



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης
Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Ενεργειακά Συστήματα»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ
ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΙΣ 4 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ
ΖΩΝΕΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ
REVIT ΚΑΙ GBS »**

Της Μεταπτυχιακής Φοιτήτριας
Σοφίας Βαρδάκη

Επιβλέπων

**Μύρων Μονιάκης, Καθηγητής Εφαρμογών ΤΕΙ Κρήτης,
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών**

Ηράκλειο, Ιανουάριος 2018

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:	«ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΙΣ 4 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ REVIT ΚΑΙ GBS»
ΦΟΙΤΗΤΗΣ:	Βαρδάκη Σοφία
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:	Μύρων Μονιάκης, Καθηγητής Εφαρμογών ΤΕΙ Κρήτης, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ:	2016-17

Σύνοψη

Η κατανάλωση ενέργειας από τα κτίρια και ειδικότερα από τις κατοικίες αντιπροσωπεύει ένα μεγάλο ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, τόσο στην Ε.Ε. όσο και στην Ελλάδα. Απαιτείται σωστή επιλογή των διαθέσιμων τεχνολογιών και πρακτικών, σύμφωνα πάντα και με την ισχύουσα νομοθεσία, για τη βελτίωση της αποδοτικότητας των κτιρίων. Για τον προσδιορισμό των βέλτιστων επιλογών που οδηγούν σε εξοικονόμηση ενέργειας σ' ένα κτίριο είναι απαραίτητη η προσομοίωση της ενεργειακής του συμπεριφοράς με κάποιο λογισμικό. Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε το Revit και το GBS της Autodesk για τη διερεύνηση της ενεργειακής αποδοτικότητας μιας κατοικίας στις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας. Το κέλυφος και τα ανοίγματα της κατοικίας έχουν θερμικά χαρακτηριστικά τέτοια, ώστε να πληρούν κατ' ελάχιστο τις προϋποθέσεις που θέτει ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.). Επίσης για λόγους εποπτείας γίνεται προσομοίωση της ίδιας κατοικίας, στις 4 κλιματικές ζώνες, αλλά χωρίς πρόβλεψη για τη βελτίωση των θερμικών χαρακτηριστικών του κελύφους. Επιπρόσθετα για την Α κλιματική ζώνη διερευνάται, με προσομοιώσεις, ως προς την ενεργειακή απόδοση η επίδραση ενός παθητικού ηλιακού συστήματος προσαρτημένου στην κατοικία, η επίδραση διαφορετικών συστημάτων για θέρμανση-ψύξη-εξαερισμό και παραγωγή ΖΝΧ καθώς και η επίδραση της σκίασης από γειτονικά κτίρια.

Περίληψη

Η απερίσκεπτη κατανάλωση των ορυκτών ενεργειακών πόρων της γης κατά το παρελθόν έχει οδηγήσει στα γνωστά και πολυσυζητημένα περιβαλλοντικά προβλήματα. Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας αποκτά συνεχώς μεγαλύτερη σημασία σε παγκόσμιο, ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο, τόσο για την διαχείριση και μείωση των καταναλώσεων που βασίζονται στον ορυκτό πλούτο, όσο και για τη μείωση των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου, αλλά και τη μείωση των δαπανών για εισαγωγές. Έχουν ληφθεί αρκετά μέτρα όσον αφορά τα ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης, την αποδοτική σχεδίαση, την ενεργειακή επισήμανση προϊόντων, υπηρεσιών και υποδομών. Τα μέτρα αυτά αποσκοπούν στη βελτίωση της απόδοσης σε όλα τα στάδια της ενεργειακής αλυσίδας, από την παραγωγή ή τον εφοδιασμό έως τη χρήση της ενέργειας από τους καταναλωτές.

Ο κτιριακός τομέας στην Ευρώπη ευθύνεται για το 40% περίπου της κατανάλωσης ενέργειας. Στα πλαίσια αυτά ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτιρίων δεν αποτελεί πλέον εναλλακτική δυνατότητα, αλλά αναπόφευκτη ανάγκη. Απαιτείται η εφαρμογή των βέλτιστων πρακτικών και επεμβάσεων κατά τη μελέτη ενός νέου ή ανακαινιζόμενου κτιρίου, ώστε να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο αποδοτικό.

Ο προσδιορισμός του συνδυασμού των διαφορετικών επιλογών όσον αφορά στη χωροθέτηση του κτιρίου, στα υλικά του κελύφους, στα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα κ.λπ. συχνά δεν είναι προφανής. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να μπορεί να προσομοιωθεί το κτίριο με κάποιο λογισμικό ως προς την ενεργειακή του συμπεριφορά, ώστε να μπορούν ευκολότερα να παρθούν αποφάσεις, δίνοντας προτεραιότητα στα μέτρα ενεργειακής απόδοσης.

Αυτή η εργασία έχει ως αντικείμενο την εκτίμηση των ενεργειακών καταναλώσεων μιας κατοικίας σε διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες και με διαφορετικά δομικά και Η/Μ συστήματα, μέσα από την προσομοίωση του ενεργειακού μοντέλου της, με τη χρήση δυο λογισμικών υπολογισμού ενεργειακών καταναλώσεων και συγκεκριμένα του Revit και του Green Building Studio (GBS) της Autodesk.

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζονται στοιχεία για τις ενεργειακές καταναλώσεις των κτιρίων στην Ευρώπη και ιδιαίτερα στην Ελλάδα. Ειδικότερα αναφέρεται το ποσοστό ενέργειας που καταναλώνεται από τα κτίρια ως προς τις συνολικές εγχώριες καταναλώσεις και το πλήθος των κατοικιών έναντι του συνολικού κτιριακού αποθέματος. Παρουσιάζεται το έτος κατασκευής των υφιστάμενων κατοικιών, η κατανομή της ενέργειας τελικής χρήσης στις κατοικίες, η μέση ετήσια κατανάλωση ανά μονάδα επιφάνειας στην Ε.Ε. και στην Ελλάδα καθώς και η μέση κατανάλωση ανά μονάδα επιφάνειας σε κάθε κλιματική ζώνη. Επίσης γίνεται αναφορά στις οδηγίες της Ε.Ε. που αφορούν στην αποδοτικότητα των κτιρίων καθώς και στην ελληνική νομοθεσία που είναι εναρμονισμένη με αυτές τις οδηγίες. Γίνεται τέλος ιδιαίτερη αναφορά στα κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (ΣΜΚΕ ή nZEB).

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βασικές κατευθύνσεις για τον ενεργειακό σχεδιασμό κτιρίων και την εξοικονόμηση ενέργειας σ' αυτά. Γίνεται αναφορά στην επίδραση των κλιματικών συνθηκών στην απόδοση ενός κτιρίου, στο σωστό προσανατολισμό του, στην ιδανική χωροθέτηση του, στη διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων, στο μέγεθος και είδος των ανοιγμάτων και στα λοιπά χαρακτηριστικά του κελύφους. Παρουσιάζονται συνοπτικά οι δυνατότητες εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού του κτιρίου, οι ενεργειακά αποδοτικές τεχνολογίες τεχνητού φωτισμού καθώς και οι ηλεκτρικές συσκευές χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Περιγράφονται σύντομα τα παθητικά συστήματα και η λειτουργία τους και τονίζεται η σημασία του φυσικού δροσισμού. Ακόμα δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην επίδραση των συστημάτων ψύξης- θέρμανσης στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Τέλος γίνεται σύντομη παρουσίαση για την ενσωμάτωση ΑΠΕ στα κτίρια και την παραγωγή πράσινης ενέργειας από αυτά για κάλυψη μέρους της ενεργειακής ζήτησης τους.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα διαθέσιμα λογισμικά προσομοίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων. Παρουσιάζονται δύο έγκριτες αξιολογήσεις λογισμικών και τελικά γίνεται η επιλογή γι' αυτή την εργασία. Παρουσιάζονται συνοπτικά τα λογισμικά που επιλέχτηκαν, το Revit και το GBS της Autodesk. Για να γίνει η ενεργειακή προσομοίωση ενός κτιρίου πρέπει να προηγηθεί ο σχεδιασμός του στο Revit. Η ενεργειακή προσομοίωση μπορεί να γίνει με 2 τρόπους: είτε μέσα από το Revit με τη βοήθεια του Green Building Studio ή απευθείας στο GBS. Το GBS είναι η μηχανή ενεργειακής προσομοίωσης της Autodesk.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία για την ενεργειακή προσομοίωση κτιρίου με το Revit μέσω του GBS. Περιγράφεται δηλαδή πως υλοποιείται μέσα από το Revit i) ο καθορισμός της γεωγραφικής τοποθεσίας και του προσανατολισμού του κτιρίου, ii) ο καθορισμός των θερμικών χαρακτηριστικών του κελύφους του, iii) η κατάταξη των χώρων του κτιρίου σε θερμαινόμενους κλιματιζόμενους και μη και ο καθορισμός των θερμικών ζωνών του και τέλος iv) ο ορισμός των υπόλοιπων ρυθμίσεων που απαιτεί το Revit για την ενεργειακή ανάλυση και τη δημιουργία του ενεργειακού μοντέλου. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης δίνονται από το Revit ή από το GBS. Στη συνέχεια περιγράφεται η διαδικασία για την ενεργειακή προσομοίωση απευθείας από το GBS, για τις περιπτώσεις που απαιτείται περαιτέρω επεξεργασία, με την αποθήκευση του αρχείου σε μορφή *.gbxml από το Revit και εισαγωγή του στο GBS. Σ' αυτή την περίπτωση υπάρχει δυνατότητα περαιτέρω επέμβασης στις καθοριζόμενες παραμέτρους.

Στο πέμπτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η μελέτη προσομοίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς μιας κατοικίας με τη χρήση των λογισμικών Revit και GBS. Περιγράφεται η κατοικία, οι θερμικές ζώνες στις οποίες διαιρείται και οι συνθήκες λειτουργίας της. Τα στοιχεία του κελύφους είναι τέτοια, ώστε να πληρούν τις ελάχιστες προδιαγραφές που θέτει ο κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. Ελέγχεται η θερμομονωτική επάρκεια των στοιχείων του κελύφους της και αναφέρονται τα συστήματα κλιματισμού και ΑΠΕ που χρησιμοποιούνται. Μελετώνται οι παρακάτω περιπτώσεις:

α) Ενεργειακή προσομοίωση της κατοικίας στην Α ζώνη (Ηράκλειο). Δίνονται τα κλιματικά δεδομένα από το λογισμικό, γίνεται μελέτη ηλιασμού-σκίασης, γίνεται ανάλυση ψύξης - θέρμανσης, παρουσιάζονται τα θερμικά και ψυκτικά φορτία και η εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας ετησίως και ανά μήνα. Παρουσιάζεται η δυνατότητα χρήσης ΑΠΕ, το ενδεχόμενο εξοικονόμησης ενέργειας από φυσικό αερισμό και τέλος υπολογίζονται οι ετήσιες εκπομπές CO₂. Μελετάται επίσης η επίδραση ηλιακού χώρου στην ενεργειακή συμπεριφορά της κατοικίας. Στη συνέχεια εξετάζεται η ενεργειακή συμπεριφορά της ίδιας κατοικίας χωρίς πρόβλεψη μόνωσης για λόγους εποπτείας και συγκρίνονται τα αποτελέσματα.

β) Ενεργειακή προσομοίωση της ίδιας κατοικίας στη ζώνη Β (Αθήνα), στη ζώνη Γ (Θεσσαλονίκη) και στη ζώνη Δ (Καστοριά). Για κάθε ζώνη εκτελούνται 2 προσομοιώσεις, μία με στοιχεία κελύφους τέτοια, ώστε να πληρούν τις ελάχιστες προδιαγραφές που θέτει ο ελληνικός κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτιρίων για τη ζώνη και μία χωρίς καθόλου θερμομόνωση στα υλικά του κελύφους. Γίνεται σύγκριση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων.

γ) Ενεργειακή προσομοίωση της ίδιας κατοικίας στη ζώνη Α (Ηράκλειο) με τη χρήση διαφορετικών συστημάτων θέρμανσης-κλιματισμού-αερισμού και παραγωγής ZNX (HVAC), από αυτά που διαθέτει η βιβλιοθήκη του λογισμικού για κατοικίες. Γίνεται σύγκριση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων.

δ) Ενεργειακή προσομοίωση της ίδιας κατοικίας σε αστικό περιβάλλον. Προστίθενται γειτονικά τριώροφα κτίρια γύρω από την κατοικία και μελετάται η επίδραση σκιάσεων από αυτά στην ενεργειακή απόδοση της κατοικίας.

Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο γίνεται ανασκόπηση- σύνοψη των όσων αναφέρθηκαν και παρουσιάζονται τα τελικά συμπεράσματα.

POST-GRADUATE THESIS:	« Energy simulation of a dwelling on 4 climate zones with the use of Revit software & GBS »
STUDENT:	Vardaki Sofia
SUPERVISOR:	Moniakis Myron, Professor, Department of Mechanical Engineering, Technological Educational Institute of Crete
ACADEMIC YEAR:	2016-17

Abstract

The building energy consumption and in particular the one that regards the houses, represents a large percentage of the total energy consumption, both in the EU and Greece. Proper selection of available technologies and practices is required, in accordance with the applicable law, to improve the efficiency of buildings. For the identification of the best options, that lead to save energy in a building, is necessary to simulate energy behavior with a software. In this study Revit and Autodesk's GBS were used to investigate the energy efficiency of a house on 4 climatic zones in Greece. The shell and the apertures of the house have such thermal characteristics that satisfy the minimum conditions suggested by the Regulation of Energy Performance of Buildings. Also, for comparison purposes, simulation of the same house on 4 climate zones is conducted but with no prediction that improves the thermal characteristics of the shell. In addition, the effect of a passive solar system attached to the house, the effect of different systems for heating-cooling-ventilation and produce DHW and the effect of shading from adjacent buildings, were investigated by simulations to A climate zone, for the energy efficiency.

Summary

The reckless consumption of the fossil energy resources of the Earth in the past has led to the well-known and much discussed environmental problems. The reduction of energy consumption, is gaining greater importance at global, European and national level, not only for the management and reduction of consumption based on mineral resources but also for the reduction of greenhouse gas emissions, as well as for the reduction of expenses for imports. Several measures have been taken regarding the minimum standards for energy efficiency, efficient design, energy labelling of products, services and infrastructure. These measures aim to improve performance at all stages of the energy chain, from the production or the energy supply to the energy use by consumers.

The building sector in Europe is responsible for 40% of energy consumption. In this context the energy design of buildings is no longer an option, but an unavoidable necessity. During the study of a new or renovating building the application of the best practices and interventions are required in order for the building to be as efficient as possible.

The identification of the combination of different options regarding the placement of the building, the materials of the shell, the electromechanical systems, etc. is often not obvious. For this reason, it is necessary to simulate the energy behavior of a building with an energy software, to make it easier to make decisions, giving priority to energy efficiency measures.

The subject of this study is the estimation of energy consumption of a dwelling in different climatic conditions and with different construction and electromechanical systems, through the simulation of its energy model, using two software for calculation of energy consumption, Revit and Green Building Studio (GBS) of Autodesk.

In the first chapter data on the energy consumption of buildings in Europe and especially in Greece are presented. Specifically, references are made regarding the percentage of energy that is consumed by buildings in terms of total domestic consumption and the number of houses against the total building stock. The year of construction of the existing houses, the distribution of energy end-use in the residentials, the annual energy use intensity in the EU and in Greece as well as the annual energy use intensity in every climatic zone are mentioned. Moreover the EU directives relating to efficiency of buildings as well as the Greek legislation that is in line with these directives are presented. Finally, there is a separate reference to the nearly zero-energy buildings (nZEB).

The second chapter presents the main directions for the energy building design and energy savings. Factors as the influence of climatic conditions on energy performance of a building, the correct orientation, the ideal location, the layout of interior spaces, the size and type of the openings and the other characteristics of the shell are mentioned. The potential of exploitation of natural lighting of the building, the energy efficient technologies of artificial lighting as well as the low-energy appliances are summarized. The passive systems and their operation and the importance of natural cooling, are described briefly. More emphasis is given on the effect of heating and cooling systems in the energy behavior of the building. Finally, a brief presentation is made on the integration of RES in buildings and on production of green energy from them to cover part of their energy demand.

The third chapter is a reference to the available software for simulating the energy behavior of buildings. Two acclaimed software ratings are listed and eventually becomes the choice of software for this project. The software selected, Revit and Autodesk's GBS, are summarized. For the completion of a building energy simulation, the design in Revit must precede. Energy simulation can be done in 2 ways: either through the Revit with the help of Green Building Studio or directly to GBS. The GBS is the energy simulation engine of Autodesk.

The fourth chapter describes in detail the process for building energy simulation with Revit through GBS. It is described how is implemented by Revit i) the determination of the geographical location and the orientation of the building, ii) the determination of thermal characteristics of shell, iii) the ranking of spaces of the building in heating, air-conditioned or unconditioned and the defining of the thermal zones and finally iv) the definition of the other settings that are required from Revit for energy analysis and for the creation of energy model. The results of the analysis are given from Revit or from GBS. Subsequently, the process for energy simulation directly from the GBS is described, for cases that is required further editing, by saving the file in format *. gbxml in Revit and by inserting it in GBS. In this case there is the possibility of further intervention in the specified parameters.

In the fifth chapter the simulation of the behavior of a dwelling using Revit and GBS takes place. It includes the description of the house, the thermal zones in which is divided and the operating conditions. The shell components satisfy the minimum requirements laid down in regulation of energy efficiency buildings. The thermal suitability of the shell components is checked and the air conditioning and RES components that are used, are mentioned. The following cases are studied:

a) Energy simulation of the residence in climatic zone A (Heraklion). The climate data are created from the software, afterwards the solar and the cooling-heating analysis are performed, then the thermal and cooling loads and the estimated energy consumption per year as well as per month are presented. The possibility to use RES, the probability of energy savings from natural ventilation and the annual emissions of CO₂ are presented too. In this chapter, the effect of the solar space in the energy behavior of the residence is studied. Then the energy behavior of the same residence without insulation prediction is being considered, for comparison purposes and the results are collated.

b) Energy simulation of the same residence in climatic zone B (Athens), C (Thessaloniki) and D (Kastoria). For each climatic zone 2 simulations are performed. The first simulation concerns the shell components which meet the minimum standards that are set by the Greek regulation of energy performance of buildings for the zone and the other with no insulation in the materials of the shell. Then comparing and commentary of the results is presented.

c) Energy simulation of the same residence in climatic zone A (Heraklion) using different heating systems- air conditioning-ventilation and DHW production (HVAC), from those available in the software library for residential. A comparison and a commentary of the results are presented.

d) Energy simulation of the same residence in urban environment. Neighboring three-storied buildings around the residence are added and the effect of shading of them is studied on the energy efficiency of the house.

In the sixth and last chapter review- summary of what is reported is done and the final conclusions are presented.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ – ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	11
1.1	Κτίρια και Ενέργεια.....	11
1.2	Κατοικίες και Ενέργεια	14
1.2.1	Μέση ετήσια κατανάλωση ανά μονάδα επιφάνειας.....	16
1.3	Ενεργειακή απόδοση κτιρίων- Ευρωπαϊκές Οδηγίες	19
1.4	Ενεργειακή απόδοση κτιρίων- Ελληνική Νομοθεσία	21
1.4.1	Οδηγία 2002/91/ΕΚ - Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων.....	21
1.4.2	Οδηγία 2010/31/ΕΕ - Κτίρια ΣΜΚΕ ή nZEB	23
2.	ΚΤΙΡΙΑ-ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ & ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	26
2.1	Κριτήρια σχεδιασμού	26
2.1.1	Κλιματικές συνθήκες.....	26
2.1.2	Προσανατολισμός- Χωροθέτηση	27
2.1.3	Σχήμα	27
2.1.4	Εσωτερική διαρρύθμιση χώρων	27
2.1.5	Μέγεθος ανοιγμάτων συναρτήσει του προσανατολισμού	28
2.2	Κέλυφος.....	29
2.2.1	Θερμική μάζα – θερμοχωρητικότητα.....	29
2.2.2	Μόνωση.....	29
2.2.3	Κουφώματα	30
2.2.4	Ηλιοπροστατευτικά πετάσματα - σκίαστρα	30
2.2.5	Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών	31
2.3	Συστήματα παθητικά - ενεργητικά	32
2.3.1	Φωτισμός.....	32
2.3.1.1	Φυσικός φωτισμός	32
2.3.1.2	Τεχνητός φωτισμός	32

2.3.2	Ηλεκτρικές Συσκευές	33
2.3.3	Παθητικά ηλιακά συστήματα	34
2.3.4	Φυσικός Δροσισμός - Αερισμός	37
2.3.5	Συστήματα θέρμανσης- ψύξης	38
2.3.6	ΑΠΕ στα κτίρια	41
2.3.6.1	Θερμικά ηλιακά συστήματα.	41
2.3.6.2	Φωτοβολταϊκά συστήματα.....	42
2.3.6.3	Υβριδικά Φωτοβολταϊκά / Θερμικά συστήματα	43
2.3.6.4	Ανεμογεννήτριες σε κτίρια	43
2.3.6.5	Βιομάζα.....	44
2.3.6.6	Γεωθερμικές αντλίες	44
2.3.7	Συστήματα καταγραφής και παρακολούθησης ενέργειας.....	45
2.4	Συμπεριφορά χρηστών.....	46
3.	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ	47
3.1	Λογισμικά ενεργειακής προσομοίωσης.....	47
3.2	Revit- Συνοπτική παρουσίαση.....	51
3.2.1	Το περιβάλλον εργασίας του Revit	53
3.3	Ενεργειακή προσομοίωση στο Revit και στο Green Building Studio.....	56
4.	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΣΤΟ REVIT & ΣΤΟ GBS	59
4.1	Διαδικασία εκτέλεσης ενεργειακής προσομοίωσης στο Revit (έκδοση 2016)	59
4.1.1	Θερμικά χαρακτηριστικά στοιχείων κελύφους.....	59
4.1.2	Καθορισμός χώρων και θερμικών ζωνών	61
4.1.3	Καθορισμός προσανατολισμού κτιρίου	64
4.1.4	Καθορισμός γεωγραφικής τοποθεσίας.....	66
4.1.5	Καθορισμός παραμέτρων τύπου κτιρίου.....	68

4.1.6	Καθορισμός ρυθμίσεων ενεργειακής ανάλυσης	72
4.1.7	Δημιουργία ενεργειακού μοντέλου	75
4.2	Διαδικασία εκτέλεσης ενεργειακής προσομοίωσης στο GBS.....	76
5.	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ.....	83
5.1	Ενεργειακή ανάλυση κατοικίας στις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας	83
5.1.1	Διαχωρισμός ελληνικής επικράτειας σε ζώνες	83
5.1.2	Περιγραφή κατοικίας – Συνθήκες λειτουργίας	84
5.1.2.1	Περιγραφή της υπό μελέτη κατοικίας.....	84
5.1.2.2	Θερμομονωτική επάρκεια δομικών στοιχείων	95
5.1.2.3	Συνθήκες λειτουργίας κτιρίου.....	101
5.1.2.4	Σύστημα κλιματισμού και ΑΠΕ.....	102
5.1.2.5	Διάρθρωση κατοικίας σε θερμικές ζώνες.....	103
5.1.3	Ενεργειακή ανάλυση στο Ηράκλειο (Ζώνη Α).....	104
5.1.3.1	Κλιματικά δεδομένα	104
5.1.3.2	Ηλιασμός – Σκίαση	110
5.1.3.3	Ανάλυση ψύξης - θέρμανσης.....	112
5.1.3.4	Θερμικά και ψυκτικά φορτία	119
5.1.3.5	Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας.....	124
5.1.3.6	Δυνατότητα χρήσης ΑΠΕ - Renewable Energy Potential	130
5.1.3.7	Ενδεχόμενο εξοικονόμησης ενέργειας από φυσικό αερισμό.....	132
5.1.3.8	Ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα - Annual Carbon Emissions	133
5.1.3.9	Επίδραση ηλιακού χώρου στην ενεργειακή συμπεριφορά της κατοικίας	136
5.1.3.10	Ηράκλειο- κατοικία χωρίς πρόβλεψη μόνωσης.....	138
5.1.4	Ενεργειακή ανάλυση κατοικίας στην Αθήνα (Ζώνη Β).....	139
5.1.5	Ενεργειακή ανάλυση κατοικίας στην Θεσσαλονίκη (Ζώνη Γ).....	141
5.1.6	Ενεργειακή ανάλυση κατοικίας στην Καστοριά (Ζώνη Δ).....	142

5.1.7	Σύγκριση αποτελεσμάτων ενεργειακής ανάλυσης στις 4 κλιματικές ζώνες.....	143
5.2	Επίδραση διαφορετικών συστημάτων HVAC στην κατανάλωση ενέργειας.....	149
5.3	Επίδραση σκίασης από γειτονικά κτίρια	161
6.	ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	163
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ	167
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	169

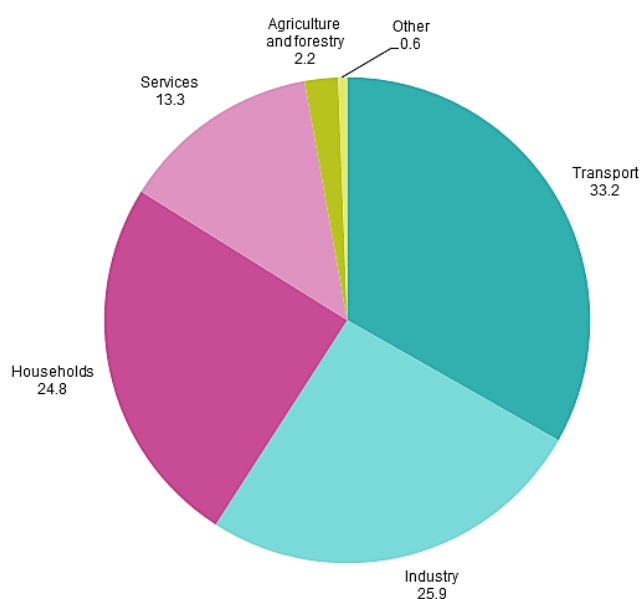
1. ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ – ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η ενέργεια σε κάθε μορφή της παίζει καθοριστικό ρόλο στην οικονομία και την ευημερία μιας χώρας. Μεταβολές στην προσφορά ή στην τιμή της μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην οικονομία και στην ποιότητα ζωής του πληθυσμού. Συγχρόνως η κατανάλωση ενέργειας και κυρίως αυτή που συνδέεται με τη χρήση ορυκτών καυσίμων, επιφέρει πολλές δυσάρεστες συνέπειες στο περιβάλλον.

Στην τελική ενεργειακή κατανάλωση μιας χώρας επιδρούν πολλοί παράγοντες, όπως i) οι διαθέσιμες, οικονομικά αποδοτικές και αειφόρες ενεργειακές τεχνολογίες, που χρησιμοποιούνται στις καθημερινές δραστηριότητες, ii) οι πολιτικές που εφαρμόζονται για την ορθολογική χρήση ενέργειας, iii) οι τιμές των καυσίμων, iv) το βιοτικό επίπεδο του πληθυσμού κ.α. Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην ανάλυση της ενεργειακής ζήτησης σε επιμέρους τομείς (πχ. βιομηχανικός, κτιριακός, μεταφορές), ώστε αφενός να εντοπιστούν οι βέλτιστοι τρόποι για εξοικονόμηση ενέργειας σε κάθε τομέα, κατά την παραγωγή, μεταφορά και τελική χρήση της ενέργειας και αφετέρου για να υποκατασταθούν τα ορυκτά καύσιμα από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ώστε να περιοριστούν οι αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

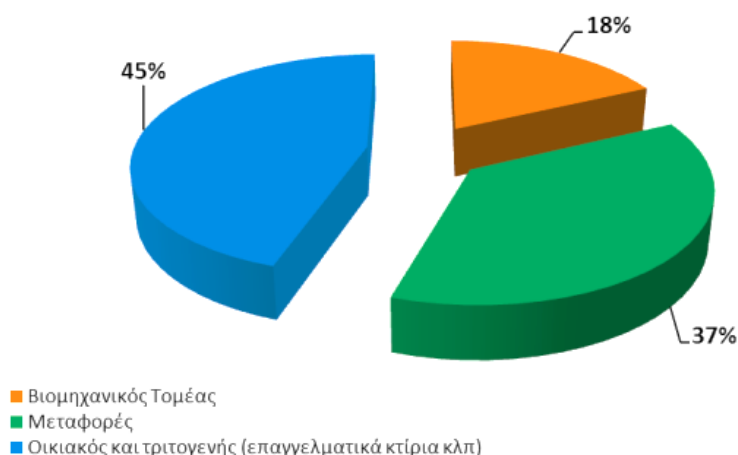
1.1 Κτίρια και Ενέργεια

Τα κτίρια στην ΕΕ ευθύνονται για το 40% περίπου της κατανάλωσης ενέργειας και το 36% των εκπομπών CO₂. Με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, θα μπορούσε να μειωθεί η ενεργειακή κατανάλωση στην ΕΕ από 5% έως 6% καθώς και να μειωθούν οι εκπομπές CO₂ κατά περίπου 5%, σύμφωνα με στοιχεία της Ε.Ε. [1].



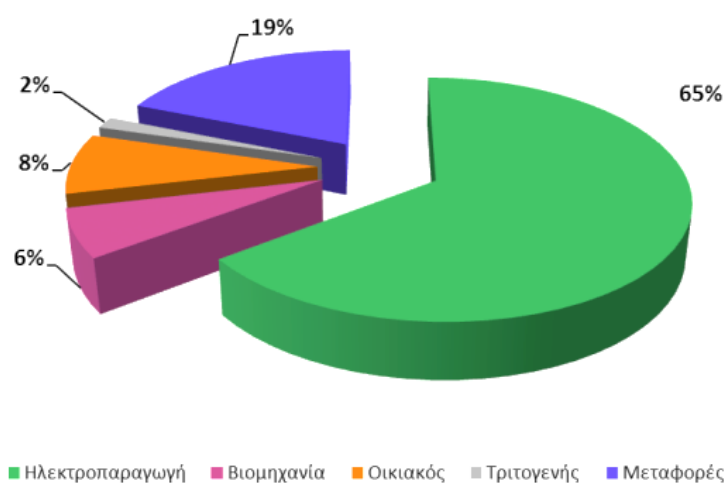
Εικ. 1.1 Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση 2014 (ποσοστό βασισμένο σε ΤΠΠ- Πηγή: Eurostat[2])

Τα κτίρια (οικιακός και τριτογενής τομέας) στην Ελλάδα αντιπροσωπεύουν το 45% της εγχώριας κατανάλωσης, σύμφωνα με την κατανομή της τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά χρήση για το έτος 2012 [3].



Εικ. 1.2 Κατανομή της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά χρήση, έτος 2012 [3]

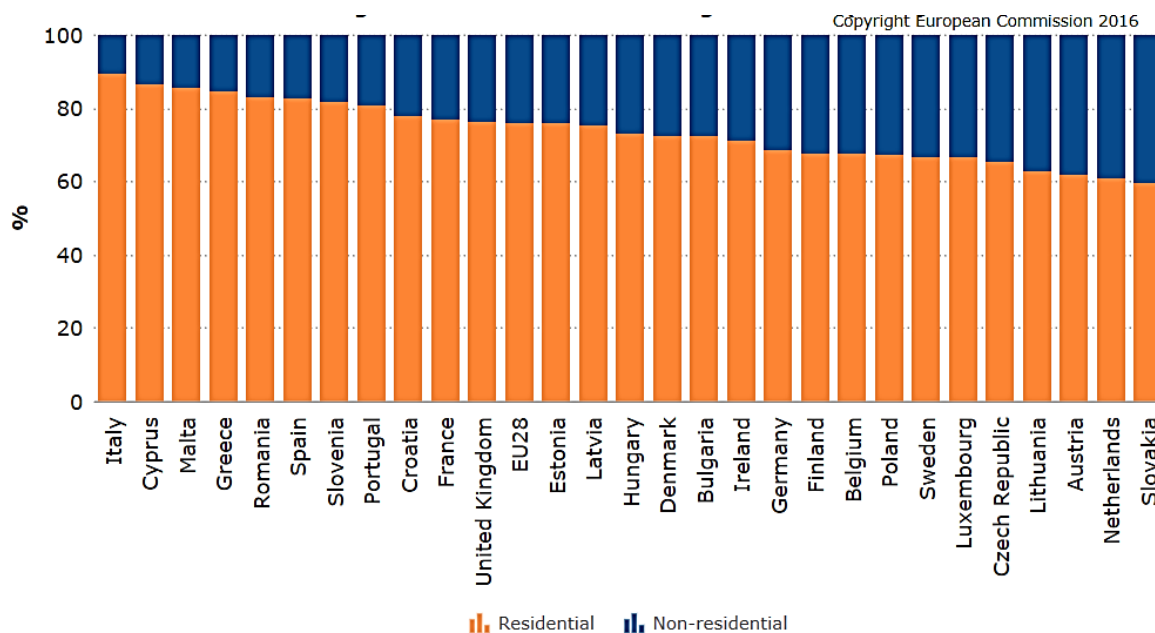
Επίσης οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από ενεργειακές καταναλώσεις στα κτίρια (οικιακός και τριτογενής τομέας) ανέρχονται στο 10% (2012)



Εικ. 1.3 Ποσοστιαία κατανομή των εκπομπών CO₂ ανά ενεργειακό τομέα, έτος 2012 [3]

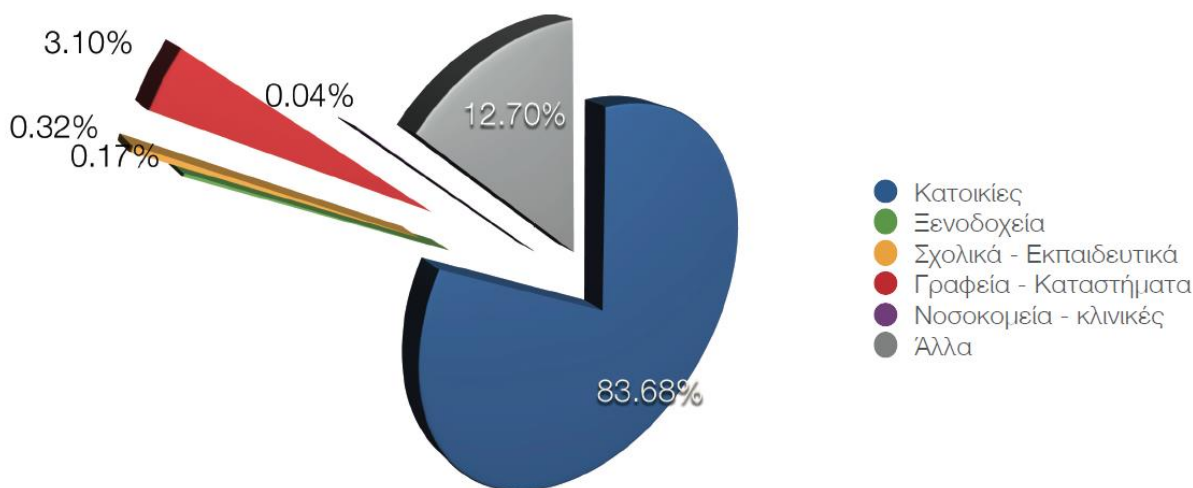
Από τη διαθέσιμη πανευρωπαϊκή βάση δεδομένων της EC (European Commission) για το κτιριακό απόθεμα της Ευρώπης- «EU Building Stock Observatory» [4] – αντλούμε χρήσιμα στοιχεία για την ενεργειακή συμπεριφορά των υφιστάμενων κτιρίων:

Το πλήθος των κτιρίων στην Ευρώπη είναι 250 εκατομμύρια περίπου και στην Ελλάδα πλησιάζουν τα 7 εκατομμύρια. Σε όλα τα κράτη μέλη, η πλειοψηφία των κτιρίων είναι κατοικίες. Το ποσοστό όμως ποικίλει σημαντικά, από περίπου 60% στη Σλοβακία, τις Κάτω χώρες και την Αυστρία, ανέρχεται στο 85% στις χώρες του Νότου.



Εικ. 1.4 Ποσοστιαία κατανομή κτιριακού αποθέματος της Ευρώπης σε κατοικίες και σε λοιπά κτίρια (2013, EC/ Energy [4])

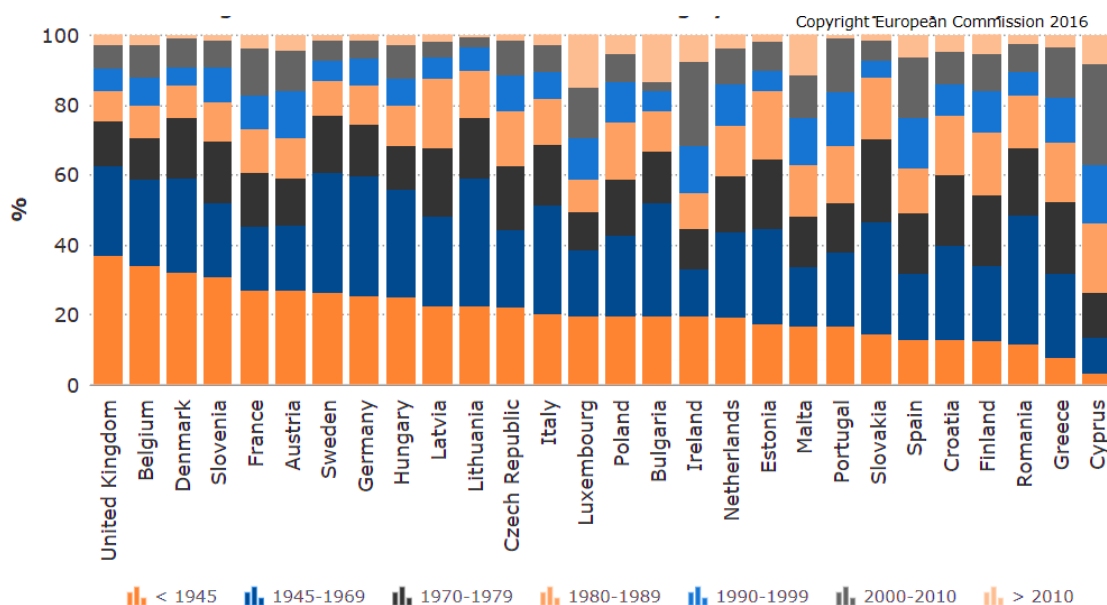
Στην Ελλάδα τα κτίρια κατοικιών αντιπροσωπεύουν το 83.68% του συνολικού αριθμού της ποσότητας του κτιριακού αποθέματος, σύμφωνα με την «έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του εθνικού κτιριακού αποθέματος» (Δεκέμβριος 2014) [5], γεγονός που αναδεικνύει τη σημαντικότητα τους για την εξοικονόμηση ενέργειας στο πλαίσιο της εθνικής στρατηγικής για την ανακαίνιση των υφιστάμενων κτιρίων.



Εικ. 1.5 Ποσοστιαία κατανομή του ελληνικού κτιριακού αποθέματος με βάση τη χρήση [5]

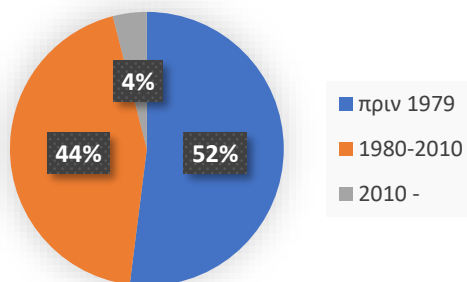
1.2 Κατοικίες και Ενέργεια

Στην Ευρώπη τα περισσότερα κτίρια κατοικιών χτίστηκαν πριν τους κανονισμούς που σχετίζονται με την ενεργειακή αποδοτικότητα τους (χτισμένα πριν από το 1970). Σε κάποιες χώρες, όπως η Κύπρος, η Ισπανία και η Ιρλανδία, το ποσοστό των νέων κατοικιών που κατασκευάστηκαν μετά το 2000 είναι σημαντικό.



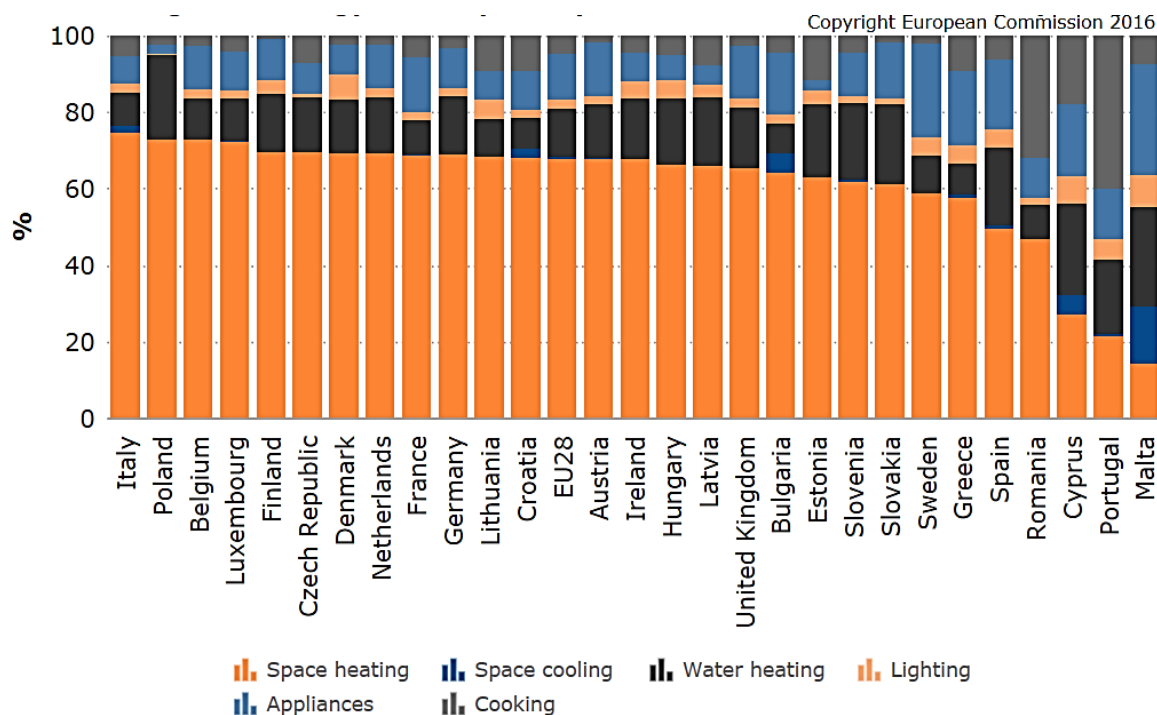
Εικ. 1.6 Ποσοστιαία κατανομή υφιστάμενων κατοικιών στην Ευρώπη ανάλογα με τη δεκαετία κατασκευής (EC/ Energy [4])

Στην Ελλάδα το 52% των κτιρίων είναι κατασκευασμένο πριν το 1979, όπου τα κτίρια είναι θερμικά απροστάτευτα, το 44% είναι κατασκευασμένο μεταξύ 1980-2010, όπου σταδιακά εφαρμόζονταν συστήματα θερμομόνωσης και άλλα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής τους απόδοσης, και μόνο το 4% κατασκευάστηκε μετά το 2010, που είχε ψηφιστεί ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων. Έτσι, ενώ η «θερμική αποτελεσματικότητα» των νέων κτιρίων βελτιώνεται σταθερά με την πάροδο του χρόνου, για το μεγαλύτερο μέρος του υπάρχοντος κτιριακού δυναμικού, τόσο της Ελλάδας όσο και της Ευρώπης, υπάρχουν μεγάλα περιθώρια βελτίωσης της ενεργειακής του απόδοσης.



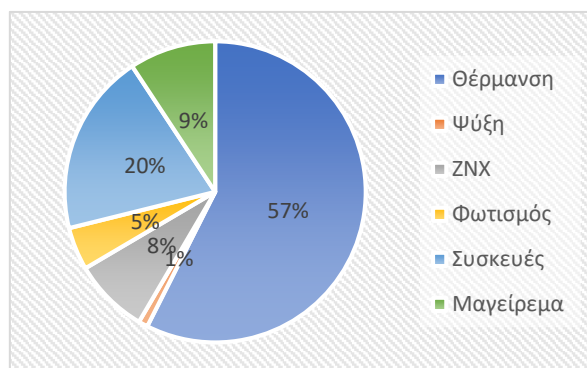
Εικ. 1.7 Ελλάδα: Έτος κατασκευής κατοικιών (2013, EC/ Energy [4])

Όσον αφορά στην κατανομή της ενέργειας τελικής χρήσης στις κατοικίες, στην ΕΕ, η θέρμανση των χώρων, κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό (68%) της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Στις περισσότερες χώρες, το ποσοστό της θέρμανσης αντιπροσωπεύει το 60-80% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Η θέρμανση του νερού κατέχει τη δεύτερη θέση με το σημαντικότερο μερίδιο (13%). Η κατανάλωση των ηλεκτρικών συσκευών αντιπροσωπεύει το 12% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας των κατοικιών σε επίπεδο ΕΕ. Το μαγείρεμα αντιπροσωπεύει το 5% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και ο φωτισμός μόλις 2%.



Εικ. 1.8 Ενέργεια τελικής χρήσης στις κατοικίες στην Ευρώπη (2013, EC [4])

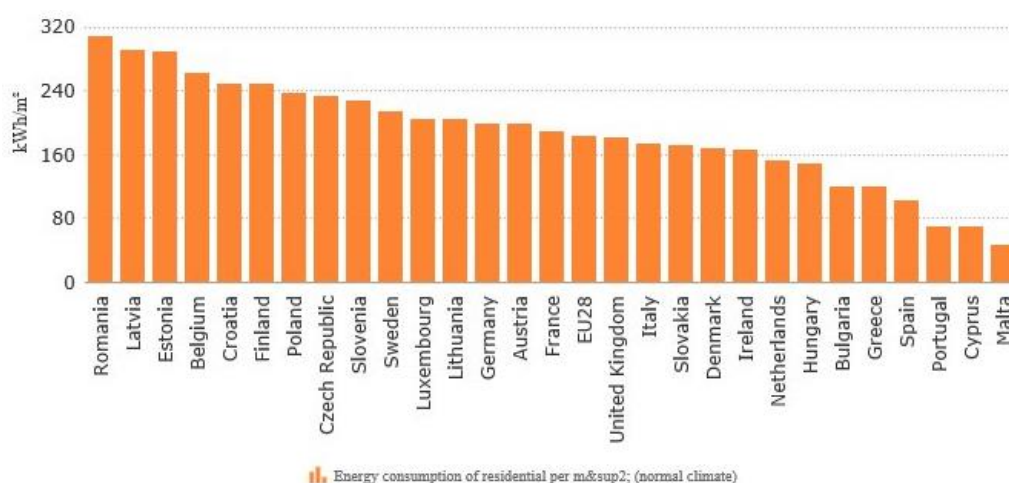
Στην Ελλάδα τα αντίστοιχα ποσοστά είναι: για θέρμανση 57,5%, για ψύξη 1%, και ΖΝΧ 8,1%, για φωτισμό 4,6%. Για ηλεκτρικές συσκευές 19,6% και για μαγείρεμα 9,3%.



Εικ. 1.9 Ελλάδα : Ενέργεια τελικής χρήσης, (2013, EC [4])

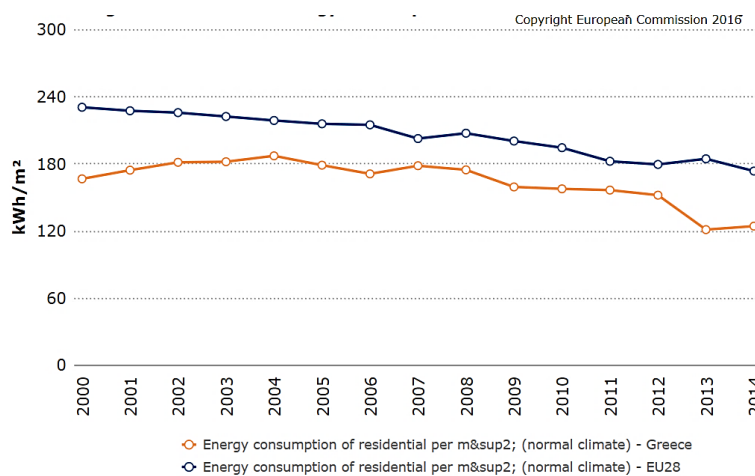
1.2.1 Μέση ετήσια κατανάλωση ανά μονάδα επιφάνειας

Σε επίπεδο ΕΕ, η μέση ετήσια κατανάλωση ανά μονάδα επιφάνειας, για όλους τους τύπους κατοικιών, ήταν περίπου 180 kWh/m² το 2013 (εικ.1.10.) Διαφέρει μεταξύ των χωρών: από 47 kWh/m² στη Μάλτα και 70 kWh/m² στην Πορτογαλία και στην Κύπρο, 300 kWh/m² στη Ρουμανία (ή 290 kWh/m² στη Λετονία και την Εσθονία) που είναι σημαντικά υψηλότερο από τον μέσο όρο της ΕΕ. Ωστόσο, ακόμη και για χώρες με παρόμοιο κλίμα, υπάρχουν σημαντικές διαφορές (π.χ. 210 kWh/m² στη Σουηδία, 18% χαμηλότερο από Φινλανδία). Τέτοιες διαφορές εξηγούνται εν μέρει από τις κλιματικές συνθήκες και εν μέρει από διαφορές στις χρησιμοποιούμενες στατιστικές μεθόδους, σύμφωνα με τα στοιχεία της EC.



Εικ. 1.10 Συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση κατοικιών στην Ευρώπη σε kWh/m²,(2013)[4]

Η ενεργειακή κατανάλωση στις κατοικίες ανά m² μειώθηκε από το 2008 (εικ.1.11), κυρίως λόγω των προσπαθειών που έγιναν για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στον οικιστικό τομέα με διάφορα μέτρα και πολιτικές, αλλά και λόγω της υψηλότερης τιμής της ενέργειας και της οικονομικής ύφεσης.



Εικ. 1.11 Κατανάλωση ενέργειας κατοικιών (συνολική τελική χρήση) στην Ελλάδα σε kWh/m² ανά έτος και σύγκριση με τον αντίστοιχο ευρωπαϊκό μέσο όρο [4]

Στην Ελλάδα η κατανάλωση ενέργειας των κατοικιών για το 2013 (εικ.1.11) ανέρχεται κατά μέσο όρο σε 121 kWh/m² και για το 2014 σε 124 kWh/m², ενώ ο μέσος όρος στην ΕΕ για το ίδιο έτη είναι 173 & 184 kWh /m² αντίστοιχα.

Στοιχεία για την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας σε kWh/m² κατοικίας, που προέρχονται από στατιστικές αναλύσεις από τα πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης που έχουν εκδοθεί έως σήμερα, δίνονται και από το ΥΠΕΚΑ [6]

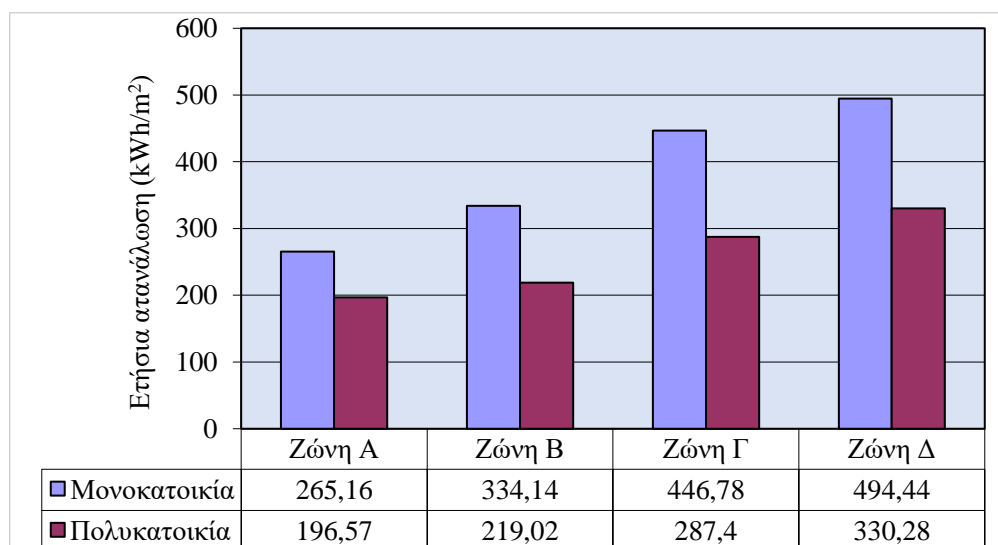
Έτος/ Χρήση	Μέση κατανάλωση πρωτ. εν. για θέρμανση	Μέση κατανάλωση πρωτ. εν. για ψύξη	Μέση κατανάλωση πρωτ. εν. για φωτισμό	Μέση κατανάλωση πρωτ. εν. για ΖΝΧ	Μέση κατανάλωση πρωτ. εν. για ΑΠΕ & ΣΗΘ	Μέση κατανά- λωση πρωτ. εν.
2011	186,98	43,84	0,00	60,82	0,11	291,97
Μονοκατ.	274,88	52,00	0,00	58,04	0,42	384,98
Πολυκατ.	156,54	41,02	0,00	61,78	0,00	259,76
2012	161,03	34,33	0,00	55,92	0,07	252,48
Μονοκατ.	251,26	45,57	0,00	53,21	0,42	350,34
Πολυκατ.	148,28	32,74	0,00	56,31	0,02	238,65
2013	177,83	30,89	0,00	47,77	0,04	257,37
Μονοκατ.	281,13	41,50	0,00	42,95	0,06	365,70
Πολυκατ.	157,42	28,79	0,00	48,72	0,04	235,98
2014	193,33	31,84	0,00	46,98	0,04	272,73
Μονοκατ.	292,70	41,27	0,00	42,94	0,12	376,81
Πολυκατ.	166,64	29,30	0,00	48,07	0,02	244,77
2015	171,14	31,05	0,00	47,37	0,02	250,43
Μονοκατ.	253,95	40,85	0,00	42,60	0,07	337,64
Πολυκατ.	150,37	28,60	0,00	48,57	0,01	228,56
2016	164,69	30,54	0,00	57,22	0,02	253,85
Μονοκατ.	241,73	43,18	0,00	47,92	0,09	332,95
Πολυκατ.	154,74	28,91	0,00	58,43	0,01	243,63

Εικ. 1.12 Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατοικιών στην Ελλάδα σε kWh/m² [6]

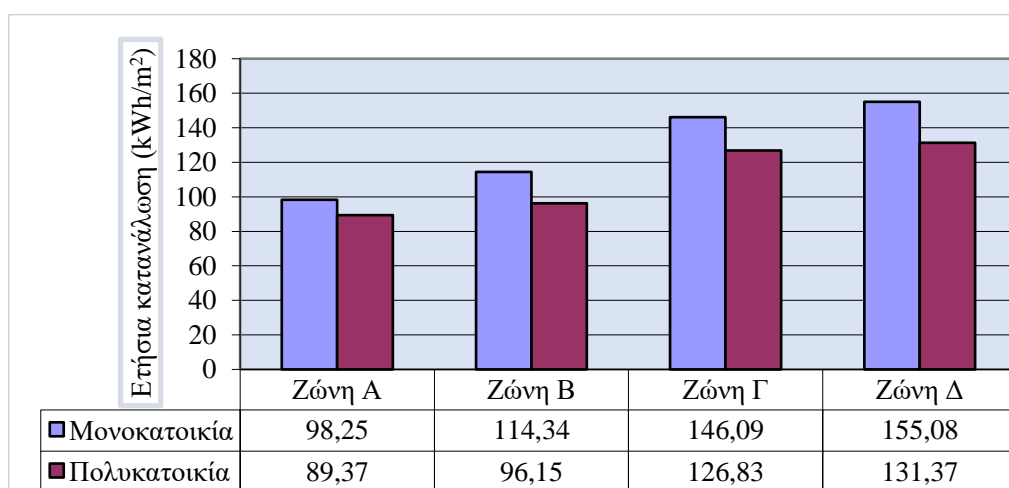
Επίσης με βάση τα δεδομένα από την έκδοση πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης (2015) από παρουσίαση διαθέσιμη στο ΥΠΕΚΑ [7] για την κατανάλωση κτιρίων ανά μονάδα επιφάνειας (kWh/m²) σε κάθε κλιματική ζώνη διαμορφώνονται για κατοικία και πολυκατοικία τα επόμενα διαγράμματα (Εικ. 1.13, 1.14) που δίνουν στοιχεία για τη μέση κατανάλωση κατοικιών καθώς και κατοικιών με προδιαγραφές κτιρίου αναφοράς σε κάθε κλιματική ζώνη.

Οι καταναλώσεις που απεικονίζονται αναφέρονται σε τιμές πρωτογενούς ενέργειας σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. και όχι στην πραγματική λειτουργία του κτιρίου. Στην ψυχρότερη κλιματική ζώνη Δ οι κατοικίες είναι πιο ενεργοβόρες απ' ότι στις άλλες περιοχές της χώρας με τη μεγαλύτερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας να καταγράφεται στις μονοκατοικίες (494 kWh/m²). Ενδιαφέρον παρουσιάζουν επίσης και οι αποκλίσεις στις καταναλώσεις, ανάμεσα σε

μονοκατοικίες και πολυκατοικίες, με τις μονοκατοικίες να είναι πιο «σπάταλες» ενεργειακά σε ποσοστό που κυμαίνεται από 34,9% στην Α ζώνη, έως και 55,5% στη Γ ζώνη.



Εικ. 1.13 Μέση κατανάλωση κατοικιών ανά κλιματική ζώνη σε kWh/m²



Εικ. 1.14 Κατανάλωση κατοικιών με προδιαγραφές κτιρίου αναφοράς σε κάθε κλιματική ζώνη σε kWh/m²

Η εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα είναι πολύ σημαντική τόσο σε εθνικό επίπεδο, όσο και σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης. Με την υποκατάσταση των συμβατικών πηγών ενέργειας από ΑΠΕ προστατεύουμε το περιβάλλον από τους εκλυόμενους ρύπους στην ατμόσφαιρα, μειώνουμε τις εισαγωγές ενέργειας και οδηγούμαστε σταδιακά στην απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα.

Ο γενικότερος περιβαλλοντικός – ενεργειακός στόχος που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση συνοψίζεται στο γνωστό 20-20-20, δηλαδή στη μείωση κατά 20% των εκπομπών αερίων

του θερμοκηπίου, στη διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα κατά 20% και στην εξοικονόμηση ενέργειας κατά 20% έως το 2020.

1.3 Ενεργειακή απόδοση κτιρίων- Ευρωπαϊκές Οδηγίες

Οι ανεπτυγμένες χώρες καταβάλλουν σημαντικές προσπάθειες για εξοικονόμηση ενέργειας και χρήση ΑΠΕ έναντι των συμβατικών καυσίμων. Η Ε.Ε. τα τελευταία χρόνια έχει αναπτύξει σημαντικές πρωτοβουλίες που στοχεύουν στην αποδοτικότερη χρήση ενέργειας και στη μείωση της ενεργειακής ζήτησης. Στον κτιριακό τομέα, στα πλαίσια της προστασίας του περιβάλλοντος και της βιώσιμης ανάπτυξης, έχει θέσει ως στόχο τα καινούρια κτίρια ως το 2020 να είναι μηδενικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Πρέπει συνεπώς να ληφθούν μέτρα κατά το σχεδιασμό τους για την ελαχιστοποίηση των ενεργειακών τους αναγκών, αλλά και για να χρησιμοποιηθούν συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την παραγωγή της απαραίτητης για τις ανάγκες του κτιρίου ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι εκπομπές CO₂ στην ατμόσφαιρα από τα ορυκτά καύσιμα.

Οι Ευρωπαϊκές Οδηγίες που έχουν θεσπιστεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και αφορούν στην ενεργειακή απόδοση είναι [8]:

- **Οδηγία 2002/91**, για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Αναφέρεται στην ορθολογική χρήση ενέργειας στα κτίρια. Καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση, ΖΝΧ, ψύξη, αερισμό, φωτισμό για υφιστάμενα και νέα κτίρια. Αφορά σε κατοικίες και τριτογενή τομέα (γραφεία, δημόσια κτίρια κ.λπ.).
- **Οδηγία 2006/32/ΕΚ**, για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες. Σκοπός της οδηγίας είναι να ενισχυθεί η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση. Θέτει το νομικό πλαίσιο, καθώς και ενδεικτικά οικονομικά μέτρα και κίνητρα για την αποτελεσματική χρήση ενέργειας.
- **Οδηγία 2010/31/ΕΕ**, για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Αποτελεί αναδιατύπωση της Οδηγίας 2002/91/ΕΚ. Είναι η κύρια νομοθετική πράξη σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων στην Ευρώπη. Αναφέρεται σε κοινή μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων σε εθνικό ή περιφερειακό επίπεδο. Αναφέρεται επίσης στον καθορισμό των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης, που πρέπει να εμφανίζει ένα κτίριο, ώστε να επιτευχθεί το βέλτιστο επίπεδο από πλευρά κόστους. Το επίπεδο αυτών των απαιτήσεων αναθεωρείται κάθε πέντε χρόνια, ενώ δίνεται στα κράτη μέλη το δικαίωμα να διαφοροποιούν τα ελάχιστα όρια ανάλογα με το αν τα κτίρια είναι υφιστάμενα ή καινούρια, καθώς και ανάλογα με τη λειτουργία του κτιρίου. Βασικό στοιχείο της Οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, αποτελούν τα κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας (nZEB). "Κτίριο με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας" είναι ένα κτίριο με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση του οποίου η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών, καλύπτεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από ανανεώσιμες πηγές

ενέργειας, περιλαμβανομένης της ενέργειας που παράγεται επιτόπου ή πλησίον του κτιρίου». Τα κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nZEB) διαθέτουν δομικά στοιχεία υψηλών ενεργειακών προδιαγραφών, Η/Μ εγκαταστάσεις ιδιαίτερα υψηλής ενεργειακής απόδοσης και ένα σημαντικό μερίδιο της ενεργειακής τους κατανάλωσης θα καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Μεταξύ άλλων αναφέρεται ότι:

α) έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020 όλα τα νέα κτίρια πρέπει να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας και

β) μετά τις 31 Δεκεμβρίου 2018 τα νέα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους πρέπει να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.

Κάθε κράτος - μέλος της ΕΕ οφείλει μεταξύ άλλων:

-να καθορίσει τις προδιαγραφές των ενεργειακών απαιτήσεων τόσο για τα στοιχεία κελύφους των κτιρίων, όσο και για το ποσοστό κάλυψης των αναγκών σε ενέργεια από ΑΠΕ.

-να καθορίσει τα τεχνικά χαρακτηριστικά των κτιρίων του με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη τις εθνικές, περιφερειακές ή τοπικές συνθήκες, περιλαμβανομένου του αριθμητικού δείκτη της χρήσης πρωτογενούς ενέργειας σε κιλοβατώρες ανά τετραγωνικό μέτρο κατ' έτος (kWh/m² yr).

-να ετοιμάσει τους ενδιάμεσους στόχους για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των νέων κτιρίων.

-να παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις πολιτικές και τα οικονομικά ή άλλα μέτρα, που έχουν ληφθεί για την προώθηση των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, περιλαμβανομένων λεπτομερειών όσον αφορά τις εθνικές απαιτήσεις. Επίσης να παρέχει πληροφορίες σχετικά με τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για τη χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στα νέα κτίρια, αλλά και τα υφιστάμενα που υφίστανται ριζική ανακαίνιση. Το κάθε κράτος - μέλος της ΕΕ θα πρέπει επίσης, να λάβει τα απαιτούμενα μέτρα χρηματοδότησης, για την προώθηση των κτιρίων σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

- **Οδηγία 2012/27/ΕΚ**, για την ενεργειακή αποδοτικότητα. Αυτή η οδηγία θέτει ένα κοινό πλαίσιο μέτρων για την προώθηση της ενεργειακής απόδοσης εντός της Κοινότητας, ώστε να επιτευχθεί ο στόχος της εξοικονόμησης κατά 20% μέχρι το 2020. Μεταξύ άλλων τα κράτη-μέλη αναλαμβάνουν δεσμεύσεις για στρατηγικές για την ανακαίνιση του εθνικού κτιριακού αποθέματος, καθώς και για ανακαίνιση των δημοσίων κτιρίων, που έχουν επιφάνεια άνω των 500 m² σε ποσοστό τουλάχιστον 3% της συνολικής τους επιφάνειας. Τα δημόσια κτίρια θα έχουν παραδειγματικό ρόλο όσον αφορά στην ανακαίνιση, ώστε να επιτευχθούν οι ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις. Ακόμα, η οδηγία προωθεί ενεργειακούς ελέγχους που θα διενεργούνται από ειδικευμένους εμπειρογνώμονες, εγκατάσταση μετρητών ενέργειας, που θα αντικατοπτρίζουν την πραγματική ενεργειακή κατανάλωση και γενικά μέτρα για την αποδοτική χρήση ενέργειας από τους καταναλωτές, όπως φορολογικά κίνητρα, χρηματοδότηση, δανεισμό, επιδοτήσεις κ.ά.

Όλες οι παραπάνω οδηγίες υπογραμμίζουν τη σημασία του κτιριακού τομέα στην ενεργειακή κατανάλωση και την αναγκαιότητα θέσπισης μέτρων για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

1.4 Ενεργειακή απόδοση κτιρίων- Ελληνική Νομοθεσία

Στο πλαίσιο της εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα, η χώρα μας προχώρησε στις απαραίτητες διαδικασίες για την εναρμόνιση των παραπάνω Οδηγιών στην εθνική νομοθεσία, όπως φαίνεται στο επόμενο πίνακα:

Πίνακας 1.1 Εναρμόνιση των Ευρωπαϊκών Οδηγιών στην Εθνική Νομοθεσία [8]

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

1.4.1 Οδηγία 2002/91/ΕΚ - Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων

Για την εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την οδηγία 2002/91/ΕΚ θεσμοθετήθηκε ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), όπως προβλέπεται στο Άρθρο 3 του νόμου 3661/2008 που εκδόθηκε με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, την εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος. Ο Κ.Εν.Α.Κ. είναι ο κανονισμός που ισχύει σήμερα στη χώρα μας όσον αφορά στον υπολογισμό της ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων και είναι η πρώτη ολοκληρωμένη προσπάθεια για τον καθορισμό των παραμέτρων που επιδρούν στην ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου.

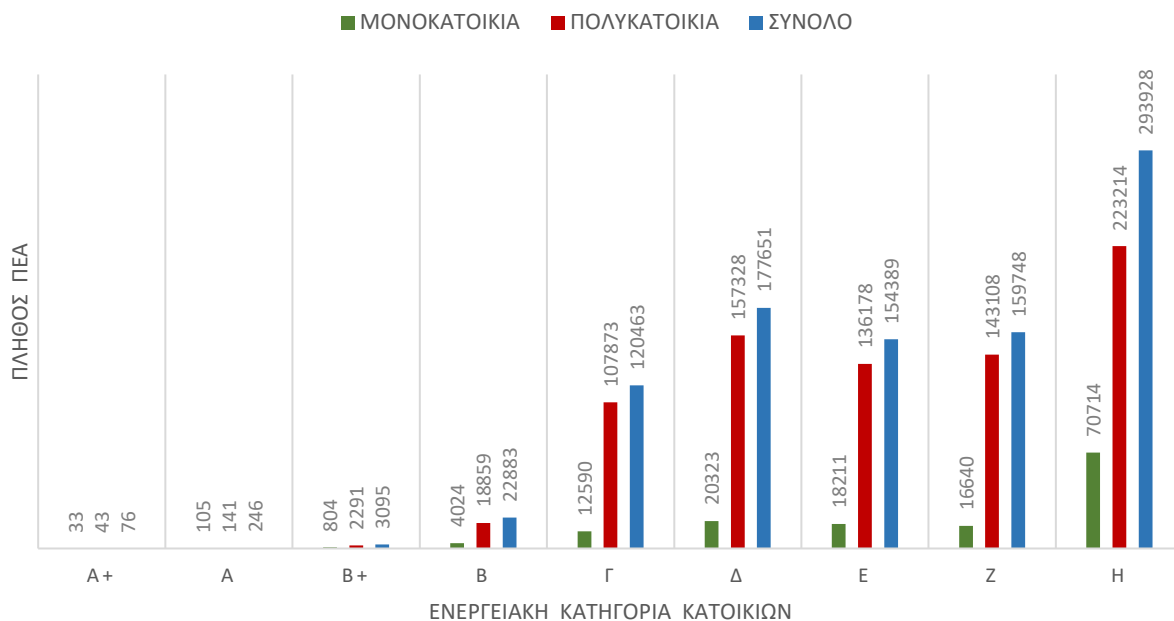
Ο Κ.Εν.Α.Κ. [9] διαμορφώνει το πλαίσιο αρχών και καθορίζει τους όρους και τις προϋποθέσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Ειδικότερα, σκοπό του αποτελεί η μείωση της κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό (ΘΨΚ), φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ZNX) με την ταυτόχρονη διασφάλιση συνθηκών άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων. Ο σκοπός αυτός επιτυγχάνεται μέσω του ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού του κελύφους, της χρήσης ενεργειακά αποδοτικών δομικών υλικών και ηλεκτρομηχανολογικών (Η/Μ) εγκαταστάσεων, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ).

Έχει οριστεί έτσι συγκεκριμένη μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων για την εκτίμηση των ενεργειακών καταναλώσεων των κτιρίων για ΘΨΚ, φωτισμό και ZNX. Έχουν καθοριστεί ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση και κατηγορίες για την ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων. Έχουν καθοριστεί επίσης οι ελάχιστες προδιαγραφές για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτιρίων, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους και οι προδιαγραφές των Η/Μ εγκαταστάσεων, των υπό μελέτη νέων κτιρίων καθώς και των ριζικά ανακαινιζόμενων. Κάθε νέο κτίριο καθώς και κάθε υφιστάμενο κτίριο που ανακαινίζεται ριζικά, πρέπει να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης δηλ.: α) είτε η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου να είναι μικρότερη ή ίση από τη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς, όπως αυτό περιγράφεται στο άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ. β) είτε το εξεταζόμενο κτίριο να έχει τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά με το κτίριο αναφοράς, τόσο ως προς το κτιριακό κέλυφος, όσο και ως προς τις ηλεκτρομηχανολογικές του εγκαταστάσεις στο σύνολό τους.

Η ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς αντιστοιχεί στο άνω όριο της κατηγορίας ενεργειακής απόδοσης Β. Κτίρια με χαμηλότερη ή υψηλότερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατατάσσονται στην αντίστοιχη ενεργειακή κατηγορία. Η κατηγορία ενεργειακής απόδοσης Β ορίζεται από την ανισότητα: $0,75 < T \leq 1,00$. Ο λόγος T είναι το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου (EP) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς (R_R) και αποτελεί τη βάση για τον καθορισμό των κατηγοριών ενεργειακής απόδοσης. Στα νέα κτίρια είναι υποχρεωτική η κάλυψη μεγάλου μέρους των αναγκών σε ZNX από ηλιοθερμικά συστήματα.

Έχουν εκδοθεί περίπου 950.000 πιστοποιητικά (ΠΕΑ). Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα στατιστικά στοιχεία του Υπουργείου Ανάπτυξης [6] όσον αφορά στο πλήθος των Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) που έχουν εκδοθεί και στην κατηγορία κατάταξης των κτιρίων στην Ελλάδα (Εικ. 1.13) (Επί συνόλου 932.479 ΠΕΑ, αντιστοιχούν στην κατηγορία Β 2%, Γ 13%, Δ 19%, Ε 17%, Ζ 17% Η 32%).

