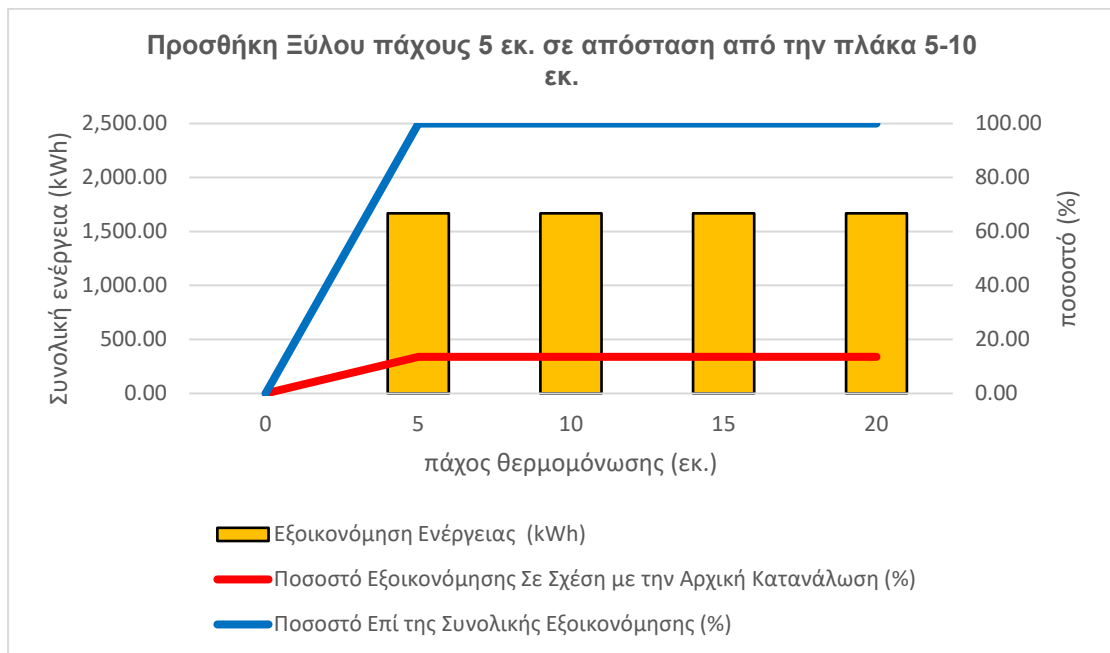
Συγκρίνοντας την παρούσα εξοικονόμηση των 1339,21 kWh με την αντίστοιχη σε προηγούμενο πείραμα που τοποθετήθηκαν αντίστοιχα 2 εκατοστά πλάκας OSB, χωρίς να παρεμβάλλεται αεριζόμενο στρώμα μεταξύ πλάκας και ξύλου παρατηρείται μία διαφορά στην εξοικονόμηση της τάξης των 459,52 kWh, ένα ποσοστό διαφοράς 34,3%. Η δε συνολική αύξηση που παρατηρείται λόγω της παρεμβολής του στρώματος αέρα είναι 152,2%

9.4.4 Προσθήκη ξύλου 5 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5 έως 20 εκ.

Συνεχίζοντας την ίδια λογική, το επόμενο πείραμα που διενεργείται, εστιάζεται και πάλι στην αύξησή του πάχους του υλικού προστασίας με την τοποθέτηση πλάκας OSB 5 εκατοστών πάχους στις ίδιες αποστάσεις από την πλάκα οροφής, οι οποίες κυμαίνονται από 5-20 εκατοστά.



Εικόνα 9.27: Προσθήκη ξύλου πάχους 5 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.) Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)



Εικόνα 9.28: Προσθήκη ξύλου πάχους 5 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Απόσταση Πλάκας OSB Πάχους 5 εκ. από Πλάκα (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57			
5	10,627.96	1,668.62	13.57	100.0
10	10,627.96	1,668.62	13.57	100.0
15	10,627.96	1,668.62	13.57	100.0
20	10,627.96	1,668.62	13.57	100.0

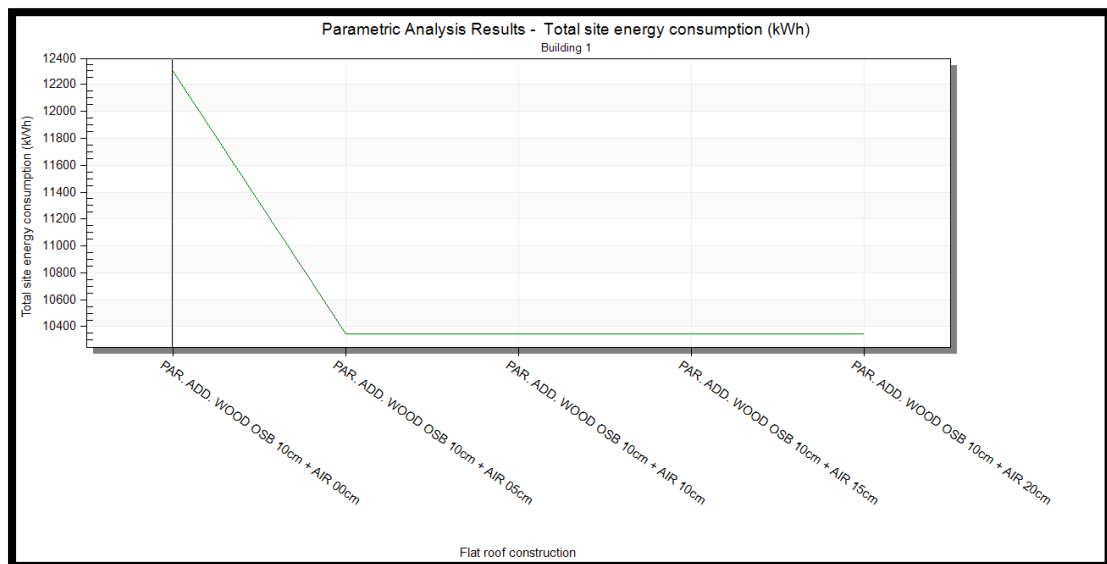
Πίνακας 9.15: Προσθήκη ξύλου πάχους 5 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Με βάση τα αποτελέσματα που εικονογραφούνται στις Εικόνες 9.27 & 9.28 και καταγράφονται στον Πίνακα 9.15, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας της Τυπικής Κατοικίας, με τα προαναφερόμενα δεδομένα, ανέρχεται στις 10.627,96 kWh. Σε σύγκριση με την κατανάλωση του βασικού μοντέλου υπάρχει μία ετήσια εξοικονόμηση της τάξης του 13,57% η οποία ανέρχεται σε 1.668,62 kWh. Για ακόμη μία φορά παρατηρώντας τα αποτελέσματα διαφαίνεται ότι η μείωση της κατανάλωσης αυτής σε σχέση με την αρχική, παραμένει σταθερά αναλλοίωτη και αδιάφορη από την αύξηση της απόστασης του συγκεκριμένου συστήματος από την πλάκα οροφής.

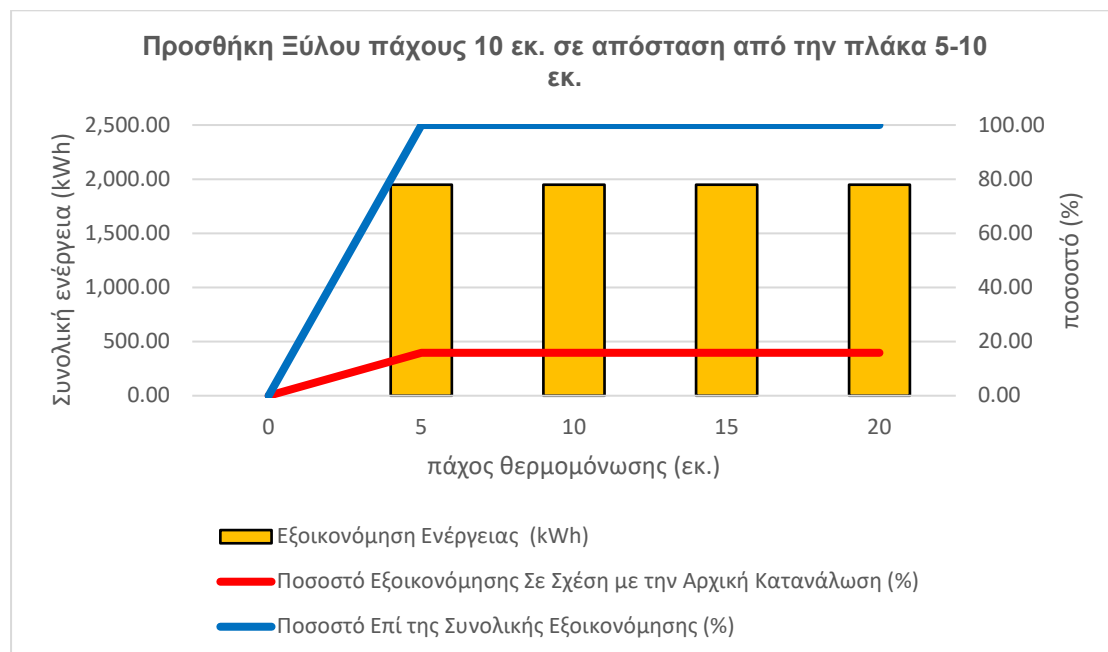
Σε σύγκριση με την αρχική προσομοίωση με τη χρήση πλακών OSB και την τοποθέτηση πάχους 5 εκατοστών ξύλινων πλακών χωρίς να παρεμβάλλεται αεριζόμενο κενό μεταξύ του συστήματος και της πλάκα οροφής, όπου είχε καταγραφεί ετήσια κατανάλωση 10.862,61 kWh, υπάρχει μια πρόσθετη εξοικονόμηση ενέργειας 235 kWh. Αυτό σημαίνει ότι το ποσοστό προστασίας του συγκεκριμένου συστήματος είναι περίπου 2% υψηλότερο από την πρωταρχική εξοικονόμηση. Με την εξέλιξη των πειραμάτων, διαφαίνεται ότι καθώς αυξάνεται το πάχος του ξύλου και παραμένει σταθερή η απόσταση από την πλάκα οροφής από 5 μέχρι 20 εκατοστά, ξεκινά να παρουσιάζεται όλο και πιο μειωμένη η εξοικονόμηση σε σχέση με το πρωταρχικό πείραμα της απευθείας τοποθέτησης των ξύλινων πλακών επί της πλάκας οροφής..

9.4.5 Προσθήκη ξύλου 10 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5 έως 20 εκ.

Ακολουθώς, διενεργείται η ίδια προσομοίωση με τις ίδιες ακριβώς παραμέτρους με τις προηγούμενες τρεις περιπτώσεις, προσθέτοντας αυτήν τη φορά επί της πλάκα οροφής, πλάκες OSB 10 εκατοστών πάχους σε απόσταση και πάλι από την πλάκα από 5 μέχρι 20 εκατοστά.



Εικόνα 9.29: Προσθήκη ξύλου πάχους 10 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.) Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)



Εικόνα 9.30: Προσθήκη ξύλου πάχους 10 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Απόσταση Πλάκας OSB Πάχους 10 εκ. από Πλάκα (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57			
5	10,346.34	1,950.23	15.86	100.0
10	10,346.34	1,950.23	15.86	100.0
15	10,346.34	1,950.23	15.86	100.0
20	10,346.34	1,950.23	15.86	100.0

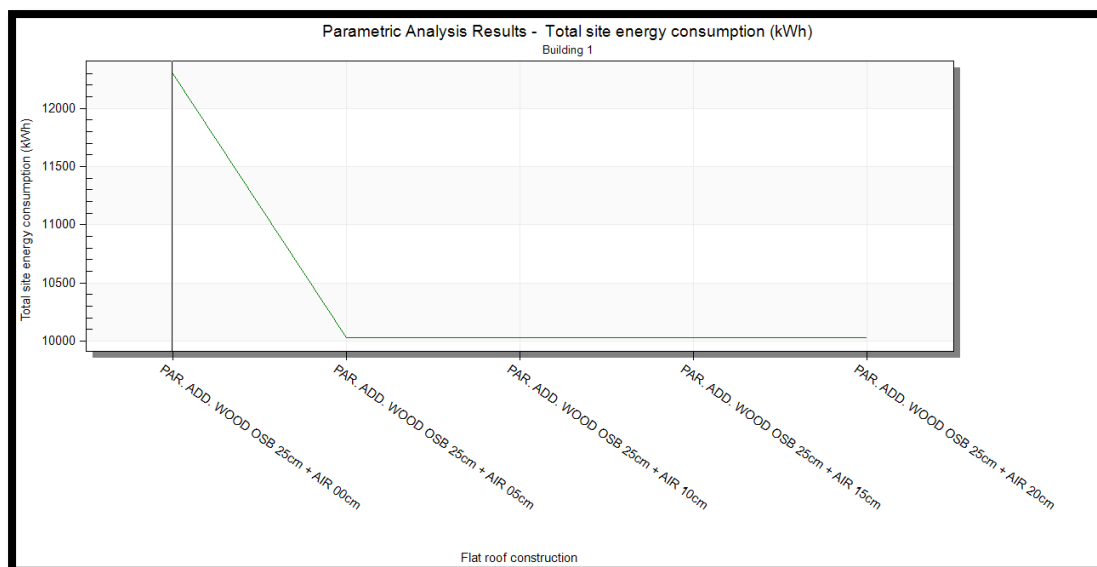
Πίνακας 9.16: Προσθήκη ξύλου 10 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Με βάση τα αποτελέσματα στις Εικόνες 9.29 & 9.30, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας που καταγράφεται, ανέρχεται στις 10.346,3 kWh. Σε σχέση με την κατανάλωση ενέργειας του βασικού μοντέλου επιτυγχάνεται, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 9.16 ετήσια μείωση κατανάλωσης 1.950,23 kWh, η οποία αποτελεί ποσοστό εξοικονόμησης της τάξης του 15,86%. Επίσης, σημειώνεται ότι αναφορικά με την απόσταση του συστήματος από την πλάκα οροφής, παρουσιάζεται το ίδιο ακριβώς συμπέρασμα, όπου η εξοικονόμηση παραμένει σταθερή, ασχέτως της απόστασης του συστήματος από τη πλάκα.

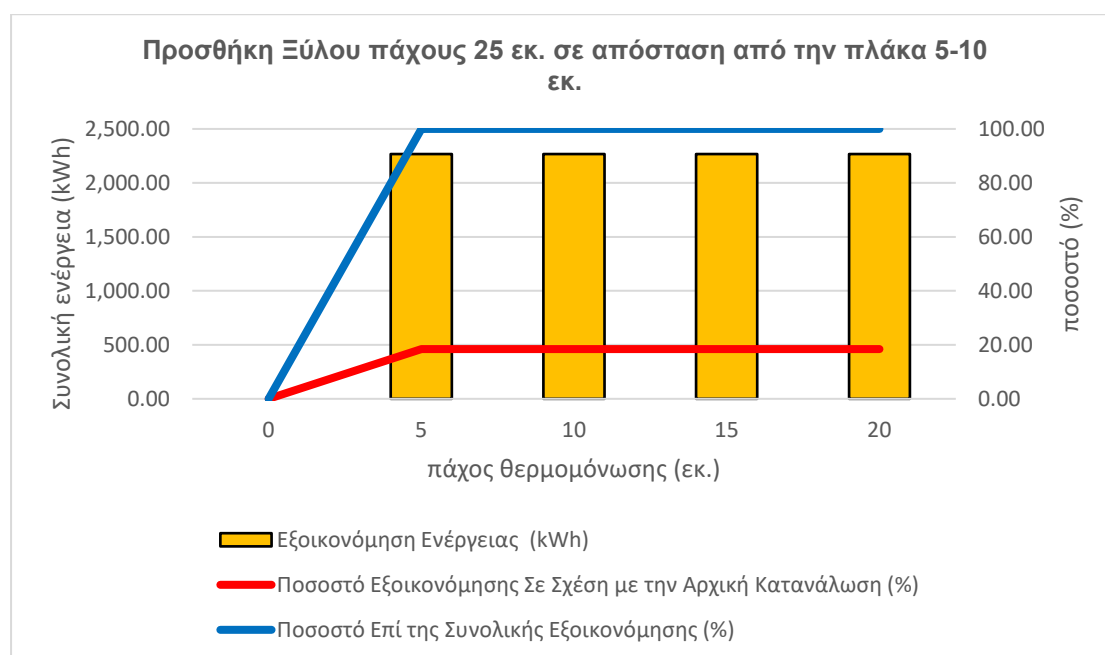
Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με το πείραμα της τοποθέτησης των πλακών OSB απευθείας στην πλάκα οροφής στο οποίο καταγράφηκε ετήσια κατανάλωση 1.844,4 kWh, παρατηρείται, σε αυτό το πείραμα, μία πρόσθετη προστασία που ποσοτικοποιείται στις 105,8 kWh, ένα μικρό πλέον ποσοστό εξοικονόμησης μόλις πάνω από το 0,85%.

9.4.6 Προσθήκη ξύλου 25 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5 έως 20 εκ.

Το επόμενο και τελευταίο πείραμα προσθήκης ξύλινων πλακών από OSB επί της πλάκας οροφής, διενεργείται με την τοποθέτηση 25 εκατοστών πάχους πλάκας OSB στις ίδιες αποστάσεις από την πλάκα όπως και στα προηγούμενα πειράματα. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται στις Εικόνες 9.31 & 9.32 και στον Πίνακα αναλυτικών τιμών 9.17.



Εικόνα 9.31: Προσθήκη ξύλου πάχους 25 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.) Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)



Εικόνα 9.32: Προσθήκη ξύλου πάχους 25 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Συμφωνά με τα πιο πάνω αποτελέσματα η ετήσια κατανάλωση ενέργειας που επιτυγχάνεται στο συγκεκριμένο πείραμα της Τυπικής Κατοικίας ανέρχεται στις 10.030,31 kWh. Επιτυγχάνεται δηλαδή, εξοικονόμηση ενέργειας με την προσθήκη του συγκεκριμένου συστήματος παθητικής προστασίας 2.266,26kWh, που αποτελεί ένα ποσοστό εξοικονόμησης 18,4% σε σχέση με την κατανάλωση του βασικού μοντέλου. Για ακόμη μία φορά επίσης, επιβεβαιώνεται ότι η διαφοροποίηση του πάχους

στρώματος αέρα που μεσολαβεί μεταξύ συστήματος και πλάκας, δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα της εξοικονόμησης

Απόσταση Πλάκας OSB Πάχους 25 εκ. από Πλάκα (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57			
5	10,030.31	2,266.26	18.43	100.0
10	10,030.31	2,266.26	18.43	100.0
15	10,030.31	2,266.26	18.43	100.0
20	10,030.31	2,266.26	18.43	100.0

Πίνακας 9.17: Προσθήκη ξύλου πάχους 25 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Ολοκληρώνοντας το τελευταίο πείραμα προσθήκης πλακών OSB συνολικού πάχους 25 εκατοστών σε απόσταση από την πλάκα οροφής και συγκρίνοντας το με το αρχικό πείραμα τοποθέτησης αντίστοιχου πάχους πλακών OSB απευθείας επί της πλάκας, η διαφοροποίηση στην εξοικονόμηση ενέργειας είναι σχεδόν αμελητέα καθώς είναι μόνο 27,5 kWh που αποτελεί ένα ποσοστό εξοικονόμησης της τάξης 0,22 % ετησίως.

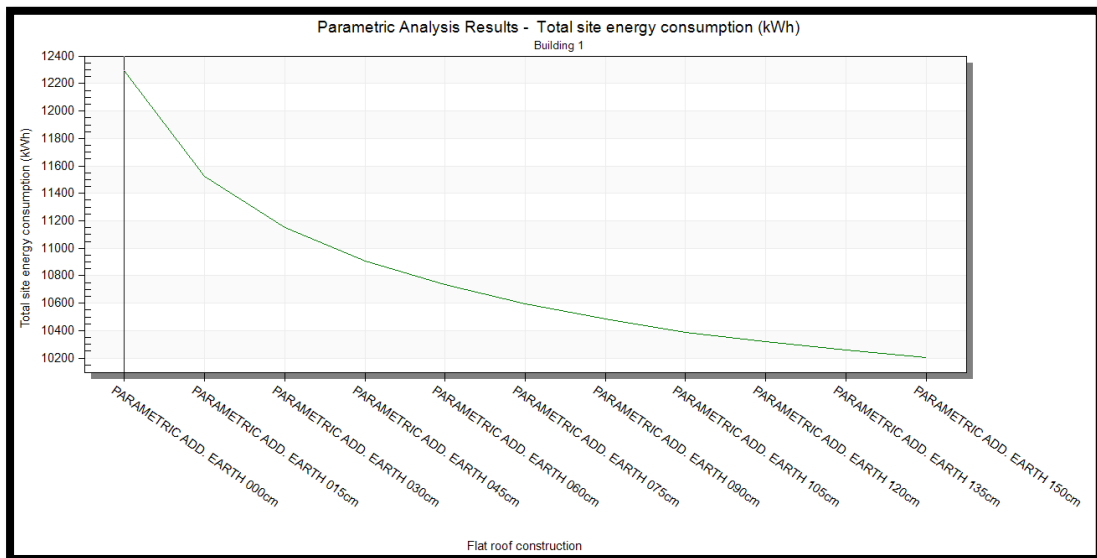
Συνεπώς, για ακόμη μία φορά, διαπιστώνεται ότι το σύστημα παθητικής προστασίας που τοποθετείται στην πλάκα οροφής στο τελευταίο πείραμα, επιφέρει μια πρόσθετη προστασία σε σχέση με το πρωταρχικό πείραμα, η οποία οφείλεται εξολοκλήρου στην αύξηση του πάχους του ξύλου που προστίθεται και όχι στην απόσταση που μεσολαβεί μεταξύ αυτού και της πλάκας.

9.5 Άλλα υλικά

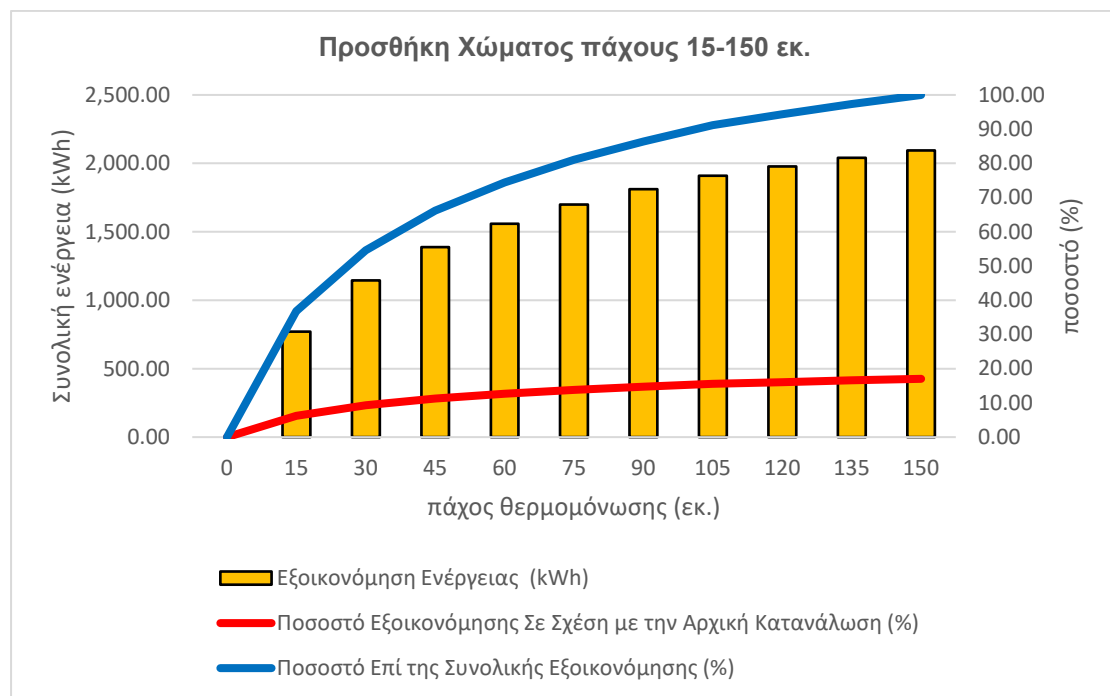
9.5.1 Προσθήκη Χώματος πάχους 15 έως 150 εκ.

Σε αυτό το πείραμα δοκιμάζεται η τεχνολογία και η φιλοσοφία των φυτεμένων δωματίων για τη διερεύνηση έξυπνων θερμικών λύσεων και πρακτικών για την προστασίας της πλάκας οροφής. Οι τύποι των φυτεμένων δωματίων και τα πάχη του χώματος, που επεκτάθηκαν στο πείραμα πέραν από το πάχος των τριών τύπων, αναλύθηκαν και επεξηγήθηκαν στο Κεφάλαιο 6, Παράγραφο 6.6.1. Σημειώνεται ωστόσο, ότι

προσομοιώνεται το πάχος της στρώσης χώματος ως στοιχείο θερμομόνωσης επί της πλάκας οροφής, παρά το φυτεμένο δώμα ως στοιχείο δροσισμού, λόγω της αδυναμίας προσομοίωσης της ιδιαίτερης βλάστησης των φυτεμένων δωματίων. Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, καταγράφηκαν τα δεδομένα της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκαν στο μοντέλο, στις Εικόνες 9.33 & 9.34 και στον Πίνακα 9.18 αναλυτικά οι τιμές με λεπτομέρεια.



Εικόνα 9.33: Προσθήκη χώματος (15-150 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)



Εικόνα 9.34: Προσθήκη χώματος (15-150 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Πάχος Στρώματος Χώματος (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57			
15	11,525.89	770.68	6.27	36.8
30	11,152.64	1,143.93	9.30	54.6
45	10,908.86	1,387.71	11.29	66.2
60	10,736.86	1,559.71	12.68	74.4
75	10,597.23	1,699.34	13.82	81.1
90	10,486.11	1,810.46	14.72	86.4
105	10,386.48	1,910.09	15.53	91.2
120	10,318.92	1,977.65	16.08	94.4
135	10,256.82	2,039.76	16.59	97.3
150	10,201.56	2,095.01	17.04	100.0

Πίνακας 9.18: Προσθήκη χώματος (15-150 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

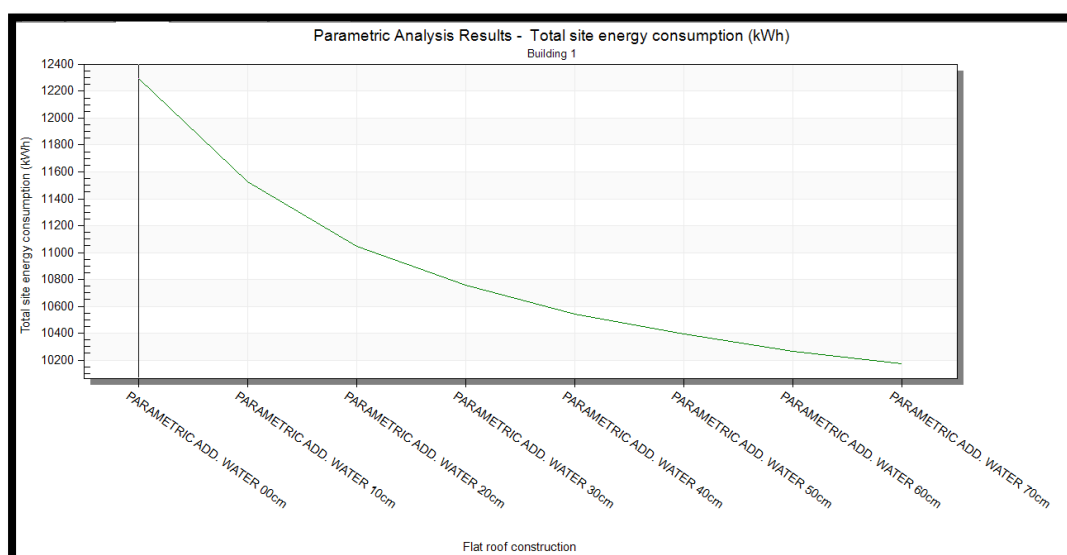
Μελετώντας τα αποτελέσματα, φαίνεται ότι με την προσθήκη έως και 150 εκατοστών χώματος πάνω στην οριζόντια πλάκα οροφής επιτυγχάνεται εξοικονόμηση έως και 2.095 kWh ετησίως. Η τιμή αυτή αποτελεί ένα ποσοστό εξοικονόμησης σε σχέση με την κατανάλωση του βασικού μοντέλου της τάξης του 17,04%. Η μείωση της εξοικονόμησης αυτής επιτυγχάνεται πολύ γρήγορα. Με τα πρώτα 30 εκατοστά πάχους χώματος που προστίθεται, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας 1.143,9 kWh. Ένα ποσοστό δηλαδή, της τάξης του 54,6% επί της συνολικής εξοικονόμησης που επιτυγχάνεται με τα 150 εκατοστά προσθήκης χώματος στην πλάκα οροφής.

Σημειώνεται στη συνέχεια ότι με την προσθήκη χώματος με πάχος στα 105 εκατοστά, που αποτελεί και το πάχος των εντατικών φυτεμένων δωματίων που υπάρχουν σήμερα επιτυγχάνεται μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας 910 kWh, δηλαδή με ποσοστό εξοικονόμησης που αγγίζει το 15,53% σε σχέση με την αρχική κατανάλωση και που ανέρχεται επίσης σε 91,2% της συνολικής εξοικονόμησης του παρόντος πειράματος. Ουσιαστικά τα τελευταία 50 εκατοστά πάχους χώματος που προστίθενται προσφέρουν μια προστασία μόνο 10% στην εξοικονόμηση ενέργειας. Συγκεκριμένα, η

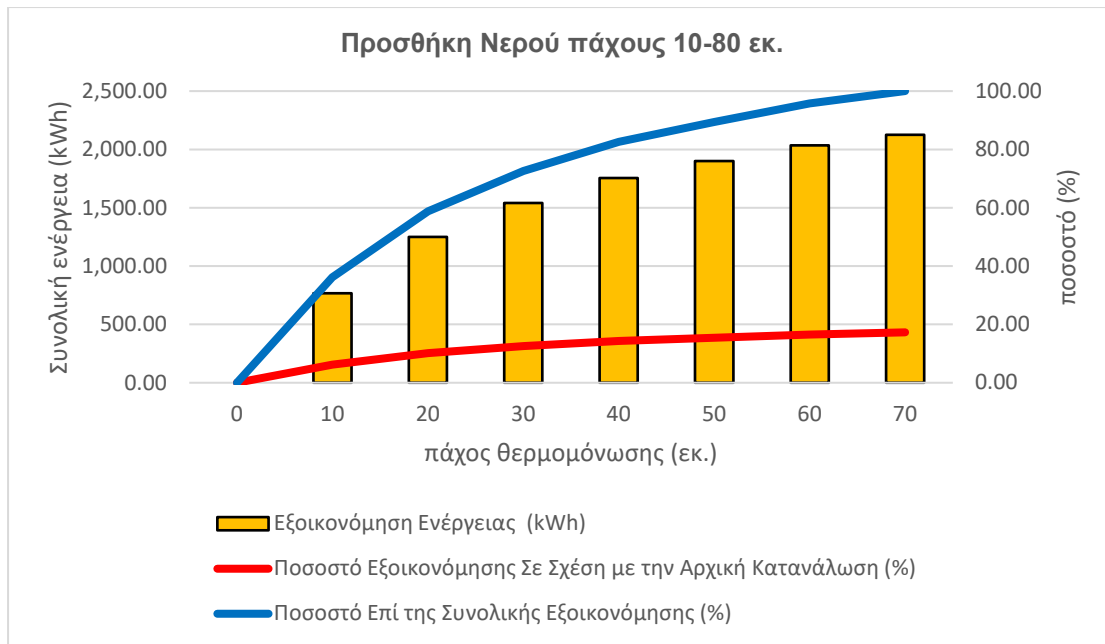
προσθήκη των πρώτων 45 εκατοστών χώματος επιτυγχάνουν ένα ποσοστό 66% επί της συνολικής εξοικονόμησης, όπου αυτό ανέρχεται στις 1.387.7kWh, ενώ τα τελευταία 45 εκατοστά χώματος φαίνεται να προσφέρουν ένα ποσοστό εξοικονόμησης της τάξης του 8,8 % ετησίως.

9.5.2 Προσθήκη νερού πάχους 10 έως 80 εκ.

Ως τελευταίο σύστημα παθητικής προστασίας, επιλέγεται η προσθήκη, επί της πλάκας, συστήματος δροσισμού οροφής με νερό. Στο πείραμα που έγινε δοκιμάστηκε η προστασία που μπορεί να προσφέρει η προσθήκη δεξαμενής οροφής (roof pond), με βάθος νερού μέχρι 70 εκατοστά. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζονται στις Εικόνες 9.35 & 9.36 και οι λεπτομερείς τιμές που καταγράφηκαν, στον Πίνακα 9.19.



Εικόνα 9.35: Προσθήκη νερού (10-80 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)



Εικόνα 9.36: Προσθήκη νερού (10-80 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Πάχος Στρώματος Νερού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57			
10	11,528.68	767.89	6.24	36.1
20	11,046.81	1,249.76	10.16	58.8
30	10,754.72	1,541.85	12.54	72.6
40	10,541.63	1,754.94	14.27	82.6
50	10,396.75	1,899.82	15.45	89.4
60	10,262.56	2,034.01	16.54	95.7
70	10,171.42	2,125.15	17.28	100.0

Πίνακας 9.19: Προσθήκη νερού (10-80 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Παρατηρώντας τα πιο πάνω αποτελέσματα, φαίνεται ότι η ετήσια κατανάλωση ενέργειας με την προσθήκη στρώματος νερού στην πλάκα οροφής πάχους μέχρι 70 εκατοστών, μειώνεται στις 10.171,42 kWh ετησίως. Σε σχέση με την κατανάλωση της τυπικής οικίας καταγράφεται εξοικονόμηση ενέργειας 2,125kWh. Αυτή η τιμή αποτελεί ένα ποσοστό εξοικονόμησης, σε σχέση με την αρχική κατανάλωση, της τάξης του 17,2 %. Αυτή η εξοικονόμηση επιτυγχάνεται πολύ γρήγορα. Με τα πρώτα 20 εκατοστά

βάθους νερού που προστίθεται επί της πλάκας, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας 1.249,7 kWh, ένα ποσοστό της τάξης του 60% επί της συνολικής εξοικονόμησης.

Διαπιστώνεται ότι με την προσθήκη έως και 50 εκατοστών πάχους νερού, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανέρχεται 1.899,8 kWh, ένα ποσοστό 15,45% εξοικονόμησης σε σχέση με την αρχική εξοικονόμηση, το οποίο αγγίζει το 90% της συνολικής εξοικονόμησης. Κατά συνέπεια, τα τελευταία 20 εκατοστά νερού προσφέρουν ποσοστό εξοικονόμησης μόνο 10%. Συμπερασματικά, η προσθήκη των πρώτων 20 εκατοστών νερού παρέχει έως και 60% της συνολικής εξοικονόμησης ενέργειας, ενώ η τελευταία προσθήκη 20 εκατοστών προσθήκης νερού συνεισφέρει μόνο στο 10% της συνολικής εξοικονόμησης που έγινε σε αυτό το πείραμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑΤΟΣ - ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ (ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ, ΔΟΚΟΙ & ΤΟΙΧΟΙ ΠΛΗΡΩΣΗΣ)

10.1 Γενικά

Στην αρχή του Κεφαλαίου 8, τα πειράματα για τα κατακόρυφα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους τα οποία διενεργήθηκαν, παρουσιάστηκαν ξεχωριστά (Παρ. 8.1.1 & 8.1.2). Σε αυτό το σημείο που ακολουθεί η παρουσίαση των πειραμάτων για τα κατακόρυφα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους, επιλέγεται όπως τα αποτελέσματα, τόσο των εξωτερικών τοιχοποιιών πλήρωσης, όσο και των κατακόρυφων στοιχείων του φέροντος οργανισμού, να παρουσιάζονται μαζί ως ένα ενιαίο άθροισμα. Αυτό θεωρήθηκε αναγκαίο για δύο λόγους.

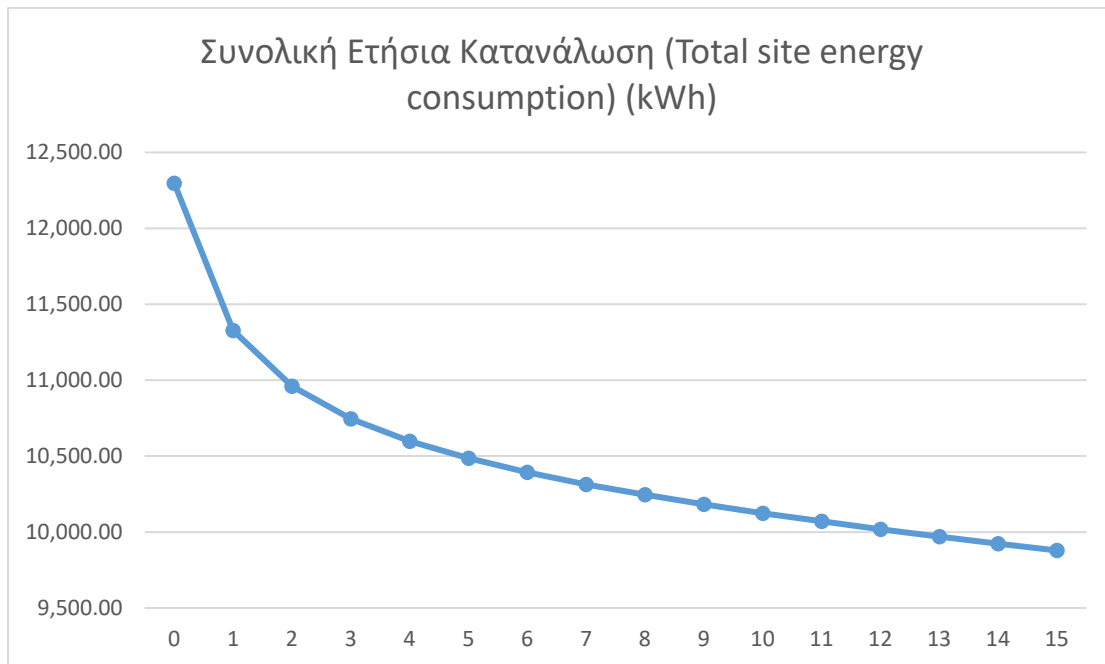
Ο πρώτος εστιάζεται στο γεγονός ότι, όταν έγινε σύγκριση μεταξύ όλων των μερών του εξωτερικού κελύφους, κατακόρυφων και οριζόντιων (βλ. Κεφ. 8, Παρ. 8.3), τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με την θερμομόνωση της οριζόντιας πλάκας της τυπικής οικίας, είναι σημαντικά υψηλότερη αν συγκριθεί ξεχωριστά με την αντίστοιχη εξοικονόμηση των εξωτερικών τοίχων πλήρωσης και των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων της κατασκευής και ότι η σύγκριση των αποτελεσμάτων της πλάκας με το άθροισμα των αποτελεσμάτων του συνόλου των κατακόρυφων στοιχείων αποκτούσε περισσότερο νόημα καθώς τα μεγέθη ήταν συγκρίσιμα.

Ο δεύτερος και κυριότερος λόγος όμως, αφορά την πρακτική πλευρά του θέματος και της εφαρμογής των οποιαδήποτε συστημάτων θερμικής προστασίας που θα εφαρμοστούν επί του κατακόρυφου μέρους του εξωτερικού κελύφους, η οποία καθιστά κατασκευαστικά ανέφικτη την εφαρμογή τέτοιων συστημάτων μόνο σε ένα εκ των δύο στοιχείων. Στην πραγματικότητα, όταν εφαρμοστεί ένα μέτρο θερμικής αναβάθμισης των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού κελύφους θα εφαρμοστεί σε όλη την κατακόρυφη επιφάνεια του εξωτερικού περιβλήματος, τόσο των τοιχοποιιών όσο και των υποστυλωμάτων και των δοκαριών μαζί και όχι μεμονωμένα σε ένα εκ των δύο στοιχείων.

10.2 Θερμομόνωση

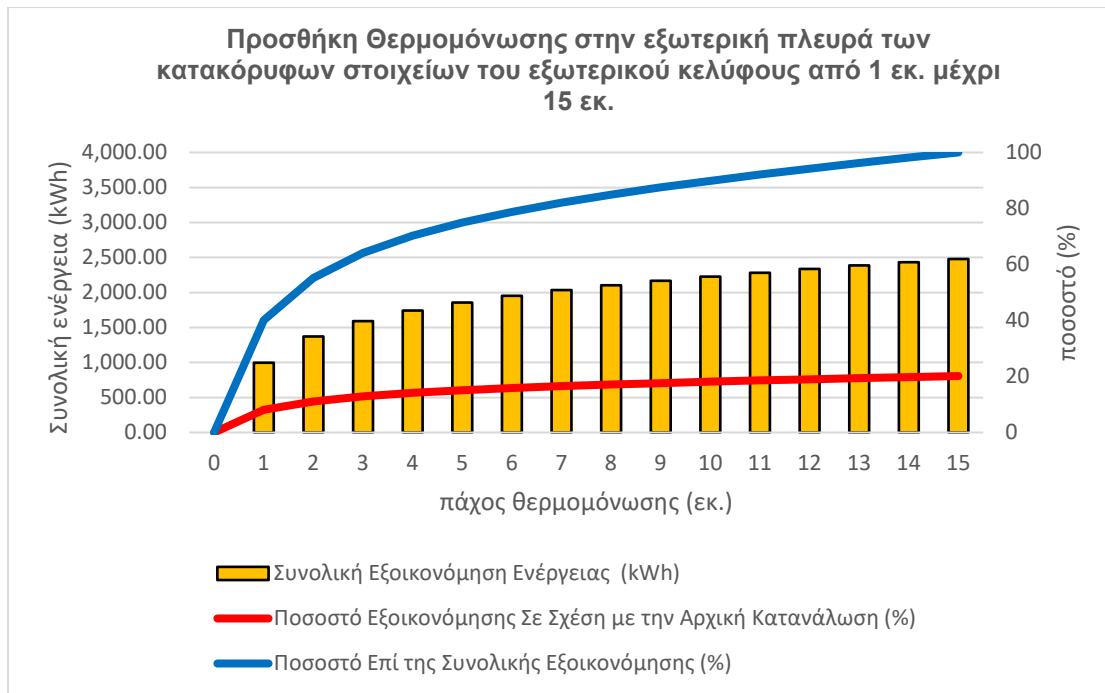
10.2.1 Προσθήκη θερμομόνωσης πάχους 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος

Το πείραμα αυτό επί των δύο στοιχείων του κατακόρυφου κελύφους παρουσιάστηκε αναλυτικά στην αρχή του Κεφαλαίου 8 (Παρ. 8.1.1 & 8.1.2). Όπως ήδη αναφέρθηκε πιο πάνω, το κάθε πείραμα θα αναλύεται και θα παρουσιάζεται με το άθροισμα των δύο στοιχείων του κατακόρυφου κελύφους μαζί. Έτσι σε αυτό το πρώτο πείραμα εξετάζεται η προσθήκη θερμομονωτικού υλικού στην εξωτερική πλευρά, των κατακόρυφων στοιχείων, κολώνων και δοκαριών, και της εξωτερικής τοιχοποιίας με πάχη από 1 έως 15 εκατοστά. Τα αποτελέσματα του πειράματος καταγράφονται στις Εικόνες 10.1 & 10.2 και πιο αναλυτικά οι τιμές στον Πίνακα 10.1.



Εικόνα 10.1: Προσθήκη θερμομόνωσης στην εξωτερική πλευρά των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού κελύφους (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 10.1, η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας με την προσθήκη μέχρι και 15 εκατοστών θερμομονωτικού υλικού στην εξωτερική πλευρά του συνόλου των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού κελύφους, ανέρχεται στις 2,478 kWh. Ένα ποσοστό της τάξης του 20 % της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης.



Εικόνα 10.2: Προσθήκη θερμομόνωσης στην εξωτερική πλευρά των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού κελύφους (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Η ενεργειακή κατανάλωση της κατοικίας αρχίζει να μειώνεται σημαντικά από την προσθήκη θερμομονωτικών πλακών μόλις 1 εκατοστού πάχους, επιτυγχάνοντας εξοικονόμηση 994 kWh, ποσοστό που ανέρχεται στο 40% της συνολικής εξοικονόμησης. Από την καταγραφή των αποτελεσμάτων του πειράματος, διαφαίνεται επίσης ότι με την προσθήκη θερμομονωτικών πλακών περί των 6 εκατοστών, η μείωση στην ενεργειακή κατανάλωση ανέρχεται σε ένα ποσοστό της τάξης του 80% περίπου.

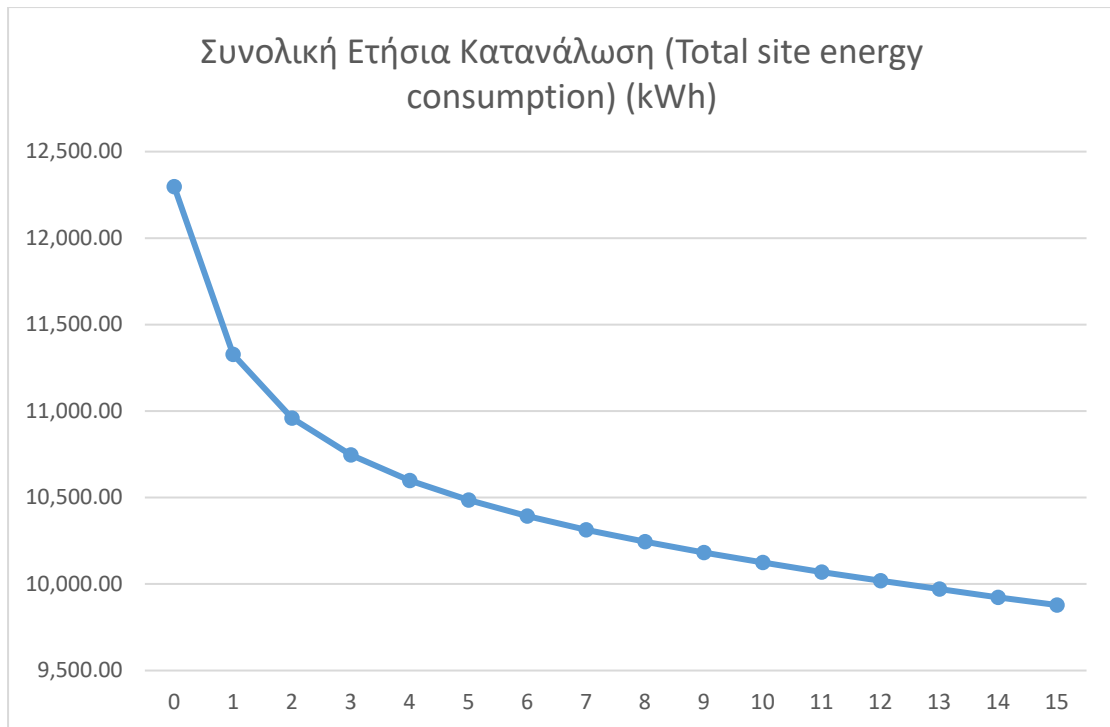
Συγκεκριμένα, το 55% της συνολικής εξοικονόμησης που ανέρχεται στις 1,369.4 kWh, επιτυγχάνεται με την προσθήκη μόλις 2 εκατοστών θερμομονωτικού υλικού, ενώ στα 5 εκατοστά του θερμομονωτικού υλικού των κατακόρυφων στοιχείων εξοικονόμηση φτάνει σχεδόν στο 75% της συνολικής και ανέρχεται στις 1,857.81kWh. Καταγράφεται επίσης ότι στα 10 εκατοστά προσθήκης θερμομόνωσης η εξοικονόμηση ανέρχεται στις 2,228 kWh, ένα ποσοστό επί του συνόλου 90 %. Δηλαδή, με την προσθήκη των πρώτων 10 εκατοστών επιτυγχάνεται το 90% της συνολικής εξοικονόμησης, ενώ τα τελευταία 5 εκατοστά φαίνεται να συνεισφέρουν μόνο στο 10 % της συνολικής εξοικονόμησης που επιτυγχάνεται.

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57	0.00		
1	11,301.93	994.64	8.09	40.13
2	10,927.11	1,369.46	11.14	55.25
3	10,707.09	1,589.48	12.93	64.12
4	10,555.48	1,741.09	14.16	70.24
5	10,438.76	1,857.81	15.11	74.95
6	10,343.25	1,953.32	15.89	78.80
7	10,262.28	2,034.29	16.54	82.07
8	10,191.78	2,104.79	17.12	84.91
9	10,127.30	2,169.27	17.64	87.52
10	10,068.36	2,228.21	18.12	89.89
11	10,013.22	2,283.35	18.57	92.12
12	9,960.94	2,335.64	18.99	94.23
13	9,911.50	2,385.07	19.40	96.22
14	9,863.79	2,432.78	19.78	98.15
15	9,817.84	2,478.73	20.16	100.00

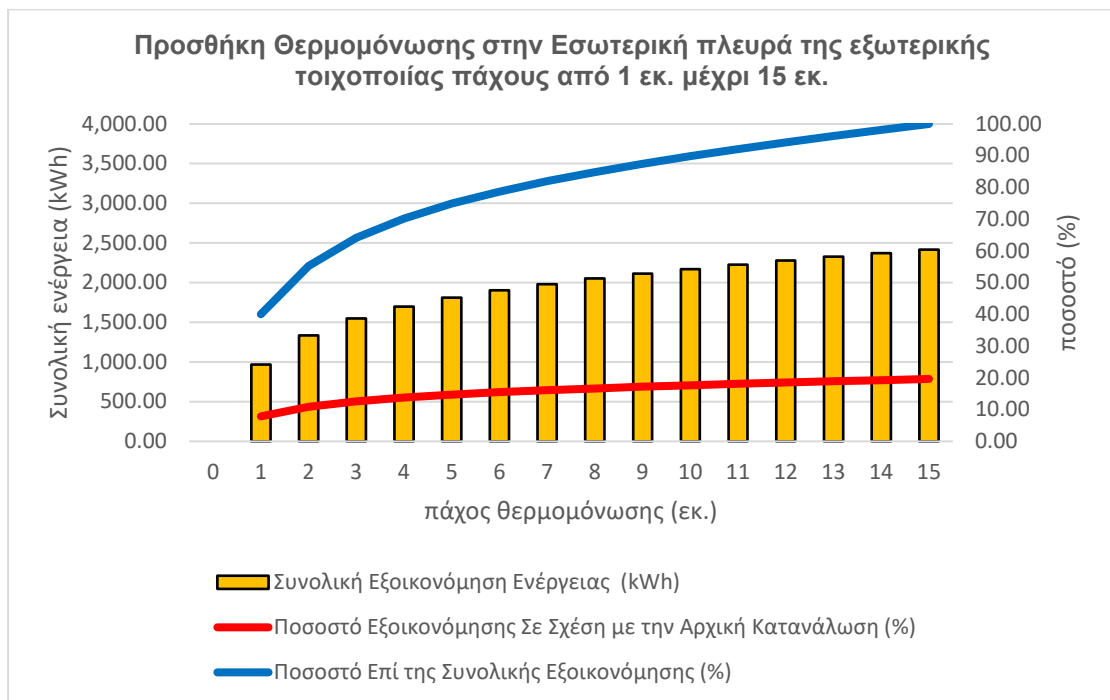
Πίνακας 10.1: Προσθήκη θερμομόνωσης στην εξωτερική πλευρά των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού κελύφους (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

10.2.2 Προσθήκη Θερμομόνωσης πάχους 1 έως 15 εκ. στην εσωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.

