



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΙΚΙΑΣ
ΣΤΗΝ ΟΙΑ ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ



ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ΜΠΙΤΣΑΝΗ του Ηλία

Επιβλέπων: Ι. ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπων: Α. ΣΤΑΜΟΣ, Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π., Ε.ΔΙ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2014

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΙΚΙΑΣ
ΣΤΗΝ ΟΙΑ ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ**

Copyright © Αναστασία Μπιτσάνη

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές και ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη, καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για την αμέριστη βοήθεια και καθοδήγησή του καθ' όλη την περίοδο εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Θανάση Στάμο, Πολιτικό Μηχανικό του ΕΜΠ, για την πολύτιμη συνδρομή του καθ' όλα τα στάδια που απαιτήθηκε. Πολλές ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω, ακόμα, στον κ. Ξενοφώντα Λιγνό, Δρ. Ηλεκτρολόγο Μηχανικό, ΕΔΙΠ του Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών ΕΜΠ, καθώς και την κ. Μαριαλένα Δασίου, Υποψήφια Διδάκτορα Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για τις χρήσιμες συμβουλές τους και το ενδιαφέρον που έδειξαν για την διπλωματική μου εργασία. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω πολύ την οικογένειά μου και όλους τους φίλους για την θερμή συμπαράστασή τους κατά την εκπόνηση της εργασίας αυτής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει στόχο τον βιοκλιματικό ανασχεδιασμό ενός αρχοντικού, νεοκλασικού καπετανόσπιτου, που βρίσκεται στον οικισμό Οία, στο νησί της Σαντορίνης. Αρχικά, αναπτύσσονται σε θεωρητικό επίπεδο οι τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας σύμφωνα με τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Έπειτα, παρουσιάζεται αναλυτικά η προσομοίωση του κτηρίου, καθώς και των προτεινόμενων επεμβάσεων για την αναβάθμιση της ενεργειακής απόδοσής του, με το λογισμικό EnergyPlus. Η κατοικία, μετά από τον καταστροφικό σεισμό του 1956, διατηρεί μόνον τον ένα από τους δύο ορόφους της (το ισόγειο). Έτσι, μελετάται η ανακατασκευή του ορόφου τόσο με τον παραδοσιακό τρόπο, μαύρη πέτρα της θηραϊκής γης, όσο και με τον συμβατικό τρόπο, σκελετό από Ω.Σ. Τα αποτελέσματα αναλύονται σε κάθε περίπτωση και προτείνονται κατάλληλα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς του καπετανόσπιτου. Τέλος, οι καλύτερες λύσεις συγκρίνονται μεταξύ τους και εξάγεται η τελική πρόταση για την πιο αποδοτική ανακατασκευή.

ABSTRACT

The purpose of the current thesis is the bioclimatic redesign of a traditional capten's house (kapetanospito), located in the village of Oia, at Santorini Island. In the first part, energy-saving ways according to the principles of bioclimatic design, are presented. Next, the simulation of the building and of the proposed interventions, in EnergyPlus software, are presented in detail for the upgrade of the energy performance of the building. The residence, after the catastrophic earthquake in 1956, imaintains only one of the two floors (ground floor). Thus, the reconstruction of the upper floor both in the traditional way, black pumice stone, and in the conventional way, reinforced concrete frame, are studied. In each case, the results are analyzed and proposals to improve the energy performance of Kapetanospito are evaluated. Finally, the best modifications are compared and the final proposal for the most energy efficient reconstruction is reported.

ΣΥΝΟΨΗ

Στις μέρες μας, η καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος και η κατασπατάληση των φυσικών πόρων καθιστούν αδήριτη την ανάγκη λήψης μέτρων για την μείωση των αρνητικών αυτών επιπτώσεων από την έξαρση της ανθρώπινης δραστηριότητας. Επομένως, το ζήτημα της ενεργειακής αυτονομίας, της εξοικονόμησης της ενέργειας και της αλλαγής των τεχνολογικών προτύπων δεν μπορεί να αφήσει αμέτοχο κανένα άνθρωπο του 21^{ου} αιώνα.

Όσον αφορά στον κατασκευαστικό τομέα, που είναι το πεδίο δράσης ενός πολιτικού μηχανικού, η βιοκλιματική αντίληψη είναι το καλύτερο εργαλείο για την άρση των παραπάνω. Συγκεκριμένα, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική φέρνει σε πρώτη προτεραιότητα τον παράγοντα της δυναμικής, αρμονικής, αλληλεπίδρασης ανάμεσα στο φυσικό περιβάλλον, τον τόπο και το κτίσμα. Στοχεύει τόσο στην βέλτιστη αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κυρίως της ηλιακής ακτινοβολίας, όσο και στην ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών του κελύφους των κτηρίων. Έτσι, η αποτελεσματική εφαρμογή της μπορεί να οδηγήσει σε οικολογικά και οικονομικά οφέλη, να βελτιώσει ριζικά την συνολική θερμική συμπεριφορά του κτηρίου, να διαμορφώσει καλύτερες εσωτερικές συνθήκες διαβίωσης.

Μέσα από την παρούσα διπλωματική εργασία, επιδιώκεται η γνωριμία και εξοικείωση με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό και τις αρχές που τον διέπουν. Αρχικά, μελετώνται σε θεωρητικό επίπεδο οι κανόνες και οι τεχνικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού και στην συνέχεια ακολουθεί η εφαρμογή ορισμένων προτάσεων-επεμβάσεων σε ένα καπετανόσπιτο, στην περιοχή της Οίας, στο νησί της Σαντορίνης και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

Αναλυτικότερα, η εργασία χωρίζεται σε τρία μέρη. Στο πρώτο μέρος, γίνεται αρχικά αναφορά στις παραμέτρους που διαμορφώνουν το επίπεδο ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος των κτηρίων και συγκεκριμένα στην θερμική άνεση, την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και την οπτική άνεση και τον θόρυβο. Στη συνέχεια, γίνεται ενημέρωση για την βιοκλιματική αρχιτεκτονική, με αναφορά ακόμη και στην αρχαία Ελλάδα. Αναλύονται οι περιβαλλοντικές παράμετροι, όπως το κλίμα της περιοχής, και δίνεται έμφαση στην χωρική τοποθέτηση του κτηρίου και την μορφολογία του. Έπειτα, μελετώνται τα παθητικά ηλιακά συστήματα. Παρουσιάζονται οι αρχές λειτουργίας, τα δομικά στοιχεία, καθώς και οι επιμέρους κατηγορίες τους, τα παθητικά ηλιακά συστήματα άμεσου, έμμεσου και απομονωμένου κέρδους. Τονίζεται, επίσης, ότι η εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση που παρουσιάζουν τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι ιδιαίτερα σημαντική, αλλά με την προϋπόθεση ότι πρέπει να συνδυαστούν με αντίστροφες μεθόδους ηλιοπροστασίας και σκίασης, ώστε να ελαχιστοποιήσουν τα ηλιακά κέρδη το καλοκαίρι.

Επιπλέον, περιγράφεται αναλυτικά η συμπεριφορά του κελύφους απέναντι στις διαδικασίες μετάδοσης της θερμότητας, οι απαιτήσεις και οι βασικές έννοιες της θερμομόνωσης, καθώς και τα διάφορα θερμομονωτικά υλικά. Έπειτα, μελετάται ο φυσικός δροσισμός και ο φυσικός φωτισμός με λεπτομερή ανάλυση των επιμέρους τεχνικών τους. Τέλος, εξετάζεται ο βιοκλιματικός σχεδιασμός με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Εξετάζονται τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, η χρήση της γεωθερμίας στις κατοικίες κυρίως για θέρμανση και ψύξη των χώρων, την αξιοποίηση των στερών αστικών αποβλήτων και την τηλεθέρμανση με βιομάζα.

Στο δεύτερο μέρος, γίνεται πρακτική ορισμένων βιοκλιματικών επεμβάσεων στο καπετανόσπιτο μέσα από κατάλληλο πρόγραμμα ενεργειακής προσομοίωσης, το EnergyPlus. Σε αντίθεση με τα υπόσκαφα που ήταν οι κατοικίες των πληρωμάτων, τα καπετανόσπιτα ή αλλιώς караβοкуραίικα ήταν οι κατοικίες των πλοιοκτητών, χτισμένα τέλη 19^{ου}-αρχές 20^{ου} αιώνα, σύμφωνα με τα νεοκλασικά πρότυπα της εποχής, δηλαδή με βενετσιάνικες και αναγεννησιακές επιρροές, αλλά και με στοιχεία της ντόπιας αρχιτεκτονικής. Το καπετανόσπιτο που μελετάται δεν ξέφυγε από το καταστροφικό χτύπημα του σεισμού του 1956. Έτσι, από την αρχικά διώροφη κατασκευή του, σήμερα έχει απομείνει μόνον το ισόγειο, το οποίο αποτελείται από φέρουσα πέτρινη τοιχοποιία, οπότε η μελέτη αφορά στην ανακατασκευή του σύμφωνα με τις ισχύουσες προστατευτικές κατασκευαστικές διατάξεις (Φ.Ε.Κ).

Συγκεκριμένα, εξετάζονται δύο διαφορετικοί τρόποι ανοικοδόμησης του ορόφου επάνω στο υφιστάμενο ισόγειο. Στην πρώτη περίπτωση η κατασκευή γίνεται με τον συμβατικό τρόπο δόμησης, δηλαδή με σκελετό από Ω.Σ, υπολογισμένο σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (Ε.Α.Κ.) και τοιχοποιία πληρώσεως από οπτοπλινθοδομή και σοβά. Παράλληλα, προκειμένου να εξασφαλιστεί ικανή στατική επάρκεια, ενδιάμεσα από τους δύο ορόφους τοποθετείται πλάκα από Ω.Σ. Στην δεύτερη περίπτωση, η κατασκευή γίνεται με τον παραδοσιακό τρόπο δόμησης, δηλαδή θα γίνει φέρουσα τοιχοποιία από μαυρόπετρα Σαντορίνης. Επίσης, για κάθε περίπτωση εξετάζονται τρία διαφορετικά σενάρια. Το Σενάριο 1 είναι το σενάριο βάσης, δεν διαθέτει κάποια βιοκλιματική επέμβαση: όχι μόνωση στην τοιχοποιία, μικρού πάχους μόνωση στο δώμα, μονά υαλοστάσια με κακή αεροστεγανότητα, όχι μόνωση στο δάπεδο ισογείου. Αντίθετα, το σενάριο 2 έχει: εσωτερική μόνωση στην τοιχοποιία, μεγάλου πάχους μόνωση στο δώμα, διπλά υαλοστάσια (Air) με μέτρια αεροστεγανότητα, μόνωση στο δάπεδο ισογείου και τέλος το σενάριο 3 περιλαμβάνει: εξωτερική μόνωση στην τοιχοποιία, μεγάλου πάχους μόνωση στο δώμα, διπλά υαλοστάσια (Ar) με καλή αεροστεγανότητα, όχι μόνωση στο δάπεδο ισογείου). Για καθένα από αυτά παρουσιάζονται αποτελέσματα σχετικά με τις θερμικές ανάγκες, τα θερμικά κέρδη-τις θερμικές απώλειες, αλλά και την θερμική άνεση του καπετανόσπιτου.

Στο τρίτο μέρος, σχολιάζονται αναλυτικά τα συμπεράσματα και εν τέλει αποτελεσματικότερη κρίνεται η ανακατασκευή σύμφωνα με συμβατικό τρόπο για το Σενάριο 3. Με βάση την μελέτη συνεπάγεται ότι η εφαρμογή απλών επεμβάσεων στο κέλυφος του κτηρίου έχει ικανοποιητικό αντίκτυπο στην θερμική συμπεριφορά του. Επιπλέον, γίνονται κάποιες προτάσεις για την περαιτέρω ενεργειακή αναβάθμιση της κατοικίας, ενώ τονίζεται ότι οι παραδοσιακοί οικισμοί στην Ελλάδα αποτελούν βασικό μέρος της ελληνικής λαϊκής παράδοσης και αρχιτεκτονικής κληρονομιάς που οφείλουμε να το διατηρήσουμε. Τέλος, αναφέρεται η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε, ενώ στα παραρτήματα παρουσιάζονται τα αρχιτεκτονικά σχέδια του καπετανόσπιτου τόσο για την υφιστάμενη κατασκευή όσο και για την πρόταση. Επίσης, σε αυτά απαντάται το Φ.Ε.Κ της περιοχής της Οίας, καθώς και ένας πίνακας με σημαντικές χρονολογίες για το νησί της Σαντορίνης.

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ Α

Εικ.1.1: Θερμικό ισοζύγιο ατόμου: Παραγωγή θερμότητας από το άτομο και ανταλλαγή θερμότητας του ανθρώπινου σώματος με το περιβάλλον	27
Εικ: 1.2. Βασικοί παράγοντες θερμικής άνεσης.....	28
Εικ. 1.3: Οι υπαίθριες και εσωτερικές πηγές ρύπων του εσωτερικού περιβάλλοντος	33
Εικ. 1.4: Δυνατότητα ελέγχου της θερμοκρασίας, του αερισμού και του θορύβου από τους χρήστες σε ένα φυσικά αεριζόμενο κτίριο.	35
Εικ. 2.1: Η τροχιά του ήλιου	40
Εικ. 2.2: Γωνία αζιμουθίου και ύψος ήλιου	41
Εικ. 2.3: Επίπτωση του σχήματος για την ετήσια θερμική ενέργεια ενός μικρού κτηρίου (144m ²) σε ψυχρό κλίμα.....	4Error! Bookmark not defined.
Εικ. 2.4: Ορθή διάταξη των χώρων για ενεργειακή κατοικία σε εύκρατο κλίμα.	42
Εικ. 2.5: Τυπικό αρχαιοελληνικό σπίτι προσανατολισμένο στον άξονα Βορρά-Νότου, με την είσοδο και τα κύρια δωμάτια στραμμένα στο Νότο για καλύτερη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας	44
Εικ.2.6: Ηλιακό σπίτι του Σωκράτη, σε σύγχρονη απεικόνιση του ακαδημαϊκού Γ.Π.Λάββα.....	44
Εικ. 3.1: Απεικόνιση Τοίχου μάζας και Τοίχου Trombe κατά σειρά	50
Εικ. 3.2: Μορφές τοίχου νερού	50
Εικ. 3.3: Χειμερινή και θερινή λειτουργία θερμοκηπίου, με ανοιγόμενα υαλοστάσια.....	5Error! Bookmark not defined.
Εικ.3.4: Τύποι αεροσυλλεκτών	53
Εικόνα 4.1: Χρήση φυλλοβόλων φυτών.....	57
Εικ. 4.2: Στερεογραφικό διάγραμμα ήλιου, γεωγραφικό πλάτος Αθήνας (37, 9)	60
Εικ. 4.3: Μάσκα σκιασμού για όψη κτηρίου.....	60
Εικ. 4.4: Δημαρχείο Βουλιαγμένης με σταθερά σκίαστρα από μπετόν.....	61
Εικ. 4.5: Νέο Μουσείο Μπενάκη στην Οδό Πειραιώς με σταθερά σκίαστρα από ξύλο.....	62
Εικ. 4.6: Σκίαση με δέντρα- το ύψος του δέντρου και η ερριμένη σκιά του	64
Εικ. 4.7: Φύτευση σε κήπο	64
Εικ. 4.8: Φυσική σκίαση.....	66
Εικ. 4.9: Ανακλαστικά επιχρίσματα.....	67
Εικ. 4.10: Ψυχρό, θερμοανакλαστικό χρώμα Bioni Perform.....	73
Εικ. 4.11: Η διάταξη των ανοιγμάτων και η ροή του αέρα στο εσωτερικό του κτηρίου	73
Εικ. 4.12: Διαφορετικές καθ' ύψος θέσεις ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου του αέρα	80
Εικ. 4.13: Θερμική προστασία δώματος με διαμόρφωση αεριζόμενου δώματος.....	81

Εικ. 4.14: Εξωτερική όψη υπόσκαφης κατοικίας- Σαντορίνη	8	Error! Bookmark not defined.
Εικ. 4.15: Φυσική ψύξη και θέρμανση κελύφους κατοικίας αντίστοιχα με υπεδάφιο σύστημα αγωγών	8	Error! Bookmark not defined.
Εικ. 4.16: Ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης και ψύξης	84	
Εικ. 4.17: Σύστημα δροσισμού με χρήση ακτινοβολητή.....	86	
Εικ. 4.20: Οι βασικές λειτουργίες του δένδρου που επιδρούν στο αστικό περιβάλλον	88	
Εικ. 4.19: Βλάστηση σε παραδοσιακή κυκλαδίτικη κατοικία.....	89	
Εικ. 4.20: Φυτεμένο δώμα, Υπουργείο Οικονομικών Αθήνα	9	Error! Bookmark not defined.
Εικ. 5.1: Εκμετάλλευση της θερμικής μάζας του κτιρίου για την παθητική θέρμανση κατά τη ψυχρή περίοδο.....	97	
Εικ. 5.2:Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία σε ένα κτήριο	104	
Εικ.5.3: Εσωτερική θερμομόνωση τοίχου με μονωτικό υλικό με φράγμα υδρατμών (μπροστά από το μονωτικό και προς την κλιματιζόμενη πλευρά του χώρου).	105	
Εικ. 5.4: Εξωτερική θερμομόνωση τοίχου με μονωτικό υλικό	108	
Εικ.5.5: Κατάταξη των θερμομονωτικών υλικών	110	
Εικ. 6.1: Athens, Hilton, Υδάτινη δεξαμενή κύριας εισόδου	115	
Εικ.6.2: Άνοιγμα σε κατακόρυφη τοιχοποιία	116	
Εικ.6.3: Ανοίγματα οροφής	117	
Εικ.6.4: Πυραμιδοειδής κάλυψη σε αίθριο κατοικίας.....	118	
Εικ.6.5: Αίθριο σε κατοικίες στην Κόστα Ρίκα και την Καλιφόρνια αντίστοιχα.....	119	
Εικ.6.6: Φωτισμός χώρου με φυσικό φως μέσω φωτοσωλήνα	120	
Εικ.6.7: Φωταγωγός με ενεργειακά υαλοπετάσματα	121	
Εικ.6.8 Αυθεντικό πλαίσιο σχεδιασμού	121	
Εικ.6.8: Ηλιοστάτης	122	
Εικ.6.9: Κατασκευή με ειδικούς υαλοπίνακες.....	123	
Εικ.6.10: Πρισματικό φωτοδιαπερατό υλικό.....	124	
Εικ.6.11: Βιοκλιματική κατοικία στο Βέλγιο- Διάφανο κουτί.....	125	
Εικ.6.12: Ράφια φωτισμού.....	125	
Εικ.6.13: Ανακλαστικές περσίδες	130	
Εικ.6.14: Εσωτερικές ανακλαστικές περσίδες	130	
Εικ.6.15: Τυπικός λαμπτήρας πυράκτωσης.....	132	
Εικ.6.16: Λαμπτήρας αλογόνου	133	
Εικ.6.17: Λαμπτήρας φθορισμού	133	
Εικ.6.18: Λαμπτήρας LED	13	Error! Bookmark not defined.
Εικ.6.19: Φωτισμός οικίας με LED, Σικάγο, ΗΠΑ	135	
Εικ.6.20: Μοντέρνο φωτιστικό σώμα.....	137	
Εικ.6.21: Φωτιστικά κατασκευασμένα από ανακυκλώσιμα υλικά.....	138	

Εικ.6.22: Ψηφιακό σύστημα ελέγχου DALI	140
Εικ.6.23: Λειτουργίες συστήματος ελέγχου BMS	138
Εικ.6.24: Σύστημα ελέγχου BMS	140
Εικ. 7.1: Οικιακά φωτοβολταϊκά πλαίσια σε δώμα κατοικίας	143
Εικόνα 7.2: Ιδανική σχέση απόστασης από εμπόδιο.....	147
Εικ. 7.3: Εφαρμογές της γεωθερμίας στην Ε.Ε. ανάλογα με την θερμοκρασία	149
Εικ. 7.4: Σύστημα γεωθερμίας σε κατοικία.....	150
Εικόνα 7.5: Εκτίμηση σύνθεσης αστικών αποβλήτων	1Error! Bookmark not defined.2
Εικόνα 7.6: Μια μορφή βιομάζας: pellets που προκύπτουν από τη μηχανική συμπίεση πριονιδιού, χωρίς την προσθήκη χημικών ή συγκολλητικών ουσιών	15Error! Bookmark not defined.

ΜΕΡΟΣ Β

Εικ. 1.1:Χάρτης με τις επεμβάσεις της ανοικοδόμησης όπου φαίνεται που έγιναν οργανωμένα και πού ήταν μικρότερης κλίμακας και αποσπασματικές.	16Error! Bookmark not defined.
Εικ.1.2 : Δορυφορική Εικ.όνα της Οίας από το Google Earth	167
Εικ. 1.3: Δύο καπετανόσπιτα πάνω στον κεντρικό δρόμο του οικισμού της Οίας. Χρήση συμπαγούς κοκκινόπετρας στην επένδυση τμήματος της όψης.	170
Εικ. 1.4: Εγκαταλελειμμένο κτίριο στα Φηρά. Διακρίνεται η χρήση μαυρόπετρας για τη δομή φερόντων τοίχων	170
Εικ. 1.5: Προοπτική τομή θόλου στη Σαντορίνη. Διακρίνονται τα διαδοχικά στάδια στη κατασκευή ενός τυπικού κυλινδρικού θόλου	171
Εικ. 1.6: Δορυφορική Εικ.όνα Καπετανόσπιτου από το Google Earth	172
Εικ. 1.7: Το υπό μελέτη καπετανόσπιτο	172
Εικ. 1.8: Το υπό μελέτη καπετανόσπιτο, ανατολική πλευρά	174
Εικ. 1.9: Φωτογραφίες από αναστυλωμένο καπετανόσπιτο που προϊδεάζουν την για την τελική εικόνα του υπό μελέτη καπετανόσπιτου.	175
Εικ. 2.1: Βορειοανατολική όψη καπετανόσπιτου σε τρισδιάσταση απεικόνιση	180
Εικ. 2.2: Νοτιοδυτική όψη καπετανόσπιτου σε τρισδιάσταση απεικόνιση	181
Εικ. 2.3: Θερμική ζώνη ισογείου-1	182
Εικ. 2.4: Θερμική ζώνη ισογείου-2	182
Εικ.2.5: Νοτιοανατολική όψη, Συμβατική κατασκευή (Περίπτωση Α)	183
Εικ. 2.6: Βορειοανατολική όψη, Συμβατική κατασκευή (Περίπτωση Α)	184
Εικ.2.7: Τομή κατά τον άξονα Α-Δ, Συμβατική κατασκευή (Περίπτωση Α)	184
Εικ.2.8: Τομή κατά τον άξονα Β-Ν, Συμβατική κατασκευή (Περίπτωση Α)	185
Εικ.2.9: Θερμική ζώνη ορόφου, Συμβατική κατασκευή (Περίπτωση Α)-1	189
Εικ.2.10: Θερμική ζώνη ορόφου, Συμβατική κατασκευή (Περίπτωση Α)-2	18Error! Bookmark not defined.
Εικ. 2.11: Νοτιοανατολική όψη, Παραδοσιακή κατασκευή (Περίπτωση Β)	187

Εικ.2.12 : Βόρειοανατολική όψη, Παραδοσιακή κατασκευή (Περίπτωση Β)	187
Εικ. 2.13: Τομή κατά τον άξονα Α-Δ, Παραδοσιακή κατασκευή (Περίπτωση Β).....	188
Εικ. 2.14: Τομή κατά τον άξονα Β-Ν, Παραδοσιακή κατασκευή (Περίπτωση Β).....	189
Εικ.2.15: Θερμική ζώνη ορόφου, Παραδοσιακή κατασκευή (Περίπτωση Β) -1	190
Εικ.2.16: Θερμική ζώνη ορόφου, Παραδοσιακή κατασκευή (Περίπτωση Β) -2	190
Εικ. 2.17: Θέση ήλιου κατά την διάρκεια του έτους στο νησί της Σαντορίνης.....	191
Εικ. 2.18: Επικρατούντες άνεμοι κατά την διάρκεια του έτους στο νησί της Σαντορίνης...	192
Εικ. 2.19: Ημερήσια κλιματικά δεδομένα για το νησί της Σαντορίνης	192
Εικ. 2.20: Μέσες εβδομαδιαίες θερμοκρασίες στο νησί της Σαντορίνης.....	193
Εικ. 2.21: Μηνιαία κλιματικά δεδομένα για το νησί της Σαντορίνης	193
Εικ. 2.22: Θερινό ηλιοστάσιο (21.06-9:00).....	194
Εικ. 2.23: Θερινό ηλιοστάσιο (21.06-12:00).....	195
Εικ. 2.24: Θερινό ηλιοστάσιο (21.06-15:00).....	195
Εικ. 2.25: Χειμερινό ηλιοστάσιο (21.12-9:00).....	196
Εικ. 2.26: Χειμερινό ηλιοστάσιο (21.12-12:00).....	196
Εικ. 2.27: Χειμερινό ηλιοστάσιο (21.12-15:00).....	197
Εικ. 2.28: Ισημερία (21.09-9:00).....	197
Εικ. 2.29: Ισημερία (21.09-12:00).....	198
Εικ. 2.30: Ισημερία (21.09-15:00).....	198
Εικ. 2.31: Δρύνη προσομοίωση θυρών καπετανόσπιτου	199
Εικ. 2.32: Λίθινη τοιχοποιία ισογείου χωρίς θερμομόνωση.....	200
Εικ. 2.33: Συμβατική τοιχοποιία ορόφου χωρίς θερμομόνωση.....	200
Εικ. 2.34: Προσομοίωση σενάζ.....	201
Εικ. 2.35: Δάπεδο ορόφου με πλάκα από Ω.Σ.....	201
Εικ. 2.36: Δώμα με θερμομόνωση μικρού πάχους (5cm).....	202
Εικ. 2.37: Μονά υαλοστάσια.....	202
Εικ. 2.38: Δάπεδο ισογείου χωρίς μόνωση.....	203
Εικ. 2.39: Λίθινη τοιχοποιία ισογείου με εσωτερική θερμομόνωση (5cm).....	204
Εικ. 2.40: Συμβατική τοιχοποιία ορόφου με εσωτερική θερμομόνωση (5cm)	204
Εικ. 2.41: Προσομοίωση σενάζ με εσωτερική θερμομόνωση (5cm)	205
Εικ. 2.42: Δώμα με θερμομόνωση μεγάλου πάχους (8cm)	205
Εικ. 2.43: Διπλά υαλοστάσια-ενδιάμεσο στρώμα αέρα (Air)	206
Εικ. 2.44: Δάπεδο ισογείου με θερμομόνωση (3cm).....	206
Εικ. 2.45: Λίθινη τοιχοποιία ισογείου με εξωτερική θερμομόνωση (5cm).....	207
Εικ. 2.46: Συμβατική τοιχοποιία ορόφου με εξωτερική θερμομόνωση (5cm).....	207
Εικ. 2.47: Προσομοίωση σενάζ με εξωτερική θερμομόνωση (5cm).....	208
Εικ. 2.48: Διπλά υαλοστάσια-ενδιάμεσο στρώμα αργού (Ar), χαμηλής εκπομπής (low-e).	208

Εικ. 2.49: Χρήστες και όρια θερμικής άνεσης	209
Εικ. 2.50: Αερισμός, φωτισμός και εσωτερικά κέρδη.....	210
Εικ. 2.51: Θέρμανση, ψύξη, κλιματισμός (HVAC)	211
Εικ. 2.52: Χρονοδιάγραμμα πυκνότητας και δραστηριότητας των χρηστών	212
Εικ. 2.53: Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης	212
Εικ. 2.54: Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του συστήματος ψύξης.....	213
Εικ. 3.1: Συμβατική κατασκευή ορόφου, Σενάριο 1	214
Εικ. 3.2: Συμβατική κατασκευή ορόφου, Σενάριο 2	215
Εικ. 3.3: Συμβατική κατασκευή ορόφου, Σενάριο 3	215
Εικ. 3.4: Παραδοσιακή κατασκευή ορόφου, Σενάριο 1	216
Εικ. 3.5: Παραδοσιακή κατασκευή ορόφου, Σενάριο 2	216
Εικ. 3.6: Παραδοσιακή κατασκευή ορόφου, Σενάριο 3	217
Εικ. 3.7: Συμβατική κατασκευή ορόφου, Σενάριο 1	218
Εικ. 3.8 : Συμβατική κατασκευή ορόφου, Σενάριο 2	219
Εικ. 3.9: Συμβατική κατασκευή ορόφου, Σενάριο 3	219
Εικ. 3.10: Παραδοσιακή κατασκευή ορόφου, Σενάριο	220
Εικ. 3.11: Παραδοσιακή κατασκευή ορόφου, Σενάριο 2	220
Εικ. 3.12: Παραδοσιακή κατασκευή ορόφου, Σενάριο 3	221
Εικ. 3.13: Συμβατική κατασκευή ορόφου, Σενάριο 1	222
Εικ. 3.14: Συμβατική κατασκευή ορόφου, Σενάριο 2	223
Εικ. 3.15: Συμβατική κατασκευή ορόφου, Σενάριο 3	223
Εικ. 3.16: Παραδοσιακή κατασκευή ορόφου, Σενάριο 1	224
Εικ. 3.17: Παραδοσιακή κατασκευή ορόφου, Σενάριο 2	224
Εικ. 3.18: Παραδοσιακή κατασκευή ορόφου, Σενάριο 3	225

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΜΕΡΟΣ Α

Πιν. 1.1.: Αίσθηση ψύχους σε °C στο άτομο, σε σχέση με την ταχύτητα του αέρα και τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος	30
Πίν. 1.2: Ταξινόμηση των παραγόντων που επηρεάζουν την εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα στο εσωτερικό περιβάλλον ενός κτηρίου.....	Error! Bookmark not defined.
Πιν. 4.1: Γενική διάταξη-ταξινόμηση των μέτρων ηλιοπροστασίας	Error! Bookmark not defined.
Πιν. 4.2: Συντελεστές ανάκλασης χρωμάτων.....	67
Πιν. 4.3: Σχεδιασμός υβριδικών συστημάτων αερισμού για τα ελληνικά κλιματικά δεδομένα.....	76
Πιν. 4.4: Μέση Θερμοκρασία στη Σαντορίνη ανά Μήνα (°C).	Error! Bookmark not defined.
Πιν. 4.5: Μέση μηνιαία επιβάρυνση πελάτη(€), ανάλογα με την κατανάλωση kWh, με τα τρέχοντα τιμολόγια της Δ.Ε.Η. πριν και μετά τη χρήση πράσινης στέγης	91
Πιν. 5.1: Θερμοφυσικές ιδιότητες κοινών οικοδομικών υλικών	95
Πιν. 5.2: Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ , για διάφορα δομικά στοιχεία (σε W:(mK)).	98
Πιν. 5.3: Βασικές φυσικές και περιβαλλοντικές ιδιότητες των κυριότερων θερμομονωτικών υλικών	Error! Bookmark not defined.
Πιν. 5.4: Ποιότητα των οικοδομικών υλικών	109
Πιν. 6.1: Αντιστοιχία ισχύος λαμπτήρα χαμηλής κατανάλωσης και κοινού λαμπτήρα	Error! Bookmark not defined.
Πιν. 6.2: Σύγκριση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος για την ίδια φωτεινότητα μεταξύ των δύο τύπων λαμπτήρων (κοινός και χαμηλής κατανάλωσης)	Error! Bookmark not defined.
Πιν. 6.3: Επιδόσεις των λυμπτήρων πυρακτώσεως με την χρήση ψηφιακών dimmers	128
Πίν. 8.1: Μέση ενεργειακή κατανάλωση διαφόρων τύπων κτιρίων ανά είδος χρήσης. Όλες οι τιμές είναι σε kWh ανά τετραγωνικό μέτρο το χρόνο	Error! Bookmark not defined.
Πιν. 8.2: Κατανομή της άμεσης ενεργειακής κατανάλωσης των σχολικών κτιρίων, με παράλληλη εγκατάσταση θέρμανσης και κλιματισμού. Όλες οι τιμές είναι σε kWh ανά τετραγωνικό μέτρο το χρόνο	Error! Bookmark not defined.

ΜΕΡΟΣ Β

Πιν.1.1: Η διακύμανση της θερμοκρασίας στο νησί της Σαντορίνης κατά την διάρκεια του έτους.....	Error! Bookmark not defined.
---	-------------------------------------

ΜΕΡΟΣ Γ 227

Πιν. 1.1: Εξωτερική θερμοκρασία αέρα στο νησί της Σαντορίνης.....	227
Πιν. 1.2: Μέση θερμοκρασία αέρα κάθε ζώνης κατασκευής	228

Πιν. 1.3: Σύγκριση απαιτούμενων φορτίων θέρμανσης για την συμβατική κατασκευή	229
Πιν. 1.4: Σύγκριση απαιτούμενων φορτίων ψύξης για την συμβατική κατασκευή	229
Πιν. 1.5: Σύγκριση απαιτούμενων φορτίων θέρμανσης για την παραδοσιακή κατασκευή	231
Πιν. 1.6: Σύγκριση απαιτούμενων φορτίων ψύξης για την παραδοσιακή κατασκευή	231
Πιν. 1.7: Συνολικά απαιτούμενα φορτία ψύξης και θέρμανσης για όλα τα σενάρια των δύο περιπτώσεων κατασκευής.....	232
Πιν. 1.8: Σύγκριση συνολικών απαιτούμενων φορτίων ψύξης και θέρμανσης μεταξύ όλων των σεναρίων των δύο περιπτώσεων κατασκευής.....	232
Πιν. 1.9: Σύγκριση απαιτούμενων φορτίων ψύξης και θέρμανσης για το σενάριο 3 των δύο περιπτώσεων κατασκευής.....	232
Πιν. 1.10: Σύγκριση μηνιαίων απωλειών από τα υαλοστάσια για όλα τα σενάρια των δύο περιπτώσεων κατασκευής.....	233
Πιν. 1.11: Σύγκριση μηνιαίων απωλειών από την τοιχοποιία για όλα τα σενάρια των δύο περιπτώσεων κατασκευής.....	234
Πιν. 1.12: Σύγκριση μηνιαίων απωλειών από το δάπεδο του ισογείου για όλα τα σενάρια των δύο περιπτώσεων κατασκευής.....	235
Πιν. 1.13: Σύγκριση μηνιαίων απωλειών από το δάμα για όλα τα σενάρια των δύο περιπτώσεων κατασκευής.....	235

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	5
Μικρή περίληψη.....	Error! Bookmark not defined.
Σύνοψη	9
Λίστα Εικόνων	11
Λίστα Πινάκων	16
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	19

ΜΕΡΟΣ Α: Βιοκλιματικός Σχεδιασμός

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος

1.1 Θερμική άνεση	27
1.2 Ποιότητα εσωτερικού αέρα	31
1.3 Οπτική άνεση.....	33
1.4 Θόρυβος.....	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Βιοκλιματική αρχιτεκτονική

2.1 Βιοκλιματικός σχεδιασμός	36
2.2 Βιοκλιματική αρχιτεκτονική.....	36
2.3 Βιοκλιματικές συνιστώσες σχεδιασμού.....	37
2.3.1 Χρήση και λειτουργία του κτηρίου	37
2.3.2 Το κλίμα	38
2.4 Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού	38
2.5 Τεχνικές βιοκλιματικού σχεδιασμού	39
2.5.1 Χωροθέτηση κτηρίου Προσανατολισμός.....	39
2.5.2 Όγκος μορφή κτηρίου.....	41
2.5.3 Διάρθρωση εσωτερικών χώρων.....	42
2.5.4 Οικοδομικό κέλυφος.....	43
2.6 Βιοκλιματική αρχιτεκτονική στην Αρχαία Ελλάδα.....	43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Παθητικά ηλιακά συστήματα

3.1 Εισαγωγή.....	45
3.2 Βασικές αρχές λειτουργίας των παθητικών συστημάτων.....	45
3.2.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου	46

3.3	Δομικά στοιχεία παθητικών ηλιακών συστημάτων.....	46
3.3.1	Υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας	46
3.3.2	Υλικά αποθήκευσης της ηλιακής ακτινοβολίας	47
3.4	Κατηγορίες παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης.....	48
3.4.1	Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους.....	48
3.4.2	Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους	49
3.4.2.1	Ηλιακοί Τοίχοι.....	50
3.4.2.2	Τοίχος Trombe.....	50
3.4.2.3	Τοίχος νερού.....	51
3.4.3	Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους.....	51
3.4.3.1	Ηλιακός χώρος ή θερμοκήπιο.....	51
3.4.3.2	Θερμοσιφωνικό πανέλο ή αεροσυλλέκτης	52
3.5	Ο ρόλος του χρήστη στην λειτουργία των Π.Η.Σ.....	53
3.6	Επισημάνσεις για τον σχεδιασμό των Π.Η.Σ.	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Δροσιsmός

4.1	Γενικά.....	55
4.2	Κατηγορίες Φυσικού Δροσιsmού	55
4.3	Ηλιοπροστασία.....	56
4.3.1	Ο σκιαsmός του κτηρίου και των ανοιγμάτων.....	59
4.3.2	Υλικά ηλιοπροστασίας	60
4.3.3	Ηλιοπροστασία ως συνάρτηση του προσανατολισμού	61
4.3.4	Ηλιοπροστασία με στοιχεία φύτευσης	63
4.4	Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών.....	65
4.4.1	Γενικά	65
4.4.2	Ανακλαστικά επιχρίσματα εξωτερικών επιφανειών.....	66
4.4.3	Ψυχρές βαφές και ψυχρά υλικά.....	68
4.5	Υαλοπίνακες ελέγχου ηλιακής ακτινοβολίας.....	68
4.6	Φυσικός αερισsmός.....	71
4.6.1	Γενικές αρχές.....	71
4.6.2	Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων.....	72
4.6.3	Η χρήση του κτηρίου.....	73
4.6.4	Βασικοί τύποι φυσικού αερισsmού.....	74
4.7	Υβριδικός αερισsmός.....	75
4.7.1	Γενικά.....	75

4.7.2 Υβριδικός αερισμός με χρήση ανεμιστήρων	76
4.8 Τεχνητός αερισμός	77
4.9 Αεριζόμενο κέλυφος.....	78
4.10 Δροσισμός μέσω εδάφους	80
4.10.1 Γενικά	Error! Bookmark not defined.
4.10.2 Υπόσκαφα και ημιυπόσκαφα κτήρια.....	81
4.10.3 Υπεδάφιο σύστημα αγωγών	82
4.10.4 Σωληνώσεις ενδοδαπέδιας θέρμανσης	83
4.11 Δροσισμός μέσω νυχτερινής ακτινοβολίας	83
4.11.1 Μεταλλικός ακτινοβολητής.....	84
4.12 Εξατμιστικός δροσισμός.....	85
4.12.1 Γενικά	85
4.12.1 Υδάτινες επιφάνειες.....	85
4.13 Βλάστηση	85
4.13.1 Φυτεμένο δώμα.....	85
4.13.1.1 Κόστος κατασκευής στην Ελλάδα	90

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Η συμπεριφορά του κελύφους απέναντι στις διαδικασίες μετάδοσης θερμότητας

5.1 Επάρκεια Θερμικής μάζας.....	92
5.1.1 Γενικά	92
5.1.2 Θερμοφυσικές ιδιότητες των υλικών που καθορίζουν την αποθήκευση θερμότητας ...	93
5.1.3 Υλικά για αποθήκευση θερμότητας.....	94
5.1.4 Θερμική μάζα και θερμομόνωση.....	95
5.2 Θερμομόνωση.....	96
5.2.1 Γενικά	96
5.2.2 Φυσικές ιδιότητες υλικών που αποτελούν ταυτόχρονα και κριτήριο των προδιαγραφών των θερμομονωτικών υλικών	97
5.2.3 Στοιχεία του κτιρίου ευάλωτα στη θερμοδιαφυγή.....	101
5.2.4 Τεχνικές Θερμομόνωσης Τοίχων	Error! Bookmark not defined.
5.2.5 Συνηθισμένα θερμομονωτικά υλικά	107
5.2.6 Οικολογικά θερμομονωτικά υλικά	107

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Φωτισμός

6.1 Φωτισμός και ευεξία ενοίκων.....	110
6.2 Φωτισμός και εξοικονόμηση ενέργειας	111

6.3 Φυσικός φωτισμός.....	Error! Bookmark not defined.
6.3.1 Αρχές, συστήματα και τεχνικές Φυσικού φωτισμού.....	Error! Bookmark not defined.
6.3.2 Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία	Error! Bookmark not defined.
6.3.3 Ανοίγματα οροφής.....	Error! Bookmark not defined.
6.3.4 Αίθρια	Error! Bookmark not defined.
6.3.5 Φωτοσωλήνες.....	Error! Bookmark not defined.
6.3.6 Φωταγωγοί.....	120
6.3.7 Ηλιοστάσια.....	120
6.3.8 Ειδικό υαλοπίνακες	121
6.3.9 Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά.....	122
6.3.10 Διαφανή μονωτικά υλικά.....	122
6.3.11 Ράφια φωτισμού	123
6.3.12 Ανακλαστικές περσίδες	124
6.4 Τεχνητός φωτισμός	125
6.4.1 Καταναλώσεις ενέργειας και μέτρα εξοικονόμησης	125
6.4.2 Σχεδιασμός	128
6.4.3 Λαμπτήρες.....	Error! Bookmark not defined.
6.4.4 Φωτιστικά σώματα	133
6.4.5 Συσκευές σύνδεσης και λειτουργίας	Error! Bookmark not defined.
6.4.6 Συστήματα ελέγχου	Error! Bookmark not defined.

Κεφάλαιο 7: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στα κτήρια

7.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα	Error! Bookmark not defined.
7.2 Συστήματα Γεωθερμίας.....	Error! Bookmark not defined.
7.3 Αξιοποίηση αστικών στερεών αποβλήτων.....	Error! Bookmark not defined. 2
7.4 Τηλεθέρμανση με βιομάζα	Error! Bookmark not defined. 4

ΜΕΡΟΣ Β: Μελέτη Περίπτωσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Καπετανόσπιτο

1.1 Τοποθεσία έργου, πολεοδομικά & κλιματολογικά δεδομένα.....	Error! Bookmark not defined. 64
1.1.1 Τοποθεσία έργου	Error! Bookmark not defined. 4
1.1.2 Πολεοδομικά δεδομένα	Error! Bookmark not defined.
1.1.3 Κλιματολογικά δεδομένα	Error! Bookmark not defined.
1.2 Λειτουργία και μορφή έργου.....	168

1.2.1 Γενικά	Error! Bookmark not defined.
1.2.2 Υλικά κατασκευής.....	Error! Bookmark not defined.
1.2.3 Υφιστάμενη κατασκευή.....	Error! Bookmark not defined.1
1.2.4 Προτεινόμενη κατασκευή.....	Error! Bookmark not defined.4
1.3 Κατασκευαστικές επιλογές.....	Error! Bookmark not defined.6
1.4 Επιλογές επεμβάσεων βιοκλιματικού χαρακτήρα.....	Error! Bookmark not defined.6

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Διαδικασία προσομοίωσης καπετανόσπιτου

2.1 Πρόγραμμα EnergyPlus με Design Builder.....	Error! Bookmark not defined.
2.2 Σχεδιασμός του κτηρίου και θερμικές ζώνες.....	Error! Bookmark not defined.0
2.2.1 Συμβατική κατασκευή ορόφου.....	Error! Bookmark not defined.3
2.2.2 Παραδοσιακή κατασκευή ορόφου.....	Error! Bookmark not defined.7
2.3 Κλιματικά δεδομένα	Error! Bookmark not defined.
2.4 Ηλιακή ακτινοβολία	Error! Bookmark not defined.
2.5 Δομικά υλικά και στρώσεις	Error! Bookmark not defined.
2.5.1 Σενάριο 1	200
2.5.2 Σενάριο 2	204
2.5.3 Σενάριο 3	207
2.6 Άνθρωποι χρήστες, όρια θερμικής άνεσης.....	209
2.7 Αερισμός, φωτισμός, θερμικά εσωτερικά κέρδη.....	210
2.8 Θέρμανση, ψύξη, κλιματισμός (HVAC)	211
2.9 Χρονοδιαγράμματα	211

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Αποτελέσματα προσομοίωσης

3.1 Διαγράμματα θερμικών αναγκών	214
3.2 Διαγράμματα θερμικών κερδών απωλειών	218
3.3 Διαγράμματα θερμικής άνεσης	222

ΜΕΡΟΣ Γ: Συμπεράσματα

Συμπεράσματα προσομοίωσης.....	227
Προτάσεις.....	237
Επίλογος.....	238
Βιβλιογραφία	239

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Αρχιτεκτονικά σχέδια κατοικίας-Υφιστάμενο.....	243
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Αρχιτεκτονικά σχέδια κατοικίας- Πρόταση.....	251
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Σημαντικές Χρονολογίες για το νησί της Σαντορίνης	Error! Bookmark not defined.

ΜΕΡΟΣ Α

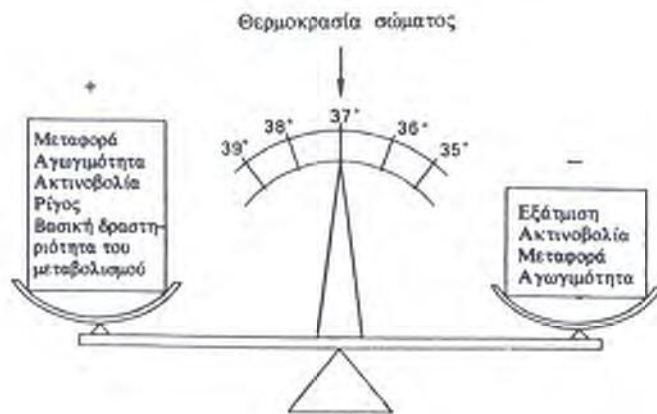
ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

1.1- Θερμική άνεση

Σε κάθε κτήριο επιδίωξη είναι η παροχή συνθηκών άνετης διαβίωσης στους χρήστες του. Η βιολογική και ψυχολογική ισορροπία του ανθρώπου εξασφαλίζεται από την επιτυχή προσαρμογή του στο φυσικό περιβάλλον. Το αίσθημα της θερμικής άνεσης δημιουργείται, όταν καταναλώνεται η ελάχιστη ενέργεια από τον οργανισμό για την εξασφάλιση των θερμορρυθμιστικών λειτουργιών στο ανθρώπινο σώμα, ώστε να διατηρηθεί το θερμικό ισοζύγιο του ατόμου, όπως αυτό αποτυπώνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικ. 1.1: Θερμικό ισοζύγιο ατόμου: Παραγωγή θερμότητας από το άτομο και ανταλλαγή θερμότητας του ανθρώπινου σώματος με το περιβάλλον [7]

Όταν οι κλιματικές συνθήκες του περιβάλλοντος είναι ευνοϊκές, το σώμα αποβάλλει την πλεονάζουσα θερμότητα με την ακτινοβολία, την αγωγιμότητα, την κυκλοφορία του αέρα, την εξάτμιση του ιδρώτα και την αναπνοή. Το θερμορρυθμιστικό σύστημα λειτουργεί με το ελάχιστο έργο και το άτομο αισθάνεται «θερμικά άνετα». Σε δυσμενείς, όμως, συνθήκες -επικρατεί πολύ κρύο ή πολύ ζέστη- το σώμα χάνει πολύ περισσότερη θερμότητα από όση θα 'πρεπε ή αντίστοιχα αδυνατεί να αποβάλει το πλεόνασμα της παραγόμενης θερμότητας, και τότε δεν υπάρχει θερμική άνεση. Το κέλυφος των κτιρίων αποτελεί το ρυθμιστικό παράγοντα για τη δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης στον εσωτερικό χώρο με το να αξιοποιεί τα θετικά κατά περίπτωση κλιματικά στοιχεία και να αποτρέπει τα επιζήμια.

Η ζώνη της θερμικής άνεσης αναφέρεται στο συνδυασμό εκείνων των μεταβλητών του εσωκλίματος (θερμοκρασία αέρα, θερμοκρασία περιβαλλουσών επιφανειών, σχετική υγρασία και ταχύτητα αέρα), όπου το 80% των ατόμων που ερωτώνται αισθάνονται θερμικά άνετα ή θερμικά ουδέτερα. Έξι σημαντικοί-φυσικοί παράγοντες που λειτουργούν αλληλένδετα μεταξύ τους σαν ένα σύστημα, που επηρεάζεται όμως και από ψυχολογικούς παράγοντες, καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το αίσθημα της θερμικής άνεσης. Οι παράγοντες αυτοί διακρίνονται σε προσωπικούς (βαθμός ένδυσης και

μεταβολισμός), και σε περιβαλλοντικούς (θερμοκρασία αέρα, θερμοκρασία περιβαλλουσών επιφανειών, ταχύτητα αέρα και σχετική υγρασία). Άλλοι παράγοντες, που είναι λιγότερο προφανείς και έμμεσα επηρεάζουν το αίσθημα της θερμικής άνεσης, είναι η ηλικία και το φύλο, το μέγεθος του σώματος και το βάρος, η ικανότητα εγκλιματισμού και προσαρμογής, η κατάσταση της υγείας, η διαιτητική, το επίπεδο φωτισμού, ακόμη το χρώμα και η διακόσμηση.



Εικ. 1.2: Βασικοί παράγοντες θερμικής άνεσης [7]

Οι περιβαλλοντικές μεταβλητές εξαρτώνται άμεσα από το σχεδιασμό του κτιρίου (αρχιτεκτονικό και μηχανολογικό), και κατά τον Koenisberger, ο ρόλος του μελετητή είναι να δημιουργήσει τις βέλτιστες κατά το δυνατόν εσωκλιματικές συνθήκες, γιατί «η αίσθηση της άνεσης ή η έλλειψή της *αθροιστικά* συνεισφέρουν στη κρίση του χρήστη για την ποιότητα του σπιτιού όπου ζει ή του σχολείου ή του γραφείου ή του εργοστασίου όπου εργάζεται». Αναλυτικότερα, οι περιβαλλοντικοί παράμετροι παρουσιάζονται ως εξής [7]:

- I. **Η θερμοκρασία του αέρα** (tair) είναι η βάση για την αξιολόγηση της θερμικής άνεσης. Κατά την ASHRAE το 80% των ατόμων αισθάνεται θερμικά άνετα, όταν η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται μεταξύ 21.5 και 25°C (με σχετική υγρασία 50%). Ένα πρόβλημα που συνδέεται με τη θερμοκρασία του αέρα είναι η διαστρωμάτωση της θερμοκρασίας σε ένα χώρο που οφείλεται στη διαφορά της πυκνότητας του θερμού και ψυχρού αέρα. Το φαινόμενο αυτό βελτιώνεται ή γίνεται δυσμενέστερο, ανάλογα με το μέγεθος και το σχήμα του χώρου, την κατασκευή του περιβλήματος, τον τύπο του θερμαντικού συστήματος που χρησιμοποιείται και από τη μέση θερμοκρασία που ακτινοβολείται από τις περιβάλλουσες το χώρο επιφάνειες.
- II. **Η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία των επιφανειών που περιβάλλουν το χώρο** (t_{mr}), επηρεάζει την αίσθηση της θερμοκρασίας του αέρα, έτσι ώστε σε κάποιο βαθμό εξισορροπεί πολύ υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες αέρα. Πριν λίγες δεκαετίες, η θερμοκρασία του αέρα θεωρούνταν ο πιο σημαντικός δείκτης για τον προσδιορισμό της θερμικής άνεσης, και σε πολλά διαγράμματα

άνεσης θεωρείται ότι η θερμοκρασία των περιβαλλουσών επιφανειών είναι ίση με τη θερμοκρασία του αέρα. Μετά από σχετικές έρευνες κρίνεται πλέον αναγκαίο να συναξιολογείται και η θερμότητα που ακτινοβολείται από τις επιφάνειες, μια και το αθροιστικό θερμικό αποτέλεσμα είναι εκείνο που πραγματικά αισθάνεται ο άνθρωπος και που επιδρά στο θερμικό ισοζύγιο του σώματος. Στην τυπική αρχιτεκτονική πρακτική, θα πρέπει η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του αέρα και των περιβαλλουσών επιφανειών να μην υπερβαίνει τους $3^{\circ}\text{--}4^{\circ}\text{C}$, και εξαρτάται από τη θέση και το μέγεθος των επιφανειών που περιβάλλουν τον χώρο και την ικανότητά τους να εκπέμπουν θερμότητα. Η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας αμόνωντων δομικών στοιχείων είναι χαμηλότερη από αυτής των θερμομονωμένων, Σαν αποτέλεσμα, η θερμοκρασία του χώρου ενός μονωμένου κτιρίου μπορεί να διατηρηθεί χαμηλότερη σε σχέση με μια αμόνωντη κατασκευή, παρέχοντας τον ίδιο βαθμό θερμικής άνεσης. Επισημαίνεται, τέλος, ότι παράθυρα και τοίχοι θερμικής μάζας είναι επιφάνειες όπου εμφανίζονται μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Αίσθημα μη θερμικής άνεσης προκαλείται είτε από χαμηλές επιφανειακές θερμοκρασίες των υαλοστασίων, είτε από μεγάλο ποσό θερμότητας που ακτινοβολείται από τα δομικά στοιχεία τα εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία, στη διάρκεια και μετά από περιόδους ηλιοφάνειας.

- III. **Η σχετική υγρασία** επειδή επιδρά στην ικανότητα του σώματος να αποβάλλει θερμότητα με την εξάτμιση, επηρεάζει το αίσθημα της θερμικής άνεσης. Συνδυασμός υψηλής υγρασίας και υψηλής θερμοκρασίας αέρα δημιουργεί θερμική δυσφορία. Αυξάνοντας τη σχετική υγρασία από 20% σε 60%, η θερμοκρασία του αέρα πρέπει να μειωθεί περίπου κατά 1K, για να διατηρηθεί το ίδιο αίσθημα άνεσης. Γενικά, το άτομο αισθάνεται την υγρασία, όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλότερη από 20°C , ή υψηλότερη από 25°C .
- IV. **Ο αέρας που κινείται** απομακρύνει την επιπλέον θερμότητα από το σώμα, αυξάνοντας ή μειώνοντας το βαθμό μεταφοράς και εξάτμισης. Όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του σώματος, η αύξηση της ταχύτητας του αέρα δημιουργεί αίσθηση ψύχους που αυξάνεται όσο μειώνεται η θερμοκρασία του αέρα (Πιν. 1.1). Αντίθετα, όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία του σώματος, η αύξηση της ταχύτητας του αέρα προκαλεί στο σώμα αίσθηση ζέστης και δροσισμού συγχρόνως. Πάντως το αποτέλεσμα του δροσισμού είναι ισχυρότερο από το αποτέλεσμα της θέρμανσης μέχρι περίπου 40°C θερμοκρασία αέρα, μετά από την οποία η υπερθέρμανση είναι μεγαλύτερη. Όταν η ταχύτητα του αέρα είναι μικρή η θερμική άνεση επηρεάζεται εξίσου από τη θερμοκρασία του αέρα και από τη μέση ακτινοβολούμενη από τις επιφάνειες.

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΕΡΑ (M/SEC)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ °C			
	4.4	1.6	-1.1	-4.0
2.2	-2.8	0	-2.2	-6.1
4.5	-5.6	-6.1	-8.9	-12.2
6.7	-7.8	-9.4	-12.2	-16.7
8.9	-9.4	-11.7	-15.6	-19.4
11.2	-11.1	-13.9	-17.8	-21.6

Πιν. 1.1: Αίσθηση ψύχους σε °C στο άτομο, σε σχέση με την ταχύτητα του αέρα και τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος [7]

Εκτός αυτών, είναι γνωστό ότι η θερμοκρασία του δέρματος των διαφόρων τμημάτων του σώματος είναι διαφορετική. Έτσι είναι δυνατόν ένα άτομο να αισθάνεται θερμικά ουδέτερα, δηλ. δεν επιθυμεί ψυχρότερο ή θερμότερο περιβάλλον, και συγχρόνως να μην αισθάνεται θερμικά άνετα εάν ένα τμήμα του σώματος είναι θερμό και άλλο ψυχρό, (**τοπική θερμική δυσφορία**). Η διαφορετική διανομή των θερμοκρασιών, τόσο του αέρα, όσο και της επιφανειακής των περιβαλλουσών επιφανειών, σχετίζεται με το βαθμό θερμομόνωσης και τη θερμοχωρητικότητα των εξωτερικών δομικών στοιχείων που καθορίζουν το ποσό της θερμότητας που ακτινοβολείται (π.χ. μονωμένες τοιχοποιίες και παράθυρα με μονό υαλοπίνακα), την ύπαρξη ψυχρών ή θερμών επιφανειών σε επαφή με το σώμα (π.χ. δάπεδα), και επίσης με τα ρεύματα αέρα και τις τοπικές πηγές που ακτινοβολούν θερμότητα (π.χ. δομικά στοιχεία και θερμαντικά σώματα).

Η κατακόρυφη ασυμμετρία της θερμοκρασίας του αέρα, δημιουργείται από:

- i. το θερμαντικό σύστημα
- ii. την θερμότητα που εκπέμπουν οι χρήστες και ο τεχνητός φωτισμός
- iii. την κυκλοφορία του θερμού αέρα με φυσικό τρόπο

Ειδικά για τα βιοκλιματικά κτίρια, κρίνεται απαραίτητο να επισημανθεί ότι σύμφωνα με μια έρευνα του Hamphreys, που συσχέτιζε την εξωτερική θερμοκρασία με την εσωτερική θερμοκρασία άνεσης, έγινε γνωστό ότι οι χρήστες των βιοκλιματικών κτιρίων ανέχονται υψηλότερες και χαμηλότερες θερμοκρασίες και γενικά είναι περισσότερο ανεκτικοί στη διακύμανση των εσωκλιματικών συνθηκών από τους χρήστες των κτιρίων, στα οποία το εσώκλιμα ελέγχεται αποκλειστικά με μηχανολογικό τρόπο. Γι' αυτό στα παθητικά κτίρια μπορεί να εξοικονομηθεί περισσότερη ενέργεια. Εκτός αυτού, η θερμική άνεση αποκτά μεγαλύτερη βαρύτητα στα ηλιακά κτίρια, τα οποία εν μέρει ή εξολοκλήρου εξαρτώνται από την ηλιακή ακτινοβολία για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών. Ο τρόπος που η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται, αποθηκεύεται και διανέμεται στο κτίριο, επηρεάζει σημαντικά την άνεση των χρηστών του κτιρίου, γιατί το ανθρώπινο σώμα είναι περισσότερο ευαίσθητο στη ροή της θερμότητας απ' ότι στην θερμοκρασία. [7]

1.2- Ποιότητα εσωτερικού αέρα

Το εσωτερικό περιβάλλον σε οποιοδήποτε κτίριο είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ της περιοχής, του κλίματος, του συστήματος κτιρίου (αρχικό σχέδιο και πιο πρόσφατες τροποποιήσεις στη δομή και τα μηχανικά συστήματα), των τεχνικών οικοδόμησης, των μολυσματικών πηγών (οικοδομικά υλικά και επιπλώσεις, υγρασία, διαδικασίες και δραστηριότητες μέσα στο κτίριο, υπαίθριες πηγές), καθώς και των χρηστών του κτιρίου. [78]

Η εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα (Indoor Air Quality-IAQ) αποτελεί σημαντική παράμετρο στα κτίρια, καθώς είναι στενά συνδεδεμένη τόσο με την υγεία όσο και με την άνεση των ανθρώπων που ζουν ή εργάζονται μέσα σε αυτό, ενώ άρχισε να αναφέρεται ως πρόβλημα στο τέλος της δεκαετίας του '60, αν και οι πρώτες μελέτες εμφανίστηκαν περίπου δέκα έτη αργότερα. Διάφοροι είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν τα επίπεδα της εσωτερικής ατμοσφαιρικής ποιότητας, όπως οι συνθήκες που επικρατούν στο εξωτερικό περιβάλλον, η λειτουργία του συστήματος θέρμανσης/ψύξης/αερισμού, η συμπεριφορά και οι δραστηριότητες των χρηστών, κλπ.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΑΕΡΑ

ΦΥΣΙΚΟΙ	<ol style="list-style-type: none">1. Θερμοκρασία (20-26°C)2. Σχετική υγρασία (20-70%)3. Αερισμός (περίπου 8l/s κατά άτομο, απουσία καπνιστών)4. Φωτισμός5. Θόρυβος (<70-80 dB) και δονήσεις6. Σκόνη
ΧΗΜΙΚΟΙ	<ol style="list-style-type: none">1. Αιωρούμενα σωματίδια (προϊόντα καύσης, ίνες αμιάντου, υαλονήματα)2. Βαρέα μέταλλα, τοξικά στοιχεία (Pb, Cd, As, Hg, κ.α.)3. Ιόντα4. Πτητικές οργανικές ενώσεις5. Ανόργανες αέριες ενώσεις (SO₂, NO_x, O₃, Rn, κ.α.)
ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ	<ol style="list-style-type: none">1. Μικροοργανισμοί (ιοί, βακτήρια, μύκητες, κ.α)2. Αλλεργιογόνα (γύρη, έντομα, ζώα, κ.α)

Πιν. 1.2: Ταξινόμηση των παραγόντων που επηρεάζουν την εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα στο εσωτερικό περιβάλλον ενός κτηρίου [78]

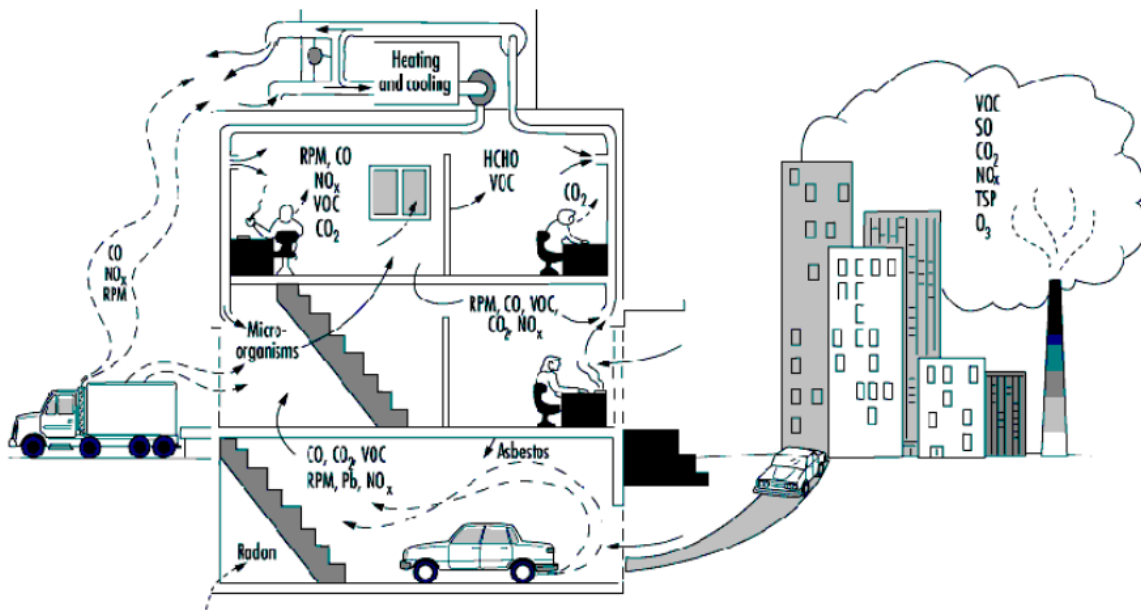
Η ρύπανση των εσωτερικών χώρων είναι ένα φαινόμενο, που συμβαίνει ιδιαίτερα σε κτίρια που δεν αερίζονται σωστά, είτε γιατί έχει περιορισθεί ο φυσικός εξαερισμός, με στόχο τον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας, είτε γιατί χρησιμοποιούνται συστήματα που ανακυκλώνουν τον αέρα ή μέσα θέρμανσης που δεν εξαερίζονται. Όσο πιο στεγανά και «θερμικά» κλειστά είναι τα κτίρια, τόσο

αυξάνεται η συγκέντρωση ρύπων στον εσωτερικό αέρα. Επομένως, η απόδοση του συστήματος εξαερισμού καθορίζει άμεσα το την ποιότητα αέρα ενός εσωτερικού χώρου. Επίσης, η ροή του αέρα και η πορεία του μέσα στο κτίριο έχουν σημαντική επιρροή στη θερμική άνεση των κατόχων, ειδικά κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. Ο εξαερισμός είναι απαραίτητος για να αραιώσει και να εξαντλήσει τους εσωτερικούς ρύπους όπως το διοξείδιο του άνθρακα και τις πτητικές οργανικές ενώσεις.

Υπάρχουν δύο διαφορετικές μορφές εξαερισμού, ο φυσικός και ο μηχανικός αερισμός. Ο φυσικός εξαερισμός στηρίζεται είτε στον αέρα που εισάγεται μέσω των αρμών των ανοιγμάτων στο φάκελο οικοδόμησης (διήθηση - infiltration) είτε στον άμεσο και εκτεταμένο εξαερισμό (ventilation) λόγω των ανοικτών παραθύρων και άλλων σχεδιασμένων σημείων εισόδων και εξόδων (παθητικός εξαερισμός) που εισαγάγουν το φρέσκο αέρα στο εσωτερικό ενός κτιρίου. Ο μηχανικός εξαερισμός απαιτεί τη χρήση των ανεμιστήρων ή άλλων ηλεκτρικών συστημάτων για να εισάγει το φρέσκο αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον στο εσωτερικό και να αποβάλει τον πολυδιατηρημένο αέρα από το εσωτερικό του κτιρίου στο εξωτερικό περιβάλλον.

Ο όρος «**Σύνδρομο Άρρωστων Κτιρίων- Sick Building Syndrome (SBS)**» γενικά αναφέρεται στις καταστάσεις στις οποίες οι κάτοικοι των κτιρίων βιώνουν οξεία προβλήματα υγείας ή /και ταλαιπωρία που συνδέονται προφανώς με το χρόνο που ξοδεύουν σε ένα κτίριο, ενώ την ίδια στιγμή καμία συγκεκριμένη ασθένεια ή αιτία αυτών των αποτελεσμάτων δεν μπορεί να προσδιοριστεί. Οι καταγγελίες μπορούν να εντοπιστούν σε ένα ιδιαίτερη δωμάτιο ή μια ζώνη, ή μπορούν να είναι διεσπαρμένες σε όλο το κτίριο.

Ο όρος «**Ασθένεια Σχετική με το Κτίριο- Building Related Illness (BRI)** » χρησιμοποιείται όταν προσδιορίζονται τα συμπτώματα ασθένειας που μπορεί να διαγνωσθεί και μπορούν να αποδοθούν άμεσα στους αερομεταφερόμενους μολυσματικούς παράγοντες του κτιρίου. Γενικά το BRI διαφέρει από το σύνδρομο του άρρωστου κτηρίου SBS στο ότι τα συμπτώματά του BRI δεν εκλείπουν όταν τα άτομα που έχουν προσβληθεί αποχωρούν από το κτήριο. [78]



CO = carbon monoxide; CO₂ = carbon dioxide; HCHO = formaldehyde; NO_x = nitrogen oxides; Pb = lead; RPM = respirable particulate matter; VOC = volatile organic compounds.

Εικ.1.3: Οι υπαίθριες και εσωτερικές πηγές ρύπων του εσωτερικού περιβάλλοντος [78]

Στους εσωτερικούς χώρους κάθε κτηρίου υπάρχει ένας αριθμός εν δυνάμει πηγών με ρύπους. Ορισμένοι εκπέμπονται συνεχώς, π.χ. από υλικά κατασκευής (χρώματα, αποκαλυμμένες μονώσεις) κι έπιπλα (ειδικά τα ξύλινα που έχουν επικαλυφθεί με συντηρητικά), ενώ κάποιοι άλλοι ρύποι εκπέμπονται διακοπτόμενα, καθώς προκαλούνται από συγκεκριμένες δραστηριότητες, όπως το μαγείρεμα, το κάπνισμα, η χρήση διαλυτικών, χρωμάτων ή προϊόντων καθαρισμού.

Τα παραπάνω προβλήματα μπορούν να αποφευχθούν με τον σωστό αερισμό των κτηρίων, αλλά και με την τοποθέτηση κατάλληλων φυτών εσωτερικού χώρου, όπως αποδείχτηκε από την η NASA, την Υπηρεσία Αεροναυτικής και Διαστήματος των Η.Π.Α., που πειραματίστηκε για δύο χρόνια με πλήθος φυτών εσωτερικού χώρου επιδιώκοντας να βελτιώσει την ποιότητα του αέρα μέσα στα διαστημόπλοια και να περιορίσει στο ελάχιστο την απειλή σε βάρος των αστροναυτών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, υπάρχουν φυτά που εμφανίζουν εξαιρετικές επιδόσεις στην απορρόφηση τοξικών ή ανεπιθύμητων ουσιών, π.χ. από μοκέτες, μπογιές, ηλεκτρονικές συσκευές, τσιγάρα, και άρα στην εξουδετέρωσή τους. [28]

1.3- Οπτική άνεση

Η οπτική άνεση καθορίζεται βασικά από τρεις παραμέτρους:

- i. την ποσότητα του φυσικού φωτισμού
 - ii. την κατανομή του στον χώρο
- την ύπαρξη ή απουσία θάμβωσης.

Αναλυτικότερα:

i. Ποσότητα φυσικού φωτισμού

Τα ποσοτικά κριτήρια του φωτισμού στα κτίρια αναφέρονται στις τιμές φωτισμού (Ix) κυρίως για τεχνητό, αλλά και για φυσικό φωτισμό, ή στον Συντελεστή Φυσικού Φωτισμού (%) για φυσικό φωτισμό, συνήθως στο επίπεδο εργασίας, δηλαδή σε ύψος 70-80cm από το δάπεδο. Ο Συντελεστής Φυσικού Φωτισμού (Daylight Factor) είναι ο λόγος του φωτισμού που δέχεται ένα σημείο του εσωτερικού χώρου προς τον αντίστοιχο φωτισμό σε εξωτερικό ανεμπόδιστο σημείο (E₀) σε συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού, εκφρασμένος επί τοις εκατό. Η απαιτούμενη ποσότητα του φωτισμού σε ένα χώρο σχετίζεται με το είδος της δραστηριότητας που θα λάβει χώρα σε αυτόν. Η ποσότητα του φυσικού φωτισμού σε ένα σημείο του χώρου μπορεί να προβλεφθεί είτε μέσω απλοϊκών εργαλείων (π.χ. εξισώσεων και γραφοεικονικών μεθόδων), με μειωμένη όμως ακρίβεια, είτε με τη βοήθεια ειδικών λογισμικών.

ii. Κατανομή του φυσικού φωτισμού στο χώρο

Η ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού στο χώρο, αφενός, μειώνει τις αντιθέσεις σε φωτεινότητα (άρα, μειώνει έμμεσα και την πιθανότητα θάμβωσης), αφετέρου προσφέρει τη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας, καθόσον ένας χώρος φαίνεται στους χρήστες φωτεινότερος, όταν είναι ομοιόμορφα φωτισμένος, ακόμα κι όταν ποσοτικά το φως είναι . Άρα, στόχος του σχεδιασμού των ανοιγμάτων σε ένα χώρο θα πρέπει να είναι η όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού. Η κατανομή του φυσικού φωτισμού, συνήθως στο επίπεδο εργασίας, μπορεί να υπολογιστεί με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού. Τις περισσότερες φορές, η ομοιομορφία στην κατανομή του φυσικού φωτισμού επιτυγχάνεται με την εφαρμογή είτε μεγάλων γυάλινων επιφανειών, είτε αμφίπλευρου φωτισμού, είτε συνδυασμού πλευρικού φωτισμού και φωτισμού οροφής. Σε χώρους ελεύθερης κίνησης των χρηστών, όπου η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας δεν είναι ενοχλητική και δεν προκαλείται θάμβωση, οι μεγάλες γυάλινες επιφάνειες συμβάλλουν στην αισθητική αναβάθμιση του χώρου, αλλά και στην εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της αντικατάστασης του τεχνητού φωτισμού από το φυσικό.

iii. Θάμβωση

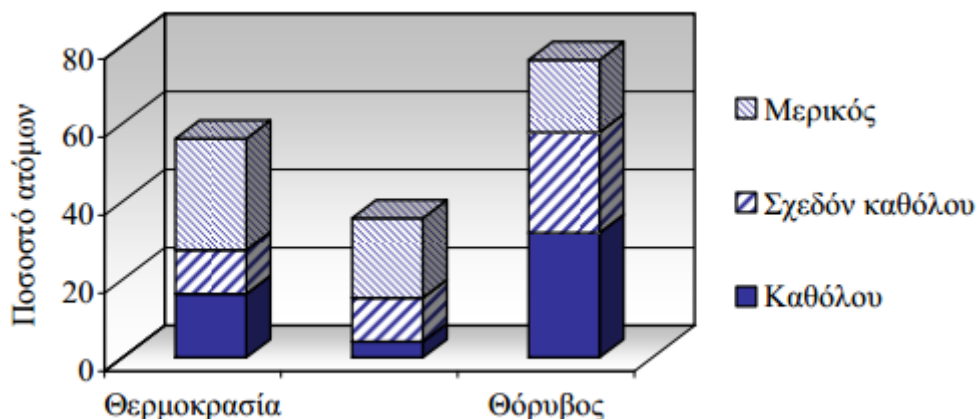
Σύμφωνα με τη Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού, θάμβωση είναι η έλλειψη οπτικής άνεσης ή η μείωση της ικανότητας να διακρίνονται οι λεπτομέρειες των αντικειμένων, η οποία οφείλεται είτε σε ακατάλληλες αναλογίες λαμπρότητας των γύρω επιφανειών, είτε σε πολύ έντονες αντιθέσεις στη φωτεινότητά τους. Η θάμβωση αποτελεί σύνθετο φαινόμενο, στο οποίο εμπλέκεται η κατανόηση πολλών παραμέτρων, όπως η χρονική διάρκεια της πηγής θάμβωσης, οι αναλογίες λαμπρότητας μεταξύ της πηγής θάμβωσης και των γύρω επιφανειών και οι απαιτήσεις σε φωτισμό του χώρου. Δυστυχώς, η θάμβωση είναι σχετικά δύσκολο να προβλεφθεί με ακρίβεια. Σήμερα, βέβαια, υπάρχουν εξελιγμένα λογισμικά που έχουν τη δυνατότητα να υπολογίσουν είτε τις αναλογίες λαμπρότητας σε ένα χώρο, δηλαδή τις πιθανές πηγές θάμβωσης, είτε απευθείας το Δείκτη Θάμβωσης Φυσικού Φωτισμού (Daylight Glare Index- DGI). Ένας απλός τρόπος για την αποφυγή της θάμβωσης από φυσικό φωτισμό είναι η χρήση ανοιχτόχρωμων κουφωμάτων στα ανοίγματα, ώστε να μειώνεται η αντίθεση μεταξύ φωτεινού ουρανού και κουφώματος, ενώ ένας άλλος τρόπος είναι η αποφυγή των έντονα ανακλαστικών (γυαλιστερών) επιφανειών, οι οποίες προκαλούν έμμεση θάμβωση επαναδημιουργώντας την αρχική φωτεινή πηγή (συνήθως τον ήλιο). Βέβαια, ο σωστός σκιασμός των ανοιγμάτων είναι σε κάθε

περίπτωση απαραίτητος, ώστε να αποφευχθεί τόσο η θάμβωση, όσο και η υπερθέρμανση κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. [33, 83]

1.4- Θόρυβος

Ο θόρυβος αποτελεί την τέταρτη φυσική παράμετρο που καθορίζει την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος συντελώντας στην εμφάνιση ή μη συμπτωμάτων υγείας και επηρεάζοντας τον τρόπο αερισμού των κτηρίων. Ο θόρυβος ορίζεται ως ο ανεπιθύμητος ήχος και συνθέτει παράγοντα όχλησης, επιδρά στην κατανόηση του λόγου και στην παραγωγικότητα. Σε μελέτες έχουν αναφερθεί συμπτώματα κόπωσης, ιλίγγου, όχλησης, ναυτίας και πρόκλησης αλλεργιών και νευρικής κατάπτωσης από την έκθεση σε συχνότητες της υποηχητικής περιοχής. Ο θόρυβος υψηλότερων συχνοτήτων από την άλλη προκαλεί όχληση το μέγεθος της οποίας είναι υποκειμενικό και αυξάνεται με τον χρόνο, καθώς δε λαμβάνει χώρα το φαινόμενο της προσαρμογής. Η όχληση είναι τριών κατηγοριών: υποκειμενική, π.χ. όχληση συναισθημάτων και διατάραξη ησυχίας, παρεμβολή ή διακοπή δραστηριότητας και έντονη όχληση, η οποία οδηγεί σε συμπτώματα άγχους, όπως πονοκέφαλο, κούραση, ερεθιστικότητα και χαμηλό ηθικό.

Ο θόρυβος έχει επηρεάζει και με έμμεσο τρόπο την ποιότητα του εσωτερικού αέρα, διότι συνδέεται με τη συμπεριφορά των χρηστών του κτιρίου σε σχέση με τον αερισμό (φυσικό και μηχανικό). Σε ότι αφορά στο φυσικό αερισμό τα επίπεδα θορύβου του εξωτερικού περιβάλλοντος επηρεάζουν τη συχνότητα και διάρκεια, με την οποία αερίζουν το χώρο οι χρήστες του ανοίγοντας τα παράθυρα, αφού συχνά αποφεύγουν το άνοιγμα των παραθύρων για να μην ενοχλούνται από τους εξωτερικούς θορύβους. Παράλληλα, ο θόρυβος σχετίζεται και με τον μηχανικό αερισμό, καθώς παράγεται από την εξαναγκασμένη ροή του αέρα στους αεραγωγούς και τους ανεμιστήρες ιδιαίτερα στην περίπτωση των συστημάτων ανακυκλοφορίας του αέρα επιστροφής που συνήθως απαιτείται υψηλότερη ταχύτητα του αέρα. [78]



Εικ. 1.4: Δυνατότητα ελέγχου της θερμοκρασίας, του αερισμού και του θορύβου από τους χρήστες σε ένα φυσικά αεριζόμενο κτίριο. [78]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

2.1- Βιοκλιματικός σχεδιασμός

Ο όρος «βιοκλιματικός σχεδιασμός» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τους αδελφούς Olgyay¹ στις αρχές της δεκαετίας του '60 στο πλαίσιο των ερευνών τους για την επιστημονική διερεύνηση του τρόπου προσαρμογής ενός κτηρίου στις κλιματικές του περιβάλλοντός του, ενώ η εμφάνιση της ενεργειακής κρίσης στις αρχές της δεκαετίας του '70 τόνωσε το ενδιαφέρον για την συστηματική εξέταση της σχέσης κτηρίου-κλίματος, με ιδιαίτερο στόχο να περιοριστεί η κατανάλωση της συμβατικά παραγόμενης ενέργειας.

Με τον όρο «βιοκλιματικός σχεδιασμός» εννοείται ο υπεύθυνος σχεδιασμός, ο οποίος αποσκοπεί στην προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων, ενώ με τον όρο «βιοκλιματικό κτήριο» εννοούμε το κτήριο που ανταποκρίνεται στις κλιματικές συνθήκες του περιβάλλοντός του, τροποποιώντας τες με κατάλληλο σχεδιασμό, με στόχο την δημιουργία εσωκλίματος που να παρέχει, με την μικρότερη δυνατή ενεργειακή κατανάλωση, θερμική και οπτική άνεση στον χρήστη του. [7]

2.2- Βιοκλιματική αρχιτεκτονική

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά στο σχεδιασμό κτιρίων και χώρων (εσωτερικών και εξωτερικών-υπαίθριων) με βάση το τοπικό κλίμα, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές πηγές, τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτίρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτιρίων.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, αν και είναι ενσωματωμένος στην αρχιτεκτονική που χαρακτηρίζει κάθε τόπο σε ολόκληρη τη γη, θεωρείται από πολλούς ως μία νέα «θεώρηση» στην αρχιτεκτονική και σχετίζεται με την οικολογία περισσότερο, παρά με την ενέργεια και την εξοικονόμηση που δύναται να επιφέρει. Παρά ταύτα, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική έχει αποτελέσει τις τελευταίες δεκαετίες βασική προσέγγιση στην κατασκευή κτιρίων παγκοσμίως, ενώ στα περισσότερα κράτη πλέον αποτελεί βασικό κριτήριο σχεδιασμού μικρών και μεγάλων κτιρίων, το οποίο λαμβάνεται υπόψη από όλους τους μελετητές αρχιτέκτονες και μηχανικούς. Κι αυτό, λόγω των χαμηλότερων απαιτήσεων ενέργειας για την θέρμανση, τον δροσισμό και τον φωτισμό των κτιρίων που προκύπτουν από την πρακτική της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και πολλαπλά οφέλη που την συνεπάγονται: ενεργειακά (εξοικονόμηση και θερμική/οπτική άνεση), οικονομικά (μείωση κόστους ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων), περιβαλλοντικά (μείωση ρύπων) και κοινωνικά. [40]

¹ Οι δίδυμοι, ούγγροι αδελφοί Olgyay (1910-1970) θεωρούνται οι «πατέρες» της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής.

Το ενεργειακό όφελος που προκύπτει από την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποδίδεται με τους παρακάτω τρόπους:

- ❖ Εξοικονόμηση ενέργειας από την σημαντική μείωση απωλειών λόγω της βελτιωμένης προστασίας του κελύφους και συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων
- ❖ Παραγωγή θερμικής ενέργειας (θερμότητας) μέσω των ηλιακών συστημάτων άμεσου ή έμμεσου κέρδους με συμβολή στις θερμικές ανάγκες των χώρων προσάρτησης και μερική κάλυψη των απαιτήσεων θέρμανσης του κτηρίου
- ❖ Δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης και μείωση των απαιτήσεων όσον αφορά στην ρύθμιση θερμοστάτη- σε χαμηλότερες θερμοκρασίες τον χειμώνα και υψηλότερε το καλοκαίρι
- ❖ Διατήρηση της θερμοκρασίας εσωτερικού αέρα σε επίπεδα υψηλά τον χειμώνα και αντίστοιχα χαμηλά το καλοκαίρι, με αποτέλεσμα την μείωση του φορτίου για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από τα επικουρικά συστήματα κατά την χρήση του κτηρίου

Επίσης, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική συμβάλλει στην ορθολογική χρήση και διαχείριση των φυσικών πόρων, στην βελτίωση του φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος και στην διαβίωση κι εργασία σε χώρους με βέλτιστες συνθήκες οπτικής άνεσης και ποιότητας αέρα. [3]

2.3- Βιοκλιματικές συνιστώσες σχεδιασμού

Οι βασικές συνιστώσες συνιστώσες που επηρεάζουν τον βιοκλιματικό σχεδιασμό ενός κτηρίου, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η έννοια της άνεσης στους χρήστες του είναι α) η χρήση και η λειτουργία του και β) το κλίμα της περιοχής του. [7]

2.3.1- Χρήση και λειτουργία του κτηρίου

Σημαντικός παράγοντας για τον βιοκλιματικό σχεδιασμό ενός κτηρίου είναι αφενός το είδος της λειτουργίας για την οποία προορίζεται (κατοικία, κτήριο γραφείων, κτλ.) και αφετέρου ο χρόνος/διάρκεια λειτουργίας του (εποχική ή συνεχής χρήση, διάρκεια χρήσης εντός του εικοσιτετραώρου). Η καταγραφή της χρήσης του κτηρίου (είδος, χρόνος) δίνει πληροφορίες κατά πρώτον για το θερμικό του ισοζύγιο, στοιχείο απαραίτητο για τον προσδιορισμό των πρόσθετων θερμικών απαιτήσεων του κτηρίου και κατά δεύτερον για τις απαιτήσεις φυσικού φωτισμού. Για παράδειγμα, ένα κτήριο γραφείων λειτουργεί καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου, αλλά το ωράριο λειτουργίας του είναι περιορισμένο για κάποιες ώρες της ημέρας (9:00-17:00). Επίσης, ένα σχολείο λειτουργεί συνήθως από τον Σεπτέμβριο μέχρι τον Ιούνιο κατά τις πρωινές ώρες. Αντίθετα, μια κατοικία «λειτουργεί» συνεχώς όλο τον χρόνο και όλο το εικοσιτετράωρο. Η απαίτηση, λοιπόν, για συνθήκες θερμικής άνεσης πρέπει να προσδιορίζεται στην χρονική διάρκεια κατοίκησης, ώστε να έχουμε την μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας και να επιλέγουμε τον κατάλληλο σχεδιασμό. [7]

2.3.2- Το κλίμα

Στα βιοκλιματικά κτήρια πρέπει να οριστεί και ο τύπος του κλίματος της περιοχής τους, ώστε να είναι γνωστά τα εποχιακά χαρακτηριστικά και επομένως οι περίοδοι θέρμανσης και δροσισμού κατά την διάρκεια των οποίων το κτήριο έχει μεγαλύτερη ανάγκη κατανάλωσης ενέργειας προκειμένου οι εσωτερικές συνθήκες να παραμείνουν στα όρια της θερμικής άνεσης.

Επομένως, η ημερήσια και εποχική μεταβολή του κλίματος καθορίζουν την πολυπλοκότητα και την δυσκολία του βιοκλιματικού σχεδιασμού ενός κτηρίου. Ο σχεδιασμός ενός κτηρίου για κλίματα, στα οποία χειμώνα-καλοκαίρι η εξωτερική μέση θερμοκρασία είναι χαμηλότερη της θερμοκρασίας άνεσης είναι απλούστερος από τον σχεδιασμό για κρύους χειμώνες και ζεστά καλοκαίρια.

Στον βιοκλιματικό σχεδιασμό διακρίνονται τρεις βασικές περίοδοι που αντιστοιχούν στις εποχές του έτους: η ψυχρή περίοδος ή περίοδος θέρμανσης, η θερμή περίοδος ή περίοδος δροσισμού και η μεταβατική περίοδος (άνοιξη και φθινόπωρο), κατά την οποία το κτήριο δεν χρειάζεται συνήθως ούτε θέρμανση ούτε ψύξη. Κατά την διάρκεια των περιόδων ψύξης και θέρμανσης το κτήριο έχει την μεγαλύτερη ανάγκη για κατανάλωση ενέργειας και συνεπώς σε αυτές εστιάζεται το ενδιαφέρον του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Μελετάται, επίσης, ο φυσικός φωτισμός και ο αερισμός του κτηρίου καθ' όλη την διάρκεια του έτους. [3]

2.4- Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού

Η βασική επιδίωξη του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι το κτίσμα να προσαρμοστεί στον τοπικό κλίμα και το φυσικό περιβάλλον, έτσι ώστε η ενεργειακή κατανάλωση να περιοριστεί στον μέγιστο βαθμό χωρίς παράλληλα να διαταράσσονται οι συνθήκες θερμικής άνεσης. Για να επιτευχθεί αυτό την χειμερινή περίοδο θα πρέπει να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες του κτηρίου (απώλειες με αγωγιμότητα και απώλειες αερισμού) και ταυτόχρονα να μεγιστοποιηθούν τα θερμικά ηλιακά κέρδη. Την θερινή περίοδο, αντίστοιχα, θα πρέπει να επιδιώκεται ο φυσικός δροσισμός του κτηρίου με την ελαχιστοποίηση των θερμικών κερδών και την θερμική αποφόρτιση του κτηρίου μέσω αερισμού και άλλων σχετικών μέτρων. Συνοπτικά οι κύριες αρχές σχεδιασμού είναι:

- Η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας και της κίνησης του ήλιου καθ' όλη την διάρκεια του έτους
- Η αξιοποίηση της κίνησης του αέρα και των δροσερών ανέμων
- Η ορθολογική χρήση, διαχείριση και εξοικονόμηση ενέργειας νερού
- Η επιλογή κατάλληλου προσανατολισμού, όγκου, σχήματος και μεγέθους του κτηρίου
- Η εξασφάλιση άπλετου φυσικού φωτισμού και αερισμού
- Η εκμετάλλευση της βλάστησης και άλλων φυσικών στοιχείων του ανάγλυφου
- Η προστασία από τον θόρυβο
- Η χρήση τοπικών οικοδομικών υλικών, φιλικών στο περιβάλλον
- Η προστασία του τοπίου και των φυσικών συστημάτων

Αναφορικά με το κτήριο, προκειμένου να εντάσσεται στην βιοκλιματική αντίληψη σχεδιασμού θα πρέπει να σχεδιάζεται με βάση τις εξής αρχές: Να λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης το χειμώνα, ως αποθήκη θερμότητας και ως αποθήκη φυσικής ψύξης το καλοκαίρι. [16, 18]

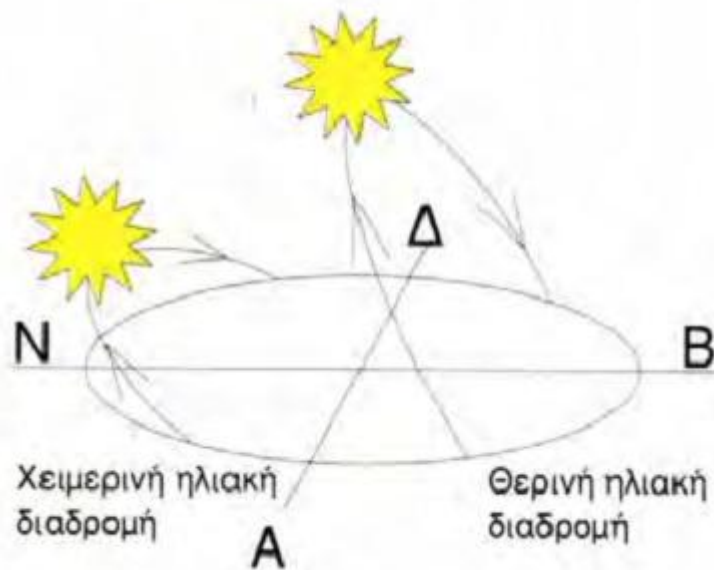
2.5- Τεχνικές βιοκλιματικού σχεδιασμού

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός ακολουθεί συγκεκριμένα στάδια, μια προσέγγιση από έξω προς τα μέσα. Έτσι, όταν πρόκειται να κατασκευαστεί εξαρχής το βιοκλιματικό κτήριο, πρώτα ελέγχεται η συμπεριφορά του οικοπέδου βάσει των κλιματικών του δεδομένων, ύστερα επιλέγεται η βέλτιστη θέση για την δημιουργία του κτίσματος κι ακολουθούν οι επιλογές του βέλτιστου όγκου, του βέλτιστου προσανατολισμού των ανοιγμάτων, της διάρθρωσης των εσωτερικών χώρων, των υλικών, κ.ο.κ. Εν τέλει πραγματοποιείται ο σχεδιασμός των παθητικών συστημάτων θέρμανσης και δροσισμού.

2.5.1 Χωροθέτηση κτηρίου- Προσανατολισμός

Η ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου επηρεάζεται σημαντικά από την θέση του και τον προσανατολισμό του σε σχέση με τον ήλιο και τους ανέμους. Οι δύο αυτοί παράγοντες μπορούν να επηρεαστούν από ορισμένες δευτερεύουσες συνιστώσες, όπως η ύπαρξη βλάστησης, η γειννίαση με έναν δρόμο ή μια πλατεία, η ύπαρξη όμορφης θέας, επιμέρους πολεοδομικές διατάξεις. [16]

Προκειμένου το κτήριο να λειτουργήσει ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης, η χωροθέτηση του νέου κτηρίου στο οικόπεδο οφείλει να διασφαλίζει νότιο προσανατολισμό της μεγαλύτερης όψης του, με επιτρεπόμενες αποκλίσεις έως $\pm 30^\circ$ (ανατολικά ή δυτικά) του νότου. Σε περίπτωση αστικού οικοπέδου με δυσμενή προσανατολισμό, δηλαδή με όψεις ελεύθερες μόνον σε ανατολή και δύση, η δυνατότητα προσανατολισμού προς το νότο μπορεί να επιτευχθεί μέσω προεξοχών του κελύφους, των οποίων η όψη στρέφεται προς το νότο. Ο έλεγχος του ηλιασμού του κτηρίου, που καθορίζει την τελική τοποθέτηση του κτηρίου στο οικόπεδο, πραγματοποιείται με την χρήση κατάλληλων ηλιακών χαρτών-διαγραμμάτων, βάσει των οποίων καθορίζεται και η απόσταση από τα γειτονικά κτήρια εμπόδια. Ένας εμπειρικός κανόνας χρήσιμος στη φάση των προσχεδίων για τον έλεγχο του ηλιασμού το χειμώνα καθορίζει ότι: για νότιο προσανατολισμό η απόσταση ανάμεσα στο χωροθετούμενο κτήριο και το υφιστάμενο εμπόδιο πρέπει να ισούται με $1,5 \times$ το ύψος του εμποδίου. Έτσι, εάν το υφιστάμενο κτήριο-εμπόδιο έχει ύψος 15 μ., η ελάχιστη απόσταση χωροθέτησης του νέου κτηρίου πρέπει να είναι ίση με $1,5 \times 15 \mu. = 22,50 \mu.$, προκειμένου το νέο κτήριο να έχει ήλιο τον χειμώνα. [21]

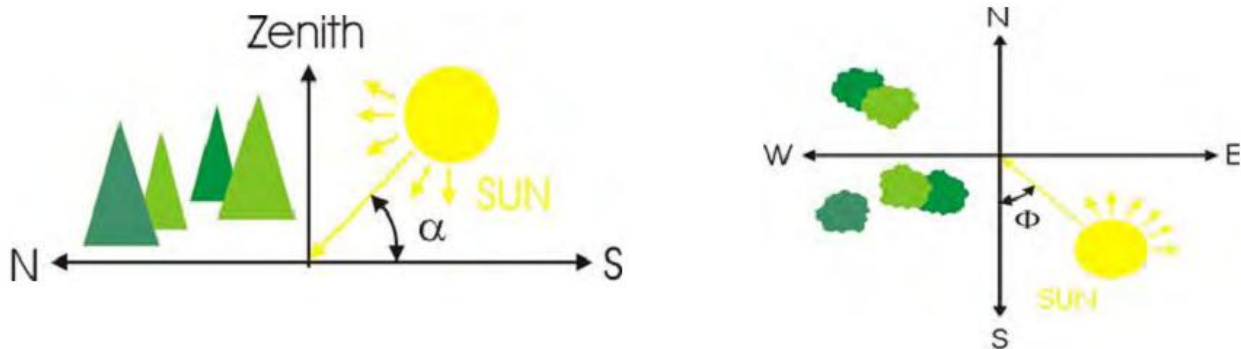


Εικ. 2.1: Η τροχιά του ήλιου [7]

Ο προσανατολισμός των ανοιγμάτων του κτηρίου είναι καθοριστικός παράγοντας για την διάρκεια του ηλιασμού και για το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που το κτήριο δέχεται. Έτσι, η γνώση της ημερήσιας τροχιάς του ήλιου στις διάφορες εποχές του έτους βοηθά στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για το σχεδιασμό των κτιρίων και την τοποθέτηση των χώρων σε σχέση με τις απαιτήσεις ηλιασμού και θέρμανσης. Εν γένει, ισχύει ότι:

- I. Μια νότια πρόσοψη δέχεται τη μέγιστη μέση τιμή ηλιακής ακτινοβολίας- θερμότητας κατανεμημένη στις διάφορες εποχές του έτους, με τον πιο ευνοϊκό τρόπο. Το χειμώνα, η κίνηση του ήλιου σε χαμηλότερη τροχιά έχει σαν αποτέλεσμα καθετότερη πρόσπτωση της ακτινοβολίας στη νότια πρόσοψη και επομένως μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Η νότια όψη δέχεται το μεγαλύτερο ποσό της ηλιακής ενέργειας από οποιαδήποτε διαφορετικά προσανατολισμένη επιφάνεια του κτιρίου. Αντίθετα το καλοκαίρι δέχεται το ελάχιστο σε θερμότητα, παρά τη μεγάλη διάρκεια του ηλιασμού της.
- II. Οι όψεις των κτιρίων με ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό δέχονται το μέγιστο του ηλιασμού από το Μάη μέχρι τον Ιούλιο και αντίθετα μικρό ποσό θερμότητας το χειμώνα.
- III. Οι βορινές προσόψεις ηλιάζονται μόνο το καλοκαίρι, νωρίς το πρωί και αργά το απόγευμα.

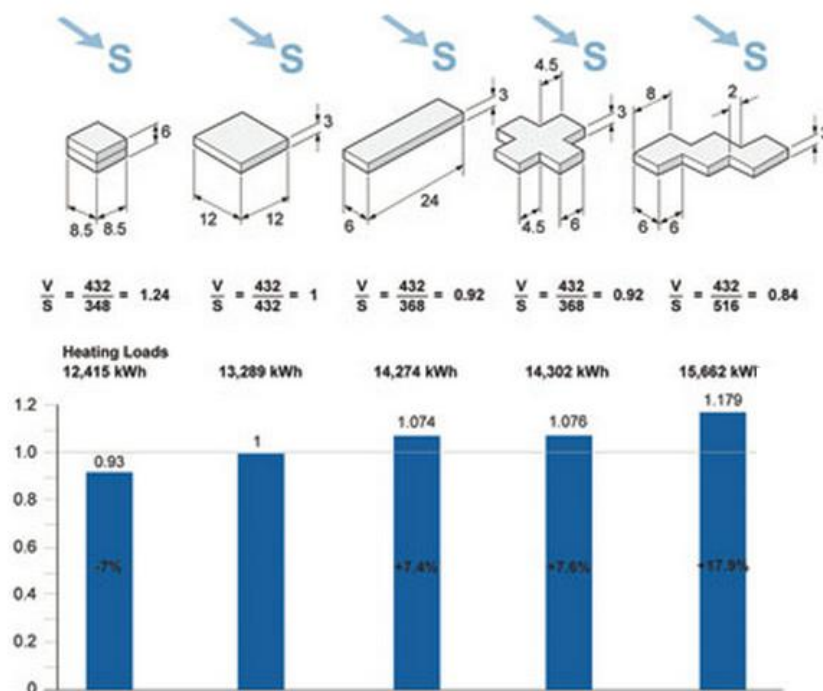
Από τα παραπάνω συνεπάγεται ότι ο νότιος προσανατολισμός είναι ο ιδεώδης για τη διάταξη των ανοιγμάτων σε ένα κτίριο, ενώ μικρή απόκλιση κατά 20° δεν μεταβάλλει ουσιαστικά την απόδοση των νότια προσανατολισμένων ανοιγμάτων. [7]



Εικ. 2.2: Γωνία αζιμουθίου και ύψος ήλιου [7]

2.5.2 Όγκος-μορφή κτηρίου

Σύμφωνα με έρευνες του Victor Olgyay πάνω στην επίδραση του κλίματος στην μορφή του κτηρίου προέκυψε ότι τα συμπαγή κτήρια κυβικής μορφής αποτελούν την ιδανική λύση για τα ψυχρά κλίματα. Αντίστοιχα, στα εύκρατα κλίματα το σχήμα του κτηρίου για τη βέλτιστη εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας πρέπει να είναι επιμηκυμένο κατά τον άξονα Α-Δ. Αυτό υφίσταται τόσο διότι περισσότεροι χώροι διαβίωσης διατάσσονται στις νότιες επιφάνειες όσο και γιατί η δυτική όψη, που είναι και η πιο προβληματική, περιορίζεται στο ελάχιστο, ενώ μπορούν να διαταχθούν εκεί χώροι ανάσχεσης της ενέργειας με σκοπό την προστασία του υπόλοιπου κτηρίου από την υπερθέρμανση. Επιπλέον, με την γεωμετρία αυτή επιτυγχάνεται ο καταλληλότερος φυσικός αερισμός.



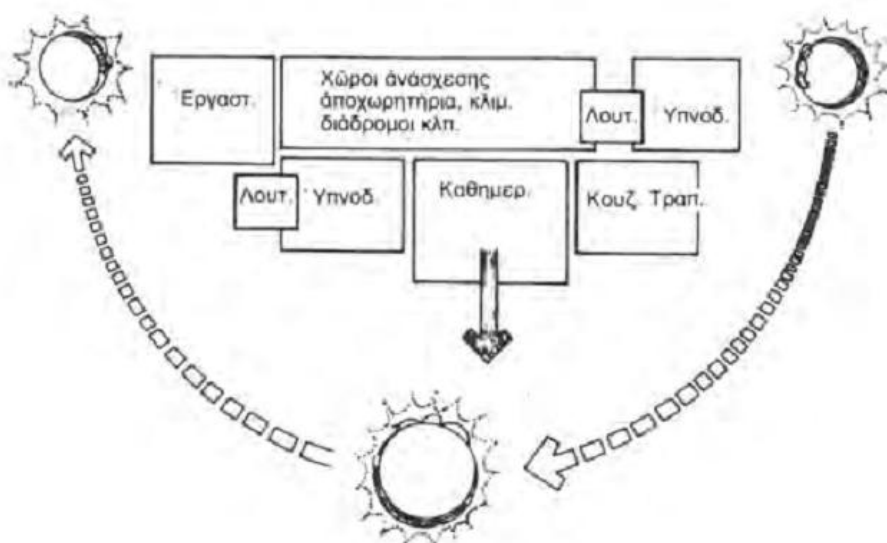
Εικ. 2.3: Επίπτωση του σχήματος για την ετήσια θερμική ενέργεια ενός μικρού κτηρίου (144m²) σε ψυχρό κλίμα. [35]

Επιπλέον, βασικός παράγοντας στην διαμόρφωση του σχήματος του κτηρίου είναι η προστασία από τοπικούς ισχυρούς επικρατούντες ανέμους. Για να αναχαιτιστεί η επίδρασή τους στο κτήριο είτε τοποθετούνται κατάλληλοι ανεμοφράχτες, π.χ. με πλούσια δενδροφύτευση είτε επιχειρείται συρρίκνωση των όψεων που είναι εκτεθειμένες, π.χ. με μείωση του ύψους τους, ώστε να δημιουργηθεί αεροδυναμικό φαινόμενο που ελαχιστοποιεί στροβιλισμούς και διεισδύσεις. [2, 4]

2.5.3 Διάρθρωση εσωτερικών χώρων

Για ορθή διάταξη των εσωτερικών χώρων πρέπει να αξιοποιηθούν οι μικροκλιματικές συνθήκες που επικρατούν στις πλευρές του κτηρίου. Η βόρεια πλευρά είναι η πιο ψυχρή, καθώς δεν δέχεται άμεση ηλιακή ακτινοβολία και γιατί οι χειμερινοί άνεμοι έχουν συνήθως βορινή κατεύθυνση. Η ανατολική και δυτική πρόσοψη δέχεται ίση ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας, αλλά η δυτική παραμένει πιο ζεστή εξαιτίας του συνδυασμού ηλιακής ακτινοβολίας και υψηλών μεσημβρινών θερμοκρασιών του αέρα. Η νότια πλευρά είναι η φωτεινότερη και η πιο ζεστή και δέχεται ηλιακή ακτινοβολία στη διάρκεια όλης της ημέρας. [7]

Ως εκ τούτου, οι χώροι της κύριας χρήσης που έχουν μεγάλες φωτιστικές και θερμαντικές ανάγκες πρέπει να τοποθετούνται στον νότο, ενώ οι χώροι με μικρές απαιτήσεις σε φωτισμό, όπως χώροι στάθμευσης, κελάρι, αποθήκες στον βορρά, ώστε να μεσολαβούν ανάμεσα στους ζεστούς χώρους και την ψυχρή βορεινή πλευρά του κτηρίου. Ένα άλλο είδος φράγματος αποτελούν, επίσης, οι υαλόφρακτοι χώροι (θερμοκήπια, βεράντες) που τοποθετούνται στο νότιο τμήμα του κτηρίου λειτουργώντας ως συλλέκτες θερμότητας. Στην δυτική πλευρά μπορούν να διαταχθούν δωμάτια εφόσον προβλέπεται κατάλληλος νυχτερινός αερισμός. Ακόμη, λουτρά, χώροι εργασίας ή και κουζίνες μπορούν να διαταχθούν μεταξύ του θερμού δυτικού τοίχου και των ζωνών διαμονής ή των υπνοδωματίων. [4]



Εικ. 2.4: Ορθή διάταξη των χώρων για ενεργειακή κατοικία σε εύκρατο κλίμα. [7]

2.5.4 Οικοδομικό κέλυφος

Με βάση τα κριτήρια του ενεργειακού σχεδιασμού, το κέλυφος καλείται να εκπληρώσει επιλεκτικά τρεις ρόλους. Κατά πρώτον, να λειτουργήσει ως «**επιλεκτικός ηλιακός συλλέκτης**», δηλαδή να συνεισφέρει στην δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας, όταν αυτή είναι διαθέσιμη και απαραίτητη, την χειμωνιάτικη μέρα, και να την κρατήσει μακριά την καλοκαιρινή μέρα. Τα σωστά προσανατολισμένα ανοίγματα, εξοπλισμένα με τις κατάλληλες ηλιοπροστατευτικές διατάξεις, καθορίζουν και επηρεάζουν τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Κατά δεύτερον, να λειτουργήσει ως «**φράγμα θερμικών απωλειών**», ώστε η θερμότητα που δεσμεύτηκε από την ηλιακή ακτινοβολία να μη διαφύγει στο εξωτερικό περιβάλλον. Η θερμομόνωση του κελύφους και η νυχτερινή-κινητή θερμομόνωση των ανοιγμάτων συμβάλλουν στη μείωση των θερμικών απωλειών.

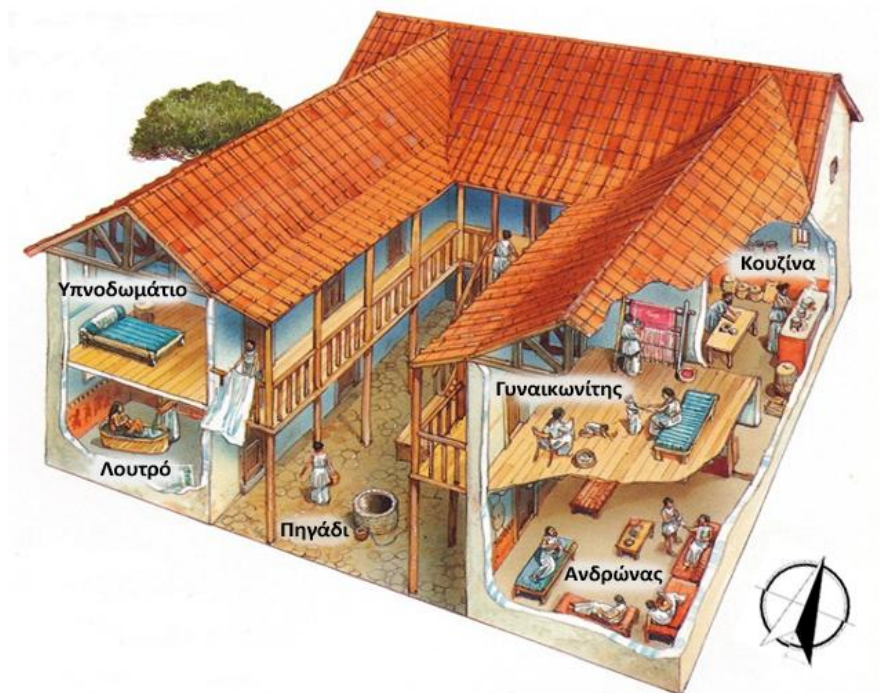
Κατά τρίτον, να λειτουργήσει ως «**θερμική αποθήκη**», ώστε η συλλεχθείσα θερμότητα να αποθηκευτεί για να αποδεσμευτεί και να αποδοθεί στους κατοικήσιμους χώρους, όταν είναι χρήσιμη, δηλαδή τις βραδυνές ώρες ή σε περιόδους με συννεφιά. Η θερμότητα που μπορεί να αποθηκεύσουν τα δομικά υλικά- και τα δομικά στοιχεία αντίστοιχα, είναι ανάλογη με το μέγεθος της θερμοχωρητικότητάς τους. [7]

1.6- Βιοκλιματική αρχιτεκτονική στην Αρχαία Ελλάδα

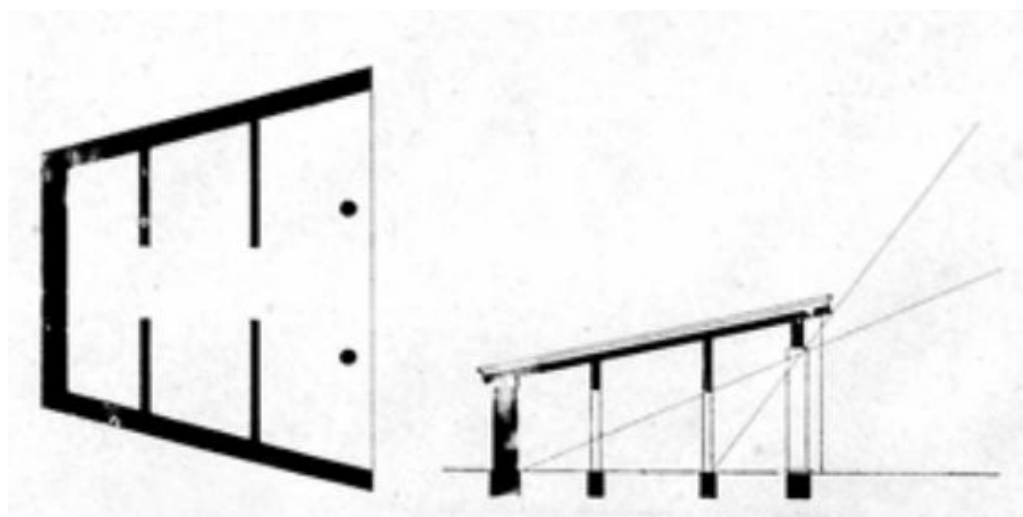
Η ενεργειακή απόδοση ήταν ανέκαθεν ζήτημα αιχμής, με πιο χαρακτηριστική ίσως αναφορά εκείνη του Ηλιακού Σπιτιού του Σωκράτη. Ο Σωκράτης το 470 π.Χ. με τις οδηγίες του για το ιδανικό ηλιακό σπίτι, που αναφέρονται στα απομνημονεύματα του Ξενοφώντα, αλλά και ο Ιπποκράτης με το έργο του «Περί αέρων, υδάτων και τόπων», έβαλαν τις βάσεις της σύγχρονης βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Κύριος στόχος τους ήταν τα σπίτια να εξασφαλίζουν μια αρμονική σχέση του ανθρώπου με το περιβάλλον.

