ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΞΙΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΔΟΜΗΣΗΣ

ΒΛΑΤΙΤΣΗ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ ΛΥΔΙΑ

2024

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Σχολή Χημικών Μηχανικών και

Μηχανικών Περιβάλλοντος

Κατεύθυνση: Μηχανικών Περιβάλλοντος

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΞΙΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΔΟΜΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΗΣ ΒΛΑΤΙΤΣΗ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ ΛΥΔΙΑ

ΧΑΝΙΑ, ΜΑΙΟΣ 2024

"Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης''.

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω την Επιβλέπουσα Καθηγήτρια της παρούσας διπλωματικής εργασίας κυρία Κολοκοτσά Διονυσία, για την ανάθεση ενός τόσο ενδιαφέροντος θέματος, αλλά και για την εμπιστοσύνη, την συνεργασία και την καθοδήγηση που μου παρείχε καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τους Καθηγητές Λαζαρίδη Μιχάλη και Τσούτσο Θεοχάρη για το χρόνο που διέθεσαν αξιολογώντας την παρούσα διπλωματική εργασία. Ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη θα ήθελα να εκφράσω προς τον Μεταδιδακτορικό Ερευνητή κύριο Κωνσταντίνο Γομπάκη, για την πολύτιμη βοήθεια του και τις εξειδικευμένες γνώσεις και συμβουλές που μου προσέφερε σχετικά με την μοντελοποίηση μέσω προγράμματος SketchUp και την εφαρμογή του προγράμματος OpenStudio. Επιπλέον, ευχαριστώ βαθύτατα την Εταιρεία Southern Architects και συγκεκριμένα του Αρχιτέκτονες Χρυσαφάκη Γεωργία-Ζέτα και Μουσουράκη Απόστολο που την απαρτίζουν, καθώς και τον Δομικό Μηχανικό και καθηγητή Isaac Meir, για τη γενναιόδωρη παροχή των χαρακτηριστικών των εκάστοτε κτιρίων που απαιτήθηκαν για την υλοποίηση της παρούσα έρευνας.

Τέλος, εκφράζω τις μεγαλύτερες ευχαριστίες και αγάπη μου κυρίως στην οικογένεια μου για την συνεχή της κατανόηση και στήριξη αυτά τα σημαντικά χρόνια της εξελικτικής μου πορείας καθώς και για την πίστη της στο πρόσωπο μου αλλά και στους φίλους μου που με ενθάρρυναν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Σχολή Χημικών Μηχανικών και

Μηχανικών Περιβάλλοντος

Κατεύθυνση: Μηχανικών Περιβάλλοντος

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΞΙΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΔΟΜΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΗΣ ΒΛΑΤΙΤΣΗ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ ΛΥΔΙΑ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια : Δ. Κολοκοτσά

Καθηγητής : Μ. Λαζαρίδης

Καθηγητής : Θ. Τσούτσος

ΧΑΝΙΑ,ΜΑΙΟΣ 2024

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες 3

Περίληψη 19

Abstract 20

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ 21

1.1. Δομικά υλικά 21

1.1.1. Ανόργανα δομικά υλικά 22

1.1.2 Κονιάματα 24

1.1.3 Σκυροδέματα 25

1.1.4 Θερμομονωτικά υλικά 26

1.1.5 Συνθετικά οργανικά υλικά 27

1.1.6 Υλικά φυτικής και ζωικής προέλευσης 27

1.1.7 Συνθετικά υλικά επιστρώσεων 28

1.1.8 Ασφαλτικά υλικά 29

1.1.9 Κεραμικά πλακίδια 29

1.1.10 Ξύλο 29

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ 30

2.1. Εισαγωγή 30

2.2. Μετεωρολογικά δεδομένα 31

2.3. Μοντελοποίηση Κτιρίων και Ανάλυση Μετρήσεων 32

..... 36

2.4. Μοντελοποίηση 52

2.4.1. Παραγωγή θερμότητας στον χώρο 52

2.5. Κατασκευαστική διαδικασία 52

2.5.1. Κατοικία Βαφές 52

2.5.2. Κατοικία Νέου Χωριού 54

2.5.3. Διεθνές Διδακτικό & Ερευνητικό κέντρο Δραπάνου 55
2.6. Συστήματα Ψύξης Θέρμανσης Αερισμού 56
2.7. Χρονοδιαγράμματα (Schedules sets) 56
2.8. Ηλεκτρικά φορτία (Loads) 64
2.9. Χαρακτηριστικά δομικών υλικών 65
2.9.1. Κατοικία Βαφές 65
2.9.2. Κατοικία Νέου Χωριού 69
2.9.3. Διεθνές Διδακτικό & Ερευνητικό κέντρο Δραπάνου 73
3. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ 78
3.1. Μετάδοση Θερμικής Ενέργειας 78
3.2. Θερμικές ζώνες 79
3.3. Κτιριακό κέλυφος 79
3.4. Προσανατολισμός και σκίαση κτιρίου 80
3.5. Αλληλεπίδραση με εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον 81
3.6. Οροφή κτιρίου 81
4. ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ 82
4.1. Εισαγωγή 82
4.2. Χρήση υαλοπινάκων 82
4.3. Εισαγωγή ΑΠΕ 83
4.3.1. Φ/Β Συστήματα 83
4.3.2. Αντλία Θερμότητας Αέρα-Αέρα (Packaged Rooftop Heat Pump) 84
4.3.3. Πράσινες οροφές 84
4.3.4. Δεντροφύτευση 85
5. ΩΜΟΠΛΙΝΘΟΙ ΩΣ ΥΛΙΚΟ ΔΟΜΗΣΗΣ 86
5.1. Εισαγωγή 86
5.2. Αρχές συντήρησης του κτιρίου 87

5.3. Κανονιστικό πλαίσιο χρήσης ωμόπλινθων 88
5.4. Κλιματολογικές συνθήκες 88
5.5. Βιοκλιματική συμπεριφορά του χώματος 89
5.6. Τεχνικά χαρακτηριστικά ωμόπλινθων 90
5.7. Τεχνική δόμησης 90
5.8. Θερμικές ιδιότητες των ωμόπλινθων 91
6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΚΡΗΤΗΣ 91
6.1. Εισαγωγή : 91
6.2. Παραδοσιακή αρχιτεκτονική των οικισμών 92
6.3. Κλιματολογικές συνθήκες Κρήτης 93
6.4. Γεωμορφολογικά γνωρίσματα των οικισμών 93
6.4.1. Κρήτης 93
6.4.2. Αποκόρωνας 94
7. ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ/ΚΤΙΡΙΩΝ 95
7.1. Εισαγωγή 95
7.2. Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ)/ Τεχνικές Οδηγίες ΤΕΕ 95
7.3. Λογισμικό Open studio – EnergyPlus 96
8. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 97
8.1. Κατοικία Βαφές 97
8.2. Κατοικία Νέου Χωριού 101
8.3. Διεθνές Διδακτικό & Ερευνητικό κέντρο Δραπάνου 105
9. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ 109
9.1. Εισαγωγή 109
9.2. Κατοικία Βαφές 109
9.3. Κατοικία Νέου Χωριού 122
9.4. Διεθνές Διδακτικό & Ερευνητικό κέντρο Δραπάνου 133

10. ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO_2 144

11. ΣΥΜΠΕΡΆΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ 147

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 149

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 : Τεχνικά Χαρακτηριστικά αισθητήρων. [37] 32

Πίνακας 2 : Ηλεκτρικά φορτία (Loads) ανά κτίριο 65

Πίνακας 3 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του δαπέδου ισογείου. [57] 65

Πίνακας 4 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του δαπέδου ορόφου. [57] 65

Πίνακας 5 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της εσωτερικής τοιχοποιίας. [57] 66

Πίνακας 6 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας του βασικού κτιρίου.[57] 66

Πίνακας 7 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας των επιμέρους τμημάτων του κτιρίου. [57] 67

Πίνακας 8 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της οροφής του βασικού κτιρίου. [57] 68

Πίνακας 9 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της οροφής των επιμέρους τμημάτων του κτιρίου. [57] 68

Πίνακας 10 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του παραθύρου. [57] 68

Πίνακας 11 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της πόρτας. [57] 68

Πίνακας 12 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του δαπέδου ισογείου. [57] 69

Πίνακας 13 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του δαπέδου παταριού. [57] 69

Πίνακας 14 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της εσωτερικής τοιχοποιίας. [57] 69

Πίνακας 15 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας. [57] 70

Πίνακας 16 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της οροφής. [57] 72

Πίνακας 17 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του παραθύρου. [57] 72

Πίνακας 18 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της πόρτας. [57] 72

Πίνακας 19 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής των δαπέδων. [57] 73

Πίνακας 20 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της εσωτερικής τοιχοποιίας. [57] 73

Πίνακας 21 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας της αίθουσας πολλαπλών χρήσεων και των γραφείων. [57] 74

Πίνακας 22 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας των επιμέρους τμημάτων του κτιρίου. [57] 75

Πίνακας 23 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της οροφής αίθουσας πολλαπλών χρήσεων και κουζίνας. [57] 76

Πίνακας 24 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της οροφής των επιμέρους τμημάτων του κτιρίου. [57] 76

Πίνακας 25 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του παραθύρου. [57] 77

Πίνακας 26 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της πόρτας. [57] 77

Πίνακας 27 : Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh της κατοικία του Βαφέ. 100

Πίνακας 28 : Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh της κατοικίας του Νέο Χωριού. 103

Πίνακας 29 : Μηνιαίες καταναλώσεις συστήματος θέρμανσης σε MBtu της κατοικίας του Νέου Χωριού. 104

Πίνακας 30 : Μηνιαίες καταναλώσεις συστήματος θέρμανσης σε kWh/m^2 της κατοικίας του Νέου Χωριού. 104

Πίνακας 31 : Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh του κέντρου Δραπάνου. 108

Πίνακας 32 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής του δαπέδου ισογείου. [57] 111

Πίνακας 33 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής του δαπέδου ορόφου. [57] 111

Πίνακας 34 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της εσωτερικής τοιχοποιίας. [57] 112

Πίνακας 35 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας του βασικού κτιρίου. [57] 113

Πίνακας 36 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας των επιμέρους τμημάτων του κτιρίου. [57] 113

Πίνακας 37 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της οροφής του βασικού κτιρίου. [57] 114

Πίνακας 38 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της οροφής επιμέρους τμημάτων του κτιρίου. [57] 114

Πίνακας 39 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του παραθύρου. [57] 114

Πίνακας 40 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της πόρτας. [57] 115

Πίνακας 41 : Αναβάθμιση ηλεκτρικών φορτίων Loads της κατοικίας του Βαφέ. 118

Πίνακας 42 : Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενεργείας σε kWh της αναβαθμισμένης κατοικίας του Βαφέ. 121

Πίνακας 43 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του δαπέδου ισογείου και ορόφου. [57] 124

Πίνακας 44 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της εσωτερικής τοιχοποιίας. [57] 125

Πίνακας 45 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας. [57] 125

Πίνακας 46 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της οροφής. [57] 126

Πίνακας 47 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του παραθύρου. [57] 126

Πίνακας 48 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της πόρτας. [57] 126

Πίνακας 49 : Αναβάθμιση ηλεκτρικών φορτίων Loads της κατοικίας του Νέου Χωριού. 129

Πίνακας 50 : Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενεργείας σε kWh της αναβαθμισμένης κατοικίας του Νέου Χωριού. 132

Πίνακας 51 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής των δαπέδων. [57] 135

Πίνακας 52 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της εσωτερικής τοιχοποιίας. [57] 135

Πίνακας 53 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας της αίθουσας πολλαπλών χρήσεων και των γραφείων. [57] 136

Πίνακας 54 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας των επιμέρους τμημάτων του κτιρίου. [57] 136

Πίνακας 55 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της οροφής αίθουσας πολλαπλών χρήσεων και κουζίνας. [57] 137

Πίνακας 56 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της οροφής των επιμέρους τμημάτων του κτιρίου.[57] 138

Πίνακας 57 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του παραθύρου. [57] 138

Πίνακας 58 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της πόρτας. [57] 138

Πίνακας 59 : Αναβάθμιση ηλεκτρικών φορτίων Loads του κέντρου Δραπάνου. 140

Πίνακας 60 : Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενεργείας σε kWh του αναβαθμισμένου κέντρου του Δραπάνου. 143

Πίνακας 61 : Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kg CO_2/kwh). [56].....144

Πίνακας 62 : Πίνακας 61 : Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kg CO2/kwh). [58] 145

Πίνακας 63 : Εκπομπές CO_2 κάθε σεναρίου. 146

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 : Διαδικασία κατασκευής ωμόπλινθων. [49] 24

Εικόνα 2 : Ξήρανση ωμόπλινθων. [49].....24

Εικόνα 3 : Κατασκευαστική διαδικασία επιχρίσματος βασισμένο στο χώμα. [8] 25

Εικόνα 4 : Εφαρμογή πετροβάμβακα ως θερμομονωτικό υλικό. [55].....26

Εικόνα 5 : Εφαρμογή υαλοβάμβακα ως θερμομονωτικό υλικό. [50] 26

Εικόνα 6 : Κατεργασμένοι σωροί μαλλιού προβάτου. [41].....28

Εικόνα 7 : Τοποθεσία τριών κτισμάτων (πράσινο στίγμα) και μετεωρολογικών σταθμών άντλησης των δεδομένων. [37] 30

Εικόνα 8 : Κάτοψη κατοικίας στο Βαφέ με απεικόνιση της θέσης αισθητήρων θερμοκρασίας. [37] 33

Εικόνα 9 : Κάτοψη κατοικίας στο Νέο Χωριό με απεικόνιση της θέσης των αισθητήρων θερμοκρασίας. [37].....40

Εικόνα 10 : Κάτοψη Διεθνές Διδακτικού & Ερευνητικού κέντρου στο Δράπανο με απεικόνιση της θέσης των αισθητήρων θερμοκρασίας. [37].....46

Εικόνα 11 : Ανατολική όψη. [53].....53

Εικόνα 12 : Νοτιοανατολική όψη. [53] 53

Εικόνα 13 : Ανατολική όψη. [53].....53

Εικόνα 14 : Βορειοανατολική όψη. [53] 53

Εικόνα 15 : Βόρεια όψη. [53] 54

Εικόνα 16 : Βορειοανατολική όψη. [53] 54

Εικόνα 17 : Νότια όψη [53] 55

Εικόνα 18 : Νοτιοανατολική όψη. [53] 55

Εικόνα 19 : Βορειοδυτική όψη. [53].....55

Εικόνα 20 : Ανατολική όψη [53].....55

Εικόνα 21 : Schedule activity at summer period. 56

Εικόνα 22 : Schedule infiltration. 57

Εικόνα 23 : Schedule Electrical Equipment at summer period. 57

Εικόνα 24 : Schedule Cooling.....58

Εικόνα 25 : Schedule Heating. 58

Εικόνα 26 : Schedule Occupancy at summer period. 59

Εικόνα 27 : Schedule Lights at summer period.....59

Εικόνα 28 : Schedule activity for all seasons. 60

Εικόνα 29 : Schedule EE for all seasons. 60

Εικόνα 30 : Schedule Occupancy for all seasons. 61

Εικόνα 31 : Schedule Occupancy at weekends 61

Εικόνα 32 : Schedule Lights at winter. 62

Εικόνα 33 : Schedule Lights at summer. 62

Εικόνα 34 : Schedule activity at summer period.. 62

Εικόνα 35 : Schedule EE at summer period. 63

Εικόνα 36 : Schedule Occupancy at summer period. 63

Εικόνα 37 : Schedule Lights at summer period. 64

Εικόνα 38 : Κατασκευή εξωτερικής τοιχοποιίας βασικού κτιρίου από ωμόπλινθους με άχυρο. [57] 67

Εικόνα 39 : Πλήρωση εσωτερικής τοιχοποιίας από ωμόπλινθους με άχυρο. [53] 70

Εικόνα 40 : Κατασκευή κελύφους με πριστή ξυλεία. [53] 70

Εικόνα 41 : Απεικόνιση εξωτερικής τοιχοποιίας κατασκευασμένης από ωμόπλινθους με άχυρο. [53] 71

Εικόνα 42 : Απεικόνιση πλήρωσης τοιχοποιίας από αχυρόμπαλες και επίχρισης από ασβεστοκονίαμα και πηλοκονίαμα. [53] 74

Εικόνα 43 : Απεικόνιση εσωτερικής τοιχοποιίας κατασκευασμένης από ωμόπλινθους. [53] 74

Εικόνα 44 : Κατασκευή φέρων οργανισμού από κατεργασμένη ξυλεία. [53] 75

Εικόνα 45 : Κατασκευή οροφής σχολείου από μπαμπού και χώμα. Εφαρμογή τεχνικής Wellerbau. [26] 77

Εικόνα 46 : Λειτουργία υαλοπινάκων. [51] 82

Εικόνα 47 : Οφέλη εφαρμογής πράσινης στέγης. [48] 84

Εικόνα 48 : Χάρτης με καταγεγραμμένες περιοχές που βρέθηκαν κτίρια από ωμό πηλό στον Ελλαδικό χώρο. [8] 86

Εικόνα 49 : Διάβρωση κατασκευής από σκελετό καλαμιών και μίγμα γεμίσματος από πηλό. [3] 87

Εικόνα 50 : Κυλινδρικό κτίσμα κατασκευασμένο από αχυροπηλό στο Δισπήλαιο Καστοριάς. [29] 88

Εικόνα 51 : Ορθογώνιο κτίσμα κατασκευασμένο από αχυροπηλό στο Δισπήλαιο Καστοριάς. [29] 88

Εικόνα 52 : Κύκλος διεργασιών της χρήσης του χώματος κατά την δόμηση. [29] 90

Εικόνα 53 : Χάρτης με καταγεγραμμένες περιοχές που βρέθηκαν κτίσματα από πηλό. [8] 91

Εικόνα 54 : Εγκαταλειμμένη μονώροφη κατοικία κατασκευασμένη από ωμόπλινθους. [8] 92

Εικόνα 55 : Απεικόνιση βόρειας όψης της προσομοιωμένης κατοικίας στον οικισμό Βαφές. 110

Εικόνα 56 : Απεικόνιση νοτιοανατολικής όψης της προσομοιωμένης κατοικίας στον οικισμό Βαφές. 110

Εικόνα 57 : Απεικόνιση δυτικής όψης της προσομοιωμένης κατοικίας στον οικισμό Βαφές. 110

Εικόνα 58 : Απεικόνιση βόρειας όψης της προσομοιωμένης κατοικίας στον οικισμό Βαφές. 110

Εικόνα 59 : Απεικόνιση ανατολικής όψης με την προσθήκη δέντρων. 115

Εικόνα 60 : Απεικόνιση νοτιοανατολικής όψης με την προσθήκη δέντρων. 115

Εικόνα 61 : Διάταξη Packaged Rooftop Heat Pump 1. 116

Εικόνα 62 : Schedule infiltration 2. 117

Εικόνα 63 : Schedule tree. 117

Εικόνα 65 : Απεικόνιση νότιας όψης της προσομοιωμένης κατοικίας στον οικισμό Νέου Χωριού. 123

Εικόνα 64 : Απεικόνιση βόρειας όψης της προσομοιωμένης κατοικίας στον οικισμό Νέου Χωριού. 123

Εικόνα 66 : Απεικόνιση δυτικής όψης της προσομοιωμένης κατοικίας στον οικισμό Νέου Χωριού. 123

Εικόνα 67 : Απεικόνιση ανατολικής όψης της προσομοιωμένης κατοικίας στον οικισμό Νέου Χωριού. 123

Εικόνα 68 : Απεικόνιση των Φ/Β στην δυτική πλευρά της προσομοιωμένης αναβαθμισμένης κατοικίας στον οικισμό Νέου Χωριού. 127

Εικόνα 69 : Διάταξη Packaged Rooftop Heat Pump 2. 128

Εικόνα 70 : Schedule infiltration 3. 128

Εικόνα 71 : Απεικόνιση ανατολικής όψης του προσομοιωμένου κέντρου στον Δράπανο. 134

Εικόνα 72 : Απεικόνιση νότιας όψης του προσομοιωμένου κέντρου στον Δράπανο. 134

Εικόνα 73 : Απεικόνιση βορειοδυτικής όψης του προσομοιωμένου κέντρου στον Δράπανο. 134

Εικόνα 74 : Απεικόνιση βόρειας όψης του προσομοιωμένου κέντρου στον Δράπανο. 134

Εικόνα 75 : Διάταξη Packaged Rooftop Heat Pump 3. 139

Εικόνα 76 : Schedule infiltration 4. 139

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1 Σύγκριση θερμοκρασιών υπνοδωματίου. 34

Διάγραμμα 2 : Σύγκριση θερμοκρασιών κουζίνας. 34

Διάγραμμα 3 : Σύγκριση θερμοκρασιών στο χώρο του σαλονιού. 34

Διάγραμμα 4 : Σύγκριση θερμοκρασιών κουζίνας 2. 35

Διάγραμμα 5 : Σύγκριση θερμοκρασιών υπνοδωματίου 2. 35

Διάγραμμα 6 : Σύγκριση θερμοκρασιών σαλονιού 2. 35

Διάγραμμα 7 : Σύγκριση θερμοκρασιών κουζίνας 3. 36

Διάγραμμα 8 : Σύγκριση θερμοκρασιών υπνοδωματίου 3. 36

Διάγραμμα 9 : Σύγκριση θερμοκρασιώ σαλονιού 3. 36

Διάγραμμα 10 : Σύγκριση θερμοκρασιών κουζίνας 4. 38

Διάγραμμα 11 : Σύγκριση θερμοκρασιών υπνοδωματίου 4. 38

Διάγραμμα 12 : Σύγκριση θερμοκρασιών σαλονιού 4. 38

Διάγραμμα 13 : Σύγκριση θερμοκρασιών παιδκού υπνοδωματίου. 41

Διάγραμμα 14 : Σύγκριση θερμοκρασιών καθιστικού. 41

Διάγραμμα 15 : Σύγκριση θερμοκρασιών κύριου υπνοδωματίου. 41

Διάγραμμα 16 : Σύγκριση θερμοκρασιών παιδικού υπνοδωματίου 2.....42

Διάγραμμα 17 : Σύγκριση θερμοκρασιών καθιστικού 2. 42

Διάγραμμα 18 : Σύγκριση θερμοκρασιών κύριου υπνοδωματίου 2. 42

Διάγραμμα 19 : Σύγκριση θερμοκρασιών παιδικού υπνοδωματίου 3.....43

Διάγραμμα 20 : Σύγκριση θερμοκρασιών καθιστικού 3. 43

Διάγραμμα 21 : Σύγκριση θερμοκρασιών κύριου υπνοδωματίου 3. 43

Διάγραμμα 22 : Σύγκριση θερμοκρασιών καθιστικού 4. 44

Διάγραμμα 23 : Σύγκριση θερμοκρασιών παιδικού υπνοδωματίου 4.....44

Διάγραμμα 24 : Σύγκριση θερμοκρασιών κύριου υπνοδωματίου 4. 44

Διάγραμμα 25 : Σύγκριση θερμοκρασιών σεμιναριακού χώρου. 47

Διάγραμμα 26 : Σύγκριση θερμοκρασιών χώρου γραφείων. 47

Διάγραμμα 27: Σύγκριση θερμοκρασιών κουζίνας.....47

Διάγραμμα 28 : Σύγκριση θερμοκρασιών χώρου γραφείων 2. 48

Διάγραμμα 29 : Σύγκριση θερμοκρασιών σεμιναριακού χώρου 2. 48

Διάγραμμα 30 : Σύγκριση θερμοκρασιών κουζίνας 2.....48

Διάγραμμα 31 : Σύγκριση θερμοκρασιών σεμιναριακού χώρου 3. 49

Διάγραμμα 32 : Σύγκριση θερμοκρασιών χώρου γραφείων 3. 49

Διάγραμμα 33 : Σύγκριση θερμοκρασιών κουζίνας 3.....49

Διάγραμμα 34 : Σύγκριση θερμοκρασιών χώρου γραφείων 4. 50

Διάγραμμα 35 : Σύγκριση θερμοκρασιών σεμιναριακού χώρου 4. 50

Διάγραμμα 36 : Σύγκριση θερμοκρασιών κουζίνας 4.....50

Διάγραμμα 37 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την φθινοπωρινή περίοδο. 97

Διάγραμμα 38 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την χειμερινή περίοδο. 97

Διάγραμμα 39 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την ανοιξιάτικη περίοδο. 98

Διάγραμμα 40 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την καλοκαιρινή περίοδο. 98

Διάγραμμα 41 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την φθινοπωρινή περίοδο. 2. 101

Διάγραμμα 42 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την χειμερινή περίοδο. 2. 101

Διάγραμμα 43 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την καλοκαιρινή περίοδο. 2. 102

Διάγραμμα 44 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την ανοιξιάτικη περίοδο. 2. 102

Διάγραμμα 45 Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την φθινοπωρινή περίοδο. 3. 105

Διάγραμμα 46 :Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την χειμερινή περίοδο. 3. 105

Διάγραμμα 47 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την καλοκαιρινή περίοδο. 2. 106

Διάγραμμα 48 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την ανοιξιάτικη περίοδο. 2. 106

Διάγραμμα 49 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την φθινοπωρινή περίοδο. 4. 119

Διάγραμμα 50 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την χειμερινή περίοδο. 4. 119

Διάγραμμα 51 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την καλοκαιρινή περίοδο. 4. 120

Διάγραμμα 52: Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την ανοιξιάτικη περίοδο. 4.. 120

Διάγραμμα 53 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την χειμερινή περίοδο 5. 130

Διάγραμμα 54 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την φθινοπωρινή περίοδο 5. 130

Διάγραμμα 55 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την καλοκαιρινή περίοδο 5. 131

Διάγραμμα 56 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την ανοιξιάτικη περίοδο 5. 131

Διάγραμμα 57 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την χειμερινή περίοδο 6. 141

Διάγραμμα 58 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την φθινοπωρινή περίοδο 6. 141

Διάγραμμα 59 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την καλοκαιρινή περίοδο 6. 142

Διάγραμμα 60 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την ανοιξιάτικη περίοδο 6. 142

Περίληψη

Η παρούσα έρευνα, μελετά το ενεργειακό αποτύπωμα και τις δυνατότητες που εμφανίζει η διαφύλαξη και ορθή αξιοποίηση του φυσικού περιβάλλοντος σε τεχνικές δόμησης, καθώς και τα δομικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου είδους δόμησης, σε ένα πλαίσιο αξιολόγησής της ως στοιχείο της βιώσιμης αειφόρου ανάπτυξης. Οι τρεις κατοικίες βρίσκονται στον Δήμο Αποκόρωνα, στην περιφερειακή κοινότητα της Κρήτης και η κατασκευή τους βασίζεται σε εναλλακτικές μεθόδους δόμησης από φυσικά υλικά, όπως ο ωμόπλινθους και το άχυρο, τα οποία παρήχθησαν χειρωνακτικά επιτόπου. Απαραίτητη κρίθηκε η ανάλυση των επιλαχόντων υλικών, προκειμένου να συμβάλουν στην εξοικονόμηση πόρων ενέργειας, αφού ο τρόπος παραγωγής και εφαρμογής τους βασίζεται στον πράσινο βιοκλιματικό σχεδιασμό. Η τεχνική αυτή διεκπεραιώθηκε μέσα στα πλαίσια των αρχών της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, στοχεύοντας στην παρουσίαση ελάχιστου ενεργειακού αποτυπώματος και την δημιουργία αλληλεξαρτώμενων κτισμάτων με το περιβάλλον, που έχουν την ικανότητα να προσαρμόζονται μέσα σε αυτό δίχως να το βλάπτουν. Αρχικά, έγινε η μοντελοποίηση των κτιρίων στο πρόγραμμα SketchUp με βάση τις αντίστοιχες κατόψεις που προϋπήρχαν σε πρόγραμμα AutoCAD. Ακολούθως, μέσω του λογισμικού OpenStudio, πραγματοποιήθηκαν οι κατάλληλες εισαγωγές δεδομένων, όσον αφορά τις μετεωρολογικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής, τα χαρακτηριστικά των υλικών δόμησης που χρησιμοποιήθηκαν, την ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων καθώς και τις χρήσεις κάθε θερμικής ζώνης. Πραγματοποιήθηκε σύγκριση των πραγματικών θερμοκρασιακών τιμών, που υπολογίστηκαν μέσω αισθητήρων κάθε χώρου, με αυτές των μοντελοποιημένων, που εξήχθησαν από το πρόγραμμα, ώστε να μελετηθεί το ποσοστό σύγκλισης. Έπειτα, δημιουργήθηκαν νέα σενάρια των μοντελοποιημένων κτιρίων που περιλάμβαναν φορτία και δεδομένα βασιζόμενα σε συνθήκες χρήσης των χώρων. Κατόπιν, μέσω του προγράμματος έγινε υπολογισμός της ενεργειακής κατανάλωσης που απαιτείται αλλά και των αυξομειώσεων της εσωτερικής θερμοκρασίας σε διάστημα ενός έτους, ενώ ταυτόχρονα υπολογίστηκαν οι εκπομπές σε CO_2, σύμφωνα με βιβλιογραφική παραπομπή. Τα αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωσης που εξήχθησαν από το πρόγραμμα είναι ως ακολούθως. Οι ενεργειακές απαιτήσεις στην κατοικία του Βαφέ ανέρχονται στις 4350 kWh, δεδομένου ότι δεν διαθέτει συστήματα θέρμανσης και ψύξης και οι εκπομπές σε CO_2 ισούνται με 14.50 kg/m^2. Κατόπιν ενεργειακής αναβάθμισης, προκύπτουν ενεργειακές απαιτήσεις που ανέρχονται στις 2851 kWh, ποσοστό βελτίωσης 35%, και οι εκπομπές σε CO_2 μειώνονται στα 9.50 kg/m^2. Οι ενεργειακές απαιτήσεις στην κατοικία του Νέου Χωριού ανέρχονται στις 15578 kWh, δεδομένου ότι υπάρχει σύστημα θέρμανσης και οι εκπομπές σε CO_2 ισούνται με 31.14 kg/m^2. Στο αναβαθμισμένο σενάριο, οι ενεργειακές απαιτήσεις ελαττώνονται στις 9752 kWh, προκύπτει ποσοστό βελτίωσης 37% και οι εκπομπές σε CO_2 μειώνονται στα 24.33 kg/m^2. Τέλος, στην περίπτωση του Διδακτικού και Ερευνητικού κέντρου στον Δράπανο, οι ενεργειακές απαιτήσεις ανέρχονται στις 9697 kWh, δεδομένου ομοίως ότι δεν υπάρχουν συστήματα θέρμανσης και ψύξης, και οι εκπομπές σε CO_2 ανέρχονται στα 8.85 kg/m^2. Έπειτα από ενεργειακή αναβάθμιση του σεναρίου, προκύπτει ελάπτωση των ενεργειακών απαιτήσεων στις 6931 kWh, ποσοστό βελτίωσης 28%, και οι εκπομπές σε CO_2 μειώνονται στα 6.49 kg/m^2.

Abstract

The current research examines the energy footprint and the possibilities offered by the conservation and proper utilization of the natural environment in sunstainable construction techniques, as well as the structural and morphological characteristics of this particular type of construction, within the framework of its evaluation as an element of sustainable development. The three residences are located in the Municipality of Apokoronas, in the regional community of Crete, and their construction is based on alternative building methods using natural materials such as raw brick and straw, which were locally handcrafted. Analysis of the auxiliary materials was deemed necessary to contribute to energy resource conservation, as their production and application methods are based on green bioclimatic design principles. This technique was carried out within the principles of bioclimatic architecture, aiming to present a minimal energy footprint and create interdependent buildings with the environment, capable of adapting to it without causing harm. Initially, the buildings were modeled in SketchUp software is based on the corresponding floor plans in AutoCAD. Subsequently, using the OpenStudio software, appropriate data inputs were made regarding the meteorological conditions of the respective area, the characteristics of the building materials used, the energy consumption of the buildings, and the uses of each thermal zone. A comparison was made between the actual temperature values, calculated through sensors in each space, and those of the modeled values obtained from the program to study the convergence rate. Then, new scenarios of the modeled buildings were created, including loads and data based on space usage conditions. Energy consumption calculations required, and internal temperature adjustments were made over a one-year period, while CO_2 emissions were calculated based on literature references. The energy consumption results obtained from the program are as follows: The energy requirements in the Vafe residence amount to 4350 kWh, given that it does not have heating and cooling systems, with CO_2 emissions of 14.50 kg/m^2. After energy upgrading, energy requirements amount to 2851 kWh, with a 35% improvement rate, and CO_2 emissions reduced to 9.50 kg/m^2. The energy requirements in the Neo Horio residence amount to 15578 kWh, as there is a heating system, with CO_2 emissions of 31.14 kg/m^2. In the upgraded scenario, energy requirements decrease to 9752 kWh, with a 37% improvement rate, and CO_2 emissions reduced to 24.33 kg/m^2. Finally, in the case of the Educational and Research Center in Drapanos, energy requirements amount to 9697 kWh, given that there are no heating and cooling systems, with CO_2 emissions of 8.85 kg/m^2. After scenario energy upgrading, energy requirements decrease to 6931 kWh, with a 28% improvement rate, and CO_2 emissions reduced to 6.49 kg/m^2.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Στις μέρες μας, λόγω της παρατεταμένης εκμετάλλευσης των ενεργειακών πόρων της γης, παρατηρείται έντονα η επιδίωξη εύρεσης εναλλακτικών μεθόδων ψύξης και θέρμανσης. Η Ελλάδα υστερούσε σημαντικά στην εξέλιξη του συγκεκριμένου τομέα, ωστόσο λόγω της κρίσης δόθηκε έμφαση στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων. Μέχρι και τον περασμένο αιώνα, η δόμηση από ωμόπλινθους ήταν ευρέως διαδεδομένη στην χώρα μας και ειδικότερα στις βόρειες περιοχές της Ελλάδας. Σήμερα, προκειμένου να αναπτυχθούν οι τόποι μας υπό περιβαλλοντικό πρόσημο, επανεμφανίζονται οι αρχέγονες πρακτικές δόμησης, βασισμένες στην πλήρη αξιοποίηση των φυσικών και τοπικών υλικών που υπάρχουν ήδη στο περιβάλλον, καθώς και των ανακυκλώσιμων, με σκοπό την δημιουργία οικιστικών συνόλων, βασισμένων σε αυτού του είδους αρχιτεκτονικής ως μια νέα διαλεκτική μεταξύ του φυσικού και του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος. Όσον αφορά τον τρόπο κατασκευής των κτιρίων, ακολουθείται η ίδια μέθοδος που χρησιμοποιούσαν τα χρόνια εκείνα που δεν υπήρχε η απαραίτητη γνώση τεχνικής της χρήσης του τσιμέντου. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται με μεγαλύτερο οικονομικό και περιβαλλοντικό όφελος μέσω της εξοικονόμησης πόρων και ενέργειας, καθώς και της επιδίωξης δημιουργίας ενός κτίσματος όπου θα υπάρχει ισορροπία και σταθερότητα των συνθήκων διαβίωσης. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται μια συμβιωτική σχέση μεταξύ των οικισμών και των φυσικών πόρων του περιβάλλοντος. Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μοντελοποίηση και ενεργειακή αναβάθμιση τριών νεόδμητων κτιρίων, των οποίων η κατασκευή έγινε με βάση τη τεχνική φυσικής δόμησης, καθώς και ο υπολογισμός της ενεργειακής τους συμπεριφοράς.

1.1. Δομικά υλικά

Τα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται, ώστε να γίνει εφαρμογή των αρχών της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, είναι κυρίως φυσικά υλικά με χαμηλό περιβαλλοντικό αντίκτυπο, η επιλογή των οποίων έχει γίνει με βάση τις ενεργειακές απαιτήσεις των εκάστοτε κτιρίων. Βασικό παράγοντα στην επιλογή της τεχνικής δόμησης και κατόπιν των εκάστοτε υλικών, αποτελεί η ανάλυση του βιοκλιματικού χαρακτήρα της περιοχής καθώς και της ανταπόκρισης των ήδη υπάρχων κτισμάτων ως προς το περιβάλλον αυτής. Συγκεκριμένα, γίνεται ανάλυση σε κλίμακα πολεοδομικού σχεδιασμού αλλά και χαρακτηριστικών του οικοδομήματος, στοιχεία όπως ο προσανατολισμός του κτιρίου, ο φυσικός αερισμός και ο δροσισμός, καθώς και οι φυτεύσεις και σκιάσεις. [27]

Παρακάτω ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των δομικών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν, όσον αφορά την σύνθεση τους, τις ιδιότητές τους καθώς και τα περιβαλλοντικά τους γνωρίσματα.

1.1.1. Ανόργανα δομικά υλικά

Φυσικοί λίθοι και γαίες

Κισσήρης ελαφρόπετρα

Η κισσήρης ελαφρόπετρα αποτελεί πορώδες και χημικά αδρανές δομικό υλικό με μεγάλη ανθεκτικότητα, ιδανικές χημικές και μηχανικές ιδιότητες με χαμηλό κόστος, που εμφανίζεται σε πλήθος εφαρμογών. Προκύπτει από την ηφαιστειακή δράση λόγω των κενών που δημιουργούνται κατά την ψύξη της λάβας και την ταυτόχρονα διαφυγή ατμού. Παρουσιάζει χαμηλή πυκνότητα, καθώς και θερμομονωτικές και ηχοαπορροφητικές ιδιότητες. Μέσω της χρήσης της επιτυγχάνεται δόμηση με χαμηλότερο βάρος και καλύτερη θερμική αντίσταση. [42]

Γαιώδη υλικά πλήρωσης

Άργιλος

Τα φυσικά στοιχεία τα οποία απαρτίζουν τους πλίνθους είναι η άργιλος, το νερό και το πυρίτιο. Η άργιλος αποτελεί ένα προσχωσιγενής πέτρωμα το οποίο έχει δημιουργηθεί από την σταδιακή διάσπαση πετρωμάτων. Η άργιλος αποτελείται κυρίως από οξείδια του αργιλίου και πυριτίου σε συνδυασμό με άλλες οργανικές ενώσεις και μπορεί να βρεθεί τόσο στην επιφάνεια του εδάφους όσο και στο υπέδαφος. [29] Η άργιλος που απαρτίζει τον πηλό παρουσιάζει ιδιαίτερες προσροφητικές ικανότητες, τόσο για τους υδρατμούς του εσωτερικού αέρα όσο και για τα ιόντα των χημικών ενώσεων και στοιχείων που υπάρχουν σε αυτόν. Συγκεκριμένα, πραγματοποιείται απορρόφηση επιβλαβών ουσιών για τον ανθρώπινο οργανισμό, λόγω χάρη φωσφορικές και θειικές ενώσεις. Επιπροσθέτως, έχει την ικανότητα να δεσμεύει ραδιενεργές εκπομπές καθώς και την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία υψηλών συχνοτήτων.

Ο πηλός παρουσιάζει μεγαλύτερο βαθμό θερμοχωρητικότητας ανά μονάδα βάρους συγκριτικά τόσο με τα παραδοσιακά όσο και με τα πιο σύγχρονα υλικά δόμησης. Ωστόσο η θερμική του αγωγιμότητα μπορεί να βελτιωθεί αν συνδυαστεί με άχυρο, καθώς και άλλα θερμομονωτικά φυσικά υλικά. Η βελτίωση των θερμομονωτικών ιδιοτήτων του πηλού είναι ανάλογη με το ποσοστό ύπαρξης άχυρου μέσα σε αυτό. Συνεπώς, ο συνδυασμός δύο στρωμάτων πηλού, ο ένας εκ των οποίων θα αποτελείται από άχυρο, δημιουργούν ένα δομικό υλικό με ικανοποιητικό βαθμό θερμικής αγωγιμότητας και θερμοχωρητικότητας. Το υλικό αυτό μπορεί να διαχωριστεί σε δύο, τον συμπαγή και τον ελαφρύ πηλό. Όσον αφορά τον συμπαγή, παρουσιάζει μεγαλύτερη ειδική θερμοχωρητικότητα από αυτή του σκυροδέματος και της πλίνθου, μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα από της πλίνθου αλλά μικρότερη από του σκυροδέματος και μικρότερη ταχύτητα θερμοροής και από τα δύο υλικά. [29] Η επίτευξη αυτού θα μπορούσε να συμβεί κάλλιστα με την δημιουργία σύγχρονων δομικών υλικών, όπως αυτή του σκυροδέματος με μικρότερο πάχος κελύφους.

Ωστόσο, το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι τα μεγάλα ποσοστά ενέργειας που απαιτούνται για την παραγωγή του συγκεκριμένου είδους υλικού σε σύγκριση με την παραγωγή του πηλού. [8]

Το έδαφος ως υλικό δόμησης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ποικίλους τρόπους που εξαρτώνται από το είδος του καθώς και την υγρασία που περιέχει. Συγκεκριμένα, αυξημένο ποσοστό της αργίλου έχει ως αποτέλεσμα μεγάλες τιμές πλαστικότητας και συμπιεστότητας και αντιθέτως μικρές τιμές διαπερατότητας και γωνίας τριβής. Προκειμένου να επιτευχθεί οποιαδήποτε βελτίωση στην ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου που έχει δομηθεί με βασικό υλικό τον πηλό είναι σημαντικό να γίνουν τροποποιήσεις των χαρακτηριστικών του. Οι πιο διαδεδομένες τροποποιήσεις είναι η αύξηση της αργίλου που τον απαρτίζει, η προσθήκη τσιμέντου ή ασβέστη, καθώς και η ανάμειξή του με ίνες φυτικής, ζωικής ή συνθετικής προέλευσης. Κυριότερος στόχος των παραπάνω διαδικασιών είναι η βελτίωση της εφελκυστικής αντοχής του εδάφους, καθώς και η επιτάχυνση σκλήρυνσης προκειμένου να μπορεί να δέχεται τις ωθήσεις του εξωτερικού περιβάλλοντος. [8]

Κατεργασμένη άργιλος

Αχυροπηλός

Με την προσθήκη ινών στο παραπάνω μείγμα, δημιουργείται ένα υλικό γνωστό ως ‘’cob’’ ,του οποίου η εφαρμογή γίνεται κυρίως πάνω σε θεμέλια από σκυρόδεμα ή πέτρα, προσδίδοντας μόνωση, αντοχή και ανθεκτικότητα. [43] Προκειμένου να επιτευχθεί σωστή χρήση των ινών είναι σημαντικό να προηγηθεί έλεγχος καταλληλότητας ως προς τους παράγοντες διάβρωσης, καθώς και αντοχής έναντι εφελκυστικών τάσεων σε υγρό και ξηρό περιβάλλον. Επιπροσθέτως, μέσω της χρήσης ινών μπορούν να μειωθούν σημαντικά οι πιθανές ρηγματώσεις που δημιουργούνται λόγω της ύπαρξης της αργίλου στο πηλοκονίαμα. Το άχυρο αποτελεί ανανεώσιμο πόρο έχοντας εξαιρετική φέρουσα ικανότητα και άριστες ιδιότητες τόσο μόνωσης όσο και ανθεκτικότητας σε κρίσιμα φυσικά φαινόμενα. Μπορεί να γίνει χρήση του στα πλαίσια πλήρωσης μιας ξύλινης κατασκευής καθώς και μόνωσης μιας στέγης. [19]

Πηλός

Ο πηλός, ως ένα υλικό που αφθονεί στη φύση, χρησιμοποιείται έντονα από τον άνθρωπο από τα αρχαία χρόνια έως και σήμερα για δημιουργίες τόσο καλλιτεχνικού όσο και δομικού ενδιαφέροντος. Σύμφωνα με έρευνες, ο πηλός είναι άργιλος πλούσιος σε χαλαζιούχο άμμο. [8] Στην Ελλάδα, η χρήση του πηλού ως δομικό υλικό εμφανίζεται από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, όπως και του σκυροδέματος. Στη πορεία, και για μεγάλο διάστημα, ο πηλός υποβαθμίζεται σε ένα υλικό αχρείας ποιότητας με αναξιόπιστες αντοχές. Ωστόσο στις μέρες μας, σύμφωνα με τις δυτικές αντιλήψεις, έχει παρατηρηθεί ιδιαίτερο ενδιαφέρον στους τρόπους βελτίωσης και στην μελέτη των ιδιοτήτων του πηλού, λόγο του ότι η παραγωγή σκυροδέματος οδηγεί σε εκπομπή μεγάλων ποσοστών CO_2 και άλλων κακοηθών ουσιών. [29] Στη σύγχρονη πρακτική δόμησης, η χρήση του πηλού και του ωμόπλινθου έχουν απαξιωθεί σημαντικά σε σύγκριση με τα αρχαία χρόνια, όπου σε συνδυασμό με τον λίθο και το ξύλο αποτελούσαν τα βασικότερα υλικά δόμησης.

Έχει παρατηρηθεί ότι η χρήση ωμόπλινθων για την κατασκευή τοιχοποιίας είναι σπουδαίο στοιχείο αρχιτεκτονικής κληρονομίας για την Ελλάδα, καθώς αποτέλεσε μια τεχνική δόμησης που διαμόρφωνε την αισθητική πληθώρας οικισμών μέχρι τα τέλη του 1950. [8]

Ο πηλός έχει την ικανότητα να αποθηκεύει μεγαλύτερες ποσότητες θερμότητας συγκριτικά με άλλα δομικά υλικά, καθώς τις αποδίδει σε πιο αργό χρόνο και διατηρεί τις εσωτερικές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις σε χαμηλό επίπεδο. Συνεπώς, τον χειμώνα παρατηρούνται μειωμένες απώλειες της θερμότητας συγκριτικά με το σκυρόδεμα, ενώ το καλοκαίρι θερμαίνονται με αργό ρυθμό, διατηρώντας τον χώρο δροσερό κατά την διάρκεια της ημέρας. Ωστόσο παρατηρείται και καθυστέρηση στην ψύξη του χώρου κατά τη διάρκεια της νύχτας. [1]

Ωμόπλινθος

Ο ωμόπλινθος αποτελεί ένα φυσικό υλικό δόμησης με ιδιαίτερη βιοκλιματική συμπεριφορά. Αποτελεί αρχέγονο οικοδομικό γηγενές υλικό, ιδιαίτερα γνωστό για την ανθεκτικότητα και την αντοχή του. Κύρια συστατικά του είναι η λάσπη και το νερό, ενώ είναι δυνατή η προσθήκη επιπλέον ινών με σκοπό την αύξηση της αποτελεσματικότητάς του. Αφού δημιουργηθεί το μείγμα, μπορεί να πάρει ποικίλες μορφές και κατόπιν να ξεραθεί με τη θερμότητα του ήλιου. Συνηθώς, το προϊόν που προκύπτει έχει τη μορφή τούβλων, τα οποία επικαλύπτονται με λάσπη ώστε να στοιβαχτούν και να σχηματιστεί μια κατασκευή. [1]

Εικόνα 1 : Διαδικασία κατασκευής ωμόπλινθων. [49]

Εικόνα 2 : Ξήρανση ωμόπλινθων. [49]

1.1.2 Κονιάματα

Η χρήση των κονιαμάτων είναι σημαντική ιδιαίτερα σε λιθόκτιστα κτίσματα, καθώς συνεισφέρει στην αποκατάσταση των ρωγμών και στην αποτελεσματική ενοποίηση των υλικών. Είναι σημαντικό να διαθέτει συμβατά χαρακτηριστικά με το εκάστοτε δώμα ώστε να επιτευχθεί η σωστή πρόσφυση. Εξωτερικοί παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα του ανέμου και η ύπαρξη υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα παίζουν σημαντικό ρόλο στην δημιουργία ενός ανθεκτικού κονιάματος. [20]

Γυψοκονίαμα

Αυτό το δομικό υλικό χρησιμοποιείται για την εσωτερική επίχριση του κελύφους και των οροφών. Ο γύψος παρουσιάζει αντοχή σε αυξημένες θερμοκρασίες, επεξεργάζεται εύκολα και έχει μικρό βάρος. Επίσης είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό στη φωτιά ενώ σε συνδυασμό με ίνες εμφανίζει καλές θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες. Η χρήση του είναι κατάλληλη για ξηρή δόμηση ενώ η αντοχή του σε κρούσεις και τριβές είναι μειωμένη. [20]

Πηλοκονίαμα

Το πηλοκονίαμα αποτελεί μία τροποποιημένη σύνθεση από πηλό η οποία είναι σημαντικό να παρουσιάζει κάποια σημαντικά χαρακτηριστικά δόμησης αυτού, όπως η υψηλή αντοχή θλίψης και κάμψης, το χαμηλό ποσοστό ξήρανσης, η ταχύτητα σκλήρυνσης, ο ικανοποιητικός βαθμός στεγανότητας και η επαρκής συνάφεια με το υπόστρωμα. Ιδιαίτερα όταν υπάρχει άμεση έκθεση του πηλού σε περιβαλλοντικές συνθήκες είναι πρώτιστης σημασίας να γίνει έλεγχος των παραπάνω χαρακτηριστικών. Σε γενικά πλαίσια, παρουσιάζει μεγαλύτερες αντοχές σε σχέση με άλλα κονιάματα**.** Πραγματοποιείται καλύτερη πρόσφυση στις πέτρες και στα ξύλα παρουσιάζοντας ικανοποιητική θερμική μόνωση. [8]

Εικόνα 3 : Κατασκευαστική διαδικασία επιχρίσματος βασισμένο στο χώμα. [8]

1.1.3 Σκυροδέματα

Ελαφρομπετόν

Χρησιμοποιείται ως υλικό επίστρωσης των δαπέδων και των οροφών και απαρτίζεται από τσιμέντο, νερό και ειδικό αφρώδες υλικό που έχει ως αποτέλεσμα την μείωση βάρους της σύστασης του και την αύξηση του όγκου του. Προκειμένου να ενισχυθεί η μηχανική αντοχή του, μπορεί να γίνει προσθήκη ινών πολυπροπυλενίου. Το αφρώδες υλικό έχει τη ικανότητα να δημιουργεί στο μείγμα φυσαλίδες αδρανής αέρινης μάζας οι οποίες βελτιώνουν τις ηχομονωτικές και θερμομονωτικές ιδιότητες. Επιπλέον, το υλικό αυτό είναι άφλεκτο και παρουσιάζει χαμηλή θερμοαγωγιμότητα, συμβάλλοντας στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. [52]

1.1.4 Θερμομονωτικά υλικά

Ινώδη ανόργανα υλικά

Πετροβάμβακας

Ο πετροβάμβακας είναι ινώδες ανόργανο μονωτικό υλικό, με ιδιαίτερη αντοχή στην υγρασία ενώ παράλληλα φημίζεται για τις θερμομονωτικές και ηχομονωτικές του ικανότητες. Χρησιμοποιείται κυρίως για εσωτερική ηχομόνωση των τοίχων και είναι άκαυστος μέχρι και τους 1000 ^{o}C. Για αυτόν τον λόγο μπορεί να λειτουργήσει και ως πυροφραγή. [28]

Εικόνα 4 : Εφαρμογή πετροβάμβακα ως θερμομονωτικό υλικό. [55]

Υαλοβάμβακας

Αποτελεί ένα ελαφρύ, άκαυστο, ινώδες, μονωτικό υλικό που χρησιμοποιείται για την μόνωση δαπέδων, τοίχων και οροφών και παράγεται μέσω της ινοποίησης ρευστού πυριτικού γυαλιού. Παρουσιάζει καλές θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες και ανθεκτικότητα στα παράσιτα και την αποσύνθεση, ενώ παράλληλα είναι ευαίσθητο στα υψηλά επίπεδα υγρασίας. [28]

Εικόνα 5 : Εφαρμογή υαλοβάμβακα ως θερμομονωτικό υλικό. [50]

Διογκωμένη πολυστερίνη

Η Διογκωμένη πολυστερίνη ή airpop αποτελεί ένα διεθνές διαδεδομένο ανακυκλώσιμο υλικό δόμησης. Είναι ένα υλικό πλαστικού αφρού, δύσκαμπτο και ελαφρύ που παράγεται μέσω συμπαγών κόκκων πολυστερίνης. Παρουσιάζει πολύ καλές θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες λόγω του εγκλωβισμένου αέρα που περιέχει, ενώ ταυτόχρονα περιλαμβάνει στη μάζα του επιβραδυντή καύσης. [54]

Φύλλα φελλού

Ο διογκωμένος φελλός αποτελεί μονωτικό υλικό, βιοδιασπώμενο και ανακυκλώσιμο, το οποίο εμφανίζει ηχοαπορροφητικές, αντιδονητικές και θερμομονωτικές ικανότητες. Ακόμα, έχει μεγάλη ελαστικότητα καθώς και μηχανική αντοχή με διαπερατότητα στους υδρατμούς. [20]

1.1.5 Συνθετικά οργανικά υλικά

Αφρός πολυουθεράνης

Πρόκειται για ένα υλικό μικρού βάρους που φημίζεται για τις θερμομονωτικές και υγρομονωτικές του ιδιότητες καθώς παρουσιάζει χαμηλή θερμική αγωγιμότητα με υψηλή αντοχή στη φωτιά. Ταυτόχρονα λειτουργεί ως αδιάβροχο φράγμα παρέχοντας προστασία από την διείσδυση του νερού. [38]

1.1.6 Υλικά φυτικής και ζωικής προέλευσης

Φύκια Θαλάσσης

Τα φύκια συλλέγονται κυρίως σε περιοχές τουριστικά αναπτυγμένες προκειμένου να καθαριστούν οι θάλασσες και οι ακτές. Έχει παρατηρηθεί η χρήση τους σε τεχνικές παραδοσιακής δόμησης παραθαλάσσιων περιοχών ως θερμομονωτικό υλικό της στέγης καθώς και του κελύφους . Αποτελούν ανανεώσιμους και ανακυκλώσιμους πόρους, ενώ παράλληλα τα ποσά ενέργειας που απαιτούνται για την επεξεργασία τους είναι πολύ μικρά. Είναι ανθεκτικά στους υδρατμούς και στα παράσιτα καθώς περιέχουν πυριτικά άλατα και έχουν αφυγραντικές ιδιότητες και ικανοποιητική πυραντίσταση. Επιπλέον παρουσιάζουν μακροζωία. [4]

Πλάκες από καλάμια

Οι πλάκες από καλάμια χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό συμπιεστότητας που έχει ως αποτέλεσμα την στενή διαμοριακή συγκρότηση, η οποία εμποδίζει την εισχώρηση του αέρα. Συνεπώς, παρουσιάζει χαμηλή θερμική διαπερατότητα και υψηλές ηχομονωτικές καθώς και πυρίμαχες ιδιότητες. Επίσης, πρόκειται για φθηνό υλικό δόμησης καθώς υπάρχει η δυνατότητα συλλογής του από το εκάστοτε περιβάλλον. [11]

Μαλλί προβάτου

Το μαλλί προβάτου είναι γνωστό ως εναλλακτικό θερμομονωτικό υλικό, ενώ ταυτόχρονα η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή του είναι ιδιαίτερα χαμηλή. Ωστόσο, παρουσιάζεται το μειονέκτημα χρήσης μυκητοκτόνου για την αποφυγή πιθανού κινδύνου από πυρκαγιά. [4] Αποτελεί ανανεώσιμο φυσικό πόρο που μπορεί να ανακυκλωθεί και να κομποστοποιηθεί σε ορισμένες περιπτώσεις.

Παρουσιάζει υψηλή θερμική αγωγιμότητα αλλά ευαισθησία στην συστηματική παρουσία υδρατμών. Ωστόσο έχει την ικανότητα να εξισορροπεί την υγρασία των εσωτερικών χώρων μέσω της προσρόφησης και εκρόφησης της. Ακόμα, το μαλλί έχει την ικανότητα να εξυγιαίνει τον χώρο λόγω της χημικής σύστασης των ινών του, δεσμεύοντας μεγάλο φάσμα τοξικών ουσιών. Επιπλέον, είναι εύκαμπτο, ελαφρύ και εύκολα επεξεργάσιμο. [41]

Εικόνα 6 : Κατεργασμένοι σωροί μαλλιού προβάτου. [41]

Κυτταρίνη

Οι μονώσεις από κυτταρίνη προκύπτουν από ανακυκλωμένο τεμαχισμένο χαρτί, εμποτισμένο με βορικά άλατα ή θειικό άργιλο και είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες καθώς βασίζονται στα οικολογικά κριτήρια δόμησης. Έχει την ικανότητα να απορροφά την υγρασία του αέρα και να την αποδίδει, εξισορροπώντας την ποσότητα υδρατμών του κάθε χώρου. Αποτελεί ένα χαμηλού κόστους υλικό με καλές ηχομονωτικές και θερμομονωτικές ιδιότητες, ενώ παράλληλα παρουσιάζει αντοχή στα παράσιτα και καλή πυραντίσταση. [28]

1.1.7 Συνθετικά υλικά επιστρώσεων

Φύλλα πολυαιθυλενίου

Το πολυαιθυλένιο είναι από τα πιο διαδεδομένα θερμοπλαστικά υλικά και προκύπτει από πολυμερισμό του αέριου του πολυαιθυλενίου. Παρουσιάζει μεγάλες αντοχές κατά της διάβρωσης, μεγάλη ηλεκτρική αντίσταση, είναι ευλύγιστο και ιδιαίτερα ελαφρύ. Ακόμα έχει την δυνατότητα εύκολης ρευστοποίησης και σχηματισμού. Προσθέτοντας σταθεροποιητικά, ώστε να αυξηθεί η αντοχή του στην υπεριώδης ακτινοβολία, παράγονται πλαστικά φύλλα που η χρήση τους προορίζεται στην κάλυψη οροφών. Ακόμα εμφανίζει καλή περατότητα σε αέρια, κυρίως CO_2 και O_2, στο φως και σε όλα τα μήκη θερμικής ακτινοβολίας και είναι υδρόφοβο. [8]

1.1.8 Ασφαλτικά υλικά

Ασφαλτόπανα

Πρόκειται για στεγανοποιητικές στρώσεις σε μορφή φύλλων που χρησιμοποιούνται κυρίως για την αδιαβροχοποίηση των ταρατσών. Το μεγαλύτερο μέρος της μάζας τους αποτελείται από μείγμα ασφάλτου σε συνδυασμό με πολυμεριστικές ουσίες. [46]

Η στεγανοποίηση που προσφέρει επιφέρει την μείωση κατανάλωσης ενέργειας καθώς η υγρασία ελαττώνεται και συνεπώς αυξάνεται η θερμομονωτική ικανότητα των υπόλοιπων δομικών υλικών. Αποτελεί ένα οικονομικό υλικό με μακροζωία και αυξημένη πρόσφυση σε όλα τα δομικά υλικά. [46]

1.1.9 Κεραμικά πλακίδια

Η χρήση των κεραμικών πλακιδίων είναι ευρέως γνωστή καθώς αποτελεί οικονομική λύση και η εφαρμογή τους είναι εύκολη. Η πρώτη ύλη κατασκευής τους είναι ο πηλός, ο γύψος, η άμμος και διάφορα υλικά από πέτρα, τα οποία αφού τοποθετηθούν σε καλούπια, υπόκεινται συμπίεση υψηλής πίεσης και κατόπιν ψήσιμο σε υψηλή θερμοκρασία. Πρόκειται για υλικά που φημίζονται για την υψηλή τους σκληρότητα και στεγανότητα. [31]

1.1.10 Ξύλο

Η χρήση του ξύλου ως δομικό υλικό ήταν και είναι εξαιρετικά διαδεδομένη για την εξωτερική αλλά και εσωτερική κατασκευή ενός κτιρίου, καθώς οι ιδιότητές του είναι ισχυρότερες από αυτές του χάλυβα και του σκυροδέματος και θεωρείται από τα πιο βιώσιμα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι προκειμένου το ξύλο να θεωρηθεί φυσικά βιώσιμος πόρος πρέπει να γίνεται τοπική συλλογή του και από ανανεώσιμη πηγή. [31]

Οξιά

Το ξύλο της οξιάς χαρακτηρίζεται για την ανθεκτικότητα, την αντοχή και την προσαρμογή σε ξαφνικές θερμοκρασιακές αλλαγές. Επιπλέον παρουσιάζει υψηλές ηχομονωτικές ιδιότητες ενώ ταυτόχρονα προσφέρει αισθητικές φυσικού περιβάλλοντος στην εσωτερική κατασκευή του κτιρίου. [31]

Bamboo

Το μπαμπού αποτελεί ένα συμπαγές δομικό υλικό μικρού βάρους, με το πλεονέκτημα ότι βρίσκεται σε αφθονία καθώς οι αναπτυξιακές του δυνατότητες είναι ταχείες. Έχει ευρεία χρήση για ποικίλα είδη κτισμάτων, όπως για παράδειγμα η χρήση του σαν στέρεο υποκατάστατο ράβδων οπλισμού. Επιπλέον, είναι κατάλληλο για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής, καθώς έχει την δυνατότητα να απορροφά διοξείδιο του άνθρακα.[11]

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. Εισαγωγή

Στον παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, προκειμένου να αναλυθεί υπολογιστικά η ενεργειακή αξιολόγηση κτιρίων. Αναλυτικά, έγινε επιλογή τριών κτισμάτων, που λαμβάνουν χώρα σε τρεις διαφορετικές περιοχές της Κρήτης και η κατασκευή τους βασίζεται στην δόμηση από φυσικά υλικά. Πιο συνοπτικά, στα πλαίσια της ανάληψης δεδομένων έγιναν οι ακόλουθες διαδικασίες. Αρχικά παρατηρήθηκαν και αναλύθηκαν οι κλιματικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής μέσω εξαγωγής μετρήσεων από κοντινούς μετεωρολογικούς σταθμούς για το έτος 2022. Στην πορεία πάρθηκαν μετρήσεις ανά εποχή που αφορούσαν την εσωτερική θερμοκρασία των χώρων καθώς και την σχετική υγρασία. Η διαδικασία αυτή επιτεύχθηκε μέσω αισθητήρων που τοποθετήθηκαν σε συγκεκριμένες θέσεις του κάθε κτίσματος. Επιπλέον, μετρήθηκαν οι ρυθμοί αερισμού και διήθησης των εσωτερικών χώρων μέσω της τεχνικής φυσητήρα. Παρακάτω απεικονίζεται η τοποθεσία των κτιρίων καθώς και των μετεωρολογικών σταθμών.

Εικόνα 7 : Τοποθεσία τριών κτισμάτων (πράσινο στίγμα) και μετεωρολογικών σταθμών άντλησης των δεδομένων. [37]

Η μετρούμενη παράμετρος των τριών πλίνθινων κτισμάτων, στους οποίους δόθηκε έμφαση ώστε να γίνει η ανάλυση της ενεργειακής συμπεριφοράς τους, είναι η θερμοκρασία κάθε θερμικής ζώνης. Στην πορεία ακολουθήθηκε η μελέτη της ενεργειακής απαίτησης σε συστήματα θέρμανσης και ψύξης.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον υπολογισμό των φορτίων κάθε θερμικής ζώνης είναι πολλοί και μεταβάλλονται κάθε 24ωρο, με συνέπεια την δυσκολία της ακριβής εύρεσης τους. Έτσι, προκειμένου να υπολογιστούν οι εκάστοτε παράμετροι και φορτία, ήταν απαραίτητη η εκτέλεση ειδικής μεθοδολογίας που αφορά την χρήση συστημάτων προσομοίωσης, μία μέθοδος πιο αποτελεσματική, γρήγορη και με λιγότερα σφάλματα. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα EnergyPlus και OpenStudio, τα οποία εισάγονται στο πρόγραμμα προσομοίωσης SketchUp. Ειδικότερα, μέσω της μοντελοποίησης, επιτυγχάνεται η παρακολούθηση και αξιολόγηση της απόδοσης του κάθε κτιρίου. Συνεπώς, μειώνονται οι αμφιβολίες σχετικά με τις διαφορές μεταξύ της πραγματικής απόδοσης των κτιρίων και της αναμενόμενης, που προκύπτει από αναβάθμιση των υπαρχουσών δεδομένων.