ΠΛΗΘΟΣ ΠΕΑ ΑΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ



Εικ. 1.15 Πλήθος Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης κατοικιών ανά ενεργειακή κατηγορία, από στοιχεία ΥΠΕΚΑ (2016) [6]

Ο Νέος Οικοδομικός Κανονισμός [10] (Ν.4067/2012) στο άρθρο 25 δίνει κίνητρα για τη δημιουργία κτιρίων ελάχιστης ενεργειακής κατανάλωσης: α) Στην περίπτωση όπου το κτίριο κατατάσσεται σύμφωνα με την ενεργειακή του μελέτη, στην ανώτερη ενεργειακή κατηγορία A+ σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. όπως αυτή κάθε φορά ορίζεται, δίνεται κίνητρο αύξησης του συντελεστή δόμησης κατά 5 %. β) Ειδική αύξηση του συντελεστή δόμησης κατά 10 % προσφέρεται σε κτίρια ελάχιστης ενεργειακής κατανάλωσης που παρουσιάζουν παράλληλα εξαιρετική περιβαλλοντική απόδοση.

Τα κτίρια αυτά θα πρέπει να παρουσιάζουν ετήσια πρωτογενή ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση, κλιματισμό, φωτισμό, αερισμό και ζεστό νερό χρήσης κάτω των 10 kWh/m²/έτος. Η όλη ενεργειακή μελέτη θα πρέπει να εκπονείται σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. και είναι δυνατόν να συμπληρώνεται με ειδικά υπολογιστικά δεδομένα που προκύπτουν από την προσομοίωση του κτιρίου με αναγνωρισμένα διεθνώς υπολογιστικά εργαλεία ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Στα κτίρια αυτά πρέπει αναγκαστικά να περιλαμβάνονται συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

1.4.2 Οδηγία 2010/31/ΕΕ - Κτίρια ΣΜΚΕ ή nZEB

Η Οδηγία 2010/31/ΕΕ, που όπως αναφέρθηκε παραπάνω είναι η κύρια νομοθετική πράξη σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων στην Ευρώπη, εναρμονίστηκε στο εθνικό δίκαιο με το Νόμο 4122/2013 (ΦΕΚ 42/19-02-2013) για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων. Μεταξύ άλλων, στο Νόμο 4122/2013 [11] προβλέπεται ότι

από την 1.1.2021, όλα τα νέα κτίρια πρέπει να είναι κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Για τα νέα κτίρια που στεγάζουν υπηρεσίες του δημοσίου και ευρύτερου δημόσιου τομέα, η υποχρέωση αυτή τίθεται σε ισχύ από την 1.1.2019. Έχει εγκριθεί επίσης εθνικό σχέδιο αύξησης του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, το οποίο μπορεί να περιλαμβάνει διαφορετικούς στόχους ανάλογα με την κατηγορία χρήσης του κτιρίου και έχει κοινοποιηθεί στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Το εθνικό σχέδιο περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων τον καθορισμό των τεχνικών χαρακτηριστικών των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη τις εθνικές, περιφερειακές ή τοπικές συνθήκες. Επίσης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο αριθμητικός δείκτης της χρήσης πρωτογενούς ενέργειας σε κιλοβατώρες ανά τετραγωνικό μέτρο κατ' έτος (kWh/m^2), περιλαμβανομένων λεπτομερειών όσον αφορά τις εθνικές απαιτήσεις και τα μέτρα για τη χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στα νέα κτίρια και τα υφιστάμενα κτίρια που υφίστανται ριζική ανακαίνιση.

Βρίσκεται σε εξέλιξη η εκπόνηση μελέτης που περιλαμβάνει τον καθορισμό των τεχνικών χαρακτηριστικών για τα κτίρια nZEB, τους ενδιάμεσους στόχους για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των νέων κτιρίων, τις πολιτικές και τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για την προώθηση των κτιρίων nZEB, καθώς και τη μεθοδολογία εντοπισμού του βέλτιστου επιπέδου από πλευράς κόστους, προκειμένου να πληρούνται τα ελάχιστα κριτήρια ενεργειακής απόδοσης (σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ.). Εκκρεμεί κοινή υπουργική απόφαση (Οικονομικών και Περιβάλλοντος & Ενέργειας), για να καθοριστούν επακριβώς τα παραπάνω.

Στην Ευρώπη [12–14], περίπου το 40% των κρατών μελών δεν έχει ορίσει ακόμα λεπτομερώς τα κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nZEB). Από το 60% των κρατών μελών που έχουν ορίσει στη νομοθεσία τους το κτίριο nZEB, αρκετά μέλη τονίζουν ότι οι προδιαγραφές του κτιρίου nZEB ενδέχεται να τροποποιηθούν αργότερα.

Εννέα κράτη μέλη ορίζουν την πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση των nZEB, καθορίζοντας σαν προϋπόθεση ότι το κτίριο πρέπει να εμπίπτει σε μία από τις υψηλές κατηγορίες των πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης. Άλλες χώρες δίνουν συγκεκριμένα ποσοστά απόκλισης των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου σε σύγκριση με τα επίπεδα του 2014 ή και τα επίπεδα του 2012. Τα ποσοστά κυμαίνονται μεταξύ 10-25% και 50-60%.

Η συντριπτική πλειοψηφία των χωρών της ΕΕ (23 χώρες και μία από τις τρεις περιοχές του Βελγίου) χρησιμοποιεί ένα δείκτη πρωτογενούς ενέργειας σε $\text{kWh/m}^2\cdot\text{year}$, είτε στο λεπτομερή ορισμό του nZEB, είτε στον καθορισμό της κατηγοριοποίησης της αποδοτικότητας των κτιρίων. Ορισμένες χώρες χρησιμοποιούν άλλους δείκτες, επιπρόσθετα ή σε αντικατάσταση του δείκτη πρωτογενούς ενέργειας (όπως τη ζήτηση θερμότητας, τη συνολική ενεργειακή ζήτηση, το συντελεστή αποτελεσματικότητας, την τελική ενέργεια, τις εκπομπές CO_2 , το συντελεστή θερμοπερατότητας U-Value). Η ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση μπορεί να εξαρτάται από διάφορους παράγοντες (για παράδειγμα την κλιματική ζώνη, το υψόμετρο, την τυπολογία του κτιρίου).

Είναι δύσκολο να βρεθεί ένας κοινός παρονομαστής για τον καθορισμό ενός nZEB σε ευρωπαϊκό επίπεδο, λόγω των διαφορετικών κλιματολογικών συνθηκών κάθε τόπου, των διαφορετικών τρόπων υπολογισμού της αποδοτικότητας ενός κτιρίου, των διαφορετικών τεχνολογιών στην κατασκευή κλπ.

Η έννοια του κτιρίου μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας ή μηδενικών εκπομπών CO₂ δεν είναι καινούρια. Στη βιβλιογραφία υπάρχει ήδη από τη δεκαετία του 1970 [15]. Από το 2000 όμως, η ανάγκη για επανασχεδιασμό του δομημένου περιβάλλοντος σε οικολογική κατεύθυνση μέσα από τις αρχές του βιοκλιματικού και ενεργειακού σχεδιασμού και οι προσπάθειες για τη μείωση των καταναλώσεων που στηρίζονται σε ορυκτά καύσιμα και την αξιοποίηση των ΑΠΕ, έστρεψε ξανά το ενδιαφέρον στα ZEB. Έτσι αναπτύχθηκαν πολλά εθνικά και διεθνή προγράμματα για τη μελέτη και την εφαρμογή τους.

Ένα κτίριο μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, παράγει επί τόπου ή αλλού από ΑΠΕ ίση ή περίπου ίση ποσότητα ενέργειας με το συνολικό ποσό της ενέργειας που χρησιμοποιεί σε ετήσια βάση. Τα κτίρια αυτά μπορεί να καταναλώνουν μη ανανεώσιμη ενέργεια και να παράγουν αέρια του θερμοκηπίου, αλλά παράγοντας το ίδιο ποσό με την ενέργεια που καταναλώνουν από ΑΠΕ εξισώνουν τη διαφορά. Τα περισσότερα κτίρια ZEB παίρνουν ενέργεια από το δίκτυο, αλλά επιστρέφουν στο δίκτυο την ίδια ποσότητα ενέργειας, άλλη στιγμή μέσα στο έτος. Τα κτίρια [15] που παράγουν, στη διάρκεια του έτους, περισσότερη ενέργεια από αυτή που καταναλώνουν ονομάζονται "energy-plus buildings" ενώ τα κτίρια που καταναλώνουν ελαφρώς υψηλότερη ενέργεια από αυτή που παράγουν, ονομάζονται "near-zero energy buildings" or "ultra-low energy houses". Τα περισσότερα από αυτά τα κτίρια χρησιμοποιούν το δίκτυο για αποθήκευση, ενώ άλλα μπορεί να είναι εντελώς αυτόνομα. Η ενέργεια συνήθως παράγεται επί τόπου από ΑΠΕ, ενώ η κατασκευή τους και τα συστήματα που χρησιμοποιούν για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό, παραγωγή ZNX είναι πολύ αποδοτικά.

Η ανάπτυξη των σύγχρονων ZEB έγινε εφικτή μέσα από την πρόοδο που σημειώθηκε στις νέες ενεργειακές και κατασκευαστικές τεχνολογίες και τεχνικές, ενώ έχει βελτιωθεί σημαντικά και μέσα από την ακαδημαϊκή έρευνα, που συλλέγει δεδομένα επιδόσεων ως προς την κατανάλωση ενέργειας τόσο από παραδοσιακά κτίρια, όσο και από σχεδιασμένα πειραματικά μοντέλα και κάνοντας προβλέψεις, παρέχει αποδοτικά χαρακτηριστικά για κτίρια μειωμένης έως μηδενικής κατανάλωσης.

2. ΚΤΙΡΙΑ-ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ & ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τα νέα κτίρια που κατασκευάζονται, αλλά και αυτά που ανακαινίζονται, πρέπει να καταναλώνουν όσο το δυνατόν λιγότερη ενέργεια και μάλιστα αυτή να παράγεται από ΑΠΕ, ώστε το ενεργειακό τους ισοζύγιο να πλησιάζει στο μηδέν. Παρακάτω αναφέρονται βασικές ενεργειακές κατευθύνσεις για τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας από επεμβάσεις στο κέλυφος, στο εσωτερικό του κτιρίου και στον περιβάλλοντα χώρο που αφορούν στο σχεδιασμό, στην οικοδομική και στις εγκαταστάσεις ενός κτιρίου, ώστε αυτό να είναι όσο το δυνατό λιγότερο ενεργοβόρο. Αφορούν άλλοτε σε καινούρια και άλλοτε σε υφιστάμενα κτίρια κατά περίπτωση και προφανώς δεν είναι πάντα εφικτό να πραγματοποιηθούν, λόγω των ιδιοτεροτήτων του κάθε κτίσματος (θέση κτιρίου, σχήμα οικοπέδου, γειτνίαση κ.λπ.). [16–19]

2.1 Κριτήρια σχεδιασμού

2.1.1 Κλιματικές συνθήκες

Τα πρώτα στοιχεία που πρέπει να εξετάζονται κατά το σχεδιασμό ενός κτιρίου, είναι οι κλιματικές συνθήκες, δηλαδή η εξωτερική θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, η κίνηση του ήλιου, η ηλιοφάνεια και οι νεφώσεις, ο άνεμος και οι βροχοπτώσεις.

Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι μέσες μηνιαίες, ημερήσιες ή και ωριαίες τιμές θερμοκρασίας για κάθε μήνα του χρόνου. Η διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του ημερονυχτίου και τη διάρκεια του έτους αποτελεί έναν από τους κύριους παράγοντες για την επιλογή του πάχους της μόνωσης και των χαρακτηριστικών των ανοιγμάτων.

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

Η γνώση της ταχύτητας και της κατεύθυνσης του ανέμου είναι επίσης σημαντική, τόσο για τη χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο, όσο και την τοποθέτηση των ανοιγμάτων. Τα επίπεδα ηλιοφάνειας καθώς και οι νεφώσεις, αποτελούν σημαντικά στοιχεία για το φυσικό φωτισμό αλλά και για την εγκατάσταση ηλιακών θερμικών συστημάτων και φωτοβολταϊκών.

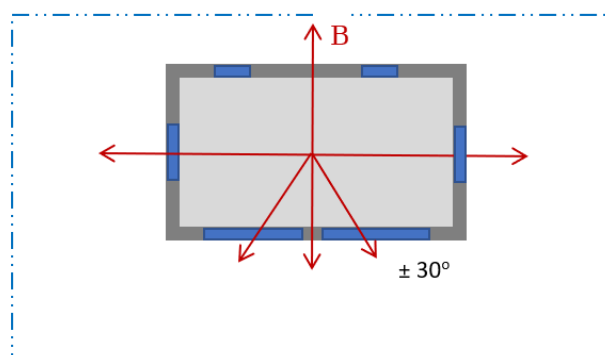
Τα επίπεδα βροχόπτωσης είναι χρήσιμα για το σχεδιασμό του κτιρίου, τη χωροθέτηση του στο οικόπεδο και την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του μέτρου συλλογής βρόχινου νερού.

2.1.2 Προσανατολισμός- Χωροθέτηση

Για την εύκρατη ζώνη, ο καλύτερος προσανατολισμός είναι ο νότιος, γιατί η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία είναι σχεδόν τριπλάσια σε σχέση με την αντίστοιχη σε ανατολή και δύση για την περίοδο του χειμώνα. Για το καλοκαίρι μειώνεται σχεδόν στο μισό για τις νότιες επιφάνειες σε σχέση με τις ανατολικές και δυτικές. Έτσι η χωροθέτηση ενός νέου κτιρίου σ' ένα οικόπεδο πρέπει να διασφαλίζει νότιο προσανατολισμό της μεγαλύτερης όψης του. Επιτρέπονται αποκλίσεις ανατολικά ή δυτικά του νότου έως $\pm 30^\circ$. Στην περίπτωση που το οικόπεδο βρίσκεται εντός σχεδίου πόλης ή οικισμού και έχει δυσμενή προσανατολισμό, δηλαδή έχει ελεύθερες όψεις μόνον σε ανατολή και δύση, τότε η δυνατότητα νότιου προσανατολισμού μπορεί να επιτευχθεί με προεξοχές στο κέλυφος, των οποίων η όψη στρέφεται προς το νότο

2.1.3 Σχήμα

Για το εύκρατο κλίμα της Ελλάδας, το καταλληλότερο σχήμα είναι το επίμηκες κατά τον άξονα ανατολής-δύσης, γιατί προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο για την συλλογή της ηλιακής θερμότητας το χειμώνα. Η αναλογία βάρους προς πλάτος της κάτοψης πρέπει να είναι $\approx 1/1,5$. Παράλληλα επιβάλλεται σκίαση της νότιας πλευράς, ώστε το καλοκαίρι που ο ήλιος είναι ψηλότερα να μην μπορεί να περάσει στο εσωτερικό του σπιτιού. Οι δυσμενείς προσανατολισμοί ανατολής – δύσης, καλό είναι να έχουν περιορισμένη επιφάνεια και συνεπώς μικρότερη επιβάρυνση από τον καλοκαιρινό ήλιο.

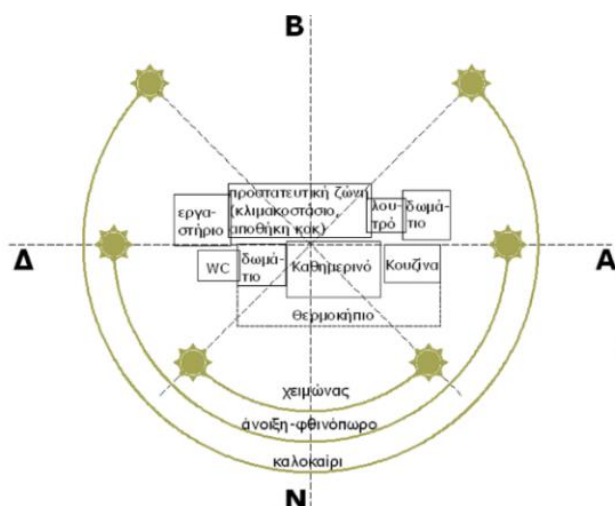


Εικ. 2.1 Σχήμα κτίσματος, χωροθέτηση και μέγεθος ανοιγμάτων σε σχέση με τον προσανατολισμό

2.1.4 Εσωτερική διαρρύθμιση χώρων

Η θέα, εφόσον υπάρχει, είναι καθοριστικός παράγοντας στη διαρρύθμιση του εσωτερικού του κτιρίου. Στην περίπτωση που η θέα βρίσκεται στη βορεινή πλευρά του οικοπέδου, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, προβλέποντας μεγάλα ανοίγματα στο κτίριο προς το βορρά παρά το γεγονός ότι ίσως έτσι αυξάνονται οι θερμικές απώλειες του κελύφους. Στην αντίθετη περίπτωση στη βορεινή πλευρά τοποθετούνται οι χώροι που χρησιμοποιούνται λιγότερες ώρες την ημέρα, αφού

αυτή η πλευρά του κτιρίου το χειμώνα είναι η πιο ψυχρή. Συγχρόνως οι χώροι αυτοί λειτουργούν ως ζώνη προστασίας από τους ψυχρούς βόρειους ανέμους και ως χώροι ανάσχεσης των θερμικών απωλειών των χώρων δημέρευσης. Στη νότια πλευρά τοποθετούνται οι χώροι κύριας και πολύωρης χρήσης. Οι χώροι αυτοί δέχονται τα θερμικά κέρδη από τον ήλιο το χειμώνα και είναι πιο ευχάριστοι και πιο φωτεινοί. Αν αποφασιστεί να ενταχθεί κάποιο παθητικό ηλιακό σύστημα στο κτίσμα, αυτό τοποθετείται στο νότο.



Εικ. 2.2 Βέλτιστη διαρρύθμιση χώρων αναφορικά με τον προσανατολισμό [18]



Εικ. 2.3 Βέλτιστη τοποθέτηση βοηθητικών χώρων στο βορρά και παθητικών ηλιακών συστημάτων στο νότο [18]

2.1.5 Μέγεθος ανοιγμάτων συναρτήσει του προσανατολισμού

Οι γυάλινες επιφάνειες των ανοιγμάτων ενός κτιρίου αποτελούν τον οικονομικότερο, αποδοτικότερο και απλούστερο ηλιακό συλλέκτη το χειμώνα, αρκεί να έχουν προσανατολισμό νότιο ή με απόκλιση $\pm 30^\circ$ ανατολικά ή δυτικά του νότου. Προτείνονται μεγάλα μεγέθη ανοιγμάτων προς το νότιο προσανατολισμό, μέτριου μεγέθους στην ανατολική και δυτική όψη και μικρότερα ανοίγματα στο βορρά. Για επαρκή φωτισμό και ηλιασμό από νότια ανοίγματα δεν πρέπει το βάθος του χώρου να υπερβαίνει τη διάσταση που ισούται με 2,5 φορές το ύψος του ανοίγματος. Τα ανοίγματα στο βορρά, παρά το προτεινόμενο μικρό μέγεθός τους, πρέπει οπωσδήποτε να προβλέπονται στο σχεδιασμό των κτιρίων, γιατί πέρα από τη διασφάλιση φυσικού φωτισμού στους εσωτερικούς χώρους, παρέχουν τη δυνατότητα διαμπερούς αερισμού το καλοκαίρι, συνεπώς και φυσικού δροσισμού του κτιρίου.

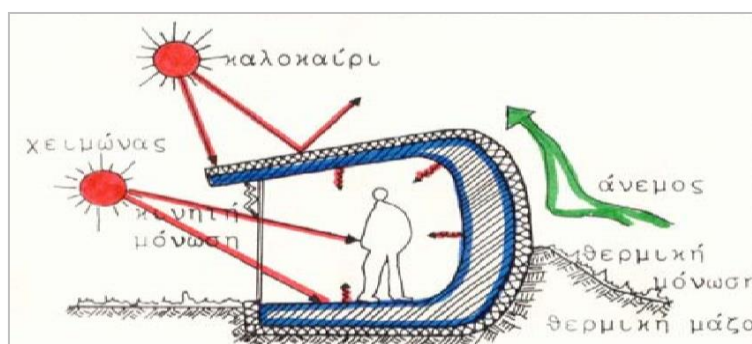
2.2 Κέλυφος

2.2.1 Θερμική μάζα – θερμοχωρητικότητα

Η πιο αποτελεσματική «αποθήκη» της ηλιακής θερμότητας είναι η ίδια η κατασκευή του κτιρίου, δηλαδή τα δάπεδα, οι τοιχοποιίες, οι οροφές. Τα βαριά υλικά, σκυρόδεμα, πέτρα, τούβλα, άργιλος, έχουν μεγάλη πυκνότητα και ειδική θερμοχωρητικότητα, άρα και ικανότητα αποθήκευσης της πλεονάζουσας θερμότητας και απόδοση της στο εσωτερικό του κτίσματος, σε μεταγενέστερο χρόνο. Η απορρόφηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας γίνεται άμεσα από το δάπεδο και τους παρακείμενους τοίχους και έμμεσα από την οροφή με την κίνηση του θερμού αέρα προς τα πάνω. Όσο περισσότερη μάζα διαθέτει το κτίριο στο εσωτερικό του, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας αποθηκεύει, διατηρώντας τη θερμοκρασία του χώρου σταθερή, σε επίπεδα θερμικής άνεσης για πολλές ώρες, ενώ παράλληλα περιορίζεται η λειτουργία της βοηθητικής θέρμανσης το χειμώνα, αλλά και της ψύξης το καλοκαίρι.

2.2.2 Μόνωση

Η θερμομόνωση του κτιρίου αποτελεί τη βασική θερμική προστασία έναντι των καιρικών συνθηκών, ώστε να υπάρχουν συνθήκες άνεσης στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου. Επιβάλλεται προσθήκη κατάλληλου πάχους μόνωσης, σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς, σε τοίχους, οροφές και δάπεδο, ώστε να επιτυγχάνεται μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας των συμπαγών στοιχείων του κελύφους και συνεπώς μείωση των θερμικών απωλειών. Στα ψυχρά κλίματα η απαίτηση για καλύτερη θερμομόνωση είναι μεγαλύτερη καθώς η θερμοκρασία σχεδιασμού 20° C στο εσωτερικό του κτιρίου, αποκλίνει περισσότερο σε σχέση με τις εξωτερικές θερμοκρασίες. Η περισσότερο επιβαρυνόμενη περιοχή του κτιρίου είναι η επικάλυψη του (δώμα, στέγη) γιατί δέχεται την έντονη ακτινοβολία του ήλιου σε όλη τη διάρκεια της ημέρας.



Εικ. 2.4 Λειτουργία μόνωσης [18]

Η θέση της μόνωσης στους τοίχους εξαρτάται από το αν εξυπηρετεί να περικλείει εσωτερικά ή όχι τη θερμική μάζα του κτιρίου. Έτσι για παράδειγμα σε κτίριο που χρησιμοποιείται όλο το χρόνο, συνήθως πρακτικά τα τελευταία χρόνια είναι η τοποθέτηση της μόνωσης εξωτερικά

του κτίσματος (θερμοπροσόψεις), ώστε να διασφαλίζεται η παγίδευση της αποθηκευμένης ηλιακής ακτινοβολίας. Η εξωτερική θερμομόνωση έχει το πλεονέκτημα ότι εφαρμόζεται σε συνεχή επιφάνεια χωρίς διακοπές κι έτσι μειώνεται η επίδραση των θερμογεφυρών στη θερμική συμπεριφορά του κτιριακού κελύφους, εκτός στις περιπτώσεις που είναι αναπόφευκτες, όπως στις θέσεις των προβόλων. Στην περίπτωση που το κτίριο χρησιμοποιείται ως εξοχική κατοικία, είναι καλύτερα η μόνωση να τοποθετείται εσωτερικά στο κτίριο. Επίσης επιβάλλεται κινητή θερμική μόνωση των ανοιγμάτων για νυχτερινή προστασία με χρήση εξώφυλλων (μπορούν να έχουν περσίδες με θερμομόνωση).

2.2.3 Κουφώματα

Προτείνεται χρήση θερμομονωτικών -αεροστεγών κουφωμάτων ανάλογα με την κλιματική ζώνη, με διπλά ή πολλαπλά τζάμια με χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας, καθώς και τοποθέτηση διπλών ή περιστρεφόμενων θυρών και ανεμοθραυστών σε βορεινές εισόδους, για μείωση της διείσδυσης του αέρα. Επίσης απαιτείται καλή συναρμογή των αρμών των κουφωμάτων για επίτευξη αεροστεγανότητας.



Εικ. 2.5 Παράθυρο με τριπλό υαλοστάσιο και θερμοδιακοπή
(πηγή <http://www.greekarchitects.gr>)

2.2.4 Ηλιοπροστατευτικά πετάσματα - σκίαστρα

Απαιτείται η τοποθέτηση ηλιοπροστατευτικών σκίαστρων στα παράθυρα και τις πόρτες. Για νότιο προσανατολισμό τα πιο κατάλληλα συστήματα σκίασης είναι τα οριζόντια, σταθερά ή κινητά. Το βάθος της προεξοχής καθορίζεται από το ύψος του ανοίγματος και το ύψος του ήλιου, δηλαδή από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Σκιασμός μπορεί να επιτευχθεί επίσης με την τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων σε κατάλληλες θέσεις, ώστε να διακόπτεται ο ηλιασμός τους καλοκαιρινούς μήνες. Επιπλέον η βλάστηση μετριάζει την υψηλή εξωτερική θερμοκρασία λόγω της απορρόφησης θερμότητας από το φύλλωμα. Έτσι μια πέργκολα στο νότο με φυλλοβόλα φυτά είναι ιδανική επιλογή, αφού το καλοκαίρι θα κρατήσει τον ήλιο μακριά, ενώ το χειμώνα που

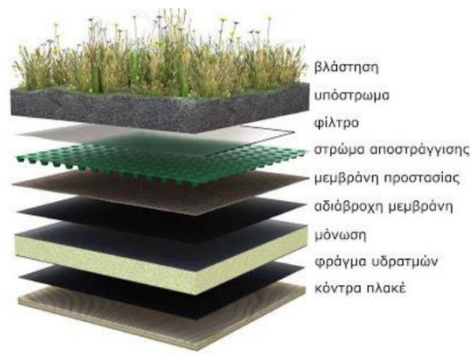
πέφτουν τα φύλλα θα επιτρέψει την διείσδυση των ηλιακών ακτινών στο σπίτι. Για την αποφυγή διείσδυσης του ήλιου από ανατολικά ή δυτικά ανοίγματα, απαιτούνται κατακόρυφα συστήματα σκίασης κάθετα στην όψη του κτιρίου ή υπό κλίση. Για νοτιοανατολικό και νοτιοδυτικό προσανατολισμό, τα συστήματα σκίασης πρέπει να είναι συνδυασμός οριζόντιων και κατακόρυφων στοιχείων. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν συστήματα αυτοματισμών σε επιλεγμένους χώρους, όπως κινούμενα πετάσματα, ώστε να ελέγξουν τη διείσδυση ή όχι του ήλιου στο κτίσμα.



Εικ. 2.6 Συστήματα σκίασης (πηγή <http://www.aluminco.com>)

2.2.5 Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών

Για τους εξωτερικούς τοίχους κυρίως δυτικού προσανατολισμού προτιμώνται τα ανοιχτά χρώματα. Επίσης η μέγιστη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας το καλοκαίρι συμβαίνει στα δώματα, όπως αναφέρθηκε ήδη, με αποτέλεσμα οι τελευταίοι όροφοι των κτιρίων να είναι περισσότερο επιβαρυνμένοι. Δώμα βαμμένο σκούρο παρουσιάζει θερμοκρασία αυξημένη σε σχέση με τη μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος [16], ενώ για άσπρο βαμμένο δώμα (ασβέστης) η αντίστοιχη υπέρβαση φτάνει μόλις τον 1° C. Έτσι προτείνονται δώματα ανοιχτού χρώματος ή με ανακλαστική επιφάνεια ή με φύτευση. Οι **πράσινες στέγες** [16, 18, 19] συμβάλλουν στη βελτίωση του μικροκλίματος, καθώς απορροφούν μεγάλη ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας και έτσι μειώνουν τη θερμοκρασία του αέρα στο άμεσο περιβάλλον, παράγουν οξυγόνο και φιλτράρουν τη σκόνη. Για το ελλαδικό κλίμα, η θερμοκρασία του αέρα πάνω από ένα φυτεμένο δώμα μπορεί να είναι κατά 17°C χαμηλότερη τον Ιούλιο (μέσος όρος), σε σχέση με τη θερμοκρασία του αέρα πάνω από ένα συμβατικό δώμα από τσιμεντένιες πλάκες. Επίσης η θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου με φυτεμένη στέγη μπορεί το καλοκαίρι να είναι από 3 έως και 10°C χαμηλότερη.



*Εικ. 2.7 Απαραίτητα στρώματα για τη φύτευση στα δώματα
(www.zeroenergybuildings.org)*

Αυτή η μείωση της θερμοκρασίας παρατηρείται στους τελευταίους ορόφους - κάτω από το δώμα - όταν πρόκειται για πολυώροφα κτίρια. Το χειμώνα μεταφέρεται λιγότερη θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο προς τα έξω.

2.3 Συστήματα παθητικά - ενεργητικά

2.3.1 Φωτισμός

2.3.1.1 Φυσικός φωτισμός

Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να εξυπηρετήσει με φυσικό τρόπο πολλές από τις ανάγκες για φωτισμό. Η επάρκεια φυσικού φωτισμού εξαρτάται από τη γεωμετρία των ανοιγμάτων του χώρου, αλλά και από τα χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα) και των υαλοπινάκων (ανακλαστικότητα, διαπερατότητα). Απαιτείται η βελτίωση του φυσικού φωτισμού με κατάλληλες διατάξεις στα παράθυρα και σε τυχόν αίθρια, ώστε να διεισδύσει το ηλιακό φως στο κτίριο. Με εκπόνηση μελέτης σκιασμού - ηλιασμού μπορούμε να εκμεταλλευτούμε στο μέγιστο το φυσικό φωτισμό. Η χρήση κατόπτρων είναι μια άλλη μέθοδος κατεύθυνσης του φυσικού φωτός εκεί που χρειάζεται.

2.3.1.2 Τεχνητός φωτισμός



Εικ. 2.8 Λάμπες led [20]

Αφού εξαντληθούν οι δυνατότητες εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού, χρησιμοποιούμε τεχνητό φωτισμό. Όσον αφορά στον τεχνητό φωτισμό πρέπει να γίνεται επιλογή λαμπτήρων

υψηλής ενεργειακής απόδοσης και χαμηλής κατανάλωσης. Οι λάμπες led υπόσχονται μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα 2.1

Πίνακας 2.1. Σύγκριση διαφόρων τεχνολογιών φωτισμού [20]

	Παρακτώσεως	Αλογόνου	Φθορίου	LED (Cree)	LED (Philips)	LED (Novation)
Τιμή αγοράς	\$0,41	\$1,50	\$0,99	\$9,97	\$4,35	\$31,5
Ισχύς	60 W	35 W	14 W	9,5 W	8,5W	9,4 W
Lumens	860	860	775	800	800	810
Lumens/Watt	14,3	24,6	55,4	84	94,1	86,2
Θερμοκρασία χρώματος Kelvin	2700	2900	2700	2700	2700	2700
Δείκτης χρωματικής απόδοσης CRI	100	100	82	80	80	94
Διάρκεια ζωής (ώρες)	1.000	4.000	10.000	25.000	10.000	50.000
Συνολικό κόστος για 20 χρόνια	\$360	\$216	\$164	\$90	\$116	\$135
Συνολικό κόστος για 860 lumens	\$360	\$216	\$182	\$96	\$125	\$143
Σύγκριση βασισμένη σε 6 ώρες χρήση τη μέρα (43.800 ώρες για 20 χρόνια) (US prices 2015)						

Επιπλέον μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανιχνευτές παρουσίας ή και αισθητήρες φωτισμού, που θα ενεργοποιούν τα φώτα, μόνο εφόσον ο φυσικός φωτισμός πέσει κάτω από κάποια προκαθορισμένα όρια, καθώς και ρυθμιστές έντασης φωτισμού ανάλογα με τις ανάγκες του κτιρίου.

2.3.2 Ηλεκτρικές Συσκευές

Οι ηλεκτρικές συσκευές φέρουν ειδική σήμανση ενεργειακής κατάταξης που βοηθάει στην επιλογή ενεργειακά αποδοτικών συσκευών. Στην ιστοσελίδα της ΔΕΗ [21] παρουσιάζεται αναλυτικά η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται από αντικατάσταση ηλεκτρικών συσκευών συγκεκριμένης ενεργειακής τάξης, με άλλες ανώτερης τάξης. Ενδεικτικά ο παρακάτω πίνακας (Εικ.2.9.) παρουσιάζει αναλυτικά την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται από την αντικατάσταση ενός ψυγείου/ ψυγειοκαταψύκτη συγκεκριμένης τάξης ενεργειακής απόδοσης, με

ψυγεία/ ψυγειοκαταψύκτες ανώτερης τάξης. Για παράδειγμα η αντικατάστασή μιας συσκευής τάξης ενεργειακής απόδοσης D με μια συσκευή τάξης ενεργειακής απόδοσης A⁺⁺⁺, οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας περίπου 79%. Τα συγκριτικά ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας υπολογίζονται βάσει της μέσης τιμής του εύρους του δείκτη ενεργειακής απόδοσης κάθε τάξης. Οι συγκρινόμενες συσκευές πρέπει να έχουν ισοδύναμα λειτουργικά χαρακτηριστικά.

ΤΑΞΗ	G	F	E	D	C	B	A	A+	A++	A+++
G										
F	8%									
E	22%	15%								
D	32%	25%	13%							
C	43%	38%	28%	17%						
B	57%	53%	45%	37%	24%					
A	67%	64%	58%	52%	42%	24%				
A+	74%	72%	67%	62%	55%	41%	22%			
A++	82%	80%	77%	73%	68%	58%	44%	29%		
A+++	85%	84%	81%	79%	74%	66%	56%	43%	20%	

Εικ. 2.9 Ποσοστιαία εξοικονόμηση ενέργειας από αντικατάσταση ψυγειοκαταψύκτη μιας ενεργειακής τάξης από άλλο με ίδια χαρακτηριστικά ανώτερης τάξης. [21]

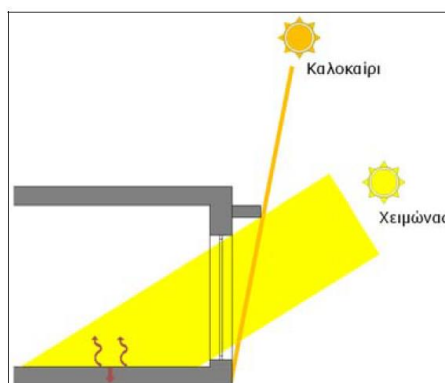
2.3.3 Παθητικά ηλιακά συστήματα

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούνται από δομικά στοιχεία, κατάλληλα σχεδιασμένα και συνδυασμένα μεταξύ τους, ώστε να υποβοηθούν την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τον φυσικό φωτισμό των κτιρίων ή για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας. Δεν κάνουν χρήση μηχανικών μέσων για τη μεταφορά της θερμότητας προς το χώρο. Βασίζονται στη φυσική ροή της θερμικής ενέργειας, εκμεταλλεύονται τις φυσικές ιδιότητες των υλικών του κτιρίου και χρησιμοποιούν, για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας και την αποθήκευση της θερμότητας, τα δομικά στοιχεία του κελύφους (τοίχους, δάπεδα, οροφές, δώμα). Μπορούν να εφαρμοσθούν σε όλους σχεδόν τους τύπους κτιρίων. Πρέπει να έχουν νότιο προσανατολισμό, με απόκλιση έως 30° προς την ανατολή ή τη δύση και ο χειμερινός ηλιασμός τους να είναι ανεμπόδιστος από πλευρικά εμπόδια και σταθερά εξωτερικά σκίαστρα. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης διακρίνονται σε συστήματα άμεσου ή έμμεσου ηλιακού κέρδους.

Τα συνηθέστερα παθητικά συστήματα [18] είναι:

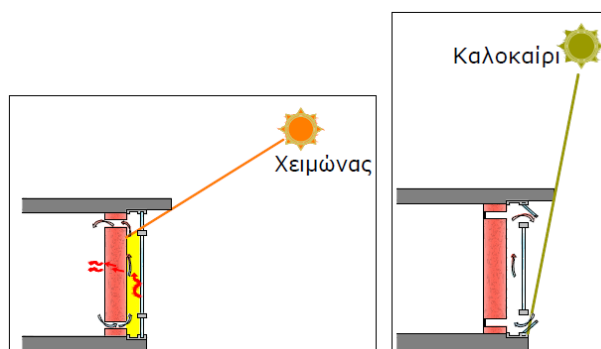
α) *Νότιο υαλοστάσιο*. Τα ανοίγματα με νότιο προσανατολισμό μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μερική κάλυψη των θερμικών απωλειών. Η λειτουργία τους βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται μέσω του υαλοστασίου και διανέμεται στο δωμάτιο. Η θερμική μάζα του δωματίου αποθηκεύει τη θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας και την αποδίδει τις βραδινές ώρες. Πρέπει να είναι εφοδιασμένα με νυχτερινή κινητή μόνωση για

τον περιορισμό των θερμικών απωλειών και με ηλιοπροστατευτικό σύστημα για τη μείωση της υπερθέρμανσης το καλοκαίρι.



Εικ. 2.10 Αρχή λειτουργίας παθητικού ηλιακού συστήματος άμεσου κέρδους [18]

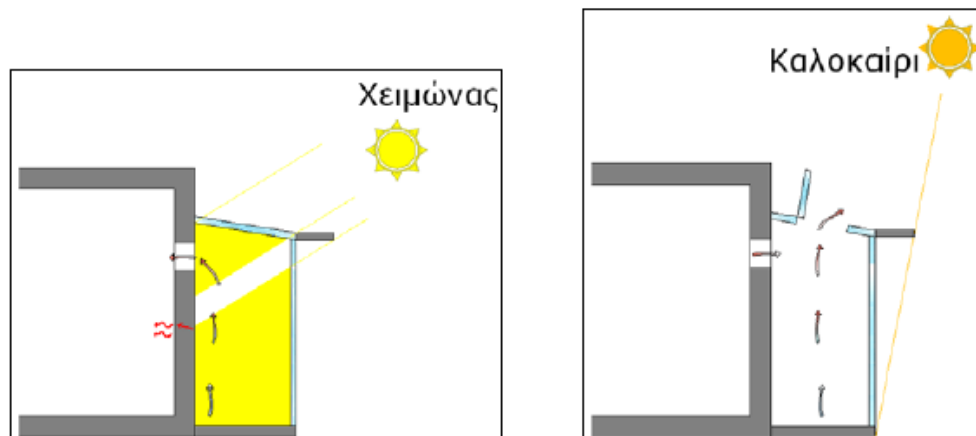
β) *Τοίχος θερμικής αποθήκευσης ή τοίχος μάζας ή ηλιακός τοίχος.* Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης είναι ένα σύστημα που περιλαμβάνει i) έναν τοίχο με σκουρόχρωμη εξωτερική επιφάνεια, χωρίς θερμομόνωση, με νότιο προσανατολισμό ή με απόκλιση έως 30°, προς την Ανατολή ή τη Δύση, κατασκευασμένο από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας (σκυρόδεμα ή πέτρα, προτεινόμενου πάχους 25-30 cm και 30-40 cm για τον τοίχο Trombe) που λειτουργεί ως αποθήκη και διανομέας της θερμότητας και ii) ένα διαφανές υλικό (υαλοπίνακας) τοποθετημένο σε μια ελάχιστη απόσταση 10 εκ. προς την εξωτερική του πλευρά, που χρησιμεύει για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Στον τοίχο μπορεί να ενσωματώνονται θυρίδες για την κυκλοφορία του αέρα (τοίχος Trombe-Michelle). Η αποτελεσματικότητα του συστήματος βελτιώνεται με την πρόβλεψη νυχτερινής μόνωσης. Η απενεργοποίηση του το καλοκαίρι επιτυγχάνεται με σκιασμό και ενσωμάτωση θυρίδων στον υαλοπίνακα.



Εικ. 2.11 Χειμερινή και θερινή λειτουργία τοίχου θερμικής αποθήκευσης με θυρίδες (Trombe-Michelle) [18]

γ) *Θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος.* Ο ηλιακός χώρος ή θερμοκήπιο είναι ο συνδυασμός παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους και τοίχου θερμικής αποθήκευσης. Το κτίριο αποτελείται από δύο θερμικές ζώνες: τον ηλιακό χώρο που προσαρτάται στο κτίριο, όπου γίνεται συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας και τον έμμεσα θερμαινόμενο από τον ηλιακό χώρο, κύριο κατοικήσιμο χώρο. Οι

δύο ζώνες χωρίζονται μεταξύ τους με συμπαγή τοίχο με θερμική μάζα (με ή χωρίς θερμομόνωση) και με ή χωρίς υαλοστάσια. Αντί για υαλοστάσια ο ενδιάμεσος τοίχος μπορεί να διαθέτει θυρίδες για τη μεταφορά του θερμού αέρα από το θερμοκήπιο στον κύριο χώρο. Οι γυάλινες όψεις του θερμοκηπίου πρέπει να έχουν τον κατάλληλο προσανατολισμό για τη μεγιστοποίηση της συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας.

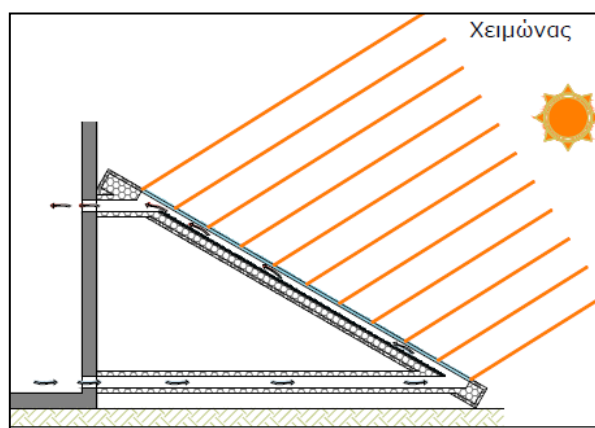


Εικ. 2.12 Χειμερινή και θερινή λειτουργία θερμοκηπίου με ανοιγόμενα υαλοστάσια [18]

Η επιστέγαση του ηλιακού χώρου μπορεί να είναι συμπαγής ή διαφανής. Για να χαρακτηριστεί ένας χώρος ως θερμοκήπιο, πρέπει να μην είναι θερμαινόμενος, να προσαρτάται στο κτίριο και να διαθέτει μεγάλα υαλοστάσια με ευνοϊκό προσανατολισμό (προς το Νότο, με απόκλιση έως $\pm 30^\circ$), διανεμημένα στις εξωτερικές του επιφάνειες για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η χρήση του θερμοκηπίου από τους κατοίκους είναι δευτερεύουσας σημασίας καθώς η εξαιρετικά μεγάλη διακύμανση θερμοκρασιών (από $7-35^\circ \text{C}$), δημιουργεί μη ικανοποιητικές συνθήκες άνεσης.

δ) *Θερμοσιφωνικό πάνελ ή αεροσυλλέκτης.* Το θερμοσιφωνικό πανέλο είναι συλλέκτης της ηλιακής ακτινοβολίας, ο οποίος δεν διαθέτει θερμική μάζα και είναι προσαρτημένος στο κέλυφος του κτιρίου ή τοποθετείται ανεξάρτητα από αυτό. Έχει νότιο προσανατολισμό, με απόκλιση έως 30° από το νότο και κλίση είτε κατακόρυφη, είτε υπό γωνία, με βέλτιστη κλίση τις $30-40^\circ$ για τον ελλαδικό χώρο. Δεν απαιτεί στοιχεία ηλιοπροστασίας αφού μπορεί να απομονωθεί από το κτίριο. Αποτελείται από υαλοπίνακα, τοποθετημένο σε απόσταση 2-5cm μπροστά από μεταλλική επιφάνεια, σκούρου χρώματος (μαύρου) και το όλο σύστημα θερμομονώνεται. Συνδέεται με το κτίριο 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 20-30 cm. Ο χώρος θερμαίνεται μέσω του φαινομένου του θερμοσιφωνισμού. Ο ψυχρός αέρας από το εσωτερικό του κτιρίου 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 πανέλου 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. Τη θερινή περίοδο, μπορεί να αποκόπτεται θερμικά από το κτίριο (κλείσιμο των θυρίδων, σκίαση του πανέλου, 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. Σε περίπτωση που τοποθετείται κεκλιμένα, έχει καλύτερη απόδοση αλλά χρειάζεται περισσότερο ελεύθερο χώρο. Προσαρτημένο κατακόρυφα στον τοίχο μπορεί να εναρμονισθεί αισθητικά με το κτίριο πιο εύκολα.

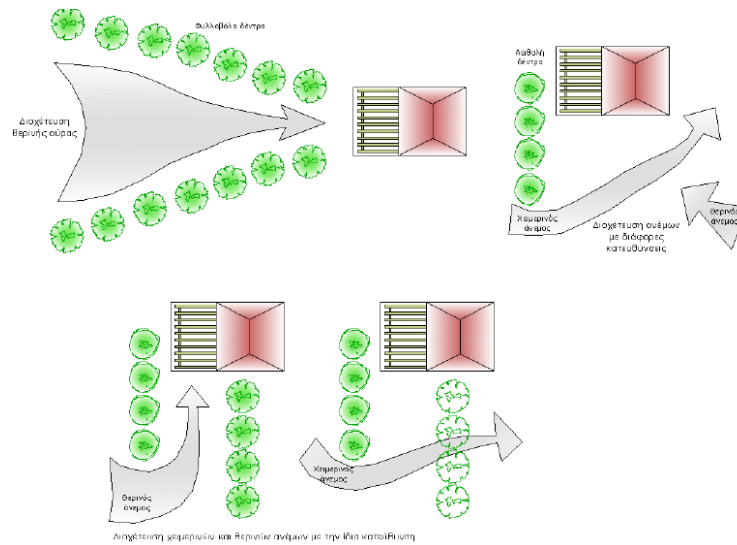


Εικ. 2.13 Αρχή λειτουργίας θερμοσιφωνικού πανέλου [18]

2.3.4 Φυσικός Δροσισμός - Αερισμός

Ο φυσικός αερισμός (ή φυσικός δροσισμός) [17] μπορεί να αντικαταστήσει τη χρήση κλιματιστικών την περίοδο των ήπια θερμών ημερών. Επίσης ο νυκτερινός δροσισμός που συνίσταται στην ανανέωση του αέρα με φυσικό ή τεχνητό τρόπο τις νυχτερινές ή πρωινές ώρες, κατά τις οποίες η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του χώρου, απομακρύνει το πρόσθετο θερμικό φορτίο που απορροφάται από τα υλικά κατασκευής στη διάρκεια της ημέρας. Απαιτείται γι' αυτό το λόγο, τοποθέτηση διαμπερών ανοιγμάτων στο κέλυφος του κτιρίου. Ο ρυθμός ροής αέρα μέσα στο κτίριο εξαρτάται από την επιφάνεια των ανοιγμάτων εισόδου και διαφυγής αέρα, την κατεύθυνση και την ταχύτητα του ανέμου σε σχέση με τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων, καθώς και τη διαφορά εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας. Η ροή του αέρα πρέπει να ακολουθεί μεταβαλλόμενη κίνηση για πιο ομοιόμορφη κατανομή του ρεύματος και καλύτερο δροσισμό. Τα μεγέθη των ανοιγμάτων εισόδου – εξόδου του αέρα πρέπει να είναι περίπου ίδια, αλλά σε διαφορετικό ύψος. Οι πνέοντες δροσεροί άνεμοι το καλοκαίρι την ημέρα είναι οι θαλάσσιες αύρες-μελέμια, τα οποία έχουν συνήθως νοτιοανατολική ή βορεινή κατεύθυνση (εξαρτάται βεβαίως από το ανάγλυφο του περιβάλλοντος χώρου). Το βράδυ, η δροσερή αύρα προέρχεται από τη στεριά, λόγω της ταχύτερης ψύξης του εδάφους. Για τη διείσδυση των δροσερών ανέμων μέσα στο κτίριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί, εφόσον είναι εφικτό, κατάλληλη διάταξη βλάστησης στον εξωτερικό χώρο. Η τοποθέτηση δέντρων ή θάμνων σε κατάλληλη απόσταση από το κτίριο διευκολύνει ή όχι τη διέλευση του δροσερού ανέμου στο εσωτερικό. Γενικά προτείνεται μεγιστοποίηση της επιφάνειας πρασίνου

στον περιβάλλοντα χώρο. Επιπλέον συνίσταται τοποθέτηση δέντρων ως εμπόδιο στους ψυχρούς χειμερινούς ανέμους ή για τη δημιουργία «οριοθετημένων διαδρομών» για να κατευθυνθούν οι δροσεροί καλοκαιρινοί άνεμοι στο κτίριο.



Εικ. 2.14 Φύτευση για διευκόλυνση της διείσδυσης ή εκτροπή του ανέμου από το κτίριο [18]

Η χρήση στοιχείων νερού σε συνδυασμό με την επικρατούσα κατεύθυνση καλοκαιρινών αερίων ρευμάτων θα βελτιώνει περαιτέρω το μικροκλίμα γύρω από το κτίριο. Επίσης η χρήση ανεμιστήρων οροφής, όπου είναι δυνατό, συντελεί στο δροσισμό χωρίς χρήση κλιματιστικών. Ένα άτομο σε χώρο με ανεμιστήρα και συνεπώς με κίνηση αέρα, βιώνει το ίδιο επίπεδο άνεσης με τη θερμοκρασία του αέρα 3-5° C υψηλότερη από ό,τι αν βρίσκεται σε χώρο χωρίς κίνηση του αέρα. Δροσισμός επίσης μπορεί να επιτευχθεί από εξάτμιση στοιχείων νερού, εφόσον έχουν χρησιμοποιηθεί στο εσωτερικό ή το εξωτερικό του κτιρίου. Τέλος συνίσταται στον περιβάλλοντα χώρο η χρήση υλικών επίστρωσης με μεγάλη απορροφητικότητα και χαμηλή εκπομπή. Η επικάλυψη των επιφανειών του υπαίθριου χώρου με βλάστηση παρεμποδίζει τις ανακλάσεις, ενώ ταυτόχρονα συνεισφέρει στο δροσισμό του αέρα μέσω της διαπνοής του φυλλώματος.

2.3.5 Συστήματα θέρμανσης- ψύξης

Αφού εξεταστούν όλες οι δυνατότητες για μείωση των ψυκτικών και θερμικών φορτίων από παθητικά μέσα θέρμανσης και δροσισμού απαιτείται προσεκτική σύνταξη της μελέτης των εγκαταστάσεων κλιματισμού, ώστε να επιλεγούν τα πιο κατάλληλα συστήματα, να γίνει η σωστή διαστασιολόγηση δικτύου αεραγωγών/σωληνώσεων και συσκευών και η επιλογή συστήματος ελέγχου και ρύθμισης. Η χρήση αυτοματισμών, οι θερμοστατικοί διακόπτες και χρονοδιακόπτες, εξασφαλίζουν σημαντική μείωση στην κατανάλωση καυσίμων. Πρέπει [22, 23] να επιλέγονται συστήματα με υψηλό βαθμό απόδοσης, χαμηλή κατανάλωση και δυνατότητα ρύθμισης για περιπτώσεις μερικού φορτίου. Οι κλιματιστικές συσκευές, όπως και όλες σχεδόν οι οικιακές ηλεκτρικές συσκευές, φέρουν ειδική ενεργειακή σήμανση, που βοηθά στην επιλογή της πλέον

κατάλληλης και ενεργειακά αποδοτικής. Σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις επιβάλλεται ο τακτικός έλεγχος ή η αντικατάσταση παλαιών λεβήτων-ψυκτικών μονάδων με αντίστοιχους νέας τεχνολογίας και υψηλού βαθμού απόδοσης. Απαιτείται επίσης καλή θερμομόνωση των αεραγωγών και των σωληνώσεων.

Τα κεντρικά συστήματα συνήθως λειτουργούν με μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης, εφόσον έχουν μελετηθεί σωστά και είναι εξοπλισμένα με σύστημα αυτόματου ελέγχου και ρύθμισης. Σε κτίρια πολλών και διαφορετικών χρήσεων πρέπει να γίνει χωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες (ομάδες χώρων με ομοιόμορφη συμπεριφορά φορτίων και ομοιόμορφη απαίτηση συνθηκών αέρα) και εγκατάσταση σε κάθε ζώνη διαφορετικού συστήματος κλιματισμού, κατάλληλου για τη χρήση της.

Σε κάποιες περιπτώσεις, σε κτίρια, τα οποία απαιτούν μεγάλα ποσά φρέσκου εξωτερικού αέρα (πολυκαταστήματα, νοσοκομεία, εργαστήρια, θέατρα, χώροι συγκεντρώσεων, κέντρα άθλησης κ.λπ.), μπορεί να γίνει σημαντική εξοικονόμηση από εξειδικευμένες διατάξεις ανάκτησης απορριπτόμενης ενέργειας (για θέρμανση ή ψύξη) από τον απορριπτόμενο αέρα των κλιματιζόμενων χώρων. Σε άλλες πάλι περιπτώσεις κεντρικών κλιματιστικών μονάδων όπου προστίθεται διάταξη διασταυρούμενης ροής ανακτώνται ή αποδίδονται από τις απορριπτόμενες ποσότητες αέρα, ποσά θερμότητας για προκλιματισμό.

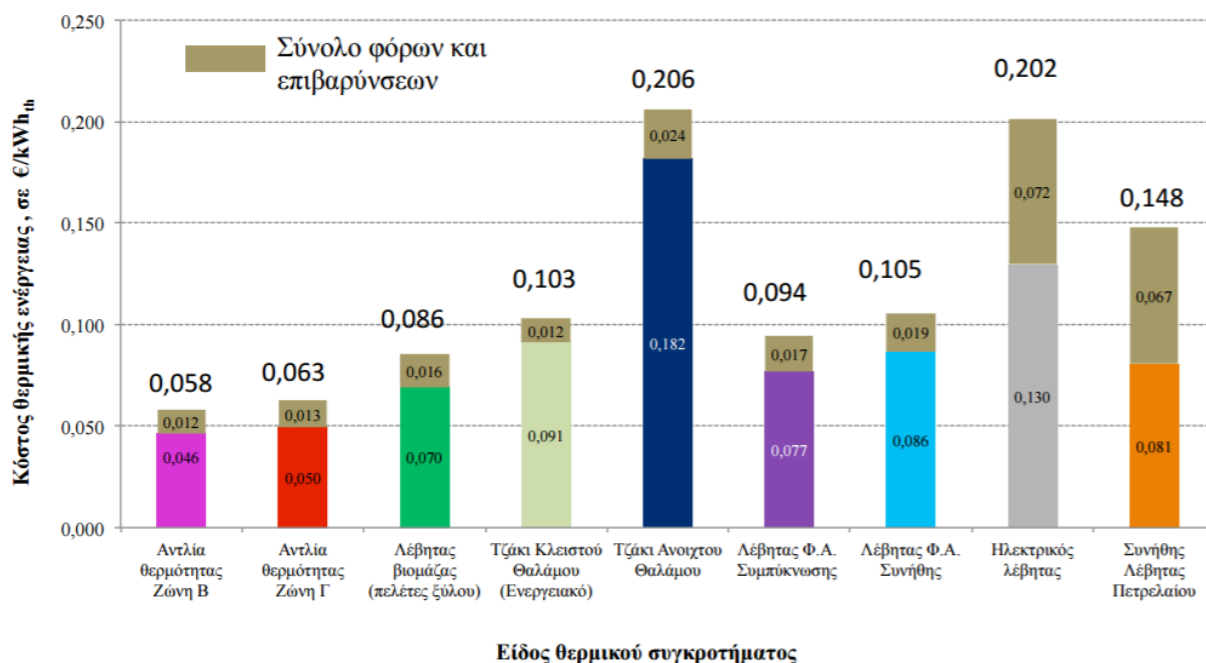
Εξοικονόμηση μπορεί επίσης να γίνει με χρήση κύκλου εξοικονόμησης (ελεύθερη ψύξη-free cooling) όταν οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας του εξωτερικού αέρα είναι κατάλληλες για να καλύψουν πλήρως ή μερικώς τα ψυκτικά φορτία των χώρων του κτιρίου. Στην περίπτωση του θερινού κλιματισμού, όταν η θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου του εξωτερικού αέρα είναι χαμηλότερη από την απαραίτητη θερμοκρασία προσαγωγής στους χώρους (ζώνες), τα ψυκτικά φορτία μπορούν να καλυφθούν με χρήση αποκλειστικά εξωτερικού αέρα ή με μίξη κατάλληλης ποσότητας ψυχρού εξωτερικού αέρα με αέρα ανακυκλοφορίας. Ακόμη και αν η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα είναι υψηλότερη από την απαραίτητη θερμοκρασία προσαγωγής, αλλά χαμηλότερη από την επιθυμητή θερμοκρασία στους χώρους (ζώνες), η ενέργεια για την ψύξη του αέρα μπορεί να ελαττωθεί σημαντικά αντικαθιστώντας τον αέρα ανακυκλοφορίας με φρέσκο εξωτερικό αέρα.

Σε μεγάλα κτίρια (ξενοδοχεία, νοσοκομεία κ.λπ.) η εγκατάσταση συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας αποτελεί καλή λύση. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με παράλληλη εκμετάλλευση της αποβαλλόμενης θερμότητας για θέρμανση και ψύξη. Ο βαθμός απόδοσης μπορεί να υπερβεί το 90%. Συνήθως η θερμότητα που αποβάλλεται χρησιμοποιείται κατά τη χειμερινή περίοδο για τη θέρμανση κτιρίων ή για την παραγωγή θερμού νερού χρήσης, ενώ κατά τη θερινή περίοδο πρέπει να εγκατασταθούν ψυκτικές μονάδες απορρόφησης για την παραγωγή ψυχρού νερού, το οποίο χρησιμοποιείται για θερινό κλιματισμό.

Τέλος η λύση της εγκατάστασης αντλιών θερμότητας αντί λέβητα και ψυκτικής μονάδας μπορεί κατά περίπτωση να είναι πολύ αποδοτική. Οι αντλίες θερμότητας είναι συσκευές οι οποίες έχουν την ικανότητα να αντλούν θερμότητα από μία πηγή χαμηλής θερμοκρασίας (αέρα, νερό, έδαφος) και να τη μεταφέρουν σε έναν αποδέκτη υψηλότερης θερμοκρασίας (αέρα, νερό). Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (νερού-αέρα, νερού- νερού, εδάφους-αέρα ή εδάφους-νερού)

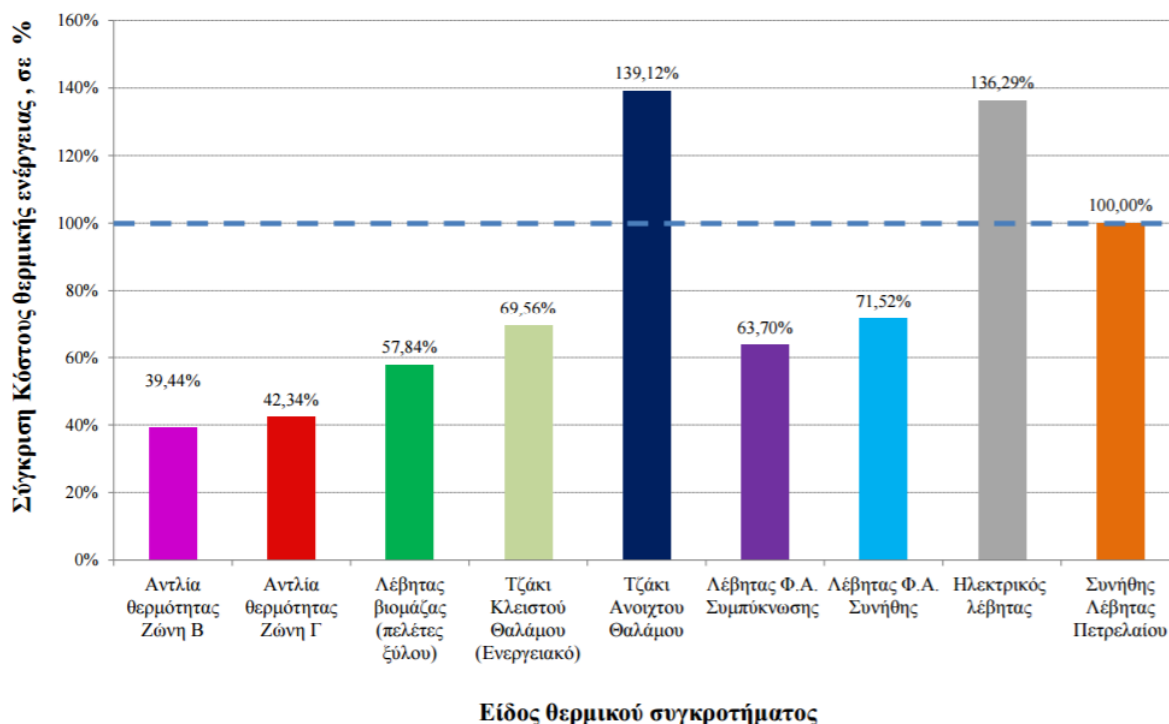
λειτουργούν με τουλάχιστον 30% υψηλότερη ενεργειακή απόδοση από αυτή των συστημάτων με αντλία θερμότητας αέρα-αέρα.

Από μελέτη του ΕΜΠ [24] για τη σύγκριση κόστους θέρμανσης των διαθέσιμων τεχνολογιών θέρμανσης που χρησιμοποιούνται στην ελληνική αγορά (Ιανουάριος 2013) προκύπτει το επόμενο διάγραμμα όπου παρουσιάζεται το κόστος της θερμικής ενέργειας σε €/kWh_{th}, ενώ σε αυτό προστίθεται και η φορολόγηση και οι επιπλέον επιβαρύνσεις αναλόγως με το είδος καυσίμου ή την χρησιμοποιούμενη ηλεκτρική ενέργεια. Από το καθαρό κόστος και τη φορολόγηση προκύπτει, στο ίδιο διάγραμμα, και η συνολική τιμή κόστους ωφέλιμης θερμικής ενέργειας.



Εικ. 2.15 Κόστος ωφέλιμης θερμικής ενέργειας ανά είδος θέρμανσης [24]

Στην ίδια μελέτη συγκρίνεται το συνολικό κόστος της θερμικής ενέργειας των διαφόρων ειδών θέρμανσης με ένα συνήθη λέβητα πετρελαίου. Για τη σύγκριση αυτή έχει θεωρηθεί τιμή πετρελαίου στον καταναλωτή ίση με 1,285 €/lt (Εικ.2.16).



Εικ. 2.16 Σύγκριση Κόστους θερμικής ενέργειας από κάθε είδος θερμικού συγκροτήματος με κόστος από συνήθη Λέβητα Πετρελαίου (για τιμή πετρελαίου~1,285€/λίτρο) [24]

2.3.6 ΑΠΕ στα κτίρια

Κατά τον ενεργειακό σχεδιασμό ενός κτιρίου, σημαντικό στάδιο αποτελεί η ενσωμάτωση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σ' αυτό. Η εφαρμογή των ΑΠΕ πρέπει σε κάθε περίπτωση να εξετάζεται σε τεχνικό και οικονομικό επίπεδο. Αν οι ΑΠΕ προορίζονται για την κάλυψη μέρους της ενεργειακής ζήτησης του κτιρίου συνίσταται η χρήση δυναμικού μοντέλου ωριαίου βήματος για τον υπολογισμό τόσο των απαιτούμενων καταναλώσεων, όσο και της πιθανής παραγωγής. Οι ΑΠΕ στον οικιακό τομέα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση νερού, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή και για θέρμανση χώρων.

2.3.6.1 Θερμικά ηλιακά συστήματα.

Χρησιμοποιούνται για θέρμανση ή προθέρμανση νερού, για θέρμανση και ψύξη χώρων και για θέρμανση πισίνας. Συλλέγουν ηλιακή ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε θερμότητα, η οποία μεταφέρεται μέσω νερού ή άλλου ρευστού, σε δεξαμενές αποθήκευσης προκειμένου στη συνέχεια να καταναλωθεί. Τα συστήματα που προορίζονται για θέρμανση νερού αποτελούνται από τους ηλιακούς συλλέκτες, τη δεξαμενή αποθήκευσης, τις σωληνώσεις και το σύστημα ελέγχου. Στα συστήματα θέρμανσης πισίνας δεν απαιτείται η ύπαρξη ξεχωριστής δεξαμενής αποθήκευσης, αφού η ίδια η πισίνα λειτουργεί ως αποθήκη θερμότητας. Ιδανικός

προσανατολισμός για τους συλλέκτες είναι ο νότιος, με αποδεκτή απόκλιση $\pm 45^\circ$ από τον άξονα βορρά-νότου, αν και η απόδοση του συστήματος μειώνεται.



*Εικ. 2.17 Ηλιακό θερμικό σύστημα για παραγωγή ΖΝΧ και θέρμανση
(πηγή: <http://www.diana-solar.gr>)*

Κατά το σχεδιασμό πρέπει να προσδιοριστούν η επιφάνεια των συλλεκτών και η χωρητικότητα της δεξαμενής. Στα νέα κτίρια είναι υποχρεωτική η κάλυψη μέρους των αναγκών σε ΖΝΧ από ηλιοθερμικά συστήματα.

2.3.6.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά συλλέγουν ηλιακή ενέργεια και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρισμό με τη χρήση ημιαγωγών. Μπορούν να εγκατασταθούν στην οροφή ή τη στέγη του κτιρίου, να ενσωματωθούν στις προσόψεις ή να εγκατασταθούν σε κάποιο σημείο του οικοπέδου. Η παραγόμενη ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη μέρους των αναγκών του κτιρίου, να αποθηκευτεί σε συσσωρευτές και να καταναλωθεί όταν η ηλιακή ακτινοβολία δεν είναι διαθέσιμη (νύχτα), ή να διοχετευτεί στο ηλεκτρικό δίκτυο. Βέλτιστος προσανατολισμός είναι ο νότιος, η βέλτιστη κλίση για ετήσια παραγωγή είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής με αποδεκτή απόκλιση $\pm 15^\circ$.

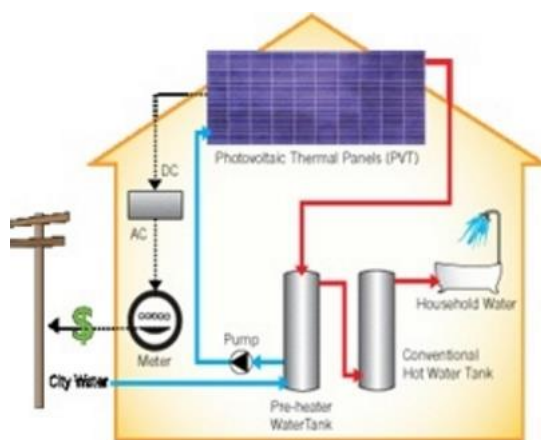


Εικ. 2.18 Φωτοβολταϊκό σε στέγη (πηγή www.vipconstruction.gr)

Από το 2009 υφίσταται ειδικό πρόγραμμα ανάπτυξης φωτοβολταϊκών συστημάτων μέχρι 10 kWp και έχει εφαρμογή σε κτιριακές εγκαταστάσεις, που χρησιμοποιούνται για κατοικία ή στέγαση πολύ μικρών επιχειρήσεων. Το πρόγραμμα αφορά σε Φωτοβολταϊκά Συστήματα για παραγωγή ενέργειας που εγγέεται στο Δίκτυο (net metering), τα οποία εγκαθίστανται στο δώμα ή τη στέγη κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων στεγάστρων, βεραντών, προσόψεων και σκιάστρων, καθώς και βοηθητικών χώρων του κτιρίου όπως αποθήκες και χώρους στάθμευσης, όπως αυτά ορίζονται στον οικοδομικό κανονισμό. Το Πρόγραμμα θα ισχύει μέχρι την 31η Δεκεμβρίου 2019 και εφαρμόζεται σε όλη την Επικράτεια.

2.3.6.3 Υβριδικά Φωτοβολταϊκά / Θερμικά συστήματα

Τα συμβατικά φωτοβολταϊκά συνήθως μετατρέπουν μόνο το 10-15% της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια και το υπόλοιπο διαχέεται ως θερμότητα στο περιβάλλον. Τα Υβριδικά Φωτοβολταϊκά/Θερμικά συστήματα, που συνδυάζουν φωτοβολταϊκά συστήματα με θερμικούς ηλιακούς συλλέκτες, παράγουν τόσο ηλεκτρισμό όσο και θερμική ενέργεια ταυτόχρονα. Η θερμότητα που αναπτύσσει το πλαίσιο απορροφάται, με σκοπό την παραγωγή ζεστού νερού. Με αυτό τον τρόπο η φωτοβολταϊκή απόδοση βελτιστοποιείται. Τα Υβριδικά Φωτοβολταϊκά / Θερμικά συστήματα προσφέρουν υψηλότερη απόδοση σε χαμηλότερες θερμοκρασίες από ό,τι το ισοδύναμο συμβατικό φωτοβολταϊκό. Εξοικονομούν χώρο, καθώς μόνο ένα πλαίσιο απαιτείται για την παραγωγή τόσο θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικ. 2.19 Σχηματική παρουσίαση υβριδικού φωτοβολταϊκού (πηγή <http://www.renevol.gr>)

2.3.6.4 Ανεμογεννήτριες σε κτίρια

Οι ανεμογεννήτριες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική. Στις μικρού μεγέθους ανεμογεννήτριες, τα πτερύγια κινούν την ανεμογεννήτρια απευθείας, χωρίς τη χρήση κιβωτίου μετάδοσης της κίνησης, με αποτέλεσμα να εμφανίζουν χαμηλότερα επίπεδα θορύβου. Διακρίνονται σε διάφορα μεγέθη ανάλογα με την ονομαστική τους ισχύ. Στην περιοχή εγκατάστασης η ταχύτητα είναι μειωμένη λόγω της πυκνής δόμησης και των αυξημένων τριβών

του αέρα. Υψηλές διαμορφώσεις της μορφολογίας του εδάφους προτιμώνται (λόφοι έναντι πεδινών εκτάσεων). Η ανεμογεννήτρια θα πρέπει να είναι ψηλότερη από τα παρακείμενα κτίρια. Ψηλά δέντρα μειώνουν την ταχύτητα ανέμου. Μικρές ανεμογεννήτριες (<2kW) μπορούν να εγκατασταθούν με στήριξη στον τοίχο του κτιρίου.



Εικ. 2.20 Μικρές ανεμογεννήτριες κοντά σε κτίρια (πηγή: www.zeroenergybuildings.org)

2.3.6.5 Βιομάζα

Ο όρος βιομάζα χρησιμοποιείται για κάθε οργανικό υλικό που παράγει ενέργεια κατά την καύση του. Στις κατοικίες χρησιμοποιούνται διάφορα συστήματα για την καύση της, όπως τζάκια, σόμπες και συστήματα κεντρικής θέρμανσης τα οποία καταναλώνουν διάφορα είδη βιομάζας (καυσόξυλα, πέλετς και υπολείμματα βιομηχανιών επεξεργασίας τροφίμων, όπως το ελαιοπυρηνόξυλο). Το κόστος της βιομάζας είναι μικρότερο από το κόστος του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, αντίστοιχα όμως μικρότερη είναι και η θερμογόνο δύναμη της. Τα τελευταία χρόνια λόγω της οικονομικής κρίσης στη χώρα μας η χρήση της βιομάζας στα κτίρια για τη θέρμανση τους επεκτάθηκε, ιδίως σε μη αστικές περιοχές, αντικαθιστώντας τα παραδοσιακά καύσιμα. Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου - επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που απελευθερώνονται κατά την καύση της δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.