Ως προς τον τύπο της αρχαίας κατοικίας, παρ' όλες τις διαφορές που υπήρχαν από τόπο σε τόπο, τα αρχαία ελληνικά σπίτια είχαν μεταξύ τους ορισμένα βασικά κοινά στοιχεία. Ο βόρειος τοίχος γινόταν παχύτερος και με τα ελάχιστα δυνατά ανοίγματα. Η είσοδος συνήθως βρισκόταν στην ανατολική και σπανιότερα στην νότια πλευρά. Στην βόρεια πλευρά του σπιτιού συνήθως φύτευαν κάποια αειθαλή δέντρα, όπως ελιές, ώστε με το φύλλωμά τους να εμποδίζουν τον χειμωνιάτικο κρύο βόρειο άνεμο να πέσει απ' ευθείας πάνω στο σπίτι. Στην νότια πλευρά συνήθως υπήρχαν φυλλοβόλα δένδρα, που τον χειμώνα χωρίς φύλλα δεν εμποδίζαν τον ήλιο από το να ζεσταίνει το σπίτι, αλλά το καλοκαίρι προσέφεραν όλη τους την σκιά. Επίσης, χρησιμοποιούσαν πάνω από τις νότιες πόρτες και παράθυρα μία προέκταση της σκεπής με προσεκτικά σχεδιασμένο μέγεθος. Το μέγεθος αυτής της προέκτασης ήταν υπολογισμένο με τέτοιο τρόπο που το καλοκαίρι ο ήλιος εμποδιζόταν από το να πέσει μέσα στο σπίτι αλλά το χειμώνα που έχει χαμηλότερη τροχιά αυτή η προέκταση δεν τον εμποδίζει απ' το να ζεσταίνει και το εσωτερικό του σπιτιού. Μία άλλη έξυπνη εναλλακτική κίνησή τους ήταν η χρήση

κλιματαριάς συγκεκριμένου ύψους και πλάτους, ώστε να πετύχουν το ίδιο και να απολαμβάνουν και καρπούς, ενώ συχνά συναντάται χαρακτηριστική εσωτερική αυλή, το *αίθριο*, δηλαδή ο ανοικτός εσωτερικός πυρήνας. [75]



Εικ. 2.5: Τυπικό αρχαιοελληνικό σπίτι προσανατολισμένο στον άξονα Βορρά-Νότου, με την είσοδο και τα κύρια δωμάτια στραμμένα στο Νότο για καλύτερη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. [104]



Εικ.2.6: Ηλιακό σπίτι του Σωκράτη, σε σύγχρονη απεικόνιση του ακαδημαϊκού Γ.Π.Λάββα [40]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

3.1 Εισαγωγή

Έχουν αναπτυχθεί δύο κυρίως τεχνολογικά συστήματα για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη των κτιρίων: τα ενεργητικά και τα παθητικά συστήματα. Ανάμεσά τους υπάρχει και ένα τρίτο: τα υβριδικά.

Παθητικά ηλιακά συστήματα (Π.Η.Σ.) είναι εκείνα που για την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας δεν κάνουν χρήση υψηλής τεχνολογίας και μηχανικών μέσων. Βασίζονται στη φυσική ροή της θερμικής ενέργειας, εκμεταλλεύονται τις φυσικές ιδιότητες των υλικών του κτιρίου και χρησιμοποιούν για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας και την αποθήκευση της θερμότητας, τα δομικά στοιχεία του κελύφους (τοίχους, δάπεδα, οροφές, δώμα).

Τα ενεργητικά συστήματα απαιτούν τη χρησιμοποίηση μηχανικών μέσων -απλών μέχρι υψηλής τεχνολογίας (αντλίες, εναλλάκτες θερμότητας, ανεμιστήρες, κλπ) και προϋποθέτουν σύνθετους μηχανισμούς συλλογής, μεταφοράς και αποθήκευσης της θερμότητας που έχει προέλθει από την ηλιακή ακτινοβολία που δεσμεύτηκε.

Τα υβρίδια είναι συστήματα που συνδυάζουν τη φυσική και τη μηχανική θερμική ροή. Για παράδειγμα, η προσθήκη σε ένα παθητικό σύστημα ενός ανεμιστήρα για να υποβοηθήσει τη μεταφορά θερμότητας στους πίσω χώρους του κτιρίου ή ενός θερμοστάτη για να υπάρχει έλεγχος της θερμότητας που αποδίδεται, μετατρέπουν ένα παθητικό σύστημα σε υβριδικό. [21]

3.2 Βασικές αρχές λειτουργίας των παθητικών συστημάτων

Η λειτουργία των παθητικών συστημάτων για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας προϋποθέτει ένα σωστά ενεργειακά σχεδιασμένο κτίριο, σύμφωνα με τις αρχές που ήδη αναπτύχθηκαν. Ιδιαίτερα, η διαμόρφωση του κελύφους του κτιρίου πρέπει να είναι τέτοια, που να επιτρέπει τη μέγιστη συλλογή της ηλιακής ενέργειας, τη μέγιστη δυνατότητα για την αποθήκευση της θερμικής ενέργειας και τις ελάχιστες θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον. Η λειτουργία των παθητικών συστημάτων στηρίζεται στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου» για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, στη θερμοχωρητικότητα των υλικών για την αποθήκευση της θερμότητας και στους βασικούς νόμους της θερμοδυναμικής για τη μεταφορά της θερμότητας από τη συλλογή στην αποθήκη και στο χώρο που θα θερμανθεί.

3.2.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αναφέρεται στη δέσμευση της θερμότητας που προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία που διαπερνά μια γυάλινη επιφάνεια. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου στηρίζεται στην ιδιότητα που έχει το γυαλί να είναι διαπερατό στη μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία (0.4-2.5 μικρά), ενώ είναι αδιαπέραστο στη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από τα σώματα και που συνήθως έχει μήκος κύματος γύρω στα 10 μικρά. Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σε μια γυάλινη επιφάνεια, ένα ποσοστό αντανακλάται, ένα ποσοστό απορροφάται από το γυαλί, από το οποίο ένα μέρος επανακτινοβολείται προς το εξωτερικό, και το μεγαλύτερο ποσοστό (ανάλογα με τη διαπερατότητα του γυαλιού), που είναι η φωτεινή ακτινοβολία (0.4-0.8 μικρά), περνά μέσα από το γυαλί στον εσωτερικό χώρο. Αυτό το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που πέρασε μέσα από το γυαλί, απορροφάται από τα δομικά στοιχεία και τα λοιπά αντικείμενα του εσωτερικού χώρου και αλλάζοντας μήκος κύματος μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία για την οποία το γυαλί είναι σχεδόν αδιαπέραστο. Η με αυτό τον τρόπο προερχόμενη θερμότητα παγιδεύεται στο εσωτερικό του κτιρίου και αποθηκεύεται στα στοιχεία με θερμοχωρητικότητα. Στη συνέχεια η θερμότητα μπορεί να μεταδοθεί είτε με αγωγιμότητα είτε με μεταφορά (με τη βοήθεια κάποιου ρευστού, αερίου ή υγρού) είτε με ακτινοβολία και να συνεισφέρει στη διαμόρφωση του θερμικού ισοζυγίου του χώρου. [21]

3.3 Δομικά στοιχεία παθητικών ηλιακών συστημάτων

Στα παθητικά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούνται υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας και υλικά αποθήκευσης της θερμότητας.

3.3.1 Υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας

Τα υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας είναι διαφανή υλικά (διαπερατά από την ηλιακή ακτινοβολία). Τα συνηθέστερα διαφανή υλικά που χρησιμοποιούνται σε κτιριακές κατασκευές είναι οι υαλοπίνακες, τα σκληρά πλαστικά (ακρυλικά, πολυεστερικά και πολυκαρβονικά) και η διαφανής θερμομόνωση, όπως αναπτύσσονται στην συνέχεια.

Σχετικά με τους υαλοπίνακες, είναι άκαμπτοι, εμφανίζουν αντοχή στις καιρικές μεταβολές, στο φως και στις χημικές αντιδράσεις. Μειονέκτημα είναι το βάρος και η μικρή αντοχή τους σε μηχανική κρούση, εκτός κι εάν έχουν υποστεί ανάλογη επεξεργασία (π.χ. υαλοπίνακες ασφαλείας -τύπου "securit"). Το κοινό γυαλί έχει διαπερατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία από 0,78 - 0,91, ανάλογα με την ποιότητα και το πάχος του. Εάν χρησιμοποιηθούν πολλαπλοί υαλοπίνακες, μειώνεται η διαπερατότητα του συστήματος, αλλά βελτιώνεται σημαντικά ο συντελεστής θερμοπερατότητας. Ανακλαστικοί και απορροφητικοί υαλοπίνακες με υψηλό συντελεστή ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας αντίστοιχα, πρέπει να χρησιμοποιούνται με σύνεση στα παθητικά ηλιακά συστήματα, γιατί μειώνουν το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο χώρο. Αντίθετα, ενδείκνυνται υαλοπίνακες χαμηλής εκπεψιμότητας (low emissivity ή low-e), κατάλληλα τοποθετημένοι, οι οποίοι περιορίζουν τη διαφυγή της θερμικής ενέργειας με ακτινοβολία προς το εξωτερικό περιβάλλον. Η επιλογή του κατάλληλου υαλοπίνακα εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και ειδικότερα τις θερμικές και ψυκτικές απαιτήσεις του κάθε κτιρίου, καθώς και από τις απαιτήσεις του κτιρίου σε φυσικό φως.

Σχετικά με τα σκληρά πλαστικά, ανήκουν στα θερμοπλαστικά πολυμερή. Ανάλογα με την επεξεργασία και τη χημική σύσταση διακρίνονται σε ακρυλικά, σε πολυεστερικά, σε πολυκαρβονικά και σε προϊόντα πολυαιθυλενίου. Εμφανίζουν μεγάλη αντοχή σε μηχανική κρούση και έχουν μικρότερο βάρος από το κοινό γυαλί. Μειονέκτημά τους είναι ότι έχουν, συγκριτικά με το κοινό γυαλί, μικρότερο συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους και μικρότερη αντίσταση στη φωτιά.

Τέλος, η διαφανής μόνωση (TIM – Transparent Insulation Material) είναι ημιδιαφανές θερμομονωτικό υλικό, κυψελωτής δομής, κυρίως πολυκαρβονικής προέλευσης. Λόγω της δομής του επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία και το φυσικό φως να εισέλθει στο εσωτερικό του χώρου, παράλληλα όμως μειώνει τις θερμικές απώλειες. Αναλόγως με τη δομή του θερμομονωτικού, την τοποθέτηση των κυψελών σε σχέση με τη διατομή του τοίχου, η διαπερατότητα του TIM στο ορατό φως κυμαίνεται από 0,73 έως 0,82, με αντίστοιχες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας από 0,800 έως 1,100W/m²K. [21]

3.3.2 Υλικά αποθήκευσης της ηλιακής ακτινοβολίας

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας είναι υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Συνήθως είναι οικοδομικά υλικά του φέροντα οργανισμού και του κελύφους γενικότερα ή των εσωτερικών διαχωριστικών τοιχοποιιών, καθώς και υλικά επενδύσεων τοιχοποιιών και δαπέδων. Τα πιο ικανά υλικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση της θερμότητας στα ηλιακά παθητικά συστήματα είναι:

- ♦ Το σκυρόδεμα: εμφανίζει το πλεονέκτημα ότι είναι συγχρόνως υλικό με μεγάλη θερμοχωρητικότητα και στοιχείο του φέροντα οργανισμού.
- ♦ Η πέτρα, οι ωμόπλινθοι, οι οπτόπλινθοι (συμπαγείς και διάτρητοι) και τα κεραμικά πλακίδια είναι τα υλικά που κυρίως χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας. Είναι υλικά φερόντων δομικών στοιχείων ή στοιχείων πληρώσεως ή υλικά επενδύσεως τοίχων και δαπέδων.
- ♦ Το νερό είναι το υλικό με τη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα, αλλά υπάρχουν κατασκευαστικές δυσκολίες για τη χρησιμοποίησή του σε δομικά στοιχεία. Μπορεί να τοποθετηθεί σε δεξαμενές νερού που ενσωματώνονται στα δομικά στοιχεία (π.χ. σε τμήμα της εξωτερικής τοιχοποιίας), ή σε μεμονωμένα στοιχεία-δοχεία.
- ♦ Τα υλικά αλλαγής φάσης (π.χ. τα εύτηκτα άλατα, όπως το άλας του Glauber), είναι σχετικά νέα υλικά που χρησιμοποιούνται σε επιλεγμένες θέσεις μέσα σε ειδικές δεξαμενές για την αποθήκευση της θερμότητας. Τα υλικά αυτά αλλάζουν φάση (Phase Change Materials - PCM), δηλαδή αλλάζοντας φυσική κατάσταση (για παράδειγμα, από τη στερεά στην υγρή κατάσταση), αποθηκεύουν θερμότητα, την οποία αποδίδουν για να επιστρέψουν στην αρχική φυσική τους κατάσταση.

Η θερμοχωρητικότητα όλων των οικοδομικών υλικών αναφέρεται στην ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων».

3.4 Κατηγορίες παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης πρέπει να έχουν νότιο προσανατολισμό, με απόκλιση έως 30ο προς την ανατολή ή τη δύση και ο χειμερινός ηλιασμός τους να είναι ανεμπόδιστος από πλευρικά εμπόδια και σταθερά εξωτερικά σκίαστρα. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης διακρίνονται σε συστήματα άμεσου ή έμμεσου ηλιακού κέρδους. Οι κατηγορίες παθητικών συστημάτων θέρμανσης είναι[105]:

1. Σύστημα άμεσου κέρδους (παράθυρα κατάλληλου προσανατολισμού)
2. Συστήματα έμμεσου κέρδους – Ηλιακοί τοίχοι
 - A. Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης (έμμεσου κέρδους)
 - απλοί τοίχοι μάζας (μη θερμοσιφωνικής ροής, χωρίς θυρίδες) είτε συμπαγείς, είτε αποτελούμενοι από δοχεία που περιέχουν νερό ή υλικά αλλαγής φάσης
 - τοίχοι μάζας Trombe-Michel (θερμοσιφωνικής ροής, με θυρίδες στο πάνω και κάτω μέρος τους)
 - B. Θερμοσιφωνικό πάνελο (απομονωμένου κέρδους)
3. Συστήματα απομονωμένου κέρδους – Ηλιακός χώρος (θερμοκήπιο)
4. Συστήματα απομονωμένου κέρδους – Θερμοσιφωνικό πάνελο (εκτός του κτιριακού περιβλήματος)

3.4.1 Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους

Ο συνηθέστερος τρόπος εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας για τη θέρμανση των κτηρίων είναι η δέσμευσή της μέσα από τα γυάλινα ανοίγματα του κτηρίου. Στην περίπτωση αυτή το κτήριο λειτουργεί ως συλλέκτης, αποθήκη και διανομέας της θερμότητας. Όλα τα ανοίγματα του κτηρίου συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία (άμεση και διάχυτη) που στη συνέχεια μετατρέπεται σε θερμότητα και αποθηκεύεται ως θερμική ενέργεια στα δομικά στοιχεία του χώρου, ιδιαίτερα σε εκείνα που δέχονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία. Η θερμότητα που αποθηκεύεται, αποδίδεται με χρονική υστέρηση, αναλόγως των χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων, καθ' όλη τη διάρκεια του 24ωρου.

Είναι σημαντικό, ιδιαίτερα τα δομικά υλικά στο εσωτερικό του κτηρίου που δέχονται άμεση ηλιακή ακτινοβολία, να έχουν ικανή απορροφητικότητα και θερμική μάζα, ώστε αφενός να μεγιστοποιείται η απολαβή των ηλιακών κερδών, αφετέρου να αποθηκεύεται η θερμότητα. Έτσι ομαλοποιούνται οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στον εσωτερικό χώρο -καθώς η θερμότητα από τα αυξημένα ηλιακά κέρδη που έχει αποθηκευτεί απελευθερώνεται σταδιακά στο εσωτερικό του κτηρίου- αποφεύγεται η υπερθέρμανση κατά τις περιόδους με μεγάλη ηλιοφάνεια και η θερμότητα αποδίδεται στο χώρο όταν δεν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία (απογευματινές και νυχτερινές ώρες).

Στη θερινή περίοδο, με το άνοιγμα των παραθύρων το βράδυ και τη δημιουργία νυχτερινού αερισμού, πραγματοποιείται η θερμική αποφόρτιση των δομικών στοιχείων, ώστε αυτά να είναι διαθέσιμα την επόμενη μέρα για νέα αποθήκευση της πλεονάζουσας θερμότητας.

Η διαφορά ενός κτηρίου σχεδιασμένου να θερμαίνεται με το παθητικό σύστημα του «άμεσου κέρδους» από ένα κτήριο με συμβατικό σχεδιασμό, εντοπίζεται στη θερμική απόδοση των ανοιγμάτων του και στα δομικά στοιχεία που είναι κατασκευασμένα από υλικά με ικανή θερμοχωρητικότητα. Ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, το σχεδιασμό του κελύφους του κτηρίου, τον προσανατολισμό, το μέγεθος και τη θέση των ανοιγμάτων, τις θερμοφυσικές ιδιότητες του διαφανούς υλικού καθώς και τη θέση, το μέγεθος και το υλικό της θερμικής αποθήκης, η εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση μπορεί να κυμαίνεται από 30% έως και 100%. Γενικά, όσο μεγαλύτερα είναι τα ανοίγματα στο νότιο προσανατολισμό και ικανοποιητική σε μέγεθος η επιφάνεια αποθήκευσης, τόσο μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση. Βέβαια, δεν θα πρέπει να παραβλέπεται ότι τα μεγάλα ανοίγματα προκαλούν κίνδυνο θάμβωσης και μείωση της ιδιωτικότητας. Η ορθολογική χωροθέτηση, προστασία των ανοιγμάτων και συγχρόνως η αύξηση της λαμπρότητας των περιβαλλουσών επιφανειών του φωτιζόμενου χώρου, απομακρύνει τον κίνδυνο της θάμβωσης και της οπτικής όχλησης. [21]

3.4.2 Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους

Τα συστήματα αυτά βασίζονται στην εξής μορφή ενέργειας: Η ακτινοβολία του ήλιου φθάνει στην γυάλινη επιφάνεια, συλλέγεται και αποθηκεύεται ως θερμικά μάζα και τελικά θερμαίνει τον εσωτερικό χώρο. Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους αποτελούν οι θερμικοί τοίχοι. Οι θερμικοί τοίχοι είναι νότιοι τοίχοι που αποτελούνται από θερμοχωρητικά υλικά και φέρουν εξωτερικά σε μικρή απόσταση υαλοστάσιο. Θερμαίνουν τον εσωτερικό χώρο είτε με θερμική ακτινοβολία, είτε με κύκλωμα παροχής θερμού αέρα. Όταν δεν είναι εφικτή ή επιθυμητή η δημιουργία μεγάλων νότιων ανοιγμάτων, τότε η αξιοποίηση της νότιας ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να γίνεται με θερμικούς τοίχους. Μπορούν να υπάρξουν πολλές μορφές θερμικών τοίχων, ανάλογα με τον συνδυασμό των στοιχείων που τους συνθέτουν.

Οι βασικοί παράγοντες που υπεισέρχονται στο σχεδιασμό και τον υπολογισμό της απόδοσης των θερμικών τοίχων είναι τα κλιματικά δεδομένα, το μέγεθος του θερμαινόμενου χώρου, η θερμοχωρητικότητα και η θερμική αγωγιμότητα του υλικού κατασκευής, το πάχος του, το βάθος του διάκενου μεταξύ τοίχου και υαλοστασίου, η ποιότητα του υαλοστασίου, η συνολική επιφάνεια και η κατανομή των θυρίδων (στον τοίχο Trombe). [29]

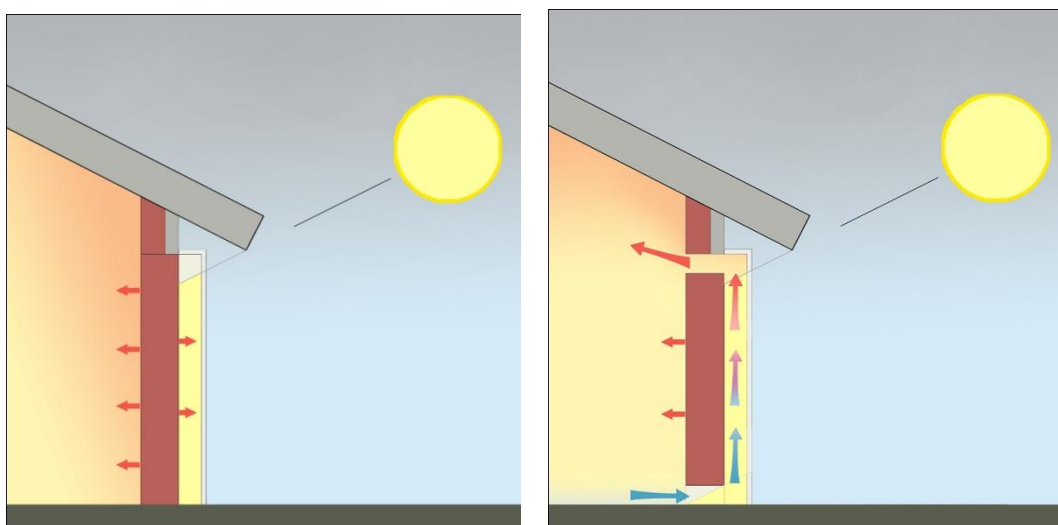
1. Το μέγεθος του θερμικού τοίχου εξαρτάται από το μέγεθος του χώρου που πρέπει να θερμάνει. Υπάρχουν πίνακες που δίνουν ενδεικτικές τιμές της απαιτούμενης επιφάνειας κάθε είδους τοίχου ανάλογα με τα τετραγωνικά της κάτοψης του εσωτερικού χώρου, για κάθε κλίμα. Οι τιμές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αφετηρία σχεδιασμού, καθώς το ύψος και ο όγκος του θερμαινόμενου χώρου επηρεάζουν τελικά το μέγεθος του τοίχου.
2. Όταν είναι αναγκαία η κατάτμηση ενός ενιαίου θερμικού τοίχου, είναι προτιμότερο αυτή να γίνεται σε οριζόντια τμήματα, στην περίπτωση του τοίχου μάζας, και σε κατακόρυφα τμήματα, στην περίπτωση του τοίχου Trombe.
3. Οι θυρίδες του τοίχου Trombe πρέπει να κατανέμονται σε όλο το μήκος του και να τοποθετούνται όσο το δυνατόν πιο κοντά στην οροφή και στο δάπεδο του εσωτερικού χώρου.

4. Η ηλιοπροστασία και ο αερισμός των θερμικών τοίχων είναι απαραίτητα, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Για την ηλιοπροστασία τους πρέπει να προβλέπονται οπωσδήποτε οριζόντια σκίαστρα. Για την πληρέστερη ηλιοπροστασία τους είναι αποδοτική η πρόσθετη κάλυψη της γυάλινης εξωτερικής, κατακόρυφης παρειάς τους με ανοιχτόχρωμο ύφασμα. Για τον αερισμό τους πρέπει να κατασκευάζονται φεγγίτες στην ανώτερη και κατώτερη ζώνη του υαλοστασίου τους, που πρέπει να παραμένουν ανοιχτοί όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού, επιτρέποντας την εκτόνωση του θερμού αέρα του προς τα έξω.

Τα επικρατέστερα είδη θερμικών είναι ο τοίχος μάζας, ο τοίχος Trombe και ο τοίχος νερού και αναλύονται στην συνέχεια.

3.4.2.1 Τοίχος μάζας

Τοίχος μάζας είναι νότιος τοίχος, κατασκευασμένος από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας (σκυρόδεμα, συμπαγή τούβλα, πέτρα), αδρής επιφάνειας και σκούρου (θερμοαπορροφητικού) χρώματος, χωρίς εξωτερική θερμομόνωση. Σε μικρή απόσταση (10 – 15 cm) από την εξωτερική του επιφάνεια φέρει υαλοστάσιο, για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας. Το υαλοστάσιο του τοίχου μάζας παγιδεύει την ηλιακή ακτινοβολία, κατά τη διάρκεια της ηλιοφάνειας. Αυτή θερμαίνει τον αέρα στο διάκενο μεταξύ υαλοστασίου και τοίχου, καθώς και τον τοίχο. Ο θερμός τοίχος ακτινοβολεί θερμότητα στον εσωτερικό χώρο. Λειτουργεί δηλαδή ως θερμάστρα χαμηλής ενθαλπίας. [29]



Εικ. 3.1: Απεικόνιση Τοίχου μάζας και Τοίχου Trombe κατά σειρά [29]

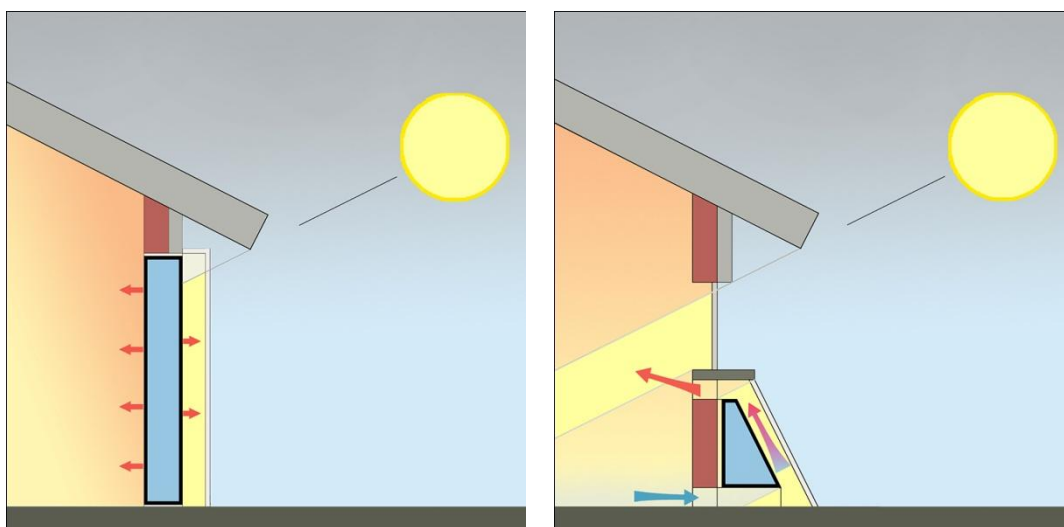
3.4.2.2 Τοίχος Trombe

Τοίχος Trombe είναι παραλλαγή του τοίχου μάζας και πήρε το όνομά του από τον καθηγητή F. Trombe, που τον κατασκεύασε πρώτος. Πρόκειται για τοίχο μάζας με δύο σειρές θυρίδων κατανομημένων σε όλο το μήκος της ανώτερης και της κατώτερης ζώνης του. Το υαλοστάσιο του τοίχου Trombe παγιδεύει την ηλιακή ακτινοβολία, κατά τη διάρκεια της ηλιοφάνειας. Αυτή θερμαίνει τον αέρα στο διάκενο μεταξύ υαλοστασίου και τοίχου καθώς και τον ίδιο

τον τοίχο. Ο θερμός τοίχος ακτινοβολεί, όπως στον τοίχο μάζας, θερμότητα στον εσωτερικό χώρο. Η λειτουργία όμως του τοίχου Trombe στηρίζεται κυρίως στη διοχέτευση θερμού αέρα στο εσωτερικό του κτηρίου, όπως και στο θερμοκήπιο. Ο αέρας στο διάκενο του τοίχου Trombe, θερμαινόμενος γίνεται ελαφρύτερος, ανεβαίνει προς τα πάνω και συγκεντρώνεται στην υψηλότερη περιοχή του διακένου. Οι θυρίδες της ανώτερης ζώνης του τοίχου εισάγουν το θερμό αέρα στο κτήριο. Οι αντίστοιχες θυρίδες της κατώτερης ζώνης του επιτρέπουν την έξοδο του ψυχρότερου αέρα του χώρου (που είναι συγκεντρωμένος στο δάπεδο του), προς το διάκενο του τοίχου Trombe. Ο ψυχρός αυτός αέρας θερμαίνεται, ανεβαίνει προς τα πάνω και εισέρχεται πάλι θερμός στο κτήριο. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ένα συνεχές κύκλωμα παροχής θερμού αέρα από τον τοίχο Trombe προς το εσωτερικό του κτηρίου. Τη νύχτα όλες οι θυρίδες πρέπει να κλείνουν, διακόπτοντας το κύκλωμα.

3.4.2.3 Τοίχος νερού

Εκτός από τα θερμοχωρητικά οικοδομικά υλικά υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής θερμικών τοίχων από νερό, καθώς είναι το υλικό με την μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα και με ικανοποιητική θερμική αγωγιμότητα. Ο θερμικός τοίχος νερού θερμαίνεται γρηγορότερα σε όλο το πάχος του και αποθηκεύει μεγαλύτερα ποσά θερμότητας απ' ό,τι ένας τοίχος άλλων υλικών. Ταυτόχρονα, όμως ο τοίχος νερού ψύχεται γρηγορότερα και απαιτεί εσωτερική θερμοπροστασία τη νύχτα. [29]



Εικ. 3.2: Μορφές τοίχου νερού [29]

3.4.3 Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους

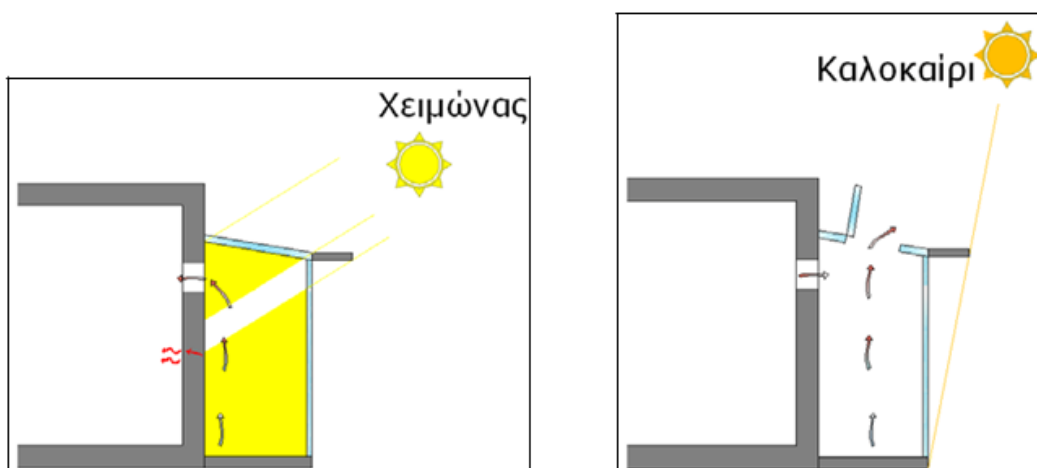
3.4.3.1 Ηλιακός χώρος ή θερμοκήπιο

Εκτός των θερμικών τοίχων συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους αποτελεί και το θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος. Ο **ηλιακός χώρος ή θερμοκήπιο** είναι ο συνδυασμός παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους και τοίχου θερμικής αποθήκευσης. Το κτήριο, δηλαδή, αποτελείται από δύο θερμικές ζώνες:

τον ηλιακό χώρο που προσαρτάται στο κτήριο, όπου γίνεται συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, και τον έμμεσα θερμαινόμενο από τον ηλιακό χώρο, κύριο κατοικήσιμο χώρο. Οι δύο ζώνες χωρίζονται μεταξύ τους με συμπαγή τοίχο με θερμική μάζα (με ή χωρίς θερμομόνωση) και με ή χωρίς υαλοστάσια. Αντί για υαλοστάσια ο ενδιάμεσος τοίχος μπορεί να διαθέτει θυρίδες για τη μεταφορά του θερμού αέρα από το θερμοκήπιο στον κύριο χώρο.

Ανάλογα με την αρχιτεκτονική λύση, ο ηλιακός χώρος συνδέεται με έναν κοινό τοίχο με το κτήριο ή ενσωματώνεται σ' αυτό και συνδέεται με το κτήριο με περισσότερους κοινούς τοίχους, συμπαγείς ή με συνδυασμό τοιχοποιίας και υαλοστασίου. Ευνόητο είναι ότι οι γυάλινες όψεις του θερμοκηπίου πρέπει να έχουν τον κατάλληλο προσανατολισμό για τη μεγιστοποίηση της συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας. Η επιστέγαση του ηλιακού χώρου μπορεί να είναι συμπαγής ή διαφανής. Επίσης, το θερμοκήπιο μπορεί να ενσωματωθεί στο κτήριο, ώστε να έχει τρεις κοινούς τοίχους και έναν υάλινο τοίχο προς το Νότο. Θερμοκήπια θεωρούνται και τα αίθρια στον πυρήνα των κτηρίων, σκεπασμένα με γυάλινη επιστέγαση, που είναι ανεξάρτητοι μη θερμαινόμενοι χώροι. Γενικά, ο ηλιακός χώρος συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην εξασφάλιση συνθηκών άνεσης, βοηθά στην ανάπτυξη των φυτών, διευκολύνει την παραγωγή αγροτικών προϊόντων για οικιακή χρήση και προσφέρει χρηστικό χώρο στους ενοίκους.

Για να χαρακτηριστεί, πάντως, ένας χώρος ως θερμοκήπιο, πρέπει να μην είναι θερμαινόμενος, να προσαρτάται στο κτήριο και να διαθέτει μεγάλα υαλοστάσια με ευνοϊκό προσανατολισμό (προς το Νότο, με απόκλιση έως $\pm 30^\circ$), διανεμημένα στις εξωτερικές του επιφάνειες για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας. [21]



Εικ. 3.3: Χειμερινή και θερινή λειτουργία θερμοκηπίου, με ανοιγόμενα υαλοστάσια [21]

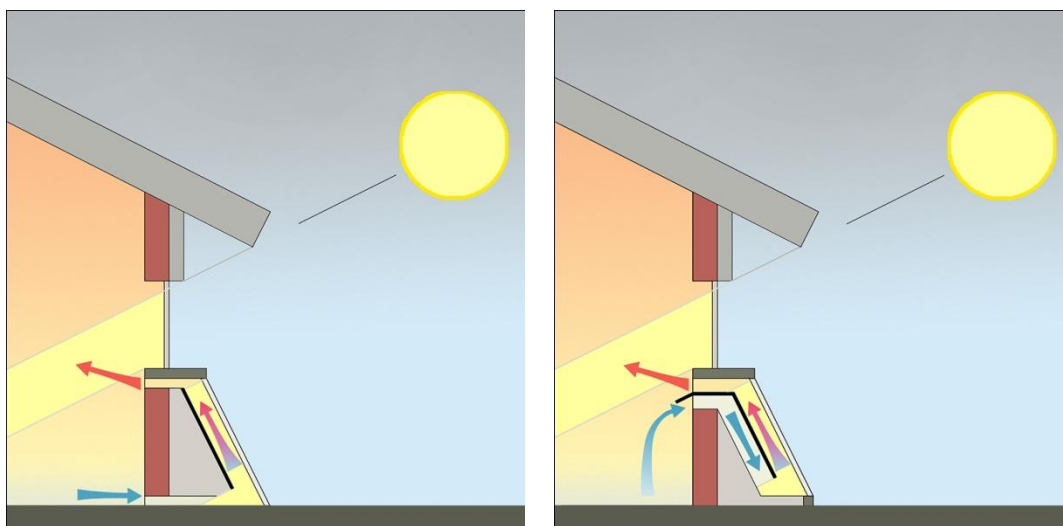
3.4.3.2 Θερμοσιφωνικό πάνελ ή αεροσυλλέκτης

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί και το **θερμοσιφωνικό πάνελ ή αεροσυλλέκτης**. Ο αεροσυλλέκτης είναι μία θερμοαπορροφητική επιφάνεια, συνήθως μεταλλική, σκούρου χρώματος καλυμμένη με υαλοστάσιο σε μικρή απόσταση (2 – 5 cm) από αυτή, τοποθετημένη στη νότια πλευρά του κτηρίου. Πρόκειται για σύστημα που δεν προϋποθέτει θερμική μάζα για τη λειτουργία του και που μπορεί να προσαρτηθεί εύκολα

σε υφιστάμενο κτήριο. Η λειτουργία του προσομοιάζει τον ηλιακό θερμοσίφωνα με τη διαφορά ότι θερμαίνει αέρα και όχι νερό. Η θερμοαπορροφητική επιφάνεια του αεροσυλλέκτη συλλέγει την ηλιακή ακτινοβολία και την μετατρέπει σε θερμική ενέργεια θερμαίνοντας τον αέρα που βρίσκεται στο διάκενο ανάμεσα στην επιφάνεια και το υαλοστάσιο. Προϋπόθεση είναι η επιφάνεια να είναι πολύ καλά μονωμένη από την πίσω πλευρά. Ο αεροσυλλέκτης παρέχει, όπως το θερμοκήπιο και ο τοίχος Trombe, κύκλωμα θερμού αέρα στον εσωτερικό χώρο. Όταν προσαρτάται στο κτήριο, πρέπει να κατασκευάζονται οι κατάλληλες θυρίδες στον ενδιάμεσο τοίχο. Όταν είναι ανεξάρτητος από το κτήριο, ο αέρας μεταφέρεται σε αυτό με καλά μονωμένους αγωγούς.

Ο αεροσυλλέκτης έχει καλύτερη απόδοση, όταν τοποθετείται κάθετα στην χειμερινή ηλιακή ακτινοβολία, τις ώρες αιχμής της, δηλαδή με κλίση $45^{\circ} - 60^{\circ}$ ως προς το οριζόντιο επίπεδο.

Το καλοκαίρι, ο αεροσυλλέκτης είναι ανάγκη να σκιάζεται και να αερίζεται με ανοίγματα στο επάνω και κάτω μέρος του υαλοστασίου του. Οι θυρίδες και οι αγωγοί μεταφοράς αέρα πρέπει να κλείνουν, διακόπτοντας εντελώς τη ροή από και προς τον αεροσυλλέκτη.



Εικ.3.4: Τύποι αεροσυλλεκτών [29]

3.5 Ο ρόλος του χρήστη στην λειτουργία των Π.Η.Σ.

Η απόδοση των Π.Η.Σ. στηρίζεται καθοριστικά στην σωστή τους λειτουργία. Έτσι, κατά την περίοδο θέρμανσης απαιτείται καθημερινή μέριμνα. Κάθε πρωί πρέπει να ανοίγουν όλες οι θυρίδες παροχής θερμού αέρα, ενώ κάθε βράδυ πρέπει να κλείνουν. Αντίστοιχα, κατά τις ενδιάμεσες εποχές (άνοιξη – φθινόπωρο) πρέπει να ενεργοποιείται ή να απενεργοποιείται σταδιακά ο αερισμός και η ηλιοπροστασία των Π.Η.Σ. Επίσης, στην αρχή του καλοκαιριού απαιτείται η αφαίρεση και αποθήκευση των υαλοστασίων, ενώ η αντίστροφη δουλειά απαιτείται την αρχή του χειμώνα. Τέλος, η χρήση απλών αυτοματισμών με αισθητήρες θερμοκρασίας μπορεί να ελαχιστοποιήσει τους χειρισμούς που απαιτούνται καθημερινά. Η μόνη εργασία που απαιτείται τότε, είναι η προσθαφαίρεση των υαλοστασίων δύο φορές το χρόνο. [29]

3.6 Επισημάνσεις για τον σχεδιασμό των Π.Η.Σ.

Ο σχεδιασμός των Π.Η.Σ. είναι σχεδιασμός λεπτών ισορροπιών. Η εμπειρία της βιοκλιματικής κατασκευής στην Ελλάδα έχει δείξει ήδη, σε αρκετές περιπτώσεις, πόσο εύκολες είναι οι αστοχίες στο σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία τους, με σοβαρότατες επιπτώσεις στο κόστος και στη θερμική λειτουργία των κτηρίων. Έτσι, η προσθήκη Π.Η.Σ στα κτήρια δεν είναι πάντα αναγκαία, ακόμη και στη Β. Ελλάδα, όταν έχουν εφαρμοστεί ολοκληρωμένα οι αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού. Η ανάγκη ύπαρξής τους είναι καλό να τεκμηριώνεται από την ενεργειακή μελέτη του κτηρίου. Η χωρίς λόγο προσθήκη τους αυξάνει το κόστος και την περιπλοκότητα της κατασκευής και οδηγεί σε ασύμφορη σχέση κόστους – οφέλους. Ακόμη, ο σχεδιασμός και η κατασκευή των Π.Η.Σ. πρέπει να είναι μελετημένη προσεκτικά, γιατί τυχόν αστοχίες μπορούν εύκολα να μειώσουν σημαντικά την απόδοσή τους ή να προκαλέσουν υπερθέρμανση, ακόμη και το χειμώνα. Είναι λοιπόν αναγκαία η μελέτη θερμικής προσομοίωσης για τον προσδιορισμό των μεγεθών, των χαρακτηριστικών και της απόδοσής τους, καθώς και η επιμελημένη εφαρμογή της μελέτης. Επίσης, τα Π.Η.Σ. απαιτούν πρόσθετη δουλειά συντήρησης και καθημερινών λειτουργικών χειρισμών. Ο σχεδιασμός τους πρέπει να εξασφαλίζει απλούς, κατανοητούς και εύκολους χειρισμούς που δεν επιβαρύνουν σημαντικά την καθημερινότητα του χρήστη με κίνδυνο να παραμεληθούν ή να εγκαταλειφθούν. Η εγκατάσταση αυτοματισμών μπορεί να αντιμετωπίσει σε μεγάλο βαθμό προβλήματα τέτοιου είδους. [29]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΦΥΣΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ

4.1 Γενικά

Ο φυσικός δροσισμός αποτελεί την εναλλακτική πρακτική για την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης στα κτίρια το καλοκαίρι, σε μια εποχή όπου η αύξηση της εγκατάστασης και χρήσης κλιματιστικών μονάδων και συστημάτων είναι ραγδαία και επιφέρει σημαντικά ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά προβλήματα. Αυτό συμβαίνει γιατί τα κλιματιστικά συστήματα καταναλώνουν πολύ μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας, αυξάνουν σημαντικά το ηλεκτρικό φορτίο αιχμής της χώρας και θερμαίνουν με τη λειτουργία τους το εξωτερικό περιβάλλον. Η εφαρμογή τεχνικών φυσικού δροσισμού συνίσταται στην ελάττωση των ψυκτικών φορτίων των κτιρίων και του χρόνου λειτουργίας των συστημάτων αυτών μέχρι και την ολοκληρωτική εξάλειψη της ανάγκης εγκατάστασης συστήματος κλιματισμού.

Με τον φυσικό δροσισμό, εκτός της εξοικονομούμενης ενέργειας, βελτιώνονται σημαντικά οι συνθήκες θερμικής άνεσης μέσα στους χώρους, ακόμα και σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες. Από μετρήσεις σε παθητικά δροσιζόμενες κατοικίες στην Ελλάδα προκύπτει ότι η θερμοκρασία μέσα στα κτίρια μπορεί να διατηρηθεί έως και 10°C χαμηλότερα από την εξωτερική, ενώ παράλληλα παρατηρούνται συνθήκες άνεσης σε θερμοκρασίες ως και 31,5 °C, καθώς λόγω των δροσερών δομικών στοιχείων και των ρευμάτων αέρα μέσα στους χώρους η παραμονή των ενοίκων γίνεται ευχάριστη.

Σε αντίθεση με τα κλιματιστικά, που λειτουργούν με χαμηλές σχετικά θερμοκρασίες θερμοστάτη (π.χ. 26 °C) και επιβαρύνουν θερμικά τον περιβάλλοντα χώρο τους, τα συστήματα φυσικού δροσισμού, έχουν ήπιο τρόπο ανταλλαγής θερμότητας με το εξωτερικό περιβάλλον. [40, 106]

Η λειτουργία των τεχνικών φυσικού δροσισμού βασίζεται στη μείωση των ηλιακών και θερμικών κερδών στο περίβλημα του κτιρίου και στην απόρριψη της θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου προς το φυσικό περιβάλλον (προς τον αέρα με συναγωγή:αγωγή, προς τη γη με αγωγή, προς τον ουρανό με ακτινοβολία, σε νερό μέσω εξάτμισης). Πρώτο βήμα για την επίτευξή της είναι η **προστασία** του κτιρίου, ιδιαίτερα των ανοιγμάτων του, από την πρόσπτωση της έντονης ηλιακής ακτινοβολίας.

Το επόμενο βήμα είναι η **απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας** από τον εσωτερικό χώρο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός επιχειρεί με τεχνικές και νέες τεχνολογίες να αποκαταστήσει το φυσικό δροσισμό των κτιρίων, για τους εξής κυρίως λόγους [59]:

- Για μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ή τουλάχιστον τη σταθεροποίησή της σε περιόδους αιχμής -καύσωνα,
- Για περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα,
- Για περιορισμό των εκπομπών χλωροφθορανθράκων (CFCs) από τη διαρκώς αυξανόμενη τάση χρήσης κλιματιστικών,
- Για τη διασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης μέσα στα κτήρια.

4.2 Κατηγορίες Φυσικού Δροσισμού

Οι τεχνικές και τα συστήματα φυσικού δροσισμού, που αφορούν κυρίως στο κέλυφος του κτηρίου, χωρίζονται, σύμφωνα με την αρχή λειτουργίας τους, στις εξής κατηγορίες [106]:

Ηλιοπροστασία:σκίαση – θερμική προστασία:

- σκίαση ανοιγμάτων, ειδικά κρύσταλλα, ανακλαστικά επιχρίσματα εξωτερικών επιφανειών, επάρκεια θερμικής μάζας, θερμομόνωση, φυτεμένο δώμα

Φυσικός αερισμός:

- διαμπερής φυσικός αερισμός (ημερήσιος ή νυκτερινός), υβριδικός αερισμός (ανεμιστήρες οροφής και άλλοι), ηλιακή καμινάδα, αεριζόμενο κέλυφος, καμινάδα ή πύργος αερισμού (φυσικός ελκυσμός)

Δροσισμός μέσω εδάφους:

- υπόσκαφα ή ημιπύσκαφα κτίρια, υπεδάφιο σύστημα αγωγών (εναλλάκτες εδάφους-αέρα)

Εξατμιστικός δροσισμός:

- πύργος δροσισμού, ψυκτικές μονάδες εξάτμισης (άμεσης, έμμεσης ή συνδυασμένης εξάτμισης)

Δροσισμός μέσω νυκτερινής ακτινοβολίας:

- μεταλλικός ακτινοβολητής, λίμνες οροφής

4.3 Ηλιοπροστασία

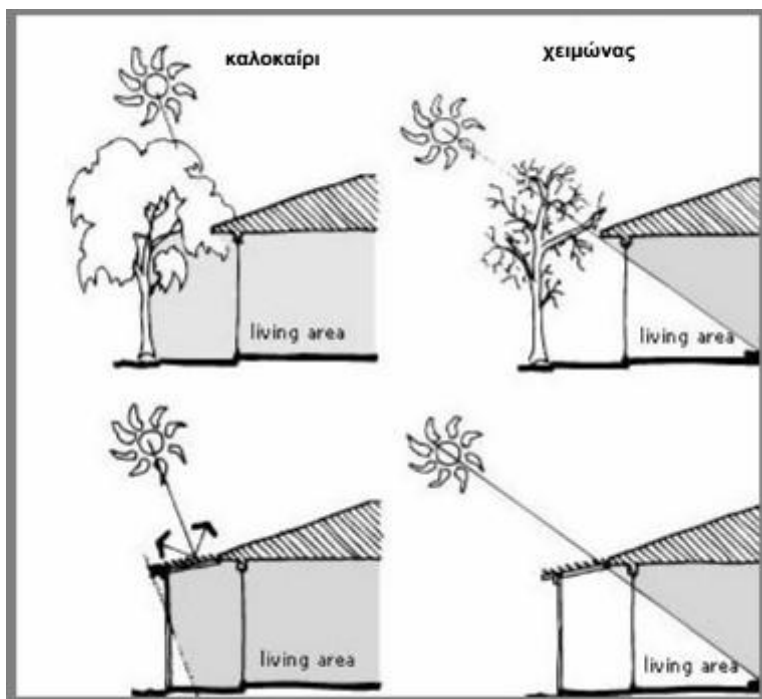
Η ηλιοπροστασία, δηλαδή η σκίαση των ανοιγμάτων του κτιρίου, είναι η βασικότερη τεχνική για την μείωση των θερμικών φορτίων ενός κτιρίου τη θερινή περίοδο, καθώς η ηλιακή ακτινοβολία η οποία εισέρχεται μέσα από τα ανοίγματα αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή θερμότητας, με άμεσες επιπτώσεις στο εσωτερικό του (κίνδυνος υπερθέρμανσης). Η σωστή ηλιοπροστασία είναι βασική προϋπόθεση για την αποδοτική εφαρμογή κάθε άλλης τεχνικής για το δροσισμό ενός κτιρίου είτε αυτός γίνεται με φυσικό είτε με τεχνητό τρόπο.

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων θα πρέπει να εξασφαλίζει την ελάχιστη εισερχόμενη ακτινοβολία το καλοκαίρι, συνδυάζοντας όμως τη δυνατότητα φυσικού φωτισμού, αερισμού και θέας και, φυσικά, να μην εμποδίζει τον απαραίτητο ηλιασμό κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Επίσης, πρέπει να ελέγχεται και ο ηλιασμός των ανοιγμάτων κατά τις ενδιάμεσες περιόδους (άνοιξη-φθινόπωρο).

Για τα ελληνικά κλιματικά δεδομένα, ο σκιασμός του κτιρίου, ιδιαίτερα των ανοιγμάτων του, είναι αναγκαίος για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, ενώ για τους μήνες Μάιο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο είναι επιθυμητός κατά κανόνα τις μεσημβρινές ώρες.

Τα βασικά κριτήρια για την επιλογή του καταλληλότερου συστήματος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων είναι [40,21]:

- ο προσανατολισμός της όψης,
- η χρήση του χώρου (κατοικία, σχολείο, εργασιακός χώρος),
- η μορφή των ανοιγμάτων -ανοίγματα συνεχόμενα ή διακοπτόμενα από τοίχους,
- η αισθητική του κτιρίου,
- ο παράγων οικονομία, ως αρχική επένδυση και ως κόστος λειτουργίας του κτιρίου.



Εικόνα 4.1: Χρήση φυλλοβόλων φυτών [30]

Μία γενική διάταξη-ταξινόμηση των μέτρων ηλιοπροστασίας παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (4.1).

Πιν. 4.1: Γενική διάταξη-ταξινόμηση των μέτρων ηλιοπροστασίας [8]:

A. Γενικά μέτρα:	Προσανατολισμός του κτηρίου Πράσινο- Δέντρα Κατασκευαστικές λύσεις Προεξοχή της στέγης Εξώστες κατά μήκος Κατακόρυφα και οριζόντια στοιχεία σαν σχάρα Μπαλκόνι και loggia
B. Ειδικές ηλιοπροστατευτικές κατασκευές:	B.1 Σταθερά πετάσματα Οριζόντια Κατακόρυφα Σχαρωτά B.2 Κινητά πετάσματα Εσωτερικά πετάσματα Πετάσματα ανάμεσα σε διπλά παράθυρα Εξωτερικά πετάσματα Τέντες Παντζούρια και ρολά B.3 Υαλοπίνακες-Μεμβράνες-Γαλακτώματα ηλιοπροστασίας Απορροφητικοί Ανακλαστικοί Σκεδασμού

4.3.1 Ο σκιασμός του κτιρίου και των ανοιγμάτων

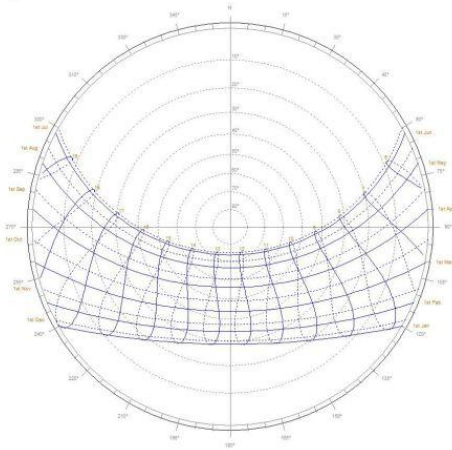
Η σκίαση μειώνει ή ελαχιστοποιεί την ανάγκη για ενεργητικό δροσισμό σε καλοκαιρινές συνθήκες, ελέγχοντας την ποσότητα ηλιακής ενέργειας που εισέρχεται από τα παράθυρα. Η κατάλληλη διαχείριση της ηλιακής σκίασης, η δυναμική σκίαση, που επιτυγχάνεται με τη σωστή χρήση από τους ενοίκους και με αυτοματοποιημένα συστήματα ελέγχου, επιτρέπει τη συλλογή των ελεύθερων ανανεώσιμων πηγών ηλιακής ενέργειας κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. Και στις δύο εποχές, προσφέρει επιπλέον μόνωση των διαφανών τμημάτων του κελύφους του κτιρίου, το οποίο βοηθά στη μείωση της απώλειας θερμότητας τις κρύες μέρες και στον περιορισμό της απόκτησης θερμότητας το καλοκαίρι.

Η σκίαση και ηλιοπροστασία, διαχειρίζεται κι ελέγχει, επίσης, την ημερήσια αγωγιμότητα, μειώνοντας την αντανάκλαση και βελτιώνοντας την οπτική άνεση, δημιουργώντας έτσι καλύτερους εσωτερικούς χώρους εργασίας. Η σκίαση και ηλιοπροστασία επιτρέπει τη χρήση μεγάλων επιφανειών γυαλιού που συμβάλλουν προς αυτή την κατεύθυνση.

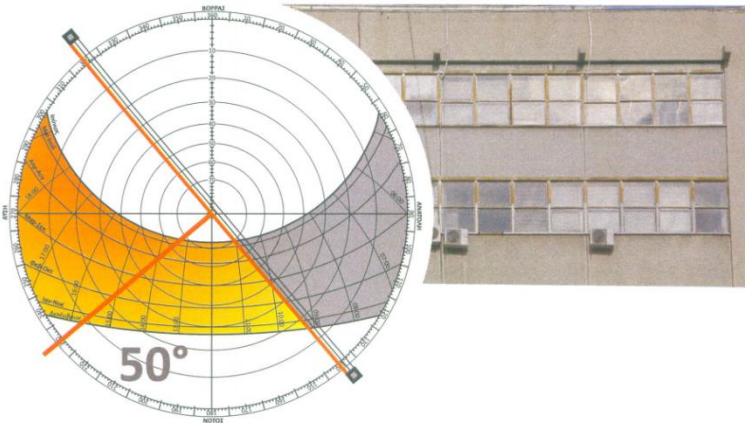
Απόδειξη της επίδρασης της ηλιακής ενέργειας παρέχουν οι εργαστηριακές έρευνες, οι μετρήσεις πεδίου και τα προγράμματα προσομοίωσης, όπως το EnergyPlus ή το TRNSYS. Η ES-SO (Ευρωπαϊκή Οργάνωση Ηλιακής Σκίασης) ανέθεσε το 2006 την εκπόνηση επιστημονικής μελέτης, η οποία κατέληξε στο συμπέρασμα πως σχεδόν το 10% της ενέργειας που χρησιμοποιείται σε απλά κτίρια θα μπορούσε να εξοικονομηθεί, αν μόνο τα μισά παράθυρα είχαν σκίαση ή παντζούρια, εσωτερικά ή εξωτερικά.

Έχοντας ως στόχο την παρεμπόδιση της έκθεσης των εσωτερικών χώρων σε ανεπιθύμητα υπερβολικές ποσότητες ακτινοβολίας, οι αδελφοί Olgyay πρότειναν μια μεθοδολογία, με την οποία γίνεται η εξέταση και ο σχεδιασμός των στοιχείων σκιασμού. Τα βήματά της έχουν ως εξής:

- A. Αποφασίζεται ο αριθμός των ωρών που χρειάζεται ο σκιασμός. Σύμφωνα με τον Olgyay, σε περιοχές γεωγραφικού πλάτους περίπου 40° , απαιτείται ηλιοπροστασία, όταν η εξωτερική θερμοκρασία ξεπερνά τους 21°C .
- B. Προσδιορίζεται η θέση του ήλιου, χρησιμοποιώντας το «διάγραμμα θέσης ήλιου». Η θερμή περίοδος, που ο σκιασμός είναι απαραίτητος, σημειώνεται στο διάγραμμα και προσδιορίζεται αυτή η περίοδος με ένα πίνακα των μέσων θερμοκρασιών για κάθε ώρα, στον κάθε μήνα. Έτσι, βρίσκονται οι ώρες της ημέρας που υπάρχει υπερθέρμανση, ενώ η περιβάλλουσα των ωρών αυτών δίνει την ζητούμενη περίοδο υπερθέρμανσης.
- C. Αποφασίζεται ο τύπος και η θέση του στοιχείου σκιασμού. Η μάσκα σκιασμού ενός τέτοιου στοιχείου, σχεδιάζεται πάνω στο διάγραμμα θέσης ήλιου, έτσι ώστε οι διαστάσεις του να εμποδίζουν τον ήλιο κατά την περίοδο υπερθέρμανσης, αλλά από την άλλη να του επιτρέπουν να μπαίνει στο κτήριο κατά τις ψυχρότερες περιόδους. [8,84]



Εικ. 4.2: Στερεογραφικό διάγραμμα ήλιου, γεωγραφικό πλάτος Αθήνας (37,9) [56]



Εικ. 4.3: Μάσκα σκιασμού για όψη κτηρίου [56]

4.3.2 Υλικά Ηλιοπροστασίας

Για σταθερά σκίαστρα [30]:

- * Αλουμίνιο: έχει μεγάλη διάρκεια ζωής, είναι ανοξείδωτο, με μικρό βάρος, μεγάλη ανακλαστικότητα.
- * Πλαστικό: έχει μεγάλη διάρκεια ζωής, είναι ανοξείδωτο, με μικρό βάρος, μεγάλη ανακλαστικότητα, είναι οικονομικό.
- * Προκατασκευασμένο ή προεντεταμένο σκυρόδεμα: έχει μεγάλο βάρος, συγκέντρωση θερμότητας από ακτινοβολία που μεταδίδεται στο κτήριο. Χρησιμοποιείται κυρίως σε ειδικά κατακόρυφα και οριζόντια δομικά στοιχεία σε προσόψεις.
- * Ξύλο: έχει θερμομονωτικές ιδιότητες σχετικά εύκολη επεξεργασία, με μικρή κατανάλωση ενέργειας, υψηλή αισθητική.



Εικ. 4.4: Δημαρχείο Βουλιαγμένης με σταθερά σκίαστρα από μπετόν [54]



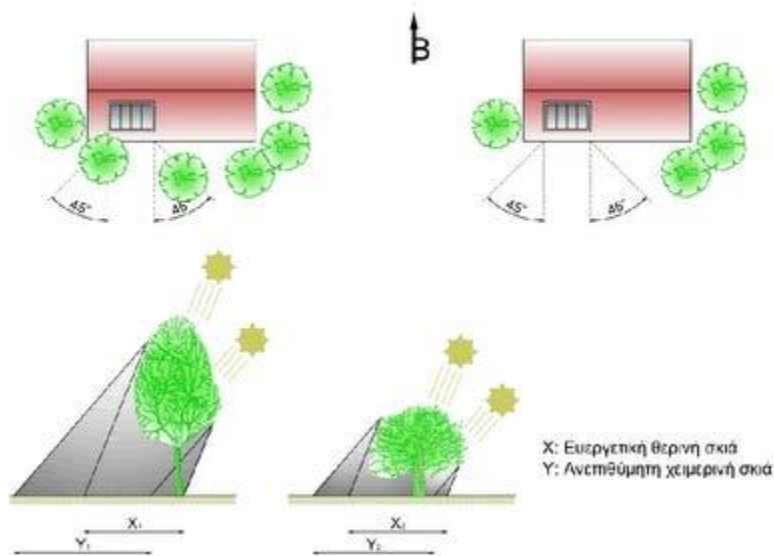
Εικ. 4.5: Νέο Μουσείο Μπενάκη στην Οδό Πειραιώς με σταθερά σκίαστρα από ξύλο [32]

Για κινητά πετάσματα [8]:

- * Υφάσματα για κουρτίνες: με αραιή ύφανση και ανοιχτούς χρωματισμούς βελτιώνουν την ποιότητα φωτισμού, παρέχουν οπτική προστασία, προστατεύουν από θάμπωμα.
- * Πλαστικό: για βενετικά στόρια εσωτερικά ή ανάμεσα σε διπλά παράθυρα, που παρέχουν την δυνατότητα ελέγχου και ρύθμισης του φωτισμού, προστασία από θάμπωμα, οπτική προστασία.
- * Ύφασμα ή συνθετικό ακρυλικό υλικό: για τέντες, παρέχουν ιδεώδη κινητή προστασία για όλους τους προσανατολισμούς, έχουν μεγάλη οικονομικότητα.
- * Ξύλο ή πλαστικό: για την κατασκευή πατζουριών και ρολών. Δεν αποτελούν σωστή λύση ηλιοπροστασίας, καθώς δεν μπορούν να επιτρέψουν σωστό φωτισμό, όταν είναι κλειστά. Το πλαστικό στον τομέα των ρολών έχει σχεδόν εκτοπίσει το ξύλο.

4.3.3 Ηλιοπροστασία ως συνάρτηση του προσανατολισμού

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων και η επιλογή του κατάλληλου συστήματος σκίασης, σε μορφή, μέγεθος και θέση, είναι συνάρτηση του προσανατολισμού της όψης.



Εικ. 4.6: Σκίαση με δέντρα- το ύψος του δέντρου και η ερριμένη σκιά του [62]

Συγκεκριμένα σχετικά με τον προσανατολισμό, από μελέτες έχει προκύψει ότι [8]:

α) Για νότιο προσανατολισμό, τα πιο κατάλληλα στοιχεία σκίασης είναι τα οριζόντια, σταθερά ή κινητά, λόγω της υψηλής τροχιάς του ήλιου τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο. Κρίσιμο είναι το πλάτος της προεξοχής -προβόλου ή περσίδων- από το κτήριο, έτσι ώστε, το καλοκαίρι να διασφαλίζεται πλήρης σκίασμός των ανοιγμάτων, ενώ το χειμώνα, αντίστροφα, να επιτρέπεται η διείσδυση του ήλιου μέσα στο χώρο.

Στον νότιο προσανατολισμό, συγκεκριμένα, προτείνονται:

- ❖ Η προεξοχή της στέγης
- ❖ Η προεξοχή της πλάκας
- ❖ Το μπαλκόνι
- ❖ Η λότζια (δηλαδή το χαγιάτι)
- ❖ Σταθερά οριζόντια προστεγάσματα ή στοιχεία ηλιοπροστασίας ή σκίαστρα
- ❖ Κινητά οριζόντια στοιχεία ηλιοπροστασίας

β) Για ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό, η σκίαση των ανοιγμάτων με κατακόρυφες περσίδες, κάθετες στην όψη ή υπό κλίση, είναι πιο αποτελεσματική, γιατί ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά, κοντά στον ορίζοντα. Έτσι, σε ανατολικές και δυτικές προσόψεις προτείνονται:

- ❖ Σταθερά κατακόρυφα σκίαστρα με κλίση
- ❖ Κινητά κατακόρυφα σκίαστρα

γ) Για νοτιανατολικό και νοτιοδυτικό προσανατολισμό, τα ηλιοπροστατευτικά στοιχεία, για να είναι αποτελεσματικά, πρέπει να είναι συνδυασμός οριζόντιων και κατακόρυφων περσίδων, υπό μορφή εσχάρας. Η διάταξη αυτή των περσίδων καθορίζεται από το ύψος και το αζιμούθιο του ήλιου, για τους μήνες του καλοκαιριού. Άρα, σε νοτιοδυτικές, νοτιοανατολικές προσόψεις προτείνονται:

- ❖ Συστήματα σχάρας
- ❖ Κινητά κατακόρυφα στοιχεία

Εν γένει, σε κάθε προσανατολισμό προτείνονται:

- ❖ Συνδυασμός κατακόρυφων και οριζόντιων στοιχείων με αντίστοιχο βάθος
- ❖ Ηλιοπροστατευτικοί υαλοπίνακες
- ❖ Γενικά κινητά σκίαστρα

4.3.4 Ηλιοπροστασία με στοιχεία φύτευσης

Η σκίαση μέσω της φύτευσης πέρα από το ότι μειώνει την γύρω θερμοκρασία και βελτιώνει το μικροκλίμα, βοηθά στην προστασία του κελύφους από την άμεση και έμμεση ηλιακή ακτινοβολία. Σωστή χρήση της σκιάς σημαίνει να ξέρουμε το μέγεθος, το σχήμα και τον χώρο της σκιάς που κινείται πίσω από το αντικείμενο που σκιάζει.

Στους τοίχους που είναι προσανατολισμένοι προς το νότο τα φυτά που πρέπει να φυτεύουμε, είναι τα φυλλοβόλα. Τα φυλλοβόλα φυτά με ψηλή και πλατειά κόμη (φύλλα και κλαδιά) επιτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι προστατεύουν τους τοίχους και τα ανοίγματα από αυτήν, αφήνοντας ταυτόχρονα τον αέρα να περάσει, πχ από την σκιασμένη βεράντα, και να εξέλθει πιο δροσερός. Παράλληλα, δίνουν τη μέγιστη σκίαση της οροφής το καλοκαίρι. Χρειάζεται, όμως, προσοχή γιατί δέντρα δεν πρέπει να φυτεύονται στις νότιες πλευρές σπιτιών που έχουν ενεργά ή παθητικά συστήματα θέρμανσης από τον ήλιο και βρίσκονται σε ψυχρά κλίματα, επειδή έτσι θα μπλοκάρεται ο χειμερινός ήλιος.[89]

Πιο συγκεκριμένα, ένα φυλλοβόλο δέντρο δίπλα στο σπίτι σκιάζει τα παράθυρα μόλις αποκτήσει ύψος 2-2,5 μέτρων. Ανάλογα με το είδος και το σπίτι, θα σκιάσει την οροφή το δώμα σε 5-10 χρόνια. Η σκίαση, εφόσον καλύπτει την συσκευή του κλιματιστικού, μπορεί να αυξήσει την αποτελεσματικότητά του κατά 10%. [100]



Εικ. 4.7: Φύτευση σε κήπο [53]

Επιπλέον, ηλιοπροστασία επιτυγχάνουν και τα αναρριχητικά φυτά, φυλλοβόλα ή αειθαλή. Για παράδειγμα, τα κλήματα μπορούν να σκιάσουν έναν τοίχο από τον δεύτερο χρόνο τους. Μία πέργκολα με αναρριχώμενα κλήματα μπορεί να σκιάσει την περίμετρο του σπιτιού, ενώ αφήνει το αεράκι κάτω από την σκιαζόμενη περιοχή.



Εικ. 4.8: Φυσική σκίαση [79]

Για την δυτική πλευρά είναι καλύτερα τα δέντρα με κόμη που φτάνει χαμηλά στο έδαφος, όπου η σκιά είναι χρήσιμη μέχρι τις χαμηλές γωνίες πρόσπτωσης το απόγευμα. Για παράδειγμα, οι θάμνοι μεγαλώνουν γρήγορα και μπορούν να σκιάσουν τους τοίχους και τα παράθυρα σε λίγα χρόνια.

Αντίστοιχα, στους βορινούς τοίχους πρέπει να φυτεύουμε αειθαλή φυτά για να μπλοκάρουμε τους ισχυρούς ανέμους κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου με στόχο τη μείωση των θερμικών απωλειών.

Γενικώς, ιδανικά δέντρα για σκιά είναι αυτά που έχουν πλάγια ανάπτυξη και όχι κάθετη, καθώς δημιουργούν φυσική ομπρέλα. Ακόμη, οι αποστάσεις που φυτεύονται τα δέντρα θα πρέπει να είναι τέτοιες, ώστε να μην υπάρχει ανταγωνισμός μεταξύ τους, αλλά και για να αναπτύσσονται καλά τα

φυτά που υπάρχουν κάτω από αυτά. Επίσης, τα δέντρα ποικίλουν στο μέγεθος, την πυκνότητα του φυλλώματος και το σχήμα της κόμης. Τα φύλλα των δένδρων που επιλέγουμε θα πρέπει να είναι πλατιά και πυκνά, γιατί με αυτό τον τρόπο, εκτός από σκιά, πετυχαίνουμε συγκράτηση της θερμότητας των αχτίνων του ήλιου, άρα και το δροσισμό του χώρου, κατακράτηση της σκόνης, βελτίωση του αέρα και «απορρόφηση» της ηχορύπανσης. Φυτά με πυκνό φύλλωμα, θα πρέπει να αποφεύγονται, όμως, όταν η υγρασία αποτελεί πρόβλημα στην περιοχή. [89, 103]

4. 4 Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών

4. 4. 1 Γενικά

Το χρώμα και η υφή των εξωτερικών επιφανειών του κελύφους του κτιρίου καθορίζουν την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται, καθώς και την ποσότητα της θερμότητας που αποβάλλεται το βράδυ προς την ατμόσφαιρα, ρυθμίζοντας έτσι τη θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου και κατ' επέκταση τη διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας σε μη μονωμένα ή σε κακώς μονωμένα κτίρια (στα θερμομονωμένα, δεν παίζει σχεδόν κανένα ρόλο).

Για παράδειγμα, ένα δώμα βαμμένο με σκούρο χρώμα μπορεί να παρουσιάζει επιφανειακή θερμοκρασία αυξημένη κατά 32°C, σε σχέση με τη μέγιστη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα. Αντίθετα, η επιφανειακή θερμοκρασία ενός δώματος βαμμένου με ασβέστη, μόλις ξεπερνά τον 1°C σε σχέση με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Καθώς, λοιπόν, η μέγιστη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας τη θερινή περίοδο συμβαίνει στα δώματα, οι τελευταίοι όροφοι των κτηρίων να είναι περισσότερο επιβαρυνμένοι. Επομένως, στις οριζόντιες επιφάνειες του κελύφους, δηλ. στα δώματα, συνιστάται βαφή ανοιχτού χρώματος, με ανακλαστική επιφάνεια, όπως για παράδειγμα η επίστρωση με φύλλο αλουμινίου. Αυτό, βέβαια, χρειάζεται προσοχή, γιατί όταν αυτό το μέτρο εφαρμόζεται σε χαμηλά κτίρια που περιβάλλονται από άλλα ψηλότερα, δημιουργείται θάμβωση – απώλεια οπτικής άνεσης στα κτίρια που «βλέπουν» προς το δώμα. Ακόμη, συνιστάται βαφή ψυχρά χρώματα (cool paints) ή γενικότερα με ψυχρά υλικά (cool materials), καθώς και η φύτευση (φυτεμένα δώματα).

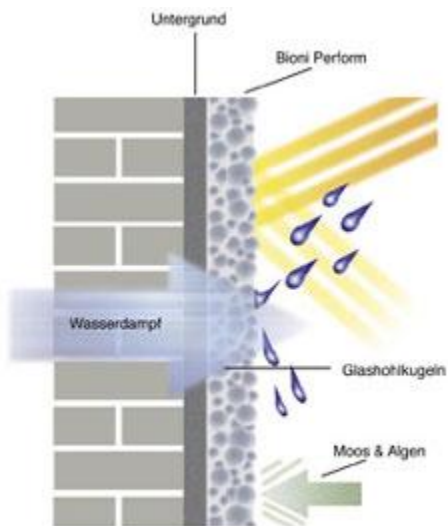
Επισημαίνεται, επίσης, ότι οι επιφάνειες του κελύφους, οι προσανατολισμένες προς την δύση υποφέρουν κι αυτές ιδιαίτερα από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι. Συνεπώς, συνιστάται η βαφή τους με ανοιχτά χρώματα, καθώς και η φύτευσή τους με αναρριχητικά φυτά, κατακόρυφοι κήποι (vertical gardens). [21]

4. 4. 2 Ανακλαστικά επιχρίσματα εξωτερικών επιφανειών

Εκτός της σκίασης, βασική τεχνική για την ηλιοπροστασία του κτιριακού κελύφους είναι η αύξηση της ανακλαστικότητας των εξωτερικών επιφανειών. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ανακλαστικών (ανοιχτόχρωμων) επιχρισμάτων στις εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων, η οποία μειώνει την απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από το κτιριακό κέλυφος και συνεπώς, τη θερμική επιβάρυνση του κτιρίου τους θερμούς μήνες. Βέβαια, η εφαρμογή πολύ ανοιχτών χρωμάτων στις όψεις των κτιρίων, με τη μεγάλη διαθεσιμότητα ηλιακής ακτινοβολίας που υπάρχει στην Ελλάδα, ιδιαίτερα κατά τη θερινή περίοδο μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια οπτικής άνεσης και θάμβωση. Το επιχείρημα ότι στα νησιά του Αιγαίου όλα τα κτίρια ασβεστώνονται και είναι λευκά δεν ισχύει ακριβώς: πάντα υπήρχε χρήση ανοιχτών χρωμάτων (μπεζ, ώχρες, ανοιχτά καφέ), ωστόσο το λευκό χρώμα επιβλήθηκε με ένα διάταγμα του Μεταξά κατά τη δεκαετία του 40. Μέχρι τότε οι επιφάνειες που ασβεστώνονταν πάντα ήταν τα δώματα, τόσο για λόγους μεγαλύτερης έκθεσης στη θερινή ηλιακή ακτινοβολία (μεγάλες γωνίες ηλιακού ύψους), αλλά και καθαριότητας, αφού το νερό της βροχής που έπεφτε στα δώματα κατά τη χειμερινή περίοδο συγκεντρωνόταν στις στέρνες για χρήση. [40]



Εικ. 4.9: Ανακλαστικά επιχρίσματα [58]



Bioni Perform ist diffusionsoffen, hervorragend wasserabweisend, verhindert dauerhaft Algen- und Moosbefall und ist äußerst UV- und wetterbeständig.

Εικ. 4.10: Ψυχρό, θερμοανακλαστικό χρώμα Bioni Perform [71]

Η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του κτηρίου καθορίζει και το ποσό θερμότητας που θα μεταδοθεί από τους τοίχους και την οροφή στο εσωτερικό του κτηρίου, ενώ ταυτόχρονα η επιφανειακή θερμοκρασία του κτηρίου καθορίζει την θερμοκρασία του στρώματος του αέρα που το περιβάλλει και τελικά διεισδύει σε αυτό. Όλα αυτά ισχύουν, φυσικά, για μη μονωμένα ή κακώς μονωμένα κτίρια

Πιν. 4.2: Συντελεστές ανάκλασης χρωμάτων [40]

Χρώμα	Συντελεστής ανάκλασης (%)	Χρώμα	Συντελεστής ανάκλασης (%)
Μαύρο χρώμα	3	Κόκκινη λαδομπογιά	26
Μαύρο χρώμα (ματ)	5	Κόκκινα τούβλα	30
Μαύρη λαδομπογιά	9	Φυσικό σκυρόδεμα	35
Μαύρο σκυρόδεμα	10	Πράσινο	41
Σκούρο γκρι	9	Πορτοκαλί	42
Σκούρο πράσινο (λαδί)	11	Κίτρινο	43
Σκούρο καφέ	12	Ανοιχτό πράσινο	53
Καφέ σκυρόδεμα	15	Άσπρο	75
Σκούρο μπλε-γκρι	12	Ασημί	75

4.4.3 Ψυχρές βαφές και ψυχρά υλικά

Οι ψυχρές βαφές είναι απλά βαφές με ειδικά διαμορφωμένα χαρακτηριστικά που δεν ξεχωρίζουν, ως τελική επιφάνεια από τις συμβατικές και απλά η χημική τους σύνθεση συμβάλλει στην αποφυγή της υπερθέρμανσης.

Τα ψυχρά υλικά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- υλικά για το κέλυφος του κτιρίου (π.χ. επικαλύψεις, μεμβράνες, πλάκες, ασφατικά κεραμίδια, κτλ.),
- υλικά για το αστικό περιβάλλον (άσφαλτος, πλάκες διαφόρων υλικών όπως τσιμέντο, μάρμαρο κτλ.).

Συγκεκριμένα, οι ψυχρές βαφές και τα ψυχρά υλικά εμφανίζουν μεγαλύτερη ανακλαστικότητα στο υπέρυθρο φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς και μεγαλύτερη ικανότητα εκπομπής κι έτσι αναπτύσσουν χαμηλότερη επιφανειακή θερμοκρασία έως και 10 βαθμούς, σε σύγκριση με τα συμβατικά υλικά. Παράλληλα, έχουν το πλεονέκτημα να ψύχονται γρηγορότερα. Έτσι, καταφέρνουν να μειώνουν την επιφανειακή θερμοκρασία ενός ακινήτου, με συνέπεια να μεταδίδεται στο εσωτερικό του όσο και στα παρακείμενα κτίρια μικρότερη ποσότητα θερμότητας.

Τα υλικά αυτά είναι διαδεδομένα εδώ και δεκαετίες στις ΗΠΑ (www.energystar.gov), ενώ τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ταχεία εξάπλωσή τους και στην Ευρώπη, καθώς πολλές κυβερνήσεις μέσω επιδοτούμενων προγραμμάτων επιχειρούν να εξοικονομήσουν ενέργεια και να περιορίσουν το φαινόμενο της λεγόμενης «αστικής θερμικής νησίδας». Του φαινομένου δηλαδή που εμφανίζεται τις πιο θερμές θερινές ημέρες, όταν ο συνδυασμός από τη χρήση ακατάλληλων υλικών σε κτίρια-πεζοδρόμια, την αθρόα χρήση κλιματιστικών και την έλλειψη πρασίνου, αυξάνει την θερμοκρασία στις πόλεις μέχρι και 7 βαθμούς περισσότερο σε σύγκριση με τα πιο γειτονικά προάστια ("Urban Heat Island").

Επιπλέον, τα ψυχρά υλικά προστατεύουν την επιφάνεια στην οποία έχουν εφαρμοστεί από την υπερϊώδη ηλιακή ακτινοβολία και τη θερμική καταπόνηση. Μια επιφάνεια διαστέλλεται και συστέλλεται καθημερινά, καθώς θερμαίνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας και ψύχεται κατά τη διάρκεια της νύχτας. Αν η επιφάνεια επικαλυφθεί με ανακλαστικό υλικό, οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις, όπως και η θερμική καταπόνηση θα είναι μικρότερες, με αποτέλεσμα η στέγη να έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και μικρότερες ανάγκες για συντήρηση και επισκευή. [65,43]

4.5 Υαλοπίνακες Ελέγχου Ηλιακής Ακτινοβολίας

Οι υαλοπίνακες ηλιακού ελέγχου, γνωστοί και ως «Ενεργειακοί Υαλοπίνακες», υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής – Low-e, είναι προϊόντα υψηλής τεχνολογίας που αναπτύχθηκαν, ώστε να επιτρέπουν υψηλά επίπεδα ηλιακού φωτός να διαπερνά στο εσωτερικό του κτιρίου, ενώ ταυτόχρονα αντανακλούν ένα μεγάλο ποσοστό της ηλιακής θερμότητας. Ο εσωτερικός χώρος παραμένει φωτεινός και κατά πολύ δροσερότερος από ό, τι θα ήταν αν είχε χρησιμοποιηθεί κανονικό γυαλί. Εν ολίγοις, συνεισφέρουν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των

κτιρίων και στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης που διαμορφώνονται στους εσωτερικούς χώρους. Οι ιδιότητές τους μπορεί να είναι σταθερές, μεταβαλλόμενες (ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες) ή ρυθμιζόμενες.

Γενικώς, έχουν την ιδιότητα να **εμποδίζουν την άνοδο της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου** κατά τη διάρκεια πολύ ζεστών καιρικών συνθηκών, βοηθώντας επιπρόσθετα και στη μείωση της δαπάνης κλιματισμού. Επιτρέπουν ουσιαστικά τη χρήση υαλοστασίων σε μεγάλες επιφάνειες χωρίς αυτές να μετατρέπονται σε «θερμοκήπια». Οι υαλοπίνακες ηλιακού ελέγχου δεν έχουν απαραίτητα χρωματιστό ή ανακλαστικό γυαλί. Έχουν ενισχυθεί με μία ή περισσότερες εξαιρετικά λεπτές επιστρώσεις μετάλλων ή οξειδίων των μετάλλων. Οι επιστρώσεις των μετάλλων: δεν επιτρέπουν τη διαφυγή θερμικής ακτινοβολίας (θερμότητας) από τον εσωτερικό υαλοπίνακα προς τον εξωτερικό, κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου και το αντίθετο το καλοκαίρι. Σε έναν διπλό ή τριπλό υαλοπίνακα, η θερμότητα τον χειμώνα (από μέσα προς τα έξω) μεταδίδεται με : μεταφορά από τον εσωτερικό αέρα στην εσωτερική πλευρά του εσωτερικού υαλοπίνακα, με αγωγή διαμέσου του εσωτερικού υαλοπίνακα, με ακτινοβολία και αγωγή διαμέσου του διάκενου (γι' αυτό και πολλές φορές αντί του αέρα, αυτό πληρώνεται με ευγενή αέρια –αργό ή ήλιο- που είναι λιγότερο αγωγίμα από τον αέρα), με αγωγή διαμέσου του εξωτερικού υαλοπίνακα και τέλος με μεταφορά από την εξωτερική πλευρά του εξ. υαλοπίνακα προς το περιβάλλον. Η λειτουργία τους είναι να **μειώνουν τη Συνολική Διαπερατότητα της Ενέργειας** (Solar Factor ή Solar Heat Gain), έναν ειδικό δείκτη που θέλουμε να είναι όσο πιο μικρός γίνεται. Αυτό που επιπρόσθετα εξασφαλίζουν είναι βέλτιστη ποιότητα φυσικού ηλιακού φωτισμού χωρίς να χρειάζεται να καταφύγει κανείς σε τεχνητό φωτισμό κατά τη διάρκεια της ημέρας. [102]

Κατηγορίες ειδικών υαλοπινάκων, οι οποίοι διαφοροποιούνται από τους κοινούς ως προς τα θερμικά και τα φωτομετρικά τους χαρακτηριστικά, είναι [40]:

Ανακλαστικοί υαλοπίνακες: Ανακλούν σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών, αλλά μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο και στα γύρω κτίρια.

Έγχρωμοι υαλοπίνακες: Με τη βοήθεια χημικής επεξεργασίας παρουσιάζουν χαμηλή θερμοπερατότητα, αλλά και μειωμένη φωτοδιαπερατότητα και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου.

Απορροφητικοί υαλοπίνακες: Απορροφούν σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας (περιορίζουν τη θερμοπερατότητα χωρίς να μειώνουν σημαντικά τη φωτοδιαπερατότητα) και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου. Έχουν το πλεονέκτημα, σε σχέση με τους ανακλαστικούς, ότι δεν δημιουργούν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου.

Επιλεκτικοί υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e): Εμποδίζουν μεγάλο μέρος της θερμικής ακτινοβολίας είτε να εισέρχεται προς το κτίριο, είτε να εκπέμπεται προς το εξωτερικό περιβάλλον (ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο τοποθετούνται). Συνιστώνται για τη μείωση των θερμικών απωλειών (το χειμώνα) ή κερδών (το καλοκαίρι) των κτιρίων, ανάλογα με τις θερμικές απαιτήσεις του κτιρίου και το κλίμα της περιοχής, στην οποία βρίσκεται.

Θερμομονωτικοί υαλοπίνακες: Εκτός από τους συνήθεις διπλούς (ή τριπλούς) υαλοπίνακες, αυξημένη θερμομονωτική ικανότητα έχουν υαλοπίνακες που στο διάκενό τους περιέχουν άλλο αέριο (π.χ. αργό) αντί για αέρα. Συνιστώνται σε κτίρια με μεγάλα ανοίγματα, όπου απαιτείται υψηλή θερμομόνωση του κελύφους.

Ηλεκτροχρωμικοί: Είναι υαλοπίνακες, των οποίων οι ιδιότητες (οπτικά χαρακτηριστικά, διαπερατότητα) μεταβάλλονται με τη διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος.

Φωτοχρωμικοί: Είναι υαλοπίνακες των οποίων οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με το ποσό της προσπίπτουσας σε αυτούς ηλιακής ακτινοβολίας. Η φωτοδιαπερατότητά τους μειώνεται με την αύξηση της έντασης της φωτεινής ακτινοβολίας.

Θερμοχρωμικοί: Είναι υαλοπίνακες, των οποίων οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία. Με την αύξηση της θερμοκρασίας μεταβάλλονται από διαφανείς σε γαλακτόχρωμοι.

Υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων: Με την εφαρμογή τάσης μετατρέπονται από γαλακτόχρωμοι σε διαφανείς.

Για την επιλογή του κατάλληλου υαλοπίνακα θα πρέπει να εξετάζεται η χρήση του κτιρίου, η συνεισφορά του υαλοπίνακα στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ετήσια βάση και η συνεπαγόμενη οικονομικότητα του συστήματος (κόστος-όφελος, χρόνος απόσβεσης). Ιδιαίτερη προσοχή κατά την επιλογή απαιτείται, ώστε τα θερμικά και οπτικά χαρακτηριστικά του υαλοπίνακα, τα οποία θα επιλεγούν με κριτήριο τη συμπεριφορά του στη θέρμανση και στο δροσισμό του κτιρίου, να εξασφαλίζουν, μαζί με το συνολικό σχεδιασμό των ανοιγμάτων και τις απαιτήσεις σε φυσικό φωτισμό των χώρων.

Γενικώς, η αντικατάσταση των υαλοπινάκων με ενεργειακούς είναι η αμεσότερη, απλούστερη και πιο αποδοτική παρέμβαση που μπορεί να γίνει σε ένα υφιστάμενο κτίριο προκειμένου να αναβαθμιστεί ενεργειακά. Έχει μικρό κόστος που αποσβένεται σε 2-3 χρόνια. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), **τα ενεργειακά διπλά τζάμια στην περιοχή μας μειώνουν ετησίως την κατανάλωση έως και κατά 7.400 kWh για τη θέρμανση και ψύξη ενός τυπικού διαμερίσματος εμβαδού 100 τ.μ.** Αυτό υπολογίζεται ότι αντιστοιχεί σε δαπάνη περίπου **750 € ετησίως**.

Χρήσιμες πληροφορίες για τους ενεργειακούς υαλοπίνακες [102]:

- ✓ Δεν υπάρχει μόνο ένας τύπος ενεργειακού υαλοπίνακα, αλλά μεγάλη ποικιλία ανάλογα με τις ιδιαίτερες απαιτήσεις του κτιρίου (π.χ. ηλιακό προσανατολισμό, οριζόντια ή κάθετη υάλωση, ποσοστό φωτός που επιθυμούμε στο εσωτερικό του κτιρίου, κ.α.).
- ✓ Η σήμανση CE είναι απαραίτητη για τον καταναλωτή, γιατί εξασφαλίζει τη συμμόρφωση του προϊόντος με τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες.
- ✓ Οι ενεργειακοί υαλοπίνακες είναι τεχνολογία αιχμής με μικρό κόστος. Ικανοποιητική τιμή U Value είναι το 1,8 – 1,4 (W:m K).

- ✓ Η υάλωση αποτελεί το 93% περίπου του ανοίγματος και συνεπώς έχει κυρίαρχο ρόλο στη μείωση των απωλειών
- ✓ Η διαφορά που προκύπτει στην εξοικονόμηση ενέργειας από έναν κοινό διπλό υαλοπίνακα με έναν ενεργειακό ξεπερνάει το 200%.
- ✓ Οι ενεργειακοί υαλοπίνακες δεν έχουν απολύτως κανένα όριο ζωής και δεν απαιτούν καμία ειδική συντήρηση.
- ✓ Για την παραγωγή 1m² ενεργειακού υαλοπίνακα εκπέμπονται 25 kg CO₂, ενώ από τη χρήση του εξοικονομούνται 91kg ετησίως.

4.6 Φυσικός αερισμός

4.6.1 Γενικές αρχές

Ο φυσικός αερισμός είναι η κύρια τεχνική για την απομάκρυνση της θερμότητας που εισέρχεται στο κτήριο τις θερμές περιόδους με φυσικά μέσα. Επιτυγχάνεται με κατάλληλο σχεδιασμό και λειτουργία των ανοιγμάτων στο κέλυφος και θυρίδες στο πάνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων που επιτρέπουν την κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους. Με την σωστή εφαρμογή των μεθόδων φυσικού αερισμού έχουμε παράλληλα τον σημαντικότερο φυσικό δροσισμό. Εκτός αυτού, ο φυσικός αερισμός των εσωτερικών χώρων έχει άμεση επίδραση στην υγεία των ενοίκων, στη θερμική άνεση και στην αίσθηση ευεξίας, καθώς ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για την διατήρηση σε ικανοποιητικά επίπεδα του οξυγόνου και της ποιότητας του αέρα. Διευκολύνει την ανταλλαγή θερμότητας του ανθρώπινου σώματος με το περιβάλλον και παράλληλα συμβάλλει στη φυσική ψύξη των δομικών στοιχείων της κατασκευής.

Οι παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες φυσικού αερισμού στο εσωτερικό των κτηρίων είναι:

- Η κατεύθυνση των δροσερών ανέμων στην περιοχή, σε σχέση με τα χαρακτηριστικά του δομημένου και του φυσικού περιβάλλοντος
- Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων, δηλαδή τα χαρακτηριστικά του κτηρίου σε σχέση με τη διεύθυνση των επικρατούντων ανέμων και το μικροκλίμα της περιοχής.

Αναλόγως με την τεχνική που εφαρμόζουμε για την πραγματοποίησή του στο κτήριό μας, **ο φυσικός αερισμός είναι:**

- ❖ **Διαμπερής**, διαμέσου παραθύρων και άλλων ανοιγμάτων
- ❖ **Κατακόρυφος ανοδικός** (φαινόμενο φυσικού ελκυσμού, μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων, καμινάδων ή ενισχυμένος από ηλιακή καμινάδα)
- ❖ **Κατακόρυφος καθοδικός** (πύργοι αερισμού και ψυκτικοί πύργοι καθοδικού ρεύματος –PDEC Passive Draught Evaporative Cooling Towers)

Ο φυσικός αερισμός μπορεί να γίνεται και εξωτερικά του κτιρίου ή και διαμέσου του κελύφους του, συμβάλλοντας έτσι στην απομάκρυνση της θερμότητας από το κτιριακό κέλυφος. **Ο φυσικός αερισμός των κτιρίων μπορεί να οδηγήσει στην εξοικονόμηση μεγάλων ποσών ηλεκτρικής**

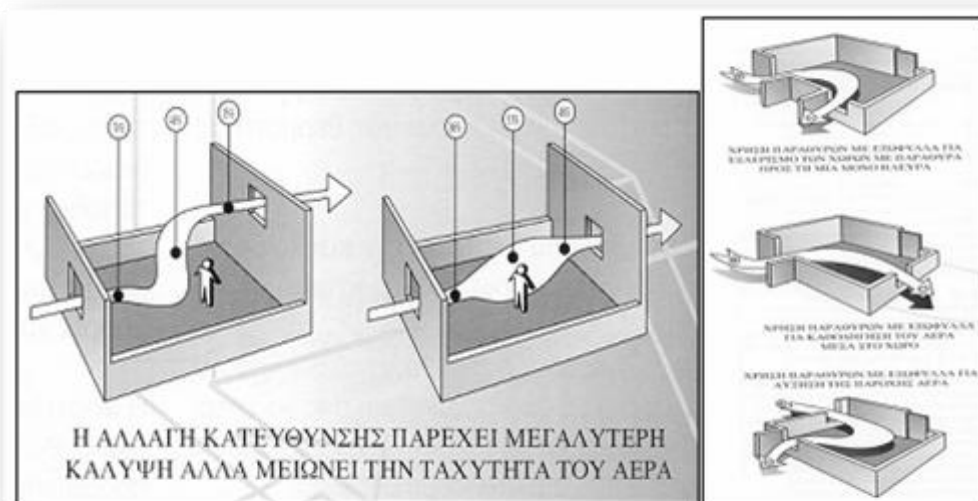
ενέργειας. Από μετρήσεις και ενεργειακές καταγραφές και προσομοιώσεις σε κατοικίες στην Ελλάδα, προκύπτει μείωση της τάξης του 75 με 100% του ψυκτικού φορτίου λόγω του αερισμού (εφόσον εφαρμόζεται επαρκής ηλιοπροστασία στα κτίρια), γεγονός που σημαίνει ότι μπορεί να υποκαταστήσει ένα κλιματιστικό σύστημα, καθώς δημιουργούνται συνθήκες θερμικής άνεσης μέσα στους χώρους. **Η στρατηγική του φυσικού αερισμού αφορά στην συνεχή ροή του αέρα, στην κατεύθυνση του αέρα, στην επίτευξη υψηλών ταχυτήτων, καθώς αύξηση της ταχύτητας του αέρα κατά 0.15 m:sec μπορεί να αντισταθμίσει αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1°C (με σχετική υγρασία χαμηλότερη από 70%).**

4.6.2 Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων

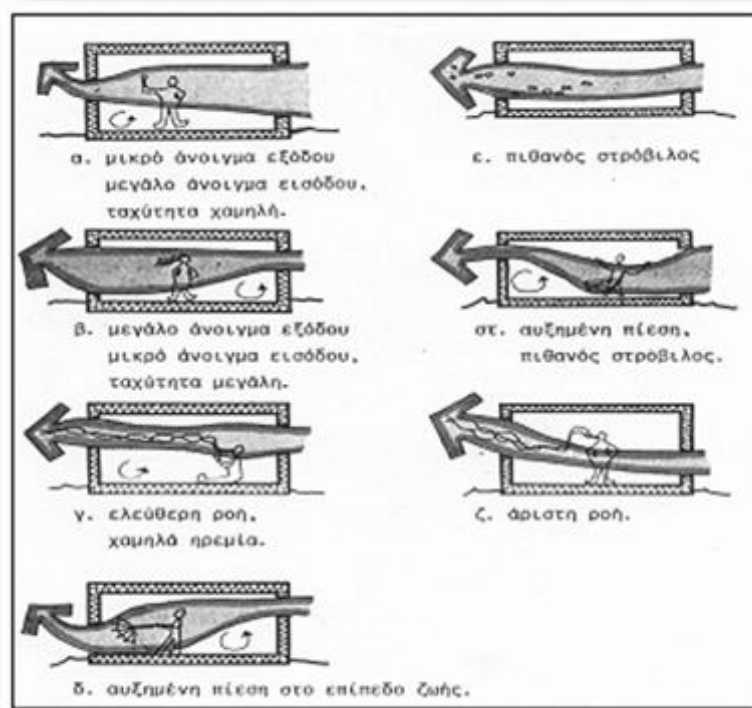
Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων του κτηρίου, σε σχέση με την κατεύθυνση του δροσερού ανέμου, αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για τη διασφάλιση επαρκούς φυσικού αερισμού στον εσωτερικό χώρο.

α) Ως γενική κατεύθυνση ισχύει η τοποθέτηση ανοιγμάτων σε περισσότερους από έναν τοίχους και μάλιστα αντιμέτωπους, έτσι ώστε να δημιουργείται αερισμός σε όλο τον χώρο. Ο τύπος αυτός αερισμού χαρακτηρίζεται ως διαμπερής. Καλύτερες συνθήκες αερισμού επιτυγχάνονται, όταν η ροή του αέρα ακολουθεί κίνηση μεταβαλλόμενη μέσα στο χώρο, γιατί έτσι έχουμε πιο ομοιόμορφη διανομή της ταχύτητας του αέρα και φυσικό δροσισμό σε όλους τους χώρους διαβίωσης.

β) Το μέγεθος των ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου πρέπει να είναι περίπου το ίδιο, αρκεί η θέση τους στην τομή του κτηρίου να μη βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο. Δηλαδή, όταν το άνοιγμα εισόδου είναι χαμηλά, το άνοιγμα εξόδου πρέπει να είναι σχετικά ψηλά ή το αντίστροφο, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται δροσιά στο επίπεδο ζωής. Στην περίπτωση αερισμού του κτηρίου μέσω αιθρίου ή μέσω υπερυψωμένου χώρου στο εσωτερικό του, τότε η μορφή του αερισμού χαρακτηρίζεται ως ανοδική. Εκτός αυτών σε περιοχές με μεγάλη εξωτερική θερμοκρασία, είναι προτιμότερο να αποφεύγεται ο αερισμός του χώρου την ημέρα στο ελάχιστο δυνατό. Αντίθετα, τη νύχτα ο φυσικός αερισμός επιβάλλεται για την ψύξη των στοιχείων της κατασκευής.



Εικ. 4.11: Η διάταξη των ανοιγμάτων και η ροή του αέρα στο εσωτερικό του κτηρίου [21]



Εικ. 4.12: Διαφορετικές καθ' ύψος θέσεις ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου του αέρα [2]

4.6.3 Η χρήση του κτηρίου

Η χρήση του κτηρίου και κατά συνέπεια η δραστηριότητα των ενοίκων καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τις ανάγκες σε φυσικό αερισμό. Για παράδειγμα, σε ένα καθιστικό η καλύτερη κατανομή της κίνησης του αέρα, σε όλα τα σημεία του χώρου, είναι στο ύψος των 0,70-1,20 μ., δηλαδή στο επίπεδο ζωής.

Για χώρους γραφείων, εφόσον συγκεντρώνονται πολλά άτομα, ο φυσικός αερισμός πρέπει να εξασφαλίζει $3 \text{ m}^3:\text{h}:\text{m}^2$, σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-1:2010, ενώ το βράδυ ο αερισμός πρέπει να αυξάνεται, έτσι ώστε να δροσίζεται ο χώρος και τα δομικά στοιχεία του, προκειμένου την επόμενη ημέρα να έχουν την δυνατότητα αποθήκευσης της θερμότητας για πολλές ώρες, περιορίζοντας έτσι την χρήση του κλιματισμού.

Συνεπώς, ο μελετητής πρέπει κατά τον σχεδιασμό του κτηρίου γραφείων, ή άλλων δημόσιων κτηρίων, να προβλέπει φεγγίτες στα ανοίγματα –μικρού μεγέθους, οι οποίοι να παραμένουν ανοιχτοί τη νύχτα το καλοκαίρι, υπό τον όρο ότι το κτήριο είναι ασφαλές. Ο νυχτερινός δροσισμός είναι πολύ αποτελεσματικός και σε κατοικίες, και ιδιαίτερα σε κατοικίες που χρησιμοποιούνται κυρίως κατά τη θερινή περίοδο .

4.6.4 Βασικοί τύποι φυσικού αερισμού

Μονόπλευρος αερισμός με ανοίγματα στο ίδιο ύψος: όταν η εσωτερική θερμοκρασία είναι υψηλότερη από την θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος, ψυχρότερος αέρας εισέρχεται από το χαμηλότερο τμήμα του ανοίγματος, ενώ ο θερμός αέρας διαφεύγει μέσω του υψηλότερου τμήματος του ανοίγματος. Η διεύθυνση της ροής αντιστρέφεται, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι υψηλότερη απ' την εσωτερική. Οι παράμετροι που καθορίζουν τα επίπεδα ροής του αέρα είναι κυρίως η επιφάνεια των ανοιγμάτων, η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο εσωτερικό του κτηρίου, στο εξωτερικό περιβάλλον και στο κατακόρυφο ύψος των ανοιγμάτων.

Αερισμός με ανοίγματα σε διαφορετικά επίπεδα: οι κυριότερες παράμετροι που επηρεάζουν την διαδικασία του φυσικού αερισμού, όταν έχουμε δύο ανοίγματα σε διαφορετικά επίπεδα, είναι η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο εσωτερικό και στο εξωτερικό περιβάλλον του κτηρίου, η κατακόρυφη απόσταση ανάμεσα στα δύο ανοίγματα και οι επιφάνειες των δύο ανοιγμάτων.

Διαμπερής φυσικός αερισμός (ημερήσιος ή νυκτερινός): Διαμπερής αερισμός επιτυγχάνεται με κατάλληλο σχεδιασμό των ανοιγμάτων στο κέλυφος και στις εσωτερικές τοιχοποιίες. Θυρίδες στο άνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων επιτρέπουν την κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους και την απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμικής ενέργειας. Ο διαμπερής αερισμός επηρεάζεται από την εξωτερική και εσωτερική διαρρύθμιση του κτιρίου σε σχέση με τους επικρατούντες ανέμους. Η θέση του κτιρίου σε σχέση με τον πολεοδομικό ιστό, και εν γένει εξωτερικά εμπόδια διευκολύνουν ή ενισχύουν την είσοδο του αέρα μέσα στο κτίριο. Πλευρικοί τοίχοι προσαρτημένοι στα ανοίγματα (ανεμοπτερύγια) μπορούν να εκτρέψουν τον άνεμο εσωτερικά στο κτίριο, ενισχύοντας έτσι τη δυνατότητα φυσικού αερισμού.

Ο νυχτερινός διαμπερής αερισμός είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, ιδιαίτερα τις θερμές ημέρες, κατά τις οποίες ο ημερήσιος αερισμός δεν είναι δυνατός και όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι συνήθως μικρότερες απ' τις εσωτερικές. Ο νυχτερινός αερισμός συνεισφέρει και στην αποθήκευση «δροσιάς» στη θερμική μάζα του κτιρίου (**νυκτερινός δροσισμός**), σαρώνοντας τις επιφάνειες του κτιρίου με δροσερό αέρα, με αποτέλεσμα τη μειωμένη επιβάρυνση του κτιρίου κατά την επόμενη μέρα. Το ψυκτικό φορτίο ελαττώνεται και οι μέγιστες

εσωτερικές θερμοκρασίες, ανάλογα με την θερμική μάζα του κτηρίου, καθώς και την ποσότητα και τα χαρακτηριστικά του αέρα που εισέρχεται στο κτήριο, είναι δυνατό να μειωθούν από 1 έως 3°C.

Καμινάδα: πύργος αερισμού (φυσικός ελκυσμός): Η καμινάδα αερισμού λειτουργεί αξιοποιώντας το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού, καθώς ο θερμός αέρας κινείται προς τα επάνω και έτσι δημιουργείται ρεύμα στο εσωτερικό των χώρων, μεταφέροντας τη θερμότητα εκτός του κτιρίου. Η λειτουργία της καμινάδας αερισμού γίνεται σε συνδυασμό με κατάλληλα ανοίγματα του κτιρίου. Όταν δεν υπάρχει έντονο ρεύμα αέρα γύρω από το κτήριο, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί με ανεμιστήρα (υβριδικός αερισμός), ο οποίος ενσωματώνεται στο υψηλότερο τμήμα της καμινάδας, εξασφαλίζοντας συνεχή εναλλαγή του εσωτερικού αέρα.

Ως καμινάδες αερισμού μπορεί να λειτουργούν κατάλληλα διαμορφωμένα κλιμακοστάσια ή και εσωτερικά αίθρια ή φωταγωγοί των κτιρίων. Σε περιοχές με έντονο άνεμο υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής πύργων αερισμού, οι οποίοι προεξέχουν σημαντικά από την οροφή του κτιρίου, φέρουν άνοιγμα προς την σημαντική κατεύθυνση του ανέμου και έχουν τη δυνατότητα να «συλλαμβάνουν» τα ψυχρά ρεύματα αέρα και να τα κατευθύνουν μέσα στο χώρο, υποβοηθούμενοι, σε ορισμένες περιπτώσεις, από ανεμιστήρα. Υπάρχει ανοδικό και καθοδικό ρεύμα: οι καμινάδες λειτουργούν με βάση την αρχή του φυσικού ελκυσμού, δηλαδή ανοδικά, ενώ οι ανεμόπυργοι με ή χωρίς «φίλτρα νερού» λειτουργούν καθοδικά.

Ηλιακή καμινάδα: Πρόκειται για κατασκευή καμινάδας, η οποία φέρει στη νότια η νοτιοδυτική επιφάνειά της ($\pm 30^\circ \text{N}$) υαλοπίνακα αντί τοιχοποιίας (εν γένει έναν μικρό ηλιακό τοίχο) και περσίδες στο άνω τμήμα αυτής της πλευράς. Η λειτουργία της βασίζεται στο φαινόμενο Venturi και συμβάλλει αποτελεσματικά στον αερισμό και στην απομάκρυνση της υγρασίας από τους εσωτερικούς χώρους, καθώς μέσω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα που προκύπτει μέσα στην καμινάδα, ενισχύεται σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και συνεπώς της ανανέωσης του αέρα μέσα στους χώρους. Καθώς επιτυγχάνει διαρκή ανανέωση του εσωτερικού αέρα, η ηλιακή καμινάδα συνιστάται σε περιοχές με υψηλή σχετική υγρασία κατά τη θερινή περίοδο. [8, 21, 40, 67]

4.7 Υβριδικός αερισμός

4.7.1 Γενικά

Ο υβριδικός αερισμός ορίζεται με βάση το IEA Annex 35, ως ένα σύστημα διπλής λειτουργίας (two mode system) που αναφέρεται σε φυσικά, αλλά και μηχανικά μέσα. Λειτουργεί με στόχο την ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης, ενώ επιτυγχάνει αποδεκτά επίπεδα ποιότητας εσωτερικού αέρα και θερμικής άνεσης. Για τη λειτουργία του απαιτείται η εγκατάσταση συστήματος ελέγχου και ρύθμισης των παροχών αέρα και της μορφής της ροής, εξασφαλίζοντας παράλληλα την ελάχιστη εφικτή ενεργειακή κατανάλωση. Για την υλοποίησή του είναι απαραίτητη η εφαρμογή φυσικών μέσων (φυσικού αερισμού) κατά προτεραιότητα και σε περίπτωση ανεπάρκειας αυτών η εφαρμογή μηχανικών μέσων.

