



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών  
**Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών**  
**«Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας»**

*Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 73, Ζωγράφου – Τηλ. 210-7723655, Fax 210-7723565*

## **ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

«Αποθήκευση Θερμότητας σε Κτίρια Τριτογενούς  
Τομέα»

**Του Μεταπτυχιακού Φοιτητή**

**Κουρή Ζώη**

**Επιβλέπουσα**

**Κορωνάκη Ειρήνη, Καθηγήτρια**  
**Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ**

**Αθήνα, Ιούλιος 2022**



## ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών  
Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
**«Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας»**

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 73, Ζωγράφου – Τηλ. 210-7723655, Fax 210-7723565

### ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*«Αποθήκευση Θερμότητας σε Κτίρια Τριτογενούς Τομέα»*

**Του Μεταπτυχιακού Φοιτητή**

Κουρή Ζώνη

**Επιβλέπουσα**

Κορωνάκη Ειρήνη, Καθηγήτρια  
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από τριμελή επιτροπή την .....

-----  
Κορωνάκη Ειρήνη  
Καθηγήτρια ΕΜΠ

-----  
Παπαθανασίου Σταύρος  
Καθηγητής ΕΜΠ

-----  
Καρέλλας Σωτήριος  
Καθηγητής ΕΜΠ

**Αθήνα, Ιούλιος 2022**

## Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα της εργασίας μου και Αναπληρώτρια Καθηγήτρια της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π. κα. Ειρήνη Κορωνάκη, για την πολύ καλή συνεργασία και καθοδήγηση κατά τη σύνταξη αυτής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την υπομονή και συμπαράστασή τους, ιδιαίτερα το τελευταίο έτος όπου λόγω επαγγελματικών υποχρεώσεων βρισκόμουν μακριά τους.

Κουρής Ζώης,

Ιούλιος 2022

<b>ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:</b>	<b>«Αποθήκευση Θερμότητας σε Κτίρια Τριτογενούς Τομέα»</b>
<b>ΦΟΙΤΗΤΗΣ:</b>	<b>Κουρής Ζώης</b>
<b>ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ:</b>	<b>Κορωνάκη Ειρήνη, Καθηγήτρια Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ</b>
<b>ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ:</b>	<b>2021-2022</b>

## Σύνοψη

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση τεχνολογιών αποθήκευσης θερμότητας και η μελέτη εφαρμογής τους σε κτίρια μέσω της ενεργειακής αναβάθμισής τους. Μέσω των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού, των παθητικών και ενεργητικών ηλιακών συστημάτων μελετάται η ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίου τριτογενούς τομέα και συγκεκριμένα του κτιρίου Αιθουσών Διδασκαλίας της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Πραγματοποιείται μια συνοπτική περιγραφή του κτιρίου και στη συνέχεια λεπτομερής καταγραφή των χαρακτηριστικών του κτιριακού κελύφους, του φωτισμού, των Η/Μ συστημάτων και των συστημάτων θέρμανσης – ψύξης. Μελετάται ενεργειακά το κτίριο προκειμένου να καθοριστούν οι απαιτήσεις – λεπτομέρειες κατάταξής του σε ενεργειακή κλάση σύμφωνα με τις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Εφαρμόζονται 2 σενάρια προτεινόμενων παρεμβάσεων σύμφωνα για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου και προσομοίωση των αποτελεσμάτων με τα προγράμματα TEE KENAK και EnergyPlus. Τέλος πραγματοποιείται οικονομική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

## Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει δραματική υποβάθμιση του περιβάλλοντος με την αυξανόμενη χρήση υλικών και συσκευών «εχθρικών» προς το περιβάλλον, τα οποία έχουν συντελέσει στην εμφάνιση σημαντικών περιβαλλοντικών και ενεργειακών προβλημάτων στα κτίρια. Πολλοί παράγοντες συνηγορούν στην εξεύρεση λύσεων για την ορθολογικότερη κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια και στην αξιοποίηση των ήπιων μορφών ενέργειας. Η οικονομική και τεχνολογική ανάπτυξη έχει ως αποτέλεσμα τον πολλαπλασιασμό των ενεργειακών αναγκών. Ιδίως με τη διαρκή βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, η κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία των κτιρίων συνεχώς αυξάνει. Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ο κτιριακός τομέας ευθύνεται περίπου για το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης και συνεπώς και για το ίδιο ποσοστό σε συνολικές εκπομπές CO<sub>2</sub>.

Η θέρμανση των κτιρίων κατέχει το σημαντικότερο ποσοστό των συνολικών ενεργειακών καταναλώσεων ακολουθούμενη από την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, τις ηλεκτρικές συσκευές και το φωτισμό. Βέβαια η μέση κατανάλωση ενέργειας/κτίριο για θέρμανση έχει ελαφρά μειωθεί την τελευταία δεκαετία, καθόσον τόσο τα κτίρια, όσο και οι ηλεκτρικές συσκευές είναι πιο ενεργειακά αποδοτικές, αν και οι απαιτήσεις σε άνεση είναι αυξημένες. Φυσικά πρωταρχικό ρόλο παίζει η ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου με βάση τα δομικά στοιχεία του. Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά στο σχεδιασμό κτιρίων και χώρων με βάση το τοπικό κλίμα, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές πηγές αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτίρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτιρίων.

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και των περιβαλλοντικών πηγών, γενικότερα, όπως προκύπτει από το βιοκλιματικό σχεδιασμό, επιτυγχάνεται στα πλαίσια της συνολικής θερμικής λειτουργίας του κτιρίου και της σχέσης κτιρίου - περιβάλλοντος. Για τον λόγο αυτό, βασικά κριτήρια για την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού πρέπει να είναι η απλότητα χρήσης των εφαρμογών και η αποφυγή πολύπλοκων παθητικών συστημάτων και τεχνικών, η

μικρή συμβολή του χρήστη του κτιρίου στη λειτουργία των συστημάτων, η χρήση ευρέως εφαρμοσμένων συστημάτων και η χρήση τεχνικοοικονομικά αποδοτικών ενεργειακών τεχνολογιών.

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών, του αερισμού, επιτρέποντας μόνον τον απαραίτητο για λόγους υγιεινής αερισμό, και της εξάτμισης, καθώς και στην αύξηση των θερμικών κερδών από την ηλιακή ακτινοβολία, ώστε να ελαττωθούν οι δαπάνες για την παροχή θέρμανσης. Αντίστοιχα, στη θερινή περίοδο ο ενεργειακός σχεδιασμός στοχεύει στην ελαχιστοποίηση της θερμικής προσόδου από την ηλιακή ακτινοβολία και στη βελτιστοποίηση των διαφόρων μεθόδων φυσικού κλιματισμού, ώστε να ελαχιστοποιηθεί ή ακόμη και να αποτραπεί ο παρεχόμενος κλιματισμός από το μηχανολογικό εξοπλισμό. Στην Ελλάδα μέσω του βιοκλιματικού σχεδιασμού του κτιριακού τομέα είναι δυνατόν να επιτευχθεί η ενεργειακή επάρκεια του κτιριακού τομέα σε ποσοστό άνω του 80%. Το κόστος της κατασκευής κτιρίων βιοκλιματικού σχεδιασμού σε σχέση με το κόστος μιας συμβατικής σύγχρονης κατασκευής είναι κατά ένα μικρό ποσοστό (περίπου 10%) πιο υψηλό.

Η αποθήκευση θερμότητας μπορεί να οριστεί ως η αποθήκευση ενέργειας (προσωρινή ή όχι, σε χαμηλή ή υψηλή θερμοκρασία) για χρήση όταν αυτό απαιτηθεί. Ο κυριότερος λόγος που επιβάλλει την αποθήκευση θερμότητας είναι το γεγονός ότι τις περισσότερες φορές η διαθεσιμότητα της ενέργειας δεν συμπίπτει με το χρόνο της ζήτησης. Τρεις είναι οι κυριότεροι τύποι αποθήκευσης θερμότητας: η αποθήκευση αισθητής θερμότητας (π.χ. παθητικά ηλιακά συστήματα), η αποθήκευση λανθάνουσας θερμότητας (όταν μια ουσία αλλάζει φάση, π.χ. από πάγο σε νερό) και η θερμοχημική αποθήκευση (που χρησιμοποιεί την ενέργεια αποθήκευσης σε αντιστρεπτές χημικές αντιδράσεις. Οι τεχνολογίες που εφαρμόζονται στα κτίρια διαχωρίζονται σε τεχνολογίες που σχετίζονται με την αρχιτεκτονική του κτιρίου (βιοκλιματική αρχιτεκτονική) όπως αναλύθηκε στα προηγούμενα κεφαλαία και σε εφαρμογές που σχετίζονται με τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτιρίου δηλαδή εξοπλισμό υψηλής ενεργειακής απόδοσης αλλά και σε ήπιες εφαρμογές εξοικονόμησης ενέργειας που βασίζονται στις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας είναι υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα.

Το κτίριο το οποίο μελετάται είναι το Κτίριο Αιθουσών Διδασκαλίας της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Κατασκευάστηκε το 1999 και αποτελείται από δύο ορόφους που παρουσιάζουν συμμετρία ως προς τον εγκάρσιο άξονα. Πρόκειται για κτίριο το οποίο διαθέτει έξι αίθουσες διδασκαλίας 60 ατόμων, έξι σχεδιαστήρια 50 ατόμων και αριθμό βοηθητικών χώρων. Η θέρμανση και ψύξη πραγματοποιείται από 2 αντλίες θερμότητας αέρος νερού που είναι εγκατεστημένες στην οροφή του κτιρίου. Το κτιριακό κέλυφος στερείται μόνωσης ενώ το σύστημα φωτισμού δε διαθέτει αυτοματισμούς φυσικού φωτισμού και παρουσίας προσωπικού. Μέσω της μελέτης των Τεχνικών Οδηγιών του ΤΕΕ υπολογίζεται ο μέσος συντελεστής θερμοχωρητικότητας  $U_m$  του κτιρίου και γίνεται η ενεργειακή του κατάταξη με τη χρήση 2 λογισμικών, του ΤΕΕ KENAK και του EnergyPlus. Με βάση τα αποτελέσματα που προκύπτουν και από τα 2 λογισμικά, το κτίριο κατατάσσεται σε ενεργειακή κλάση B+ και προτείνονται 2 σενάρια παρεμβάσεων, εκμεταλλεόμενοι τόσο τη χρήση παθητικών αλλά και ενεργητικών συστημάτων αποθήκευσης θερμότητας όσο και την χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων με συμψηφισμό.

Εν τέλει διαπιστώνουμε ότι προκύπτουν σημαντικά οφέλη από τις εφαρμοζόμενες μεθόδους αποθήκευσης θερμότητας αφού περιορίζονται οι θερμικές απώλειες και αναβαθμίζεται ενεργειακά το κτίριο, ενώ η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων μειώνει σε μεγάλο βαθμό τις ενεργειακές απαιτήσεις του. Βάση των αποτελεσμάτων και των 2 λογισμικών, το κτίριο κατατάσσεται σε ενεργειακή κλάση A / A+, ανάλογα με τις παρεμβάσεις που θα επιλέξουμε και το ποσό που θέλουμε να δαπανήσουμε, λαμβάνοντας υπόψη και το χρόνο απόσβεσης που προκύπτει από την οικονομική ανάλυση.

<b><i>POST-GRADUATE THESIS:</i></b>	<b>«Heat Storage in Tertiary Sector Buildings»</b>
<b><i>STUDENT:</i></b>	<b>Kouris Zois</b>
<b><i>SUPERVISOR:</i></b>	<b>Koronaki Irene, Professor School of Mechanical Engineering, NTUA</b>
<b><i>ACADEMIC YEAR:</i></b>	<b>2021-2022</b>

## **Abstract**

The object of study of this thesis is the presentation of heat storage technologies and the study of their application in buildings through their energy upgrading. Through the principles of bioclimatic design, passive and active solar systems, the energy upgrade of a tertiary sector building is studied, specifically the building of the Teaching Halls of the School of Civil Engineering of the National Technical University of Athens. A brief description of the building is carried out and then a detailed recording of the characteristics of the building shell, lighting, E/M systems and heating-cooling systems. The building is studied in terms of energy in order to determine the requirements - details of its classification in an energy class according to T.O.T.E.E. 2 scenarios of proposed interventions are applied according to the energy upgrade of the building and simulation of the results with the TEE KENAK and EnergyPlus programs. Finally, an economic evaluation of the results is carried out.

## **Summary**

In recent years there has been a dramatic degradation of the environment with the increasing use of materials and devices "hostile" to the environment, which have contributed to the appearance of significant environmental and energy problems in buildings. Many factors advocate finding solutions for more rational energy consumption in buildings and the utilization of mild forms of energy. Economic and technological development results in the multiplication of energy needs. Especially with the continuous improvement of the standard of living, the energy consumption for the operation of buildings is constantly increasing. In the countries of the European Union, the building sector is responsible for approximately 40% of total energy consumption and therefore for the same percentage of total CO<sub>2</sub> emissions.

The heating of buildings accounts for the most important percentage of total energy consumption, followed by the production of domestic hot water, electrical appliances and lighting. Of course, the average energy consumption/building for heating has slightly decreased in the last decade, since both buildings and electrical appliances are more energy efficient, although comfort requirements are increased. Of course, the energy behavior of the building based on its structural elements plays a primary role. Bioclimatic architecture refers to the design of buildings and spaces based on the local climate, in order to ensure conditions of thermal and visual comfort, utilizing solar energy and other environmental sources as well as the natural phenomena of the climate. Key elements of bioclimatic design are the passive systems integrated into buildings with the aim of utilizing environmental sources for heating, cooling and lighting the buildings

The utilization of solar energy and environmental sources, in general, as derived from bioclimatic design, is achieved within the framework of the overall thermal function of the building and the building-environment relationship. For this reason, basic criteria for the application of bioclimatic design must be the simplicity of use of the applications and the avoidance of complex passive systems and techniques, the small contribution of the building user to the operation of the systems, the use of widely applied systems and the use of technically and economically efficient energy technologies.

During the winter, bioclimatic design aims to minimize heat losses, ventilation, allowing only the ventilation necessary for hygienic reasons, and evaporation, as well as increasing thermal gains from solar radiation, in order to reduce costs for the heating supply. Accordingly, in the summer season the energy planning aims to minimize the heat gain from solar radiation and to optimize the various methods of natural air conditioning, in order to minimize or even prevent the air conditioning provided by the mechanical equipment. In Greece, through the bioclimatic design of the building sector, it is possible to achieve the energy efficiency of the building sector at a rate of over 80%. The cost of building bioclimatic design buildings in relation to the cost of a conventional modern construction is by a small percentage (about 10%) higher.

Thermal storage can be defined as the storage of energy (temporary or not, at low or high temperature) for use when required. The main reason that requires heat storage is the fact that most of the time the availability of energy does not coincide with the time of demand. There are three main types of heat storage: sensible heat storage (e.g. passive solar systems), latent heat storage (when a substance changes phase, e.g. from ice to water) and thermochemical storage (using the storage energy in reversible chemical reactions. The technologies applied in buildings are divided into technologies related to the architecture of the building (bioclimatic architecture) as analyzed in the previous chapters and into applications related to the electromechanical installations of the building, i.e. high energy efficiency equipment but also in mild energy saving applications based on the principles of bioclimatic design. The materials used to store the heat are materials with a high heat capacity.

The building that is being studied is the Teaching Hall Building of the School of Civil Engineering of the National Technical University of Athens. It was built in 1999 and consists of two floors that are symmetrical about the transverse axis. It is a building that has six classrooms for 60 people, six design rooms for 50 people and a number of auxiliary spaces. Heating and cooling is carried out by 2 air-water heat pumps installed on the roof of the building. The building shell lacks insulation while the lighting system does not have automations for natural lighting and staff presence. Through the study of the Technical Instructions of the TEE, the average coefficient of heat capacity  $U_m$  of the building is calculated and its energy classification is made using 2 software, the TEE KENAK and EnergyPlus. Based on the results obtained from both software, the building is classified in energy class B+ and 2 intervention scenarios are proposed, taking advantage of both the use of passive and active heat storage systems and the use of photovoltaic systems with compensation.

In the end, we realize that significant benefits arise from the applied heat storage methods since thermal losses are limited and the building is upgraded energetically, while the use of photovoltaic systems greatly reduces its energy requirements. Based on the results of both software, the building is classified in energy class A / A+, depending on the interventions we will choose and the amount we want to spend, taking into account the payback time resulting from the financial analysis.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1	Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	1
1.1	Σκοπός της Εργασίας .....	1
1.2	Συνοπτική Δομή της Εργασίας.....	1
2	Κεφάλαιο 2: Κτίρια και Κατανάλωση Ενέργειας .....	2
3	Κεφάλαιο 3: Βιοκλιματικός Σχεδιασμός.....	3
3.1	Προσανατολισμός Κτιρίου.....	6
3.2	Προσανατολισμός ανοιγμάτων .....	7
3.3	Ορθή διάταξη των εσωτερικών χώρων .....	7
3.4	Θερμική μάζα .....	8
3.5	Θερμομόνωση .....	8
3.6	Ηλιασμός.....	10
3.7	Σκίαση .....	11
4	Κεφάλαιο 4: Αποθήκευση Θερμότητας .....	13
4.1	Παθητικά ηλιακά συστήματα.....	14
4.1.1	Συστήματα Άμεσου Ηλιακού Κέρδους .....	15
4.1.2	Συστήματα Έμμεσου Ηλιακού Κέρδους .....	16
4.2	Ενεργητικά ηλιακά συστήματα .....	23
4.2.1	Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ZNX).....	25
4.2.2	Θέρμανση των χώρων με τη χρήση ενεργητικών ηλιακών συστημάτων.....	26
4.2.3	Ηλιακή Ψύξη – Κλιματισμός.....	28
5	Κεφάλαιο 5: Κτίριο Αιθουσών Διδασκαλίας Πολιτικών Μηχανικών .....	30
5.1	Γενική Περιγραφή .....	30
5.2	Χαρακτηριστικά Κτιριακού Κελύφους.....	33
5.2.1	Τοιχοποιία.....	33



5.2.2	Φωτισμός .....	33
5.2.3	Κουφώματα – Υαλοπίνακες .....	34
5.2.4	Σκίαση .....	34
5.3	Αερισμός .....	34
5.4	Θέρμανση – Κλιματισμός .....	35
6	Κεφάλαιο 6: Ενεργειακή Μελέτη Κτιρίου .....	38
6.1	Καθορισμός θερμικών ζωνών .....	38
6.2	Ωράριο και Περίοδος Λειτουργίας Κτιρίου .....	39
6.3	Επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες .....	39
6.4	Απαιτήσεις Φωτισμού .....	41
6.5	Μελέτη κτιριακού κελύφους του κτιρίου.....	41
6.5.1	Αδιαφανή δομικά στοιχεία .....	41
6.5.2	Υπολογισμός θερμογεφυρών.....	45
6.5.3	Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου .....	50
6.6	Συντελεστής απορρόφησης και εκπομπής .....	51
6.7	Συντελεστές Σκίασης .....	51
6.8	Συστήματα θέρμανσης, ψύξης .....	52
6.9	Μηχανικός Αερισμός .....	54
7	Κεφάλαιο 7: Προτεινόμενες Παρεμβάσεις .....	56
7.1	Αντικατάσταση Λαμπτήρων Φωτισμού.....	56
7.1.1	Γενικά .....	56
7.1.2	Ανάλυση .....	58
7.1.3	Συμπεράσματα.....	76
7.2	Θερμομόνωση Κτιριακού Κελύφους .....	77
7.3	Αντικατάσταση Εξωτερικών Κουφωμάτων.....	78
7.4	Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων.....	79

7.5	Αποθήκευση Θερμότητας με Ηλιακούς Συλλέκτες .....	82
8	Κεφάλαιο 8: Ενεργειακή Κατάταξη & Αναβάθμιση Κτιρίου.....	83
8.1	Λογισμικό TEE KENAK .....	83
8.1.1	Καταχώρηση Στοιχείων.....	84
8.1.2	1 <sup>ο</sup> Σενάριο Βελτιώσεων .....	86
8.1.3	2 <sup>ο</sup> Σενάριο Βελτιώσεων .....	87
8.1.4	Αποτελέσματα .....	87
8.2	Λογισμικό EnergyPlus .....	88
8.2.1	Σχεδιασμός στο Open studio και SketchUp .....	89
8.2.2	Καταχώρηση Στοιχείων.....	97
8.2.3	1 <sup>ο</sup> Σενάριο Βελτιώσεων .....	101
8.2.4	2 <sup>ο</sup> Σενάριο Βελτιώσεων .....	104
8.2.5	Αποτελέσματα .....	105
9	Κεφάλαιο 9: Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων – Οικονομική Ανάλυση - Συμπεράσματα.....	108
	Βιβλιογραφία.....	110

## ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Προσανατολισμός Κτιρίου .....	6
Εικόνα 2: Θερμικές Απώλειες μη Μονωμένου Κτιρίου .....	9
Εικόνα 3: Διάγραμμα Τροχιάς Ήλιου σε Βόρειο Γεωγραφικό Πλάτος 38ο .....	10
Εικόνα 4: Οριζόντια Σκίαστρα για Νότια Όψη.....	12
Εικόνα 5: Αρχή λειτουργίας συστήματος άμεσου κέρδους .....	15
Εικόνα 6: Αρχή Λειτουργίας Τοίχου Μάζας.....	18
Εικόνα 7: Χειμερινή και Θερινή Αρχή Λειτουργίας Τοίχου Trombe.....	19
Εικόνα 8: Αρχή Λειτουργίας Αδιαφανούς Τοιχοποιίας με Διαφανή Θερμομόνωση..	20
Εικόνα 9: Αρχή Λειτουργίας Θερμοσιφωνικού Πανέλου.....	22
Εικόνα 10: Αρχή λειτουργίας ενεργητικών ηλιακών συστημάτων.....	24
Εικόνα 11: Διάταξη απλού θερμοσιφωνικού συστήματος.....	25
Εικόνα 12: Ηλιοθερμικό σύστημα κλειστού κυκλώματος για παραγωγή ζεστού νερού και θέρμανση χώρων .....	27
Εικόνα 13: Ηλιοθερμικό σύστημα κλιματισμού .....	28
Εικόνα 14: Τοποθεσία Κτιρίου Αιθουσών Διδασκαλίας Πολιτικών Μηχανικών .....	30
Εικόνα 15: Νοτιοδυτική Όψη Κτιρίου Πολιτικών Μηχανικών .....	31
Εικόνα 16: Βορειοδυτική Όψη Κτιρίου Πολιτικών Μηχανικών .....	31
Εικόνα 17: Κάτοψη Ισογείου .....	32
Εικόνα 18: Κάτοψη 1ου Ορόφου .....	32
Εικόνα 19: Κάτοψη Δώματος.....	32
Εικόνα 20: Πάχος Εξωτερικής Τοιχοποιίας.....	33
Εικόνα 21: Εγκατεστημένα Φωτιστικά Σώματα T5 4x12W .....	33
Εικόνα 22: Παράθυρο με διπλό υαλοπίνακα .....	34
Εικόνα 23: Αντλίες Θερμότητας FYROGENIS FAWH 2150-SH .....	35
Εικόνα 24: Αντλίες Θερμότητας FYROGENIS FAWH 2150-SH .....	35

Εικόνα 25: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Αντλιών Θερμ. FYROGENIS FAWH 2150-SH36	
Εικόνα 26: FAN COIL UNIT .....	36
Εικόνα 27: Κάτοψη ισογείου με τις θερμικές ζώνες 1 και 2.....	38
Εικόνα 28: Κάτοψη πρώτου ορόφου με τις θερμικές ζώνες 3 και 4.....	38
Εικόνα 29: Σχεδιαστήριο 50 Ατόμων .....	58
Εικόνα 30: Σχεδιαστήριο 50 Ατόμων 3D.....	58
Εικόνα 31: Φωτιστικό Σώμα FRISCH-Licht LED Einpanel ELP23 2063A.5084M..	59
Εικόνα 32: Ένταση Φυσικού Φωτισμού Σχεδιαστηρίου 50 Ατόμων .....	59
Εικόνα 33: Ένταση Φωτισμού Σχεδιαστηρίου 50 Ατόμων .....	60
Εικόνα 34: Αίθουσα 60 Ατόμων .....	61
Εικόνα 35: Αίθουσα 60 Ατόμων 3D .....	61
Εικόνα 36: Φωτιστικό Σώμα FRISCH-Licht LED Einpanel ELP23 2063A.5084M..	62
Εικόνα 37: Ένταση Φυσικού Φωτισμού Αίθουσας 60 Ατόμων .....	62
Εικόνα 38: Ένταση Φωτισμού Αίθουσας 60 Ατόμων .....	63
Εικόνα 39: Κλιμακοστάσιο .....	64
Εικόνα 40: Κλιμακοστάσιο 3D .....	65
Εικόνα 41: Φωτιστικό Σώμα FRISCH-Licht LED Einpanel ELP46 2016A.3684D ..	65
Εικόνα 42: Διάδρομος.....	66
Εικόνα 43: Διάδρομος 3D .....	66
Εικόνα 44: Φωτιστικό Σώμα FRISCH-Licht LED Einpanel ELP23 2063A.5084M..	67
Εικόνα 45: Ένταση Φωτισμού Διαδρόμου.....	67
Εικόνα 46: Προθάλαμος WC .....	68
Εικόνα 47: Προθάλαμος WC 3D .....	69
Εικόνα 48: Ένταση Φυσικού Φωτισμού Προθαλάμου WC.....	69
Εικόνα 49: Ένταση Φωτισμού Προθαλάμου WC.....	70
Εικόνα 50: WC.....	71

Εικόνα 51: WC 3D .....	71
Εικόνα 52: Φωτιστικό Σώμα FRISCH-Licht EDL 2202A. 1384DA/DALI .....	72
Εικόνα 53: Ένταση Φωτισμού Διαδρόμου.....	72
Εικόνα 54: Νιπτήρες .....	73
Εικόνα 55: Νιπτήρες 3D .....	73
Εικόνα 56: Φωτιστικό Σώμα FRISCH-Licht ADL 2227A. 1383DA/DALI.....	74
Εικόνα 57: Ένταση Φυσικού Φωτισμού Νιπτήρων .....	75
Εικόνα 58: Ένταση Φωτισμού Νιπτήρων .....	75
Εικόνα 59 Σύγκριση Καταναλώσεων Φωτισμού .....	77
Εικόνα 60: Απεικόνιση Εφαρμογής Θερμοπρόσοψης .....	78
Εικόνα 61: Σύγκριση Κουφωμάτων.....	79
Εικόνα 62: Τρεις Καταστάσεις του Net Metering .....	81
Εικόνα 63: Ενδεικτικό Διάγραμμα Λειτουργίας Ηλιοθερμικού Συστήματος.....	82
Εικόνα 64: Καρτέλα δήλωσης γενικών στοιχείων κτιρίου .....	84
Εικόνα 65: Καρτέλα δήλωσης στοιχείων αδιαφανών επιφανειών ΘΖ1.....	84
Εικόνα 66: Καρτέλα δήλωσης διαφανών επιφανειών.....	84
Εικόνα 67: Καρτέλα δήλωσης συστημάτων θέρμανσης ΘΖ1.....	85
Εικόνα 68: Καρτέλα δήλωσης συστημάτων ψύξης ΘΖ1 .....	85
Εικόνα 69: Καρτέλα δήλωσης στοιχείων φωτισμού.....	85
Εικόνα 70: Αρχική Ενεργειακή Κλάση Κτιρίου .....	86
Εικόνα 71: Μείωση Συντελεστή Θερμοπερατότητας Τοιχοποιίας.....	86
Εικόνα 72: Μείωση Συντελεστή Θερμοπερατότητας Κουφωμάτων .....	87
Εικόνα 73:Καρτέλα δήλωσης στοιχείων Φ/Β συστημάτων.....	87
Εικόνα 74: Εισαγωγή Ηλιακών Συλλεκτών .....	87
Εικόνα 75: Νέα Ενεργειακή Κατάταξη Κτιρίου .....	88
Εικόνα 76: Δημιουργία Αρχείου στο SketchUp.....	89

Εικόνα 77: Εισαγωγή Σχεδίου Κάτοψης.....	89
Εικόνα 78: Προσαρμογή Διαστάσεων Κτιρίου.....	90
Εικόνα 79: Ολοκλήρωση Κάτοψης.....	90
Εικόνα 80: Δημιουργία Ορόφου .....	91
Εικόνα 81: Δημιουργία Ορόφου .....	91
Εικόνα 82: Απεικόνιση Αδιαφανών Επιφανειών .....	92
Εικόνα 83: Διόρθωση Εσωτερικής Τοιχοποιίας .....	92
Εικόνα 84: Μορφή Εσωτερικής Τοιχοποιίας.....	93
Εικόνα 85: Τελική Απεικόνιση Θερμικών Ζωνών.....	93
Εικόνα 86: Εσωτερικό Τμήμα Πόρτας.....	94
Εικόνα 87: Εξωτερικό Τμήμα Πόρτας.....	94
Εικόνα 88: ΒΑ Όψη Κτιρίου.....	95
Εικόνα 89: ΔΒΔ Όψη Κτιρίου .....	95
Εικόνα 90: Εισαγωγή Σκιάστρων σε Διαφανείς Επιφάνειες.....	96
Εικόνα 91: Σκίαστρα ΝΔ Όψης .....	96
Εικόνα 92: Διαμόρφωση Περιβάλλοντος Χώρου .....	97
Εικόνα 93: Κάτοψη Περιβάλλοντος Χώρου .....	97
Εικόνα 94: Ορισμός Κλιματικής Ζώνης .....	98
Εικόνα 95: Ορισμός Προσανατολισμού Κτιρίου.....	98
Εικόνα 96: Ορισμός Εξωτερικής Τοιχοποιίας .....	99
Εικόνα 97: Ορισμός Εξωτερικού Κουφώματος.....	99
Εικόνα 98: Επιλογή HVAC.....	100
Εικόνα 99: Εφαρμογή HVAC .....	100
Εικόνα 100: Καταχώρηση Κατανάλωσης Φωτιστικών .....	101
Εικόνα 101: Καταναλώσεις Αρχικού Κτιρίου σε kWh/m <sup>2</sup> .....	101
Εικόνα 102: Εισαγωγή Θερμομόνωσης .....	102

Εικόνα 103: Δημιουργία Κουφώματος με Θερμοδιακοπή.....	102
Εικόνα 104: Εισαγωγή Εξωτερικού Κουφώματος.....	103
Εικόνα 105: Δημιουργία Πλαισίων στο SketchUp .....	103
Εικόνα 106: Ορισμός Πλαισίων ως Φ/Β Πάνελ .....	103
Εικόνα 107: Εισαγωγή Ηλιακών Συλλεκτών .....	104
Εικόνα 108: Αντιστοίχιση Επιφάνειας Ηλιακού Συλλέκτη .....	104
Εικόνα 109: Αποτύπωση Ηλιακών Συλλεκτών.....	105
Εικόνα 110: Benchmark Site Energy Use Intesity (EUI).....	105
Εικόνα 111: Καταναλώσεις Σεναρίου 1 και Παραγωγή ΑΠΕ σε kWh/m <sup>2</sup> .....	106
Εικόνα 112: Καταναλώσεις Σεναρίου 2 σε kWh/m <sup>2</sup> .....	107

## ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Κατανομή Νομών Ανά Κλιματική Ζώνη .....	30
Πίνακας 2: Τυπικό Ωράριο Λειτουργίας.....	39
Πίνακας 3: Επιθυμητή Εσωτερική Θερμοκρασία και Σχετική Υγρασία .....	40
Πίνακας 4: Απαιτούμενος Νωπός Αέρας Κτιρίου .....	40
Πίνακας 5: Απαιτήσεις φωτισμού κτιρίου. ....	41
Πίνακας 6: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των επιμέρους δομικών στοιχείων σε περίπτωση ριζικής ανακαίνισης υφιστάμενου κτιρίου για αδιαφανή δομικά στοιχεία.....	43
Πίνακας 7: Στρώματα δομικών υλικών διατομής αδιαφανούς επιφάνειας (ΟΠΤ).....	43
Πίνακας 8: Στρώματα δομικών υλικών διατομής αδιαφανούς επιφάνειας (Ο/Σ).....	43
Πίνακας 9: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των επί μέρους δομικών στοιχείων για περιπτώσεις ριζικής ανακαίνισης υφιστάμενου κτιρίου για διαφανή δομικά στοιχεία.....	44
Πίνακας 10: Χαρακτηριστικά κουφώματων παραθύρων κτιρίου και συντελεστή θερμοδιαπερατότητας.....	44
Πίνακας 11: Θερμογέφυρες ΘΖ1 .....	46
Πίνακας 12: Θερμογέφυρες ΘΖ2 .....	47
Πίνακας 13: Θερμογέφυρες ΘΖ3 .....	48
Πίνακας 14: Θερμογέφυρες ΘΖ4 .....	49
Πίνακας 15: Υπολογισμός $U_m$ .....	50
Πίνακας 16: Ελάχιστες Τιμές Μεγεθών Φωτισμού .....	57
Πίνακας 17: Χαρακτηριστικά Σχεδιαστηρίου 50 Ατόμων.....	58
Πίνακας 18: Χαρακτηριστικά FRISCH-Licht LED Einpanel ELP23 2063A.5084M	59
Πίνακας 19: Επιτευχθείσες Τιμές Σχεδιαστηρίου 50 Ατόμων.....	60
Πίνακας 20: Χαρακτηριστικά Αίθουσας 60 Ατόμων.....	62
Πίνακας 21: Χαρακτηριστικά FRISCH-Licht LED Einpanel ELP23 2063A.5084M	62
Πίνακας 22: Επιτευχθείσες Τιμές Αίθουσας 60 Ατόμων.....	63



Πίνακας 23: Χαρακτηριστικά Κλιμακοστασίου .....	64
Πίνακας 24: Χαρακτηριστικά FRISCH-Licht LED Einpanel ELP46 2016A.3684D.	65
Πίνακας 25: Επιτευχθείσες Τιμές Κλιμακοστασίου .....	66
Πίνακας 26: Χαρακτηριστικά Διαδρόμου.....	67
Πίνακας 27: Χαρακτηριστικά FRISCH-Licht LED Einpanel ELP23 2063A.5084M	67
Πίνακας 28: Επιτευχθείσες Τιμές Διαδρόμου.....	68
Πίνακας 29: Χαρακτηριστικά Προθαλάμου WC.....	69
Πίνακας 30: Επιτευχθείσες Τιμές Διαδρόμου.....	70
Πίνακας 31: Χαρακτηριστικά WC .....	71
Πίνακας 32: Χαρακτηριστικά FRISCH-Licht EDL 2202A. 1384DA/DALI.....	72
Πίνακας 33: Επιτευχθείσες Τιμές Διαδρόμου.....	72
Πίνακας 34: Χαρακτηριστικά Νιπτήρων .....	74
Πίνακας 35: Χαρακτηριστικά FRISCH-Licht ADL 2227A. 1383DA/DALI .....	74
Πίνακας 36: Επιτευχθείσες Τιμές Νιπτήρων .....	76
Πίνακας 37: Εξοικονόμηση Ενέργειας 1ο Σενάριο .....	106
Πίνακας 38: Εξοικονόμηση Ενέργειας 2ο Σενάριο .....	107
Πίνακας 39: Εκτιμώμενο Κόστος Παρεμβάσεων .....	108
Πίνακας 40: Περίοδος Αποπληρωμής 1ου Σεναρίου.....	109
Πίνακας 41: Περίοδος Αποπληρωμής 1ου Σεναρίου.....	109

# **1 Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή**

## **1.1 Σκοπός της Εργασίας**

Με την παρούσα εργασία επιχειρείται η παρουσίαση τεχνολογιών αποθήκευσης θερμότητας σε κτίρια, μέσα από την μελέτη ενεργειακής αναβάθμισης αυτών, δηλαδή για την εφαρμογή μεθόδων βιοκλιματικού σχεδιασμού σε υπάρχον κτίριο τριτογενούς τομέα και συγκεκριμένα στο κτίριο Αιθουσών Διδασκαλίας της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Ειδικότερα η παρούσα εργασία περιλαμβάνει την προσέγγιση εννοιολογικά του όρου «βιοκλιματικός σχεδιασμός», την καταγραφή των χαρακτηριστικών του κτιριακού κελύφους του υπόψη κτιρίου και του Η/Μ εξοπλισμού – φωτισμού του, την ενεργειακή κατάταξή του μέσω των ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ και ENERGYPLUS και τέλος την ενεργειακή αναβάθμισή του με 2 σενάρια καθώς και την οικονομική αξιολόγηση αυτών.

## **1.2 Συνοπτική Δομή της Εργασίας**

Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται συνοπτικά η σύνδεση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τη γενικότερη ανησυχία στην εξεύρεση ενεργειακά αποδοτικότερων λύσεων.

Στο Κεφάλαιο 3 επεξηγείται ο βιοκλιματικός σχεδιασμός και τα ενεργειακά οφέλη που προκύπτουν με την εφαρμογή των αρχών του στα κτίρια.

Στο Κεφάλαιο 4 αναφέρονται οι τεχνολογίες αποθήκευσης θερμότητας και στη συνέχεια εξετάζονται τόσο τα παθητικά όσο και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα.

Στο Κεφάλαιο 5 πραγματοποιείται μια περιγραφή του κτιρίου Αιθουσών Διδασκαλίας της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών και στη συνέχεια λεπτομερής καταγραφή των χαρακτηριστικών του κτιριακού κελύφους, του φωτισμού, των Η/Μ συστημάτων και των συστημάτων θέρμανσης – ψύξης.

Στο Κεφάλαιο 6 μελετάται ενεργειακά το κτίριο προκειμένου να καθοριστούν οι απαιτήσεις – λεπτομέρειες κατάταξής του σε ενεργειακή κλάση σύμφωνα με τις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

Στο Κεφάλαιο 7 αναλύονται οι προτεινόμενες παρεμβάσεις σύμφωνα με τις ελλείψεις που κατεγράφησαν.

Στο Κεφάλαιο 8 γίνεται η ενεργειακή κατάταξη – αναβάθμιση του κτιρίου με τα προγράμματα ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ και EnergyPlus.

Στο Κεφάλαιο 9 γίνεται αξιολόγηση των παρεμβάσεων και οικονομική ανάλυση.

## 2 Κεφάλαιο 2: Κτίρια και Κατανάλωση Ενέργειας

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει δραματική υποβάθμιση του περιβάλλοντος με την αυξανόμενη χρήση υλικών και συσκευών «εχθρικών» προς το περιβάλλον, τα οποία έχουν συντελέσει στην εμφάνιση σημαντικών περιβαλλοντικών και ενεργειακών προβλημάτων στα κτίρια. Τα παραπάνω στοιχεία δημιουργούν ένα πλαίσιο προβληματισμού που μας οδηγεί αναπόφευκτα στην εξέταση – ανάλυση αυτών των προβλημάτων και στην εξεύρεση περιβαντολογικά αποδεκτών και ενεργειακά αποδοτικών λύσεων. Η ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων θα πρέπει να συνδεθεί με τα περιβαλλοντικά προβλήματα και θα πρέπει να μελετάται ως μια ενότητα μαζί με το εξωτερικό μικροκλίμα στο χώρο του κτιρίου, καθώς και το διαμορφούμενο εσωτερικό περιβάλλον.

Πολλοί παράγοντες συνηγορούν στην εξεύρεση λύσεων για την ορθολογικότερη κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια και στην αξιοποίηση των ήπιων μορφών ενέργειας. Η οικονομική και τεχνολογική ανάπτυξη έχει ως αποτέλεσμα τον πολλαπλασιασμό των ενεργειακών αναγκών. Ιδίως με τη διαρκή βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, η κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία των κτιρίων συνεχώς αυξάνει. Η αύξηση αυτή είναι τόσο ποσοτική, καθώς καταναλώνουμε περισσότερη ενέργεια σε απόλυτο μέγεθος, όσο και ποιοτική, επειδή χρησιμοποιούμε όλο και περισσότερο τον ηλεκτρισμό για την ψύξη των κτιρίων μας.

Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ο κτιριακός τομέας ευθύνεται περίπου για το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης και συνεπώς και για το ίδιο ποσοστό σε συνολικές εκπομπές CO<sub>2</sub>. Δεδομένου ότι ο κάτοικος των αστικών κυρίως κέντρων βιώνει το μεγαλύτερο μέρος της ζωής του στο εσωτερικό των κτιρίων, είναι άμεση η σχέση της ποιότητας του εσωτερικού κλίματος τόσο στην υγεία και την άνεση όσο και την παραγωγικότητά του.

Η θέρμανση των κτιρίων κατέχει το σημαντικότερο ποσοστό των συνολικών ενεργειακών καταναλώσεων ακολουθούμενη από την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ZNX), τις ηλεκτρικές συσκευές και το φωτισμό. Βέβαια η μέση κατανάλωση ενέργειας/κτίριο για θέρμανση έχει ελαφρά μειωθεί την τελευταία δεκαετία, καθόσον τόσο τα κτίρια, όσο και οι ηλεκτρικές συσκευές είναι πιο ενεργειακά αποδοτικές, αν και οι απαιτήσεις σε άνεση είναι αυξημένες. Επιπλέον, υπάρχουν αυστηρότερα κριτήρια ενεργειακής απόδοσης που έχουν θεσπιστεί σε αρκετές χώρες. Οι ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων στην Ευρώπη καλύπτονται σε μεγάλο ποσοστό από την άμεση και έμμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολία.

Φυσικά πρωταρχικό ρόλο παίζει η ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου με βάση τα δομικά στοιχεία του (παθητικά συστήματα). Για αυτό στα ήδη υπάρχοντα κτίρια που δεν πληρούν αυτές τις προϋποθέσεις θα πρέπει πρώτα να γίνουν βελτιώσεις στα δομικά στοιχεία του κτιρίου και έπειτα να τοποθετηθούν συστήματα παραγωγής θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας.

### 3 Κεφάλαιο 3: Βιοκλιματικός Σχεδιασμός

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

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

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

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

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και των περιβαλλοντικών πηγών, γενικότερα, όπως προκύπτει από το βιοκλιματικό σχεδιασμό, επιτυγχάνεται στα πλαίσια της συνολικής θερμικής λειτουργίας του κτιρίου και της σχέσης κτιρίου - περιβάλλοντος. Η δε θερμική λειτουργία ενός κτιρίου αποτελεί μία δυναμική κατάσταση, η οποία:

- εξαρτάται από τις τοπικές κλιματικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους (την ηλιοφάνεια, τη θερμοκρασία εξωτερικού αέρα, τη σχετική υγρασία, τον άνεμο, τη βλάστηση, το σκιασμό από άλλα κτίρια), αλλά και τις συνθήκες χρήσης του κτιρίου (κατοικία, γραφεία, νοσοκομεία κλπ.)

- βασίζεται στην αντίστοιχη ενεργειακή συμπεριφορά των δομικών του στοιχείων και (κατ' επέκταση) των ενσωματωμένων παθητικών ηλιακών συστημάτων, αλλά και το ενεργειακό προφίλ που προκύπτει από την λειτουργία του κτιρίου.

Η απόδοση του βιοκλιματικού σχεδιασμού εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, γεγονός που τον καθιστά "ευαίσθητο" σε εξωγενείς και μη-τεχνικούς παράγοντες. Για τον λόγο αυτό, βασικά κριτήρια για την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού πρέπει να είναι:

- η απλότητα χρήσης των εφαρμογών και η αποφυγή πολύπλοκων παθητικών συστημάτων και τεχνικών,
- η μικρή συμβολή του χρήστη του κτιρίου στη λειτουργία των συστημάτων,
- η χρήση ευρέως εφαρμοσμένων συστημάτων,
- η χρήση τεχνικοοικονομικά αποδοτικών ενεργειακών τεχνολογιών.

Ο βαθμός στον οποίον ο βιοκλιματικός σχεδιασμός σήμερα αξιοποιεί το τοπικό κλίμα ποικίλει, γεγονός που παρέχει μία ευελιξία ως προς τους τρόπους αρχιτεκτονικής έκφρασης και δυνατοτήτων εφαρμογής μέσα από πολύ απλές τεχνικές και επεμβάσεις έως και πολύπλοκα παθητικά ηλιακά συστήματα. Είναι δε ενσωματωμένος στην αρχιτεκτονική των περισσότερων διακεκριμένων αρχιτεκτόνων και μελετητών διεθνώς – με έργα παραδείγματα (ή και πειραματισμούς) που αποτελούν πρότυπες εφαρμογές βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής από τις οποίες όχι μόνον μαθαίνουμε σήμερα, αλλά και αποδεικνύουν τα πολλαπλά οφέλη που προκύπτουν από την συμβίωση με το περιβάλλον και το κλίμα.

Ένας από τους βασικότερους παράγοντες που επηρεάζουν το ενεργειακό προφίλ ενός κτιρίου και συντελεί στην εξοικονόμηση ενέργειας είναι ο βιοκλιματικός σχεδιασμός. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι ο βιοκλιματικός σχεδιασμός αφορά μια σύνθεση δεδομένων που αφορούν τις κλιματικές συνθήκες μιας περιοχής, την τοποθεσία, τη θερμική και οπτική άνεση των ενοίκων, για το σχεδιασμό και την κατασκευή κτιρίων και χώρων αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια, αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός έχει ως βασικά στοιχεία τα ηλιακά παθητικά συστήματα, συμβάλλει στη μείωση της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων και στην ανάδειξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στοχεύει, δηλαδή, στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προσαρμογή των κτιρίων στο περιβάλλον τους.

Οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού συνοψίζονται στα εξής:

- Εξασφάλιση επαρκούς ηλιασμού και η μείωση των θερμικών απωλειών κατά το χειμώνα, ώστε να αξιοποιείται η ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανση των χώρων.
- Μείωση των θερμικών κερδών το καλοκαίρι μέσω διατάξεων ηλιοπροστασίας προκειμένου να επιτυγχάνεται μείωση της ανάγκης για ψυκτικό φορτίο.
- Αξιοποίηση του ήλιου για φυσικό φωτισμό
- Εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων για φυσικό αερισμό και δροσισμό.
- Βελτίωση του μικροκλίματος γύρω από το κτίριο.

- Βελτίωση και ρύθμιση των εσωτερικών συνθηκών ενός χώρου για επίτευξη θερμικής άνεσης των ατόμων.

Συνεπώς, για την κατασκευή και τη λειτουργία ενός βιοκλιματικού κτιρίου, οφείλουμε να κατανοήσουμε πλήρως τις τοπικές κλιματικές συνθήκες και να υπολογίσουμε τα κλιματικά οφέλη και τους περιορισμούς. Το κτίριο θα πρέπει να έχει την ικανότητα να συλλέγει και να αποθηκεύει θερμότητα όταν χρειάζονται θερμικά φορτία, όταν χρειάζεται ψυκτικά φορτία να λειτουργεί ως φυσικός συλλέκτης δροσισμού και ως αποθήκη ψύξης, και να δρα ως φυσικός ανανεωτής αέρα, προκειμένου να προσφέρει στους χρήστες τις αναγκαίες συνθήκες άνεσης. Επίσης, βασικό πεδίο της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι η χρήση δομικών υλικών, φιλικών προς το περιβάλλον μετά από μελέτη των χαρακτηριστικών και των ιδιοτήτων τους.

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών, του αερισμού, επιτρέποντας μόνον τον απαραίτητο για λόγους υγιεινής αερισμό, και της εξάτμισης, καθώς και στην αύξηση των θερμικών κερδών από την ηλιακή ακτινοβολία, ώστε να ελαττωθούν οι δαπάνες για την παροχή θέρμανσης. Αντίστοιχα, στη θερινή περίοδο ο ενεργειακός σχεδιασμός στοχεύει στην ελαχιστοποίηση της θερμικής προσόδου από την ηλιακή ακτινοβολία και στη βελτιστοποίηση των διαφόρων μεθόδων φυσικού κλιματισμού, ώστε να ελαχιστοποιηθεί ή ακόμη και να αποτραπεί ο παρεχόμενος κλιματισμός από το μηχανολογικό εξοπλισμό.

Το Ελληνικό κλίμα χαρακτηρίζεται από:

- Ήπιους χειμώνες και σχετικά χαμηλές νυχτερινές θερμοκρασίες, με μεγάλη όμως ημερήσια ηλιοφάνεια.
- Θερμά καλοκαίρια με σημαντική πτώση της νυχτερινής θερμοκρασίας.

Τα κλιματικά χαρακτηριστικά αυτά, κάνουν την Ελλάδα ιδανικό τόπο για την επίτευξη ενεργειακής κάλυψης στη χειμερινή θέρμανση και τη θερινή ψύξη των κτιρίων. Προϋπόθεση για την επίτευξη μεγάλων ποσοστών ενεργειακής επάρκειας είναι ο σωστός αρχιτεκτονικός σχεδιασμός. Ο σχεδιασμός που συνυπολογίζει τις κλιματολογικές συνθήκες και:

- εξασφαλίζει νότιο προσανατολισμό.
- χειρίζεται τη μορφή των κτιρίων και της αστικής γεωμετρίας σύμφωνα με τα κλιματικά δεδομένα.
- εξασφαλίζει την ικανή και αναγκαία θερμοσυσσωρευση και θερμοπροστασία στα κτίρια και στους αστικούς υπαίθριους χώρους.
- εξασφαλίζει την ανάλογη για τον κάθε προσανατολισμό, πλήρη ηλιοπροστασία το καλοκαίρι.
- αξιοποιεί πλήρως τις δυνατότητες φυσικού δροσισμού στην πόλη και στα κτίρια.

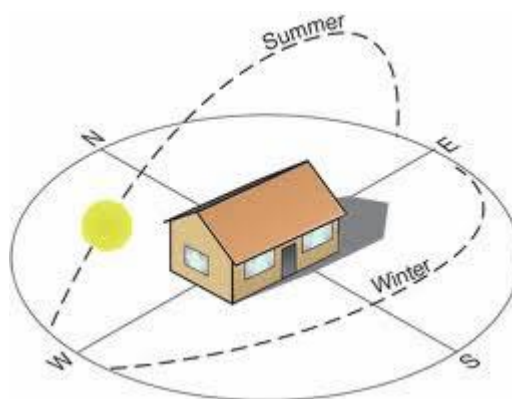
Στην Ελλάδα μέσω του βιοκλιματικού σχεδιασμού του κτιριακού τομέα είναι δυνατόν να επιτευχθεί η ενεργειακή επάρκεια του κτιριακού τομέα σε ποσοστό άνω του 80%. Το κόστος της κατασκευής κτιρίων βιοκλιματικού σχεδιασμού σε σχέση με το κόστος μιας συμβατικής σύγχρονης κατασκευής είναι κατά ένα μικρό ποσοστό (περίπου 10%) πιο υψηλό.

### 3.1 Προσανατολισμός Κτιρίου

Ο προσανατολισμός και η μορφή του κτιρίου αποτελούν βασικούς πυλώνες για την υλοποίηση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Ο όγκος, οι επιφάνειες και τα ανοίγματα επηρεάζουν τις θερμικές απώλειες και τα θερμικά κέρδη του κτιρίου. Η θέση και ο προσανατολισμός του καθώς και τα κατάλληλα προσανατολισμένα ανοίγματα είναι οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία ενός κτιρίου ως προς το παθητικό δροσισμό, τη θέρμανση, το φωτισμό. Το πρόβλημα του προσανατολισμού και της σωστής χωροθέτησης του κτιρίου είναι περίπλοκο καθώς εξαρτάται εκτός από τα τοπογραφικά δεδομένα του οικοπέδου και από προσωπικές ανάγκες για τη χρήση του κτιρίου όπως η ιδιωτικότητα και η απρόσκοπτη δυνατότητα θέας του περιβάλλοντος χώρου του κτιρίου.

Όσον αφορά τις κλιματικές παραμέτρους, για την εύκρατη ζώνη ο καλύτερος προσανατολισμός είναι ο νότιος με απόκλιση 30° ανατολικά ή δυτικά. Η νότια όψη είναι η ευνοϊκότερη όψη για όλο το χρόνο καθώς θερμαίνεται το χειμώνα και σκιάζεται εύκολα το καλοκαίρι. Η ανατολική και δυτική όψη θερμαίνονται ελάχιστα το χειμώνα ενώ θερμαίνονται αρκετά το καλοκαίρι. Οι βορινές προσόψεις των κτιρίων που βρίσκονται στο βόρειο ημισφαίριο, ηλιάζονται μόνο το καλοκαίρι νωρίς το πρωί και αργά το απόγευμα. Βασικά σημεία είναι τα εξής:

- Η μέγιστη τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας στο κέλυφος των κτιρίων παρατηρείται το μεσημέρι του καλοκαιριού κάτι που γίνεται αισθητό ιδιαίτερα σε χώρους που φωτίζονται από πάνω.
- Οι τιμές ηλιασμού διαφέρουν σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος, τον προσανατολισμό του δρόμου και εξαρτώνται άμεσα από τη σχέση ύψους κτιρίου-πλάτος δρόμου. Όταν ο ηλιασμός ενός κτιρίου παρεμποδίζεται λόγω σκιασμού από εμπόδια ο νότιος προσανατολισμός μειονεκτεί μιας και η νότια πρόσοψη δέχεται το μεγαλύτερο μέρος του ηλιασμού της όταν ο ήλιος βρίσκεται σε χαμηλή θέση (π.χ. το χειμώνα).
- Κατά τον Ιούνιο το μέγιστο της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας κατά ώρα είναι μεγαλύτερο σε μια πρόσοψη βορειοδυτική ή βορειοανατολική απ' ότι σε μια νότια ενώ το αντίστοιχο ημερήσιο άθροισμα είναι μόλις μικρότερο.



Εικόνα 1: Προσανατολισμός Κτιρίου

### 3.2 Προσανατολισμός ανοιγμάτων

Όσον αφορά το βιοκλιματικό σχεδιασμό, τα ανοίγματα (μέγεθος, θέση, προσανατολισμός) και οι ιδιότητες των υλικών τους, επηρεάζουν όσο κανένα άλλο στοιχείο του κτιρίου τα ποσοστά της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο εσωτερικό του. Η γνώση της ημερήσιας τροχιάς του ήλιου στις διάφορες εποχές του έτους, βοηθά στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για το σχεδιασμό των κτιρίων και την τοποθέτηση των χώρων σε σχέση με τις απαιτήσεις ηλιασμού και θέρμανσης.

Ο καλύτερος προσανατολισμός για μεγαλύτερη ηλιοφάνεια, φωτεινότητα και θερμότητα είναι ο νότιος προσανατολισμός με απόκλιση 30°, στον άξονα ανατολής -δύσης. Προσανατολίζοντας τους κύριους χώρους ενός σπιτιού προς τον ήλιο, μπορεί να εξοικονομηθεί έως και 30% των ετήσιων αναγκών για θέρμανση. Αντίθετα, ο δυτικός προσανατολισμός πρέπει να αποφεύγεται ιδιαίτερα σε χώρους με ηλιοφάνεια, λόγω της πιθανής υπερθέρμανσής τους, καθώς και της οπτικής ενόχλησης από τις ερυθρές ακτίνες του ηλιοβασιλέματος.