Το επόμενο πείραμα διενεργείται κάτω από τις ίδιες συνθήκες, καθώς και με τα ίδια πάχη προσθήκης θερμομονωτικού υλικού, επί, αυτή την φορά, της εσωτερικής πλευρά των εξωτερικών κατακόρυφων στοιχείων του περιβλήματος. Αναλυτικά τα επιμέρους αποτελέσματα παρατίθενται πιο κάτω Εικόνες 10.3 & 10.4 και στον Πίνακα 10.2.



Εικόνα 10.3: Προσθήκη θερμομόνωσης στην εσωτερική πλευρά των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού κελύφους (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).



Εικόνα 10.4: Προσθήκη θερμομόνωσης στην εσωτερική πλευρά των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού κελύφους (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57	0.00		
1	11,328.06	968.51	7.88	40.05
2	10,960.20	1,336.37	10.87	55.27
3	10,746.41	1,550.16	12.61	64.11
4	10,598.44	1,698.13	13.81	70.23
5	10,485.32	1,811.25	14.73	74.91
6	10,393.26	1,903.32	15.48	78.71
7	10,314.15	1,982.42	16.12	81.99
8	10,245.14	2,051.43	16.68	84.84
9	10,182.04	2,114.53	17.20	87.45
10	10,124.31	2,172.26	17.67	89.84
11	10,070.04	2,226.54	18.11	92.08
12	10,019.20	2,277.37	18.52	94.18
13	9,970.37	2,326.21	18.92	96.20
14	9,923.52	2,373.05	19.30	98.14
15	9,878.58	2,417.99	19.66	100.00

Πίνακας 10.2: Προσθήκη θερμομόνωσης στην εσωτερική πλευρά των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού κελύφους (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

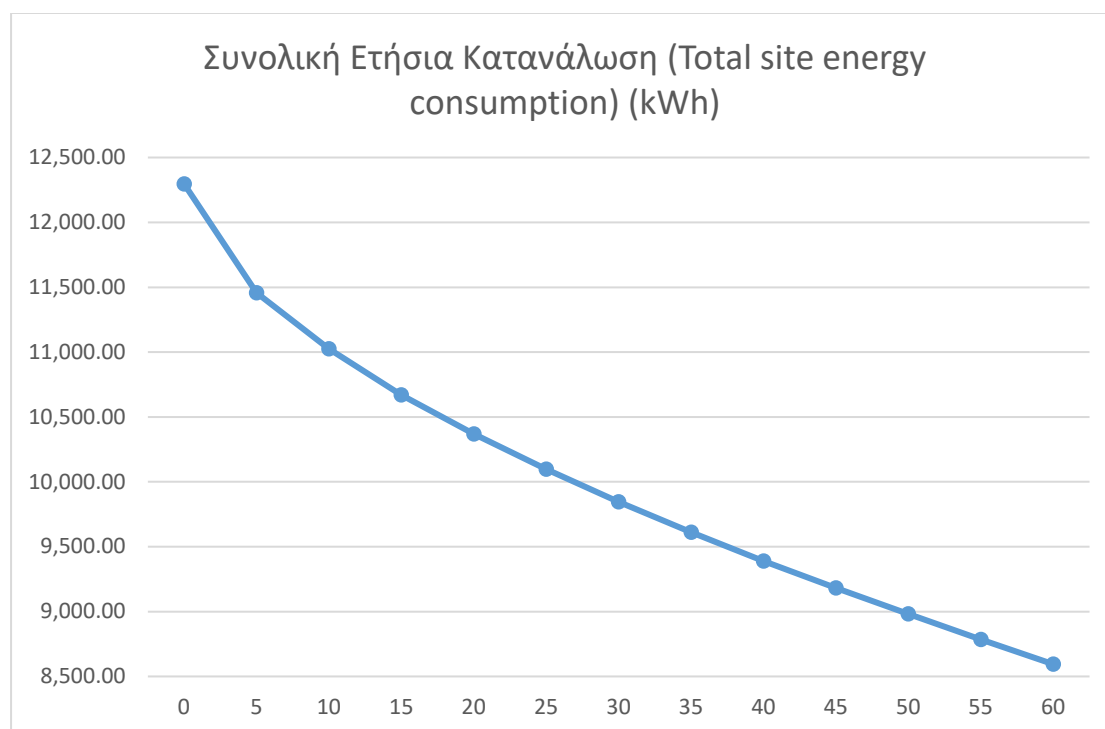
Με βάση τα αποτελέσματα της παραμετρικής προσομοίωσης που καταγράφονται στον Πίνακα 10.2, η συνολική εξοικονόμηση με την προσθήκη μέχρι και 15 εκατοστών θερμομονωτικού υλικού στην εσωτερική πλευρά των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού περιβλήματος, ανέρχεται στις 2.417 kWh, ένα ποσοστό 19.66 % επί της συνολικής κατανάλωσης. Αντίστοιχα όπως και στην προηγούμενη προσομοίωση, παρατηρείται απότομη μείωση της κατανάλωσης από τα μόλις πρώτα 2 εκατοστά. Η συνολική εξοικονόμηση με μόλις 2 εκατοστά προσθήκης θερμομονωτικού υλικού ξεπερνά το 55% της συνολικής εξοικονόμησης, ενώ αντίστοιχα, φαίνεται ότι με την προσθήκη 10 εκατοστών θερμομονωτικού υλικού η εξοικονόμηση φτάνει σε ποσοστό 90% της συνολικής.

Επίσης, καταγράφεται ότι πέραν του 80% της συνολικής εξοικονόμησης, που ανέρχεται στις 1,982 kWh, επιτυγχάνεται με την προσθήκη 7 εκατοστών θερμομονωτικού υλικού, ενώ μέχρι τα πρώτα 5 εκατοστά έχει επιτευχθεί περίπου το 75% της συνολικής εξοικονόμησης, το οποίο ανέρχεται στις 1,811 kWh. Σημειώνεται, και πάλι ότι ενώ τα πρώτα 10 εκατοστά προσθήκης θερμομόνωσης, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω επιτυγχάνουν εξοικονόμηση που αγγίζει το 90% της συνολικής εξοικονόμησης, τα τελευταία 5 εκατοστά προσθήκης θερμομονωτικού υλικού συνεισφέρουν σε ένα ποσοστό λιγότερο του 10% της συνολικής εξοικονόμησης.

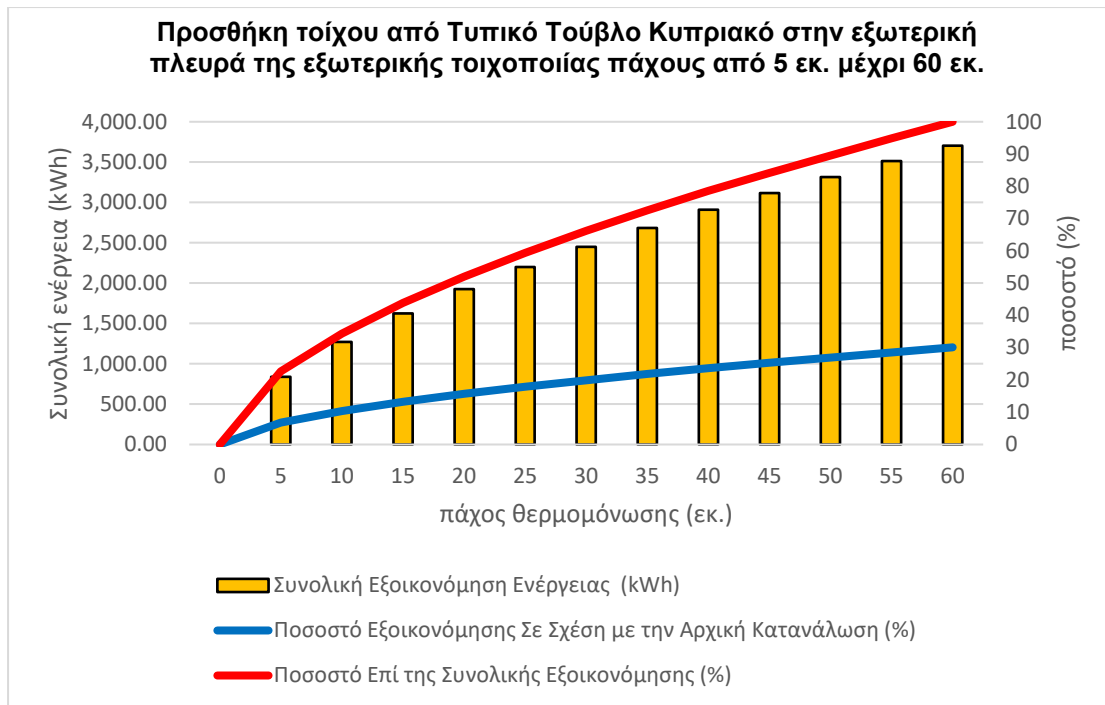
10.3 Κυπριακό τυπικό τούβλο

10.3.1 Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος πάχους 5 έως 60 εκ.

Το επόμενο πείραμα εξετάζεται η θερμική προστασία που μπορεί να προσφέρει το τυπικό κυπριακό διάτρητο τούβλο όταν αυτό προστεθεί στην εξωτερική πλευρά του κατακόρυφου εξωτερικού περιβλήματος με πάχη από 5 μέχρι και 60 εκατοστά, τα αποτελέσματα του οποίου παρουσιάζονται στις Εικόνες 10.5 & 10.6.



Εικόνα 10.5: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο (5-60 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).



Εικόνα 10.6: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο (5-60 εκ.).Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Με την προσθήκη του τυπικού τούβλου μέχρι 60 εκατοστών στην εξωτερική πλευρά επί του κατακόρυφου εξωτερικού περιβλήματος, επιτυγχάνεται μια εξοικονόμηση ενέργειας 3,702 kWh. ένα ποσοστό που αγγίζει το 30% ετησίως, όπως φαίνεται στην αναλυτική καταγραφή των αποτελεσμάτων στον Πίνακα 10.3. Η μείωση της εξοικονόμησης αυτής, επιτυγχάνεται σταδιακά στο συγκεκριμένο πείραμα. Με τα πρώτα 10 εκατοστά πάχους τούβλου που προστίθεται, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας 35% (1,272 kWh). Ακολούθως παρατηρείται ότι μέχρι τα 20 εκατοστά πάχους κυπριακού τούβλου, επιτυγχάνεται μείωση μέχρι και το μισό της εξοικονόμησης ενέργειας, δηλαδή ένα ποσοστό που ξεπερνά το 50%, όπου ανέρχεται στις 1,927 kWh. Και με την προσθήκη 50 εκατοστών πάχους τυπικού τούβλου η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται αγγίζει το 90% της συνολικής εξοικονόμησης, όπου αυτό ανέρχεται στις 3,315 kWh.

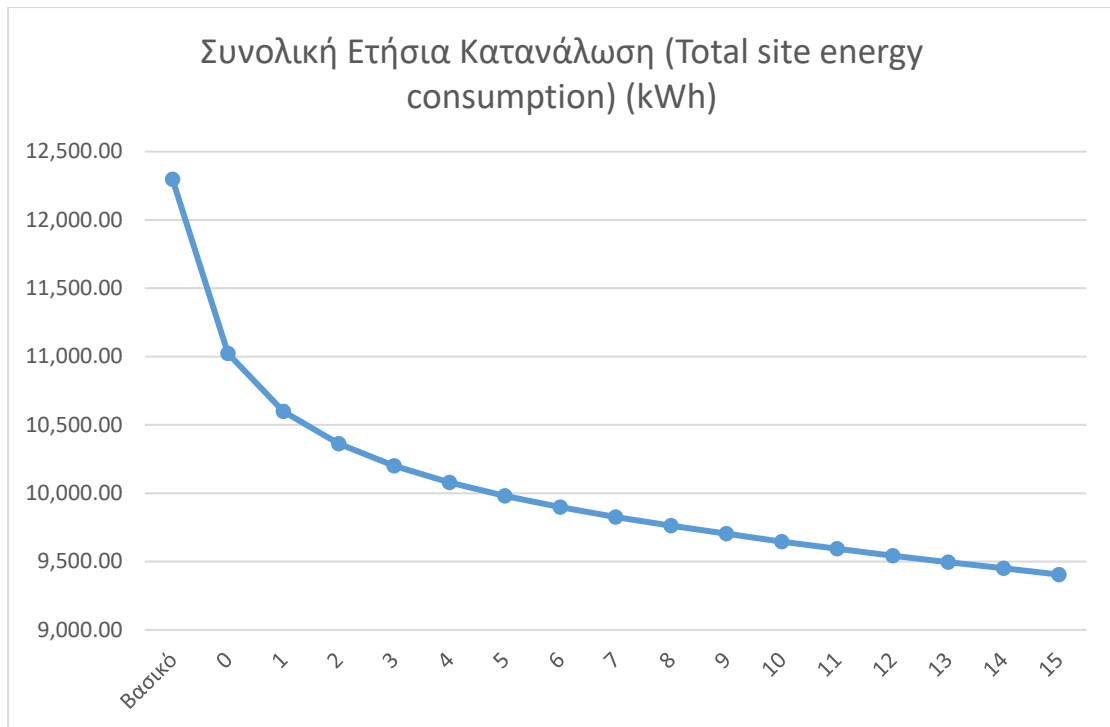
Σε σχέση με τις προηγούμενες προσομοιώσεις, σε αυτήν την περίπτωση διαφαίνεται ότι υπάρχει μια, σχεδόν, γραμμική σχέση προσθήκης υλικού σε σχέση με την εξοικονόμηση. Όπως παρουσιάζεται στην καταγραφή των αποτελεσμάτων μετά τα πρώτα 20 εκατοστά προσθήκης τούβλου στην εξωτερική τοιχοποιία, κάθε 10 εκατοστά προσθήκης υλικού επιτυγχάνει μείωσης την ετήσια κατανάλωση ενέργειας γύρω στο 15% το οποίο μειώνεται σταδιακά.

Πάχος Τυπικού Κυπριακού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57	0.00		
5	11,456.79	839.78	6.83	22.68
10	11,024.04	1,272.54	10.35	34.37
15	10,670.93	1,625.64	13.22	43.91
20	10,369.07	1,927.50	15.68	52.06
25	10,097.93	2,198.64	17.88	59.39
30	9,846.10	2,450.47	19.93	66.19
35	9,610.71	2,685.87	21.84	72.55
40	9,387.87	2,908.70	23.65	78.57
45	9,181.67	3,114.90	25.33	84.14
50	8,981.56	3,315.01	26.96	89.54
55	8,784.67	3,511.90	28.56	94.86
60	8,594.31	3,702.26	30.11	100.00

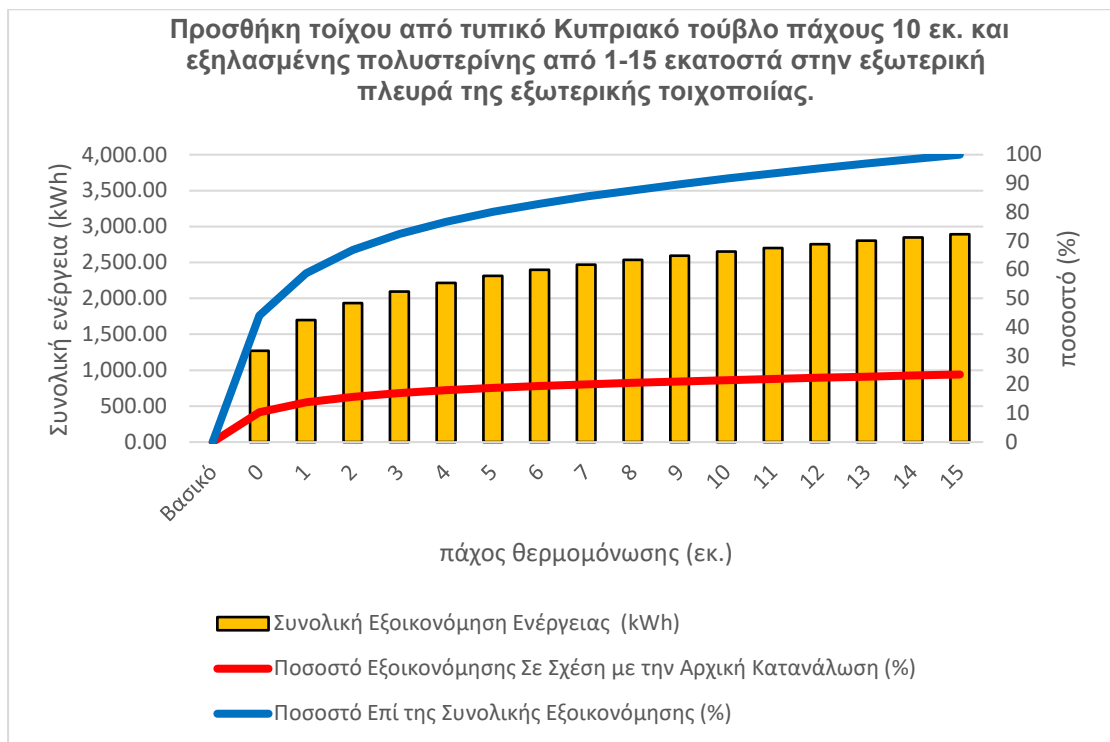
Πίνακας 10.3: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο (5-60 εκ.).Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

10.3.2 Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 10 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.

Κάτω από τις ίδιες συνθήκες της πρώτης προσομοίωσης με το ίδιο υλικό, ακολουθεί το επόμενο πείραμα και εξετάζεται η προσθήκη εξωτερικού τοίχου από κυπριακό τούβλο πάχους 10 εκατοστών μαζί με την προσθήκη θερμομονωτικού υλικού το οποίο μεταβάλλεται από 1 μέχρι 15 εκατοστά στην εξωτερική πλευρά του περιβλήματος, τοποθετημένο ανάμεσα στην υφιστάμενη και την νέα τοιχοποιία. Τα επί μέρους αποτελέσματα που καταγράφηκαν στην προσομοίωση που έγινε στο μοντέλο, όπως αναφέρθηκε βρίσκονται στα παραρτήματα και τα συνολικά αποτελέσματα καταγράφονται στον Πίνακα 10.4 και εικονογραφούνται στις Εικόνες 10.7 & 10.8.



Εικόνα 10.7: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 10 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).



Εικόνα 10.8: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 10 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
Βασικό	12,296.57	0.00		
0	11,024.04	1,272.54	10.35	44.01
1	10,598.61	1,697.96	13.81	58.72
2	10,362.15	1,934.42	15.73	66.90
3	10,201.35	2,095.22	17.04	72.46
4	10,079.42	2,217.15	18.03	76.67
5	9,981.71	2,314.86	18.83	80.05
6	9,899.41	2,397.16	19.49	82.90
7	9,826.80	2,469.77	20.09	85.41
8	9,762.95	2,533.62	20.60	87.62
9	9,703.06	2,593.51	21.09	89.69
10	9,646.62	2,649.95	21.55	91.64
11	9,593.77	2,702.80	21.98	93.47
12	9,543.42	2,753.15	22.39	95.21
13	9,495.41	2,801.17	22.78	96.87
14	9,450.06	2,846.51	23.15	98.44
15	9,404.91	2,891.66	23.52	100.00

Πίνακας 10.4: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 10 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

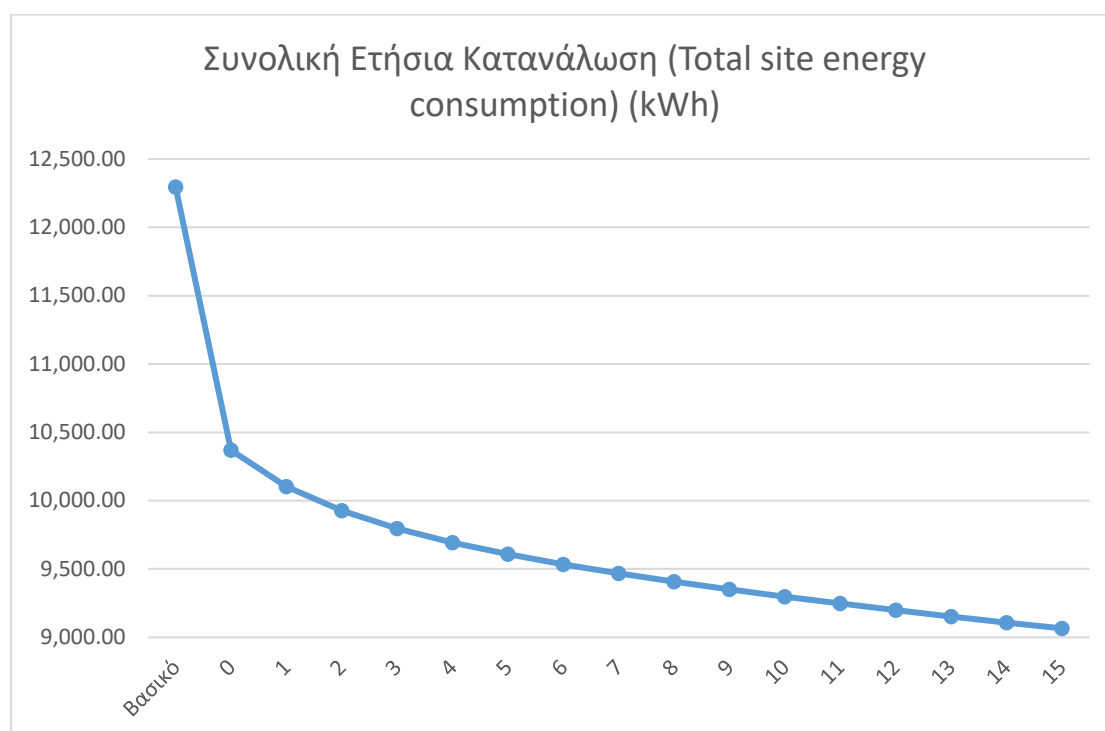
Σε αυτό το πείραμα φαίνεται ότι αν μεταξύ του τοίχου 10 εκατοστών από τυπικό κυπριακό τούβλο και του υφιστάμενου κελύφους προστεθεί θερμομονωτικό υλικό πάχους 15 εκατοστών, επιτυγχάνεται συνολική εξοικονόμηση 2,891 kWh, ένα ποσοστό 23 % της συνολικής κατανάλωσης. Σημαντικό στοιχείο αποτελεί το γεγονός ότι το 60% αυτής της εξοικονόμησης επιτυγχάνεται με την προσθήκη μόλις 1 εκατοστού θερμομονωτικού υλικού μεταξύ της υφιστάμενης και της νέας τοιχοποιίας, η οποία ανέρχεται στις 1,697 kWh.

Ακολούθως, καταγράφεται ότι μέχρι τα 9 εκατοστά εξηλασμένης πολυστερίνης μεταξύ του νέου τοίχου 10 εκατοστών που προστίθεται και του υφιστάμενου κελύφους, έχουν επιτευχθεί 2,593 kWh ετησίως που αντιστοιχεί σε ένα ποσοστό συνολικής εξοικονόμησης 21.09%. Αυτό το ποσοστό αποτελεί το 90% της συνολικής

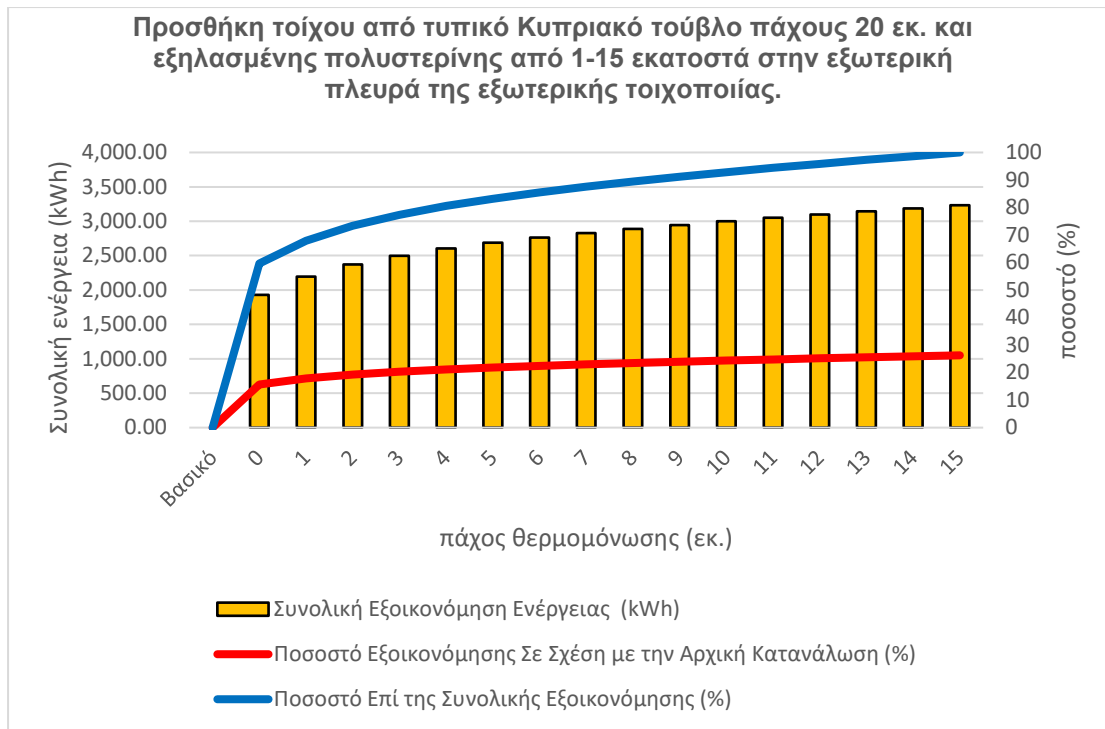
εξοικονόμησης του συγκεκριμένου πειράματος. Τέλος, τα τελευταία 5 εκατοστά προσθήκης θερμομόνωσης, συνεισφέρουν σε ένα ποσοστό 10% επί της συνολικής εξοικονόμησης που επιτυγχάνεται στο πείραμα.

10.3.3 Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 20 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος

Το επόμενο πείραμα διενεργείται με τις ίδιες παραμέτρους με την διαφορά ότι αυξάνεται το πάχος του τοίχου από Κυπριακό Τούβλο στα 20 εκατοστά ενώ παραμένει η θερμομόνωση με τα ίδια πάχη από 1 έως 15 εκατοστά. Στον Πίνακες 10.5 και στις Εικόνες 10.9 & 10.10 καταγράφονται τα αποτελέσματα συνολικά των κατακόρυφων στοιχείων.



Εικόνα 10.9: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 20 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).



Εικόνα 10.10: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 20 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Στην προσομοίωση αυτή, η συνολική εξοικονόμηση που επιτεύχθηκε ήταν 3,230kWh που αποτελεί ετήσια μείωση 26,27% (Πίν. 10.5). Αξιολογώντας τα αποτελέσματα με περισσότερη λεπτομέρεια, παρατηρείται απότομη μείωση της κατανάλωσης με την απλή προσθήκη του τοίχου των 20 εκατοστών 1,927kWh, ενώ με την προσθήκη του τοίχου και 1 εκατοστού θερμομόνωσης η συνολική ετήσια εξοικονόμηση στην κατανάλωση ανέρχεται στις 2,192 kWh που αποτελεί ένα ποσοστό εξοικονόμησης κοντά στο 68% της συνολικής εξοικονόμησης που επιτεύχθηκε σε αυτό το πείραμα.

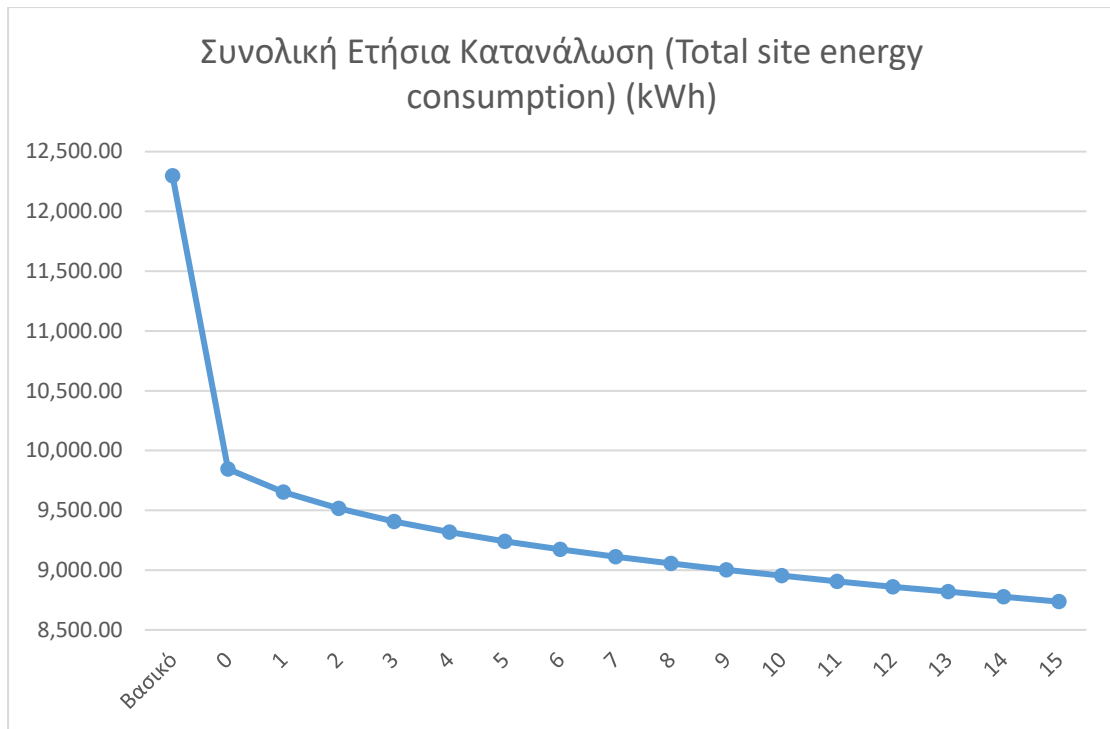
Με 4 εκατοστά θερμομόνωσης ανάμεσα στις δύο τοιχοποιίες, νέα και υφιστάμενη, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση 2,602 kWh που αποτελεί το 80% της συνολικής εξοικονόμησης αυτού του πειράματος, ενώ με την προσθήκη μέχρι και 8 εκατοστών θερμομόνωσης επιτυγχάνεται σχεδόν το 90% της συνολικής εξοικονόμησης του πειράματος που ανέρχεται στις 2,889 kWh

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
Βασικό	12,296.57	0.00		
0	10,369.07	1,927.50	15.68	59.66
1	10,103.79	2,192.78	17.83	67.87
2	9,926.83	2,369.74	19.27	73.35
3	9,796.85	2,499.72	20.33	77.37
4	9,693.66	2,602.91	21.17	80.57
5	9,608.85	2,687.73	21.86	83.19
6	9,533.77	2,762.80	22.47	85.51
7	9,468.13	2,828.44	23.00	87.55
8	9,406.76	2,889.81	23.50	89.45
9	9,350.23	2,946.35	23.96	91.20
10	9,297.08	2,999.49	24.39	92.84
11	9,247.22	3,049.35	24.80	94.38
12	9,198.96	3,097.61	25.19	95.88
13	9,153.00	3,143.57	25.56	97.30
14	9,108.40	3,188.17	25.93	98.68
15	9,065.79	3,230.78	26.27	100.00

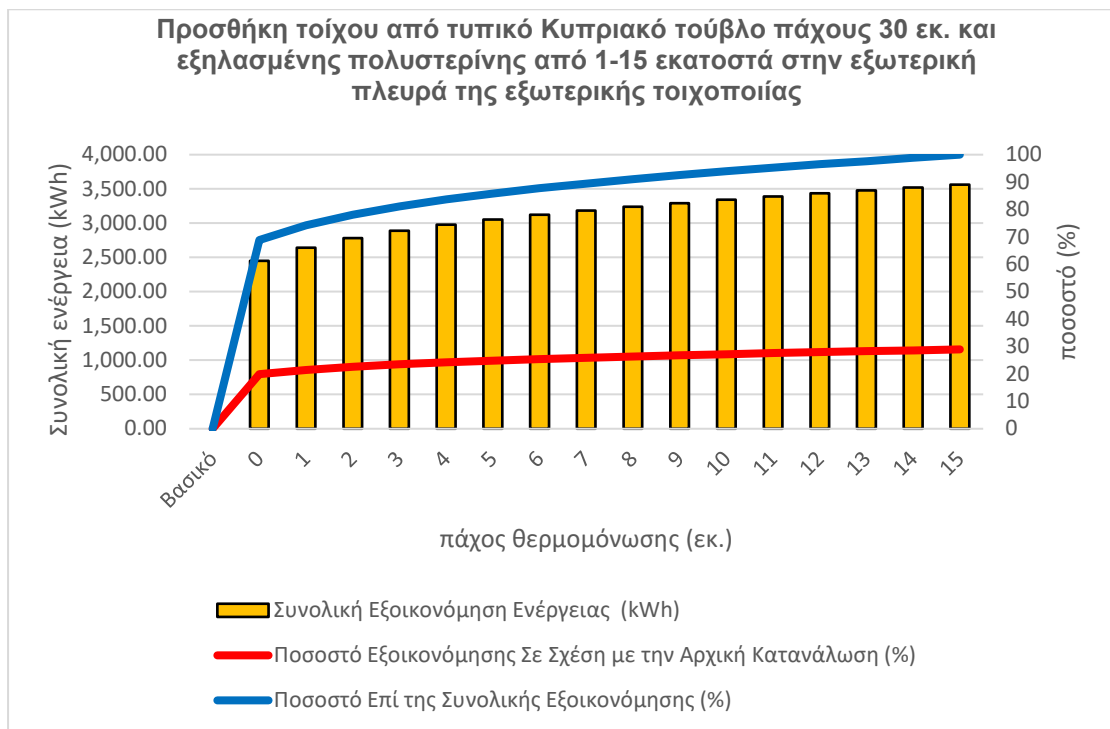
Πίνακας 10.5: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 20 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

10.3.4 Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 30 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.

Το επόμενο πείραμα διενεργείται και αυτό με τις ίδιες σχεδόν παραμέτρους των προηγούμενων δύο πειραμάτων, αυξάνοντας και αυτήν τη φορά το πάχος της τοιχοποιίας που προστίθεται, στα 30 εκατοστά. Παρατίθενται πιο κάτω τα συνολικά που αφορούν όλα τα μέρη των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού περιβλήματος στις Εικόνες 10.11 & 10.12 και στον Πίνακα 10.6.



Εικόνα 10.11: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 30 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).



Εικόνα 10.12: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 30 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
Βασικό	12,296.57	0.00		
0	9,846.10	2,450.47	19.93	68.83
1	9,653.98	2,642.60	21.49	74.23
2	9,516.32	2,780.25	22.61	78.09
3	9,407.53	2,889.04	23.49	81.15
4	9,318.12	2,978.45	24.22	83.66
5	9,241.08	3,055.49	24.85	85.82
6	9,173.12	3,123.45	25.40	87.73
7	9,113.03	3,183.54	25.89	89.42
8	9,056.21	3,240.36	26.35	91.02
9	9,002.97	3,293.60	26.78	92.51
10	8,953.16	3,343.41	27.19	93.91
11	8,905.59	3,390.98	27.58	95.25
12	8,859.51	3,437.06	27.95	96.54
13	8,820.34	3,476.23	28.27	97.64
14	8,777.93	3,518.65	28.61	98.83
15	8,736.41	3,560.16	28.95	100.00

Πίνακας 10.6: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 30 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται στο συγκεκριμένο πείραμα είναι 3,560 kWh που αποτελεί ένα ποσοστό εξοικονόμησης 28,95% ετησίως. Οι 2,450 kWh, ένα ποσοστό 70% του συνόλου της εξοικονόμησης του πειράματος, επιτυγχάνεται μόνο με την προσθήκη του τοίχου από κυπριακό τούβλο πάχους 30 εκατοστών. Το υπόλοιπο 30% της εξοικονόμησης του πειράματος αποδίδεται στην προσθήκη 15 εκατοστών εξηλασμένης πολυστερίνης που είναι τοποθετημένη στο διάκενο μεταξύ νέου και υφιστάμενου τοίχου.

Με την προσθήκη 3 εκατοστών εξηλασμένης πολυστερίνης μεταξύ του καινούργιου τοίχου και του υφιστάμενου κελύφους, επιτυγχάνεται συνολική εξοικονόμηση 2,889 kWh, που αντιστοιχεί στην απόδοση πέραν του 80% της εξοικονόμησης του πειράματος. Καταγράφηκε επίσης, ότι με την προσθήκη 7 εκατοστών

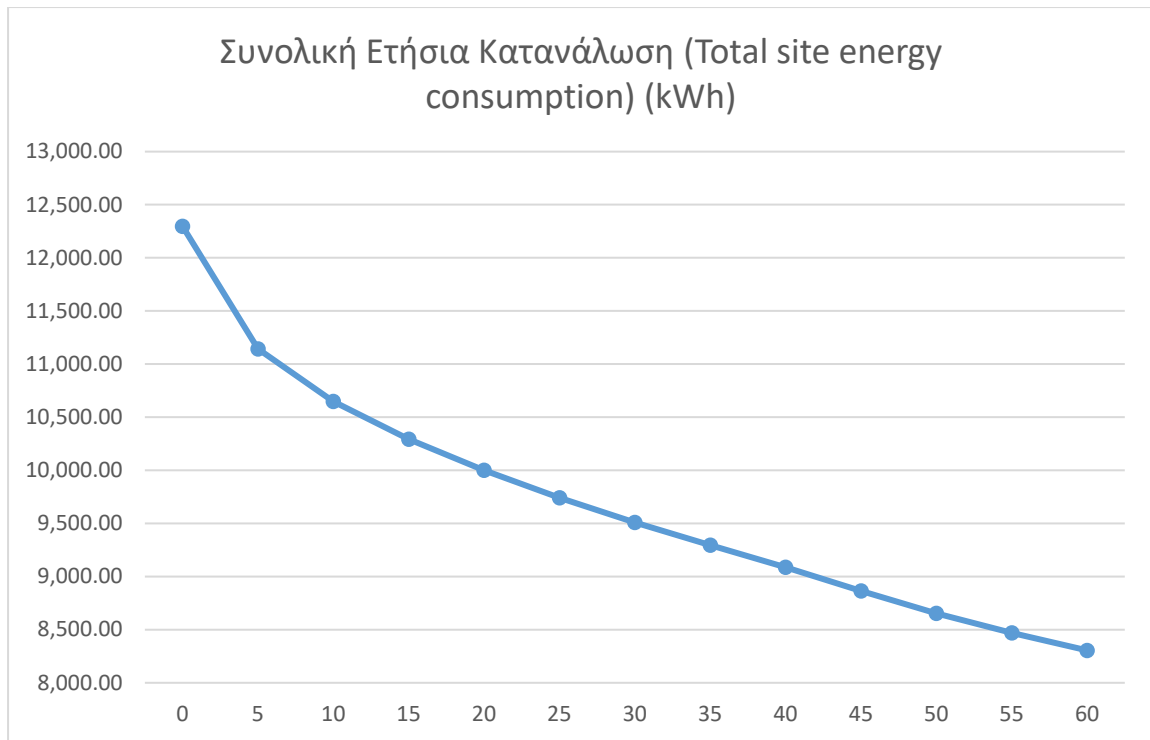
θερμομονωτικού υλικού έχει επιτευχθεί εξοικονόμηση μέχρι το 90% της συνολικής εξοικονόμησης του πειράματος, η οποία ανέρχεται σε 3,183 kWh ετησίως. Το υπόλοιπο θερμομονωτικό υλικό πάχους 8 εκατοστών που προστίθεται σταδιακά μέχρι να φτάσει η στρώση αυτή τα 15 εκατοστά, συνεισφέρει σε ένα πολύ μικρό ποσοστό στην συνολική εξοικονόμηση αυτού του πειράματος και είναι της τάξης του 10% .

10.4 Θερμομονωτικό τούβλο

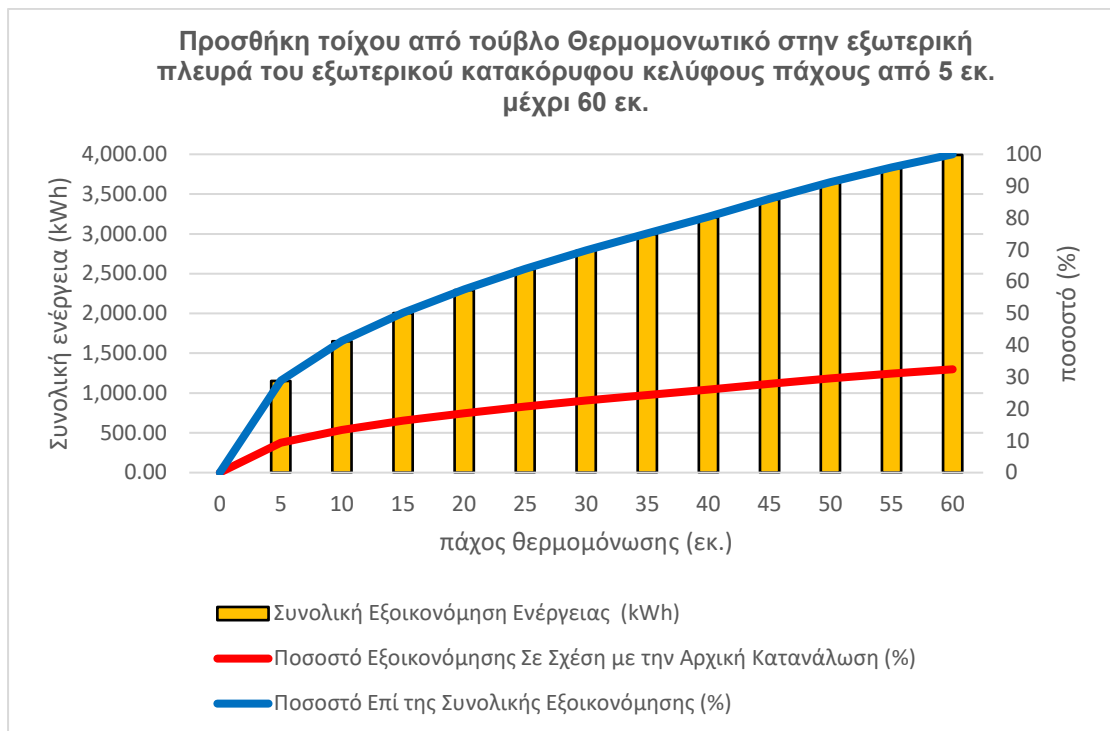
10.4.1 Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος πάχους 5 έως 60 εκ.

Για να γίνει αντιληπτή η διαφορά που υπάρχει στην παθητική προστασία μίας κατοικίας με τη χρήση θερμομονωτικού τούβλου σε σχέση με το τυπικό Κυπριακό τούβλο, διενεργούνται όλα τα πιο πάνω πειράματα που έγιναν με το τυπικό τούβλο, χρησιμοποιώντας το θερμομονωτικό, του οποίου οι θερμοφυσικές ιδιότητες έχουν περιγραφεί στο Κεφάλαιο 4, Παράγραφο 4.3.

Ξεκινώντας τη σειρά των πειραμάτων με τη χρήση θερμομονωτικού τούβλου εξετάζεται η προστασία που μπορεί να προσφέρει όταν χτιστεί τοίχος από αυτό το υλικό, πάχους 5 μέχρι 60 εκατοστών, στην εξωτερική πλευρά του κατακόρυφου εξωτερικού περιβλήματος. Τα συνολικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στις Εικόνες 10.13 & 10.14 και οι τιμές αναλυτικά στον Πίνακα 10.7.



Εικόνα 10.13: Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο (5-60 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).



Εικόνα 10.14: Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο (5-60 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Πάχος Θερμομονωτικού Τούβλου (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57	0.00		
5	11,143.42	1,153.15	9.38	28.89
10	10,647.44	1,649.14	13.41	41.32
15	10,293.83	2,002.74	16.29	50.18
20	10,000.76	2,295.81	18.67	57.52
25	9,741.22	2,555.35	20.78	64.02
30	9,507.73	2,788.84	22.68	69.87
35	9,296.69	2,999.89	24.40	75.16
40	9,087.57	3,209.00	26.10	80.40
45	8,864.96	3,431.61	27.91	85.98
50	8,653.78	3,642.79	29.62	91.27
55	8,468.29	3,828.28	31.13	95.92
60	8,305.28	3,991.29	32.46	100.00

Πίνακας 10.7: Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο (5-60 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Με βάση τον Πίνακα 10.7 παρατηρείται ότι η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με την προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους μέχρι και 60 εκατοστών, ανέρχεται στις 3,991 kWh, ένα ποσοστό εξοικονόμησης 32.46 % ετησίως. Η εξέλιξη και τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος ακολουθούν μία γραμμική σχεδόν σχέση, δηλαδή όσο αυξάνεται το πάχος της τοιχοποιίας αυξάνεται αντίστοιχα και η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται. Σημειώνεται ότι αντίστοιχη γραμμική σχέση τούβλου με την εξοικονόμηση ενέργειας καταγράφηκε και στη χρήση τυπικού τούβλου.

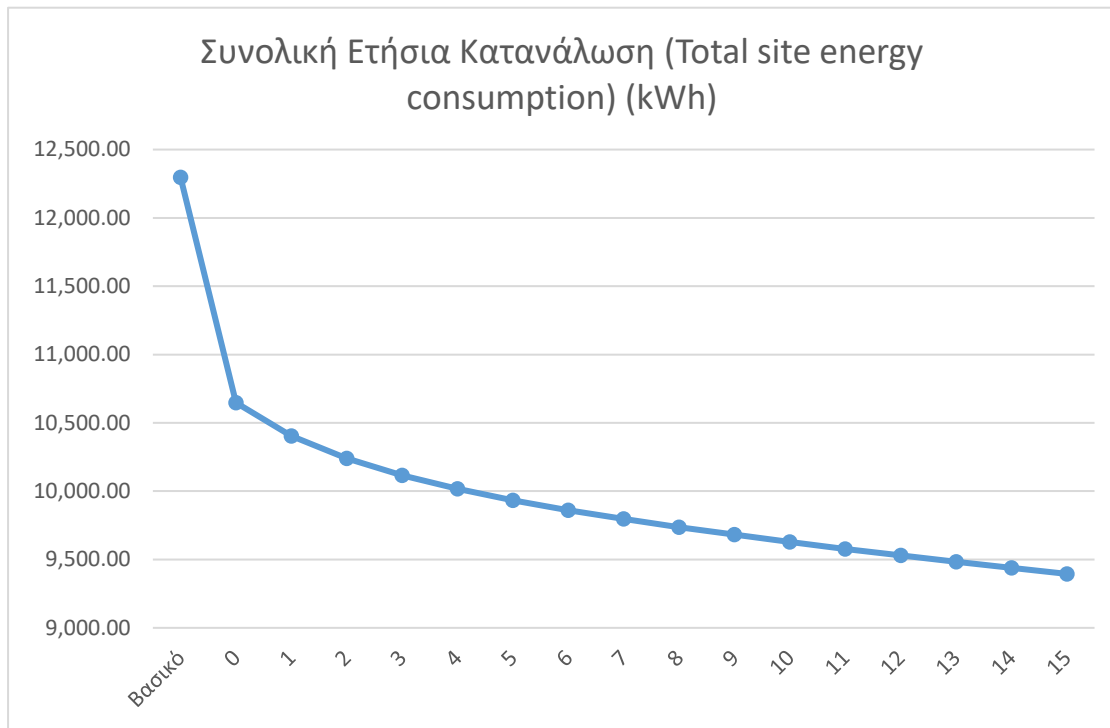
Παρατηρώντας τα αποτελέσματα με λεπτομέρεια, φαίνεται ότι με την προσθήκη των πρώτων 10 εκατοστών τοιχοποιίας εξωτερικά της υφιστάμενης, επιτυγχάνεται ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας 1,649 kWh που αποτελεί το 40% της συνολικής εξοικονόμησης αυτού του πειράματος. Στη συνέχεια, στα επόμενα 10 εκατοστά προσθήκης θερμομονωτικού τούβλου, όταν δηλαδή ο τοίχος που κτίζεται έχει συνολικό

πάχος 20 εκατοστά, η εξοικονόμηση φτάνει τις 2,295 kWh. Αυτή η τιμή σημαίνει ότι σε σχέση με το συνολικό αποτέλεσμα εξοικονόμησης αυτού του πειράματος, αυξήθηκε η αποτελεσματικότητα του συστήματος κατά σχεδόν 20 ποσοστιαίες μονάδες.