Οι βασικές παράμετροι σχεδιασμού είναι:

- το κλίμα που καθορίζει την βασική φιλοσοφία σχεδιασμού (π.χ. σε ψυχρά κλίματα δίνεται έμφαση στη χειμερινή και λιγότερο στη θερινή θερμική άνεση, ενώ μειώνονται τα συστήματα φυσικού αερισμού)
- το είδος και η χρήση του κτιρίου (αίθουσες εκπαίδευσης, γραφεία, χώροι ηλεκτρονικού εξοπλισμού πλήρως ελεγχόμενων συνθηκών, κτλ)
- τα θερμικά χαρακτηριστικά του κελύφους και ο περιβάλλον χώρος (πυκνοδομημένο ή μη αστικό περιβάλλον κλπ).
- Η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.), τα ενεργητικά και παθητικά ηλιακά συστήματα (Ε.Η.Σ., Π.Η.Σ.)
- τεχνικά χαρακτηριστικά ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων.

Με βάση τις παραπάνω αρχές προτείνεται ο σχεδιασμός υβριδικών συστημάτων αερισμού για τα ελληνικά κλιματικά δεδομένα με βάση τον εξής πίνακα:

Πιν. 4.3: Σχεδιασμός υβριδικών συστημάτων αερισμού για τα ελληνικά κλιματικά δεδομένα [47]

	A. Θερμό μεσογειακό κλίμα	B. Ορεινό μεσογειακό κλίμα
Κλίμα	Θερμό	Μέσο
Τύπος:χρήση κτιρίου	Αίθουσες εκπαίδευσης, γραφεία, οικίες	
Ειδικά χαρακτηριστικά	Αυξημένα εσωτερικά κέρδη, τιμές αιχμής (peak values) σε εσωτερικούς ρυπαντές και ενεργειακά φορτία	
A.Π.Ε., Ε.Η.Σ., Π.Η.Σ	Άνεμος (αυξημένη χρήση), προαιρετικά φωτοβολταϊκά	Άνεμος (περιορισμένη χρήση), προαιρετικά φωτοβολταϊκά
Χειμερινή θερμική άνεση	Σημαντική	Πολύ σημαντική
Θερινή θερμική άνεση	Εξαιρετικά σημαντική	Μέτρια σημαντική
Προσαγωγή αέρα	Σημαντική	Σημαντική
Απομάκρυνση αέρα	Εξαιρετικά σημαντική	Εξαιρετικά σημαντική

4.7.2 Υβριδικός αερισμός με χρήση ανεμιστήρων

Ανεμιστήρες ονομάζονται τα μηχανικά μέσα, με τα οποία εξασφαλίζεται η ανεμπόδιστη διακίνηση αερίων. Η διακίνηση του αερίου επιτυγχάνεται με τη δημιουργία διαφοράς πίεσης στις δύο πλευρές του κινούμενου στοιχείου, (περωτή του ανεμιστήρα). Οι πιέσεις που αναπτύσσουν οι ανεμιστήρες είναι μικρές και κυμαίνονται συνήθως από 1 μέχρι 30 KPa. Οι ανεμιστήρες ταξινομούνται σε δύο βασικές κατηγορίες, του φυγόκεντρους ανεμιστήρες (centrifugal fans) και στους

ανεμιστήρες αξονικής ροής (brake fans). Στους πρώτους, ο αέρας εισέρχεται παράλληλα προς τον άξονα του ανεμιστήρα και μετά ωθούμενος από την περωτή κινείται προς την περιφέρεια του κελύφους κάθετα προς τον άξονα. Στους αξονικούς ανεμιστήρες, ο αέρας κινείται παράλληλα προς τον άξονα και μετά κατά την ώθησή του από την περωτή συνεχίζει να κινείται κατά την ίδια διεύθυνση. Πριν από μερικές δεκαετίες η ισχύς των ανεμιστήρων δεν υπερέβαινε τους 200 HP, προοδευτικά, όμως, κατασκευάστηκαν και εγκαταστάθηκαν ανεμιστήρες με ισχύ 500, 1500 και 3000 HP. [11]

Η χρήση ανεμιστήρων αποτελεί έναν αποτελεσματικό τρόπο υβριδικού αερισμού. Οι ανεμιστήρες οροφής συγκεκριμένα, με ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, συνεισφέρουν δραστικά στην επίτευξη θερμικής άνεσης σε θερμοκρασίες υψηλότερες από τις συνήθειες (περίπου 2-3 °C), καθώς με την κίνηση του αέρα που δημιουργείται απομακρύνεται η πλεονάζουσα θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα.

Έτσι, η χρήση ανεμιστήρων οροφής μειώνει για μεγάλη περίοδο την αναγκαιότητα χρήσης κλιματιστικών συστημάτων στα κτίρια. Από μελέτες σε κτίρια κατοικιών και σχολείων στην Ελλάδα, μάλιστα, προκύπτει ότι η χρήση ανεμιστήρων οροφής σε κτίρια που εφαρμόζουν κατάλληλες τεχνικές φυσικού δροσισμού (επαρκή σκίαση και νυχτερινό αερισμό) πρακτικά καταργεί την ανάγκη εγκατάστασης κλιματιστικού συστήματος, καθώς συντελεί στη δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες, οι οποίες, όμως, στα φυσικά δροσιζόμενα κτίρια είναι αρκετά χαμηλότερες από τις εξωτερικές.

Αντίστοιχα, σε κτίρια του τριτογενή τομέα η χρήση των ανεμιστήρων οροφής μειώνει σημαντικά τις ώρες λειτουργίας του συστήματος κλιματισμού, αλλά και αυξάνει την απόδοσή τους την ώρα λειτουργία τους, καθώς ανεβάζει σημαντικά τη θερμοκρασία ρύθμισης του θερμοστάτη (π.χ. από τους 26 °C στους 29 °C). [40, 67]

4.8 Τεχνητός αερισμός

Η υγρασία του αέρα είναι ο σημαντικότερος περιοριστικός παράγοντας για την εφαρμογή των τεχνικών φυσικού αερισμού. Υψηλά επίπεδα υγρασίας έχουν αρνητική επίδραση στην θερμική άνεση μέσα στο κτήριο. Συνεπώς, σε περιοχές με υψηλά επίπεδα υγρασίας κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, η χρήση συμβατικών συστημάτων κλιματισμού είναι απαραίτητη για την απόρριψη της υγρασίας από το εσωτερικό περιβάλλον του κτηρίου (αφύγρανση). Ως εκ τούτου, υπό αυτές τις συνθήκες καλό είναι να αποφεύγεται ο φυσικός αερισμός τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και της νύχτας.

Ο τεχνητός (ή μηχανικός ή εξαναγκασμένος) αερισμός είναι απαραίτητος στις περιπτώσεις κατά τις οποίες ο φυσικός αερισμός είναι είτε δυσχερής είτε ανεπαρκής. Επίσης, συνιστάται για χρήσεις χώρων που απαιτείται ακριβής έλεγχος των εναλλαγών αέρα είτε για λόγους θερμικούς, είτε για λόγους ποιότητα αέρα (υγιεινής), ιδιαίτερα στα κτίρια του τριτογενή τομέα.

Οι συνθήκες, επομένως, λόγω των οποίων απαιτείται ενδεχομένως σε ένα κτίριο σύστημα μηχανικού αερισμού, δηλαδή σύστημα κεντρικού κλιματισμού και όχι μεμονωμένα split-type κλιματιστικά, είναι οι ακόλουθες:

- I. Παροχή καθαρού αέρα σε εσωτερικά μπάνια, τουαλέτες, κουζίνες.
- II. Προστασία από δυσμενείς εξωτερικές συνθήκες, όπως ατμοσφαιρική και ηχητική ρύπανση.
- III. Χρήση του πιο οικονομικού σε κατανάλωση ενέργειας εξοπλισμού με ρύθμιση που να διαθέτει εναλλάκτη θερμότητας και χειριστήριο και να λειτουργεί με βάση τις μεταβολές της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας.

Ο τεχνητός αερισμός μειώνει σημαντικά τα ψυκτικά φορτία των κτιρίων, ιδιαίτερα όταν γίνεται κατά τις νυκτερινές ώρες και σε κτίρια με ικανή θερμική μάζα, καθώς τα αποφορτίζει από τη θερμότητα που συσσωρεύτηκε κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ «αποθηκεύει» δροσιά στα δομικά στοιχεία του κτιρίου, εμποδίζοντας την υπερθέρμανση την επόμενη μέρα. Επί πλέον, μπορεί να συμβάλει και στην εξοικονόμηση ενέργειας τη χειμερινή περίοδο, με τον έλεγχο των θερμικών απωλειών από αερισμό.

Εντούτοις, τα συστήματα μηχανικού αερισμού παρουσιάζουν ορισμένα σημαντικά μειονεκτήματα, τόσο οικονομικής φύσεως, όπως το αυξημένο κόστος εγκατάστασης και η ανάγκη συντήρησης, αλλά και υγιεινής όπως η δημιουργία μικροοργανισμών στα εξαρτήματά τους λόγω ελλιπούς συντήρησης, η δημιουργία ενοχλητικών μικρορευμάτων, αέρα, θορύβου κτλ. Συμπερασματικά, ο μηχανικός αερισμός στα κτίρια θα πρέπει να ελέγχεται, ώστε να εξασφαλίζεται ότι μόνο οι χώροι που έχουν πολλά άτομα, καθώς επίσης και οι χώροι με προβλήματα ποιότητας αέρα, αερίζονται το διάστημα που είναι αναγκαίο.

Και ας μην ξεχνάμε ότι η χρήση των κλιματιστικών αποτελεί αποφυγή του ατομικού προβλήματος με ταυτόχρονη επιδείνωση του συλλογικού προβλήματος της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και του πλανήτη, επειδή στην θερμότητα που αποβάλλεται έξω από τον κλιματιζόμενο χώρο προστίθεται και η ενέργεια που καταναλώνεται από τις συσκευές (πολύ περισσότερο αν συνυπολογίσουμε και το αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο της κατασκευής της τεχνολογίας). [40]

4.9 Αεριζόμενο κέλυφος

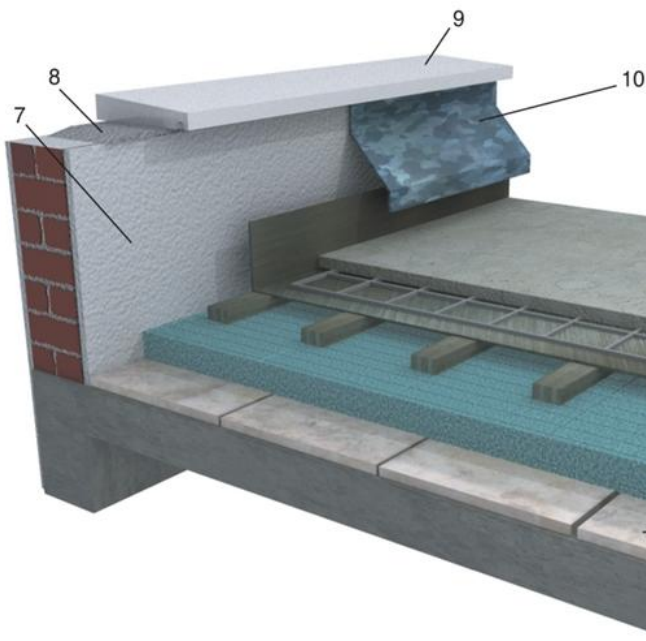
Το αεριζόμενο κέλυφος είναι μία πολύ σύγχρονης μορφής κατασκευή διπλού κελύφους είτε στο δώμα είτε στους εξωτερικούς τοίχους του κτηρίου που στο ενδιάμεσο κενό κυκλοφορεί εξωτερικός αέρας. Συγκεκριμένα πρόκειται για **συμβατική μονωμένη κατασκευή από σκυρόδεμα ή τούβλο, μόνωση, διάκενο και τελική επιφάνεια από πάνελ μαρμάρου, κεραμικά, αλουμινίου, ξύλινα, πλαστικά**. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το αεριζόμενο κέλυφος συμβάλλει στη μείωση της θερμικής επιβάρυνσης της πλάκας της οροφής ή του τοίχου από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία. Επιπλέον, εφόσον το εσωτερικό τμήμα του αεριζόμενου κελύφους είναι θερμομονωμένο, το αεριζόμενο κέλυφος μπορεί να συνεισφέρει και στην αυξημένη θερμική προστασία του κτηρίου κατά τους χειμερινούς μήνες. Διότι, καθώς ο αέρας που κυκλοφορεί στο κέλυφος είναι χαμηλότερης ταχύτητας του εξωτερικού αέρα, μέσω του διπλού κελύφους οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον περιορίζονται, δηλαδή αυξάνεται η θερμομονωτική ικανότητα του κελύφους. [21, 40]

Τα δώματα ως στοιχεία του εξωτερικού κελύφους δέχονται και αυτά έντονα τις επιδράσεις του περιβάλλοντος. Η προστασία τους παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του εσωκλίματος του κτιρίου, κυρίως στον υποκάτω από αυτά τελευταίο όροφο, τόσο κατά το χειμώνα για τον περιορισμό των απωλειών θερμότητας, όσο και κατά το καλοκαίρι για την αποφυγή υπερθέρμανσης λόγω κατακόρυφης πρόσπτωσης της ισχυρής ηλιακής ακτινοβολίας. Η σωστή σειρά τοποθέτησης των στρώσεων αποτελεί προϋπόθεση για τη σωστή λειτουργία του και την καλή προστασία του δώματος. Η λανθασμένη σειρά των στρώσεων και η κακή απόληξή τους στα άκρα ή σε προεξέχουσες στο δώμα κατασκευές μπορεί να προκαλέσει σειρά φθορών και να επιφέρει μόνιμες βλάβες στην κατασκευή. Επειδή κατά κανόνα η αποξήλωση και επανακατασκευή των επικαλύψεων ενός υφιστάμενου δώματος ανεβάζει κατά πολύ το κόστος, οι προσφορότερες λύσεις που μπορεί κανείς να προτείνει σε μια υφιστάμενη κατασκευή για τη θερμική και παράλληλα υγρασιακή της προστασία είναι συνήθως τρεις [68]:

- Κατασκευή συμπαγούς αντεστραμμένου δώματος
- Κατασκευή αεριζόμενου δώματος υπό μορφή δικέλυφης κατασκευής.
- Διαμόρφωση στέγης.

Το αεριζόμενο δώμα αποτελείται από δύο κελύφη, ανεξάρτητα μεταξύ τους, στο ενδιάμεσο διάστημα των οποίων κυκλοφορεί ελεύθερα ο ατμοσφαιρικός αέρας. Το άνω κέλυφος δημιουργείται σε σταθερή βάση μεταλλότυπου που πατά σε εφένδρανα επάνω στο κάτω υφιστάμενο κέλυφος. Το άνω κέλυφος αποσκοπεί στη στεγανοποιητική προστασία του κτιρίου, ενώ το κάτω στη θερμομονωτική του προστασία. Ο αέρας στο ενδιάμεσο διάκενο επικοινωνεί μέσω οπών ή σχισμών με το εξωτερικό περιβάλλον και βοηθά στην απομάκρυνση των διαχεόμενων υδρατμών από τους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου. Συνήθως δεν απαιτείται στεγανοποιητική στρώση.[35]

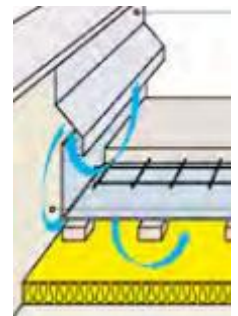
Σχετικά με την κατασκευή του αεριζόμενου δώματος απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην τοποθέτηση της θερμομόνωσης, η οποία πρέπει να βρίσκεται σε επαφή με την πλάκα του οπλισμένου σκυροδέματος. Το κενό, στο οποίο κυκλοφορεί ο αέρας, δημιουργείται επάνω από τη θερμομόνωση και ακολουθούν οι στρώσεις στεγάνωσης. Στο αεριζόμενο δώμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδόν όλα τα θερμομονωτικά υλικά, π.χ. πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστυρόλης και πολουρεθάνη υπό μορφή σκληρών πλακών ή εκτοξευόμενου αφρού, αρκεί να μη κινδυνεύουν να προσβληθούν από την υγρασία. [40]



Υπόμνημα:

1. Τσιμεντοκονίαμα ελαφρώς οπλισμένο επικαλυμμένο με πλακίδια.
2. Μεταλλότυπος.
3. Στήριγμα.
4. Θερμομόνωση.
5. Υφιστάμενο δάπεδο.
6. Φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος.
7. Επίχρισμα.
8. Τσιμεντοκονίαμα.
9. Μάρμαρο.
10. Γαλβανισμένο μεταλλικό έλασμα για διευκόλυνση εισαγωγής του αέρα.

Εικ. 4.13: Θερμική προστασία δώματος με διαμόρφωση αεριζόμενου δώματος. [68]



4.10 Δροσισμός μέσω εδάφους

4.10.1 Γενικά

Μετά από κάποιο βάθος, το έδαφος έχει σταθερή θερμοκρασία και ίση με τη μέση ετήσια, δηλαδή με τον μέσο όρο όλων των θερμοκρασιών του έτους, που είναι χαμηλότερη από τις θερμοκρασίες του περιβάλλοντος το καλοκαίρι και υψηλότερη το χειμώνα. Η χρήση του εδάφους για τον δροσισμό των εσωτερικών χώρων βασίζεται στην απαγωγή της θερμότητας από ένα κτήριο προς το έδαφος, το οποίο κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου έχει μικρότερη θερμοκρασία από εκείνη του ατμοσφαιρικού αέρα, και επομένως λειτουργεί ως φυσική δεξαμενή θερμότητας. Αντίστοιχα, το χειμώνα η θερμοκρασία του εδάφους είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και έτσι το ίδιο σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για να συνεισφέρει στη θέρμανση των εσωτερικών χώρων του κτιρίου. Η απαγωγή της θερμότητας μπορεί να γίνει με δύο τρόπους, είτε με άμεση επαφή ενός σημαντικού μέρους του κτηριακού κελύφους με το έδαφος (υπόσκαφα και ημιυπόσκαφα κτήρια), είτε με την χρήση υπεδάφιων αγωγών, εναλλακτών θερμότητας εδάφους-αέρα.

4.10.2- Υπόσκαφα και Ημιυπόσκαφα κτίρια

Η χρήση του χώματος-εδάφους σε ξηρές-ζεστές περιοχές προσφέρει πολύ καλύτερα θερμικά αποτελέσματα από το οπλισμένο σκυρόδεμα, λόγω της μεγάλης θερμικής του αδράνειας και της δυνατότητας να χρησιμοποιηθεί σε επιλεγμένο βάθος, δημιουργώντας υπόσκαφες ή ημιυπόσκαφες κατασκευές. Κατά τους θερμούς μήνες, το έδαφος βρίσκεται σε αρκετά χαμηλότερη θερμοκρασία από το εξωτερικό περιβάλλον και, ερχόμενο σε επαφή με το κτιριακό κέλυφος, βοηθά στην απομάκρυνση της θερμότητας από το κτίριο. Επίσης, το χειμώνα, αντίστοιχα, η επαφή του κτιρίου με το έδαφος μειώνει τις θερμικές απώλειες προς το ψυχρό περιβάλλον. Προϋπόθεση για την επιλογή ημιυπόσκαφου κτίσματος αποτελεί το ανάγλυφο του εδάφους –με μεγάλη κλίση, η σύσταση του εδάφους, καθώς και η χρήση του κτιρίου.

Για παράδειγμα, τα ημιυπόσκαφα κτίσματα στη Σαντορίνη δεν ανταποκρίνονται στις ημερήσιες μεταβολές της θερμοκρασίας, παρά μόνον σε εποχιακή βάση. Δηλαδή, η αύξηση της εξωτερικής θερμοκρασίας το καλοκαίρι επηρεάζει ελάχιστα τον εσωτερικό χώρο κατά τον Αύγουστο περίπου. Γενικώς, θερμοκρασίες πάνω από 26°C στο εσωτερικό αυτών των κτισμάτων δεν παρατηρούνται συνήθως. Βέβαια, στα σημεία κοντά στην επιφάνεια του εδάφους που βρίσκονται σε θερμοκρασία κοντά σε αυτήν του εξωτερικού αέρα, συνιστάται περιμετρική θερμομόνωση για παρεμπόδιση της μετάδοσης της θερμότητας στο κτίριο. [21, 40, 67]

Πιν. 4.4: Μέση Θερμοκρασία στη Σαντορίνη ανά Μήνα (°C) [94]

Ιαν.	Φεβρ.	Μαρ.	Απρ.	Μάιος	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.
12	12	13	15	19	22	28	28	22	19	16	10



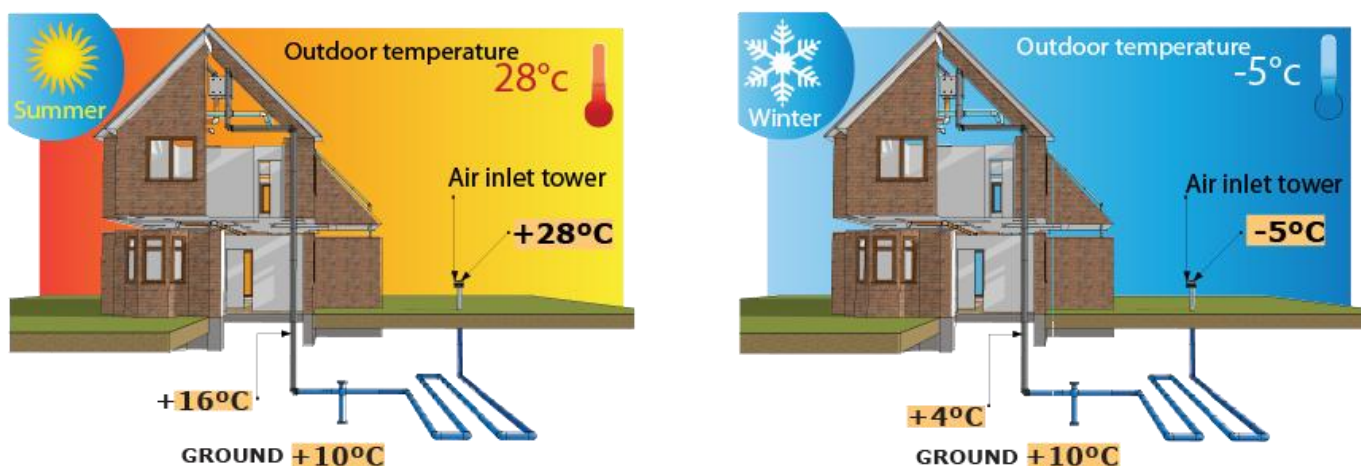
Εικ. 4.14: Εξωτερική όψη υπόσκαφης κατοικίας- Σαντορίνη [46]

4.10.3. Υπεδάφιο Σύστημα Αγωγών

Το υπεδάφιο σύστημα αγωγών, εναλλάκτες εδάφους-αέρα (Ground-Air Heat Exchangers -GAHE), είναι σύστημα μεταλλικών ή πλαστικών (PVC) αγωγών που τοποθετούνται σε βάθος 1-3μ. Το σύστημα χρησιμοποιείται για την ψύξη των κτιρίων το καλοκαίρι, οπότε και αξιοποιεί το έδαφος - του οποίου η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη κάτω από την επιφάνεια - ως απαγωγέα της θερμότητας. Αποτελούν ένα σύστημα παθητικό, το οποίο μπορεί να τροφοδοτεί το κτήριο με δροσερό αέρα το καλοκαίρι, είτε με φυσικό τρόπο –σε συνδυασμό με καμινάδα αερισμού, είτε και με μηχανικό – εξαναγκασμένη κίνηση του αέρα μέσα στους αγωγούς με τη λειτουργία ανεμιστήρων.

Η λειτουργία του υπεδάφιου αυτού συστήματος βασίζεται στην ψύξη του εισαγόμενου στους αγωγούς ζεστού αέρα, λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας του εδάφους σε σχέση με εκείνη του εξωτερικού περιβάλλοντος. Ο αέρας εισάγεται είτε από το εξωτερικό περιβάλλον είτε από το εσωτερικό του κτιρίου, κυκλοφορεί στο δίκτυο αγωγών με τη βοήθεια φυσητήρων και εισέρχεται στο κτήριο ψυχρότερος. Παράλληλα, το σύστημα λειτουργεί και το χειμώνα, συμβάλλοντας στην προθέρμανση του ψυχρού εξωτερικού αέρα, καθώς το έδαφος είναι το χειμώνα θερμότερο από τον εξωτερικό αέρα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα παρατηρούνται στα κτήρια της Μέσης Ανατολής, ενώ εξέλιξη του παθητικού αυτού συστήματος αποτελούν οι εφαρμογές της αβαθούς γεωθεμίας.

Το σύστημα αυτό μπορεί να συνδυαστεί με σύστημα κλιματισμού, συντελώντας στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση του κτιρίου, καθώς μειώνει την θερμοκρασιακή διαφορά εισερχόμενου-εξερχόμενου αέρα από το σύστημα, και συνεπώς μειώνει την εγκατεστημένη ισχύ του συστήματος και την ενέργεια που αυτό καταναλώνει .[21, 40]



Εικ. 4.15: Φυσική ψύξη και θέρμανση κελύφους κατοικίας αντίστοιχα με υπεδάφιο σύστημα αγωγών [45]

4.10.4- Σωληνώσεις ενδοδαπέδιας θέρμανσης

Μια εναλλακτική και πολύ αποδοτική δυνατότητα δροσισμού μπορεί να υπάρξει με τη χρήση των σωληνώσεων της ενδοδαπέδιας θέρμανσης αν αυτή υπάρχει. Σε αυτή την περίπτωση, διοχετεύεται κρύο νερό στο ενδοδαπέδιο σύστημα προκαλώντας με τον τρόπο αυτό δαπεδοψύξη. Απαιτείται βέβαια ψύκτης αέρα νερού και αυτοματισμός για την αποφυγή υγραποιήσεων. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούμε γεωθερμική αντλία θερμότητας, το κόστος μειώνεται δραστικά. Το νερό εισέρχεται στο σύστημα σε θερμοκρασία 14-18 °C και επιστρέφει έχοντας απορροφήσει θερμότητα τέτοια αυξάνοντάς του τη θερμοκρασία περίπου 5°C. Η θερμοκρασία του δαπέδου πρέπει, επίσης, να προσαρμόζεται με τη βοήθεια αισθητηρίων και λοιπών αυτοματισμών, ούτως ώστε να αποφεύγεται το φαινόμενο των υγραποιήσεων στο δάπεδο. Δροσισμός τέτοιου τύπου χρησιμοποιείται στους τοίχους, αλλά και στις οροφές. [65]



Εικ. 4.16: Ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης και ψύξης [66]

4. 11 -Δροσισμός μέσω νυχτερινής ακτινοβολίας

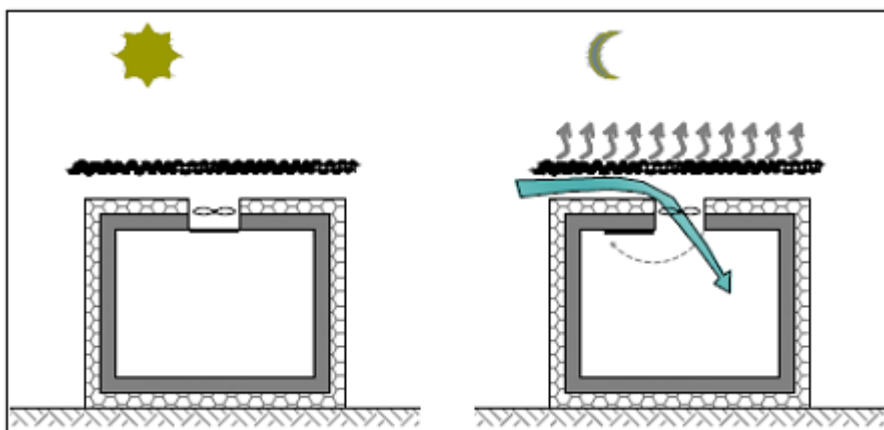
Όλες οι εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων ακτινοβολούν θερμότητα προς τον ουρανό, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της νύχτας το καλοκαίρι. Όσο πιο καθαρός (ανέφελος) είναι ο ουρανός και όσο μικρότερη η σχετική υγρασία, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα της εκπεμπόμενης θερμικής ακτινοβολίας. Συγχρόνως, η ποσότητα της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας σχετίζεται με τη γωνία θέασης (view factor) του ουράνιου θόλου: όσο καλύτερα «βλέπει» μια επιφάνεια τον ουράνιο θόλο, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα της εκπεμπόμενης θερμικής ακτινοβολίας. Για το λόγο αυτό, οι επιφάνειες των κτιρίων

που ακτινοβολούν το μεγαλύτερο ποσό θερμότητας είναι τα δώματα των κτιρίων. Όμως, πρέπει να επισημανθεί ότι η εξωτερική θερμομόνωση επιβραδύνει κατά πολύ την εκτόνωση της θερμότητας από τα δώματα των κτιρίων, ενώ είναι απαραίτητη για την προστασία τους από τις θερμικές απώλειες τον χειμώνα. Για τους λόγους αυτούς μπορεί να εφαρμοστούν ειδικά συστήματα - κατασκευές επάνω στα δώματα των κτιρίων. Τα συνηθέστερα είναι οι μεταλλικοί ακτινοβολητές και οι δεξαμενές οροφής (roof ponds). [21]

4.11.1 Μεταλλικός ακτινοβολητής

Ο μεταλλικός ακτινοβολητής πρόκειται για ένα σύστημα που μοιάζει με αυτό του επίπεδου ηλιακού συλλέκτη χωρίς γυαλί. Βασικά αποτελείται από μία διπλή μεταλλική, αυλακωτή πλάκα τοποθετημένη από την έξω μεριά της οροφής του κτηρίου που λειτουργεί ως ψύκτης. Έχει εξωτερική ανακλαστική επιφάνεια, ενώ στην εσωτερική πλευρά είναι τοποθετημένο το θερμομονωτικό υλικό. Η λειτουργία του συστήματος είναι η ακόλουθη: η πλάκα ψύχεται κατά την διάρκεια της νύχτας, καθώς εκπέμπει ακτινοβολία προς τον ουράνιο θόλο· ο ζεστός αέρας, που προέρχεται από το εσωτερικό του κτηρίου, κυκλοφορεί κάτω από την πλάκα, ψύχεται και την συνέχεια διοχετεύεται στο εσωτερικό του κτηρίου. Ο μεταλλικός ακτινοβολητής μπορεί να συνδεθεί και με το συμβατικό κλιματιστικό σύστημα του κτηρίου.

Εν γένει, το σύστημα αυτό προτείνεται για περιοχές με θερμά και ξηρά καλοκαίρια και χαμηλή σχετική υγρασία. Εάν υπάρχουν ισχυρά ρεύματα αέρα, η πλάκα προκειμένου να προστατευτεί καλύπτεται με φύλλο πολυαιθυλενίου (οικονομικό υλικό, που συναντάται σε αφθονία), πάχους 60 - 100μm, σε απόσταση περίπου 5cm, που είναι διαπερατό κατά 70% από την μεγάλη κύματος υπέρυθρη ακτινοβολία και επιτρέπει την εκπομπή της θερμικής ακτινοβολίας, ενώ παράλληλα περιορίζει την επαφή της ψυχρής επιφάνειας του ακτινοβολητή με τον θερμότερο αέρα του περιβάλλοντος και έτσι περιορίζει την αύξηση της θερμοκρασίας στην μεταλλική πλάκα. Με τον τρόπο αυτό όχι μόνον ελαχιστοποιούνται τα θερμικά κέρδη λόγω μεταφοράς, αλλά βελτιώνεται και η αποτελεσματικότητα του συστήματος.



Εικ. 4.17: Σύστημα δροσίσιμου με χρήση ακτινοβολητή [21]

4.12 Εξατμιστικός δροσισμός

4.12.1 Γενικά

Ο εξατμιστικός δροσισμός μπορεί να βελτιώσει τις θερμικές συνθήκες του κτιρίου είτε επιδρώντας άμεσα είτε έμμεσα ψύχοντας το κέλυφός του. Όταν ο αέρας αυτός εισέρχεται απ' ευθείας στο κτίριο (δηλαδή η πτώση της θερμοκρασίας ξηρού βολβού² συνοδεύεται από αύξηση της περιεχόμενης υγρασίας του αέρα), έχουμε «άμεσο» εξατμιστικό δροσισμό, ενώ όταν ψύχει το κέλυφος του κτιρίου ή εναλλάκτη (δηλαδή επέρχεται μείωση επιφανειακών θερμοκρασιών), τότε έχουμε «έμμεσο» εξατμιστικό δροσισμό.

Τεχνικές άμεσου ψυκτικού δροσισμού είναι η χρήση σωμάτων νερού, όπως σιντριβάνια ή μικρές λίμνες σε εσωτερικές αυλές, αίθρια ή μέσω πύργων δροσισμού, ακόμη και η χρήση βλάστησης για εξατμισοδιαπνοή. Έμμεσος φυσικός δροσισμός επιτυγχάνεται με ανοιχτές λίμνες οροφής και ψεκάσμο δωματίων με νερό. Οι άμεσες και έμμεσες τεχνικές εξατμιστικού δροσισμού είναι παθητικές τεχνικές, ενώ υπάρχουν και υβριδικές ψυκτικές μονάδες εξάτμισης (άμεσης, έμμεσης ή συνδυασμένης εξάτμισης), που βασίζονται σε μηχανικό εξοπλισμό προκειμένου να παράσχουν δροσισμό.

4.12.2 Υδάτινες επιφάνειες

Εξατμιστικός δροσισμός μπορεί να αναπτυχθεί σε περιοχές με σχετική χαμηλή υγρασία. Ο αέρας διέρχεται από σώμα νερού προκαλώντας έτσι την εξάτμισή του, ενώ παράλληλα ψύχεται και εμπλουτίζεται με υγρασία. Συγκεκριμένα, υφίσταται εξάτμιση, όταν η πίεση ατμών του νερού υπό μορφή σταγονιδίων ή βρεγμένης επιφάνειας, είναι υψηλότερη από την μερική πίεση των υδρατμών στην παρακείμενη ατμόσφαιρα. Η φάση αλλαγής του νερού από υγρό σε ατμό συνοδεύεται από την απορρόφηση μεγάλης ποσότητας αισθητής θερμότητας από τον αέρα, και είναι αυτή που κατεβάζει την θερμοκρασία ξηρού βολβού αέρα, ενώ παράλληλα αυξάνεται η περιεχόμενη υγρασία του αέρα. Η πρόβλεψη σκίασης και η παροχή δροσερού και ξηρού αέρα βελτιώνουν την εξατμιστική διαδικασία. Ακόμη, αξίζει να σημειωθεί ότι καθώς οι υδάτινες επιφάνειες αυξάνουν την υγρασία του αέρα, είναι πολύ ευεργετικές σε ξηρά κλίματα, ενώ μπορεί να δημιουργήσουν πρόβλημα σε υγρές περιοχές. [16, 40]

4.13 Βλάστηση

Η σωστή φύτευση δέντρων, θάμνων, αμπελιού, χλόης και φρακτών είναι αναμφισβήτητα ένας τρόπος εξοικονόμησης ενέργειας σε μια κατοικία. Η αρχιτεκτονική τοπίου μπορεί να είναι η καλύτερη μακροπρόθεσμη επένδυση για τη μείωση του κόστους θέρμανσης και ψύξης, ενώ συγχρόνως φέρνει

² Θερμοκρασία ξηρού βολβού ή ξηρού θερμομέτρου (TDB) είναι η θερμοκρασία που μετράται με ένα κοινό θερμομέτρο τοποθετημένο σε αντιπροσωπευτικό σημείο του κλιματιζόμενου χώρου [77]

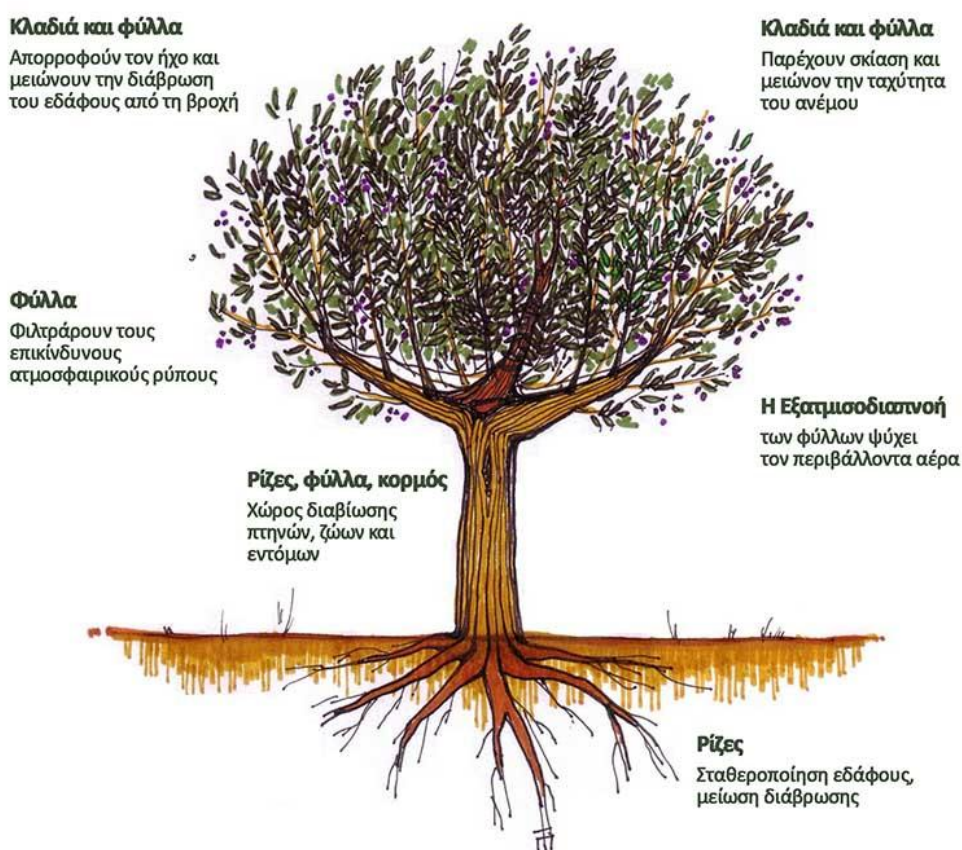
και βελτιώσεις σε όλη την γειτονιά. Ένα σχεδιασμένο τοπίο μειώνει δραστικά το κόστος ενέργειας για το καλοκαίρι και τον χειμώνα, προστατεύει το σπίτι από τον χειμερινό άνεμο και τον ήλιο του καλοκαιριού, μειώνει την κατανάλωση του νερού, των καυσίμων, ενώ περιορίζει την θόρυβο και την αέρια ρύπανση.

Συγκεκριμένα, η βλάστηση τροποποιεί το μικροκλίμα και την ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων συμβάλλοντας στην μείωση των θερμοκρασιών του αέρα και των επιφανειών με δύο τρόπους:

- * Η εξατμισοδιαπνοή (η διαδικασία με την οποία ένα φυτό δίνει υγρασία) απορροφά θερμότητα από τον αέρα
- * Τα φύλλα απορροφούν μεγαλύτερα ποσά θερμότητας από αυτά που εκπέμπουν.

Κατά την διάρκεια της νύχτας, τα δέντρα εμποδίζουν την μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία που εκπέμπεται από το έδαφος να διαφύγει. Συνεπώς, η θερμοκρασία του αέρα την διάρκεια της νύχτας στους χώρους με πυκνή βλάστηση είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με εκείνη του ανοιχτού χώρου.

Αντιθέτως, η ημερήσια θερμοκρασία είναι μικρότερη λόγω του ότι εμποδίζεται ένα μέρος της άμεσης ακτινοβολίας απ' το να φτάσει στο έδαφος.



Εικ. 4.18: Οι βασικές λειτουργίες του δένδρου που επιδρούν στο αστικό περιβάλλον [29]

Η προσεκτική χωροθέτηση δέντρων μπορεί να σημαίνει 25% μείωση της οικιακής ενέργειας για θέρμανση και ψύξη. Λογισμικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν από την USDE πρόβλεψαν ότι **η σωστή τοποθέτηση τριών μόνο δέντρων δίνει μια μέση μείωση κόστους ενέργειας ενός νοικοκυριού 100-250 δολαρίων το χρόνο**. Κατά μέσο όρο, ένα καλά σχεδιασμένο οικιακό τοπίο παρέχει μια εξοικονόμηση ενέργειας που προσφέρει απόσβεση της αρχικής επένδυσης σε λιγότερο από 8 χρόνια. Π.χ. ένα φυλλοβόλο δέντρο 2,4 μέτρων ύψους (αν αγοραστεί έτοιμο) κοστίζει όσο ένα παραπέτο για ένα μεγάλο παράθυρο και γλιτώνει οκ λίγα χρήματα για ψύξη, ενώ δίνει και ήλιο το χειμώνα για θέρμανση και φως. Ακόμη, αποτελέσματα σύγχρονων μελετών που πραγματοποιήθηκαν στο Lawrence Berkeley Laboratory των ΗΠΑ, έδειξαν ότι η ύπαρξη ενός πλήρους ανεπτυγμένου δέντρου σε μία μονοκατοικία των ΗΠΑ, συμβάλλει χάρη στην σκίαση και εξατμισοδιαπνοή, στην μείωση του ψυκτικού φορτίου της κατοικίας κατά 12- 24%, ενώ η ύπαρξη τριών ομοίων δέντρων μπορεί να μειώσει τις ανάγκες κλιματισμού από 17- 57%. Σύμφωνα με την μελέτη, ο σκιασμός που προκαλείται από τα δέντρα συνεισφέρει κατά 10-35% στην μείωση που αναφέρθηκε, ενώ το υπόλοιπο οφείλεται στην εξατμισοδιαπνοή.

Το καλοκαίρι: Η σκίαση και η μειώνει τη θερμοκρασία μέχρι και 5 βαθ. Κελσίου. Ένας μεγάλος πλάτανος μπορεί να δώσει στην ατμόσφαιρα μια ζεστή καλοκαιρινή μέρα μέχρι 15 τόνους νερού! Επειδή ο κρύος αέρας είναι βαρύτερος και μένει στο έδαφος, η θερμοκρασία του αέρα κάτω από τα δέντρα είναι μέχρι 14 βαθμούς χαμηλότερη από ότι πάνω από την κόμη τους. Μελέτες του Lawrence Berkeley Laboratory έδειξαν ημερήσιες μέσες θερμοκρασίες αέρα 2-3 βαθ. Κελσίου χαμηλότερες σε γειτονίες με δέντρα από ότι σε γειτονίες χωρίς δέντρα. Ένα καλά σχεδιασμένο τοπίο μπορεί να σημαίνει μείωση ενέργειας για ένα απροστάτευτο σπίτι κατά 15-50%. Μια μελέτη στην Pennsylvania ανέφερε μείωση κόστους κλιματισμού της τάξης του 75% για μικρά λυόμενα σπίτια.

Το χειμώνα: Εάν η θερμοκρασία του αέρα είναι -12 βαθ. Κελσίου και η ταχύτητα του ανέμου 32 χιλ:ώρα, το «ενεργό κρύο» είναι -31 βαθ. Κελσίου. Τα δέντρα, οι φράχτες και τα άλλα γεωγραφικά στοιχεία του χώρου μπορούν να χρησιμεύσουν ως ανεμοφράχτες. Μια μελέτη στην South Dakota έδειξε ότι οι ανεμοφράχτες στα βόρεια, δυτικά και ανατολικά του σπιτιού μειώνουν την κατανάλωση καυσίμων κατά 40%. Τα σπίτια με ανεμοφράχτες που βρίσκονταν μόνο στην κατεύθυνση από όπου έρχεται ο άνεμος, είχαν μείωση 25% σε σχέση με παρόμοια αλλά απροστάτευτα. Έτσι, σε τόπο με ισχυρούς χειμερινούς ανέμους, ένα σχεδιασμένο οικιακό τοπίο μπορεί να μειώσει τους χειμωνιάτικους λογαριασμούς περίπου κατά το ένα τρίτο. [12, 100]



Εικ. 4.19: Βλάστηση σε παραδοσιακή κυκλαδίτικη κατοικία [26]

4.13.1 –Φυτεμένο δώμα

Η πυκνή και ανεξέλεγκτη δόμηση στα αστικά κέντρα και η απουσία υπαίθριων χώρων πρασίνου εντείνουν το φαινόμενο των αστικών θερμικών νησίδων, όπως επίσης και τα προβλήματα μειωμένης ατμοσφαιρικής υγρασίας και μόλυνσης της ατμόσφαιρας. Παράλληλα, οι στέγες, οι οποίες μπορούν να αποτελούν ως και το 32% της οριζόντιας επιφάνειας των δομημένων περιοχών, είναι σημαντικοί παράγοντες της κατανάλωσης ενέργειας και της ανθεκτικότητας των κτιρίων στο νερό της βροχής.

Ως πράσινες στέγες είναι γνωστές οι στέγες που καλύπτονται από βλάστηση, η οποία αναπτύσσεται υπό ελεγχόμενες συνθήκες και παρουσιάζει ποικίλα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, ενώ συμπεριφέρεται σαν οποιαδήποτε άλλη βλάστηση στο έδαφος. Έτσι, οι πράσινες στέγες, γνωστές και ως ταρατσόκηποι, οροφόμενοι, οικοστέγες, πράσινες οροφές, πράσινες ταράτσες, οικολογικές στέγες, φυτοδώματα, roof gardens κλπ, που λειτουργούν ως φυσικά φίλτρα και ως πνεύμονες πρασίνου μέσα στον αστικό ιστό, κερδίζουν συνεχώς έδαφος.

Η εφαρμογή των πράσινων στεγών ξεκινά, ουσιαστικά, με τις πρώτες ανθρώπινες δραστηριότητες που σχετίζονται με το χτίσιμο κατοικιών, ενώ χαρακτηριστικά παραδείγματα της ιστορίας, αποτελούν οι **κρεμαστοί Κήποι της Βαβυλώνας** στη Μεσοποταμία που χρονολογούνται από το 600 π.Χ.. Επίσης, παρόμοιες τεχνικές εφάρμοζαν οι Βίκινγκς και οι Ινδιάνοι στα καταλύματά τους, κ.ά., ενώ στη Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία οι πράσινες οροφές αποτελούσαν στοιχείο πλούτου και καλαισθησίας.

Το συνολικό κόστος δεν είναι απαγορευτικό, ενώ αναμφισβήτητα, οι πράσινες στέγες προσφέρουν αισθητικά, οικολογικά και λειτουργικά πλεονεκτήματα αποτελώντας μια σύγχρονη εφαρμογή αρχιτεκτονικού και περιβαλλοντικού σχεδιασμού με σημαντικά τεχνοοικονομικά οφέλη. [45, 105]

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα που προσφέρουν οι πράσινες στέγες συνοψίζονται στα εξής [45]:

- ✚ Βελτιώνουν την ποιότητα του εισπνεόμενου αέρα (παράγουν οξυγόνο, φιλτράρουν τη σκόνη και το νέφος)
- ✚ Προσφέρουν εξαιρετική θερμομόνωση, υγραμόνωση και ηχομόνωση (σε ένα καλά μονωμένο κτίριο η χρήση του κλιματιστικού και του καλοριφέρ μειώνεται)
- ✚ Ομορφαίνουν κτίρια και γειτονιές
- ✚ Έχουν μειωμένα έξοδα συντήρησης
- ✚ Βελτιώνουν το μικροκλίμα των αστικών περιοχών
- ✚ Δημιουργούν φυσικό περιβάλλον για την αστική χλωρίδα και πανίδα, αλλά και επιπλέον εκμεταλλεύσιμο χώρο για τους χρήστες



Εικ. 4.20: Φυτεμένο δώμα, Υπουργείο Οικονομικών Αθήνα [38]

Ορισμένα παραδείγματα πόλεων και χωρών, όπου προωθείται από την Πολιτεία το συγκεκριμένο μέτρο, είναι τα εξής:

- Πόρτλαντ, ΗΠΑ: Ο δήμος προωθεί την επέκταση των πράσινων ταρατσών, προκειμένου να αντιμετωπίσει τις πλημμύρες στις περιπτώσεις έντονων βροχοπτώσεων. Σε εφαρμογή είναι δύο διαφορετικά προγράμματα επιδότησης των ιδιοκτητών.
- Γερμανία: Μία στις δέκα οροφές κτιρίων είναι πράσινη, ενώ περισσότερες από 80 δημοτικές αρχές παρέχουν κίνητρα για την υιοθέτηση του μέτρου από τους δημότες. Στην πόλη Σιντελφίνγκεν, τα υπό ανακαίνιση κρατικά κτίρια υποχρεούνται να μετατρέψουν τις οροφές τους σε πράσινες, ενώ στο

Βερολίνο παρέχεται οικονομική βοήθεια ίση με 3,5 ευρώ ανά τετραγωνικό για τις πράσινες στέγες. Στην περιοχή της Βεστφαλίας, όπου και τίθενται συγκεκριμένες προδιαγραφές για τη δημιουργία πράσινης οροφής, με στόχο τον περιορισμό του όγκου των ομβρίων υδάτων που καταλήγουν στο αποχετευτικό σύστημα, η επιδότηση φθάνει τα 7,5 ευρώ ανά τετραγωνικό.

- Βανκούβερ, Καναδάς: Η δημοτική αρχή της πόλης, επιτρέπει την υπέρβαση του ανώτατου ορίου ύψους των κτιρίων, στην περίπτωση κατασκευής πράσινης στέγης.
- Τόκιο, Ιαπωνία: Σε κτίρια με οροφή μεγαλύτερη των 1.000 τετραγωνικών μέτρων οι ιδιοκτήτες τους υποχρεούνται να φυτεύουν τουλάχιστον το 20% αυτής.
- Κύπρος: Προβλέπεται επιδότηση της τάξης του 30% για κάθε κατοικία που θα εφαρμόσει οποιοδήποτε μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας, όπως βελτίωση των εγκαταστάσεων και του κελύφους του κτιρίου και φύτευση οροφών.

4.13.1.1- Κόστος κατασκευής στην Ελλάδα

Το κόστος κατασκευής μίας πράσινης στέγης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η υγραμόνωση της στέγης, το είδος της εγκατάστασης και των φυτών, τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν, κλπ., με σημαντικές διαφορές ανάμεσα σε εντατικές και εκτατικές εφαρμογές. Τα είδη φυτεμένου δώματος είναι ο εντατικός τύπος φύτευσης, όπου ανήκουν όσα φυτεμένα δώματα έχουν μεγάλο βάθος χώματος, φυτά μεγάλου μεγέθους με σημαντικές απαιτήσεις σε νερό, λίπανση και ζιζανιοκτόνα, ενώ το βάρος τους ανά τετραγωνικό μέτρο είναι ιδιαίτερα αυξημένο γι' αυτό και απαιτούν εξειδικευμένη στατική μελέτη για την εφαρμογή τους σε κάθε κτήριο. Επίσης, ο εντατικός τύπος, που συνήθως έχει τη μορφή του ταρατσόκηπου (roof garden) που βλέπουμε στα μεγάλα ξενοδοχεία, παρά τα αισθητικά οφέλη του θεωρείται κοστοβόρος και ασύμφορος τόσο από οικονομική όσο και από οικολογική άποψη.

Πέραν αυτού υπάρχει ο εκτατικός τύπος, όπου ανήκουν οι πράσινες στέγες με χαμηλό βάρος ανά τετραγωνικό μέτρο, σχετικά ρηχό βάθος χώματος, φυτά χαμηλά σε ύψος με μικρές απαιτήσεις σε νερό και χημικά πρόσθετα, ενώ δεν απαιτούν εξειδικευμένη στατική μελέτη, γιατί δεν επιβαρύνουν τον σκελετό του κτηρίου. Ο εκτατικός τύπος θεωρείται ο πλέον προσοδοφόρος τόσο από οικονομική, όσο και από περιβαλλοντολογική άποψη. Τέλος είναι και ο ημιεντατικός τύπος φυτεμένου δώματος που συνδυάζει επιμέρους χαρακτηριστικά των δύο βασικών τύπων και μπορεί να είναι ωφέλιμος ή όχι αναλόγως προς τα που κλίνει περισσότερο. [90]

Το κόστος για την κάλυψη της ταρατσας με πράσινο στην Ελλάδα, κυμαίνεται (μέσες τιμές) περί των 80€ : τ.μ. (εκτατικός τύπος), 95€ : τ.μ. (ημιεντατικός τύπος) και 120€ : τ.μ. (εντατικός τύπος). Σε εξαιρετικά εντατικές επεμβάσεις, μπορεί να υπερβεί κατά πολύ τις τιμές αυτές. Ένας ενδεικτικός υπολογισμός εκτατικής κατασκευής είναι ο παρακάτω [60]:

1. Καθαρισμός της επιφάνειας του χώρου και κάλυψη με αδιάβροχη μεμβράνη- περίπου 45€ : τ.μ.
 2. Τοποθέτηση μονωτικού υποστρώματος- περίπου 25€ : τ.μ.
 3. Πρόσθεση μίγματος φυλλοχώματος, το οποίο απλώνεται σε όλη την επιφάνεια- περίπου 3-5€ : τ.μ.
 4. Σπορά του μίγματος- περίπου 5€ : τ.μ.
- Συνολικό κόστος κατασκευής: περίπου 80€ : τ.μ.

Η απόσβεση της επένδυσης μιας πράσινης στέγης, μέσω της οικονομίας σε κόστος θέρμανσης και κλιματιστικών, υπολογίζεται σε 2-3 χρόνια.

Πιν. 4.5: Μέση μηνιαία επιβάρυνση πελάτη(€), ανάλογα με την κατανάλωση kWh, με τα τρέχοντα τιμολόγια της Δ.Ε.Η. πριν και μετά τη χρήση πράσινης στέγης [60]:

(ΠΕΛΑΤΕΣ ΣΤΗ ΧΑΜΗΛΗ ΤΑΣΗ) ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ (Τετραμηνιαία κατανάλωση)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΠΕΛΑΤΗ (€)*	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΠΕΛΑΤΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΣΤΕΓΩΝ (€)	ΜΕΣΟ ΜΗΝΙΑΙΟ ΚΕΡΔΟΣ ΠΕΛΑΤΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΣΤΕΓΩΝ (€)
ΑΠΟ 0 kWh - 800 kWh ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΙ	7,1	2,13	4,97
ΑΠΟ 801 kWh - 2000 kWh ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΙ	31,59	9,47	22,12
ΑΝΩ ΤΩΝ 2001 kWh ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΙ	90,9	27,27	63,63
ΑΠΟ 0 kWh - 2000 kWh ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΙ	25,88	7,76	18,12
ΑΝΩ ΤΩΝ 2001 kWh ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΙ	118,1	35,43	82,67
ΝΥΧΤΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (ΜΟΝΟ)	8,16	2,44	5,72
ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ ΠΟΛΥΤΕΚΝΩΝ	27,47	8,24	19,23

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Η ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΑΠΕΝΑΝΤΙ ΣΤΙΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

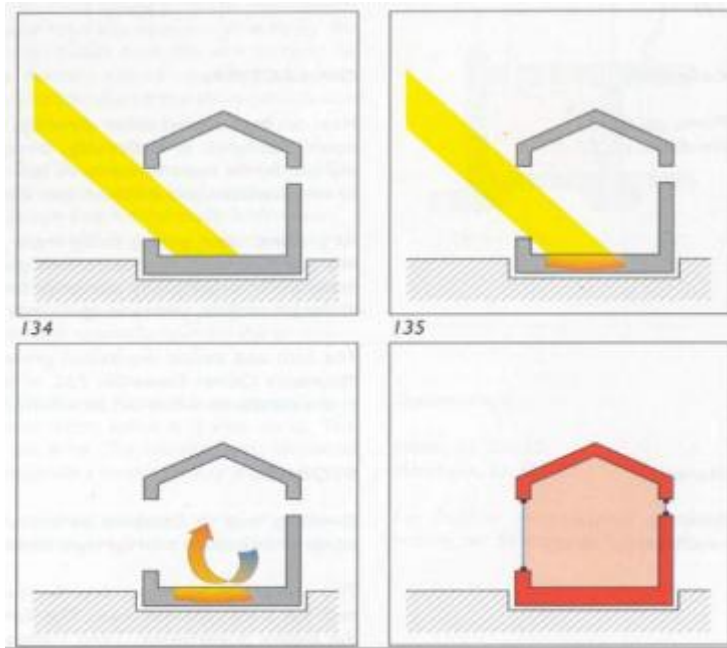
Το κέλυφος του κτιρίου είναι αυτό που προστατεύει το κτίριο, είναι αυτό που δέχεται την επίδραση ενός πλήθους εξωγενών παραγόντων (θερμοκρασίας, υγρασίας, θορύβων, ηλιακής ακτινοβολίας, ανέμων κ.τ.λ.) και παίζει ένα ρυθμιστικό ρόλο στη διαμόρφωση του εσωκλίματος του. Προκειμένου να ανταποκρίνεται ικανοποιητικά σ' αυτό το ρόλο του, οφείλει να διασφαλίζει επαρκή προστασία έναντι όλων αυτών των παραγόντων. [33]

5.1 Επάρκεια Θερμικής μάζας

5.1.1 Γενικά

Η θερμική μάζα του κτιρίου έρχεται να απορροφήσει την περίσσεια θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας και να την αποδώσει σταδιακά στο χώρο αργότερα, έτσι ώστε να μην υπάρχουν σημαντικές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου. **Τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι, η θερμική μάζα παίζει το ρόλο του «ρυθμιστή» της εσωτερικής θερμοκρασίας.** Η διαθέσιμη θερμική μάζα εξαρτάται από την πυκνότητα (βάρος) των δομικών υλικών που βρίσκονται εσωτερικά του κτιρίου- γι' αυτό και η εσωτερική μόνωση δεν ενδείκνυται γενικά διότι εξουδετερώνει τη θερμική μάζα.

Το καλοκαίρι η θερμική μάζα του κτιρίου, απορροφώντας μέρος της θερμότητας που συσσωρεύεται στο κτίριο, συντελεί στη μείωση των εσωτερικών θερμοκρασιών των χώρων. Εκτός αυτού, εάν το κτίριο αερίζεται κατά τη διάρκεια της νύχτας (νυχτερινός δροσισμός), αποθηκεύεται «δροσιά» (καθώς η αποθηκευμένη θερμότητα μεταφέρεται προς το εξωτερικό περιβάλλον), με αποτέλεσμα τη διατήρηση της θερμοκρασίας των χώρων την επόμενη ημέρα σε σχετικά χαμηλά επίπεδα. [40]



Εικ. 5.1: Εκμετάλλευση της θερμικής μάζας του κτιρίου για την παθητική θέρμανση κατά τη ψυχρή περίοδο [29]

5. 1. 2 Θερμοφυσικές ιδιότητες των υλικών που καθορίζουν την αποθήκευση

α. Η **πυκνότητα (d)** ορίζεται από το πηλίκο της μάζας προς τον όγκο [$\rho = m / V$] και μετριέται σε kg/m^3 . Η πυκνότητα διαφοροποιείται πολύ από υλικό σε υλικό.

β. Η **ειδική θερμότητα (c)** (μονάδα μέτρησης: $J/(kg \cdot ^\circ C)$) είναι η ενέργεια που απαιτείται για να ανέβει η θερμοκρασία μιας μονάδας μάζας ενός υλικού κατά ένα βαθμό Κελσίου. Η ειδική θερμότητα από μόνη της, μας δείχνει κάτι, αλλά δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφορές για τα περισσότερα συμβατικά υλικά –με εξαίρεση το νερό (πολύ υψηλή) και τα μέταλλα (πολύ χαμηλή).

Παράγωγη της πυκνότητας και της ειδικής θερμότητας είναι η σημαντικότερη ιδιότητα της θερμοχωρητικότητας.

γ. Η **θερμοχωρητικότητα (C)** είναι η ενέργεια που απαιτείται για να ανέβει η θερμοκρασία μιας μονάδας όγκου ενός υλικού κατά ένα βαθμό Κελσίου και μετριέται σε Wh/m^3K . Είναι αποτέλεσμα του γινομένου της ειδικής θερμότητας επί την πυκνότητα των υλικών ($C = \rho c$). [30]

Η ειδική θερμότητα (c) των δομικών στοιχείων του κτιρίου, που συμβάλλει στον περιορισμό του ρυθμού μεταβολής της θερμοπερατότητας των στοιχείων. Όταν οι τοίχοι και οι οροφές έχουν μεγάλη θερμοχωρητική ικανότητα, τότε η θερμότητα που συγκεντρώνουν ενόσω λειτουργεί η θέρμανση, αποβάλλεται όταν αυτή σταματήσει με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η γρήγορη ψύξη των χώρων. Το αντίθετο συμβαίνει το καλοκαίρι όταν οι χώροι ψύχονται. Ανάλογα με τη θέση της μόνωσης - στην εξωτερική ή εσωτερική επιφάνεια - οι τοίχοι και οι οροφές ενεργούν:

- Ως συσσωρευτές θερμότητας, όταν η θερμική μόνωση τοποθετείται στην εξωτερική τους επιφάνεια. Στην περίπτωση αυτή, συσσωρεύουν επί ένα μεγάλο χρονικό διάστημα τη θερμότητα, για να την αποβάλουν και πάλι μέσα στο χώρο με ακτινοβολία. Με τη διαδικασία αυτή αυξάνεται αντίστοιχα η διάρκεια μεταβολής της θερμοκρασίας σε χώρους στους οποίους είναι απαραίτητο να δημιουργείται αίσθημα άνεσης (κατοικίες, χώροι εργασίας, κ.λπ.).
- Ως φράγμα προστασίας, όταν η θερμική μόνωση τοποθετείται στην εσωτερική τους επιφάνεια, στις περιπτώσεις που δεν μας ενδιαφέρει η διάρκεια αποθέρμανσης ή απόψυξης των χώρων (θέατρα, εκκλησίες κ.λπ.), αλλά αντίθετα επιθυμούμε τη γρήγορη θέρμανση ή ψύξη των χώρων αυτών. [7]

5.1.3 Υλικά για αποθήκευση θερμότητας

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας είναι υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Συνήθως είναι οικοδομικά υλικά του φέροντα οργανισμού και του κελύφους γενικότερα, καθώς και υλικά επενδύσεων:

- το **νερό** είναι το υλικό με τη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα, αλλά υπάρχουν κατασκευαστικές δυσκολίες για τη χρησιμοποίησή του σε δομικά στοιχεία. Παλιά το χρησιμοποιούσαν σε μεταλλικά βαρέλια, αλλά με περίεργα μορφολογικά αποτελέσματα.
- το **σκυρόδεμα** ($506 \text{ Kcal/m}^3\text{C}$) εμφανίζει το πλεονέκτημα ότι είναι συγχρόνως υλικό με ικανή θερμοχωρητικότητα και υλικό του φέροντα οργανισμού.
- η **πέτρα** και το **συμπαγές τούβλο** είναι τα υλικά που κυρίως χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας. Είναι υλικά φερόντων δομικών στοιχείων ή στοιχείων πληρώσεως ή υλικά επενδύσεως τοίχων και δαπέδων.
- τα **εύτηκτα άλατα**, όπως το άλας του Glauber, είναι νέα υλικά που χρησιμοποιούνται σε επιλεγμένες θέσεις μέσα σε ειδικές δεξαμενές για την αποθήκευση της θερμότητας. Τα υλικά αυτά αλλάζουν φάση (Phase Change Materials- PCM) , δηλαδή αλλάζοντας φυσική κατάσταση,(για παράδειγμα από τη στερεά στην υγρά κατάσταση) αποθηκεύουν θερμότητα, την οποία αποδίδουν για να επιστρέψουν στην αρχική φυσική τους κατάσταση. [7]

Πιν. 5.1: Θερμοφυσικές ιδιότητες κοινών οικοδομικών υλικών [7]

Υλικό	Ειδική Θερμότητα Wh/kg.K	Πυκνότητα Kg/m ³	Θερμοχωρητικότητα Wh/m ³ K	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας W/m.K
Νερό (20 °C)	1,16	998	1.157	0,60
Χάλυβας	0,14	7.800	1.092	50
Αλουμίνιο	0,25	1.800	450	160
Χαλκός	0,12	8.900	1.068	200
Γρανίτης	0,25	2.600	650	2,50
Ασβεστόλιθος	0,20	2.180	436	1,49
Μάρμαρο	0,22	2.500	550	2,00
Σκυρόδεμα	0,23	2.100	483	1,40
Ελαφροσκυρόδεμα	0,28	1.200	336	0,42
Οπτοπλινθοδομή	0,22	1.300	286	0,49
Πλήρη τούβλα	0,22	1.900	418	1,09
Γυαλί	0,5	2.500	1.250	1,05
Ξυλεία μαλακή	0,38	630	239	0,13
Ξυλεία σκληρή	0,35	750	262	0,15
Κοντραπλακέ	0,34	530	180	0,14
Μοριοσανίδες	0,28	800	224	0,15
Γυψόπλακες	0,23	950	218	0,16
Κεραμικά πλακίδια	0,22	1.900	418	0,85
Ορυκτοβάμβακας	0,27	25	6,7	0,04
Εξηλασμ.	0,34	25	8,5	0,034
Αέρας (24 C)	0,28	1,29	0,36	0,024

5. 1. 4 Θερμική μάζα και θερμομόνωση

Η ποσότητα της θερμικής μάζας και ο βαθμός θερμομόνωσης ενός κτιρίου είναι συνάρτηση του κλίματος. Για την εύκρατη ζώνη, από 35°-42° Β.Γ.Π., κλιματική περιοχή στην οποία ανήκει και ο Ελλαδικός χώρος, η θερμομόνωση και η θερμική μάζα αποτελούν περίπου ισοδύναμους παράγοντες της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων . Τονίζεται, ειδικότερα, ότι **η θερμική προστασία είναι απολύτως αναγκαία για τη βορεινή πλευρά**, ενώ **η απαίτηση για μεγάλη θερμική μάζα εντοπίζεται στη δυτική πλευρά και τα δώματα**, γιατί επιβαρύνονται με μεγάλη ποσότητα θερμότητας το καλοκαίρι και λόγω της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. [21]

5.2 Θερμομόνωση

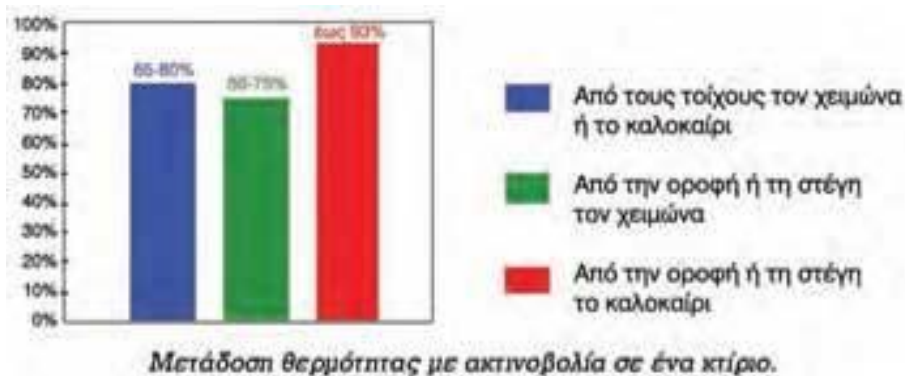
5.2.1 Γενικά

Είναι γνωστό ότι ανάμεσα σε δύο σώματα με διαφορετικές θερμοκρασίες προκαλείται συνεχής ροή θερμότητας από το θερμότερο προς το ψυχρότερο. Αν μετρήσουμε τη θερμοκρασία σε μία κατοικία συμβατικής κατασκευής τις πρώτες ημέρες της Άνοιξης, θα δούμε ότι είναι γύρω στους 18-20 βαθμούς Κελσίου. Αν κάνουμε το ίδιο πείραμα στο τέλος του καλοκαιριού, επειδή ακριβώς το σπίτι θα έχει συσσωρεύσει υψηλές θερμοκρασίες επί τρεις περίπου μήνες, θα τη μετρήσουμε στους 28 με 38 βαθμούς Κελσίου. Η κατοικία, δηλαδή λειτουργεί σαν συσσωρευτής ενέργειας. Εκτός αυτού, στους καλοκαιρινούς μήνες οι ανατολικές και δυτικές προσόψεις λαμβάνουν τα υψηλότερα επίπεδα ακτινοβολίας. Συγκεκριμένα τον Ιούλιο, οι ανατολικές και δυτικές όψεις δέχονται ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει τα επίπεδα των 600 W/m^2 . Εύκολα υπολογίζει κανείς ότι χωρίς αντίστοιχη προστασία η ζέστη που θα διαπερνά στο εσωτερικό του κτιρίου θα ισοδυναμεί με την απόδοση 6 λαμπών 100 Watt. Είναι, λοιπόν, πολύ σημαντικό να εκτιμήσουμε την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας και να εμποδίσουμε την είσοδό της στο εσωτερικό του κτιρίου. Γενικώς, η θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτιρίου επηρεάζεται από :

- Τη μετάδοση της ηλιακής ακτινοβολίας (που το καλοκαίρι στο εξωτερικό του κτιρίου μπορεί να φτάσει και τα 600 W/m^2)
- Τον εξαερισμό
- Το επίπεδο εξοπλισμού γραφείου (περίπου $150 \text{ W/θέση εργασίας}$)
- Τον τεχνητό φωτισμός ($10-70 \text{ W/m}^2$) και τις συσκευές που λειτουργούν
- Το επίπεδο δραστηριότητας των ανθρώπων στο εσωτερικό του κτιρίου

Η θερμομόνωση σ' ένα κτίριο, ουσιαστικά παρέχει σ' αυτό ένα «προστατευτικό περίβλημα», το οποίο μειώνει τη μετάδοση θερμότητας από και προς το εσωτερικό του. Το χειμώνα μειώνει το ρυθμό με τον οποίο η θερμότητα χάνεται από το κτίριο και το καλοκαίρι μειώνεται ο ρυθμός με τον οποίο η θερμότητα εισάγεται σε αυτό. Η μείωση των θερμικών διαφυγών από και προς τους εσωτερικούς χώρους ενός κτιρίου έχει ως συνέπεια τη μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας με την οποία τροφοδοτούνται τα διάφορα τεχνητά συστήματα θέρμανσης-ψύξης. Η μείωση αυτή μπορεί να είναι σημαντική, αρκεί η θερμομόνωση να εφαρμόζεται στο κέλυφος του κτηρίου ορθολογικά και σύμφωνα με τις απαιτήσεις του σχετικού διατάγματος που καθορίζει τους μέγιστους συντελεστές θερμοπερατότητας των επιμέρους δομικών στοιχείων του κελύφους.

Όσον αφορά στον ρυθμό ροής θερμότητας διαμέσου του κελύφους ενός κτιρίου εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από το σύνολο των μέτρων που λαμβάνονται και κυρίως από τα υλικά που χρησιμοποιούνται. Η μελέτη και η σωστή εφαρμογή της θερμομόνωσης βασίζεται στον βέλτιστο συνδυασμό των μεθόδων και υλικών κατασκευής, τα οποία προσδίδουν συγκεκριμένες χαρακτηριστικές ιδιότητες στα δομικά στοιχεία του κτιρίου.



Εικ. 5.2: Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία σε ένα κτήριο [59]

5.2.2 Φυσικές ιδιότητες υλικών που αποτελούν ταυτόχρονα και κριτήριο των προδιαγραφών των θερμομονωτικών υλικών

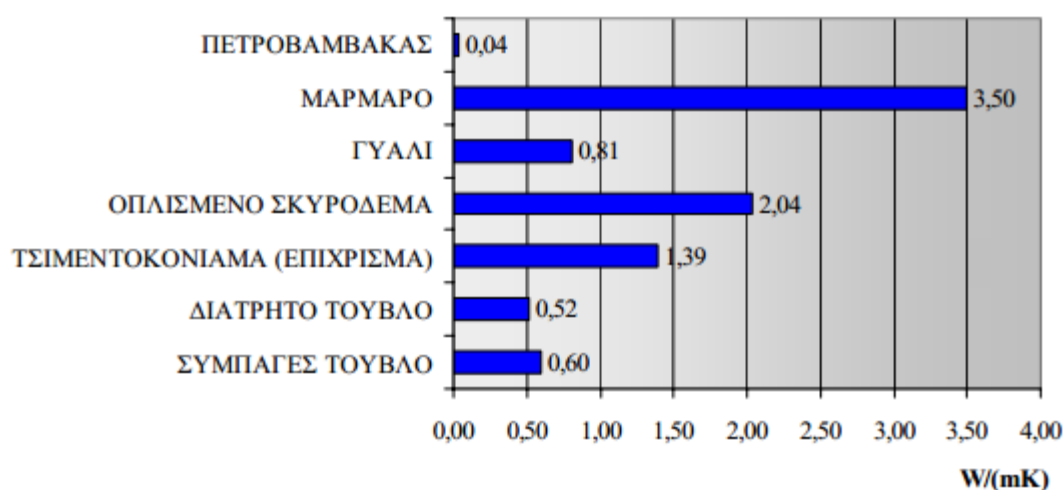
Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων που λαμβάνονται υπ' όψη πριν την εφαρμογής, γιατί καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τη θερμική συμπεριφορά του κελύφους του κτιρίου και είναι οι ακόλουθες [10,30,68]:

- i. **Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ , W/m.K):** δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες, η οποία ρέει σε 1 ώρα μέσα από στρώμα υλικού που έχει επιφάνεια 1m^2 και πάχος 1m , όταν η πτώση της θερμοκρασίας προς την κατεύθυνση της ροής της θερμότητας (διαφορά θερμοκρασίας των δύο επιφανειών) είναι ένας βαθμός Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση, δηλαδή η θερμοκρασία τοπικά παραμένει σταθερή με το χρόνο. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας μετράται σε βατ ανά μέτρο και βαθμό Κέλβιν ($\text{W} / \text{m} \cdot \text{K}$). Δηλαδή, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας εκφράζει το πόσο εύκολα διαπερνά η θερμότητα το υλικό. **Όσο χαμηλότερος είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, τόσο μεγαλύτερη η θερμομονωτική ικανότητα του υλικού.**

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας δεν είναι σταθερό μέγεθος αλλά μια γραμμική συνάρτηση που αυξάνεται σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία. Συνήθως, χαρακτηρίζεται από μια μέση τιμή. Η θερμική αγωγιμότητα επηρεάζεται αρνητικά από την υγρασία, γεγονός που εξηγείται εύκολα αν σκεφτούμε ότι η θερμική αγωγιμότητα του νερού είναι $0,57 \text{ W/mK}$, δηλαδή πολύ μεγαλύτερη από αυτή του ακίνητου, ξηρού αέρα. Οι τιμές των συντελεστών θερμικής αγωγιμότητας που δίνονται από τις διάφορες εταιρείες ισχύουν συνήθως με μια ανοχή 5 - 10% ανάλογα με το είδος του υλικού. Η προσαύξηση αυτή λαμβάνει υπόψη της λάθη μετρήσεων και την ανομοιομορφία των περισσότερων μονωτικών. Στην πράξη, στις κατασκευές, τα θερμομονωτικά υλικά απορροφούν υγρασία παρά τη χρήση φράγματος υδρατμών εκτός από τα ανθυγρά, όπως η διογκωμένη και η εξηλασμένη πολυστερίνη – φελιζόλ & dow. Επίσης, λόγω των ιδιοτήτων τους και του τρόπου κατασκευής τους τα περισσότερα μονωτικά υλικά «γερνάνε» εξαιτίας μηχανικών αλληλεξαρτήσεων και

θερμοκρασιακών αλλαγών. Έτσι αλλοιώνεται η αρχική ισορροπία των στερεών και των αέριων συστατικών. Παρά τις έρευνες που γίνονται στον τομέα αυτόν οι μηχανισμοί γήρανσης των θερμομονωτικών υλικών παραμένουν σε μεγάλο άγνωστο. Αυτό που είναι σίγουρο είναι ότι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας πάντοτε αυξάνεται και ποτέ δεν μειώνεται.

Πιν. 5.2: Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ , για διάφορα δομικά στοιχεία (σε $W/(mK)$). [48]



- ii. Ο **συντελεστής θερμοπερατότητας (K ή U-value)** (μονάδα μέτρησης: $W/(m^2 \cdot K)$), είναι η ποσότητα θερμότητας σε βατώρες, η οποία διέρχεται σε 1 ώρα μέσα από επιφάνεια $1m^2$ της κατασκευής, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα, που βρίσκεται στη μια και στην άλλη πλευρά της κατασκευής, είναι 1 βαθμός Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση. Εξαρτάται από τις ιδιότητες που έχουν τα υλικά που συνθέτουν την κατασκευή ενός δομικού στοιχείου, δηλαδή:
 - Το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (συντελεστής λ)³
 - Την περιεκτικότητά τους σε υγρασία και
 - Το πάχος τους

- iii. Η **μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία** λειτουργίας εκφράζουν τα θερμοκρασιακά όρια μέσα στα οποία ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας μεταβάλλεται ανεπαίσθητα, το υλικό δηλαδή διατηρεί τη θερμομονωτική του ικανότητα. Τα όρια δίνονται σε βαθμούς ο C ή K. Άλλη ιδιότητα σχετική με τις θερμοκρασίες εφαρμογής είναι και η θερμοκρασία τήξης (προφανώς σε ο C ή K). Βέβαια, η θερμοκρασία τήξης είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας (το υλικό έχει ήδη αχρηστευτεί εφόσον έχει ξεπεραστεί η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του), αλλά αναφέρεται γιατί η τήξη του υλικού δημιουργεί πλέον

³ Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ) (μον. μέτρησης: $W/(m \cdot K)$) είναι η ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες, η οποία ρέει σε 1 ώρα μέσα από στρώμα υλικού που έχει επιφάνεια $1m^2$ και πάχος 1 m, όταν η πτώση της θερμοκρασίας προς την κατεύθυνση ροής της θερμότητας (διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο επιφανειών) είναι 1 βαθμός Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση, δηλαδή η θερμοκρασία τοπικά παραμένει σταθερή με τον χρόνο. [30]

ζητήματα κινδύνου για τους ανθρώπους και το περιβάλλοντα χώρο, στον οποίο εφαρμόζεται

- iv. **Αντοχή στην επίδραση της υγρασίας:** Η αντοχή στην επίδραση της υγρασίας εκφράζεται με δύο μεγέθη, τον συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών και την ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης.
- A. Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών: Ο συντελεστής αυτός δηλώνει πόσο μεγαλύτερη αντίσταση στη διάχυση υδρατμών παρουσιάζει το υλικό από ένα στρώμα αέρα ίδιου πάχους και στις ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος. Η φυσική σημασία του συντελεστή, ο οποίος πρακτικά θεωρείται ανεξάρτητος από τη θερμοκρασία και την πίεση, είναι ευκολία με την οποία διαπερνούν οι διαχεόμενοι υδρατμοί το θερμομονωτικό υλικό. Όσο μεγαλύτερη η τιμή του, τόσο δυσκολότερα οι υδρατμοί διέρχονται μέσω της μάζας του.
- B. Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης: Τα θερμομονωτικά υλικά απορροφούν νερό σε υγρή κατάσταση ή σε μορφή υδρατμών. Η ποσότητα της απορροφούμενης υγρασίας, που εξαρτάται από το πορώδες του υλικού, την υδρατμοστεγανότητα και την κατανομή των τριχοειδών αγγείων στη μάζα του, προκαλεί αισθητή αλλαγή στις ιδιότητες του υλικού και κυρίως του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ. Για την περιγραφή των παραπάνω ορίζεται η τιμή της ποσότητας υγρασίας εξομοίωσης, η οποία εκφράζει το ποσό της υγρασίας που απορροφήθηκε στο υλικό υπό ορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας περιβάλλοντος και σχετικής υγρασίας.
- v. **Η μηχανική αντοχή:** Η μηχανική αντοχή που απαιτείται για μια κατασκευή προσδιορίζει το σύστημα θερμομόνωσης που θα χρησιμοποιηθεί. Έτσι υλικά με μεγάλη μηχανική αντοχή μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αυτοφερόμενα, αλλά με μικρότερη αντοχή μπορούν να μπου σε ένα φέρον πλέγμα και άλλα με πολύ μικρή ως υλικά πλήρωσης. Η αντοχή σε συμπίεση είναι ένα καθοριστικό μέγεθος στις θερμομονώσεις δαπέδων. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι σε πολλές περιπτώσεις είναι χρήσιμη και η γνώση των ενδιάμεσων παραμορφώσεων μέχρι τη θραύση από μερικές φορτίσεις, που δεν καταστρέφουν το υλικό, αλλά μπορούν να δημιουργήσουν υπερβολικές καταπονήσεις σε φέροντα στοιχεία ή επενδύσεις. Σε πολλές περιπτώσεις χρειάζονται πληροφορίες για την αντοχή των υλικών σε κάμψη ή σε εφελκυσμό. Αυτό απαιτείται ιδιαίτερα σε εσωτερικές θερμομονώσεις ορόφων με μεγάλα ανοίγματα ή σε αυτοφερόμενες κατασκευές που καταπονούνται από τις καιρικές συνθήκες.
- vi. **Η σταθερότητα στις διαστάσεις:** Σε θερμομονωτικές πλάκες που κατασκευάζονται με θερμικές διεργασίες μπορούν να διαφοροποιηθούν οι ονομαστικές διαστάσεις κατά το στάδιο της ψύξης και η κατάσταση να επιδεινωθεί εξαιτίας της γήρανσης. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με τεχνική γήρανση κατά τη φάση της παραγωγής έτσι ώστε να σταθεροποιηθούν οι διαστάσεις. Μεγάλες θερμοκρασιακές μεταβολές έχουν ως αποτέλεσμα μια αξιόλογη γραμμική συρρίκνωση σε όλα τα στερεά μονωτικά υλικά. Τέλος ορισμένα θερμομονωτικά υλικά έχουν μεγάλους συντελεστές διαστολής, τους οποίους πρέπει να λάβει υπόψη του ο κατασκευαστής κατά την τοποθέτηση. Ακόμη πρέπει να ελέγχονται και οι ανοχές που μπορεί να εμφανίζουν οι διαστάσεις ώστε να ελέγχεται η συμπεριφορά τους.

- vii. **Το ειδικό βάρος:** Το ειδικό βάρος αποτελεί μια ακόμη χρήσιμη ιδιότητα, διότι ακόμη και στην ίδια κατηγορία υλικών μπορεί ένα ελαφρότερο υλικό να έχει χειρότερες θερμομονωτικές ιδιότητες από βαρύτερο, επειδή έχει μεγαλύτερες και πυκνότερες κυψέλες.
- viii. **Η διάρκεια ζωής σε σχέση με τη φθορά στο χρόνο:** Η αντοχή στο χρόνο αποτελεί ακόμη μια παράμετρο των θερμομονωτικών υλικών, παράμετρο που εκφράζεται σε έτη διάρκειας ζωής, όπως προκύπτει από εργαστηριακές δοκιμές γήρανσης των υλικών και από πολυετείς παρατηρήσεις σε πραγματικές συνθήκες.
- ix. **Ευκολία κατεργασίας και τοποθέτησης:** Πρόκειται για μία πολύ σημαντική ιδιότητα, αφού αφορά άμεσα στους πραγματικούς χρήστες των υλικών, στους τεχνίτες στο εργοτάξιο. Είναι εύλογο, ότι ένα υλικό που είναι ελαφρύ, μεταφέρεται εύκολα στο εργοτάξιο ενός κτιριακού έργου. Ένα υλικό που είναι μαλακό και όχι εύθρυπτο κόβεται εύκολα και προσαρμόζεται στις κατασκευαστικές διαμορφώσεις ενός ξυλότυπου ή μίας τοιχοποιίας. Ένα υλικό που ψεκάζεται με μορφή αφρού, μπορεί να καλύψει μία γεωμετρικά περίπλοκη επιφάνεια, όπως έναν θόλο, μεταλλικές κατασκευές, κ.ό.κ. Η αξιολόγηση και ταξινόμηση των υλικών γίνεται ως προς την κατεργασία και τοποθέτηση ποιοτικά, με βάση τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τους, και ανάλογα με τις ικανότητες του συγκεκριμένου εργατικού δυναμικού.

Πιν. 5.3: Βασικές φυσικές και περιβαλλοντικές ιδιότητες των κυριότερων θερμομονωτικών υλικών [48]

ΥΛΙΚΟ		ΥΑΛΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ	ΛΙΟΓΚΩΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ	ΛΗΦΡΟΣ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ	
Φυσικές ιδιότητες	Πυκνότητα [kg/m ³]	min	13	30	20	8	30
		max	100	180	80	50	80
	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ [W/mK]	min	0,030	0,033	0,025	0,029	0,020
		max	0,045	0,045	0,035	0,041	0,027
	Εύρος χρήσης (°C)	min	-100	-100	-60	-80	-50
		max	500	750	75	80	120
	Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	min	<1	<1	80	25	50
		max	1	1	200	200	>100
	Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C/80%RH	min	<0,1	<0,1	<1*	5*	5*
		max	1	1,5			
	Κατηγορία πυραντοχής		A1 A2 B1	A1 A2 B2	B1 B2	B1 B2	B1 B2
	Αντοχή στον εφελκυσμό [N/mm ²]	min	0,005*		0,30	0,15	
		max			0,35	0,52	
	Όριο θραύσης [N/mm ²]	min	0,00500	0,00012		0,09000	
max		0,01500	0,00750		0,22000		
Βαθμός απορρόφησης στα 125 Hz	min	0,10	0,05				
	max	0,79	0,19				
Βαθμός απορρόφησης στα 1000 Hz	min	0,71	0,92				
	max	0,97	0,99				
Περιβαλλοντικές ιδιότητες	Πρόσθετα για προστασία από βιολογικούς παράγοντες	OXI	OXI	OXI	OXI	NAI	
	Περιεχόμενη πρωτογενής ενέργεια [kWh/m ³]	min	90	110	85	151	15,8
max		430	660	114	269	36,1	

*Μέση τιμή

5.2.3 Στοιχεία του κτιρίου ευάλωτα στη θερμοδιαφυγή

Η κατασκευή της θερμομόνωσης ενός κτιρίου πρέπει να γίνεται σύμφωνα με ορισμένες προϋποθέσεις που ανάλογα με τη θέση της επιφάνειας που πρόκειται να προστατευθεί και τη θέση της μονωτικής στρώσης μέσα στην κατασκευή (εσωτερικά ή εξωτερικά), καθώς και συναρτήσει των απαιτήσεων προστασίας από την υγρασία. Συνιστάμενο είναι να εξετάζεται σε συνεργασία με τον αρχιτέκτονα

του έργου. Μια σωστή θερμομόνωση που απαιτεί περίπου το 2 - 5% του αρχικού κόστους κατασκευής του κτηρίου, μπορεί να εξοικονομήσει μέχρι και το 50% του κόστους λειτουργίας της θέρμανσής του. Συνοπτική αναφορά στα πιο ευάλωτα στοιχεία ενός κτιρίου, που έχουν ανάγκη θερμικής προστασίας είναι:

α. **Η οροφή** (επίπεδη ή κεκλιμένη) και η στέγη, που παρουσιάζουν μεγάλες θερμικές απώλειες, μια και είναι τα μέρη εκείνα του κτιρίου που δέχονται άμεσα όλες τις επιδράσεις των καιρικών συνθηκών.

β. **Τα εξωτερικά τοιχώματα**, που υπόκεινται σε μια σειρά επιδράσεων και ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους, προκαλούν μεγάλες θερμικές απώλειες. Τρόποι προστασίας των εξωτερικών τοιχωμάτων θα αναφερθούν στην συνέχεια. Γενικά σε όλες τις περιπτώσεις πλευρικών εξωτερικών τοιχωμάτων παίρνονται μέτρα για:

- Προστασία του θερμομονωτικού υλικού από συμπύκνωση και δρόσο, με φράγμα υδρατμών. Παρόλο που τα θερμομονωτικά υλικά δεν χρειάζονται φράγμα για προστασία από συμπύκνωση, εάν η θέση τους στην κατασκευή είναι σωστή, χρειάζονται προστασία από τη διείσδυση των νερών της βροχής με στεγανωτικές μεμβράνες, και φράγμα υδρατμών σε περίπτωσης «αναγκαστικής» λανθασμένης θέσης της θερμομόνωσης σε ειδικές περιπτώσεις (εκκλησίες, θέατρα, κ.λπ.).
- Παρεμπόδιση της διείσδυσης νερών βροχής, που θα έχει ως συνέπεια την πρόκληση ανεπανόρθωτης ζημιάς στο θερμομονωτικό υλικό, με τη χρήση στεγανωτικών μεμβρανών.
- Αποφυγή της δημιουργίας θερμογεφυρών⁴ που αυξάνουν τις θερμικές απώλειες και δημιουργούν θερμικές τάσεις στα επιμέρους υλικά που συνθέτουν την κατασκευή.
- Αποφυγή της διάτρησης των εξωτερικών τοιχωμάτων για να περάσουν σωληνώσεις εγκαταστάσεων ή άλλου είδους κατασκευές. Όπου αυτό είναι απαραίτητο, τότε επιβάλλεται ιδιαίτερη μέριμνα για την προστασία των ευάλωτων αυτών στοιχείων, τόσο από τη θερμότητα όσο και από την υγρασία.

γ. **Τα ανοίγματα**, που είναι από τα πιο ευάλωτα στοιχεία ενός κτιρίου. Για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών πρέπει οι αρμοί συναρμογής των πλαισίων να είναι απόλυτα αδιαπέραστοι από τον αέρα. Τα υλικά που συγκροτούν το κούφωμα (ξύλο, αλουμίνιο, πλαστικό) να είναι άριστης ποιότητας, ώστε να αποφεύγονται οι παραμορφώσεις των φύλλων. Για ξύλινα παράθυρα ή πόρτες, αυτό δεν είναι εύκολα κατορθωτό εξαιτίας της φύσης του υλικού. Στην περίπτωση, όμως, κουφωμάτων αλουμινίου, η πρόβλεψη ειδικών παρεμβυσμάτων στους αρμούς επαφής δίνει συνήθως άριστα αποτελέσματα. Επιπλέον, τα υαλοστάσια των ανοιγμάτων θα πρέπει να έχουν χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας.

δ. **Το κατώτερο δάπεδο του κτιρίου**, το οποίο όμως δεν χρειάζεται πάντα θερμική προστασία, εκτός εάν χρησιμοποιείται ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης (δάπεδο ισογείου σε επαφή με το έδαφος). Οποσδήποτε, όμως, απαιτείται θερμική προστασία στις περιπτώσεις δαπέδου εκτεθειμένου προς το εξωτερικό περιβάλλον (π.χ. κτίριο σε πυλωτή).

⁴ Η θερμογέφυρα είναι το τμήμα ενός κατασκευαστικού στοιχείου του οποίου ο βαθμός θερμομόνωσης είναι σημαντικά χαμηλότερος από τη μέση τιμή θερμομόνωσης του συνόλου του στοιχείου. Το πρόβλημα της θερμογέφυρας παρουσιάζεται συνήθως στις απολήξεις των πλακών, τα όρια της εξωτερικής τοιχοποιίας, τις ποδιές ανοιγμάτων, τα ανώφλια κ.ά. Στην περιοχή της θερμογέφυρας, λόγω της αυξημένης ροής της θερμότητας, παρουσιάζονται στις εσωτερικές πλευρές του τοιχώματος χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα τη συχνή εμφάνιση τοπικής υγρασίας και μούχλας. [69]

ε. **Οι ποδιές των παραθύρων**, όπου συνήθως τοποθετούνται τα θερμαντικά σώματα, επειδή λειτουργικοί λόγοι επιβάλλουν συχνά τη μείωση του πάχους του τοιχώματος στις θέσεις αυτές. Επίσης, η έντονη θερμική ακτινοβολία προκαλεί συμπύκνωση στις θέσεις αυτές γρηγορότερα παρά στις υπόλοιπες επιφάνειες του χώρου, με αποτέλεσμα να καταπονούνται περισσότερο τα δομικά στοιχεία που γειτονεύουν με σώματα θέρμανσης.

στ. **Τα μπαλκόνια και οι προεξοχές της πλάκας**, όταν δεν προστατεύονται από τη θερμότητα, λειτουργούν σαν θερμογέφυρες (γραμμικές), με αποτέλεσμα να μην ελέγχονται απόλυτα οι θερμικές απώλειες των εσωτερικών χώρων και να προκαλούνται βλάβες στις κατασκευές λόγω συμπύκνωσης. Βέβαια, η μόνωσή τους είναι συχνά προβληματική, γιατί ανεβάζει υπέρμετρα το ολικό κόστος για τη θερμομόνωση του κτιρίου, ενώ θέτει και αισθητικά θέματα. Για παράδειγμα, η θερμογέφυρα συνήθως εξουδετερώνεται με τη θερμομόνωση σε απόσταση έως ένα μέτρο από τον τοίχο του προβόλου, γεγονός που δημιουργεί αντιαισθητικό «σκαλοπατάκι» σε μπαλκόνια μεγαλύτερα του ενός μέτρου.[69]

5.2.4 Τεχνικές Θερμομόνωσης Τοίχων

Οι τοίχοι μπορούν να μονωθούν με τέσσερις κυρίως τεχνικές [34]:

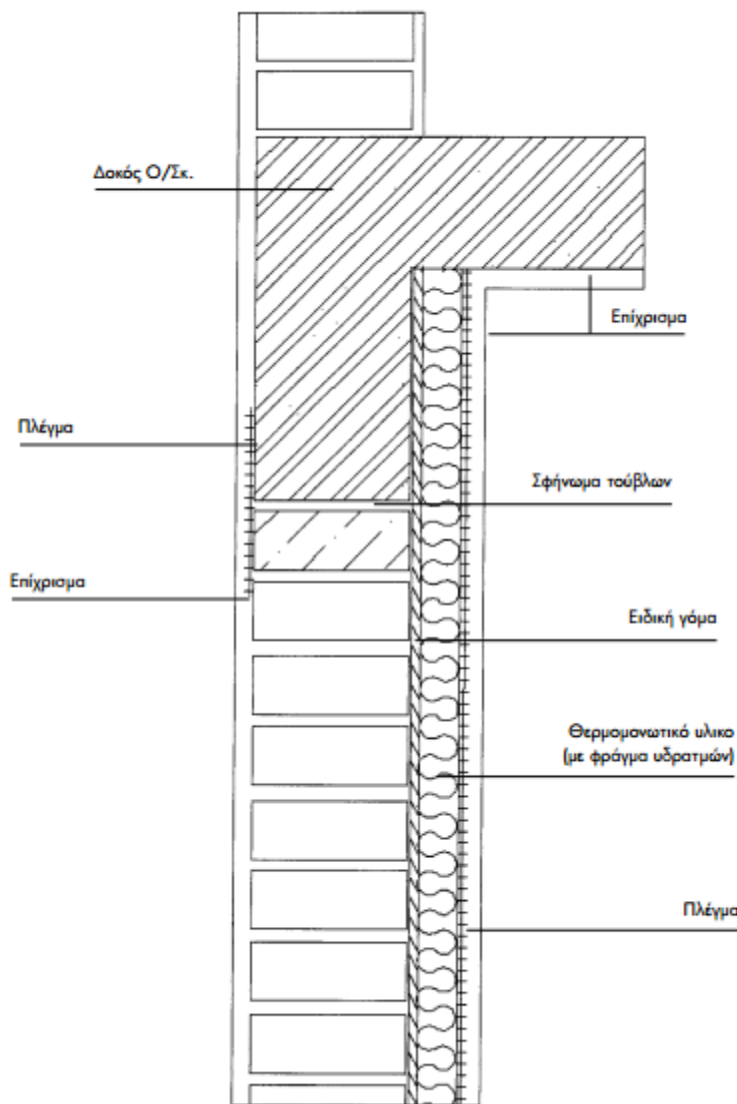
Α) Θερμομόνωση στο εσωτερικό μέρος των τοίχων

Στην περίπτωση αυτή το μονωτικό υλικό τοποθετείται από την πλευρά του εσωτερικού χώρου και προστατεύεται από κάποιο στερεό δομικό υλικό που λειτουργεί, όπως και το επίχρισμα. Ο τρόπος αυτός θερμομόνωσης έχει τα εξής θετικά αποτελέσματα:

1. Έχει περιορισμένο χρόνο κατασκευής.
2. Αποτελεί φθηνότερη λύση σε σχέση με την εξωτερική θερμομόνωση.
3. Δεν απαιτείται ιδιαίτερη προστασία των μονωτικών από τις εξωτερικές επιδράσεις.
4. Έχει απλή κατασκευή.
5. Θερμαίνεται πολύ γρήγορα ο χώρος.
6. Η κατασκευή μπορεί να γίνει ανεξάρτητα από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες.

Η θερμομόνωση των τοίχων από την εσωτερική πλευρά έχει τα ακόλουθα μειονεκτήματα:

1. Περιορίζεται ο εσωτερικός χώρος.
2. Ο χώρος ψύχεται πολύ σύντομα. Μένει ανεκμετάλλευτη η θερμοχωρητικότητα του εξωτερικού τοίχου.
3. Δε λύνεται το πρόβλημα των θερμογεφυρών.
4. Τα δομικά στοιχεία κινδυνεύουν από συστολές και διαστολές από τις θερμοκρασιακές μεταβολές. Κίνδυνος ρηγματώσεων και εισροής βρόχινου νερού.
5. Υπάρχει μικρό πρόβλημα στην τακτοποίηση των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων.
6. Τίθενται και θέματα χρήσης των εσωτερικών χώρων του κτιρίου κατά τη διάρκεια των εργασιών.



Εικ.5.3: Εσωτερική θερμομόνωση τοίχου με μονωτικό υλικό με φράγμα υδρατμών (μπροστά από το μονωτικό και προς την κλιματιζόμενη πλευρά του χώρου) [69]

B) Θερμομόνωση στο εξωτερικό μέρος των τοίχων

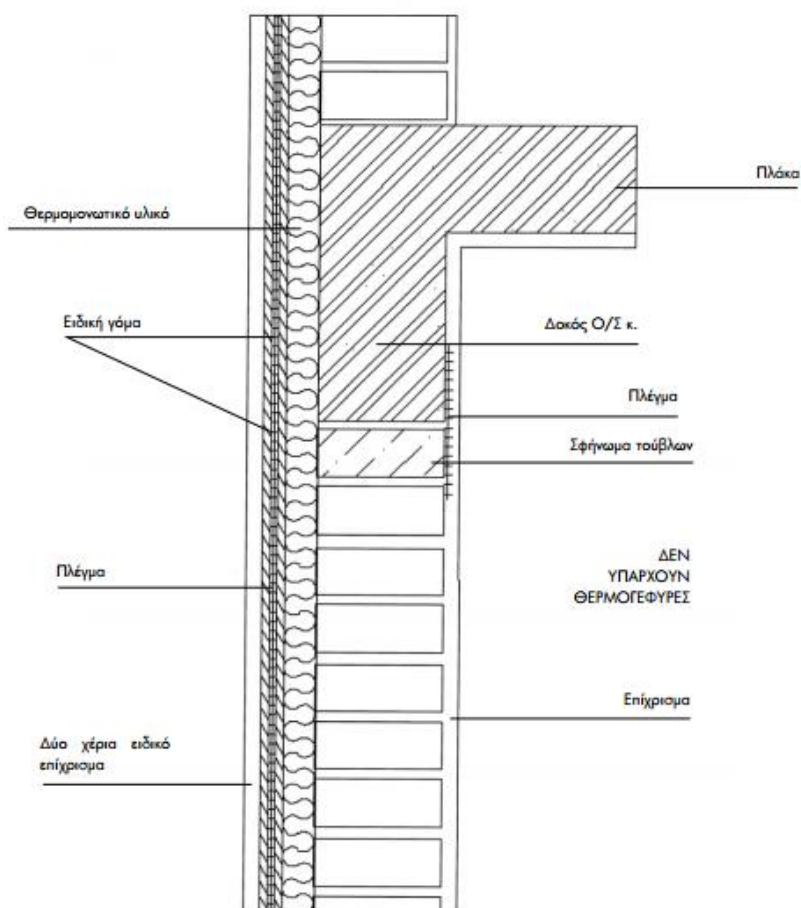
Στην περίπτωση αυτή το μονωτικό τοποθετείται στο εξωτερικό μέρος του τοίχου. Με την κατασκευή αυτή εμφανίζονται τα εξής πλεονεκτήματα:

1. Ο χώρος διατηρεί τη θερμότητα και μετά τη διακοπή της θέρμανσης από τη θερμοχωρητικότητα των τοίχων.
2. Στους νότιους ειδικά χώρους των κτηρίων διατηρείται η θερμότητα από το ηλιακό θερμικό κέρδος, γιατί αποθηκεύεται στους βαρείς εσωτερικούς τοίχους.
3. Δεν εμποδίζεται η ομαλή λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή της εσωτερικής θερμομόνωσης.
4. Δε μειώνεται ωφέλιμος κατοικήσιμος χώρος.
5. Οι εξωτερικές επιφάνειες των τοίχων προστατεύονται από τις συστολές και διαστολές.

6. Εξασφαλίζεται κάλυψη των θερμογεφυρών ιδιαίτερα στις πλάκες σκυροδέματος, στα δοκάρια και στις κολώνες.

Τα μειονεκτήματα αυτής της τεχνικής είναι:

1. Η κατασκευή της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι ακριβότερη σε σχέση με τη θερμομόνωση της εσωτερικής πλευράς του τοίχου.
2. Δεν είναι πολύ εύκολη και είναι και πιο δαπανηρή η εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης στην περίπτωση που οι τοίχοι έχουν πολλές αρχιτεκτονικές προεξοχές.
3. Υπάρχει αδυναμία εφαρμογής της εξωτερικής θερμομόνωσης σε κτήρια με έντονο εξωτερικό μορφολογικό ενδιαφέρον όψεων, αλλά και σε διατηρητέα κτίρια.
4. Απαιτούνται σκαλωσιές για τις εργασίες κατασκευής σε πολυώροφα κτήρια.
5. Χρειάζεται ειδική προστασία των υλικών διαφόρων στρώσεων για προστασία από τις εξωτερικές καιρικές επιδράσεις.



Εικ. 5.4: Εξωτερική θερμομόνωση τοίχου με μονωτικό υλικό [69]

Γ) Θερμομόνωση με χρήση ειδικών τούβλων

Στην περίπτωση εξαρχής κατασκευής, ο τοίχος κτίζεται με ειδικά θερμομονωτικά τούβλα που με τον τρόπο κατασκευής τους, το σχήμα τους, τις διαστάσεις τους κλπ. πρέπει να εξασφαλίζουν τις τιμές του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας K που επιβάλλει ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (ΚενΑΚ). Αν απαιτείται να αυξηθεί ο συντελεστής αυτός προστίθεται μονωτικό που σε ορισμένες περιπτώσεις είναι εκ κατασκευής ενσωματωμένο στο θερμομονωτικό τούβλο. Η κατασκευή αυτή εμφανίζει πολλά πλεονεκτήματα, αλλά θα πρέπει με σωστή κατασκευή των επιχρισμάτων να εξασφαλίζεται και η σωστή στεγανότητα, ώστε να μην υγραίνεται η μάζα των θερμομονωτικών τούβλων.

Δ) Θερμομόνωση στον πυρήνα μεταξύ δύο τοίχων

Αποτελεί μέθοδο τοποθέτησης θερμομόνωσης που χρησιμοποιείται πολύ στη χώρα μας. Μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα κτίρια κατά τη διάρκεια κατασκευής και στα υπάρχοντα στην περίπτωση αντικατάστασης συρόμενων κουφωμάτων με ανοιγόμενα ή επάλληλα οπότε γίνεται πλήρωση του κενού με θερμομονωτικές πλάκες. Στην διπλή τοιχοποιία κατά την κατασκευή πρέπει τα δύο κελύφη της τοιχοποιίας να συνδέονται μεταξύ τους με περιδέσμους ενίσχυσης (σενάζ) ανά ένα μέτρο ύψους τουλάχιστον. Και αυτοί οφείλουν ομοίως να είναι θερμομονωμένοι για την αποφυγή σχηματισμού θερμογεφυρών, όπως βέβαια και οι κολώνες και τα δοκάρια καθώς είναι όλα από σκυρόδεμα, το οποίο 4 φορές μεγαλύτερες απώλειες από το τούβλο. Στη σωστή κατασκευή, θερμομονώνεται εξωτερικά το σενάζ.

Προτείνεται το διάκενο ανάμεσα στις δύο τοιχοποιίες να γεμίζει με το θερμομονωτικό υλικό διότι κατασκευαστικά στα στοιχεία από σκυρόδεμα (κολώνες, δοκάρια, σενάζ) δεν μπορούν εύκολα να τοποθετηθούν πάνω από 5cm θερμομονωτικού, τα οποία με τον νέο κανονισμό θερμομόνωσης, τον ΚΕΝΑΚ, δεν επαρκούν, οπότε πρέπει να ισοσταθμιστεί το χειρότερο (μεγαλύτερο) και των στοιχείων από σκυρόδεμα με σημαντικά καλύτερο (μικρότερο) στη διπλή τοιχοποιία με τούβλα. Αν παρόλα αυτά παραμείνει διάκενο αέρα αυτό θα πρέπει να είναι από την πλευρά το εξωτερικού τούβλου και τα θερμομονωτικά να εφάπτεται στο εσωτερικό τούβλο. Ακόμη και αν θερμομονωθούν όλα τα στοιχεία από σκυρόδεμα και η τοιχοποιία, οι θερμογέφυρες δεν εξαλείφονται, όπως στην εξωτερική θερμομόνωση, απλά γίνονται γραμμικές από επιφανειακές.

Πλεονεκτήματα θερμομόνωσης στον πυρήνα:

- ♦ Είναι ευκολότερος ο τρόπος τοποθέτησης των θερμομονωτικών υλικών.
- ♦ Δεν επηρεάζεται η θερμομονωτική προστασία του τοίχου από την επίδραση της βροχής.
- ♦ Αποτελεί την πιο ισόρροπη μορφή θερμικής προστασίας έναντι του ψύχους το χειμώνα και της ζέστης το καλοκαίρι.
- ♦ Επιτρέπει την εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας του τοίχου (έστω και μερική).

Μειονεκτήματα θερμομόνωσης στον πυρήνα:

- ♦ Δεν έχει καλή αντισεισμική συμπεριφορά. Είναι σύνηθες το φαινόμενο σε τοιχοποιίες με πλημμελή σύνδεση των δύο κελυφών το εξωτερικό κέλυφος να αποσυνδέεται και να πέφτει μετά από μία ισχυρή σεισμική δόνηση.

- ♦ Δεν εκμεταλλεύεται πλήρως, παρά μερικώς, τη θερμοχωρητικότητα της τοιχοποιίας. Ωστόσο, αυτή είναι δυνατό να αυξηθεί αναλόγως με το πάχος του τοίχου του εσωτερικού κελύφους
- ♦ Πιθανός σχηματισμός συμπύκνωσης λόγω διάχυσης τω υδρατμών πραγματοποιείται στον πυρήνα της τοιχοποιίας οπότε είναι πιο δύσκολο να διαφύγει.