Σύγχρονη άποψη είναι ότι η γυάλινη επιφάνεια των ανοιγμάτων είναι η πιο αποδοτική καθώς και οικονομική, αρκεί να έχει το σωστό προσανατολισμό. Προτείνονται μεγάλα μεγέθη ανοιγμάτων προς το νότιο προσανατολισμό, μετρίου μεγέθους στην ανατολική και δυτική όψη και μικρότερα ανοίγματα στο βορρά. Τα τελευταία, παρά το προτεινόμενο μικρό μέγεθός τους, πρέπει οπωσδήποτε να προβλέπονται στο σχεδιασμό των κτιρίων, διότι πέραν της διασφάλισης φυσικού φωτισμού στους εσωτερικούς χώρους, παρέχουν τη δυνατότητα διαμπερούς αερισμού το καλοκαίρι, συνεπώς και φυσικού δροσισμού του κτιρίου.

Η αναλογία ανοιγμάτων-τοίχων είναι μια άλλη σημαντική παράμετρος που επηρεάζει το εσωτερικό περιβάλλον και την κατανάλωση ενέργειας. Με την αύξηση της επιφάνειας κυρίως των νότιων ανοιγμάτων, αυξάνονται τα άμεσα ηλιακά κέρδη, αλλά ταυτόχρονα αυξάνονται και οι απώλειες θερμότητας, ο κίνδυνος υπερθέρμανσης τις ζεστές μέρες.

Σαν γενικός κανόνας για περιοχές με πολύ θερμά καλοκαίρια, ισχύει ότι η επιφάνεια των διαφανών στοιχείων δεν πρέπει να ξεπερνά το 10-15% του εμβαδού των θερμαινόμενων χώρων του κτιρίου.

### 3.3 Ορθή διάταξη των εσωτερικών χώρων

Οι μικροκλιματικές συνθήκες που επικρατούν στη διάρκεια του χειμώνα στις πλευρές ενός κτιρίου είναι καθοριστικές για μια λειτουργική διάταξη των χώρων. Η βόρεια πλευρά παραμένει η πιο ψυχρή γιατί δεν δέχεται άμεση ηλιακή ακτινοβολία ενώ η ανατολική και η δυτική δέχονται ίση ποσότητα, με λίγο πιο ζεστή τη δυτική εξαιτίας του συνδυασμού ηλιακής ακτινοβολίας και υψηλών μεσημβρινών θερμοκρασιών του αέρα. Η νότια πλευρά είναι η φωτεινότερη, η πιο ζεστή και δέχεται ηλιακή ακτινοβολία στη διάρκεια όλης της ημέρας.

Επομένως, οι χώροι που κατοικούνται όλη τη μέρα και έχουν μεγάλες απαιτήσεις θέρμανσης και φωτισμού πρέπει να τοποθετηθούν στο νότο. Χώροι με μικρές ή μηδενικές απαιτήσεις σε φωτισμό (διάδρομοι, μπάνια, αποθήκη, γκαράζ) τοποθετούνται στα βόρεια ώστε να μεσολαβούν ανάμεσα στους ζεστούς χώρους και τη ψυχρή βορεινή πλευρά του κτιρίου.



Κατά το σχεδιασμό της κάτοψης ενός κτιρίου, οι εσωτερικοί χώροι θα πρέπει να οργανωθούν και να ομαδοποιηθούν, έτσι ώστε αυτοί με μεγάλο χρόνο χρήσης και υψηλές επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες να τοποθετηθούν στη νότια πλευρά. Αντίθετα, οι χώροι με περιορισμένο χρόνο χρήσης που απαιτούν συγκριτικά χαμηλότερες θερμοκρασίες (πχ. W.C.) θα πρέπει να χωροθετούνται σε ενδιάμεση θερμική ζώνη.

### 3.4 Θερμική μάζα

Η ικανότητα ενός κτιρίου να αποθηκεύει θερμότητα στο εσωτερικό του και να αξιοποιεί την ηλιακή ενέργεια αποτελεσματικά, προϋποθέτει την ύπαρξη κατάλληλης θερμικής μάζας. Η θερμότητα αποθηκεύεται στη θερμική μάζα του κτιρίου η οποία αποτελείται από το σύνολο των θερμοσυσσωρευτών υλικών των δομικών στοιχείων.

Τα πιο κατάλληλα υλικά για την αποθήκευση της θερμότητας είναι υλικά με υψηλή θερμοχωρητική ικανότητα. Θερμοχωρητικά είναι όλα τα οικοδομικά υλικά με πυκνή μοριακή δομή. Είναι τα πυκνά και βαριά υλικά, όπως η πέτρα, το μάρμαρο, το σκυρόδεμα, το τούβλο, ο πηλός, τα κεραμικά υλικά ή νέας τεχνολογίας όπως τα υλικά αλλαγής φάσης (PCM).

Η θερμική μάζα απορροφά θερμότητα είτε από την ηλιακή ακτινοβολία είτε από το θερμό αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων, τη συσσωρεύει και την αποθηκεύει. Για αυτό ονομάζεται και αποθήκη θερμότητας του κτιρίου. Όταν ο αέρας είναι ψυχρότερος, τα δομικά στοιχεία αποδίδουν θερμότητα. Η θερμική μάζα είναι ο ρυθμιστής της εσωτερικής θερμοκρασίας, αφού:

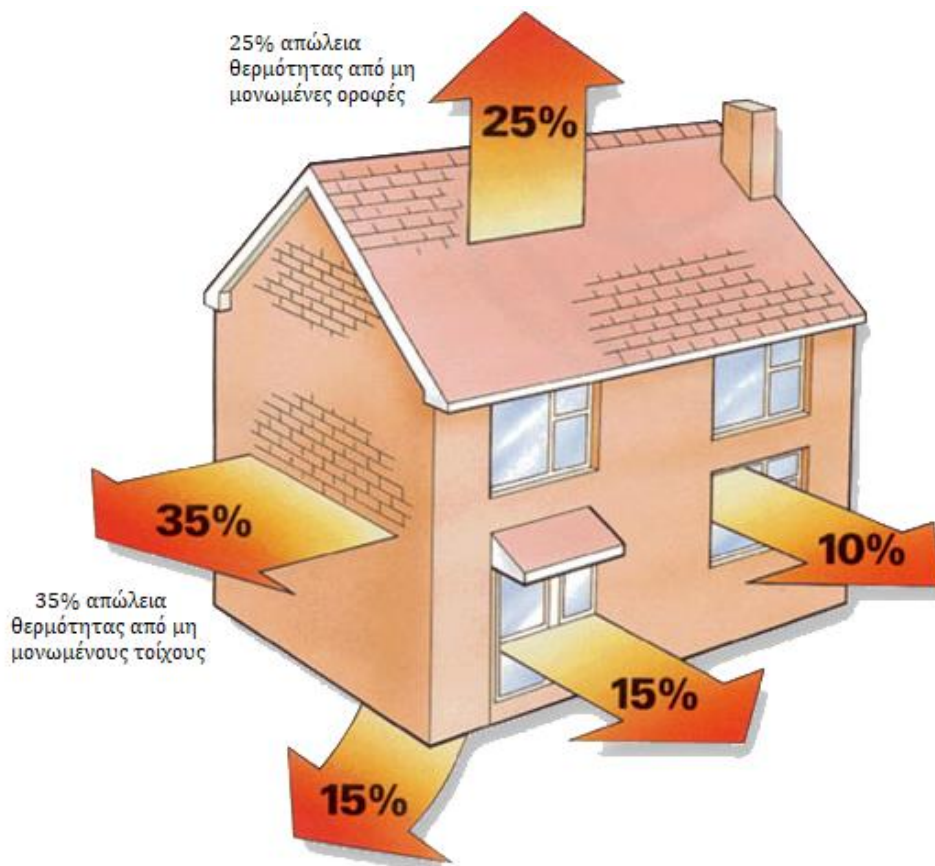
- Καθυστερεί τη ψύξη των χώρων κατά τη διάρκεια της νύχτας το χειμώνα, διατηρώντας τους θερμούς ως το πρωί.
- Καθυστερεί τη θέρμανση των χώρων κατά τις θερινές μέρες, διατηρώντας τους δροσερούς ως το βράδυ.
- Συμβάλει στη μείωση των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων στο εσωτερικό του κτιρίου, τόσο μεταξύ μέρας και νύχτας, όσο και μεταξύ του χειμώνα και του καλοκαιριού.

Προϋπόθεση για την αποδοτική λειτουργία της θερμικής μάζας είναι η πλήρης εξωτερική της θερμομόνωση. Έτσι λειτουργεί αποτελεσματικά, απορροφά και αποδίδει θερμότητα μόνο από και προς τον εσωτερικό χώρο και όχι προς το περιβάλλον.

### 3.5 Θερμομόνωση

Σε ένα κτίριο το ενεργειακό ισοζύγιο υπολογίζεται από τα θερμικά κέρδη και τις θερμικές απώλειες. Τα θερμικά κέρδη προέρχονται από τα συστήματα θέρμανσης του κτιρίου, την ηλιακή ακτινοβολία, καθώς και από εσωτερικές πηγές θερμότητας όπως ο φωτισμός, οι ανθρώπινες δραστηριότητες και οι ηλεκτρονικές συσκευές. Οι θερμικές απώλειες προέρχονται από :

- Ροή θερμότητας διαμέσου του κτιριακού κελύφους, δηλαδή των δομικών υλικών του κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων και του δαπέδου και της οροφής.
- Ροή θερμότητας μέσω ηλιακής ακτινοβολίας από τα παράθυρα του κτιρίου και από τα ανοίγματα του κτιρίου.
- Διείσδυση εξωτερικού αέρα στο κτίριο.



Εικόνα 2: Θερμικές Απώλειες μη Μονωμένου Κτιρίου

Η θερμομόνωση στις κτιριακές κατασκευές αφορά τα κατάλληλα μέτρα που πρέπει να εφαρμοσθούν για την παρεμπόδιση της διαφυγής της θερμότητας από ένα χώρο. Η εμπόδιση της διαφυγής θερμότητας και κατά επέκταση η μείωση των θερμικών απωλειών των εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου, συμβάλλει στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων που τροφοδοτούν τα διάφορα τεχνητά συστήματα θέρμανσης-ψύξης. Σε σωστά μονωμένα κτίρια η καταναλισκόμενη ενέργεια για τη θέρμανση και τη ψύξη του χώρου μπορεί να είναι από 20-40% λιγότερη σε σχέση με ένα κτίριο χωρίς κατάλληλη θερμομόνωση.

Τα περισσότερο ευπαθή σημεία ενός κτιριακού κελύφους, που έχουν ανάγκη από θερμική προστασία, είναι οι επικαλύψεις (δώματα και στέγες) στην εξωτερική τοιχοποιία, τα δάπεδα, η οροφή και τέλος τα εξωτερικά κουφώματα. Επίσης, ορθό είναι να μονώνονται κατάλληλα οι εγκαταστάσεις και οι αγωγοί του κτιρίου.

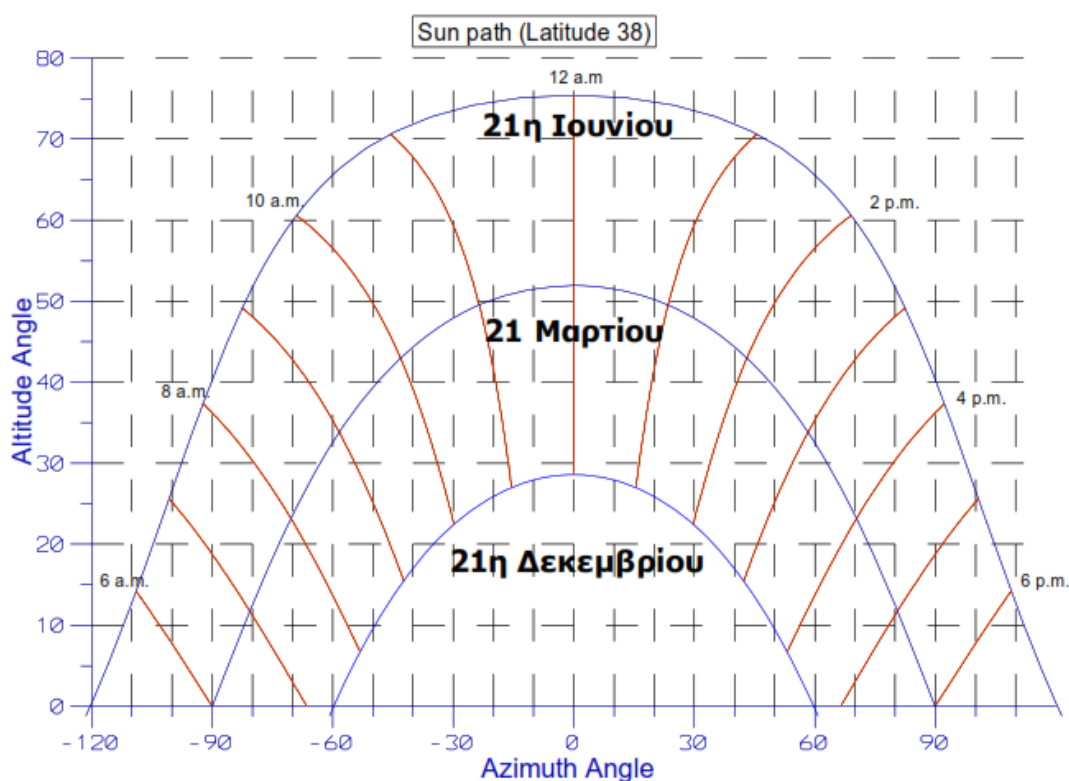
Οι θερμικές απώλειες αντιμετωπίζονται με διάφορους τρόπους μόνωσης. Οι τοίχοι μπορούν να μονωθούν με τέσσερις κυρίως τεχνικές:

- Από το εσωτερικό μέρος: Στην περίπτωση αυτή το μονωτικό υλικό τοποθετείται από την πλευρά του εσωτερικού χώρου και προστατεύεται από κάποιο στερεό δομικό υλικό που λειτουργεί όπως το επίχρισμα.
- Από το εξωτερικό μέρος: Στην περίπτωση αυτή η μόνωση τοποθετείται στο εξωτερικό μέρος του τοίχου.

- Με χρήση ειδικών τούβλων: Στην περίπτωση αυτή ο τοίχος χτίζεται με ειδικά θερμομονωτικά τούβλα που με τον τρόπο κατασκευής τους, το σχήμα τους, τις διαστάσεις τους κλπ. πρέπει να εξασφαλίζουν τις τιμές του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας που επιβάλλει ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων.
- Θερμομόνωση μεταξύ δύο τοίχων: Στην περίπτωση αυτή το μονωτικό υλικό τοποθετείται μεταξύ δύο δομικών τοίχων και αυτό ίσως αποτελεί το κύριο μειονέκτημα της μεθόδου. Εξασφαλίζεται δηλαδή η θερμομόνωση, αλλά δεν είναι βέβαιο ότι εξασφαλίζεται επαρκώς και η στατική αντοχή του συστήματος και ιδιαίτερα η αντοχή που απαιτείται από τον αντισεισμικό κανονισμό.

### 3.6 Ηλιασμός

Ο σωστός ηλιασμός των κτιρίων αποτελεί ένα από τα βασικά ζητούμενα του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας μέσω κατάλληλου σχεδιασμού των κτιρίων μπορεί να συμβάλλει, πρώτον, στη διασφάλιση αποδεκτών εσωκλιματικών συνθηκών (συνθήκες οπτικής και θερμικής άνεσης), και δεύτερον μέσω της ορθής θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου στον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας, με όλα τα οφέλη που αυτή συνεπάγεται (οικονομικά, περιβαλλοντικά λόγω μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub>, ποιότητας ζωής κ.λπ.). Μέσω του ηλιασμού επιτυγχάνεται αφ' ενός η εξασφάλιση θερμικών κερδών για το κτίριο κατά τη χειμερινή περίοδο και αφ' ετέρου ο φυσικός φωτισμός των χώρων.



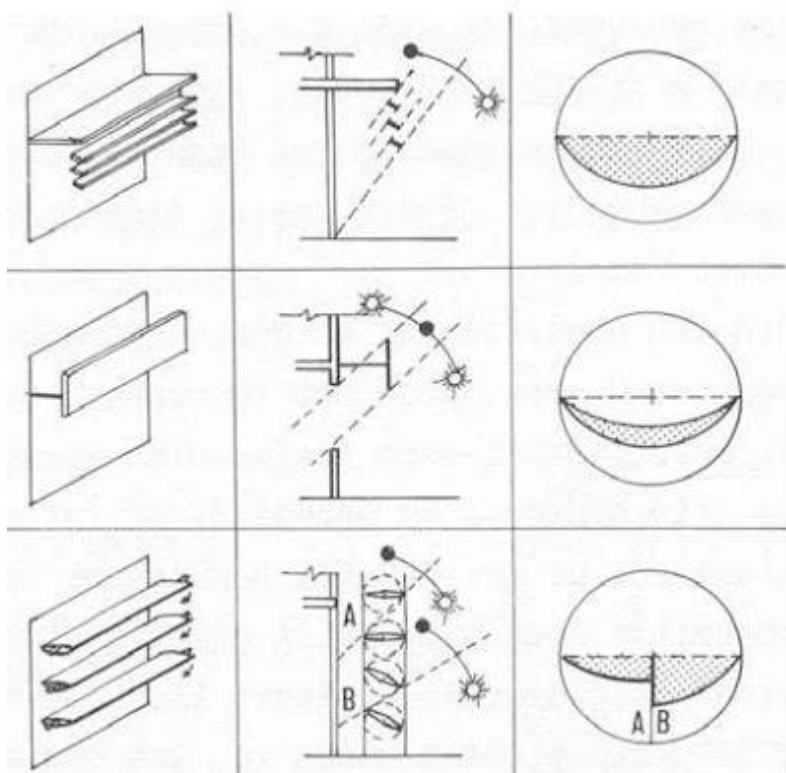
Εικόνα 3: Διάγραμμα Τροχιάς Ήλιου σε Βόρειο Γεωγραφικό Πλάτος 38ο

### 3.7 Σκίαση

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων του κτιρίου αποτελεί μια από τις κύριες τεχνικές για τη μείωση των θερμικών κερδών, κατά τη διάρκεια των θερμών ημερών του έτους. Επιτυγχάνει τη διατήρηση των εσωτερικών θερμοκρασιών σε ανεκτά επίπεδα και συνεπώς συμβάλλει στη βελτίωση των συνθηκών άνεσης, ενώ στην περίπτωση των συστημάτων κλιματισμού, επιτυγχάνει μείωση των ηλιακών κερδών και των φορτίων αιχμής με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας.

Παράλληλα, η σκίαση θα πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να εξασφαλίζει ικανοποιητικό ηλιασμό και να μην παρεμποδίζει τη θέα στους περιβάλλοντες χώρους. Η ηλιοπροστασία ενός κτιρίου κατά τις περιόδους όπου η θερμοκρασία ξεπερνά τα επίπεδα θερμικής άνεσης, επιτυγχάνεται με το σκiasμό του κελύφους του κτιρίου και κατά κύριο λόγο των ανοιγμάτων του. Βασικά κριτήρια για την αποτελεσματική ηλιοπροστασία ενός κτιρίου είναι η χωροθέτηση του στο οικόπεδο, ο όγκος, το σχήμα του και η διαμόρφωση κατάλληλων ανοιγμάτων καθώς και ο περιβάλλον χώρος του οικοπέδου. Συνιστώμενες τεχνικές σκiasμού είναι οι εξής:

- Οριζόντια εξωτερικά σταθερά σκiasτρα: Συνιστώνται για νότιο προσανατολισμό. Τα σκiasτρα μπορεί να έχουν τη μορφή προβόλου, ανακλαστικών ραφιών ή περσίδων, με αναλογίες τέτοιες ώστε να σχηματίζεται ανάμεσα στο εξωτερικό σκiasτρο και στο κατώφλι του ανοίγματος γωνία ύψους  $55^\circ$  για γεωγραφικό πλάτος  $40^\circ$ .
- Κατακόρυφα εξωτερικά σταθερά σκiasτρα: Συνιστώνται για ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Μπορεί να είναι κάθετα ή κεκλιμένα ως προς το επίπεδο της κάτοψης του ανοίγματος. Το μήκος της προεξοχής καθορίζεται από τη γωνία των  $55^\circ$ , για όλα τα γεωγραφικά πλάτη της χώρας.
- Εξωτερικά κινητά σκiasτρα: Πρόκειται για μεταλλικές περσίδες, οριζόντιες για νότιο προσανατολισμό ή κατακόρυφες για ανατολικό και δυτικό, κινούμενες σε οδηγούς, με χειροκίνητο ή αυτόματο μηχανισμό ρύθμισης.
- Εσωτερικά κινητά σκiasτρα: Συνιστώνται για νότιο, ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. (Αργυράκη, 2008)
- Σκίαση από δέντρα: Η σκίαση από φύτευση αποτελεί πολύ αποτελεσματική λύση στον ανατολικό, δυτικό και νότιο προσανατολισμό, η οποία επιτυγχάνεται κυρίως με φυλλοβόλα δέντρα.
- Φύτευση στις όψεις: Συνήθως χρησιμοποιούνται αναρριχητικά φυτά ή θάμνοι. Μελέτες έδειξαν ότι υπερτερούν σε σχέση με τα άλλα μέσα σκiasσης γιατί δεν υπερθερμαίνονται, επιτρέπουν την κίνηση του αέρα διαμέσου του φυλλώματός τους, μειώνουν τη θερμοκρασία του άμεσου περιβάλλοντος και φιλτράρουν τον αέρα από τα σωματίδια σκόνης.



*Εικόνα 4: Οριζόντια Σκίαστρα για Νότια Όψη*

## 4 Κεφάλαιο 4: Αποθήκευση Θερμότητας

Η αποθήκευση θερμότητας μπορεί να οριστεί ως η αποθήκευση ενέργειας (προσωρινή ή όχι, σε χαμηλή ή υψηλή θερμοκρασία) για χρήση όταν αυτό απαιτηθεί. Ο κυριότερος λόγος που επιβάλλει την αποθήκευση θερμότητας είναι το γεγονός ότι τις περισσότερες φορές η διαθεσιμότητα της ενέργειας δεν συμπίπτει με το χρόνο της ζήτησης. Τρεις είναι οι κυριότεροι τύποι αποθήκευσης θερμότητας: η αποθήκευση αισθητής θερμότητας (π.χ. παθητικά ηλιακά συστήματα), η αποθήκευση λανθάνουσας θερμότητας (όταν μια ουσία αλλάζει φάση, π.χ. από πάγο σε νερό) και η θερμοχημική αποθήκευση (που χρησιμοποιεί την ενέργεια αποθήκευσης σε αντιστρεπτές χημικές αντιδράσεις).

Οι τεχνολογίες που εφαρμόζονται στα κτίρια διαχωρίζονται σε τεχνολογίες που σχετίζονται με την αρχιτεκτονική του κτιρίου (βιοκλιματική αρχιτεκτονική) όπως αναλύθηκε στα προηγούμενα κεφαλαία και σε εφαρμογές που σχετίζονται με τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτιρίου δηλαδή εξοπλισμό υψηλής ενεργειακής απόδοσης αλλά και σε ήπιες εφαρμογές εξοικονόμησης ενέργειας που βασίζονται στις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας είναι υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Συνήθως είναι οικοδομικά υλικά του φέροντα οργανισμού και του κελύφους γενικότερα ή των εσωτερικών διαχωριστικών τοιχοποιιών, καθώς και υλικά επενδύσεων τοιχοποιιών και δαπέδων.

Τα πιο ικανά υλικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση της θερμότητας στα ηλιακά παθητικά συστήματα είναι:

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

Τα συστήματα θέρμανσης που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια διακρίνονται σε :

- παθητικά συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας

- ενεργητικά συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας
- υβριδικά συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας

**Παθητικά συστήματα** ορίζονται τα συστήματα που εκμεταλλεύονται τις διάφορες πηγές ενέργειας, χωρίς την παρεμβολή μηχανικών μέσων για τη μεταφορά της θερμότητας προς το χώρο. Ουσιαστικά διέπονται ή είναι εξέλιξη της βιοκλιματικής δόμησης και βασίζονται στη φυσική ροή της θερμότητας, εκμεταλλεύονται τις φυσικές ιδιότητες των υλικών του κτιρίου και χρησιμοποιούν, για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας και την αποθήκευση της θερμότητας, τα δομικά στοιχεία του κελύφους (τοίχους, δάπεδα, οροφές, δώμα).

**Ενεργητικά συστήματα**, ονομάζονται τα συστήματα στα οποία η αξιοποίηση των διαφόρων πηγών ενέργειας γίνεται με μηχανικά μέσα. Συνήθως απαιτούν σύνθετους μηχανισμούς συλλογής, μεταφοράς και αποθήκευσης της θερμότητας που έχει προέλθει από την ηλιακή ακτινοβολία που δεσμεύτηκε. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα ή αλλιώς θερμικά ηλιακά συστήματα είναι τα συστήματα στα οποία η ηλιακή ακτινοβολία συλλέγεται, μετατρέπεται σε θερμότητα, και στη συνέχεια μεταφέρεται σε νερό, σε αέρα ή σε κάποιο άλλο ρευστό. Χαρακτηριστικότερο παράδειγμα ηλιακού ενεργητικού συστήματος είναι το σύστημα ηλιακών συλλεκτών για θέρμανση νερού χρήσης ή χώρου.

Τα **υβριδικά** είναι συστήματα που συνδυάζουν τη φυσική και τη μηχανική ροή θερμότητας. Βασίζονται στην παθητική εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, παρεμβάλλοντας συγχρόνως μηχανικά συστήματα χαμηλής κατανάλωσης και απλής κατασκευής. Για παράδειγμα, η μετατροπή ενός παθητικού συστήματος σε υβριδικό μπορεί να γίνει με την προσθήκη ενός ανεμιστήρα σε ένα παθητικό σύστημα, για την υποβοήθηση της μεταφοράς θερμότητας σε χώρους του κτιρίου ή ενός θερμοστάτη για να υπάρχει έλεγχος της θερμότητας που αποδίδεται.

Επιπρόσθετα τα συστήματα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν βάση των διαφορετικών πηγών ενέργειας που εκμεταλλεύονται. Οι μορφές ενέργειας διαχωρίζονται στις συμβατικές πηγές ενέργειας και στις ανανεώσιμες. Συμβατικές πηγές ενέργειας χαρακτηρίζονται οι πηγές, οι οποίες δεν αναπληρώνονται ή αναπληρώνονται εξαιρετικά αργά, και σε αυτές περιλαμβάνονται τα ορυκτά καύσιμα, κυρίως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) ορίζονται οι ενεργειακές πηγές, οι οποίες πρακτικά είναι ανεξάντλητες και η χρήση τους δεν ρυπαίνει το περιβάλλον ενώ η αξιοποίησή τους περιορίζεται μόνο από την ανάπτυξη αποδοτικών και οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών.

#### **4.1 Παθητικά ηλιακά συστήματα**

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας με χρήση των παθητικών ηλιακών συστημάτων επιτυγχάνεται στα πλαίσια της συνολικής λειτουργίας του κτιρίου και της σχέσης κτιρίου-περιβάλλοντος, όπως αυτή περιγράφεται από τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Η προσπάθεια για τη μεγιστοποίηση της θερμικής εκμετάλλευσης σε μία κατοικία ξεκινάει από το στάδιο του σχεδιασμού. Η τοποθέτηση του κτιρίου σε σχέση με τον περιβάλλοντα χώρο, ο νότιος προσανατολισμός, η μορφή του είναι οι πρώτες κινήσεις που συντελούνται προς αυτή την κατεύθυνση. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν αρχιτεκτονικά στοιχεία, συγκεντρώνουν,

αποθηκεύουν, μεταδίδουν και διαχέουν θερμότητα, ρυθμίζοντας τη θερμική συμπεριφορά της κατοικίας.

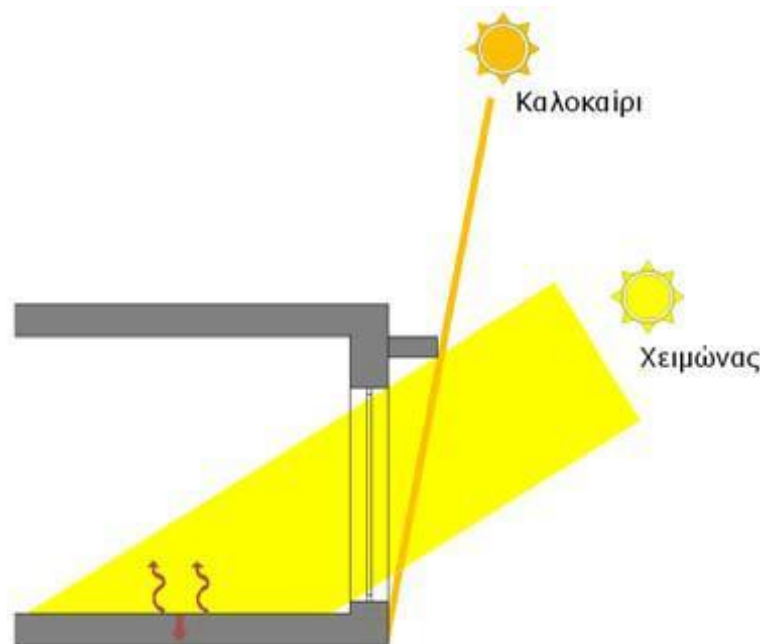
Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι τα εξής:

- Τα γυάλινα ανοίγματα
- Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης
- Τα προσαρτημένα στο κτίριο θερμοκήπια και οι ηλιακές καμινάδες
- Θερμοσιφωνικό πάνελο
- Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης διακρίνονται σε συστήματα **άμεσου** ή **έμμεσου** ηλιακού κέρδους.

#### 4.1.1 Συστήματα Άμεσου Ηλιακού Κέρδους

Το πιο διαδεδομένο παθητικό ηλιακό σύστημα είναι το σύστημα άμεσου ηλιακού κέρδους, το οποίο αξιοποιεί την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση, με άμεσο τρόπο μέσω ανοιγμάτων νοτίου προσανατολισμού με απόκλιση έως 30° προς την ανατολή ή τη δύση. Ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο διαφανές στοιχείο του κελύφους ανακλάται και απορροφάται, ενώ το υπόλοιπο εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο.



Εικόνα 5: Αρχή λειτουργίας συστήματος άμεσου κέρδους

Η εισερχόμενη ακτινοβολία απορροφάται από τους τοίχους, τα δάπεδα, τα έπιπλα και τα άλλα εσωτερικά στοιχεία του χώρου και μετατρέπεται σε θερμότητα, που είτε αποθηκεύεται στη μάζα των στοιχείων, είτε επανεκπέμπεται.



Το υαλοστάσιο φυλακίζει στον εσωτερικό χώρο την επανεκπεμπόμενη θερμική ακτινοβολία, δημιουργώντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ηλιακό κέρδος από αυτήν την τεχνική είναι όλο το ποσοστό της ακτινοβολίας που έχει περάσει από τα διάφανα στοιχεία του κελύφους.

Οι παράγοντες που καθορίζουν τη λειτουργία του συστήματος με άμεσο ηλιακό κέρδος είναι:

- Οι μεγάλες γυάλινες επιφάνειες στη νότια πρόσοψη.
- Η λειτουργική διάρθρωση των εσωτερικών χώρων του κτιρίου με κύρια οργάνωση προς το νότο.
- Η μεγάλη θερμική μάζα στο εσωτερικό του κτιρίου, ώστε να απορροφάται οποιαδήποτε απότομη μεταβολή της θερμοκρασίας.
- Η θερμική προστασία στην εξωτερική πλευρά του κελύφους.
- Η μείωση των θερμικών ανταλλαγών μέσα από τα ανοίγματα, με τη χρήση κινητών μονωτικών παντζουριών.

Με τη χρήση ενός άμεσου παθητικού συστήματος η εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση μπορεί να κυμαίνεται από 30% έως και 100%. Η αποτελεσματικότητα όμως αυτού του συστήματος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες μερικοί από τους οποίους είναι οι ακόλουθοι:

- **Ο προσανατολισμός των ανοιγμάτων.** Το 90% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας δεσμεύεται, εφόσον τα ανοίγματα προσανατολίζονται προς το νότο με απόκλιση 30° περίπου ανατολικότερα ή δυτικότερα του νότου. Έτσι διασφαλίζεται και η εύκολη ηλιοπροστασία του ανοίγματος το καλοκαίρι και η αποφυγή της υπερθέρμανσης του χώρου.
- **Η κλίση του ανοίγματος** (κυρίως η κατακόρυφη), καθώς έχει τον περισσότερο ηλιασμό το χειμώνα και ελάχιστο το καλοκαίρι. Η ανεμπόδιστη είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας στους βιώσιμους χώρους. Η ενεργοποίηση των ρυθμίσεων που αποσκοπούν στη μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Οι απαιτήσεις αυτές μπορούν να ικανοποιηθούν με επιτυχία σε κτίρια που προορίζονται για κατοικίες. Η άμεση είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας είναι λιγότερο ανεκτή σε σχολικές αίθουσες, γραφεία ή εμπορικά κέντρα, ιδιαίτερα όταν προσπίπτει σε θέσεις όπου εργάζονται άτομα. Η εφαρμογή του άμεσου οφέλους σε τέτοιες περιπτώσεις προϋποθέτει ότι η ηλιακή ακτινοβολία θα κατευθυνθεί σε θέσεις που δεν ενοχλεί, τα θερμικά κέρδη θα διανεμηθούν ανεμπόδιστα όπου χρειάζεται με χρονική υστέρηση κατά τη διάρκεια της ημέρας και θα βρεθεί τρόπος να περιορίζονται συστηματικά οι απώλειες τη νύχτα.

#### 4.1.2 Συστήματα Έμμεσου Ηλιακού Κέρδους

Ως συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους ορίζονται τα ηλιακά συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια και στη συνέχεια αυτή αποδίδεται έμμεσα στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου, μέσω είτε δομικών στοιχείων είτε ανοιγμάτων διαφόρων ειδών (θυρίδων, αγωγών, κ.ά.). Συνήθως προσαρτώνται σε νότιες όψεις κτιρίων (συνίσταται απόκλιση μέχρι 30° από το νότο). Τα συστήματα έμμεσου κέρδους διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Τοίχος θερμικής αποθήκευσης (Τοίχος θερμικής μάζας, τοίχος Trombe)
- Θερμοκήπιο προσαρτημένο σε κτίριο- Ηλιακό αίθριο

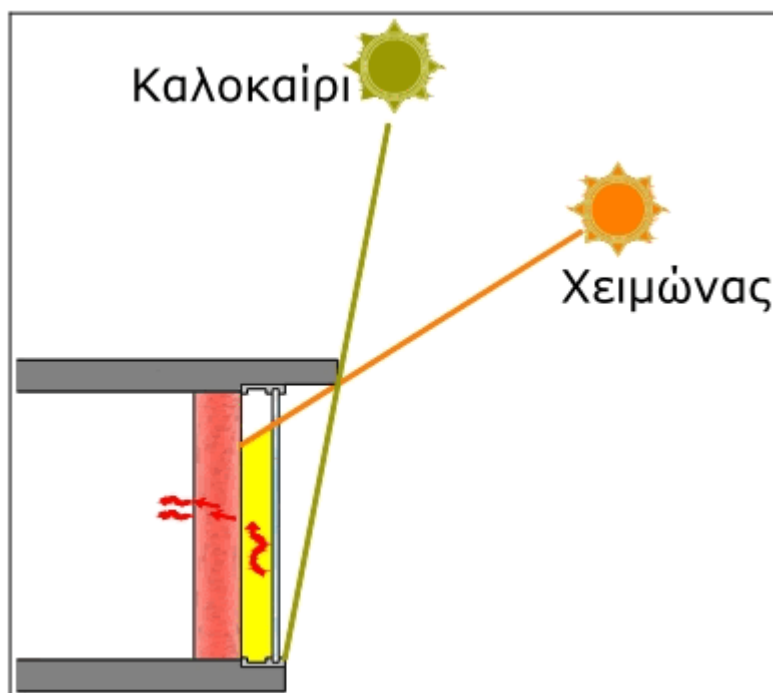
- Θερμοσιφωνικό πανέλο
- Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση

#### 4.1.2.1 Τοίχος θερμικής μάζας

Οι τοίχοι μάζας είναι νότια προσανατολισμένοι τοίχοι, που χαρακτηρίζονται από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας, με προσαρμοσμένη μπροστά από το αδιαφανές τους τμήμα, μια διαφανή επιφάνεια σε απόσταση περίπου 10-15cm από τον αδιαφανή τοίχο. Η μικρού μήκους ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά τη διαφανή επιφάνεια, εγκλωβίζεται ως μεγάλου μήκους κύματος (θερμική) ακτινοβολία στο διάκενο μεταξύ αδιαφανούς και διαφανούς επιφάνειας, θερμαίνοντας έτσι τη μάζα του αδιαφανούς στοιχείου του τοίχου μάζας, όπου αποθηκεύεται και αποδίδεται στο εσωτερικό του κτιρίου με συναγωγή και ακτινοβολία (Εικόνα 3-2). Η εξωτερική επιφάνεια του αδιαφανούς μέρους του στοιχείου πρέπει να έχει μεγάλη απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία (να είναι σκουρόχρωμη), προκειμένου να αποδίδει το σύστημα. Για την καλή απόδοση του στοιχείου, το βάθος του θερμαινόμενου χώρου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 6,0 m, ώστε να είναι αποτελεσματική η θέρμανση του χώρου με την ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον θερμό τοίχο.

Η απόδοση των θερμικών του κερδών στο κτίριο εξαρτάται από τη θερμοχωρητικότητα του δομικού υλικού του τοίχου: όσο πιο μεγάλη είναι, τόσο πιο μεγάλος είναι ο χρόνος υστέρησης. Έτσι, πολύ συχνά συνδυάζεται με άμεσο κέρδος, που αποδίδει άμεσα τα θερμικά κέρδη την περίοδο της ηλιοφάνειας, ενώ ο τοίχος μάζας τα αποδίδει με μια χρονική υστέρηση, που μπορεί να φτάσει και τη νυχτερινή περίοδο. Ανάλογα με τη χρονική υστέρηση που θέλει κανείς να δημιουργηθεί, επιλέγεται το πάχος του τοίχου μάζας: **σε κτίριο τριτογενούς τομέα έχει κατασκευαστεί από μικρού πάχους οπτοπλινθοδομή (δρομικό τοίχο), ώστε να αποδίδονται τα θερμικά κέρδη κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του κτιρίου.**

Όπως προαναφέρθηκε, το νερό είναι το στοιχείο με τη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα στη φύση. Προς βελτίωση του συστήματος, το αδιαφανές μέρος του τοίχου μάζας μπορεί να αντικατασταθεί με σκουρόχρωμα δοχεία νερού (γνωστοί ως «τοίχοι νερού» και ως «πάγκοι νερού», σε περιπτώσεις που δεν καταλαμβάνουν το ύψος ολόκληρου του τοίχου). Τα δοχεία αυτά μπορούν να απομακρύνονται τη θερινή περίοδο, με αποτέλεσμα ο τοίχος μάζας να λειτουργεί ως απλά άμεσο κέρδος, με πολύ μικρότερες πιθανότητες υπερθέρμανσης, ιδιαίτερα όταν το αδιαφανές στοιχείο είναι ανοιγόμενο και μπορεί να συμβάλει σε διαμπερή, νυχτερινό αερισμό.



Εικόνα 6: Αρχή Λειτουργίας Τοίχου Μάζας

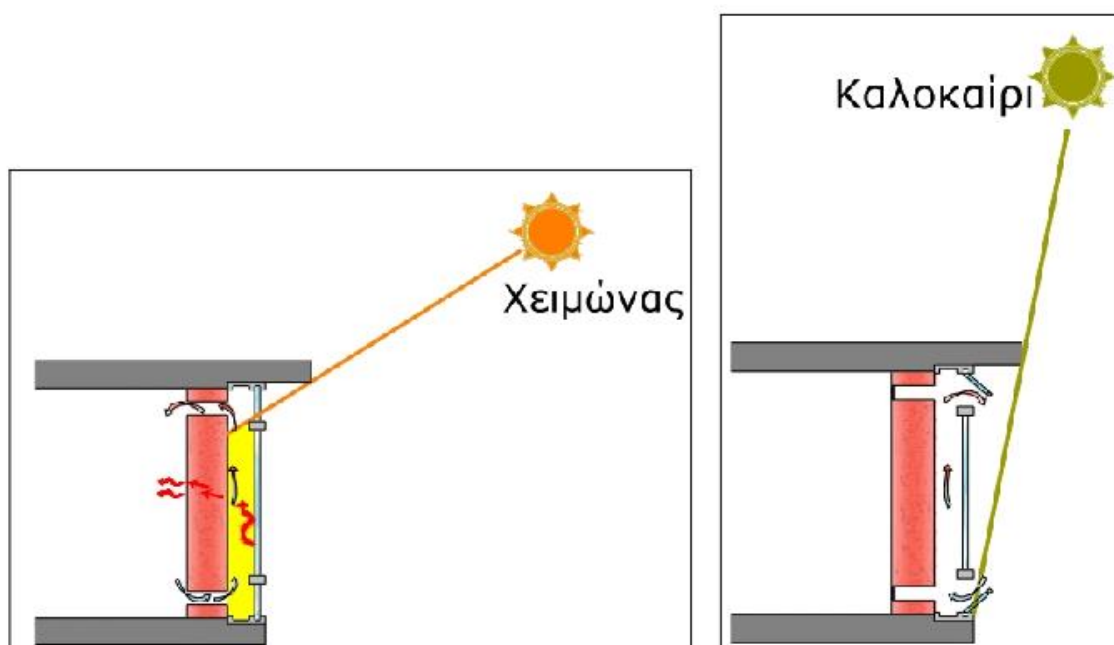
Καθώς πρόκειται για ένα αμόνωτο τοίχο, ιδιαίτερα στα ψυχρά κλίματα, οι απώλειές του υπερβαίνουν συχνά τα ηλιακά του κέρδη, με αποτέλεσμα τα καθαρά του κέρδη να είναι αρνητικά τη χειμερινή περίοδο. Η νυκτερινή, κινητή θερμομόνωση είναι απαραίτητη, ιδιαίτερα στις ψυχρότερες περιοχές, με τον κίνδυνο όμως να την απορρίπτει ο χρήστης, ακόμα κι αν πρόκειται για απλό, θερμομονωτικό παντζούρι. Καθώς δεν πρόκειται για άνοιγμα, ο χρήστης μπορεί να αμελεί την ορθή διαχείρισή του. Για αυτό το λόγο η χρήση αυτοματισμών κρίνεται σημαντική για τη λειτουργία του συστήματος. Επίσης για να βελτιωθεί η απόδοσή του, ο τοίχος πρέπει να θερμομονωθεί στην επαφή του με όλα τα δομικά στοιχεία με τα οποία εφάπτεται, για να περιοριστούν οι θερμογέφυρες. Την περίοδο ψύξης, το σύστημα θα πρέπει να αδρανοποιείται: πρέπει να σκιάζεται εξωτερικά (όχι μόνο με οριζόντιο πρόβολο, αλλά και με κατακόρυφο στοιχείο, για αποφυγή και της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας). Επίσης θα πρέπει να ανοίγουν τμήματα του υαλοστασίου (ανοιγόμενοι φεγγίτες στο επάνω και κάτω τμήμα του υαλοστασίου) για να επιτρέπεται η διαφυγή του θερμού αέρα στο διάκενο προς το εξωτερικό περιβάλλον, προς αποφυγή της υπερθέρμανσης τόσο του συστήματος όσο και του παρακείμενου χώρου του.

#### 4.1.2.2 Τοίχος Trombe

Ο τοίχος Trombe είναι μια εξέλιξη του τοίχου μάζας. Η διαφοροποίησή του έγκειται στην τοποθέτηση θυρίδων στο κάτω και στο πάνω μέρος του, η οποία αυξάνει την απόδοσή του. Ο ψυχρός αέρας από το εσωτερικό του κτιρίου εισέρχεται από τις κάτω θυρίδες στο διάκενο, όπου θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία και εισέρχεται εκ νέου θερμότερος από τις άνω θυρίδες στο εσωτερικό του κτιρίου, με αποτέλεσμα να θερμαίνει τους εσωτερικούς χώρους τις χειμερινές μέρες με ηλιοφάνεια. Με αυτό τον τρόπο, εκτός από συναγωγή και ακτινοβολία, ο τοίχος Trombe θερμαίνει και με την άμεση διείσδυση θερμού αέρα στο χώρο (Εικόνα 3-3). Εμπνευστής του είναι ο E.S. Morse, το 1881. Έγινε όμως γνωστός από τους F. Trombe και J. Michel το 1966. Τόσο η εμπνευσή του, όσο και η εφαρμογή του έγινε σε περιόδους που η τεχνολογία των θερμομονωτικών

υλικών και των υαλοπινάκων ήταν περιορισμένη ήταν ένα πολύ πιο αποδοτικό σύστημα για θέρμανση από το κτιριακό κέλυφος σε σχέση με έναν αμόνωτο τοίχο από οποιοδήποτε υλικό.

Οι θυρίδες τοποθετούνται κατά μήκος όλου του τοίχου και όσο το δυνατόν πιο κοντά στην οροφή και στο δάπεδο. Η απόσταση μεταξύ των επάνω και κάτω θυρίδων δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 2,0 m και η συνολική επιφάνεια των θυρίδων να μην υπολείπεται του 2% της συνολικής επιφάνειας του τοίχου. Οι θυρίδες του τοίχου Trombe πρέπει να ανοίγουν κατά τη διάρκεια της μέρας, για να υποδέχεται το κτίριο τα ηλιακά κέρδη και να κλείνουν κατά τη διάρκεια της νύχτας, προς αποφυγή απωλειών από το κτίριο προς το σύστημα. Αν γίνεται χειροκίνητα, απαιτεί την ενεργή συμμετοχή του χρήστη, κάτι που μπορεί να τον εκφυλίζει τελικά σε τοίχο μάζας και από τους πιο ενθουσιώδεις χρήστες. Για τη μέγιστη απόδοσή του, είναι καλό η λειτουργία αυτή να συνδυάζεται με αυτοματισμούς είτε με χρονομετρητή είτε με θερμική ή οπτική διέγερση (όταν μειωθεί η εξωτερική θερμοκρασία ή το επίπεδο φωτισμού). Είναι σημαντικό επίσης, τη θερινή περίοδο, να σκιάζεται τόσο από την άμεση όσο κι από τη διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία, ώστε να μην υπερθερμαίνεται. Οι θυρίδες του πρέπει επίσης να κλείνουν την περίοδο αυτή.



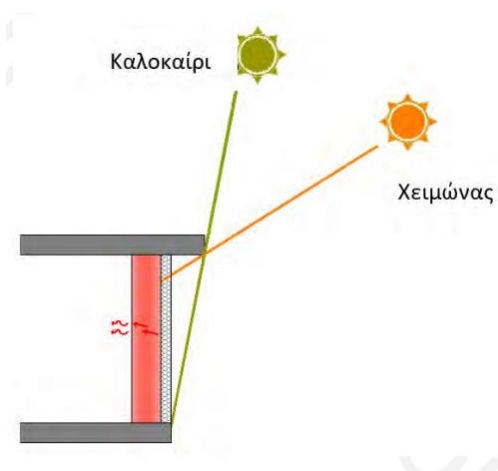
*Εικόνα 7: Χειμερινή και Θερινή Αρχή Λειτουργίας Τοίχου Trombe*

Παράλληλα, τα υαλοστάσιά του πρέπει να είναι εξοπλισμένα με ανοιγόμενους φεγγίτες στο πάνω και το κάτω μέρος, που να μένουν ανοιχτοί το καλοκαίρι, ώστε να απάγεται η θερμότητα από την εξωτερική του επιφάνεια, αδρανοποιώντας τη λειτουργία του θερμοκηπίου στο διάκενο.

Παραλλαγές του τοίχου Trombe, με τοποθέτηση θερμομόνωσης εξωτερικά του αδιαφανούς στοιχείου και μεταλλική, σκούρα επικάλυψή του, έχουν βελτιώσει κατά 56% την απόδοσή του σε ψυχρά κλίματα, αναιρώντας όμως την άμεση θερμοχωρητικότητα του στοιχείου (μεταθέτοντάς την εξολοκλήρου στο κτιριακό κέλυφος) και τη μετάδοση θερμότητας με συναγωγή και ακτινοβολία. Παράλληλα, με αυτό τον τρόπο, αποφεύγεται και η υπερθέρμανση του συστήματος και του κτιρίου τη θερινή περίοδο, με το κλείσιμο των θυρίδων και την εξωτερική του σκίαση.

### 4.1.2.3 Αδιαφανής Τοιχοποιίας με Διαφανή Θερμομόνωση

Πρόκειται για τοίχο νότιου προσανατολισμού, με απόκλιση έως  $\pm 30^\circ$ , με υλικό μεγάλης θερμοχωρητικότητας (συνήθως οπτόπλινθοι, ή σκυρόδεμα), εξωτερικά του οποίου τοποθετείται διαφανής θερμομόνωση χωρίς επίχρισμα (Εικόνα 3-5). Η εξωτερική παρειά του τοίχου βάφεται με σκούρο χρώμα. Ουσιαστικά πρόκειται για τοίχο μάζας, ο οποίος όμως θερμομονώνεται. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται μεν ο συντελεστής ηλιακών κερδών του διαφανούς θερμομονωτικού υλικού (μικρότερος σε σχέση με εκείνον του υαλοπίνακα), αλλά καθώς ο τοίχος είναι πλέον θερμομονωμένος, αυξάνουν τα καθαρά κέρδη, σε σχέση με τον τοίχο μάζας.



Εικόνα 8: Αρχή Λειτουργίας Αδιαφανούς Τοιχοποιίας με Διαφανή Θερμομόνωση

Η διαφανής θερμομόνωση (TIM – Transparent Insulation Material) είναι ημιδιαφανές θερμομονωτικό υλικό, συνήθως κυψελωτής δομής, κυρίως πολυκαρβονικής, εστερικής προέλευσης ή αερογέλης, στις κυψέλες του οποίου βρίσκεται εγκλωβισμένος αέρας. Λόγω της δομής του επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία και το φυσικό φως να εισέλθει στο εσωτερικό του χώρου, παράλληλα όμως μειώνει τις θερμικές απώλειες. Οι θερμικές και οπτικές του ιδιότητες εξαρτώνται από την ομοιομορφία και την ποιότητα των κυψελών. Αναλόγως με τη δομή του θερμομονωτικού, την τοποθέτηση των κυψελών σε σχέση με τη διατομή του τοίχου, η πυκνότητά τους ποικίλει από  $20 \text{ kg/m}^3$  έως  $150 \text{ kg/m}^3$ , ενώ η διαπερατότητα της διαφανούς θερμομόνωσης στο ορατό φως κυμαίνεται από 0,73 έως 0,82. Οι τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας κυμαίνονται από  $0,055 \text{ W/mK}$  έως  $0,070 \text{ W/mK}$ . Η εξέλιξη της τεχνολογίας των αεροτζέλ, με το χαμηλό συντελεστή αγωγιμότητας που τα χαρακτηρίζει ( $0,005 \sim 0,020 \text{ W/mK}$ ), έχει στρέψει την έρευνα της τεχνολογίας των TIM προς αυτά. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνονται ηλιακά κέρδη, μικρότερα σε σχέση με τα ηλιακά κέρδη καθαρού τζαμιού, με πολύ μικρότερες όμως θερμικές απώλειες. Παράλληλα δημιουργούνται ενδιαφέροντα κελύφη, ανάλογα με τη χρήση του υλικού. Η τοιχοποιία με διαφανή θερμομόνωση έχει μεγάλη απόδοση που εξαρτάται από τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά της (συντελεστής θερμοπερατότητας, συντελεστής ηλιακών κερδών), ενώ δεν απαιτεί αυτοματισμούς ή τη συμμετοχή του χρήστη για την ορθή θερμική λειτουργία του συστήματος.

Τη θερινή περίοδο πρέπει οπωσδήποτε να σκιάζεται εξωτερικά, τόσο από την άμεση όσο κι από τη διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία, προκειμένου να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του χώρου. Αυτός είναι και ένας από τους λόγους που δεν έχει διαδοθεί τόσο ως παθητικό σύστημα θέρμανσης όσο

τα προαναφερθέντα: η τεχνολογία της ωρίμασε σε μια περίοδο, όπου η ζήτηση για ψύξη αυξανόταν. Έχουν προταθεί διάφορες τεχνικές για την προστασία τη θερινή περίοδο, όπως μηχανοκίνητη εξωτερική σκίαση, εξαναγκασμένος αερισμός και η προσθήκη φασματικών επιλεκτικών ή θερμοτροπικών στρωμάτων. Ως προς τη χειμερινή της λειτουργία, δεν χρειάζεται νυχτερινή θερμική προστασία, κάτι που της δίνει πλεονέκτημα ως προς την απλότητα της χρήσης σε σχέση με τα προαναφερθέντα αδιαφανή παθητικά συστήματα θέρμανσης.

#### 4.1.2.4 Θερμοκήπιο-Ηλιακός χώρος

Πρόκειται για κλειστό ηλιακό χώρο που τοποθετείται σε νότια τμήματα του κτιρίου και περιβάλλεται από υαλοστάσια. Είναι συνδυασμός παθητικού συστήματος με άμεσο ηλιακό κέρδος και τοίχου θερμικής αποθήκευσης που μεταφέρει έμμεσα τη θερμότητα στον εσωτερικό κατοικήσιμο χώρο.

