



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Ενεργειακή Ανάλυση με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών

Ενέργειας σε κτήριο υγείας και πρόνοιας

Διπλωματική Εργασία

Βαϊτσίδου Βασιλική-Μαρία

Σπαθαριώτης Δημήτριος

Επιβλέπων: Μπαργιώτας Δημήτριος

Φεβρουάριος 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Ενεργειακή Ανάλυση με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών

Ενέργειας σε κτήριο υγείας και πρόνοιας

Διπλωματική Εργασία

Βαϊτσίδου Βασιλική-Μαρία

Σπαθαριώτης Δημήτριος

Επιβλέπων: Μπαργιώτας Δημήτριος

Φεβρουάριος 2022



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

**Energy Analysis using Renewable Energy
in a health and welfare building**

Diploma Thesis

Vaitsidou Vasiliki-Maria

Spathariotis Dimitrios

Supervisor: Bargiotas Dimitrios

February 2022

Εγκρίνεται από την Επιτροπή Εξέτασης:

Επιβλέπων

Δημήτριος Μπαργιώτας

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και
Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

Ασπασία Δασκαλοπούλου

Επίκουρος Καθηγήτρια, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και
Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

Γεώργιος Σταμούλης

Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

**ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ
ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ**

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αποτελούν αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλουν οποιασδήποτε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχουν έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή/και πηγές άλλων συγγραφέων αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Δηλώνω επίσης ότι τα αποτελέσματα της εργασίας δεν έχουν χρησιμοποιηθεί για την απόκτηση άλλου πτυχίου. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Η Δηλούσα

Βασιλική Μαρία Βαϊτσίδου

DISCLAIMER ON ACADEMIC ETHICS AND INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS

Being fully aware of the implications of copyright laws, I expressly state that this diploma thesis, as well as the electronic files and source codes developed or modified in the course of this thesis, are solely the product of my personal work and do not infringe any rights of intellectual property, personality and personal data of third parties, do not contain work / contributions of third parties for which the permission of the authors / beneficiaries is required and are not a product of partial or complete plagiarism, while the sources used are limited to the bibliographic references only and meet the rules of scientific citing. The points where I have used ideas, text, files and / or sources of other authors are clearly mentioned in the text with the appropriate citation and the relevant complete reference is included in the bibliographic references section. I also declare that the results of the work have not been used to obtain another degree. I fully, individually, and personally undertake all legal and administrative consequences that may arise in the event that it is proven, in the course of time, that this thesis or part of it does not belong to me because it is a product of plagiarism.

The Declarant

Vasiliki Maria Vaitsidou

Ευχαριστίες

Αρχικά θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μας, Καθηγητή Δημήτριο Μπαργιώτα για την βοήθεια και την καθοδήγηση του ώστε να ολοκληρωθεί η εργασία μας.

Επίσης ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κ. Δημήτριο Ζημέρη για την άριστη συνεργασία που είχαμε στα πλαίσια εκπόνησης της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας καθώς και για τις συμβουλές του και την προθυμία του να μας βοηθήσει.

Επιπλέον θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους μηχανολόγους μηχανικούς κ. Θάνο Θεοφίλη και κ. Μάκη Ψύχα για την βοήθεια και τις γνώσεις που μας προσέφεραν όποτε αυτές χρειάστηκαν.

Τέλος, δεν θα μπορούσαμε να παραλείψουμε να ευχαριστήσουμε τους γονείς μας και τους φίλους μας οι οποίοι μας στάθηκαν καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μας με τις συμβουλές τους και την υποστήριξη τους.

Διπλωματική Εργασία

Ενεργειακή Ανάλυση με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών

Ενέργειας σε κτήριο υγείας και πρόνοιας

Βασιλική Μαρία Βαϊτσίδου

Δημήτριος Σπαθαριώτης

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία σκοπός είναι η ενεργειακή ανάλυση ενός κτηρίου υγείας και πρόνοιας και πιο συγκεκριμένα του «Γηροκομείου ΕΡΑΤΩ» που βρίσκεται στο Μαλάκι Μαγνησίας στο Νότιο Πήλιο. Στόχος μας είναι η μελέτη εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, σε ενεργειακό και οικονομικό επίπεδο ώστε να μπορεί να μετατραπεί σε ένα αυτόνομο ενεργειακά κτήριο.

Στο 1^ο Κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στην ηλεκτρική ενέργεια και στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επίσης παρουσιάζονται στατιστικά στοιχεία τα οποία αφορούν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση και πιο συγκεκριμένα στην Ελλάδα.

Στο 2^ο Κεφάλαιο αρχικά παρουσιάζονται κάποια βασικά στοιχεία του κτηρίου που θα μελετηθεί και στην συνέχεια πραγματοποιείται ο υπολογισμός της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του, με βάση τα ήδη υπάρχοντα συστήματα ενέργειας που χρησιμοποιεί, με χρήση των λογισμικών DIALux και 4μ.

Στο 3^ο Κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στην αιολική ενέργεια και τις ανεμογεννήτριες και στην συνέχεια πραγματοποιείται οικονομοτεχνική μελέτη εγκατάστασης συστήματος οικιστικών ανεμογεννητριών στο κτήριο, χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα RETScreen Expert.

Στο 4^ο Κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στα φωτοβολταϊκά συστήματα και στην συνέχεια μελετάται η εγκατάσταση και η οικονομική ανάλυση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος στο κτήριο, με την βοήθεια του λογισμικού PVsyst.

Στο 5^ο Κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή στα υβριδικά συστήματα ενέργειας και μελετάται η

εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος στο κτήριο μας.

Στο 6^ο Κεφάλαιο μελετάται η γεωθερμική ενέργεια, τα συστήματα άντλησης θερμότητας από το έδαφος και γίνεται μελέτη εφαρμογής κλειστού κυκλώματος γεωθερμίας με οριζόντιο γεωεναλλάκτη.

Το 7^ο Κεφάλαιο αποτελεί το τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής στο οποίο γίνεται μία σύγκριση των συστημάτων που μελετήθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια και εξάγονται τα συμπεράσματα.

Λέξεις-κλειδιά:

Ηλεκτρική ενέργεια, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κατανάλωση ενέργειας, διείσδυση των ΑΠΕ, σύστημα φωτοβολταϊκών, οικιστικές ανεμογεννήτριες , γεωθερμία, υβριδικά συστήματα ενέργειας, τεχνο-οικονομική ανάλυση

Diploma Thesis

Energy Analysis using Renewable Energy in a health and welfare building

Vasiliki Maria Vaitsidou

Dimitrios Spathariotis

Abstract

The purpose of this Diploma Thesis is the energy analysis of a health and welfare building and more specifically of the “ERATO Nursing Home” located in Malaki, Magnesia in South Pelion. Our goal is to study the installation of renewable energy systems, at an energy and economic level so that it can be transformed into an energy-independent building.

In Chapter 1 there is an introduction about electricity and renewable sources. Also, there are presented statistics which concern the consumption of electricity in the European Union and more specifically in Greece.

Chapter 2 first presents some basic elements of the building and then calculates its electricity consumption, based on the existing energy systems it uses, using the DIALux and 4μ software.

In Chapter 3, an introduction is made to wind energy and wind turbines and then an economic and technical study is carried out about the installation of a residential wind turbine system in the building, using the RETScreen Expert program.

In Chapter 4 there is an introduction to photovoltaic systems and then a study is presented about the installation and financial analysis of a photovoltaic system in the building, with the help of PVsyst software.

Chapter 5 introduces hybrid energy systems and studies the installation of such a system in our building.

In Chapter 6, the geothermal energy and the systems of heat pumping from the ground are studied. Also, the installation of the closed circuit of geothermal heat with a horizontal geothermal exchanger is studied.

Chapter 7 is the last chapter of this thesis, in which a comparison is made of the systems studied in the previous chapters and conclusions are drawn.

Keywords:

Electricity; renewable sources; consumption of electricity; residential wind turbine systems; photovoltaic systems; hybrid energy systems; geothermal energy; simulation-optimization; techno-economic analysis;

Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	vii
Περίληψη.....	viii
Abstract	x
Κατάλογος εικόνων.....	xiv
Κατάλογος Πινάκων	xvi
Κατάλογος Διαγραμμάτων	xvii
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Εισαγωγή στην ηλεκτρική ενέργεια	1
1.2 Εισαγωγή στις Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	2
1.3 Η κατανάλωση ενέργειας σε ευρωπαϊκό επίπεδο και η νομοθεσία.....	2
1.4 Η κατανάλωση ενέργειας της Ελλάδας στον κτηριακό τομέα	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	7
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΗΡΙΟΥ.....	7
2.1 Παρουσίαση Κτηρίου Μελέτης.....	7
2.2 Υπολογισμός Κατανάλωσης Ηλεκτρικής ενέργειας κτηρίου	10
2.2.1 Τεχνικές Οδηγίες βάση του Κανονισμού ενεργειακής απόδοσης.....	10
2.2.2 Υπολογισμός ηλεκτρικής κατανάλωσης από ρευματοδότες.....	12
2.2.3 Υπολογισμός φορτίων φωτισμού	20
2.2.4 Υπολογισμός φορτίου κλιματισμού.....	31
2.2.5 Συνολική κατανάλωση ενέργειας κτηρίου	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	41
ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ.....	41
3.1 Εισαγωγή στην αιολική ενέργεια.....	41
3.2 Ανεμογεννήτριες.....	42
3.2.1 Τρόπος λειτουργίας ανεμογεννήτριας	44
3.2.2 Απόδοση Ανεμογεννητριών.....	44
3.3 Μελέτη εγκατάστασης συστήματος Ανεμογεννητριών	45
3.3.1 Εγκατάσταση Ανεμογεννητριών μέσω του RETScreen Expert	45
3.3.2 Οικονομική ανάλυση	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	53
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ	53
4.1 Εισαγωγή στην ηλιακή ενέργεια.....	53
4.2 Εισαγωγή στα φωτοβολταϊκά	54
4.2.1 Δομή Φωτοβολταϊκού συστήματος.....	55

4.2.2 Απόδοση Φωτοβολταϊκού συστήματος	56
4.3 Μελέτη Εγκατάστασης Φωτοβολταϊκού συστήματος.....	56
4.3.1 Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών με χρήση Λογισμικού PVSyst	56
4.3.2 Οικονομική ανάλυση του συστήματος.....	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	70
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	70
5.1 Εισαγωγή στα υβριδικά συστήματα	70
5.2 Μελέτη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος	72
5.3 Οικονομική ανάλυση υβριδικού συστήματος	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	78
ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ ΜΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΓΕΩΕΝΑΛΛΑΚΤΗ	78
6.1 Γεωθερμική ενέργεια	78
6.2 Συστήματα άντλησης θερμότητας από το έδαφος	78
6.2.1 Τρόπος λειτουργίας γεωθερμικού συστήματος	78
6.2.2 Τύποι συστημάτων αβαθούς γεωθερμίας.....	81
6.3 Μελέτη εφαρμογής κλειστού κυκλώματος γεωθερμίας με κατακόρυφο εναλλάκτη	84
6.3.1 Υπολογισμός κατανάλωσης κλιματισμού στο ήδη υπάρχον σύστημα	84
6.3.2 Υπολογισμός κατανάλωσης με γεωθερμία κλειστού κυκλώματος	84
6.3.3 Κόστος κατανάλωσης ενέργειας και σύγκριση των δύο συστημάτων	86
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....	91
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	91
7.1 Σύγκριση συστημάτων που μελετήθηκαν	91
7.2 Εξαγωγή συμπερασμάτων	93
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	95
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	97
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	98
ΠΙΝΑΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΟΔΗΓΙΩΝ ΚΕΝΑΚ.....	98
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	105
ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	105
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	107
ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΡΙΩΝ	107

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 2.1 Πρόσοψη γηροκομείου	7
Εικόνα 2.2 Αεροφωτογραφία γηροκομείου	7
Εικόνα 2.3 Κάτοψη υπογείου	8
Εικόνα 2.4 Κάτοψη ισογείου	9
Εικόνα 2.5 Κάτοψη κτηρίου – Α' ορόφου	9
Εικόνα 2.6 Κλιματικές Ζώνες Ελλάδας	11
Εικόνα 2.7 Σχεδιασμός χώρου στο DIALux	20
Εικόνα 2.8 Καμπύλη κατανομής φωτός	21
Εικόνα 2.9 Τοποθέτηση φωτιστικών	21
Εικόνα 2.10 Περίληψη Τραπεζαρίας (DIALux)	22
Εικόνα 2.11 ΚΚΜ μεσαίου μεγέθους	32
Εικόνα 3.1 Αιολικό Πάρκο	42
Εικόνα 3.2 Ανεμογεννήτριες.....	43
Εικόνα 3.3 Ανεμογεννήτρια Windorpower Whisper 500	46
Εικόνα 3.4 Χώρος εγκατάστασης ανεμογεννητριών.....	47
Εικόνα 3.5 Τοποθεσία Εγκατάστασης	48
Εικόνα 3.6 Κλιματολογικές συνθήκες	49
Εικόνα 3.7 Τιμές ενεργειακού μοντέλου.....	50
Εικόνα 3.8 Ετήσια χρηματοροή	51
Εικόνα 3.9 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών	52
Εικόνα 4.1 Φωτοβολταϊκό σύστημα	54
Εικόνα 4.2 Κατηγορίες φωτοβολταϊκών πάνελ.....	55
Εικόνα 4.3 Τοποθεσία γηροκομείου	57
Εικόνα 4.4 Ημερήσια κατεύθυνση ήλιου	58
Εικόνα 4.5 Καθορισμός κλίσης και προσανατολισμού των πάνελ.....	59
Εικόνα 4.6 Επιλογή φωτοβολταϊκών πλαισίων και αντιστροφών	59
Εικόνα 4.7 Σημείο εγκατάστασης.....	60
Εικόνα 4.8 Οικονομική ανάλυση του συστήματος	69
Εικόνα 4.9 Οικονομική ροή ανά έτος.....	69
Εικόνα 5.1 Υβριδικό σύστημα φωτοβολταϊκού και ανεμογεννήτριας	71

Εικόνα 5.2 Τοποθεσία Εγκατάστασης	73
Εικόνα 5.3 Κλιματικά δεδομένα υβριδικού συστήματος.....	74
Εικόνα 5.4 Οικονομική ανάλυση υβριδικού συστήματος	76
Εικόνα 5.5 Χρηματορροή.....	77
Εικόνα 6.1 Λειτουργία αντλίας θερμότητας για θέρμανση.....	79
Εικόνα 6.2 Λειτουργία αντλίας θερμότητας για ψύξη.....	80
Εικόνα 6.3 Γεωθερμία ανοιχτού κυκλώματος.....	81
Εικόνα 6.4 Γεωθερμία οριζόντιου τύπου	82
Εικόνα 6.5 Γεωθερμία κατακόρυφου τύπου.....	83
Εικόνα 6.6 Αντλία Θερμότητας CLIMAVENETA NX-NW 0552	85
Εικόνα 6.7 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων	87
Εικόνα 6.8 Υπολογισμός θερμικών φορτίων.....	88
Εικόνα 6.9 Υπολογισμός ΚΚΜ, κυκλοφορητών, ψύκτη και καυστήρα	89

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1 Βασικές κατηγορίες κτηρίων.....	10
Πίνακας 2.2 Ημερήσια κατανάλωση ρεύματος Ισογείου	15
Πίνακας 2.3 Ημερήσια κατανάλωση ρεύματος Α' Ορόφου	16
Πίνακας 2.4 Ημερήσια κατανάλωση ρεύματος υπογείου	18
Πίνακας 2.5 Υπολογισμοί Dialux	24
Πίνακας 2.6 Καταναλώσεις Ισογείου ανά χρονική περίοδο	25
Πίνακας 2.7 Καταναλώσεις Α' Ορόφου ανά χρονική περίοδο	28
Πίνακας 2.8 Καταναλώσεις υπογείου ανά χρονική περίοδο	28
Πίνακας 2.9 Κατανάλωση ενέργειας σε κάθε χώρο λόγω θέρμανσης.....	35
Πίνακας 2.10 Κατανάλωση ενέργειας σε κάθε χώρο λόγω ψύξης.....	37
Πίνακας 2.11 Συνολική κατανάλωση κτηρίου	40

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1.1 Μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.....	3
Διάγραμμα 1.2 Ποσοστιαία (%) κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά την τελική χρήση	5
Διάγραμμα 3.1 Μηνιαία ταχύτητα ανέμου στην περιοχή της Άγριας.....	45
Διάγραμμα 5.1 Κλιματικά δεδομένα υβριδικού συστήματος	75
Διάγραμμα 7.1 Παραγωγή Ενέργειας Συστημάτων	91
Διάγραμμα 7.2 Κόστος εγκατάστασης συστήματος	92
Διάγραμμα 7.3 Χρόνος απόσβεσης συστημάτων	93

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εισαγωγή στην ηλεκτρική ενέργεια

Η ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την πρόοδο και την εξέλιξη του ανθρώπου. Αποτελεί υψηλής ποιότητας μορφή ενέργειας που πολύ εύκολα και αποδοτικά μπορεί να μετατραπεί σε οποιαδήποτε άλλη μορφή ενέργειας. Ο ενεργειακός τομέας έχει καθοριστικό ρόλο τόσο στην ανάπτυξη του βιοτικού επιπέδου μιας χώρας όσο και στη βελτίωση του τρόπου ζωής των κατοίκων της.

