



TECHNICAL UNIVERSITY OF CRETE (TUC)
SCHOOL OF CHEMICAL AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING

M.Sc. in "Environmental Engineering"
In the "Environmental Management, Sustainable Energy
and Climate Change"

Μεταπτυχιακή Διατριβή

«ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΔΙΩΡΟΦΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΤΟΥ REVIT»

ΛΟΥΡΑΚΗ ΧΡΥΣΗ

3 members Committee:

Prof. Dionysia Kolokotsa(supervisor)
Prof. Nikolaos Diangelakis
Prof. Apostolos Voulgarakis

Χανιά, 2024

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στον τομέα του βιοκλιματικού σχεδιασμού και συγκεκριμένα στον ενεργειακό σχεδιασμό μιας κατοικίας δύο ορόφων που βρίσκεται στην περιοχή του Πλατανιά, Χανίων με την χρήση του λογισμικού Revit. Στόχος είναι η βελτίωση του κτιρίου ως προς την ενεργειακή απόδοση βρίσκοντας το βέλτιστο σενάριο, το οποίο θα είναι πιο ευνοϊκό προς το περιβάλλον και την ανθρώπινη ευεξία από την αρχική κατάσταση.

Στην αρχή της διατριβής μου κεφάλαιο υπάρχει μια σύντομη αναφορά στα στοιχεία σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας κτιρίων που βρίσκονται στην Ευρώπη, και κυρίως στην Ελλάδα. Πιο συγκεκριμένα, αναλύεται το ποσοστό κατανάλωσης της ενέργειας που γίνεται στα κτίρια σε σχέση με το συνολικό ενεργειακό κόστος της χώρας και τον αριθμό των κατοικιών σε σχέση με το συνολικό αριθμό των κτιρίων. Επιπλέον, αναφέρομαι στις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης που αφορούν την αποδοτικότητα των κτιρίων, αλλά και στην ελληνική νομοθεσία που έχει εγκριθεί για να συμμορφώνεται σε αυτές τις οδηγίες.

Στο 2^ο κεφάλαιο περιγράφονται οι κύριες κατευθύνσεις για τον ενεργειακό σχεδιασμό των κτιρίων και την εξοικονόμηση ενέργειας σε αυτά. Αναλύεται πως επιδρούν οι κλιματικές συνθήκες στην απόδοση ενός κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων του σωστού προσανατολισμού, της ιδανικής διαρρύθμισης των εσωτερικών χώρων, το κέλυφος του κτηρίου. Επίσης, αναφέρονται τα παθητικά ηλιακά συστήματα και η λειτουργία αυτών, με έμφαση στους θερμικούς τοίχους, τους αεροσυλλέκτες, το θερμοκήπιο και το πράσινο δώμα. Έχει μεγάλη σημασία το πως επιδρούν τα συστήματα ψύξης-θέρμανσης στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου.

Στο 3^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται η μεθοδολογική προσέγγιση του κτιρίου καθώς και η ενεργειακή προσομοίωση αυτού. Αρχικά, επισημαίνεται η τοποθεσία της διώροφης οικίας, στη συνέχεια περιγράφεται το κτίριο μελέτης και επισημαίνονται ότι το επιλεγμένο λογισμικό προσομοίωσης του κτιρίου είναι το Revit της Autodesk. Για να γίνει η εκτέλεση της ενεργειακής προσομοίωσης ενός κτιρίου, είναι απαραίτητο προηγούμενος ο σχεδιασμός του στο Revit. Η προσομοίωση θα πραγματοποιηθεί μέσω του Revit με την υποστήριξη του στο Insight.

Στο 4^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται το πως εκτελείται η ενεργειακή προσομοίωση του κτιρίου με τη χρήση του λογισμικού Revit μέσω του Insight. Εξηγείται ότι, μέσα από το λογισμικό του Revit, πραγματοποιείται: Η διαδικασία εκτέλεσης δηλαδή ο καθορισμός των θερμικών ζωνών, η κατάταξη των χώρων του κτιρίου

καθώς και ο καθορισμός των θερμικών ζωνών, ο προσανατολισμός και η θέση του κτιρίου και τέλος ότι άλλες ρυθμίσεις χρειάζεται το λογισμικό για να τρέξει την ενεργειακή ανάλυση και να δημιουργήσει το ενεργειακό μοντέλο. Αυτά τα αποτελέσματα παρέχονται από το λογισμικό του Insight όπου και αναλύονται λεπτομερώς. Τέλος, αυτού του κεφαλαίου προτείνονται κάποια βελτιωτικά σενάρια όπου αυτά στη συνέχεια συγκρίνονται.

Στο τελευταίο κεφάλαιο αναλύονται τα συμπεράσματα όσων αναφέρθηκαν.

ABSTRACT

This diploma thesis focuses on the field of bioclimatic design, specifically addressing the energy planning of a two-story residence located in the Platanias area of Chania, Greece, utilizing the Revit software. The objective is to enhance the building's energy performance by identifying the optimal scenario that is more favorable to the environment and human well-being compared to the initial state.

The first chapter provides a brief overview of energy consumption in buildings in Europe, with a specific focus on Greece. It analyzes the percentage of energy consumption in buildings in relation to the country's total energy cost and the number of residences compared to the total number of buildings. Additionally, it discusses the guidelines of the European Union regarding building efficiency and the Greek legislation adopted to comply with these directives.

The second chapter describes the main directions for the energy planning of buildings and energy conservation. It delves into how climatic conditions impact a building's performance, including proper orientation, ideal internal space configuration, and the building envelope. Passive solar systems are also discussed, emphasizing thermal walls, air collectors, greenhouses, and green roofs. The role of heating and cooling systems in the building's energy behavior is highlighted.

The third chapter presents the methodological approach to the building and its energy simulation. The location of the two-story residence is outlined, followed by a description of the study building. The chosen simulation software is Autodesk's Revit, and the execution of the energy simulation requires prior design in Revit. The simulation is conducted through Revit with support from Insight.

The fourth chapter details the execution of the building's energy simulation using Revit and Insight. It explains the process of executing the simulation, including determining thermal zones, classifying building spaces, defining

thermal zones, orientation, and position of the building. It further discusses the adjustments required for the software to run the energy analysis and create the energy model. The results are provided by the Insight software and are analyzed in detail. Finally, improvement scenarios are proposed and subsequently compared.

The last chapter provides an analysis of the conclusions drawn from the preceding discussions.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ABSTRACT.....	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΚΤΙΡΙΩΝ.....	4
1.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ.....	5
1.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΩΝ.....	6
1.2.1 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	8
1.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ.....	10
1.3.1 ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ.....	10
1.3.2 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ.....	13
2.1 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.....	14
2.2 ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ.....	15
2.2.1 ΘΕΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΗΛΙΟ.....	15
2.2.2 ΘΕΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΑΝΕΜΟ.....	16
2.3 ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΡΡΥΘΜΙΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	17
2.4 ΚΕΛΥΦΟΣ.....	18
2.4.1 ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΑΖΑ.....	18
2.4.2 ΘΕΡΜΟΝΩΣΗ.....	18
2.4.3 ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ.....	19
2.4.4 ΣΚΙΑΣΗ.....	19
2.5 ΒΑΣΙΚΑ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	20
2.5.1 ΘΕΡΜΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ.....	20
2.5.2 ΑΕΡΟΣΥΛΛΕΚΤΕΣ.....	22
2.5.3 ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ.....	23
2.5.4 ΠΡΑΣΙΝΟ ΔΩΜΑ.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ/ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	26
3.1 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ.....	26
3.1.1 ΕΛΛΑΔΑ.....	26
3.1.2 ΚΡΗΤΗ.....	26
3.1.3. ΧΑΝΙΑ.....	27
3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	27
3.2.1 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	28
3.3 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ REVIT.....	30
3.3.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.....	30
3.3.2 Μοντέλο REVIT.....	31
3.3.3. RENDERING.....	32

3.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΤΟ REVIT	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΣΤΟ REVIT	33
4.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ	33
4.1.1 ΘΕΡΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΤΗΡΙΟΥ	34
4.1.2 ΧΩΡΟΙ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ.....	38
4.1.3 ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	40
4.1.4 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	40
4.1.5 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΤΙΡΙΟΥ	41
4.2 ANALYTICAL SPACES	44
4.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	45
4.3.1 Υπολογισμός Αρχικού COP στην Ενεργειακή Κατανάλωση	46
4.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ	47
4.5 ΗΛΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ.....	50
4.6 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ	52
4.7 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ INSIGHT	56
4.7.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ INSIGHT	57
4.8 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΤΟ INSIGHT	62
4.9 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ INSIGHT	63
4.10 ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΚΤΗΡΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ INSIGHT360	68
4.10.1 ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 1 ^ο ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	69
4.10.2 ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2 ^ο : ΜΟΝΩΣΗ ΟΡΟΦΗΣ.....	70
4.10.3 ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 3 ^ο : ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ	70
4.10.4 ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4 ^ο : ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ.....	71
4.10.4 ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 5 ^ο : ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΔΕΝΤΡΩΝ ΣΤΗ ΝΟΤΙΑ ΠΛΕΥΡΑ.....	72
4.10.5 ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 6 ^ο : ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΔΕΝΤΡΩΝ ΣΤΗ ΒΟΡΕΙΑ ΠΛΕΥΡΑ.....	72
4.11 ΣΥΓΚΡΙΣΗ 3 ^{ΩΝ} ΠΡΩΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	74
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ	75

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΚΤΙΡΙΩΝ

Η ενέργεια είναι απαραίτητη για τη ζωή του ανθρώπου. Δεν υπάρχει καμία βιομηχανική, γεωργική, υγειονομική, οικιακή ή άλλου είδους διαδικασία που να μην απαιτείται σε κάποιο βαθμό η εξωτερική ενέργεια. Ο άνθρωπος είναι άμεσα συνδεδεμένος με τον όρο ενέργεια. Η εκμετάλλευση της ενέργειας είναι άφθονη για αυτό και εκμεταλεύεται σε μεγάλο βαθμό. Σε διάφορες μορφές, όπως είναι η ενέργεια καυσίμων, η αιολική ενέργεια και η υδραυλική ενέργεια, η ενέργεια υπάρχει στο φυσικό περιβάλλον. Η ανάπτυξη της έχει οδηγήσει τον άνθρωπο στη δυνατότητα να προχωρήσει στη μεγαλειώδη εξέλιξη, φτάνοντας έτσι στο σημερινό ενεργειακό πρόβλημα.

Στη σύγχρονη εποχή, παρατηρείται σημαντική αύξηση στην ενέργεια που καταναλώνουμε καθημερινά. Αυτό οφείλεται στην υψηλή ποικιλία ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούμε σήμερα, κάτι που δεν ήταν τόσο εμφανές στα προηγούμενα χρόνια.

Σύμφωνα με τα δεδομένα του υπουργείου, τα πιο ενεργοβόρα κτίρια κατοικιών είναι οι μονοκατοικίες. Ο μέσος όρος της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας ανέρχεται σε 415,19 kWh ανά τετραγωνικό μέτρο, με την κατανάλωση να σχετίζεται με την ηλικία τους. Τα διαμερίσματα σε πολυκατοικίες, αντιθέτως, έχουν συνήθως χαμηλότερη κατανάλωση. Η μέση ετήσια ενεργειακή απαίτηση τους ανέρχεται σε 264,53 kWh ανά τ.μ. . Κάθε διαμέρισμα πουλκατοικίας καταναλώνει το χρόνο 174,44 kWh ανά τ.μ. για θέρμανση, 32,34 kWh ανά τ.μ. για ψύξη και 55,49 kWh ανά τ.μ. για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

Βάσει των αποτελεσμάτων των ενεργειακών επιθεωρήσεων για την περίοδο από το 2011 έως το 2019, παρατηρείται ότι 2 στα 3 κτίρια κατοικιών ανήκουν στις κατηγορίες ενέργειας E,Z και H. Αυτή η εικόνα αποκαλύπτει τις δυνατότητες για μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος των κτιρίων. Ως στόχος για την προσεχή δεκαετία μέχρι δηλαδή το 2032 περίπου έχει τεθεί η αναβάθμιση, κυρίως, των πολύ ενεργοβόρων κτιρίων που ανήκουν στις 2 τελευταίες κατηγορίες με ενεργειακή απόδοση Z και H. Ο στόχος είναι να επιτευχθεί η κατηγορία Γ, με μείωση της κατανάλωσης ενέργειας περίπου στο 50%.

Οι κυριότεροι λόγοι που οδηγούν στα ενεργειακά προβλήματα της Ελλάδας συνδέονται άμεσα με το λανθασμένο ενεργειακό μοντέλο που υιοθετεί. Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από υψηλή ενεργειακή ένταση και υψηλή εξάρτηση από πετρελαίου και λιγνίτη, τα οποία αποτελούν τα πιο ρυπογόνα καύσιμα. Τέλος, υπάρχει η άσκοπη κατανάλωση ενέργειας.

Η ακατάλληλη χρήση ενέργειας και η ύπαρξη ενεργειακής κρίσης παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ρύπανση και στην υποβάθμιση του φυσικού και κατασκευαστικού περιβάλλοντος. Αυτή η υποβάθμιση επηρεάζει εμμέσως τον άνθρωπο, καθώς οι επιπτώσεις εκδηλώνονται σε όλους τους τομείς των πόλεων όπως στα κτίρια, τους δημόσιους χώρους,τη φυσική και πολιτιστική κληρονομιά,την αρχιτεκτονική, το τοπίο, τις κοινωνικές σχέσεις και τις παραγωγικές δραστηριότητες.

1.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Ο άνθρωπος δεν έχει πάντα θετικό αποτέλεσμα στο περιβάλλον. Η παρέμβαση του ανθρώπου στο φυσικό περιβάλλον είναι εντονότερη μετά τη βιομηχανική επανάσταση και η αιτία είναι η οικονομική και τεχνολογική ανάπτυξη.

Η μεγάλη και συνεχής επέμβαση του ανθρώπου στο φυσικό περιβάλλον οδήγησε σε αμέτρητα και σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα. Αυτά τα προβλήματα είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος, η μόλυνση των υδάτων,η εκτροπή του οζονικού στρώματος,η καταστροφή της πανίδας και της

χλωρίδας, κτλ. Αυτά τα προβλήματα συνεχώς μεγαλώνουν αφού ανθρώπινο ποσοστό εθελotuφλεί μπροστά στον κίνδυνο του.

Συγκεκριμένα στην Ελλάδα, με την πάροδο του χρόνου, έχουν εμφανιστεί διάφορα προβλήματα στο περιβάλλον που επηρεάζουν αρνητικά την καθημερινότητα και θέτουν σε κίνδυνο ακόμη και τη δημόσια υγεία σε ολόκληρη τη χώρα.

Σημαντικό πρόβλημα για το περιβάλλον είναι και η ατμοσφαιρική ρύπανση, κυρίως πάνω από τις μεγαλουπόλεις, που προκαλεί μεγάλη ανησυχία. Με την ραγδαία αύξηση της τεχνολογίας επήλθαν και αρκετά προβλήματα, εκτός από τα πλεονεκτήματα που πρόσφερε.

Η περισσότερη χρήση ιδιωτικών οχημάτων και παράλληλα η κακή ποιότητα των καυσίμων, ήταν ένα από τα πρωταρχικά προβλήματα στη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου. Επιπλέον τεράστια οικολογικά προβλήματα δημιουργούν και οι πυρκαγιές. Κάθε χρόνο οι πυρκαγιές καταστρέφουν τεράστια στρέμματα δασών και πράσινου. Τα δάση, αποτελούν “εργοστάσιο” οξυγόνου του πλανήτη και η καταστροφή τους προσφέρουν μόνο αρνητικές συνέπειες στην ποιότητα του περιβάλλοντος.

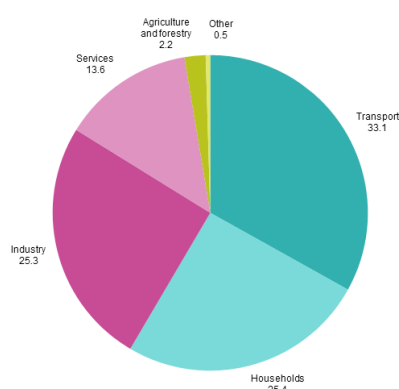
Επίσης τα απόβλητα, αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες της περιβαλλοντικής μόλυνσης. Ο όγκος αυτών καθημερινά ολοένα και αυξάνεται με ιλιγγιώδης ταχύτητες. Στις περισσότερες χωματερές δεν τηρούνται οι στοιχειώδεις προδιαγραφές της υγειονομικής ταφής, πράγμα που σημαίνει την συνεχή άνοδο του δείκτη επικινδυνότητας για τη δημόσια υγεία.

1.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΩΝ

Η ενέργεια, σε κάθε μορφή και τοποθεσία της, παίζει καθοριστικό ρόλο στην οικονομία και την ευημερία μιας χώρας. Οι διακυμάνσεις στην τιμή της ενέργειας μπορεί να επιφέρουν σοβαρές επιπτώσεις στην οικονομία και στην ποιότητα ζωής των κατοίκων της χώρας. Η μη σωστή χρήση της ενέργειας μπορεί να προκαλέσει πολλές αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον.

Στην Ευρώπη τα κτήρια καταναλώνουν το 40% της συνολικής ενέργειας, ενώ στην Ελλάδα ανέρχονται στο 43%, καταναλώνοντας το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας και διαθέτοντας το μεγαλύτερο δυναμικό εξοικονόμησης. Με την επέκταση του κτιριακού τομέα, αυξάνεται και η ενεργειακή του κατανάλωση. Επομένως, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης στα κτήρια είναι σημαντικό μέτρο για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

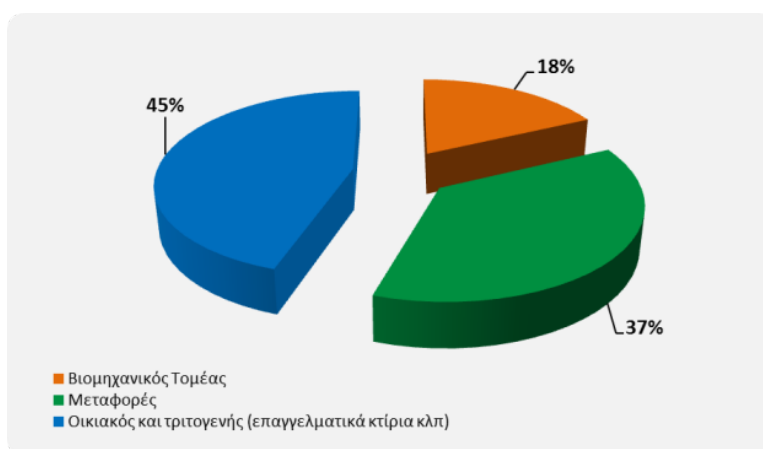
Μια ανάλυση της τελικής χρήσης ενέργειας στην ΕΕ-28 το 2015 δείχνει τρεις κυρίαρχες κατηγορίες: μεταφορές (33,1 %), νοικοκυριά (25,4 %) και βιομηχανία (25,3 %)



Note: figures do not sum to 100.0 % due to rounding.
Source: Eurostat (online data code: nrg_100a)

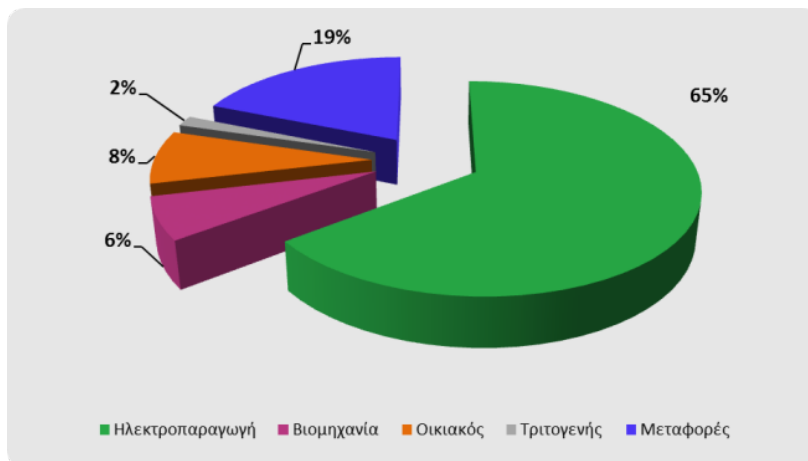
Εικόνα 1: Κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση 2015 (Πηγή: Eurostat)

Τα κτίρια, περιλαμβάνοντας τον οικιακό και τον τριτογενή τομέα, απορροφούν το 45% της συνολικής ενέργειας κατανάλωσης στην χώρα. Αυτό εκδηλώνεται μέσω της συμβολής τους στην κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά χρήση, κατά το έτος 2012.



Εικόνα 2: Κατανομή της τελικής ενέργειας κατανάλωσης ανά χρήση, το έτος 2012.

Ακόμα, τα ποσοστά εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ανά τις ενεργειακές καταναλώσεις των κτιρίων στην Ελλάδα, αντιστοιχούν στο 10% το έτος 2012.

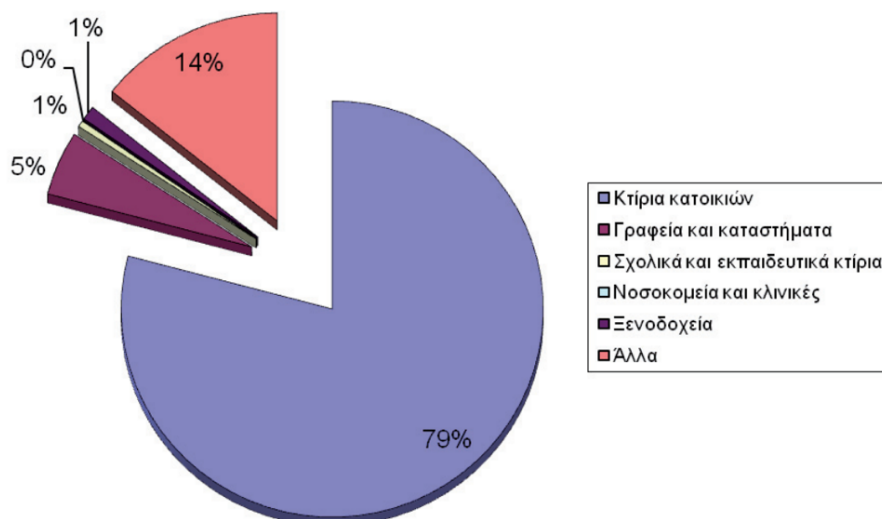


Εικόνα 3: Ποσοστά εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ανά ενεργειακό τομέα, το 2012.

Όπως φαίνεται και παρακάτω από το διάγραμμα, στην Ελλάδα τα κτίρια των κατοικιών ανέρχονται στο 79,1% του συνολικού πληθους των κτιρίων. Τα κτίρια εκτός των κατοικιών αντιστοιχούν περίπου στο 14% και τα γραφεία και τα καταστήματα, τα σχολικά και εκπαιδευτικά κτίρια, τα ξενοδοχεία και τα νοσοκομεία και κλινικές περίπου στο 7% του αποθέματος. (Δεκέμβρης 2018)

1.2.1 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων στην Ελλάδα παρουσιάζει μεγάλη αύξηση λόγω της χρήσης κλιματιστικών και μικροσυσκευών. Η χρήση των κλιματιστικών εξαιτίας των δυσμενών περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν το καλοκαίρι στην χώρα μας αποτελούν σημαντικό παράγοντα



Σχήμα 1: Ποσοστιαία κατανομή του κτιριακού αποθέματος με βάση τη χρήση

αύξησης του ηλεκτρικού φορτίου, με τεράστιες οικονομικές συνέπειες και σημαντική επιβάρυνση του καταναλωτή.[12]

Από στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής για την κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα που ανακοινωθήκαν το 2013, περίπου το 60% των κτιρίων που κατασκευάστηκαν πριν από το 1980, διαθέτουν ελλιπή ή και καθόλου θερμομόνωση με αποτέλεσμα να έχουν χαμηλή ενεργειακή απόδοση. Στην Ελλάδα, η κατανάλωση για τις ανάγκες της θέρμανσης βρίσκονται περίπου στο 70% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης, για θέρμανση χώρων, 17,3% για μαγείρεμα, 10,2% για ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές, 5,7% για ζεστό νερό χρήσης, 1,7% για φωτισμό, και 1,3% για ψύξη.[13][14]

Τα υφιστάμενα κτίρια κατοικίας καταναλώνουν στο περίπου 36% της ηλεκτρικής ενέργειας και συμβάλλουν κατά 32% περίπου στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Από παλαιότερες μελέτες, η τυπική κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση σε κτίρια κατοικιών πριν το 1980 είναι περίπου 140 kWh/m² σε μονοκατοικίες και 96 kWh/m² σε πολυκατοικίες, ενώ για τα νεότερα κτίρια εκτιμάται σε 92-123 kWh/m² και 75-94 kWh/m² , αντίστοιχα.[13][14]

Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ,

- 45,6% δεν διαθέτει κανένα είδος θερμομόνωσης
- 54,4% διαθέτει κάποιο είδος θερμομόνωσης, η οποία αναλύεται ως:
 - 26,0% διπλά τζάμια
 - 14,4% διπλά τζάμια και θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας
 - 1,4% διπλά τζάμια, θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας και άλλο είδος θερμομόνωσης
 - 1,0% διπλά τζάμια και άλλο είδος θερμομόνωσης
 - 6,3% θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας
 - 0,3% θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας και άλλο είδος θερμομόνωσης
 - 5,0% άλλο είδος θερμομόνωσης.

Το 2011 ξεκίνησε η εφαρμογή του KENAK και των TOTEE για την θερμομονωτική επάρκεια ενός κτιρίου τα καινούρια ή από την αρχή ανακαινιζόμενα κτίρια υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U), θερμογεφυρών (Ψ), και ο μέγιστος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας (U_m) του κτιρίου. Με σκοπό να διαθέτουν καλύτερα θερμομονωμένα εξωτερικά δομικά στοιχεία και μειωμένες θερμικές απώλειες (αφού πληρούν τις τιμές που επιτρέπονται).[13]

1.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

Οι τελευταίοι χρόνοι έχουν δείξει ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση υλοποιεί σημαντικές πρωτοβουλίες με στόχο την αποδοτικότερη χρήση ενέργειας και τη μείωση της γενικής ζήτησης ενέργειας. Όλες οι ανεπτυγμένες χώρες προσπαθούν για την εξοικονόμηση ενέργειας με την χρήση των ΑΠΕ αντικαθιστώντας τα συμβατικά καύσιμα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ως στόχο μακροπρόθεσμα οι κατοικίες να έχουν σχεδόν μηδενική κατανάλωσης ενέργειας (nZEB).

Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η μόνωση, ο προσανατολισμός και η αποδοτικότητα των συστημάτων θέρμανσης/ψύξης. Ένας βασικός δείκτης για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας αυτών των συστημάτων είναι ο συντελεστής απόδοσης (COP-Coefficient of Performance), που εκφράζει τη σχέση της παραγόμενης θερμικής ενέργειας προς την καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια. Όσο υψηλότερο το COP, τόσο πιο αποδοτικό είναι το σύστημα.

1.3.1 ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει εκδόσει τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες για την ενεργειακή απόδοση και είναι οι παρακάτω:

Οδηγία 2010/31/ΕΕ: ασχολείται με την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (αναδιατύπωση της Οδηγίας 2002/91/ΕΚ). Αυτή είναι η βασική νομοθετική πράξη στο επίπεδο της Ε.Ε. που αποσκοπεί στο να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση στα κτίρια στον Ευρωπαϊκό χώρο. Το κύριο στοιχείο της Οδηγίας αυτής για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων είναι η προώθηση των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας (nZEB). Σύμφωνα με το άρθρο 9 και παράγραφος 3, προβλέπεται ότι:

1. Έως τις 31 Δεκ. του 2020 όλα τα καινούρια κτίρια πρέπει να έχουν σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.
2. Επίσης, μετά την ημερομηνία 31/12/18, τα καινούρια κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή ανήκουν σε αυτές πρέπει να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.

Η Οδηγία 2010/31/ΕΕ ενσωματώθηκε στο εθνικό δίκαιο μέσω του Νόμου 4122/2013 για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων. Ο νόμος αυτό προβλέπει τα εξής, μεταξύ άλλων:

Α. Το Εθνικό Σχέδιο για κτίρια με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση(nZEB): Έχει τη δυνατότητα καθορισμού Εθνικού Σχεδίου με στόχους για την αύξηση του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας. Αυτά τα σχέδια μπορεί να περιλαμβάνουν διάφορους

στόχους ανάλογα με τη χρήση που θα έχει το κτίριο και υποβάλλεται στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (αρθ. 9, παρ. 2)

Β. Μέτρα και Χρηματοδοτικά Προγράμματα: Προβλέπεται η θέσπιση μέτρων, χρηματοδοτικών προγραμμάτων και άλλων μέσων με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης τόσο για καινούρια όσο και για υπάρχων κτίρια. Κατά τη θέσπιση κινήτρων, λαμβάνονται υπόψη οι καλύτερες επενδύσεις όσον αφορά στο κόστος και τα οφέλη που έχουν. (αρθ. 10, παρ 2.)

Οδηγία 2012/27/ΕΚ: αναφέρεται για την ενεργειακή αποδοτικότητα. Αυτή η οδηγία καθορίζει ένα ενιαίο πλαίσιο μέτρων με σκοπό να προωθήσει την ενεργειακή απόδοση εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο βασικός της στόχος είναι να επιτευχθεί ο αρχικός στόχος της Ένωσης για το έτος 2020, που προβλέπει να υπάρξει αύξηση της ενεργειακής απόδοσης κατά ποσοστό 20%. Συγχρόνως, η οδηγία αυτή στοχεύει στο να δημιουργήσει παραπάνω βελτίωσης στην ενεργειακή απόδοση, υπερβαίνοντας το χρονικό πλαίσιο του έτους 2020.

Ο στόχος της ενεργειακής απόδοσης για το 2020 είναι η καταναώση ενέργειας να είναι στα 18,4 Mtoe.

Το αρθ. 5 της Οδηγίας (ίδιο με το αρθ.7 του νόμου 4342/2015), εστιάζει στα κτίρια του δημόσιου τομέα, επικεντρώνοντας την προσοχή του στην ανακαίνιση του 3% του συνολικού εμβαδού μονωμένω θερμικά ή ψυχρά κτιρίων. Αυτά τα κτίρια είναι ιδιοκτησίας της κεντρικής δημόσιας διοίκησης και χρησιμοποιούνται από την ίδια.

Οδηγία 2018/844/ΕΕ για την Απόδοση Ενέργειας στην Ενεργειακή Κοινότητα (EPER): Αναθεώρηση της Οδηγίας 2012 /27 / ΕΕ έχει ως στόχο να προωθηθεί η ενεργειακή απόδοση μέσα από την ενεργειακή ανακαίνιση των υφιστάμενων κτιρίων.

Οδηγία 2018/2002/ΕΕ για την Επισήμανση Κτιρίων (EPREL): Αφορά την παροχή πληροφοριών σχετικά με το πως τα προϊόντα επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

Αυτές οι οδηγίες αποτελούν το νομικό πλαίσιο που οδηγεί τις προσπάθειες για να ενισχυθεί η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων στην Ε.Ε. .