2.3.6.6 Γεωθερμικές αντλίες

Η θερμοκρασία του εδάφους κάτω από την επιφάνεια της γης είναι σταθερή στους 18-20°C. Αν αξιοποιήσουμε αυτή τη διαφορά θερμοκρασίας, μπορούμε να θερμάνουμε χώρους το χειμώνα και να τους ψύξουμε αντίστοιχα το καλοκαίρι, με τη χρήση μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας. Το χειμώνα, το ρευστό που κυκλοφορεί μέσα στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη απορροφά την αποθηκευμένη στο έδαφος θερμότητα και την οδηγεί μέσα στο κτίριο. Το

καλοκαίρι, το σύστημα αντιστρέφεται, απάγει τη θερμότητα από το κτίριο, τη μεταφέρει στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη και την αποθέτει στην γη. Έτσι πραγματοποιείται εναλλαγή θερμότητας μεταξύ του εδάφους και των εσωτερικών χώρων του κτιρίου. Το σύστημα αποτελείται από τη διάταξη απόρριψης και πρόσληψης θερμότητας (γεωεναλλάκτης), την αντλία θερμότητας και το σύστημα θέρμανσης, κλιματισμού και ζεστού νερού χρήσης μέσα στο κτίριο. Η διάταξη των γεωεναλλακτών μπορεί να γίνει οριζόντια (σε βάθος 0,5-2 m) ή κατακόρυφα (σε βάθος 15-180 m).

Οι κατακόρυφης διάταξης εναλλάκτες έχουν υψηλότερο κόστος αλλά απαιτούν μικρότερη επιφάνεια.



Εικ. 2.21 Οριζόντιοι και κάθετοι γεωεναλλάκτες (Πηγή <https://thermansipress.gr>)

2.3.7 Συστήματα καταγραφής και παρακολούθησης ενέργειας

Η παρακολούθηση [22] με ειδικά έξυπνα συστήματα της χρήσης, της κατανάλωσης αλλά και της παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ αν υπάρχει, βοηθάει στην καλύτερη διαχείριση της και συνεπώς στην εξοικονόμηση της. Σε μεγάλα κτίρια μπορεί να γίνει εγκατάσταση συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων (*BMS¹*) σε συνδυασμό με συστήματα αυτομάτου ελέγχου. Τα BMS είναι ολοκληρωμένα συστήματα των εγκαταστάσεων ενός κτιρίου τα οποία εξασφαλίζουν ομαλή λειτουργία των εγκαταστάσεων, βελτιστοποίηση των συνθηκών λειτουργίας και ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Τα συστήματα BMS αποτελούνται από τρία επίπεδα:

α) Στο πρώτο επίπεδο (Επίπεδο Διαχείρισης) βρίσκεται η κεντρική μονάδα ελέγχου που είναι συνήθως ένας Ηλεκτρονικός Υπολογιστής, στον οποίο βρίσκεται εγκατεστημένο το πρόγραμμα γραφικής απεικόνισης σε πραγματικό χρόνο, ελέγχου και διαχείρισης όλων των

¹ Building Management Systems

παραμέτρων. Τα γραφικά, δείχνουν την κατάσταση των συστημάτων και των μηχανημάτων του κτιρίου και την απόδοση τους. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να προγραμματίσει τις ώρες λειτουργίας των συστημάτων, να αλλάξει παραμέτρους όπως η θερμοκρασία ή και η υγρασία κ.λπ. Επίσης το σύστημα κεντρικού ελέγχου δίνει προειδοποιητικά σήματα σε περίπτωση κακής λειτουργίας, ή προγραμματισμένης συντήρησης. Τέλος υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης των δεδομένων ή των μετρήσεων και η απεικόνισή τους σε μορφή διαγραμμάτων, που δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να παρακολουθεί τη λειτουργία των συστημάτων, να καταγράφει την κατανάλωση ενέργειας και να παίρνει αποφάσεις για την βελτιστοποίηση της λειτουργίας.

β) Στο δεύτερο επίπεδο (Επίπεδο Ελέγχου) υπάρχουν οι ηλεκτρονικοί ελεγκτές (μικροεπεξεργαστές), που είναι εγκατεστημένοι σε καίρια σημεία του κτιρίου. Οι ελεγκτές αυτοί προγραμματίζονται ώστε να εκτελούν τις προγραμματισμένες εντολές μέσω αποθηκευμένων στη μνήμη τους αλγορίθμων. Η κεντρική μονάδα μπορεί να τους ελέγχει, να μεταβάλει τους αλγόριθμους τους, να δίνει νέες εντολές για ρύθμιση των συστημάτων, χρονοπρογραμματισμό κλπ.

γ) Στο τρίτο επίπεδο (Επίπεδο Εργασίας) βρίσκονται οι περιφερειακές μονάδες, δηλαδή τα αισθητήρια (θερμοκρασίας, υγρασίας, πίεσης, ποιότητας αέρα), οι βαλβίδες, οι κινητήρες και γενικά ό,τι ελέγχεται από το σύστημα. Οι περιφερειακές μονάδες συνδέονται με τους ελεγκτές και αυτοί με τη σειρά τους συνδέονται με την κεντρική μονάδα ελέγχου με ένα κοινό δίκτυο επικοινωνίας. Με τα συστήματα BMS επιτυγχάνεται η βέλτιστη ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου.

2.4 Συμπεριφορά χρηστών

Στα πλαίσια της εξοικονόμησης ενέργειας δεν θα μπορούσε να μην αναφερθεί ότι απαραίτητη προϋπόθεση για την εξοικονόμηση ενέργειας είναι η ενεργειακά αποδοτική συμπεριφορά χρηστών. Η ελλιπής ενημέρωση σε θέματα ορθολογικής χρήσης και διαχείρισης της ενέργειας, οδηγεί συχνά σε σπάταλες συμπεριφορές. Για παράδειγμα ακόμα και η αποφυγή της κατάστασης αναμονής (stand by) σε συσκευές αλλά και μετρητές-συστήματα ελέγχου, έχει αποδειχτεί ότι μπορεί να οδηγήσει σε αξιοσημείωτη εξοικονόμηση ενέργειας.

3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

Κατά τη μελέτη ενός νέου ή ανακαινιζόμενου κτιρίου, είναι πολύ σημαντική η γνώση των βέλτιστων πρακτικών και επεμβάσεων που μπορούν να γίνουν σ' αυτό, ώστε να είναι περισσότερο αποδοτικό ενεργειακά. Συχνά είναι δύσκολο να προσδιοριστεί ο καλύτερος συνδυασμός των διαφόρων πρακτικών και δυνατοτήτων που υπάρχουν για εξοικονόμηση ενέργειας σ' ένα κτίριο. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να μπορεί να προσομοιωθεί με κάποιο λογισμικό το κτίριο, ώστε να μπορούν ευκολότερα να γίνουν οι πιο σωστές επιλογές χρησιμοποιώντας τον καλύτερο συνδυασμό.

Μια ενεργειακή ανάλυση είναι πιο πολύτιμη όταν πραγματοποιείται νωρίς, κατά τη μελέτη ενός νέου ή ανακαινιζόμενου κτιρίου, και αρκετά συχνά για μπορούν να γίνουν οι βέλτιστες επιλογές που θα μειώσουν τη χρήση ενέργειας σ' αυτό. Οι μηχανικοί που εμπλέκονται σε μια μελέτη πρέπει να συνεργάζονται, ώστε οι επιλογές τους να δίνουν προτεραιότητα στα μέτρα ενεργειακής απόδοσης.

3.1 Λογισμικά ενεργειακής προσομοίωσης

Υπάρχει διαθέσιμος μεγάλος αριθμός εμπορικών ή δωρεάν λογισμικών ενεργειακής προσομοίωσης ενός κτιρίου, με διαφορετικά επίπεδα πολυπλοκότητας και ανταπόκρισης στις διαφορετικές μεταβλητές. Μεταξύ αυτών είναι το Energy plus, το Heed, το Be-opt, το DOE-2, το eQUEST, το EcoDesigner, το Green Building Studio (GBS), το Revit της Autodesk, το IDA ICE (Indoor Climate Energy), το TRNSYS, το IES VE, το Ecotect, το Design Builder, το Energy10 και άλλα. Έχουν γίνει αρκετές μελέτες και συγκρίσεις μεταξύ αυτών ως προς την αξιοπιστία, την ακρίβεια, την ευχρηστία, την ευφυία κ.λπ. Τα πιο ολοκληρωμένα λογισμικά, είναι και τα πιο περίπλοκα και επομένως απαιτούν εξειδίκευση και μεγαλύτερη εμπειρία.

Στον επόμενο πίνακα [25] παρουσιάζεται η σύγκριση 7 λογισμικών προσομοίωσης (Energy plus, IDA ICE, IES VE, TRANSYS, Eco Designer, GBS, Ecotect) ως προς κάποια χαρακτηριστικά τους και ως προς τις παραμέτρους που λαμβάνουν υπόψη τους κατά την ανάλυση και που ομαδοποιούνται στις ακόλουθες κατηγορίες: προσομοιώσεις συστημάτων, διάρκεια υπολογισμών, γεωμετρική περιγραφή μοντέλου, συστήματα ΑΠΕ, ηλεκτρικά συστήματα και συστήματα λοιπού εξοπλισμού, συστήματα HVAC. Την πρώτη θέση στην σύγκριση, από άποψη ικανοποίησης περισσότερων κριτηρίων, κατέχουν τα Energy Plus, Transys και Ecotect, ενώ ακολουθεί στη δεύτερη θέση το GBS και στην τρίτη το IES VE.

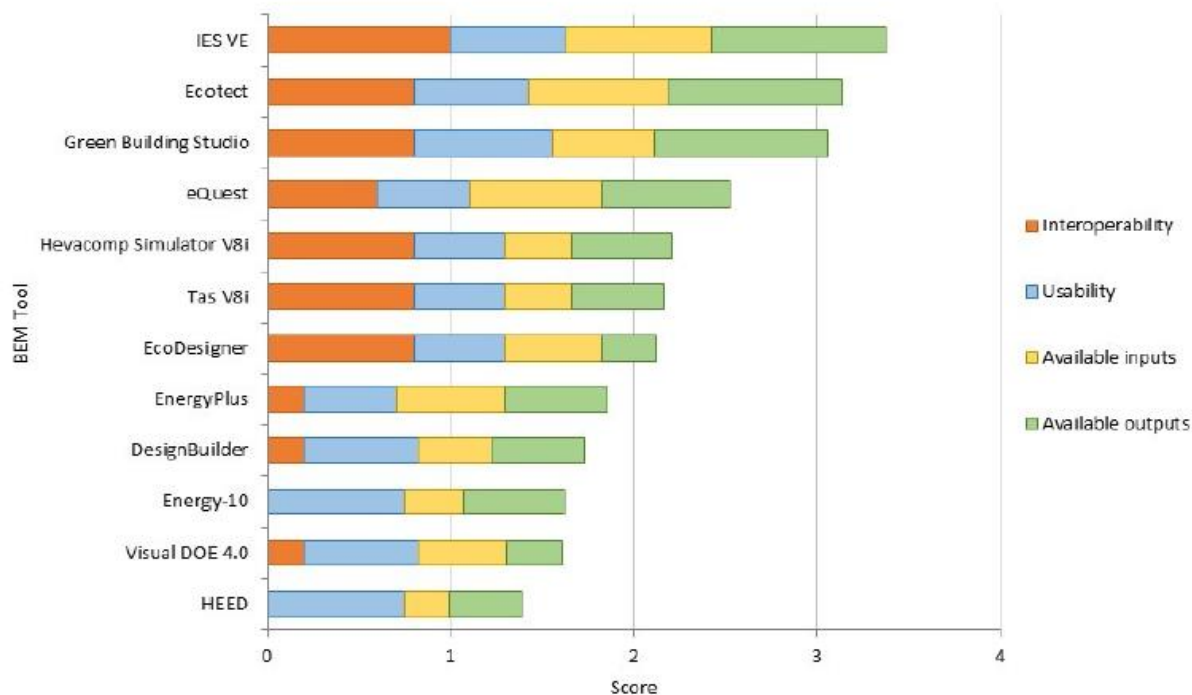
Πίνακας 3.1 Σύγκριση λογισμικών προσομοίωσης

Features	Simulation tool						
	Energy plus	IDA-ICE	IES-VE	TRANSYS	Eco Designer	GBS	Ecotect
Simulation solution							
Simulation of loads, systems and solutions	+	+	+	+	-	+	+
Iterative solution of nonlinear systems	+	+	+	+	-	+	-
Duration of time calculation							
Variable time intervals per zone for interaction of the HVAC	+	-	-	-	-	-	-
Simultaneous selection of building systems and user	-	+	+	+	+	+	+
Dynamic variables based in transient solutions	+	+	-	-	-	-	+
Complete geometric description							
Walls, roofs and floors	+	+	+	+	+	+	+
Windows, skylights, doors and external coatings	+	+	+	+	+	+	+
Polygons with many faces	+	+	+	-	+	+	+
Imports of building from CAD programs	+	+	+	+	+	+	+
Export geometry of buildings for CAD software	+	+	-	-	+	+	-
Import/Export of simulation models of programs	+	+	+	-	+	+	+
Calculation of thermal balance	+	+	+	+	+	+	+
Absorption/release of moisture from building materials	+	+	+	+	+	-	+
Internal thermal mass	+	+	+	+	+	+	+
Human thermal comfort	+	+	+	+	+	+	+
Solar analysis	+	-	-	+	+	+	+
Analysis of isolation	+	+	+	+	+	+	+
Advanced fenestration	+	+	+	+	-	+	+
Calculations of the building in general	+	-	+	+	+	-	+
Surface temperatures of zones	+	+	+	+	+	-	+
Airflow through the windows	+	-	+	+	+	+	+
Driving surfaces	+	+	+	+	-	+	+
Heat transfer from the soil	+	+	+	+	-	+	-
Thermo physical variable	-	+	-	-	+	+	+
Daylighting and lighting controls	+	+	+	-	+	+	+
Infiltration of a zone	+	+	+	+	-	+	+
Automatic calculation of coefficients of wind pressure	-	-	+	-	+	+	+
Natural ventilation	-	+	-	+	+	+	+
Natural and mechanical ventilation	-	-	+	+	+	+	+

Πίνακας 3.1 (συνέχεια) Σύγκριση λογισμικών προσομοίωσης

Features	Simulation tool						
	Energy plus	IDA-ICE	IES-VE	TRANSYS	Eco Designer	GBS	Ecotect
Control open of windows for natural ventilation	+	+	-	+	+	+	+
Air leaks in multiple zones	+	+	-	+	-	-	+
Renewable Energy Systems							
Solar Energy	+	-	+	+	+	+	+
Trombe Wall	+	+	+	+	-	-	-
Photovoltaic panels	+	-	+	+	-	-	+
Hydrogen Systems	-	-	-	+	+	+	+
Wind Energy	-	-	-	+	+	+	+
Electrical systems and equipment							
Energy production through R.E.S.	+	-	-	+	-	+	+
Distribution and management of electric power loads	+	-	-	+	-	-	+
Electricity generators	+	-	-	+	+	+	+
Network connection	+	-	-	+	+	+	-
HVAC systems							
HVAC idealized	+	+	+	+	+	+	+
Possible configuration of HVAC systems	+	+	+	+	-	+	-
Repetitions cycle air	+	+	+	+	-	-	-
Distribution systems	+	+	+	+	-	+	+
Modeling CO ₂	-	+	+	+	+	+	+
Each distribution of air per area	+	+	+	+	+	+	+
Forced air unit per zone	+	+	+	+	-	+	+
Equipment unit	+	-	+	+	+	+	+

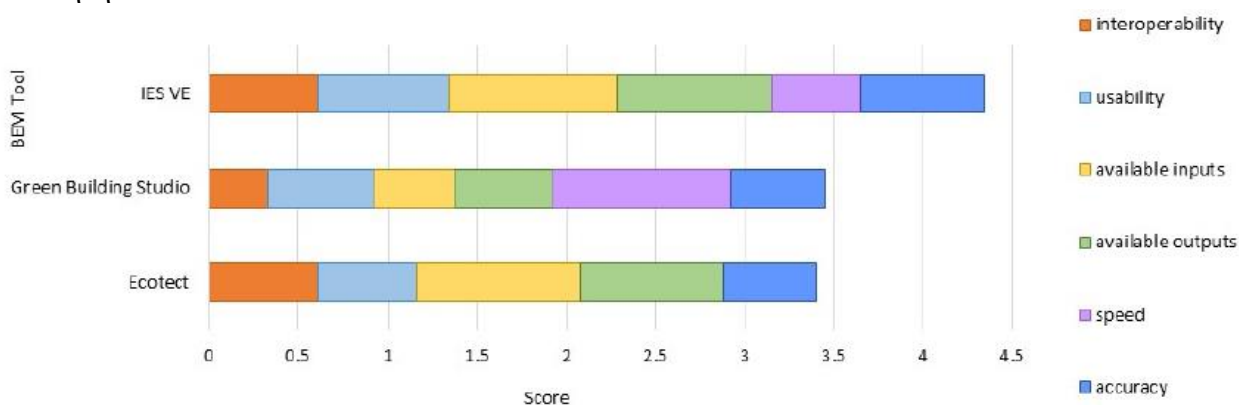
Επίσης σε άλλη έρευνα [26] έγινε αξιολόγηση 12 λογισμικών προσομοίωσης ενεργειακής ανάλυσης κτιρίων (Graphisoft EcoDesigner, Bentley Tas Simulator V8i, Bentley Hevacomp Simulator V8i, Autodesk Ecotect, Autodesk Green Building Studio, IES VE, DesignBuilder, Visual DOE 4.0, Energy10, Energy Plus, eQuest and HEED), ώστε να δοθούν κατευθύνσεις για την επιλογή τους ως εργαλεία πρόβλεψης της ενεργειακής απόδοσης. Η αξιολόγηση έγινε ως προς τη διαλειτουργικότητα, τη χρηστικότητα, τις διαθέσιμες παραμέτρους εισαγωγής δεδομένων καθώς και εξαγωγής αποτελεσμάτων. Σ' αυτή την αξιολόγηση αρχικά, την πρώτη θέση κατέχει το IES VE, τη δεύτερη το Ecotect και την τρίτη το GBS.



Εικ. 3.1 Αρχική αξιολόγηση 12 λογισμικών προσομοίωσης [26]

Στη συνέχεια με επαναξιολόγηση των λογισμικών που κατέχουν τις τρεις πρώτες θέσεις, προσθέτοντας στα παραπάνω κριτήρια αξιολόγησης την ταχύτητα και την ακρίβεια των αποτελεσμάτων, το IES VE κατέχει πάλι την πρώτη θέση ενώ στη δεύτερη βρίσκεται το GBS.

Τα κριτήρια που θέτει ο μελετητής σε κάθε αξιολόγηση είναι βασικά για την κατάταξη του κάθε λογισμικού. Τελικά η επιλογή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες: το χρόνο και τις δεξιότητες που απαιτούνται για τη δημιουργία πολύπλοκων γεωμετρικά μοντέλων κτιρίου, την ακρίβεια των αποτελεσμάτων, την οπτικοποίηση τους, τη δυσκολία κατανόησης τους, την ελεύθερη διαθεσιμότητα του λογισμικού, την αξιοπιστία, τη φιλική διεπαφή με το χρήστη, τη δυνατότητα ορισμού παραμέτρων, τις μονάδες μέτρησης και φυσικά τον τελικό σκοπό του μελετητή.



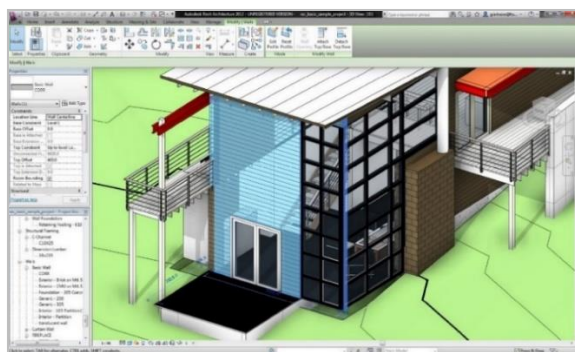
Εικ. 3.2 Επαναξιολόγηση 3 πρώτων από την προηγούμενη κατάταξη λογισμικών προσομοίωσης [26]

Γενικά η «δύναμη» των εφαρμογών προσομοίωσης μέχρι σήμερα είναι περισσότερο η σύγκριση των εναλλακτικών προσομοιώσεων και όχι τόσο η πρόβλεψη σε απόλυτη τιμή των καταναλώσεων.

Στην εργασία αυτή επιλέχθηκε η χρήση του Revit, που μέσω του Green Building Studio (GBS) εκτελεί την ενεργειακή ανάλυση κτιρίων. Και τα δύο λογισμικά είναι διαθέσιμα σε εκπαιδευτική έκδοση από την Autodesk. Το GBS, που είναι το κατ' εξοχήν λογισμικό της Autodesk για ενεργειακές αναλύσεις, κατέχει όπως φάνηκε προηγουμένως, υψηλή θέση στις αξιολογήσεις.

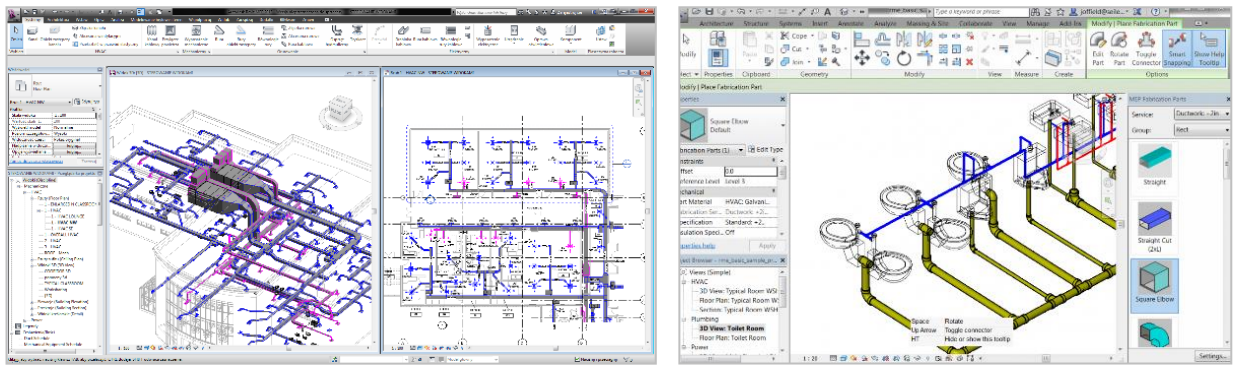
3.2 Revit- Συνοπτική παρουσίαση

Το Revit της Autodesk είναι από τα πιο διαδεδομένα BIMs² σήμερα. Είναι ένα παραμετρικό λογισμικό που αναπαριστά ψηφιακά όλα τα φυσικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός κτιρίου. Έχει οργανωμένες όλες τις οικοδομικές πληροφορίες ενός κτίσματος, σε μια βάση δεδομένων εύκολα διαχειρίσιμη οπτικά και αριθμητικά και παρέχει στους μηχανικούς δυνατότητα για αποτελεσματικό σχεδιασμό, κατασκευή και διαχείριση. Τα αρχεία του μπορούν να εξαχθούν στον κατάλληλο τύπο και να επεξεργαστούν διαδικτυακά, ώστε να οδηγήσουν στη βέλτιστη λήψη αποφάσεων ανά περίπτωση. Περιλαμβάνει λειτουργίες για αρχιτεκτονικό, μηχανολογικό, ηλεκτρολογικό σχεδιασμό και σχεδιασμό δομικών κατασκευών. Επίσης έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει διάφορες μελέτες, μεταξύ των οποίων η μελέτη θέρμανσης κλιματισμού και η ενεργειακή ανάλυση του κτιρίου. Όσον αφορά στην ενεργειακή ανάλυση, χρησιμοποιώντας υπάρχουσες λίστες υλικών, συστημάτων και άλλων παραμέτρων, επιτρέπει στους μελετητές να απεικονίσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια την ανάλυση των επιδόσεων ενός κτιρίου, να κατανοήσουν καλύτερα το ενεργειακό μοντέλο και να τροποποιήσουν τα δεδομένα όπου χρειάζεται, ώστε αξιολογώντας το ενεργειακό ισοζύγιο να έχουν το βέλτιστο συνδυασμό υλικών και πρακτικών για ένα κτίριο αποδοτικό με ελάχιστες εκπομπές CO₂ ετησίως. Είναι εμπορικό λογισμικό αλλά διατίθεται δωρεάν από την Autodesk για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

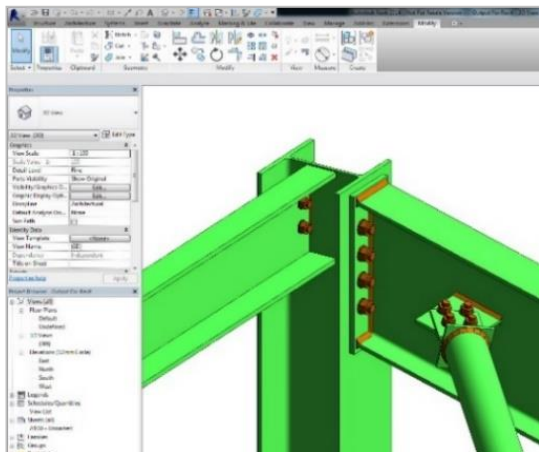


Εικ. 3.3 Αρχιτεκτονικό σχέδιο με το Revit, άποψη τρισδιάστατου κτιρίου

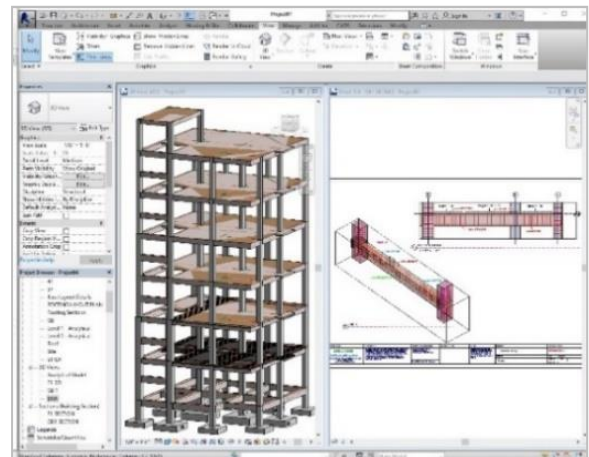
² BIM: Building Information Model



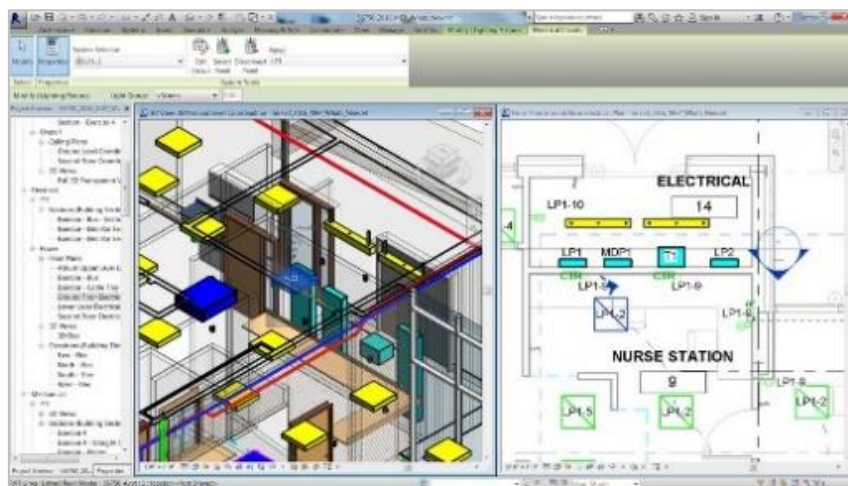
Εικ. 3.4 Μηχανολογικό σχέδιο με το Revit



Εικ. 3.5 Revit, Συνδεσμολογία σιδηρών κατασκευών



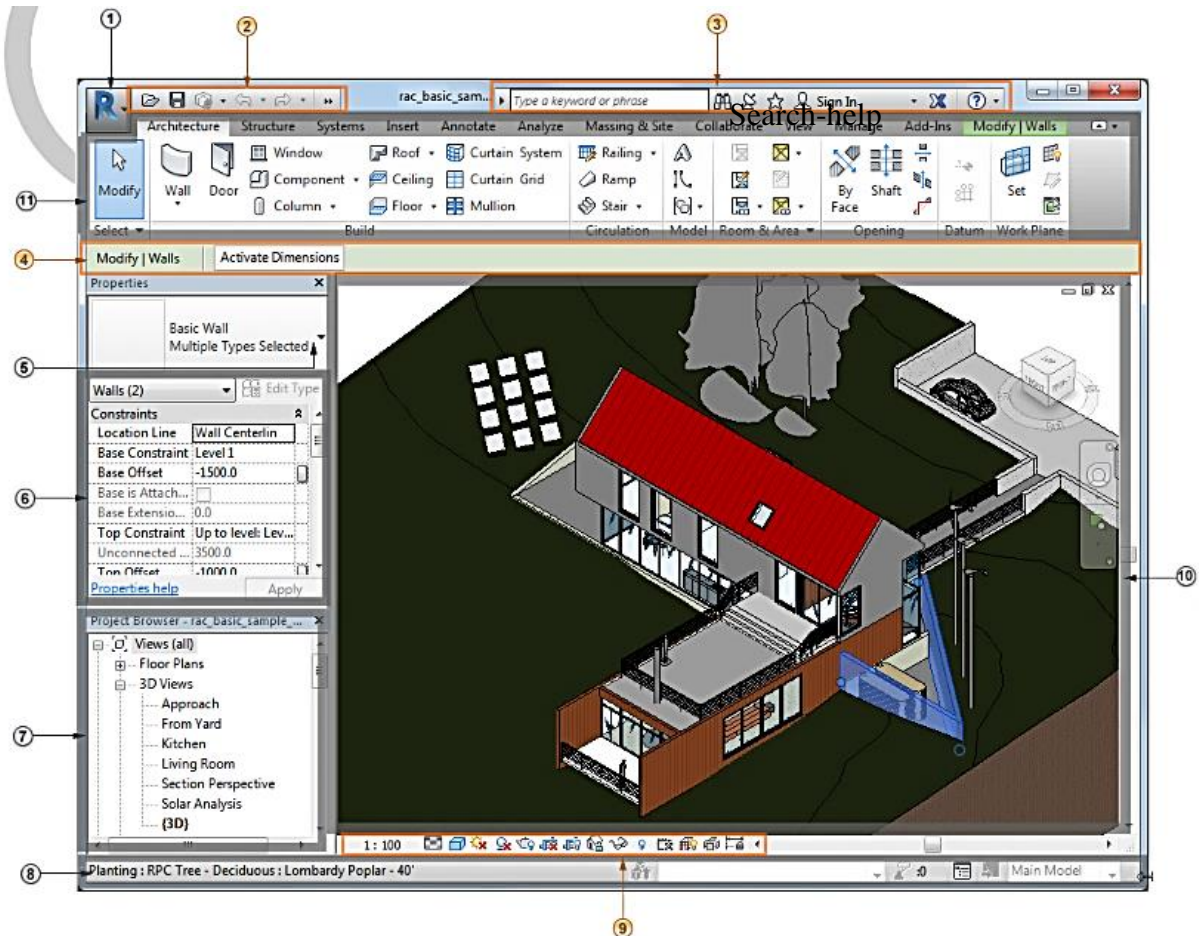
Εικ. 3.6 Revit, Σκελετός κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα




Εικ. 3.7 Revit, ηλεκτρολογικό σχέδιο

3.2.1 Το περιβάλλον εργασίας του Revit

Στην επόμενη εικόνα απεικονίζονται τα βασικά στοιχεία του περιβάλλοντος εργασίας του Revit [27].



Εικ. 3.8 Περιβάλλον εργασίας του Revit [27]

1: Application Menu  Μενού εφαρμογής. Το μενού της εφαρμογής παρέχει πρόσβαση στις συνήθεις εντολές διαχείρισης αρχείων, όπως νέο αρχείο, άνοιγμα, αποθήκευση κλπ. Επιτρέπει επίσης την εξαγωγή και δημοσίευση αρχείων.

2: Quick Access Toolbar -Γραμμή εργαλείων γρήγορης πρόσβασης. Περιέχει ένα σύνολο προεπιλεγμένων εργαλείων που χρησιμοποιούνται πιο συχνά.

3: Info Center-Κέντρο Πληροφοριών. Παρέχει ένα σύνολο εργαλείων που επιτρέπουν την πρόσβαση σε διάφορες πηγές πληροφοριών. Εδώ περιλαμβάνεται το κουμπί Sign In για την υπηρεσία Autodesk 360 που συνδέει το Revit με το Green Building Studio και η ηλεκτρονική βοήθεια.

4: Options Bar- Γραμμή επιλογών. Εμφανίζει διάφορες επιλογές παραμέτρων που εξαρτώνται από το τρέχον εργαλείο ή το επιλεγμένο στοιχείο.

5: Type Selector-Επιλογέας τύπου. Ανάλογα με το επιλεγμένο εργαλείο, παρέχει ένα πτυσσόμενο μενού, από το οποίο μπορεί να επιλεγεί έναν διαφορετικός τύπος στοιχείου (πχ άλλος τύπος τοίχου).

6: Properties palette- Παλέτα ιδιοτήτων. Είναι ένα παράθυρο διαλόγου όπου προβάλλονται και τροποποιούνται οι παράμετροι που καθορίζουν τις ιδιότητες των στοιχείων.

7: Project Browser- Περιηγητής μελέτης. Εμφανίζει ένα διάγραμμα για όλες τις προβολές, τα χρονοδιαγράμματα και γενικά για όλα τα μέρη της τρέχουσας μελέτης.

8: Status Bar-Γραμμή κατάστασης. Παρέχει συμβουλές σχετικά με τις εντολές.

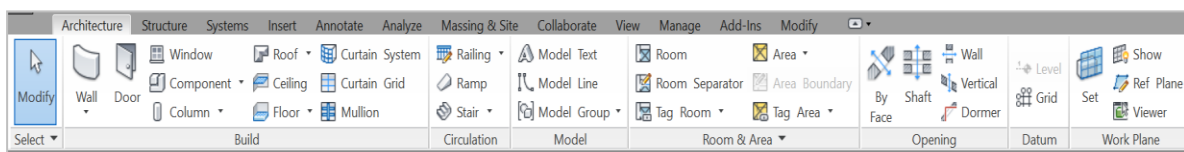
9: Control Bar -Γραμμή ελέγχου. Παρέχει γρήγορη πρόσβαση στις λειτουργίες που επηρεάζουν την τρέχουσα προβολή.

10: Drawing Area- Περιοχή σχεδίασης. Παρουσιάζει τις επιλεγμένες όψεις του τρέχοντος έργου.

11: Ribbon-Κορδέλα. Παρέχει όλα τα εργαλεία που είναι απαραίτητα για τη δημιουργία μιας μελέτης. Η κορδέλα αποτελείται από καρτέλες με οικογένειες εντολών.

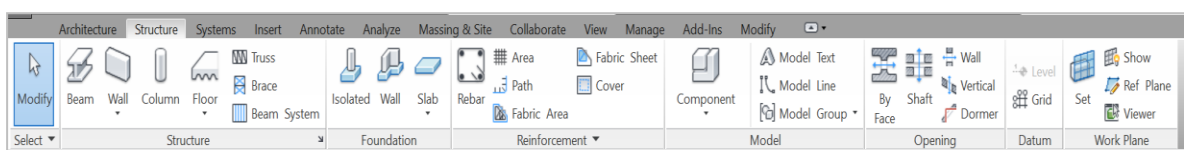
Οι βασικές καρτέλες είναι:

Architecture -Για αρχιτεκτονική σχεδίαση:



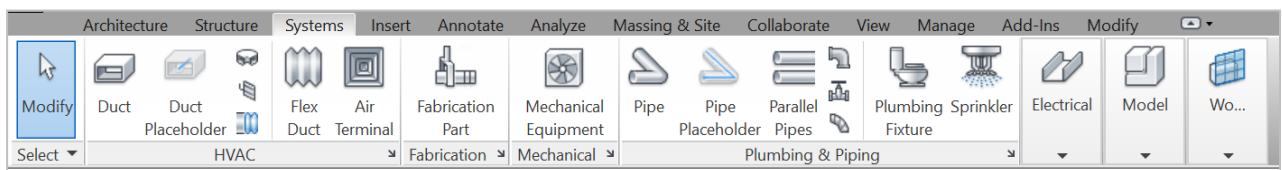
Εικ. 3.9 Ribbon, Architecture

Structure-Για σχεδίαση φέροντος οργανισμού:



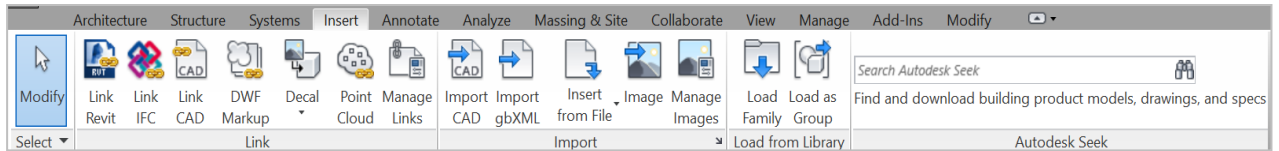
Εικ. 3.10 Ribbon, Structure

Systems- Για μηχανολογικά και ηλεκτρολογικά σχέδια:



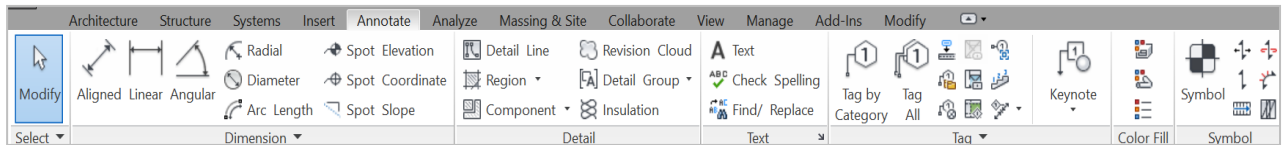
Εικ. 3.11 Ribbon, Systems

Insert-Για συνεργασία του Revit με άλλα προγράμματα:



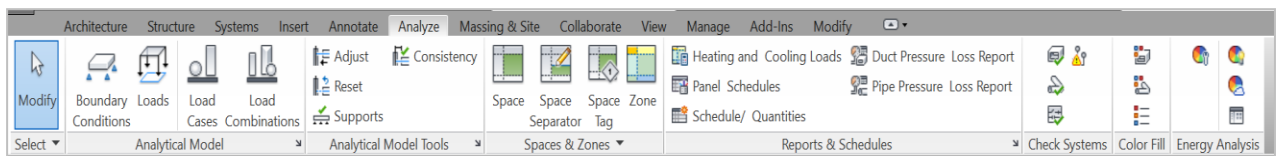
Εικ. 3.12 Ribbon, Insert

Annotate- Για προσθήκη διαστάσεων, επεξηγήσεων κ.λπ.



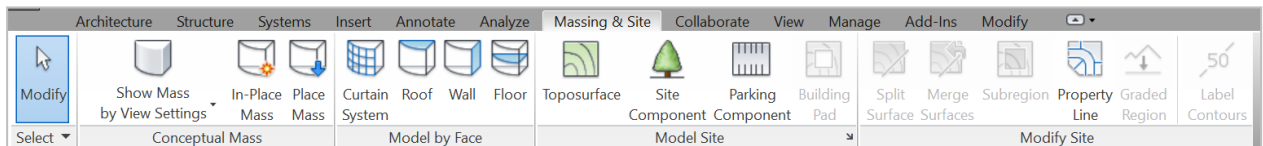
Εικ. 3.13 Ribbon Annotate

Analyze- Για μελέτες- αναλύσεις:



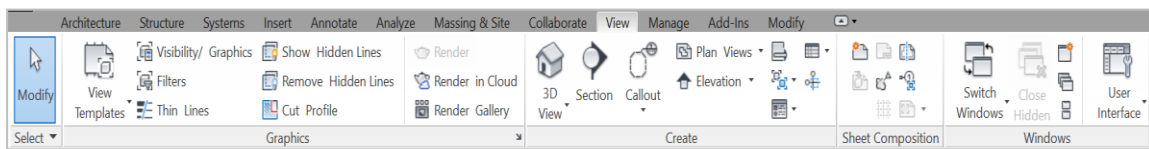
Εικ. 3.14 Ribbon, Analyze

Massing & Site- Για σχεδίαση τοπογραφικών, περιβάλλοντος χώρου και κτιριακών όγκων:



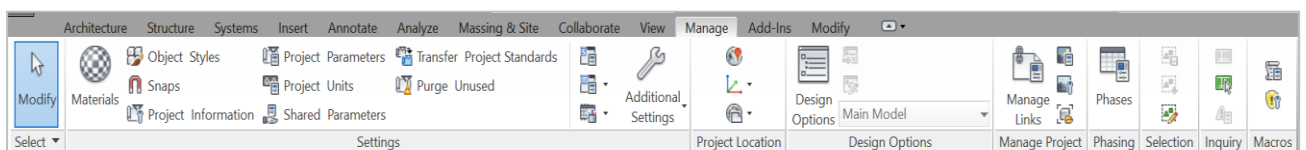
Εικ. 3.15 Ribbon, Massing & Site

View-Για προβολή μοντέλου:



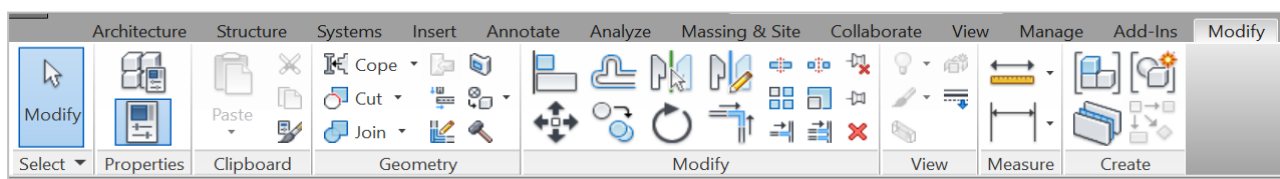
Εικ. 3.16 Ribbon, View

Manage-Γενικές ρυθμίσεις μοντέλου:



Εικ. 3.17 Ribbon, Manage

Modify-Για επεξεργασία των σχεδίων:



Εικ. 3.18 Ribbon, Modify

3.3 Ενεργειακή προσομοίωση στο Revit και στο Green Building Studio

Για να γίνει η ενεργειακή προσομοίωση ενός κτιρίου πρέπει να προηγηθεί ο σχεδιασμός του. Η Ενεργειακή προσομοίωση μπορεί να γίνει με 2 τρόπους: μέσα από το Revit [27] με τη βοήθεια του Green Building Studio ή απευθείας στο GBS [28]. Το Green Building Studio είναι η μηχανή ενεργειακής προσομοίωσης της Autodesk. Είναι μια ευέλικτη διαδικτυακή υπηρεσία που χρησιμοποιεί τη **μηχανή προσομοίωσης DOE2³**.

Επιτρέπει να εκτελεστούν πολλαπλές προσομοιώσεις ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Μπορεί να βοηθήσει τους μελετητές να σχεδιάσουν και να παρουσιάσουν μια ολοκληρωμένη ενεργειακή ανάλυση ενός κτιρίου, νωρίς από τα προσχέδια της μελέτης, καθώς και να βελτιστοποιήσουν την ενεργειακή αποδοτικότητα του με στόχο τις μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε ελάχιστο χρόνο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο **για υφιστάμενα όσο και για νέα κτίρια** και να αποδώσει πολλαπλές εναλλακτικές επιλογές σχεδιασμού για το ίδιο κτίριο οι οποίες μπορεί να συγκριθούν ως προς την ενεργειακή χρήση, την ετήσια κατανάλωση ενέργειας και το κόστος για αυτή. Υποστηρίζει αρχεία σε *.gbxml μορφή.

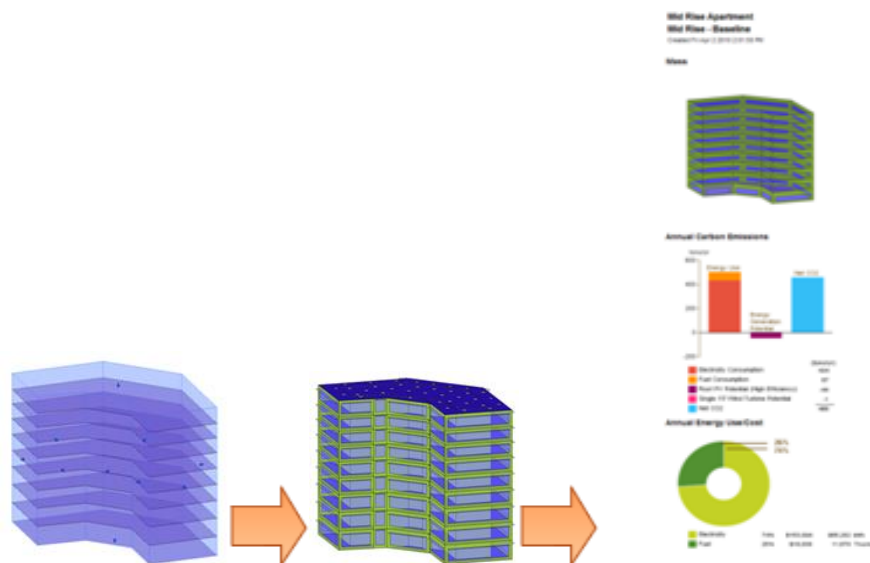
Για την Ενεργειακή προσομοίωση στο Revit και κατ' επέκταση στο GBS μπορούν να χρησιμοποιηθούν κτιριακοί όγκοι (conceptual masses), τα λεπτομερή στοιχεία ενός κτιρίου (building elements) που έχει σχεδιαστεί στο Revit ή και τα δύο. Η ενεργειακή προσομοίωση εκτελείται on line (απαιτείται σύνδεση internet) με τη βοήθεια του Green Building Studio της Autodesk.

Ξεκινώντας την ενεργειακή προσομοίωση νωρίς κατά την διαδικασία σχεδιασμού, από τα προσχέδια και εκτελώντας την σε τακτική βάση, δίνεται η δυνατότητα στους μελετητές να λάβουν τις βέλτιστες αποφάσεις για τη σχεδίαση ενός κτιρίου, όσον αφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Στα πρώτα στάδια της διαδικασίας σχεδιασμού, μπορούν να χρησιμοποιηθούν κτιριακοί όγκοι (**conceptual masses**) για την ενεργειακή προσομοίωση. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης μπορούν να βοηθήσουν το μελετητή στην επιλογή του σχήματος της κάτοψης, του μεγέθους των ανοιγμάτων, του προσανατολισμού του κτιρίου καθώς και των υλικών του κελύφους. Μετά την

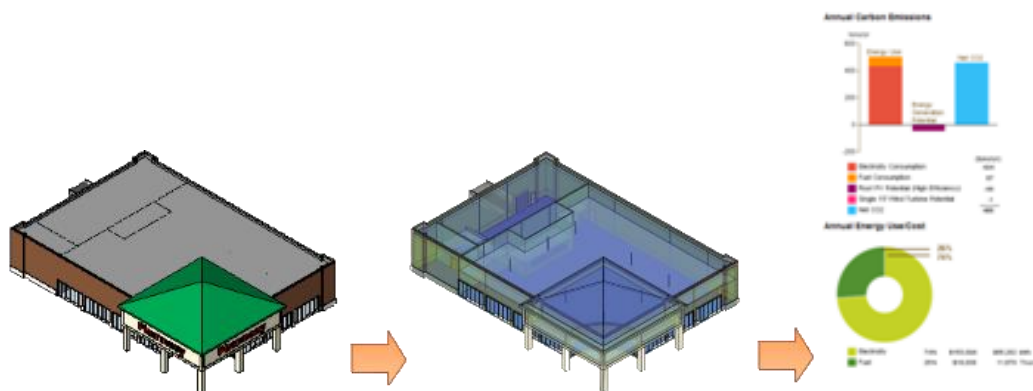
³ Το DOE-2 είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο και αποδεκτό «freeware» πρόγραμμα ενεργειακής ανάλυσης κτιρίων, που μπορεί να προβλέψει τη χρήση της ενέργειας και το κόστος για όλους τους τύπους κτιρίων. Αναπτύχθηκε υπό την χρηματοδότηση του Υπουργείου Ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών (USDOE).

εκτέλεση προσομοιώσεων ενέργειας για τα προτεινόμενα σχέδια, γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων και απορρίπτονται τα σχέδια που δεν πληρούν τα πρότυπα ελάχιστης βιωσιμότητας.



Εικ. 3.19 Ενεργειακή ανάλυση κτιριακών όγκων (conceptual masses)

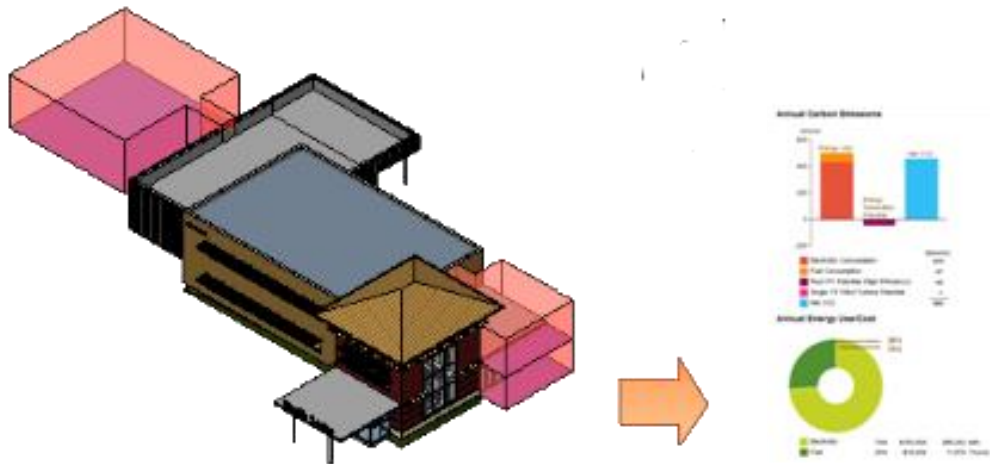
Σε μεταγενέστερα στάδια του σχεδιασμού, μπορεί να γίνει εκτέλεση της ενεργειακής προσομοίωσης χρησιμοποιώντας ένα λεπτομερές μοντέλο (**building elements**) που περιέχει αναλυτικά τα στοιχεία του κτιρίου (π.χ. τοίχοι, στέγες, δάπεδα και παράθυρα).



Εικ. 3.20 Ενεργειακή ανάλυση λεπτομερώς σχεδιασμένου μοντέλου (building elements)

Εάν είναι απαραίτητο, μπορεί επίσης να εκτελεστεί ενεργειακή προσομοίωση, χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο που περιέχει και κτιριακούς όγκους και κτίρια λεπτομερώς σχεδιασμένα (**building elements and conceptual masses**). Αυτή η προσέγγιση μπορεί να είναι χρήσιμη στην περίπτωση που δεν έχουν παρθεί οριστικές αποφάσεις για το σχήμα ή τη χρήση υλικών για το σύνολο του κτιρίου, καθώς και αν θέλουμε να προσομοιώσουμε γειτονικά κτίρια ή κατασκευές που σκιάζουν και επηρεάζουν γενικά το υπό μελέτη κτίριο. Εκτελώντας την

ενεργειακή προσομοίωση χρησιμοποιώντας αυτή τη μεικτή λειτουργία, μπορεί να ελεγχθεί αν το μοντέλο, στην τρέχουσα κατάσταση, είναι ενεργειακά αποδοτικό.



Εικ. 3.21 Ενεργειακή ανάλυση λεπτομερώς σχεδιασμένου κτιρίου συνδυασμένου με κτιριακούς όγκους (building elements & conceptual masses)

Η προσομοίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός κτιρίου μπορεί να δώσει πληροφορίες για τη ροή της ενέργειας στο κτίριο. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να βοηθήσουν τους μελετητές να κάνουν οικονομικά αποδοτικές επιλογές για τη βελτίωση των ενεργειακών επιδόσεων του κτιρίου και τη μείωση των περιβαλλοντικών του επιπτώσεων.

Κατά την ενεργειακή προσομοίωση του κτιρίου υπολογίζεται η αναμενόμενη κατανάλωση ενέργειας (καύσιμα και ηλεκτρισμός) με βάση τη γεωμετρία του κτιρίου, το κλίμα, τον τύπο του κτιρίου, τις ιδιότητες του κελύφους και τα ενεργητικά συστήματα (HVAC και φωτισμού).

Για να εκτελεστεί η ενεργειακή προσομοίωση για τα μοντέλα που σχεδιάστηκαν στο Revit, χρησιμοποιείται η ομάδα εντολών «Energy Analysis» του Revit. Μέσα απ' αυτές τις εντολές συνδέεται το Revit με το Green Building Studio.

Μετά το τέλος της προσομοίωσης μπορούν να γίνουν βελτιώσεις στο κτίριο, ώστε να επιτευχθεί ο καλύτερος συνδυασμός υλικών, συστημάτων, προσανατολισμού κλπ.

Το ενεργειακό μοντέλο και η αντίστοιχη προσομοίωση μπορούν να παρουσιαστούν μέσα από το Revit ή από το ίδιο το Green Building Studio για περαιτέρω έλεγχο και ανάλυση, αλλά και να εξαχθούν σε διάφορες μορφές (gbXML, DOE2 και EnergyPlus) ώστε να μελετηθούν και από άλλες εφαρμογές.

4. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΣΤΟ REVIT & ΣΤΟ GBS


Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία εκτέλεσης ενεργειακής ανάλυσης τόσο στο Revit όσο και στο Green Building Studio [27, 28]. Περιγράφονται και τα δυο λογισμικά, αφού το Revit είναι απαραίτητο για το σχεδιασμό και τον καθορισμό των ενεργειακών παραμέτρων του κτιρίου, όμως «στηρίζεται» στο GBS για να εκτελεστεί η ενεργειακή ανάλυση. Παρόλο που και τα δύο λογισμικά παρέχουν τα αποτελέσματα της ανάλυσης, αυτά δίνονται με περισσότερες λεπτομέρειες στο GBS. Επιπλέον στο GBS υπάρχει δυνατότητα επεξεργασίας των διαγραμμάτων.

4.1 Διαδικασία εκτέλεσης ενεργειακής προσομοίωσης στο Revit (έκδοση 2016)

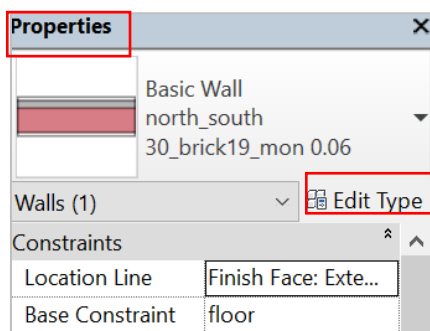
Για να εκτελεστεί η ενεργειακή προσομοίωση είναι απαραίτητο να έχει σχεδιαστεί αρχικά το κτίριο στο Revit⁴. Η σχεδίαση του μοντέλου ακολουθεί την πορεία της κατασκευής ενός κτιρίου στην πράξη, δηλαδή σχεδιάζεται πρώτα ο φέρων οργανισμός (πλάκες, υποστυλώματα, δοκοί), στη συνέχεια οι τοίχοι πλήρωσης με τα ανοίγματα κ.λπ. Ακολουθεί η διαδικασία της εισαγωγής των παραμέτρων για την ενεργειακή ανάλυση.

4.1.1 Θερμικά χαρακτηριστικά στοιχείων κελύφους

Γίνεται έλεγχος των υλικών όλων των στοιχείων του κτιρίου (τοίχων, δαπέδων, πλάκας οροφής, υποστυλωμάτων, δοκών, ανοιγμάτων), ώστε να έχουν θερμικά χαρακτηριστικά (thermal properties). Σ' αυτά ανήκουν το πάχος (thickness), η θερμική αγωγιμότητα (Thermal Conductivity), η ειδική θερμοχωρητικότητα (Specific Heat) και η πυκνότητα (Density) που καθορίζονται για κάθε επίπεδο (layer) από τα οποία αποτελείται το στοιχείο. Τα θερμικά χαρακτηριστικά που συνδέονται με τα οικοδομικά στοιχεία χρησιμοποιούνται στη συνέχεια κατά την ενεργειακή ανάλυση για εξαγωγή ρεαλιστικών αποτελεσμάτων. Για να ελεγχθούν ή να καθοριστούν τα θερμικά χαρακτηριστικά ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

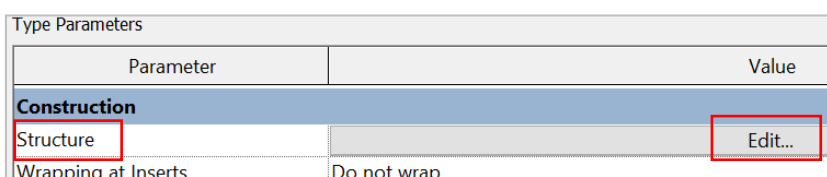
- α. Επιλέγεται το στοιχείο του κτιρίου, π.χ. ένας τοίχος, δάπεδο ή δώμα.
- β. Στην παλέτα ιδιοτήτων (Properties palette), επιλέγεται  «Edit Type».

⁴ Για τη σχεδίαση του κτιρίου στο Revit, χρησιμοποιούνται οι εντολές: **Manage/Project Units** (καθορισμός μονάδων μέτρησης), **Architecture/level** (δημιουργία επιπέδων σε κάποια όψη του σχεδίου, όπου δίνονται τα ύψη των στοιχείων του κτιρίου), **Architecture/wall- wall type -wall properties** (δημιουργία εξωτερικών και εσωτερικών τοίχων), **Structure/Columns** (δημιουργία υποστυλωμάτων), **Structure/ Beams** (δημιουργία δοκών), **Architecture/doors & Architecture/windows-type** (δημιουργία ανοιγμάτων), **Architecture/Floor-type** (δημιουργία δαπέδου στο level floor), **Architecture/ Roof-type** (δημιουργία στέγης ή δώματος στο level roof).



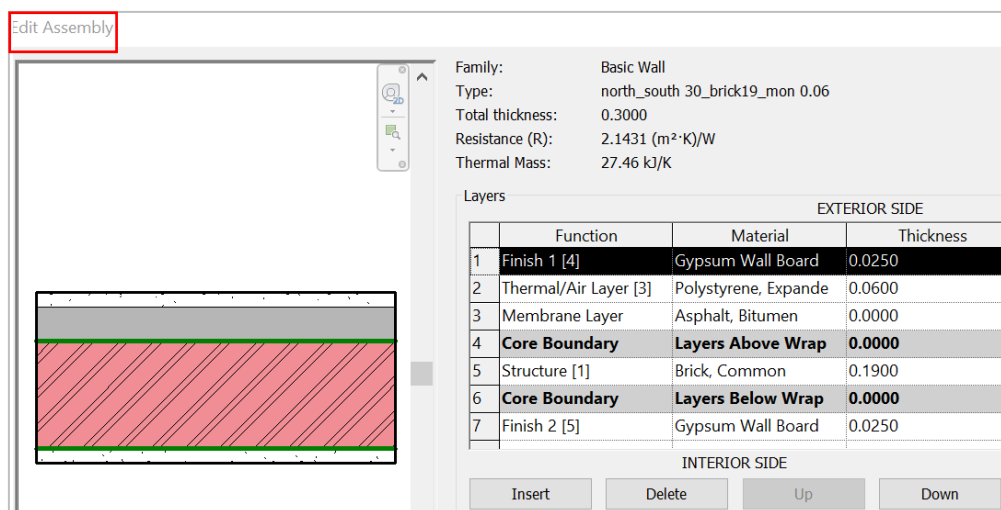
Εικ. 4.1 Τμήμα παλέτας ιδιοτήτων (Properties)

γ. Στο «Structure», επιλέγεται «Edit».



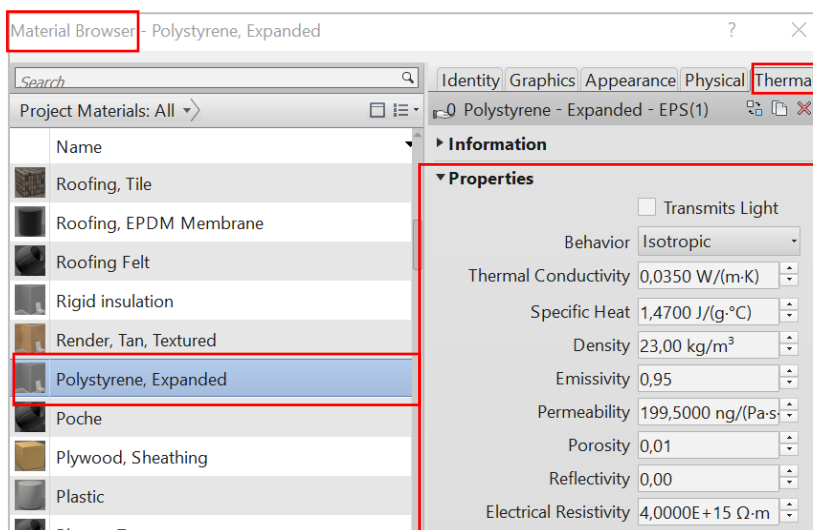
Εικ. 4.2 Τμήμα παραθύρου διαλόγου «Type properties»

δ. Στο παράθυρο διαλόγου «Edit Assembly», στη στήλη «material», επιλέγεται το προς έλεγχο υλικό ή εισάγεται υλικό αν δεν υπάρχει.



Εικ. 4.3 Παράθυρο διαλόγου «edit assembly», με τα στρώματα (layers) από τα οποία αποτελείται το επιλεγμένο στοιχείο.


ε. Στο πρόγραμμα περιήγησης των υλικών «material browser», επιλέγεται «Thermal» για εμφάνιση ή επεξεργασία θερμικών χαρακτηριστικών του επιλεγμένου υλικού.



Εικ. 4.4 Παράθυρο περιήγησης υλικών- «Material Browser»

Για πόρτες και παράθυρα :

α) Επιλέγεται η πόρτα ή το παράθυρο,

β) Στην παλέτα ιδιοτήτων (Properties palette), επιλέγεται  «Edit Type».



γ) Στο πτυσσόμενο μενού που εμφανίζεται στο «Analytical Properties/ Analytic Construction» καθορίζονται τα υλικά.

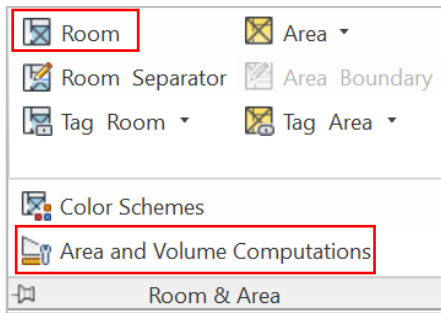
Analytical Properties	
Visual Light Transmittance	0.810000
Thermal Resistance (R)	0.3196 (m ² ·K)/W
Solar Heat Gain Coefficient	0.760000
Heat Transfer Coefficient (U)	3.1292 W/(m ² ·K)
Analytic Construction	Double glazing - domestic

Εικ. 4.5 Τμήμα παραθύρου «Type properties»

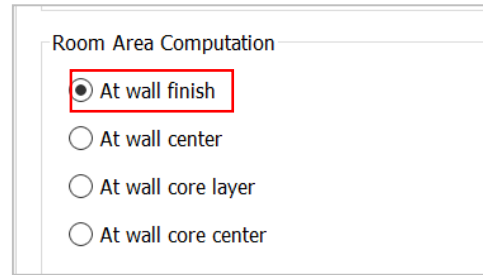
4.1.2 Καθορισμός χώρων και θερμικών ζωνών

Καθορίζονται δωμάτια (rooms) ή και χώροι (spaces). Ένα δωμάτιο (room) ή ένας χώρος (space) είναι μια υποδιαίρεση του χώρου μέσα σε ένα κτίριο, που περικλείεται από δομικά στοιχεία, όπως οι τοίχοι, το πάτωμα και η στέγη. Τα στοιχεία αυτά ορίζονται ως όρια του δωματίου ή του χώρου. Το Revit αναφέρεται σε αυτά κατά τον υπολογισμό της περιμέτρου, του εμβαδού και του όγκου ενός δωματίου.

Για να δημιουργηθούν δωμάτια (rooms) σε μια κάτοψη του σχεδίου χρησιμοποιείται από την καρτέλα «Architecture»  το εργαλείο «Room»  και επιλέγονται οι χώροι της κάτοψης.



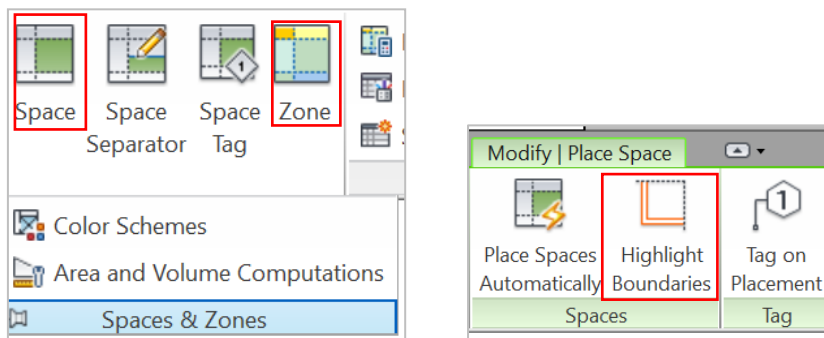
Εικ. 4.6 Ομάδα εντολών «Architecture/ Room & Area»



Εικ. 4.7 Παράθυρο διαλόγου «Area and Volume Computations»

Με τον ίδιο τρόπο για να υπολογιστούν οι επιφάνειες και οι όγκοι επιλέγεται από την καρτέλα «Architecture» ► και το πτυσσόμενο μενού «Room & Area» ► το εργαλείο «Area and Volume Computations». Στο παράθυρο διαλόγου επιλέγεται «Areas and Volumes» και «At wall finish».

Εναλλακτικά, υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας χώρων (spaces):



Εικ. 4.8 Καρτέλα «Analyze», ομάδα εντολών «Spaces & Zones»

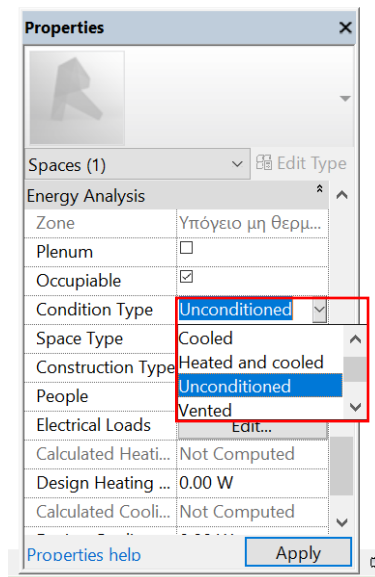
Στην καρτέλα «Analyze» ► επιλέγεται «Space». Με το εργαλείο «Highlight Boundaries» προβάλλονται τα όρια των χώρων (spaces) που θα δημιουργηθούν.

Στη γραμμή επιλογών (option bar), προσδιορίζεται το επίπεδο (level) στο οποίο θα δημιουργηθεί ο χώρος και το ανώτατο καθ' ύψος όριο (upper limit), ώστε να οριστεί ο όγκος του. Αυτά τα στοιχεία μπορεί να αλλάξθούν σε κάθε χώρο που θα δημιουργηθεί.

Στη συνέχεια επιλέγεται η αυτόματη δημιουργία χώρων «spaces» ► «Place Spaces Automatically» ή γίνεται επιλογή στην κάτοψη, ενός – ενός, όλων των χώρων.

Τα «rooms» και «spaces» έχουν παρόμοια λειτουργία. Αν χρησιμοποιηθεί το «rooms» για καθορισμό των χώρων, τότε ο φωτισμός, ο εξοπλισμός και τα δεδομένα για την πληρότητα (occupancy), καθορίζονται από τις προεπιλεγμένες ρυθμίσεις σύμφωνα με τον τύπο του κτιρίου. Αν χρησιμοποιηθεί «spaces» τότε τα παραπάνω δεδομένα καθορίζονται μέσα από το «space properties» στην παλέτα ιδιοτήτων.

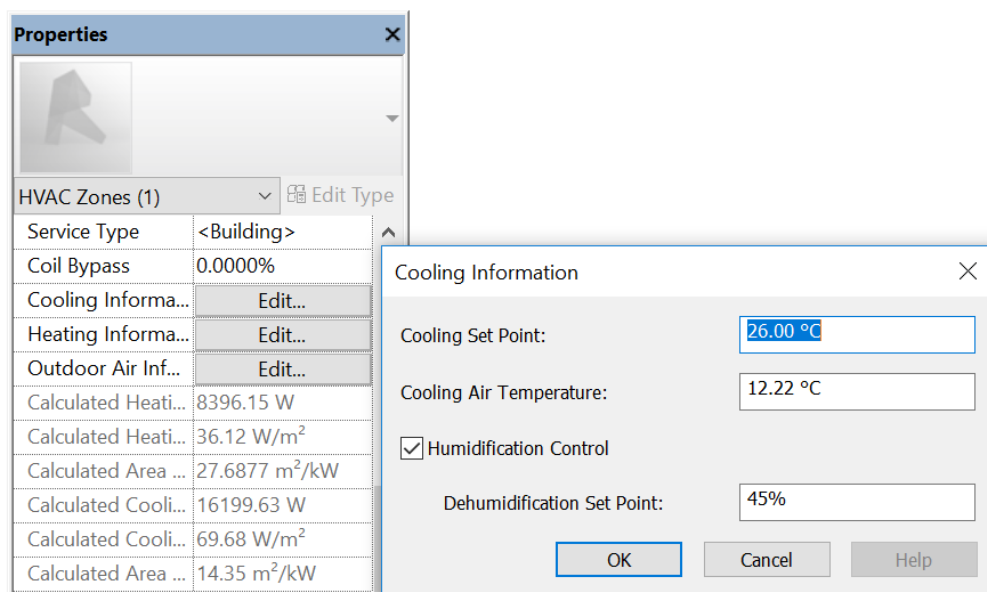
Για κάθε χώρο (space) είναι δυνατόν να οριστούν συνθήκες κλιματισμού (cooled, heated, cooled & heated, naturally vented ή unconditioned).



Εικ. 4.9 Ορισμός συνθηκών κλιματισμού χώρου

Τέλος γίνεται ορισμός θερμικών ζωνών, δηλαδή επιλογή χώρων (spaces) στους οποίους καθορίζεται ίδια θερμοκρασία για θέρμανση και ψύξη καθώς και ίδια υγρασία και ενοποίηση τους στην ίδια ζώνη.

Στην καρτέλα «Analyze» γίνεται επιλογή «Zone» και καθορίζονται οι χώροι που ανήκουν στην ίδια ζώνη, με επιλογή τους. Στη συνέχεια ορίζονται οι επιθυμητές θερμοκρασίες από την παλέτα ιδιοτήτων.

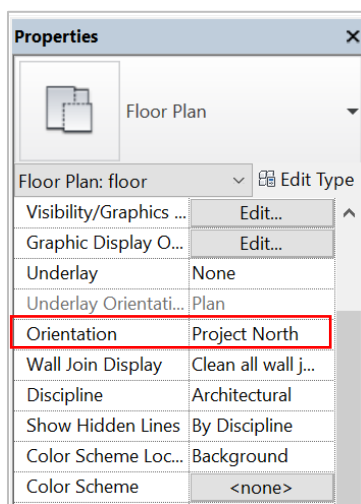


Εικ. 4.10 Καθορισμός παραμέτρων ζώνης


4.1.3 Καθορισμός προσανατολισμού κτιρίου

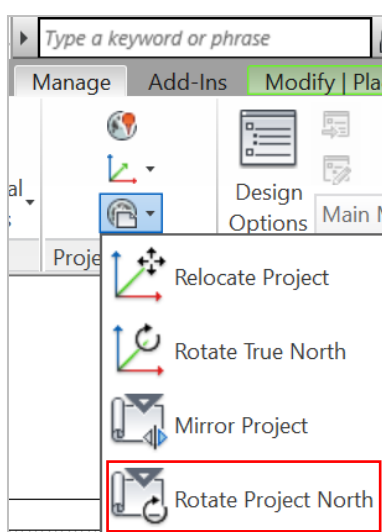
Καθορίζεται ο προσανατολισμός του κτιρίου περιστρέφοντας την κάτοψη του κτιρίου και αλλάζοντας τον προσανατολισμό της, ώστε τόσο ο βορράς σχεδίασης (Project North), όσο και ο πραγματικός βορράς (True North) να είναι προς τα πάνω στην περιοχή σχεδίασης. Αρχικά περιστρέφεται ο βορράς σχεδίασης (Project North) :

α) Προβάλλεται το κτίριο σε κάτοψη και στην παλέτα ιδιοτήτων (Properties palette) γίνεται επιβεβαίωση ότι στην ιδιότητα προσανατολισμός – «orientation»- έχει οριστεί ο βορράς της μελέτης «Project North».