Η μετάδοση της θερμικής ενέργειας από τον ηλιακό χώρο προς το εσωτερικό του κτιρίου γίνεται μέσω θυρίδων ή ανοιγμάτων του διαχωριστικού δομικού στοιχείου. Η λειτουργία του βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι ακτίνες του ήλιου προσπίπτουν στο υαλοστάσιο, η ακτινοβολία μεταδίδεται στο εσωτερικό, όπου απορροφάται από τα διαφανή ή στερεά στοιχεία του χώρου (δάπεδο, τοίχοι, έπιπλα) που θερμαίνονται. Ένα μέρος της ακτινοβολίας επανεκπέμπεται και ένα μέρος της απορροφάται από το υαλοστάσιο και ενώ η υπόλοιπη ανακλάται. Η ενέργεια αυτή επανεκπέμπεται στη συνέχεια και στις δύο πλευρές του υαλοστασίου, με αποτέλεσμα τμήμα της ακτινοβολίας που εισέρχεται να παγιδεύεται στο εσωτερικό και να προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας, που χαρακτηρίζεται ως φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ως αποτέλεσμα, το χειμώνα, κατά τη διάρκεια της ημέρας, το θερμοκήπιο λειτουργεί ως επιλεκτική επιφάνεια, αφήνοντας να διέρχεται συνολικά η ηλιακή ακτινοβολία. Το καλοκαίρι, απαιτείται σκιασμός της γυάλινης επιφάνειας του θερμοκηπίου, με εξωτερικά κινητά σκίαστρα, με σταθερά στέγαστρα, ή ακόμη και απομάκρυνση των τζαμιών για τα πιο θερμά κλίματα για την αποφυγή ανεπιθύμητης υπερθέρμανσης.

Η απόδοση ενός θερμοκηπίου επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως, ο προσανατολισμός του, με προτεινόμενη και αποδοτικότερη λύση την ενσωμάτωση του στη νότια πλευρά, κατά τον άξονα ανατολής-δύσης, το μέγεθος, που εξαρτάται από το μέγεθος του κτιρίου και τις ανάγκες σε θέρμανση, η κλίση του υαλοστασίου, για την εύκρατη ζώνη συνίσταται κλίση 30°-65° σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο, ενώ σε βόρειες περιοχές ενδείκνυται κλίση 30°-40° και τα υλικά κατασκευής καθώς και η σύνδεση με τα στοιχεία θερμικής αποθήκευσης του κτιρίου.

Το καλοκαίρι, για την αποφυγή ανεπιθύμητης υπερθέρμανσης απαιτείται σκιασμός της γυάλινης επιφάνειας του θερμοκηπίου, με εξωτερικά - κατά προτίμηση - κινητά σκίαστρα, με σταθερά στέγαστρα, ή με φυλλοβόλο βλάστηση, ή ακόμη και απομάκρυνση των τζαμιών για τα πιο θερμά κλίματα. Σε κάθε περίπτωση, αναγκαίος είναι ο αερισμός του χώρου που εξασφαλίζεται από την είσοδο του αέρα από το κάτω άνοιγμα του υαλοστασίου στο χώρο του θερμοκηπίου.

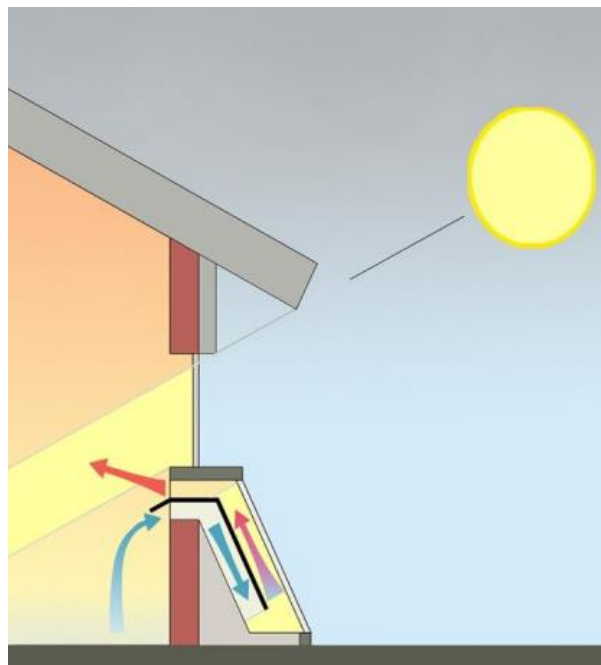
Το σύστημα του θερμοκηπίου προσαρμόζεται καλύτερα σε περιοχές όπου επικρατεί διάχυτη ακτινοβολία και για αυτό το λόγο αυτό έχει αναπτυχθεί σε περιοχές με ψυχρότερο κλίμα. Στα πλεονεκτήματα του συστήματος είναι ότι η κατασκευή του μπορεί να προβλεφθεί από το αρχικό

σχέδιο ενός βιοκλιματικού κτιρίου, αλλά μπορεί να γίνει και εκ των υστέρων σε προϋπάρχον κτίριο.

#### 4.1.2.5 Θερμοσιφωνικό πανέλο ή ηλιακός συλλέκτης θέρμανσης αέρα (αεροσυλλέκτης)

Το θερμοσιφωνικό πανέλο είναι συλλέκτης της ηλιακής ακτινοβολίας, ο οποίος δεν διαθέτει θερμική μάζα. Προσαρτάται στη νότια όψη του κελύφους. Μπορεί επίσης να τοποθετηθεί και στο δώμα: στην περίπτωση αυτή δεν χρειάζεται το ίδιο το κτίριο να έχει νότιο προσανατολισμό, αρκεί να έχει ανεμπόδιστο ηλιασμό ο νότιο προσανατολισμένος συλλέκτης και οι αγωγοί του να είναι εξοπλισμένοι με ανεμιστήρες, ώστε ο θερμός αέρας να κατεβαίνει προς το κτίριο. Επειδή απομονώνεται θερμικά από το κτήριο, ανήκει στην κατηγορία των παθητικών ηλιακών συστημάτων του «απομονωμένου κέρδους».

Η θερμότητα που συλλέγεται από αυτό αποθηκεύεται είτε στα δομικά στοιχεία του κτηρίου είτε σε υποδαπέδια αποθήκη θερμότητας (π.χ. σύστημα rock bed). Έχει νότιο προσανατολισμό, με απόκλιση έως  $\pm 30^\circ$  από το νότο και κλίση είτε κατακόρυφη, είτε υπό γωνία, με βέλτιστη κλίση μεταξύ  $\varphi$  και  $\varphi + 15^\circ$ , όπου  $\varphi$  το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Χαρακτηριστικό είναι ότι επειδή απομονώνεται εύκολα από το κτήριο δεν απαιτούνται στοιχεία ηλιοπροστασίας και επίσης μπορεί να αξιοποιηθεί η βέλτιστη κλίση για τη χειμερινή δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας, χωρίς επιπτώσεις υπερθέρμανσης. Αποτελείται από υαλοπίνακα, τοποθετημένο σε μικρή απόσταση (2-5cm) μπροστά από μεταλλική επιφάνεια, σκούρου χρώματος (μαύρου) και το όλο σύστημα θερμομονώνεται. Συνδέεται με το κτήριο με θυρίδες εισροής και εκροής του αέρα του εσωτερικού χώρου προς και από το πανέλο. Οι θυρίδες αυτές τοποθετούνται καθ' όλο το πλάτος του πανέλου, με διάμετρο 20-30cm.



Εικόνα 9: Αρχή Λειτουργίας Θερμοσιφωνικού Πανέλου

Ο χώρος θερμαίνεται μέσω του φαινομένου του θερμοσιφωνισμού: ο ψυχρός αέρας από το εσωτερικό του κτηρίου εισέρχεται στο κατώτερο μέρος του θερμοσιφωνικού πανέλου από την

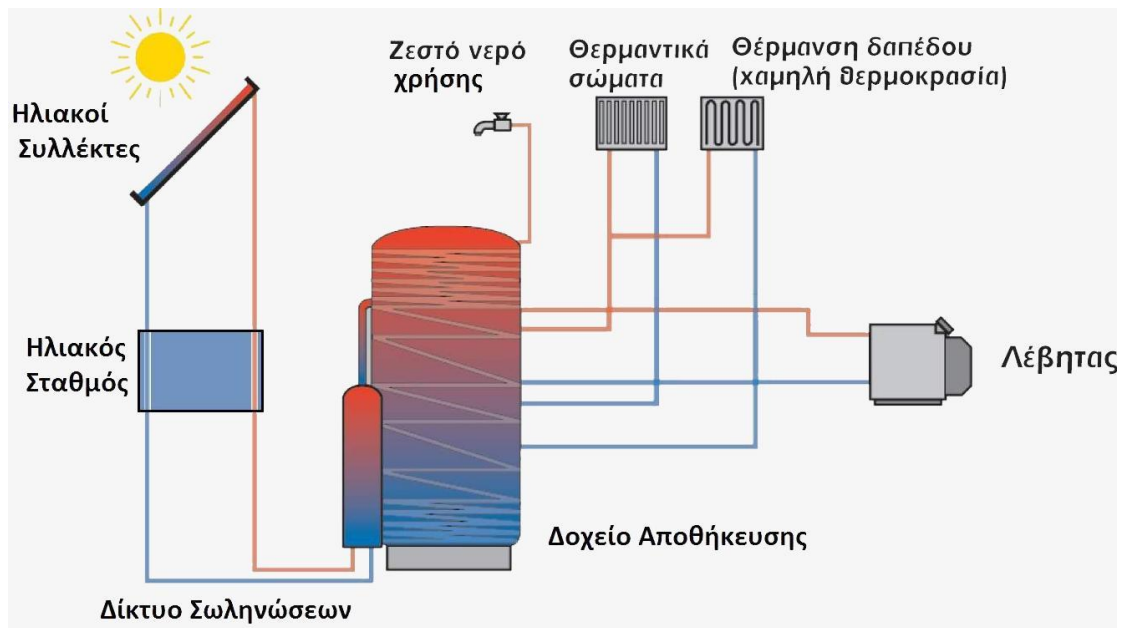
κατώτατη θυρίδα του όπου θερμαίνεται, ανέρχεται ως ελαφρότερος και εξέρχεται στον εσωτερικό χώρο από την ανώτατη θυρίδα του. Η απόδοση του θερμοσιφωνικού πάνελου αυξάνεται με τη χρήση διπλών υαλοπινάκων στο συλλέκτη, σε σχέση με απλούς υαλοπίνακες, ιδιαίτερα για τα πιο ψυχρά κλίματα. Το βέλτιστο μήκος του συλλέκτη έχει εκτιμηθεί στα 3m. Το θερμοσιφωνικό πάνελο ενδείκνυται για χώρους που χρειάζονται άμεση απόδοση θερμότητας από τα ηλιακά κέρδη, όπως διακοπτόμενης λειτουργίας (χώρους γραφείων, σχολικές αίθουσες κ.α.).

Το πλεονέκτημά του, σε σχέση με τα συστήματα άμεσου κέρδους που, επίσης, αποδίδει άμεσα θερμότητα στο χώρο, είναι ότι αποφεύγεται η θάμβωση από μεγάλους υαλοπίνακες, η υπερθέρμανση τη θερινή περίοδο, καθώς κι οι αυξημένες απώλειες θερμότητας τη νύχτα. Εκτός αυτού, τη θερινή περίοδο, μπορεί να αποκόπτεται θερμικά από το κτίριο με κλείσιμο των θυρίδων, με σκίαση του πάνελου ή με άνοιγμα του υαλοπίνακα στο ανώτατο και κατώτερο μέρος του, αποφεύγοντας έτσι την υπερθέρμανση του χώρου. Το κλείσιμο των θυρίδων είναι επίσης πολύ σημαντικό τη νυχτερινή περίοδο, προς αποφυγή θερμικών απωλειών. Κάτι τέτοιο καθιστά την εφαρμογή συστήματος αυτοματισμών σχεδόν επιτακτική, προς αποφυγή δυσλειτουργίας του συστήματος από αμέλεια των χρηστών. Σε περίπτωση που τοποθετείται κεκλιμένα, το θερμοσιφωνικό πάνελο έχει καλύτερη απόδοση αλλά χρειάζεται περισσότερο ελεύθερο χώρο. Προσαρτημένο κατακόρυφα στον τοίχο μπορεί να εναρμονισθεί αισθητικά με το κτίριο πιο εύκολα.

## **4.2 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα**

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα ή αλλιώς θερμικά ηλιακά συστήματα είναι όσα συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία, τη μετατρέπουν σε θερμότητα, και στη συνέχεια τη μεταφέρουν σε νερό, σε αέρα ή σε κάποιο άλλο ρευστό. Η τεχνολογία που εφαρμόζεται είναι αρκετά απλή και υπάρχουν πολλές δυνατότητες εφαρμογής της σε θερμικές χρήσεις χαμηλών θερμοκρασιών. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη θέρμανση νερού οικιακής χρήσης, τη θέρμανση και ψύξη χώρων και για διάφορες βιομηχανικές διεργασίες. Η πλέον διαδεδομένη εφαρμογή των συστημάτων αυτών είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, οι γνωστοί σε όλους ηλιακοί θερμοσίφωνες.





Εικόνα 10: Αρχή λειτουργίας ενεργητικών ηλιακών συστημάτων

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα αφορούν χειμερινές συνθήκες στις οποίες δεν είναι δυνατόν να καλυφθούν οι ανάγκες θέρμανσης μόνο από τα παθητικά και συμβατικά συστήματα θέρμανσης. Για αποδοτικότερη και αποτελεσματικότερη θέρμανση τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα ενδεχομένως υποβοηθούν τα παραπάνω εφόσον υπάρχει ηλιοφάνεια. Τα ενεργητικά συστήματα διαχωρίζονται:

- σε συστήματα φυσικής κυκλοφορίας και,
- σε συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.

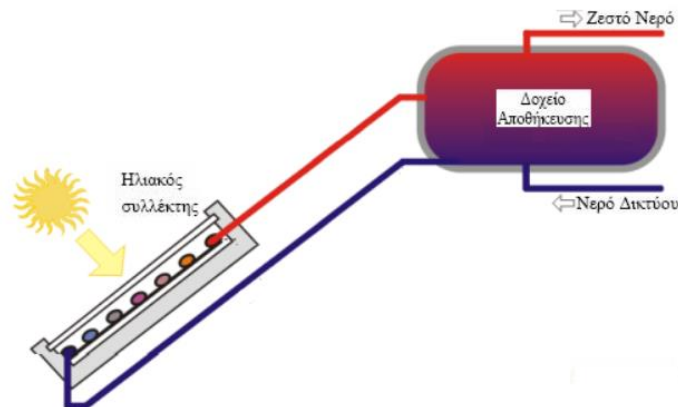
Στα συστήματα **φυσικής κυκλοφορίας** το ρευστό θερμαίνεται στον ηλιακό συλλέκτη, ανέρχεται με φυσικό τρόπο προς τη δεξαμενή αποθήκευσης, ενώ το ψυχρότερο ρευστό της δεξαμενής κινείται προς το κατώτερο σημείο του συλλέκτη δημιουργώντας μια φυσική ροή κυκλοφορίας.

Στα συστήματα **εξαναγκασμένης κυκλοφορίας** η κυκλοφορία του ρευστού από τους συλλέκτες στη δεξαμενή αποθήκευσης και αντίστροφα γίνεται από ηλεκτρικές αντλίες που διέπονται από συστήματα ελέγχου. Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας είναι γενικά πιο αξιόπιστα, ευκολότερα στη συντήρηση και με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.

Τα συστήματα **φυσικής κυκλοφορίας** χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Οι συμπαγείς θερμαντήρες νερού ή, όπως ονομάζονται αλλιώς, τα ολοκληρωμένα συστήματα συλλέκτη-αποθήκευσης. Αποτελούνται από μια ή περισσότερες δεξαμενές αποθήκευσης τοποθετημένες σε ένα μονωμένο πλαίσιο με τη διάφανη πλευρά προσανατολισμένη προς τον ήλιο για να δεσμεύει την ηλιακή ακτινοβολία.
- Τα θερμοσιφωνικά συστήματα, η λειτουργία των οποίων βασίζεται στη φυσική κυκλοφορία του νερού στους συλλέκτες και τη δεξαμενή. Καθώς το νερό θερμαίνεται στον ηλιακό συλλέκτη γίνεται ελαφρύτερο και ανέρχεται με φυσικό τρόπο προς τη δεξαμενή αποθήκευσης, η οποία

βρίσκεται συνήθως επάνω από το συλλέκτη, ενώ το ψυχρότερο νερό της δεξαμενής ρέει μέσω των σωληνώσεων προς το κατώτερο σημείο του συλλέκτη δημιουργώντας κυκλοφορία σε όλο το σύστημα.



Εικόνα 11: Διάταξη απλού θερμοσιφωνικού συστήματος

Τα συστήματα **εξαναγκασμένης κυκλοφορίας** χρησιμοποιούν ηλεκτρικές αντλίες, βαλβίδες και συστήματα ελέγχου για να κυκλοφορήσουν το νερό ή τα άλλα ρευστά μεταφοράς της θερμότητας, μέσα στους συλλέκτες. Υπάρχουν δύο τύποι τέτοιων συστημάτων:

- Τα συστήματα ανοικτού βρόχου, στα οποία το νερό χρήσης οδηγείται στους συλλέκτες μέσω αντλιών.
- Τα συστήματα κλειστού βρόχου, στα οποία το ρευστό μεταφοράς θερμότητας, ένα μίγμα γλυκόλης και νερού, μεταφέρεται με αντλίες στους συλλέκτες. Η θερμότητα μεταφέρεται μέσω εναλλακτών θερμότητας από το ρευστό στο νερό που αποθηκεύεται στις δεξαμενές.

#### 4.2.1 Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ZNX)

Όπως ειπώθηκε η πλέον διαδεδομένη εφαρμογή των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι η παραγωγή ζεστού νερού οικιακής χρήσης από ηλιακούς θερμοσίφωνες. Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού αποτελείται από τα ακόλουθα επιμέρους βασικά στοιχεία: Τους επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες, το δοχείο αποθήκευσης θερμότητας και τις σωληνώσεις. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το συλλέκτη και η συλλεγόμενη θερμότητα μεταφέρεται στο δοχείο αποθήκευσης. Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται συνήθως στην οροφή του κτιρίου για την αποφυγή σκίασης, με νότιο προσανατολισμό και κλίση 30°-60° ως προς τον ορίζοντα, ώστε να μεγιστοποιηθεί το ποσό της ακτινοβολίας που συλλέγεται ετησίως.

Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες μπορούν να καλύψουν ένα μεγάλο μέρος των αναγκών σε ζεστό νερό, μειώνοντας ή ακόμα και μηδενίζοντας τις οικιακές δαπάνες σε ενέργεια ανάλογα με το μέγεθος του συστήματος, τις ανάγκες σε ZNX και τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής. Ο προσδιορισμός του μεγέθους του συστήματος δηλαδή της ολικής συλλέκτηριας επιφάνειας και του όγκου της δεξαμενής αποθήκευσης νερού που απαιτείται για την κάλυψη του 100% των οικιακών

αναγκών ζεστού νερού υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη, την ηλιοφάνεια της περιοχής και την ανά άτομο κατανάλωση.

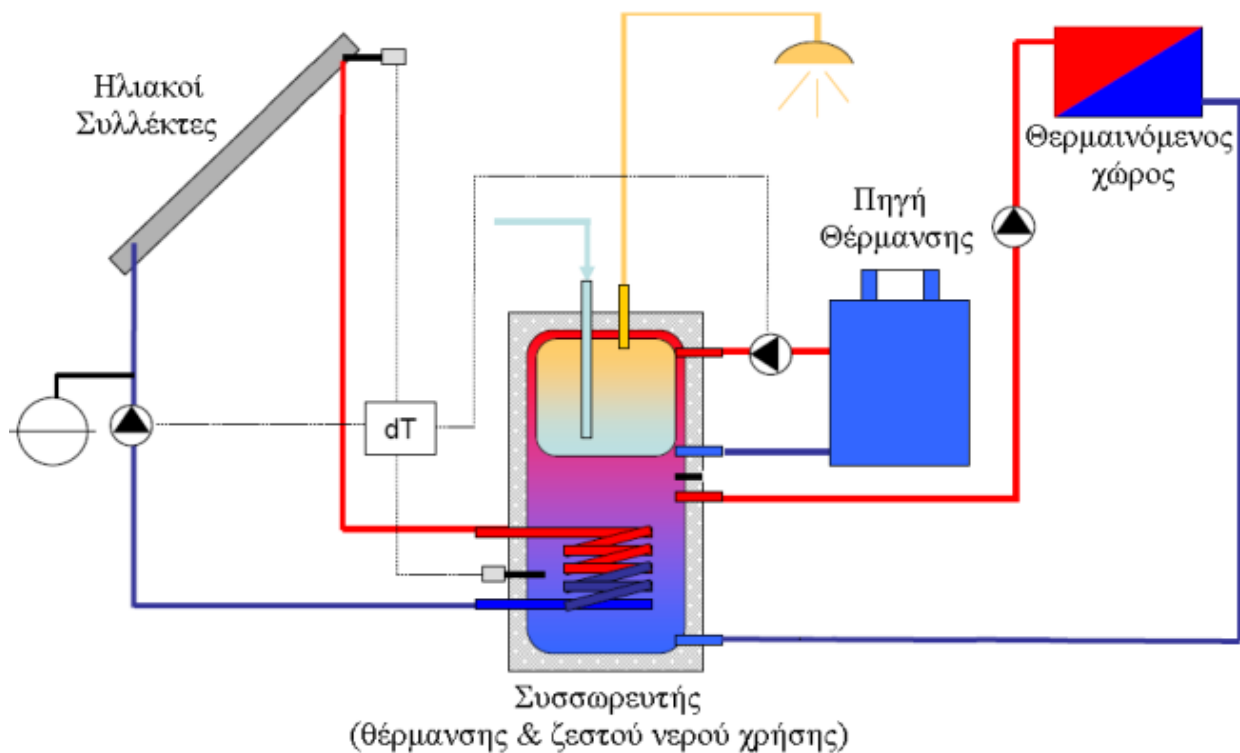
#### **4.2.2 Θέρμανση των χώρων με τη χρήση ενεργητικών ηλιακών συστημάτων**

Εκτός από την παραγωγή ζεστού νερού οικιακής χρήσης (ZNX), η οποία είναι και η πιο διαδεδομένη εφαρμογή των ηλιακών συστημάτων σήμερα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες εφαρμογές που απαιτείται θερμότητα υψηλής ή χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης. Θερμικά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούνται για υποβοήθηση θέρμανσης χώρου και παράλληλα για παραγωγή ζεστού νερού οικιακής χρήσης. Τα ηλιακά αυτά συστήματα, είναι γνωστά με τον όρο “solar combi systems” ή απλά “combi”.

Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στην περίπτωση της παραγωγής θέρμανσης είναι ίδια με αυτής της θέρμανσης νερού για οικιακή χρήση. Αέρας ή ένα υγρό, όπως μίγμα γλυκόλης και νερού, θερμαίνεται στους ηλιακούς συλλέκτες και, στη συνέχεια, μεταφέρεται από ανεμιστήρες ή αντλίες με μικρή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα δοχεία αποθήκευσης της θερμότητας.

Τα ηλιακά συστήματα αέρος αποτελούνται από συλλέκτες, ανεμιστήρες, αεραγωγούς και συστήματα ελέγχου, και μπορούν να θερμάνουν τον αέρα ενός σπιτιού χωρίς εναλλάκτες θερμότητας ή θερμική αποθήκευση. Στα μεγάλα συστήματα αέρος χρησιμοποιείται συνήθως θερμική αποθήκευση, για παράδειγμα σε κλίνη χαλικιών με χαλίκια ή μικρές πέτρες, από όπου διέρχεται όλη η ποσότητα του κυκλοφορούντος στους ηλιακούς συλλέκτες θερμικού μέσου (υγρού ή αερίου).

Γενικά, τα συστήματα αυτά αποτελούνται από το κύκλωμα των ηλιακών συλλεκτών (παραγωγή ενέργειας), το θερμοδοχείο αδρανείας (αποθήκευση ενέργειας), ένα σύστημα βοηθητικής ενέργειας (ηλεκτρικός λέβητας, λέβητας πετρελαίου ή φυσικού αερίου, βιομάζας, αντλία θερμότητας), ένα σύστημα θέρμανσης (θερμαντικά σώματα, ενδοδαπέδια, fan coils) και ένα σύστημα ελέγχου.



Εικόνα 12: Ηλιοθερμικό σύστημα κλειστού κυκλώματος για παραγωγή ζεστού νερού και θέρμανση χώρων

Τα γενικά χαρακτηριστικά του, λοιπόν, είναι τα ίδια με αυτά ενός κοινού κεντρικού ηλιακού συστήματος.

Το συμβατικό σύστημα θέρμανσης θα πρέπει να είναι ικανό να παράσχει το 100% των απαιτήσεων θέρμανσης, δεδομένου ότι το ηλιακό σύστημα μπορεί να έχει μηδενική ή πολύ μικρή συμβολή στην κάλυψη των αναγκών θέρμανσης κατά τις περιόδους νεφελώδους καιρού.

Επιπροσθέτως, είναι χρήσιμο να σχεδιάζονται αυτά τα συστήματα για να έχουν τέσσερις βασικούς τρόπους λειτουργίας, εξαρτώμενους από τις συνθήκες που υπάρχουν στο σύστημα σε κάθε συγκεκριμένη στιγμή.

- Εάν υπάρχει διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια και δεν απαιτείται θέρμανση, αυτή να προστίθεται από το συλλέκτη στην αποθήκη.
- Εάν υπάρχει διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια και χρειάζεται θέρμανση, η ενέργεια από το συλλέκτη να χρησιμοποιείται απευθείας στην κάλυψη των αναγκών του θερμαινόμενου χώρου.
- Εάν δεν υπάρχει διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια και απαιτείται θέρμανση και υπάρχει αποθηκευμένη ενέργεια στην αποθήκη, τότε να χρησιμοποιείται πρωτίστως η αποθηκευμένη ενέργεια για να καλύψει τις ανάγκες θέρμανσης του χώρου.
- Εάν δεν υπάρχει διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια και χρειάζεται θέρμανση και η ενέργεια της αποθηκευτικής μονάδας δεν επαρκεί, τότε να χρησιμοποιείται η βοηθητική πηγή ενέργειας για να καλύψει τις ανάγκες.



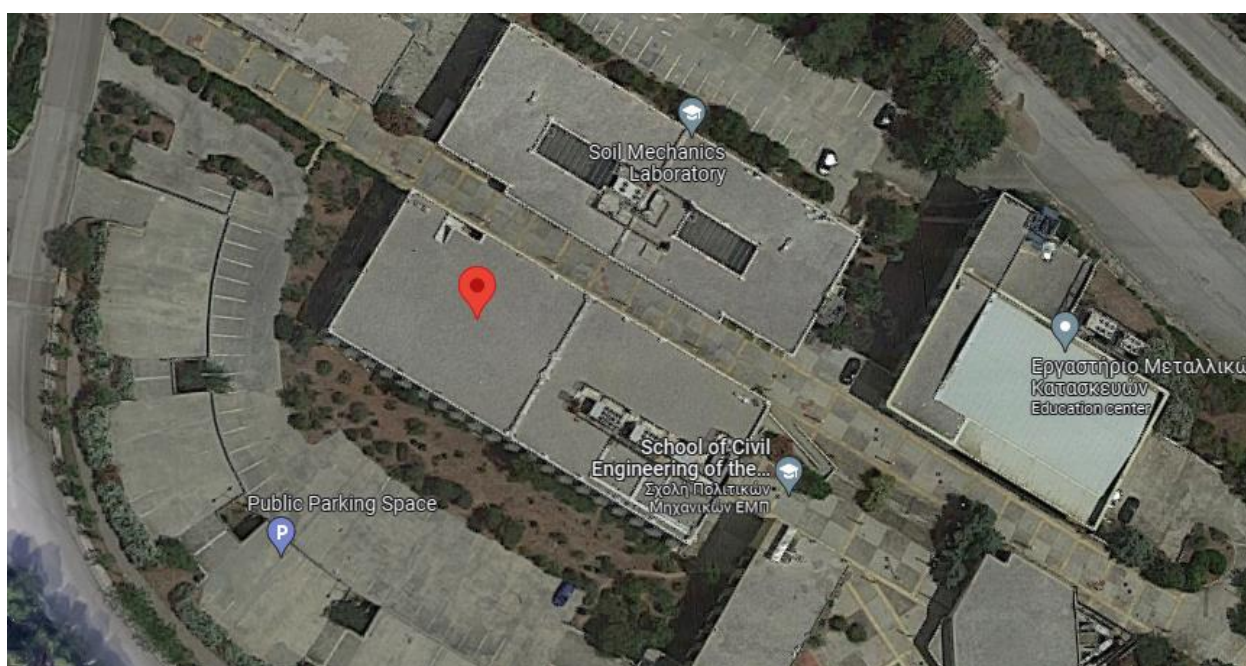
εγκατάστασης είτε μόνο με την ηλιακή ενέργεια είτε με τη συμβατική ενέργεια είτε ταυτόχρονα, αυξάνει το συντελεστή χρήσης αυτής και κατά επέκταση την αξιοπιστία της, ενώ παράλληλα δίνει και οικονομικό κόστος λειτουργίας. Πολύ σημαντικό πλεονέκτημα των συστημάτων ηλιακού κλιματισμού αποτελεί η δυνατότητα ενσωμάτωσής τους σε υπάρχοντα συστήματα.

Η τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών και γενικότερα ηλιακών συστημάτων σε κτίρια γίνεται αφού πρωτίστως έχει εξασφαλιστεί η ανεμπόδιστη πρόσβαση της ηλιακής ακτινοβολίας προς τα συστήματα αυτά. Σε περίπτωση που τα συστήματα αυτά βρίσκονται στο έδαφος, όπως μεγάλες δεξαμενές αποθήκευσης συνδυασμένες με συλλογή ή κεντρικά ηλιακά συστήματα για την εξυπηρέτηση μεγαλύτερων κτιριακών εγκαταστάσεων, απαιτούνται μεγάλες εκτάσεις ακάλυπτων χώρων ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος σκιασμού. Αυτό όμως δημιουργεί μεγάλες απαιτήσεις σε επιφάνεια γης πρόβλημα το οποίο είναι αποτρεπτικό σε περιπτώσεις που αφορά τον αστικό ιστό και άλλοτε να αποτελούν σημαντική απώλεια ωφέλιμης γης υψηλού κόστους. Για την πιο συνηθισμένη περίπτωση που η έκταση γης θέτει περιορισμούς, ο απλούστερος τρόπος για την αποφυγή του προβλήματος του σκιασμού είναι η τοποθέτηση των ηλιακών συλλεκτών στην οροφή των κτιρίων.

## 5 Κεφάλαιο 5: Κτίριο Αιθουσών Διδασκαλίας Πολιτικών Μηχανικών

### 5.1 Γενική Περιγραφή

Η Σχολή Πολιτικών Μηχανικών βρίσκεται στο συγκρότημα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Το Κτίριο Αιθουσών Διδασκαλίας είναι ένα εκ του συγκροτήματος των κτιρίων της Σχολής. Κατασκευάστηκε το 1999 και αποτελείται από δύο ορόφους που παρουσιάζουν συμμετρία ως προς τον εγκάρσιο άξονα. Πρόκειται για κτίριο το οποίο διαθέτει έξι αίθουσες διδασκαλίας 60 ατόμων, έξι σχεδιαστήρια 50 ατόμων και αριθμό βοηθητικών χώρων (WC, κλιμακοστάσια κλπ.). Καλύπτει επιφάνεια εμβαδού (ΠxΜxΥ): 23,4x59,6x8,9 (m), ενώ η συνολική επιφάνεια των χώρων του υπολογίστηκε βάσει των αρχιτεκτονικών σχεδίων περί τα 2721,38 m<sup>2</sup> και ο συνολικός όγκος στα 10634,59 m<sup>3</sup>.



Εικόνα 14: Τοποθεσία Κτιρίου Αιθουσών Διδασκαλίας Πολιτικών Μηχανικών

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή)
ΖΩΝΗ Β	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλης, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας

Πίνακας 1: Κατανομή Νομών Ανά Κλιματική Ζώνη

Σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010 η τοποθεσία του κτιρίου εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Β.

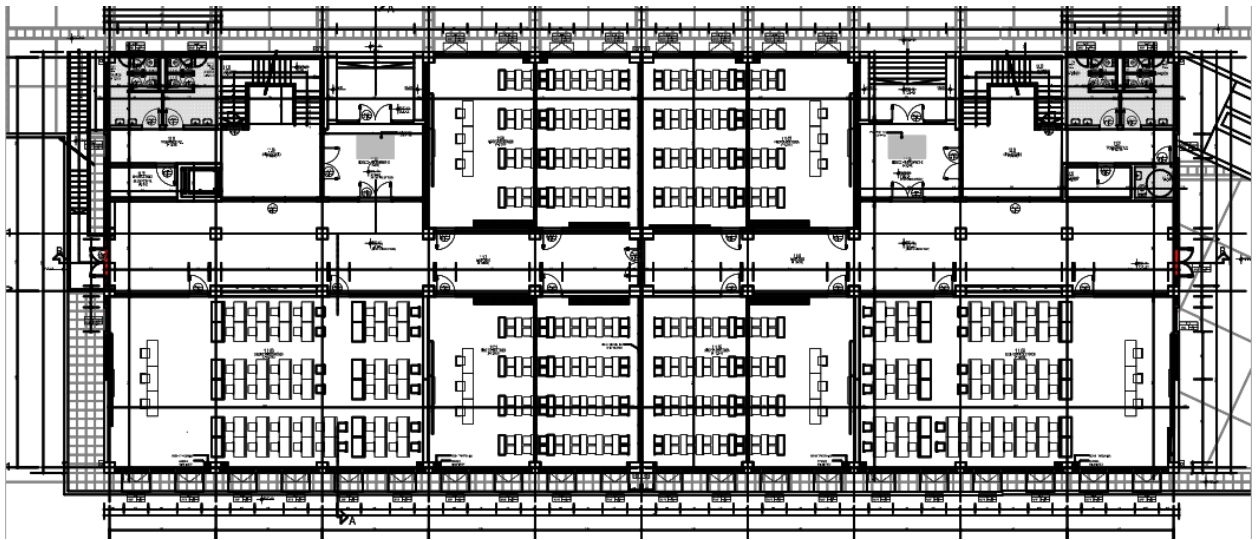


*Εικόνα 15: Νοτιοδυτική Όψη Κτιρίου Πολιτικών Μηχανικών*

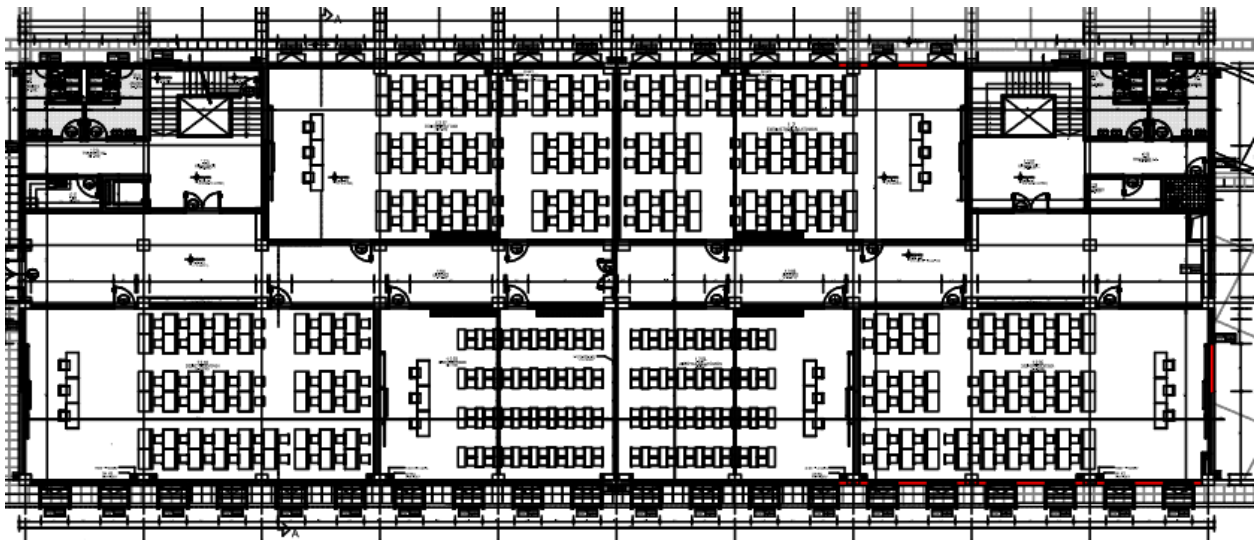


*Εικόνα 16: Βορειοδυτική Όψη Κτιρίου Πολιτικών Μηχανικών*

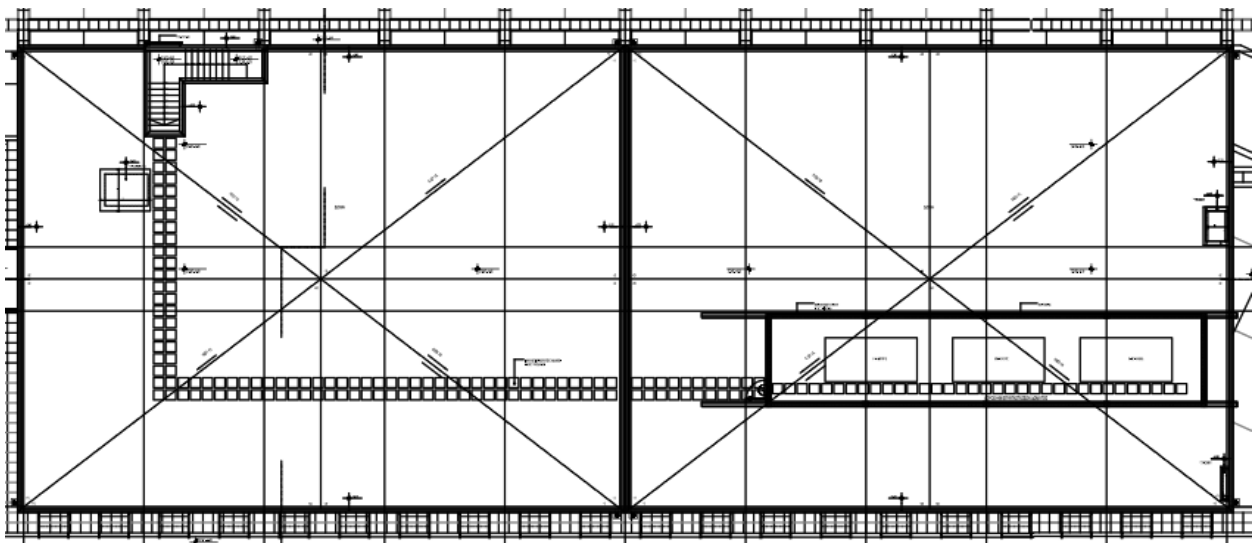




Εικόνα 17: Κάτοψη Ισογείου



Εικόνα 18: Κάτοψη 1ου Ορόφου



Εικόνα 19: Κάτοψη Δώματος

## 5.2 Χαρακτηριστικά Κτιριακού Κελύφους

### 5.2.1 Τοιχοποιία

Σύμφωνα με τα αρχιτεκτονικά σχέδια, το πάχος της εξωτερικής τοιχοποιίας ανέρχεται σε 25 cm, το οποίο αποτελείται κατά σειρά από έξω προς τα μέσα:

- Δρομική οπτοπλινθοδομή.
- Θερμομονωτικό στρώμα πάχους 50mm.
- Δρομική οπτοπλινθοδομή.
- Επίχρισμα στην εσωτερική και εξωτερική επιφάνεια του τοιχώματος.



*Εικόνα 20: Πάχος Εξωτερικής Τοιχοποιίας*

Κατόπιν αυτοψίας που διενεργήθηκε και δειγματοληπτικής μέτρησης, διαπιστώθηκε ότι δεν υφίσταται πρόσθετη θερμομόνωση στην εξωτερική τοιχοποιία.

### 5.2.2 Φωτισμός



*Εικόνα 21: Εγκατεστημένα Φωτιστικά Σώματα T5 4x12W*

Το συγκεκριμένο κτίριο διαθέτει συνολικά 6 σχεδιαστήρια 50 ατόμων και 6 αίθουσες 60 ατόμων, τα οποία αντιμετωπίζονται ως αίθουσες διδασκαλίας, 2 διαδρόμους (1 ανά όροφο), 16 WC (8 ανά

όροφο), 2 κλιμακοστάσια και 2 προθαλάμους στο ισόγειο. Στο σύνολο των χώρων αυτών είναι εγκατεστημένα φωτιστικά σώματα με λάμπες φθορίου T5 4x12W. Η συνολικά εγκατεστημένη ισχύς ανέρχεται σε 1728W. Στο κτίριο η αφή και σβέση του φωτισμού γίνεται μηχανικά ενώ δεν υπάρχουν εγκατεστημένοι αισθητήρες κίνησης και φυσικού φωτισμού.

### 5.2.3 Κουφώματα – Υαλοπίνακες

Οι εσωτερικές θύρες του κτιρίου που διαχωρίζουν τις αίθουσες διδασκαλίας με τους κοινόχρηστους χώρους είναι από αλουμίνιο. Οι εξωτερικές θύρες είναι αλουμινίου με διπλούς υαλοπίνακες χωρίς θερμοδιακοπή.

Σε όλο το κτίριο υφίστανται παράθυρα αλουμινίου με διπλούς υαλοπίνακες χωρίς θερμοδιακοπή με διάκενο 6mm, διαστάσεων (ΠxΥ) 1,25x2,35m, χωρίς εξωτερικό κούφωμα/ρολό.



*Εικόνα 22: Παράθυρο με διπλό υαλοπίνακα*

### 5.2.4 Σκίαση

Η ΝΔ πλευρά του κτιρίου διαθέτει σε κάθε διαφανές δομικό στοιχείο οριζόντιο στέγαστρο για τον περιορισμό της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας. Στις υπόλοιπες πλευρές του κτιρίου δεν υφίστανται ανάλογες εφαρμογές.

## 5.3 Αερισμός

Το κτίριο διαθέτει κεντρικό σύστημα μηχανικού αερισμού, για την εξασφάλιση της απαιτούμενης ποσότητας νωπού αέρα, σύμφωνα με τα καθοριζόμενα στην TOTEE 20701-1/2017.

## 5.4 Θέρμανση – Κλιματισμός

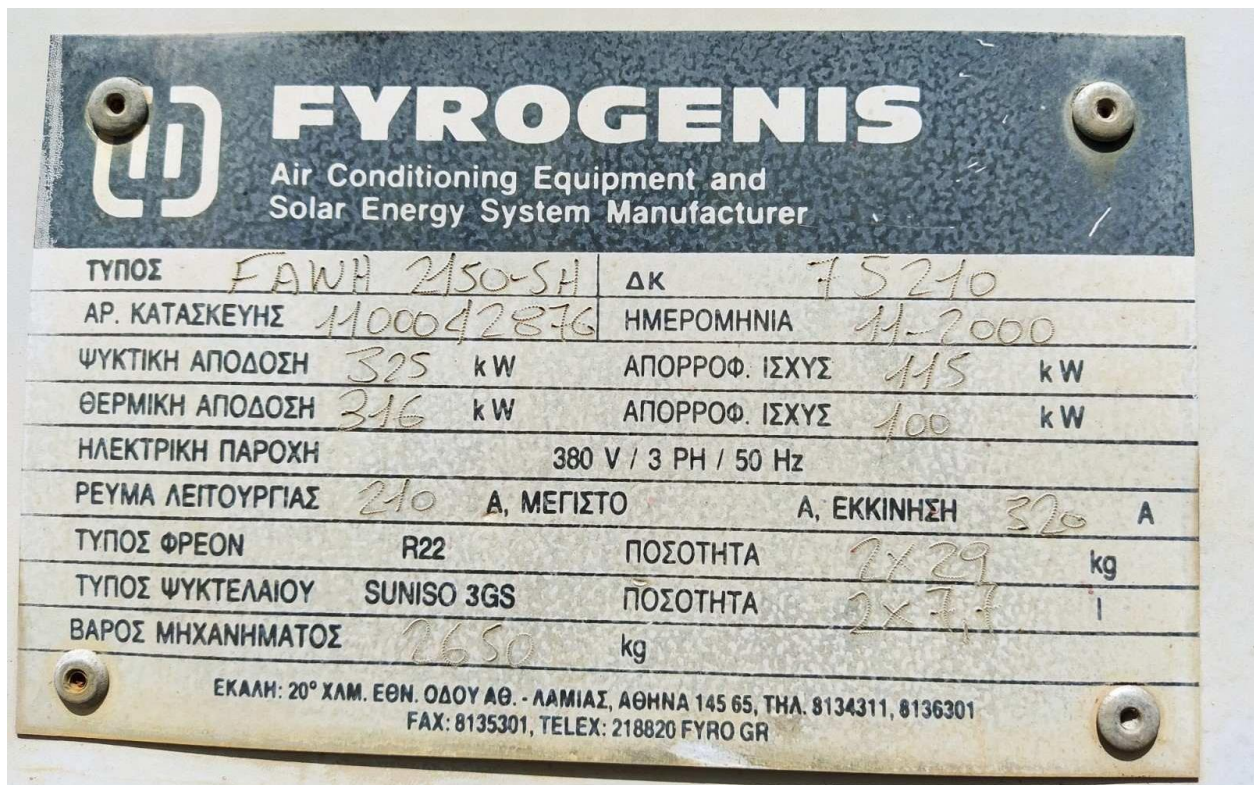
Στο δώμα του κτιρίου είναι εγκατεστημένες 2 αντλίες θερμότητας FYROGENIS FAWH 2150-SH



*Εικόνα 23: Αντλίες Θερμότητας FYROGENIS FAWH 2150-SH*



*Εικόνα 24: Αντλίες Θερμότητας FYROGENIS FAWH 2150-SH*



Εικόνα 25: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Αντλιών Θερμ. FYROGENIS FAWH 2150-SH

Πρόκειται για αντλίες θερμότητας αέρα – νερού, αερόψυκτες, με ημερημητικούς συμπιεστές, ονομαστικής ψυκτικής απόδοσης 325kW και θερμικής απόδοσης 316 KW. Συνδυάζονται με FAN COIL UNITS που υπάρχουν σε όλους τους θερμαινόμενους χώρους του κτιρίου



Εικόνα 26: FAN COIL UNIT

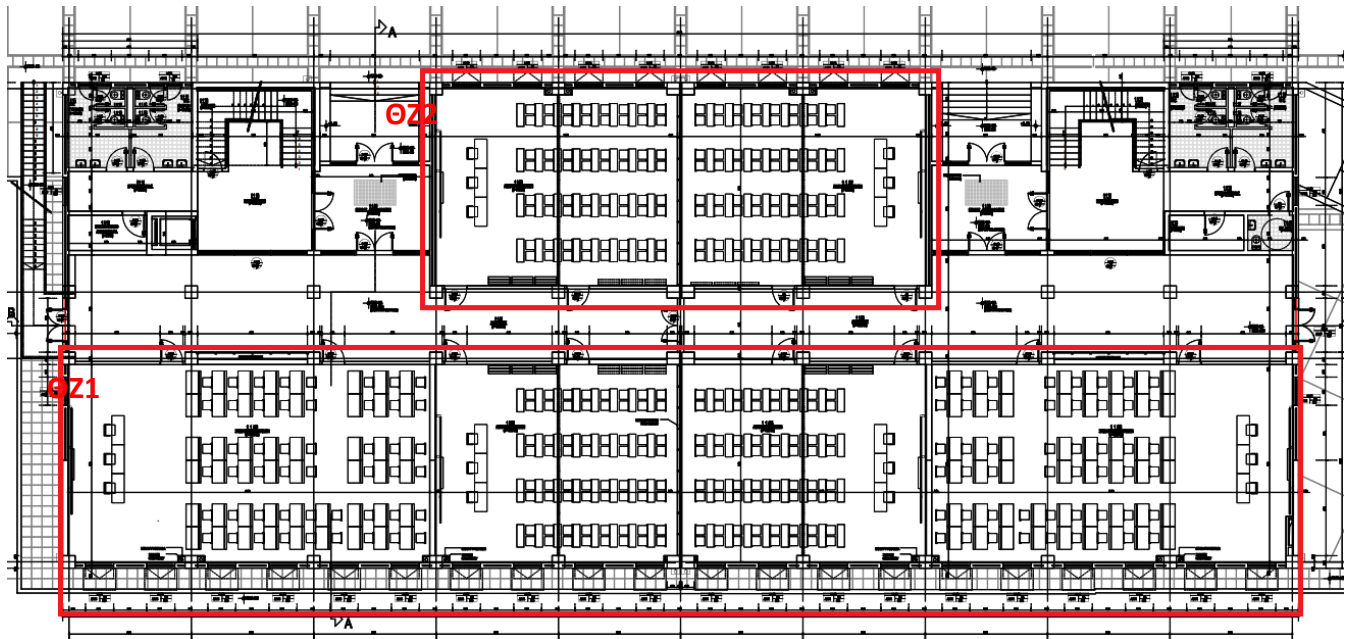
**Σημείο ιδιαίτερης προσοχής αποτελεί το γεγονός ότι η υπάρχουσα εγκατάσταση θέρμανσης και κλιματισμού δεν εξυπηρετεί μόνο το υπόψη κτίριο, αλλά δύο ακόμη γειτονικά κτίρια, το κτίριο γραφείων και το αμφιθέατρο της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών.**

Επομένως γίνεται αντιληπτό ότι αφενός η υπάρχουσα εγκατάσταση έχει διαστασιολογηθεί με βάση το θερμικό και ψυκτικό φορτίο και των 3 κτιρίων, αφετέρου ότι δεν είναι δυνατό να εξαχθούν συμπεράσματα αναφορικά με την πραγματική κατανάλωση ρεύματος που να αφορούν μόνο στο εξεταζόμενο κτίριο.

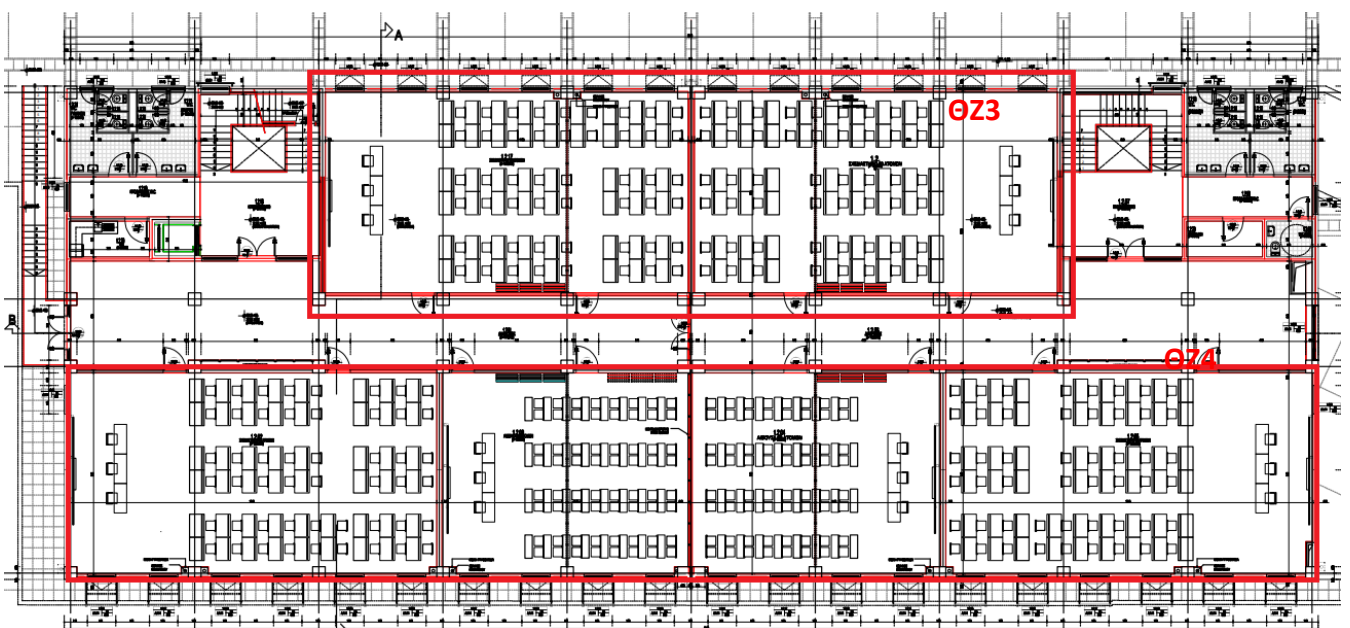
## 6 Κεφάλαιο 6: Ενεργειακή Μελέτη Κτιρίου

### 6.1 Καθορισμός θερμικών ζωνών

Για τη μελέτη του κτιρίου απαιτείται ο διαχωρισμός του σε θερμικές ζώνες. Οι θερμικές ζώνες είναι χώροι με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας ή/και κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, τμήματα του κτιρίου με όγκο μικρότερο από το 10% του συνολικού όγκου του κτιρίου πρέπει να εξετάζονται ενταγμένα σε άλλες θερμικές ζώνες, κατά το δυνατόν παρόμοιες, ακόμη και αν οι συνθήκες λειτουργίας τους δικαιολογούν τη θεώρησή τους ως ανεξάρτητων ζωνών.



Εικόνα 27: Κάτοψη ισογείου με τις θερμικές ζώνες 1 και 2.



Εικόνα 28: Κάτοψη πρώτου ορόφου με τις θερμικές ζώνες 3 και 4.

Στην παρούσα μελέτη θεωρήθηκαν τέσσερις θερμικές ζώνες και ένας μη θερμαινόμενος χώρος. Πιο συγκεκριμένα, στο ισόγειο υπάρχουν δύο θερμικές ζώνες:

- η ΘΖ1 περιλαμβάνει δύο αίθουσες 60 ατόμων και δύο σχεδιαστήρια 50 ατόμων με νοτιοδυτικό προσανατολισμό.
- η ΘΖ2 περιλαμβάνει δύο αίθουσες 60 ατόμων με βορειοανατολικό προσανατολισμό.

Στον πρώτο όροφο υπάρχουν αντίστοιχα 2 θερμικές ζώνες:

- η ΘΖ3 περιλαμβάνει δύο σχεδιαστήρια 50 ατόμων με βορειοανατολικό προσανατολισμό.
- η ΘΖ4 περιλαμβάνει δύο αίθουσες 60 ατόμων και δύο σχεδιαστήρια 50 ατόμων με νοτιοδυτικό προσανατολισμό.

Τέλος, οι λοιποί βοηθητικοί χώροι με τους διαδρόμους και τα κλιμακοστάσια λήφθηκαν υπόψη ως ενιαίος μη θερμαινόμενος χώρος.