2.2. Μετεωρολογικά δεδομένα

Η ορθή λήψη των μετεωρολογικών δεδομένων ως δεδομένα εισόδου, αποτελεί θεμελιώδεις παράγοντα ώστε να προκύψουν τα κατάλληλα δεδομένα εξόδου για την σωστή προσομοίωση ενέργειας του κτιρίου στην εκάστοτε τοποθεσία. Τα δεδομένα καιρού για τις διαφορετικές περιοχές της παρούσας εργασίας επιλέχθηκαν από το λογισμικό Elements Weather. Κύρια λειτουργία του λογισμικού είναι η δημιουργία και επεξεργασία προσαρμοσμένων αρχείων καιρού, που προκύπτουν από πλησιέστερους μετεωρολογικούς σταθμούς της εκάστοτε τοποθεσίας, για την ενεργειακή μοντελοποίηση κτιρίων. Ειδικότερα, πραγματοποιήθηκε η απομόνωση και άντληση μετεωρολογικών δεδομένων που αφορά διαστήματα ολόκληρων εβδομάδων για την κάθε εποχή.

2.3. Μοντελοποίηση Κτιρίων και Ανάλυση Μετρήσεων

Προκειμένου να επιτευχθεί η μέτρηση της πραγματικής θερμοκρασίας και της υγρασίας των εξωτερικών και εσωτερικών χώρων κάθε κτίσματος, πραγματοποιήθηκε τοποθέτηση αισθητήρων. Παρακάτω περιγράφονται οι τεχνικές πληροφορίες των αισθητήρων που έχουν εγκατασταθεί σε συγκεκριμένες τοποθεσίες. Όσον αφορά την τοποθέτηση των εξωτερικών αισθητήρων, έγινε εγκατάσταση αυτών κάτω από προεξοχές των κτιρίων ώστε να παρέχεται η προστασία τους από περιβαλλοντικά φαινόμενα που μπορεί να τους βλάψουν.

Αισθητήρας	**Μέτρηση**	**Εύρος**	**Ακρίβεια**	**Διακριτότητα**
Logit lth	T	-40°C to 65°	1°C	0.05°C
	RH	0% to 99.9%	±2%	0.1%
Digit-TL	T	-35 to +85 °C	±0.5°C@25°C	0.067 °C
Onset Hobo U12-12	T	-20° to 70°C	± 0.35°C from 0° to 50°	0.03°C at 25°C
	RH	5% to 95%	± 2.5% from 10% to 90% RH typical	0.05%

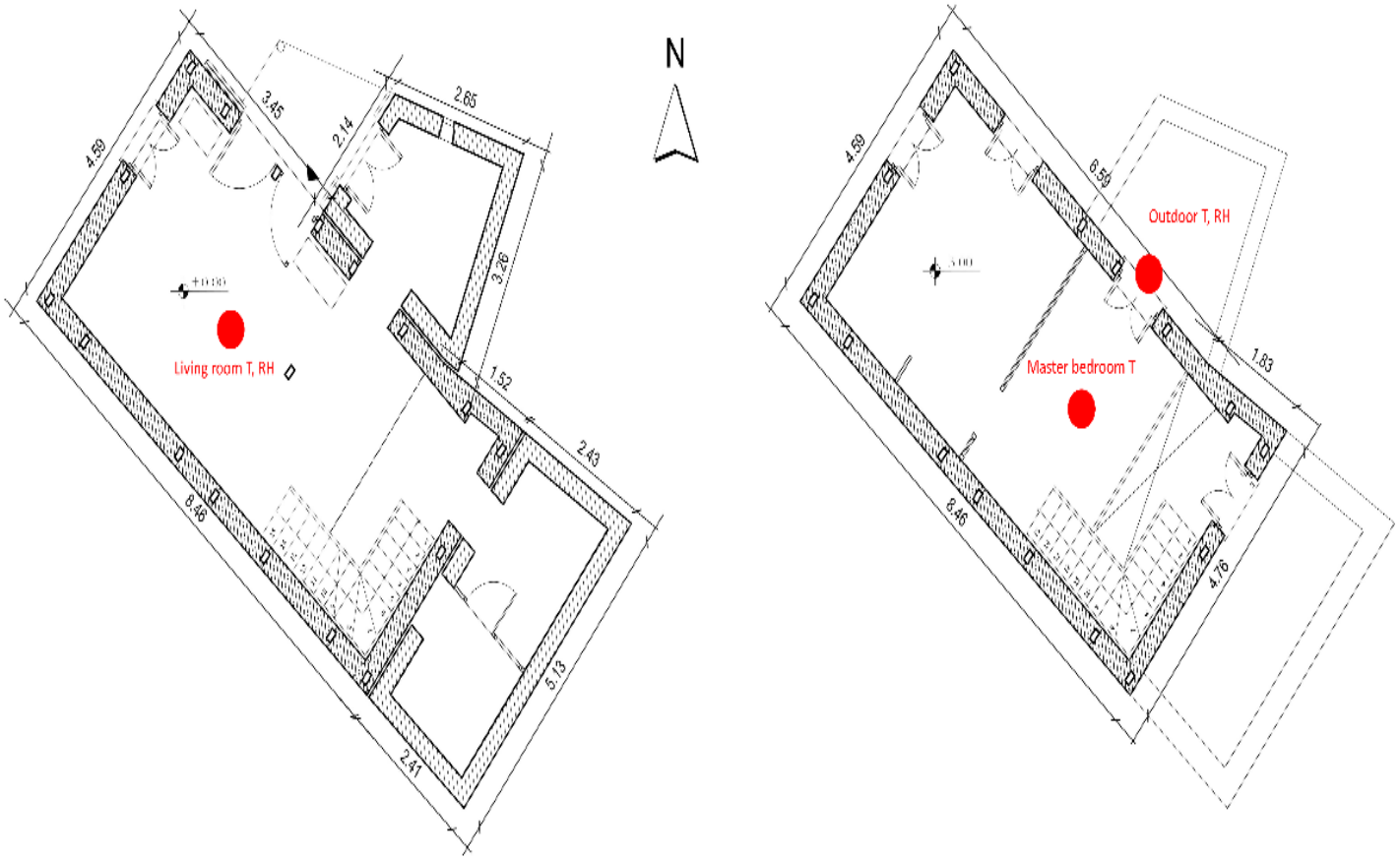
Πίνακας 1 : Τεχνικά Χαρακτηριστικά αισθητήρων. [37]

Επιπροσθέτως, πάρθηκαν μετρήσεις αερισμού και διείσδυσης που βασίστηκαν στο πρότυπο ΕΝ 13829 που αφορά ‘’Θερμική απόδοση κτιρίων — Προσδιορισμός αεροδιαπερατότητας κτιρίων — Μέθοδος συμπίεσης ανεμιστήρα’’. [37]

Οι θερμοκρασίες αυτές συγκρίνονται με τις αντίστοιχες μεταβλητές θερμοκρασιών, που εξάγονται από το πρόγραμμα προσομοίωσης Open Studio – Energy plus. Στην πορεία, υπολογίστηκε ο συντελεστής συσχέτισης R^2, που αποτελεί στατιστικό μέτρο του ποσοστού αυτού ανάμεσα στις δύο μεταβλητές. Σκοπός είναι να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή ταύτιση των μοντελοποιημένων θερμοκρασιών κάθε χώρου με των πραγματικών. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της αυξομείωσης των χαρακτηριστικών των υλικών που έχουν εισαχθεί στο πρόγραμμα. Τα παρακάτω διαγράμματα απεικονίζουν μοντέλα παλινδρόμησης που αντιπροσωπεύουν το ποσοστό της διακύμανσης μεταξύ της μετρούμενης θερμοκρασίας και της μοντελοποιημένης.

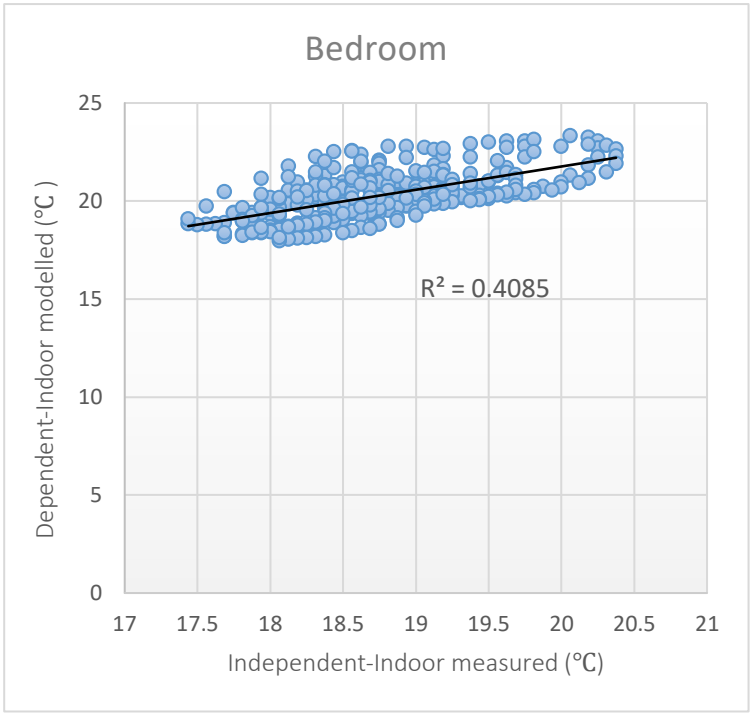
Κατοικία Βαφές

Στην κατοικία του Βαφέ, τοποθετήθηκαν αισθητήρες στον χώρο του καθιστικού, της κουζίνας καθώς και του υπνοδωματίου. Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας έγιναν σε συνθήκη όπου δεν κατοικούταν το κτίριο.

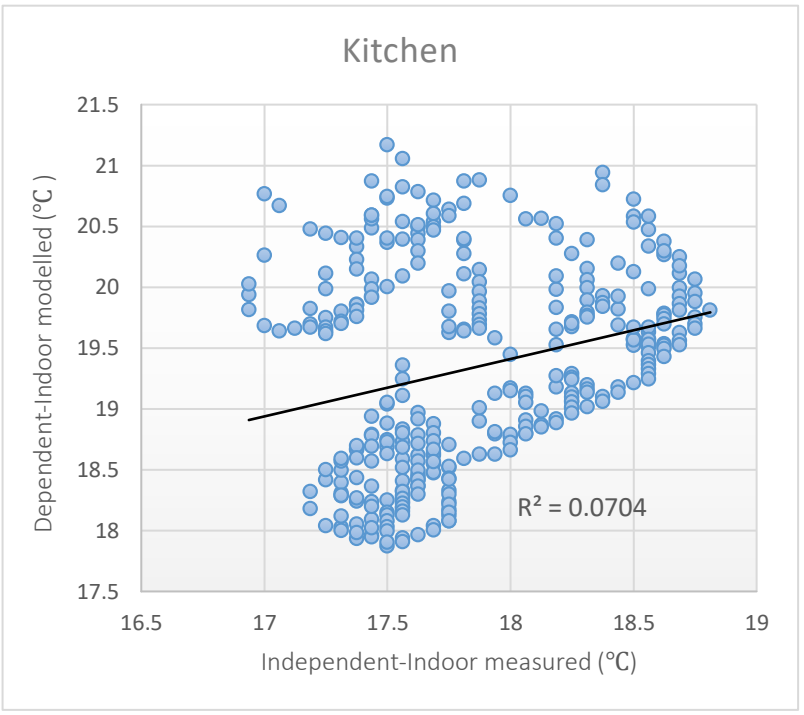


Εικόνα 8 : Κάτοψη κατοικίας στο Βαφέ με απεικόνιση της θέσης αισθητήρων θερμοκρασίας. [37]

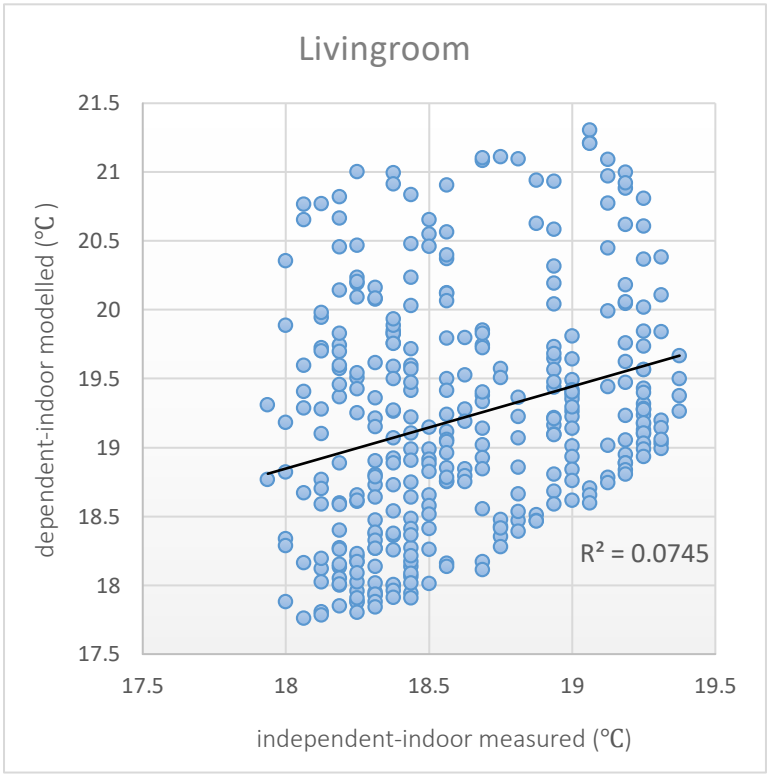
AUTUNM



Διάγραμμα 1 Σύγκριση θερμοκρασιών υπνοδωματίου.

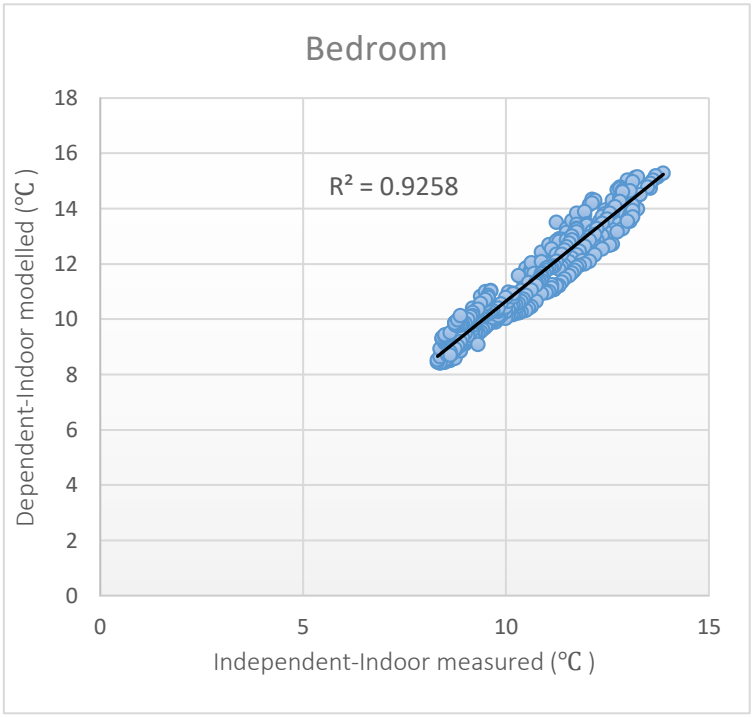


Διάγραμμα 2 : Σύγκριση θερμοκρασιών κουζίνας.

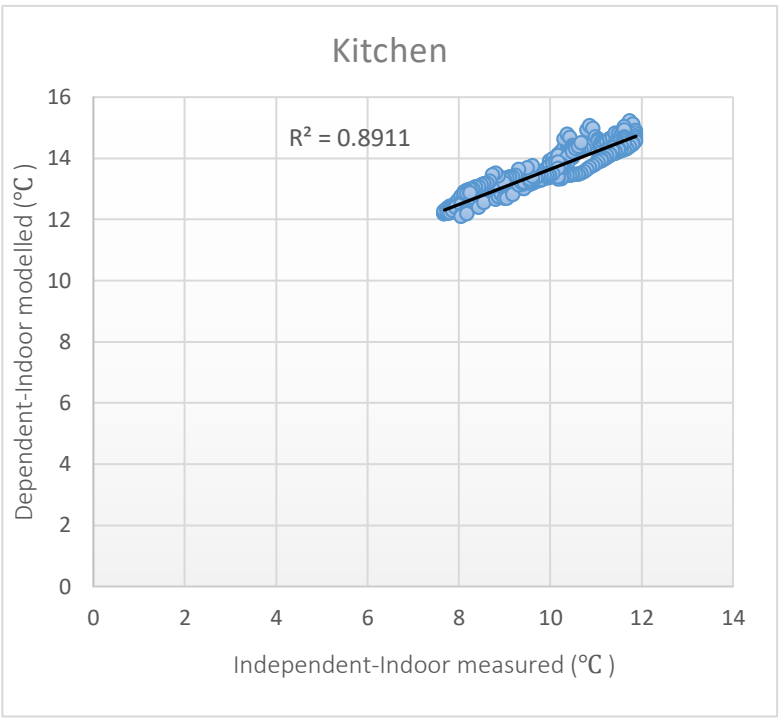


Διάγραμμα 3 : Σύγκριση θερμοκρασιών στο χώρο του σαλονιού.

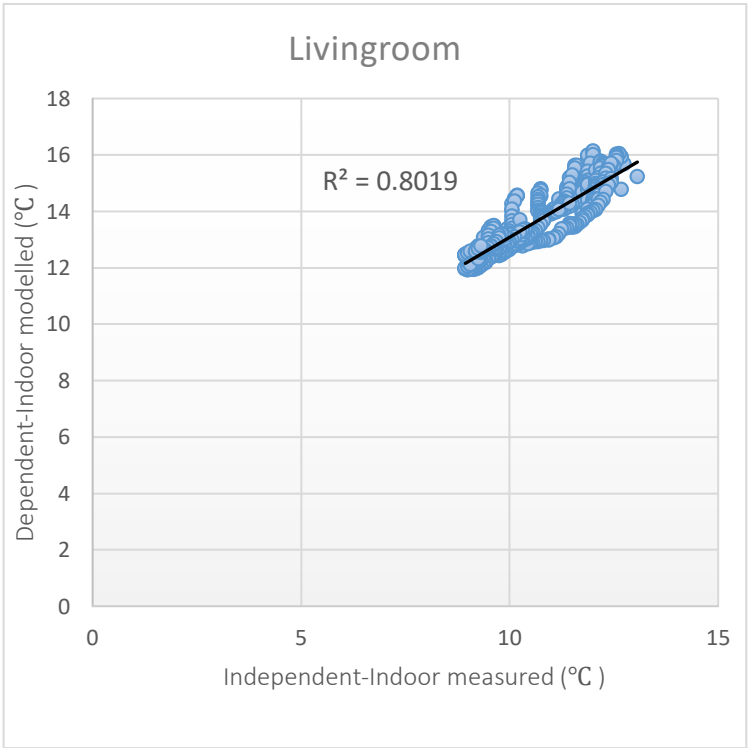
WINTER



Διάγραμμα 5 : Σύγκριση θερμοκρασιών υπνοδωματίου 2.

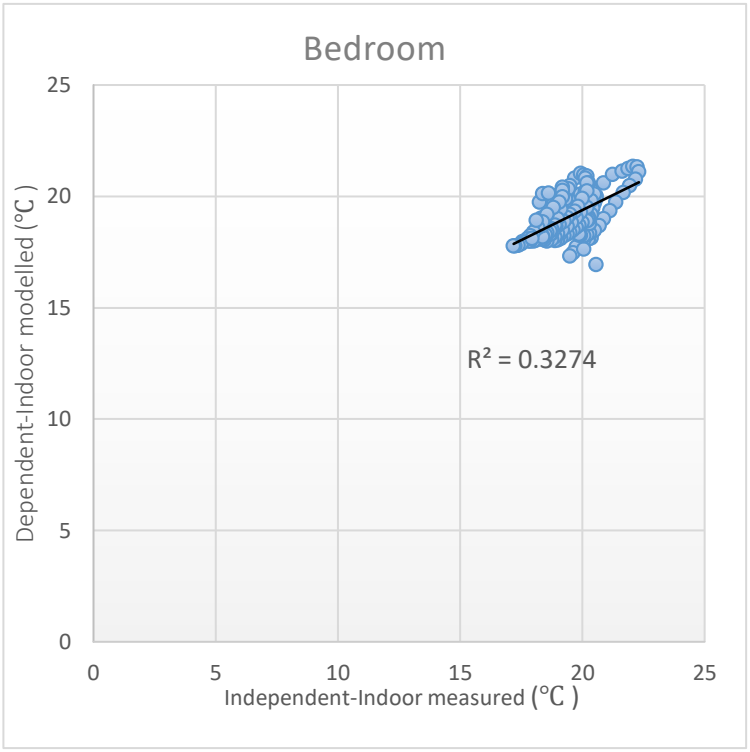


Διάγραμμα 4 : Σύγκριση θερμοκρασιών κουζίνας 2.

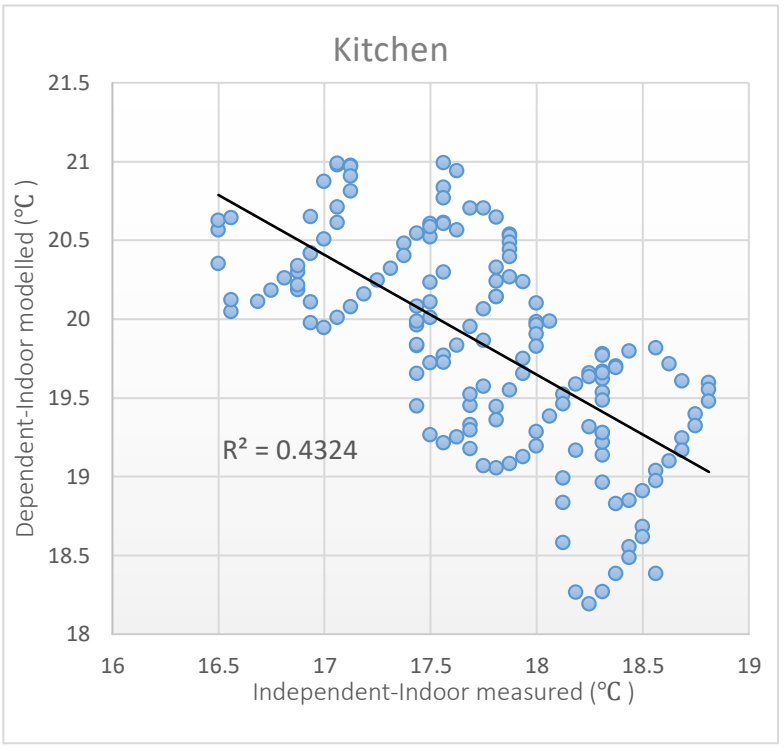


Διάγραμμα 6 : Σύγκριση θερμοκρασιών σαλονιού 2.

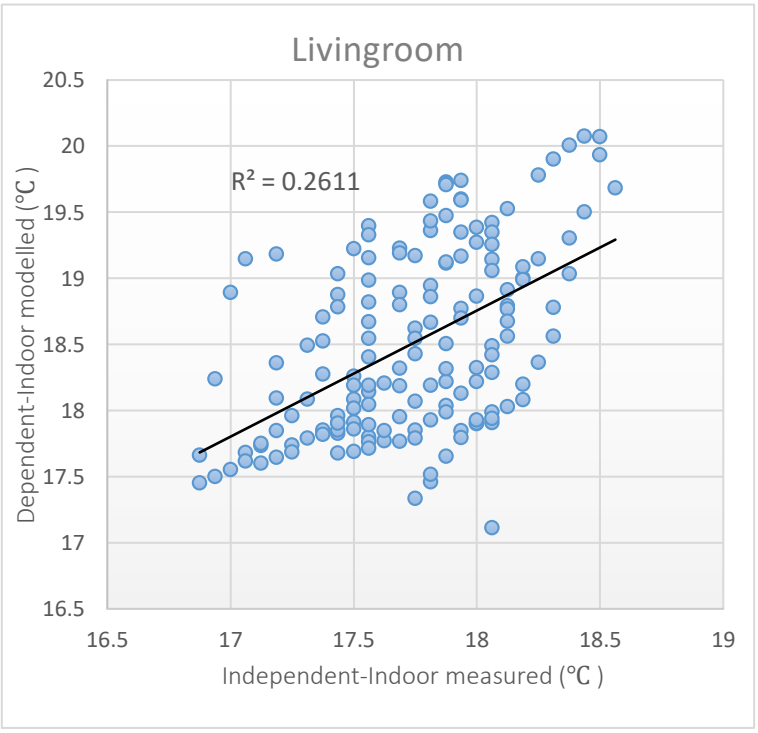
SPRING



Διάγραμμα 8 : Σύγκριση θερμοκρασιών υπνοδωματίου 3.

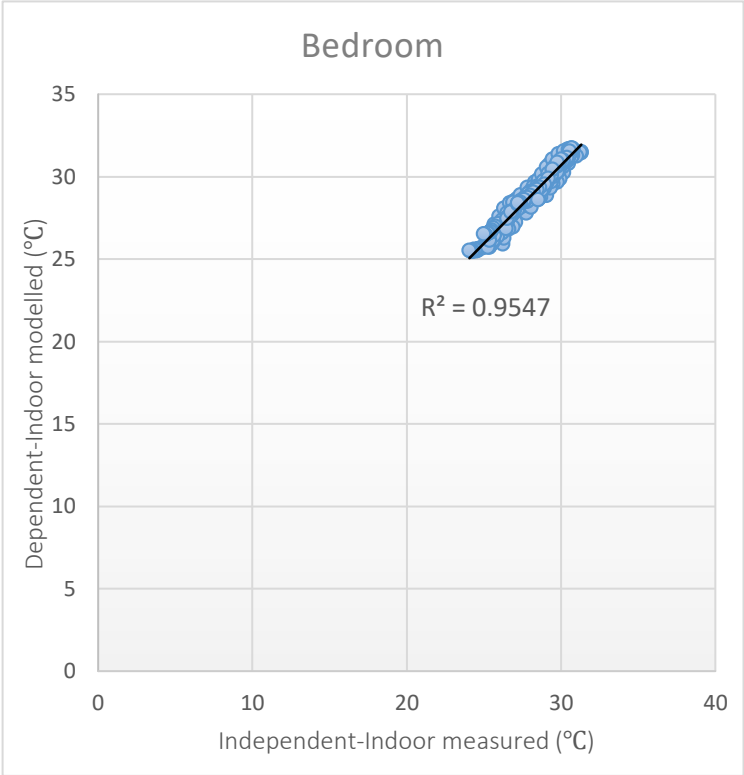


Διάγραμμα 7 : Σύγκριση θερμοκρασιών κουζίνας 3.

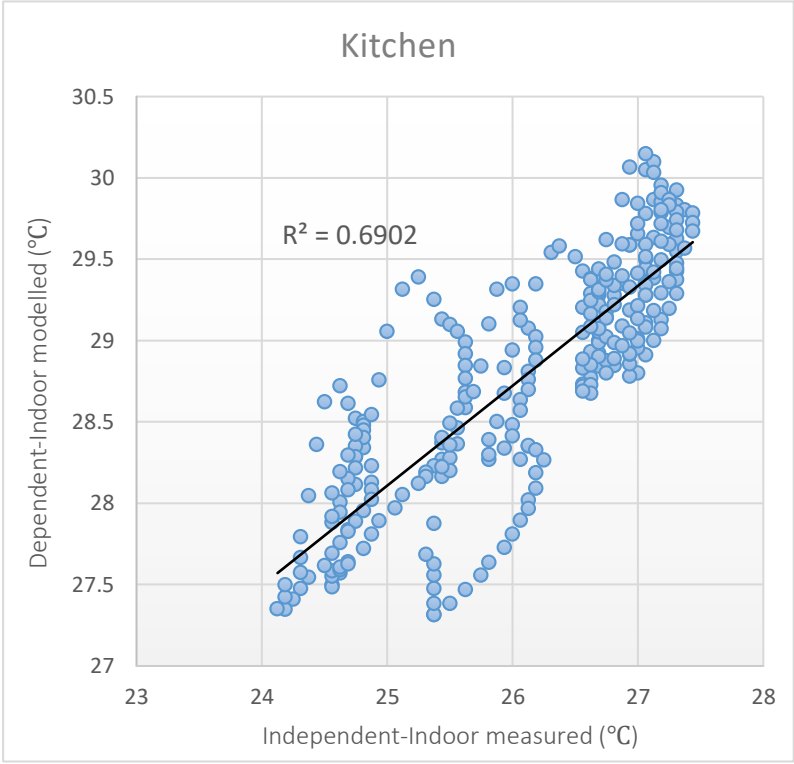


Διάγραμμα 9 : Σύγκριση θερμοκρασιώ σαλονιού 3.

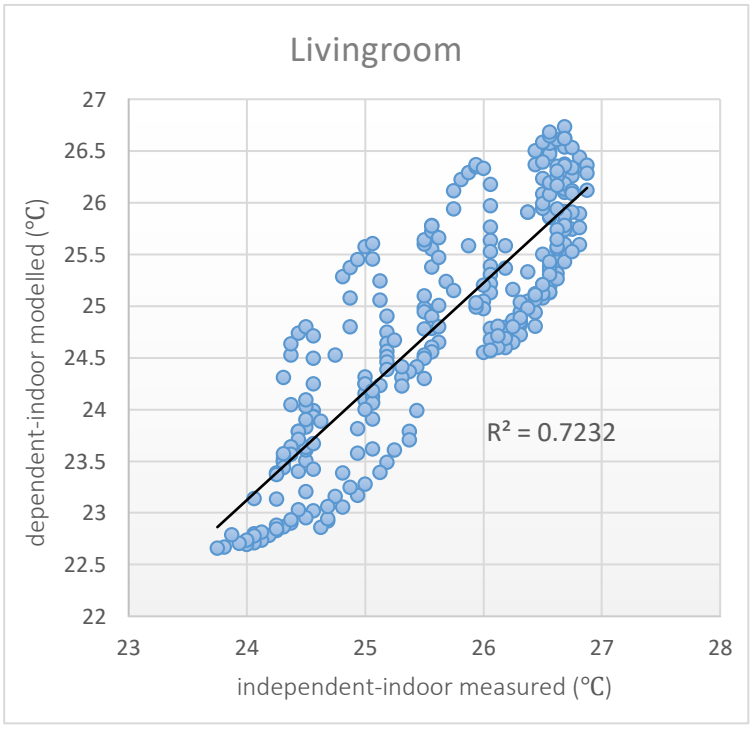
SUMMER



Διάγραμμα 11 : Σύγκριση θερμοκρασιών υπνοδωματίου 4.



Διάγραμμα 10 : Σύγκριση θερμοκρασιών κουζίνας 4.



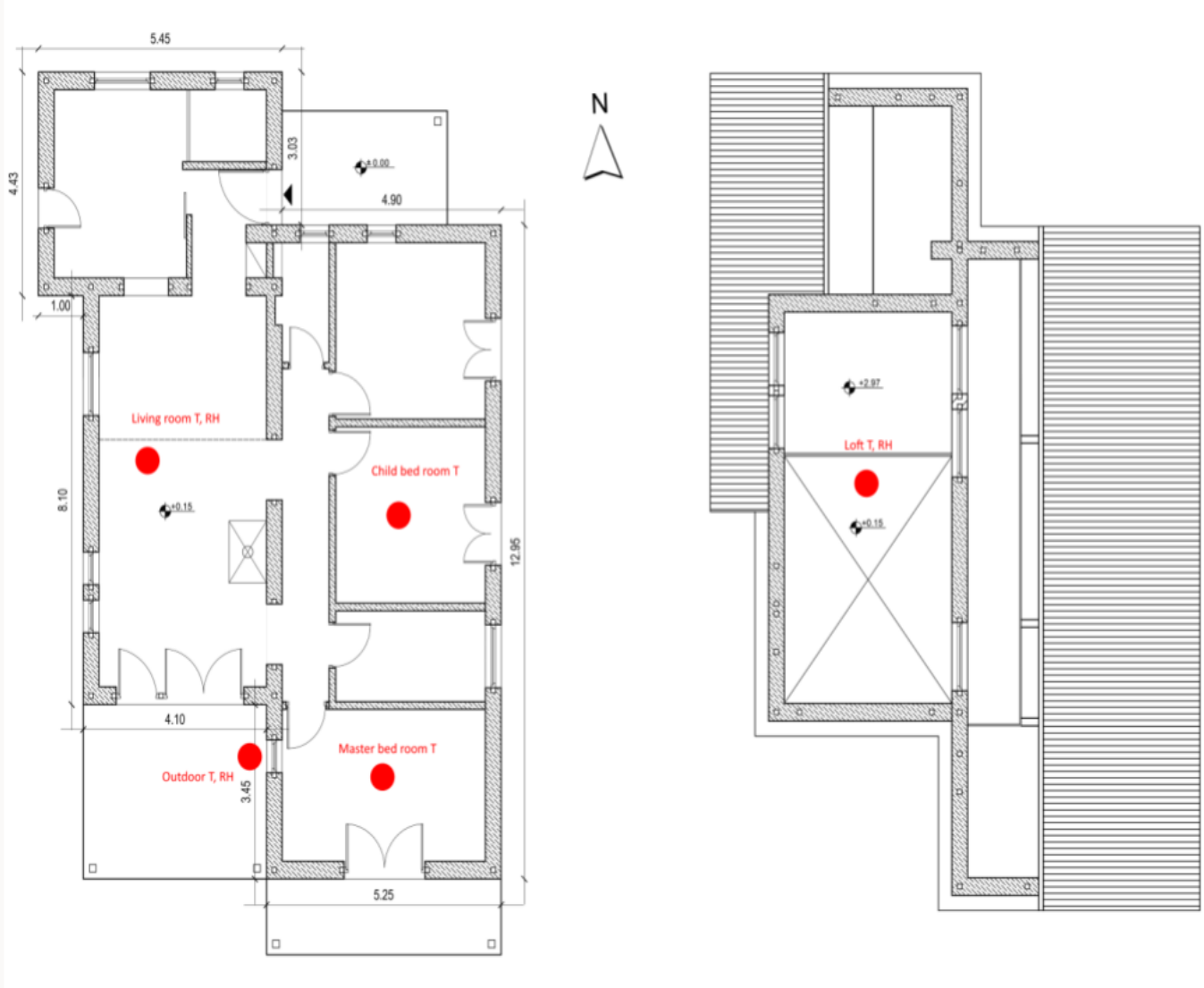
Διάγραμμα 12 : Σύγκριση θερμοκρασιών σαλονιού 4.

Στην παρούσα κατοικία παρατηρούμε ότι το φθινόπωρο οι μοντελοποιημένες θερμοκρασίες κυμαίνονται μεταξύ 19℃ και 24℃ στον χώρο του υπνοδωματίου και στον χώρο της κουζίνας ενώ στο σαλόνι η θερμοκρασία φτάνει τους 18℃ με 21℃. Τον χειμώνα, η θερμοκρασία στο υπνοδωμάτιο είναι μεταξύ 8℃ και 16℃ ενώ στον χώρο της κουζίνας και του σαλονιού παρουσιάζει απόκλιση +4℃ με το κατώτατο θερμοκρασιακό όριο. Την περίοδο της άνοιξης, η θερμοκρασία στο υπνοδωμάτιο είναι μεταξύ 16℃ και 22℃ ενώ στην κουζίνα και στο σαλόνι εμφανίζεται απόκλιση περίπου -1℃. Το καλοκαίρι, η θερμοκρασία στο υπνοδωμάτιο κυμαίνεται μεταξύ 25℃ και 32℃, στην κουζίνα υπάρχει απόκλιση +2℃ με το κατώτατο θερμοκρασιακό όριο ενώ στο σαλόνι κυμαίνεται μεταξύ 24℃ και 27℃.

Σύμφωνα με τις πραγματικές τιμές των θερμοκρασιών, την φθινοπωρινή περίοδο παρουσιάζονται και στους τρείς χώρους πανομοιότυπες θερμοκρασίες που κυμαίνονται μεταξύ 17℃ και 20℃. Τον χειμώνα, ομοίως η θερμοκρασία είναι αρκετά κοινή σε όλους του χώρους και κυμαίνεται μεταξύ 7℃ και 14℃. Την άνοιξη, στο υπνοδωμάτιο δεν παρουσιάζει απόκλιση με την μοντελοποιημένη θερμοκρασία ενώ στο σαλόνι και τη κουζίνα κυμαίνεται στους 16.5℃ με 18.5℃. Τέλος κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, η θερμοκρασία στο υπνοδωμάτιο και το σαλόνι δεν παρουσιάζει κάποια έντονη απόκλιση και στην κουζίνα κυμαίνεται μεταξύ 24℃ και 27.5℃. Γενικότερα, παρατηρούνται έντονες αποκλίσεις τις περιόδους της άνοιξης και του φθινοπώρου και κυρίως στον χώρο του σαλονιού, ενώ οι πιο ικανοποιητικές συσχετίσεις παρουσιάζονται τον χειμώνα και το καλοκαίρι και κυρίως στον χώρο του υπνοδωματίου.

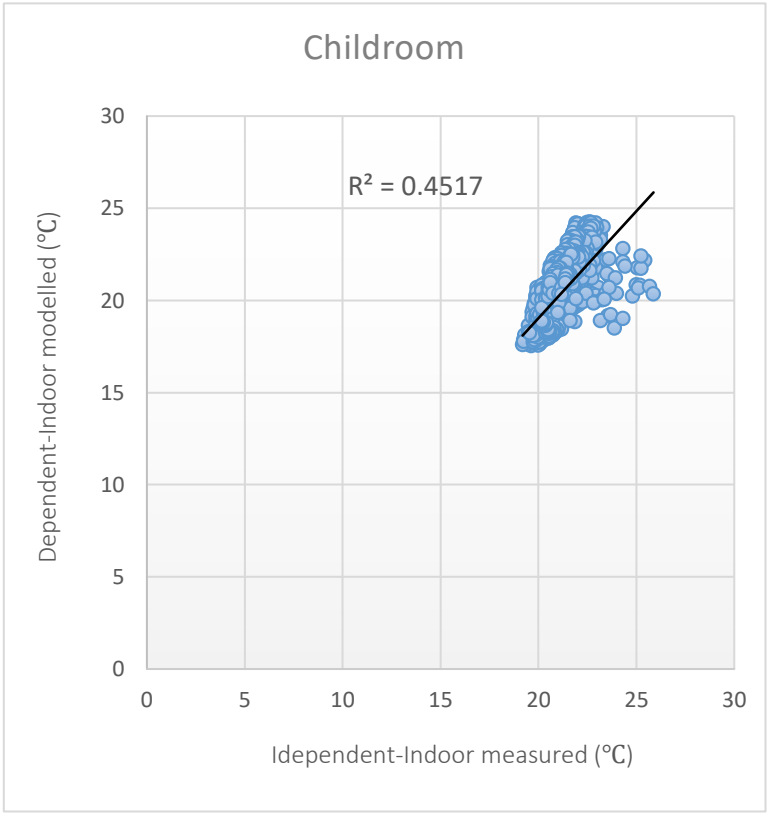
Κατοικία Νέου Χωριού

Στην κατοικία του Νέου Χωριού, τοποθετήθηκαν αισθητήρες στους χώρους του καθιστικού, του κύριου υπνοδωματίου, του παιδικού υπνοδωματίου και του παταριού που βρίσκεται πάνω από το καθιστικό. Σε αυτή την περίπτωση οι μετρήσεις της θερμοκρασίας πάρθηκαν σε συνθήκες κατοίκησης της οικείας.

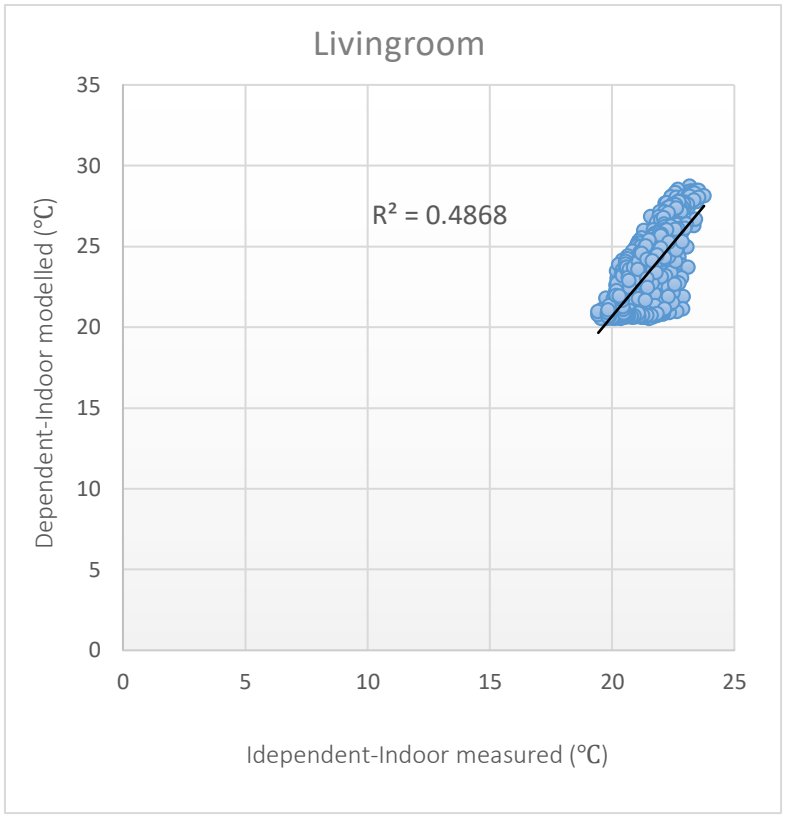


Εικόνα 9 : Κάτοψη κατοικίας στο Νέο Χωριό με απεικόνιση της θέσης των αισθητήρων θερμοκρασίας. [37]

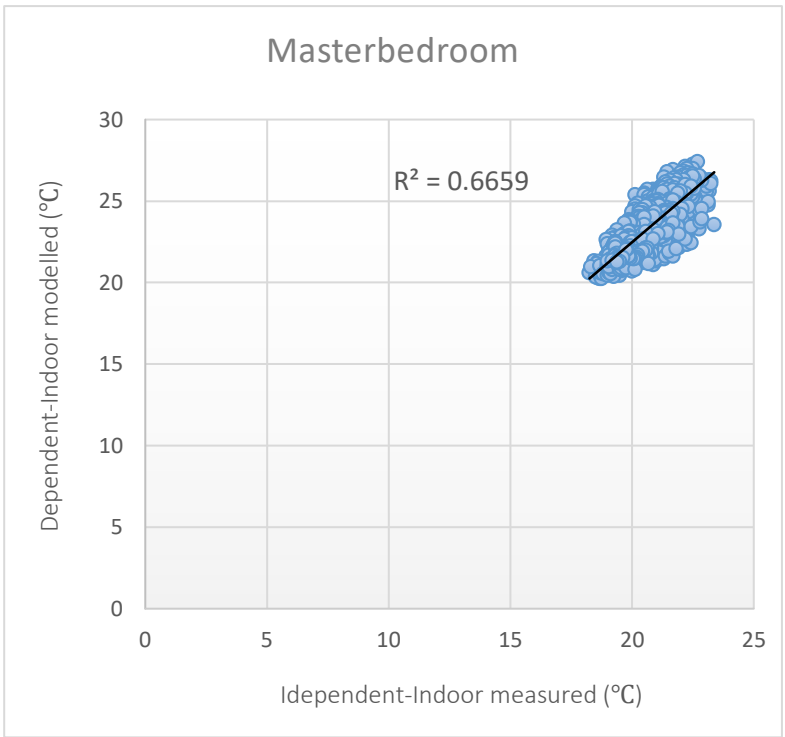
AUTUMN



Διάγραμμα 13 : Σύγκριση θερμοκρασιών παιδκού υπνοδωματίου.

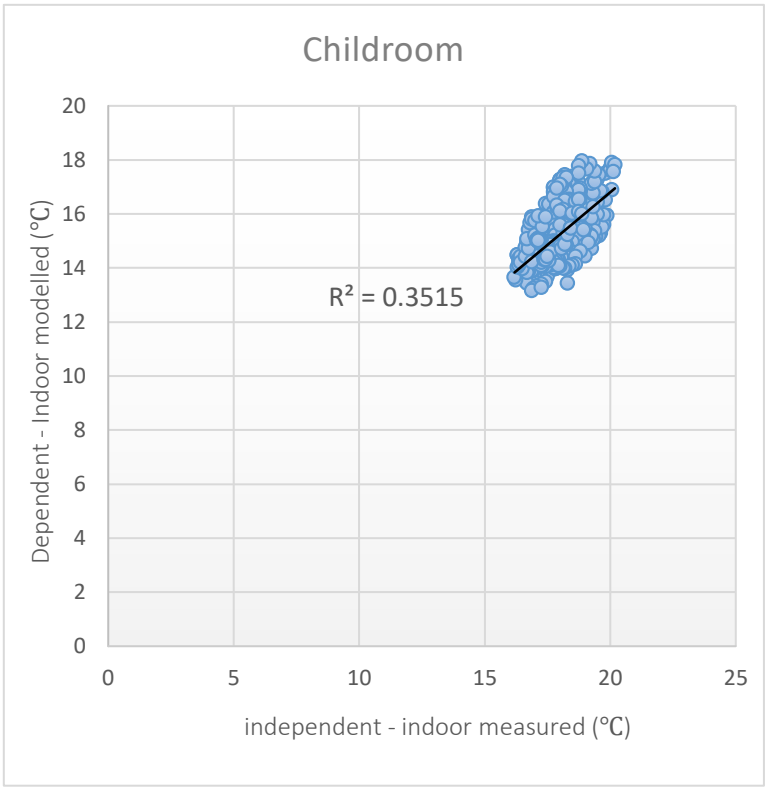


Διάγραμμα 14 : Σύγκριση θερμοκρασιών καθιστικού.



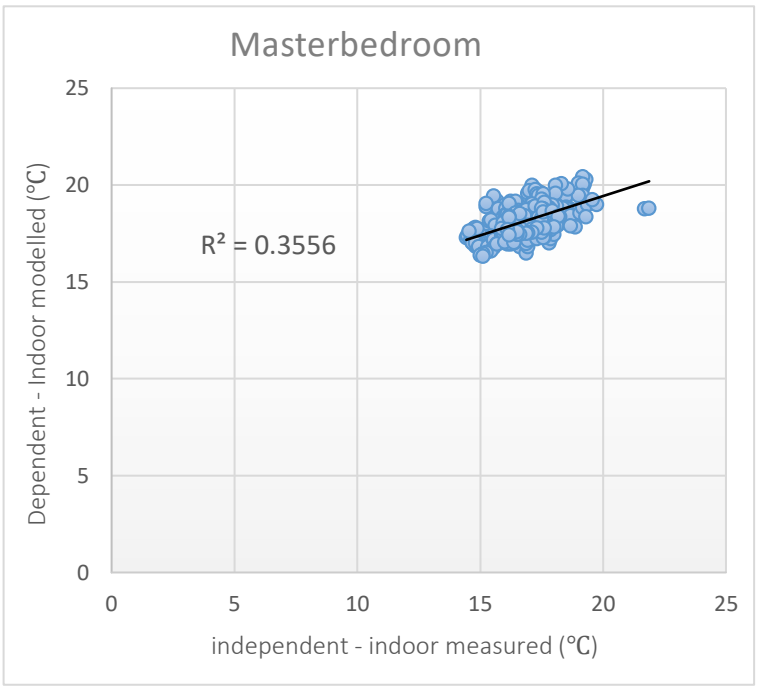
Διάγραμμα 15 : Σύγκριση θερμοκρασιών κύριου υπνοδωματίου.

WINTER



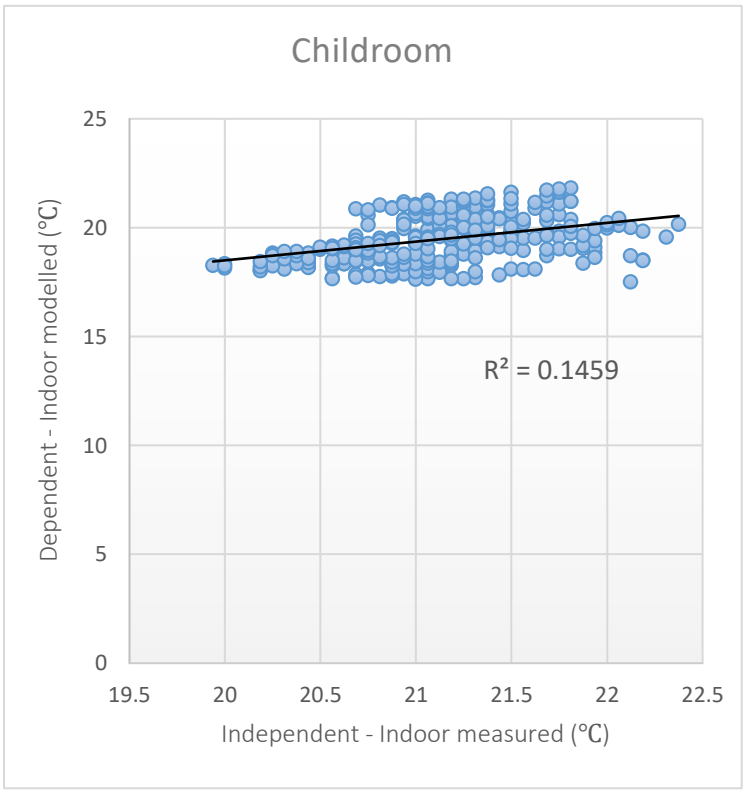
Διάγραμμα 16 : Σύγκριση θερμοκρασιών παιδικού υπνοδωματίου 2.

Διάγραμμα 17 : Σύγκριση θερμοκρασιών καθιστικού 2.

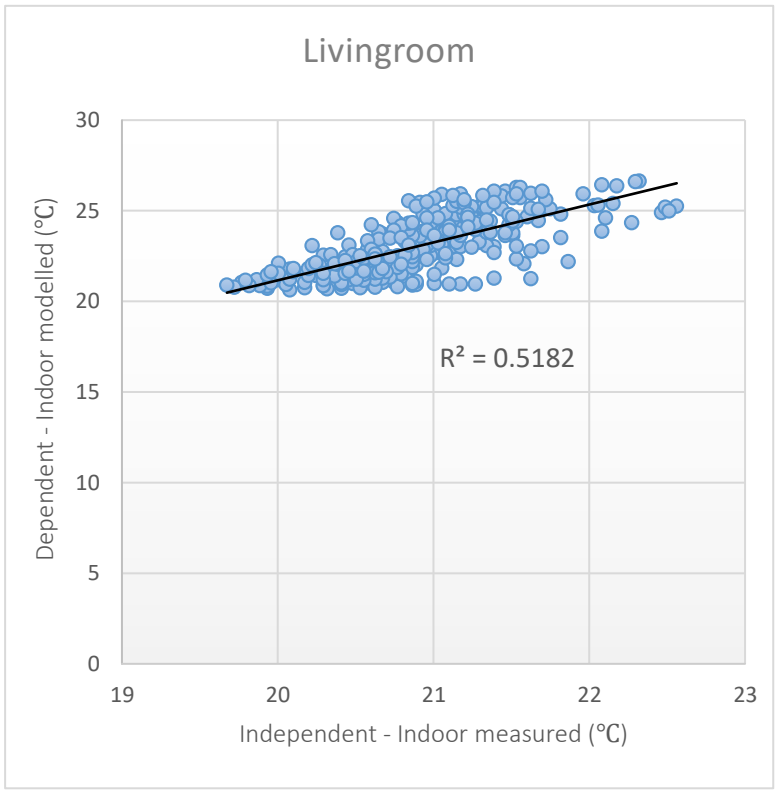


Διάγραμμα 18 : Σύγκριση θερμοκρασιών κύριου υπνοδωματίου 2.

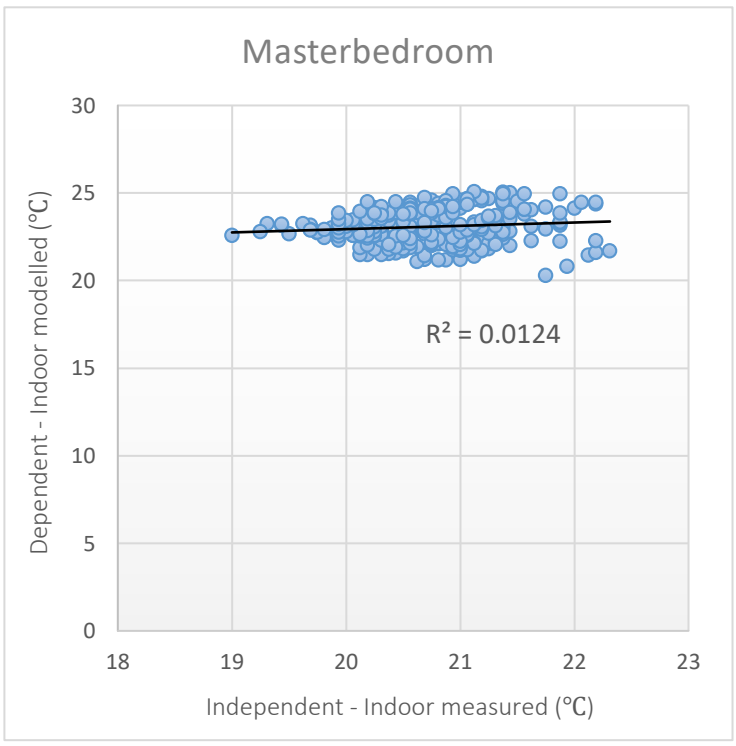
SPRING



Διάγραμμα 19 : Σύγκριση θερμοκρασιών παιδικού υπνοδωματίου 3.

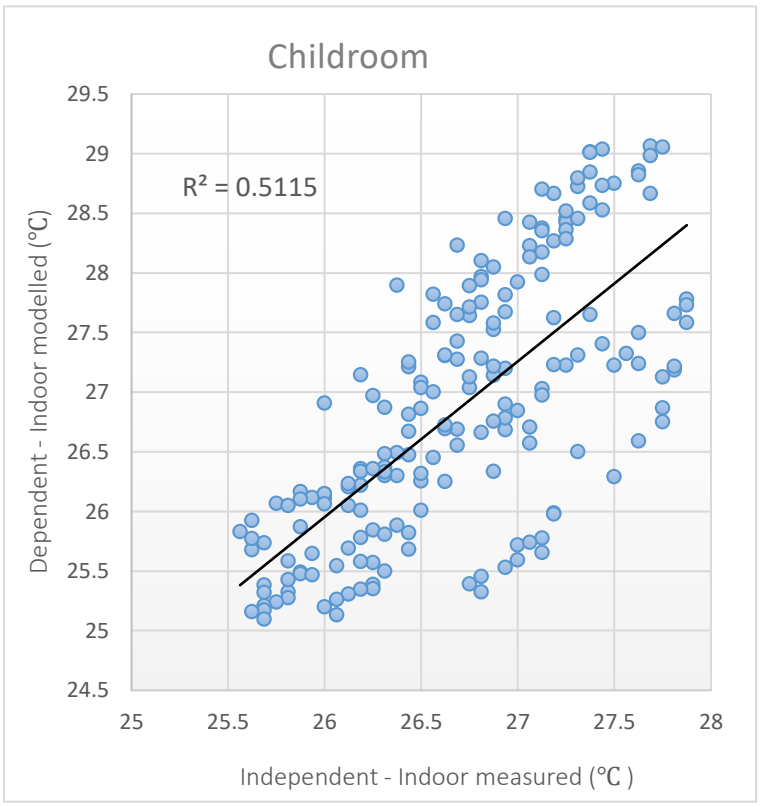


Διάγραμμα 20 : Σύγκριση θερμοκρασιών καθιστικού 3.

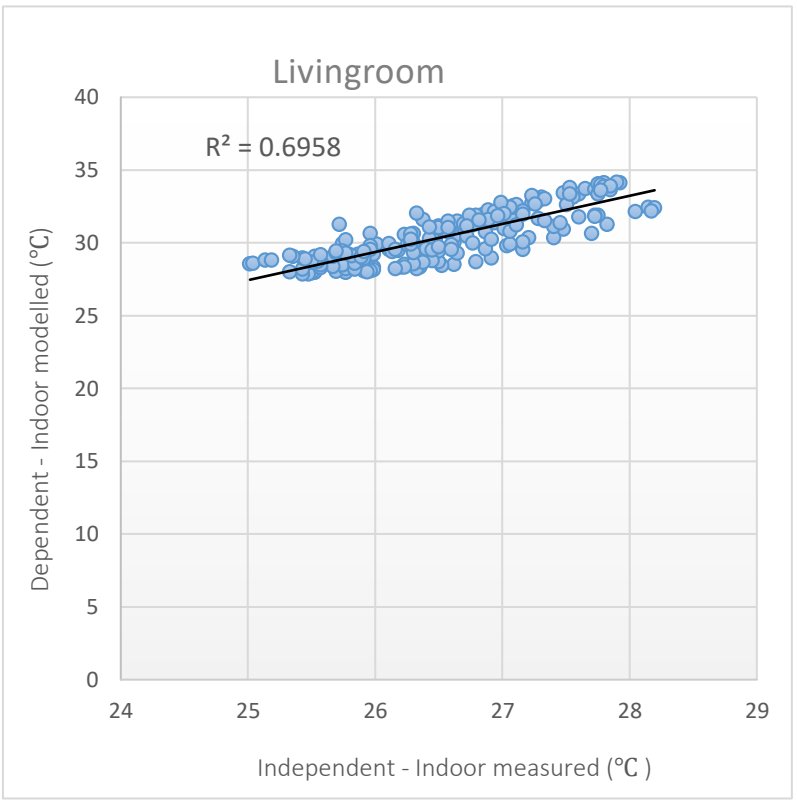


Διάγραμμα 21 : Σύγκριση θερμοκρασιών κύριου υπνοδωματίου 3.

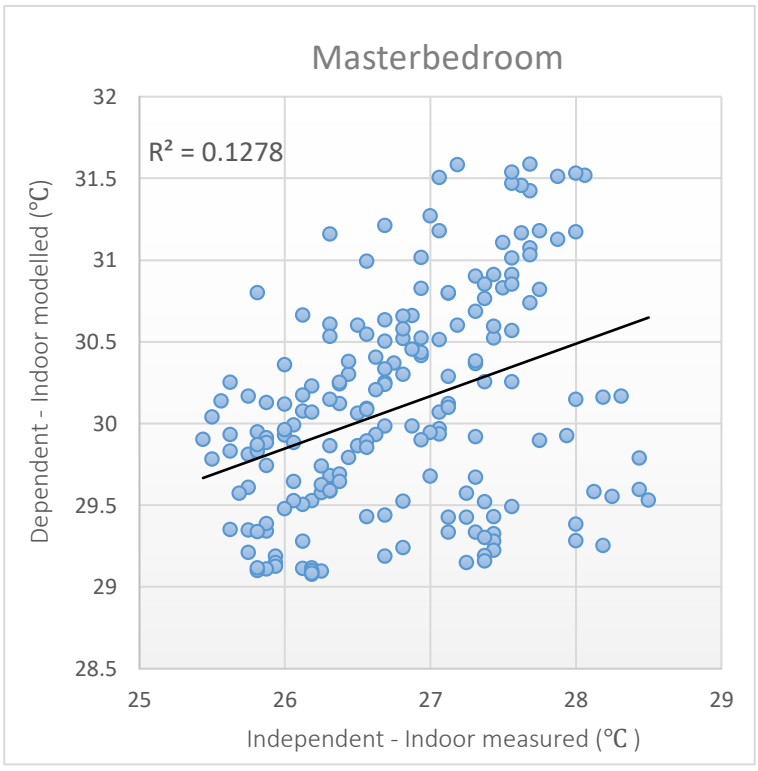
SUMMER



Διάγραμμα 23 : Σύγκριση θερμοκρασιών παιδικού υπνοδωματίου 4.



Διάγραμμα 22 : Σύγκριση θερμοκρασιών καθιστικού 4.



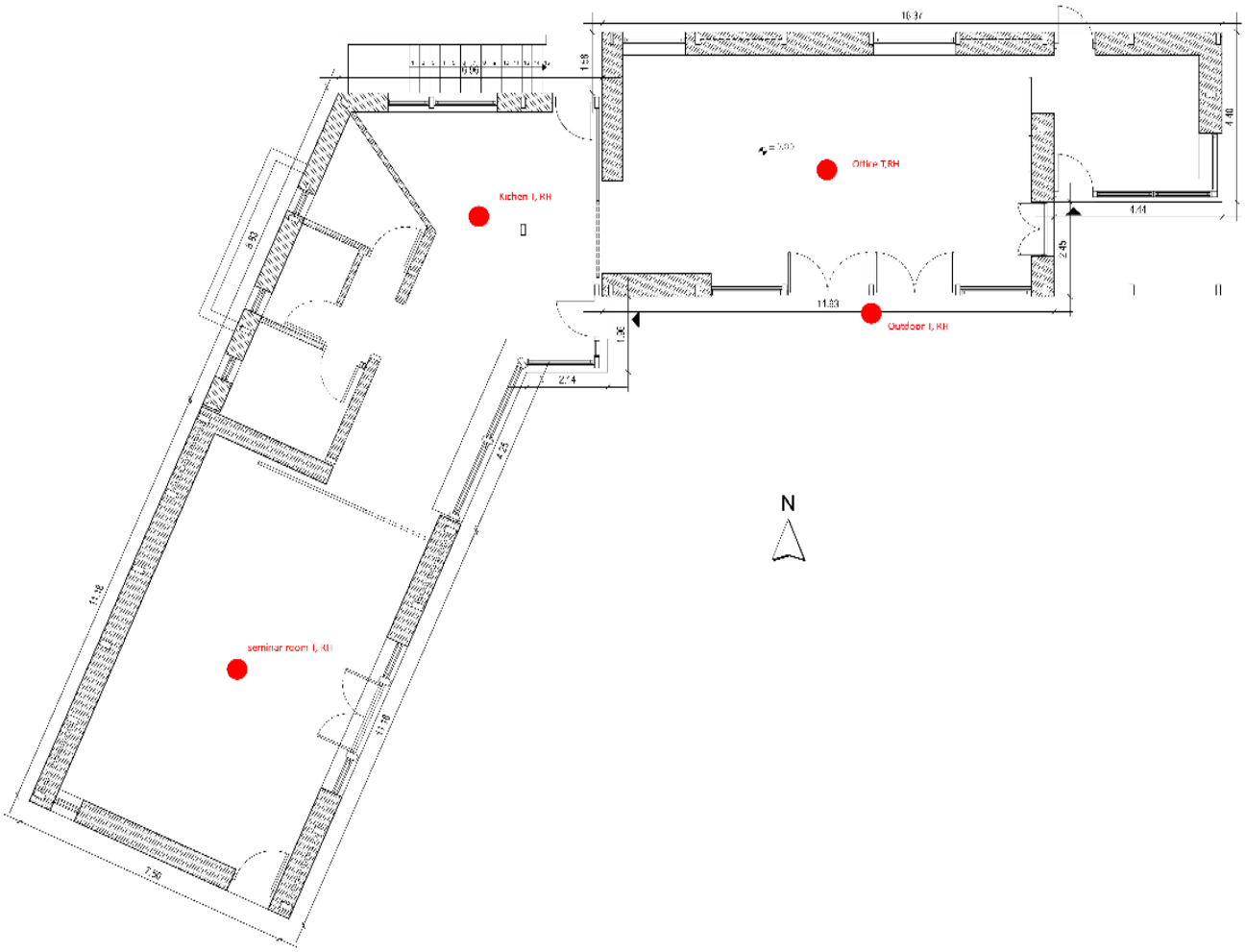
Διάγραμμα 24 : Σύγκριση θερμοκρασιών κύριου υπνοδωματίου 4.