[34, 69, 92]

5.2.5 Συνηθισμένα θερμομονωτικά υλικά

Σήμερα στην αγορά υπάρχει μεγάλη ποικιλία θερμομονωτικών υλικών, όπως [34,69]:

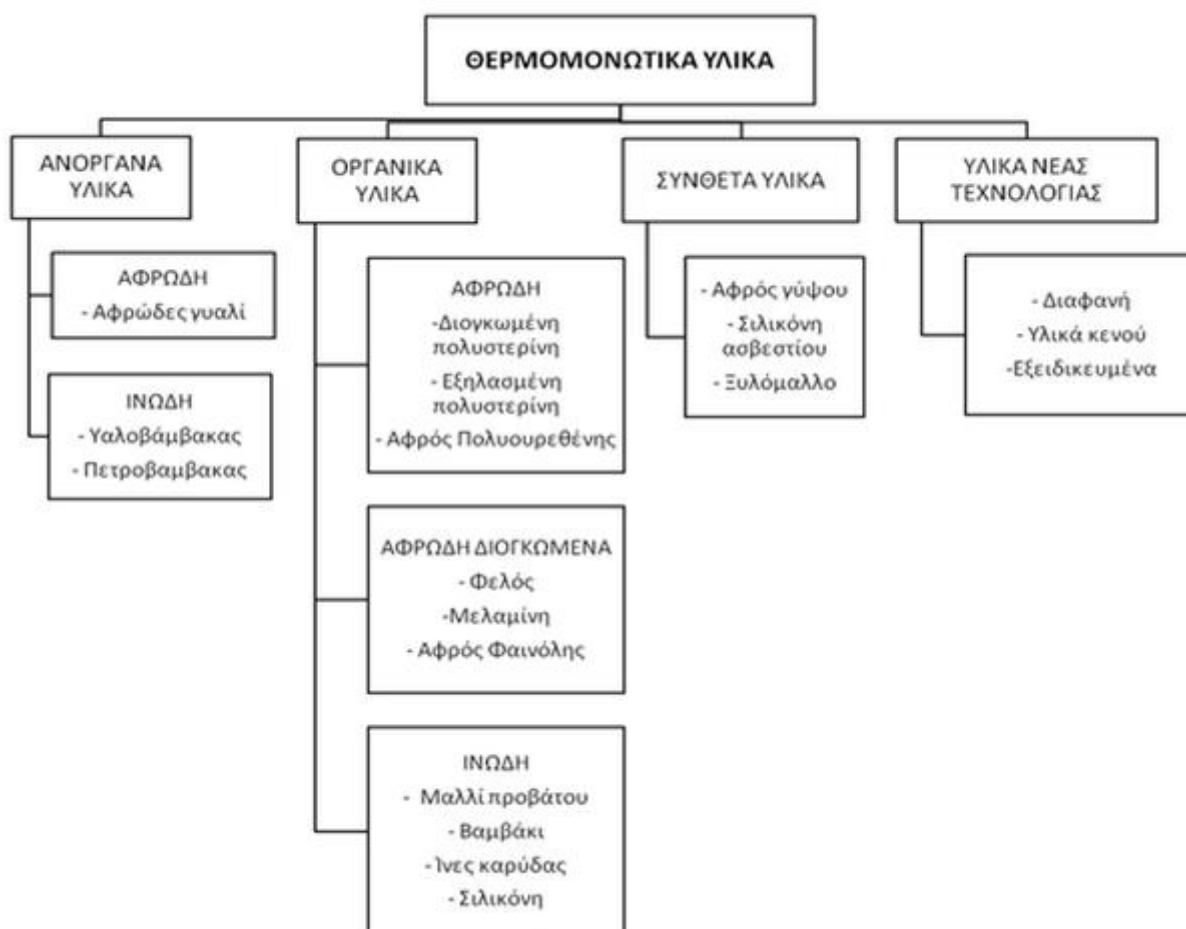
- Εξηλασμένη πολυστερίνη
- Διογκωμένη πολυστερίνη
- Υαλοβάμβακας
- Πολυουρεθάνη
- Αφρώδες Γυαλί
- Περλιτοειδή
- Πετροβάμβακας
- Φελλός
- Κυψελωτό σκυρόδεμα
- Θερμομονωτικά τούβλα
- Πλάκες περλιτούαλου

5.2.6 Οικολογικά θερμομονωτικά υλικά

Οικολογικά θεωρούνται εκείνα τα θερμομονωτικά υλικά, που καλύπτουν τα εξής κριτήρια:

- α) Δεν απαιτούν μεγάλη ενέργεια για την παραγωγή τους.
- β) Είναι ανακυκλώσιμα
- γ) Δεν μολύνουν το περιβάλλον κατά τη διάρκεια παραγωγής τους.
- δ) Δεν περιέχουν τοξικούς / καρκινογόνους ρύπους, επικίνδυνους για την υγεία του ανθρώπου και δεν εκλύουν τέτοιους ρύπους κατά τη διάρκεια εφαρμογής τους και μέχρι την καταστροφή τους.

Τέτοια υλικά είναι η διογκωμένη άργιλος (εμπορική ονομασία: Lega), ο διογκωμένος φελλός, τα λιναρόμαλλα, τα φύλλα από υπολείμματα βαμβακιού, η κίσσηρη (ελαφρόπετρα) -που έχει στη Σαντορίνη, κλπ. [36]



Εικ.5.5: Κατάταξη των θερμομονωτικών υλικών [67]

Πιν. 5.4: Ποιότητα των οικοδομικών υλικών [34]

ΥΛΙΚΟ	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H	Θ	I	ΙΑ	ΙΒ	ΙΓ	ΙΔ	ΙΕ	ΙΖ	Μέσος όρος
	Πηγή προέλευσης	Βιολογική διάρκεια ζωής	Οικολογική	Κατανάλωση ενέργειας	Ραδιενέργεια	Ηλεκτρικές ιδιότητες	Θερμικές ιδιότητες	Ακουστικές ιδιότητες	Αντίσταση στα μικροκύματα	Διαπνοή	Υγρασία / Χρόνος	Αφομοίωση	Τοξικές πτητικές ουσίες	Οσμές	Τεστ αντίστασης του δέρματος (ohms)	Βιολογικό τεστ	
ΞΥΛΟ	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ΦΕΛΛΟΣ	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ΑΡΓΙΛΟΣ	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ΚΕΡΙ ΜΕΛΙΣΣΑΣ	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ΤΟΥΒΛΟ	2	3	3	2	2	3	2	3	3	2	1	3	2	3	3	-	2,5
ΑΣΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑ	2	2	3	2	3	3	1	2	-	2	3	2	2	3	2	-	2,3
ΦΥΣΙΚΟ ΛΙΝΕΛΑΙΟ	1	2	3	2	3	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	-	2,3
ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΤΥΠΟΥ PORTLAND	1	0	2	1	0	3	1	2	-	1	2	0	1	3	1	-	1,3
ΠΛΑΚΑ ΑΜΙΑΝΤΟΥ	1	0	0	1	1	-	2	2	0	1	2	3	-	3	1	0	1,2
ΣΥΝΘΕΤΙΚΟΣ ΓΥΨΟΣ	0	0	0	1	0	-	1	2	0	2	2	3	-	3	1	0	1,1
ΓΥΑΛΙ	0	1	1	0	3	0	0	0	-	0	0	3	0	3	3	-	1
ΑΣΦΑΛΤΟΠΑΝΟ	1	0	1	1	3	3	-	-	0	0	0	-	-	0	0	-	0,8
ΠΟΛΥΕΣΤΕΡΑΣ	0	0	0	0	3	0	3	3	0	1	0	3	0	0	0	0	0,8
PVC	0	0	0	0	3	0	1	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0,6
ΣΥΝΘΕΤΙΚΗ ΚΟΛΛΑ	0	0	0	0	3	0	-	-	0	0	0	0	0	3	0	0	0,4
ΒΕΤΑΝΑΜΕ	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0,4
ΣΥΝΘΕΤΙΚΟ ΒΕΡΝΙΚΙ	0	0	0	0	3	0	-	-	-	0	0	-	0	0	0	-	0,3

Υπόμνημα:

0 = Να αποφεύγεται η χρήση του

1 = Δε συνίσταται

2 = Αμφίβολη χρήση

3 = Συνίσταται η χρήση του

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΦΩΤΙΣΜΟΣ

"We were born of light. The seasons are felt through light. We only know the world as it is evoked by light..."

Louis Kahn



Εικ. 6.1: Athens, Hilton, Υδάτινη δεξαμενή κύριας εισόδου [59]

6.1- Φωτισμός και ευεξία ενοίκων

Το φως, φυσικό και τεχνητό, αποτελεί το κύριο μέσο με το οποίο αντιλαμβανόμαστε το περιβάλλον που μας περιβάλλει. Επιπλέον, ορίζει το χώρο, αναδεικνύει τα χρώματα, αποκαλύπτει τις περίπλοκες λεπτομέρειες της υφής και της φόρμας και έχει τη δύναμη να μεταμορφώνει δραματικά την ατμόσφαιρα κάθε εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου.

Η σωστή χρήση του φυσικού φωτισμού με τη μείωση της χρήσης του τεχνητού φωτισμού που προκαλεί συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή αποδοτικότητα, στην οπτική άνεση και στην ευεξία των ενοίκων. Μάλιστα, η μεταβλητότητα και ευαισθησία που παρουσιάζει ο φυσικός φωτισμός τον καθιστά περισσότερο ευχάριστο από το σχετικά μονότονο περιβάλλον που παρέχει ο τεχνητός

φωτισμός. Δηλαδή, απευθύνεται με τρόπο άμεσο και πολυσύνθετο στα ανθρώπινα συναισθήματα. Συγκεκριμένα, η ποιότητα του φωτισμού επιδρά άμεσα στον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε, κινούμαστε, αισθανόμαστε και γενικότερα τον τρόπο που ζούμε και εργαζόμαστε. [59], 95

Πολλοί άνθρωποι, άλλωστε, πιστεύουν ότι ο φυσικός φωτισμός φαίνεται να έχει ισχυρή ψυχολογική και φυσιολογική επίδραση πάνω στον άνθρωπο. Ένας ικανός αριθμός μελετητών υποστηρίζει ότι όντως τα ανθρώπινα όντα έχουν μια βασική ανάγκη για παράθυρα στα κτίρια, καθώς αυτό είναι ένα μέσον για να διατηρήσουν την επαφή τους με το έξω, το ζωντανό περιβάλλον.

Ο φυσικός φωτισμός δημιουργεί μια δυναμική ποιότητα του χώρου που δεν μπορούν να το κατορθώσουν άλλα σχεδιαστικά στοιχεία, παρέχει μια αίσθηση καλής διάθεσης και ζωνρότητας που έχει θετική επίδραση στους ανθρώπους μέσα στο κτίριο. [20,49]

Συγκεκριμένα:

- ✓ Έρευνες έχουν δείξει ότι ο οργανισμός χρησιμοποιεί την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και κυρίως το φωτισμό για να επαναρυθμίσει τους κύκλους των περιοδικών του λειτουργιών, ώστε αυτοί να έχουν 24ωρη διάρκεια, όπως και η ημέρα (κυρκαδιανόι ρυθμοί).
- ✓ Η έκθεση σε υψηλές τιμές φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας βελτιώνει την διάρκεια και ποιότητα του ύπνου.
- ✓ Η έκθεση σε υψηλές τιμές φωτισμού μειώνει τα συμπτώματα της εποχιακής κατάθλιψης.
- ✓ Οι εργαζόμενοι σε γραφεία με αρκετό φυσικό φως είναι αποδοτικότεροι σε σχέση με συναδέλφους τους σε γραφεία με λίγο φυσικό φως
- ✓ Μελέτες από το Κολέγιο Οπτομετρίας της Βόρειας Καλιφόρνια των ΗΠΑ απέδειξαν, ότι η χρήση φυσικού φωτισμού μειώνει ή εξαλείφει την κοπιωπία, μια σύγχρονη πάθηση που ταλαιπωρεί όλο και περισσότερους εργαζόμενους τα τελευταία χρόνια. Η κοπιωπία αποτελεί μια παροδική κατάσταση που πλήττει τα μάτια όσων εργάζονται κυρίως μπροστά σε κάποιο ηλεκτρονικό υπολογιστή. Το σύμπτωμά της είναι η θόλωση της όρασης, που ευτυχώς διαρκεί λίγο, αρκεί ο πάσχων να εστιάσει σε σημείο διαφορετικό από εκείνο της οθόνης του.

6.2- Φωτισμός και εξοικονόμηση ενέργειας

Η χρήση του φυσικού φωτισμού επηρεάζει την κατανάλωση ενέργειας ενός κτιρίου άμεσα και έμμεσα. Άμεσα την επηρεάζει, όταν το φυσικό φως αντικαθιστά εν μέρει τον τεχνητό φωτισμό και άρα μειώνει τη δαπανώμενη ηλεκτρική ενέργεια. Έμμεσα την επηρεάζει με δύο τρόπους. Αφενός, μεγαλύτερες επιφάνειες υαλοστασίων (άρα περισσότερο φυσικό φως) μπορεί να συνεπάγονται, ανάλογα με το είδος των κουφωμάτων (απλοί, μονοί, ενεργειακοί ή low-e υαλοπίνακες περισσότερες θερμικές απώλειες το χειμώνα και περισσότερα θερμικά κέρδη το καλοκαίρι, αφού αυξάνεται ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας των εξωτερικών τοίχων. Αφετέρου, συχνά η διείσδυση φυσικού φωτός στο εσωτερικό ενός κτιρίου συνεπάγεται και την είσοδο ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία άλλοτε είναι επιθυμητή και άλλοτε όχι. Κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης, όταν είναι επιθυμητή, εξοικονομείται ενέργεια, λόγω της αύξησης των ηλιακών προσόδων, ενώ, κατά τη διάρκεια της περιόδου δροσισμού, οπότε και είναι ανεπιθύμητη, συνεπάγεται αυξημένη λειτουργία των κλιματιστικών μονάδων, λόγω των αυξημένων θερμικών φορτίων.

Η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνουν τα κτίρια για φωτισμό είναι σημαντική και εξαρτάται από τη χρήση του κτίσματος, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του, τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής και την συμπεριφορά των χρηστών. Από μελέτη προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε, προέκυψε ότι η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για το φωτισμό ενός γραφείου 54 τ.μ. αποτελεί περίπου το 35% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας (για θέρμανση, δροσισμό και φωτισμό) είτε ο χώρος βρίσκεται στην Αθήνα, είτε στο Λονδίνο, είτε στην Κοπεγχάγη.

Η αντικατάσταση του τεχνητού φωτισμού από φυσικό μπορεί να αποφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας (της τάξης του 30%) όταν η ένταση των λαμπτήρων αυξομειώνεται σε σχέση με τα διαθέσιμα επίπεδα φυσικού φωτισμού στο χώρο. [20]

Εκτός αυτού, μια επαγγελματική μελέτη φωτισμού μπορεί να εξοικονομήσει χρόνο και χρήμα για λογαριασμό του χρήστη, με τον σχεδιασμό και την υλοποίηση καινοτόμων ενεργειακά αποδοτικών λύσεων που παράλληλα αναδεικνύουν ολοκληρωμένα την αρχιτεκτονική, τη λειτουργία και τη λειτουργικότητα του κάθε χώρου. Δηλαδή, ο ενεργειακά αποδοτικός φωτισμός σημαίνει τόσο αντικατάσταση των ενεργοβόρων λαμπτήρων, όσο και ολοκληρωμένη μελέτη για την κατάλληλη επιλογή και χωροθέτηση των πηγών φωτός, των φωτιστικών σωμάτων, καθώς και του συστήματος ελέγχου τους, για μια συγκεκριμένη δραστηριότητα.

Αναμφίβολα, ο φυσικός φωτισμός μπορεί να μειώσει την ανάγκη για ηλεκτρικό φως σε ένα κτίριο, αλλά αυτό δε σημαίνει ότι αντικαθιστά το ηλεκτρικό φως. Σημαίνει ότι το ηλεκτρικό φως δεν πρέπει να χρησιμοποιείται, όταν εμφανίζεται φυσικός φωτισμός σε επαρκείς ποσότητες. Γι' αυτό είναι απαραίτητη και στρατηγική του ελέγχου του ηλεκτρικού φωτισμού, μέσω ενός συστήματος συνεργασίας φυσικού και ηλεκτρικού φωτισμού. [59]

6.3- Φυσικός φωτισμός

6.3.1- Αρχές, συστήματα και τεχνικές Φυσικού φωτισμού

Ο φυσικός φωτισμός συνεχώς αλλάζει στην ένταση του και το χρώμα του, κατά την διάρκεια της ημέρας, από μέρα σε μέρα, από εποχή σε εποχή. Επειδή κινείται, αλλάζει χαρακτήρα και ποικίλει με τον καιρό, προσδίδει στα κτίρια μια ζωντανή ποιότητα που είναι ακατόρθωτη με άλλα σχεδιαστικά στοιχεία.

Η χρήση του φυσικού φωτισμού στα κτίρια πρέπει να βασίζεται στην κατανόηση της επίπτωσής του σε όλες τις όψεις του σχεδιασμού, κατασκευής και χρησιμότητας του κτιρίου. Ο φυσικός φωτισμός επηρεάζει την λειτουργική ταξινόμηση του χώρου, την άνεση (οπτική και θερμική), την δομή και την χρησιμότητα της ενέργειας στα κτίρια, τον τύπο και την χρησιμότητα του ηλεκτρικού φωτισμού, καθώς και την συνεργασία των συστημάτων ελέγχου. Κάθε κτίριο έχει διαφορετικές απαιτήσεις, ανάγκες και περιορισμούς: πολλοί λόγοι οδηγούν στην επιλογή του φυσικού φωτισμού ως βασική πηγή φωτισμού.

Ανάμεσα σε αυτούς είναι [59]:

1. Η έκτακτη ποιότητα του φωτισμού
2. Η σπουδαιότητα του φυσικού φωτισμού ως σχεδιαστικό στοιχείο
3. Η αναντικατάστατη θέα (τα ανοίγματα του φυσικού φωτισμού καθορίζουν οπτικά κανάλια επικοινωνίας με τον εξωτερικό χώρο)
4. Η χρησιμοποίηση των ανοιγμάτων του φυσικού φωτισμού ως εξόδων φωτιάς σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης
5. Η διατήρηση της ενέργειας που προκύπτει από τη χρησιμοποίηση του φυσικού φωτισμού ως πρωταρχικού ή δευτερεύοντος φωτιστικού
6. Η μειωμένη κατανάλωση ενέργειας και απαίτησης αιχμής και άρα η εξοικονόμηση χρημάτων που προκύπτει από την χρήση φυσικού φωτισμού
7. Το ανεπαίσθητο κόστος στην κατασκευή
8. Η ευκαιρία να αναπτυχθεί συνεργασία μεταξύ κατασκευαστικών και μηχανικών συστημάτων
9. Τα ψυχολογικά και φυσιολογικά κέρδη που δεν μπορούν να αποκτηθούν με ηλεκτρικό φως ή με κτίρια χωρίς παράθυρα.

Ο φωτισμός του εσωτερικού χώρου ενός κτιρίου θα πρέπει να ικανοποιεί τρεις βασικές λειτουργίες:

1. να εξασφαλίζει την ασφάλεια των ατόμων που τον χρησιμοποιούν,
2. να διευκολύνει την απόδοση στην εκτέλεση του τμήματος εκείνου της εργασίας τους που εξαρτάται από την απρόσκοπτη χρήση της όρασής τους,
3. να βοηθά στην δημιουργία ενός καταλλήλου εσωτερικού περιβάλλοντος φωτισμού (ποσότητα, διανομή, κατεύθυνση και ποιότητα φωτός) ανάλογο με τη λειτουργία.

Ο βέλτιστος συνδυασμός φυσικού και τεχνητού φωτισμού προσφέρει δύο δυνατότητες: Κατά πρώτον εξοικονόμηση ενέργειας λόγω της ορθολογικής συνύπαρξης φυσικού-τεχνητού φωτός και κατά δεύτερον ψυχολογικά οφέλη στους χρήστες των εσωτερικών χώρων. Οι δύο αυτές δυνατότητες είναι άμεσα συνδεδεμένες μιας και ο φυσικός φωτισμός ανταποκρίνεται καλύτερα στο «ανθρώπινο» κόστος του φωτισμού. Η ικανοποίηση του χρήστη, η παραγωγικότητα του και η αίσθηση πως εργάζεται κάτω από συνθήκες με υψηλές προδιαγραφές έχουν άμεση σχέση με την ποιότητα του φωτισμού του εσωτερικού χώρου και τον βαθμό ελέγχου και ευελιξίας που ο τελευταίος παρέχει. Τα υπάρχοντα οικονομικά μοντέλα αδυνατούν να περιγράψουν και κατά συνέπεια να εκτιμήσουν με ακρίβεια τη χρήση του φυσικού φωτισμού στον κτιριακό σχεδιασμό, δηλαδή τη σχέση της παροχής ποιοτικά καλύτερου περιβάλλοντος εργασίας και της απόδοσης των εργαζομένων. Για παράδειγμα, στη περίπτωση των σχολικών κτιρίων το παραπάνω επιχείρημα είναι περισσότερο εμφανές. Αρκετές μελέτες έχουν αποδείξει πως υπάρχει άμεση σχέση ανάμεσα στον ανεπαρκή φωτισμό των σχολικών αιθουσών και στα προβλήματα όρασης που παρουσιάζουν οι μαθητές (ιδίως μυωπία). Σε αυτή, λοιπόν, την περίπτωση είναι αβάσιμη η χρήση οικονομικού μοντέλου προσδιορισμού κόστους για να εκτιμηθούν τα υπέρ και τα κατά της παροχής ενός καλύτερου φωτισμού. [45]

Ένα αποδοτικό σύστημα φυσικού φωτισμού συγκροτείται από έναν αριθμό στοιχείων, τα περισσότερα από τα οποία πρέπει να ενσωματωθούν στη μελέτη του κτιρίου κατά το αρχικό στάδιο της. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί αν ληφθούν υπόψη όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν την επίπτωση του φυσικού φωτισμού στο κτίριο, οι οποίοι είναι [95]:

- Ο προσανατολισμός, η οργάνωση και η γεωμετρία των χώρων που πρόκειται να φωτιστούν.

- Η εγκατάσταση, το σχήμα και οι διαστάσεις των ανοιγμάτων, μέσω των οποίων θα περάσει το φως της μέρας.
- Η θέση και οι ιδιότητες της επιφάνειας των εσωτερικών χωρισμάτων που ανακλούν το φυσικό φως και επηρεάζουν τη διανομή του.
- Η θέση, το σχήμα και οι διαστάσεις των κινητών ή μόνιμων διατάξεων που παρέχουν προστασία από το υπερβολικό φως και τη θάμβωση.
- Το φως και τα θερμικά χαρακτηριστικά των υλικών των υαλοστασίων.

Για την αξιοποίηση του φωτισμού προς όφελος του κτιρίου με στόχο την επίτευξη οπτικής άνεσης θα πρέπει, μέσω των κατάλληλων συστημάτων και τεχνικών, να εξασφαλίζεται στους εσωτερικούς λειτουργικούς χώρους επαρκής ποσότητα (στάθμη φωτισμού), αλλά και ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν φαινόμενο θάμβωσης. Το φαινόμενο της θάμβωσης αναφέρεται στις ενοχλήσεις που δέχεται ο ευρισκόμενος σε ένα χώρο, είτε από υψηλές τιμές λαμπρότητας, είτε από μεγάλες διαφορές λαμπρότητας μέσα στο οπτικό του πεδίο. Η θάμβωση διακρίνεται σε άμεση και έμμεση. Την άμεση θάμβωση προκαλούν τα φωτιστικά σώματα ή οι επιφάνειες του φωτιζόμενου χώρου. Την έμμεση θάμβωση οι απεικονίσεις των φωτεινών πηγών σε στιλπνές επιφάνειες, στις οποίες τυχαία κατευθύνεται το βλέμμα. Από τη θάμβωση έχουμε μείωση της διακριτικής ικανότητας και συχνά προκαλείται κόπωση και πονοκέφαλος. [59]

Τόσο η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται από τα γεωμετρικά στοιχεία του χώρου και των ανοιγμάτων, αλλά και από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα/υφή) και των υαλοπινάκων (φωτοδιαπερατότητα: ανακλαστικότητα). Σύστημα φυσικού φωτισμού νοείται το σύνολο:

- ♦ ΥαλοΠιν. ή άλλο φωτοδιαπερατό στοιχείο
- ♦ Πλαίσιο
- ♦ Διάταξη σκιασμού (είτε δομικό στοιχείο είτε άλλο)

Οι διάφορες τεχνικές εφαρμοζόμενες στο σύστημα ή και στον εσωτερικό χώρο αυξάνουν την απόδοση του συστήματος και βελτιώνουν τις συνθήκες οπτικής άνεσης. Οι βασικότερες τεχνικές φυσικού φωτισμού είναι:

1. Κατακόρυφα ανοίγματα (παράθυρα - φεγγίτες) κατάλληλων γεωμετρικών διαστάσεων
2. Ανοίγματα οροφής
3. Αίθρια
4. Φωταγωγοί
5. Ειδικοί Υαλοπίνακες
6. Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά
7. Διαφανή μονωτικά υλικά
8. Ράφια φωτισμού-ανακλαστήρες, περσίδες
9. Σκίαστρα

Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός τόσο των χώρων, όσο και των συστημάτων φωτισμού (ανοιγμάτων) θα πρέπει να εξασφαλίζει τις επιθυμητές στάθμες φωτισμού, την απαιτούμενη θέα προς το εξωτερικό περιβάλλον (και την ανάδειξη των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών στοιχείων, κατά το δοκούν),

πάντοτε σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες απαιτήσεις του ενεργειακού σχεδιασμού για θερμική άνεση και ποιότητα αέρα. [40]

Η διείσδυση και η κατανομή του φυσικού φωτισμού σε έναν χώρο εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος και την τοποθέτηση των ανοιγμάτων, τον τύπο του υαλοστασίου που χρησιμοποιείται, την διαμόρφωση του χώρου και της ανακλάσεις που προκαλούνται από τοίχους, οροφές και άλλες επιφάνειες. Η ένταση του εσωτερικού φωτισμού και ο παράγοντας του φυσικού φωτισμού (daylight factor) μειώνονται με την απόσταση από τα ανοίγματα και επίσης επηρεάζονται από τα ύψη του ανωφλίου και του πάνω μέρους του παραθύρου. [5]

6.3.2- Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία

Τα κατακόρυφα ανοίγματα που παρέχουν τόσο την εισροή φυσικού φωτισμού όσο και τη δυνατότητα θέασης του εξωτερικού περιβάλλοντος (παράθυρα θέασης) αποτελούν τις πιο συνηθισμένες εφαρμογές φωτισμού των κτιρίων. Τα επίπεδα φωτισμού μειώνονται αρκετά γρήγορα όσο μεγαλώνει η απόσταση από το παράθυρο. Ένας προσεγγιστικός κανόνας είναι, ότι ο χρήσιμος φυσικός φωτισμός θα φθάσει σε μια απόσταση 2.5 φορές την απόσταση από την κορυφή του παραθύρου μέχρι το επίπεδο εργασίας. Συνιστάται η χρήση εξωτερικών συσκευών σκίασης ή κατάλληλης διαμόρφωσης του περιβάλλοντος, για μείωση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας και της λαμπρότητας. Εάν αυτό δεν είναι εφικτό, τότε γίνεται χρήση υαλοπινάκων μικρότερης διαπερατότητας, ανάλογης με τον προσανατολισμό του ανοίγματος (40% περίπου διαπερατότητα για νότια παράθυρα, 30% για ανατολικά ή δυτικά και 85% για βόρεια). Γενικώς, η φωτοδιαπερατότητα των παραθύρων θέασης δεν πρέπει να μειώνεται κάτω από 30% σε κλίματα, όπου επικρατούν συνθήκες καθαρού ουρανού ή κάτω από 50% σε κλίματα όπου επικρατούν συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού. Επίσης, για νότιο, ανατολικό ή δυτικό προσανατολισμό, γίνεται προσθήκη ενός εσωτερικού μέσου σκίασης (περσίδες, κουρτίνες), ενώ προτιμάται η βαφή των παρακείμενων τοίχων με φωτεινά χρώματα, για μείωση της έντονης αντίθεσης φωτεινότητας μεταξύ αυτών και των παραθύρων. [59]



Εικ.6.2: Άνοιγμα σε κατακόρυφη τοιχοποιία [87]

6.3.3- Ανοίγματα οροφής

Τα ανοίγματα οροφής αποτελούν ειδική κατηγορία συστημάτων φυσικού φωτισμού, καθώς παρουσιάζουν ορισμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με τα ανοίγματα στην τοιχοποιία:

- ✓ Παρέχουν μεγάλη ποσότητα διάχυτου φως από τον ουράνιο θόλο (προτιμάται έναντι του άμεσου φωτός)
- ✓ Συντελούν, λόγω της θέσης τους, στην ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτός μέσα στους χώρους

Συγκεκριμένα, τα ανοίγματα οροφής παρέχουν φυσικό φωτισμό από την οροφή, μέσω ενός γραμμικού φεγγίτη (skylight ή monitor), φωτίζοντας έναν εσωτερικό τοίχο. Ο φυσικός φωτισμός διαχέεται εντός του κτιρίου μέσω υαλοπινάκων διάχυσης, διαφραγμάτων ή ανακλάσεων. Συνιστάται εν γένει να υπάρχει σύστημα ηλιοπροστασίας /εκτροπής του άμεσου φωτός, όπως ανακλαστήρες, περσίδες, ή κινητά πετάσματα. Τα συστήματα αυτά, ανάλογα με τον τύπο του ανοίγματος μπορεί να είναι εξωτερικά ή εσωτερικά. Η τελική επιλογή ενός τέτοιου συστήματος γίνεται με κριτήρια που αφορούν τη συνολική ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και την οικονομικότητά τους.

Τα ανοίγματα οροφής μπορούν να προσφέρουν σημαντικές ποσότητες φωτισμού ανεξάρτητα των μετεωρολογικών συνθηκών. Όταν ο ουρανός καλύπτεται σύννεφα, τα ανοίγματα παρέχουν ομογενή φωτισμό. Όταν ο ουρανός είναι αίθριος η κατανομή εξαρτάται από το προσανατολισμό των ανοιγμάτων. Τα βόρεια προσανατολισμένα ανοίγματα παρέχουν μια ομαλή κατανομή φυσικού φωτός, ενώ τα νότια επιτρέπουν την άμεση ηλιακή ακτινοβολία στο εσωτερικό του κτιρίου.

Τα οριζόντια ανοίγματα οροφής έχουν το μειονέκτημα ότι δέχονται μεγαλύτερη ηλιακή πρόπτωση το καλοκαίρι από ότι το χειμώνα και για το λόγο αυτό συχνά συνιστώνται κατακόρυφα ή κεκλιμένα ανοίγματα στην οροφή, σε συνδυασμό με διατάξεις σκιασμού. [14, 40]



Εικ.6.3: Ανοίγματα οροφής [27]

6.3.4- Αίθρια

Ηλιακά αίθρια είναι οι εσωτερικοί χώροι του κτιρίου, οι οποίοι έχουν στην οροφή τους τζάμι και λειτουργούν, όπως τα θερμοκήπια. Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από το γυάλινο στοιχείο της οροφής, συσσωρεύεται στον εσωτερικό χώρο του αιθρίου και μέρος της μεταφέρεται στους περιβάλλοντες εσωτερικούς χώρους του κτιρίου ή των κτιρίων μέσω των ανοιγμάτων τους, ενώ μέρος αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία. Στην ουσία, πρόκειται για μία μεγάλη τρύπα μέσα στον όγκο του κτιρίου, δηλαδή περιβάλλεται από χώρους ή έστω, είναι ένας γραμμικός χώρος που έχει χώρους δεξιά και αριστερά. Το αίθριο μπορεί να είναι από πάνω ανοιχτό ή κλειστό με υαλοστάσια. Επίσης, μπορεί να συμβάλει στην καλή λειτουργία του κτιρίου και κατά τη θερμή περίοδο, αφού μέσω κατάλληλων ανοιγμάτων στην οροφή δημιουργείται ανοδική κίνηση του αέρα (φυσικός ελκυσμός) και άρα ενισχύεται ο φυσικός δροσισμός των χώρων του κτιρίου που βρίσκονται γύρω από αυτό.



Εικ.6.4: Πυραμιδοειδής κάλυψη σε αίθριο κατοικίας [66]

Τα αίθρια στο εσωτερικό ενός κτιρίου, ιδιαίτερα σε κτίρια μεγάλης επιφάνειας, συμβάλλουν στην βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, επιτρέποντας την είσοδο του φωτός στις κεντρικές ζώνες του κτιρίου με παράλληλη αύξηση της στάθμης του στους διάφορους χώρους. Επίσης, βοηθούν στην ομοιογενή κατανομή διάχυτου φωτός που προέρχεται από το ουράνιο θόλο και τις επάλληλες ανακλάσεις στο εσωτερικό τους, με αποτέλεσμα την αποφυγή της ανεπιθύμητης εμφάνισης του φαινομένου της θάμβωσης. Εξασφαλίζουν, δηλαδή καλή οπτική άνεση για ένα κτίριο. Η στάθμη φωτισμού των διάφορων χώρων καθορίζεται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αιθρίου, την ανακλαστικότητα των επιφανειών (τοιχών- δαπέδων) και τα οπτικά χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων που βρίσκονται στους χώρους που περιβάλλουν το αίθριο ή και στην οροφή. Γι' αυτό οι επιδράσεις των εν λόγω χαρακτηριστικών θα πρέπει να συνυπολογίζονται κατά το σχεδιασμό των αιθρίων στην οπτική άνεση των εσωτερικών χώρων, σε συνδυασμό πάντα με την επίδρασή τους στη συνολική ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου.

Το αίθριο, λοιπόν, παρέχει φωτισμό και θέα και σε παρακείμενους χώρους, αποτελώντας παράλληλα έναν φωτεινό χώρο προστατευμένο απ' την βροχή. Έχει, όμως και μειονεκτήματα, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται η πιθανότητα θερμικής ενόχλησης (κατά την θερινή περίοδο) και η ενεργειακή κατανάλωση (αν θερμαίνεται ή ψύχεται). Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, δηλαδή για

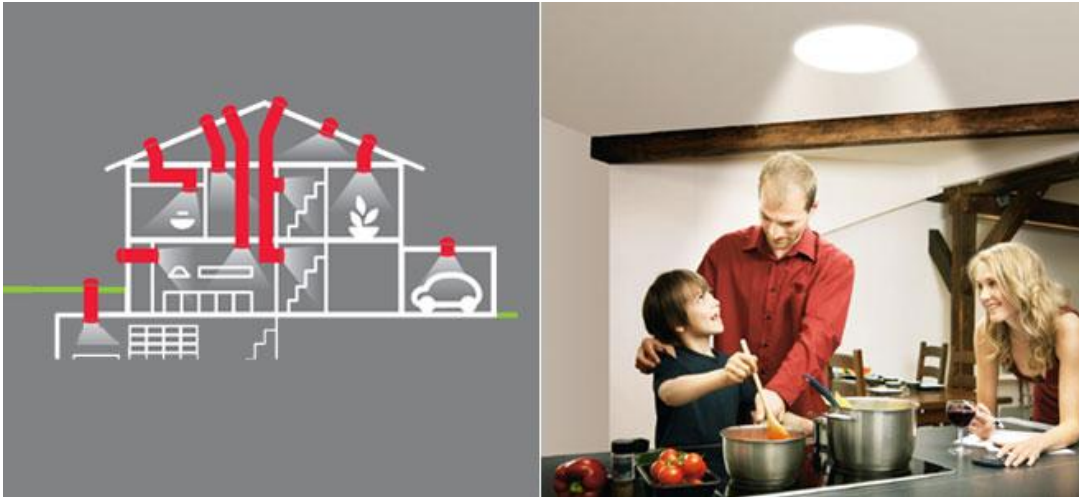
να αποτραπεί υπερβολική απώλεια θερμότητας το χειμώνα και υπερθέρμανση το καλοκαίρι, απαιτείται αερισμός του αιθρίου μέσω ανοιγμάτων στη γυάλινη οροφή (θα πρέπει περίπου το 20% της επιφάνειας της οροφής τους να μπορεί να ανοιχθεί), πλήρης σκιασμός, ενώ το πλάτος ενός μονώροφου αιθρίου να μην υπερβαίνει τα 7 m. [14, 40]



Εικ.6.5: Αίθριο σε κατοικίες στην Κόστα Ρίκα και την Καλιφόρνια αντίστοιχα. [86]

6.3.5- Φωτοσωλήνες

Οι φωτοσωλήνες είναι κενοί σωλήνες (light pipes) διαμέτρου περίπου 0,5 m, που μεταφέρουν το φυσικό φως από άνοιγμα που βρίσκεται στην οροφή ενός κτίσματος στο εσωτερικό του κτηρίου. Η εσωτερική επιφάνειά τους είναι κατασκευασμένη από υψηλά ανακλαστικό υλικό ικανό να ανακλάσει το φως σε μεγάλο βαθμό. Μπορεί, επίσης, να έχει αμφίκυρτους φακούς για να διατηρείται συγκεντρωμένη η φωτεινή δέσμη, παρόλο που κάθε τέτοιος φακός ενδέχεται να προκαλεί μια μικρή απώλεια φωτός. Μέσα από ένα φωτοσωλήνα με αδιαφανή τοιχώματα, η δέσμη φωτός οδηγείται στο σημείο του εσωτερικού χώρου που έχουμε επιλέξει και εξέρχεται μέσα τον φακό ή το φωτιστικό σώμα που είναι τοποθετημένο στην απόληξη του φωτοσωλήνα. Αν ο φωτοσωλήνας έχει διαφανή τοιχώματα, καθίσταται γραμμική φωτεινή πηγή σε όλο το μήκος του.



Εικ.6.6: Φωτισμός χώρου με φυσικό φως μέσω φωτοσωλήνα [81]

Για να μεταφέρεται κατά το μέγιστο η φωτεινή δέσμη, πρέπει να προσπίπτει κάθετα στη διατομή του φωτοσωλήνα. Αν οι άξονες δέσμης-φωτοσωλήνα αποκλίνουν έστω και ελάχιστα προκαλούνται πολλαπλές αντανάκλασεις στα τοιχώματά του και άρα εξασθένιση της δέσμης. Στην περίπτωση αυτή, ο φωτοσωλήνας πρέπει να είναι μικρού μήκους και μεγάλης διατομής.

Υπάρχουν φωτοσωλήνες από μέταλλο και άκαμπτα πλαστικά, κυρίως ακρυλικό. Στο εσωτερικό τους μπορούν να υπάρχουν γυάλινες ή πλαστικές οπτικές ίνες, οι οποίες συμβάλλουν στην αποτελεσματική μεταφορά του φωτός, ανάλογα με την γωνία πρόσπτωσης της φωτεινής δέσμης και με το μήκος κύματος του φωτός.

Οι φωτοσωλήνες εφαρμόστηκαν σε χιλιάδες σπίτια εδώ και δεκαετίες και επιχειρήσεις γνωρίζοντας μεγάλη ανάπτυξη κυρίως σε Αμερική και Αυστραλία. Στην Ευρωπαϊκή αγορά έχουν μια δεκαετία που παρουσιάστηκαν κερδίζοντας αμέσως σημαντικό μερίδιο της αγοράς συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας και πιο συγκεκριμένα των συστημάτων φυσικού φωτισμού. Στην Ελλάδα, χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο, αποτελώντας έξυπνη λύση σε χώρους κατοικίας με ανεπαρκή φωτισμό, όπως υπόγεια, σοφίτες, play rooms, garage, αποθήκες, διαδρόμους και προθαλάμους-εισόδους. [16, 81]

Στα πλεονεκτήματα των φωτοσωλήνων περιλαμβάνονται:

- ✓ Ελαχιστοποίηση μεταφοράς θερμότητας στο εσωτερικό σε αντίθεση με άλλες μεθόδους φυσικού φωτισμού
- ✓ Εξοικονόμηση ενέργειας ακόμα και τη νύκτα, καθώς μπορεί να διαθέτουν ειδικό σύστημα χρήσης ηλεκτρικού λαμπτήρα χαμηλής κατανάλωσης ή τύπου Led, το οποίο εγκαθίσταται εσωτερικά του συστήματος για λειτουργία κατά τη διάρκεια των νυκτερινών ωρών
- ✓ Ευκολία και ταχύτητα εγκατάστασης
- ✓ Μεγάλη διάρκεια ζωής, μακρόχρονη και απροβλημάτιστη
- ✓ Μηδενικό κόστος λειτουργίας και συντήρησης
- ✓ Το ότι είναι φιλικά συστήματα προς το περιβάλλον

6.3.6- Φωταγωγοί

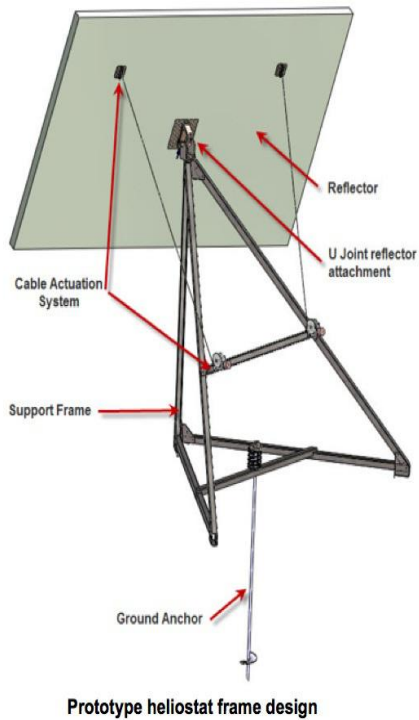
Παραλλαγή των φωτοσωλήνων είναι οι φωταγωγοί (light ducts), οι οποίοι είναι αγωγοί που διαπερνούν το κτίριο κάθετα, ώστε να μεταδίδεται το φως σε όλους τους ορόφους. Συνηθέστερα, συνδυάζονται με ηλιοστατικούς καθρέφτες που ανακλούν το φως μέσα στον αγωγό, το οποίο μετά διαχέεται μέσω μιας σειράς από διαχυτικά τζάμια, κατάλληλης γεωμετρίας. Είναι δύσκολο, ωστόσο, να προσαρμοστούν σε υφιστάμενο κτίριο, λόγω των αλλαγών που χρειάζονται να γίνουν για τα ανοίγματα. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται μόνο σε καινούρια κτίρια. [40]



Εικ.6.7: Φωταγωγός με ενεργειακά υαλοπετάσματα [106]

6.3.7- Ηλιοστάσια

Τα ηλιοστάσια (heliostat) είναι συστήματα κατόπτρων και φακών που τοποθετούνται στα δώματα των κτιρίων, συλλέγουν και συγκεντρώνουν το φυσικό φως. Η θέση κατόπτρων και φακών ρυθμίζεται ανάλογα με την διεύθυνση του φυσικού φωτός, έτσι ώστε να συλλέγεται η μέγιστη ποσότητα φυσικού φωτός, ανάλογα με την εποχή του έτους και την ώρα της ημέρας. Το φυσικό φως συγκεντρώνεται σε δέσμη και κατευθύνεται προς την είσοδο ενός φωτοσωλήνα ή ενός φωταγωγού, δια μέσου του οποίου μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο του κτηρίου. [14, 40]



Εικ.6.8 Αυθεντικό πλαίσιο σχεδιασμού ηλιοστάτη [99]

Εικ.6.8: Ηλιοστάτης [57]

6.3.8- Ειδικοί υαλοπίνακες

Στον σωστό φωτισμό των κτιρίων και παράλληλα στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση, ψύξη, στην βελτίωση των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης που διαμορφώνονται στους εσωτερικούς χώρους μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά η χρήση βελτιωμένων ειδικών υαλοπινάκων, με τις παραπάνω ιδιότητες να είναι σταθερές, μεταβαλλόμενες (ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες) ή ρυθμιζόμενες.

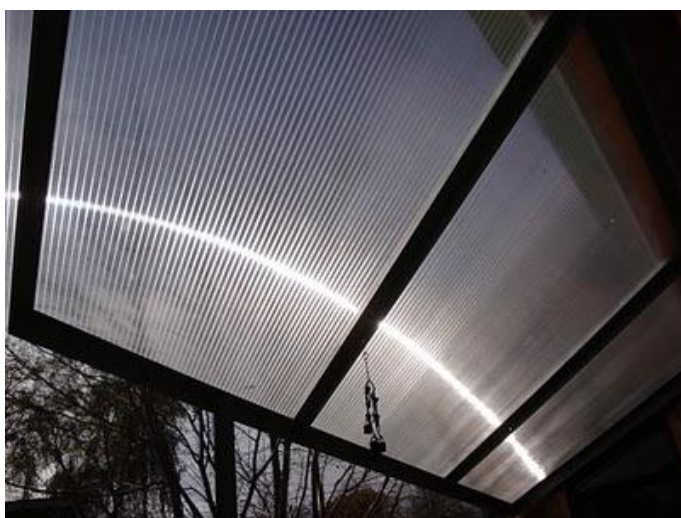


Εικ.6.9: Κατασκευή με ειδικούς υαλοπίνακες [90]

Παρότι δεν μπορούμε να τα εφαρμόσουμε στο μοντέλο της παραδοσιακής κατοικίας που θα μελετήσουμε, αναφέρονται, μορφολογικά, οι υπόλοιπες τεχνικές αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού:

6.3.9- Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά

Τα πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά είναι στοιχεία που διαθλούν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και αναλόγως της κατασκευής τους μπορούν είτε να της αλλάξουν κατεύθυνση, είτε να αποκλείσουν τελείως την είσοδο της. Τοποθετούνται στο κέλυφος του κτιρίου, ή μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων. Εν γένει είναι ημιδιαφανή και άρα δεν συνιστώνται εκεί που είναι επιθυμητή η θέα προς τα έξω.



Εικ.6.10: Πρισματικό φωτοδιαπερατό υλικό [60]

Στην κατηγορία των πρισματικών φωτοδιαπερατών υλικών ανήκουν οι πρισματικοί ακριλικοί υαλοπίνακες, που αποτρέπουν την είσοδο των ηλιακών ακτινών με κατάλληλο προσανατολισμό. Για καλύτερη ηλιοπροστασία, είναι απαραίτητη η ρύθμιση της κλίσης τους ανάλογα με το ύψος του ήλιου.

Μια ειδική κατηγορία αποτελούν οι ασύμμετροι υαλοπίνακες (τα στοιχειώδη πρίσματά τους δεν έχουν όμοιες πλευρές), οι οποίοι έχουν την ιδιότητα να αλλάζουν την διεύθυνση των ηλιακών ακτινών, με σκοπό τη βελτίωση της οπτικής άνεσης. [14, 40]

6.3.10- Διαφανή μονωτικά υλικά

Είναι φωτοδιαπερατά υλικά υψηλής θερμομονωτικής ικανότητας που αντικαθιστούν τμήμα της εξωτερικής τοιχοποιίας. Λειτουργούν, όπως τα πρότυπα μονωτικά υλικά, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπουν τη διέλευση του φωτός δια μέσου αυτών. Η διαφανής μόνωση είναι γενικώς διαχυτική και έχει πολύ καλές οπτικές ιδιότητες συνδυάζοντας θερμομονωτικές ικανότητες μιας τοιχοποιίας (είναι 2-3 φορές υψηλότερη θερμομονωτικής ικανότητας από τους διπλούς υαλοπίνακες).

Η διαφανής μόνωση μπορεί να τοποθετηθεί σε τοίχους ή και οροφές. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες διαφανών μονωτικών υλικών, τα οποία τοποθετούνται μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων ή πλαστικών φύλλων.

Η φωτδιαπερατότητα των διαφανών υλικών κυμαίνεται μεταξύ 45%- 80% (με μια μείωση της τάξης του 8% για κάθε φύλλο υαλοπίνακα). [40]

Το κόστος αυτών των υλικών προς το παρόν είναι σχετικά υψηλό, ενώ απαιτούνται ορισμένες βελτιώσεις, για να διατηρούνται οι αποδόσεις και οι θερμοοπτικές ιδιότητες των υλικών, καθώς και η διάρκεια ζωής τους. Σε υφιστάμενα κτίρια , πάντως, μπορεί να τοποθετηθεί πάνω από υπάρχουσα τοιχοποιία, όπως γίνεται και με την προσθήκη της συνήθους θερμομόνωσης. [14]



Εικ.6.11: Βιοκλιματική κατοικία στο Βέλγιο- Διάφανο κουτί [52]

6.3.11- Ράφια φωτισμού

Τα ράφια φωτισμού (light shelves) –συνήθως χρησιμοποιούνται σε γραφειακούς και εκπαιδευτικούς χώρους. Πρόκειται για επίπεδα ή καμπύλα σταθερά στοιχεία, με ανακλαστική επιφάνεια, που στερεώνονται στα πλαίσια των ανοιγμάτων και κατευθύνουν την προσπίπτουσα ακτινοβολία προς τις εσωτερικές επιφάνειες του κτιρίου. Μπορεί να είναι είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά. Σκοπό έχουν να μειώσουν το επίπεδο φωτισμού κοντά στο παράθυρο και να το αυξήσουν στο πίσω μέρος του χώρου, δηλαδή να εξασφαλίζουν την ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτός, στοιχείο απαραίτητο, π.χ. σε εργασιακούς χώρους. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά στις νότιες όψεις, αφού με την μείωση των επιπέδων φωτισμού κοντά στο παράθυρο αποφεύγεται το φαινόμενο της θάμβωσης.

Για την αποτελεσματική λειτουργία τους απαιτείται υψηλή ανακλαστικότητα της οροφής του χώρου, καθώς και η εφαρμογή του πρακτικού κανόνα ότι το μήκος του ραφίου πρέπει να είναι περίπου ίσο με το ύψος του παραθύρου, στο οποίο βρίσκεται επάνω, ενώ το υλικό του να έχει υψηλό συντελεστή ανάκλασης.

Τα εξωτερικά ράφια φωτισμού είναι πιο αποτελεσματικά από τα εσωτερικά, ενώ ο συνδυασμός τους επιφέρει ακόμη μεγαλύτερη απόδοση στο σύστημα.[40]



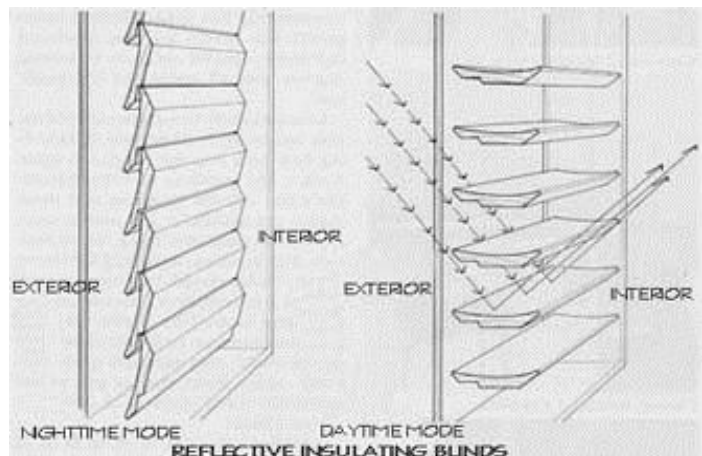
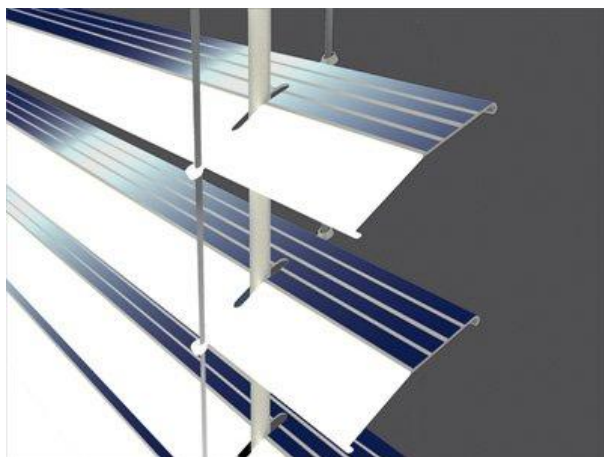
Εικ.6.12: Ράφια φωτισμού [93]

6.3.12- Ανακλαστικές περσίδες

Πρόκειται για στοιχεία, μικρού μεγέθους, από ανακλαστικό υλικό που καλύπτουν ολόκληρη ή μέρος της επιφάνειας του ανοίγματος. Τοποθετούνται υπό κλίση στην εσωτερική ή την εξωτερική επιφάνεια του κουφώματος ή και μεταξύ διπλών κουφωμάτων. Οι περσίδες αυτές έχουν διπλό ρόλο: να επιτρέψουν και να ρυθμίσουν την εισερχόμενη ακτινοβολία, αλλά και να προσφέρουν σκίαση ανάλογα με την απαίτηση κάθε χρονικής περιόδου. Αυτό εξασφαλίζεται από την κλίση των περσίδων, η οποία με την σειρά της καθορίζεται με βάση την διεύθυνση των ακτίνων του ηλιακού φωτός κατά την θερινή περίοδο. Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στις σταθερές και τις ρυθμιζόμενες ή κινητές.

Οι κινητές περσίδες με ρύθμιση είτε χειροκίνητη είτε μηχανοκίνητη, είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές, καθώς επιτρέπουν εύκολα τη ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Πιο εξελιγμένα συστήματα περιλαμβάνουν καμπύλες περσίδες, οι οποίες είναι εξοπλισμένες με ρυθμιζόμενο πλαστικό φιλμ, του οποίου επίσης καθορίζεται η κλίση, έτσι ώστε για κάθε γωνία πρόσπτωσης των ακτίνων, η ανακλώμενη δέσμη να διατηρεί σταθερή κατεύθυνση. Εκτός από την εκτροπή των ηλιακών ακτίνων κατά το θέρος και την αντιμετώπιση της θάμβωσης, λειτουργούν επίσης αποτελεσματικά όσον αφορά τον απαιτούμενο χειμερινό ηλιασμό.

Σε κάθε περίπτωση απαιτείται συχνή συντήρηση και καθαρισμός, διότι η συγκέντρωση ρύπων στην επιφάνειά τους μειώνει την ανακλαστική τους ικανότητα. [14, 40, 65]



Εικ.6.13: Ανακλαστικές περσίδες [37]



Εικ.6.14: Εσωτερικές ανακλαστικές περσίδες [72]

6.4 - Τεχνητός φωτισμός

6.4.1- Καταναλώσεις ενέργειας και μέτρα εξοικονόμησης

A. Ευρωπαϊκή Οδηγία

Η οδηγία 2005/32/EC της Ε.Ε. (eco-design requirements for energy using products) θέτει όρια για την ορθολογική χρήση όλων των προϊόντων που χρησιμοποιούν ενέργεια. Η οδηγία περιλαμβάνει προδιαγραφές για τη χρήση : λειτουργία πολλών ομάδων προϊόντων. Δύο από αυτές αφορούν τον φωτισμό. Μη αποδοτικά ενεργειακά προϊόντα που χρησιμοποιούνται για τον φωτισμό στις οικίες και

τον τριτογενή τομέα (οδικό, βιομηχανικό, εργασιακό χώρο) θα αποσυρθούν σταδιακά από την αγορά προϊόντα που δεν πληρούν συγκεκριμένες απαιτήσεις δεν μπορούν να κυκλοφορούν στις αγορές των χωρών που ανήκουν στην Ε.Ε. (το σήμα CE δεν θα αναγράφεται πλέον σε αυτά).

Οι εταιρίες κατασκευής λαμπτήρων έχουν προετοιμαστεί εγκαίρως για αυτήν την μετάβαση και προσφέρουν πλέον στους καταναλωτές μεγάλη γκάμα τεχνολογικά εξελιγμένων λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας φθορισμού, αλογόνων και LED, για την αντικατάσταση των σημερινών ενεργοβόρων λαμπτήρων πυράκτωσης. Για τους λαμπτήρες φθορισμού, εκκένωσης υψηλής πίεσης και για τα συμβατικά (ηλεκτρομαγνητικά) όργανα έναυσης και λειτουργίας, διατίθεται πληθώρα εναλλακτικών ενεργειακά αποδοτικών προϊόντων. Με τη μεγάλη γκάμα λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας, φωτιστικών υψηλής απόδοσης, και έξυπνων συστημάτων διαχείρισης φωτισμού προσφέρονται ολοκληρωμένες, φιλικές προς το περιβάλλον λύσεις φωτισμού.

Οι νέες απαιτήσεις που όρισε η ΕΕ για τη ενεργειακή απόδοση έχουν ξεκινήσει να ικανοποιούνται για τους λαμπτήρες που παράγονται στην αγορά της ΕΕ από την 1η Σεπτεμβρίου 2009. Έχει δοθεί ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να εξασφαλιστεί ότι οι καταναλωτές θα βρουν εναλλακτικούς λαμπτήρες που προσφέρουν είτε την ίδια ποιότητα φωτισμού είτε μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας. Επίσης, αναγράφονται πρόσθετες πληροφορίες του προϊόντος στην συσκευασία, ώστε να μπορούν οι καταναλωτές να κάνουν τη σωστή επιλογή. Οι κλασικοί λαμπτήρες πυράκτωσης και οι λαμπτήρες αλογόνου καταργούνται σταδιακά από την αγορά μέχρι το τέλος του 2012. Οι πωλητές χονδρικής και λιανικής, όμως, θα μπορούν να πωλούν τα υφιστάμενα αποθέματά τους ακόμη και μετά από αυτήν την ημερομηνία, δηλαδή οι λαμπτήρες που απαγορεύονται θα απομακρυνθούν σταδιακά από τα ράφια.

B. Οφέλη του μέτρου της Ευρωπαϊκής Οδηγίας

Το μέτρο επιφέρει ποικίλα οφέλη για τους πολίτες, το περιβάλλον και την οικονομία. Θα οδηγήσει σε εξοικονόμηση περίπου 40TWh ετησίως έως το 2020 - που ισοδυναμεί με την κατανάλωση ενέργειας 11 εκατομμυρίων ευρωπαϊκών νοικοκυριών για την ίδια περίοδο. Το πιο σημαντικό είναι ότι θα οδηγήσει σε μείωση των εκπομπών CO₂ κατά έως και 15 εκατομμύρια τόνους ετησίως. Εμπίπτει στο στόχο της ΕΕ για τη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% έως το 2020. Θα εξοικονομούνται περίπου 5 δισεκατομμύρια ευρώ ετησίως, τα οποία θα εισάγονται ξανά στην ευρωπαϊκή οικονομία. Τέλος, ο συνολικός λογαριασμός ηλεκτρικού ρεύματος ενός μέσου νοικοκυριού θα μειωθεί κατά 20 έως 50€ ετησίως, ανάλογα με το μέγεθος του νοικοκυριού, τον αριθμό λαμπτήρων και τον τύπο του φωτισμού που χρησιμοποιείται.

C. Απλά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας από τη λειτουργία των λαμπτήρων

- Να συγκριθούν οι καταναλώσεις ρεύματος ενός λαμπτήρα την στιγμή αγοράς του βάσει της ένδειξης της ετικέτας, γιατί υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ των διάφορων τύπων λαμπτήρων.
- Σε χώρους, όπου τα φώτα λειτουργούν αρκετή ώρα (κουζίνα, καθιστικό ή εξωτερικός νυχτερινός φωτισμός), η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειωθεί κατά 8 φορές περίπου, εάν αντικατασταθούν οι κοινοί λαμπτήρες πυρακτώσεως με λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης.

Μπορεί να κοστίζουν ακριβότερα, αλλά είναι πολύ πιο οικονομικοί και έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

- Οι σύγχρονοι οικονομικοί λαμπτήρες φθορισμού, έχουν την ίδια φωτεινότητα με τους κοινούς λαμπτήρες πυρακτώσεως, έχουν 10 φορές μεγαλύτερο χρόνο ζωής (10.000 ώρες), το κόστος αγοράς τους είναι μεν μεγαλύτερο, αλλά το οικονομικό όφελος κατά την χρήση τους είναι σημαντικό ως αποτέλεσμα της χαμηλής κατανάλωσης ρεύματος και της μεγαλύτερης διάρκειας ζωής τους (1 λαμπτήρας χαμηλής κατανάλωσης αντιστοιχεί με 10 κοινούς λαμπτήρες).

Πιν. 6.1:Αντιστοιχία ισχύος λαμπτήρα χαμηλής κατανάλωσης και κοινού λαμπτήρα [40]

<i>Λαμπτήρας χαμηλής κατανάλωσης</i>	<i>Κοινός λαμπτήρας πυρακτώσεως</i>
→ 5 W	25 W
→ 7 W	40 W
→ 11 W	60 W
→ 15 W	75 W
→ 20 W	100 W
→ 23 W	120 W

Πιν. 6.2:Σύγκριση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος για την ίδια φωτεινότητα μεταξύ των δύο τύπων λαμπτήρων (κοινός και χαμηλής κατανάλωσης) [40]

	<i>Λαμπτήρας κοινός</i>	<i>Λαμπτήρας χαμηλής κατανάλωσης</i>
<i>Ισχύς για παροχή ίδιας φωτεινότητας</i>	100 W	20 W
<i>Λειτουργία</i>	1 ώρα	1ώρα
<i>Κατανάλωση (kWh)</i>	0,10	0,02

- Να διατηρούνται καθαροί οι λαμπτήρες και να μην σκεπάζονται με σκοτεινά και χοντρά υφάσματα. Έτσι, επιτυγχάνεται περισσότερη φωτεινότητα και φωτίζεται ο ίδιος χώρος με λιγότερους λαμπτήρες, οι οποίοι θα μπορούν να είναι και χαμηλότερης ονομαστικής ισχύος.
- Σε ό,τι αφορά εσωτερικούς χώρους μια λύση που ενδείκνυται από πολλές απόψεις είναι η χρήση ροοστάτη (dimmer) στο φωτισμό.

Η χρήση dimmer για πολλά χρόνια ήταν συνυφασμένη με τη δημιουργία κατάλληλης ατμόσφαιρας μέσω του φωτισμού χωρίς όμως αυτό να συνοδεύεται από εξοικονόμηση ενέργειας αφού οι κοινοί ροοστάτες επέτρεπαν σε ένα μέρος της ηλεκτρικής ισχύος να φτάσει στους λαμπτήρες καταναλώνοντας την υπόλοιπη σαν θερμότητα πάνω στην αντίσταση που περιείχαν.

Την τελευταία δεκαετία με την πρόοδο της τεχνολογίας οι κοινοί ροοστάτες έχουν αντικατασταθεί από σύγχρονα dimmer που με τη χρήση ηλεκτρονικών διατάξεων παρέχουν παράλληλα με τη ρύθμιση της

έντασης φωτισμού, σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Αξιοσημείωτο είναι, επίσης, ότι η χρήση καλής ποιότητας dimmer στο φωτισμό αυξάνει κατά πολύ τη διάρκεια ζωής των λαμπτήρων, κάτι που μειώνει τόσο το κόστος συντήρησης που αφορά το φωτισμό, όσο και τη ρύπανση του περιβάλλοντος από τους «καμμένους» λαμπτήρες που καταλήγουν σε αυτό. Από μελέτες της αμερικανικής εταιρίας LUTRON έχει υπολογιστεί η παρακάτω αντιστοιχία ανάμεσα στη μείωση της έντασης των λαμπτήρων πυρακτώσεως με τη χρήση ψηφιακών dimmers, την εξοικονόμηση ενέργειας και την αύξηση στη διάρκεια ζωής τους:

Πιν. 6.3: Επιδόσεις των λαμπτήρων πυρακτώσεως με τη χρήση ψηφιακών dimmers [49]

Μείωση ποσοστού έντασης	Μείωση κατανάλωσης	Διάρκεια ζωής λαμπτήρων
10%	10%	2 φορές μεγαλύτερη
25%	20%	4 φορές μεγαλύτερη
50%	40%	20 φορές μεγαλύτερη
75%	60%	> 20 φορές μεγαλύτερη

Έρευνα της ίδιας εταιρίας έχει δείξει ότι με τη χρήση ενός και μόνο dimmer σε κάθε οικία των ΗΠΑ, θα εξοικονομείται κόστος ηλ. ενέργειας της τάξης των 230.000.000 δολαρίων ετησίως. Επιπλέον, κάτι τέτοιο θα οδηγούσε σε μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 1.950 εκατομμύρια τόνους κάθε χρόνο, κάτι που ισοδυναμεί με τη ρύπανση που προκαλούν 370.000 αυτοκίνητα.

- Οι τοίχοι που είναι βαμμένοι με ανοιχτόχρωμα χρώματα, βοηθούν στον καλύτερο φωτισμό του χώρου.
- Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες εξοικονόμησης ενέργειας στις εγκαταστάσεις φωτισμού είναι η επιλογή τόσο του κατάλληλου λαμπτήρα για κάθε εφαρμογή φωτισμού όσο και των παρελκομένων διατάξεων. Στόχος είναι να εξασφαλίζεται το προβλεπόμενο από τα ισχύοντα κατά περίπτωση πρότυπα αποτέλεσμα, με το χαμηλότερο δυνατό κόστος συντήρησης και λειτουργίας της εγκατάστασης. [40, 49, 59]

6.4.2- Σχεδιασμός

Ο φωτισμός ενός κτιρίου πρέπει να εξετάζεται στο αρχικό στάδιο σχεδιασμού, δεδομένου ότι σ' αυτό το στάδιο λαμβάνονται οι σημαντικότερες αποφάσεις σχετικά με συστήματα αφής/σβέσης, την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και τα συστήματα ελέγχου.

Αλλαγές στο ηλεκτρικό σύστημα φωτισμού, κατά τη διάρκεια της ζωής του κτιρίου, είναι δυνατό να γίνουν και να είναι οικονομικά αποδοτικές, αλλά οι σημαντικές μετατροπές στα κυκλώματα ή στην εκμετάλλευση φυσικού φωτισμού είναι πολύ δυσκολότερες και πιο δαπανηρές. [40]

6.4.3- Λαμπτήρες

Ο φωτισμός αν και στοιχείο άυλο, επηρεάζει, όπως ήδη αναφέρθηκε, απόλυτα την λειτουργικότητα και την αισθητική του χώρου. Γι' αυτό, εκτός από το στυλ του φωτιστικού θα πρέπει να συνυπολογίζονται και άλλες παράμετροι, όπως ο λαμπτήρας φωτισμού.

Ο κάθε χώρος, εξυπηρετεί συγκεκριμένες λειτουργίες και έχει τις δικές του ανάγκες για φωτισμό. Για παράδειγμα, ο χώρος του μπάνιου έχει ανάγκη από διάχυτο φως και ως εκ τούτου οι λαμπτήρες φθορισμού ή αλογόνου αποτελούν μια καλή επιλογή. Αντίθετα, ο χώρος εργασίας ή ανάγνωσης, χρειάζεται εντοπισμένο φως και συνεπώς οι λαμπτήρες LED ενδεχόμενα να αποτελούν καλύτερη επιλογή.

Αν και υπάρχουν πολλά είδη λαμπτήρων, τα τέσσερα βασικότερα είναι:

- α) Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως
- β) Οι λαμπτήρες αλογόνου
- γ) Οι λαμπτήρες φθορισμού
- δ) Οι λαμπτήρες LED.

A) Λαμπτήρες πυρακτώσεως:

Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως είναι οι γνωστοί, διάφανοι λαμπτήρες με το μεταλλικό νήμα στο κέντρο τους, που εφευρέθηκαν από τον Τόμας Έντισον και χρησιμοποιούνται εδώ και πολλές δεκαετίες. Η ισχύς που καταναλώνεται κυμαίνεται από 25-1000 W, η διάρκεια ζωής τους κυμαίνεται από 750 έως 1250 ώρες συνεχούς λειτουργίας (1 χρόνος), ενώ έχουν απόδοση από 8-15 lumen/Watt (όσο μεγαλύτερη η ισχύς του λαμπτήρα, τόσο καλύτερη η απόδοση). Τα βασικότερα πλεονεκτήματά τους, είναι ότι έχουν χαμηλό κόστος αγοράς και συντήρησης, η φωτεινή ροή τους ρυθμίζεται εύκολα, προσφέρουν άριστη αποδόση χρωμάτων, επιδέχονται άμεση έναυση και επανέναυση εν θερμώ και λειτουργούν χωρίς πρόβλημα σε οποιαδήποτε θέση (οριζόντια, κατακόρυφη, διαγώνια). Παρόλ' αυτά καταναλώνουν πολύ ενέργεια κι έτσι, σε πολλές χώρες έχουν ήδη αποσυρθεί ή βρίσκονται σε στάδιο απόσυρσης και αντικατάστασης. Σήμερα, αρκετές εταιρίες, συνεχίζουν να κατασκευάζουν αυτό το είδος των λαμπτήρων, με εξελιγμένη όμως τεχνολογία, έτσι ώστε να καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια από ότι παλαιότερα. Διαθέσιμες εναλλακτικές λύσεις αποτελούν, οι εξής:

A.1 Βελτιωμένος λαμπτήρας πυρακτώσεως (ενεργειακής κατηγορίας C, λαμπτήρας αλογόνου με ξένο)

Αυτός ο λαμπτήρας καταναλώνει περίπου 20-25% λιγότερη ενέργεια παράγοντας το ίδιο φως σε σύγκριση με τους καλύτερους συμβατικούς λαμπτήρες πυρακτώσεως. Προσφέρει φως ισοδύναμης ποιότητας με τους συμβατικούς λαμπτήρες πυρακτώσεως, αλλά με κανονική χρήση έχει τη διπλάσια διάρκεια ζωής (2 χρόνια). Είναι πλήρως συμβατός σε μέγεθος με τις υπάρχουσες συσκευές φωτισμού και έχει δυνατότητα αυξομείωσης της έντασης, εάν χρησιμοποιηθεί με οποιονδήποτε ροοστάτη.

A.2 Βελτιωμένος λαμπτήρας πυρακτώσεως (ενεργειακής κατηγορίας B, λαμπτήρας αλογόνου με κάλυψη για υπέρυθρη ακτινοβολία)

Αυτός ο λαμπτήρας καταναλώνει περίπου 45% λιγότερη ενέργεια παράγοντας το ίδιο φως σε σύγκριση με τους καλύτερους συμβατικούς λαμπτήρες πυρακτώσεως. Προσφέρει φως ισοδύναμης ποιότητας με τους συμβατικούς λαμπτήρες πυρακτώσεως, αλλά με κανονική χρήση έχει την τριπλάσια διάρκεια ζωής (3 χρόνια). Έχει δυνατότητα αυξομείωσης της έντασης, εάν χρησιμοποιηθεί με οποιονδήποτε ροοστάτη.



Εικ.6.15: Τυπικός λαμπτήρας πυράκτωσης [46]

B) Λαμπτήρες αλογόνου

Οι λαμπτήρες αλογόνου ανήκουν και αυτοί στην κατηγορία των λαμπτήρων πυρακτώσεως, αλλά καταναλώνουν πολύ λιγότερη ενέργεια. Το χρώμα του φωτός τους, είναι θερμό και κιτρινωπό (όπως των λαμπτήρων πυρακτώσεων). Είναι ακριβότεροι από τους λαμπτήρες πυρακτώσεων και δεν έχουν τόσο μεγάλη διάρκεια ζωής (περίπου 2000 ώρες) όσο οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού.



Εικ.6.16: Λαμπτήρας αλογόνου[46]

Γ) Λαμπτήρες φθορισμού (CFL λάμπες)

Πρόκειται για λαμπτήρες εκκένωσης υδραργύρου, χαμηλής πίεσης, οι οποίοι αποτελούνται από ένα σωλήνα εκκένωσης μικρής διαμέτρου (10-16 mm) που αποτελεί μια συμπαγή μονάδα και περιέχει προσμείξεις ευγενών αερίων και μικρή ποσότητα υδραργύρου. Στα άκρα του σωλήνα βρίσκονται δυο ηλεκτρόδια, τα οποία, όταν τεθούν υπό επαρκή τάση, προκαλούν εκκένωση του αερίου στο εσωτερικό του σωλήνα, η οποία παράγει την ακτινοβολία. Το φως παράγεται από την υπεριώδη αυτή ακτινοβολία, η οποία στη συνέχεια απορροφάται από την ουσία στα τοιχώματα της λάμπας.

Οι λαμπτήρες φθορισμού παρουσιάζουν μεγαλύτερη φωτεινή απόδοση (περίπου τριπλάσια) σε σχέση με του κοινούς λαμπτήρες πυρακτώσεως, η διάρκεια ζωής τους ξεπερνά τις 6.000 ώρες και φθάνει έως τις 15.000 ώρες (6-15 χρόνια), ανάλογα με τον τύπο και τη χρήση τους, ενώ έχουν μέση απόδοση από 60 έως 75 lumen/Watt. Επίσης, στις συγκεκριμένες λάμπες οικονομίας, η ισχύς που καταναλώνεται είναι κατά 50% έως 80% λιγότερη σε σχέση με τους κοινούς λαμπτήρες. Παρόλα αυτά, το κόστος τους είναι μεγαλύτερο από αυτό των λαμπτήρων πυρακτώσεως αν και η απόσβεση γίνεται σχετικά γρήγορα.

Επίσης, υπάρχει η εντύπωση ότι οι λαμπτήρες αυτοί δεν παράγουν καθόλου θερμότητα. Η άποψη αυτή, είναι εν μέρη μόνο σωστή, καθώς η επιφάνεια φωτισμού δεν παράγει θερμότητα, αλλά παράγει η βάση του λαμπτήρα, που περιέχει τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα. Συνεπώς, οι λαμπτήρες αυτοί (όπως και οι πυρακτώσεως) θα πρέπει να τοποθετούνται σε φωτιστικά που εξαερίζονται, αλλιώς μειώνεται ο χρόνος ζωής τους.

Η τεχνολογία των λαμπτήρων αυτών, συνεχώς εξελίσσεται, και έτσι το φως τους μπορεί να είναι ψυχρό, ουδέτερο ή θερμό. Επιπλέον, δεν παράγουν εκείνο το ενοχλητικό βουητό, όπως παλαιότερα. Η χρήση τους θεωρείται πλεονεκτική, για χώρους που χρειάζεται να φωτίζονται αρκετές ώρες, όπως για τους χώρους της κουζίνας, του χώλ, του γραφείου, κλπ.

Γ.1 Λαμπτήρες φθορισμού μικρού μεγέθους - συμβουλές αγοράς και χρήσης:

Υπάρχουν μοντέλα σε όλα τα σχήματα προτού, όμως, επιλεγεί ένας λαμπτήρας φθορισμού μικρού μεγέθους, πρέπει να ελεγχθεί στη συσκευασία του:

- Η ποσότητα του παραγόμενου φωτός: 1300-1400 lumens ισοδυναμούν με ένα λαμπτήρα πυρακτώσεως 100W, 920-970 lumens με λαμπτήρα 75W, 700- 750 lumens με λαμπτήρα 60W, 410-430 lumens με λαμπτήρα 40W και 220-230 lumens με λαμπτήρα 25W.
- Η θερμοκρασία χρώματος (2700K ή «ζεστό λευκό» για χαλάρωση, περισσότερο από 4000K ή «ψυχρό λευκό» για εργασία).
- Εάν ο λαμπτήρας έχει δυνατότητα αυξομείωσης έντασης (εάν απαιτείται).
- Εάν ο λαμπτήρας αντέχει στο πολύ συχνό αναβόσβημα (εάν απαιτείται).
- Εάν ο λαμπτήρας μπορεί να λειτουργήσει σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, εάν ενδείκνυται για χρήση σε εξωτερικούς χώρους.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται για την ανακύκλωση των λαμπτήρων φθορισμού μικρού μεγέθους, οι οποίοι δεν πρέπει να τοποθετούνται στον κάδο των απορριμμάτων, αλλά σε ειδικές εγκαταστάσεις

επιστροφής ή συλλογής. Επίσης, εάν ο συγκεκριμένος τύπος λαμπτήρα σπάσει κατά λάθος, απελευθερώνει μια ελάχιστη ποσότητα υδρογόνου, οπότε συνιστάται ο καλός αερισμός του χώρου και να απομακρυνθούν οι χρήστες, για το διάστημα αυτό από το χώρο πριν το καθαρισμό του με ένα υγρό πανί. Πρέπει, ακόμη, να αποφευχθεί η επαφή των θραυσμάτων με το δέρμα, δηλαδή να συλλεγούν τα θραύσματα, με πλαστικά γάντια και με ένα πανί. Επίσης, τα θραύσματα ΔΕΝ πρέπει να συλλεγούν με ηλεκτρική σκούπα ούτε να πεταχτούν σε απλό κάδο σκουπιδιών, αλλά τόσο αυτά όσο και το πανί θα πρέπει να τοποθετηθούν και να κλειστούν καλά σε μια σακούλα και να παραδοθούν σε ειδικό κέντρο ανακύκλωσης.



Εικ.6.17: Λαμπτήρας φθορισμού [44]

Δ) Λαμπτήρες LED (LIGHT EMITTING DIODES) ή Δίοδοι εκπομπής φωτός

Οι δίοδοι εκπομπής φωτός (LED) είναι μια ταχέως αναπτυσσόμενη τεχνολογία που κατασκευάζεται από ειδικό μίγμα κρυστάλλων πυριτίου με υψηλή ποιότητα φωτός. Στις λάμπες LED, το φως παράγεται όταν ελάχιστο ηλεκτρικό ρεύμα περάσει μέσω ηλεκτρονικού κυκλώματος. Η απόδοσή τους είναι από 10 έως 120 lumen/Watt, με μέση τιμή (για τα power LED) της τάξης των 70 με 90 lumen/W. Επιπλέον, δεν περιέχουν υδράργυρο και έχουν ακόμη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, από 30.000 έως 100.000 ώρες (25 έως 40 έτη, αν βέβαια χρησιμοποιούνται μερικές μόνο ώρες την ημέρα).

Λόγω του μεγέθους τους και της ενιαίας συμπαγούς κατασκευής τους, οι λαμπτήρες LED θεωρούνται πρακτικά άθραυστοι. Διατίθενται σε πολλά χρώματα και λειτουργούν άψογα με dimmer αυξομείωσης. Το φως που παράγουν, εκπέμπεται προς μία κατεύθυνση, για αυτό και είναι κατάλληλοι για χώρους που έχουν ανάγκη από εντοπισμένο φως, όπως χώρους εργασίας, χώρους έκθεσης έργων τέχνης, κλπ. Για φωτισμό δωματίων βρίσκονται σήμερα ακόμη στα πρώτα στάδια εμπορευματοποίησης, αλλά ήδη έχουν αρχίσει να αντικαθιστούν τις διαφανείς και αδιαφανείς λάμπες. Πιθανότατα θα αποτελέσουν την εναλλακτική λύση για κάθε είδους λάμπα στο μέλλον.

[40, 42, 44, 59]



Εικ.6.18: Λαμπτήρας LED [46]



Εικ.6.19: Φωτισμός οικίας με LED, Σικάγο, ΗΠΑ [50]

6.4.4- Φωτιστικά σώματα

Ο σχεδιασμός των σύγχρονων φωτιστικών έχει ως αποτέλεσμα σημαντικές βελτιώσεις στο βαθμό αποδοτικότητας τους σε σύγκριση με την παλιότερη γενιά φωτιστικών σωμάτων. Η ανακαίνιση παλιότερων εγκαταστάσεων φωτισμού και η χρησιμοποίηση σύγχρονων συστημάτων φωτισμού μπορεί να εξασφαλίσει πέραν της οπτικής άνεσης βελτιωμένων συνθηκών, σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας (για παράδειγμα εξάλειψη των φωτεινών ανατακλάσεων στις οθόνες υπολογιστών). Ο σύγχρονος σχεδιασμός φωτιστικών σωμάτων έχει οδηγήσει σε βελτιώσεις της απόδοσής τους, σε σχέση με παλαιότερα φωτιστικά. Ενώ ότι οι τυπικοί - βαμμένοι σε λευκό χρώμα - ανακλαστήρες έχουν συντελεστή ανακλαστικότητας της τάξης περίπου του 70%, ο συντελεστής ανακλαστικότητας των ανακλαστήρων αλουμινίου μπορεί να φτάσει έως και 95%. Πολλά σύγχρονα φωτιστικά αποτελούνται

από προσεκτικά σχεδιασμένα συστήματα ανακλαστήρων για να κατευθύνουν το φως από τους λαμπτήρες προς την απαιτούμενη κατεύθυνση. Αυτοί επιτρέπουν την χρήση λιγότερων λαμπτήρων ή φωτιστικών για την παραγωγή συγκεκριμένης στάθμης φωτισμού.



Εικ.6.20: Μοντέρνο φωτιστικό σώμα [42]

Η πλέον σημαντική παράμετρος που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε κάθε μελέτη φωτισμού, είναι η φωτιστική απόδοση του φωτιστικού σώματος. Η υπόθεση ότι δυο φωτιστικά όμοιων διαστάσεων και με τον ίδιο αριθμό λαμπτήρων ίδιας φωτεινής ροής, έχουν την ίδια φωτιστική απόδοση είναι σαφώς λανθασμένη, αφού στην πραγματικότητα αυτή διαφέρει σημαντικά από φωτιστικό σε φωτιστικό και από κατασκευαστή σε κατασκευαστή. Ως φωτιστική απόδοση ενός φωτιστικού σώματος ορίζεται ο λόγος της αντινοβολούμενης φωτεινής ροής από το φωτιστικό σώμα προς τη φωτεινή ροή που εκπέμπει ο λαμπτήρας του φωτιστικού σώματος. Εκφράζεται επί τοις εκατό και εξαρτάται από την κατασκευή του φωτιστικού και το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένοι οι ανακλαστήρες ή άλλο οπτικό του σύστημα που χρησιμοποιείται για την διανομή του φωτός σε ένα χώρο. Όσο μικρότερη είναι η τιμή της φωτιστικής απόδοσης ενός φωτιστικού, τόσο περισσότερα φωτιστικά απαιτούνται για να παρέχουν την απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού σε ένα χώρο για μια συγκεκριμένη δραστηριότητα και ως εκ τούτου τόσο λιγότερη αποδοτική θα είναι η εγκατάσταση φωτισμού από άποψη εξοικονόμησης ενέργειας.



Εικ.6.21: Φωτιστικά κατασκευασμένα από ανακυκλώσιμα υλικά (κονσερβοκούτι, μπουκάλι κλπ) [73]

Αρκετά από τα σύγχρονα φωτιστικά περιέχουν προσεκτικά σχεδιασμένα συστήματα ανακλαστήρων για να κατευθύνουν το παραγόμενο φως από τους λαμπτήρες προς την επιθυμητή (και μόνο) κατεύθυνση. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να μειωθεί ο αριθμός των λαμπτήρων και των φωτιστικών που θα χρησιμοποιηθούν για την παροχή της απαιτούμενης ποσότητας φωτισμού σε ένα συγκεκριμένο χώρο με όλα τα οφέλη (εξοικονόμηση ενέργειας, χαμηλότερο κόστος επένδυσης για φωτισμό καθώς και χαμηλότερο λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης) που αυτό συνεπάγεται. Ειδικότερα όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας τα οφέλη σύμφωνα με διεθνείς μελέτες υπολογίζεται ότι μπορεί να είναι της τάξης του 20 έως και 50%. [59. 67]

6.4.5- Συσκευές σύνδεσης και λειτουργίας

Οι συσκευές αυτές εξασφαλίζουν τη σύνδεση των πηγών φωτισμού με την ηλεκτρική παροχή. Οι σύγχρονες απαιτήσεις για βελτίωση της ποιότητας φωτισμού και των συνθηκών οπτικής άνεσης σε κάθε ιδιωτικό και επαγγελματικό χώρο επιβάλλουν την άμεση αντικατάσταση των συμβατικών διατάξεων έναυσης και ελέγχου της λειτουργίας των πηγών φωτισμού (γνωστότερων ως συστημάτων έναυσης) με ηλεκτρονικά. Εξαιτίας της υψηλής συχνότητας λειτουργίας των ηλεκτρονικών στραγγαλιστικών διατάξεων, υπάρχει αύξηση της φωτεινής απόδοσης των λαμπτήρων και επομένως μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος της τάξης του 20%. Αυτό οφείλεται κυρίως σε δύο λόγους:

- i. Οι απώλειες από ένα ηλεκτρονικό σύστημα έναυσης είναι περίπου οι μισές από ότι σε ένα συμβατικό.
- ii. Η φωτιστική απόδοση των λαμπτήρων φθορισμού βελτιώνεται σημαντικά στις υψηλές συχνότητες.

Τα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης για τους λαμπτήρες αλογόνου χαμηλής τάσης παρουσιάζουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- i. Μικρότερο μέγεθος (περίπου 40%) και μικρότερο βάρος (περίπου 80%) έναντι των συμβατικών.
- ii. Παρουσιάζουν μικρές απώλειες και επομένως εκλύουν λιγότερη θερμότητα.

- iii. Επιτρέπουν την αυξομείωση του φωτισμού μέσω ρυθμιστών φωτισμού (dimmers).
- iv. Παρέχουν τη δυνατότητα λειτουργίας και στο συνεχές ρεύμα για την ίδια τάση.
- v. Δεν εμφανίζουν βόμβο.
- vi. Θέτουν το σύστημα εκτός λειτουργίας σε περίπτωση βλάβης (για παράδειγμα βραχυκυκλώματος). Όταν διορθωθεί το πρόβλημα τότε το σύστημα φωτισμού λειτουργεί και πάλι αυτόματα.
- vii. Μεγάλη διάρκεια ζωής (περίπου 50,000 ώρες).
- viii. Διατηρούν σταθερή τάση στην έξοδο τους ανεξάρτητα του φορτίου με αποτέλεσμα να εξασφαλίζεται η προδιαγεγραμμένη από τον κατασκευαστή διάρκεια ζωής για τους λαμπτήρες για παράδειγμα ένα συμβατικό σύστημα έναυσης σε φορτίο 20% εμφανίζουν τάση εξόδου αυξημένη στα 13,5V γεγονός που μειώνει σημαντικά τη ζωή των λαμπτήρων.

Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί ότι επειδή τα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης επηρεάζονται από τις υψηλές θερμοκρασίες που εκπέμπονται από τους λαμπτήρες αλογόνου στο περιβάλλον, θα πρέπει να τοποθετούνται σε κάποια απόσταση από τις πηγές φωτισμού.

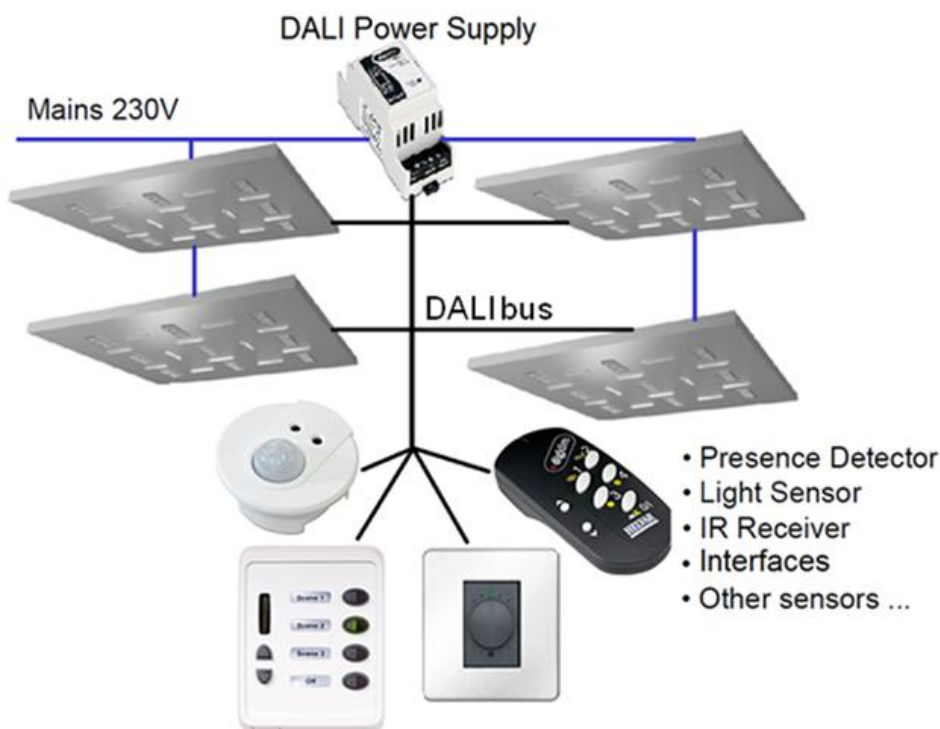
Τα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης υψηλής συχνότητας κάνουν δυνατή την ρύθμιση της φωτεινής ροής από 100% έως 1% στους λαμπτήρες φθορισμού, χρησιμοποιώντας μια γραμμή ελέγχου 1-10V DC. Αυτή η γραμμή ελέγχου επιτρέπει μια μεγάλη ποικιλία συνδέσεων, από συνδέσεις με απλούς ρυθμιστές χειρός για συστήματα φωτισμού που ενεργοποιούνται με το φως της ημέρας, μέχρι συνδέσεις σε σύγχρονα συστήματα διαχείρισης ενέργειας με τεχνολογία PC και I-bus. Τα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης υψηλής συχνότητας για ρύθμιση της φωτεινής ροής ξεπερνούν όλες τις υπάρχουσες συμβατικές και ηλεκτρονικές λύσεις όχι μόνο στους τομείς της άνεσης του φωτισμού και της εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά επίσης και σε ότι αφορά την ευκολία λειτουργίας και εγκατάστασης. Η ρύθμιση του φωτισμού ενδείκνυται σε αίθουσες συνδιασκέψεων, κινηματογράφων, στούντιο, εκθέσεων, υπολογιστών, εστιατορίων, δεξιώσεων και λοιπών κοινωνικών εκδηλώσεων καθώς και για την εξοικονόμηση ενέργειας σε γραφεία με σύστημα ελέγχου φωτισμού που ρυθμίζεται ανάλογα με τα επίπεδα του διαθέσιμου φυσικού φωτισμού.

6.4.6- Συστήματα ελέγχου

Τα τελευταία χρόνια έχει παρουσιαστεί ένα νέο ψηφιακό πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ του συστήματος ελέγχου και του ηλεκτρονικού συστήματος έναυσης που είναι γνωστό ως Ψηφιακό σύστημα ελέγχου **DALI (Digital Addressable Lighting Interface)**. Το πρωτόκολλο αυτό αποτελεί μια από κοινού προσπάθεια των μεγαλύτερων κατασκευαστών ηλεκτρονικών συστημάτων έναυσης να δημιουργήσουν ένα κοινό πρότυπο επικοινωνίας και για το λόγο αυτό το DALI περιλαμβάνεται στο Ευρωπαϊκό πρότυπο για τα συστήματα ελέγχου EN 60929 στο παράρτημα E4.

Το DALI αποτελεί μια απλή σε τοποθέτηση, λειτουργία και σχεδιασμό λύση για έξυπνη διαχείριση του φωτισμού ενός χώρου. Αποτελεί μια νέα μέθοδο ελέγχου των ηλεκτρονικών συστημάτων έναυσης μέσω ενός ψηφιακού σήματος ελέγχου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί οπουδήποτε απαιτείται ο έλεγχος λαμπτήρων φθορισμού, δηλαδή από το μικρότερο χώρο γραφείο έως τη μεγαλύτερη αίθουσα ενός ξενοδοχείου. Τα κύρια χαρακτηριστικά των συμβατών με το πρωτόκολλο επικοινωνίας DALI ηλεκτρονικών συστημάτων έναυσης είναι ότι μπορεί να δεχτεί μεμονωμένα εντολές σε ψηφιακή μορφή, γεγονός που εξασφαλίζει την απουσία οποιασδήποτε παρεμβολής, ότι μπορεί να ανήκει σε

περισσότερες από μια ομαδοποιήσεις, καθώς και ότι μπορεί να αποθηκεύσει τα επίπεδα φωτισμού για διαφορετικές σκηνές φωτισμού ακόμα και να τίθεται εντός και εκτός λειτουργίας ψηφιακά χωρίς την ανάγκη ύπαρξης ρελέ. Κάθε ηλεκτρονικό, επίσης, μπορεί να στέλνει σήματα επιστροφής για τη θέση του και για το εάν ο λαμπτήρας είναι σε : εκτός λειτουργίας, για την πραγματική ένταση του φωτισμού, για πρόβλημα στον λαμπτήρα καθώς και για άλλες ειδικές ρυθμίσεις. [8, 59]



Εικ.6.22: Ψηφιακό σύστημα ελέγχου DALI [51]

Το Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου και Διαχείρισης των κτιρίων (Building Management System ή BMS) αναπτύχθηκε αρχικά ως απόλυτη ανάγκη των πάρα πολύ μεγάλων κτιρίων, όπως είναι οι ουρανοξύστες και τα εμπορικά κέντρα και στις ημέρες μας τείνουν να ενσωματωθούν ακόμα και σε απλές κατοικίες. Το **BMS (Building Management System)** είναι ένα σύστημα ελέγχου που εγκαθίσταται σε κτίρια, για να εποπτεύει και να ελέγχει όλα τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα του κτιρίου, όπως:

- Ψύξη
- Θέρμανση
- Εξαερισμό
- Φωτισμό
- Συστήματα Ενέργειας

Το BMS αποτελείται από Software και Hardware και χρησιμοποιεί ανοιχτά πρωτόκολλα, όπως BACnet, Lon, Modbus. Η βασική λειτουργία του είναι να διαχειρίζεται την περιβάλλον θερμοκρασία, το επίπεδο CO₂ και την υγρασία ενός κτιρίου. Τα περισσότερα BMS συστήματα ελέγχουν την παραγωγή θέρμανσης και ψύξης, διαχειρίζονται τα συστήματα που διανέμουν τον αέρα παντού μέσα στο κτίριο και τοπικά ελέγχουν τη μίξη θερμού και ψυχρού αέρα για να επιτύχουν την

κατάλληλη θερμοκρασία κάθε χώρου. Επίσης, ελέγχουν την στάθμη ανθρώπινης παραγωγής CO₂, αναμιγνύοντας εξωτερικό καθαρό αέρα με τον εσωτερικό του κτιρίου και ανεβάζοντας την στάθμη O₂ χωρίς να υπάρχουν σοβαρές απώλειες Θέρμανσης/Ψύξης. Κτίρια με Building Management System συνήθως παρουσιάζουν 40% εξοικονόμηση ενέργειας και εφόσον συμπεριληφθεί και ο φωτισμός η εξοικονόμηση μπορεί να αγγίξει και το 70%. Όσον αφορά στο κόστος τέτοιων συστημάτων, υπάρχουν πανάκριβα και "κλειδωμένα" Brand name Συστήματα με ελάχιστη ή καθόλου ικανότητα διασύνδεσης (connectivity) ανοικτά συστήματα με άπειρη ικανότητα διασύνδεσης και εξαιρετικής ποιότητας και χαμηλού κόστους που οδηγούν σε πολύ φθηνότερες λύσεις. [31]

Με τις προδιαγραφές λειτουργίας και εγκατάστασης, το κλασσικό BMS προσφέρει - μέσω του ηλεκτρονικού εξοπλισμού του και του προγράμματος SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) - ένα πλήθος δυνατοτήτων, όπως:

- Καταγραφή αναλογικών ή ψηφιακών μεγεθών συναρτήσει του χρόνου (trending)
- Χρονομέτρηση λειτουργίας μηχανών και προσδιορισμός χρόνων συντήρησης
- Ανάλυση της εξέλιξης βλαβών χρονικά, αναλύοντας την αλληλουχία των συμβάντων που οδήγησαν στη βλάβη
- Εξακρίβωση της αναγνώρισης (acknowledge) των βλαβών σε συνάρτηση με κρίσιμες βλάβες και τον καταμερισμό ευθυνών.



Εικ.6.23: Σύστημα ελέγχου BMS [80]

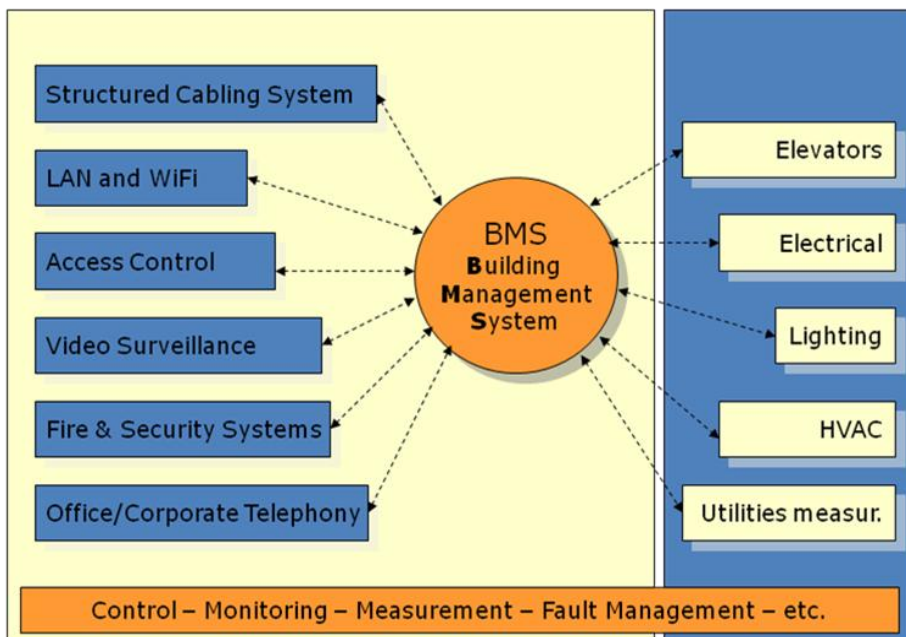
Συγκεκριμένα, ο συντηρητής ενός πολύ μεγάλου κτιρίου, όπως είναι τα εμπορικά κέντρα, τα ξενοδοχεία και τα νοσοκομεία, αλλά και ο ιδιοκτήτης μιας κατοικίας, έχει την δυνατότητα, μέσω αισθητηρίων και επαφών, τοπικά ή απομακρυσμένα μέσω του Διαδικτύου να επιτηρεί την κατάσταση λειτουργίας από τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις μέχρι τις απλές οικιακές συσκευές. Έτσι μπορεί να γνωρίζει :

- Αν το κτίριο έχει σωστή τροφοδοσία με ηλεκτρικό ρεύμα ή εμφανίζει βλάβη.
- Αν δουλεύουν σωστά τα συστήματα ασφαλείας, όπως είναι ο συναγερμός, οι κάμερες, το Access Control, τα φωτιστικά ασφαλείας, ο εξωτερικός φωτισμός, κ.α.
- Αν δουλεύουν σωστά το κεντρικό ή τα τοπικά συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού.
- Αν υπάρχουν καταναλώσεις ή διαρροές στα κεντρικά ή τοπικά δίκτυα της ύδρευσης και φυσικού αερίου.
- Αν υπάρχουν αποθέματα νερού και πετρελαίου στις δεξαμενές της πυρόσβεσης, του πόσιμου νερού, της θέρμανσης, των ηλεκτρογεννητριών, κ.α.
- Αν δουλεύουν σωστά τα συστήματα του αυτόματου ποτίσματος και του ζεστού νερού χρήσης.
- Αν δουλεύουν σωστά οι ανεγκυστήρες και τα πυροσβεστικά συγκροτήματα, οι ηλεκτροκίνητες βάνες και πλήθος άλλων ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων.
- Αν δουλεύουν σωστά επαγγελματικές /οικιακές συσκευές, όπως ηλεκτρικές κουζίνες, ψυγεία, πλυντήρια.

Επίσης, ο ιδιοκτήτης-χειριστής του κτηρίου μέσω κατάλληλων ηλεκτρονόμων (ρελέ), ηλεκτροκίνητων βανών και άλλων συστημάτων μπορεί να ελέγχει την λειτουργία του, ως εξής:

- Να συνδέει και να αποκόπτει τα κτίρια ή τμήματα των κτιρίων από τα δίκτυα τροφοδοσίας τους, όπως είναι το νερό, το φυσικό αέριο, ο ηλεκτρισμός, κ.α.
- Να ενεργοποιεί ή να απενεργοποιεί τα τοπικά και τα κεντρικά συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού, να αυξομειώνει την θερμοκρασία και την υγρασία των χώρων, να καθορίζει αν ελέγχονται αυτόματα ή χειροκίνητα.
- Να ενεργοποιεί, να απενεργοποιεί ή να αυξομειώνει (dimming) το φωτισμό κάθε χώρου ή τμημάτων ενός κτιρίου, δίδοντας τη δυνατότητα χειροκίνητου ελέγχου τοπικά ή απομακρυσμένα ή πλήρως αυτοματοποιημένου ελέγχου μέσω αισθητηρίων.
- Να θέτει σε λειτουργία οποιοδήποτε σύστημα κρίνει αναγκαίο, όπως τις αντλίες άντλησης και ποτίσματος, τα boilers και τις αντλίες ανακυκλοφορίας ζεστού νερού, τα πλυντήρια, τα στεγνωτήρια, τους φούρνοι και πλήθος ακόμα συστημάτων και συσκευών.

Επομένως, όπως γίνεται αντιληπτό, μέσα από το BMS εξοικονομείται χρόνος και χρήματα για την ενέργεια, την επίβλεψη και την συντήρηση των συσκευών του κτηρίου. Είναι ένα απόλυτα αναγκαίο σύστημα για κάθε μεγάλο κτίριο, ενώ κερδίζει ολοένα έδαφος στις μονοκατοικίες και πολυκατοικίες που έχουν επενδύσει σε συστήματα ασφαλείας και κεντρικά συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας, όπως ηλιακά συστήματα, συστήματα αντιστάθμισης, θερμιδομέτρησης, κ.α. [80]



Εικ.6.24: Λειτουργίες συστήματος ελέγχου BMS [84]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΗΡΙΑ

7.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Η καταστροφή που έχει υποστεί το περιβάλλον μέχρι σήμερα, και συνεχίζει ακόμα να συμβαίνει, είναι γεγονός πλέον γνωστό και αδιαμφισβήτητο. Η διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ανανεώσιμες πηγές φέρνει ελπιδοφόρα μηνύματα προς αυτήν την κατεύθυνση. Πιο συγκεκριμένα, η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων που κατακτά ολοένα και περισσότερο την αγορά ενέργειας υποκαθιστά συμβατικούς τρόπους παραγωγής με μία φιλική προς τη φύση και μηδενικά ρυπογόνα μέθοδο.

Γενικά, τα φωτοβολταϊκά συστήματα (φ/β) αποτελούν διατάξεις άμεσης μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Είναι μια πολλά υποσχόμενη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, ειδικά στην Ελλάδα, καθώς παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα με μοναδικό αναλώσιμο την ηλιακή ενέργεια. Εκμεταλλευόμενο το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, το φωτοβολταϊκό σύστημα παράγει ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή ενέργεια. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο ανακαλύφθηκε το 1839 και χρησιμοποιήθηκε για πρακτικούς σκοπούς στα τέλη της δεκαετίας του '50 σε διαστημικές εφαρμογές και είναι η άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική τάση. Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα ή περισσότερα πάνελ (ή πλαίσια, ή όπως λέγονται συχνά στο εμπόριο, «κρύσταλλα») φωτοβολταϊκών στοιχείων (ή «κυψελών», ή «κυττάρων»), μαζί με τις απαραίτητες συσκευές και διατάξεις για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην επιθυμητή μορφή. [46]

Το **φωτοβολταϊκό στοιχείο** είναι συνήθως τετράγωνο, με πλευρά 120-160mm και είναι η ηλεκτρονική διάταξη που παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν δέχεται ακτινοβολία. Δυο τύποι πυριτίου χρησιμοποιούνται για την δημιουργία φωτοβολταϊκών στοιχείων: το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο, ενώ το κρυσταλλικό πυρίτιο διακρίνεται σε μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό. Το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο παρουσιάζουν τόσο πλεονεκτήματα, όσο και μειονεκτήματα, και κατά τη μελέτη του φωτοβολταϊκού συστήματος γίνεται η αξιολόγηση των ειδικών συνθηκών της εφαρμογής (κατεύθυνση και διάρκεια της ηλιοφάνειας, τυχόν σκιάσεις κλπ.) ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη τεχνολογία.

Το **φωτοβολταϊκό πλαίσιο** είναι ένα σύνολο Φ/Β στοιχείων που είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένα. Αποτελεί τη βασική δομική μονάδα της Φ/Β γεννήτριας (PV module). Όταν τα Φ/Β πλαίσια εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέπουν ποσοστό 14% περίπου της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική γίνεται αθόρυβα, αξιόπιστα και χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Στο εμπόριο διατίθενται *φωτοβολταϊκά πάνελ*, τα οποία δεν είναι

παρά πολλά φωτοβολταϊκά πλαίσια συνδεδεμένα μεταξύ τους, επικαλυμμένα με ειδικές μεμβράνες και εγκιβωτισμένα σε γυαλί με πλαίσιο από αλουμίνιο, σε διάφορες τιμές ονομαστικής ισχύος, ανάλογα με την τεχνολογία και τον αριθμό των φωτοβολταϊκών κυψελών που τα αποτελούν. Έτσι, ένα πάνελ 36 κυψελών μπορεί να έχει ονομαστική ισχύ 70-85 W, ενώ μεγαλύτερα πάνελ μπορεί να φτάσουν και τα 200 W ή και παραπάνω. [61]

Η κατασκευή μιας γεννήτριας κρυσταλλικού πυριτίου μπορεί να γίνει και από ερασιτέχνες, μετά από την προμήθεια των στοιχείων. Το κόστος είναι άπιαστο να είναι χαμηλότερο από την αγορά έτοιμης γεννήτριας, καθώς η προμήθεια ποιοτικών στοιχείων είναι πολύ δύσκολη. Εκτός από το πυρίτιο χρησιμοποιούνται και άλλα υλικά για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων, όπως το Κάδμιο - Τελλούριο (CdTe) και ο ινδοδισεληνιούχος χαλκός. Σε αυτές τις κατασκευές, η μορφή του στοιχείου διαφέρει σημαντικά από αυτή του κρυσταλλικού πυριτίου, και έχει συνήθως τη μορφή λωρίδας πλάτους μερικών χιλιοστών και μήκους αρκετών εκατοστών. Τα πάνελ συνδέονται μεταξύ τους και δημιουργούν τη φωτοβολταϊκή συστοιχία, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει από 2 έως και αρκετές εκατοντάδες φωτοβολταϊκές γεννήτριες.

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από μια Φ/Β συστοιχία είναι συνεχούς ρεύματος (DC), και για το λόγο αυτό οι πρώτες χρήσεις των φωτοβολταϊκών αφορούσαν εφαρμογές DC τάσης: κλασικά παραδείγματα είναι ο υπολογιστής τσέπης («κομπιουτεράκι») και οι δορυφόροι. Με την προοδευτική αύξηση όμως του βαθμού απόδοσης, δημιουργήθηκαν ειδικές συσκευές – οι αναστροφείς (inverters) - που σκοπό έχουν να μετατρέψουν την έξοδο συνεχούς τάσης της Φ/Β συστοιχίας σε εναλλασσόμενη τάση. Με τον τρόπο αυτό, το Φ/Β σύστημα είναι σε θέση να τροφοδοτήσει μια σύγχρονη εγκατάσταση (κατοικία, θερμοκήπιο, μονάδα παραγωγής κλπ.) που χρησιμοποιεί κατά κανόνα συσκευές εναλλασσόμενου ρεύματος (AC). Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, αποτελείται από τη φωτοβολταϊκή συστοιχία, τους συσσωρευτές για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και το σύστημα μετατροπής ισχύος. Ο πιο δημοφιλής τύπος συσσωρευτών που χρησιμοποιούνται είναι τύπου μολύβδου - οξέως, ανοικτού ή κλειστού τύπου, ειδικά σχεδιασμένοι για ηλιακά συστήματα ηλιακής ενέργειας.