## 6.2 Ωράριο και Περίοδος Λειτουργίας Κτιρίου

Βάσει του Πίνακα 2.1 της TOTEE 20701-1/2017 το κτίριο ως κτίριο εκπαίδευσης έχει τα εξής χαρακτηριστικά λειτουργίας:

<b>Ωρες λειτουργίας</b>	13
<b>Ημέρες λειτουργίας ανά εβδομάδα</b>	5
<b>Περίοδος λειτουργίας σε μήνες</b>	10 (Σεπ – Ιουν)

Πίνακας 2: Τυπικό Ωράριο Λειτουργίας

## 6.3 Επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες

Ο σκοπός κάθε συστήματος θέρμανσης ή κλιματισμού είναι η επίτευξη θερμικής άνεσης στους χώρους διαμονής και δραστηριότητας των χρηστών κάθε κτιρίου. Η θερμική άνεση είναι μία σχετικά υποκειμενική κατάσταση, που επηρεάζεται από σειρά παραμέτρων και συνθηκών, οι σημαντικότερες των οποίων είναι οι ακόλουθες:

- Η θερμοκρασία (ξηρού θερμόμετρου) του αέρα
- Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των περιβαλλουσών επιφανειών ενός χώρου
- Η σχετική υγρασία του αέρα
- Η ένδυση των χρηστών
- Η δραστηριότητα των χρηστών
- Η ταχύτητα εσωτερικών ρευμάτων αέρα

Προκειμένου να καθοριστούν οι τυπικές συνθήκες σχεδιασμού συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού, θεωρούνται, ανάλογα με τη χρήση κάθε κτιρίου, σχεδόν σταθερές οι παράμετροι ένδυσης και δραστηριότητας των χρηστών, καθώς και οι ταχύτητες εσωτερικών ρευμάτων αέρα (που ούτως ή άλλως πρέπει να διατηρούνται στα επιβαλλόμενα όρια, προκειμένου να μην υπάρξει δυσφορία εκ μέρους των χρηστών). Έτσι, οι απομένουσες παράμετροι, που θα διαμορφώσουν τη



θερμική άνεση σε ένα χώρο, είναι η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία του αέρα και η θερμοκρασία των περιβαλλουσών επιφανειών.

Η εσωτερική θερμοκρασία είναι η βασικότερη παράμετρος διαμόρφωσης της θερμικής άνεσης σε ένα χώρο. Είναι σαφές ότι, δεδομένης της υποκειμενικότητας του επιπέδου θερμικής άνεσης και των επιλογών του εκάστοτε χρήστη, η επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικών χώρων μπορεί να ποικίλει. Ωστόσο, για τις ανάγκες της εκτίμησης της ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου πρέπει να καθοριστούν σε εθνικό επίπεδο τα επιθυμητά όρια εσωτερικής θερμοκρασίας ανά χρήση. Αυτό πρέπει να γίνει στη βάση της επίτευξης της θερμικής άνεσης με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας.

Επιπλέον για το βέλτιστο έλεγχο των εσωτερικών συνθηκών στα κτίρια, εγκαθίστανται συστήματα κλιματισμού, στα οποία εκτός της θερμοκρασίας του αέρα, ελέγχεται και ρυθμίζεται και η σχετική του υγρασία.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία και σχετική υγρασία για την τριτοβάθμια εκπαίδευση (Πίνακας 2.2, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017)

Κτίριο	Θερμοκρασία (°C)		Σχετική υγρασία (%)	
	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	20	26	35	45

*Πίνακας 3: Επιθυμητή Εσωτερική Θερμοκρασία και Σχετική Υγρασία*

Για να διασφαλιστεί η σωστή χρήση του κτιρίου σε ό,τι αφορά την υγιεινή, απαιτείται η συνεχής και επαρκής ανανέωση του αέρα. Με άλλα λόγια απαιτείται αντικατάσταση μέρους του εσωτερικού αέρα από νωπό αέρα περιβάλλοντος. Οι απαιτήσεις ως προς την παροχή του νωπού αέρα καθορίζονται ανάλογα με:

- τη χρήση του κτιρίου
- τον πληθυσμό των χρηστών
- την παραγωγή ρύπων λόγω χρήσης του κτιρίου

Οι τιμές του απαιτούμενου νωπού αέρα για την κτίριο γραφείων διαμορφώνονται, βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017 (πίνακας 2.3), ενώ η συνολική απαίτηση σε νωπό αέρα είναι ίση με  $29935.13 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $2721,38 \text{ m}^2 * 11 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ ):

Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών	Άτομα/100m <sup>2</sup> επιφάνειας δαπέδου	Νωπός αέρας	Νωπός αέρας
		(m <sup>3</sup> /h/άτομο)	(m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> )
Γραφεία	50	22	11

*Πίνακας 4: Απαιτούμενος Νωπός Αέρας Κτιρίου*

Επομένως ο απαιτούμενος νωπός αέρας για την διατήρηση συνθηκών άνεσης για τη συνολική επιφάνεια του κτιρίου είναι  $60993 \text{ m}^3/\text{h}$ .

## 6.4 Απαιτήσεις Φωτισμού

Σημαντικό για τη λειτουργικότητα ενός κτιρίου είναι ο επαρκής φωτισμός. Συγκεκριμένα, σε κάθε χώρο πρέπει να παρέχεται ο φωτισμός που εξασφαλίζει στους χρήστες οπτική άνεση, δηλαδή ένα περιβάλλον με την απαιτούμενη ποσότητα και ποιότητα φωτισμού, που επιτρέπει την ευχάριστη διαμονή και την άσκηση προβλεπόμενης δραστηριότητά τους, χωρίς φαινόμενα που να οδηγούν στην οπτική δυσφορία ή/και κόπωση. Για τον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό, ο Κ.Εν.Α.Κ. καθορίζει για τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια του τριτογενούς τομέα, ως ελάχιστη φωτεινή απόδοση ( $lm/W$ ) των συστημάτων γενικού φωτισμού τα  $60 lm/W$  ενώ για τα αντίστοιχα κτήρια αναφοράς τα  $55 lm/W$ .

Με βάση τα συνιστώμενα επίπεδα φωτισμού, δίνονται στον πίνακα 2.4α. της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017 οι τιμές για τη μέση ελάχιστη στάθμη γενικού φωτισμού ( $lx$ ), το μέγιστο βαθμό θάμβωσης (δείκτης UGR) και την ελάχιστη τιμή ομοιομορφίας (ελάχιστη προς μέση τιμή έντασης φωτισμού) ανά χρήση χώρου. Οι τιμές για την εγκατεστημένη ισχύ φωτισμού ( $W/m^2$  ωφέλιμης επιφάνειας) του κτηρίου αναφοράς τριτογενούς τομέα και των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης κτιρίων είναι οι μέγιστες επιτρεπόμενες για την κάλυψη της μέσης ελάχιστης στάθμης ( $lx$ ) γενικού φωτισμού. Στον φωτισμό των γραφείων προτείνεται περιορισμός των φωτιστικών σωμάτων με μη αποδοτική κατανομή φωτισμού. Το 70% της φωτεινής ροής πρέπει να κατευθύνεται προς τα κάτω, στην επιφάνεια εκτέλεσης εργασίας.

Στο υπό μελέτη κτίριο με τις συγκεκριμένες χρήσεις, οι στάθμες φωτισμού που συναντώνται, είναι οι εξής:

Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών	Στάθμη Φωτισμού ( $lx$ )	Επίπεδο Αναφοράς ( $m$ )	Δείκτης Θάμβωσης UGR	Ομοιομορφία Φωτισμού $U_0$ (min/μέση τιμή)
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	500	0,8	19	0,6
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι	100	0	28	0,4

Πίνακας 5: Απαιτήσεις φωτισμού κτιρίου.

## 6.5 Μελέτη κτιριακού κελύφους του κτιρίου

### 6.5.1 Αδιαφανή δομικά στοιχεία

Σημαντικό βήμα κατά την έναρξη της ενεργειακής μελέτης είναι η ικανοποίηση της θερμομονωτικής επάρκειας του κτιρίου. Αρχικά θα υπολογιστούν οι ανταλλαγές θερμότητας του κτιρίου με το περιβάλλον του μέσω αγωγιμότητας και συναγωγής και στη συνέχεια θα γίνει έλεγχος κατά πόσο αυτές περιορίζονται μέσα σε συγκεκριμένα όρια που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ.. Ο υπολογισμός αυτός θα γίνει σε δύο βήματα:

Αρχικά ελέγχεται η θερμική επάρκεια των επί μέρους δομικών στοιχείων του κτιρίου και θα πρέπει να ισχύει ότι  $U \leq U_{max}$ , όπου ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας  $U_{max}$

εξαρτάται από την κατηγορία του δομικού στοιχείου και την κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει το κτίριο.

Στη συνέχεια ελέγχεται η θερμική επάρκεια του συνόλου του κτιρίου και θα πρέπει να ισχύει ότι  $U_m \leq U_{m,max}$ , όπου  $U_m$  η μέση τιμή θερμοπερατότητας του εξεταζόμενου κτιρίου, και  $U_{m,max}$  η αντίστοιχη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή που εξαρτάται από την κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει το κτίριο και από το λόγο  $A/V$ , με  $A$  τη συνολική εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου και  $V$  τον συνολικό όγκο αυτού.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός αδιαφανούς δομικού στοιχείου, θεωρούμε μονοδιάστατη και κάθετη στην επιφάνεια του υλικού ροή θερμότητας. Στην περίπτωση αυτή θα είναι:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_\delta + R_\alpha}$$

όπου,

$d_j$  : το πάχος της ομογενούς και ισότροπης στρώσης δομικού υλικού  $j$ ,

$\lambda_j$  : ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ομογενούς και ισότροπου δομικού υλικού  $j$ ,

$R_\alpha$  : αντίσταση θερμικής μετάβασης του υλικού από την εξωτερική πλευρά του δομικού υλικού,

$R_i$  : αντίσταση θερμικής μετάβασης του υλικού από την εσωτερική πλευρά του δομικού υλικού,

$R_\delta$  : θερμική αντίσταση κλειστού διάκενου αέρα.

Κάθε δομικό στοιχείο θα πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις θερμομονωτικής προστασίας του κανονισμού ώστε η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του εκάστοτε δομικού στοιχείου να μην υπερβαίνει την τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_{max}$  που ορίζει ο κανονισμός ανά κλιματική ζώνη για κάθε κατηγορία δομικών στοιχείων. Βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017 (πίνακας 3.4α) οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας σε περίπτωση ριζικής ανακαίνισης κτιρίου, δίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

α/α	Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
		Ζώνη Β
1	Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	0,45
2	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0,50
3	Τοίχος σε επαφή με κλειστό ΜΘΧ	1
4	Δάπεδο σε επαφή με κλειστό ΜΘΧ	0,90
5	Οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με κλειστό ΜΘΧ	0,45

*Πίνακας 6: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των επιμέρους δομικών στοιχείων σε περίπτωση ριζικής ανακαίνισης υφιστάμενου κτιρίου για αδιαφανή δομικά στοιχεία*

Για το υπό μελέτη κτίριο και σύμφωνα με τα αρχιτεκτονικά σχέδια, τα είδη και τα πάχη των δομικών υλικών που συναντώνται σε μια αδιαφανή διατομή είναι η εξής:

Αδιαφανή στοιχεία (U1)	συνθετικό κονίαμα	Οπτοπλινθοδομή	αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη(XPS)	Οπτοπλινθοδομή	συνθετικό κονίαμα
Πάχος στρ d, m	0,02	0,1	0,08	0,1	0,02
συντ. θερμ. αγωγιμ λ, W/ (m*K)	0,87	0,6	0,033	0,6	0,87

*Πίνακας 7: Στρώματα δομικών υλικών διατομής αδιαφανούς επιφάνειας (ΟΠΤ)*

Αδιαφανή στοιχεία (U2)	συνθετικό κονίαμα	αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη(XPS)	οπλισμένο σκυρόδεμα	συνθετικό κονίαμα
Πάχος στρ d, m	0,02	0,08	0,2	0,02
συντ. θερμ. αγωγιμ λ, W/ (m*K)	0,87	0,033	2,5	0,87

*Πίνακας 8: Στρώματα δομικών υλικών διατομής αδιαφανούς επιφάνειας (Ο/Σ)*

### 6.5.1.1 Υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων

Στα διαφανή δομικά στοιχεία, δηλαδή στα κουφώματα, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος  $U_w$  μπορεί να υπολογιστεί είτε αναλυτικά είτε να θεωρηθεί δεδομένη με αποδοχή της πιστοποιημένης τιμής που διαθέτει ο κατασκευαστής. Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος οφείλει να είναι μικρότερη ή ίση της μέγιστης επιτρεπόμενης, που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. πίνακας 5β της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017, όταν πρόκειται για ριζικός ανακαινιζόμενο κτήριο.

Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U	
Δομικό στοιχείο	Ζώνη Β'
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	3,00
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	3,00

Πίνακας 9: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των επί μέρους δομικών στοιχείων για περιπτώσεις ριζικής ανακαίνισης υφιστάμενου κτιρίου για διαφανή δομικά στοιχεία

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας χρησιμοποιείται τύπος:

$$U_w = \frac{A_f * U_f + A_g * U_g + I_g * \Psi_g}{A_w}$$

Όπου:

$U_w$	W/(m <sup>2</sup> *K)	συντ. θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος
$U_f$	W/(m <sup>2</sup> *K)	συντ. θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος
$U_g$	W/(m <sup>2</sup> *K)	Συντ. θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος
$A_f$	m <sup>2</sup>	επιφάνεια πλαισίου του κουφώματος
$A_g$	m <sup>2</sup>	επιφάνεια υαλοπίνακα του κουφώματος
$I_g$	m	μήκος θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (περίμετρος του υαλοπίνακα)
$\Psi_g$	W/(m*K)	συντ. γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος
$A_w$	m <sup>2</sup>	εμβαδόν επιφάνειας του κουφώματος

Στην περίπτωση των κουφωμάτων έχουμε:

Επιφάνεια Πλαισίου κουφώματος, Af	0.9
Επιφάνεια Υαλοπίνακα, Ag	2.3
Συνολο, Aw	3.2
Uf	7
Ug	3.3
Ig	8.64
Ψg	0.02
<b>U</b>	<b>4,39</b>

Πίνακας 10: Χαρακτηριστικά κουφωμάτων παραθύρων κτιρίου και συντελεστή θερμοδιαπερατότητας

Βλέπουμε ότι η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας ανέρχεται σε  $U = 4,39$  με όριο το  $U = 3$ . Υπάρχει η δυνατότητα χρήσης απευθείας της τυπικής τιμής του πίνακα 3.13α TOTEE 20701-1/2017, όπου για διπλό υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6mm, χωρίς θερμοδιακοπή και για ποσοστό πλαισίου 20%, λαμβάνεται ίσο με 4,1. Οι εσωτερικές πόρτες του κτιρίου είναι μεταλλικές και κατά συνέπεια λαμβάνοντας υπόψη τον Πίνακα 3.13α TOTEE 20701-1/2017 λαμβάνει τιμή  $U = 4$ .

## 6.5.2 Υπολογισμός θερμογεφυρών

Θερμογέφυρες ονομάζονται οι θέσεις στο κέλυφος ενός κτιρίου, στις οποίες εμφανίζεται διαφοροποίηση θερμικής αντίστασης των δομικών στοιχείων σε σχέση με τις γειτονικές τους. Το γεγονός αυτό οφείλεται είτε σε ασυνέχεια της στρώσης θερμομόνωσης, είτε λόγω διαφοροποίησης του υλικού κατά μήκος του δομικού υλικού, είτε λόγω αλλαγής στη γεωμετρία της διατομής. Ως αποτέλεσμα, παρατηρείται στις θέσεις αυτές μεταβολή στη ροή θερμότητας και στην εσωτερική θερμοκρασία σε σχέση με τις γειτονικές τους.

Οι θερμογέφυρες λειτουργούν επιβαρυντικά στη θερμική προστασία του περιβλήματος και επηρεάζουν την ενεργειακή του συμπεριφορά, παράλληλα επιφέρουν μείωση της αίσθησης της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του χώρου. Οι θερμογέφυρες διακρίνονται σε γραμμικές και σημειακές.

Οι γραμμικές θερμογέφυρες έχουν ομοιόμορφη διατομή κατά μία διάσταση και οφείλονται στη δημιουργία θέσεων, στις οποίες η ροή θερμότητας παρουσιάζει έντονα δισδιάστατη φύση και η παραδοχή της μονοδιάστατης ροής θερμότητας παύει να ισχύει.

Οι σημειακές θερμογέφυρες εμφανίζονται στις ενώσεις των γραμμικών θερμογεφυρών, στις οποίες η ροή θερμότητας έχει τρισδιάστατη φύση. Οι σημειακές θερμογέφυρες δεν έχουν καμία διάσταση, ενώ η επίδρασή τους στις θερμικές ανταλλαγές θεωρείται πρακτικά αμελητέα, γι' αυτό και δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς.

Μεγαλύτερη επίδραση στη θερμική συμπεριφορά του κελύφους έχουν οι γραμμικές οι οποίες και τελικά λαμβάνονται υπόψη. Βάσει των αιτιών δημιουργίας τους οι γραμμικές θερμογέφυρες διακρίνονται σε γεωμετρικές και κατασκευαστικές. Γεωμετρικές είναι οι θερμογέφυρες που δημιουργούνται σε θέσεις, στις οποίες η βασική γεωμετρία του δομικού στοιχείου παύει να είναι γραμμική ενώ κατασκευαστικές είναι οι θερμογέφυρες που δημιουργούνται σε θέσεις, όπου υπάρχει ασυνέχεια του θερμομονωτικού υλικού. Απαραίτητες πληροφορίες για τον υπολογισμό των απωλειών λόγω θερμογεφυρών είναι τα εξής:

- ο τύπος κάθε θερμογέφυρας που εκφράζεται με ένα συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας  $\Psi$ , που μετράται σε  $W/(m \cdot K)$
- το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας  $l$ , που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου, που μετράται σε  $m$ .

Στόχος είναι να υπολογισθούν οι θερμικές απώλειες κατά μήκος της κάθε θερμογέφυρας. Η σχέση που δίνει τις θερμικές απώλειες αυτές είναι,  $\Psi \cdot l \cdot b$ , ( $W/K$ ), όπου:

- $\Psi$  ( $W/m \cdot K$ ): Συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας που εκφράζει τον κάθε τύπο θερμογέφυρας
- $l$  ( $m$ ): συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτηρίου.
- $B$ , μειωτικός συντελεστής

Θερμογέφυρες συναντώνται στη συναρμογή:

- των κατακόρυφων δομικών στοιχείων (κατακόρυφες θερμογέφυρες)
- των οριζόντιων δομικών στοιχείων με τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία (οριζόντιες θερμογέφυρες)
- των κουφωμάτων με τα συμπαγή δομικά στοιχεία (θερμογέφυρες κουφωμάτων).

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται ο υπολογισμός των θερμογεφυρών ανά θερμική ζώνη.

<b>ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ (τοίχος-πάτωμα)</b>		
μήκος, m	60.2	79.8
$\Psi$ , W/(mk)	0.5	0.5
Είδος θερμογέφυρας	ΔΠ-35	ΔΠ-35
b	0.5	0.25
<b><math>\Psi</math>, W/(k)</b>	<b>25.03</b>	
<b>ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ</b>		
μήκος, m	16.16	
$\Psi$ , W/(mk)	0.15	
Είδος θερμογέφυρας	ΞΓ-14	
b	0.75	
<b><math>\Psi</math>, W/(k)</b>	<b>1.82</b>	
<b>ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ</b>		
<b>ΠΑΡΑΘΥΡΑ</b>		
μήκος, m	59.4	101.2
$\Psi$ , W/(mk)	0.65	0
Είδος θερμογέφυρας	ΑΚ-12	ΛΠ-7
b	1	1
<b><math>\Psi</math>, W/(k)</b>	<b>38.61</b>	
<b>ΠΟΡΤΕΣ</b>		
μήκος, m	36	8.8
$\Psi$ , W/(mk)	0	0.6
Είδος θερμογέφυρας	ΛΠ-7	ΥΠ-41
b	0.5	0.5
<b><math>\Psi</math>, W/(k)</b>	<b>2.64</b>	
<b><math>\Sigma\Psi</math></b>	<b>68.09</b>	

Πίνακας 11: Θερμογέφυρες ΘΖ1

<b>ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ (τοιχος-πάτωμα)</b>		
μήκος, m	24.2	44.4
Ψ, W/(mk)	0.5	0.5
Είδος θερμογέφυρας	ΔΠ-35	ΔΠ-35
b	0.5	0.25
<b>Ψ, W/(k)</b>	<b>11.6</b>	
<b>ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ (γωνίες τοίχων)</b>		
μήκος, m	8.08	8.08
Ψ, W/(mk)	0.15	0.15
Είδος θερμογέφυρας	ΞΓ-14	ΞΓ-14
b	0.5	0.25
<b>Ψ, W/(k)</b>	<b>0.9</b>	
<b>ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ</b>		
<b>ΠΑΡΑΘΥΡΑ</b>		
μήκος, m	1.35	2.3
Ψ, W/(mk)	0.65	0
Είδος θερμογέφυρας	ΑΚ-12	ΛΠ-7
b	1	1
<b>Ψ, W/(k)</b>	<b>14.04</b>	
<b>ΠΟΡΤΕΣ</b>		
μήκος, m	2.25	1.1
Ψ, W/(mk)	0	0.6
Είδος θερμογέφυρας	ΛΠ-7	ΥΠ-41
b	0.5	0.5
<b>Ψ, W/(k)</b>	<b>1.32</b>	
<b>ΣΨ</b>	<b>27.87</b>	

Πίνακας 12: Θερμογέφυρες ΘΖ2



<b>ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ (τοιίχος-οροφή)</b>		
μήκος, m	35.35	55.55
Ψ, W/(mk)	0.1	0.1
Είδος θερμογέφυρας	ΔΣ-21	ΔΣ-21
b	0.5	0.25
<b>Ψ, W/(k)</b>	<b>3.16</b>	
<b>ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ</b>		
μήκος, m	7.56	7.56
Ψ, W/(mk)	0.15	0.15
Είδος θερμογέφυρας	ΞΓ-14	ΞΓ-14
b	0.5	0.25
<b>Ψ, W/(k)</b>	<b>0.85</b>	
<b>ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ</b>		
<b>ΠΑΡΑΘΥΡΑ</b>		
μήκος, m	32.4	55.2
Ψ, W/(mk)	0.65	0
Είδος θερμογέφυρας	ΑΚ-12	ΛΠ-7
b	1	1
<b>Ψ, W/(k)</b>	<b>21.06</b>	
<b>ΠΟΡΤΕΣ</b>		
μήκος, m	18	4.4
Ψ, W/(mk)	0	0.6
Είδος θερμογέφυρας	ΛΠ-7	ΥΠ-41
b	0.5	0.5
<b>Ψ, W/(k)</b>	<b>1.32</b>	
<b>ΣΨ</b>	<b>26.39</b>	

Πίνακας 13: Θερμογέφυρες ΘΖ3

<b>ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ (τοιχος-οροφή)</b>		
μήκος, m	60.2	79.8
Ψ, W/(mk)	0.1	0.1
Είδος θερμογέφυρας	ΔΣ-21	ΔΣ-21
b	0.5	0.25
<b>Ψ, W/(k)</b>	<b>3.01</b>	
<b>ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ</b>		
μήκος, m	15.12	
Ψ, W/(mk)	0.15	
Είδος θερμογέφυρας	ΞΓ-14	
b	0.75	
<b>Ψ, W/(k)</b>	<b>1.7</b>	
<b>ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ</b>		
<b>ΠΑΡΑΘΥΡΑ</b>		
μήκος, m	59.4	101.2
Ψ, W/(mk)	0.65	0
Είδος θερμογέφυρας	ΑΚ-12	ΛΠ-7
b	1	1
<b>Ψ, W/(k)</b>	<b>38.61</b>	
<b>ΠΟΡΤΕΣ</b>		
μήκος, m	36	8.8
Ψ, W/(mk)	0	0.6
Είδος θερμογέφυρας	ΛΠ-7	ΥΠ-41
b	0.5	0.5
<b>Ψ, W/(k)</b>	<b>2.64</b>	
<b>ΣΨ</b>	<b>45.96</b>	

Πίνακας 14: Θερμογέφυρες ΘΖ4

### 6.5.3 Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου ( $U_m$ ) προκύπτει από το συνυπολογισμό των συντελεστών όλων των επί μέρους δομικών στοιχείων του περιβλήματος του θερμαινόμενου χώρου του κτιρίου κατά την ποσοστιαία αναλογία των αντίστοιχων εμβαδών τους. Στον υπολογισμό του  $U_m$  θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι γραμμικές θερμογέφυρες που αναπτύσσονται στα δομικά στοιχεία, ιδίως στα όρια της περιμέτρου των δομικών στοιχείων. Γενικά, ο υπολογισμός γίνεται με τη χρήση της σχέσης:

$$U_m = \frac{\sum_{i=1}^n A_i * U_i * b_i + \sum_{i=1}^v l_i * \Psi_i * b_{\theta\gamma}}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Όπου:

$U_m$ : ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κελύφους όλου του κτιρίου

$n$ : το πλήθος των επιμέρους δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτιρίου

$v$ : το πλήθος των θερμογεφυρών που αναπτύσσονται στα εξωτερικά ή εσωτερικά όρια κάθε επιφάνειας  $A_i$  του κελύφους

$A_i$ : το εμβαδόν επιφάνειας που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στη συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου

$U_i$ : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου  $i$  του κελύφους του κτιρίου

$b_i$ : μειωτικός συντελεστής

$l_i$ : το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου

$\Psi_i$ : ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου

$b_{\theta\gamma}$ : μειωτικός συντελεστής του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας σε κάθε θέση θερμογέφυρας

Συνολική Επιφάνεια $A$ , $m^2$	2721.38
Συνολικός όγκος $V$ , $m^3$	10634.59
$A/V$	0.3
$U_{mmax}$ , $W/(m^2 \cdot K)$	1.05
$U_m$ , $W/(m^2 \cdot K)$	0.22

Πίνακας 15: Υπολογισμός  $U_m$

Το πηλίκο  $U_m$ , που προκύπτει, συγκρίνεται με αυτό που ορίζεται για κάθε κλιματική ζώνη ως μέγιστο επιτρεπόμενο,  $U_{m,max}$ , με βάση το λόγο  $A/V$  σύμφωνα με τον Πίνακα 6β του Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-2/2017. Για το υπό μελέτη κτίριο, τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται και το  $U_m$

που προκύπτει είναι εντός ορίων και φαίνεται στον πίνακα 15.

## 6.6 Συντελεστής απορρόφησης και εκπομπής

Η ακτινοβολία που προσπίπτει σε μία αδιαφανή επιφάνεια μπορεί να ανακλαστεί ή να απορροφηθεί από αυτή. Το άθροισμα του ποσοστού της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται και του ποσοστού που απορροφάται από μια επιφάνεια ισούται με τη μονάδα, δηλαδή:

$$\rho + \alpha = 1$$

Όπου:

$\rho$ : ο συντελεστής ανακλαστικότητας της επιφάνειας στην ηλιακή ακτινοβολία,

$\alpha$ : ο συντελεστής απορροφητικότητας της επιφάνειας στην ηλιακή ακτινοβολία.

Τόσο η ανακλαστικότητα, όσο και η απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία ενός αδιαφανούς υλικού ή μιας επιφάνειας εξαρτώνται κυρίως από τη διαμόρφωση της τελικής επιφάνειας, δηλαδή από το χρώμα και την υφή της.

Στην συνέχεια επιλέχθηκε το είδος των επιφανειών του υπό μελέτη κτιρίου και εξήχθησαν οι τιμές των συντελεστών ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας από το πίνακα 3.15 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

## 6.7 Συντελεστές Σκίασης

Τα δομικά στοιχεία ενός κτηρίου μπορεί να σκιάζονται εξωτερικά λόγω ύπαρξης εξωτερικών εμποδίων αλλά και στοιχείων του ίδιου του κτηρίου, όπως προστεγάσματα, πλευρικά στοιχεία ή ακόμη και τμήματα της κατασκευής (π.χ. εσοχές). Τα εσωτερικά σκίαστρα (κουρτίνες, περσίδες) των ανοιγμάτων και τα εξωτερικά παραθυρόφυλλα, τα οποία επίσης δεν θεωρούνται σταθερά σκίαστρα, δεν λαμβάνονται υπόψη.

Η μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς, είτε πρόκειται για τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης ενός νέου ή ριζικώς ανακαινιζόμενου κτηρίου είτε για την ενεργειακή επιθεώρηση, με τη χρήση τριών ανεξάρτητων μεταξύ τους συντελεστών σκίασης. Οι συντελεστές σκίασης, καθορίζονται ανάλογα με το είδος των σκιάστρων (οριζόντια, πλευρικά εξωτερικά εμπόδια και σκίαστρα) και την γεωμετρία τους. Επειδή ανάλογα με την εποχή οι συντελεστές σκίασης αλλάζουν, καθορίζονται για κάθε εξωτερική επιφάνεια με ορισμένο προσανατολισμό, οι αντίστοιχοι μέσοι συντελεστές σκίασης, ένας για τη χειμερινή περίοδο και ένας για τη θερινή περίοδο, ανάλογα με το είδος σκιάστρου. Στην περίπτωση ταυτόχρονης ύπαρξης πρόβολου και εξωτερικού σκιάστρου η σκίαση λόγω πρόβολου αγνοείται. Ο συνολικός σκιασμός δομικού στοιχείου προκύπτει ως το γινόμενο των τριών συντελεστών σκίασης:

- του συντελεστή σκίασης από εμπόδιο του περιβάλλοντος χώρου (γειτνιάζοντα κτήρια κ.τ.λ.),  $F_{hor}$ ,
- του συντελεστή σκίασης από οριζόντιο πρόβολο ή εξωτερικό σκίαστρο,  $F_{ove}$ ,

- του συντελεστή σκίασης από πλευρικό εμπόδιο,  $F_{fin}$ ,

$$\text{Τελικά: } FS = F_{hor} \cdot F_{ove} \cdot F_{fin}$$

Οι συντελεστές αυτοί είναι μειωτικοί, οπότε όταν δεν υπάρχει σκίαση τίθενται ίσοι με τη μονάδα και μηδέν για πλήρη σκίαση, όπως στην περίπτωση των ΜΘΧ. Στο κτίριο δεν υπάρχουν πρόβολοι και πλευρικά εμπόδια οπότε οι αντίστοιχοι συντελεστές τίθενται ίσοι με 1 σε κάθε περίπτωση.

Ο συντελεστής σκίασης για τις οριζόντιες ή κεκλιμένες επιστεγάσεις (π.χ. δώματα ή στέγες), καθώς και τα κουφώματα οροφής (π.χ. φεγγίτες), εξαρτάται από τη μορφολογία του περιβάλλοντος χώρου (φυσικά ή τεχνητά εμπόδια) και τις εγκαταστάσεις που υπάρχουν επάνω στις επιστεγάσεις, όπως η απόληξη κλιμακοστασίου, οι ηλιακοί συλλέκτες, τα τεχνικά συστήματα κλιματισμού κ.ά. Για τις οριζόντιες επιφάνειες καθορίζεται ένας μέσος συντελεστής σκίασης.

Για λόγους απλοποίησης κατά τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων ο μέσος συντελεστής σκίασης οριζόντιων δομικών στοιχείων λαμβάνεται ίσος με 0,9, ανεξαρτήτως του βαθμού σκίασης των οριζόντιων επιφανειών, υπό την προϋπόθεση ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων είναι μικρότερος από 0,6 [W/(m<sup>2</sup>·K)], το οποίο αποδείχθηκε ότι ισχύει.

Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του κουφώματος  $g_w$  εκφράζει τη μέση τιμή του λόγου της ηλιακής ακτινοβολίας που περνά από την επιφάνεια του κουφώματος προς την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτό. Η τιμή του εξαρτάται από το είδος του υαλοπίνακα και το ποσοστό του πλαισίου επί του κουφώματος. Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους υπολογίζεται από τη σχέση 3.9. της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 ή απευθείας από τον πίνακα 3.18. Συνεπώς ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους για κουφώματα με διπλό υαλοπίνακα και ποσοστό πλαισίου 28% προκύπτει ίσος  $g_w = 0,49$ .

## 6.8 Συστήματα θέρμανσης, ψύξης

Στη συγκεκριμένη ενότητα θα παρουσιαστούν συνοπτικά όλες οι απαραίτητες παράμετροι σχετικά με τις εγκαταστάσεις των συστημάτων θέρμανσης ψύξης και αερισμού. Οι παράμετροι των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης που απαιτούνται στους υπολογισμούς αφορούν κυρίως στα τεχνικά χαρακτηριστικά και στις συνθήκες λειτουργίας των εγκαταστάσεων όπως στη θερμική και ψυκτική ισχύ, στις αποδόσεις και στις απώλειες επί μέρους συστημάτων, σε συστήματα διαχείρισης λειτουργίας κ.ά. Οι αποδόσεις διαμορφώνονται ανάλογα με τη διαστασιολόγηση των συστημάτων, την ποιότητα κατασκευής τους, την παλαιότητά τους, τη συντήρησή τους, αλλά και την ορθολογική χρήση τους. Για τον αερισμό του κτιρίου εφαρμόζεται μηχανικός αερισμός και θα οριστούν η παροχή αέρα, ο συντελεστής ανάκτησης θερμότητας, ο συντελεστής ανακυκλοφορίας και η ειδική ηλεκτρική ισχύς.

Το σύστημα θέρμανσης ενός κτιρίου σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μπορεί να καλύψει τις ανάγκες θέρμανσης ακόμα και σε εξαιρετικά δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Κατά τη διάρκεια της πραγματικής περιόδου θέρμανσης οι εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος μεταβάλλονται συνεχώς, τόσο σε ημερήσια όσο και σε ωριαία βάση. Ως αποτέλεσμα κάθε σύστημα θέρμανσης λειτουργεί το μεγαλύτερο διάστημα της περιόδου θέρμανσης σε συνθήκες μερικού φορτίου, που συνεπάγεται μείωση της πραγματικής απόδοσης του σε σχέση με την ονομαστική.

Ο σχεδιασμός του συστήματος θέρμανσης λαμβάνει υπόψη την πραγματικότητα και προβλέπει την κάλυψη των μερικών φορτίων με κατά το δυνατόν αυξημένο βαθμό απόδοσης λειτουργίας. Προς αυτήν την κατεύθυνση η χρήση πολυβάθμιων λεβήτων ή/και χρήση περισσότερων του ενός λεβήτων διαφορετικής ισχύος, ιδιαίτερα σε εγκαταστάσεις μεγάλης θερμικής ισχύος, συμβάλλει στη βελτιστοποίηση της απόδοσης λειτουργίας της εγκατάστασης θέρμανσης.

Για κάθε σύστημα θέρμανσης του κτιρίου είναι απαραίτητο να προσδιορίζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά που εισάγονται ως δεδομένα στους υπολογισμούς της τελικής κατανάλωσης ενέργειας για τη θέρμανση των χώρων. Για το σύστημα θέρμανσης χώρων οι παράμετροι που καθορίζονται είναι οι αποδόσεις των μονάδων παραγωγής θερμότητας, του δικτύου διανομής καθώς επίσης και των τερματικών μονάδων απόδοσης θερμότητας. Κάθε μονάδα παραγωγής θερμότητας έχει μια ονομαστική θερμική απόδοση με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κατασκευαστή. Ωστόσο, η πραγματική απόδοση λειτουργίας μια μονάδας θέρμανσης διαφοροποιείται και εξαρτάται από:

- την περίοδο θέρμανσης (ανάλογα την κλιματική ζώνη)
- το χρόνο λειτουργίας του κτηρίου και κατ' επέκταση της μονάδας θέρμανσης
- τις εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας των χώρων
- τις διατάξεις αυτοματισμών (θερμοστάτες αντιστάθμισης)
- τη σωστή διαστασιολόγηση της μονάδας

Ο βαθμός θερμικής / ψυκτικής απόδοσης ενός δικτύου διανομής, προσδιορίζεται από το μέγεθος των απωλειών του δικτύου διανομής, οι οποίες εξαρτώνται από:

- τη θερμομόνωση του δικτύου διανομής
- το μήκος και τη διατομή του δικτύου διανομής
- τη θερμοκρασία του νερού στο δίκτυο
- το χώρο διέλευσης του δικτύου διανομής
- την παλαιότητα του δικτύου, τις φθορές της μόνωσης κ.ά.

Με στόχο τη μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας και τον περιορισμό των θερμικών απωλειών, τα δίκτυα διανομής κεντρικής θέρμανσης, ή της εγκατάστασης ψύξης διαθέτουν θερμομόνωση.

Οι τερματικές μονάδες εκπομπής είναι τα στοιχεία των κεντρικών εγκαταστάσεων θέρμανσης/ψύξης, τα οποία τελικά αποδίδουν τη θερμική ή/και ψυκτική ενέργεια στους χώρους. Είναι θερμαντικά σώματα ακτινοβολίας, μονάδες επαγωγής (convectors), ενδοδαπέδια - ενδοτοιχία συστήματα, μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου, κτλ. Η πραγματική απόδοση της απαιτούμενης θερμότητας/ψύξης από τις τερματικές μονάδες, εξαρτάται κυρίως από τις εξής παραμέτρους:

- από τον τύπο του συστήματος εκπομπής: άμεσης απόδοσης (π.χ. θερμοπομποί), ενσωματωμένα συστήματα (ενδοδαπέδιο, ενδοτοιχίο κ.ά.), μονάδες κυκλοφορίας αέρα (αερόθερμα, μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου – fancoils, κ.ά.)
- από τη θέση του συστήματος εκπομπής μέσα στο χώρο, ενσωματωμένο ή μη σε δομικό στοιχείο

- από την ομοιομορφία διανομής της ενέργειας (θερμοκρασιακή και υδραυλική ισορροπία)
- από το σύστημα ελέγχου της εσωτερικής θερμοκρασίας του χώρου θέρμανσης/ψύξης

Επιπλέον κάθε σύστημα κεντρικής θέρμανσης ή/και ψύξης, διαθέτει βοηθητικά συστήματα για τον έλεγχο λειτουργίας, την κυκλοφορία και διανομή του θερμού ή/και ψυχρού μέσου κ.ά. Αυτά τα συστήματα μπορεί να είναι αντλίες, κυκλοφορητές, ηλεκτροβάνες, ανεμιστήρες αερισμού (π.χ. λεβητοστασίου), ανεμιστήρες τερματικών μονάδων (π.χ. fancoils), αυτοματισμοί κ.ά. Πιο συγκεκριμένα για τις κεντρικές υδρόψυκτες μονάδες ψύξης η ισχύς του πύργου ψύξης λαμβάνεται υπόψη ως βοηθητική ενέργεια. Η ισχύς των βοηθητικών συστημάτων μιας κεντρικής εγκατάστασης υπολογίζεται κατά τη διαστασιολόγηση των συστημάτων θέρμανσης/ψύξης ενός κτιρίου. Ύστερα χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Για τα βοηθητικά συστήματα χρησιμοποιείται ως παράμετρος στους υπολογισμούς η ειδική εγκατεστημένη ισχύς ( $W/m^2$ ), δηλαδή η συνολική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς των βοηθητικών συστημάτων. Τα βοηθητικά συστήματα καταναλώνουν στη συντριπτική πλειονότητα τους ηλεκτρική ενέργεια ανάλογα με τον χρόνο λειτουργίας του κτιρίου και τις διατάξεις αυτομάτου ελέγχου. Ο χρόνος λειτουργίας των βοηθητικών συστημάτων εκτιμάται στη βάση του χρόνου λειτουργίας του κτιρίου, ανάλογα με την περίοδο (θερινή, χειμερινή) και την κλιματική ζώνη. (πίνακας 4.15 Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.-20701-1/2017).

Ο χρόνος λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης καθορίζεται από 1 Νοεμβρίου έως 15 Απριλίου. Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.-20701-1/2017 η απόδοση του συστήματος καθορίζεται από τον εποχιακό βαθμό απόδοσης (SCOP), ο οποίος προκύπτει από τα χαρακτηριστικά της ΚΚΜ ίσος με 3,1.

Ο χρόνος λειτουργίας του συστήματος ψύξης καθορίζεται από 1 Μαΐου έως 15 Οκτωβρίου. Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.-20701-1/2017 η απόδοση του συστήματος καθορίζεται από τον εποχιακό βαθμό απόδοσης (SEER), ο οποίος προκύπτει από τα χαρακτηριστικά της ΚΚΜ ίσος με 3,25.

## 6.9 Μηχανικός Αερισμός

Για την κάλυψη των απαιτήσεων μηχανικού αερισμού επιλέγονται Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες (Κ.Κ.Μ.). Οι κεντρικές κλιματιστικές μονάδες, είναι συστήματα που εκτός από τη μερική ή ολική κάλυψη των απαιτούμενων επιπέδων αερισμού, χρησιμοποιούνται και για την κάλυψη μερικών ή ολικών θερμικών / ψυκτικών φορτίων του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης. Σε περίπτωση που στο κλιματιζόμενο χώρο δεν υπάρχουν άλλες τερματικές μονάδες για τη θέρμανση / ψύξη των χώρων τότε η Κ.Κ.Μ. καλύπτει όλα τα απαιτούμενα θερμικά ή και ψυκτικά φορτία (συστήματα με 100% αέρα).

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 παράγραφος 5.6.3, τα τεχνικά χαρακτηριστικά λειτουργίας των Κ.Κ.Μ. ταυτοποιούνται από τις προδιαγραφές του κατασκευαστή ή από μετρήσεις ή από το σύστημα ελέγχου BEMS, εάν υπάρχει. Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου έχουμε εισάγει στο λογισμικό KENAK τα εξής τεχνικά χαρακτηριστικά των Κ.Κ.Μ.:

$F_h$  ( $m^3/h$ ): Μέση παροχή του κλιματιζόμενου αέρα, για την χειμερινή περίοδο λειτουργίας της ΚΚΜ

$R_h$ : Συντελεστής ανακυκλοφορίας του προσαγόμενου αέρα στην θερμική ζώνη, για την χειμερινή περίοδο (συντελεστής ανακυκλοφορίας 1 σημαίνει 0% εξωτερικός (νωπός) αέρας και Συντελεστής ανακυκλοφορίας 0 σημαίνει 100% νωπός αέρας)

$Q_{rh}$ : Συντελεστής ανάκτησης θερμότητας, δηλαδή ο συντελεστής απόδοσης του εναλλάκτη θερμότητας, για την χειμερινή περίοδο

$F_c$  ( $m^3/h$ ): Μέση παροχή του κλιματιζόμενου αέρα, για την θερινή περίοδο λειτουργίας της ΚΚΜ

$R_c$ : Συντελεστής ανακυκλοφορίας του προσαγόμενου αέρα στην θερμική ζώνη, για την θερινή περίοδο

$Q_{rc}$ : Συντελεστής ανάκτησης θερμότητας, για την θερινή περίοδο

$H_r$ : Συντελεστής ανάκτησης υγρασίας από τον απορριπτόμενο αέρα της ζώνης

$E_{vent}$  ( $kWs/m^3$ ): Συνολική ειδική ηλεκτρική ισχύς των ανεμιστήρων προσαγωγής και επιστροφής της ΚΚΜ (η ηλεκτρική ισχύς του ανεμιστήρα ανά μονάδα παρεχόμενου αέρα)

Σε κάθε ζώνη τοποθετείται ΚΚΜ προσαγωγής που να καλύπτει τις εκάστοτε απαιτήσεις νωπού αέρα, με ενεργό τμήμα θέρμανσης και ψύξης, χωρίς τμήμα ύγρανσης ή φίλτρα. Ο συντελεστής ανακυκλοφορίας θεωρείται μηδενικός, ενώ ο συντελεστής ανάκτησης θερμότητας είναι 0,7 ως μία ενδεικτική τιμή. Τέλος η ειδική ηλεκτρική ισχύς ορίζεται 0,8 , που βρίσκεται εντός των ενδεικτικών τιμών για απλές ΚΚΜ.



## 7 Κεφάλαιο 7: Προτεινόμενες Παρεμβάσεις

Για την ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου με βάση τα όσα υπολογίστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια χρησιμοποιήθηκαν τα λογισμικά TEE KENAK και Energyplus. Επειδή:

- οι καταναλώσεις ρεύματος του κτιρίου περιορίζονται αποκλειστικά στον φωτισμό και στην περιστασιακή χρήση των ανελκυστήρων
- οι αντλίες θερμότητας που είναι εγκατεστημένες στο δώμα έχουν διαστασιολογηθεί για κάλυψη θερμικών / ψυκτικών αναγκών 3 κτιρίων όπως προαναφέρθηκε, οπότε δεν είναι σαφές το ποσό της ενέργειας που καταναλώνεται στο κτίριο
- δεν απαιτείται η παραγωγή ZNX
- δεν εξετάζεται η ενεργειακή αναβάθμιση με συμπαραγωγή, καθώς αφενός το θερμικό φορτίο του κτιρίου είναι μικρό, αφετέρου θα πρέπει να διαστασιολογηθεί και για τα 3 κτίρια
- τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο το κτίριο παραμένει κλειστό

θα εξεταστούν 2 σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης, τα οποία θα λειτουργούν συμπληρωματικά στις υπάρχουσες αντλίες θερμότητας.

Και στα 2, πέραν των κάτωθι, προβλέπεται η εξωτερική θερμομόνωση του κτιρίου, η αντικατάσταση των κουφωμάτων προκειμένου να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις του KENAK και η αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού με LED.

Το 1ο αφορά σε εξωτερική θερμομόνωση του κτιρίου, σε αντικατάσταση κουφωμάτων και λαμπτήρων φθορισμού με LED και σε τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων με συμψηφισμό στην οροφή του κτιρίου, ώστε να συνδράμουν στην κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος.

Το 2ο αφορά σε εξωτερική θερμομόνωση του κτιρίου, σε αντικατάσταση κουφωμάτων και λαμπτήρων φθορισμού με LED και σε εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών με αποθήκευση θερμότητας για την υποβοήθηση των αντλιών θερμότητας κατά τη θέρμανση και εν τέλει τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης.

### 7.1 Αντικατάσταση Λαμπτήρων Φωτισμού

#### 7.1.1 Γενικά

Στην τρέχουσα ενότητα πραγματοποιείται μελέτη φωτισμού του υπόψη κτιρίου. Από τα διαθέσιμα αρχιτεκτονικά σχέδια (κατόψεις, όψεις, τομές) του κτιρίου λαμβάνονται οι απαραίτητες διαστάσεις. Η μελέτη φωτισμού πραγματοποιείται με χρήση του προγράμματος Relux, στο οποίο εισάγονται όλες οι παράμετροι και γίνεται κατάλληλη ανάλυση ώστε να διαπιστωθεί εάν τα φωτιστικά σώματα που επιλέχθηκαν είναι τα κατάλληλα και αν έχει επιτευχθεί η απαιτούμενη ομοιομορφία.

Η μελέτη συντάχθηκε σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 12464-1 το οποίο καθορίζει τα χαρακτηριστικά του φωτισμού εσωτερικών χώρων, όπου οι κάτωθι παράμετροι λαμβάνουν συγκεκριμένες τιμές (προκειμένου να ακολουθούν το πρότυπο):

- $E_m (lx)$ : Ελάχιστο Όριο Φωτισμού στον Χώρο των Γραφείων

- $U_o$ : Συντελεστής Ομοιομορφίας
- UGRL: Συντελεστής Θάμβωσης
- Ra: Δείκτης Χρωματικής Απόδοσης

Το συγκεκριμένο κτίριο διαθέτει συνολικά 6 σχεδιαστήρια 50 ατόμων και 6 αίθουσες 60 ατόμων, τα οποία αντιμετωπίζονται ως αίθουσες διδασκαλίας, 2 διαδρόμους (1 ανά όροφο), 16 WC (8 ανά όροφο), 2 κλιμακοστάσια και 2 προθαλάμους στο ισόγειο.

Οι ελάχιστες τιμές των παραπάνω μεγεθών που πρέπει να επιτυγχάνονται σύμφωνα με τη νομοθεσία είναι:

	Χώροι		
	Αίθουσες Διδασκαλίας	Κλιμακοστάσιο	Προθάλαμος - Διάδρομος - WC
Τύπος Φωτισμού	Άμεσος	Άμεσος	Άμεσος
$E_m$ (lx)	500	100	100
$U_o$	>0,6	>0,4	>0,4
UGRL	<19	<28	<28
Ra	80	80	80
Ελάχιστη Απόδοση (lm/W)	60	60	60
Μέγιστη Κατανάλωση (W/m <sup>2</sup> )	16	3,2	6,4
Επίπεδο Αναφοράς (m)	0,8	0	0

Πίνακας 16: Ελάχιστες Τιμές Μεγεθών Φωτισμού

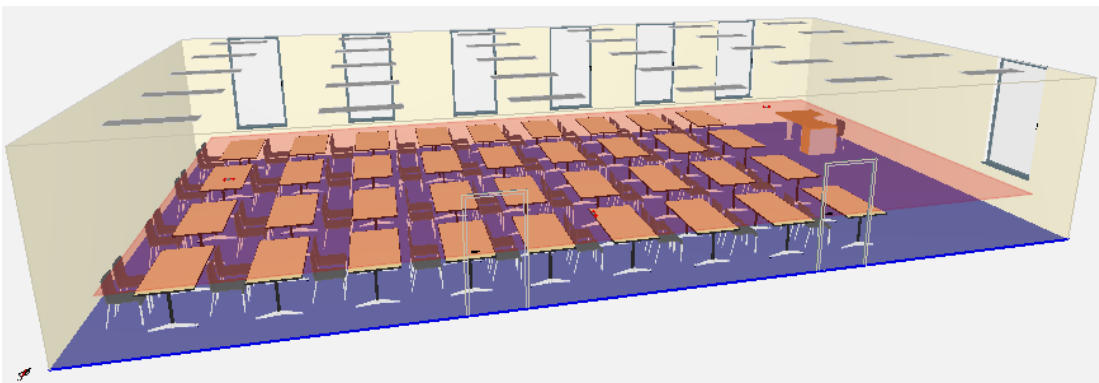
Στις αίθουσες διδασκαλίας επιθυμούμε μεγάλη ένταση φωτισμού και με τον άμεσο και διάχυτο φωτισμό υψηλής έντασης επιτυγχάνουμε μεγαλύτερη απόδοση, καλύτερες συνθήκες εργασίες και ευχάριστο περιβάλλον. Στον αντίποδα, στους κοινόχρηστους χώρους δεν απαιτούνται υψηλά επίπεδα φωτισμού και οι χώροι αυτοί χρησιμοποιούνται για πολύ μικρό χρονικό διάστημα της ημέρας.