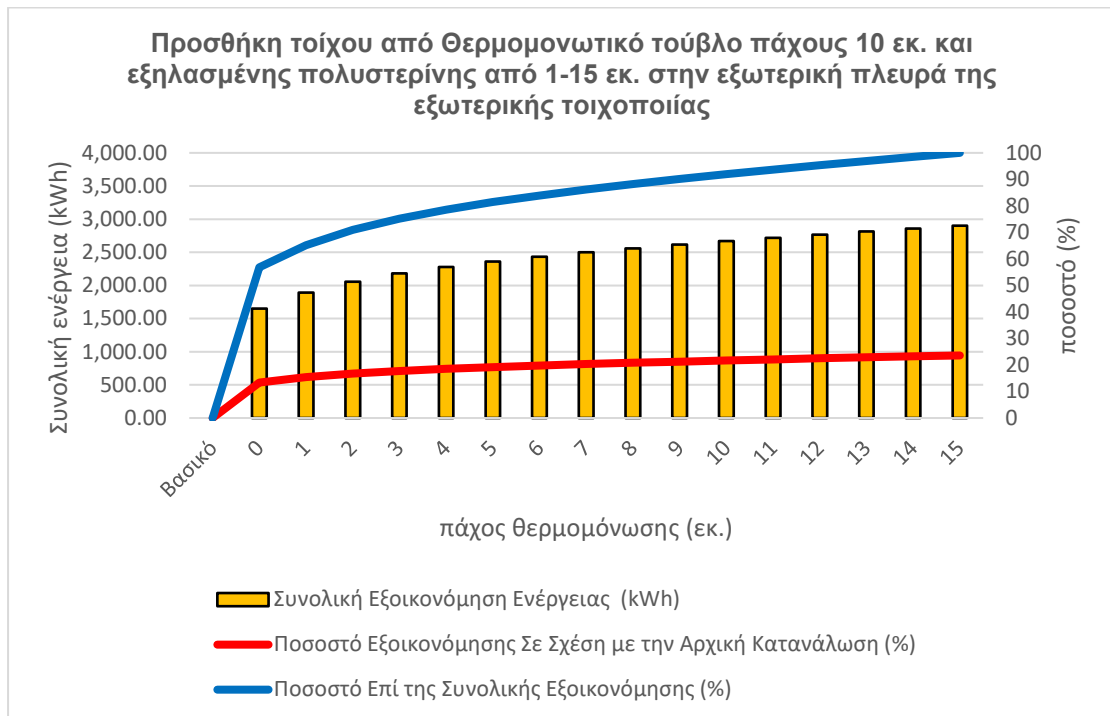
Ακολούθως, η σχέση αύξησης της αποτελεσματικότητας του συστήματος με το πάχος που αυξάνεται η τοιχοποιία ακολουθεί μία σχεδόν γραμμική μορφή όπου για κάθε 10 εκατοστά που αυξάνεται το πάχος της τοιχοποιίας υπάρχει μία απόδοση του συστήματος 10% στη συνολική ετήσια αύξηση της εξοικονόμησης ενέργειας. Κατά συνέπεια, όταν ο τοίχος από θερμομονωτικό τούβλο αποκτά πάχος 30 εκατοστά το ποσοστό εξοικονόμησης ανέρχεται στο 70% της συνολικής εξοικονόμησης του πειράματος και όταν αυτό αυξάνεται κατά άλλα 10 εκατοστά και γίνεται ο τοίχος 40 εκατοστά, το ποσοστό εξοικονόμησης ανεβαίνει ακόμα 10 εκατοστιαίες μονάδες και φτάνει στο 80%, και όταν το πάχος του τοίχους γίνει 50 εκατοστά το ποσοστό εξοικονόμησης αυξάνει στις 90 εκατοστιαίες μονάδες. Τέλος, με την ολοκλήρωση του πειράματος, όταν ο τοίχος αποκτήσει πάχος ακόμα 10 εκατοστά και φτάσει στο σύνολο των 60 εκατοστών τότε η εξοικονόμηση ενέργειας, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, φτάνει στις 3,991 kWh ετησίως μία τιμή που δηλώνει ότι το συγκεκριμένο παθητικό σύστημα θερμικής προστασίας μπορεί να προσφέρει σε ένα νοικοκυριό εξοικονόμηση στα ετήσια έξοδα του κατά το 1/3.

10.4.2 Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.

Μετά τη διαπίστωση της σημαντικής αποτελεσματικότητας του θερμομονωτικού τούβλου, στο επόμενο πείραμα δοκιμάζεται ο συνδυασμός της αποτελεσματικότητας αυτού του τούβλου μαζί με τη εξηλασμένη πολυστερίνη. Δοκιμάζεται, ως εκ τούτου, κτίσιμο τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10 εκατοστών εξωτερικά της εξωτερικής τοιχοποιίας και στην μέση των δύο τοίχων προστίθεται εξηλασμένη πολυστερίνη με πάχη από 1 έως 15 εκατοστά. Στον Πίνακα 10.8 και στις Εικόνες 10.15 & 10.16 καταγράφονται τα αποτελέσματα συνολικά όλων των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού περιβλήματος μαζί.



Εικόνα 10.15: Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).



Εικόνα 10.16: Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
Βασικό	12,296.57			
0	10,647.44	1,649.14	13.41	56.84
1	10,403.97	1,892.60	15.39	65.23
2	10,238.95	2,057.62	16.73	70.91
3	10,116.36	2,180.21	17.73	75.14
4	10,017.09	2,279.48	18.54	78.56
5	9,933.99	2,362.59	19.21	81.42
6	9,861.10	2,435.47	19.81	83.94
7	9,797.07	2,499.51	20.33	86.14
8	9,737.37	2,559.20	20.81	88.20
9	9,681.45	2,615.12	21.27	90.13
10	9,628.28	2,668.30	21.70	91.96
11	9,577.74	2,718.83	22.11	93.70
12	9,529.31	2,767.26	22.50	95.37
13	9,484.03	2,812.54	22.87	96.93
14	9,438.86	2,857.71	23.24	98.49
15	9,394.98	2,901.59	23.60	100.00

Πίνακας 10.8: Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

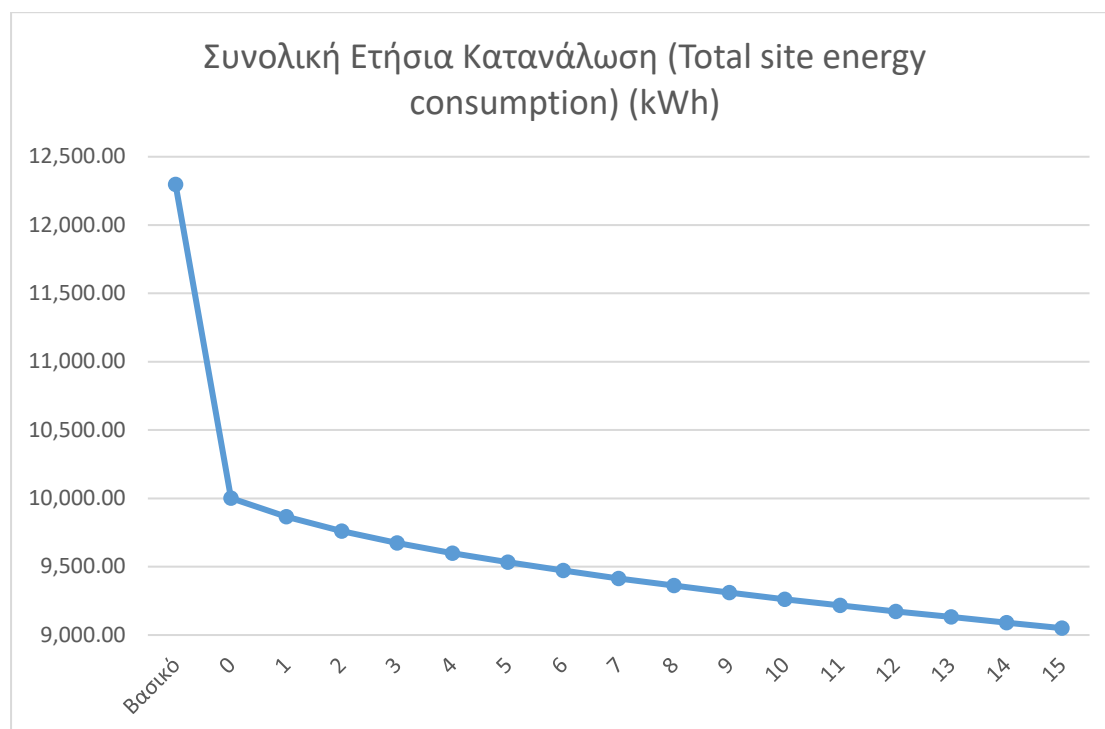
Με βάση τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.8 του πειράματος, προσθέτοντας το θερμομονωτικό τούβλο 10 εκατοστών και την εξηλασμένη πολυστερίνη από 1 μέχρι 15 εκατοστά στην εξωτερική πλευρά του κατακόρυφου εξωτερικού περιβλήματος, παρατηρείται ότι με την συμπλήρωση και των 15 εκατοστών επιτυγχάνεται μια συνολική εξοικονόμηση 2,901 kWh που αντιστοιχεί σε ένα ποσοστό 23,6 % της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης.

Στο πείραμα, με βάση τις Εικόνες 10.15 & 10.16, παρατηρείται απότομη μείωση στην εξοικονόμηση ενέργειας με το κτίσιμο του τοίχου, πριν ακόμη προτεθεί στο σύστημα θερμομονωτικό υλικό. Μόνο με το κτίσιμο του τοίχου υπάρχει μία εξοικονόμηση 1,649 kWh, οι οποίες υποδεικνύουν μείωση μεγαλύτερη του 55% από αυτήν που

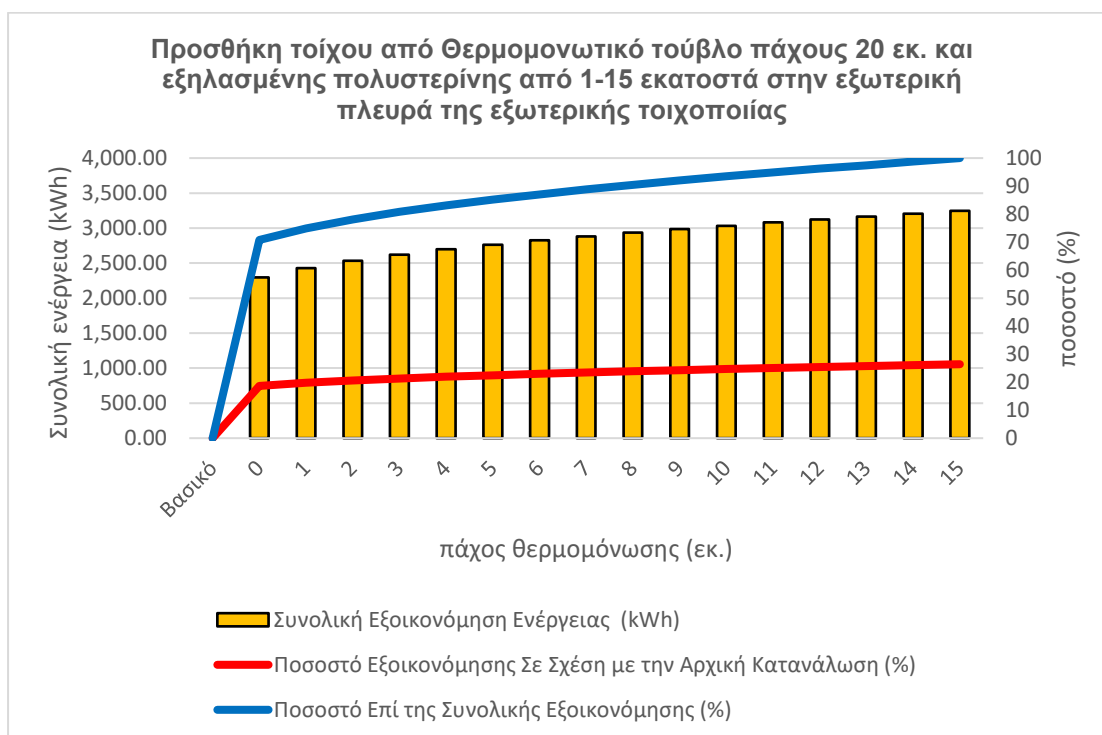
επιτυγχάνεται στο σύνολό της στο παρόν πείραμα. Με την προσθήκη του πρώτου εκατοστού πολυστερίνης επιτυγχάνεται το 65% της εξοικονόμησης του συγκεκριμένου πειράματος, το οποίο ανέρχεται στις 1,892 kWh και ακολούθως, με την προσθήκη μέχρι και 9 εκατοστών πολυστερίνης ετήσια η εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται στις 2,615 kWh, ένα ποσοστό της τάξης του 90% της απόδοσης του συγκεκριμένου παθητικού συστήματος. Κατά συνέπεια, τα τελευταία 6 εκατοστά προσθήκης θερμομόνωσής, συνεισφέρουν σε ένα ποσοστό που αγγίζει μόλις το 10 % της συνολικής εξοικονόμησης.

10.4.3 Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 20 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.

Με τα ίδια ακριβώς υλικά, διενεργείται και το επόμενο πείραμα στο οποίο προστίθεται στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού κελύφους, θερμομονωτικό τούβλο 20 εκατοστών και στο ενδιάμεσό του υφιστάμενου και του νέου τοίχου παρεμβάλλεται εξηλασμένη πολυστερίνη από 1 μέχρι 15 εκατοστών. Στον Πίνακα 10.9 και στις Εικόνες 10.17 & 10.18 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα συνολικά όλων των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού κελύφους μαζί.



Εικόνα 10.17: Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 20 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).



Εικόνα 10.18: Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 20 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Εξετάζοντας τα λεπτομερή αποτελέσματα του πειράματος στον Πίνακα 10.9, διαφαίνεται ότι με το συγκεκριμένο σύστημα επιτυγχάνεται εξοικονόμηση στην κατανάλωση 3,246 kWh, μία τιμή που αντιστοιχεί σε ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας 26,40 %. Αξιοπρόσεκτο γεγονός αποτελεί η επίτευξη του 70% της συνολικής εξοικονόμησης του παρόντος πειράματος με την παρουσία μόνο του τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 20 εκατοστών.

Στη συνέχεια παρατηρείται ότι με την προσθήκη 1 εκατοστού θερμομονωτικού υλικού μεταξύ των δύο τοιχοποιιών, νέας και υφιστάμενης, επιτυγχάνεται μείωση στην κατανάλωση ενέργειας 2,429 kWh που αντιστοιχεί σε ένα ποσοστό 75% του συνόλου αυτού του πειράματος, ενώ με την προσθήκη 3 συνολικά εκατοστών θερμομονωτικού υλικού επιτυγχάνεται το 80% της συνολικής μείωσης αυτού του πειράματος το οποίο ποσοστό αντιστοιχεί σε μία εξοικονόμηση 2,622 kWh ετησίως.

Ακολούθως, με την τοποθέτηση πρόσθετων 5 εκατοστών θερμομονωτικού υλικού, επιτυγχάνεται το 90% της συνολικής μείωσης στην κατανάλωση ενέργειας, με την μείωση να φτάνει στις 2,935 kWh ετησίως. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα τελευταία 7 εκατοστά θερμομονωτικού υλικού συνεισφέρουν στην συνολική

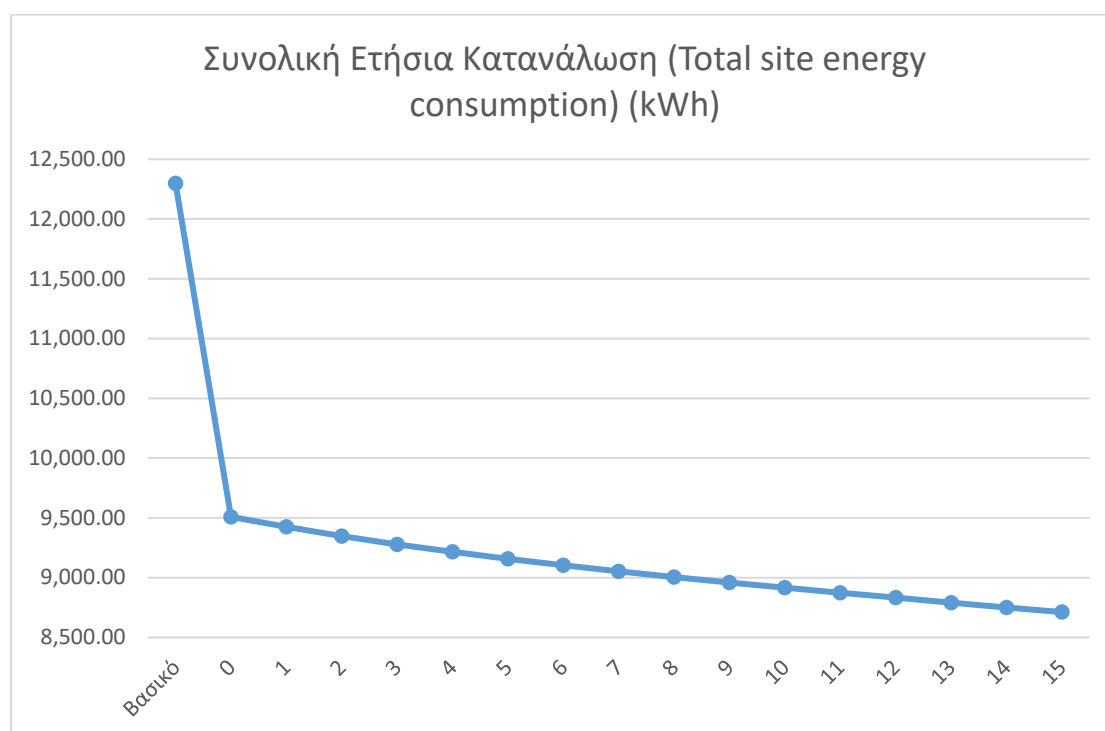
εξοικονόμηση που καταδεικνύει αυτό το πείραμα σε ένα ποσοστό μόλις 10 ποσοστιαίων μονάδων.

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
Βασικό	12,296.57	0.00		
0	10,000.76	2,295.81	18.67	70.72
1	9,866.66	2,429.91	19.76	74.86
2	9,761.24	2,535.33	20.62	78.10
3	9,674.05	2,622.52	21.33	80.79
4	9,599.45	2,697.12	21.93	83.09
5	9,532.84	2,763.74	22.48	85.14
6	9,471.19	2,825.38	22.98	87.04
7	9,414.70	2,881.87	23.44	88.78
8	9,361.41	2,935.16	23.87	90.42
9	9,310.53	2,986.04	24.28	91.99
10	9,262.43	3,034.14	24.67	93.47
11	9,216.12	3,080.46	25.05	94.90
12	9,171.65	3,124.92	25.41	96.27
13	9,133.58	3,162.99	25.72	97.44
14	9,091.44	3,205.13	26.07	98.74
15	9,050.42	3,246.15	26.40	100.00

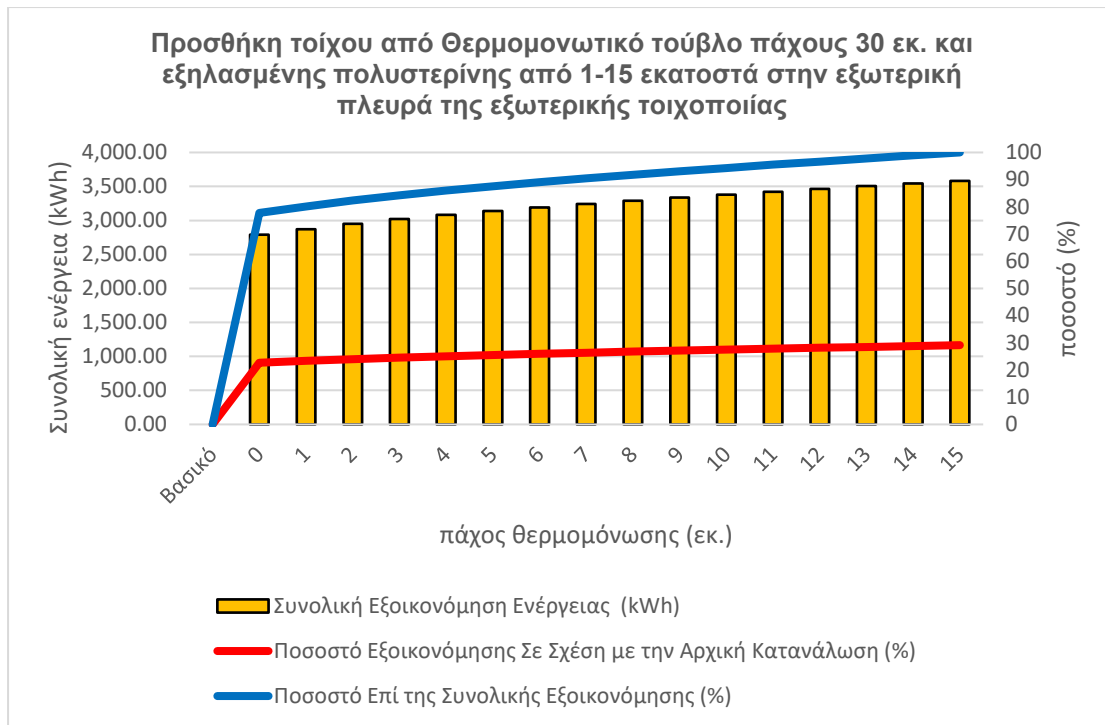
Πίνακας 10.9: Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 20 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

10.4.4 Προσθήκη τοίχου από Θερμομονωτικό τούβλο πάχους 30 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.

Σε συνέχεια των πιο πάνω πειραμάτων και με τα ίδια υλικά, έγινε μία τελευταία προσομοίωση αλλάζοντας στο συγκεκριμένο παθητικό σύστημα το πάχος του τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο, ο οποίος σε αυτό το πείραμα έχει πάχος 30 εκατοστά. Στον Πίνακα 10.10 και στις Εικόνες 10.19 & 10.20 έχει γίνει η καταγραφή των αθροιστικών αποτελεσμάτων που αφορούν το σύνολο των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού κελύφους μαζί.



Εικόνα 10.19: Προσθήκη τοίχου από Θερμομονωτικό τούβλο πάχους 30 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).



Εικόνα 10.20: Προσθήκη τοίχου από Θερμομονωτικό τούβλο πάχους 30 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Με βάση τα πιο πάνω αποτελέσματα, παρατηρείται ότι με 15 εκατοστά στο σύνολο, εξηλασμένης πολυστερίνης και τα 30 εκατοστά τοίχου κτισμένου από θερμομονωτικό τούβλο στην εξωτερική πλευρά του κατακόρυφου περιβλήματος, η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας που καταγράφεται σε αυτό το πείραμα ανέρχεται στις 3,584 kWh, ένα ποσοστό που αγγίζει το 29% εξοικονόμησης ενέργειας ετησίως.

Η εικόνα που παρατηρείται είναι παρόμοια με τις προηγούμενες δύο προσομοιώσεις. Μόνο με την ύπαρξη του τοίχου των 30 εκατοστών επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας σχεδόν 78% της αποτελεσματικότητας του συγκεκριμένου συστήματος που αντιστοιχεί σε 2,788 kWh ετησίως και με την προσθήκη ενός μόνο εκατοστού θερμομόνωσης στο σύστημα, το ποσοστό αυτό της εξοικονόμησης ξεπερνά το 80%.

Παρατηρείται, επίσης, ότι με 7 συνολικά εκατοστά προσθήκης θερμομονωτικού υλικού επιτυγχάνεται το 90% της απόδοσης του συγκεκριμένου συστήματος με την εξοικονόμηση να ανέρχεται στις 3,245 kWh ετησίως. Στη συνέχεια τα υπόλοιπα 8 εκατοστά θερμομονωτικού υλικού συνεισφέρουν σε ένα ποσοστό 10 % στην συνολική απόδοση του συστήματος. Μία πρόσθετη παρατήρηση είναι ότι σε αυτό το σύστημα μειώνεται ακόμη περισσότερο η συνεισφορά της εξηλασμένης πολυστερίνης στη όλη απόδοση του συστήματος, η οποία μόλις που ξεπερνά το 20% περίπου.

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
Βασικό	12,296.57	0.00		
0	9,507.73	2,788.84	22.68	77.81
1	9,425.36	2,871.21	23.35	80.11
2	9,346.30	2,950.27	23.99	82.32
3	9,277.31	3,019.27	24.55	84.24
4	9,215.15	3,081.42	25.06	85.98
5	9,157.82	3,138.75	25.53	87.58
6	9,104.53	3,192.04	25.96	89.06
7	9,054.32	3,242.25	26.37	90.46
8	9,006.17	3,290.40	26.76	91.81
9	8,960.45	3,336.12	27.13	93.08
10	8,916.52	3,380.05	27.49	94.31
11	8,873.98	3,422.59	27.83	95.50
12	8,832.44	3,464.13	28.17	96.65
13	8,791.88	3,504.70	28.50	97.79
14	8,751.83	3,544.74	28.83	98.90
15	8,712.53	3,584.05	29.15	100.00

Πίνακας 10.10: Προσθήκη τοίχου από Θερμομονωτικό τούβλο πάχους 30 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

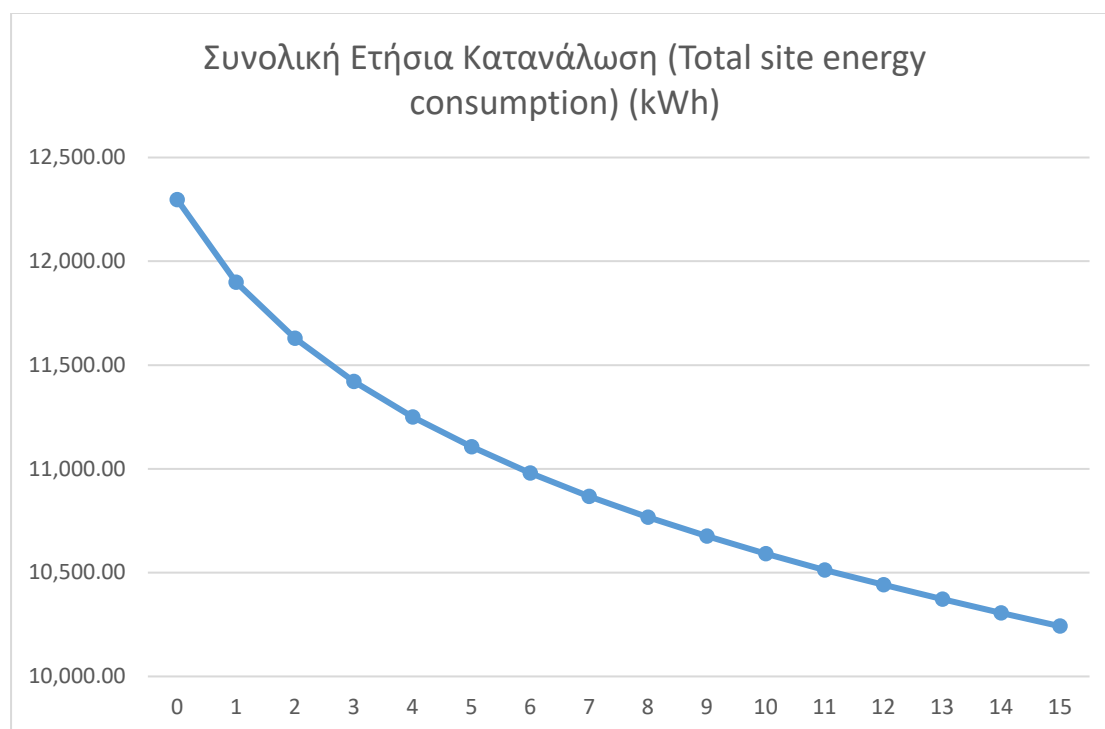
Τέλος, όπως και στο προηγούμενο πείραμα, έτσι και σε αυτό, ένα πρόσθετο συμπέρασμα που εξάγεται παρατηρώντας την Εικόνα 10.20 είναι η σχεδόν ακόμη πιο έντονη γραμμική σχέση αύξησης του πάχους της εξηλασμένης πολυστερίνης σε σχέση με την ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας. Ο επηρεασμός στην συνεισφορά είναι λιγότερος αλλά γραμμικά συσχετισμένος με την προσθήκη θερμομονωτικού υλικού στο σύστημα. Όπως φαίνεται και στην καταγραφή των τιμών στον Πίνακα Ψ με την προσθήκη 5 εκατοστών στο σύστημα η εξοικονόμηση στην κατανάλωση ενέργειας ήταν 3,138 kWh, με την προσθήκη 10 εκατοστών ήταν 3,380 kWh ενώ με την προσθήκη 15 εκατοστών καταγράφηκε εξοικονόμηση 3,584 kWh ετησίως. Δηλαδή, για κάθε 5 εκατοστά εξηλασμένης πολυστερίνης που προστίθεται στο σύστημα υπήρχε

αύξηση γύρω στο 7% στο ποσοστό της συνολικής εξοικονόμησης ενέργειας που απέδωσε το συγκεκριμένο σύστημα.

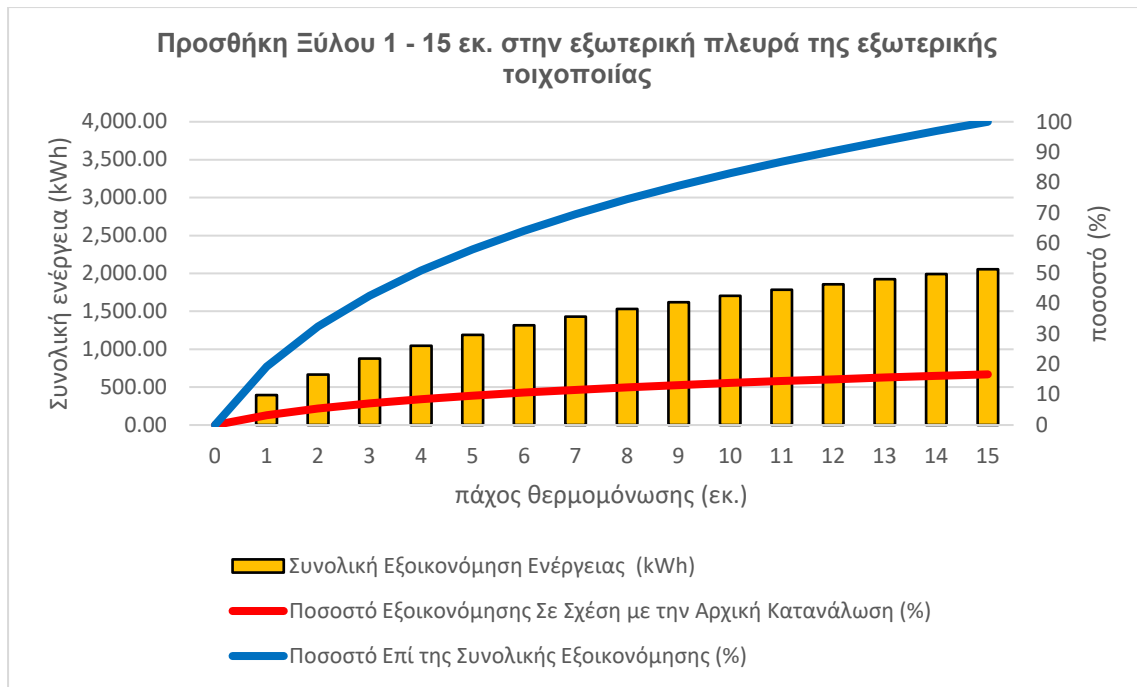
10.5 ΞΥΛΟ

10.51 Προσθήκη ξύλου 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.

Η αποτελεσματικότητα του ξύλου ως υλικού αξιολογείται στο επόμενο πείραμα. Καθώς οι λύσεις που εξετάζονται αποτελούν παθητικά συστήματα που στόχο έχουν την απλή εφαρμογή μέσα σε πλαίσια οικονομικά για να μπορούν να είναι άμεσα και εύκολα εφαρμόσιμες, χρησιμοποιείται το OSB ως υλικό το οποίο είναι φτηνό και άφθονο στην Κυπριακή αγορά. Έτσι, επί κατακόρυφου μέρους του εξωτερικού περιβλήματος προστίθενται, ως παθητική προστασία πλάκες από το προαναφερθέν υλικό πάχους από 1 έως 15 εκατοστά. Στον Πίνακα 10.11 και στις Εικόνες 10.21 & 10.22 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα συνολικά όλων των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού κελύφους μαζί με την προσθήκη του νέου υλικού στην εξωτερική επιφάνεια της τοιχοποιίας.



Εικόνα 10.21: Προσθήκη ξύλου (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).



Εικόνα 10.22: Προσθήκη ξύλου (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
0	12,296.57	0.00		
1	11,899.54	397.03	3.23	19.32
2	11,629.69	666.88	5.42	32.46
3	11,421.57	875.00	7.12	42.59
4	11,249.84	1,046.73	8.51	50.94
5	11,106.19	1,190.39	9.68	57.94
6	10,979.86	1,316.71	10.71	64.08
7	10,867.56	1,429.01	11.62	69.55
8	10,767.16	1,529.41	12.44	74.44
9	10,675.24	1,621.34	13.19	78.91
10	10,591.42	1,705.15	13.87	82.99
11	10,513.08	1,783.49	14.50	86.80
12	10,441.20	1,855.37	15.09	90.30
13	10,371.49	1,925.08	15.66	93.69
14	10,305.09	1,991.48	16.20	96.93
15	10,241.92	2,054.65	16.71	100.00

Πίνακας 10.11: Προσθήκη ξύλου (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

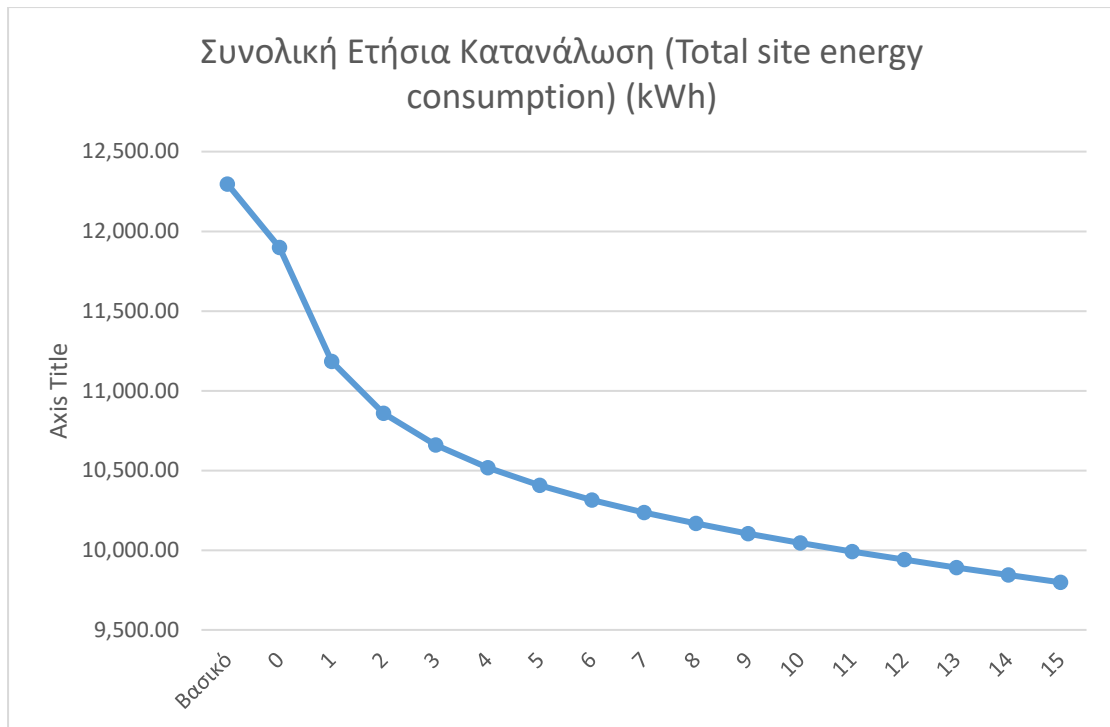
Όπως φαίνεται στον πιο πάνω αναλυτικό πίνακα, η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με την προσθήκη 15 εκατοστών OSB στα κατακόρυφα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους είναι 2,054 kWh. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε μία ετήσια εξοικονόμηση της τάξης του 16,7 %

Στη γραφική παράσταση της επίτευξης αυτής της εξοικονόμησης, Εικόνα 10.22, δεν σημειώνονται απότομες μεταβολές, αλλά καταγράφεται σχετικά σταδιακή αύξηση ανάλογα με την αύξηση του υλικού. Με την προσθήκη των πρώτων 5 εκατοστών επιτυγχάνεται εξοικονόμηση 1,190 kWh που αντιστοιχεί σχεδόν στο 60% της απόδοσης του συγκεκριμένου πειράματος, ενώ με την προσθήκη ακόμη 5 εκατοστών υλικού παρατηρείται αύξηση στην απόδοση του συστήματος μόνο 20 περίπου εκατοστιαίων μονάδων. Το 90% της απόδοσης του συστήματος που αντιστοιχεί σε μία εξοικονόμηση 1,855 kWh επιτυγχάνεται με τη προσθήκη 12 συνολικά εκατοστών πλακών OSB.

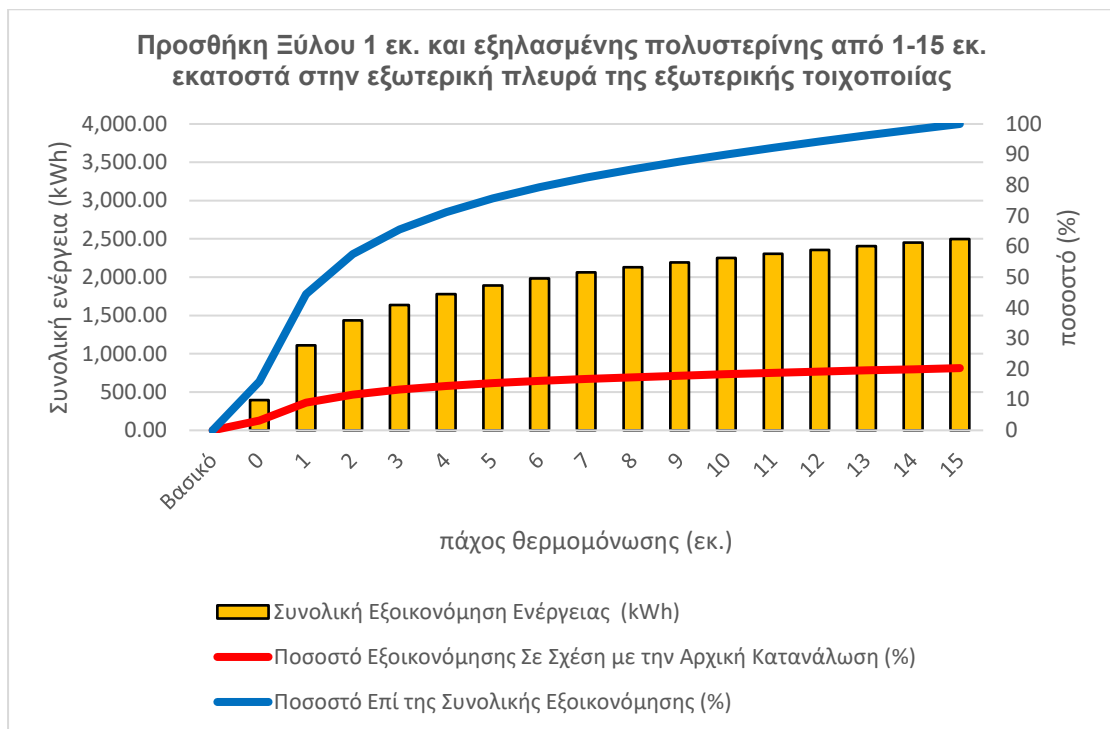
10.5.2 Προσθήκη ξύλου 1 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.

Στο επόμενο πείραμα, εξετάζεται ο συνδυασμός του ξύλου με ένα αμιγώς θερμομονωτικό υλικό, όπως αυτό της εξηλασμένης πολυστερίνης, όπως ακριβώς έγινε και στα προηγούμενα πειράματα, όπου εξετάστηκε ο συνδυασμός απλού και θερμομονωτικού τούβλου σε συνδυασμό με την εξηλασμένη πολυστερίνη. Έτσι ελέγχεται η προσθήκη στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας ο συνδυασμός 1 εκατοστού πάχους ξύλινης πλάκας OSB μαζί με πλάκες του προαναφερθέντος θερμομονωτικού υλικού συνολικού πάχους 15 εκατοστών.

Όπως και στα προηγούμενα πειράματα, στον Πίνακα 10.12 και στις Εικόνες 10.23 & 10.24 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα συνολικά όλων των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού κελύφους μαζί με την προσθήκη του συνδυασμού των νέων υλικού στην εξωτερική επιφάνεια της τοιχοποιίας.



Εικόνα 10.23: Προσθήκη ξύλου 1 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).



Εικόνα 10.24: Προσθήκη ξύλου 1 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
Βασικό	12,296.57	0.00		
0	11,899.54	397.03	3.23	15.89
1	11,184.73	1,111.84	9.04	44.51
2	10,859.52	1,437.05	11.69	57.52
3	10,659.21	1,637.37	13.32	65.54
4	10,517.43	1,779.14	14.47	71.22
5	10,406.17	1,890.40	15.37	75.67
6	10,314.27	1,982.30	16.12	79.35
7	10,235.51	2,061.06	16.76	82.50
8	10,167.33	2,129.24	17.32	85.23
9	10,104.33	2,192.24	17.83	87.75
10	10,046.33	2,250.24	18.30	90.07
11	9,991.70	2,304.87	18.74	92.26
12	9,940.31	2,356.26	19.16	94.32
13	9,890.95	2,405.62	19.56	96.29
14	9,843.78	2,452.79	19.95	98.18
15	9,798.36	2,498.21	20.32	100.00

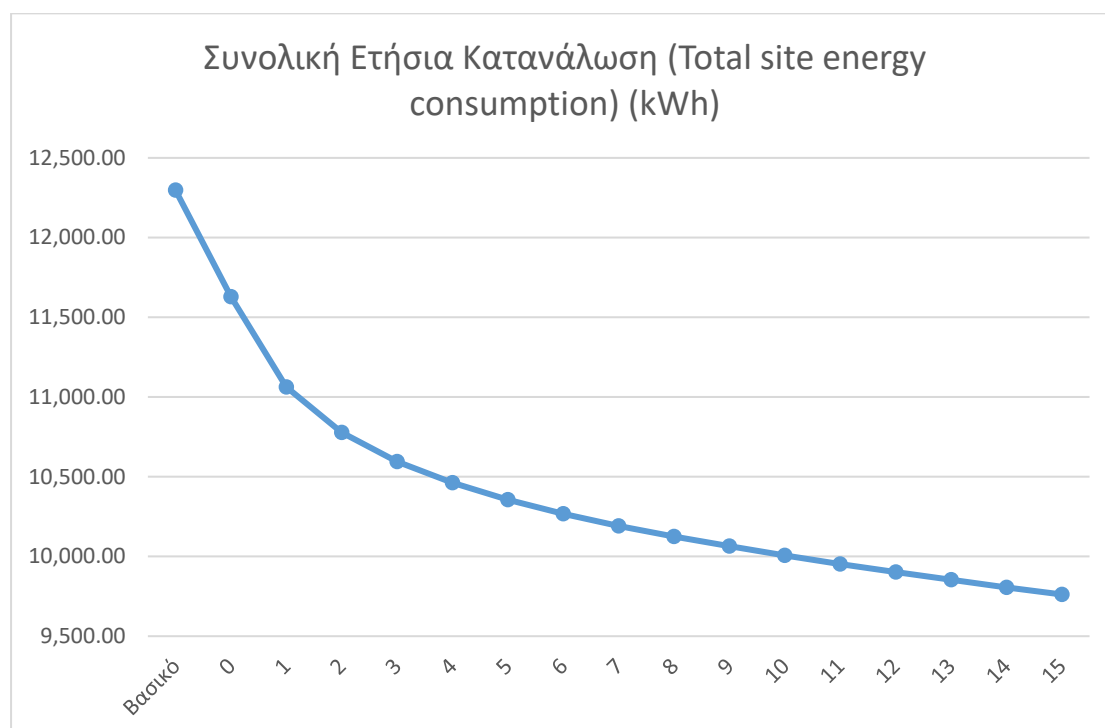
Πίνακας 10.12: Προσθήκη ξύλου 1 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Η συνολική ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας που επιτεύχθηκε σε αυτό το πείραμα ανήλθε στις 2,498 kWh το οποίο αντιστοιχεί σε ένα ποσοστό ετήσιας εξοικονόμησης που μόλις ξεπερνά το 20%. Αξιοσημείωτο γεγονός είναι ότι η προσθήκη του 1 εκατοστού της ξύλινης πλάκας σε συνδυασμό με την προσθήκη μόλις 3 εκατοστών θερμομονωτικού υλικού κατέγραψε εξοικονόμηση 1,637 kWh, μία τιμή που αντιστοιχεί στο 65% της συνολικής απόδοσης του παρόντος παθητικού συστήματος. Με την προσθήκη ακόμη 3 εκατοστών θερμομονωτικού υλικού, 6 εκατοστά δηλαδή στο σύνολο, η απόδοση του συστήματος έφτασε στο 80% τη συνολικής επιτευχθείσας εξοικονόμησης καταγράφοντας ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας 1,932 kWh, ενώ με την προσθήκη στο σύστημα 10 εκατοστών θερμομονωτικού υλικού έγινε καταγραφή

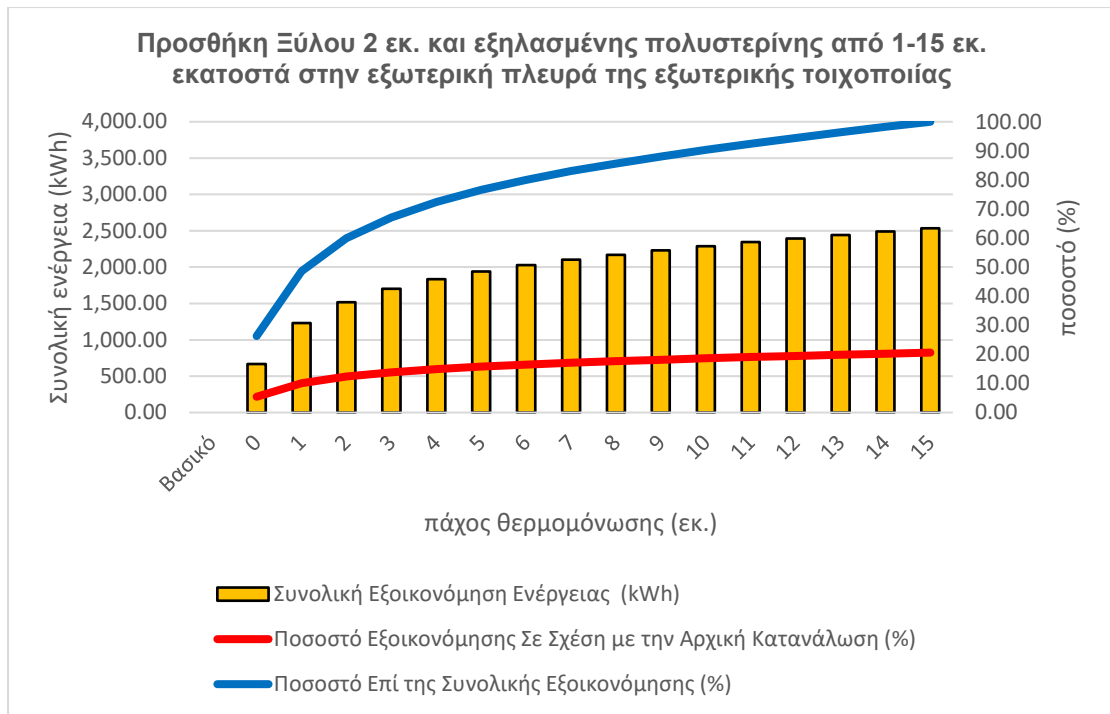
εξοικονόμησης ενέργειας 2,250 kWh, μία τιμή που αντιστοιχεί στο 90% συνολικής ετήσιας εξοικονόμησης που καταγράφηκε σε αυτό το πείραμα.

10.5.3 Προσθήκη ξύλου 2 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.

Για να γίνει πιο ξεκάθαρος ο ρόλος των δύο υλικών και η συνεισφορά αυτών στην παθητική προστασία που προσφέρεται στην κατασκευή, ακολουθείται η ίδια μεθοδολογία που εφαρμόστηκε στα προηγούμενα πειράματα που είχαν περισσότερα από ένα υλικά. Διεξάγεται και καταγράφονται τα αποτελέσματα, μίας σειράς πειραμάτων όπου μεταβάλλεται σταθερά η προσθήκη θερμομονωτικού υλικού από πάχη 1 μέχρι 15 εκατοστά, σε συνδυασμό με την αύξηση του πάχους των πλακών OSB. Στο παρόν πείραμα, σε σχέση με το προηγούμενο, διπλασιάζεται το πάχος της ξύλινης πλάκας από 1 σε 2 εκατοστά. Στον Πίνακα 10.13 που ακολουθεί και στις Εικόνες 10.25 & 10.26 καταγράφονται τα αποτελέσματα συνολικά όλων των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού κελύφους μαζί.



Εικόνα 10.25: Προσθήκη ξύλου 2 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).