Ο **βαθμός απόδοσης** εκφράζει το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια στο φωτοβολταϊκό στοιχείο. Τα πρώτα φωτοβολταϊκά στοιχεία, που σχεδιάστηκαν τον 19ο αιώνα, δεν είχαν παρά 1-2% απόδοση, ενώ το 1954 τα εργαστήρια *Bell Laboratories* δημιούργησαν τα πρώτα Φ/Β στοιχεία πυριτίου με απόδοση 6%. Στην πορεία του χρόνου όλο και αυξάνεται ο βαθμός απόδοσης: η αύξηση της απόδοσης, έστω και κατά μια ποσοστιαία μονάδα, θεωρείται επίτευγμα στην τεχνολογία των φωτοβολταϊκών. Στην σημερινή εποχή ο τυπικός βαθμός απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου βρίσκεται στο 13 – 19%, ο οποίος, συγκρινόμενος με την απόδοση άλλου συστήματος (συμβατικού, αιολικού, υδροηλεκτρικού κλπ.), παραμένει ακόμη αρκετά χαμηλός. Αυτό σημαίνει ότι το φωτοβολταϊκό σύστημα καταλαμβάνει μεγάλη επιφάνεια προκειμένου να αποδώσει την επιθυμητή ηλεκτρική ισχύ. [46]



Εικ. 7.1: Οικιακά φωτοβολταϊκά πλαίσια σε δώμα κατοικίας [25]

Τα φωτοβολταϊκά έχουν τη μέγιστη απόδοση όταν έχουν νότιο προσανατολισμό. Αποκλίσεις από το Νότο έως και 45° είναι επιτρεπτές, μειώνουν όμως την απόδοση. Η σωστή κλίση του φωτοβολταϊκού σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο. Συνήθως επιλέγεται μια κλίση που να δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. **Στην Ελλάδα, η βέλτιστη κλίση είναι γύρω στις 30° .** Ωστόσο, η απόδοση ενός δεδομένου συστήματος μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά με την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών σε ηλιοστάτη. Ο **ηλιοστάτης** είναι μια μηχανολογική διάταξη, πάνω στην οποία τοποθετείται η φωτοβολταϊκή γεννήτρια, ώστε το σύστημα να μπορεί να περιστρέφεται μέσω των ειδικών εξαρτημάτων και του λογισμικού που διαθέτει και να ακολουθεί την ηλιακή ακτινοβολία. Με τον τρόπο αυτό γίνεται η καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, ενώ εξοικονομείται χρήμα: σε σχέση με την αγορά επιπλέον φωτοβολταϊκών πάνελ, η αγορά ενός ηλιοστάτη είναι στις περισσότερες περιπτώσεις η συμφέρουσα λύση. Ο ηλιοστάτης έχει σχεδιαστεί με τρόπο ώστε να αντέχει σε υψηλές ταχύτητες ανέμου. Τέλος, εκτός από τους ηλιοστάτες/ εντοπιστές που διατίθενται στο εμπόριο, υπάρχουν και αυτοσχέδιες κατασκευές με παρόμοια αρχή λειτουργίας. Η συνολική απόδοση καθώς και η διάρκεια ζωής ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, βασίζεται στη σωστή φόρτιση και εκφόρτιση των συσσωρευτών, στη βελτιστοποίηση της ονομαστικής ισχύος του αναστροφέα και στην ελαχιστοποίηση των ηλεκτρικών απωλειών από μερικό φορτίο λειτουργίας. Οι προϋποθέσεις αξιοποίησης των Φ/Β συστημάτων στην Ελλάδα είναι από τις καλύτερες στην Ευρώπη, αφού η συνολική ενέργεια που δέχεται κάθε τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας στην διάρκεια ενός έτους κυμαίνεται από 1400-1800 kWh.

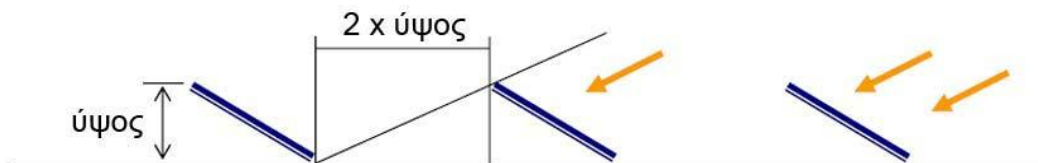
Οι βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων διακρίνονται:

1. Στο αυτόνομο σύστημα, το οποίο έχει τη δυνατότητα παροχής συνεχούς

εναλλασσόμενου ρεύματος με τη χρήση μετατροπέα ισχύος.

2. Στο σύστημα συνδεδεμένο με το δίκτυο, το οποίο αποτελείται από μια συστοιχία φωτοβολταϊκών στοιχείων, η οποία είναι συνδεδεμένη με το ηλεκτρικό δίκτυο μέσω ενός αντιστροφέα.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να εφαρμοσθούν και σε υπάρχοντα κτίρια με κάποιες προϋποθέσεις. Αρχικά να υπάρχει επαρκής ελεύθερος και ασκίαστος χώρος. Σύμφωνα με έναν εμπειρικό κανόνα απαιτούνται περίπου 1-1,5 τετραγωνικό μέτρο για κάθε 100 Watt (για τα συνηθισμένα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά του εμπορίου). Χρειάζεται περίπου 7-10 τ.μ/kW για κεραμοσκεπή και 15 τ.μ/kW για δώμα ή οικόπεδο. Αν πάλι χρησιμοποιηθούν άμορφα φωτοβολταϊκά, το συνολικό κόστος θα είναι περίπου το ίδιο ή και μικρότερο, θα απαιτηθεί όμως περίπου διπλάσια επιφάνεια. Ιδιαίτερη σημασία έχει ο χώρος να είναι κατά το δυνατόν 100% ασκίαστος καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Διαφορετικά, το σύστημα θα λειτουργεί με μικρότερη απόδοση. Θεωρείται ότι η απόσταση από το τυχόν εμπόδιο (κτίριο, δέντρο, κ.λπ) πρέπει να είναι διπλάσια του ύψους του εμποδίου για να μην υπάρχουν μεγάλες απώλειες.



Εικόνα 7.2: Ιδανική σχέση απόστασης από εμπόδιο [61]

Οι βασικοί τρόποι τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών πλαισίων στο κτίριο είναι οι εξής:

- Η τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα, καθώς στην αγορά υπάρχει ποικιλία μεταλλικών και ξύλινων στηριγμάτων που χρησιμοποιούνται κατά τέτοιο τρόπο που να ταιριάζει στο κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Σε κάποια από αυτά η κλίση τους είναι ρυθμιζόμενη, αυτό διευκολύνει την πρόσβαση στο εμπρός και το πίσω μέρος των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε περίπτωση που γίνει συντήρηση και συμβάλλει στον καλό αερισμό και δροσισμό τους αυξάνοντας την απόδοσή τους. Όμως το κόστος είναι υψηλό και απαιτείται χρήση πρόσθετων υλικών και επιπλέον εργασία.

- Η απευθείας τοποθέτηση, στην οποία η εξωτερική επίστρωση του κτιρίου αντικαθίστανται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Ένας τρόπος να τοποθετούνται τα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι το ένα να επικαλύπτει εν μέρει το άλλο, προστατεύοντας το κτίριο, όμως δεν είναι πλήρως στεγανό και απαιτούνται μέτρα στεγανοποίησής του. Το κόστος αυτής της μεθόδου είναι χαμηλό διότι δεν απαιτεί πολλά πρόσθετα υλικά, ενώ η υποκατάσταση κάποιων δομικών στοιχείων για την εξωτερική κάλυψη του κελύφους από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μειώνει το συνολικό κόστος.

- Η τοποθέτηση σε ειδική βάση προσαρμοσμένη στο εξωτερικό του κελύφους, η οποία εξέρχεται από την οροφή ή την πρόσοψη του κτιρίου. Η κατασκευή αυτή στηρίζεται στο εξωτερικό κελύφος του κτιρίου, θα πρέπει όμως το κτίριο να έχει καλή μόνωση στα σημεία που στηρίζεται η βάση. Βέβαια, εκτός από τη μόνωση θα πρέπει να διευκολύνει τον αερισμό και την ψύξη των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Το κόστος αυτής της τεχνικής τοποθέτησης είναι μικρότερο από το κόστος

τοποθέτησης σε κεκλιμένα στηρίγματα, αλλά υψηλότερο από το κόστος της απευθείας τοποθέτησης ή της ενσωμάτωσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων στο κέλυφος του κτιρίου. Η χρήση αυτής της τεχνικής είναι ιδανική όταν γίνεται ανακαίνιση σε κτίρια όπου δεν μπορούν να γίνουν εύκολα εξωτερικές παρεμβάσεις στο εξωτερικό κέλυφος.

-Η ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών πλαισίων στο κέλυφος του κτιρίου, κατά την οποία υποκαθίστανται ολόκληρα τμήματα του κτιριακού κελύφους από φωτοβολταϊκά πλαίσια. Για την σωστή εφαρμογή αυτής της μεθόδου, απαιτείται στεγανή σύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων μεταξύ τους. Για παράδειγμα, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που δεν διαθέτουν μεταλλικό σκελετό τοποθετούνται σε στηρίγματα παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται για τη στήριξη συμβατικών διαφανών ορόφων ή προσόψεων. Τα νέα ημιδιαφανή στοιχεία μπορούν να τοποθετηθούν στη θέση υαλοπινάκων ή αδιαφανών στοιχείων παρέχοντας τη δυνατότητα εφαρμογής τεχνικών ηλιοπροστασίας και φωτισμού με την παράλληλη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών πλαισίων στο κέλυφος του κτιρίου συμβάλλει στη μείωση του κόστους, λόγω της εξοικονόμησης του κόστους από τα δομικά στοιχεία του κελύφους που αντικαθιστώνται από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία. [61]

Το κόστος των φωτοβολταϊκών συστημάτων εκφράζεται σε ευρώ ανά εγκαταστημένο KW. Το συνολικό κόστος για ένα φωτοβολταϊκό σύστημα προκύπτει από τα εξής: φωτοβολταϊκά πλαίσια 40%- 60%, συσσωρευτές 15%-25%, αντιστροφείς 10%-15%, υποδομή στήριξης 10%-15%, σχεδιασμός και εγκατάσταση 8%-12% και εξαρτάται από :

1. Την τεχνολογία των πάνελ που θα χρησιμοποιηθεί
2. Το μέγεθος του φωτοβολταϊκού συστήματος
3. Τη μορφολογία του εδάφους
4. Την απόσταση της εγκατάστασης από το δίκτυο της ΔΕΗ
5. Ο τύπος που επιλέγεται. Τα συστήματα που είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο είναι πιο οικονομικά από τα αυτόνομα συστήματα.

Το κόστος των αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα κυμαίνεται από 8.217 ευρώ/kW με 9.390 ευρώ/ kW, αντίθετα το κόστος των συνδεδεμένων με το δίκτυο συστημάτων είναι περίπου 7.330 ευρώ/ kW. Το κόστος παραγόμενης ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά συστήματα εκτιμάται στα 0,65ευρώ/ kWh για το αυτόνομο σύστημα λίγων kW εγκατεστημένης ισχύος και 0,44ευρώ/ kWh για το συνδεδεμένο με το δίκτυο σύστημα. Το κράτος επιδοτεί την αγορά και εγκατάσταση οικιακών φωτοβολταϊκών συστημάτων μέσω της φοροαπαλλαγής έως και κατά 75% του κόστους τους. Στην τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων αν και προβλέπεται επιδότηση αφορά μεγάλα συστήματα και αποκλείονται οι μικροί καταναλωτές. Η διάρκεια ζωής ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι περίπου 20 χρόνια χωρίς ιδιαίτερη συντήρηση ενώ κατά τη διάρκεια αυτής της εικοσαετίας οι συσσωρευτές αντικαθίστανται 4 με 5 φορές. [61]

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν τα εξής **πλεονεκτήματα** [46]:

1. Τεχνολογία φιλική στο περιβάλλον: δεν προκαλούνται ρύποι από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
2. Η ηλιακή ενέργεια είναι ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή, διατίθεται παντού και δεν στοιχίζει απολύτως τίποτα
3. Με την κατάλληλη γεωγραφική κατανομή, κοντά στους αντίστοιχους καταναλωτές ενέργειας, τα Φ/Β συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν χωρίς να απαιτείται ενίσχυση του δικτύου διανομής
4. Η λειτουργία του συστήματος είναι ολοσχερώς αθόρυβη
5. Έχουν σχεδόν μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης
6. Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής: οι κατασκευαστές εγγυώνται τα «κρύσταλλα» για 20-30 χρόνια λειτουργίας
7. Υπάρχει πάντα η δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης, ώστε να ανταποκρίνονται στις αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών
8. Μπορούν να εγκατασταθούν πάνω σε ήδη υπάρχουσες κατασκευές, όπως είναι π.χ. η στέγη ενός σπιτιού ή η πρόσοψη ενός κτιρίου,
9. Διαθέτουν ευελιξία στις εφαρμογές: τα Φ/Β συστήματα λειτουργούν άριστα τόσο ως αυτόνομα συστήματα, όσο και ως αυτόνομα υβριδικά συστήματα, όταν συνδυάζονται με άλλες πηγές ενέργειας (συμβατικές ή ανανεώσιμες) και συσσωρευτές για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας. Επιπλέον, ένα μεγάλο πλεονέκτημα του Φ/Β συστήματος είναι ότι μπορεί να διασυνδεθεί με το δίκτυο ηλεκτροδότησης (διασυνδεδεμένο σύστημα), καταργώντας με τον τρόπο αυτό την ανάγκη για εφεδρεία και δίνοντας επιπλέον τη δυνατότητα στον χρήστη να πωλήσει τυχόν πλεονάζουσα ενέργεια στον διαχειριστή του ηλεκτρικού δικτύου, όπως ήδη γίνεται στο Φράιμπουργκ της Γερμανίας.

Ως **μειονέκτημα** θα μπορούσε να καταλογιστεί κανείς στα φωτοβολταϊκά συστήματα το κόστος τους, το οποίο, παρά τις τεχνολογικές εξελίξεις παραμένει ακόμη αρκετά υψηλό. Μια γενική ενδεικτική τιμή είναι 6000 ευρώ ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (kW) ηλεκτρικής ισχύος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι μια τυπική οικιακή κατανάλωση απαιτεί από 1,5 έως 3,5 κιλοβάτ, το κόστος της εγκατάστασης δεν είναι αμελητέο. Το ποσό αυτό, ωστόσο, μπορεί να αποσβεστεί σε περίπου 5-6 χρόνια και το Φ/Β σύστημα θα συνεχίσει να παράγει δωρεάν ενέργεια για τουλάχιστον άλλα 25 χρόνια. Ωστόσο, τα πλεονεκτήματα είναι πολλά, και το ευρύ κοινό έχει αρχίσει να στρέφεται όλο και πιο πολύ στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στα φωτοβολταϊκά ειδικότερα, για την κάλυψη ή την συμπλήρωση των ενεργειακών του αναγκών.

Συμπερασματικά καταλήγουμε στα εξής:.

✓ kWp (ισχύος αιχμής του Φ/Β συστοιχίας σε κατάσταση πλήρους ηλιοφάνειας 1000W/m² και θερμοκρασία 25 °C) Φ/Β κρυσταλλικού Πυριτίου έχει επιφάνεια 8 με 10τ.μ. ανάλογα με την απόδοση που διαθέτει και παράγει κατά μέσο όρο 1.350 kWh AC το χρόνο (με ηλιοφάνεια Αττικής), πάνω σε σταθερή βάση στήριξης. Η επιφάνεια που απαιτείται για την εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος σε επίπεδο οικόπεδο μπορεί να είναι 2 με 2,5 φορές μεγαλύτερη από την ονομαστική επιφάνεια των Φ/Β.

- ✓ Ένα πλήρες σύστημα 1 kWp, εγκατεστημένο και συνδεδεμένο με τη ΔΕΗ κοστίζει περίπου 4.000 με 6.000 €, ανάλογα με το μέγεθος της εγκατάστασης, τη θέση και την τεχνολογία που χρησιμοποιείται.
- ✓ Ενδεικτικά αναφέρεται ότι τα Φ/Β συστήματα παρακολούθησης του ήλιου σε 2 άξονες αποδίδουν περίπου 25 με 30% επιπλέον ενέργεια το χρόνο στην Ελλάδα ενώ το κόστος τους είναι 10 με 15% ανώτερο από αυτό των Φ/Β συστημάτων σε σταθερές βάσεις. Κρίσιμο θέμα είναι η αξιοπιστία και το κόστος συντήρησης των συστημάτων παρακολούθησης του ήλιου και η επίδρασή τους στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και βιωσιμότητα της επένδυσης.
- ✓ Για να καλυφθούν οι ανάγκες ενός σπιτιού απαιτούνται περίπου 2-3 kWp και επιφάνεια περίπου 30-50 τ.μ., ανάλογα την τεχνολογία Φ/Β που θα επιλεγεί.

7.2 Συστήματα Γεωθερμίας

Γεωθερμία ή Γεωθερμική ενέργεια ονομάζουμε τη φυσική θερμική ενέργεια της Γης που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια. Η ενέργεια αυτή σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Είναι μια ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες. Οι γεωθερμικές περιοχές συχνά εντοπίζονται από τον ατμό που βγαίνει από σχισμές του φλοιού της γης ή από την παρουσία θερμών πηγών. Για να υφίσταται διαθέσιμο θερμό νερό ή ατμό σε μια περιοχή πρέπει να υπάρχει κάποιος υπόγειος ταμιευτήρας αποθήκευσης του κοντά σε ένα θερμικό κέντρο. Στην περίπτωση αυτή, το νερό του ταμιευτήρια που συνήθως είναι βρόχινο νερό που έχει διεισδύσει στους βαθύτερους υδροφόρους ορίζοντες της γης, θερμαίνεται και ανεβαίνει προς την επιφάνεια. Τα θερμικά αυτά ρευστά εμφανίζονται στην επιφάνεια είτε με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού όπως προαναφέρθηκε είτε αντλούνται με γεώτρηση και αφού χρησιμοποιηθεί η θερμική τους ενέργεια, γίνεται επανέγχυση του ρευστού στο έδαφος με δεύτερη γεώτρηση. Έτσι ενισχύεται η μακροβιότητα του ταμιευτήρια και αποφεύγεται η θερμική ρύπανση του περιβάλλοντος. Η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

1. Με αγωγή από το εσωτερικό προς την επιφάνεια με ρυθμό 0,04 - 0,06 W/m²
2. Με ρεύματα μεταφοράς, που περιορίζονται όμως στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, λόγω ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων.

Μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο έχει η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας για την κάλυψη αναγκών του, καθώς είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Ανάλογα με το θερμοκρασιακό της επίπεδο μπορεί να έχει διάφορες χρήσεις:

1. Η Υψηλής Ενθαλπίας (>150 °C) χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ισχύς τέτοιων εγκαταστάσεων το 1979 ήταν 1.916 MW με παραγόμενη ενέργεια 12×10⁶ kWh/yr.

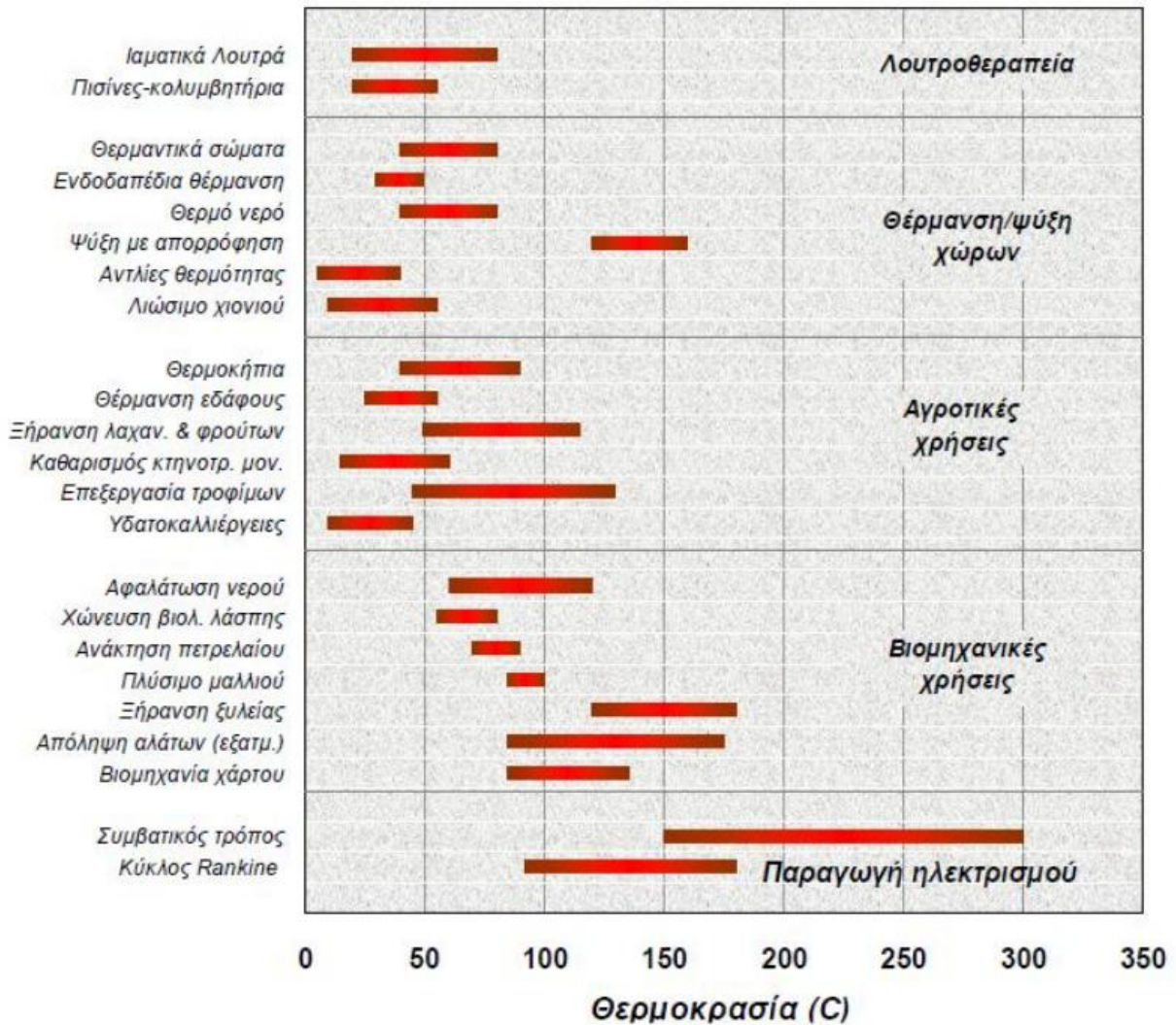
2. Η *Μέσης Ενθαλπίας* (80 έως 150 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς και μερικές φορές και για την παραγωγή ηλεκτρισμού (π.χ. με κλειστό κύκλωμα φρέον που έχει χαμηλό σημείο ζέσεως).
3. Η *Χαμηλής Ενθαλπίας* (25 έως 80 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων, για θέρμανση θερμοκηπίων, για ιχθυοκαλλιέργειες, για παραγωγή γλυκού νερού.

Η πρώτη βιομηχανική εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας έγινε στο Λαρνταρέλλο (Lardarello) της Ιταλίας, όπου από τα μέσα του περασμένου αιώνα χρησιμοποιήθηκε ο φυσικός ατμός για να εξατμίσει τα νερά που περιείχαν βορικό οξύ αλλά και να θερμάνει διάφορα κτίρια. Το 1904 έγινε στο ίδιο μέρος η πρώτη παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από τη γεωθερμία (σήμερα παράγονται εκεί 2,5 δισ. kWh/έτος). Σπουδαία είναι η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας από την Ισλανδία, όπου καλύπτεται πολύ μεγάλο μέρος των αναγκών της για ηλεκτρική ενέργεια και θέρμανση.

Σήμερα, οι πιο σημαντικές θερμικές εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας είναι η θέρμανση κτιρίων και θερμοκηπίων. Πολλοί επιστήμονες συζητούν την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας και στο βιομηχανικό τομέα. Οι κλάδοι της βιομηχανίας στους οποίους η γεωθερμία έχει ήδη εφαρμοστεί με επιτυχία είναι η βιομηχανία τροφίμων και οι ιχθυοκαλλιέργειες. Παρόλο που είναι κοινός τόπος ότι οι βιομηχανικές εφαρμογές αποτελούν το πεδίο μελλοντικής ανάπτυξης της γεωθερμίας, τα βήματα παραμένουν πολύ αργά, ενώ παρατηρείται σημαντική αύξηση στις εφαρμογές που αφορούν τη θέρμανση οικιών, δημόσιων και εμπορικών κτιρίων. Στη δεκαετία του 1970, λόγω της πετρελαϊκής κρίσης, δόθηκε σημαντική ώθηση στην ανάπτυξη της γεωθερμίας, ακόμα και σε περιοχές με σχετικά χαμηλή γεωθερμική βαθμίδα, όπως είναι η λεκάνη του Παρισιού. Η παρουσία θερμού νερού στους γεωλογικούς σχηματισμούς της λεκάνης του Παρισιού είχε ανακαλυφθεί ήδη από τη δεκαετία του 1950 ενώ διεξάγονταν έρευνες για πετρέλαιο, αλλά η πρώτη γεωθερμική γεώτρηση έγινε μόλις το 1962 στο Carrières-sur-seine. Το πρόβλημα που ανέκυψε και έπρεπε να λυθεί ήταν αυτό της διάθεσης του γεωθερμικού ρευστού μετά τη χρήση του λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε άλατα. Αυτό αντιμετωπίστηκε με τη διάνοιξη και δεύτερης γεώτρησης. Το νερό εξέρχεται από τη μια γεώτρηση (production well) και, αφού αφαιρεθεί από αυτό η περιεχόμενη θερμότητα, επιστρέφει στο έδαφος μέσω της άλλης γεώτρησης (injection well). Αφού λύθηκε το πρόβλημα, ο δρόμος ήταν ανοικτός για την αξιοποίηση της λεκάνης του Παρισιού.

Σημαντική ανάπτυξη σημειώθηκε στα επόμενα χρόνια, με αποτέλεσμα σε 200.000 κατοικίες που καλύπτουν τις θερμικές τους ανάγκες από τη γεωθερμική ενέργεια να επιτυγχάνεται εξοικονόμηση 200.000 τόννων ισοδύναμου πετρελαίου ετησίως. [46]

Στην Ελλάδα, οι γεωθερμικές εφαρμογές εστιάζονται σε θερμικές χρήσεις με κύριες εφαρμογές τα θερμά και ιαματικά λουτρά (50%), και τη θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών (50%). Στην Ευρωπαϊκή ένωση οι θερμικές χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας περιλαμβάνουν κυρίως θέρμανση κτηρίων, θερμοκηπίων και θερμά λουτρά. [63]



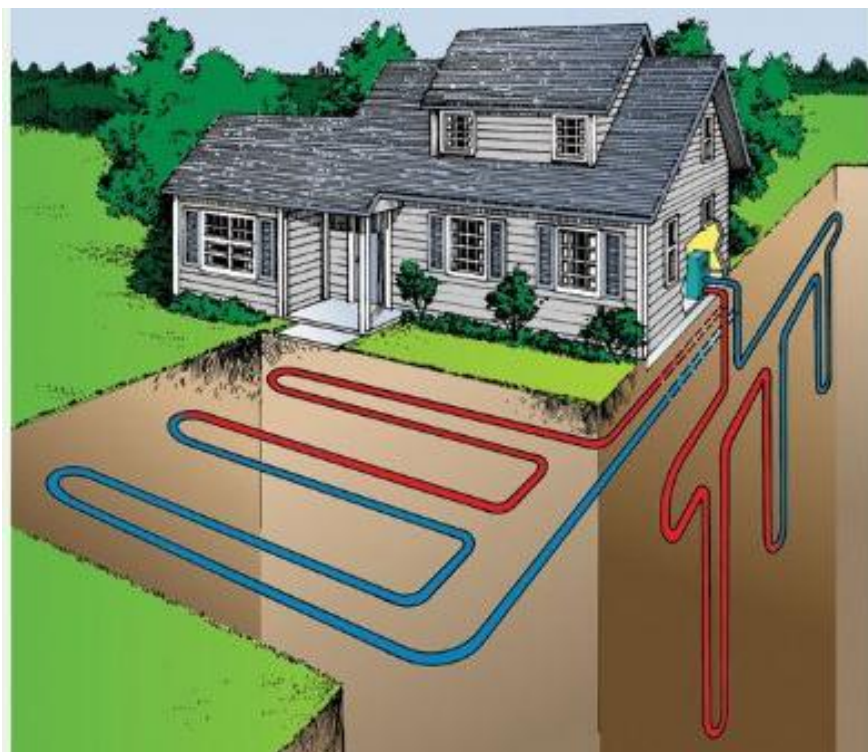
Εικ. 7.3: Εφαρμογές της γεωθερμίας στην Ε.Ε. ανάλογα με την θερμοκρασία [63]

Σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα, οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας ποικίλουν ανάλογα με τη θερμοκρασία και περιλαμβάνουν:

1. Ηλεκτροπαραγωγή ($\theta > 90 \text{ }^\circ\text{C}$), (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με δυαδικό κύκλο)
2. Θέρμανση χώρων (με καλοριφέρ για $\theta > 60 \text{ }^\circ\text{C}$, με αερόθερμα για $\theta > 40 \text{ }^\circ\text{C}$, με ενδοδαπέδιο σύστημα ($\theta > 25 \text{ }^\circ\text{C}$),
3. Ψύξη και κλιματισμό (με αντλίες θερμότητας απορρόφησης για $\theta > 60 \text{ }^\circ\text{C}$, ή με υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας για $\theta < 30 \text{ }^\circ\text{C}$)
4. Θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών επειδή τα φυτά αναπτύσσονται γρηγορότερα και γίνονται μεγαλύτερα με τη θερμότητα ($\theta > 25 \text{ }^\circ\text{C}$), ή και για αντιπαγετική προστασία
5. Ιχθυοκαλλιέργειες ($\theta > 15 \text{ }^\circ\text{C}$) επειδή τα ψάρια χρειάζονται ορισμένη θερμοκρασία για την ανάπτυξή τους
6. Βιομηχανικές εφαρμογές όπως αφαλάτωση θαλασσινού νερού ($\theta > 60 \text{ }^\circ\text{C}$), ξήρανση αγροτικών προϊόντων, κλπ
7. Θερμά λουτρά για $\theta = 25\text{-}40 \text{ }^\circ\text{C}$

Τα γεωθερμικά συστήματα, εκμεταλλεύονται το γεγονός ότι η γη διατηρεί σε σχετικά μικρό βάθος τη θερμοκρασία της σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Με τη χρήση ενός γεωεναλλάκτη, ενός συστήματος δηλαδή σωληνώσεων που τοποθετούμε στο υπέδαφος, μιας αντλίας γεωθερμίας όπου το νερό φτάνει από το δίκτυο του γεωθερμικού εναλλάκτη, σε σταθερή θερμοκρασία και ενός ενδοδαπέδιου συστήματος, μπορούμε να θερμάνουμε το χειμώνα και να δροσίσουμε το καλοκαίρι οποιαδήποτε κατοικία. Το χειμώνα το μίγμα νερού- γλυκόλης του εξωτερικού κυκλώματος απορροφά την αποθηκευμένη ενέργεια του εδάφους και με τη βοήθεια της αντλίας πετυχαίνουμε θερμοκρασίες νερού 35-45 °C, αρκετές για τη λειτουργία της θέρμανσης του δαπέδου. Το καλοκαίρι το σύστημα ακολουθεί την αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή απαγάει θερμότητα από το κτίριο και τη μεταφέρει στο γεωεναλλάκτη. Οι ανάγκες του κτιρίου, η έκταση του, ο περιβάλλον χώρος και ο γεωλογικός του χαρακτήρας ορίζουν τη μορφή και την επιλογή του γεωεναλλάκτη. Σύμφωνα με τα παραπάνω, τα συστήματα γεωθερμίας είναι τα εξής [64]:

- ✓ Οριζόντιο σύστημα, στο οποίο κυκλοφορεί ένα μίγμα νερού-γλυκόλης και το οποίο τοποθετείται σε μικρό βάθος (κλειστό κύκλωμα), όπου δεν υπάρχουν θερμοκρασιακές εναλλαγές λόγω καιρικών συνθηκών, καλύπτοντας επιφάνεια διπλάσια των τετραγωνικών μέτρων που θέλουμε να θερμάνουμε.
- ✓ Κατακόρυφο σύστημα, το οποίο το τοποθετείται σε μεγαλύτερο βάθος (κλειστό κύκλωμα) και όταν ο εξωτερικός χώρος δεν επαρκεί για τη δημιουργία οριζόντιου δικτύου. Στην περίπτωση αυτή εγκαθίστανται ζευγάρια σωληνώσεων τα οποία βυθίζονται σε γεώτρηση 60-100 μέτρων για να δεσμεύσουν την ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία της θέρμανσης και του δροσισμού.
- ✓ Ανοιχτό σύστημα, το οποίο εκμεταλλεύεται τη θερμοκρασία των υπόγειων υδάτων αντλώντας νερό και επιστρέφοντας το στον ίδιο υδροφόρο ορίζοντα.



Εικ. 7.4: Σύστημα γεωθερμίας σε κατοικία [25]

Ιδιαίτερα σημαντικές για τη λειτουργία των γεωθερμικών συστημάτων είναι οι αντλίες θερμότητας νερού/νερού, ή αλλιώς αντλίες γεωθερμίας. Εκμεταλλεύονται το γεωθερμικό δυναμικό του υπεδάφους, δηλαδή τη θερμότητα που είναι αποθηκευμένη στο έδαφος, και τη μεταφέρουν στο νερό της ενδοδαπέδιας θέρμανσης ή στα ζεστά νερά χρήσης. Μπορούν να συνδυαστούν με όλες τις μορφές γεωθερμίας (οριζόντια, κάθετη ή ανοιχτού τύπου) παράγοντας ζεστό ή κρύο νερό για θέρμανση ή δροσισμό, αντίστοιχα. Ο υψηλός βαθμός απόδοσης των γεωθερμικών αντλιών τις καθιστά εξαιρετικά οικονομικές ως προς τη χρήση τους και εγγυάται τη συνεχή λειτουργία τους όλο το χρόνο. Η λειτουργία τους είναι η εξής. Το μίγμα νερού-γλυκόλης που κυκλοφορεί στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη απορροφά ενέργεια από το έδαφος και οδηγείται στον εξατμιστή ο οποίος δεσμεύει την ενέργεια αυτή. Μέσω του εξατμιστή μεταδίδεται στο ψυκτικό μέσο της αντλίας το οποίο μετατρέπεται από υγρό σε αέριο. Το ψυκτικό μέσο, το οποίο κινείται σε ένα κλειστό κύκλωμα, περνάει από το συμπιεστή και συμπιέζεται ώστε να αυξηθεί η πίεση και η θερμοκρασία του στην επιθυμητή τιμή. Έπειτα, οδηγείται στο συμπυκνωτή όπου και αποβάλλει όλη τη θερμότητα που έχει αποθηκεύσει στο νερό του κυκλώματος της ενδοδαπέδιας θέρμανσης. Το ψυκτικό μέσο μεταφέρεται στη βαλβίδα εκτόνωσης και εκτονώνεται, ώστε να επιστρέψει στον εξατμιστή και να επαναλάβει την ίδια διαδικασία. Η λειτουργία του δροσισμού είναι η αντίστροφη διαδικασία. Οι γεωθερμικές αντλίες έχουν πλήθος πλεονεκτημάτων μεταξύ των οποίων είναι [64]:

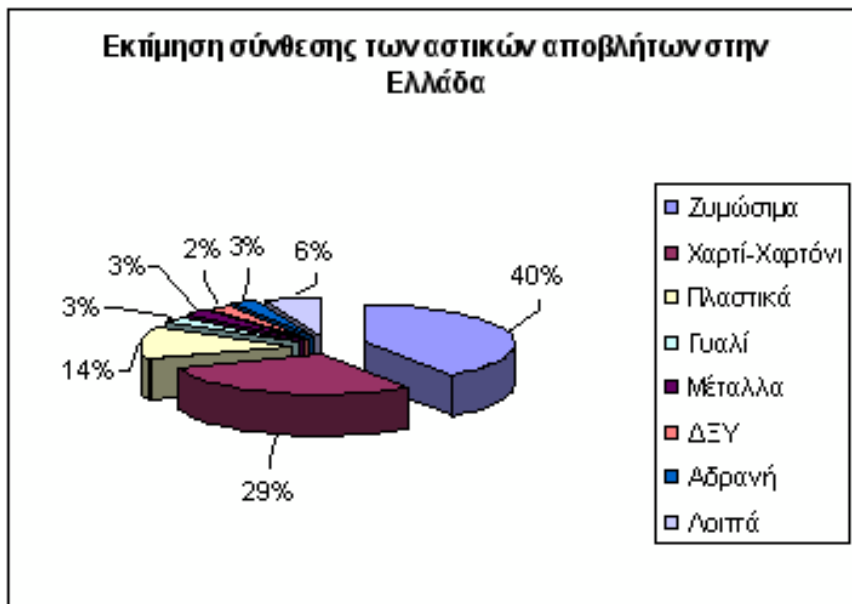
1. Ο μεγάλος συντελεστής απόδοσης (COP έως 5,7), δηλαδή, με 1KW καταναλισκόμενης ενέργειας, παράγονται 5,7KW χρηστικής ενέργειας. Αυτό σημαίνει οικονομικότερη λειτουργία σε σχέση με όλα τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης.
2. Η αυτονομία τους. Μια αντλία γεωθερμίας αντικαθιστά πλήρως τα κλασικά συστήματα θέρμανσης (λέβητας πετρελαίου, φυσικού αερίου, κ.α.). Τροφοδοτείται μόνο με ηλεκτρικό ρεύμα και η ίδια μονάδα παράγει θέρμανση, δροσισμό και ζεστά νερά χρήσης.
3. Οι αντλίες στην λειτουργία τους είναι φιλικές προς το περιβάλλον, αφού χρησιμοποιούν ψυκτικό υγρό R-410A και έχουν μηδενικές εκπομπές ρύπων.
4. Το μικρό μέγεθος τους και η αθόρυβη λειτουργία τους.

Συμπερασματικά τα κύρια πλεονεκτήματα των γεωθερμικών συστημάτων είναι [64]:

1. Χαμηλό κόστος λειτουργίας, το 70% έως 80% της ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση-δροσισμό απορροφάται από το γεωεναλλάκτη, το κόστος λειτουργίας ενός γεωθερμικού συστήματος είναι εξαιρετικά μειωμένο.
2. Φιλικότητα προς το περιβάλλον, καθώς δεν εξαντλεί τους ενεργειακούς πόρους και δεν παράγει ρύπους (μηδενικές εκπομπές CO₂).
3. Ελευθερία χώρων, καθώς το μόνο που χρειάζεται είναι μία μικρή και συμπαγής αντλία.
4. Μηδενική συντήρηση, ο γεωεναλλάκτης δεν χρειάζεται συντήρηση, ενώ η αντλία γεωθερμίας μόνο έναν περιοδικό έλεγχο.
5. Αθόρυβη και ασφαλής λειτουργία.

7.3 Αξιοποίηση αστικών στερεών αποβλήτων

Η διαχείριση των απορριμμάτων αποτελεί ένα από τα πλέον σύνθετα και δύσκολα προβλήματα που καλείται να αντιμετωπίσει η χώρα μας, όπως και κάθε σύγχρονη κοινωνία. Με τα σημερινά δεδομένα, στη χώρα μας παράγουμε κάθε χρόνο περίπου 4.8 εκατομμύρια τόνους αστικών στερεών απορριμμάτων (απορρίματα που προέρχονται από κατοικίες και εμπορικές δραστηριότητες), χωρίς να συμπεριλαμβάνονται στις ποσότητες αυτές τα απόβλητα της γεωργίας, του οικοδομικού τομέα και της βιομηχανίας. Αυτό σημαίνει ότι κάθε κάτοικος αυτής της χώρας παράγει κατά μέσο όρο 480 κιλά αστικά απορρίματα ετησίως. Επισημαίνεται ότι η Περιφέρεια Αττικής παράγει περίπου 39% της συνολικής ποσότητας, ακολουθούμενη από την Κ. Μακεδονία (16%), με το 9% να παράγεται μόνο στο Νομό Θεσσαλονίκης. Τα τελευταία χρόνια λόγω της ανάπτυξης των μεγάλων αστικών κέντρων, της συνεχούς αύξησης του τουριστικού ρεύματος, της ανόδου του βιοτικού επιπέδου και κατ' επέκταση της αλλαγής των καταναλωτικών συνηθειών παρατηρείται μια τάση σημαντικής αύξησης της παραγωγής των αστικών απορριμμάτων, με ταυτόχρονη αλλαγή της ποιοτικής τους σύστασης (αύξηση των επικίνδυνων και τοξικών απορριμμάτων, εμφάνιση σύνθετων υλικών συσκευασίας, κλπ), ενώ παράλληλα παρατηρείται όλο και μεγαλύτερο πρόβλημα στην εξεύρεση και αποδοχή χώρων για τη διαχείρισή τους. [70]



Εικ. 7.5: Εκτίμηση σύνθεσης αστικών αποβλήτων [70]

Οι σύγχρονες αντιλήψεις και πρακτικές για τη διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων υπαγορεύουν πλέον σχεδιασμό και υλοποίηση ολοκληρωμένων συστημάτων, με βασικούς στόχους την αιεφορία και την αποτελεσματική διαχείριση και εξοικονόμηση φυσικών πόρων και ενέργειας. Το κέντρο βάρους έχει μετατοπιστεί καθαρά προς την πρόληψη της παραγωγής αποβλήτων, την

ανακύκλωση και προς την μείωση των επικίνδυνων συστατικών των αποβλήτων. Σήμερα, οι βασικοί άξονες της πολιτικής διαχείρισης των αστικών στερεών αποβλήτων στη χώρα μας, διαμορφούμενες σε συμφωνία με την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία και τη σύγχρονη επιστημονική γνώση, προσδιορίζονται ιεραρχικά ως ακολούθως:

- ✓ Πρόληψη της παραγωγής απορριμμάτων μέσω της ανάλυσης του κύκλου ζωής προϊόντων (AKZ), του περιβαλλοντικού σχεδιασμού του προϊόντος, των νέων τρόπων παραγωγής, του περιορισμού της χρήσης επικίνδυνων ουσιών και τελικά της επιλεκτικής κατανάλωσης με στόχο τη μείωση των απορριμμάτων που προορίζονται για τελική απόθεση.
- ✓ Επαναχρησιμοποίηση υλικών, όπου αυτό είναι εφικτό.
- ✓ Ανακύκλωση υλικών (παραγωγή δευτερογενών υλικών) & αξιοποίηση αποβλήτων για παραγωγή ενέργειας.
- ✓ Ασφαλής τελική διάθεση σε οργανωμένους χώρους υγειονομικής ταφής.

Πιο συγκεκριμένα η επαναχρησιμοποίηση των υλικών γίνεται μέσω κάποιων μεθόδων ανάκτησης υλικών ή ενέργειας όπως: **η ανακύκλωση, η καύση, η κομποστοποίηση, η αναερόβια χώνευση, η υγειονομική ταφή αλλά και η πυρόλυση.** Κατά την ανακύκλωση γίνεται διαλογή των χρήσιμων υλικών όπως χαρτί, γυαλί, αλουμίνιο στην πηγή (δηλαδή σε κατοικίες, αλλά και σε γραφεία) σε ξεχωριστούς κάδους ή συγκέντρωση και μηχανική διαλογή στους χώρους απόθεσης των αστικών στερεών αποβλήτων. Στην διαδικασία της καύσης, το σύνολο των οικιακών απορριμμάτων αποτεφρώνεται σε βιομηχανικές μονάδες για την παραγωγή ενέργειας και ατμού ή γίνεται μετά από την μηχανική επεξεργασία των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) με την παραγωγή στερεών καυσίμων τα οποία χρησιμοποιούνται ενεργειακά. Κατά την κομποστοποίηση, τα ΑΣΑ διαχωρίζονται για να παραληφθεί το οργανικό κλάσμα στην πηγή ή στους χώρους συγκέντρωσης για την παραγωγή compost ως εδαφοβελτιωτικού. Στην αναερόβια χώνευση, το οργανικό κλάσμα που διαχωρίστηκε μέσω της αναερόβιας χώνευσης παράγει βιοαέριο για την παραγωγή ενέργειας μέσω μηχανών εσωτερικής καύσης. Κατά την υγειονομική ταφή, στους ΧΥΤΑ, δημιουργούνται αναερόβιες συνθήκες κι αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή βιοαερίου το οποίο απομαστεύεται και καίγεται σε μηχανές για να παραχθεί ενέργεια. Τέλος κατά την πυρόλυση, το οργανικό κλάσμα των στερεών αποβλήτων, θα εξαερωθεί μέσω θερμικής κατεργασίας παρουσία οξυγόνου και θα παραχθούν στερεά προϊόντα όπως ανθρακούχο στερεό υπόλειμμα υψηλής θερμογόνου αξίας, υγρά προϊόντα πλούσια σε οργανικές ενώσεις αλλά και αέρια προϊόντα όπως μεθάνιο, υδρογόνο, διοξείδιο του άνθρακα καθώς και μονοξείδιο του άνθρακα.

Ένα άλλο στοιχείο που μπορούν να εκμεταλλευθούν τα βιοκλιματικά σπίτια είναι τα λύματα που παράγονται σε αυτό μέσω της επαναχρησιμοποίησης του νερού μετά το βιολογικό καθαρισμό. Αυτό μπορεί να γίνει με την κατάλληλη μελέτη του υδραυλικού συστήματος. Μια καλή επιλογή είναι η κατασκευή βιοτουαλέτας και η επιφανειακή διάθεση και επεξεργασία λυμάτων μιας μικρής μονοκατοικίας. Τα λύματα της κατοικίας από τις τουαλέτες, τους νιπτήρες κλπ, παραλαμβάνονται μέσω του αποχετευτικού δικτύου και στη συνέχεια τις μετασχηματίζονται σε μικρές οικιακές μονάδες βιολογικού καθαρισμού λυμάτων, σε καθαρό νερό αλλά όχι πόσιμο. Το παραγόμενο νερό είναι φιλτραρισμένο, διαθέτει υψηλής ποιότητας υγιεινή λόγω της συνολικής απομάκρυνσής των οργανικών υλικών και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το πότισμα του κήπου, το καθάρισμα του αυτοκινήτου, το πλύσιμο των ρούχων, την πισίνα και σε

κάθε χρήση που δεν χρειάζεται το πόσιμο νερό. Οι μονάδες βιολογικού καθαρισμού λειτουργούν βασισμένοι στο συνδυασμό μιας διαδικασίας αναζωογόνησης, μέσω μιας βιομάζας μικροβίων που τρέφεται με τους ρύπους, και της ανάκτησης του φιλτραρισμένου νερού μέσα από ειδικά φίλτρα. Τα βυτία εγκαθίστανται και λειτουργούν ταυτόχρονα τόσο ως αποθήκες για τα λύματα όσο και για βιομάζα. Οι ακαθαρσίες που καταλήγουν στο βιολογικό καθαρισμό οδηγούνται αρχικά στο **βυτίο διάλυσης** και διαχωρισμού στερεών, στο οποίο χωρίζονται τα μη διαλυμένα στερεά υλικά από το ακάθαρτο νερό και εκεί γίνεται ενδιάμεση αποθήκευση μεγαλύτερων ποσοτήτων ακάθαρτου νερού. Στη συνέχεια το ακάθαρτο νερό μεταφέρεται μέσω μιας **αντλίας σιφωνισμού** στο **βυτίο της αναζωογόνησης**, όπου θα καθαριστεί μέσω της βιομάζας μικροβίων και θα ανακτηθεί μέσα από ειδικές μεμβράνες, χωρίς να έχει ρύπους, μικρόβια και βακτηρίδια. Η βιολογική αποδόμηση απαιτεί οξυγόνο το οποίο διοχετεύεται στο βυτίο μέσω ενός *συμπιεστή* αθόρυβης λειτουργίας. Το μίγμα λάσπης -αέρα- νερού, ανέρχεται με τη διοχέτευση αέρα από κάτω προς τα πάνω, όπου ο αέρας οδηγείται μέσω ενός ειδικού συστήματος από φίλτρα, δημιουργώντας ρεύμα που ρέει παράλληλα προς τις μεμβράνες για να εμποδίζουν τη δημιουργία στρώματος επικάλυψης πάνω στα βιολογικά μικροφίλτρα της μεμβράνης. Το νερό που ανακτάται από τα **βιολογικά μικροφίλτρα**, καθώς και του **φίλτρου ενεργού άνθρακα** δεν διαθέτει αιωρούμενα σωματίδια και δεν χρειάζεται περαιτέρω καθαρισμός. Οι μονάδες βιολογικού καθαρισμού εγκαθίστανται σε εσωτερικούς χώρους όπως στο έδαφος, στο λεβητοστάσιο, στο υπόγειο, και γενικότερα σε κλειστούς χώρους ώστε να προστατεύονται από την παγωνιά. Η ενέργεια που καταναλώνουν οι μονάδες βιολογικού καθαρισμού κυμαίνεται από 0,2-2,4kWh/μέρα. Τέλος εξοικονόμηση νερού μπορεί επίσης να επιτευχθεί με ένα απλό σύστημα συλλογής των βρόχινων υδάτων που στοχεύει στην επαναχρησιμοποίησή του. Το καλύτερο υδραυλικό σύστημα που μπορεί να κατασκευασθεί σε ένα σπίτι πρέπει να έχει αστεροειδή μορφή, με τις κεντρικές στήλες συγκεντρωμένες σε ένα κατάλληλα μονωμένο σημείο της κάλυψης. [59]

7.4 Τηλεθέρμανση με βιομάζα

Με τον όρο **βιομάζα** ονομάζουμε οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί αυτή την ενέργεια την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και τη χρήση της. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση. Η μόνη φυσικά ευρισκόμενη πηγή ενέργειας με άνθρακα που τα αποθέματά της είναι ικανά ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων, είναι η βιομάζα. Αντίθετα από αυτά, η βιομάζα είναι ανανεώσιμη καθώς απαιτείται μόνο μια σύντομη χρονική περίοδος για να αναπληρωθεί ό,τι χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας. Εν γένει, για τις διάφορες τελικές χρήσεις υιοθετούνται διαφορετικοί όροι. Έτσι, ο

όρος "βιοισχύς" περιγράφει τα συστήματα που χρησιμοποιούν πρώτες ύλες βιομάζας αντί των συνήθων ορυκτών καυσίμων (φυσικό αέριο, άνθρακα) για ηλεκτροπαραγωγή, ενώ ως "βιοκαύσιμα" αναφέρονται κυρίως τα υγρά καύσιμα μεταφορών που υποκαθιστούν πετρελαϊκά προϊόντα, π.χ. βενζίνη ή ντίζελ.



Εικόνα 7.6: Μια μορφή βιομάζας: pellets (συσσωματώματα) τα οποία προκύπτουν από τη μηχανική συμπίεση πριονιδιού, χωρίς την προσθήκη χημικών ή συγκολλητικών ουσιών [46]

Η βιοενέργεια αποτελεί στην Ε.Ε. το μεγαλύτερο ποσοστό στην παραγόμενη ενέργεια από Α.Π.Ε. (66% το 2005), ενώ είναι στην τρίτη θέση στην παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μετά την υδροηλεκτρική και την αιολική (15,8% το 2005). Επίσης, αφορά όλη την αγορά βιοκαυσίμων στις μεταφορές. Η βιοενέργεια χρησιμοποιείται σε όλη την Ευρώπη πάντα σε σχέση με τις υπάρχουσες πρώτες ύλες και αγορές, ενώ επειδή και οι πρώτες ύλες, οι τεχνολογίες και οι αγορές είναι ποικίλες είναι ένας τομέας ενδιαφέρων και περίπλοκος ως προς την ανάπτυξή του. Η συνηθέστερη οικιστική χρήση της βιοενέργειας είναι η **θέρμανση**. Η θέρμανση χώρων με τη χρήση βιομάζας περιλαμβάνει πολλές λύσεις: τζάκι, στόφα, ξυλόσομπα, λέβητες πυρηνόξυλου ή καυσόξυλου, τηλεθέρμανση, λέβητες ή σόμπες για συσσωματώματα βιομάζας – pellets). Στην αγορά υπάρχουν ξυλόσομπες που δίνουν εγγύηση για θέρμανση ολόκληρου του σπιτιού και ενεργειακά τζάκια και ξυλόσομπες που μπορούν να θερμαίνουν και το νερό της κεντρικής θέρμανσης ή νερό χρήσης επιπλέον του χώρου στον οποίο βρίσκονται. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η θέρμανση χώρων με αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα (πυρηνόξυλο, κουκούτσια κ.λπ.) που λαμβάνει χώρα σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας σε λέβητες που καίνε τα ανάλογα υπολείμματα και πετρέλαιο. Έτσι μπορεί κάποιος να επωφεληθεί από τα χαμηλά κόστη που παρουσιάζουν στην

αγορά τα υπολείμματα συγκεκριμένες εποχές του χρόνου, ενώ εξασφαλίζει τη θέρμανση του σπιτιού για όλη τη θερμαντική περίοδο. [46]

Τηλεθέρμανση είναι η παραγωγή θερμικής ενέργειας με μορφή υπέρθερμου νερού από ένα κεντρικό σύστημα, η μεταφορά της θερμικής ενέργειας και η διανομή της στις κατοικίες της πόλης. Στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη είναι πολύ διαδεδομένη, ενώ στην Ελλάδα υπάρχουν μόνο οι τηλεθερμάνσεις που λειτουργούν χρησιμοποιώντας την απορριπτόμενη θερμότητα των σταθμών παραγωγής της ΔΕΗ. Τα συστήματα τηλεθέρμανσης αποτελούνται από:

1. Το σταθμό παραγωγής θερμότητας που είναι εγκατεστημένος ο κεντρικός εξοπλισμός και εκεί υπάρχουν επίσης οι λέβητες, το σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου, η καπνοδόχος, οι αντλίες κλπ,
2. Το δίκτυο διανομής του θερμαίνοντος μέσου, το οποίο είναι θερμό ή υπέρθερμο νερό από το σταθμό παραγωγής θερμότητας προς τα θερμαινόμενα κτίρια,
3. Τους υποσταθμούς σύνδεσης, οι οποίοι συμβάλλουν στη σύνδεση των εσωτερικών εγκαταστάσεων θέρμανσης των κτιρίων με το δίκτυο διανομής τηλεθέρμανσης.
4. Τις εσωτερικές εγκαταστάσεις θέρμανσης των κτιρίων, οι οποίες αποτελούνται από τα δίκτυα σωληνώσεων, θερμαντικά σώματα κλπ.

Λεπτομερέστερα, στους σταθμούς παραγωγής θερμότητας υπάρχουν ειδικοί λέβητες στους οποίους καίγεται η βιομάζα και παράγεται θερμό νερό. Οι λέβητες οι οποίοι χρησιμοποιούνται είναι με εστίες κινούμενων εσχάρων. Η βιομάζα που καίγεται στους λέβητες τροφοδοτείται με πλήρως αυτοματοποιημένα συστήματα. Τα καυσαέρια που εκλύονται κατά την καύση της βιομάζας, καθαρίζονται με ειδικές διατάξεις όπως οι πολυκυκλώνες, τα σακκόφιλτρα, τα ηλεκτροστατικά φίλτρα κι έπειτα οδηγούνται στην καμινάδα κι από εκεί στην ατμόσφαιρα. Οι αγωγοί του δικτύου διανομής είναι μονωμένοι και αποτελούνται από εσωτερικό χαλύβδινο αγωγό με μόνωση πολυουρεθάνης ενώ εξωτερικά, υπάρχει προστατευτικό περίβλημα πολυαιθυλενίου. Στη μόνωση της πολυουρεθάνης υπάρχουν χάλκινα σύρματα ώστε να εντοπίζονται τα σημεία που υπάρχει υγρασία κατά μήκος του δικτύου, μέσω ενός ειδικού ηλεκτρονικού συστήματος ελέγχου. Αυτοί οι αγωγοί τοποθετούνται στο έδαφος. Η εμφάνιση της υγρασίας οφείλεται συνήθως σε διαρροή του χαλύβδινου αγωγού ή σε είσοδο υγρασίας του εδάφους στη μόνωση. Τέλος το παραγόμενο θερμό νερό επανακυκλοφορεί στο δίκτυο διανομής με τη βοήθεια αντλιών. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στα συστήματα θέρμανσης με βιομάζα είναι ανεπτυγμένη σε μεγάλο βαθμό όσον αφορά τη διανομή του θερμού νερού από καύση βιομάζας σε λέβητες αλλά και τη διανομή του θερμού νερού από το σταθμό παραγωγής θερμότητας προς τα συνδεδεμένα κτίρια μέσω του δικτύου των μονωμένων αγωγών. [59]

Οι εφαρμογές της τηλεθέρμανσης με βιομάζα, χαρακτηρίζονται από την απαίτηση για ένα υψηλό αρχικό κεφάλαιο. Το κόστος του καυσίμου αποτελεί σημαντικό παράγοντα στη διαμόρφωση των εξόδων των συστημάτων τηλεθέρμανσης. Ένα πρόβλημα που πρέπει να λυθεί πριν ξεκινήσει η κατασκευή ενός τέτοιου συστήματος είναι η εξασφάλιση προμήθειας των απαιτούμενων ποσοτήτων βιομάζας σε προκαθορισμένες τιμές. Επίσης είναι εξίσου σημαντική η δυνατότητα χρησιμοποίησης εναλλακτικού καυσίμου ώστε να μπορεί να εξασφαλισθεί η τροφοδοσία του συστήματος με καύσιμο σε κάθε περίπτωση. Για να είναι βιώσιμη η επένδυση, θα πρέπει ο αριθμός των κατοικιών που συνδέονται με το σύστημα να είναι ενημερωμένος για τα οφέλη και τον

τρόπο λειτουργίας του συστήματος ώστε να προμηθεύονται θερμότητα από αυτό ο μεγαλύτερος δυνατός αριθμός κατοικιών. Ένα άλλο θέμα που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη από την επιχείρηση διαχείρισης του συστήματος τηλεθέρμανσης, είναι η τιμολογιακή πολιτική που θα ακολουθηθεί, ώστε η τιμή της θερμικής ενέργειας που θα πωλείται να είναι πολύ χαμηλότερη από την τιμή που προκύπτει από τη χρήση τοπικού λέβητα πετρελαίου, κι έτσι οι καταναλωτές να αποκτούν ένα επιπλέον κίνητρο για να συνδεθούν με το δίκτυο. [24]

Συμπερασματικά τα **πλεονεκτήματα** της βιομάζας είναι τα εξής :

1. Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου - επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.
2. Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO₂) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.
3. Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.
4. Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών (διάφορα είδη ελαιοκράμβης, σόργο, καλάμι, κενάφ) τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες (ηλιάνθος κ.ά.), και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στη κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων έχει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της απασχόλησης τόσο στον αγροτικό όσο και στο βιομηχανικό χώρο.

Στα **μειονεκτήματα** συγκαταλέγονται :

1. Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.
2. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.
3. Βάση των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά, και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.
4. Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

8.1 Ενεργειακή κατάσταση των ελληνικών κτιρίων

Στην Ελλάδα απαιτείται μέχρι και 30% περισσότερη ενέργεια για την ικανοποίηση των συνθηκών θερμικής άνεσης και ποιότητας αέρα στα κτίρια. Ιδιαίτερα όσα κατασκευάστηκαν πριν από το 1980, αντιμετωπίζουν στην πλειονότητα τους πρόβλημα επαρκούς μόνωσης,. Μεταξύ των πλέον ενεργοβόρων κτιρίων στην Ε.Ε., τα ελληνικά απορροφούν το 1/3 της καταναλισκόμενης ενέργειας και έχουν απώλειες θέρμανσης από πόρτες και παράθυρα. Σύμφωνα με στοιχεία του ΥΠΑΑΝ (Υπουργείο ανάπτυξης και ανταγωνιστικότητας) στην Ελλάδα τα κτίρια κατοικιών αντιπροσωπεύουν το 76% του συνόλου. Από αυτά το 70% μέχρι το 2001 δεν είχαν μόνωση και μόνο το 29% έχει κτιστεί μετά το 1981. Οι δυνατότητες εξοικονόμησης είναι αρκετές αν λάβει κανείς υπόψη του ότι σύμφωνα με στοιχεία του ΥΠΑΑΝ μέχρι το 2001 από το σύνολο των κτιρίων:

- ♦ 2,1% έχουν διπλά τζάμια
- ♦ 30,4% έχουν μόνωση δώματος
- ♦ 12,7% έχουν μόνωση πυλωτής
- ♦ 1,5% έχουν μόνωση δαπέδου
- ♦ 4,2% έχουν μόνωση σωληνώσεων στην εγκατάσταση θέρμανσης
- ♦ 20% έχουν μόνωση εξωτερικών τοίχων (αφού το 29% κτίσθηκε μετά το 1981 όπου από τότε άρχισε να ισχύει ο κανονισμός θερμομόνωσης)

Με τον ΚΕΝΑΚ (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων) θεσμοθετείται ο ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός στον κτιριακό τομέα με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος, με συγκεκριμένες δράσεις:

1. Εκπόνηση Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων
2. Θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης κτιρίων
3. Ενεργειακή Κατάταξη Κτιρίων (Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης)
4. Ενεργειακές Επιθεωρήσεις κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού

Η εφαρμογή του θεσμού της ενεργειακής επιθεώρησης των κτηρίων και της έκδοσης Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) ξεκίνησε στις 9 Ιανουαρίου 2011. Σύμφωνα με συγκεντρωτικά στοιχεία που δημοσιοποίησε το ΥΠΕΚΑ (Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής), με αφορμή τη συμπλήρωση δυο ετών εφαρμογής παραπάνω θεσμού, τα ελληνικά κτήρια είναι διάτρητα και εκτεθειμένα στα καιρικά φαινόμενα, ενώ τουλάχιστον 3 στα 10 κτίρια στην Ελλάδα δεν διαθέτουν θερμομόνωση. Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά, η συντριπτική πλειοψηφία των κτιρίων στη χώρα μας δεν διαθέτει αποδοτικά συστήματα ψύξης ή θέρμανσης, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλη κατανάλωση ενέργειας. Επίσης, οι μονοκατοικίες είναι οι περισσότερο ενεργοβόρες κατασκευές σε σχέση με τις πολυκατοικίες ή τα διαμερίσματα, ενώ τα καταστήματα περισσότερο ενεργοβόρα από τα γραφεία.

Σε εθνικό επίπεδο, ο κτηριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης και από την έναρξη του θεσμού έχουν εκδοθεί συνολικά 274.000 Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ), που αφορούν είτε σε παλιά κτίρια που μισθώνονται πωλούνται ή ανακαινίζονται, είτε σε νέες κατασκευές. Όπως προκύπτει από τα στοιχεία, 74.426 κτίρια κατατάσσονται στην στη χαμηλότερη ενεργειακή κατηγορία Η, γεγονός που σημαίνει ότι για την θέρμανση και την ψύξη τους απαιτείται υπερπολλαπλάσια ποσότητα ενέργειας, 40.459 ελληνικά κτίρια εντάσσονται σε μια κατηγορία υψηλότερα, στην κατηγορία Ζ, ενώ στις κατηγορίες Δ, Ε και Ζ εντάσσονται περίπου 150.000 κτίρια. Στις κατηγορίες αυτές πληρούνται κάποιες βασικές προϋποθέσεις που σχετίζονται με τη μόνωση και τα κουφώματα όμως και πάλι, απέχουν πολύ από το μέσο όρο των ευρωπαϊκών κτιρίων που ανήκουν κυρίως στην υψηλή ενεργειακή κατηγορία Β. Στην κατηγορία αυτή (Β, Β+) ανήκουν μόλις 9.500 κτίρια ανήκουν στις ενεργειακές κατηγορίες, ενώ στην κατηγορία Α και Α+ ανήκουν ακόμη λιγότερα κτίρια και είναι αυτά που έχουν επιτύχει πάνω από 80% εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με τις συμβατικές κατασκευές. [79]

Ακόμη, η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων στην Ελλάδα είναι της τάξης των 4.6 Mtoe (Million Tonnes of Oil Equivalent) και αντιστοιχούν σε 0.55 Mtoe ενέργειας ανά κάτοικο το έτος, δηλαδή περίπου στο μισό της αντίστοιχης κατανάλωσης στην υπόλοιπη Ευρώπη. Η διαχρονική μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων στην Ελλάδα είναι καθαρά αυξητική και ο ετήσιος ρυθμός αύξησης της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων είναι περίπου 1,8%. [34]

Πίν. 8.1: Μέση ενεργειακή κατανάλωση διαφόρων τύπων κτιρίων ανά είδος χρήσης. Όλες οι τιμές είναι σε kWh ανά τετραγωνικό μέτρο το χρόνο [34]

Τύπος Κτιρίου	Δροσισμός	Θέρμανση	Φωτισμός	Συσκευές	Σύνολο
Γραφεία	24	95	20	48	187
Εμπορικά	18	74	19	41	152
Σχολεία	2	66	16	8	92
Νοσοκομεία	3	299	52	53	407
Ξενοδοχεία	11	198	24	40	273

Η ειδική ενεργειακή των διαφόρων τύπων κτιρίων στην Ελλάδα μετρήθηκε, επίσης, στα πλαίσια πρόσφατου ερευνητικού προγράμματος. Έτσι, παρατηρείται ότι η θέρμανση των χώρων αποτελεί την σημαντικότερη ειδική ενεργειακή κατανάλωση για όλα τα κτίρια στην χώρα. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε μια σειρά από παραμέτρους που σχετίζονται με το πλήθος των εγκαταστημένων συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού, το είδος της προστασίας των κτιρίων κατά την διάρκεια του χειμώνα και του θέρους καθώς και στο γεγονός ότι για τον δροσισμό των χώρων χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια και συσκευές με συντελεστή απόδοσης κατά πολύ μεγαλύτερο της μονάδας. Μια πλέον ρεαλιστική εικόνα της πραγματικής σημασίας κάθε επιμέρους κατανάλωσης δίνεται, εάν η

σύγκριση περιοριστεί μόνο για τα κτίρια που διαθέτουν ταυτόχρονα σύστημα θέρμανσης και δροσισμού. Στοιχεία μια τέτοιας σύγκρισης δίνονται και για τα σχολικά κτίρια. Όπως παρατηρείται η ύπαρξη συστημάτων μηχανικού κλιματισμού αυξάνει δραματικά τη συνολική ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων.

Πιν. 8.2: Κατανομή της άμεσης ενεργειακής κατανάλωσης των σχολικών κτιρίων, με παράλληλη εγκατάσταση θέρμανσης και κλιματισμού. Όλες οι τιμές είναι σε kWh ανά τετραγωνικό μέτρο το χρόνο [34]

Τύπος Κτιρίου	Δροσισμός	Θέρμανση	Φωτισμός	Συσκευές	Σύνολο
Μέση κατανάλωση των Σχολείων	2	67	16	8	93
Κατανάλωση των Σχολείων με θέρμανση και κλιματισμό	42	99	30	9	180

Συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι η κατανάλωση των κλιματιστικών συσκευών επιφέρει αύξηση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης κατά 40 kWh ανά τετραγωνικό μέτρο και έτος. Η κατανάλωση αυτή αποτελεί και την μέση ενεργειακή κατανάλωση των κλιματιστικών συσκευών στην χώρα.

Εκτός αυτών, στην Ελλάδα οι ανάγκες για θέρμανση των κατοικιών ανέρχονται περίπου στο 70% της συνολικής ενεργειακής τους κατανάλωσης. Η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, το φωτισμό και τον κλιματισμό ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου. Οι κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο αποκλειστικά το πετρέλαιο, αντιστοιχούν στο 35,5% του συνόλου. Το υπόλοιπο 64% είναι αυτόνομα θερμαινόμενες κατοικίες, που χρησιμοποιούν πετρέλαιο, φυσικό αέριο, ηλεκτρισμό, ενώ τον τελευταίο χρόνο ένα μεγάλο ποσοστό χρησιμοποιεί καυσόξυλα. [40]

Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια στην Ελλάδα έχει αυξητική τάση, διότι αυξητική είναι η χρήση κλιματιστικών και μικροσυσκευών. Η χρήση των κλιματιστικών αποτελεί σημαντικό παράγοντα αύξησης του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής στη χώρα, με τεράστιες οικονομικές συνέπειες και σημαντική επιβάρυνση του καταναλωτή. Επιπλέον, τα κλιματιστικά επιδεινώνουν το φαινόμενο της υπερθέρμανσης των αστικών κέντρων και τις συνεπαγόμενες δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν το καλοκαίρι.

Πάντως, η αρχική αυτή φάση των ενεργειακών επιθεωρήσεων διενεργήθηκε από ένα σώμα προσωρινών ενεργειακών επιθεωρητών και αποτελεί ουσιαστικά μια πρώτη αποτύπωση της ενεργειακής κατάστασης ενός μέρους του κτιριακού μας αποθέματος. Το επόμενο βήμα αφορά στη

δημιουργία ενός σώματος μονίμων ενεργειακών επιθεωρητών (μέσα από εκπαίδευση και εξετάσεις), στη βελτίωση του νομοθετικού πλαισίου (ήδη συζητείται στην αρμόδια επιτροπή της Βουλής το σχέδιο νόμου για την «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων»), στην εντατικοποίηση των ελέγχων από την ΕΥΕΠΕΝ (Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας) και στην αξιολόγηση των συμπερασμάτων της πρώτης καταγραφής, ώστε τελικά να περάσουμε σε συγκεκριμένες προτάσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων της χώρας σε συνδυασμό με κατάλληλα κίνητρα και χρηματοδοτικά εργαλεία. Η βελτίωση αυτή είναι πολύ σημαντική, ειδικά στην περίοδο της κρίσης, καθώς θα ωφελήσει τόσο τους ιδιοκτήτες όσο και τους ενοίκους των κτιρίων αυτών, αλλά και την ελληνική οικονομία ευρύτερα, αφού θα αναζωογονήσει συνολικά τον κλάδο της οικοδομής.[79]

8.2 Ενεργειακή κατάσταση κτιρίων στην Ευρώπη

Ο τομέας των κτιρίων αποτελεί ίσως τον σημαντικότερο οικονομικό χώρο της Ευρώπης, παρουσιάζοντας ετήσιο κύκλο εργασιών που ξεπερνά τα 400 δις Ευρώ. Ταυτόχρονα, σε ημερήσια βάση, η παγκόσμια πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση που σχετίζεται με τα κτίρια ξεπερνάει τα 17 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου, ποσότητα περίπου ίση με την συνολική παραγωγή των χωρών του Οργανισμού εξαγωγών πετρελαιοπαραγωγών Χωρών (ΟΠΕΚ). [34]

Επίσης, ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Η ανά χώρα κύμανση ποικίλει από 20% για την Πορτογαλία, έως και 45% για την Ιρλανδία. Η κατανάλωση αυτή, είτε σε μορφή θερμικής (κυρίως πετρέλαιο) είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα, εκτός της σημαντικής οικονομικής επιβάρυνσης λόγω του υψηλού κόστους της ενέργειας, τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), που ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Δεδομένου ότι ο κάτοικος των αστικών κυρίως κέντρων βιώνει το 80% της ζωής του στο εσωτερικό των κτιρίων, είναι προφανής η επίδραση της ποιότητας του εσωτερικού κλίματος, τόσο στην υγεία και την άνεση όσο και την παραγωγικότητά του. Η δραματική υποβάθμιση κατά τα τελευταία χρόνια του ατμοσφαιρικού προβλήματος, καθώς και η χρήση υλικών και συσκευών μη φιλικών προς το περιβάλλον έχουν συντελέσει στην εμφάνιση, ποιοτικά και ποσοτικά, σημαντικών περιβαλλοντικών και ενεργειακών προβλημάτων στα κτίρια. Ειδικότερα, η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος στα μεγάλα αστικά κέντρα έχει συντελέσει στην δραματική αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για τον δροσισμό των κτιρίων κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η απαιτούμενη ενέργεια για τον δροσισμό ενός κτιρίου στο κέντρο της Αθήνας είναι σχεδόν διπλάσια από την απαιτούμενη στην περιφέρεια της πόλης.

Παράλληλα, η αύξηση των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και οι υψηλές εκπομπές μέρους των σύγχρονων δομικών υλικών συντελούν στην αύξηση της συγκέντρωσης ρυπαντών στο εσωτερικό των κτιρίων, με ιδιαίτερα σημαντικές συνέπειες τόσο στην υγεία όσο και την παραγωγικότητα των ενοίκων. Μετρήσεις σε κτίρια γραφείων και νοσοκομεία στην ευρύτερη περιοχή Αθηνών έδειξαν ιδιαίτερα αυξημένες συγκεντρώσεις ρύπων στο εσωτερικό των κτιρίων καθώς και αυξημένα ποσοστά παθολογίας των ενοίκων.

Τα παραπάνω καθορίζουν το πλαίσιο εξέτασης και ανάλυσης του όλου ενεργειακού και περιβαλλοντικού προβλήματος των κτιρίων. Η ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων δεν θα πρέπει να αποσυνδέεται από τα προβλήματα περιβάλλοντος και θα πρέπει να μελετάται σαν μια ενότητα μαζί με το συγκεκριμένο εξωτερικό μικροκλίμα στον χώρο του κτιρίου, καθώς και το διαμορφούμενο εσωτερικό περιβάλλον. [34]

Σύμφωνα με τον Σανταμούρη, τα κτίρια καταναλώνουν ενέργεια για την επίτευξη θερμικής και οπτικής άνεσης εντός των χώρων καθώς και για την χρήση ειδικών συσκευών. Η τελική ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι της τάξης των 350 Mtoe ανά έτος, χωρίς να υπολογίζεται η συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το μεγαλύτερο μέρος της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων καλύπτεται από το φυσικό αέριο 116 Mtoe, το πετρέλαιο 99 Mtoe, τον ηλεκτρισμό 91 Mtoe και τα στερεά καύσιμα με 11 Mtoe.

Οι πραγματικές ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων στην Ευρώπη καλύπτονται σε μεγάλο ποσοστό από την έμμεση χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας και των άλλων ατμοσφαιρικών πηγών. Στην περίπτωση αυτή το σύνολο της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων υπολογίζεται σε 740 Mtoe πρωτογενούς ενέργειας. Η κατανομή των διαφόρων πλεον καυσίμων είναι 43% από διάφορα καύσιμα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, 20% από άμεση χρήση πετρελαίου, 18% από άμεση χρήση φυσικού αερίου, 6% από άλλα στερεά καύσιμα και κατά 15% από ηλιακή ενέργεια.

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι αντιστοιχεί περίπου ένας τόνος ισοδύναμου πετρελαίου ανά έτος και ανά κάτοικο για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων στην Ευρώπη. Η διαχρονική μεταβολή, κατά τα τελευταία χρόνια, είναι ελαφρά αυξητική και η ετήσια αύξηση του ρυθμού κατανάλωσης στα κτίρια είναι ίση με 0.7%. [68]

ΜΕΡΟΣ Β: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

*«Με λόγια που προσηλυτίζουν το άπειρο, γέννησες τη φωνή της μέρας, έστησες ψηλά, στην πράσινη και
ρόδινη αιθεροβασία»*

*Ποιητική «Ωδή στη Σαντορίνη» του Ελύτη
από την ενότητα «Η Θητεία του Καλοκαιριού».*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΚΑΠΕΤΑΝΟΣΠΙΤΟ

1.1 Τοποθεσία έργου, πολεοδομικά & κλιματολογικά δεδομένα

1.1.1 Τοποθεσία έργου

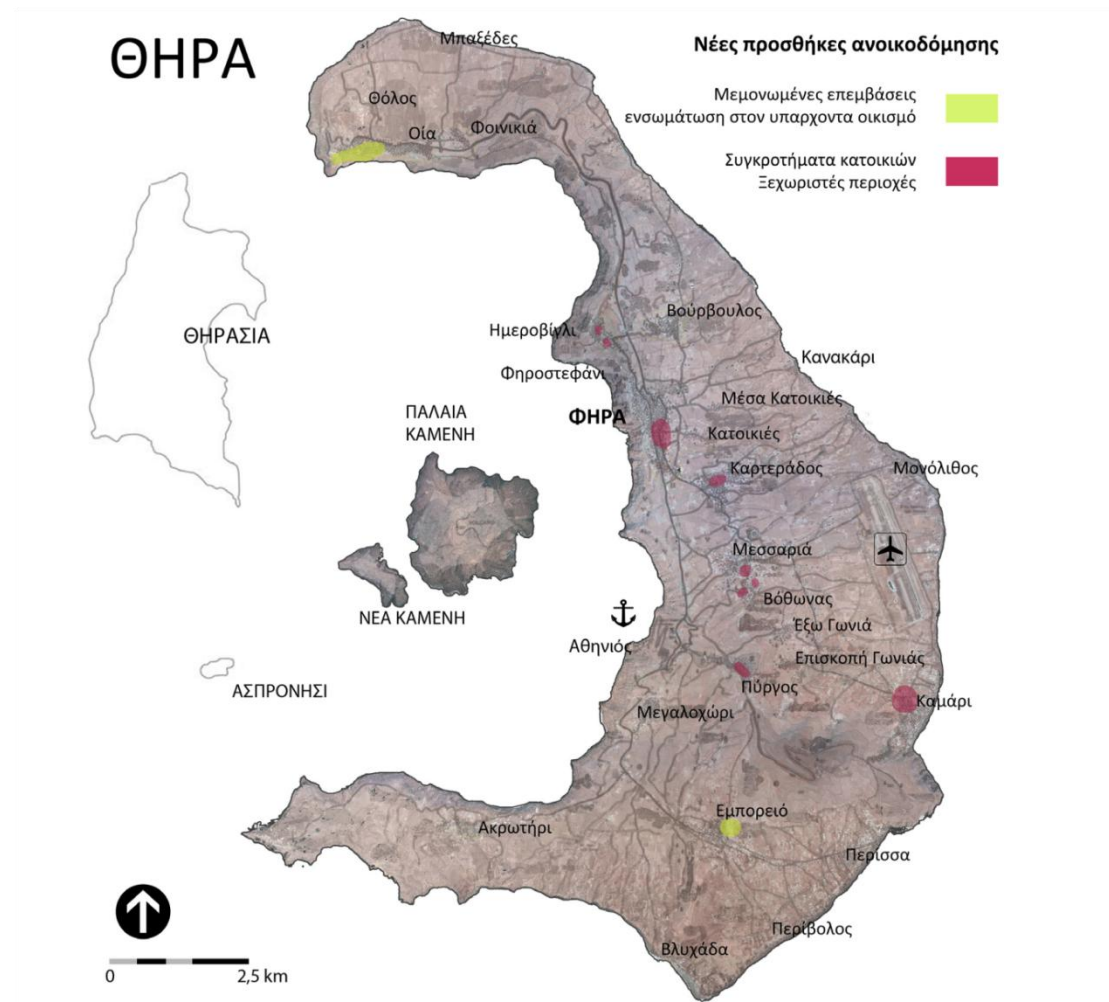
Η κατοικία που μελετάται βρίσκεται στον οικισμό της Οίας, στο νησί της Σαντορίνης, που ανήκει στο ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου και χαρακτηρίζεται σαν ενεργό ηφαίστειο μαζί με τα Μέθανα, την Μήλο και την Νίσυρο.

Αποτελεί μια χαρακτηριστική μορφή κατοικίας του νησιού, ένα καπετανόσπιτο. Πρόκειται για αρχοντικό караβοκυραίων-πλοιοκτητών, αφού η Οία (ή Απάνω Μεριά) ήταν παραδοσιακά σημαντικός τόπος караβοκύρηδων. Συγκεκριμένα, από το 17ο αιώνα υπήρξε ο ναυτότοπος της Σαντορίνης, το μεγάλο «καπετανοχώρι», όπως την αποκαλούσαν. Στα τέλη του 19ου αιώνα βρισκόταν στην μεγαλύτερη ακμή της: ήταν κωμόπολη με πληθυσμό άνω των 2.500 κατοίκων με μεγάλη οικονομική επιφάνεια και ευμάρεια, αποτέλεσμα της ανεπτυγμένης ιστιοφόρου ναυτιλίας της, καθώς η Οία είχε έναν από τους μεγαλύτερους στόλους ιστιοφόρων στο Αιγαίο, υπήρχαν 130 πλοία ανήκοντα σε ντόπιους και ένα μικρό ναυπηγείο.

Η Οία είναι ο δεύτερος σπουδαιότερος οικισμός της Σαντορίνης, μετά την χώρα, και βρίσκεται στη βόρεια πλευρά του νησιού και σε απόσταση 11 χιλιομέτρων από την πρωτεύουσα του νησιού, τα Φηρά, σε υψόμετρο περίπου 120 μέτρων. Ο οικισμός είναι ανεπτυγμένος γραμμικά στο φρύδι του γκρεμού προς την "Καλντέρα" σε υψόμετρο από 70 μ. έως περίπου 100 μ., σε έκταση 200 στρεμμάτων με άξονα τον κεντρικό μαρμαροστρωμένο πεζόδρομο, που συγκεντρώνει και τις περισσότερες κύριες εξυπηρετήσεις, διαχωρίζοντας σαφώς τη γειτονιά των караβοκυραίων από την γειτονιά των πληρωμάτων. Τα 960 περίπου κτίσματα του οικισμού οργανώνονται σε μεγάλες γειτονιές τους, ενώ ξεχωρίζουν δύο ειδών παραδοσιακές κατοικίες: οι υπόσκαφες και τα καπετανόσπιτα. Σε αντίθεση με την γειτονιά των πληρωμάτων που βρίσκεται στα γκρεμνά προς την Καλντέρα και χαρακτηρίζεται από πυκνή και συνεκτική δόμηση, η γειτονιά των Караβοκυραίων αναπτύσσεται στο ΒΑ ομαλό τμήμα του οικισμού. Τα καπετανόσπιτα είναι μεγάλα, με αυλές ευρύχωρες, ενώ χρονολογούνται στα τέλη του 19ου αιώνα και στις αρχές του 20ου αιώνα.

1.1.2 Πολεοδομικά δεδομένα

Το πρωινό της 9^{ης} Ιουλίου του 1956 ένας ιδιαίτερα καταστροφικός σεισμός έπληξε τη Σαντορίνη. Ο σεισμός είχε μέγεθος 7,8 της κλίμακας Ρίχτερ και επίκεντρο την θαλάσσια περιοχή νοτιώς της Αμοργού. Προκάλεσε τσουνάμι, τα κύματα του οποίου έφτασαν μέχρι και τα 25 μέτρα ύψος. Πολλοί άνθρωποι έχασαν την ζωή τους, ενώ οι υλικές ζημιές ήταν ανυπολόγιστες. Κατά τον φοβερό αυτό σεισμό τα περισσότερα κτήρια υπέστησαν σοβαρές ζημιές, ενώ το 1/4 του οικοδομικού πλούτου του νησιού καταστράφηκε ολοσχερώς. Σύμφωνα με τα λεγόμενα κατοίκων του οικισμού, η βασίλισσα Φρειδερίκη, η σύζυγος του τότε βασιλιά της Ελλάδας Παύλου, που είχε εντυπωσιαστεί από την ομορφιά του νησιού, φρόντισε, ώστε τα νέα κτίσματα να ανοικοδομηθούν σύμφωνα με τον παλιό ιστό και να αποφευχθεί η άναρχη και αισθητικά χαμηλή ανοικοδόμηση που συνήθως συνοδεύει τις σεισμόπληκτες περιοχές.



Εικ. 1.1:Χάρτης με τις επεμβάσεις της ανοικοδόμησης όπου φαίνεται που έγιναν οργανωμένα και πού ήταν μικρότερης κλίμακας και αποσπασματικές. [12]

Το καπετανόσπιτο που μελετάται δεν ξέφυγε από το καταστροφικό χτύπημα του σεισμού του 1956. Έτσι, από την αρχικά διώροφη κατασκευή του, σήμερα έχει απομείνει μόνον το ισόγειο, το οποίο αποτελείται από φέρουσα πέτρινη τοιχοποιία. Καθώς τα τελευταία χρόνια έχει ξεκινήσει μια προσπάθεια αναστήλωσης των αυτών κατοικιών, το εν λόγω κτίσμα πρόκειται να ανακατασκευαστεί.

Η Οία, βέβαια, είναι χαρακτηρισμένη ως παραδοσιακός οικισμός και προστατεύεται με ειδικό διάταγμα, το οποίο καθορίζει ζώνες οικιστικές, προσδιορίζει χρήσεις, καθώς και όρους δόμησης (Π.Δ/γμα ΦΕΚ 817/Δ/93). Έχουν χαρακτηριστεί ως διατηρητέα, με απόφαση του ΥΠΠΟ αλλά και του Υπουργείου Αιγαίου, 45 κτίσματα και 5 ανεμόμυλοι, ενώ όλο το νησί της Σαντορίνης είναι χαρακτηρισμένο ως ιδιαίτερου φυσικού κάλλους (Π.Δ/γμα ΦΕΚ 352/Β/67, ΦΕΚ 1127/Β/72, ΦΕΚ 820/Β/72).

Συγκεκριμένα, λοιπόν, οι όροι δόμησης που αφορούν στο καπετανόσπιτο για την Ζώνη Α', η οποία περιλαμβάνει το κεντρικό - συνεκτικό και το υπόλοιπο τμήμα του οικισμού προ του 1923, δηλαδή αυτόεκτός της περιοχής της καλντέρας, είναι (ΦΕΚ 1075 Δ/12-12-1997, Άρθρο 2, Παράγραφος Α/α, ΦΕΚ 817 Δ / 20-6-1993):

1. Ελάχιστο πρόσωπο: 13μ.

Ελάχιστο εμβαδόν: 600 τ.μ.

2. Κατά παρέκκλιση της προηγούμενης παραγράφου θεωρούνται άρτια και οικοδομήσιμα:

γ. τα οικόπεδα του κεντρικού τμήματος τα οποία στις 2.7.1968 ημέρα δημοσίευσης του από 15.6.1968 π.δ/τος (Δ'111) είχαν :

Ελάχιστο πρόσωπο: 6μ.

Ελάχιστο εμβαδόν: 100 τ.μ.

3/β. Για οικόπεδα έως 300 τ.μ.

Μέγιστο ποσοστό κάλυψης=60%

Συντελεστής δόμησης= 0.80

Μέγιστο ύψος: 7.00μ. +1.5μ. (θόλος)

26. Επιτρέπεται η αναστήλωση ερειπωμένων κτισμάτων, ύστερα από γνώμη της Ε.Π.Α.Ε ακόμα και αν οι απαιτούμενες να εκτελεστούν εργασίες αντίκεινται στις διατάξεις του παρόντος.

- Η αναστήλωση επιτρέπεται κατόπιν τεκμηριωμένης έρευνας (φωτογραφίες με βεβαίωση χρονολογίας θεωρημένες από την Κοινότητα, εγκεκριμένα σχέδια, σαφή ίχνη, βιβλιογραφικές μαρτυρίες, τεχνική έκθεση, επίσημα έγγραφα κ.λπ.) η οποία αποδεικνύει την ακριβή μορφή του κτίσματος και εφόσον η Ε.Π.Α.Ε. διαπιστώνει μετά από αυτοψία ότι δεν εμποδίζεται η θέα ομόρων ιδιοκτησιών από αυτοψία ότι δεν εμποδίζεται η θέα ομόρων ιδιοκτησιών από την παραπάνω αναστήλωση.

- Η παραπάνω επέμβαση γίνεται εφόσον υπάρχουν αποδεικτικά στοιχεία για την ακριβή αρχική μορφή του κτιρίου (φωτογραφίες, με βεβαίωση χρονολογίας, θεωρημένες από την Κοινότητα ή εγκεκριμένα σχέδια ή βιβλιογραφικές μαρτυρίες κατά τα προηγούμενα).

Το οικόπεδο και το κτίριο του αρχοντικού είναι μεγάλο για τα δεδομένα του νησιού, με συνολικό εμβαδόν οικοπέδου 292.04 m² και εμβαδόν κάλυψης 167, 29 m². Επιπλέον, το εμβαδόν στην στάθμη ±0.00 είναι 167.29 m², στην στάθμη +3.90 είναι 142.71 m², επομένως το σύνολο δόμησης είναι 310.00 m².



Εικ.1.2 : Δορυφορική Εικ.όνα της Οίας από το Google Earth

1.1.3 Κλιματολογικά δεδομένα

Το κλίμα του νησιού είναι δροσερό λόγω των βορειοανατολικών ανέμων και ο χειμώνας είναι γλυκός και ήπιος με μέση θερμοκρασία 10°C. Οι βροχές είναι συχνές το χειμώνα και σχεδόν ανύπαρκτες το καλοκαίρι. Το έδαφος είναι εύφορο και ευνοεί την καλλιέργεια των αμπελιών και της ντομάτας. Το νησί είναι σχεδόν άνυδρο με ελάχιστα πηγαία νερά.

Τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο ο καιρός χαρακτηρίζεται από ζεστές μέρες με σύνηθες απρόβλεπτες αλλαγές της θερμοκρασίας. Οι μήνες Ιούνιος και Σεπτέμβριος, χαρακτηρίζονται κυρίως από ηλιόλουστες μέρες με μέτριες έως υψηλές θερμοκρασίες. Οι καλοκαιρινές μήνες Ιούλιος και Αύγουστος είναι οι θερμότεροι μήνες του έτους με ξηρό κλίμα και συχνά ψυχρό αέρα τα βράδια. Σε αυτούς τους μήνες παρουσιάζονται και τα γνωστά μελέμια του Αιγαίου Πελάγους, τα οποία ξεκινούν απότομα και μπορεί να διαρκέσουν πολλές μέρες. Τέλος, οι μήνες Οκτώβριος και Φεβρουάριος χαρακτηρίζονται από χαμηλές θερμοκρασίες με λογικές ποσότητες βροχόπτωσης.

Μήνες	Διακύμανση Θερμοκρασίας (° C)
Δεκέμβριος – Ιανουάριος – Φεβρουάριος - Μάρτιος	8-15
Νοέμβριος – Απρίλιος – Μάιος	16-22
Ιούνιος – Ιούλιος - Αύγουστος	23-30

Πιν.1.1: Η διακύμανση της θερμοκρασίας στο νησί της Σαντορίνης κατά την διάρκεια του έτους [94]

Το κλίμα της Σαντορίνης παρουσιάζει ιδιομορφίες - παρόλο ότι είναι το νοτιότερο νησί των Κυκλάδων είναι και το ψυχρότερο - που οφείλονται στο ότι υπάρχει πολύ δροσιά κατά την άνοιξη και το καλοκαίρι τις πρωινές κυρίως ώρες και ομίχλη το βράδυ. Ακόμη, το έδαφος είναι λευκού χρώματος και ως εκ τούτου έχει αφενός αυξημένη ακτινοβολία και αφετέρου περιορισμένη απορρόφηση ηλιακής θερμότητας. Επίσης, υπάρχει υψηλή μέση σχετική υγρασία, η ένταση των ανέμων -σε σύγκριση με τα άλλα Κυκλαδονήσια- είναι μεγαλύτερη. Τέλος, η μέση ετήσια θερμοκρασία του νησιού είναι μικρότερη των υπολοίπων νησιών των Κυκλάδων, ενώ οι βροχοπτώσεις είναι περιορισμένες

Εφαρμόζοντας τη μέθοδο Emberger-Sauvage για τον καθορισμό του βιοκλιματικού τύπου της κάθε περιοχής έχει βρεθεί ότι η Σαντορίνη ανήκει στον ημίξηρο βιοκλιματικό τύπο με χειμώνα θερμό, ενώ εφαρμόζοντας την μέθοδο Emberger, Gaussens, Kassas, de Philippis και Bagnoulis έχει βρεθεί πως ο χαρακτήρας του μεσογειακού κλίματος της Θήρας είναι ο Ξηρο-θερμομεσογειακός. [79]

1.2 Λειτουργία και μορφή έργου

1.2.1 Γενικά

Κατά τον Φιλιππίδη, η προέλευση των μνημειακών αρχοντικών, τα οποία παρουσιάζονται στη Σαντορίνη στα μέσα του 19ου αιώνα, δηλαδή των καπετανόσπιτων, είναι ιταλική και η μορφή τους ακολουθεί τα νεοκλασικά πρότυπα της εποχής συχνά με βενετσιάνικες και αναγεννησιακές επιρροές, ενώ έχουν ενσωματώσει πολλά στοιχεία της ντόπιας αρχιτεκτονικής (θόλους, σταυροθόλια κλπ.). Με το πέρασμα του χρόνου, τα έντονα αναγεννησιακά περιορίστηκαν, με βασικό στοιχείο ότι σταμάτησε η χρήση λιθοδομίας στις όψεις των κτιρίων με αποτέλεσμα να επικρατήσει σχεδόν εξολοκλήρου το απλό κόνιαμα σε ποικιλία χρωμάτων. Επιπλέον, παρουσιάζουν ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες όψεις με αυστηρή γεωμετρική λιτότητα, με διακοσμητικά στοιχεία, επενδύσεις με λαξευμένο κόκκινο πορτί, και με πιλάστρα. Η στέγαση γίνεται με μοναστηριακούς θόλους, με "σκάφες" και με σταυροθόλια. Η θολοδομία δίνει μεγάλο εσωτερικό ύψος που επιτρέπει την κίνηση του αέρα, ενώ αποτελούσε μία προσπάθεια εξοικονόμησης ξύλου, που το νησί δεν διέθετε. Χαρακτηριστικό αρχιτεκτονικό στοιχείο σε κάθε κτίσμα είναι η στέρνα συλλογής του βρόχινου νερού, καθώς και τα "κοντούτα", τα κανάλια δηλαδή που οδηγούν τα νερά της βροχής στη στέρνα.

1.2.2 Υλικά κατασκευής

Η ιδιαίτερη μορφολογία του εδάφους της Σαντορίνης, η απότομη πλευρά της Καλντέρας από τη μία και οι μεγάλες επίπεδες εκτάσεις από την άλλη, καθώς και η έλλειψη πρώτων υλών για τις κατασκευές, είναι στοιχεία που διαμόρφωσαν τη χαρακτηριστική αρχιτεκτονική του νησιού. Είναι γνωστό ότι τα αποθέματα ξύλου στη Σαντορίνη ήταν πολύ περιορισμένα. Κι αυτός ήταν ο λόγος, για τον οποίο δεν συναντώνται στέγες ή δώματα στα κτίρια. Τα ξύλα χρησιμοποιούνται ως προσωρινά καλούπια, τα οποία μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής αφαιρούνται προσεκτικά για να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες οικοδομές. Συνήθως, χρησιμοποιούνται τοπικά υλικά, ηφαιστειογενή, για τις κατασκευές, τα οποία είναι τα εξής [23]:

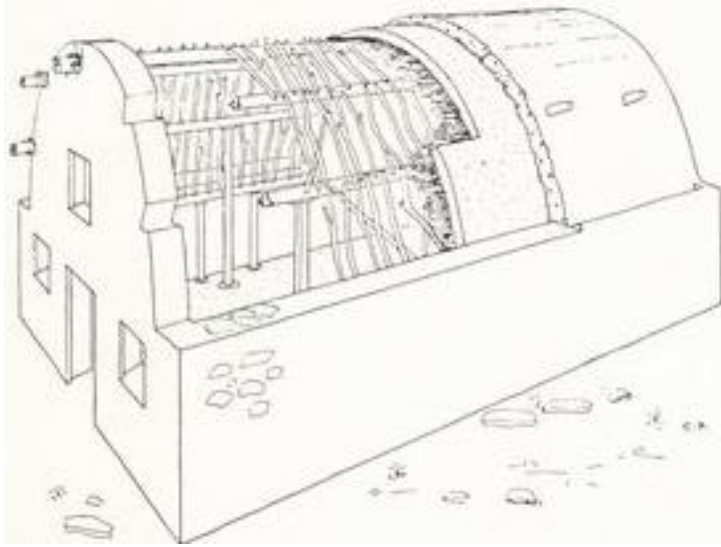
1. Η μαυρόπετρα, η οποία χρησιμοποιείται για το σχηματισμό φερόντων τοίχων και μαντρών, για το λόγο του ότι είναι πολύ σκληρή και δύσκολη κατεργασία της.
2. Η κοκκινόπετρα, η οποία συναντάται σε δύο μορφές. Σε συμπαγή μορφή χρησιμοποιείται για τις λαξευτές παραστάδες, τα υπέρθυρα και για επενδύσεις εξωτερικών τοίχων. Σε σπογγώδη μορφή, που έχει μικρό σχετικά βάρος, χρησιμοποιείται για την κατασκευή των θόλων και κάποιες φορές σε γεμίσματα τοίχων.
3. Η κίσσηρη ή αλίσιρας, που είναι πιο γνωστή ως ελαφρόπετρα, χρησιμοποιείται για τη διαμόρφωση βατών δωμάτων πάνω από θόλους και από το 1925 αντικατέστησε την κοκκινόπετρα στην σπογγώδη της μορφή για την κατασκευή θόλων.
4. Η άσπα, η οποία είναι γνωστή και ως θηραϊκή γη, ποτζουλάνα ή τέφρα, θεωρείται το πιο σημαντικό δομικό υλικό για τους εξής λόγους. Αρχικά, είναι ένα υλικό που εξορύσσεται με μεγάλη ευκολία, έχει εκπληκτικές υδραυλικές ικανότητες και γίνεται ένα πολύ ανθεκτικό κονίαμα, όταν αναμειχθεί με ασβέστη. Οι ιδιότητες αυτές που έχει η άσπα έδωσαν τη δυνατότητα να κατασκευαστούν κυλινδρικοί θόλοι, σταυροθόλια και σκαφοειδείς θόλοι που γεφυρώνουν ανοίγματα έως 4 μέτρα χωρίς την ενίσχυση από οπλισμό από σίδηρο. Μία εξίσου σημαντική ιδιότητα της θηραϊκής γης είναι ότι ενδείκνυται για τη δημιουργία υπόσκαφων χώρων.



Εικ. 1.3: Δύο καπετανόσπιτα πάνω στον κεντρικό δρόμο του οικισμού της Οίας. Χρήση συμπαγούς κοκκινόπετρας στην επένδυση τμήματος της όψης [23]



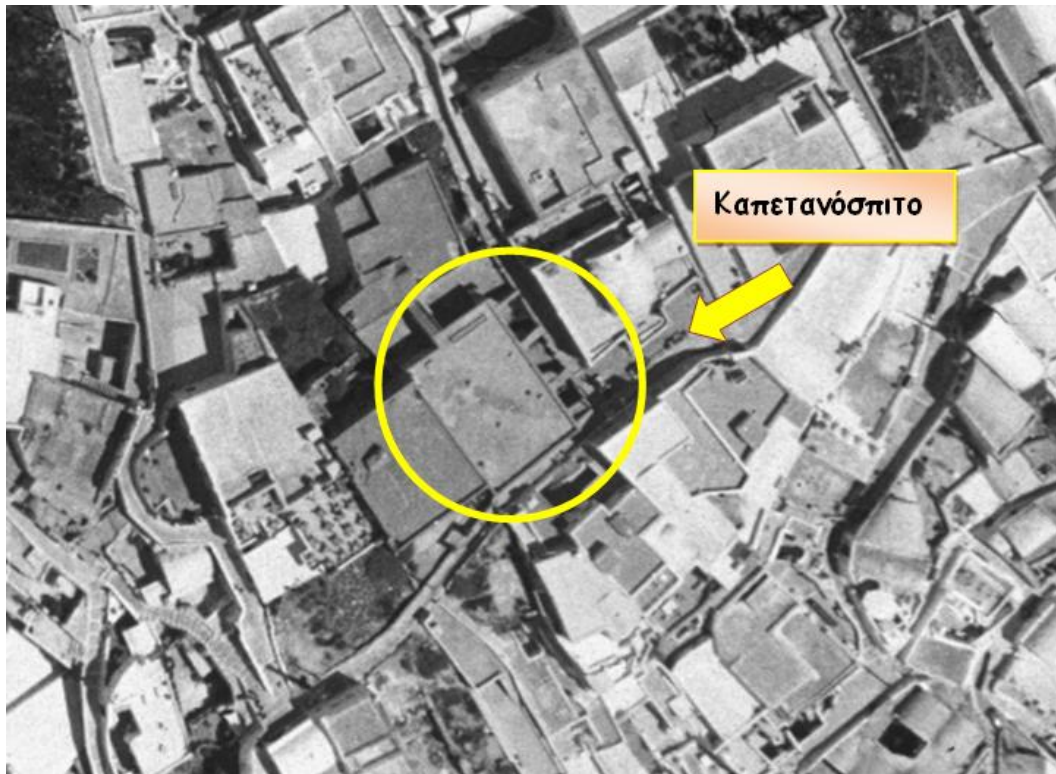
Εικ. 1.4: Εγκαταλελειμμένο κτίριο στα Φηρά. Διακρίνεται η χρήση μαυρόπετρας για τη δομή φερόντων τοίχων [99]



Εικ. 1.5: Προοπτική τομή θόλου στη Σαντορίνη. Διακρίνονται τα διαδοχικά στάδια στην κατασκευή ενός τυπικού κυλινδρικού θόλου [23]

1.2.3 Υφιστάμενη κατασκευή

Η κατοικία είναι τοποθετημένη κοντά στο Ναυτικό Μουσείο της Οίας -αναπαλαιωμένο καπετανόσπιτο- περιστοιχισμένη από άλλες κατοικίες. Συγκεκριμένα, η ανατολική όψη είναι μεσοτοιχία με άλλη διώροφη κατοικία, ο περίβολος της βόρειας όψης συνορεύει επίσης με αρχοντικό, ενώ κατά τις άλλες δύο πλευρές διατρέχει ο κοινοτικός δρόμος. Η νότια όψη έχει υψόμετρο υψηλότερο από την στάθμη του εδάφους (+1.70), επομένως ο νότιος τοίχος του ισογείου είναι εντός του εδάφους, υπόσκαφος, ενώ κατά την ανατολική όψη το έδαφος είναι επικλινές, με υψόμετρο που κυμαίνεται από +1.70 έως -1.30 m.



Εικ. 1.6: Δορυφορική εικόνα Καπετανόσπιτου από το Google Earth



Εικ. 1.7: Το υπό μελέτη καπετανόσπιτο (προσωπικό αρχείο)

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η παρούσα εργασία πρόκειται για μελέτη της ανακατασκευής ενός διώροφου, αρχοντικού καπετανόσπιτου, ζωντανού δείγματος μιας εποχής που δεν υπάρχει πια.

Για το σκοπό αυτό, έγινε πρώτα αποτύπωση του υφιστάμενου κτίσματος, η οποία παρατίθεται στο Παράρτημα. Ακολουθώντας τις περιγραφές του Φιλιππίδη, το υφιστάμενο κτίσμα, αποτελείται από φέρουσα τοιχοποιία, κατασκευασμένη από τον φυσικό λίθο της περιοχής, την μαύρη πέτρα. Είναι μεγάλου πάχους, (50-90cm), για να μπορεί να αντέχει τις έντονες ωθήσεις του θόλου, χαρακτηριστικά σοβαντισμένη σε τόνους της ώχρας. Παράλληλα, η πέτρα έχει υψηλό συντελεστή θερμικής αδράνειας που μεγιστοποιείται με το αυξημένο πάχος της, λειτουργεί σαν μια φυσική επιδερμίδα του κτηρίου που προστατεύει θερμοκρασιακή τον εσωτερικό χώρο, ενώ παράλληλα συμβάλλει και στην καλή ποιότητα του αέρα επιτρέποντας την διαπνοή του κτηρίου.

Επιπλέον, το ισόγειο είναι ένας λειτουργικός χώρος, διαιρεμένος σε μεγάλες αίθουσες επιστεγασμένες με τις χαρακτηριστικές θολωτές οροφές. Το δάπεδο από τσιμεντοκονία διατηρεί τις γήινες αποχρώσεις της άσπας (ηφαιστειακή τέφρα Σαντορίνης). Στο πίσω μέρος του ισογείου, στην βορειοδυτική όψη βρίσκεται η κουζίνα, δίπλα από την οποία συναντάται κατάλληλη διαμόρφωση που αποκαλύπτει την θέση της στέρνας, κάτω από αυτήν. Επίσης, συναντώνται κάναβες, η μεγαλύτερη ως χώρος παρασκευής οίνου με το πατητήρι και οι υπόλοιπες για την φύλαξη και ωρίμανσή του σε μεγάλα βαρέλια, όπως επίσης χώροι διαμονής του υπηρετικού προσωπικού. Ο επάνω όροφος έχει άλλη διαμόρφωση, λόγω της διαφορετικής χρήσης του. Ήταν η κατοικία του καπετάνιου -με ευρύχωρους χώρους υποδοχής, σάλα στολισμένη με ακριβά έπιπλα και λογής κειμήλια φερμένα από τις τέσσερις γωνίες του πλανήτη, σταυροθόλια, θολωτές οροφές, κ.α. Η σύνδεση του ορόφου με την κάτω αυλή γίνεται μέσω μιας εξωτερικής κλίμακας. Στην ανατολική πλευρά το κτήριο διαθέτει αντηρίδες, ενώ από την αυλή δεν λείπει ο παραδοσιακός χτιστός φούρνος.

Οι όψεις διαθέτουν επιμελώς διαμορφωμένη γεωμετρία με συμμετρική διάταξη των ανοιγμάτων. Υπάρχουν ξύλινα κουφώματα με υαλωτές επιφάνειες διαιρεμένες με καΐτια σε τέσσερα μέρη καθ' ύψος και δύο κατά μήκος. Επίσης, οι θύρες είναι δίφυλλες ταμπλαδοτρές, ενώ από πάνω τους υπάρχει θύρωμα από την κόκκινη ηφαιστειακή πέτρα του νησιού (κοκκινόπετρα). Η βόρεια πλευρά έχει πιο περιορισμένα ανοίγματα, προστατεύοντας το κτίσμα από τους ισχυρούς βόρειους άνεμους της περιοχής και ελαχιστοποιώντας θερμικές απώλειες, ενώ με το άνοιγμά τους επιφέρουν δροσισμό και αερισμό κατά την διάρκεια του θέρους. Γενικά, στα νησιά τα ανοίγματα είναι έχουν περιορισμένη έκταση για αποφυγή της θάμβωσης από τον υπερβολικό φωτισμό, αλλά και τον έλεγχο των θερμοκρασιακών μεταβολών.



Εικ. 1.8: Το υπό μελέτη καπετανόσπιτο, ανατολική πλευρά (προσωπικό αρχείο)

1.2.4 Προτεινόμενη κατασκευή

Τα προτεινόμενα σχέδια, ύστερα από ενδελεχή αναζήτηση στοιχείων και κατάλληλη παρατήρηση αντίστοιχων οικιστικών μονάδων του τόπου, υπακούουν κατά το δυνατόν στην αρχική αρχιτεκτονική και μορφολογία του καπετανόσπιτου. Η ανάγνωσή τους μπορεί να γίνει από το Παράρτημα της εργασίας. Η κατοικία επιλέγεται να επανέλθει στην αρχική της μορφή εξωτερικά, σύμφωνα με το ΦΕΚ, ώστε να διατηρήσει τον αυθεντικό χαρακτήρα του δοξασμένου καπετανόσπιτου.

Έτσι, τα χαρακτηριστικά σταυροθόλια και οι θόλοι δεσπόζουν σε όλους τους εσωτερικούς χώρους, συνεισφέροντας στην αισθητική του, ο όροφος είναι ψηλοτάβανος και μάλιστα υψηλότερος από το ισόγειο. Οι υπάρχουσες παραθύρες στο υφιστάμενο ισόγειο διατηρούνται στα ίδια σημεία, ίδιας μορφολογίας με τα προϋπάρχοντα και επεκτείνονται αντίστοιχα στον όροφο. Ομοίως με τις πόρτες και τα θυρώματα, που θα έχουν την δυνατότητα ανοίγματος, έτσι ώστε λόγω της υψηλότερης στάθμης τους να διευκολύνουν την απαγωγή του θερμού αέρα που συγκεντρώνεται στο επίπεδο της οροφής, ενώ σε συνδυασμό με τα ανοιγμένα παράθυρα να εξασφαλίζουν τον επιθυμητό δροσισμό και αερισμό του εσωτερικού χώρου.

Το πάτωμα διαστρώνεται με παραδοσιακή πατητή τσιμεντοκονία και επιχρωματισμό σατινέ. Οι τοίχοι επικαλύπτονται με επίχρισμα που αποδίδει την υφή των τοιχωμάτων της Καλντέρας, σε

χρώματα που κυμαίνονται από λευκό έως γήινα και κομψές παστέλ αποχρώσεις, μαζί με «χτιστά» κρεβάτια, καναπέδες και τραπέζια με γλυπτά σχήματα και ρευστές καμπύλες θα ολοκληρώσουν την αυθεντικότητα της παραδοσιακής κατοικίας και θα συμβάλλουν σ' ένα χαριτωμένο παιχνίδι ημιτόνων, άνεσης και αρχοντικής πολυτέλειας. Επιπλέον, κατά πολυάριθμες παραδοσιακές καταγραφές, οι θόλοι και τα σταυροθόλια πληρώνονται με κατάλληλο εγχώριο υλικό κι έτσι επικρατεί η επίπεδη στέγαση. Αυτό επιλέγεται και στην παρούσα μελέτη, με το δώμα να είναι άβατο.