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι οδηγίες αυτές υποβάλλονται σε τακτικές αναθεωρήσεις προκειμένου να εξελίσσονται ανάλογα με τις καινούριες εξελίξεις και τεχνολογίες στο κομμάτι της ενεργειακής απόδοσης.

1.3.2 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Για την εξοικονόμηση της ενέργειας στο τομέα των κτηρίων η χώρα προχώρησε στις απαραίτητες διαδικασίες για την ενσωμάτωση των Οδηγιών που αναφέρθηκαν παραπάνω στην εθνική νομοθεσία.

Πίνακας 1 : Θεσμικό Πλαίσιο – ενσωμάτωση με τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες

Ευρωπαϊκό πλαίσιο	Εθνικό πλαίσιο
	1980: Κανονισμός Θερμομόνωσης 2000: Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ)
Οδηγία 2002/91	2008: Ν. 3661/2008 2010: Ν. 3851/2010 2010: Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) 2010: Π.Δ. Ενεργειακών Επιθεωρητών
Οδηγία 2006/32	2008: Υ. Α. για τα δημόσια κτίρια 2008: 1 ^ο ΕΣΔΕΑ 2010: Ν. 3855/2010 2011: Υ. Α. για τις ESCOs 2011: 2 ^ο ΕΣΔΕΑ
Οδηγία 2010/31	2013: Ν. 4122/2013
Οδηγία 2012/27	2015: Ν. 4342/2015

Οδηγία 2002/91/ΕΚ – Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.):

Για την ενσωμάτωση της Οδηγίας 2002/91/ΕΚ στην ελληνική νομοθεσία, εγκρίθηκε ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), όπως προβλέπεται από τον νόμο 3661/2008 (αρθ. 3) . Ο κανονισμός αυτός δημιουργεί το πλαίσιο για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για τη θέρμανση, τη ψύξη, το κλιματισμό, το φωτισμό και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ). Ο σκοπός αυτός θα πετύχει μέσω ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού, χρήσης αποδοτικών υλικών , ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ).

Ο Κ.Εν.Α.Κ. καθορίζει τις απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση, προδιαγραφές για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και τα χαρακτηριστικά των υλικών του κτιρίου, περιεχόμενο μελέτης ενεργειακής απόδοσης και διαδικασίες επιθεώρησης. Τέλος, καθορίζει τη μορφή και τα στοιχεία του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης του Κτιρίου.

Οδηγία 2010/31/ΕΕ:

Η Οδηγία 2010/31/ΕΕ , όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί το κύριο νομοθετικό πλαίσιο σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης για την βελτίωση της ενεργειακής

απόδοσης των κτιρίων στην Ευρώπη. Η ελληνική νομοθεσία προσαρμόστηκε στις απαιτήσεις της εν λόγω Οδηγίας μέσω του νόμου 3661/2008. Σύμφωνα με την Οδηγία, από την 1^η Ιανουαρίου 2021, όλα τα καινούρια κτίρια πρέπει να είναι σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Η υποχρέωση αυτή ισχύει από την 1^η Ιανουαρίου 2019 για τα νέα κτίρια που χρησιμοποιούνται από υπηρεσίες του δημόσιου τομέα. Το εθνικό σχέδιο περιέχει τεχνικά χαρακτηριστικά για τα κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη τις εθνικές, περιφερειακές ή και τις τοπικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, περιλαμβάνει αριθμητικούς δείκτες χρήσης πρωτογενούς ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο κατά έτος (kWh/m²).

Οι κύριες διατάξεις του νόμου περιλαμβάνουν:

Ενεργειακός Έλεγχος: Καθορίζονται υποχρεώσεις για ενεργειακό έλεγχο και πιστοποίηση κτιρίων.

Λιγότερες Απαιτήσεις Ενεργειακής Απόδοσης : Ορίζονται λιγότερες οι απαιτήσεις της ενεργειακής απόδοσης για νέα και ανακαινισμένα κτίρια.

Ενεργειακή Σήμανση: Καθορίζεται η υποχρέωση ενεργειακής σήμανσης των κτιρίων.

Πιστοποίηση Επαγγελματιών: Καθορίζονται οι προϋποθέσεις για την πιστοποίηση επαγγελματιών που ασχολούνται με την ενεργειακή απόδοση κτιρίων.

Ενεργειακά Πιστοποιητικά: Παρέχονται πληροφορίες σχετικά με τα ενεργειακά πιστοποιητικά και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Επιπλέον, οι ρυθμίσεις του νόμου προβλέπουν κυρώσεις για τη μη συμμόρφωση με τις ενεργειακές απαιτήσεις και παρέχουν κίνητρα για την υλοποίηση μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια. Ο παραπάνω νόμος αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό εργαλείο για προώθηση της ενεργειακής απόδοσης και της βιωσιμότητας στον τομέα της οικοδομής στην Ελλάδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

Ο όρος «βιοκλιματική αρχιτεκτονική» ή «βιοκλιματικός σχεδιασμός» αναφέρεται στον σχεδιασμό του κτιρίου, εσωτερικά και εξωτερικά, λαμβάνοντας υπόψη το τοπικό κλίμα κάθε περιοχής. Αξιοποιώντας τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός επιδιώκει να δημιουργήσει ευχάριστες συνθήκες μέσα στο κτίριο, ενώ ταυτόχρονα ελαχιστοποιεί την κατανάλωση ενέργειας.

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική επιδιώκει την γρηγορότερη εξοικονόμηση ενέργειας μέσω του προσαρμοσμένου σχεδιασμού των κτιρίων στο περιβάλλον τους. Τα εν λόγω κτίρια είναι ενσωματωμένα στο περιβάλλον

τους, επιτρέποντας τη βέλτιστη αξιοποίηση των τοπικών συνθηκών και ικανοποιώντας τις ενεργειακές τους ανάγκες με τον ελάχιστο δυνατό καταναλωτικό χρήσιμ ενέργειας. (Κουβέλος και Νίκας, 2014)

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στοχεύει στη δημιουργία κτιρίων που είναι αποδοτικά, άνετα και βιώσιμα, εκμεταλλευόμενα τους φυσικούς πόρους και την κλιματική παράμετρο του περιβάλλοντος.

Τα καινούρια κτίρια που φτιάχνονται αλλά και αυτά που ανακαινίζονται, πρέπει όσο γίνεται να καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια μπορούν αυτή να δημιουργείται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, που το ενεργειακό ισοζύγιο να τείνει κοντά στο μηδέν. Εδώ παραθέτονται οι βασικές κατευθύνσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας μέσω επεμβάσεων στο εξωτερικό της κατοικίας, στο εσωτερικό της και στον περιβάλλοντα χώρο, επικεντρώνοντας στον σχεδιασμό, την κατασκευή και τις εγκαταστάσεις του, με στόχο τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου. Αφορούν ή καινούρια ή και υπάρχων κτίρια κατά συγκεκριμένη περίπτωση και δεν είναι πάντα δυνατόν να γίνουν, εξαιτίας των ιδιομορφιών κάθε κτιρίου (πχ. Θέση του κτιρίου, το σχήμα του οικοπέδου, η γειτνίαση κ.λπ.).

2.1 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Κατά τον σχεδιασμό ενός κτιρίου, οι αρχικοί παράγοντες που πρέπει να εξεταστούν είναι οι κλιματικές συνθήκες, περιλαμβάνοντας την εξωτερική θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία, την ηλιακή ακτινοβολία, τον άνεμο και τις βροχοπτώσεις.

Σημαντικό είναι να λαμβάνονται υπόψη οι μέσες μηνιαίες, ημερήσιες και ωριαίες τιμές θερμοκρασίας για κάθε μήνα του έτους. Η διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του ημερονυχτίου και το ετήσιο χρονικό διάστημα αποτελούν έναν από τους κύριους παράγοντες για την κατάλληλη επιλογή της μόνωσης και των ανοιγμάτων.

Η σχετική υγρασία ακολουθεί περίπου ίδια ημερήσια διακύμανση με τη θερμοκρασία, ωστόσο, έχει τις μεγαλύτερες τιμές το πρωί και τις χαμηλότερες τιμές το απόγευμα. Η σχετική υγρασία επηρεάζει σημαντικά την αίσθηση θερμικής άνεσης, κυρίως τους μήνες του καλοκαιριού. Σε περιοχές που έχουν υψηλά επίπεδα σχετικής υγρασίας, η θερμοκρασία θερμικής άνεσης είναι αρκετά πιο χαμηλή σε σχέση με τις περιοχές με χαμηλά επίπεδα. Σε περιοχές με μεγάλη σχετική υγρασία, είναι αδύνατο να υπάρξει δροσιά, ενώ σε περιοχές με χαμηλή σχετική υγρασία, μπορεί να μειώσει αρκετά την κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου.

Η τροχιά και η θέση του ήλιου, που εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και μήκος της περιοχής, είναι απαραίτητη για τη μελέτη του φυσικού φωτισμού του κτιρίου και της σκίασης του. Σε περιόδους με χαμηλές θερμοκρασίες η σκίαση πρέπει να μειώνεται για να γίνεται εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας στη θέρμανση εσωτερικών χώρων, ενώ σε περιόδους με υψηλές θερμοκρασίες η σκίαση είναι απαραίτητη.

Το να γνωρίζουμε την ταχύτητα και την κατεύθυνση που πάνε οι άνεμοι αλλά και την κατεύθυνση της βροχής είναι αρκετά σημαντικό, τόσο για το που θα τοποθετηθεί το κτίριο στο οικόπεδο, όσο και το που θα τοποθετηθούν τα ανοίγματα. Ακόμα, αποτελούν σημαντικά στοιχεία για το φυσικό φωτισμό αλλά και για την εγκατάσταση ηλιακών θερμικών συστημάτων και φωτοβολταϊκών να γνωρίζουμε σε πιο σημείο του κτιρίου χτυπάει ο ήλιος καθώς και οι νεφώσεις.

2.2 ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ

Ο προσανατολισμός αναδεικνύει την ηλιακή ακτινοβολία που λαμβάνει η κατοικία κατά τις διάφορες εποχές στο έτος και τις διάφορες ώρες μέσα στην ημέρα. Επιπλέον, προστατεύει από τους ανέμους στην περιοχή και μπορεί να τους εκμεταλλεύεται για τον φυσικό αερισμό. Σύμφωνα με τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, είναι επιθυμητό η μεγαλύτερη πρόσοψη της κατοικίας να είναι προσανατολισμένη προς το νότο. Ακόμα είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη το μικρόκλιμα της περιοχής κοντά στο κτήριο.

Ο προσανατολισμός επίσης σχετίζεται και από διάφορους παράγοντες όπως είναι:

- Η μορφολογία του εδάφους και το ανάγλυφο της περιοχής
- Τα φυσικά χαρακτηριστικά του τοπίου
- Το επίπεδο θορύβου από την κυκλοφορία
- Οι κλιματικές συνθήκες, κυρίως ο αέρας και η ηλιακή ακτινοβολία

2.2.1 ΘΕΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΗΛΙΟ

Στην επιφάνεια ενός κτιρίου η ποσότητα και η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει διαφέρει ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος της τοποθεσίας, την κλίση της έναντι του οριζόντιου επιπέδου, τον προσανατολισμό της, την εποχή και τις ατμοσφαιρικές συνθήκες. Η Ελλάδα καλύπτει γεωγραφικό πλάτος από 32 μοίρες στο νοτιότερο σημείο της έως 41 μοίρες στο βορειότερο σημείο της.

Στη βόρεια ημισφαίριο, η τροχιά του ήλιου έχει κλίση πάντα προς το Νότο. Έτσι, τα κτίρια που θερμαίνονται περισσότερο τον χειμώνα είναι αυτά με νότιο

προσανατολισμό που δέχονται κάθετα τις ακτίνες του ήλιου. Το χειμώνα, ο ήλιος έχει πορεία χαμηλότερα προς τον ορίζοντα, με αποτέλεσμα οι ακτίνες του να προσπίπτουν στη νότια πλευρά των κατοικιών σχεδόν κάθετα. Αυτό τα θερμαίνει, ενώ ταυτόχρονα ο ήλιος διεισδύει στους εσωτερικούς χώρους μέσα από τα νότια ανοίγματα, εφόσον δεν υπάρχουν εμπόδια, όπως κτίρια που βρίσκονται κοντά ή ψηλά δέντρα. Οι κοντινότερες αποστάσεις που εξασφαλίζουν πλήρη νότιο ηλιασμό καθορίζονται από το γεωγραφικό πλάτος της κάθε περιοχής.

Για παράδειγμα στα Βόρεια μέρη της χώρας μας όπως για παράδειγμα στην Θεσσαλονίκη το μεσημέρι της 21/12 που είναι στο χειμερινό ηλιοστάσιο οι αποστάσεις αυτές είναι σχεδόν οι διπλές από το ύψος του εμποδίου. Στο Νότιο κομμάτι της χώρας μας όπως για παράδειγμα στην Κρήτη είναι σχεδόν μιαμιση φορά μεγαλύτερες από το ύψος του εμποδίου.

Ο ήλιος κατά τους θερινούς μήνες κινείται ψηλά, πιο πάνω από τα κτίρια, με μικρότερη κλίση προς τον Νότο. Η ηλιακή ακτινοβολία πέφτει σχεδόν κατακόρυφα τις ώρες του μεσημεριού, είναι δηλαδή περίπου παράλληλη προς τη νότια πλευρά των κατοικιών. Έτσι, η νότια πλευρά μπορεί να σκιάζεται εύκολα από μικρές προεξοχές του κτηρίου ή από οριζόντιες σκιάστρες-προβολείς.

Άρα, η ιδανική μορφή για ένα κτίριο είναι αυτή που εκτείνεται κατά μήκος του άξονα από ανατολάς προς δύση. Αυτό προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότιο ημισφαίριο για τη συλλέγει περισσότερη ηλιακή θερμότητα τους χειμερινούς μήνες. Το ίδιο, η μεγαλύτερη όψη του κτιρίου και τα μεγαλύτερα ανοίγματα πρέπει να έχουν νότιο προσανατολισμό, ενώ στη βόρεια πλευρά του κτιρίου πρέπει να υπάρχουν συμπαγείς τοίχοι και όσο γίνεται μικρότερα ανοίγματα. Σε περίπτωση που το σχήμα του οικοπέδου ή άλλα εμπόδια δεν επιτρέπουν τη διαμόρφωση επίμηκου κτισμάτος κατά τον άξονα ανατολής-δύσης, τότε το κτίριο διαμορφώνεται έτσι ώστε να περιλαμβάνει "σπαστούς" όγκους που εξασφαλίζουν ηλιασμό το χειμώνα, ενώ η μεγαλύτερη όψη του κτιρίου πρέπει να έχει προσανατολισμό προς το νότο με απόκλιση έως 30 μοίρες ανατολικά ή δυτικά.

2.2.2 ΘΕΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΑΝΕΜΟ

Ένας ακόμα σημαντικός κλιματικός παράγοντας που είναι καθοριστικός για την θέση που θα έχει η κατοικία και τον προσανατολισμό μετά τον ήλιο είναι ο άνεμος της εκάστοτε περιοχής στις δυο εποχές. Ανάλογα με τη θέση της κάθε πλευράς του κτιρίου ως προς την κύρια κατεύθυνσή του ανέμου επηρεάζεται διαφορετικά. Η αύξηση της πίεσης του ανέμου οδηγεί στη βελτίωση της μεταφοράς θερμότητας λόγω της σύγκλισης αέρα μεταξύ του κελύφους και

της ατμόσφαιρας, επιτρέποντας στον αέρα να εισέλθει στο κτίριο μέσω των αρμών του κελύφους..

Σε κρύους ανέμους, παρατηρούμε μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας, ενώ σε ζεστούς ανέμους παρατηρείται αύξηση των εσωτερικών θερμικών φορτίων στο κτίριο. Για αυτό τον λόγο, είναι καλύτερη η έκθεση της μικρότερης πλευράς του κτιρίου προς την κατεύθυνση του ανέμου.

Στις πλευρές που προστατεύονται από την κατοικία, η ταχύτητα του ανέμου ελαττώνεται, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η μετάδοση θερμότητας. Σε αυτές τις πλευρές, ο αέρας που υπάρχει μέσα στο κτίριο διαφεύγει προς τα έξω μέσω των αρμών του κελύφους. Όταν το κτίριο έχει τη μεγαλύτερη πλευρά του προς την κατεύθυνση που έχει ο άνεμος, δημιουργούνται ανεμοφράκτες που προστατεύουν, είτε αποτρέποντας τον άνεμο είτε μειώνοντας την ταχύτητά του.

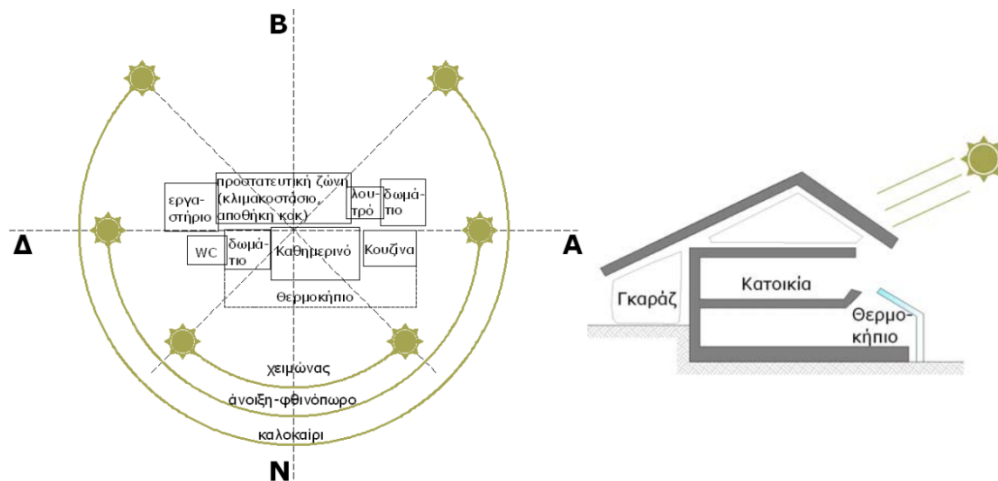
2.3 ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΡΡΥΘΜΙΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

Τα ανοίγματα στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου έχουν σημαντική επίδραση στις θερμικές απώλειες και κέρδη μιας κατοικίας. Προτείνονται μεγάλα ανοίγματα προς το νότιο τμήμα του κτιρίου γιατί αυτοί οι χώροι δέχονται αρκετό ήλιο κατά τους χειμερινούς μήνες(πχ. Γυάλινες επιφάνειες) και είναι πιο φωτεινοί, μεσαίου μεγέθους στις ανατολικές και δυτικές πλευρές, ενώ προς το Βόρειο πρέπει να είναι μικρότερα, δεδομένου ότι αυτή η πλευρά είναι πιο ψυχρή το χειμώνα. Τα ανοίγματα πρέπει επίσης να σχεδιαστούν έτσι ώστε να παρέχουν διαμπερή αερισμό, εξασφαλίζοντας τη φυσική κυκλοφορία του αέρα εντός της κατοικίας. Υπάρχουν δυο είδη μορφής κατοικίας:

Η ανοικτή μορφή κατοικίας, όπου τα ανοίγματα είναι μεγάλα και εκμεταλλεύεται την ηλιακή ακτινοβολία, υπάρχει υψηλό κίνδυνος για μεγάλες θερμικές απώλειες.

Η κλειστή μορφή κατοικίας, με μικρά ανοίγματα, έχει χαμηλές θερμικές απώλειες, αλλά δεν υπάρχει η μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση της ηλιακής

ακτινοβολίας, και ενδέχεται να λείπει η επιθυμητή θέα.



Εικόνα 4: Διάταξη χώρων στο εσωτερικό της κατοικίας (Πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010)

2.4 ΚΕΛΥΦΟΣ

2.4.1 ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΑΖΑ

Η πιο αποτελεσματικότερη «αποθήκη» της ηλιακής θερμότητας είναι το ίδιο το κτίριο και τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα δάπεδα, τους τοίχους και τις οροφές, όπως το σκυρόδεμα, η πέτρα, τα τούβλα και ο άργιλος, διαθέτουν υψηλή πυκνότητα και ειδική θερμότητα και να απελευθερώνουν αργά την ενέργεια αυτή, βοηθώντας έτσι στη διατήρηση ευνοϊκών θερμικών συνθηκών εντός του χώρου.

Σε άλλα λόγια, η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται άμεσα από το δάπεδο και τους γύρω τοίχους του κτιρίου, καθώς και έμμεσα από την οροφή με την κίνηση του ζεστού αέρα προς το επάνω μέρος.

Η μεγαλύτερη μάζα του κτιρίου επιτρέπει την αποθήκευση μεγαλύτερης ποσότητας θερμότητας, διατηρώντας τη θερμοκρασία του χώρου σταθερή για πολλές ώρες. Αυτό μειώνει την ανάγκη για εξωτερική θέρμανση το χειμώνα και εξωτερική ψύξη το καλοκαίρι.

2.4.2 ΘΕΡΜΟΝΩΣΗ

Για να εξασφαλιστεί η θερμική άνεση του κτιρίου για τους κατοίκους πρέπει να συνδυάζονται δυο σημαντικά χαρακτηριστικά :

1. Η θερμική μάζα να είναι επαρκή εσωτερικά και να κρατάει την ζέστη τους χειμερινούς μήνες και να διατηρεί την δροσιά το καλοκαίρι και
2. η καλής ποιότητα θερμομόνωση εμποδίζει την μεταφορά θερμότητας από μέσα προς τα έξω αλλά και αντριστρόφως.

Η θερμομόνωση του κελύφους επιβραδύνει τη μεταφορά θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο της κατοικίας προς τον εξωτερικό χώρο τους χειμερινούς μήνες και αντιστρόφως τους καλοκαιρινούς μήνες. Η θερμομόνωση τοποθετείται εξωτερικά της κατοικίας γιατί έτσι θα δημιουργηθεί ένα πλήρες και αποτελεσματικό φράγμα χωρίς να υπάρχουν οι θερμογέφυρες, που επιτρέπουν τη μετάδοση θερμότητας μεταξύ του κτιρίου και του περιβάλλοντος. Τα σημεία του κελύφους που είναι απαραίτητο να προστατεύονται είναι τα δομικά στοιχεία εκτός του κτιρίου, τα ανοίγματα και οι αρμοί.

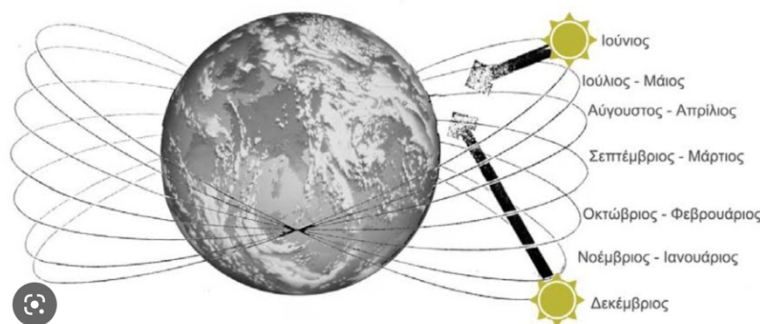
Οι επιφάνειες των κατασκευών οι οποίες έχουν μεγαλύτερη ανάγκη θερμομονωτικής προστασίας είναι η στέγη και το δώμα, γιατί τον χειμώνα ο ζεστός αέρας που υπάρχει στους εσωτερικούς χώρους ως πιο ελαφρύς πάει στις υψηλότερες ζώνες, ενώ το καλοκαίρι είναι πάλι αυτές που δέχονται κάθετα την ηλιακή ακτινοβολία και η εξωτερική επιφάνεια θερμαίνεται πάρα πολύ. Τα κουφώματα των ανοιγμάτων εξωτερικά των κτιρίων αποτελούνται από πλαίσια και υαλοπίνακες. Μια χειμερινή μέρα, οι υαλοπίνακες νότια του κτιρίου λειτουργούν ως παγίδα θερμότητας, βοηθώντας στη θέρμανση των χώρων από την ηλιακή ακτινοβολία.

2.4.3 ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ

Προτείνεται η χρήση κουφωμάτων με καλή θερμομόνωση και αεροστεγή χαρακτηριστικά, προσαρμοσμένων στις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Αυτά τα κουφώματα μπορούν να περιλαμβάνουν διπλά ή πολλαπλά τζάμια με χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας, ενώ η σωστή εγκατάσταση και συναρμογή τους απαιτείται για την επίτευξη αεροστεγανότητας και θερμομόνωσης. Επιπλέον, συνιστάται η χρήση ανεμοθραυστών σε βορεινές εισόδους για τη μείωση της εισροής αέρα.

2.4.4 ΣΚΙΑΣΗ

Η πορεία που ακολουθεί ο ήλιος κάθε μέρα, στο βόρειο ημισφαίριο είναι από την ανατολή προς την δύση με νότια τροχιά. Το ύψος αυτής της τροχιάς αλλάζει στη διάρκεια του χρόνου και πιο συγκεκριμένα το χειμώνα βρίσκεται σε πολύ χαμηλή τροχιά σε σχέση με το καλοκαίρι όπως θα παρατηρήσουμε στην εικόνα που ακολουθεί παρακάτω.



Εικόνα 5: Τροχιά του ήλιου

Η λύση σε αυτό είναι η χρήση σκιάστρων στην νότια πλευρά του κτιρίου και η χρήση κάθετων σκιάστρων στην ανατολική και δυτική πλευρά. Τα κάθετα σκιάστρα είναι συνήθως τα παντζούρια για να μπορούν να ανοίγουν τη μέρα και να κλείνουν το βράδυ. Τα οριζόντια σκιάστρα μπορούν να είναι τα αετώματα στη σκεπή, τέντα ή και πέργκολα.

Επίσης σκίαση μπορεί να παρέχει η βλάστηση στον εξωτερικό χώρο. Τα φυλλοβόλα δέντρα στο νότο και στη δύση είναι ιδανικά ώστε το καλοκαίρι να δημιουργούν σκιά. Το χειμώνα τα φύλλα τους θα πέφτουν και έτσι δεν θα δημιουργούν πρόβλημα στις ηλιακές ακτίνες να μπαίνουν στο κτήριο.

2.5 ΒΑΣΙΚΑ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2.5.1 ΘΕΡΜΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ

Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης συγκροτούνται από τοίχο που είναι κατασκευασμένος από υλικά όπου είναι υψηλής θερμοχωρητικότητας, τέτοια είναι η πέτρα, το σκυρόδεμα, τα τούβλα ή τα δοχεία με νερό ή άλλο υλικό. Η επιφάνεια τους εξωτερικά είναι σκουρόχρωμη για να πετυχαίνει η αύξηση της απορρόφησης του ήλιου. Στη συνέχεια, η ηλιακή ακτινοβολία που έχει απορροφηθεί θα μεταδοθεί στον εσωτερικό χώρο μέσω τριών βασικών μηχανισμών που είναι : η αγωγή, η ακτινοβολία και η συναγωγή.

Πιο συγκεκριμένα αυτοί οι τοίχοι διακρίνονται σε:

1. Τοιχοποιία μάζας είτε σε απλή κατασκευή είτε ως δοχεία νερού ή με υλικά αλλαγής φάσης.
2. Τοίχοι μάζας θερμοσιφωνικής ροής (τοίχοι Trombe-Michel) και,
3. Τοίχος νερού

Οι θερμικοί τοίχοι για καλύτερο αποτέλεσμα μπορούν να εφαρμόζονται σε τοιχοποιίες νότιου προσανατολισμού έως νοτιοδυτικού ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία τους.

Αναλυτικότερα, ο **τοίχος μάζας**, είναι νότιας τοιχοποιίας, που είναι κατασκευασμένος από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας όπως αυτά είναι για παράδειγμα η πέτρα, τα συμπαγή τούβλα και το σκυρόδεμα. Έχει αδρή επιφάνεια και σκούρο (θερμοαπορροφητικού) χρώμα, χωρίς εξωτερική θερμομόνωση. Η εξωτερική του επιφάνεια φέρει σε υαλοστάσιο μικρής απόστασης (10-15cm), για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας. Το υαλοστάσιο παγιδεύει την ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια του ήλιου, θερμαίνει τον αέρα στο διάκενο μεταξύ υαλοστασίου και τοίχου, μεταφέροντας θερμότητα στο εσωτερικό του χώρου. Επομένως, λειτουργεί ως θερμάστρα χαμηλής ενθαλπίας. Η λειτουργία του τοίχου μάζας καταδεικνύεται στην παρακάτω Εικόνα 3, όπου παρουσιάζεται η συλλογή ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας. (ΔΙΠΕ κ.α, 2000).

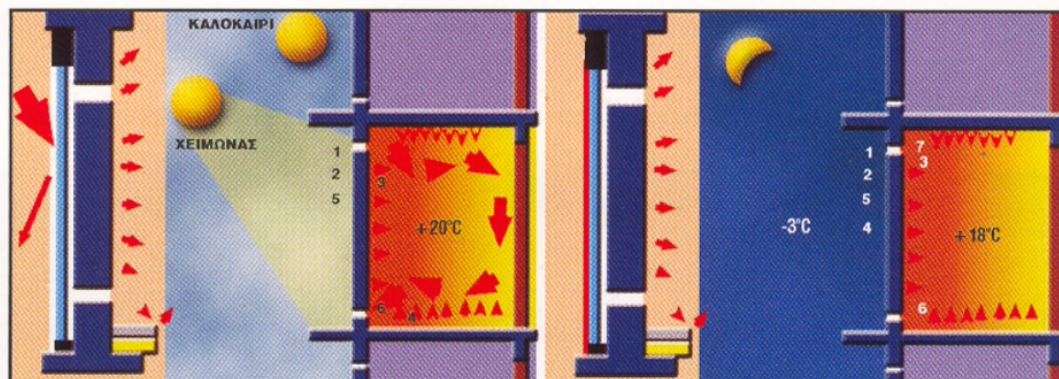


Εικόνα 6: Έμμεση αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας σε τοίχο μάζας, κατά την διάρκεια της μέρας και της νύχτας (ΔΙΠΕ κ.α, 2000)

Από τον καθηγητή F.Trombe πήρε την ονομασία ο **τοίχος Trombe** που είναι μια παραλλαγή του τοίχου μάζας, ο ίδιος ήταν αυτός που την κατασκεύασε πρώτος. Δηλαδή, είναι ένας τοίχος μάζας αποτελούμενος με κατανομημένες δύο σειρές από θυρίδες σε όλη την επιφάνεια της επάνω και κάτω ζώνης του. Επίσης, στον τοίχο Trombe υπάρχει το υαλοστάσιο, όπου παγιδεύει την ηλιακή ακτινοβολία που αυτή θερμαίνει τον αέρα που είναι στο κενό ανάμεσα της τοιχοποιίας και του υαλοστασίου καθώς και την ίδια την τοιχοποιία. Ο θερμός τοίχος εκπέμπει θερμότητα στο εσωτερικό του κτιρίου, όπως και ο τοίχος μάζας. Η διαφορά είναι ότι ο τοίχος Trombe, λειτουργεί αποθηκεύοντας το θερμό αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου, όπως το θερμοκήπιο.