Εικόνα 10.26: Προσθήκη ξύλου 2 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Η συνολική ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας που καταγράφηκε ανήλθε στις 2,534 kWh, ένα ποσοστό της τάξης του 20%. Σε αυτό το πείραμα η επίτευξη του 60% της συνολικής εξοικονόμησης επιτεύχθηκε με την προσθήκη μόνο 2 εκατοστών εξηλασμένης πολυστερίνης μαζί με το OSB ενώ και πάλι, όπως και στο προηγούμενο πείραμα με την προσθήκη 6 συνολικά εκατοστών στο σύστημα επιτεύχθηκε το 80% του συνολικής εξοικονόμησης του πειράματος που αντιστοιχεί σε 2,029 kWh και με την προσθήκη 10 εκατοστών το 90%. Τα τελευταία 5 εκατοστά θερμομονωτικού υλικού που προστέθηκαν στο σύστημα είχαν συνεισφορά στο τελικό αποτέλεσμα της εξοικονόμησης 244 kWh που δεν ξεπερνά το 10%

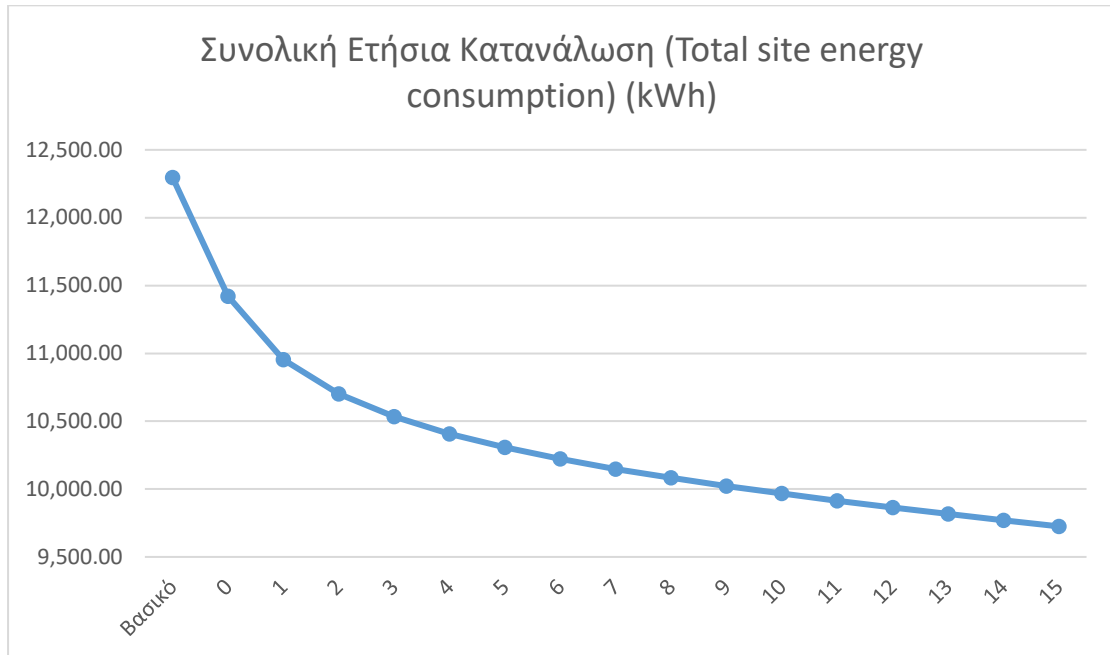
Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
Βασικό	12,296.57	0.00		
0	11,629.69	666.88	5.42	26.31
1	11,063.31	1,233.26	10.03	48.65
2	10,777.56	1,519.01	12.35	59.92
3	10,594.58	1,701.99	13.84	67.14
4	10,462.01	1,834.56	14.92	72.37
5	10,356.02	1,940.55	15.78	76.55
6	10,267.40	2,029.17	16.50	80.05
7	10,191.33	2,105.24	17.12	83.05
8	10,125.09	2,171.48	17.66	85.66
9	10,063.78	2,232.79	18.16	88.08
10	10,006.31	2,290.26	18.63	90.35
11	9,952.60	2,343.97	19.06	92.47
12	9,901.81	2,394.76	19.48	94.47
13	9,853.37	2,443.20	19.87	96.38
14	9,806.67	2,489.90	20.25	98.22
15	9,761.64	2,534.93	20.61	100.00

Πίνακας 10.13: Προσθήκη ξύλου 2 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

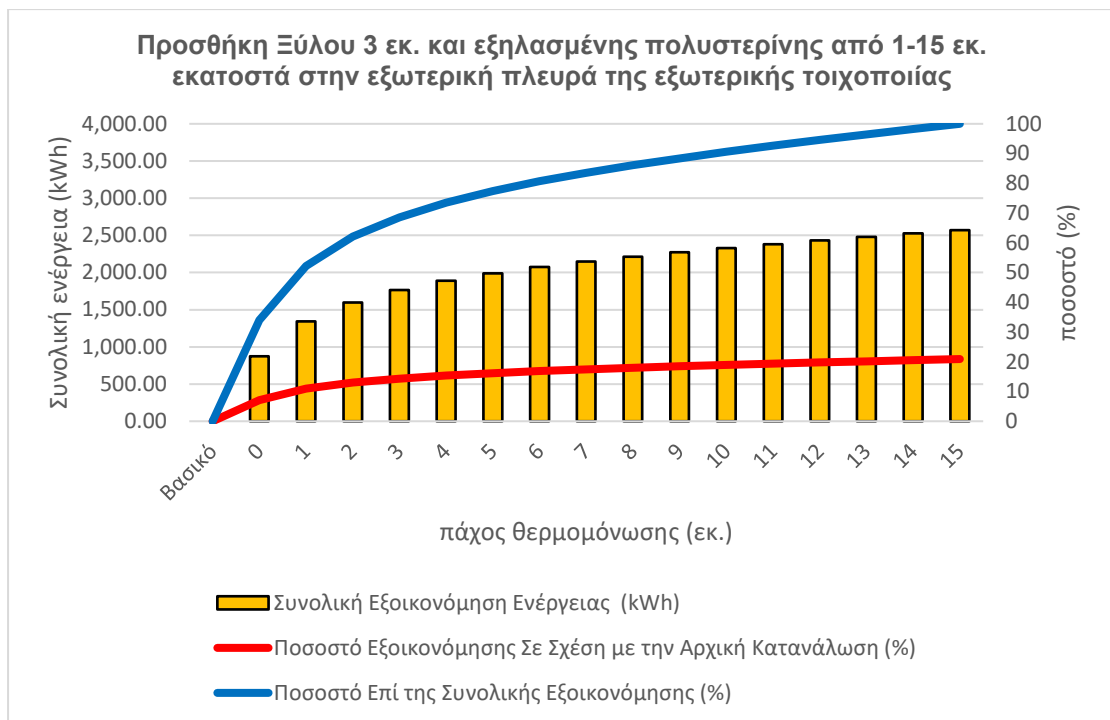
10.5.4 Προσθήκη ξύλου 3 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, με τις ίδιες συνθήκες διεξάγεται και το παρόν πείραμα, όπου το πάχος προσθήκης της εξηλασμένης πολυστερίνης παραμένει να κυμαίνεται από 1 έως 15 εκατοστά, ενώ αυξάνεται το πάχος της ξύλινης πλάκας OSB στα 3 εκατοστά. Στον Πίνακα 10.14 και στις Εικόνες 10.27 & 10.28 καταγράφονται τα

αποτελέσματα συνολικά όλων των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού κελύφους μαζί.



Εικόνα 10.27: Προσθήκη ξύλου 3 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).



Εικόνα 10.28: Προσθήκη ξύλου 3 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

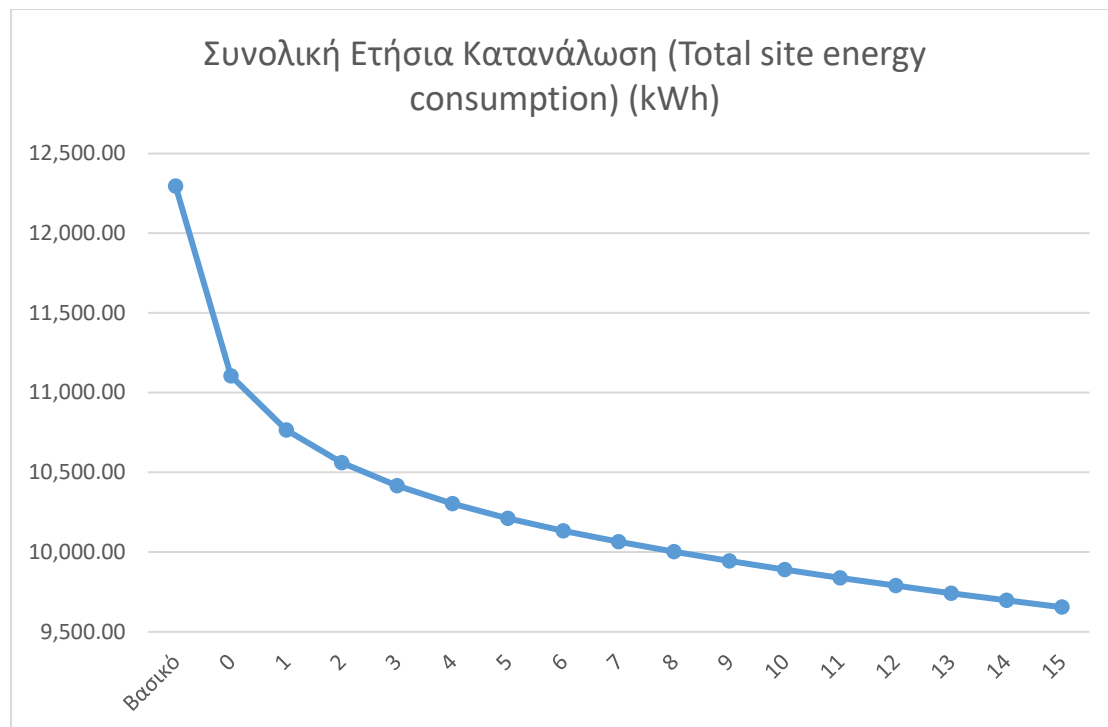
Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
Βασικό	12,296.57	0.00		
0	11,421.57	875.00	7.12	34.03
1	10,954.03	1,342.54	10.92	52.21
2	10,701.10	1,595.47	12.97	62.05
3	10,532.93	1,763.64	14.34	68.59
4	10,407.41	1,889.16	15.36	73.47
5	10,306.43	1,990.14	16.18	77.40
6	10,221.92	2,074.66	16.87	80.68
7	10,148.27	2,148.30	17.47	83.55
8	10,083.62	2,212.95	18.00	86.06
9	10,023.22	2,273.35	18.49	88.41
10	9,966.81	2,329.76	18.95	90.61
11	9,913.91	2,382.67	19.38	92.66
12	9,863.91	2,432.66	19.78	94.61
13	9,816.18	2,480.39	20.17	96.46
14	9,769.79	2,526.78	20.55	98.27
15	9,725.24	2,571.33	20.91	100.00

Πίνακας 10.14: Προσθήκη ξύλου 3 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

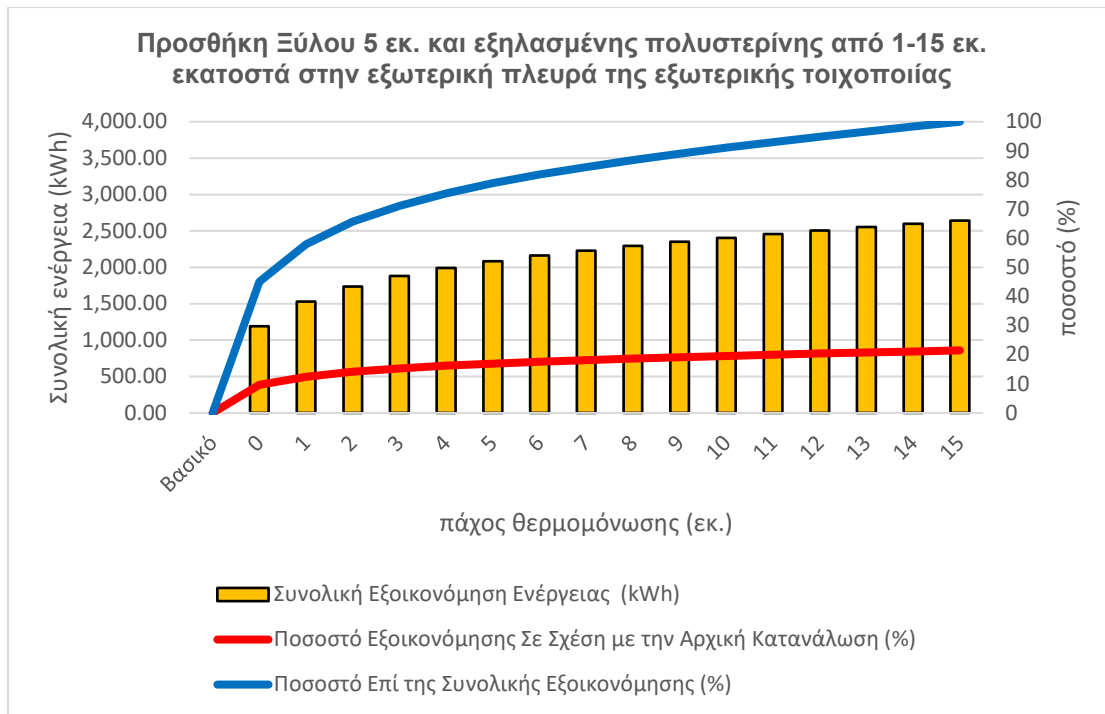
Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 10.10, με την ολοκλήρωση του πειράματος επιτεύχθηκε εξοικονόμηση ενέργειας 2,571 kWh, ένα ποσοστό ετήσιας εξοικονόμησης 20,9 %. Το 70% σχεδόν αυτού του ποσοστού, το οποίο είναι 1,763 kWh, επιτεύχθηκε με την προσθήκη στις πλάκες OSB, θερμομονωτικό υλικό 3 εκατοστών, ενώ το 80% της συνολικής απόδοσης του συστήματος και το 90% επιτεύχθηκαν με την προσθήκη θερμομονωτικού υλικού πάχους 6 και 10 εκατοστών αντίστοιχα. Και σε αυτό το πείραμα τα τελευταία 5 εκατοστά συνεισφέρουν 10 εκατοστιαίες μονάδες στην απόδοση του συστήματος.

10.5.5 Προσθήκη ξύλου 5 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.

Στο τελευταίο πείραμα που διενεργείται, οι συνθήκες παραμένουν ίδιες με αυτές των τελευταίων πειραμάτων με τη διαφορά ότι αυξάνεται το πάχος της ξύλινης πλάκας OSB στα 5 εκατοστά, ενώ η προσθήκη της εξηλασμένης πολυστερίνης παραμένει να κυμαίνεται από 1 έως 15 εκατοστά. Στον Πίνακα 10.15 και στις Εικόνες 10.29 & 10.30 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν στο σύνολο των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού κελύφους μαζί.



Εικόνα 10.29: Προσθήκη ξύλου 5 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).



Εικόνα 10.30: Προσθήκη ξύλου 5 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Σε αυτό το τελευταίο πείραμα που διενεργήθηκε η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας που επιτεύχθηκε ανήλθε στις 2,641 kWh που αντιστοιχεί σε μία εξοικονόμηση 21,49% ετησίως. Το 45% της εξοικονόμησης του παρόντος πειράματος οφείλεται μόνο στην ύπαρξη των πλακών OSB πάχους 5 εκατοστών, πράγμα που σημαίνει ότι η εξηλασμένη πολυστερίνη, στο σύνολό της των 15 εκατοστών, συνεισφέρει στο υπόλοιπο 45% της απόδοσης του συστήματος.

Οι υπόλοιπες παρατηρήσεις είναι περίπου ίδιες με τα προηγούμενα πειράματα καθώς για το 80% της απόδοσης του συστήματος που αντιστοιχεί σε περίπου 2,100 kWh χρειάστηκαν, μαζί με το OSB, σχεδόν 6 εκατοστά προσθήκης εξηλασμένης πολυστερίνης, ενώ για το 90 % της απόδοσης του συστήματος χρειάστηκαν περίπου 10 εκατοστά από το ίδιο θερμομονωτικό υλικό.

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)	Ποσοστό Επί της Συνολικής Εξοικονόμησης (%)
Βασικό	12,296.57	0.00		
0	11,106.19	1,190.39	9.68	45.06
1	10,765.73	1,530.84	12.45	57.94
2	10,560.45	1,736.12	14.12	65.71
3	10,416.70	1,879.87	15.29	71.15
4	10,304.32	1,992.25	16.20	75.41
5	10,212.35	2,084.22	16.95	78.89
6	10,134.22	2,162.35	17.58	81.85
7	10,065.66	2,230.91	18.14	84.44
8	10,002.40	2,294.17	18.66	86.84
9	9,944.08	2,352.49	19.13	89.04
10	9,889.80	2,406.78	19.57	91.10
11	9,838.84	2,457.74	19.99	93.03
12	9,789.95	2,506.62	20.38	94.88
13	9,742.83	2,553.75	20.77	96.66
14	9,698.02	2,598.56	21.13	98.36
15	9,654.60	2,641.97	21.49	100.00

Πίνακας 10.15: Προσθήκη ξύλου 5 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

ΜΕΡΟΣ Δ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

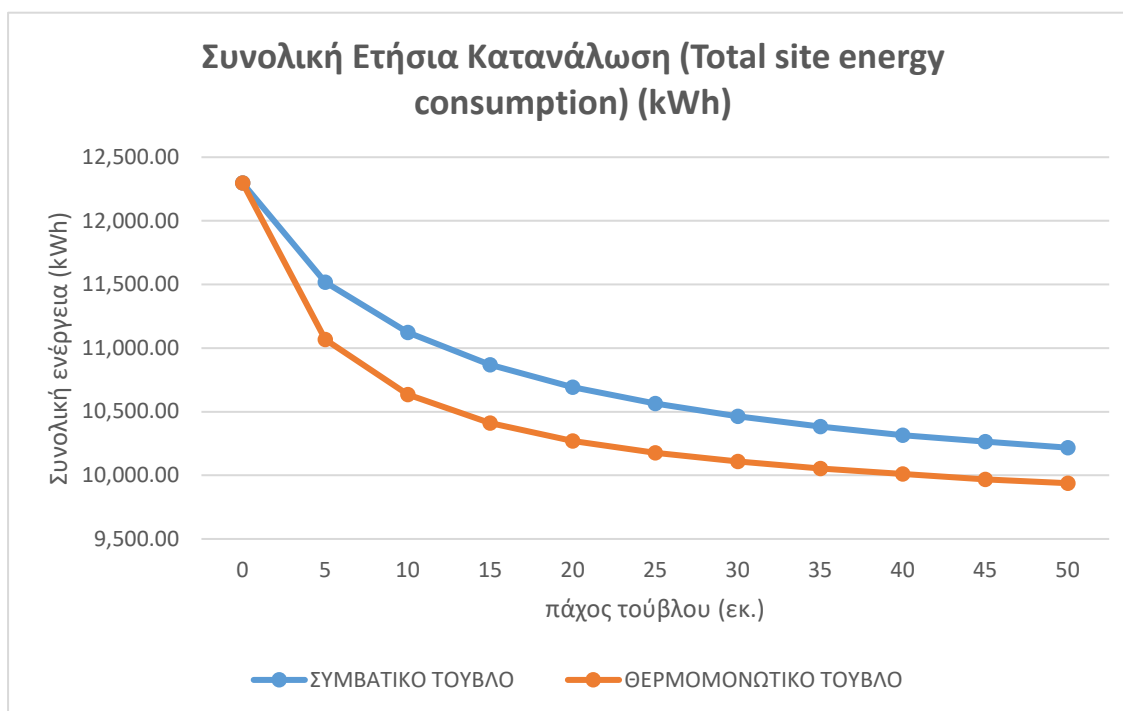
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ - ΠΛΑΚΑ ΟΡΟΦΗΣ

Στην προσπάθεια να βρεθεί το πιο αποδοτικό σύστημα παθητικής προστασίας για την τυπική συμβατική οικία στην Κύπρο, θα γίνουν, σε αυτό το κεφάλαιο, συγκρίσεις μεταξύ των αποτελεσμάτων των πειραμάτων, τόσο στα οριζόντια όσο και στα κατακόρυφα στοιχεία του εξωτερικού περιβλήματος της κατοικίας. Οι συγκρίσεις, αρχικά, θα εστιάσουν στα παθητικά συστήματα τα οποία είναι κατασκευασμένα με παρόμοια υλικά και στη συνέχεια θα γίνει μία γενική αντιπαράθεση όλων των συστημάτων μεταξύ τους. Όλες οι συγκρίσεις θα διενεργούνται ξεχωριστά για τα συστήματα που εφαρμόστηκαν στα οριζόντια και στα κατακόρυφα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους.

11.1 Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου 5 έως 60 εκ. με προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου 5 έως 60 εκ.

Στην πρώτη σύγκριση εξετάζεται η απόδοση των συστημάτων απλής εναπόθεση τυπικών και συμβατικών τούβλων στην πλάκα οροφής πάχους μέχρι 60 εκατοστών και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην Εικόνα 11.1 και στον Πίνακα 11.1.

Όπως αναμενόταν, η προσθήκη θερμομονωτικών τούβλων στην πλάκα οροφής είναι αποδοτικότερη από την προσθήκη απλών συμβατικών τούβλων. Πιο συγκεκριμένα η προσθήκη απλών τούβλων πάχους 60 εκατοστών στην πλάκα οροφής συνεισφέρει σε μία ετήσια κατανάλωση 10,217 kWh, ενώ η προσθήκη θερμομονωτικών τούβλων σε ετήσια κατανάλωση 9,938 kWh, προσφέροντας μία πρόσθετη εξοικονόμηση ετήσια κατανάλωσης της τάξης των 279 kWh. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 11.1, η διαφορά αυτή στην εξοικονόμηση κατανάλωσης δημιουργείται στην προθήκη των πρώτων 10 εκατοστών τούβλων, ενώ στη συνέχεια η διαφορά αυτή παραμένει σχετικά σταθερή με μία ελαφριά σταθεροποίηση της διαφοράς των δύο γραφικών παραστάσεων, όσο αυξάνεται το πάχος προσθήκης των τούβλων.



Εικόνα 11.1: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου (5-50εκ.) και προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου (5-50εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Πάχος Τούβλου (εκ.)	ΚΥΠΡΙΑΚΟ ΤΥΠΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΔΙΑΦΟΡΑ στην Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)
0	12,296.57	12,296.57	0.00
5	11,518.02	11,067.59	450.43
10	11,122.75	10,634.69	488.06
15	10,867.82	10,410.33	457.50
20	10,692.48	10,270.55	421.93
25	10,564.46	10,175.71	388.75
30	10,463.91	10,108.04	355.88
35	10,383.30	10,053.67	329.63
40	10,316.14	10,010.64	305.50
45	10,263.97	9,967.59	296.38
50	10,217.17	9,938.12	279.05

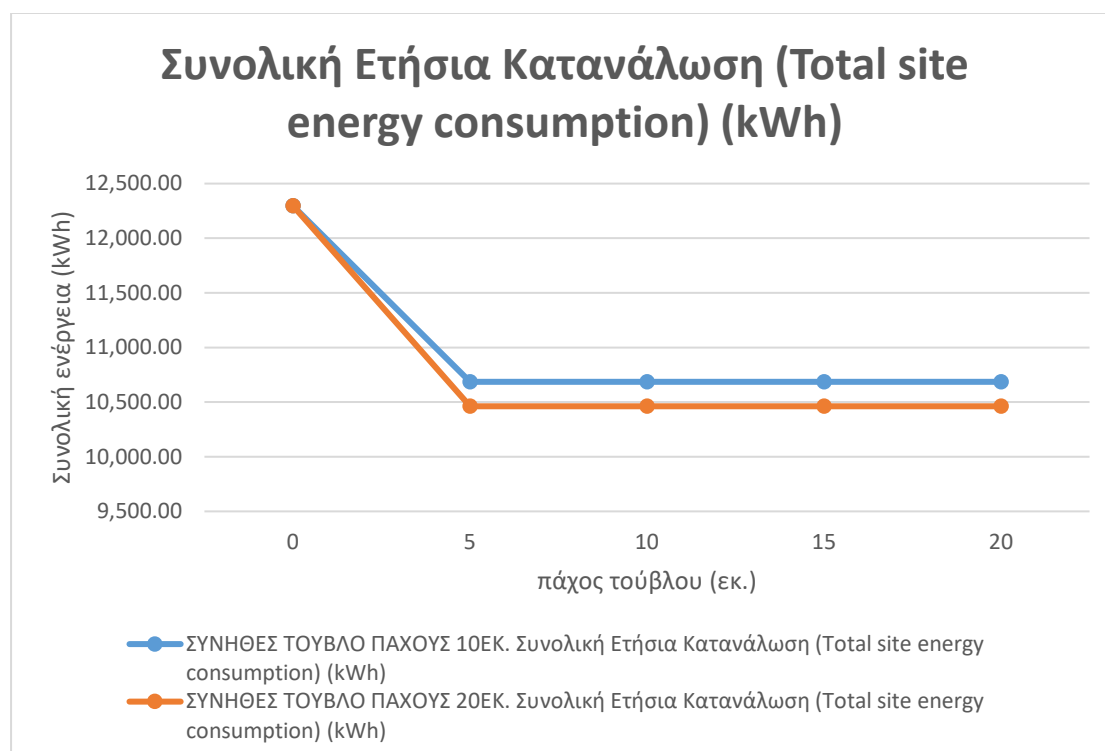
Πίνακας 11.1: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου (5-50εκ.) και προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου (5-50εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Συνοψίζοντας, σε αυτήν τη σύγκριση, αποδοτικότερο σύστημα είναι αυτό με την προσθήκη θερμομονωτικών τούβλων με ετήσια κατανάλωση 9,938 kWh, προσφέροντας μία συνολική εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με την κατανάλωση ενέργειας της τυπική συμβατικής οικίας 19,18% ετησίως.

11.2 Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 10 και 20 εκ. σε απόσταση 5 και 20 εκ. από την πλάκα

Στην επόμενη σύγκριση παρατίθενται τα συστήματα προστασίας από τυπικό τούβλο πάχους 10 και 20 εκατοστών σε αποστάσεις από την πλάκα από 5 έως 20 εκατοστά.

Μεταξύ των δύο συστημάτων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 11.2 και στον Πίνακα 11.2, αποδοτικότερο παρουσιάζεται το σύστημα με το 20 εκατοστά τούβλο. το οποίο είναι λογικότατο, καθώς υπάρχει διπλάσια μάζα τούβλου να προστατεύει την πλάκα οροφής από τις εξωτερικές συνθήκες. Η διαφορά αυτή δεν είναι τόσο σημαντική καθώς είναι 223 kWh. Με αυτήν την εξοικονόμηση το σύστημα με τα 20 εκατοστά τούβλο σύνηθες, είναι αποδοτικότερο προσφέροντας ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας 14,92%



Εικόνα 11.2: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 10 και 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

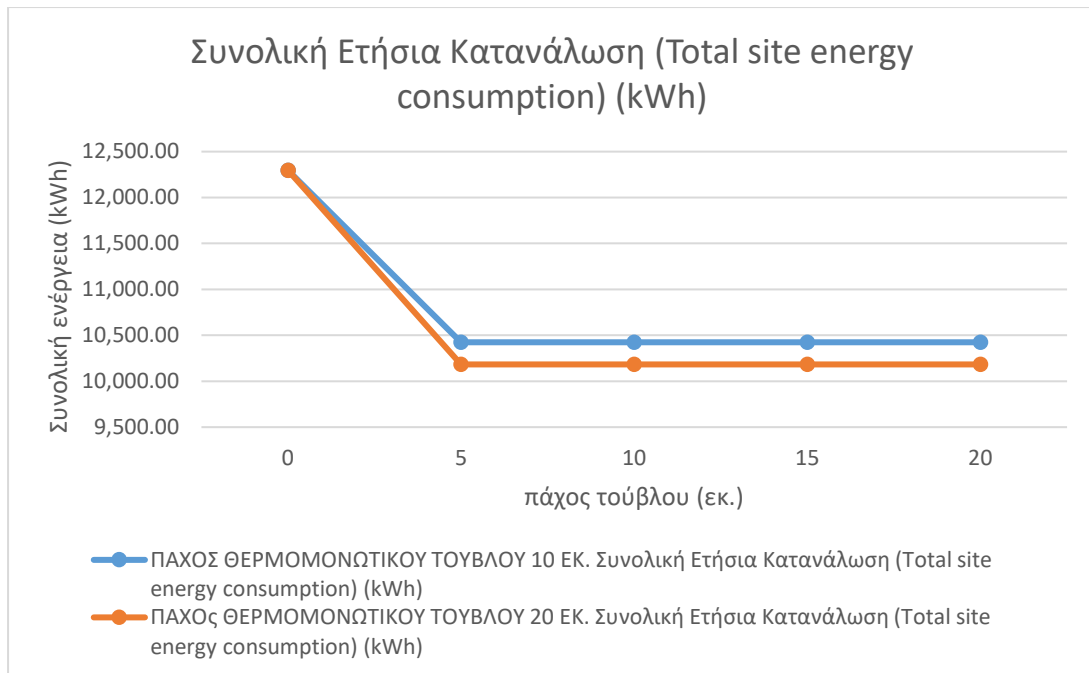
Απόσταση Κυπριακού Τούβλου από Πλάκα (εκ.)	ΚΥΠΡΙΑΚΟ ΤΥΠΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 10ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΚΥΠΡΙΑΚΟ ΤΥΠΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 20ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΔΙΑΦΟΡΑ Στην Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)
0	12,296.57	12,296.57	0.00
5	10,685.78	10,461.84	223.94
10	10,685.78	10,461.84	223.94
15	10,685.78	10,461.84	223.94
20	10,685.78	10,461.84	223.94

Πίνακας 11.2: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 10 και 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

11.3 Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 και 20 εκ. σε απόσταση 5 και 20 εκ. από την πλάκα

Στην επόμενη σύγκριση, πραγματοποιείται η ίδια διαδικασία για τα ίδια συστήματα, με την χρήση όμως θερμομονωτικών αντί για τυπικών τούβλων.

Στην Εικόνα 11.2 και στον Πίνακα 11.2, καταγράφεται η ίδια παρατήρηση, όπου η προστασία που παρέχεται από το σύστημα με τα θερμομονωτικά τούβλα 20 εκατοστών είναι αποδοτικότερη από αυτή των 10 εκατοστών. Η προστασία αυτή ποσοτικοποιείται στις 241 kWh γεγονός που σημαίνει ότι με τη χρήση του πιο πάνω συστήματος η τυπική οικία παρουσιάζει ετήσια κατανάλωση 10,182 kWh. Σε σύγκριση με την κατανάλωση του βασικού μοντέλου παρατηρείται εξοικονόμηση 17,19%



Εικόνα 11.3: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 και 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

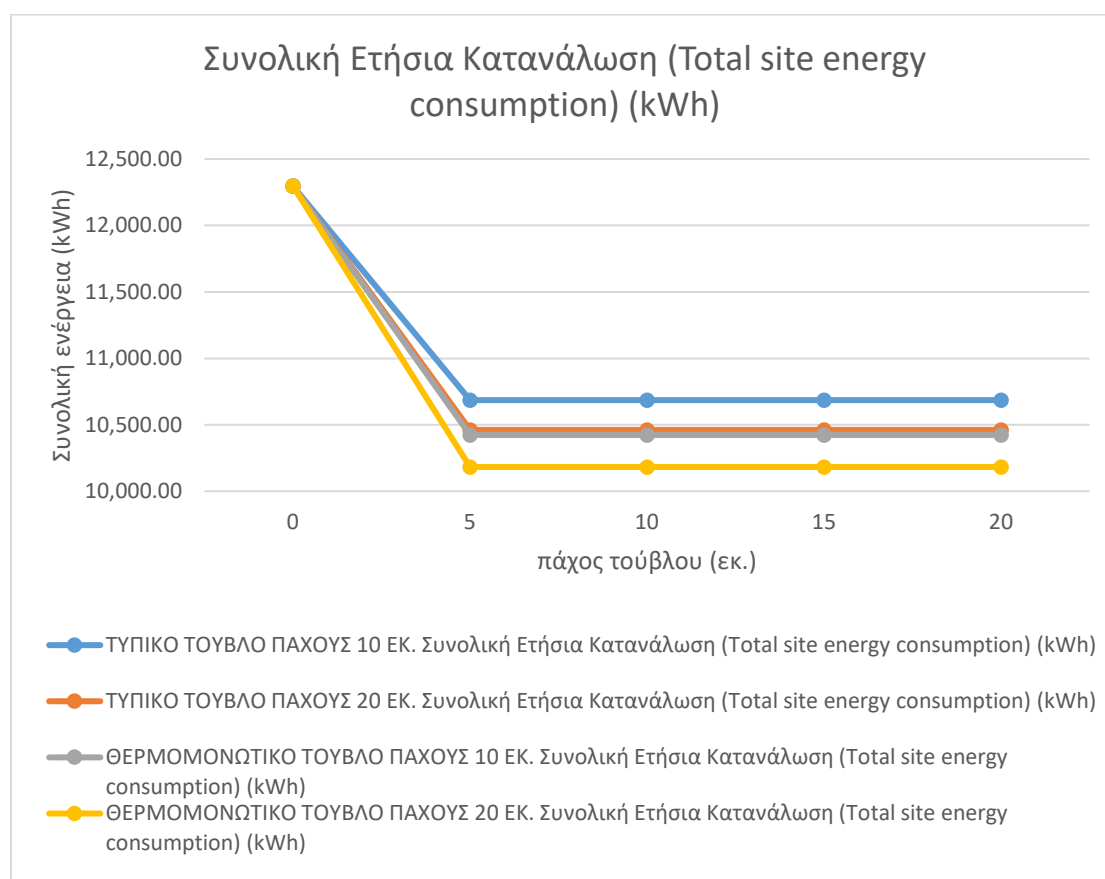
Απόσταση Θερμομονωτικό ύ Τούβλου 10 εκ. από Πλάκα (εκ.)	ΠΑΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚ ΟΥ ΤΟΥΒΛΟΥ 10ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΠΑΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚ ΟΥ ΤΟΥΒΛΟΥ 20ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΔΙΑΦΟΡΑ Στην Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)
0	12,296.57	12,296.57	0.00
5	10,424.12	10,182.99	241.13
10	10,424.12	10,182.99	241.13
15	10,424.12	10,182.99	241.13
20	10,424.12	10,182.99	241.13

Πίνακας 11.3: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 και 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

11.4 Προσθήκη Κυπριακού τυπικού και θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 εκ. και 20 εκ. σε απόσταση 5 και 20 εκ. από την πλάκα

Ως σύνοψη των τελευταίων τεσσάρων πειραμάτων με τυπικά και θερμομονωτικά τούβλα σε απόσταση από την πλάκα μέχρι 20 εκατοστά, δημιουργούνται η Εικόνα 11.4 και ο Πίνακας 11.4, στα οποία καταγράφονται τα αποτελέσματα τους.

Εκτός από την αυτονόητη παρατήρηση ότι το σύστημα με το θερμομονωτικό τούβλο πάχους 20 εκατοστών σε απόσταση από την πλάκα είναι το πιο αποδοτικό με ένα ποσοστό ετήσιας εξοικονόμησης 17,19% όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, παρατηρείται επίσης ότι το σύστημα με τα 20 εκατοστά συνηθισμένου τούβλου και το σύστημα με τα 10 εκατοστά θερμομονωτικού τούβλου προφέρουν σχεδόν ίδια προστασία με μία ασήμαντη διαφορά μεταξύ τους στην ετήσια κατανάλωση μόλις 37 kWh.



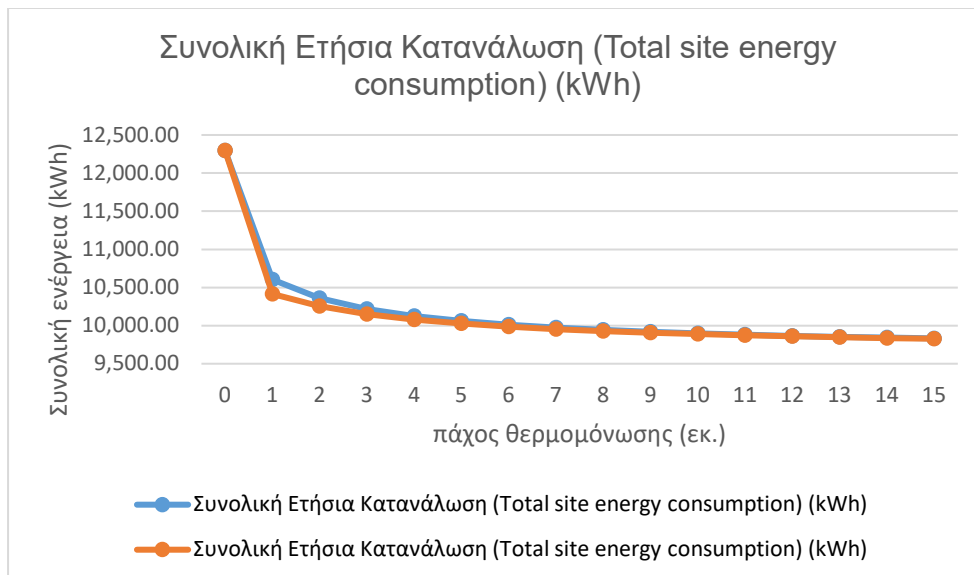
Εικόνα 11.4: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού και θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 εκ. και 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Απόσταση Κυπριακού Τούβλου από Πλάκα (εκ.)	ΤΥΠΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 10 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΤΥΠΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 20 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 10 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 20 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)
0	12,296.57	12,296.57	12,296.57	12,296.57
5	10,685.78	10,461.84	10,424.12	10,182.99
10	10,685.78	10,461.84	10,424.12	10,182.99
15	10,685.78	10,461.84	10,424.12	10,182.99
20	10,685.78	10,461.84	10,424.12	10,182.99

Πίνακας 11.4: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού και θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 εκ. και 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

11.5 Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. με Κυπριακά τυπικά τούβλα 10 και 20 εκατοστών

Στη συνέχεια, μελετώνται οι περιπτώσεις όπου τα διάφορα είδη τούβλων τοποθετούνται στην πλάκα οροφής αρχίζοντας από το σύνηθες τούβλο με πάχη 10 και 20 εκατοστών, σε συνδυασμό με ένα από τα πιο αποδοτικά θερμομονωτικά υλικά που υπάρχουν σήμερα στην Κυπριακή αγορά, την εξηλασμένη πολυστερίνη.



Εικόνα 11.5: Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.) με Κυπριακά τυπικά τούβλα 10 και 20 εκ. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

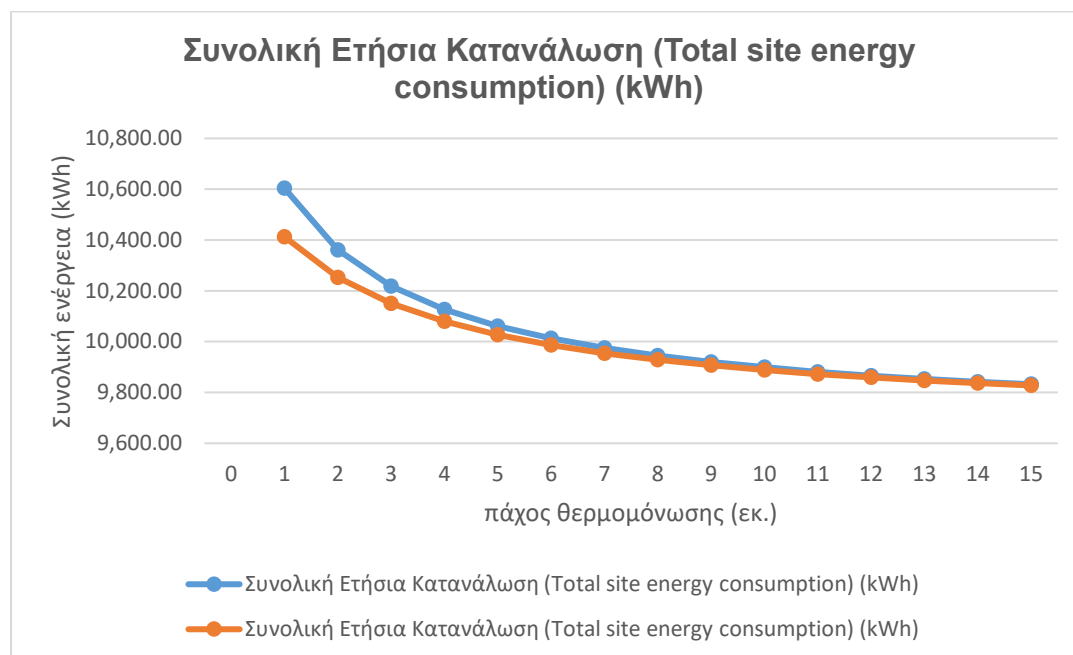
Στον Πίνακα 11.5 φαίνεται ότι η διαφορά στην προστασία των δύο παθητικών συστημάτων είναι σχεδόν αδιάφορη καθώς αυτή είναι μόνον 4 kWh ετησίως. Στην Εικόνα 11.5 παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις των δύο πιο πάνω συστημάτων. Λόγω του ότι από την μία υπάρχει μεγάλη μείωση από το πρώτο εκατοστό προσθήκης εξηλασμένης πολυστερίνης και από την άλλη οι αποδόσεις των δύο συστημάτων είναι πάρα πολύ κοντά, οι παραστάσεις αυτές φαίνεται, σε ένα μεγάλο ποσοστό, ότι ταυτίζονται.

Κατά συνέπεια, όπως έγινε και στην προηγούμενη σύγκριση, για να φανεί καλύτερα η όποια διαφορά υπάρχει μεταξύ των δύο γραφικών παραστάσεων δημιουργείται μία πρόσθετη απεικόνιση των τιμών των δύο συστημάτων παθητικής προστασίας, στην οποία μειώνεται το εύρος των μονάδων στον άξονα Ψ, παραλείποντας στις τιμές των συστημάτων να υποδεικνύεται η ετήσια κατανάλωση του βασικού μοντέλου.

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	ΠΑΧΟΣ ΤΥΠΙΚΟΥ ΤΟΥΒΛΟΥ 10ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΠΑΧΟΣ ΤΥΠΙΚΟΥ ΤΟΥΒΛΟΥ 20ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΔΙΑΦΟΡΑ Στην Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)
0	12,296.57	12,296.57	0.00
1	10,603.88	10,412.53	191.35
2	10,361.14	10,253.11	108.03
3	10,219.08	10,150.34	68.74
4	10,126.07	10,079.85	46.22
5	10,061.54	10,027.47	34.07
6	10,012.68	9,986.90	25.78
7	9,974.81	9,954.55	20.26
8	9,944.57	9,928.35	16.22
9	9,919.80	9,906.98	12.82
10	9,899.22	9,888.05	11.17
11	9,880.99	9,872.32	8.67
12	9,866.38	9,858.88	7.50
13	9,853.52	9,847.14	6.38
14	9,842.27	9,836.96	5.31
15	9,832.42	9,827.77	4.65

Πίνακας 11.5: Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.) με Κυπριακά τυπικά τούβλα 10 και 20 εκ. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Κατά αυτόν τον τρόπο παρουσιάζεται μία πιο καθαρή εικόνα των δύο γραφικών παραστάσεων μεταξύ τους (Εικ. 11.6), όπου φαίνεται ότι τα δύο συστήματα έχουν διαφορές στις ετήσιες καταναλώσεις αυξάνοντας σταδιακά το πάχος της θερμομόνωσης που προστίθεται, ή οποία είναι ελαφρά ευδιάκριτη μέχρι και το 5^ο εκατοστό εξηλασμένης πολυστερίνης. Στη συνέχεια η διαφορά αυτή χάνεται και μετά το 8^ο εκατοστό προσθήκης θερμομόνωσης στα δύο συστήματα, αυτά δείχνουν σχεδόν απόλυτη ταύτιση.



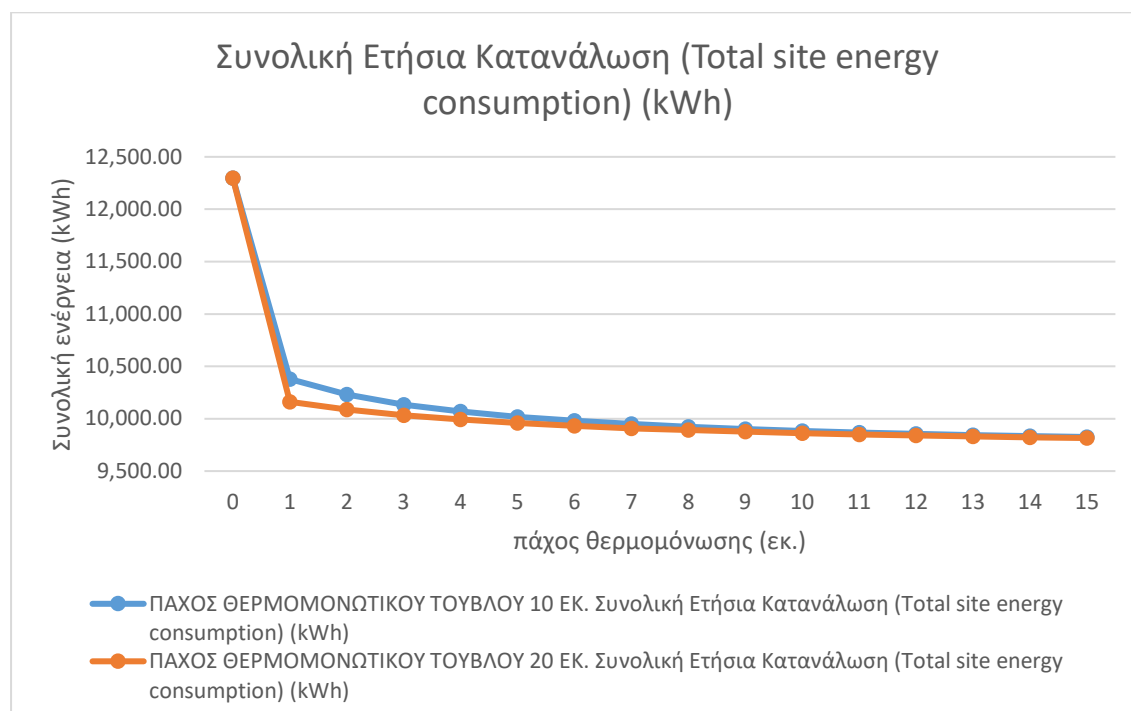
Εικόνα 11.6: Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.) με Κυπριακά τυπικά τούβλα 10 και 20 εκ. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Παρόλη την ασήμαντη διαφορά μεταξύ τους, το πιο αποδοτικό σύστημα είναι αυτό με τα 20 εκατοστά τυπικού τούβλου και 15 εκατοστά εξηλασμένης πολυστερίνης καταγράφοντας ετήσια κατανάλωση 9,827 kWh, που ισοδυναμεί με μία ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας 20,07%.

11.6 Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. με θερμομονωτικά τούβλα 10 και 20 εκατοστών.

Σύγκριση γίνεται και στα αντίστοιχα συστήματα που κατασκευάστηκαν με την ίδια λογική και χρησιμοποιούν θερμομονωτικό τούβλο αντί για το συνηθισμένο. Οι τιμές των δύο συστημάτων καταγράφονται στην Εικόνα 11.7 και στον Πίνακα 11.6 στα οποία φαίνεται ότι, η διαφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας μεταξύ των δύο

συστημάτων είναι, όπως και στην προηγούμενη σύγκριση, σχεδόν αμελητέα καθώς είναι μόλις 10 kWh.

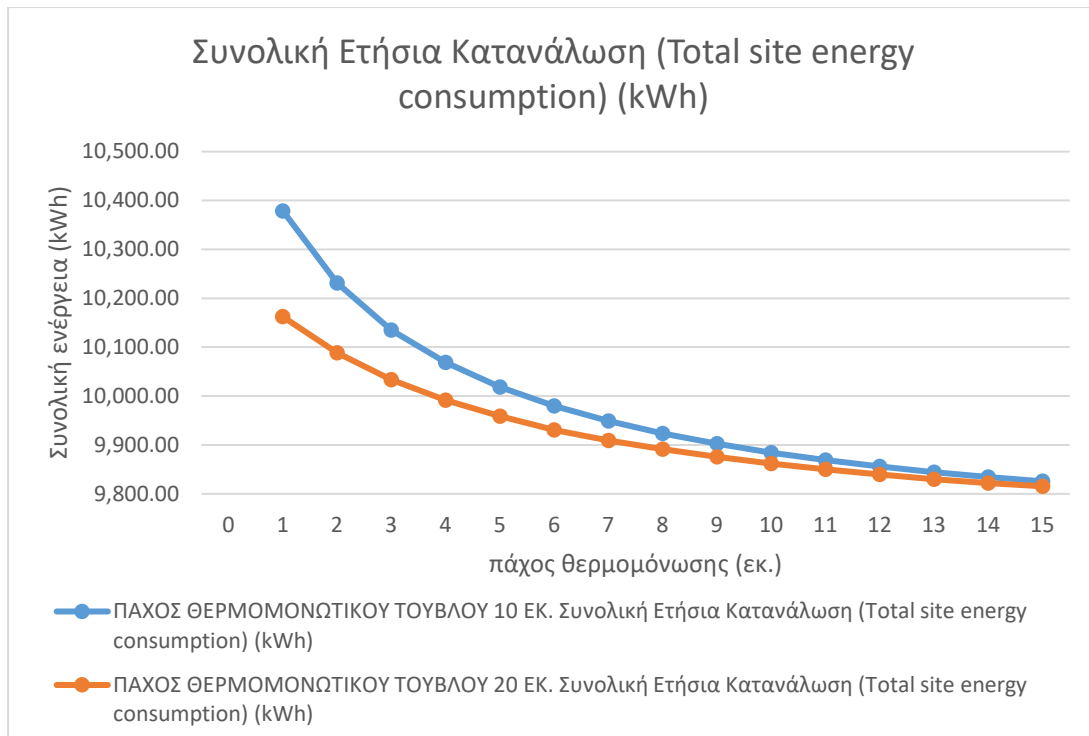


Εικόνα 11.7: Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.) με θερμομονωτικά τούβλα 10 και 20 εκ. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Για να φανεί καλύτερα η όποια διαφορά υπάρχει μεταξύ των δύο γραφικών παραστάσεων δημιουργείται μία πρόσθετη απεικόνιση των τιμών των δύο συστημάτων, στην οποία μειώνεται το εύρος των μονάδων στον άξονα Ψ, παραλείποντας στις τιμές των συστημάτων να υποδεικνύεται η ετήσια κατανάλωση του βασικού μοντέλου. Έτσι δημιουργήθηκε μία εικονογράφιση των αποτελεσμάτων, στην οποία δεν καταγράφεται η τιμή του βασικού μοντέλου, καθώς η μη παράλειψή του δημιουργεί δύο σχεδόν πανομοιότυπες παραστάσεις, όπως φαίνεται στην Εικόνα 11.7. Έτσι, στην Εικόνα 11.8 φαίνεται καθαρά η διαφορά που υπάρχει στην αρχή της εφαρμογής των δύο συστημάτων, η οποία όμως μειώνεται σταδιακά όσο αυξάνεται η προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης στα δύο συστήματα. Η διαφορά αυτή, ωστόσο, όσο αυξάνεται το θερμομονωτικό υλικό, δείχνει να εξαφανίζεται εντελώς.