Σύμφωνα με τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού γίνεται, καταρχάς, εσωτερική διάταξη των χώρων προσανατολίζεται με βάση τις λειτουργίες του κάθε χώρου. Κατά δεύτερον, γίνεται χρήση βλάστησης, στο μέτρο που είναι δυνατή, για ανεμοπροστασία τον χειμώνα, σκίαση και δροσισμό το καλοκαίρι. Συγκεκριμένα, στον εξωτερικό χώρο, στο κέντρο της μεγάλης αυλής, δημιουργείται μια χτιστή παγκάδα σε συνδυασμό με ξύλινη πέργκολα με κληματαριά, παρέχοντας μια προστατευμένη από το βοριά και τον ήλιο αγκαλιά. Κατά τρίτον, στο Β' μέρος της εργασίας, εξετάζεται αναλυτικά το οικοδομικό κέλυφος εξετάζεται για την καλύτερη θερμική συμπεριφορά (εξωτερική θερμομόνωση, αποφυγή θερμογεφυρών, χρήση ειδικών υαλοπινάκων, θερμοχωρητικότητα των διαφορετικών κατασκευαστικών υλικών).



Εικ. 1.9: Φωτογραφίες από αναστυλωμένο καπετανόσπιτο που προϊδεάζουν την για την τελική εικόνα του υπό μελέτη καπετανόσπιτου. [73]

1.3 Κατασκευαστικές επιλογές

Με βάση τον προτεινόμενο σχεδιασμό, οι τρόποι στατικής επάρκειας του κτηρίου, είναι πολλοί και ποικίλοι. Εν προκειμένω, η ανακατασκευή μελετάται για δύο διαφορετικούς τρόπους ανοικοδόμησης του ορόφου επάνω στο υφιστάμενο ισόγειο, οι οποίοι παρατίθενται παρακάτω μαζί με τον αντίστοιχο εσωτερικό ανασχεδιασμό.

Καταρχάς, όσον αφορά στο υφιστάμενο ισόγειο, η κατασκευή παραμένει ως έχει, η διαρρύθμιση των χώρων διατηρείται σύμφωνα με τις προϋπάρχουσες λειτουργικές αναφορές, παρά την αλλαγή χρήσης τους σε χώρους κατοικίας. Σε όσα σημεία, βέβαια, κρίνεται σκόπιμο εμφυτεύονται σιδηροδεσιές κατά το πάχος της φέρουσας τοιχοποιίας, ενώ όλο το εσωτερικό ανάπτυγμα των χώρων ενισχύεται με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (gunite) και αγκύρια.

Σχετικά με τον όροφο, οι δύο περιπτώσεις είναι οι εξής:

A. Η εσωτερική διαρρύθμιση να ακολουθήσει αυτή του προτεινόμενου σχεδίου, αλλά η όλη κατασκευή γίνει με τον συμβατικό τρόπο δόμησης, δηλαδή με σκελετό από Ω.Σ, υπολογισμένο σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (Ε.Α.Κ.) και τοιχοποιία πληρώσεως από οπτοπλινθοδομή και σοβά. Η τοιχοποιία θα έχει πάχος 40cm, με τοποθέτηση σενάζ στις περιοχές που απαιτείται, δηλαδή πάνω από τα παράθυρα και τις πόρτες, στο τελείωμα της τοιχοποιίας που φέρει ανοίγματα και στο ξεκίνημα, την μέση και το τέλος του τοίχου της μεσοτοιχίας. Παράλληλα, προκειμένου να εξασφαλιστεί ικανή στατική επάρκεια, ενδιάμεσα από τους δύο ορόφους θα πέσει πλάκα από Ω.Σ.

B. Η εσωτερική διαρρύθμιση να ακολουθήσει αυτή του ισογείου και η κατασκευή να γίνει με τον παραδοσιακό τρόπο δόμησης, δηλαδή θα γίνει φέρουσα τοιχοποιία από μαυρόπετρα Σαντορίνης.

1.4 Επιλογές επεμβάσεων βιοκλιματικού χαρακτήρα

Η επιλογή των κατάλληλων βιοκλιματικών επεμβάσεων, που θα αναβαθμίσουν ενεργειακά το καπετανόσπιτο επηρεάζεται και περιορίζεται από μία πληθώρα κριτηρίων και δεδομένων, που σχετίζονται τόσο με το μοντέλο όσο και με το ίδιο το πρόγραμμα και τις δυνατότητές του. Για τον λόγο αυτό προτιμώνται απλές επεμβάσεις που λαμβάνουν υπόψιν την φύση και την χρήση του κτηρίου, ενώ επηρεάζουν κατά το ελάχιστο την στατικότητα του συστήματος, περιοριζόμενες μόνον στο κέλυφός του. Έτσι, η μελέτη του κτηρίου αφορά στις εξής επιλογές βελτίωσης της θερμικής συμπεριφοράς του κτηρίου με χρήση παθητικών συστημάτων:

- Εφαρμογή εσωτερικής θερμομόνωσης στην τοιχοποιία
- Εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης στην τοιχοποιία
- Εφαρμογή θερμομόνωσης στο πάτωμα που συνορεύει με το έδαφος (Ground floor)
- Εφαρμογή θερμομόνωσης στο δώμα, με διαφορετικές επιλογές πάχους
- Χρήση διπλών υαλοπινάκων με ενδιάμεσο στρώμα αέρα (Air)
- Χρήση διπλών υαλοπινάκων με ενδιάμεσο στρώμα αργού (Ar), χαμηλής εκπομπής (low-e)
- Κατάλληλος συνδυασμός των παραπάνω

Τα μέτρα αυτά θα εξεταστούν ξεχωριστά για κάθε μία από τις κατασκευαστικές επιλογές, δηλαδή τόσο για την συμβατική κατασκευή (Περίπτωση Α) όσο και για την παραδοσιακή κατασκευή (Περίπτωση Β). Τα διαφορετικά σενάρια που εξετάζονται για τις περιπτώσεις αυτές αναλύονται στην συνέχεια.

1. Σενάριο 1, σενάριο βάσης. Αφορά στην υφιστάμενη κατασκευή, τα χαρακτηριστικά της οποίας επεκτείνονται και στον όροφο. Έτσι, το καπετανόσπιτο, στο σενάριο αυτό, έχει τις εξής κατασκευαστικές διατάξεις:
 - Όχι θερμομόνωση στην τοιχοποιία
 - Μικρό πάχος θερμομόνωσης στο δώμα (5cm)
 - Ξύλινα κουφώματα με μονά υαλοστάσια
 - Όχι θερμομόνωση στο δάπεδο του ισογείου
2. Σενάριο 2. Κατά το σενάριο αυτό, το καπετανόσπιτο έχει τις εξής κατασκευαστικές διατάξεις:
 - Εσωτερική θερμομόνωση στην τοιχοποιία
 - Μεγάλο πάχος θερμομόνωσης στο δώμα (8cm)
 - Διπλά υαλοστάσια-ενδιάμεσο στρώμα αέρα (Air)
 - Θερμομόνωση στο δάπεδο του ισογείου
3. Σενάριο 3. Κατά το σενάριο αυτό, το καπετανόσπιτο έχει τις εξής κατασκευαστικές διατάξεις:
 - Εξωτερική θερμομόνωση στην τοιχοποιία
 - Μεγάλο πάχος θερμομόνωσης στο δώμα (8cm)
 - Διπλά υαλοστάσια-ενδιάμεσο στρώμα αργού (Ar), χαμηλής εκπομπής (low-e)
 - Όχι θερμομόνωση στο δάπεδο του ισογείου (βλ. αποτελέσματα)

Με βάση τα παραπάνω συνεπάγεται ότι θα εξεταστούν έξι διαφορετικές περιπτώσεις. Για την κάθε μία από αυτές παρουσιάζονται αποτελέσματα για τις θερμικές ανάγκες, τα θερμικά κέρδη-τις θερμικές απώλειες, αλλά και την θερμική άνεση του καπετανόσπιτου.

Σημειωτέον ότι η θερμομόνωση που εφαρμόζεται είναι, η εξηλασμένη πολυστερίνη (Extruded Polystyrene XPS) λόγω της σχεδόν μηδενικής απορροφητικότητας της σε υγρασία, αφού η Σαντορίνη έχει οχτώ φορές υψηλότερη περιεκτικότητα σε θείο (S) και η διάβρωση είναι ένα από τα βασικότερα προβλήματά της. Επίσης, επιλέγεται, επειδή έχει πολύ μεγάλη αντοχή στην συμπίεση, υψηλότερο θερμομονωτικό συντελεστή σε σχέση με την ευρέως χρησιμοποιούμενη διογκωμένη

πολυστερίνη, δηλαδή καλύτερη θερμική αντίσταση, ενώ δεν προσβάλλεται από μύκητες και βακτήρια.

Ακόμη, το πάχος της επιλέγεται, έτσι ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του ΚΕΝΑΚ για δείκτη θερμοπερατότητας (U-value) $U=0,6$ στην περιοχή των Κυκλάδων. Εκτός αυτού σημειώνεται πως ότι εφαρμογή γίνεται στο δώμα ακολουθείται και στην προεξοχή του ισογείου κατά την νότια όψη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

2.1 Πρόγραμμα EnergyPlus με Design Builder

Το λογισμικό που χρησιμοποιείται για την ανάλυση του κτιρίου είναι το Energy Plus. Ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα που έχει αναπτύξει το Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α. Το συγκεκριμένο λογισμικό είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης και ενεργειακής ανάλυσης κτηρίων. Από τον χρήστη εισάγονται αναλυτικά τα γεωμετρικά και δομικά χαρακτηριστικά του κτηρίου, το σύστημα θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού HVAC (Heating Ventilation and Air Conditioning), οι μηχανολογικές εγκαταστάσεις, τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής και υπολογίζονται τα στοιχεία που τον ενδιαφέρουν, από ένα πλήθος δυνατών αποτελεσμάτων, όπως η ενεργειακή κατανάλωση του κτηρίου, οι θερμοκρασίες των θερμικών επιφανειών/ζωνών του κτηρίου, τα θερμικά και ψυκτικά φορτία που απαιτούνται για την επιθυμητή λειτουργία της κατασκευής.

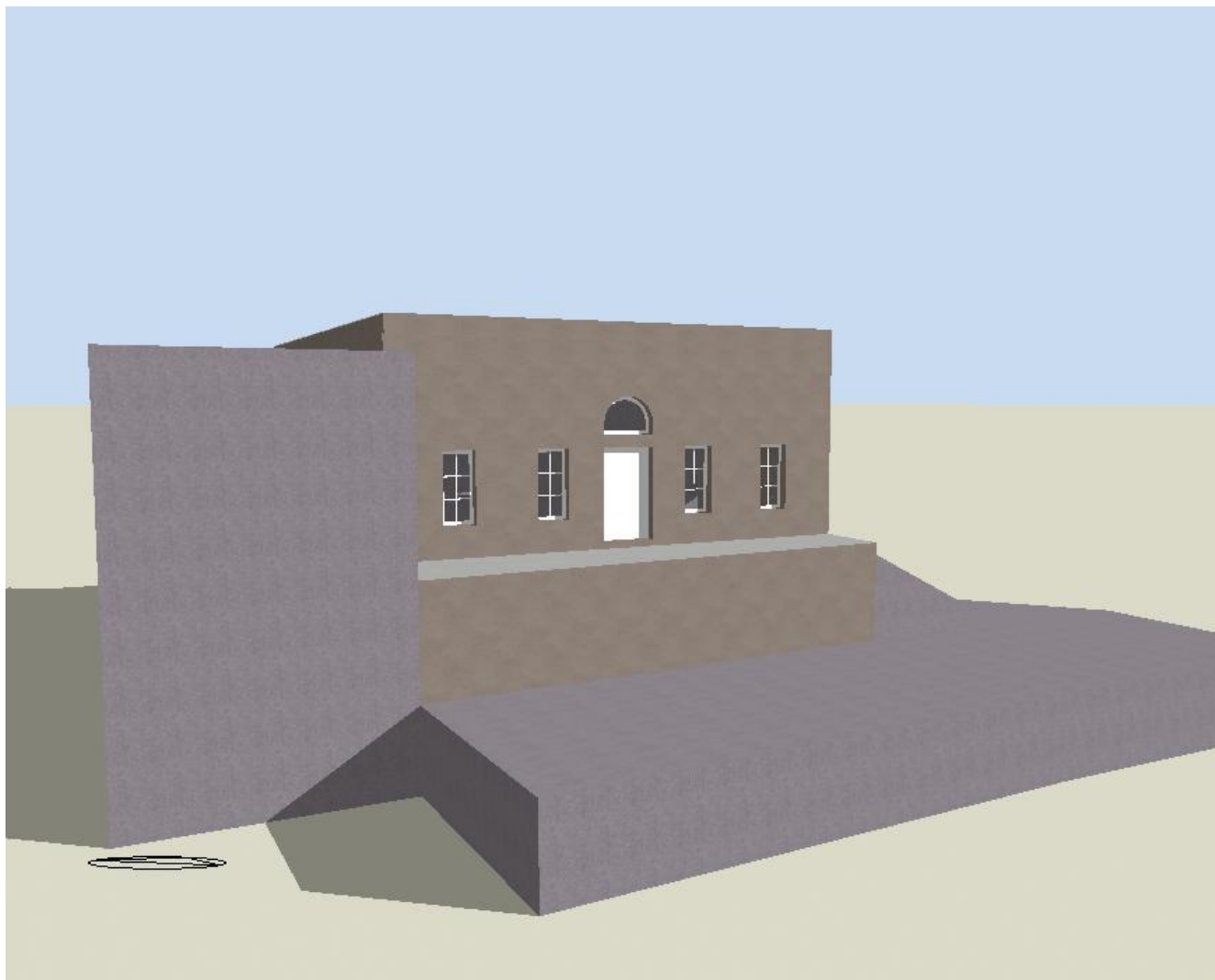
Βέβαια, το Energy Plus είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης αυτόνομο, χωρίς φιλικό προς τον χρήστη γραφικό περιβάλλον (Graphical User Interface- GUI), κι έτσι υπάρχει μια σειρά άλλων προγραμμάτων διαθέσιμων να συμπληρώσουν την λειτουργία αυτή. Στην παρούσα διπλωματική, χρησιμοποιείται το πρόγραμμα Design Builder, που έχει αναπτυχθεί ειδικά για το Energy Plus και πλαισιώνει κατάλληλα την διαδικασία προσομοίωσης.

2.2 Σχεδιασμός του κτηρίου και θερμικές ζώνες

Το πρώτο βήμα που απαιτείται για την μελέτη του κτηρίου είναι η γεωμετρική απεικόνισή του, η οποία γίνεται απευθείας σε τρισδιάστατη μορφή. Πέραν του δώροφου κτίσματος απεικονίζεται αδρά η μεσοτοιχία που υπάρχει στην δυτική όψη του κτηρίου, καθώς και ο επικλινής κοινοτικός δρόμος που διατρέχει την ανατολική και την δυτική όψη του.



Εικ. 2.1: Βορειοανατολική όψη καπετανόσπιτου σε τρισδιάστατη απεικόνιση

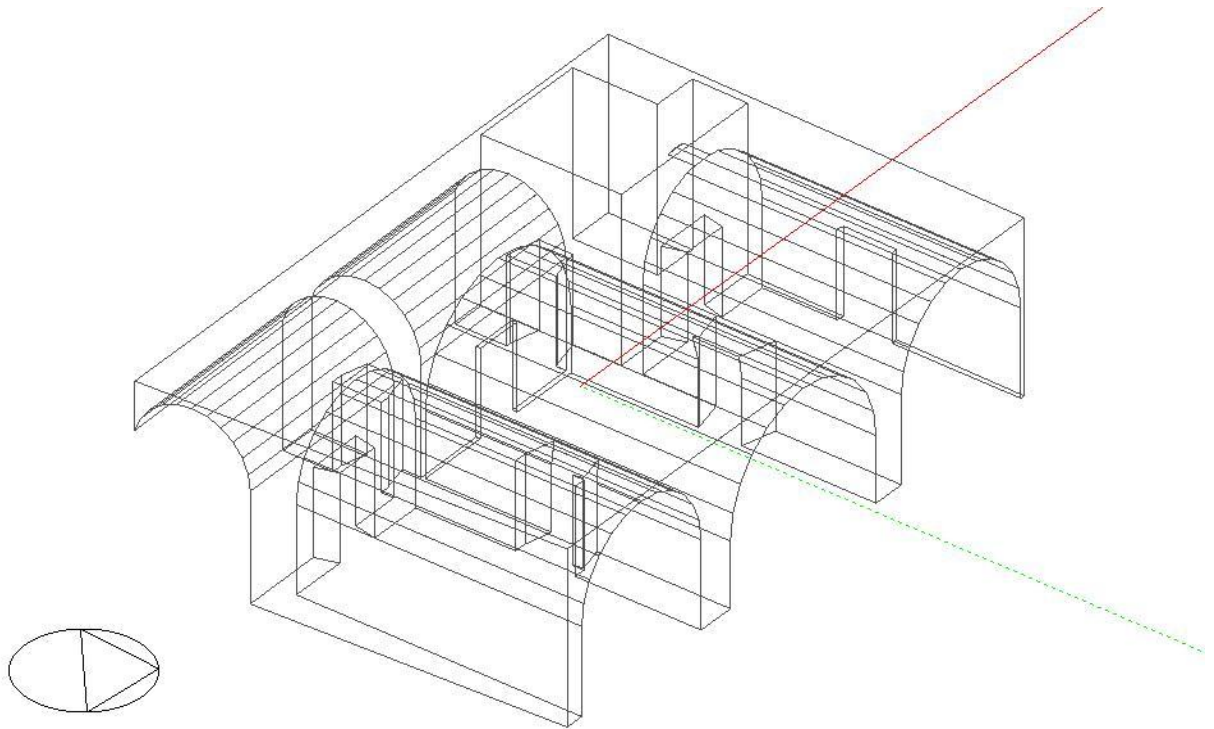


Εικ. 2.2: Νοτιοδυτική όψη καπετανόσπιτου σε τρισδιάστατη απεικόνιση

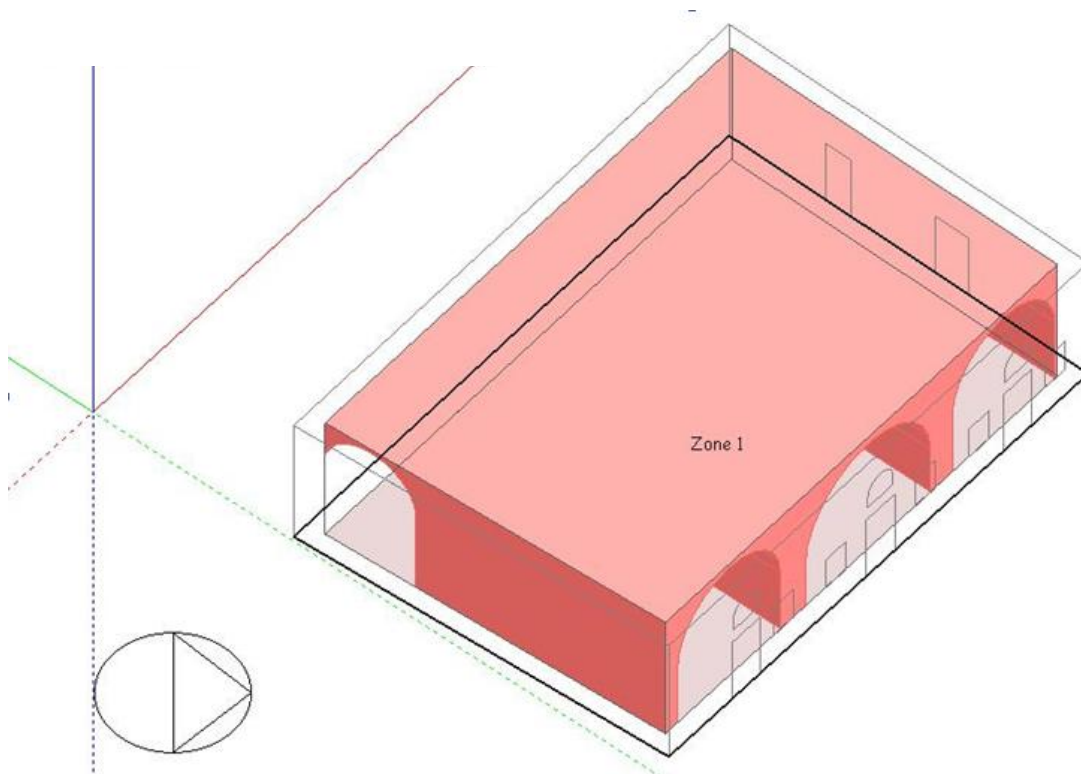
Θερμική ζώνη είναι ο όγκος του αέρα που βρίσκεται σε μια ομοιόμορφη θερμοκρασία μαζί με τις επιφάνειες που τον περικλείουν και περικλείονται από αυτόν, έχοντας την δυνατότητα να μεταφέρουν και να αποθηκεύουν θερμότητα. Για την προσομοίωση του κτιρίου στο Energy Plus απαιτείται ο χωρισμός του σε θερμικές ζώνες. Έτσι, παράλληλα με τον σχεδιασμό των εσωτερικών χώρων γίνεται και ο διαχωρισμός του μοντέλου σε θερμικές ζώνες.

Το καπετανόσπιτο χωρίστηκε σε δύο θερμικές ζώνες, μία ανά όροφο. Στην επιλογή αυτή οδήγησε κατά πρώτον η μικρή κλίμακα του έργου, νησιώτικη, διώροφη κατοικία, κατά την οποία οι θερμικές απαιτήσεις των χώρων δεν παρουσιάζουν αξιοσημείωτη διαφορά και δεύτερον η ύπαρξη των θολωτών στοιχείων στο εσωτερικό του κτηρίου, που απαίτησαν τον μονοκόμματο σχεδιασμό κάθε ορόφου, και άρα δεν υπήρχε περιθώριο για επιμέρους χωρισμός σε ζώνες, δεδομένου ότι στο Design Builder το εργαλείο που οριοθετεί τις θερμικές ζώνες, τοποθετεί ταυτόχρονα εσωτερικό χώρισμα στο μέρος αυτό.

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα (Κεφ. 1.3), ενώ η μορφή του ισογείου παραμένει η υφιστάμενη, για τον όροφο εξετάζονται δύο διαφορετικές περιπτώσεις κατασκευής του, επομένως σχεδιάστηκαν δύο διαφορετικές απεικονίσεις γι' αυτό.



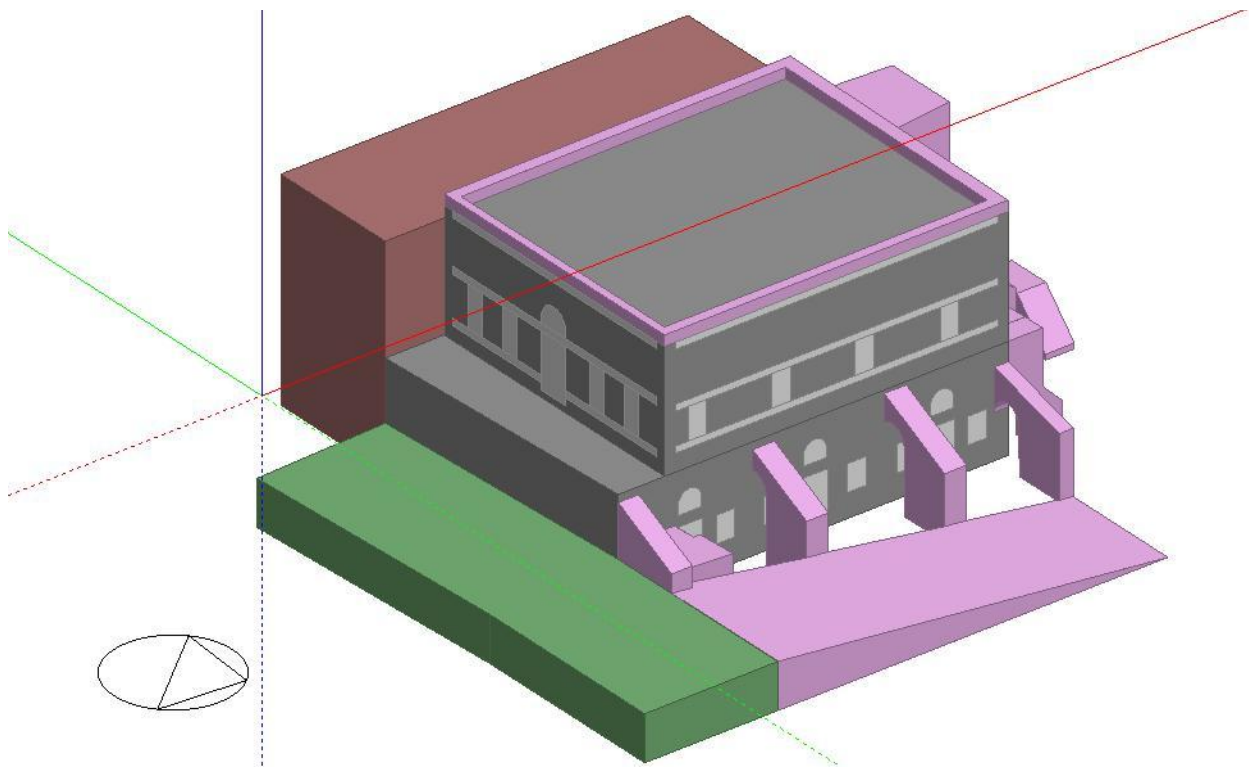
Εικ. 2.3: Θερμική ζώνη ισογείου-1



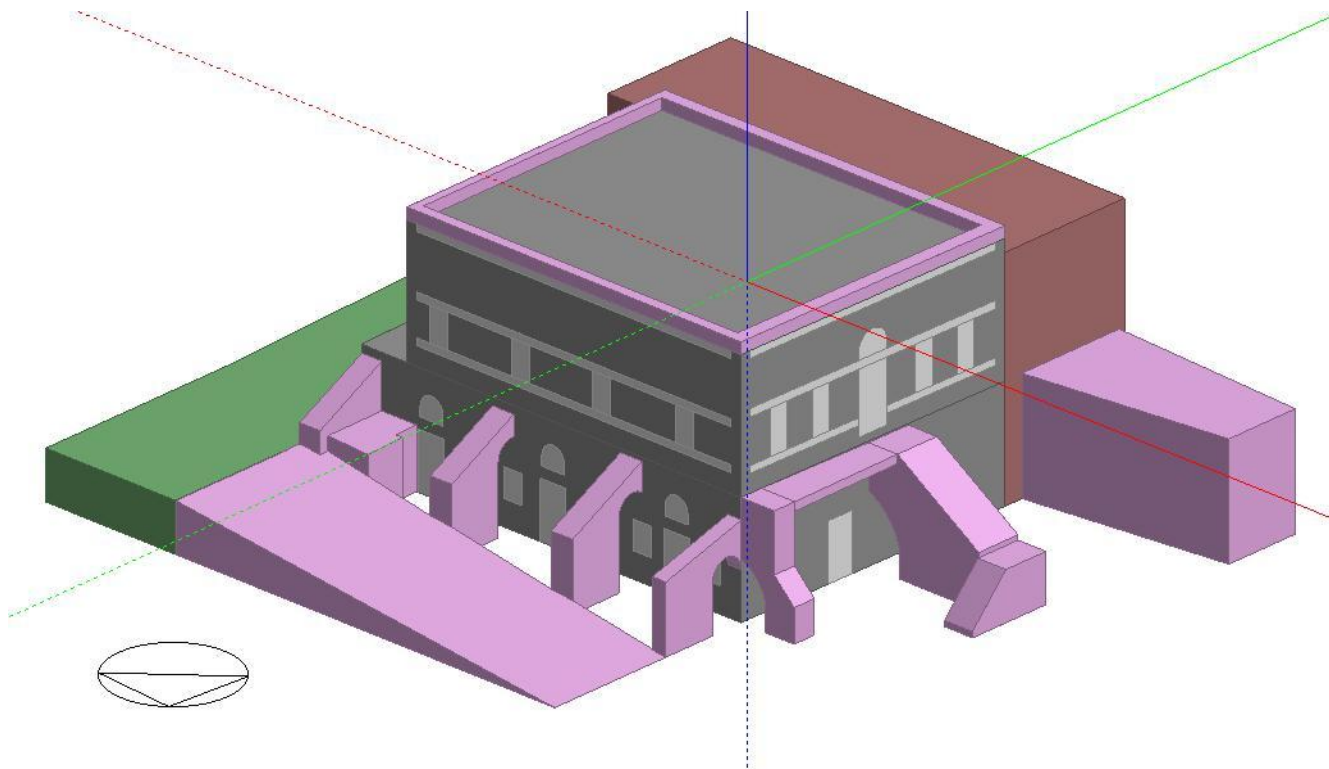
Εικ. 2.4: Θερμική ζώνη ισογείου-2

2.2.1 Συμβατική κατασκευή ορόφου

Στην περίπτωση A, η διάρθρωση των εσωτερικών χώρων είναι αυτή που φαίνεται στην προτεινόμενη κάτοψη, διαφορετική από αυτή του ισογείου, ενώ η κατασκευή γίνεται με συμβατικό τρόπο, δηλαδή σκελετό από Ω.Σ. και οπτοπλινθοδομή με σενάζ,. Επιπλέον, γίνεται τοποθέτηση πλάκας από Ω.Σ μεταξύ των δύο ορόφων για την ικανή παραλαβή της «φυτευτής» εσωτερικής τοιχοποιίας. Η γεωμετρική απΕικ.όνιση, φαίνεται στην συνέχεια:



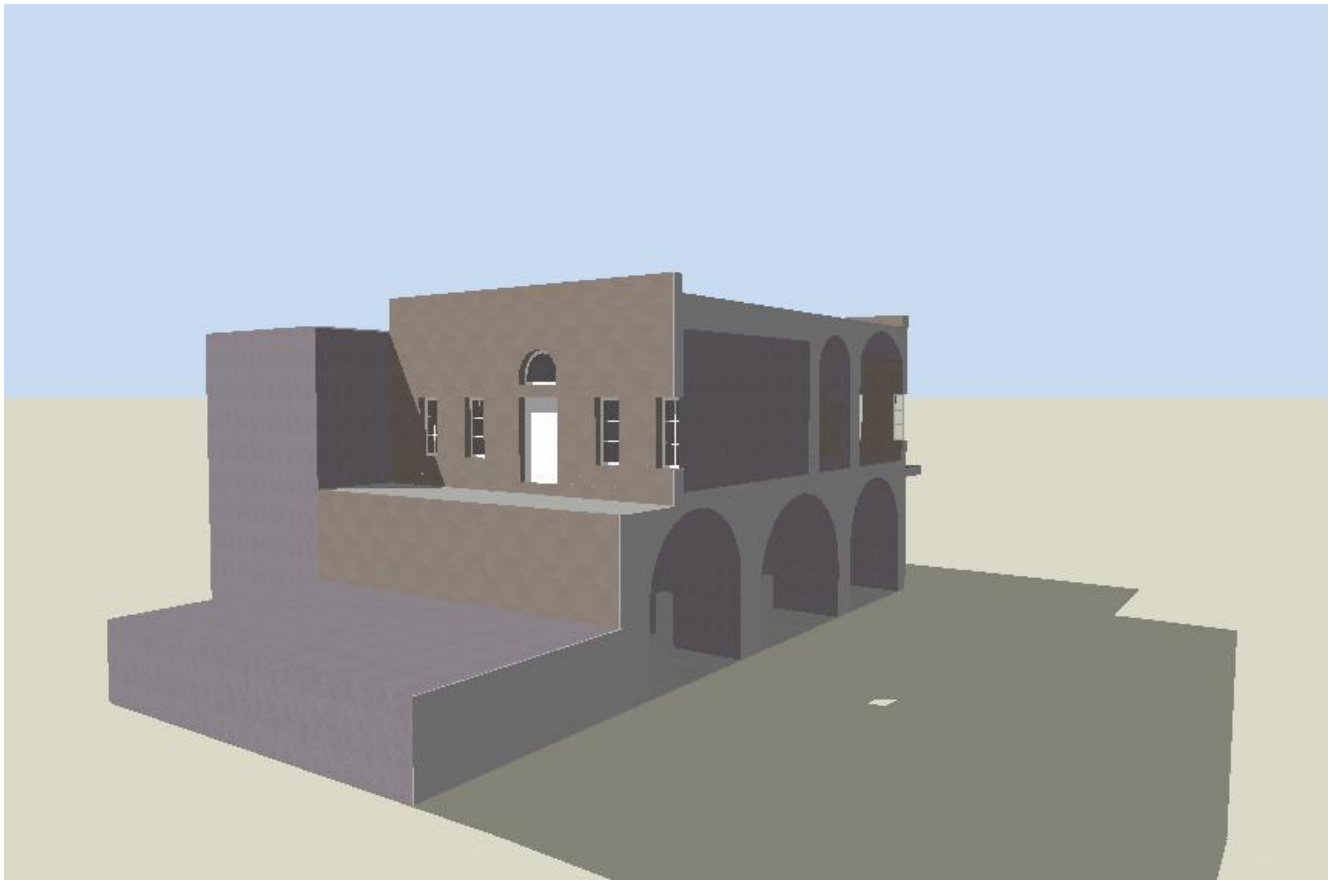
Εικ..2.5: Νοτιοανατολική όψη, Συμβατική κατασκευή (Περίπτωση A)



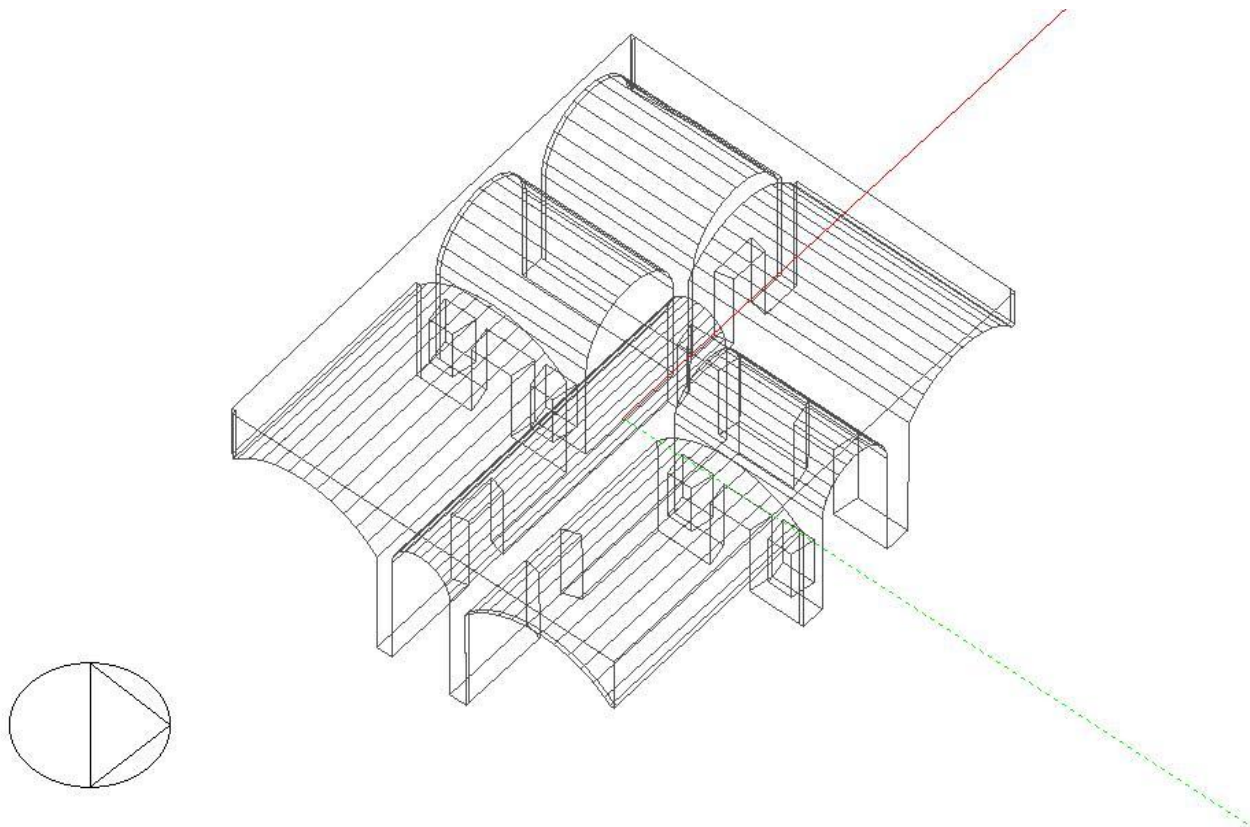
Εικ.. 2.6: Βορειοανατολική όψη, Συμβατική κατασκευή (Περίπτωση Α)



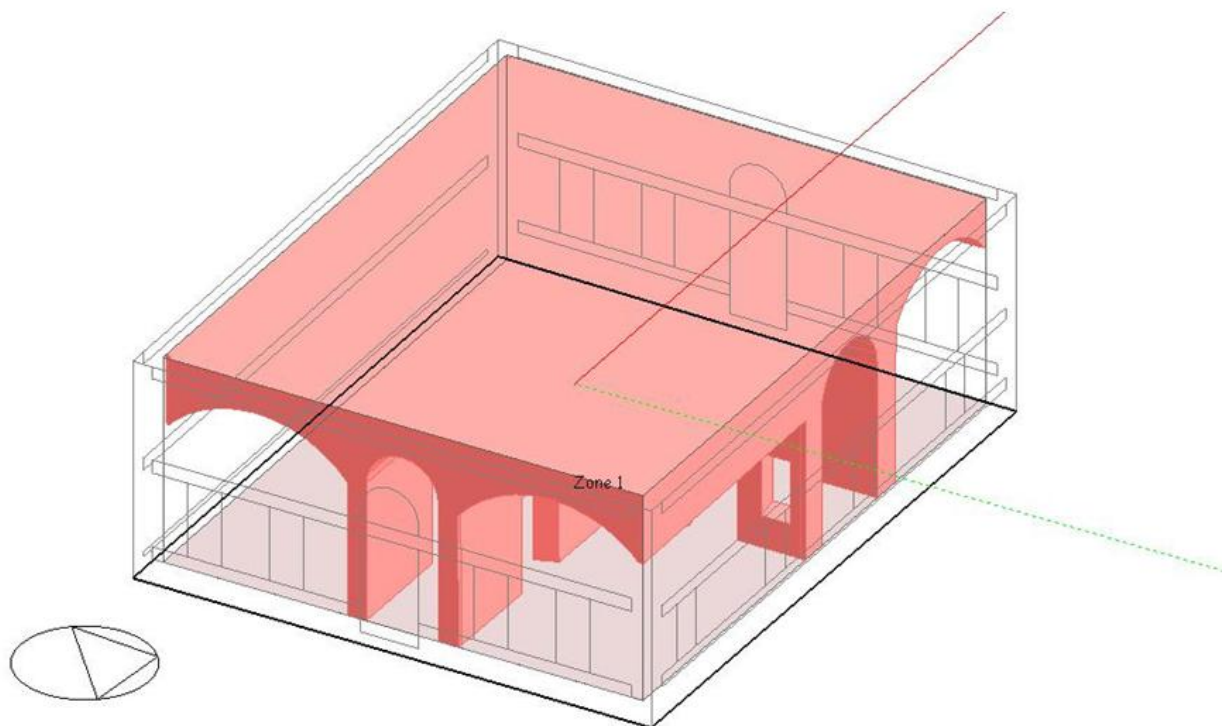
Εικ..2.7: Τομή κατά τον άξονα Α-Δ, Συμβατική κατασκευή (Περίπτωση Α)



Εικ..2.8: Τομή κατά τον άξονα Β-Ν, Συμβατική κατασκευή (Περίπτωση Α)



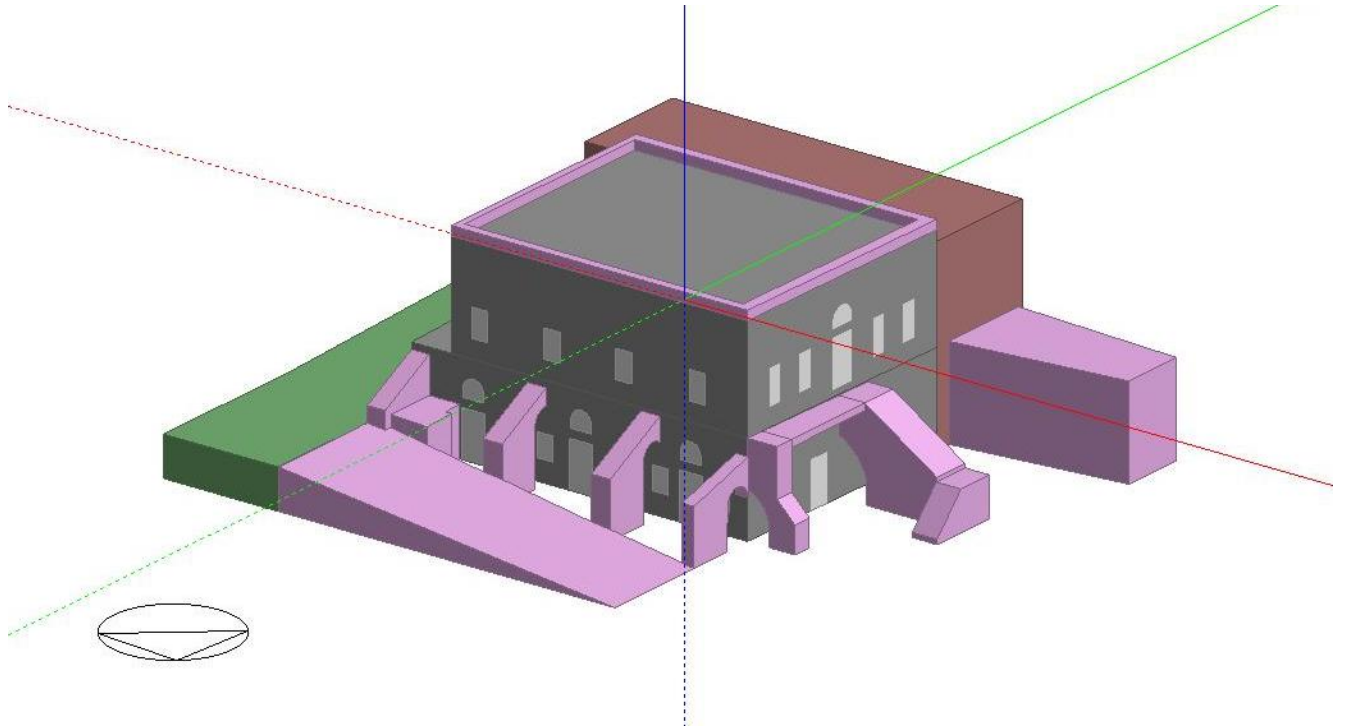
Εικ..2.9: Θερμική ζώνη ορόφου, Συμβατική κατασκευή (Περίπτωση Α)-1



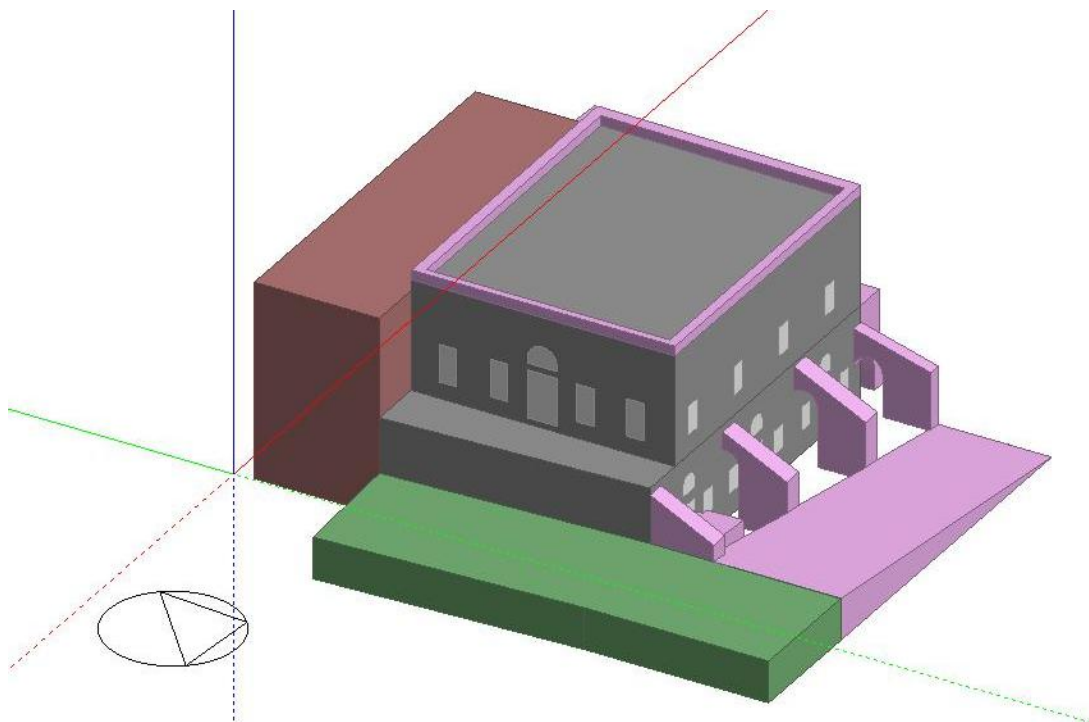
Εικ..2.10: Θερμική ζώνη ορόφου, Συμβατική κατασκευή (Περίπτωση Α)-2

2.2.2 Παραδοσιακή κατασκευή ορόφου

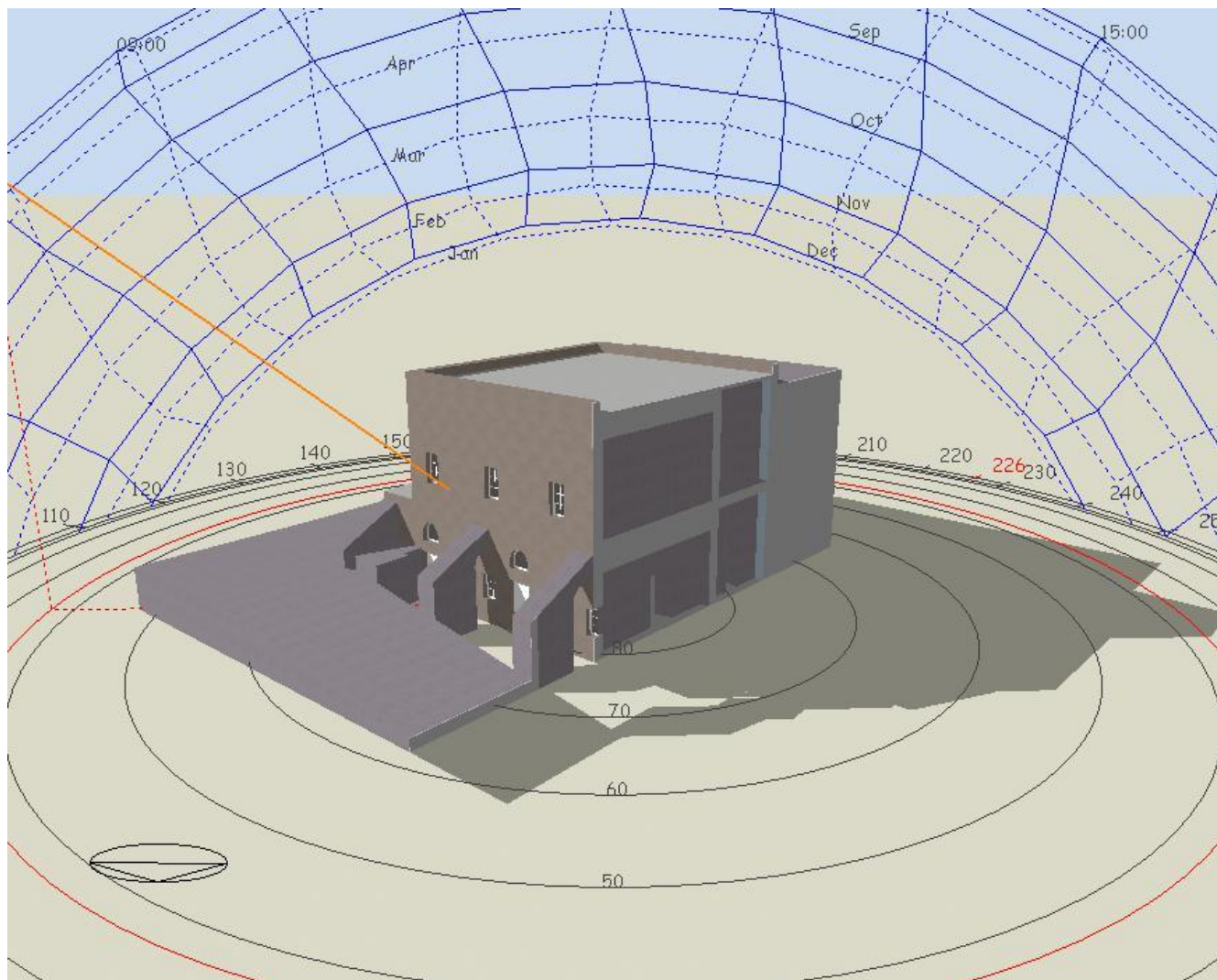
Στην περίπτωση Β, η διάρθρωση των εσωτερικών χώρων διατηρείται ίδια με αυτήν του ισογείου, ενώ η κατασκευή γίνεται με τον παραδοσιακό τρόπο, φέρουσα τοιχοποιία από μαυρόπετρα Θήρας. Η γεωμετρική απεικόνιση, φαίνεται στην συνέχεια:



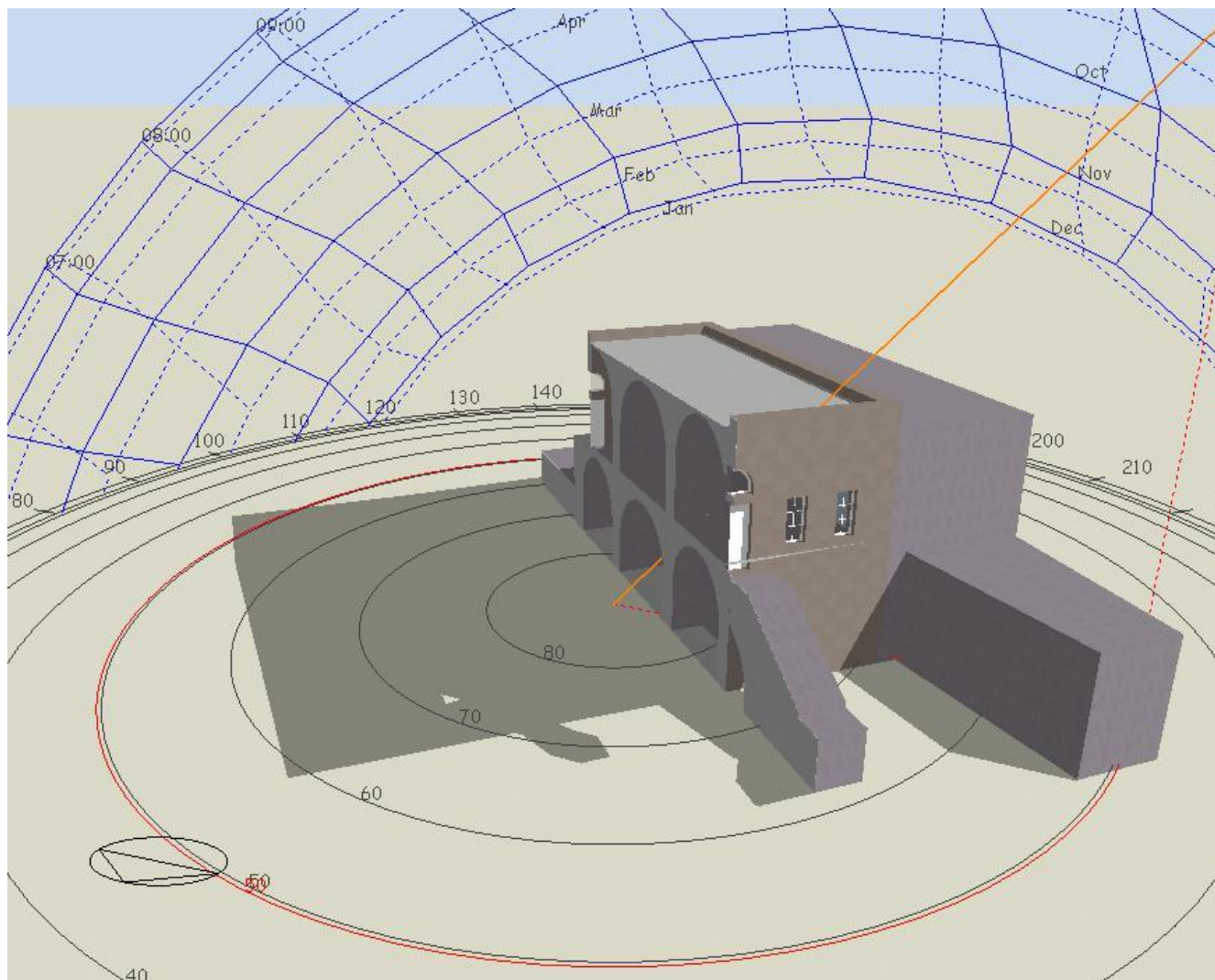
Εικ.. 2.11: Νοτιοανατολική όψη, Παραδοσιακή κατασκευή (Περίπτωση Β)



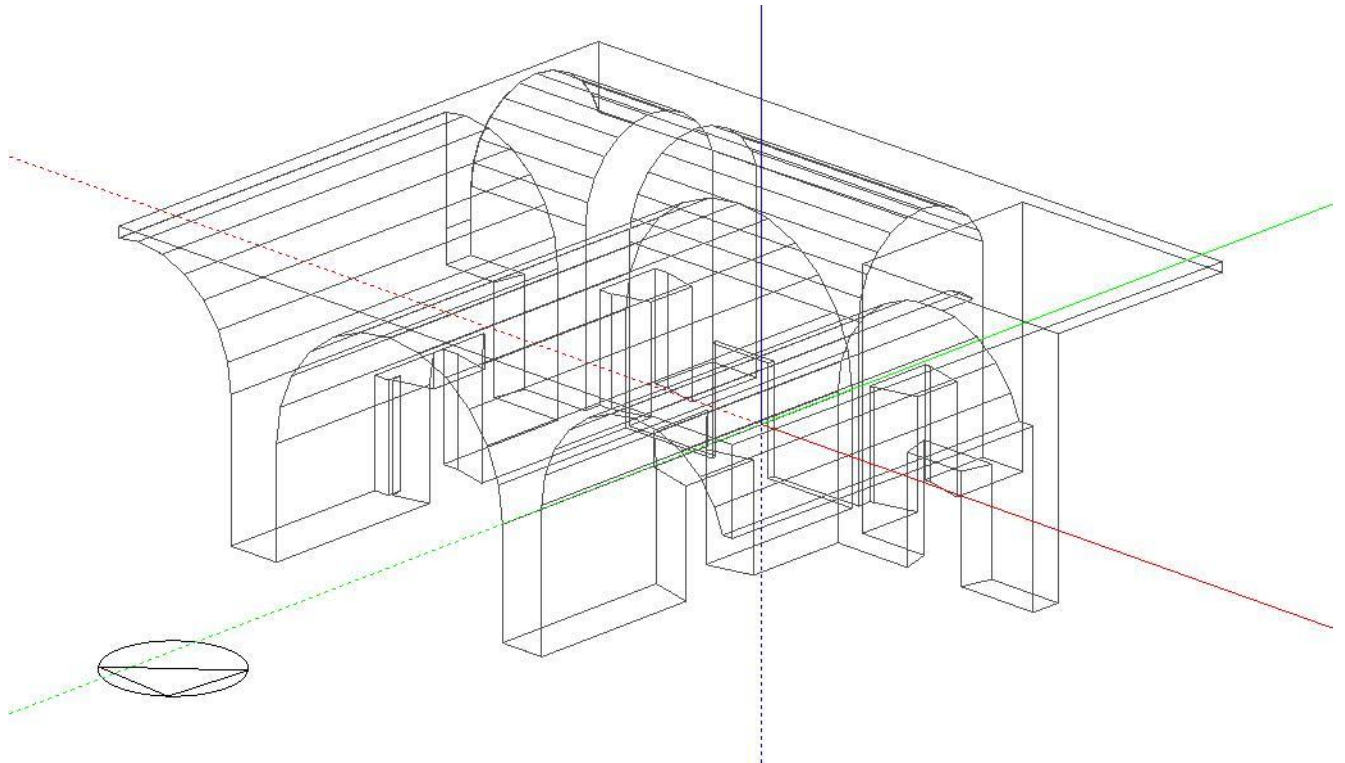
Εικ..2.12 : Βόρειοανατολική όψη, Παραδοσιακή κατασκευή (Περίπτωση Β)



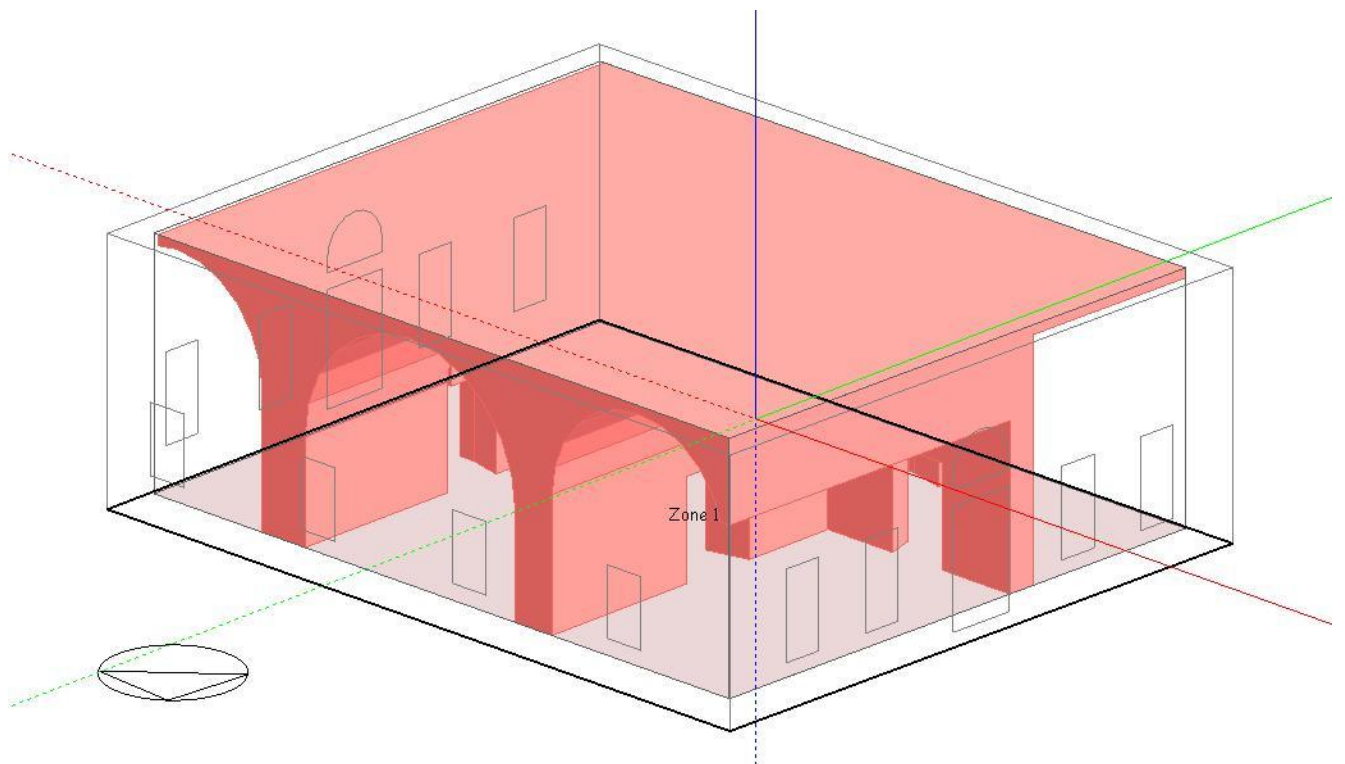
Εικ.. 2.13: Τομή κατά τον άξονα Α-Δ, Παραδοσιακή κατασκευή (Περίπτωση Β)



Εικ.. 2.14: Τομή κατά τον άξονα Β-Ν, Παραδοσιακή κατασκευή (Περίπτωση Β)



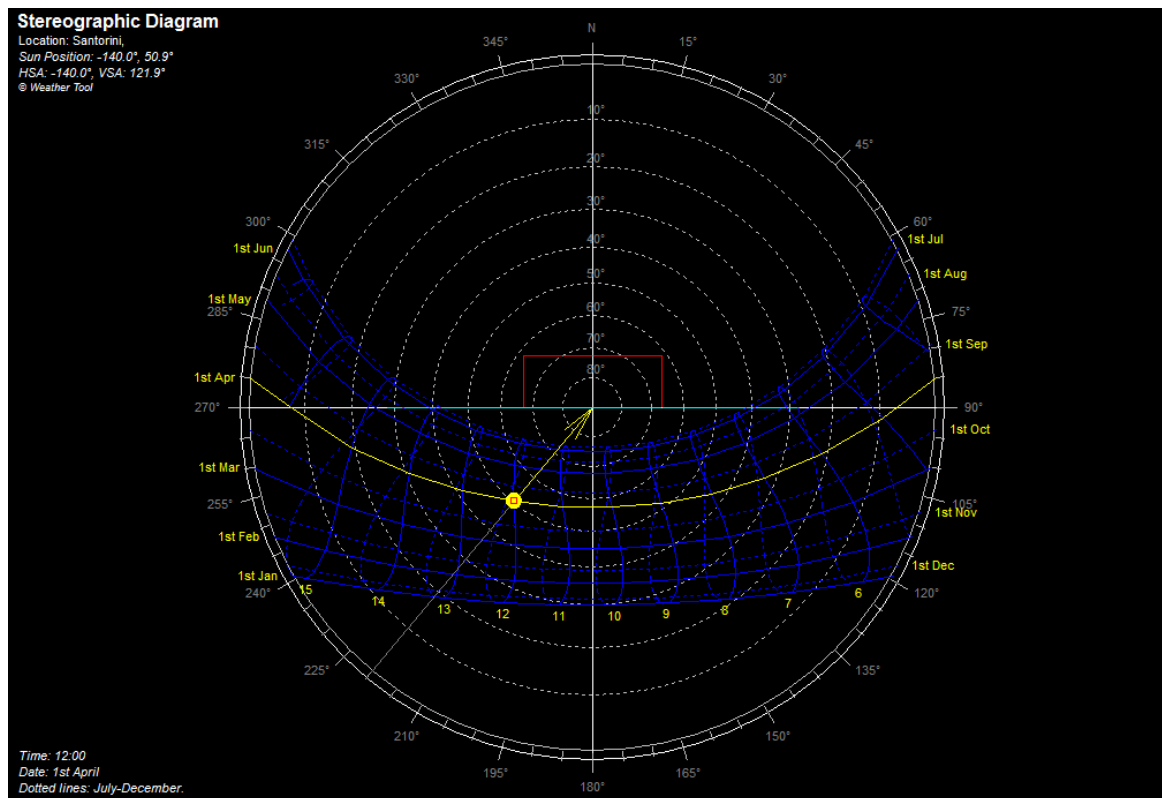
Εικ..2.15: Θερμική ζώνη ορόφου, Παραδοσιακή κατασκευή (Περίπτωση Β) -1



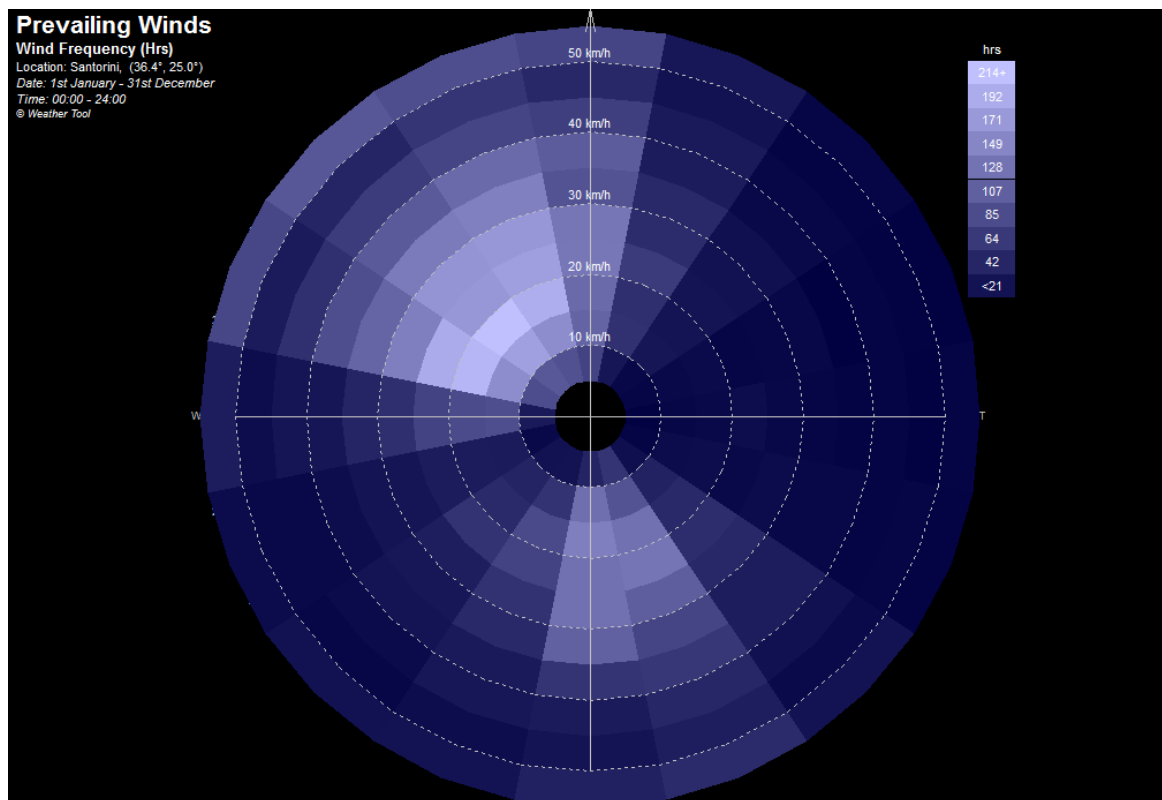
Εικ..2.16: Θερμική ζώνη ορόφου, Παραδοσιακή κατασκευή (Περίπτωση Β) -2

2.3 Κλιματικά δεδομένα

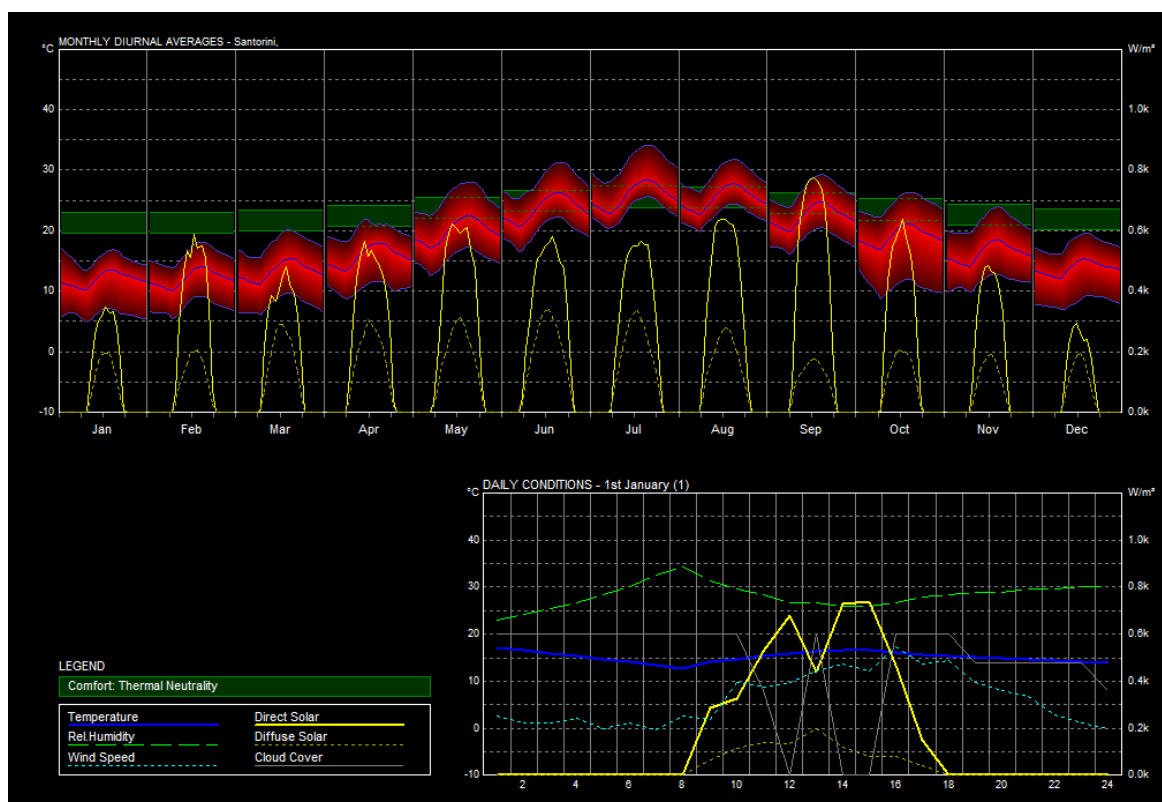
Για την ακρίβεια των αποτελεσμάτων, χρειάζονται τα κλιματικά δεδομένα (Weather Data) της περιοχής που βρίσκεται το καπετανόσπιτο, δηλαδή της Σαντορίνης. Το Energy Plus διαθέτει μια πληθώρα τέτοιων στοιχείων για πάνω από 2.000 τοποθεσίες του κόσμου. Όσον αφορά στην χώρα μας, τα διαθέσιμα κλιματικά δεδομένα που υπάρχουν είναι για την Αθήνα, την Θεσσαλονίκη και την Ανδραβίδα, μια περιοχή κοντά στην Πάτρα. Όπως γίνεται αντιληπτό τα δεδομένα αυτά δεν είναι επαρκή, γι' αυτό έγινε χρήση του προγράμματος Meteoinfo, το οποίο συσχετίζει διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα και τα βγάζει για την επιθυμητή περιοχή. Έτσι, η μελέτη έγινε συγκεκριμένα για τις κλιματικές συνθήκες του νησιού.



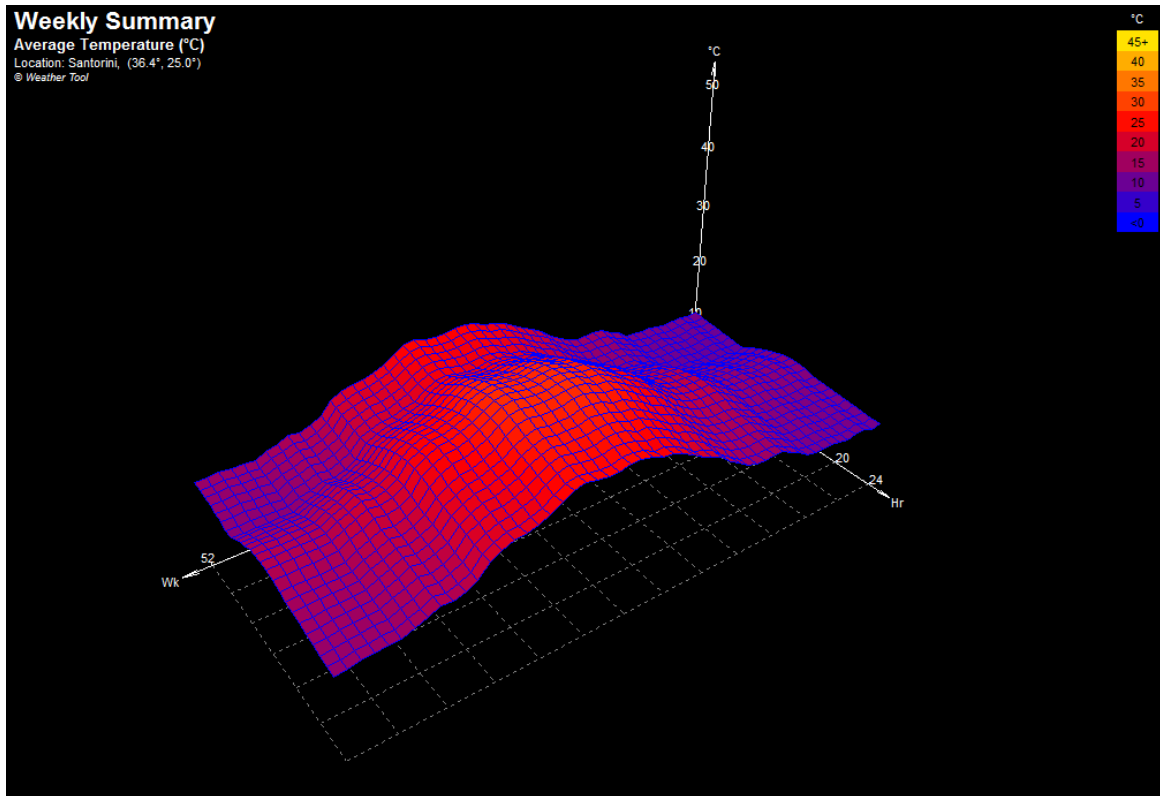
Εικ. 2.17: Θέση ήλιου κατά την διάρκεια του έτους στο νησί της Σαντορίνης



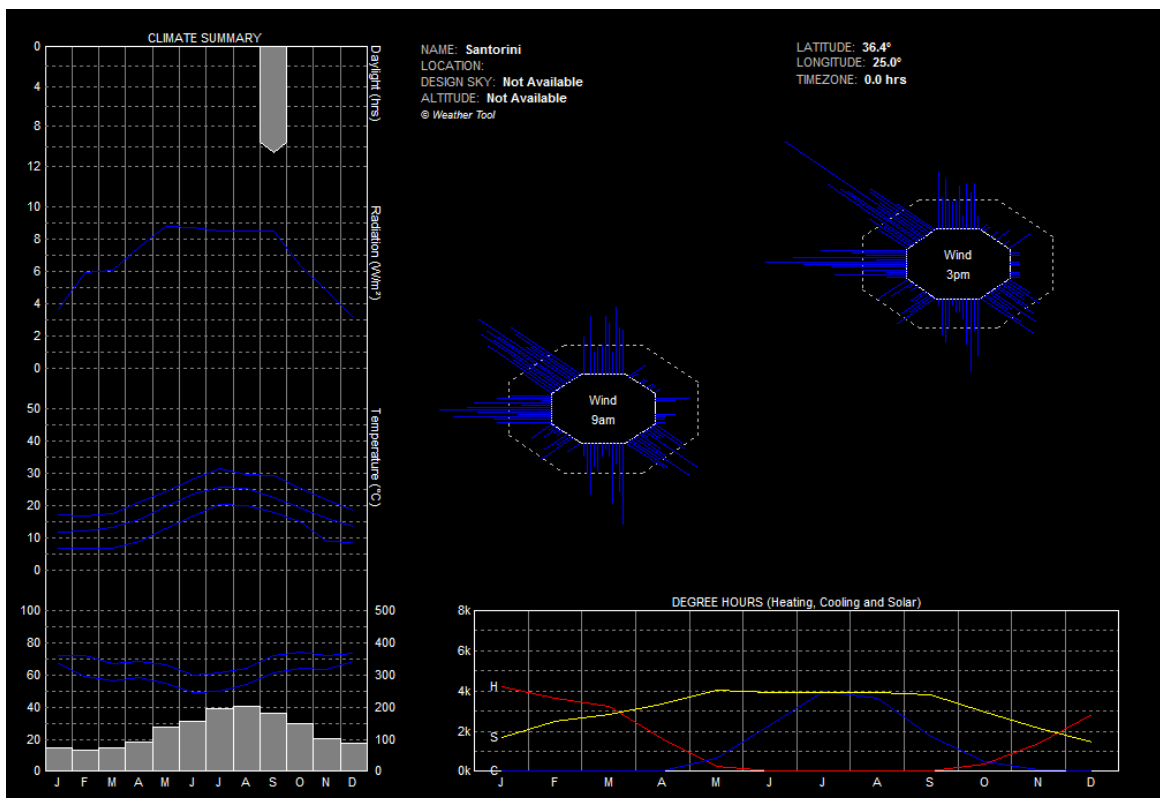
Εικ. 2.18: Επικρατούντες άνεμοι κατά την διάρκεια του έτους στο νησί της Σαντορίνης



Εικ. 2.19: Ημερήσια κλιματικά δεδομένα για το νησί της Σαντορίνης



Εικ. 2.20: Μέσες εβδομαδιαίες θερμοκρασίες στο νησί της Σαντορίνης



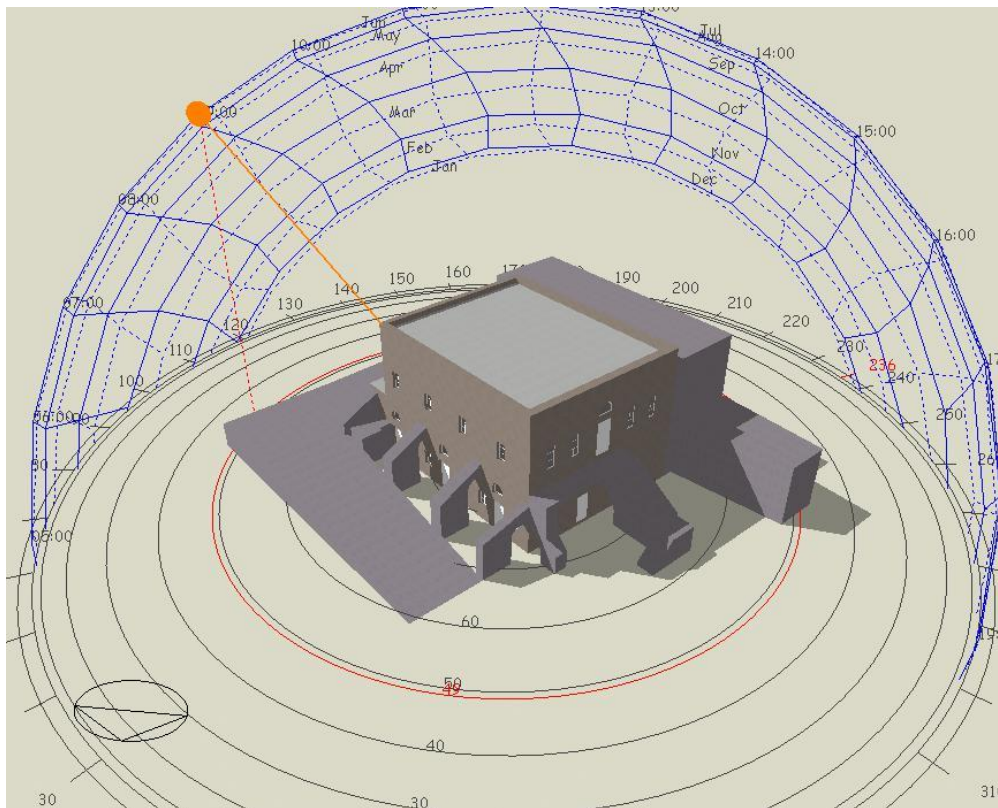
Εικ. 2.21: Μηνιαία κλιματικά δεδομένα για το νησί της Σαντορίνης

2.4 Ηλιακή ακτινοβολία

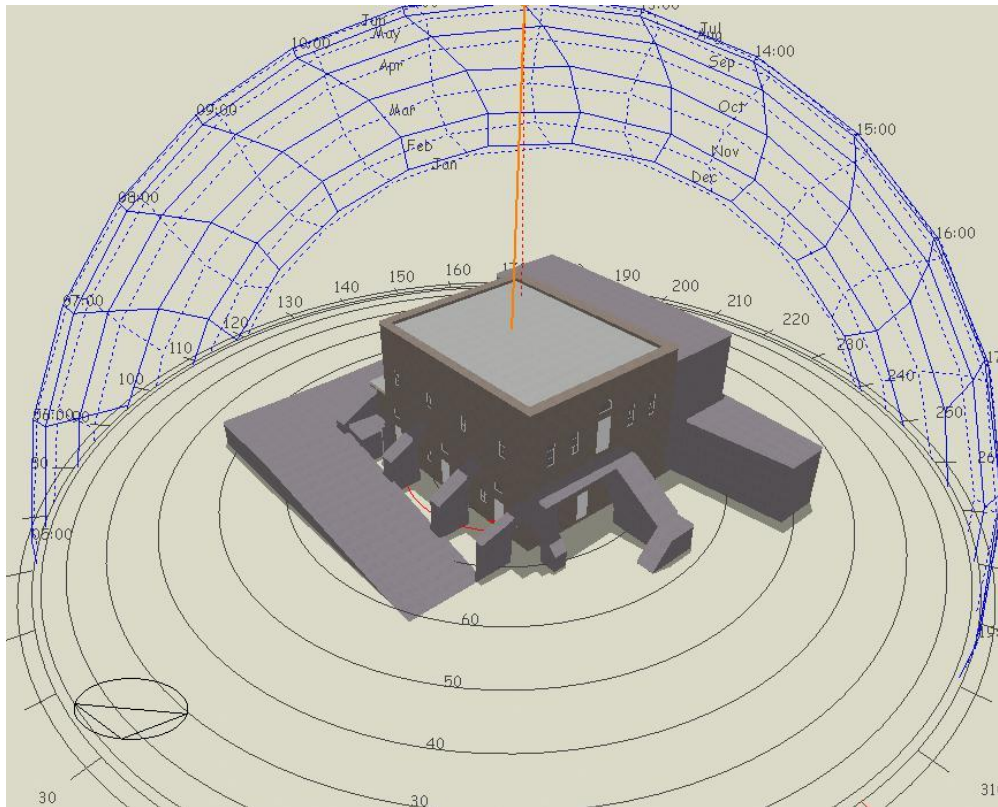
Για μια αρχική εκτίμηση του ηλιασμού και της σκίασης του κτηρίου, γίνεται προσομοίωση με την πορεία του ήλιου για το θερινό (21.06) και χειμερινό (21.12) ηλιοστάσιο, δηλαδή κατά την μεγαλύτερη και μικρότερη ημέρα του έτους αντίστοιχα, αλλά και την ισημερία (21.09), τις πρωινές-μεσημεριανές ώρες (9:00, 12:00, 15:00).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η νότια και η ανατολική πλευρά είναι πιο εκτεθειμένες στην ηλιακή ακτινοβολία, καθώς συνορεύουν με κοινοτικό δρόμο, ενώ η δυτική συνορεύει με μεσοτοιχία, διακρίνεται και στο μοντέλο, και στην βόρεια υπάρχει κτίσμα.

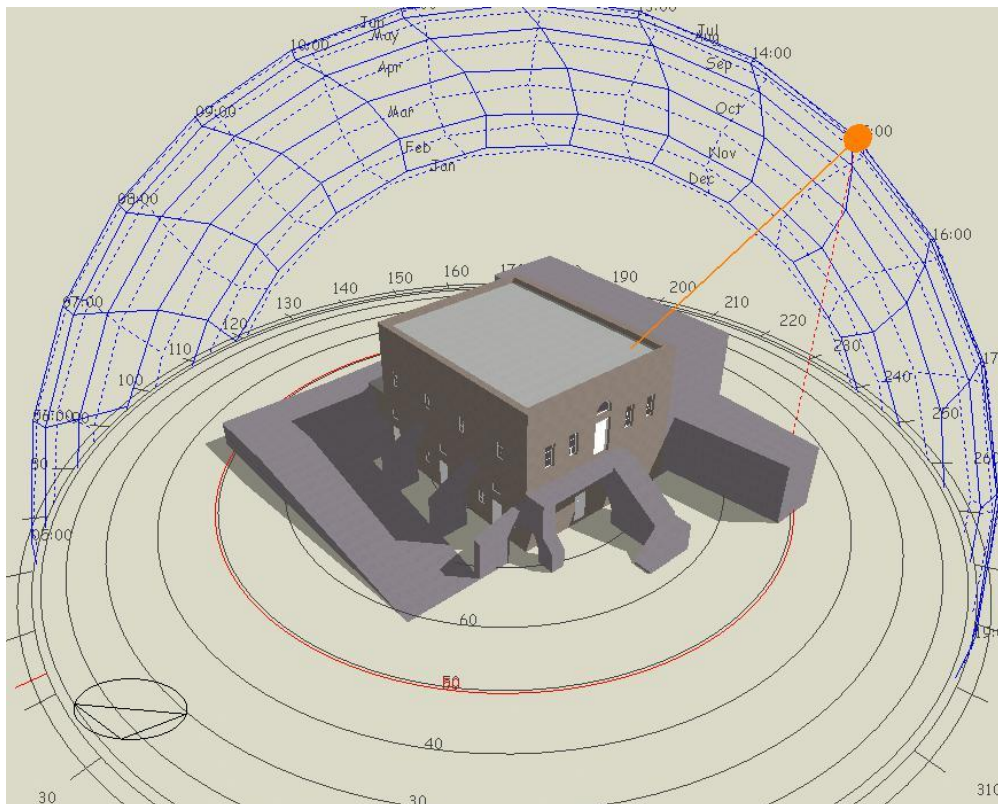
Από τις απΕικ.ονίσεις που ακολουθούν είναι φανερό ότι η νότια πλευρά κυρίως δέχεται τον υψηλότερο ηλιασμό, και η ανατολική τις πρωινές ώρες. Η χρήση του κτηρίου θα γίνεται κατά βάση το καλοκαίρι, οπότε είναι σημαντικό να μειωθούν τα θερμικά κέρδη την περίοδο αυτή. Ένα μέτρο για τον περιορισμό του ηλιασμού στην δυσμενέστερη πλευρά, είναι η τοποθέτηση του κουφώματος κατά μεγαλύτερη απόσταση από την εξωτερική επιφάνεια, δηλαδή προς το εσωτερικό του κτηρίου. Αυτό συνιστάται τόσο, διότι οι τοίχοι έχουν μεγάλο πάχος και άρα θα έχει ουσιαστικά αποτελέσματα μια τέτοια δράση όσο το ότι δεν επιτρέπεται η χρήση εξωτερικών παραθυρόφυλλων στον προστατευόμενο οικισμό της Οίας.



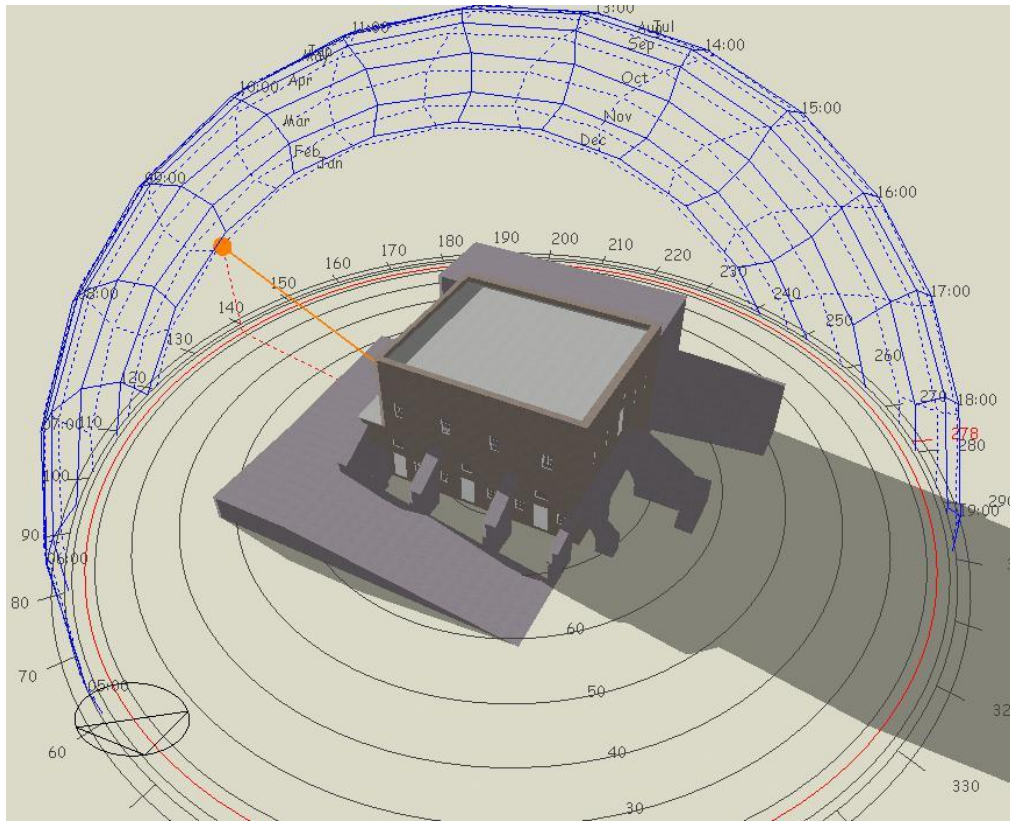
Εικ. 2.22: Θερινό ηλιοστάσιο (21.06-9:00)



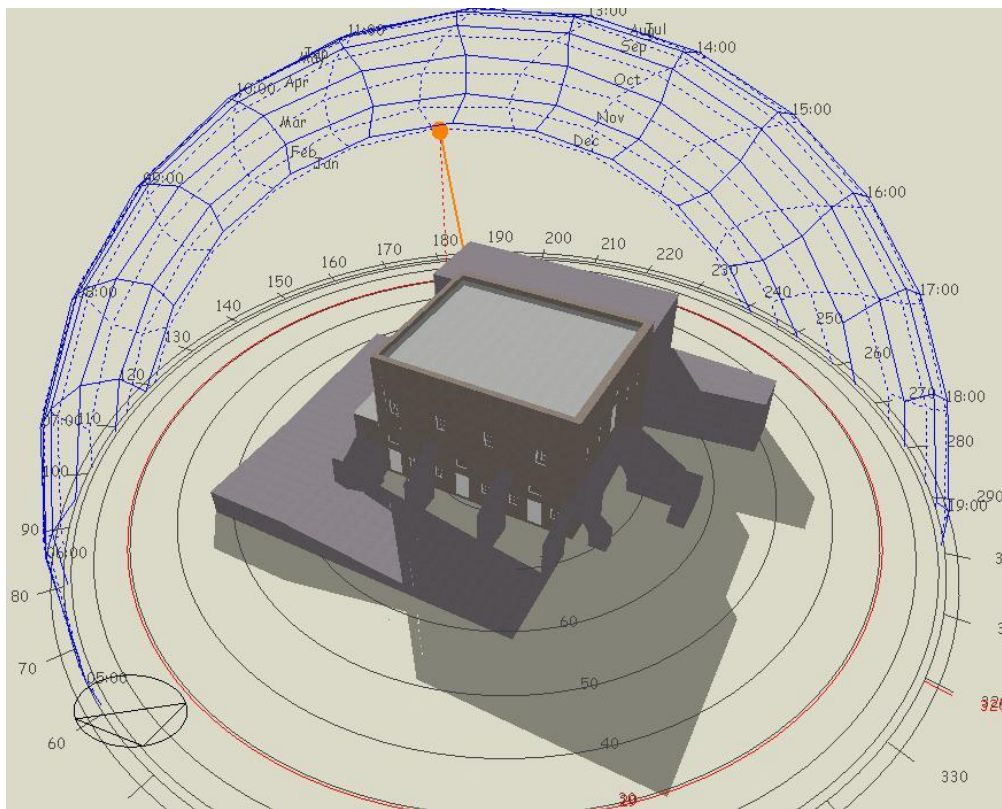
Εικ. 2.23: Θερινό ηλιοστάσιο (21.06-12:00)



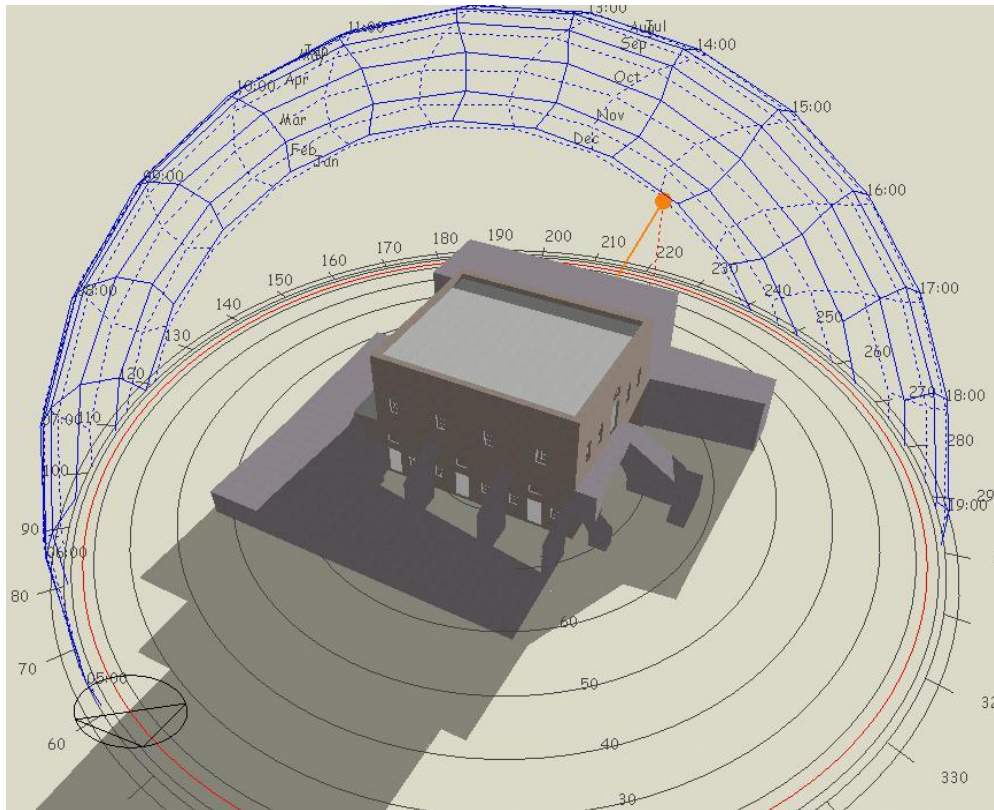
Εικ. 2.24: Θερινό ηλιοστάσιο (21.06-15:00)



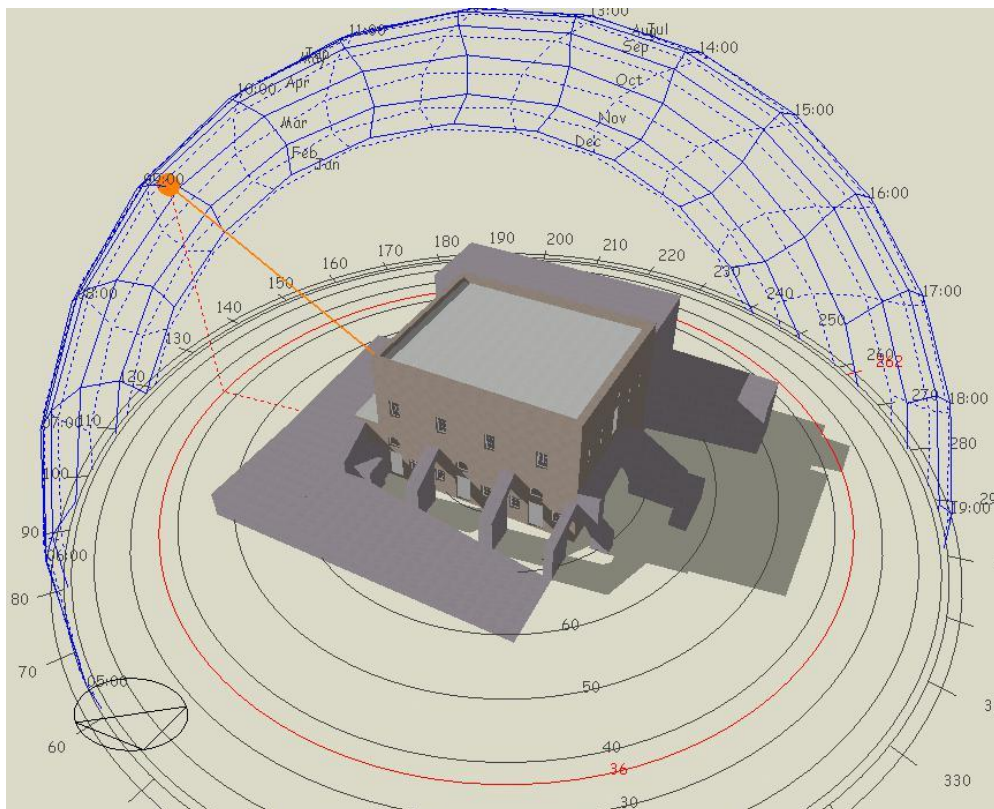
Εικ. 2.25: Χειμερινό ηλιοστάσιο (21.12-9:00)



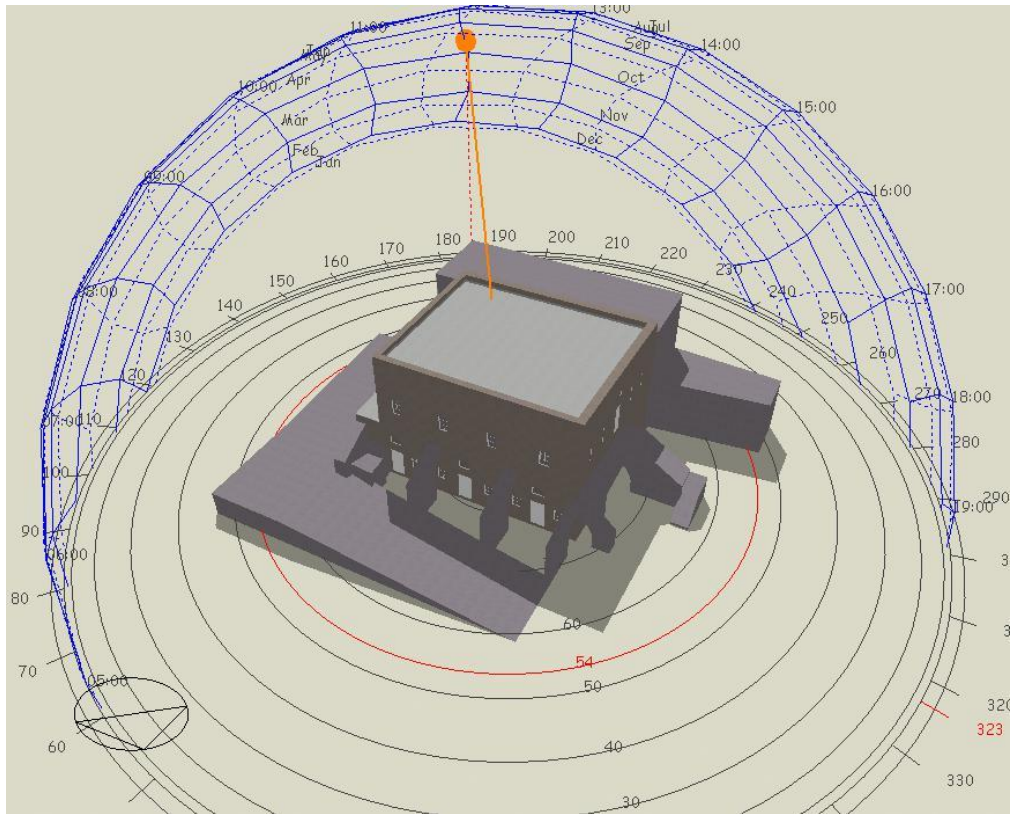
Εικ. 2.26: Χειμερινό ηλιοστάσιο (21.12-12:00)



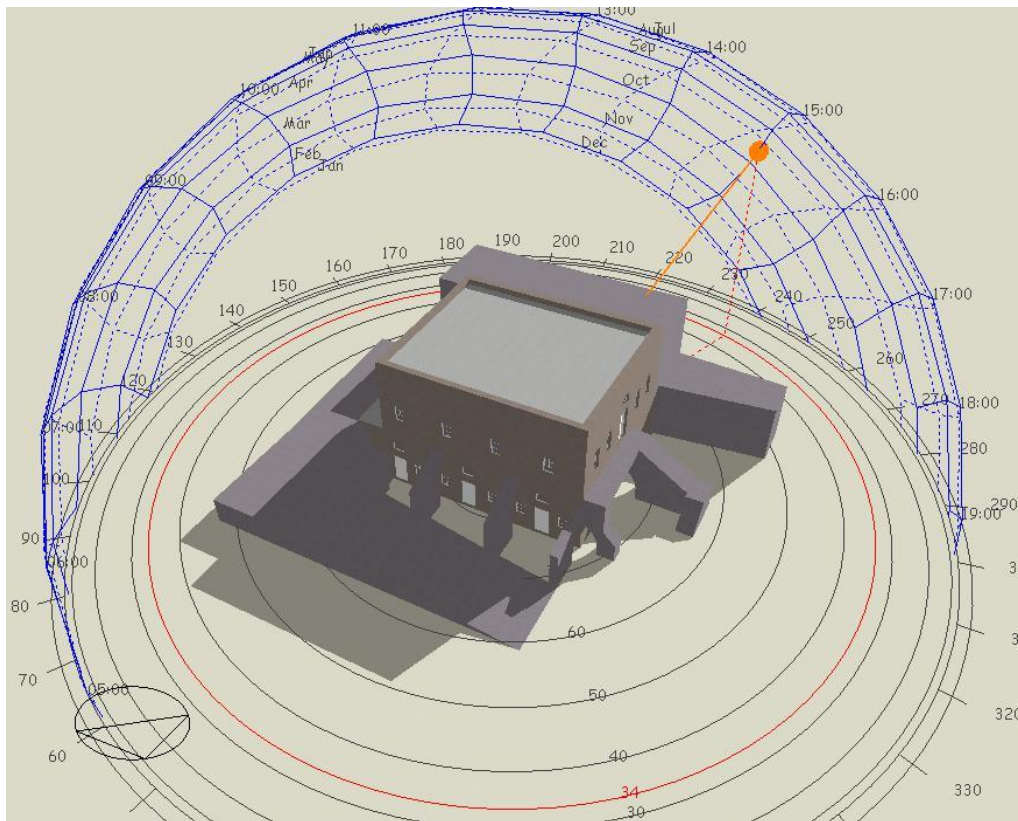
Εικ. 2.27: Χειμερινό ηλιοστάσιο (21.12-15:00)



Εικ. 2.28: Ισημερία (21.09-9:00)



Εικ. 2.29: Ισημερία (21.09-12:00)

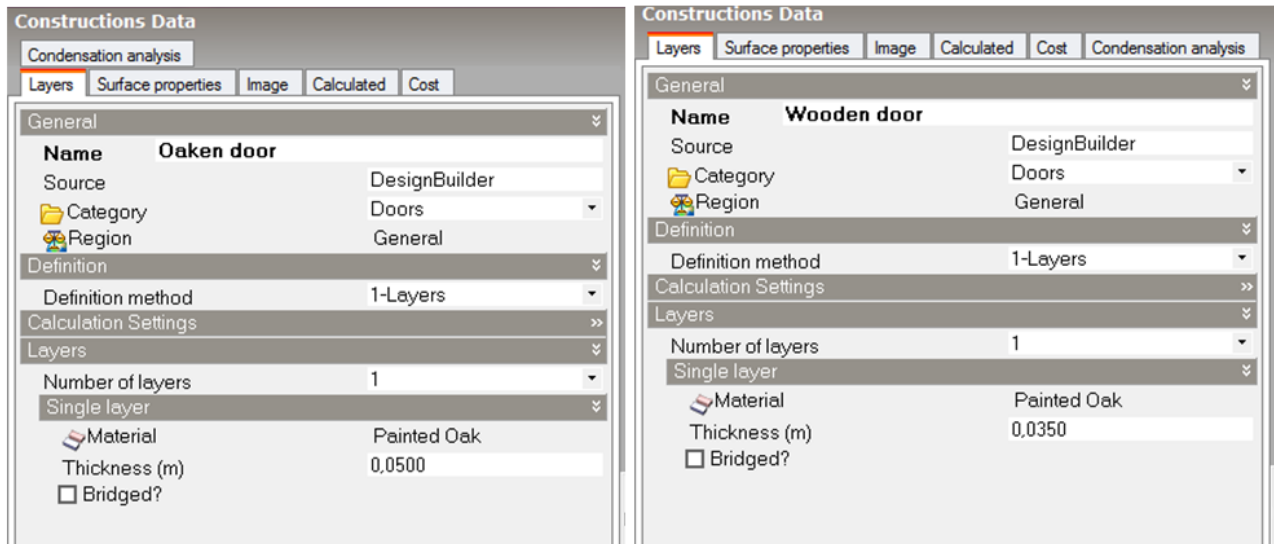


Εικ. 2.30: Ισημερία (21.09-15:00)

2.5 Δομικά υλικά και στρώσεις

Σε αυτό το στάδιο(Construction) εισάγονται τα δομικά υλικά, καθώς και οι στρώσεις τους. Τα χαρακτηριστικά των δομικών υλικών είναι το όνομα (name), η τραχύτητα (roughness), το πάχος (thickness), ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (conductivity), η πυκνότητα (density) και η ειδική θερμοχωρητικότητα του υλικού. Οι τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, της πυκνότητας και της ειδικής θερμοχωρητικότητας λαμβάνονται ως επί το πλείστον από την Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος 20701-2/2010. Η μαυρόπετρα της Σαντορίνης, λόγω της μεγάλης σκληρότητας, προσομοιώθηκε με γρανίτη. Η χρήση ξύλινων κουφωμάτων επιβάλλεται από την νομοθεσία που καθορίζει τους όρους και τους περιορισμούς δόμησης του οικισμού της Οίας, γι' αυτό και σε κάθε περίπτωση γίνεται χρήση δρύινων κουφωμάτων, στις εσωτερικές και εξωτερικές πόρτες, τα πλαίσια και τα καΐτια των ανοιγμάτων.

Στην συνέχεια απεικονίζονται τα υλικά και στρώσεις των διαφόρων στοιχείων για την συμβατική κατασκευή του ορόφου, ενώ αντίστοιχα εφαρμόστηκαν και για την παραδοσιακή κατασκευή.