## 7.1.2 Ανάλυση

### 7.1.2.1 Σχεδιαστήριο 50 ατόμων



Εικόνα 29: Σχεδιαστήριο 50 Ατόμων



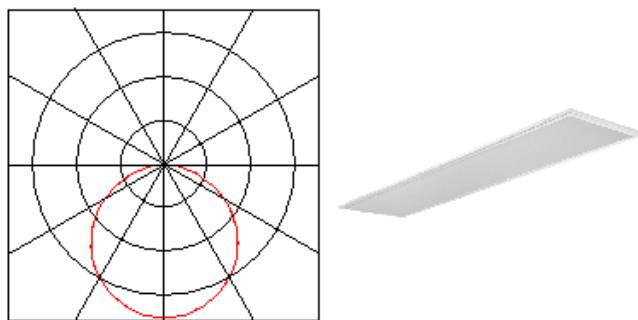
Εικόνα 30: Σχεδιαστήριο 50 Ατόμων 3D

Διαστάσεις (m): 17,45 x 9,5 x 3,2		
	Χρώματα	Συντελεστής Ανάκλασης
Τοίχος W1	rgb (0.95,0.9,0.69)	90 %
Τοίχος W2		
Τοίχος W3		
Τοίχος W4		
Πάτωμα	rgb (0.32,0.32,0.34)	32.1 %
Ταβάνι	rgb (1,1,1)	100 %
Πόρτα	rgb (0.81, 0.81, 0.81)	80.8 %
Παράθυρο	rgb (0.87, 0.87, 0.87)	87 %

Πίνακας 17: Χαρακτηριστικά Σχεδιαστηρίου 50 Ατόμων

Κύριος Φωτισμός: άμεσος

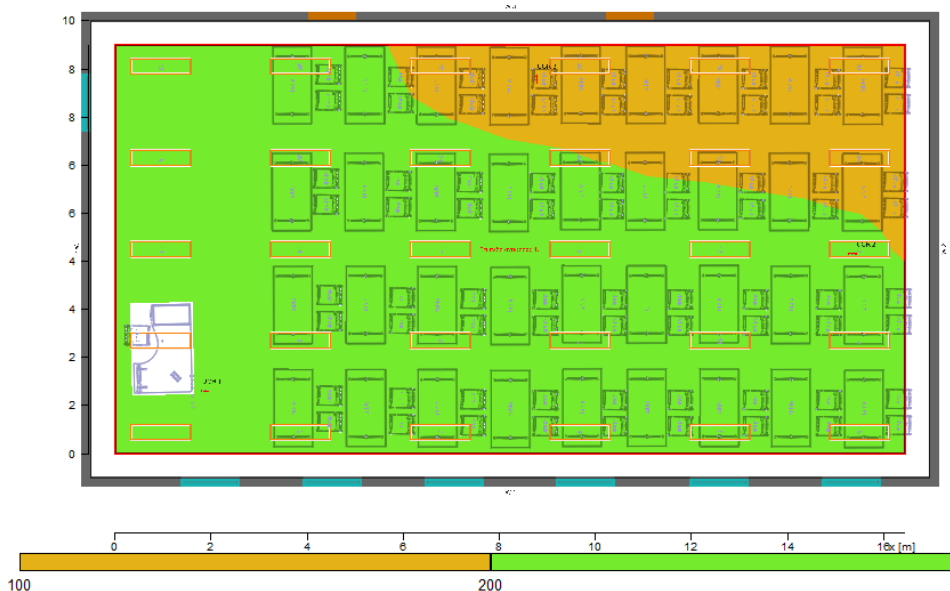
Τύπος φωτιστικού σώματος: FRISCH-Licht LED Einpanel ELP23 2063A.5084M



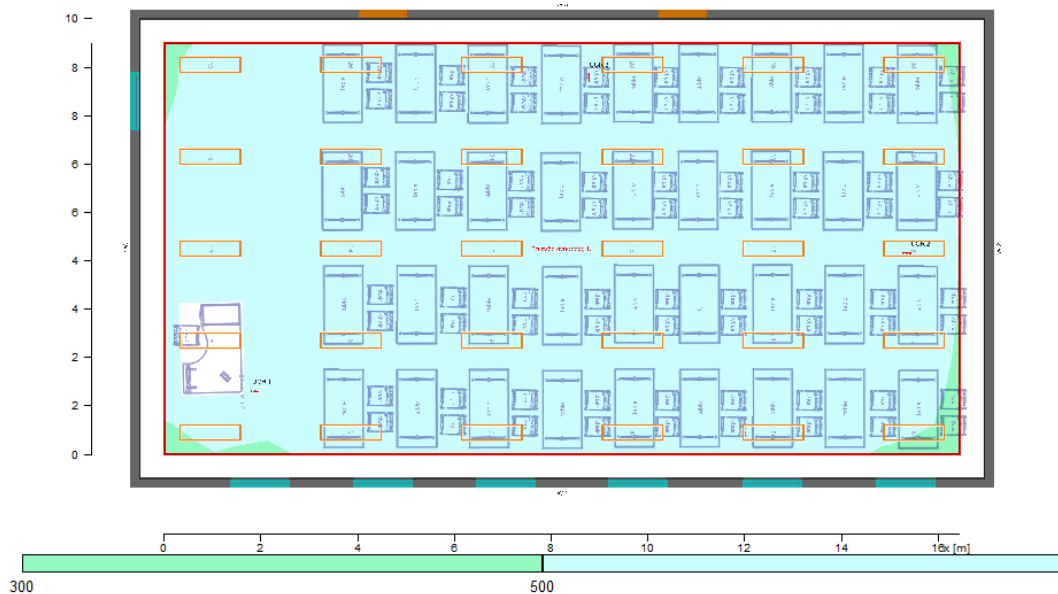
Εικόνα 31: Φωτιστικό Σώμα FRISCH-Licht LED Einpanel ELP23 2063A.5084M

Αποδοτικότητα	Ισχύς	Φωτεινή Ροή	Πλήθος Λαμπτήρων	Διαστάσεις (mm)
100%	36 W	3600 lm	1	1245x310

Πίνακας 18: Χαρακτηριστικά FRISCH-Licht LED Einpanel ELP23 2063A.5084M



Εικόνα 32: Ένταση Φυσικού Φωτισμού Σχεδιαστηρίου 50 Ατόμων

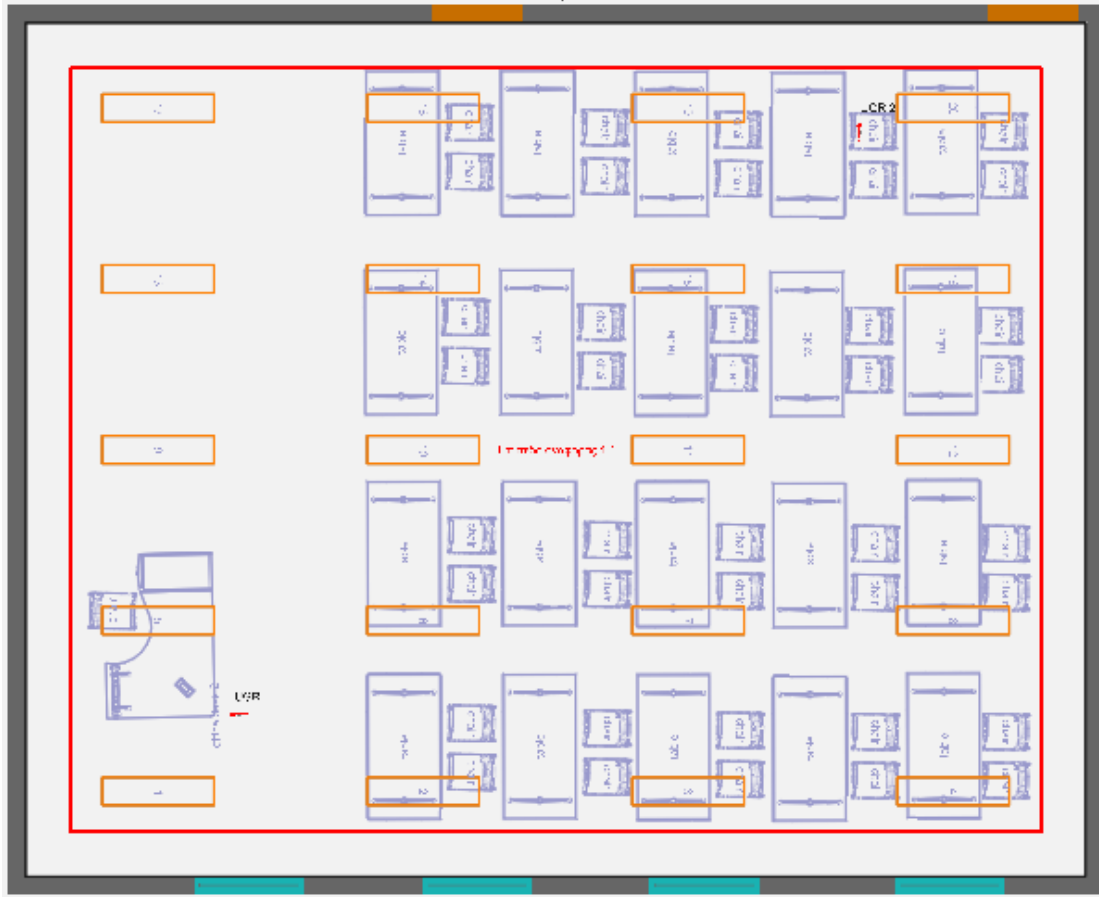


Εικόνα 33: Ένταση Φωτισμού Σχεδιαστηρίου 50 Ατόμων

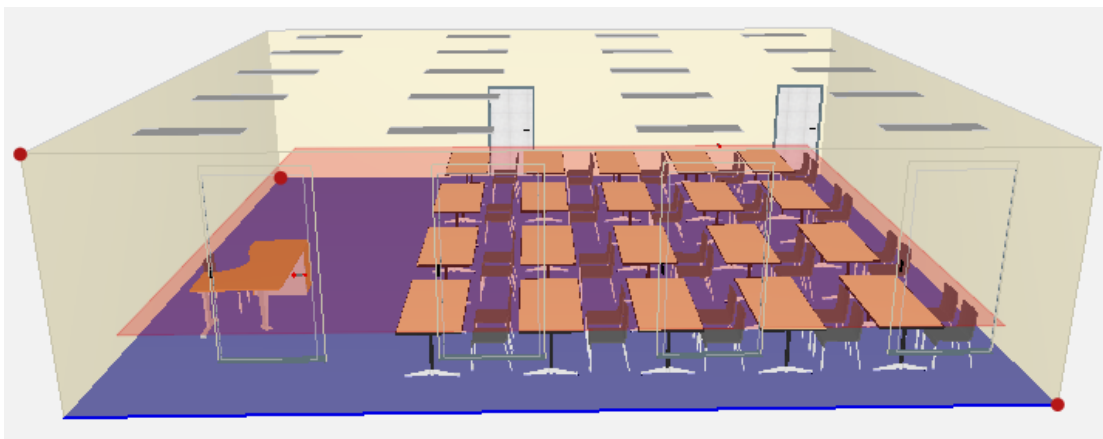
Τιμές Φωτομετρικών Μεγεθών			
		Επιδιωκόμενη Τιμή	Επιτευχθείσα Τιμή
Μέσος Φωτισμός		$> = 500 \text{ lx}$	618 lx
Ομοιομορφία		$> = 0.60$	0.79
Μέση Λαμπρότητα	W1	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	56.2 cd/m <sup>2</sup>
	W2	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	58.6 cd/m <sup>2</sup>
	W3	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	55.8 cd/m <sup>2</sup>
	W4	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	53.9 cd/m <sup>2</sup>
	Πατώματος	$10 < L_{av} < 30 \text{ cd/m}^2$	24.9 cd/m <sup>2</sup>
	Οροφής	$20 < L_{av} < 200 \text{ cd/m}^2$	41.6 cd/m <sup>2</sup>
Θάμβωση	Παρατηρητής 1	$< 19$	18,9
	Παρατηρητής 2	$< 19$	18,9
	Παρατηρητής 3	$< 19$	18
Κατανάλωση		$< 16 \text{ Watt/m}^2$	6,51 W/m <sup>2</sup>
Ενεργειακή απόδοση		$> 60 \text{ lm/Watt}$	100 lm/W
Τοποθετημένη Ισχύς		1080 W	

Πίνακας 19: Επιτευχθείσες Τιμές Σχεδιαστηρίου 50 Ατόμων

### 7.1.2.2 Αίθουσα 60 Ατόμων



Εικόνα 34: Αίθουσα 60 Ατόμων



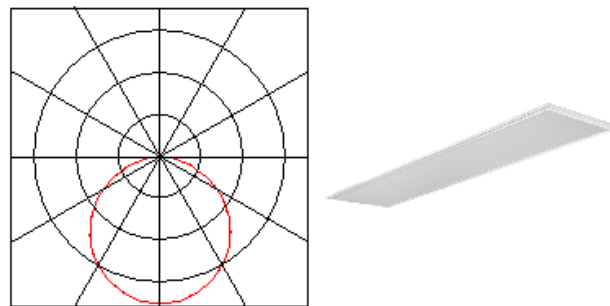
Εικόνα 35: Αίθουσα 60 Ατόμων 3D

Διαστάσεις (m): 11,8 x 9,5 x 3,2		
	Χρώματα	Συντελεστής Ανάκλασης
Τοίχος W1	rgb (0.95,0.9,0.69)	90 %
Τοίχος W2		
Τοίχος W3		
Τοίχος W4		
Πάτωμα	rgb (0.32,0.32,0.34)	32.1 %
Ταβάνι	rgb (1,1,1)	100 %
Πόρτα	rgb (0.81, 0.81, 0.81)	80.8 %
Παράθυρο	rgb (0.87, 0.87, 0.87)	87 %

Πίνακας 20: Χαρακτηριστικά Αίθουσας 60 Ατόμων

Κύριος Φωτισμός: άμεσος

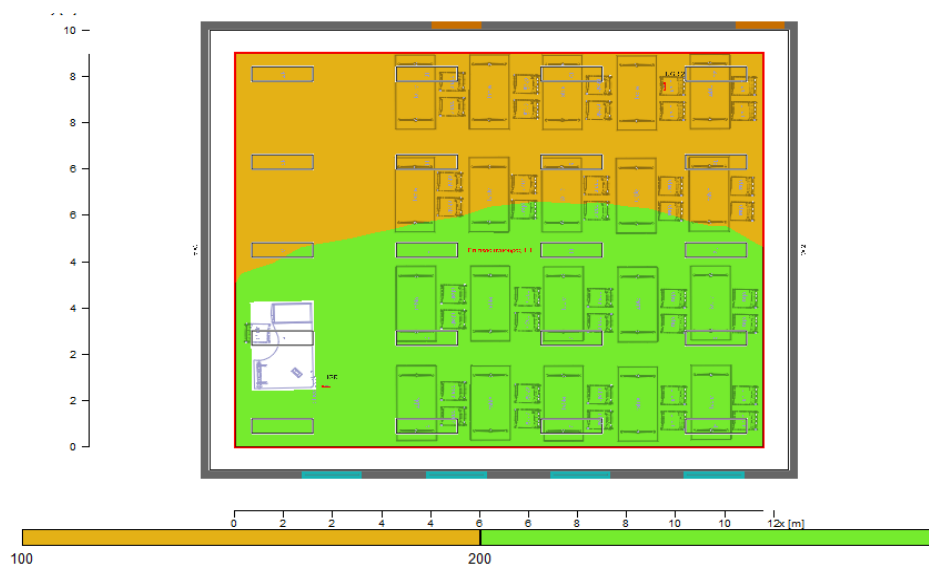
Τύπος φωτιστικού σώματος: FRISCH-Licht LED Einpanel ELP23 2063A.5084M



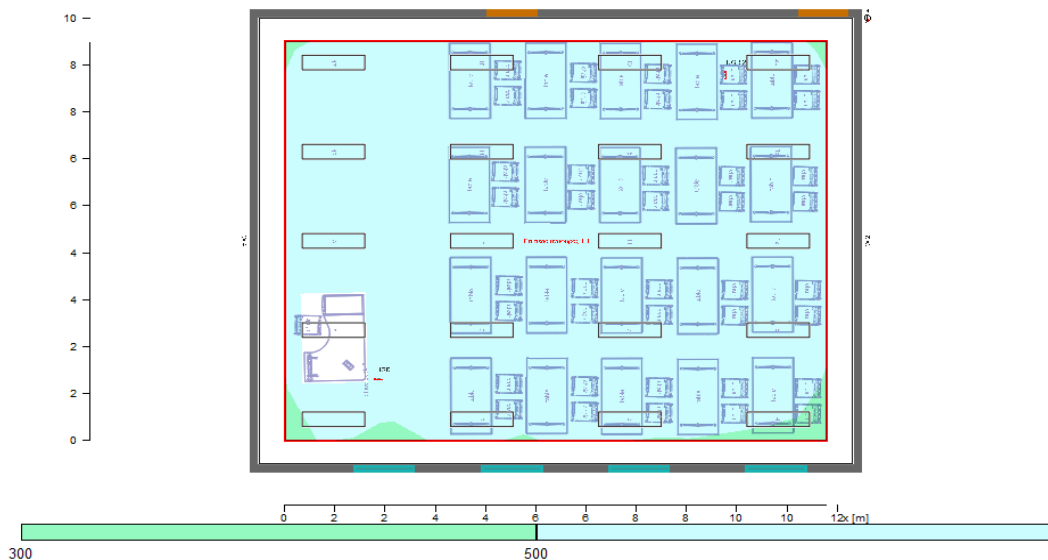
Εικόνα 36: Φωτιστικό Σώμα FRISCH-Licht LED Einpanel ELP23 2063A.5084M

Αποδοτικότητα	Ισχύς	Φωτεινή Ροή	Πλήθος Λαμπτήρων	Διαστάσεις (mm)
100%	36 W	3600 lm	1	1245x310

Πίνακας 21: Χαρακτηριστικά FRISCH-Licht LED Einpanel ELP23 2063A.5084M



Εικόνα 37: Ένταση Φυσικού Φωτισμού Αίθουσας 60 Ατόμων



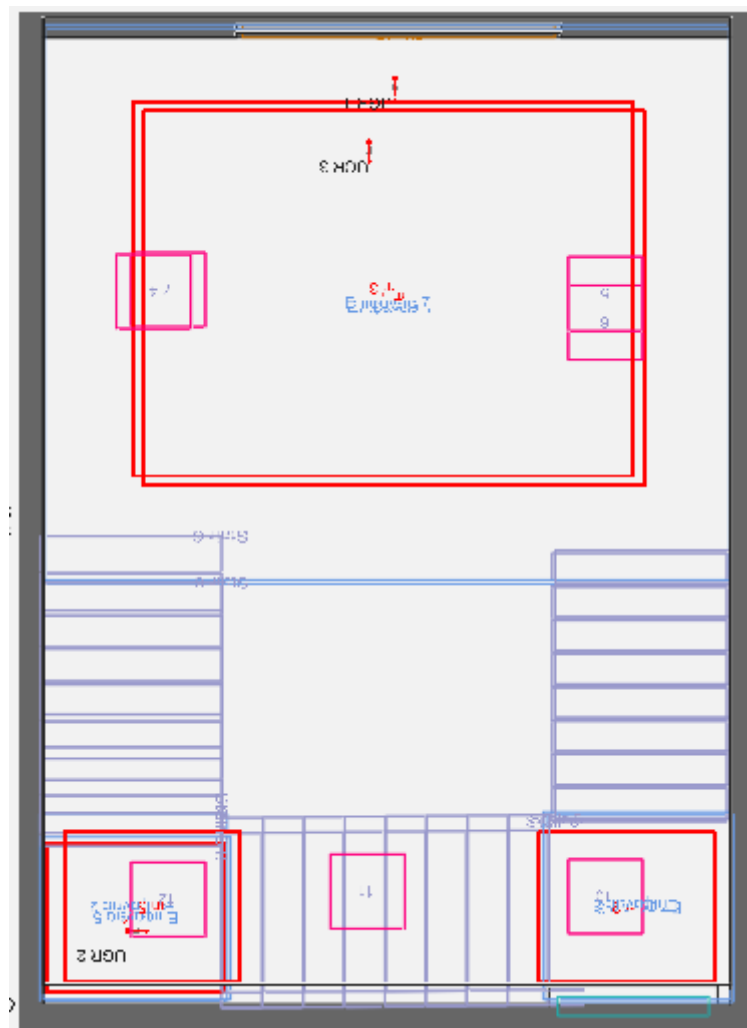
Εικόνα 38: Ένταση Φωτισμού Αίθουσας 60 Ατόμων

Τιμές Φωτομετρικών Μεγεθών		Επιδιωκόμενη Τιμή	Επιτευχθείσα Τιμή
Μέσος Φωτισμός		$\geq 500 \text{ lx}$	601 lx
Ομοιομορφία		$\geq 0.60$	0.79
Μέση Λαμπρότητα	W1	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	56.2 cd/m <sup>2</sup>
	W2	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	58.6 cd/m <sup>2</sup>
	W3	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	55.8 cd/m <sup>2</sup>
	W4	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	53.9 cd/m <sup>2</sup>
	Πατώματος	$10 < L_{av} < 30 \text{ cd/m}^2$	24.9 cd/m <sup>2</sup>
	Οροφής	$20 < L_{av} < 200 \text{ cd/m}^2$	41.6 cd/m <sup>2</sup>
Θάμβωση	Παρατηρητής 1	$< 19$	18,3
	Παρατηρητής 2	$< 19$	17,4
Κατανάλωση		$< 16 \text{ Watt/m}^2$	6,51 W/m <sup>2</sup>
Ενεργειακή απόδοση		$> 60 \text{ lm/Watt}$	100 lm/W
Τοποθετημένη Ισχύς		720 W	

Πίνακας 22: Επιτευχθείσες Τιμές Αίθουσας 60 Ατόμων



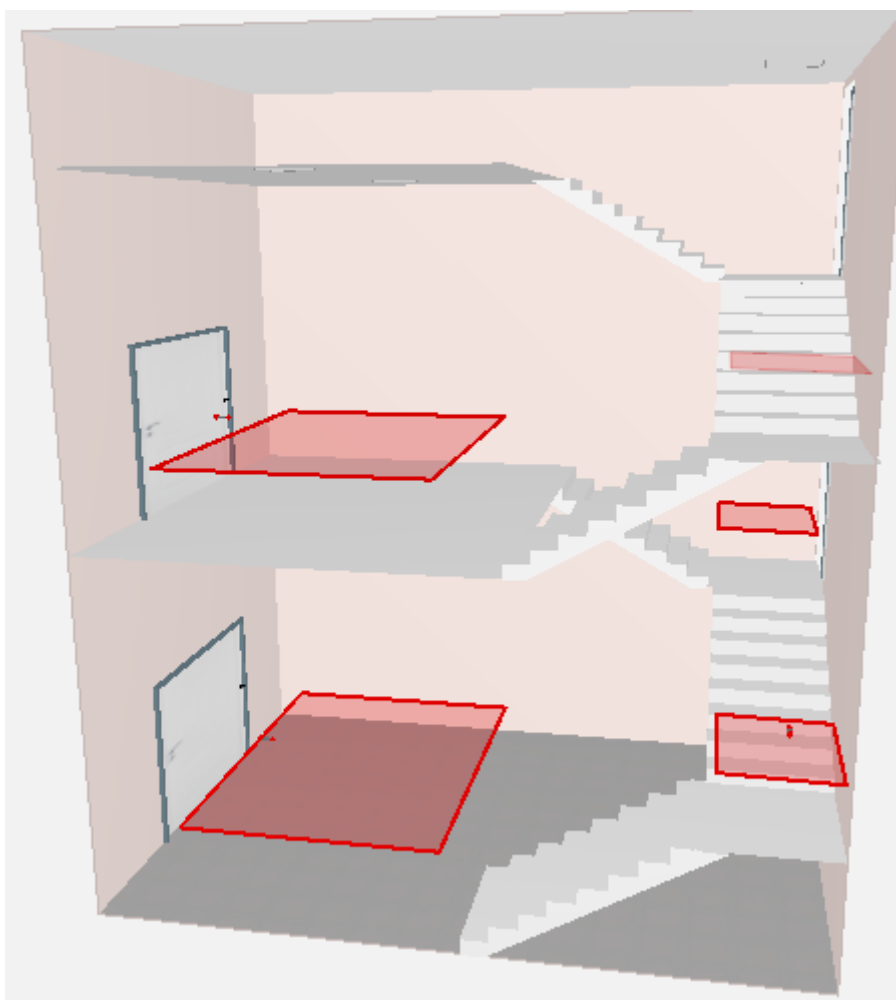
### 7.1.2.3 Κλιμακοστάσιο



Εικόνα 39: Κλιμακοστάσιο

Διαστάσεις (m): 5,5 x 7,5 x 9		
	Χρώματα	Συντελεστής Ανάκλασης
Τοίχος W1	rgb (0.95,0.9,0.69)	90 %
Τοίχος W2		
Τοίχος W3		
Τοίχος W4		
Πάτωμα	rgb (0.32,0.32,0.34)	32.1 %
Ταβάνι	rgb (1,1,1)	100 %
Πόρτα	rgb (0.81, 0.81, 0.81)	80.8 %
Παράθυρο	rgb (0.87, 0.87, 0.87)	87 %

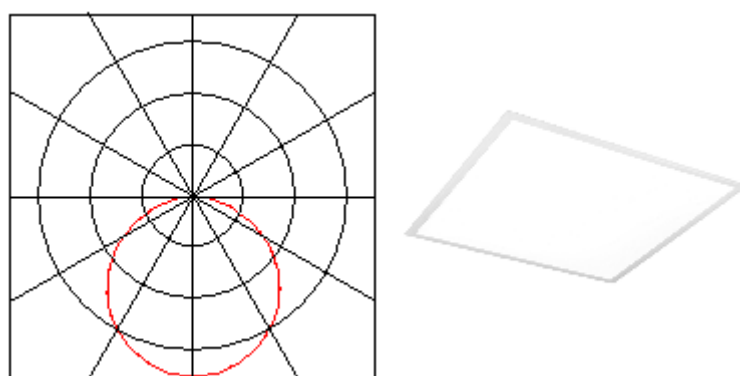
Πίνακας 23: Χαρακτηριστικά Κλιμακοστασίου



*Εικόνα 40: Κλιμακοστάσιο 3D*

Κύριος Φωτισμός: άμεσος

Τύπος φωτιστικού σώματος: FRISCH-Licht LED Einpanel ELP46 2016A.3684D



*Εικόνα 41: Φωτιστικό Σώμα FRISCH-Licht LED Einpanel ELP46 2016A.3684D*

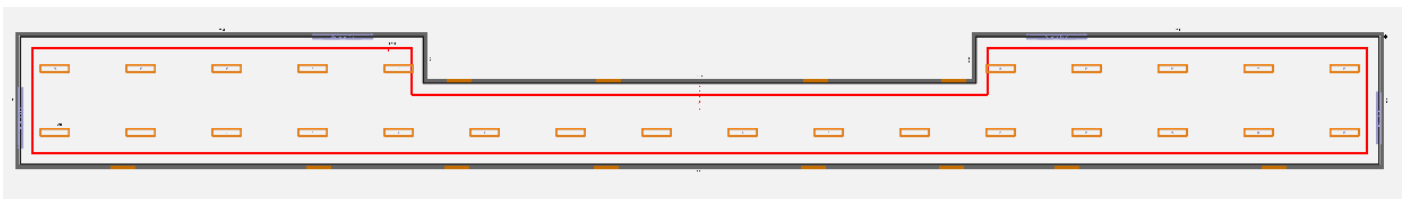
Αποδοτικότητα	Ισχύς	Φωτεινή Ροή	Πλήθος Λαμπτήρων	Διαστάσεις (mm)
100%	36 W	3600 lm	1	595x595

*Πίνακας 24: Χαρακτηριστικά FRISCH-Licht LED Einpanel ELP46 2016A.3684D*

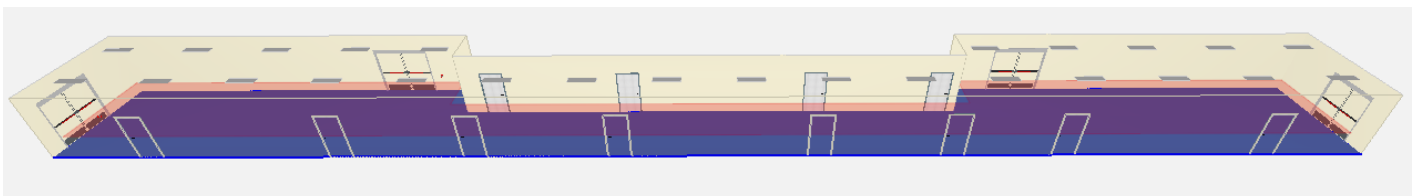
Τιμές Φωτομετρικών Μεγεθών			
	Επιδιωκόμενη Τιμή	Επιτευχθείσα Τιμή	
m1			
Μέσος Φωτισμός	$\geq 100 \text{ lx}$	231	
Ομοιομορφία	$\geq 0.40$	0.85	
m2			
Μέσος Φωτισμός	$\geq 100 \text{ lx}$	223	
Ομοιομορφία	$\geq 0.40$	0.82	
m3			
Μέσος Φωτισμός	$\geq 100 \text{ lx}$	127	
Ομοιομορφία	$\geq 0.40$	0.53	
m4			
Μέσος Φωτισμός	$\geq 100 \text{ lx}$	262	
Ομοιομορφία	$\geq 0.40$	0.69	
m5			
Μέσος Φωτισμός	$\geq 100 \text{ lx}$	124	
Ομοιομορφία	$\geq 0.40$	0.67	
Μέση Λαμπρότητα	W1	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	35,3 $\text{cd/m}^2$
	W2	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	29,9 $\text{cd/m}^2$
	W3	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	35,3 $\text{cd/m}^2$
	W4	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	21,5 $\text{cd/m}^2$
	Πατώματος	$10 < L_{av} < 30 \text{ cd/m}^2$	19,5 $\text{cd/m}^2$
	Οροφής	$20 < L_{av} < 200 \text{ cd/m}^2$	29,9 $\text{cd/m}^2$
Θάμβωση	Παρατηρητής 1	$< 28$	16,2
	Παρατηρητής 2	$< 28$	11,3
	Παρατηρητής 3	$< 28$	10,7
Κατανάλωση	$< 3,2 \text{ Watt/m}^2$	2,74 $\text{W/m}^2$	
Ενεργειακή απόδοση	$> 60 \text{ lm/Watt}$	100 $\text{lm/W}$	
Τοποθετημένη Ισχύς		252 W	

Πίνακας 25: Επιτευχθείσες Τιμές Κλιμακοστασίου

#### 7.1.2.4 Διάδρομος



Εικόνα 42: Διάδρομος



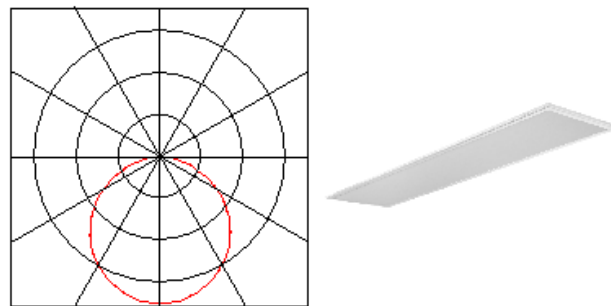
Εικόνα 43: Διάδρομος 3D

Διαστάσεις (m): 59 x 5,9 (3,2) x 3,2		
	Χρώματα	Συντελεστής Ανάκλασης
Τοίχος W1	rgb (0.95,0.9,0.69)	90 %
Τοίχος W2		
Τοίχος W3		
Τοίχος W4		
Πάτωμα	rgb (0.32,0.32,0.34)	32.1 %
Ταβάνι	rgb (1,1,1)	100 %
Πόρτα	rgb (0.81, 0.81, 0.81)	80.8 %
Παράθυρο	rgb (0.87, 0.87, 0.87)	87 %

Πίνακας 26: Χαρακτηριστικά Διαδρόμου

Κύριος Φωτισμός: άμεσος

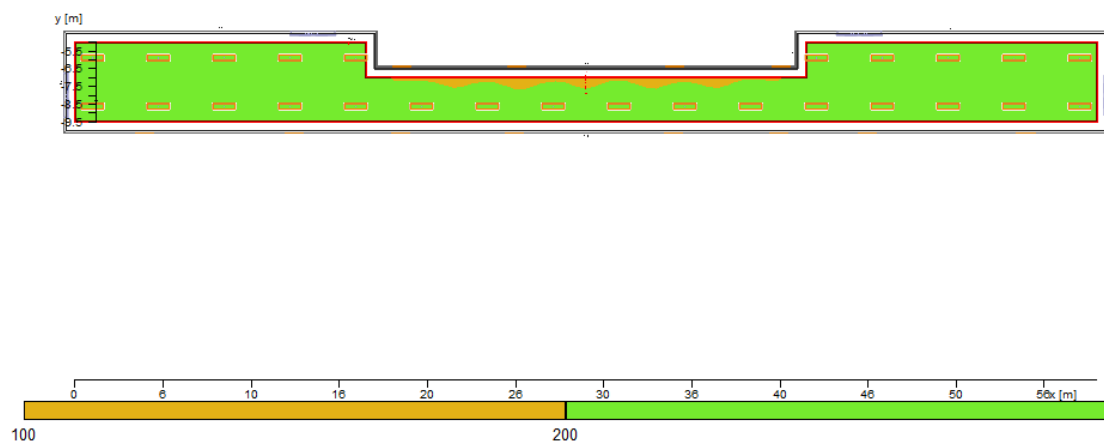
Τύπος φωτιστικού σώματος: FRISCH-Licht LED Einpanel ELP23 2063A.5084M



Εικόνα 44: Φωτιστικό Σώμα FRISCH-Licht LED Einpanel ELP23 2063A.5084M

Αποδοτικότητα	Ισχύς	Φωτεινή Ροή	Πλήθος Λαμπτήρων	Διαστάσεις (mm)
100%	36 W	3600 lm	1	1245x310

Πίνακας 27: Χαρακτηριστικά FRISCH-Licht LED Einpanel ELP23 2063A.5084M



Εικόνα 45: Ένταση Φωτισμού Διαδρόμου

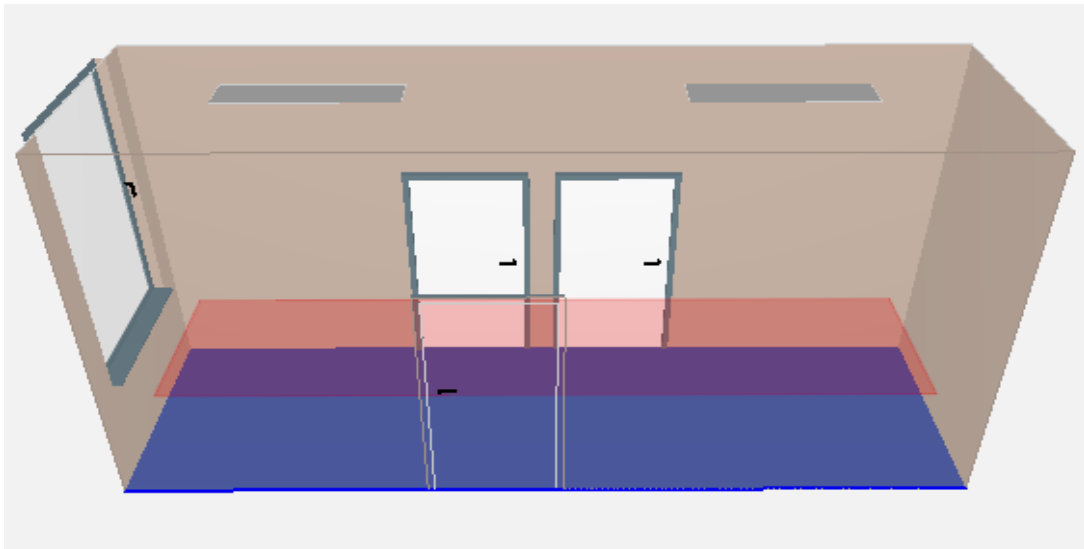
Τιμές Φωτομετρικών Μεγεθών			
	Επιδιωκόμενη Τιμή	Επιτευχθείσα Τιμή	
Μέσος Φωτισμός	$\geq 200 \text{ lx}$	295 lx	
Ομοιομορφία	$\geq 0.40$	0.62	
Μέση Λαμπρότητα	W1	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	47,5 cd/m <sup>2</sup>
	W2	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	42,7 cd/m <sup>2</sup>
	W3	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	49,5 cd/m <sup>2</sup>
	W4	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	49,2 cd/m <sup>2</sup>
	W5	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	62 cd/m <sup>2</sup>
	W6	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	28,5 cd/m <sup>2</sup>
	W7	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	64,1 cd/m <sup>2</sup>
	W8	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	49,3 cd/m <sup>2</sup>
	Πατώματος	$10 < L_{av} < 30 \text{ cd/m}^2$	15 cd/m <sup>2</sup>
Οροφής	$20 < L_{av} < 200 \text{ cd/m}^2$	26,2 cd/m <sup>2</sup>	
Θάμβωση	Παρατηρητής 1	$< 28$	18,0
	Παρατηρητής 2	$< 28$	16,7
Κατανάλωση	$< 6,4 \text{ Watt/m}^2$	3,39 W/m <sup>2</sup>	
Ενεργειακή απόδοση	$> 60 \text{ lm/Watt}$	100 lm/W	
Τοποθετημένη Ισχύς		936 W	

Πίνακας 28: Επιτευχθείσες Τιμές Διαδρόμου

#### 7.1.2.5 Προθάλαμος WC



Εικόνα 46: Προθάλαμος WC



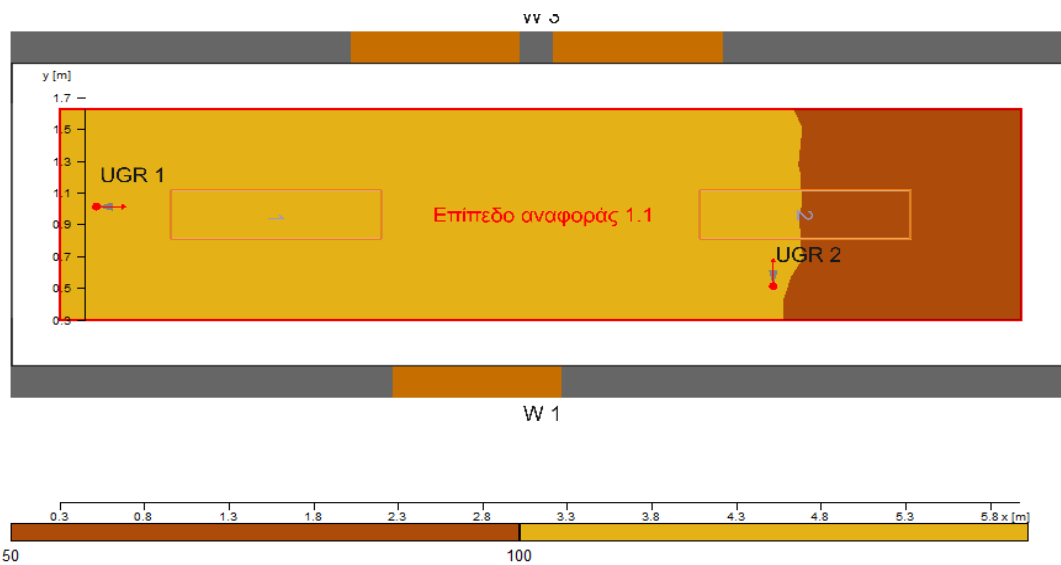
Εικόνα 47: Προθάλαμος WC 3D

Χρώματα		Συντελεστής Ανάκλασης
Τοίχος W1	rgb (0.9,0.9,1)	90 %
Τοίχος W2		
Τοίχος W3		
Τοίχος W4		
Πάτωμα	rgb (0.30,0.45,0.72)	43 %
Ταβάνι	rgb (1,1,1)	100 %
Πόρτα	rgb (0.81, 0.81, 0.81)	80.8 %
Παράθυρο	rgb (0.87, 0.87, 0.87)	87 %

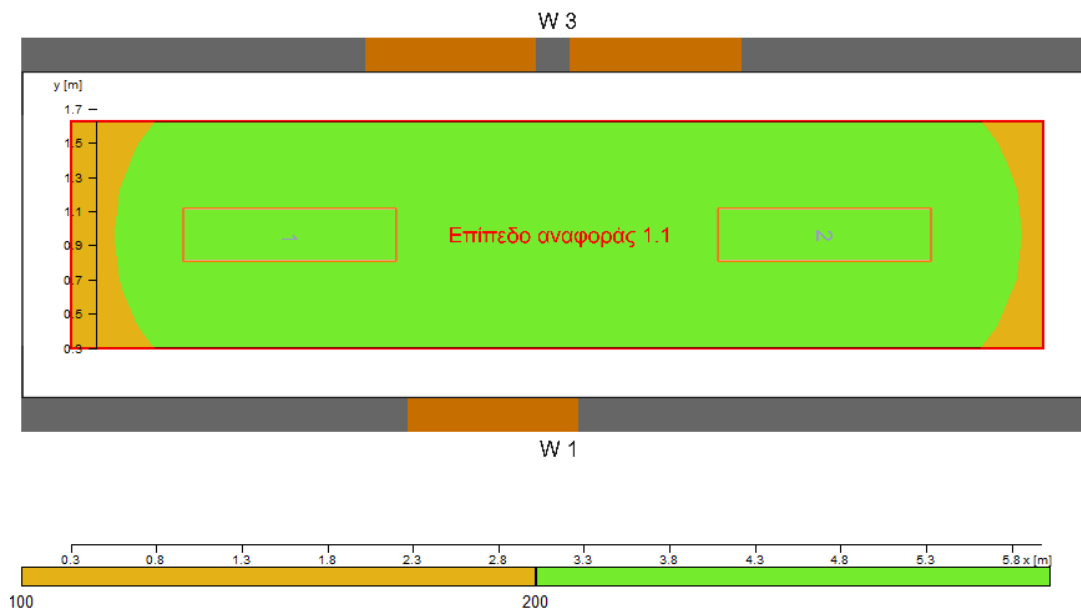
Πίνακας 29: Χαρακτηριστικά Προθαλάμου WC

Κύριος Φωτισμός: άμεσος

Τύπος φωτιστικού σώματος: FRISCH-Licht LED Einpanel ELP23 2063A.5084M



Εικόνα 48: Ένταση Φυσικού Φωτισμού Προθαλάμου WC

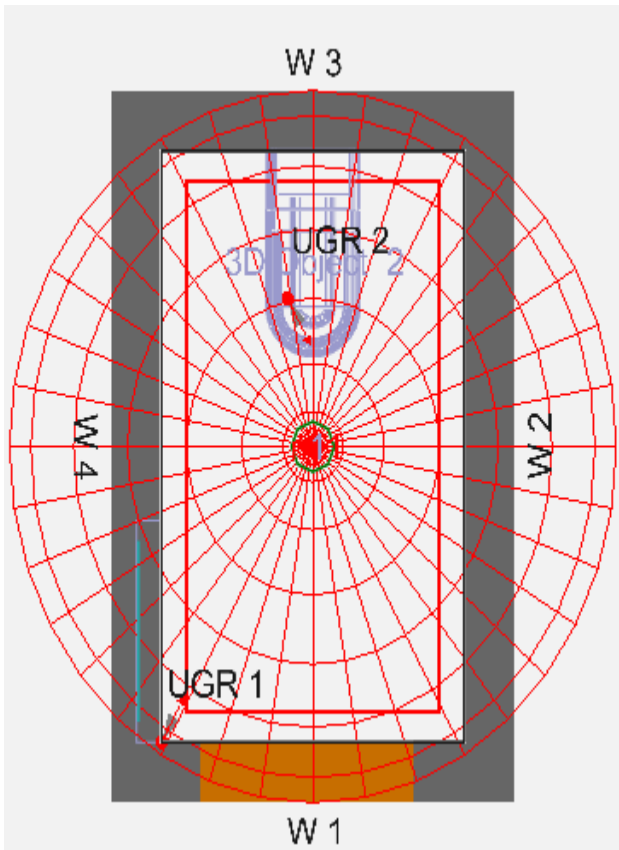


Εικόνα 49: Ένταση Φωτισμού Προθαλάμου WC

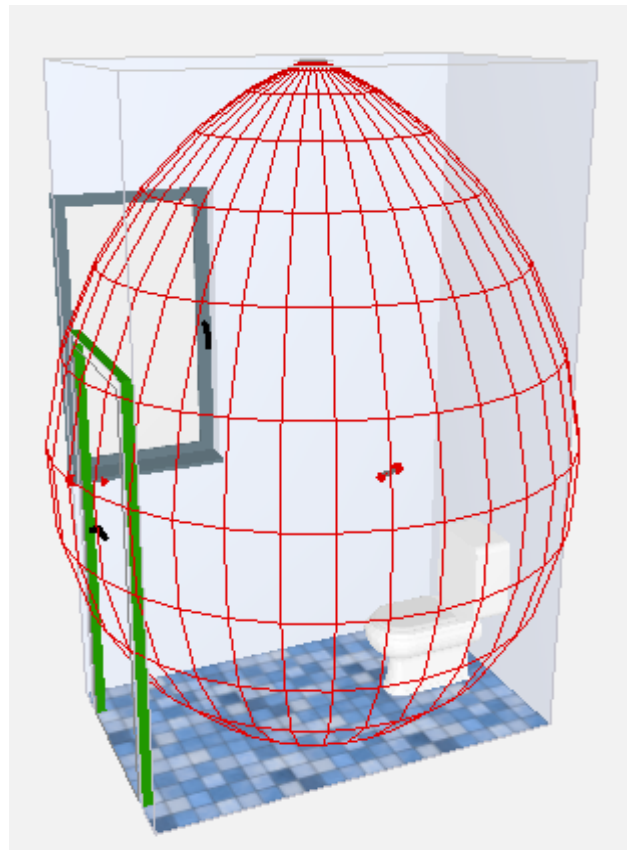
Τιμές Φωτομετρικών Μεγεθών			
	Επιδιωκόμενη Τιμή	Επιτευχθείσα Τιμή	
Μέσος Φωτισμός	$> = 200 \text{ lx}$	241 lx	
Ομοιομορφία	$> = 0.60$	0.69	
Μέση Λαμπρότητα	W1	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	29.7 cd/m <sup>2</sup>
	W2	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	29.1 cd/m <sup>2</sup>
	W3	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	29.9 cd/m <sup>2</sup>
	W4	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	26 cd/m <sup>2</sup>
	Πατώματος	$10 < L_{av} < 30 \text{ cd/m}^2$	19.7 cd/m <sup>2</sup>
	Οροφής	$20 < L_{av} < 200 \text{ cd/m}^2$	28.6 cd/m <sup>2</sup>
Θάμβωση	Παρατηρητής 1	$< 28$	16.2
	Παρατηρητής 2	$< 28$	$< 10$
Κατανάλωση	$< 6,4 \text{ Watt/m}^2$	6.06 W/m <sup>2</sup>	
Ενεργειακή απόδοση	$> 60 \text{ lm/Watt}$	100 lm/W	
Τοποθετημένη Ισχύς		72 W	

Πίνακας 30: Επιτευχθείσες Τιμές Διαδρόμου

### 7.1.2.6 WC



Εικόνα 50: WC



Εικόνα 51: WC 3D

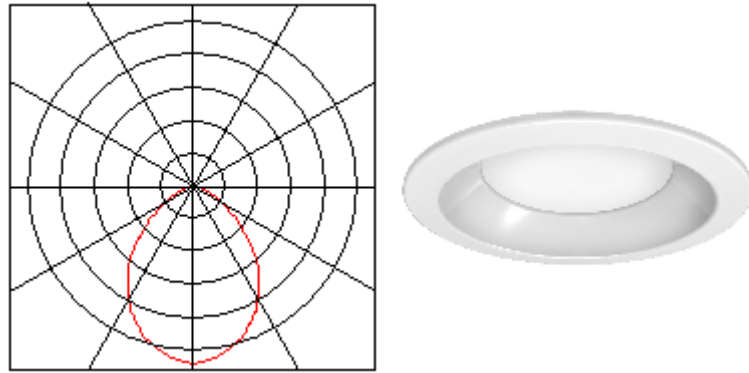
Διαστάσεις (m): 1 x 2 x 3,2		
	Χρώματα	Συντελεστής Ανάκλασης
Τοίχος W1	rgb (0.9,0.9,1)	90 %
Τοίχος W2		
Τοίχος W3		
Τοίχος W4		
Πάτωμα	rgb (0.30,0.45,0.72)	43 %
Ταβάνι	rgb (1,1,1)	100 %
Πόρτα	rgb (0.81, 0.81, 0.81)	80.8 %
Παράθυρο	rgb (0.87, 0.87, 0.87)	87 %

Πίνακας 31: Χαρακτηριστικά WC

Κύριος Φωτισμός: άμεσος

Τύπος φωτιστικού σώματος: FRISCH-Licht EDL 2202A. 1384DA/DALI

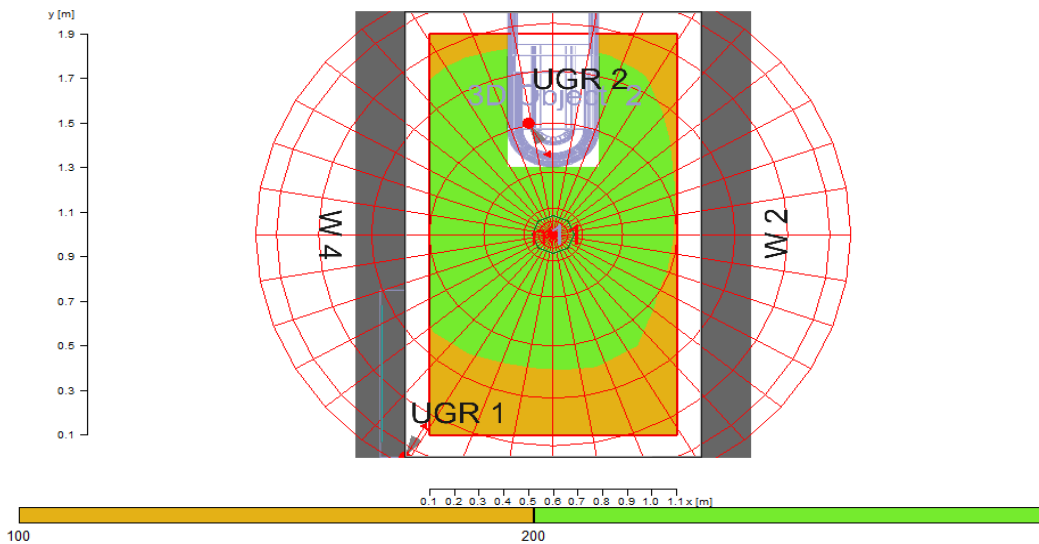




Εικόνα 52: Φωτιστικό Σώμα FRISCH-Licht EDL 2202A. 1384DA/DALI

Αποδοτικότητα	Ισχύς	Φωτεινή Ροή	Πλήθος Λαμπτήρων	Διαστάσεις (mm)
100%	12 W	1300 lm	1	Ø170

Πίνακας 32: Χαρακτηριστικά FRISCH-Licht EDL 2202A. 1384DA/DALI

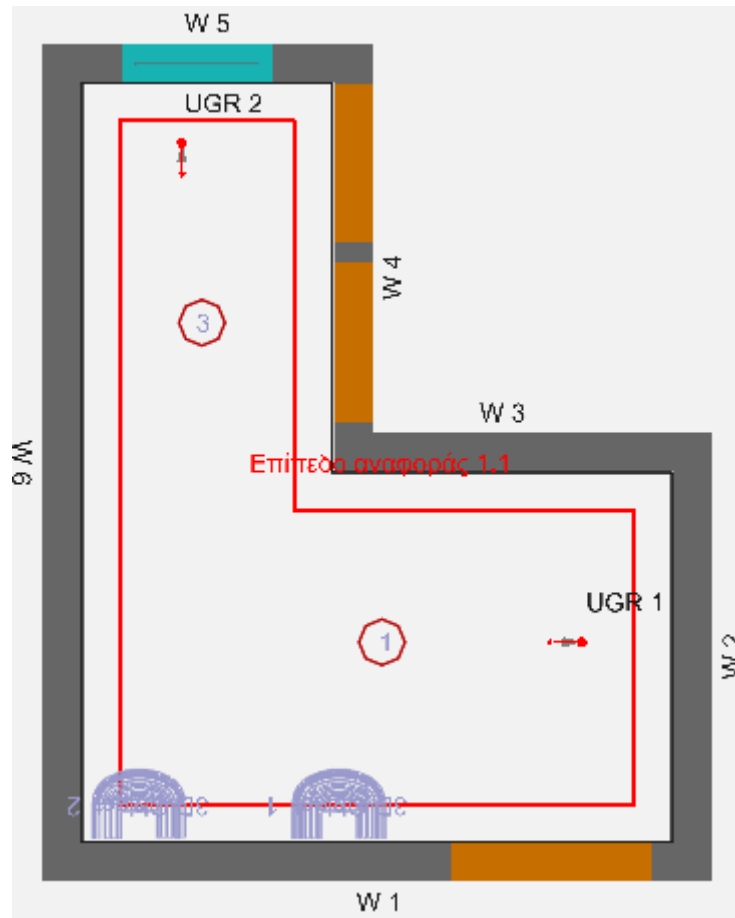


Εικόνα 53: Ένταση Φωτισμού Διαδρόμου

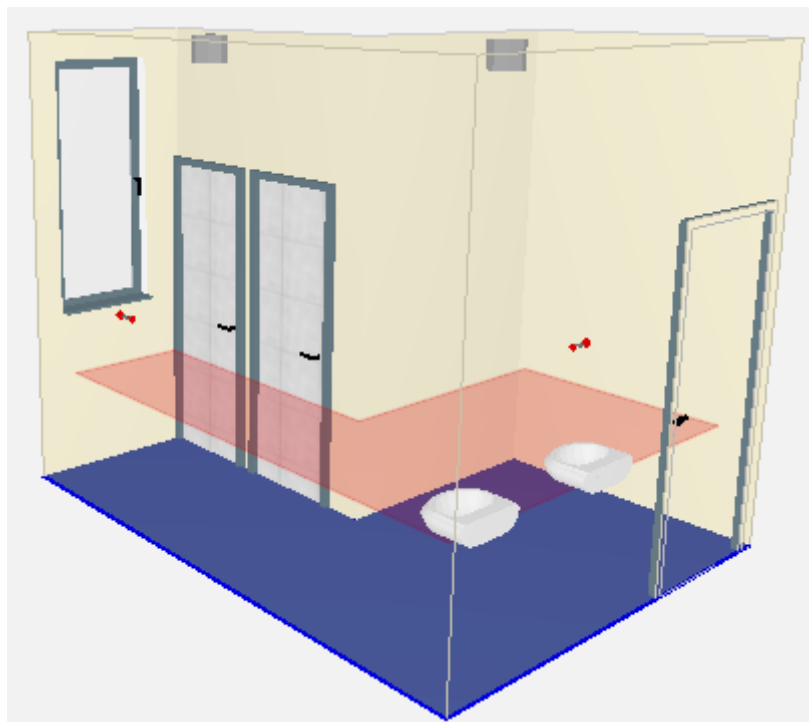
Τιμές Φωτομετρικών Μεγεθών			
		Επιδιωκόμενη Τιμή	Επιτευχθείσα Τιμή
Μέσος Φωτισμός		$\geq 200 \text{ lx}$	201 lx
Ομοιομορφία		$\geq 0.60$	0.79
Μέση Λαμπρότητα	W1	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	24.7 cd/m <sup>2</sup>
	W2	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	40.1 cd/m <sup>2</sup>
	W3	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	40 cd/m <sup>2</sup>
	W4	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	37.2 cd/m <sup>2</sup>
	Πατώματος	$10 < L_{av} < 30 \text{ cd/m}^2$	19.5 cd/m <sup>2</sup>
	Οροφής	$20 < L_{av} < 200 \text{ cd/m}^2$	42 cd/m <sup>2</sup>
Θάμβωση	Παρατηρητής 1	$< 28$	$< 10$
	Παρατηρητής 2	$< 28$	$< 10$
Κατανάλωση		$< 6,4 \text{ Watt/m}^2$	5 W/m <sup>2</sup>
Ενεργειακή απόδοση		$> 60 \text{ lm/Watt}$	108 lm/W
Τοποθετημένη Ισχύς		12 W	

Πίνακας 33: Επιτευχθείσες Τιμές Διαδρόμου

### 7.1.2.7 Νιπτήρες



Εικόνα 54: Νιπτήρες



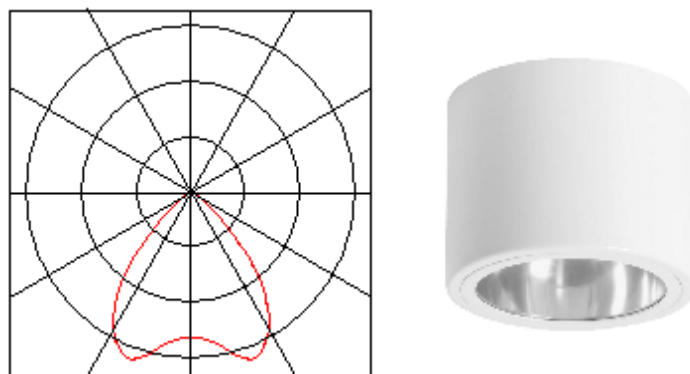
Εικόνα 55: Νιπτήρες 3D

Διαστάσεις (m): 1 x 2 x 3,2		
	Χρώματα	Συντελεστής Ανάκλασης
Τοίχος W1	rgb (0.9,0.9,1)	90 %
Τοίχος W2		
Τοίχος W3		
Τοίχος W4		
Πάτωμα	rgb (0.30,0.45,0.72)	43 %
Ταβάνι	rgb (1,1,1)	100 %
Πόρτα	rgb (0.81, 0.81, 0.81)	80.8 %

Πίνακας 34: Χαρακτηριστικά Νιπτήρων

Κύριος Φωτισμός: άμεσος

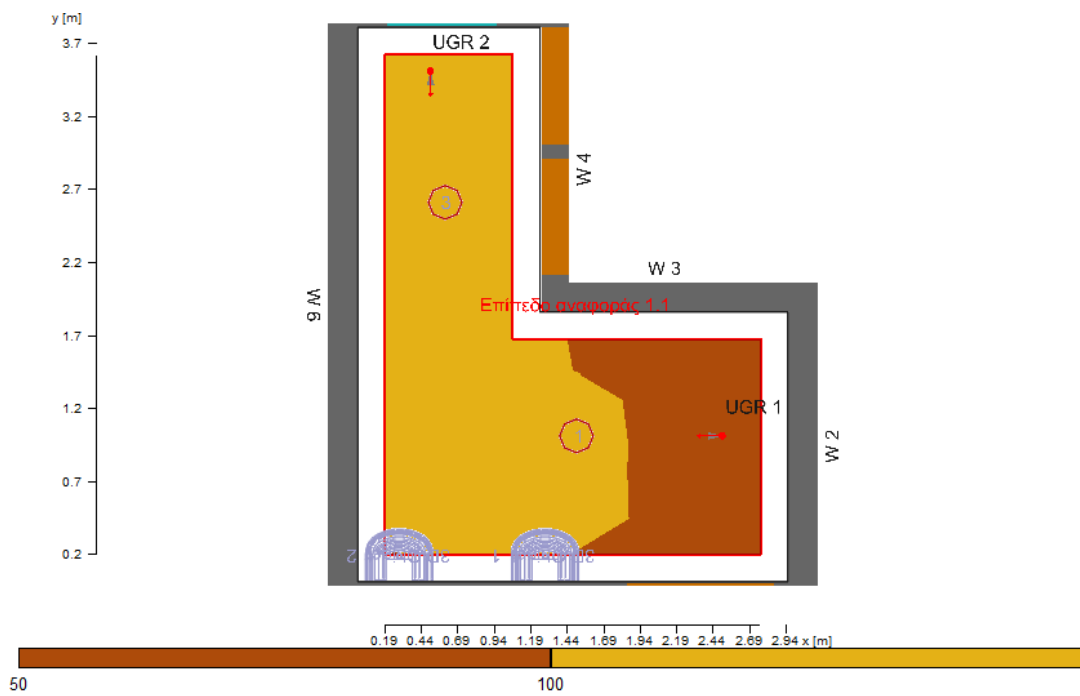
Τύπος φωτιστικού σώματος: FRISCH-Licht ADL 2227A. 1383DA/DALI