Στη συνέχεια ο συγκεντρωμένος θερμός αέρας που υπάρχει στο διάκενο του τοίχου Trombe, είναι πιο ελαφρύς, πάει προς τα επάνω και συγκεντρώνεται στη πιο υψηλή περιοχή του διακένου. Αυτός ο αέρας εισέρχεται στο κτίριο από τις θυρίδες της ανώτερης ζώνης του κτιρίου. Αντίστοιχα από τις κατώτερες θυρίδες του κτιρίου εκπέμπεται ο κρύος αέρας του χώρου, που συγκεντρώνεται στο δάπεδο, προς το τοίχο Trombe. Έτσι γίνεται και πάλι η διαδικασία, ο ψυχρός αέρας με τη βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολία γίνεται θερμός, ανεβαίνει προς τα πάνω και εισέρχεται και πάλι στο κτίριο. Έτσι, γίνεται ένας

συνεχές κύκλος όπου ο τοίχος Trombe παρέχει ζεστό αέρα στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου. Τη διάρκεια της νύχτας όλες οι θυρίδες είναι κλειστές, ώστε να διακόπτεται το κύκλωμα. Η Εικόνα 4 παρουσιάζει πως αποθηκεύεται η ηλιακή ενέργεια στον τοίχο Trombe.



Εικόνα 7: Αποθήκευση ηλιακής ενέργειας σε τοίχο Trombe. Λειτουργία την ημέρα και την νύχτα (ΔΠΠΕ et al., 2000).

Ο **τοίχος νερού** είναι κάτι διαφορετικό από τα θερμοχωρητικά οικοδομικά υλικά, που έχει τη δυνατότητα να κατασκευαστούν θερμικοί τοίχοι και από νερό. Το νερό χρησιμοποιείται ως υλικό λόγω της μεγαλύτερης θερμοχωρητικότητάς του και της ικανοποιητικής θερμικής αγωγιμότητάς του. Ο τοίχος νερού έχει πιο γρήγορη θέρμανση σε όλο το πάχος του και μπορεί να αποθηκεύσει μεγάλα ποσά θερμότητας από ότι μπορεί ο τοίχος μάζας ή ο τοίχος Trombe. Βέβαια, ο τοίχος νερού κρυνώνει πιο γρήγορα και χρειάζεται και θερμοπροστασία εσωτερικά κατά την διάρκεια της νύχτας.

2.5.2 ΑΕΡΟΣΥΛΛΕΚΤΕΣ

Οι αεροσυλλέκτες είναι θερμοαπορροφητικές επιφάνειες, συνήθως μεταλλικές, σκουρόχρωμες, καλυμμένες με υαλοστάσιο σε κοντινή απόσταση, 2-5 εκατοστά απ' αυτή και τοποθετούνται στο νότιο μέρος του κτιρίου. Περιγράφεται ένα σύστημα που δεν απαιτεί θερμική μάζα για να λειτουργήσει και μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα σε ήδη υπάρχον κτίριο. Η λειτουργία του μοιάζει με αυτήν ενός ηλιακού θερμοσίφωνα, με τη διαφορά ότι δεν θερμαίνει νερό αλλά αέρα.

Ο αεροσυλλέκτης συλλέγει την ηλιακή ακτινοβολία με τη θερμοαπορροφητική του επιφάνεια και την αλλάζει σε ενέργεια θερμότητας, και με αυτό τον τρόπο θερμαίνει τον αέρα ανάμεσα στο διάκενο μεταξύ υαλοστασίου και επιφάνειας. Βασική προϋπόθεση είναι η καλή μόνωση της επιφάνειας απ' την πλευρά πίσω. Οι αεροσυλλέκτες όπως και ο τοίχος Trombe παρέχει κύκλωμα ζεστού αέρα στην εσωτερική τοιχοποιία. Κατά την εγκατάστασή του στον τοίχο, απαιτείται η δημιουργία κατάλληλων θυρίδων στον ενδιάμεσο τοίχο. Αν

είναι ανεξάρτητο από το κτίριο, ο αέρας μεταφέρεται σε αυτό μέσω καλά μονωμένων αγωγών.

Η καλύτερη απόδοση του αεροσυλλέκτη επιτυγχάνεται, όταν τοποθετείται κάθετα στην χειμερινή ακτινοβολία, δηλαδή έχει κλίσει 45 έως και 60 σε οριζόντιο επίπεδο, τις ώρες αιχμής. Κατά τους θερινούς μήνες, είναι σημαντικό ο αεροσυλλέκτης να παρέχει σκία και να εξασφαλίζεται η εξαερισμός μέσω κατάλληλων ανοιγμάτων στο πάνω και κάτω μέρος του υαλοστασίου. Επιπλέον, οι θυρίδες και οι αγωγοί μεταφοράς αέρα πρέπει να κλείνουν πλήρως, διακόπτοντας την κυκλοφορία αέρα από και προς τον αεροσυλλέκτη.

2.5.3 ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Το θερμοκήπιο είναι ένας κλειστός, υαλόφρακτος χώρος που προσαρτάται στο κτίριο στην νότια πλευρά του. Στην Ελλάδα και σε περιοχές με το κλίμα της Ελλάδας, ο θερμοκήπιο χρησιμοποιείται ως κλειστός χώρος μόνο κατά τη χειμερινή περίοδο, ενώ το καλοκαίρι μετατρέπεται σε υπαίθριο χώρο.

Το χειμώνα ο ήλιος μπορεί να διαπεράσει το υαλοστάσιο του θερμοκηπίου, γίνεται θέρμανση του εσωτερικού αέρα και των δομικών στοιχείων, που το χωρίζουν από το υπόλοιπο κτίριο δηλαδή οι ενδιάμεσοι τοίχοι και το δάπεδο και στη συνέχεια, αυτά μεταφέρουν τη θερμότητα στους εσωτερικούς χώρους. Στόχος του θερμοκηπίου είναι η διοχέτευση θερμού αέρα στο εσωτερικού του κτιρίου.

Σε διαφορετική προσέγγιση, ο θερμός αέρας του θερμοκηπίου είναι πιο ελαφρύς και πάει προς τα επάνω και μαζεύεται στην πιο ψηλή περιοχή του. Καθ' όλο το μήκος της επιφάνειας στο ψηλότερο σημείο του τοίχου υπάρχουν θυρίδες όπου εισάγουν τον αέρα του θερμοκηπίου στον εσωτερικό χώρο. Αντίστοιχα, υπάρχει και μια σειρά θυρίδων στο κατώτερο σημείο του διαχωριστικού τοίχου όπου μεταφέρει τον ψυχρό αέρα που υπάρχει στο εσωτερικό του κτηρίου προς το θερμοκήπιο. Αυτός ο αέρας θερμαίνεται, ανεβαίνει προς τα πάνω, λόγω ότι γίνεται πιο ελαφρύ και εισέρχεται πάλι στο κτίριο θερμός. Έτσι, γίνεται δημιουργείται ένα συνεχόμενο κύκλωμα που μεταφέρει το ζεστό αέρα από το θερμοκήπιο προς το εσωτερικό της κατοικίας κατά την διάρκεια του ήλιου.

Κατά τη διάρκεια του βραδιού όλες οι θυρίδες πρέπει να είναι κλειστές, προκειμένου να διακοπεί η κυκλοφορία του αέρα. Αυτό πρέπει να συμβεί γιατί το κύκλωμα παροχής αντιστρέφεται, δηλαδή ζεστένεται το θερμοκήπιο εις βάρος του κτιρίου.

Τέλος, ο θερμός αέρας μπορεί να εισέλθει στο κτίριο από τα κουφώματα στο διαχωριστικό τοίχο, που βρίσκεται μεταξύ θερμοκηπίου και εσωτερικού

χώρου, αρκεί βέβαια να είναι αρκετά και σωστά χωρισμένα στην επιφάνειά του.

2.5.4 ΠΡΑΣΙΝΟ ΔΩΜΑ

Πράσινο δώμα ονομάζονται εκείνα τα δώματα κτιρίων που αποτελούνται από βλάστηση. Με αυτό τον τρόπο αντικαθίσταται η ελλιπής πράσινη επιφάνεια του εδάφους που έχει καταστραφεί για την κατασκευή των κτιρίων. Τρία είναι τα τμήματα που αποτελούν ένα πράσινο δώμα:

- Το δομικό τμήμα: αποτελεί τη βάση της κατασκευής
- Το κηπευτικό τμήμα: αναφέρεται στον κήπο της στέγης και,
- Το φυτικό τμήμα: περιλαμβάνεται από φυτά.

Αυτά 3 τμήματα μπορούν να λειτουργήσουν ανεξάρτητα μεταξύ τους και να είναι από τελείως άλλα υλικά και συστάσεις, αλλά όμως εξαρτάται το ένα από το άλλο.

Τα συστήματα φύτευσης που έχουν αναπτυχθεί μπορούν να χωριστούν σε τρεις τύπους και είναι ανάλογα με την αντοχή και τη στατική επάρκεια του κτιρίου:

Εκτατικός τύπος

Αυτό είναι ένα σύστημα που εφαρμόζεται κυρίως στο εξωτερικό, που υπάρχουν στέγες που δεν είναι εύκολα προσβάσιμες, σε κτίρια που δεν μπορούν να έχουν πρόσθετο φορτίο βλάστησης ή σε πράνη. Η επιλογή των φυτών, είναι κυρίως φυτά εδαφοκάλυψης, όπως είναι το γρασίδι και ποώδη, όπως ποικιλία sedum, αντέχουν στο κρύο και στους ανέμους, έχουν λίγο βάρος και δεν έχουν κάποια ιδιαίτερη συντήρηση. Επιπλέον απαιτούν μικρό βάθος, περίπου 2,5-10cm βάθος χώματος.

Ημιεντατικός τύπος

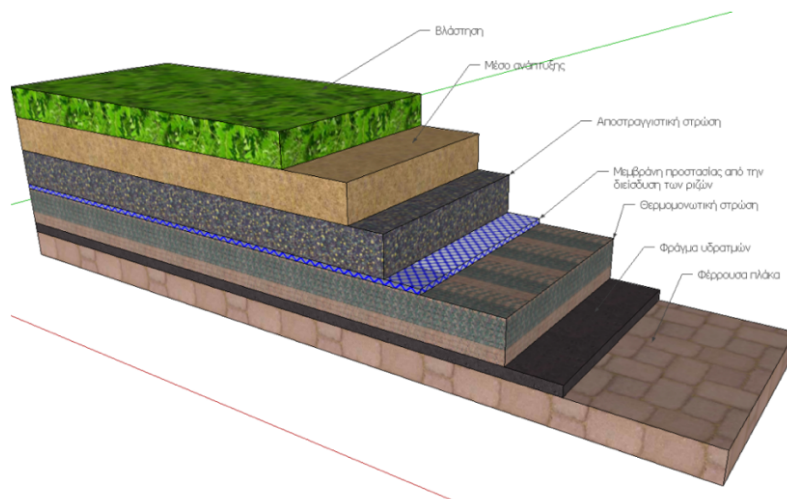
Είναι ένα σύστημα που έχει τη δυνατότητα να διασφαλίσει τη δημιουργία ενός κήπου ή ενός τοπίου, που θα έχει χρώματα σε όλη τη διάρκεια του χρόνου. Για να επιτευχθεί αυτό, συνήθως, κάνουν χρήση σε φυτά εδαφοκάλυψης, χαμηλούς θάμνους ή χλοοτάπητα, που χρειάζονται περιοδική συντήρηση και άρδευση.

Εντατικός τύπος

Αυτό το σύστημα αφορά τον παραδοσιακό τύπο κήπου σε δώμα, που για να διαμορφωθεί απαιτείται πολύ πιο μεγάλο φορτίο, πιο συχνή συντήρηση και άρδευση και έχει τη δυνατότητα να τοποθετηθούν διάφορα φυτά, θάμνοι

αλλά και δέντρα. Άρα, έχουν τη δυνατότητα να δημιουργηθούν κήποι με υψηλή βλάστηση, συμπεριλαμβανομένου υδάτινου στοιχείου, και μπορούν να κατασκευαστούν μονοπάτια ή ακόμα και να τοποθετηθούν αστικοί εξοπλισμοί. Για την ανάπτυξη των δέντρων σε αυτού του τύπου το δώμα το ελάχιστο βάθος χώματος που απαιτείται είναι 30cm.

Η κατασκευή ενός πράσινου δώματος, μπορεί να έχει μια παράπανω οικονομική επιβάρυνση, αλλά είναι αποδεδειγμένο ότι μπορεί να προσφέρει πολλά οφέλη στα κτίρια αλλά και να συμβάλλει στο αστικό περιβάλλον των μεγάλων πόλεων. Ακόμα, πολύ σημαντικά είναι τα οικονομικά οφέλη που αποδίδει, δηλαδή την ελάττωση της ενεργειακής κατανάλωσης για την ψύξη και θέρμανση. Επομένως, το πράσινο δώμα ενισχύει τη θερμομόνωση, μειώνοντας τις ενεργειακές απώλειες και τις ανταλλαγές θερμοκρασιών με το περιβάλλον. Λόγω της υψηλής θερμικής μάζας των κηπευτικών στρώσεων, η θερμοχωρητικότητα ενός φυτεμένου δώματος είναι σημαντικά αυξημένη σε σύγκριση με αυτήν του συμβατικού. Κατά τους θερινούς μήνες, τα φυτά παρέχουν πλήρη σκίαση στην επιφάνεια του δώματος, αποτρέποντας τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας και διασφαλίζοντας χαμηλές θερμοκρασίες στο εσωτερικό. Επιπλέον, με τη διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής, τα φυτά παρέχουν ψυκτικά φορτία που προσφέρουν δροσισμό. Έως και 30% μπορεί να είναι η εξοικονόμηση ενέργειας σε θέρμανση το χειμώνα και ψύξη το καλοκαίρι.



Εικόνα 8: Τυπική διαστρωμάτωση μιας φυτεμένης οροφής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ/ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

3.1 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ

3.1.1 ΕΛΛΑΔΑ

Η Ελλάδα βρίσκεται στα νοτιοανατολικά της Ευρώπης και αποτελεί τη νοτιότερη χώρα της Βαλκανικής χερσονήσου. Το κλίμα της μπορεί να χαρακτηριστεί ως μετριογειοτροπικό το οποίο έχει τα καλοκαίρια υψηλές θερμοκρασίες και ξηρό καιρό και το χειμώνα πιο χαμηλές θερμοκρασίες και βροχές, κυρίως στα βόρεια της χώρας. Βέβαια η Ελλάδα διακρίνεται από την ποικιλία του εδάφους και τις υψομετρικές της διαφορές, που οδηγούν σε ποικίλες κλιματικές συνθήκες ανά περιοχή.

Το κλίμα χωρίζεται σε δυο ζώνες, Οκτώβρη με Μάρτη που απαρτίζεται από βροχές και κρύο και Απρίλιο με Οκτώβρη με ζέστη και υγρασία.

Κυρίως τον Ιανουάριο και Φεβρουάριο οι μέσες ελάχιστες θερμοκρασίες είναι από 5-10°C στις περιοχές όπου υπάρχει κοντά η θάλασσα, στις ηπειρωτικές περιοχές από 0-5°C και στις βόρειες με ορεινές περιοχές κάτω του 0°C.

Τη θερμή περίοδο ο καιρός θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σχετικά σταθερός. Οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες αρχίζουν στο τέλος του Ιουλίου. Η μέση θερμοκρασία είναι από 25-35°C.

3.1.2 ΚΡΗΤΗ

Το κλίμα στην Κρήτη είναι μεσογειακό, που σημαίνει ότι έχει ζεστά και ξερά καλοκαίρια και βροχερούς και ήπιους χειμώνες.

Το καλοκαίρι στην Κρήτη οι θερμοκρασίες μπορούν να ανεβούν πολύ ψηλά, κυρίως τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, η μέση ημερήσια θερμοκρασία συχνά υπερβαίνει τους 30°C.

Οι χειμερινοί μήνες είναι ήπιοι στην Κρήτη. Οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες από το καλοκαίρι, αλλά συνήθως δεν πέφτουν κάτω από τους 10°C. Τον χειμώνα οι βροχές είναι πιο συχνές, και οι περιοχές του νησιού παρουσιάζουν πράσινο τον χειμώνα.

Οι θερμοκρασίες την άνοιξη και το φθινόπωρο είναι ήπιες, και οι πολλές φυτοκομικές καλλιέργειες της Κρήτης ανθίζουν κατά τη διάρκεια αυτών των εποχών.

Τα κλιματικά χαρακτηριστικά μπορεί να ποικίλουν κάπως ανάλογα με τη γεωγραφική τοποθεσία εντός της Κρήτης. Ορισμένες περιοχές μπορεί να είναι πιο υγρές ή πιο ξηρές από άλλες.

3.1.3. ΧΑΝΙΑ

Το κλίμα στα Χανιά, που βρίσκονται στη δυτική πλευρά της Κρήτης, είναι υποτροπικό Μεσογειακό, παρόμοιο με το γενικό κλίμα του νησιού.

Το καλοκαίρι είναι ζεστό και ξηρό, με υψηλές θερμοκρασίες που μπορεί να φτάσουν πάνω από τους 30°C. Οι ηλιόλουστες μέρες κυριαρχούν κατά τη διάρκεια αυτής της εποχής.

Ο χειμώνας είναι ήπιος, με μετριότερες θερμοκρασίες από το καλοκαίρι. Οι μέγιστες θερμοκρασίες τον χειμώνα στα Χανιά συνήθως κυμαίνονται από 13°C έως 17°C. Οι βροχές είναι πιο συχνές αυτήν την εποχή.

Την άνοιξη και το φθινόπωρο είναι ευχάριστο, με μέτριες θερμοκρασίες.

Η θάλασσα στα Χανιά είναι θερμή κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, με θερμοκρασίες που συνήθως κυμαίνονται από 20°C έως 25°C.

3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η κατοικία όπου θα γίνει η προσομοίωση είναι αρκετά μεγάλη και χωρίζεται σε δύο επίπεδα με συνολική επιφάνεια κτιρίου 100τ.μ. περίπου και συνολικό εμβαδό οικοπέδου 500τ.μ. , η οποία βρίσκεται στην περιοχή του Πλατανιά 11 σχεδόν χλμ. μακριά από το κέντρο των Χανίων.

Σημαντικό να τονιστεί ότι η κατοικία ανήκει σε έναν συνολικό οικιστικό συγκρότημα, ενώ παράλληλα διαθέτει αυτοτελή χαρακτήρα, καθώς δεν έχει κοινό τμήμα με κανένα άλλο κτίριο. Όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες ο

προσανατολισμός του οικοπέδου είναι Βόρειος, ενώ του κτίσματος Ανατολικός.



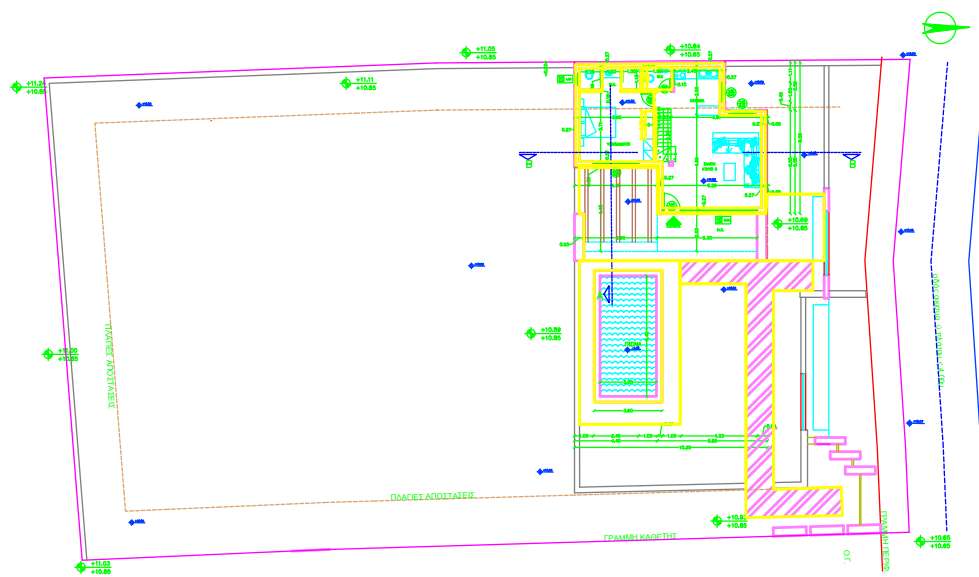
Εικόνα 9: Τοποθεσία Κτιρίου/ Κίτρινο περίγραμμα: Οικόπεδο μελέτης



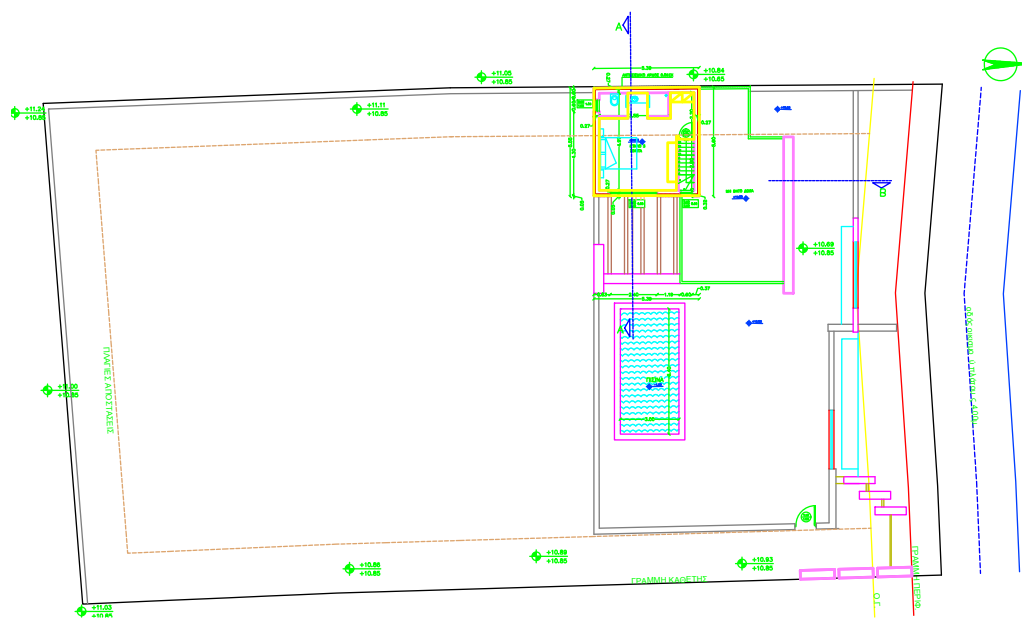
Εικόνα 10: Τοποθεσία Κτιρίου, κόκκινο περίγραμμα κτήριο μελέτης

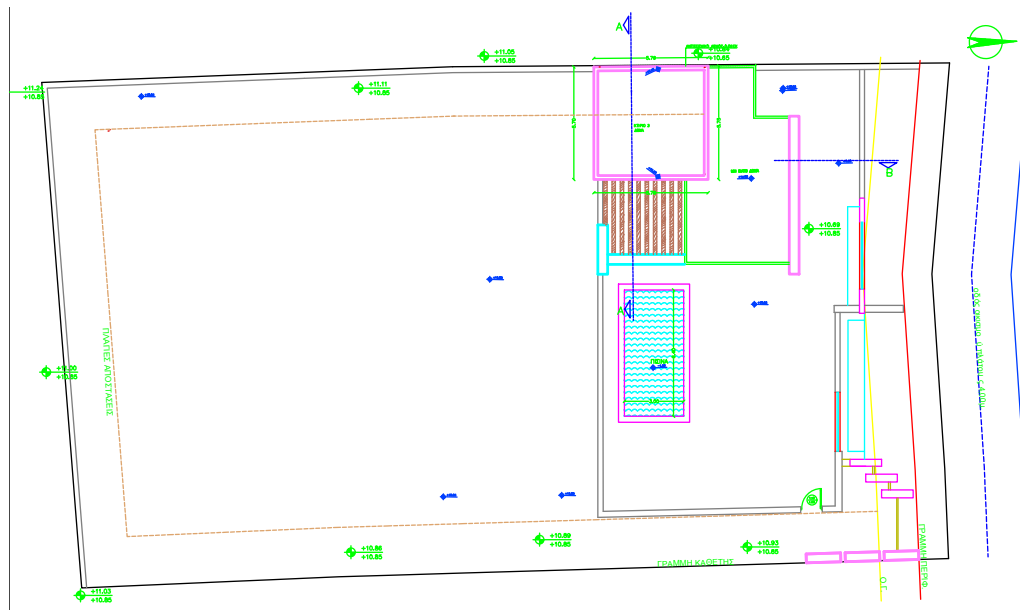
3.2.1 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η εσωτερική διαρρύθμιση του κτίσματος χωρίζεται σε 2 ορόφους αποτελούμενους από το ισόγειο που περιέχει την κύρια κρεβατοκάμαρα με ιδιωτικό μπάνιο, το καθιστικό με την κουζίνα και ένα WC. Στον 1^ο όροφο του κτιρίου υπάρχει ακόμα μια κρεβατοκάμαρα με ιδιωτικό μπάνιο και ένα μεγάλο μπαλκόνι. Παρακάτω υπάρχουν οι κατόψεις του κτιρίου:

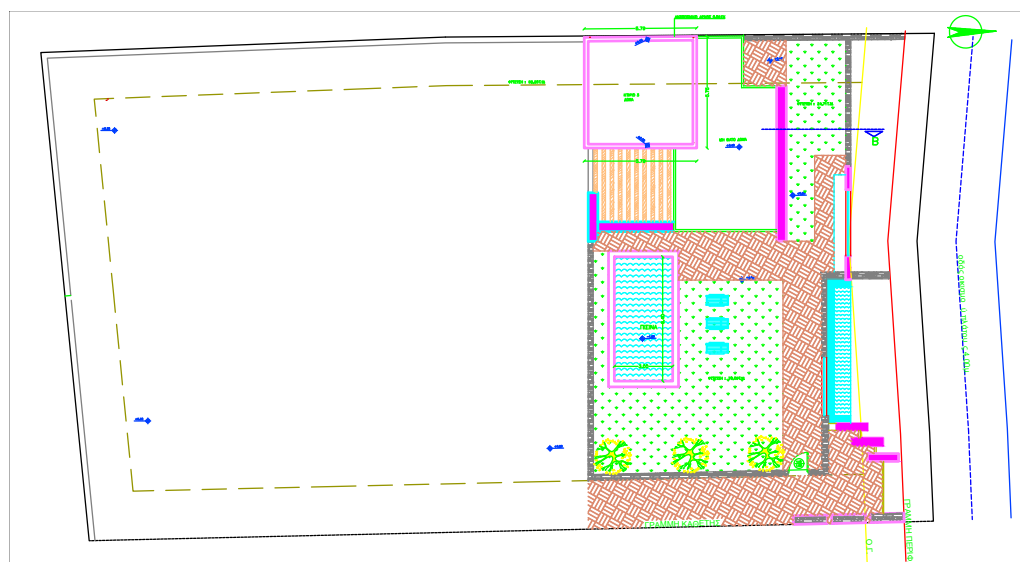


Εικόνα 11: Κάτοψη Ισογείου





Εικόνα 13: Κάτοψη Δόματος



Εικόνα 14: Κάτοψη Περιβάλλοντα Χώρου

Όσον αφορά την κατασκευή του κελύφους, είναι σιδηροκατασκευή και γυψοσανίδα και εξωτερικά σε κάποια σημεία έχει γίνει επένδυση με πέτρα. Τα κουφώματα σε όλο το κτίριο είναι αλουμινίου.

3.3 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ REVIT

3.3.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Το Revit ανήκει στην εταιρία της Autodesk είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα προγράμματα Building Information Models σήμερα. Το περιβάλλον του

λογισμικού Revit μπορεί να δημιουργήσει μοντέλα αντλώντας διάφορες πληροφορίες όπως είναι δομικές, φυσικές, μηχανολογικές και άλλες.

Όσον αφορά την ενεργειακή ανάλυση, με τη χρήση υπάρχουσων λίστων υλικών, συστημάτων και άλλων παραμέτρων, παρέχεται η δυνατότητα στους ερευνητές να πραγματοποιήσουν μια πιο ακριβή ανάλυση ενός κτιρίου, να καταλάβουν ενδελεχώς το ενεργειακό μοντέλο και να προβούν σε τροποποιήσεις στα δεδομένα όπου κρίνεται απαραίτητο. Μέσα από αυτή την διαδικασία θα υπάρξει το καλύτερο αποτέλεσμα για ένα κτίριο ώστε να είναι αποδοτικό με ελάχιστες εκπομπές CO₂ το έτος.

3.3.2 Μοντέλο REVIT

Το μοντέλο REVIT δίνει την δυνατότητα στο μηχανικό που το χρησιμοποιεί να διαχειρίζεται ολόκληρα κτίρια, κατασκευές και 3D σχέδια.

Μέσα από το πρόγραμμα μπορούν να δημιουργηθούν ακριβή μοντέλα από απλά έπιπλα καθημερινής χρήσης έως πολύπλοκα συστήματα φωτισμού και διάφορες κατασκευές αρχιτεκτονικού τύπου. Επίσης μπορούν να εισαχθούν και έτοιμα πρότυπα από άλλα προγράμματα.

Αυτό το μοντέλο περιέχει πολλές πληροφορίες επίσης για τη γεωμετρία, τα υλικά, τα εξαρτήματα, τα συστήματα και άλλα χαρακτηριστικά του κτιρίου. Οι πληροφορίες που περιλαμβάνει αναλύονται παρακάτω:

1. Γεωμετρία: Ο τύπος, το σχήμα και οι διαστάσεις των διαφόρων στοιχείων της κατοικίας, όπως είναι τα πατώματα, οι τοίχοι αλλά και οι οροφές.
2. Υλικά: Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για κάθε στοιχείο του κτιρίου, όπως το ξύλο, το μέταλλο, το τσιμέντο κ.λπ.
3. Εξαρτήματα: Όλα τα εξαρτήματα του κτιρίου, όπως παράθυρα, πόρτες, σκάλες, ανελκυστήρες, συστήματα θέρμανσης/ψύξης κ.λπ.
4. Συστήματα: Τα διάφορα συστήματα που υπάρχουν στο κτίριο, όπως το ηλεκτρικό, το υδραυλικό, του αερισμού, το φωτισμό κ.λπ.
5. Ανάλυση και Προσομοίωση: Οι πληροφορίες από ενεργειακές αναλύσεις, προσομοιώσεις, ανάλυση επιπτώσεων σε περίπτωση πυρκαγιάς κ.λπ.

Αυτό το μοντέλο αποτελεί μια συνολική και διασυνδεόμενη αναπαράσταση του κτιρίου, που βοηθά τους σχεδιαστές, τους μηχανικούς και τους αρχιτέκτονες να συνεργάζονται αποτελεσματικά, να λαμβάνουν αποφάσεις και να παράγουν τα απαραίτητα σχέδια, αναλύσεις και τεκμηριώσεις για το κτίριο.