Στην κατοικία αυτή, λήφθηκαν μετρήσεις ενώ βρισκόταν υπό συνθήκες κατοίκησης, γεγονός που επηρέασε σε μεγάλο βαθμό τα αποτελέσματα των μοντελοποιημένων θερμοκρασιών που εξήχθησαν, καθώς ο ανθρώπινος παράγοντας είναι μεταβλητός. Το φθινόπωρο, οι μοντελοποιημένες θερμοκρασίες κυμαίνονται μεταξύ 19℃ και 29℃ στο σαλόνι και το κύριο υπνοδωμάτιο, ενώ στο παιδικό υπνοδωμάτιο η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 18℃ και 25℃. Τον χειμώνα, στα δύο υπνοδωμάτια η θερμοκρασία είναι μεταξύ 15℃ και 20℃ και στον χώρο του σαλονιού μεταξύ 20℃ και 23.5℃. Την περίοδο της άνοιξης, η θερμοκρασία στο κύριο υπνοδωμάτιο και το σαλόνι είναι μεταξύ 20℃ και 25℃ ενώ στο παιδικό υπνοδωμάτιο παρουσιάζεται απόκλιση -5℃. Το καλοκαίρι, η θερμοκρασία στο παιδικό υπνοδωμάτιο κυμαίνεται μεταξύ 25℃ και 39℃, στο σαλόνι μεταξύ 30℃ και 35℃ ενώ στο κύριο υπνοδωμάτιο μεταξύ 29℃ και 31.5 ℃.

Σύμφωνα με τις πραγματικές τιμές των θερμοκρασιών, την φθινοπωρινή περίοδο παρουσιάζονται και στους τρείς χώρους πανομοιότυπες θερμοκρασίες που κυμαίνονται μεταξύ 20℃ και 25℃. Τον χειμώνα, η θερμοκρασία και στα τρία δωμάτια δε παρουσιάζει κάποια έντονη απόκλιση. Την άνοιξη, και στους τρεις χώρους η θερμοκρασία φτάνει τους 19℃ με 22.5℃. Τέλος, το καλοκαίρι η θερμοκρασία στους χώρους είναι 25℃ με 28℃. Γενικότερα, παρατηρούνται έντονες αποκλίσεις καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου, ιδιαίτερα κατά την διάρκεια του χειμώνα και κυρίως στην περίπτωση του κύριου υπνοδωματίου, ενώ λίγο πιο ικανοποιητικές συσχετίσεις παρουσιάζονται το καλοκαίρι.

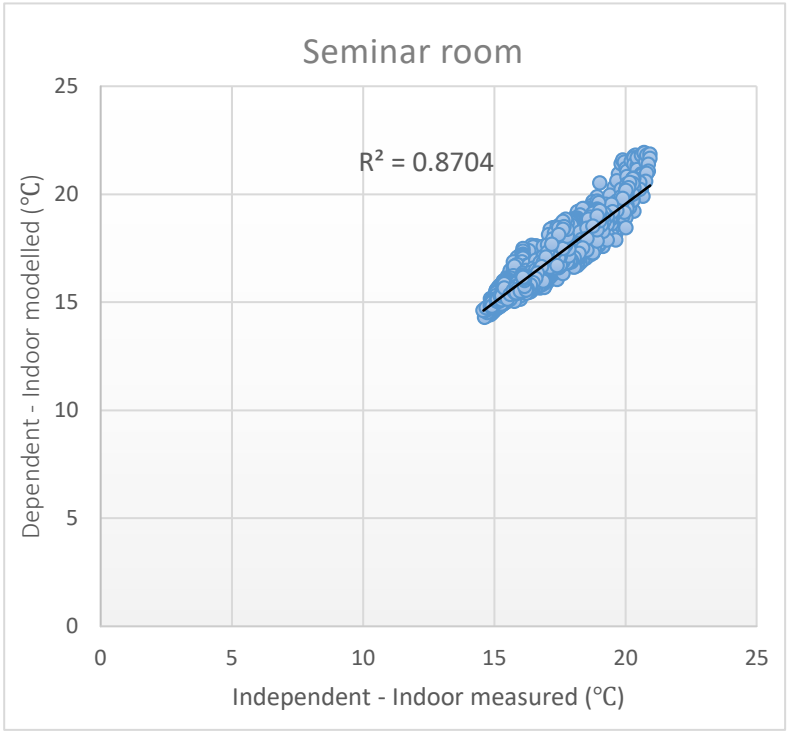
Διεθνές Διδακτικό & Ερευνητικό κέντρο Δραπάνου

Στο κέντρο του Δραπάνου, τοποθετήθηκαν αισθητήρες στην αίθουσα πολλαπλών χρήσεων, στην κουζίνα και στο χώρο των γραφείων. Ομοίως με την οικεία στον Βαφέ, οι μετρήσεις λήφθηκαν σε συνθήκες όπου το κτίριο δεν χρησιμοποιούταν.

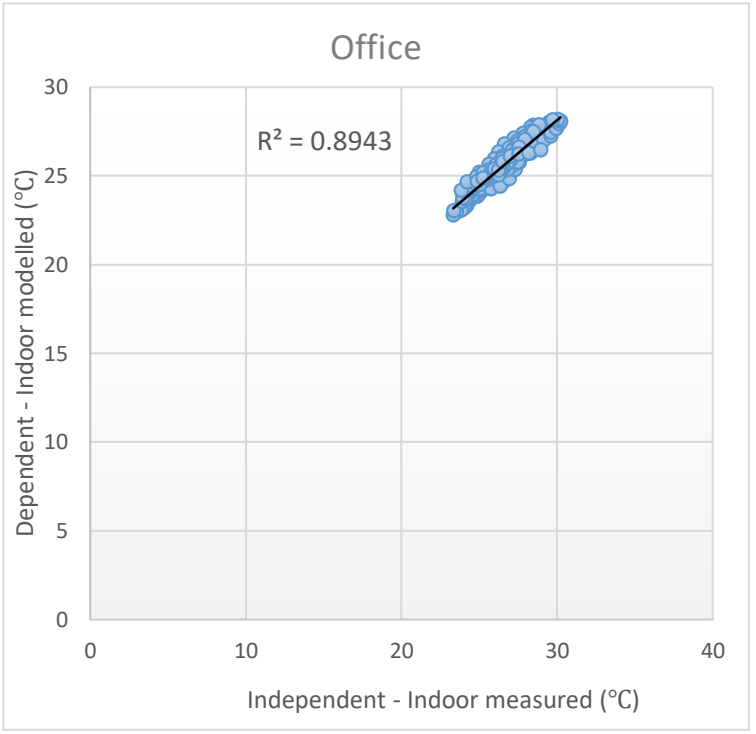


Εικόνα 10 : Κάτοψη Διεθνές Διδακτικού & Ερευνητικού κέντρου στο Δράπανο με απεικόνιση της θέσης των αισθητήρων θερμοκρασίας. [37]

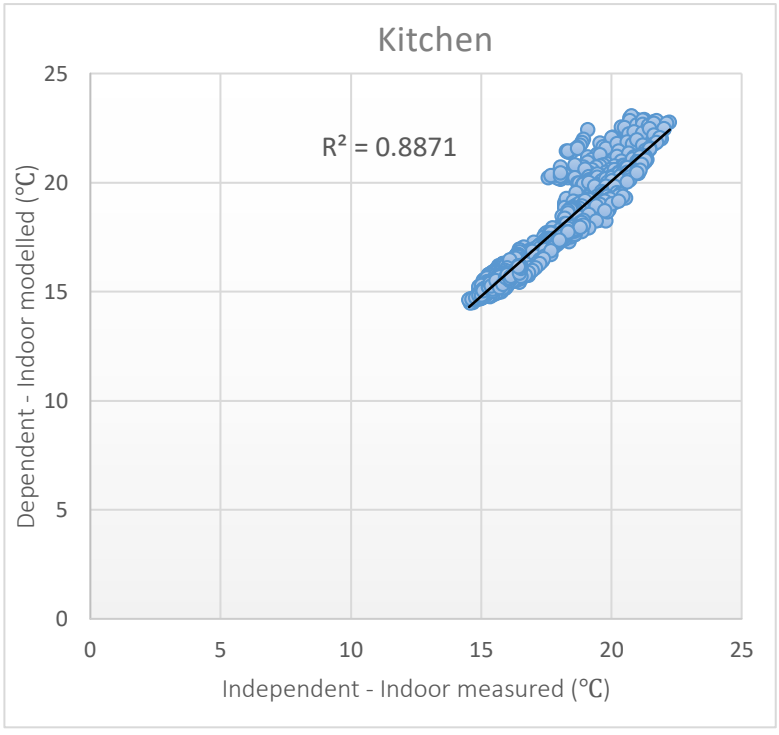
AUTUMN



Διάγραμμα 25 : Σύγκριση θερμοκρασιών σεμιναριακού χώρου.

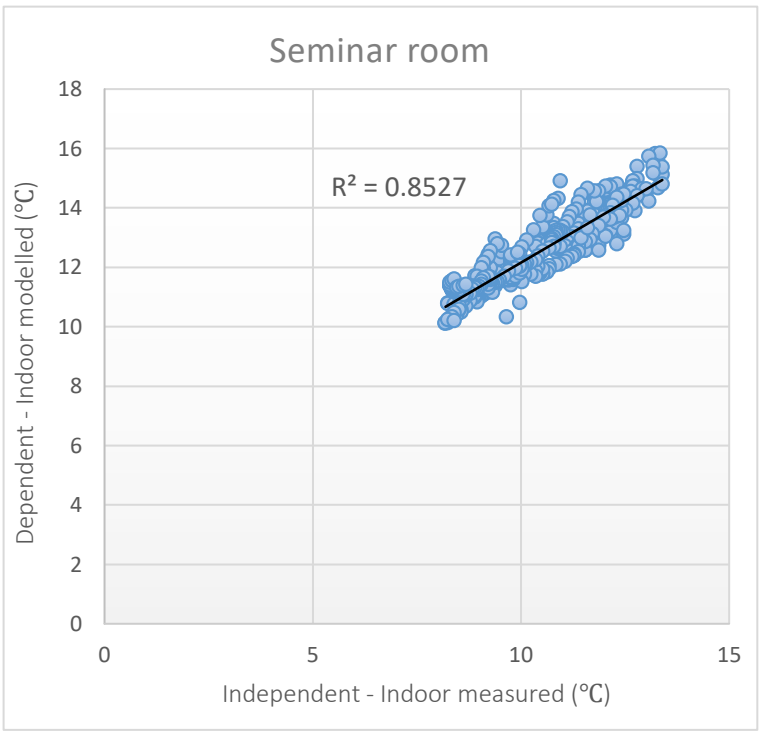


Διάγραμμα 26 : Σύγκριση θερμοκρασιών χώρου γραφείων.

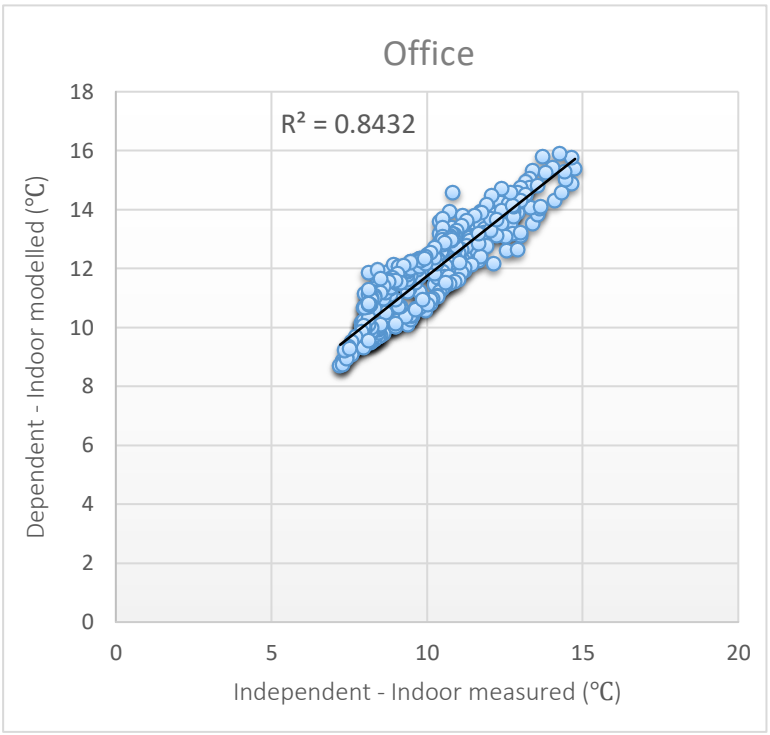


Διάγραμμα 27: Σύγκριση θερμοκρασιών κουζίνας.

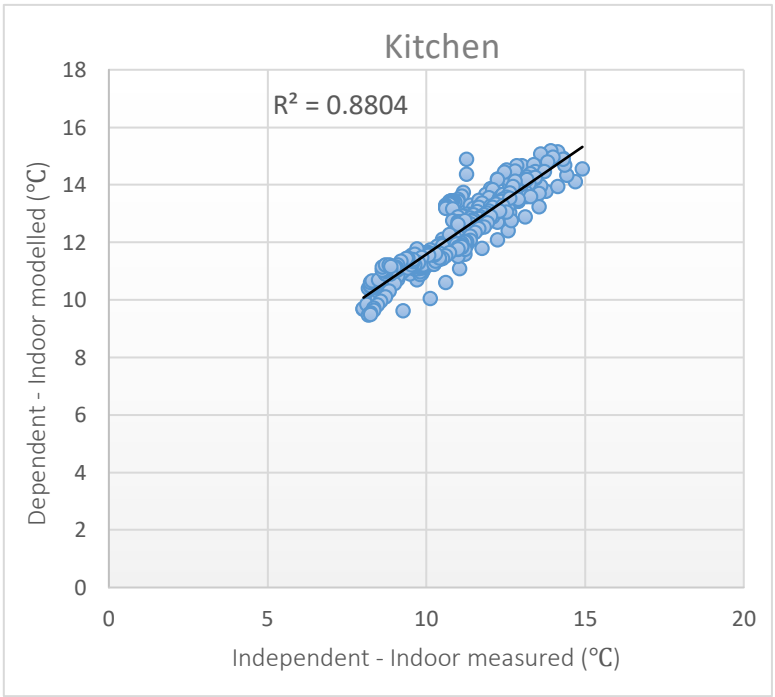
WINTER



Διάγραμμα 29 : Σύγκριση θερμοκρασιών σεμιναριακού χώρου 2.

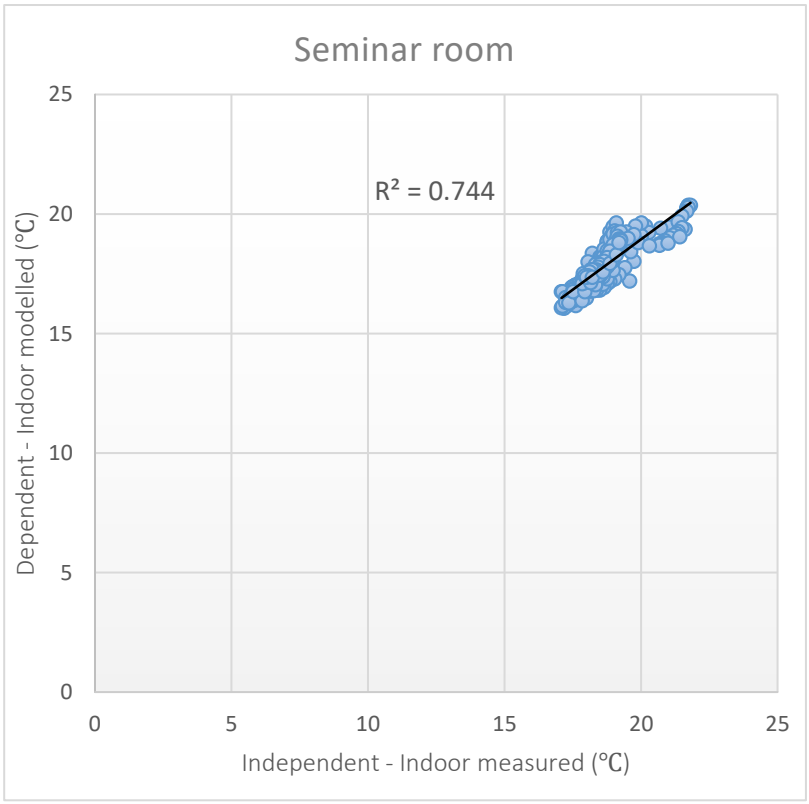


Διάγραμμα 28 : Σύγκριση θερμοκρασιών χώρου γραφείων 2.

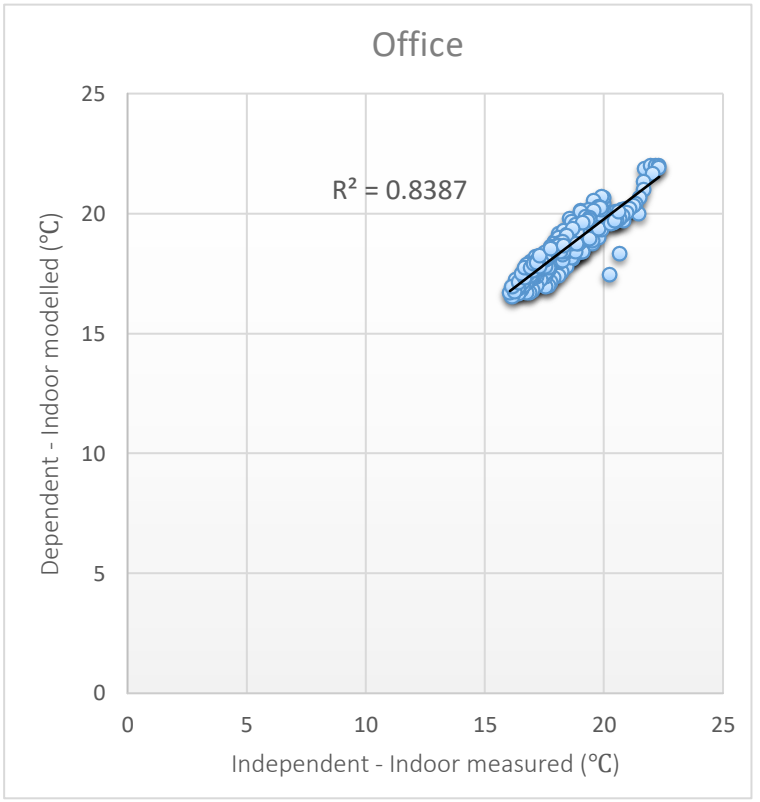


Διάγραμμα 30 : Σύγκριση θερμοκρασιών κουζίνας 2.

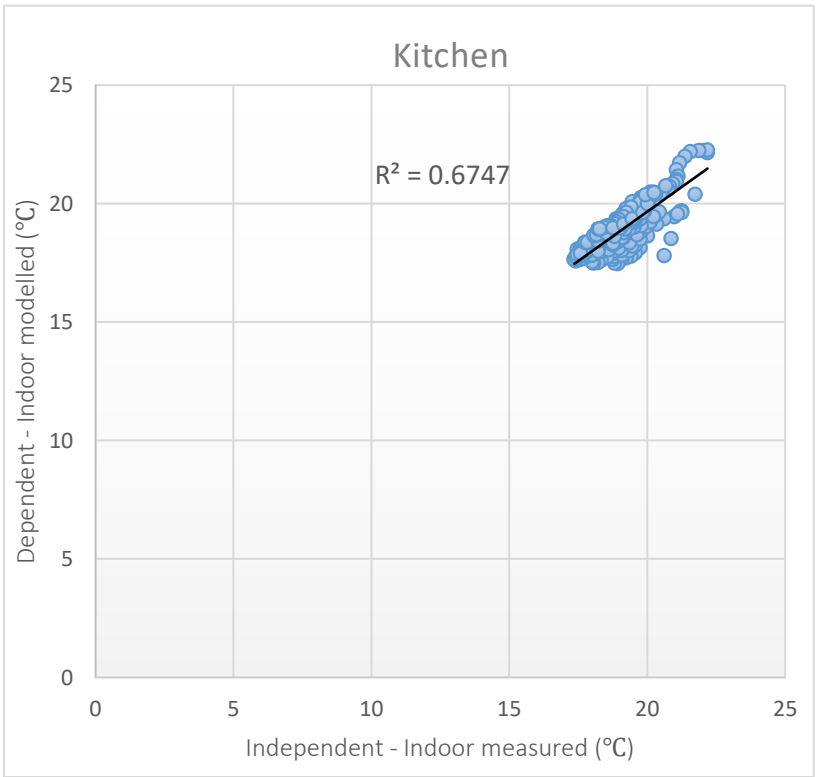
SPRING



Διάγραμμα 31 : Σύγκριση θερμοκρασιών σεμιναριακού χώρου 3.

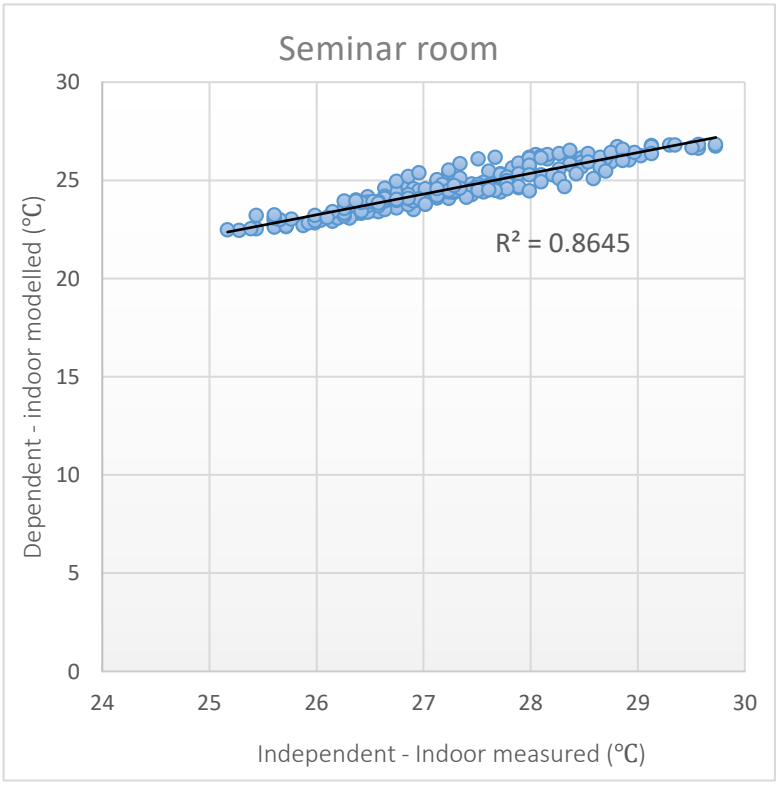


Διάγραμμα 32 : Σύγκριση θερμοκρασιών χώρου γραφείων 3.

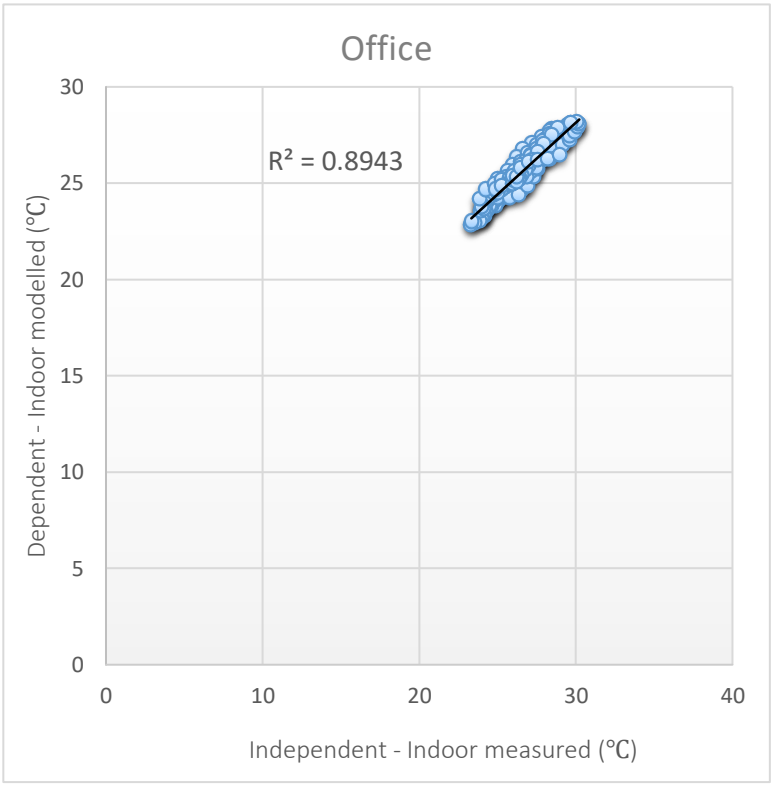


Διάγραμμα 33 : Σύγκριση θερμοκρασιών κουζίνας 3.

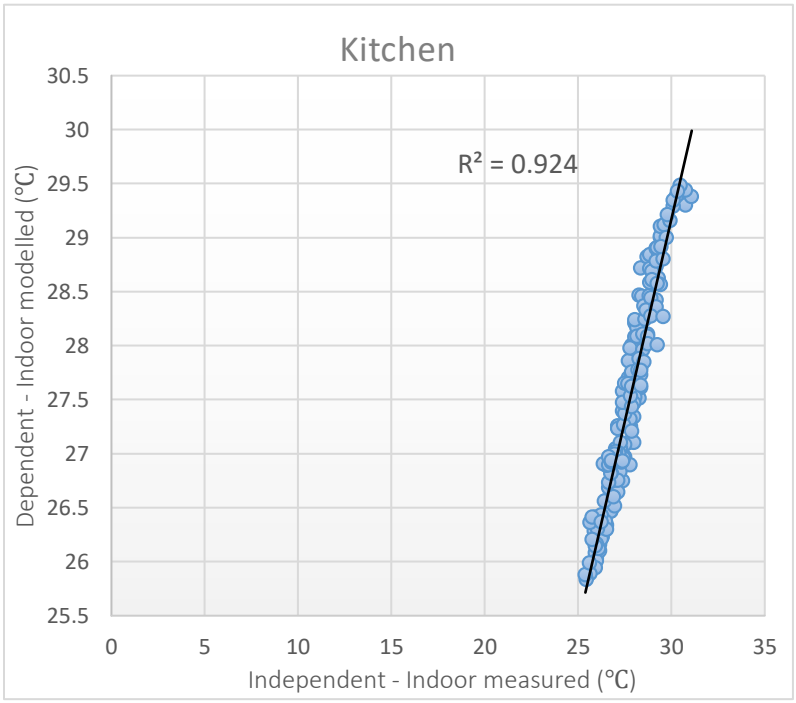
SUMMER



Διάγραμμα 35 : Σύγκριση θερμοκρασιών σεμιναριακού χώρου 4.



Διάγραμμα 34 : Σύγκριση θερμοκρασιών χώρου γραφείων 4.



Διάγραμμα 36 : Σύγκριση θερμοκρασιών κουζίνας 4.

Κατά την περίοδο του φθινοπώρου, οι μοντελοποιημένες θερμοκρασίες που εξάγονται κυμαίνονται μεταξύ 15℃ και 23℃ στον χώρο της κουζίνας και των σεμιναρίων και στον χώρο των γραφείων η θερμοκρασία φτάνει τους 23℃ με 28℃. Τον χειμώνα, η θερμοκρασία στην κουζίνα και στον χώρο των σεμιναρίων κυμαίνεται μεταξύ 8℃ και 16℃ ενώ στον χώρο των γραφείων παρουσιάζεται ελάχιστη θερμοκρασιακή απόκλιση με αυτή να κυμαίνεται στους 10℃ με 16℃. Την περίοδο της άνοιξης, ο χώρος των γραφείων και της κουζίνας παρουσιάζουν ξανά ίδιες θερμοκρασίες μεταξύ 17℃ και 23℃, ενώ στον χώρο των σεμιναρίων παρουσιάζεται απόκλιση στους -2℃. Το καλοκαίρι, η θερμοκρασία στον χώρο των γραφείων και των σεμιναρίων φτάνει τους 23℃ με 27℃, ενώ στην κουζίνα εμφανίζεται απόκλιση +2℃. Όσον αφορά τις πραγματικές τιμές, οι θερμοκρασίες στον χώρο της κουζίνας και των σεμιναρίων είναι ίδιες με τις μοντελοποιημένες, ενώ στον χώρο των γραφείων παρουσιάζεται μικρή απόκλιση +2℃ με το ανώτατο όριο της θερμοκρασίας. Τον χειμώνα, η θερμοκρασία της κουζίνας παρουσιάζει ελάχιστη απόκλιση -1℃, στον χώρο των γραφείων κυμαίνεται μεταξύ 7℃ και 15℃ και στον χώρο των σεμιναρίων μεταξύ 7℃ και 13℃. Την περίοδο της άνοιξης, η κουζίνα δεν παρουσιάζει έντονη θερμοκρασιακή απόκλιση, ο χώρος των γραφείων παρουσιάζει ελάχιστη απόκλιση με το κατώτατο θερμοκρασιακό όριο που κυμαίνεται στους -1℃, ενώ στον χώρο των σεμιναρίων η θερμοκρασία είναι μεταξύ 17℃ και 23 ℃. Τέλος, κατά την διάρκεια του καλοκαιριού η θερμοκρασία στο χώρο των σεμιναρίων φτάνει τους 25℃ με 30 ℃, στον χώρο των γραφείων κυμαίνεται από 23℃ έως 30℃, ενώ στην κουζίνα δεν παρουσιάζεται έντονη απόκλιση. Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, καταλήγουμε στο ότι οι αποκλίσεις μεταξύ πραγματικών και μοντελοποιημένων θερμοκρασιών είναι μικρές και είναι πιο ευδιάκριτες την περίοδο της άνοιξης και λιγότερο την περίοδο του καλοκαιριού. Επίσης, όσον αφορά του χώρους, η καλύτερη θερμοκρασιακή προσέγγιση παρουσιάζεται στην κουζίνα.

Συγκρίνοντας με τις πραγματικές θερμοκρασίες που μετρήθηκαν σε κάθε κτίριο, παρατηρείται ότι υπάρχουν αποκλίσεις, γεγονός που οφείλεται στο διαφορετικό υψόμετρο, την τοπογραφία και την τοποθεσία καθενός από αυτά. Είναι διακριτό ότι η κατοικία στο Νέο Χωριό παρουσιάζει τις υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τα άλλα κτίρια γεγονός που οφείλεται στην ύπαρξη τζακιού στο σαλόνι, που τίθεται σε λειτουργία τους χειμερινούς μήνες. Στη κατοικία του Βαφέ, φαίνεται ότι οι χώροι παρουσιάζουν κοινές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις ανά εποχή, ενώ οι θερμοκρασίες στο κτίριο του Δραπάνου διατηρούνται χαμηλές γεγονός που οφείλεται στην συνεισφορά των θερμομονωτικών υλικών και του προσανατολισμού της κατασκευής.

2.4. Μοντελοποίηση

Οι κατόψεις των κτιρίων σχεδιάστηκαν σε πρόγραμμα AutoCAD που αποτελεί δισδιάστατο εργαλείο σχεδίασης. Αφού μελετήθηκαν οι διαστάσεις της κάθε θερμικής ζώνης καθώς και των αντίστοιχων κουφωμάτων, ακολούθησε η σχεδίαση τους στο λογισμικό Sketch Up – Open studio.

Όσον αφορά την ανανέωση του εσωτερικού αέρα, εκτιμήθηκε ότι διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για τα συστήματα κλιματισμού όπου γίνεται ανανέωση ενός μέρους του εσωτερικού αέρα και αποβολή θερμότητας στο περιβάλλον.

2.4.1. Παραγωγή θερμότητας στον χώρο

Προκειμένου να ορισθούν οι απαιτούμενες παράμετροι, λήφθηκε υπόψη ότι στην οικεία του χωριού Βαφέ κατοικούν 2 άτομα. Επιπλέον, η συνολική κατανάλωση των ηλεκτρικών συσκευών της οικείας θεωρήθηκε ως 2100 Watt, ενώ του φωτισμού ως 200 Watt. Στην κατοικία του Νέου Χωριού κατοικούν 4 άτομα, η συνολική κατανάλωση των ηλεκτρικών συσκευών είναι 2100 Watt, ενώ του φωτισμού 220 Watt. Τέλος, στο ερευνητικό και διδακτικό κέντρου του Δραπάνου οι χρήστες είναι 5 άτομα, η συνολική κατανάλωση των ηλεκτρικών συσκευών ανέρχεται στα 3100 Watt, ενώ του φωτισμού στα 370 Watt. Ακόμα, λήφθηκε υπόψη η τιμή παροχής του αέρα που οφείλεται στην πιθανή του διείσδυσή από τα κουφώματα.

2.5. Κατασκευαστική διαδικασία

2.5.1. Κατοικία Βαφές

Το κτίριο που βρίσκεται στο οικισμό Βαφέ, είναι ένα διώροφο κτίσμα με χρήση παραθεριστικής κατοικίας, το οποίο αποτελείται από ένα κύριο κτίριο με εμβαδόν 68.64 τ.μ. και δύο μικρότερα με εμβαδόν 8.24 τ.μ. και 12.12 τ.μ. . Το κύριο διώροφο τμήμα αποτελείται από το ισόγειο με εμβαδόν 38.40 τ.μ. και τον όροφο με εμβαδόν 30.24 τ.μ. Η κεραμοσκεπή είναι κατασκευασμένη με φέροντα οργανισμό από σύνθετη ξυλεία και πλήρωση από μείγμα ελαφροπηλού βάρους 500 – 700 kgr/m³ και πλάτους 38cm. Επιπλέον, έχει γίνει θερμομόνωση από υαλοβάμβακα πάχους 5cm και επίστρωση κεραμιδιών ρωμαϊκού τύπου. Για την εξωτερική τοιχοποιία, έχουν εφαρμοστεί ασβεστοκονιάματα με υδραυλική άσβεστο, ενώ για την εσωτερική στο ισόγειο πηλοκονιάματα και στον όροφο ασβεστοκονιάματα με πολτό υδράσβεστου. Η θεμελίωση είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 50cm. Για το δάπεδο του ισογείου, έγινε χρήση κεραμικών πλακιδίων, ενώ το μεσοπάτωμα είναι ξύλινο. Ακόμα, έγινε επιλογή ξύλινων κουφωμάτων με διπλά παντζούρια από κόντρα πλακέ θαλάσσης. Περιμετρικά και στη βάση του τοίχους ελαφροπηλού, έχει κτιστεί μια βάση 20cm από οπτόπλινθους, ενώ ένα μεγάλο μέρος του βόρειου τμήματος του κτιρίου βρίσκεται σε επαφή με γειτονικό κτίσμα. Η πλευρά αυτή δεν έχει επιχριστεί και αφήνει έναν αρμό 20cm περίπου από το γειτονικό κτίριο. [37] Τόσο το εσωτερικό όσο και το εξωτερικό τμήμα του κτιρίου έχει βαφτεί με χρώματα βάσης ασβέστη. Το ηλεκτρικό δίκτυο είναι συμβατικής τεχνικής ενώ σε αυτό το τμήμα του κτιρίου δεν υπάρχει υδραυλικό δίκτυο.

Τα δύο μικρότερα τμήματα της κατοικίας βρίσκονται σε επαφή και επικοινωνία με το κύριο όγκο του κτιρίου, είναι κατασκευασμένοι με φέροντες θερμομονωτικούς οπτόπλινθους πάχους 24cm και επικαλύπτονται από πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος και συμβατικά επιχρίσματα τριών στρώσεων. Οι πλάκες είναι θερμομονωμένες εσωτερικά με υαλοβάμβακα πάχους 5cm και έχει γίνει εξωτερική στεγάνωση με ασφαλτόπανα και τελική στρώση από κεραμικά πλακάκια. Τα δύο αυτά τμήματα αποτελούν την κουζίνα και το λουτρό της κατοικίας και είναι βυθισμένα στη γη περίπου 1m. Ομοίως, τόσο το υδραυλικό όσο και το ηλεκτρικό δίκτυο, που έχει εφαρμοστεί, είναι συμβατικό και έχει βαφτεί εξίσου με χρώματα βάσης ασβέστη. [37]

Εικόνα 12 : Νοτιοανατολική όψη. [53]

Εικόνα 11 : Ανατολική όψη. [53]

Εικόνα 14 : Βορειοανατολική όψη. [53]

Εικόνα 13 : Ανατολική όψη. [53]

2.5.2. Κατοικία Νέου Χωριού

Το δεύτερο κτίριο βρίσκεται στον οικισμό του Νέου Χωριού, σε σημείο όπου δεν υπάρχει πυκνοδομημένος ιστός. Πρόκειται για μία κατοικία για τετραμελή οικογένεια έκτασης 125 m^2. Καθώς η βόρεια και η νότια πλευρά του είναι πολύ μικρότερες σε σχέση με τη δυτική και την ανατολική, η διάταξη των χώρων έγινε με τρόπο ώστε να αξιοποιηθεί πλήρως η ηλιακή ενέργεια. Συγκεκριμένα, στο βόρειο τμήμα του κτιρίου βρίσκεται η είσοδος, η κουζίνα και μια μικρή αποθήκη η οποία δεν απαιτεί άμεσο ηλιακό φωτισμό. Στο ανατολικό τμήμα βρίσκονται τα υπνοδωμάτια ενώ στο νότιο τμήμα βρίσκεται ο χώρος διημέρευσης, ο οποίος είναι σε μεγαλύτερο ύψος συγκριτικά με τα υπόλοιπα μέρη της κατοικίας προκειμένου να επιτρέπει τη διείσδυση του ηλιακού φωτός σε βάθος, ειδικότερα κατά την περίοδο του χειμώνα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω των μεγάλων ανοιγμάτων στο νότο, ενώ ταυτόχρονα διευκολύνεται ο φυσικός δροσισμός του κτιρίου τους εαρινούς μήνες μέσω ψηλών ανοιγμάτων.

Η κατασκευή του κτίσματος έγινε εξίσου με χρήση φυσικών ανακυκλώσιμων υλικών, χωρίς βιομηχανική επεξεργασία. Ο φέρων οργανισμός είναι από φυσική πριστή ξυλεία, συστήματος "δοκού επί στύλων" με αντιανεμικούς συνδέσμους όπου χρήζουν σε μεταλλικές συνδέσεις. Οι τοίχοι είναι κατασκευασμένοι από μίγμα αχυροπηλού, ο οποίος αναμίχθηκε επιτόπου και τοποθετήθηκε σε καλούπια. Πρόκειται για την μέθοδο "light clay". Επιπλέον, έγινε χρήση επιχρισμάτων από πηλό και ασβέστη χωμάτινου χρώματος, ενώ τα κουφώματα είναι ξύλινα. Όσον αφορά τις στέγες, είναι απαραίτητη η προστασία των υλικών κατασκευής της καθώς παρουσιάζουν ιδιαίτερη ευαισθησία σε υγρές συνθήκες. Απαιτείται η προστασία τους από προπετάσματα στα σημεία της οροφής που καλύπτουν τα ευαίσθητα μέρη των τοίχων. Συνεπώς, έγινε επικάλυψη αυτών με ρωμαϊκού τύπου κεραμίδια που εξέχουν του περιγράμματος των τοίχων κατά 50cm ώστε να προστατευτεί το κέλυφος από την βροχή. Επιπλέον, λόγω του συγκεκριμένου τύπου κεραμιδιών, είναι υποχρεωτικό να υπάρχει κλίση 17 μοιρών ώστε να διατηρηθεί το υποχρεωτικό ύψος των χώρων κυρίας χρήσης ύψους 2.65m στο χαμηλότερο σημείο των υπνοδωματίων. Παράλληλα, δημιουργήθηκαν αποθηκευτικοί χώροι με μορφή παταριών πάνω από την κουζίνα, την είσοδο, το διάδρομο και τον καθιστικό χώρο. Σύμφωνα με την φύτευση που υπάρχει στο οικόπεδο, διατηρήθηκαν ελιές στο βόρια τμήμα του και έγινε αφαίρεση αυτών που εμπόδιζαν τον ηλιασμό του νότιου τμήματος, με σκοπό να χρησιμοποιηθεί ο χώρος για καλλιέργεια κηπευτικών από τους χρήστες.

Εικόνα 16 : Βορειοανατολική όψη. [53]

Εικόνα 15 : Βόρεια όψη. [53]

2.5.3. Διεθνές Διδακτικό & Ερευνητικό κέντρο Δραπάνου

Το τρίτο κτίριο της μελέτης βρίσκεται στον Δράπανο. Η κατασκευή του προορίζεται για διεθνές διδακτικό και ερευνητικό κέντρο στον τομέα της Δεοντολογίας, της Βιώσιμης Επιχείρησης και της Εταιρικής Κοινωνικής Ευθύνης (ΕΚΕ). Πρόκειται για ένα κτίριο σε σχήμα ανοιχτού Γ δύο επιπέδων, που αποτελείται από ένα ισόγειο, με έκταση 266.55 m^2 και ένα υπόγειο έκτασης 80.80m^2. Η μία πλευρά χρησιμοποιείται ως ενιαίος χώρος γραφείων, ενώ η άλλη ως αίθουσα συσκέψεων. Στην ένωση των δύο χώρων υπάρχει το φουαγιέ και οι δύο πλευρές, όπου βρίσκεται η κύρια είσοδος και οι βοηθητικοί χώροι. Στο οικόπεδο που έγινε η κατασκευή υπάρχει μεγάλο ποσοστό ψυτοκάλυψης, γεγονός που επιτυγχάνει την αισθητική καθώς και την οπτική αρμονία των χρηστών. Ο προσανατολισμός του κτιρίου είναι ιδανικός για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και του αερισμού του. Η κατασκευή έγινε με βάση την βιοκλιματική αρχιτεκτονική, μέσω της αξιοποίησης φυσικών υλικών με ιδιαίτερες θερμομονωτικές ιδιότητες. Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου είναι από επικολλητή ξυλεία ποιότητας C_{24} προερχόμενη από ανανεώσιμα δάση.

Όσον αφορά τις εξωτερικές τοιχοποιίες, έγινε πλήρωση δύο ειδών. Στην πρώτη χρησιμοποιήθηκαν αχυρόμπαλες πάχους 50cm, επιχρισμένες εξωτερικά με ασβεστοκονίαμα και εσωτερικά με πηλοκονίαμα, ενώ στην δεύτερη έγινε χρήση λιθοδομής πάχους 50cm από πέτρες της εκσκαφής. Για την πλήρωση των εσωτερικών τοιχοποιιών έγινε χρήση ωμόπλινθων που κατασκευάστηκαν από το χώμα εκσκαφής σε συνδυασμό με ποταμίσια άμμο και άχυρο. Η στέγη που αφορά τον χώρο των γραφείων επικαλύπτεται με λαμαρίνα ‘’σάντουιτς’’ λευκού χρώματος ενώ ταυτόχρονα έχει γίνει τοποθέτηση φωτοβολταϊκών ώστε να καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες του κτίσματος. Οι υπόλοιπες στέγες είναι φυτευτές με είδη τοπικής χλωρίδας.

Εικόνα 17 : Νότια όψη [53]

Εικόνα 18 : Νοτιοανατολική όψη. [53]

Εικόνα 20 : Ανατολική όψη [53]

Εικόνα 19 : Βορειοδυτική όψη. [53]

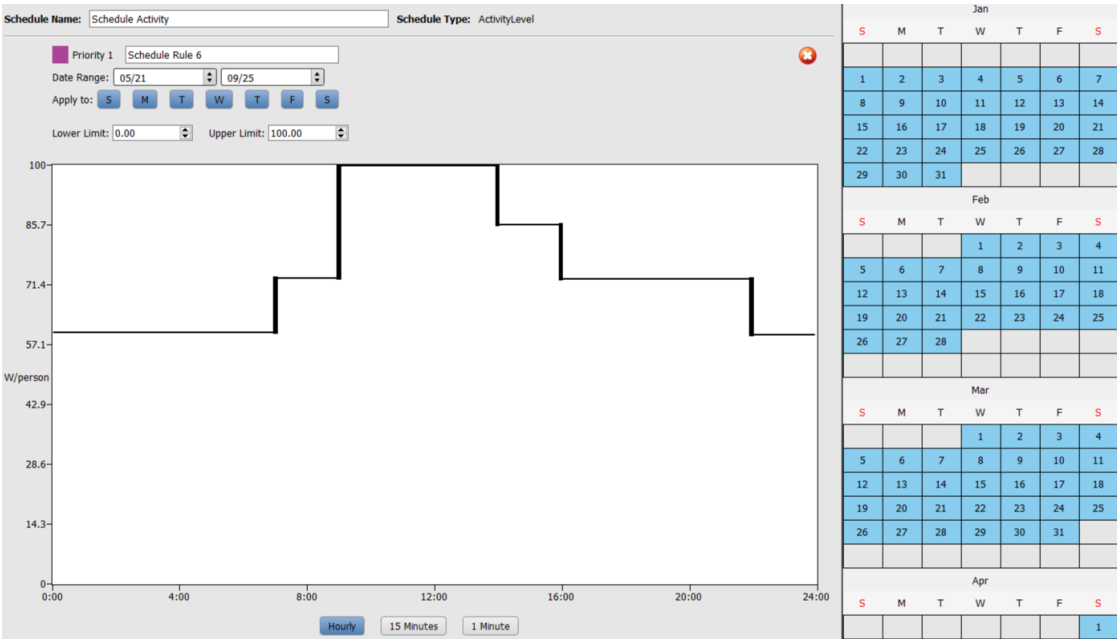
2.6. Συστήματα Ψύξης Θέρμανσης Αερισμού

Το κτίριο που διαθέτει κάποιο σύστημα θέρμανσης και ψύξης είναι η κατοικία στο Νέο Χωριό όπου γίνεται χρήση σόμπας αερίου (Natural Gass), η οποία καταναλώνει 5700 W και βρίσκεται στη θερμική ζώνη του σαλονιού.

2.7. Χρονοδιαγράμματα (Schedules sets)

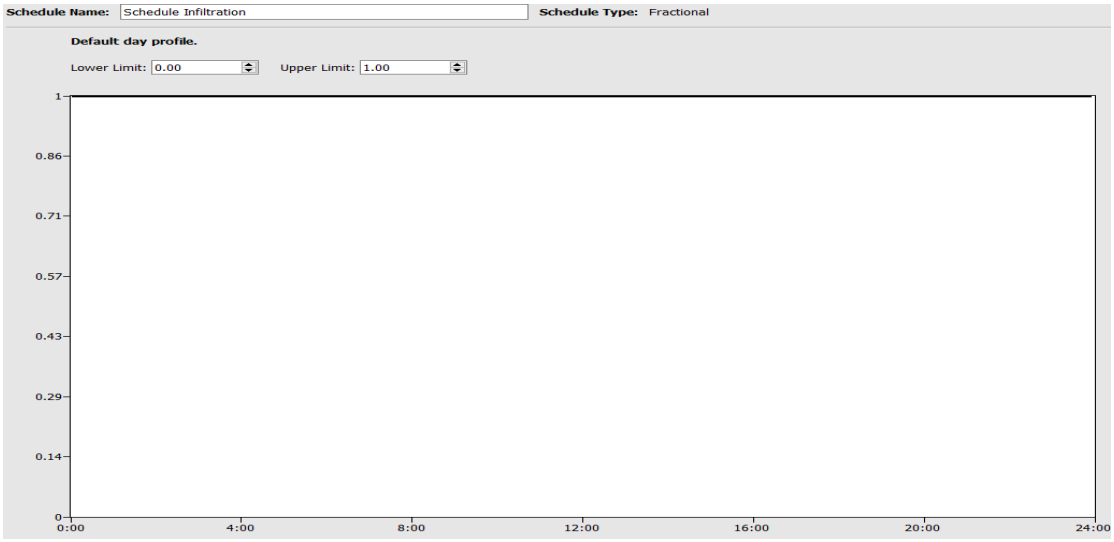
Κατοικία Βαφές

Στην περίπτωση της κατοικίας στον Βαφέ, ακολουθείτε ως δεδομένο ότι κατοικείται κυρίως την διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, συγκεκριμένα της περιόδου μεταξύ 21/05 και 25/09.



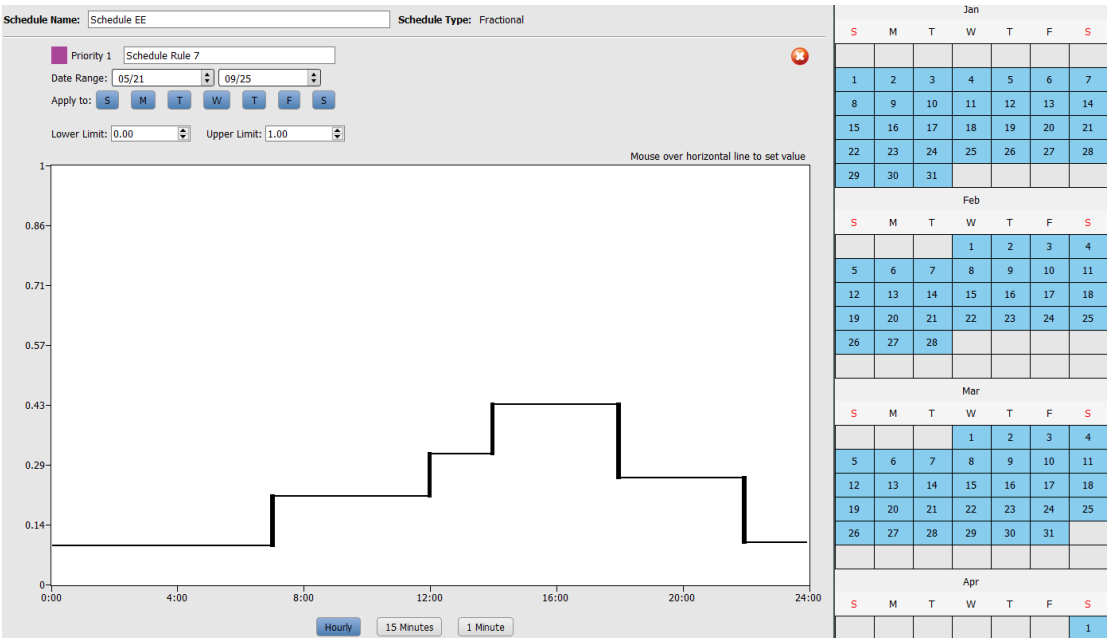
Εικόνα 21 : Schedule activity at summer period.

Το Schedule activity παρουσιάζει τη διανομή των δραστηριοτήτων των ατόμων κατά τη διάρκεια της ημέρας, εκφραζόμενο στο ποσό ενέργειας που απαιτείται για την κάθε δραστηριότητα. Τις βραδινές ώρες καταναλώνονται περίπου 60 Watt, καθώς τα άτομα κοιμούνται, ενώ τις πρωινές ώρες 100 Watt, αφού τα μέλη δραστηριοποιούνται μέσα στο σπίτι.



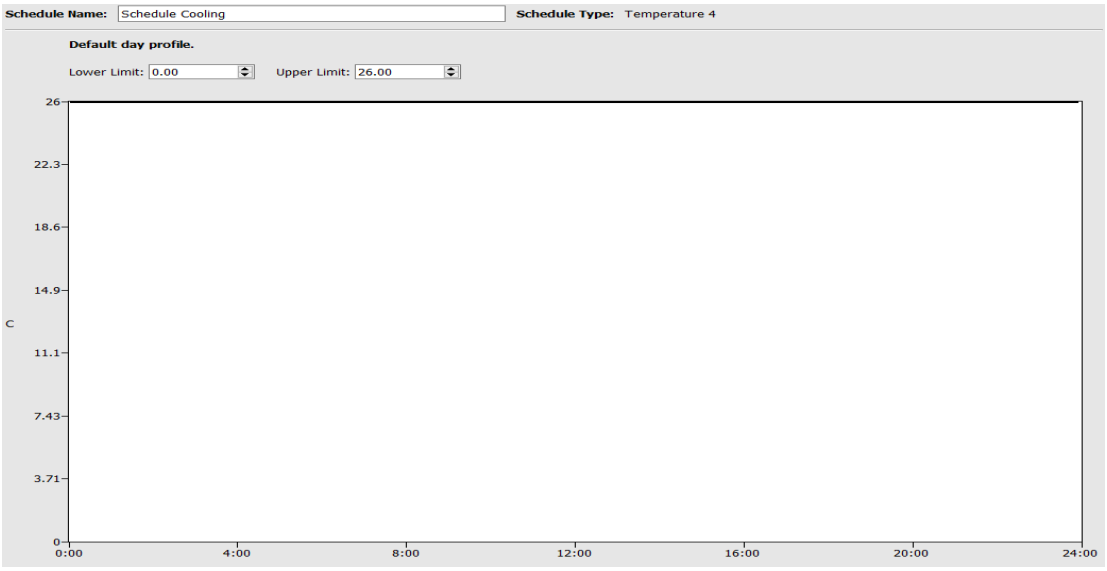
Εικόνα 22 : Schedule infiltration.

Το Schedule infiltration παρουσιάζει τις ανεπιθύμητες εναλλαγές του αέρα κατά την διάρκεια της ημέρας, οι οποίες οφείλονται σε πιθανή διείσδυση του αέρα λόγω της κατασκευής. Οι αλλαγές αέρα ανά ώρα στα κτίρια που μοντελοποιούνται είναι 1 ach.



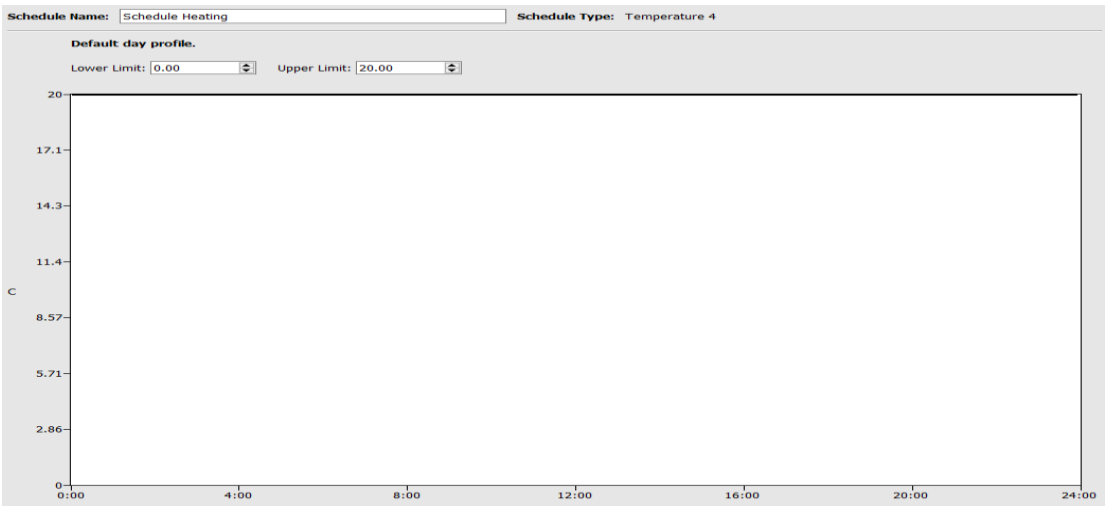
Εικόνα 23 : Schedule Electrical Equipment at summer period.

Το Schedule EE παρουσιάζει τη χρήση που γίνεται σε ηλεκτρικές συσκευές κατά την διάρκεια της ημέρας. Τις βραδινές ώρες παρατηρείται μικρή κατανάλωση ενέργειας λόγω των συσκευών που λειτουργούν όλο το 24ωρο. Όσον αφορά τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας, υπάρχει αυξημένη χρήση λόγω της δραστηριότητας των ατόμων.



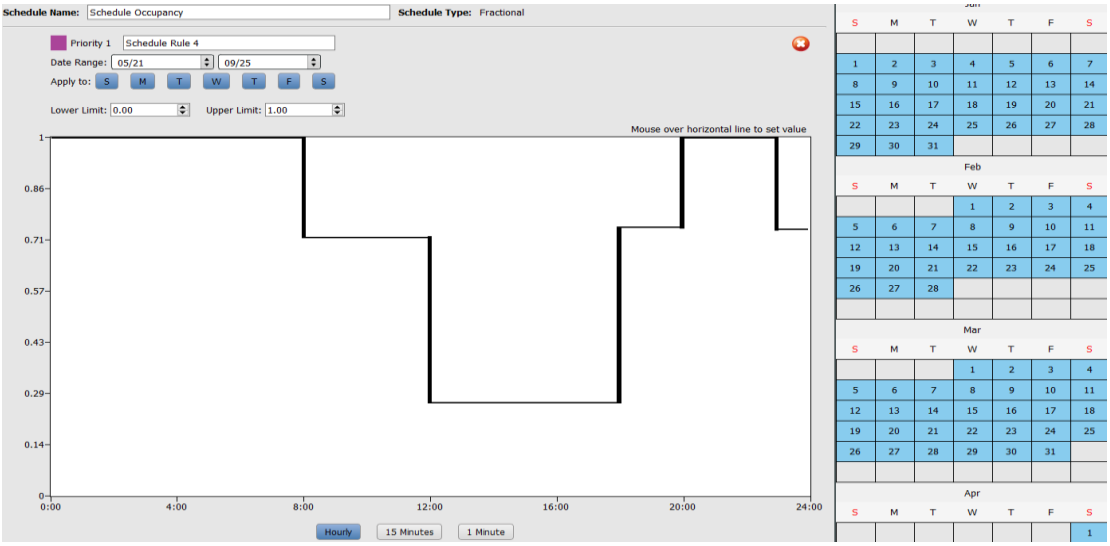
Εικόνα 24 : Schedule Cooling.

Το Schedule Cooling είναι υπεύθυνο στο να θέτει σε λειτουργεία τα συστήματα ψύξης όταν η εσωτερική θερμοκρασία του σπιτιού ξεπεράσει τους βαθμούς που έχουν οριστεί. Στην παρούσα περίπτωση, κατά την θερινή περίοδο, αν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 26^{o}C το σύστημα τίθεται σε λειτουργεία. Επιπλέον, έχει οριστεί θερμοκρασία 50^{o}C για τις δύο χειμερινές περιόδους μεταξύ 26/09 έως 31/12 καθώς και 01/01 έως 20/05 όπου είναι αδύνατον να ξεπεραστεί το όριο ώστε να λειτουργήσει η ψύξη του κτιρίου.



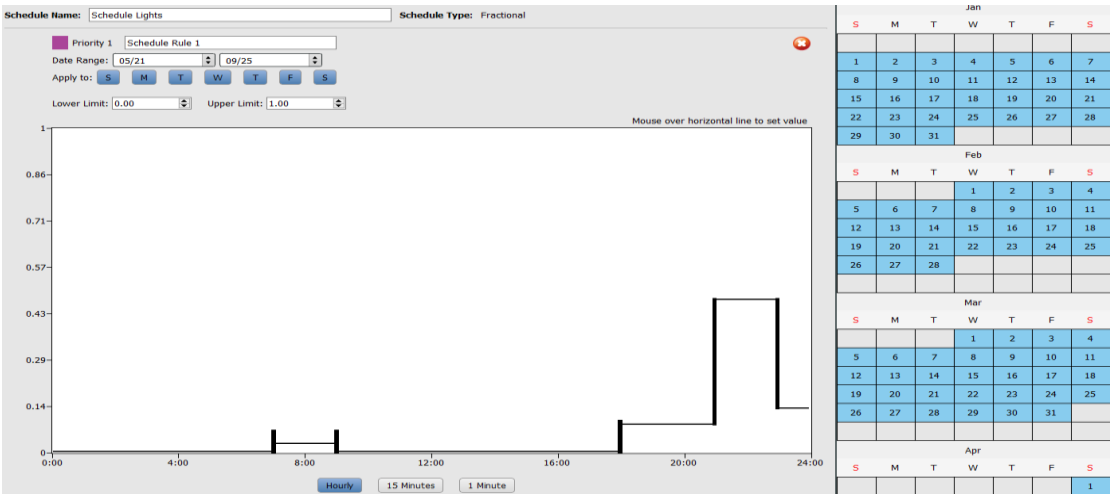
Εικόνα 25 : Schedule Heating.

Το Schedule Heating αντίστοιχα είναι υπεύθυνο στο να θέτει σε λειτουργεία τα συστήματα θέρμανσης όταν η τιμή της θερμοκρασίας είναι χαμηλότερη από το όριο της αντίστοιχης εσωτερικής θερμοκρασίας του σπιτιού. Καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου έχει οριστεί θερμοκρασία 20 ^{o}C.



Εικόνα 26 : Schedule Occupancy at summer period.

Το Schedule Occupancy αναφέρεται στην πληρότητα των κατοίκων του σπιτιού κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τις βραδινές ώρες υπάρχει 100% πληρότητα το οποίο μεταφέρεται στο γράφημα με τον δείκτη 1 καθώς πρόκειται για τις ώρες του ύπνου. Από τις 8:00 έως τις 16:00, όπου απουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό των ατόμων, η τιμή της παραμονής στο σπίτι προσδιορίζεται στο 0.1 , ενώ τις απογευματινές ώρες η πληρότητα αυξάνεται.

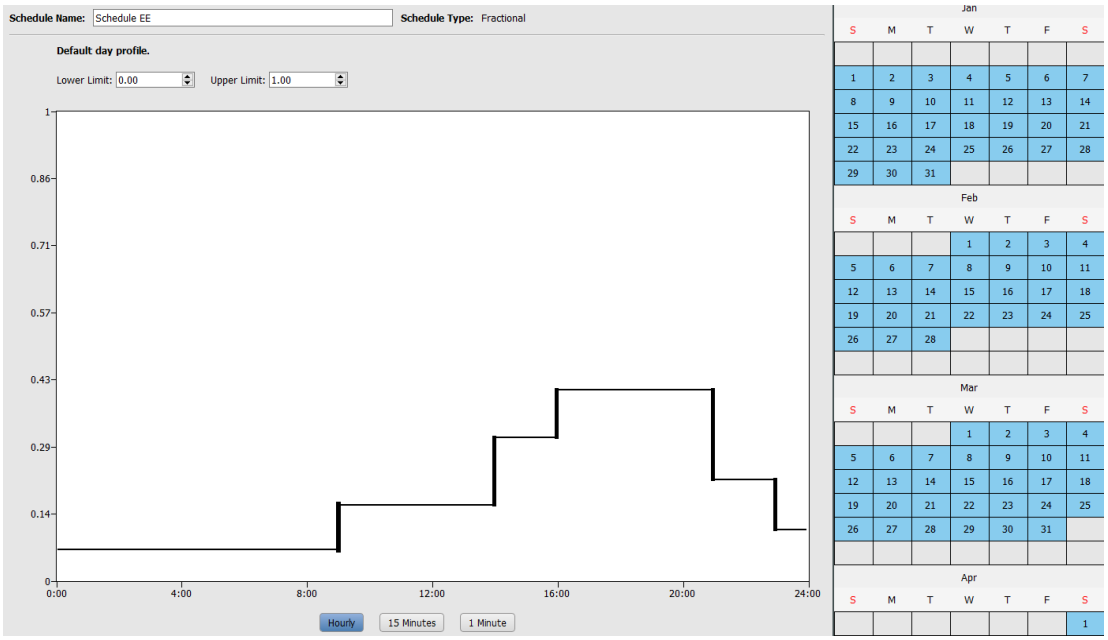


Εικόνα 27 : Schedule Lights at summer period.