Λόγω της ανάγκης του ανθρώπου και της κοινωνίας για πρόοδο και βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται συνεχώς σε όλους τους τομείς με αποτέλεσμα να αυξάνονται και οι ενεργειακές ανάγκες.

Οι βασικότερες πηγές ενέργειας είναι τα ορυκτά καύσιμα όπως ο άνθρακας, ο λιγνίτης, το μαζούτ, το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο τα οποία χρησιμοποιούνται από τις θερμικές μονάδες παραγωγής ενέργειας, το ουράνιο (U), το πλουτώνιο (Pl) και το ήλιο (He) τα οποία χρησιμοποιούνται από τις πυρηνικές μονάδες για παραγωγή πυρηνικής ενέργειας και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας [1]. Τα ορυκτά καύσιμα και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν τις βασικότερες πηγές τριτογενούς ενέργειας παγκοσμίως. Η πυρηνική ενέργεια αν και θεωρήθηκε ως η σοβαρότερη λύση για φθηνή και απεριόριστη ενέργεια, δεν βρίσκει ευρεία αποδοχή για λόγους ασφάλειας των αντιδραστήρων, εξάπλωσης των πυρηνικών όπλων και διαχείρισης των πυρηνικών αποβλήτων, τα οποία χρήζουν ειδικής και σωστής διαχείρισης.

Τα τελευταία χρόνια οι μεγάλες τεχνολογικές εξελίξεις οδηγούν σε αύξηση τις παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες, όμως τα αποθέματα από τις συμβατικές πηγές ενέργειας είναι πεπερασμένα όσον αφορά τις περιοχές εκμετάλλευσης και τις χαρτογραφημένες περιοχές. Ο εντοπισμός και η εκμετάλλευση νέων πηγών συμβατικής ενέργειας καθίσταται ολοένα και πιο δύσκολος λόγω των άγνωστων αποθεμάτων άνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αερίου. Ακόμη συναντιούνται αρκετά προβλήματα κατά την διαδικασία της εξόρυξης όπως το μεγάλο υπέδαφος και το βάθος των ωκεανών που την καθιστούν δαπανηρή και επικίνδυνη διαδικασία καθώς υπάρχει ο κίνδυνος

ατυχήματος κατά τη διάτρηση κάτω από τον ωκεανό. Τέλος ακόμα και η ανάγκη καύσης μεγάλων ποσοτήτων φυσικού αερίου που προορίζονται για την τελική διύλιση του πόρου μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο για μια επιχείρηση. Αποτέλεσμα είναι η αναγκαία και μεγαλύτερη αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την εκμετάλλευση των οποίων δεν απαιτείται κάποια ενεργειακή παρέμβαση όπως η εξόρυξη, η άντληση ή η καύση, αλλά αρκεί η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση.

1.2 Εισαγωγή στις Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ή ήπιες μορφές ενέργειας ορίζονται οι μορφές ενέργειας οι οποίες δεν εξαντλούνται στο απώτερο ορατό μέλλον της ανθρωπότητας και μπορούν να χρησιμοποιηθούν με σταθερό και αξιόπιστο τρόπο. Αυτές οι πηγές αποτελούν μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες όπως για παράδειγμα ο άνεμος, η γεωθερμία και η κυκλοφορία του νερού. Αποτελούν μορφές ενέργειας πολύ “φιλικές” προς το περιβάλλον καθώς δεν αποδεδμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά απόβλητα όπως οι υπόλοιπες μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα.

Οι κύριες μορφές ΑΠΕ που μπορούμε να συναντήσουμε είναι οι εξής:

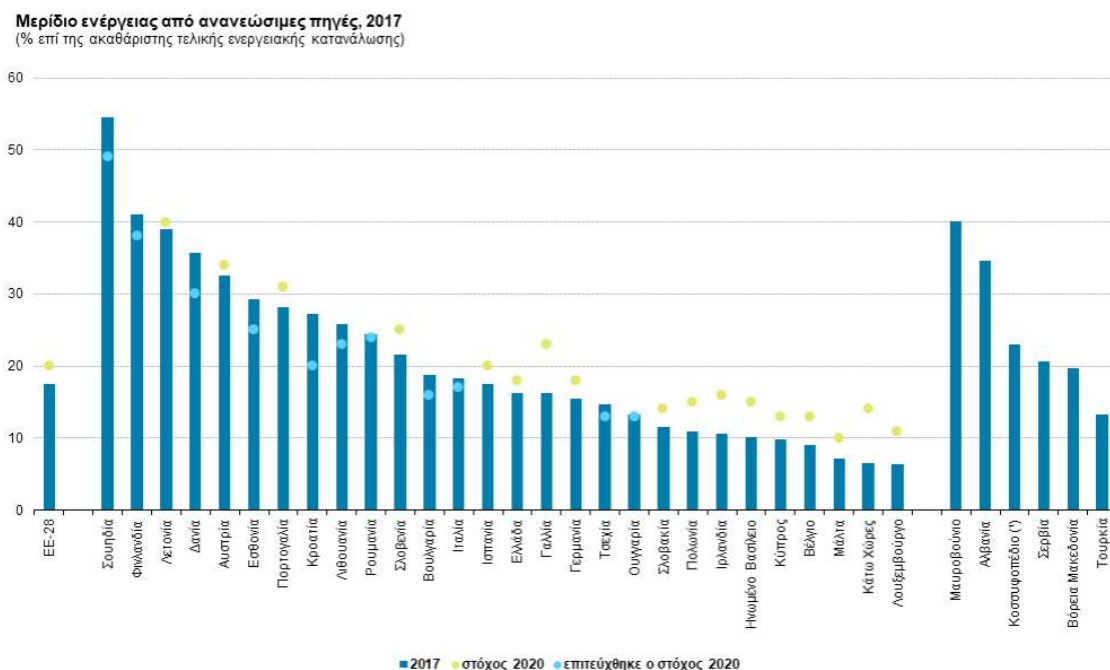
- Ηλιακή ενέργεια
- Αιολική ενέργεια
- Υδραυλική ενέργεια
- Γεωθερμική ενέργεια
- Βιομάζα
- Ενέργεια από θάλασσα

1.3 Η κατανάλωση ενέργειας σε ευρωπαϊκό επίπεδο και η νομοθεσία

Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει μια μεγάλη προσπάθεια για την οικοδόμηση μιας κοινής ενεργειακής πολιτικής ανάμεσα στα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Κομβικό σημείο για την διαμόρφωση της ενιαίας ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής αποτελεί η Συνθήκη της Λισαβόνας τον Δεκέμβριο του 2007. Η πρόταση της Επιτροπής ενισχύει την ιδέα μιας

κοινής πολιτικής με μακροπρόθεσμη στόχευση την δημιουργία μιας «Ενεργειακής ένωσης». Οι τρεις βασικοί πυλώνες του σχεδίου δράσης είναι η βιωσιμότητα, η ασφάλεια και επάρκεια του εφοδιασμού και η αύξηση του ανταγωνισμού. Η πρόταση που έγινε γνωστή ως «20/20/20» και έγινε δεκτή από το Συμβούλιο περιλάμβανε τρεις στόχους μέχρι το 2020. Τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% τουλάχιστον (σε σχέση με το 1990), το 20% της κατανάλωσης ενέργειας της Ε.Ε. να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές και μείωση κατά 20% στη χρήση πρωτογενούς ενέργειας σε σύγκριση με τα προβλεπόμενα επίπεδα μέσω της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

Σε ό,τι αφορά την μείωση της εκπομπής ατμοσφαιρικών ρύπων μεταξύ του 1990 και του 2017 οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ΕΕ μειώθηκαν κατά 22% [2,3]. Σχετικά με την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές υπάρχει σημαντική πρόοδος. Το 2017 ήδη κάποιες χώρες είχαν φτάσει στον στόχο ενώ αρκετές βρίσκονται πολύ κοντά στην επίτευξη του όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα που ακολουθεί [4].



Διάγραμμα 1.1 Μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Ο τρίτος στόχος που αφορά την ενεργειακή αποτελεσματικότητα, φαίνεται να είναι και ο πιο δύσκολος να επιτευχθεί. Το 2017 η παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας στην Ε.Ε. ήταν 12% χαμηλότερη σε σχέση με το 2015 [5].

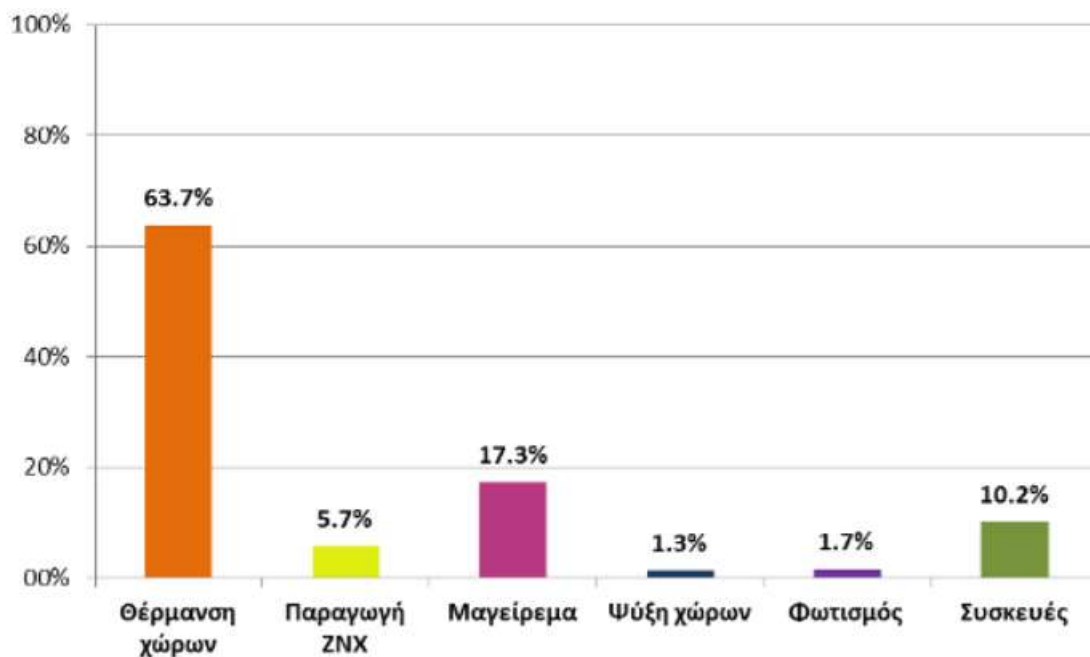
Στη συνέχεια, τον Οκτώβριο του 2014 η Ευρωπαϊκή Ένωση επικύρωσε ένα νέο πλαίσιο πολιτικής για το κλίμα και την ενέργεια που θέτει τρεις στόχους για την χρονική περίοδο 2021-2030 σε συνέχεια του προηγούμενου πλαισίου [6]:

- Μείωση των εκπομπών αερίων κατά 40% τουλάχιστον (σε σχέση με το 1990)
- Τουλάχιστον το 32% της κατανάλωσης ενέργειας της Ε.Ε. να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές.
- Τουλάχιστον 32,5% βελτίωση στην ενεργειακή αποδοτικότητα.

1.4 Η κατανάλωση ενέργειας της Ελλάδας στον κτηριακό τομέα

Σύμφωνα με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας, ο κτηριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Η κατανάλωση αυτή, είτε σε μορφή θερμικής (κυρίως πετρέλαιο) είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας έχει ως αποτέλεσμα, εκτός της σημαντικής οικονομικής επιβάρυνσης λόγω υψηλού κόστους της ενέργειας, τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το οποίο ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Πιο συγκεκριμένα, στην Ελλάδα η ενεργειακή κατανάλωση του κτηριακού τομέα της χώρας αυξήθηκε σημαντικά το 2012 σε σχέση με το 1990. Τα νοικοκυριά, το 2012, παρουσίασαν αύξηση της κατανάλωσης κατά 64,8% σε σύγκριση με το 1990, ενώ ο τριτογενής τομέας αύξησε την κατανάλωση ενέργειας στο τριπλάσιο, φτάνοντας τα 2,233 Mtoe [7]. Σύμφωνα με μία έρευνα της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ) το 2012, οι ανάγκες για θέρμανση των κατοίκων ανέρχονται περίπου στο 64% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης ενώ η κατανάλωση ενέργειας για μαγείρεμα περίπου στο 18%. Οι οικιακές συσκευές με το φωτισμό, τον κλιματισμό και την παραγωγή ζεστού νερού ανέρχονται περίπου στο 20% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου όπως παρουσιάζεται και στο Διάγραμμα 1.2.



Διάγραμμα 1.2 Ποσοστιαία (%) κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά την τελική χρήση.

Οι κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης πετρελαίου αντιστοιχούν στο 35,9% του συνόλου. Το υπόλοιπο 64% είναι οι κατοικίες με αυτόνομα συστήματα θέρμανσης από τα οποία το 25% πετρέλαιο, 12% ηλεκτρισμό και 18% καυσόξυλα.

Η κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει αυξητική τάση λόγω της αύξησης χρήσης κλιματιστικών και άλλων μικροσυσκευών σε καθημερινή βάση. Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτήριο μπορεί να εξασφαλιστεί μέσα από τον κατάλληλο σχεδιασμό του κτηρίου και την χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων και συστημάτων και μέσω της υψηλής αποδοτικότητας των εγκατεστημένων ενεργειακών συστημάτων η οποία προϋποθέτει την άριστη ποιότητα του εξοπλισμού εγκατάστασης και των σχετικών τεχνικών μελετών. Άλλος ένας καθοριστικός παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας είναι η ενεργειακή διαχείριση του κτηρίου, μια συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από το προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων. Οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κτήριο μπορεί να αφορούν:

- Το κτηριακό κέλυφος (πχ. Θερμομόνωση, κατάλληλα συστήματα ανοιγμάτων, παθητικά ηλιακά συστήματα)
- Το περιβάλλοντα χώρο του κτηρίου (πχ. Χρήση βλάστησης)

- Τις εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, ζεστού νερού και τις ηλεκτρικές συσκευές.
- Την ορθολογική χρήση του κτηρίου και την αξιοποίηση των δομικών του στοιχείων (πχ. Ενεργειακή διαχείριση, φυσικός αερισμός, αξιοποίηση της θερμικής μάζας).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

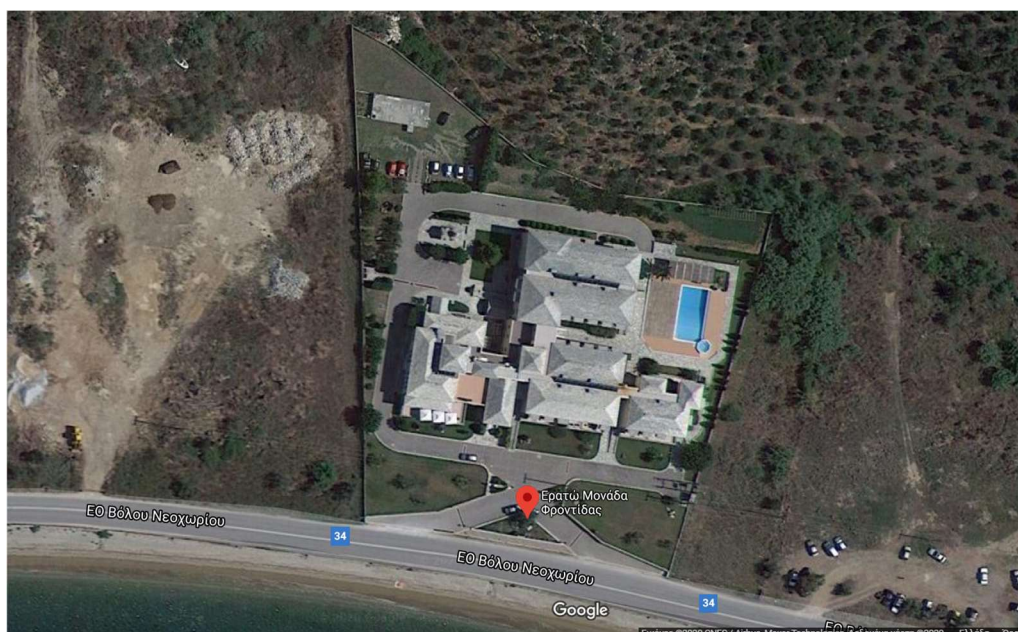
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΗΡΙΟΥ

2.1 Παρουσίαση Κτηρίου Μελέτης

Το κτήριο το οποίο αποτελεί αντικείμενο μελέτης της συγκεκριμένης διπλωματικής είναι το γηροκομείο Ερατώ. Είναι οίκος ευγηρίας ο οποίος βρίσκεται στο Μαλάκι Βόλου, στον νομό Μαγνησίας. Στην Εικόνα 2.1 φαίνεται η πρόσοψη του κτηρίου ενώ η Εικόνα 2.2 αποτελεί φωτογραφία από δορυφόρο.



Εικόνα 2.1 Πρόσοψη γηροκομείου



Εικόνα 2.2 Αεροφωτογραφία γηροκομείου

Το κτήριο αποτελείται από 3 επίπεδα. Υπόγειο, Ισόγειο και Α' όροφο.