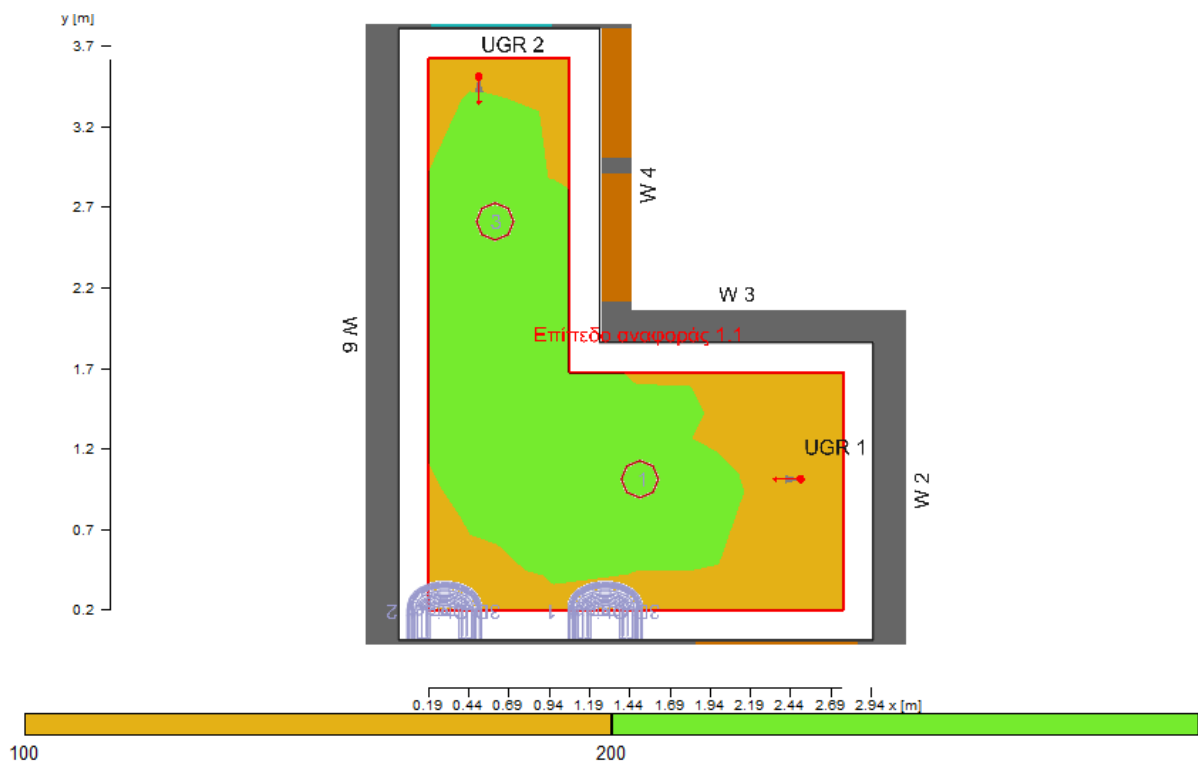
Εικόνα 56: Φωτιστικό Σώμα FRISCH-Licht ADL 2227A. 1383DA/DALI

Αποδοτικότητα	Ισχύς	Φωτεινή Ροή	Πλήθος Λαμπτήρων	Διαστάσεις (mm)
100%	12 W	1300 lm	1	Ø230x175

Πίνακας 35: Χαρακτηριστικά FRISCH-Licht ADL 2227A. 1383DA/DALI



Εικόνα 57: Ένταση Φυσικού Φωτισμού Νιπτήρων



Εικόνα 58: Ένταση Φωτισμού Νιπτήρων

Τιμές Φωτομετρικών Μεγεθών			
	Επιδιωκόμενη Τιμή	Επιτευχθείσα Τιμή	
Μέσος Φωτισμός	$> = 200 \text{ lx}$	222 lx	
Ομοιομορφία	$> = 0.60$	0.89	
Μέση Λαμπρότητα	W1	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	29.6 cd/m <sup>2</sup>
	W2	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	26 cd/m <sup>2</sup>
	W3	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	29.2 cd/m <sup>2</sup>
	W4	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	37.5 cd/m <sup>2</sup>
	W5	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	33.5 cd/m <sup>2</sup>
	W6	$20 < L_{av} < 80 \text{ cd/m}^2$	30.7 cd/m <sup>2</sup>
	Πατώματος	$10 < L_{av} < 30 \text{ cd/m}^2$	21.7 cd/m <sup>2</sup>
Οροφής	$20 < L_{av} < 200 \text{ cd/m}^2$	21.5 cd/m <sup>2</sup>	
Θάμβωση	Παρατηρητής 1	$< 28$	$< 10$
	Παρατηρητής 2	$< 28$	$< 10$
Κατανάλωση	$< 6,4 \text{ Watt/m}^2$	3,04 W/m <sup>2</sup>	
Ενεργειακή απόδοση	$> 60 \text{ lm/Watt}$	108 lm/W	
Τοποθετημένη Ισχύς	12 W		

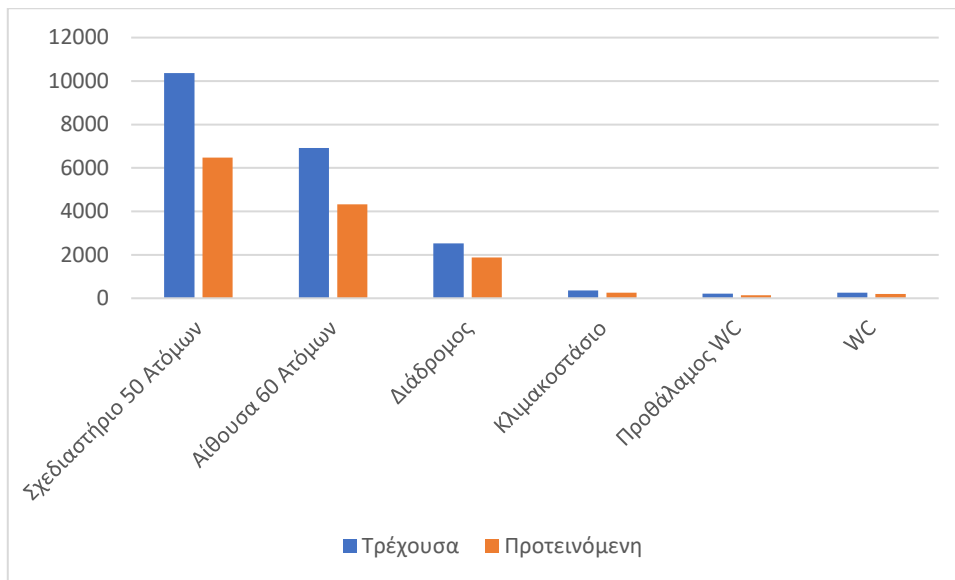
Πίνακας 36: Επιτευχθείσες Τιμές Νιπτήρων

### 7.1.3 Συμπεράσματα

Μόνο με αντικατάσταση των λαμπτήρων με νέας τεχνολογίας LED επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 35%. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η παρούσα εγκατεστημένη ισχύς στο σχεδιαστήριο 50 ατόμων ανέρχεται σε 1728W ήτοι 10,42W/m<sup>2</sup>, ενώ με την προτεινόμενη μελέτη η εγκατεστημένη ισχύς μειώνεται σε 1080W ήτοι 6,51W/m<sup>2</sup>. Αντίστοιχα στην αίθουσα 60 ατόμων η εγκατεστημένη ισχύς μειώνεται από 1152W ήτοι 10,27W/m<sup>2</sup> σε 720W ήτοι 6,42W/m<sup>2</sup>. Συνολικά η ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας μειώνεται κατά 2,65W/m<sup>2</sup>.

Επιπρόσθετα σε κάθε αίθουσα διδασκαλίας θα τοποθετηθούν αισθητήρες για εκμετάλλευση φυσικού φωτισμού ώστε οι σειρές λαμπτήρων που βρίσκονται πλησίον των παραθύρων να απενεργοποιούνται, αισθητήρες κίνησης για ανίχνευση παρουσίας προσωπικού, ενώ όλοι οι λαμπτήρες που επιλέχθηκαν έχουν δυνατότητα ρύθμισης φωτεινότητας (dimnable). Με βάση αυτό η εξοικονόμηση δύναται να ανέλθει σε ποσοστό 40% - 45% σε σχέση με την υπάρχουσα κατάσταση.

Το κόστος αντικατάστασης των λαμπτήρων, εγκατάστασης αισθητήρων κίνησης και φυσικού φωτισμού ανέρχεται σε 55.000€.



Εικόνα 59 Σύγκριση Καταναλώσεων Φωτισμού

## 7.2 Θερμομόνωση Κτιριακού Κελύφους

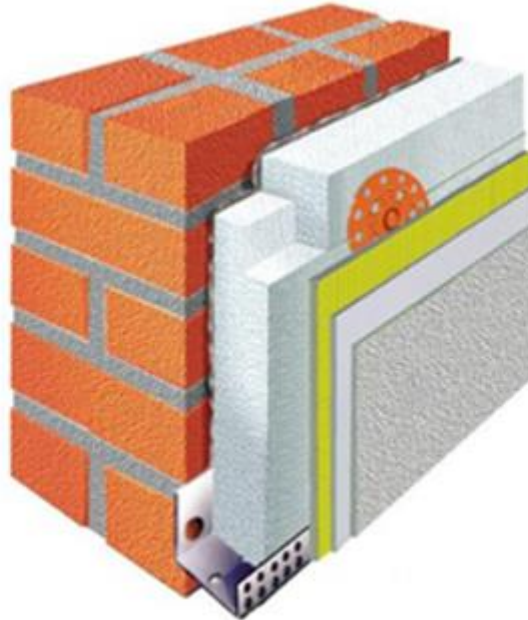
Η θερμική προστασία του κελύφους είναι η βασική προϋπόθεση για τη θερμική συμπεριφορά ενός κτιρίου. Οι θερμικές απώλειες μέσα από ένα κτίριο προκαλούνται από τη μετάδοση θερμότητας του αέρα ενός εσωτερικού χώρου προς την ατμόσφαιρα ή προς τους ψυχρότερους γειτονικούς χώρους ή και αντίστροφα. Με την θερμομόνωση ενός κτιρίου επιδιώκεται να μειωθεί ο χρόνος ανταλλαγής της θερμότητας μέσα από τα τοιχώματα.

Ένα άλλο σημαντικό τμήμα του κτιριακού κελύφους που συμβάλει ως και 30% στην θερμική απώλεια είναι οι θερμογέφυρες που εκείνα τα τμήματα του κτιριακού κελύφους έχουν σημαντική μείωση της θερμικής αντίστασης των δομικών στοιχείων. Ο βασικότερος τομέας επέμβασης στα κτίρια υφιστάμενα και νέα είναι το κτιριακό κέλυφος για την αποδοτικότερη θερμομόνωση τους. Τα συνήθη θερμομονωτικά υλικά εμποδίζουν την αγωγή θερμότητας από τα κτίρια προς το εξωτερικό περιβάλλον και αντίστροφα το καλοκαίρι, επειδή περιέχουν ακίνητο αέρα παγιδευμένο είτε σε ίνες είτε σε κλειστές κυψελίδες. Η εξωτερική θερμομόνωση αποτελεί τον πιο αποτελεσματικό τρόπο μόνωσης του κτιριακού κελύφους καθώς και το βέλτιστο τρόπο ελαχιστοποίησης των θερμογεφυρών.

Όπως προαναφέρθηκε το κτίριο κατασκευάστηκε το 1999, επομένως ως προς την έκδοση της οικοδομικής του άδειας εμπίπτει στην 2<sup>η</sup> κατηγορία. Όπως αποτυπώνεται στα αρχιτεκτονικά σχέδια, στο ευνοϊκό για το κτίριο σενάριο, αυτό φέρει θερμομόνωση 5 εκ και έτσι εμπίπτει στην κατηγορία ανεπαρκούς θερμομονωτικής προστασίας κατά τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων (Κ.Θ.Κ.). Επομένως ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U$  για επιφάνειες σε επαφή με τον αέρα για στοιχείο φέροντος οπλισμένου σκυροδέματος (Ο/Σ) επιχρισμένο και από τις 2 όψεις λαμβάνεται ίσος με 1, ενώ αντίστοιχα για μπατική οπτοπλινθοδομή επιχρισμένη και από τις 2 όψεις λαμβάνεται ίσο με 0,85. Για δε το δώμα θεωρείται είναι συμβατικό και λαμβάνεται ίσο με 0,95.

Για να επιτευχθούν οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας του πίνακα 3.4α της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017, δηλαδή μέγιστη τιμή  $U = 0,5$  για τους εξωτερικούς τοίχους σε επαφή

με τον εξωτερικό αέρα και μέγιστη τιμή  $U = 0,45$  για την οροφή, θα πρέπει να αυξήσουμε τη συνολική θερμική αντίσταση  $R_{ολ}$  των δομικών υλικών, μειώνοντας έτσι το συντελεστή θερμοπερατότητας. Η συνήθης μέθοδος είναι η προσθήκη εξωτερικής θερμοπρόσοψης στο κέλυφος με υλικά χαμηλού συντελεστή θερμοχωρητικότητας, όπως μονωτικό υλικό διογκωμένης πολυστερίνης με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda = 0,0430 \text{ W/mK}$ , πάχος  $L = 7 \text{ cm}$ , πυκνότητα  $P = 91 \text{ kg/m}^3$  και θερμική αντίσταση  $R = 1,62 \text{ m}^2\text{K/W}$ .



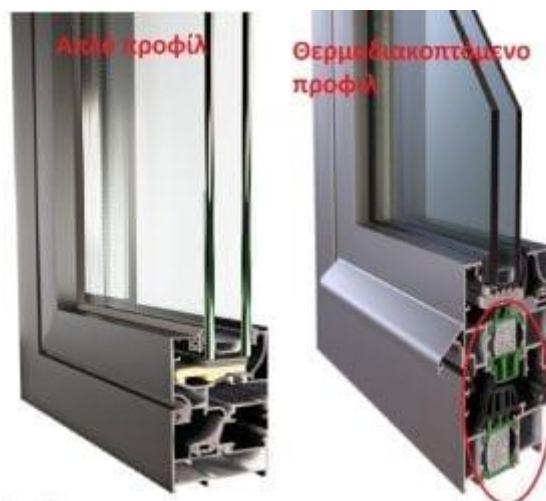
*Εικόνα 60: Απεικόνιση Εφαρμογής Θερμοπρόσοψης*

Στην τοιχοποιία του κτιρίου, εφόσον αρχικά αποξηλωθεί ο παλιός σοβάς, θα τοποθετηθούν οι μονωτικές πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης οι οποίες θα αγκυρωθούν στην φέρουσα τοιχοποιία με ειδικά βύσματα. Έπειτα θα τοποθετηθεί ένα πλέγμα ενίσχυσης το οποίο θα βοηθήσει το σοβά που θα τοποθετηθεί μετά από αυτό ν' αποκτήσει μεγαλύτερη αντοχή και ελαστικότητα με το πέρασμα του χρόνου, ενώ παράλληλα θα περιορίσει τυχόν ρωγμές λόγω διαστολών - συστολών. Τέλος μετά από το σοβάτισμα του τοίχου θα εφαρμοστεί ελαιοχρωματισμός του τοίχου.

Οι αδιαφανείς κατακόρυφες επιφάνειες του κτιρίου υπολογίζονται περίπου σε  $1.200 \text{ m}^2$ . Λαμβάνοντας υπόψη ότι το κόστος θερμοπρόσοψης ανέρχεται σε  $35 \text{ €/m}^2$  τότε απαιτείται δαπάνη ποσού  $42.000 \text{ €}$ . Αντίστοιχα, για μια πλήρη μόνωση στην οροφή με επιφάνεια  $1.300 \text{ m}^2$ , με το κόστος μόνωσης να ανέρχεται σε  $25 \text{ €/m}^2$ , απαιτείται δαπάνη  $32.500 \text{ €}$ . Επομένως συνολικά για τη θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους απαιτείται δαπάνη  $74.500 \text{ €}$ .

### **7.3 Αντικατάσταση Εξωτερικών Κουφωμάτων**

Τα κουφώματα που είναι εγκατεστημένα στο κτίριο είναι μεταλλικά πλαίσια με διπλά τζάμια και εσωτερικό διάκενο  $6 \text{ mm}$ , με ποσοστό κάλυψης πλαισίου στο  $20\%$ . Σύμφωνα με τον πίνακα 3.13α της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.-20701-1/2017 η τυπική τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας αυτών είναι  $4,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Για τα ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια θα πρέπει η μέγιστη τιμή που λαμβάνει να είναι  $3 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



Εικόνα 61: Σύγκριση Κουφωμάτων

Επομένως θα αντικαταστήσουμε τα παλαιά κουφώματα με νέας τεχνολογίας μεταλλικά πλαίσια, με διάκενο αέρα 12mm, που θα φέρουν δίδυμους υαλοπίνακες με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας, των οποίων ο συντελεστής θερμοπερατότητας θα ανέρχεται σε  $U = 2,5$ . Το κάθε παράθυρο αποτελείται από ένα σταθερό μη ανοιγόμενο μέρος και ένα ανακλινόμενο. Το μέσο κόστος αντικατάστασης κάθε κουφώματος ανέρχεται σε 640€/τεμάχιο, το οποίο σημαίνει ότι για το σύνολο του κτιρίου απαιτείται δαπάνη 38.400€.

#### 7.4 Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

Κατά το 1ο σενάριο πραγματοποιήθηκε μελέτη εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων στην οροφή του κτιρίου. Για τον υπολογισμό της συνεισφοράς ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, καταγράφονται τα απαραίτητα δεδομένα από τις τεχνικές προδιαγραφές του κατασκευαστή, καθώς και από την επιθεώρηση της εγκατάστασης, τα οποία είναι:

- Η απόδοση του Φ/Β συστήματος ή συντελεστής ηλιακής αξιοποίησης, ανάλογα τον τύπο του συστήματος: μονοκρυσταλλικό, πολυκρυσταλλικό κ.ά.
- Η εγκατεστημένη επιφάνεια των Φ/Β πλαισίων (m<sup>2</sup>)
- Οι παράμετροι θέσης εγκατάστασης, ο προσανατολισμός και η κλίση των Φ/Β

Ο μέσος ετήσιος συντελεστής αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας δείχνει τη μέση ετήσια απόδοση, με την οποία το Φ/Β μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μέση ετήσια απόδοση μιας Φ/Β εγκατάστασης συνεκτιμάται από:

- Την ονομαστική απόδοση των Φ/Β στοιχείων που δίνει ο κατασκευαστής και αναφέρεται σε συνθήκες εργαστηρίου, δηλαδή σε ένταση ηλιακής ακτινοβολίας 1000 W/m<sup>2</sup> και θερμοκρασία Φ/Β στοιχείου συνήθως 25°C
- Τις πιθανές απώλειες εγκατάστασης λόγω παλαιότητας των Φ/Β στοιχείων
- Τη συνολική ονομαστική απόδοση της Φ/Β εγκατάστασης
- Τις πιθανές απώλειες εγκατάστασης λόγω κακής συντήρησης, υψηλών θερμοκρασιών περιοχής, κακού αερισμού των Φ/Β στοιχείων κ.ά.



Ο μέγιστος βαθμός απόδοσης σύμφωνα με τον πίνακα 5.12 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.-20701-1/2017, για επιλογή πολυκρυσταλλικών Φ/Β, είναι 19%. Λαμβάνοντας υπόψη την ετήσια απομείωση 1% αλλά και τις απώλειες 5% λόγω συνδέσεων με βοηθητικά συστήματα, τίθεται βαθμός απόδοσης  $\eta=15\%$ .

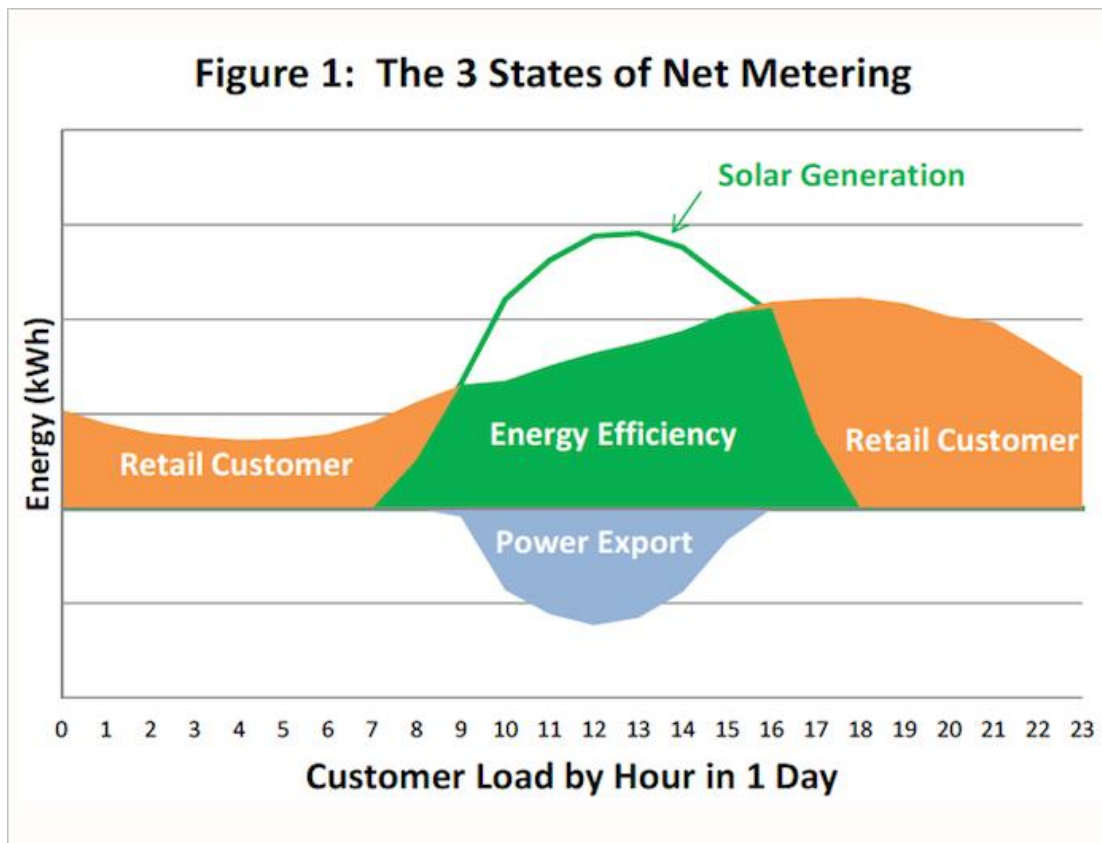
Ο προσανατολισμός (αζιμούθιο  $\gamma$ ) τοποθέτησης του Φ/Β στοιχείου είναι η απόκλιση του από τον νότο της περιοχής εγκατάστασης. Ο βέλτιστος προσανατολισμός για τα Φ/Β που είναι εγκατεστημένα στο βόρειο ημισφαίριο είναι ο νότιος, ήτοι  $\gamma=180^\circ\pm 5^\circ$ . Το υπόψη κτίριο έχει απόκλιση  $45^\circ$  δυτικά ως προς το νότο, άρα δεν είναι δυνατή η πλήρης εκμετάλλευση της διαθέσιμης επιφάνειάς του.

Η κλίση  $\beta$  του Φ/Β στοιχείου ορίζεται ως προς το οριζόντιο επίπεδο εγκατάστασης και απαιτείται για τον υπολογισμό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει επάνω στο Φ/Β. Σύμφωνα με τον πίνακα 5.13 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.-20701-1/2017 επιλέγεται η γωνία κλίσης τους ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος στο οποίο εγκαθίστανται, και για ετήσια περίοδο για την περιοχή της Αθήνας είναι  $\beta=28^\circ$ .

Ο συντελεστής σκίασης, είναι ο διορθωτικός συντελεστής για τη μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας, λόγω της σκίασης που προκαλείται από τον περιβάλλοντα χώρο στην επιφάνεια των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Στην περίπτωση μας δεν τίθεται θέμα σκίασης, άρα ο συντελεστής  $F_s = 1$ .

Μετά από έρευνα αγοράς, επιλέχθηκε η εγκατάσταση πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών πανελ διαστάσεων  $164*99,80*4\text{cm}$  και ονομαστικής ισχύος  $0,27\text{ kW}$ . Συνεπώς, η συνολική ισχύς που υπολογίζεται ανέρχεται στα  $89,1\text{ kW}$ . Λαμβάνοντας υπόψη το κόστος αγοράς αλλά και εγκατάστασης των Φ/Β, το συνολικό κόστος ανά  $\text{m}^2$  εκτιμήθηκε περί τα  $450\text{ €/m}^2$ , επομένως απαιτείται δαπάνη ύψους  $243.450\text{€}$ .

Λαμβάνοντας υπόψη ότι το κτίριο δεν λειτουργεί τους θερινούς μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, κατά τους οποίους έχουμε τη μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, ο συμψηφισμός διαφαίνεται ως η αποδοτικότερη λύση. Για την κατανόηση του net metering, είναι σημαντικό να καταλάβουμε πώς ακριβώς λειτουργεί ένα σύστημα διεσπαρμένης παραγωγής που ανήκει στο πελάτη. Οπότε λαμβάνουμε την περίπτωση ενός οικιακού καταναλωτή που έχει εγκαταστήσει ένα φωτοβολταϊκό. Κατά τη διάρκεια της ημέρας ένα φωτοβολταϊκό σύστημα υπό το net metering θα λειτουργεί σε μία από τις τρεις διαφορετικές καταστάσεις, που παρατηρούμε στο σχήμα στο οποίο απεικονίζεται ένα ωριαίο πρότυπο παραγωγής και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ενός οικιακού καταναλωτή. Η πορτοκαλί περιοχή αντιπροσωπεύει την ενέργεια που καταναλώνεται από τον πελάτη, ενώ η πράσινη καμπύλη δείχνει την ενέργεια που παράγεται από τους ηλιακούς συλλέκτες.



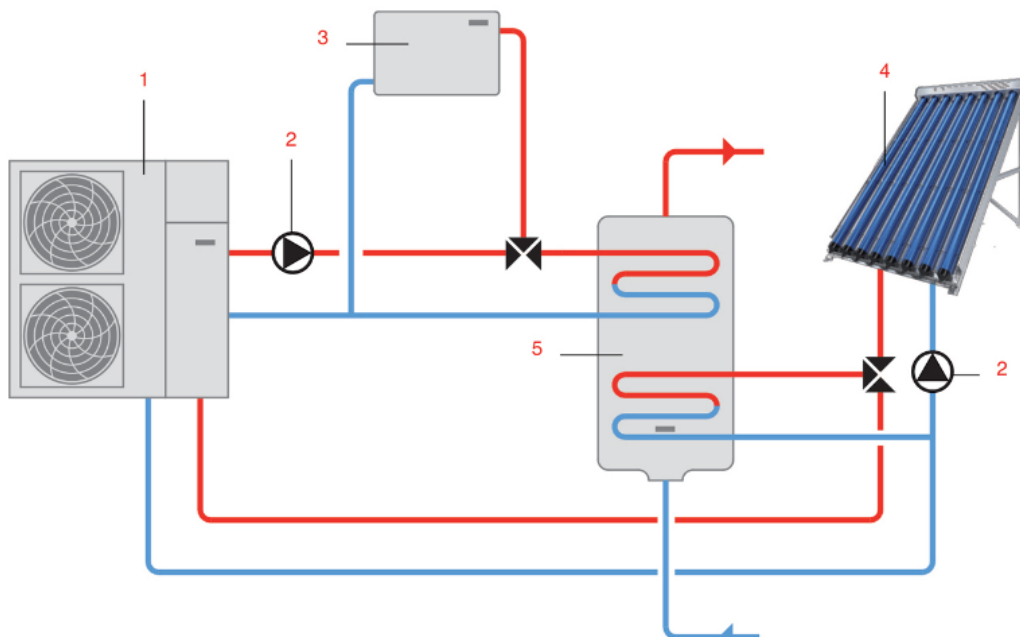
*Εικόνα 62: Τρεις Καταστάσεις του Net Metering*

Οι τρεις διαφορετικές καταστάσεις είναι:

- Το «στάδιο του πελάτη λιανικής»: Ο ήλιος είναι κάτω και δεν υπάρχει παραγωγή από το φωτοβολταϊκό. Όλη η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται, ρέει στο σπίτι από το δίκτυο. Ο πελάτης είναι ένας κανονικός πελάτης της επιχείρησης ηλεκτρισμού.
- Το «στάδιο της ενεργειακής αποδοτικότητας»: Ο ήλιος είναι ψηλά και υπάρχει κάποια παραγωγή από το φωτοβολταϊκό, αλλά όχι αρκετή για να εξυπηρετήσει το σύνολο του στιγμιαίου φορτίου του ιδιοκτήτη του σπιτιού. Εδώ ο πελάτης εξυπηρετείται τόσο με την ενέργεια από το φωτοβολταϊκό σύστημα, όσο και με την ενέργεια που ρέει από το δίκτυο. Σε αυτή την κατάσταση, η ηλιακή διεσπαρμένη παραγωγή χρησιμεύει ως μέσο για τη μείωση του φορτίου του πελάτη στο δίκτυο, ακριβώς όπως για παράδειγμα και ένα πιο αποτελεσματικό κλιματιστικό, ψυγείο ή άλλο μέτρο ενεργειακής αποδοτικότητας. Καθόλου ποσότητα ηλιακής παραγωγής δε ρέει προς το δίκτυο της επιχείρησης ηλεκτρισμού.
- Το «στάδιο της εξαγωγής ενέργειας»: Ο ήλιος είναι ψηλά και η φωτοβολταϊκή παραγωγή υπερβαίνει τη στιγμιαία κατανάλωση του πελάτη. Σε αυτή την κατάσταση, η ηλιακή ενέργεια ρέει μέσα στο σπίτι για να εξυπηρετήσει ολόκληρο το φορτίο του καταναλωτή, με την περίσσεια ενέργεια να ρέει πίσω στο δίκτυο. Η ενέργεια αυτή θα εξυπηρετήσει γειτονικά φορτία με 100% ανανεώσιμη ενέργεια, εκτοπίζοντας την ενέργεια που η επιχείρηση διαφορετικά θα έπρεπε να παράγει σε μια μακρινή μονάδα παραγωγής ενέργειας και να τη διανέμει στην εν λόγω περιοχή μέσω του συστήματος μεταφοράς και διανομής.

## 7.5 Αποθήκευση Θερμότητας με Ηλιακούς Συλλέκτες

Ο Συνδυασμός ηλιοθερμικού συστήματος και αντλίας θερμότητας για θέρμανση & ζεστό νερό χρήσης αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα υβριδικής λειτουργίας δύο συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το ηλιακό θερμικό σύστημα παρέχει θερμότητα σε μια δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού (boiler), η οποία, όταν απαιτείται, θερμαίνεται επίσης από την αντλία θερμότητας που παρέχει επίσης την απαιτούμενη θέρμανση στους χώρους.



Εικόνα 63: Ενδεικτικό Διάγραμμα Λειτουργίας Ηλιοθερμικού Συστήματος

Η βασική αρχή της λειτουργίας της ηλιακής θέρμανσης, η οποία συχνά συναντάται και με την ονομασία «Ηλιακή υποβοήθηση θέρμανσης» λόγω του ότι λειτουργεί υποστηρικτικά, είναι η τοποθέτηση συστοιχίας συλλεκτών στην ταράτσα ή τη στέγη του κτιρίου, οι οποίοι ζεσταίνουν νερό. Το ζεστό νερό στη συνέχεια, αποθηκεύεται σε ένα θερμοδοχείο (boiler) και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την ενίσχυση της θέρμανσης του κτιρίου. Επίσης το σύστημα αυτό παράγει και ζεστό νερό χρήσης.

Ένα τέτοιο σύστημα, δεδομένου ότι η απόδοσή του εξαρτάται από τις συνθήκες ηλιοφάνειας, μπορεί να συμβάλει στο μέγιστο βαθμό κατά την αρχή και το τέλος της χειμερινής περιόδου (Οκτώβριο, Νοέμβριο, Μάρτιο, Απρίλιο) όταν οι ημέρες και οι ώρες ηλιοφάνειας είναι πολλές και οι ανάγκες της λειτουργίας του κεντρικού συστήματος θέρμανσης είναι μικρές, ενώ οι απώλειες λειτουργίας και αδράνειας του είναι σημαντικές.

Στο υπάρχον κτίριο, μελετήθηκε η εγκατάσταση επιλεκτικών συλλεκτών για την υποβοήθηση θέρμανσης των χώρων κατά τους χειμερινούς μήνες. Σύμφωνα με την παράγραφο 6.3.1.1 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.-20701-1/2017 ο προσανατολισμός των συλλεκτών πρέπει να είναι νότιος με απόκλιση  $\pm 5^\circ$ , ενώ ως γωνία κλίσης επιλέχθηκε  $\beta=50^\circ$ , αφού το σύστημα θα προορίζεται για χειμερινή χρήση (γεωγραφικό πλάτος  $+15^\circ$ ). Το κόστος εγκατάστασης ανέρχεται περί τα 250€/m<sup>2</sup>, οπότε ανέρχεται σε 100.000€.

## **8 Κεφάλαιο 8: Ενεργειακή Κατάταξη & Αναβάθμιση Κτιρίου**

### **8.1 Λογισμικό TEE KENAK**

Το ειδικό λογισμικό TEE-KENAK αναπτύχθηκε από την Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας, του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (IEΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στο πλαίσιο του προγράμματος συνεργασίας με το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ).

Πραγματοποιήθηκε με τη συμβολή μεγάλου αριθμού εξειδικευμένων επιστημόνων αλλά και απλών χρηστών και έγινε προσπάθεια ενσωμάτωσης όλο και περισσότερων παρατηρήσεων από την πιλοτική διάθεσή του, προκειμένου για την αναβάθμιση και βελτίωση του και πλέον αποτελεί ένα κοινό σημείο αναφοράς για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων στην Ελλάδα.

Το λογισμικό αυτό εφαρμόζει τους απαραίτητους αλγόριθμους για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, βασιζόμενο στην μεθοδολογία Ευρωπαϊκών προτύπων (ΕΛΟΤ EN ISO 13790, κ.α.) καθώς και στα σχετικά εθνικά πρότυπα και στις αντίστοιχες Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

Στο λογισμικό εισάγονται δεδομένα σχετικά με τα γεωμετρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους (θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών στοιχείων, σκιάσεις κ.α.), καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των απαραίτητων Η/Μ εγκαταστάσεων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης / ενεργειακής κατάταξης του κτηρίου. Τα δεδομένα και τα αποτελέσματα των υπολογισμών, εκτυπώνονται σε αντίστοιχες αναφορές του λογισμικού.

Το λογισμικό δεν υποστηρίζει τις μελέτες σχεδιασμού του κτηρίου (π.χ. αρχιτεκτονική μελέτη, μελέτη θέρμανσης, κλιματισμού και λοιπών Η/Μ εγκαταστάσεων), που υποβάλλονται για τα νέα κτήρια και οι οποίες πρέπει να προηγηθούν και είναι απαραίτητες για τους υπολογισμούς της Ενεργειακής Απόδοσης του κτηρίου. Μέσω των τελικών μελετών σχεδιασμού τεκμηριώνεται η εφαρμογή ή η αδυναμία εφαρμογής (στο βαθμό που αυτό επιτρέπεται) των ελάχιστων προδιαγραφών (σχεδιασμός κτηρίου, κτηριακού κελύφους και Η/Μ εγκαταστάσεων) για τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια όπως ορίζονται στο άρθρο 8 του KENAK. Η τεκμηρίωση εφαρμογής ή αδυναμίας εφαρμογής των ελάχιστων προδιαγραφών θα πρέπει να αναφέρονται - περιγράφονται στο τεύχος της μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης, όπως ορίζεται στο άρθρο 11 του KENAK.

Το λογισμικό TEE-KENAK χρησιμοποιείται για την διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης, προκειμένου για τον υπολογισμό ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξης των κτηρίων, με σκοπό την έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης - ΠΕΑ. Επίσης χρησιμοποιείται στο στάδιο σύνταξης και υποβολής Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης και μόνο για τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξης του κτηρίου, προκειμένου να υπάρχει κοινή μεθοδολογία και αντιστοιχία των αποτελεσμάτων της μελέτης με εκείνα της ενεργειακής επιθεώρησης μετά την ολοκλήρωση κατασκευής του κτηρίου.

## 8.1.1 Καταχώρηση Στοιχείων

Αρχικά έγινε η καταχώρηση όλων παραμέτρων του κτιρίου στο πρόγραμμα. Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται ενδεικτικά στιγμιότυπα από την εκτέλεση του λογισμικού.

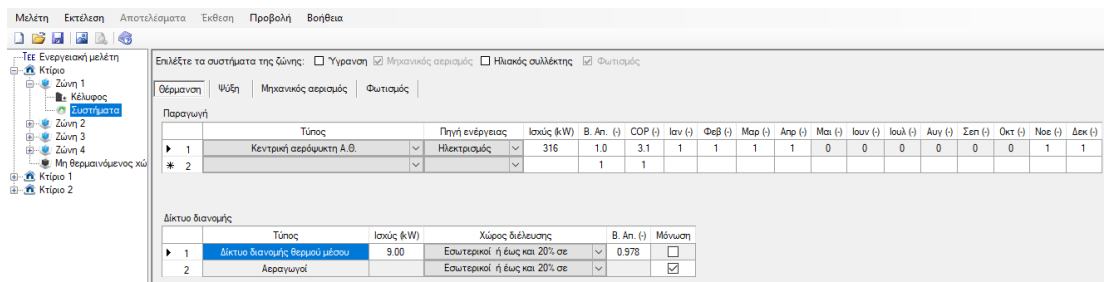
Εικόνα 64: Καρτέλα δήλωσης γενικών στοιχείων κτιρίου

Τύπος	Περιγραφή	$\gamma$ (deg)	$\beta$ (deg)	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	a' (°)	e' (°)	F <sub>hor_h</sub> (-)	F <sub>hor_c</sub> (-)	F <sub>ov_h</sub> (-)	F <sub>ov_c</sub> (-)	F <sub>fin_h</sub> (-)	F <sub>fin_c</sub> (-)
1	Ταίχος	Προς διάδρομο (0/Σ)	45	90	40.18	1	0.4	0.8	0	0	1.0	1.0	1.0
2	Ταίχος	Προς διάδρομο (0/Π)	45	90	183.03	0.85	0.4	0.8	0	0	1.0	1.0	1.0
3	Ταίχος	ΒΔ όψη (0/Σ)	315	90	6.55	1	0.4	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	Ταίχος	ΒΔ όψη (0/Π)	315	90	29.84	0.85	0.4	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5	Ταίχος	ΝΑ όψη (0/Σ)	135	90	6.55	1	0.4	0.8	0.95	0.97	1.0	1.0	1.0
6	Ταίχος	ΝΑ όψη (0/Π)	135	90	29.84	0.85	0.4	0.8	0.95	0.97	1.0	1.0	1.0
7	Ταίχος	Εξωτ. ταίχος (0/Σ)	225	90	31.11	1	0.4	0.8	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0
8	Ταίχος	Εξωτ. ταίχος (0/Π)	225	90	141.70	0.85	0.4	0.8	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0
9	Πόρτα	Αλουμίνα	45	90	2.5	1.35	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	Πόρτα	Αλουμίνα	45	90	2.5	1.35	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
11	Πόρτα	Αλουμίνα	45	90	2.5	1.35	0.80	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
12	Πόρτα	Αλουμίνα	45	90	2.5	1.35	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
13	Πόρτα	Αλουμίνα	45	90	2.5	1.35	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
14	Πόρτα	Αλουμίνα	45	90	2.5	1.35	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	Πόρτα	Αλουμίνα	45	90	2.5	1.35	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Θερμογέφυρες		ΣΨ (W/K)											
1	συνολικός θερμογέφυρας	68.09											

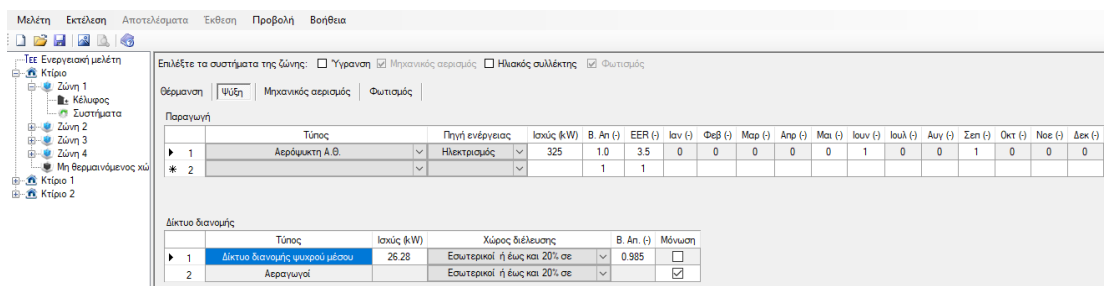
Εικόνα 65: Καρτέλα δήλωσης στοιχείων αδιαφανών επιφανειών ΘΖ1.

Τύπος	Περιγραφή	$\gamma$ (deg)	$\beta$ (deg)	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	Τύπος ανοίγματος	U (W/m <sup>2</sup> K)	g <sub>w</sub> (-)	F <sub>hor_h</sub> (-)
1	Αναιγόμενο καύσιμα	225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6 mm	4.1	0.49	1.0
2	Αναιγόμενο καύσιμα	225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6 mm	4.1	0.49	1.0
3	Αναιγόμενο καύσιμα	225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6 mm	4.1	0.49	1.0
4	Αναιγόμενο καύσιμα	225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6 mm	4.1	0.49	1.0
5	Αναιγόμενο καύσιμα	225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6 mm	4.1	0.49	1.0
6	Αναιγόμενο καύσιμα	225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6 mm	4.1	0.49	1.0
7	Αναιγόμενο καύσιμα	225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6 mm	4.1	0.49	1.0
8	Αναιγόμενο καύσιμα	225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6 mm	4.1	0.49	1.0
9	Αναιγόμενο καύσιμα	225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6 mm	4.1	0.49	1.0
10	Αναιγόμενο καύσιμα	225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6 mm	4.1	0.49	1.0
11	Αναιγόμενο καύσιμα	225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6 mm	4.1	0.49	1.0
12	Αναιγόμενο καύσιμα	225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6 mm	4.1	0.49	1.0
13	Αναιγόμενο καύσιμα	225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6 mm	4.1	0.49	1.0
14	Αναιγόμενο καύσιμα	225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6 mm	4.1	0.49	1.0

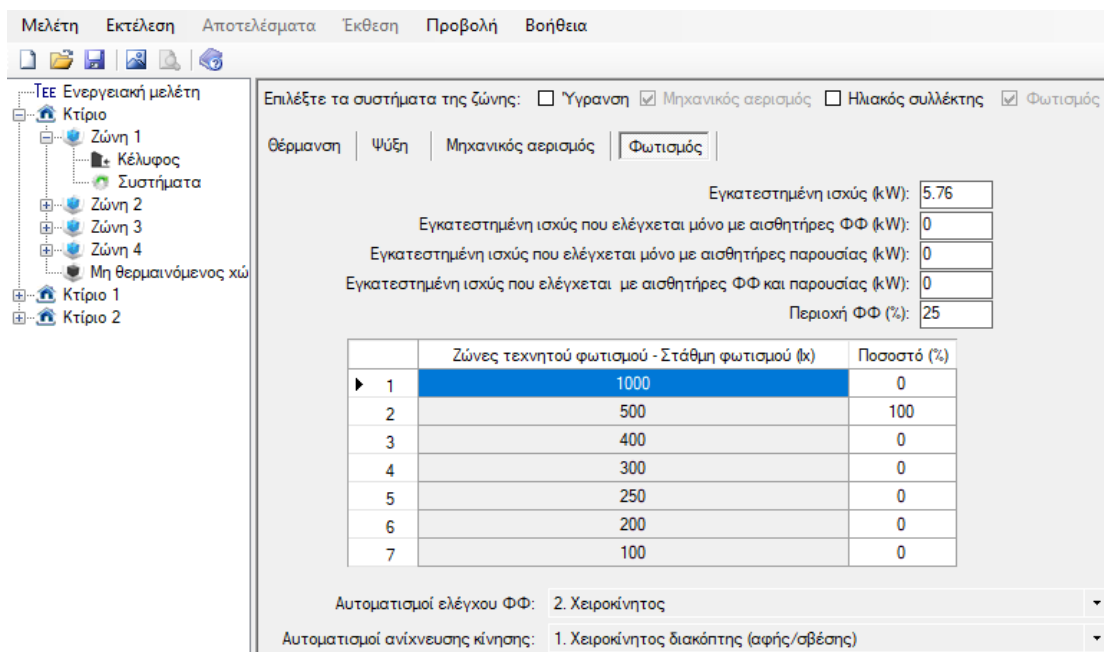
Εικόνα 66: Καρτέλα δήλωσης διαφανών επιφανειών.



Εικόνα 67: Καρτέλα δήλωσης συστημάτων θέρμανσης ΘΖΙ



Εικόνα 68: Καρτέλα δήλωσης συστημάτων ψύξης ΘΖΙ

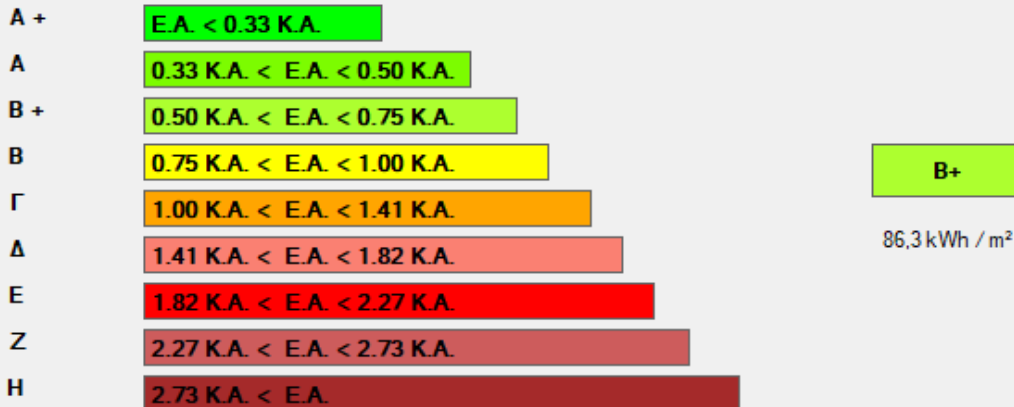


Εικόνα 69: Καρτέλα δήλωσης στοιχείων φωτισμού.

Κατόπιν καταχώρησης των δεδομένων προκύπτουν τα αποτελέσματα μελέτης και η ενεργειακή κατάταξη του υπόψη κτιρίου στην κατηγορία B+.

Ενεργειακή κατηγορία

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης



Ενεργειακά μη αποδοτικό

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m<sup>2</sup>)

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο
▶	Θέρμανση	21,1	12,9
	Ψύξη	26,0	14,5
	ZNX	0,0	0,0
	Φωτισμός	95,7	58,9
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0
	Σύνολο	142,8	86,3
	Κατάταξη	-	B+

Εικόνα 70: Αρχική Ενεργειακή Κλάση Κτιρίου

### 8.1.2 1<sup>ο</sup> Σενάριο Βελτιώσεων

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος		Διαφανείς επιφάνειες								
Εισάγονται τα δεδομένα για τις αδιαφανείς επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα												
	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	a* (t)	ε* (t)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_v
▶ 1	Τοίχος	Προς διάδρομο (Ο/Σ)	45	90	40.18	0.5	0.4	0.8	0	0	1.0	
2	Τοίχος	Προς διάδρομο (ΟΠΤ)	45	90	183.03	0.45	0.4	0.8	0	0	1.0	
3	Τοίχος	ΒΔ όψη (Ο/Σ)	315	90	6.55	0.5	0.4	0.8	1.0	1.0	1.0	
4	Τοίχος	ΒΔ όψη (ΟΠΤ)	315	90	29.84	0.45	0.4	0.8	1.0	1.0	1.0	
5	Τοίχος	ΝΑ όψη (Ο/Σ)	135	90	6.55	0.5	0.4	0.8	0.95	0.97	1.0	
6	Τοίχος	ΝΑ όψη (ΟΠΤ)	135	90	29.84	0.45	0.4	0.8	0.95	0.97	1.0	
7	Τοίχος	Εξωτ. τοίχος (Ο/Σ)	225	90	31.11	0.5	0.4	0.8	0.6	0.6	1.0	
8	Τοίχος	Εξώτ. τοίχος (ΟΠΤ)	225	90	141.70	0.45	0.4	0.8	0.6	0.6	1.0	
9	Πόρτα	Αλουμίνια	45	90	2.5	4	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	
10	Πόρτα	Αλουμίνια	45	90	2.5	4	0.80	0.8	1.0	1.0	1.0	
11	Πόρτα	Αλουμίνια	45	90	2.5	4	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	
12	Πόρτα	Αλουμίνια	45	90	2.5	4	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	
13	Πόρτα	Αλουμίνια	45	90	2.5	4	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	
14	Πόρτα	Αλουμίνια	45	90	2.5	4	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	
15	Πόρτα	Αλουμίνια	45	90	2.5	4	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	

Εικόνα 71: Μείωση Συντελεστή Θερμοπερατότητας Τοιχοποιίας

Αρχικά πραγματοποιήθηκε μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας των τοιχωμάτων λόγω θερμομόνωσης του κτιριακού κελύφους καθώς και μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας των κουφωμάτων λόγω αντικατάστασης αυτών και των λαμπτήρων.

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος		Διαφανείς επιφάνειες							
Εισάγονται τα δεδομένα για τις διαφανείς επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα											
	Τύπος	Περιγραφή	$\gamma$ (deg)	$\beta$ (deg)	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	Τύπος ανοίγματος	U (W/m <sup>2</sup> K)	g <sub>w</sub> (-)	F <sub>hor</sub> h (-)		
▶ 1	Ανοιγόμενο κούφισμα		225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12 mm	2.5	0.49	1.0		
2	Ανοιγόμενο κούφισμα		225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12 mm	2.5	0.49	1.0		
3	Ανοιγόμενο κούφισμα		225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12 mm	2.5	0.49	1.0		
4	Ανοιγόμενο κούφισμα		225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12 mm	2.5	0.49	1.0		
5	Ανοιγόμενο κούφισμα		225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12 mm	2.5	0.49	1.0		
6	Ανοιγόμενο κούφισμα		225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12 mm	2.5	0.49	1.0		
7	Ανοιγόμενο κούφισμα		225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12 mm	2.5	0.49	1.0		
8	Ανοιγόμενο κούφισμα		225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12 mm	2.5	0.49	1.0		
9	Ανοιγόμενο κούφισμα		225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12 mm	2.5	0.49	1.0		
10	Ανοιγόμενο κούφισμα		225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12 mm	2.5	0.49	1.0		
11	Ανοιγόμενο κούφισμα		225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12 mm	2.5	0.49	1.0		
12	Ανοιγόμενο κούφισμα		225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12 mm	2.5	0.49	1.0		
13	Ανοιγόμενο κούφισμα		225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12 mm	2.5	0.49	1.0		
14	Ανοιγόμενο κούφισμα		225	90	3.2	Παράθυρο συνθετικού πλαισίου και διπλού υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12 mm	2.5	0.49	1.0		

Εικόνα 72: Μείωση Συντελεστή Θερμοπερατότητας Κουφωμάτων

Στη συνέχεια του σεναρίου εξετάζεται η εγκατάσταση πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών συστημάτων στην οροφή του κτιρίου. Η εισαγωγή τους γίνεται στην κεντρική καρτέλα του κτιρίου.

Γενικά		ΣΗΘ		Φωτοβολταϊκά							
	Τύπος	Συν. Α. (-)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Ισχύς (kW)	$\gamma$ (deg)	$\beta$ (deg)	F <sub>s</sub> (-)	Σύνδεση	Κόστος (€/m <sup>2</sup> )		
▶	Πολυκρυσταλλικό	0.15	541	89.1	180	28	1.0	Με συμψηφισμό	200		
*							1				

Εικόνα 73:Καρτέλα δήλωσης στοιχείων Φ/Β συστημάτων.

### 8.1.3 2<sup>ο</sup> Σενάριο Βελτιώσεων

Το σενάριο αυτό διαφοροποιείται ως προς το 1ο με την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών, έναντι ΦΒ, στην οροφή για την αποθήκευση θερμότητας και την υποβοήθηση της θέρμανσης κατά τους χειμερινούς μήνες. Η εισαγωγή αυτών πραγματοποιείται στην καρτέλα «συστήματα» κάθε ζώνης, οπότε έχει γίνει καταμερισμός της υπολογισθείσης επιφάνειας των συλλεκτών.