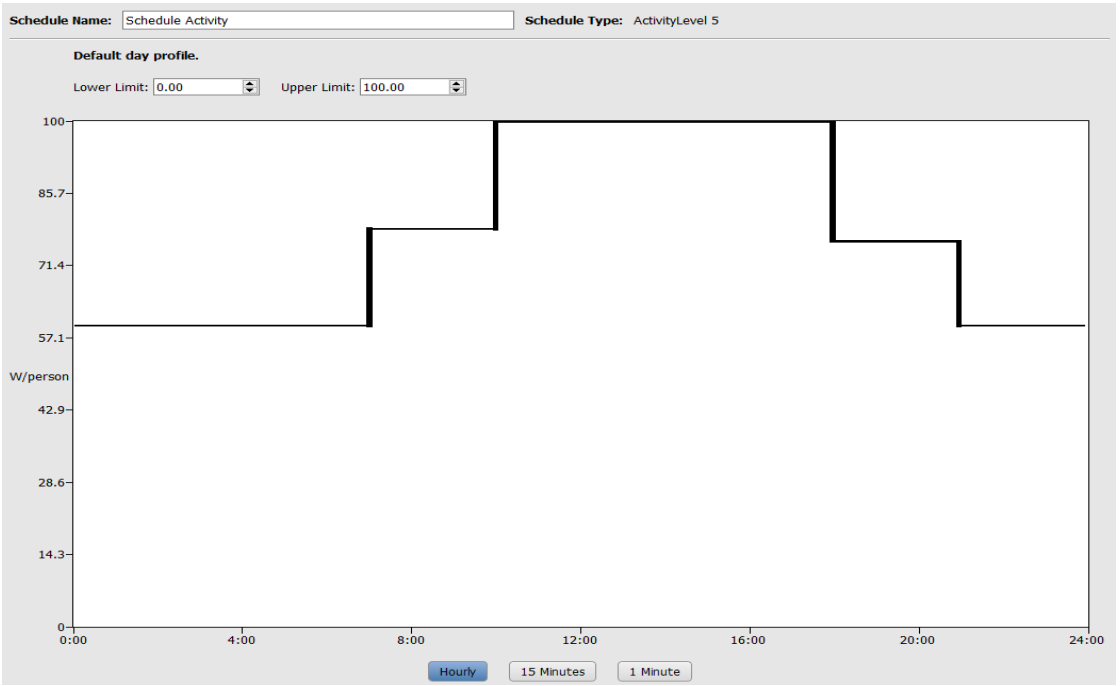
Το Schedule Lights αναφέρεται στα επίπεδα ενεργειακής χρήσης των εσωτερικών φώτων κατά τη διάρκεια της ημέρας, τη θερινή περίοδο του χρόνου. Λόγω του ότι καμία ώρα της ημέρας δεν λειτουργούν όλα τα φώτα του σπιτιού ταυτόχρονα, η κατανομή στο διάγραμμα δεν είναι ποτέ μέγιστη και ίση με 1. Η χρήση των φώτων τις βραδινές ώρες είναι μηδενική, περίπου στις 8:00 το πρωί υπάρχει ελάχιστη χρήση, καθώς τα άτομα ξεκινάνε τις πρωινές τους δραστηριότητες, ενώ τελικά η τιμή κορυφώνεται τις απογευματινές και βραδινές ώρες που πλέον δεν υπάρχει φως.

Κατοικία Νέου Χωριού

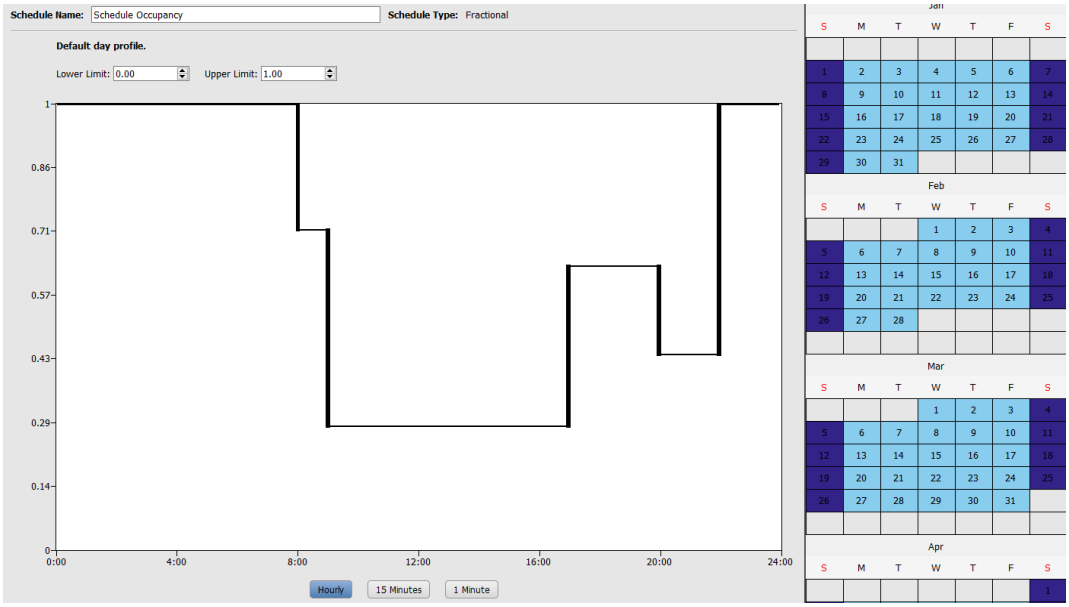
Στην περίπτωση της κατοικίας αυτής παρουσιάζονται κάποιες αλλαγές σε ορισμένα Schedules καθώς το κτίριο κατοικείται όλη τη διάρκεια του χρόνου.



Εικόνα 29 : Schedule EE for all seasons.

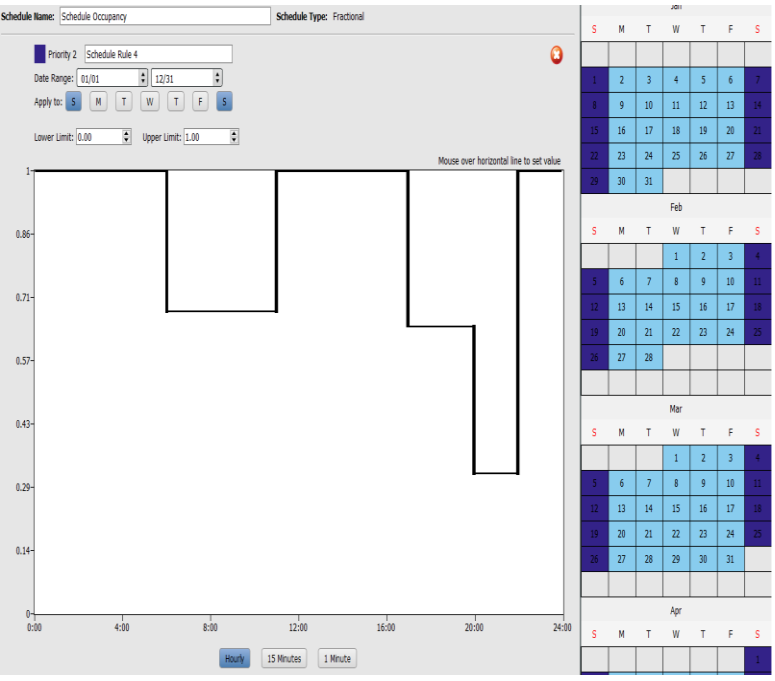


Εικόνα 28 : Schedule activity for all seasons.

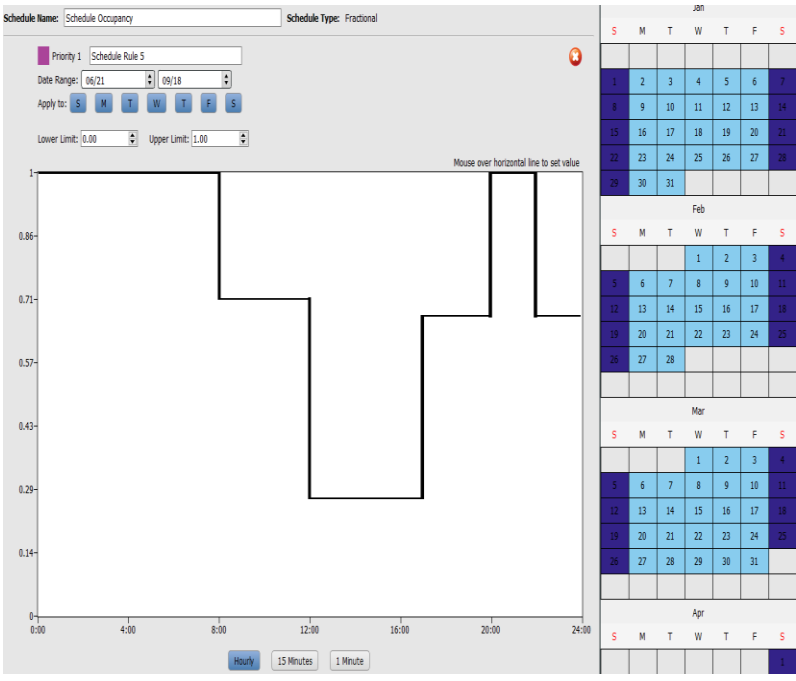


Εικόνα 30 : Schedule Occupancy for all seasons.

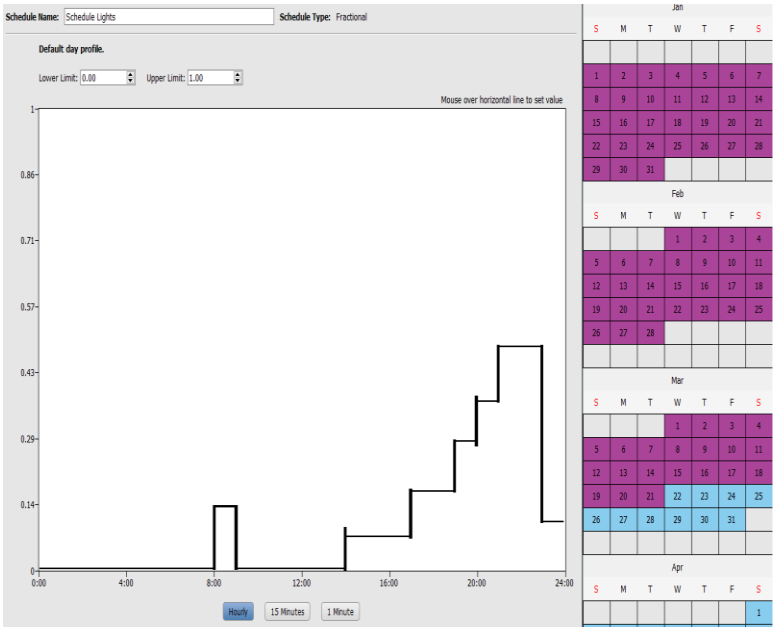
Επιπλέον έγινε σχεδιασμός για την πληρότητα των ατόμων τα σαββατοκύριακα και τη περίοδο των διακοπών τους καλοκαιρινούς μήνες.



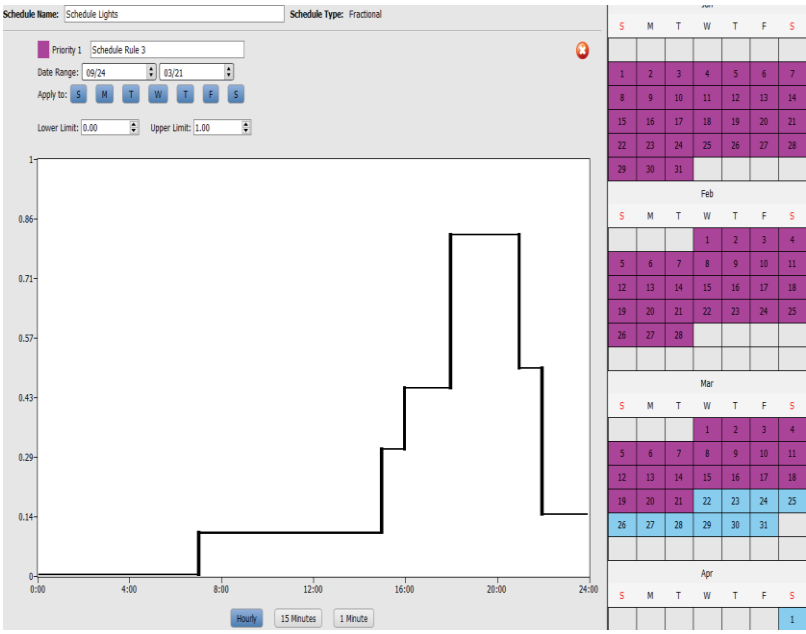
Εικόνα 31 : Schedule Occupancy at weekends



Εικόνα 40 : Schedule Occupancy at summer period.



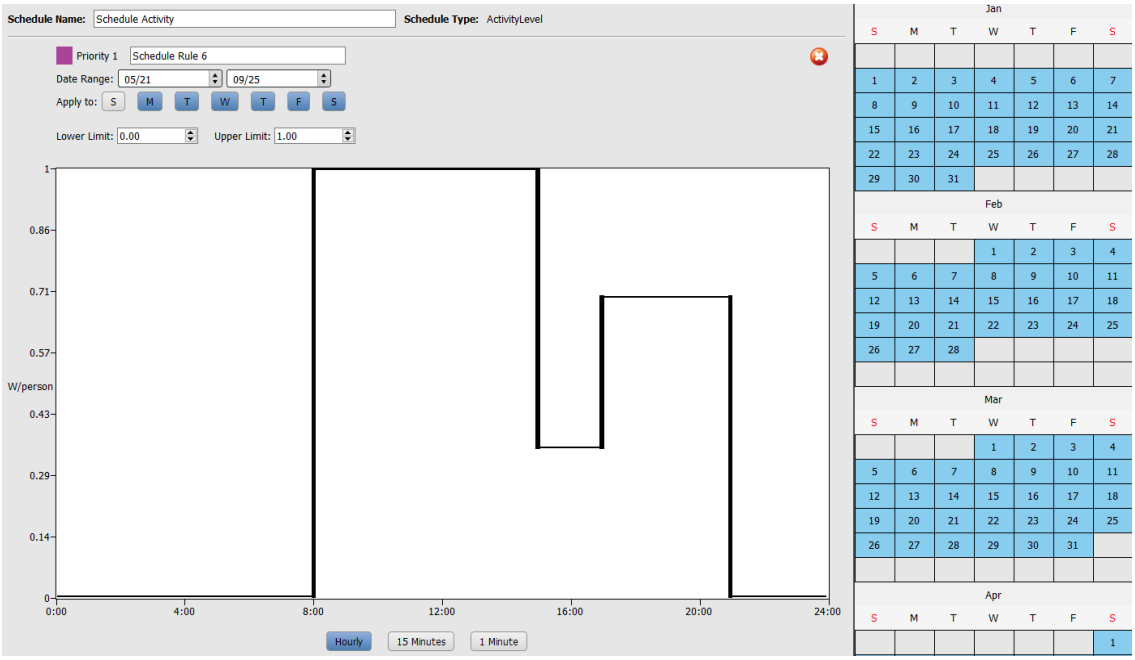
Εικόνα 33 : Schedule Lights at summer.



Εικόνα 32 : Schedule Lights at winter.

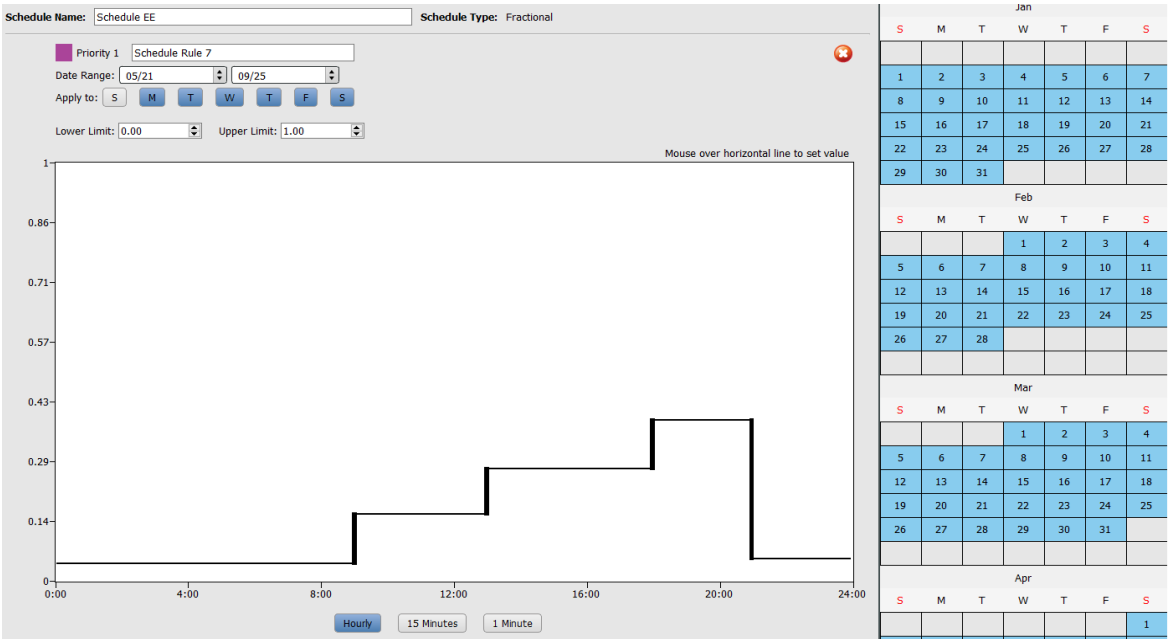
Διεθνές Διδακτικό & Ερευνητικό κέντρο Δραπάνου

Ομοίως στην περίπτωση του κτιρίου στον Δράπανο, παρουσιάζονται διακριτές αλλαγές σε κάποια Schedules, καθώς αποτελεί εργασιακό χώρο ο οποίος λειτουργεί κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες (21/05 – 25/09). Έτσι, οι ώρες χρήσης του και δραστηριοποίησης των ατόμων μέσα σε αυτόν διαφέρουν.

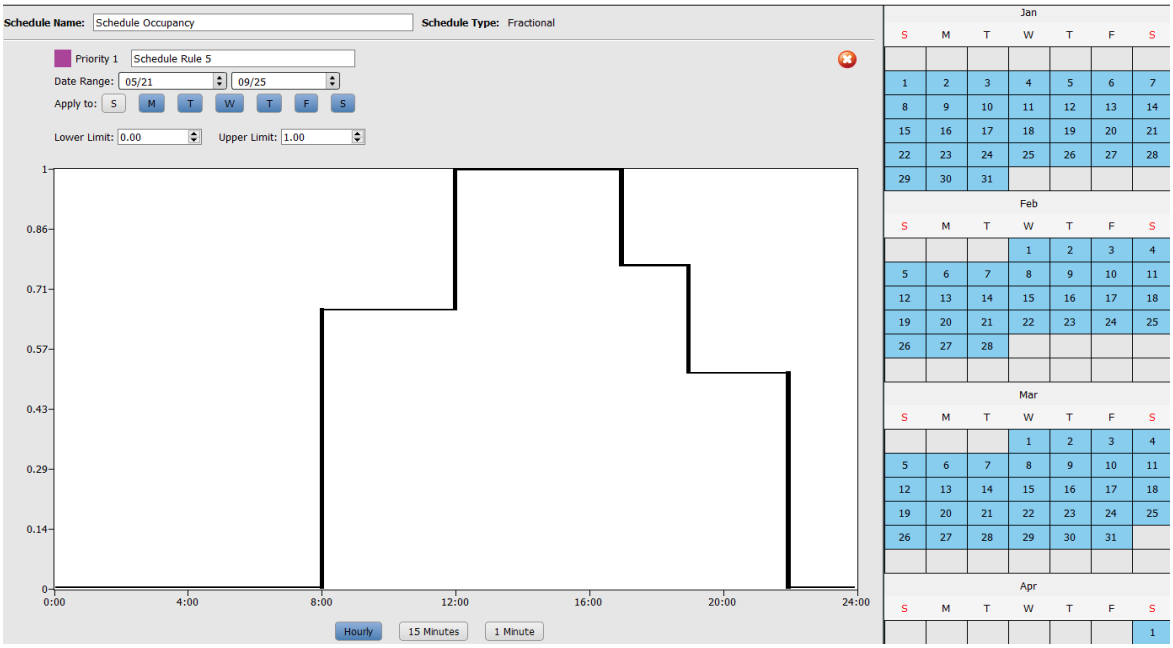


Εικόνα 34 : Schedule activity at summer period..

Το Schedule activity παρουσιάζει τη δραστηριότητα των ατόμων κατά τη διάρκεια της ημέρας, εκφραζόμενο στο ποσό ενέργειας που απαιτείται για την κάθε δραστηριότητα. Η δραστηριότητά τους βασίζεται σε ωράριο εργασίας, δηλαδή 08:00 έως 16:00 και 18:00 έως 21:00. Τις ώρες αυτές καταναλώνονται 100 Watt, αφού τα μέλη δραστηριοποιούνται πλήρως μέσα στον χώρο, ενώ τις υπόλοιπες δεν καταναλώνεται ενέργεια καθώς τα μέλη απουσιάζουν.

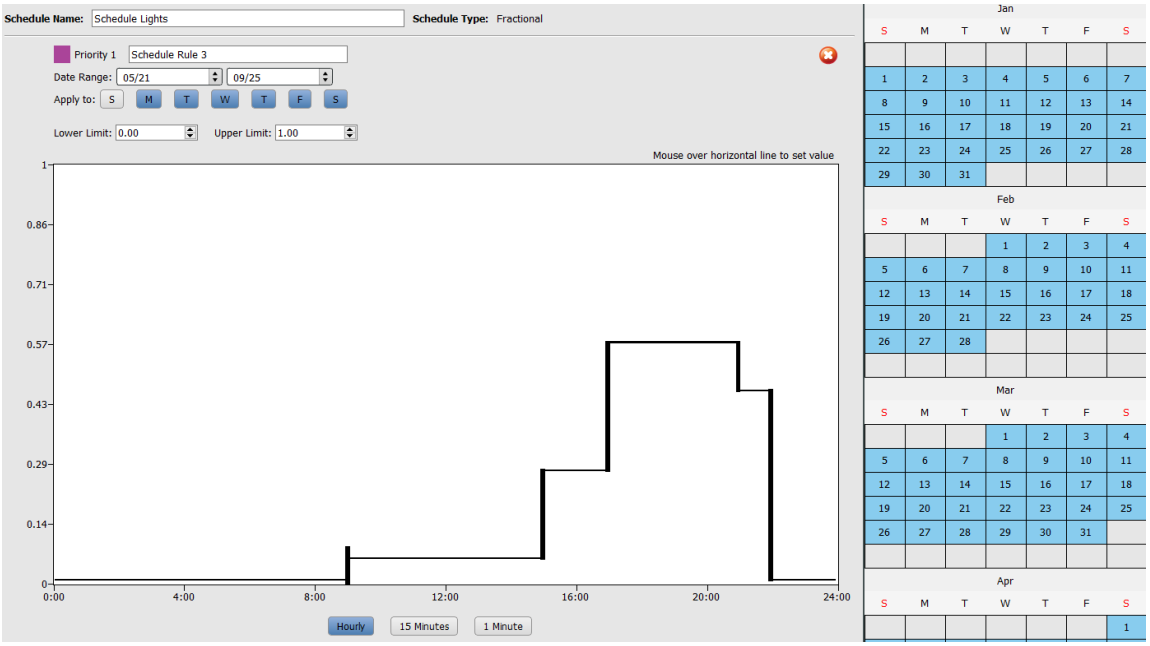


Εικόνα 35 : Schedule EE at summer period.



Εικόνα 36 : Schedule Occupancy at summer period.

Το Schedule Occupancy αναφέρεται στην πληρότητα των ατόμων του χώρου κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ομοίως, οι ώρες πληρότητας συμβαδίζουν με τις ώρες εργασίας από τις 8:00 έως τις 16:00, ο δείκτης κυμαίνεται στο 1 καθώς υπάρχει πάντα πληρότητα. Τις απογευματινές ώρες υπάρχει μερική πληρότητα ενώ τις βραδινές ώρες μηδενική.



Εικόνα 37 : Schedule Lights at summer period.

2.8. Ηλεκτρικά φορτία (Loads)

Επιπλέον στα κτίρια χρησιμοποιούνται λάμπες led και βασικές ηλεκτρικές συσκευές νέας τεχνολογίας με τα χαρακτηριστικά των φορτίων που εφαρμόζονται να είναι τα ακόλουθα :

Κατοικία Βαφές	
Lights_Definition	Κατανάλωση για φώτα (W) 200
Electric_Equipment_Definition	Κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών (W) 2100
Κατοικία Νέου Χωριού	
Lights_Definition	Κατανάλωση για φώτα (W) 220
Electric_Equipment_Definition	Κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών (W) 2100

Διεθνές Διδακτικό & Ερευνητικό κέντρο Δραπάνου	
Lights_Definition	Κατανάλωση για φώτα (W) 370
Electric_Equipment_Definition	Κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών (W) 3100

Πίνακας 2 : Ηλεκτρικά φορτία (Loads) ανά κτίριο.

2.9. Χαρακτηριστικά δομικών υλικών

Τα χαρακτηριστικά των δομικών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των βασικών σεναρίων των κτιρίων παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες :

2.9.1. Κατοικία Βαφές

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Κεραμικά πλακίδια	0.030	2000	1.830	840.0
Οπλισμένο σκυρόδεμα	0.500	2400	2.230	1000

Πίνακας 3 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του δαπέδου ισογείου. [57]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Πλάκες ινώδους ξύλου	0.030	250.0	0.070	1700

Πίνακας 4 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του δαπέδου ορόφου. [57]

.

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Κεραμικά πλακάκια τοίχου	0.0400	2000	1.000	840.0
Ασφαλτόπανα	0.020	1100	0.230	1000
Υαλοβάμβακας	0.050	50.00	0.032	840.0
Πηλοκονίαμα	0.050	1600	1.200	1700
Ωμόπλινθοι με άχυρο	0.400	1400	0.410	1000

Πίνακας 5 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της εσωτερικής τοιχοποιίας. [57]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Ασβεστοκονίαμα	0.090	1800	0.600	1000
Ωμόπλινθοι με άχυρο	0.400	1400	0.410	1000
Ασβεστοκονίαμα	0.090	1800	0.600	1000

Πίνακας 6 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας του βασικού κτιρίου.[57]

Εικόνα 38 : Κατασκευή εξωτερικής τοιχοποιίας βασικού κτιρίου από ωμόπλινθους με άχυρο. [57]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.030	1800	0.810	1000
Ωμόπλινθοι συμπαγείς	0.300	1990	0.570	1000
Πλάκες οπλ.σκυροδέματος	0.400	2400	2.220	1000

Πίνακας 7 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας των επιμέρους τμημάτων του κτιρίου. [57]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Κεραμίδια	0.200	2000	1.240	800.0
Υαλοβάμβακας	0.050	50.00	0.032	840.0

Ελαφροπηλός	0.380	760.0	0.240	1000
Κατεργασμένη ξυλεία	0.100	450.0	0.120	1600

Πίνακας 8 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της οροφής του βασικού κτιρίου. [57]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Οπλισμένο σκυρόδεμα	0.500	2400	2.230	1000

Πίνακας 9 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της οροφής των επιμέρους τμημάτων του κτιρίου. [57]

.

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Θερμοπερατότητα $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m^2 * K}})$
Holz	0.003	2.200

Πίνακας 10 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του παραθύρου. [57]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Κατεργασμένη ξυλεία	0.100	450.0	0.120	1600

Πίνακας 11 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της πόρτας. [57]

2.9.2. Κατοικία Νέου Χωριού

Υλικό	Πάχος (m)	Πυκνότητα $(\frac{kg}{m^3})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{W}{m \cdot K})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{J}{kg \cdot K})$
Ξύλινα τεμάχια παρκετού	0.200	800	0.800	830.0
Ασβεστοκονίαμα	0.300	1800	0.700	1000

Πίνακας 12 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του δαπέδου ισογείου. [57]

Υλικό	Πάχος (m)	Πυκνότητα $(\frac{kg}{m^3})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{W}{m \cdot K})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{J}{kg \cdot K})$
Πριστή ξυλεία	0.250	450.0	0.700	1600

Πίνακας 13 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του δαπέδου παταριού. [57]

Υλικό	Πάχος (m)	Πυκνότητα $(\frac{kg}{m^3})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{W}{m \cdot K})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{J}{kg \cdot K})$
Ασβεστοκονίαμα	0.300	1800	0.700	1000
Πηλοκονίαμα	0.250	1600	0.600	1700
Ωμόπλινθοι με άχυρο	0.250	1400	0.500	1000
Πριστή ξυλεία	0.250	450.0	0.700	1600

Πίνακας 14 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της εσωτερικής τοιχοποιίας. [57]

Εικόνα 40 : Κατασκευή κελύφους με πριστή ξυλεία. [53]

Εικόνα 39 : Πλήρωση εσωτερικής τοιχοποιίας από ωμόπλινθους με άχυρο. [53]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Ασβεστοκονίαμα	0.300	1800	0.700	1000
Πηλοκονίαμα	0.250	1600	0.600	1700
Ωμόπλινθοι με άχυρο	0.250	1400	0.500	1000

Πίνακας 15 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας. [57]

Εικόνα 41 : Απεικόνιση εξωτερικής τοιχοποιίας κατασκευασμένης από ωμόπλινθους με άχυρο. [53]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Κεραμίδια ρωμαϊκού τύπου	0.160	2000	0.600	800.0
Υαλοβάμβακας	0.200	50.00	0.200	840.0
Πηλοκονίαμα	0.250	1600	0.600	1700

Ξύλινα τεμάχια παρκετού	0.200	800.0	0.800	1600
Πριστή ξυλεία	0.250	450.0	0.700	1600

Πίνακας 16 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της οροφής. [57]

.

Υλικό	Πάχος ($\boldsymbol{m}$)	Θερμοπερατότητα ($\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m^2 \cdot K}}$)
Holz	0.003	2.200

Πίνακας 17 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του παραθύρου. [57]

Υλικό	Πάχος ($\boldsymbol{m}$)	Πυκνότητα ($\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}}$)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ($\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}}$)	Ειδική θερμοχωρητικότητα ($\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}}$)
Οξιά	0.300	800.0	0.700	1600

Πίνακας 18 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της πόρτας. [57]

.

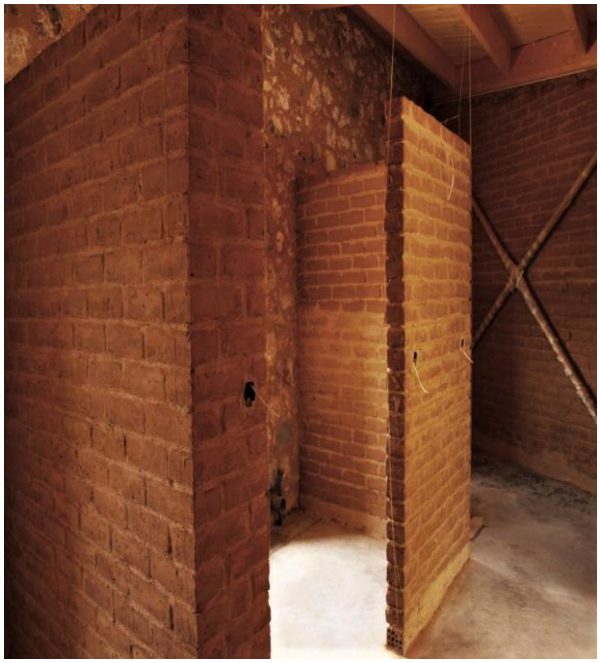
2.9.3. Διεθνές Διδακτικό & Ερευνητικό κέντρο Δραπάνου

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Κεραμικά πλακίδια	0.070	2000	1.850	840.0
Ασβεστοκονίαμα	0.300	1800	0.700	1000

Πίνακας 19 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής των δαπέδων. [57]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Πηλοκονίαμα	0.035	1600	1.500	1700
Ωμόπλινθοι	0.350	1400	0.600	1000
Πηλοκονίαμα	0.035	1600	1.500	1700

Πίνακας 20 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της εσωτερικής τοιχοποιίας. [57]



Εικόνα 43 : Απεικόνιση εσωτερικής τοιχοποιίας κατασκευασμένης από ωμόπλινθους. [53]

.

Εικόνα 42 : Απεικόνιση πλήρωσης τοιχοποιίας από αχυρόμπαλες και επίχρισης από ασβεστοκονίαμα και πηλοκονίαμα. [53]

Υλικό	Πάχος ($\boldsymbol{m}$)	Πυκνότητα ($\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}}$)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ($\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}}$)	Ειδική θερμοχωρητικότητα ($\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}}$)
Ασβεστοκονίαμα	0.300	1800	0.700	1000
Αχυρόμπαλες	0.450	200.0	0.050	1100
Πηλοκονίαμα	0.035	1600	1.500	1700
Κατεργασμένη ξυλεία	0.140	600	0.120	1600

Πίνακας 21 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας της αίθουσας πολλαπλών χρήσεων και των γραφείων. [57]

Εικόνα 44 : Κατασκευή φέρων οργανισμού από κατεργασμένη ξυλεία. [53]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Πηλοκονίαμα	0.035	1600	1.500	1700
Λιθοδομή	0.350	2600	2.100	1000
Ασβεστοκονίαμα	0.300	1800	0.700	1000

Πίνακας 22 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας των επιμέρους τμημάτων του κτιρίου. [57]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Φυτά	0.200	1100	0.350	1200
Συμπαγές χώμα	0.350	1800	2.150	1950
Υπόστρωμα	0.150	270.0	0.700	1400
Φύλλα πολυαιθυλένιου	0.150	980.0	0.500	1800
Ασβεστοκονίαμα	0.300	1800	0.700	1000
Κατεργασμένη ξυλεία	0.140	600.0	0.120	1600

Πίνακας 23 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της οροφής αίθουσας πολλαπλών χρήσεων και κουζίνας. [57]

.

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Φύλλα χαλκού	0.150	8900	380.0	380.0
Κατεργασμένη ξυλεία	0.140	600.0	0.120	1600

Πίνακας 24 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της οροφής των επιμέρους τμημάτων του κτιρίου. [57]

Υλικό	Πάχος ($\boldsymbol{m}$)	Θερμοπερατότητα ($\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m^2 \cdot K}}$)
Holz	0.003	2.200

Πίνακας 25 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του παραθύρου. [57]

Υλικό	Πάχος ($\boldsymbol{m}$)	Πυκνότητα ($\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}}$)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ($\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}}$)	Ειδική θερμοχωρητικότητα ($\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}}$)
Κατεργασμένη ξυλεία	0.140	600.0	0.120	1600

Πίνακας 26 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της πόρτας. [57]

Εικόνα 45 : Κατασκευή οροφής σχολείου από μπαμπού και χώμα. Εφαρμογή τεχνικής Wellerbau. [26]

3. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

3.1. Μετάδοση Θερμικής Ενέργειας

Πρόκειται για την μεταφορά θερμικής ενέργειας από σώμα μεγαλύτερης θερμικής θερμοκρασίας προς ένα άλλο μικρότερης. Υπάρχουν τρεις μηχανισμοί μεταφοράς θερμότητας στον χώρο, η αγωγή, η ακτινοβολία και η συναγωγή. Η ανταλλαγή θερμότητας μέσω ακτινοβολίας περιγράφεται από τη θεωρεία των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και των κβάντα. Ο μηχανισμός αυτός εμφανίζεται κυρίως στις επιφάνειες κτιρίων ειδικότερα αυτών που δεν έχουν θερμομόνωση. Σύμφωνα με τον μηχανισμό της συναγωγής, αφορά την κίνηση θερμών μορίων αέρα και υγρού σε ένα χώρο. Η μεταφορά συμβαίνει όταν υπάρχει και διάχυση και αγωγή. Στα πλαίσια των κτιρίων, το φαινόμενο λαμβάνει χώρα στα δομικά υλικά, μέσω της φυσικής κυκλοφορίας του αέρα. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας των υλικών όπου αφορά την θερμική μεταφορά μέσω αγωγής σύμφωνα με τον νόμο Fourier. Ο νόμος του Fourier, δηλώνει ότι τα μόρια του υλικού, που λαμβάνει χώρα σε περιοχές όπου η θερμοκρασία είναι υψηλή, έχει την ικανότητα να μεταδίδει θερμότητα σε γειτονικά μόρια περιοχών με χαμηλή θερμοκρασία. Στα κτίρια παρουσιάζονται απώλειες μέσω αγωγής του, κυρίως τους χειμερινούς μήνες και ιδιαίτερα μέσω των υαλοπινάκων, των οροφών και της τοιχοποιίας. [25]

Τα θερμομονωτικά σώματα που είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας, εμποδίζουν την μετάδοση της θερμικής ενέργειας, ενώ οι καλοί αγωγοί, όπως το μέταλλο, την επιτρέπουν. Η διαφορική εξίσωση που χαρακτηρίζει τον νόμο Fourier είναι η εξής :

$$\dot{q}=-\lambda\nabla T \quad [11]$$

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ ορίζεται ως η θερμότητα σε Watt που περνά μέσα από ένα στρώμα υλικού με επιφάνεια 1 m^2 και πάχος 1 m, σε διάστημα 1 ώρας και διαφορά θερμοκρασίας 1 K. Εξαρτάται από την φύση του υλικού, την θερμοκρασία, την πυκνότητα καθώς και την υγρασία που περιέχει. Οι τυπικές τιμές του για δομικά υλικά κυμαίνονται από 0.1 έως 2.7 W/m·K, ενώ για θερμομονωτικά από 0.02 έως 0.1 W/m·K. [25]

Εξίσου σημαντικό ρόλο διαδραματίζει ο συντελεστής θερμοπερατότητας U, ο οποίος είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού των φαινομένων αγωγής και συναγωγής που συμβαίνει σε ένα υλικό. Αναλυτικότερα, όταν η επιφάνεια του υλικού έρχεται σε επαφή με τον αέρα, πρόκειται για το φαινόμενο της συναγωγής με συντελεστές θερμικής μετάβασης α_i και α_a , ενώ δια μέσω του δομικού υλικού, για το φαινόμενο της αγωγής με συντελεστή λ και πάχος d. Όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ενός δομικού στοιχείου, τόσο καλύτερες είναι οι θερμομονωτικές του ιδιότητες. [25]

Με βάση την αρχή διατήρησης της ενέργειας προκύπτει η εξίσωση :

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{a_\iota} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_\alpha}$$

Ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας ορίζεται με αρκετά όμοιο τρόπο και αποτελεί επίσης ένα μέγεθος που πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν, καθώς χαρακτηρίζει την ενεργειακή συμπεριφορά ενός δομικού υλικού. [25]

Τέλος, ένα σημαντικό μέγεθος είναι η θερμοχωρητικότητα που δηλώνει την ικανότητα που έχει ένα δομικό στοιχείο του κτιρίου για να απορροφήσει θερμότητα από το περιβάλλον του. Αναλυτικότερα, χαρακτηρίζει το ποσό θερμότητας που χρειάζεται ώστε να ανυψωθεί η θερμοκρασία κατά ένα βαθμό. Ο σκοπός του μεγέθους αυτού είναι να αποδίδει στο εσωτερικό του κτίσματος την θερμική ενέργεια που αποθηκεύει όταν η θερμοκρασία του είναι μικρότερη από αυτή των δομικών υλικών. Συνεπώς, η αυξημένη θερμοχωρητικότητα δηλώνει χαμηλό ρυθμό θέρμανσης και ψύξης ενός χώρου. Ιδανικό χαρακτηριστικό ενός δομικού υλικού είναι ο συνδυασμός θερμοχωρητικότητας με θερμική αγωγιμότητα, δηλαδή η θερμική αδράνεια. [9], [25]

3.2. Θερμικές ζώνες

Προκειμένου να εκτιμήσουμε την ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτίσματος είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός του σε θερμικές ζώνες. Σύμφωνα με τον όρο θερμική ζώνη, πρόκειται για έναν χώρο που ξεχωρίζει από τον άλλον, όσον αφορά την χρήση του καθώς και τις ηλεκτρικές συσκευές που περιέχει. Βασιζόμενοι στον ΚΕΝΑΚ και το πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ ISO 13790:2009, απαιτείται ο διαχωρισμός των θερμικών ζωνών όταν είναι διακριτή η διαφορετική τους λειτουργία, τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης καθώς και η εσωτερική τους θερμοκρασία και η ενεργειακή τους συμπεριφορά γενικότερα. [6]

3.3. Κτιριακό κέλυφος

Το κέλυφος του κτιρίου αποτελεί το βασικότερο στοιχείο αξιολόγησης της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός κτιρίου, καθώς λειτουργεί ως θερμικό φράγμα, καθορίζοντας τη ροή ενέργειας και συνεπώς τις εσωτερικές επικρατούσες συνθήκες του κτιρίου. Τα δομικά μέρη από τα οποία απαρτίζεται το περίβλημα ενός κτιρίου είναι τα θεμέλια, η εξωτερική τοιχοποιία, η οροφή και ακολούθως τα κουφώματα. Τα χαρακτηριστικά των δομικών υλικών, καθώς και ο τρόπος σύνδεσής τους, παίζουν καθοριστικό παράγοντα για την ενεργειακή συμπεριφορά ενός δώματος. Η ενέργεια που μεταφέρεται μέσω του κελύφους επηρεάζεται ιδιαίτερα από την γεωγραφική θέση του κτιρίου, τα μετερεωλογικά φαινόμενα της περιοχής, καθώς και την θερμική συμπεριφορά των εκάστοτε δομικών υλικών. Είναι πρώτιστης σημασίας να κατασκευαστεί ένα κέλυφος το οποίο θα παρέχει τη καλύτερη δυνατή θερμική άνεση, ελαχιστοποιώντας την μεταφορά θερμότητας προκειμένου να μειώνονται οι ανάγκες του για θέρμανση και ψύξη. [25]

3.4. Προσανατολισμός και σκίαση κτιρίου

Ο προσανατολισμός ενός κτιρίου είναι από τις σημαντικότερες παραμέτρους για τη διαμόρφωση βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής καθώς συνδέεται άμεσα με το κλίμα και τα γεωμορφολογικά γνωρίσματα της εκάστοτε περιοχής όπου σε συνδυασμό με τα δομικά υλικά και το σχήμα του κτιρίου επηρεάζουν την προσλαμβανόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Συγκεκριμένα είναι σημαντικό να μελετηθεί η τροχιά του ήλιου κατά τη διάρκεια του χρόνου, αφού οι θέσεις του αλλάζουν ανάλογα με την ημέρα και την εποχή, που συνεπάγεται με διαφορές της γωνίας της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. [33]

Ο ιδανικός προσανατολισμός για τις περιοχές του βόρειου ημισφαίριου είναι ο νότιος, καθώς κατά την διάρκεια του χειμώνα, λόγω των χαμηλών ηλιακών υψών, οι ακτίνες του ηλίου εισέρχονται πιο εύκολα στο εσωτερικό του κτίσματος. Συγκεκριμένα, οι ακτίνες προσπίπτουν οριακά κάθετα στα δομικά υλικά, με αποτέλεσμα τα θερμικά κέρδη να είναι περισσότερα συγκριτικά με την θερινή περίοδο, όπου η εισχώρηση της ηλιακής ακτινοβολίας εμποδίζεται λόγω μεγαλύτερου ύψους της θέσης του. Όσον αφορά τον βόρειο προσανατολισμό, παρόλο που παρατηρούνται πολλοί ψυχροί άνεμοι, ο έμμεσος φωτισμός κατά την διάρκεια της ημέρας δεν παρουσιάζει διακυμάνσεις διάχυσης.

Ο ανατολικός και ο δυτικός προσανατολισμός χαρακτηρίζονται από έλλειψη ηλιακού φωτισμού κατά την χειμερινή περίοδο και έντονη εμφάνιση αυτού τους θερινούς μήνες, με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση των χώρων του κτιρίου. Βασιζόμενοι στην περίπτωση του Μεσογειακού κλίματος, ο ιδανικός προσανατολισμός είναι ο νότιος ώστε να επιτυγχάνεται επαρκής διαμπερές φωτισμός των χώρων, καθώς και φυσικός αερισμός λόγω βόρειων ανέμων. [33]

Η σκίαση ενός κτιρίου αποτελεί έναν ευρέως γνωστό τρόπο που προσφέρει ιδιαίτερη αισθητική και συμβάλει στην εξοικονόμηση ενέργειας, ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες. Αναλυτικότερα, πρόκειται για μία μέθοδο που στοχεύει στην ελάττωση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας μέσω της χρήσης φυσικών ή τεχνητών κατασκευών. Η χρήση σκίασης είναι σημαντική κυρίως σε ανοίγματα του κτιρίου, καθώς αποτελούν τη μεγαλύτερη πηγή θερμότητας. Ομοίως, ο σημαντικότερος παράγοντας σωστής αξιοποίησης της σκίασης είναι τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του κτίσματος. Η πιο διαδεδομένη μορφή εξωτερικής σκίασης είναι η χρήση σκιάστρων σταθερών ή κινητών καθώς και η βλάστηση, ενώ εσωτερικής, η χρήση κουρτινών, παντζουριών και τέντας. [5] Επιπλέον ιδιαίτερη αποτελεσματικότητα παρουσιάζει η σκίαση που προσφέρουν παρακείμενα κτίρια ή κατασκευές. Ο συνδυασμός εξωτερικής σκίασης και υαλοπινάκων είναι ιδανικός, καθώς το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας μειώνεται σημαντικά πριν φθάσει στο κούφωμα. Επιπροσθέτως, ιδιαίτερη περίπτωση είναι αυτή της χρήσης βλάστησης όπου αποτελεί την καλύτερη επιλογή τόσο από άποψη αισθητικής όσο και περιβαλλοντικά. Συγκεκριμένα, η πιο αποτελεσματική λύση είναι η επιλογή φυλλοβόλων δέντρων καθώς παρέχουν την καλύτερη δυνατή προστασία ηλιακής ακτινοβολίας, το διάστημα μεταξύ άνοιξης με φθινόπωρο, ενώ κατά τους χειμερινούς μήνες δεν την εμποδίζουν. Ακόμα, η χρήση βλάστησης παρέχει θερμική προστασία στο κτίριο στη περίπτωση ύπαρξης ανέμων. [33]

3.5. Αλληλεπίδραση με εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική βασίζεται στην δημιουργία κτισμάτων που έχουν την ικανότητα να αξιοποιούν το κλίμα της περιοχής όπου βρίσκονται, καθώς και κάθε είδους φυσικού φαινομένου, με απώτερο σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών της θερμικής άνεσης. Προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι ανάγκες των χρηστών του κάθε κτιρίου με τον βέλτιστο τρόπο, λαμβάνονται υπόψη συγκεκριμένοι δείκτες που αφορούν κυρίως την θερμική άνεση και την ποιότητα του αέρα, οι οποίοι εξαρτώνται κυρίως από το κέλυφος του καθώς και τα συστήματα ψύξης και θέρμανσης που υπάρχουν. Προκειμένου ένα σύστημα θέρμανσης/ψύξης να είναι αξιόλογο, είναι σημαντική η επίτευξη θερμικής άνεσης. Η εσωτερική θερμοκρασία εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τα υλικά δόμησης, τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του κτίσματος, τον αερισμό του καθώς και τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης. Οι ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπονται, μέσω της εκπνοής των χρηστών του κτίσματος, υποβαθμίζουν την ποιότητα αέρα του χώρου, γεγονός που συνεπάγεται με την ανάγκη συστηματικής ανανέωσής του. Το εσωτερικό περιβάλλον αλληλοεπιδρά σε μεγάλο βαθμό με το εξωτερικό. Συνεπώς, είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη το κλίμα της περιοχής και συγκεκριμένα η θερμοκρασία, η ηλιακή ακτινοβολία, η σχετική υγρασία καθώς και η κατεύθυνση και ένταση του ανέμου. Έτσι, λόγω των διαφορετικών κλιματικών αλλαγών του κάθε τόπου λαμβάνεται υπόψη ο ΚΕΝΑΚ, όπου κατατάσσει τους νομούς της Ελλάδας σε τέσσερις κλιματικές ζώνες. Κάθε ζώνη βασίζεται σε συγκεκριμένες δομικές παραμέτρους, που καθορίζονται κυρίως από τον συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών υλικών αλλά και ολόκληρου του κτιρίου. [5]

3.6. Οροφή κτιρίου

Γενικότερα, η στέγη αποτελεί το περισσότερο εκτεθειμένο δομικό στοιχείο του κελύφους του κτίσματος. Συγκεκριμένα, τους θερινούς μήνες η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία λαμβάνει αυξημένες τιμές, κυρίως όταν πρόκειται για στέγες με νότιο προσανατολισμό, ενώ την διάρκεια του χειμώνα οι στέγες είναι άμεσα εκτεθειμένες σε έντονες καιρικές συνθήκες, που συνεπάγεται με μείωση της εσωτερικής θερμότητας του κτιρίου. Συνεπώς, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή των δομικών υλικών της στέγης, καθώς επιδρά σημαντικά στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτίσματος. Συγκεκριμένα, είναι απαραίτητο να γίνει μελέτη της ποιότητας των δομικών υλικών καθώς και της τεχνικής διαδικασίας. Ιδιαίτερα διαδεδομένοι είναι οι πλίνθοι με ποικίλα χρώματα που παρουσιάζουν ιδιαίτερη ανθεκτικότητα σε υψηλές θερμοκρασίες. [5]

4. ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ

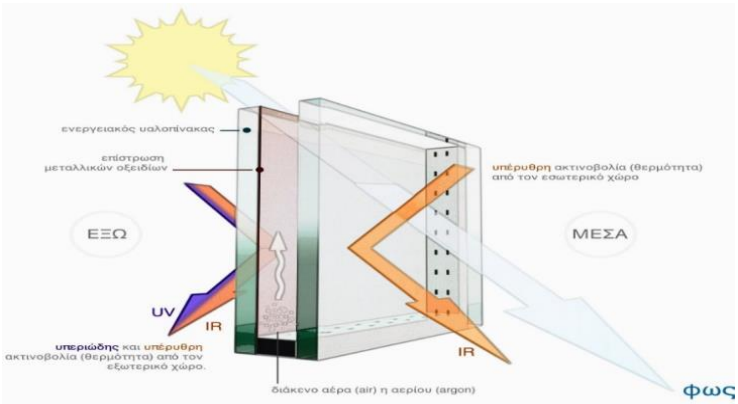
4.1. Εισαγωγή

Οι ενεργειακές αναβαθμίσεις των κτιρίων στην Ελλάδα βασίζονται στα νομικά πλαίσια που ορίζει ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων. Εφαρμόζοντας τα μέτρα που ορίζει ο κανονισμός, αξιολογείται η ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων και βελτιώνεται η ενεργειακή τους απόδοση ώστε να μειωθεί το περιβαλλοντικό αντίκτυπο και να αυξηθούν τα λειτουργικά και περιβαλλοντικά οφέλη. [16] Βασικός σκοπός των βιοκλιματικών επεμβάσεων είναι η εξοικονόμηση ενέργειας, η οποία εφαρμόζεται κυρίως μέσω βελτίωσης της θερμομόνωσης του κελύφους και των ανοιγμάτων του, καθώς και της προσθήκης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Στόχος των επεμβάσεων αυτών είναι η αναβάθμιση της ενεργειακής κατηγορίας των κτιρίων σε κλάσης Α,Β+ και Β. [6]

4.2. Χρήση υαλοπινάκων

Οι υαλοπίνακες διαθέτουν την ικανότητα να αφήνουν ένα μεγάλο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας να εισχωρήσει στο κτίριο, γεγονός που συνεπάγεται με έναν αξιόλογο φωτισμό του κτιρίου, καθώς και θέρμανσή του κατά την διάρκεια του χειμώνα. Τα γεωγραφικά στοιχεία του κτίσματος παίζουν σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα των υαλοπινάκων όσον αναφορά την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Συγκεκριμένα, ένας υαλοπίνακας με νότιο προσανατολισμό έχει ιδιαίτερα θετική επίδραση προς το κτίριο, καθώς δέχεται μεγαλύτερη ηλιακή ακτινοβολία την περίοδο του χειμώνα. Από την άλλη, αν ο προσανατολισμός είναι βόρειος, είναι σημαντικό ο συντελεστής θερμοπερατότητας να είναι χαμηλός καθώς η ακτινοβολία που δέχεται είναι διάχυτη. [24]

Σύμφωνα με μελέτες, με κατάλληλο συνδυασμό της μόνωσης του κελύφους και της οριακής τιμής κάλυψης του από υαλοπίνακες, επιτυγχάνεται ένα ικανοποιητικό ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας κατά τους χειμερινούς μήνες. Στην περίπτωση μη επαρκής κάλυψης αυτού, η μόνωση δεν θα λειτουργούσε αποτελεσματικά, καθώς θα μειωνόταν η δια αγωγής θερμική ροή. [24]



Εικόνα 46 : Λειτουργία υαλοπινάκων. [51]

4.3. Εισαγωγή ΑΠΕ

Με τον όρο ΑΠΕ ορίζονται οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπου οποιαδήποτε μορφή ενέργειας προέρχεται μέσω φυσικής διαδικασίας. Μέσω της χρήσης των ΑΠΕ προωθούνται οι αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης, καθώς πρόκειται για ανεξάντλητες κυρίως πηγές που δεν έχουν περιβαλλοντικό αντίκτυπο. Η εισαγωγή των ΑΠΕ στα κτίρια είναι πλέον απαραίτητη καθώς συνεπάγεται με μη επιβάρυνση του περιβάλλοντος, απεξάρτηση από το πετρέλαιο και άλλες μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και με οικονομικό κέρδος. [7] Στις μέρες μας, η χρήση των ΑΠΕ αυξάνεται όλο και περισσότερο προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι ενεργειακές δαπάνες των κτιρίων σε θέρμανση και ψύξη. Έχει παρατηρηθεί ότι η Ελλάδα ανήκει στις χώρες όπου το κλίμα ευνοεί την εγκατάσταση των ΑΠΕ, γεγονός που ενθαρρύνει την χρήση εναλλακτικών λύσεων για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας, που συνεπάγεται με απεξάρτηση από τα συμβατικά καύσιμα. Συνεπώς, η χώρα μας παρουσιάζει πλούσιο δυναμικό σε ΑΠΕ λόγω της συχνής ηλιοφάνειας και των ισχυρών ανέμων καθώς και της ύπαρξης γεωθερμικού δυναμικού. [23]

4.3.1. Φ/Β Συστήματα

Η χρήση των φωτοβολταϊκών αποτελεί οικονομική περιβαλλοντική λύση καθώς η ανεξάντλητη πηγή ενέργειας είναι ο ήλιος, μέσω της οποίας επιτυγχάνεται και η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας όταν πρόκειται για μεγάλες εγκαταστάσεις. Επιπλέον, αποτελεί μία διαδικασία παραγωγής ενέργειας όπου το περιβαλλοντικό αντίκτυπο είναι χαμηλό καθώς δεν εκπέμπονται ρύποι, ενώ ταυτόχρονα η συντήρηση του εξοπλισμού τους είναι ιδιαίτερα οικονομική και ο χρόνος ζωής τους είναι μεγάλος, αφού κυμαίνεται στα 20 με 30 χρόνια. Όσον αφορά τα οφέλη της κατασκευής των συστημάτων, υπάρχει η δυνατότητα μελλοντικής τους αύξησης, αν είναι απαραίτητο με βάση τις ενεργειακές απαιτήσεις της περιοχής, ενώ παράλληλα η διαδικασία εγκατάστασης τους ποικίλει, όσον αφορά την επιλογή της περιοχής, γεγονός που εξυπηρετεί σημαντικά την χρήση τους σε αστικούς ιστούς. Ωστόσο, είναι αναγκαίο να καταλαμβάνονται σχετικά μεγάλες εκτάσεις προκειμένου να αποδοθεί αποτελεσματικά η επιθυμητή ισχύς, διότι θεωρούνται συστήματα σχετικά μέτριας απόδοσης. Επιπλέον, είναι σημαντικό να προνοείται η αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας που παράγεται, καθώς την διάρκεια της νύχτας δεν γίνεται παραγωγή. [13]

Προκειμένου να γίνει μία εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι σημαντικό να εκτιμηθεί το ηλιακό δυναμικό της εκάστοτε περιοχής ώστε να υπολογιστούν τα δεδομένα που σχετίζονται με την απόδοση της εγκατάστασης. Τα στάδια που απαιτούνται ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη θέση αυτής περιλαμβάνουν την αξιολόγηση και σύγκριση δεδομένων από άλλες πηγές, καθώς και τον υπολογισμό της ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας στην εκάστοτε επιλεγμένη θέση, τόσο σε οριζόντιο όσο και σε κεκλιμένο επίπεδο. [13]

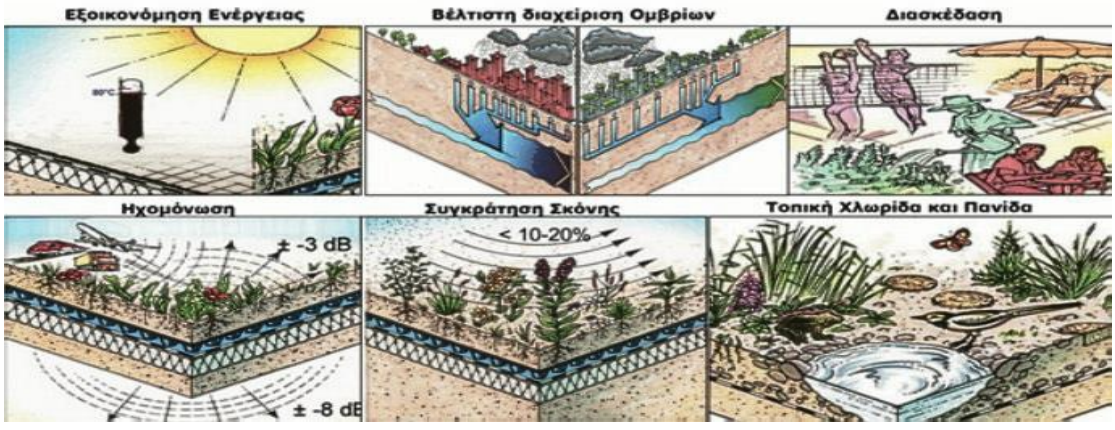
4.3.2. Αντλία Θερμότητας Αέρα-Αέρα (Packaged Rooftop Heat Pump)

Η αντλία θερμότητας, ανάλογα με τις θερμικές ανάγκες που υπάρχουν, αποτελεί μέσο μεταφοράς τόσο θέρμανσης όσο και ψύξης. Πρόκειται για ένα σύστημα που έχει την ικανότητα να αντλεί θερμότητα μεταφέροντας την αντίθετα από την φυσική ροή της. Αναλυτικότερα, τους καλοκαιρινούς μήνες απομακρύνει την θερμότητα από τους κλιματιζόμενους χώρους, ενώ τους χειμερινούς απομακρύνει την θερμότητα από το περιβάλλον μεταφέροντας την στο εσωτερικό του κτιρίου. Αποτελεί ένα οικονομικό σύστημα και παρουσιάζει μεγάλο πλεονέκτημα όσον αφορά την πηγή της καθώς αφθονεί στη φύση. Επιπλέον το επίπεδο θορύβου κατά την λειτουργία τους είναι πολύ χαμηλό και οι εκπομπές CO_2 είναι μειωμένες συγκριτικά με άλλα παραδοσιακά συστήματα, συνεισφέροντας στην προστασία του περιβάλλοντος. Σύμφωνα με την λειτουργία του συγκεκριμένου συστήματος, διαθέτει μία μονάδα χειριστή αέρα/ψυχτικού που τοποθετείται στην οροφή του κτιρίου για εξοικονόμηση χώρου και μέσω αγωγών μεταφέρει τον ζεστό και τον ψυχρό αέρα. Η διαφορά θερμοκρασίας που υπάρχει μεταξύ του εξωτερικού αέρα και του ψυχτικού μέσου, που ατμοποιείται στο σύστημα όταν τίθεται σε λειτουργία, κυμαίνεται από 12 °C έως -4 °C. [14], [22]

4.3.3. Πράσινες οροφές

Η ιδέα της ‘’πράσινης στέγης’’, ως ένας τρόπος μόνωσης του κτίσματος, είναι ιδιαιτέρως διαδεδομένη τα τελευταία χρόνια. Αποτελεί μία εφαρμογή η οποία έχει τόσο αισθητικά όσο και οικολογικά οφέλη καθώς γίνεται η τελική επικάλυψη της στέγης με χώμα και φυτά. Επιπλέον είναι ένας τρόπος αξιοποίησης των όμβριων υδάτων αλλά και δημιουργία ενός βιότοπου σε ποικίλα έντομα και πτηνά. Σύμφωνα με την χρήση πρακτικών πράσινων οροφών, πρόκειται για κτίρια των οποίων οι στέγες επικαλύπτονται ολικώς ή μερικώς με υποστρώματα βλάστησης. [16]

Η τεχνική αυτή εξοικονόμησης ενέργειας, είναι γνωστή από την αρχαιότητα και αποτελεί ένα σταθερό οικοσύστημα διαβίωσης τόσο σε θερμά αλλά και ψυχρά κλίματα αστικών περιοχών, που έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία ενός περιβάλλοντος βιώσιμου, αποδοτικού και αειφόρου. [15] Η μέθοδος αυτή συμβάλει στην δημιουργία ενός αποτελεσματικού συστήματος διαχείρισης των επιφανειακών υδάτων καθώς και θερμικής άνεσης του κτιρίου, περιορίζοντας σημαντικά το φαινόμενο της αστικής θερμονησίδας και αυξάνοντας την φυτοκάλυψη στους αστικούς οικισμούς. [21]



Εικόνα 47 : Οφέλη εφαρμογής πράσινης στέγης. [48]

Μέσω της εφαρμογής πράσινων στεγών, μειώνονται ιδιαίτερα οι ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου ενώ ταυτόχρονα αυξάνονται οι ηχομονωτικές ιδιότητες και η διάρκεια ζωής της επιφάνειας της στέγης.