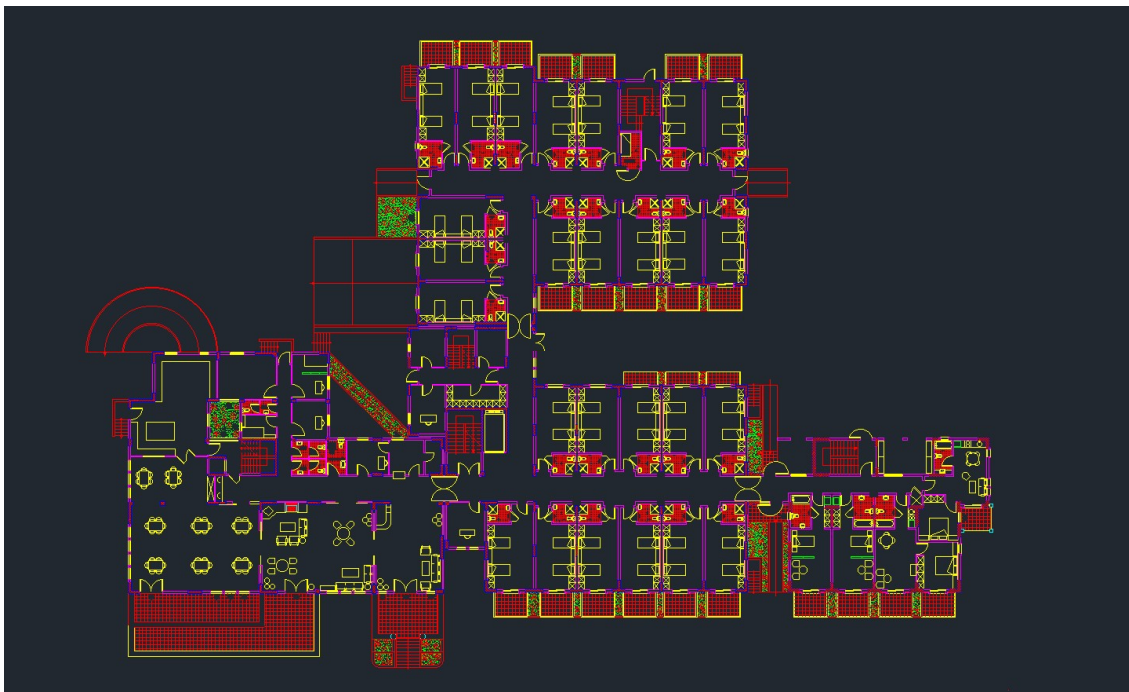
Πιο αναλυτικά κάθε επίπεδο αποτελείται από τους εξής χώρους:

- Το υπόγειο περιλαμβάνει χώρο ψυγείων, αποθήκη τροφίμων, Μηχ. ανελκυστήρων, γυμναστήριο, αίθουσα φυσιοθεραπείας, πλυντήριο-στεγνωτήριο, σιδερωτήριο, μικροβιολογικό εργαστήριο, χώρο γεννήτριας, δωμάτιο ηλεκτρικών πινάκων, χώρο δεξαμενής, λεβητοστάσιο, ντουζ, αποδυτήρια, 6 αποθήκες, χώρο κάδου απορριμμάτων, νεκροθάλαμος, χώρο μηχανισμού πυρόσβεσης, 2 λινόθηκες, 2 χώρους ιατρικών αντικειμένων και χώρο αναπηρικών αμαξιών.
- Το ισόγειο περιλαμβάνει κουζίνα, τραπεζαρία, χώρος διημέρευσης, υποδοχή, γραφείο διεύθυνσης, γραφείο προϊσταμένου, φυσικοθεραπευτήριο, ιατρικό εξεταστήριο, φαρμακείο, θάλαμος Μόνωσης, λινόθηκε, θάλαμος προσωρινής νοσηλείας, χώρος ειδών καθαρισμού, 2 Στούντιο, 2 μονόκλινα δωμάτια και 26 δίκλινα.
- Και τέλος στον Α' όροφο βρίσκονται 2 Στούντιο, 2 μονόκλινα δωμάτια, 26 δίκλινα, λινόθηκε και αποθήκη

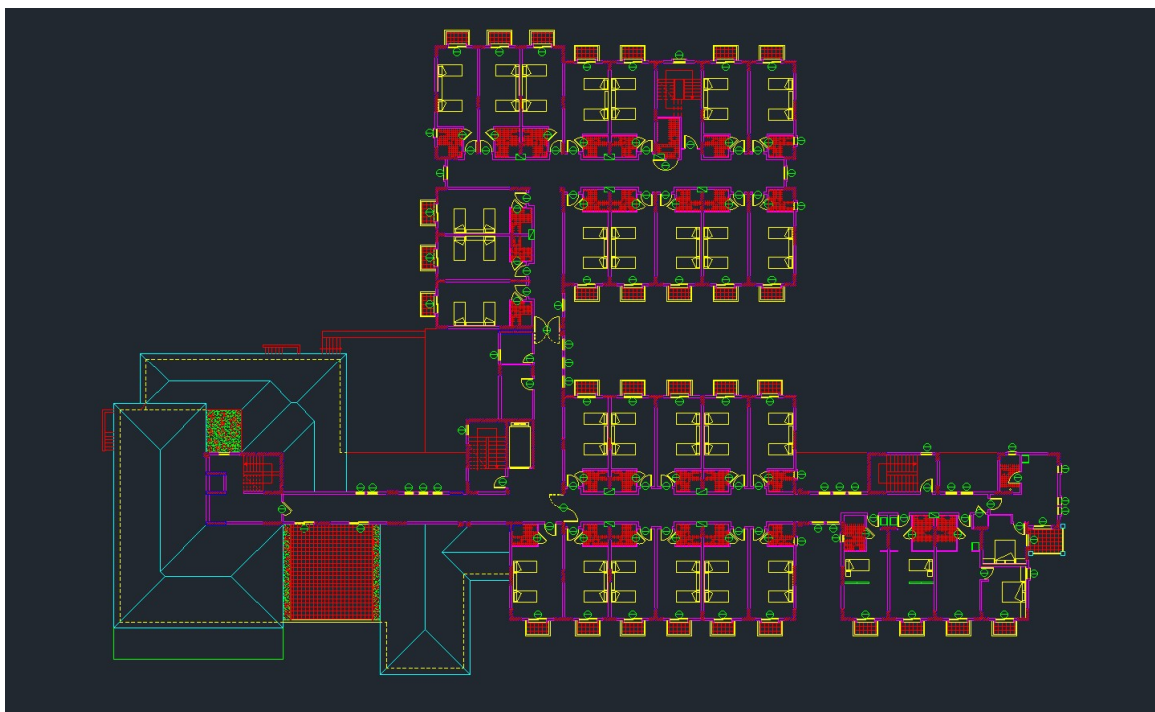
Οι Εικόνες 2.3-2.5 παρουσιάζουν τις κατόψεις των 3 ορόφων στο λογισμικό σχεδίασης AutoCAD, όπου φαίνεται η δομή του κτηρίου και οι χώροι του.



Εικόνα 2.3 Κάτοψη υπογείου



Εικόνα 2.4 Κάτοψη ισογείου



Εικόνα 2.5 Κάτοψη κτηρίου – Α' ορόφου

2.2 Υπολογισμός Κατανάλωσης Ηλεκτρικής ενέργειας κτηρίου

2.2.1 Τεχνικές Οδηγίες βάση του Κανονισμού ενεργειακής απόδοσης

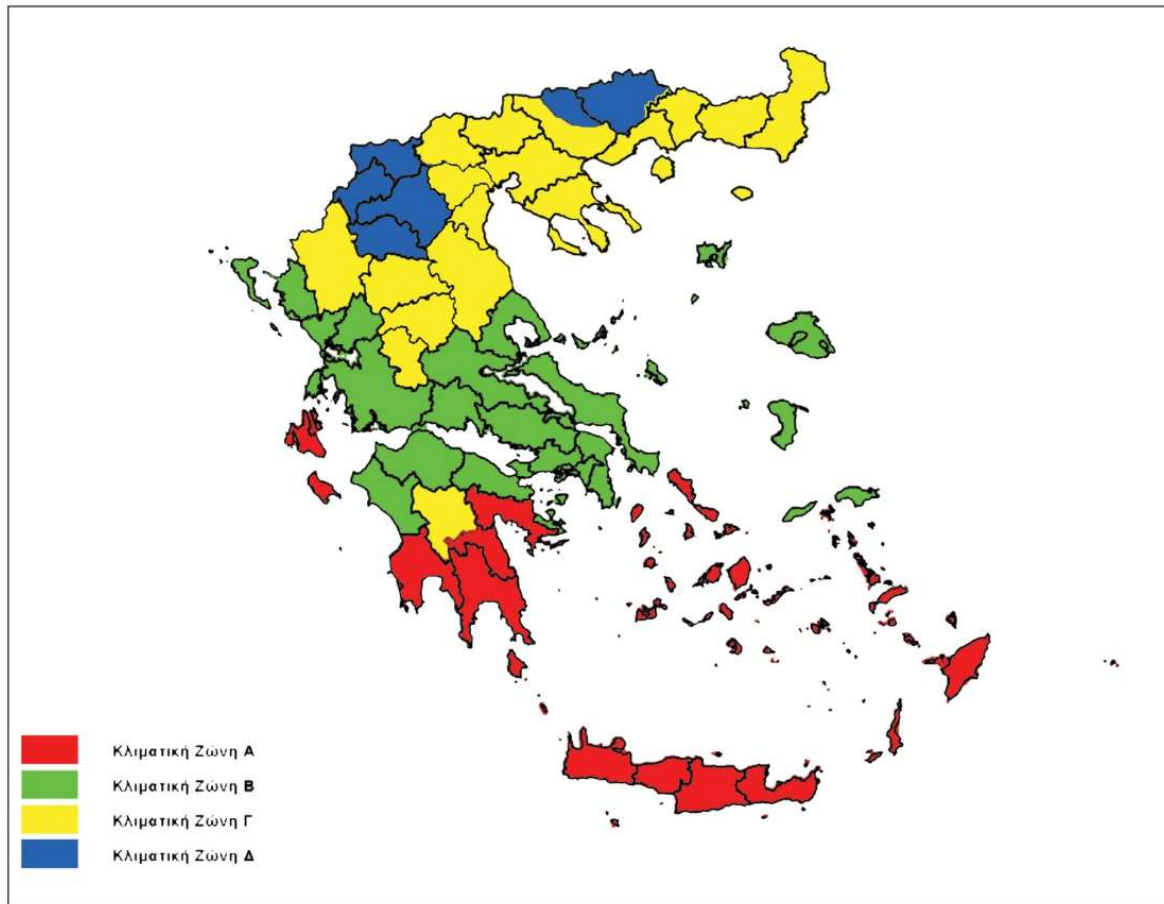
Στην Ελλάδα, όλα τα κτήρια κατασκευάζονται βάση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (ΚΕΝΑΚ) προκειμένου η χώρα να προσαρμοστεί με τις απαιτήσεις των κανονισμών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ενεργειακή εξοικονόμηση στον κτηριακό τομέα.

Σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ τα κτήρια χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με την χρήση τους και ανάλογα την κατηγορία στην οποία ανήκουν πρέπει να τηρούν συγκεκριμένες τεχνικές προδιαγραφές [8]. Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 2.1, το γηροκομείο Ερατώ ανήκει στην κατηγορία κτηρίων Υγείας και Κοινωνικής Πρόνοιας.

Πίνακας 2.1 Βασικές κατηγορίες κτηρίων (Πηγή: ΚΕΝΑΚ)

Βασικές κατηγορίες κτηρίων	Χρήσεις κτηρίων που περιλαμβάνονται στις κατηγορίες
Κατοικίας	Μονοκατοικία, πολυκατοικία (κτήριο με περισσότερα του ενός ανεξάρτητα διαμερίσματα).
Προσωρινής διαμονής	Ξενοδοχείο, ξενώνας, οικότροφείο και κοιτώνας.
Συνάθροισης κοινού	Χώρος συνεδρίων, χώρος εκθέσεων, μουσείο, χώρος συναυλιών, θέατρο, κινηματογράφος, αίθουσα δικαστηρίων, κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο, εστιατόριο, ζαχαροπλαστείο, καφενείο, τράπεζα, αίθουσα πολλαπλών χρήσεων.
Εκπαίδευσης	Νηπιαγωγείο, πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμια εκπαίδευση, τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας, φροντιστήριο.
Υγείας και κοινωνικής πρόνοιας	Νοσοκομείο, κλινική, αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο, ψυχιατρείο, ίδρυμα απόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομείο, βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός.
Σωφρονισμού	Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή.
Εμπορίου	Κατάστημα, εμπορικό κέντρο, αγοράς και υπεραγοράς, φαρμακείο, κουρείο και κομμωτήριο, ινστιτούτο γυμναστικής.
Γραφείων	Γραφείο, βιβλιοθήκη.

Ακόμη σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ για την εκπόνηση ενεργειακής μελέτης απόδοσης κτηρίων η Ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμομημέρες θέρμανσης όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.6. Ο οίκος ευγηρίας Ερατώ βρίσκεται στον Νομό Μαγνησίας, οπότε ανήκει στην Β κλιματική ζώνη. Κατά συνέπεια η περίοδος θέρμανσης είναι από 1 Νοεμβρίου μέχρι 15 Απριλίου και η περίοδος ψύξης από 15 Μαΐου έως 15 Σεπτεμβρίου.



Εικόνα 2.6 Κλιματικές Ζώνες Ελλάδας

Στην συνέχεια από τις τεχνικές οδηγίες του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων όπως παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α και στον Πίνακα Α.1 προκύπτει το τυπικό ωράριο λειτουργίας ως εξής:

- Ώρες λειτουργίας: 24 ώρες
- Ημέρες λειτουργίας ανά βδομάδα: 7 μέρες
- Περίοδος Λειτουργίας σε μήνες: 12 μήνες

Επίσης η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία καθορίζονται από τον Πίνακα Α.2 του Παραρτήματος Α ως εξής ανάλογα την περίοδο:

- Χειμερινή περίοδος : θερμοκρασία 22 °C και υγρασία 40%
- Θερινή περίοδος : θερμοκρασία 26 °C και υγρασία 45%

Τέλος, η στάθμη γενικού φωτισμού κτηρίου ανά χρήση καθορίζεται από τον Πίνακα Α.3 του παραρτήματος Α ως εξής:

- Στάθμη φωτισμού : 300 lx
- Επίπεδο αναφοράς μέτρησης : 0,8 m
- Δείκτης θάμβωσης UGR : 19
- Ομοιομορφία φωτισμού U_0 : 0,6

2.2.2 Υπολογισμός ηλεκτρικής κατανάλωσης από ρευματοδότες

Στην παρούσα διπλωματική γίνεται μελέτη και υπολογισμός των καταναλώσεων των κυκλωμάτων για το υπόγειο, το ισόγειο και τον Α΄ Όροφο ανά ηλεκτρολογικό πίνακα ανάλογα με την χρήση και την αναγκαιότητα του κάθε χώρου.

Ξεκινώντας, κάθε δωμάτιο διαμονής δίκλινο, μονόκλινο και Στούντιο έχει τον δικό του ηλεκτρολογικό πίνακα λόγω αυτονομίας που χρειάζεται ο κάθε ένοικος του γηροκομείου. Αρχικά στα δίκλινα δωμάτια υπολογίζουμε ένα φορτίο που προέρχεται από καθημερινές χρήσεις του κάθε ατόμου όπως για παράδειγμα μία τηλεόραση φορτίου 150W που θα χρησιμοποιείται 10 ώρες/μέρα δηλαδή 1,5 KWh και άλλες χρήσεις που υπολογίζονται στα 1,3 KWh. Συνολικά το καθημερινό φορτίο που καταναλώνεται σε ένα δίκλινο δωμάτιο ανέρχεται στις 2,8 KWh/μέρα. Η ετήσια κατανάλωση υπολογίζεται από τις μέρες λειτουργίας του Γηροκομείου που είναι όλο τον χρόνο και από τον ταυτοχρονισμό. Εκτιμούμε ότι σε κάθε δωμάτιο το 40% των συσκευών λειτουργεί ταυτόχρονα. Υπάρχουν συνολικά 52 δίκλινα συνεπώς υπολογίζουμε ένα φορτίο 2,8 KWh * 365 μέρες * 52 * 0,4 = 21.257,6 KWh/έτος. Οι καθημερινές χρήσεις του μονόκλινου δωματίου είναι ίδιες με του δίκλινου και το φορτίο υπολογίζονται ομοίως με ενός δίκλινου με την διαφορά ότι ο ταυτοχρονισμός θα είναι στο 30% καθώς στο δωμάτιο θα βρίσκεται μόνο ένα άτομο και επιπρόσθετα υπάρχει και ένα μικρό ψυγείο 150W που θα λειτουργεί 24 ώρες/μέρα δηλαδή 3,6 KWh. Το φορτίο για το κάθε μονόκλινο ανέρχεται συνολικά στις

5,7 KWh και το ετήσιο συνολικό φορτίο για 4 μονόκλινα που βρίσκονται στο ισόγειο είναι $5,7 \text{ KWh} * 365 \text{ μέρες} * 0,3 * 4 \text{ μονόκλινα} = 2.496,6 \text{ KWh} / \text{έτος}$

Τέλος στο κτήριο υπάρχουν και 4 Στούντιο τα οποία αποτελούνται από σαλόνι, υπνοδωμάτιο και WC. Οι συνολικές καταναλώσεις είναι ίσες με 3.679,2 KWh/έτος, με ταυτοχρονισμό 0,4 που προέρχεται από χρήση τηλεόρασης, ψυγείου, κουζίνας αερίου και άλλες χρήσεις όπως υπολογίστηκαν στα μονόκλινα και τα δίκλινα δωμάτια.