Εικ.. 2.31:Δρύινη προσομοίωση θυρών καπετανόσπιτου

2.5.1 Σενάριο 1

The screenshot shows the 'Constructions Data' window with the 'Layers' tab selected. The configuration is as follows:

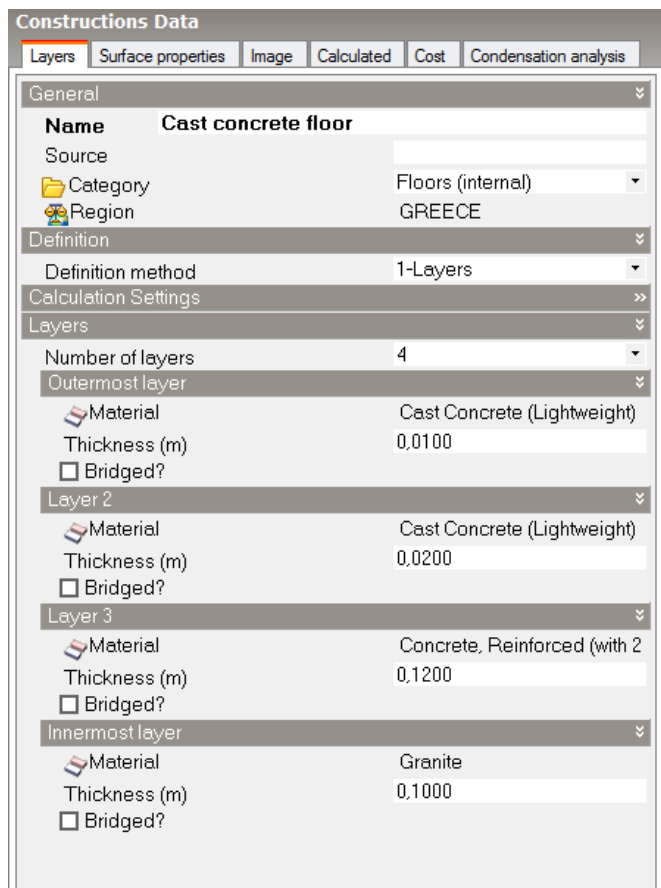
General	
Name	Stone Wall 50cm
Source	
Category	Walls
Region	GREECE
Definition	
Definition method	
Calculation Settings	
Layers	
Number of layers	3
Outermost layer	
Material	Lime sand render
Thickness (m)	0.0200
Bridged?	<input type="checkbox"/>
Layer 2	
Material	Granite
Thickness (m)	0.4600
Bridged?	<input type="checkbox"/>
Innermost layer	
Material	Lime sand render
Thickness (m)	0.0200
Bridged?	<input type="checkbox"/>

Εικ.. 2.32: Λίθινη τοιχοποιία ισογείου χωρίς θερμομόνωση

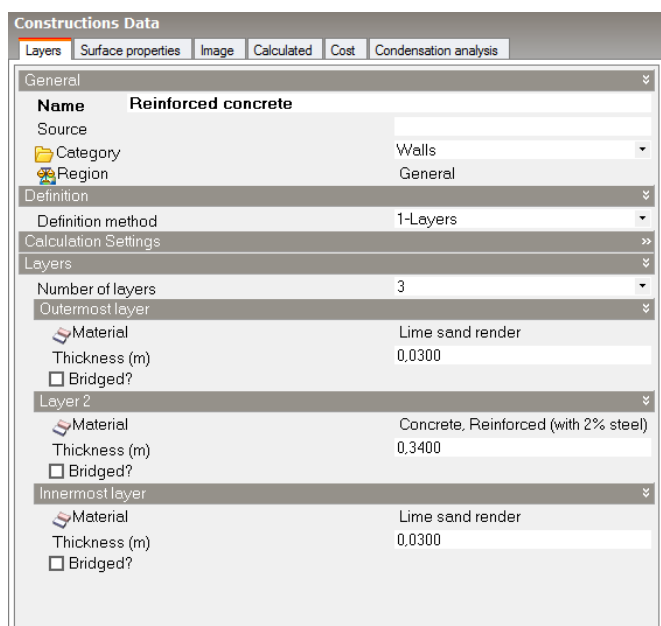
The screenshot shows the 'Constructions Data' window with the 'Layers' tab selected. The configuration is as follows:

General	
Name	Brick Wall no Insulation
Source	DesignBuilder
Category	Walls
Region	General
Definition	
Definition method	1-Layers
Calculation Settings	
Layers	
Number of layers	3
Outermost layer	
Material	Lime sand render
Thickness (m)	0.0300
Bridged?	<input type="checkbox"/>
Layer 2	
Material	Brick
Thickness (m)	0.3400
Bridged?	<input type="checkbox"/>
Innermost layer	
Material	Lime sand render
Thickness (m)	0.0300
Bridged?	<input type="checkbox"/>

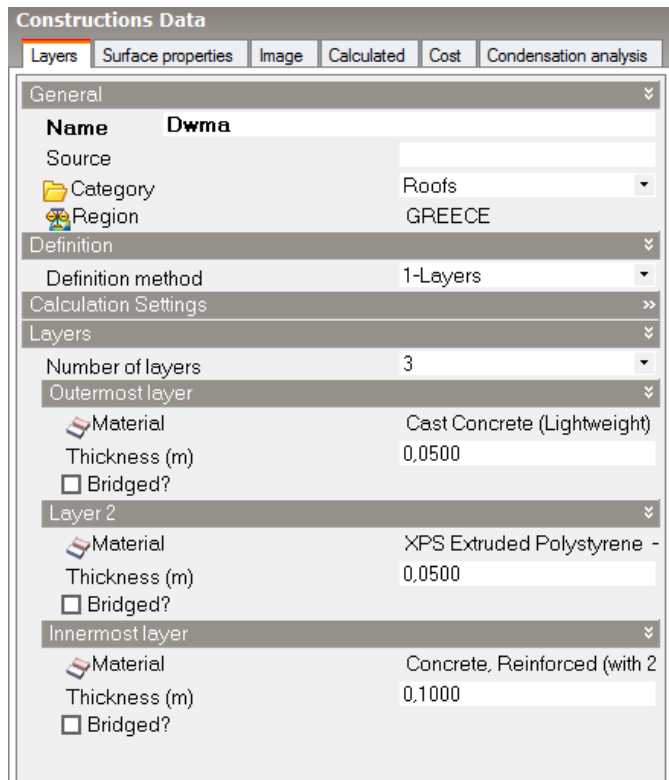
Εικ.. 2.33: Συμβατική τοιχοποιία ορόφου χωρίς θερμομόνωση



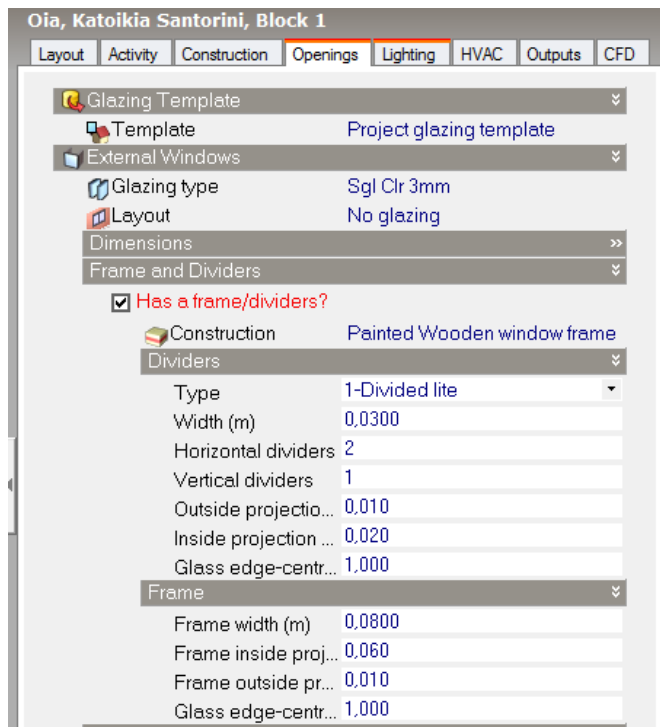
Εικ. 2.34: Προσομοίωση σενάζ



Εικ. 2.35: Δάπεδο ορόφου με πλάκα από Ω.Σ



Εικ. 2.36: Δώμα με θερμομόνωση μικρού πάχους (5cm)



Εικ. 2.37: Μονά υαλοστάσια

Constructions Data

Layers | Surface properties | Image | Calculated | Cost | Condensation analysis

General

Name Cement Ground Floor

Source

Category Floors (ground)

Region GREECE

Definition

Definition method 1-Layers

Calculation Settings

Layers

Number of layers 4

Outermost layer

Material Concrete, Reinforced (with 2

Thickness (m) 0,1200

Bridged?

Layer 2

Material XPS Extruded Polystyrene -

Thickness (m) 0,0010

Bridged?

Layer 3

Material Cast Concrete (Lightweight)

Thickness (m) 0,0700

Bridged?

Innermost layer

Material Cast Concrete

Thickness (m) 0,0300

Bridged?

Εικ. 2.38: Δάπεδο ισογείου χωρίς μόνωση

2.5.2 Σενάριο 2

Constructions Data

Layers | Surface properties | Image | Calculated | Cost | Condensation analysis

General

Name Stone Wall Internally Insulated 50cm

Source

Category Walls

Region GREECE

Definition

Definition method 1-Layers

Calculation Settings

Layers

Number of layers 4

Outermost layer

Material Lime sand render

Thickness (m) 0.0200

Bridged?

Layer 2

Material Granite

Thickness (m) 0.4100

Bridged?

Layer 3

Material XPS Extruded Polystyrene - CO2 Blowing

Thickness (m) 0.0500

Bridged?

Innermost layer

Material Lime sand render

Thickness (m) 0.0200

Bridged?

Εικ.2.39: Λίθινη τοιχοποιία ισογείου με εσωτερική θερμομόνωση (5cm)

Constructions Data

Layers | Surface properties | Image | Calculated | Cost | Condensation analysis

General

Name Brick Wall Insulated

Source DesignBuilder

Category Walls

Region General

Definition

Definition method 1-Layers

Calculation Settings

Layers

Number of layers 4

Outermost layer

Material Lime sand render

Thickness (m) 0.0200

Bridged?

Layer 2

Material Brick

Thickness (m) 0.3100

Bridged?

Layer 3

Material XPS Extruded Polystyrene - CO2 Blowing

Thickness (m) 0.0500

Bridged?

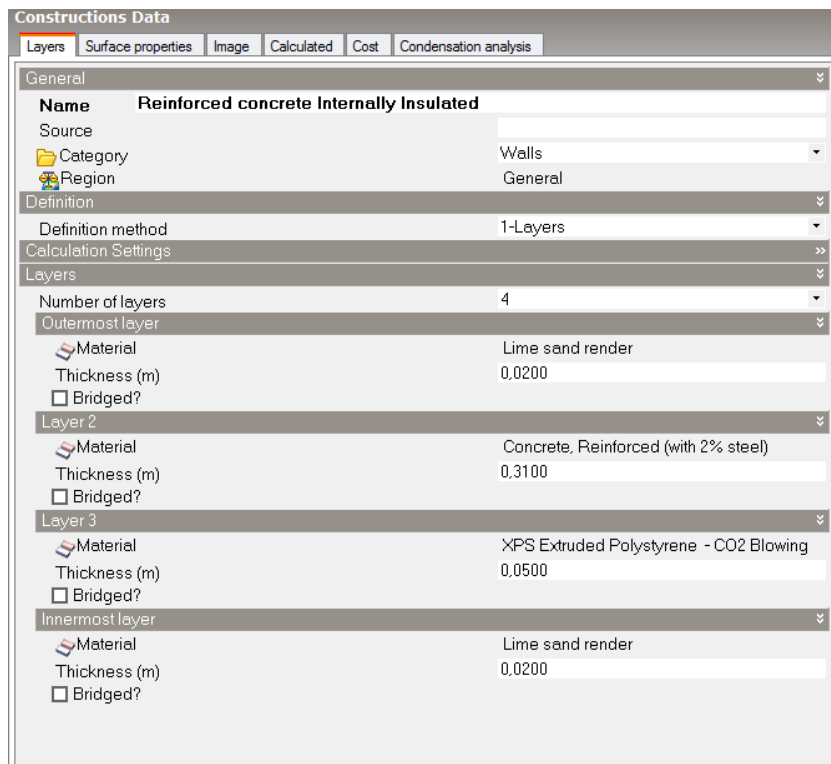
Innermost layer

Material Lime sand render

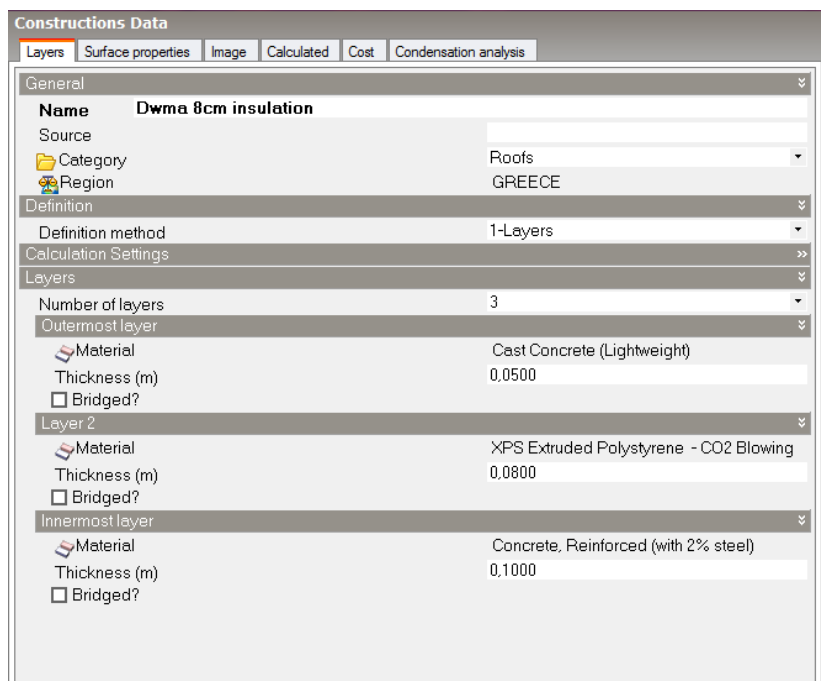
Thickness (m) 0.0200

Bridged?

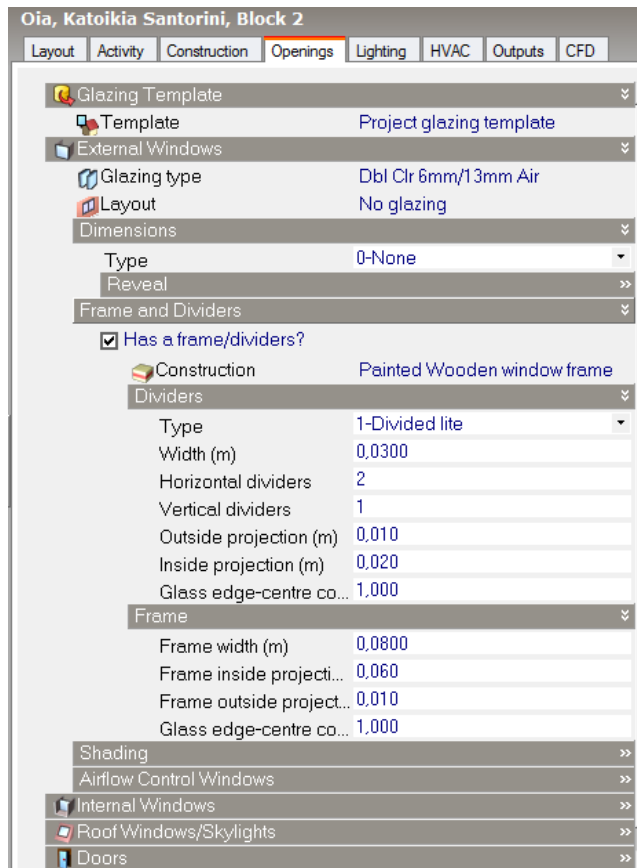
Εικ.2.40: Συμβατική τοιχοποιία ορόφου με εσωτερική θερμομόνωση (5cm)



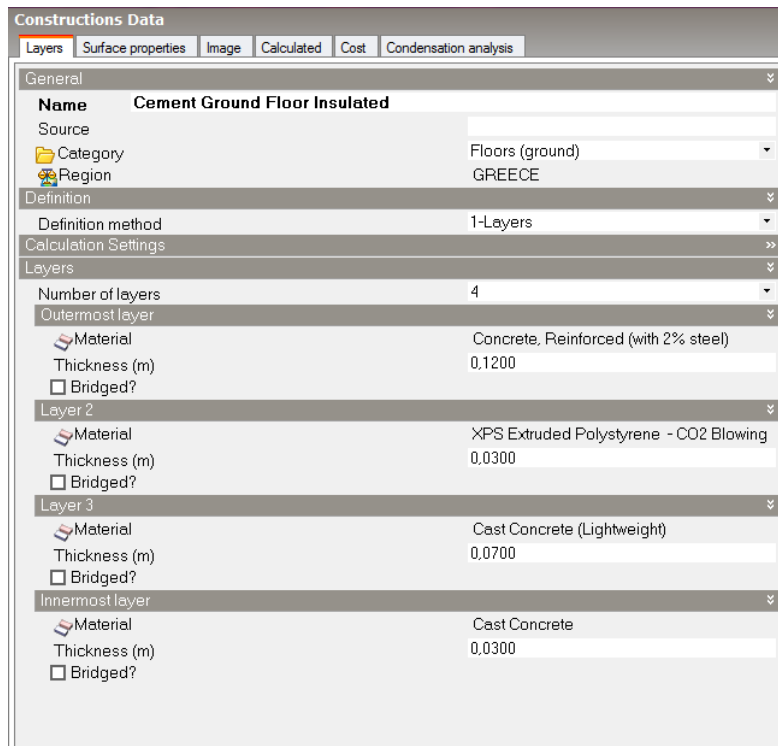
Εικ. 2.41: Προσομοίωση σενάζ με εσωτερική θερμομόνωση (5cm)



Εικ. 2.42: Δώμα με θερμομόνωση μεγάλου πάχους (8cm)

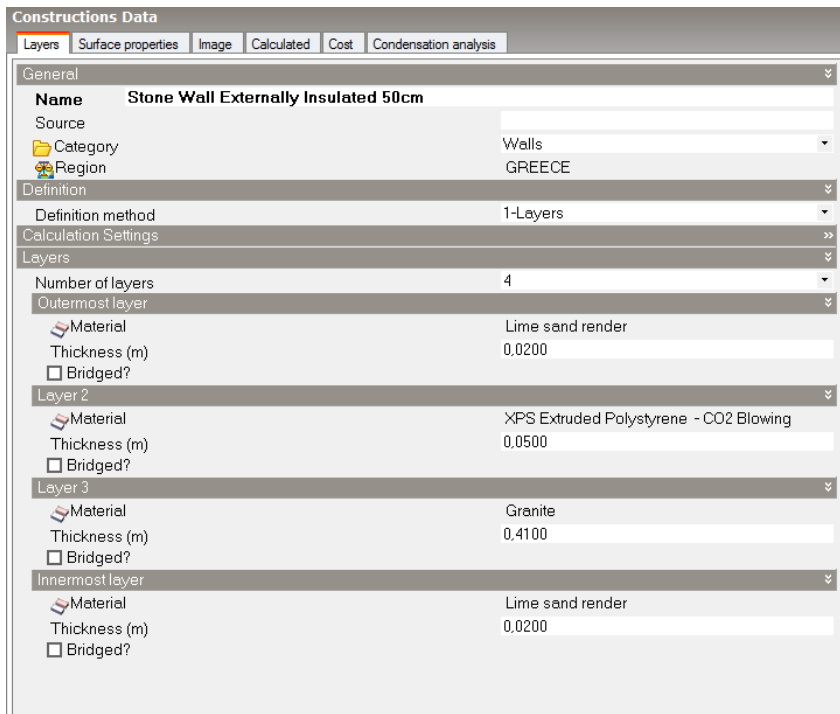


Εικ. 2.43: Διπλά υαλοστάσια-ενδιάμεσο στρώμα αέρα (Air)

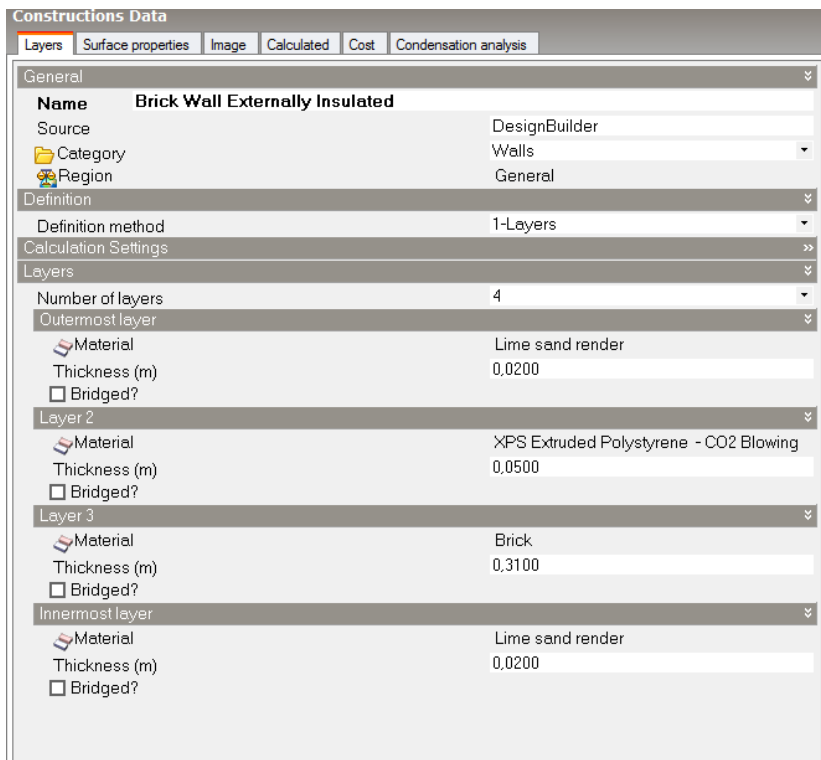


Εικ. 2.44: Δάπεδο ισογείου με θερμομόνωση (3cm)

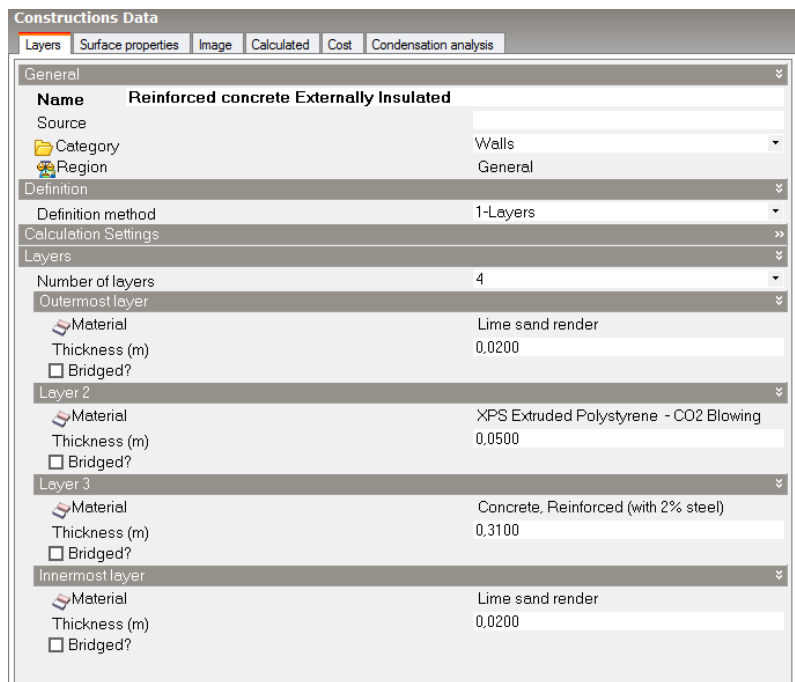
2.5.3 Σενάριο 3



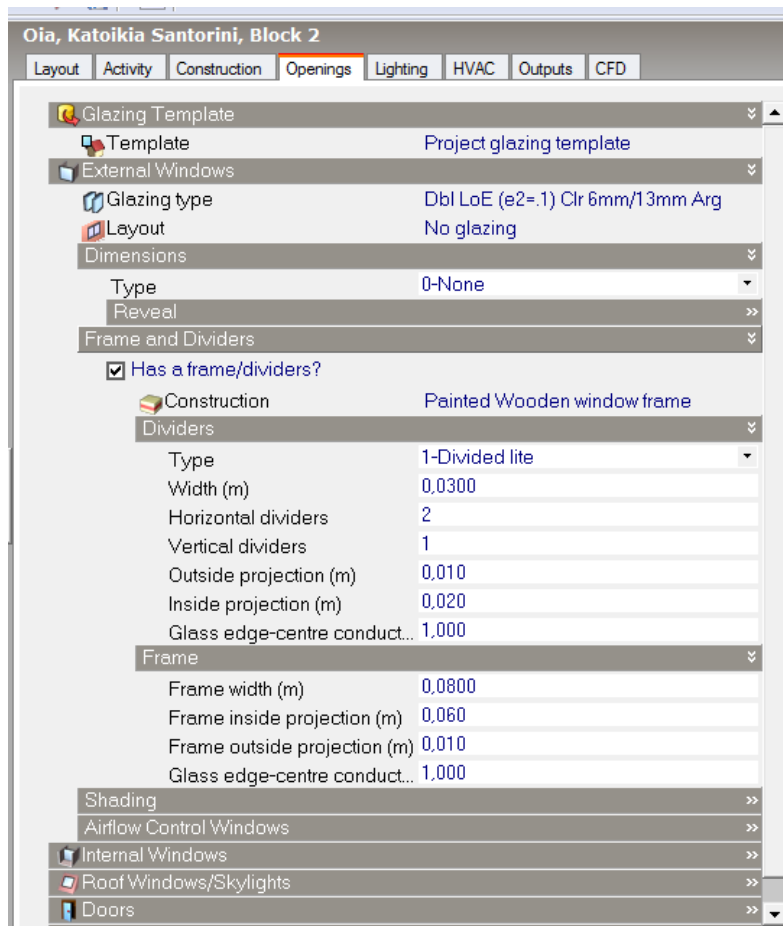
Εικ. 2.45: Λίθινη τοιχοποιία ισογείου με εξωτερική θερμομόνωση (5cm)



Εικ. 2.46: Συμβατική τοιχοποιία ορόφου με εξωτερική θερμομόνωση (5cm)



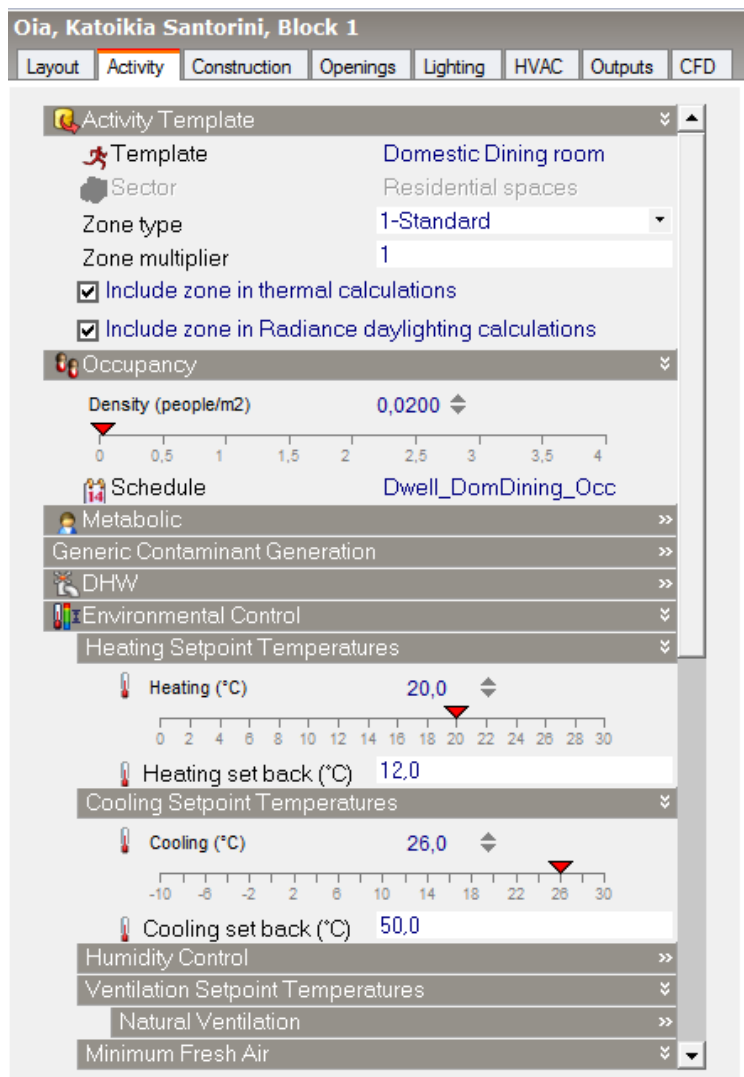
Εικ. 2.47: Προσομοίωση σενάζ με εξωτερική θερμομόνωση (5cm)



Εικ. 2.48: Διπλά υαλοστάσια-ενδιάμεσο στρώμα αργού (Ar), χαμηλής εκπομπής (low-e)

2.6 Άνθρωποι-χρήστες, όρια θερμικής άνεσης

Σε αυτό το στάδιο (Templation Activity) προσδιορίζεται η επίδραση των χρηστών στο κτήριο (Occupancy). Συγκεκριμένα, για αριθμό χρηστών 6 και έκταση διαμονής 260m², εισάγεται η πυκνότητά τους (people/m²), ενώ διατίθεται και η δυνατότητα επιλογής της ρύθμισης χρονοδιαγράμματος που περιλαμβάνει την κατανομή των χρηστών κατά την διάρκεια του έτους, αναγκαίο περισσότερο για άλλες χρήσεις κτηρίων, π.χ. γραφεία, βιομηχανικός χώρος. Έτσι προσδιορίζεται η ποσότητα θερμικών κερδών από τους χρήστες. Επίσης, σύμφωνα με οδηγία TOTEE καθορίζονται τα όρια θερμικής άνεσης των χρηστών, από 20 έως 26°C.

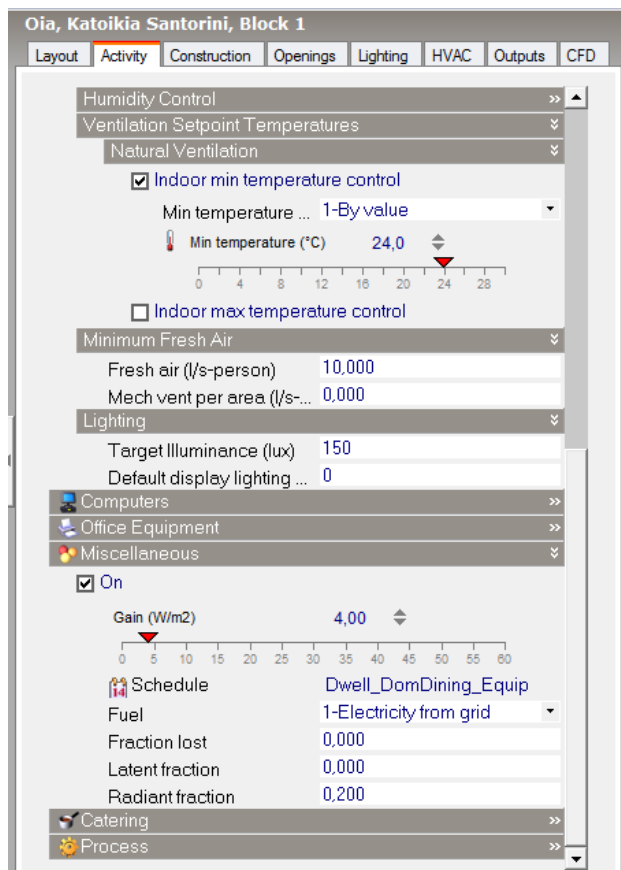


Εικ. 2.49: Χρήστες και όρια θερμικής άνεσης

2.7 Αερισμός, φωτισμός, θερμικά εσωτερικά κέρδη

Ο αερισμός (ventilation) είναι η ροή αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον προς μια θερμική ζώνη, το εσωτερικό περιβάλλον, και γίνεται σκόπιμα. Το πλήθος των εναλλαγών αέρα ανά ώρα ορίζεται ανάλογα με τον βαθμό αεροστεγανότητας του χώρου. Έτσι για το σενάριο 1, που δεν υπάρχει μόνωση στα δρύινα κουφώματα η αεροστεγανότητα παίρνει μία κακή τιμή 0,9 ac/h (=air changes per hour), στο σενάριο 2, που υπάρχουν διπλοί υαλοπίνακες, η τιμή βελτιώνεται 0,4 ac/h, ενώ στο σενάριο 3 η τιμή είναι πολύ καλή 0,4 ac/h. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής επιθυμητού χρονοδιαγράμματος αερισμού κατά την διάρκεια του έτους. Πέραν τούτου, επιλέγεται και ο αθέλητος αερισμός (infiltration), δηλαδή η ροή αέρα από το περιβάλλον προς μια θερμική ζώνη, χωρίς αυτό να είναι σκόπιμο. Ο αθέλητος αερισμός προκαλείται από το άνοιγμα και το κλείσιμο των εξωτερικών θυρών, από ρωγμές ή σχισμές γύρω από τα κουφώματα και σε πολύ μικρές ποσότητες ακόμα και δια μέσω δομικών στοιχείων του κτηρίου.

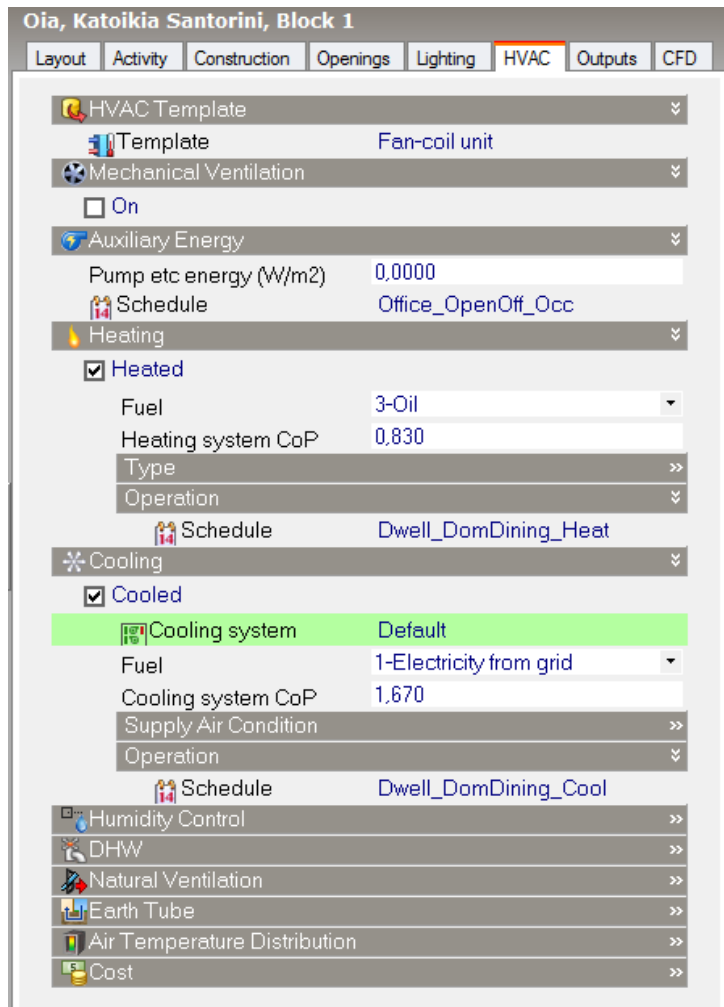
Ο επιθυμητός φωτισμός κάθε ζώνης (illuminance) προσδιορίζεται με βάση την οικιστική χρήση της κατασκευής σε 150 lux, ενώ π.χ. για χρήση γραφείων θα επιλεγόταν μια τιμή 300-500 lux. Για τον προσδιορισμό της θερμικής συμπεριφοράς του κτηρίου σε κάθε θερμική ζώνη λαμβάνονται υπόψιν τα θερμικά εσωτερικά κέρδη όχι μόνον λόγω της εσωτερικής μάζας και των χρηστών του κτηρίου, αλλά και λόγω του ηλεκτρικού εξοπλισμού (miscellaneous), όπως οι ηλεκτρικές συσκευές της κουζίνας, οι υπολογιστές, κ.α. Συνολικά τα κέρδη από την εν λόγω παραγωγή θερμότητας δίδεται η τιμή 4,0 W/m² από την κατάλληλη TOTEE.



Εικ. 2.50: Αερισμός, φωτισμός και εσωτερικά κέρδη

2.8 Θέρμανση, ψύξη, κλιματισμός (HVAC)

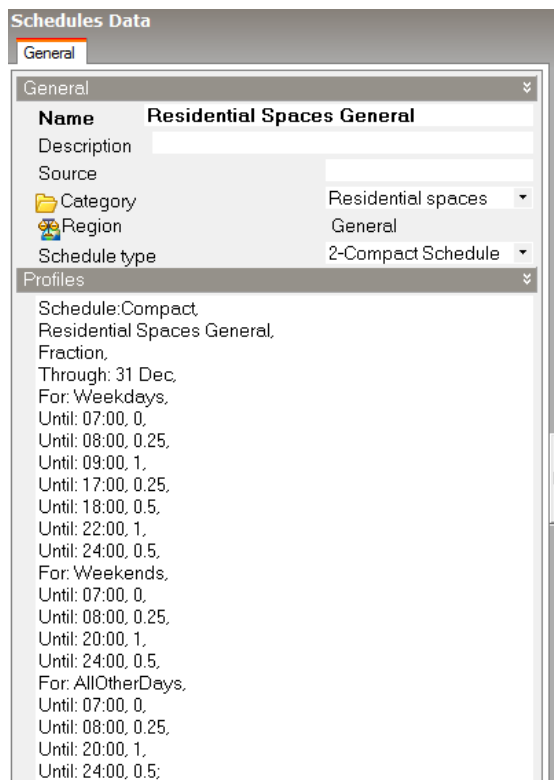
Όταν η θερμοκρασία βρίσκεται έξω από τις θεωρούμενες συνθήκες θερμικής άνεσης (20-26°C) λειτουργεί θερμοστάτης, που ρυθμίζεται από το ιδανικό σύστημα ψύξης, θέρμανσης και κλιματισμού, όπως ορίζεται από τον χρήστη. Το σύστημα θέρμανσης που επιλέγεται λέβητας-καυστήρας πετρελαίου, ενώ για την ψύξη, γίνεται χρήση κλιματιστικού.



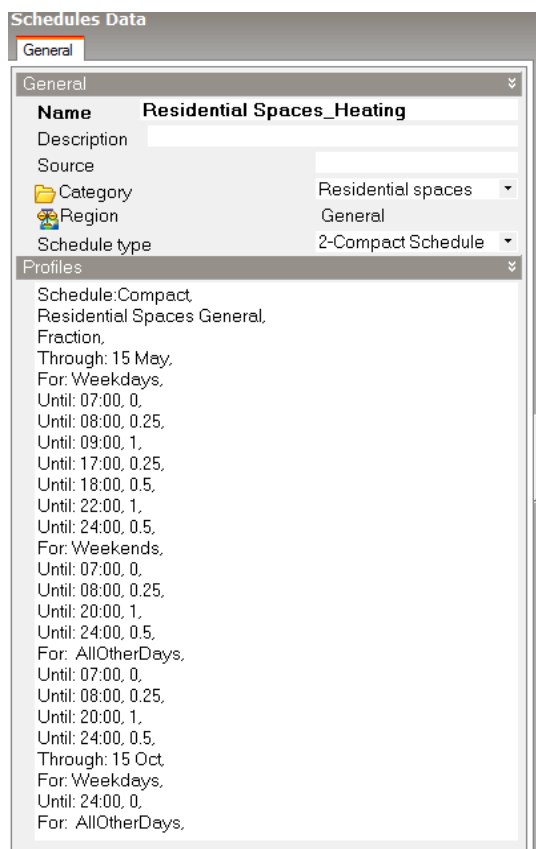
Εικ. 2.51: Θέρμανση, ψύξη, κλιματισμός (HVAC)

2.9 Χρονοδιαγράμματα

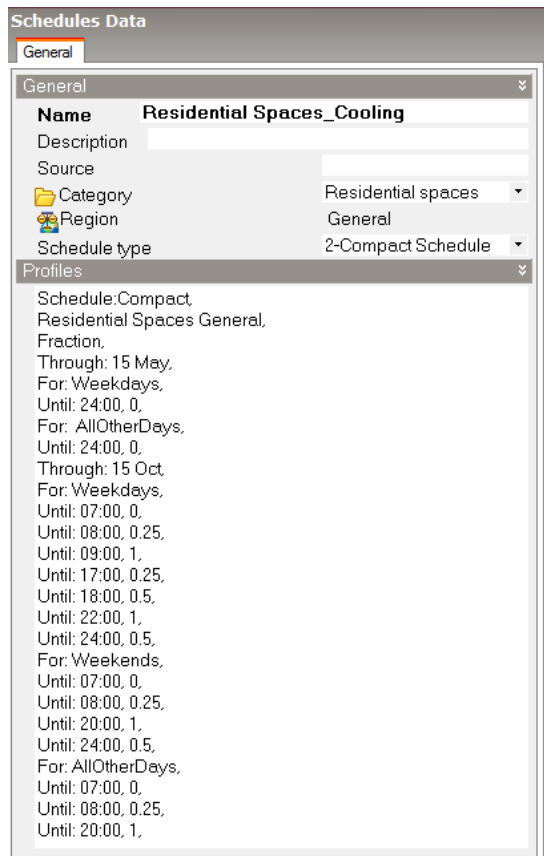
Κατά τα προηγούμενα βήματα, γίνεται η εισαγωγή κατάλληλων χρονοδιαγραμμάτων για την ρύθμιση της χρονικής μεταβολής παραμέτρων που επηρεάζουν την θερμική συμπεριφορά του κτηρίου. Έτσι, έγινε ρύθμιση της πυκνότητας των χρηστών και της δραστηριότητάς τους στους χώρους του κτηρίου κατά την θερμική ζώνη, καθώς επίσης και για την λειτουργία του συστήματος θέρμανσης ψύξης και κλιματισμού (HVAC). Αναλυτικά, τα χρονοδιαγράμματα αυτά παρουσιάζονται παρακάτω.



Εικ. 2.52: Χρονοδιάγραμμα πυκνότητας και δραστηριότητας των χρηστών



Εικ. 2.53: Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης



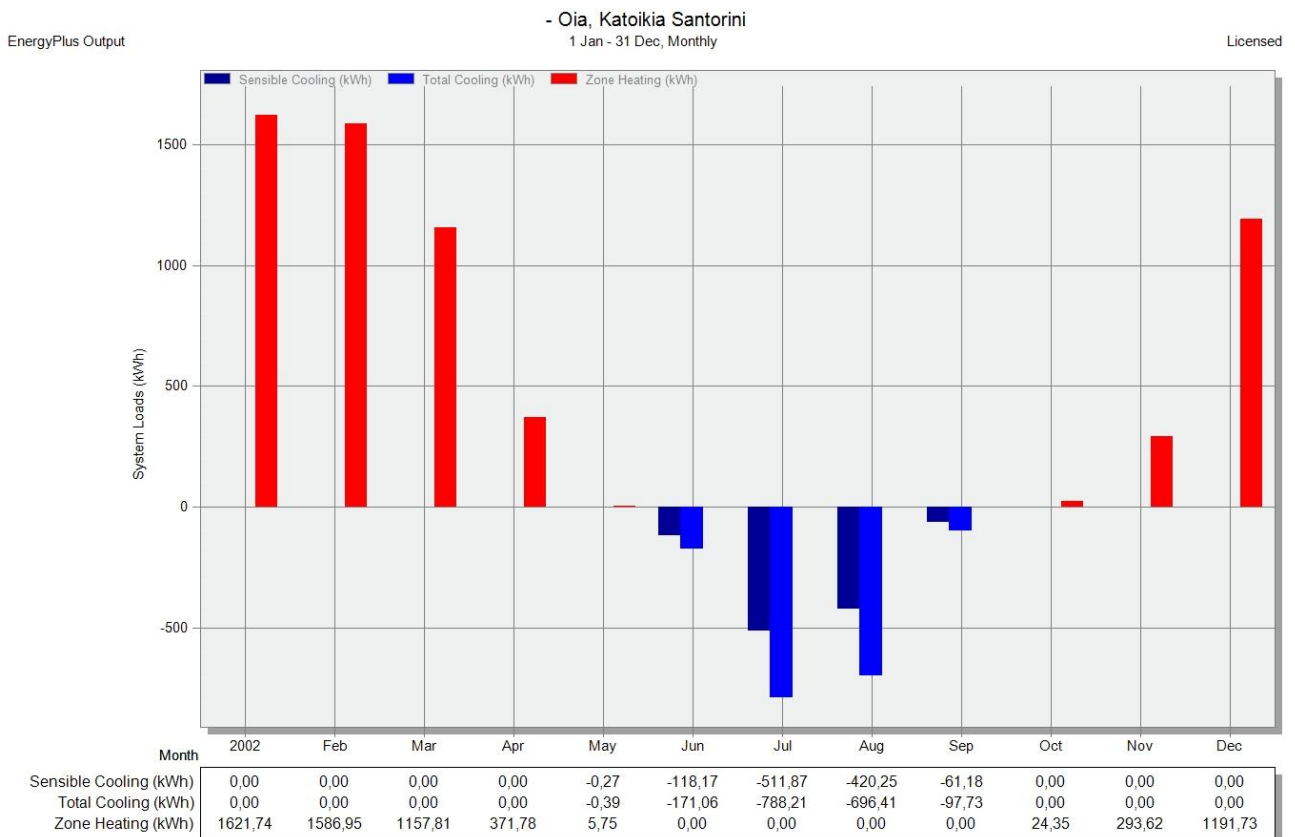
Εικ. 2.54: Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του συστήματος ψύξης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

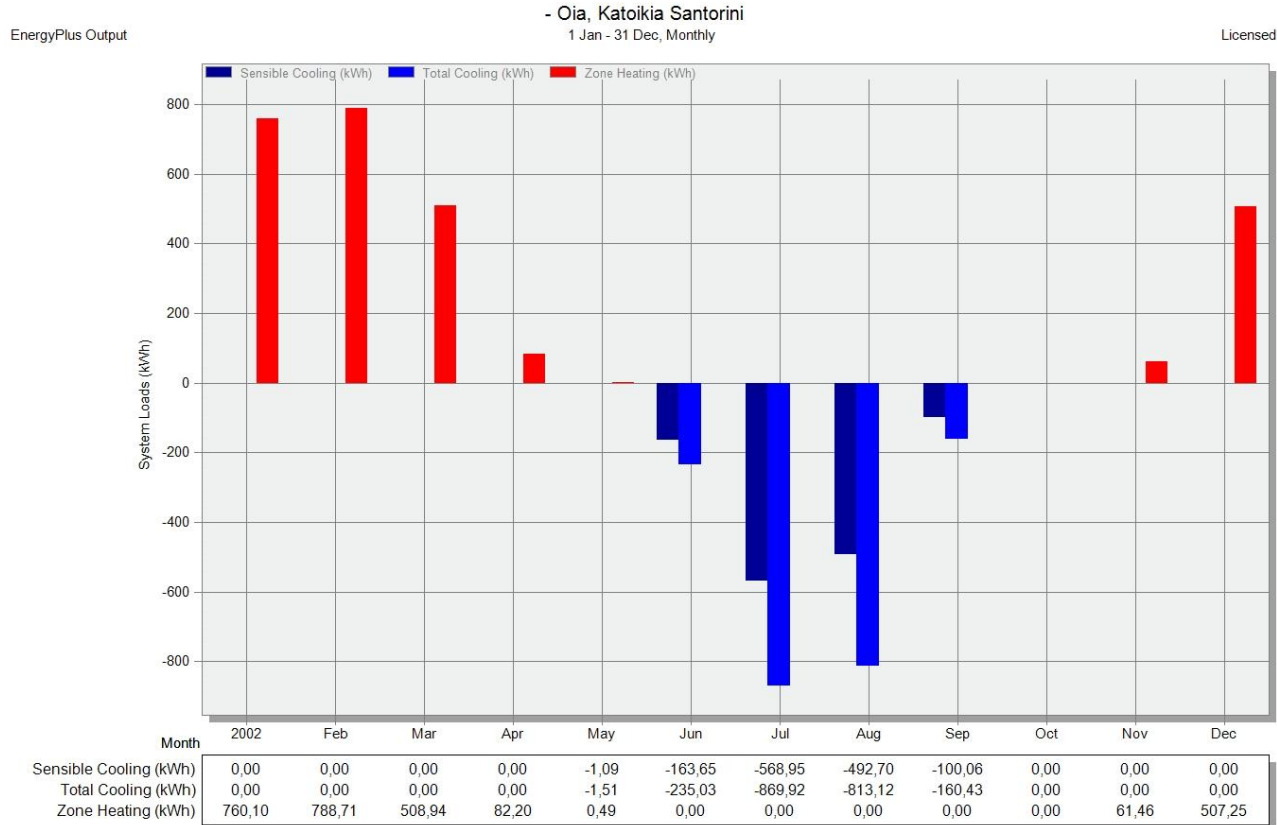
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Κατά το προηγούμενο κεφάλαιο ορίστηκαν όλα τα απαραίτητα για το Energy Plus χαρακτηριστικά του υπό μελέτη κτηρίου, ώστε να επιτευχθεί η ενεργειακή προσομοίωσή του μέσα από μια πληθώρα δυνατών αποτελεσμάτων. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα επιθυμητά αποτελέσματα που προέκυψαν από τις προσομοιώσεις του καπετανόσπιτου σύμφωνα με τα παραπάνω σενάρια και αφορούν στις θερμικές ανάγκες (System Loads, kWh), τα θερμικά κέρδη-τις θερμικές απώλειες (Fabric and Ventilation, kWh), αλλά και την θερμική άνεση (Comfort) του καπετανόσπιτου κατά την διάρκεια του έτους. Όπως αναγράφεται και στα διαγράμματα, το 2002 είναι η χρονιά που χρησιμοποιείται ημερολογιακά.

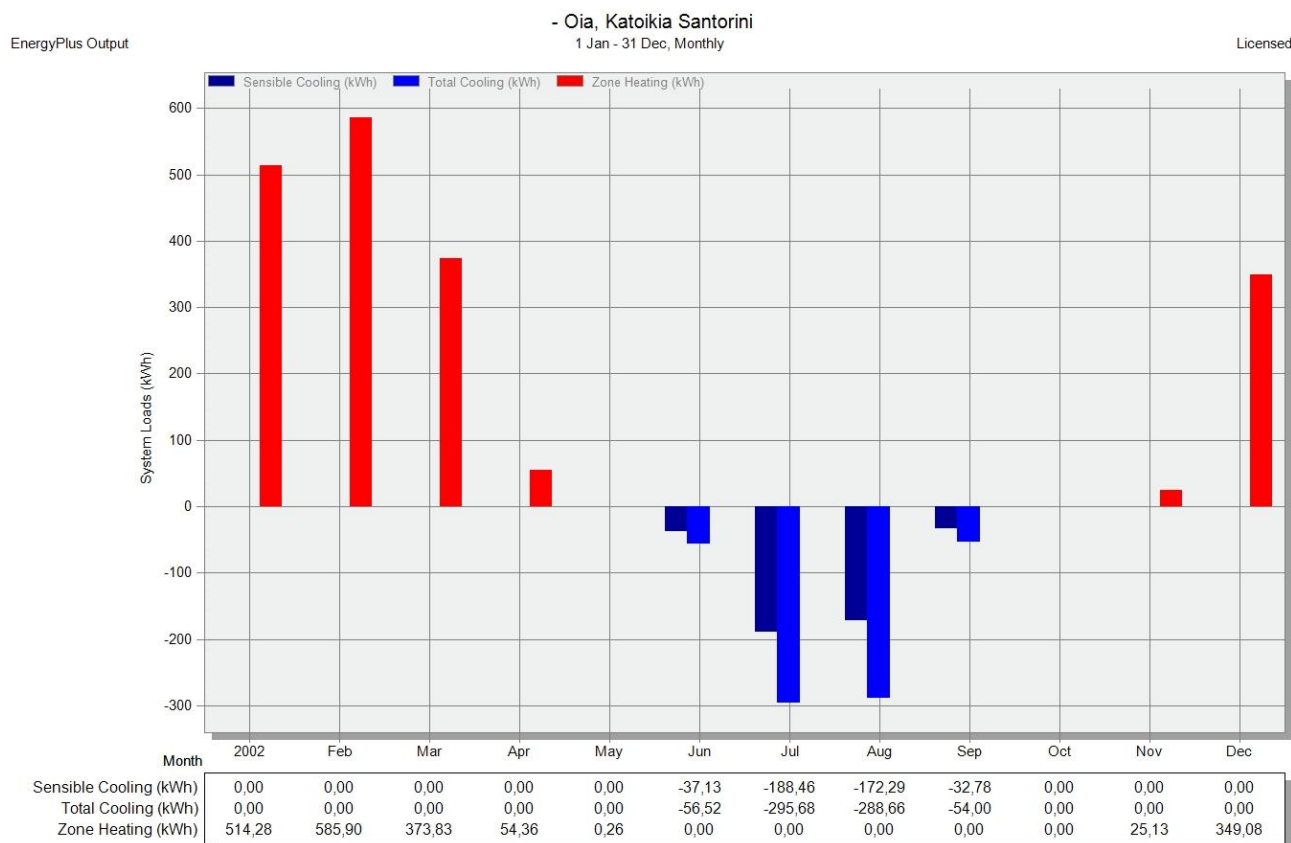
3.1 Διαγράμματα θερμικών αναγκών (System Loads kWh)



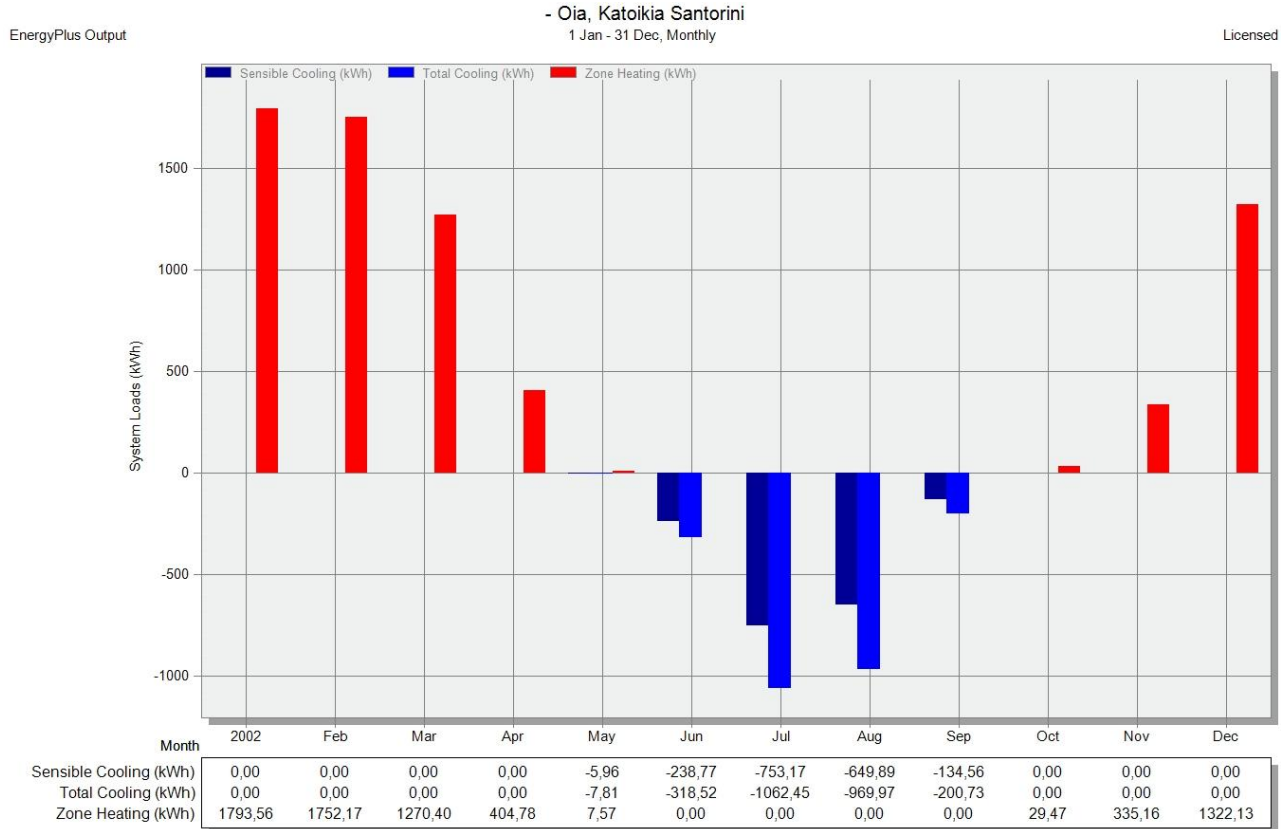
Εικ. 3.1: Συμβατική κατασκευή ορόφου, Σενάριο 1



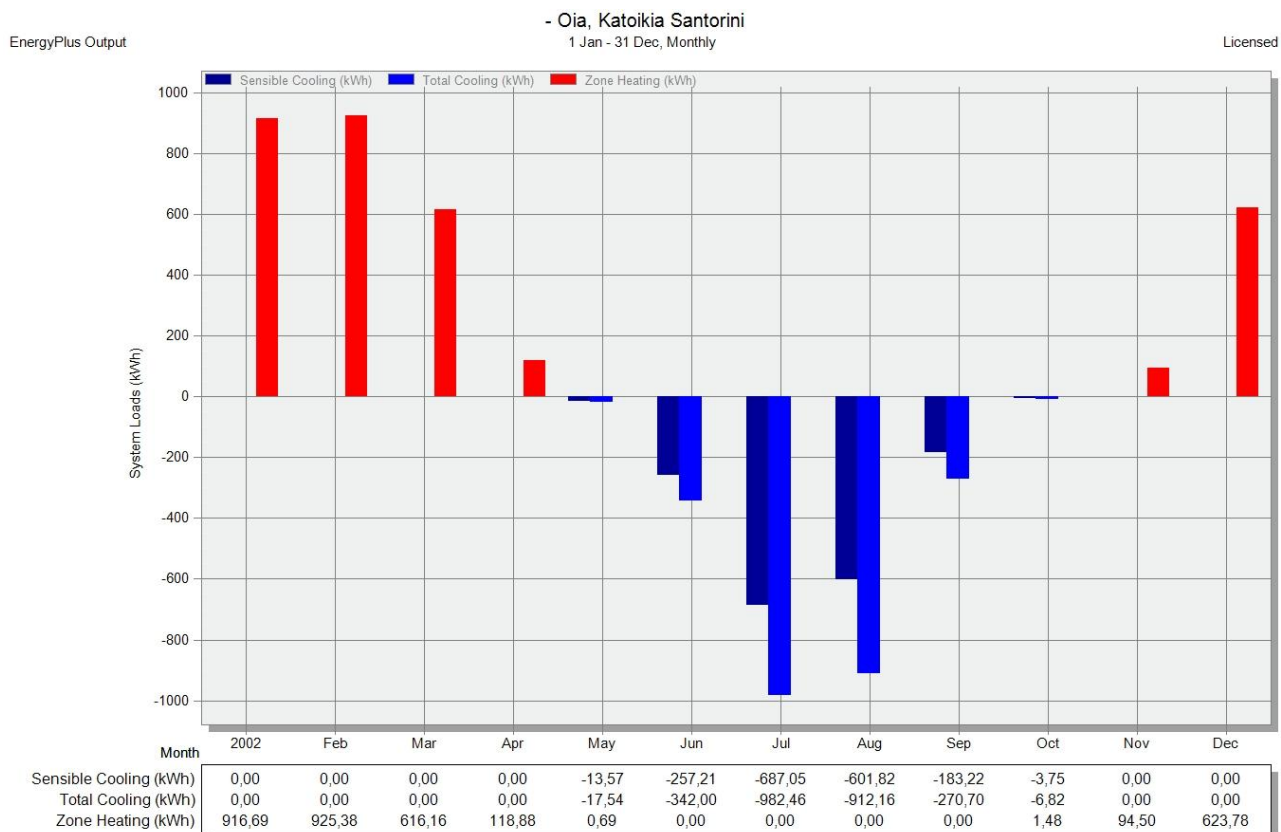
Εικ. 3.2: Συμβατική κατασκευή ορόφου, Σενάριο 2



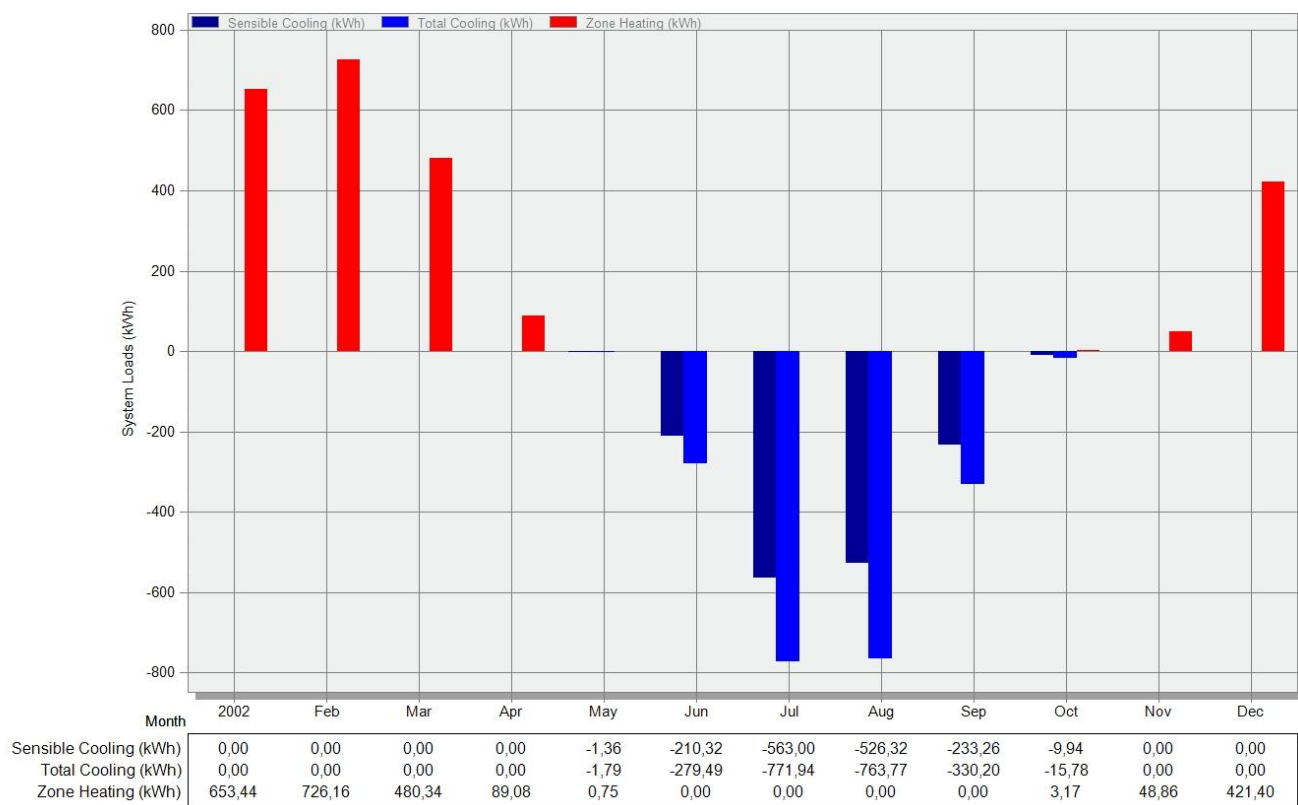
Εικ. 3.3: Συμβατική κατασκευή ορόφου, Σενάριο 3



Εικ. 3.4: Παραδοσιακή κατασκευή ορόφου, Σενάριο 1

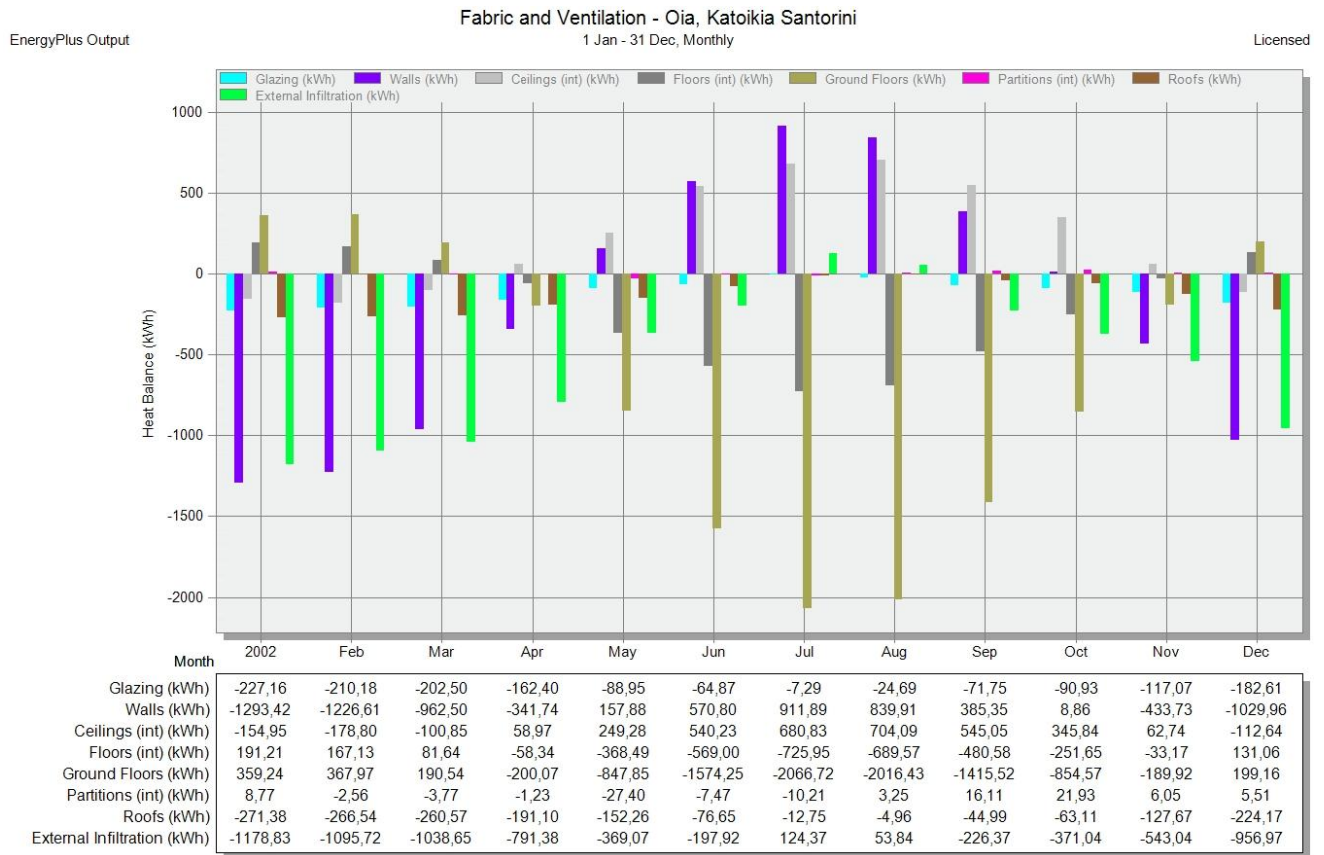


Εικ. 3.5: Παραδοσιακή κατασκευή ορόφου, Σενάριο 2



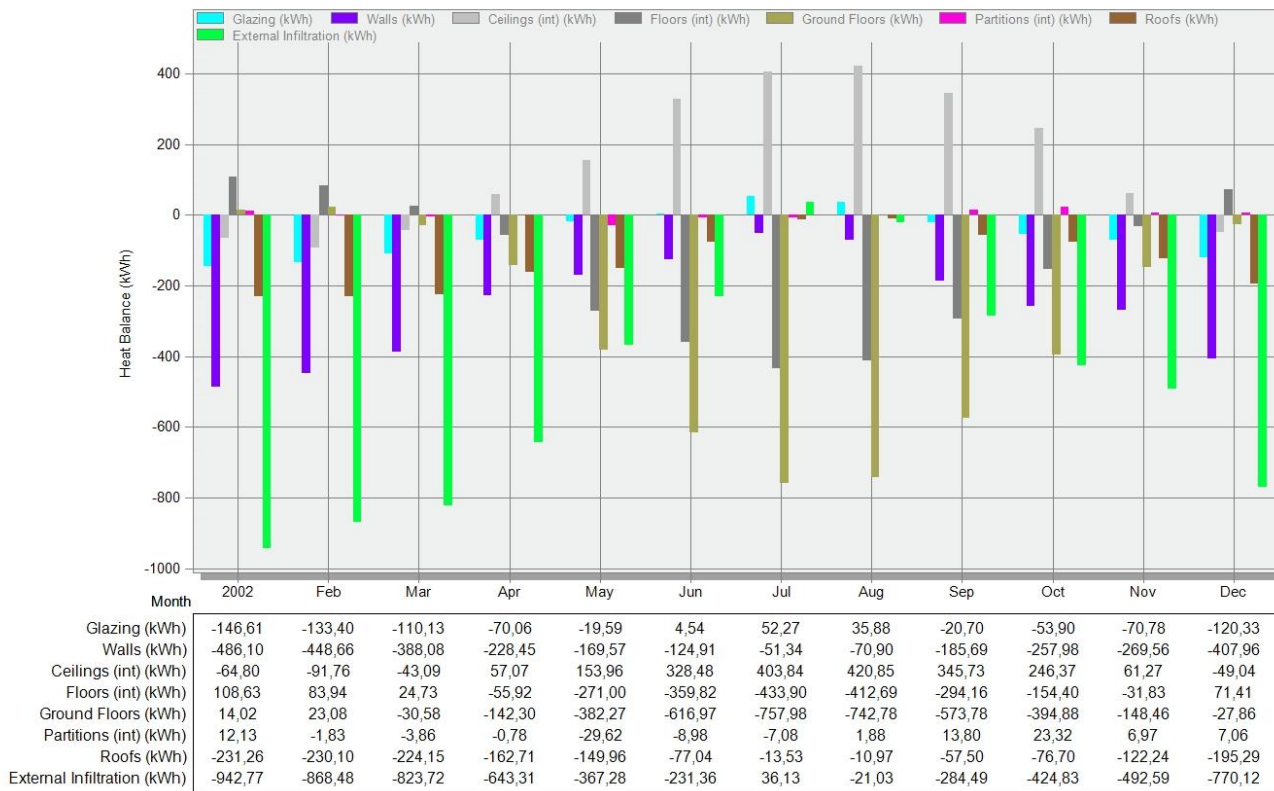
Εικ. 3.6: Παραδοσιακή κατασκευή ορόφου, Σενάριο 3

3.2 Διαγράμματα θερμικών κερδών-απωλειών (Fabric and Ventilation, kWh)



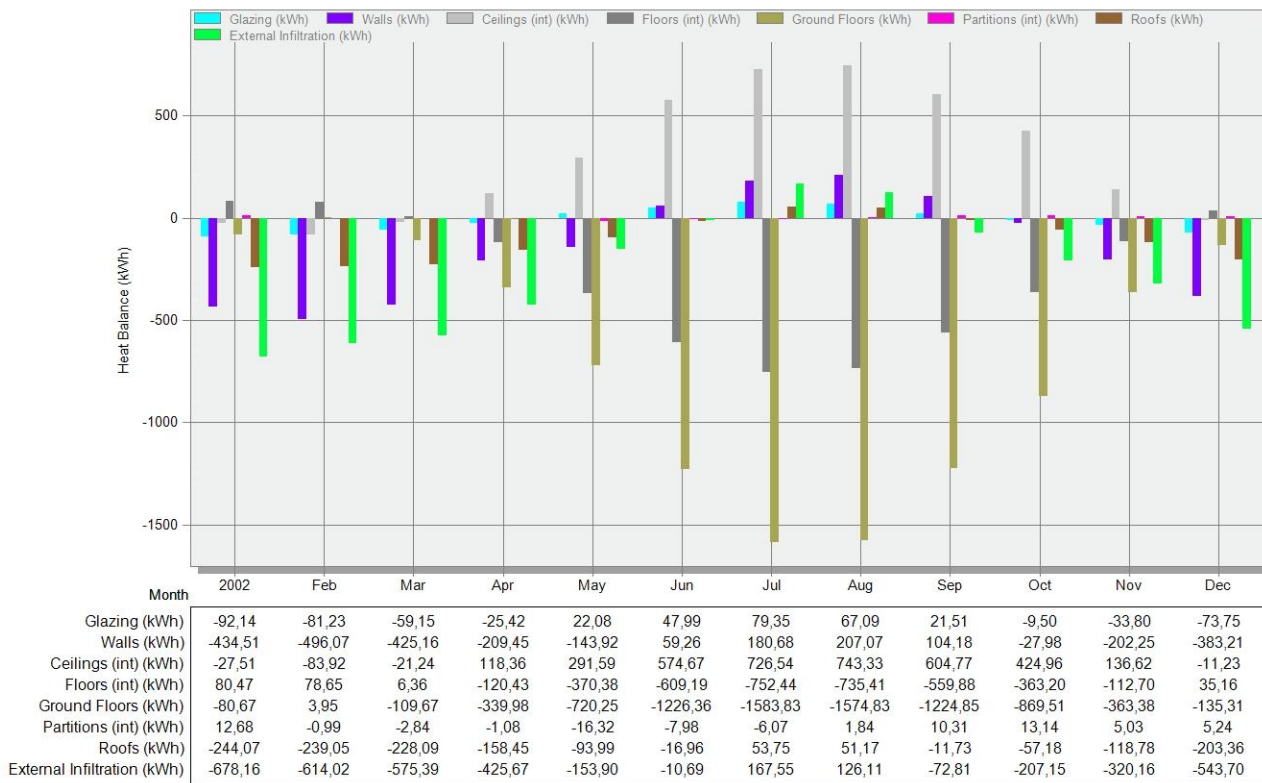
Εικ. 3.7: Συμβατική κατασκευή ορόφου, Σενάριο 1

Fabric and Ventilation - Oia, Katoikia Santorini
1 Jan - 31 Dec, Monthly



Εικ. 3.8 : Συμβατική κατασκευή ορόφου, Σενάριο 2

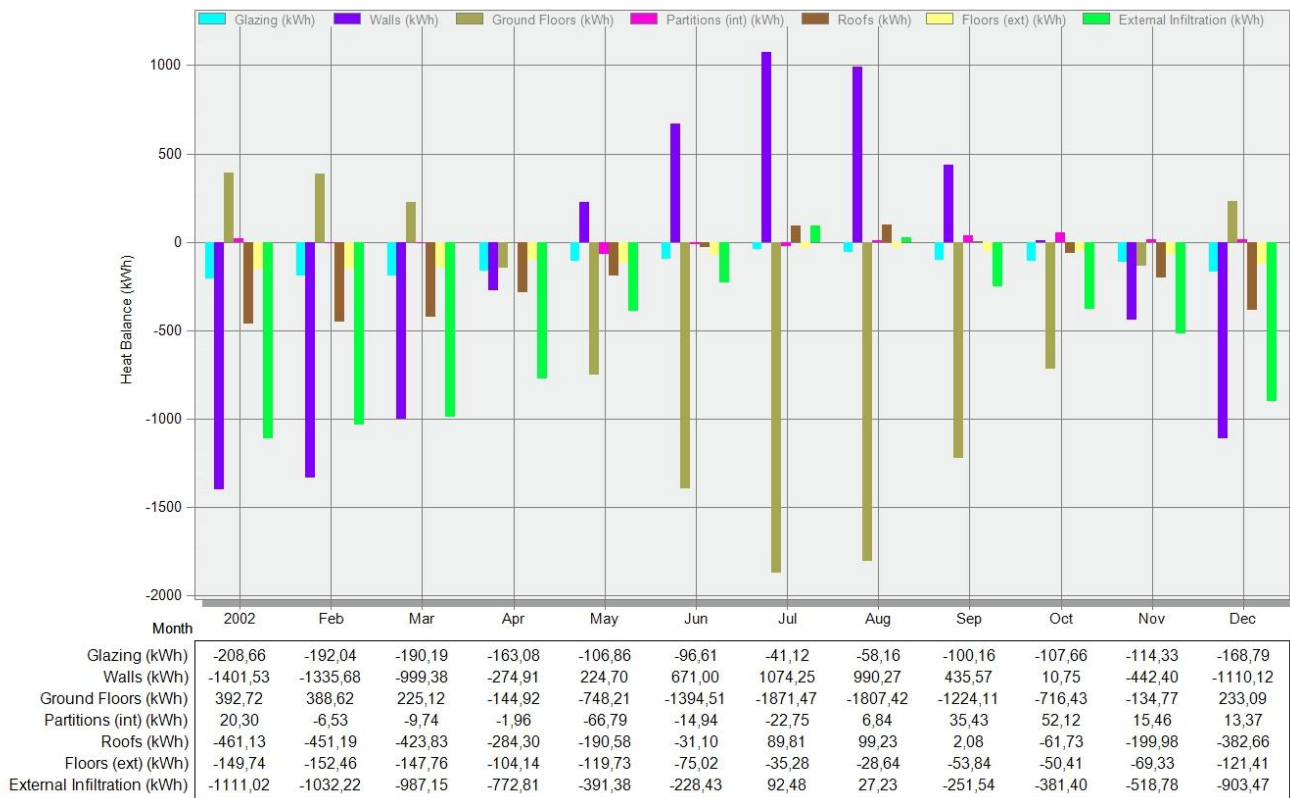
Fabric and Ventilation - Oia, Katoikia Santorini
1 Jan - 31 Dec, Monthly



Εικ. 3.9: Συμβατική κατασκευή ορόφου, Σενάριο 3

Fabric and Ventilation - Oia, Katoikia Santorini

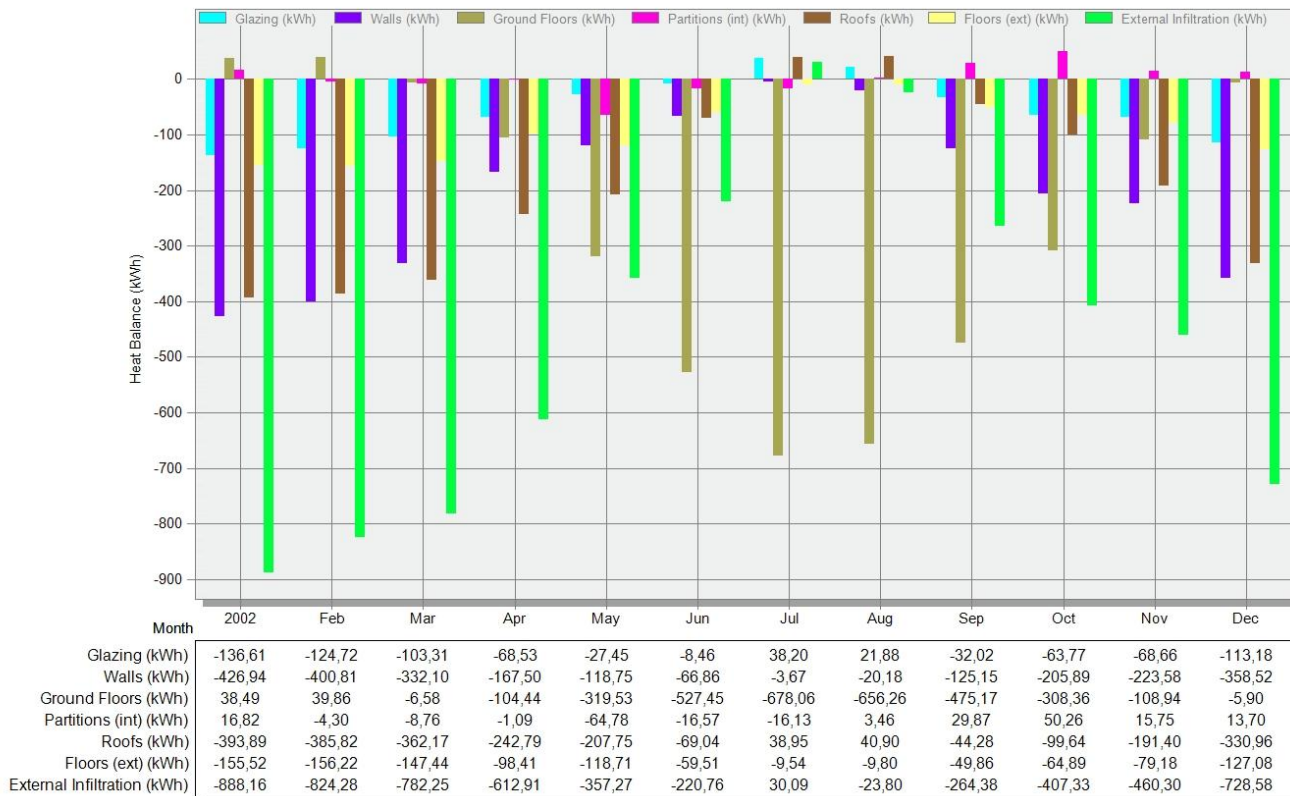
1 Jan - 31 Dec, Monthly



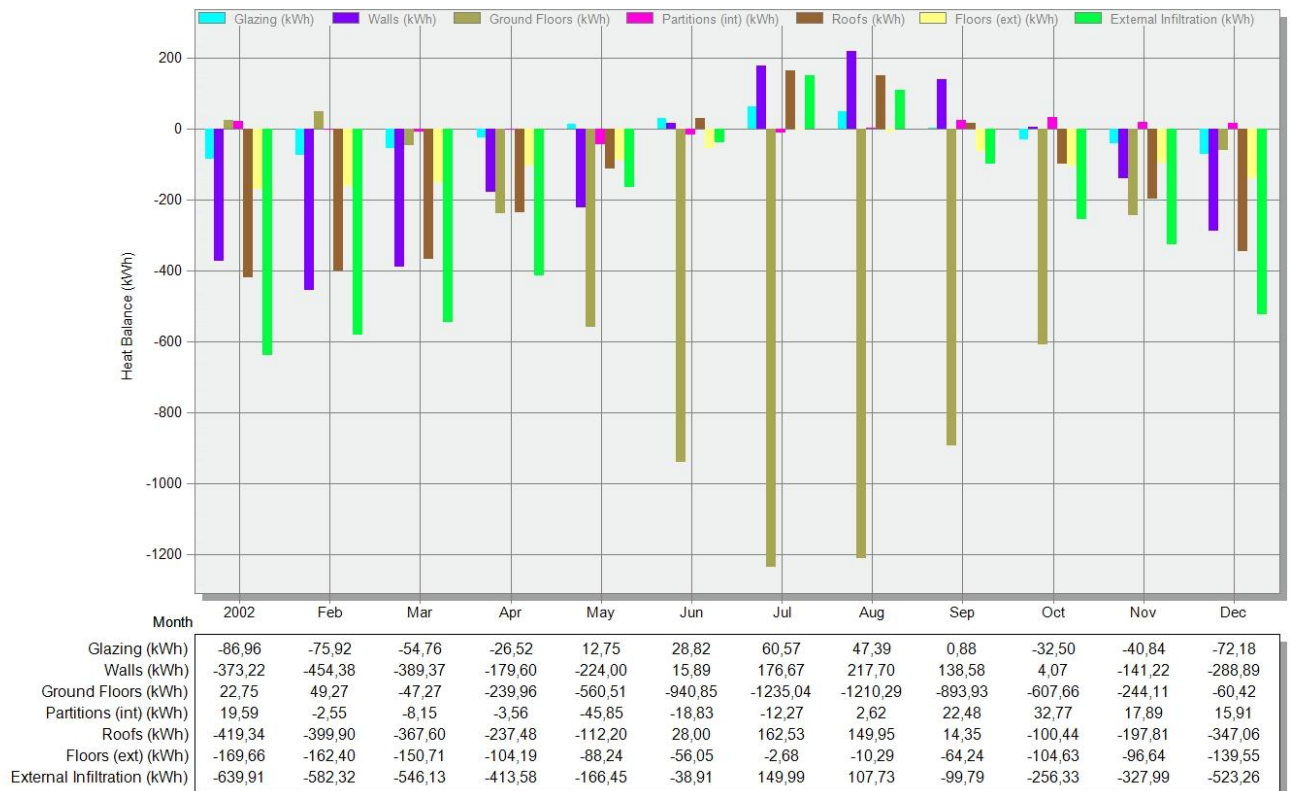
Εικ. 3.10: Παραδοσιακή κατασκευή ορόφου, Σενάριο 1

Fabric and Ventilation - Oia, Katoikia Santorini

1 Jan - 31 Dec, Monthly

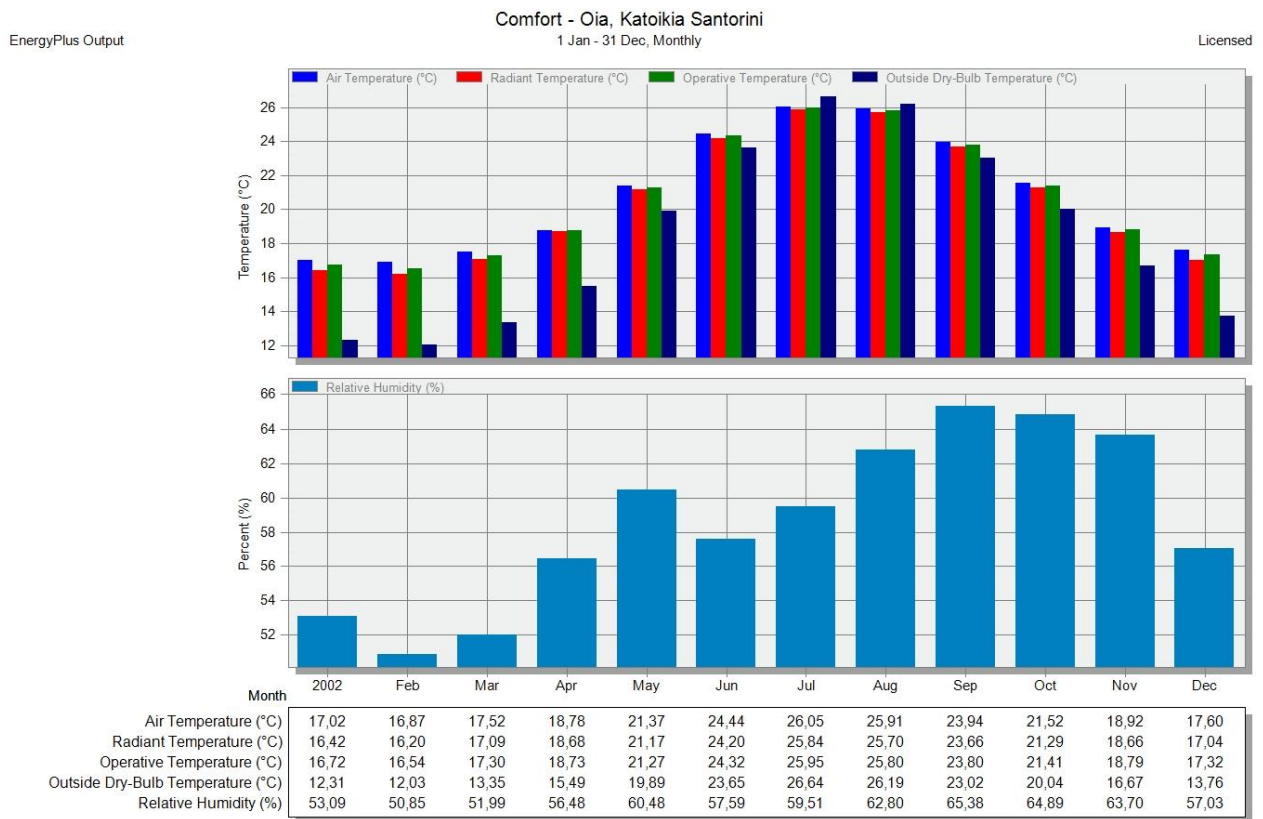


Εικ. 3.11: Παραδοσιακή κατασκευή ορόφου, Σενάριο 2

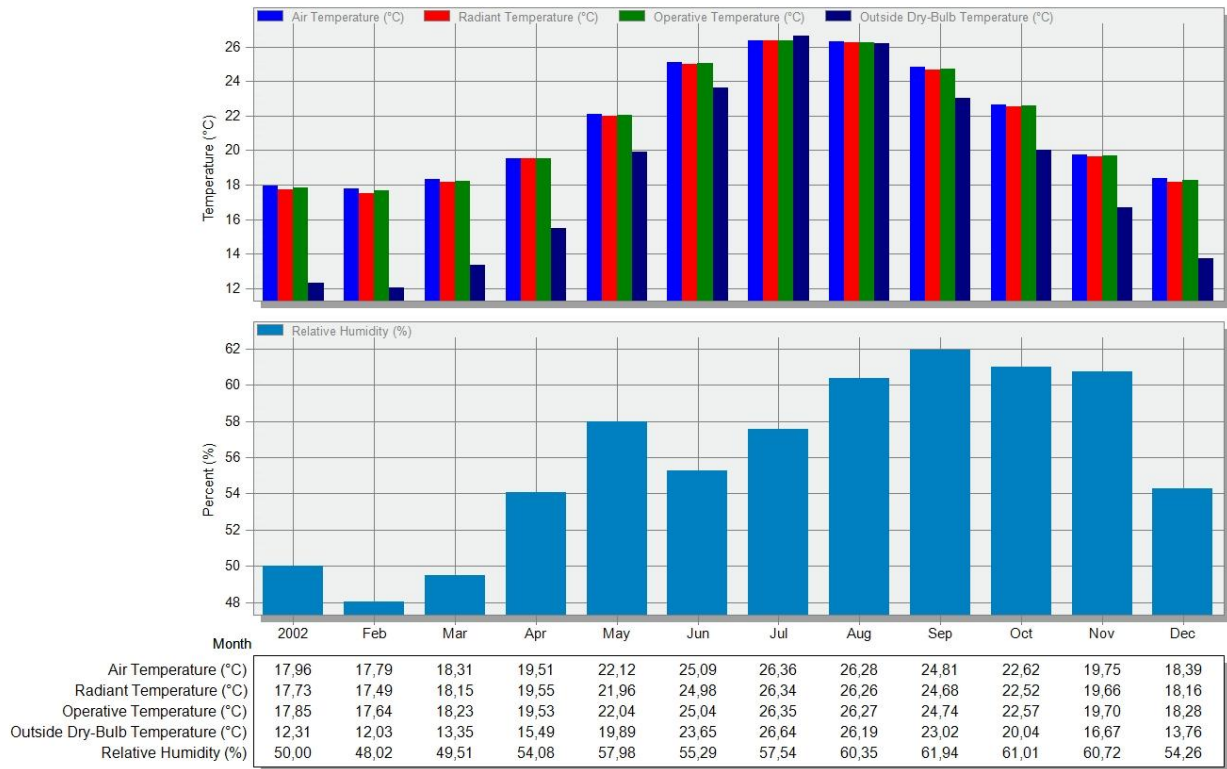
Fabric and Ventilation - Oia, Katoikia Santorini
1 Jan - 31 Dec, Monthly

Εικ. 3.12: Παραδοσιακή κατασκευή ορόφου, Σενάριο 3

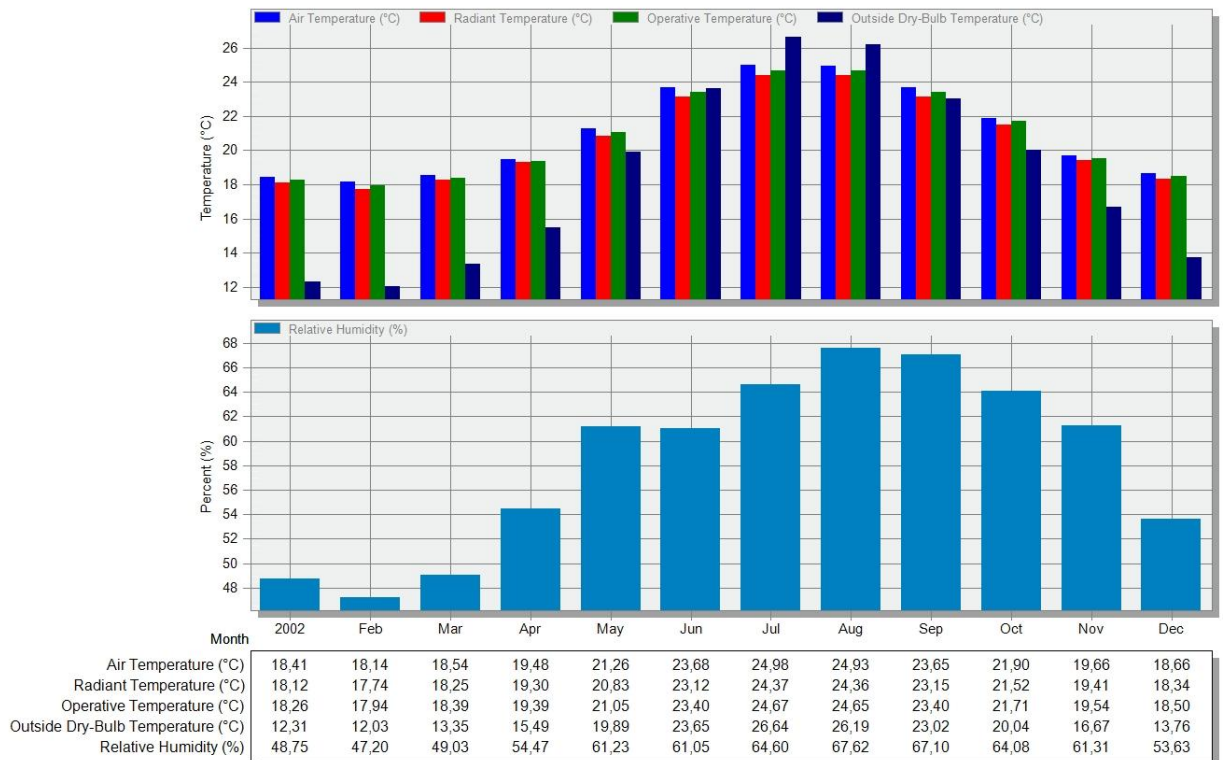
3.3 Διαγράμματα θερμικής άνεσης (Comfort)



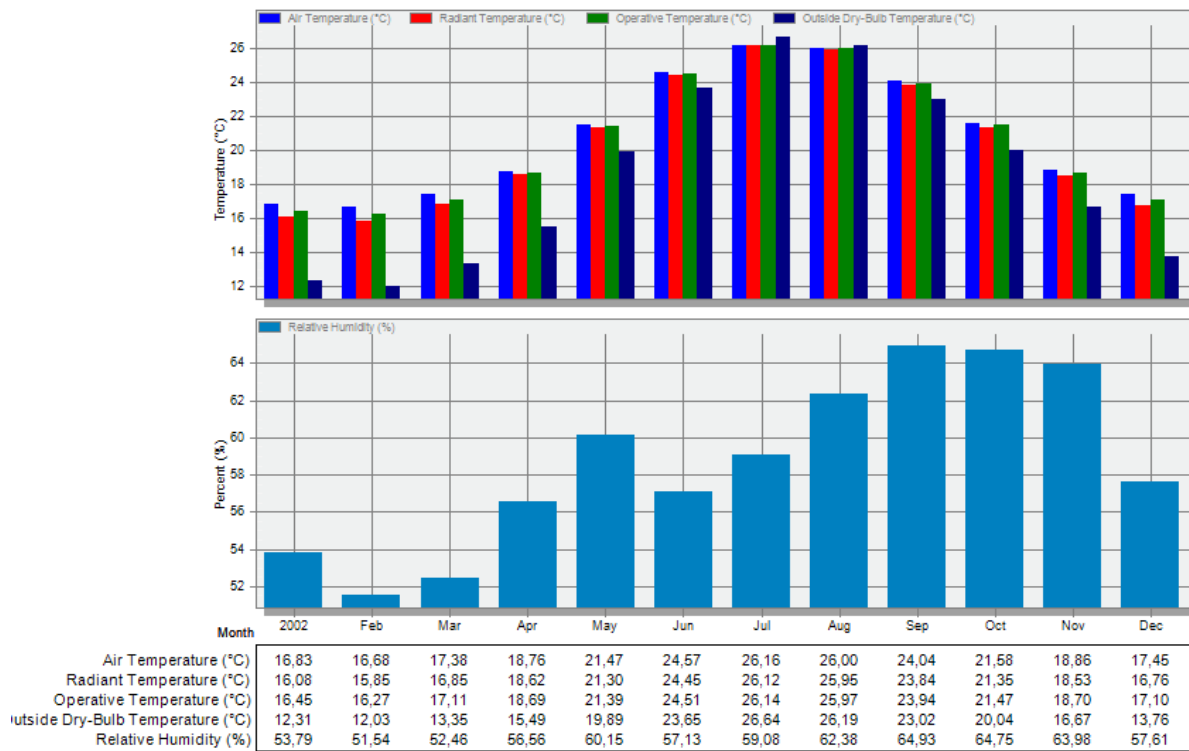
Εικ. 3.13: Συμβατική κατασκευή ορόφου, Σενάριο 1



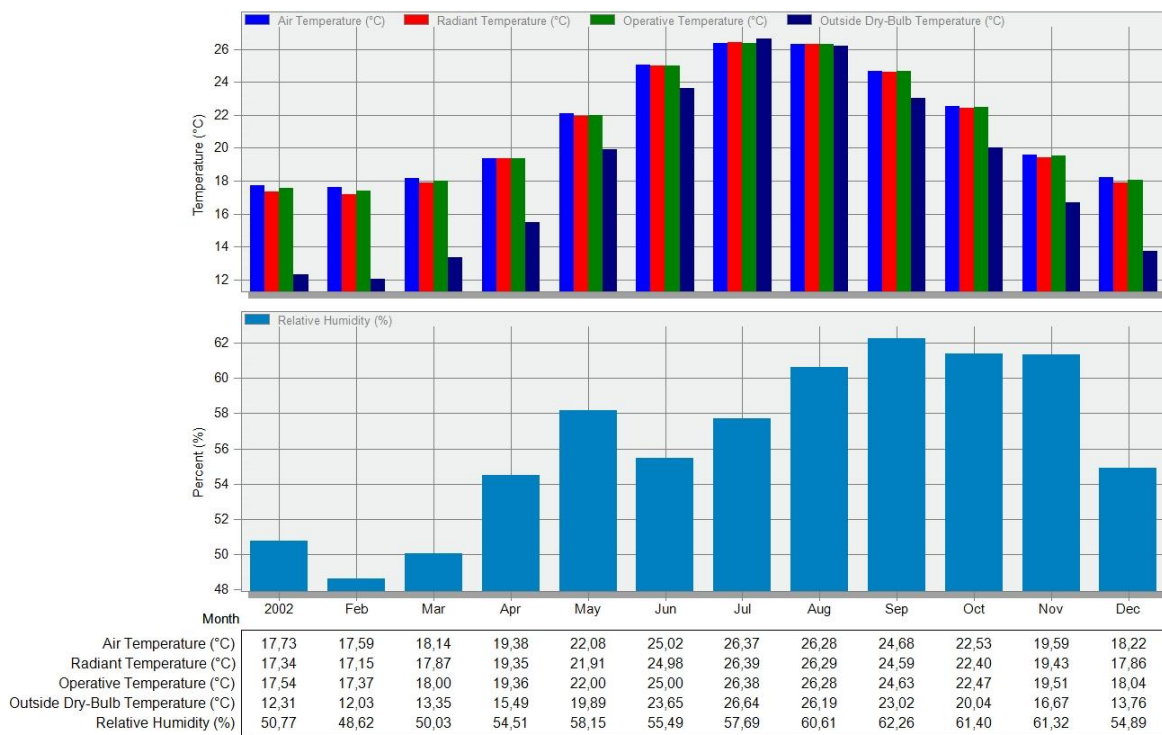
Εικ. 3.14: Συμβατική κατασκευή ορόφου, Σενάριο 2



Εικ. 3.15: Συμβατική κατασκευή ορόφου, Σενάριο 3

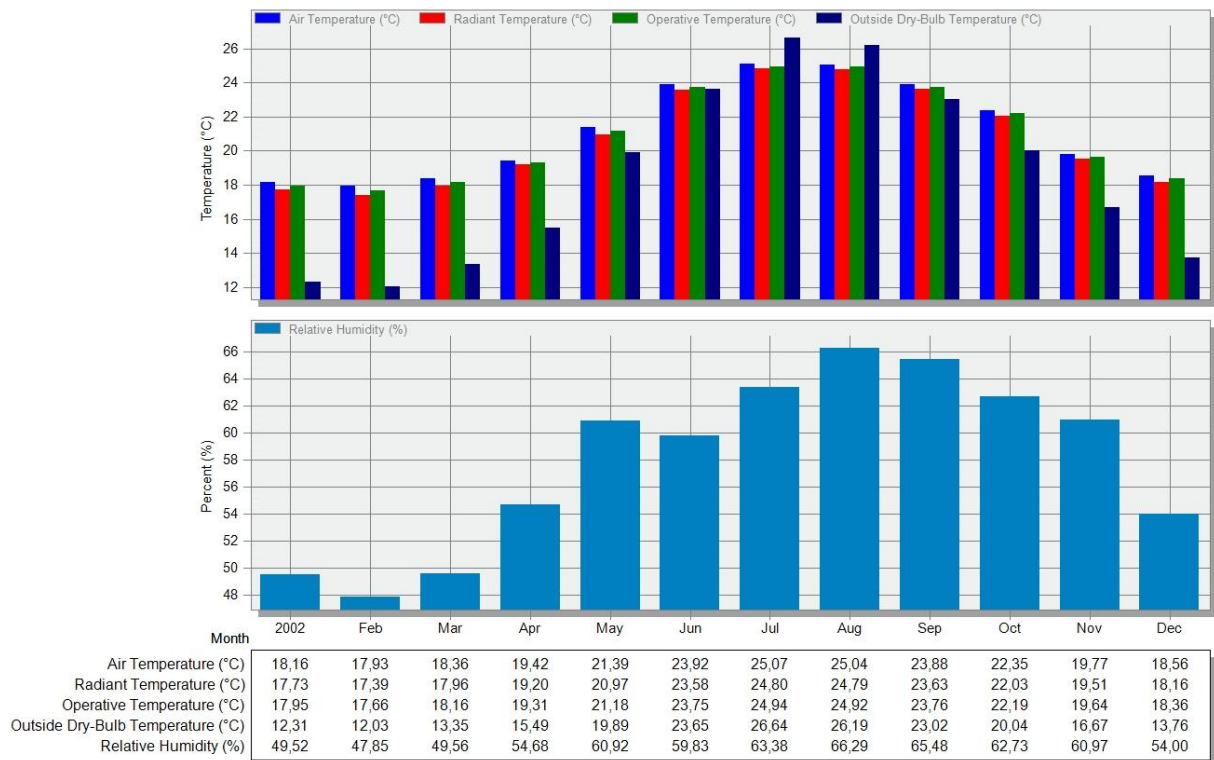
Comfort - Oia, Katoikia Santorini
1 Jan - 31 Dec, Monthly

Εικ. 3.16: Παραδοσιακή κατασκευή ορόφου, Σενάριο 1

Comfort - Oia, Katoikia Santorini
1 Jan - 31 Dec, Monthly

Εικ. 3.17: Παραδοσιακή κατασκευή ορόφου, Σενάριο 2

Comfort - Oia, Katoikia Santorini
1 Jan - 31 Dec, Monthly



Εικ. 3.18: Παραδοσιακή κατασκευή ορόφου, Σενάριο 3

ΜΕΡΟΣ Γ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Θερμοκρασίες

Καταρχάς, παρατηρείται ότι το κτήριο συμπεριφέρεται καλά το καλοκαίρι, που είναι άλλωστε και η περίοδος που ενδιαφέρει ιδιαίτερα σε μια νησιώτικη κατοικία, γιατί έχει μικρά απαιτούμενα φορτία για δροσισμό, γεγονός που εξαρτάται από την κατασκευή, τα υλικά, το κλίμα.

Συγκεκριμένα, τα κλιματικά δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν απ' το Meteorom, που, όπως ήδη αναφέρθηκε, συσχετίζει διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα και τα βγάζει για την επιθυμητή περιοχή μετά από στατιστική επεξεργασία και προέκυψε η μηνιαία θερμοκρασία ξηρού βολβού (Outside Dry-Bulb Temperature), δηλαδή η εξωτερική θερμοκρασία του αέρα. Όπως φαίνεται κι από τον παρακάτω πίνακα, επιβεβαιώνεται ότι στα νησιά η θερμοκρασία είναι γενικώς πιο χαμηλή.

Πιν. 1.1: Εξωτερική θερμοκρασία αέρα στο νησί της Σαντορίνης

Date/Time	Outside Dry-Bulb Temperature °C
ΙΑΝ.	12,3
ΦΕΒ.	12,0
ΜΑΡ.	13,3
ΑΠΡ.	15,4
ΜΑΙ.	19,9
ΙΟΥΝ.	23,6
ΙΟΥΛ.	26,6
ΑΥΓ.	26,2
ΣΕΠΤ.	23,0
ΟΚΤ.	20,0
ΝΟΕ.	16,7
ΔΕΚ.	13,8
Μέσος όρος	18,6

Επίσης, παρατηρείται ότι η μέση θερμοκρασία αέρα κάθε ζώνης (Air Temperature), η οποία επιτυγχάνεται όταν λειτουργεί το εφαρμοζόμενο σύστημα ψύξης-θέρμανσης (HVAC), είναι συνολικά κατά μέσο όρο εντός των θεωρούμενων συνθηκών θερμικής άνεσης (20-26°C). Βέβαια, κοιτώντας πιο προσεκτικά παρατηρείται ότι τους μήνες που απαιτείται ψύξη, από Μάιο μέχρι Οκτώβρη ο μηνιαίος μ.ο της θερμοκρασίας αέρα είναι μέσα στα όρια θερμικής άνεσης, ενώ τους μήνες που απαιτείται θέρμανση, από Νοέμβρη μέχρι Απρίλη, οι θερμοκρασίες ξεφεύγουν ελαφρώς από αυτά. Το γεγονός αυτό δικαιολογείται απόλυτα, διότι το καλοκαίρι, το άνω όριο της θερμικής άνεσης (26°C) θα ξεπεραστεί, τις μεσημεριανές ώρες που είναι εντός του χρονοδιαγράμματος λειτουργίας των συσκευών ψύξης, οπότε η συσκευή θα μειώσει την θερμοκρασία και αυτή η μειωμένη θα μπει στον υπολογισμό του μ.ο της θερμοκρασίας αέρα της ζώνης των καλοκαιρινών ημερών. Αντίθετα, το χειμώνα το κάτω όριο της θερμικής άνεσης (20°C) θα ξεπεραστεί, τις βραδινές

ώρες που είναι εκτός του χρονοδιαγράμματος λειτουργίας των συσκευών θέρμανσης, οπότε η χαμηλή, και όχι κάποια αυξημένη, θερμοκρασία θα μπει στον υπολογισμό του μ.ο της θερμοκρασίας αέρα της ζώνης των χειμερινών ημερών. Οι μέσες θερμοκρασίες αέρα κάθε ζώνης, για κάθε περίπτωση κατασκευής απεικονίζονται και στους παρακάτω πίνακες.

Πιν. 1.2: Μέση θερμοκρασία αέρα κάθε ζώνης κατασκευής

Date/Time	Συμβατική κατασκευή Air Temperature °C			Date/Time	Παραδοσιακή κατασκευή Air Temperature °C		
	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3		Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
ΙΑΝ.	17,0	18,0	18,4	ΙΑΝ.	16,8	17,7	18,2
ΦΕΒ.	16,9	17,8	18,1	ΦΕΒ.	16,7	17,6	17,9
ΜΑΡ.	17,5	18,3	18,5	ΜΑΡ.	17,4	18,1	18,4
ΑΠΡ.	18,8	19,5	19,5	ΑΠΡ.	18,8	19,4	19,4
ΜΑΙ.	21,4	22,1	21,3	ΜΑΙ.	21,5	22,1	21,4
ΙΟΥΝ.	24,4	25,1	23,7	ΙΟΥΝ.	24,6	25,0	23,9
ΙΟΥΛ.	26,1	26,4	25,0	ΙΟΥΛ.	26,2	26,4	25,1
ΑΥΓ.	25,9	26,3	24,9	ΑΥΓ.	26,0	26,3	25,0
ΣΕΠΤ.	23,9	24,8	23,7	ΣΕΠΤ.	24,0	24,7	23,9
ΟΚΤ.	21,5	22,6	21,9	ΟΚΤ.	21,6	22,5	22,4
ΝΟΕ.	18,9	19,7	19,7	ΝΟΕ.	18,9	19,6	19,8
ΔΕΚ.	17,6	18,4	18,7	ΔΕΚ.	17,4	18,2	18,6
Μέσος όρος	20,8	21,6	21,1	Μέσος όρος	20,8	21,8	21,2

Θερμικές ανάγκες

Ο σημαντικότερος δείκτης κατά την προσομοίωση, για την αποτελεσματικότητα των παθητικών μέτρων που εφαρμόστηκαν στα διαφορετικά σενάρια των δύο μεθόδων κατασκευής, είναι οι θερμικές ανάγκες των χώρων του κτηρίου, δηλαδή τα απαιτούμενα φορτία θέρμανσης και ψύξης. Πληροφορίες για τα στοιχεία αυτά συλλέγονται από τα διαγράμματα θερμικών αναγκών (System Loads, KWh).

Καταρχάς, με βάση τα αποτελέσματα επιβεβαιώνεται το ότι οι θερμικές ανάγκες ενός κτηρίου είναι πολύ μεγαλύτερες από τις ψυκτικές ανάγκες, αφού η περίοδος επιθυμητής ψύξης διαρκεί τέσσερις μήνες, ενώ η περίοδος επιθυμητής θέρμανσης διαρκεί 8 μήνες, δηλαδή είναι διπλάσια.