Λόγω της βλάστησης αλλά και των επιπρόσθετων στρωμάτων που απαιτούνται για να την υποστηρίξουν, επιτυγχάνονται σημαντικά ποσά εξοικονόμησης ενέργειας καθώς τα φυτά έχουν την ικανότητα να εμποδίζουν την εισχώρηση της ηλιακής ακτινοβολίας. [15] Συγκεκριμένα, πραγματοποιείται απορρόφηση της εκπεμπόμενης ηλιακής θερμότητας μέσω της διαδικασίας της εξατμισοδιαπνοής των βλαστών και προσφέρεται φυσική σκίαση, φαινόμενα που συμβάλουν στην μείωση αναγκών ενέργειας για ψύξη του εσωτερικού του κτιρίου κατά τους θερινούς μήνες. [16] Ταυτόχρονα, παρέχονται και θερμομονωτικές ιδιότητες μέσω των ειδικών μεμβρανών που τοποθετούνται στα πλαίσια κατασκευής της στέγης, που συνεπάγεται με μείωση των αναγκών θέρμανσης κατά την διάρκεια του χειμώνα αντίστοιχα. Επιπλέον, μέσω της τεχνικής αυτής μειώνονται οι καταστροφές των επιφανειών των στεγών, που οφείλονται στην ηλιακή ακτινοβολία, ενώ ταυτόχρονα μπορούν να αποτελέσουν μέσο επιβράδυνσης σε περίπτωση πυρκαγιάς. Ακόμα, σύμφωνα με την επίδραση της βλάστησης στην μείωση της ρύπανσης του εξωτερικού περιβάλλοντος του κτιρίου, τα φυλλώματα των φυτών διαθέτουν την ικανότητα να απορροφούν και να φιλτράρουν τα μολυσμένα αιωρούμενα σωματίδια, καθώς και τις επιβλαβείς πτητικές οργανικές ενώσεις. [21]

4.3.4. Δεντροφύτευση

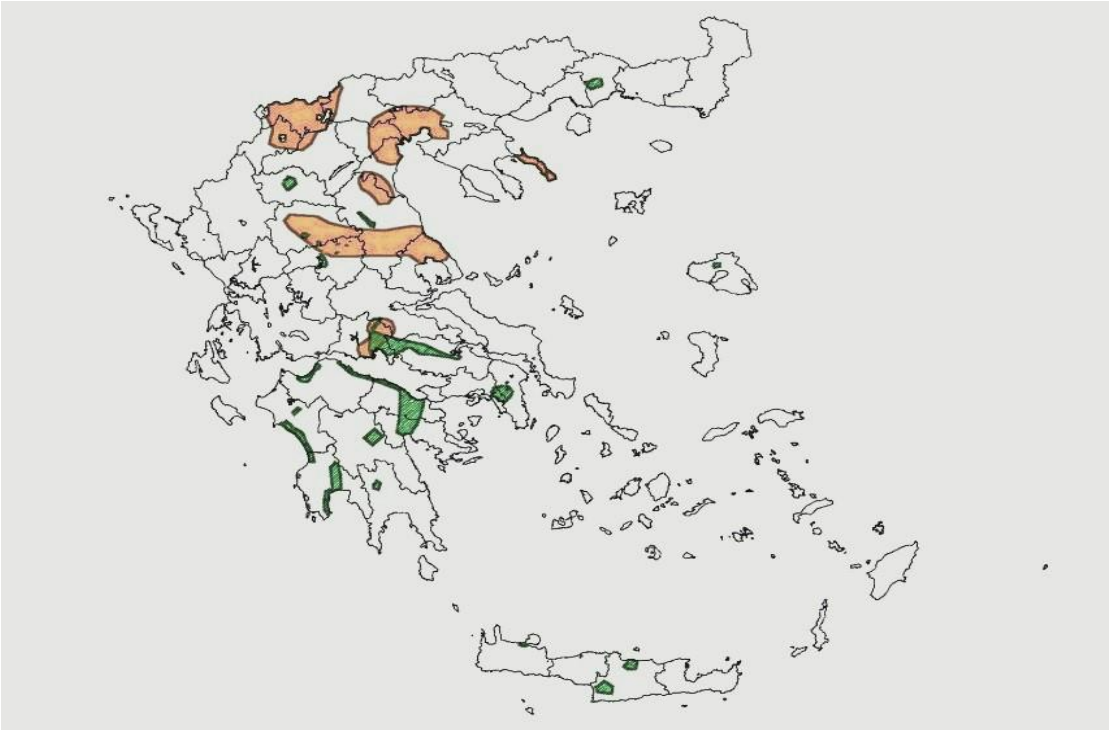
Η δημιουργία μικροκλίματος περιφερειακά του κτιρίου, ώστε να προστατευτεί από τον ήλιο, καθώς και ο σχηματισμός δροσερών ρευμάτων αέρα, είναι στοιχεία που αποτελούν τον παθητικό δροσισμό ενός κτιρίου. Η εφαρμογή σκίασης εξαρτάται από τον προσανατολισμό και την μορφολογία του κτιρίου καθώς και από το πλήθος και είδος των ανοιγμάτων του. [21]

Πριν τοποθετηθεί η σκίαση, είναι σημαντικό να επιλεχθεί η ιδανική τοποθεσία, η οποία θα προσφέρει σκιά και δροσισμό τους θερινούς μήνες, αλλά ταυτόχρονα δεν θα εμποδίζει την διείσδυση φυσικού φωτισμού και θερμότητας τους χειμερινούς μήνες. Η δεντροφύτευση αποτελεί την αποδοτικότερη λύση σκίασης, καθώς εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία χωρίς να προλάβει να εισέλθει στο εσωτερικού του κελύφους. Στην περίπτωση μας, γίνεται επιλογή ενός φυλλοβόλου δέντρου γαζίας στην νοτιοανατολική πλευρά καθώς και μιας μανταρινιάς στην νοτιοδυτική πλευρά. Συνεπώς, θα εμποδίζεται η διείσδυση της έντονης ηλιακής ακτινοβολίας των μεσημβρινών και απογευματινών ωρών κατά τους θερινούς μήνες, ενώ ταυτόχρονα θα επιτρέπει την εισχώρηση τους από την νοτιοανατολική πλευρά τους χειμερινούς μήνες καθώς η γαζία δεν θα έχει ανθίσει ακόμα. Επιπλέον οφέλη που θα παρέχει η συγκεκριμένη δεντροφύτευση είναι η παραγωγή καρπών βρώσης, καθώς και η ελάττωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και του θορύβου. Το γεγονός αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ικανότητας των φυλλωμάτων να απορροφούν, να ανακλούν και να προκαλούν διάθλαση του ήχου. Τέλος, η δυνατότητα τους να απορροφούν μέρος της υγρασίας μέσω της κατακράτησης νερού στο ριζικό τους σε συνδυασμό με την δημιουργία ρευμάτων δροσισμού, δημιουργεί ένα ιδανικό και θερμικά άνετα περιβάλλον. [21]

5. ΩΜΟΠΛΙΝΘΟΙ ΩΣ ΥΛΙΚΟ ΔΟΜΗΣΗΣ

5.1. Εισαγωγή

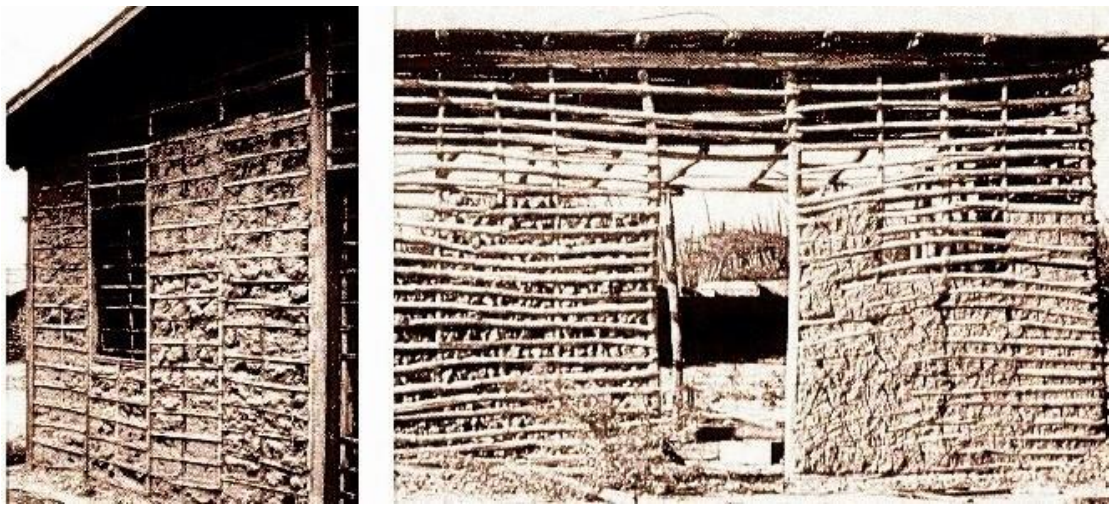
Τα κτίσματα φυσικής δόμησης παρουσιάζουν ικανοποιητική θερμική άνεση και ηχομόνωση, καθώς ταυτόχρονα είναι άκαυστα και μη αλλεργιογόνα. Ένας από τους πιο διαδεδομένους τύπους φυσικής δόμησης είναι η ωμοπλινθοδομή. Πρόκειται για μία αρχιτεκτονική τεχνική με χαμηλό περιβαλλοντικό αντίκτυπο, στα πλαίσια της οποίας γίνεται αξιοποίηση της αργίλου, δηλαδή του ανόργανου εδαφικού στρώματος. Όσον αφορά τη τεχνική που πραγματοποιείται, η κατασκευή των πλίνθων γίνεται σε καλούπια και κατόπιν αφήνονται στον ήλιο ώστε να στεγνώσουν. Με αυτή τη μέθοδο επιτυγχάνεται ιδανικό ποσοστό σχετικής υγρασίας εσωτερικά του κτιρίου λόγω της φυσικής διαπνοής του κελύφους, καθώς και ιδανικής ενεργειακής απόδοσης λόγω της θερμικής μάζας και αδράνειας των πλίνθων. [36] Για να προστατευτούν τα πλινθία από τα έντονα καιρικά φαινόμενα, είναι απαραίτητη η κατασκευή γείσου που θα προεξέχει από τη σκεπή και τις λιθόκτιστες βάσεις. Η επικάλυψη τους γίνεται με φυσικό χωμάτινο σοβά ή με κονίαμα με προσθήκη ασβέστη. Είναι απαραίτητο να τονισθεί ότι σε αυτή τη περίπτωση η επικάλυψη με τσιμεντοκονίαμα δεν προτιμάτε γιατί εμποδίζει σημαντικά την διαπνοή του κελύφους και σε περίπτωση εισχώρησης νερού θα προκληθεί φθορά του επιχρίσματος. Βασιζόμενοι σε έρευνες, αυτή η μέθοδος αποδίδει σε μεγάλο ποσοστό σε περιοχές με ηλιοφάνεια όπως η Ελλάδα. Ωστόσο παρουσιάζονται διάφοροι κίνδυνοι όπως η αυξημένη θερμική συστολή και διαστολή, η διάβρωση των δομικών στοιχείων από το νερό, καθώς και η ευαισθησία των κτισμάτων σε σεισμικά και πλημμυρικά φαινόμενα. [1]



Εικόνα 48 : Χάρτης με καταγεγραμμένες περιοχές που βρέθηκαν κτίρια από ωμό πηλό στον Ελλαδικό χώρο. [8]

5.2. Αρχές συντήρησης του κτιρίου

Η συντήρηση ενός κτιρίου δομημένου από φυσικά υλικά κρίνεται πρώτιστης σημασίας προκειμένου να παρέχει τις καλύτερες βιώσιμες συνθήκες στους κατοίκους του. Αρχικά, είναι σημαντικό να ληφθούν μέτρα που θα αφορά τον έλεγχο και τον καθαρισμό πιθανών υδρορροών, καθώς και την αντικατάσταση ελαττωματικών σωληνώσεων ώστε να αποφευχθεί η διάβρωση και η αποσύνθεση του χώματος. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι πρέπει ο χωμάτινος τοίχος να επικαλύπτεται τελικώς από μια προστατευτική στρώση με υλικό που εξαρτάται από το κλίμα της περιοχής καθώς και τις ανάγκες της κάθε κατασκευής. Συνεπώς, πρέπει να ανανεώνονται οι εξωτερικές επικαλύψεις της τοιχοποιίας σε ένα χρονικό διάστημα μεταξύ ενός έως δέκα χρόνων. Επιπροσθέτως, πρέπει να ελέγχεται η αντοχή της στέγης καθώς και των άνω και κάτω τμημάτων των τοίχων.[26] Όσον αφορά τα ξηρά κλίματα, το υλικό επικάλυψης που υπερισχύει είναι το χώμα. Έτσι, προκειμένου να ανανεωθεί η εκάστοτε επικάλυψη, είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός πολτοποιημένου μείγματος με παρόμοια σύνθεση με αυτή του αρχικού υλικού. Γενικότερα, η αντοχή των χωμάτινων επικαλύψεων είναι δυνατόν να αυξηθεί μέσω της χρήσης ανθεκτικών συνθετικών υλικών όπως οι ίνες. Σε κλίματα με έντονες βροχοπτώσεις και αυξημένη υγρασία η επικάλυψη γίνεται με υλικά που δεν συμπεριλαμβάνει το χώμα, όπως το ασβεστόχρωμα, το οποίο πρέπει εξίσου να ανανεώνεται. Κατά συνέπεια, κατόπιν πολλών ανανεώσεων θα έχει δημιουργηθεί πλέον ένα πυκνό στρώμα στεγάνωσης. [1]



Εικόνα 49 : Διάβρωση κατασκευής από σκελετό καλαμιών και μίγμα γεμίσματος από πηλό. [3]

5.3. Κανονιστικό πλαίσιο χρήσης ωμόπλινθων

Στην παρούσα εργασία γίνεται μελέτη της δομικής κατασκευής κτιρίων από ωμόπλινθους, όσον αφορά την ενεργειακή συμπεριφορά που προσδίδουν καθώς και τις κατασκευαστικές και λειτουργικές απαιτήσεις που πληρούνται, σύμφωνα με τη δεδομένη μέθοδο. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι, σύμφωνα με την νομοθεσία της χώρας μας, η κατασκευή τοιχοποιίας κτίσματος από πηλό δεν έχει γίνει αποδεκτή με αποτέλεσμα την αναγκαστική προσθήκη δομικής ξυλείας σαν φέρων οργανισμό. Γενικότερα, η υιοθέτηση της κατασκευαστικής ιδέας με δομικό υλικό τον πηλό απαιτεί επιπλέον πληροφόρηση, σωστό νομικό πλαίσιο και τεχνική υποστήριξη. Συνεπώς δεν υπάρχουν αυστηροί κανονισμοί δόμησης από πηλό με αποτέλεσμα να περιορίζεται η διεύρυνση της δομικής του χρήσης. [18]

Εικόνα 51 : Ορθογώνιο κτίσμα κατασκευασμένο από αχυροπηλό στο Δισπήλαιο Καστοριάς. [29]

Εικόνα 50 : Κυλινδρικό κτίσμα κατασκευασμένο από αχυροπηλό στο Δισπήλαιο Καστοριάς. [29]

5.4. Κλιματολογικές συνθήκες

Οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής αποτελούν από τους κυριότερους παράγοντες αξιολόγησης των φυσικών υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή ενός κτιρίου. Συγκεκριμένα, η χρήση του ωμόπλινθου γινόταν κυρίως για την δόμηση σε πεδινές περιοχές, ενώ για τις ορεινές το υλικό που υπερίσχυε ήταν η πέτρα. Η υγρασία αποτελεί ένα από τα κυριότερα προβλήματα που πιθανόν να δημιουργήσουν ζημιές σε ένα οικοδόμημα. Αναλυτικότερα, μπορεί να προκληθεί σταδιακή απομάκρυνση του υλικού που συνεπάγεται με μείωση της διατομής του τοίχου. Κατά συνέπεια, στην περίπτωση σεισμών, το κέλυφος του κτιρίου απορροφά μεγάλη σεισμική ενέργεια με αποτέλεσμα την πιθανή εμφάνιση ρηγματώσεων αλλά και τμηματικών καταρρεύσεων των ανώτερων τμημάτων του. [6]

5.5. Βιοκλιματική συμπεριφορά του χώματος

Η χρήση του χώματος ως δομικό υλικό προσφέρει πολλά θετικά, καθώς ως πορώδες υλικό έχει την ικανότητα να απορροφά και κατόπιν να εκλύει την υγρασία του αέρα, εξισορροπώντας την εσωτερική θερμοκρασία μεταξύ των χώρων του κτίσματος. Σύμφωνα με έρευνες, έχει αποδειχθεί ότι σε χώρο όγκου 36 m^3 , χωρίς κουφώματα, που περικλείεται από μη επιχρισμένη τοιχοποιία από ωμόπλινθους, σε δεδομένη αύξηση της υγρασίας στο 80%, είναι εφικτή η απορρόφηση 3L νερού/ημέρα. Επιπροσθέτως, παρουσιάζει εξαιρετική θερμοχωρητικότητα και χαμηλή θερμική αγωγιμότητα συγκριτικά με άλλα δομικά υλικά, προσφέροντας ένα υγιές περιβάλλον διαβίωσης και μειώνοντας τα κόστη λειτουργίας και ενεργειακής κατανάλωσης. Επιπλέον, αποτελεί ένα εξ ολοκλήρου ανακυκλώσιμο υλικό που παρέχει την δυνατότητα χρήσης του στον χώρο κατασκευής. Συνεπώς, η παραδοσιακή δόμηση από ωμόπλινθους προσφέρει καλύτερες βιώσιμες συνθήκες συγκριτικά με την σύγχρονη δόμηση καθώς λόγω του κελύφους μειώνονται οι έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U_{value} υπολογίζει την απώλεια θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου και εκφράζεται σε $W/m^2 \cdot K$. Το μέγεθος του συντελεστή με τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου είναι μεγέθη αντιστρόφως ανάλογα και οι συμφέρουσες τιμές των δομικών στοιχείων ορίζονται με βάση τους κανονισμούς που ακολουθεί η εκάστοτε χώρα. Η κτιριακή δόμηση διαδραματίζει έναν από τους πιο απαιτητικούς τομείς αειφόρους ανάπτυξης της ανθρώπινης δραστηριότητας. Κυριότερος στόχος είναι η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τόσο για την κατασκευή όσο και για την καθημερινή λειτουργία των κτιρίων. Το περιβαλλοντικό αντίκτυπο κάθε κτιρίου εξαρτάται κυρίως από τις επιλογές των δομικών υλικών στην φάση της κατασκευής του. [26] Ο πηλός είναι ένα δομικό υλικό που έχει χαμηλό κόστος ζωής με ταυτόχρονη υψηλή τεχνική απόδοση, περιορίζοντας έτσι τις περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις λόγω της χρήσης του. Λόγω αυτού, παρουσιάζει μεγάλο ανταγωνισμό ως προς τα σύγχρονα δομικά υλικά, τα οποία επιφέρουν πολλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ειδικότερα κατά την διάρκεια της παραγωγής τους. Δεδομένου ότι η σύνθεση του χώματος ποικίλει ανάλογα με την εκάστοτε περιοχή, είναι πρώτιστης σημασίας να αναλυθεί διεξοδικά και να κατανεμηθεί με βάση τις ιδιότητες του, προκειμένου η χρήση του να συμβαδίζει με την αντίστοιχη κατασκευή. [8]

Κατόπιν ξήρανσης, τα μίγματα αργίλου συρρικνώνονται και έτσι δημιουργούνται ρωγμές στην επιφάνεια τους. Συνεπώς, αν δεν ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα ώστε να αποφευχθεί το φαινόμενο αυτό ή αν δεν καλυφθούν μετέπειτα, υπάρχει η πιθανότητα η κατασκευή να υποστεί σοβαρή βλάβη που θα οδηγήσει σε αστοχία. Το σημαντικότερο πρόβλημα της αργίλου σαν δομικό υλικό είναι η υπερευαισθησία της στο νερό, η οποία συνεπάγεται με τη διάβρωσή της. [19] Έτσι, θεωρείται αυτονόητη η εύρεση μέτρων προστασίας της κατασκευής σε περιπτώσεις έκθεσής της σε ακατάλληλα καιρικά φαινόμενα. Η πιο τελεσφόρα λύση είναι η προστασία των ευαίσθητων σημείων του κτίσματος. [29] Στον ίδιο τρόπο σκέψης στηρίζεται και το ρητό ενός κατοίκου της κομητείας Devon της Αγγλίας, “All cob wants is a good hat and a good pair of shoes” το οποίο αφορά τα κτίσματα από cob καθώς και γενικευμένες τεχνικές κατασκευής από χώμα. [45]

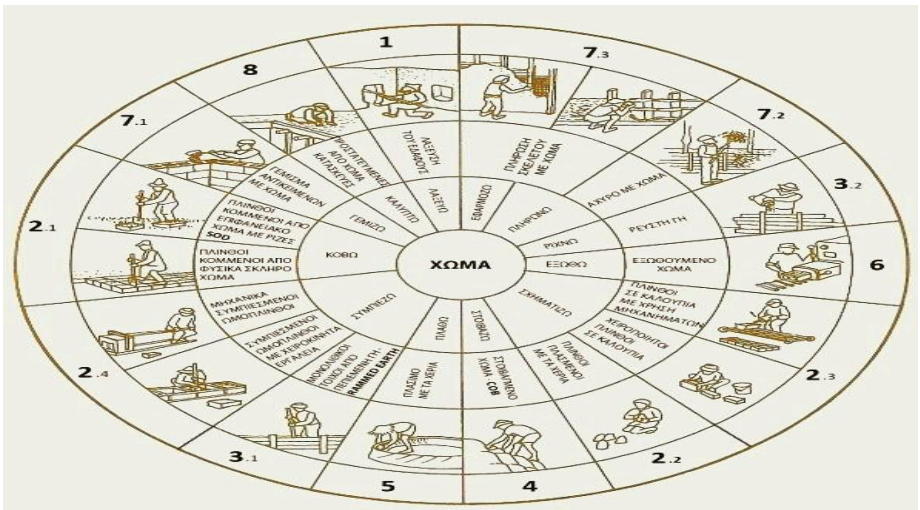
5.6. Τεχνικά χαρακτηριστικά ωμόπλινθων

Οι τοιχοποιίες των κτισμάτων που μελετώνται στην παρούσα εργασία είναι δομημένες με ωμόπλινθους που παράχθηκαν με παραδοσιακή μέθοδο και από υλικά που προήλθαν από τις εκάστοτε περιοχές.

Κύριο συστατικό που αποτελεί τους ωμόπλινθους είναι ο πηλός, ο οποίος προκύπτει από μίγμα αργίλου και άμμου σε κατάλληλη ανάμειξη με νερό. Έτσι, δημιουργείται ένας πολτός μεγάλης πλαστικότητας που εξαρτάται από την ποσότητα νερού που θα χρησιμοποιηθεί. Οι ιδιότητες των ωμόπλινθων εξαρτώνται από πλήθος παραγόντων, όπως ο τύπος και το ποσοστό των πρόσθετων υλικών και της αργίλου καθώς και τη ποιότητα και διαδικασία παρασκευής του πηλού. Προκειμένου να μειωθεί σημαντικά το ποσοστό υγρασίας μπορεί να γίνει ταυτόχρονη χρήση φυτικών ινών και ζωικών λιπών και ελαίων. Στις περισσότερες περιπτώσεις η ποσότητα που χρησιμοποιείται φτάνει έως και 3% ενώ μπορεί να γίνει και εξωτερική επάλειψη ή ψεκασμός των ωμόπλινθων. Ωστόσο μεγάλο μειονέκτημα χρήσης των υλικών αυτών είναι η ευπάθειά τους σε τρωκτικά και τερμίτες που μπορούν να μειώσουν την θλιπτική αντοχή των ωμόπλινθων, που συνεπάγεται με την κατασκευαστική ακεραιότητα του κτίσματος. [44]

5.7. Τεχνική δόμησης

Στην παρούσα τεχνική, αφού προηγηθεί η κοπή του άχυρου στο επιθυμητό μέγεθος, γίνεται ανάμειξη αυτού με υγροποιημένο αργιλώδες χώμα, από το οποίο έχουν αφαιρεθεί τα ογκώδη αδρανή. Έπειτα, προκειμένου το μίγμα να πολτοποιηθεί, βρέχεται και ξανά-αναμιγνύεται σταδιακά. Με αυτήν την μέθοδο κατασκευάζονται ελαφριοί τοίχοι με μεγάλη θερμομονωτική ικανότητα και ως γέμισμα σκελετού, συνήθως ξύλινου. Το ιδανικό μέγεθος του άχυρου είναι 15- 40cm. Επιπλέον γίνεται χρήση αυτού για την κατασκευή προκατασκευασμένων δομικών στοιχείων, κάθε είδους, καθώς και πατωμάτων. [19] Σύμφωνα με τα προκατασκευασμένα δομικά στοιχεία, πρόκειται για ελαφριά τούβλα που στρώνονται στην κατασκευή με τη χρήση κονιάματος. Πέρα από το υλικό που αποτελεί ήδη το κατασκευασμένο κτίριο, μπορεί να γίνει κάλυψη από παχιά στρώση χώματος που λειτουργεί ως μόνωση για την ανεπιθύμητη εισροή ή απώλεια θερμότητας. [36]



Εικόνα 52 : Κύκλος διεργασιών της χρήσης του χώματος κατά την δόμηση. [29]

5.8. Θερμικές ιδιότητες των ωμόπλινθων

Σύμφωνα με τους σύγχρονους τεχνικούς κανονισμούς, θέτονται αυστηρά πρότυπα και όρια που αφορούν τις θερμομονωτικές ιδιότητες των υλικών της κάθε κατασκευής. Βασιζόμενοι σε μελέτες, η θερμική αγωγιμότητα και αντίσταση των ωμόπλινθων χωρίς την προσθήκη άλλων υλικών, υπολογίζεται περίπου στα 0.85 W/m·K, μια τιμή αρκετά ικανοποιητική σε σύγκριση με άλλα υλικά όπως π.χ. το σκυρόδεμα που έχει θερμική αγωγιμότητα από 0.45 έως 1.8 W/m·K. Επιπλέον, πρέπει να δίνεται προσοχή στις μηχανικές ιδιότητες αυτών και ιδιαίτερα στην θλιπτική αντοχή, καθώς μπορεί να επηρεαστεί αρκετά τόσο από τη σύσταση του μίγματος όσο και από τη χρήση φυτικών ινών. Σύμφωνα με πειραματικές έρευνες, βρέθηκε ότι η τιμή της μέσης μέγιστης θλιπτικής αντοχής που προκύπτει, λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες που προαναφέρθηκαν, είναι 2.6 MPa. Στην περίπτωση αυτή, η χρήση αχύρου αλλά και υδράσβεστου αντί για τσιμέντου, λειτουργεί θετικά καθώς αυξάνει τις θλιπτικές αντοχές σε ικανοποιητικό βαθμό. [18]

6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΚΡΗΤΗΣ

6.1. Εισαγωγή :

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιείται έρευνα των διαδεδομένων φυσικών οικοδομικών υλικών που έχουν χρησιμοποιηθεί σε κτίρια της Κρήτης καθώς και των ενεργειακών συστημάτων, με βάση τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν αλλά και τα γεωμορφολογικά και γεωλογικά χαρακτηριστικά του νησιού. Ειδικότερα, βασιζόμενοι στο κλίμα που επικρατεί στη Κρήτη, το οποίο ορίζεται ως εύκρατο μεσογειακό, μπορούν να εξασφαλιστούν με βέλτιστο τρόπο οι συνθήκες θερμικής άνεσης, η αξιοποίηση της έντονης ηλιοφάνειας και της ταχύτητας του ανέμου κ.τ.λ. προκειμένου να προσεγγιστεί το πεδίο ανάπτυξης της οικολογικής δόμησης. Στην Κρήτη υπάρχει μεγάλη εφαρμογή των ενεργειακών και παθητικών συστημάτων που χρησιμοποιούν μηχανικά μέσα για την θέρμανση και την ψύξη των κτιρίων ή αξιοποιούν τους φυσικούς πόρους.[8]

Η χρήση του πηλού στην Κρήτη παρατηρείται σημαντικά την περίοδο της Μινωικής εποχής σε πληθώρα τεχνικών έργων. Χρησιμοποιούταν κυρίως ως συνδετικό υλικό ένωσης των λίθων κάθε τοιχοποιίας, δημιουργίας πλίνθων, καθώς και κάλυψης και γέμισμα δαπέδων, οροφών και ενδιάμεσων κενών που εμφανιζόντουσαν μεταξύ των ξύλινων δοκών. [49]

Εικόνα 53 : Χάρτης με καταγεγραμμένες περιοχές που βρέθηκαν κτίσματα από πηλό. [8]

Όσον αφορά τα δομικά υλικά, τα βασικά φυσικά υλικά που χρησιμοποιούσαν για τις κατασκευές κτισμάτων στην Κρήτη την εποχή του Χαλκού ήταν η πέτρα, το ξύλο και ο πηλός, άλλοτε σε μορφή ωμοπλίνθων ή πηλοδομών και άλλοτε σε συνδετικών κονιαμάτων. [54]

6.2. Παραδοσιακή αρχιτεκτονική των οικισμών

Η μορφολογία και η θέση του νησιού της Κρήτης συντέλεσαν στην δημιουργία ενός πολιτισμού ανεξαρτήτως την προέλευση των πρώτων κατοίκων της αλλά και των μετέπειτα μετοίκων. Από την προϊστορική κιόλας εποχή, η αρχιτεκτονική των κτισμάτων θεμελιώνεται στην άμεση αντιγραφή ή συμπλήρωση του ήδη υπάρχοντος έργου της φύσης, σε συνδυασμό με ξενόφερτες επιρροές όσο και επεξεργασμένες μορφές αυτών, όπως η επιρροή από τον μινωικό πολιτισμό και την βενετική κυριαρχία. Ωστόσο η ίδια αντίληψη ακολουθείται και αργότερα κατά το 16ο και 17ο αιώνα επηρεασμένη από άλλες λογικές και συσχετισμούς. [8]

Γενικότερα, ένα παραδοσιακό κρητικό κτίσμα έχει την μορφή απλού κυβικού όγκου και αποτελεί τον ορισμό μιας ταπεινής κατασκευής που μπορεί να καλύψει τις ανάγκες των χρηστών του, διατηρώντας ταυτόχρονα χαμηλά επίπεδα περιβαλλοντικού αντίκτυπου. Πιο συγκεκριμένα, τόποι της βορειοδυτικής πλευράς του νησιού είναι φημισμένοι για την διατηρητέα παραδοσιακή αρχιτεκτονική τους, λόγω της πληθώρας αυθεντικών κτιρίων. Σε χωριά του νομού Αποκόρωνα, συναντώνται πολλά κοινοτικά κτίρια πολλών αιώνων που διακρίνονται για την απλότητα της δόμησής τους. Τα κυριότερα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι η κρητική πέτρα και το ξύλο, που έχουν συλλεχθεί από τις εκάστοτε περιοχές και συνηθιζόταν να κτίζονται από ντόπιους μαστόρους. Ο πιο κλασικός τύπος παραδοσιακής κατασκευής περιλαμβάνει στενομέτωπα και πλατυμέτωπα μονόχωρα ή δίχωρα κτίρια αντίστοιχα. Ακόμα, χαρακτηριστικό δομικό και μορφολογικό στοιχείο των κρητικών κτισμάτων είναι η ύπαρξη ή μη της καμάρας και του παταριού ειδικότερα σε μονώροφες κατοικίες. Στις διώροφες είναι πολύ συνηθισμένη η ύπαρξη εσωτερικής ξύλινης ή εξωτερικής λίθινης σκάλας. [8]

Εικόνα 54 : Εγκαταλειμμένη μονώροφη κατοικία κατασκευασμένη από ωμόπλινθους. [8]

6.3. Κλιματολογικές συνθήκες Κρήτης

Σύμφωνα με τις κλιματολογικές συνθήκες του νησιού της Κρήτης γίνεται λόγος για ένα ήπιο εύκρατο κλίμα καθώς χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες μικρής διαρκείας με αρκετές βροχοπτώσεις, ιδίως στις δυτικές περιοχές, και με μέση θερμοκρασία τους 10°C με 15 °C και ζεστά καλοκαίρια με μέση μέγιστη θερμοκρασία να κυμαίνεται μεταξύ 20°C και 35°C. Μείωση της μέσης θερμοκρασίας παρατηρείται κυρίως στις βορειότερες και υψηλότερες περιοχές.

Στις νότιες περιοχές παρατηρείται υποτροπικό κλίμα κατά τους θερινούς μήνες ενώ στις αλπικές περιοχές η θερμοκρασία μπορεί να μειωθεί έως και τους -10°C το χειμώνα. Επιπλέον, η εμφάνιση χιονόπτωσης στις πεδινές περιοχές είναι σπάνια, αλλά συχνή στα ορεινά τμήματα του νησιού. Τέλος τα επίπεδα υγρασίας είναι αρκετά ανεβασμένα και εξαρτώνται κυρίως από την απόσταση των περιοχών από τη θάλασσα. Προκειμένου να επιλεχθούν τα κατάλληλα δομικά στοιχεία ενός κτίσματος, ορίζονται όρια τιμών του συντελεστή θερμοπερατότητας. Αυτά βασίζονται στην θέση του κτιρίου, την κατασκευή του καθώς και την κλιματική ζώνη όπου ανήκει. Οι κλιματικές ζώνες αποτελούν διαχωρισμένα κομμάτια της ελληνικής επικράτειας, βάση της θερμοκρασίας που επικρατεί σε κάθε νομό. Βάση στον κανονισμό ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, η Ελλάδα είναι χωρισμένη σε τέσσερις κλιματικές ζώνες ξεκινώντας από την Α που αφορά την θερμότερη, μέχρι την Δ που είναι η ψυχρότερη. Η Κρήτη βρίσκεται στην Α ζώνη, καθώς το κλίμα που επικρατεί είναι ιδιαίτερα θερμό. [40]

6.4. Γεωμορφολογικά γνωρίσματα των οικισμών

6.4.1. Κρήτης

Η Κρήτη αποτελεί το μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας έχοντας συνολική έκταση 8303 τ.χλμ, με ποικίλες ακτές με μήκος να φτάνει τα 1065 χιλιόμετρα περίπου καθώς και τέσσερα μεγάλα ορεινά συγκροτήματα, τα Λευκά Όρη, τις Πάχνες, τον Ψηλορείτη και την Δίκτη. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του νησιού είναι η πληθώρα σε γεωλογικούς σχηματισμούς όπως σπήλαια, φαράγγια και οροπέδια, τα οποία ξεκινούν από ορεινούς όγκους και καταλήγουν στην θάλασσα. Εξαιτίας του μικρού πλάτους του, το νησί υστερεί από μεγάλα ποτάμια. Συνεπώς, τα περισσότερα από αυτά που υπάρχουν είναι εποχικά και το καλοκαίρι η στάθμη τους μειώνεται δραματικά. Η Κρήτη αποτελείται από τέσσερις νομούς, τον νομό Ηρακλείου στο νότιο τμήμα, που καταλαμβάνει την μεγαλύτερη έκταση, τον νομό Χανίων στο δυτικό τμήμα, το μεγαλύτερο μέρος του οποίου είναι ορεινό, τον νομό Ρεθύμνου που είναι κυρίως ορεινός και τέλος τον νομό Λασιθίου στο ανατολικό τμήμα. [30]

6.4.2. Αποκόρωνας

Τα κτίρια που μελετώνται βρίσκονται σε δύο χωριά στον δήμο Αποκόρωνα, που βρίσκεται βορειοανατολικά του νομού Χανίων με έκταση 318 τ.χλμ και υψόμετρο 1800 μέτρα, σε ένα χωριό στον δήμο Χανίων αντίστοιχα. Στην βόρεια πλευρά του έρχεται σε επαφή με τη θάλασσα ενώ στην νότια καλύπτεται από μέρος της οροσειράς των Λευκών Ορέων. Η έκταση του καταλαμβάνεται από 31% πεδιάδες, 33% ημιορεινές και 36% ορεινές εκτάσεις. [30]

6.4.2.1. Νέο Χωριό

Ο οικισμός Νέο Χωριό ανήκει στον Δήμο Αποκόρωνα, στην περιφερειακή ενότητα Χανίων της Κρήτης και φημίζεται για την καλλιέργεια ελιών και πορτοκαλιών. Έχει υψόμετρο 52 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας, γεωγραφικό πλάτος 35.4198 και γεωγραφικό μήκος 24.1408. [30]

6.4.2.2. Βαφές

Ο Βαφές βρίσκεται εξίσου στον Δήμο Αποκόρωνα, στον νομό Χανίων της Κρήτης. Πρόκειται για ένα μικρό χωριό που είναι κτισμένο σε υψόμετρο 210 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας, έχοντας γεωγραφικός πλάτος 35.35791 και γεωγραφικό μήκος 24.17245 και οι κάτοικοί του έχουν ως κύρια ασχολία την κτηνοτροφία και την παραγωγή λαδιού και κρασιού. Το χωρίο αυτό έχει ανακηρυχθεί από το 1997 από το Υπουργείο Πολιτισμού ως ιστορικό διατηρητέο μνημείο λόγω της ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής και ιστορίας του. [30]

6.4.2.3. Δράπανος

Τέλος, ο οικισμός Δραπάνου βρίσκεται νοτιοδυτικά του Δήμου Χανίων και πρόκειται για ένα χωριό που παρουσιάζει μεγάλη τουριστική ανάπτυξη. Είναι κτισμένο σε υψόμετρο 62 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας, με γεωγραφικό πλάτος 35.4978 και γεωγραφικό μήκος 23.9729. [30]

7. ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ/ΚΤΙΡΙΩΝ

7.1. Εισαγωγή

Σύμφωνα με διεθνείς οργανισμούς, τα κριτήρια που τίθενται ώστε ένα κτίριο να θεωρηθεί Green Building ακολουθούν ολιστικές μεθόδους περιβαλλοντικής βαθμονόμησης κτιρίων που βαθμονομούνται από το 0 έως το 100. [4] Η βαθμονόμηση αφορά την αναγνώριση των θερμικών χαρακτηριστικών, δηλαδή της μέσης θερμοπερατότητας και θερμοχωρητικότητας, της ισχύος των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου καθώς και ενός παράγοντα που αφορά τα ηλιακά κέρδη του χώρου. Η μεθοδολογία που ακολουθείται ορίζεται από τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) ο οποίος περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά των θερμομονωτικών των δομικών στοιχείων του κελύφους, τις εγκαταστάσεις θέρμανσης/κλιματισμού καθώς και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, τα χαρακτηριστικά παθητικής θέρμανσης και ψύξης, τον προσανατολισμό και την σκίαση, την ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων, τον επαρκή φυσικό φωτισμό και τον σχεδιασμό του κτιρίου. [35] Ο κατάλληλος συνδυασμός των παραπάνω χαρακτηριστικών στοχεύει στη βέλτιστη, οικονομικής άποψης, εξισορρόπηση μεταξύ των επενδύσεων και της εξοικονόμησης ενεργειακών δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του εκάστοτε κτιρίου. [10]

7.2. Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ)/ Τεχνικές Οδηγίες ΤΕΕ

Πρόκειται για τον πιο διαδεδομένο κανονισμό στην Ελληνική νομοθεσία όπου σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία 91/2002/ΕΚ, που αφορά την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων, η χώρα είναι υποχρεωμένη να συμβαδίσει με την εφαρμογή των αντίστοιχων νομοθετικών διατάξεων. Με βάση την έκδοση του νόμου 3661/2008 (ΦΕΚ Α΄ 89), που σχετίζεται με την εφαρμογή των απαιτούμενων μέτρων ώστε να μειωθεί η ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων, τέθηκε απαραίτητη η έκδοση σχετικού Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων.

Σύμφωνα με τον Κανονισμό, θα είναι αναγκαίο να γίνεται καθορισμός των ελάχιστων τεχνικών προδιαγραφών και απαιτήσεων της ενεργειακής απόδοσης κάθε νέου ή ανακαινισμένου κτιρίου, καθώς και της αντίστοιχης μεθοδολογίας υπολογισμού αυτών. Ωστόσο, η Κοινοτική Οδηγία 91/2002/ΕΚ τροποποιήθηκε από την οδηγία 31/2010/ΕΚ και επακόλουθη εναρμόνισή με τη νέα οδηγία πραγματοποιήθηκε κατόπιν έκδοσης του νέου νόμου 4122/2013 (ΦΕΚ Α' 42) «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων - Εναρμόνιση με την οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις». [6]

7.3. Λογισμικό Open studio – EnergyPlus

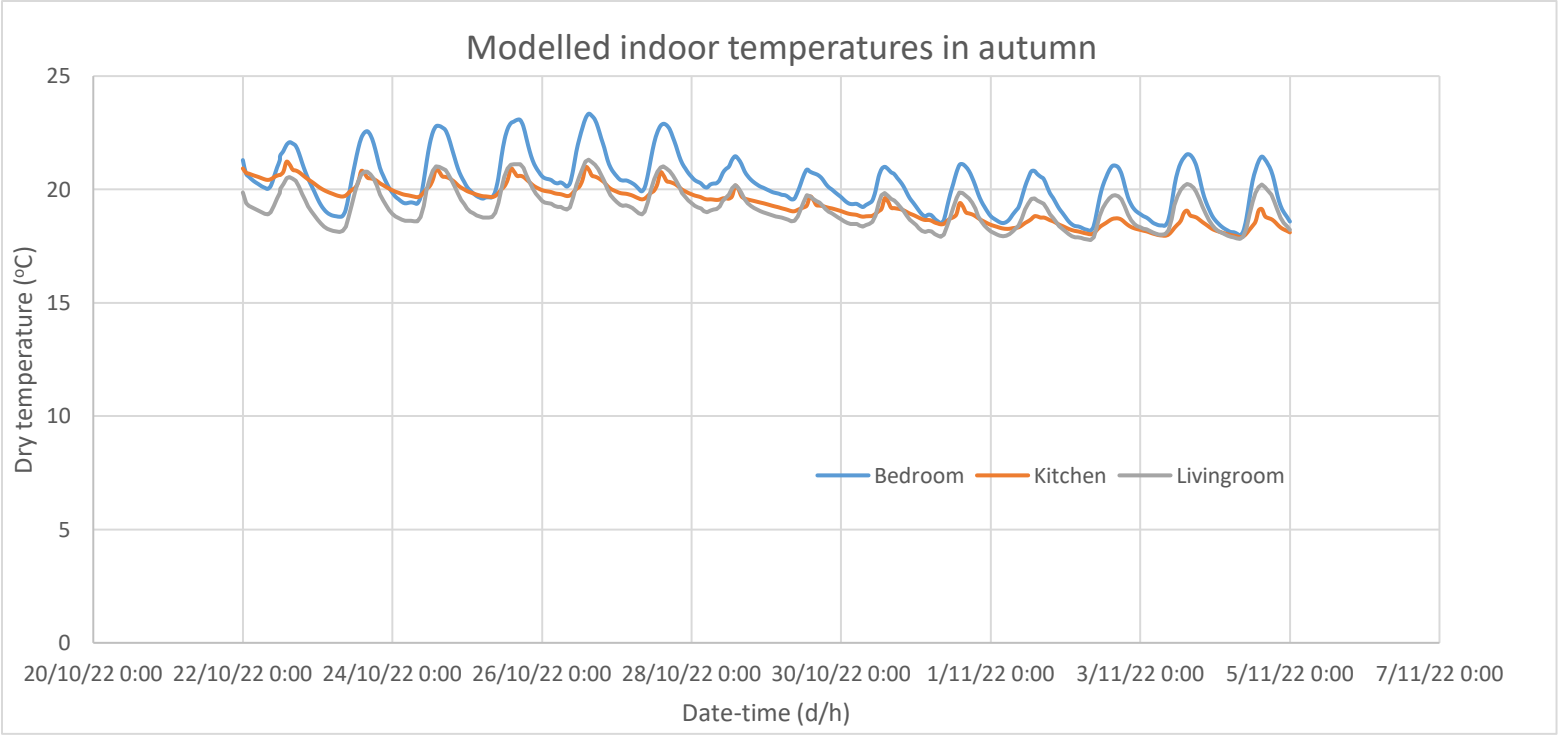
Το OpenStudio είναι ένα λογισμικό που αποτελείται από επιμέρους προγράμματα και έχει ως κύρια λειτουργία την Ενεργειακή Μοντελοποίηση Κτιρίων (BEM-Building Energy Modeling), η οποία επιτυγχάνεται μέσω της προσομοίωσης του κτιρίου και βασίζεται στα εκάστοτε υπολογιστικά μοντέλα και εξισώσεις. Αυτά με την σειρά τους προκύπτουν από την εισαγωγή δεδομένων, που αφορούν τα γεωμετρικά και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κελύφους, όπως θερμοφυσικές ιδιότητες, σκιάσεις κ.τ.λ. αλλά και τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά των Η/Μ εγκαταστάσεων που απαιτούνται ώστε να βρεθεί η ενεργειακή απόδοση του κτίσματος. [5]

Αρχικά, γίνεται καθορισμός γενικών χαρακτηριστικών της χρήσης και της λειτουργίας της κάθε θερμικής ζώνης του κτίσματος. [5] Η χρήση κάθε θερμικής ζώνης σχετίζεται με συγκεκριμένες εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας όπως ο απαιτούμενος αερισμός, τα επίπεδα φωτισμού, η υγρασία, η επιθυμητή θερμοκρασία του χώρου κ.τ.λ. Με την βοήθεια του λογισμικού γίνεται αυτόματη εισαγωγή συγκεκριμένων εσωτερικών συνθηκών λειτουργίας για κάθε θερμική ζώνη αντίστοιχα. [32] Στα πλαίσια του οικιακού τομέα περιλαμβάνονται πλήθος διαφορετικών κτιρίων όσον αφορά το μέγεθος, τη γεωμετρία τους, τα δομικά υλικά τους καθώς και τις καθημερινές δραστηριότητες των κατοίκων που διαφέρουν από νοικοκυριό σε νοικοκυριό. Συνεπώς, η μοντελοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων στοχεύει στην εύρεση των ενεργειακών απαιτήσεων μιας περιοχής που συνεπάγεται με την αλλαγή της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου μέσω της ενεργειακής του αναβάθμισης. Σύμφωνα με την μέθοδο μοντελοποίησης που θα χρησιμοποιηθεί συλλέγονται και οι αντίστοιχες πληροφορίες. Αναλυτικότερα, ως δεδομένα εισόδου γίνεται χρήση των φυσικών χαρακτηριστικών του κτιρίου, των κατοίκων, των οικιακών συσκευών, του ιστορικού ενεργειακής κατανάλωσης καθώς και των κλιματικών συνθηκών.[34] Η ανάλυση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου γίνεται μέσω του συνεργαζόμενου προγράμματος EnergyPlus το οποίο αποτελεί ένα λογισμικό που κατόπιν ανάγνωσης αρχείων εισόδου κάνει εξαγωγή των αντίστοιχων αποτελεσμάτων με κύριο στόχο την μοντελοποίηση της ενέργειας που απαιτείται για την λειτουργία του.

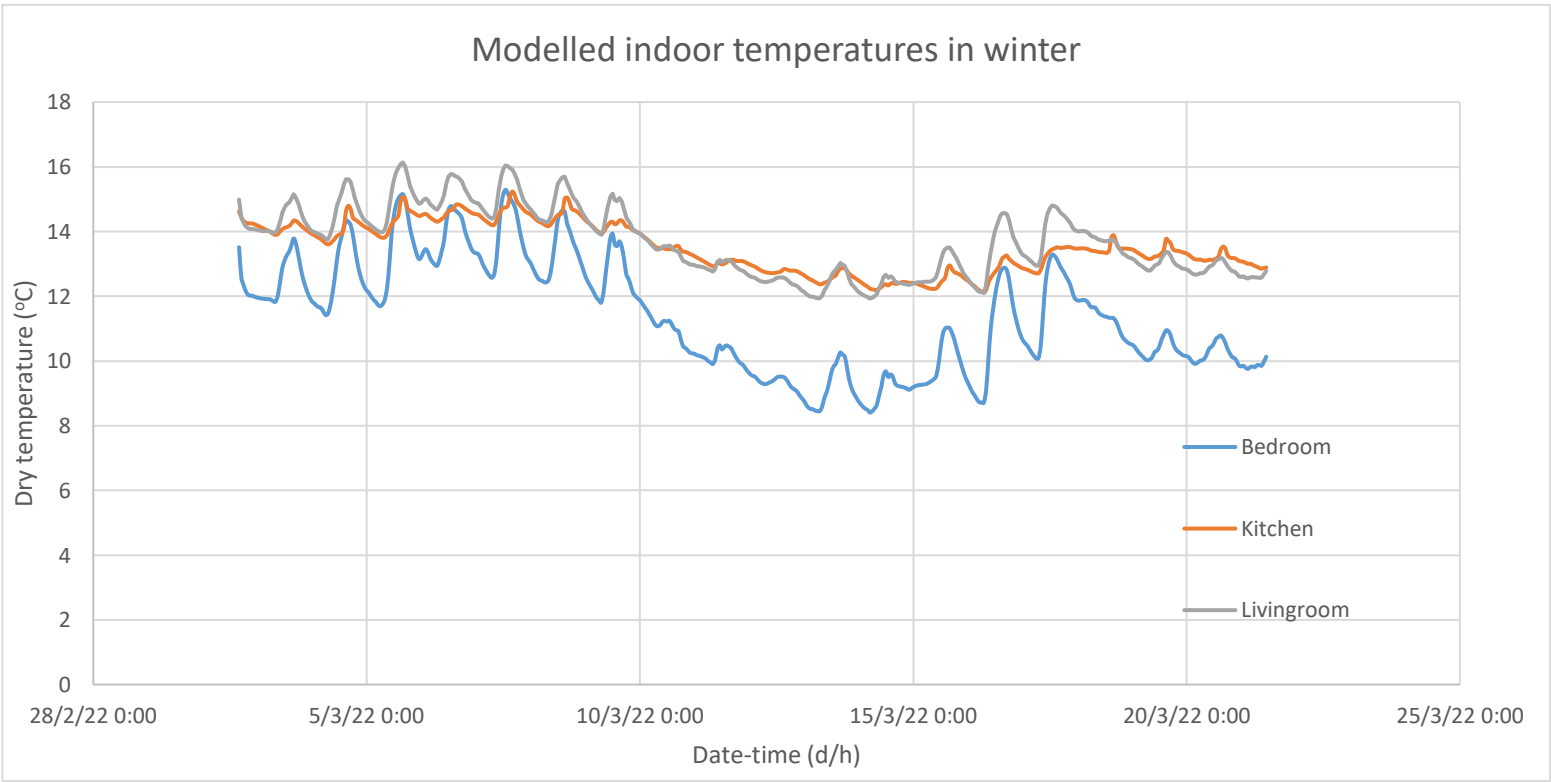
Το πρόγραμμα αυτό είναι ευρέως διαδεδομένο καθώς η χρήση του είναι εξαιρετικά σημαντική προκειμένου να επιτευχθεί η ενεργειακή βελτιστοποίηση ενός κτίσματος. Ωστόσο, προκειμένου η προσομοίωση να είναι ακριβής, είναι σημαντικό να γίνει σωστή επιλογή δεδομένων εισόδου που αφορά το αρχείο καιρού της αντίστοιχης περιοχής της κατασκευής του κτιρίου. [5] Στην παρούσα μελέτη, έγινε λήψη των μετεωρολογικών δεδομένων των τριών χωριών μέσω του λογισμικού Elements Weather, όπου γίνεται εισαγωγή και επεξεργασία αρχείων καιρού για την εκάστοτε περίοδο. Επιπροσθέτως, η επιλογή των δομικών στοιχείων του κτιρίου αποτέλεσε καθοριστικό παράγοντα για τα τελικά αποτελέσματα. Καθώς πληθώρα κατασκευαστικών υλικών του λογισμικού βασίζονται στα Αμερικάνικα αρχιτεκτονικά πρότυπα, ήταν απαραίτητη η εισαγωγή νέων δομικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται σε ελληνικές κατασκευές. Τα χαρακτηριστικά των δομικών υλικών βασίζονται στην Τεχνική Οδηγία ΤΟΤΕΕ 20701-2. [33]

8. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

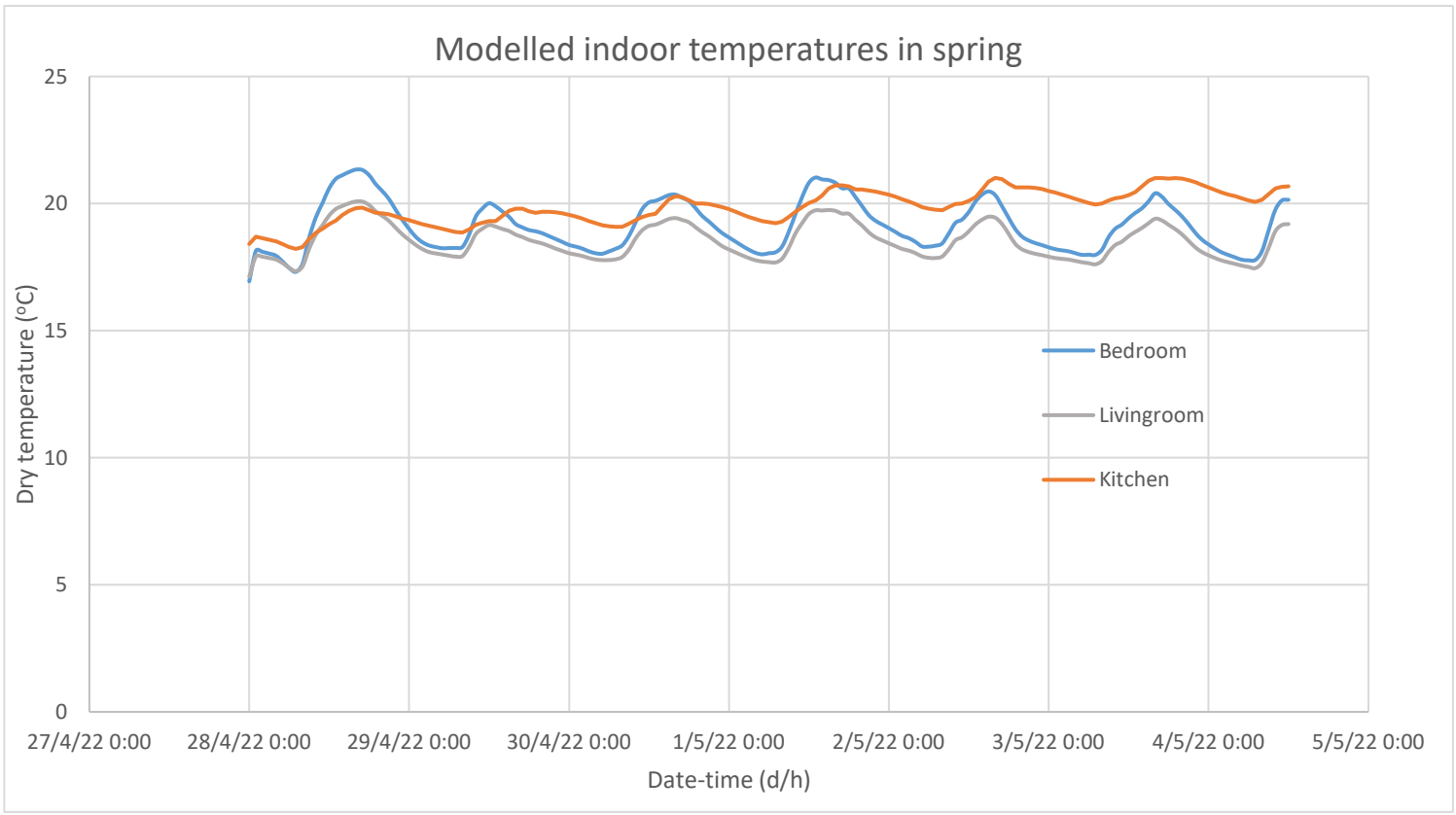
8.1. Κατοικία Βαφές



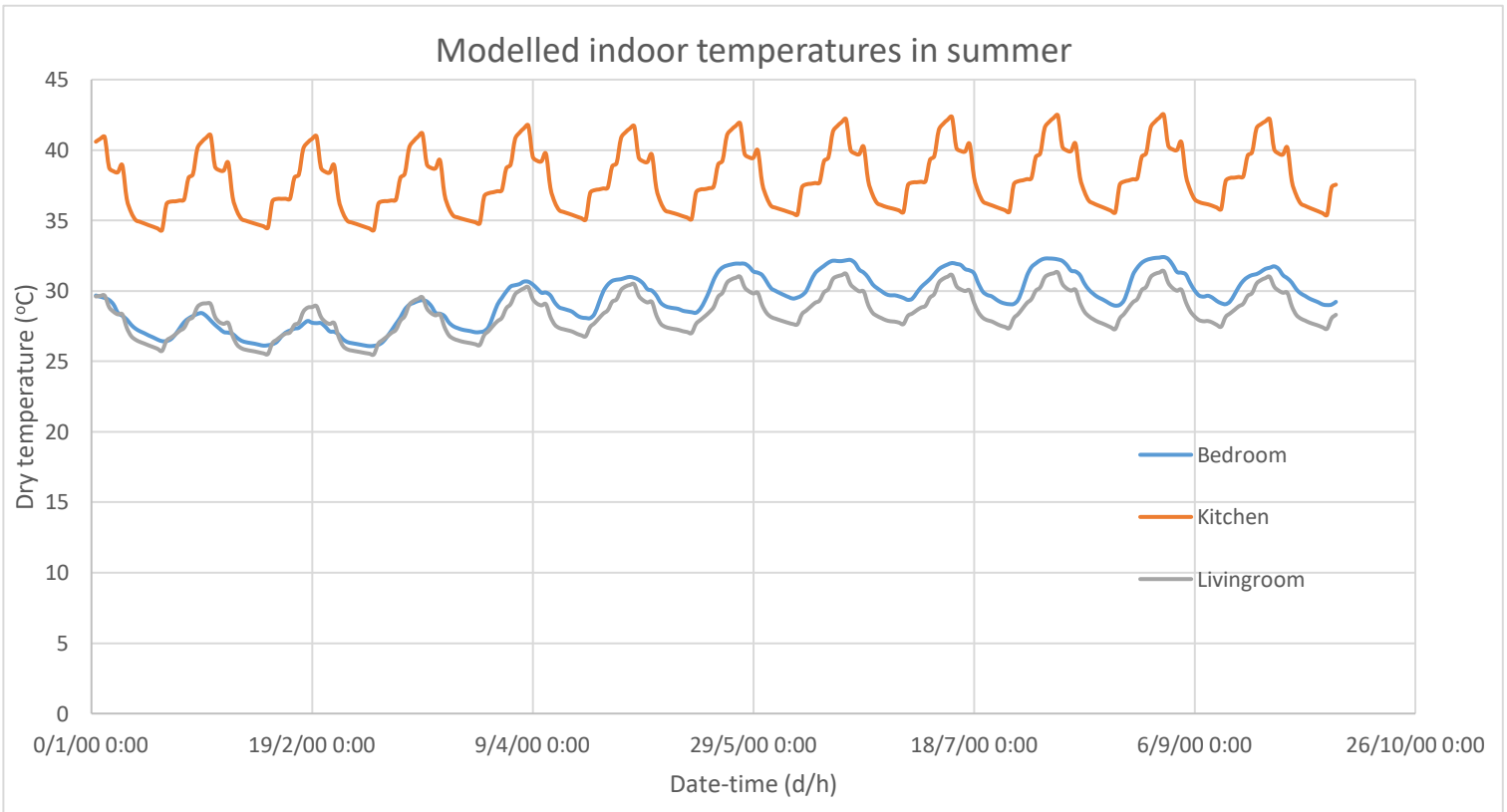
Διάγραμμα 37 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την φθινοπωρινή περίοδο.



Διάγραμμα 38 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την χειμερινή περίοδο.



Διάγραμμα 39 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την ανοιξιάτικη περίοδο.



Διάγραμμα 40 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την καλοκαιρινή περίοδο.

Σύμφωνα με τα διαγράμματα, διακρίνουμε πως τόσο τη φθινοπωρινή όσο και τη ανοιξιάτικη περίοδο, σε όλες τις θερμικές ζώνες, η θερμοκρασία στους εσωτερικούς χώρους παρουσιάζει σταθερότητα όπου κυμαίνεται μεταξύ 18^{o}C και 22 ^{o}C. Υψηλές θερμοκρασίες παρατηρούνται κατά την διάρκεια του καλοκαιριού σε όλες θερμικές ζώνες, με αυτές να κυμαίνονται μεταξύ 25 ^{o}C και 32 ^{o}C στους χώρους του υπνοδωματίου, καθώς αποτελεί έναν χώρο με μεγαλύτερο υψόμετρο, πλήρως εκτεθειμένες επιφάνειες σε έντονα καιρικά φαινόμενα καθώς και πολλά ανοίγματα και του καθιστικού που είναι ένας χώρος με μεγάλα ανοίγματα αλλά οι επιφάνειες που εκτίθενται περισσότερο στον ήλιο είναι προστατευμένες από επιμέρους τμήματα της κατοικίας, ενώ ιδιαίτερη αύξηση εμφανίζεται στη κουζίνα καθώς αποτελεί χώρο όπου οι περισσότερες επιφάνειές του είναι εκτεθειμένες σε έντονη ηλιακή ακτινοβολία λόγω του προσανατολισμού του. Την περίοδο του χειμώνα οι θερμοκρασίες στις θερμικές ζώνες του καθιστικού και της κουζίνας είναι μεταξύ 12 ^{o}C και 16 ^{o}C καθώς το βόρειο τμήμα τους είναι πλήρως εκτεθειμένο σε καιρικά φαινόμενα, ενώ στον χώρο του υπνοδωματίου μεταξύ 12 ^{o}C και 14 ^{o}C. Συμπερασματικά τόσο τον χειμώνα όσο και το καλοκαίρι η ύπαρξη θερμικής άνεσης στους χώρους καθίσταται δύσκολη. Ιδιαίτερη έμφαση ενεργειακής αναβάθμισης κρίνεται να δοθεί στις θερμικές ζώνες της κουζίνας και του υπνοδωματίου ενώ λιγότερη στου καθιστικού, καθώς οι θερμοκρασίες του χώρου αυτού κυμαίνονται σε πιο λογικά πλαίσια, ενώ ταυτόχρονα θα επηρεαστεί θετικά από την αναβάθμιση των άλλων χώρων.

Ακόμη, μέσω του προγράμματος προσδιορίστηκε το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται σε kWh κάθε μήνα από τα εσωτερικά φώτα και τις ηλεκτρικές συσκευές. Κατά τη διάρκεια του χρόνου υπάρχει μια κοινή μέση κατανάλωση στις 870 kWh, οδηγώντας σε συνολική ετήσια κατανάλωση στις 4350 kWh . Η κατανάλωση αυτή αποτελεί την ολική κατανάλωση της κατοικίας καθώς δεν υπάρχουν συστήματα θέρμανσης και ψύξης.