Στο ισόγειο, άλλος ένας χώρος που έχει τον δικό του ηλεκτρολογικό πίνακα είναι η Κουζίνα. Πρόκειται για μία κουζίνα με επαγγελματικές προδιαγραφές που περιλαμβάνει πλυντήριο πιάτων, ψυγείο, καταψύκτη και δυο κουζίνες αερίου. Συγκεκριμένα ο ψυγείο-καταψύκτης λειτουργεί 24 ώρες/μέρα αλλά στην πραγματικότητα το φορτίο που υπολογίζεται είναι κατά μέσο όρο καθώς δεν θα χρησιμοποιείται και τις 24 ώρες σε πλήρη ισχύ. Άρα παράγει ένα φορτίο ίσο με 2KWh ανά μέρα και σε αυτό θα προστίθενται τα συνολικά φορτία των επιμέρους συσκευών. Αυτά είναι 6,4 KWh και αναφέρεται σε 4 ώρες λειτουργίας ενός πλυντηρίου πιάτων 1,6 KW και 6 KWh για 6 ώρες χρήσης των κουζινών αερίου και προέρχεται από την ισχύ των ανεμιστήρων στον φούρνο που θα παράγουν τον ζεστό αέρα. Τέλος, υπάρχει και ένα φορτίο $2 \text{ KW} * 2 \text{ ώρες/μέρα}$ δηλαδή 4 KWh που προέρχεται τις λοιπές μικροσυσκευές καθημερινής χρήσης όπως για παράδειγμα το μίξερ. Συνολικά για τις 365 μέρες λειτουργίας της κουζίνας υπολογίζουμε $18,4 \text{ KWh} * 365 \text{ μέρες} * 0,4 = 2.686,4 \text{ KWh} / \text{έτος}$.

Ο επόμενος πίνακας του ισογείου περιλαμβάνει την τραπεζαρία, τον χώρο διημέρευσης, την υποδοχή και το γραφείο της κοινωνικής λειτουργού. Ξεκινώντας από την τραπεζαρία, τον χώρο διημέρευσης και την υποδοχή υπολογίζουμε ένα συνολικό φορτίο 6,5 KWh/μέρα που προέρχεται κυρίως από την χρήση τηλεόρασης, ηλεκτρονικών υπολογιστών μαζί με τις περιφερειακές τους συσκευές και από την χρήση τηλεφώνων. Αυτοί οι χώροι λειτουργούν και τις 365 μέρες του χρόνου, οπότε το συνολικό φορτίο υπολογίζεται σε $6,5 \text{ KWh} * 365 \text{ μέρες} = 1.861,5 \text{ KWh} / \text{έτος}$. Στο γραφείο της κοινωνικής λειτουργού η συνολική κατανάλωση είναι 1,4 KWh/μέρα και λειτουργεί 251 μέρες τον χρόνο. Συνεπώς η συνολική ισχύς που παράγεται από τον συγκεκριμένο πίνακα είναι $1.861,5 \text{ KWh} + 351,4 \text{ KWh} = 2.212,9 \text{ KWh}$, η οποία πολλαπλασιάζεται με έναν ταυτοχρονισμό 0,3. Σαν αποτέλεσμα η ετήσια κατανάλωση του συγκεκριμένου πίνακα που είναι 663,87 KWh/έτος.

Ο τρίτος κατά σειρά πίνακας περιλαμβάνει τα γραφεία του ισογείου όπως το γραφείο της διευθύντριας και του προϊσταμένου και του λογιστή, αλλά και χώρους όπως το φυσιοθεραπευτήριο και το ιατρικό εξεταστήριο. Αναλυτικά ο εκτιμώμενος χρόνος καθημερινής λειτουργίας των γραφείων είναι 8 ώρες. Εκτιμώντας ότι οι εργαζόμενοι χρησιμοποιούν κυρίως ηλεκτρονικούς υπολογιστές από 400W ο καθένας και προσθέτοντας ένα φορτίο 400W συνολικά για λοιπές χρήσεις (όπως φορτιστές, εκτυπωτές κλπ.), για τις 8 ώρες υπολογίζεται συνολικό καθημερινό φορτίο 3 γραφείων ίσο με 10,8 KWh. Σε ετήσια βάση πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι το λογιστήριο λειτουργεί 251 μέρες/χρόνο ενώ τα άλλα δύο γραφεία 301 μέρες/χρόνο. Συνεπώς οι 3 αυτοί χώροι καταναλώνουν 2.830 KWh/ έτος. Για το ιατρικό εξεταστήριο υπολογίζεται ένα φορτίο $400W * 2 \text{ ώρες/μέρα} = 0,8 \text{ KWh/μέρα}$. Η χρήση του εξεταστήριου δεν είναι καθημερινή. Εκτιμάται μία μέση χρήση 2 φορές ανά εβδομάδα, επομένως το συνολικό ετήσιο φορτίο ισούται με $0,8 \text{ KWh} * 102 \text{ μέρες} = 81,6 \text{ KWh/έτος}$. Τέλος για τον χώρο του φυσιοθεραπευτηρίου υπολογίζεται ένα φορτίο 2KW για 3 ώρες/μέρα δηλαδή 6 KWh /μέρα και εκτιμάται μία μέση χρήση 3 μέρες ανά εβδομάδα με αποτέλεσμα $6 \text{ KWh} * 156 \text{ μέρες} = 936 \text{ KWh/έτος}$. Το συνολικό φορτίο του πίνακα με πολλαπλασιάζεται με ταυτοχρονισμό 0,3 και είναι $3.847,6 \text{ KWh} * 0,3 = 1.154,28 \text{ KWh/έτος}$.

Ο τελευταίος πίνακας που βρίσκεται στο ισόγειο δεν έχει ιδιαίτερα πολλά φορτία καθώς οι χρήσεις των χώρων που περιλαμβάνει είναι περιορισμένες. Πρόκειται για τους διαδρόμους του ισογείου, την λινόθήκη και τον χώρο ειδών καθαριότητας. Σε όλους αυτούς τους χώρους υπολογίζεται ένα συνολικό φορτίο ρευματοδοτών 3,5 KW με μέσο χρόνο χρήσης 1 ώρα την ημέρα δηλαδή ένα φορτίο 3.5 KWh/μέρα και ετήσια το φορτίο αυτό είναι $3,5 \text{ KWh} * 365 \text{ μέρες} = 1.277,5 \text{ KWh}$. Σ' αυτόν τον πίνακα ο ταυτοχρονισμός που θα χρησιμοποιείται είναι πολύ μικρός καθώς δεν γίνονται αρκετές και συχνές χρήσεις των κυκλωμάτων. Συγκεκριμένα μόλις ένα 10% των κυκλωμάτων εκτιμάται ότι θα χρησιμοποιείται ταυτόχρονα και συνεπώς το συνολικό φορτίο θα είναι $1.277,5 \text{ KWh} * 0,1 = 127,75 \text{ KWh/έτος}$. Στον Πίνακα 2.2 εμφανίζεται η ημερήσια κατανάλωση ρεύματος στους χώρους του ισογείου αναλυτικά.

Πίνακας 2.2 Ημερήσια κατανάλωση ρεύματος Ισογείου

Πίνακας Α	
Κουζίνα	Ψυγείο – Καταψύκτης : 2 KWh Πλυντήριο πιάτων: 6,4 KWh Λοιπές Χρήσεις: 16,4 KWh Συνολικό: 16,4 KWh
Πίνακας Β	
Τραπεζαρία	0,2 KWh
Χώρος Διημέρευσης	2,5 KWh
Υποδοχή	1,8 KWh
Κοινωνική Λειτουργ.	1,4 KWh
Πίνακας Γ	
Διάδρομος Ισογείου	$0,2 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,2 \text{ KWh}$
Θάλαμος Μόνωσης	$0,2 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,2 \text{ KWh}$
Θάλαμος Πρ. Νοσηλ.	$0,6 \text{ KW} \times 2 \text{ ώρες} = 0,8 \text{ KWh}$
Λινοθήκη	$0,2 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,2 \text{ KWh}$
Χώρος Ειδών Καθαρ.	$0,2 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,2 \text{ KWh}$
Πίνακας Δ	
Λογιστήριο	$0,4 \text{ KW} \times 8 \text{ ώρες} = 3,2 \text{ KWh}$
Γραφείο Διευθυντή	$0,4 \text{ KW} \times 8 \text{ ώρες} = 3,2 \text{ KWh}$
Γραφείο Προισταμ.	$0,4 \text{ KW} \times 8 \text{ ώρες} = 3,2 \text{ KWh}$
Φυσικοθεραπευτήριο	$2 \text{ KW} \times 6 \text{ ώρες} = 12 \text{ KWh}$
Ιατρικό Εξεταστήριο	$0,5 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,5 \text{ KWh}$
Φαρμακείο	$0,5 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,5 \text{ KWh}$
Πίνακας Στούντιο (Κάθε στούντιο έχει τον δικό του πίνακα)	
Δωμάτιο Σαλόνι Μπάνιο	Ψυγείο: $0,15 \text{ KW} \times 24 \text{ ώρες} = 3,6 \text{ KWh}$ Τηλεόραση: $0,15 \text{ KW} \times 10 \text{ ώρες} = 1,5 \text{ KWh}$ Κουζίνα: 5 KWh Λαμπάτερ: $0,1 \text{ KW} \times 2 \text{ ώρες} = 0,2 \text{ KWh}$ Λοιπές χρήσεις : $0,4 \text{ KW} \times 2 \text{ ώρες} = 0,8 \text{ KWh}$ Συνολικό: 11,1 KWh
Πίνακας Μονόκλινο (Κάθε μονόκλινο έχει τον δικό του πίνακα)	
Δωμάτιο Μπάνιο	Τηλεόραση: $0,15 \text{ KW} \times 10 \text{ ώρες} = 1,5 \text{ KWh}$ Ψυγείο: $0,15 \text{ KW} \times 24 \text{ ώρες} = 3,6 \text{ KWh}$ Λαμπάτερ: $0,1 \text{ KW} \times 2 \text{ ώρες} = 0,2 \text{ KWh}$

	<p>Λοιπές χρήσεις : 0,4 KWx3 ώρες = 1,2KWh</p> <p>Συνολικό: 5,7KWh</p>
Πίνακας Δίκλινο (Κάθε δίκλινο έχει τον δικό του πίνακα)	
Δωμάτιο Μπάνιο	<p>Τηλεόραση: 0,15 KWx10ώρες = 1,5 KWh</p> <p>Λαμπατέρ: 0,1 KWx 2 ώρες = 0,2 KWh</p> <p>Λοιπές χρήσεις : 0,4 KWx3 ώρες = 1,2 KWh</p> <p>Συνολικό: 2,9 KWh</p>

Στην συνέχεια υπολογίζεται η συνολική κατανάλωση φορτίων ρευματοδοτών στον Α' όροφο. Αρχικά οι καταναλώσεις των δωματίων έχουν ήδη υπολογιστεί από τους πίνακες του ισογείου οπότε αρκεί να υπολογιστεί ο γενικός ηλεκτρολογικός πίνακας που περιλαμβάνει τους διαδρόμους και τις δύο αποθήκες. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω τέτοιοι χώροι δεν έχουν μεγάλες καταναλώσεις και ο ταυτοχρονισμός τους είναι χαμηλός. Οπότε σε όλους αυτούς τους χώρους το φορτίο των ρευματοδοτών υπολογίζεται 2,5 KW για 1 ώρα χρήσης την ημέρα όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2.3 και ταυτοχρονισμός 10% άρα το συνολικό ετήσιο φορτίο είναι $2,5 \text{ KWh} \times 365 \text{ μέρες} \times 0,1 = 91,25 \text{ KWh/έτος}$.

Πίνακας 2.3 Ημερήσια κατανάλωση ρεύματος Α' Ορόφου

Πίνακας Α	
Διάδρομος 1	0,2 KW x 1 ώρα= 0,2 KWh
Διάδρομος 2	0,2 KW x 1 ώρα= 0,2 KWh
Διάδρομος 3	0,2 KW x 1 ώρα= 0,2 KWh
Λινοθήκη	0,2 KW x 1 ώρα= 0,2 KWh
Αποθήκη	0,2 KW x 1 ώρα= 0,2 KWh

Στο υπόγειο αρχικά υπάρχει ένας ξεχωριστός πίνακας για τον χώρο των ψυγείων. Ο χώρος αυτός περιλαμβάνει 6 ψυγεία χωρίς κατάψυξη που καταναλώνουν ημερήσια κατά μέσο όρο ένα φορτίο 2,16 KWh. Συνεπώς η συνολική κατανάλωση των ψυγείων είναι 12,96 KWh. Στον χώρο επίσης υπάρχουν 4 καταψύκτες χωρητικότητας 228 L με ημερήσια κατανάλωση 10,56 KWh. Στον συγκεκριμένο χώρο ο ταυτοχρονισμός είναι 1 καθώς όλες οι συσκευές λειτουργούν ταυτόχρονα και συνεχόμενα όλο τον χρόνο. Οπότε η συνολική κατανάλωση θα είναι $(12,96 \text{ KWh} + 10,56 \text{ KWh}) \times 365 \text{ μέρες} = 8.584,8 \text{ KWh/έτος}$.

Ο επόμενος πίνακας που βρίσκεται στο υπόγειο αφορά άλλον έναν χώρο με μεγάλες καταναλώσεις. Πρόκειται για το χώρο που λειτουργούν τα πλυντήρια και τα στεγνωτήρια του γηροκομείου. Συνολικά υπάρχουν 5 πλυντήρια που καταναλώνουν 84 KWh με μέσο χρόνο χρήσης τις 6 ώρες και 5 στεγνωτήρια με την ίδια κατανάλωση και τις ίδιες ώρες λειτουργίας ενώ υπάρχουν και συσκευές σιδερώματος με φορτίο 1,2 KW και μέσο χρόνο χρήσης 3 ώρες. Το συνολικό φορτίο είναι 171,6 KWh και εκτιμούνται 182 μέρες χρήσης ανά έτος, δηλαδή $171,6 \text{ KWh} * 182 \text{ μέρες} * 0,3 = 9.369,36 \text{ KWh/έτος}$.

Στο υπόγειο υπάρχουν ακόμη 4 υπνοδωμάτια χρήσης προσωπικού των οποίων η κατανάλωση φορτίου είναι αντίστοιχη των μονόκλινων υπνοδωματίων όπως υπολογίστηκαν προηγουμένως. Οπότε $2,8 \text{ KWh} * 4 \text{ υπνοδωμάτια} * 365 \text{ μέρες} * 0,4 = 1.635,2 \text{ KWh/έτος}$.

Ο επόμενος πίνακας περιλαμβάνει χώρους με ελάχιστη καθημερινή χρήση (νεκροθάλαμος, χώρος απορριμμάτων, 2 λινόθηκες, χώρος αποθήκευσης φιαλών οξυγόνου, προθάλαμος και 2 αποθήκες) οπότε εκτιμάται ένα συνολικό φορτίο ρευματοδοτών 6,4 KW με μέσο όρο 1 ώρα χρήσης και ταυτοχρονισμό 0,1. Οπότε το συνολικό ετήσιο φορτίο ανέρχεται σε 233,6 KWh/έτος.

Ο επόμενος πίνακας του υπογείου περιλαμβάνει 3 αποθηκευτικούς χώρους των οποίων η χρήση εκτιμάται μικρή και ένα μικροβιολογικό εργαστήριο. Το συνολικό φορτίο για αυτούς τους χώρους είναι $1,2 \text{ KW} * 1 \text{ ώρα χρήσης} * 365 \text{ μέρες} = 438 \text{ KWh/έτος}$. Στο μικροβιολογικό εργαστήριο λειτουργεί μέσο όρο 4 ώρες, 30 μέρες τον χρόνο, άρα το συνολικό του φορτίο υπολογίζεται $2 \text{ KW} * 4 \text{ ώρες} * 30 \text{ μέρες} = 240 \text{ KWh/έτος}$. Το τελικό φορτίο αυτού του ηλεκτρολογικού πίνακα ισούται με $678 \text{ KWh} * 0,1 \text{ ταυτοχρονισμό} = 67,8 \text{ KWh/έτος}$.

Ο τελευταίος πίνακας που βρίσκεται στο υπόγειο περιλαμβάνει την αίθουσα φυσιοθεραπείας, το γυμναστήριο 2 αποθήκες και 3 χώρους αποθήκευσης ιατρικών αντικειμένων και αναπηρικών αμαξιδίων. Το συνολικό φορτίο υπολογίζεται από τους ρευματοδότες που υπάρχουν στις αποθήκες και στους χώρους ιατρικών αντικειμένων και αναπηρικών αμαξιδίων εκτιμάται $1,6 \text{ KW} * 1 \text{ ώρα χρήσης} * 365 \text{ μέρες} = 584 \text{ KWh/έτος}$ και από το γυμναστήριο $2 \text{ KW} * 3 \text{ ώρες χρήσης} * 156 \text{ μέρες} = 936 \text{ KWh/έτος}$. Το συνολικό φορτίο της αίθουσας φυσιοθεραπείας εκτιμάται $1,2 \text{ KW} * 5 \text{ ώρες χρήση} * 156 \text{ μέρες} = 936$

KWh. Το συνολικό φορτίο του πίνακα είναι $2.456 \text{ KWh} \times 0,1 = 245,6 \text{ KWh/έτος}$. Στον Πίνακα 2.4 αναγράφονται αναλυτικά οι ημερήσιες καταναλώσεις κάθε χώρου στο υπόγειο.