3.3.3. RENDERING

Όταν δημιουργηθεί το μοντέλου ενός κτιρίου στο λογισμικό του Revit έχει ο χρήστης την δυνατότητα να κατασκευάσει μια ρεαλιστική εικόνα του σχεδίου. Αυτό επιτρέπει να προβάλετε ο σχεδιασμός και η αισθητική του κτιρίου σε υψηλή ποιότητα και λεπτομέρεια. Χρησιμοποιώντας τα έτοιμα στοιχεία του προγράμματος όπως τοίχους, παράθυρα, πατώματα και άλλα ώστε το σχέδιο να γίνει πιο ρεαλιστικό. Επίσης, στην ψηφιακή απεικόνιση υπάρχει και η δυνατότητα να προσδιοριστεί ο προσανατολισμός, η φωτεινότητα και η ένταση των γραφικών.

Ορισμένα βήματα για να εκτελεστεί το Rendering στο Revit είναι:

1. Προετοιμασία του Μοντέλου: Να προστεθούν λεπτομέρειες όπως υλικά, φωτισμό, παράθυρα και πόρτες στο μοντέλο 3D.
2. Επιλογή της Σκηνής: επιλογή της προοπτικής και της σκηνής που θα απεικονιστεί. Ρύθμιση της θέσης της κάμερας και τη γωνία θέασης.
3. Ρυθμίσεις Rendering: Ρύθμιση τις επιλογές rendering, όπως τον τύπο του φωτισμού, την ποιότητα της εικόνας, τα υλικά και τις σκιές.
4. Εκτέλεση του Rendering: Με την εκτέλεση το Revit θα δημιουργήσει μια φωτορεαλιστική εικόνα βασισμένη στις ρυθμίσεις που καθορίστηκαν.
5. Προεπισκόπηση και Αποθήκευση: Προεπισκόπηση της εικόνας και αν δεν είναι ικανοποιητικό το αποτέλεσμα, μπορεί να προσαρμοστεί με βάση τις ρυθμίσεις και να εκτελεστεί ξανά.

3.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΤΟ REVIT

Η ενεργειακή προσομοίωση στο Revit επιτρέπει να αξιολογηθεί η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Διεξάγει αναλύσεις για την κατανάλωση ενέργειας, τη θερμοκρασία, τον φωτισμό και άλλες παραμέτρους. Για να ξεκινήσει η ενεργειακή προσομοίωση θα πρέπει ρυθμιστούν οι σωστές παραμέτρους του μοντέλου κτιρίου όπως τα παράθυρα, οι πόρτες, οι μονωτικές ύλες κ.α.

Για να πραγματοποιηθεί η ενεργειακή προσομοίωση ενός κτιρίου, πρέπει προηγουμένως να έχει γίνει ο σχεδιασμός του. Στο πλαίσιο της ενεργειακής προσομοίωσης στο λογισμικό του Revit, μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε οι κτιριακοί όγκοι (conceptual masses) είτε τα λεπτομερή στοιχεία ενός κτιρίου (building elements) που έχει σχεδιαστεί στο πρόγραμμα, ή και τα δύο μαζί.

Κατά την διαδικασία του σχεδιασμού καλό θα είναι να γίνεται η ενεργειακή προσομοίωση του κτιρίου ώστε αυτοί που θα το μελετήσουν να παίρνουν τις καλύτερες επιλογές για την σχεδίαση του όσο αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας.

Σε πρώτο στάδιο για την ενεργειακή προσομοίωση θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν οι κτιριακοί όγκοι (conceptual masses). Το αποτέλεσμα θα βοηθήσει τον μελετητή για την επιλογή του σχήματος του κτιρίου, το μέγεθος που θα έχουν τα ανοίγματα και τον προσανατολισμό του κτιρίου. Στο τέλος των προσομοιώσεων γίνονται τα προτεινόμενα σχέδια και να απορριφθούν αυτά με την λιγότερη βιωσιμότητα.

Σε επόμενα στάδια του σχεδιασμού της κατοικίας, θα γίνει η εκτέλεση της ενεργειακής προσομοίωσης χρησιμοποιώντας με λεπτομέρεια το μοντέλο (building elements) που θα έχει αναλυτικά τα στοιχεία του κτιρίου όπου αυτά είναι οι τοίχοι, η στέγη, το δάπεδο και τα παράθυρα.

Τέλος, μπορεί να πραγματοποιηθεί ενεργειακή προσομοίωση χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο που περιλαμβάνει τόσο κτιριακούς όγκους όσο και λεπτομερώς σχεδιασμένα κτίρια (building elements and conceptual masses). Αυτή η επιλογή μπορεί να επιλεγεί όταν δεν έχουν ληφθεί οριστικές αποφάσεις σχετικά με το σχήμα ή τη χρήση υλικών για το συνολικό κτίριο. Εκτελώντας την ενεργειακή προσομοίωση με αυτή τη διπλή λειτουργία, επιτρέπεται ο έλεγχος της ενεργειακής απόδοσης του μοντέλου σε αυτήν την συγκεκριμένη φάση.

Για να εκτελεστέ η ενεργειακή προσομοίωση στο Revit χρησιμοποιείται η εντολή "Energy Analysis". Στο τέλος της ενεργειακής προσομοίωσης μπορούν να υπάρξουν βελτιώσεις στο κτίριο, για να είναι ενεργειακά αποδοτικό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΣΤΟ REVIT

Σε αυτό το κεφάλαιο θα περιγράφει λεπτομερώς η διαδικασία που ακολουθείται για την εκτέλεση της ενεργειακής ανάλυσης στο πρόγραμμα του Revit. Στο πρόγραμμα θα καθοριστούν οι ενεργειακοί παράμετροι του κτιρίου.

4.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ

Για να ξεκινήσει η διαδικασία της εκτέλεσης θα πρέπει πρώτα να έχει σχεδιαστεί το κτίριο στο Revit. Πρώτα θα σχεδιαστούν οι πλάκες, οι τοίχοι, τα πατώματα και μετά τα ανοίγματα και τα υπόλοιπα στοιχεία του κτιρίου. Στη συνέχεια θα οριστεί οι συντεταγμένες του κτιρίου ώστε να επιλεγεί ο κατάλληλος μετεωρολογικός σταθμός. Ο σταθμός που επιλέχθηκε είναι κοντά

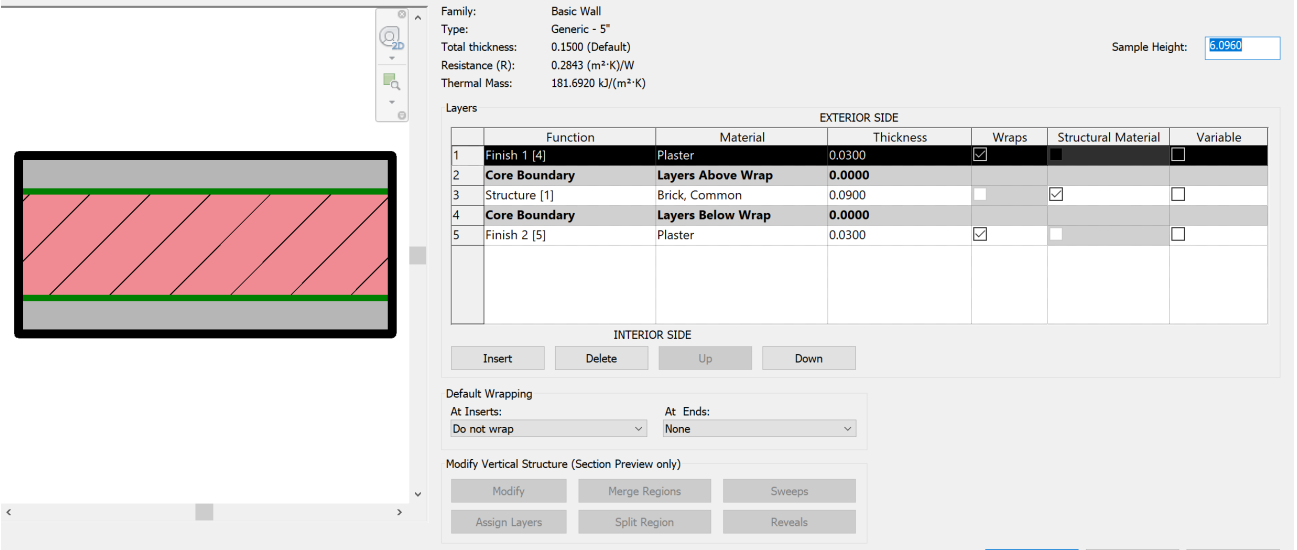
στον Πλατανιά. Τέλος θα εισάγουμε τους παραμέτρους για την ενεργειακή ανάλυση.

4.1.1 ΘΕΡΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΤΗΡΙΟΥ

Αρχικά έγινε ένας έλεγχος των ήδη υπάρχων τοίχων, δαπέδων ,πλάκα οροφής και ανοιγμάτων με τα ήδη υπάρχων υλικά τους: το πάχος(thickness), τη θερμική αγωγιμότητα(thermal conductivity), τη θερμοχωρητικότητα(specific heat) που καθορίζονται σε κάθε επίπεδο(layer). Αυτό συμβαίνει ώστε τα αποτελέσματα που θα αντλήσουμε να είναι τα ρεαλιστικά. Για να καθορίσουμε τα θερμικά χαρακτηριστικά ακολουθείται η διαδικασία:

1. Επιλέγουμε ένα στοιχείο από το κτήριο όπως τοίχος, δάπεδο ή δώμα
2. Στο Properties palette επιλέγουμε το Edit Type -> Structure ώστε να προσαρμόσουμε στο στοιχείο τα υλικά-στρώματα, το πάχος

Στους εσωτερικούς και εξωτερικούς τοίχους επιλέχθηκαν τα παρακάτω υλικά-στρώματα και πάχη:



Family: Basic Wall
Type: Generic - 5"
Total thickness: 0.1500 (Default)
Resistance (R): 0.2843 (m²·K)/W
Thermal Mass: 181.6920 kJ/(m²·K)

Sample Height: 5.0960

EXTERIOR SIDE					
	Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material
1	Finish 1 [4]	Plaster	0.0300	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Core Boundary	Layers Above Wrap	0.0000		
3	Structure [1]	Brick, Common	0.0900	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Core Boundary	Layers Below Wrap	0.0000		
5	Finish 2 [5]	Plaster	0.0300	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

INTERIOR SIDE

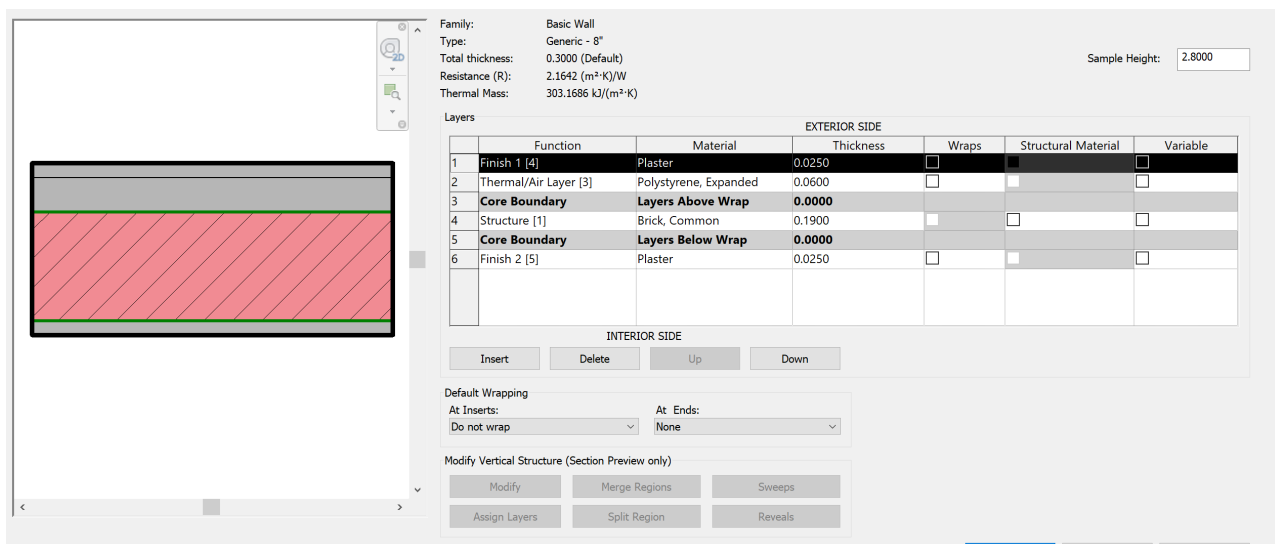
Insert Delete Up Down

Default Wrapping
At Inserts: Do not wrap
At Ends: None

Modify Vertical Structure (Section Preview only)

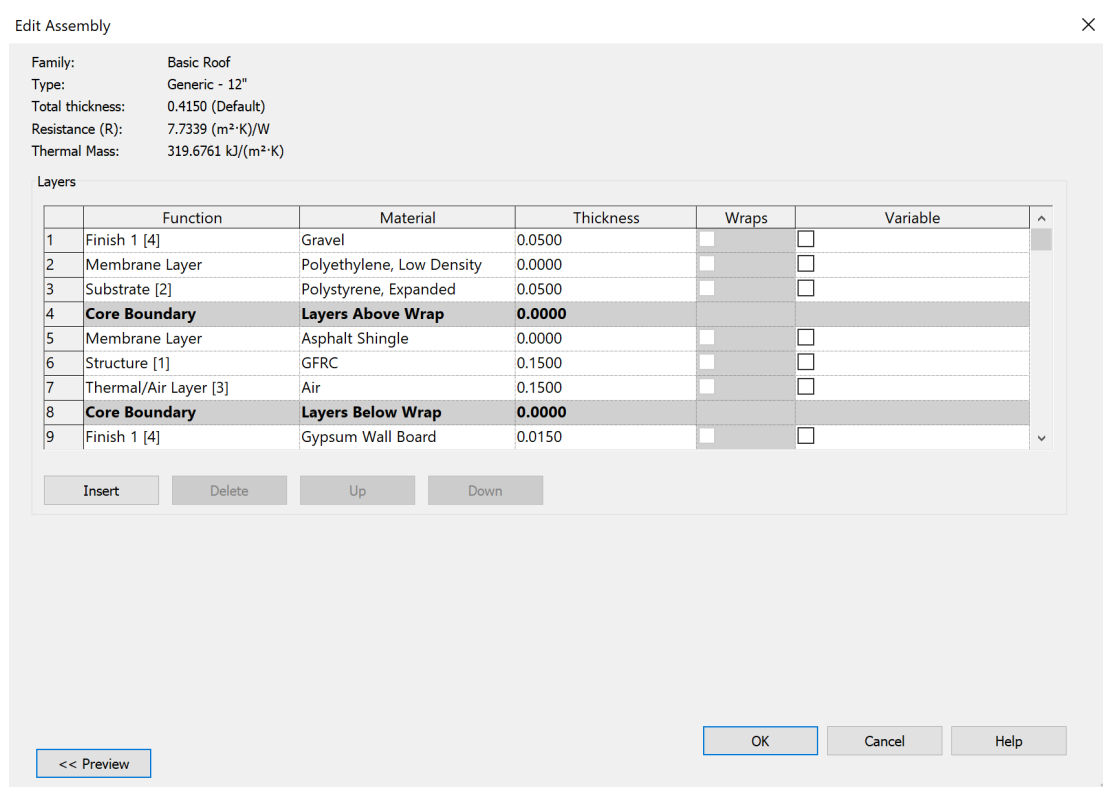
Modify Merge Regions Sweeps
Assign Layers Split Region Reveals

Εικόνα 15: Εσωτερικοί τοίχοι



Εικόνα 16: Εξωτερικοί τοίχοι

Στην οροφή της κατοικίας επιλέχθηκαν τα παρακάτω υλικά-στρώματα και πάχη:



Εικόνα 17: Οροφή

Στο δάπεδο της κατοικίας επιλέχθηκαν τα παρακάτω υλικά-στρώματα και πάχη:

Edit Assembly ✕

Family: Floor
 Type: πατωμα σαλονι
 Total thickness: 0.3116 (Default)
 Resistance (R): 1.6811 (m²·K)/W
 Thermal Mass: 401.7233 kJ/(m²·K)

Layers

	Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material	Variable	
1	Finish 2 [5]	Ceramic Tile	0.0200	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	^
2	Core Boundary	Layers Above Wrap	0.0000				
3	Structure [1]	Concrete, Sand/Cement	0.0700	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Structure [1]	Vapor Retarder	0.0008	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Structure [1]	Polystyrene, Expanded	0.0500	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Structure [1]	Asphalt Shingle	0.0008	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Structure [1]	Concrete, Cast In Situ	0.0200	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Core Boundary	Layers Below Wrap	0.0000				
9	Finish 2 [5]	GFRC	0.1500	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	▼

Insert Delete Up Down

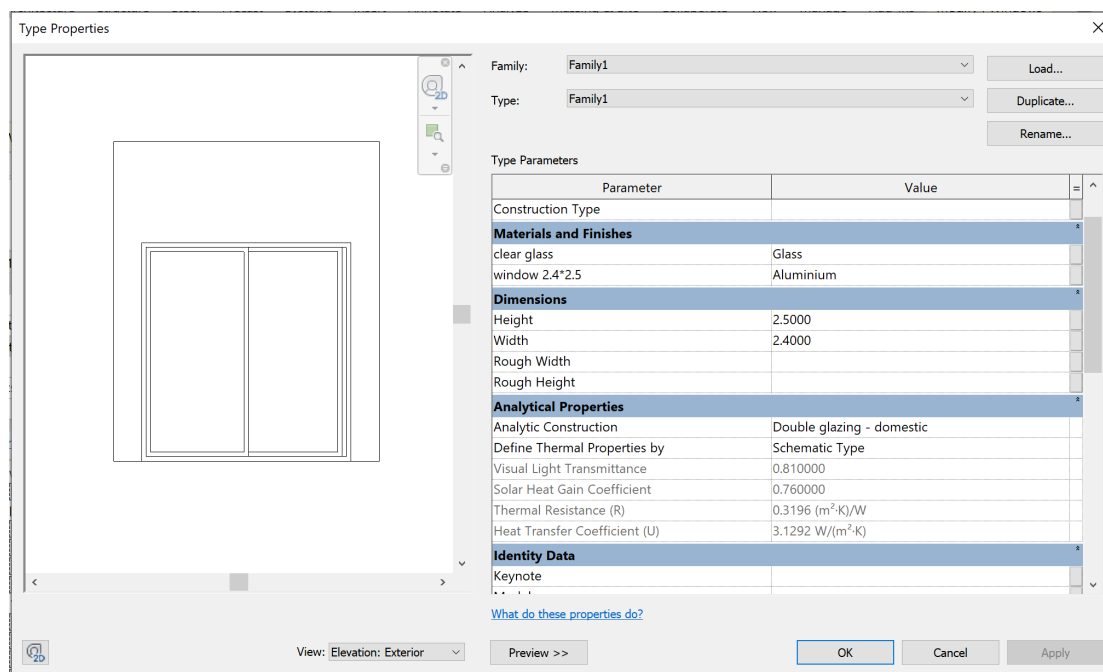
<< Preview OK Cancel Help

Εικόνα 18: Δάπεδο

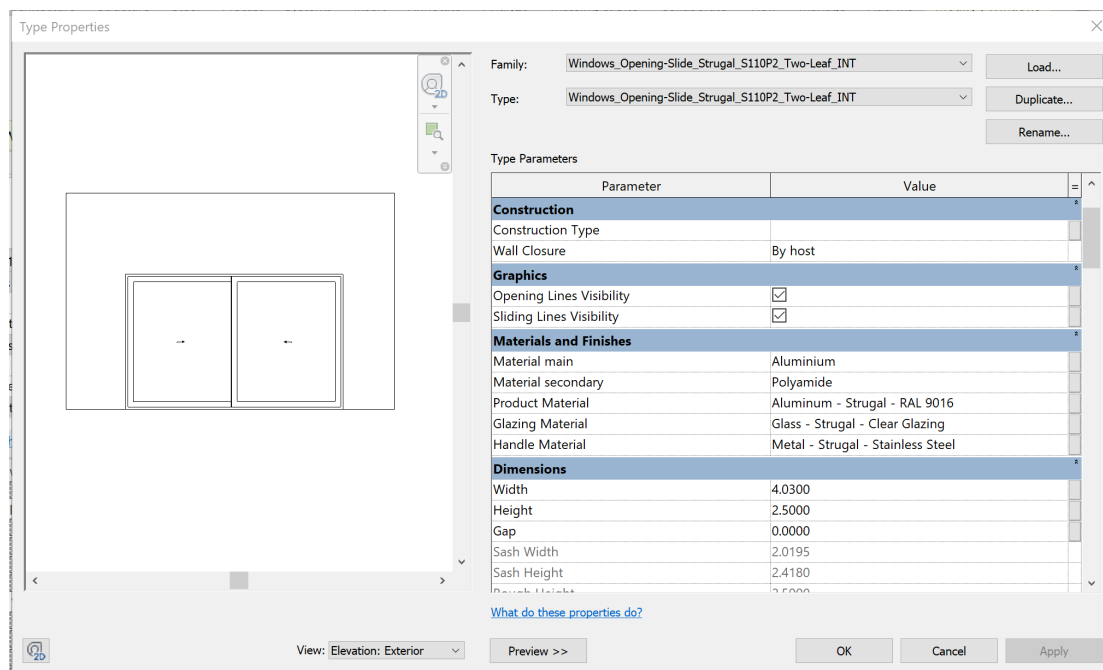
Για την επιλογή του παραθύρου ή και της πόρτας:

1. Στο Properties palette επιλέγουμε το edit type
2. Στο Analytical Properties στην γραμμή Analytic Construction καθορίζονται τα υλικά.

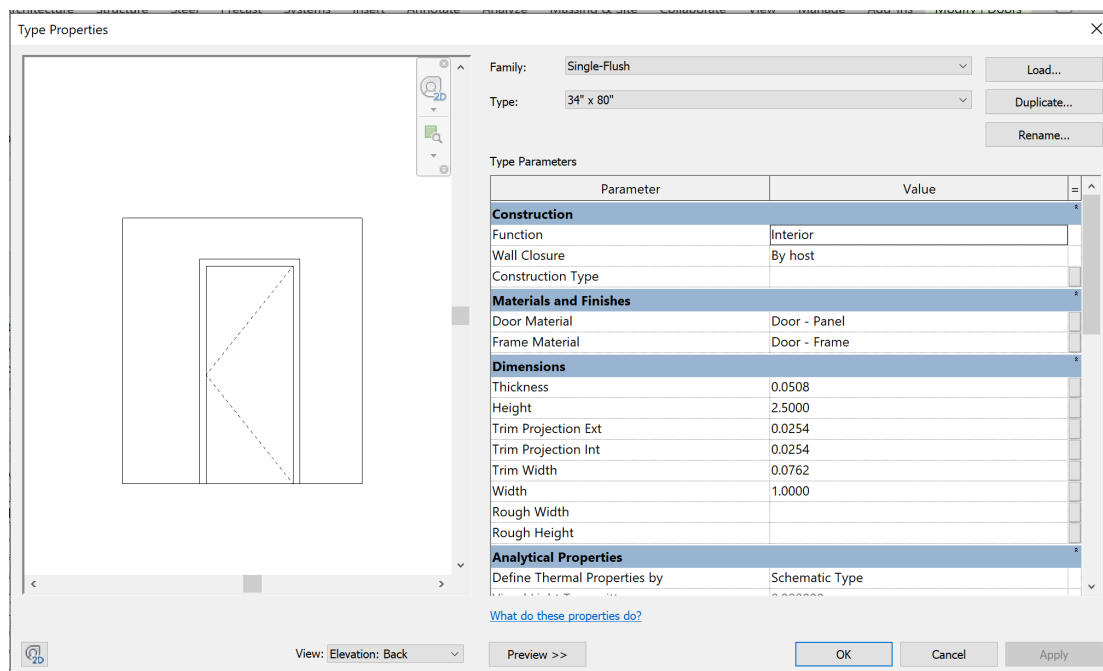
Στα παράθυρα επιλέχθηκε σε όλα διπλό τζάμι (Double glazing-domestic).
Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται αναλυτικά οι πόρτες και τα παράθυρα όπου χρησιμοποιήθηκαν στο κτίριο μελέτης.



Εικόνα 19: Μπαλκονόπορτα υπνοδωματίου κάτω ορόφου



Εικόνα 20: Μπαλκονόπορτα σαλονιού



Εικόνα 21: πόρτα εισόδου και εσωτερικές πόρτες

4.1.2 ΧΩΡΟΙ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ

Στη συνέχεια καθορίστηκαν τα δωμάτια (rooms) . Τα δωμάτια περικλείονται από τα δομικά στοιχεία του κτηρίου, όπως τους τοίχους, το πάτωμα και το δώμα.

Ακριβέστερα, για τη δημιουργία των δωματίων (rooms) στο διάγραμμα επιπέδου του εδάφους (floor plan), αξιοποιήσα τη λειτουργία από την καρτέλα Architecture τη λειτουργία Room και επέλεξα τους χώρους από την κάτοψη.

Επίσης, θα μπορούσε να δημιουργηθούν οι χώροι (spaces) εναλλακτικά των δωματίων (rooms). Από την καρτέλα Analyze-> Space και στη συνέχεια με το κουμπί Highlight Boundaries μέσω των ορίων του χώρου δημιουργούνται τα spaces.

Η διαφορά μεταξύ δωματίων(rooms) και χώρων(spaces) είναι ότι τα δωμάτια καθορίζουν αυτόματα το φωτισμό, τον εξοπλισμό και τα δεδομένα πληρότητας(occupancy), ενώ αν επιλεγθούν οι χώροι (spaces) πρέπει να οριστούν τα παραπάνω δεδομένα και να καθοριστούν στην παλέτα ιδιοτήτων από το Space Properties. Στο χώρο(spaces) πρέπει να οριστούν συνθήκες κλιματισμού μέσα στο χώρο.

Όσον αφορά το σύστημα θέρμανση και ψύξης στο κτίριο, χρησιμοποιήθηκαν γενικές ρυθμίσεις που αντιστοιχούν στο σύστημα Central VAV, HW Heat, Chiller 5,96 COP, Boilers 84,5 eff.

4.1.3 ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Καθορίζεται ο προσανατολισμός του κτηρίου ώστε ο βορράς της σχεδίασης (Project North) να συμβαδίζει με τον πραγματικό βορά (True North).

Πρώτα θα περιστρέφει ο βορράς σχεδίασης (Project North), πηγαίνουμε στην καρτέλα της κάτοψης (floor plan) και στην παλέτα των ιδιοτήτων (properties palette) στον προσανατολισμό (orientation) ορίζουμε τον βορά μελέτη (project north).

Στη συνέχεια, στην καρτέλα της Διαχείρισης (Manage), επιλέγουμε την θέση και επιλέγουμε μετά την περιστροφή του προς τον βορά (Rotate Project North). Στο παράθυρο που θα εμφανιστεί επιλέγουμε την περιστροφή όπου θέλουμε να γίνει στο έργο.

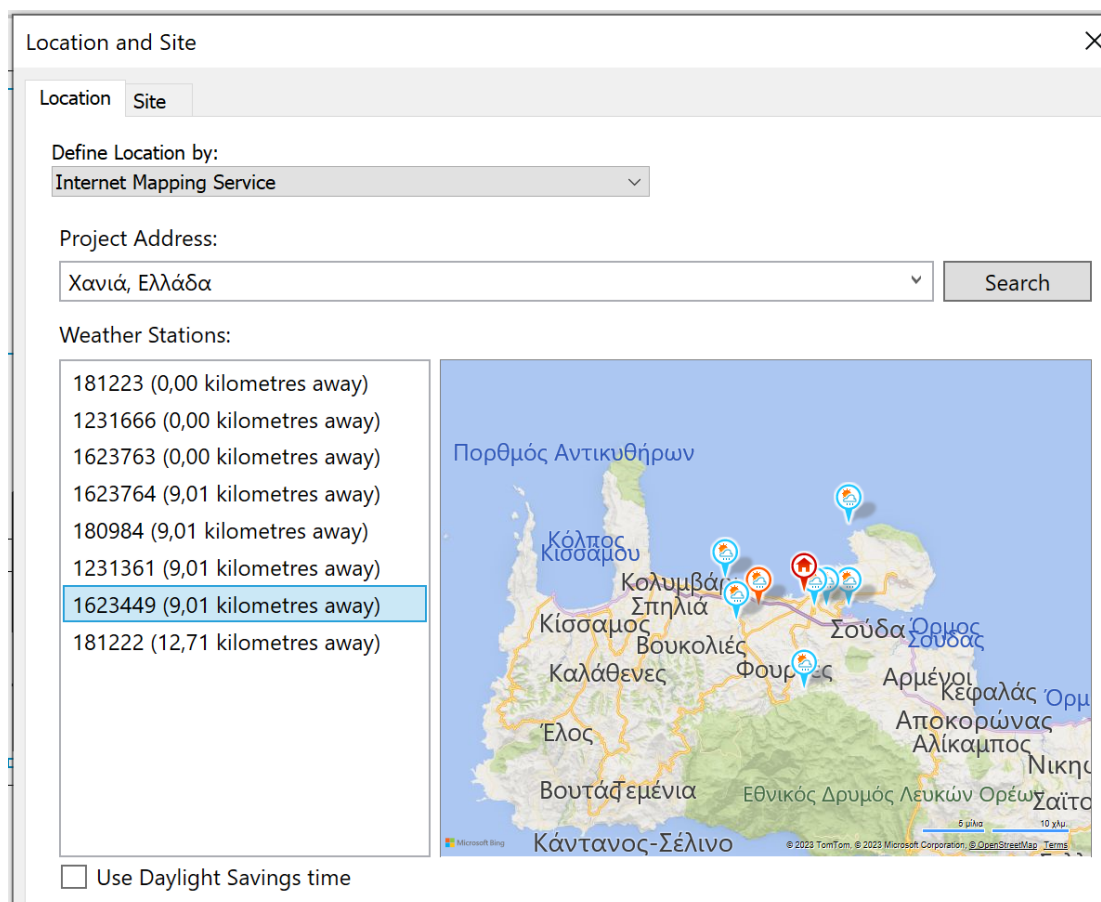
Αφού προσαρμόσουμε το κτίριο στον βορά σχεδίασης θα περιστρέψουμε την κατοικία προς τον πραγματικό Βορά (True North).

1. Πάμε στην κάτοψη του κτιρίου και επιλέγουμε στην παλέτα τον ιδιοτήτων (Properties Palette) στον προσανατολισμό (orientation) ορίζουμε πραγματικό βορά (True North).
2. Από την καρτέλα Manage, επιλέγουμε την θέση και επιλέγουμε μετά την περιστροφή του προς τον βορά (Rotate True North).

4.1.4 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

Για να καθοριστούν τα μετεωρολογικά δεδομένα του κτιρίου στην περιοχή όπου βρίσκεται πρέπει να καθοριστεί η γεωγραφική τοποθεσία. Αυτό συμβαίνει για να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα για την θέρμανση και ψύξη της κατοικίας.