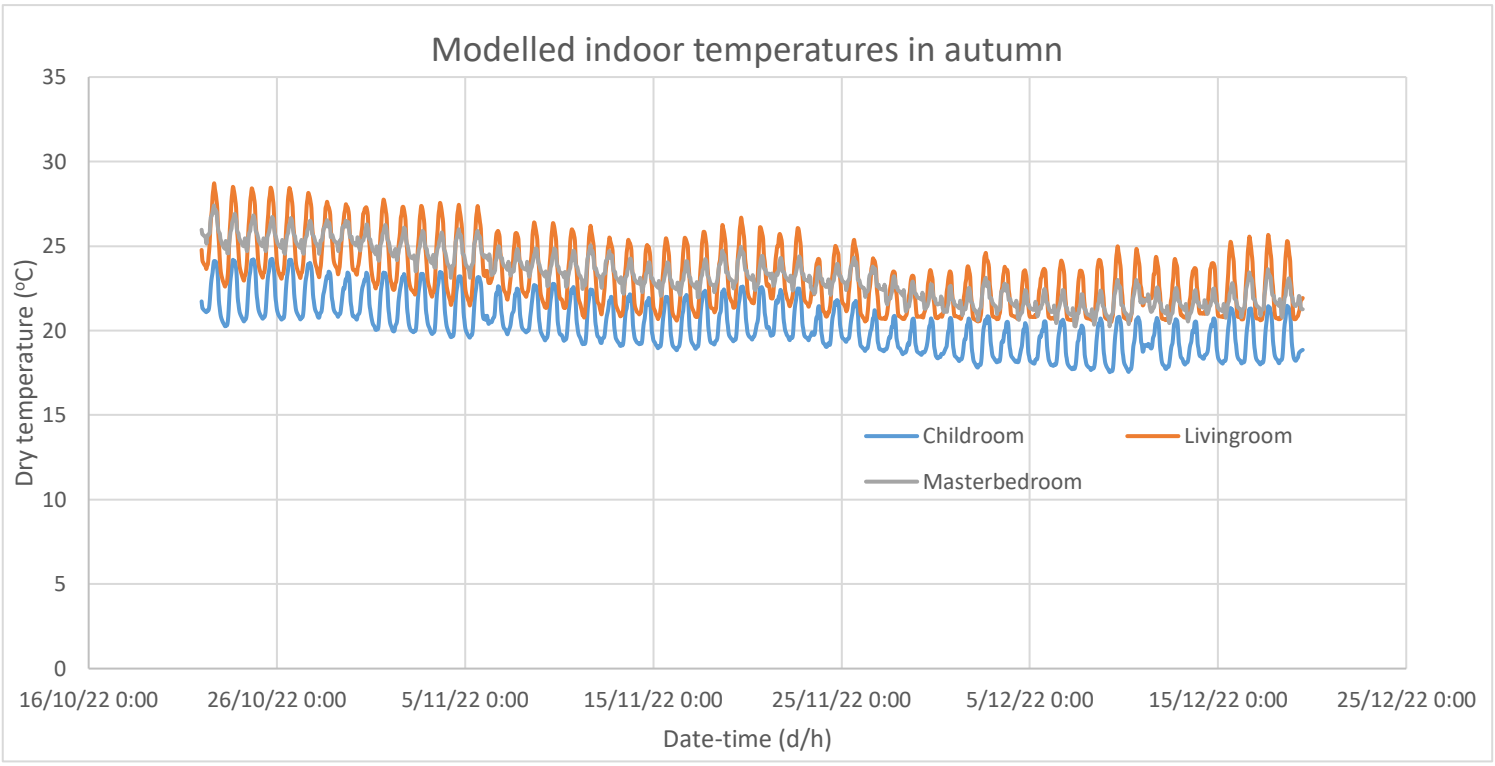
Electricity Consumption (kWh) - view table

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating													
Cooling													
Interior Lighting					12.14	33.11	34.21	34.21	27.59				141.26
Exterior Lighting													
Interior Equipment					361.66	986.36	1019.24	1019.24	821.96				4208.46
Exterior Equipment													
Fans													
Pumps													
Heat Rejection													
Humidification													
Heat Recovery													
Water Systems													
Refrigeration													
Generators													
Total					373.8	1019.47	1053.45	1053.45	849.55				4349.72

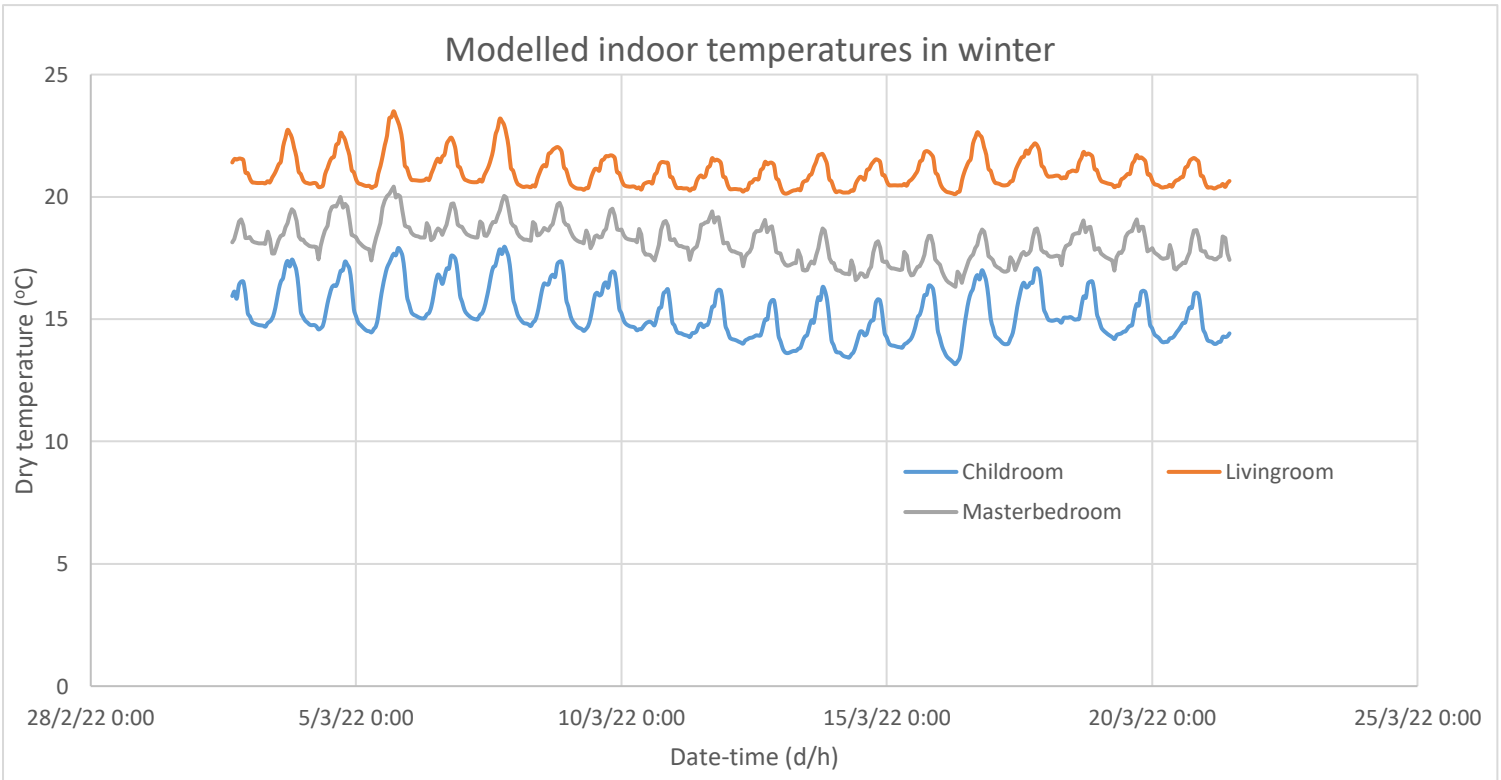
Πίνακας 27 : Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh της κατοικία του Βαφέ.

Συμπερασματικά η διαμονή μιας οικογένειας κρίνεται δύσκολη στο συγκεκριμένο οίκημα, αφού υπάρχουν πολλές ανάγκες ώστε να είναι βιώσιμο, ιδιαίτερα όσον αφορά την ανάγκη θερμικής άνεσης των ατόμων. Κρίνεται λοιπόν απαραίτητη η αναβάθμισή του τόσο σε ολοκληρωμένα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, όσο και σε κατασκευή του κελύφους.

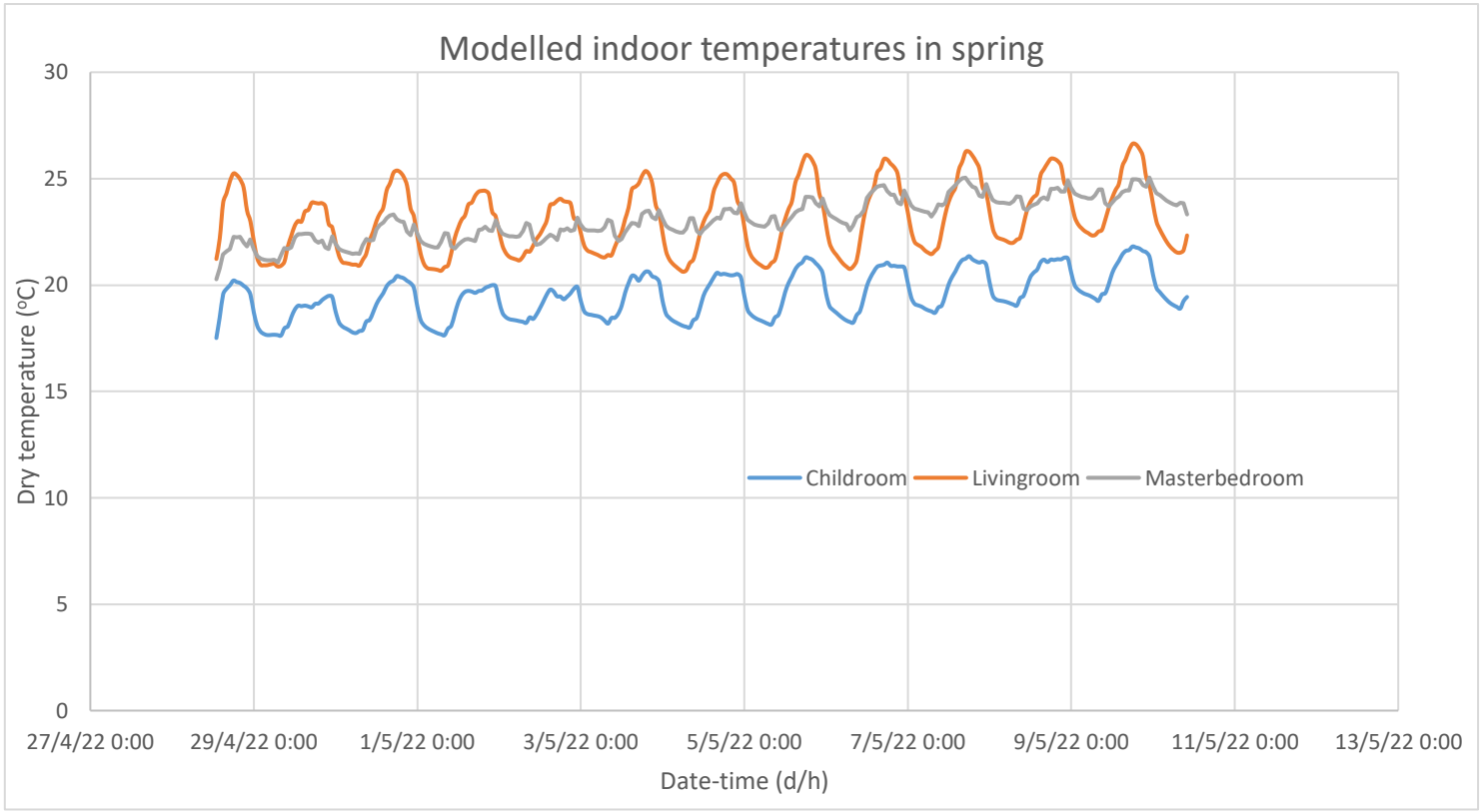
8.2. Κατοικία Νέου Χωριού



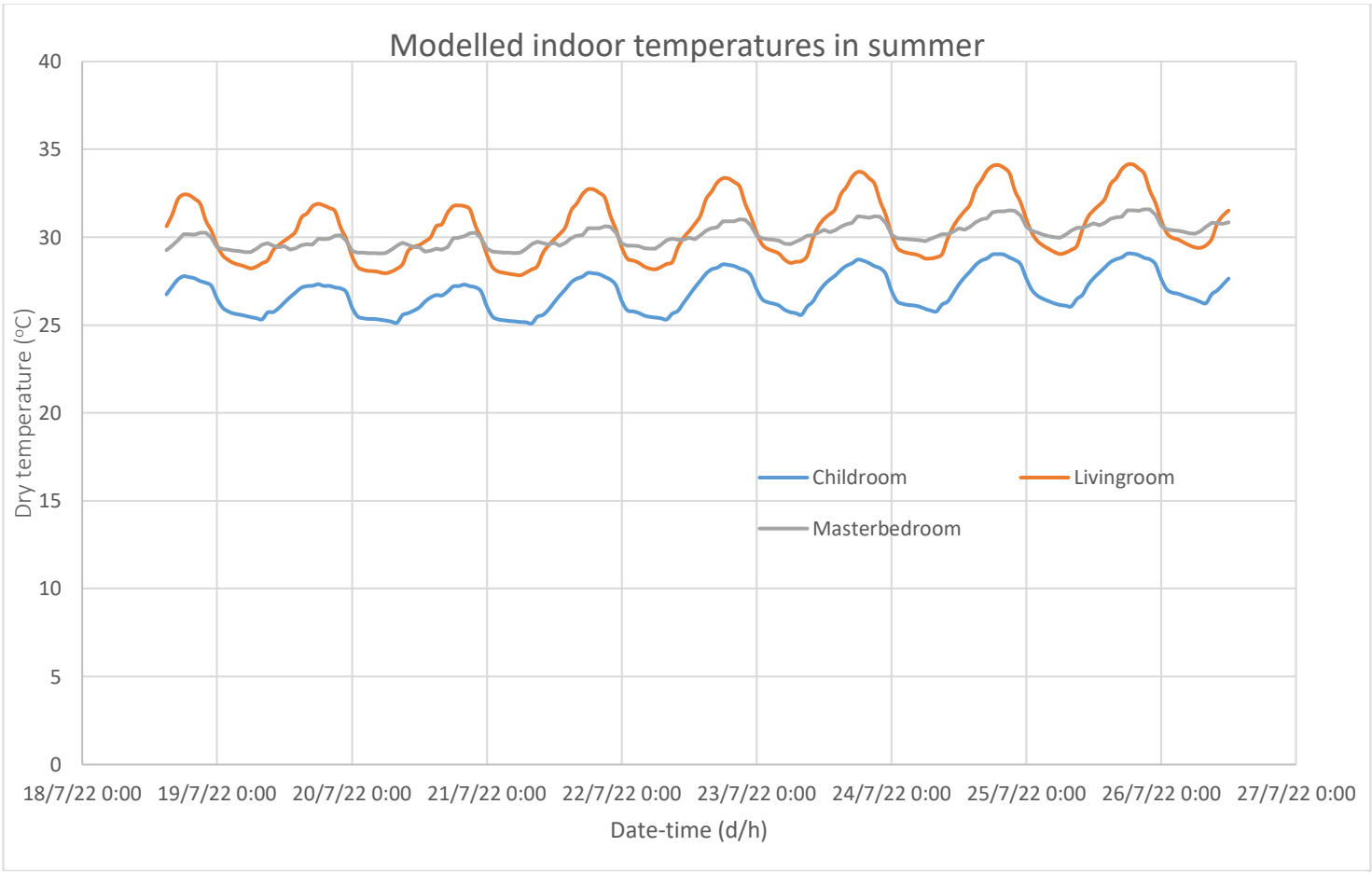
Διάγραμμα 41 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την φθινοπωρινή περίοδο. 2.



Διάγραμμα 42 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την χειμερινή περίοδο. 2.



Διάγραμμα 44 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την ανοιξιάτικη περίοδο. 2.



Διάγραμμα 43 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την καλοκαιρινή περίοδο. 2.

Διακρίνεται ότι η θερμοκρασία, τόσο τους ανοιξιάτικους όσο και τους χειμερινούς μήνες, είναι μεταξύ 17 ºC με 25 ºC σε όλους τους χώρους. Η θερμοκρασία στην θερμική ζώνη του καθιστικού οφείλεται στην ύπαρξη της σόμπας. Το φθινόπωρο οι θερμοκρασίες κυμαίνονται μεταξύ 20 ºC και 28 ºC ενώ το καλοκαίρι μεταξύ 26 ºC και 32 ºC. Η θερμοκρασία στις θερμικές ζώνες των παταριών δεν επηρεάζουν άμεσα την θερμική άνεση των ατόμων καθώς αποτελούν αποθηκευτικούς χώρους. Ωστόσο μπορούν να επηρεάσουν τις θερμικές ζώνες των οποίων οι τοιχοποιίες τους συνδέονται. Καταλήγοντας, οι θερμοκρασιακές συνθήκες της οικείας δεν είναι ιδανικές κατά την διάρκεια του χρόνου. Απαιτείται ενεργειακή αναβάθμιση για τις θερμικές ζώνες του παιδικού υπνοδωματίου, καθώς υπερθερμαίνεται το καλοκαίρι και του καθιστικού διότι παρουσιάζει τις πιο χαμηλές θερμοκρασίες τον χειμώνα και την άνοιξη.

Ομοίως, υπολογίζεται το ποσό ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται σε kWh κάθε μήνα από τα εσωτερικά φώτα και τις ηλεκτρικές συσκευές κατά τη διάρκεια του χρόνου. Η κοινή μέση κατανάλωση κατά την διάρκεια του χρόνου ανέρχεται στις 1070 kWh, ενώ η συνολική ετήσια κατανάλωση στις 12846 kWh.

Electricity Consumption (kWh) - view table

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating													
Cooling													
Interior Lighting	286.78	259.02	236.41	126.43	130.65	126.43	130.65	130.65	161.69	286.78	277.53	286.78	2439.77
Exterior Lighting													
Interior Equipment	883.84	798.31	883.84	855.33	883.84	855.33	883.84	883.84	855.33	883.84	855.33	883.84	10406.56
Exterior Equipment													
Fans													
Pumps													
Heat Rejection													
Humidification													
Heat Recovery													
Water Systems													
Refrigeration													
Generators													
Total	1170.62	1057.33	1120.26	981.76	1014.49	981.76	1014.49	1014.49	1017.02	1170.62	1132.86	1170.62	12846.32

Πίνακας 28 : Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh της κατοικίας του Νέο Χωριού.

Επιπλέον υπολογίστηκε η κατανάλωση από το σύστημα θέρμανσης, καθώς υπάρχει στον χώρο του καθιστικού μία σόμπα αερίου. Η μεγαλύτερη κατανάλωση σημειώθηκε τον μήνα Φεβρουάριο, ίση με 2.70 MBtu, περίπου 791 kWh, ενώ μικρή κατανάλωση υπάρχει τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο. Οι συνολικές ετήσιες καταναλώσεις ανέρχονται στα 9.32 MBtu = 2731.42 kWh.

Natural Gas Consumption (MBtu) - view table

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating	2.57	2.7	2.23	0.62	0.0						0.03	1.16	9.32
Cooling													
Interior Lighting													
Exterior Lighting													
Interior Equipment													
Exterior Equipment													
Fans													
Pumps													
Heat Rejection													
Humidification													
Heat Recovery													
Water Systems													
Refrigeration													
Generators													
Total	2.57	2.7	2.23	0.62	0.0						0.03	1.16	9.32

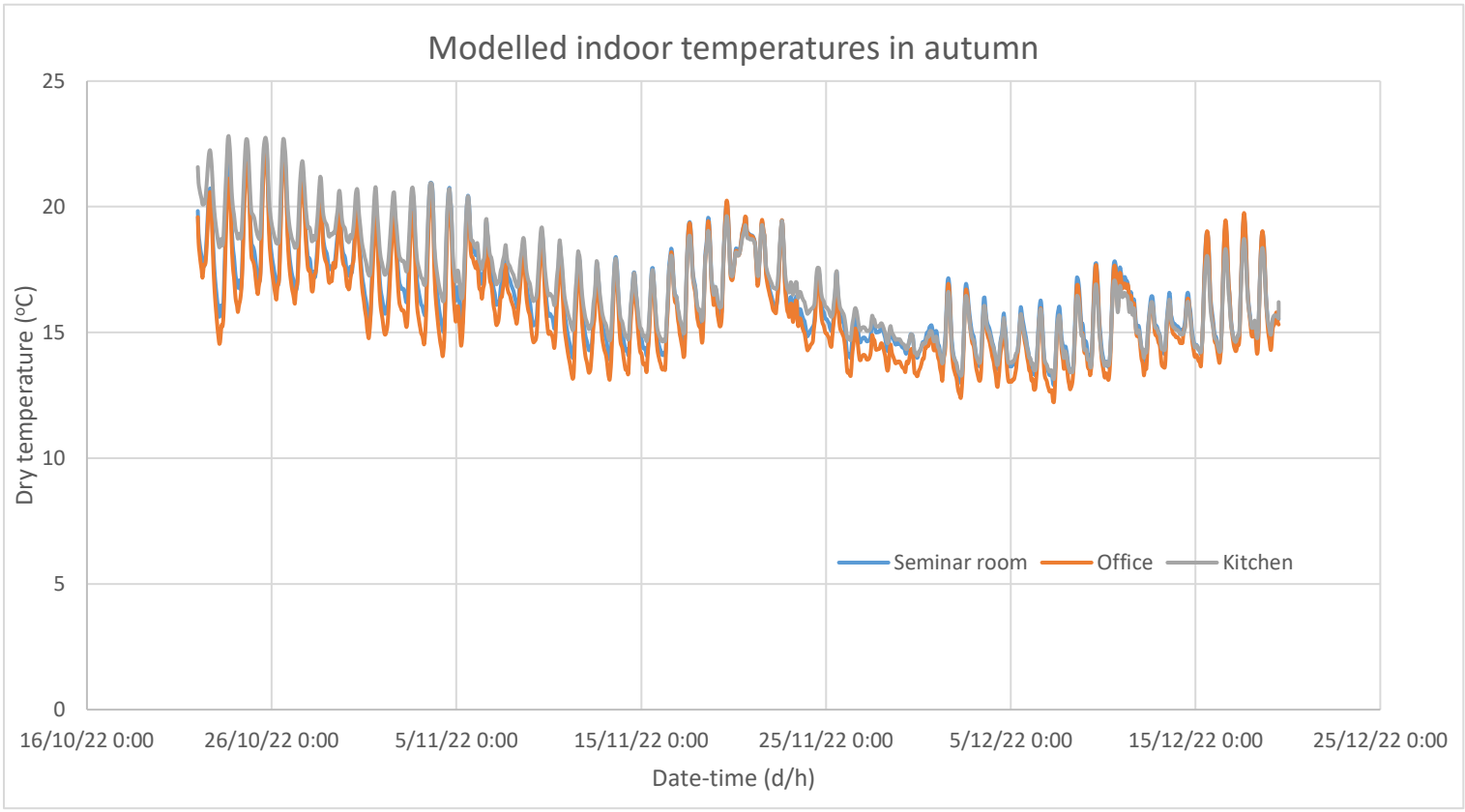
Πίνακας 29 : Μηνιαίες καταναλώσεις συστήματος θέρμανσης σε MBtu της κατοικίας του Νέου Χωριού.

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
MBTU	2.57	2.7	2.23	0.62	0	0	0	0	0	0	0.03	1.16	9.32
Heating kWh	753.1927	791.2919	653.5485	181.7041	0	0	0	0	0	0	8.792132	339.9624	2731.422
Heating kWh/m^2	6.025541	6.330335	5.228388	1.453633	0	0	0	0	0	0	0.070337	2.7197	21.85138

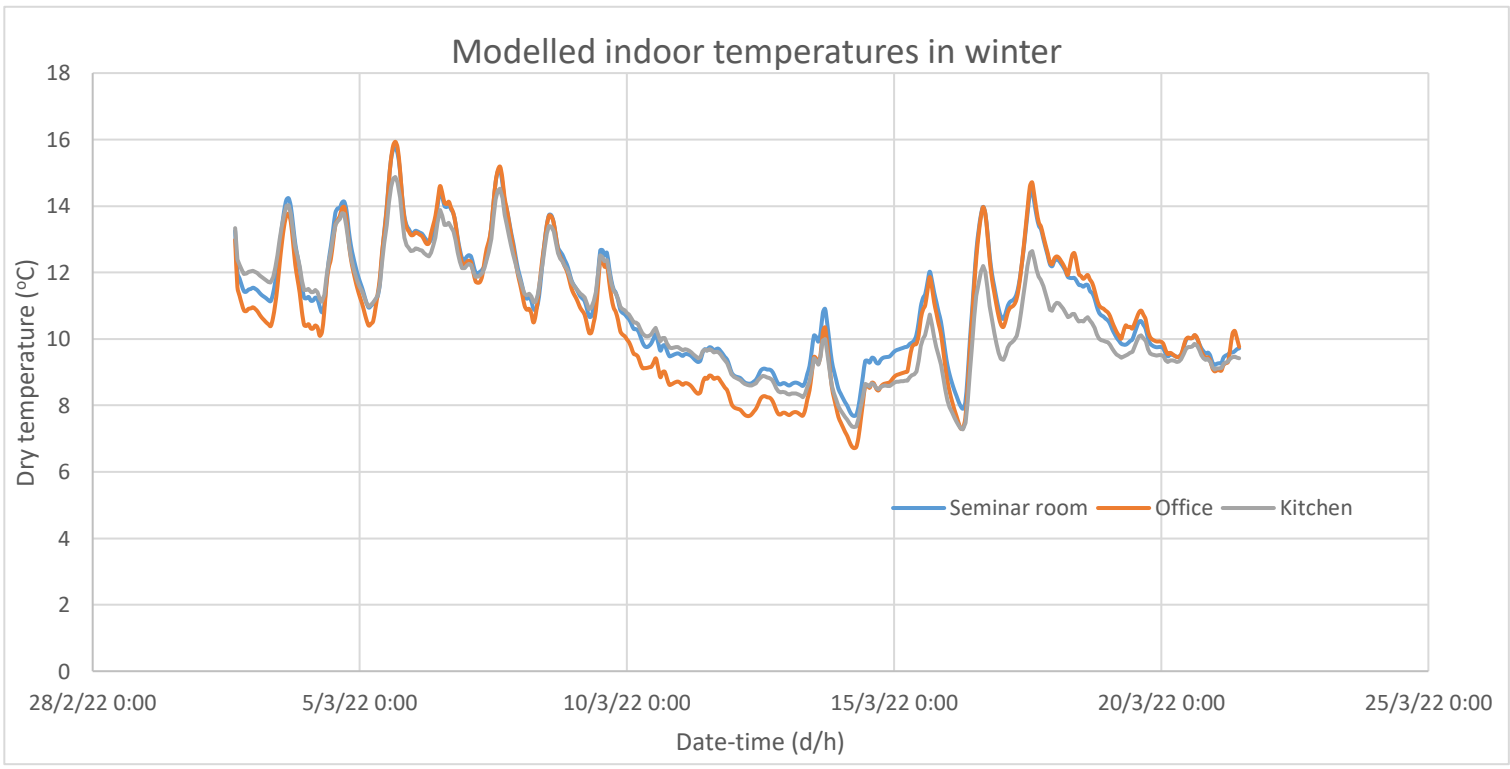
Πίνακας 30 : Μηνιαίες καταναλώσεις συστήματος θέρμανσης σε kWh/m^2 της κατοικίας του Νέου Χωριού.

Όσον αφορά το σύστημα ψύξης, δεν έχουμε καταναλώσεις ενέργειας καθώς δεν υπάρχει. Συνολικά οι ολικές καταναλώσεις σε kWh της ηλεκτρικής ενέργειας και του συστήματος θέρμανσης είναι 15578 kWh ή 125 kWh/m^2/y. Καθώς το κτίριο πρέπει να καταναλώνει ίδιο ποσό ενέργειας με ένα μέσο νοικοκυριό της χώρας, δεν συμβάλλει στην ελάφρυνση του εγχώριου δικτύου. Όμοια, είναι σημαντικό να αναβαθμιστεί ενεργειακά το κτίσμα μέσω της θερμομονωτικής ενίσχυσης της κατασκευής του καθώς και της προσθήκης ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης.

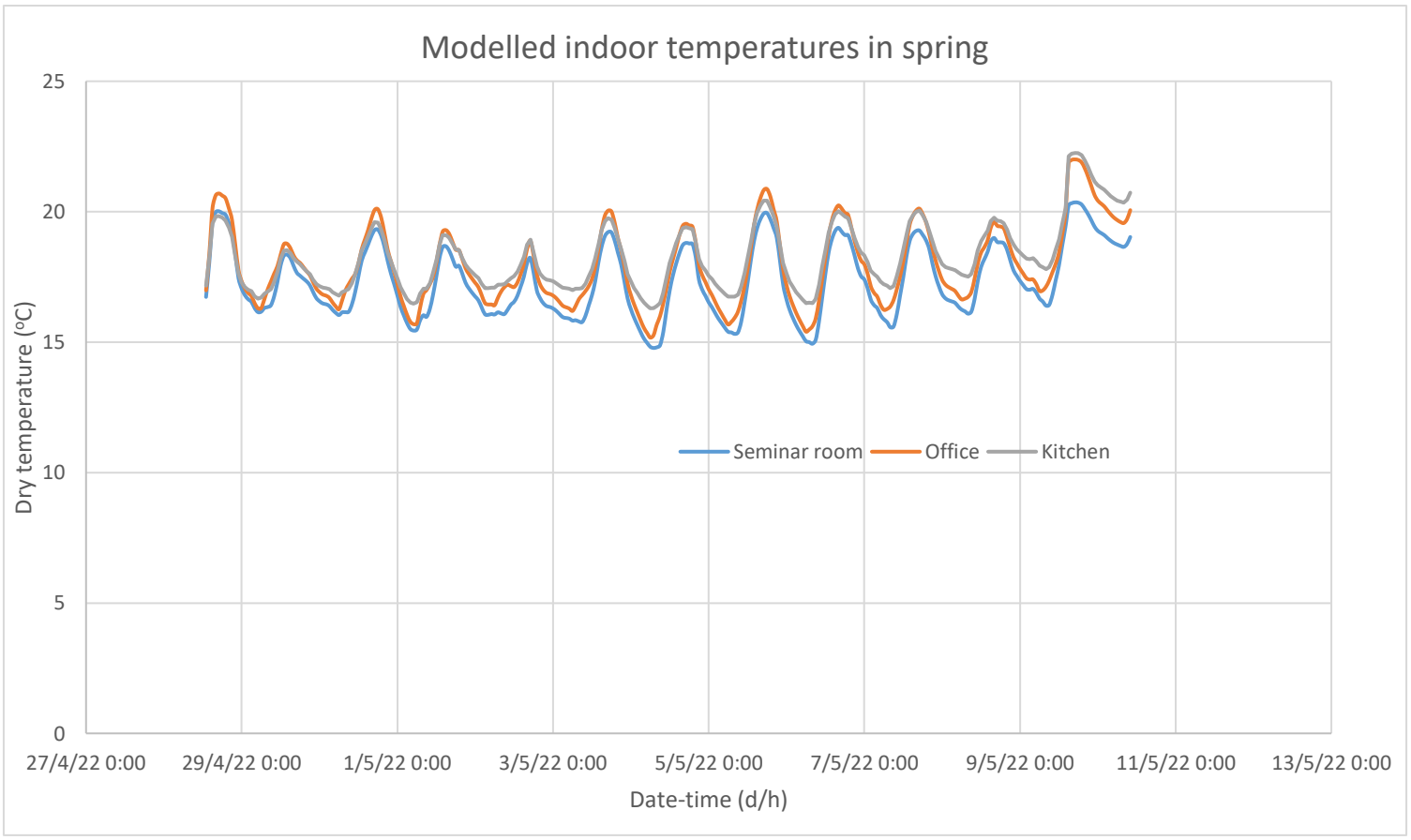
8.3. Διεθνές Διδακτικό & Ερευνητικό κέντρο Δραπάνου



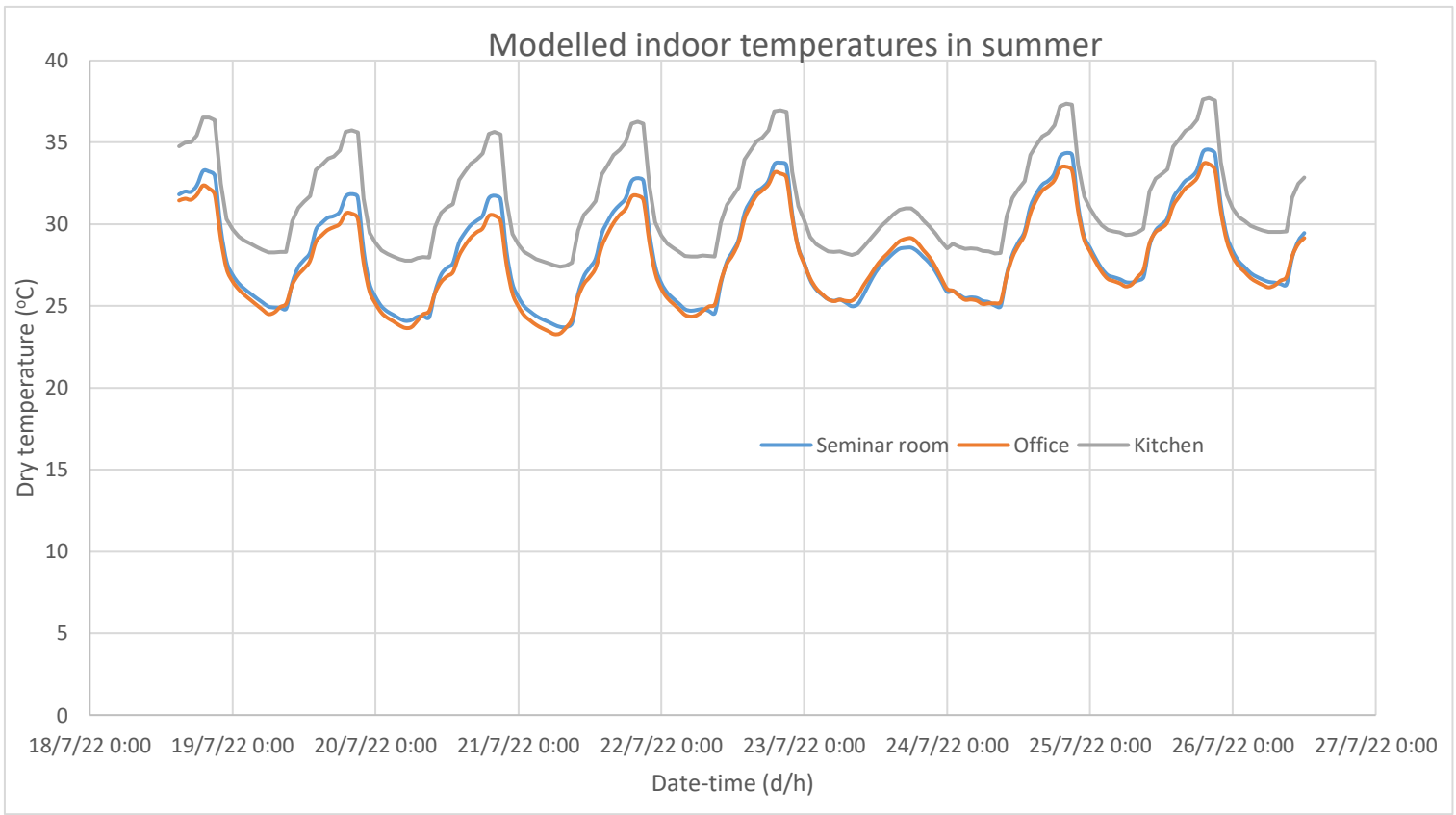
Διάγραμμα 45 Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την φθινοπωρινή περίοδο. 3.



Διάγραμμα 46 :Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την χειμερινή περίοδο. 3.



Διάγραμμα 48 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την ανοιξιάτικη περίοδο. 2.



Διάγραμμα 47 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την καλοκαιρινή περίοδο. 2.

Με βάση τα διαγράμματα, οι θερμοκρασίες την περίοδο της άνοιξης και του φθινοπώρου κυμαίνονται στους 14 ^{o}C με 22 ^{o}C. Επίσης, η θερμοκρασία που επικρατεί σε όλες τις θερμικές ζώνες κατά την χειμερινή περίοδο κυμαίνεται στους 8 ^{o}C με 16 ^{o}C ενώ τους θερινούς μήνες παρουσιάζεται αύξηση που φτάνει τους 25 ^{o}C με 35 ^{o}C. Ελάχιστα πιο έντονες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εμφανίζονται στην θερμική ζώνη της κουζίνας, πιθανό λόγω του νότιου προσανατολισμού των ανοιγμάτων που μπορούν να υπερθερμάνουν τον χώρο τους θερινούς μήνες. Οι θερμικές ζώνες των γραφείων και της αίθουσας πολλαπλών χρήσεων παρουσιάζουν σχεδόν ίδιες θερμοκρασίες, καθώς οι δύο χώροι διαθέτουν μεγάλα ανοίγματα δυτικού και νότιου προσανατολισμού, με αποτέλεσμα να δέχονται έντονη ηλιακή ακτινοβολία τις απογευματινές και τις πρωινές ώρες αντίστοιχα, γεγονός που αυξάνει την θερμοκρασία τους. Επιπλέον, στην περίπτωση των γραφείων, η ύπαρξη του Φ/Β συστήματος μπορεί να προσδίδει ελαφριά σκίαση, μειώνοντας ελάχιστα την θερμοκρασία του χώρου. Γενικότερα, φαίνεται ότι στην συγκεκριμένη περίπτωση δεν υπάρχουν μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις συγκριτικά με τις άλλες δύο, γεγονός που οφείλεται τόσο στην καλύτερη διαχείριση του προσανατολισμού του κτιρίου όσο και των δομικών υλικών. Ωστόσο οι θερμοκρασίες που επικρατούν δεν προσφέρουν θερμική άνεση στους χρήστες του κτιρίου καθώς υστερεί από συστήματα θέρμανσης και ψύξης τα οποία επιφέρουν μια θερμοκρασιακή ισορροπία.

Συμπερασματικά, τόσο τον χειμώνα όσο και το καλοκαίρι η ύπαρξη θερμικής άνεσης στους χώρους καθίσταται εξίσου δύσκολη. Συνεπώς, ιδιαίτερη προσοχή ενεργειακής αναβάθμισης πρέπει να δοθεί στις θερμικές ζώνες των γραφείων και της αίθουσας πολλαπλών χρήσεων καθώς αποτελούν χώρους κύριας χρήσης, ενώ λιγότερη αλλά εξίσου σημαντική αναβάθμιση στους υπόλοιπους χώρους.

Electricity Consumption (kWh) - view table

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating													
Cooling													
Interior Lighting					197.38	570.21	570.21	592.14	460.56				2390.5
Exterior Lighting													
Interior Equipment					603.3	1742.86	1742.86	1809.89	1407.69				7306.59
Exterior Equipment													
Fans													
Pumps													
Heat Rejection													
Humidification													
Heat Recovery													
Water Systems													
Refrigeration													
Generators													
Total					800.68	2313.07	2313.07	2402.03	1868.25				9697.09

Πίνακας 31 : Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh του κέντρου Δραπάνου.

Όμοια προσδιορίστηκε το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται σε kWh κάθε μήνα από τα εσωτερικά φώτα και τις ηλεκτρικές συσκευές. Κατά τη διάρκεια του χρόνου υπάρχει μια μέση κατανάλωση στις 1939 kWh, οδηγώντας σε συνολική ετήσια κατανάλωση στις 9697 kWh ή 28 kWh/m^2. Η κατανάλωση αυτή αποτελεί την ολική κατανάλωση του κτιρίου καθώς δεν υπάρχουν συστήματα θέρμανσης και ψύξης. Επιπλέον έχει γίνει προσθήκη Φ/Β μονοκρυσταλικού πυριτίου με εμβαδόν 18.5m^2, με μήκος 6.15m και πλάτος ίσο με 3m, κλίση ίση με 15◦ και με δυτικό προσανατολισμό. Τα Φ/Β εγκαταστάθηκαν στην οροφή του χώρου τω γραφείων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του λογισμικού, η ενέργεια που προσδίδουν τα Φ/Β συστήματα που τοποθετήθηκαν ανέρχεται στις 8011kWh ανά χρόνο ή 668kWh ανά μήνα.

Συνεπώς, είναι απαραίτητη η θερμομονωτική ενίσχυση της κατασκευής του, καθώς και η προσθήκη ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης ώστε να επέλθει η θερμική άνεση των χώρων.

9. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

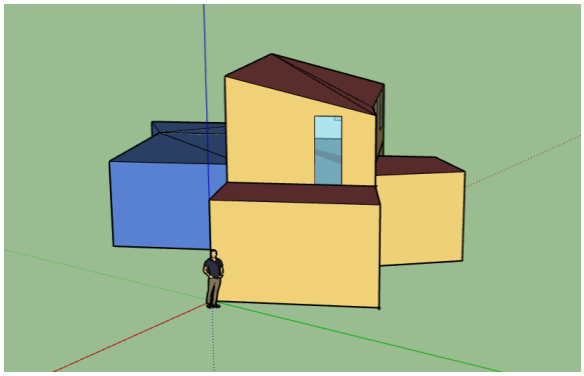
9.1. Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο αφορά την εύρεση επιπλέον σεναρίων, βασισμένων στα υπάρχοντα κτίρια αλλά με διαφορετικά χαρακτηριστικά, τόσο ως προς τα δομικά υλικά όσο και προς τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης. Τελικώς πραγματοποιείται ανάλυση όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση των σεναρίων μελέτης προκειμένου να βρεθεί η πιο συμφέρουσα λύση.

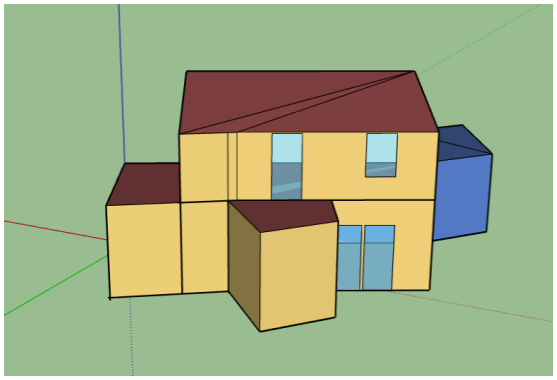
9.2. Κατοικία Βαφές

Εκτείνεται σε άξονα βορρά-ανατολής με βορειοανατολικό προσανατολισμό. Το καθιστικό διαθέτει δύο τζαμόπορτες βορειοανατολικά με αποτέλεσμα να επιτρέπει την εισχώρηση άμεσου φωτισμού και ηλιασμού τις πρωινές ώρες αλλά και φυσικού αερισμού τις απογευματινές ώρες. Ο υπόλοιπος μισός χώρος του καθιστικού, που βρίσκεται ανατολικά, δεν διαθέτει παράθυρα και καλύπτεται από τον χώρο της κουζίνας. Το γεγονός αυτό βοηθάει στο να μην είναι η ανατολική πλευρά του καθιστικού πλήρως εκτεθειμένη στον ήλιο, πράμα που θα υπερθέρμαινε τον χώρο, ειδικότερα τις πρωινές ώρες. Επιπλέον, τζαμόπορτα υπάρχει στην βόρεια πλευρά του καθιστικού, γεγονός που προσφέρει σταθερό έμμεσο φωτισμό κατά την διάρκεια της ημέρας αλλά και πολύ δροσισμό. Ωστόσο απαιτείται πολύ καλή θερμομόνωση λόγω των ισχυρών ανέμων κατά τους χειμερινούς μήνες. Η δυτική και η νότια πλευρά είναι επίσης καλυμμένες από άλλο κτίριο και τον χώρο του μπάνιου αντίστοιχα. Στον δεύτερο όροφο, όπου βρίσκεται ο χώρος του υπνοδωματίου, υπάρχει ένα παράθυρο μεσαίων διαστάσεων στην βόρεια πλευρά, μία τζαμόπορτα και ένα παράθυρο στην ανατολική πλευρά και μία τζαμόπορτα στην νότια πλευρά. Συνεπώς, ο χώρος είναι φωτεινός, μπορεί να θερμαίνεται και ταυτόχρονα να δροσίζεται σε ιδανικό βαθμό καθώς οι διαστάσεις του βόρειου παραθύρου που εμποδίζουν την εισχώρηση ισχυρών ανέμων σε συνδυασμό με την είσοδο ηλιακής ακτινοβολίας, κυρίως τις πρωινές ώρες, από τα ανατολικά και νότια παράθυρα προσφέρουν τις ιδανικές συνθήκες θερμικής άνεσης. Το γεγονός ότι η δυτική πλευρά δεν διαθέτει ανοίγματα συμβάλει θετικά διότι ο δυτικός προσανατολισμός μπορεί να υπερθερμάνει τον χώρο τους θερινούς μήνες. Ο χώρος της κουζίνας βρίσκεται ανατολικά έχοντας μία τζαμόπορτα με βόρειο προσανατολισμό η οποία προσφέρει σταθερό έμμεσο φωτισμό αλλά και δροσισμό ιδιαίτερα το καλοκαίρι. Το μπάνιο βρίσκεται νότια και δεν διαθέτει κάποιο άνοιγμα. Ωστόσο, ο νότιος προσανατολισμός του, βοηθάει στο να μην υπερθερμαίνεται το καλοκαίρι ενώ ταυτόχρονα δροσίζεται από τον αέρα που εισχωρεί από τον χώρο του καθιστικού και της κουζίνας. Συνολικά, βασιζόμενοι στον προσανατολισμό και τα ανοίγματα του κάθε χώρου, είναι σημαντικό να ληφθούν μέτρα ώστε να δημιουργηθούν οι καλύτερες δυνατές συνθήκες θερμικής άνεσης του κτιρίου. Αρχικά θα ήταν σημαντικό η δυτική και νότια πλευρά του ορόφου να μονωθεί με κατάλληλα δομικά υλικά ώστε να εμποδίζεται η εισχώρηση της ηλιακής ακτινοβολίας διατηρώντας τον δροσισμό του χώρου. Τέλος είναι απαραίτητη η θερμομόνωση των βόρειων τοιχοποιιών, παραθύρων και τζαμοπορτών, καθώς η βορινή πλευρά πλήττεται από ισχυρό κρύο κατά τους χειμερινούς μήνες.

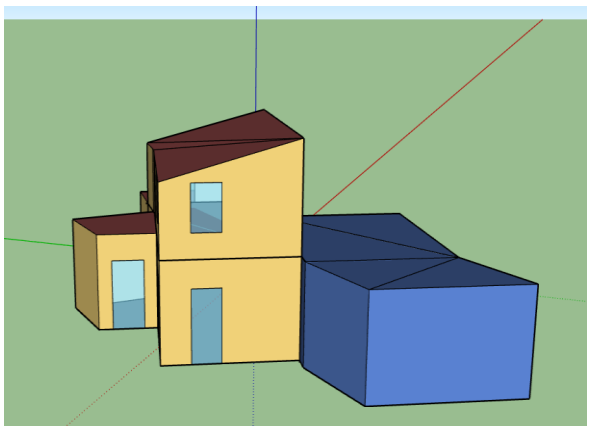
Το πρώτο σενάριο αφορά την οικία στον οικισμό του Βαφέ και πραγματοποιήθηκε αναβάθμιση του κελύφους με κύρια έμφαση στην οροφή και το δάπεδο, ενώ ταυτόχρονα έγιναν μικρές αλλαγές στην μόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας. Ο σκοπός μόνωσης της οροφής είναι η προστασία του δώματος τόσο από θερμικά αλλά και ψυχτικά φορτία, καθώς και από τα ακραία καιρικά φαινόμενα, λόγω του ότι αποτελεί μία ευάλωτη επιφάνεια της κατασκευής που είναι συνεχώς εκτεθειμένη.



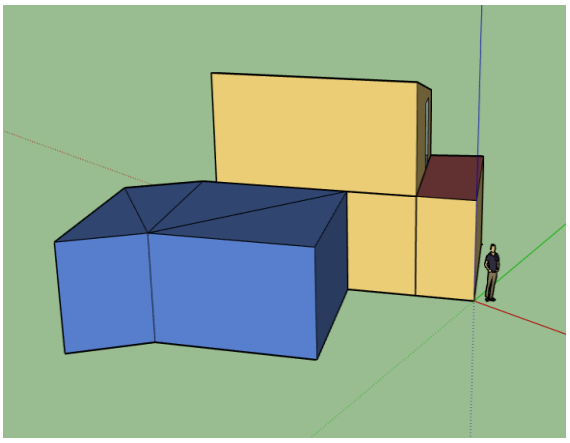
Εικόνα 56 : Απεικόνιση νοτιοανατολικής όψης της προσομοιωμένης κατοικίας στον οικισμό Βαφές.



Εικόνα 55 : Απεικόνιση βόρειας όψης της προσομοιωμένης κατοικίας στον οικισμό Βαφές.



Εικόνα 58 : Απεικόνιση βόρειας όψης της προσομοιωμένης κατοικίας στον οικισμό Βαφές.



Εικόνα 57 : Απεικόνιση δυτικής όψης της προσομοιωμένης κατοικίας στον οικισμό Βαφές.

Προκειμένου να μονωθούν οι οροφές των επιμέρους κτιρίων, κουζίνας και μπάνιου, χρησιμοποιήθηκε πετροβάμβακας σε συνδυασμό με γυψοκονίαμα με συμπλήρωμα άμμου, υλικά που παρουσιάζουν αντοχή στην υγρασία και στις υψηλές θερμοκρασίες. Στη βασική οροφή έγινε προσθήκη μόνο του γυψοκονιάματος με συμπλήρωμα άμμου, καθώς υπήρχε ήδη θερμομονωτικό. Όσον αφορά την ενίσχυση των δαπέδων για το ισόγειο, έγινε χρήση αργίλου ως μονωτικό, καθώς έχει την ιδιότητα να απορροφάει τους υδρατμούς και τις επιβλαβείς ουσίες, αλλά και επίστρωση από μπαμπού, ενώ για το δάπεδο του ορόφου χρησιμοποιήθηκαν επιπλέον ασβεστοτσιμεντοκονίαμα και φύκια ως μόνωση, τα οποία είναι εξίσου ανθεκτικά στην υγρασία αλλά και στα παράσιτα.

Σύμφωνα με την μόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας χρησιμοποιήθηκε επιπλέον άργιλος στο βασικό κτίριο και κισσήρης ελαφρόπετρα στα επιμέρους τμήματα, η οποία φημίζεται για την ανθεκτικότητα της και τις ηχοαπορροφητικές της ιδιότητες. Επιπροσθέτως, για την κατασκευή της πόρτας, έγινε χρήση διαφορετικού είδους ξύλου που παρουσιάζει μεγάλη ανθεκτικότητα στην φθορά και στον παγετό. Τέλος, δεν έγιναν αλλαγές τόσο των παραθύρων όσο και των δομικών υλικών που αποτελούν την κατασκευή της εσωτερικής τοιχοποιίας.

Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των χαρακτηριστικών των δομικών υλικών στους παρακάτω πίνακες με σειρά των στρώσεων από πάνω προς τα κάτω.

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Μπαμπού	0.050	1500	0.550	1700
Άργιλος	0.100	1500	1.500	1800
Οπλισμένο σκυρόδεμα	0.500	2400	2.230	1000

Πίνακας 32 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής του δαπέδου ισογείου. [57]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Πλάκες ινώδους ξύλου	0.030	250.0	0.070	1700
Φύκια	0.030	80.00	0.047	1500
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.030	1800	0.810	1000

Πίνακας 33 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής του δαπέδου ορόφου. [57]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Κεραμικά πλακάκια τοίχου	0.040	2000	1.000	840.0
Ασφαλτόπανα	0.020	1100	0.230	1000
Υαλοβάμβακας	0.050	50.00	0.032	840.0
Πηλοκονίαμα	0.050	1600	1.200	1700
Ωμόπλινθοι με άχυρο	0.400	1400	0.410	1000
Πηλοκονίαμα	0.050	1600	1.200	1700

Πίνακας 34 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της εσωτερικής τοιχοποιίας. [57]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Ασβεστοκονίαμα	0.090	1800	0.600	1000
Άργιλος	0.100	1500	1.500	1800
Ωμόπλινθοι με άχυρο	0.400	1400	0.410	1000

Άργιλος	0.100	1500	1.500	1800
Ασβεστοκονίαμα	0.090	1800	0.600	1000

Πίνακας 35 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας του βασικού κτιρίου. [57]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0.030	1800	0.810	1000
Κισσήρης ελαφρόπετρα	0.050	1600	0.550	800.0
Ωμόπλινθοι συμπαγείς	0.300	1990	0.800	1000
Πλάκες οπλ.σκυροδέματος	0.400	2400	2.220	1000

Πίνακας 36 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας των επιμέρους τμημάτων του κτιρίου. [57]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Κεραμίδια	0.200	2000	1.240	800.0
Υαλοβάμβακας	0.050	50.00	0.032	840.0

Γυψοκονίαμα με συμπλ. άμμου	0.100	1600	0.800	900.0
Ελαφροπηλός	0.380	760.0	0.240	1000
Κατεργασμένη ξυλεία	0.100	450.0	0.120	1600

Πίνακας 37 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της οροφής του βασικού κτιρίου. [57]

Υλικό	Πάχος ($\boldsymbol{m}$)	Πυκνότητα ($\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}}$)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ($\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}}$)	Ειδική θερμοχωρητικότητα ($\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}}$)
Γυψοκονίαμα με συμπλ. άμμου	0.100	1600	0.800	900.0
Πετροβάμβακας	0.100	50.00	0.037	840.0
Οπλισμένο σκυρόδεμα	0.500	2400	2.230	1000

Πίνακας 38 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της οροφής επιμέρους τμημάτων του κτιρίου. [57]

Υλικό	Πάχος ($\boldsymbol{m}$)	Θερμοπερατότητα ($\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m^2 \cdot K}}$)
Holz	0.003	2.200

Πίνακας 39 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του παραθύρου. [57]

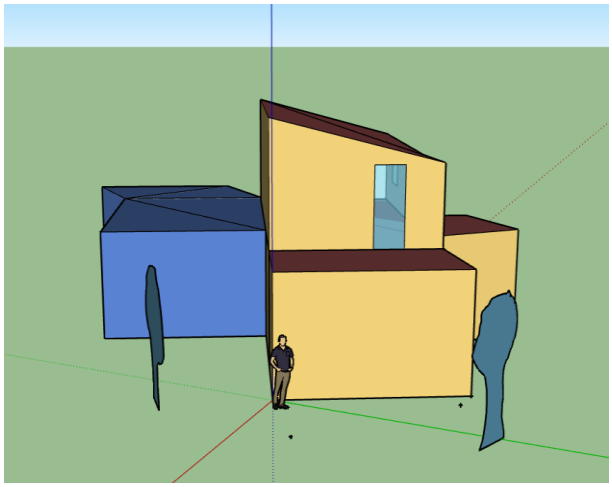
Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Κωνοφόρο	0.100	600.0	0.140	1600

Πίνακας 40 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της πόρτας. [57]

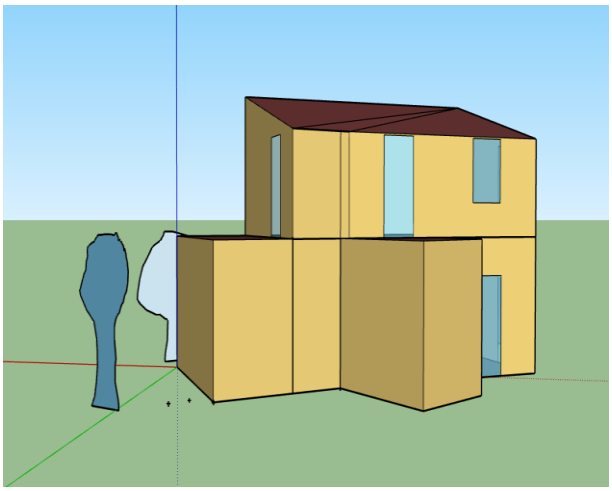
Συστήματα Ψύξης - Θέρμανσης – Αερισμού

Προκειμένου να επιτευχθεί η ψύξη και η θέρμανση της κατοικίας, έγινε χρήση αντλίας θερμότητας με απόδοση COP= 3 και COP= 5 και ενεργειακής κλάσης A+++ στον χώρο του καθιστικού, του υπνοδωματίου και της κουζίνας.

Επιπλέον, έγινε δεντροφύτευση ενός φυλλοβόλου δέντρου γαζίας διαμέτρου 1.78 m και ύψους 3.22 m στην νοτιοανατολική πλευρά, καθώς και μιας μανταρινιάς διαμέτρου 3.12 m και ύψους 3.42 m στην νοτιοδυτική πλευρά ώστε να εμποδίζεται η αλλοίωση των δομικών υλικών καθώς και η υπερθέρμανση του μπάνιου λόγω της έντονης ηλιακής ακτινοβολίας τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες. Η συνολική επιφάνεια φυτοκάλυψης της γαζίας είναι 2.49 m^2 και της μανταρινιάς 7.64 m^2. Συνολικά γίνεται επικάλυψη επιφάνειας 10.13 m^2.



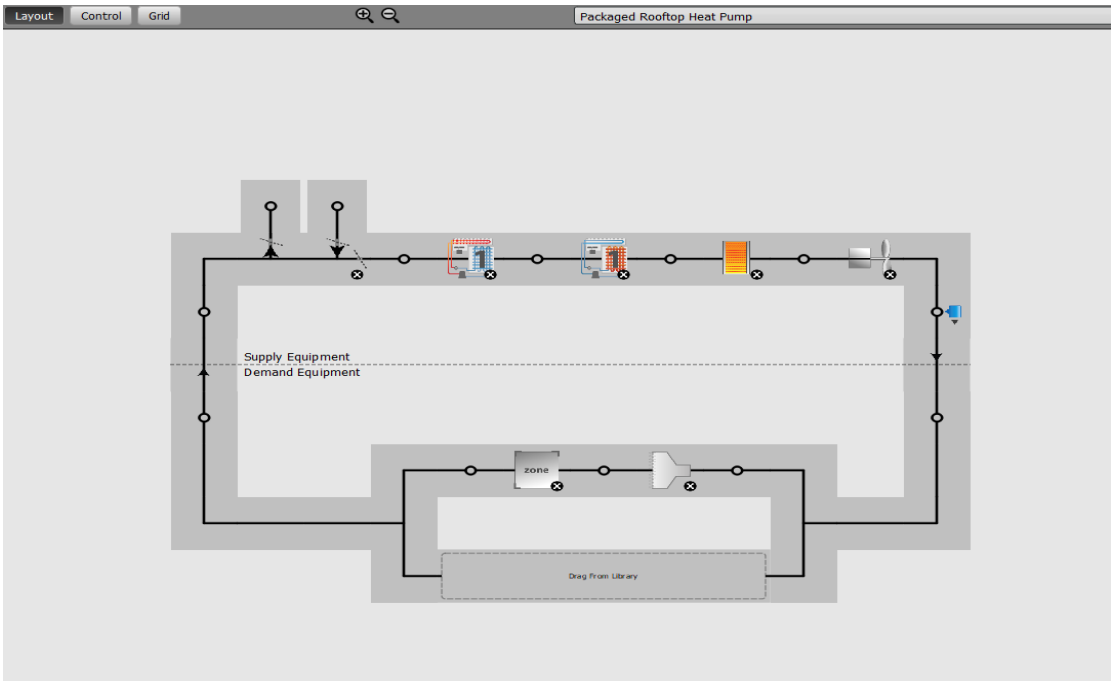
Εικόνα 60 : Απεικόνιση νοτιοανατολικής όψης με την προσθήκη δέντρων..



Εικόνα 59 : Απεικόνιση ανατολικής όψης με την προσθήκη δέντρων.

Αναβαθμίζοντας το κέλυφος του κτιρίου, μειώνονται οι ανεπιθύμητες διεισδύσεις του αέρα από την κατασκευή. Συνεπώς ρυθμίζονται οι αλλαγές αέρα ανά ώρα σε 0.7 ach.

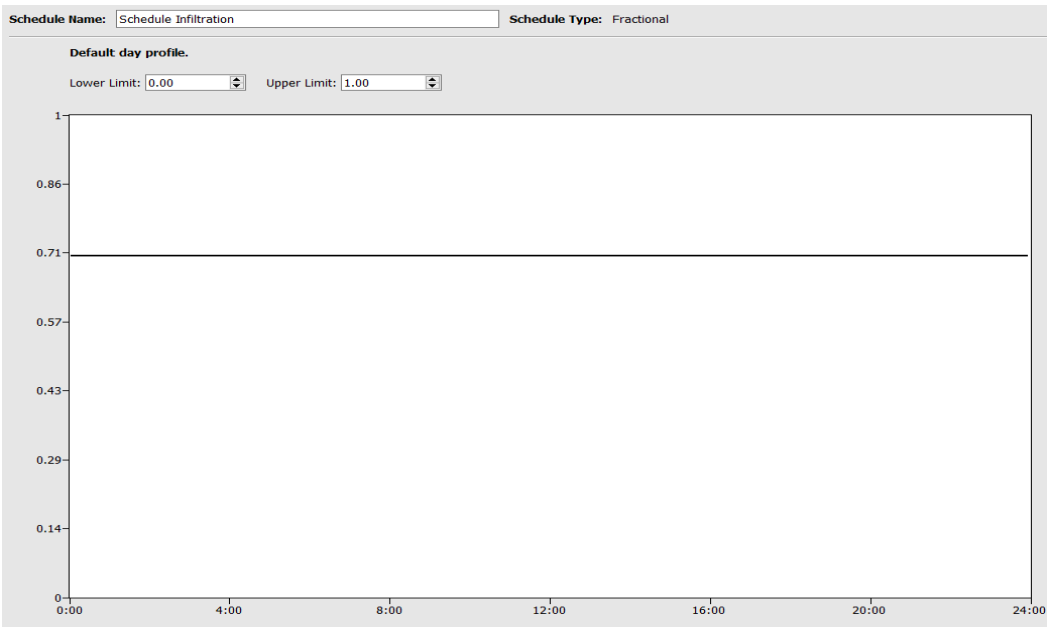
Ακολουθεί η διάταξη Open-Studio συστήματος αντλίας θερμότητας αέρα-αέρα για έναν από τους χώρους της οικείας. Αντίστοιχη διάταξη έγινε και για τους υπόλοιπους χώρους.



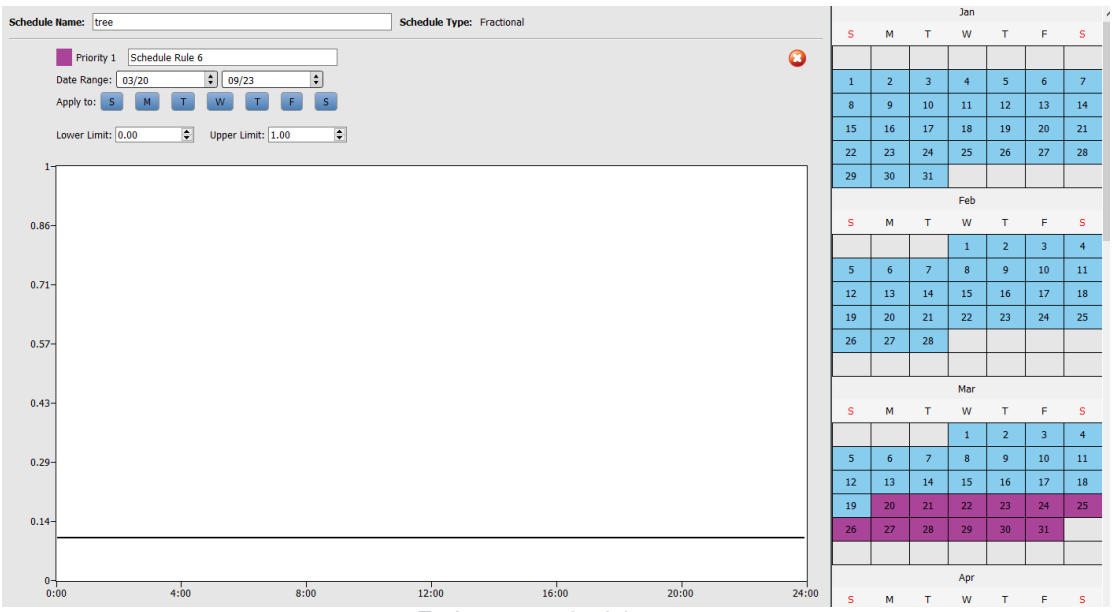
Εικόνα 61 : Διάταξη Packaged Rooftop Heat Pump 1.

Χρονοδιαγράμματα

Έγιναν τροποποιήσεις στο Schedule infiltration



Εικόνα 62 : Schedule infiltration 2.



Εικόνα 63 : Schedule tree.

Επιπλέον δημιουργήθηκε schedule που αφορά την σκίαση που προσδίδουν τα δέντρα. Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι για τους μήνες της άνοιξης, όπου τα δέντρα είναι ανθισμένα, μπορεί να διαπεράσει μέσα από τα φυλλώματα το 10% του ηλιακού φωτός.

Ηλεκτρικά φορτία

Πραγματοποιήθηκε αναβάθμιση των φορτίων (loads) με την χρήση νέων λαμπτήρων LED σε κάθε χώρο κατανάλωσης 16.6 W έκαστος, δεδομένου ότι έχουν μικρή κατανάλωση ενέργειας, μεγάλο χρόνο ζωής και δεν εκπέμπουν θερμότητα και υπεριώδης ακτινοβολία. Επιπλέον έγινε χρήση νέων οικολογικών ηλεκτρικών συσκευών με αξιόλογη ενεργειακή απόδοση.