Πίνακας 2.4 Ημερήσια κατανάλωση ρεύματος υπογείου

Πίνακας Α	
Χώρος Ψυγείων	6 Ψυγεία: $0,09 \text{ KW} \times 6 \text{ ψυγ.} \times 24 \text{ ώρες} = 12,96 \text{ KWh}$ 4 Καταψύκτες: $0,11 \text{ KW} \times 4 \text{ κατ.} \times 24 \text{ ώρες} = 10,56 \text{ KWh}$ Συνολικό: 23,52 KWh
Πίνακας Β	
Αποθήκη Τροφίμων	$0,5 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,5 \text{ KWh}$
Είδη Καθαριότητας	$0,2 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,2 \text{ KWh}$
Αποθήκη	$0,2 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,2 \text{ KWh}$
Πίνακας Γ	
Πλυντήρια-Στεγνωτήρια-Σιδερωτήριο	5 Πλυντήρια: $2,8 \text{ KW} \times 5 \text{ πλ.} \times 6 \text{ ώρες} = 84 \text{ KWh}$ 5 Στεγνωτήρια: $2,8 \text{ KW} \times 5 \text{ στεγν.} \times 6 \text{ ώρες} = 84 \text{ KWh}$ Σίδερο: $1,2 \text{ KW} \times 6 \text{ ώρες} = 7,2 \text{ KWh}$ Συνολικό: 175,2 KWh
Πίνακας Δ	
Νεκροθάλαμος	$0,2 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,2 \text{ KWh}$
Κάδοι Απορριμμάτων	$0,2 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,2 \text{ KWh}$
Λινοθήκη Α	$0,2 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,2 \text{ KWh}$
Λινοθήκη Β	$0,2 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,2 \text{ KWh}$
Χώρος φιάλες οξυγ.	$0,2 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,2 \text{ KWh}$
Προθάλαμος	$0,2 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,2 \text{ KWh}$
Αποθήκη 1	$0,2 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,2 \text{ KWh}$
Αποθήκη 2	$0,2 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,2 \text{ KWh}$
Πίνακας Υποδωματίου 1	
Υποδωμάτιο 1κλινο	Τηλεόραση: $0,15 \text{ KW} \times 10 \text{ ώρες} = 1,5 \text{ KWh}$ Λαμπατέρ: $0,1 \text{ KW} \times 2 \text{ ώρες} = 0,2 \text{ KWh}$ Λοιπές χρήσεις: $0,4 \text{ KW} \times 3 \text{ ώρες} = 1,2 \text{ KWh}$ Συνολικό: 2,9 KWh
Πίνακας Υποδωματίου 2	
Υποδωμάτιο 2κλινό	Τηλεόραση: $0,15 \text{ KW} \times 10 \text{ ώρες} = 1,5 \text{ KWh}$ Λαμπατέρ: $0,1 \text{ KW} \times 2 \text{ ώρες} = 0,2 \text{ KWh}$ Λοιπές χρήσεις: $0,4 \text{ KW} \times 3 \text{ ώρες} = 1,2 \text{ KWh}$ Συνολικό: 2,9 KWh

Πίνακας Ε	
Αποθήκη Αποσκευών	0,2 KW x 1 ώρα = 0,2 KWh
Αποθήκη	0,2 KW x 1 ώρα = 0,2 KWh
Χώρος Ιατρικών αντικειμ.	0,2 KW x 1 ώρα = 0,2 KWh
Χώρος αναπηρ. αμαξιδίων	0,2 KW x 1 ώρα = 0,2 KWh
Γυμναστήριο	0,9 KW x 10 ώρες = 9 KWh
Πίνακας ΣΤ	
Ηλεκτρικοί Πίνακες	0,2 KW x 1 ώρα = 0,2 KWh
Δεξαμενή	0,2 KW x 1 ώρα = 0,2 KWh
Λεβητοστάσιο	0,2 KW x 1 ώρα = 0,2 KWh
Αίθουσα Φυσιοθεραπείας	1,2 KW x 8 ώρες = 9,6 KWh
Πίνακας Ε	
Διάδρομος 1	0,2 KW x 1 ώρα = 0,2 KWh
Διάδρομος 2	0,2 KW x 1 ώρα = 0,2 KWh
Διάδρομος 3	0,2 KW x 1 ώρα = 0,2 KWh

Τέλος, υπάρχουν δύο σημαντικές καταναλώσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Οι δύο ανελκυστήρες που βρίσκονται στο κτήριο. Ο ένας βρίσκεται στην κουζίνα και χρησιμοποιείται καθημερινά για την μεταφορά προϊόντων από την αποθήκη. Το φορτίο του είναι 2,5 KW με μέση καθημερινή χρήση 2 ώρες. Η ετήσια κατανάλωση ανέρχεται σε 1.825 KWh/έτος. Ο δεύτερος ανελκυστήρας αφορά τις μετακινήσεις των ενοίκων με φορτίο 12,5 KW και μέσο όρο καθημερινής χρήσης 1 ώρα. Η ετήσια κατανάλωση του ανέρχεται σε 4.562,5 KWh/έτος.

Για να υπολογιστεί το συνολικό φορτίο κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του κτηρίου από ρευματοδότες πρέπει να υπολογιστεί για κάθε όροφο ξεχωριστά στο συνολικό φορτίο του κάθε ηλεκτρολογικού πίνακα. Ο ετεροχρονισμός λειτουργίας ανάμεσα στον πίνακα ορόφου και τους αντίστοιχους υποπίνακες του είναι 0,7.

Οπότε στο ισόγειο το φορτίο ανέρχεται σε $(10.628,8 \text{ KWh} + 2.496,6 \text{ KWh} + 1.839,6 \text{ KWh} + 2.686,4 \text{ KWh} + 663,87 \text{ KWh} + 1.154,28 \text{ KWh} + 127,75 \text{ KWh}) \cdot 0,7 = 13.718,11 \text{ KWh/έτος}$. Αντίστοιχα στον Α' όροφο το φορτίο ανέρχεται σε $(10.628,8 \text{ KWh} + 1.839,6 \text{ KWh} + 91,25 \text{ KWh}) \cdot 0,7 = 8.791,76 \text{ KWh/έτος}$. Τέλος στο υπόγειο το συνολικό φορτίο ανέρχεται σε $(8.584,8 \text{ KWh} + 9.369,36 \text{ KWh} + 1.635,2 \text{ KWh} + 233,6 \text{ KWh} + 67,8 \text{ KWh} + 245,6 \text{ KWh}) \cdot 0,7 = 14.095,46 \text{ KWh/έτος}$.

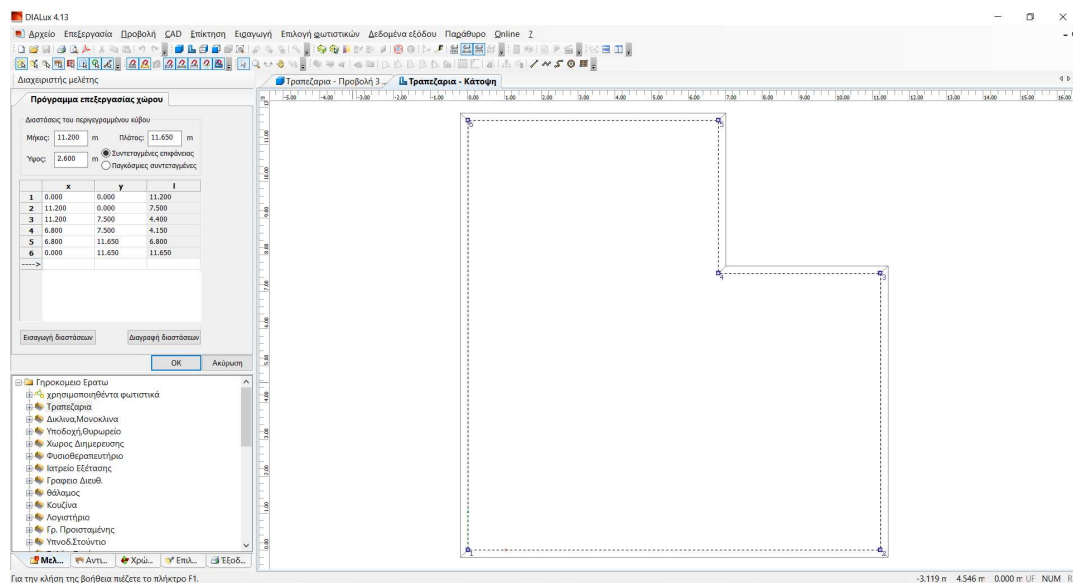
Το συνολικό ετήσιο φορτίου ρευματοδοτών είναι $(13.718,11 \text{ KWh} + 8.791,76 \text{ KWh} + 14.095,46 \text{ KWh} + 4.562,5 \text{ KWh}) \cdot 0,7 = 30.186,23 \text{ KWh}$.

2.2.3 Υπολογισμός φορτίων φωτισμού

Η μελέτη για τον υπολογισμό των φορτίων φωτισμού κάθε χώρου έγινε με την χρήση του λογισμικού DIALux, το οποίο είναι ένα δωρεάν λογισμικό σχεδιασμού, υπολογισμού και προσομοίωσης του φωτισμού σε δωμάτια, ορόφους, κτήρια και υπαίθριες σκηνές.

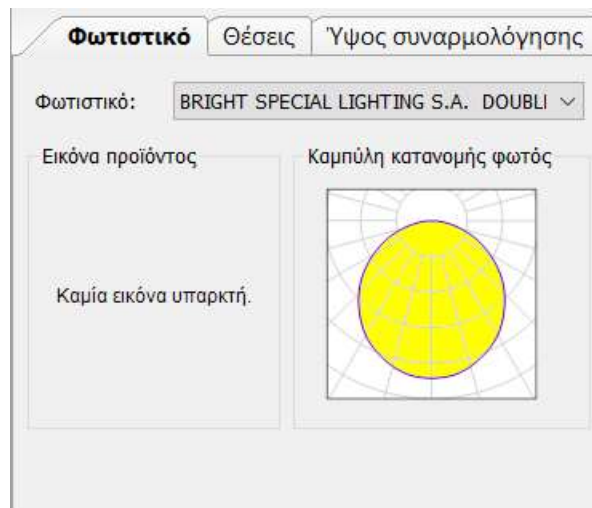
Στην διαδικασία που ακολουθήθηκε πρώτα υπολογίστηκε το φορτίο φωτισμού κάθε χώρου ξεχωριστά και στην συνέχεια το συνολικό φορτίο του κτηρίου. Ενδεικτικά ακολουθεί η διαδικασία για την Τραπεζαρία στο ισόγειο όπως πραγματοποιήθηκε στο DIALux.

Αρχικά σχεδιάστηκε ο χώρος της Τραπεζαρίας με τις κατάλληλες διαστάσεις (μήκος, πλάτος, ύψος) όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.7.



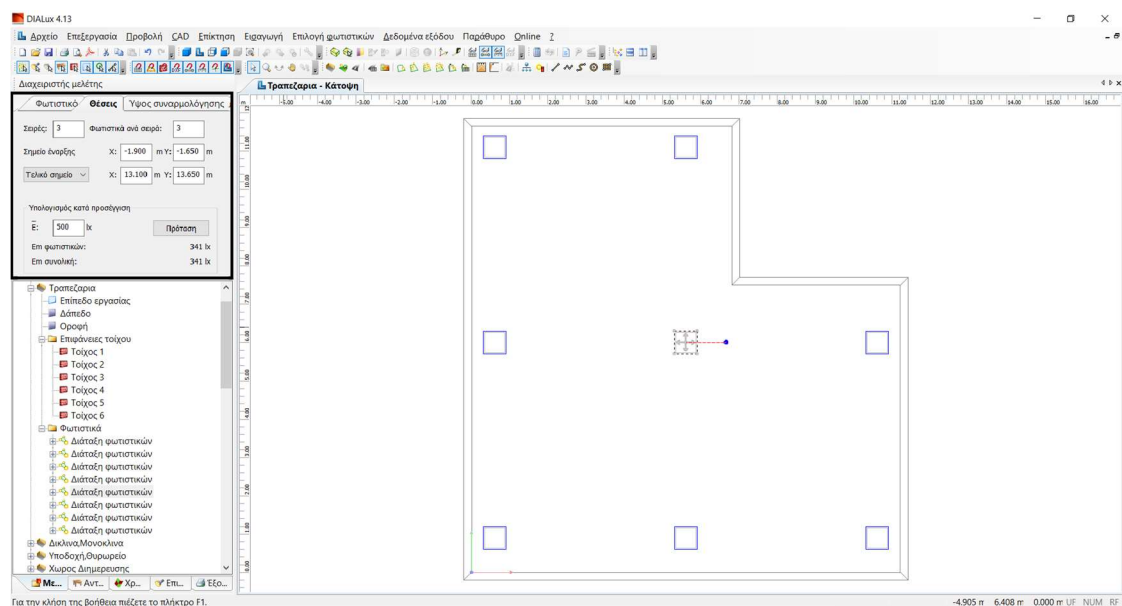
Εικόνα 2.7 Σχεδιασμός χώρου στο DIALux.

Αφού σχεδιάστηκε ο χώρος επιλέχθηκε το κατάλληλο επίπεδο εργασίας, 0,85 m ύψος και 0,5 ζώνη περιφέρειας. Στην συνέχεια έγινε η επιλογή των φωτιστικών. Η επιλογή των φωτιστικών γίνεται με βάση τις τεχνικές προδιαγραφές του KENAK όπως αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Στην συγκεκριμένη μελέτη έγιναν κάποιες δοκιμές και επιλέχθηκαν τα *BRIGHTSPECIALLIGHTINGS.A. DOUBLELOUVRE 1 ACRYLICOPAL 4x LINEARLED 16W*, με καμπύλη κατανομής φωτός όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.8.



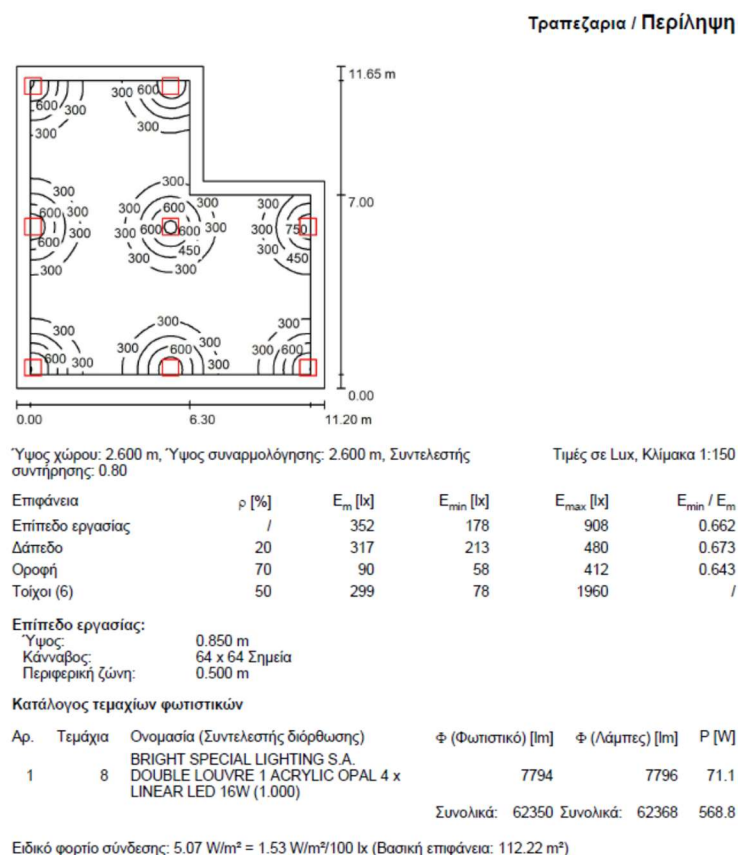
Εικόνα 2.8 Καμπύλη κατανομής φωτός

Στην συνέχεια επιλέχθηκε η διάταξη των φωτιστικών στον χώρο όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.9. Εκτός από την επιλογή των κατάλληλων φωτιστικών σημαντικό ρόλο παίζει και η σωστή τοποθέτηση τους στον χώρο με τρόπο ώστε να τηρούνται οι προδιαγραφές του KENAK (Παράρτημα Α – Πίνακας Α.3). Εάν στην τελική περίληψη που προκύπτει από το πρόγραμμα δεν τηρούνται τότε επιστρέφουμε και πραγματοποιούμε τις κατάλληλες αλλαγές.



Εικόνα 2.9 Τοποθέτηση φωτιστικών

Εφόσον ολοκληρωθεί και η τοποθέτηση των φωτιστικών προκύπτει η έκθεση της μελέτης του χώρου (Περίληψη). Στην Εικόνα 2.10 εμφανίζεται η περίληψη της Τραπεζαρίας. Αρχικά παρουσιάζεται η κάτοψη του χώρου πάνω στην οποία σημειώνεται η ζώνη περιφέρειας, οι διαστάσεις του χώρου και η συναρμολόγηση των φωτιστικών. Κατόπιν δηλώνεται το ύψος του χώρου, το ύψος συναρμολόγησης των φωτιστικών και το επίπεδο εργασίας. Έπειτα ακολουθεί ένας πίνακας όπου στην πρώτη στήλη δηλώνονται οι επιφάνειες του χώρου (επίπεδο εργασίας, οροφή, δάπεδο, τοίχοι) και ακολουθούν οι στήλες με τον συντελεστή ανάκλασης (ρ [%]) της κάθε επιφάνειας και οι στήλες με τον μέσο όρο (E_m [lx]), την ελάχιστη (E_{min} [lx]) και την μέγιστη (E_{max} [lx]) τιμή της φωτεινής έντασης αντίστοιχα σε κάθε επιφάνεια. Στην τελευταία στήλη του πίνακα δηλώνεται ο συντελεστής ομοιομορφίας φωτισμού των επιφανειών. Στο τέλος της περίληψης εμφανίζεται η ποσότητα και ο τύπος των φωτιστικών που έχουν χρησιμοποιηθεί καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.