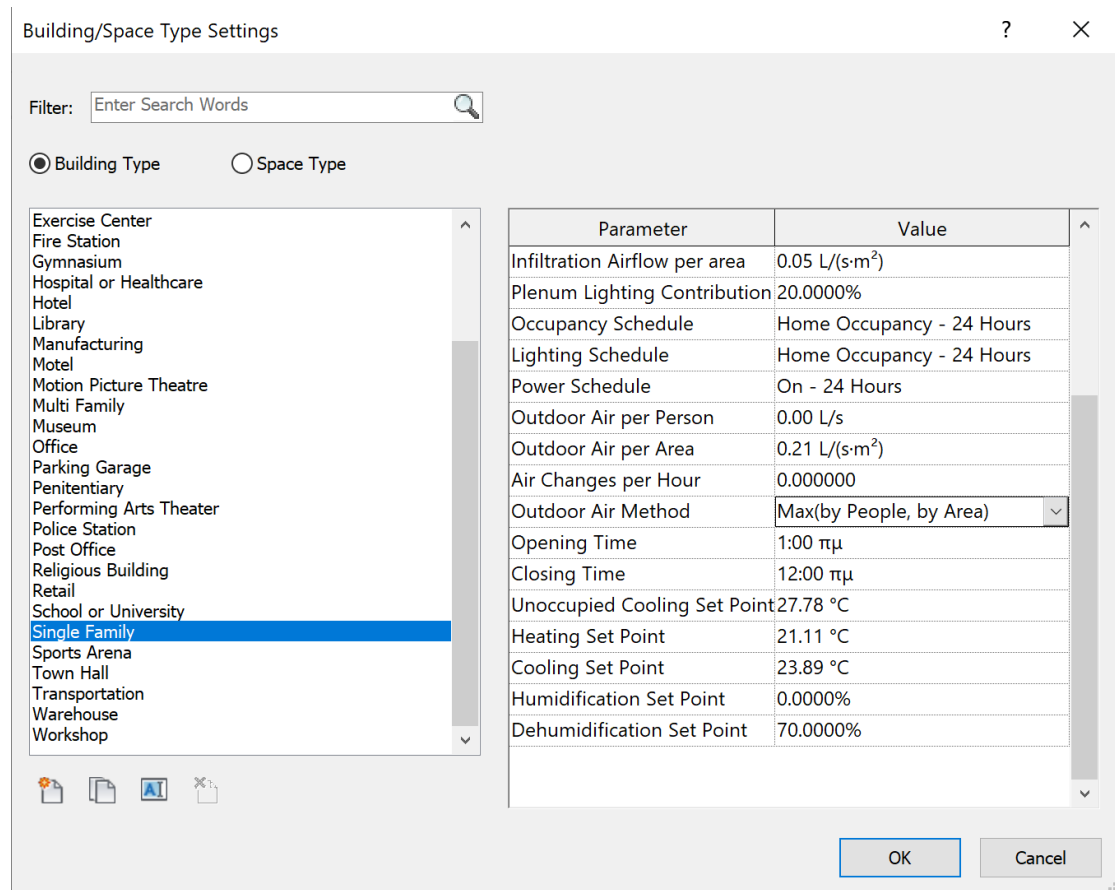
1. Στην καρτέλα Manage επιλέγουμε το εργαλείο της τοποθεσίας (Location).
2. Στο παράθυρο όπου ανοίγει στο Project Address βάζουμε την τοποθεσία όπου βρίσκεται το υπό μελέτη κτίριο μας και στο Weather Stations επιλέγουμε τον κοντινότερο μετεωρολογικό σταθμό.
Σύμφωνα με το υπό μελέτη κτίριο που έχω επιλέξει διάλεξα το μετεωρολογικό σταθμό των Χανίων για καλύτερα αποτελέσματα αντί του μετεωρολογικού σταθμού στον Πλατανιά που βρίσκεται το κτίριο.



Εικόνα 22: Επιλογή της τοποθεσίας του μετεωρολογικού σταθμού

4.1.5 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΤΙΡΙΟΥ

Ο χρήστης μπορεί να χωρίσει το κτίριο σε διάφορους χώρους και περιοχές και, στη συνέχεια, να βάλει στο λογισμικό του Revit τον τύπο της κατοικίας και τις παραμέτρους για την ενεργειακή ανάλυση που πρέπει να ακολουθήσει, η οποία πρέπει να συμμορφώνεται με τους τοπικούς κανονισμούς. Στην προκειμένη περίπτωση, το κτίριο υπό μελέτη ακολουθεί τα πρότυπα του Κέντρου Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων(Κ.Εν.Α.Κ.) και όλες οι τιμές που παρουσιάζονται προέρχονται από πίνακες της Τεχνικής Οδηγίας του Τ.Ε.Ε (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.) 20701-1:2017.



Εικόνα 23: Παράμετροι Ενεργειακής Ανάλυσης Revit

Το υπό μέλετη κτίριο είναι μια μονοκατοικία, όπως φαίνεται στη πάνω εικόνα στο αριστερό της μέρος. Οι παράμετροι και οι τιμές όπου ακολουθήθηκαν στο πρόγραμμα όπως βλέπουμε και στην παραπάνω εικόνα είναι πρότυπα του Κ.Εν.Α.Κ. που ακολουθήθηκαν.

Για την ενεργειακή ανάλυση, ο αρχικός παράγοντας που πρέπει να λάβουμε υπόψη είναι η επιφάνεια χώρου που αντιστοιχεί σε ένα άτομο (Area per Person). Αυτή η επιφάνεια υπολογίζεται από τον πίνακα 1 του παραρτήματος της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Συγκεκριμένα, σε μια επιφάνεια 100 τ.μ., όπως αναφέρεται στον πίνακα, υπάρχουν 5 άτομα, συνεπώς η επιφάνεια που αντιστοιχεί σε κάθε άτομο είναι 20 τ.μ. .

Πίνακας 2.3. Απαιτούμενος νωπός αέρα ανά χρήση κτηρίου (για χώρους μη καπνιζόντων) για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Άτομα / 100 m ² επιφ. δαπέδου	Νωπός αέρας [m ³ /h/άτομο]	Νωπός αέρας [m ³ /h/m ²]
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	5	15	0,75
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας*	15	20	3,00
θερινής λειτουργίας*	15	20	3,00
χειμερινής λειτουργίας*	15	20	3,00
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας*	15	20	3,00
θερινής λειτουργίας*	15	20	3,00
χειμερινής λειτουργίας*	15	20	3,00

Πίνακας 2: παραρτήματος της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε

1. Οι συντελεστές αισθητών θερμικών κερδών ανά άτομο (Sensible Heat Gain per person) και των λανθάνοντων θερμικών κερδών ανά άτομο παραμένουν τα ίδια με αυτούς που έχει ήδη ορίσει το πρόγραμμα του Revit.
2. Η ισχύς του φωτισμού (Lighting Load Density) έχει τεθεί στα 5 W/m², σύμφωνα με το παράρτημα της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε., πιο συγκεκριμένα, στον πίνακα 2.4 και 2.4α. .
3. Το Power load density είναι 2W/m² όπως προκύπτει από τον πίνακα 2.8 του παραρτήματος της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε..
4. Το Infiltration Airflow per area καθορίζεται στα 0.05 l/(s*m²), μια τιμή αυτή είναι η τιμή του λογισμικού και αυτή εφαρμόστηκε και στην συγκεκριμένη εργασία.
5. Για τα Occupancy Schedules χρησιμοποιήθηκε ο πίνακας 2.1 από το παράρτημα της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. σύμφωνα με το οποίο το πρόγραμμα λειτουργίας της μονοκατοικίας είναι 18 ώρες, 7 ημέρες την εβδομάδα για 12 μήνες. Λόγω του ωριαίου προγράμματος του Revit, ορίστηκε 24 ώρες την εβδομάδα.

Πίνακας 2.1. Τυπικό ωράριο λειτουργίας κτηρίων ανά χρήση.

Βασικές κατηγορίες κτηρίων	Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Ώρες λειτουργίας	Ημέρες λειτουργίας ανά εβδομάδα	Περίοδος λειτουργίας σε μήνες
Κατοικίας	Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	18	7	12
Προσωρινής διαμονής	Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	24	7	12
	θερινής λειτουργίας	24	7	7 (Απρ.-Οκτ.)
	χειμερινής λειτουργίας	24	7	8 (Σεπτ.-Απρ.)
	Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	24	7	12
	θερινής λειτουργίας	24	7	7 (Απρ.-Οκτ.)
	χειμερινής λειτουργίας	24	7	8 (Σεπτ.-Απρ.)
	Οικοτροφείο και κοιτώνας	24	7	12
	Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	12	7	ανά χρήση
	Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	24	7	ανά χρήση

Πίνακας 3: Παράρτημα της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε

Συνοψίζοντας, ισχύουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά για το πρόγραμμα θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου που περιγράφετε :

1. **Φωτισμός (Lighting Schedule):** Οι φωτεινές πηγές λειτουργούν αδιακόπως για 24 ώρες την ημέρα, καθ' όλη τη διάρκεια της εβδομάδας, όλους τους μήνες.
2. **Συσκευές (Power Schedule):** Οι ηλεκτρικές συσκευές λειτουργούν επίσης συνεχώς για 24 ώρες, 7 ημέρες την εβδομάδα, όλο το χρόνο.
3. **Αερισμός (Ventilation):** Ο αερισμός ανά άτομο θεωρείται μηδενικός, καθώς λαμβάνεται υπόψη στον αερισμό ανά επιφάνεια.
4. **Αερισμός ανά επιφάνεια (Outdoor Air per Area):** Υπολογίζεται με βάση τον πίνακα της T.O.T.E.E. με τις κατάλληλες μονάδες μέτρησης.
5. **Διαφυγές αέρα (Air Changes per Hour):** Δεν υπάρχουν διαφυγές αέρα.
6. **Μέθοδος εξωτερικού αέρα (Outdoor Air Method):** Επιλέγεται η μέγιστη τιμή ανάμεσα στον αερισμό ανά άτομο και στον αερισμό ανά επιφάνεια.
7. **Ώρες λειτουργίας συστημάτων θέρμανσης και ψύξης:** Δεν υπόκεινται σε αλλαγές και ακολουθούν τις προκαθορισμένες τιμές του προγράμματος.
8. **Θερμοκρασία ψύξης:** Καθορίζεται στους ακριβώς ίδιους βαθμούς Κελσίου που ορίζει το πρόγραμμα του Revit.

Αυτό το πρόγραμμα σχεδιάζεται να διαχειριστεί τη θέρμανση και τη ψύξη του κτιρίου με συγκεκριμένες ρυθμίσεις και περιορισμούς που έχουν καθοριστεί για να διατηρηθεί η ενεργειακή απόδοση και η ποιότητα του αέρα.

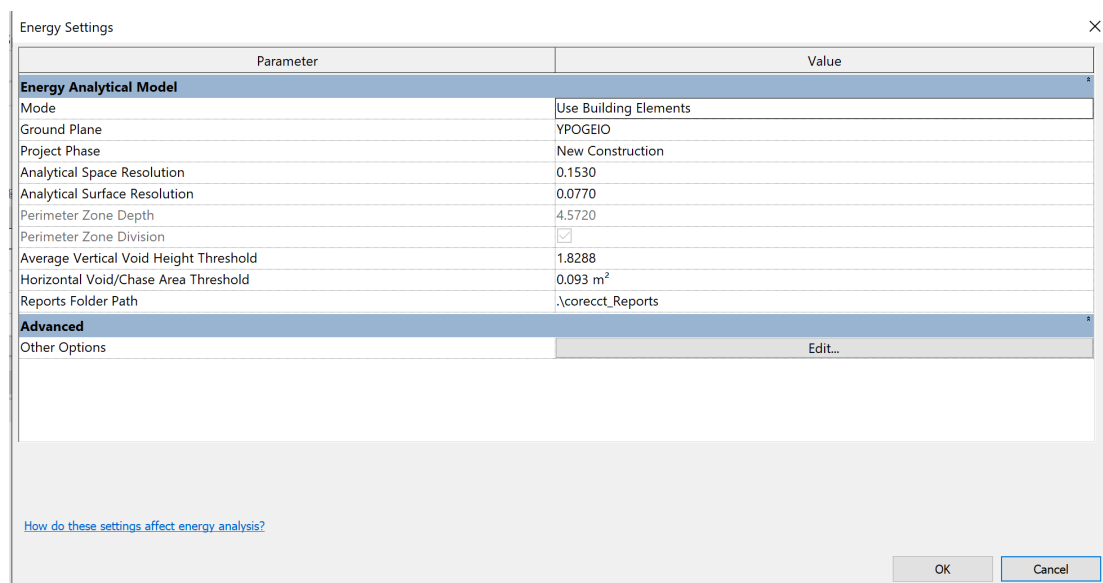
4.2 ANALYTICAL SPACES

Στο επόμενο στάδιο, πρέπει να πραγματοποιηθεί μια ενεργειακή ανάλυση για να ελεγχθεί πώς είναι διαρρυθμισμένο το κτίριο σε διάφορους χώρους και ποιον όγκο καταλαμβάνει ο καθένας από αυτούς, αξιολογώντας το αποτέλεσμα. Ο στόχος είναι να επιτευχθεί η κατανομή του εσωτερικού χώρου έτσι ώστε να γεμίσει ολόκληρος ο κτηριακός όγκος, δίχως να υπάρχουν αποστάσεις ή αποκλίσεις στο υψόμετρο μεταξύ των όγκων των δωματίων.

Μετά, το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε είναι το Generate, που δημιουργεί το μοντέλο ενέργειας εντός του περιβάλλοντος του Insight360, παράγοντας σχεδιαστικές επιλογές και άλλες παραμέτρους που ενδέχεται να επηρεάσουν την απόδοση που θα έχει το κτίριο. Στο επόμενο στάδιο, χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Optimize, το οποίο μας πάει κατευθείαν στην ιστοσελίδα του Insight360 για παραπάνω ανάλυση. Ωστόσο, αυτή θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο.

Ακόμη, παραθέτονται οι τιμές ευαισθησίας που επιλέγηκαν για το κτίριο που εξετάστηκε. Επίσης, οι τιμές που έχουν επιλεγεί είναι οι χαμηλότερες που θα

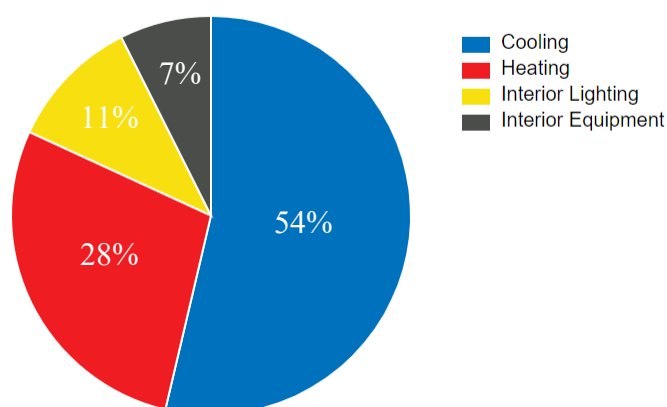
μπορούσαν σε οποιαδήποτε περίπτωση και έτσι έγινε η μεγαλύτερη ευαισθησία.



Εικόνα 24: Energy Settings περιβάλλον Revit.

4.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

Αφού ολοκληρώθηκε ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός και επιλέχθηκαν τα υλικά για την κατασκευή της κατοικίας μοντελοποιήθηκε στο Revit για να εκτιμηθεί η ενεργειακή της κατανάλωση. Οι τιμές όπως αναφέρεται και παραπάνω για την ρύθμιση της θέρμανσης και της ψύξης στο σύστημα HVAC είναι 20°C το χειμώνα και 26°C αντιστοίχως το καλοκαίρι για νέα κτίρια κατοικίας όπως συνιστώνται από το παράρτημα της Τεχνικής Οδηγίας.



Πίτα 1: Ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας κατοικίας.

Πίτα 1: Το παραπάνω διάγραμμα απεικονίζει το πως καταναλώνεται η ενέργεια του κτιρίου. Η ψύξη είναι 54%, παραπάνω από το μισό της συνολικής

κατανάλωσης. Η ενέργεια για την θέρμανση είναι 28%, για τον φωτισμό 11% και για τον ηλεκτρικό εξοπλισμό το χαμηλότερο ποσοστό 7%.

End Use	Consumption (kWh)
Heating	4,961
Cooling	9,442
Interior Lighting	1,886
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	1,303
Exterior Equipment	0
Fans	0
Pumps	0
Heat Rejection	0
Humidification	0
Heat Recovery	0
Water Systems	0
Refrigeration	0
Generators	0

Πίνακας 4: Κατανάλωσης ενέργειας κατοικίας

Πίνακας 1: Παρουσιάζει τις καταναλώσεις ενέργειας στην θέρμανση, ψύξη , φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό.

4.3.1 Υπολογισμός Αρχικού COP στην Ενεργειακή Κατανάλωση

Κατά την ανάλυση της ενεργειακής κατανάλωσης μέσα από αποτελέσματα από το Revit, υπολογίστηκε ο αρχικός συντελεστής απόδοσης (COP) του συστήματος θέρμανσης-ψύξης του κτιρίου. Ο αρχικός COP αν υποθέσουμε ότι μπορούμε να κατανείμουμε την **συνολική ηλεκτρική ενέργεια (3.189 kWh)** στα διάφορα συστήματα βάσει των ποσοστών κατανάλωσης που έχουμε για τις επιμέρους χρήσεις (θέρμανση, ψύξη, φωτισμός, και εξοπλισμός).

Οι ενεργειακές ανάγκες σε kWh από την ενότητα "End Use Consumption" των αποτελεσμάτων του Revit κατανέμονται ως εξής:

Ψύξη: 9.442 kWh (54% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας)

Θέρμανση: 4.961 kWh (28%)

Φωτισμός Εσωτερικών Χώρων: 1.886 kWh (11%)

Εσωτερικός Εξοπλισμός: 1.303 kWh (7%)

Θα κατανεμηθεί η ηλεκτρική ενέργεια στις επιμέρους χρήσεις βάσει των ποσοστών τους:

- **Ηλεκτρική ενέργεια για Ψύξη:** $3.189 \text{ kWh} \times 54\% = 1.721,06 \text{ kWh}$
- **Ηλεκτρική ενέργεια για Θέρμανση:** $3.189 \text{ kWh} \times 28\% = 893,28 \text{ kWh}$
- **Ηλεκτρική ενέργεια για Εσωτερικό Φωτισμό:**
 $3.189 \text{ kWh} \times 11\% = 350,79 \text{ kWh}$
- **Ηλεκτρική ενέργεια για Εξοπλισμό:** $3.189 \text{ kWh} \times 7\% = 223,23 \text{ kWh}$

Άρα **COP για ψύξη** είναι η Παρεχόμενη Ψυκτική Ενέργεια προς την Καταναλωθείσα Ηλεκτρική Ενέργεια Ψύξης που ισούται με $9.442 \text{ kWh} / 1.721,06 \text{ kWh}$ περίπου **5,49** και **COP για θέρμανση** Παρεχόμενη Θερμική Ενέργεια προς την Καταναλωθείσα Ηλεκτρική Ενέργεια Θέρμανσης που ισούται με $4.961 \text{ kWh} / 893,28 \text{ kWh}$ περίπου **5,55**.

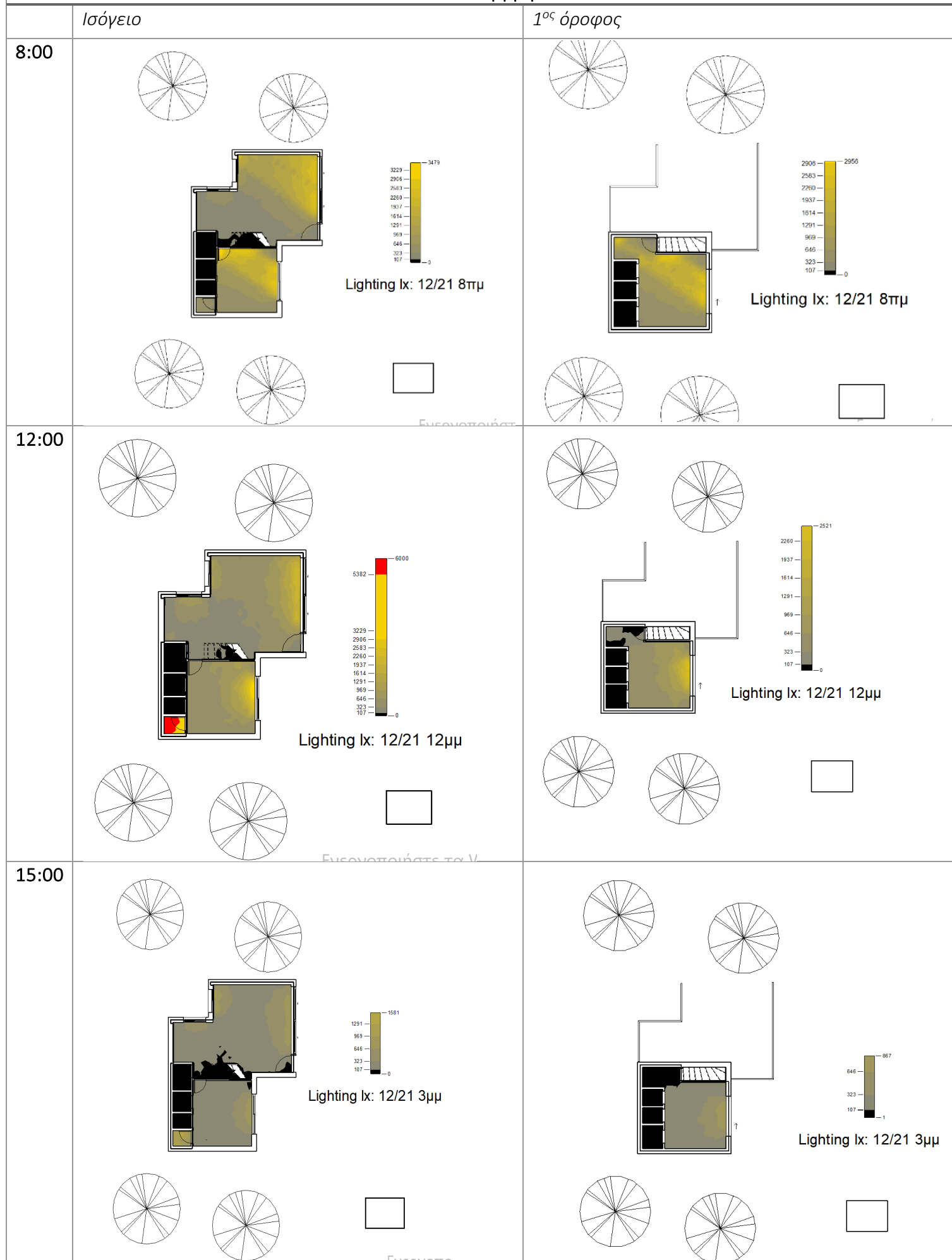
Αυτές οι τιμές δείχνουν ότι τα συστήματα είναι σχετικά αποδοτικά, αφού παράγουν πολλαπλάσια ενέργεια από την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνουν.

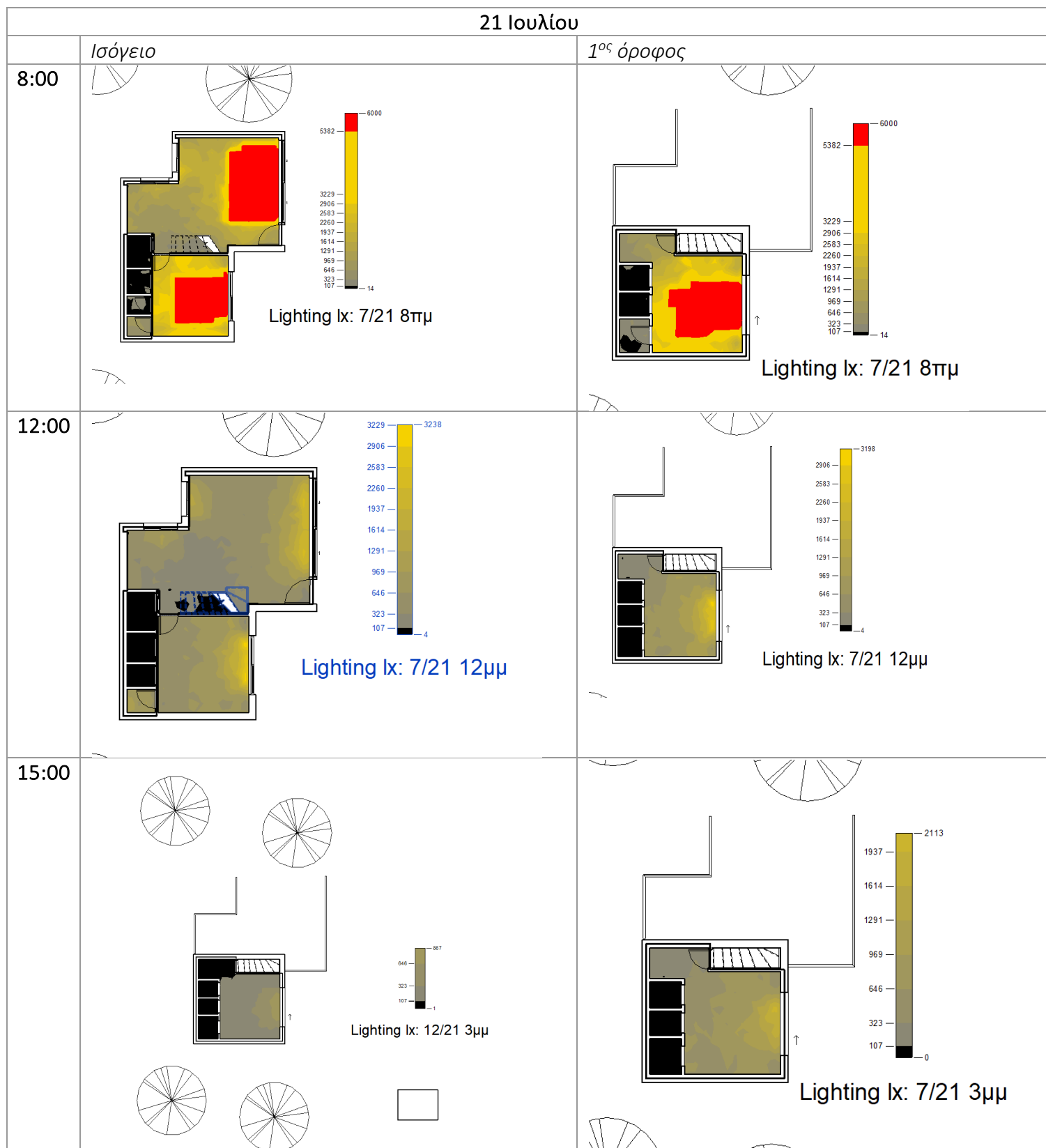
4.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

Μετά το στάδιο του σχεδιασμού της κατοικίας μελετήθηκαν και τα επίπεδα του φωτισμού των εσωτερικών χώρων στους 2 ορόφους (ισόγειο και 1^{ος}). Ο στόχος αυτής της ανάλυσης είναι να δούμε αν τα επίπεδα φωτεινότητας στους εσωτερικούς χώρους είναι επαρκή ή αν χρειάζεται μελέτη για να γίνουν προσθήκες συστημάτων σκίασης ή αλλαγές στα ανοίγματα ή στο κέλυφος του κτιρίου. Τα επίπεδα φωτισμού για τους εσωτερικούς χώρους μιας κατοικίας αναφέρονται παρακάτω:

- Σαλόνι : 100-150 lux
- Υπνοδωμάτια: 60-100 Lux
- Κουζίνα : 250-300 lux
- Μπάνιο : 150-300 lux

Χρησιμοποιήθηκε μέσα στο πρόγραμμα του Revit το Lighting Analysis για τις ημέρες 21 Δεκεμβρίου και 21 Ιουλίου και για τις ώρες 8:00 , 12:00 και 15:00 . Η ανάλυση του φωτισμού της κατοικίας αναλύεται χωρίς να επηρεάζεται από το εξωτερικό περιβάλλον του. Παρακάτω παρουσιάζεται το Lighting Analysis του εσωτερικού της κατοικίας στην κλίμακα Lux για 2 εποχές(καλοκαίρι, χειμώνας) του έτους και ώρες της ημέρας πρωί,μεσημέρι,απόγευμα στα δυο επίπεδα (ισόγειο, 1^{ος}) .





Πίνακας 7: Lighting Analysis 21 Dec & 21 Jul , 8:00, 12:00, 15:00.

Στον παραπάνω Πίνακα 6 παρατηρούμε στην ημερομηνία 21 Δεκέμβρη στο ισόγειο όπου εξετάστηκε αρκετά υψηλά επίπεδα φωτισμού σε όλους τους

χώρους κυρίως στο μπάνιο στις 12:00 και μετά στο σαλόνι και το υπνοδωμάτιο και στις 8:00 και στις 12:00 καθώς εκεί υπάρχουν ανοίγματα. Αντιθέτως, στον ίδιο όροφο την ημερομηνία 21 Ιουλίου έχει πάρα πολύ υψηλό επίπεδο φωτισμού και στο σαλόνι αλλά και στο υπνοδωμάτιο στις 8:00 το πρωί.

Επίσης, παρατηρούμε στην ημερομηνία 21 Δεκέμβρη στον 1^ο υψηλά επίπεδα φωτισμού στο υπνοδωμάτιο στις 8:00. Τέλος, στον ίδιο όροφο την ημερομηνία 21 Ιουλίου έχει πάρα πολύ υψηλό επίπεδο φωτισμού στο υπνοδωμάτιο στις 8:00 το πρωί στο σημείο που είναι το άνοιγμα.

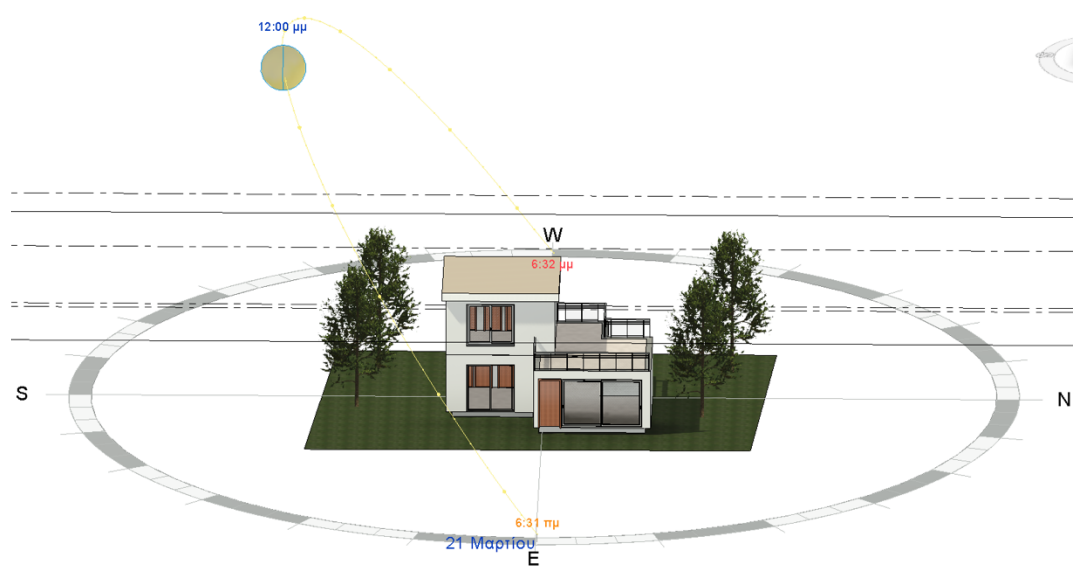
4.5 ΗΛΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

Μέσω του προγράμματος Revit, ο σχεδιαστής της κατοικίας έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει μια οπτική αναπαράσταση της τροχιάς του Ήλιου πάνω στο κτίριο για διάφορες εποχές του έτους. Αυτό επιτρέπει στον σχεδιαστή να προβλέπει πώς θα πέφτουν οι σκιές στο κτίριο κατά τις διάφορες ώρες της ημέρας και σε διαφορετικές εποχές, όπως τον χειμώνα ή το καλοκαίρι.