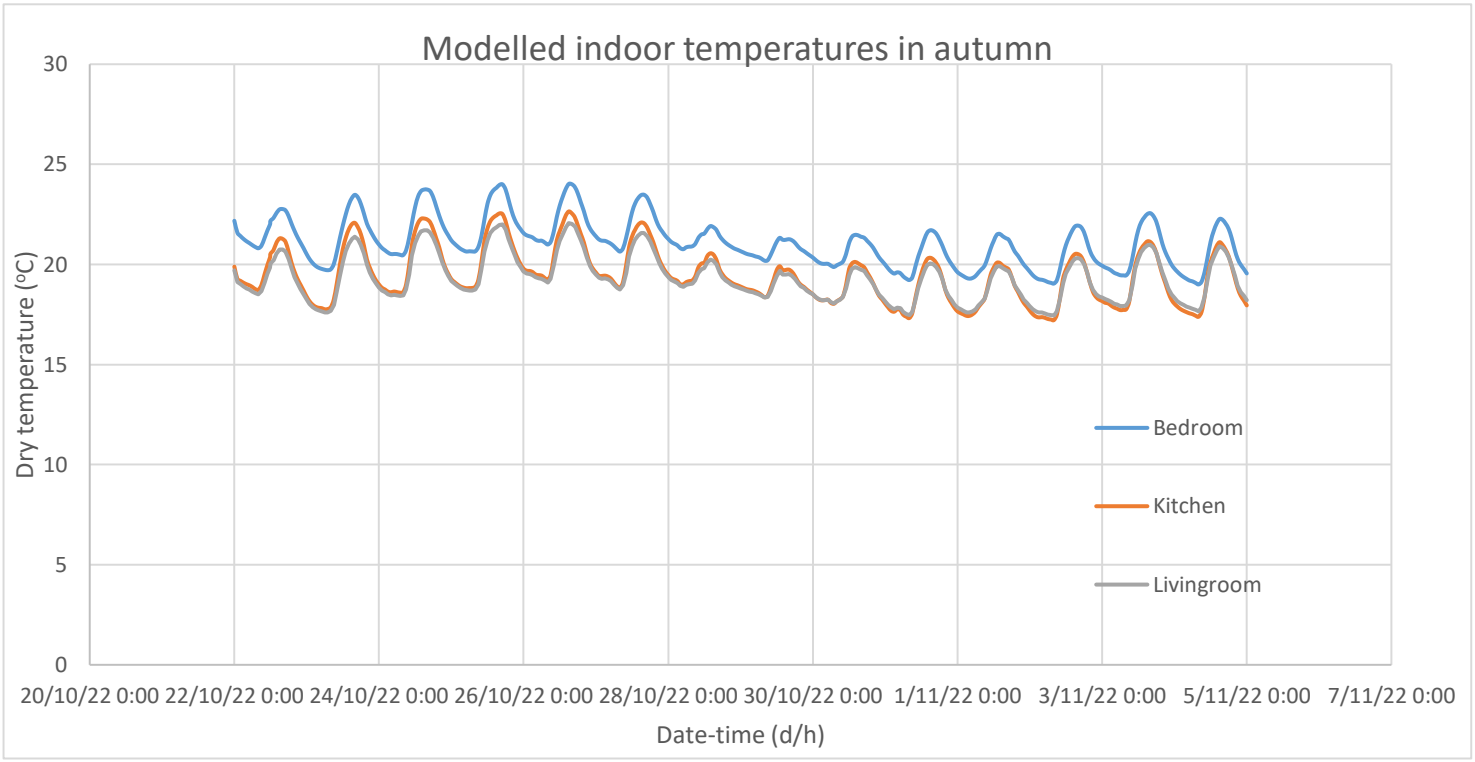
Κατοικία Βαφές	
Lights_Definition	Κατανάλωση για φώτα (W) 100
Electric_Equipment_Definition	Κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών (W) 1840

Πίνακας 41 : Αναβάθμιση ηλεκτρικών φορτίων Loads της κατοικίας του Βαφέ.

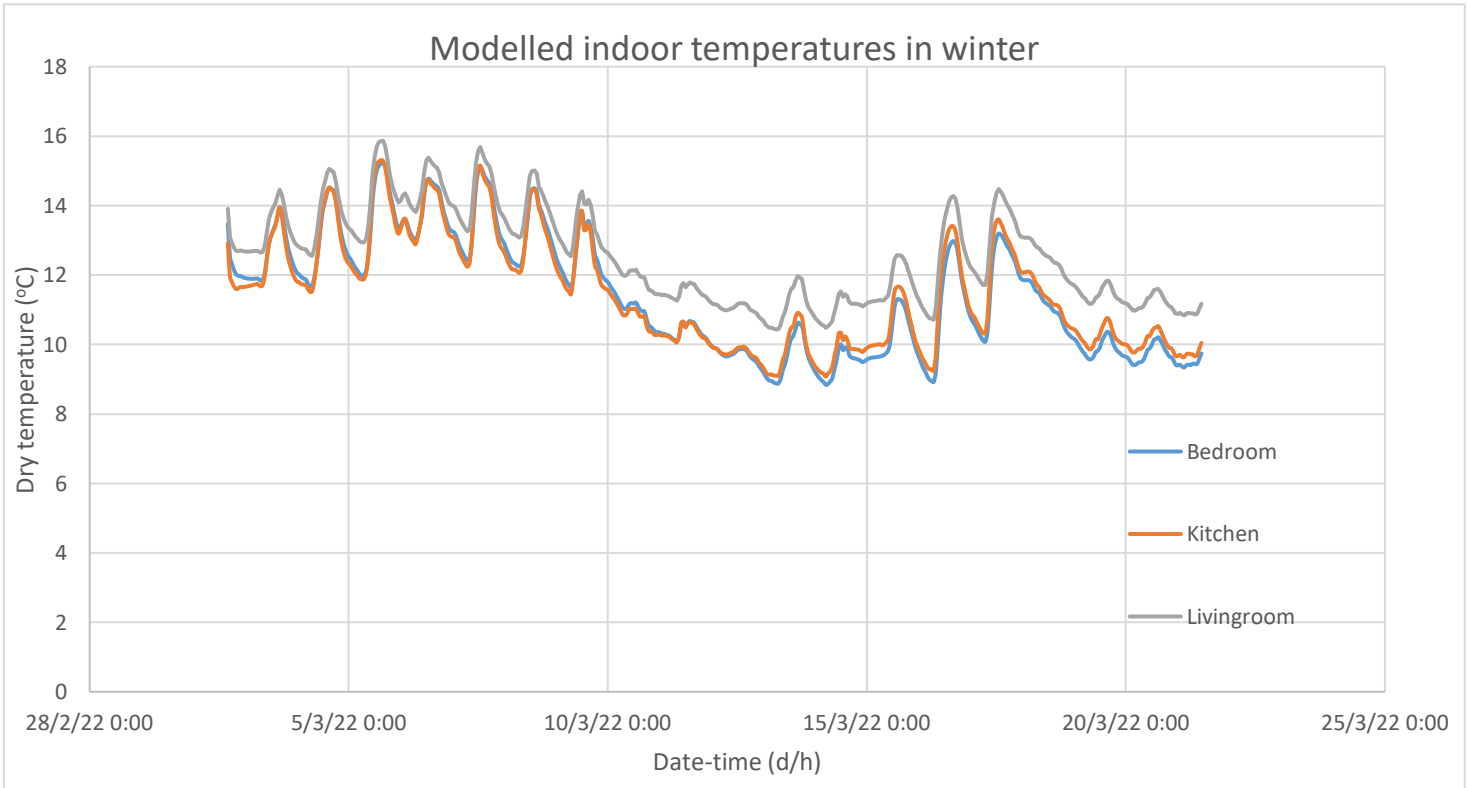
Συγκεκριμένα έγινε χρήση των παρακάτω ηλεκτρικών συσκευών :

• Ψυγείο κατανάλωσης 140 W με προσόντα Energy Star για την αποδοτικότητά του και την εξοικονόμηση ενέργειας, φωτισμός LED, Eco control για τη ρύθμιση της κατανάλωσης ενέργειας.

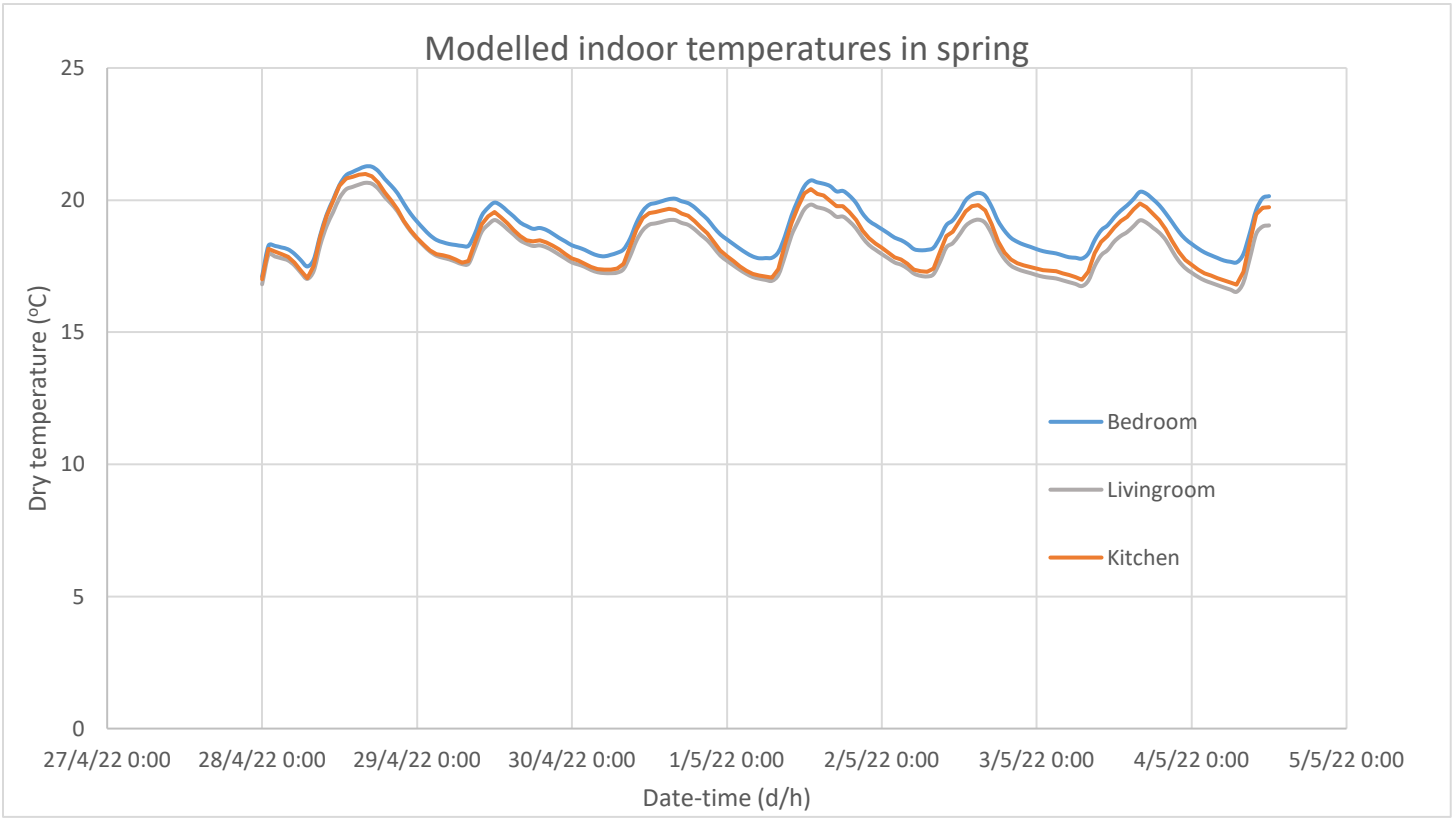
• Πλυντήριο κατανάλωσης 1700 W με κατασκευή από ανακυκλωμένα πλαστικά που μειώνουν σημαντικά τις εκπομπές CO_2 στην κατασκευή τους.



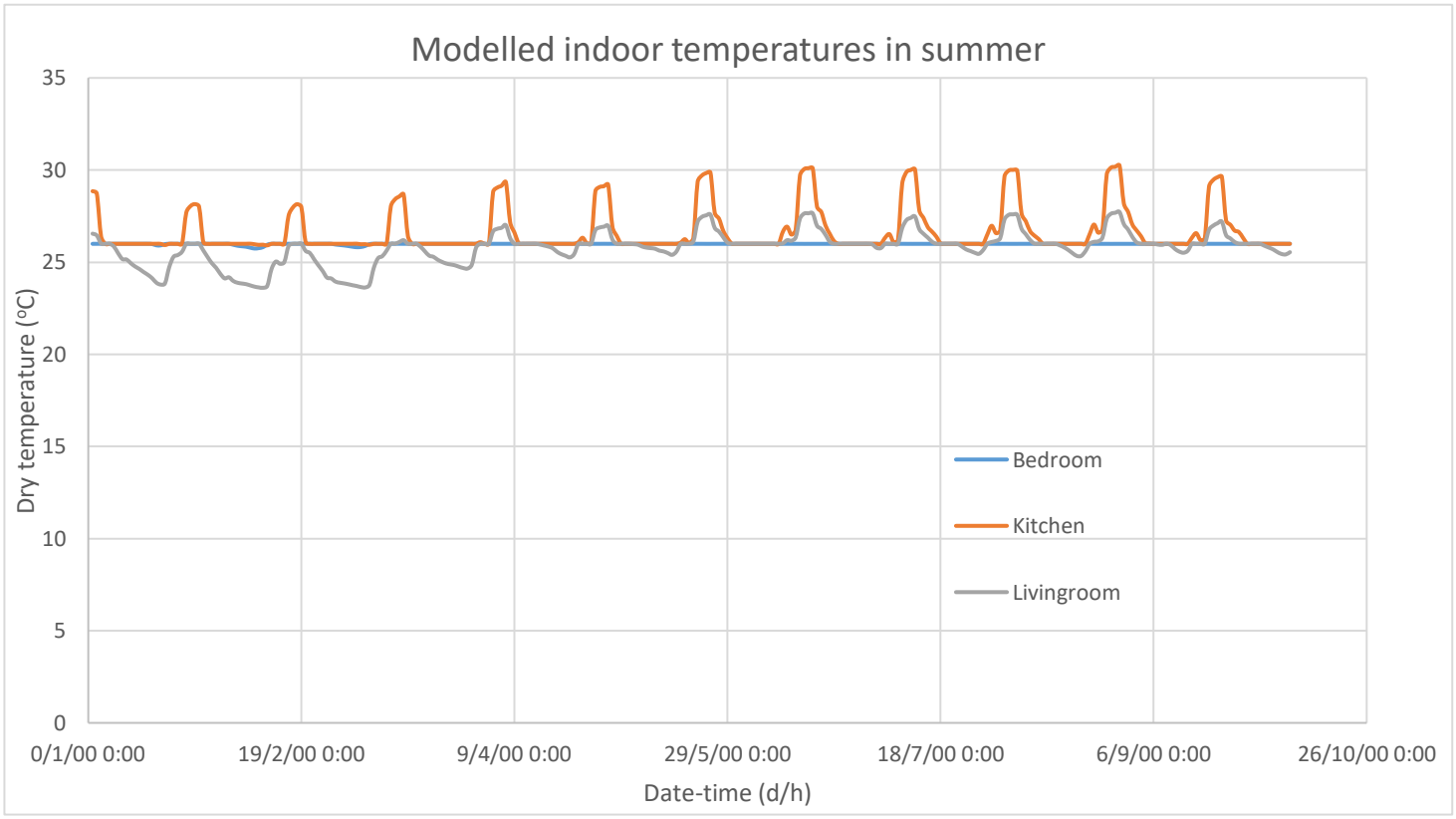
Διάγραμμα 49 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την φθινοπωρινή περίοδο. 4.



Διάγραμμα 50 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την χειμερινή περίοδο. 4.



Διάγραμμα 52: Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την ανοιξιάτικη περίοδο. 4..



Διάγραμμα 51 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την καλοκαιρινή περίοδο. 4.

Παραπάνω παρουσιάζονται οι μεταβολές της θερμοκρασίας για κάθε χώρο της ανανεωμένης κατοικίας. Γίνεται αντιληπτό ότι κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου η θερμοκρασία στη κουζίνα και το καθιστικό είναι μεταξύ 18 ℃ και 23 ℃ ενώ του υπνοδωματίου εμφανίζει αύξηση 2 ℃. Το χειμώνα, η κουζίνα και το υπνοδωμάτιο παρουσιάζουν θερμοκρασία μεταξύ 8 και 15 ℃, ενώ το καθιστικό μεταξύ 11℃ και 16℃. Την άνοιξη, όλοι οι χώροι εμφανίζουν πανομοιότυπες θερμοκρασίες με αυτές να είναι μεταξύ 18℃ και 21℃, ενώ το καλοκαίρι η θερμοκρασία στο υπνοδωμάτιο παρουσιάζει μια σταθερότητα στους 26℃, στο καθιστικό εμφανίζεται μικρή απόκλιση ± 2℃ και στη κουζίνα κυμαίνεται μεταξύ 26℃ και 30℃. Αυτό συμβαίνει λόγω του νοτιοδυτικού προσανατολισμού του χώρου όπου είναι πιο έντονα εκτεθειμένος στην ηλιακή ακτινοβολία. Βασιζόμενοι σε αυτό το αποτέλεσμα καταλήγουμε στο ότι η αξιοποίηση της δενδροφύτευσης δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη συνεισφορά στην μείωση της θερμοκρασίας των εκάστοτε χώρων. Παρόλα αυτά, τα όρια αυτά βρίσκονται σε φυσιολογικά πλαίσια και προσφέρουν ιδανικές συνθήκες θερμικής άνεσης, με δεδομένο ότι η οικεία χρησιμοποιείται μόνο καλοκαιρινούς μήνες και όχι τη περίοδο του χειμώνα. Το γεγονός αυτό είναι αναμενόμενο καθώς έχει οριστεί σύστημα αντλίας θερμότητας. Η αντλία θερμότητας θερμαίνει και ψύχει αποτελεσματικά τους χώρους επιτρέποντας την διατήρηση της θερμοκρασίας. Επίσης έχει την ικανότητα να διατηρεί την θερμοκρασία σε σταθερά όρια εξαλείφοντας κάθε κρύο σημείο ή ζεστή περιοχή που μπορεί να μην καλυφθεί σε περίπτωση χρήσης άλλων συστημάτων. Η χρήση των θερμομονωτικών φυσικών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν συνέλαβαν εξίσου στην διατήρηση ομοιόμορφης θερμοκρασίας σε όλους τους εσωτερικούς χώρους, μειώνοντας τις θερμικές απώλειες τον χειμώνα και την είσοδο θερμότητας το καλοκαίρι, ιδιαίτερα μέσω της απορρόφησης της υγρασίας.

Electricity Consumption (kWh) - view table

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating			0.01		0.0	0.0				0.0	0.01		0.03
Cooling	0.02	0.04	0.1	0.05	5.69	77.94	242.88	223.53	64.26	0.07	0.06	0.04	614.67
Interior Lighting	1.23	1.11	1.23	1.19	6.45	15.43	15.95	15.95	13.06	1.23	1.19	1.23	75.23
Exterior Lighting													
Interior Equipment	21.08	19.04	21.08	20.4	116.93	281.79	291.19	291.19	238.23	21.08	20.4	21.08	1363.52
Exterior Equipment													
Fans	67.76	61.2	67.76	65.57	67.76	65.57	67.76	67.76	65.57	67.76	65.57	67.76	797.78
Pumps													
Heat Rejection													
Humidification													
Heat Recovery													
Water Systems													
Refrigeration													
Generators													
Total	90.08	81.39	90.17	87.22	196.83	440.74	617.78	598.42	381.13	90.14	87.23	90.1	2851.22

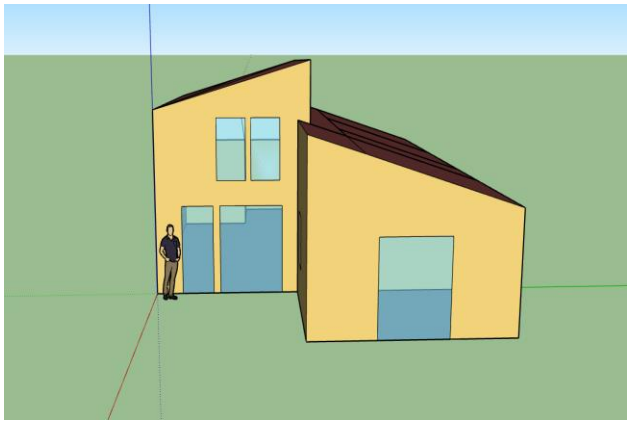
Πίνακας 42 : Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενεργείας σε kWh της αναβαθμισμένης κατοικίας του Βαφέ.

Υπολογίζεται το συνολικό ποσό ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται σε kWh κάθε μήνα από τα εσωτερικά φώτα και τις ηλεκτρικές συσκευές του συστήματος θέρμανσης και ψύξης. Κατά τη διάρκεια του χρόνου, η μέση κατανάλωση ανέρχεται στις 238 kWh, ενώ η συνολική ετήσια κατανάλωση στις 2851 kWh. Το ποσοστό βελτίωσης συγκριτικά με την αρχική συνθήκη της κατοικίας ανέρχεται στο 35%.

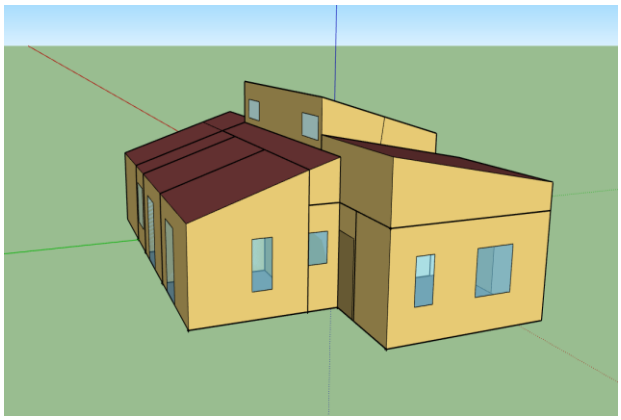
9.3. Κατοικία Νέου Χωριού

Η οικεία εκτείνεται σε άξονα βορρά-νότου με προσανατολισμό βορειοανατολικό. Η είσοδος της οικείας βρίσκεται στην βορειοανατολική πλευρά της και επιτρέπει την πρόσβαση στον χώρο της κουζίνας. Ο χώρος αυτός διαθέτει μία επιπλέον είσοδο στην δυτική πλευρά και δύο παράθυρα μεσαίου μεγέθους στην βόρεια πλευρά, τα οποία προσφέρουν σταθερό έμμεσο φωτισμό κατά την διάρκεια της ημέρας, καθώς και δροσισμό χωρίς να ψύχουν το μέρος τους χειμερινούς μήνες λόγω των διαστάσεων τους συγκριτικά με τον όγκο του χώρου. Ακολουθεί το καθιστικό το οποίο περιλαμβάνει τρία παράθυρα μεσαίου μεγέθους στην δυτική πλευρά και δύο τζαμόπορτες στην νότια πλευρά, ενώ το υπόλοιπο μέρος του καθιστικού καλύπτεται από τους υπόλοιπους χώρους του κτιρίου. Η διαρρύθμιση αυτή των ανοιγμάτων προσφέρουν θέρμανση στο χώρο, ιδιαίτερα τους χειμερινούς μήνες, χωρίς να τον υπερθερμαίνουν διότι η εισχώρηση της έντονης ηλιακής ακτινοβολίας, που υπάρχει στην δυτική πλευρά τις απογευματινές ώρες, εμποδίζεται λόγω των μικρών διαστάσεων των παραθύρων συγκριτικά και πάλι με την επιφάνεια. Επιπλέον, γίνεται εισχώρηση άμεσου φωτός από την νότια πλευρά το πρωί αλλά και δροσιάς τα απογεύματα. Στην ανατολική πλευρά υπάρχει ο διάδρομος των δωματίων, με το WC στα βόρεια, το οποίο διαθέτει ένα παράθυρο μικρών διαστάσεων ώστε να επιτρέπεται ο μερικός φωτισμός του χώρου και η ανανέωση του αέρα από τους βόρειους ανέμους. Στην νότια πλευρά βρίσκεται το κύριο υπνοδωμάτιο στο οποίο υπάρχει ένα μικρό άνοιγμα στην δυτική πλευρά, από το οποίο εισέρχεται φως ιδιαίτερα τις απογευματινές ώρες καθώς και μια τζαμόπορτα στην νότια πλευρά που παρέχει φυσικό αερισμό και ηλιασμό τόσο τις πρωινές όσο και τις απογευματινές ώρες. Το κύριο μπάνιο βρίσκεται ανατολικά διαθέτοντας ένα άνοιγμα μεσαίου μεγέθους στην ανατολική του πλευρά ώστε να ανανεώνει τον αέρα του χώρου και να παρέχει φυσικό φωτισμό τις πρωινές ώρες. Στην ανατολική πλευρά της οικείας υπάρχουν επίσης άλλα δύο υπνοδωμάτια τα οποία διαθέτουν μία τζαμόπορτα έκαστος, η οποία φωτίζει φυσικά τους χώρους τις πρωινές ώρες καθώς και θερμαίνει τους χειμερινούς μήνες, επιτρέποντας την είσοδο της πρωινής ηλιακής ακτινοβολίας. Το υπνοδωμάτιο, του οποίου η βόρεια πλευρά είναι εκτεθειμένη, διαθέτει επίσης ένα παράθυρο μεσαίου μεγέθους το οποίο επιτρέπει την διέλευση αέρα και έμμεσου ηλιακού φωτός. Επιπλέον, υπάρχει ένα πατάρι πάνω από τον χώρο της κουζίνας και του διαδρόμου των δωματίων, που δεν διαθέτουν κάποιο άνοιγμα, καθώς και πάνω από το καθιστικό όπου υπάρχουν δύο μικρά παράθυρα στην δυτική πλευρά που επιτρέπουν τον φωτισμό του χώρου τις απογευματινές ώρες, δύο τζαμόπορτες στην νότια πλευρά που παρέχουν θέρμανση μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας και έντονο φυσικό φωτισμό κατά την διάρκεια της ημέρας καθώς και δύο μικρά παράθυρα στην ανατολική πλευρά που ανανεώνουν τον αέρα.

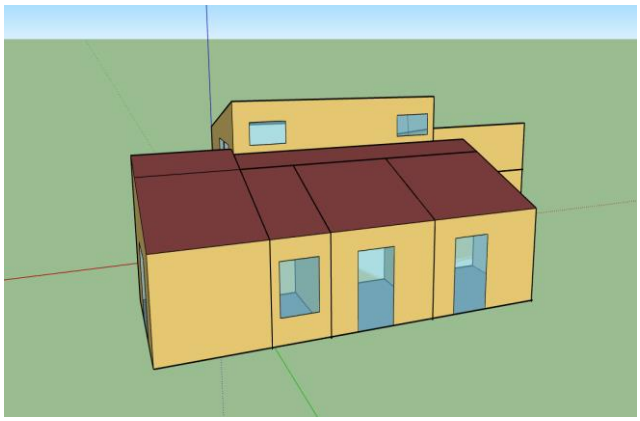
Λαμβάνοντας υπόψη τον προσανατολισμό του κτιρίου και των ανοιγμάτων του, είναι σημαντικό να γίνει προσθήκη θερμομονωτικών υλικών, ιδιαίτερα στις πλευρές όπου είναι εκτεθειμένες σε έντονα καιρικά φαινόμενα, τόσο τους χειμερινούς όσο και τους θερινούς μήνες. Συγκεκριμένα ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στην νότια και δυτική πλευρά του κτιρίου, που λαμβάνει έντονη ηλιακή ακτινοβολία και μπορεί να υπερθερμάνει τους χώρους καθώς και την βόρεια πλευρά η οποία δέχεται ψυχρούς ανέμους.



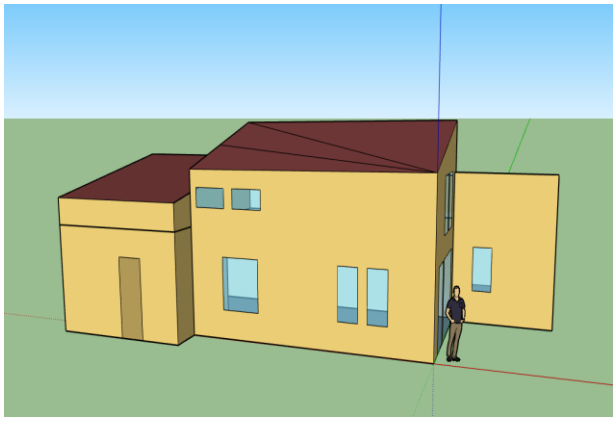
Εικόνα 65 : Απεικόνιση νότιας όψης της προσομοιωμένης κατοικίας στον οικισμό Νέου Χωριού.



Εικόνα 64 : Απεικόνιση βόρειας όψης της προσομοιωμένης κατοικίας στον οικισμό Νέου Χωριού.



Εικόνα 67 : Απεικόνιση ανατολικής όψης της προσομοιωμένης κατοικίας στον οικισμό Νέου Χωριού.



Εικόνα 66 : Απεικόνιση δυτικής όψης της προσομοιωμένης κατοικίας στον οικισμό Νέου Χωριού.

Δομικά υλικά - Κατασκευές

Το δεύτερο σενάριο αφορά την οικία στον οικισμό του Νέου Χωριού, όπου έγινε αναβάθμιση του κελύφους με κύρια έμφαση στην εξωτερική τοιχοποιία, την οροφή και το δάπεδο. Για την μόνωση της τοιχοποιίας χρησιμοποιήθηκε σύμμεικτο σκυρόδεμα με διογκωμένη πολυστερίνη, που αποτελεί ένα ανακυκλώσιμο θερμομονωτικό υλικό μικρού βάρους.

Για επιπλέον μόνωση της οροφής έγινε χρήση ασφαλτόπανων που χαρακτηρίζονται για την αυξημένη τους πρόσφυση και αδιαβροχοποίηση. Όσον αφορά την θερμομονωτική ενίσχυση του δαπέδου, έγινε προσθήκη ελαφρομπετόν που παρουσιάζει χαμηλή θερμοαγωγιμότητα, καθώς και φύλλων από πλάκες φελλού που προσδίδουν ηχοαπορροφητικές ιδιότητες. Τα δομικά υλικά της εσωτερικής τοιχοποιίας παρέμειναν ίδια ενώ για την κατασκευή των παραθύρων έγινε χρήση τριπλών υαλοπινάκων.

Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των χαρακτηριστικών των δομικών υλικών στους παρακάτω πίνακες με σειρά των στρώσεων από πάνω προς τα κάτω.

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Ξύλινα τεμάχια παρκετού	0.200	800	0.800	1600
Ασβεστοκονίαμα	0.300	1800	0.700	1000

Πίνακας 43 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του δαπέδου ισογείου και ορόφου. [57]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Ασβεστοκονίαμα	0.300	1800	0.700	1000
Πηλοκονίαμα	0.250	1600	0.600	1700
Κυτταρίνη ινώδης	0.050	70.00	0.040	1000

Ωμόπλινθοι με άχυρο	0.200	1400	0.700	1000
Πριστή ξυλεία	0.250	450.0	0.120	1600

Πίνακας 44 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της εσωτερικής τοιχοποιίας. [57]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Ασβεστοκονίαμα	0.300	1800	0.700	1000
Πηλοκονίαμα	0.250	1600	0.600	1700
Ωμόπλινθοι με άχυρο	0.200	1400	0.700	1000
Σύμμεικτο σκυρόδεμα με διογκωμένη πολυστερίνη	0.100	200.0	0.065	1000

Πίνακας 45 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας. [57]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Κεραμίδια ρωμαϊκού τύπου	0.160	2000	0.600	800.0

Υαλοβάμβακας	0.200	50.00	0.038	840.0
Πηλοκονίαμα	0.250	1600	0.600	1700
Ασφαλτόπανα	0.100	1100	0.230	1000
Ξύλινα τεμάχια παρκετού	0.200	800.0	0.800	1600
Πριστή ξυλεία	0.250	450.0	0.120	1600

Πίνακας 46 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της οροφής. [57]

Υλικό	Πάχος ($\boldsymbol{m}$)	Θερμοπερατότητα ($\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m^2 \cdot K}}$)
Υαλοπίνακας	0.009	1.765

Πίνακας 47 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του παραθύρου. [57]

Υλικό	Πάχος ($\boldsymbol{m}$)	Πυκνότητα ($\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}}$)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ($\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}}$)	Ειδική θερμοχωρητικότητα ($\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}}$)
Οξιά	0.300	800.0	0.170	1600

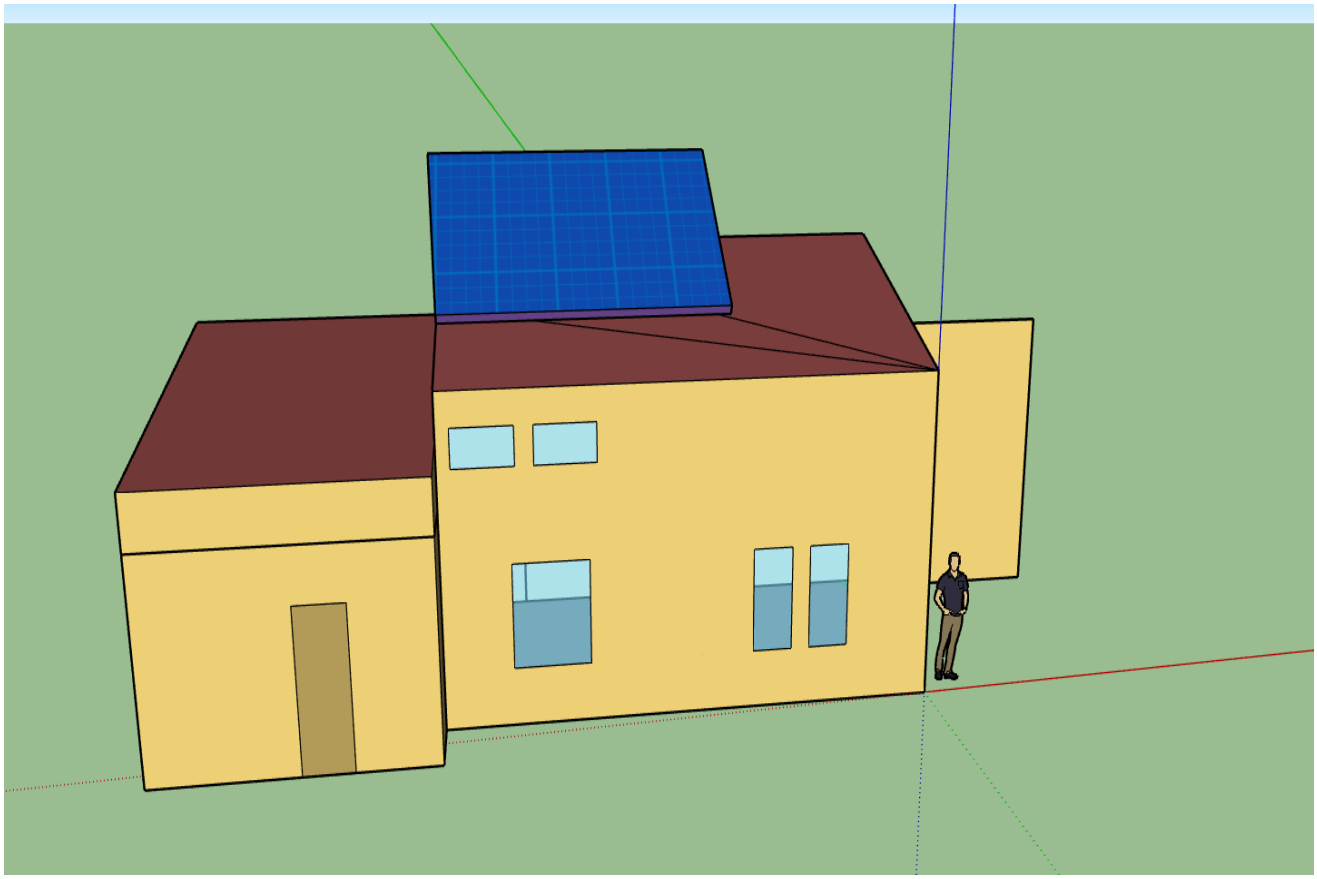
Πίνακας 48 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της πόρτας. [57]

Συστήματα Ψύξης - Θέρμανσης – Αερισμού

Η ψύξη και η θέρμανση της κατοικίας επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης αντλίας θερμότητας με απόδοση COP= 3 και COP= 5 ενεργειακής κλάσης A+++ στον χώρο της κουζίνας, του καθιστικού, του κύριου υπνοδωματίου, του παιδικού υπνοδωματίου και του επιπλέον υπνοδωματίου. Επιπλέον, έγινε τοποθέτηση Φ/Β στην οροφή του κτίσματος.

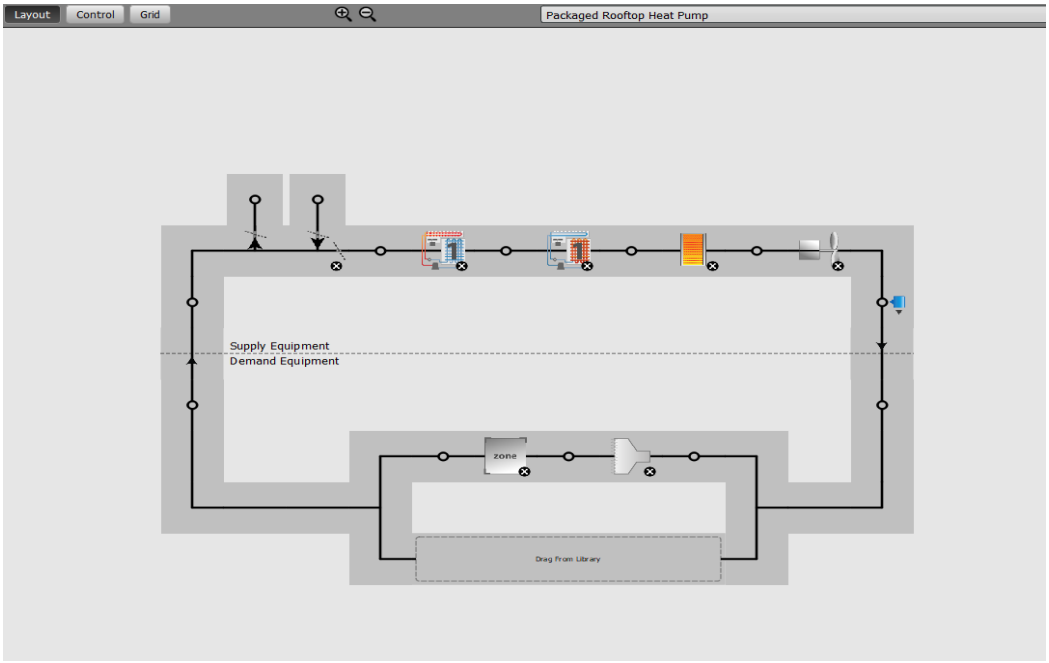
Βασιζόμενοι στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου έγινε επιλογή φωτοβολταϊκού μονοκρυσταλικού πυριτίου, που το ένα πλαίσιο δίνει ενέργεια ίση με 1 kWp. Τα πλαίσια αποτελούνται από μεγάλους κρυστάλλους, με πάχος υλικού περίπου ίσο με 300μm και είναι σκούρου μπλε χρώματος. Η απόδοσή του ανέρχεται στα 13-16% και η απαιτούμενη επιφάνεια για 1kWp είναι 7-8 m^2. Ωστόσο καθώς η απόδοση των Φ/Β με το πέρασμα του χρόνου μειώνεται, θεωρώντας για χρόνο ζωής τους τα 25 χρόνια η τιμή για όλα τα χρόνια είναι ίση με το 80% της αρχικής.

Στο συγκεκριμένο σενάριο προστέθηκε Φ/Β με εμβαδόν 15m^2 έκαστος, με μήκος 5m και πλάτος ίσο με 3m. Εγκαταστάθηκε στην οροφή του καθιστικού με κλίση ίση με 38◦ και με δυτικό προσανατολισμό. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του λογισμικού, η ενέργεια που προσδίδει το Φ/Β σύστημα ανέρχεται στις 5964 kWh ανά χρόνο ή 497 kWh ανά μήνα.



Εικόνα 68 : Απεικόνιση των Φ/Β στην δυτική πλευρά της προσομοιωμένης αναβαθμισμένης κατοικίας στον οικισμό Νέου Χωριού.

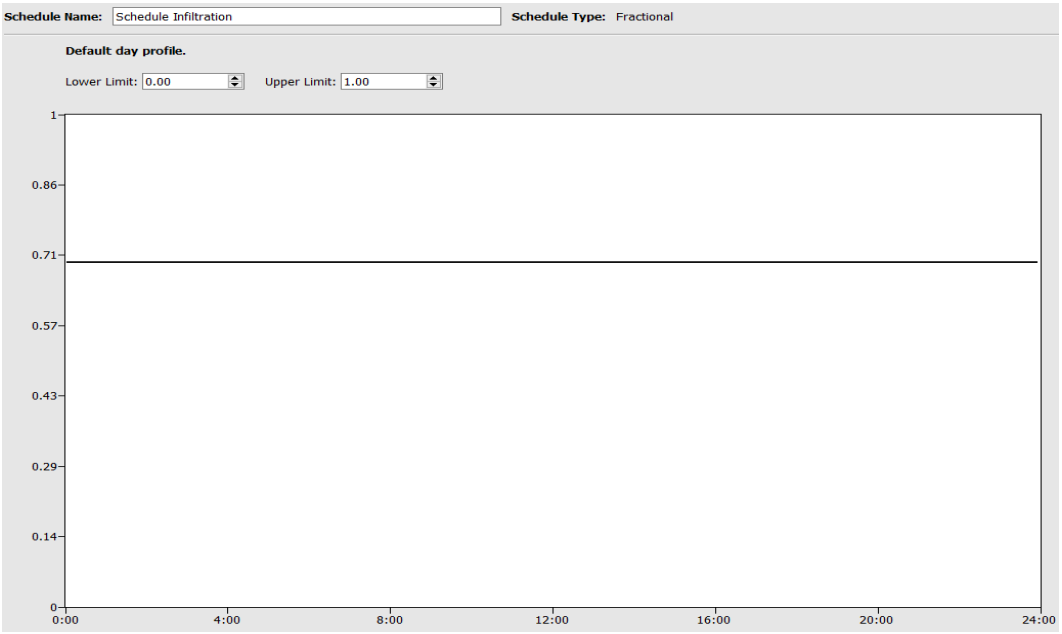
Ακολουθεί η διάταξη Open-Studio συστήματος αντλίας θερμότητας αέρα-αέρα για έναν από τους χώρους της οικείας. Αντίστοιχη διάταξη έγινε και για τους υπόλοιπους χώρους.



Εικόνα 69 : Διάταξη Packaged Rooftop Heat Pump 2.

Χρονοδιαγράμματα

Έγιναν τροποποιήσεις στο Schedule infiltration με αλλαγές αέρα ανά ώρα 0.7 ach.



Εικόνα 70 : Schedule infiltration 3.

Ηλεκτρικά φορτία

Ομοίως αναβαθμίστηκαν τα φορτία μέσω χρήσης νέων λαμπτήρων LED σε κάθε χώρο κατανάλωσης 16,6 W έκαστος.

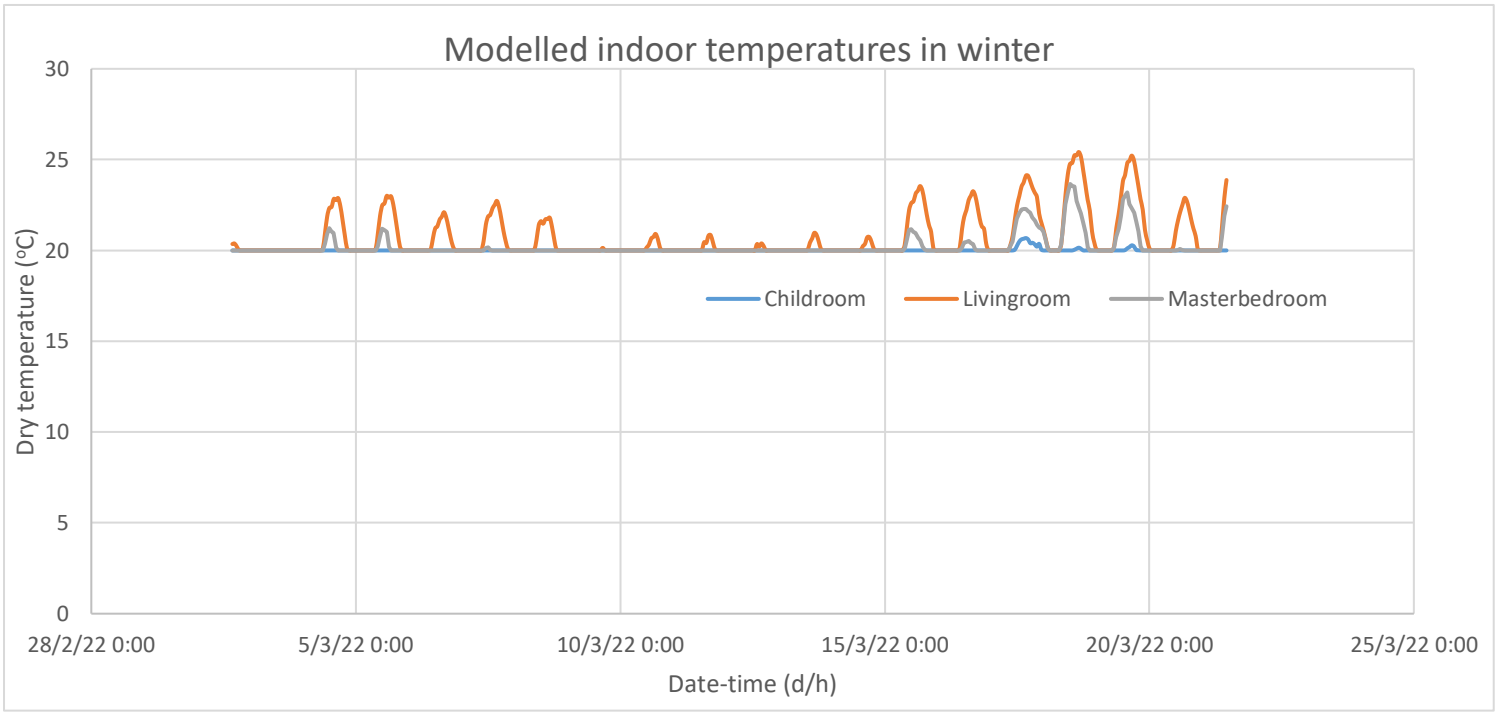
Κατοικία Νέου Χωριού	
Lights_Definition	Κατανάλωση για φώτα (W) 180
Electric_Equipment_Definition	Κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών (W) 1870

Πίνακας 49 : Αναβάθμιση ηλεκτρικών φορτίων Loads της κατοικίας του Νέου Χωριού.

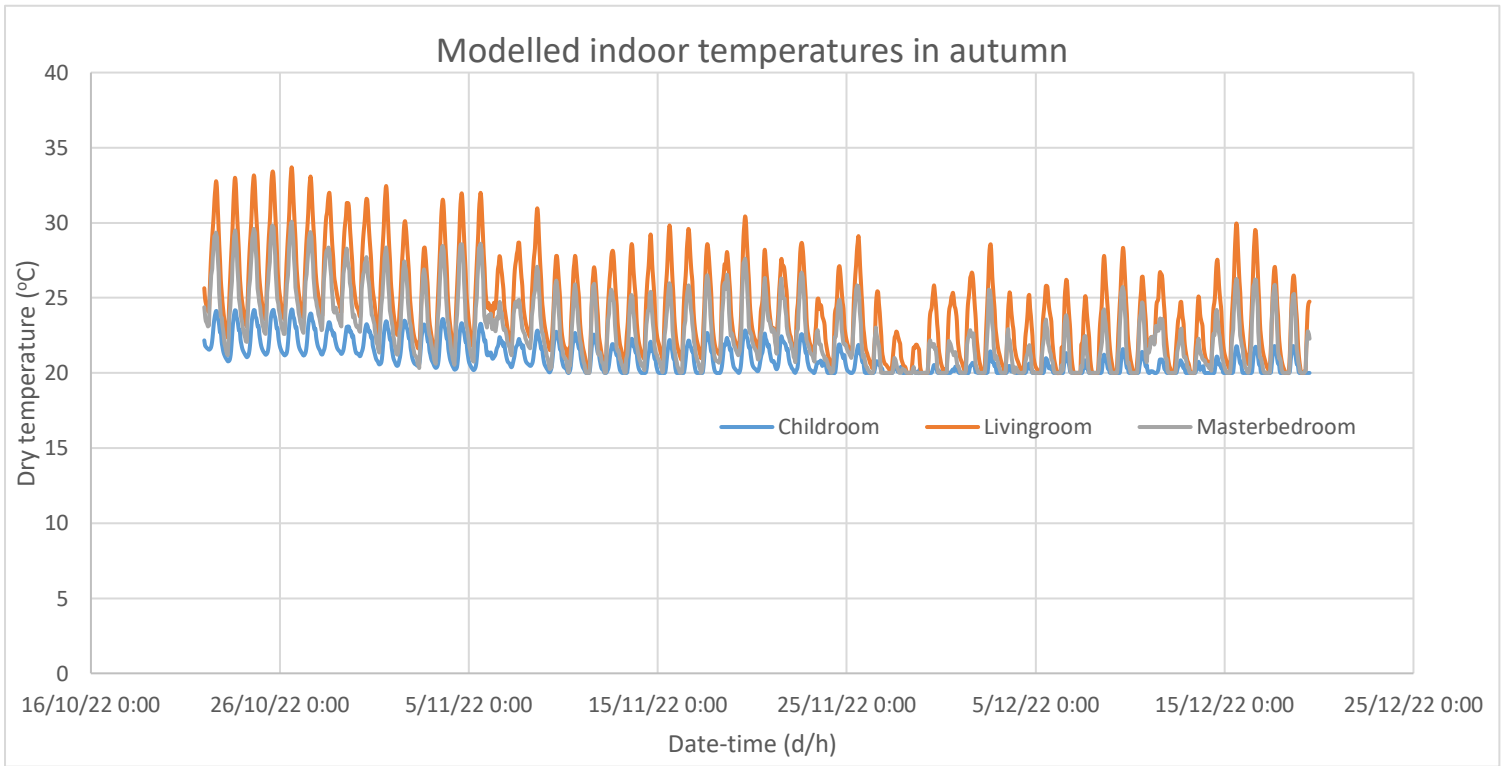
Συγκεκριμένα έγινε χρήση των παρακάτω ηλεκτρικών συσκευών :

- Ψυγείο κατανάλωσης 170 W με προσόντα Energy Star για την αποδοτικότητά του και την εξοικονόμηση ενέργειας, φωτισμός LED, Eco control για τη ρύθμιση της κατανάλωσης ενέργειας.

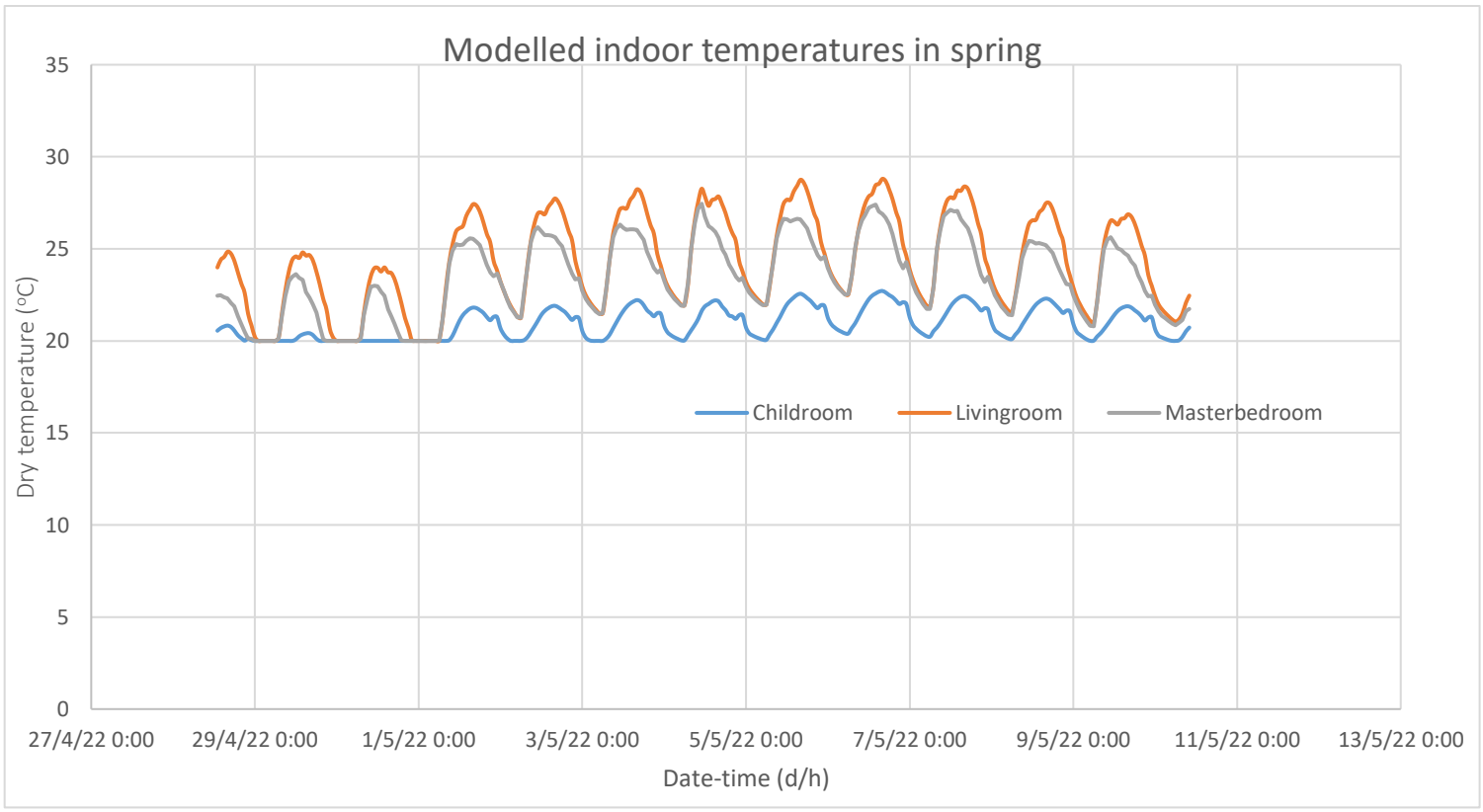
- Πλυντήριο κατανάλωσης 1700 W με κατασκευή από ανακυκλωμένα πλαστικά που μειώνουν σημαντικά τις εκπομπές CO_2 στην κατασκευή τους.



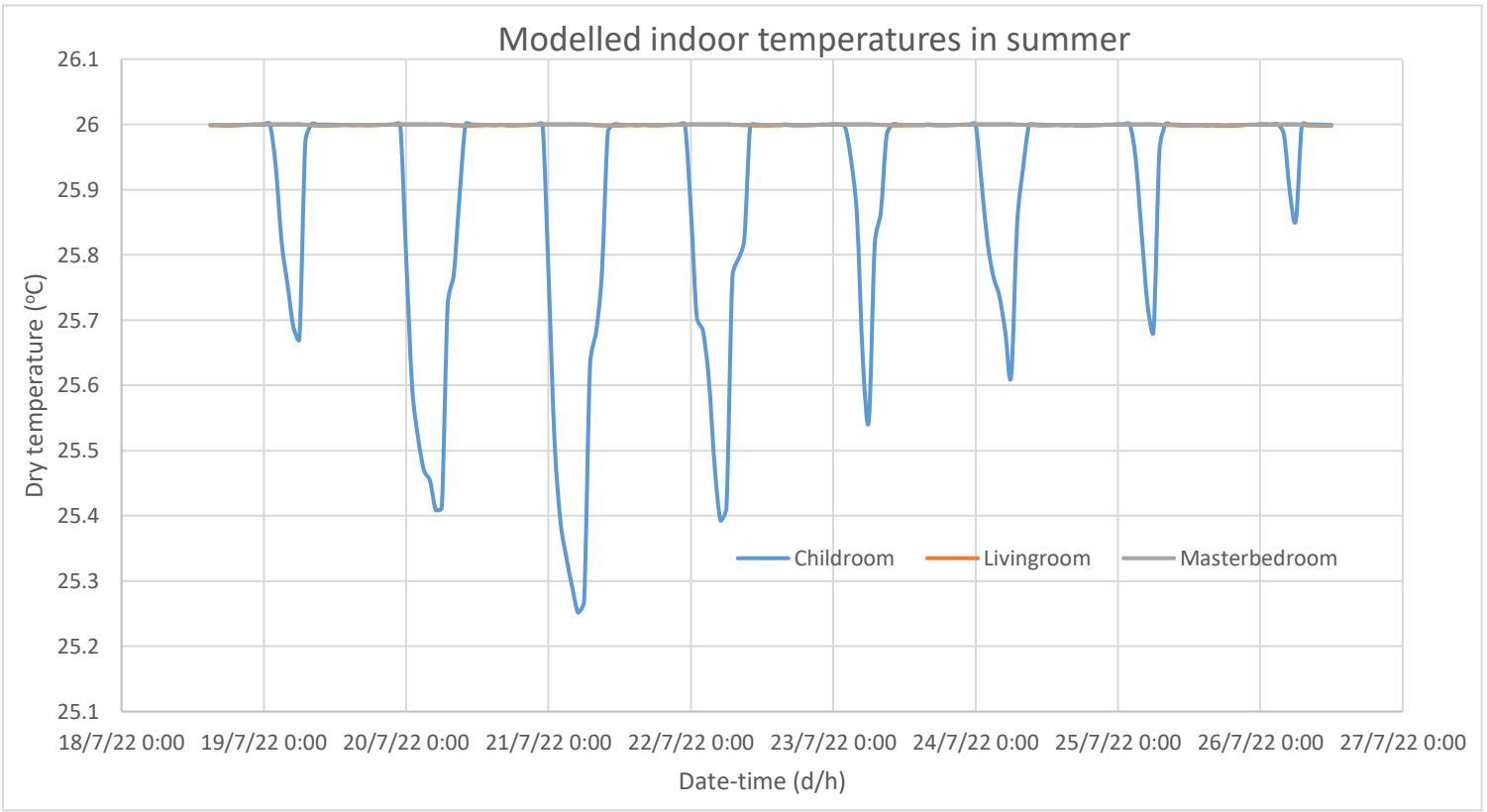
Διάγραμμα 53 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την χειμερινή περίοδο 5.



Διάγραμμα 54 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την φθινοπωρινή περίοδο 5.



Διάγραμμα 56 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την ανοιξιάτικη περίοδο 5.



Διάγραμμα 55 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την καλοκαιρινή περίοδο 5.

Ομοίως στα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάζονται οι μεταβολές της θερμοκρασίας κάθε χώρου της ανανεωμένης κατοικίας. Παρατηρείται ότι κατά την διάρκεια του φθινοπώρου, του χειμώνα και της άνοιξης η ελάχιστη θερμοκρασία όλων των θερμικών ζωνών κυμαίνεται στους 20 ℃ ενώ η μέγιστη στους 28 ℃ με εξαίρεση τον χώρο του καθιστικού, όπου μεταξύ της περιόδου αρχές Οκτώβρη και Δεκέμβρη η θερμοκρασία είναι αυξημένη φτάνοντας μέχρι και τους 32 ℃. Τους καλοκαιρινούς μήνες η ελάχιστη θερμοκρασία όλων των θερμικών ζωνών κυμαίνεται στους 25.25 ℃ ενώ η μέγιστη στους 26 ℃. Η αυξημένη θερμοκρασία που παρουσιάζεται στη περίπτωση του καθιστικού πιθανό να οφείλεται στον δυτικό προσανατολισμό του, όπου υπάρχει έντονη έκθεση ειδικά τις απογευματινές ώρες. Γενικά, οι θερμοκρασίες που καταγράφονται είναι σε ιδανικά πλαίσια, προσφέροντας θερμική άνεση στους κατοίκους της οικείας. Το γεγονός αυτό οφείλεται τόσο στο σύστημα αντλίας θερμότητας που χρησιμοποιήθηκε όσο και στην επιπλέον προσθήκη κατάλληλων θερμομονωτικών φυσικών υλικών. Ο συνδυασμός αυτών προσδίδει σταθερότητα της θερμοκρασίας χωρίς να παρουσιάζονται θερμικές διακυμάνσεις. Επιπλέον η χρήση των Φ/Β συστημάτων, μπορεί να λειτουργήσει ως ένα βαθμό και σαν σκίαση και προστασία από έντονα καιρικά φαινόμενα, ενώ η χρήση των υαλοπινάκων συμβάλει σημαντικά στην μείωση πιθανών διεισδύσεων αέρα.

Electricity Consumption (kWh) - view table

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating	227.51	239.43	190.48	25.49	0.28	0.02	0.0	0.0	0.04	0.6	3.49	94.34	781.68
Cooling	0.3	0.25	0.73	1.26	81.03	385.16	743.3	745.16	377.53	2.18	1.87	1.2	2339.96
Interior Lighting	55.51	50.14	51.79	42.55	43.97	42.55	43.97	43.97	45.16	55.51	53.72	55.51	584.34
Exterior Lighting													
Interior Equipment	306.57	276.9	306.57	296.68	306.57	296.68	306.57	306.57	296.68	306.57	296.68	306.57	3609.58
Exterior Equipment													
Fans	206.95	186.93	206.95	200.28	206.95	200.28	206.95	206.95	200.28	206.95	200.28	206.95	2436.71
Pumps													
Heat Rejection													
Humidification													
Heat Recovery													
Water Systems													
Refrigeration													
Generators													
Total	796.84	753.64	756.52	566.25	638.8	924.69	1300.79	1302.65	919.69	571.8	556.03	664.58	9752.27

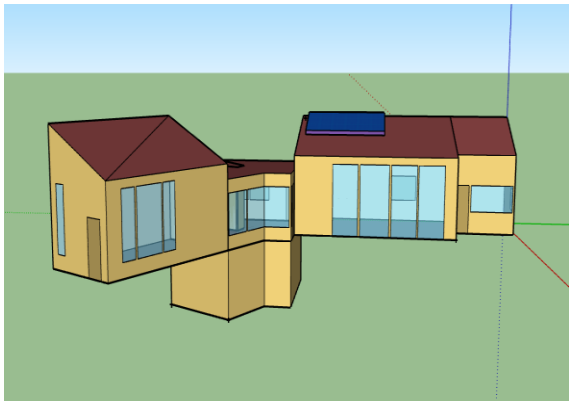
Πίνακας 50 : Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενεργείας σε kWh της αναβαθμισμένης κατοικίας του Νέου Χωριού.

Υπολογίζεται το συνολικό ποσό ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται σε kWh κάθε μήνα από τα εσωτερικά φώτα, τις ηλεκτρικές συσκευές και του συστήματος θέρμανσης και ψύξης. Η κοινή μέση κατανάλωση κατά την διάρκεια του χρόνου ανέρχεται στις 813 kWh, ενώ η συνολική ετήσια κατανάλωση στις 9752 kWh .

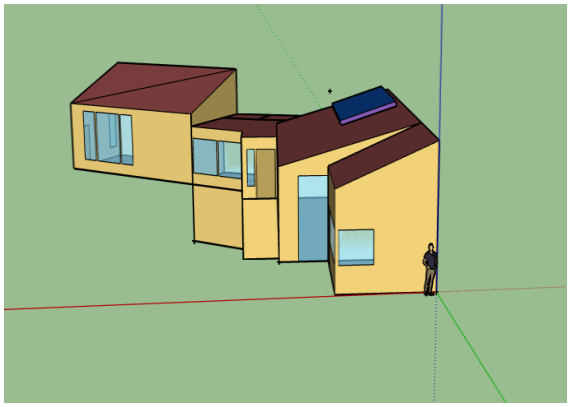
Συγκριτικά με την αρχική συνθήκη της κατοικίας το ποσοστό βελτίωσης ανέρχεται στο 37%. Επιπλέον λαμβάνοντας υπόψη την συνεισφορά των Φ/Β συστημάτων στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μπορούν να καλυφθούν 5964 kWh ετησίως.