Εικόνα 2.10 Περίληψη Τραπεζαρίας (DIALux)

Σύμφωνα με την παραπάνω περίληψη, στη συγκεκριμένη μελέτη για την Τραπεζαρία του γηροκομείου τα 8 φωτιστικά τύπου BRIGHTSPECIALLIGHTINGS.A. DOUBLELOUVRE 1 ACRYLICOPAL 4 x LINEARLED 16W που έχουν τοποθετηθεί έχουν συνολική φωτεινή ροή φωτιστικών 62.350 lm, συνολική φωτεινή ροή λαμπτήρων 62.368 lm και συνολική ισχύς φωτιστικών 568,8W. Για το υπολογισμό της συνολικής φωτεινής ροής των φωτιστικών σωμάτων έχει ληφθεί υπόψη, μέσω της βιβλιοθήκης του προγράμματος, η επίδραση του καλύμματος του φωτιστικού σώματος στην αρχική φωτεινή ροή (lm) της φωτεινής πηγής. Ακόμη, στο τέλος της περίληψης παρατίθεται η εγκατεστημένη ισχύς ανά m^2 (Ειδικό φορτίο σύνδεσης: 5,07 W/ m^2). Σύμφωνα με τις τεχνικές οδηγίες του KENAK, το ειδικό φορτίο σύνδεσης έχει κάποια όρια στις τιμές που μπορεί να λάβει ανάλογα με την χρήση του κάθε χώρου.

Για να αποφασιστεί αν τα φωτιστικά είναι σωστού τύπου και κατάλληλα τοποθετημένα εξετάζονται 3 βασικά μεγέθη, τα οποία πρέπει να συνάδουν με τις τεχνικές προδιαγραφές που έχει ορίσει ο KENAK (Παράρτημα Α - Πίνακας Α.3). Αρχικά ο μέσος όρος της φωτεινής έντασης που αναφέρεται στο επίπεδο εργασίας. Έπειτα εξετάζεται η ομοιομορφία του φωτισμού στο επίπεδο εργασίας και τέλος το ειδικό φορτίο σύνδεσης. Σύμφωνα με τον Πίνακα Α.3 σε έναν οίκο ευγηρίας η στάθμη του γενικού φωτισμού ορίζεται στα 300 lx με συντελεστή ομοιομορφίας τουλάχιστον 0,6. Υπάρχουν όμως κάποιοι χώροι στο κτήριο οι οποίοι χρησιμοποιούνται για συγκεκριμένο σκοπό και έχουν διαφορετικές προδιαγραφές σύμφωνα με τον KENAK. Αυτοί οι χώροι είναι το Ιατρείο εξέτασης που υπάρχει στο Ισόγειο, τα γραφεία διεύθυνσης, προϊστάμενου καθώς και το λογιστήριο και τέλος οι κοινόχρηστοι διάδρομοι στις δύο πτέρυγες στον Α' όροφο. Όπως φαίνεται στην περίληψη για την Τραπεζαρία η στάθμη του φωτισμού είναι στα επιθυμητά όρια, $E_m = 352 \text{ lx}$ και $E_{min}/E_m = 0,662$. Στη συνέχεια πρέπει να εξετασθεί και το ειδικό φορτίο σύνδεσης. Ανάλογα με την στάθμη του φωτισμού του κτηρίου αναφοράς καθορίζεται και η μέγιστη εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (W/m^2). Σύμφωνα με τον KENAK και τον Πίνακα Α.4 του Παραρτήματος Α, για ελάχιστη στάθμη 300 lx η μέγιστη εγκατεστημένη ισχύς ορίζεται στα 9,6 W/m^2 , το οποίο επίσης βρίσκεται στα επιθυμητά όρια (5,07 W/m^2). Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε για κάθε χώρο του γηροκομείου ξεχωριστά προκειμένου να υπολογιστούν οι συνολικές καταναλώσεις φωτισμού. Στον Πίνακα 2.5 αναγράφονται οι τιμές της μέση στάθμη φωτισμού, της ομοιομορφίας και του

ειδικού φορτίου σύνδεσης για κάθε χώρο ξεχωριστά, όπως αυτές προκύπτουν από την μελέτη στο DIALux.

Πίνακας 2.5 Υπολογισμοί Dialux

	Ποσοστό Ομοιομορφίας	Μέση Στάθμη φωτισμού (Em[lx])	Ειδικό Φορτίο Σύνδεσης
Τραπεζαρία	0.662	352	5.07 W/m ²
Δωμάτια (Μονόκλινο-Δίκλινο)	0.716	372	5.34 W/m ²
Υποδοχή-Θυρωρείο	0.723	375	5.88 W/m ²
Χώρος Δημέρευσης	0.663	373	5.40 W/m ²
Φυσιοθεραπευτήριο	0.447	305	7.15 W/m ²
Ιατρείο Εξέτασης	0.447	261	2.90 W/m ²
Γραφείο Διεύθυνσης	0.630	519	6.74 W/m ²
Κοινωνικός Λειτουργός	0.602	516	6.59 W/m ²
Θάλαμος	0.679	328	6.88 W/m ²
Κουζίνα	0.543	333	5.30 W/m ²
Λογιστήριο	0.600	517	6.57 W/m ²
Γραφείο Προϊστάμενου	0.652	573	7.89 W/m ² =
Λινοθήκη	0.612	425	7.12 W/m ²
Στούντιο (Υπνοδωμάτιο)	0.631	361	4.81 W/m ²
Στούντιο (Σαλόνι)	0.603	440	5.74 W/m ²
Διάδρομος Α' Ορόφου Πτέρυγα ΜΑ	0.404	427	6.08 W/m ²
Διάδρομος Α' Ορόφου Πτέρυγα Α	0.507	447	6.71 W/m ²
Θάλαμος Προσωρινής νοσηλείας	0.679	103	2.75 W/m ²
Αποθήκη Τροφίμων	0.738	447	5.86 W/m ²
Γυμναστήριο Υπογείου	0.677	396	4.59 W/m ²
Χώρος Ψυγείων	0.753	374	7.35 W/m ²
Αποθήκη τροφίμων	0.738	447	5.86 W/m ²
Μικροβιολογικό	0.710	450	6.29 W/m ²

Νεκροθάλαμος	0.505	423	4.90 W/m ²
Πλυντήρια/Στεγνωτήρια/Σιδερωτήριο	0.649	417	4.95 W/m ²
Αίθουσα Φυσιοθεραπείας Υπογείου	0.598	299	7.95 W/m ²
Αποθήκη	0.778	360	4.06 W/m ²
Χώρος αναπηρικών Αμαξιδίων	0.778	360	4.06 W/m ²
Αποδυτήρια	0.797	492	7.97 W/m ²
Χώρος κάδων απορριμμάτων	0.690	388	4.59 W/m ²
Χώρος φιαλών οξυγόνου	0.602	345	3.94 W/m ²
Δεξαμενή	0.730	459	5.88 W/m ²
Λεβητοστάσιο	0.730	459	5.88 W/m ²
Διάδρομος 1	0.419	305	5.38 W/m ²
Διάδρομος 2	0.438	185	2.94 W/m ²
Διάδρομος 3	0.409	174	2.86 W/m ²
Αποθήκη Α υπογείου	0.615	345	3.96 W/m ²
Αποθήκη Β υπογείου	0.639	339	3.88 W/m ²

Αφού υπολογίστηκε, μέσω του λογισμικού DIALux, η ισχύς και ο τύπος των κατάλληλων φωτιστικών για κάθε χώρο, πολλαπλασιάστηκε με τον χρόνο χρήσης και στην συνέχεια με τον κατάλληλο ταυτοχρονισμό ανά ηλεκτρολογικό πίνακα. Στον Πίνακα 2.6 που ακολουθεί, εμφανίζεται η συνολική ισχύς κάθε χώρου του Ισογείου ανάλογα με τον χρόνο χρήσης και την χρονική περίοδο κατανάλωσης.

Πίνακας 2.6 Καταναλώσεις Ισογείου ανά χρονική περίοδο

Χειμερινή περίοδο		Καλοκαιρινή περίοδο
Πίνακας Α		
Κουζίνα	0,234 KW x 12 ώρες = 3,4 KWH	0,234 KW x 10 ώρες = 2,34 KWH
Πίνακας Β		
Τραπεζαρία	0,569 KW x 6 ώρες = 3,414 KWH	0,569 KW x 4 ώρες = 2.276 KWH
Χώρος Διημέρευσης	0,356 KW x 6 ώρες = 2,136 KWH	0,356 KW x 4 ώρες = 1,424 KWH
Υποδοχή	0,142 KW x 6 ώρες = 0,852 KWH	0,142 KW x 6 ώρες = 0,852 KWH

Κοινωνική Λειτουργ.	0,071 KW x 8 ώρες = 0,568 KWH	0,071 KW x 8 ώρες = 0,568 KWH
Πίνακας Γ (δεν επηρεάζεται ο φωτισμός ανά περίοδο)		
Διάδρομος Ισογείου	0,284 KW x 3 ώρες = 0,852 KWH	
Θάλαμος Μόνωσης	0,284 KW x 3 ώρες = 0,852 KWH	
Θάλαμος Πρ. Νοσηλ.	0,284 KW x 3 ώρες = 0,852 KWH	
Λινοθήκη	0,284 KW x 3 ώρες = 0,852 KWH	
Χώρος Ειδών Καθαρ.	0,284 KW x 3 ώρες = 0,852 KWH	
Πίνακας Δ		
Λογιστήριο	0,71 KW x 5 ώρες = 3,55 KWH	0,71 KW x 3 ώρες = 2,13 KWH
Γραφείο Διευθυντή	0,71 KW x 5 ώρες = 3,55 KWH	0,71 KW x 3 ώρες = 2,13 KWH
Γραφείο Προισταμ.	0,71 KW x 5 ώρες = 3,55 KWH	0,71 KW x 3 ώρες = 2,13 KWH
Φυσικοθεραπευτήριο	0,71 KW x 3 ώρες = 2,13 KWH	0,71 KW x 2 ώρες = 1,4 KWH
Ιατρικό Εξεταστήριο	0,71 KW x 2 ώρες = 1,4 KWH	0,71 KW x 1 ώρα = 0,71 KWH
Φαρμακείο	0,71 KW x 2 ώρες = 1,4 KWH	0,71 KW x 1 ώρα = 0,71 KWH
Τουαλέτες	0,2 KW x 13 ώρες = 0,6 KWH	
Πίνακας Στούντιο (Κάθε στούντιο έχει τον δικό του πίνακα)		
Δωμάτιο	0,071 KW x 3 ώρες = 0,213 KWH	0,071 KW x 2 ώρες = 0,142 KWH
Σαλόνι-Κουζίνα	0,106 KW x 6 ώρες = 0,636 KWH	0,106 KW x 4 ώρες = 0,424 KWH
Μπάνιο	0,05 KW x 3 ώρες = 0,15 KWH	0,05 KW x 3 ώρες = 0,15 KWH
Συνολικό	0,999 KWH	0,716 KWH
Πίνακας Μονόκλινο (Κάθε μονόκλινο έχει τον δικό του πίνακα)		
Δωμάτιο	0,1065 KW x 7 ώρες = 0,7455 KWH	0,1065 KW x 5 ώρες = 0,5325 KWH
Μπάνιο	0,04 KW x 3 ώρες = 0,12 KWH	0,04 KW x 3 ώρες = 0,12 KWH
Συνολικό	0,8655 KWH	0,6525 KWH
Πίνακας Δίκλινο (Κάθε δίκλινο έχει τον δικό του πίνακα)		
Δωμάτιο	0,1065 KW x 8 ώρες = 0,852 KWH	0,1065 KW x 6 ώρες = 0,639 KWH
Μπάνιο	0,04 KW x 4 ώρες = 0,16 KWH	0,04 KW x 4 ώρες = 0,16 KWH
Συνολικό	1,012 KWH	0,799 KWH

Ο ηλεκτρολογικός πίνακας Α περιλαμβάνει μόνο την κουζίνα όπου όλα τα φωτιστικά θα λειτουργούν ταυτόχρονα. Επομένως ο ταυτοχρονισμός είναι 1 και το συνολικό φορτίο ανέρχεται σε $3,4 \text{ KWh} * 1 * 365 \text{ μέρες} = 1.241 \text{ KWh/έτος}$ τους χειμερινούς μήνες και $2,34 * 1 * 365 \text{ μέρες} = 854,1 \text{ KWh /έτος}$ τους καλοκαιρινούς μήνες.

Οι χώροι του ηλεκτρολογικού πίνακα Β λειτουργούν με ταυτοχρονισμό 0,6 την χειμερινή περίοδο και 0,4 την καλοκαιρινή. Επομένως το συνολικό φορτίο ανέρχεται σε $6,97 \text{ KWh} * 0,6 * 365 \text{ μέρες} = 1.526,43 \text{ KWh /έτος}$ τους χειμερινούς μήνες και $5,12 * 0,4 * 365 \text{ μέρες} = 747,52 \text{ KWh/έτος}$ τους καλοκαιρινούς μήνες.

Οι χώροι του ηλεκτρολογικού πίνακα Γ δεν επηρεάζονται από την χρονική περίοδο λειτουργίας και λειτουργούν με ταυτοχρονισμό 0,2, καθώς είναι κυρίως χώροι ελάχιστης καθημερινής χρήσης. Επομένως το συνολικό φορτίο ανέρχεται σε $4,26 \text{ KWh} * 0,2 * 365 \text{ μέρες} = 303,312 \text{ KWh/έτος}$.

Οι χώροι του ηλεκτρολογικού πίνακα Δ λειτουργούν με ταυτοχρονισμό 0,7 την χειμερινή περίοδο και 0,5 την καλοκαιρινή καθώς περιέχει κυρίως γραφεία καθημερινής ταυτόχρονης χρήσης και κάποιους χώρους με λιγότερη χρήση. Επομένως το συνολικό φορτίο ανέρχεται σε $15,58 \text{ KWh} * 0,7 * 365 \text{ μέρες} = 3.980,7 \text{ KWh/έτος}$ τους χειμερινούς μήνες και $9,72 \text{ KWh} * 0,5 * 365 \text{ μέρες} = 1.773,9 \text{ KWh/έτος}$ τους καλοκαιρινούς μήνες.

Κάθε στούντιο στο γηροκομείο έχει τον δικό του ηλεκτρολογικό πίνακα και αποτελείται από σαλόνι, κουζίνα, μπάνιο. Τα φωτιστικά στους χώρους αυτούς λειτουργούν με ταυτοχρονισμό 0,2 την χειμερινή περίοδο και 0,1 την καλοκαιρινή. Επομένως το συνολικό φορτίο ανέρχεται σε $0,999 \text{ KWh} * 0,2 * 365 \text{ μέρες} * 4 \text{ στούντιο} = 291,71 \text{ KWh/έτος}$ τους χειμερινούς μήνες και $0,716 \text{ KWh} * 0,1 * 365 \text{ μέρες} * 4 \text{ στούντιο} = 104,536 \text{ KWh/έτος}$ τους καλοκαιρινούς μήνες.

Αντίστοιχα κάθε μονόκλινο δωμάτιο στο γηροκομείο έχει τον δικό του ηλεκτρολογικό πίνακα και αποτελείται από υπνοδωμάτιο και μπάνιο. Τα φωτιστικά στους χώρους αυτούς λειτουργούν με ταυτοχρονισμό 0,2 την χειμερινή περίοδο και 0,1 την καλοκαιρινή. Επομένως το συνολικό φορτίο ανέρχεται σε $0,8655 \text{ KWh} * 0,2 * 365 \text{ μέρες} * 4 \text{ μονόκλινα} = 252,73 \text{ KWh/έτος}$ τους χειμερινούς μήνες και $0,6525 \text{ KWh} * 0,1 * 365 \text{ μέρες} * 4 \text{ μονόκλινα} = 23,82 \text{ KWh/έτος}$ τους καλοκαιρινούς μήνες.

Τέλος στο ισόγειο υπάρχουν και δίκλινα δωμάτια. Το καθένα έχει τον δικό του ηλεκτρολογικό πίνακα και αποτελείται από υπνοδωμάτιο και μπάνιο. Τα φωτιστικά στους χώρους αυτούς λειτουργούν με ταυτοχρονισμό 0,2 την χειμερινή περίοδο και 0,1 την

καλοκαιρινή. Επομένως το συνολικό φορτίο ανέρχεται σε $1,012 \text{ KWh} \cdot 0,2 \cdot 365 \text{ μέρες} \cdot 52 \text{ δίκλινα} = 3.841,552 \text{ KWh/έτος}$ τους χειμερινούς μήνες και $0,799 \text{ KWh} \cdot 0,1 \cdot 365 \text{ μέρες} \cdot 52 \text{ δίκλινα} = 1.516,502 \text{ KWh/έτος}$ τους καλοκαιρινούς μήνες.

Στην συνέχεια, στον Πίνακα 2.7 που ακολουθεί, εμφανίζεται η συνολική ισχύ των φωτιστικών κάθε χώρου του Α' ορόφου ανάλογα με τον χρόνο χρήσης και την χρονική περίοδο κατανάλωσης. Τα υπνοδωμάτια των ενοίκων έχουν ήδη υπολογισθεί παραπάνω.