Η δημιουργία αυτής της οπτικής αναπαράστασης γίνεται μέσω της λειτουργίας της Ανάλυσης Ηλιακής Τροχιάς (Solar Path Analysis) στο Revit. Ο σχεδιαστής ορίζει τη γεωγραφική τοποθεσία του κτιρίου και τις ημερομηνίες/ώρες που επιθυμεί να αναλυθούν. Το Revit υπολογίζει στη συνέχεια πώς η θέση του Ήλιου αλλάζει ανάλογα με την εποχή και δείχνει πώς οι σκιές θα επηρεάζουν το κτίριο.

Αυτή η δυνατότητα είναι κρίσιμη για τον σχεδιασμό κτιρίων, καθώς επιτρέπει στον σχεδιαστή να λαμβάνει υπόψη τους φυσικούς παράγοντες όπως η ηλιοφάνεια και οι σκιές για τη βέλτιστη διαχείριση του φωτισμού και της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

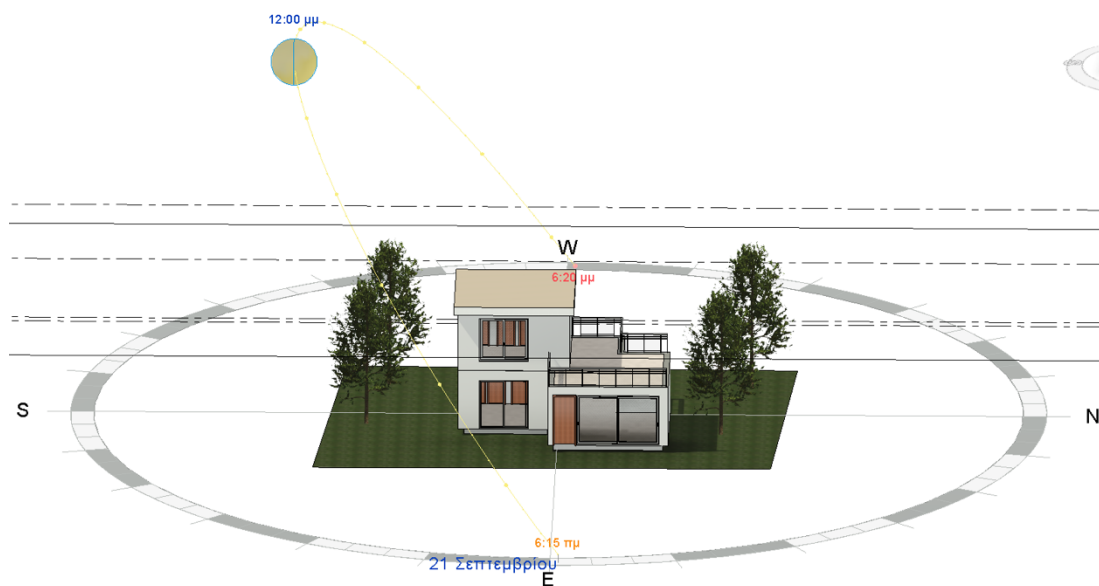
Παρακάτω βλέπουμε πως πέφτει ο ήλιος πάνω στην κατοικία τις 4 εποχές του έτους και ώρα 12:00μ.μ. .



Εικόνα 25: Ηλιασμός κατοικίας 21/03/2023 και ώρα 12:00 μ. μ.



Εικόνα 26: Ηλιασμός κατοικίας 21/07/2023 και ώρα 12:00 μ. μ.



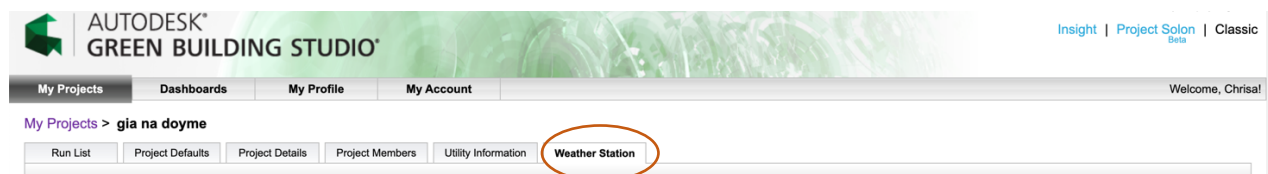
Εικόνα 27: Ηλιασμός κατοικίας 21/09/2023 και ώρα 12:00 μ. μ.



Εικόνα 28: Ηλιασμός κατοικίας 21/12/2023 και ώρα 12:00 μ. μ.

4.6 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

Μέσω της σελίδας Green Building Studio θα υλοποιηθεί η ενεργειακή μελέτη της κατοικίας η οποία παίρνει τις πληροφορίες από τον μετεωρολογικό σταθμό όπου έχω εγώ επιλέξει. Ο σταθμός που έχει επιλεγθεί είναι ο κοντινότερος της κατοικίας και είναι ο σταθμός 354291.



Εικόνα 29: Weather Stasion στο Green Building Studio.

Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε το σημείο όπου θα αντλήσουμε τα μετεωρολογικά δεδομένα κάνοντας κλικ στο Weather Stasion. Τα δεδομένα όπου μπορούμε να αντλήσουμε σχετίζονται με την θερμοκρασίας, την υγρασία, το ηλιακό δυναμικό κ.α. Τα γραφήματα όπου μπορούν να παραχθούν

από το Green Building Studio μπορούν να είναι είτε αναφερόμενα σε ένα έτος ή σε κάποια συγκεκριμένη περίοδο και οι τιμές μπορούν να είναι σε 24 ώρες ή και ωριαίες.

AUTODESK® GREEN BUILDING STUDIO®

My Projects | Dashboards | My Profile | My Account

My Projects > για να doyme

Run List | Project Defaults | Project Details | Project Members | Utility Information | **Weather Station**

Weather Summary
Weather Frequency
Wind Roses
Design Conditions
Download Weather Data

☒ IP ☐ SI

Weather Variable: Dry Bulb [Get Data]

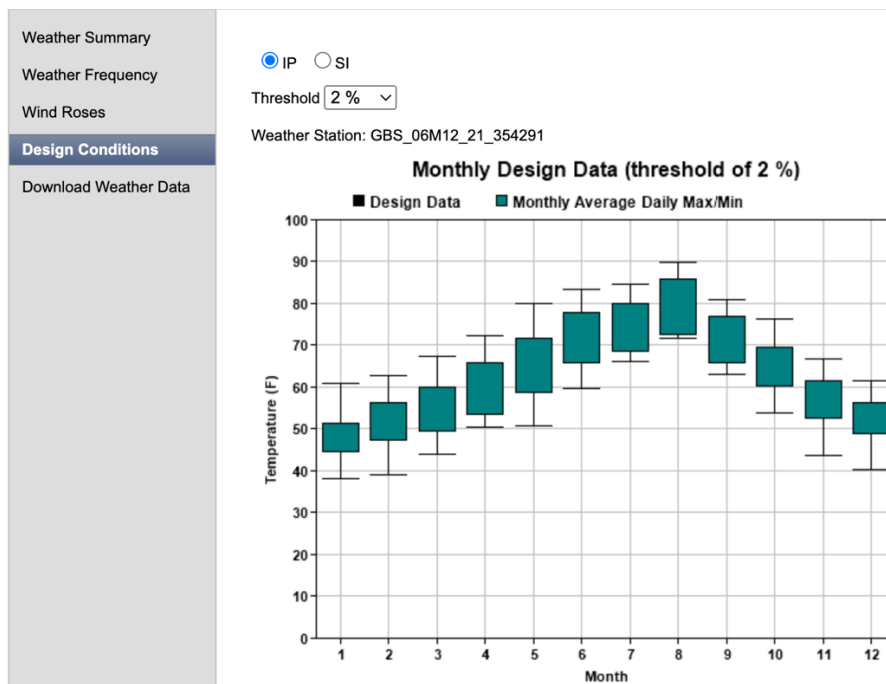
Season: ☒ Year ☐ Winter ☐ Spring ☐ Summer ☐ Fall

Starting Hour: midnight

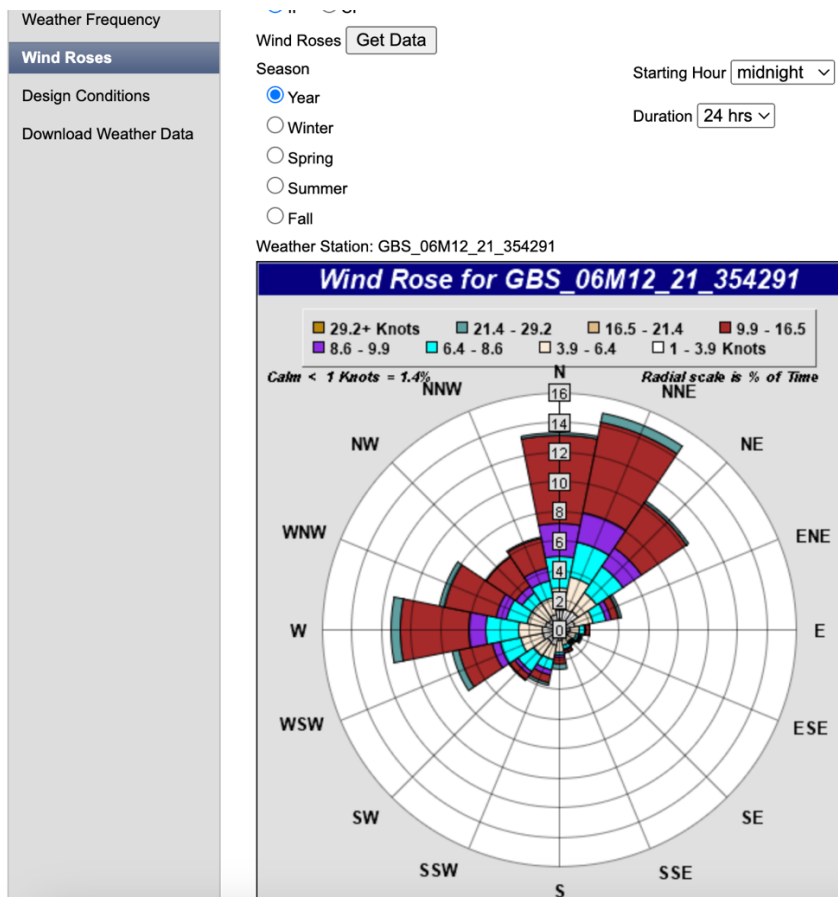
Duration: 24 hrs

☐ Use nighttime hours

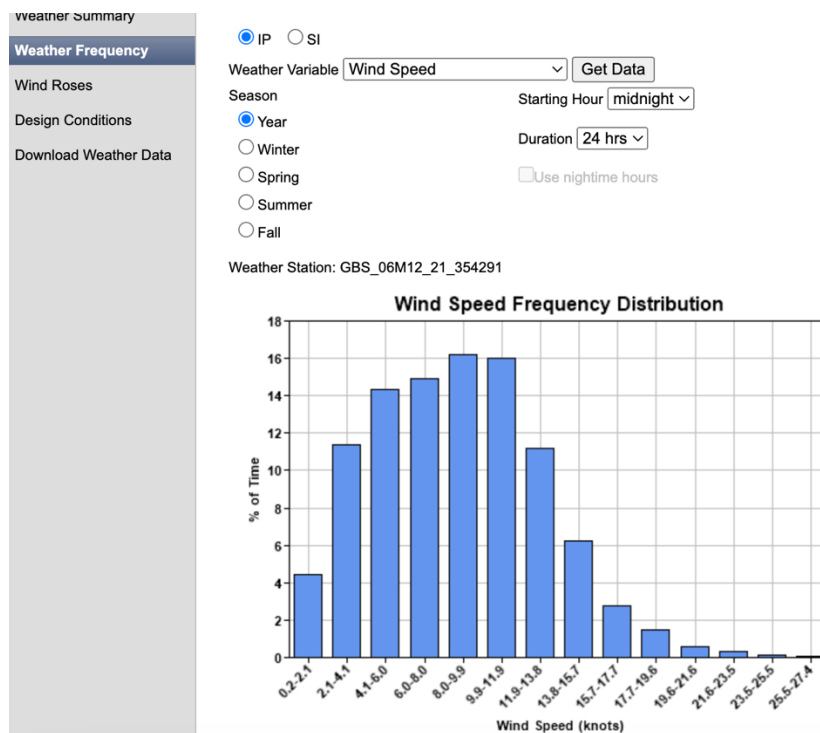
Εικόνα 30: Παράμετροι για γραφήματα



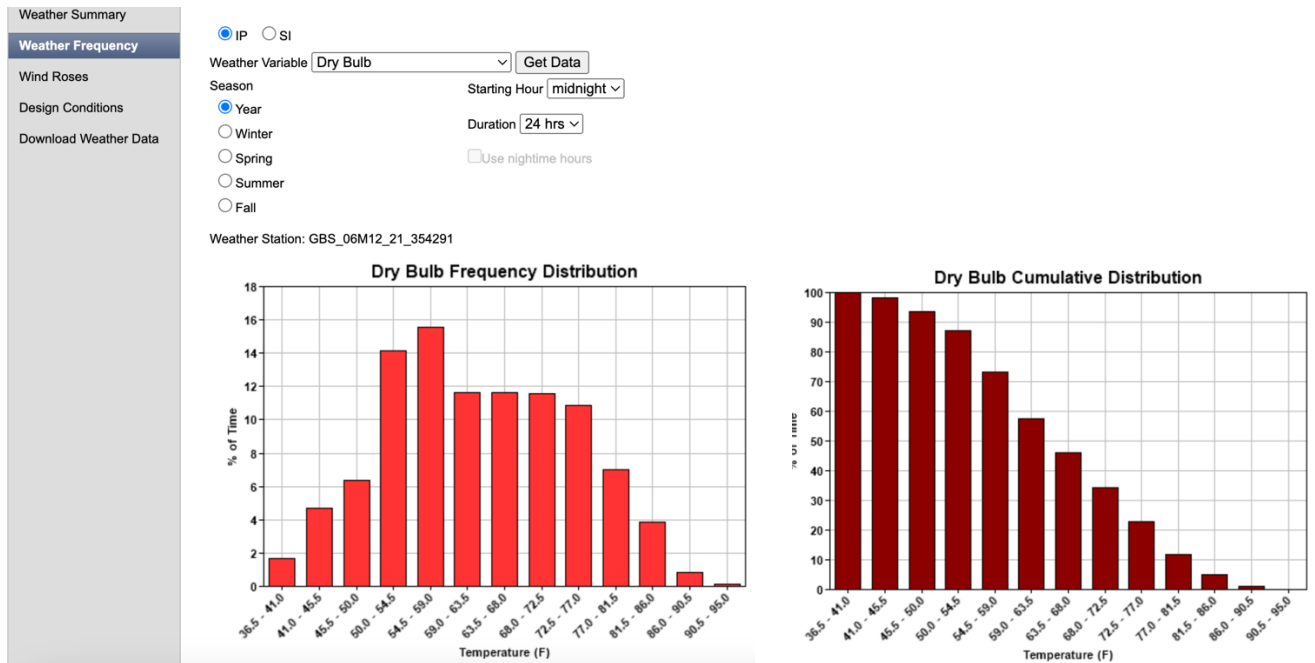
Εικόνα 31: Θερμοκρασία σε συνάρτηση με τους μήνες



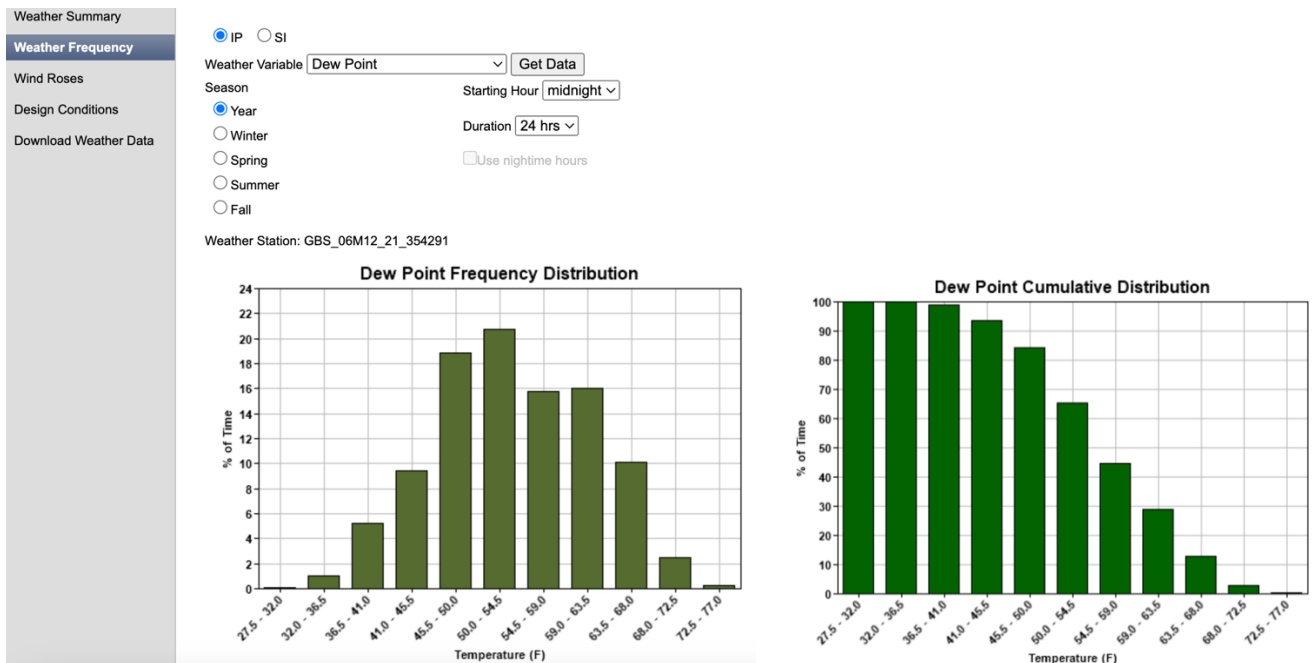
Εικόνα 32: Ετήσιος άνεμος



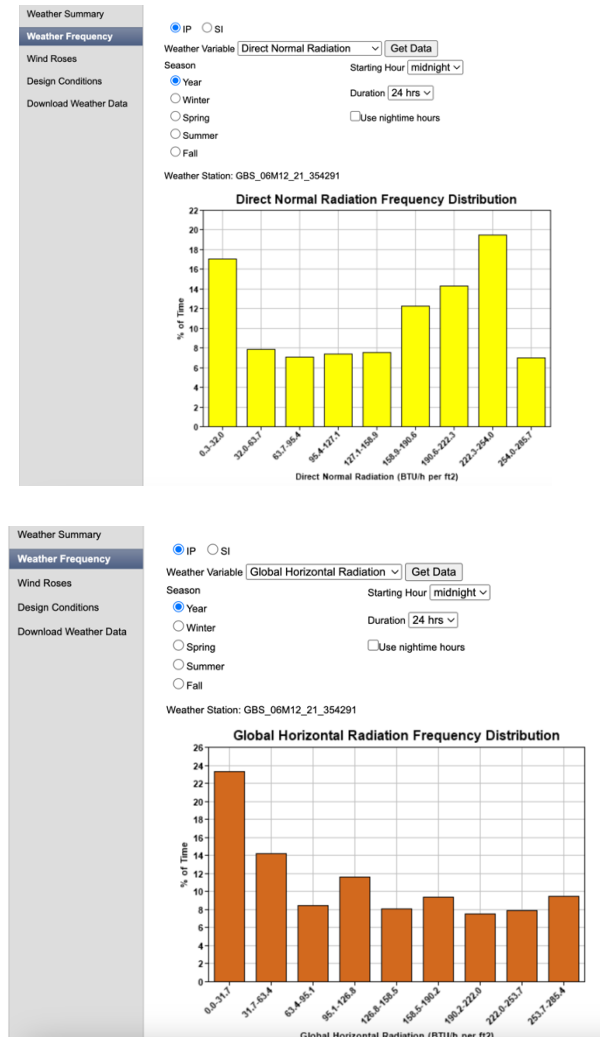
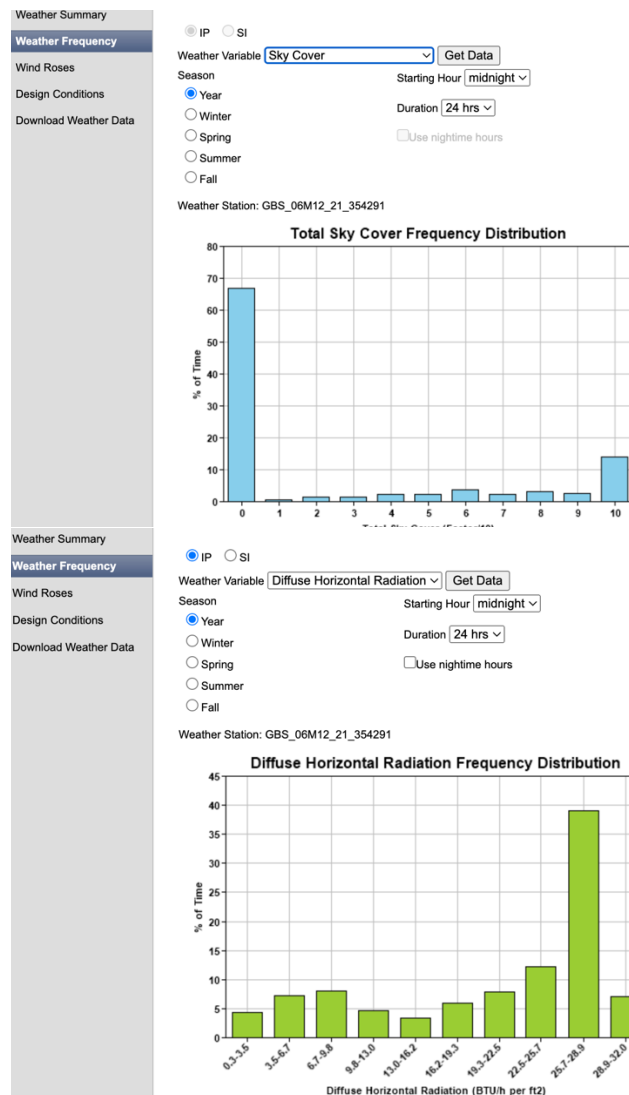
Εικόνα 33: Ετήσια ταχύτητα ανέμου



Εικόνα 34: Κατανομή συχνότητας ξηρού βολβού και αθροιστική κατανομή συχνότητας ξηρού βολβού



Εικόνα 35: Κατανομή συχνότητας δροσισμού και κατανομή συχνότητας σχετικής υγρασίας



Εικόνα 36: Ετήσια ηλιακά δυναμικά

4.7 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ INSIGHT

Αφού ολοκληρωθούν οι παραπάνω ενέργειες μπορούμε να ξεκινήσουμε την διαδικασία για τα ενεργειακά αποτελέσματα. Τα ενεργειακά αποτελέσματα της υπό μελέτης κατοικίας θα τα αντλήσουμε από το λογισμικό του Insight360.

Το λογισμικό του Insight είναι αυτό που συνδέεται με το Revit και χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει διάφορα σενάρια που σχετίζονται με την ενεργειακή κατανάλωση και το πόσο κοστίζει ένα κτίριο. Βασίζεται στα αμερικανικά πρότυπα όπως αυτό είναι το ASHRAE 90.1 και το Architecture 2030 για τις παραμέτρους του. Σκοπός του είναι να επιτρέψει στους μηχανικούς να εξετάζουν και να προσομοιώνουν πολύπλοκα αρχιτεκτονικά σχέδια, για να κατανοήσουν πώς επηρεάζει τον σχεδιασμό τους την κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου. Το περιβάλλον του περιλαμβάνει το τρισδιάστατο σχέδιο του κτιρίου, τον δείκτη κατανάλωσης σε $\text{KW/m}^2/\text{χρόνο}$ ή $\text{EUR/m}^2/\text{χρόνο}$, και διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν αυτούς τους

υπολογισμούς και μπορούν να προσαρμοστούν από τον χρήστη. Οι λεπτομέρειες για αυτούς τους παράγοντες και τους συντελεστές τους περιγράφονται σε επόμενη ενότητα.

4.7.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ INSIGHT

Προσανατολισμός κτιρίου(Building Orientation)

Το κτίριο περιστρέφεται δεξιόστροφα από 0° έως 360°, επηρεάζοντας έτσι την ακτινοβολία του ήλιου και τη σκίαση που δέχεται. Ο δείκτης αυτός αναδεικνύει τη θέση του κτιρίου σε σχέση με τον αρχικό σχεδιασμό.

Αναλογία τοίχων-παραθύρων(Window-Wall-Ratio)

Είναι η αναλογία παραθύρου-τοίχων και υπολογίζεται διαιρώντας την επιφάνεια του γυαλιού με τη ολική επιφάνεια του τοίχου. Ο συγκεκριμένος συντελεστής αναδεικνύει τον τρόπο με τον οποίο η ηλιακή ακτινοβολία επηρεάζει το κτίριο,δηλαδή πόσο επηρεάζεται η θερμοκρασία του κτιρίου, είτε θερμαίνεται είτε δροσίζεται. Το λογισμικό του Insight360 δίνει αποτελέσματα για κάθε προσανατολισμό που επηρεάζουν διαφορετικά το κτήριο.

Σκιάδια(Window Shades)

Ο υπολογισμός της σκίασης του παραθύρου πραγματοποιείται κατακόρυφα στο παράθυρο, με το βάθος της σκίασης να αντιστοιχεί σε ένα κλάσμα του συνολικού ύψους του παραθύρου. Το πλάτος είναι το ίδιο με το πλάτος του παραθύρου και σαν μήκος υπολογίζεται το μήκος του ίδιου.

Name	Parameters
No change	No change
1/6 Win Height	1/6 of the Window Height
1/4 Win Height	1/4 of the Window Height
1/3 Win Height	1/3 of the Window Height
1/2 Win Height	1/2 of the Window Height
2/3 Win Height	2/3 of the Window Height
BIM	The setting in your model (Building Information Model)

Ιδιότητες υαλοπίνακα(Window Glass)

Αναφέρεται στη διαμόρφωση ή τις επιλογές για τα εργαλεία που αφορούν τις ιδιότητες του υαλοπίνακα σε ένα κτίριο. Συγκεκριμένα, αναφέρεται στην ικανότητα του υαλοπίνακα να ρυθμίζει και τα ηλιακά κέρδη θέρμανσης εντός του κτιρίου. Οι διάφορες τιμές αυτών των ιδιοτήτων εξαρτώνται από τον τύπο του υαλοπίνακα(μονός,διπλός,τριπλός) και εάν αυτός είναι χαμηλής εκπομπής(Low-e) ή όχι(clear).

Name	Glazing Type	U-Value (W/m ² K)	U-value (BTU/hr-ft ² -F)	Solar Heat Gain Coefficient (SHGC)	Visible Light Transmittance (VLT)
No Change	No change	No change	No change	No change	No change
Sgl Clr	Single Clear 6mm	6.17	1.09	0.81	0.88
Dbl Clr	Double Clear 6/13 Air	2.74	0.48	0.7	0.78
Dbl LoE	Double Low-E (e3=0.2) Clear 3/13 Air	1.99	0.35	0.73	0.74
Trp LoE	Triple Low-E (e2=e5=0.1) Clear	1.55	0.27	0.47	0.66

Name	Glazing Type	U-Value (W/m ² K)	U-value (BTU/hr-ft ² -F)	Solar Heat Gain Coefficient (SHGC)	Visible Light Transmittance (VLT)
	3mm/6mm Air				
Quad LoE	Quadruple LoE Films (88) 3mm/8mm Krypton	0.66	0.12	0.45	0.62
BIM	The setting in your model (Building Information Model)				

Εικόνα 38: Τύποι υαλοπίνακα και τα χαρακτηριστικά τους σύμφωνα με το Insight

Διαστρωμάτωση τοίχου(Wall Construction)

Η εξέταση επιπέδων διαστρωματώσεων στην τοιχοποιία που στο κτίριο χρησιμοποιήθηκε αξιολογή αν μπορεί να μειωθούν οι θερμικές απώλειες και να διατηρήσουν τα κέρδη από την θερμότητα. Οι διαθέσιμες επιλογές τοιχοποιίας που προσφέρονται από το λογισμικό του Insight360 βασίζονται σε

πρότυπα Αμερικής και προδιαγραφές και αναφέρονται στο παρακάτω πίνακα (Το R έχει μετρηθεί $m^2 \cdot K/W$ και το Heat Capacity σε $W/m^2 \cdot K$):

Name	Construction-Northern, Southern, Eastern, Western Walls	R-Value (hft ² °F/BTU)	Heat Capacity (BTU/ft ² °F)
Uninsulated	R0 Wood Frame Wall	2.97	10.71
R13 Metal	R13 Metal Frame Wall	5.766	10.05
R13 Wood	R13 Wood Frame Wall, Wood Shingle	11.66	1.74
R13+R10 Metal	R13 + R10 Metal Frame Wall	17.126	11.35
14-inch ICF	Insulated Concrete Form Wall 14 inch (36 cm) U-0.034	28.91	14.11
R38 Wood	R38 Wood Frame Wall	36.75	1.80
R2 CMU	R2 CMU Wall	4.02	18.69
12.25-inch SIP	Structurally Insulated Panel (SIP) Wall 12.25 inch (311 mm)	37.27	4.21
BIM	The setting in your model (Building Information Model)		

Εικόνα 39: Διαστρωματώσεις τοίχων

Διαστρωμάτωση Οροφής(Roof Construction)

Αναφέρεται στο πως μπορεί να ελατρώσει τις απώλειες θερμότητας και να κρατήσει τα κέρδη της θερμότητας. Οι επιλογές που παρέχει το Insight βρίσκονται στον παρακάτω πίνακα(Το R έχει μετρηθεί $m^2 \cdot K/W$ και το Heat Capacity σε $W/m^2 \cdot K$):

Name	Roof Construction	R-Value (hft ² °F/BTU)	Heat Capacity (BTU/ft ² °F)
Uninsulated	R0 over Roof Deck	1.33	1.43
R10	R10 over Roof Deck	11.75	2.06
Name	Roof Construction	R-Value (hft ² °F/BTU)	Heat Capacity (BTU/ft ² °F)
R15	R15 Wood Frame Roof	15.61	2.03
R19	R19 insulation Wood Frame Roof	16.39	1.18
R38	R38 Wood Frame Roof	42.57	1.30
R60	R60 Wood Frame Roof	66.23	1.37
10.25-inch SIP	Structurally Insulated Panel (SIP) Roof 10.25 inch thick (260mm)	37.71	1.44
BIM	The setting in your model (Building Information Model)		

Εικόνα 40: Διαστρωματώσεις οροφών

Αεροστεγανότητα(Infiltration)

Είναι η διαρροή του αέρα εξαιτίας των κενών όταν έγινε η κατασκευή του κτιρίου. Οι υπολογισμοί γίνονται με τις μονάδες μέτρησης ACH δηλαδή, οι εναλλαγές που γίνονται στον αέρα ανά ώρα Air Changes per Hour.