9.4. Διεθνές Διδακτικό & Ερευνητικό κέντρο Δραπάνου

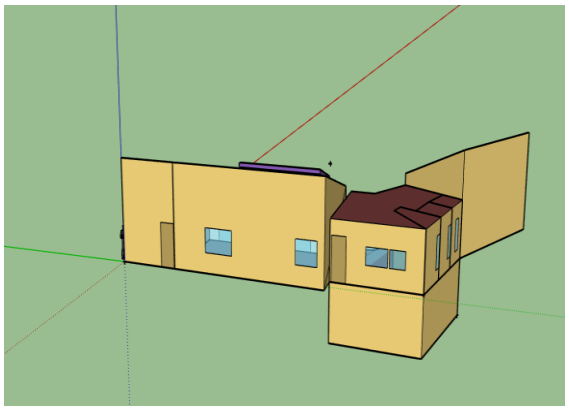
Το κτίριο εκτείνεται σε άξονα βορειοανατολικό με προσανατολισμό ανατολικό. Η βασική είσοδος βρίσκεται στον χώρο της υποδοχής, η οποία διαθέτει μία είσοδο στην βόρεια πλευρά, καθώς και μία είσοδο και ένα παράθυρο μεγάλου μήκους στην νότια πλευρά του χώρου που επιτρέπει την διέλευση έμμεσου ηλιακού φωτός. Ο χώρος των γραφείων βρίσκεται στην βορειοανατολική πλευρά του κτίσματος και αποτελείται από τέσσερις τζαμόπορτες με νότιο προσανατολισμό, προσδίδοντας καλό αερισμό, συστηματικό φωτισμό και θέρμανση, που είναι απαραίτητη τους χειμερινούς μήνες, μία με ανατολικό καθώς και δύο παράθυρα μεσαίου μεγέθους με βόρειο προσανατολισμό, τα οποία συμβάλλουν στον δροσισμό χωρίς να ψύχουν τον χώρο λόγω του περιορισμένου μεγέθους τους. Ο χώρος της κουζίνας διαθέτει εξίσου τρία παράθυρα μεγάλου μεγέθους με νότιο προσανατολισμό, τα οποία παρέχουν εξίσου αρκετό φωτισμό, ένα μεσαίου μεγέθους, μία είσοδο με ανατολικό προσανατολισμό και δύο παράθυρα μικρότερου μεγέθους με βόρειο, που προσδίδουν επίσης παραπάνω δροσισμό στον χώρο ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες. Στην βορειοδυτική πλευρά της κουζίνας βρίσκονται τρία wc όπου το καθένα διαθέτει ένα παράθυρο μεγάλου μεγέθους, γεγονός που παρέχει τόσο δροσιά και εξαερισμό των χώρων όσο και φως. Η αίθουσα πολλαπλών χρήσεων διαθέτει μία είσοδο και ένα παράθυρο μεγάλου μεγέθους στην νότιο ανατολική πλευρά καθώς και τρεις τζαμόπορτες στην ανατολική πλευρά οι οποίες φωτίζουν την αίθουσα χωρίς να την θερμαίνουν τους καλοκαιρινούς μήνες καθώς οι ηλιακές ακτίνες έχουν μικρότερη κλίση. Τέλος, στο υπόγειο βρίσκεται ένας επιπλέον μικρός εργασιακός χώρος ο οποίος έχει βορειοανατολικό προσανατολισμό, γεγονός που συμβάλλει στην διατήρηση του δροσισμού του. Συνοψίζοντας, τόσο η συνολική διαρρύθμιση του κτιρίου όσο και των κουφωμάτων μεμονωμένα είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική και αποδοτική όσον αφορά τα θερμικά και ψυχτικά φορτία που μπορούν να αξιοποιηθούν πλήρως από τις περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής. Παρόλα αυτά, προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου, είναι σημαντικό να προστεθούν θερμομονωτικά δομικά υλικά ιδιαίτερα στις βόρειες επιφάνειες, οι οποίες εκτίθενται σε έντονα καιρικά φαινόμενα κυρίως τους χειμερινούς μήνες.



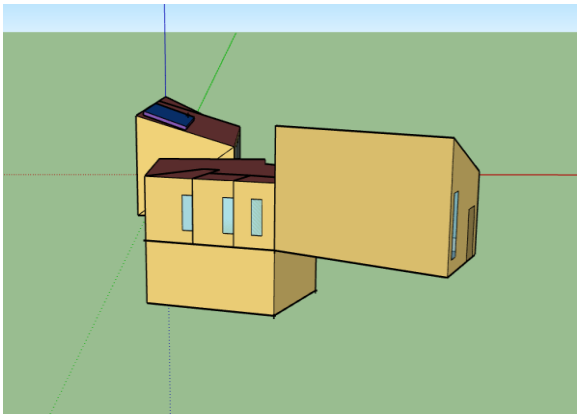
Εικόνα 72 : Απεικόνιση νότιας όψης του προσομοιωμένου κέντρου στον Δράπανο.



Εικόνα 71 : Απεικόνιση ανατολικής όψης του προσομοιωμένου κέντρου στον Δράπανο.



Εικόνα 74 : Απεικόνιση βόρειας όψης του προσομοιωμένου κέντρου στον Δράπανο.



Εικόνα 73 : Απεικόνιση βορειοδυτικής όψης του προσομοιωμένου κέντρου στον Δράπανο.

Δομικά υλικά - Κατασκευές

Το τρίτο σενάριο αφορά το διεθνές διδακτικό και ερευνητικό κέντρο στον οικισμό του Δραπάνου. Σε αυτήν την περίπτωση πραγματοποιήθηκε ολοκληρωτική αναβάθμιση του κελύφους, δηλαδή της εξωτερικής και εσωτερικής τοιχοποιίας, των δαπέδων καθώς και των οροφών. Προκειμένου να μονωθεί η εξωτερική τοιχοποιία του κτίσματος, εκτός του λιθόκτιστου τμήματος, και η εσωτερική τοιχοποιία ολόκληρης της κατασκευής, χρησιμοποιήθηκαν πλάκες από καλάμια μπαμπού οι οποίες έχουν την ικανότητα να αποτρέπουν την διείσδυση του αέρα προσδίδοντας ικανοποιητικές θερμομονωτικές ιδιότητες στην ήδη υπάρχουσα δόμηση. Για την μόνωση των δαπέδων έγινε προσθήκη από μαλλί προβάτου, ένα ελαφρύ ανακυκλώσιμο υλικό, το οποίο εξισορροπεί την υγρασία. Επιπλέον, προστέθηκε αφρός πολυουθεράνης στις οροφές που υπάρχει φυτοκάλυψη, ώστε να επιτευχθούν μεγαλύτερες αντοχές κατά της διάβρωσης και της υγρασίας. Στις υπόλοιπες οροφές έγινε επιπλέον χρήση ελαφρομπετόν που παρουσιάζει χαμηλή θερμοαγωγιμότητα. Τα υλικά δόμησης των κουφωμάτων παρέμειναν ίδια.

Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των χαρακτηριστικών των δομικών υλικών στους παρακάτω πίνακες με σειρά των στρώσεων από πάνω προς τα κάτω.

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Κεραμικά πλακίδια	0.070	2000	1.850	840.0
Μαλλί προβάτου	0.100	0.270	0.045	1000
Ασβεστοκονίαμα	0.300	1800	0.700	1000

Πίνακας 51 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής των δαπέδων. [57]

.

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Πηλοκονίαμα	0.035	1600	1.500	1700
Πλάκες από καλάμια	0.050	120.0	0.065	1200
Ωμόπλινθοι	0.350	1400	0.600	1000
Πηλοκονίαμα	0.035	1600	1.500	1700

Πίνακας 52 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της εσωτερικής τοιχοποιίας. [57]

Υλικό	Πάχος ($\boldsymbol{m}$)	Πυκνότητα ($\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}}$)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ($\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}}$)	Ειδική θερμοχωρητικότητα ($\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}}$)
Ασβεστοκονίαμα	0.300	1800	0.700	1000
Αχυρόμπαλες	0.450	200	0.050	1100
Πλάκες από καλάμια	0.050	120.0	0.065	1200
Πηλοκονίαμα	0.035	1600	1.500	1700
Κατεργασμένη ξυλεία	0.140	600	0.120	1600

Πίνακας 53 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας της αίθουσας πολλαπλών χρήσεων και των γραφείων. [57]

.

Υλικό	Πάχος ($\boldsymbol{m}$)	Πυκνότητα ($\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}}$)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ($\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}}$)	Ειδική θερμοχωρητικότητα ($\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}}$)
Πηλοκονίαμα	0.035	1600	1.500	1700
Λιθοδομή	0.350	2600	2.100	1000
Ασβεστοκονίαμα	0.300	1800	0.700	1000

Πίνακας 54 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας των επιμέρους τμημάτων του κτιρίου. [57]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Φυτά	0.200	1100	0.350	1200
Συμπαγές χώμα	0.350	1800	2.150	1950
Αφρός πολυουθεράνης	0.050	70.00	0.050	1500
Υπόστρωμα	0.150	270.0	0.700	1400
Φύλλα πολυαιθυλενίου	0.150	980.0	0.500	1800
Ασβεστοκονίαμα	0.300	1800	0.700	1000
Κατεργασμένη ξυλεία	0.140	600	0.120	1600

Πίνακας 55 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της οροφής αίθουσας πολλαπλών χρήσεων και κουζίνας. [57]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Φύλλα χαλκού	0.150	8900	380.0	380.0
Ελαφρομπετόν	0.050	400.0	0.110	1000
Κατεργασμένη ξυλεία	0.140	600.0	0.120	1600

Πίνακας 56 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών αναβαθμισμένης κατασκευής της οροφής των επιμέρους τμημάτων του κτιρίου.[57]

Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Θερμοπερατότητα $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m^2 \cdot K}})$
Holz	0.003	2.200

Πίνακας 57 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής του παραθύρου. [57]

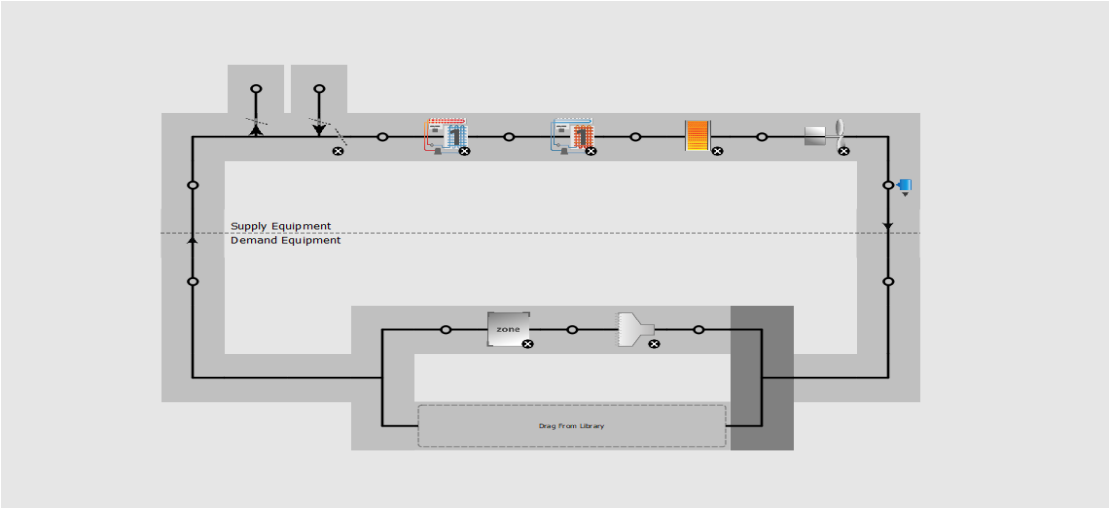
Υλικό	Πάχος $(\boldsymbol{m})$	Πυκνότητα $(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}})$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $(\frac{\boldsymbol{W}}{\boldsymbol{m \cdot K}})$	Ειδική θερμοχωρητικότητα $(\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg \cdot K}})$
Κατεργασμένη ξυλεία	0.140	600.0	0.120	1600

Πίνακας 58 : Τιμές χαρακτηριστικών των δομικών υλικών κατασκευής της πόρτας. [57]

Συστήματα Ψύξης - Θέρμανσης – Αερισμού

Η ψύξη και η θέρμανση της κατοικίας επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης αντλίας θερμότητας με απόδοση COP= 3 και COP= 5 ενεργειακής κλάσης A+++, στον χώρο των γραφείων, της αίθουσας πολλαπλών χρήσεων και του υπογείου.

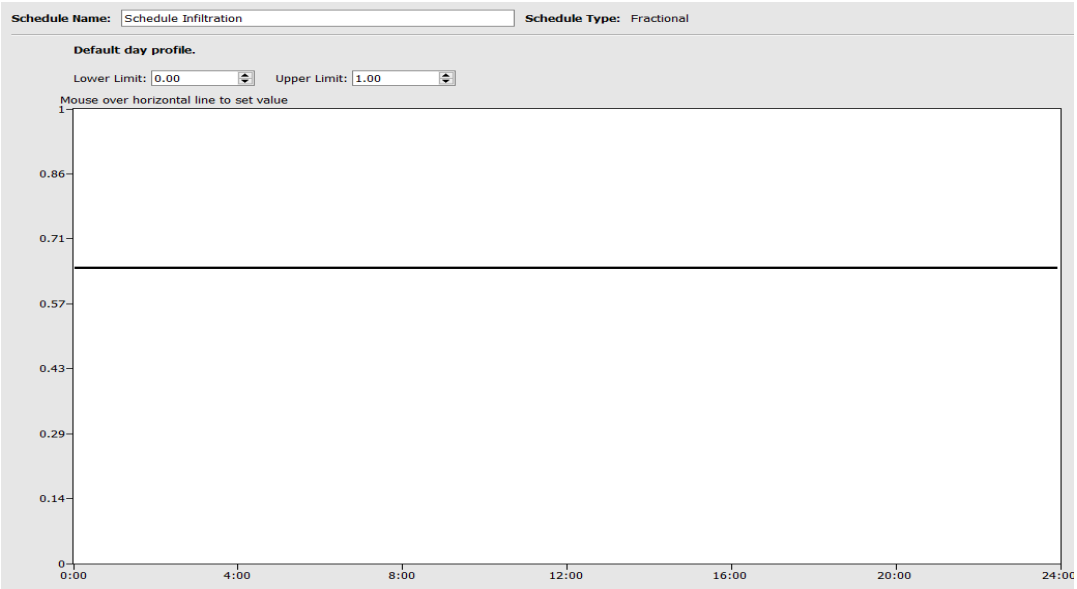
Ακολουθεί η διάταξη Open-Studio συστήματος αντλίας θερμότητας αέρα-αέρα για έναν από τους χώρους του κέντρου. Αντίστοιχη διάταξη έγινε και για τους υπόλοιπους χώρους.



Εικόνα 75 : Διάταξη Packaged Rooftop Heat Pump 3.

Χρονοδιαγράμματα

Έγιναν τροποποιήσεις στο Schedule infiltration με αλλαγές αέρα ανά ώρα 0.65 ach.



Εικόνα 76 : Schedule infiltration 4.

Ηλεκτρικά φορτία

Έγινε αναβάθμιση των φορτίων με την χρήση νέων λαμπτήρων LED σε κάθε χώρο κατανάλωσης 16.6 W έκαστος.

Διεθνές Διδακτικό & Ερευνητικό Κέντρο Δραπάνου	
Lights_Definition	Κατανάλωση για φώτα (W) 300
Electric_Equipment_Definition	Κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών (W) 2870

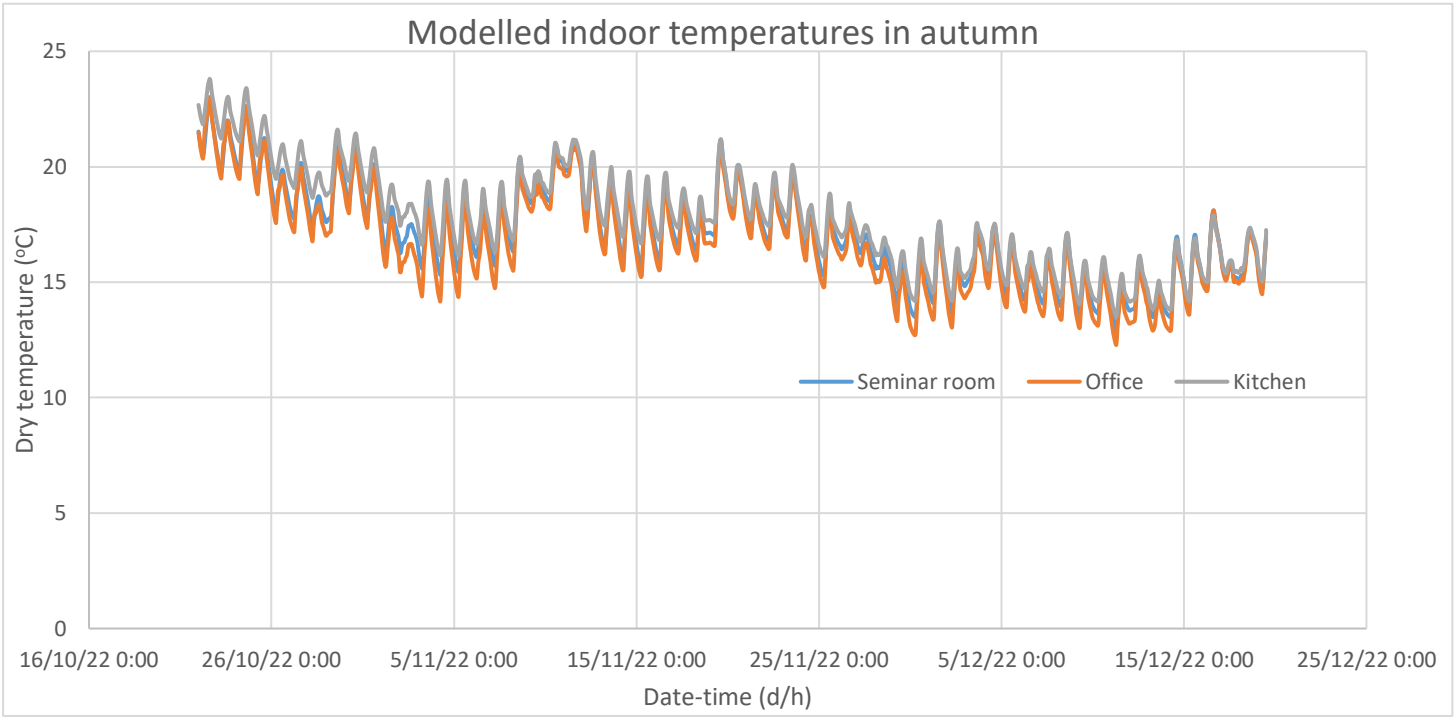
Πίνακας 59 : Αναβάθμιση ηλεκτρικών φορτίων Loads του κέντρου Δραπάνου.

Συγκεκριμένα έγινε χρήση των παρακάτω ηλεκτρικών συσκευών :

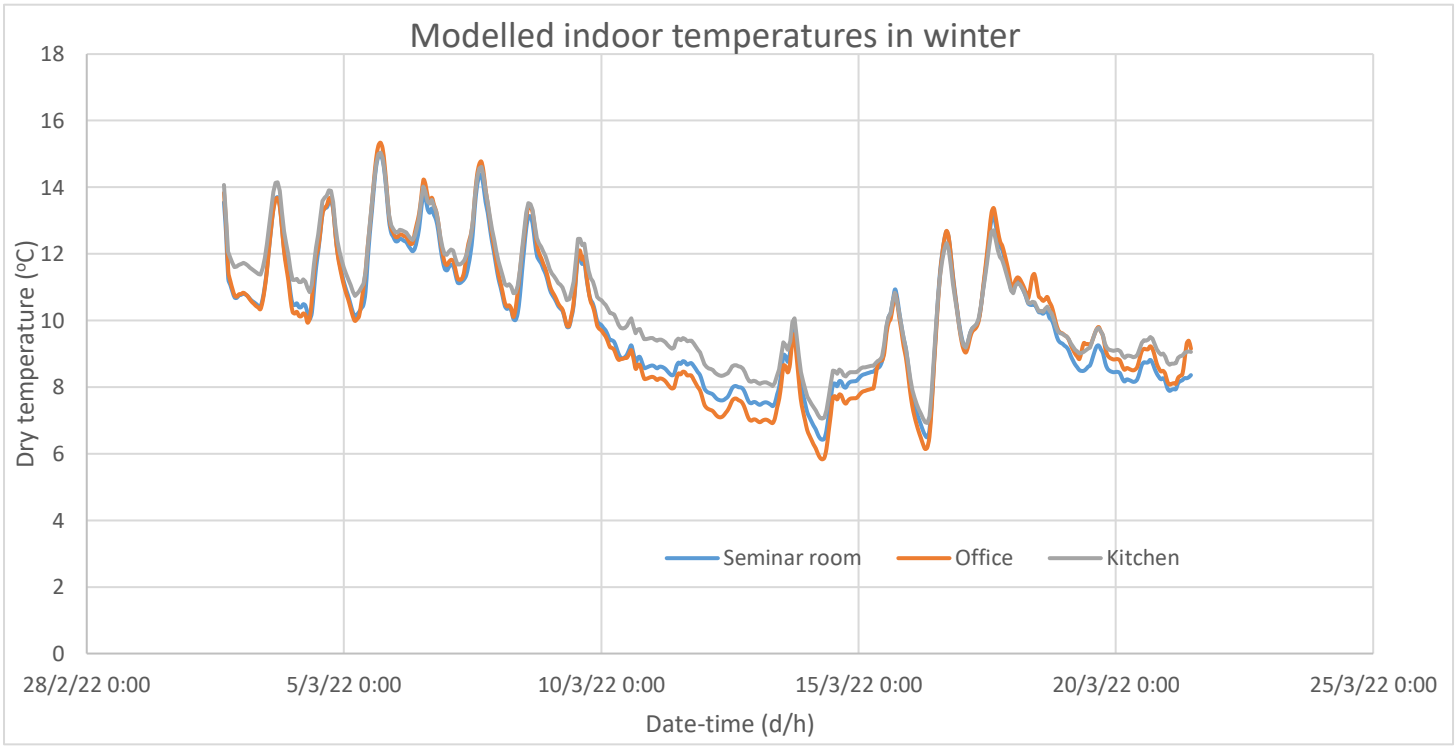
- Ψυγείο κατανάλωσης 170 W με προσόντα Energy Star για την αποδοτικότητά του και την εξοικονόμηση ενέργειας, φωτισμός LED, Eco control για τη ρύθμιση της κατανάλωσης ενέργειας.

- Πλυντήριο πιάτων κατανάλωσης 1200 W.

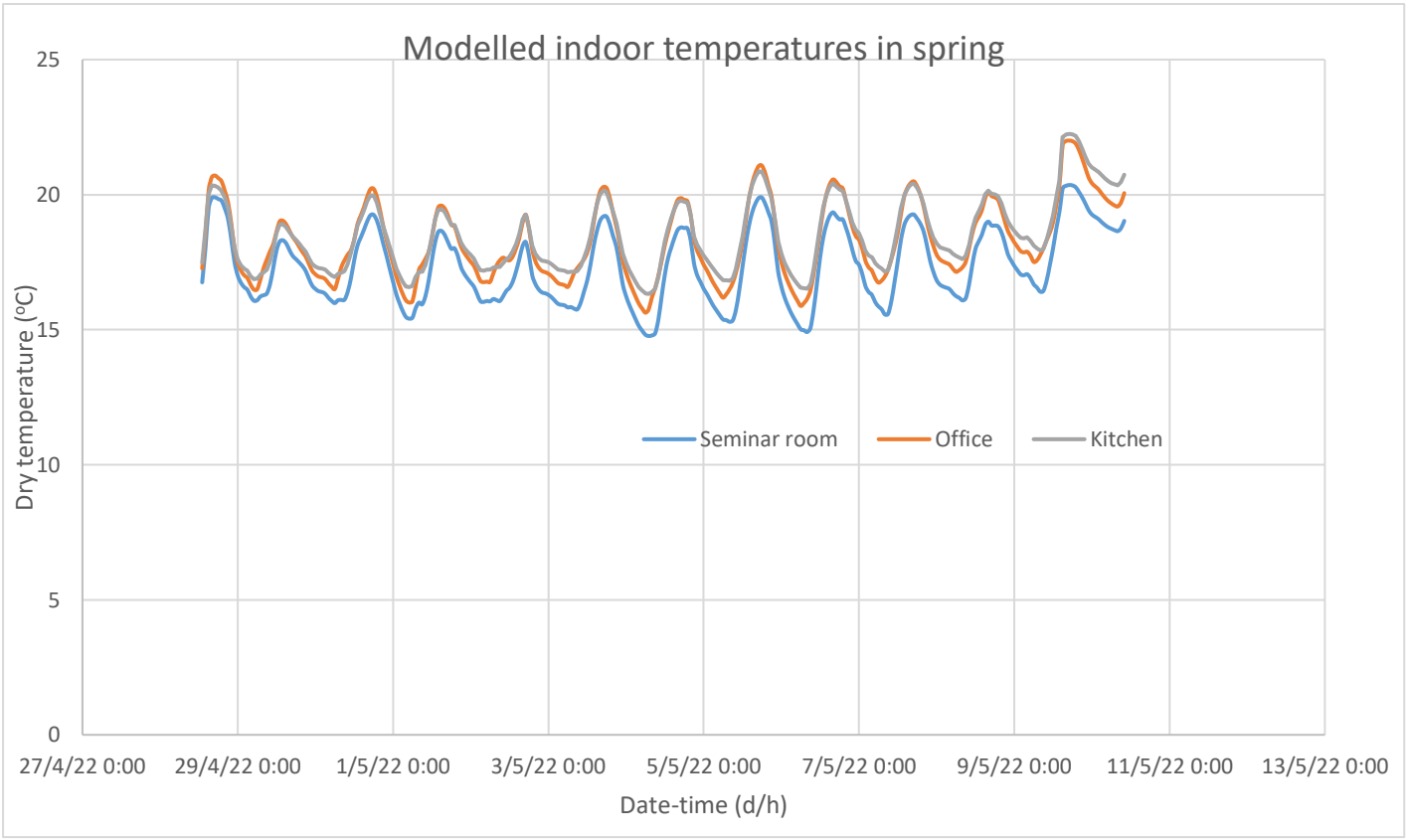
- Επιπλέον εξοπλισμός γραφείου 1500 W



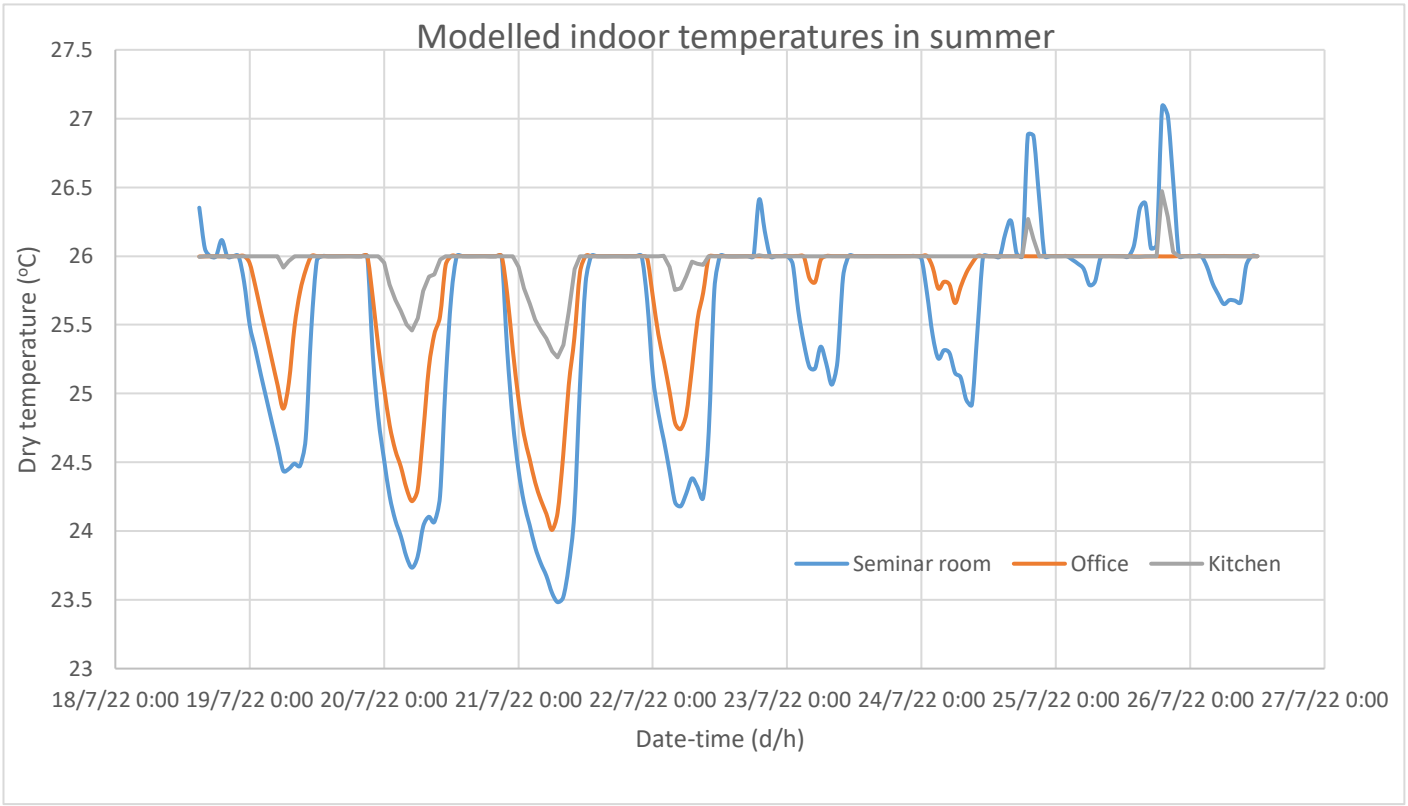
Διάγραμμα 58 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την φθινοπωρινή περίοδο 6.



Διάγραμμα 57 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την χειμερινή περίοδο 6.



Διάγραμμα 60 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την ανοιξιάτικη περίοδο 6.



Διάγραμμα 59 : Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εσωτερικών χώρων την καλοκαιρινή περίοδο 6.

Στα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάζονται οι μεταβολές της θερμοκρασίας κάθε χώρου του ανανεωμένου κέντρου. Παρατηρείται ότι κατά την διάρκεια του φθινοπώρου, του χειμώνα και της άνοιξης, οι θερμοκρασίες δεν παρουσιάζουν σημαντικές αλλαγές καθώς δόθηκε έμφαση στην περίοδο του καλοκαιριού, όπου το κέντρο τίθεται σε λειτουργεία. Τους καλοκαιρινούς μήνες, η θερμοκρασία όλων των θερμικών ζωνών κυμαίνεται μεταξύ 25.5 ℃ και 27 ℃. Η θερμική ζώνη της αίθουσας πολλαπλών χρήσεων παρουσιάζει υψηλότερες θερμοκρασίες κατά τους θερινούς μήνες, γεγονός που οφείλεται στο νότιο προσανατολισμό των ανοιγμάτων, καθώς και το μεγάλο μέγεθος αυτών που επιτρέπει την διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την διάρκεια της ημέρας. Συνεπώς, ο χώρος αυτός είναι επιρρεπής στην υπερθέρμανση του αλλά λόγω της ύπαρξης συστήματος ψύξης το φαινόμενο αυτό παρεμποδίζεται. Αντιθέτως, η θερμική ζώνη των γραφείων παρουσιάζει τις χαμηλότερες τιμές θερμοκρασίας κατά την διάρκεια όλων των εποχών λόγω του δυτικού προσανατολισμού των ανοιγμάτων του, τα οποία δέχονται ηλιακό φωτισμό μόνο για μερικές ώρες του απογεύματος. Ωστόσο, το σύστημα θέρμανσης εξισορροπεί την θερμοκρασία των χώρων προσφέροντας την ιδανική θερμότητα. Συμπερασματικά, το κτίριο παρέχει ιδανικές συνθήκες εργασίας στους χρήστες του, φαινόμενο που οφείλεται στον συνδυασμό προσθήκης ενδεδειγμένων υλικών θερμομόνωσης και ενεργειακά αποδοτικού συστήματος θέρμανσης και ψύξης. Επιπροσθέτως, το Φ/Β σύστημα που προϋπάρχει μπορεί να προσφέρει σκίαση συμβάλλοντας ως ένα βαθμό στην παρεμπόδιση αύξησης της θερμοκρασίας.

Electricity Consumption (kWh) - view table

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating			0.01	0.01	0.09	0.07	0.0	0.0	0.06	0.06	0.07	0.03	0.38
Cooling	0.04	0.13	0.21	0.15	20.67	331.05	712.25	805.21	263.65	0.4	0.4	0.33	2134.48
Interior Lighting					41.43	119.69	119.69	124.29	96.67				501.78
Exterior Lighting													
Interior Equipment	54.71	49.42	54.71	52.95	169.88	385.66	387.42	400.22	321.67	54.71	52.95	54.71	2039.0
Exterior Equipment													
Fans	191.51	172.98	191.51	185.34	191.51	185.34	191.51	191.51	185.34	191.51	185.34	191.51	2254.91
Pumps													
Heat Rejection													
Humidification													
Heat Recovery													
Water Systems													
Refrigeration													
Generators													
Total	246.26	222.52	246.45	238.44	423.58	1021.8	1410.87	1521.23	867.39	246.68	238.75	246.58	6930.55

Πίνακας 60 : Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενεργείας σε kWh του αναβαθμισμένου κέντρου του Δραπάνου.

.

Παραπάνω παρουσιάζεται το συνολικό ποσό ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται σε kWh κάθε μήνα από τα εσωτερικά φώτα, τις ηλεκτρικές συσκευές και το σύστημα θέρμανσης και ψύξης. Η κοινή μέση κατανάλωση κατά την διάρκεια του χρόνου ανέρχεται στις 577 kWh, ενώ η συνολική ετήσια κατανάλωση στις 6931 kWh. Έτσι το κτίριο θεωρείται ενεργειακά αποδοτικότερο, ενώ ταυτόχρονα έχει προστεθεί σύστημα θέρμανσης και ψύξης προσδίδοντας θερμική άνεση στους χρήστες. Συγκριτικά με την αρχική συνθήκη το ποσοστό βελτίωσης ανέρχεται στο 28%.

10. ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO_2

Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή κάθε σεναρίου όσον αφορά τις εκπομπές CO_2, δεδομένου της ενέργειας που παράγεται σε κάθε ένα από αυτά. Βιβλιογραφικά, βρέθηκαν τυπικές τιμές εκπομπής CO_2 για κάθε πηγή ενέργειας. Βασιζόμενοι στον ΚΕΝΑΚ και τις οδηγίες ΤΕΕ, οι συντελεστές εκπομπών CO_2 φαίνονται στον ακόλουθο Πίνακα.

Πηγή ενέργειας	**Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kg CO_2/kWh)**
Ηλεκτρική ενέργεια	0.989
Υγραέριο	0.238
Φυσικό αέριο	0.196
Πετρέλαιο θέρμανσης	0.264
Τηλεθέρμανση από Α.Π.Ε	0.500

Πίνακας 61 : Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kg CO_2/kwh). [56]

Ακολουθεί ανάλυση των εκπομπών CO_2 που προέρχονται από ποικίλες πηγές ενέργειας στην Κρήτη, συμπεριλαμβανομένων τον νομό των Χανίων για το έτος 2022.

Το πετρέλαιο αποτελεί κυρίαρχη πηγή εκπομπών CO_2 στο νησί της Κρήτης, αλλά και στον ευρύτερο ελληνικό ενεργειακό τομέα, γεγονός που οφείλεται στην αυξημένη παγκόσμια κίνηση και ανάκαμψη των οικονομικών δραστηριοτήτων κατόπιν πανδημίας. Το φυσικό αέριο εκπέμπει λιγότερες εκπομπές CO_2 σε σύγκριση με το πετρέλαιο και η χρήση του στην Κρήτη είναι λιγότερο διαδεδομένη. Ομοίως η χρήση άνθρακα είναι χαμηλή σε σύγκριση με το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Ωστόσο σε εθνικό επίπεδο, η χρήση του παρουσιάζει ελαφριά αύξηση, συμβάλλοντας στις εκπομπές CO_2, αν και αυτό έχει λιγότερη σημαντικότητα στην Κρήτη συγκριτικά με τον υπόλοιπο Ελλαδικό χώρο. Σύμφωνα με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, η Κρήτη παρουσιάζει αυξημένη χρήση σε αυτές, συμπεριλαμβανομένων των αιολικών και ηλιακών σταθμών. Η χρήση των ΑΠΕ αποτελεί κύριο στόχο της ευρύτερης στρατηγικής της Ελλάδας προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές άνθρακα καθώς και να καταπολεμηθεί η κλιματική αλλαγή. [58]

Συνοπτικά, τα εκτιμώμενα ποσοστά εκπομπών CO_2 για το έτος 2022, βασιζόμενοι στο τυπικό ενεργειακό μείγμα καθώς και τα προφίλ εκπομπών για περιοχές όπως το νησί της Κρήτης, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα :

Πηγή ενέργειας	**Συντελεστές εκπομπών CO_2 για το έτος 2022**
Ηλεκτρική ενέργεια	0.30
Φυσικό αέριο	0.15
Πετρέλαιο θέρμανσης	0.75
Τηλεθέρμανση από Α.Π.Ε	0.05

Πίνακας 62 : Πίνακας 61 : Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kg CO2/kwh). [58]

Κατοικία Βαφές

Καθώς η μόνη πηγή ενέργειας είναι η ηλεκτρική, η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται στις 4350 kWh που αντιστοιχούν σε 1291 kg CO_2 ή 14.50 kg/m^2. Σύμφωνα με το αναβαθμισμένο σενάριο, οι ενεργειακές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχονται στις 2851 kWh που αντιστοιχούν σε 846 kg ή 9.50 kg/m^2.

Κατοικία Νέου Χωριού

Οι ενεργειακές απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχονται στις 12846 kWh, που αντιστοιχούν σε 3811 kg ή 30.50 kg/m^2. Παράλληλα, χρησιμοποιείται φυσικό αέριο για λειτουργεία σόμπας. Η ενέργεια που καταναλώνεται ανέρχεται στις 2731 kWh. Έπειτα από αναγωγή, βασιζόμενοι στους παραπάνω πίνακες, προκύπτει ότι οι εκπομπές CO_2 από το φυσικό αέριο ισούνται με 80 kg ή 0.64 kg/m^2. Συνολικά, οι εκπομπές σε CO_2 ανέρχονται στα 3891 kg ή 31.14 kg/m^2.

Στο αναβαθμισμένο σενάριο οι ενεργειακές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχονται στις 9752 kWh που αντιστοιχούν σε 2893 kg CO_2 ή 23.14 kg/m^2.
Επίσης γίνεται χρήση Φ/Β συστημάτων που η συνολική κατανάλωση τους ανέρχεται στις 5964 kWh ετησίως. Έπειτα από αναγωγή, οι εκπομπές που προκύπτουν από Τηλεθέρμανση Α.Π.Ε αντιστοιχούν σε 149 kg CO_2 ή 1.19 kg/m^2. Συνολικά προκύπτουν 3042 kg CO ή 24.33 kg/m^2.

Διεθνές Διδακτικό & Ερευνητικό κέντρο Δραπάνου

Η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται στις 9697 kWh που αντιστοιχούν σε 2877 kg CO_2 ή 8.28 kg/m^2. Η συνολική κατανάλωση από Φ/Β ανέρχεται στις 8011 kWh ετησίως. Έπειτα από αναγωγή, οι εκπομπές που προκύπτουν από Τηλεθέρμανση Α.Π.Ε αντιστοιχούν σε 200 kg CO_2 ή 0.57 kg/m^2. Συνολικά προκύπτουν 3077 kg CO_2 ή 8.85 kg/m^2.

Αντίστοιχα, στο αναβαθμισμένο σενάριο, οι ενεργειακές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχονται στις 6931 kWh που αντιστοιχούν σε 2056 kg CO2 ή 5.91 kg/m^2. Η συνολική κατανάλωση από Φ/Β ανέρχεται ομοίως στις 8011 kWh. Συνολικά προκύπτουν 2256 kg CO2 ή 6.49 kg/m^2.

Ακολουθεί συνοπτικός πίνακας των εκπομπών CO_2.

Βασικό Σενάριο	**Εκπομπές CO_2 (kg/m^2)**
Βαφές	14.50
Νέο Χωριό	31.14
Δράπανος	8.85
Αναβαθμισμένο σενάριο	
Βαφές	9.50
Νέο Χωριό	24.33
Δράπανος	6.49

Πίνακας 63 : Εκπομπές CO_2 κάθε σεναρίου.

11. ΣΥΜΠΕΡΆΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

Κατόπιν παρακολούθησης των τριών κτιρίων, παρατηρείται ότι οι τιμές του συντελεστή συσχέτισης είναι περισσότερο ικανοποιητικές στην περίπτωση του κτιρίου στον Δράπανο και λιγότερο σε αυτές των κατοικιών, όπου φαίνεται να προκύπτουν έντονες αποκλίσεις ειδικά την περίοδο της άνοιξης και του φθινοπώρου. Αυτό προκύπτει διότι τα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή, καθώς και τα γεωμορφολογικά στοιχεία του κτιρίου στον Δράπανο είναι πιο αποδοτικά συγκριτικά με τις άλλες περιπτώσεις. Ακόμα, σημαντικό ρόλο στις χαμηλές τιμές του συντελεστή συσχέτισης στην περίπτωση των κατοικιών στο Βαφέ και το Νέο Χωρίο διαδραματίζουν οι πιθανές θερμικές μάζες που εκλύονται από τα έπιπλα, την τοιχοποιία και το δάπεδο, πιθανά απρόβλεπτα φυσικά φαινόμενα που υπήρξαν κατά την διάρκεια που λήφθηκαν οι μετρήσεις καθώς και το γεγονός της κατοίκησης στην οικεία του Νέου Χωριού. Σύμφωνα με την ενεργειακή αναβάθμιση που απαιτείται σε κάθε κτίριο, παρατηρείται ότι στην περίπτωση του Βαφέ οι θερμικές ζώνες της κουζίνας και του υπνοδωματίου, παρουσιάζουν τόσο αρκετά υψηλές όσο και χαμηλές τιμές, γεγονός που κρίνει δύσκολη την διαμονή στην οικεία. Έτσι οι συνολικές εκπομπές σε CO_2 ανέρχονται στα 14.50 kg/m^2. Συνεπώς γίνεται αναβάθμιση του κελύφους, με κύρια έμφαση στην οροφή και το δάπεδο, ενώ ταυτόχρονα έγιναν μικρές αλλαγές στην μόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας. Επιπλέον, προστέθηκε αντλία θερμότητας με απόδοση COP=3 και COP=5 και ενεργειακής κλάσης A+++ στον χώρο του καθιστικού, του υπνοδωματίου και της κουζίνας και έγινε δεντροφύτευση δύο φυλλοβόλων δέντρων στην νοτιοανατολική και νοτιοδυτική πλευρά του κτίσματος. Πραγματοποιήθηκε αναβάθμιση των φορτίων και ανανεώθηκαν οι ηλεκτρικές συσκευές με νέες μεγαλύτερης ενεργειακής απόδοσης, καθώς και τροποποιήθηκε ο αερισμός του κτιρίου στα 0.71 ach. Συνεπώς, τα αποτελέσματα των θερμοκρασιών που φαίνονται κυμαίνονται πλέον σε φυσιολογικά όρια, το ποσοστό βελτίωσης συγκριτικά με την αρχική συνθήκη της κατοικίας ανέρχεται στο 35%, ενώ οι εκπομπές σε CO_2 μειώνονται στα 9.50 kg/m^2. Η οικεία στο Νέο Χωριό παρουσιάζει μη ιδανικές θερμοκρασιακές συνθήκες κατά την διάρκεια του χρόνου καθώς παρατηρείται υπερθέρμανση τους καλοκαιρινούς μήνες και έντονο ψύχος τους χειμερινούς. Ιδιαίτερη παρέμβαση χρήζουν οι θερμικές ζώνες του παιδικού υπνοδωματίου και του καθιστικού. Επιπλέον, ο χώρος του καθιστικού διαθέτει μία σόμπα που διευκολύνει την θερμική άνεση των ατόμων. Επίσης οι εκπομπές σε CO_2 ανέρχονται στα 31.14 kg/m^2. Έτσι, έγινε αναβάθμιση του κελύφους με κύρια έμφαση στην εξωτερική τοιχοποιία, την οροφή και το δάπεδο, καθώς και χρήση αντλίας θερμότητας με απόδοση COP=3 και COP=5 ενεργειακής κλάσης A+++ στον χώρο της κουζίνας, του καθιστικού, του κύριου υπνοδωματίου, του παιδικού υπνοδωματίου και του επιπλέον υπνοδωματίου. Ακόμα, έγινε τοποθέτηση Φ/Β στην οροφή του κτίσματος και χρήση τριπλών υαλοπινάκων, ενώ ομοίως τροποποιήθηκε ο αερισμός στα 0.71 ach. Συνεπώς, οι θερμοκρασίες που καταγράφονται είναι σε ιδανικά πλαίσια προσφέροντας θερμική άνεση στους κατοίκους. Το ποσοστό βελτίωσης ανέρχεται στο 37%, ενώ οι εκπομπές σε CO_2 μειώνονται στα 24.33 kg/m^2. Τέλος, στην περίπτωση του Δραπάνου πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή ενεργειακής αναβάθμισης στις θερμικές ζώνες των γραφείων και της αίθουσας πολλαπλών χρήσεων καθώς αποτελούν χώρους κύριας χρήσης, ενώ λιγότερη αλλά εξίσου σημαντική αναβάθμιση στους υπόλοιπους χώρους. Το κτίριο διαθέτει Φ/Β σύστημα, καθώς και δύο πράσινες οροφές που συμβάλουν ιδιαίτερα στην ενεργειακή του απόδοση. Με βάση την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται οι εκπομπές σε CO_2 ισούνται με 8.85 kg/m^2.

Παρόλα αυτά, προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η ενεργειακή του κατανάλωση, πραγματοποιήθηκε ολοκληρωτική αναβάθμιση του κελύφους, δηλαδή της εξωτερικής και εσωτερικής τοιχοποιίας, των δαπέδων καθώς και των οροφών. Η ψύξη και η θέρμανση της κατοικίας επιτυγχάνεται ομοίως μέσω της χρήσης αντλίας θερμότητας με απόδοση COP= 3 και COP= 5 ενεργειακής κλάσης A+++ στον χώρο των γραφείων, της αίθουσας πολλαπλών χρήσεων και του υπογείου, ενώ τροποποιήθηκε εξίσου ο αερισμός στα 0.67 ach. Το ποσοστό βελτίωσης σε αυτήν την περίπτωση ανέρχεται στο 28% ενώ οι εκπομπές μειώνονται στα 6.49 kg/m^2CO_2.

Όσον αφορά επιπρόσθετες προτάσεις μελλοντικής έρευνας, που σχετίζονται με την βιοκλιματική αρχιτεκτονική και την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων που μελετώνται, είναι αρχικά η χρήση ενεργειακού γυαλιού νέας γενιάς Low-E. Πρόκειται για ένα είδος διάφανου γυαλιού που η μία του πλευρά αποτελείται από επίστρωση μικροσκοπικών μεταλλικών οξειδίων. Συνεπώς, εμποδίζεται η μεταφορά της θερμότητας από τους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον και αντίστροφα. Επιπλέον, αποδοτική ενεργειακή αναβάθμιση είναι η εγκατάσταση αισθητήρων κίνησης οι οποίοι λειτουργούν μόνο στη περίπτωση ανίχνευσης κίνησης του ατόμου στον εκάστοτε χώρο και για χρονικό διάστημα που έχει προκαθοριστεί. Η εγκατάσταση τους γίνεται μέσω καλωδίωσης με το σύστημα ηλεκτρικής παροχής και απαιτείται η διάνοιξη τοίχου ή οροφής. Η εφαρμογή αυτής ενδείκνυται κυρίως σε χώρους όπου η χρήση τους είναι διακοπτόμενη και απρόβλεπτη. Όσον αφορά τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, το παθητικό σύστημα της ηλιοθερμίας αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που μέσω της αξιοποίησης του ήλιου παρέχεται θέρμανση στους χώρους και ζεστό νερό χρήσης. Το σύστημα αυτό αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες, μια δεξαμενή αποθήκευσης του ζεστού νερού χρήσης, μία αποθήκευσης ζεστού νερού για θερμαντικούς σκοπούς και ένα σύστημα αυτοματισμού της εγκατάστασης. Στην περίπτωση της οικείας του Νέο Χωριού, η ιδανική επιλογή είναι οι επίπεδοι επιλεκτικοί συλλέκτες με μεγαλύτερη απόδοση στη κάλυψη των αναγκών που προαναφέρθηκαν. Αντίστοιχα, στις περιπτώσεις της οικείας στο Βαφέ και του ερευνητικού και διδακτικού κέντρου στον Δράπανο, επιλέγονται οι συλλέκτες κενού που παρουσιάζουν την μέγιστη απόδοση και χρησιμοποιούνται για θέρμανση και κλιματισμό του χώρου. Επιπλέον ωφέλιμη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας είναι τα φωτοβολταΪκά σκίαστρα όπου τα πλαίσια τους έχουν μορφή σταθερών ή κινητών περσίδων. Έτσι, πραγματοποιούνται δύο ταυτόχρονες διαδικασίες, η προστασία του κτιρίου από τον ήλιο και η παράλληλη απορρόφηση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας. Αποτελεσματικότερη είναι η εφαρμογή τους σε περιπτώσεις μεγάλων ανοιγμάτων νότιου προσανατολισμού, γεγονός που εμφανίζεται έντονα στην περίπτωση του κτιρίου στον Δράπανο. Τέλος, η εφαρμογή πράσινων προσόψεων συμβάλει τόσο στην αισθητική βελτίωση του κτιρίου όσο και στην ηχομόνωση και θερμομόνωση του. Η κατασκευή αυτή αποτελείται από σειρές κυψελών οι οποίες στηρίζονται σε ειδικό πλαίσιο και περιέχουν στρώματα αειθαλούς βλάστησης. Μέσω των πυκνών φυλλωμάτων των φυτών επιτυγχάνεται η μείωση της ροής του ανέμου καθώς και της διαπερατότητας του άμεσου ηλιακού φωτός, ενώ ταυτόχρονα πραγματοποιείται δροσισμός του θερμού αέρα μέσω της εξάτμισης του νερού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΤΥΧΙΑΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ & ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ :

[1] Α. ΒΑΓΓΕΛΑΚΟΣ, “ΕΝΤΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΜΕΓΑΛΩΝ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ”,” ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ – ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔ[ΕΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2008.

[2] Α. Ζ. ΧΑΤΖΗΕΥΑΓΓΕΛΟΥ, “ΟΦΕΛΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΞΑΝΘΗΣ,” ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2022.

[3] Α. ΚΑΡΑΒΑΡΙΩΤΗ, “ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΩΜΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΥΓΡΑΣΙΑ,” ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ Δ.Π.Μ.Σ.«ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟ, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2012.

[4] Α.Μ. ΣΙΓΟΥΝΗ, “ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΜΕ ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΝΕΣ ΑΠΟ ΦΥΚΙΑ POSIDONIA OCEANICA,” ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2018.

[5] Α. Π. ΓΚΙΚΑΣ, “ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΠΛΙΝΘΙΝΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ,” ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΑΘΗΝΑ, 2020.

[6] Α. ΣΑΝΔΑΛΑΚΗΣ, “ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΟΙΝΩΝ ΑΡΧΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΟΙΚΙΣΤΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ,” ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ, ΑΘΗΝΑ, 2014.

[7] Γ. ΛΙΒΑΣ, “ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΤΗΡΙΟΥ ΜΕ ΗΛΙΑΚΑ ΥΠΟΒΟΗΘΟΥΜΕΝΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΨΥΚΤΙΚΟ ΜΕΣΟ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ,” ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΑΘΗΝΑ, 2021.

[8] Δ. ΚΑΔΑ, “ΚΤΗΡΙΑ ΑΠΟ ΠΗΛΟ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ: ΔΙΔΑΓΜΑΤΑ ΚΤΗΡΙΑΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ,” ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΧΑΝΙΑ, 2021.

[9] ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ, ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.

[10] Ε. ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ & Ι. ΚΑΓΙΑ, Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ, ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΊΑ ‘’ΣΠΙΤΙ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ’’, ΑΘΗΝΑ, 2013.

[11] Ε. ΣΧΟΙΝΑ, “ΦΥΣΙΚΑ ΠΑΝΕΛ ΔΟΜΗΣΗΣ ΜΕ ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ,” ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟΥ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ, ΣΥΡΟΣ, 2018.

[12] ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.) «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ», ΑΘΗΝΑ, 2017.

[13] Ε. ΛΕΦΑΚΗ, “«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ»,” ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ, ΧΙΟΣ, 2022.

[14] Ε. ΣΑΒΒΙΔΗΣ & Θ.ΜΠΑΛΤΖΗΣ, “ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ,” ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, Τ.Ε.Ι. ΣΕΡΡΩΝ ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ, ΣΕΡΡΕΣ, 2012.

[15] Ι. ΟΙΚΟΝΟΜΙΔΗ , ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΔΙΚΤΥΩΝ ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΔΗΜΟΣΙΩΝ Έ ΡΓΩΝ ΓΡΑΦΕΙΟ ΓΕΝ. ΓΡΑΜΜΑΤΕΑ, ‘’ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΦΥΤΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΦΥΤΕΜΕΝΩΝ ΔΩΜΑΤΩΝ/ΣΤΕΓΩΝ’’, ΑΡΙΘ. ΠΡΩΤ: 5397, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2011.

[16] Ι. ΣΙΔΕΡΗ, “ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΣΤΕΓΩΝ,” ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΤΕΙ) ΚΡΗΤΗΣ, ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΧΑΝΙΑ, 2010.

[17] Ι. ΧΑΡΑΛΑΜΠΑΚΗ, “‘ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΚΑΙ ΕΥΡΕΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΓΙΑ ΨΕΥΔΟΑΔΙΑΒΑΤΙΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΤΥΠΙΚΟ ΜΗΝΑ ΜΑΡΤΙΟ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ.,’” ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ, ΑΘΗΝΑ, 2011.

[18] Κ. Α. ΜΠΑΛΑΣΑΣ, “«ΠΗΛΟΣ & ΩΜΟΠΛΙΝΘΟΙ ΩΣ ΥΛΙΚΑ ΔΟΜΗΣ. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΩΜΟΠΛΙΝΘΟΚΤΙΣΤΩΝ ΟΙΚΙΣΜΩΝ. ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΩΝ ΚΟΡΕΣΤΕΙΩΝ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΝΑΒΙΩΣΗΣ ΜΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΠΡΟΣΗΜΟ.»,” ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΕΛΛΗΝΝΙΚΟ ΑΝΟΙΧΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ, ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΟΛΕΩΝ ΚΑΙ ΚΤΙΡΙΩΝ (ΠΣΠ), ΠΑΤΡΑ, 2018.

[19] Κ. ΠΑΠΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ, “ΧΩΜΑΤΟΠΛΙΝΘΑ, ΩΜΟΠΛΙΝΘΟΣ, ΠΛΙΘΑ, ΠΛΙΝΘΟΣ,” ΝΟ. ΠΑΡΑΔΟΣΗ. ΟΙΚΙΑ., 2018.

[20] Μ. Α. ΛΥΜΠΕΡΟΠΟΥΛΟΥ, ΚΑΦΕΝΤΖΗ ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ, “ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΜΕ ΦΙΛΙΚΑ ΠΡΟΣ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΥΛΙΚΑ’’,” ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΑΤΤΙΚΗ, 2020.

[21] Μ. ΓΕΩΡΓΟΠΟΥΛΟΥ, “ΤΑ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ: ΟΙ ΑΠΟΨΕΙΣ ΤΩΝ ΚΑΤΟΙΚΩΝ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΟΡΕΣΤΙΑΔΑΣ,” ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ, ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ ΤΜΗΜΑ ΔΑΣΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ, ΟΡΕΣΤΙΑΔΑ, 2019.

[22] Μ. ΓΡ. ΒΡΑΧΟΠΟΥΛΟΣ, Μ. ΚΟΥΚΟΥ & Κ. ΚΑΡΥΤΣΑΣ, ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ - ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ. ΙΝ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ. ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ, ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

[23] Μ. Ε. Κ. ΤΣΙΛΙΠΑΚΟΥ, “Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ Α.Π.Ε. ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: ΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΦΑΤΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ.,” ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ ΝΟΜΙΚΗ ΣΧΟΛΗ, ΚΟΜΟΤΗΝΗ, 2020.

[24] Μ. ΚΡΥΟΝΕΡΙΤΗ, “ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΡΙΩΝ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΗ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ,” ΔΙΑΤΡΙΒΗ:, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΒΟΛΟΣ, 2006.

[25] Μ. ΡΟΥΣΣΟΥ, “«ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ», «ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΓΙΑ ΑΕΙΦΟΡΙΑ, ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ»,” ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ, ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ, ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΑΗΣ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ, ΣΥΡΟΣ, 2021.

[26] Μ. ΣΟΥΡΛΑ & Σ. ΒΑΛΑΒΑΝΗΣ, “ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΣΕ ΝΕΑ ΠΤΕΡΥΓΑ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟΥ,” ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΚΟΖΑΝΗ, 2013.

[27] Ν. ΓΡΗΓΟΡΙΟΥ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ,ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ‘’ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ, ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ’’, ΒΟΛΟΣ, 2019.

[28] Ν. ΡΩΜΑΝΙΔΗΣ, “ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ,”ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΉ ΕΡΓΑΣΊΑ, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2014.

[29] Π. ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΥ, ΤΣΑΚΑΛΑΚΗ ΕΙΡΗΝΗ, “ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΟΜΗΣΗΣ ΣΤΙΣ ΧΩΜΑΤΙΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ,” 2013.

[30] Ρ. ΑΝΔΡΕΟΠΟΥΛΟΥ & Ε. ΜΟΛΛΑ, “ΓΕΝΙΚΟ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΗΜΟΥ ΑΠΟΚΟΡΩΝΟΥ, (Ν. ΧΑΝΙΩΝ) ΚΑΙ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΩΝ ΟΙΚΙΣΜΩΝ: ΜΕΛΙΔΟΝΙ ΚΑΒΡΟΣ ΦΥΛΑΚΗ,” ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΧΑΝΙΑ, 2014.

[31] Σ. ΚΑΪΜΑΚΑΜΗ, “«ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΒΑΣΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ»,” ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΧΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ, ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ, ΠΑΤΡΑ, 2018.

[32] Σ. ΚΑΡΡΑΣ, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ, ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ, ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ‘’ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ’’, ΑΘΗΝΑ, 2016.

[33] Χ. ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΥ, “ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΛΑΜΙΑΣ,” ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ.

[34] Χ. Θ. ΒΟΥΡΔΟΥΜΠΑ, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ, ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ, ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ‘’ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ’’, ΑΘΗΝΑ, 2017.

[35] Χ.ΤΣΑΓΔΗΣ, ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ, ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ‘’ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΑΝΑΠΛΑΣΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΧΩΡΩΝ ’’, ΧΑΝΙΑ, 2014.

[36] D.GUYOT, F. GIRAUD, F. SIMON, D.CORGIER, C.MARVILLET & B.TREMEAC, LAFSET, ‘BUILDING ENERGY MODEL CALIBRATION: A DETAILED CASE STUDY USING SUBHOURLY MEASURED DATA’, PARIS, FRANCE.

[37] Isaac Meir, Georgia - Zeta Chrysafaki, Apostolos Mousourakis, Konstantinos Gobakis, Dionysia – Denia Kolokotsa, Dept. Civil & Environmental Engineering, Ben-Gurion University of the Negev, Israel, Southern Architects, Crete, Greece, Energy Management in the Built Environment Research (EMBER) Lab, School of Chemical and Environmental Engineering, Technical University of Crete, Greece, ‘A systematic approach for assessing buildings with natural materials in the Mediterranean climate’, Chania, 2024.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ :

[38] ΑΝΕΛΙΞΗ, 'ΕΡΕΥΝΑ, ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ Α.Π.Ε. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ', https://anelixi2020.org/domisi-piloy/oikologiki-arxitektoniki-domisi-pilou/.

[39] ΔΙΚΤΥΟ ΣΥΜΒΟΥΛΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,' Η ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΘΩΡΑΚΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ'. https://www.neteng.gr/index.php/el/%CE%B1%CF%81%CE%B8%CF%81%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%AF%CE%B1/236-%CE%B7-%CF%86%CE%B9%CE%BB%CE%BF%CF%83%CE%BF%CF%86%CE%AF%CE%B1-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE%CF%82-%CE%B8%CF%89%CF%81%CE%AC%CE%BA%CE%B9%CF%83%CE%B7%CF%82-%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%BA%CF%84%CE%B9%CF%81%CE%AF%CF%89%CE%BD.

[40] ΜΟΝΟΔΩΜΙΚΗ, ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΜΟΝΩΣΕΩΝ, 'ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΑ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ', https://www.monodomiki.gr/ell/blog-details/klimatikes-zones-kai-oria-syntelesti-thermoperatotitas.

[41] ΜΟΝΩΣΕΙΣ ΑΒΡΑΜΙΔΗΣ, 'ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΜΑΛΛΙ ΠΡΟΒΑΤΟΥ BIOLINE WOOL'. https://www.monosis-avramidis.gr/el/view/eshop-thermomonotiko-malli-provatoubioline-wool-/ .

[42] ΦΥΣΙΚΗ ΔΟΜΗΣΗ ΚΡΗΤΗΣ, 'ΕΛΑΦΡΟΠΕΤΡΑ', http://fysikidomisi.blogspot.com/p/blog-page_18.html.

[43] ANDRIANOS, WORLD LEADING ENERGY SAVING TECHNOLOGIES, 'ΑΠΟΔΟΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΝΕΑ ΚΑΙ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ - ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ & ΑΞΙΟΠΙΣΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ANDRIANOS'. https://www.andrianos.gr/gr/nea/arthra/apodotikes-parembaseis-eksoikonomisi-energeias-nea-yfistamena-ktiria-sygxrones-aksiopistes-energeiakes-lyseis [28.07.2022].

[44] COB.GR, 'ΦΥΣΙΚΗ ΔΟΜΗΣΗ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ COB.GR', HTTPS://WWW.COB.GR/ [12.09.2022].

[45] DEVON CULTURE, 'COB WALLS'. https://www.devon-calling.com/culture.htm.

[46] DOMOS, ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΟΜΗΣΗΣ,ΤΙ ΜΟΝΩΣΗ ΝΑ ΚΑΝΩ ΣΤΗΝ ΤΑΡΑΤΣΑ;'. HTTPS://DOMOSGROUP.GR/BLOG/MONOSI-TARATSAS.

[47] ENERGYHUBFORALL,'ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ', http://www.cres.gr/energyhubforall/2.2.1.html.

[48] GOBHMA,' ΟΦΕΛΗ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ «ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΤΟΥ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ»Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΟΣ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΣΥΜΒΑΛΛΕΙ ΚΑΙ ΝΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΙ ΠΟΛΛΑ ΣΤΟ ΔΟΜΗΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΩΝ ΜΕΓΑΛΟΥΠΟΛΕΩΝ'. https://gobhma.gr/fytemeno-doma/ [15.10.2019].

[49] HEATYLAB.COM,'ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΛΙΘΑΣ ΜΕ ΜΗΧΑΝΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΤΡΟΠΟ.ADOBE BRICK. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΟΝΟΣ ΣΟΥ'. https://heatylab.com/el/izgotovlenie-samana-mehanizirovannym-sposobom-samannyi-kirpich/.

[50] MACON, 'ΥΑΛΟΒΑΜΒΑΚΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ'. https://monosimacon.blogspot.com/2016/05/yalovamvakas-thermomonosi-hxomonosi-times-thessaloniki.html.

[51] MMGLASS, 'ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ'. https://mmglass.eu/el/energy-efficient-glass/. [2017].

[52] MONOTICA, 'ΜΟΝΩΣΕΙΣ ΤΑΡΑΤΣΩΝ, ΕΛΑΦΡΥΜΠΕΤΟΝ',HTTPS://WWW.MONOSEIS-MONOTICA.GR/ELAFRY-MPETON/.

[53] SOUTHERN ARCHITECTS, 'PROJECTS'. Projects - Southern Architects.

[54] STYROPAN, 'ΠΡΟΪΟΝΤΑ, ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ, ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ', HTTPS://WWW.STYROPAN.GR/PROIONTA/THERMOMONOTIKA/DIOGKOMENI-POLISTERINI/TI-EINAI .

[55] VISTACREATE, 'ΟΡΑΤΟ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ Η ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΞΥΛΙΝΟΥ ΣΠΙΤΙΟΥ'. https://create.vista.com/el/unlimited/stock-photos/447896424/stock-photo-visible-rockwool-thermal-insulation-wooden-house-cut-away-profile-wooden/.

ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ :

[56] ΔΗΜΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ, ΣΥΜΦΩΝΟ ΤΩΝ ΔΗΜΑΡΧΩΝ, 'ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ ΑΕΙΦΟΡΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΔΗΜΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ, 'CO2'.

[57] Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος. (2017). ΤΟΤΕΕ_20701-1_2017_ΤΕΕ. 1-188.

[58] U.S. Environmental Protection Agency, Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2021, April 2023. Includes U.S. Territories.