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	ΠΑΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΟΥ ΤΟΥΒΛΟΥ 10 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΠΑΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΟΥ ΤΟΥΒΛΟΥ 20 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΔΙΑΦΟΡΑ Στην Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)
0	12,296.57	12,296.57	0.00
1	10,378.85	10,162.23	216.62
2	10,231.29	10,088.51	142.78
3	10,135.07	10,033.51	101.56
4	10,068.76	9,991.53	77.23
5	10,018.52	9,958.66	59.86
6	9,979.88	9,930.91	48.97
7	9,948.85	9,908.92	39.93
8	9,923.35	9,891.58	31.77
9	9,902.47	9,875.63	26.84
10	9,884.13	9,861.84	22.29
11	9,868.99	9,849.95	19.04
12	9,855.95	9,839.41	16.54
13	9,844.48	9,830.11	14.37
14	9,834.41	9,821.83	12.58
15	9,825.61	9,815.49	10.12

Πίνακας 11.6: Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.) με θερμομονωτικά τούβλα 10 και 20 εκ. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

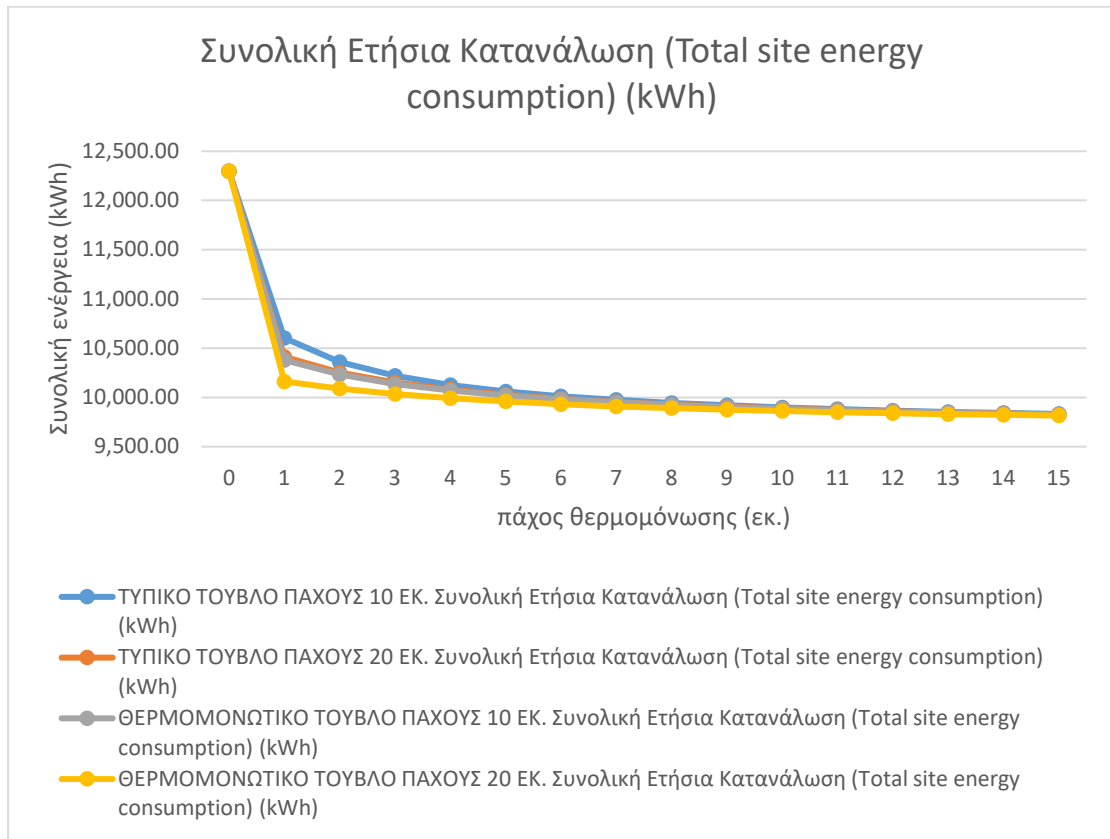


Εικόνα 11.8: Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.) με θερμομονωτικά τούβλα 10 και 20 εκ. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Παρόλα αυτά, πρέπει να σημειωθεί ότι, έστω και με μία ασήμαντη διαφορά, το πιο αποδοτικό σύστημα είναι αυτό με την προσθήκη 20 εκατοστών θερμομονωτικού τούβλου και 15 εκατοστών εξηλασμένης πολυστερίνης επί της πλάκας οροφής, αφού επιτυγχάνει ετήσια κατανάλωση ενέργειας 9,815 kWh. Η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται σε σχέση με το βασικό μοντέλο ανέρχεται στις 2,481 kWh και είναι 20,17%

11.7 Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. με Κυπριακά τυπικά και θερμομονωτικά τούβλα 10 και 20 εκατοστών

Παραθέτοντας και τις 4 τελευταίες περιπτώσεις μαζί, προκύπτει η Εικόνα 11.9 που, όπως και στις προηγούμενες συγκρίσεις, λόγω της ύπαρξης της τιμής της ετήσιας κατανάλωσης του βασικού μοντέλου, παρουσιάζεται μία εικόνα αρκετά συγκεχυμένη από την οποία δεν μπορεί να εξαχθεί κάποιο συμπέρασμα. Έτσι, παραλείπεται στην Εικόνα 11.10 η τιμή αυτή για να μπορέσει να δημιουργηθεί μία γραφική παράσταση που να μπορεί να αξιολογηθεί. Οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν και στις δύο πιο πάνω Εικόνες, καταγράφονται λεπτομερώς στον Πίνακα 11.8.

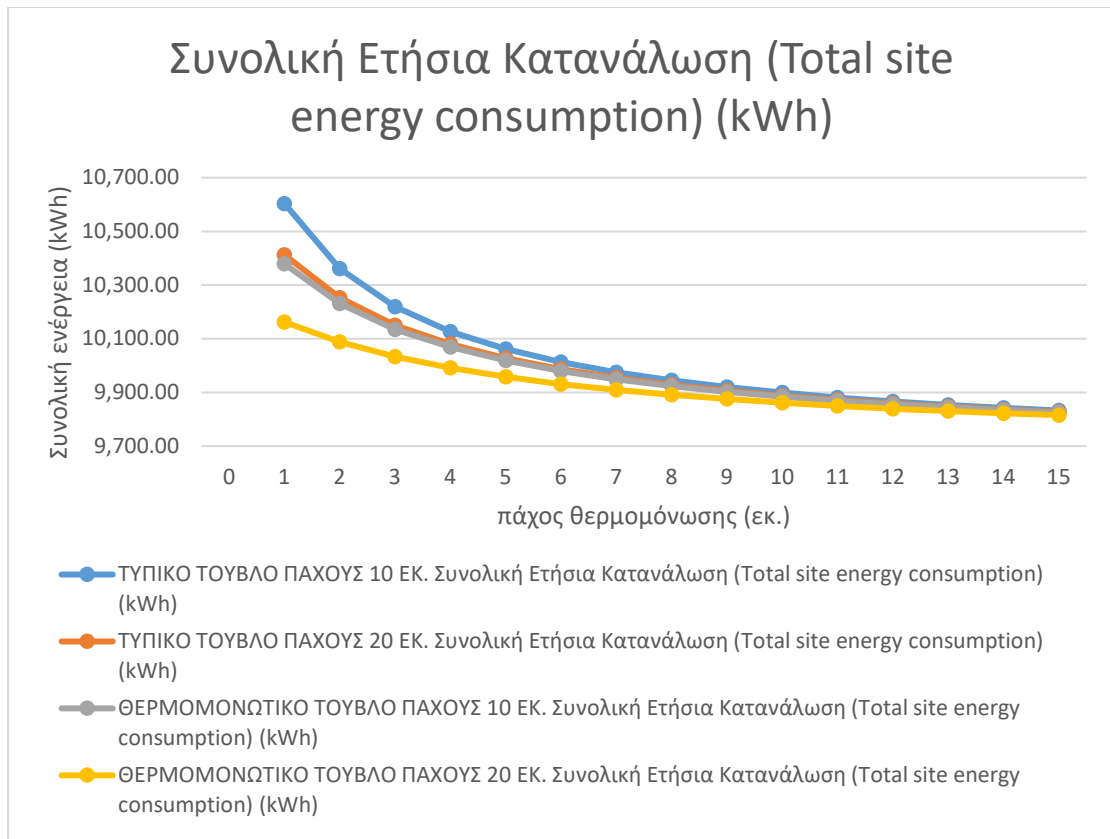


Εικόνα 11.9: Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.) με Κυπριακά τυπικά και θερμομονωτικά τούβλα 10 και 20 εκατοστών Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	ΤΥΠΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 10 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΤΥΠΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 20 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 10 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 20 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)
0	12,296.57	12,296.57	12,296.57	12,296.57
1	10,603.88	10,412.53	10,378.85	10,162.23
2	10,361.14	10,253.11	10,231.29	10,088.51
3	10,219.08	10,150.34	10,135.07	10,033.51
4	10,126.07	10,079.85	10,068.76	9,991.53
5	10,061.54	10,027.47	10,018.52	9,958.66
6	10,012.68	9,986.90	9,979.88	9,930.91
7	9,974.81	9,954.55	9,948.85	9,908.92
8	9,944.57	9,928.35	9,923.35	9,891.58
9	9,919.80	9,906.98	9,902.47	9,875.63
10	9,899.22	9,888.05	9,884.13	9,861.84
11	9,880.99	9,872.32	9,868.99	9,849.95
12	9,866.38	9,858.88	9,855.95	9,839.41
13	9,853.52	9,847.14	9,844.48	9,830.11
14	9,842.27	9,836.96	9,834.41	9,821.83
15	9,832.42	9,827.77	9,825.61	9,815.49

Πίνακας 11.7: Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.) με Κυπριακά τυπικά και θερμομονωτικά τούβλα 10 και 20 εκατοστών Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Μία πρώτη παρατήρηση η οποία προκύπτει εξετάζοντας και τα 4 προαναφερθέντα συστήματα μεταξύ τους στην Εικόνα 11.10, είναι ότι το σύστημα με θερμομόνωση και 20 εκατοστά πάχος συνηθισμένου τούβλου μαζί με το σύστημα με την ίδια θερμομόνωση και 10 εκατοστά θερμομονωτικού τούβλου έχουν πάρα πολύ κοντινές αποδόσεις σε βαθμό που μετά την προσθήκη 3 εκατοστών εξηλασμένης πολυστερίνης γραφικές παραστάσεις του ταυτίζονται σχεδόν χωρίς να είναι ευδιάκριτη κάποια άλλη διαφορά. Με βάση τον Πίνακα 11.7 που καταγράφει όλες τις τιμές των γραφικών παραστάσεων, η διαφορά στην απόδοση των δύο αυτών συστημάτων είναι πάρα πολύ μικρή έως αμελητέα και ξεκινά από 34 kWh και καταλήγει στο τέλος του πειραμάτων να είναι μόλις 2 kWh.

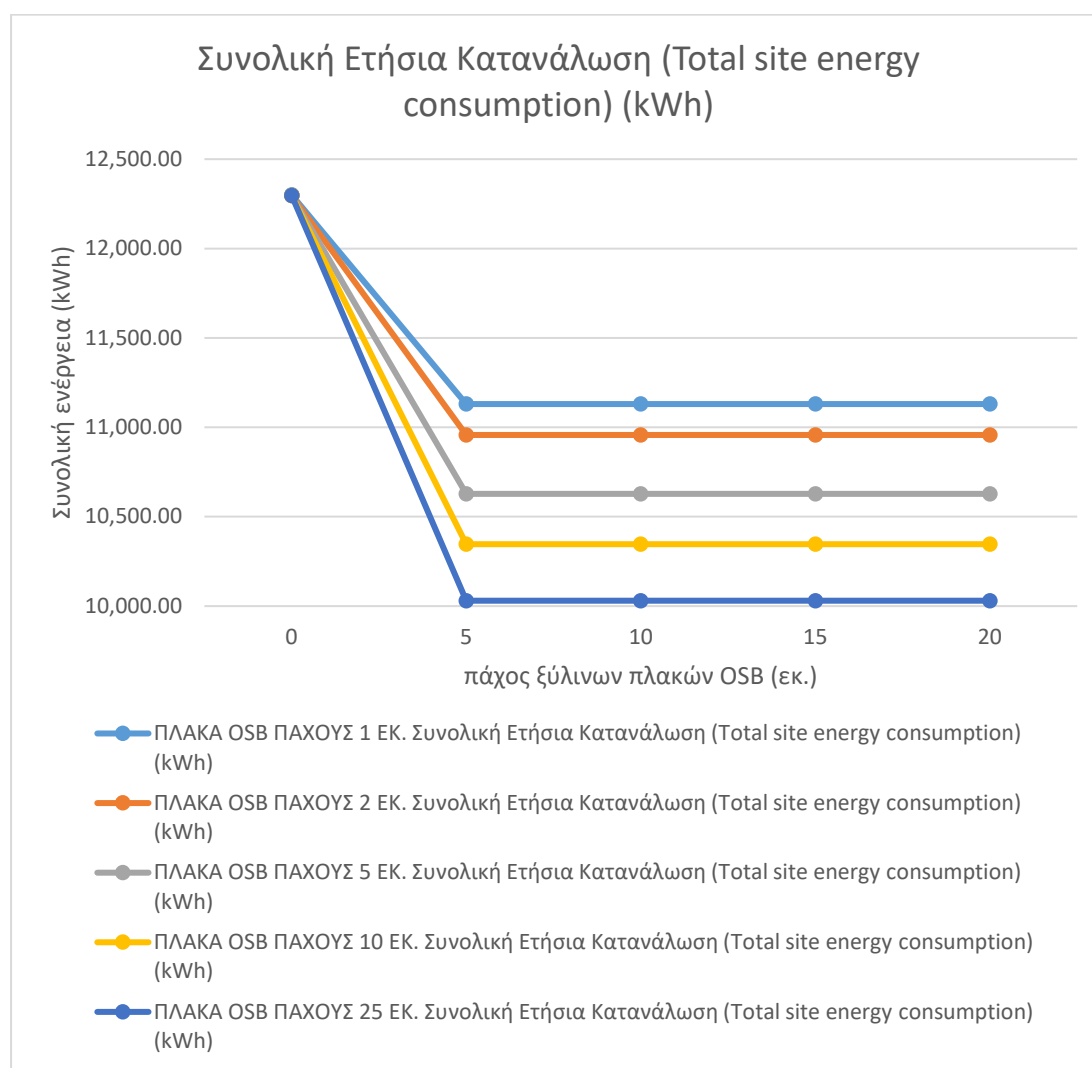


Εικόνα 11.10: Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.) με Κυπριακά τυπικά και θερμομονωτικά τούβλα 10 και 20 εκατοστών Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Στην Εικόνα 11.10, επίσης, φαίνεται ότι το λιγότερο αποδοτικό σύστημα είναι αυτό με το θερμομονωτικό υλικό και την προσθήκη τούβλου κανονικού πάχους 10 εκατοστών (μπλε γραφική παράσταση). Αντιθέτως, το πιο αποδοτικό σύστημα είναι αυτό με την χρήση θερμομόνωσης και προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 20 εκατοστών (κίτρινη γραφική παράσταση). Όπως αναφέρθηκε και πιο πριν, η ετήσια κατανάλωση του μοντέλου με αυτό το σύστημα ανέρχεται στις 9,815 kWh. Η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται σε σχέση με το βασικό μοντέλο ανέρχεται στις 2,481 kWh και το ποσοστό εξοικονόμησης είναι ετησίως 20,17%.

11.8 Προσθήκη ξύλου πάχους 1, 2, 5, 10 και 25 εκ. σε απόσταση από την πλάκα 5 έως 25 εκ.

Τέλος, γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων των πειραμάτων που αφορούσαν την προσθήκη ξύλινων πλακών OSB πάχους από 1 έως 25 εκατοστά, σε αποστάσεις από την πλάκα οροφής έως 20 εκατοστά. Όπως έχει ήδη διαπιστωθεί και στην επιμέρους ανάλυση των συστημάτων, φαίνεται ευκρινώς στην Εικόνα 11.11, ότι η απόσταση του συστήματος από την πλάκα δεν έχει καμία σημασία, καθώς όλες οι γραμμές παρουσίασης της απόδοσης είναι παράλληλες μεταξύ τους και παράλληλες με τον άξονα Χ.



Εικόνα 11.11: Προσθήκη ξύλου πάχους 1, 2, 5, 10 και 25 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-25 εκ). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Απόσταση Πλάκας OSB από Πλάκα (εκ.)	ΠΛΑΚΑ OSB ΠΑΧΟΥΣ 1 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΠΛΑΚΑ OSB ΠΑΧΟΥΣ 2 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΠΛΑΚΑ OSB ΠΑΧΟΥΣ 5 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΠΛΑΚΑ OSB ΠΑΧΟΥΣ 10 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΠΛΑΚΑ OSB ΠΑΧΟΥΣ 25 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)
0	12,299.97	12,296.57	12,296.57	12,296.57	12,296.57
5	11,130.23	10,957.37	10,627.96	10,346.34	10,030.31
10	11,130.23	10,957.37	10,627.96	10,346.34	10,030.31
15	11,130.23	10,957.37	10,627.96	10,346.34	10,030.31
20	11,130.23	10,957.37	10,627.96	10,346.34	10,030.31

Πίνακας 11.8: Προσθήκη ξύλου πάχους 1, 2, 5, 10 και 25 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-25 εκ). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Αναφορικά με την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται, όπως αναμενόταν, η απόδοση των συστημάτων αυξάνεται με την αντίστοιχη αύξηση του πάχους προσθήκης των ξύλινων πλακών. Κατά συνέπεια, το πιο αποδοτικό σύστημα των πιο πάνω συγκρίσεων είναι αυτό με την προσθήκη ξύλινων πλακών OSB συνολικού πάχους 25 εκατοστών. Το σύστημα αυτό επιτυγχάνει ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας 2,266 kWh. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε ετήσια εξοικονόμηση 18.43%. Μία άλλη παρατήρηση που εξάγεται από τα αποτελέσματα του Πίνακα 11.8 και την Εικόνα 11.11, είναι ότι η πρώτη περίπτωση με προσθήκη πλάκας OSB πάχους 1 εκατοστό σε σχέση με την τελευταία περίπτωση με τη προσθήκη πλάκας OSB πάχους 25 εκατοστών παρουσιάζει διαφορά στην εξοικονόμηση 1,100 kWh, που αποτελεί ένα ποσοστό της τάξης του 8,94%.

11.9 Σύνοψη αποτελεσμάτων πειραμάτων πλάκας οροφής

ΠΛΑΚΑ ΟΡΟΦΗΣ			
Παθητικό Σύστημα	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας (Total site energy consumption) (kWh)	Συνολική Ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας (Total site energy consumption) (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)
Εξηλασμένη Πολυστερίνη πάχους έως 15 εκατοστών	9,872.27	2,424.30	19.72
Συμβατικό Τούβλο πάχους έως 50 εκατοστών.	10,217.17	2,079.40	16.91
Θερμομονωτικό Τούβλο πάχους έως 50 εκατοστών.	9,938.12	2,358.45	19.18
Συμβατικό Τούβλο πάχους 10 εκατοστών σε απόσταση μέχρι 20 εκατοστά από την πλάκα	10,685.78	1,610.79	13.10
Συμβατικό Τούβλο πάχους 20 εκατοστών σε απόσταση μέχρι 20 εκατοστά από την πλάκα	10,461.84	1,834.73	14.92
Συμβατικό Τούβλο πάχους 10 εκατοστών με εξηλασμένη πολυστερίνη έως 15 εκατοστά	9,832.42	2,464.15	20.04
Συμβατικό Τούβλο πάχους 20 εκατοστών με εξηλασμένη πολυστερίνη έως 15 εκατοστά	9,827.77	2,468.80	20.08
Θερμομονωτικό Τούβλο πάχους 10 εκατοστών σε απόσταση μέχρι και 20 εκατοστά από την πλάκα	10,424.12	1,872.45	15.23
Θερμομονωτικό Τούβλο πάχους 20 εκατοστών σε απόσταση μέχρι και 20 εκατοστά από την πλάκα	10,182.99	2,113.58	17.19
Θερμομονωτικό Τούβλο πάχους 10 εκατοστών με εξηλασμένη πολυστερίνη έως 15 εκατοστά	9,825.61	2,470.96	20.09
Θερμομονωτικό Τούβλο πάχους 20 εκατοστών με εξηλασμένη πολυστερίνη έως 15 εκατοστά	9,815.49	2,481.08	20.18
Ξύλινες Πλάκες OSB πάχους έως 25 εκατοστών.	10,057.95	2,238.65	18.21
Ξύλινες Πλάκες OSB πάχους 1 εκατοστού σε απόσταση από την πλάκα έως 25 εκατοστά	11,130.23	1,166.34	9.49
Ξύλινες Πλάκες OSB πάχους 2 εκατοστών σε απόσταση από την πλάκα έως 25 εκατοστά	10,957.37	1,339.21	10.89
Ξύλινες Πλάκες OSB πάχους 5 εκατοστών σε απόσταση από την πλάκα έως 25 εκατοστά	10,627.96	1,668.62	13.57
Ξύλινες Πλάκες OSB πάχους 10 εκατοστών σε απόσταση από την πλάκα έως 25 εκατοστά	10,346.34	1,950.23	15.86
Ξύλινες Πλάκες OSB πάχους 25 εκατοστού σε απόσταση από την πλάκα έως 25 εκατοστά	10,030.31	2,266.26	18.43
Στρώμα Χώματος έως 150 εκατοστά	10,201.56	2,095.01	17.04
Στρώμα Νερού έως 70 εκατοστά	10,171.42	2,125.15	17.28

Πίνακας 11.9: Σύνοψη αποτελεσμάτων πειραμάτων πλάκας οροφής. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (καθαρή και ποσοστιαία).

ΠΛΑΚΑ ΟΡΟΦΗΣ			
Παθητικό Σύστημα	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας ανά τ.μ. (Total site energy consumption) (kWh/m²)	Συνολική Ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας ανά τ.μ. (Total site energy consumption) (kWh/m²)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)
Εξηλασμένη Πολυστερίνη πάχους έως 15 εκατοστών	54.85	13.47	19.72
Συμβατικό Τούβλο πάχους έως 50 εκατοστών.	56.76	11.55	16.91
Θερμομονωτικό Τούβλο πάχους έως 50 εκατοστών.	55.21	13.10	19.18
Συμβατικό Τούβλο πάχους 10 εκατοστών σε απόσταση μέχρι 20 εκατοστά από την πλάκα	59.37	8.95	13.10
Συμβατικό Τούβλο πάχους 20 εκατοστών σε απόσταση μέχρι 20 εκατοστά από την πλάκα	58.12	10.19	14.92
Συμβατικό Τούβλο πάχους 10 εκατοστών με εξηλασμένη πολυστερίνη έως 15 εκατοστά	54.62	13.69	20.04
Συμβατικό Τούβλο πάχους 20 εκατοστών με εξηλασμένη πολυστερίνη έως 15 εκατοστά	54.60	13.72	20.08
Θερμομονωτικό Τούβλο πάχους 10 εκατοστών σε απόσταση μέχρι και 20 εκατοστά από την πλάκα	57.91	10.40	15.23
Θερμομονωτικό Τούβλο πάχους 20 εκατοστών σε απόσταση μέχρι και 20 εκατοστά από την πλάκα	56.57	11.74	17.19
Θερμομονωτικό Τούβλο πάχους 10 εκατοστών με εξηλασμένη πολυστερίνη έως 15 εκατοστά	54.59	13.73	20.09
Θερμομονωτικό Τούβλο πάχους 20 εκατοστών με εξηλασμένη πολυστερίνη έως 15 εκατοστά	54.53	13.78	20.18
Ξύλινες Πλάκες OSB πάχους έως 25 εκατοστών.	55.88	12.44	18.21
Ξύλινες Πλάκες OSB πάχους 1 εκατοστού σε απόσταση από την πλάκα έως 25 εκατοστά	61.83	6.48	9.49
Ξύλινες Πλάκες OSB πάχους 2 εκατοστών σε απόσταση από την πλάκα έως 25 εκατοστά	60.87	7.44	99.50
Ξύλινες Πλάκες OSB πάχους 5 εκατοστών σε απόσταση από την πλάκα έως 25 εκατοστά	59.04	9.27	13.57
Ξύλινες Πλάκες OSB πάχους 10 εκατοστών σε απόσταση από την πλάκα έως 25 εκατοστά	57.48	10.83	15.86
Ξύλινες Πλάκες OSB πάχους 25 εκατοστού σε απόσταση από την πλάκα έως 25 εκατοστά	55.72	12.59	18.43
Στρώμα Χώματος έως 150 εκατοστά	56.68	11.64	17.04
Στρώμα Νερού έως 70 εκατοστά	56.51	11.81	17.28

Πίνακας 11.10: Σύνοψη αποτελεσμάτων πειραμάτων πλάκας οροφής. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά τετραγωνικό μέτρο (καθαρή και ποσοστιαία).

Στον Πίνακα 11.9 παρουσιάζονται συνοπτικά όλα τα πειράματα που έχουν διενεργηθεί στην πλάκα οροφής του βασικού μοντέλου. Στην πρώτη στήλη γίνεται περιγραφή του κάθε συστήματος, στην δεύτερη φαίνεται η συνολική ετήσια κατανάλωση που καταγράφεται μετά την εφαρμογή του παθητικού συστήματος σε kWh, στην τρίτη στήλη γίνεται ο υπολογισμός και παρουσιάζεται η συνολική εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται ετησίως από το κάθε σύστημα σε kWh και στην τέταρτη στήλη καταγράφεται και πάλι η ετήσια εξοικονόμηση ετησίως σε ποσοστό επί της 100. Αντίστοιχος με τον Πίνακα 11.9 είναι και ο Πίνακας 11.10 παρουσιάζοντας τις πιο πάνω πληροφορίες σε ετήσια και πάλι βάση, αλλά ανά τετραγωνικό μέτρο.

Από τα αποτελέσματα του πιο πάνω Πίνακα φαίνεται ότι ο συνδυασμός θερμομονωτικού υλικού μαζί με εναπόθεση τούβλων επί αυτού, αποτελούν τα πιο αποδοτικά συστήματα. Τα συστήματα αυτά είναι τα μόνα που καταγράφουν ποσοστιαία εξοικονόμηση ετησίως που ξεπερνά το 20%, μόνον από το στοιχείο της οροφής. Με πολύ μικρή διαφορά, λιγότερο αποδοτικά, είναι τα συστήματα με συμβατικό τούβλο και εξηλασμένη πολυστερίνη που καταγράφουν εξοικονόμηση 20,04% και 20,08% για πάχη τούβλου 10 και 20 εκατοστά αντίστοιχα. Ελαφρά πιο ψηλή απόδοση και κατά συνέπεια προσφέροντας περισσότερη οικονομία, είναι τα συστήματα με τα πιο εξειδικευμένα τούβλα, τα θερμομονωτικά. Ακόμα και αυτό που έχει συνδυασμό θερμομονωτικού υλικού και θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10 εκατοστών είναι ελαφρά πιο αποδοτικό από τα προαναφερθέντα συστήματα με συμβατικά τούβλα, καταγράφοντας εξοικονόμηση της τάξης του 20,09%. Από όλα βέβαια, το πιο αποδοτικό σύστημα είναι αυτό που περιλαμβάνει τοποθέτηση εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους 15 εκατοστών και θερμομονωτικό τούβλο πάχους 20 εκατοστών που καταγράφει ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας 2,481,08 kWh που αντιστοιχεί σε ποσοστιαία εξοικονόμηση, σε σχέση με την αρχική κατανάλωση, 20,18%.

Αμέσως μετά από τα πιο πάνω συστήματα και με επίσης σημαντικά ψηλές αποδόσεις, οι οποίες προσφέρουν ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας με την εφαρμογή τους, οι οποίες πλησιάζουν το 20% ετησίως, βρίσκονται δύο συστήματα που χρησιμοποιούν ένα υλικό μόνο. Το ένα είναι η χρήση θερμομονωτικού τούβλου και το άλλο η χρήση εξηλασμένης πολυστερίνης. Ας σημειωθεί ότι τα δύο αυτά υλικά σε συνδυασμό δημιουργούν το πιο αποδοτικό σύστημα που περιγράφηκε πιο πάνω. Από τα δύο, το λιγότερο αποδοτικό είναι αυτό με την χρήση μόνο θερμομονωτικού τούβλου μέχρι πάχους 60 εκατοστών το οποίο προφέρει ετήσια εξοικονόμηση 19,18% και ελαφρά πιο αποδοτικό σύστημα

είναι αυτό με την χρήση εξηλασμένης πολυστερίνης έως και 15 εκατοστά η οποία προφέρει εξοικονόμηση 19,72%. Υπενθυμίζεται ότι, το τελευταίο με πάχος 8 εκατοστών εξηλασμένης πολυστερίνης είναι αυτό που θεωρείται ως ελάχιστα αποδεκτό από την Κυπριακή νομοθεσία και εφαρμόζεται κατά κόρον στον Κυπριακό κατασκευαστικό τομέα.

Οι προτάσεις που διενεργήθηκαν με υλικά όπως το ξύλο με πλάκες OSB, το νερό και το χώμα έχουν επιτύχει εξοικονόμηση ενέργειας 18,21%, 17,28% και 17,04% αντίστοιχα. Παρόλο που σε όλα αυτά τα πειράματα το πάχος του κάθε υλικού, όπως εξηγήθηκε στο Κεφάλαιο 8, είναι πέραν από το επιτρεπτό για ένα, λογικού κόστους και εφαρμόσιμα εύκολο, σύστημα και έγινε λόγω της παραμετρικής δυνατότητας που προσφέρει το λογισμικό, εν τούτοις δεν προσέφεραν ικανοποιητική προστασία συγκριτικά με τα υπόλοιπα που αναφέρθηκαν πιο πάνω. .

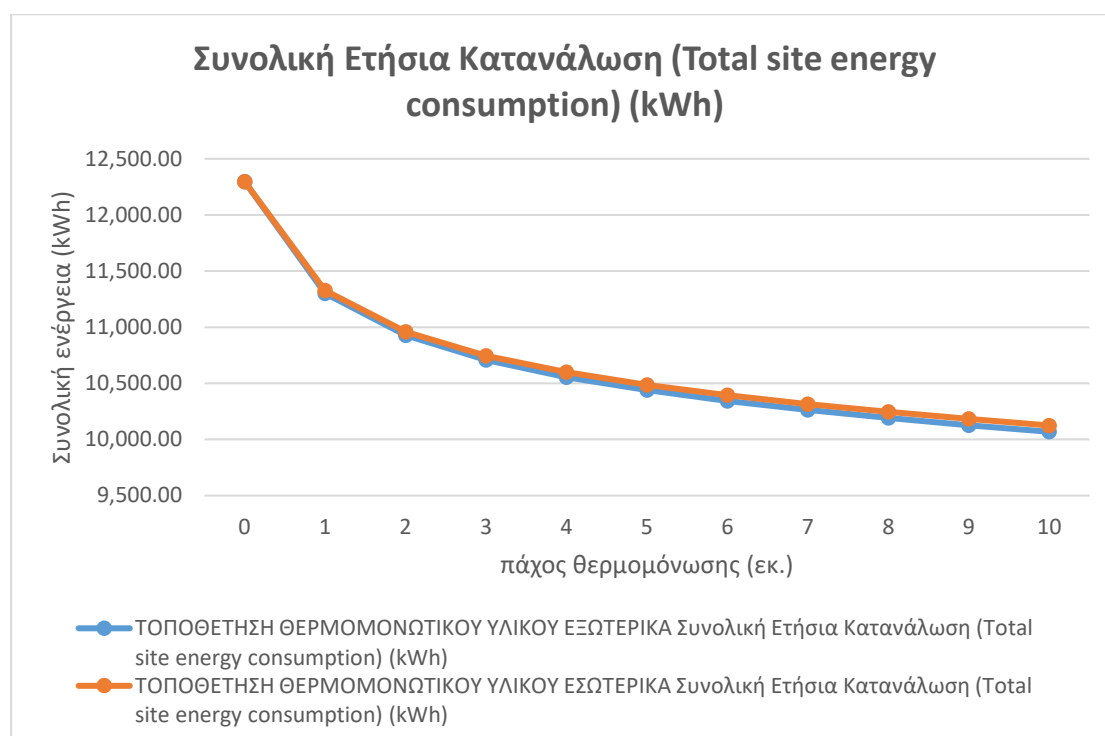
Επομένως, το γενικότερο συμπέρασμα που εξάγεται από αυτά τα πειράματα είναι ότι τρία υλικά και οι συνδυασμοί αυτών δημιουργούν τα πιο αποδοτικά παθητικά συστήματα προστασίας για την πλάκα οροφής της τυπικής οικίας της Κύπρου και κατά συνέπεια και άλλων κατοικιών που είναι κατασκευασμένες με παρόμοιο δομικό σύστημα.

Τα τρία υλικά αυτά με τη σειρά αποδοτικότητας από το πιο αδύνατο ως το πιο αποτελεσματικό, είναι τα συμβατικά τούβλα, τα θερμομονωτικά τούβλα και η εξηλασμένη πολυστερίνη και κάθε θερμομονωτικό υλικό της κατηγορίας του, απλά αναφέρεται αυτό καθώς έχει τον πιο χαμηλό ασυντέλεστή θερμοπερατότητας λ, από τα υπόλοιπα. Και σαφώς, όπως γράφτηκε και πιο πάνω, ο συνδυασμός των δυο πιο αποδοτικών υλικών που είναι το θερμομονωτικό τούβλο και η εξηλασμένη πολυστερίνη, δημιουργούν το σύστημα που προσφέρει την αποδοτικότερη παθητική προστασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12: ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑΤΟΣ (ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ) - ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ, ΔΟΚΟΙ & ΤΟΙΧΟΙ ΠΛΗΡΩΣΗΣ

12.1 Προσθήκης θερμομόνωσης πάχους 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική και εσωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.

Περνώντας στα κατακόρυφα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους και στα συστήματα παθητικής προστασίας που εφαρμόστηκαν σε αυτά, εξετάζεται αρχικά, η αποδοτικότητα της προσθήκης θερμομόνωσης όταν αυτή τοποθετηθεί εξωτερικά ή εσωτερικά από τα συμπαγή στοιχεία που συνθέτουν το εξωτερικό περίβλημα.

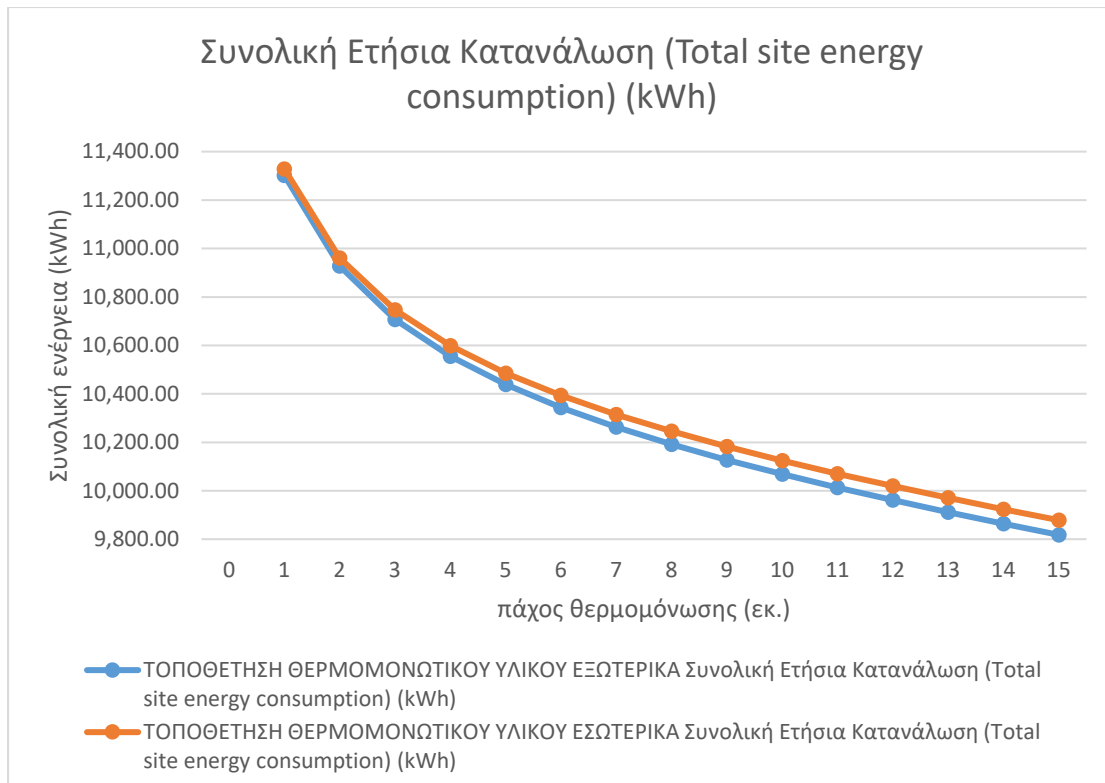


Εικόνα 12.1: Προσθήκης θερμομόνωσης (1-15 εκ.) στην εξωτερική και εσωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΔΙΑΦΟΡΑ Στην Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)
0	12,296.57	12,296.57	0.00
1	11,301.93	11,328.06	26.13
2	10,927.11	10,960.20	33.09
3	10,707.09	10,746.41	39.32
4	10,555.48	10,598.44	42.96
5	10,438.76	10,485.32	46.56
6	10,343.25	10,393.26	50.00
7	10,262.28	10,314.15	51.86
8	10,191.78	10,245.14	53.36
9	10,127.30	10,182.04	54.74
10	10,068.36	10,124.31	55.95
11	10,013.22	10,070.04	56.81
12	9,960.94	10,019.20	58.27
13	9,911.50	9,970.37	58.86
14	9,863.79	9,923.52	59.73
15	9,817.84	9,878.58	60.74

Πίνακας 12.1: Προσθήκης θερμομόνωσης (1-15 εκ.) στην εξωτερική και εσωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Παρατηρώντας την Εικόνα 12.1, διακρίνεται ελαφρά πιο αποδοτική, η καμπύλη που αποτυπώνει την μείωση της ετήσιας κατανάλωσης της τυπικής οικίας όταν σε αυτή τοποθετηθεί η θερμομόνωση εξωτερικά των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού περιβλήματος. Για να είναι πιο ευκρινές το αποτέλεσμα, όπως εξηγήθηκε και στα προηγούμενα κεφάλαια, δημιουργήθηκε με τα ίδια αποτελέσματα η Εικόνα 12.2, στην οποία αφαιρέθηκε η τιμή της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας πριν την τοποθέτηση της όποιας θερμικής προστασίας. Η διαφορά ωστόσο είναι μικρή και ποσοτικοποιείται στις 60,74 kWh (Πίν. 12.1). Η διαφορά αυτή πιθανόν να οφείλεται στην μείωση των θερμογεφυρών στο εξωτερικό περίβλημα, όταν το κτίριο προστατεύεται θερμικά, στο σύνολό του, στην εξωτερική του πλευρά.

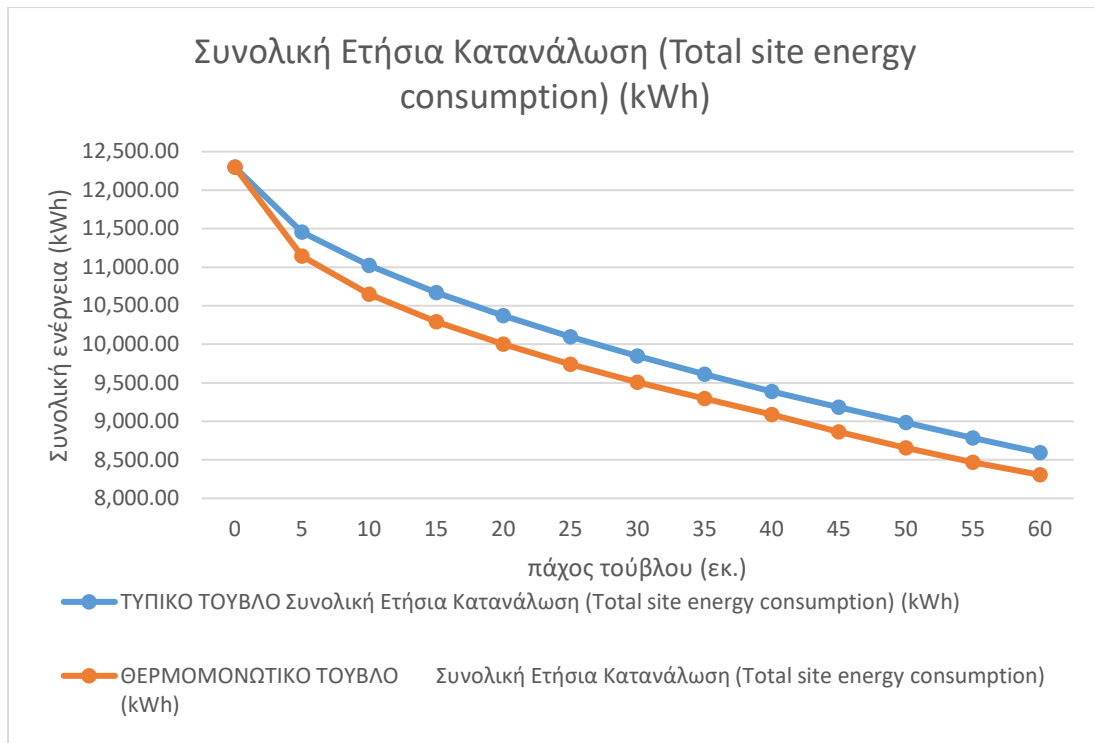


Εικόνα 12.2: Προσθήκης θερμομόνωσης (1-15 εκ.) στην εξωτερική και εσωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Όσο μικρή και αν είναι η διαφορά μεταξύ των δύο, το αποδοτικότερο σύστημα στην πιο πάνω σύγκριση μειώνει την ετήσια κατανάλωση της τυπικής οικίας στις 9,878 kWh προφέροντας μία εξοικονόμηση 2,418 kWh που αντιστοιχεί σε εξοικονόμηση 19,66% ετησίως (Πίν. 12.1).

12.2 Προσθήκη τοίχου στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος πάχους 5 έως 60 εκ. από Κυπριακό τυπικό τούβλο και από θερμομονωτικό τούβλο

Στη συνέχεια εξετάζεται η απόδοση στην παθητική συμπεριφορά της τυπικής οικίας της προσθήκης, εξωτερικά του εξωτερικού περιβλήματος, τοίχου από τυπικό και θερμομονωτικό τούβλο συνολικού πάχους 60 εκατοστά. Τα λεπτομερή αποτελέσματα παρουσιάζονται γραφικά στην Εικόνα 12.3 και καταγράφονται στον Πίνακα 12.2.



Εικόνα 12.3: Προσθήκη τοίχου (5-60 εκ.) στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος από Κυπριακό τυπικό τούβλο και από θερμομονωτικό τούβλο Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Όπως διακρίνεται στην γραφική παράσταση στην Εικόνα 12.3, όπως αναμενόταν, η προσθήκη τοίχου στο εξωτερικό περίβλημα της τυπικής οικίας από θερμομονωτικό τούβλο είναι αποδοτικότερη από την προσθήκη τοίχου από συμβατικό τούβλο. Η ετήσια κατανάλωση της τυπικής οικίας με την χρήση του αποδοτικότερου συστήματος με το θερμομονωτικό τούβλο είναι 8,305 kWh προφέροντας μία σημαντική εξοικονόμηση 3,991 kWh.

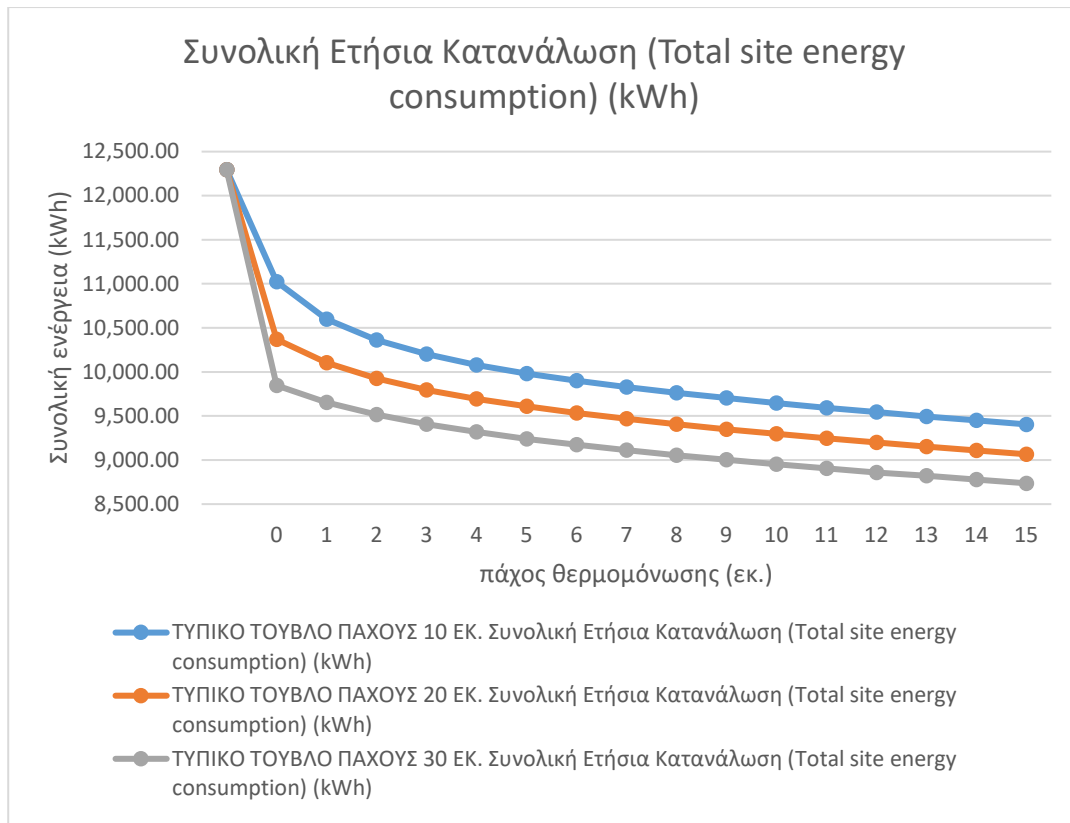
Η τιμή αυτή που καταγράφεται σημαίνει ότι το σύστημα αυτό προφέρει μία ιδιαίτερα σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας που αγγίζει το 32,45% ετησίως. Το ποσοστό καθιστά την χρήση τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 60 εκατοστών, πέραν των 10 εκατοστιαίων μονάδων αποδοτικότερη, από την χρήση εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους 15 εκατοστών. Ας σημειωθεί ότι η νομοθεσία της Κυπριακής Δημοκρατίας επιβάλλει τη χρήση 8 εκατοστών του πιο πάνω υλικού ως ελάχιστη προστασία στα κατακόρυφα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους.

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	ΤΥΠΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΔΙΑΦΟΡΑ Στην Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)
0	12,296.57	12,296.57	0.00
5	11,456.79	11,143.42	313.37
10	11,024.04	10,647.44	376.59
15	10,670.93	10,293.83	377.10
20	10,369.07	10,000.76	368.31
25	10,097.93	9,741.22	356.71
30	9,846.10	9,507.73	338.37
35	9,610.71	9,296.69	314.01
40	9,387.87	9,087.57	300.30
45	9,181.67	8,864.96	316.71
50	8,981.56	8,653.78	327.78
55	8,784.67	8,468.29	316.38
60	8,594.31	8,305.28	289.03

Πίνακας 12.2: Προσθήκη τοίχου (5-60 εκ.) στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος από Κυπριακό τυπικό τούβλο και από θερμομονωτικό τούβλο Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

12.3 Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 10, 20, και 30 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνη 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.

Στη συνέχεια, ξεκινούν και παρατίθενται τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν με την χρήση παθητικών συστημάτων που χρησιμοποιούν συνδυασμό υλικών. Στη προκειμένη περίπτωση είναι ο συνδυασμός τοίχου από τούβλο συμβατικό πάχους από 10 έως 30 εκατοστά μαζί με εξηλασμένη πολυστερίνη μέχρι πάχους 15 εκατοστών. Στον Πίνακα 12.3 καταγράφονται οι τιμές αναλυτικά και στην Εικόνα 12.4 οι γραφικές παραστάσεις που προκύπτουν από τους τιμές του Πίνακα 12.3.



Εικόνα 12.4: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 10, 20, και 30 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνη (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Όπως φαίνεται στις γραφικές παραστάσεις, σε όλες τις περιπτώσεις που εφαρμόστηκε τοίχος από συμβατικό τούβλο παρουσιάζεται άμεση και σημαντική μείωση στην κατανάλωση ενέργειας, η οποία ενισχύεται σταδιακά, με ποιο ήπιο ρυθμό με την προσθήκη της εξηλασμένης πολυστερίνης. Η συνεισφορά του θερμομονωτικού υλικού μειώνεται σταδιακά όσο αυξάνεται το πάχος του. Μία πρόσθετη παρατήρηση που φαίνεται ξεκάθαρα παρατηρώντας τις τρεις γραφικές παραστάσεις, είναι ότι το πάχος του τοίχου παίζει καθοριστικό ρόλο στην λειτουργία του κάθε συστήματος. Με την εφαρμογή των τριών διαφορετικών τοίχων δημιουργείται μία φυσιολογική διαφορά στην απόδοση του κάθε συστήματος, λόγω του πάχους του τοίχου που διαφέρει κάθε φορά κατά 10 εκατοστά. Η προσθήκη της εξηλασμένης πολυστερίνης συνεισφέρει στην απόδοση του κάθε συστήματος με την επίτευξη μειωμένης ετήσιας κατανάλωσης, ωστόσο, η διαφορά αυτή μεταξύ των τριών τοίχων διαφορετικού πάχους παραμένει σχεδόν σταθερή μέχρι την ολοκλήρωση της προσθήκης και των 15 εκατοστών θερμομονωτικού υλικού.