Αποδοτικότητα φωτισμού(Lighting Efficiency)

Είναι το θερμικό κέρδος εξαιτίας της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος παράλληλα. Μετριέται σε ενέργεια προς επιφάνεια, δηλαδή W/m^2 . Σημαντικό είναι να σημειωθεί ότι στο λογισμικό του Insight το "Operating Schedules," λαμβάνονται διάφορες πιθανότητες για τη μέγιστη ισχύ ηλεκτρικού ρεύματος στη διάρκεια μιας ημέρας. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει μία σταθερή τιμή για την "Lighting Efficiency" και ότι εξαρτάται από το πότε είναι κατειλημμένος ο χώρος, το οποίο καθορίζεται από το πρόγραμμα.

Αποδοτικότητα ηλεκτρικού φορτίου(Plug Load Efficiency)

Είναι η μέση ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας ορόφου, που χρησιμοποιείται από εξοπλισμό, όπως είναι διάφορες μικρές συσκευές. Εξαιρείται ο φωτισμός ή ο εξοπλισμός θέρμανσης και ψύξης. Όπως και στον συντελεστή "Lighting Efficiency," η ποσότητα ενέργειας που καταναλώνουν οι συσκευές σας, η οποία αναφέρεται ως "Plug Load Efficiency," διαφοροποιείται ανάλογα με το πότε χρησιμοποιούνται οι συσκευές αυτές στον χώρο. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχουν στάνταρ τιμές για αυτόν τον συντελεστή, και οι διάφορες περιπτώσεις υπολογίζονται αυτόματα από το λογισμικό Insight, λαμβάνοντας υπόψη το πότε και πόσο συχνά χρησιμοποιούνται οι συσκευές.

Heating Ventilation and Air Conditioning (HVAC) Systems

Αυτός ο συντελεστής παρουσιάζει το πόσο αποδοτικό είναι ένα σύνολο διαφορετικών συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και εξαερισμού, λαμβάνοντας υπόψη την τοποθεσία και τον όγκο του κτιρίου. Τα διαθέσιμα συστήματα μέσω του λογισμικού του Insight συμμορφώνονται με πρότυπα Αμερικής και υπάρχουν στον ακόλουθο πίνακα.

Heating Ventilation and Air Conditioning (HVAC) Systems

Name	Description
ASHRAE Package System	ASHRAE 90.1-2010 minimum efficiency Packaged Single Zone System, 11 EER, 70F economizer
High Eff. Heat Pump	Heat Pump, 17.4 SEER, 9.6 HSPF, Electric Heat
ASHRAE Heat Pump	ASHRAE 90.1-2010 minimum efficiency Heat Pump, 9.5 EER, COP 3.2 Electric Heat, 70F economizer
High Eff. Package System	Packaged Single Zone System, small unit, 20 SEER 85% AFUE
ASHRAE VAV	ASHRAE 90.1-2010 minimum efficiency Variable Air Volume, COP 6.10 Chiller, Gas Boiler, 75F economizer

Name	Description
High Eff. VAV	VAV, Underfloor Air Distribution, COP7.5 Chiller, 95% Eff. Gas Boiler, economizer
ASHRAE Package Terminal Heat Pump	ASHRAE 90.1-2010 minimum efficiency Package Terminal Heat Pump 11.9 EER
High Eff. Package Terminal AC	Package Terminal Air Conditioner unit, 12.7 EER, 90.4% Gas Boiler
BIM	The setting in your model (Building Information Model)

Εικόνα 41: Συστήματα HVAC

Αποδοτικότητα ηλιακών πάνελ(PV (Photovoltaic) Panel Efficiency)

Είναι το ποσοστό της ενέργειας του ήλιου που θα μετατραπεί σε άλλες μορφές ενέργειας. Εξαρτάται από τον βαθμό απόδοσης των φωτοβολταϊκών πάνελ που θα τοποθετηθούν.

Περίοδος αποπληρωμής ηλιακών πάνελ(PV (Photovoltaic) Payback limit)

Με βάση το συντελεστή της περιόδου απόσβεσης μπορεί να καθοριστεί ποιες επιφάνειες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το Φ/Β σύστημα. Επιφάνειες με σκίαση ή κακό ηλιακό προσανατολισμό ενδέχεται να εξαιρεθούν.

Ποσοστό κάλυψης επιφάνειας ηλιακών πάνελ(PV (Photovoltaic) Surface Coverage)

Καθορίζετε πόση επιφάνεια στέγης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τα φωτοβολταϊκά πάνελ, υποθέτοντας την περιοχή για πρόσβαση συντήρησης, εξοπλισμό στέγης και υποδομή συστήματος.

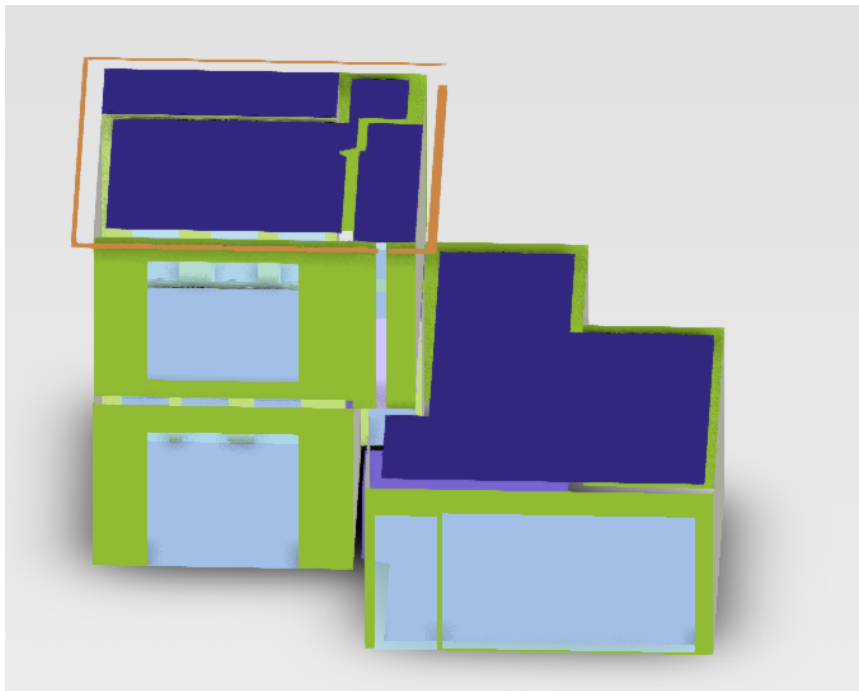
4.8 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΤΟ INSIGHT

Η διαδικασία μεταφόρτωσης αρχείων στο Insight από το περιβάλλον του Revit είναι απλή και αυτοματοποιημένη, όπως περιγράφεται στο υποκεφάλαιο 4.2. Μόλις τα αρχεία ανέβουν στο περιβάλλον δημιουργείται μια ψηφιακή αναπαράσταση του κτιρίου. Αυτή η διαδικασία διευκολύνει τους μηχανικούς και τους αρχιτέκτονες να αξιολογήσουν τη συμπεριφορά του κτιρίου υπό διαφορετικές συνθήκες και να λάβουν αποφάσεις σχετικά με τη βελτιστοποίηση της σχεδίασης για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και των εκπομπών.

Η αυτοματοποιημένη φύση της μεταφόρτωσης αρχείων στο Insight εξασφαλίζει όχι μόνο την ευκολία χρήσης αλλά και τη σωστή απεικόνιση του κτιρίου ως ψηφιακής αναπαράστασης. Στην αναπαράσταση αυτή, τα δομικά στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη στο ενεργειακό μοντέλο εμφανίζονται με πράσινο χρώμα, αυτά τα στοιχεία που δεν λαμβάνονται υπόψη με πορτοκαλί, και τα οριζόντια στοιχεία, όπως είναι οι πλάκες σκυροδέματος, με χρώμα μπλε.

Αυτή η διαδικασία αφού τελειώσει την εκτέλεση της καταλήγει με την εμφάνιση του μηνύματος λάθους "Architecture 2030 error", το οποίο δεν έχει καμία επίπτωση στα τελικά αποτελέσματά μας. Το μήνυμα εμφανίζεται διότι υπάρχει περιορισμός από το πρόγραμμα για κτίρια εκτός των ΗΠΑ και του Καναδά.

Συνοψίζοντας, η διαδικασία αυτή προσφέρει ένα πολύτιμο εργαλείο για τη βελτιστοποίηση της σχεδίασης κτιρίων από ενεργειακής άποψης, παρέχοντας σαφήνεια στις επιπτώσεις των δομικών στοιχείων στη συνολική ενεργειακή απόδοση.



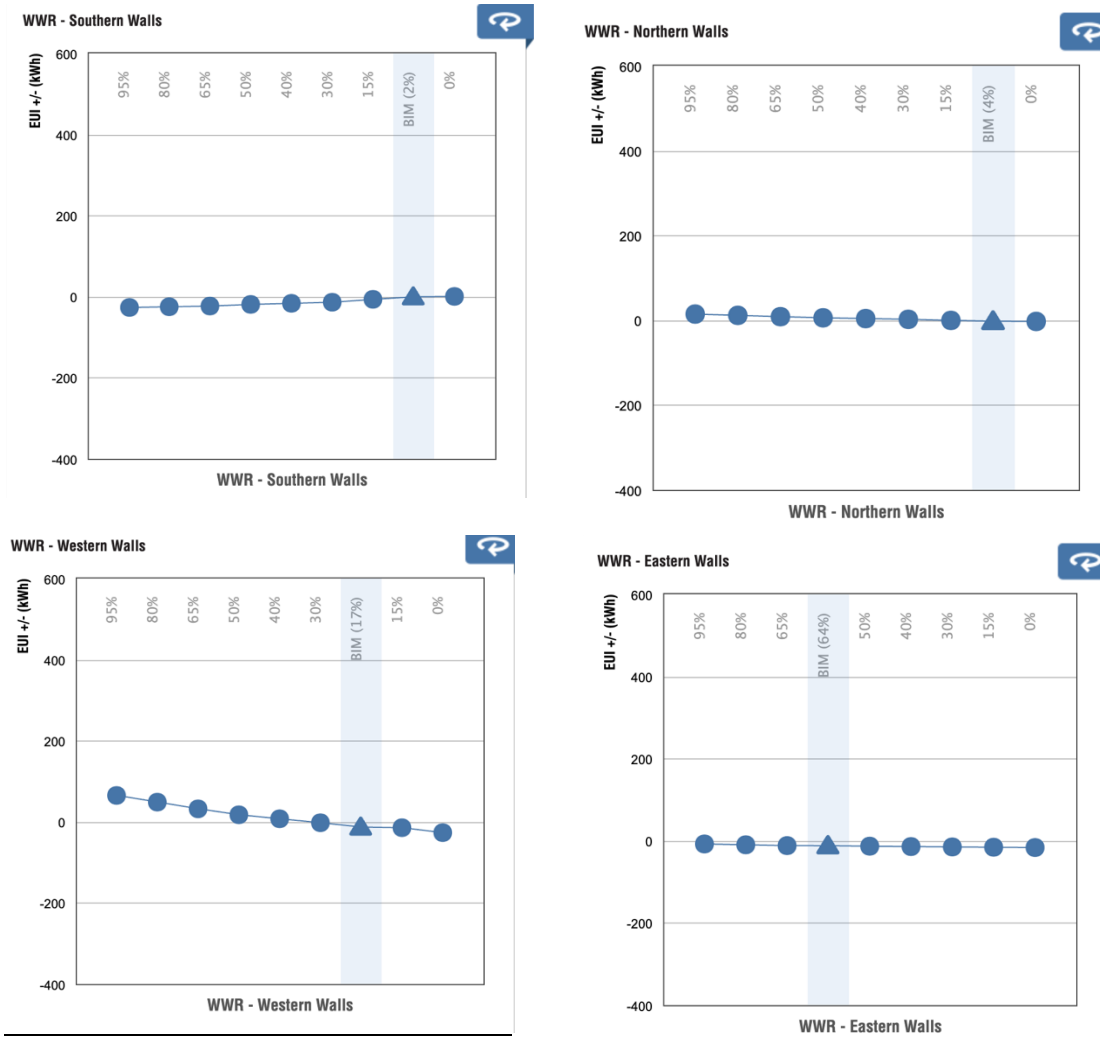
Εικόνα 42: Προσομοίωση κτιρίου μελέτης στο περιβάλλον του Insight

4.9 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ INSIGHT

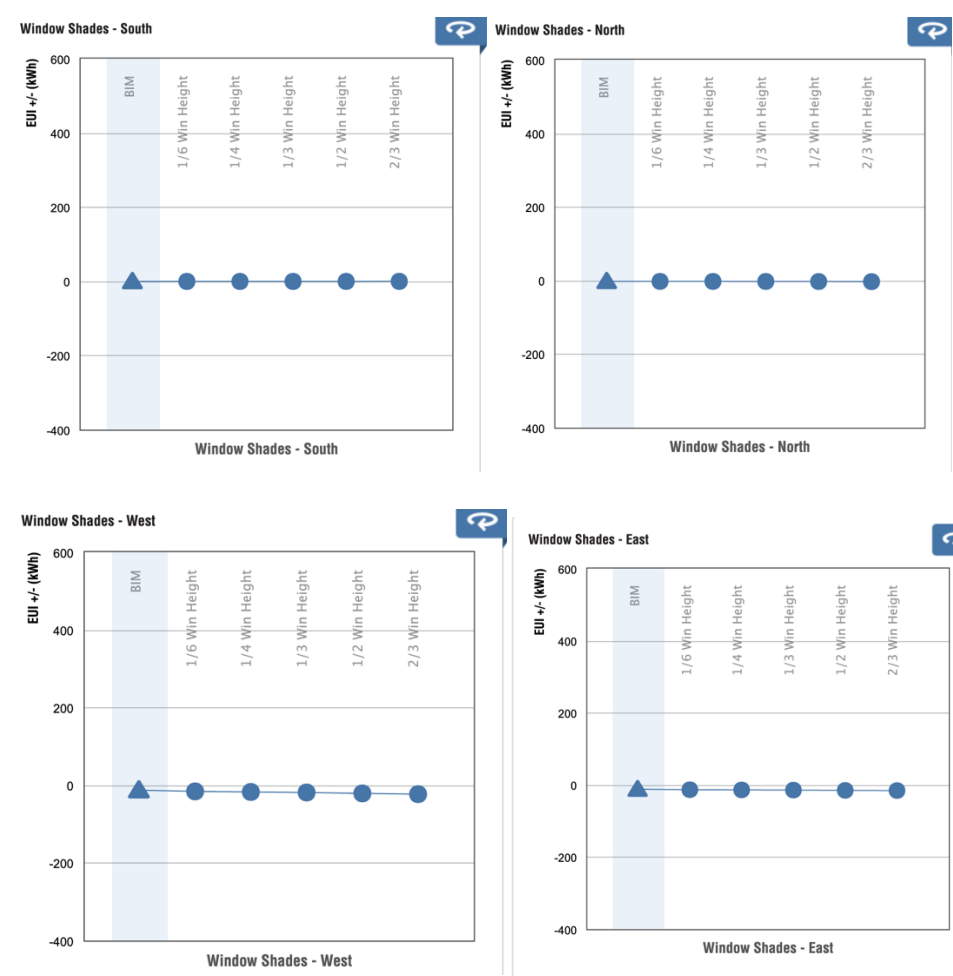
Ουσιαστικά η παραπάνω διαδικασία περιγράφει την απεικόνιση της κατανάλωσης ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο στο κτίριο μελέτης. Αυτή η απεικόνιση χρησιμοποιείται για να παράγει μια προσέγγιση του πόση ενέργεια χρησιμοποιείται σε κάθε τετραγωνικό μέτρο του χώρου κάθε χρόνο, ή πόσα χρήματα δαπανώνται ανά τετραγωνικό μέτρο το χρόνο. Αρχικά, το λογισμικό εξετάζει όλες τις πιθανές παραλλαγές των παραμέτρων που αναφέρονται παραπάνω. Χωρίς καμία παρέμβαση από τον χρήστη το λογισμικό εξετάζει όλες τις δυνατές ποικιλίες και συνδυασμούς παραμέτρων χωρίς να περιορίζεται σε ένα συγκεκριμένο σενάριο. Το υπό μελέτη κτίριο, η αρχική εκτίμηση είναι με κατανάλωση 188 κιλοβατώρας ανά τετραγωνικό μέτρο το χρόνο.

Σε κάθε παράμετρο του κτιρίου επιλέχθηκε η υπάρχουσα κατάσταση της κατοικίας. Βασίζεται στα δεδομένα που έχουν εισαχθεί στο λογισμικό του Revit. Παρακάτω βλέπουμε λεπτομερώς τους παράγοντες που χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό αυτό.

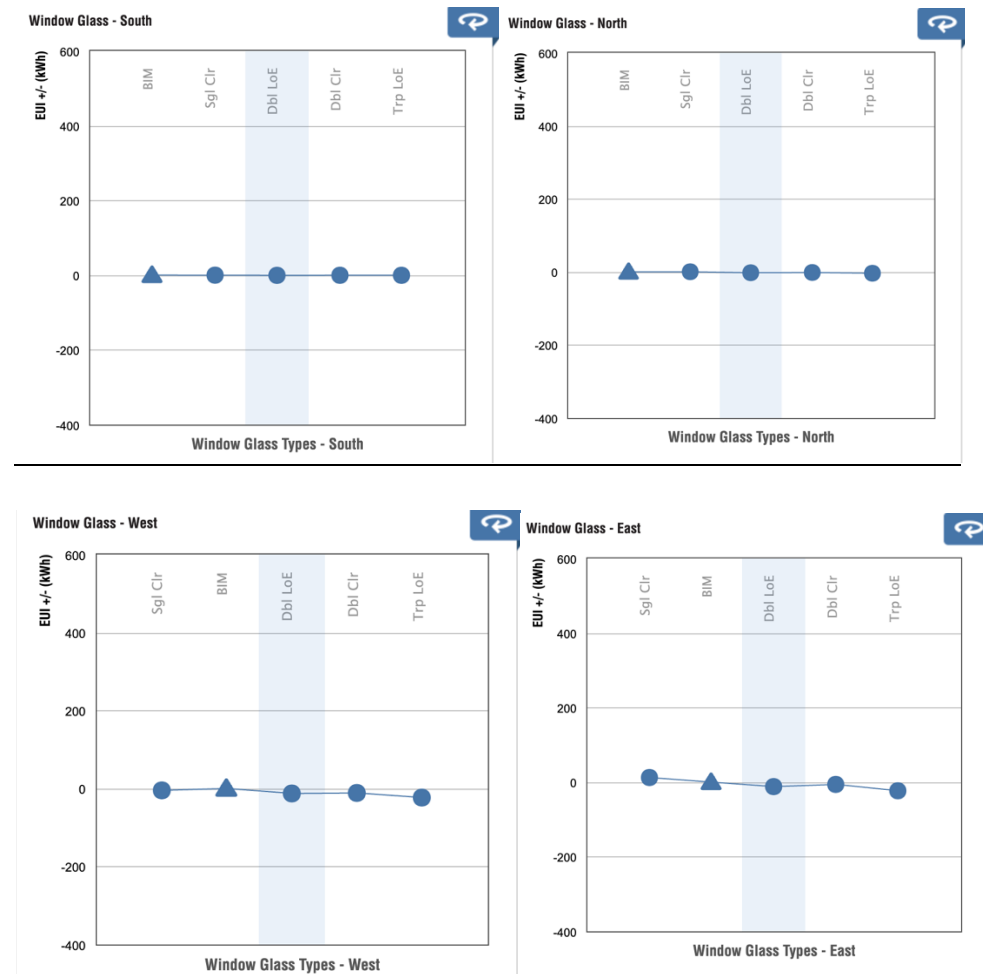
Εικόνες Αναλογία τοίχων παραθύρων στους 4 προσανατολισμούς



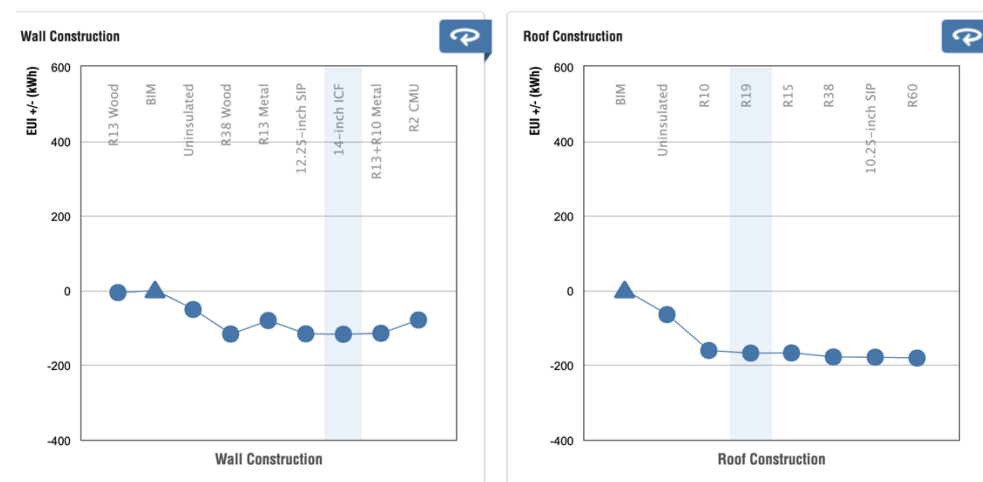
Εικόνες Σκιάδα υαλοπίνακα στους 4 προσανατολισμούς



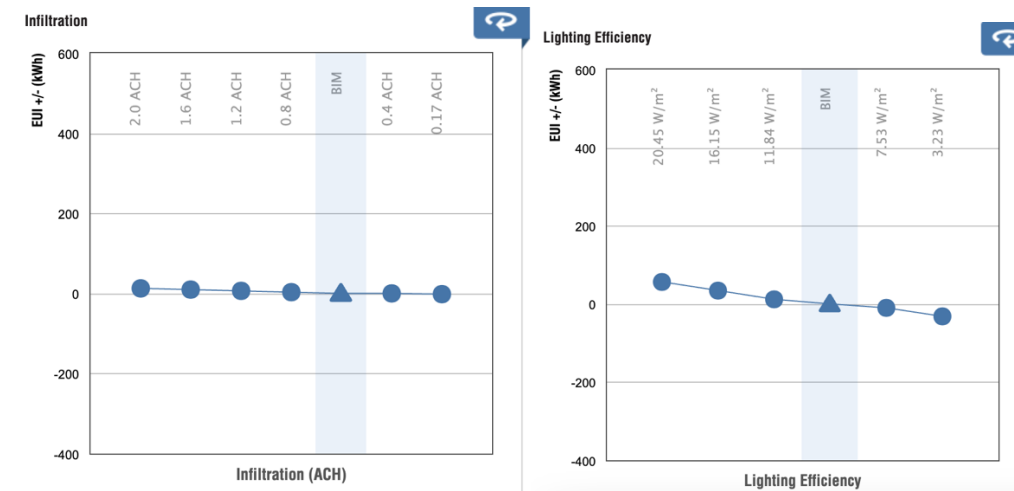
Είδος υαλοπίνακα στους 4 προσανατολισμούς



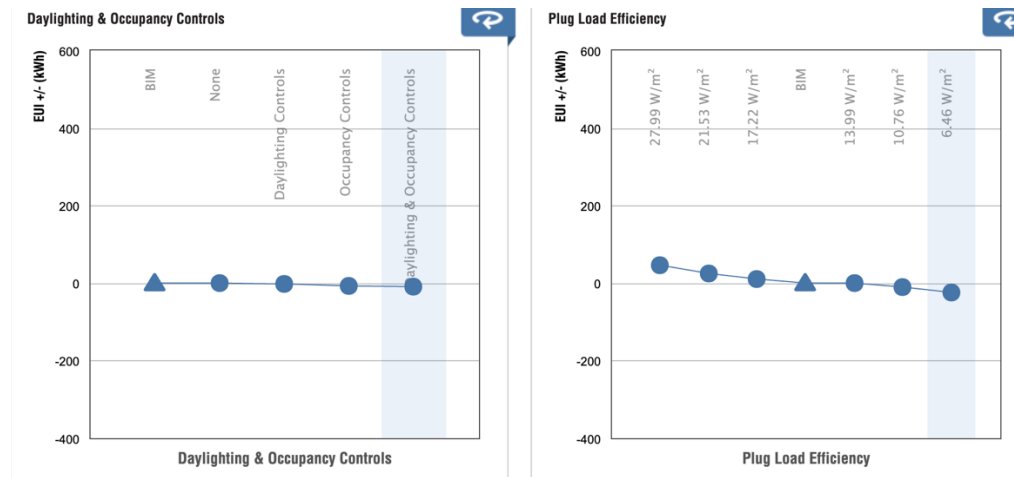
Εικόνες Στρώσεις τοίχων και οροφής



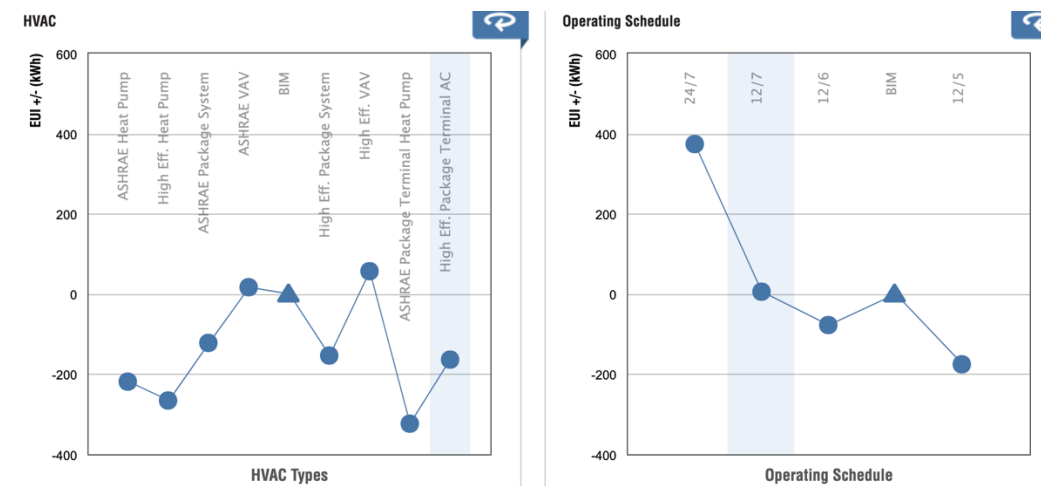
Εικόνες Αεροστεγανότητα και αποδοτικότητα φωτισμού



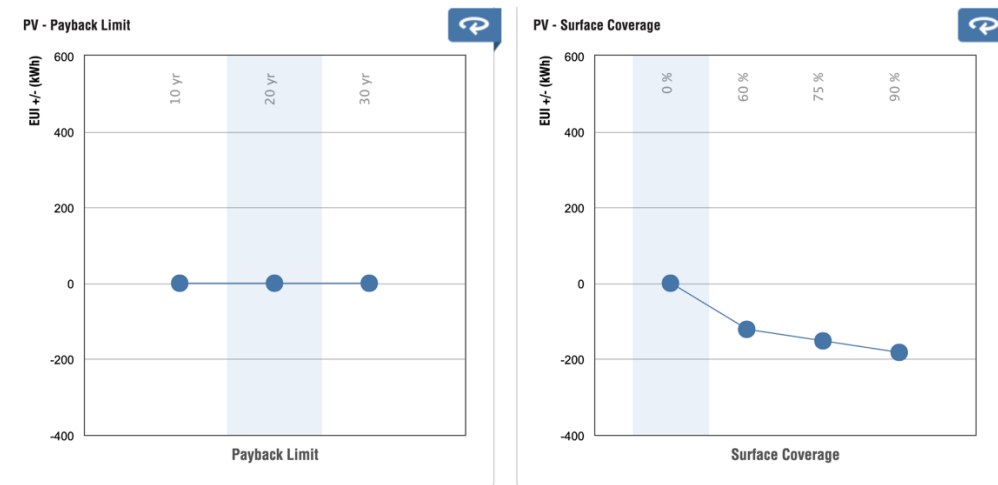
Εικόνες Φυσικός φωτισμός και αποδοτικότητα ηλεκτρικού φορτίου



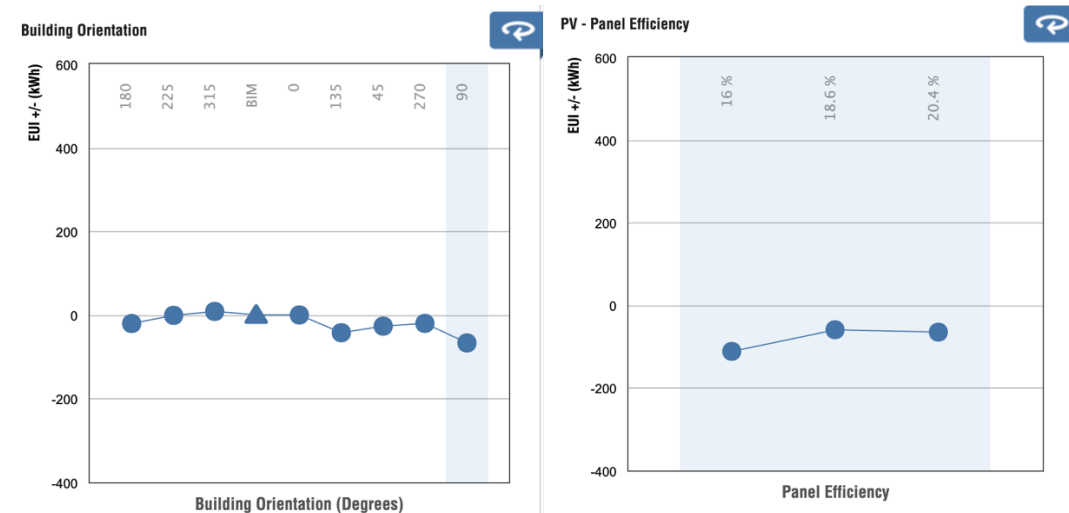
Εικόνες Συστήματα HVAC και πρόγραμμα λειτουργίας



Εικόνες Περίοδος αποπληρωμής και ποσοστό κάλυψης ηλιακών πάνελ



Εικόνες Προσανατολισμός και αποδοτικότητα πάνελ



4.10 ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΚΤΗΡΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ INSIGHT360

Για να δημιουργηθούν διάφορα εναλλακτικά σενάρια, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αλλάξει οποιαδήποτε παράμετρο επιθυμεί από τα διαγράμματα του προγράμματος Insight360. Με αυτή την αλλαγή, το πρόγραμμα υπολογίζει αυτόματα και εμφανίζει τη νέα εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας για το κτίριο.