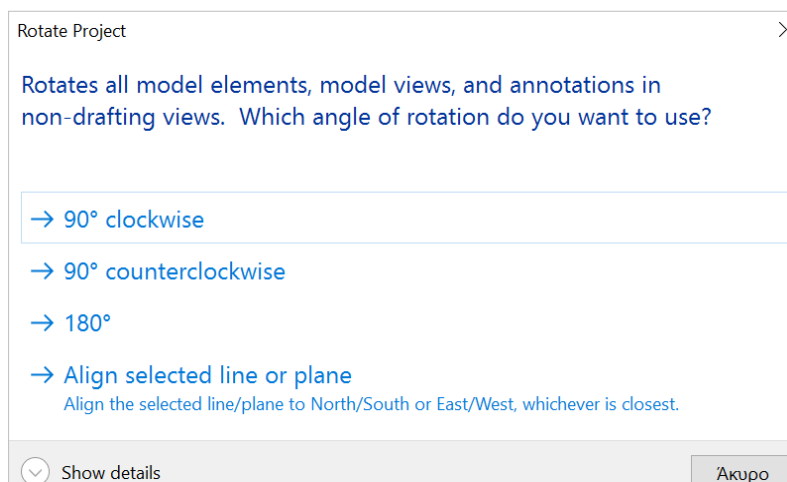
Εικ. 4.11 Προσανατολισμός βορρά σχεδίασης (Project North) στην παλέτα ιδιοτήτων της κάτοψης

β. Από την καρτέλα Διαχείριση (Manage), επιλέγεται η θέση «position» και στην πτυσσόμενη λίστα επιλέγεται  περιστροφή του έργου βόρεια «Rotate Project North».



Εικ. 4.12 Εργαλείο για επιλογή προσανατολισμού μοντέλου

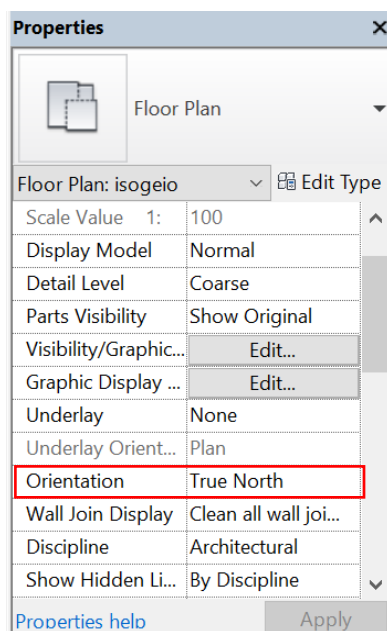
Στο παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται επιλέγεται η επιθυμητή περιστροφή:



Εικ. 4.13 Παράθυρο διαλόγου για επιλογή γωνίας περιστροφής μοντέλου

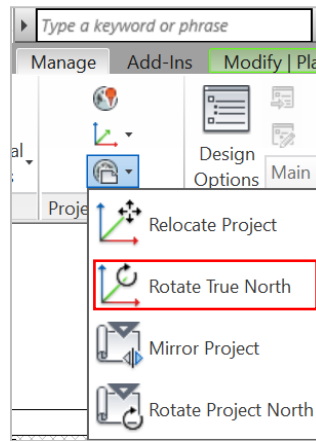
Στη συνέχεια περιστρέφεται το κτίριο προς τον πραγματικό βορρά (True North):

α) Προβάλλεται το κτίριο σε κάτοψη και στην παλέτα ιδιοτήτων (Properties palette) στην ιδιότητα προσανατολισμός – «orientation»- ορίζεται ο πραγματικός βορράς της μελέτης «True North».



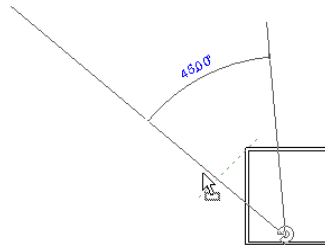
Εικ. 4.14 Προσανατολισμός πραγματικού βορρά (True North) στην παλέτα ιδιοτήτων της κάτοψης

β. Από την καρτέλα Διαχείριση (Manage), επιλέγεται θέση «position» και στην πτυσσόμενη λίστα επιλέγεται «περιστροφή πραγματικού βορρά» (Rotate True North).



Εικ. 4.15 Εργαλείο για επιλογή πραγματικού προσανατολισμού

Ο πραγματικός βορράς μπορεί να καθοριστεί γραφικά ή να δηλωθεί η γωνία που σχηματίζει ο νέος πραγματικός βορράς ως προς τον παλιό στη γραμμή επιλογών (Option bar):



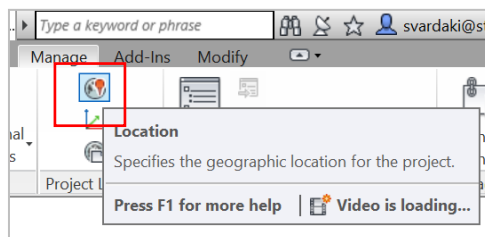
Εικ. 4.16 Επιλογή πραγματικού βορρά γραφικά.

4.1.4 Καθορισμός γεωγραφικής τοποθεσίας

Καθορίζεται η γεωγραφική τοποθεσία, απ' την οποία εξαρτώνται τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής. Τα μετεωρολογικά δεδομένα κάθε περιοχής είναι πολύ σημαντικά γιατί επιδρούν στις απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης ενός κτιρίου.



Όταν δημιουργείται μια μελέτη, καθορίζεται η γεωγραφική τοποθεσία του κτιρίου που δίνεται μέσω της ταχυδρομικής του διεύθυνσης, της κοντινότερης μεγάλης πόλης ή του γεωγραφικού μήκους και πλάτους. Η Autodesk παρέχει μια βάση με πληροφορίες για το κλίμα της επιλεγμένης τοποθεσίας, που χρησιμοποιείται κατά την ενεργειακή ανάλυση:

Στην καρτέλα Διαχείριση «Manage», επιλέγεται το εργαλείο  τοποθεσία «location».

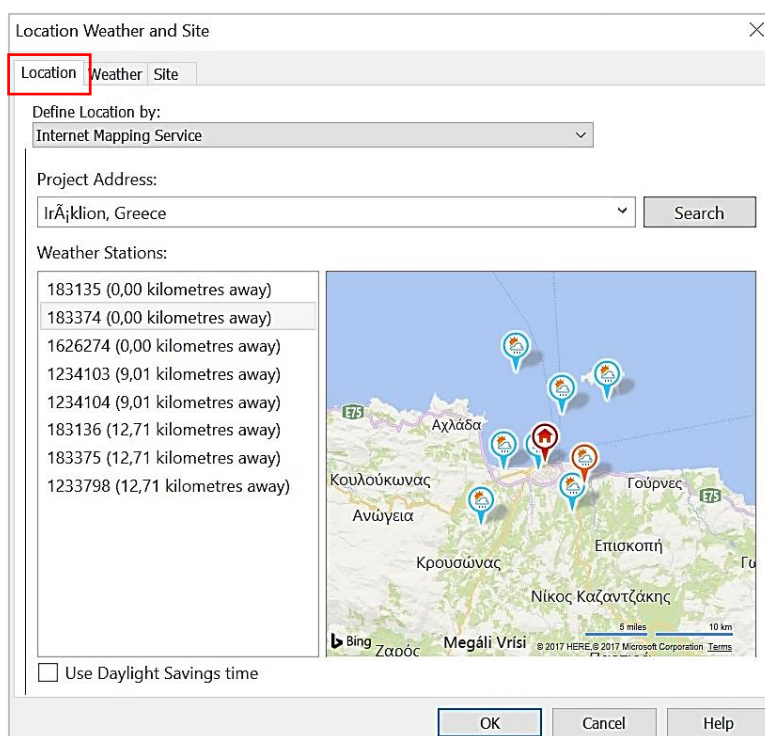


Εικ. 4.17 Εργαλείο για επιλογή τοποθεσίας

Στο παράθυρο διαλόγου επιλέγεται η καρτέλα «τοποθεσία» (Location). *Απαιτείται σύνδεση με το Internet.* Αυτή η επιλογή παρουσιάζει ένα διαδραστικό χάρτη μέσω του Bing™. Μετεωρολογικά δεδομένα είναι διαθέσιμα παγκοσμίως σε αποστάσεις 12 km. Καινούρια δεδομένα προστίθενται κάθε χρόνο. Μπορούμε να αναζητήσουμε την τοποθεσία στο χάρτη ή να εισάγουμε απευθείας τις συντεταγμένες του τόπου, αν είναι γνωστές.

Ο χάρτης περιλαμβάνει μια ένδειξη του μετεωρολογικού σταθμού με κόκκινο χρώμα  και εναλλακτικούς μετεωρολογικούς σταθμούς με μπλε χρώμα  από τους 8 πιο κοντινούς μετεωρολογικούς σταθμούς στην τοποθεσία που μελετάται.

Τοποθετώντας τον κέρσορα πάνω στην ένδειξη του μετεωρολογικού σταθμού⁵ προβάλλεται ένα παράθυρο με τις συντεταγμένες του σταθμού. Στο ίδιο παράθυρο διαλόγου, στην καρτέλα «καιρός» (weather), προβάλλονται οι θερμοκρασίες σχεδιασμού για θέρμανση και ψύξη. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι θερμοκρασίες που παρέχονται από το μετεωρολογικό σταθμό, ή να επιλεγούν διαφορετικές.



Εικ. 4.18 Παράθυρο διαλόγου για επιλογή τοποθεσίας και μετεωρολογικού σταθμού

⁵ Οι μετεωρολογικοί σταθμοί είναι εικονικοί σταθμοί. Τα αρχεία που διαθέτουν (σε *.TMY2 μορφή ή και σε άλλες μορφές) βασίζονται σε μετεωρολογικά δεδομένα από μέσους όρους 30 ετών. Συνήθως λαμβάνονται από χώρους αεροδρομίων.

Όταν επιλέγεται ένας μετεωρολογικός σταθμός πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

Η απόσταση: Όταν επιλέγεται σταθμός κοντινός στην τοποθεσία του κτιρίου, τα δεδομένα καιρού είναι πιο αντιπροσωπευτικά καθώς το σύνθετο ανάγλυφο και το μικροκλίμα είναι ιδιαίτερα σημαντικά για την ανάλυση.

Το υψόμετρο: Το υψόμετρο του κτιρίου και του μετεωρολογικού σταθμού πρέπει να συμπίπτουν. Εάν το μοντέλο βρίσκεται σε μια κοιλάδα, είναι προφανές ότι δεν πρέπει να επιλεγεί μετεωρολογικός σταθμός στην κορυφή ενός κοντινού βουνού.

Χαρακτηριστικά οικοπέδου: Αν το κτίριο βρίσκεται κοντά σε υγρό στοιχείο (λίμνη, θάλασσα κλπ.) πρέπει να επιλεγεί ο πλησιέστερος αντιπροσωπευτικός σταθμός.

Location Weather and Site

Location Weather Site

Use HVAC design data from weather station (181223_2006)

Cooling Design Temperatures

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Dry Bulb	17 °C	19 °C	21 °C	25 °C	29 °C	31 °C	31 °C	33 °C	28 °C	26 °C	20 °C	17 °C
Wet Bulb	12 °C	13 °C	15 °C	14 °C	19 °C	20 °C	22 °C	22 °C	20 °C	19 °C	17 °C	15 °C
Mean Daily Range	6 °C	7 °C	8 °C	10 °C	10 °C	10 °C	9 °C	10 °C	9 °C	8 °C	7 °C	6 °C

Heating Design Temperature:

Clearness Number:

OK Cancel Help

Εικ. 4.19 Θερμοκρασίες σχεδιασμού για θέρμανση και ψύξη της επιλεγμένης τοποθεσίας.

4.1.5 Καθορισμός παραμέτρων τύπου κτιρίου

Επιλέγεται ο τύπος κτιρίου που ταιριάζει περισσότερο με τη χρήση του. Η ρύθμιση αυτή αναφέρεται σε όλη τη μελέτη. Έτσι για παράδειγμα για κατοικίες επιλέγεται: single family ή multi family, για γραφεία office κλπ.

Για κάθε τύπο κτιρίου υπάρχουν συγκεκριμένες παραδοχές που βασίζονται στα πρότυπα ASHRAE και χρησιμοποιούνται κατά την ανάλυση ενέργειας. Για τύπο κτιρίου «Single family», «Multi family» & «Office» οι παραδοχές είναι:

Πίνακας 4.1 Παραδοχές ανάλογα με τον τύπο κτιρίου (πρότυπα Ashrae)

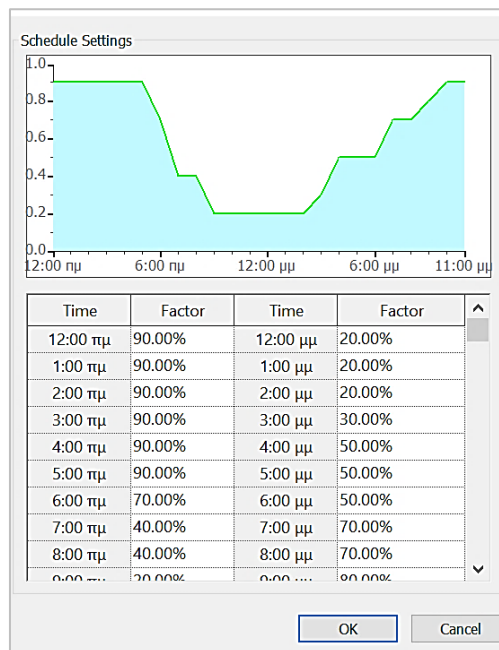
Παραδοχές	Τύπος κτιρίου		
	«Single family»	«Multi family»	«Office»
Επιφάνεια δαπέδου ανά άτομο (m ²)	105,82	40	28,57
Αισθητό φορτίο θέρμανσης ανά άτομο (W)	73,27	73,27	73,27

Πίνακας 4.1 (συνέχεια) Παραδοχές ανάλογα με τον τύπο κτιρίου (πρότυπα Ashrae)

Παραδοχές	Τύπος κτιρίου		
	«Single family»	«Multi family»	«Office»
Λανθάνον φορτίο θέρμανσης ανά άτομο (W)	58,61	58,61	58,61
Ισχύς φωτισμού ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	10,76	7,53	10,76
Ισχύς ηλεκτρ. εξοπλ. ανά μονάδα επιφ. (W/m ²)	10,76	10,76	13,99
Ωρες χρήσης κατοικίας (h)	Home (24)	Home (24)	Office (8 am-5 pm)
Λειτουργία φωτιστικών	Residential (all day)	Office (6 am-11pm)	Office (6 am-11pm)
Λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών	Residential (all day)	Office (6 am-11pm)	Office (6 am-11pm)
Ωρα έναρξης λειτουργίας	1:00 π.μ.	1:00 π.μ.	7:00 π.μ.
Ωρα λήξης λειτουργίας	12:00 π.μ.	12:00 π.μ.	6:00 μμ.
Θερμοκρασία ρύθμισης εγκατάστασης ψύξης απουσία χρηστών (°C)	27,78	27,78	27,78

Το είδος του κτιρίου περιλαμβάνει επίσης παραδοχές σχετικά με το τυπικό χρονοδιάγραμμα του κτιρίου βάσει της χρήσης. Για παράδειγμα, ένα κατάστημα λιανικής πώλησης είναι ανοιχτό περισσότερες ώρες ανά έτος, από ένα κτίριο γραφείων και έτσι χρησιμοποιεί περισσότερη ενέργεια. Παρακάτω απεικονίζεται το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας για κατοικίες⁶:

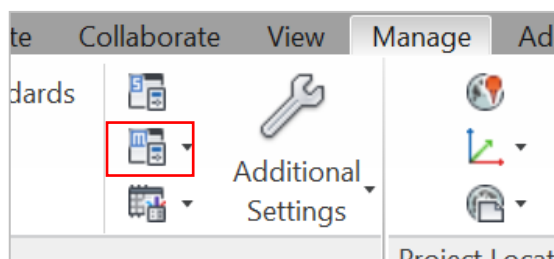
⁶ Αυτά τα προγράμματα παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τις παραδοχές πληρότητας -χρήσης του κτιρίου. Βασίζονται σε πρότυπα ASHRAE. Για κάθε πρόγραμμα πληρότητας-χρήσης, τα παρεχόμενα διαγράμματα δίνουν ωριαίες τιμές για το 24ωρο, ξεκινώντας από τα μεσάνυχτα. Οι τιμές (0 έως 1 στον άξονα y) είναι κλασματικοί πολλαπλασιαστές. Για παράδειγμα, εάν μια πληρότητα έχει πυκνότητα 100 άτομα σε ένα κτίριο, τότε στο διάγραμμα η τιμή 1 σημαίνει ότι 100 άνθρωποι χρησιμοποιούν τις λειτουργίες του κτιρίου αυτή την ώρα. Η τιμή 0 στο διάγραμμα σημαίνει ότι οι άνθρωποι δεν χρησιμοποιούν τις λειτουργίες του κτιρίου αυτή την ώρα. Η τιμή 0,1 σημαίνει ότι $100 * 0,1 = 10$ άτομα χρησιμοποιούν τις λειτουργίες του κτιρίου κατά τη διάρκεια αυτής της ώρας.



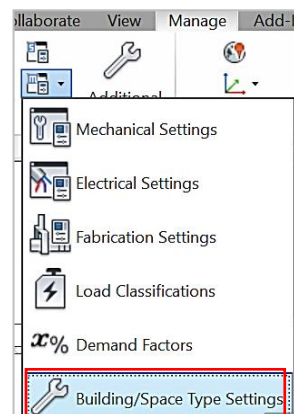
Εικ. 4.20 Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας κατοικίας

Υπάρχει δυνατότητα να ρυθμιστεί το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του κτιρίου αλλά και οι υπόλοιπες παραδοχές και να παρακαμφθεί το προεπιλεγμένο χρονοδιάγραμμα για το συγκεκριμένο τύπο κτιρίου:

Στην καρτέλα «Manage» ► επιλέγεται το πτυσσόμενο μενού «MEP Settings» και στη συνέχεια επιλέγεται «Building/Space Type Settings».



Εικ. 4.21 Εργαλείο ρυθμίσεων MEP



Εικ. 4.22 Εργαλείο για έλεγχο προκαθορισμένων παραμέτρων τύπου κτιρίου

Στο παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται, επιλέγεται ο τύπος κτιρίου «Building Type» και ρυθμίζονται στο δεξί πάνελ οι προεπιλεγμένες παράμετροι για τον τύπο του κτιρίου.

Building Type Space Type

- Dining Cafeteria Fast Food
- Dining Family
- Dormitory
- Exercise Center
- Fire Station
- Gymnasium
- Hospital or Healthcare
- Hotel
- Library
- Manufacturing
- Motel
- Motion Picture Theatre
- Multi Family
- Museum
- Office
- Parking Garage
- Penitentiary
- Performing Arts Theater
- Police Station
- Post Office
- Religious Building
- Retail
- School or University
- Single Family
- Sports Arena

Parameter	Value
Energy Analysis	
Area per Person	105.820 m ²
Sensible Heat Gain per person	73.27 W
Latent Heat Gain per person	58.61 W
Lighting Load Density	10.76 W/m ²
Power Load Density	10.76 W/m ²
Plenum Lighting Contribution	20.0000%
Occupancy Schedule	Home Occupancy - 24 Hours
Lighting Schedule	Residential Lighting - All Day
Power Schedule	Residential Lighting - All Day
Opening Time	1:00 πμ
Closing Time	12:00 πμ
Unoccupied Cooling Set Point	27.78 °C

Εικ. 4.23 Παράθυρο διαλόγου για ρύθμιση προκαθορισμένων παραμέτρων τύπου κτιρίου

Υπάρχει δυνατότητα να επιλεγεί το πεδίο τιμών για κάθε χρονοδιάγραμμα (Occupancy, Lighting, and Power Schedule), ανοίγοντας το παράθυρο διαλόγου όπου καθορίζονται τα χρονοδιαγράμματα λειτουργίας.

Schedules

- Off - 24 Hours
- On - 24 Hours
- On - 6 AM to 10 PM
- On - 8 AM to 6 PM
- On - 8 AM to 6 PM (50%)
- On - 9 AM to 9 PM
- On - 10 AM to 12 AM
- On - 2 PM to 12 PM
- On - 4 PM to 4 AM
- On - 9 PM to 9 AM
- Common Commercial Occupancy - 7 AM to 6 PM
- Large Assembly Hall Occupancy - 8 AM to 10 PM
- Health-Care Facility Occupancy - 8 AM to 9 PM
- Hotel Occupancy - 24 Hours
- Common Office Occupancy - 8 AM to 5 PM
- Home Occupancy - 24 Hours
- Restaurant Occupancy - Lunch and Dinner
- Retail Facility Occupancy - 7am to 8pm
- School Occupancy - 8am to 9pm
- Warehouse Occupancy - 7 AM to 4 PM
- Office Lighting - 6 AM to 11 PM
- Residential Lighting - All Day
- Retail Lighting - 7 AM to 8 PM
- School Lighting - 7 AM to 9 PM
- Warehouse Lighting - 7 AM to 4 PM


Schedule Settings

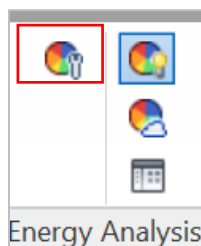
Time	Factor	Time	Factor
12:00 πμ	10.00%	12:00 μμ	30.00%
1:00 πμ	10.00%	1:00 μμ	30.00%
2:00 πμ	10.00%	2:00 μμ	30.00%
3:00 πμ	10.00%	3:00 μμ	30.00%
4:00 πμ	10.00%	4:00 μμ	30.00%
5:00 πμ	30.00%	5:00 μμ	30.00%
6:00 πμ	45.00%	6:00 μμ	60.00%
7:00 πμ	45.00%	7:00 μμ	80.00%
8:00 πμ	45.00%	8:00 μμ	90.00%
9:00 πμ	45.00%	9:00 μμ	90.00%

Εικ. 4.24 Παράθυρο διαλόγου για έλεγχο χρονοδιαγράμματος φωτισμού κατοικίας

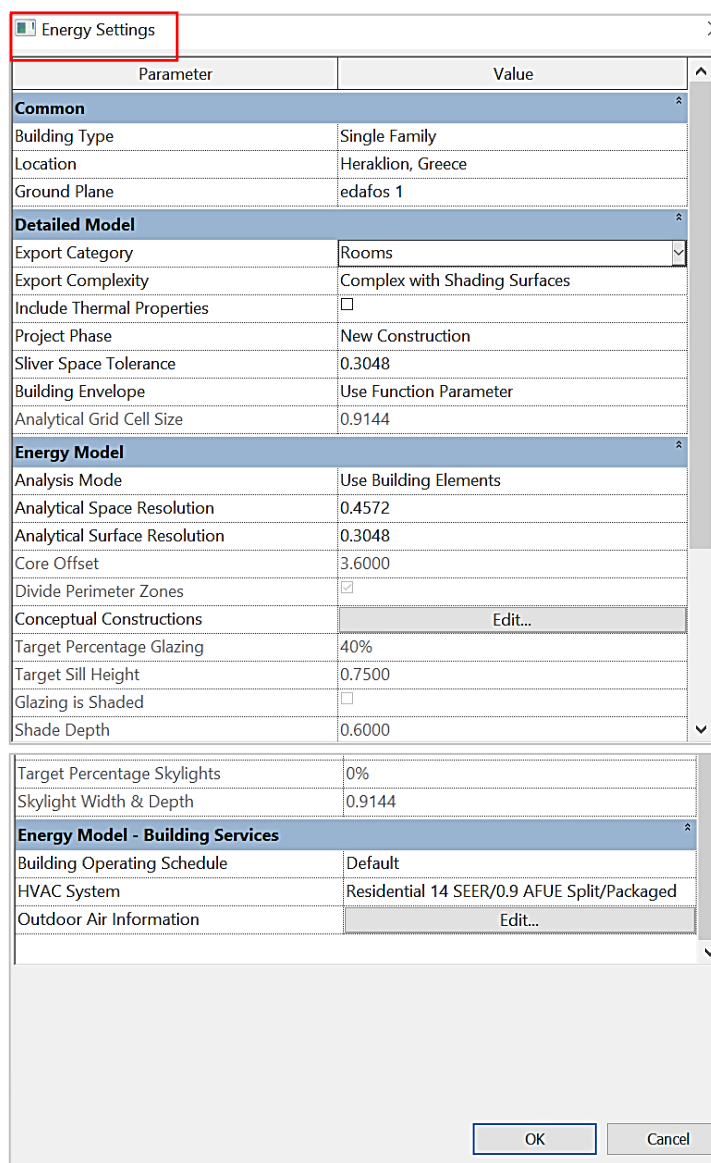
Υπάρχει τέλος δυνατότητα να αλλαχθούν οι ώρες λειτουργίας (Opening/ Closing time).

4.1.6 Καθορισμός ρυθμίσεων ενεργειακής ανάλυσης

Για να καθοριστούν οι ρυθμίσεις για την ενεργειακή ανάλυση «Energy settings», επιλέγεται από την καρτέλα «Analyze» ➤  «Energy Settings».



Εικ. 4.25 Εργαλείο για ρύθμιση παραμέτρων ενεργειακής ανάλυσης



Parameter	Value
Common	
Building Type	Single Family
Location	Heraklion, Greece
Ground Plane	edafos 1
Detailed Model	
Export Category	Rooms
Export Complexity	Complex with Shading Surfaces
Include Thermal Properties	<input type="checkbox"/>
Project Phase	New Construction
Sliver Space Tolerance	0.3048
Building Envelope	Use Function Parameter
Analytical Grid Cell Size	0.9144
Energy Model	
Analysis Mode	Use Building Elements
Analytical Space Resolution	0.4572
Analytical Surface Resolution	0.3048
Core Offset	3.6000
Divide Perimeter Zones	<input checked="" type="checkbox"/>
Conceptual Constructions	Edit...
Target Percentage Glazing	40%
Target Sill Height	0.7500
Glazing is Shaded	<input type="checkbox"/>
Shade Depth	0.6000
Target Percentage Skylights	0%
Skylight Width & Depth	0.9144
Energy Model - Building Services	
Building Operating Schedule	Default
HVAC System	Residential 14 SEER/0.9 AFUE Split/Packaged
Outdoor Air Information	Edit...

Εικ. 4.26 Παράθυρο διαλόγου για ρύθμιση παραμέτρων ενεργειακής ανάλυσης

Επιλέγονται - συμπληρώνονται οι παράμετροι:

- *Τύπος κτίσματος «building type»*

Επιλέγεται ο τύπος κτιρίου που ταιριάζει περισσότερο με τη χρήση του μοντέλου. Η ρύθμιση αυτή αναφέρεται σε όλη τη μελέτη. Έτσι για παράδειγμα για κατοικίες επιλέγεται: single family ή multi family, για γραφεία office κλπ. Ο καθορισμός των παραμέτρων του τύπου κτιρίου παρουσιάζεται αναλυτικά στην παράγραφο 4.1.5.

- *Τοποθεσία –«Location»*

Καθορίζεται η γεωγραφική θέση του έργου και επιλέγεται ο κατάλληλος μετεωρολογικός σταθμός. Εάν έχει οριστεί προηγουμένως η τοποθεσία έργου (βλ. παρ. 4.1.4), τότε εμφανίζεται κι εδώ και δεν χρειάζεται να την ορίσουμε ξανά.

- *Επίπεδο εδάφους –«Ground Plane»*

Ορίζεται το επίπεδο που θα χρησιμοποιηθεί σαν επίπεδο εδάφους. Κατά την ανάλυση, οι χώροι που βρίσκονται κάτω απ' αυτό το επίπεδο θεωρούνται υπόγειοι χώροι. Αν σε κάποιο κτίριο η γραμμή εδάφους είναι κεκλιμένη, χρησιμοποιείται σαν επίπεδο εδάφους, το επίπεδο που κάτω από αυτό η μεγαλύτερη επιφάνεια του κτιρίου βρίσκεται κάτω από το έδαφος. Η διαφορά στο αποτέλεσμα είναι μηδαμινή.

- *Τύπος εξαγωγής-«Export Category»*

Αυτή η παράμετρος ορίζει αν το εξαγόμενο *.gbXML αρχείο περιέχει δεδομένα από «rooms» ή από «spaces» (βλ.4.1.2.). Η ανάλυση με τον ένα ή τον άλλο τρόπο, δεν έχει σημαντικές διαφορές.

- *Πολυπλοκότητα εξαγωγής-«Export Complexity»*

Επιλέγεται: «Complex», «complex with shading surfaces» ή «complex with mullions and shading surfaces». Καθορίζεται εδώ το επίπεδο των λεπτομερειών που προβλέπονται για τα ανοίγματα και το αν οι πληροφορίες των επιφανειών σκίασης θα εξαχθούν και θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση.

- *Θερμικές ιδιότητες-«Include thermal properties»*

Αυτή η επιλογή χρησιμοποιείται στην περίπτωση που η ανάλυση αφορά σε λεπτομερώς σχεδιασμένο μοντέλο.

- *Στάδιο κατασκευής-«Project phase»*

Επιλέγεται «Existing» ή «New construction» για να καθοριστεί το στάδιο κατασκευής. Στην εκπαιδευτική έκδοση του Revit, επιλέγεται «New construction».

- *Κέλυφος κτιρίου-Building envelope*

Επιλέγεται ανάμεσα σε: «Use function parameter» με την οποία το πρόγραμμα χρησιμοποιεί την παραμετρική λειτουργία των διαφόρων στοιχείων (πχ εξωτερικοί τοίχοι,

εσωτερικοί, θεμελίωση κ.λπ.) και «Identify Exterior elements». Για την τελευταία επιλογή απαιτείται προσδιορισμός εξωτερικών στοιχείων.

-Τρόπος ανάλυσης-«Analysis Mode»

Επιλέγεται ο τρόπος ανάλυσης για την ενεργειακή προσομοίωση, ανάμεσα σε : «Conceptual Masses and Building Elements» -κτιριακούς όγκους και λεπτομερή στοιχεία κτιρίου, «Building Elements» -Λεπτομερή στοιχεία κτιρίου, «Conceptual Masses» -κτιριακούς όγκους, ανάλογα με το περιεχόμενο της μελέτης μας. «Conceptual Masses» χρησιμοποιείται συνήθως κατά την προμελέτη (προσχέδια) ή για να υπολογιστεί σκίαση από γειτονικά κτίσματα.

-Ρύθμιση κενού μεταξύ στοιχείων - «Analytical Space Resolution»

Καθορίζεται το μέγεθος του μεγαλύτερου κενού ανάμεσα σε 2 στοιχεία του Revit. Εάν εκτελείται μια ενεργειακή προσομοίωση και εμφανίζεται το μήνυμα ότι το μοντέλο είναι πολύ μεγάλο, αυξάνοντας αυτή τη ρύθμιση, εκτελείται σωστά η προσομοίωση. Η προεπιλογή είναι 457,2 mm . Η ελάχιστη τιμή είναι 152,4 mm. Η μέγιστη τιμή είναι 3.048 mm. Το μοντέλο δεν είναι απαραίτητο να είναι εντελώς «κλειστό» για να παράγει αποτελέσματα έγκυρης ανάλυσης.

-Ρύθμιση κενού μεταξύ επιφανειών - «Analytical Surface Resolution»

Αυτή η ρύθμιση καθορίζει, σε συνδυασμό με την προηγούμενη ρύθμιση, με πόση ακρίβεια τα όρια των αναλυτικών επιφανειών ταιριάζουν με τα ιδανικά όρια. Εάν εκτελείται μια ενεργειακή προσομοίωση και εμφανιστεί το μήνυμα ότι το μοντέλο είναι πολύ μεγάλο, αυξάνοντας αυτήν τη ρύθμιση, εκτελείται σωστά η προσομοίωση. Η προεπιλογή είναι 304,8 mm. Η ελάχιστη τιμή είναι 76,2 mm. Η μέγιστη τιμή είναι 3.048 mm.

- Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας κτιρίου-«Building Operating Schedule»

Καθορίζεται το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του κτιρίου. Αυτή η ρύθμιση παρακάμπτει το προεπιλεγμένο πρόγραμμα λειτουργίας, το οποίο βασίζεται στον τύπο του επιλεγμένου κτιρίου. Το χρονοδιάγραμμα μπορεί να έχει σημαντική επίπτωση στα αποτελέσματα της ανάλυσης. Επιλέγεται ένα πρόγραμμα λειτουργίας που ταιριάζει περισσότερο με τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου.

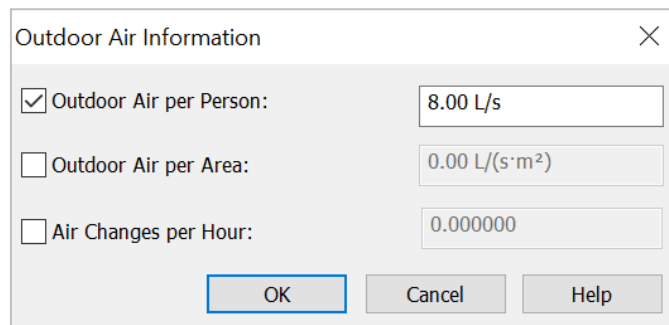
- Σύστημα θέρμανσης, ψύξης, αερισμού και παραγωγής ΖΝΧ –«HVAC⁷ System»

Καθορίζεται ένα σύστημα HVAC. Αν ο στόχος είναι η κατασκευή ενός κτιρίου μηδενικών εκπομπών, πρώτα βελτιστοποιούνται όλες οι άλλες παράμετροι και μετά δοκιμάζονται διαφορετικοί τύποι συστημάτων HVAC.

-Outdoor Air Information - Πληροφορίες εξωτερικού αέρα

Για να καθοριστούν οι επιθυμητές τιμές για τον εξωτερικό αέρα επιλέγεται μία από τις 3 επιλογές:

⁷ HVAC: Heating, Ventilating, Air Conditioning



Εικ. 4.27 Παράθυρο διαλόγου για ρύθμιση πληροφοριών για εξωτερικό αέρα

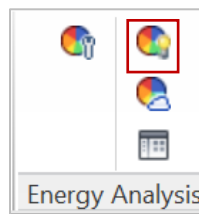
Εξωτερικός αέρας / άτομο (Outdoor Air per Person): Το ποσό εξωτερικού αέρα σε lt/sec ανά άτομο.

Εξωτερικός αέρας / εμβαδόν (Outdoor Air per Area): Το ποσό εξωτερικού αέρα σε lt/(sec/m²)

Εναλλαγές αέρα την ώρα (Air Changes per Hour -ACH): Ο αριθμός των εναλλαγών σε μία ώρα που ο συνολικός όγκος του αέρα στο κτίριο αντικαθίσταται με τον εξωτερικό αέρα.

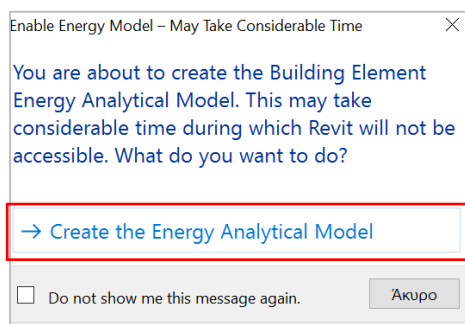
4.1.7 Δημιουργία ενεργειακού μοντέλου

Δημιουργείται το ενεργειακό μοντέλο του κτιρίου από το πάνελ «Energy Analysis» επιλέγοντας το εργαλείο «show energy model».

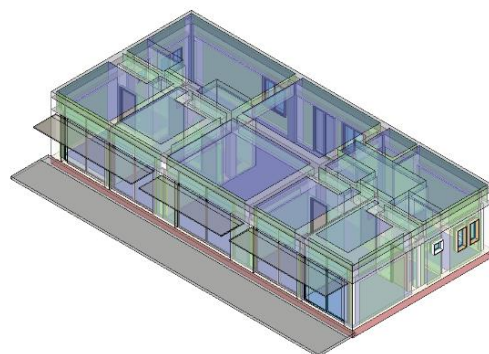


Εικ. 4.28 Εργαλείο για δημιουργία ενεργειακού μοντέλου

Εμφανίζεται τότε το επόμενο παράθυρο για τη δημιουργία του ενεργειακού μοντέλου του κτιρίου.

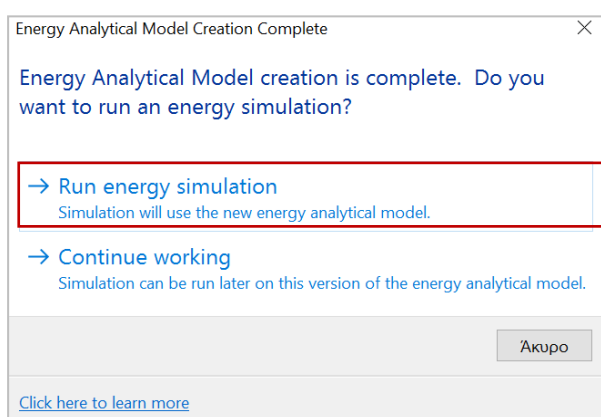


Εικ. 4.29 Δημιουργία ενεργειακού μοντέλου

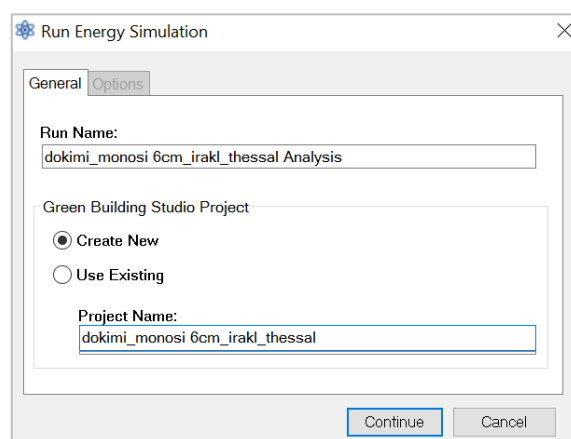


Εικ. 4.30 Ενεργειακό μοντέλο κτιρίου

Εκτελείται η ενεργειακή προσομοίωση. Στη συνέχεια, σε σύντομο σχετικά χρόνο, εξάγονται τα αποτελέσματα της ενεργειακής ανάλυσης του Revit και μπορεί να γίνει σύγκριση με άλλες ενεργειακές αναλύσεις για το ίδιο ή για άλλο κτίριο. Η ανάλυση μπορεί επίσης να ανοιχτεί απευθείας από το GBS για περισσότερες λεπτομέρειες και περαιτέρω επεξεργασία. Στα αποτελέσματα μιας ενεργειακής ανάλυσης ή μιας σύγκρισης αναλύσεων περιλαμβάνονται πίνακες και διαγράμματα που αφορούν στην εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας κατά τη λειτουργία του κτιρίου και στο κόστος της, στη δυνατότητα παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ, στις ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και στα μηνιαία φορτία θέρμανσης και ψύξης. Επίσης περιλαμβάνονται τα μετεωρολογικά δεδομένα για την τοποθεσία που έχει επιλεγεί. Μετά την εκτέλεση μιας ενεργειακής ανάλυσης, μπορούν να επαναπροσδιοριστούν κάποιες από τις ρυθμίσεις και να εκτελεστούν πρόσθετες αναλύσεις για να εξαχθούν και να συγκριθούν τα αποτελέσματα των αλλαγών.



Εικ. 4.31 Επιλογή για εκτέλεση ενεργειακής προσομοίωσης

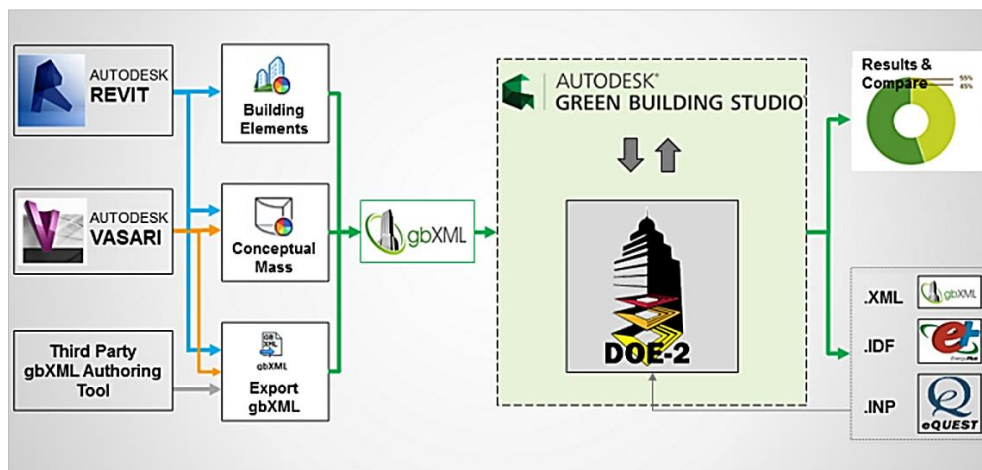


Εικ. 4.32 Παράθυρο διαλόγου για ονομασία ενεργειακής προσομοίωσης

Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα να ανοίξουμε και να επεξεργαστούμε περαιτέρω τη μελέτη από το GBS, είτε μέσα από το Revit, είτε απευθείας από το GBS, εξάγοντας από το Revit το αρχείο με τη μελέτη σε μορφή *.gbxml.

4.2 Διαδικασία εκτέλεσης ενεργειακής προσομοίωσης στο GBS

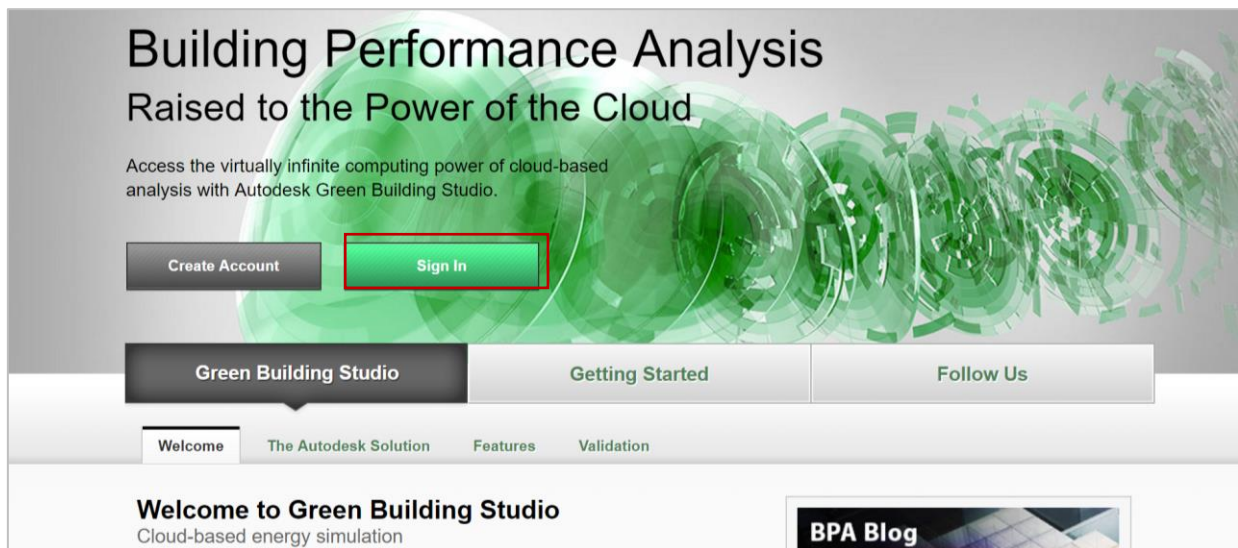
Το GBS μέσω του DOE-2 μπορεί να εκτελέσει την ενεργειακή προσομοίωση μιας μελέτης αποθηκευμένης σε μορφή *.gbxml, της οποίας τα αποτελέσματα μπορούν να προβληθούν μέσα από το GBS. Επίσης η μελέτη μπορεί να αποθηκευτεί πάλι σε άλλη μορφή ώστε να μπορεί να αναγνωριστεί από άλλα λογισμικά ενεργειακής προσομοίωσης για περαιτέρω επεξεργασία.



Εικ. 4.33 Συνεργασία GBS με άλλα προγράμματα

Ένα αρχείο *.gbXML περιέχει τη γεωμετρία του κτιρίου και άλλες ιδιότητες απαραίτητες για την προσομοίωση. Ανάλογα με το μοντέλο, ενδέχεται να περιλαμβάνει επιπλέον δεδομένα όπως χρονοδιαγράμματα λειτουργίας και πληροφορίες κλιματισμού. Το Green Building Studio θα συμπληρώσει αυτόματα όσα δεδομένα δεν έχουν συμπληρωθεί, χρησιμοποιώντας μια εκτενή βάση δεδομένων με «έξυπνες» προεπιλογές που λαμβάνονται από τα πρότυπα ASHRAE. Η διαδικασία είναι η εξής:

Στον ιστότοπο του Green Building Studio γίνεται σύνδεση στο Autodesk 360 και δημιουργείται μια καινούρια μελέτη «Create a new project».



Εικ. 4.34 Αρχική οθόνη GBS, σύνδεση στο Autodesk 360

Project Name	Dashboard	Location	Number of Runs	Date Created	Rights
A_zone		Heraklion, Crete	248	4/9/2017	Administrator
A_zone_HVAC1		Heraklion, Crete	248	4/11/2017	Administrator
A_zone_HVAC3		Heraklion, Crete	248	4/11/2017	Administrator
A_zone_HVAC4		Heraklion, Crete	248	4/11/2017	Administrator
A_zone_HVAC5		Heraklion, Crete	248	4/11/2017	Administrator
A_zone_uninsulated		Heraklion, Crete	248	4/9/2017	Administrator
A_zone_D_insulation etc		Heraklion, Crete	246	5/26/2017	Administrator
A_zone_D_insulation etc+HVAC		Heraklion, Crete	248	5/26/2017	Administrator

Εικ. 4.35 Δημιουργία νέας μελέτης στο GBS

Δίνονται όνομα μελέτης, τύπος κτιρίου, χρονοδιάγραμμα λειτουργίας. Η επιλογή που καθορίζεται για τον τύπο του κτιρίου και το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας έχει σημαντικές επιπτώσεις στα αποτελέσματα. Στον τύπο της μελέτης επιλέγουμε «test project» όταν εργαζόμαστε στην εκπαιδευτική έκδοση.

My Projects > Create a New Project – Step 1 of 3

Please enter a name for your project, the type of building, and the project type. Create one project for each building.

* Project Name
test_a

* Building Type¹
Healthcare Clinic

Schedule¹ ⓘ
Default

* Project Type ⓘ
 Actual Project: A new or existing building project
 Test Project: For Learning or demonstration only

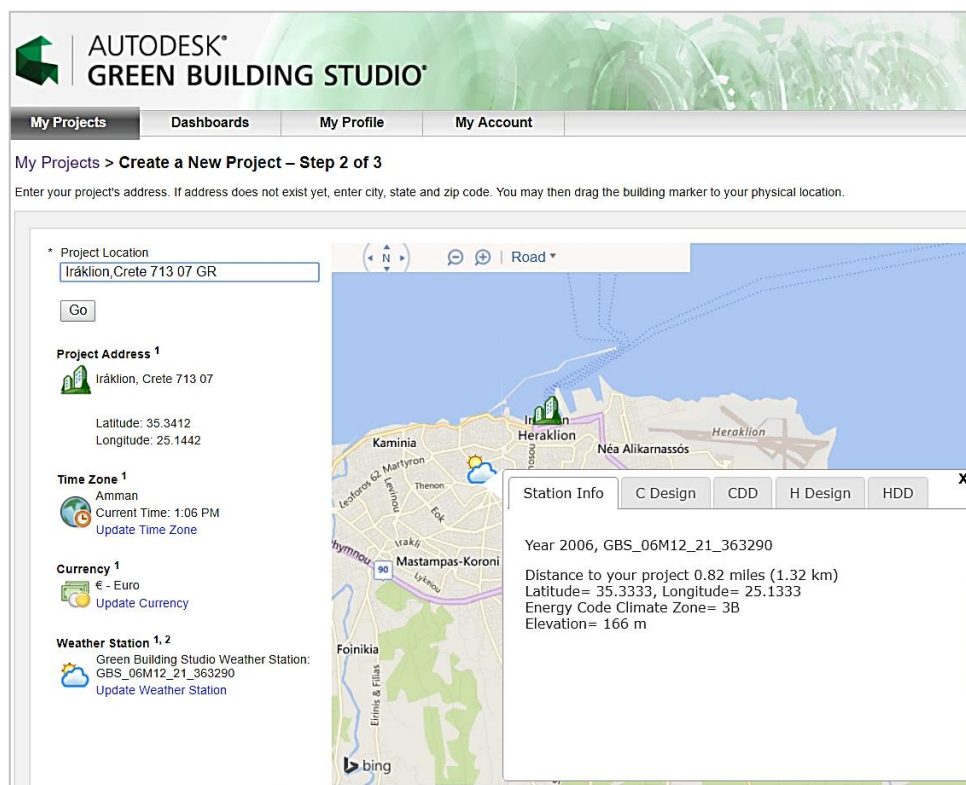
Project Notes

Continue

¹ Value cannot be changed once runs are submitted to a project.

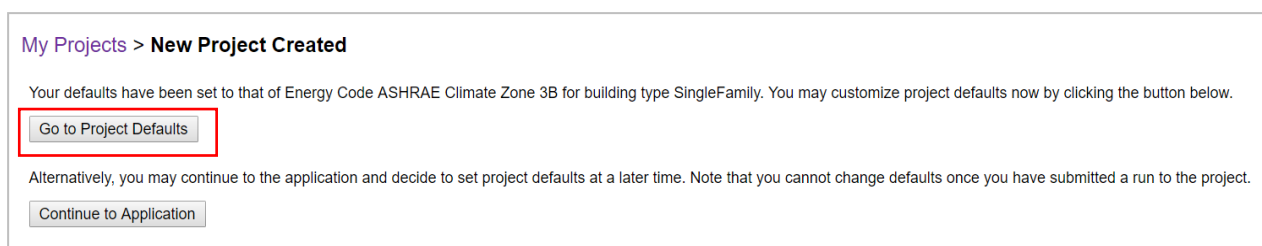
Εικ. 4.36 GBS, εισαγωγή στοιχείων για νέα μελέτη

Στη συνέχεια στους ενσωματωμένους χάρτες της Google, γίνεται αναζήτηση της τοποθεσίας και εμφανίζονται τα στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού .



Εικ. 4.37 GBS, εισαγωγή τοποθεσίας, νομίσιματος, και ώρας ζώνης

Μπορεί να αλλαχθεί το νόμισμα ή η ώρα ζώνης. Η ώρα ζώνης είναι σημαντικό να είναι σωστή γιατί σ' αυτή βασίζεται η ανάλυση για τα Φ/Β. Αλλάζονται επίσης αν θεωρείται σκόπιμο οι προεπιλεγμένες παράμετροι από την επιλογή «Go to Project Defaults».



Εικ. 4.38 GBS. Επιλογή για αλλαγή προκαθορισμένων παραμέτρων

Στην καρτέλα « Building» επιλέγεται το αν θα περιληφθούν οι κενές επιφάνειες (χωρίς ανοίγματα) για πιθανή τοποθέτηση Φ/Β και για ηλιακούς θερμοσίφωνες για ZNX.

My Projects > test_1

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

Project Default: test_1_default Load Selected Template

Save Changes Save as New Template Assign Template to Project

Info Building Spaces **Zones** Surfaces Openings HVAC & DHW

Use	Parameter	Value	Units	Criteria
<input type="checkbox"/>	Assume blank surfaces (no windows, skylights, or doors) for solar PV and solar hot water analyses.			

Εικ. 4.39 Καρτέλες εισαγωγής δεδομένων στο GBS

Στην καρτέλα «Spaces» μπορούν να εισαχθούν χαρακτηριστικά για τους χώρους. Αν δεν εισαχθούν εδώ στοιχεία το GBS χρησιμοποιεί τις προεπιλεγμένες τιμές από τον τύπο του κτιρίου. Όμοια στην καρτέλα «Zones» μπορούν να δοθούν θερμοκρασίες σχεδιασμού για τα συστήματα, στην καρτέλα «Surfaces» μπορούν να επιλεγούν τα υλικά όλων των στοιχείων της κατασκευής (αν είναι διαφορετικά απ' αυτά που έχουν επιλεγεί στη μελέτη), στην καρτέλα «Openings» μπορούν να επιλεγούν από λίστες τα χαρακτηριστικά των ανοιγμάτων και στην καρτέλα «HVAC & DHW» μπορεί να επιλεγεί τύπος για τα συστήματα ψύξης -θέρμανσης-αερισμού και για το σύστημα παραγωγής ZNX.

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

Project Default: test_1_default Load Selected Template

Save Changes Save as New Template Assign Template to Project

Info Building Spaces **Zones** Surfaces Openings HVAC & DHW

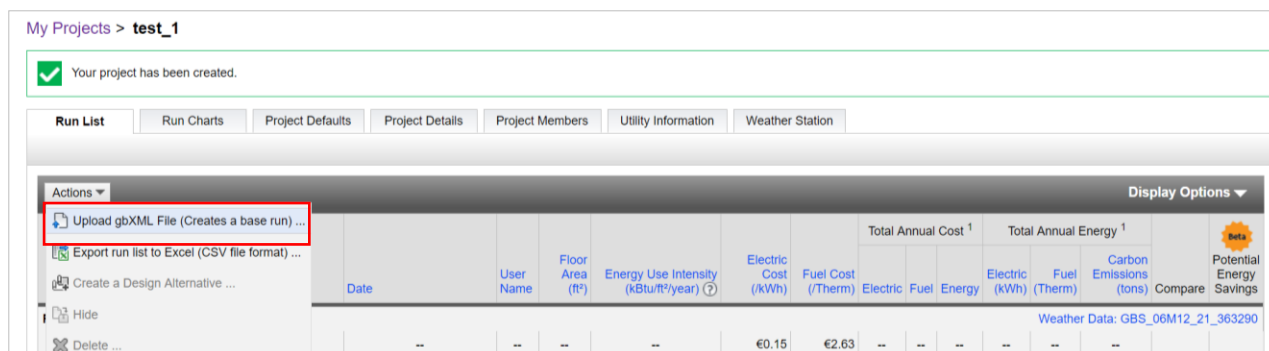
Use	Parameter	Value	Units	Criteria
<input type="checkbox"/>	Cooling On Setpoint	<input type="text"/>	°F	N/A
<input type="checkbox"/>	Cooling Off Setpoint	<input type="text"/>	°F	N/A
<input type="checkbox"/>	Heating On Setpoint	<input type="text"/>	°F	N/A
<input type="checkbox"/>	Heating Off Setpoint	<input type="text"/>	°F	N/A
<input type="checkbox"/>	Outside Air per Person	<input type="text"/>	CFM / Person	N/A

Εικ. 4.40 GBS, Καρτέλα συμπλήρωσης θερμοκρασιακών στοιχείων ζώνης

Project Defaults Project Details Project Members Utility Information Weather Station

Εικ. 4.41 GBS, καρτέλες με πληροφορίες για τη μελέτη

Στις υπόλοιπες καρτέλες της μελέτης, υπάρχουν διάφορες πληροφορίες για τη μελέτη, για το ποιο μπορεί να έχουν πρόσβαση σ' αυτή, για το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας και του καυσίμου και τα δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό. Τελικά εισάγεται το *.gbXML αρχείο στο GBS και εκτελείται η προσομοίωση.



Εικ. 4.42 Εισαγωγή αρχείου *.gbxms από το GBS και εκτέλεση προσομοίωσης

Όταν ολοκληρωθεί η εκτέλεση επιτυχώς, εμφανίζεται η ανάλυση του κτιρίου στην καρτέλα «Run list» μαζί με μια λίστα από **250 περίπου αναλύσεις εναλλακτικών προσομοιώσεων** σχετικές με διαφορετικές επιλογές στα υλικά του κελύφους, στο μέγεθος των ανοιγμάτων, στη σκίαση των ανοιγμάτων, σε διαφορετικά συστήματα HVAC, σε διαφορετικούς προσανατολισμούς του κτιρίου, στο επίπεδο τεχνητού φωτισμού κ.λπ.

Η λίστα δείχνει συνοπτικά τα αποτελέσματα για τη βασική εκτέλεση προσομοίωσης «base run» και για τις εναλλακτικές προσομοιώσεις. Τα αποτελέσματα μπορούν να ταξινομηθούν σε αύξουσα ή φθίνουσα σειρά με επιλογή στον τίτλο της στήλης. Μπορούν επίσης να συγκριθούν κάποιες επιλεγμένες προσομοιώσεις. Για να δούμε τη λεπτομερή ανάλυση της αρχικής προσομοίωσης ή κάποιας εναλλακτικής προσομοίωσης, αρκεί να επιλέξουμε το όνομα της στη λίστα.

Για κάθε προσομοίωση απεικονίζονται στοιχεία σχετικά με την εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου, το κόστος της, τις εκπομπές CO₂, το ενδεχόμενο παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ, το ενδεχόμενο εξοικονόμησης ενέργειας από φυσικό αερισμό κ.λπ. Δίνεται επίσης μια εκτίμηση του νερού που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ετησίως. Τέλος παρέχονται αναλυτικά στατιστικά, παραδοχές και πληροφορίες για την κατασκευή του κτιρίου.

Όλες αυτές οι πληροφορίες επιτρέπουν στο μελετητή να αξιολογήσει έγκαιρα τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται για εξοικονόμηση ενέργειας στο κτίριο και να ελέγξει αν το κτίριο συμμορφώνεται με τη νομοθεσία. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το Green Building Studio για να εισάγουμε άλλα υλικά και τεχνικές κατασκευής και να δοκιμάσουμε εναλλακτικά σενάρια για να δημιουργήσουμε ένα πιο αποδοτικό κτίριο.

My Projects > YPOSKAFO arxiko_spaces (4)

Run List

Run Charts

Project Defaults

Project Details

Project Members

Utility Information

Weather Station

Actions

Display Options

Name	Date	User Name	Floor Area (m²)	Energy Use Intensity (MJ/m²/year) ?	Electric Cost (kWh)	Fuel Cost (MJ)	Total Annual Cost ¹			Total Annual Energy ¹			Compare	Potential Energy Savings
							Electric	Fuel	Energy	Electric (kWh)	Fuel (MJ)	Carbon Emissions (Mg)		
Project Default Utility Rates														
Project Default Utility Rates														
Base Run														
<input type="checkbox"/>	YPOSKAFO arxiko_spaces Analysis	12/29/2016 6:48 PM	441	1,745.3	\$0.11	\$0.01	\$5,845	\$6,163	\$12,009	51,318	584,963	45.3		
Alternate Run(s) of YPOSKAFO arxiko_spaces Analysis														
<input type="checkbox"/>	YPOSKAFO arxiko_spaces Analysis_ASHRAE 90.1-2010	12/29/2016 6:50 PM	441	1,591.2	\$0.11	\$0.01	\$4,649	\$5,846	\$10,495	40,815	554,839	40.1		
<input type="checkbox"/>	WWR - Northern Walls_95% -- Window Shades - North_No change -- Window Glass Types - North_No change	12/29/2016 6:50 PM	441	1,770.9	\$0.11	\$0.01	\$5,897	\$6,265	\$12,162	51,772	594,645	45.9		
<input type="checkbox"/>	WWR - Northern Walls_95% -- Window Shades - North_No change -- Window Glass Types - North_Sgl Clr	12/29/2016 6:50 PM	441	1,824.4	\$0.11	\$0.01	\$6,023	\$6,472	\$12,495	52,880	614,260	47.3		
<input type="checkbox"/>	WWR - Northern Walls_95% -- Window Shades - North_No change -- Window Glass Types - North_Dbl Clr	12/29/2016 6:50 PM	441	1,764.0	\$0.11	\$0.01	\$5,886	\$6,237	\$12,123	51,678	591,904	45.8		
<input type="checkbox"/>	WWR - Northern Walls_95% -- Window Shades - North_No change -- Window Glass Types - North_Dbl LoE	12/29/2016 6:50 PM	441	1,745.0	\$0.11	\$0.01	\$5,854	\$6,159	\$12,013	51,394	584,580	45.3		
<input type="checkbox"/>	WWR - Northern Walls_95% -- Window Shades - North_No change -- Window Glass Types - North_Trp LoE	12/29/2016 6:50 PM	441	1,724.2	\$0.11	\$0.01	\$5,822	\$6,074	\$11,895	51,112	576,424	44.8		
<input type="checkbox"/>	WWR - Northern Walls_95% -- Window													

Εικ. 4.43 GBS. Λίστα με ενεργειακή ανάλυση κτιρίου και εναλλακτικές αναλύσεις από τις προσομοιώσεις που εκτελέστηκαν

5. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

Σ' αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η ανάλυση της ενεργειακής συμπεριφοράς μιας κατοικίας με τη χρήση των λογισμικών Revit και GBS. Συγκεκριμένα γίνεται ενεργειακή ανάλυση της κατοικίας στις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας. Επίσης μελετάται η επίδραση ηλιακού χώρου στην ενεργειακή συμπεριφορά της κατοικίας, η επίδραση διαφορετικών συστημάτων ψύξης-θέρμανσης-εξαερισμού-παραγωγής ΖΝΧ (HVAC), καθώς και η επίδρασης σκίασης από γειτονικά κτίρια.

5.1 Ενεργειακή ανάλυση κατοικίας στις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας

Σ' αυτή την ενότητα παρουσιάζεται η μελέτη της ενεργειακής συμπεριφοράς μιας κατοικίας στις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας. Η προσομοίωση γίνεται σε κάθε ζώνη με στοιχεία κελύφους τέτοια, ώστε να πληρούν τις ελάχιστες προδιαγραφές που θέτει ο ελληνικός κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. Γίνονται επίσης προσομοιώσεις του κτιρίου στις ζώνες αυτές, χωρίς καθόλου πρόβλεψη για θερμομόνωση, όσον αφορά στα υλικά του κελύφους. Αυτό γίνεται ώστε να δημιουργηθεί μια βάση ως σύγκριση, ώστε να μπορέσουμε να αξιολογήσουμε καλύτερα τα οφέλη της θερμομόνωσης και των θερμικά βελτιωμένων ανοιγμάτων.

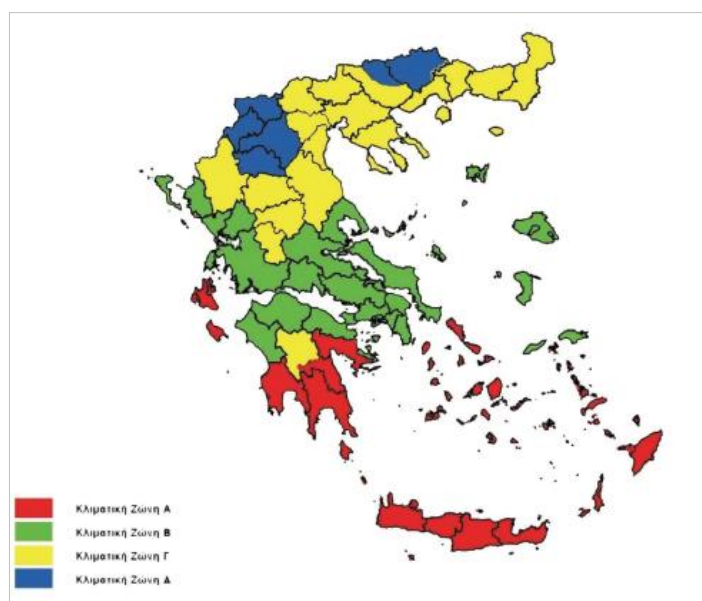
5.1.1 Διαχωρισμός ελληνικής επικράτειας σε ζώνες

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. [29] η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμολογίες θέρμανσης. Στον επόμενο πίνακα 5.1. και στην εικόνα 5.1. προσδιορίζονται οι νομοί που υπάγονται στις τέσσερις κλιματικές ζώνες (από τη θερμότερη στην ψυχρότερη).

Πίνακας 5.1 Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες κατά νομούς [29]

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

Σε κάθε νομό, οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων, εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη από εκείνη στην οποία ανήκουν. Για την Δ ζώνη όλες οι περιοχές ανεξαρτήτως υψομέτρου περιλαμβάνονται στην ζώνη Δ.⁸



Εικ. 5.1 Οι 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας με βάση τον Κ.Εν.Α.Κ.

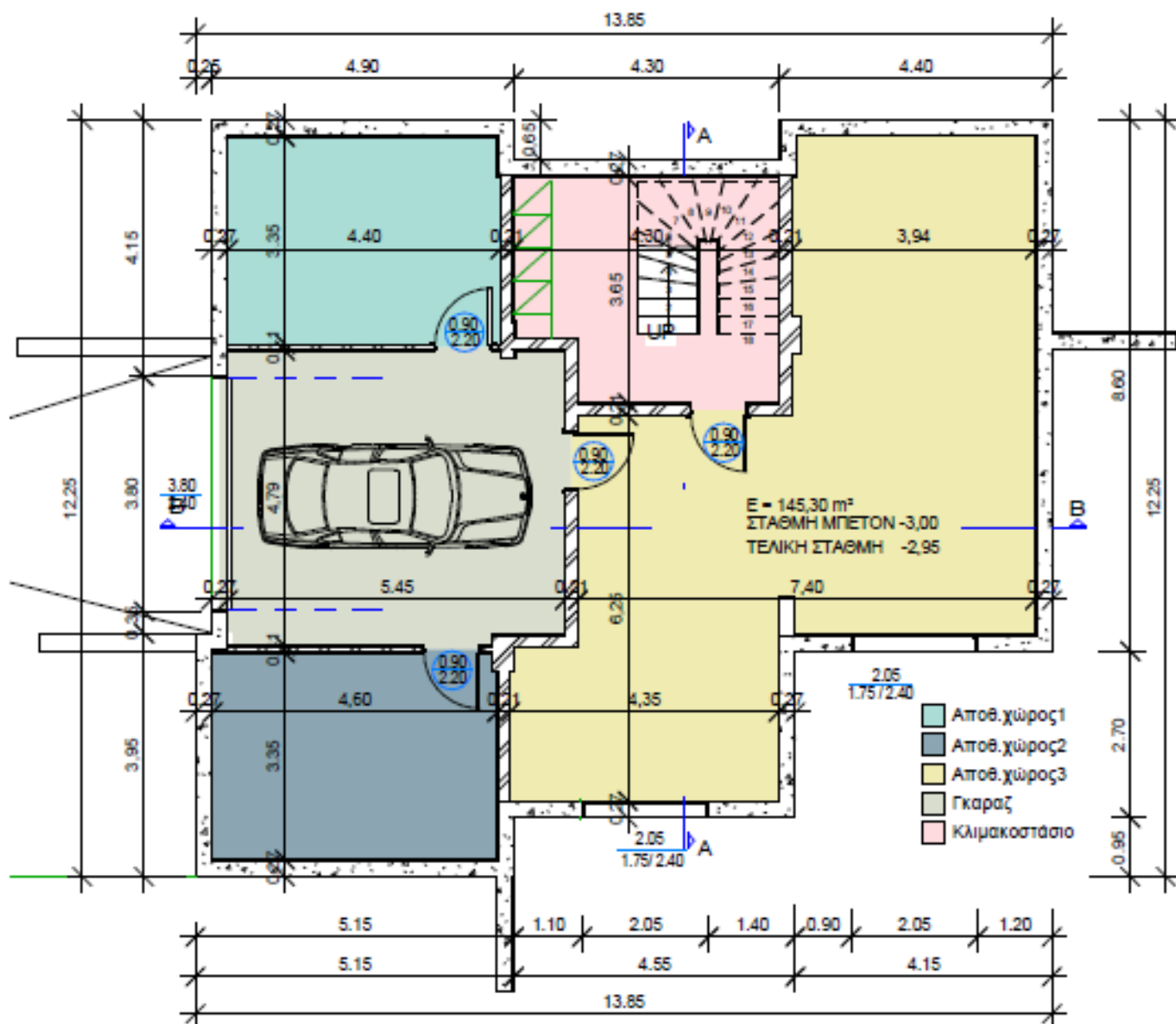
5.1.2 Περιγραφή κατοικίας – Συνθήκες λειτουργίας

5.1.2.1 Περιγραφή της υπό μελέτη κατοικίας

Η κατοικία που πρόκειται να προσομοιωθεί είναι μια μεγάλη μονοκατοικία που αναπτύσσεται σε 2 επίπεδα. Έχει συνολικό εμβαδόν 254,1 m² και υπόγειο αποθηκευτικό χώρο με γκαράζ εμβαδού 145,3 m². Στο ισόγειο, εμβαδού 145,3 m² βρίσκονται το σαλόνι, η τραπεζαρία και η κουζίνα, ένα γραφείο, ο ξενώνας και το λουτρό. Στον όροφο, εμβαδού 108,8 m² βρίσκονται τα 3 υπνοδωμάτια με τα λουτρά τους. Παρακάτω παρατίθενται οι κατόψεις, οι όψεις, οι τομές και το τρισδιάστατο μοντέλο της κατοικίας.

Η κατοικία τοποθετείται σε υποθετικό οικόπεδο σε 4 πόλεις (Ηράκλειο, Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Καστοριά) που ανήκουν σε διαφορετικές κλιματικές ζώνες της ελληνικής επικράτειας. Η πρόσβαση στην κατοικία γίνεται από δρόμο στη βορεινή πλευρά, γι' αυτό και η κύρια είσοδος της, είναι στο βορρά. Γύρω από την κατοικία δεν υπάρχουν γειτονικά κτίσματα. Είναι πανταχόθεν ελεύθερη και έχουν έτσι προβλεφθεί ανοίγματα σε όλες τις όψεις της.

⁸ Στο τμήμα του νομού Αρκαδίας που εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Γ και στο τμήμα του νομού Σερρών (ΒΑ τμήμα) που εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Δ, περιλαμβάνονται όλες οι περιοχές που έχουν υψόμετρο άνω των 500 μέτρων.



ΥΠΟΓΕΙΟ

1

1 : 100



www.autodesk.com/revit

ΔΙΩΡΟΦΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΜΕ ΥΠΟΓΕΙΟ

....

ΚΑΤΟΨΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ

Project number 0001

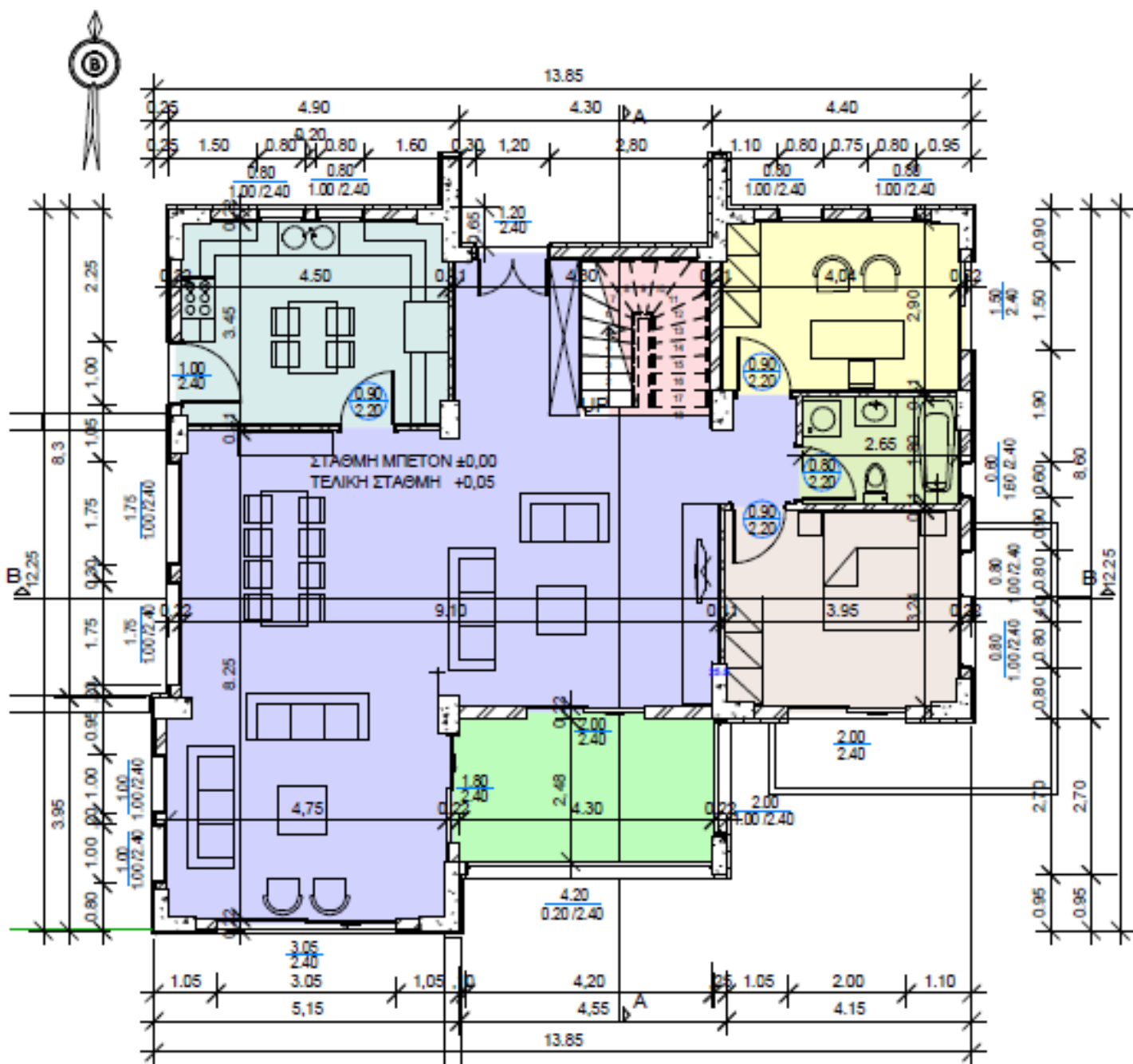
Date ΑΠΡΙΛΙΟΣ 17

Drawn by Σ. ΒΑΡΔΑΚΗ

Checked by Checker

A1

Scale 1 : 100



- Γραφείο
- Κλειστή βεράντα
- Κλιμακοστάσιο
- Κουζίνα
- Λουτρό
- Εστώνας
- Σαλόνι τραπεζαρία

1

ΙΣΟΓΕΙΟ

1 : 100



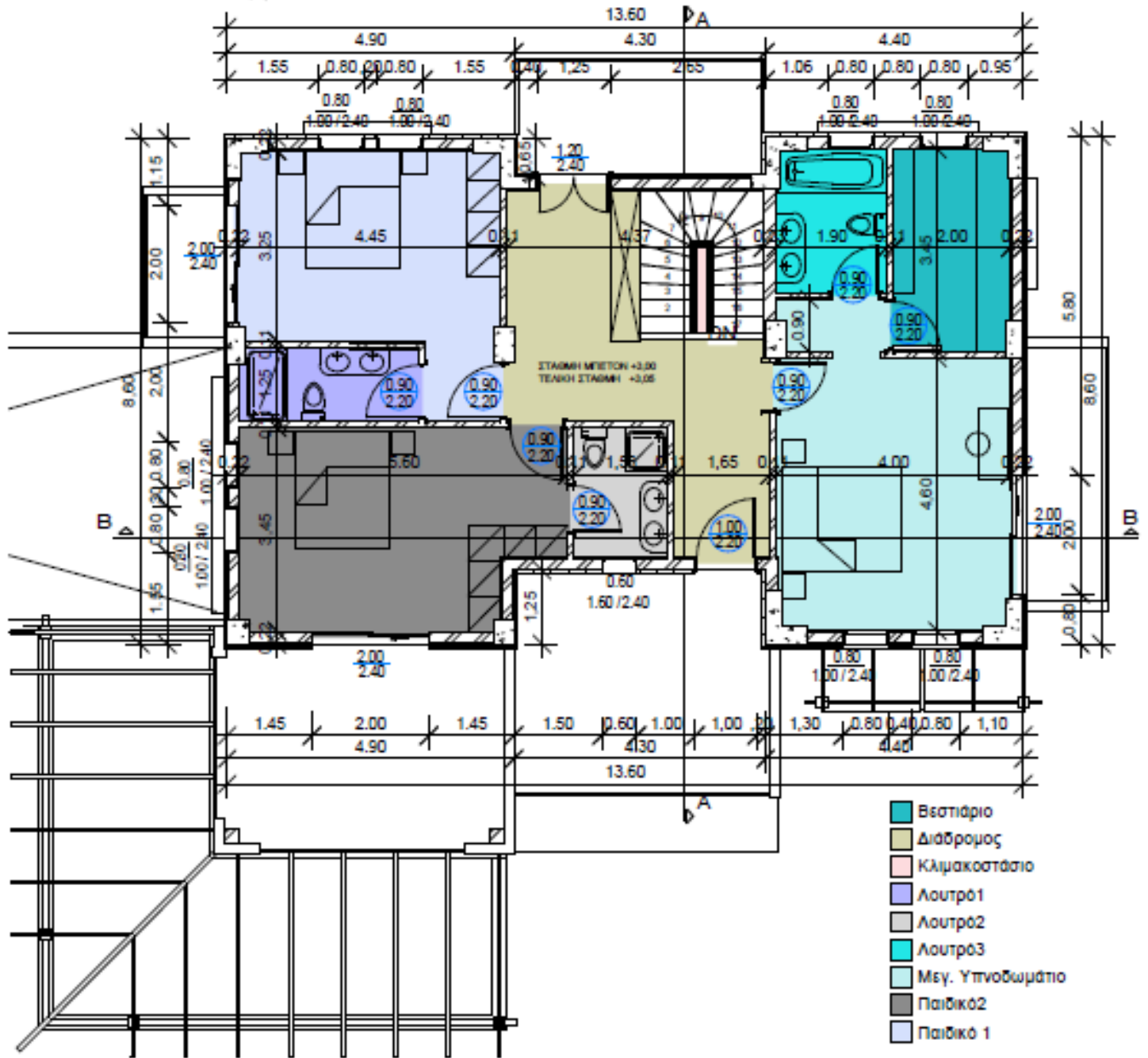
www.autodesk.com/revit

ΔΙΩΡΟΦΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΜΕ ΥΠΟΓΕΙΟ

....

ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

Project number	0002	A2
Date	ΑΠΡΙΛΙΟΣ 17	
Drawn by	Σ.ΒΑΡΔΑΚΗ	
Checked by	Checker	
Scale	1 : 100	



1

A' ΟΡΟΦΟΣ

1 : 100

 **AUTODESK.**

www.autodesk.com/revit

**ΔΙΩΡΟΦΗ
ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΜΕ
ΥΠΟΓΕΙΟ**

....

ΚΑΤΟΧΗ ΟΡΟΦΟΥ

Project number 0003

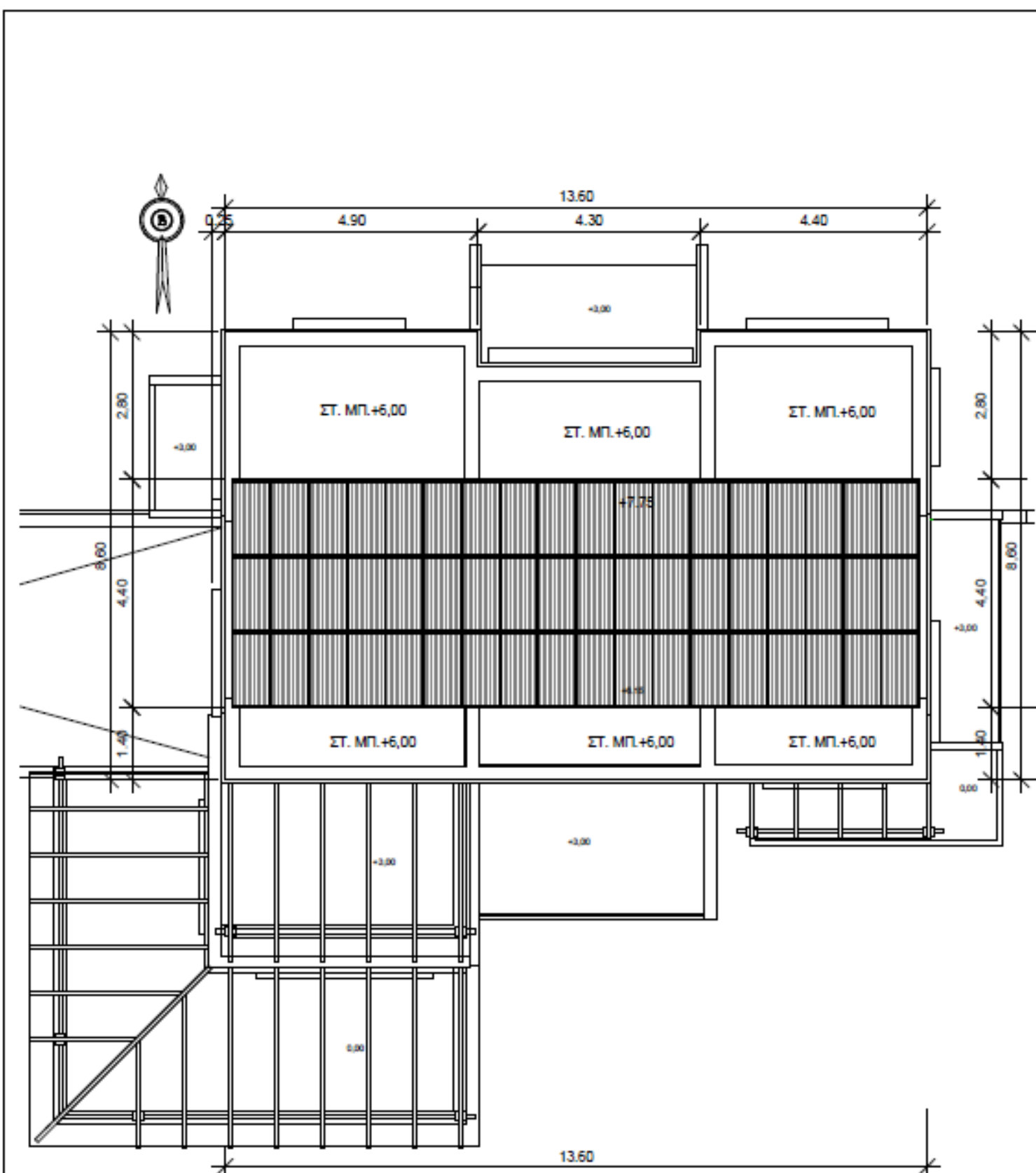
Date ΑΠΡΙΛΙΟΣ 17

Drawn by Σ. ΒΑΡΔΑΚΗ


Checked by Checker

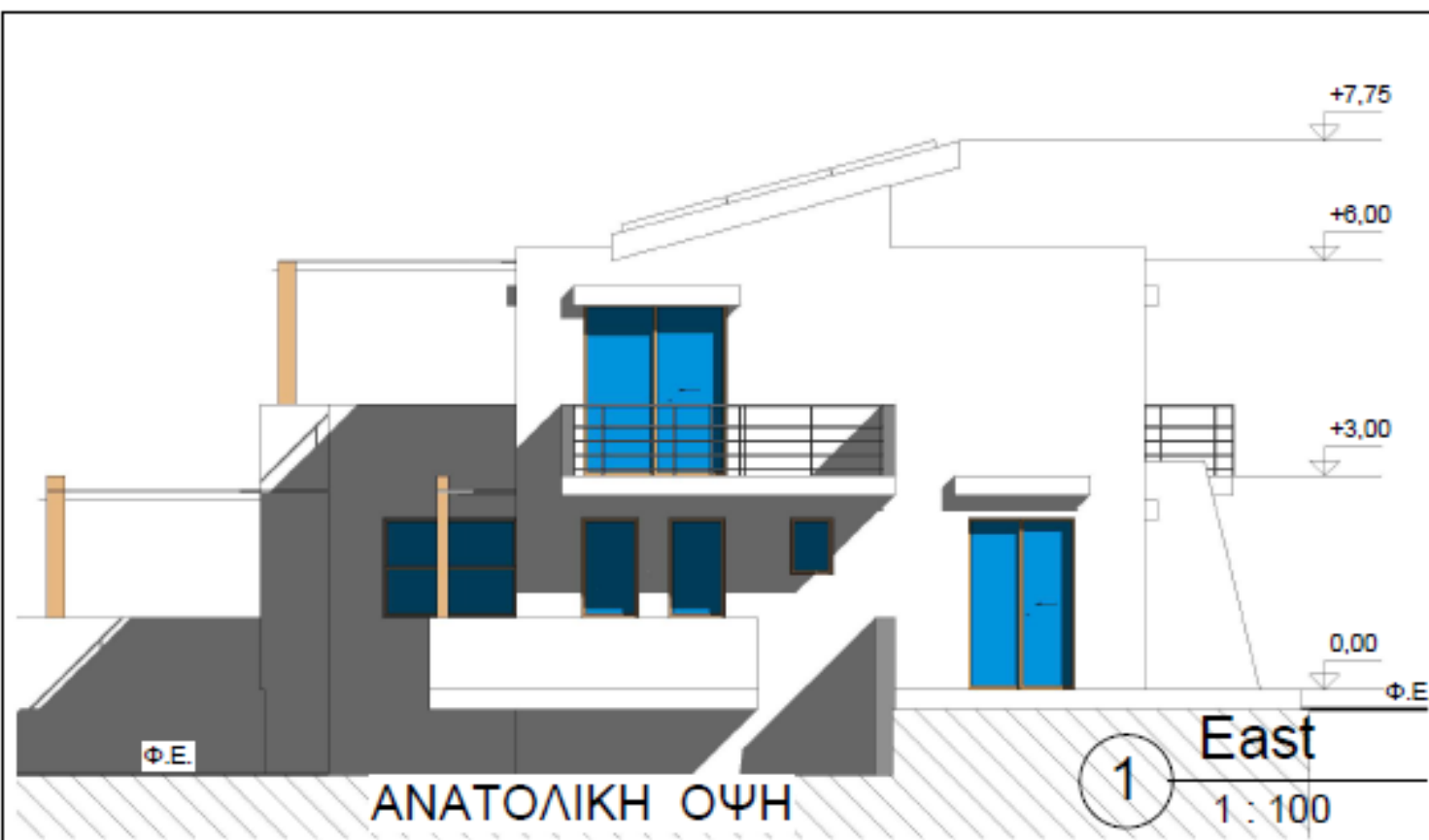
A3

Scale 1 : 100



1 doma
1 : 100

 AUTODESK www.autodesk.com/revit	ΔΙΩΡΟΦΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΜΕ ΥΠΟΓΕΙΟ	ΚΑΤΟΨΗ ΔΩΜΑΤΟΣ	
		Project number 0004 Date ΑΠΡΙΛΙΟΣ 17 Drawn by Σ.ΒΑΡΔΑΚΗ Checked by Checker	A4 Scale 1 : 100



AUTODESK.

www.autodesk.com/revit

**ΔΙΩΡΟΦΗ
ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΜΕ
ΥΠΟΓΕΙΟ**
.....

ΟΨΕΙΣ

Project number 0005

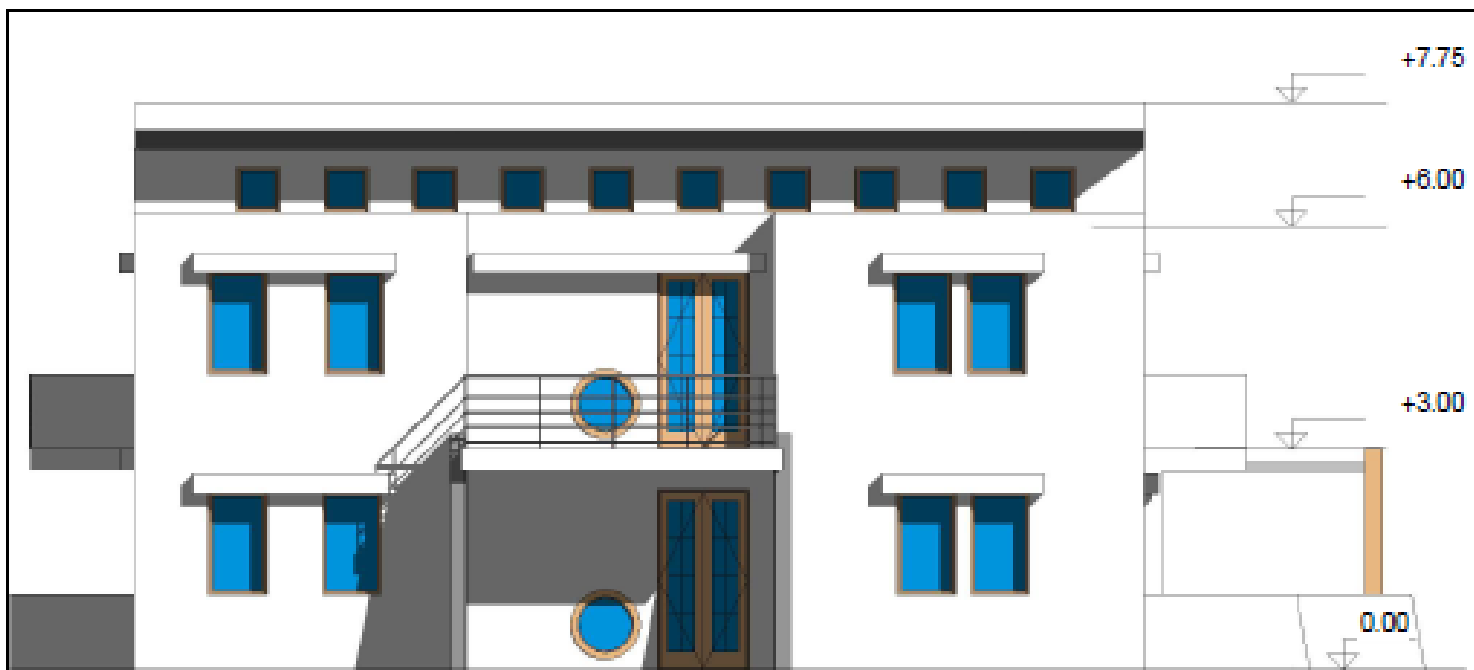
Date ΑΠΡΙΛΙΟΣ 17

Drawn by Σ. ΒΑΡΔΑΚΗ

Checked by Checker

A5

Scale 1:100



1 North
1 : 100

ΒΟΡΕΙΑ ΟΨΗ



2 South
1 : 100

ΝΟΤΙΑ ΟΨΗ



AUTODESK.

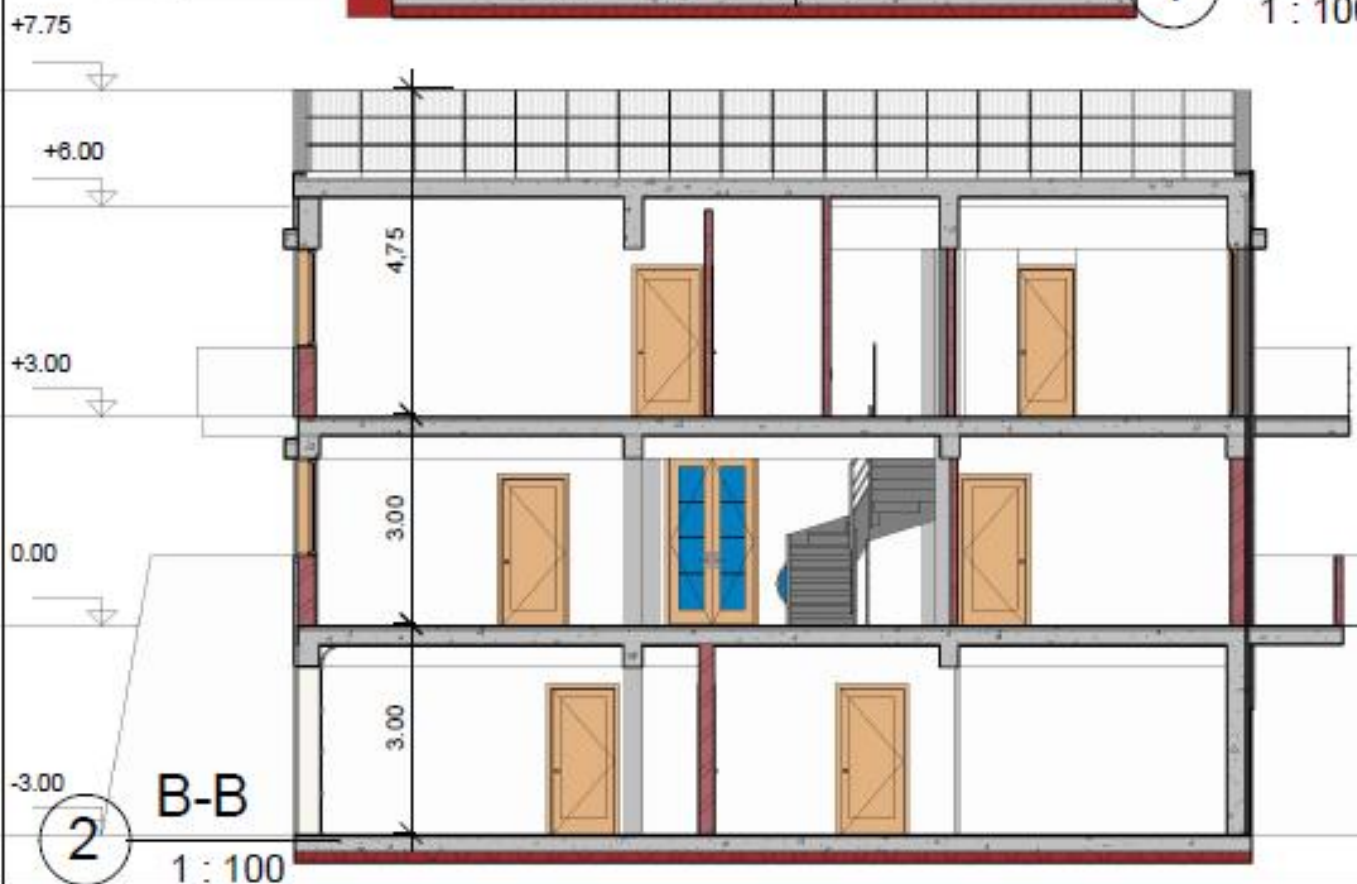
www.autodesk.com/revit

**ΔΙΩΡΟΦΗ
ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΜΕ
ΥΠΟΓΕΙΟ**

.....

ΟΨΕΙΣ

Project number	0006	A6	
Date	ΑΠΡΙΛΙΟΣ 17		
Drawn by	Σ.ΒΑΡΔΑΚΗ		
Checked by	Checker	Scale	1 : 100



 **AUTODESK.**

www.autodesk.com/revit

**ΔΙΩΡΟΦΗ
ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΜΕ
ΥΠΟΓΕΙΟ**
....

TOMES

Project number 0007

Date ΑΠΡΙΛΙΟΣ 17

Drawn by Σ.ΒΑΡΔΑΚΗ

Checked by Checker

A7

Scale 1 : 100



1 3D_NA



2 3D_NΔ



www.autodesk.com/revit

ΔΙΩΡΟΦΗ
ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΜΕ
ΥΠΟΓΕΙΟ

....

3D ΜΟΝΤΕΛΟ_ΝΟΤΟΣ

Project number 0008

Date ΑΠΡΙΛΙΟΣ 17

Drawn by Σ.ΒΑΡΔΑΚΗ

Checked by Checker

Scale

A8



1

3D_BA



2

3D_BΔ



AUTODESK.

www.autodesk.com/revit

**ΔΙΩΡΟΦΗ
ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΜΕ
ΥΠΟΓΕΙΟ**

....

3D ΜΟΝΤΕΛΟ ΒΟΡΡΑΣ

Project number 0009

Date ΑΠΡΙΛΙΟΣ 17

Drawn by Σ.ΒΑΡΔΑΚΗ

Checked by Checker

A9
Scale

Κατά το σχεδιασμό, προκειμένου να είναι η ανάλυση πιο κοντά στις συνήθειες επικρατούσες σήμερα συνθήκες, δεν έγινε προσπάθεια να σχεδιαστεί μια βιοκλιματική κατοικία στο σύνολο της. Εξάλλου δεν ήταν σκοπός αυτής της εργασίας ο σχεδιασμός κτιρίου μηδενικών εκπομπών ή nZEB. Παρόλα αυτά έχουν γίνει κάποιες προβλέψεις που λειτουργούν ευνοϊκά, ως προς την οργάνωση της κάτοψης, τη διαρρύθμιση των χώρων και τον προσανατολισμό τους, που άλλωστε λαμβάνονται υπόψη σε κάθε σχεδίαση.

Στο σχήμα του κτιρίου έχουν πραγματοποιηθεί στο νότο σπασίματα με τέτοιο τρόπο, ώστε το κτίριο να εκμεταλλεύεται την πορεία του ήλιου περισσότερες ώρες.

Στο ισόγειο ο χώρος κύριας διημέρευσης και ο ξενώνας (υπνοδωμάτιο) βρίσκονται στο νότο, ενώ στο βορρά έχει τοποθετηθεί το κλιμακοστάσιο και η κουζίνα. Το γραφείο βρίσκεται επίσης στο βορρά, (προσανατολισμός με σταθερό φωτισμό).

Στον όροφο τα δύο υπνοδωμάτια βρίσκονται στο νότο (νότια και ανατολικά & νότια και δυτικά), ενώ το τρίτο έχει βόρειο και δυτικό προσανατολισμό. Το ένα λουτρό και η ιματιοθήκη (βεστιάριο) έχουν σχεδιαστεί στο βορρά και λειτουργούν ως χώροι ανάσχεσης των ψυχρών βόρειων ανέμων.

Στο υπόγειο που είναι μη θερμαινόμενος χώρος ως χώρος βοηθητικής χρήσης, έχουν σχεδιαστεί αποθηκευτικοί χώροι και γκαράζ.

Τα ανοίγματα στο νότο είναι μεγάλα, όμως ανοίγματα μικρότερα υπάρχουν σε όλες τις όψεις, που εξασφαλίζουν διαμπερή αερισμό και επαρκή φυσικό φωτισμό. Μάλιστα έχουν πραγματοποιηθεί μικρά ανοίγματα στο δώμα στη βόρεια πλευρά υπερυψωμένου πάνω από το δώμα τοίχου, ώστε να μπορεί να εισέρχεται άπλετο φως.

Έχει προβλεφθεί επίσης στη νότια όψη μια στεγασμένη κλειστή βεράντα, που έχει όλα τα χαρακτηριστικά ενός ηλιακού βιοκλιματικού χώρου (θερμοκήπιο). Ο ηλιακός χώρος το χειμώνα συλλέγει την ηλιακή ακτινοβολία και την αποδίδει στον χώρο που είναι προσαρτημένος. Οι τοίχοι ανάμεσα στον ηλιακό χώρο και στην κατοικία δεν είναι θερμομονωμένοι για να μην παρεμποδίζουν τη διείσδυση της θερμότητας στον εσωτερικό χώρο. Επίσης από τα ενδιάμεσα ανοίγματα εφόσον παραμένουν ανοικτά την ημέρα μεταφέρεται ευκολότερα και πιο άμεσα η ζέστη μέσα στο σπίτι. Το καλοκαίρι το θερμοκήπιο ανοίγει, αποδεσμεύεται από το υπόλοιπο κτίριο και λειτουργεί σαν ημιυπαίθριος χώρος, ώστε να αποφευχθεί η υπερθέρμανση. Στο λογισμικό δεν βρέθηκε πρόβλεψη ώστε να προσομοιωθεί αυτή η λειτουργία⁹.

Τα κουφώματα είναι ξύλινα με διπλά ή τριπλά τζάμια ανάλογα με τις απαιτήσεις των κείμενων διατάξεων και επιλεγμένα από τη βιβλιοθήκη του λογισμικού. Οι συντελεστές θερμοπερατότητας τους δίνονται παρακάτω στον πίνακα 5.10. Στα ανοίγματα επίσης θα υπάρχει νυχτερινή μόνωση (εξώφυλλα) που όμως δεν υπάρχει δυνατότητα εισαγωγής της στο πρόγραμμα.

Στον νότο έχουν τοποθετηθεί οι μεγάλοι ημιυπαίθριοι χώροι του σπιτιού. Για τη σκίαση στο νότο έχουν προβλεφθεί ξύλινες πέργκολες, ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση το καλοκαίρι.

⁹Για να διερευνηθεί η επίδραση του ηλιακού χώρου στα θερμικά φορτία της κατοικίας γίνεται στην ενότητα 5.1.3.9 σύγκριση μεταξύ 2 προσομοιώσεων: α) της κατοικίας με τη βεράντα ως υπαίθριο χώρο και β) της κατοικίας με τη βεράντα ως ηλιακό χώρο.

Η στέγη είναι εν μέρει κεκλιμένη για να μπορεί φιλοξενήσει φωτοβολταϊκούς συλλέκτες ενταγμένους στο κέλυφος του κτιρίου, ενώ για το επίπεδο δώμα έχει προβλεφθεί φύτευση που συμβάλει, εκτός από τη βελτίωση του συντελεστή θερμοπερατότητας του δώματος και στη βελτίωση του μικροκλίματος.

Ο φέρων οργανισμός είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα, ενώ οι τοίχοι πλήρωσης από μπατική οπτοπλινθοδομή.

Η μόνωση είναι εξωτερική (θερμοπρόσοψη) ώστε να μην έχει διακοπές πέρα από τις αναπόφευκτες (προβόλους, ανοίγματα), να περικλείει όλη τη θερμική μάζα του κτιρίου και να διασφαλίζει την παγίδευση της αποθηκευμένης ηλιακής ακτινοβολίας. Το πάχος της είναι το ελάχιστο που προβλέπουν οι κανονισμοί ανά ζώνη, ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. και δίνεται στον πίνακα 5.10.

5.1.2.2 Θερμομονωτική επάρκεια δομικών στοιχείων

Μέσω του Revit σχεδιάζονται τα δομικά στοιχεία του κελύφους της κατοικίας, ορίζονται τα θερμικά τους χαρακτηριστικά και υπολογίζεται από το λογισμικό ο συντελεστής θερμοπερατότητας τους¹⁰. Όσον αφορά στην κατασκευή των δομικών στοιχείων (τοιχών, δαπέδου, δώματος κ.λπ.) αυτή είναι ίδια σε όλες τις ζώνες. Μεταβάλλεται μόνο το πάχος της μόνωσης καθώς και τα θερμικά χαρακτηριστικά των ανοιγμάτων. Για τη μόνωση επιλέγεται σε κάθε ζώνη το ελάχιστο πάχος, που δίνει συντελεστή θερμοπερατότητας μικρότερο από το μέγιστο επιτρεπόμενο στην εκάστοτε ζώνη (Πίν. 5.2). Τα θερμικά χαρακτηριστικά των ανοιγμάτων επιλέγονται από τη βιβλιοθήκη του λογισμικού ώστε να ικανοποιούν τις διατάξεις.

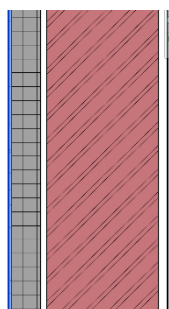
Πίνακας 5.2 Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα [29]

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² .K)]			
		Κλιματική ζώνη			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές).	UV_D	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.	UV-W	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πυλωτή).	UV_DL	0,50	0,45	0,40	0,35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους.	UV_G	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχοι σε επαφή με το έδαφος ή με μη θερμαινόμενους χώρους.	UV_WE	1,50	1,00	0,80	0,70
Ανοίγματα (παράθυρα, μπαλκονόπορτες κ.ά.)	UV-F	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες.	UV_GF	2,20	2,00	1,80	1,80

¹⁰ Ο υπολογισμός έχει μικρές διαφορές από τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας με τους ισχύοντες τύπους.

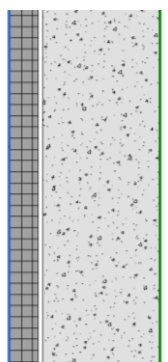
Στους επόμενους πίνακες απεικονίζεται η κατασκευή του κάθε δομικού στοιχείου:

Πίνακας 5.3 Τοιχοποιία ισογείου – ορόφου (μπατική οπτοπλινθοδομή) σε επαφή με εξωτερικό αέρα



a/a	Στρώσεις	Ποκνότητα (Kgr/m ³)	Συντ. θερμικ. αγωγιμότητας (W/m·K)	Πάχος στρώσης (m)
<i>Εξωτερικά</i>				
1	Θερμομονωτικό επίχρισμα	250	0,08	0,003
2	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες	23	0,035	*
3	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0,87	0,01
4	Οπτοπλινθοδομή με διάτρητες οπτόπλινθους	1500	0,51	0,19
5	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0,87	0,02
<i>Εσωτερικά</i>				

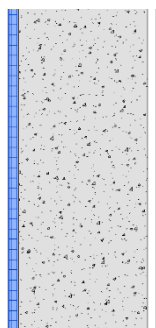
Πίνακας 5.4 Φέρων οργανισμός (δοκός – υποστύλωμα) σε επαφή με εξωτερικό αέρα



a/a	Στρώσεις	Ποκνότητα (Kgr/m ³)	Συντ. θερμικ. αγωγιμότητας (W/m·K)	Πάχος στρώσης (m)
<i>Εξωτερικά</i>				
1	Θερμομονωτικό επίχρισμα	250	0,08	0,003
2	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες	23	0,035	*
3	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0,87	0,01
4	Οπλισμένο σκυρόδεμα (>2% σίδηρος)	2400	2,5	0,25
5	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0,87	0,02
<i>Εσωτερικά</i>				

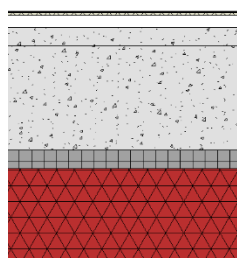
*Πάχος μόνωσης : το ελάχιστο απαιτούμενο ανά ζώνη κατά Κ.Εν.Α.Κ.

Πίνακας 5.5 Φέρων οργανισμός σε επαφή με το έδαφος (υπόγειος τοίχος)



α/α	Στρώσεις	Πυκνότητα (Kgr/m ³)	Συντ. θερμικ. αγωγιμότητας (W/m·K)	Πάχος στρώσης (m)
<i>Εξωτερικά</i>				
1	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες	23	0,035	*
2	Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπανα)	1100	0,23	0,004
3	Οπλισμένο σκυρόδεμα (>2% σίδηρος)	2400	2,5	0,25
4	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0,87	0,02
<i>Εσωτερικά</i>				

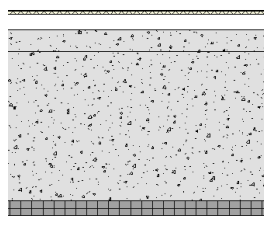
Πίνακας 5.6 Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος (δάπεδο υπογείου)



α/α	Στρώσεις	Πυκνότητα (Kgr/m ³)	Συντ. θερμικ. αγωγιμότητας (W/m·K)	Πάχος στρώσης (m)
<i>Πάνω</i>				
1	Κεραμικά πλακίδια με εφυάλωση	2300	1,30	0,005
2	Τσιμεντοκονίαμα	1800	0,87	0,02
3	Ελαφροσκυρόδεμα	600	0,22	0,03
4	Οπλισμένο σκυρόδεμα (>2% σίδηρος)	2400	2,5	0,17
5	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες	23	0,035	*
<i>Κάτω</i>				

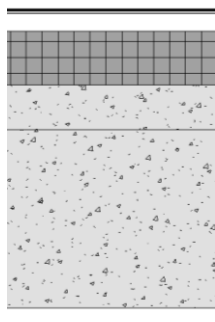
*Πάχος μόνωσης : το ελάχιστο απαιτούμενο ανά ζώνη κατά Κ.Εν.Α.Κ.

Πίνακας 5.7 Δάπεδο σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους
(δάπεδο σε επαφή με υπόγειο)



α/α	Στρώσεις	Πυκνότητα (Kgr/m ³)	Συντ. θερμικ. αγωγιμότητας (W/m·K)	Πάχος στρώσης (m)
<i>Πάνω</i>				
1	Κεραμικά πλακίδια με εφυάλωση	2300	1,30	0,005
2	Τσιμεντοκονίαμα	1800	0,87	0,02
3	Ελαφροσκυρόδεμα	600	0,22	0,03
4	Οπλισμένο σκυρόδεμα (>2% σίδηρος)	2400	2,5	0,20
5	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες	23	0,035	*
6	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0,87	0,02
<i>Κάτω</i>				

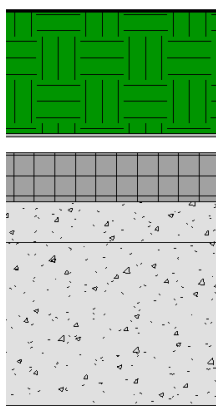
Πίνακας 5.8 Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα
(οροφή- στέγη- βεράντες α' ορόφου)



α/α	Στρώσεις	Πυκνότητα (Kgr/m ³)	Συντ. θερμικ. αγωγιμότητας (W/m·K)	Πάχος στρώσης (m)
<i>Πάνω</i>				
1	Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπανα)	1100	0,23	0,004
2	Τσιμεντοκονίαμα	1800	0,87	0,02
3	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες	23	0,035	*
4	Ελαφροσκυρόδεμα	600	0,22	0,05
5	Οπλισμένο σκυρόδεμα (>2% σίδηρος)	2400	2,5	0,20
6	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0,87	0,02
<i>Κάτω</i>				

*Πάχος μόνωσης : το ελάχιστο απαιτούμενο ανά ζώνη κατά Κ.Εν.Α.Κ.

Πίνακας 5.9 Φυτεμένο δώμα



α/α	Στρώσεις	Πυκνότητα (Kgr/m ³)	Συντ. θερμικ. αγωγιμότητας (W/m·K)	Πάχος στρώσης (m)
<i>Πάνω</i>				
1	Φυτόχωμα	1300	0,837	0,15
2	Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπανα)	1100	0,23	0,004
3	Τσιμεντοκονίαμα	1800	0,87	0,02
4	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες	23	0,035	*
5	Ελαφροσκυρόδεμα	600	0,22	0,05
6	Οπλισμένο σκυρόδεμα (>2% σίδηρος)	2400	2,5	0,20
7	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0,87	0,02
<i>Κάτω</i>				

*Πάχος μόνωσης : το ελάχιστο απαιτούμενο ανά ζώνη κατά Κ.Εν.Α.Κ.

Για διάφορα πάχη μόνωσης (με βήμα 1 cm) και μετά από σύγκριση με τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων για τις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας, επιλέγεται το ελάχιστο πάχος μόνωσης που πληροί τις προϋποθέσεις ανά ζώνη όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.10. Επιλέγονται επίσης τα ανοίγματα από τη βιβλιοθήκη του λογισμικού με τους συντελεστές θερμοπερατότητας που φαίνονται στον επόμενο πίνακα.



1. Συγκολλητικά υλικά
2. Θερμομόνωση διογκωμένης πολυστερίνης ($\lambda=0,036 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ - $0,032 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) Πιστοποίηση για χρήση ειδικά σε συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης με σήμανση CE σε πάχη από 3εκ. έως 20εκ.
3. Οργανικός, ελαστομερής, έτοιμος προς χρήση, ενισχυτικός σοβάς εμποτισμού υαλοπλέγματος.
4. Υαλόπλεγμα οπλισμού ιδιαίτερα υψηλών αντοχών, ανθεκτικό στα αλκάλια και την υγρασία.
5. Τελική επικάλυψη : διακοσμητικοί τελικοί σοβάδες, με αντοχή σε ρωγμές, υγρασία, ρύπους και μύκητες

Εικ. 5.2 Σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης (πηγή <http://www.stohellas.gr/>)

Πίνακας 5.10 Πάχη μόνωσης και συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων ανά ζώνη

Κλ. Ζώνη	Α		Β		Γ		Δ	
	Πάχος μόνωσης (cm)	U-Value (W/m ² K)	Πάχος μόνωσης (cm)	U-Value (W/m ² K)	Πάχος μόνωσης (cm)	U-Value (W/m ² K)	Πάχος μόνωσης (cm)	U-Value (W/m ² K)
Υπόγεια τοιχία	2	1,40 < 1,50	3	0,98 < 1,0	4	0,77 < 0,80	5	0,63 < 0,70
Τοιχοποιία	5	0,53 < 0,60	6	0,46 < 0,50	7	0,41 < 0,45	8	0,37 < 0,40
Δοκοί ¹¹	6	0,53 < 0,60	7	0,46 < 0,50	8	0,41 < 0,45	9	0,36 < 0,40
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	3	0,92 < 1,20	4	0,73 < 0,90	5	0,60 < 0,75	5	0,60 < 0,70
Δάπεδο σε επαφή με υπόγειο	2	1,19 < 1,50	3	0,89 < 1,0	4	0,71 < 0,80	5	0,59 < 0,70
Δώμα	6	0,48 < 0,50	7	0,42 < 0,45	8	0,38 < 0,40	9	0,34 < 0,35
Πόρτες	3,13 < 3,20		2,96 < 3,0		2,78 < 2,80		2,11 < 2,60	
Παράθυρα	3,13 < 3,20		2,86 < 3,0		2,55 < 2,80		2,21 < 2,60	
Πόρτα γκαράζ	3,18 < 3,20		2,61 < 3,0		2,56 < 2,80		2,33 < 2,60	

Για την προσομοίωση του κτιρίου χωρίς πρόβλεψη μόνωσης που χρησιμοποιείται αποκλειστικά για συγκρίσεις, ώστε να επισημανθεί η επίδραση της μόνωσης στο κτίριο σε κάθε κλιματολογική ζώνη, δίνονται στον Πίνακα 5.11 οι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων του κελύφους.

¹¹ Για την τοιχοποιία ισογείου και ορόφου, επιλέγεται το πάχος της μόνωσης που καλύπτει τις δοκούς, αφού χρησιμοποιούμε θερμοπρόσοψη ενιαία σε όλη την εξωτερική επιφάνεια και όχι διαφορετικό πάχος μόνωσης σε δοκούς & τοιχοποιία.

Πίνακας 5.11 Συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων κατοικίας χωρίς πρόβλεψη μόνωσης

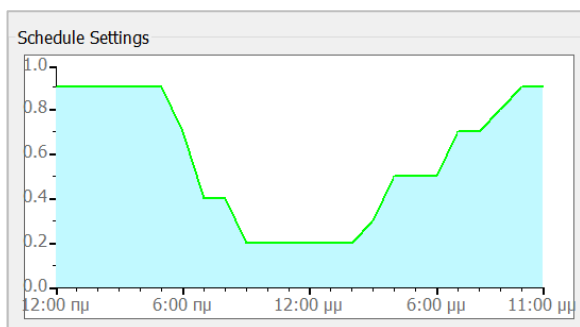
Δομικά στοιχεία κατοικίας χωρίς μόνωση	U-Value (W/m ² K)
Υπόγεια τοιχία	6,24
Τοιχοποιία ισόγειο - όροφος	2,46
Δοκοί	7,44
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	4,33
Δάπεδο σε επαφή με υπόγειο	3,76
Δώμα	2,70
Πόρτες	5,62
Παράθυρα	5,74
Πόρτα γκαράζ	3,80

5.1.2.3 Συνθήκες λειτουργίας κτιρίου

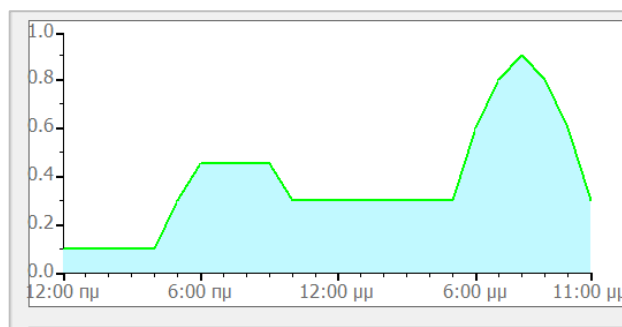
Οι πραγματικές συνθήκες λειτουργίας ενός κτιρίου μπορεί να διαφέρουν κατά περίπτωση, ανάλογα με τη χρήση και τους χρήστες του κτιρίου. Παρόλο που έχουν όμως καθοριστεί σε εθνικό επίπεδο αποδεκτές συνθήκες λειτουργίας μιας κατοικίας (σύμφωνα με Κ.Εν.Α.Κ.) [29], στην προκειμένη περίπτωση της προσομοίωσης, το λογισμικό έχει άλλες προκαθορισμένες τιμές (πρότυπα ASHRAE) που δεν επιτρέπει πάντα να μεταβληθούν. Οι συνθήκες λειτουργίας που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση είναι:

α) Επιφάνεια δαπέδου ανά άτομο, ώστε να εξασφαλιστεί ο απαιτούμενος νωπός αέρας (κατοικία) : 20 m² (όπως Κ.Εν.Α.Κ.)

β) Ωράριο και περίοδος λειτουργίας κατοικίας: 24 ώρες / ημέρα και 7 ημέρες ανά εβδομάδα. Δεν υπάρχει δυνατότητα ορισμού του ωραρίου λειτουργίας σε 18 ώρες / ημέρα και 7 ημέρες ανά εβδομάδα σύμφωνα με το τυπικό ωράριο λειτουργίας των κατοικιών, όπως αυτό ορίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ., όμως μέσα από χρονοδιαγράμματα μπορούν να καθοριστούν οι ώρες κατά τις οποίες υπάρχουν χρήστες στην κατοικία καθώς και οι ώρες λειτουργίας φωτιστικών και ηλεκτρικών συσκευών (Εικ. 5.3, 5.4)



Εικ. 5.3 Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας κατοικίας



Εικ. 5.4 Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας φωτιστικών- ηλεκτρ. συσκευών

γ) Θερμοκρασία και σχετική υγρασία εσωτερικών χώρων: καθορίζεται -σύμφωνα και με τον Κ.Εν.Ν.Α.Κ. -όπως στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 5.12 Καθοριζόμενες τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας εσωτερικών χώρων κατοικίας[29]

Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών	Θερμοκρασία [°C]		Σχετική υγρασία [%]	
	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδο	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδο
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	20	26	40	45

- δ) Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού : $6,4 \text{ W/m}^2$ (σύμφωνα και με Κ.Εν.Α.Κ.)
 ε) Εσωτερικά κέρδη από χρήστες: 80 W/ άτομο με μέσο συντελεστή παρουσίας $0,75$
 στ) Εσωτερικά κέρδη από εξοπλισμό: ισχύς εξοπλισμού 4 W/m^2 , μέσος συντελεστής ετεροχρονισμού $0,5$.

5.1.2.4 Σύστημα κλιματισμού και ΑΠΕ

Το σύστημα HVAC (ψύξης- θέρμανσης-εξαερισμού-παραγωγής ΖΝΧ) που χρησιμοποιείται έχει επιλεγεί από τη βιβλιοθήκη του προγράμματος και διατηρείται σταθερό σε όλες τις προσομοιώσεις αυτής της ενότητας. Πρόκειται για το:

Residential 14 SEER/0.9 AFUE Split/Packaged Gas<5.5 ton

Τα χαρακτηριστικά του όπως περιγράφονται στη βοήθεια του λογισμικού είναι:

- *Efficient 14 SEER/90% AFUE furnace <5.5-ton split/package system with gas heat*
- *Residential constant volume cycling fan*
- *2.0 inch of water gauge (498 pascals) static pressure Constant Volume duct system*
- *Domestic hot water unit (0.575 Energy Factor)*

Πρόκειται για σύστημα για κατοικίες, με αερολέβητα, με καύση αερίου καυσίμου με ετήσιο βαθμό απόδοσης για το σύστημα καύσης 90%. Για το σύστημα κλιματισμού στο ρεύμα αέρος έχει παρεμβληθεί το ψυκτικό στοιχείο ενός συστήματος split. Η παροχή αέρα στους χώρους γίνεται με τη βοήθεια (φυγοκεντρικού) ανεμιστήρα και είναι σταθερή. Ο «μεγάλος» για τα δικά μας δεδομένα SEER (14) εξηγείται από την χρήση (στις ΗΠΑ) διαφορετικών μονάδων για την ψυκτική ισχύ (μετράται σε Btu/h) απ' ότι για την ηλεκτρική ισχύ (μετράται σε kWh).

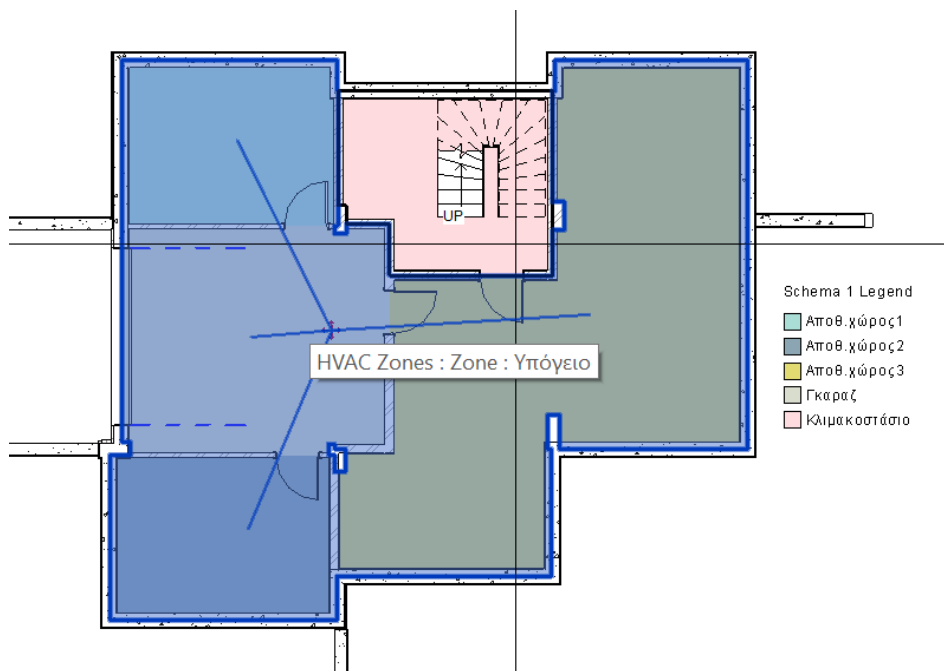
Για το ZNX: Ο EF 0,575 (για τις ΗΠΑ) είναι ένα παλιός δείκτης αποδοτικότητας των διαφόρων συσκευών θέρμανσης που έχει αντικατασταθεί τώρα από τον UEF (Uniform EF). Ενδεικτικές τιμές υπάρχουν σε διάφορα sites εταιρειών, αλλά και στην Wikipedia.

Δεν υπήρχε δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί κάποιο πιο οικείο για τα Ελληνικά δεδομένα σύστημα, όπως λέβητας πετρελαίου για θέρμανση και παραγωγή ZNX, ηλιακός θερμοσίφοντας, κλιματιστικό για ψύξη κ.λπ.

Όσον αφορά στη χρήση συστημάτων ΑΠΕ, υπάρχει από το λογισμικό, η δυνατότητα του υπολογισμού της ενδεχόμενης παραγωγής από φωτοβολταϊκά και από μικρή ανεμογεννήτρια σύμφωνα με τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής.

5.1.2.5 Διαίρεση κατοικίας σε θερμικές ζώνες

Η κατοικία διαιρείται σε 3 θερμικές ζώνες: α) το υπόγειο είναι η πρώτη ζώνη και οι χώροι που το αποτελούν ορίζονται ως μη θερμαινόμενοι. β) το κλιμακοστάσιο και όλοι οι χώροι της κατοικίας ανήκουν στη δεύτερη ζώνη και ορίζονται ως θερμαινόμενοι και κλιματιζόμενοι γ) τέλος στην 3^η ζώνη ανήκει η στεγασμένη κλειστή βεράντα η οποία λειτουργεί σαν ηλιακός χώρος και δεν θερμαίνεται.



Εικ. 5.5 Απεικόνιση θερμικής ζώνης υπογείου

5.1.3 Ενεργειακή ανάλυση στο Ηράκλειο (Ζώνη Α)

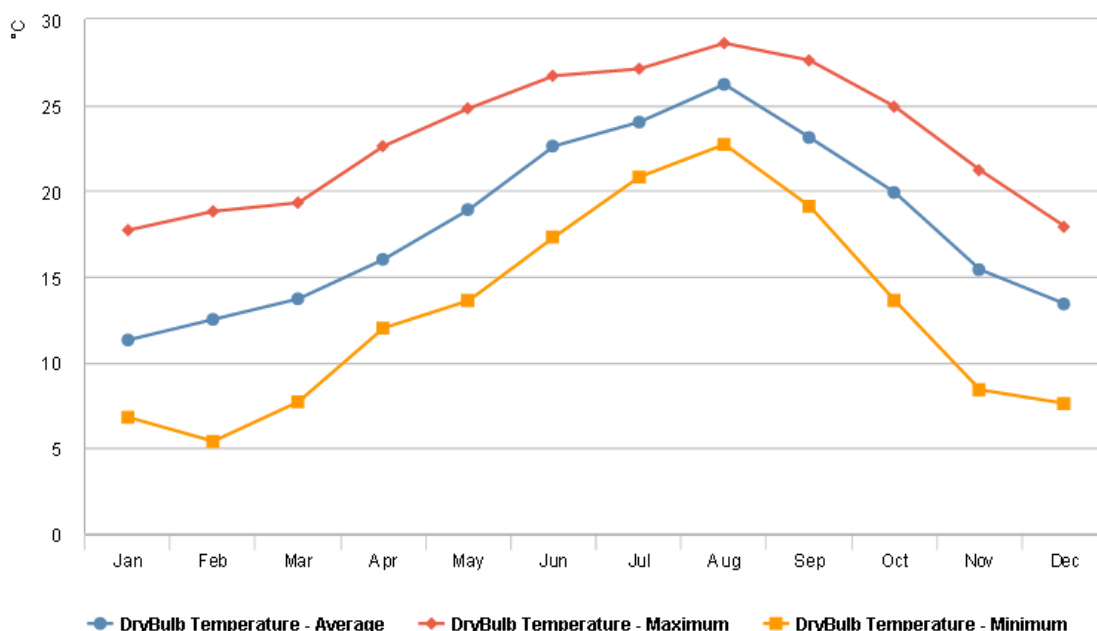
Στην ενότητα αυτή παρατίθενται επιλεγμένα αποτελέσματα από την ενεργειακή ανάλυση στο Revit και στο GBS για την κατοικία στο Ηράκλειο.

5.1.3.1 Κλιματικά δεδομένα

Για να επιτευχθεί σωστή ενεργειακή σχεδίαση ενός κτιρίου, πόσο μάλλον ενός κτιρίου με ουδέτερο ισοζύγιο εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ή μηδενικής ενεργειακής ζήτησης, πρέπει να ληφθεί υπόψη το τοπικό κλίμα.

Από την τοποθεσία που έχει επιλεγεί (Ηράκλειο) και τον κοντινότερο μετεωρολογικό σταθμό (συντεταγμένες μετεωρολογικού σταθμού : 35.4, 25.17) έχουν ληφθεί τα δεδομένα για το τοπικό κλίμα.

Οι ελάχιστες, μέσες και μέγιστες θερμοκρασίες δίνονται στο επόμενο διάγραμμα (Εικ.5.6). Η μέγιστη θερμοκρασία είναι 29°C και η ελάχιστη 5°C.

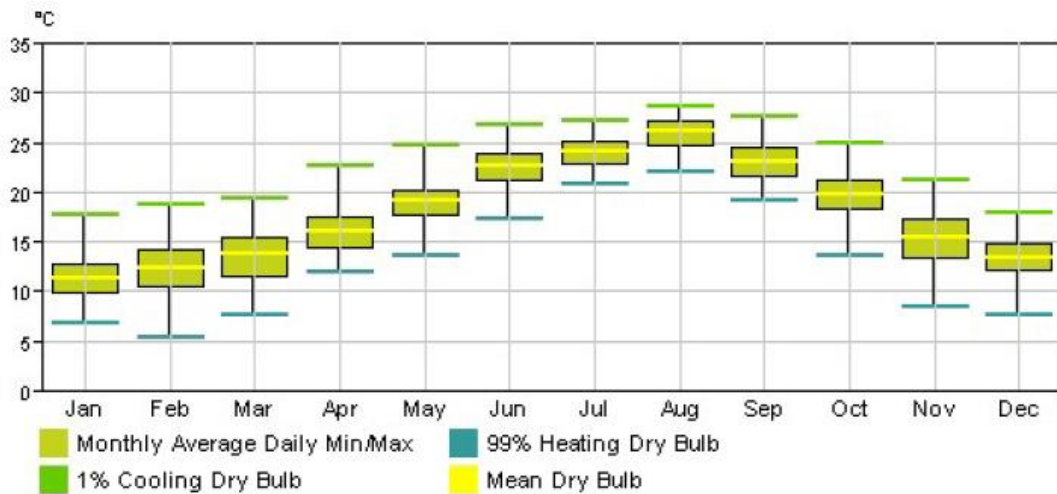


Εικ. 5.6 Μέγιστη – Μέση – Ελάχιστη θερμοκρασία ανά μήνα (GBS)

Στο γράφημα (Εικ.5.7) που ακολουθεί παρέχονται δεδομένα σχετικά με τις εξωτερικές συνθήκες σχεδιασμού¹² που επηρεάζουν τους υπολογισμούς φορτίου για τη διαστασιολόγηση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης.

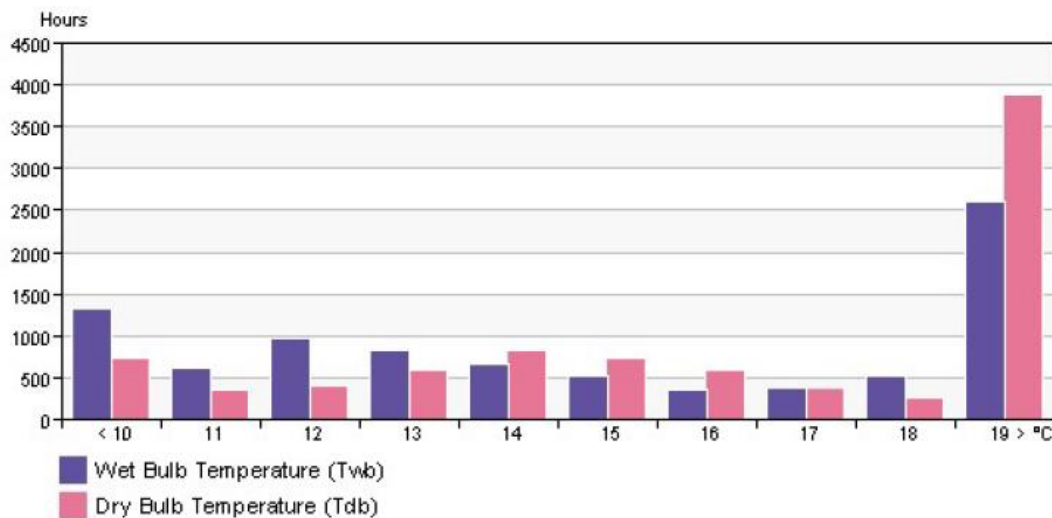
¹² **Monthly Average Daily Min/Max:** Οι μέσες ημερήσιες ελάχιστες και μέσες ημερήσιες μέγιστες θερμοκρασίες ξηρού βολβού για κάθε μήνα.

1% Cooling Dry Bulb: Συνθήκη σχεδιασμού θέρους με βαθμό ασφαλείας 1%. Είναι εκείνη η εξωτερική οριακή θερμοκρασία ξηρού βολβού υπέρβαση της οποίας παρατηρείται σε συνολική χρονική διάρκεια στο 1% των ωρών για το σύνολο των ημερών της θερινής περιόδου. Αν π.χ. η θερινή περίοδος διαρκεί από 1^η Ιουνίου έως 30 Σεπτεμβρίου υπέρβαση 1% σημαίνει $0,01 * (30+31+31+30) \eta\mu * 24 \text{ h}/\eta\mu = 29,28 \text{ h}$ (περίπου 30 h δηλ.)



Εικ. 5.7 Εξωτερικές θερμοκρασίες σχεδιασμού (Revit)

Ο αριθμός των ωρών ετησίως, που η θερμοκρασία ξηρού και υγρού βολβού βρίσκονται μέσα σ' ένα συγκεκριμένο πεδίο θερμοκρασιών, απεικονίζεται στο επόμενο διάγραμμα (Εικ.5.8). Χρησιμοποιείται η εξωτερική θερμοκρασία ξηρού βολβού (Tdb) και η θερμοκρασία υγρού βολβού (Twb) για να υπολογιστεί κατά πόσο μπορεί να εξοικονομηθεί ενέργεια από την ψύξη στο κτίριο, λόγω φυσικού αερισμού και λόγω χρήσης συστημάτων που εισάγουν αυτόματα το δροσερό εξωτερικό αέρα στο κτίριο και διακόπτουν τη λειτουργία του κλιματιστικού, εφόσον το επιτρέπουν οι θερμοκρασίες (Economizers).



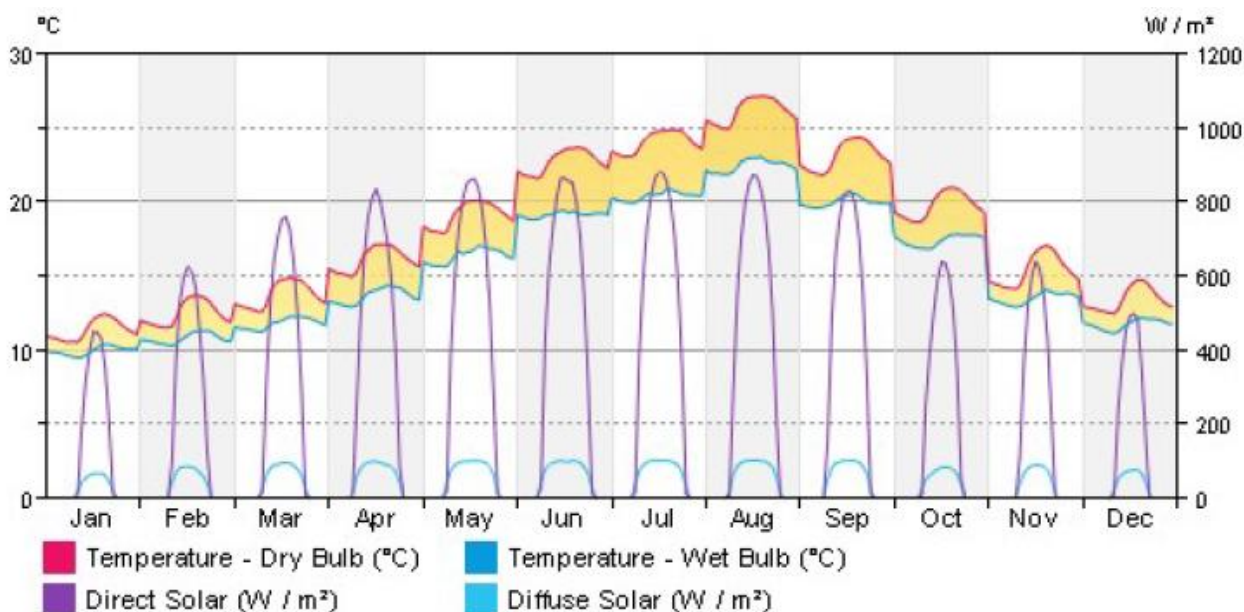
Εικ. 5.8 Πεδία ετήσιων θερμοκρασιών (Revit)

Heating 99% (100-1)% Dry Bulb: Συνθήκη σχεδιασμού χειμώνα με βαθμό ασφαλείας 1%. Είναι εκείνη η εξωτερική οριακή θερμοκρασία ξηρού βολβού για την οποία παρατηρούνται τιμές χαμηλότερες σε συνολική χρονική διάρκεια στο 1% των ωρών για το σύνολο των ημερών της χειμερινής περιόδου.

Mean Dry Bulb: Ο μέσος όρος όλων των ωραίων θερμοκρασιών ξηρού βολβού για ένα μήνα.

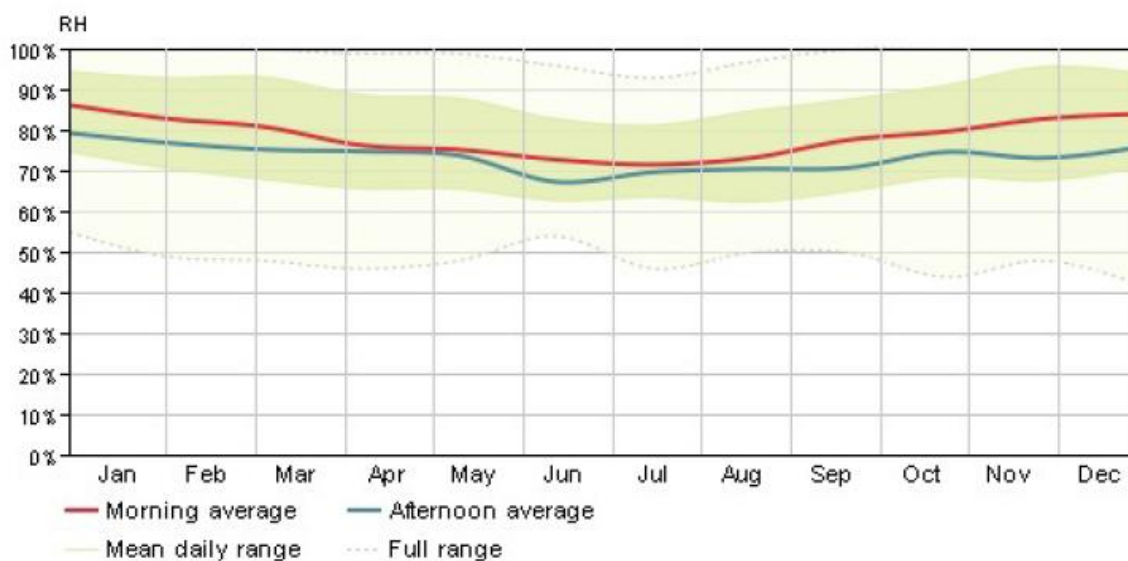
Οι ετήσιοι μέσοι όροι θερμοκρασίας και ηλιακής ακτινοβολίας αποδίδονται στο παρακάτω διάγραμμα (Εικ.5.9). Ο άξονας y στα αριστερά είναι η θερμοκρασία και ο άξονας y στη δεξιά πλευρά είναι η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας ανά m^2 στην περιοχή.

Απεικονίζονται οι ημερήσιοι μέσοι όροι θερμοκρασίας ξηρού βολβού ετησίως (Temperature - Dry Bulb), οι ημερήσιοι μέσοι όροι θερμοκρασίας υγρού βολβού ετησίως (Temperature - Wet Bulb), η διάχυτη ακτινοβολία (Diffuse Solar) και η άμεση ακτινοβολία (Direct Solar)



Εικ. 5.9 Ετήσιοι μέσοι όροι θερμοκρασίας και ακτινοβολίας (Revit)

Οι ετήσιες διακυμάνσεις σχετικής υγρασίας απεικονίζονται στο διάγραμμα της Εικ.5.10.

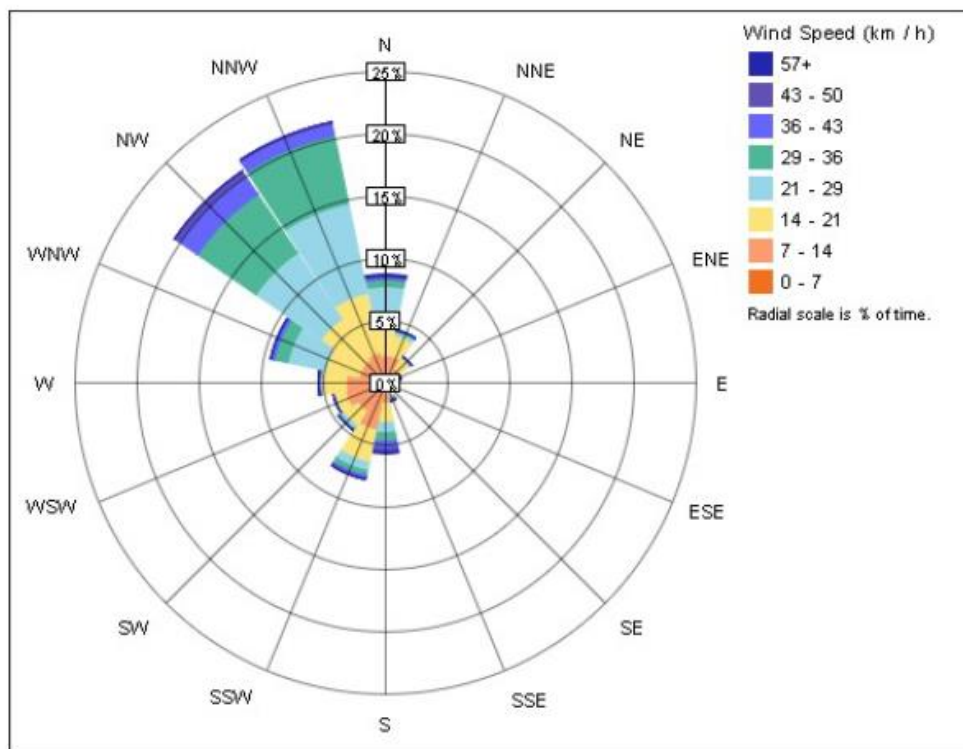


Εικ. 5.10 Ετήσιες διακυμάνσεις σχετικής υγρασία (Revit)

Σχετική υγρασία είναι η ποσότητα των υδρατμών που υπάρχει στο αέριο μείγμα του αέρα. Επειδή η υγρασία ποικίλει πολύ κατά τη διάρκεια της κάθε μέρας και συνήθως είναι υψηλότερη το πρωί, το γράφημα δείχνει τους μέσους όρους το πρωί και το απόγευμα. Το μέσο ημερήσιο εύρος είναι η διαφορά ανάμεσα στους μέσους όρους της ημερήσιας μέγιστης και ελάχιστης τιμής για το μήνα. Η πλήρης διακύμανση είναι μια καταγραφή της απόλυτης μέγιστης και ελάχιστης σχετικής υγρασίας για το μήνα.