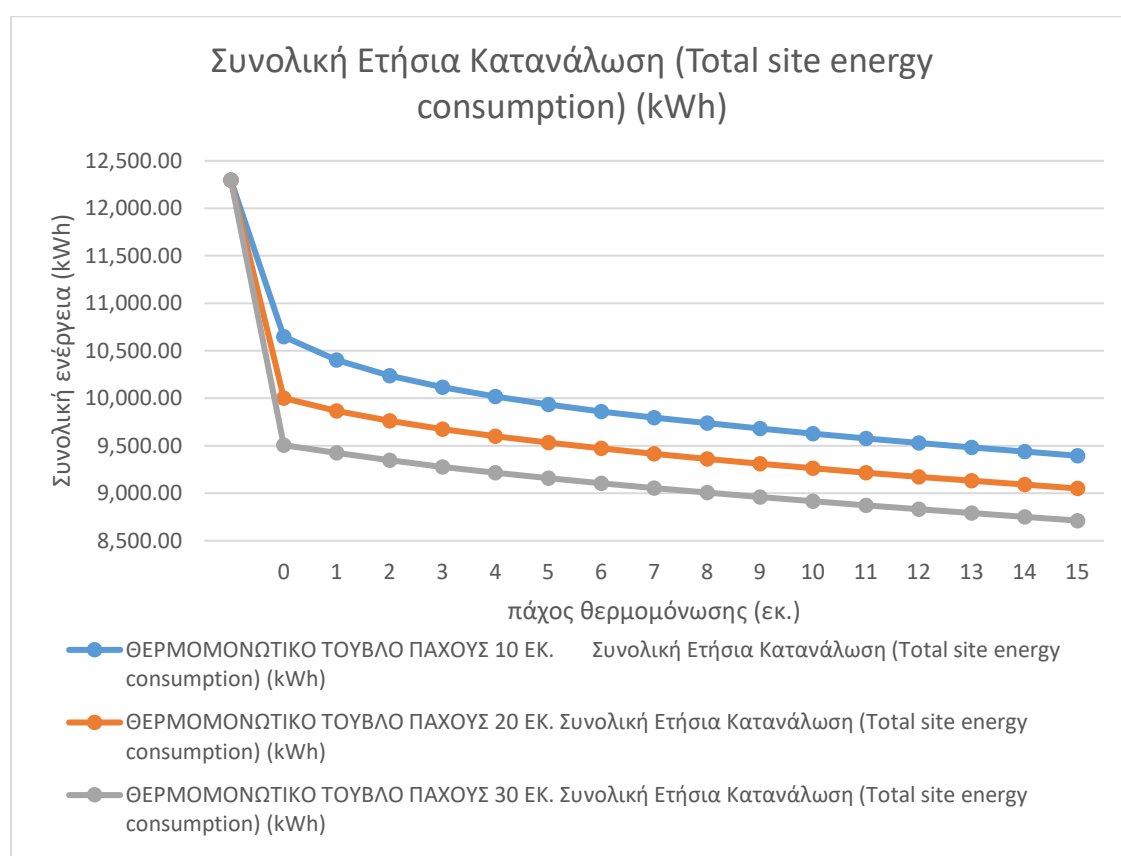
Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	ΤΥΠΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 10 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΤΥΠΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 20 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΤΥΠΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 30 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)
Βασικό	12,296.57	12,296.57	12,296.57
0	11,024.04	10,369.07	9,846.10
1	10,598.61	10,103.79	9,653.98
2	10,362.15	9,926.83	9,516.32
3	10,201.35	9,796.85	9,407.53
4	10,079.42	9,693.66	9,318.12
5	9,981.71	9,608.85	9,241.08
6	9,899.41	9,533.77	9,173.12
7	9,826.80	9,468.13	9,113.03
8	9,762.95	9,406.76	9,056.21
9	9,703.06	9,350.23	9,002.97
10	9,646.62	9,297.08	8,953.16
11	9,593.77	9,247.22	8,905.59
12	9,543.42	9,198.96	8,859.51
13	9,495.41	9,153.00	8,820.34
14	9,450.06	9,108.40	8,777.93
15	9,404.91	9,065.79	8,736.41

Πίνακας 12.3: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 10, 20, και 30 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνη (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Το αποδοτικότερο σύστημα που είναι ο συνδυασμός τοίχου από συμβατικό τούβλο 30 εκατοστών με εξηλασμένη πολυστερίνη μέχρι 15 εκατοστά καταγράφει ετήσια κατανάλωση 8,736 kWh. Αυτό σημαίνει ότι, σε σχέση με την αρχική ετήσια κατανάλωση της τυπικής οικίας, πραγματοποιείται εξοικονόμηση 3,560 kWh, που αντιστοιχεί σε ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας σχεδόν 29% ετησίως.

12.4 Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10, 20 και 30 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.

Στην συνέχεια, πραγματοποιείται αντίστοιχη σύγκριση, στην οποία όλα τα δεδομένα των πειραμάτων που συγκρίνονται είναι τα ίδια με τα προηγούμενα, με την μόνη διαφορά ότι ο τοίχος είναι κτισμένος με τούβλο θερμομονωτικό. Αυτό σημαίνει ότι τόσο το πάχος των τοίχων, όσο και το πάχος του θερμομονωτικού υλικού που χρησιμοποιείται είναι τα ίδια με τα προηγούμενα τρία πειράματα. Τα αποτελέσματα καταγράφονται στον Πίνακα 12.4 με τα οποία δημιουργούνται γραφικές παραστάσεις που παρουσιάζονται στην Εικόνα 12.5.



Εικόνα 12.5: Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10, 20, και 30 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνη (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Η εικόνα που παρουσιάζει η σύγκριση των τριών τοίχων με θερμομονωτικά τούβλα, είναι πανομοιότυπη με την σύγκριση των τοίχων με τα τυπικά συμβατικά τούβλα. Υπάρχει δηλαδή, μία απότομη μείωση στην ενεργειακή κατανάλωση της τυπικής οικίας, με την προσθήκη των τοίχων και μετά μία ήπια σταδιακή περαιτέρω μείωση με την σταδιακή αύξηση του πάχους της εξηλασμένης πολυστερίνης. Και εδώ η διαφορά

στις τρεις τοιχοποιίες παραμένει σχεδόν σταθερή μεταξύ τους, όσο αυξάνεται το πάχος του θερμομονωτικού υλικού προστίθεται.

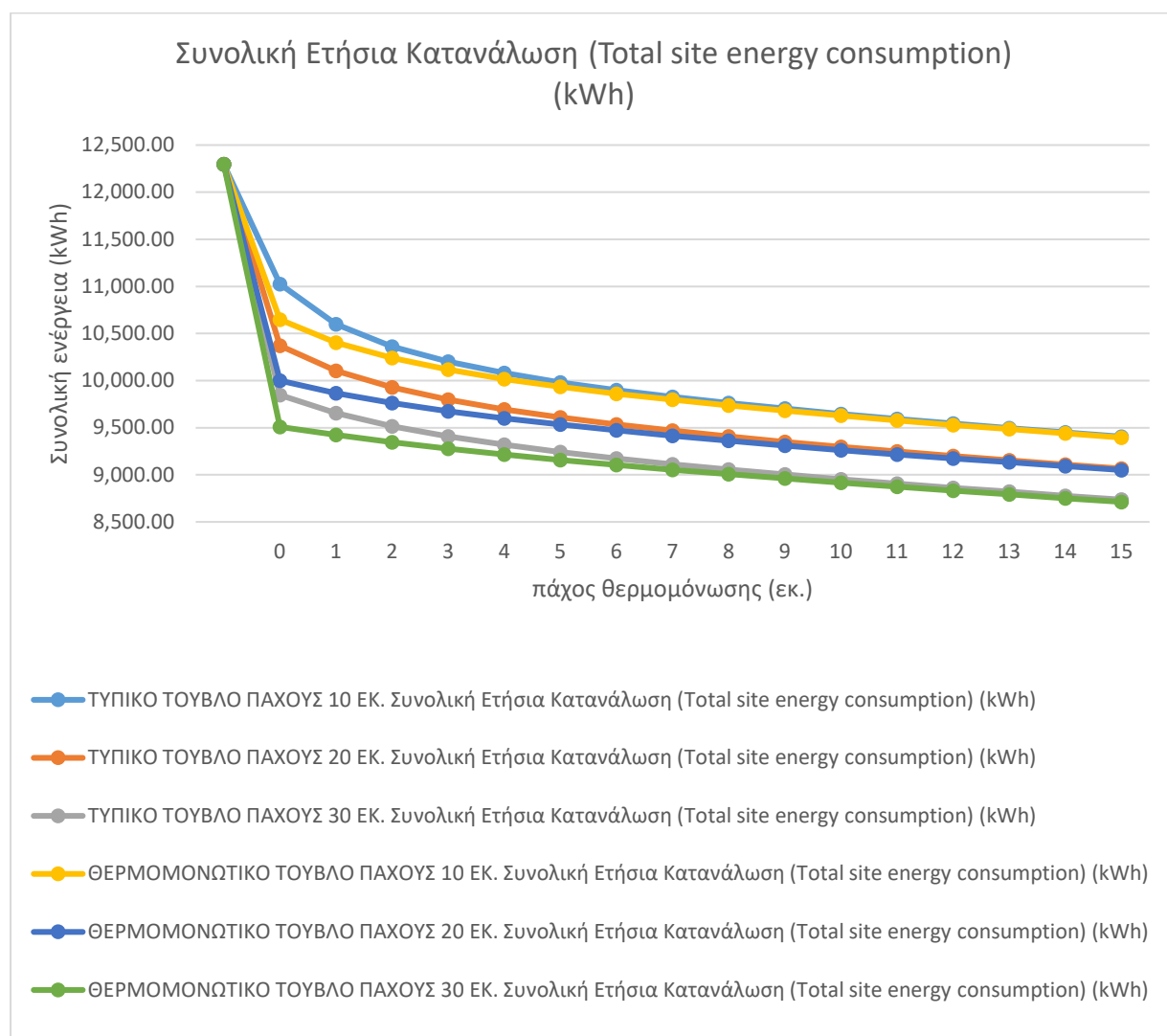
Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 10 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 20 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 30 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)
	12,296.57	12,296.57	12,296.57
0	10,647.44	10,000.76	9,507.73
1	10,403.97	9,866.66	9,425.36
2	10,238.95	9,761.24	9,346.30
3	10,116.36	9,674.05	9,277.31
4	10,017.09	9,599.45	9,215.15
5	9,933.99	9,532.84	9,157.82
6	9,861.10	9,471.19	9,104.53
7	9,797.07	9,414.70	9,054.32
8	9,737.37	9,361.41	9,006.17
9	9,681.45	9,310.53	8,960.45
10	9,628.28	9,262.43	8,916.52
11	9,577.74	9,216.12	8,873.98
12	9,529.31	9,171.65	8,832.44
13	9,484.03	9,133.58	8,791.88
14	9,438.86	9,091.44	8,751.83
15	9,394.98	9,050.42	8,712.53

Πίνακας 12.4: Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10, 20, και 30 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνη (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Το σύστημα που καταγράφεται ως πιο αποδοτικό είναι αυτό του τοίχου με θερμομονωτικό τούβλο πάχους 30 εκατοστών σε συνδυασμό με εξηλασμένη πολυστερίνη πάχους 15 εκατοστών. Η ετήσια κατανάλωση που καταγράφεται με αυτό το σύστημα μειώνεται στις 8,712 kWh σημειώνοντας μία εξοικονόμηση ενέργειας ανά έτος 3,584 kWh που αντιστοιχεί σε ένα σημαντικό ποσοστό εξοικονόμησης της τάξης του 29,14%

12.5 Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό και θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10, 20, και 30 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνης 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικού περιβλήματος.

Πιο κάτω παρουσιάζονται όλα τα δεδομένα των προηγούμενων δύο Παραγράφων 12.3 & 12.4. Παρατίθεται στον Πίνακα 12.5 τα αριθμητικά δεδομένα και των έξι τοιχοποιιών που αναλύθηκαν σε συνδυασμό με προθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης, οι τρεις κατασκευασμένες με τυπικό τούβλο και οι άλλες τρεις με θερμομονωτικό τούβλο. Στην Εικόνα 12.6 ακολουθούν οι 6 γραφικές παραστάσεις που δημιουργούνται με τα δεδομένα του Πίνακα 12.5. Για καλύτερη αντίληψη των γραφικών παραστάσεων δημιουργείται η Εικόνα 12.7, στην οποία παραλείπεται η ετήσια κατανάλωση του βασικού μοντέλου. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται το εύρος των τιμών στην γραφική παράσταση και οι διαφορές των έξι τοιχοποιιών μεταξύ τους διακρίνονται καλύτερα.

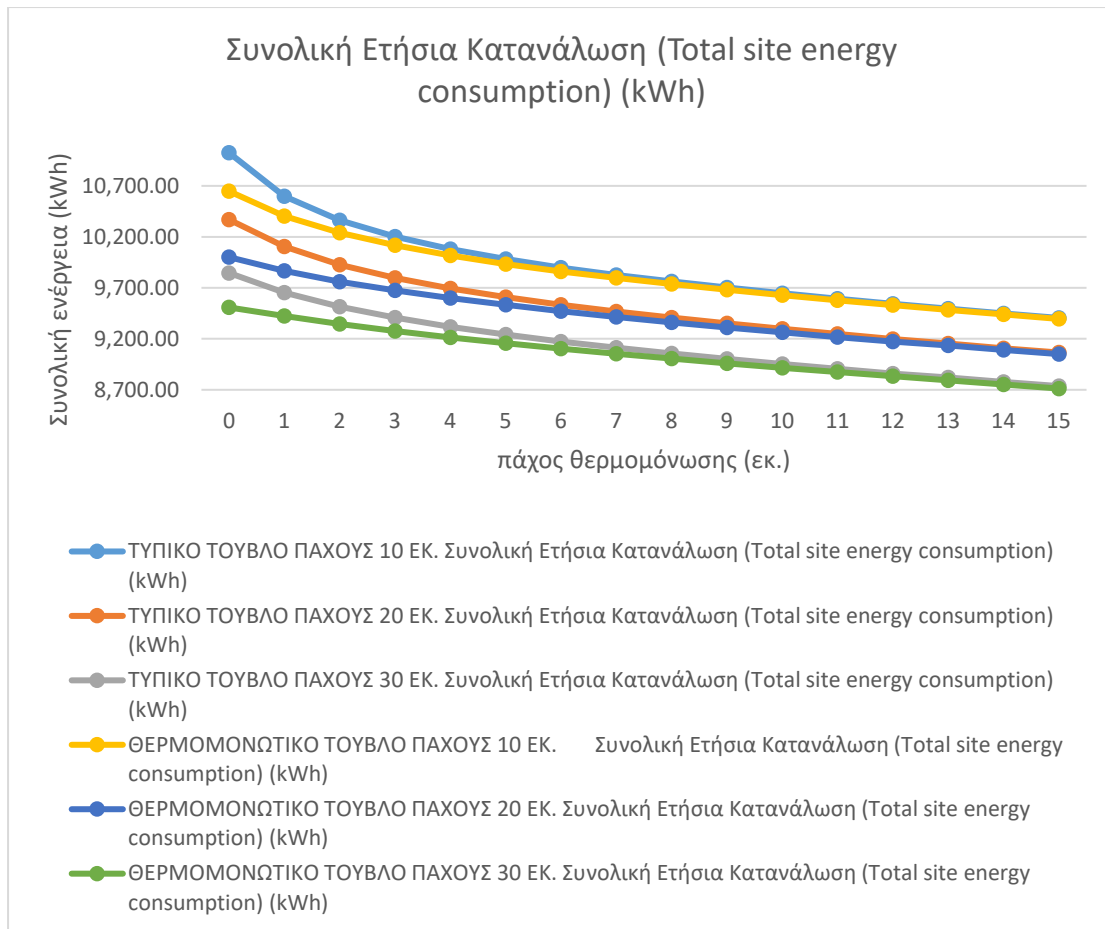


Εικόνα 12.6: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό και θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10, 20, και 30 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνης (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	ΤΥΠΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 10 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΤΥΠΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 20 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΤΥΠΙΚΟ ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 30 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚ Ο ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 10 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚ Ο ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 20 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚ Ο ΤΟΥΒΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 30 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)
	12,296.57	12,296.57	12,296.57	12,296.57	12,296.57	12,296.57
0	11,024.04	10,369.07	9,846.10	10,647.44	10,000.76	9,507.73
1	10,598.61	10,103.79	9,653.98	10,403.97	9,866.66	9,425.36
2	10,362.15	9,926.83	9,516.32	10,238.95	9,761.24	9,346.30
3	10,201.35	9,796.85	9,407.53	10,116.36	9,674.05	9,277.31
4	10,079.42	9,693.66	9,318.12	10,017.09	9,599.45	9,215.15
5	9,981.71	9,608.85	9,241.08	9,933.99	9,532.84	9,157.82
6	9,899.41	9,533.77	9,173.12	9,861.10	9,471.19	9,104.53
7	9,826.80	9,468.13	9,113.03	9,797.07	9,414.70	9,054.32
8	9,762.95	9,406.76	9,056.21	9,737.37	9,361.41	9,006.17
9	9,703.06	9,350.23	9,002.97	9,681.45	9,310.53	8,960.45
10	9,646.62	9,297.08	8,953.16	9,628.28	9,262.43	8,916.52
11	9,593.77	9,247.22	8,905.59	9,577.74	9,216.12	8,873.98
12	9,543.42	9,198.96	8,859.51	9,529.31	9,171.65	8,832.44
13	9,495.41	9,153.00	8,820.34	9,484.03	9,133.58	8,791.88
14	9,450.06	9,108.40	8,777.93	9,438.86	9,091.44	8,751.83
15	9,404.91	9,065.79	8,736.41	9,394.98	9,050.42	8,712.53

Πίνακας 12.5: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό και θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10, 20, και 30 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνης (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Όπως φαίνεται τόσο στην Εικόνα 12.6, όσο και στην Εικόνα 12.7, καθοριστικό ρόλο στην διαμόρφωση της καμπύλης της ετήσιας κατανάλωσης που δημιουργείται από την εφαρμογή του κάθε ενός από τα έξι συστήματα που δημιουργηθήκαν, παίζει το πάχος της τοιχοποιίας ανεξαρτήτως αν είναι από τυπικό ή θερμομονωτικό τούβλο, παρά η προσθήκη της εξηλασμένης πολυστερίνης. Έτσι, διακρίνεται να δημιουργούνται 3 ζεύγη καμπύλων που έχουν άμεση σχέση με το πάχος του τούβλου της κάθε τοιχοποιίας. Στην αρχή, οι ύπαρξη μόνων των τοίχων παρουσιάζει μία πιο έντονη διαφοροποίηση, στη συνέχεια όμως, με την προσθήκη του θερμομονωτικού υλικού, ξεκάθαρα οι γραφικές παραστάσεις των καμπύλων αρχίζουν να συγκλίνουν με βάση το πάχος του τούβλου του τοίχου και στο τέλος, μετά την προσθήκη του 7 εκατοστών εξηλασμένης πολυστερίνης, οι καμπύλες αυτές σχεδόν ταυτίζονται κάνοντας αδιάφορη την παράμετρο που αφορά το είδος του τούβλου με τον οποίο έχει κατασκευαστεί η κάθε τοιχοποιία.



Εικόνα 12.7: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό και θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10, 20, και 30 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνης (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

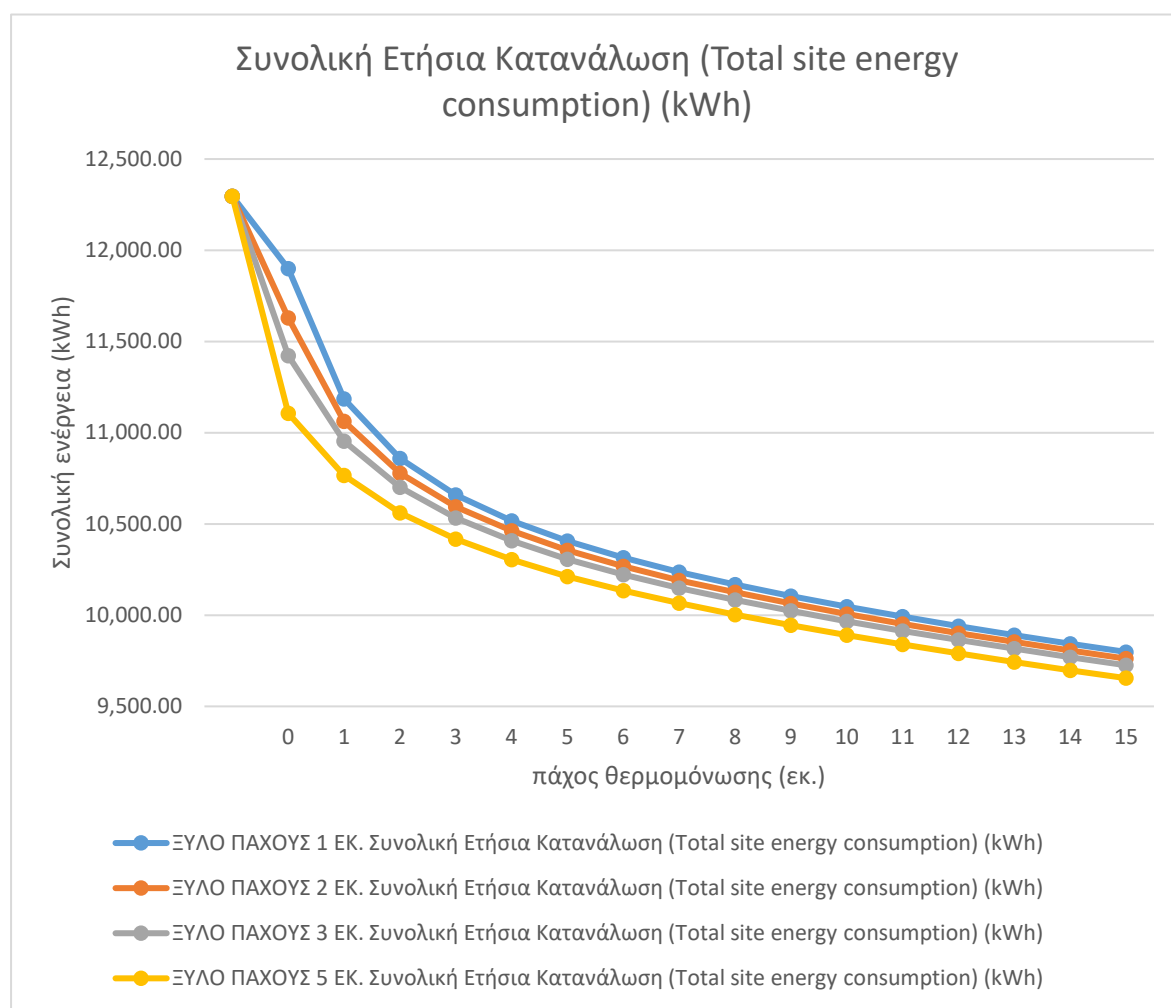
Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται βλέποντας και τις λεπτομερείς τιμές που έχουν καταγραφεί στον Πίνακα 12.5. Ενώ η αρχική διαφορά στην ετήσια κατανάλωση των δύο τοίχων με πάχος 10 εκατοστά είναι 376 kWh στο τέλος, με την προσθήκη και των 15 εκατοστών εξηλασμένης πολυστερίνης, η διαφορά αυτή γίνεται αμελητέα αφού καταλήγει να είναι μόνο 10 kWh. Η αντίστοιχη αρχική διαφορά στους τοίχους των 20 εκατοστών είναι 368 kWh και η αντίστοιχη τελική διαφορά 15 kWh. Παρόμοια εικόνα εμφανίζεται και στους τοίχους πάχους 30 εκατοστών όπου η αρχική διαφορά των δύο τοίχων είναι 338,37 kWh ενώ η τελική είναι σχεδόν 24 kWh. Μεταξύ των τριών διαφορών παρατηρείται μία μικρή αύξηση όσο αυξάνεται το πάχος το τοίχου από τα 10 στα 30 εκατοστά, ωστόσο αυτή παραμένει αμελητέα, καθώς οι 24 kWh στο σύνολο αποτελούν μία ετήσια εξοικονόμηση που σχεδόν αγγίζει το πολύ μικρό ποσοστό 0,2%.

Το πιο αποδοτικό σύστημα, παραμένει αυτό με τον συνδυασμό 30 εκατοστών τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο και εξηλασμένη πολυστερίνη 15 εκατοστών καταγράφοντας κατανάλωση 8,712 kWh. Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας που

επιτυγχάνεται ανά έτος, όπως αναφέρθηκε, είναι 3,584 kWh που αντιστοιχεί σε ποσοστό εξοικονόμησης της τάξης του 29,14%.

12.6 Προσθήκη ξύλου πάχους 1, 2, 3 και 5 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνη 1 έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος.

Τέλος, συγκρίνονται οι τέσσερις επιλογές που εξετάστηκαν και αφορούσαν την προσθήκη, εξωτερικά του κατακόρυφου κελύφους, συστημάτων με συνδυασμό εξηλασμένης πολυστερίνης έως 15 εκατοστά και ξύλινων πλακών OSB με πάχη μέχρι 1,2,3 και 5 εκατοστά. Οι γραφικές παραστάσεις των τεσσάρων συστημάτων που έγιναν στα πειράματα επί της τυπικής οικίας, παρουσιάζονται στην Εικόνα 12.8 και οι τιμές της ετήσιας κατανάλωσης που καταγράφηκαν στον Πίνακα 12.6.



Εικόνα 12.8: Προσθήκη ξύλου πάχους 1, 2, 3 και 5 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνη (1- 15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Πάχος Θερμομονωτικού Υλικού (εκ.)	ΞΥΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 1 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΞΥΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 2 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΞΥΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 3 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	ΞΥΛΟ ΠΑΧΟΥΣ 5 ΕΚ. Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)
Βασικό	12,296.57	12,296.57	12,296.57	12,296.57
0	11,899.54	11,629.69	11,421.57	11,106.19
1	11,184.73	11,063.31	10,954.03	10,765.73
2	10,859.52	10,777.56	10,701.10	10,560.45
3	10,659.21	10,594.58	10,532.93	10,416.70
4	10,517.43	10,462.01	10,407.41	10,304.32
5	10,406.17	10,356.02	10,306.43	10,212.35
6	10,314.27	10,267.40	10,221.92	10,134.22
7	10,235.51	10,191.33	10,148.27	10,065.66
8	10,167.33	10,125.09	10,083.62	10,002.40
9	10,104.33	10,063.78	10,023.22	9,944.08
10	10,046.33	10,006.31	9,966.81	9,889.80
11	9,991.70	9,952.60	9,913.91	9,838.84
12	9,940.31	9,901.81	9,863.91	9,789.95
13	9,890.95	9,853.37	9,816.18	9,742.83
14	9,843.78	9,806.67	9,769.79	9,698.02
15	9,798.36	9,761.64	9,725.24	9,654.60

Πίνακας 12.6: Προσθήκη ξύλου πάχους 1, 2, 3 και 5 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνη (1- 15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

Όπως διακρίνεται και στις γραφικές παραστάσεις, όλα τα συστήματα ακολουθούν μία πανομοιότυπη καμπύλη μείωσης της ετήσιας κατανάλωσης με πολύ μικρές διαφορές. Φαίνεται ότι, αρχικά, υπάρχει μία απότομη μείωση με την προσθήκη του OSB, ειδικά στην περίπτωση που αυτό έχει πάχος 5 εκατοστά, αλλά στη συνέχεια, όσο αυξάνεται το πάχος προσθήκης του θερμομονωτικού υλικού η διαφορά αυτή μειώνεται. Ειδικά μετά που η εξηλασμένη πολυστερίνη αποκτά πάχος 5 με 6 εκατοστά, οι πορείες των καμπύλων της ετήσιας κατανάλωσης που καταγράφονται στην τυπική οικία, είναι σχεδόν παράλληλες.

Οι διαφορές της δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικές. Το πιο αποτελεσματικό σύστημα που είναι αυτό με το πάχος του OSB να είναι στα 5 εκατοστά, καταγράφει, με την προσθήκη 15 εκατοστών εξηλασμένης πολυστερίνης, ετήσια κατανάλωση 9,654 kWh, ενώ το λιγότερο αποδοτικό, μεταξύ των τεσσάρων, που είναι αυτό με την ίδιο θερμομονωτικό υλικό και το 1 εκατοστό OSB καταγράφει ετήσια κατανάλωση 9,798 kWh. Η διαφορά των δύο είναι μόλις 143 kWh. Η διαφορά των δύο είναι πάρα πολύ μικρή καθώς το σύστημα με τα 5 εκατοστά OSB είναι αποδοτικότερο μόνο 1,17%.

Το πιο αποδοτικό σύστημα από τα τέσσερα, με την κατανάλωση 9,654 kWh προσφέρει εξοικονόμηση στην ετήσια κατανάλωση ενέργειας της Τυπικής Οικίας 2,641 kWh. Η εξοικονόμηση αυτή ποσοστιαία ανέρχεται στο 21,49%

12.7 Σύγκριση αποτελεσμάτων πειραμάτων κατακόρυφων στοιχείων εξωτερικού περιβλήματος.

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ			
Παθητικό Σύστημα	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (Total site energy consumption) (kWh)	Συνολική Ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας (Total site energy consumption) (kWh)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)
Θερμομόνωση στην Εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας πάχους έως 15 εκατοστά	9,817.84	2,478.73	20.16
Θερμομόνωση στην Εσωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας πάχους έως 15 εκ.	9,878.58	2,417.99	19.66
Τοίχος από Τούβλο Κυπριακό στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας πάχους έως 60 εκ.	8,594.31	3,702.26	30.11
Τοίχος από Κυπριακό τούβλο πάχους 10 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης έως 15 εκατοστά στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας.	9,404.91	2,891.66	23.52
Τοίχος από Κυπριακό τούβλο πάχους 20 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης από 1-15 εκατοστά στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας.	9,065.79	3,230.78	26.27
Τοίχος από Κυπριακό τούβλο πάχους 30 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης από 1-15 εκατοστά στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας.	8,736.41	3,560.16	28.95
Τοίχος από τούβλο Θερμομονωτικό στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας πάχους από 5 εκ. μέχρι 60 εκ.	8,305.28	3,991.29	32.46
Τοίχος από Θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης από 1-15 εκατοστά στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας	9,394.98	2,901.59	23.60
Τοίχος από Θερμομονωτικό τούβλο πάχους 20 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης από 1-15 εκατοστά στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας.	9,050.42	3,246.15	26.40
Τοίχος από Θερμομονωτικό τούβλο πάχους 30 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης από 1-15 εκατοστά στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας.	8,712.53	3,584.04	29.15
Ξύλου πάχους έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας.	10,776.59	1,519.98	12.36
Ξύλο πάχους 1 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους έως 15 εκ. εκατοστά στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας.	9,798.36	2,498.21	20.32
Ξύλο πάχους 2 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους έως 15 εκ. εκατοστά στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας.	9,761.64	2,534.93	20.61
Ξύλο πάχους 3 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους έως 15 εκ. εκατοστά στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας.	9,725.24	2,571.33	20.91
Ξύλο πάχους 5 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους έως 15 εκ. εκατοστά στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας.	9,654.60	2,641.97	21.49

Πίνακας 12.7: Σύγκριση αποτελεσμάτων πειραμάτων κατακόρυφων στοιχείων εξωτερικού περιβλήματος. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (καθαρή και ποσοστιαία).

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ			
Παθητικό Σύστημα	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας ανά τ.μ. (Total site energy consumption) (kWh/m²)	Συνολική Ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας ανά τ.μ. (Total site energy consumption) (kWh/m²)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Σε Σχέση με την Αρχική Κατανάλωση (%)
Θερμομόνωση στην Εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας πάχους έως 15 εκατοστά	54.54	13.77	20.16
Θερμομόνωση στην Εσωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας πάχους έως 15 εκ.	54.88	13.43	19.66
Τοίχος από Τούβλο Κυπριακό στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας πάχους έως 60 εκ.	47.75	20.57	30.11
Τοίχος από Κυπριακό τούβλο πάχους 10 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης έως 15 εκατοστά στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας.	52.25	16.06	23.52
Τοίχος από Κυπριακό τούβλο πάχους 20 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης από 1-15 εκατοστά στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας.	50.37	17.95	26.27
Τοίχος από Κυπριακό τούβλο πάχους 30 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης από 1-15 εκατοστά στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας.	48.54	19.78	28.95
Τοίχος από τούβλο Θερμομονωτικό στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας πάχους από 5 εκ. μέχρι 60 εκ.	46.14	22.17	32.46
Τοίχος από Θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης από 1-15 εκατοστά στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας	52.19	16.12	23.60
Τοίχος από Θερμομονωτικό τούβλο πάχους 20 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης από 1-15 εκατοστά στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας.	50.28	18.03	26.40
Τοίχος από Θερμομονωτικό τούβλο πάχους 30 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης από 1-15 εκατοστά στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας.	48.40	19.91	29.15
Ξύλου πάχους έως 15 εκ. στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας.	59.87	8.44	12.36
Ξύλο πάχους 1 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους έως 15 εκ. εκατοστά στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας.	54.44	13.88	20.32
Ξύλο πάχους 2 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους έως 15 εκ. εκατοστά στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας.	54.23	14.08	20.61
Ξύλο πάχους 3 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους έως 15 εκ. εκατοστά στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας.	54.03	14.29	20.91
Ξύλο πάχους 5 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους έως 15 εκ. εκατοστά στην εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας.	53.64	14.68	21.49

Πίνακας 12.8: Σύγκριση αποτελεσμάτων πειραμάτων κατακόρυφων στοιχείων εξωτερικού περιβλήματος. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά τετραγωνικό μέτρο (καθαρή και ποσοστιαία).

Ως μία σύνοψη όλων των αποτελεσμάτων των πειραμάτων που διενεργήθηκαν στο κατακόρυφο αδιαφανές μέρος του εξωτερικού κελύφους του βασικού μοντέλου που περιλαμβάνει, τόσο τα φέροντα στοιχεία, όσο και τα στοιχεία πλήρωσης, έγινε ο Πίνακας 12.7. Στον Πίνακα αυτό, καταγράφεται, στην πρώτη στήλη, η περιγραφή του κάθε συστήματος, στην δεύτερη η συνολική ετήσια κατανάλωση σε kWh μετά την εφαρμογή του παθητικού συστήματος, στην Τρίτη στήλη η συνολική εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται ετησίως από το κάθε σύστημα σε kWh και τέλος, στην τέταρτη στήλη η ετήσια εξοικονόμηση ετησίως πάλι, αλλά σε ποσοστό επί της 100. Όπως έγινε και στην περίπτωση των οριζόντιων στοιχείων, έτσι και εδώ δημιουργείται αντίστοιχος με τον Πίνακα 12.7, ο Πίνακας 12.8 ο οποίος παρουσιάζει όλες τις πιο πάνω πληροφορίες σε ετήσια και πάλι βάση, αλλά ανά τετραγωνικό μέτρο.

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του Πίνακα, η μεγαλύτερη μείωση στην ετήσια κατανάλωση της Τυπικής Οικίας, επιτυγχάνεται με την εφαρμογή του συστήματος που αφορά το κτίσιμο τούβλου μέχρι 60 εκατοστά από θερμομονωτικό τούβλο. Η τιμή της ετήσια κατανάλωσης με το σύστημα αυτό ανέρχεται στις 8,305.28 kWh. Αυτό σημαίνει ότι, σε σχέση με την ετήσια κατανάλωση του βασικού μοντέλου που είναι 12,296.57 kWh, πραγματοποιείται εξοικονόμηση στην κατανάλωση ενέργειας 3,991.29 kWh ετησίως. Αυτή η τιμή αντιστοιχεί σε μία ιδιαίτερα σημαντική εξοικονόμηση που αγγίζει το 32,46% ετησίως.

Η αμέσως επόμενη πιο αποδοτική παθητική προστασία επιτυγχάνεται με το ίδιο σύστημα αλλά με κατασκευή από συμβατικό τούβλο στο ίδιο πάχος των 60 εκατοστών. Η διαφορά στην εξοικονόμηση σε αυτή την περίπτωση είναι μικρή, της τάξης του 2,35% και ανέρχεται στις 289 kWh ετησίως. Στη συνέχεια, λιγότερο αποδοτικά συστήματα, αλλά με μία επίσης σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας που είναι μόλις κάτω από το 30% ετησίως, είναι τα συστήματα με συνδυασμό υλικών εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους 15 εκατοστών και τούβλων, τόσο συμβατικών, όσο και θερμομονωτικών σε πάχη 30 εκατοστών, τα οποία επιτυγχάνουν εξοικονόμηση ενέργειας 28,95% και 29,15% αντίστοιχα. Η διαφορά μεταξύ τους είναι μόλις 0,20% ετησίως που ουσιαστικά είναι αμελητέα.

Όπως και στην περίπτωση των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στην παθητική προστασία της πλάκας, έτσι και σε αυτήν την περίπτωση της παθητικής προστασίας των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού κελύφους, βγαίνει το συμπέρασμα ότι τα υλικά που συνθέτουν τα πιο αποδοτικά συστήματα παθητικής προστασίας είναι τα ίδια και είναι το συμβατικό τυπικό τούβλο, το θερμομονωτικό τούβλο και η εξηλασμένη πολυστερίνη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13: ΣΥΝΟΨΗ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ, ΤΟΣΟ ΓΙΑ ΤΑ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ, ΟΣΟ ΚΑΙ ΓΙΑ ΤΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ.

13.1 Σύνοψη των αποτελεσμάτων.

Με βάση την ανάλυση και τις συγκρίσεις των αποτελεσμάτων των πειραμάτων επί των αδιαφανών στοιχείων, τόσο στο εξωτερικό περίβλημα της τυπικής οικίας, όσο και στο οριζόντιο στοιχείο του εξωτερικού κελύφους που έγινε στα Κεφάλαια 13 & 14, δημιουργήθηκε ο Πίνακας 13.1, ο οποίος συνοψίζει τα βέλτιστα αποτελέσματα. Στην πρώτη στήλη του Πίνακα καταγράφονται συνολικά στοιχεία για την τυπική οικία ενώ στην δεύτερη στήλη, τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται ανά τετραγωνικό μέτρο.

	Ετήσια κατανάλωση (kWh)	Ετήσια κατανάλωση ανά τ.μ. (kWh/m²)	Ποσοστό επί της αρχικής κατανάλωσης
Αρχική Κατανάλωση	12,296.57	68.31	
Εξοικονόμηση από οριζόντιο παθητικό σύστημα	2,481.08	13.78	20.18%
Εξοικονόμηση από κατακόρυφο παθητικό σύστημα	3,991.29	22.17	32.46%
Συνολική Εξοικονόμηση	6,472.37	35.95	52.64%
Τελική Κατανάλωση	5,824.20	32.35	47.36%

Πίνακας 13.1: Σύνοψη αποτελεσμάτων βέλτιστων προτάσεων.

Όπως φαίνεται στον πιο πάνω πίνακα, αναφορικά με το οριζόντιο στοιχείο του εξωτερικού κελύφους, ο συνδυασμός 20 εκατοστών θερμομονωτικού τούβλου και 15 εκατοστών εξηλασμένης πολυστερίνης, επί της υφιστάμενης πλάκας από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 15 εκατοστών και μπετόν ρύσεων μέσου πάχους 10 εκατοστών, προσφέρει εξοικονόμηση των 2,481.08 kWh, που αντιστοιχεί σε ποσοστό επί της ετήσιας συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας μεγέθους 20,18%,

Στο εξωτερικό περίβλημα, όπως πάλι καταγράφεται στον Πίνακα 13.1, με την εφαρμογή του συστήματος τοίχου πάχους 60 εκατοστών από θερμομονωτικό τούβλο, επιτεύχθηκε εξοικονόμηση 3,991.29 kWh, η οποία αντιστοιχεί σε μία ιδιαίτερα σημαντική ποσοστιαία εξοικονόμηση ετησίως της τάξης του 32.46%.

Η συνολική εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή και των δύο συστημάτων ξεπερνά το 50% της ετήσιας κατανάλωσης, αφού εξοικονομεί στην τυπική οικία 6,472.37 kWh ανεβάζοντας το ποσοστό συνολικής ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας στο 52.64%. Το γεγονός αυτό, με άλλα λόγια, σημαίνει ότι με την εφαρμογή των δύο παθητικών συστημάτων στο εξωτερικό κέλυφος και χωρίς να αλλάξουν τα υπόλοιπα δεδομένα που εισήχθησαν στο μοντέλο, η τυπική οικία επιτυγχάνει τις ίδιες επιθυμητές συνθήκες θερμικής ευεξίας σε σχέση με το αρχικό, θερμικά απροστάτευτο μοντέλο, καταναλώνοντας το 47.36% της αρχικής καταναλισκόμενης ενέργειας.

13.2 Αξιοποίηση και εφαρμογή των συστημάτων.

Λόγω της υψηλής αποδοτικότητας των δύο συστημάτων και εφόσον στόχος της παρούσας διατριβής ήταν η, εν τέλει, πρόταση δύο συστημάτων που θα μπορέσουν να προχωρήσουν σε εφαρμογή επί του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος, θα πρέπει να αξιολογηθεί η δυνατότητα της πρακτικής αξιοποίησής τους.

Τα υλικά, από τα οποία αποτελούνται τα παθητικά συστήματα, όπως αναλύθηκε και στο Κεφάλαιο 4, υπάρχουν σε αφθονία στην Κυπριακή αγορά και πολλά από αυτά παράγονται και από την τοπική βιομηχανία κάνοντας το κόστος τους ιδιαίτερωσ προσιτό. Είναι δοκιμασμένα σε βάθος χρόνου, καθώς είναι υλικά που χρησιμοποιούνται στην τοπική αλλά και ξένη αγορά, αρκετές δεκαετίες (Εικ. 13,1 & Εικ. 13.2). Αυτό καθιστά και την εφαρμογή τους από τους κατασκευαστές και τους μελετητές που θα τα προτείνουν εύκολη, καθώς είναι γνωστός ο τρόπος που επεξεργάζονται και δουλεύονται τα υλικά αυτά στα εργοτάξια.



Εικόνα 13.1: Θερμομονωτικά τούβλα που παράγονται από την τοπική αγορά.

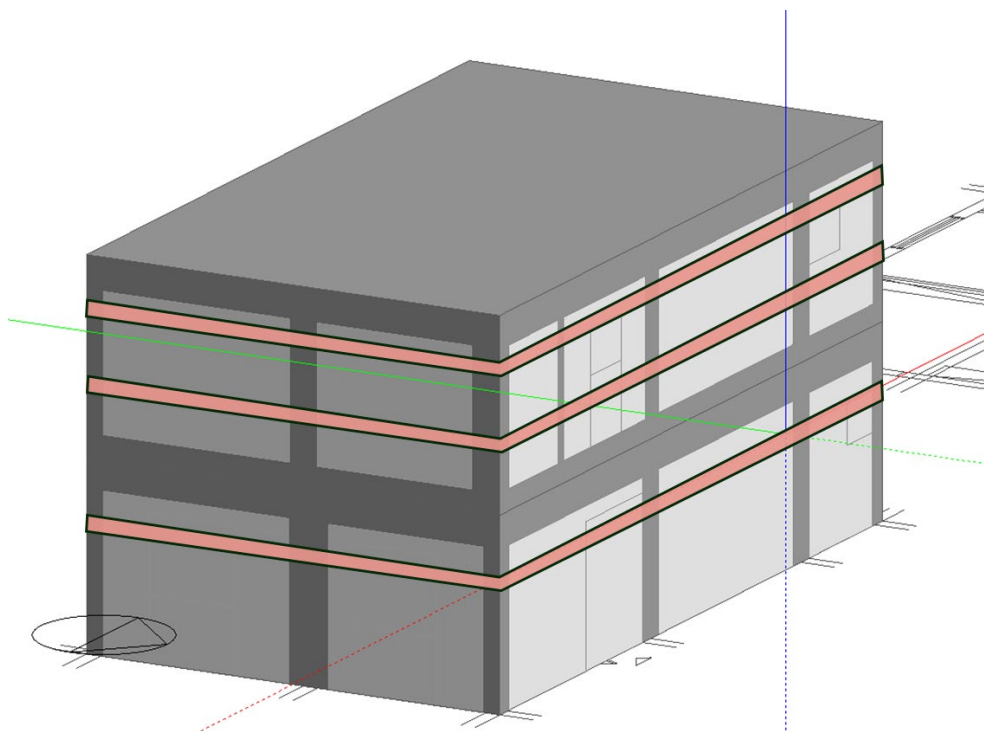


Εικόνα 13.2: Εξηλασμένη πολυστερίνη.

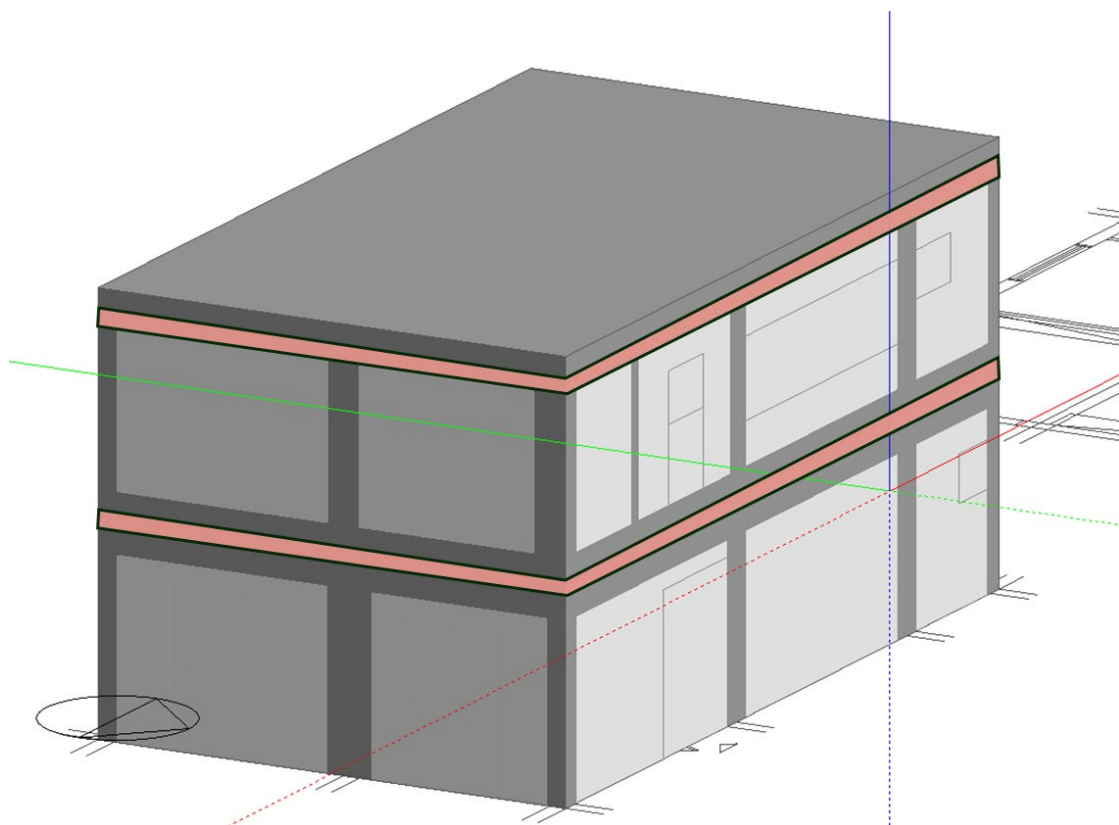
Το σύστημα οροφής δεν έχει κάποιο βαθμό δυσκολίας στην εφαρμογή του, καθώς, τόσο τα πάχη, όσο και τα υλικά που προτείνονται είναι σε λογικά μεγέθη και το συνολικό βάρος του συστήματος δεν επιβαρύνει την υφιστάμενη κατασκευή, όπως αναλύθηκε και στο Κεφάλαιο 6.

Τα ίδια δεδομένα, όσον αφορά την αξιοπιστία των υλικών και την ευκολία εφαρμογής τους, ισχύουν και με το κατακόρυφο σύστημα της προσθήκης τοίχου από θερμομονωτικά τούβλα συνολικού πάχους 60 εκ. Υπάρχουν, ωστόσο, για το κατακόρυφο σύστημα, δύο κατηγορίες παραμέτρων, οι οποίες πρέπει να εξεταστούν. Η πρώτη κατηγορία αφορά την κατασκευαστική πλευρά και τον τρόπο υλοποίησης ενός τέτοιου διώροφου τοίχου περιμετρικά ενός υφιστάμενου κελύφους και των σημείων που πρέπει να προσεχθούν στην κατασκευή του και η δεύτερη κατηγορία αφορά τα λειτουργικά και νομικά θέματα που προκύπτουν από το ίδιο το πάχος του τοίχου σε μία υφιστάμενη κατασκευή.

Αναφορικά με το πρώτο θέμα, είναι σαφές, ότι ένας τέτοιος τοίχος θα πρέπει από τη μία, ο ίδιος να έχει κάποια διαζώματα για γενική περίδεση (Εικ. 13,3) και από τη άλλη, να στερεώνεται συνδεδεμένος με το υφιστάμενο περίβλημα. Αυτό κατά πάσα πιθανότητα θα γίνεται σε διάφορα σημεία μεταξύ υφιστάμενου και προτεινόμενου τοίχου, αλλά κυρίως μέσω των διαζωμάτων που θα συνδέονται, μάλλον, με τον υφιστάμενο φέροντα οργανισμό (Εικ. 13,4).