Αυτή η δυνατότητα επιτρέπει στον χρήστη να δοκιμάσει διάφορες προσαρμογές και βελτιώσεις στον σχεδιασμό του κτιρίου, όπως αλλαγές στη μόνωση, στον φωτισμό, στα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, και σε άλλες τεχνικές λεπτομέρειες. Κάθε αλλαγή έχει άμεση επίδραση στην ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και στην εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας,

επιτρέποντας στον χρήστη να επιλέξει το πιο βιώσιμο και οικονομικά επωφελές σενάριο για το έργο του.

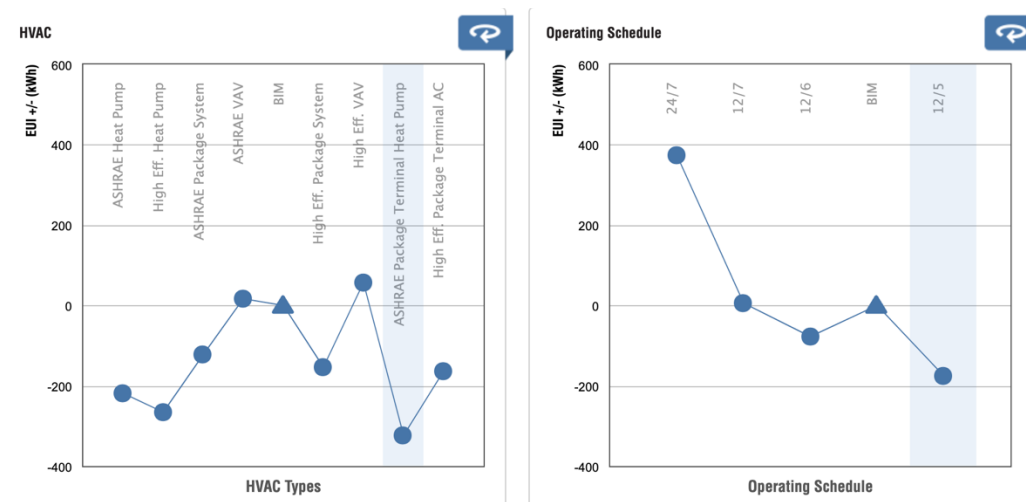
4.10.1 ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 1^ο ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Το πρώτο σενάριο προβλέπει την εγκατάσταση ενός συστήματος Package Terminal Heat Pump (PTHP) αναφέρεται σε μια κατηγορία θερμοαντλιών. Μειώνει την ενεργειακή κατανάλωση, από 188 kWh/m²/yr σε **89,7 kWh/m²/yr**.

Το Package Terminal Heat Pump (PTHP) είναι ένα συστηματικό σύστημα θέρμανσης και ψύξης, σχεδιασμένο για την αποτελεσματική ρύθμιση της θερμοκρασίας σε συγκεκριμένους χώρους, όπως ξενοδοχεία, μοτέλ πολυκατοικίες και μονοκατοικίες. Ενσωματώνοντας όλες τις απαραίτητες μονάδες σε μία συμπαγή κατασκευή, το PTHP παρέχει ευκολία εγκατάστασης και συντήρησης, μειώνοντας την ανάγκη για εκτενή δίκτυα σωληνώσεων ή αεραγωγών. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία της θερμοαντλίας, το σύστημα μπορεί να αντιστρέψει τη λειτουργία του, παρέχοντας τόσο θέρμανση όσο και ψύξη ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη. Η υψηλή ενεργειακή του απόδοση και η δυνατότητα ατομικού ελέγχου της θερμοκρασίας καθιστούν το PTHP ιδανική επιλογή για εφαρμογές όπου απαιτείται άνεση και αποτελεσματικότητα.

Μετά την εκτέλεση της προσομοίωσης στο πρόγραμμα του Revit, τα αποτελέσματα για το HVAC που πήρα από το Insight είναι τα παρακάτω:

Εικόνες Συστήματα HVAC και πρόγραμμα λειτουργίας

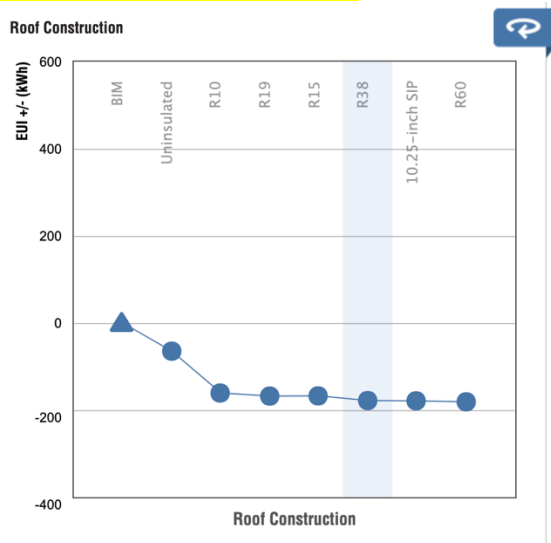


4.10.2 ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2^ο: ΜΟΝΩΣΗ ΟΡΟΦΗΣ

Στο δεύτερο βελτιωτικό σενάριο της ανάλυσης ενεργειακής απόδοσης, αποφασίζεται να προστεθεί επιπλέον μόνωση στην οροφή του κτιρίου. Σύμφωνα με τα δεδομένα από το Insight, η προτεινόμενη τιμή για την μόνωση της οροφής είναι η R38. Η εφαρμογή αυτής της τιμής μόνωσης οδηγεί σε μια εκτιμώμενη μείωση της ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης στα **180kWh/m²/yr.**

Αυτή η αλλαγή στη μόνωση της οροφής έχει σημαντική επίδραση στην ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, καθώς η μείωση των θερμικών απωλειών μέσω της επιπλέον μόνωσης οδηγεί σε μειωμένη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη κατά τη διάρκεια του έτους. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε οικονομία ενέργειας και μείωση των λειτουργικών εξόδων του κτιρίου, ενώ ταυτόχρονα βελτιώνει την οικολογική του απόδοση.

Οι τεχνικές αυτές αλλαγές και βελτιώσεις στη μόνωση αποτελούν σημαντικά εργαλεία για τους σχεδιαστές και τους αρχιτέκτονες, καθώς επιτρέπουν την προσαρμογή των σχεδίων τους για βέλτιστη ενεργειακή απόδοση και βιωσιμότητα του κτιρίου.



4.10.3 ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 3^ο: ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

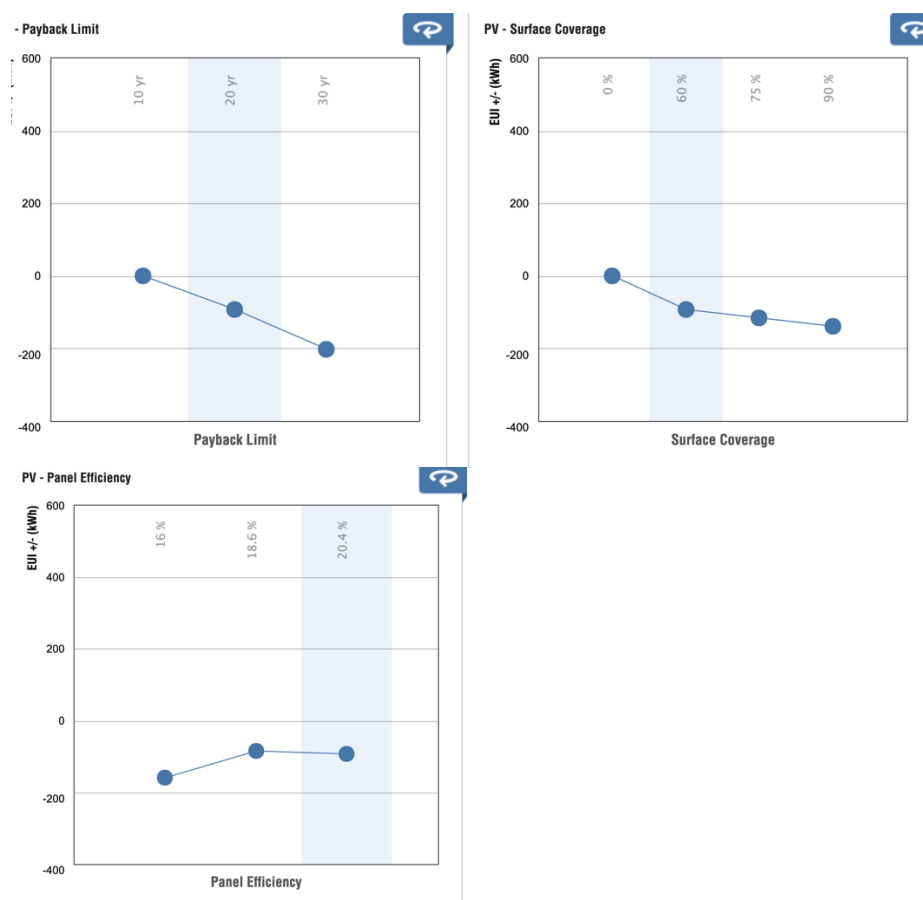
Στο τελευταίο σενάριο βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, προτείνεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Συγκεκριμένα, προτείνεται να καλυφθεί το 60% της στέγης με φωτοβολταϊκά πάνελ, τα οποία έχουν συντελεστή αποδοτικότητας 20,4%. Η περίοδος αποπληρωμής για την επένδυση αυτήν προσδιορίζεται στα 20 χρόνια.

Με τις παραπάνω ενέργειες, εκτιμάται ότι θα υπάρξει μείωση της εκτιμώμενης ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης στα **95,3 kWh/m²/yr.** Αυτή η μείωση

οφείλεται στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από τα φωτοβολταϊκά συστήματα, το οποίο μειώνει την εξάρτηση από εξωτερικές πηγές ενέργειας και μειώνει τη συνολική κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου.

Η επιλογή της στέγης για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι κρίσιμη για την επίτευξη μέγιστης απόδοσης από την ηλιακή ενέργεια. Επιπλέον, η περίοδος αποπληρωμής των 20 ετών καθιστά την επένδυση οικονομικά εφικτή και βιώσιμη στο μακροπρόθεσμο.

Με τη συνδυασμένη εφαρμογή αυτών των μέτρων βελτίωσης, το κτίριο θα επιτύχει σημαντική μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και θα προσφέρει σημαντικά οφέλη τόσο από οικονομική όσο και από περιβαλλοντική σκοπιά.



4.10.4 ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4^ο: ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ

Η αναβάθμιση των συστημάτων εξαερισμού μπορεί να επιφέρει σημαντική μείωση στην ενεργειακή κατανάλωση της διώροφης κατοικίας. Η εγκατάσταση συστημάτων ανάκτησης θερμότητας (HRV) υψηλής απόδοσης είναι βασική παρέμβαση, καθώς αυτά τα συστήματα ανακτούν τη θερμότητα από τον αποβαλλόμενο αέρα και την επαναχρησιμοποιούν για να προθερμάνουν ή να

προψύξουν τον εισερχόμενο αέρα, μειώνοντας έτσι τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης.

Παράλληλα, η βελτιστοποίηση των ρυθμίσεων του συστήματος εξαερισμού με τη χρήση αισθητήρων ποιότητας αέρα και θερμοκρασίας επιτρέπει τον ακριβή έλεγχο της ποσότητας αέρα που εισάγεται και εξάγεται από το κτήριο, διασφαλίζοντας ότι η λειτουργία του εξαερισμού είναι πάντα προσαρμοσμένη στις πραγματικές ανάγκες των εσωτερικών χώρων και αποφεύγοντας περιττές ενεργειακές δαπάνες. Αυτές οι βελτιώσεις μπορούν να ενισχύσουν σημαντικά την ενεργειακή απόδοση και να μειώσουν τα λειτουργικά κόστη της κατοικίας.

4.10.4 ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 5^ο: ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΔΕΝΤΡΩΝ ΣΤΗ ΝΟΤΙΑ ΠΛΕΥΡΑ

Μια βέλτιστη επιλογή για σκιά το καλοκαίρι και φως το χειμώνα στο κτίριο είναι τα φυλλοβόλα δέντρα στη νότια πλευρά του. Αυτό βοηθά στη διατήρηση χαμηλών θερμοκρασιών το καλοκαίρι και στη διείσδυση του ηλιακού φωτός το χειμώνα. Αυτά τα δέντρα έχουν την ικανότητα να μειώνουν την ένταση του ηλιακού φωτισμού και να προστατεύουν το κτίριο από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, καθιστώντας το περιβάλλον πιο δροσερό κατά τους θερινούς μήνες.

Τα κλαδιά αυτών των δέντρων είναι πυκνά και ευρύχωρα, προσφέροντας ολοκληρωμένη κάλυψη σκιάς πάνω από την περιοχή. Επιπλέον, ο κορμός τους είναι συχνά φυτρωμένος και προσφέρει φυσική προστασία από τον ήλιο και τη ζέστη.

Η πλατανιά και η καστανιά είναι δύο κλασικά παραδείγματα δέντρων που προσφέρουν αυτά τα χαρακτηριστικά. Η πλατανιά (*Platanus* spp.) είναι γνωστή για την ευρεία και πυκνή φύλλωση της, καθώς και την ικανότητά της να αντέχει σε διάφορες κλιματικές συνθήκες. Η καστανιά (*Castanea* spp.) επίσης προσφέρει πυκνή σκιά με τα φύλλα της και έχει την ιδιότητα να προσφέρει δροσιά στο περιβάλλον της.

Τα δέντρα αυτά όχι μόνο βελτιώνουν την αισθητική του περιβάλλοντος αλλά και συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου μέσω της φυσικής σκίασης και της μείωσης της ψύξης που απαιτείται κατά τους ζεστούς μήνες.

4.10.5 ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 6^ο: ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΔΕΝΤΡΩΝ ΣΤΗ ΒΟΡΕΙΑ ΠΛΕΥΡΑ

Η φύτευση δέντρων στη βόρεια πλευρά μιας κατοικίας για την παροχή προστασίας από τους ανέμους (windscreening) είναι μια εξαιρετική στρατηγική για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και της άνεσης. Τα οφέλη από την προστασία από τους ανέμους (Windscreening) είναι:

1. Μείωση της απώλειας θερμότητας: Τα δέντρα στη βόρεια πλευρά μπορούν να μειώσουν την ταχύτητα των ψυχρών ανέμων που πλήττουν το σπίτι, ελαχιστοποιώντας την απώλεια θερμότητας από τους τοίχους και τα παράθυρα.
2. Αύξηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος: Η προστασία από τους ανέμους δημιουργεί μια θερμότερη ζώνη γύρω από το σπίτι, βοηθώντας στη διατήρηση μιας πιο άνετης θερμοκρασίας.
3. Εξοικονόμηση ενέργειας: Με τη μείωση της απώλειας θερμότητας, μειώνεται η ανάγκη για θέρμανση του σπιτιού, οδηγώντας σε εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων.

Κατάλληλα για windscreening είναι τα αειθαλή δέντρα, καθώς διατηρούν τα φύλλα τους όλο το χρόνο και παρέχουν συνεχή προστασία. Προτεινόμενα δέντρα για τη βόρεια πλευρά είναι το πεύκο (*Pinus* spp.): Ανθεκτικά και γρήγορης ανάπτυξης, με πυκνό φύλλωμα, το έλατο (*Abies* spp.): Παρέχει άριστη προστασία από τους ανέμους λόγω του πυκνού και χαμηλού φυλλώματος και τα Κυπαρίσσια (*Cupressus* spp.): Ιδανικό για ψηλούς φράχτες και windscreening.

4.11 ΣΥΓΚΡΙΣΗ 3^{ΩΝ} ΠΡΩΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Από την **βασική προσομοίωση** προκύπτει ότι η εκτιμωμένη κατανάλωση ενέργειας είναι **188 kWh/m²/yr**. Παρακάτω παρουσιάζονται καταναλώσεις που αντιστοιχούν σε κάθε σενάριο αλλά και το ποσοστό που εξοικονομούν ενέργεια που προκύπτει από αυτό.

Senario 1: 89,70 kWh/m²/yr

Senario 2: 180 kWh/m²/yr

Senario 3: 95,30 kWh/m²/yr.

Παρατήρησα ότι:

- **Σενάριο 1** έχει χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας από την βασική προσομοίωση, με εξοικονόμηση $188 - 89,70 = 98,3$ kWh/m²/yr. Αυτό αντιπροσωπεύει ποσοστιαία εξοικονόμηση περίπου 52,3%.
- **Σενάριο 2** έχει υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας από την βασική προσομοίωση, με αύξηση $188 - 180 = 8$ kWh/m²/yr. Αυτό αντιπροσωπεύει ποσοστιαία αύξηση περίπου 4,3%.
- **Σενάριο 3** έχει σημαντικά χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας από την βασική προσομοίωση, με εξοικονόμηση $188 - 95,30 = 92,70$ kWh/m²/yr. Αυτό αντιπροσωπεύει ποσοστιαία εξοικονόμηση περίπου 49,2%.

Συμπερένω ότι το **Σενάριο 1** και **Σενάριο 3** παρουσιάζουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας σε σύγκριση με την βασική προσομοίωση, με ποσοστά εξοικονόμησης περίπου 52,3% και 49,2% αντίστοιχα. Αυτά τα σενάρια είναι πολύ αποδοτικά και προσφέρουν μεγάλη μείωση στην κατανάλωση ενέργειας. Το **Σενάριο 2** έχει μικρότερη εξοικονόμηση ενέργειας, με ποσοστό περίπου 4,3%. Αυτό το σενάριο είναι σχεδόν ισοδύναμο με την βασική προσομοίωση, και συνεπώς δεν προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση. **Συνολικά**, τα Σενάρια 1 και 3 φαίνονται πολύ πιο αποτελεσματικά στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε σύγκριση με το Σενάριο 2, το οποίο δεν παρέχει μεγάλη βελτίωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σήμερα, η υπερβολική κατανάλωση ενέργειας αποτελεί ένα σημαντικό κοινωνικό και ανθρωπιστικό πρόβλημα. Η έντονη οικονομική και τεχνολογική ανάπτυξη έχει προκαλέσει παγκόσμια ενεργειακά ζητήματα που απαιτούν επείγουσα αντιμετώπιση. Συνεπώς, η υιοθέτηση βιοκλιματικών αρχών, τόσο στην περίπτωση του κτιρίου μελέτης όσο και σε άλλα κτίρια, είναι απαραίτητη για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος.

Πλέον στις μέρες μας έχει γίνει αναγκαία υποχρέωση να εξοικονομείται η ενέργεια σε όλους τους τομείς και κυρίως στα κτίρια. Υπάρχουν ποικίλες τεχνικές για βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς που μπορούν να πετύχουν πολύ καλά αποτελέσματα.

Κατά την υλοποίηση αυτής της εργασίας, παρατηρήθηκε μια ανεπάρκεια του προγράμματος όσον αφορά τη λεπτομέρεια της αναφοράς σφαλμάτων κατά την διάρκεια της ενεργειακής προσομοίωσης. Το λογισμικό δεν παρέχει λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με το είδος του σφάλματος, περιοριζόμενο απλώς στην ενημέρωση της ύπαρξής του.

Το Revit είναι ένα λογισμικό BIM, όπου σε μαζί με το Insight παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα για ενεργειακή μελέτη ενός κτιρίου. Συγκεκριμένα μέσω του λογισμικού Insight μπορούν να βρεθούν τι ακριβώς θέλει βελτίωση και να βρεθούν εναλλακτικά σενάρια.

Αρχικά, στη παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε η υφιστάμενη ενεργειακή αποτύπωση μιας διώροφης κατοικίας μέσω του προγράμματος Revit. Στο πρώτο στάδιο σχεδιάστηκε στο πρόγραμμα του Revit το υφιστάμενο κτίριο όπως είναι στην πραγματικότητα με τα υπάρχον υλικά. Στη συνέχεια έτρεξα την ενεργειακή προσομοίωση του κτιρίου ώστε να βγούν τα αποτελέσματα από το Insight360.

Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από το λογισμικό Insight360 είναι η ενεργειακή κατανάλωση ανά τετραγωνικό μέτρο το χρόνο και είναι 188 κιλοβατώρες.

Στη συνέχεια έγιναν προτάσεις για βελτιωτικά σενάρια όπου κατέληξα για να μειωθούν οι κιλοβατώρες ανά τετραγωνικό μέτρο το χρόνο μια καλή λύση θα ήταν η τοποθέτηση αντλίων θερμότητας και έτσι θα διαμορφωθεί η κατανάλωση από 188 kWh/m²/yr σε 89,7 kWh/m²/yr. Επίσης, Το **Σενάριο 1** είναι το πιο αποτελεσματικό καθώς παρέχει τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με την βασική προσομοίωση, τόσο σε απόλυτους αριθμούς όσο και σε ποσοστά.

Έτσι, προέκυψε ένα βελτιωμένο κτίριο με ενισχυμένη ενεργειακή απόδοση και φιλικότερο προς το περιβάλλον. Αυτή η αναβαθμισμένη δομή αναμένεται να βελτιώσει την ποιότητα ζωής, ενώ παράλληλα θα διατηρεί χαμηλά τα επίπεδα της ενέργειας. Κατά τους θερινούς μήνες, το κτίριο θα προστατεύεται από την επιπλέον μόνωση. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, το κτίριο θα προστατεύεται από τα δύσκολα καιρικά φαινόμενα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Ανδροτσόπουλος Ανδρέας, Αραξλή Κλειώ, Αραβαντινός Δημήτρης, Θεοδοσίου Θεόδωρος, Τσικαλουδάκη Κατερίνα, 2011.Κλίμακα και εσωτερικό περιβάλλον. Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων.
Available at: <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/dg2013/ktirio/DE3-Bioklimatika-final.pdf>
2. Βιοκλιματικός σχεδιασμός κατοικίας – Βασικές αρχές
Available at:
<https://greencom.gr/%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B7-%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%B9%CE%B1/%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%82-%CF%83%CF%87%CE%B5%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%82-%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%B9%CE%B1%CF%82>
3. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ, ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ Υ.Π.Ε.Κ.Α. ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ.
Available at: <https://docplayer.gr/497018-Υπουργείο-perivallontos-energeias-kai-klimatikis-allagis-y-p-e-k-a-tehniko-epimelitirio-ella-as.html>

4. Γεωργοπούλου Μυρτώ, Γκούσου Μόλι, Ευθυμίου Δώρα, Χρονάκη Γιάννη, 2016. Το ενεργειακό πρόβλημα και προβληματισμοί, Εργασία,
Available at: <https://pt.slideshare.net/maripapag/ss-77231550>
5. Δασκαλάκη Ε.Γ., Κ. Δρούτσα, Κ.Α. Μπαλαράς, Σ. Κοντογιαννίδης, 2016. Τυπολογία Ελληνικών Κτιρίων Κατοικίας.
Available at:
https://episcopo.eu/fileadmin/tabula/public/docs/brochure/GR_TABULA_TypologyBrochure_NOA.pdf. [Πρόσβαση 29 Mar 2023].
6. Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα, 2000. Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών (ΔΙΠΕ) & ΥΠΕΧΩΔΕ, “Οικολογική Δόμηση”
7. Εφημερίδα “το Βήμα”, 2014. Αυτά είναι τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά προβλήματα της Γης,
Available at: <https://www.protothema.gr/environment/article/373140/auta-einai-ta-megalutera-perivalloodika-provlimata-tis-gis/>
8. Εθνικό Τυπογραφείο, Εφημερίδα της κυβερνήσεως, Αρ. Φύλλου 5447/05-12-2018. Έγκριση Εθνικού Σχεδίου αύξησης του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.
Available at: https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/12/%CE%A5%CE%A0%CE%95%CE%9D%CE%94%CE%95%CE%A0%CE%95%CE%91_85251_242_27.11.2018-%CE%A6%CE%95%CE%9A-%CE%92-5447.pdf
9. Εθνικό Τυπογραφείο, Εφημερίδα της κυβερνήσεως, Αρ. φύλλου 407/9-4-2010. Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων.
10. Εθνικό Τυπογραφείο Εφημερίδα της κυβερνήσεως, Αρ. φύλλου 79/9-4-2002. Νόμος 4067, Νέος Οικοδομικός Κανονισμός.
11. Εθνικό Τυπογραφείο, Εφημερίδα της κυβερνήσεως, Αρ. Φύλλου 42/ 19 – 2013. Νόμος υπ' αριθμ. 4122, "Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου
12. Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2012
Available at: <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SFA40/->. [Πρόσβαση 29 Mar 2023].
13. Εξοικονόμηση Ενέργειας στον κτιριακό τομέα.
Available at: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/ktiria_intro.htm. [Πρόσβαση 29 Mar 2023].
14. Κανδηλάπτης Αθανάσιος, Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτηρίων, εφαρμογές και οφέλη,
Available at:
<https://www.peakpemagazine.gr/article/%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82-%CF%83%CF%87%CE%B5%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-%CE%BA%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%AF%CF%89%CE%BD-%CE%B5%CF%86%CE%B1%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%AD%CF%82-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%BF%CF%86%CE%AD%CE%BB%CE%B7>

15. ΚΑΠΕ and CRES,2023. Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων, Energy HUB for All.
Available at: <http://www.cres.gr/energyhubforall/Energeiaki%20apodosi%20ktirion.html>
16. ΚΑΠΕ and CRES,2023. Εφαρμόζοντας τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες στην Ελλάδα, Energy HUB for All.
Available at: <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.4.html>.
17. Κούβελος Α,-Νίκας Δ,. (2014) Κατασκευή συγκροτήματος τεσσάρων μεμονωμένων κατοικιών μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, στην Κηφισιά Αττικής με χρήση βιοκλιματικού σχεδιασμού και Α.Π.Ε, ΑΤΕΙ Πειραιά, Πειραιάς
18. Μιχαλάκη Μίκα, (2007). Τα φυτεμένα δώματα και η συμβολή τους στον αστικό χώρο. Available at: <https://www.monumenta.org/article.php?IssueID=2&lang=gr&CategoryID=3&ArticleID=89>
19. Παθητικά ηλιακά συστήματα,
Available at: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmes_o_kerdos_iliakoi_toixoi.htm
20. Πετρίδου Κυριακή, Α. μέλος της ΜΕ Αρχιτεκτονικών Θεμάτων. Πράσινα δώματα Επαναφέροντας τη χαμένη φύση.
Available at: http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/GRAFEIO_TYPOY/TE_XNOGRAFHMA_2009/%D4%C5%D7%CD%CF%C3%D1%C1%D6%C7%CC%C1%20377/377%206_8.pdf
21. Volton,2021.Περιβαλλοντικά Προβλήματα στην Ελλάδα & Τρόποι Αντιμετώπισης.
Available at: <https://volton.gr/perivallontika-provlimata-stin-ellada-tropoi-antimetopisis/>
22. ΤΕΕ, Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτηρίων, 2011.
Available: <https://web.tee.gr/wp-content/uploads/%CE%A4%CE%9F%CE%A4%CE%95%CE%95-20701-6-%CE%92%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82-%CE%A3%CF%87%CE%B5%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%82.pdf> [Πρόσβαση 29 Mar 2023]
23. ΤΕΕ, Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-6/2022, Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στον ελλαδικό χώρο, 2022.
Available at: <https://web.tee.gr/wp-content/uploads/%CE%A4%CE%9F%CE%A4%CE%95%CE%95-20701-6-%CE%92%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82-%CE%A3%CF%87%CE%B5%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%82.pdf> [Πρόσβαση 29 Mar 2023]
24. Τσίππρας Κωνσταντίνος,2005. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα, Αθήνα:ΚΑΠΕ
25. Τσίππρας Κωνσταντίνος,2005. Οικολογική Αρχιτεκτονική, Αθήνα:Κέδρος.

26. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ,

Available at: <https://ypen.gov.gr/energeia/energeiaki-exoikonomisi/ktiria/#:~:text=%CE%A4%CE%B1%20%CE%BA%CF%84%CE%AF%CF%81%CE%B9%CE%B1%20%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD%20%CE%95%CE%B1%CF%8D%CE%BE%CE%B7%CF%83%CE%B7%20%CF%84%CE%B7%CF%82%20%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE%CF%82%20%CF%84%CE%BF%CF%85%20%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CE%BB%CF%89%CF%83%CE%B7%CF%8>

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

1. Afshari, H, Issa, MH & Radwan, A 2016, 'Using failure mode and effects analysis to evaluate barriers to the greening of existing buildings using the Leadership in Energy and Environmental Design rating system', Journal of Cleaner Production, vol. 127, pp. 195-203.
2. «Autodesk,» Autodesk, Available: <https://help.autodesk.com/view/ARENDERING/ENU/?guid=GUID-CF9A3100-D15E-4515-A518-BCECB9FB4365> [Πρόσβαση 19 Jun 2023]
3. Eurostat, Consumption of energy - Statistics Explained. Available at: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Consumption_of_energy.
4. Everblue 2017, What is LEED Certification?, Available at: <http://www.everbluetraining.com/what-is-leed>
5. Freeman, R 2014, *Changes in Rapidly Renewable Materials and LEED v4*, Available at: <https://www.poplarnetwork.com/news/changes-rapidly-renewable-materials-and-leed-v4>
6. GBIG 2017c, *LEED CERTIFICATION ACTIVITY Bulgaria*.
7. GBIG 2017d, *LEED CERTIFICATION ACTIVITY Italy*.
8. Mark DeKay, G.Z. Brown, 2001. Sun Wind & Light, Architectural Design Strategies
9. Sawit, A 2017, *Counting down the 2016 leading countries in LEED*. Available at: <https://www.usgbc.org/articles/counting-down-2016-leading-countries-leed>
10. Szokolay S.V., 2008. Introduction to Architectural Science, The Basis of Sustainable Design
11. Wikipedia, 2017. Κλίμα της Ελλάδας. Available at: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%BB%CE%AF%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B7%CF%82_%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1%CF%82#:~:text=%CE%A4%CE%BF%20%CE%BA%CE%BB%CE%AF%CE%BC%CE%B1%20%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD%20%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1%20%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9,%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CE%AD%CF%87%CE%B5%CE%B9%20%CE%BF%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B1%20%CE%B8%CE%B1%CE%BB%CE%AC%CF%83%CF%83%CE%B9%CE%B1%20%CF%87%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC [Πρόσβαση 11 Σεπτ 2023]

Βιβλιογραφία Links:

1. <https://forums.autodesk.com/autodesk/attachments/autodesk/2022/1890/1/Insight360-widget-settings.pdf>
2. <https://help.autodesk.com/view/RVT/2014/ENU/?guid=GUID-D7783A4F-2445-44B6-AD91-707348CE5130>
3. <https://www.kathimerini.gr/society/561846226/thorakisi-ktirion-kai-energovoires-monokatoikies/>
4. <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/2-eliasmos-ktiriou>
5. <https://www.pranaair.com/blog/illuminance-levels-indoors-the-standard-lux-levels/>