Πίνακας 2.7 Καταναλώσεις Α' Ορόφου ανά χρονική περίοδο

Πίνακας Α	
Διάδρομος 1	$0,497 \text{ KW} \times 4 \text{ ώρες} = 1,99 \text{ KWH}$
Διάδρομος 2	$0,497 \text{ KW} \times 4 \text{ ώρες} = 1,99 \text{ KWH}$
Διάδρομος 3	$0,639 \text{ KW} \times 4 \text{ ώρες} = 2,556 \text{ KWH}$
Λινοθήκη	$0,071 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,071 \text{ KWH}$
Αποθήκη	$0,071 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,071 \text{ KWH}$

Οι χώροι που περιλαμβάνονται στον ηλεκτρολογικό πίνακα Α του Α' Ορόφου δεν επηρεάζονται από την χειμερινή η καλοκαιρινή περίοδο καθώς είναι χώροι που δεν έχουν κάποιο παράθυρο για φυσικό φωτισμό και λειτουργούν με ταυτοχρονισμό 0.6. Επομένως το συνολικό φορτίο ανέρχεται σε $6,678 \text{ KWh} \cdot 0,6 \cdot 365 \text{ μέρες} = 1.462,48 \text{ KWh/έτος}$.

Τέλος, στον Πίνακα 2.8 εμφανίζεται η συνολική ισχύς φωτιστικών των χώρων του υπογείου. Οι χώροι στο υπόγειο είναι όλοι κλειστοί, χωρίς παράθυρα άρα δεν υπάρχει καθόλου φυσικός φωτισμός. Οπότε έχουν την ίδια χρήση στη χειμερινή και καλοκαιρινή λειτουργία του γηροκομείου.

Πίνακας 2.8 Καταναλώσεις υπογείου ανά χρονική περίοδο

Πίνακας Α	
Χώρος Ψυγείων	$0,071 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,071 \text{ KWH}$
Πίνακας Β	
Αποθήκη τροφίμων	$0,213 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,213 \text{ KWH}$

Μικροβιολογικό	$0,177 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,177 \text{ KWH}$
Είδη Καθαριότητας	$0,071 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,071 \text{ KWH}$
Αποθήκη	$0,071 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,071 \text{ KWH}$
Πίνακας Γ	
Πλυντήριο-Στεγνωτήριο-Σιδερωτήριο	$0,213 \text{ KW} \times 6 \text{ ώρες} = 1,278 \text{ KWH}$
Πίνακας Δ	
Νεκροθάλαμος	$0,143 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,143 \text{ KWH}$
Κάδοι Απορριμμάτων	$0,143 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,143 \text{ KWH}$
Λινοθήκη Α	$0,106 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,106 \text{ KWH}$
Λινοθήκη Β	$0,106 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,106 \text{ KWH}$
Χώρος για φιάλες οξυγόνου	$0,213 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,213 \text{ KWH}$
Προθάλαμος	$0,071 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,071 \text{ KWH}$
Αποθήκη 1	$0,284 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,284 \text{ KWH}$
Αποθήκη 2	$0,532 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,532 \text{ KWH}$
Πίνακας Υπνοδωματίων	
Υπνοδωμάτιο 1κλινο	$0,071 \text{ KW} \times 3 \text{ ώρες} = 0,213 \text{ KWH}$
Υπνοδωμάτιο 2κλινό	$(0,071 \text{ KW} + 0,05 \text{ KW}) \times 3 \text{ ώρες} = 0,363 \text{ KWH}$
Πίνακας Ε	
Αποθήκη Αποσκευών	$0,071 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,071 \text{ KWH}$
Αποθήκη	$0,106 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,106 \text{ KWH}$
Χώρος Ιατρικών αντικειμένων	$0,071 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,071 \text{ KWH}$
Χώρος αναπηρικών Αμαξιδίων	$0,106 \text{ KW} \times 1 \text{ ώρα} = 0,106 \text{ KWH}$
Γυμναστήριο	$0,426 \text{ KW} \times 5 \text{ ώρα} = 2,13 \text{ KWH}$
Πίνακας ΣΤ	
Ηλεκτρικοί Πίνακες	$0,071 \text{ KW} \times 0,5 \text{ ώρα} = 0,036 \text{ KWH}$
Δεξαμενή	$0,142 \text{ KW} \times 0,5 \text{ ώρα} = 0,071 \text{ KWH}$
Λεβητοστάσιο	$0,142 \text{ KW} \times 0,5 \text{ ώρα} = 0,071 \text{ KWH}$
Αίθουσα Φυσιοθεραπείας	$0,924 \text{ KW} \times 8 \text{ ώρες} = 7,392 \text{ KWH}$
Πίνακας Γεννήτριας	
Χώρος Γεννήτριας	$0,071 \text{ KW} \times 0,5 \text{ ώρα} = 0,036 \text{ KWH}$

Πίνακας Ζ	
Διάδρομος 1	0,568 KW x 8 ώρες = 4,544 KWH
Διάδρομος 2	0,497 KW x 8 ώρες = 3,976 KWH
Διάδρομος 3	0,142 KW x 8 ώρες = 1,136 KWH

Ο ηλεκτρολογικός πίνακας Α περιλαμβάνει μόνο τον χώρο των ψυγείων όπου όλα τα φωτιστικά θα λειτουργούν ταυτόχρονα. Επομένως ο ταυτοχρονισμός είναι 1 και το συνολικό φορτίο ανέρχεται σε $0,071 \text{ KWh} * 1 * 365 \text{ μέρες} = 25,915 \text{ KWh/έτος}$.

Οι χώροι του ηλεκτρολογικού πίνακα Β είναι χώροι ελάχιστης καθημερινής χρήσης και λειτουργούν με ταυτοχρονισμό 0,1. Επομένως το συνολικό φορτίο ανέρχεται σε $0,532 \text{ KWh} * 0,1 * 365 \text{ μέρες} = 19,48 \text{ KWh/έτος}$.

Ο ηλεκτρολογικός πίνακας Γ περιλαμβάνει μόνο τον χώρο με τα πλυντήρια, στεγνωτήρια και σιδερωτήριο όπου τα φωτιστικά χωρίζονται σε 2 κυκλώματα φωτισμού τα οποία λειτουργούν με ταυτοχρονισμό 0,5 και το συνολικό φορτίο ανέρχεται σε $1,278 \text{ KWh} * 0,5 * 365 \text{ μέρες} = 233,235 \text{ KWh/έτος}$.

Οι χώροι του ηλεκτρολογικού πίνακα Δ είναι επίσης χώροι ελάχιστης καθημερινής χρήσης καθώς είναι κυρίως αποθήκες και λειτουργούν με ταυτοχρονισμό 0,1. Επομένως το συνολικό φορτίο ανέρχεται σε $1,585 \text{ KWh} * 0,1 * 365 \text{ μέρες} = 57,86 \text{ KWh/έτος}$.

Στην συνέχεια υπολογίζεται το φορτίο στους χώρους του ηλεκτρολογικού πίνακα Ε οι οποίοι είναι χώροι μικρής καθημερινής χρήσης με ταυτοχρονισμό 0,1. Επομένως το συνολικό φορτίο ανέρχεται σε $2,484 \text{ KWh} * 0,1 * 365 \text{ μέρες} = 90,67 \text{ KWh/έτος}$.

Στον χώρο του υπογείου βρίσκονται και 4 υπνοδωμάτια. Δύο δίκλινα και δύο μονόκλινα. Η χρήση του είναι κυρίως τις βραδινές ώρες από εργαζομένους οπότε τα φωτιστικά λειτουργούν με ταυτοχρονισμό 0,8. Οπότε το συνολικό ετήσιο φορτίο εκτιμάται ίσο με $(0,213 * 2 + 0,363 * 2) * 0,7 * 365 \text{ μέρες} = 294,34 \text{ KWh/έτος}$.

Οι χώροι του ηλεκτρολογικού πίνακα ΣΤ είναι χώροι χωρίς καθημερινή πρόσβαση (λεβητοστάσιο, ηλεκτρολογικοί πίνακες, λέβητας) και η αίθουσα φυσιοθεραπείας και λειτουργούν με ταυτοχρονισμό 0,1. Επομένως το συνολικό φορτίο ανέρχεται σε $7,57 \text{ KWh} * 0,1 * 365 \text{ μέρες} = 276,305 \text{ KWh/έτος}$.

Επίσης, στο υπόγειο βρίσκεται και ο χώρος της γεννήτριας που έχει τον δικό ηλεκτρολογικό πίνακα και το κύκλωμα φωτισμού λειτουργεί με ταυτοχρονισμό 1 και

συνολικό φορτίο $0,036 \text{ KWh} \cdot 365 \text{ μέρες} = 13,14 \text{ KWh/έτος}$. Τέλος οι διάδρομοι του υπογείου ανήκουν στον ηλεκτρολογικό πίνακα Z και λειτουργούν με ταυτοχρονισμό 0.9, οπότε το συνολικό ετήσιο φορτίο είναι $9,656 \text{ KWh} \cdot 0,9 \cdot 365 \text{ μέρες} = 3.171,99 \text{ KWh/έτος}$. Για να υπολογιστεί το συνολικό φορτίο φωτισμού του κτηρίου πρέπει να υπολογιστεί για κάθε όροφο ξεχωριστά στο συνολικό φορτίο του κάθε ηλεκτρολογικού πίνακα. Ο ετεροχρονισμός λειτουργίας ανάμεσα στον πίνακα ορόφου και τους αντίστοιχους υποπίνακες του είναι 0,7.

Οπότε στο ισόγειο την χειμερινή περίοδο, το φορτίο ανέρχεται σε $(1.241 \text{ KWh} + 1.526,43 \text{ KWh} + 303,312 \text{ KWh} + 3.980,7 \text{ KWh} + 145,86 \text{ KWh} + 126,36 \text{ KWh} + 1.920,78 \text{ KWh}) \cdot 0,7 = 6.500,91 \text{ KWh/έτος}$ και την καλοκαιρινή περίοδο $(854,1 \text{ KWh} + 747,52 \text{ KWh} + 303,312 \text{ KWh} + 1.773,9 \text{ KWh} + 52,265 \text{ KWh} + 11,91 \text{ KWh} + 758,25 \text{ KWh}) \cdot 0,7 = 3.150,87 \text{ KWh/έτος}$.

Αντίστοιχα στον Α' όροφο την χειμερινή περίοδο, το φορτίο ανέρχεται σε $(1.462,48 \text{ KWh} + 145,86 \text{ KWh} + 126,36 \text{ KWh} + 1.920,78 \text{ KWh}) \cdot 0,7 = 2.558,836 \text{ KWh/έτος}$, και την καλοκαιρινή περίοδο $(1.462,48 \text{ KWh} + 52,265 \text{ KWh} + 11,91 \text{ KWh} + 758,25 \text{ KWh}) \cdot 0,7 = 1.599,43 \text{ KWh/έτος}$.

Και τέλος στο υπόγειο το συνολικό φορτίο είναι $(25,915 \text{ KWh} + 19,48 \text{ KWh} + 233,235 \text{ KWh} + 57,86 \text{ KWh} + 90,67 \text{ KWh} + 294,34 \text{ KWh} + 276,305 \text{ KWh} + 13,14 \text{ KWh} + 3.171,99 \text{ KWh}) \cdot 0,7 = 2.928,06 \text{ KWh/έτος}$.

Το συνολικό ετήσιο φορτίο φωτισμού του κτηρίου είναι την χειμερινή περίοδο: $(6.500,91 \text{ KWh} + 2.558,836 \text{ KWh} + 2.928,06 \text{ KWh}) \cdot 0,7 = 8.391,47 \text{ KWh}$ και την καλοκαιρινή περίοδο: $(3.150,87 \text{ KWh} + 1.599,43 \text{ KWh} + 2.928,06 \text{ KWh}) \cdot 0,7 = 5.374,852 \text{ KWh}$.

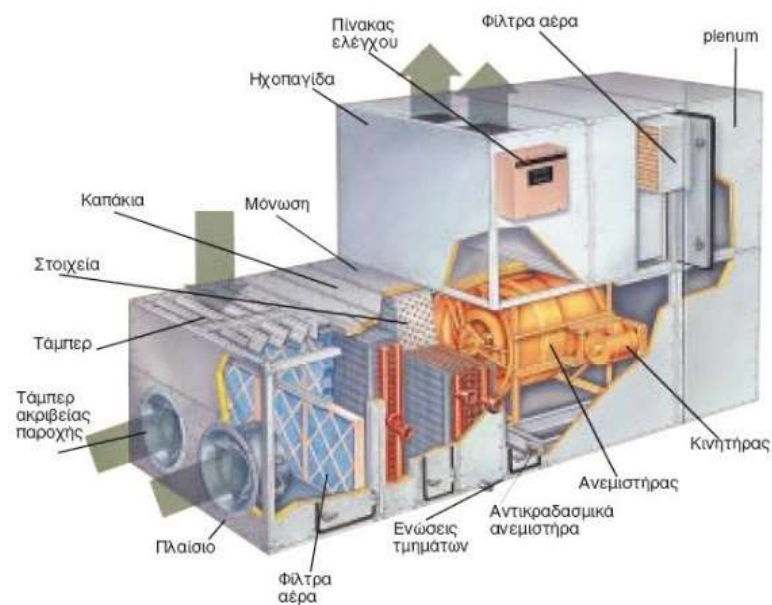
2.2.4 Υπολογισμός φορτίου κλιματισμού

Η μελέτη για τον υπολογισμό του συνολικού φορτίου κλιματισμού έγινε με την βοήθεια του λογισμικού της 4μ (Ενεργειακό Λογισμικό 4M-KENAK). Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω το γηροκομείο Ερατώ δουλεύει όλους του μήνες του χρόνου, κάθε μέρα. Τους χειμερινούς μήνες υπάρχει η ανάγκη για θέρμανση, τους καλοκαιρινούς ανάγκη για ψύξη, ενώ υπάρχουν κάποιες μέρες του χρόνου που λόγω καιρικών συνθηκών δεν υπάρχει ανάγκη για χρήση κάποιας θερμαντικής ή ψυκτικής μονάδας. Οι ανάγκες αυτές καλύπτονται από την χρήση μιας μεσαίου μεγέθους Κεντρικής Κλιματιστικής Μονάδας

(ΚΚΜ) αέρα (Εικόνες 2.11a & 2.11b) η οποία πραγματοποιεί βασικές λειτουργίες όπως θερμική επεξεργασία του αέρα (ψύξη/θέρμανση), καθαρισμός – φιλτράρισμα του αέρα, υγρανση, αφύγρανση και τέλος ανανέωση του αέρα. Η ΚΚΜ βρίσκεται στο δώμα του κτηρίου ενώ η θέρμανση και η ψύξη μεταφέρεται σε κάθε δωμάτιο ή άλλο εσωτερικό χώρο χωρίς να έχει μεγάλες απώλειες μέσω μονάδων Fan coil που είναι τοποθετημένες στους τοίχους.



α) εξωτερικό



β) εσωτερικό

Εικόνα 2.11 ΚΚΜ μεσαίου μεγέθους

Χρησιμοποιώντας το λογισμικό 4μ έγινε υπολογισμός των ψυκτικών και θερμικών φορτίων κάθε χώρου ξεχωριστά. Από το λογισμικό προκύπτει μια αποτύπωση του υπολογισμού του φορτίου χώρου ενώ σε ξεχωριστό παράθυρο υπολογίζεται το φορτίο αερισμού. Όσον αφορά τον αερισμό του κάθε χώρου, απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο υπολογισμός της απαιτούμενης παροχής για την ανανέωση του αέρα του χώρου. Για να υπολογιστεί σωστά, ανά δομημένη επιφάνεια χώρου, λαμβάνονται υπόψιν τα τετραγωνικά μέτρα κάθε χώρου και η τιμή του νωπού αέρα, η οποία καθορίζεται από τον KENAK. Στην περίπτωση του γηροκομείου η τιμή του νωπού αέρα είναι 3,75. Τέλος για τους υπολογισμούς χρειάζεται να βρεθεί και η τιμή της εναλλαγής του αέρα η οποία προκύπτει από την τιμή του νωπού αέρα προς το ύψος του χώρου. Στην συγκεκριμένη μελέτη, όλοι οι χώροι έχουν το ίδιο ύψος, οπότε η τιμή της εναλλαγής του αέρα είναι σταθερή.

Για να υπολογιστούν τα ψυκτικά και θερμικά φορτία κάθε χώρου, αρχικοποιούνται στο πρόγραμμα κάποιες παράμετροι. Οι πιο σημαντικές είναι ο συντελεστής μόνωσης που έχουν τα τζάμια και ο προσανατολισμός που έχει ο κάθε χώρος σύμφωνα με το τοπογραφικό σχέδιο. Ένας χώρος ο οποίος έχει βόρειο προσανατολισμό έχει διαφορετικό ψυκτικό και θερμικό φορτίο από έναν χώρο που έχει νότιο προσανατολισμό. Άλλες παράμετροι που πρέπει να αρχικοποιηθούν είναι τα άτομα που υπολογίζεται ότι θα κάνουν χρήση του κάθε χώρου, οι ηλεκτρονικές συσκευές και η ισχύς των φωτιστικών που υπάρχουν στον χώρο. Αφού αρχικοποιηθούν αυτές οι τιμές από το λογισμικό προκύπτουν το ψυκτικό και θερμικό φορτίο φωτισμού, ατόμων, συσκευών και αερισμού και το συνολικό φορτίο του χώρου.