Επίσης, υπενθυμίζεται ότι το σενάριο 1, που είναι το σενάριο βάσης, δεν διαθέτει κάποια βιοκλιματική επέμβαση: όχι μόνωση στην τοιχοποιία, μικρού πάχους μόνωση στο δώμα, μονά υαλοστάσια με κακή αεροστεγανότητα, όχι μόνωση στο δάπεδο ισογείου. Αντίθετα, το σενάριο 2 έχει: εσωτερική μόνωση στην τοιχοποιία, μεγάλου πάχους μόνωση στο δώμα, διπλά υαλοστάσια (Air) με μέτρια αεροστεγανότητα, μόνωση στο δάπεδο ισογείου και τέλος το σενάριο 3

περιλαμβάνει: εξωτερική μόνωση στην τοιχοποιία, μεγάλου πάχους μόνωση στο δάμα, διπλά υαλοστάσια (Ar) με καλή αεροστεγανότητα, όχι μόνωση στο δάπεδο ισογείου). Όπως ήταν αναμενόμενο, επομένως, παρατηρείται ορθά ότι οι θερμικές και ψυκτικές ανάγκες της κατασκευής σε κάθε σενάριο, για κάθε μία από τις δύο περιπτώσεις έχουν ολοένα χαμηλότερες τιμές, δηλαδή το κτήριο στο σενάριο 3 συμπεριφέρεται καλύτερα απ' ό,τι στο σενάριο 2 και στο σενάριο 2 καλύτερα απ' ό,τι στο σενάριο 1.

Για κάθε μία από τις δύο περιπτώσεις κατασκευής του ορόφου τα απαιτούμενα φορτία ψύξης και θέρμανσης ολόκληρου του κτηρίου σε κάθε ένα από τα τρία διαφορετικά σενάρια συνοψίζονται, αντίστοιχα, σε κατάλληλο πίνακα. Ο πίνακας αυτός περιέχει τα απαιτούμενα θερμικά φορτία, για κάθε έναν από τους μήνες που αυτή χρειάζεται, σύμφωνα με τα κλιματικά δεδομένα της Σαντορίνης που εισήχθησαν στην προσομοίωση, καθώς και την ετήσια ανάγκη ψύξης που προκύπτει. Για την ομαλή και ακριβή σύγκριση μεταξύ των τριών διαφορετικών σεναρίων, περιέχεται, επίσης, και ο λόγος των σεναρίων που εξετάζονται κάθε φορά.

Πιν. 1.3: Σύγκριση απαιτούμενων φορτίων θέρμανσης για την συμβατική κατασκευή

Zone Heating (kWh)									
Date/Time	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΣΥΝΟΛΟ
Σενάριο 1	1622	1587	1158	372	6	24	294	1192	6254
Σενάριο 2	760	789	509	82	0	0	61	507	2709
Σενάριο 3	514	586	374	54	0	0	25	349	1903
Λόγος Σεναρίων 2:1	0,47	0,50	0,44	0,22	0,09	0,00	0,21	0,43	0,43
Λόγος Σεναρίων 3:1	0,32	0,37	0,32	0,15	0,05	0,00	0,09	0,29	0,30
Λόγος Σεναρίων 3:2	0,68	0,74	0,73	0,66	0,53	0,00	0,41	0,69	0,70

Πιν. 1.4: Σύγκριση απαιτούμενων φορτίων ψύξης για την συμβατική κατασκευή

Total Cooling (kWh)						
Date/Time	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΗΣ	ΣΥΝΟΛΟ
Σενάριο 1	0	-171	-788	-696	-98	-1754
Σενάριο 2	-2	-235	-870	-813	-160	-2080
Σενάριο 3	0	-57	-296	-289	-54	-695
Λόγος Σεναρίων 2:1		1,37	1,10	1,17	1,64	1,19
Λόγος Σεναρίων 3:1		0,33	0,38	0,41	0,55	0,40
Λόγος Σεναρίων 3:2		0,24	0,34	0,36	0,34	0,33

Εκτός αυτών, από τους παραπάνω πίνακες παρατηρείται ότι όσον αφορά στην ανάγκη θέρμανσης, ο λόγος του σεναρίου 2 προς το σενάριο 1 για τον Ιανουάριο μήνα είναι 0,47, δηλαδή κατά τον μήνα αυτό το σενάριο 2 απαιτεί 53% λιγότερη θέρμανση από ότι το σενάριο 1. Τον Φεβρουάριο 50% λιγότερη θέρμανση, τον Μάρτιο 56%, τον Απρίλιο 46%, τον Νοέμβρη 71%, τον Δεκέμβρη 57%. Εν τέλει το σενάριο 2 απαιτεί κατά 57% λιγότερη θέρμανση από ότι το σενάριο 1. Αντίθετα, όσον αφορά στην ανάγκη ψύξης, ο λόγος του σεναρίου 2 προς το σενάριο 1 για τον Ιούνιο μήνα είναι 1,

57, δηλαδή κατά τον μήνα αυτό το σενάριο 2 απαιτεί 57% περισσότερη ψύξη από ότι το σενάριο 1. Τον Ιούλιο απαιτεί 10% περισσότερη ψύξη, τον Αύγουστο 17%, τον Σεπτέμβρη 64%. Εν τέλει, το σενάριο 2 απαιτεί κατά 19% περισσότερη ψύξη από ότι το σενάριο 1.

Επομένως, στο σενάριο 2 της συμβατικής κατασκευής, οι θερμικές ανάγκες του κτηρίου είναι κατά 57% μειωμένες και οι ψυκτικές ανάγκες κατά 19% αυξημένες απ' ότι στο σενάριο 1. Αναμενόμενο, βασικά διότι έχει τοποθετηθεί εσωτερική μόνωση στην τοιχοποιία, οπότε ο χώρος θερμαίνεται πολύ γρήγορα μόλις βάλουμε σε λειτουργία τα θερμαντικά σώματα, η εσωτερική θερμότητα διατηρείται ικανοποιητικά και άρα συνολικά απαιτείται μικρότερο θερμικό φορτίο, ενώ το ψυκτικό φορτίο όχι μόνον δεν μειώνεται, αλλά είναι μεγαλύτερο, γιατί μένει ανεκμετάλλευτη η θερμοχωρητικότητα της παχιάς εξωτερικής τοιχοποιίας κι έτσι το κτήριο επηρεάζεται πιο εύκολα από την εξωτερική θερμοκρασία, π.χ. τις ζεστές ημέρες του καλοκαιριού.

Όμοια, εξάγεται το συμπέρασμα ότι στο σενάριο 3 της συμβατικής κατασκευής, οι θερμικές ανάγκες του κτηρίου είναι κατά 70% μειωμένες και οι ψυκτικές ανάγκες κατά 60% μειωμένες απ' ότι στο σενάριο 1. Αναμενόμενο, καθώς κατά το σενάριο 3, έχουν προστεθεί παθητικά μέτρα που όντως βελτιώνουν κατά πολύ την θερμική συμπεριφορά του κτηρίου, δηλαδή έχουν μειωθεί σημαντικά οι απώλειες από τα ανοίγματα, έχει τοποθετηθεί καλύτερη μόνωση στο δώμα, και έχει γίνει χρήση θερμοπρόσοψης, δηλαδή εξωτερικής θερμομόνωσης σε όλο το κτίσμα.

Τέλος, από την σύγκριση μεταξύ των σεναρίων 2 και 3 εξάγεται το συμπέρασμα ότι στο σενάριο 3 της συμβατικής κατασκευής, οι θερμικές ανάγκες του κτηρίου είναι κατά 30% μειωμένες και οι ψυκτικές ανάγκες κατά 67% μειωμένες απ' ότι στο σενάριο 2. Επομένως, παρατηρείται ότι με την εσωτερική θερμομόνωση επιτυγχάνεται σημαντική μείωση σε θερμικές απώλειες, όμως εν τέλει τα θερμοκρασιακά αποτελέσματα δεν είναι ισάξια της εξωτερικής θερμομόνωσης, αφού με την εφαρμογή της δεύτερης η μεταφορά θερμοκρασίας από/προς το εσωτερικό του σπιτιού είναι αισθητά μικρότερη. Ουσιαστικά, δηλαδή η εξωτερική θερμομόνωση εκμεταλλεύεται πλήρως τη θερμοχωρητικότητα των τοίχων και τους προστατεύει πληρέστερα από τις καιρικές συνθήκες.

Πιν. 1.5: Σύγκριση απαιτούμενων φορτίων θέρμανσης για την παραδοσιακή κατασκευή

Zone Heating (kWh)									
Date/Time	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΣΥΝΟΛΟ
Σενάριο 1	1794	1752	1270	405	8	29	335	1322	6915
Σενάριο 2	917	925	616	119	1	1	95	624	3298
Σενάριο 3	653	726	480	89	1	3	49	421	2423
Λόγος Σεναρίων 2:1	0,51	0,53	0,49	0,29	0,09	0,05	0,28	0,47	0,48
Λόγος Σεναρίων 3:1	0,36	0,41	0,38	0,22	0,10	0,11	0,15	0,32	0,35
Λόγος Σεναρίων 3:2	0,71	0,78	0,78	0,75	1,09	2,15	0,52	0,68	0,73

Πιν. 1.6: Σύγκριση απαιτούμενων φορτίων ψύξης για την παραδοσιακή κατασκευή

Total Cooling (kWh)							
Date/Time	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΗΣ	ΟΚΤΩΒΡΗΣ	ΣΥΝΟΛΟ
Σενάριο 1	-8	-319	-1062	-970	-201	0	-2559
Σενάριο 2	-18	-342	-982	-912	-271	-7	-2532
Σενάριο 3	-2	-279	-772	-764	-330	-16	-2163
Λόγος Σεναρίων 2:1	2,25	1,07	0,92	0,94	1,35	0,00	0,99
Λόγος Σεναρίων 3:1	0,23	0,88	0,73	0,79	1,65	0,00	0,85
Λόγος Σεναρίων 3:2	0,10	0,82	0,79	0,84	1,22	2,31	0,85

Αντίστοιχα με την περίπτωση της κατασκευής του ορόφου με συμβατικό τρόπο, για την περίπτωση της κατασκευής με παραδοσιακό τρόπο, δηλαδή μαυρόπετρα Σαντορίνης, από τους παραπάνω πίνακες εξάγονται τα εξής αποτελέσματα για της θερμικές ανάγκες:

Στο σενάριο 2 της παραδοσιακής κατασκευής, οι θερμικές ανάγκες του κτηρίου είναι κατά 52% μειωμένες και οι ψυκτικές ανάγκες κατά 1% μειωμένες κι αυτές (εν αντιθέσει με την προηγούμενη περίπτωση) απ' ότι στο σενάριο 1. Ακόμη, στο σενάριο 3, οι θερμικές ανάγκες του κτηρίου είναι κατά 65% μειωμένες και οι ψυκτικές ανάγκες κατά 15% μειωμένες απ' ότι στο σενάριο 1. Τέλος, από την σύγκριση μεταξύ των σεναρίων 2 και 3 εξάγεται το συμπέρασμα ότι στο σενάριο 3 της παραδοσιακής κατασκευής, οι θερμικές ανάγκες του κτηρίου είναι κατά 27% μειωμένες και οι ψυκτικές ανάγκες κατά 15% μειωμένες απ' ότι στο σενάριο 2.

Τα αθροιστικά θερμικά αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πιν. 1.7: Συνολικά απαιτούμενα φορτία ψύξης και θέρμανσης για όλα τα σενάρια των δύο περιπτώσεων κατασκευής

Κατασκευή	Απαιτούμενα συνολικά:	Θερμικό φορτίο (kWh)	Ψυκτικό φορτίο (kWh)
Συμβατική	Σενάριο 1	6254	-1754
	Σενάριο 2	2709	-2080
	Σενάριο 3	1903	-695
Παραδοσιακή	Σενάριο 1	6915	-2559
	Σενάριο 2	3298	-2532
	Σενάριο 3	2423	-2163

Επομένως, παρατηρείται ότι η πέτρινη κατασκευή του ορόφου έχει αυξημένες θερμικές ανάγκες σε σχέση με την συμβατική κατασκευή.

Πιν. 1.8: Σύγκριση συνολικών απαιτούμενων φορτίων ψύξης και θέρμανσης μεταξύ όλων των σεναρίων των δύο περιπτώσεων κατασκευής

Κατασκευή	Απαιτούμενα συνολικά:	Θερμικό φορτίο	Ψυκτικό φορτίο	
Συμβατική	Σενάριο 2	-57%	+19%	από το σενάριο 1
	Σενάριο 3	-70%	-60%	από το σενάριο 1
	Σενάριο 3	-30%	-67%	από το σενάριο 2
Παραδοσιακή	Σενάριο 2	-52%	-1%	από το σενάριο 1
	Σενάριο 3	-65%	-15%	από το σενάριο 1
	Σενάριο 3	-27%	-15%	από το σενάριο 2

Συγκεκριμένα, γίνεται σύγκριση μεταξύ των σεναρίων 3 των δύο τρόπων κατασκευής, που παρουσιάζουν τις μικρότερες απαιτήσεις θερμικών φορτίων και προκύπτει ότι η παραδοσιακή κατασκευή έχει λίγο αυξημένες ανάγκες για θερμικά φορτία σε σχέση με την συμβατική, ενώ έχει πολύ υψηλότερες ανάγκες για ψυκτικά φορτία, όπως δείχνει ο πίνακας που ακολουθεί.

Πιν. 1.9: Σύγκριση απαιτούμενων φορτίων ψύξης και θέρμανσης για το σενάριο 3 των δύο περιπτώσεων κατασκευής

Σενάριο 3	Θερμικό φορτίο	Ψυκτικό φορτίο
Συμβατική	1903	-695
Παραδοσιακή	2423	-2163
Αυξημένες ανάγκες παραδοσιακής σε σχέση με την συμβατική κατασκευή	1,27	3,00

Η συμπεριφορά αυτή δικαιολογείται λόγω της μεγάλης θερμικής αδράνειας που έχει η πέτρα, πόσο μάλλον η σκληρή μαυρόπετρα της Σαντορίνης, σε σχέση με τον οπτόπλινθο, το τούβλο. Για

παράδειγμα, σχετικά με τα θερμικά φορτία, έστω ότι το χειμώνα το εξωτερικό περιβάλλον έχει την νύχτα 5 °C, η πέτρινη κατασκευή θα «τραβήξει» αργά το κρύο και θα το αποδώσει μετά από πολύ ώρα, περίπου 8 ώρες, στο εσωτερικό του κτηρίου, οπότε το πρωί στις 8π.μ. θα υπάρχει μεγάλη ανάγκη για θέρμανση. Όμοια και για την βραδινή ζέστη τις μέρες του καλοκαιριού. Έτσι, ανάλογα και με το πρόγραμμα χρήσης του κτηρίου είναι λογικό να είναι αυξημένες οι ανάγκες της πέτρινης κατασκευής.

Συνοψίζοντας, διαπιστώνεται ότι οι παραδοσιακές πρακτικές που καταγράφονται συνδέονται με έναν συγκεκριμένο τρόπο ζωής που δεν ανταποκρίνεται πάντα στα σημερινά δεδομένα. Η παραδοσιακή δόμηση δεν εξασφαλίζει απαραίτητα τις συνθήκες θερμικής άνεσης που είναι σήμερα αποδεκτές, γι' αυτό είναι σημαντικός ο συνδυασμός της παραδοσιακής εμπειρίας με την σύγχρονη τεχνογνωσία.

Θερμική συμπεριφορά

Σχετικά με τις θερμικές απώλειες και τα θερμικά κέρδη, για κάθε μία από τις επιφάνειες που προτάχθηκαν αλλαγές, παρατηρείται τα παρακάτω, με βάση τους αντίστοιχους συγκεντρωτικούς πίνακες που ακολουθούν. Υπενθυμίζεται ότι τον χειμώνα επιδιώκονται λιγότερες θερμικές απώλειες και περισσότερα θερμικά κέρδη, ενώ το καλοκαίρι το αντίστροφο, δηλαδή περισσότερες θερμικές απώλειες και λιγότερα θερμικά κέρδη.

Πιν. 1.10: Σύγκριση μηνιαίων απωλειών από τα υαλοστάσια για όλα τα σενάρια των δύο περιπτώσεων κατασκευής

Glazing		Συμβατική κατασκευή											
Date/Time	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	
Σενάριο 1	-227	-210	-203	-162	-89	-65	-7	-25	-72	-91	-117	-183	
Σενάριο 2	-147	-133	-110	-70	-20	5	52	36	-21	-54	-71	-120	
Σενάριο 3	-92	-81	-59	-25	22	48	79	67	22	-9	-34	-74	
		Παραδοσιακή κατασκευή											
Date/Time	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	
Σενάριο 1	-209	-192	-190	-163	-107	-97	-41	-58	-100	-108	-114	-169	
Σενάριο 2	-137	-125	-103	-69	-27	-8	38	22	-32	-64	-69	-113	
Σενάριο 3	-87	-76	-55	-27	13	29	61	47	1	-33	-41	-72	

Όσον αφορά στους τύπους υαλοστασίων που χρησιμοποιούνται, παρατηρείται ότι κατ' αύξοντα αριθμό σεναρίου (μονά υαλοστάσια με κακή αεροστεγανότητα, διπλά υαλοστάσια (Air) με μέτρια αεροστεγανότητα, διπλά υαλοστάσια (Ar) με καλή αεροστεγανότητα) υπάρχει όλο και μεγαλύτερη βελτίωση, δηλαδή τους ψυχρούς μήνες οι θερμικές απώλειες μειώνονται, ενώ τους θερμούς

αυξάνονται. Πέραν των υλικών, σε αυτό συμβάλλει κατά πολύ και η βελτίωση της αεροσταγανότητας που είναι απαραίτητη για την μείωση των απωλειών τον χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι που είναι επιθυμητές οι απώλειες, δεν αποτελεί πρόβλημα, καθώς το επιθυμητό επιτυγχάνεται απλώς με το άνοιγμα των παραθυρόφυλλων.

Πιν. 1.11: Σύγκριση μηνιαίων απωλειών από την τοιχοποιία για όλα τα σενάρια των δύο περιπτώσεων κατασκευής

Walls		Συμβατική κατασκευή										
Date/Time	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.
Σενάριο 1	-1293	-1227	-962	-342	158	571	912	840	385	9	-434	-1030
Σενάριο 2	-486	-449	-388	-228	-170	-125	-51	-71	-186	-258	-270	-408
Σενάριο 3	-435	-496	-425	-209	-144	59	181	207	104	-28	-202	-383
		Παραδοσιακή κατασκευή										
Date/Time	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.
Σενάριο 1	-1402	-1336	-999	-275	225	671	1074	990	436	11	-442	-1110
Σενάριο 2	-427	-401	-332	-168	-119	-67	-4	-20	-125	-206	-224	-359
Σενάριο 3	-373	-454	-389	-180	-224	16	177	218	139	4	-141	-289

Όσον αφορά στην συμπεριφορά της τοιχοποιίας, παρατηρείται, καταρχάς, σαφής διαφορά, βελτίωση της συμπεριφοράς μεταξύ της αμόνωντης (Σενάριο 1) και μονωμένης κατάστασής της (Σενάριο 2). Μεταξύ των Σεναρίων 2 και 3, εσωτερική κι εξωτερική θερμομόνωση αντίστοιχα, οι θερμικές απώλειες έχουν πολύ κοντινές τιμές, με την εξωτερική θερμομόνωση να έχει τις χαμηλότερες, αλλά παράλληλα να δίνει το καλοκαίρι κάποια θερμικά κέρδη που είναι ανεπιθύμητα.

Γενικά, η εσωτερική θερμομόνωση έχει πιο άμεση απόκριση, όταν ο μηχανισμός θέρμανσης/ψύξης (HVAC) είναι στο εσωτερικό του κτηρίου, όμως δεν γίνεται εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας των τοίχων και με τον τρόπο π.χ. αυτό δεν επανακτινοβολείται η θερμική ακτινοβολία προς τα έσω, οπότε, μετά την διακοπή της θέρμανσης, ο εσωτερικός χώρος ψύχεται πολύ πιο γρήγορα από έναν αντίστοιχο με εξωτερική θερμομόνωση.

Εν τέλει, το αυτό καθιστά την εξωτερική θερμομόνωση πιο αποτελεσματική και έχει συμβάλλει τα μάλα στην ευρεία χρήση της, είναι το ότι εξασφαλίζεται κάλυψη των θερμογεφυρών (τα μέρη του περιβλήματος του κτηρίου που λόγω ότι έχει διακοπεί η θερμομονωτική στρώση – λόγω κατασκευαστικών δυσκολιών, π.χ. θέσεις συναρμογής των κουφωμάτων με τα συμπαγή δομικά στοιχεία – παρουσιάζουν μειωμένη αντίσταση στη ροή της θερμότητας) ιδιαίτερα στις πλάκες σκυροδέματος, στα δοκάρια και στις κολώνες. Γεγονός που σημαίνει μείωση του κόστους θέρμανσης και κλιματισμού και αποτροπή των συμπυκνώσεων και της μούχλας, ενώ εκμεταλλεύεται πλήρως τη θερμοχωρητικότητα των τοίχων και τους προστατεύει πληρέστερα από τις καιρικές συνθήκες.

Πιν. 1.12: Σύγκριση μηνιαίων απωλειών από το δάπεδο του ισογείου για όλα τα σενάρια των δύο περιπτώσεων κατασκευής

Ground Floors												
Συμβατική κατασκευή												
Date/Time	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.
Σενάριο 1	359	368	191	-200	-848	1574	2067	2016	1416	-855	-190	199
Σενάριο 2	14	23	-31	-142	-382	-617	-758	-743	-574	-395	-148	-28
Σενάριο 3	-81	4	-110	-340	-720	1226	1584	1575	1225	-870	-363	135
Παραδοσιακή κατασκευή												
Date/Time	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.
Σενάριο 1	393	389	225	-145	-748	1395	1871	1807	1224	-716	-135	233
Σενάριο 2	38	40	-7	-104	-320	-527	-678	-656	-475	-308	-109	-6
Σενάριο 3	23	49	-47	-240	-561	-941	1235	1210	-894	-608	-244	-60

Όσον αφορά στην μόνωση (Σενάριο 2) ή μη (Σενάρια 1, 3) του δαπέδου του ισογείου, δηλαδή του δαπέδου που συνορεύει με το έδαφος, παρατηρείται ότι βάζοντας μόνωση και μεν μειώνονται οι ανάγκες για θέρμανση το χειμώνα, αλλά αυξάνονται οι ανάγκες για ψύξη το καλοκαίρι. Αυτό συμβαίνει, διότι το καλοκαίρι μειώνονται πολύ οι θερμικές απώλειες, που είναι επιθυμητές την περίοδο αυτή και άρα αυξάνονται οι ανάγκες για ψύξη. Οι θερμικές απώλειες από το αμόνωτο δάπεδο που συνορεύει με το έδαφος, λαμβάνουν χώρο λόγω της εκμετάλλευσης της σταθερής θερμοκρασίας του εδάφους που συναντάται σε μικρά βάθη. Το γεγονός αυτό ενδιαφέρει ιδιαίτερα στην μελετώμενη νησιώτικη κατοικία, γι' αυτό και ενώ για μια πρώτη βελτίωση (Σενάριο 2) μελετήθηκε η χρήση μόνωσης στο δάπεδο του ισογείου, εν τέλει στο ακόμη πιο βελτιωμένο στάδιο (Σενάριο 3) απορρίφθηκε η χρήση της.

Πιν. 1.13: Σύγκριση μηνιαίων απωλειών από το δώμα για όλα τα σενάρια των δύο περιπτώσεων κατασκευής

Roofs												
Συμβατική κατασκευή												
Date/Time	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.
Σενάριο 1	-271	-267	-261	-191	-152	-77	-13	-5	-45	-63	-128	-224
Σενάριο 2	-231	-230	-224	-163	-150	-77	-14	-11	-57	-77	-122	-195
Σενάριο 3	-244	-239	-228	-158	-94	-17	54	51	-12	-57	-119	-203
Παραδοσιακή κατασκευή												
Date/Time	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.
Σενάριο 1	-461	-451	-424	-284	-191	-31	90	99	2	-62	-200	-383
Σενάριο 2	-394	-386	-362	-243	-208	-69	39	41	-44	-100	-191	-331
Σενάριο 3	-419	-400	-368	-237	-112	28	163	150	14	-100	-198	-347

Τέλος, παρατηρείται ότι οι απώλειες από τα Σενάριο 2, 3 στα οποία έχει τοποθετηθεί θερμομόνωση μεγαλύτερου πάχους (8cm) είναι κοντινές, μικρότερες από ότι στο αρχικό, Σενάριο 1. Παρότι έχει τοποθετηθεί η ίδια μόνωση, οι τιμές των απωλειών δεν συμπίπτουν ακριβώς, πιο κοντά είναι στην συμβατική κατασκευή. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι σε κάθε σενάριο έχουν αλλάξει τα δεδομένα του κελύφους κι έτσι διαφοροποιούνται τα φορτία που έχουν να αντιμετωπιστούν.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Πέρα από τα μέτρα βιοκλιματικού σχεδιασμού που εφαρμόστηκαν στο συγκεκριμένο καπετανόσπιτο, υπάρχει ένα πλήθος άλλων οικονομικών επιλογών που θα μπορούσαν να συμβάλλουν αποφασιστικά την βελτίωση των συνθηκών άνεσης και στην εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά δεν ήταν δυστυχώς να εφαρμοστούν, λόγω του περιορισμένου διαστήματος εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να μελετηθεί αναλυτικότερα ο ηλιασμός και η σκίαση του κτηρίου και να εφαρμοστούν κατάλληλες ηλιοπροστατευτικές διατάξεις με την μορφή παραδοσιακών πατζουριών και εσωτερικής προστασίας (κουρτίνες ή υφάσματα) για την επίτευξη βέλτιστης οπτικής άνεσης.

Επιπλέον, ένα άλλο μεγάλο κεφάλαιο είναι η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) που είναι πρακτικά ανεξάντλητες, ενώ οι εφαρμογές τους στο κτηριακό περιβάλλον είναι, επίσης, πολύ φιλικές από οικολογική οπτική. Για παράδειγμα, η γεωθερμική ενέργεια, μια ήπια, ανανεώσιμη και τοπική πηγή, είναι φθηνή και πολύ φιλική στο περιβάλλον. Οι γεωθερμικές συνθήκες είναι ιδιαίτερα ευνοϊκές στη Σαντορίνη λόγω του ενεργού ηφαιστείου και της αυξημένης θερμικής ροής και η γεωθερμική ενέργεια αποτελεί ένα σαφές συγκριτικό πλεονέκτημα για το νησί. Πράγματι, διάφορες περιοχές της Σαντορίνης, ύστερα από σχετικές έρευνες, φαίνεται ότι έχουν υπόγειες θερμοκρασίες πολύ μεγαλύτερες των κανονικών, όπου γεωτρήσεις μικρού σχετικά βάθους θα εντοπίσουν θερμούς υδροφόρους που έχουν γεωθερμικά ρευστά κατάλληλα για ηλεκτροπαραγωγή. Με αυτά μπορούν να γίνουν κατάλληλες ενεργειακές εφαρμογές στον οικιστικό τομέα εξοικονομώντας καύσιμα και ρεύμα. Επιπλέον, τα γεωθερμικά ρευστά έχουν εφαρμογή και στη θερμική αφαλάτωση για παραγωγή πόσιμου νερού. Εκτός αυτών, η αβαθής λεγόμενη γεωθερμία, που υπάρχει σχεδόν παντού στο νησί, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση, αλλά και τον κλιματισμό κτιρίων, εξοικονομώντας, επίσης, πολλή ενέργεια και μάλιστα το καλοκαίρι, την περίοδο αιχμής με την αυξημένη ζήτηση ηλεκτρισμού.

Τέλος, θα ήταν πολύ χρήσιμο να μελετηθεί ο κύκλος ζωής των υλικών και να ληφθεί υπόψιν πόσο οικολογικά είναι. Σε αυτό, μάλιστα, να συμπεριληφθεί η «ενσωματωμένη» ενέργεια, δηλαδή αυτή που απαιτείται για την εξόρυξη, κατασκευή, μεταφορά τους, αλλά και διεξοδικότερα η διαδικασία παραγωγής τους ως προς την ποσότητα ρύπων που παράγονται, το εάν προέρχονται από ανανεώσιμη πηγή, εάν είναι ανακυκλώσιμα, την επικινδυνότητά τους προς τον άνθρωπο. Όλα αυτά είναι πολύ σημαντικά ζητήματα που χρήζουν περαιτέρω σκέψης και διερεύνησης.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Σε αυτή την διπλωματική εργασία αποδεικνύεται ότι η υιοθέτηση απλών παθητικών συστημάτων βιοκλιματικού σχεδιασμού μπορεί να προσδώσει πολλά οφέλη σε ένα κτήριο, καθώς η δραστική μείωση των απαιτούμενων φορτίων για θέρμανση και ψύξη επιτυγχάνεται χωρίς μεγάλες παρεμβάσεις στα δομικά στοιχεία της εκάστοτε κατασκευής. Συνεπώς, κρίνεται αναγκαίο να τονιστεί η αξία της βιοκλιματικής φιλοσοφίας και γενικότερα της οικολογικής αντίληψης, καθώς τα οφέλη που προκύπτουν είναι πολυάριθμα τόσο σε περιβαλλοντικό όσο και σε βιοτικό επίπεδο.

Ακόμη, η πέτρα είναι ένα δομικό υλικό με ιδιαιτερότητες και απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή ώστε να αποδώσει το μέγιστο της αντοχής, της ασφάλειας και της αισθητικής της. Η χρήση φυσικού πετρώματος ως βασικού δομικού υλικού σε καινούργιες κατασκευές λιγοστεύει συνεχώς, κυρίως για οικονομικούς λόγους. Αντίθετα, ο λίθος ως βασικό δομικό υλικό εξακολουθεί να χρησιμοποιείται συστηματικά σήμερα, στις περιπτώσεις επισκευής και συντήρησης διατηρητέων πετρόκτιστων κατοικιών, που αναδεικνύουν την παραδοσιακή αρχιτεκτονική κληρονομιά του τόπου μας, καθώς και στην κατασκευή παραθεριστικών κατοικιών.

Οι παραδοσιακοί οικισμοί στην Ελλάδα αποτελούν ολοκληρωμένο μέρος της ελληνικής λαϊκής παράδοσης και αρχιτεκτονικής κληρονομιάς. Κατά τον Άρη Κωνσταντινίδη, έναν από τους σημαντικότερους αρχιτέκτονες της Ελλάδας του προηγούμενου αιώνα, είναι ζωντανά μνημεία, "δοχεία ζωής". Έτσι, η συντήρησή τους, όχι ως άψυχα μουσειακά εκθέματα ή κατεστραμμένα μνημεία, αλλά ως δυναμικό τμήμα της σύγχρονης εντάσσει το παραδοσιακό σύνολο στη σύγχρονη ζωή και παράλληλα εξασφαλίζει τις προϋποθέσεις, ώστε η σύγχρονη ζωή να λειτουργεί και να αναπτύσσεται στο παραδοσιακό κέλυφος επιφέροντας, παράλληλα, σημαντικά οικονομικά οφέλη. Εξάλλου, η σημερινή εικόνα της Σαντορίνης αποτελεί ένα από τα πιο εντυπωσιακά και ιδιαίτερα τοπία σε ολόκληρο τον κόσμο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΣΥΓΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

1. «Βιοκλιματική αρχιτεκτονική. Παθητικά Ηλιακά Συστήματα», Ε. Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, Εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη 1985
2. «Βιοκλιματικός σχεδιασμός. Περιβάλλον και βιωσιμότητα», Ελένη Ανδρεαδάκη, εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη 2006
3. «Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής, ΚΑΠΕ, Πικέρμι 2002
4. «Δομική Φυσική II – Ενεργειακός σχεδιασμός & παθητικά ηλιακά συστήματα κτηρίων», Μ. Παπαδόπουλος, Κ. Αξαρλή, Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη Α.Ε, Θεσσαλονίκη 1995
5. «Ενέργεια στην Αρχιτεκτονική, Το ευρωπαϊκό εγχειρίδιο για τα παθητικά ηλιακά κτίρια», Goulding R. et al., εκδ. Μαλλιάρης παιδεία, Θεσσαλονίκη 1996.
6. «Ενεργειακός Σχεδιασμός – Εισαγωγή για αρχιτέκτονες», Goulding, J.O. Lewis, T.C. Steemers, Μαλλιάρης - Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 1994
7. «Ενεργειακός Σχεδιασμός και Ενεργειακή Απόδοση Κτηρίων: Γενικές Αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού», Σημειώσεις για το μικρής διάρκειας σεμινάριου του Τμήματος Κεντρικής Μακεδονίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Κλειώ Ν. Αξαρλή, Αρχιτέκτονας Α.Π.Θ
8. «Οικολογική Δόμηση», Η. Ευθυμιόπουλος, Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα 2000
9. «Οικονομική Προσέγγιση στην Περιβαλλοντική Διαχείριση», «Πόλεις και Πράσινες Στέγες: Μία Ανάλυση SWOT για τον ελληνικό χώρο», Χρηστίδου Βαγγελιώ– Βήτου Όλγα, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη 2008
10. «Τεχνικά υλικά, τόμος 2» Α. Κορωναίος, Γ. Πουλάκος, Εκδόσεις ΕΜΠ 2002
11. «Υβριδικός αερισμός σε χώρους επαγγελματικής κατάρτισης και ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος», Χ.Ι. Κοϊνάκης, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, ΤΕΙ Θεσσαλονίκης
12. Διάλεξη: «Από την Θήρα στην Σαντορίνη» Αναστασία Βερτεούρη, Άννα Χαζάπη, Πηνελόπη Βασιλάκη, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα 2011
13. Διδακτορική Διατριβή: «Βιοκλιματική προσέγγιση της δράσης του ανέμου στα κτίρια με αναλυτικές μαθηματικές μεθόδους», Ιωάννης Κ. Βενέτης, Πολ. Μηχ. Ε.Μ.Π., Μ.Σc.

14. Διπλωματική εργασία: «Βιοκλιματικός ανασχεδιασμός οικίας στο Ν. Ηράκλειο Αττικής», Ειρήνη Ψάλτη, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα 2011
15. Διπλωματική εργασία: «Αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας στις εγκαταστάσεις φωτισμού σχολικών κτιρίων», Αλέξιος Ι. Διαμαντής, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Η/Υ, Αθήνα, 2003
16. Διπλωματική εργασία: «Βιοκλιματικές επεμβάσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας σε μικρή εξοχική κατοικία», Ιπποκράτης Σταμπούλογλου, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα 2011
17. Διπλωματική εργασία: «Ο ρόλος των οικονομικών κινήτρων στην εξοικονόμηση ενέργειας. Μελέτη περίπτωσης το πρόγραμμα «εξοικονομώ κατ' οίκον» στην πόλη των Τρικάλων», Παππά Δήμητρα, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα 2013
18. Μεταπτυχιακή εργασία: «Διερεύνηση των βιοκλιματικών χαρακτηριστικών της Παραδοσιακής Αρχιτεκτονικής του Μετσόβου- Δυνατότητες Προσαρμογής Σύγχρονων Τρόπων Δόμησης», Χρ. Καλογήρου, Πολιτικός Μηχανικός, MSc Ε.Μ.Π., Μέτσοβο 2009
19. «ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ, Βιοκλιματική αρχιτεκτονική, οικολογική δόμηση, γεωβιολογία, εσωτέρα αρχιτεκτονική», Κώστας και Θέμης Στεφ. Τσιπήρας, Εκδόσεις Κεδρος, 2005
20. Παρουσίαση: Φυσικός φωτισμός, Μερέση Κατερίνα, Δρ Αρχιτέκτων Μηχανικός Α.Π.Θ., Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Αρχιτεκτόνων
21. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, 20701-5/2010, «Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτηρίων», Αθήνα Ιανουάριος 2010
22. Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Τεύχη Δημοπράτησης, Γενική τεχνική συγγραφή υποχρεώσεων-1000.Τοιχοποιίες, 1001. Πλινθοδομές-Λιθοδομές
23. Φιλιππίδης Δ., Ελληνική Παραδοσιακή Αρχιτεκτονική. Τόμος δεύτερος:Κυκλάδες, Μέλισσα, Αθήνα 1988
24. Anderson B., Harnessing Solar Energy, MIT Press 1990

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

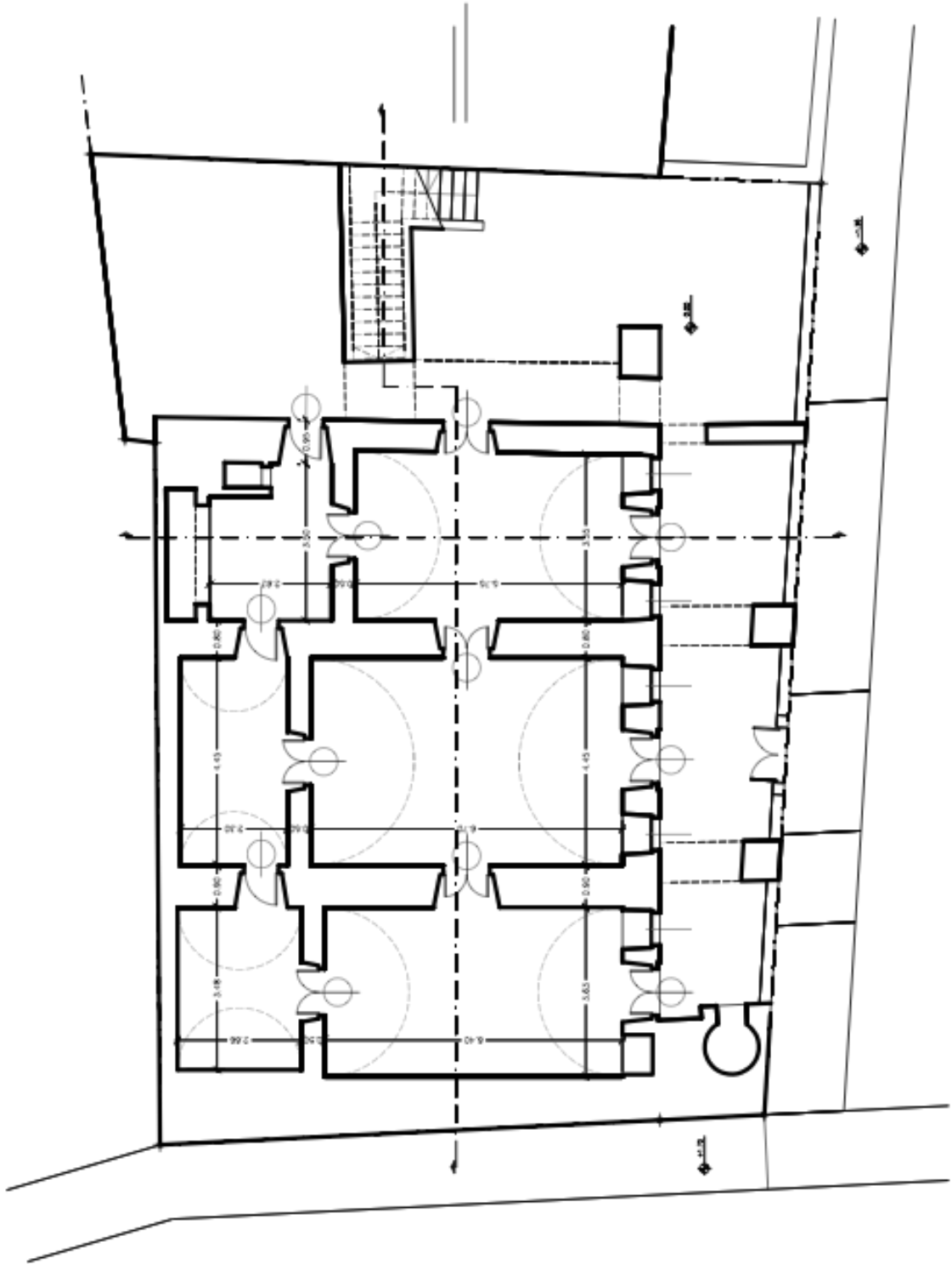
25. www.4green.gr

26. www.4myhouse.gr
27. www.adf-products.blogspot.gr
28. www.andreasbarboutsis.gr
29. www.anelixi.org
30. www.arch.ntua.gr
31. www.automationsystems.gr
32. www.benaki.gr
33. www.buildinggreen.gr
34. www.buildings.gr
35. www.buildingscience.com
36. www.buildnet.gr
37. www.businessinsider.com
38. www.cleanerairforcities.blogspot.gr
39. www.continuingeducation.construction.com
40. www.cres.gr
41. www.cvcdirect.co.uk
42. www.decobook.gr,
43. www.design-lab.gr
44. www.eco-lamps.gr,
45. www.egreen.gr
46. www.el.wikipedia.org
47. www.eng.auth.gr
48. www.fibran.gr
49. www.flashlight.gr
50. www.fobsun.com
51. www.fosilum.si
52. www.freshomedesign.com
53. www.gardenland.gr
54. www.geitoniamou.gr
55. www.georythmiki.gr
56. www.ggeorgala.wordpress.com
57. www.gigaom.com
58. www.grayspaint.com
59. www.greekarchitects.gr
60. www.greenovision.com
61. www.helapco.gr
62. www.htmling2.scribdassets.com
63. www.igme.gr
64. www.interplast.gr
65. www.ktirio.gr
66. www.ktiriodesign.gr
67. www.ktizontastomellon.gr
68. www.library.tee.gr
69. www.mcit.gov.cy

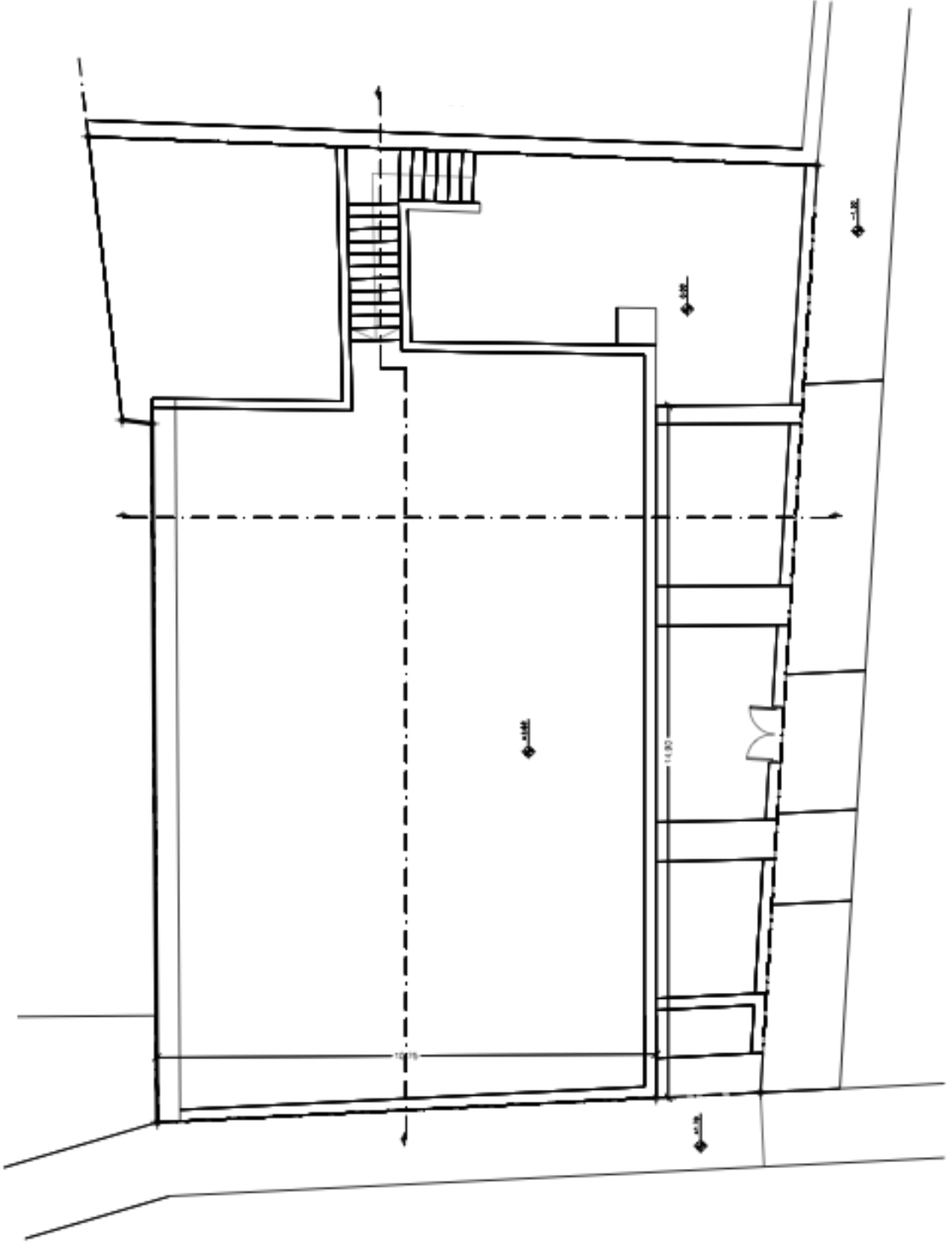
70. www.minenv.gr
71. www.monosimacon.blogspot.gr
72. www.nrc-cnrc.gc
73. www.omorfipoli.com
74. www.perierga.gr
75. www.prooikein.gr
76. www.redrok.com
77. www.renewablelab.files.wordpress.com
78. www.repository.edulll.gr
79. www.skai.gr
80. www.sesdomisi.com
81. www.solarlight.gr
82. www.srcosmos.pdf
83. www.sunandshadow.gr
84. www.telelink.com
85. www.texnotropieskaidiakosmisi.com
86. www.thecostaricanews.com
87. www.themominitiative.com
88. www.thermansipress.gr
89. www.toprasinoblog.blogspot.gr
90. www.trustatrader.com
91. www.valentine.gr
92. www.varnakiotis.com
93. www.vca-arch.com
94. www.nst-santorinitravel.com
95. www.pieriki-anaptixiaki.gr
96. www.prooikein.gr
97. www.qbgreece.com
98. www.realestatecorner.gr
99. www.tovima.gr
100. www.valentine.gr
101. www.valsir.it
102. www.varnakiotis.com
103. www.vita.gr
104. www.youmagazine.gr
105. www.zerman.gr
106. www.yalotexniki.com

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

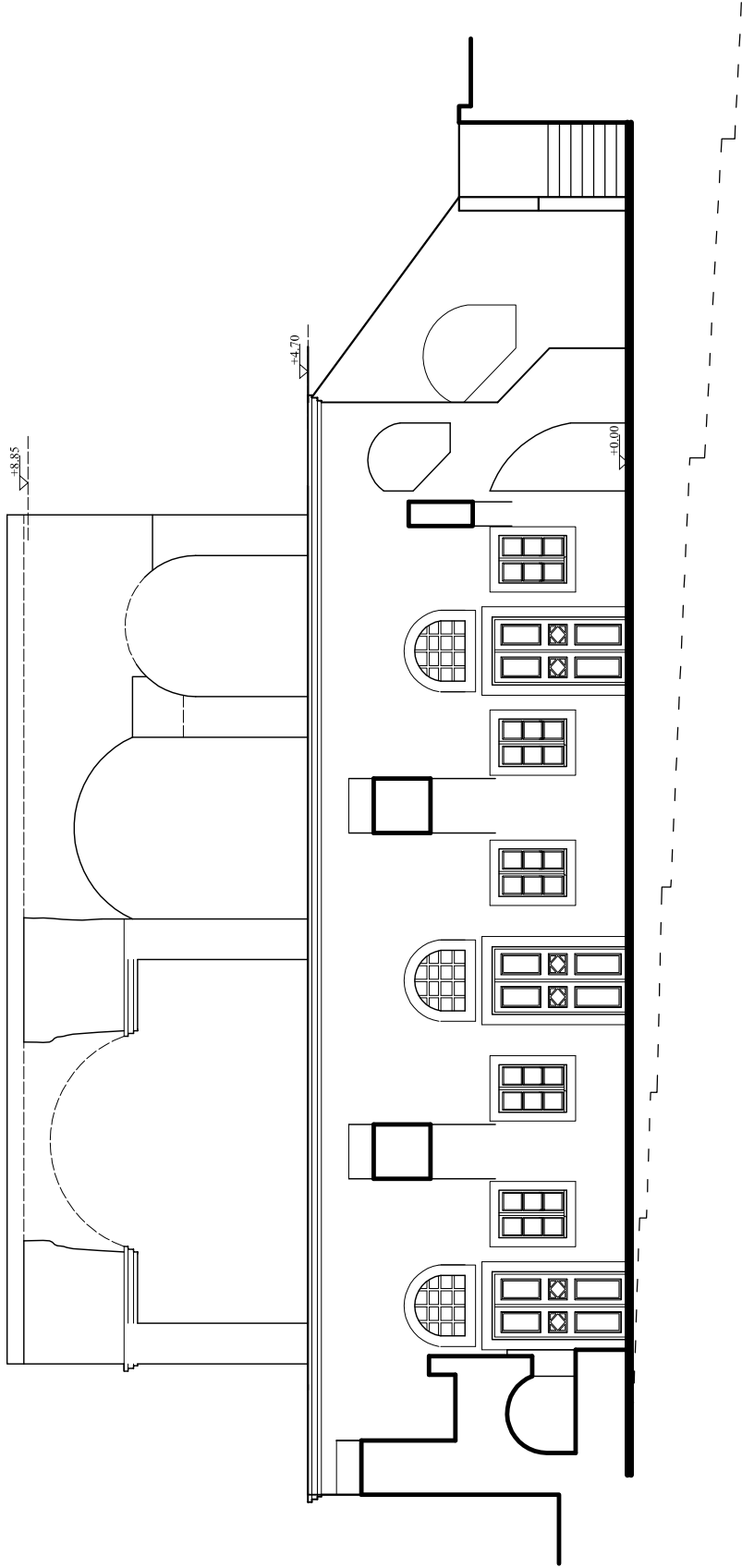
Αρχιτεκτονικά σχέδια κατοικίας-Υφιστάμενο



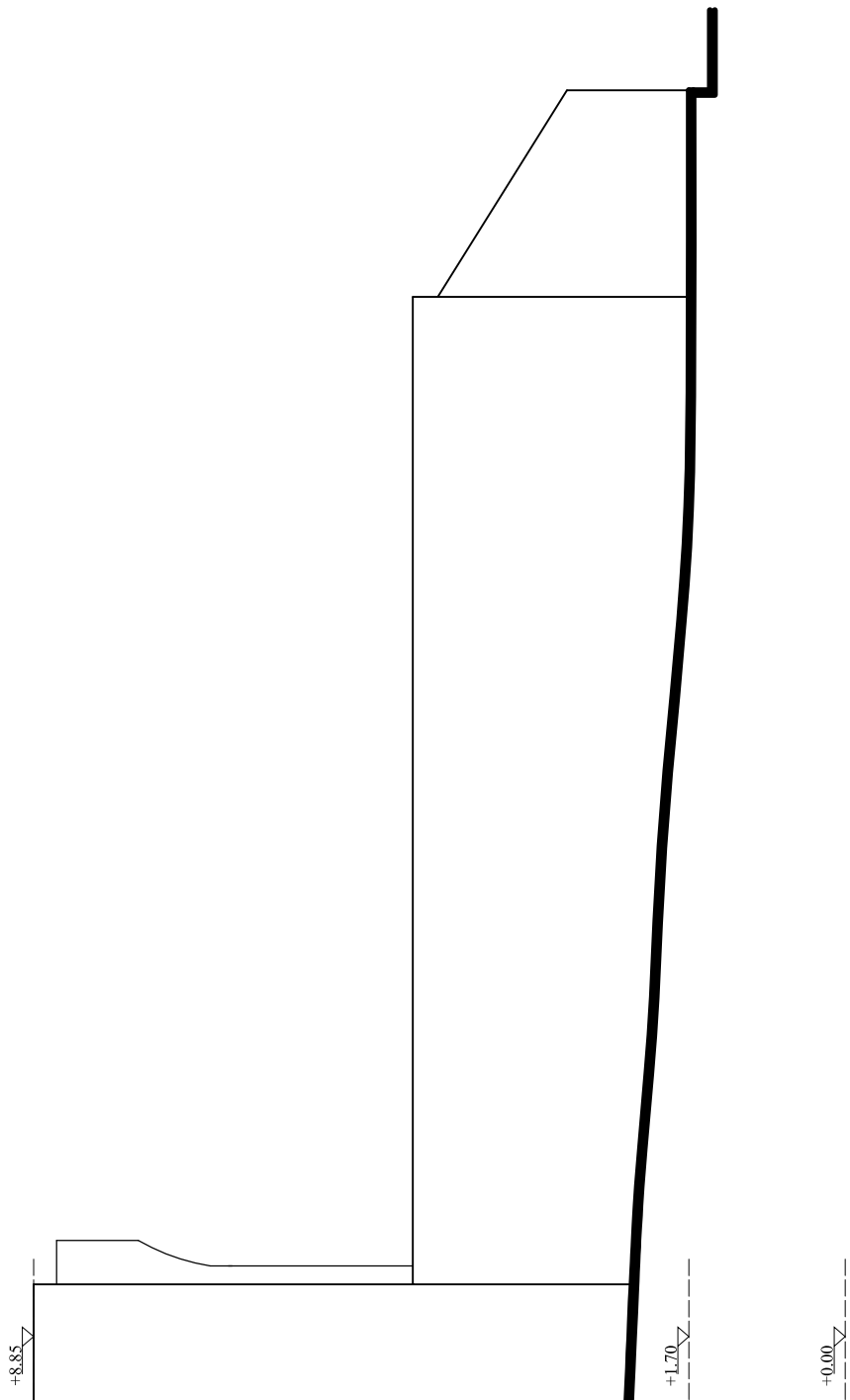
Κάτοψη σογιείου
(υφιστάμενο)



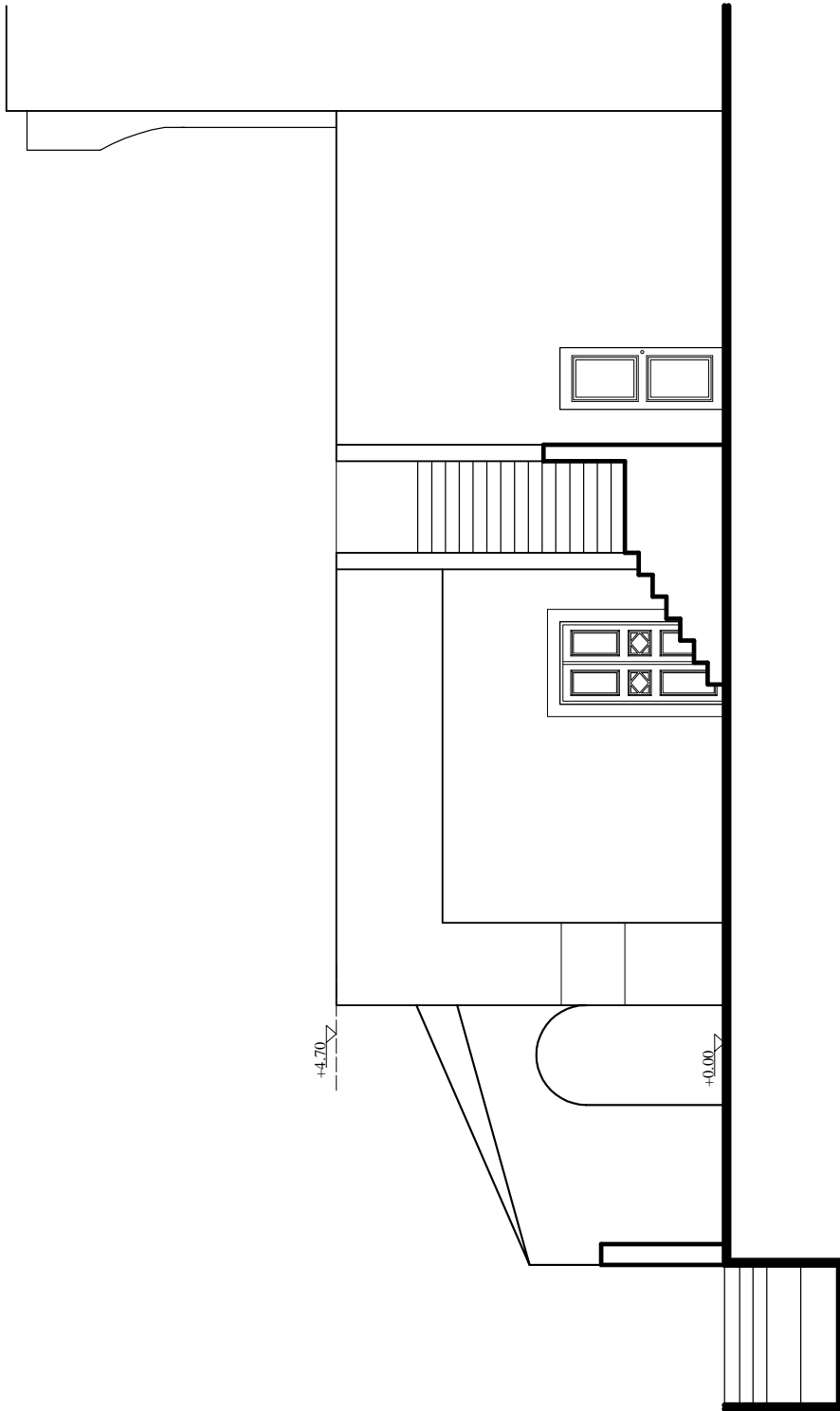
Κάτοψη ορόφου
(υφιστάμενο)



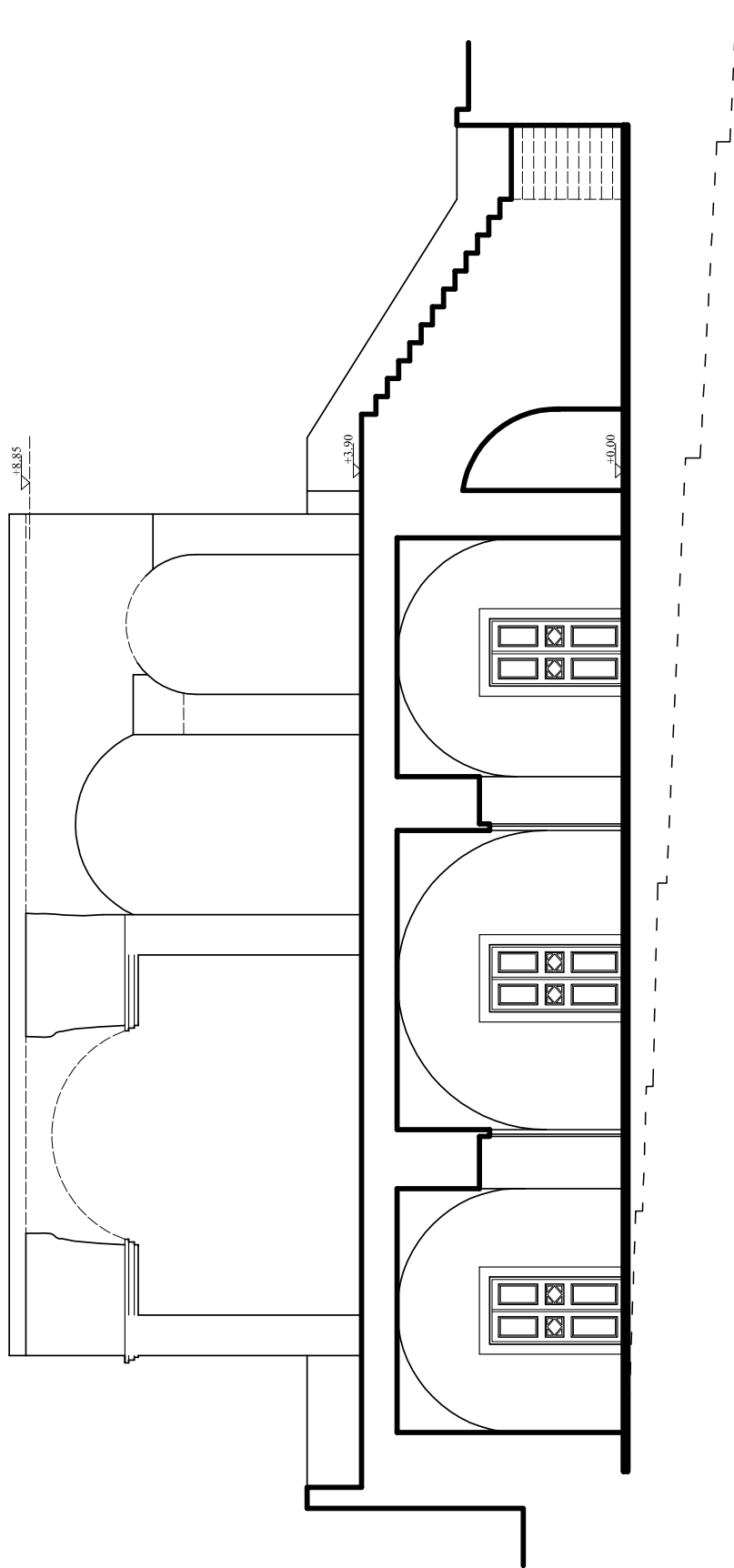
Ανατολική όψη
(υψιστάμενο)



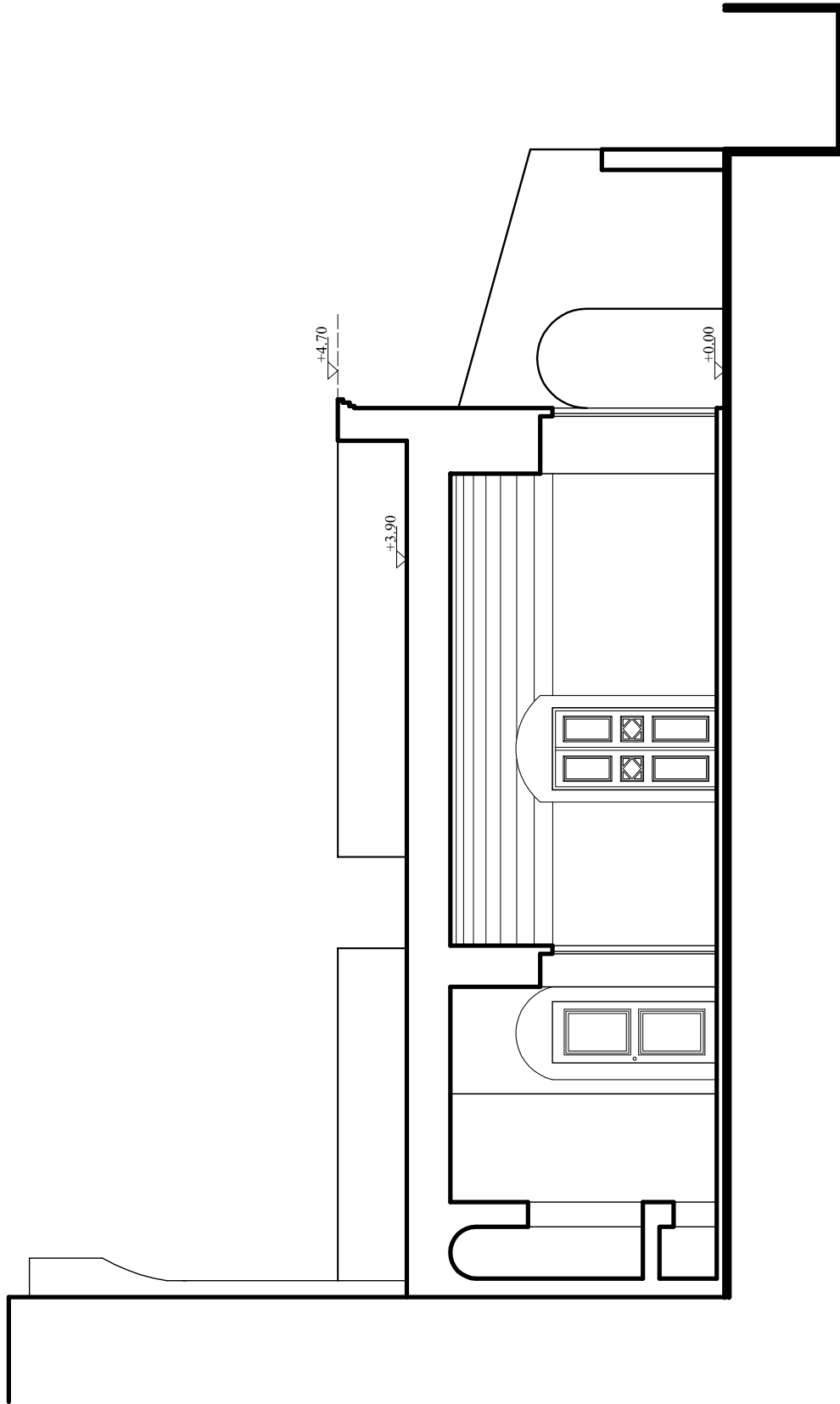
Νότια όψη
(υφιστάμενο)



Βόρεια όψη
(υφιστάμενο)



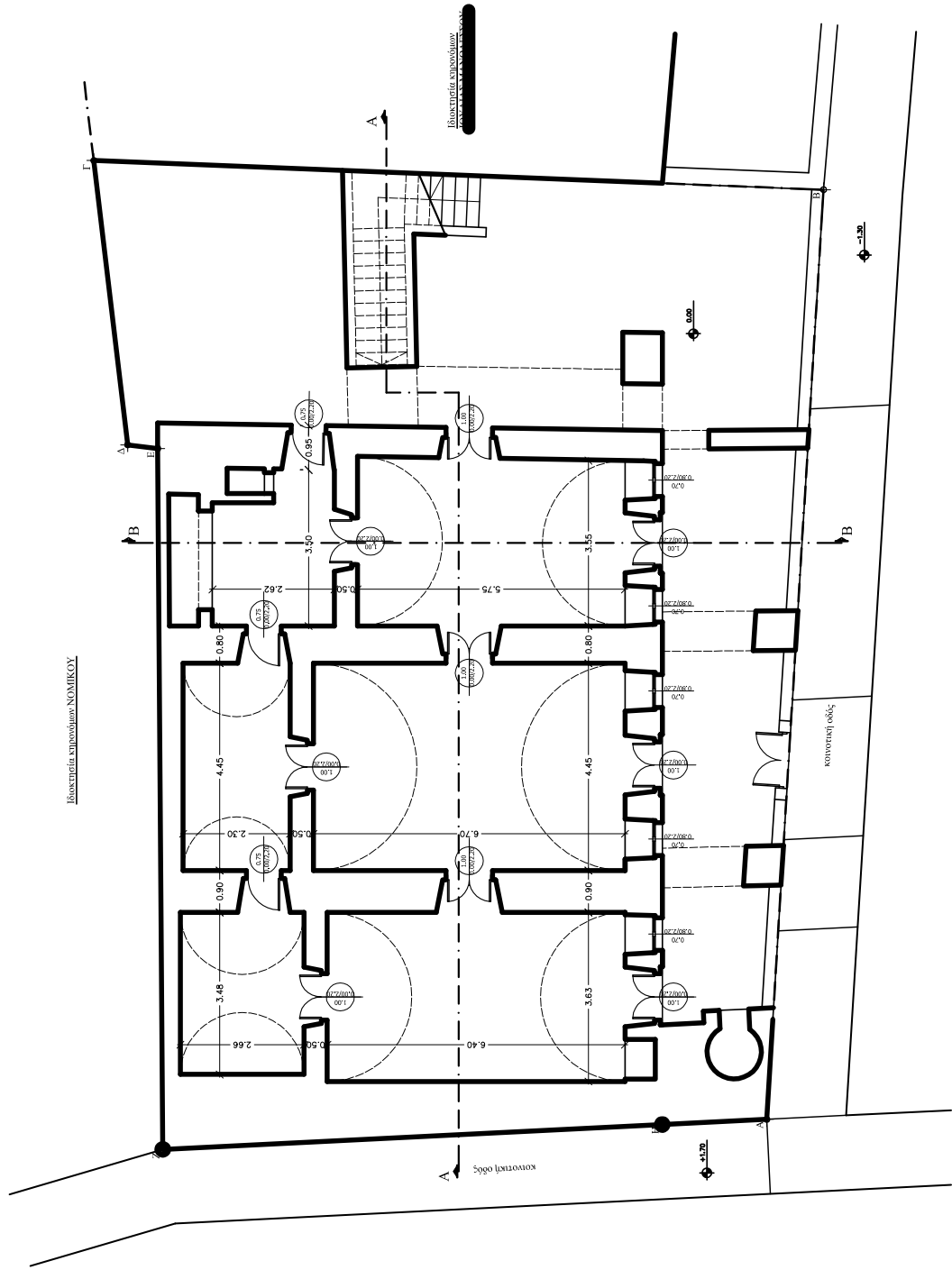
ΤομήΑΑ (υφιστάμενο)



Τομή ΒΒ (υψιστάμενο)

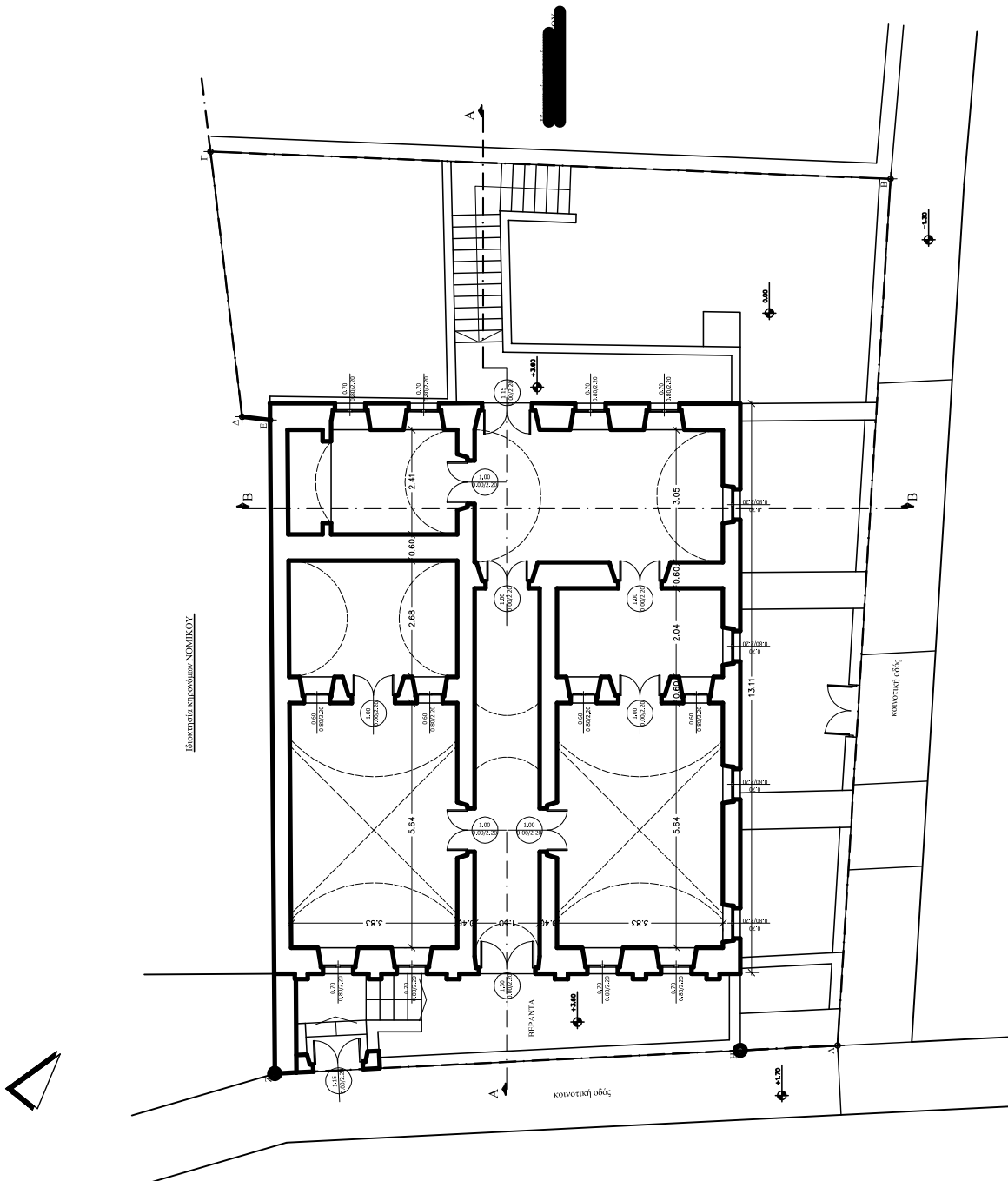
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

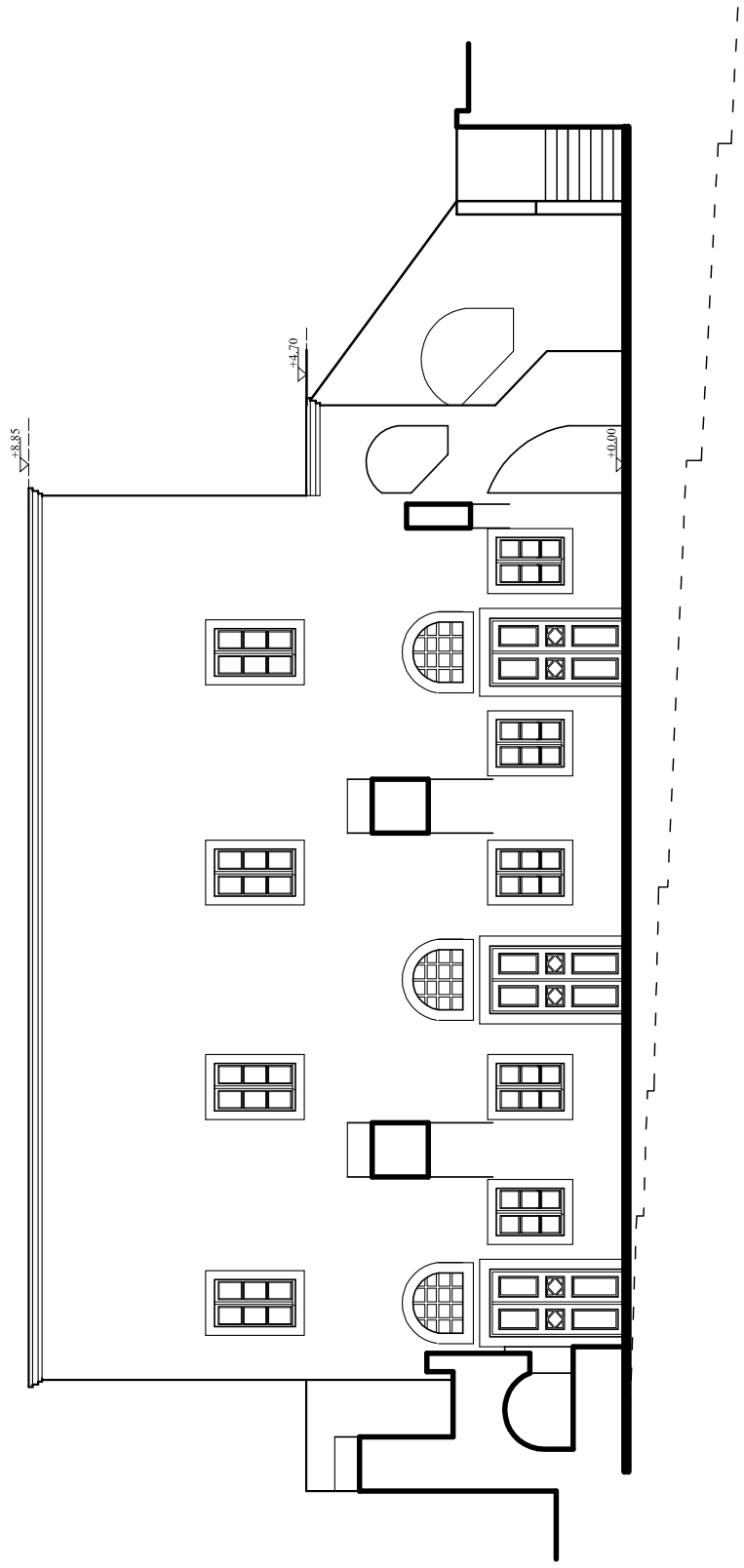
Αρχιτεκτονικά σχέδια κατοικίας-Πρόταση



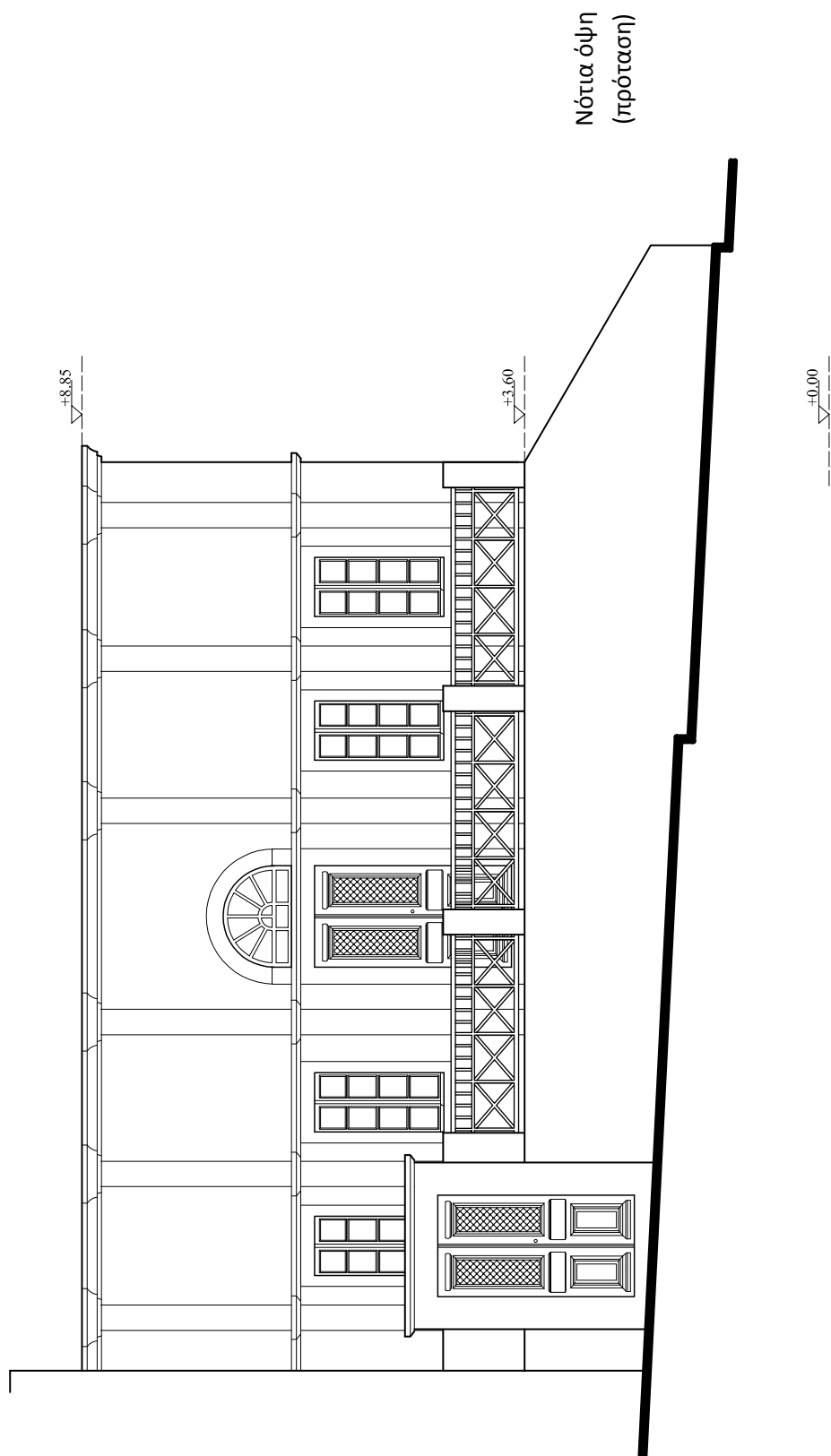
Κάτοψη σογείλου
(πρόταση)

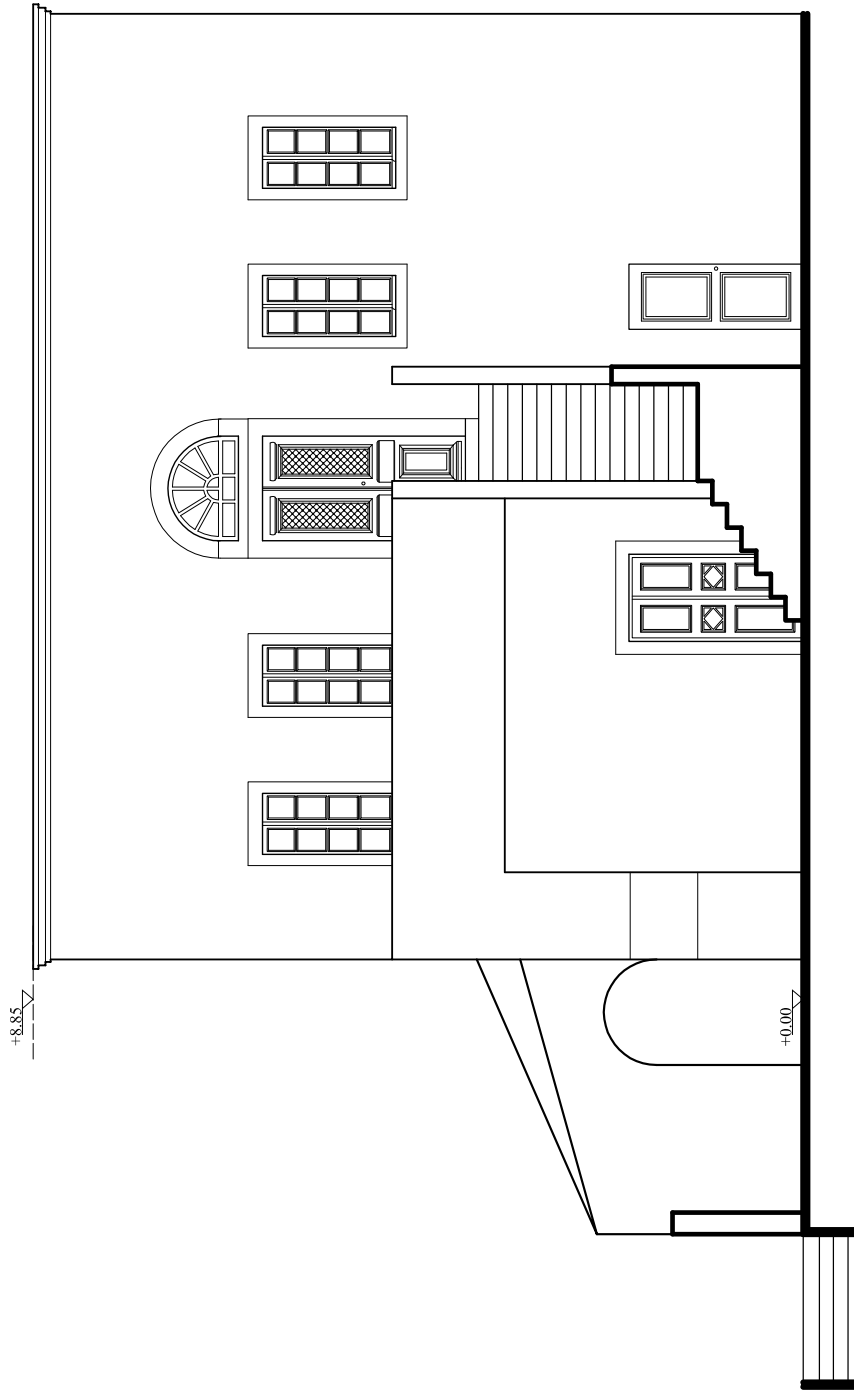
Κάτοψη ορόφου
(πρόταση)



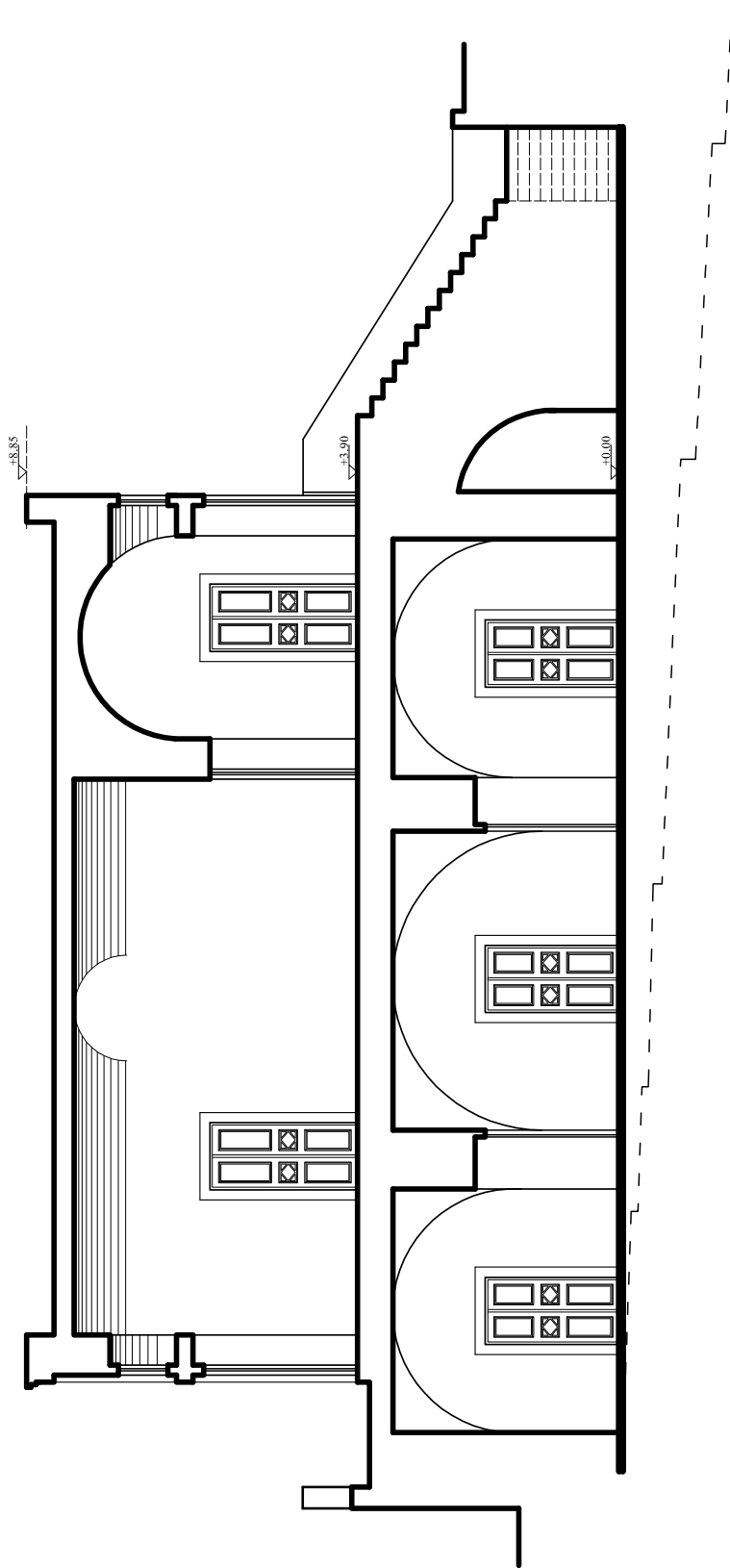


Ανατολική όψη
(πρόταση)

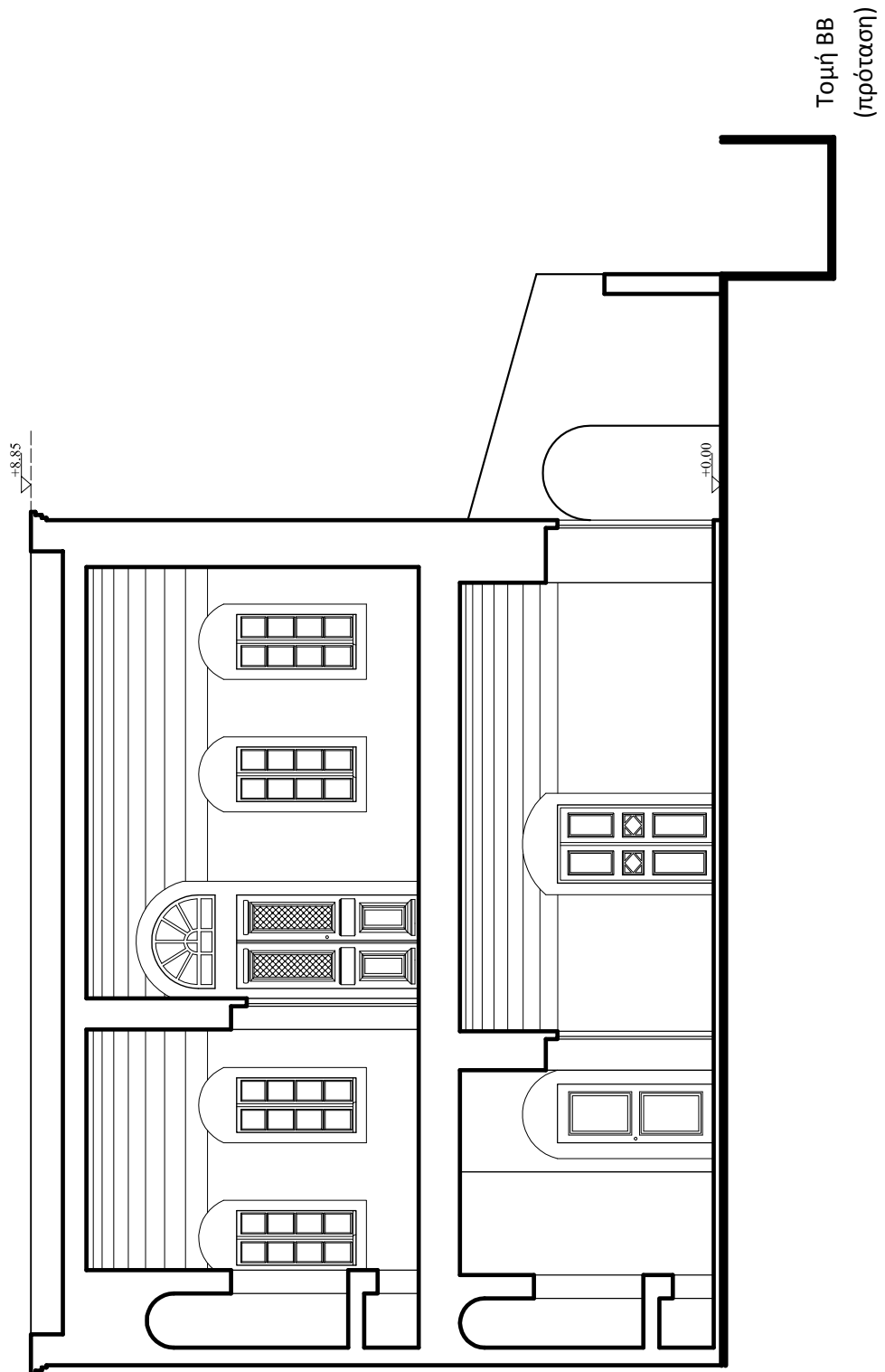




Βόρεια όψη
(πρώταση)



Τομή ΑΑ
(πρόταση)



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

**Σημαντικές χρονολογίες
για την ιστορία του Αιγαίου, των Κυκλάδων
και της Σαντορίνης (12^{ος}-20^{ος} αιώνας)**

ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ, ΤΩΝ ΚΥΚΛΑΔΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ (12^{ΟΣ}-20^{ΟΣ} ΑΙΩΝΑΣ)

1153: Πρώτη φορά συναντάμε την επωνυμία Σαντορίνη σε γραπτά του Άραβα γεωγράφου Εδρиси, η οποία δόθηκε από Σταυροφόρους.

Από τον 13ο αιώνα: Στα νησιά του Αιγαίου εγκαθίστανται Δυτικοί, οι βυζαντινοί οικισμοί μειώνονται.

Αρχές 13ου έως μέσα 14ου αιώνα: Χτίζονται οι κεντρικοί πυρήνες των περισσότερων οικισμών του Αιγαίου (και οι οχυροί οικισμοί στη Σαντορίνη μέχρι και τον 18ο αιώνα).

1204: Έγινε επισκοπή στη Σαντορίνη υπό του Μητροπολίτη ρόδου.

1207: 4η Σταυροφορία. Οι Κυκλάδες υπό Ενετική κατοχή. Ιδρύεται το δουκάτο της Νάξου από τον Marco Sanudo (δουκάτο της Νάξου ή του Αρχιπελάγους).

1250: Τότε χρονολογείται ο αρχικός οικισμός στο Σκάρο.

1207-1335: Ο Marco Sanudo δίνει την Σαντορίνη μαζί με την Θηρασιά ως βαρωνία στον Ιάκωβο Βαρότσι. Εκδιώκεται από το νησί ο ορθόδοξος επίσκοπος και εγκαθίσταται Λατίνος.

15ος – 16ος αιώνας : Βενετοτουρκικές συγκρούσεις για επικράτηση στο Αιγαίο.

1421: Αναφέρεται μόνο ο Σκάρος από τα καστέλλια.

1436: Πρώτη αναφορά στο Ακρωτήρι.

1457: Έκρηξη ηφαιστείου.

1463–1479: Πρώτος Βενετοτουρκικός πόλεμος, κατάκτηση της Χαλκίδας, της Λήμνου και της Αλβανίας από τους Οθωμανούς.

1479: Λόγω συνεχών επιδρομών μείωση κατοίκων Σαντορίνης σε 300 νοικοκυριά.

1480: Ο δούκας της Νάξου Ιάκωβος ο 3^{ος} Κρίσιπι δίνει το νησί στον γιο του Δούκα της Κρήτης Δομήνικο Πιζάνι (που παντρεύτηκε την κόρη του Κρίσιπι). Έχουμε την πρώτη αναφορά στον οικισμό της Οίας.

1487: Προσαρτάται ολόκληρο το δουκάτο και η Σαντορίνη στη Βενετία. Εγκατάσταση ιησουιτών μοναχών στο νησί.

Μέχρι τα τέλη του 15ου αιώνα- 1494: Έχουμε 5 κάστρα- καστέλλια. Το καστέλλι του Σκάρου επισκευάστηκε από τον Πιζάνι το 1480.

1499–1503: Δεύτερος Βενετοτουρκικός πόλεμος, κατάκτηση ορισμένων Αιγαιο-πελαγίτικων νησιών και κάποιων Βενετικών οχυρών της Πελοποννήσου από τους Οθωμανούς. Έχουμε Τούρκους πειρατές που χρησιμοποιούσε η Πύλη ως επίσημο στόλο.

1521: Από πληροφορίες περιηγητών η Σαντορίνη περιγράφεται ως ένα έρημο νησί, πληροφορία που έρχεται σε αντίθεση με τα υπόλοιπα στοιχεία που έχουμε από άλλες πηγές.

1537–1540: Τρίτος Βενετοτουρκικός πόλεμος: κατάκτηση των Κυκλάδων, εκτός από την Τήνο, των Σποράδων και των τελευταίων Βενετικών οχυρών της Πελοποννήσου από τους Οθωμανούς

1537: Κατάληψη Σαντορίνης από τον Τούρκο ναύαρχο Χαϊρεντίν Μπαρμπαρόσσα και παραχώρησή της στον Ι. Νάζη (ισπανοεβραίος). Επιστρέφει η ορθόδοξη εκκλησία στο νησί και η αναλογία δυτικού προς ελληνικό στοιχείο είναι 1/10.

1538-1564: Τα μεγαλύτερα νησιά του Αιγαίου, συμπεριλαμβανομένης και της Σαντορίνης, βρίσκονται υπό την επικυριαρχία του Σουλτάνου και υπό τη διοίκηση των Ενετών χωροδεσποτών, ενώ τα μικρότερα παραμένουν αποκλειστικά στους Τούρκους.

1566: Φεύγουν και οι τελευταίοι Κρίσπι από το νησί (άτυπα καταργείται το δουκάτο).

Μέχρι το 1571 (Ναυμαχία Ναυπάκτου - ενωμένοι χριστιανικοί στόλοι καταστρέφουν τον οθωμανικό στόλο Τουρκίας και Βορείου Αφρικής): Αποκλειστική δραστηριότητα Τούρκων πειρατών, Μικράς Ασίας και Μπαρμπαριάς.

1570–1573: Τέταρτος Βενετοτουρκικός πόλεμος: κατάκτηση της Κύπρου από τους οθωμανούς. Με πρόφαση τον ιερό πόλεμο έχουμε δράση Μαλτέζων, Σικελών, Ισπανών, Κορσικανών, Ναπολιτάνων και ιδιωτών Γάλλων πειρατών.

1570 ή 1573: Έκρηξη ηφαιστείου

1579: Πεθαίνει ο Νάζη, οπότε περνά οριστικά το νησί στη δικαιοδοσία των Τούρκων. Το νησί αλλάζει όνομα (Δεϊρμετζίκ).

1580: Αντιπροσωπεία των νησιών νάξου, Άνδρου, Πάρου, Σαντορίνης και Μήλου πηγαίνει στην Κωνσταντινούπολη και διεκδικεί από τον Μουράτ Β' την παραχώρηση προνομιακού καθεστώτος, που ήδη ίσχυε στην Χίο, πετυχαίνοντας μερική αυτονομία των νησιωτών και ευνοϊκότερη μεταχείριση, σε σχέση με τις υπόλοιπες υποδουλωμένες περιοχές.

1584: Πρώτη αναφορά στο καστέλλι του Πύργου.

Τέλη 16ου με αρχές 17ου αιώνα: Δημιουργείται ο οικισμός του Ημεροβιγλίου.

Αρχές 17ου με τέλη 18ου: Εγκατάλειψη Σκάρου και μεταφορά πληθυσμού στα Φηρά και στο Ημεροβίγλι. Οι Λατίνοι ξεκινούν να εγκαθίστανται στα νησιά για προσηλυτισμό. Επίσης, ο οικισμός της Οίας επεκτείνεται έξω από τα τείχη του αρχικού καστελλιού.

17ος αιώνας: Οι οικισμοί του νησιού ακμάζουν. Δημιουργείται αυτή την εποχή ο υπόσκαφος οικισμός της Μεσσαριάς.

1642: Εγκατάσταση στη Σαντορίνη ιησουιτών ιεραποστόλων.

1650: 1/10 του πληθυσμού ήταν καθολικοί στη Σαντορίνη. Στα Φηρά δεν υπάρχει ακόμα οικισμός, αλλά χτίζεται ο Γουλάς του Δελένδα της φραγκικής οικογένειας Μπότου.

1650 ή 1651: Καταστροφική έκρηξη ηφαιστείου, καταστροφή του κάστρου του Σκάρου.

1645 – 1669: Πέμπτος Βενετοτουρκικός πόλεμος. Πολιορκία και κατάκτηση Κρήτης από Τούρκους. Η θαλάσσια περιοχή της Σαντορίνης ήταν ενέδρα και σημείο επιθέσεων Τούρκων και Φράγκων πειρατών. Τότε περίπου ιδρύεται και ο υπόσκαφος οικισμός του Καρτεράδου.

1657: Ιδρύεται η πρώτη μονή του Αγ. Νικολάου κοντά στο σημερινό Ημεροβίγλι στην περιοχή του κάστρου του Σκάρου.

Μετά το 1669: Χωρίζονται οι Κυκλάδες σε τρία μπεηλίκια: ένα από αυτά είναι Σαντορίνη και Μήλος. Η Σαντορίνη με την Θηρασιά χωρίζονται σε 5 περιφέρειες (5 καστέλλια).

1670: 946 νοικοκυριά.

1671: Η δράση των χριστιανών πειρατών ήταν πολύ ενοχλητική, κάτοικοι των πέντε κάστρων ζήτησαν από τους κληρικούς να παρακαλέσουν τους πειρατές για καλή μεταχείριση.

1684–1699: Έκτος βενετοτουρκικός πόλεμος. Κατάκτηση της Πελοποννήσου, της Αίγινας, της Λευκάδας και περιοχών των Δαλματικών ακτών από τους Βενετούς.

1688: Αναφέρεται από το γεωγράφο Francesco Piaccenza ότι στη Σαντορίνη συναντάμε τα καστέλλια του Αγίου Νικολάου, του Σκάρου, Πύργου, Εμπορειού, Ακρωτηρίου και Παναγιάς.

Στο τέλος του 17ου αιώνα: Μείωση πληθυσμού και παρακμή της τάξης των Λατίνων κατακτητών. Ολοκληρώνεται η οθωμανική κυριαρχία. Εποικίζονται ξανά τα λεηλατημένα νησιά. Το οικιστικό δίκτυο στο Αιγαίο ανθίζει. ο R. Sauger αναφέρει ότι η Σαντορίνη ήταν το πλέον πυκνοκατοικημένο νησί των Κυκλάδων (1699), με πληθυσμό 8-10.000 κατοίκους.

Τέλη του 17ου και αρχές του 18ου: Έλληνες νησιώτες και δη κάτοικοι της Σαντορίνης οργανώνουν στόλο μικρών ιστιοφόρων, ο οποίος δρα σε Αιγαίο και περιοχή μεταξύ Κύπρου και νότιας Μικράς Ασίας.

Αρχές 18ου αιώνα: Καθολικοί/ ορθόδοξοι = 1/3

18ος αιώνας: Σχέσεις αντιπαλότητας και συνεργασίας με Μαλτέζους πειρατές. Μέσα στον αιώνα αυτό έχουμε την δημιουργία των Κάτω Φηρών, που είναι η παλιά συνοικία των Φηρών κατά μήκος της καλντέρας.

1704: Βγαίνει εγκύκλιος που απαγορεύει στους κληρικούς να έρχονται σε επαφή με Λατίνους.

1707: Έκρηξη ηφαιστείου. Δημιουργείται η νέα Καμένη.

1711-1724: Δημιουργία του μοναστηριού Προφήτη Ηλία.

1714–1718: Έβδομος Βενετοτουρκικός πόλεμος. Αποτέλεσμα ήταν η Τήνος, η Αίγινα και η Πελοπόννησος να περάσουν στους Οθωμανούς.

Μετά τον πόλεμο: Χρυσή εποχή της οθωμανικής ειρήνης. Επιστροφή κοινοτήτων στη θάλασσα και ναυτιλιακή έκρηξη. Εξαγωγή κρασιού και βαμβακιού από τη Σα- ντορίνη.

1745: Εμφανίζονται για πρώτη φορά στα αρχεία τα Φηρά.

1750: Πληθυσμός στη Σαντορίνη 10.000 κάτοικοι. Τότε περίπου δημιουργείται ο υπόσκαφος οικισμός του Βόθωνα, όπως και ο οικισμός του Μεγαλοχωρίου. Η οία απεικονίζεται αυτή την εποχή ως ένας πυκνός οικισμός με ένα Γουλά στο βορει- οδυτικό τμήμα του.

1771: Πληθυσμός στη Σαντορίνη 8.000 κάτοικοι.

1774: Ρωσοτουρκική συνθήκη του Κιουτσούκ Καϊναρτζή. Εξασφάλιση ρωσικής ση- μαίας για τα πλοία των νησιών.

1776: Στους 8.000 κατοίκους της Σαντορίνης οι 700-800 ήταν καθολικοί.

1777: Εκείνη την εποχή οι ντόπιοι αντιμετώπιζαν διπλή «τυραννία», Τούρκους και Μαλτέζους πειρατές, σε αντίθεση με προηγούμενες εποχές που απολάμβαναν με- γαλύτερες ελευθερίες.

1787: 10.000 κάτοικοι περίπου στη Σαντορίνη. Παράγουν λίγο στάρι, κριθάρι, πολύ βαμβάκι και άφθονο κρασί.

1790-1799: Η Σαντορίνη πλήρωνε το 43% του φόρου για τα οινοπνευματώδη των νησιών του Αιγαίου.

1792: Καθολικοί /ορθόδοξοι =1/6. Οι ιησουίτες έχουν αντικατασταθεί από Λαζα- ριστές.

Τέλος του 18ου αιώνα: Τα Φηρά γίνονται πρωτεύουσα του νησιού, ενώ η Οία γνω- ρίζει μια μακρά περίοδο οικιστικής ανάπτυξης χάρη στη ναυτιλία.

19ος αιώνας: ΟΒόθωνας ήταν ένας πλούσιος οικισμός, και ο Καρτεράδος ήταν γνω- στός για τους ναυτικούς του.

1813: Οι Σαντορινιοί κατέχουν 32 πλοία συνολικής χωρητικότητας 2560 (τόνων) και 480 ναυτών και είχαν εμπορικές συναλλαγές στη Μαύρη Θάλασσα.

1815: Πληθυσμός Σαντορίνης περίπου 13.000 κάτοικοι.

1820: Ιδρύεται η γυναικεία μονή Αγ. Νικολάου στο Ημεροβίγλι.

1821 και μετά: Μείωση της πειρατείας. Οι Σαντορινιοί κατέχουν τον τρίτο εμπορι- κό στόλο σε δυναμικό μετά την Ύδρα και τις Σπέτσες.

1866: Έκρηξη ηφαιστείου

Τέλη 19ου αιώνα: Εμφάνιση ατμόπλοιων, παρακμή Σαντορινιών ιστιοφόρων, ίδρυ- ση αξιόλογων βιομηχανιών, όπως το πλεκτήριο Μαρκεζίνη, το εργοστάσιο τομάτας Νομικού, η καλτσοβιομηχανία Δαρζέντα, τα οινοπνευματοποιεία Βενετσάνου, Καρρά, Πλατή, το εργοστάσιο πλεκτικής Κουτσογιαννοπούλου. Δημιουργούνται τέσσερα ορυχεία κοντά στα Φηρά.

1890: Ίδρυση «Ηφαιστου» από τον Κανελλόπουλο και τον Γκρώμαν, οι οποίοι μι- σθώνουν ορυχεία στη Θηρασιά και αγοράζουν τους λατομικούς χώρους Διαμαντο- πούλου – Κοντογούρη.

1895-1902: Ανασκαφές στην Αρχαία Θήρα από Γερμανούς αρχαιολόγους.

Αρχές 20ου αιώνα: Ο οικισμός του Εμπορείου αρχίζει να επεκτείνεται και έξω από τα τείχη του καστελλιού. Επίσης, η Μεσσαριά αναδεικνύεται σε βιομηχανική καρ- διά του νησιού.

1917: Μετά την επανάσταση στη Ρωσία οι περισσότεροι καπεταναίοι του νησιού μετέφεραν τις δραστηριότητες τους στον Πειραιά και σε άλλα μεγάλα ναυτιλιακά κέντρα.

1940: 3/4 του πληθυσμού της Οίας ασχολούνταν με τη ναυτιλία.

1967: Αρχίζουν οι ανασκαφές στον Προϊστορικό οικισμό του Ακρωτηρίου από τον αρχαιολόγο Μαρινάτο.

9 Ιουλίου 1956: Καταστροφικός σεισμός. Ολόκληρα τμήματα οικισμών καταστρά- φηκαν και έχουμε οικονομικό μαρασμό. Μέχρι τότε ο καλύτερα διατηρημένος οχυ- ρός οικισμός ήταν ο Πύργος.

1958-1963: Περίοδος ανοικοδόμησης.

1958: Κατασκευή λιμανιού Αθηνιού.

1970: Η ΑΓΕΤ «Ηρακλής» αγοράζει και εκμεταλλεύεται το ορυχείο της Σαντορίνης από τη «Λάβα» Α. Ε.

1972: Κατασκευή του αεροδρομίου κοντά στο Μονόλιθο.

1979: Κατασκευή της εγκατάστασης του τηλεφερίκ στα Φηρά με δωρεά της οικογένειας Νομικού.

1981: Χορήγηση μοναδικής άδειας εκμετάλλευσης βιομηχανικών ορυκτών στην ΑΓΕΤ «Ηρακλής» και σταδιακό κλείσιμο των υπόλοιπων ορυχείων.

Αμέσως μετά το 1984: Η ΑΓΕΤ «Ηρακλής» τίθεται υπό κρατικό έλεγχο και ξεκινά τη διαδικασία ίδρυσης δικού της λατομείου ποζολανικού υλικού στη Μήλο.

Αύγουστος 1985 – 11 Σεπτεμβρίου 1987: Αποκατάσταση λατομικών χώρων.

Δεκέμβριος 1989: Οριστική παύση λειτουργίας της ΑΓΕΤ «Ηρακλής».

1989: Έγκριση Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου της Κοινότητας Θήρας (Φηρών) του νομού Κυκλάδων.

1990: Καθορισμός Ζωνών οικιστικού Ελέγχου (Ζ.ο.Ε.) στη Σαντορίνη.

20 Νοεμβρίου 1991: Πολεοδομική μελέτη Φηρών. Κατατίθεται το ρυμοτομικό Σχέ- διο για τα Φηρά.