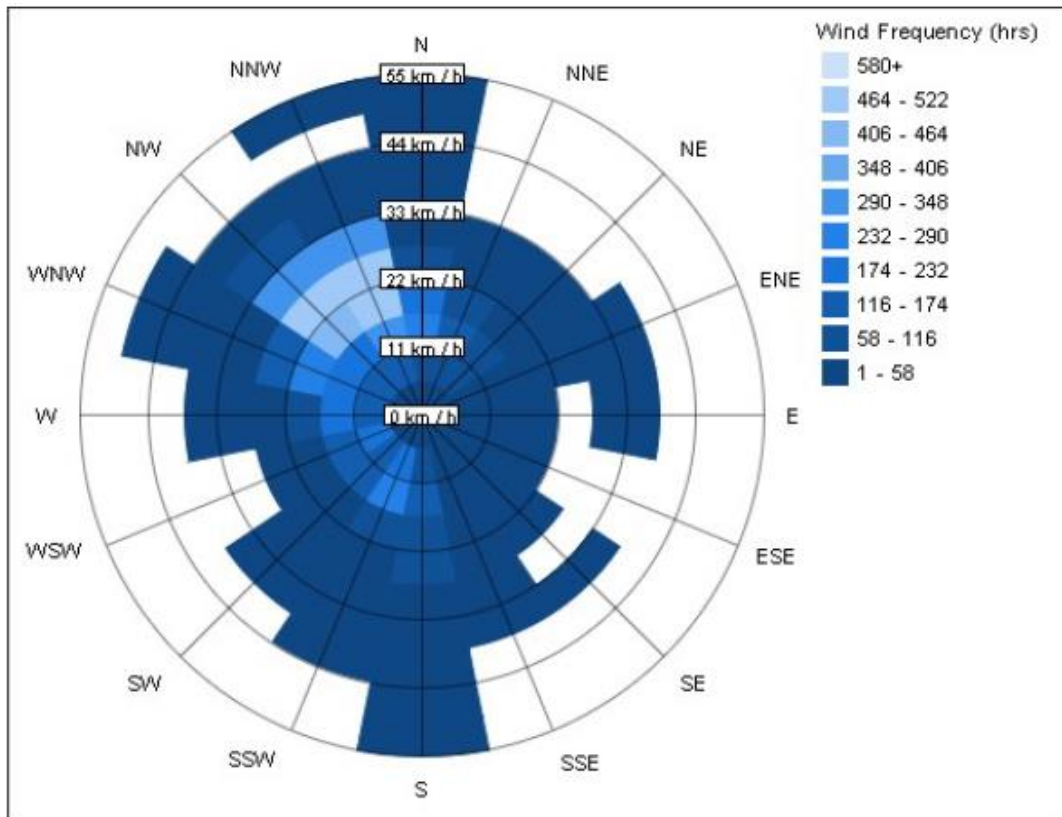
Ένα ροδόγραμμα απεικονίζει γραφικά τα δεδομένα του μέτρου της ταχύτητας και της κατεύθυνσης του ανέμου για την τοποθεσία του κτιρίου. Αποτελείται από 16 κύριες διευθύνσεις. Με τη μελέτη του επικρατέστερου ανέμου το καλοκαίρι σε ένα τόπο με ήπιο κλίμα ο μελετητής μπορεί να διευκολυνθεί στην τοποθέτηση των παραθύρων για φυσικό αερισμό. Επίσης με τη μελέτη του επικρατέστερου ανέμου ετησίως, μπορεί να εντοπίσει τις καταλληλότερες θέσεις για τοποθέτηση ανεμογεννητριών, αλλά και να θωρακίσει το κτίριο από τους κρύους χειμερινούς ανέμους. Επίσης το ροδόγραμμα σε συνδυασμό με την ηλιακή ακτινοβολία και τα κλιματολογικά δεδομένα είναι σημαντικά για να καθοριστεί η καταλληλότερη χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο.

Στο παρακάτω ροδόγραμμα (Εικ. 5.11) απεικονίζεται η συχνότητα και η ταχύτητα του ανέμου που πνέει από κάθε κατεύθυνση στο Ηράκλειο. Καθώς κινούμαστε προς τα έξω στην ακτινωτή κλίμακα, αυξάνεται η συχνότητα που σχετίζεται με τον άνεμο που προέρχεται από αυτή την κατεύθυνση. Κάθε ακτίνα χωρίζεται με χρώματα σε διάφορα πεδία ταχύτητας ανέμου. Το μήκος κάθε ακτίνας γύρω από τον κύκλο είναι το ποσοστό του χρόνου που ο άνεμος φυσάει από αυτή την κατεύθυνση.



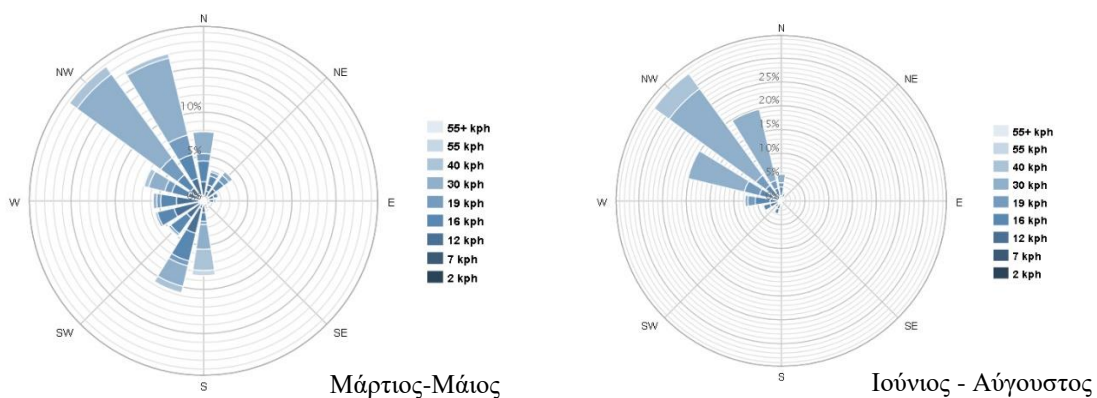
Εικ. 5.11 Ροδόγραμμα ετήσιας κατανομής ταχύτητας ανέμου (Revit)

Το επόμενο ροδόγραμμα (Εικ.5.12) απεικονίζει πάλι όπως πριν τα ίδια δεδομένα κατανομής ταχύτητας ανέμου, εκτός του ότι εδώ η ακτινωτή κλίμακα απεικονίζει την ταχύτητα ανέμου και όχι το ποσοστό του χρόνου. Επίσης τα μπλε τμήματα σε κάθε ακτίνα απεικονίζουν ώρες και όχι ταχύτητα ανέμου.



Εικ. 5.12 Ροδόγραμμα ετήσιας κατανομής συχνότητας ανέμου (Revit)

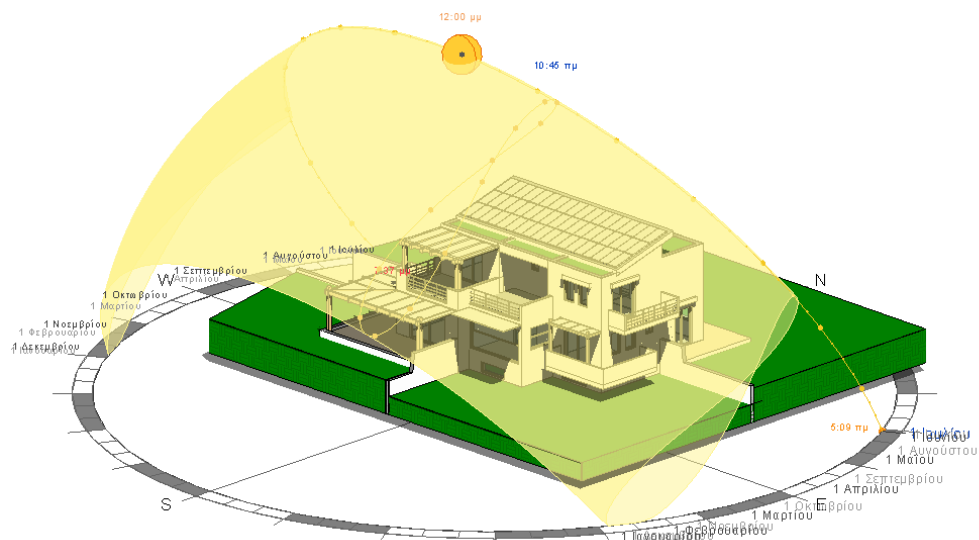
Επίσης παρέχονται ροδογράμματα ανά εποχή αλλά και για κάθε μήνα του έτους, που δείχνουν την κατανομή της ταχύτητας ή της συχνότητας του ανέμου (Εικ. 5.13, 5.14, 5.15).



Εικ. 5.13 Ροδογράμματα κατανομής ταχύτητας ανέμου ανά εποχή (άνοιξη-καλοκαίρι)(GBS)

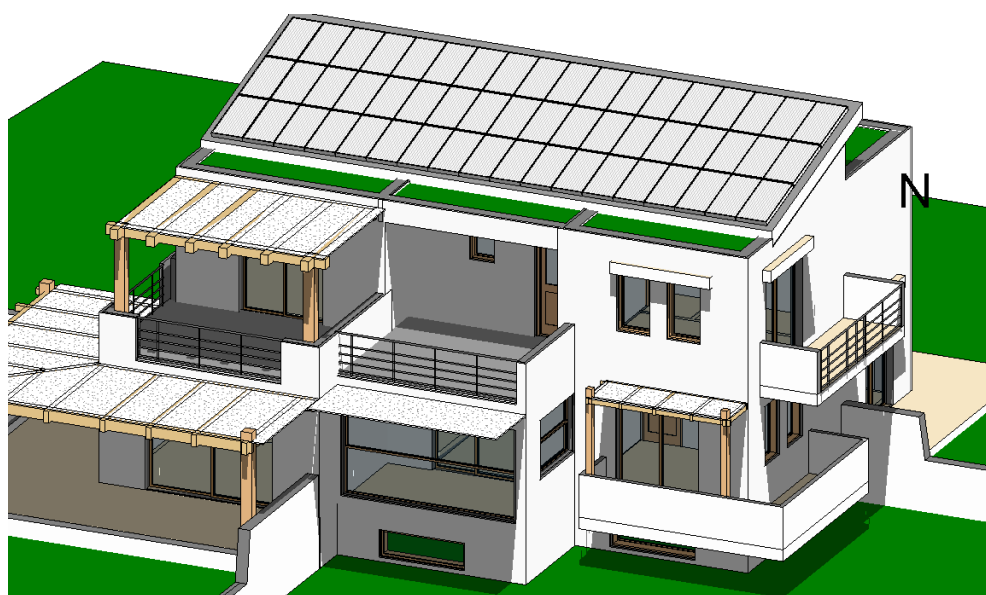
5.1.3.2 Ηλιασμός – Σκίαση

Η οπτική αναπαράσταση της πορείας του ήλιου και του εύρους της κίνησης του στον ουρανό στην γεωγραφική τοποθεσία που βρίσκεται το κτίριο καθώς και οι σκιάσεις που δημιουργεί μας δίνουν πληροφορίες για την ορθότερη εκμετάλλευση ή την αποφυγή της ηλιακής ακτινοβολίας. Στην επόμενη εικόνα (Εικ. 5.16) απεικονίζεται το κτίριο με τον πραγματικό του προσανατολισμό και η πορεία του ήλιου από την ανατολή στη δύση ετησίως.



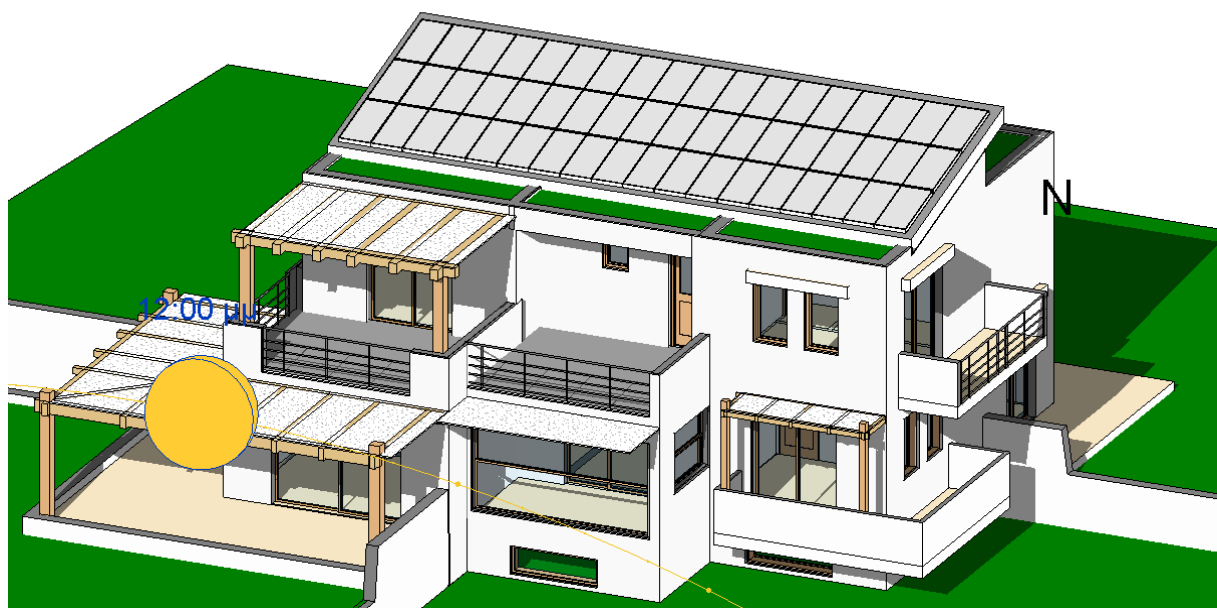
Εικ. 5.16 Ετήσια ηλιακή τροχιά

Από την ετήσια τροχιά του ήλιου έγινε επιλογή, για έλεγχο των σκιάσεων, των ηλιοστασίων δηλαδή η 21^η Ιουνίου (θερινό ηλιοστάσιο- μεγαλύτερη ημέρα έτους) και η 21^η Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο- μικρότερη ημέρα έτους) στις 12:00 το μεσημέρι, τις μέρες και ώρες που ο ήλιος βρίσκεται ετησίως στο ψηλότερο και στο χαμηλότερο σημείο του ουρανού αντίστοιχα, όπως εμφανίζεται σε εμάς πάνω στην επιφάνεια της Γης. Παρατηρώντας τις σκιάσεις στις 21/6 (Εικ. 5.17) βλέπουμε ότι όλοι οι χώροι στο νότο, έχουν επαρκή σκίαση.



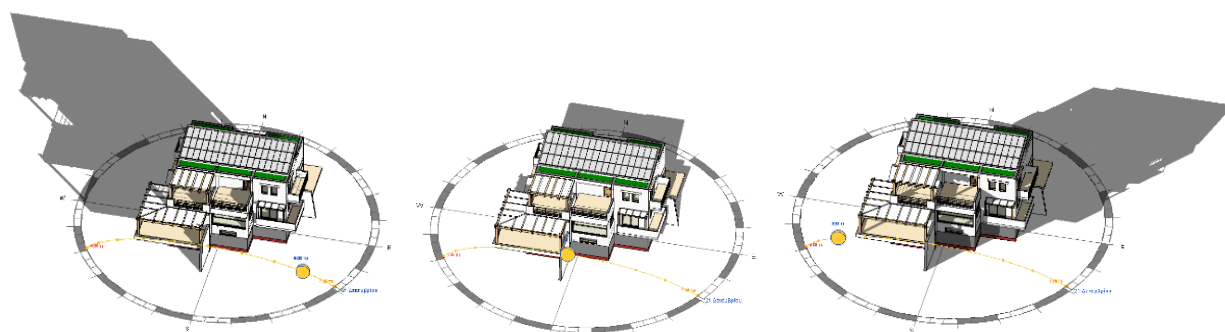
Εικ. 5.17 Σκιάσεις κατά το εαρινό ηλιοστάσιο (21/6) το μεσημέρι

Στις 21/12 (Εικ. 5.18) που ήλιος βρίσκεται χαμηλά, δεν επηρεάζεται από τα σκιάστρα και εισέρχεται στο εσωτερικό του σπιτιού.



Εικ. 5.18 Σκιάσεις κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο (21/12) το μεσημέρι

Παρατηρώντας τις σκιάσεις την ίδια μέρα (21/12) στις 9:00 πμ, στις 12:00 μ.μ. και στις 15:00 μ.μ. (Εικ. 5.19) βλέπουμε πόσο έντονα επιδρούν οι σκιάσεις στο χώρο γύρω από το κτίριο (πχ για ενδεχόμενη τοποθέτηση φωτοβολταϊκών).



Εικ. 5.19 Σκιάσεις στις 9:00π.μ., στις 12:00 μ.μ. και στις 15:00 μ.μ. κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο.

5.1.3.3 Ανάλυση ψύξης - θέρμανσης

Στη συνέχεια παρατίθεται συγκεντρωτικά η ανάλυση ψύξης – θέρμανσης όπως υπολογίζεται από το Revit.

Πίνακας 5.13 Ανάλυση ψύξης θέρμανσης -Συγκεντρωτικά για την κατοικία

Δεδομένα	
Τύπος κτιρίου	Μονοκατοικία (Διάφορη κατοικία με υπόγειο)
Τοποθεσία	Ηράκλειο (Α ζώνη)
Θερμοκρασία ξηρού βολβού (θερινή περίοδος)	28 °C
Θερμοκρασία υγρού βολβού (θερινή περίοδος)	23 °C
Θερμοκρασία ξηρού βολβού (χειμερινή περίοδος)	7 °C
Μέση ημερήσια διακύμανση θερμοκρασίας	4 °C
Εμβαδόν (m ²)	216,59
Όγκος (m ³)	651,24
Αποτελέσματα	
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	15.375
Μήνας & ώρα φορτίου αιχμής ψύξης	Αύγουστος 4:00 μμ.
Αισθητό φορτίο αιχμής ψύξης (W)	13.264
Λανθάνον φορτίο αιχμής ψύξης (W)	2.111
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	9.598
Φορτία ανά μονάδα επιφάνειας	
Ψυκτικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	70,99
Θερμικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	44,31

Το μέγιστο συνολικό φορτίο ψύξης για την κατοικία είναι 15.375 W (απαιτείται τον Αύγουστο). Αντίστοιχα το μέγιστο φορτίο θέρμανσης είναι 9.598 W.

Πιο συγκεκριμένα για κάθε επίπεδο, δηλαδή για το ισόγειο και τον όροφο (εκτός το κλιμακοστάσιο που είναι κοινό για τα δύο επίπεδα και παρουσιάζεται στον πίνακα 5.16), υπολογίζονται τα παρακάτω:

Πίνακας 5.14 Ανάλυση ψύξης -θέρμανσης – Ισόγειο

Δεδομένα	
Εμβαδόν (m ²)	112.89
Όγκος (m ³)	305.92
Αποτελέσματα	
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	8.090
Αισθητό φορτίο αιχμής ψύξης (W)	7.098
Λανθάνον φορτίο αιχμής ψύξης (W)	992
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	3.823
Φορτία ανά μονάδα επιφάνειας	
Ψυκτικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	71,66
Θερμικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	33,87

Πίνακας 5.15 Ανάλυση ψύξης -θέρμανσης – Α' Όροφος

Δεδομένα	
Εμβαδόν (m ²)	89,04
Όγκος (m ³)	274,08
Αποτελέσματα	
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	6.844
Αισθητό φορτίο αιχμής ψύξης (W)	5.916
Λανθάνον φορτίο αιχμής ψύξης (W)	927
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	4.656
Φορτία ανά μονάδα επιφάνειας	
Ψυκτικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	76,86
Θερμικό φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας (W/m ²)	52,29

Για κάθε δωμάτιο γίνονται υπολογισμοί και προκύπτουν τα μέγιστα φορτία ψύξης και θέρμανσης για κάθε χώρο.

Πίνακας 5.16 Ανάλυση ψύξης -θέρμανσης ανά δωμάτιο (space)

Ισόγειο						
Ονομασία χώρου	Εμβαδόν (m²)	Όγκος (m³)	Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	Ροή αέρα-ψύξη (L/s)	Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	Ροή αέρα - θέρμανση (L/s)
Κουζίνα	15,52	42,37	755	38,5	667	38,5
Σαλόνι τραπεζαρία	68,08	185,86	4.837	283	1.227	79,5
Ξενώνας	12,80	34,94	1.196	47,5	535	31
Λουτρό	4,77	13,02	287	12	128	7,8
Γραφείο	11,72	32,00	681	38,2	611	34,6
Α όροφος						
Ονομασία χώρου	Εμβαδόν (m²)	Όγκος (m³)	Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	Ροή αέρα-ψύξη (L/s)	Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	Ροή αέρα - θέρμανση (L/s)
Παιδικό 1	16,29	45,24	1.001	50,8	851	48,3
Λουτρό1	3,8	13,99	341	18,6	174	10
Παιδικό2	17,87	56,12	2.080	120,4	876	50,1
Λουτρό2	3,49	11,7	374	15,9	161	9,3
Διάδρομος	16,08	51,43	530	30	449	27,2
Λουτρό3	4,51	12,09	266	13	223	12,7
Βεστιάριο	6,93	18,59	592	32,2	492	27,4
Μεγ Υπνοδωμάτιο	20,07	64,91	1.606	68,2	843	48,8
Κλιμακοστάσιο						
Ονομασία χώρου	Εμβαδόν (m²)	Όγκος (m³)	Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	Ροή αέρα-ψύξη (L/s)	Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	Ροή αέρα - θέρμανση (L/s)
Κλιμακοστάσιο	14,65	71,24	479	15,6	1.118	54,1

Ενδεικτικά παρατίθενται αναλυτικά οι υπολογισμοί για το σαλόνι (ισόγειο) και το παιδικό 1 (α' όροφος-προσανατολισμός βόρεια και δυτικά).

Πίνακας 5.17 Παιδικό 1- Ανάλυση ψύξης- θέρμανσης

Δεδομένα	
Εμβαδόν (m ²)	16,29
Όγκος (m ³)	45,24
Επιφάνεια τοιχοποιίας (m ²)	24,10
Επιφάνεια δώματος / στέγης (m ²)	16,20
Επιφάνεια θυρών (m ²)	8,76
Επιφάνεια παραθύρων (m ²)	2,24
Ισχύς φωτισμού (W)	104
Ισχύς ηλεκτρικών συσκευών (W)	33
Αριθμός χρηστών	1
Αισθητό φορτίο θέρμανσης / Άτομο (W)	30
Λανθάνον φορτίο θέρμανσης / Άτομο (W)	30
Ροή αέρα από αθέλητο αερισμό (L/s)	4,7
Τύπος χώρου (space)	«Single Family»
Αποτελέσματα	
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	1.001
Μήνας & ώρα φορτίου αιχμής ψύξης	Ιούνιος 5:00 μ.μ.
Αισθητό φορτίο αιχμής ψύξης (W)	935
Λανθάνον φορτίο αιχμής ψύξης (W)	66
Μέγιστη ροή αέρα ψύξης (L/s)	50,8
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	851
Μέγιστη ροή αέρα θέρμανσης (L/s)	48,3

Πίνακας 5.17 (συνέχεια) Παιδικό 1- Ανάλυση ψύξης- θέρμανσης

Στοιχεία ψύξης	Σύνολο (W)	Ποσοστό (%)	Βορράς (W)	Νότος (W)	Ανατολή (W)	Δύση (W)
Τοιχοποιία	309	30,84	130	1	57	120
Παράθυρα	244	24,40	244	0	0	0
Θύρες	204	20,36	0	0	0	204
Δώμα /Στέγη	121	12,10	-	-	-	-
Αθέλητος αερισμός	56	5,62	-	-	-	-
Φωτισμός	32	3,23	-	-	-	-
Ηλεκτρικές συσκευές	10	1,01	-	-	-	-
Χρήστες	24	2,44	-	-	-	-
Σύνολο	1.001	100	375	1	57	324
Στοιχεία θέρμανσης	Σύνολο (W)	Ποσοστό	Βορράς (W)	Νότος (W)	Ανατολή (W)	Δύση (W)
Τοιχοποιία	484	49,13	307	5	60	112
Παράθυρα	75	7,58	75	0	0	0
Θύρες	189	19,23	0	0	0	189
Δώμα /Στέγη	98	9,95	-	-	-	-
Αθέλητος αερισμός	72	7,29	-	-	-	-
Φωτισμός	-33	-3,32	-	-	-	-
Ηλεκτρικές συσκευές	-10	-1,04	-	-	-	-
Χρήστες	-24	-2,47	-	-	-	-
Σύνολο	851	100	382	5	60	301

Πίνακας 5.18 Σαλόνι Τραπεζαρία- Ανάλυση ψύξης-θέρμανσης

Δεδομένα	
Εμβαδόν (m ²)	68,08
Όγκος (m ³)	185,86
Επιφάνεια τοιχοποιίας (m ²)	48,97
Επιφάνεια δώματος / στέγης (m ²)	22,39
Επιφάνεια θυρών (m ²)	27,64
Επιφάνεια χωρισμάτων (m ²)	80,97
Επιφάνεια παραθύρων (m ²)	7,8
Ισχύς φωτισμού (W)	438
Ισχύς ηλεκτρικών συσκευών (W)	137
Αριθμός χρηστών	4
Αισθητό φορτίο θέρμανσης / Άτομο (W)	30
Λανθάνον φορτίο θέρμανσης / Άτομο (W)	30
Ροή αέρα από αθέλητο αερισμό (L/s)	9,5
Τύπος χώρου (space)	«Single Family»
Αποτελέσματα	
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	4.837
Μήνας & ώρα φορτίου αιχμής ψύξης	Αύγουστος 4:00 μ.μ.
Αισθητό φορτίο αιχμής ψύξης (W)	4,67
Λανθάνον φορτίο αιχμής ψύξης (W)	167
Μέγιστη ροή αέρα -ψύξης (L/s)	283
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	1.227
Μέγιστη ροή αέρα θέρμανσης (L/s)	79,5

Πίνακας 5.18 (συνέχεια) Σαλόι Τραπεζαρία- Ανάλυση ψύξης-θέρμανσης

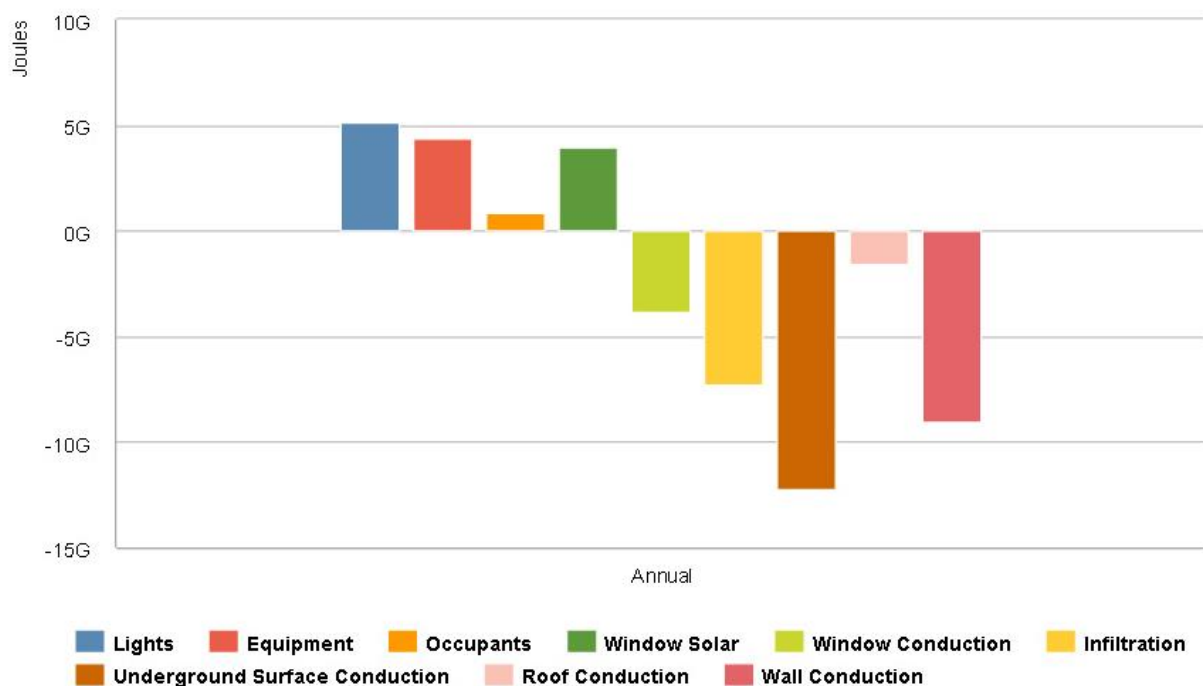
Στοιχεία ψύξης	Σύνολο (W)	Ποσοστό (%)	Βορράς (W)	Νότος (W)	Ανατολή (W)	Δύση (W)
Τοιχοποιία	662	13,70	38	182	95	347
Παράθυρα	3.557	73,54	6	0	0	3.551
Θύρες	411	8,49	50	356	4	0
Δώμα /Στέγη	163	3,37	-	-	-	-
Χωρίσματα	-380	-7,85	-	-	-	-
Αθέλητος αερισμός	142	2,94	-	-	-	-
Φωτισμός	137	2,83	-	-	-	-
Ηλεκτρικές συσκευές	43	0,89	-	-	-	-
Χρήστες	102	2,11	-	-	-	-
Σύνολο	4.837	100	95	538	99	3,898
Στοιχεία θέρμανσης	Σύνολο (W)	Ποσοστό	Βορράς (W)	Νότος (W)	Ανατολή (W)	Δύση (W)
Τοιχοποιία	746	35,41%	105	155	85	401
Παράθυρα	223	10,59%	3	0	0	220
Θύρες	411	19,51%	118	289	4	0
Δώμα /Στέγη	141	6,69%	-	-	-	-
Χωρίσματα	-158	-7,5%	-	-	-	-
Αθέλητος αερισμός	146	6,93%	-	-	-	-
Φωτισμός	-137	-6,51%	-	-	-	-
Ηλεκτρικές συσκευές	-43	-2,03%	-	-	-	-
Χρήστες	-102	-4,84%	-	-	-	-
Σύνολο	1.227	100%	226	444	89	621

5.1.3.4 Θερμικά και ψυκτικά φορτία

Ετήσια θερμικά και ψυκτικά φορτία -Annual heating & Cooling loads

Τα διαγράμματα που απεικονίζουν τα θερμικά και ψυκτικά φορτία ετησίως, μας δίνουν πληροφορίες για τα κρίσιμα σημεία στην απόδοση του κτιρίου. Κάθε μπάρα στο διάγραμμα παρουσιάζει πόσο σημαντικό είναι το χαρακτηριστικό του κτιρίου που αντιπροσωπεύει, για την αποδοτικότητα του κτιρίου.

Χαρακτηριστικά με μεγάλη δυνατότητα για μείωση και συνεπώς για εξοικονόμηση ενέργειας είναι όσα έχουν μεγάλο μήκος μπάρας, σύμφωνα με την προσομοίωση που έχει γίνει. Αλλάζοντας τα χαρακτηριστικά που έχουν μεγάλες τιμές στο διάγραμμα θετικές ή αρνητικές, θα έχουμε μεγάλη επίδραση στη χρήση / εξοικονόμηση ενέργειας στο κτίριο. Οι μικρότερες μπάρες επιδρούν λιγότερο στη χρήση ενέργειας. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του διαγράμματος μπορούμε να εστιάσουμε στα χαρακτηριστικά του κτιρίου που απαιτούν βελτίωση ώστε το κτίριο μας να είναι αποδοτικότερο ενεργειακά.

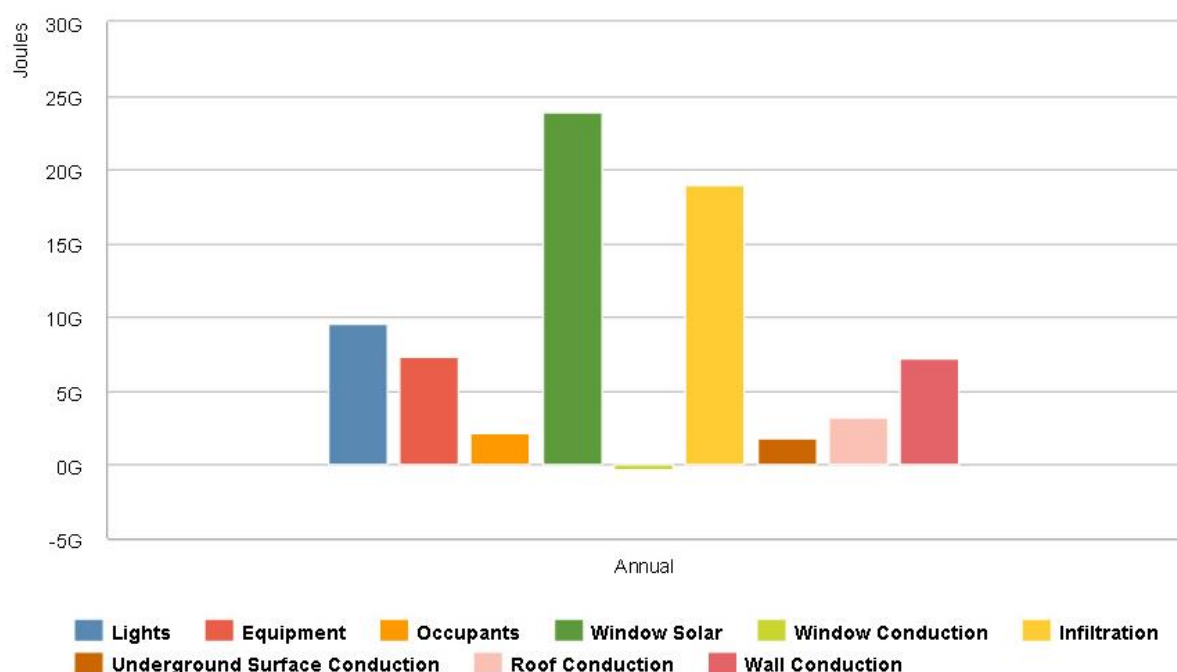


Εικ. 5.20 Ετήσια θερμικά φορτία

Στο διάγραμμα θερμικών φορτίων (Εικ. 5.20) απεικονίζεται το ποσό θερμικής ενέργειας που πρέπει να προστεθεί στο χώρο από τον HVAC εξοπλισμό για να διατηρηθεί η θερμοκρασία στα αποδεκτά προκαθορισμένα όρια. Κάθε χαρακτηριστικό του κτιρίου (π.χ. φώτα, παράθυρα κ.λπ.) που συνεισφέρει στα θερμικά φορτία του κτιρίου εμφανίζεται με θετική τιμή στο διάγραμμα, ενώ κάθε χαρακτηριστικό που οδηγεί σε απώλεια θερμότητας του κτιρίου εμφανίζεται με αρνητική τιμή. Έτσι από το παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε ότι τα φώτα, ο ηλεκτρικός

εξοπλισμός, οι χρήστες και τα παράθυρα (λόγω ηλιακής ακτινοβολίας) συνεισφέρουν θετικά στα φορτία θέρμανσης του κτιρίου. Όμως από τα παράθυρα έχουμε και απώλειες θερμότητας λόγω αγωγής / συναγωγής. Απώλειες επίσης έχουμε λόγω αθέλητου αερισμού, καθώς και από τις επιφάνειες κάτω από το έδαφος, από τη στέγη και τους τοίχους. Μεγαλύτερες απώλειες έχουμε από τις υπόγειες επιφάνειες, πράγμα που σημαίνει ότι η μόνωση που έχουμε στο υπόγειο δεν επαρκεί. Επιπλέον οι τοίχοι μπορούν να ενισχυθούν με περισσότερη μόνωση για να μειωθούν οι απώλειες. Τέλος ειδική μέριμνα απαιτείται για τις απώλειες λόγω αθέλητου αερισμού.

Στο διάγραμμα ψυκτικών φορτίων (Εικ.5.21) απεικονίζεται το ποσό ενέργειας που πρέπει να αφαιρεθεί από το χώρο από τον HVAC εξοπλισμό για να διατηρηθεί η θερμοκρασία στα αποδεκτά προκαθορισμένα επίπεδα.



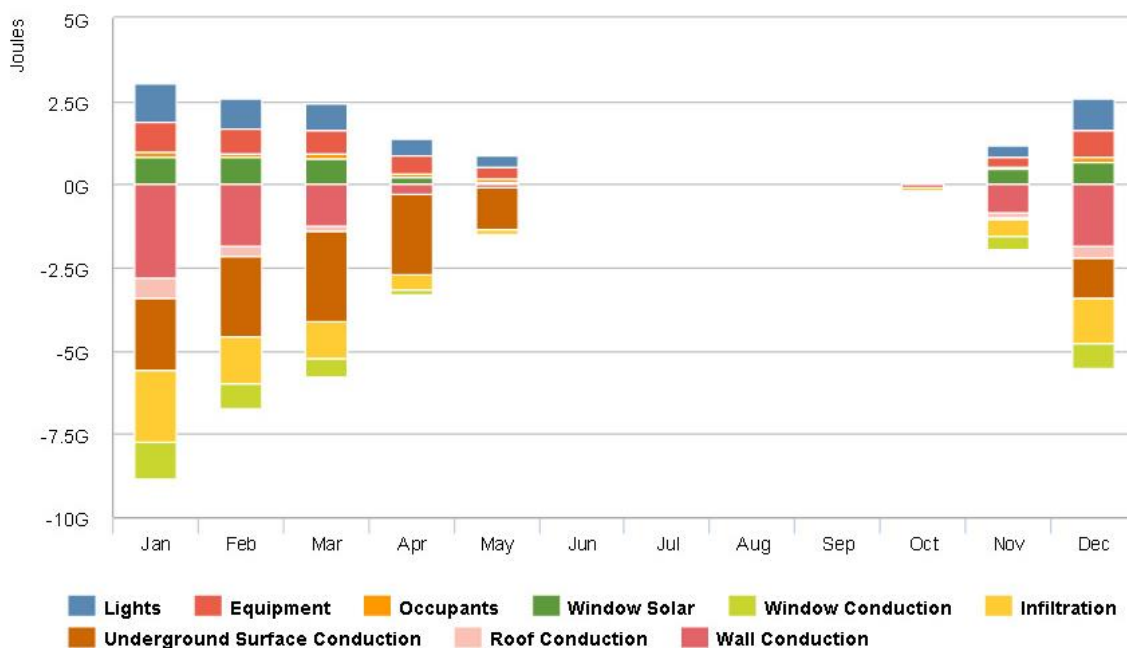
Εικ. 5.21 Ετήσια ψυκτικά φορτία

Λειτουργεί όπως ακριβώς το διάγραμμα θερμικών φορτίων. Κάθε χαρακτηριστικό του κτιρίου (π.χ. φώτα, παράθυρα κ.λπ.) που συνεισφέρει στα θερμικά φορτία του κτιρίου εμφανίζεται με θετική τιμή στο διάγραμμα και αντιπροσωπεύει τις απαιτήσεις για ψύξη που πρέπει να πληρούνται από το σύστημα ψύξης ώστε να διατηρηθούν οι συνθήκες άνεσης. Τα αρνητικά είναι απώλειες θερμότητας που συμψηφίζονται με τα φορτία ψύξης. Για παράδειγμα, η αγωγιμότητα μέσα από ένα κλειστό παράθυρο μπορεί να παρέχει κάποια ψύξη στο κτίριο το βράδυ, εάν η θερμοκρασία είναι αρκετά χαμηλή. Στο διάγραμμα των ψυκτικών φορτίων βλέπουμε ότι όλα σχεδόν τα χαρακτηριστικά συνεισφέρουν με θετικά φορτία και θα πρέπει να αφαιρεθούν. Μεγαλύτερα κέρδη έχουμε από τα παράθυρα, πράγμα αναμενόμενο λόγω του πλήθους των παραθύρων στο κτίριο. Βελτίωση των χαρακτηριστικών των παραθύρων, δηλαδή του συντελεστή

θερμοπερατότητας τους (U_{v-w}) και του συντελεστή ηλιακού κέρδους (SHGC)¹³, μπορεί να συνεισφέρει θετικά στην αποδοτικότητα του κτιρίου. Δεν πρέπει να παραβλέψουμε το γεγονός ότι ο ηλιακός χώρος που έχουμε στο νότο στην προσομοίωση φαίνεται ότι το καλοκαίρι συνεισφέρει στα θερμικά φορτία θετικά, όμως στην πράξη το καλοκαίρι αποσπάται από το κτίριο (μένουν μόνιμα ανοικτά τα παράθυρα). Αυτή η λειτουργία δεν βρέθηκε δυνατότητα να προσομοιωθεί στο Revit 2016.

Μηνιαία θερμικά και ψυκτικά φορτία – Monthly heating & cooling loads

Παρόμοια διαγράμματα που απεικονίζουν τα θερμικά και ψυκτικά φορτία μηνιαίως περιλαμβάνονται στην ανάλυση. Τα μηνιαία θερμικά φορτία του κτιρίου απεικονίζονται αθροιστικά στο επόμενο διάγραμμα (Εικ.5.22).



Εικ. 5.22 Μηνιαία θερμικά φορτία

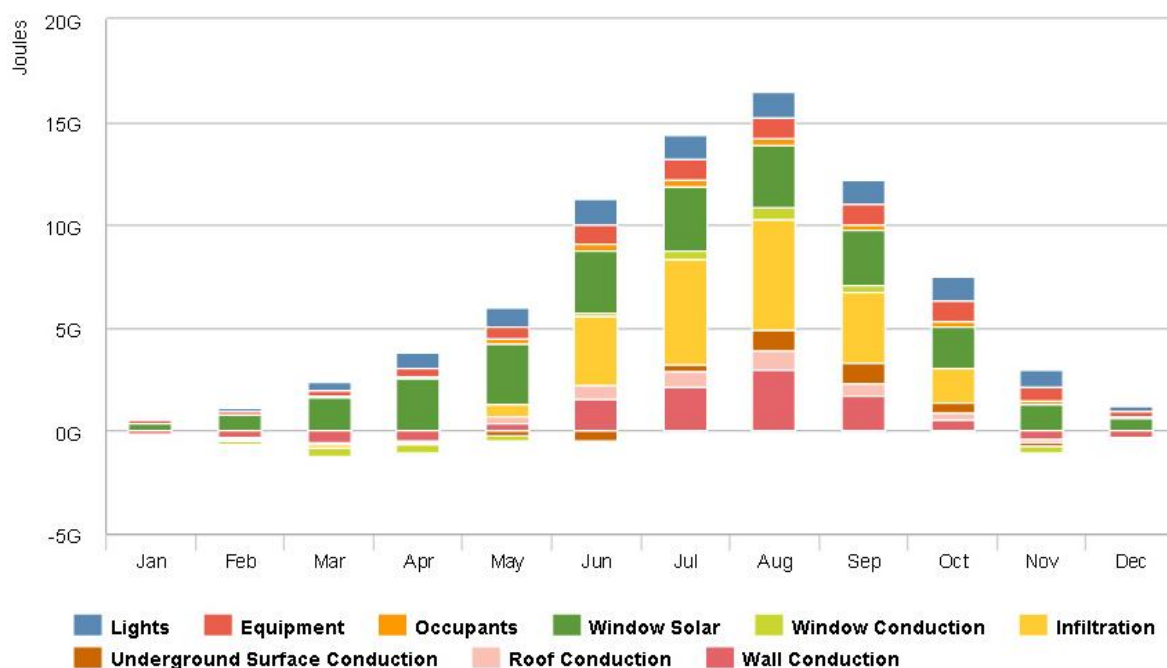
Στον επόμενο πίνακα (Πίν.5.19) δίνονται αναλυτικά για κάθε μήνα, αλλά και ετησίως τα θερμικά φορτία της κατοικίας. Κάθε χαρακτηριστικό του κτιρίου (π.χ. φώτα, ηλεκτρικές συσκευές, χρήστες, ηλιακή ακτινοβολία από παράθυρα) που συνεισφέρει στα θερμικά φορτία του κτιρίου εμφανίζεται με θετική τιμή στον διάγραμμα (Εικ. 5.22) και στον πίνακα (Πίν. 5.19), ενώ κάθε χαρακτηριστικό που οδηγεί σε απώλεια θερμότητας του κτιρίου εμφανίζεται αντίστοιχα με αρνητική τιμή.

¹³ Ο συντελεστής ηλιακού κέρδους (SHGC-Solar Heating Gain Coefficient) εκφράζει την ικανότητα του γυαλιού, να αποκόπτεται τα θερμικά κέρδη, από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Παίρνει τιμές ανάμεσα στο 0 και το 1. Όσο χαμηλότερη είναι η τιμή του συντελεστή ηλιακού κέρδους, τόσο καλύτερα μονωμένο είναι το τζάμι, έναντι στη θερμική ακτινοβολία.

Πίνακας 5.19 Μηνιαία – Ετήσια θερμικά φορτία (kWh)

	Φωτισμός	Ηλεκτρικές συσκευές	Χρήστες	Ηλιακή ακτινοβολία από ανοίγματα	Αγωγιμότητα από ανοίγματα	Αθόλιτος αερισμός	Αγωγιμότητα από υπόγειες επιφανείες	Αγωγιμότητα από στέγη/ δώμα	Αγωγιμότητα από τοιχοποιία	Σύνολο
Ιαν.	314	251	47	231	-311	-604	-598	-163	-780	-1.613
Φεβ.	252	208	39	224	-216	-380	-675	-90	-508	-1.146
Μάρ.	225	199	39	220	-154	-304	-760	-42	-340	-917
Απρ.	140	149	29	64	-37	-134	-664	-1	-85	-539
Μάιος	94	105	21	23	-12	-47	-345	1	-23	-183
Ιουν.	0	1	0	0	0	0	-2	0	0	-1
Ιουλ.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Αύγ.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σεπτ.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Οκτ.	15	9	2	17	-12	-22	0	-2	-23	-16
Νοέμ.	110	78	18	126	-110	-143	-20	-35	-234	-210
Δεκ.	268	213	42	191	-216	-381	-326	-99	-514	-822
Σύνολα	1.417	1.212	236	1.095	-1.068	-2.015	-3.389	-430	-2.505	-5.447

Τα μηνιαία ψυκτικά φορτία του κτιρίου απεικονίζονται αθροιστικά στο επόμενο διάγραμμα (Εικ.5.23).



Εικ. 5.23 Μηνιαία ψυκτικά φορτία

Στο παραπάνω διάγραμμα, το μεγαλύτερο αθροιστικό φορτίο ψύξης απαιτείται τον Αύγουστο, με το μεγαλύτερο φορτίο που πρέπει να αντισταθμιστεί να είναι αυτό από αθέλητο αερισμό. Τα κέρδη θερμότητας μέσω των τοίχων είναι μικρά συγκριτικά.

Στον επόμενο πίνακα 5.20 δίνονται αναλυτικά για κάθε μήνα, αλλά και ετησίως τα ψυκτικά φορτία της κατοικίας.

Κάθε χαρακτηριστικό του κτιρίου που έχει σαν αποτέλεσμα την απώλεια θερμότητας του κατά την περίοδο της ψύξης, εμφανίζεται με αρνητική τιμή και συμψηφίζεται με τα φορτία ψύξης του HVAC εξοπλισμού, ώστε να διατηρηθεί η θερμοκρασία της κατοικίας στα αποδεκτά προκαθορισμένα επίπεδα. Έτσι οι απώλειες λόγω αγωγιμότητας από τα παράθυρα, τους τοίχους και τα δάπεδα, συνεισφέρουν στην ψύξη του κτιρίου το βράδυ, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι αρκετά χαμηλή.

Όσα χαρακτηριστικά του κτιρίου (φωτισμός, ηλεκτρικές συσκευές, χρήστες, ηλιακή ακτινοβολία από ανοίγματα) εμφανίζονται με θετική τιμή, ουσιαστικά πρέπει να αφαιρεθούν από το σύστημα HVAC κατά την ψύξη.

Πίνακας 5.20 Μηνιαία – Ετήσια ψυκτικά φορτία (kWh)

	Φωτισμός	Ηλεκτρικές συσκευές	Χρήστες	Ηλιακή ακτινοβολία από ανοίγματα	Αγωγιμότητα από ανοίγματα	Αθέλητος αερισμός	Αγωγιμότητα από υπόγειες επιφάνειες	Αγωγιμότητα από στέγη/ δώμα	Αγωγιμότητα από τοιχοποιία	Σύνολο
Ιαν.	32	24	5	109	-23	-14	-4	-18	-41	69
Φεβ.	61	41	9	213	-49	-31	-1	-24	-80	139
Μάρ.	122	76	19	450	-98	-65	-2	-21	-145	335
Απρ.	195	118	34	681	-130	-31	-6	19	-137	742
Μάιος	253	171	51	822	-69	169	-69	101	93	1.521
Ιούν.	335	266	84	842	55	922	-129	181	439	2.994
Ιούλ.	346	275	87	870	113	1411	108	203	591	4.005
Αύγ.	346	275	87	840	180	1489	262	263	827	4.570
Σεπτ.	335	266	84	751	73	966	268	168	482	3.393
Οκτ.	331	266	83	553	-23	463	154	72	159	2.059
Νοέμ.	226	188	52	342	-79	20	-59	-27	-117	546
Δεκ.	79	62	13	180	-44	-19	-25	-25	-74	145
Σύνολο	2.662	2.028	608	6.652	-97	5.280	497	892	1.997	20.519

5.1.3.5 Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας

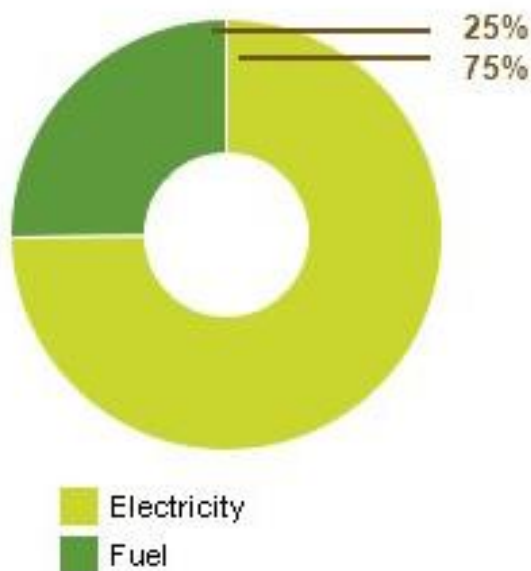
Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας (m^2) – *Energy Use Intensity (EUI)*

Η ανάλυση μας δίνει πληροφορίες για την εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας. Είναι πολύ χρήσιμη εκτίμηση για συγκρίσεις κτιρίων διαφορετικού μεγέθους.

Πίνακας 5.21 Ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας

	(MJ/m ²)/year	(kWh /m ²)/year
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας (Electricity EUI)	331	92
Ενέργεια από κατανάλωση καυσίμων ανά μονάδα επιφάνειας (Fuel EUI)	111	30,8
Συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας (Total EUI)	442	122,8

Ετήσια κατανάλωση ενέργειας και κόστος της -*Annual Energy Use/Cost*



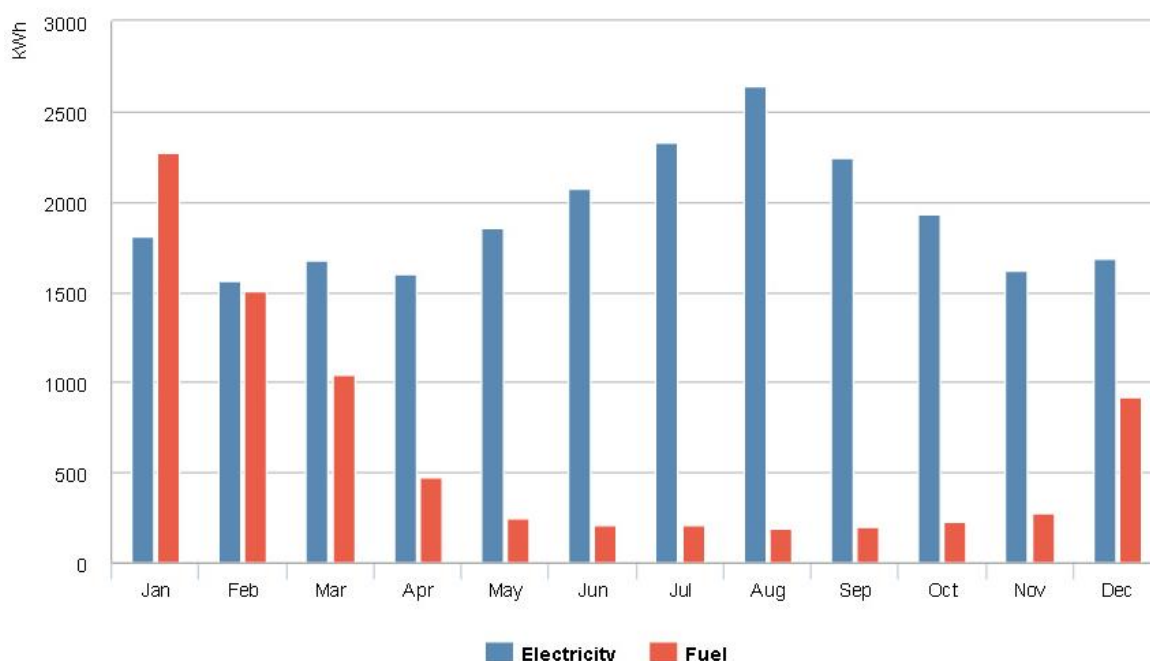
Εικ. 5.24 Ετήσια κατανάλωση ενέργειας

Το παραπάνω γράφημα (Εικ. 5.24) καθώς και ο επόμενος πίνακας (Πίν. 5.22) απεικονίζουν την ετήσια κατανάλωση ενέργειας και το ετήσιο κόστος της συνεκτιμώντας την ετήσια κατανάλωση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα με την ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται από το κτίριο. Τα ποσοστά βασίζονται στη κατανάλωση και όχι στο κόστος. Για τον υπολογισμό του κόστους του ηλεκτρισμού λαμβάνεται ως τιμή τα 0,15€ / kWh, ενώ για τον υπολογισμό του κόστους καυσίμων λαμβάνεται ως τιμή τα 0,0895 €/kWh.

Πίνακας 5.22 Ετήσια κατανάλωση ενέργειας κατοικίας & κόστος της

	MJ	kWh	Ποσοστό (%)	Κόστος (€)
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	82.836	23.010	75	3.493
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα	27.913	7.754	25	694
Συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας	110.749	30.764	100	4.187

Κατανάλωση ενέργειας ανά μήνα



Εικ. 5.25 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας

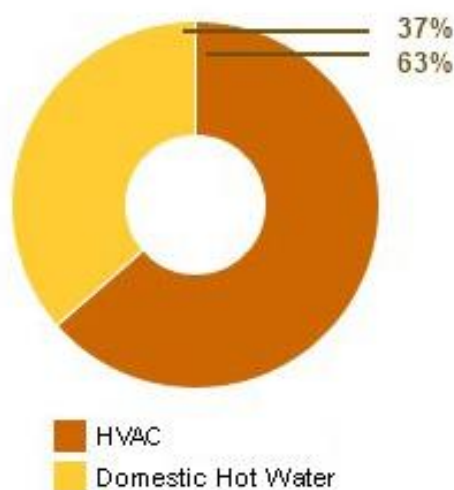
Το κτίριο (Εικ.5.25, Πίν.5.23) χρησιμοποιεί καύσιμα για θέρμανση (σε αντιδιαστολή με πηγές ηλεκτρικής θέρμανσης) συνεπώς αυξάνεται η κατανάλωση καυσίμων κατά τη διάρκεια του

χειμώνα. Επίσης χρησιμοποιεί κλιματιστικά για ψύξη, κι έτσι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για ψύξη, φωτισμό, ηλεκτρικές συσκευές, αντλίες και ανεμιστήρες εξαερισμού που λειτουργούν όλο το χρόνο ανάλογα με το σύστημα HVAC που έχουμε επιλέξει, γι' αυτό η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αντιστοιχεί στο 75 % της συνολικής κατανάλωσης.

Πίνακας 5.23 Μηνιαία-ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)

	Ηλεκτρισμός	Καύσιμα	Σύνολο
Ιαν.	1.805	2.270	4.075
Φεβ.	1.561	1.503	3.064
Μαρ.	1.675	1.038	2.713
Απρ.	1.603	470	2.073
Μάιος	1.851	250	2.100
Ιουν.	2.077	212	2.289
Ιουλ.	2.332	207	2.539
Αύγ.	2.637	194	2.831
Σεπτ.	2.247	200	2.447
Οκτ.	1.927	223	2.150
Νοεμ.	1.614	272	1.886
Δεκ.	1.681	915	2.596
Σύνολο	23.010	7.754	30.764

Κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα- Energy Use: Fuel



Εικ. 5.26 Κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα

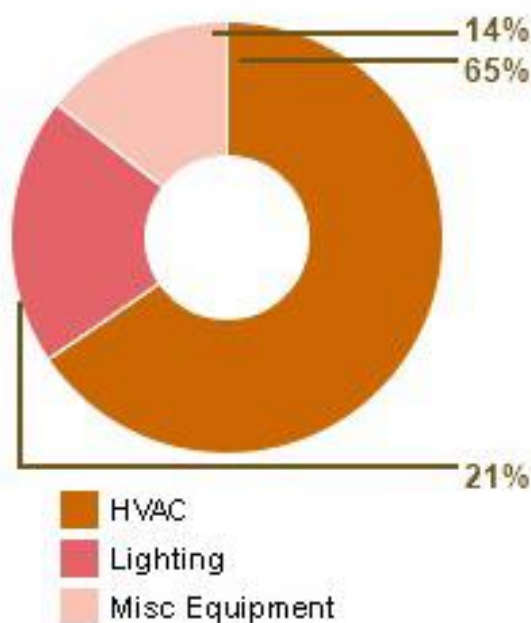
Το παραπάνω γράφημα (Εικ. 5.26) και ο επόμενος πίνακας (Πίν. 5.24) παρουσιάζουν την κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα, συνεκτιμώντας τη χρήση τους τόσο για θέρμανση όσο και

για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Δίνεται επίσης το κόστος καυσίμων για κάθε χρήση (θέρμανση -ZNX). Για τον υπολογισμό του κόστους καυσίμων λαμβάνεται ως τιμή τα 0,0895 €/kWh.

Πίνακας 5.24 Ετήσια κατανάλωση ενέργειας κατοικίας από καύσιμα & κόστος της

	MJ	kWh	Ποσοστό (%)	Κόστος (€)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα για σύστημα HVAC	17.746	4.929	63	441
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας από καύσιμο για Z.N.X.	10.166	2.824	37	252
Συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα	27.912	7.753	100	693

Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας-Energy Use: Electricity



Εικ. 5.27 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

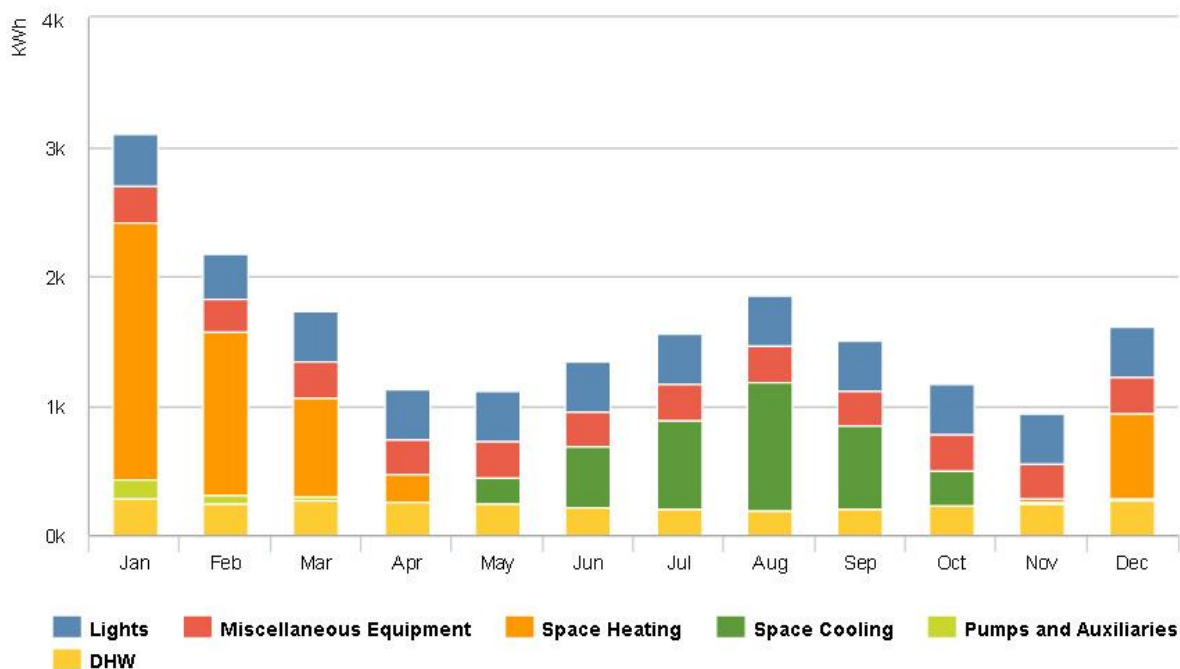
Το διάγραμμα στην εικ. 5.27 και ο πίνακας 5.25 παρουσιάζουν την εκτιμώμενη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό και λοιπό ηλεκτρικό εξοπλισμό, καθώς και για το σύστημα

HVAC. Για κάθε χρήση παρουσιάζονται τόσο τα ποσοστά τελικής χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας, όσο και το κόστος τους . Για τον υπολογισμό του κόστους του ηλεκτρισμού λαμβάνεται ως τιμή τα 0,15€ / kWh.

Πίνακας 5.25 Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατοικίας & κόστος της

	MJ	kWh	Ποσοστό (%)	Κόστος (€)
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για σύστημα HVAC	54.223	15.062	65	2.285
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό	16.646	4.624	21	702
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ηλεκτρ. συσκευές	11.963	3.323	14	504
Συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	82.832	23.009	100	3.491

Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας τελικής χρήσης



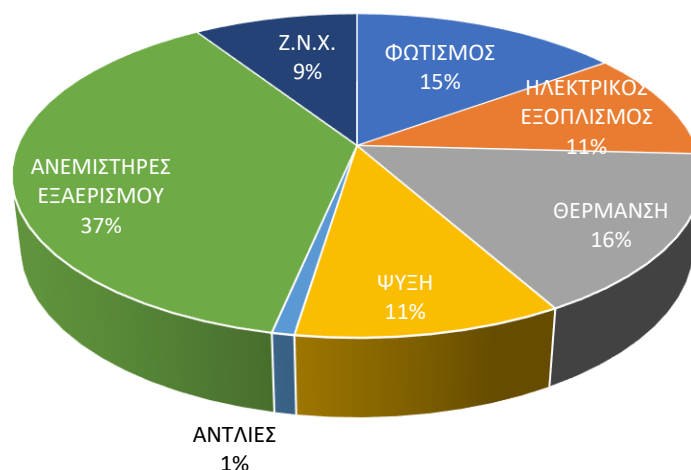
Εικ. 5.28 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας τελικής χρήσης

Στον παρακάτω πίνακα 5.26 και στα διαγράμματα (Εικ.5.28 και 5.29) καταγράφεται και απεικονίζεται η μηνιαία και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας τελικής χρήσης.

Πίνακας 5.26 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας τελικής χρήσης (kWh)

	Φωτισμός	Ηλεκτρικός εξοπλισμός	Θέρμανση	Ψύξη	Αντλίες & βοηθητικά μέσα	Ανεμιστήρες εξαερισμού	Z.N.X.	Σύνολο
Ιαν.	393	282	1994	0	149	981	276	4.075
Φεβ.	355	255	1256	0	66	886	248	3.064
Μαρ.	393	282	768	0	20	981	270	2.713
Απρ.	380	273	219	0	0	949	251	2.073
Μάιος	393	282	8	195	0	981	241	2.100
Ιουν.	380	273	0	474	0	949	212	2.289
Ιουλ.	393	282	0	676	0	981	207	2.539
Αύγ.	393	282	0	982	0	981	194	2.831
Σεπτ.	380	273	0	645	0	949	200	2.447
Οκτ.	393	282	0	272	0	981	223	2.150
Νοέμ.	380	273	32	0	12	949	240	1.886
Δεκ.	393	282	653	0	25	981	262	2.596
Σύνολο	4.625	3.324	4.930	3.245	272	11.546	2.824	30.764

Κατανομή ενέργειας τελικής χρήσης



Εικ. 5.29 Ετήσια κατανάλωση ενέργειας τελικής χρήσης

Παρατηρούμε ότι ποσοστό 37% (11.546 kWh) της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας αφορά σε ανεμιστήρες εξαερισμού που λειτουργούν όλο το έτος με ηλεκτρική ενέργεια, και αυτό οφείλεται στο σύστημα HVAC που έχουμε χρησιμοποιήσει.

Πίνακας 5.27 Ενέργεια που πρόκειται να καταναλωθεί στον κύκλο ζωής του κτιρίου

Κατανάλωση ενέργειας / κόστος κατά τη διάρκεια ζωής του κτιρίου*	MJ	kWh
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια ζωής του κτιρίου	2.485.112	690.309
Κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα κατά τη διάρκεια ζωής του κτιρίου	837.403	232.612
Συνολική κατανάλωση ενέργειας κατά τη διάρκεια ζωής του κτιρίου	3.322.515	922.921

Τέλος ο πίνακας 5.27 συνοψίζει την εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας κατά τη διάρκεια ζωής του κτιρίου, υποθέτοντας μια διάρκεια ζωής 30 χρόνια. Έτσι η ηλεκτρική ενέργεια που υπολογίζεται ότι θα καταναλώσει το κτίριο σε περίοδο 30 ετών ανέρχεται στις 690.309 kWh, ενώ η αντίστοιχη ενέργεια από καύσιμα που υπολογίζεται ότι θα καταναλώσει το κτίριο σε περίοδο 30-ετών, ανέρχεται στις 232.612 kWh.

5.1.3.6 Δυνατότητα χρήσης ΑΠΕ - Renewable Energy Potential

Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών

Το Revit & το GBS υπολογίζουν το ποσό ενέργειας που μπορεί να παραχθεί στη τοποθεσία του έργου χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά. Ο υπολογισμός βασίζεται στα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού. Το Green Building Studio αυτόματα αναλύει κάθε εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου συμπεριλαμβανομένων οροφών και τοίχων για την εκτίμηση του ενδεχόμενου να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας Φ/Β. Οι επιφάνειες που επιλέγονται εξαρτώνται από την ηλιακή ακτινοβολία και το χρόνο αποπληρωμής. Για τους υπολογισμούς χρησιμοποιούνται μέθοδοι που χρησιμοποιεί το NREL (National Renewable Energy Lab).

Για το έργο μας, η εκτιμώμενη ετήσια παραγωγή ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά (Πίν. 5.28) είναι ίση με **14.228 kWh**

Πίνακας 5.28 Δυνατότητα παραγωγής από εγκατάσταση φωτοβολταϊκών (GBS)

Ενδεχόμενη παραγωγή φωτοβολταϊκών	
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας:	14.228 kWh
Συνολικό κόστος εγκατάστασης:	27.841 €
Ονομαστική ισχύς:	10 kW
Συνολικό εμβαδόν πάνελς:	72 m ²
Μέγιστη περίοδος αποπληρωμής:	~14 years
	0,15 €/ kWh

Χρησιμοποιούνται τρεις τύποι πάνελ από το GBS: Μονοκρυσταλλικά – απόδοση 13.8%, Πολυκρυσταλλικά – απόδοση 12.3%, Λεπτού Υμενίου – απόδοση 7.5%. Στο κόστος εγκατάστασης περιλαμβάνονται υλικά και εργασία.

Υπάρχει μικρή δυνατότητα επέμβασης στους υπολογισμούς, όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα (Εικ.5.30) Στην υπό μελέτη κατοικία είχε υπολογιστεί αρχικά παραγωγή από φωτοβολταϊκή εγκατάσταση ίση με 16.242 kWh με ονομαστική ισχύ της εγκατάστασης 12 kW. Στην Ελλάδα επιτρέπεται με τους ισχύοντες κανονισμούς εγκατάσταση οικιακών φωτοβολταϊκών με μέγιστη ονομαστική ισχύ 10 kW.

Payback Calculation Settings

Adjust the payback settings to improve your photovoltaic payback period.

Panel Type ? Single Crystalline - 13.8% efficient ▼	Installed Panel Cost <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: none; width: 50%; text-align: center;">\$2.80 <small>(per Watt)</small></td> <td style="border: none; width: 50%; text-align: center;">\$386.62 <small>(per m²)</small></td> </tr> </table>	\$2.80 <small>(per Watt)</small>	\$386.62 <small>(per m²)</small>	Applied Electric Cost <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: none; text-align: center;">\$0.12 <small>(per kWh)</small></td> </tr> </table>	\$0.12 <small>(per kWh)</small>	Max Payback Period <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: none; text-align: center;">20 <small>(per surface, in years)</small></td> </tr> </table>	20 <small>(per surface, in years)</small>	<input type="button" value="Update"/>
\$2.80 <small>(per Watt)</small>	\$386.62 <small>(per m²)</small>							
\$0.12 <small>(per kWh)</small>								
20 <small>(per surface, in years)</small>								

Εικ. 5.30 Ρυθμίσεις υπολογισμών για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών

Εγκατάσταση ανεμογεννήτριας

Το Revit & το GBS υπολογίζουν το ποσό ενέργειας που μπορεί να παραχθεί στη τοποθεσία του έργου από μικρή ανεμογεννήτρια. Η εκτιμώμενη ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί από μικρή ανεμογεννήτρια στην τοποθεσία του έργου (με τα δεδομένα ανέμου του καθορισμένου μετεωρολογικού σταθμού) (Πίν. 5.29) είναι ίση με 3.775 kWh.

Πίνακας 5.29 Δυνατότητα παραγωγής από ανεμογεννήτρια

Ενδεχόμενη παραγωγή ανεμογεννήτριας
Ετήσια ηλεκτρική παραγωγή: 3.775 kWh

Το δυναμικό αιολικής ενέργειας υπολογίζεται με βάση το ετήσιο ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να παραχθεί από ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, με 4,57m διάμετρο.

Τέλος, το λογισμικό δεν υπολογίζει την εξοικονόμηση ενέργειας για παραγωγή ZNX από ηλιοθερμικά συστήματα.

5.1.3.7 Ενδεχόμενο εξοικονόμησης ενέργειας από φυσικό αερισμό

Η αναμενόμενη ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας από φυσικό αερισμό (Πίν. 5.30) είναι ίση με 2.458 kWh. Αντιπροσωπεύει την ενέργεια που ενδεχομένως μπορούμε να εξοικονομήσουμε στο έργο, αξιοποιώντας το φυσικό αερισμό για ψύξη του κτιρίου, αντί να χρησιμοποιούμε μηχανικά συστήματα ψύξης, τα οποία απαιτούν ηλεκτρική ενέργεια.

Προκειμένου να υπολογίσει την εξοικονόμηση ενέργειας από φυσικό αερισμό το λογισμικό, χρησιμοποιεί τα κλιματικά δεδομένα του τόπου που βρίσκεται το κτίριο. Υπολογίζει το δυναμικό εξοικονόμησης προσδιορίζοντας εάν επαρκούν οι εξωτερικές θερμοκρασίες αέρα για δροσισμό, όταν απαιτείται ψύξη.

Η εξοικονόμηση ενέργειας καθορίζεται από τις ώρες (ετησίως) που η εξωτερική θερμοκρασία είναι ικανοποιητική για δροσισμό (κάτω από το καθορισμένο όριο του θερμοστάτη) και η προσομοίωση δείχνει ότι δεν πρέπει να λειτουργήσει ο κλιματισμός. Η ενέργεια που θα εξοικονομηθεί υπολογίζεται από τη μη λειτουργία του συστήματος ψύξης.