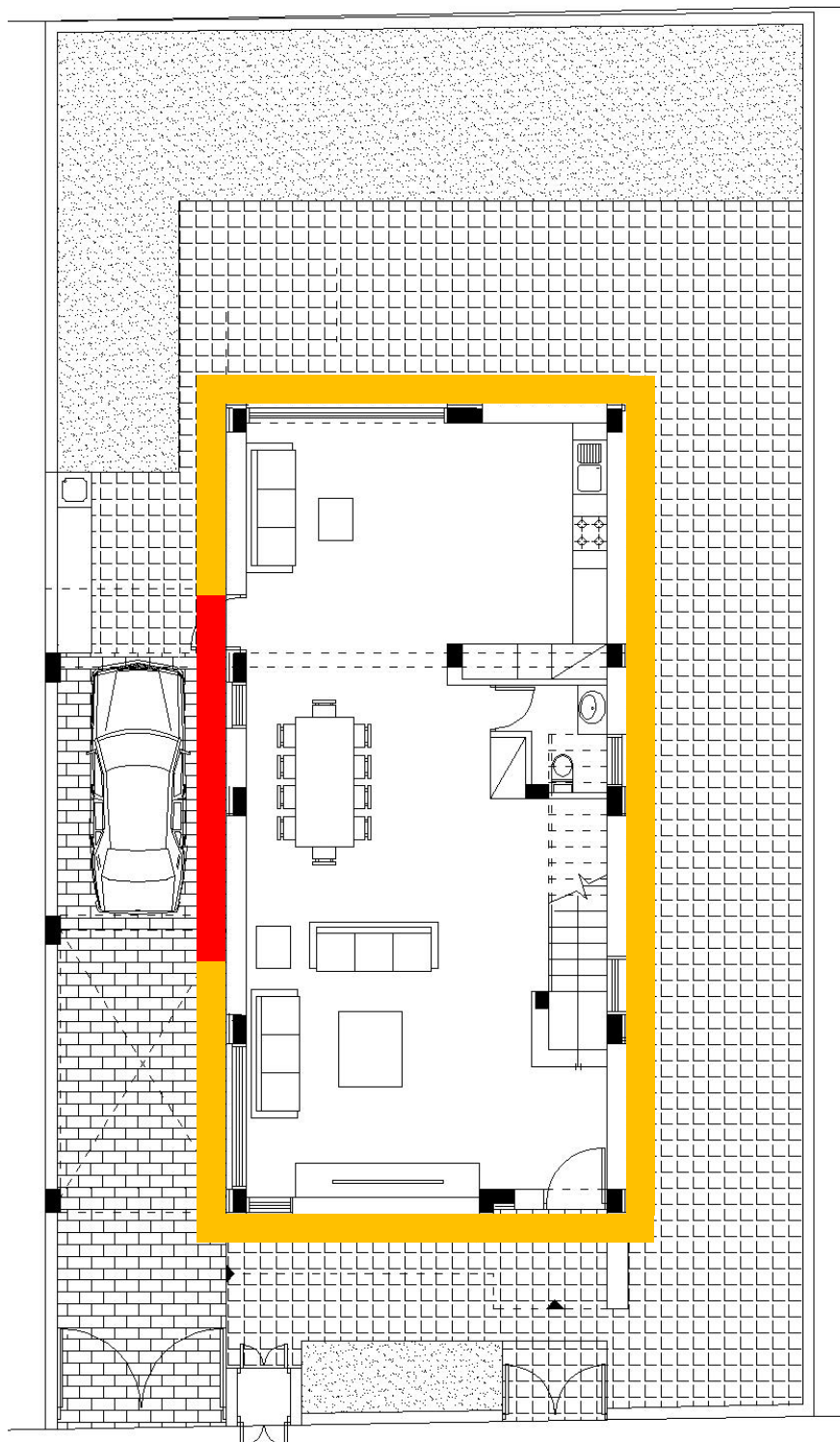


Εικόνα 13.3: Ενισχυτικά διαζώματα στα ανώφλια και κατώφλια των ανοιγμάτων.



Εικόνα 13.4: Ενισχυτικά διαζώματα σύνδεσης με τον υφιστάμενο στατικό φορέα.

Το δεύτερο θέμα αφορά το πάχος του συστήματος το οποίο είναι 60 εκατοστά. Είναι γεγονός ότι πρόσθετα 60 εκατοστά εξωτερικά ενός τοίχου αποτελούν μία σημαντική διατομή που θα επιφέρει κάποια μικρά λειτουργικά προβλήματα αναφορικά με το χώρο που θα καταλαμβάνει στην περίμετρο μία κατοικίας (βλ Εικ. 13.5 με πορτοκαλί και κόκκινο χρώμα). Θεωρώντας ότι μία οικογένεια αξιοποιεί την αυλή στο πίσω μέρος μίας κατοικίας ή οποία έχει ένα πλάτος που ξεπερνά συνήθως τα 4 μέτρα, το πάχος των 60 εκατοστών δεν προβλέπεται να επηρεάσει τις λειτουργικές καθημερινές τους δραστηριότητες (Εικ. 13.6). Τα πλαϊνά, επίσης, της οικοδομής, όπως και το μπροστινό μέρος κατά μήκος το οδικού δικτύου (Εικ. 13.7), δεν πολυχρησιμοποιούνται σε καθημερινή βάση, επομένως ούτε εκεί θα παρουσιαστεί λειτουργικό πρόβλημα. Εκεί, όμως, που θα υπάρξει πρόβλημα είναι στο σημείο του χώρου στάθμευσης του αυτοκινήτου της οικογένειας, το οποίο είναι καθιερωμένη τακτική να τοποθετείται στο πλαϊνό σύνορο, στην απόσταση των 3 μέτρων που υπάρχει μεταξύ της κυρίως οικοδομής και του συνόρου (βλ Εικ. 13.5 με κόκκινο χρώμα & Εικ. 13.8).



Εικόνα 13.5: Τυπική κάτοψη ανεξάρτητης κατοικίας με παραπλήσια μεγέθη με αυτά της τυπικής οικίας. Η προσθήκη στην περίμετρο της κατοικίας τοίχου πάχους 60 εκ. διακρίνεται με πορτοκαλί και κόκκινο χρώμα. Με χρώμα κόκκινο σημειώνεται το σημείο του χώρου στάθμευσης του αυτοκινήτου.

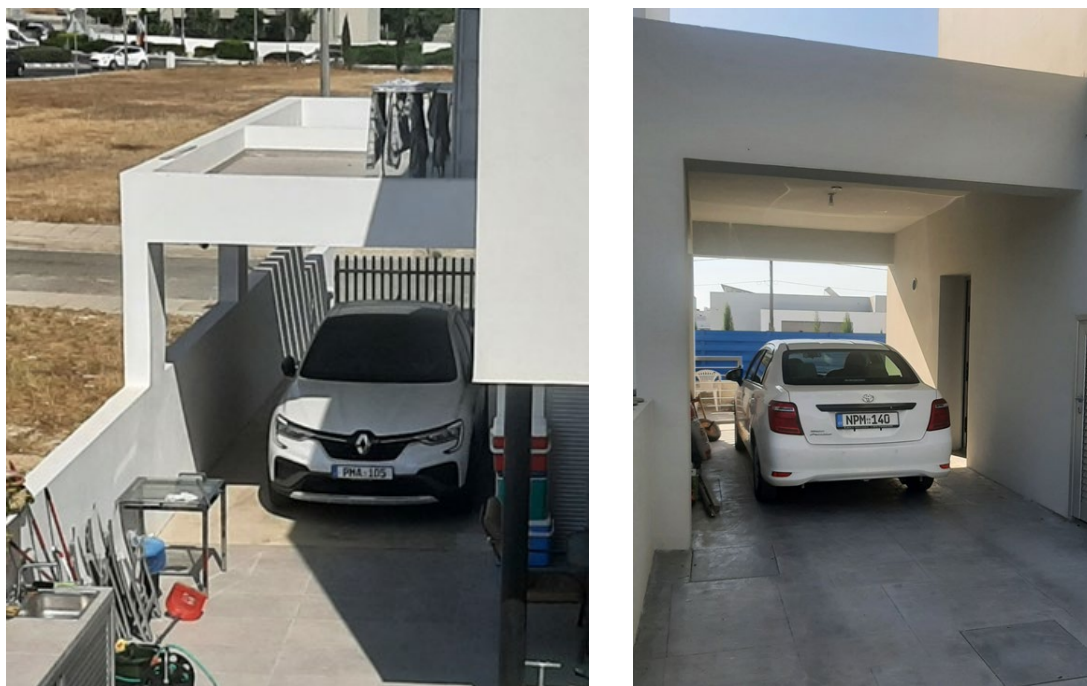


Εικόνα 13.6: Ιδιωτική αυλή στην πίσω πλευρά μίας οικίας.



Εικόνα 13.7: Αριστερά, φαίνεται η πλαϊνή πλευρά τυπικής κατοικίας ελεύθερης από όλες τις πλευρές σε απόσταση 3 μέτρων τα σύνορα και δεξιά διακρίνονται οι όψεις κατά μήκος του οδικού συνόρου τυπικών κατοικιών που απέχουν και αυτές 3 μέτρα από τα σύνορα.

Στο σημείο εκείνο, τα 60 εκατοστά του προτεινόμενου συστήματος θα δημιουργήσουν λειτουργικό πρόβλημα, καθώς ο χώρος των 3 μέτρων που υπάρχει για να σταθμεύει ένα αυτοκίνητο και να ανοίγουν οι πόρτες του, που κάποτε λόγω των τοίχων περίφραξης μειώνεται στα 2,80 μέτρα, τώρα θα περιοριστεί στα 2,20 ή και λιγότερο (Εικ. 13.8).

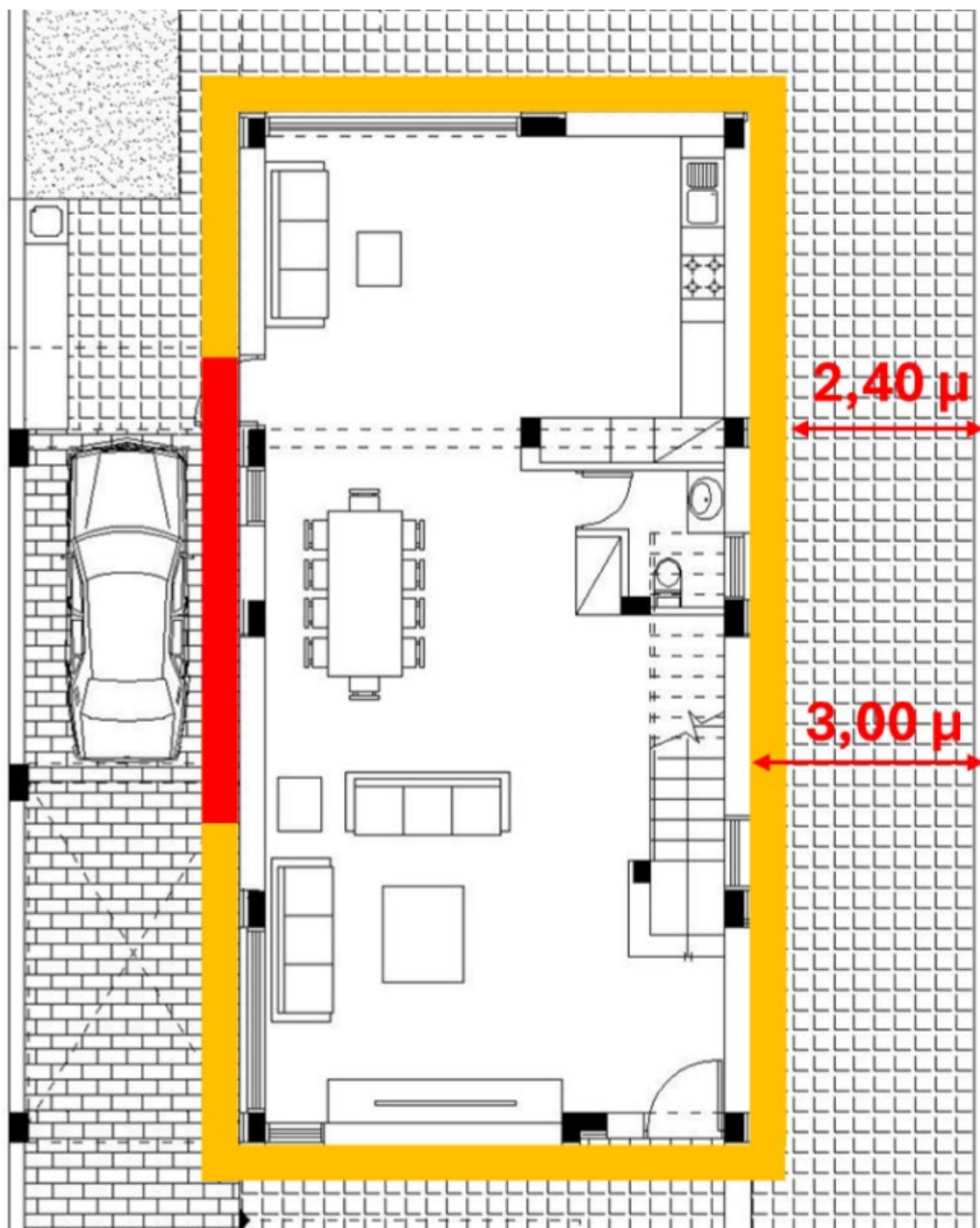


Εικόνα 13.8: Ο χώρος στάθμευσης κατά μήκος του πλαϊνού συνόρου μίας τυπικής κατοικίας σε απόσταση 3 μέτρων τα σύνορα.

Εκεί, θα πρέπει ίσως να βρεθεί μία συμβιβαστική λύση με μία πρόταση πιθανόν απλής προσθήκης θερμομόνωσης που θα έχει λιγότερη αποτελεσματικότητα αφενός, αφετέρου, θα επιτρέπει στον χώρο να λειτουργεί σωστά. Όλα αυτά, βέβαια, τα λειτουργικά και οικονομικά θέματα που θα δημιουργηθούν με την προσθήκη των 60 εκατοστών στην περίμετρο μίας κατοικίας, θα πρέπει να συυπολογιστούν με τα μακροπρόθεσμα οικονομικά οφέλη που θα έχει ένα νοικοκυριό, μην ξεχνώντας και τα μακροπρόθεσμα, επίσης, περιβαλλοντικά οφέλη.

Τα άλλα θέματα που προκύπτουν με την προσθήκη τέτοιου πάχους τοίχου στην περίμετρο μίας υφιστάμενης κατοικίας, είναι δύο και έχουν σχέση με τους οικοδομικούς κανονισμούς της Κυπριακής νομοθεσίας. Στο πρώτο, σημειώνεται ότι ο περί οδών και οικοδομών νόμος, επιβάλλει ότι η κυρίως οικοδομή σε ένα οικόπεδο δομήσιμο πρέπει να απέχει 3 μέτρα από τα σύνορα. Με την εφαρμογή αυτού του συστήματος και εφόσον αυτό ενσωματωθεί και θεωρηθεί ένα στοιχείο με την κυρίως οικοδομή, η απόσταση της

θα είναι 2,40 μέτρα από το σύνορο, γεγονός που καθιστά την κατασκευή παράνομη (Εικ. 13,9).



Εικόνα 13.9: Η απόσταση μίας οικοδομής από το σύνορο πρέπει να είναι 3 μέτρα το ελάχιστο.

Το δεύτερο σημείο είναι η αυτονόητη αύξηση του εμβαδού μίας οικοδομής και επομένως και του συντελεστή δόμησης και κάλυψης της όταν αυτή σε όλη της την περίμετρο αυξηθεί κατά 60 εκατοστά. Αυτά τα θέματα, θα πρέπει να εξεταστούν από

την πολιτεία και τις αρμόδιες κρατικές υπηρεσίες και πολεοδομικές αρχές και να τα χειριστούν συνυπολογίζοντας τα προαναφερθέντα οικονομικά οφέλη ενός νοικοκυριού, αλλά κυρίως και τα περιβαλλοντικά οφέλη και κέρδη που προκύπτουν από μία τέτοια πρόταση.

13.4 Περαιτέρω συμπεράσματα και προτάσεις για το παθητικό σύστημα της πλάκας οροφής.

Αν και στόχος της παρούσας διατριβής ήταν και είναι η βελτίωση θερμικά του υφιστάμενου οικιστικού αποθέματος του νησιού, αξιολογώντας τη σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνουν αυτά τα παθητικά συστήματα που ανέδειξε η έρευνα, μπορούν πιθανόν να αξιοποιηθούν και για άλλες κατασκευές υφιστάμενες και νέες.

Το συμπέρασμα που καταγράφηκε στην Παράγραφο 11.9, ήταν ότι ο συνδυασμός 20 εκατοστών θερμομονωτικού τούβλου και 15 εκατοστών εξηλασμένης πολυστερίνης, επί υφιστάμενης πλάκας από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 15 εκατοστών και μπετόν ρύσεων μέσου πάχους 10 εκατοστών, προσφέρει την ιδιαίτερα σημαντική εξοικονόμηση του 20,18%. Το γεγονός της υψηλής απόδοσης του συστήματος οροφής, το χαμηλό βάρος του, η εύκολη κατασκευή και πρόσβαση στα υλικά του, και κυρίως η πλήρης ανεξαρτητοποίηση του από την υφιστάμενη πλακά, πιθανόν να αποτελέσουν την αφετηρία σκέψεων εξέτασης του συστήματος ως μία ανεξάρτητη πρόταση που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες υφιστάμενες κατοικίες, όπως π.χ. αυτών από ελαφρά κατασκευή.

Όλες οι κατοικίες με φέροντα οργανισμό από μέταλλο ή ξύλο οι οποίες έχουν οριζόντιο σχεδιασμό δώματος, θα μπορούσαν να αναβαθμιστούν θερμικά με αυτό το σύστημα, καθώς οι οριζόντιες οροφές τους μπορούν να δεχθούν τα εν λόγω σύστημα με την ίδια ευκολία όπως οι συμβατικές κατασκευές που έχουν εξεταστεί. Επίσης, θα μπορούσε το σύστημα αυτό να προτείνεται και σε νέες συμβατικές κατοικίες από οπλισμένο σκυρόδεμα που επίσης θα έχουν οριζόντιο σχεδιασμό οι πλάκες οροφή τους.

13.5 Περαιτέρω συμπεράσματα και προτάσεις για το παθητικό σύστημα του εξωτερικού περιβλήματος.

Για το σύστημα του εξωτερικού περιβλήματος, που χαρακτηρίζεται και αυτό από ιδιαίτερα υψηλή απόδοση επιτυγχάνοντας εξοικονόμηση στην ετήσια κατανάλωση 32,46% με εύκολη πρόσβαση υλικών και ευκολία κατασκευής, μπορούν να γίνουν οι ίδιες σκέψεις για εφαρμογή του σε υφιστάμενες κατασκευές από ελαφρά κατασκευή με φέρονται οργανισμό από μέταλλο ή ξύλο. Εδώ ωστόσο, υπάρχει ένα σοβαρό πρόβλημα που αφορά την πραγματική πρακτική ευκολία αλλά και το κόστος εφαρμογής ενός τέτοιου συστήματος που ουσιαστικά προϋποθέτει κτίσιμο διπλού τοίχου εξωτερικά του υφιστάμενου περιβλήματος.

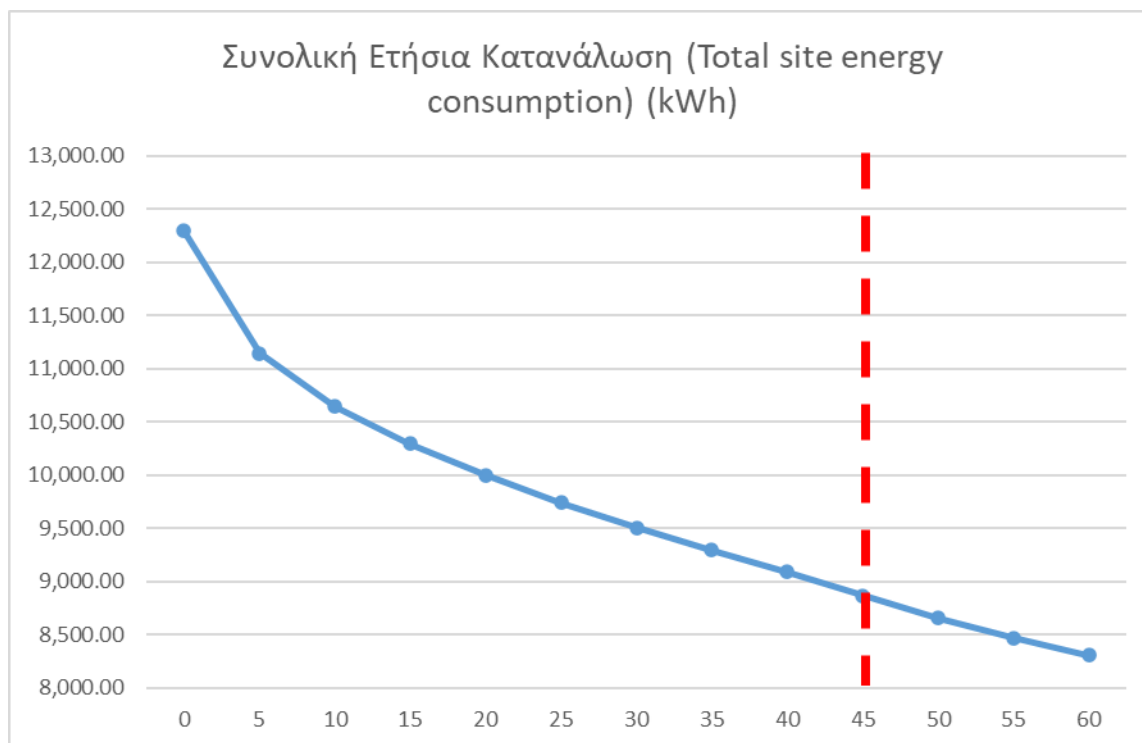
Η εξέλιξη της τεχνολογίας έρχεται να δώσει την λύση σε αυτό το σοβαρό πρόβλημα εφαρμογής. Όταν έγιναν τα πειράματα, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας των θερμομονωτικών τούβλων ήταν 0,18 W/mK. Σήμερα ο συντελεστής αυτός έχει μειωθεί κατά τον 1/3 σχεδόν και τα θερμομονωτικά τούβλα που υπάρχουν σήμερα στην αγορά, έχουν συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας κοντά στο 0,12 (Εικ. 13.10). Αυτή η μείωση, σημαίνει ότι το κατακόρυφο σύστημα θερμικής προστασίας, χρησιμοποιώντας τα νέα υλικά, θα πετυχαίνει την ίδια εξοικονόμηση που υπολογίστηκε, με τη χρήση σαφώς μικρότερης διατομής τοίχου από τα 60 εκατοστά, χωρίς αυτό να υπονοεί ότι η μείωση αυτή θα έχει αντίστοιχη γραμμική μείωση ανάλογη με αυτήν του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.



Εικόνα 13.10: Νέα θερμομονωτικά τούβλα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0,12 \text{ W/mK}$ σε σχέση με αυτόν των πειραμάτων που ήταν $\lambda = 0,18 \text{ W/mK}$.

Με μία, επίσης, φιλοσοφία χρήσης του παθητικού αυτού συστήματος, όχι στον απόλυτο βαθμό απόδοσης του, αλλά σε έναν πολύ ικανοποιητικό ενδιάμεσο, κοντά στον βέλτιστο βαθμό, είναι λογικό να γίνει η υπόθεση ότι το πάχος του τοίχου από θερμομονωτικά τούβλα που θα επιτυγχάνει την επιθυμητή εξοικονόμηση, να μπορεί να γίνει στα 33 εκατοστά. Αυτή είναι μία διάσταση τούβλου που υπάρχει σήμερα και

χρησιμοποιείται ευρέως στον Κυπριακό κατασκευαστικό τομέα, μειώνοντας έτσι κατακόρυφα το κόστος εφαρμογής ενός τέτοιου συστήματος.



Εικόνα 13.11: Ενδιάμεση τιμή βαθμού απόδοσης εκάστου παθητικού συστήματος.

Σήμερα η καθιερωμένη πρακτική ενεργειακής αναβάθμισης υφιστάμενων κατοικιών επικεντρώνεται στην θερμοπρόσοψη, που αφορά την καθολική επένδυση τους εξωτερικά, με θερμομονωτικές πλάκες καλυμμένες με κάποια χιλιοστά από γόμες και πλαστικό δίκτυο (Εικ.13.12). Για μία κατοικία μεγέθους της τυπικής οικίας, η εφαρμογή συστήματος θερμοπρόσοψης, με σημερινές τιμές αγοράς στοιχίζει περίπου €16-18 χιλιάδες ευρώ. Το αντίστοιχο κόστος για κτίσιμο τοίχου πάχους ενός θερμομονωτικού τούβλου 33 εκατοστών επιχρισμένο και μπογιατισμένο, ανέρχεται περίπου στις € 20-22 χιλιάδες ευρώ.

Για την χρήση της εξηλασμένης πολυστερίνης ωστόσο, υπάρχουν κάποιοι προβληματισμοί. Ο ένας αφορά την αντοχή της απόδοσης στο χρόνο της ίδιας αλλά και του συγκεκριμένου συστήματος, και ο δεύτερος, ο πιο σημαντικός, αφορά τη σημαντική εμπεριεχόμενη ενέργεια που έχει η εξηλασμένη πολυστερίνη που είναι ιδιαίτερα υψηλή, καθιστώντας την, ως υλικό, ενεργοβόρο και ρυπογόνο. Με αυτές τις ανησυχίες, και επίσης με το γεγονός ότι το τούβλο σε σχέση με την πολυστερίνη είναι ανακυκλώσιμο υλικό, η ενεργειακή αναβάθμιση των υφιστάμενων κατοικιών με σύστημα θερμικής προστασίας την προσθήκη θερμομονωτικού τοίχου, πιθανόν να

αποτελεί ένα θέμα που να πρέπει μελετηθεί περισσότερο, αναδεικνύοντας μία σημαντικά καλύτερη και φιλική προς το περιβάλλον, λύση ενεργειακής αναβάθμισης.



Εικόνα 13.12: Ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενων κατοικιών με την μέθοδο της θερμοπρόσοψης, που αφορά την καθολική επένδυση του περιβλήματος με θερμομονωτικές πλάκες καλυμμένες με κάποια χιλιοστά από γόμες και πλαστικό δίκτυο.

Όσον αφορά τη διαφορά του αρχικού κόστους τοποθέτησης του σε σχέση με την θερμοπρόσοψη, που κυμαίνεται μεταξύ €3 και 4 χιλιάδων ευρώ, αυτό είναι ένα κόστος που με την υπολογιζόμενη εξοικονόμηση ενέργειας να ξεπερνά το 50% ετησίως, θα αποσβεστεί σε 1 με 2 χρόνια. Επίσης, είναι ένα σύστημα που σε βάθος χρόνου δεν πρόκειται να αλλοιωθεί η απόδοσή του. Να σημειωθεί επίσης ότι προσθήκη 33 εκατοστών τοίχου έξω από το υφιστάμενο κέλυφος δημιουργεί και μία πρόσθετη σκίαση στα κουφώματα που ιδιαίτερα στις νότιες όψεις το καλοκαίρι αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμη.

Όσον αφορά τις νέες κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα θα μπορούσαν να γίνουν διαφορετικές προτάσεις από αυτήν της απλής εφαρμογής του στο περίβλημα των νέων

κατασκευών. Το πάχος των 60 εκατοστών, που όπως παρουσιάστηκε πιο πάνω αποτελεί μία δυσκολία στο χειρισμό του, θα μπορούσε, για τέτοιου χαμηλού ύψους, μέχρι δύο ορόφους κατασκευές, να αναδειχθεί ως το μεγάλο πλεονέκτημα του συστήματος, το οποίο πιθανόν να οδηγήσει και σε νέο δομικό σύστημα. Εξηγώντας την πιο πάνω δήλωση, θα μπορούσε μία νέα κατασκευή, με τοιχοποιίες πάχους 60 εκατοστών να καταργήσει εξ' ολοκλήρου την κατασκευή από φέροντα οργανισμό με οπλισμένο σκυρόδεμα, η οποία έχει αποδειχθεί ότι είναι μία κατασκευή από θερμική μάζα ακατάλληλη για θερμά κλίματα όπως αυτό της Κύπρου και να αναδείξει ένα δομικό σύστημα με τις τοιχοποιίες αυτές να είναι φέρουσες. Αυτό το στοιχείο μπορεί να αποτελέσει πρόταση για περαιτέρω έρευνα και προτείνεται στο Κεφάλαιο 14, αλλά προκαταρκτικά μία κατασκευή με αυτά τα πάχη τοιχοποιιών μπορεί με ενισχυτικά διαζώματα σε συχνές οριζόντιες καθοριστικές θέσεις να λειτουργήσει σωστά. Τα διαζώματα αυτά, ωστόσο, θα πρέπει να τύχουν ανάλογου χειρισμού ώστε να μην αποτελούν θερμογέφυρες.

Πρόσθετα των διαζωμάτων, θα μπορούσαν σε συγκεκριμένα σημεία της περιμετρικής τοιχοποιίας να κτίζονται τα θερμομονωτικά τούβλα, ειδικά διαμορφωμένα με παχύτερα τοιχώματα και μεγαλύτερες οπές, και εντός των οπών των αυτών να γίνονται ενισχύσεις με οπλισμό και σκυρόδεμα. Αυτό όμως και πάλι θα πρέπει να γίνεται επιλεκτικά, καθώς στα σημεία αυτά θα δημιουργούνται μικρές θερμογέφυρες.

Τέλος, μία προσπάθεια σοβαρής έρευνας στο συγκεκριμένο νέο σύστημα δόμησης, θα μπορούσε επίσης, να καινοτομήσει προτείνοντας επιφανειακό στοιχείο στέγασης αλλά και δευτερευόντως, οροφής ισογείου από υλικά σαφώς ελαφρύτερα, όπως είναι το ξύλο και τα παράγωγά του. Μία τέτοια πρόταση θα αφαιρούσε μία τεράστια θερμική μάζα από το δυσμενέστερο, θερμικά, σημείο μίας διώροφης κατοικίας που είναι η οροφή της, η οποία δέχεται την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας και θα πρόσθετε, στο σημείο αυτό, μία κατασκευή από υλικά με σημαντικά πιο χαμηλό συντελεστή θερμική αγωγιμότητας συνεισφέροντας σημαντικά στην μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων της.

Επίσης, η πρόταση αυτή προσφέρει ακόμη ένα σημαντικότερο πλεονέκτημα στις κατοικίες που κτίζονται σε σεισμογενείς περιοχές όπως είναι η Κύπρος, καθώς και πάλι, στην οροφή μίας κατασκευής, που αποτελεί το σημείο που επιβαρύνει σε μέγιστο βαθμό την κατασκευή από πλευράς σεισμού λόγω αυξημένων ροπών, προτείνεται όπως αντικατασταθεί μία πλάκα από μπετόν που έχει πολύ σημαντικό φορτίο, άρα και αντίστοιχες ροπές, με μία πολύ ελαφρύτερη από ξύλινο φέροντα οργανισμό και το προαναφερθέν σύστημα θερμικής προστασίας, μειώνοντας κατακόρυφα τις ροπές στο

ψηλότερο σημείο της κατασκευής, καθιστώντας το όλο οικοδόμημα ασφαλέστερο σε δυναμικές καταπονήσεις.

13.6 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Με βάση τις παραδοχές που έγιναν στην παρούσα διατριβή και την εστίαση σε ζητήματα κελύφους, περαιτέρω έρευνα θα μπορούσε να λάβει υπόψη ή να εστιάσει στα παρακάτω:

- Στα παθητικά συστήματα να εισαχθεί η παράμετρος του αεριζόμενου στρώματος (διπλοκέλυφης κατασκευής), τόσο στην πλάκα, όσο και στις εξωτερικές τοιχοποιίες
- Γενικά από τη στιγμή που υπάρχει το προσομοίωμα μπορούν να δοκιμαστούν και άλλα παθητικά συστήματα με άλλες κατηγορίες υλικών
- Αξιολόγηση προσομοιώματος σε καθαρά παθητική συμπεριφορά, χωρίς την χρήση ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης (HVAC)
- Εποχιακός διαχωρισμός heating και cooling
- Σκιασμός ανοιγμάτων.
- Αλλαγή προσανατολισμού προσομοιώματος
- Πως λειτουργεί σε άλλες κλιματικές ζώνες το προσομοίωμα και τα παθητικά συστήματα και όταν στο μέλλον θα είναι διαθέσιμα και άλλα κλιματικά δεδομένα για τον Κυπριακό χώρο να αξιολογηθεί και σε αυτά
- Προσδιορισμός του κόστους της κάθε πρότασης και των μακροπρόθεσμων ωφελημάτων σε πραγματικά δεδομένα.
- Εξέταση για στατική επάρκεια μίας διώροφης κατασκευής από φέρουσα τοιχοποιία από θερμομονωτικό τούβλο, χωρίς πλάκες με οπλισμένο σκυρόδεμα και με τις παραμέτρους και τις ενισχύσεις που αναφέρθηκαν στην Παράγραφο 13.5

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΤΙΤΛΩΝ ΚΑΙ ΠΗΓΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- Εικόνα 1: Με την υπερθέρμανση του πλανήτη αυξάνεται συνεχώς ο βαθμός δυσκολίας κατάσβεσης των πυρκαγιών. Πηγή: <https://shorturl.at/sTX04>, ημ. πρόσβασης 5/10/2023.
- Εικόνα 2: Σεπτέμβριος 2023, Θεσσαλία. Ανυπολόγιστες οι καταστροφές από τις πλημμύρες λόγω ακραίων βροχοπτώσεων. Πηγή: <https://shorturl.at/ilU58>, ημ. πρόσβασης 5/10/2023.
- Εικόνα 3: Το κέντρο της πόλης της Λευκωσίας χαρακτηρίζεται από επίσης πυκνή δόμηση για την κλίμακά της. Πηγή: <https://www.stockwatch.com.cy/el/article/emporika-nea/eve-leykosias-proti-se-themata-anthropinoy-kefalaioy-stin-eyropi-i-leykosia>, ημ. πρόσβασης 5/10/2023.
- Εικόνα 4: Αυξημένες εκπομπές ρύπων δημιουργούνται στην ατμόσφαιρα, στην προσπάθεια να καλυφθούν οι θερμικές (και όχι μόνο) ανάγκες των κτιρίων, του, συνεχώς, αυξανόμενου πληθυσμού της γης. Πηγή: <https://shorturl.at/pqtQ6>, ημ. πρόσβασης 5/10/2023.

ΜΕΡΟΣ Α

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΚΟΝΕΣ

- Εικόνα 1.1: Εγκατάσταση θέρμανσης δαπέδου σε κατοικία στη Λευκωσία, 2015. Η μετάδοση θερμότητας γίνεται με τη διαδικασία της μεταφοράς/συναγωγής, μέσω του ζεστού νερού που κυκλοφορά στις σωλήνες τις θέρμανσης. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 1.2: Τοποθέτηση ανακλαστικού υλικού για αποκοπή της μετάδοσης της θερμότητας, μέσω ακτινοβολίας, εντός εξωτερικής τοιχοποιίας από ξηρά δόμηση. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.

ΠΙΝΑΚΕΣ

- Πίνακας 1.1: Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας βασικών δομικών υλικών συμβατικής κατασκευής. Πηγή: Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενέργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosisi-ktiriwn-2h-ekdosi_-_pinakas-diorthosewn.pdf, ημ. πρόσβασης 16/4/2016 112-119.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΙΚΟΝΕΣ

- Εικόνα 2.1: Εμπορικά κτίρια στη Κύπρο με όψεις εξ' ολοκλήρου από υαλοπίνακες χωρίς καμία πρόνοια σκιασμού. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.2: Άνοιγμα οπής με αρίδα σε υποστύλωμα για εμφύτευση σιδήρου με σκοπό την σύνδεση της τοιχοποιίας με το φέρον στοιχείο. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.3: Μεταλλική γωνία στερεωμένη στο υποστύλωμα, έτοιμη να κτιστεί εντός της τοιχοποιίας, για την καλύτερη σύνδεση της με το φέρων στοιχείο της κατασκευής. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.4: Ημιτελής κατασκευή της δεκαετίας του 1980, όπου διακρίνονται οι ανεπίχριστες εξωτερικές τοιχοποιίες πάχους 20 εκατοστών κτισμένες με σύνθετες ξαπλωτό τούβλο. Στην κορυφή των τοιχοποιιών, στο σημείο επαφής με τα δοκάρια του φέροντος οργανισμού, διακρίνεται επίσης, το τελείωμα της τοιχοποιίας με σφήνωμα των τούβλων στις δοκούς. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.5: Το τυπικό Κυπριακό τούβλο διαστάσεων 10 X 20 X 30 εκ. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.

- Εικόνα 2.6: Μεσότοιχος με το τυπικό τούβλο να είναι κτισμένο “όρθιο” δημιουργώντας εσωτερικούς τοίχους πλάτους 10 εκατοστών (15 εκατοστά με τα επιχρίσματα). Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.7: Εξωτερική δρομική τοιχοποιία κτισμένη με το τυπικό τούβλο “ξαπλωτό” δημιουργώντας εξωτερικές τοιχοποιίες πλάτους 20 εκατοστών (25 εκατοστά με τα επιχρίσματα). Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.8: Στα δεξιά φαίνεται εξωτερική τοιχοποιία κτισμένη με “ξαπλωτό” τούβλο πλάτους 25 εκατοστών και από πάνω της διακρίνεται δοκός πλάτους, επίσης, 25 εκατοστών. Κάθετα προς αυτόν διακρίνεται τοιχοποιία εσωτερική, πλάτους 10 εκατοστών. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.9: Εξωτερική τοιχοποιία κτισμένη με διπλό τοίχο έχοντας στο ενδιάμεσο κενό, θερμομονωτικές πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.10: Υπό ανέγερσή κατοικία το 2004 πριν την εφαρμογή των νομοθεσιών περί ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. Από τις λίγες περιπτώσεις που η εξωτερική τοιχοποιία κτίζεται με διπλό τοίχο και στη μέση τοποθετούνται θερμομονωτικές πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.11: Τρισδιάστατη αναπαράσταση τοιχοποιίας κτισμένης με τούβλο σχήματος “Η”.
- Εικόνα 2.12: Εξωτερική τοιχοποιία της κατασκευής, με τα ειδικά θερμομονωτικά τούβλα (διακρίνονται στο πάχος του τοίχου / παρειά ανοίγματος). Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.13: Κατοικία με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, ο οποίος έχει θερμομονωθεί εξωτερικά με επικολλημένες πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.14: Κατοικία με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, ο οποίος έχει θερμομονωθεί με πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης. Διακρίνεται το στερέωμά του με πλατυκέφαλα καρφιά. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.15: Εξωτερικό επίχρισμα θερμομονωτικών πλακών από δύο χέρια σπάτουλας και πλαστικό δίκτυ. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.16: Εξωτερικό επίχρισμα από τσιμεντοειδή κονίαμα που περιέχει μέσα κόκκους από διογκωμένη πολυστερίνη. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.17: Ψεκάσμος θερμοσοβά από εξειδικευμένο συνεργείο, στην επιφάνεια του μπτετόν και του τούβλου. Διακρίνονται οι μεταλλικοί οδηγοί στην επιφάνεια που χρειάζεται να σοβατιστεί. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.18: Κατασκευαστική λεπτομέρεια διπλής τοιχοποιίας με θερμομόνωση, όπου ο εξωτερικός τοίχος δεν εδράζεται σωστά στη δοκό. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.19: Κατασκευαστική λεπτομέρεια διπλής τοιχοποιίας με θερμομόνωση όπου φαίνονται προεξοχές που έχουν γίνει στο πάνω και κάτω μέρος της δοκού για να γίνεται σωστή έδραση και επαφή της εξωτερικής παρειάς του τοίχου στη δοκό. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.20: Κατασκευαστική λεπτομέρεια διπλής τοιχοποιίας με θερμομόνωση στον πυρήνα, όπου ο εξωτερικός τοίχος είναι κτισμένος με τούβλα πάχους 15 εκατοστών έτσι ώστε τα 2/3 του τοίχου να εδράζονται στην πλάκα. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.21: Διπλός τοίχος με θερμομόνωση στη μέση, όπου ο εξωτερικός τοίχος είναι κτισμένος με τούβλα πάχους 15 εκατοστών έτσι ώστε τα 2/3 να έρχονται σε επαφή με τα φέροντα στοιχεία. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.22: Κατοικία με φέροντα οργανισμό θερμομονωμένο με εξηλασμένη πολυστερίνη και τοίχους πλήρωσης από θερμομονωτικά τούβλα, έτοιμη να δεχθεί εξωτερικά επίχρισμα. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.23: Εξωτερικοί τοίχοι πλήρωσης κτισμένοι: α) με Κυπριακό τυπικό τούβλο στο πλάτος των φερόντων στοιχείων (αριστερά), β) με εξωτερικό επίχρισμα (μέση) και γ) με όλες τις εξωτερικές επιφάνειες να καλύπτονται με θερμομονωτικές πλάκες (δεξιά). Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνες 2.24: Εξωτερικοί τοίχοι πλήρωσης κτισμένοι με Κυπριακό τυπικό τούβλο: α) στο πλάτος των φερόντων στοιχείων (πάνω), β) με εξωτερικό επίχρισμα (μέση) και γ) όταν στο τέλος όλες οι εξωτερικές επιφάνειες καλύπτονται με θερμομονωτικές πλάκες (κάτω). Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.

- Εικόνα 2.25: Τοποθέτηση θερμομονωτικών πλακών επί πλάκας οροφής, πάνω από φράγμα υδρατμών. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.26: Τυπική υγρομόνωση πλάκας οροφής στον Κυπριακό χώρο, όπου η τελική επιφάνεια είναι ασφαλική μεμβράνη με μαρμαροψηφίδα που επικολλάται στο μπετόν ρύσεων με πύραυλο. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.27: Κατασκευαστική λεπτομέρεια θερμομόνωσης και υγρομόνωσης πλάκας οροφής κατοικίας. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 2.28: Προφίλ αλουμινίου με θερμοδιακοπή από πολυαμίδιο. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΙΚΟΝΕΣ

- Εικόνα 3.1: Συνολικό οικιστικό απόθεμα κατά την περίοδο 1980-2016. Πηγή: Άνευ συγγραφέα, *Στατιστική Κατασκευών και Στέγασης 1996, Τμήμα Στατιστικής και Ερευνών, Υπουργείο Οικονομικών, Λευκωσία 2016.*
- Εικόνα 3.2: Συνολικό κατοικήσιμο απόθεμα κατά την περίοδο 1980-2016. Πηγή: Άνευ συγγραφέα, *Στατιστική Κατασκευών και Στέγασης 1996, Τμήμα Στατιστικής και Ερευνών, Υπουργείο Οικονομικών, Λευκωσία 2016.*
- Εικόνα 3.3: Νεόδμητες κατοικίες κατά την περίοδο 1980-2016. Πηγή: Άνευ συγγραφέα, *Στατιστική Κατασκευών και Στέγασης 1996, Τμήμα Στατιστικής και Ερευνών, Υπουργείο Οικονομικών, Λευκωσία 2016.*
- Εικόνα 3.4: Συνολικός αριθμός νέων κατοικίες που συμπληρώθηκαν κατά τα έτη 1995 μέχρι 2015, στον ιδιωτικό και στον δημόσιο τομέα. Πηγή: Άνευ συγγραφέα, *Στατιστική Κατασκευών και Στέγασης 1996, Τμήμα Στατιστικής και Ερευνών, Υπουργείο Οικονομικών, Λευκωσία 2016.*
- Εικόνα 3.5: Κατοικίες που συμπληρώθηκαν στον ιδιωτικό τομέα. Πηγή: Άνευ συγγραφέα, *Στατιστική Κατασκευών και Στέγασης 1996, Τμήμα Στατιστικής και Ερευνών, Υπουργείο Οικονομικών, Λευκωσία 2016.*
- Εικόνα 3.6: Μέσο εμβαδό (τ.μ.) κατά νέα κατοικία την περίοδο από το 1995 μέχρι και το 2016. Πηγή: Άνευ συγγραφέα, *Στατιστική Κατασκευών και Στέγασης 1996, Τμήμα Στατιστικής και Ερευνών, Υπουργείο Οικονομικών, Λευκωσία 2016.*
- Εικόνα 3.7: Εμβαδό κατά κατοικία (τ.μ.) που ανεγέρθηκε στον ιδιωτικό τομέα την περίοδο από το 2003 μέχρι και το 2016. Πηγή: Άνευ συγγραφέα, *Στατιστική Κατασκευών και Στέγασης 1996, Τμήμα Στατιστικής και Ερευνών, Υπουργείο Οικονομικών, Λευκωσία 2016.*
- Εικόνα 3.8: Οικίες που συμπληρώθηκαν στον ιδιωτικό τομέα την περίοδο από το 2003 μέχρι και το 2016. Πηγή: Άνευ συγγραφέα, *Στατιστική Κατασκευών και Στέγασης 1996, Τμήμα Στατιστικής και Ερευνών, Υπουργείο Οικονομικών, Λευκωσία 2016.*
- Εικόνα 3.9: Εμβαδό κατά οικία (τ.μ.) που συμπληρώθηκε στον ιδιωτικό τομέα την περίοδο από το 2003 μέχρι και το 2016. Πηγή: Άνευ συγγραφέα, *Στατιστική Κατασκευών και Στέγασης 1996, Τμήμα Στατιστικής και Ερευνών, Υπουργείο Οικονομικών, Λευκωσία 2016.*
- Εικόνα 3.10: Ωφέλιμο εμβαδό ανά οικία που συμπληρώθηκε στον ιδιωτικό τομέα την περίοδο από το 2003 μέχρι και το 2016. Πηγή: Άνευ συγγραφέα, *Στατιστική Κατασκευών και Στέγασης 1996, Τμήμα Στατιστικής και Ερευνών, Υπουργείο Οικονομικών, Λευκωσία 2016.*
- Εικόνα 3.11: Δωμάτια κατά οικία που ανεγέρθηκε στον ιδιωτικό τομέα την περίοδο από το 2003 μέχρι και το 2016. Πηγή: Άνευ συγγραφέα, *Στατιστική Κατασκευών και Στέγασης 1996, Τμήμα Στατιστικής και Ερευνών, Υπουργείο Οικονομικών, Λευκωσία 2016.*
- Εικόνα 3.12: Οικίες που συμπληρώθηκαν στον ιδιωτικό τομέα κατά αριθμό δωματίων την περίοδο από το 2003 μέχρι και το 2016. Πηγή: Άνευ συγγραφέα, *Στατιστική Κατασκευών και Στέγασης 1996, Τμήμα Στατιστικής και Ερευνών, Υπουργείο Οικονομικών, Λευκωσία 2016.*

- Εικόνα 3.13: Τύποι οικιών που συμπληρώθηκαν στον ιδιωτικό τομέα την περίοδο από το 2003 μέχρι και το 2016. Πηγή: Άνευ συγγραφέα, *Στατιστική Κατασκευών και Στέγασης 1996, Τμήμα Στατιστικής και Ερευνών, Υπουργείο Οικονομικών, Λευκωσία 2016.*
- Εικόνα 3.14: Νέες κατοικίες με σύστημα κεντρικής θέρμανσης και ηλιακό θερμοσίφωνα από το 1998 μέχρι και το 2015. Πηγή: Άνευ συγγραφέα, *Στατιστική Κατασκευών και Στέγασης 1996, Τμήμα Στατιστικής και Ερευνών, Υπουργείο Οικονομικών, Λευκωσία 2016.*
- Εικόνα 3.15: Ποσοστό κατοικιών στον ιδιωτικό τομέα με σύστημα κλιματισμού από το 2004 μέχρι και το 2015. Πηγή: Άνευ συγγραφέα, *Στατιστική Κατασκευών και Στέγασης 1996, Τμήμα Στατιστικής και Ερευνών, Υπουργείο Οικονομικών, Λευκωσία 2016.*
- Εικόνα 3.16: Οι μετεωρολογικές ζώνες της Κύπρου, όπως αυτές καθορίζονται στον Τεχνικό οδηγό για τα κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας. Πηγή: *Τεχνικός οδηγός για τα κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, Υπουργείο Ενέργειας, εμπορίου, βιομηχανίας και τουρισμού, Κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, , 2015 9.*
- Εικόνα 3.17: Οι έξι επαρχίες της Κύπρου. Η Λάρνακα βρίσκεται νοτιοανατολικά του νησιού. Πηγή: <https://rb.gy/daqf6k>, ημ. πρόσβασης 2/3/2020.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΙΚΟΝΕΣ

- Εικόνα 4.1: Υπό ανέγερση κατοικία στη Λευκωσία που μόλις έχει ολοκληρωθεί ο φέροντας οργανισμός της, ο οποίος είναι κατασκευασμένος εξ' ολοκλήρου από οπλισμένο σκυρόδεμα. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 4.2: Θεμελίωση πολυκατοικίας στη Λευκωσία με μεμονωμένα πέδιλα. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 4.3: Συνδετήρια δοκάρια ή πεδιλοδοκοί από οπλισμένο σκυρόδεμα που συνδέουν τα πέδιλα της θεμελίωσης της κατασκευής μεταξύ τους. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 4.4: Κοντοί στύλλοι ή υποκόλωνα σε κατασκευή της δεκαετίας του '80, τα οποία αποκαλύφθηκαν κατά τη διάρκεια εκσκαφής υπογείου γειτονικής, εφαπτόμενης, οικοδομής. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 4.5 Συνδετήριες δοκοί πεδίων, που έχουν υγρομονωθεί με ασφαλτοειδείς βαφές. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 4.6: Επιχωμάτωση με λιθόστρωση στο ύψος της πάνω πλευράς των πεδιλοδοκών. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 4.7: Προετοιμασία σκυροδέτησης πατώματος ισογείου με τοποθέτηση φύλλου πολυθίνης και μεταλλικής σχάρας επί της επιχωμάτωσης των φερόντων στοιχείων της θεμελίωσης. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 4.8: Ολοκλήρωση σκυροδέτησης πατώματος ισογείου αφού προηγουμένως έχει προηγηθεί υγρομόνωση και τοποθέτηση οπλισμού επί της επιχωμάτωσης των φερόντων στοιχείων της θεμελίωσης. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 4.9: Θεμελίωση υπογείου με ενιαίο πέδιλο όπου διακρίνονται και οι συνδετήριες δοκοί που συνδέουν τα θεμέλια των υποστυλωμάτων μεταξύ τους. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 4.10: Διάστρωση εδαφικών υλικών από διαβαθμισμένα σκύρα τα οποία βρέχονται και συμπίεζονται με δονητικό κύλινδρο για τη δημιουργία ισχυρής βάσης για την πεδιλόπλακα. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 4.11: Τοποθέτηση φύλλου πολυαιθυλενίου πάνω από την λιθόστρωση. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 4.12: Διάστρωση άοπλου σκυροδέματος καθαριότητας (γκρο μπετόν) για δημιουργία καθαρής επιφάνειας για να μπορέσουν να ξεκινήσουν οι εργασίες σιδήρου της πεδιλόπλακας. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 4.13: Ενιαίο πέδιλο ή πεδιλόπλακα τυπικής διώροφης κατοικίας πάχους 50 εκ. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.