Επιλέξτε τα συστήματα της ζώνης: <input type="checkbox"/> Υγραση <input checked="" type="checkbox"/> Μηχανικός αερισμός <input checked="" type="checkbox"/> Ηλιακός συλλέκτης <input checked="" type="checkbox"/> Φωτισμός											
Θέρμανση		Ψύξη		Μηχανικός αερισμός		Ηλιακός συλλέκτης		Φωτισμός			
	Τύπος	Θέρμανση	ZNX	Συν. α (-)	Συν. β (-)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	$\gamma$ (deg)	$\beta$ (deg)	F <sub>s</sub> (-)	Κόστος (€/m <sup>2</sup> )	
▶ 1	Επιλεκτικός επίπεδος	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0.34	120	180	50	1.0	200	

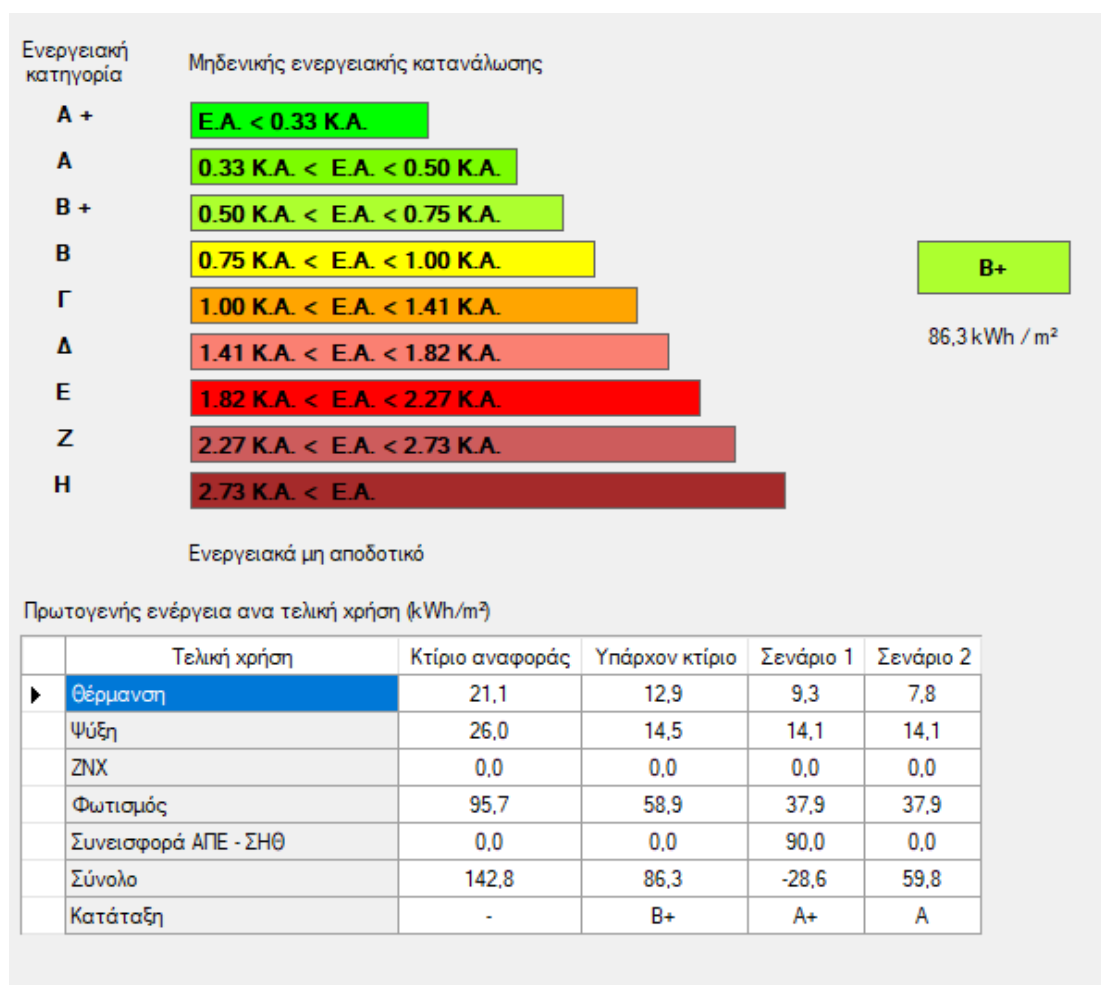
Εικόνα 74: Εισαγωγή Ηλιακών Συλλεκτών

### 8.1.4 Αποτελέσματα

Στην εικόνα που ακολουθεί βλέπουμε την ενεργειακή κατάσταση που λαμβάνει το κτίριο με βάση τις προταθείσες επεμβάσεις. Διαπιστώνουμε ότι:



- Με το 1ο σενάριο το κτίριο κατατάσσεται σε ενεργειακή κλάση A+ ενώ με το 2ο σε ενεργειακή κλάση A.
- Στο σενάριο 1 επιτυγχάνεται εξοικονόμηση 3,6kW/m<sup>2</sup> στη θέρμανση δηλαδή ποσοστό 27,9%, ενώ στο 2ο σενάριο εξοικονόμηση 39,5% σε σχέση με το αρχικό κτίριο.
- Η εξοικονόμηση λόγω αντικατάστασης λαμπτήρων φωτισμού είναι σημαντική, καθώς φτάνει τις 21kW/m<sup>2</sup> και στα 2 σενάρια, δηλαδή 35,6%.
- Η συνεισφορά των Φ/Β συστημάτων ξεπερνά την κατανάλωση του κτιρίου και αποβαίνει επικερδής στο σύνολο λόγω του συμψηφισμού με το δίκτυο ΧΤ της ΔΕΔΔΗΕ.



Εικόνα 75: Νέα Ενεργειακή Κατάταξη Κτιρίου

## 8.2 Λογισμικό EnergyPlus

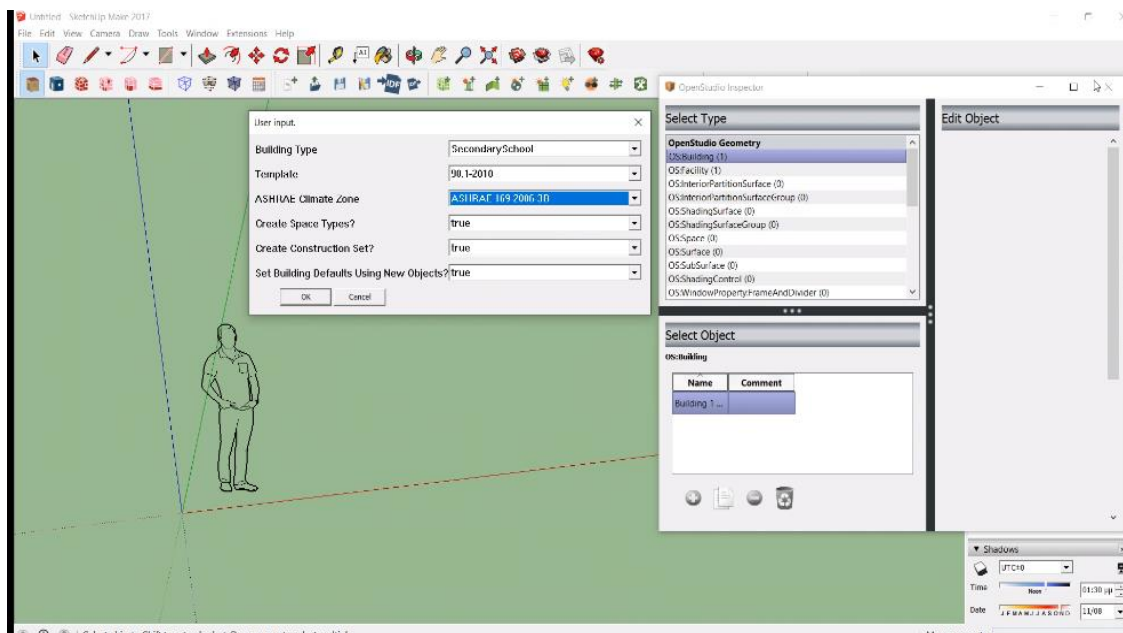
Το Energyplus είναι ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα προσομοίωσης ενεργειακής κατάταξης κτιρίων, για τη μοντελοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, εξαερισμό, φωτισμό και άλλα φορτία.

Η ανάλυση χωρίζεται σε δύο μέρη, όπου στο πρώτο μέρος πραγματοποιείται αποτύπωση στο Openstudio βάσει των σχεδίων του κτιρίου και στο δεύτερο μέρος γίνεται η ανάλυση με τη χρήση του Energyplus.

## 8.2.1 Σχεδιασμός στο Open studio και SketchUp

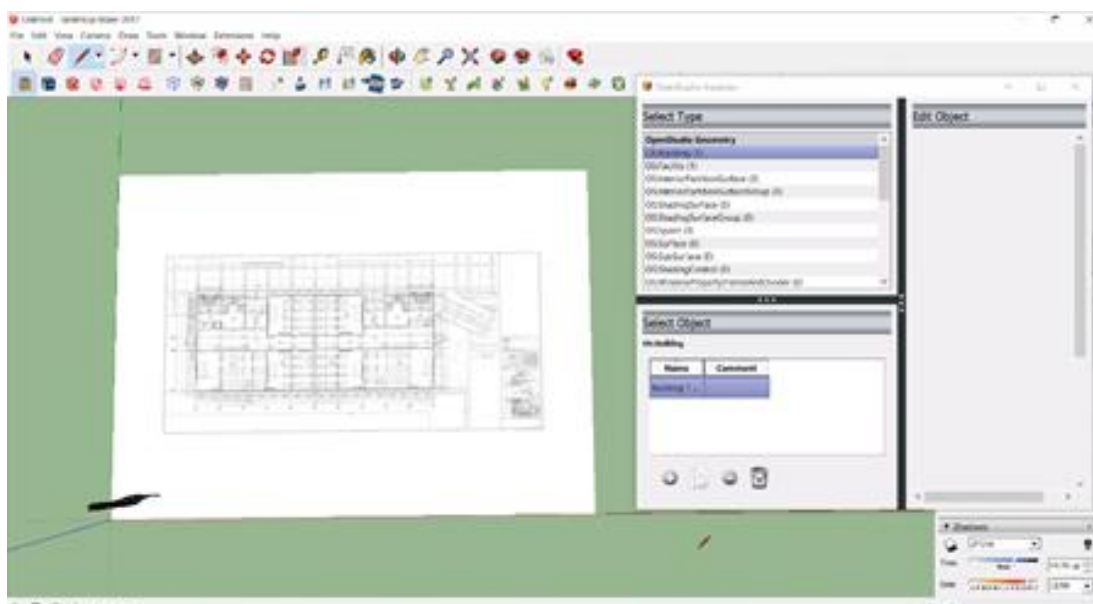
Η μελέτη ξεκινάει με τον σχεδιασμό στο Sketch up του υπό μελέτη κτιρίου με βάση την κάτοψη και τις πλάγιες όψεις του. Τα βήματα που ακολουθούνται είναι τα εξής:

Δημιουργία νέου αρχείου με την εντολή File-> new open studio, και επιλέγουμε για σχολικό κτίριο Building Type-> Secondary School.



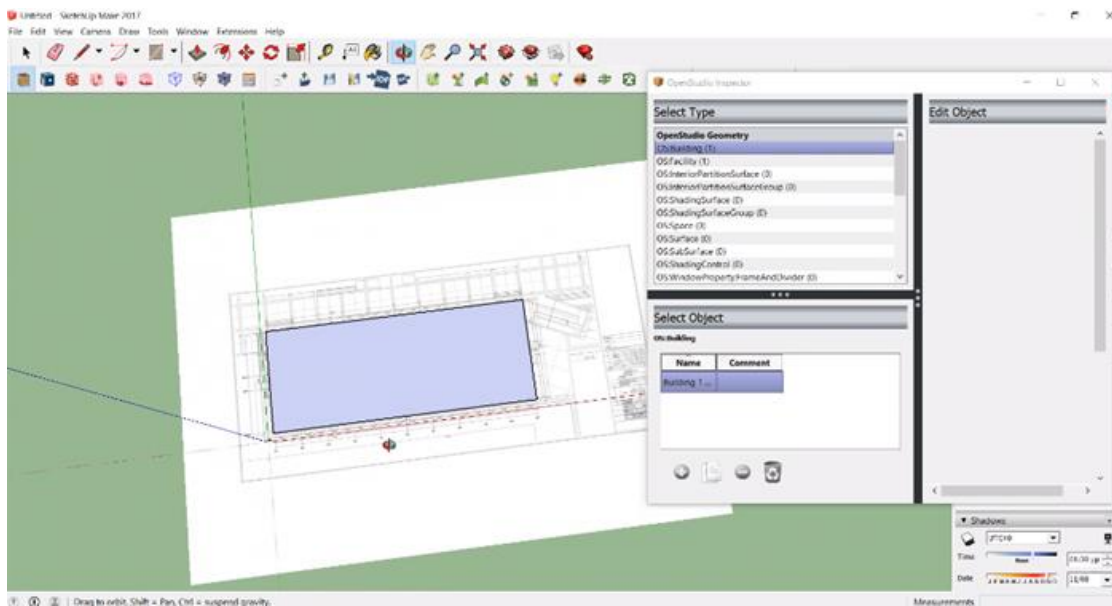
Εικόνα 76: Δημιουργία Αρχείου στο SketchUp

Εισαγωγή του σχεδίου της κάτοψης σε μορφή pdf στο πρόγραμμα Open studio, import file -> katopsi.pdf (όνομα αρχείου) για πιο εύκολο σχεδιασμό.



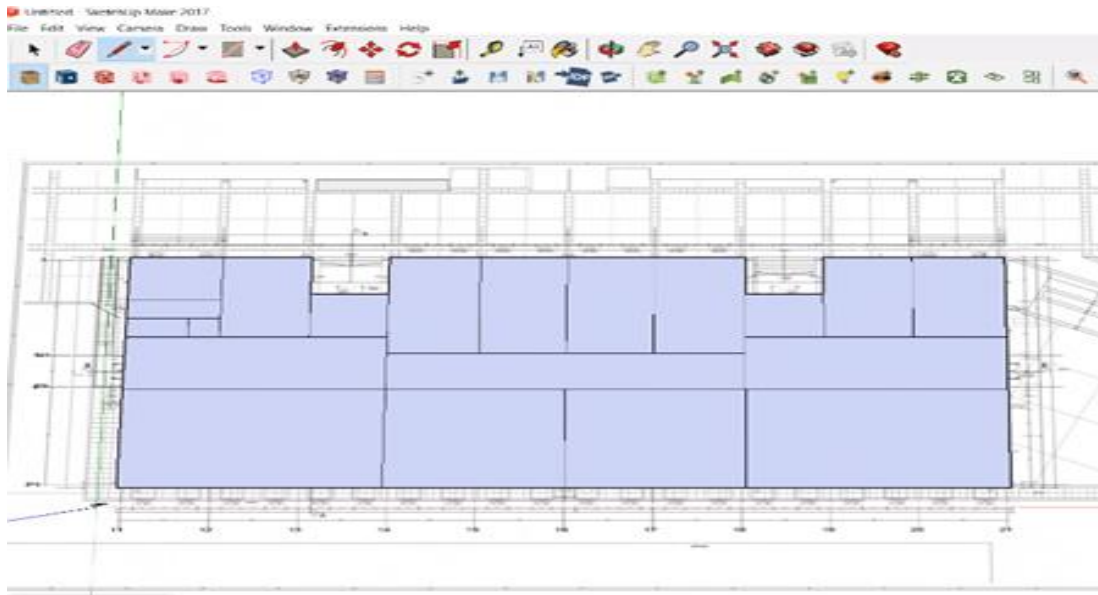
Εικόνα 77: Εισαγωγή Σχεδίου Κάτοψης

Μεγαλώνουμε τις διαστάσεις ώστε να ταυτίζονται με τις φυσικές διαστάσεις του κτιρίου (και συγκεκριμένα 59,60 (m) x 23,40 (m) και στη συνέχεια κλείνουμε το περίγραμμα.

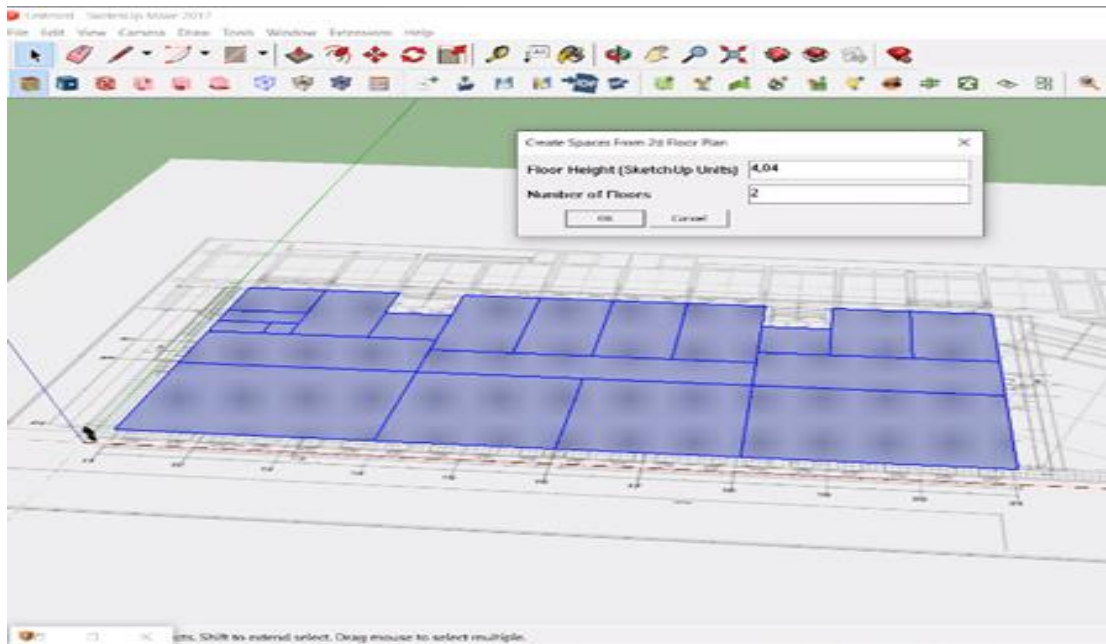


*Εικόνα 78: Προσαρμογή Διαστάσεων Κτιρίου*

Ολοκληρώνουμε τη σχεδίαση των επιμέρους χώρων με βάση τις κατόψεις, και τέλος δημιουργούμε τους δύο ορόφους. Η περίμετρος του κτιρίου (εξωτερικός χώρος) έγινε με βάση τις εξωτερικές γραμμές του τοίχου, ενώ οι αίθουσες στο μέσο του τοίχου.



*Εικόνα 79: Ολοκλήρωση Κάτοψης*

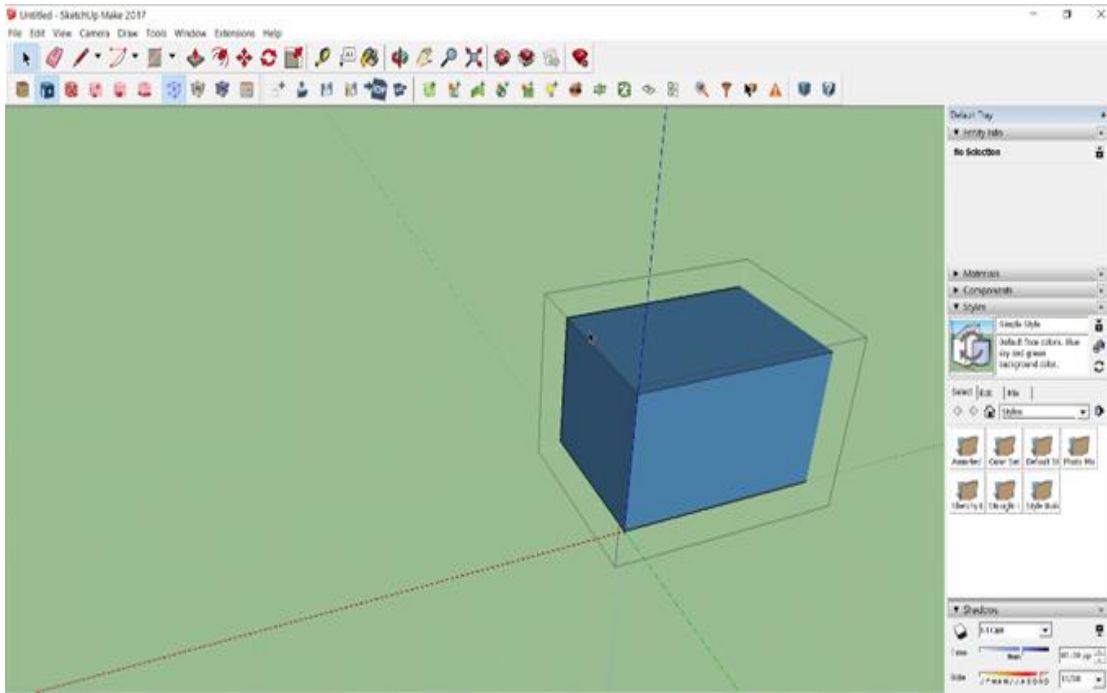


*Εικόνα 80: Δημιουργία Ορόφου*

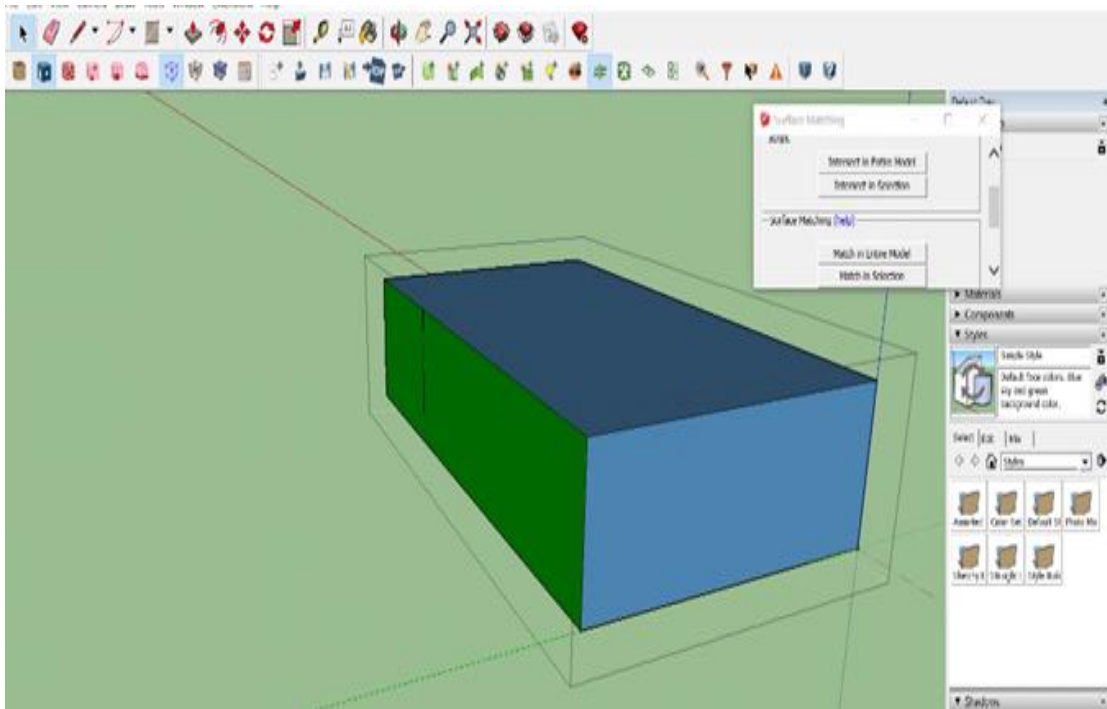


*Εικόνα 81: Δημιουργία Ορόφου*

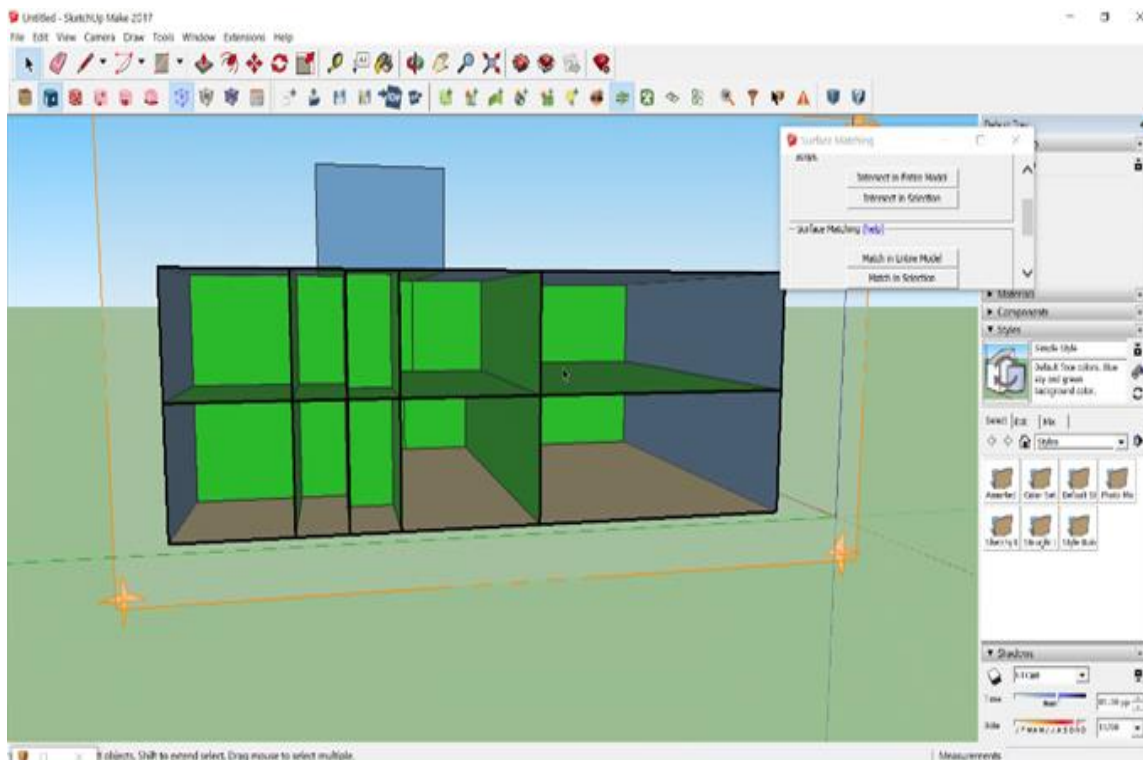
Στο πρόγραμμα οι αδιαφανείς επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον αέρα απεικονίζονται με μπλε χρώμα, ενώ οι αδιαφανείς επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με ΘΧ ή ΜΘΧ με πράσινο χρώμα. Οπότε διορθώνουμε τους εσωτερικούς τοίχους που είναι με μπλε χρώμα, για παράδειγμα για την επιφάνεια 270 η οποία είναι εσωτερική αλλά είναι με μπλε χρώμα (εικόνα 58), η διόρθωση γίνεται από την εντολή surface Matching -> Intersect in Fitting Model -> Outside Boundary Control Object -> surface 270, μετατρέποντας έτσι την επιφάνεια 270 σε εσωτερική (εικόνα 59). Με τον ίδιο τρόπο γίνονται και οι υπόλοιπες διορθώσεις (εικόνα 60).



*Εικόνα 82: Απεικόνιση Αδιαφανών Επιφανειών*

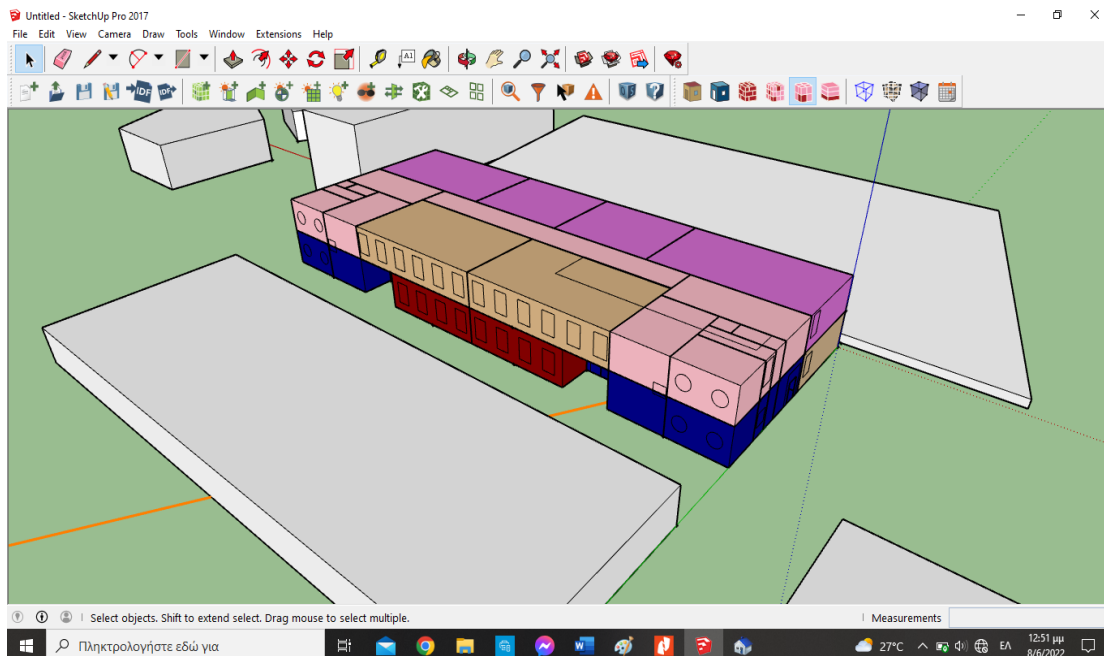


*Εικόνα 83: Διόρθωση Εσωτερικής Τοιχοποιίας*



*Εικόνα 84: Μορφή Εσωτερικής Τοιχοποιίας*

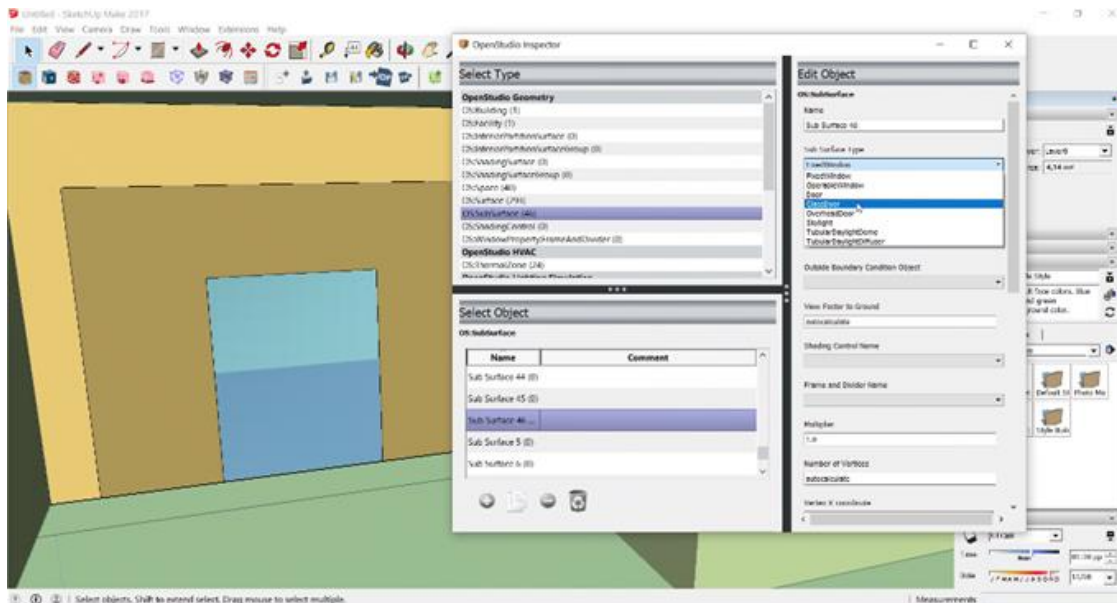
Ο ορισμός των θερμικών ζωνών γίνεται όπως υπολογίστηκε εξ' αρχής, ενώ οι διάδρομοι, τα WC, τα κλιμακοστάσια και τα μηχανοστάσια (τα οποία δεν έχουν θερμικά φορτία), συγχωνεύονται σε μια θερμική ζώνη (ως ΜΘΧ). Τα τελικά αποτελέσματα απεικόνισης των θερμικών ζωνών φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



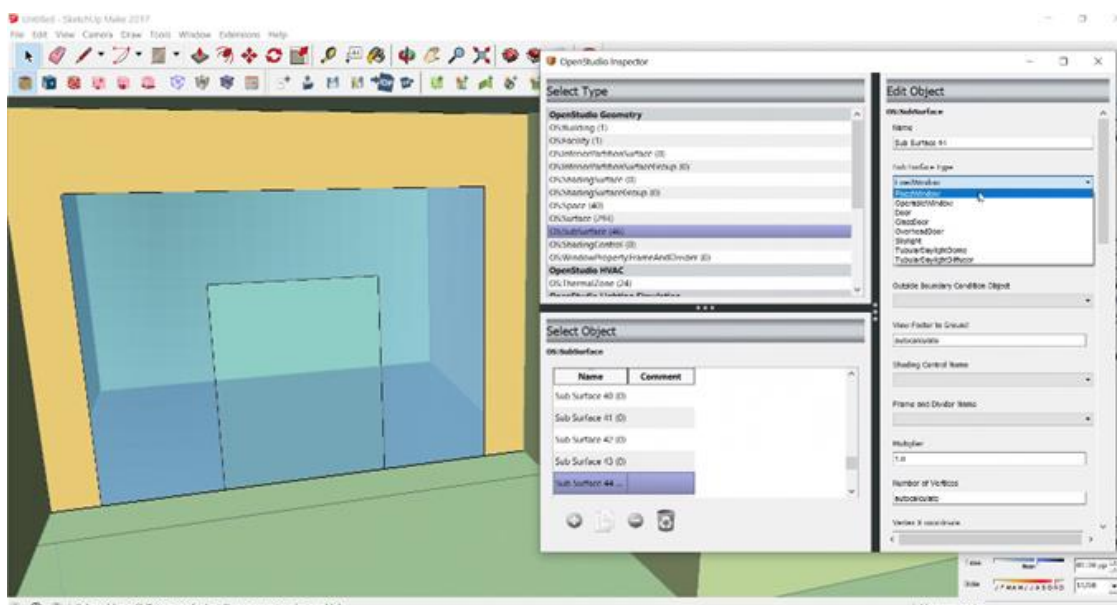
*Εικόνα 85: Τελική Απεικόνιση Θερμικών Ζωνών*

Στη συνέχεια κατασκευάζουμε τις διαφανείς επιφάνειες. Η κατασκευή της γυάλινης πόρτας γίνεται σε 2 στάδια, αρχικά φτιάχνουμε το τμήμα το οποίο ανοίγει και κλείνει διαστάσεων 1,40 x 2,25,

και στη συνέχεια το υπόλοιπο τμήμα γύρω από την πόρτα είναι διαστάσεων 2,60 x 3,25 (m). Οι εντολές για την πόρτα είναι Inspector -> Sub surface type -> Classdoor (Εικόνα 86), και για το τμήμα γύρω από την πόρτα Inspector -> Sub surface type -> fixedwindow (Εικόνα 87).

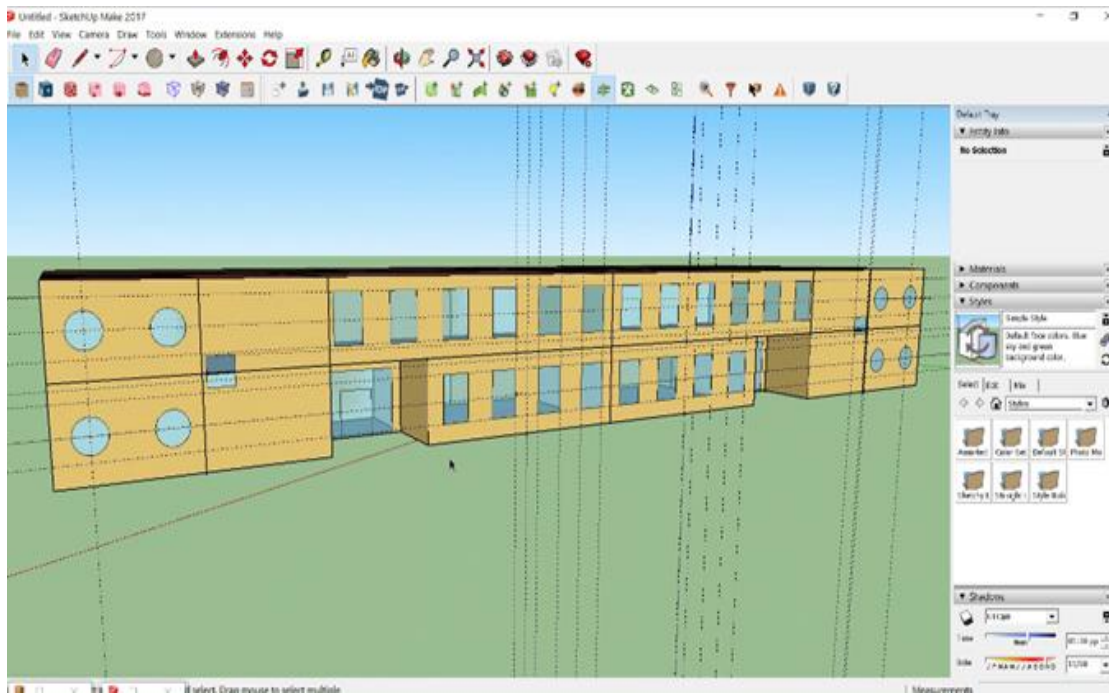


Εικόνα 86: Εσωτερικό Τμήμα Πόρτας

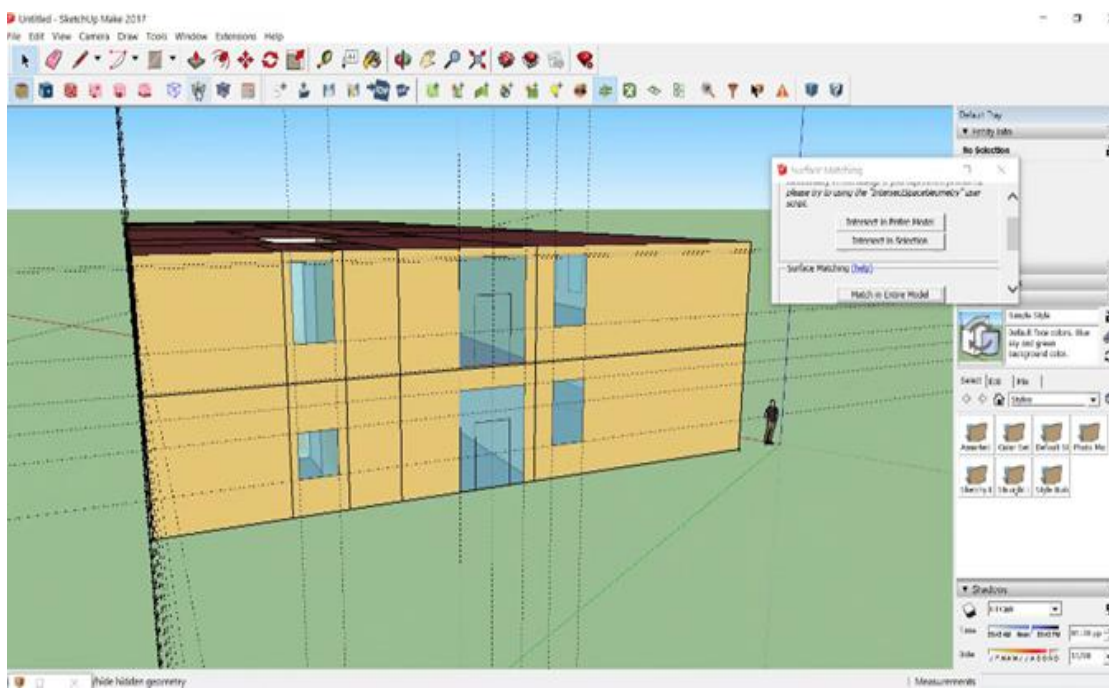


Εικόνα 87: Εξωτερικό Τμήμα Πόρτας

Με τον ίδιο τρόπο γίνεται η κατασκευή όλων των διαφανών επιφανειών για τις όψεις του κτιρίου και επιπρόσθετα των σκιάστρων για τη νοτιοδυτική όψη του κτιρίου μέσω της εντολής Extensions -> Open Studio User Scripts -> After or Add Model Elements -> Add Overhangs by Projector Factor -> User input -> 0,4 (λόγος μήκους σκιάστρου προς μήκος παραθύρου).

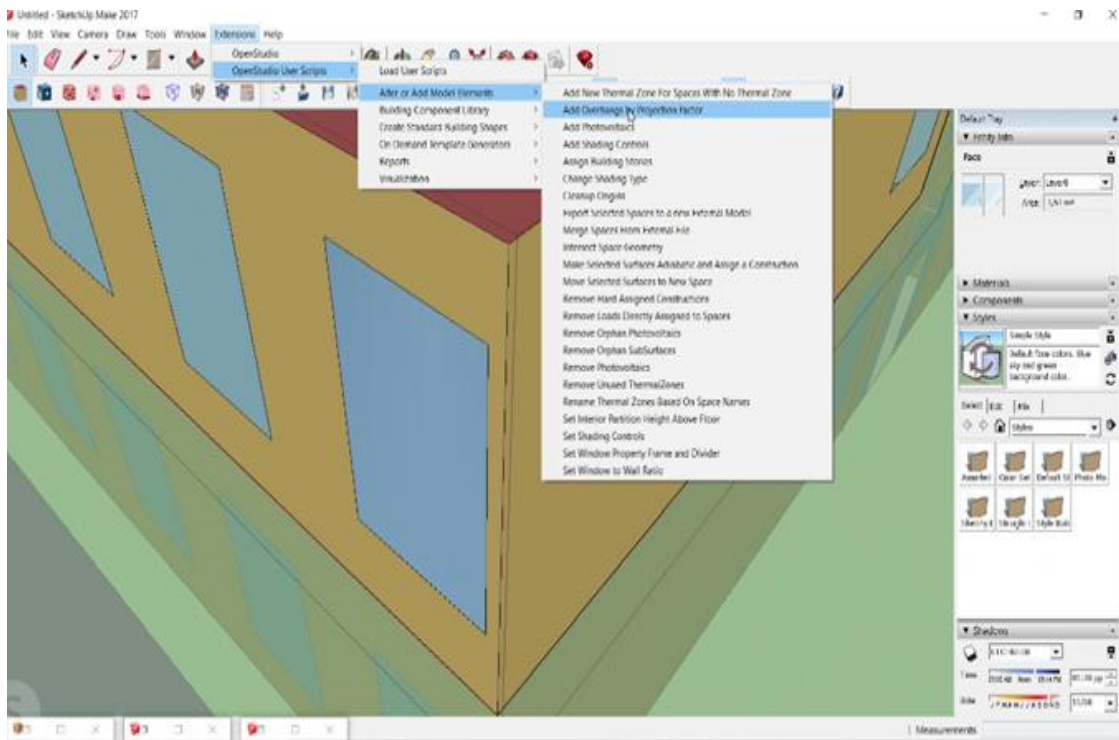


*Εικόνα 88: ΒΑ Όψη Κτιρίου*

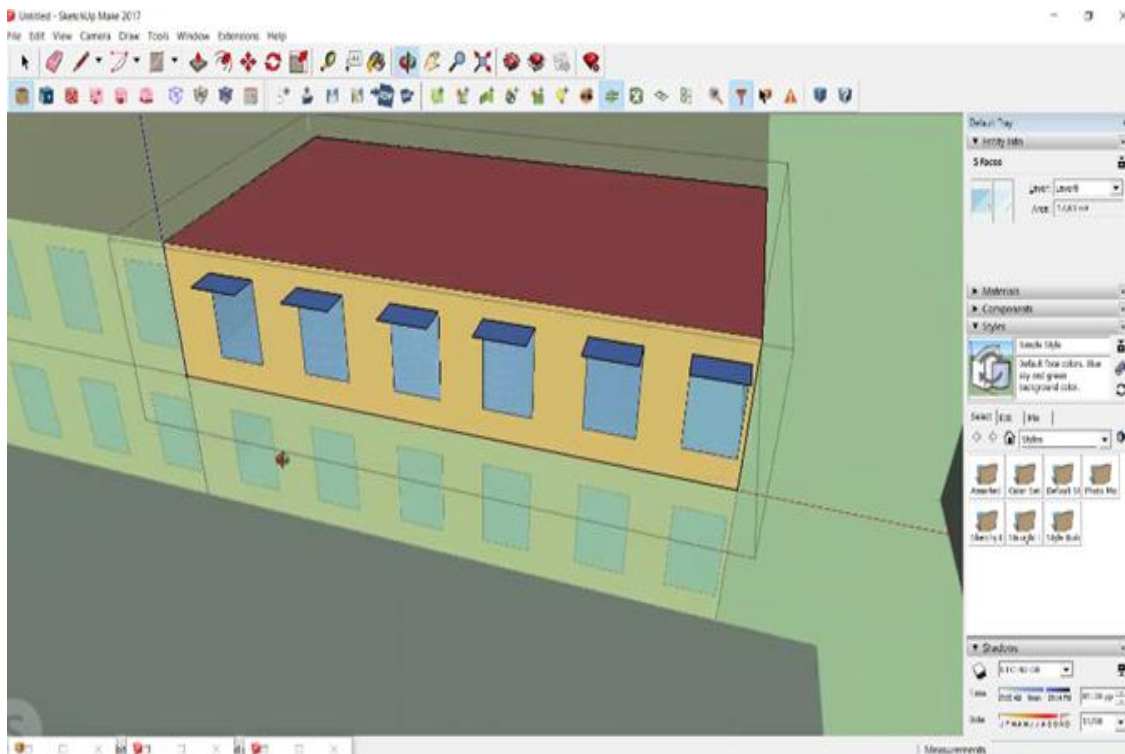


*Εικόνα 89: ΔΒΔ Όψη Κτιρίου*



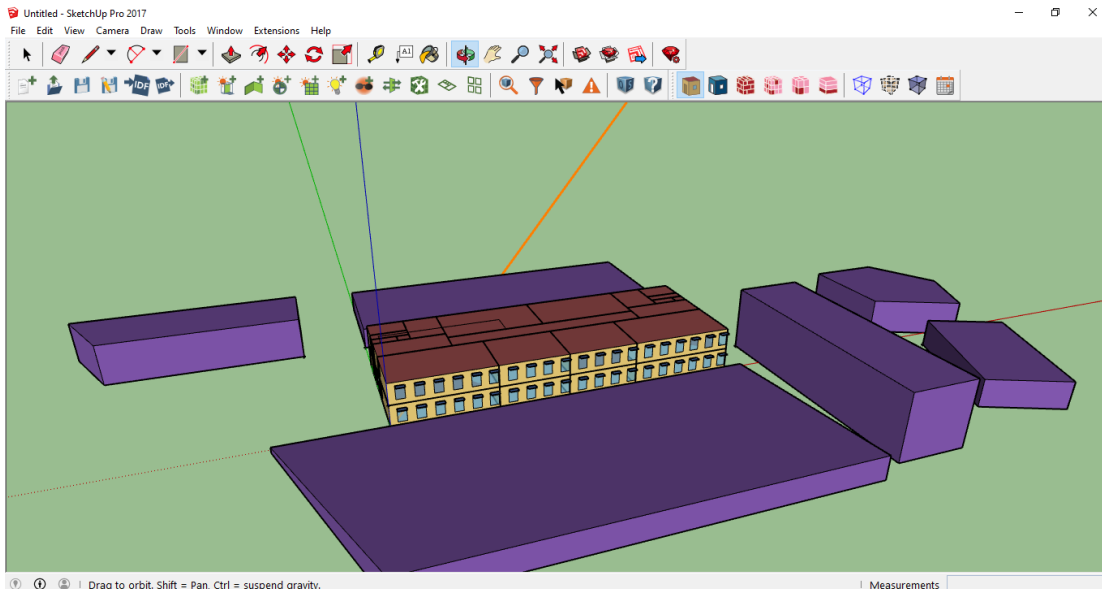


*Εικόνα 90: Εισαγωγή Σκιάστρων σε Διαφανείς Επιφάνειες*

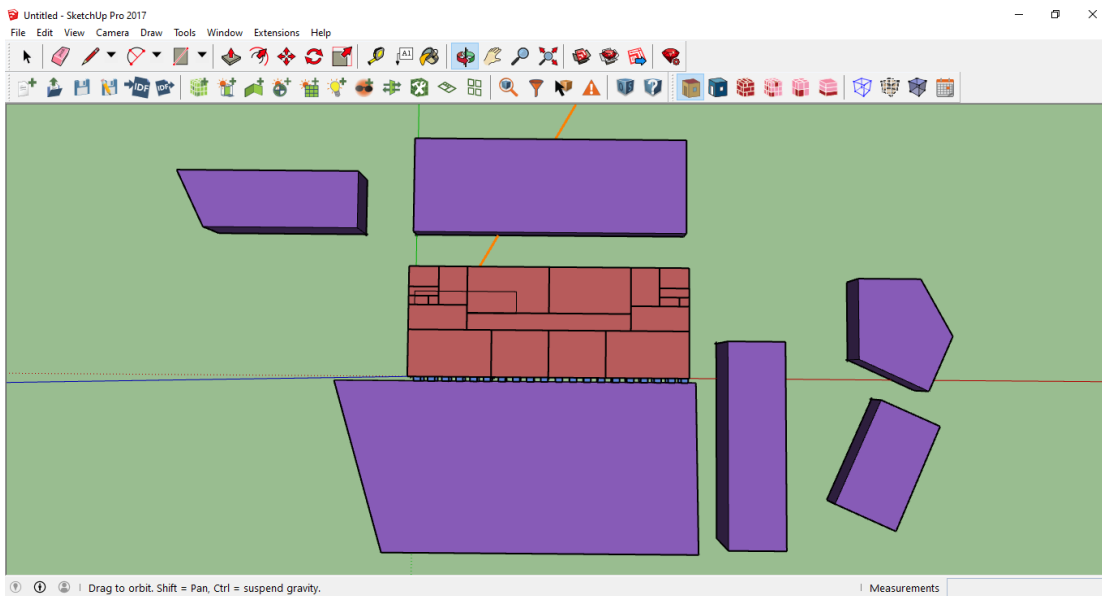


*Εικόνα 91: Σκίαστρα ΝΔ Όψης*

Το κτίριο βρίσκεται μεταξύ άλλων κτιρίων, τα οποία απαιτείται να ληφθούν υπόψη κατά την ανάλυση, διότι προκαλούν σκίαση στο κτίριο, οπότε και επίδραση στα αποτελέσματα της τελικής μελέτης. Στην εικόνα 92 είναι το υπό μελέτη κτίριο με τα υπόλοιπα 5 κτήρια, καθώς και το κεκλιμένο (πρανές) τμήμα στη νοτιοδυτική πλευρά του κτιρίου των πολιτικών μηχανικών.



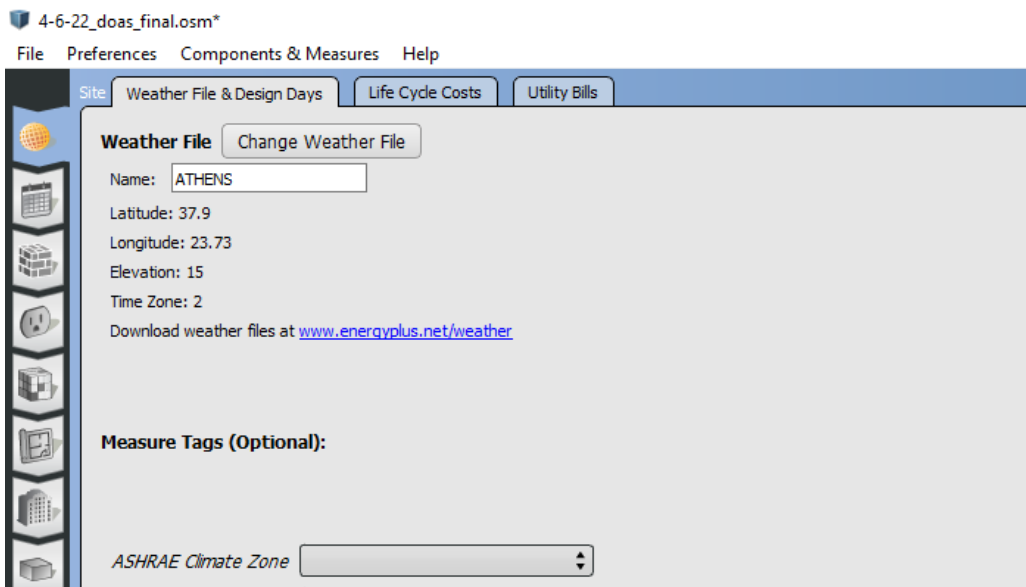
*Εικόνα 92: Διαμόρφωση Περιβάλλοντος Χώρου*



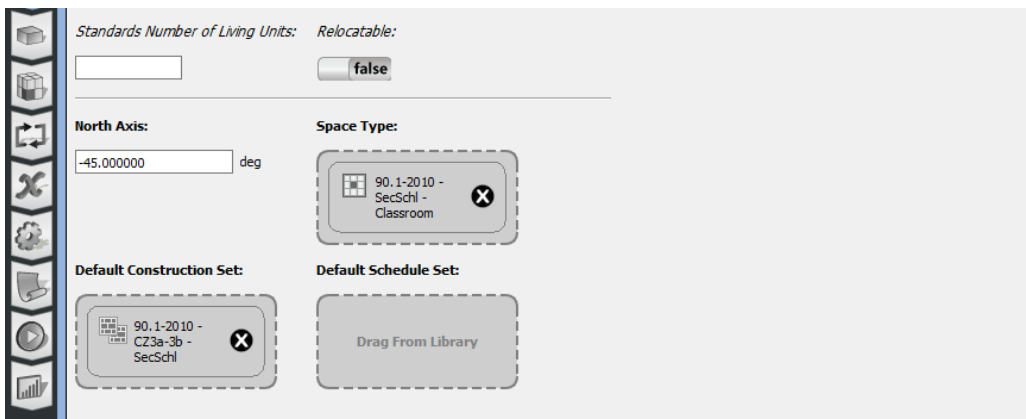
*Εικόνα 93: Κάτοψη Περιβάλλοντος Χώρου*

## 8.2.2 Καταχώρηση Στοιχείων

Πριν ξεκινήσουμε την προσομοίωση απαιτείται να εισάγουμε τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής που βρίσκεται το κτίριο βάσει της γεωγραφικής του θέσης. Από το αρχείο του energy plus -> set weather file -> Europe -> Grc -> Athens -> download και φορτώνουμε το αρχείο σε μορφή .erw. και Daylight Time -> on. Τέλος ορίζουμε τον προσανατολισμό του κτιρίου, το οποίο είναι στραμμένο κατά 45 μοίρες δυτικά (Εικόνα 95).