Πίνακας 5.30 Δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας από φυσικό αερισμό (GBS)

Ενδεχόμενη εξοικονόμηση ενέργειας από φυσικό αερισμό	
Σύνολο ωρών κατά τις οποίες απαιτείται μηχανική ψύξη:	3.828 Ωρες
Ενδεχόμενες ώρες φυσικού αερισμού :	1.026 Ωρες
Ενδεχόμενη ετήσια ηλεκτρική εξοικονόμηση:	2.458 kWh
Ενδεχόμενη ετήσια εξοικονόμηση:	373 €
Τελικές απαιτούμενες ώρες μηχανικής ψύξης:	2.802 Ωρες

5.1.3.8 Ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα - Annual Carbon Emissions

Οι εκτιμώμενες ετήσιες καθαρές εκπομπές¹⁴ CO₂ υπολογίζονται από την εξίσωση :

$$\text{Καθαρές εκπομπές CO}_2 \text{ ετησίως} = \text{Ετήσιες Εκπομπές CO}_2 \text{ από συνολική κατανάλωση ενέργειας - αποφυγή εκπομπής CO}_2 \text{ λόγω ετήσιας παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ}$$

Τα δεδομένα εκπομπών για ένα κτίριο βασίζονται τόσο στην χρήση καυσίμων στις εγκαταστάσεις του, όσο και σ' αυτήν στα εργοστάσια ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή του. Για παράδειγμα, ένα κτίριο που βρίσκεται σε μια περιοχή που το εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τροφοδοτείται με συμβατικά καύσιμα, έχει υψηλότερα επίπεδα εκπομπών CO₂ ανά κιλοβατώρα καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, σε σύγκριση με το ίδιο κτίριο, αν βρισκόταν σε μια περιοχή όπου οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούσαν εν μέρει ή στο σύνολο τους υδροηλεκτρική ενέργεια.

Κτίρια μηδενικών εκπομπών CO₂ θεωρούνται, για το GBS, τα κτίρια που εξαλείφουν ή αντισταθμίζουν τη χρήση ορυκτών καυσίμων με παραγωγή από ΑΠΕ. Για παράδειγμα, εάν το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργεί με ορυκτά καύσιμα κατά 60% και με υδροηλεκτρική ενέργεια κατά 40%, με τη μείωση της χρήσης ενέργειας από το δίκτυο κατά 60% ή με παραγωγή από ΑΠΕ ενέργειας ίσης με το 60% θα επιτύχουμε να γίνει το κτίριο μηδενικού άνθρακα.

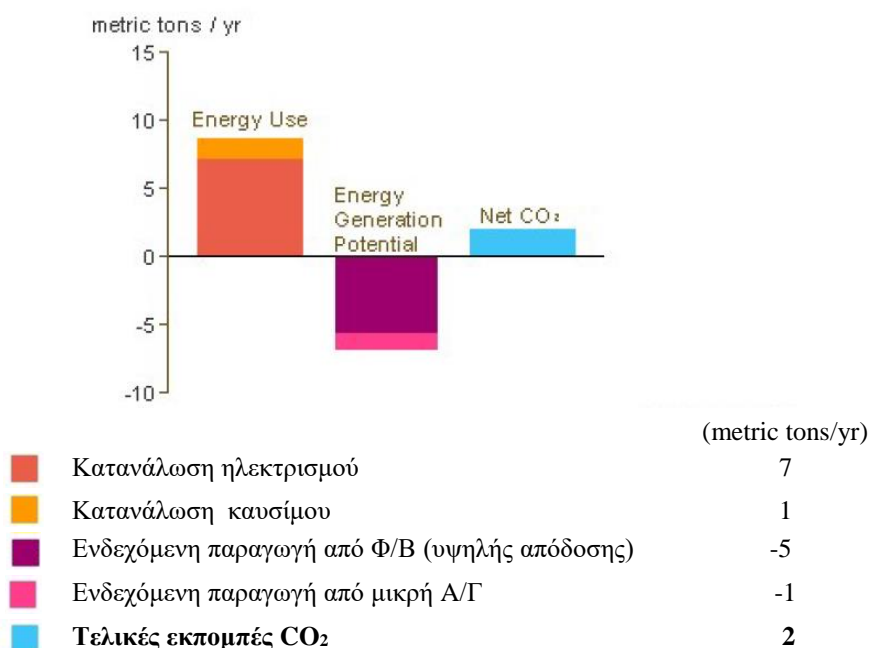
Όσον αφορά στις εκπομπές CO₂ υπάρχει διαφορά ανάμεσα στον υπολογισμό του Revit και του GBS, λόγω του ότι στο GBS μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε εκτός από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για μείωση εκπομπών CO₂, φυσικό αερισμό, δικαιώματα άνθρακα (carbon credits) και χρήση φυσικού αερίου ή προπανίου, εφόσον διατίθεται από κάποιο πάροχο, για την επίτευξη αυτού του στόχου.

Οι καθαρές εκπομπές CO₂ (σε metric tones/year¹⁵) όπως αυτές υπολογίζονται από το Revit, δίνονται στο επόμενο διάγραμμα (Εικ 5.31) και είναι θετικές.

¹⁴ Για να υπολογιστούν οι εκπομπές CO₂ για κτίρια στις Ηνωμένες Πολιτείες, η Autodesk χρησιμοποιεί βοηθητικό πρόγραμμα με δεδομένα εκπομπών από την περιβαλλοντική υπηρεσία προστασίας (EPA) των ΗΠΑ, που έχει ιστορικά αρχεία για όλα τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας των ΗΠΑ. Για κτίρια εκτός των ΗΠΑ, χρησιμοποιεί δεδομένα από την Carbon Monitoring for Action (CARMA).

¹⁵ Metric ton = 1.000 kg = 1Mg

Annual Carbon Emissions



Εικ. 5.31 Διάγραμμα υπολογισμού ετήσιων καθαρών εκπομπών CO₂ (Revit)

Στο GBS οι ετήσιες εκπομπές CO₂ από συνολική κατανάλωση ενέργειας, πριν κάνουμε κάποιο εναλλακτικό σχεδιασμό ή πριν εφαρμόσουμε μέτρα που θα αντισταθμίσουν τις εκπομπές CO₂ (πχ ΑΠΕ), υπολογίζονται σε 8,6 Mg. Παράλληλα το GBS εκτιμά τις ετήσιες εκπομπές CO₂ από ένα όχημα SUV¹⁶ (Πίν.5.31).

Πίνακας 5.31 Ετήσιες εκπομπές CO₂ από συνολική κατανάλωση ενέργειας

Ετήσιες εκπομπές CO ₂	
Από κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	7.2 Mg
Από κατανάλωση καυσίμων στην εγκατάσταση της κατοικίας	1.4 Mg
Ισοδύναμες εκπομπές από SUV όχημα	0.9 SUVs / Έτος

Το GBS για τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος αφαιρεί από τις ετήσιες εκπομπές CO₂ που προέρχονται από τις καταναλώσεις του κτιρίου στις εγκαταστάσεις του αλλά και στα εργοστάσια ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή, την ενδεχόμενη παραγωγή από ΑΠΕ, την

¹⁶ Οι παραδοχές που χρησιμοποιούνται είναι: 24.140 χιλιόμετρα οδήγησης ετησίως. Οδήγηση σε εθνική οδό 45% και 55% σε πόλη. 5,95 km ανά λίτρο στην πόλη- 7,65 km ανά λίτρο στον αυτοκινητόδρομο.

εξοικονόμηση σε εκπομπές λόγω φυσικού αερισμού και τη χρήση φυσικού αερίου και υπολογίζει τις καθαρές εκπομπές CO₂ σε **-0,1 Mg** ετησίως όπως φαίνεται στον επόμενο πίνακα (Πίν. 5.32).

Πίνακας 5.32 Υπολογισμός ετήσιων καθαρών εκπομπών CO₂ (GBS)

Ανθρακικό αποτύπωμα	
Ετήσιες εκπομπές CO₂	Mg
Ετήσιες εκπομπές σύμφωνα με βασική προσομοίωση	8.6
Εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ λόγω ενδεχόμενης παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ στην εγκατάσταση της κατοικίας	-6.4
Εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ λόγω ενδεχόμενου φυσικού αερισμού	-0.9
Εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ λόγω χρήσης φυσικού αερίου στην κατοικία	-1.4
Τελικές εκπομπές CO₂	-0.1

Τέλος στο GBS αναφέρονται οι πηγές ενέργειας (Πίν. 5.33) στην περιοχή (στοιχεία CARMA). Για να είναι ένα κτίριο μηδενικών εκπομπών CO₂ πρέπει να μειώσει τη χρήση ενέργειας από το δίκτυο ή να την αντικαταστήσει με παραγωγή από ΑΠΕ κατά ποσοστό ίσο με αυτό της ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από ορυκτά καύσιμα. Στην περίπτωση της κατοικίας που εξετάζεται δηλαδή κατά 89%.

Πίνακας 5.33 Πηγές ενέργειας στην περιοχή του έργου

Πηγές ενέργειας στην περιοχή της κατοικίας
Ορυκτά καύσιμα 89 %
Πυρηνική ενέργεια Μη διαθέσιμη
Υδροηλεκτρικά 0 %
ΑΠΕ 11 %
Άλλες 0 %

Πίνακας 5.34 Υπολογισμός απαιτούμενης ενέργειας από συμβατικά καύσιμα μετά τις προτεινόμενες παρεμβάσεις με χρήση ΑΠΕ

Απαιτούμενη ενέργεια από συμβατικά καύσιμα ετησίως	
Συνολική κατανάλωση ενέργειας	30.764 kWh
Ενέργεια προς αντικατάσταση από ΑΠΕ (89 % της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας)	27.380 kWh
Παραγωγή από φωτοβολταϊκά	-14.228 kWh
Παραγωγή από ανεμογεννήτρια	-3.775 kWh
Εξοικονόμηση από φυσικό αερισμό	-2.458 kWh
Παραγωγή ZNX από ηλιοθερμικά ¹⁷	-1.977 kWh
Απαιτούμενη ενέργεια από συμβατικά καύσιμα μετά τις παρεμβάσεις με χρήση ΑΠΕ	4.942 kWh
Απαιτούμενη ενέργεια από συμβατικά καύσιμα ανά μονάδα επιφάνειας ¹⁸ μετά τις παρεμβάσεις	19,45 kWh/m ²

Από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για τη συνολική ενεργειακή κατανάλωση της κατοικίας, τις προτεινόμενες παρεμβάσεις από το λογισμικό, όσον αφορά στη χρήση ΑΠΕ στο κτίριο και με την παραδοχή ότι το 70% των ετήσιων αναγκών μιας οικογένειας, σύμφωνα με το ΚΑΠΕ, μπορεί να καλυφθεί από ηλιοθερμικά συστήματα μπορεί προσεγγιστικά να υπολογιστεί η ενέργεια που απαιτείται ετησίως από συμβατικά καύσιμα (Πίν. 5.34) για τη λειτουργία της κατοικίας.

5.1.3.9 Επίδραση ηλιακού χώρου στην ενεργειακή συμπεριφορά της κατοικίας

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο νότιο τμήμα της κατοικίας έχει σχεδιαστεί ένας ηλιακός χώρος περίπου 10 m² για θερμική εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Έχει ενσωματωθεί στο κτίριο, είναι μη θερμαινόμενος, διαθέτει μεγάλα υαλοστάσια με ευνοϊκό προσανατολισμό, διανεμημένα στις εξωτερικές του επιφάνειες για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Τμήμα

¹⁷ Η ενέργεια που απαιτείται για ZNX σύμφωνα με την προσομοίωση είναι 10.166 MJ=2.824 kWh . Το 70% της ενέργειας αυτής, που μπορεί να καλυφθεί από ηλιοθερμικά είναι: 70%x2.824= 1.977 kWh

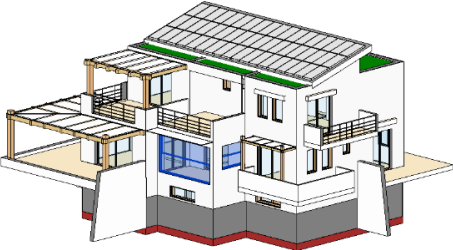
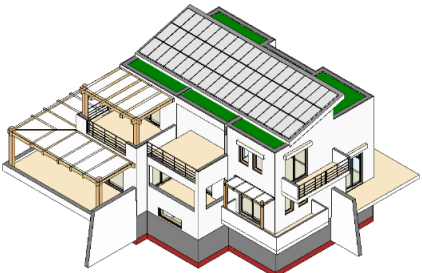
¹⁸ Απαιτούμενη ενέργεια από συμβατικά καύσιμα ανά μονάδα επιφάνειας, μετά τις παρεμβάσεις με χρήση ΑΠΕ: 4.942 kWh / 254,10 m² =**19,45 kWh/m²** (Απαιτούμενη ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας πριν τις παρεμβάσεις: 122,8 kWh/m²).

των κοινών τοίχων μεταξύ του ηλιακού χώρου και του κτιρίου αποτελείται από υαλοστάσιο. Ο διαχωριστικοί αυτοί τοίχοι δεν έχουν θερμική μόνωση.

Ένα σημαντικό ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο υαλοστάσιο του θερμοκηπίου εισέρχεται στο κτίριο απευθείας μέσα από ενδιάμεσα ανοίγματα με φυσική κυκλοφορία, ενώ το υπόλοιπο παραμένει στο θερμοκήπιο και το θερμαίνει. Έτσι λειτουργεί όπως το παθητικό σύστημα του «άμεσου κέρδους». Το πλεονέκτημα σε σχέση με το σύστημα του άμεσου κέρδους είναι ότι μειώνονται οι θερμικές απώλειες από το υαλοστάσιο του θερμαινόμενου χώρου, επειδή μεσολαβεί το θερμοκήπιο, όπου αναπτύσσεται υψηλότερη θερμοκρασία από το εξωτερικό περιβάλλον. Η θερμότητα που αποδίδεται στον εσωτερικό χώρο μπορεί, στη συνέχεια, να αποταμιευθεί στα εσωτερικά δομικά στοιχεία όπως και στην περίπτωση του άμεσου κέρδους.

Το καλοκαίρι ο ηλιακός χώρος αποκόπτεται από το κτίριο (ανοίγουν μόνιμα τα ανοίγματα του), ώστε να μην δημιουργηθεί υπερθέρμανση. Για να διερευνηθεί η επίδραση του ηλιακού χώρου στην εξοικονόμηση ενέργειας, έγινε μια προσομοίωση κατοικίας όμοια με την υπό μελέτη κατοικία, με τη διαφορά ότι στη θέση του θερμοκηπίου υπήρχε ημιυπαίθριος χώρος. Τα συγκριτικά αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίν. 5.35).

Πίνακας 5.35 Επίδραση ηλιακού χώρου στην ενεργειακή συμπεριφορά της κατοικίας

Ετήσιες καταναλώσεις	Κατοικία με ηλιακό χώρο	Κατοικία με ημιυπαίθριο χώρο
		
Συνολική ενέργεια	30.764 kWh	31.988 kWh
Ηλεκτρική ενέργεια	23.010 kWh	22.548 kWh
Ενέργεια από καύσιμα	7.754 kWh	9.440 kWh
Ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας	122,8 kWh/m²/y	127,8 kWh/m²/y
Ηλεκτρική ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας	92 kWh/m ² /y	90 kWh/m ² /y
Ενέργεια από καύσιμα ανά μονάδα επιφάνειας	30,8 kWh/m ² /y	37,8 kWh/m ² /y

Από την προσομοίωση προκύπτει ότι ο ηλιακός χώρος συμβάλλει θετικά στα θερμικά φορτία το χειμώνα (κέρδος 1.686 kWh ετησίως). Η λειτουργία της αποκοπής του ηλιακού χώρου το καλοκαίρι από το κτίριο, ώστε να μη δημιουργηθεί υπερθέρμανση, δεν βρέθηκε δυνατότητα να προσομοιωθεί και γι' αυτό φαίνεται ψευδώς αυξημένη η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (ψύξη).

5.1.3.10 Ηράκλειο- κατοικία χωρίς πρόβλεψη μόνωσης

Από την προσομοίωση της ίδιας κατοικίας χωρίς όμως πρόβλεψη μόνωσης (για θερμικά χαρακτηριστικά κελύφους βλ. Πίν. 5.11), προκύπτουν συνοπτικά τα αποτελέσματα που απεικονίζονται στον επόμενο πίνακα (Πίν. 5.36 3^η στήλη) . Τα αποτελέσματα συγκρίνονται με αυτά της κατοικίας με την ελάχιστη μόνωση σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. (η ανάλυση της περιεγράφηκε αναλυτικά στις προηγούμενες ενότητες).

Πίνακας 5.36 Ενεργειακή ανάλυση κατοικίας στην Α κλιματική ζώνη

Ηράκλειο	Κατοικία στην Α ζώνη (με ελάχιστη μόνωση κατά Κ.Εν.Α.Κ.)		Κατοικία στην Α ζώνη (χωρίς πρόβλεψη μόνωσης)	
Ελάχιστη/ Μέγιστη θερμοκρασία	5 / 29 °C		5 / 29 °C	
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας	30.764 kWh		45.250 kWh	
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	23.010 kWh	75%	23.810 kWh	53%
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα	7.754kWh	25%	21.440 kWh	47%
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας	122,8 kWh/m²/yr		171,4 kWh/m²/yr	
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας	92 kWh/m ² /yr		90 kWh/m ² /yr	
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα ανά μονάδα επιφάνειας	30,8 kWh/m ² /yr		81,4 kWh/m ² /yr	
Φορτίο αιχμής ψύξης	15.375 W		21.727 W	
Φορτίο αιχμής θέρμανσης	9.598 W		14.077 W	

Πίνακας 5.36 (συνέχεια) Ενεργειακή ανάλυση κατοικίας στην Α κλιματική ζώνη

Ηράκλειο	Κατοικία στην Α ζώνη (με ελάχιστη μόνωση κατά Κ.Εν.Α.Κ.)	Κατοικία στην Α ζώνη (χωρίς πρόβλεψη μόνωσης)
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στον κύκλο ζωής του κτιρίου	690.309 kWh	714.542 kWh
Κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα στον κύκλο ζωής του κτιρίου	232.612 kWh	643.201 kWh
Εξοικονόμηση ενέργειας από παραγωγή φωτοβολταϊκών	14.228 kWh	14.228 kWh
Εξοικονόμηση ενέργειας από παραγωγή ανεμογεννήτριας	3.775 kWh	3.775 kWh
Εκπομπές CO ₂	8,6 Mg	11,3 Mg

Παρατηρείται ότι με την εφαρμογή της ελάχιστης μόνωσης όπως προβλέπεται από τους κανονισμούς, έχουμε εξοικονόμηση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά 32%. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που αφορά σε ψύξη, φωτισμό, χρήση ηλεκτρικών συσκευών και ανεμιστήρων εξαερισμού δεν μεταβλήθηκε σημαντικά (εξοικονόμηση 3,4%), ενώ η κατανάλωση καυσίμου που αφορά στη θέρμανση και στην παραγωγή ΖΝΧ έχει σημαντική μείωση (63,8%).

5.1.4 Ενεργειακή ανάλυση κατοικίας στην Αθήνα (Ζώνη Β)

Στην ενότητα αυτή αναφέρονται τα αποτελέσματα από την προσομοίωσης της κατοικίας στη Β κλιματική ζώνη, στην Αθήνα. Γίνονται 2 αναλύσεις. Η πρώτη αφορά στην κατοικία με θερμικά χαρακτηριστικά τέτοια ώστε να πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. και η δεύτερη στην κατοικία χωρίς καθόλου πρόβλεψη μόνωσης.

Πίνακας 5.37 Ενεργειακή ανάλυση κατοικίας στην Β κλιματική ζώνη

Αθήνα (Γλυφάδα)	Κατοικία στην Β ζώνη (με ελάχιστη μόνωση κατά Κ.Εν.Α.Κ.)	Κατοικία στην Β ζώνη (χωρίς πρόβλεψη μόνωσης)
Ελάχιστη/ Μέγιστη θερμοκρασία	1 / 38° C	1 / 38° C

Πίνακας 5.37 (συνέχεια) Ενεργειακή ανάλυση κατοικίας στην Β κλιματική ζώνη

Αθήνα (Γλυφάδα)	Κατοικία στην Β ζώνη (με ελάχιστη μόνωση κατά Κ.Εν.Α.Κ.)		Κατοικία στην Β ζώνη (χωρίς πρόβλεψη μόνωσης)	
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας	35.249 kWh		55.388 kWh	
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	23.258 kWh	66%	24.997 kWh	45%
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα	11.991 kWh	34%	30.391 kWh	55%
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας	141 kWh/m²/yr		210 kWh/m²/yr	
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας	93 kWh/m ² /yr		95 kWh/m ² /yr	
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα ανά μονάδα επιφάνειας	48 kWh/m ² /yr		115 kWh/m ² /yr	
Φορτίο αιχμής ψύξης	15.638 W		26.033 W	
Φορτίο αιχμής θέρμανσης	14.146 W		20.637 W	
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στον κύκλο ζωής του κτιρίου	697.750 kWh		749.931 kWh	
Κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα στον κύκλο ζωής του κτιρίου	359.729 kWh		911.748 kWh	
Εξοικονόμηση ενέργειας από παραγωγή φωτοβολταϊκών	13.510 kWh		13.510 kWh	
Εξοικονόμηση ενέργειας από παραγωγή ανεμογεννήτριας	1.206 kWh		1.206 kWh	
Εκπομπές CO ₂ (GBS)	8,7 Mg		12,4 Mg	

Βλέπουμε ότι με την εφαρμογή της ελάχιστης μόνωσης, έχουμε εξοικονόμηση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά 36,4%. Και στη Β ζώνη η εξοικονόμηση οφείλεται κυρίως σε εξοικονόμηση στην κατανάλωση καυσίμου που αφορά στη θέρμανση και στην παραγωγή ZNX.

5.1.5 Ενεργειακή ανάλυση κατοικίας στην Θεσσαλονίκη (Ζώνη Γ)

Στην ενότητα αυτή αναφέρονται τα αποτελέσματα από την προσομοίωση της κατοικίας στη Γ κλιματική ζώνη, στην Θεσσαλονίκη. Γίνονται 2 αναλύσεις. Η πρώτη αφορά στην κατοικία με θερμικά χαρακτηριστικά τέτοια ώστε να πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. και η δεύτερη στην κατοικία χωρίς καθόλου πρόβλεψη μόνωσης.

Πίνακας 5.38 Ενεργειακή ανάλυση κατοικίας στην Γ κλιματική ζώνη

Θεσσαλονίκη	Κατοικία στην Γ ζώνη (με ελάχιστη μόνωση κατά Κ.Εν.Α.Κ.)		Κατοικία στην Γ ζώνη (χωρίς πρόβλεψη μόνωσης)	
Ελάχιστη / Μέγιστη θερμοκρασία	-9 / 38° C		-9 / 38 ° C	
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας	39.595 kWh		75.075 kWh	
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	23.351 kWh	59%	24.303 kWh	32%
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα	16.244 kWh	41%	50.772 kWh	68%
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας	158 kWh/m²/yr		284 kWh/m²/yr	
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας	93 kWh/m ² /yr		92 kWh/m ² /yr	
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα ανά μονάδα επιφάνειας	65 kWh/m ² /yr		192 kWh/m ² /yr	
Φορτίο αιχμής ψύξης	16.915 W		26.314 W	
Φορτίο αιχμής θέρμανσης	17.532 W		27.944 W	
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στον κύκλο ζωής του κτιρίου	700.541 kWh		729.098 kWh	
Κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα στον κύκλο ζωής του κτιρίου	487.328 kWh		1.523.162 kWh	

Πίνακας 5.38 (συνέχεια) Ενεργειακή ανάλυση κατοικίας στην Γ κλιματική ζώνη

Θεσσαλονίκη	Κατοικία στην Γ ζώνη (με ελάχιστη μόνωση κατά Κ.Εν.Α.Κ.)	Κατοικία στην Γ ζώνη (χωρίς πρόβλεψη μόνωσης)
Εξοικονόμηση ενέργειας από παραγωγή φωτοβολταϊκών	13.327 kWh	13.327 kWh
Εξοικονόμηση ενέργειας από παραγωγή ανεμογεννήτριας	374 kWh	374 kWh
Εκπομπές CO ₂ (GBS)	5,6 Mg	11,9 Mg

Εδώ η εξοικονόμηση συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στο μονωμένο κτίσμα είναι 47,3%.

5.1.6 Ενεργειακή ανάλυση κατοικίας στην Καστοριά (Ζώνη Δ)

Στην ενότητα αυτή αναφέρονται τα αποτελέσματα από την προσομοίωσης της κατοικίας στη Δ κλιματική ζώνη, στην Καστοριά. Γίνονται 2 αναλύσεις. Η πρώτη αφορά στην κατοικία με θερμικά χαρακτηριστικά τέτοια ώστε να πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. και η δεύτερη στην κατοικία χωρίς καθόλου πρόβλεψη μόνωσης.

Πίνακας 5.39 Ενεργειακή ανάλυση κατοικίας στην Δ κλιματική ζώνη

Καστοριά	Κατοικία στην Δ ζώνη (με ελάχιστη μόνωση κατά Κ.Εν.Α.Κ.)		Κατοικία στην Δ ζώνη (χωρίς πρόβλεψη μόνωσης)	
Ελάχιστη / Μέγιστη θερμοκρασία	-15 / 35 °C		-15 / 35 °C	
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας	46.763 kWh		105.244 kWh	
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	22.307 kWh	48%	23.011 kWh	22%
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα	24.456 kWh	52%	82.233 kWh	78%
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας	186 kWh/m²/yr		399 kWh/m²/yr	

Πίνακας 5.39 (συνέχεια) Ενεργειακή ανάλυση κατοικίας στην Δ κλιματική ζώνη

Καστοριά	Κατοικία στην Δ ζώνη (με ελάχιστη μόνωση κατά Κ.Εν.Α.Κ.)	Κατοικία στην Δ ζώνη (χωρίς πρόβλεψη μόνωσης)
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας	89 kWh/m ² /yr	87 kWh/m ² /yr
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα ανά μονάδα επιφάνειας	97 kWh/m ² /yr	312 kWh/m ² /yr
Φορτίο αιχμής ψύξης	12.453 W	20.418 W
Φορτίο αιχμής θέρμανσης	18.762 W	32.652 W
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στον κύκλο ζωής του κτιρίου	669.220 kWh	690.347 kWh
Κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα στον κύκλο ζωής του κτιρίου	733.680 kWh	2.466.982 kWh
Εξοικονόμηση ενέργειας από παραγωγή φωτοβολταϊκών	13.272 kWh	13.272 kWh
Εξοικονόμηση ενέργειας από παραγωγή ανεμογεννήτριας	452 kWh	452 kWh
Εκπομπές CO ₂ (GBS)	12,7 Mg	23,3 Mg

Στη Δ ζώνη η εξοικονόμηση ενέργειας στο μονωμένο κτίσμα είναι 55,6%.

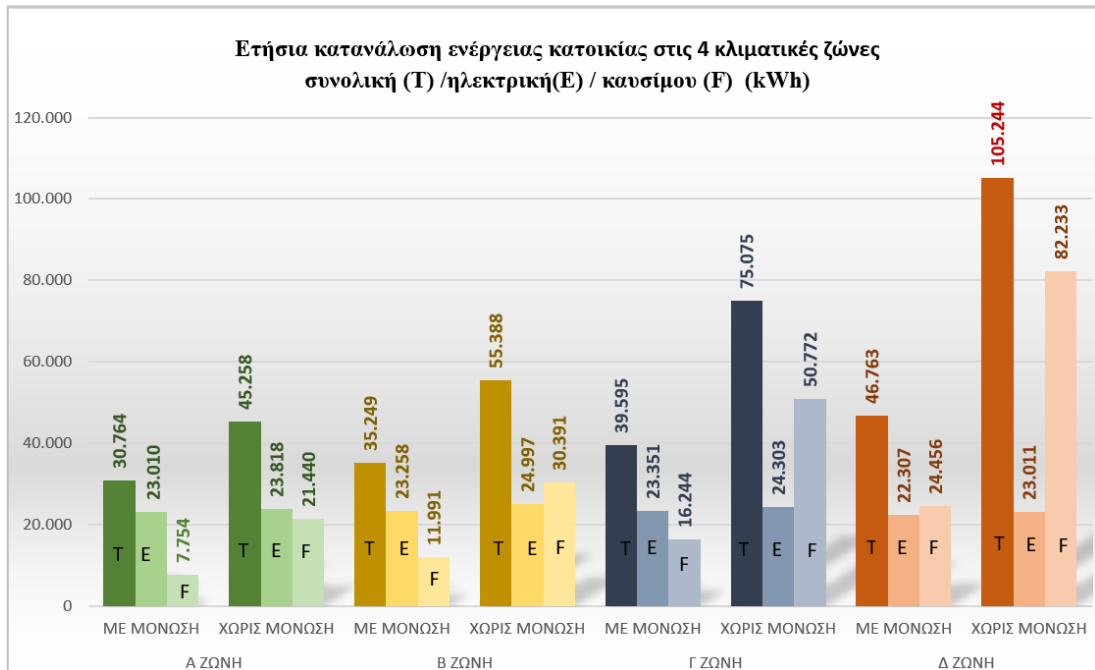
5.1.7 Σύγκριση αποτελεσμάτων ενεργειακής ανάλυσης στις 4 κλιματικές ζώνες

Στον πίνακα 5.40 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων ενεργειακής ανάλυσης στις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας, τόσο για τη μονωμένη κατοικία, όσο και για την κατοικία χωρίς μόνωση.

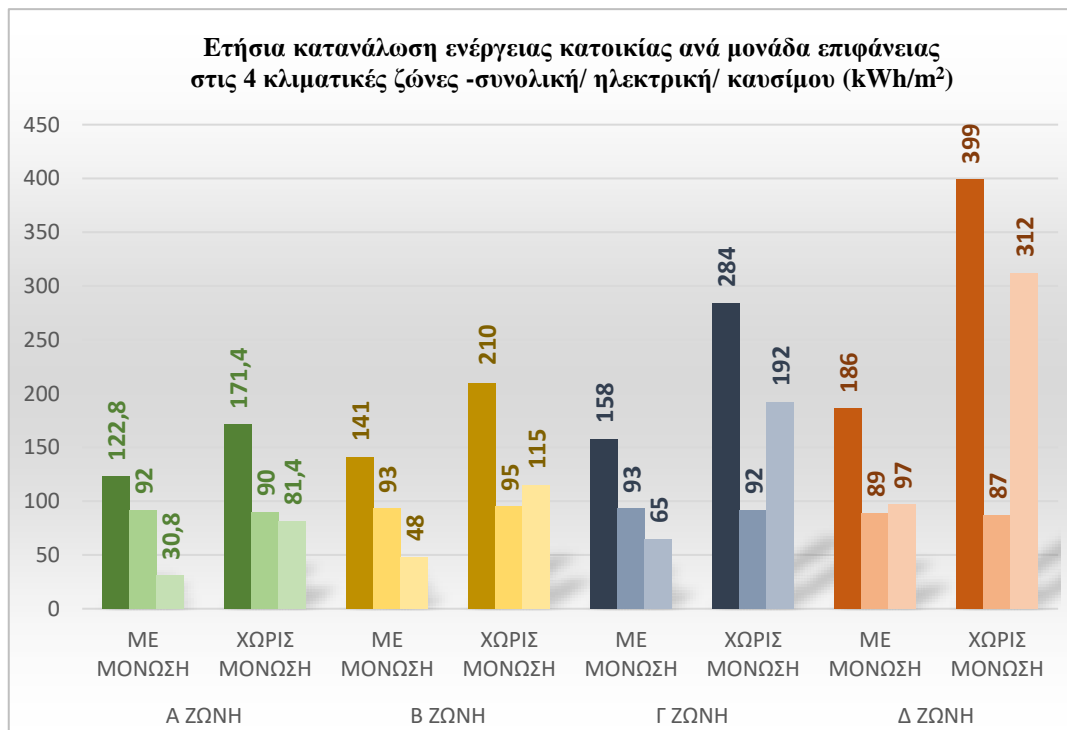
Πίνακας 5.40 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων ενεργειακής ανάλυσης κατοικίας στις 4 κλιματικές ζώνες

	Α ΖΩΝΗ		Β ΖΩΝΗ		Γ ΖΩΝΗ		Δ ΖΩΝΗ	
	ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ	ΧΩΡΙΣ ΜΟΝΩΣΗ	ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ	ΧΩΡΙΣ ΜΟΝΩΣΗ	ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ	ΧΩΡΙΣ ΜΟΝΩΣΗ	ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ	ΧΩΡΙΣ ΜΟΝΩΣΗ
Ελάχιστη/ Μέγιστη θερμοκρασία (°C)	5 / 29	5 / 29	1 / 38	1 / 38	-9 / 38	-9 / 38	-15 / 35	-15 / 35
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	30.764	45.258	35.249	55.388	39.595	75.075	46.763	105.244
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)	23.010	23.818	23.258	24.997	23.351	24.303	22.307	23.011
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα (kWh)	7.754	21.440	11.991	30.391	16.244	50.772	24.456	82.233
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας (kWh/m²/yr)	122,8	171,4	141	210	158	284	186	399
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής εν. ανά μονάδα επιφάνειας (kWh/m ² /yr)	92	90	93	95	93	92	89	87
Ετήσια κατανάλωση εν. από καύσιμα ανά μονάδα επιφάνειας (kWh/m ² /yr)	30,8	81,4	48	115	65	192	97	312
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	15.375	21.727	15.638	26.033	16.915	26.314	12.453	20.418
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	9.598	14.077	14.146	20.637	17.532	27.944	18.762	32.652
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στον κύκλο ζωής του κτιρίου (kWh)	690.309	714.542	697.750	749.931	700.541	729.098	669.220	690.347
Κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα στον κύκλο ζωής του κτιρίου (kWh)	232.612	643.201	359.729	911.748	487.328	1.523.162	733.680	2.466.982
Εξοικονόμηση ενέργειας από παραγωγή φωτοβολταϊκών (kWh)	14.228	14.228	13.510	13.510	13.327	13.327	13.272	13.272
Εξοικονόμηση ενέργειας από παραγωγή ανεμογεννήτριας (kWh)	3.775	3.775	1.206	1.206	374	374	452	452
Εκπομπές CO ₂ (Mg)	8,6	11,3	8,7	12,4	5,6	11,9	12,7	23,3

Επίσης η ετήσια κατανάλωση ενέργειας της κατοικίας σε κάθε ζώνη (σε kWh) και η ετήσια κατανάλωση ενέργειας αυτής, ανά μονάδα επιφάνειας (σε kWh/m²) απεικονίζονται γραφικά στις εικόνες 5.32 και 5.33 αντίστοιχα.



Εικ. 5.32 Ετήσια κατανάλωση κατοικίας στις 4 κλιματικές ζώνες (Συνολική/ ηλεκτρική/καυσίμου) (kWh)



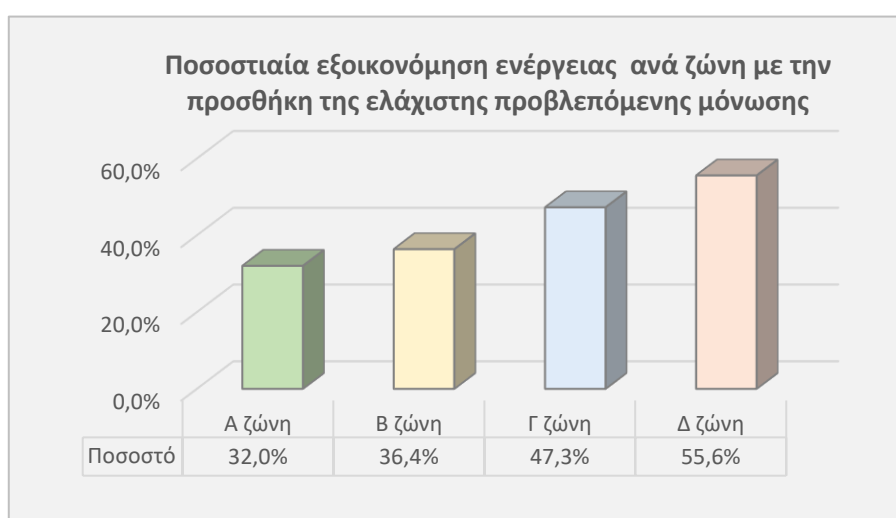
Εικ. 5.33 Ετήσια κατανάλωση ενέργειας κατοικίας ανά μονάδα επιφάνειας στις 4 κλιματικές ζώνες -συνολική/ ηλεκτρική/ καυσίμου (kWh/m²)

Στη συνέχεια στον πίνακα 5.41, υπολογίζεται σε κάθε ζώνη η μείωση της ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης της κατοικίας (συνολικής, ηλεκτρικής και καυσίμου), λόγω της προσθήκης της ελάχιστης προβλεπόμενης κατά Κ.Εν.Α.Κ. μόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου και της χρήσης κουφωμάτων με βελτιωμένα θερμικά χαρακτηριστικά.

Πίνακας 5.41 Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε κάθε κλιματική ζώνη, με την προσθήκη της ελάχιστης προβλεπόμενης μόνωσης στην κατοικία

	Κατανάλωση ενέργειας	Κατοικία χωρίς μόνωση (kWh/yr)	Κατοικία με μόνωση (kWh/yr)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh/yr)	Ποσοστιαία μεταβολή (%)
Α ζώνη	Συνολική	45.258	30.764	-14.494	-32,0%
	Ηλεκτρική	23.818	23.010	-808	-3,4%
	Από καύσιμα	21.440	7.754	-13.686	-63,8%
Β ζώνη	Συνολική	55.388	35.249	-20.139	-36,4%
	Ηλεκτρική	24.997	23.258	-1.739	-7,0%
	Από καύσιμα	30.391	11.991	-18.400	-60,5%
Γ ζώνη	Συνολική	75.075	39.595	-35.480	-47,3%
	Ηλεκτρική	24.303	23.351	-952	-3,9%
	Από καύσιμα	50.772	16.244	-34.528	-68,0%
Δ ζώνη	Συνολική	105.244	46.763	-58.481	-55,6%
	Ηλεκτρική	23.011	22.307	-704	-3,1%
	Από καύσιμα	82.233	24.456	-57.777	-70,3%

Η ποσοστιαία εξοικονόμηση ενέργειας που υπολογίζεται στον πίνακα 5.41, απεικονίζεται και στην εικόνα 5.34. Προκύπτει ότι η απόδοση της κατοικίας στις 4 κλιματικές ζώνες μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά με υλοποίηση των απαιτήσεων του Κ.Εν.Α.Κ. Με σωστή θωράκιση του κελύφους με μόνωση και χρήση θερμομονωτικών κουφωμάτων, η εξοικονόμηση είναι 32% στην Α ζώνη, 36,4% στη Β ζώνη, 47,3% στη Γ ζώνη και 55,6% στη Δ ζώνη.



Εικ. 5.34 Εξοικονόμηση στην συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας σε κάθε κλιματική ζώνη με την προσθήκη της ελάχιστης προβλεπόμενης μόνωσης στην κατοικία (%)

Σύμφωνα με τις προσομοιώσεις και τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα τους, όπως παρουσιάζονται στους πίνακες 5.40, 5.41 και στα αντίστοιχα διαγράμματα (εικόνες 5.32-5.34) προκύπτουν τα ακόλουθα:

Η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας της κατοικίας **στην Α ζώνη** (Ηράκλειο), για τις συνθήκες λειτουργίας που περιγράφηκαν αναλυτικά στην παράγραφο 5.1.2.3. και για το σύστημα HVAC που περιγράφηκε στην παράγραφο 5.1.2.4. είναι **30.764 kWh ετησίως**, για θερμικά χαρακτηριστικά κελύφους τα ελάχιστα προβλεπόμενα από τον Κ.Εν.Α.Κ. Για κατοικία χωρίς πρόβλεψη μόνωσης και βελτιωμένων κουφωμάτων η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας είναι 45.258 kWh. Προκύπτει δηλαδή ότι **με τα ελάχιστα προβλεπόμενα από τον κανονισμό χαρακτηριστικά κελύφους στην Α ζώνη έχουμε εξοικονόμηση ετησίως 14.494 kWh (32%)**. Σημαντική μείωση, υπολογίστηκε στην κατανάλωση καυσίμου, που αφορά στη θέρμανση και στην παραγωγή ΖΝΧ, κατά 63,8%, που αντιστοιχεί ετησίως σε εξοικονόμηση 13.686 kWh. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, που αφορά σε ψύξη, λειτουργία αντλιών και ανεμιστήρων εξαερισμού, φωτισμό και χρήση ηλεκτρικών συσκευών, μειώθηκε κατά 808 kWh (3,4%). Τέλος μειώθηκε η συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας από 171,4 σε 122,8 kWh/m², καθώς και το μέγιστο φορτίο για ψύξη και θέρμανση, η χρήση ενέργειας στον κύκλο ζωής του κτιρίου και οι εκπομπές CO₂.

Η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας της μονωμένης κατοικίας **στη Β ζώνη** υπολογίστηκε σε **35.249 kWh**, για θερμικά χαρακτηριστικά κελύφους τα ελάχιστα προβλεπόμενα από τον Κ.Εν.Α.Κ., ενώ για κατοικία χωρίς πρόβλεψη μόνωσης σε 55.388 kWh. Έτσι **με τα ελάχιστα προβλεπόμενα από τον κανονισμό χαρακτηριστικά κελύφους στην Β ζώνη έχουμε εξοικονόμηση ετησίως 20.139 kWh (36,4%)**. Και στη Β ζώνη η μεγαλύτερη εξοικονόμηση παρατηρείται στην κατανάλωση καυσίμου κατά ποσοστό 60,5%, που αντιστοιχεί ετησίως σε εξοικονόμηση 18.400 kWh, ενώ η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίστηκε σε 7%, που αντιστοιχεί σε 1.739 kWh. Επίσης μειώθηκε η συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας από 210 kWh/m² σε 141 kWh/m².

Στη **Γ ζώνη** (Θεσσαλονίκη), η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας της μονωμένης κατοικίας υπολογίστηκε σε **39.595 kWh** για θερμικά χαρακτηριστικά κελύφους τα ελάχιστα προβλεπόμενα από τον Κ.Εν.Α.Κ., ενώ για κατοικία χωρίς πρόβλεψη μόνωσης σε 75.075 kWh. Έτσι **με τα ελάχιστα προβλεπόμενα από τον κανονισμό χαρακτηριστικά κελύφους στην Γ ζώνη έχουμε εξοικονόμηση ετησίως 35.480 kWh (47,3%)**. Και στη Γ ζώνη η μεγαλύτερη εξοικονόμηση παρατηρείται στην κατανάλωση καυσίμου σε ποσοστό 68% που αντιστοιχεί σε 34.528 kWh, ενώ η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίστηκε σε 3,9% (952 kWh). Επίσης μειώθηκε η συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας από 284 kWh/m² σε 158 kWh/m².

Στη **Δ ζώνη** (Καστοριά), η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας της μονωμένης κατοικίας υπολογίστηκε σε **46.763 kWh**, για θερμικά χαρακτηριστικά κελύφους τα ελάχιστα προβλεπόμενα από τον Κ.Εν.Α.Κ., ενώ για κατοικία χωρίς πρόβλεψη μόνωσης σε 105.244 kWh. Έτσι, **με τα ελάχιστα προβλεπόμενα από τον κανονισμό χαρακτηριστικά κελύφους στην Δ ζώνη έχουμε εξοικονόμηση ετησίως 58.481 kWh (55,6%)**. Μεγαλύτερη εξοικονόμηση

παρατηρείται στην κατανάλωση καυσίμου σε ποσοστό 70,3% που αντιστοιχεί σε 57.777 kWh, ενώ η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίστηκε σε 3,1% (704 kWh). Τέλος μειώθηκε η συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας από 399 σε 186 kWh/m²

Σύμφωνα με τον πίνακα 5.40, το μέγιστο φορτίο για ψύξη στο μονωμένο κτίριο είναι 15.375 W στη Α ζώνη, αυξάνεται σε 15.638W στη Β ζώνη, σε 16.915 W στη Γ ζώνη και μειώνεται σε 12.453 W στη Δ ζώνη, γεγονός που εξηγείται μερικώς από τις μέγιστες θερμοκρασίες ανά περιοχή (29°C, 38°C, 38°C, 35°C στην Α,Β,Γ και Δ ζώνη αντίστοιχα) που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα.

Το μέγιστο φορτίο για θέρμανση αυξάνεται από τη ζώνη Α προς τη Δ, πράγμα που δικαιολογείται μερικώς, από τις ελάχιστες θερμοκρασίες ανά περιοχή.

Η παραγωγή των φωτοβολταϊκών κυμαίνεται από 13.272 kWh στην Δ ζώνη και αυξάνεται σταδιακά μέχρι τις 14.228 kWh στην Α ζώνη, όπως ήταν αναμενόμενο.

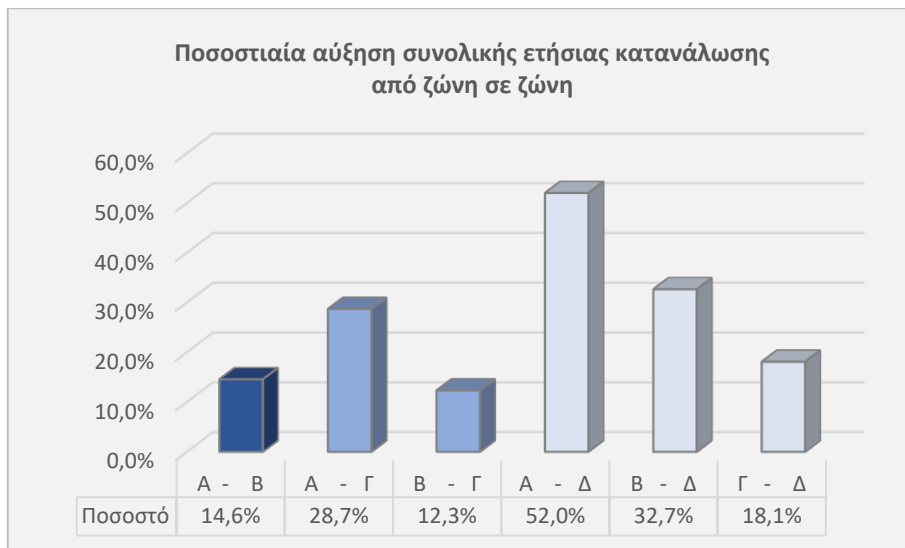
Η παραγωγή της Α/Γ μεταβάλλεται ανάλογα με την τοποθεσία που έχουμε επιλέξει για κάθε ζώνη.

Όσον αφορά στις εκπομπές CO₂ επισημαίνεται μείωση στη Γ ζώνη συγκριτικά με τις άλλες ζώνες. Σε μονωμένο κτίσμα οι εκπομπές CO₂ (πριν τη χρήση ΑΠΕ) υπολογίζονται από το GBS για την Α ζώνη 8,6 Mg, για τη Β ζώνη 8,7 Mg, για τη Γ ζώνη 5,6 Mg ενώ για τη Δ ζώνη 12,7 Mg. Αυτό δικαιολογείται από το ότι κατά τον υπολογισμό θεωρείται ότι στη Γ ζώνη (Θεσσαλονίκη) το 60 % της ηλεκτρικής ενέργειας στα εργοστάσια παράγεται από συμβατικά καύσιμα, ενώ το 36% από υδροηλεκτρικά εργοστάσια και το 4% από ΑΠΕ. Στον πίνακα 5.42 παρουσιάζεται η σύνθεση του ενεργειακού μίγματος σε κάθε πόλη, όπως χρησιμοποιείται από το πρόγραμμα.

Πίνακας 5.42 Σύνθεση ενεργειακού μίγματος ανά πόλη

	Ηράκλειο (Α ζώνη)	Αθήνα (Β ζώνη)	Θεσσαλονίκη (Γ ζώνη)	Καστοριά (Δ ζώνη)
Ορυκτά καύσιμα	89 %	93%	60%	87%
Πυρηνικά	-	-	-	-
Υδροηλεκτρικά	-	-	36%	9%
ΑΠΕ	11%	7%	4%	4%
Άλλες πηγές	-	-	-	-

Συγκρίνοντας τη μεταβολή των ετήσιων καταναλώσεων από ζώνη σε ζώνη (πίνακας 5.40, εικόνα 5.32), προκύπτει το επόμενο διάγραμμα (Εικ. 5.35):



Εικ. 5.35 Ποσοστιαία αύξηση στην συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας από ζώνη σε ζώνη στη μονωμένη κατοικία

Στη **B ζώνη** (Αθήνα) συγκριτικά με την **A ζώνη**, έχουμε **αύξηση της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας, κατά ποσοστό 14,6%** (4.485 kWh), στο μονωμένο κτίσμα.

Στη **Γ ζώνη** (Θεσσαλονίκη) συγκριτικά με την **A ζώνη**, έχουμε **αύξηση της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας, κατά ποσοστό 28,7%** (8.831 kWh) και συγκριτικά με τη **B ζώνη** **αύξηση κατά ποσοστό 12,3%** (4.346 kWh), στο μονωμένο κτίσμα.

Στη **Δ ζώνη** (Καστοριά), συγκριτικά με την **A ζώνη**, έχουμε **αύξηση της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας κατά ποσοστό 52%** (15.999 kWh), συγκριτικά με τη **B ζώνη** **αύξηση κατά ποσοστό 32,7%** (11.514 kWh) και συγκριτικά με τη **Γ ζώνη** **αύξηση κατά ποσοστό 18,1%** (7.168 kWh).

5.2 Επίδραση διαφορετικών συστημάτων HVAC στην κατανάλωση ενέργειας

Το Revit διαθέτει μεγάλο αριθμό συστημάτων HVAC¹⁹ και το GBS ακόμη μεγαλύτερο. Όμως η επιλογή ενός τέτοιου συστήματος που είναι υπεύθυνο για την ψύξη, τη θέρμανση, τον μηχανικό εξαερισμό²⁰ και την παραγωγή ζεστού νερού δεν είναι εύκολη, γιατί οι τεχνολογίες που είναι διαθέσιμες στη βιβλιοθήκη των λογισμικών δεν ανήκουν στις συνήθως χρησιμοποιούμενες στην Ελλάδα. Όπως γνωρίζουμε το σύστημα που θα χρησιμοποιηθεί για τις ανάγκες ψύξης και θέρμανσης ενός κτιρίου έχει μεγάλη επίδραση στις τελικές καταναλώσεις γι' αυτό χρειάζεται προσεκτική επιλογή της τεχνολογίας του και σωστή διαστασιολόγηση του.

¹⁹ HVAC: (Heating, Ventilation and Air Conditioning system). Σύστημα για θέρμανση, ψύξη, εξαερισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

²⁰ Ανεμιστήρες καθορίζουν τον όγκο ζεστού και κρύου αέρα που εισέρχεται στους χώρους.

Σ' αυτή την ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τις προσομοιώσεις της υπό μελέτη κατοικίας στην Α ζώνη, με διαφορετικά συστήματα HVAC. Χρησιμοποιήθηκαν από τη βιβλιοθήκη του προγράμματος, τα συστήματα που περιγράφονται ως συστήματα για κατοικίες.

Χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω συστήματα:

- Residential 14 SEER/0.9 AFUE Split/Packaged Gas<5.5 ton (σύστημα αρχικής προσομοίωσης, μ αυτό έχουν γίνει μέχρι αυτό το σημείο όλες οι προσομοιώσεις)
- Central VAV, HW Heat, Chiller 5.96 COP, Boilers 84.5 eff (default προγράμματος)
- Residential 14 SEER/8.3 HSPF Split Packaged Heat Pump
- Residential 17 SEER/9.6 HSPF Split HP<5.5 ton
- Underfloor Air Distribution

Τα χαρακτηριστικά τους, όπως αναφέρονται στη βοήθεια του προγράμματος, είναι:

SYSTEM 1: Residential 14 SEER /0.9 AFUE Split/Packaged Gas 5.5 ton

- Efficient 14 SEER²¹/90% AFUE²² furnace / 5.5-ton split/packaged system with gas heat
- Residential constant volume cycling fan
- 2.0 inch of water gauge (498 pascals) static pressure Constant Volume duct system
- Domestic hot water unit (0.575 Energy Factor)

- Πρόκειται για σύστημα με αερολέβητα, με καύση αερίου καυσίμου με ετήσιο βαθμό απόδοσης για το σύστημα καύσης 90%. Για το σύστημα κλιματισμού στο ρεύμα αέρος έχει παρεμβληθεί το ψυκτικό στοιχείο ενός συστήματος split. Προφανώς θα υπάρχουν (στις ΗΠΑ) packaged τέτοια συστήματα. Η παροχή αέρα στους χώρους γίνεται με τη βοήθεια (φυγοκεντρικού) ανεμιστήρα και είναι σταθερή. Ο «μεγάλος» για τα δικά μας δεδομένα SEER (14) εξηγείται από την χρήση (στις ΗΠΑ) διαφορετικών μονάδων για την ψυκτική ισχύ (μετράται σε Btu/h) απ' ότι για την ηλεκτρική ισχύ (μετράται σε kWh).
- Για το ZNX: Ο EF 0,575 (για τις ΗΠΑ) είναι ένα παλιός δείκτης αποδοτικότητας των διαφόρων συσκευών θέρμανσης που έχει αντικατασταθεί τώρα από τον UEF (Uniform EF). Ενδεικτικές τιμές υπάρχουν σε διάφορα sites εταιρειών, αλλά και στην Wikipedia.

²¹ SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) – Είναι ένδειξη για την αποτελεσματική λειτουργία ενός μικρού οικιακού κλιματιστικού ή μιας αντλίας θερμότητας ολόκληρη την περίοδο που απαιτείται ψύξη, βασισμένη σε μια ενιαία εξωτερική θερμοκρασία. Όπως και με το EER, όσο υψηλότερο είναι το SEER τόσο πιο αποτελεσματικό είναι το σύστημα ψύξης. Ορίζεται (στις ΗΠΑ) ως ο λόγος του συνολικής ψυκτικής ενέργειας που αποδίδει το σύστημα ολόκληρη την ψυκτική περίοδο σε BTU's προς τη συνολική ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει σε kWh.

²² AFUE (Annual Fuel Utilization Efficiency) – Είναι ένδειξη της αποτελεσματικότητας ενός λέβητα αερίου ή πετρελαίου. Το AFUE είναι το ποσοστό της ενέργειας που καταναλώνεται από το σύστημα και μετατρέπεται σε θερμότητα. Όσο υψηλότερο είναι το AFUE, τόσο πιο αποτελεσματικό είναι το σύστημα.

SYSTEM 2: Central VAV, HW Heat, Chiller 5.96 COP, Boilers 84.5 eff (default)

- Water cooled centrifugal chiller (COP 5.96)
- Open, atmospheric pressure cooling tower with variable speed fan and 5-degree Fahrenheit (2.8-degree Celsius) approach
- Forward curved fan with Variable Speed Drive (VSD) and premium efficiency motor
- 3.5 inch of water gauge (871.8 pascals) static pressure Variable Air Volume (VAV) duct system
- Integrated differential dry-bulb temperature economizer
- Gas-fired hot water boiler with draft fan >2500 kBtuh, 84.5% combustion efficiency
- Variable volume hot water pump
- Hot water coil
- Hot water reheat boxes
- Variable volume chilled water pump
- Chilled water coil
- Variable volume condenser water pump
- Domestic hot water unit (0.575 Energy Factor)

- Πρόκειται για σύστημα με Κεντρική Κλιματιστική Μονάδα (ΚΚΜ) μεταβλητής παροχής αέρα (VAV), της οποίας το ψυκτικό στοιχείο νερού, τροφοδοτείται από φυγοκεντρικό ψύκτη και πύργο ψύξης με COP²³ 5,96. Η ΚΚΜ έχει και σύστημα ανάκτησης με ενσωματωμένο εξοικονομητή²⁴ (economizer).
- Η θέρμανση πραγματοποιείται από λέβητα νερού με καύσιμο αέριο με μπόιλερ ζεστού νερού με απόδοση καύσης 84,5%. Όλες οι αντλίες (ψυχρού - θερμού - πύργου ψύξης) είναι τύπου inverter.
- Τα «Hot water reheat boxes» είναι (πιθανότατα) τοπικά θερμαντικά στοιχεία που τοποθετούνται σε κάθε τελική έξοδο-παροχή αέρα, για ρύθμιση της σχετικής υγρασίας του χώρου. (Για να αφυγρανθεί πολύ ο αέρας γίνεται «βαθιά ψύξη» στη ΚΚΜ, οπότε ο αέρας χρειάζεται μεταθέρμανση πριν εισέλθει σε – κάποιους/ορισμένους -χώρους).
- Για το ZNX ισχύουν όσα αναφέρθηκαν παραπάνω.
- Στα πλεονεκτήματα του συστήματος περιλαμβάνονται ο ακριβής έλεγχος της θερμοκρασίας με προσέγγιση 2,8°C, η χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας από τους ανεμιστήρες (VSD: Variable Speed Drive) και τις αντλίες τύπου inverter του συστήματος, ο λιγότερος θόρυβος του ανεμιστήρα και η πρόσθετη αφύγρανση.

²³ COP (Coefficient of Performance): Δείχνει πόσο αποτελεσματικό είναι ένα σύστημα θέρμανσης (μια αντλία θερμότητας ή ένα κλιματιστικό σε λειτουργία θέρμανσης). Υπολογίζεται από την αποδιδόμενη ενέργεια, προς την ηλεκτρική ενέργεια εισόδου. Όσο μεγαλύτερο είναι το COP τόσο πιο αποτελεσματικό είναι το σύστημα.

²⁴ Ο εξοικονομητής (economizer) χρησιμοποιεί εξωτερικό αέρα, υπό κατάλληλες κλιματολογικές συνθήκες, για τη μείωση της απαιτούμενης ενέργειας ψύξης. Όταν η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα είναι μικρότερη από εκείνη του απαιτούμενου αέρα τροφοδοσίας για ψύξη, ένας εξοικονομητής επιτρέπει στο μηχανικό σύστημα εξαερισμού του κτιρίου να χρησιμοποιεί τη μέγιστη δυνατή ποσότητα εξωτερικού αέρα εξοικονομώντας έτσι ενέργεια ψύξης.

SYSTEM 3: Residential 14 SEER/8.3 HSPF Split/Packaged Heat Pump

- Efficient 14 SEER/8.3 HSPF (Heating Seasonal Performance Factor) <5.5-ton split/package heat pump system
- Residential constant volume cycling fan
- 2.0 inch of water gauge (498 pascals) static pressure Constant Volume duct system
- Integrated differential dry-bulb temperature economizer
- Domestic hot water unit (0.575 Energy Factor)

- Πρόκειται για σύστημα κλιματισμού για κατοικίες που παρέχει ψύξη – θέρμανση με σύστημα αντλίας θερμότητας και ΚΚΜ (άμεσης εκτόνωσης), split ή packaged. Με SEER 14 για την ψύξη και HSPF²⁵ 8.3, για θέρμανση. Η ΚΚΜ διαθέτει και σύστημα ανάκτησης δηλ. εξοικονομητή (economizer) έτσι ώστε, όταν οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας του εξωτερικού αέρα είναι κατάλληλες να μπορεί να καλύψει πλήρως ή μερικώς τα ψυκτικά φορτία χώρων του κτιρίου. Σταθερή παροχή αέρα στους χώρους, με ανεμιστήρα.
- Για το ZNX ισχύουν ότι και στα προηγούμενα.

SYSTEM 4: Residential 17 SEER/9.6 HSPF Split HP <5.5 ton

- 17.4 SEER/9.6 HSPF <5.5-ton split/package air source heat pump, intermittent fan mode
- Residential constant volume cycling fan
- 2.0 inch of water gauge (498 pascals) static pressure Constant Volume duct system
- Premium efficiency, on-demand tankless domestic hot water heater (0.85)

- Πρόκειται για σύστημα όπως το 3 παραπάνω αλλά με καλύτερες αποδόσεις, τόσο στον κλιματισμό (SEER 17,4 για την ψύξη και HSPF 9.6 για θέρμανση), όσο και στο ZNX με συντελεστή απόδοσης 0,85.

²⁵ HSPF (Heating Seasonal Performance Factor): Είναι ένδειξη για την αποτελεσματική λειτουργία μιας αντλίας θερμότητας σε λειτουργία θέρμανσης για ολόκληρη την περίοδο θέρμανσης. Όσο μεγαλύτερο είναι το HSPF τόσο πιο αποτελεσματικό είναι το σύστημα. Το HSPF υπολογίζεται διαιρώντας τη συνολική θερμική ενέργεια που παράγεται κατά την περίοδο θέρμανσης με τη συνολική ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για να παραχθεί αυτή η θερμότητα.

SYSTEM 5: Underflow Air Distribution-(UFAD)

- Packaged Variable Air Volume (PVAV) system with under floor air distribution
- Forward curved fan with Variable Speed Drive (VSD) and premium efficiency motor
- 3.5 inch of water gauge (871.8 pascals) static pressure VAV duct system
- Gas-fired hot water boiler with draft fan >2500 kBtuh, 84.5% combustion efficiency
- Integrated differential dry-bulb temperature economizer
- Variable volume hot water pump
- Hot water coil
- Hot water reheat boxes
- Improved efficiency domestic hot water heater (85% thermal efficiency)

- Πρόκειται για σύστημα όπως το 2, αλλά α) με αυτόνομη (packaged) ΚΚΜ, άμεσης εκτόνωσης, και β) με υποδαπέδια διανομή του αέρα. Χρησιμοποιεί δηλ. ένα σύστημα αγωγών τροφοδοσίας που βρίσκεται μεταξύ της πλάκας σκυροδέματος και ενός υπερυψωμένου συστήματος δαπέδου για την παροχή κλιματισμένου αέρα απευθείας στο κτίριο, μέσω των αγωγών. Η θερμική διαστρωμάτωση του δαπέδου απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή.
- Έχει πολλά πλεονεκτήματα έναντι των παραδοσιακών συστημάτων διανομής αέρα (από πάνω), στα οποία συμπεριλαμβάνονται η βελτιωμένη θερμική άνεση, η βελτιωμένη απόδοση του συστήματος κλιματισμού, και εν γένει η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και τέλος το μειωμένο κόστος λειτουργίας κύκλου ζωής.
- Περιλαμβάνει ένα σύστημα αγωγών διανομής αέρα μεταβλητού όγκου κάτω από το δάπεδο, ένα φυγοκεντρικό ανεμιστήρα με κινητήρα μεταβλητής ταχύτητας (VSD) υψηλής απόδοσης, λέβητα ζεστού νερού απόδοσης καύσης 84,5%, ενσωματωμένο εξοικονομητή (economizer που χρησιμοποιεί τον εξωτερικό αέρα, υπό κατάλληλες κλιματολογικές συνθήκες για τη μείωση της απαιτούμενης μηχανικής ψύξης), αντλία ζεστού νερού μεταβλητού όγκου, σερπαντίνα ζεστού νερού, δοχεία αναθέρμανσης ζεστού νερού, και τέλος βελτιωμένης απόδοσης θερμαντήρα ζεστού νερού χρήσης (85% θερμική απόδοση).

Στον επόμενο πίνακα 5.43 και στις εικόνες 5.36 και 5.37 δίνονται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων της ενεργειακής συμπεριφοράς της κατοικίας για αυτά τα συστήματα HVAC.

Πίνακας 5.43 Αποτελέσματα προσομοιώσεων ενεργειακής ανάλυσης κατοικίας με διαφορετικά HVAC συστήματα

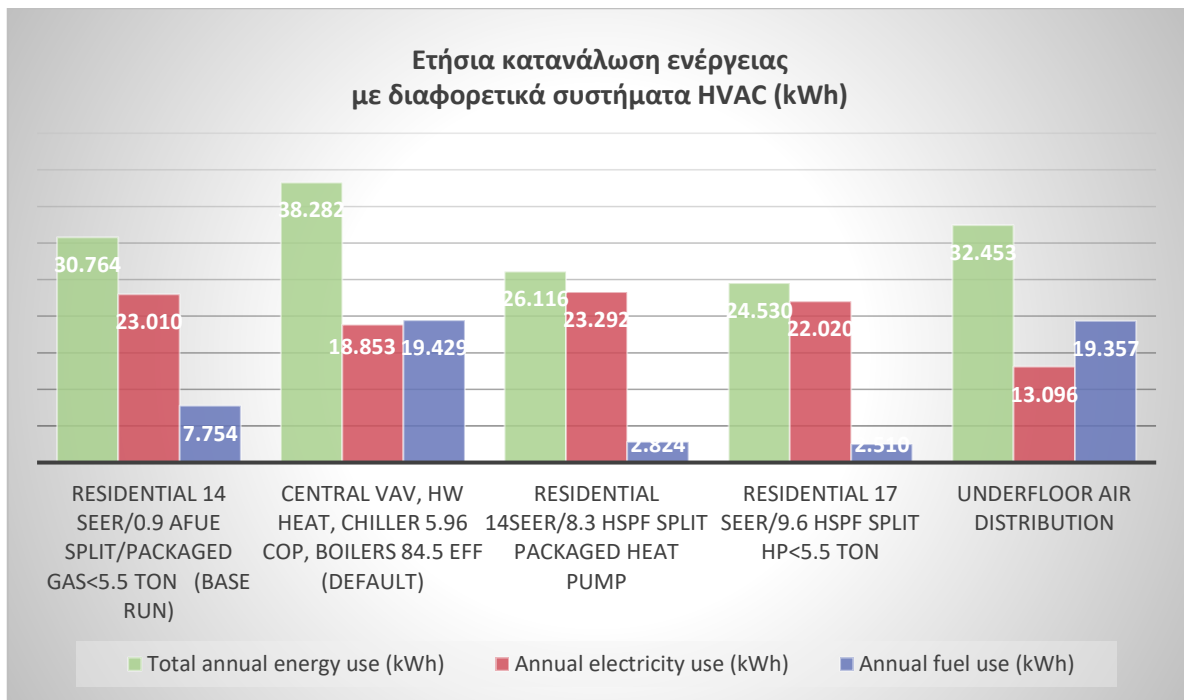
	Residential 14 SEER/0.9 AFUE Split/Packaged Gas<5.5 ton (base run)	Central VAV, HW Heat, Chiller 5.96 COP, Boilers 84.5 eff (default)	Residential 14SEER/8.3 HSPF Split Packaged Heat Pump	Residential 17 SEER/9.6 HSPF Split HP<5.5 ton	Underfloor Air Distribution
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	30.764	38.282	26.116	24.530	32.453
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)	23.010	18.853	23.292	22.020	13.096
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα (kWh)	7.754	19.429	2.824	2.510	19.357
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας (kWh/m²/yr)	123	153	104	98	130
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας (kWh/m ² /yr)	92	75	93	88	52

Πίνακας 5.43 (συνέχεια) Αποτελέσματα προσομοιώσεων ενεργειακής ανάλυσης κατοικίας με διαφορετικά HVAC συστήματα

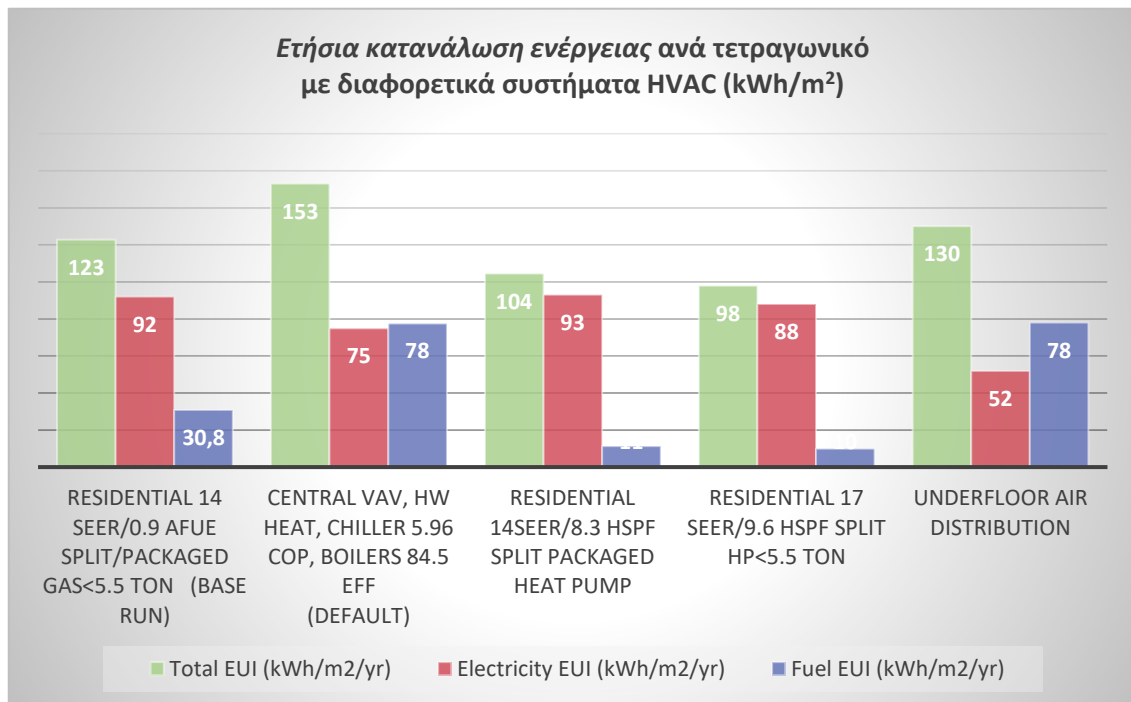
	Residential 14 SEER/0.9 AFUE Split/Packaged Gas<5.5 ton (base run)	Central VAV, HW Heat, Chiller 5.96 COP, Boilers 84.5 eff (default)	Residential 14SEER/8.3 HSPF Split Packaged Heat Pump	Residential 17 SEER/9.6 HSPF Split HP<5.5 ton	Underfloor Air Distribution
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα ανά μονάδα επιφάνειας (kWh/m ² /yr)	30,8	78	11	10	78
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στον κύκλο ζωής του κτιρίου (kWh)	690.309	565.616	698.786	660.611	392.884
Κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα στον κύκλο ζωής του κτιρίου (kWh)	232.612	582.880	84.723	75.308	580.713
Εκπομπές CO ₂ (Mg)	8,6	9,4	7,8	7,4	7,6

Πίνακας 5.43 (συνέχεια) Αποτελέσματα προσομοιώσεων ενεργειακής ανάλυσης κατοικίας με διαφορετικά HVAC συστήματα

	Residential 14 SEER/0.9 AFUE Split/Packaged Gas<5.5 ton (base run)	Central VAV, HW Heat, Chiller 5.96 COP, Boilers 84.5 eff (default)	Residential 14SEER/8.3 HSPF Split Packaged Heat Pump	Residential 17 SEER/9.6 HSPF Split HP<5.5 ton	Underfloor Air Distribution
Διάγραμμα ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από καύσιμα	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>Space Heating 63.6% Hot Water 36.4%</p>	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>Space Heating 85.5% Hot Water 14.5%</p>	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>Hot Water 100.0%</p>	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>Hot Water 100.0%</p>	<p>Annual Fuel End Use</p> <p>Space Heating 86.3% Hot Water 13.7%</p>
Διάγραμμα ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από ηλεκτρισμό	<p>Annual Electric End Use</p> <p>Pumps & Aux 1.2% Space Cooling 14.1% Fans 50.2% Misc Equip 14.4% Lights 20.1%</p>	<p>Annual Electric End Use</p> <p>Heat Rejection 0.6% Space Heating 3.7% Fans 9.8% Pumps & Aux 12.8% Space Cooling 30.9% Misc Equip 17.6% Lights 24.5%</p>	<p>Annual Electric End Use</p> <p>Pumps & Aux 0.1% Space Heating 6.6% Space Cooling 13.4% Fans 45.8% Misc Equip 14.3% Lights 19.9%</p>	<p>Annual Electric End Use</p> <p>Pumps & Aux 0.1% Space Heating 6.0% Space Cooling 11.2% Fans 46.7% Misc Equip 15.1% Lights 21.0%</p>	<p>Annual Electric End Use</p> <p>Fans 2.8% Pumps & Aux 3.8% Space Heating 5.3% Space Cooling 27.4% Misc Equip 25.4% Lights 35.3%</p>



Εικ. 5.36 Ετήσια κατανάλωση ενέργειας της κατοικίας με διαφορετικά συστήματα HVAC (kWh)



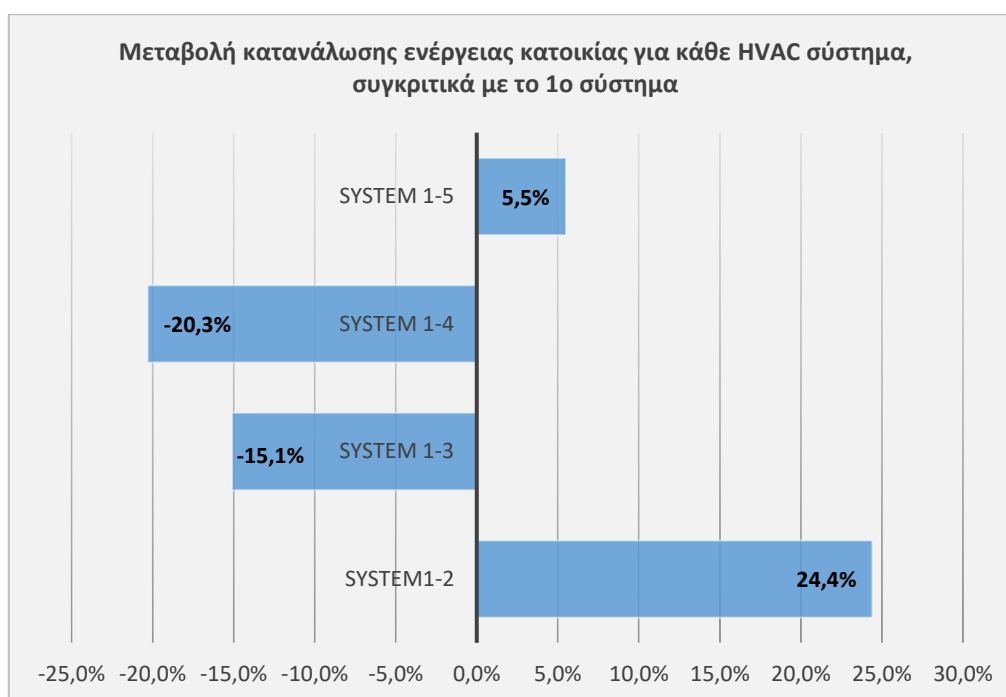
Εικ. 5.37 Ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας της κατοικίας με διαφορετικά συστήματα HVAC (kWh/m²)

Υπολογίστηκε ότι με τα υπάρχοντα συστήματα HVAC για κατοικίες στη βιβλιοθήκη του λογισμικού, η συνολική κατανάλωση ενέργειας μεταβάλλεται από 24.530 kWh ως 38.282 kWh

ετησίως. Η επιλογή δηλαδή του κατάλληλου συστήματος HVAC μπορεί να οδηγήσει στην ίδια ζώνη (Α) σε εξοικονόμηση 13.752 kWh ετησίως (35,9%). Αποδοτικότερο υπολογίστηκε ότι ήταν το σύστημα 4 «Residential 17 SEER/9.6 HSPF Split HP <5.5 ton» που αφορά σε σύστημα κλιματισμού για κατοικίες που παρέχει ψύξη – θέρμανση με σύστημα αντλίας θερμότητας και ΚΚΜ (άμεσης εκτόνωσης), split ή packaged. Η ΚΚΜ διαθέτει εξοικονομητή (economizer). Με ανεμιστήρα παρέχεται αέρας στους χώρους σταθερά. Για το ZNX ο συντελεστής απόδοσης είναι 0,85.

Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά τετραγωνικό (kWh/m²) κυμαίνεται από 98 kWh/m² ως 153 kWh/m². Η συνολική κατανάλωση ενέργειας της κατοικίας στην Α ζώνη στις αρχικές προσομοιώσεις (base run) είχε υπολογιστεί σε 30.764 kWh και σε 123 kWh/m². Η κατανομή της κατανάλωσης σε ηλεκτρισμό και καύσιμο εξαρτάται από το είδος του συστήματος HVAC.

Συγκρίνοντας την κατανάλωση ενέργειας για κάθε σύστημα HVAC, με την κατανάλωση ενέργειας για το 1^ο σύστημα (Residential 14 SEER/0.9 AFUE Split/Packaged Gas<5.5 ton), που είναι αυτό που χρησιμοποιήθηκε στις προσομοιώσεις των προηγούμενων ενοτήτων (Base run), προκύπτουν οι επόμενες ποσοστιαίες μεταβολές (Εικ.5.38):



Εικ. 5.38 Ποσοστιαία μεταβολή ενέργειας κατοικίας για κάθε σύστημα HVAC σε σύγκριση με το 1^ο σύστημα (αρχική προσομοίωση)

Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στο 3^ο σύστημα (Residential 14 SEER/8.3 HSPF Split Packaged Heat Pump), συγκριτικά με το 1^ο είναι 15,1%, ενώ στο 4^ο σύστημα (Residential 17 SEER/9.6 HSPF Split HP <5.5 ton) η μείωση είναι 20,3%. Στο 2^ο συστήματα (Central VAV, HW Heat, Chiller 5.96 COP, Boilers 84.5 eff -default προγράμματος) και στο 5ο (Underfloor Air Distribution), έχουμε αύξηση των συνολικών καταναλώσεων κατά 24,4% και 5,5 % αντίστοιχα.

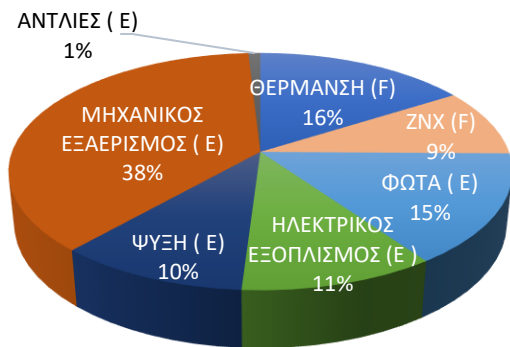
Στον επόμενο πίνακα 5.44 υπολογίζεται η κατανάλωση ενέργειας για κάθε χρήση σε κάθε σύστημα.

Πίνακας 5.44 Κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση για κάθε HVAC σύστημα

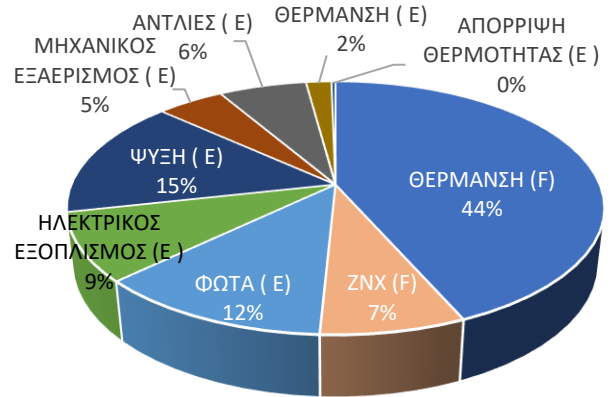
Συστήματα HVAC	1	2	3	4	5
	Residential 14 SEER/0.9 AFUE Split/Packaged Gas<5.5 ton (base run)	Central VAV, HW Heat, Chiller 5.96 COP, Boilers 84.5 eff (default)	Residential 14SEER/8.3 HSPF Split Packaged Heat Pump	Residential 17 SEER/9.6 HSPF Split HP<5.5 ton	Underfloor Air Distribution
	Κατανομή κατανάλωσης ενέργειας από καύσιμα (kWh)				
Θέρμανση	4.932	16.612	-	-	16.705
ZNX	2.822	2.817	2.824	2.510	2.652
	Κατανομή κατανάλωσης ενέργειας από ηλεκτρισμό (kWh)				
Φώτα	4.625	4.619	4.635	4.624	4.623
Ηλεκτρ. εξοπλ.	3.313	3.318	3.331	3.325	3.326
Ψύξη	3.244	5.826	3.121	2.466	3.588
Μηχ. Εξαερισμ.	11.551	1.848	10.668	10.283	367
Αντλίες	276	2.413	23	22	498
Θέρμανση	-	698	1.537	1.321	694
Απόρριψη θερμότητας	-	113	-	-	-

Στη συνέχεια (Εικ.5.39) δίνονται τα διαγράμματα για την ποσοστιαία κατανομή ενέργειας ανά χρήση στην κατοικία για τα διαφορετικά HVAC συστήματα με τα οποία έγιναν οι προσομοιώσεις της ενεργειακής συμπεριφοράς της.

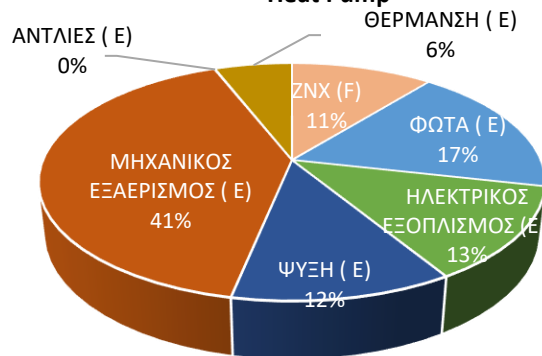
**1. Residential 14 SEER/0.9 AFUE
Split/Packaged Gas<5.5 ton (base run)**



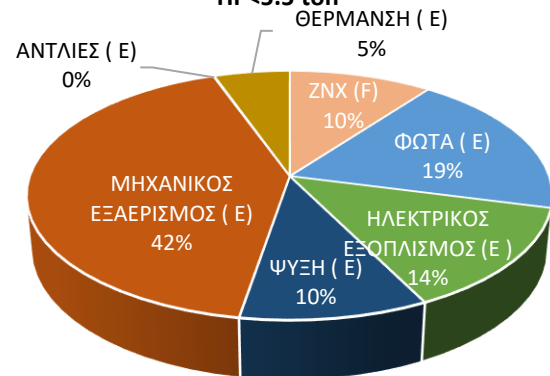
**2. Central VAV, HW Heat, Chiller 5.96 COP,
Boilers 84.5 eff(default)**



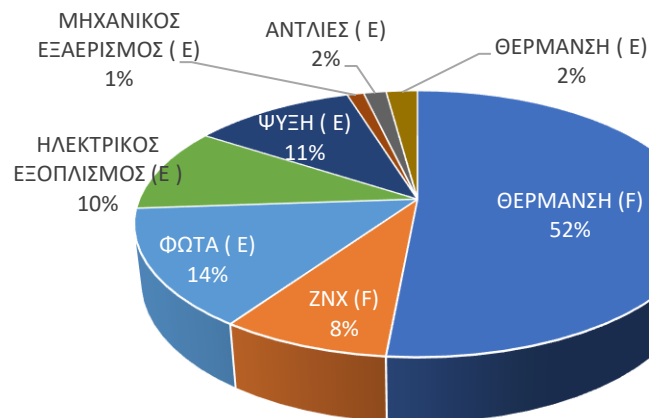
**3. Residential 14SEER/8.3 HSPF Split Packag
Heat Pump**



**4. Residential 17 SEER/9.6 HSPF Split
HP<5.5 ton**



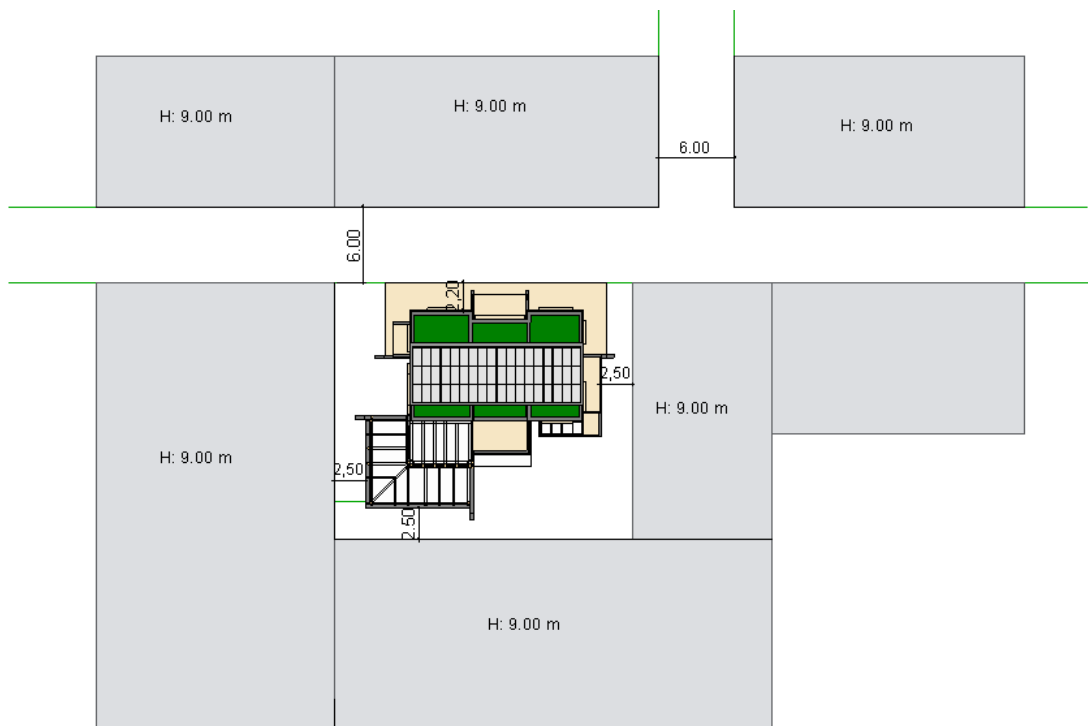
5. Underfloor Air Distribution



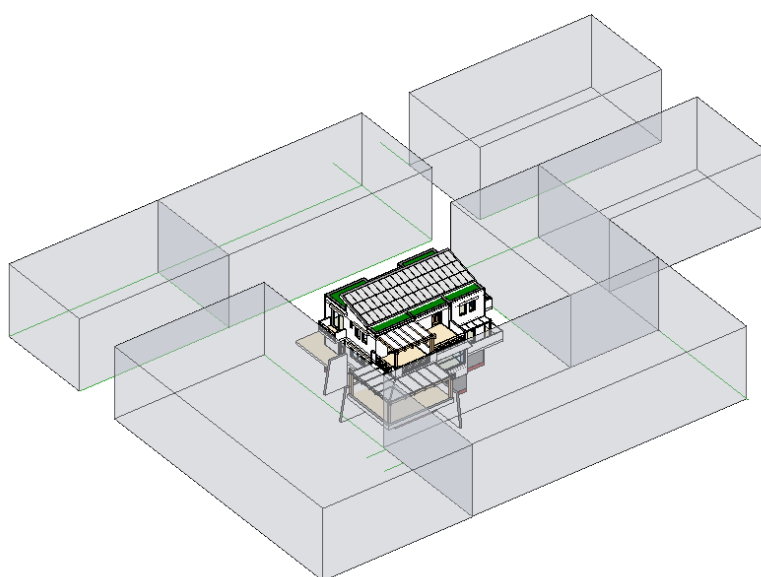
Εικ. 5.39 Κατανομή ενέργειας τελικής χρήσης της κατοικίας με διαφορετικά συστήματα HVAC

5.3 Επίδραση σκίασης από γειτονικά κτίρια

Στις μέχρι τώρα προσομοιώσεις, γύρω από την κατοικία δεν υπήρχαν άλλα κτίρια να τη σκιάζουν. Σ' αυτή τη ενότητα η κατοικία που προσομοιώνεται έχει γύρω της τριώροφα κτίρια, όπως φαίνεται στο επόμενο σκαρίφημα, ώστε να απεικονιστεί η επίδραση της σκίασης από γειτονικά κτίρια στις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου. Η κατοικία αφορά την Α ζώνη (Ηράκλειο).



Εικ. 5.40 Σκαρίφημα κατοικίας με γειτονικά κτίρια



Εικ. 5.41 Προοπτικό σκαρίφημα κατοικίας με γειτονικά κτίρια

Πίνακας 5.45 Επίδραση σκίασης από γειτονικά κτίρια στην ενεργειακή συμπεριφορά κατοικίας

A ΖΩΝΗ (Ηράκλειο)	Χωρίς γειτονικά κτίρια	Με γειτονικά κτίρια
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας	30.764	32.486
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)	23.010	22.361
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα (kWh)	7.754	10.125
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας (kWh/m²/yr)	122,8	129,7
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας (kWh/m ² /yr)	92	89
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας από καύσιμα ανά μονάδα επιφάνειας (kWh/m ² /yr)	30,8	40,7
Φορτίο αιχμής ψύξης (W)	15.375	18.046
Φορτίο αιχμής θέρμανσης (W)	9.598	10.046
Εξοικονόμηση ενέργειας από παραγωγή φωτοβολταϊκών (kWh)	14.228	13.646
Εξοικονόμηση ενέργειας από παραγωγή ανεμογεννήτριας (kWh)	3.775	3.775
Εκπομπές CO ₂ (Mg)	8,6	8,8

Παρατηρείται ότι η συνολική κατανάλωση ενέργειας αυξήθηκε κατά 5,6% που αντιστοιχεί σε 1.722 kWh με την προσθήκη γειτονικών κτιρίων στην προσομοίωση, δηλαδή από 30.764 kWh ετησίως στο πανταχόθεν ελεύθερο κτίριο σε 32.486 kWh στο κτίριο που περικλείεται από γειτονικά τριώροφα. Η κατανάλωση καυσίμου υπολογίζεται αυξημένη λόγω της μείωσης των ηλιακών κερδών από τη σκίαση των γειτονικών κτισμάτων, που συμβάλλουν στη θέρμανση το χειμώνα. Επίσης δικαιολογημένα μειώθηκε η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που αφορά σε ψύξη, αερισμό, φωτισμό και χρήση ηλεκτρικών συσκευών, λόγω της μείωσης των ηλιακών κερδών που οδηγούν το καλοκαίρι σε υπερθέρμανση. Η σκίαση από γειτονικά κτίρια αυξάνει επίσης τις ανάγκες σε τεχνητό φωτισμό, όμως αυτό δεν λαμβάνεται υπόψη κατά την προσομοίωση, γιατί το λογισμικό χρησιμοποιεί τις τιμές που έχουμε εισάγει στον ορισμό των παραμέτρων λειτουργίας. Ακόμα η παραγωγή των Φ/Β μειώνεται λόγω της σκίασης από τα γειτονικά κτίρια, ενώ η παραγωγή της Α/Γ παραμένει αμετάβλητη. Τέλος η εκπομπές CO₂ αυξάνονται λόγω αύξησης κατανάλωσης ενέργειας.

6. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή έγινε αναφορά στην κατανάλωση ενέργειας από τα κτίρια και ειδικότερα από τις κατοικίες στην Ε.Ε. και στην Ελλάδα. Παρουσιάστηκε η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα και αναφέρθηκε συνοπτικά η ισχύουσα νομοθεσία και οι βασικές κατευθύνσεις για αποδοτικότερα κτίρια.

Επίσης αναλύθηκε η χρησιμότητα των λογισμικών για την προσομοίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων. Μέσα από δύο έγκριτες αξιολογήσεις για λογισμικά προσομοίωσης ενεργειακής απόδοσης, έγινε επιλογή των Revit και GBS ως λογισμικά ενεργειακής προσομοίωσης στη συγκεκριμένη εργασία. Έγινε αναλυτική παρουσίαση της διαδικασίας για την ενεργειακή προσομοίωση με τα εν λόγω λογισμικά και τελικά με τη χρήση των λογισμικών αυτών μελετήθηκε η ενεργειακή συμπεριφορά μιας κατοικίας στις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας. Παρακάτω αναφέρονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των αναλύσεων.

Η κατοικία που μελετήθηκε αναπτύσσεται σε δύο επίπεδα και έχει συνολικό εμβαδόν 254,1 m² και υπόγειο εμβαδού 145,3 m². Στη νότια όψη της κατοικίας έχει προβλεφθεί βιοκλιματικός χώρος (θερμοκήπιο) εμβαδού 10,5 m².

Η κατοικία τοποθετήθηκε αρχικά στην Α κλιματική ζώνη (Ηράκλειο) και δημιουργήθηκαν 3 θερμικές ζώνες. Έγιναν στη συνέχεια δύο προσομοιώσεις :

- Με εξωτερική μόνωση καθώς και κουφώματα τέτοια ώστε να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ.
- Χωρίς καθόλου μόνωση.

Ορίστηκαν οι συνθήκες λειτουργίας της κατοικίας και το σύστημα ψύξης, θέρμανσης, εξαερισμού και παραγωγής ΖΝΧ (HVAC). Χρησιμοποιήθηκε σύστημα που προτείνεται από το λογισμικό (για τον οικιακό τομέα), το οποίο κυκλοφορεί στις ΗΠΑ και παρουσιάζει διαφορές από αντίστοιχα που κυκλοφορούν στην Ε.Ε.

Από την ανάλυση προέκυψαν τα ακόλουθα:

Υπολογίστηκε συνολικά για την κατοικία, αλλά και για κάθε χώρο της το μέγιστο φορτίο για θέρμανση, ψύξη και εξαερισμό τόσο για τη χειμερινή όσο και για τη θερινή περίοδο. Μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας υπολογίστηκαν για το χειμώνα από τις υπόγειες επιφάνειες και από αθέλητο αερισμό. Επίσης προέκυψε ότι βελτίωση των θερμικών χαρακτηριστικών των ανοιγμάτων, δεδομένου τόσο του πλήθους όσο και του μεγέθους τους, μπορεί να συνεισφέρει θετικά στην αποδοτικότητα του κτιρίου.

Υπολογίστηκε η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας της κατοικίας σε 30.764 kWh και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας σε 122,8 kWh/m².

Υπολογίστηκαν επίσης αναλυτικά η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμου ετησίως και ανά μήνα, καθώς και η κατανομή τους σε ενέργεια τελικής χρήσης.

Σχετικά με τη δυνατότητα χρήσης ΑΠΕ, υπολογίστηκε η ενδεχόμενη ετήσια παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά σε 14.228 kWh και από μικρή ανεμογεννήτρια σε 3.775 kWh. Ακόμα υπολογίστηκε ότι από τη χρήση φυσικού αερισμού (δροσισμού), τις ώρες που η εξωτερική θερμοκρασία μας το επιτρέπει, μπορεί να εξοικονομηθεί ενέργεια ίση με 2.458 kWh. Για την παραγωγή ΖΝΧ από ηλιοθερμικό σύστημα δεν είναι διαθέσιμοι υπολογισμοί από το συγκεκριμένο λογισμικό.

Ο ηλιακός χώρος (10m²), που η επίδραση του μελετήθηκε μόνο, για την περίπτωση της μονωμένης κατοικίας στην Α ζώνη, υπολογίστηκε ότι συμβάλλει θετικά στα θερμικά φορτία το χειμώνα. Δεν κατέστη ωστόσο δυνατόν από το λογισμικό να προσομοιωθεί η αποκοπή του ηλιακού χώρου από το κτίριο το καλοκαίρι, που αφαιρούνται μόνιμα τα ανοίγματα του.

Προέκυψε έτσι ότι για τη λειτουργία της κατοικίας στην Α ζώνη μετά τις προτεινόμενες παρεμβάσεις με χρήση ΑΠΕ απαιτούνται ετησίως από συμβατικά καύσιμα 4.942 kWh ή 19,45 kWh/m². Υπολογίστηκαν τέλος οι εκπομπές CO₂ πριν και μετά την προσθήκη ΑΠΕ στο κτίριο.

Τέλος για τη ζώνη Α, συγκρίνοντας τη συνολική κατανάλωση ενέργειας μεταξύ του αμόνωτου (45.258 kWh) και του μονωμένου κατά Κ.Εν.Α.Κ. κτιρίου (30.764 kWh), διαπιστώνεται ότι με την προσθήκη της ελάχιστης προβλεπόμενης μόνωσης, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση της τάξης 32%.

Η κατοικία στη συνέχεια τοποθετήθηκε στις υπόλοιπες κλιματικές ζώνες και έγιναν πάλι συγκρίσεις των ενεργειακών καταναλώσεων της για δύο περιπτώσεις :

- Με εξωτερική θερμομόνωση καθώς και κουφώματα τέτοια ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ.. Οι αλλαγές που έγιναν δηλ. σε σχέση με την προσομοίωση στην Α κλιματική ζώνη αφορούσαν το πάχος της θερμομόνωσης και τους συντελεστές θερμοπερατότητας των κουφωμάτων.
- Χωρίς καθόλου μόνωση.

Οι συνθήκες λειτουργίας καθώς και το σύστημα HVAC παρέμειναν αμετάβλητα. Καταγράφηκαν έτσι τα παρακάτω αποτελέσματα :

Στη Β ζώνη η συνολική κατανάλωση ενέργειας υπολογίστηκε σε 35.249 kWh ετησίως στο μονωμένο κτίριο, αυξήθηκε δηλ. συγκριτικά με την Α ζώνη (30.764 kWh) κατά 14,6% . Από την άλλη, συγκρίνοντας τη συνολική κατανάλωση ενέργειας μεταξύ του αμόνωτου (55.388 kWh) και του μονωμένου κατά Κ.Εν.Α.Κ. κτιρίου (35.249 kWh), διαπιστώνεται ότι με την προσθήκη της ελάχιστης προβλεπόμενης μόνωσης, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση της τάξης 36,4%.

Στη Γ ζώνη η συνολική κατανάλωση ενέργειας υπολογίστηκε σε 39.595 kWh ετησίως στο μονωμένο κτίριο. Αυξήθηκε δηλαδή συγκριτικά με την Α ζώνη (30.764 kWh) κατά 28,7% και συγκριτικά με την Β ζώνη (35.249 kWh) κατά 12,3%. Από την άλλη, συγκρίνοντας τη

συνολική κατανάλωση ενέργειας μεταξύ του αμόνωτου (75.075 kWh) και του μονωμένου κατά Κ.Εν.Α.Κ. κτιρίου (39.595 kWh), διαπιστώνεται ότι με την προσθήκη της ελάχιστης προβλεπόμενης μόνωσης, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση της τάξης 47,3%.

Τέλος στη Δ ζώνη η συνολική κατανάλωση ενέργειας υπολογίστηκε σε 46.763 kWh ετησίως στο μονωμένο κτίριο. Αυξήθηκε δηλαδή συγκριτικά με την Α ζώνη (30.764 kWh) κατά 52%, συγκριτικά με τη Β ζώνη (35.249 kWh) κατά 32,7% και συγκριτικά με τη Γ ζώνη (39.595 kWh) κατά 18,1%. Από την άλλη, συγκρίνοντας τη συνολική κατανάλωση ενέργειας μεταξύ του αμόνωτου (105.244 kWh) και του μονωμένου κατά Κ.Εν.Α.Κ. κτιρίου (46.763 kWh), διαπιστώνεται ότι με την προσθήκη της ελάχιστης προβλεπόμενης μόνωσης, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση της τάξης του 55,6%.

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας δεν μεταβλήθηκε σημαντικά στις προσομοιώσεις, ούτε από ζώνη σε ζώνη, ούτε μεταξύ μονωμένου κτιρίου και κτιρίου χωρίς μόνωση. Οι καταναλώσεις καυσίμου είχαν αξιοσημείωτη αύξηση.

Όσον αφορά στην συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας τελικής χρήσης ανά μονάδα επιφάνειας, αυτή υπολογίστηκε για το μονωμένο κτίριο στην Α ζώνη σε 122,8 kWh/m², στη Β ζώνη σε 141 kWh/m², στη Γ ζώνη σε 158 kWh/m² και στη Δ ζώνη σε 186 kWh/m².

Στη συνέχεια έγιναν προσομοιώσεις της ίδιας κατοικίας στην Α ζώνη (Ηράκλειο) με όσα συστήματα HVAC διέθετε η βιβλιοθήκη του λογισμικού για κατοικίες, ώστε να μελετήσουμε την επίδραση των διαφορετικών συστημάτων στην κατανάλωση ενέργειας. Υπήρξε δυσκολία στο συγκεκριμένο τμήμα της εργασίας, γιατί το Revit ακολουθεί αμερικάνικα πρότυπα για αυτά τα συστήματα και δεν ήταν εύκολο να αντιστοιχηθεί η λειτουργία τους και να συγκριθεί με τις χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες στην Ελλάδα. Έγινε έτσι σύγκριση περισσότερο για να αποδειχτεί η σχετική επίδραση που έχουν τα διαφορετικά συστήματα στις επιμέρους αλλά και στις συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις. Υπολογίστηκε ότι η συνολική κατανάλωση ενέργειας, με τα διαφορετικά συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν, μεταβάλλεται από 24.530 kWh ως 38.282 kWh ετησίως. Επίσης η ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας (kWh/m²) κυμαίνεται από 98 kWh/m² ως 153 kWh/m². Προέκυψε ότι η επιλογή του κατάλληλου συστήματος HVAC είναι πολύ σημαντική και μπορεί να οδηγήσει στην ίδια ζώνη (Α) σε εξοικονόμηση 13.752 kWh ετησίως. Αποδοτικότερο υπολογίστηκε ότι ήταν το σύστημα «Residential 17 SEER/9.6 HSPF Split HP <5.5 ton», που αφορά σε σύστημα που παρέχει ψύξη – θέρμανση με σύστημα αντλίας θερμότητας και ΚΚΜ (άμεσης εκτόνωσης), split ή packaged με βελτιωμένες αποδόσεις.

Τέλος έγινε προσομοίωση της ίδιας κατοικίας στην Α ζώνη με προσθήκη γειτονικών κτιρίων τριών ορόφων, ώστε να υπολογιστεί η επίδραση που μπορεί να έχει η σκίαση από τα γειτονικά κτίρια στις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου. Προέκυψε ότι η συνολική κατανάλωση ενέργειας αυξήθηκε κατά 1.722 kWh με την προσθήκη των γειτονικών κτιρίων.

Όσον αφορά τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν, μπορούμε συνοψίζοντας να αναφέρουμε τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Το Revit είναι ένα BIM λογισμικό που μπορεί να αποδώσει με μεγάλη ακρίβεια το 3D μοντέλο ενός κτιρίου.
- Η ενσωμάτωση όλων των διαθέσιμων πληροφοριών στο μοντέλο είναι σχετικά χρονοβόρα, αλλά προσδίδει ποιότητα στη μελέτη.
- Το 3D μοντέλο μπορεί πολύ εύκολα να μετατραπεί σε ενεργειακό μοντέλο.
- Η ενεργειακή προσομοίωση με το Revit σε συνεργασία με το GBS δίνει σε εύλογο χρόνο αναλύσεις, με διαγράμματα εύκολα κατανοητά παρέχοντας τη δυνατότητα εύρεσης της βέλτιστης επιλογής όσον αφορά στο συνδυασμό των υλικών κελύφους, συστημάτων κ.λπ.
- Υπάρχει δυνατότητα καθορισμού χρονοδιαγραμμάτων, όσον αφορά στην πληρότητα της κατοικίας, στη χρήση ηλεκτρικών συσκευών και τεχνητού φωτισμού.
- Από τα λογισμικά παρέχονται τα κλιματολογικά δεδομένα της κάθε περιοχής που επιλέγεται.
- Οι καταναλώσεις υπολογίζονται αναλυτικά σε μηνιαία και ετήσια βάση και σε κατανάλωση ανά μονάδα επιφάνειας.
- Υπολογίζεται η ενδεχόμενη παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά με δυνατότητα μικρών επεμβάσεων στα αποτελέσματα καθώς και από μικρή ανεμογεννήτρια χωρίς καθόλου δυνατότητα επεμβάσεων.
- Δεν υπολογίζεται η παραγωγή ZNX από ηλιοθερμικά.
- Στο GBS υπολογίζεται η ενδεχόμενη εξοικονόμηση ενέργειας από φυσικό αερισμό.
- Υπολογίζονται οι εκπομπές CO₂ πριν και μετά τις επεμβάσεις από τη χρήση ΑΠΕ.
- Λαμβάνεται υπόψη η σκίαση από γειτονικά κτίρια.
- Υπάρχει δυνατότητα καθορισμού διαφορετικών συστημάτων HVAC, όμως τα συστήματα αυτά ακολουθούν αμερικάνικα πρότυπα και υπάρχει δυσκολία στην αντιστοίχιση τους με τις χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες στη χώρα μας.
- Υπάρχει δυνατότητα ορισμού διαφορετικών θερμικών ζωνών στο κτίριο, αλλά δεν μπορεί να επιλεγεί διαφορετικό σύστημα HVAC σε κάθε ζώνη.
- Δεν υπάρχει άμεσα η δυνατότητα προσομοίωσης παθητικών συστημάτων.
- Υπολογίζεται το κόστος της ενέργειας που καταναλώνεται.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Buildings - Energy - European Commission (Energ/dg/unit4). [Online] Available: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>.
- [2] Eurostat, Consumption of energy - Statistics Explained. [Online] Available: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Consumption_of_energy.
- [3] ΚΑΠΕ and CRES, Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων, Energy HUB for All. [Online] Available: <http://www.cres.gr/energyhubforall/Energeiaki%20apodosi%20ktirion.html>.
- [4] EU Building Stock Observatory - Energy - European Commission (Energ/dg/unit4). [Online] Available: <https://ec.europa.eu/energy/en/eubuildings>.
- [5] Εθνικό Τυπογραφείο, Εφημερίδα της κυβερνήσεως, Αρ. Φύλλου 3004 /31-12-2015, “Έγκριση έκθεσης μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του εθνικού κτιριακού αποθέματος”.
- [6] Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος, Στατιστικά αποτελέσματα ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. [Online] Available: <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=907&language=el-GR>.
- [7] Πετρολιάγκη Μαργαρίτα, Δρ Χημικός Μηχανικός ΕΜΠ, Αναπληρώτρια Προϊσταμένη Τμήματος Επιθεώρησης Ενέργειας Νοτίου Ελλάδας, “Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων & Ενεργειακοί επιθεωρητές”, Μάρτιος 2015.
- [8] ΚΑΠΕ and CRES, Εφαρμόζοντας τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες στην Ελλάδα, Energy HUB for All. [Online] Available: <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.4.html>.
- [9] Εθνικό Τυπογραφείο, Εφημερίδα της κυβερνήσεως, Αρ. φύλλου 407/9-4-2010, “Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων”.
- [10] Εθνικό Τυπογραφείο Εφημερίδα της κυβερνήσεως, Αρ. φύλλου 79/9-4-2002, “Νόμος 4067, Νέος Οικοδομικός Κανονισμός”.
- [11] Εθνικό Τυπογραφείο, Εφημερίδα της κυβερνήσεως, Αρ. Φύλλου 42/ 19 - 2013, “Νόμος υπ' αριθμ. 4122, "Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου”.
- [12] National Nearly Zero-Energy Buildings (NZEBs) definitions - Energy - European Commission (Energ/dg/unit4). [Online] Available: <https://ec.europa.eu/energy/en/content/national-nearly-zero-energy-buildings-nzebs-definitions>.
- [13] Η. Ε.-Κ. Hans Erhorn, “Overview of national applications of the NZEB definitions” www.epbd-ca.eu, 2015.
- [14] Έκθεση της Επιτροπής προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο, “Πρόοδος των κρατών μελών στο θέμα των κτιρίων σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης,” [Online] Available: [http://eurlex.europa.eu/legalcontent/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0483R\(01\)&from=EN](http://eurlex.europa.eu/legalcontent/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0483R(01)&from=EN), 2013.
- [15] Wikipedia, Zero-energy building - Wikipedia. [Online] Available: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?oldid=775177141>.
- [16] Ανδρεαδάκη Ελένη, Βιοκλιματικός Σχεδιασμός- Περιβάλλον και βιωσιμότητα, 2006.
- [17] Συλλογικό έργο, Οδηγός Ενεργειακού Σχεδιασμού, Εκδόσεις Κτίριο, 2011.
- [18] ΤΕΕ, Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτηρίων, 2011.
- [19] Κώστας Τσίππρας, Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων, 2000.
- [20] Wikipedia, LED lamp - Wikipedia. [Online] Available: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?oldid=775964140>.
- [21] ΔΕΗ Α.Ε., Ενεργειακή κλάση ηλεκτρικών συσκευών. [Online] Available: <http://energy-saving.dei.gr/el/simansi-suskeuwn>.
- [22] Κ. Τ. Παπακώστας, Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός, “Έξοικονόμηση Ενέργειας σε συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού,” [Online] Available: <http://library.tee.gr>.

- [23] Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος, Εξοικονόμηση ενέργειας σε συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού. [Online] Available: <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=282&language=el-GR>.
- [24] Εμμανουήλ Κακαράς, Σωτήριος Καρέλλας, “Σύγκριση κόστους θέρμανσης από διάφορες τεχνολογίες”
- [25] Marko S. Jarić, Nikola J. Budimir, Milica Pejanovic, Igor Svetel, “A review of energy analysis simulation tools,” 2013.
- [26] T. Reeves, S. Olbina, and R. Issa, “Guidelines for Using Building Information Modeling for Energy Analysis of Buildings,” *Buildings*, vol. 5, no. 4, pp. 1361–1388, 2015.
- [27] Autodesk 2016 Revit Help. [Online] Available: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2016/ENU/>.
- [28] Green Building Studio Help. [Online] Available: <https://gbs.autodesk.com/gbs/Help>.
- [29] ΤΕΕ, “ΤΟΤΕΕ-20701-1-/2010, "Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης”.
- [30] Thomas Boermans, Andreas Hermelink, Sven Schimschar, Jan Grözinger, Markus Offermann, “Principles for nearly zero-energy buildings”
- [31] Άγγελος Αγγελίδης, “Θέρμανση Κατοικιών Πόρισμα Ο.Ε. του ΤΕΕ/ΤΚΜ,” [Online] Available: www.iekemtee.gr.
- [32] Κ. Π. Ι. Κοσμόπουλος, “Κτίρια μηδενικής ενέργειας”, Τεχνικές Σελίδες, www.ktirio.gr.
- [33] ΚΑΠΕ, “Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής”
- [34] Autodesk, “Revit Architecture 2011 User's Guide”, 2010.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

1. ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΠΟ ΤΟ REVIT

Παρατίθεται ενδεικτικά η ανάλυση της ενεργειακής συμπεριφοράς της κατοικίας στη Β ζώνη (Αθήνα) όπως προκύπτει από το REVIT



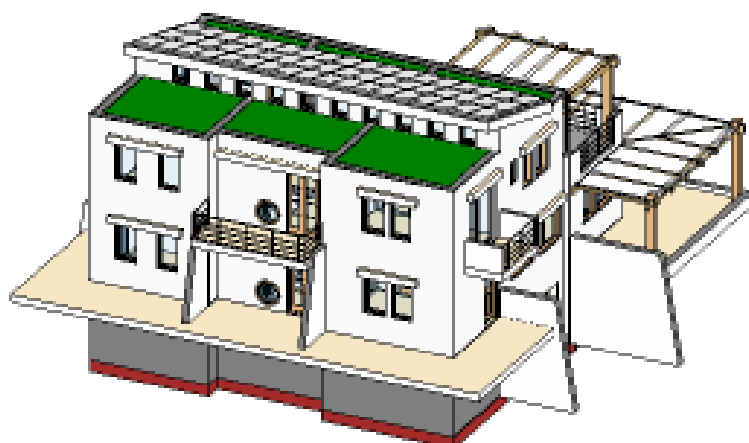
B_zone

B_zone

Analyzed at 4/9/2017 10:18:53 AM

Version 2017.1.7.39(DOE-2.2-48r)

Energy Analysis Result



Building Performance Factors

Location:	Athens, Greece
Weather Station:	179810
Outdoor Temperature:	Max: 38°C/Min: 1°C
Floor Area:	269 m ²
Exterior Wall Area:	143 m ²
Average Lighting Power:	6.00 W / m ²
People:	12 people
Electrical Cost:	\$0.15 / kWh
Fuel Cost:	\$2.63 / Therm

Energy Use Intensity

Electricity EUI:	93 kWh / sm / yr
Fuel EUI:	172 MJ / sm / yr
Total EUI:	506 MJ / sm / yr

Life Cycle Energy Use/Cost

Life Cycle Electricity Use:	697,750 kWh
Life Cycle Fuel Use:	1,295,025 MJ
Life Cycle Energy Cost:	\$62,716

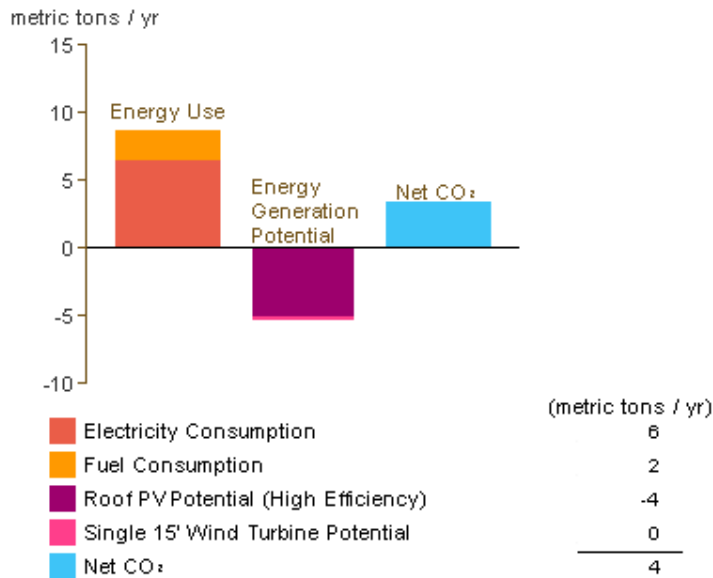
*30-year life and 6.1% discount rate for costs

Renewable Energy Potential

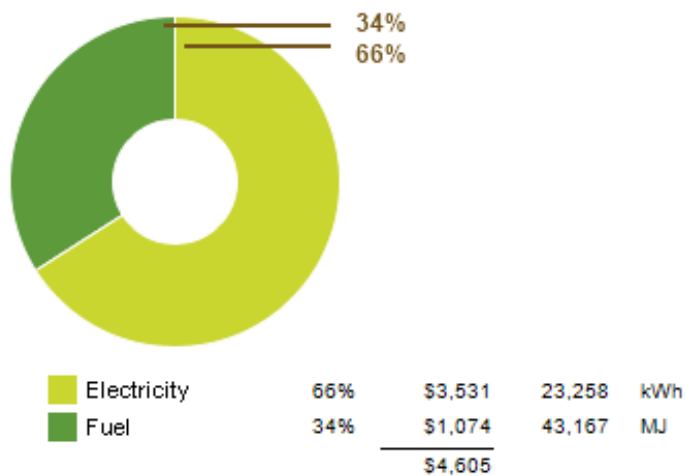
Roof Mounted PV System (Low efficiency):	5,898 kWh / yr
Roof Mounted PV System (Medium efficiency):	11,795 kWh / yr
Roof Mounted PV System (High efficiency):	17,693 kWh / yr
Single 15' Wind Turbine Potential:	1,206 kWh / yr

*PV efficiencies are assumed to be 5%, 10% and 15% for low, medium and high efficiency systems

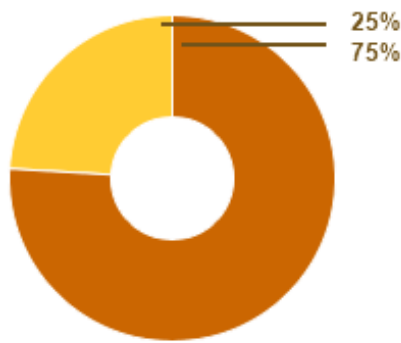
Annual Carbon Emissions



Annual Energy Use/Cost

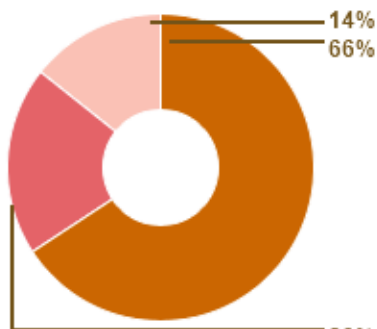


Energy Use: Fuel



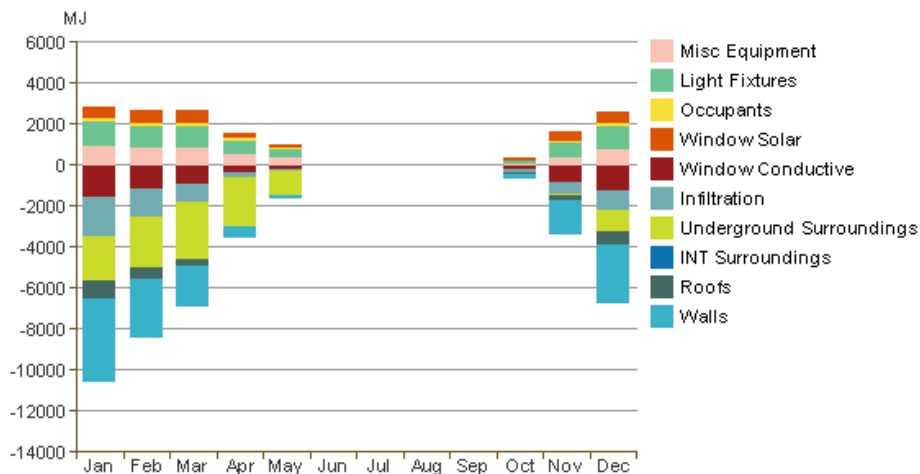
			(MJ)
HVAC	75%	\$815	32,779
Domestic Hot Water	25%	\$258	10,387
		<u>\$1,073</u>	<u>43,166</u>

Energy Use: Electricity

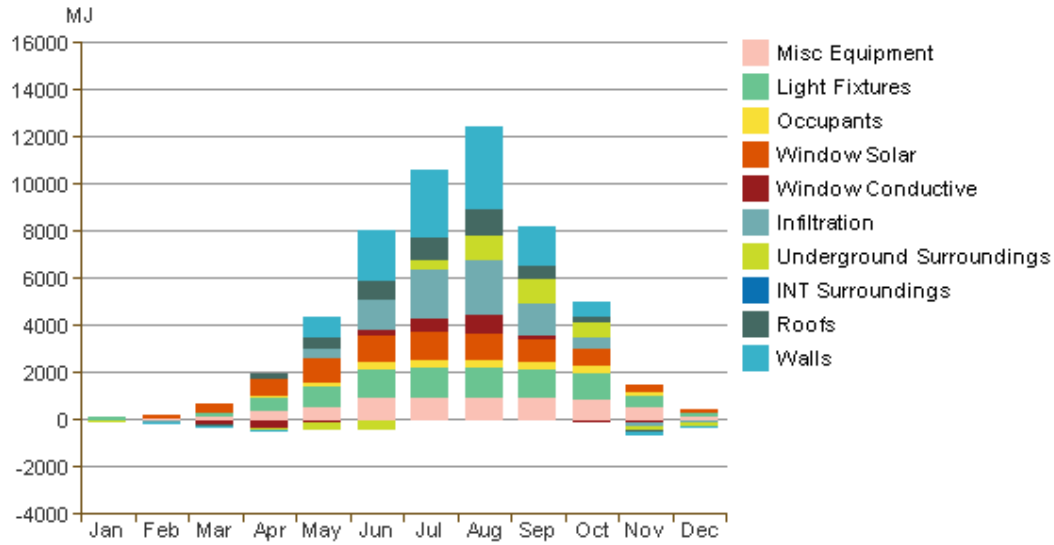


			(kWh)
HVAC	66%	\$2,321	15,295
Lighting	20%	\$703	4,631
Misc Equipment	14%	\$505	3,331
		<u>\$3,529</u>	<u>23,257</u>

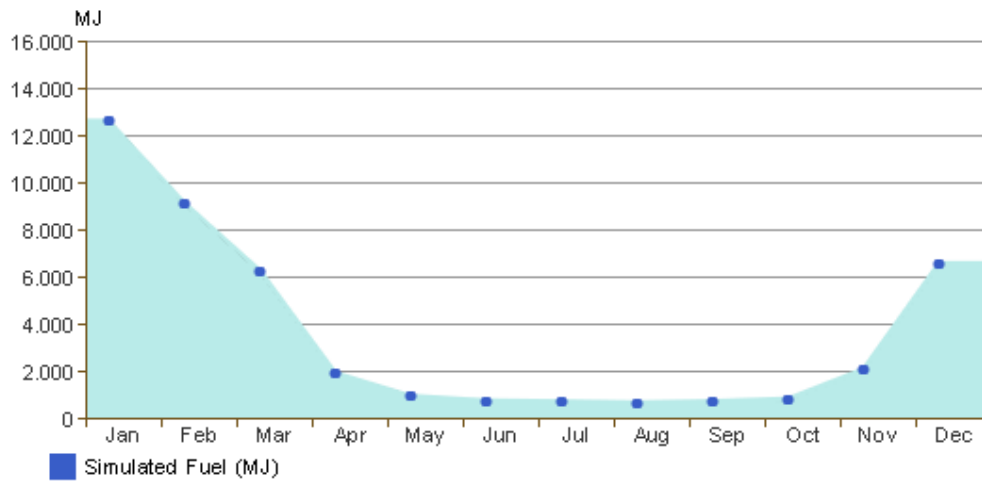
Monthly Heating Load



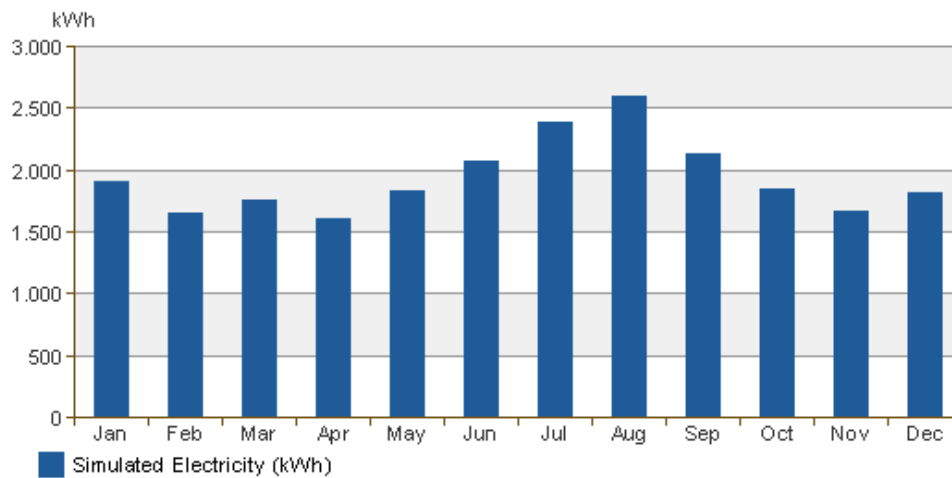
Monthly Cooling Load



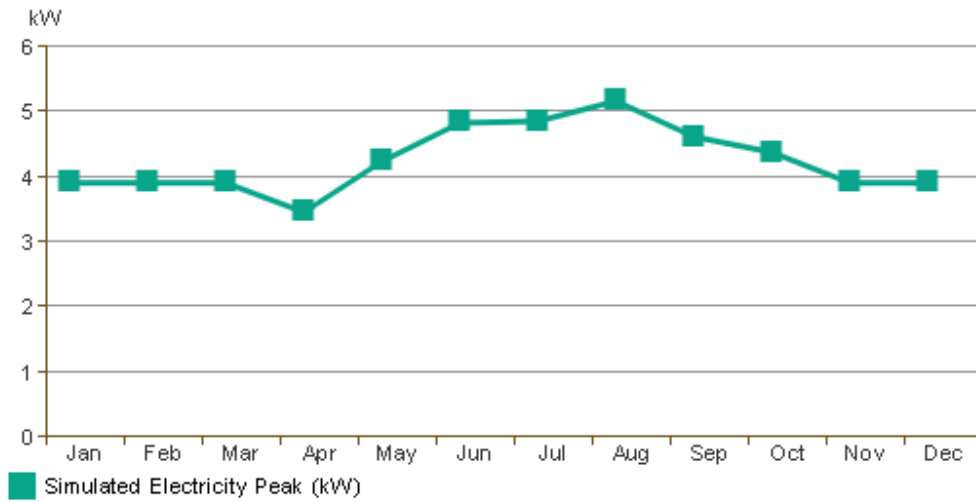
Monthly Fuel Consumption



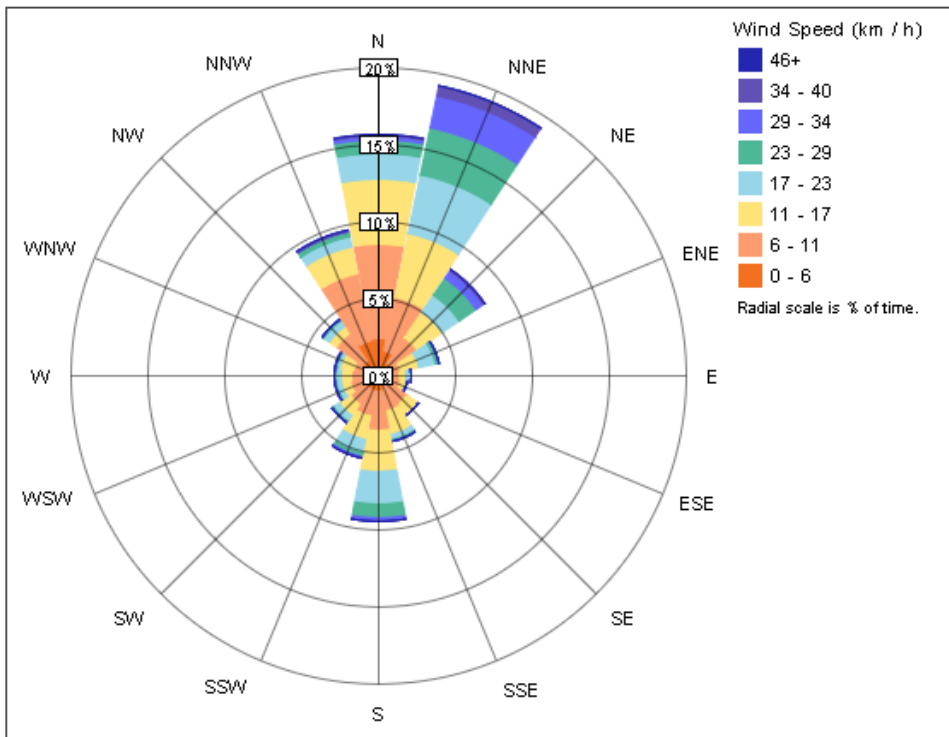
Monthly Electricity Consumption



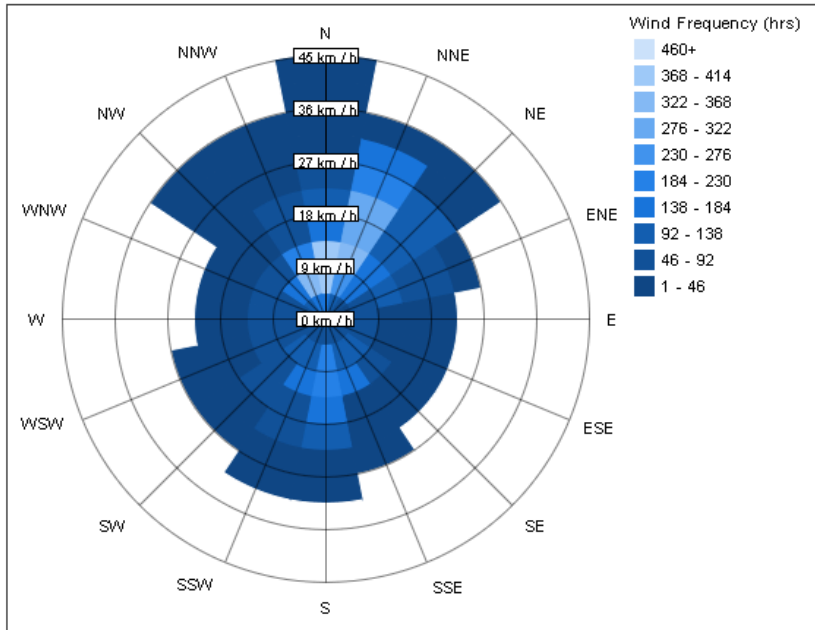
Monthly Peak Demand



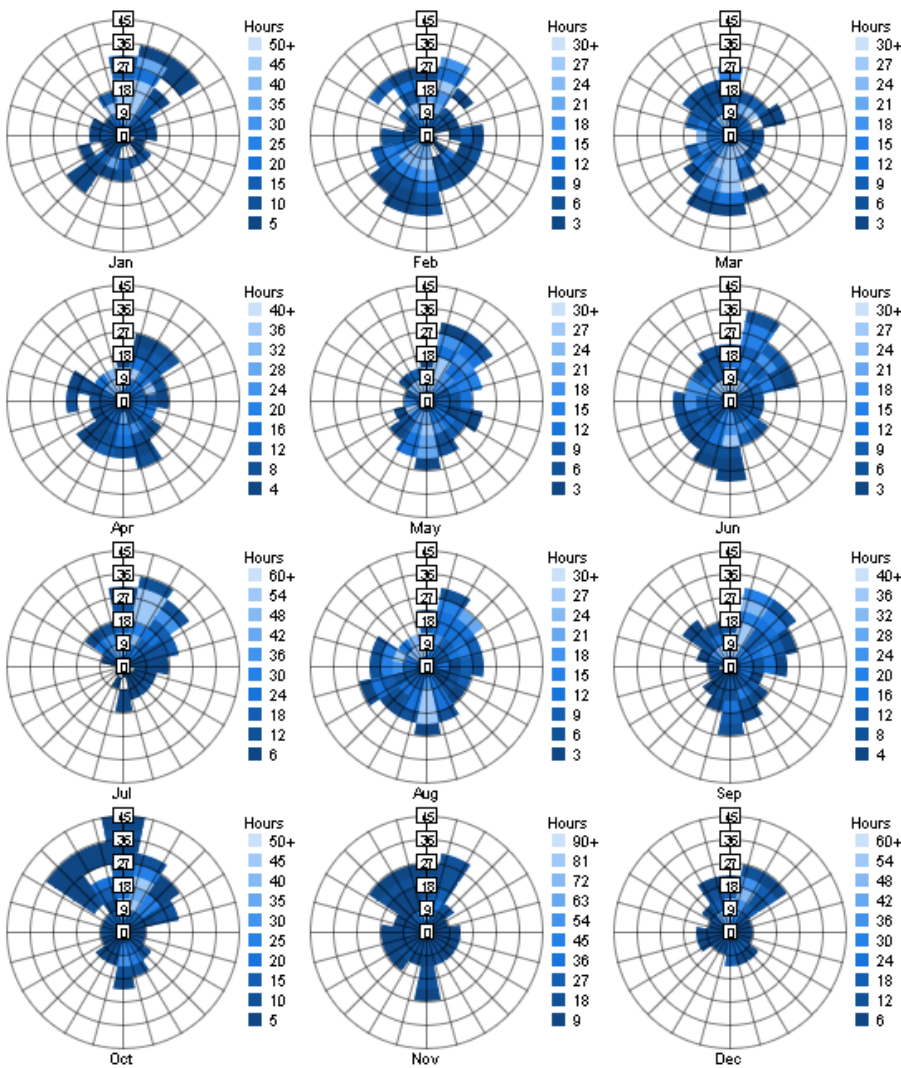
Annual Wind Rose (Speed Distribution)



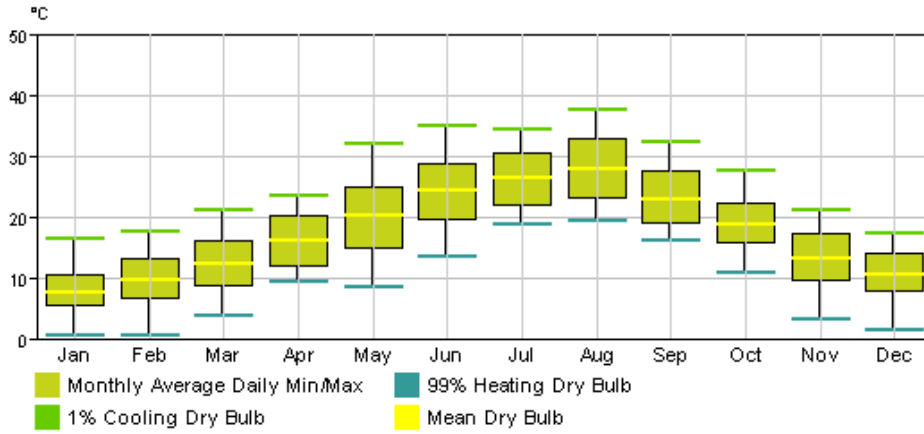
Annual Wind Rose (Frequency Distribution)



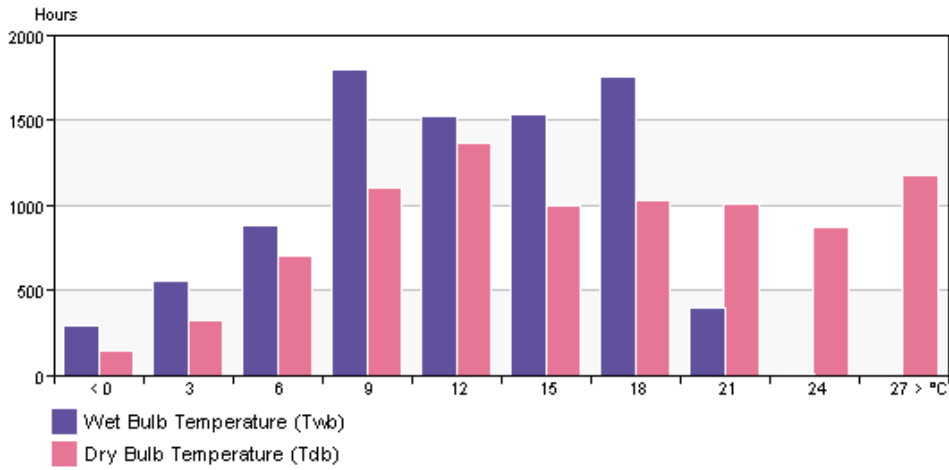
Monthly Wind Roses



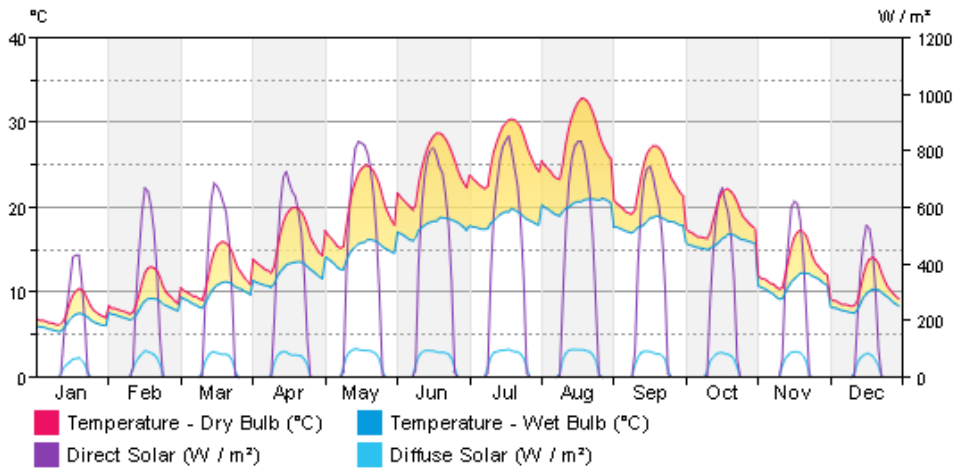
Monthly Design Data



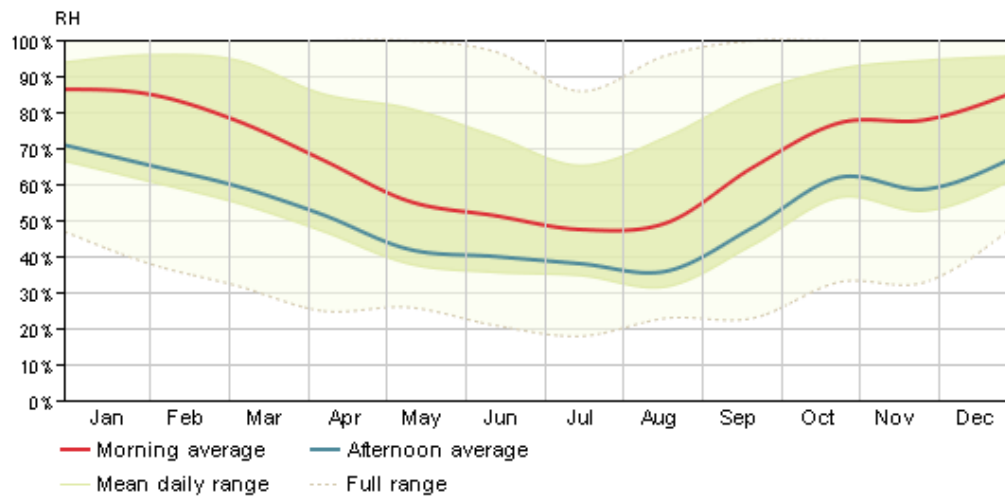
Annual Temperature Bins



Diurnal Weather Averages



Humidity



© Copyright 2015 Autodesk, Inc. All rights reserved. Portions of this software are copyrighted by James J. Hirsch & Associates, the Regents of the University of California, and others.

Energy Analysis Data

2. ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΠΟ ΤΟ GBS

Παρατίθεται ενδεικτικά η ανάλυση της ενεργειακής ανάλυσης της κατοικίας στη Β ζώνη όπως προκύπτει από το GBS

Run List
Run Charts
Project Defaults
Project Details
Project Members
Utility Information
Weather Station
Notes

Run Name: B_zone

Energy and Carbon Results
US EPA Energy Star
Water Usage
Photovoltaic Analysis
LEED Daylight
3D VRML View
Export and Download Data Files
Design Alternatives

Project Template Applied: [B_zone_default](#) ⓘ

Building Type: SingleFamily

Electric Cost: \$0.15 / kWh

Utility Data Used: [Project Default Utility Rates](#)

Location: Athens, Attiki ⓘ

Floor Area: 251 m²

Fuel Cost: \$0.02 / MJ

1 Base Run

Energy, Carbon and Cost Summary

Annual Energy Cost \$4,605

Lifecycle Cost \$62,719

Annual CO₂ Emissions

Electric 6.5 Mg

Onsite Fuel 2.2 Mg

Large SUV Equivalent 0.9 SUVs / Year

Annual Energy

Energy Use Intensity (EUI) 506 MJ / m² / year

Electric 23,258 kWh

Fuel 43,167 MJ

Annual Peak Demand 5.2 kW

Lifecycle Energy

Electric 697,750 kW

Fuel 1,295,025 MJ

Assumptions ⓘ

2 Design Alternative

Create a [Design Alternative](#) to improve your building performance.

Carbon Footprint

Base Run Carbon Neutral Potential ⓘ

Annual CO ₂ Emissions	Mg
1 Base Run	8.7
Onsite Renewable Potential	-4.4
Natural Ventilation Potential	-1.0
Onsite Biofuel Use	-2.2
Net CO₂ Emissions	1.0

Net Large SUV Equivalent: 0.1 SUVs / Year

Assumptions ⓘ

Electric Power Plant Sources in Your Region

Fossil	93 %
Nuclear	N/A
Hydroelectric	N/A
Renewable	7 %
Other	N/A

Assumptions ⓘ

LEED, Photovoltaic, Wind Energy, and Natural Ventilation Potential

Note: Details shown below are for the Base Run B_zone

LEED Daylight (more details)

Percentage of building area with glazing factor over 2%: **0.0% - No LEED Credit**

Photovoltaic Potential (more details)

Annual Energy Savings: 13,510 kWh
 Total Installed Panel Cost: \$77,009
 Nominal Rated Power: 10 kW
 Total Panel Area: 70 m²
 Maximum Payback Period: 28 years @ \$0.15 / kWh

Natural Ventilation Potential

Total Hours Mechanical Cooling Required: 3,551 Hours
 Possible Natural Ventilation Hours: 1,431 Hours
 Possible Annual Electric Energy Savings: 3,468 kWh
 Possible Annual Electric Cost Savings: \$526
 Net Hours Mechanical Cooling Required: 2,120 Hours

Assumptions [i](#)

LEED Water Efficiency (more details)

	L / yr	\$ / yr
Indoor:	293,577	\$472
Outdoor:	444,056	\$305
Total	737,633	\$777

Wind Energy Potential

Annual Electric Generation: 1,206 kWh

Assumptions [i](#)

Energy and Carbon Results
US EPA Energy Star
Water Usage
Photovoltaic Analysis
LEED Daylight
3D VRML View
Export and Download Data Files
Design Alternatives

Payback Calculation Settings

Adjust the payback settings to improve your photovoltaic payback period.

Panel Type [?](#)

Single Crystalline - 13.8% efficient ▾

Installed Panel Cost

\$8.00 (per Watt) \$1,104.62 (per m²)

Applied Electric Cost

\$0.15 (per kWh)

Max Payback Period

38 (per surface, in years)

Update

Installed Panel Summary

Note: No federal and state energy incentives, tax breaks, loan solutions or system derating factors are considered in this payback calculation.

Installed Panel Cost	Installed Panel Area (m ²)	Annual Energy Production (kWh)	Potential Cost Savings (per year)	System Payback (years) ?
\$77,008.59	70	13,510	\$2,026.55	28

Installed Panel Summary

Note: No federal and state energy incentives, tax breaks, loan solutions or system derating factors are considered in this payback calculation.

Installed Panel Cost	Installed Panel Area (m²)	Annual Energy Production (kWh)	Potential Cost Savings (per year)	System Payback (years) ?
\$77,008.59	70	13,510	\$2,026.55	28

Photovoltaic Surface Analysis

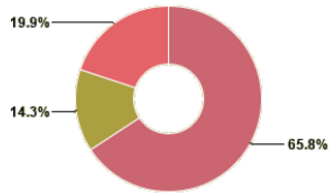
Note: The calculation assumes that BIPV panels used on windows will have a lower efficiency than standard wall and roof panels.

Surface Variables				Shading Variables			Summary			
ID	Type	Direction	Tilt (degrees) ?	Panel Area (m²)	Solar Exposure ?	Obstruction Shading ?	Annual Energy (kWh) ?	Potential Cost Savings		Payback per Surface (years) ▲
								per year/m²	per year	
aim7531	Roof	S	15	7	72.6 %	0.0 %	1,625	\$34.50	\$244	24.8
aim7568	Roof	S	15	3	72.6 %	0.0 %	642	\$34.50	\$96	24.8
aim7605	Roof	S	15	4	72.6 %	0.0 %	1,015	\$34.50	\$152	24.8
aim7662	Roof	S	15	18	72.4 %	0.0 %	4,225	\$34.50	\$634	24.8
aim7709	Roof	S	15	4	72.6 %	0.0 %	813	\$34.50	\$122	24.8
aim14178	Roof	FLAT	0	2	65.5 %	0.1 %	498	\$30.77	\$75	27.0
aim14215	Roof	FLAT	0	2	65.4 %	0.3 %	397	\$30.73	\$59	27.1
aim7494	Roof	FLAT	0	11	51.4 %	26.0 %	1,707	\$24.13	\$256	32.5
aim7457	Roof	FLAT	0	2	47.7 %	29.1 %	371	\$23.04	\$56	33.6
aim14443	Roof	FLAT	0	5	49.2 %	29.5 %	790	\$22.59	\$119	34.1
aim14256	Roof	FLAT	0	11	43.0 %	36.7 %	1,428	\$19.65	\$214	37.7
aim14406	Roof	FLAT	0	7	40.3 %	40.6 %	904	\$18.43	\$136	39.4
aim7418	Roof	FLAT	0	11	31.2 %	41.2 %	1,179	\$15.55	\$177	44.2
aim14295	Roof	FLAT	0	4	33.7 %	50.5 %	375	\$15.23	\$56	44.8
aim14332	Roof	FLAT	0	3	33.6 %	51.6 %	310	\$15.10	\$46	45.1
aim14369	Roof	FLAT	0	0	36.0 %	51.2 %	0	\$0.00	\$0	76.0+

Energy End Use Charts

Note: Details shown below are for the Base Run B_zone

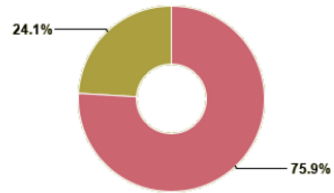
Annual Electric End Use



HVAC 65.8%
Other 14.3%
Lights 19.9%

Basic View | [Detailed View](#)

Annual Fuel End Use



HVAC 75.9%
Other 24.1%

Basic View | [Detailed View](#)

3. ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