- Εικόνα 4.14: Πεδιλόπλακα κατοικίας, από την οποία εξέρχει ο οπλισμός των βάσεων των κολώνων (αναμονές) ο οποίος θα δεχθεί τον οπλισμό των υποστρωμάτων. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 4.15: Πλάκα οροφής ισογείου έτοιμη για σκυροδέτηση, όπου διακρίνεται οπλισμός των κολώνων ισογείου που σταματά στο κατάλληλο μήκος πάνω από την πλάκα για να μπορεί να τοποθετηθεί ο οπλισμός των κολώνων του ορόφου. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 4.16: Ολοκλήρωση της κατασκευής καλουπιού κολώνων ισογείου μέχρι το ύψος των δοκών της άνωθεν πλάκας. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 4.17: Αφαίρεση καλουπιών των κολώνων ισογείου μετά την σκυροδέτησή τους. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 4.18: Πλάκα οροφής από οπλισμένο σκυρόδεμα. Διακρίνονται και τα στηθαία κατασκευασμένα από το ίδιο υλικό. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 4.19: Υγρομόνωση πλάκας οροφής από ασφαλική μεμβράνη πάχους 4 χιλ. με μαρμαροψηφίδα.. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 4.20: Τυπικό Κυπριακό διάτρητο τούβλο διαστάσεων 10 X 20 X 30. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 4.21: Κτίσιμο μεσοτοιχίας με συνδετική κονία και όρθια κτισμένα τα τούβλα. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 4.22: Εξωτερικός τοίχος πλήρωσης από τυπικό τούβλο πάχους 20 εκ. κτισμένος κάτω από δοκάρι πλάτους, επίσης, 20 εκ. Πηγή: Αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 4.23: Κατασκευαστική λεπτομέρεια εξωτερικής τοιχοποιίας πλάτους 20 εκ. κτισμένης κάτω από δοκάρι πλάτους 25 εκ. όπου δημιουργείται προεξοχή στην εσωτερική πλευρά της κατασκευής. Πηγή: αρχείο συγγραφέα

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 4.1: Γεωμετρικά και δομικά χαρακτηριστικά τυπικής οικίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΙΚΟΝΕΣ

- Εικόνα 5.1: Κάτοψη Ισογείου τυπικής οικίας.
- Εικόνα 5.2: Κάτοψη Ορόφου τυπικής οικίας
- Εικόνα 5.3: Επιλογή τοποθεσίας προσομοιώματος.
- Εικόνα 5.4: Αναζήτηση κλιματικών δεδομένων τοποθεσίας που δεν υπάρχει στη βιβλιοθήκη του λογισμικού. Ορισμός της περιοχής της Ευρώπης.
- Εικόνα 5.5: Αναζήτηση κλιματικών δεδομένων τοποθεσίας που δεν υπάρχει στη βιβλιοθήκη του λογισμικού. Ορισμός της περιοχής της Κύπρου.
- Εικόνα 5.6: Αναζήτηση κλιματικών δεδομένων τοποθεσίας που δεν υπάρχει στη βιβλιοθήκη του λογισμικού. Ορισμός της περιοχής της Λάρνακας.
- Εικόνα 5.7: Επιλογής διαφορετική τοποθεσίας του μοντέλου.
- Εικόνα 5.8: Καθορισμός έκθεσης στον άνεμο και προσανατολισμού του μοντέλου.
- Εικόνα 5.9: Καθορισμός τύπου και χρήσης του μοντέλου.
- Εικόνα 5.10: Καθορισμός ύψος του κάθε επιπέδου.
- Εικόνα 5.11: Σχεδιασμός εσωτερικών νοητικών διαχωριστικών (virtual partitions) στην κάτοψη ισογείου.
- Εικόνα 5.12: Δημιουργία των δύο επιπέδων (ισογείου και ορόφου) ξεχωριστά πριν την ένωσή τους σε ένα διώροφο μοντέλο.
- Εικόνα 5.13: Δημιουργία 6 διαφορετικών θερμικών ζωνών στον όροφο διαχωρισμένες μεταξύ τους με κανονικά διαχωριστικά (standard partitions).
- Εικόνα 5.14: Μετονομασία της κάθε θερμικής ζώνης με όνομα που περιγράφει την χρήση του κάθε χώρου.
- Εικόνα 5.15: Δημιουργία του κενού που υπάρχει στο σημείο της σκάλας στην οροφή του όγκου του ισογείου που συνδέει λειτουργικά και θερμικά τους δύο ορόφους.
- Εικόνα 5.16: Ολοκλήρωση της ογκοπλαστικής φάσης του διώροφου προσομοιώματος με την τοποθέτηση του όγκου του ορόφου επί του αντίστοιχου όγκου ισογείου.

- Εικόνα 5.17: Σχεδιασμός όλων των απαραίτητων βοηθητικών γραμμών και σχηματισμός ανοίγματος σε εξωτερική τοιχοποιία.
- Εικόνα 5.18: Τρισδιάστατη άποψη του ψηφιακού προσομοιώματος, όπου το κάθε στοιχείο του εξωτερικού κελύφους έχει το δικό του χρώμα με το αντίστοιχο υπόμνημα πάνω αριστερά, για καλύτερη κατασκευαστική αντίληψη του συνόλου.
- Εικόνα 5.19: Επιλογή όλου του κτιρίου για εισαγωγή κατασκευαστικών και θερμοφυσικών δεδομένων της κατασκευής.
- Εικόνα 5.20: Ορισμός δραστηριότητας της θερμικής ζώνης της τραπεζαρίας του προσομοιώματος.
- Εικόνα 5.21: Απενεργοποίηση όλων των εσωτερικών κερδών στο μοντέλο για να επηρεάζουν τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων.
- Εικόνα 5.22: Το λογισμικό δεν υποστηρίζει ελληνικούς χαρακτήρες γι' αυτό όλα τα νέα δομικά στοιχεία που δημιουργούνται καταγράφονται με λατινικούς χαρακτήρες.
- Εικόνα 5.23: Κατασκευαστική λεπτομέρεια στην οποία φαίνονται τα φέροντα στοιχεία και οι εξωτερικές τοιχοποιίες με τα επιχρίσματά τους. Αριστερά στο σχέδιο καταδεικνύεται το κάθε στοιχείο πως καταχωρήθηκε μέσα στο λογισμικό στην βιβλιοθήκη του προσομοιώματος, ενώ στην ένθετη φωτογραφία φαίνεται το φέρον στοιχείο, όπως το παρουσιάζει το λογισμικό.
- Εικόνα 5.24: Εισαγωγή δεδομένων επιχρίσματος με βάση το τσιμέντο, φερόντων στοιχείων.
- Εικόνα 5.25: Εισαγωγή δεδομένων φερόντων στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- Εικόνα 5.26: Κατασκευαστική λεπτομέρεια πλάκας οροφής από οπλισμένο σκυρόδεμα με άοπλο μπετόν ρύσεων και υγρομόνωση.
- Εικόνα 5.27: Εισαγωγή δεδομένων πλάκας οροφής.
- Εικόνα 5.28: Εισαγωγή δεδομένων ισχυρής τσιμεντοκονίας που χρησιμοποιείται για την διαμόρφωση ρύσεων στην πλάκα οροφής. .
- Εικόνα 5.29: Εισαγωγή δεδομένων σπάτουλας ταβανιού για εσωτερική χρήση .
- Εικόνα 5.30: Τα δεδομένα του επιχρίσματος των τοιχοποιιών είναι τα ίδια με αυτά του επιχρίσματος των φερόντων στοιχείων.
- Εικόνα 5.31: Εισαγωγή δεδομένων Κυπριακού τούβλου.
- Εικόνα 5.32: Κατασκευαστική λεπτομέρεια θεμελίωσης ενιαίου πεδίλου από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αριστερά στο σχέδιο φαίνεται σε ποιο ακριβώς σημείο θα περαστούν μέσα στο πρόγραμμα οι πληροφορίες θεμελίωσης και εξωτερικής τοιχοποιίας.
- Εικόνα 5.33: Εισαγωγή δεδομένων θεμελίωσης από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- Εικόνα 5.34: Με τονισμένο μπλε χρώμα διακρίνονται τα χαρακτηριστικά του ελαφροσκυροδέματος άνωθεν του ενιαίου πεδίλου.
- Εικόνα 5.35: Εισαγωγή δεδομένων για το οπλισμένο σκυρόδεμα της πεδιλόπλακας (ενιαίο πέδιλο)
- Εικόνα 5.36: Εισαγωγή δεδομένων σκυροδέματος καθαριότητας το οποίο σκυροδετείται κάτω από την πεδιλόπλακα.
- Εικόνα 5.37: Εισαγωγή δεδομένων της λιθόστρωσης ως πρώτο υλικό στην όλη κατασκευή της θεμελίωσης.
- Εικόνα 5.38: Εισαγωγή δεδομένων της εξωτερικής τοιχοποιίας της τυπικής οικίας.
- Εικόνα 5.39: Προδιαγραφή από ξύλο δρυ για την εξωτερική πόρτα της τυπικής οικίας.
- Εικόνα 5.40: Εισαγωγή δεδομένων μεσόπορτων (εσωτερικών ξύλινων πορτών).
- Εικόνα 5.41: Εισαγωγή συντελεστή ανεμοστεγανότητας στο μοντέλο.
- Εικόνα 5.42: Προδιαγραφή των κουφωμάτων από αλουμίνιο με εξαρτήματα θερμοδιακοπής (thermal break)
- Εικόνα 5.43: Όλες οι επιλογές φωτισμού απενεργοποιούνται για να μην επηρεάζουν τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων.
- Εικόνα 5.44: Εισαγωγή δεδομένων για τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης που θα έχει το προσομοίωμα της τυπικής οικίας
- Εικόνα 5.45: Εισαγωγή δεδομένων για θέματα φυσικού αερισμού για συγκεκριμένες ώρες και θερμοκρασίες.
- Εικόνα 5.46: Απενεργοποίηση της επιλογής παραγωγής ενέργειας στο μοντέλο, λόγω της μη εξέτασης του παράγοντα της ύπαρξης φωτοβολταϊκών πανέλων.

Εικ. 5.47. Επιλογή του εξωτερικού τοίχου του μοντέλου.

Εικόνα 5.48: Δημιουργία αντιγράφου του βασικού τοίχου για να χρησιμοποιηθεί ως βάση για την επεξεργασία και δημιουργία των πολλαπλών τοίχων που θα αξιολογηθούν παραμετρικά.

Εικόνα 5.49: Προδιαγραφή στην βιβλιοθήκη του μοντέλου των υλικών που αποτελούν τους τοίχους που θα αξιολογηθούν.

Εικόνα 5.50: Ολοκλήρωση της δημιουργίας όλων των τοίχων που θα αξιολογηθούν στην παραμετρική προσομοίωση.

Εικόνα 5.51: Έναρξη της διαδικασίας της παραμετρικής προσομοίωσης με την αντίστοιχη επιλογή στον τύπο της επιθυμητής ανάλυσης.

Εικόνα 5.52: Επιλογή του φακέλου μέσα στον οποίο έχουν αποθηκευτεί οι επιλογές των τοίχων που θα αξιολογηθούν.

Εικόνα 5.53: Επιλογή όλων των τοίχων που θα αξιολογηθούν

Εικόνα 5.54: Παρουσίαση συγκριτικών αποτελεσμάτων παραμετρικής προσομοίωσης.

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 5.1: Καθορισμός δραστηριότητας ξεχωριστά σε κάθε θερμική ζώνη του προσομοιώματος.

Πίνακας 5.2: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά επιχρίσματος με βάση το τσιμέντο. Πηγή: Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-pinakas-diorthosewn.pdf, ημ. πρόσβασης 16/4/2016 112.

Πίνακας 5.3: Θερμοφυσικές ιδιότητες οπλισμένου σκυροδέματος με οπλισμό 2%. Πηγή: Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-pinakas-diorthosewn.pdf, ημ. πρόσβασης 16/4/2016 112.

Πίνακας 5.4: Θερμοφυσικές ιδιότητες ασφαλικής μεμβράνης. Πηγή: Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-pinakas-diorthosewn.pdf, ημ. πρόσβασης 16/4/2016 115.

Πίνακας 5.5: Θερμοφυσικές ιδιότητες ισχυρής τσιμεντοκονίας. Πηγή: Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-pinakas-diorthosewn.pdf, ημ. πρόσβασης 16/4/2016 112.

Πίνακας 5.6: Θερμοφυσικές ιδιότητες σπάτουλας εσωτερικών χώρων. Πηγή: Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-pinakas-diorthosewn.pdf, ημ. πρόσβασης 16/4/2016 112.

Πίνακας 5.7: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά Κυπριακού τούβλου. Πηγή: Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-pinakas-diorthosewn.pdf, ημ. πρόσβασης 16/4/2016 111.

Πίνακας 5.8: Θερμοφυσικές ιδιότητες κεραμικών πλακών για χρήση σε εσωτερικό πάτωμα. Πηγή: Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-pinakas-diorthosewn.pdf, ημ. πρόσβασης 16/4/2016 111.

Πίνακας 5.9: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά ελαφροσκυροδέματος. Πηγή: Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας

- και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-pinakas-diorthosewn.pdf, ημ. πρόσβασης 16/4/2016 112.
- Πίνακας 5.10: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά οπλισμένου σκυροδέματος θεμελίωσης με ποσοστό οπλισμού 1%. Πηγή: Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-pinakas-diorthosewn.pdf, ημ. πρόσβασης 16/4/2016 112.
- Πίνακας 5.11: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά σκυροδέματος καθαριότητας. Πηγή: Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-pinakas-diorthosewn.pdf, ημ. πρόσβασης 16/4/2016 112.
- Πίνακας 5.12: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά φύλλου πολυαιθυλενίου ή φύλλου πολυθίνης. Πηγή: Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-pinakas-diorthosewn.pdf, ημ. πρόσβασης 16/4/2016 117.
- Πίνακας 5.13: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά της λιθόστρωσης κάτω από τη θεμελίωση. Πηγή: Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-pinakas-diorthosewn.pdf, ημ. πρόσβασης 16/4/2016 114.
- Πίνακας 5.14: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά του δρυ. Πηγή: Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-pinakas-diorthosewn.pdf, ημ. πρόσβασης 16/4/2016 114.
- Πίνακας 5.15: Καθορισμός ανεμοστεγανότητας ή διείσδυσης αέρα για διάφορους τύπους κατασκευών στον ΜΥΕΑΚ. Πηγή: Μεθοδολογία Υπολογισμού της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου, Φεβρουάριος 2015, σελ. 48, https://energy.gov.cy/assets/entipo-iliko/MYEAK_KDP33-2015.pdf, ημ. πρόσβασης 12/6/2018 61.
- Πίνακας 5.16: Τα ποσοστά εμβαδού ανοιγμάτων ανάλογα με τη χρήση μίας κατασκευής, όπως αυτά καταγράφονται στον ΜΥΕΑΚ . Πηγή: Μεθοδολογία Υπολογισμού της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου, Φεβρουάριος 2015, σελ. 48, https://energy.gov.cy/assets/entipo-iliko/MYEAK_KDP33-2015.pdf, ημ. πρόσβασης 12/6/2018 94.
- Πίνακας 5.17: Εποχιακές αποδόσεις μηχανολογικών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης. Πηγή: Μεθοδολογία Υπολογισμού της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου, Φεβρουάριος 2015, σελ. 48, https://energy.gov.cy/assets/entipo-iliko/MYEAK_KDP33-2015.pdf, ημ. πρόσβασης 12/6/2018 95.

ΜΕΡΟΣ Γ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 6.1: Τρισδιάστατη απεικόνιση τοποθέτησης εξηλασμένης πολυστερίνης επί πλάκας οροφής από οπλισμένο σκυρόδεμα. Διακρίνονται τα φράγματα υδρατμών πάνω και κάτω από αυτήν, το άοπλο μπετόν ρύσεων και στεγανωτική ασφαλική μεμβράνη. Πηγή: αρχείο συγγραφέα

Εικόνα 6.2: Τοποθέτηση τούβλων στην πλάκα οροφής. Πηγή: αρχείο συγγραφέα

- Εικόνα 6.3: Τοποθέτηση Κυπριακών τυπικών τούβλων σε απόσταση από την πλάκα οροφής. Διακρίνεται η ξύλινη κατασκευή που δημιουργεί την απόσταση αλλά και την βάση έδρασης των τούβλων. Πηγή: αρχείο συγγραφέα
- Εικόνα 6.4: Σύστημα παθητικής θερμομόνωσης με συνδυασμό τούβλων και εξηλασμένης πολυστερίνης. Πηγή: αρχείο συγγραφέα
- Εικόνα 6.5: Τοποθέτηση θερμομονωτικών τούβλων επί της πλάκας οροφής σε ξύλινη βάση για την καλύτερη προστασία της κάτωθεν υγρομόνωσης. Πηγή: αρχείο συγγραφέα
- Εικόνα 6.6: Τοποθέτηση θερμομονωτικών τούβλων σε απόσταση από την πλάκα οροφή, τα οποία εδράζονται σε ξύλινη κατασκευή που δημιουργεί την απόσταση αλλά και την βάση έδρασης των τούβλων. Πηγή: αρχείο συγγραφέα
- Εικόνα 6.7: Προσθήκη επί της πλάκας οροφής θερμομονωτικών τούβλων σε συνδυασμό με θερμομονωτικές πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης. Πηγή: αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 6.8: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα διαφόρων οικοδομικών υλικών. Πηγή: "Tackle Climate Change: Use Wood" που αφορά έκδοση της Ευρωπαϊκή Συνομοσπονδίας Βιομηχανιών Ξύλου (CEI-Bois). Πηγή "Tackle Climate Change: Use Wood" που αφορά έκδοση της Ευρωπαϊκή Συνομοσπονδίας Βιομηχανιών Ξύλου (CEI-Bois) 38.
- Εικόνα 6.9: Τοποθέτηση ξύλινων πλακών OSB επί της πλάκας οροφής. Πηγή: αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 6.10: Προσθήκη ξύλινων πλακών σε απόσταση από την πλάκα οροφής. Πηγή: αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 6.11: Προσθήκη χώματος επί της πλάκας οροφής. Πηγή: αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 6.12: Προσθήκη νερού επί της πλάκας οροφής. Πηγή: αρχείο συγγραφέα.

ΠΙΝΑΚΕΣ

- Πίνακας 6.1: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά της εξηλασμένης πολυστερίνης (XPS). Πηγή: Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, <https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi-pinakas-diorthosewn.pdf>, ημ. πρόσβασης 16/4/2016 116.
- Πίνακας 6.2: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά Κυπριακού τυπικού τούβλου. Πηγή: Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, <https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi-pinakas-diorthosewn.pdf>, ημ. πρόσβασης 16/4/2016 111.
- Πίνακας 6.3: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά θερμομονωτικών τούβλων. Πηγή: Λογισμικό Design Builder.
- Πίνακας 6.4: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά πλακών OSB από επεξεργασία ξύλινων υπολειμμάτων. Πηγή: Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, <https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi-pinakas-diorthosewn.pdf>, ημ. πρόσβασης 16/4/2016 114.
- Πίνακας 6.5: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά. Πηγή; Λογισμικό Design Builder.
- Πίνακας 6.6: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά νερού. Πηγή: Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υπηρεσίας Ενεργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, <https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi-pinakas-diorthosewn.pdf>, ημ. πρόσβασης 16/4/2016 117.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΕΙΚΟΝΕΣ

- Εικόνα 7.1: Εξωτερική τοποθέτηση θερμομόνωσης σε υφιστάμενο συμβατικό τοίχο από τούβλα και σοβά (θερμοπρόσοψη). Πηγή: αρχείο συγγραφέα.
- Εικόνα 7.2: Τοποθέτηση εξηλασμένης πολυστερίνης στην εσωτερική πλευρά συμβατικής τοιχοποιίας από σύνηθες τούβλο. Πηγή: αρχείο συγγραφέα.

Εικόνα 7.3: Προσθήκη τοίχου από τυπικό Κυπριακό τούβλο εξωτερικά του εξωτερικού περιβλήματος. Πηγή: αρχείο συγγραφέα.

Εικόνα 7.4: Προσθήκη παθητικού συστήματος προστασίας με συνδυασμό Κυπριακού τούβλου και εξηλασμένης πολυστερίνης. Πηγή: αρχείο συγγραφέα.

Εικόνα 7.5: Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο εξωτερικά του εξωτερικού περιβλήματος. Πηγή: αρχείο συγγραφέα.

Εικόνα 7.6: Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικά τούβλα και εξηλασμένης πολυστερίνης στο εξωτερικό περίβλημα της τυπικής κατοικίας. Πηγή: αρχείο συγγραφέα.

Εικόνα 7.7: Προσθήκη συστήματος παθητικής προστασία με βάση το ξύλο ως υλικό (πλάκες OSB), που αναρτάται από σύστημα ξύλινων κατακόρυφων δοκίδων, οι οποίες έχουν στερεωθεί στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος. Πηγή: αρχείο συγγραφέα.

Εικόνα 7.8: Τοποθέτηση παθητικού συστήματος πλακών OSB μαζί με θερμομονωτικές πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης εξωτερικά του εξωτερικού περιβλήματος. Πηγή: αρχείο συγγραφέα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 8.1: Προσθήκη θερμομόνωσης στην Εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)

Εικόνα 8.2: Προσθήκη θερμομόνωσης στην Εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Εικόνα 8.3: Προσθήκη Θερμομόνωσης στην Εξωτερική πλευρά του φέροντος οργανισμού (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)

Εικόνα 8.4: Προσθήκη θερμομόνωσης στην Εξωτερική πλευρά του φέροντος οργανισμού (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Εικόνα 8.5: Προσθήκη θερμομόνωσης επί της πλάκας οροφής (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)

Εικόνα 8.6: Προσθήκη θερμομόνωσης επί της πλάκας οροφής (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Εικόνα 8.7: Προσθήκη θερμομόνωσης επί όλων των στοιχείων (κατακόρυφων και οριζόντιων) του εξωτερικού κελύφους (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 8.1: Προσθήκη θερμομόνωσης στην Εξωτερική πλευρά της εξωτερικής τοιχοποιίας (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Πίνακας 8.2: Προσθήκη θερμομόνωσης στην Εξωτερική πλευρά του φέροντος οργανισμού (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Πίνακας 8.3: Προσθήκη θερμομόνωσης επί της πλάκας οροφής (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Πίνακας 8.4: Προσθήκη θερμομόνωσης επί όλων των στοιχείων (κατακόρυφων και οριζόντιων) του εξωτερικού κελύφους (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 9.1: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου (5-50 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)

Εικόνα 9.2: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου (5-50 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

Εικόνα 9.3: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 10 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.) Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)

- Εικόνα 9.32: Προσθήκη ξύλου πάχους 25 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Εικόνα 9.33: Προσθήκη χώματος (15-150 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)
- Εικόνα 9.34: Προσθήκη χώματος (15-150 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Εικόνα 9.35: Προσθήκη νερού (10-80 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh)
- Εικόνα 9.36: Προσθήκη νερού (10-80 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

ΠΙΝΑΚΕΣ

- Πίνακας 9.1: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου (5-50 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 9.2: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 10 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 9.3: Τιμές αναφοράς θερμικής αντίστασης στρώματος αέρα που βρίσκεται εγκλωβισμένος ενδιάμεσα σε αδιαφανή δομικά στοιχεία που έχουν επίπεδες μη ανακλαστικές επιφάνειες (μη αεριζόμενα στρώματα αέρα) Πηγή: Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υψηλής Ενεργειακής Απόδοσης, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού 2η έκδοση, 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-_pinakas-diorthosewn.pdf, ημ. πρόσβασης 16/4/2016 49.
- Πίνακας 9.4: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 9.5: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 10 εκ. με θερμομόνωση (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 9.6: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 20 εκ. με θερμομόνωση (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 9.7: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου (5-50 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 9.8: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 9.9: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 9.10: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 εκ. με θερμομόνωση (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 9.11: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 20 εκ. με θερμομόνωση (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 9.12: Προσθήκη ξύλου (1-25 εκ.) Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 9.13: Προσθήκη ξύλου πάχους 1 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 9.14: Προσθήκη ξύλου πάχους 2 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 9.15: Προσθήκη ξύλου πάχους 5 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 9.16: Προσθήκη ξύλου 10 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 9.17: Προσθήκη ξύλου πάχους 25 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 9.18: Προσθήκη χώματος (15-150 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 9.19: Προσθήκη νερού (10-80 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

- Εικόνα 10.24: Προσθήκη ξύλου 1 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Εικόνα 10.25: Προσθήκη ξύλου 2 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Εικόνα 10.26: Προσθήκη ξύλου 2 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Εικόνα 10.27: Προσθήκη ξύλου 3 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Εικόνα 10.28: Προσθήκη ξύλου 3 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Εικόνα 10.29: Προσθήκη ξύλου 5 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Εικόνα 10.30: Προσθήκη ξύλου 5 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

ΠΙΝΑΚΕΣ

- Πίνακας 10.1: Προσθήκη θερμομόνωσης στην εξωτερική πλευρά των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού κελύφους (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 10.2: Προσθήκη θερμομόνωσης στην εσωτερική πλευρά των κατακόρυφων στοιχείων του εξωτερικού κελύφους (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 10.3: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο (5-60 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 10.4: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 10 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 10.5: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 20 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 10.6: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 30 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 10.7: Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο (5-60 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 10.8: Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 10.9: Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 20 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 10.10: Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 30 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 10.11: Προσθήκη ξύλου (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 10.12: Προσθήκη ξύλου 1 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 10.13: Προσθήκη ξύλου 2 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 10.14: Προσθήκη ξύλου 3 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 10.15: Προσθήκη ξύλου 5 εκ. και εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.). Εξοικονόμηση ενέργειας (καθαρή και ποσοστιαία).

ΜΕΡΟΣ Δ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΕΙΚΟΝΕΣ

- Εικόνα 11.1: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου (5-50εκ.) και προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου (5-50εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Εικόνα 11.2: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 10 και 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Εικόνα 11.3: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 και 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Εικόνα 11.4: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού και θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 εκ. και 20
- Εικόνα 11.5: Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.) με Κυπριακά τυπικά τούβλα 10 και 20 εκ. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Εικόνα 11.6: Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.) με Κυπριακά τυπικά τούβλα 10 και 20 εκ. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Εικόνα 11.7: Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.) με θερμομονωτικά τούβλα 10 και 20 εκ. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Εικόνα 11.8: Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.) με θερμομονωτικά τούβλα 10 και 20 εκ. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Εικόνα 11.9: Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.) με Κυπριακά τυπικά και θερμομονωτικά τούβλα 10 και 20 εκατοστών Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Εικόνα 11.10: Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.) με Κυπριακά τυπικά και θερμομονωτικά τούβλα 10 και 20 εκατοστών Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Εικόνα 11.11: Προσθήκη ξύλου πάχους 1, 2, 5, 10 και 25 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-25 εκ). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

ΠΙΝΑΚΕΣ

- Πίνακας 11.1: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου (5-50εκ.) και προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου (5-50εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Πίνακας 11.2: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού τούβλου πάχους 10 και 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Πίνακας 11.3: Προσθήκη θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 και 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Πίνακας 11.4: Προσθήκη Κυπριακού τυπικού και θερμομονωτικού τούβλου πάχους 10 εκ. και 20 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-20 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Πίνακας 11.5: Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.) με Κυπριακά τυπικά τούβλα 10 και 20 εκ. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Πίνακας 11.6: Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.) με θερμομονωτικά τούβλα 10 και 20 εκ. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Πίνακας 11.7: Προσθήκη εξηλασμένης πολυστερίνης (1-15 εκ.) με Κυπριακά τυπικά και θερμομονωτικά τούβλα 10 και 20 εκατοστών Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Πίνακας 11.8: Προσθήκη ξύλου πάχους 1, 2, 5, 10 και 25 εκ. σε απόσταση από την πλάκα (5-25 εκ). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Πίνακας 11.9: Σύνοψη αποτελεσμάτων πειραμάτων πλάκας οροφής. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 11.10: Σύνοψη αποτελεσμάτων πειραμάτων πλάκας οροφής. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά τετραγωνικό μέτρο (καθαρή και ποσοστιαία).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΕΙΚΟΝΕΣ

- Εικόνα 12.1: Προσθήκης θερμομόνωσης (1-15 εκ.) στην εξωτερική και εσωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

- Εικόνα 12.2: Προσθήκης θερμομόνωσης (1-15 εκ.) στην εξωτερική και εσωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Εικόνα 12.3: Προσθήκη τοίχου (5-60 εκ.) στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος από Κυπριακό τυπικό τούβλο και από θερμομονωτικό τούβλο Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Εικόνα 12.4: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 10, 20, και 30 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνη (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Εικόνα 12.5: Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10, 20, και 30 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνη (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Εικόνα 12.6: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό και θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10, 20, και 30 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνης (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Εικόνα 12.7: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό και θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10, 20, και 30 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνης (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Εικόνα 12.8: Προσθήκη ξύλου πάχους 1, 2, 3 και 5 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνη (1- 15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).

ΠΙΝΑΚΕΣ

- Πίνακας 12.1: Προσθήκης θερμομόνωσης (1-15 εκ.) στην εξωτερική και εσωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Πίνακας 12.2: Προσθήκη τοίχου (5-60 εκ.) στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού περιβλήματος από Κυπριακό τυπικό τούβλο και από θερμομονωτικό τούβλο Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Πίνακας 12.3: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό τούβλο πάχους 10, 20, και 30 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνη (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Πίνακας 12.4: Προσθήκη τοίχου από θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10, 20, και 30 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνη (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Πίνακας 12.5: Προσθήκη τοίχου από Κυπριακό τυπικό και θερμομονωτικό τούβλο πάχους 10, 20, και 30 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνης (1-15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Πίνακας 12.6: Προσθήκη ξύλου πάχους 1, 2, 3 και 5 εκ. με εξηλασμένη πολυστερίνη (1- 15 εκ.). Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh).
- Πίνακας 12.7: Σύγκριση αποτελεσμάτων πειραμάτων κατακόρυφων στοιχείων εξωτερικού περιβλήματος. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (καθαρή και ποσοστιαία).
- Πίνακας 12.8: Σύγκριση αποτελεσμάτων πειραμάτων κατακόρυφων στοιχείων εξωτερικού περιβλήματος. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά τετραγωνικό μέτρο (καθαρή και ποσοστιαία).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

ΕΙΚΟΝΕΣ

- Εικόνα 13.1: Θερμομονωτικά τούβλα που παράγονται από την τοπική αγορά.
- Εικόνα 13.2: Εξηλασμένη πολυστερίνη.
- Εικόνα 13.3: Ενισχυτικά διαζώματα στα ανώφλια και κατώφλια των ανοιγμάτων.
- Εικόνα 13.4: Ενισχυτικά διαζώματα σύνδεσης με τον υφιστάμενο στατικό φορέα
- Εικόνα 13.5: Τυπική κάτοψη ανεξάρτητης κατοικιών με παραπλήσια μεγέθη με αυτά της τυπικής οικίας. Με χρώμα κόκκινο διακρίνεται το σημείου χώρου στάθμευσης του αυτοκινήτου.
- Εικόνα 13.6: Ιδιωτική αυλή στην πίσω πλευρά μίας οικίας.
- Εικόνα 13.7: Αριστερά, οι πλαϊνές πλευρές μίας τυπικής κατοικίας ελεύθερης από όλες τις πλευρές σε απόσταση 3 μέτρων τα πλαϊνά σύνορα. Δεξιά οι πλευρές κατά μήκος του οδικού συνόρου μίας τυπικής κατοικίας απόσταση 3 μέτρων τα σύνορα.
- Εικόνα 13.8: Ο χώρος στάθμευσης κατά μήκος του πλαϊνού συνόρου μίας τυπικής κατοικίας σε απόσταση 3 μέτρων τα σύνορα.

Εικόνα 13.9: Η απόσταση μίας οικοδομής από το σύνορο πρέπει να είναι 3 μέτρα το ελάχιστο.
Εικόνα 13.10: Νέα θερμομονωτικά τούβλα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0,12 \text{ W/mK}$
σε σχέση με αυτόν των πειραμάτων που ήταν $\lambda = 0,18 \text{ W/mK}$
Εικόνα 13.11: Ενδιάμεση τιμή βαθμού απόδοσης εκάστου παθητικού συστήματος
Εικόνα 13.12: Ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενων κατοικιών με την μέθοδο της
θερμοπρόσοψης, που αφορά την καθολική επένδυση του περιβλήματος με
θερμομονωτικές πλάκες καλυμμένες με κάποια χιλιοστά από γόμες και πλαστικό δίκτυ.

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 13.1: Σύνοψη αποτελεσμάτων βέλτιστων προτάσεων

Η έγκριση της παρούσας διδακτορικής διατριβής από την επταμελή εξεταστική επιτροπή και τη Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, δεν προϋποθέτει και την αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 202, παράγραφος 2 του Ν.5343/1932.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. Ελληνική Βιβλιογραφία

Ανδρεαδάκη – Χρονάκη Ε., *Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική Παθητικά – Ηλιακά Συστήματα*, University Studio Press, Θεσσαλονίκη 1985.

Αραβαντινός Δ., “Φυτεμένα Δώματα. Ένας έμμεσος τρόπος επαναφοράς της φύσης μέσα στις πυκνοδομημένες πόλεις”, *ΚΤΙΡΙΟ* τεύχος 180, 2006.

Αραβαντινός Δ., Ευμορφοπούλου Α., “Αφιέρωμα με θέμα: Φυτεμένα Δώματα”, *Κτίριο*, Ιούνιος 2006.

Γεωργίου Ν. Γ., “Πανεπιστημιακές σημειώσεις Πανεπιστημίου Frederick”, στο μάθημα: Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Ι, Λευκωσία 2016.

Κατσαφάδος Π., Μαυροματίδης Ι., “Φαινόμενο του Θερμοκηπίου”, *Εισαγωγή στη φυσική της ατμόσφαιρας και την κλιματική αλλαγή* [Undergraduate textbook]. Kallipros, Open Academic Editions (2015), <https://hdl.handle.net/11419/3714>.

Μαυράκης Δ., κ.α., *Μελέτη για τη φύτευση δωματίων δημόσιων κτιρίων, Οδηγός μελέτη – Εφαρμογή σε δύο κτίρια*, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Κέντρο Ενεργειακής Πολιτικής και Ανάπτυξης, Αθήνα 2003.

Μιχαήλ Αιμ., *Αρχιτέκτονας Νεοπτόλεμος Μιχαηλίδης, η βιοκλιματική διάσταση στο έργο του*, Διάλεξη Ε.Μ.Π., Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Σεπτέμβριος 2003.

Μιχαήλ, Αιμ., “Θεωρία και εφαρμογές βιοκλιματικού σχεδιασμού στη σύγχρονη αρχιτεκτονική πρακτική”, *Διάλεξη στο Ελεύθερο Πανεπιστήμιο στο Σκαλί Αγλαντζιάς*, Διοργάνωση: Πανεπιστήμιο Κύπρου, Ραδιοφωνικό Ίδρυμα Κύπρου και Δήμος Αγλαντζιάς, Λευκωσία, Δεκεμβρίου 2008.

Μιχαήλ, Αιμ., Μπουγιατιώτη Φλ., Οικονόμου Α., *Μελέτη Εκτίμησης των Επιπτώσεων στο Περιβάλλον από την Κατασκευή και Λειτουργία του Μεγάλου Πολιτισμού Κύπρου*, Ίδρυμα Πολιτισμού Κύπρου, Λευκωσία, 2008.

Μιχαλάκη Μ., *Τα φυτεμένα δώματα και η συμβολή τους στον αστικό χώρο*, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία Ε.Μ.Π., Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2007.

Μπουγιατιώτη Φ., *Σημειώσεις για το μάθημα Ε. Θ. Οικοδομικής βου εξαμήνου*, Κατεύθυνση: Ε.Θ. Βιώσιμου και Βιοκλιματικού Σχεδιασμού, Ε.Μ.Π., 2019.

Πάγκαλου Ε., “Πράσινες Στέγες / Φυτεμένα δώματα, αναγκαιότητα στο αστικό περιβάλλον”, <http://www.egreen.gr>.

Πάγκαλου Ε., “Σύγχρονη τεχνολογία κατασκευής πράσινων στεγών & roof- gardens”., <http://www.egreen.gr>.

Παναγιωτόπουλος Ν., “Πανεπιστημιακές σημειώσεις Πανεπιστημίου Frederick”, στο μάθημα: *Δομική φυσική – τεχνολογία κελύφους*, Λευκωσία 2011.

Παπαδόπουλος Μ., Αξαρλή Κ., “Ενεργειακός σχεδιασμός και παθητικά ηλιακά συστήματα κτιρίων”, *Δομική φυσική II*, Θεσσαλονίκη 2015, 7.

Παπαδόπουλος Μιχάλης, Αξαρλή Κλειώ, *Ενεργειακός Σχεδιασμός & Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Κτιρίων. Δομική Φυσική II*, Θεσσαλονίκη: Εκδοτικός Οίκος Αδερφών Κυριακίδη Α.Ε., 1995.

Σκαρλάτος Π., “Κήποι στα δώματα - Χρησιμότητα & αισθητική”, *Κτίριο*, <http://www.ktirio.gr>.

Τουλιάτος Π., “Πανεπιστημιακές σημειώσεις Πανεπιστημίου Frederick”, Μάθημα: *Αρχιτεκτονική Τεχνολογία I - Εισαγωγή*, Λευκωσία 2015.

Τουλιάτος Π., “Πανεπιστημιακές σημειώσεις Πανεπιστημίου Frederick”, Μάθημα: *Κατασκευαστική ανάλυση και παθολογία ιστορικών και μνημειακών κατασκευών*, Λευκωσία 2015.

Τσίγκα Ε.Π. (επιμ.), *Ενεργειακός Σχεδιασμός, Εισαγωγή στους Αρχιτέκτονες*, Θεσσαλονίκη 1994.

Τσινίκας Νίκος, *Αρχιτεκτονική Τεχνολογία*, Θεσσαλονίκη: University Studio Press, 1993.

Χρυσοχού Ν., *Κυπριακή παραδοσιακή αρχιτεκτονική. Από την αγροτική στην αστική, εξέλιξη και επιδράσεις*, Λευκωσία, Εν τύποις 2014.

Διαδικτυακό άρθρο χωρίς συντάκτη

Κ.Δ.Π. 119/2016, https://energy.gov.cy/assets/entipo-iliko/KDP119_2016.pdf

“Απόβλητα εκσκαφών κατασκευών & κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ)”, <https://rb.gy/dr1fhe>, ημ. πρόσβασης 22/12/2023.

“Ατμοσφαιρική ρύπανση”, *European Environment Agency*, <https://www.eea.europa.eu/el/themes/air>, ημ. Προσ. 02/2022.

“Συμφωνία του Παρισιού για την κλιματική αλλαγή”, Ευρωπαϊκό Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, <https://www.consilium.europa.eu/el/policies/climate-change/paris-agreement/#what>, ημ. πρόσβασης 5/12/2022.

“Συνέπειες της κλιματικής αλλαγής”, *Ευρωπαϊκή επιτροπή, Ενέργεια, κλιματική αλλαγή, περιβάλλον*, https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_el, ημ. πρόσβασης 22/4/2022.

“Σχετίζονται τελικά οι καταστροφικές φωτιές με την κλιματική αλλαγή;” *Dasarxeio on 22/09/2021*, [dasarxeio.com](https://dasarxeio.com/2021/09/22/102383/) 10 χρόνια (2013-2023), <https://dasarxeio.com/2021/09/22/102383/>, ημ. πρόσβασης 2/3/2023.

“Τι αφορούσε η Διάσκεψη του Ρίο, ποιες είναι οι 3 Συμβάσεις που συνάφθηκαν στη διάρκεια αυτής και ποιο ζήτημα αποτελεί προτεραιότητα του διεθνούς συστήματος;”, Ινστιτούτο μελετών πολιτικής και δημοκρατίας, <https://shorturl.at/gtKU0>, ημ. πρόσβασης 5/12/2022.

Ενεργειακός Σχεδιασμός, Εισαγωγή στους Αρχιτέκτονες, Μαλλιάρης Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Κ.Δ.Π. 121/2020, <https://shorturl.at/bnruG>.

Κ.Δ.Π. 432/2013, https://energy.gov.cy/assets/entipo-iliko/KDP432_2013.pdf.

Κ.Δ.Π. 446/2009, <https://shorturl.at/msO16>.

Κ.Δ.Π. 568/2007, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/kdp568_2007.pdf.

Κανονισμός της ΕΕ αριθ. 244/2012 της 16/1/2012 προς συμπλήρωση της οδηγίας 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού (pdf), Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης,

https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2012/244/oj/ell/pdfa1a, ημ. πρόσβασης, 3/3/2019.

Μεθοδολογία Υπολογισμού της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου, Φεβρουάριος 2015, σελ. 48, https://energy.gov.cy/assets/entipo-iliko/MYEAK_KDP33-2015.pdf, ημ. πρόσβασης 12/6/2018.

Οδηγός Ενεργειακού Σχεδιασμού, Κτίριο Εκδόσεις Ε.Π.Ε., Θεσσαλονίκη 2011.

Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υψηλής Ενεργειακής, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού, Λευκωσία² 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-_pinakas-diorthosewn.pdf, ημ. πρόσβασης 16/4/2016.

Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων Υψηλής Ενέργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού, Λευκωσία² 2010, https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2016/11/odigos-thermomonosis-ktiriwn-2h-ekdosi_-_pinakas-diorthosewn.pdf, ημ. πρόσβασης 16/4/2016.

Σεισμικός κώδικας για κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα στην Κύπρο, Σύνδεσμος Πολιτικών Μηχανικών και Αρχιτεκτόνων Κύπρου, Λευκωσία 1991.

Στατιστική Κατασκευών και Στέγασης 1996-2016, Τμήμα Στατιστικής και Ερευνών, Υπουργείο Οικονομικών, Λευκωσία 1996-2016.

Τεχνικός οδηγός για τα κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, Υπουργείο Ενέργειας, εμπορίου, βιομηχανίας και τουρισμού, Κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, Λευκωσία 2015.

B. Αγγλική Βιβλιογραφία

Bayer G., Defays M., Fisher M. and others, *Tackle Climate Change: Use Wood*, London 2009.

Beyer D. and others, *Tackle Climate Change: Use Wood*, Cei-bois, 2006.

Bougiatioti F., Alexandrou E., Katsaros M., “Sustainable refurbishment of existing, typical single-family residential buildings in Greece”, *International journal of building pathology and adaptation*, February 2023.

Church, J.A., Clark P.U, Cazenave A., κ.α., “Sea Level Change”, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, eds. Stocker, T.F., and others, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, 2013, 1137-1216.

Daouas N., “A study on optimum insulation thickness in walls and energy savings in Tunisian buildings based on analytical calculation of cooling and heating transmission loads”, *Applied Energy* 88 (2011) 156-164, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261910002990>, ημ. πρόσβασης 4/4/2017.

Demi D., *The Walled City of Nicosia, Nicosia*, 1997.

Doyle L., *Essential Green Roof Construction: The Complete Step-by-Step Guide*, New Society Publishers 2021.

Heracleous C., Michael A, Savvides A., Hayles C., “Climate change resilience of school premises in Cyprus: An examination of retrofit approaches and their implications on thermal and energy performance”, *Journal of Building Engineering* 44 (2021) 103358.

Jones P. D., Osborn T .J., Briffa K. R., “The evolution of climate over the last millennium”, *Science*, May 2001, Pdf in https://www.researchgate.net/publication/12010362_The_Evolution_of_Climate_Over_the_Last_Millennium, ημ. πρόσβασης 28/4/2022.

Katafygiotou M.C., Serghides D.K., “Indoor comfort and energy performance of buildings in relation to occupants' satisfaction: investigation in secondary schools of Cyprus”, *Advances in Building Energy Research*, 8:2, 216-240, Journal homepage: www.tandfonline.com/journals/taer20.

Kyritsi E., Kyriakidis A., Philippou M., Stephanou R. and Savva M., “The energy refurbishment of typical school buildings in Cyprus following an integrated methodology”, *SBE23-THESSALONIKI IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 1196 (2023) 012022, 1-11.

Liang S., Gu H., Bergman R., Kelley St. S., “Comparative life-cycle assessment of a mass timber building and concrete alternative”, *Wood and fiber science*, April 2020, V (52)217-229, https://www.researchgate.net/publication/340960305_Comparative_life-

[cycle assessment of a mass timber building and concrete alternative](#), ημ. πρόσβασης, 24/7/2021.

Lindsey R., Dahlman L., “Climate Change: Global Temperature”, *Climate.gov*, <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>, ημ. πρόσβασης 3/9/2022.

Llantoy N., Chafer M., Cabeza L., “A comparative life cycle assessment (LCA) of different insulation materials for buildings in the continental Mediterranean climate”, *Energy & Buildings*, Vol. 225 (2020) 110323, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778820300311>, ημ. πρόσβασης 16/12/2019.

Michael A., Heracleous C., “Assessment of natural lighting performance and visual comfort of educational architecture in Southern Europe: The case of typical educational school premises in Cyprus”, *Energy and Buildings* 140 (2017) 443–457.

Michael A., Heracleous C., “Thermal comfort conditions and air quality in educational buildings in Cyprus during the heating period: the impact of natural ventilation”, *Proc. of 2nd Int. conference on sustainable design of the built environment*, London 2018, 1108-1119.

Panayiotou G.P., Kalogirou S.A., Florides G. A. and others, “The characteristics and the energy behavior of the residential building stock of Cyprus in view of Directive 2002/91/EC”, *Energy and Buildings* 42 (2010), 2083-2089.

Panayiotou G.P., Kalogirou S.A., Florides G. A. and others, “The characteristics and the energy behavior of the residential building stock of Cyprus in view of Directive 2002/91/EC”, *Energy and Buildings* 42 (2010), 2083-2089.

Peng H., Li M., Huang H., Wen L., “Investigation on spatial distribution and thermal properties of typical residential buildings in South China’s Pearl River Delta”, *Energy and Buildings* 206 (2020), Elsevier 2019, www.elsevier.com/locate/enbuild, ημ. πρόσβασης 28/7/2022.

Ruan Y., Liu Q., Zhou W. and others, “Optimal option of distributed generation technologies for various commercial buildings”, *Applied Energy*, Volume 86, Issue 9, September 2009, σελ. 1641-1653, <https://shorturl.at/bRXZ4>, ημ. πρόσβασης 28/7/2022.

Διαδικτυακό άρθρο (ξενόγλωσσο) χωρίς συντάκτη

“Ecological Footprint”, Global footprint network, <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>, ημ. πρόσβασης 20/2/2022.

“Green Paper on Energy Efficiency or Doing More With Less”, European Lex, Access to European Union Law, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52005DC0265>, ημ. πρόσβασης 12/07/2021.

“Kyoto Protocol on climate change”, EUR-Lex Access to the European Union law, <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/kyoto-protocol-on-climate-change.html>, ημ. πρόσβασης 5/12/2022.

“Ten facts about Expanded Polystyrene (EPS) insulation to help specifiers”, Designing Buildings, [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Ten_facts_about_Expanded_Polystyrene_\(EPS\)_insulation_to_help_specifiers#5._Durability-](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Ten_facts_about_Expanded_Polystyrene_(EPS)_insulation_to_help_specifiers#5._Durability-), ημ. πρόσβασης 16/12/2022.

“The greenest building... is the one that is already built”, Carl Elefante, <https://carlelefante.com/insights/the-greenest-building-is/>, ημ. πρόσβασης 15/11/2023.

“The Problems We Face With the Overconsumption of Natural Resources”, blog 19/08/2022, terrapass, <https://terrapass.com/blog/overconsumption-of-natural-resources/#:~:text=The%20changes%20we%20make%20to%20some%20natural%20resources%20have%20a,global%20warming%20and%20climate%20change>, ημ. πρόσβασης 20/08/2023.

“United Nations As Humanity’s Environment Footprint Becomes Increasingly Unsustainable, Global Leaders Recommit to Joint Climate Action, at Opening of Stockholm Summit”, Stockholm+50, plenary, 1st & 2nd meetings (am & pm) env/dev/2046 2 June 2022, <https://press.un.org/en/2022/envdev2046.doc.htm>, ημ.πρόσβασης 10/6/2023.

“What is Climate Change?”, World Bank Group, Climate change knowledge portal for Development practitioners and policy makers. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/overview#:~:text=Climate%20change%20is%20the%20significant,change%20from%20natural%20weather%20variability>, ημ.πρόσβασης 10/6/2023.

“What Is Climate Change?”, United Nations, Climate Action, <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change>, ημ. πρόσβασης 12/3/2022.

“What is the greenhouse effect?”, NASA, <https://climate.nasa.gov/faq/19/what-is-the-greenhouse-effect/>, ημ. πρόσβασης 5/12/2022.

“World Population by Year”, <https://www.worldometers.info/world-population/world-population-by-year/>, ημ. πρόσβασης 20/08/2023.

Γ. Ιστοσελίδες

<http://climate.onebuilding.org/>

https://energyplus.net/weather-region/europe_wmo_region_6

<http://www.climate.noa.gr>

<http://www.meteo.gr/pdf/thermokipio.pdf>

<http://e-rooster.gr/05/2004/63>

<http://www.e-tipos.com/newsitem?id=33478>

<https://ec.europa.eu/eurostat>

<http://www.greenpeace.org/greece/news/greece-kyoto-protocol>

<http://www.greenpeace.org/greece/news/25727>

<http://www.in.gr/news/article.asp?lngEntityID=894319>

<http://health.in.gr/environ/Article.asp?ArticleId=18449&CurrentTopId=18436&IssueTitle=%D4%EF+%D0%E5%F1%E9%E2%DC%EB%EB%EF%ED+%EC%E1%F2>

<http://www.stopclimatechange.gr>

<http://climate.wwf.gr/>

https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_6_Europe/CYP_Cyprus/index.html

https://energyplus.net/weather-region/europe_wmo_region_6/CYP