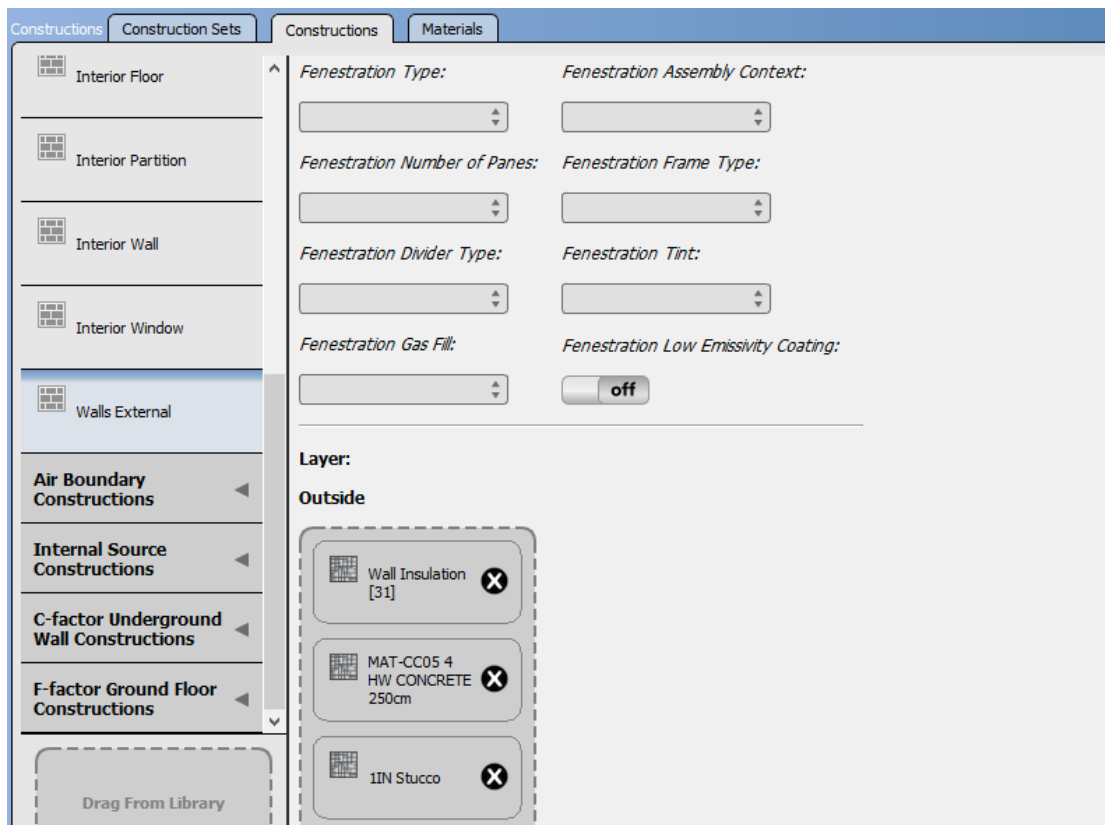


Εικόνα 94: Ορισμός Κλιματικής Ζώνης



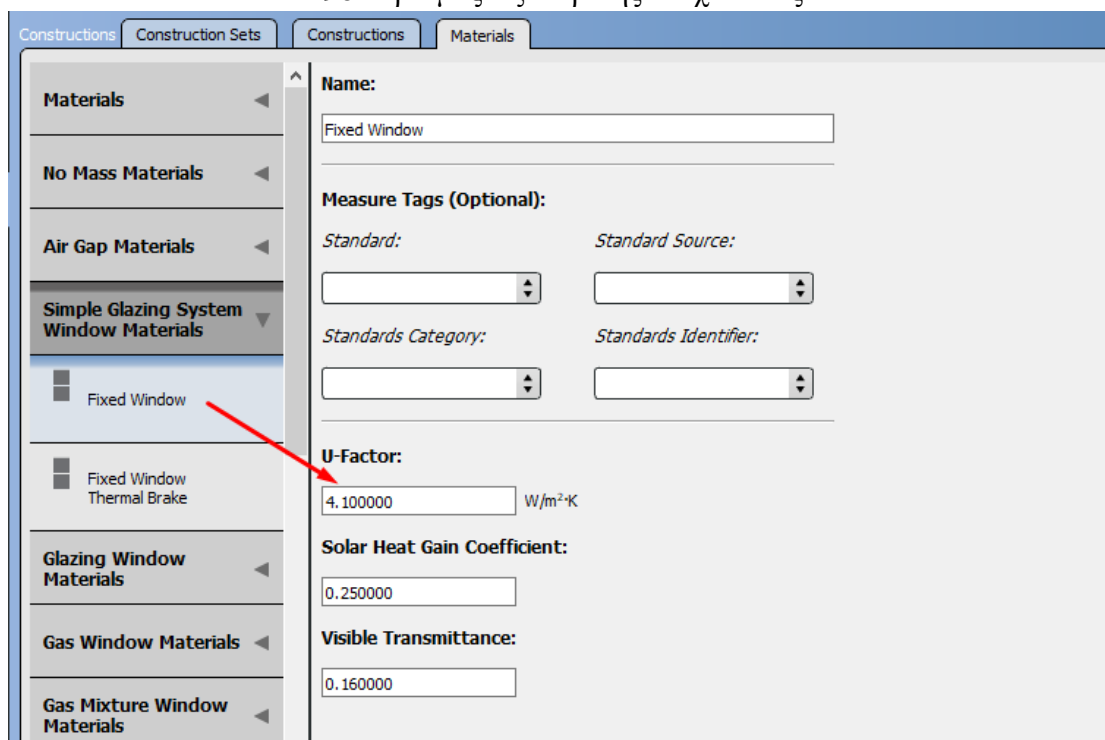
Εικόνα 95: Ορισμός Προσανατολισμού Κτιρίου

Η ανάλυση ξεκινάει με τον ορισμό των χαρακτηριστικών του εξωτερικού τοίχου, και την αλλαγή των προεπιλεγμένων υλικών (ξύλο και χάλυβα) από το πρόγραμμα για τους εξωτερικούς χώρους με οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 25 cm με μόνωση (Εικόνα 96). Στις ρυθμίσεις αλλάζουμε την προεπιλογή από IP σε SI ώστε τα αποτελέσματα να είναι στο σύστημα SI, Measures -> Reporting Measures -> units -> SI.



Εικόνα

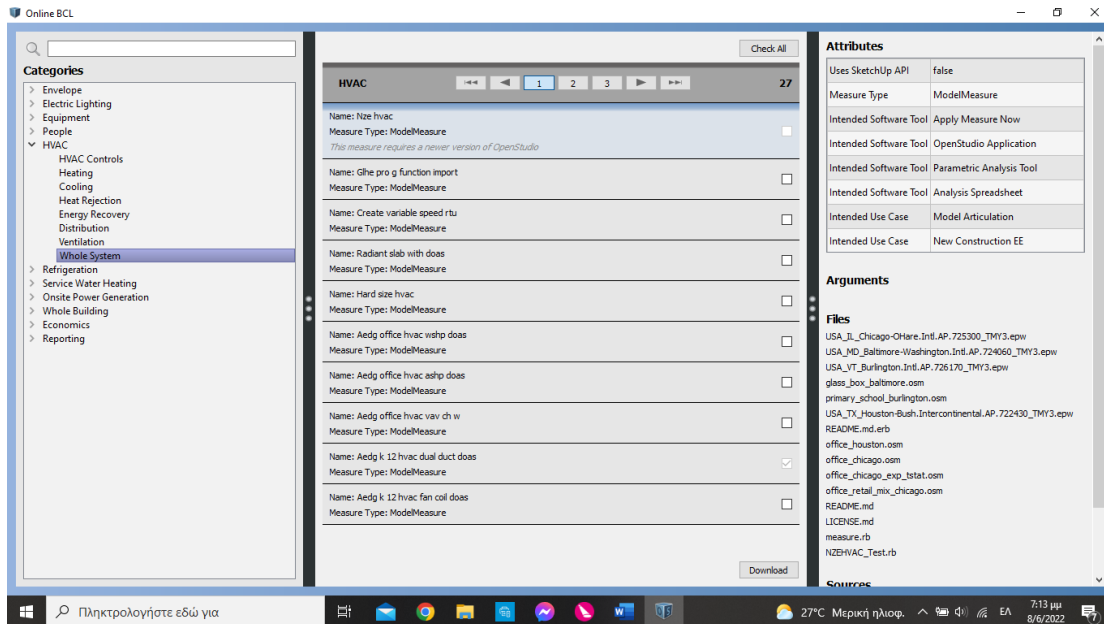
### 96: Ορισμός Εξωτερικής Τοιχοποιίας



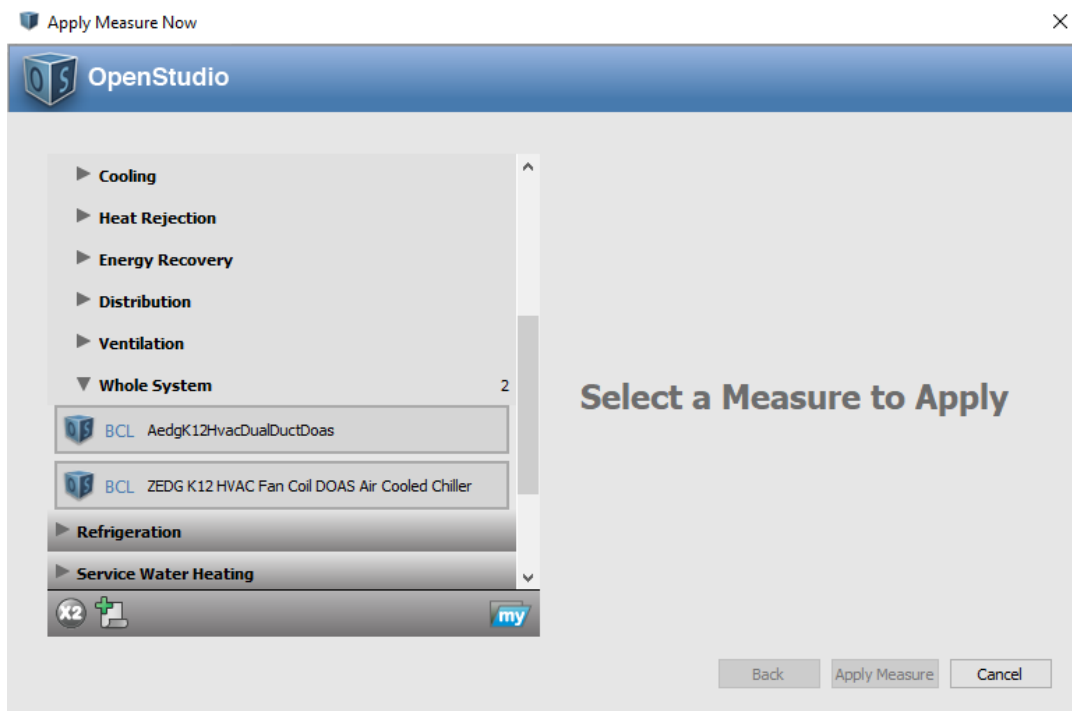
Εικόνα 97: Ορισμός Εξωτερικού Κουφώματος

Για την καταχώρηση των κουφωμάτων, στο construction παρατηρούμε ότι τα προεπιλεγμένα κουφώματα Fixed window 3,69, έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας  $U=3,69 \text{ W/Km}^2$ . Τα εγκατεστημένα κουφώματα έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας  $U= 4,1 \text{ W/Km}^2$ . Οπότε από την καρτέλα Materials διαφοροποιούμε το συντελεστή σύμφωνα με τα ισχύοντα δεδομένα.

Για να εισάγουμε τις αντλίες θερμότητας ως ΚΚΜ ακολουθούμε την εξής διαδικασία: από το site BCL (Building Component Library) επιλέγουμε αντλία θερμότητας DOAS (Dedicated Outdoor Air System) εικόνα 98. Συγκεκριμένα επιλέχθηκε η AedgK12HvacDualDuctDoas.

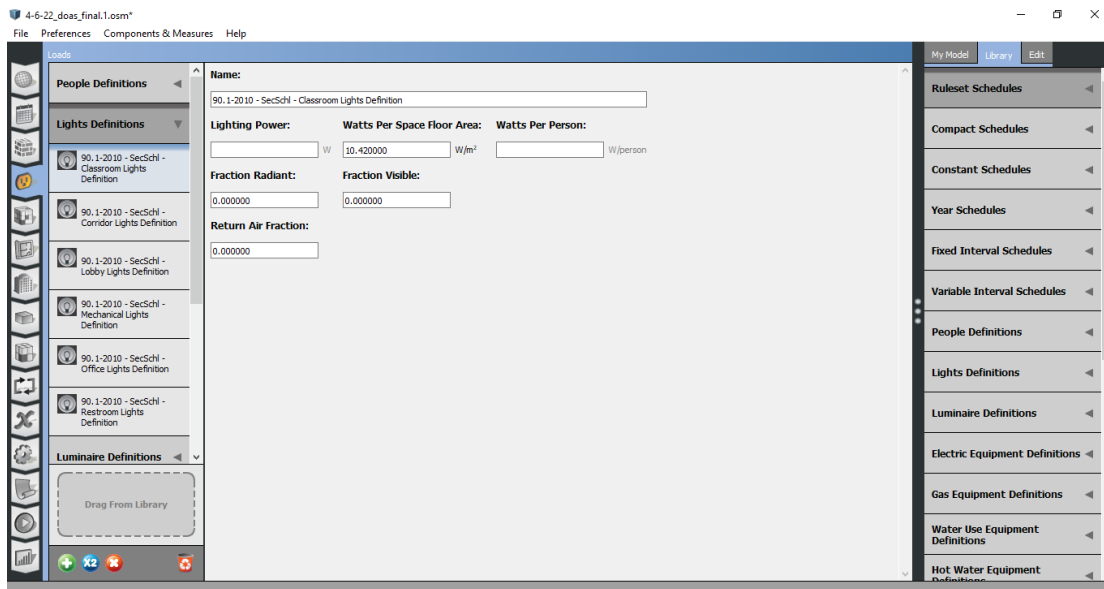


Εικόνα 98: Επιλογή HVAC



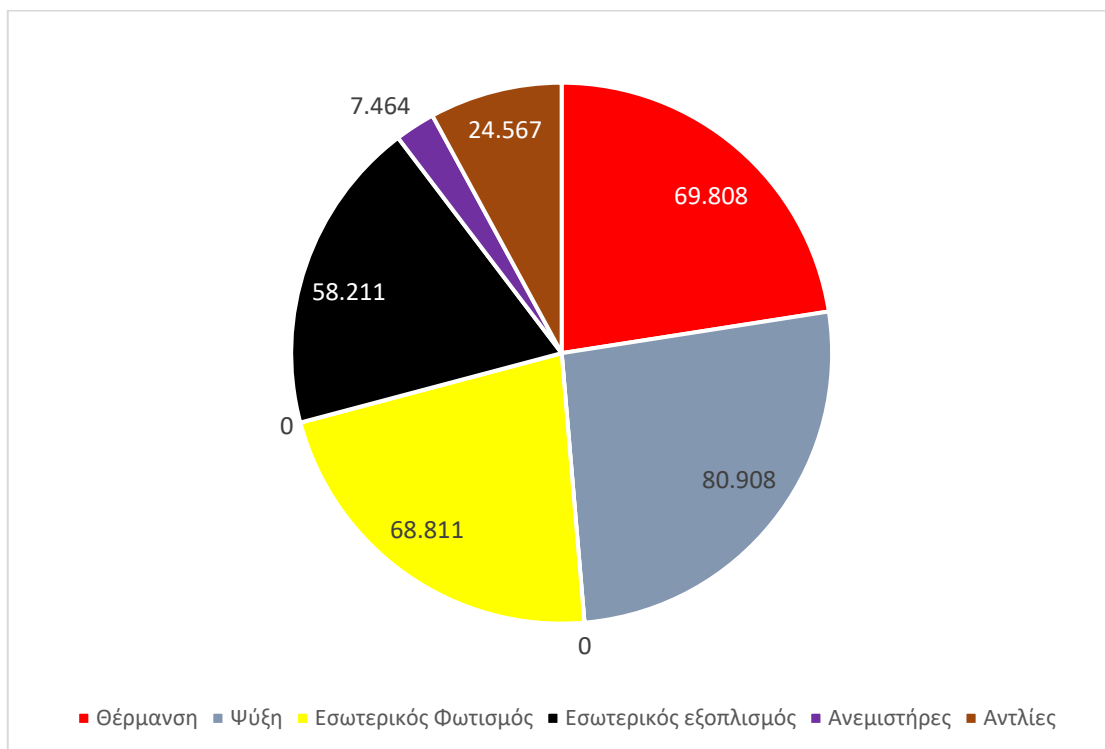
Εικόνα 99: Εφαρμογή HVAC

Αναφορικά με τον εγκατεστημένο φωτισμό, στη διαδρομή Loads -> Light Definition -> (Room Types) καταχωρούνται οι τρέχουσες καταναλώσεις ανά μονάδα επιφανείας



Εικόνα 100: Καταχώρηση Κατανάλωσης Φωτιστικών

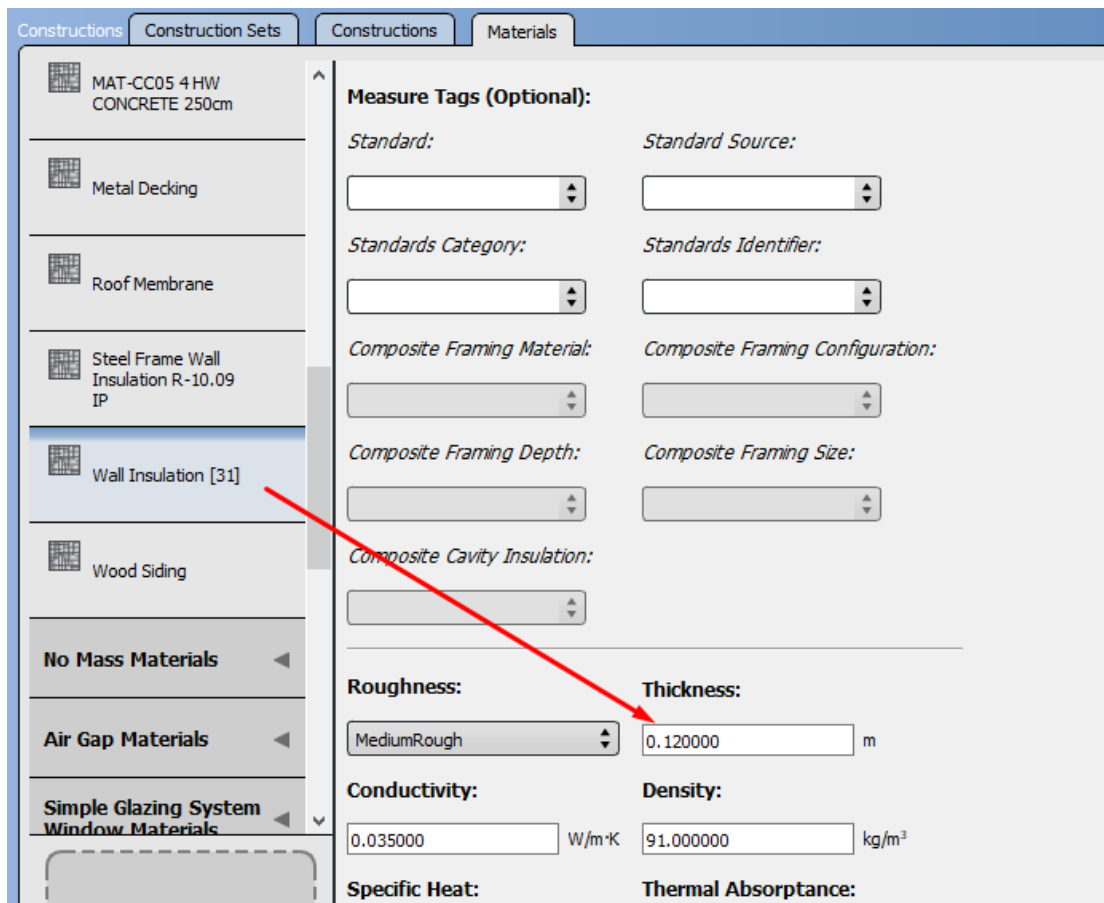
Με βάση την αναφορά του προγράμματος οι καταναλώσεις του υπάρχοντος κτιρίου έχουν όπως παρακάτω:



Εικόνα 101: Καταναλώσεις Αρχικού Κτιρίου σε kWh/m²

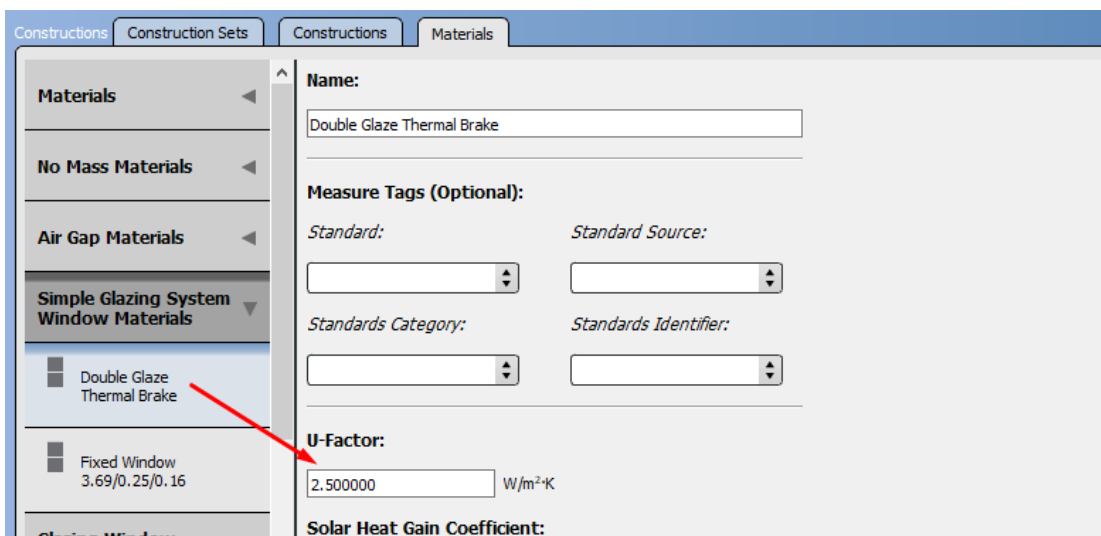
### 8.2.3 1<sup>ο</sup> Σενάριο Βελτιώσεων

Η προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης γίνεται ως εξής: Στην καρτέλα Constructions->Materials->Wall Insulation τροποποιούμε το πάχος της μόνωσης από 5cm σε 12cm.

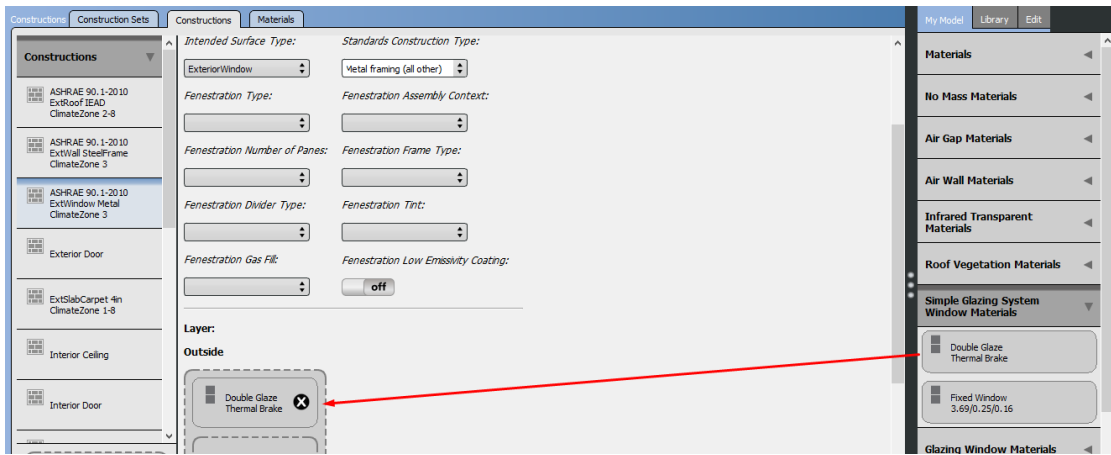


Εικόνα 102: Εισαγωγή Θερμομόνωσης

Στη συνέχεια κάνουμε εισαγωγή των κουφωμάτων. Επειδή τα κουφώματα με θερμοδιακοπή και συντελεστή θερμοπερατότητας  $U=2,5 \text{ W/Km}^2$  δεν υπάρχουν ως επιλογή, δημιουργούμε ένα νέο από τα Materials -> πατώντας το κουμπί x2 δίνουμε μια νέα ονομασία names -> Double Glaze Thermal Brake και θέτουμε  $U=2,5 \text{ W/Km}^2$ . Στη συνέχεια από την δεξιά στήλη από το My model βρίσκουμε στο Library το νέο κούφωμα και με drag and drop, το εισάγουμε στα contractions και το επιλέγουμε για το μοντέλο μας.

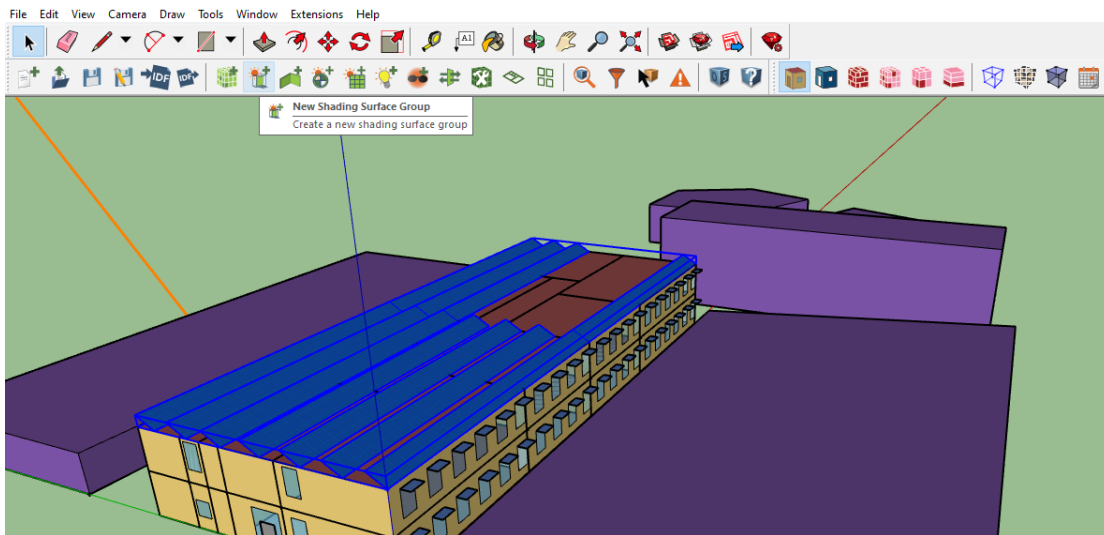


Εικόνα 103: Δημιουργία Κουφώματος με Θερμοδιακοπή

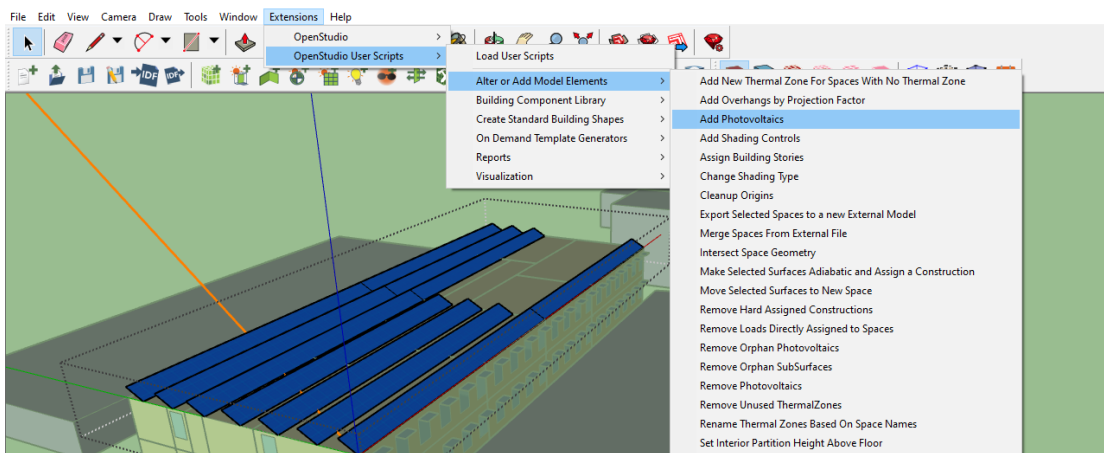


Εικόνα 104: Εισαγωγή Εξωτερικού Κουφώματος

Στη συνέχεια πραγματοποιούμε την εγκατάσταση των Φ/Β συστημάτων. Αυτό γίνεται μέσα από το SketchUp από την επιλογή New Shading Surface Group και στη συνέχεια τα ορίζουμε ως Φ/Β.



Εικόνα 105: Δημιουργία Πλαισίων στο SketchUp



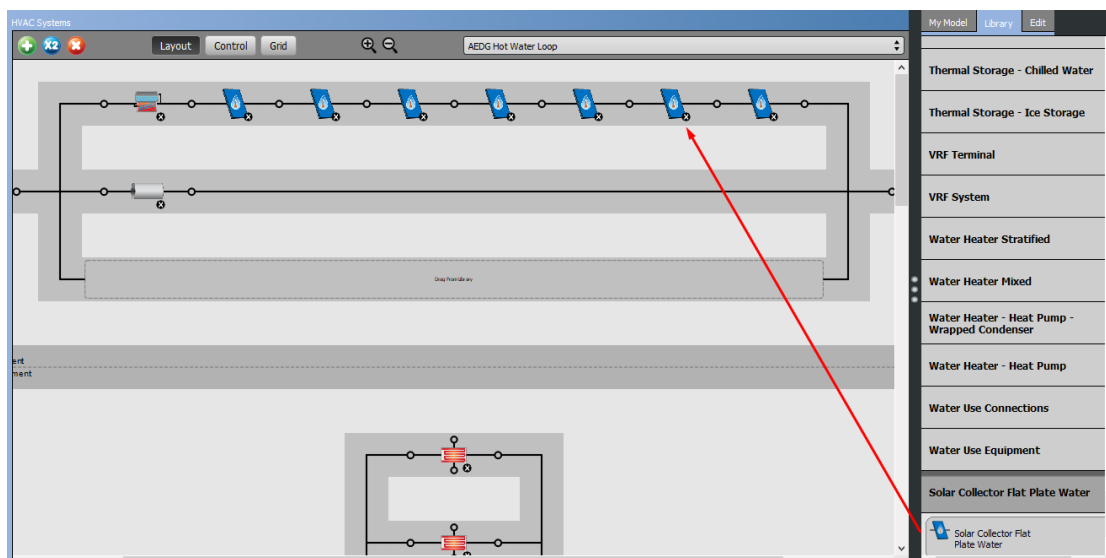
Εικόνα 106: Ορισμός Πλαισίων ως Φ/Β Πάνελ



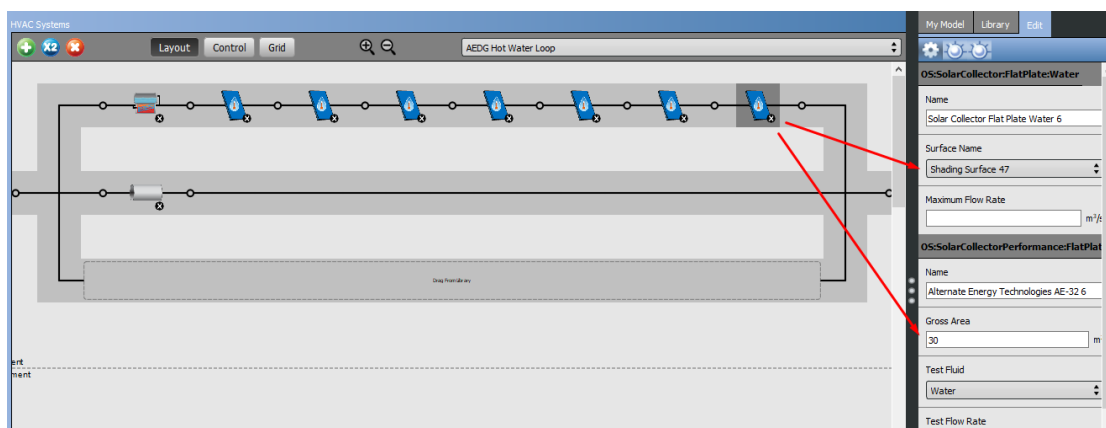
## 8.2.4 2<sup>ο</sup> Σενάριο Βελτιώσεων

Όπως προαναφέρθηκε το 2ο σενάριο διαφοροποιείται ως προς την εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών για θέρμανση αντί των Φ/Β. Ακολουθούμε την ίδια διαδικασία αναφορικά με τη σχεδίαση των πλαισίων στο SketchUp (εικόνα 105).

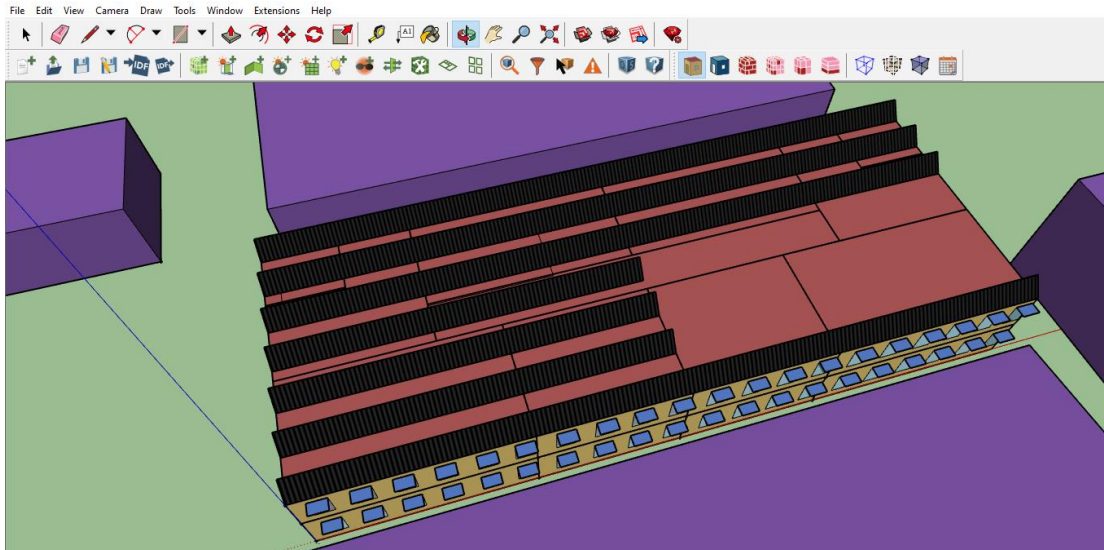
Ο ορισμός των πλαισίων ως ηλιακοί συλλέκτες πραγματοποιείται μέσα από το OpenStudio. Συγκεκριμένα στη διαδρομή HVAC Systems->AEDG Hot Water loop εισάγουμε τόσους ηλιακούς συλλέκτες (Solar Collector Flat Plate Water) όσα και τα πλαίσια που σχεδιάσαμε στο SketchUp (εικόνα 107). Στη συνέχεια ορίζουμε το πλαίσιο (Shading Surface Name) που αντιστοιχεί ο συλλέκτης καθώς και την επιφάνειά του (εικόνα 107). Μετά την αποθήκευση του σεναρίου αναβαθμίζεται και το SketchUp με αποτέλεσμα τα πλαίσια πλέον να φαίνονται ως ηλιακοί συλλέκτες (εικόνα 109).



Εικόνα 107: Εισαγωγή Ηλιακών Συλλεκτών



Εικόνα 108: Αντιστοίχιση Επιφάνειας Ηλιακού Συλλέκτη



Εικόνα 109: Αποτύπωση Ηλιακών Συλλεκτών

### 8.2.5 Αποτελέσματα

Το EnergyPlus δεν κατατάσσει το κτίριο σε κάποια ενεργειακή κλάση και αυτό θα πρέπει να γίνει από εμάς με βάση το αποτέλεσμα του κάθε σεναρίου και την κατανάλωση σε kWh/m<sup>2</sup>. Από κανονισμούς κτιρίων για όρια ενεργειακής κατάταξης για την περίπτωση του πρότυπου εκπαιδευτικού κτιρίου (benchmark) παρατηρούμε ότι για την περίπτωση πανεπιστημιακού κτιρίου η κατανάλωση αναφοράς είναι site EUI = 84,3 kBtu/ft<sup>2</sup> = 265,93 kWh/m<sup>2</sup>

Market Sector	Property type	Source EUI (kBtu/ft <sup>2</sup> )	Site EUI (kBtu/ft <sup>2</sup> )
Banking/Financial Services	Bank Branch	209.9	88.3
Banking/Financial Services	Financial Office	116.4	52.9
Education	College/University	180.6	84.3
Education	K-12 School	104.4	48.5
Education	Pre-school/Daycare	131.5	64.8
Education	Vocational School/Adult Education	110.4	52.4

Εικόνα 110: Benchmark Site Energy Use Intensity (EUI)

Αν διαιρέσουμε την ετήσια κατανάλωση του κτιρίου με την κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς (σε kWh/m<sup>2</sup>) προκύπτει η ενεργειακή κλάση του κτιρίου. Έτσι για το αρχικό κτίριο έχουμε:

$$EP = \frac{130,21}{265,93} = 0.51$$

οπότε κατατάσσεται σε ενεργειακή κλάση B+.

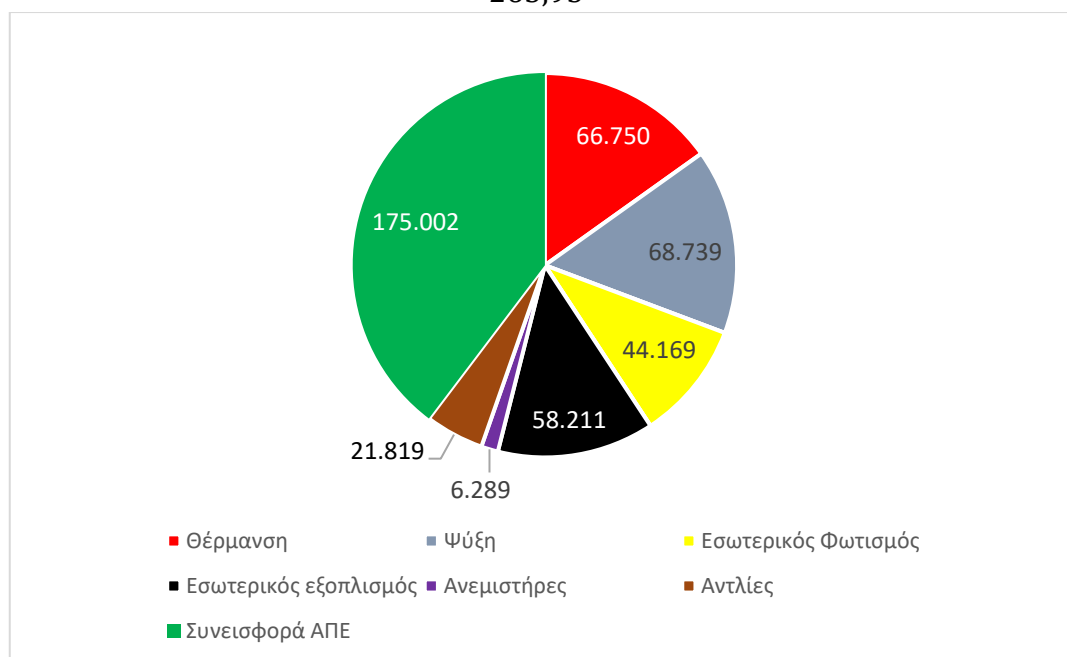
Καταχωρώντας τα δεδομένα σε φύλλο excel έχουμε:

Υπολογιζόμενη Ετήσια Κατανάλωση Τελικής Ενέργειας ανά Τελική Χρήση [kWh/m <sup>2</sup> ]					
	Υπάρχον Κτίριο		ΣΕΝΑΡΙΟ 1		Εξοικονόμηση
Θέρμανση	69.808	22,54%	66.750	73,37%	4,38%
Ψύξη	80.908	26,12%	68.739	75,56%	15,04%
Ζεστό νερό χρήσης (ZNX)	0	0,00%	0	0,00%	
Εσωτερικός Φωτισμός	68.811	22,21%	44.169	48,55%	35,81%
Εξωτερικός Φωτισμός	0	0,00%	0	0,00%	
Εσωτερικός εξοπλισμός	58.211	18,79%	58.211	63,99%	0,00%
Ανεμιστήρες	7.464	2,41%	6.289	6,91%	15,74%
Αντλίες	24.567	7,93%	21.819	23,98%	11,19%
Συνεισφορά ΑΠΕ			175.002		
Σύνολο	309.769	100,00%	90.975	292,36%	70,63%
EUI	130,209752		38,2408575		
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ	2.379				
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ			265,93	Kwh	
EP	14%	A+			

Πίνακας 37: Εξοικονόμηση Ενέργειας 1ο Σενάριο

Στο 1ο σενάριο η εξοικονόμηση ενέργειας στη θέρμανση ανέρχεται σε 31,31% (συμπεριλαμβανομένων των αντλιών & ανεμιστήρων), στον εσωτερικό φωτισμό 35,81%, με τη συνολική εξοικονόμηση να ανέρχεται σε **70,63%**, λόγω της μεγάλης συνεισφοράς του φωτοβολταϊκού σταθμού που ανέρχεται σε 175 MWh/m<sup>2</sup>. Εν τέλει με την προτεινόμενη βελτίωση το κτίριο κατατάσσεται σε ενεργειακή κλάση **A+**, αφού

$$EP = \frac{38,24}{265,93} = 0.14$$



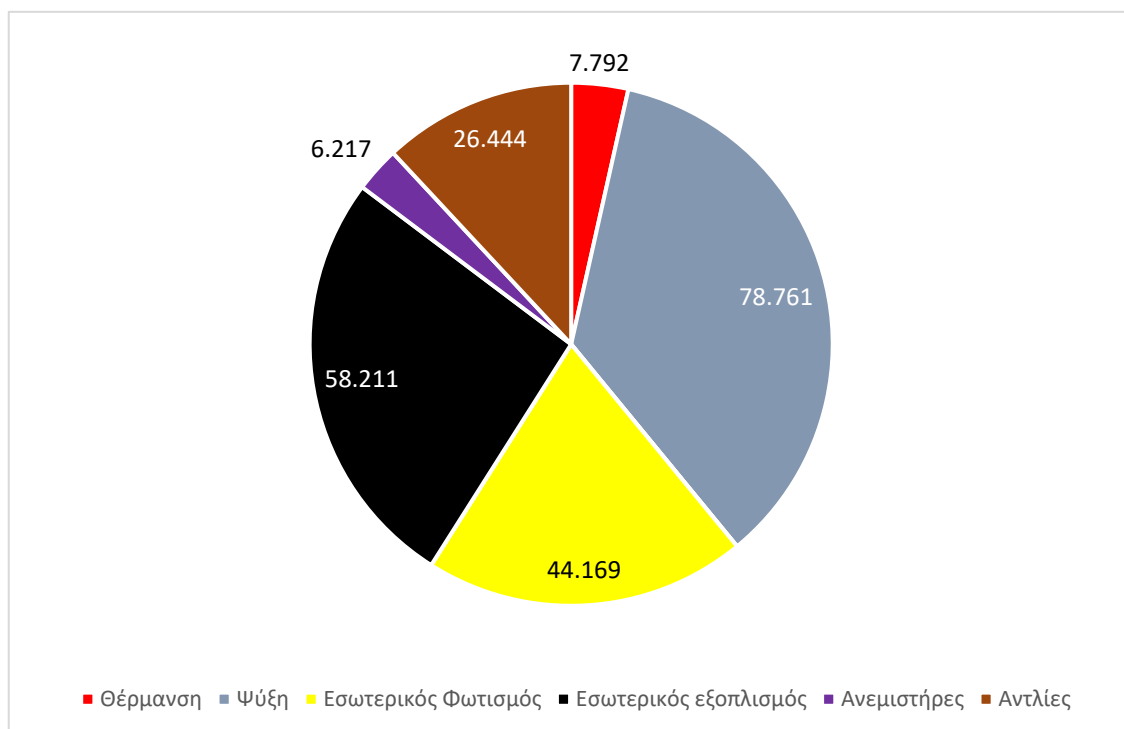
Εικόνα 111: Καταναλώσεις Σεναρίου 1 και Παραγωγή ΑΠΕ σε kWh/m<sup>2</sup>

Υπολογιζόμενη Ετήσια Κατανάλωση Τελικής Ενέργειας ανά Τελική Χρήση [kWh/m <sup>2</sup> ]					
	Υπάρχον Κτίριο		ΣΕΝΑΡΙΟ 2		Εξοικονόμηση
Θέρμανση	69.808	22,54%	7.792	3,52%	88,84%
Ψύξη	80.908	26,12%	78.761	35,54%	2,65%
Ζεστό νερό χρήσης (ZNX)	0	0,00%	0	0,00%	
Εσωτερικός Φωτισμός	68.811	22,21%	44.169	19,93%	35,81%
Εξωτερικός Φωτισμός	0	0,00%	0	0,00%	
Εσωτερικός εξοπλισμός	58.211	18,79%	58.211	26,27%	0,00%
Ανεμιστήρες	7.464	2,41%	6.217	2,81%	16,71%
Αντλίες	24.567	7,93%	26.444	11,93%	-7,64%
Συνεισφορά ΑΠΕ					
Σύνολο	309.769	100,00%	221.594	100,00%	28,46%
EUI	130,209752		93,1458596		
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ	2.379				
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ			265,93 kWh		
EP	35%	A			

Πίνακας 38: Εξοικονόμηση Ενέργειας 2ο Σενάριο

Στο 2ο σενάριο η εξοικονόμηση ενέργειας στη θέρμανση ανέρχεται σε 97,91% (συμπεριλαμβανομένων των αντλιών & ανεμιστήρων), στον εσωτερικό φωτισμό 35,81%, με τη συνολική εξοικονόμηση να ανέρχεται σε **28,46%**. Εν τέλει με την προτεινόμενη βελτίωση το κτίριο κατατάσσεται σε ενεργειακή κλάση **A**, αφού

$$EP = \frac{93,15}{265,93} = 0.35$$



Εικόνα 112: Καταναλώσεις Σεναρίου 2 σε kWh/m<sup>2</sup>

## 9 Κεφάλαιο 9: Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων – Οικονομική Ανάλυση - Συμπεράσματα

Το λογισμικό TEE KENAK είναι ένα λογισμικό προσαρμοσμένο στην ελληνική πραγματικότητα και βασισμένο στις αντίστοιχες Τεχνικές Οδηγίες. Επομένως έχει χαρακτηριστικές τιμές που αφορούν την ελληνική νομοθεσία και γι' αυτό είναι και πιο εύχρηστο τόσο για τις ενεργειακές επιθεωρήσεις όσο και για τις μελέτες. Αντίθετα το EnergyPlus είναι ένα λογισμικό διεθνών προδιαγραφών, και βασίζεται στα πρότυπα της ASHRAE, αλλά παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία στο μηχανικό και μεγάλη πληθώρα επιλογών. Δίνει, λοιπόν, την δυνατότητα για πιο λεπτομερή και ακριβή μελέτη, η οποία όμως απαιτεί και περισσότερο χρόνο και αναλυτικότερη εισαγωγή δεδομένων, για κάθε πτυχή της μελέτης. Το κάθε λογισμικό μπορεί να αξιοποιηθεί αποδοτικότερα σε διαφορετικές περιπτώσεις, ανάλογα τα ζητούμενα κάθε μελέτης. Παρ' ότι εντοπίζονται ορισμένες διαφορές στα αποτελέσματα, εντούτοις η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου είναι ταυτόσημη και στα 2 λογισμικά.

Από την εφαρμογή των παρεμβάσεων διαπιστώνουμε ότι:

- Η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται λόγω αντικατάστασης λαμπτήρων φωτισμού είναι πολύ σημαντική, λαμβάνοντας υπόψη ο φωτισμός αποτελεί και την κύρια πηγή κατανάλωσης ενέργειας και ανέρχεται στο 35%
- Εξίσου σημαντική είναι και η εξοικονόμηση ενέργειας λόγω θερμομόνωσης κτιριακού κελύφους και αντικατάστασης των κουφωμάτων και ανέρχεται στο 30%
- Αν θέλουμε να συγκρίνουμε τη σχέση κόστους - οφέλους των δύο παραπάνω παρεμβάσεων, βλέπουμε ότι για να επιτύχουμε περίπου το ίδιο ποσοστό εξοικονόμησης, χρειάζεται να δαπανήσουμε 3 φορές περισσότερα χρήματα για θερμομόνωση – κουφώματα έναντι του φωτισμού.
- Η συνεισφορά των Φ/Β είναι πολύ μεγάλη και ουσιαστικά είναι αυτή η παρέμβαση που κατατάσσει το κτίριο σε ενεργειακή κλάση A+.
- Στο 2ο σενάριο στο EnergyPlus η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση σχεδόν μηδενίζεται, ενώ στο TEE KENAK δεν είναι τόσο εμφανής η διαφορά. Παρ' όλα αυτά, η τόσο μεγάλη μείωση κατανάλωσης δεν είναι ικανή να κατατάξει το κτίριο σε κλάση A, διότι το θερμικό του φορτίο δεν είναι τόσο μεγάλο. Στο πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται το εκτιμώμενο κόστος των παρεμβάσεων

ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ (€)	
Φωτισμός	35.000	35.000
Θερμομόνωση	74.500	74.500
Κουφώματα	38.400	38.400
Φ/Β	243.450	
Ηλιοθέρμανση		100.000
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>391350</b>	<b>247900</b>

Πίνακας 39: Εκτιμώμενο Κόστος Παρεμβάσεων

Κάνοντας την παραδοχή ότι η τρέχουσα τιμή της kWh διαμορφώνεται σε 0,17€, όπως αυτή μεταπίπτει στον καταναλωτή, υπολογίζουμε την περίοδο αποπληρωμής και στα 2 σενάρια.

ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ						
1. Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού σταθμού						
2. Αντικατάσταση λαμπτήρων φωτισμού						
3. Θερμομόνωση κτιριακού κελύφους						
4. Αντικατάσταση κουφωμάτων						
Σύσταση	Εκτιμώμενο Αρχικό Κόστος Επένδυσης [€]	Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας & τιμή μονάδας			Εκτιμώμενη απλή περίοδος αποπληρωμής [έτη]	Ενεργειακή Κατηγορία
		[KWh/m2]	[%]	[€/kWh]		
1.	391350	91,97	70,63%	1,79	10,52	A+

Πίνακας 40: Περίοδος Αποπληρωμής 1ου Σεναρίου

ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ						
1. Θερμική αποθήκευση και ηλιακή θέρμανση						
2. Αντικατάσταση λαμπτήρων φωτισμού						
3. Θερμομόνωση κτιριακού κελύφους						
4. Αντικατάσταση κουφωμάτων						
Σύσταση	Εκτιμώμενο Αρχικό Κόστος Επένδυσης [€]	Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας & τιμή μονάδας			Εκτιμώμενη απλή περίοδος αποπληρωμής [έτη]	Ενεργειακή Κατηγορία
		[KWh/m2]	[%]	[€/kWh]		
1.	247900	37,06	28,46%	2,81	16,54	A

Πίνακας 41: Περίοδος Αποπληρωμής 1ου Σεναρίου

Συμπερασματικά, βλέπουμε ότι το 1<sup>ο</sup> σενάριο επιτυγχάνει εξοικονόμηση της τάξης του 70% έναντι του 2<sup>ου</sup> που φτάνει το 30% και το κτίριο κατατάσσεται σε ενεργειακή κλάση A+ έναντι της A. Σίγουρα το αρχικό κόστος επένδυσης είναι 30% αυξημένο σε σχέση με το 2ο σενάριο, πλην όμως φαίνεται και από την περίοδο αποπληρωμής του που είναι σχεδόν 10 έτη ότι είναι πιο αποδοτικό.

Παρ' όλα αυτά η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με το 2ο σενάριο δεν είναι ευκαταφρόνητη, και αν λάβουμε υπόψη το αρκετά μικρότερο ποσό που απαιτείται να δαπανηθεί, αποτελεί μια πολύ καλή επιλογή.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Brackney Larry, «BUILDING ENERGY MODELING WITH OPENSTUDIO», Springer

Energy Star, «WHAT IS ENERGY USE INTENSITY (EUI)»,  
[https://www.energystar.gov/buildings/benchmark/understand\\_metrics/what\\_eui#:~:text=When%20you%20benchmark%20your%20building,its%20size%20or%20other%20characteristics](https://www.energystar.gov/buildings/benchmark/understand_metrics/what_eui#:~:text=When%20you%20benchmark%20your%20building,its%20size%20or%20other%20characteristics)

Frisch Licht, «LED PRODUCTS», <https://frisch-licht.de/>

Olympic Engineering & Consulting «ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΑΝΕΛ 280W»  
<https://www.oleng.eu/fotovoltaika-panel-250w/>

Sgagroup.gr, «ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ» <http://www.sgagroup.gr/sga-kataskeyastiki/bioklimatiki-arxitektoniki>

Windwaterwall, «ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ (ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΕ)»  
<https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/anartesechoristitlo#TOC-1.3.3.-:>

Windwaterwall, «ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ»  
<https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses>

Ανδρεαδάκη Ελένη, «ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ», University Studio Press

Γιαννάτος «ΠΟΣΟ ΚΟΣΤΙΖΕΙ ΜΙΑ ΜΟΝΩΣΗ» <https://www.giannatou-monosi.gr/monosi-times/>

Κλειώ Ν. Αξαρχλή, «ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ-ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ», Σημειώσεις του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, έκδοση 2009

Κόνιας Γ., «ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ», Ashrae 2015

ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ, <https://koufomata.alouminiou.gr/poso-kostizoyn-ta-koufomata-alouminiou-timi-ana-tetragoniko-metro/>

Κτίριο, «ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ»

<https://www.ktirio.gr/el/%CE%B5%CF%86%CE%B1%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%B5%CF%82/%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7-%CF%88%CF%85%CE%BE%CE%B7-%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%82/%CF%83%CF%85%CE%BD%CE%B4%CF%85%CE%B1%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CF%8D-%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D-%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82-%CE%BC%CE%B5-%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%BB%CE%AF%CE%B1->

%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%CF%82

Ν. Ανδρίτσος, «ΕΝΕΡΓΕΙΑ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ» Διδακτικές Σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Πέρδιος Σταμάτης, «ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ», Τ. ΕΚΔΟΤΙΚΗ, ΑΘΗΝΑ 2007

Πέρδιος Σταμάτης, «ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ», Τ. ΕΚΔΟΤΙΚΗ, ΑΘΗΝΑ 2007

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, «ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ ΤΟΥ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ»

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017, «ΘΕΡΜΟΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ»

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, «ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ»

Φ. Τόπαλης, Λ. Οικονόμου, Σ. Κουρτέση, «ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΑ», Εκδόσεις Τζιόλα