Στην συνέχεια για τον υπολογισμό του φορτίου των μονάδων Fan Coil (FCU), υπολογίζεται το σύνολο του ψυκτικού φορτίου του χώρου και το ψυκτικού φορτίου του αερισμού. Αντίστοιχα, το ίδιο ισχύει και για το θερμικό φορτίο της κάθε FCU. Άρα, το θερμικό και ψυκτικό φορτίο των FCU είναι το συνολικό ψυκτικό και θερμικό φορτίο του κάθε χώρου.

Έπειτα απαραίτητο είναι να υπολογιστεί το σύνολο του ηλεκτρικού φορτίου για κάθε χώρο. Πιο συγκεκριμένα σύμφωνα με τους τύπους που παρουσιάζονται στο Παράρτημα Β από το λογισμικό 4μ προκύπτει η ισχύς του ανεμιστήρα βάση της παροχής αέρα που τροφοδοτεί το FCU ως εξής:

$$G_{air} = Q_{ολ} / \Delta T \text{ όπου:}$$

G_{air} = απαιτούμενη παροχή αέρα σε (m^3/h)

$Q_{ολ}$ = ισχύς του FCU σε watt και

ΔT = είναι η διαφορά θερμοκρασίας εισόδου και εξόδου του αέρα από το FCU σε $^{\circ}C$.

Χρησιμοποιώντας την προηγούμενη ορολογία η απαιτούμενη παροχή προκύπτει από την σχέση $G_{air-f_{cu}} = \text{Ψυκτικό φορτίο FCU} / \Delta T$. Η διαφορά θερμοκρασίας λαμβάνεται περίπου 6° όπου ο αέρας προσάγεται στους 20° και επιστρέφει στους 26° από τον χώρο στο FCU. Στην συνέχεια υπολογίζεται η ηλεκτρικής ισχύς του εξοπλισμού του κλιματισμού, που ορίζεται ως $P_{el} = 0,000265 [KW/(m^3h)] \times G_{air-f_{cu}} [m^3/h]$ (Παράρτημα Β). Έτσι προκύπτει το ηλεκτρικό φορτίο της μονάδας Fan Coil το οποίο στην συνέχεια πολλαπλασιάζεται με τις ημέρες και ώρες που θα λειτουργεί ώστε να προκύψει το συνολικό ψυκτικό φορτίο. Αντίστοιχα υπολογίζεται και το θερμικό φορτίο για κάθε FCU.

Για τον υπολογισμό της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας (KKM) λαμβάνεται υπόψη συνολική παροχή αέρα των χώρων που καλύπτει η λειτουργία της και εάν χρησιμοποιείται εναλλάκτης αέρα. Στο κτήριο της μελέτης δεν υπάρχει εναλλάκτης αέρα, χρησιμοποιείται απλός ανεμιστήρας.

Στην συνέχεια υπολογίζεται η ισχύς των Κυκλοφορητών. Οι κυκλοφορητές είναι αντλίες υποβοήθησης των δικτύων διανομής ψυχρού/θερμού νερού για τα δίκτυα κλιματισμού και θέρμανσης. Η διαστασιολόγηση τους γίνεται βάσει της παροχής του θερμαντικού μέσου και του μανομετρικού ύψους της εγκατάστασης. Στο γηροκομείο υπάρχουν 5 κυκλοφορητές. Ένας εξυπηρετεί την πτέρυγα αυτοεξυπηρετούμενων, ένας δεύτερος εξυπηρετεί την πτέρυγα μη αυτοεξυπηρετούμενων ανθρώπων, ένας την ΚΚΜ για όλους τους κοινοχρήστους χώρους και τέλος οι κυκλοφορητές του λέβητα και του ψύκτη. Ο υπολογισμός της παροχής του θερμαντικού μέσου γίνεται σύμφωνα με την ψυκτική και θερμική ισχύ του δικτύου διανομής και της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ προσαγόμενου και επιστρεφόμενου νερού, που συνήθως λαμβάνεται για την ψύξη στους $5^{\circ}C$ και για την θέρμανση στους $15^{\circ}C$, και προκύπτει από τον τύπο $G = Q_{ολ} / \Delta T_{in-out}$ όπου:

Q ψυκτική/θερμική ισχύς του δικτύου διανομής σε Kcal/h (W / 1,163)

G = παροχή δικτύου διανομής σε (l/h)

Για να υπολογιστεί το συνολικό φορτίο των κυκλοφορητών, υπολογίζεται για κάθε κυκλοφορητή το συνολικό θερμικό και ψυκτικό φορτίο των μονάδων Fan Coil που υπάρχουν στους χώρους που εξυπηρετεί. Τέλος, για κάθε κυκλοφορητή υπολογίζεται η ηλεκτρική ισχύς του σύμφωνα με τον εξής τύπο, όπως παρουσιάζεται στο Παράρτημα Β:

$N = (G \times H) / (1020 \times H_k)$ όπου:

N = ισχύς του κυκλοφορητή σε KW,

H = το μανομετρικό ύψος δικτύου διανομής (1 ΜΥΣ=10 KPa),

H_k = βαθμός απόδοσης ηλεκτροκινητήρα (συνήθως 0.7).

Το μανομετρικό ύψος επιλέγεται ανάλογα με την συνολική ισχύ της εγκατάστασης. Πιο συγκεκριμένα για ισχύ μέχρι 45.000 Kcal/h (52.5 KW) το μανομετρικό ύψος ορίζεται από 0.6 έως 3.0 ΜΥΣ. Για ισχύ εγκατάστασης από 45.000 Kcal/h (100 KW) το μανομετρικό ύψος ορίζεται από 3.0 έως 5.0 ΜΥΣ, ενώ για ισχύ από 85.000 και πάνω το μανομετρικό ύψος ορίζεται από 5.0 έως 10.0 ΜΥΣ.

Τους χειμερινούς μήνες, κατά προσέγγιση, η ανάγκη για θέρμανση εμφανίζεται 167 μέρες. Με βάση το λογισμικό 4μ και τους παραπάνω υπολογισμούς η συνολική ενεργειακή κατανάλωση του κτηρίου λόγω θέρμανσης της συγκεκριμένη χρονική περίοδο είναι 3.359,91 KWh/έτος. Πιο συγκεκριμένα, στο Ισόγειο, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας λόγω θέρμανσης υπολογίζεται 2.322,12 KWh και στον Α' όροφο 1037,79 KWh. Στον Πίνακα 2.9 αναγράφεται η ετήσια κατανάλωση κάθε χώρου του Ισογείου και του Α' ορόφου ξεχωριστά όπως προκύπτει από το λογισμικό.

Πίνακας 2.9 Κατανάλωση ενέργειας σε κάθε χώρο λόγω θέρμανσης

Ισόγειο	
Δίκλινο 1	67,236 KWh
Δίκλινο 2	56,722 KWh
Δίκλινο 3	56,722 KWh
Δίκλινο 4	56,722 KWh
Δίκλινο 5	56,722 KWh
Δίκλινο 6	66,102 KWh
Δίκλινο 7	65,810 KWh
Δίκλινο 8,9,10,11	56,721 KWh
Δίκλινο 12	69,149 KWh
Δίκλινο 13,14,15,16	56,958 KWh
Δίκλινο 17	55,596 KWh

Δίκλινο 18	55,596 KWh
Δίκλινο 19	55,596 KWh
Δίκλινο 20	65,776 KWh
Δίκλινο 21,22,23,24,25	57,046 KWh
Δίκλινο 26	69,268 KWh
Μονόκλινο 1	62,385 KWh
Μονόκλινο 2	56,721 KWh
Δωμάτιο, Στούντιο 1	64,965 KWh
Σαλόνι, Στούντιο 1	56,721 KWh
Δωμάτιο, Στούντιο 2	95,527 KWh
Σαλόνι, Στούντιο 2	36,576 KWh
Τραπεζαρία	350,542 KWh
Χώρος Διημέρευσης	225,04 KWh
Υποδοχή	138,252 KWh
Κουζίνα	160,593 KWh
Φυσιοθεραπευτήριο	71,475 KWh
Λογιστήριο	35,486 KWh
Γραφείο Προϊστάμενου	28,298 KWh
Κοινωνικός Λειτουργός	41,153 KWh
Ιατρείο Εξέτασης	41,821 KWh
Α όροφος	
Δίκλινο 1	65,370 KWh
Δίκλινο 2,3,4,5	55,093 KWh
Δίκλινο6	64,179 KWh
Δίκλινο7	64,178 KWh
Δίκλινο 8,9,10,11	55,093 KWh
Δίκλινο 12	67,522 KWh
Δίκλινο 13,14,15,16	55,300 KWh
Δίκλινο 17	53,969 KWh
Δίκλινο 18	53,969 KWh

Δίκλινο 19	53,969 KWh
Δίκλινο20	64,119 KWh
Δίκλινο21,22,23,24,25	55,419 KWh
Δίκλινο26	67,640 KWh
Μονόκλινο 1	60,905 KWh
Μονόκλινο 2	55,093 KWh
Σαλόνι , Στούντιο 1	55,093 KWh
Δωμάτιο, Στούντιο 1	69,700 KWh
Σαλόνι , Στούντιο 2	35,628 KWh
Δωμάτιο, Στούντιο 2	93,485 KWh

Τους καλοκαιρινούς μήνες κατά προσέγγιση η ανάγκη για ψύξη εμφανίζεται 123 μέρες. Με βάση το λογισμικό 4μ η συνολική ενεργειακή κατανάλωση του κτηρίου λόγω ψύξης την συγκεκριμένη χρονική περίοδο είναι 1.960,1 KWh/έτος. Πιο συγκεκριμένα στο Ισόγειο, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας λόγω χρήσης κλιματιστικών μονάδων υπολογίζεται 1.383,53 kWh και του Α' ορόφου, 576,50 KWh. Στον Πίνακα 2.10 αναγράφεται η ετήσια κατανάλωση κάθε χώρου του Α' ορόφου ξεχωριστά.

Πίνακας 2.10 Κατανάλωση ενέργειας σε κάθε χώρο λόγω ψύξης

Ισόγειο	
Δίκλινο 1	37,233 KWh
Δίκλινο 2	34,528 KWh
Δίκλινο 3	34,528 KWh
Δίκλινο 4	34,528KWh
Δίκλινο 5	34,528KWh
Δίκλινο 6	37,756 KWh
Δίκλινο 7	28,268 KWh
Δίκλινο 8,9,10,11	24,975 KWh
Δίκλινο 12	39,476 KWh

Δίκλινο 13,14,15,16	34,659 KWh
Δίκλινο 17	40,541 KWh
Δίκλινο 18	40,541 KWh
Δίκλινο 19	40,541 KWh
Δίκλινο 20	28,219 KWh
Δίκλινο 21,22,23,24,25	25,155 KWh
Δίκλινο 26	31,742 KWh
Μονόκλινο 1	33,166 KWh
Μονόκλινο 2	34,446 KWh
Δωμάτιο, Στούντιο 1	48,639 KWh
Σαλόνι, Στούντιο 1	32,971 KWh
Δωμάτιο, Στούντιο 2	48,649 KWh
Σαλόνι, Στούντιο 2	27,175 KWh
Τραπεζαρία	254,635 KWh
Χώρος Διημέρευσης	126,875 KWh
Υποδοχή	76,374 KWh
Κουζίνα	117,584 KWh
Φυσιοθεραπευτήριο	38,844 KWh
Λογιστήριο	16,394 KWh
Γραφείο Προϊστάμενου	15,135 KWh
Κοινωνικός Λειτουργός	23,733 KWh
Ιατρείο Εξέτασης	22,755 KWh
Α όροφος	
Δίκλινο 1	36,610 KWh
Δίκλινο 2,3,4,5	33,987 KWh
Δίκλινο6	35,658 KWh
Δίκλινο7	26,056 KWh
Δίκλινο8,9,10,11	24,532 KWh
Δίκλινο12	38,936 KWh
Δίκλινο13,14,15,16	33,610 KWh

Δίκλινο17,18,19	40,377 KWh
Δίκλινο20	27,629 KWh
Δίκλινο21,22,23,24,25	24,762 KWh
Δίκλινο26	31,988 KWh
Μονόκλινο 1	32,691 KWh
Μονόκλινο 2	33,987 KWh
Σαλόνι , Στούντιο 1	29,514 KWh
Δωμάτιο, Στούντιο 1	49,131 KWh
Σαλόνι , Στούντιο 2	27,569 KWh
Δωμάτιο, Στούντιο 2	49,452 KWh

2.2.5 Συνολική κατανάλωση ενέργειας κτηρίου

Πιο πάνω έχουν υπολογιστεί οι καταναλώσεις ενέργειας του γηροκομείου από τους ρευματοδότες, από τον φωτισμό και από τον κλιματισμό. Για να βρεθεί η ετήσια κατανάλωση πρέπει να υπολογιστεί και η ισχύς της Κεντρικής Κλιματιστικής Μονάδας, του Καυστήρα Θέρμανσης, του ψύκτη, και των κυκλοφορητών σε κάθε όροφο. Η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας του κτηρίου είναι 99.526,442 KW. Πιο αναλυτικά στον Πίνακα 2.11 που ακολουθεί αναγράφεται η ετήσια κατανάλωση ανά περίοδο και ετησίως:

Πίνακας 2.11 Συνολική κατανάλωση κτηρίου

	ΧΕΙΜΕΡΙΝΟΙ ΜΗΝΕΣ [kW]	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΝΟΙ ΜΗΝΕΣ [kW]	ΕΤΗΣΙΩΣ [kW]
Ρευματοδότες	30.186,23	30.186,23	60.372,46
Φωτισμός	8.391,47	53.74,85	13.766,322
Κλιματισμός	33.59,91	1.960,10	5.320,01
Κεντρική Κλιματιστική Μονάδα (Τραπεζαρία κλπ)	241,94	178,19	420,14
Καυστήρας (Θέρμανση)	1.514,13	0	1.514,13
Ψύκτης	0	17.635,13	17.635,13
Κυκλοφορητής ΙΣΟΓΕΙΟ (Πτέρυγα αυτοεξ.)	40,21	28,55	68,76
Κυκλοφορητής ΙΣΟΓΕΙΟ (Πτέρυγα ΜΗ αυτοεξ.)	13,08	9,97	23,05
Κυκλοφορητής Α ΟΡΟΦΟΣ (Πτέρυγα Αυτοεξ.)	31,03	22,49	53,51
Κυκλοφορητής Α ΟΡΟΦΟΣ (Πτέρυγα ΜΗ αυτοεξ.)	12,91	9,72	22,63
Κυκλοφορητής ΚΚΜ	1,823	3,32	5,14
Κυκλοφορητής Καυστήρα	112,55	0	112,55
Κυκλοφορητής Ψύκτη	0	212,37	212,37
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	43.905,23	55.620,90	99.526,19

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

3.1 Εισαγωγή στην αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια είναι μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας την χρήση της οποίας συναντάμε για πρώτη φορά περίπου το 3.500 π.Χ. Συγκεκριμένα οι Αιγύπτιοι εκμεταλλεύτηκαν τον άνεμο για τις θαλάσσιες μετακινήσεις τους γεγονός που συνεχίζεται μέχρι και σήμερα σε μεγάλο βαθμό κυρίως σε ιστιοπλοϊκά. Με την πάροδο των χρόνων και συγκεκριμένα από τον 7ο έως τον 10ο αιώνα μ.Χ. η αιολική ενέργεια χρησιμοποιήθηκε στο σημερινό Αφγανιστάν από τους ανθρώπους μέσω των ανεμόμυλων για την άλεση των σιτηρών και την άντληση νερού και ήρθε στην Ευρώπη τον μεσαίωνα κυρίως στην Αγγλία και την Ολλανδία για την ίδια χρήση. Το 1887 κατασκευάστηκε η πρώτη ανεμογεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος για την φόρτιση μπαταριών ενώ λίγους μήνες αργότερα στην Αμερική χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά αυτόματη ανεμογεννήτρια για την ηλεκτροδότηση του Κλίβελαντ. Από τις αρχές του 20ου αιώνα μέχρι και σήμερα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του ανέμου είναι αρκετά διαδεδομένη και βλέπουμε ότι πέρα από αιολικά πάρκα οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται πλέον και για οικιστική χρήση.

Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια μορφή ενέργειας πολύ φιλική προς το περιβάλλον και πρακτικά ανεξάντλητη. Δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, γιατί η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μία περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό τους ανέμους. Η αρχαιότερη μορφή εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας ήταν τα ιστία (πανιά) των πρώτων ιστιοφόρων πλοίων και αργότερα οι ανεμόμυλοι στην ξηρά. Πλέον η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας γίνεται σχεδόν αποκλειστικά με μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική και ονομάζονται ανεμογεννήτριες. Η σημαντικότερη εφαρμογή ανεμογεννητριών είναι η σύνδεση τους στο ηλεκτρικό δίκτυο μιας χώρας, η οποία πραγματοποιείται με την εγκατάσταση μιας συστοιχίας πολλών ανεμογεννητριών σε μία περιοχή με υψηλό αιολικό δυναμικό δημιουργώντας ένα αιολικό

πάρκο. Το αιολικό πάρκο το οποίο δημιουργείται διοχετεύει το σύνολο της παραγωγής του στο ηλεκτρικό σύστημα (Εικόνα 3.1).



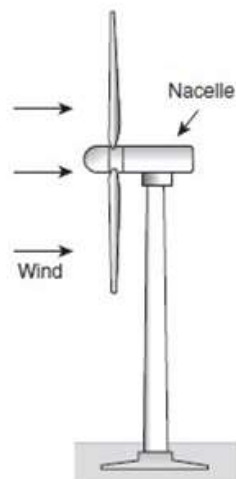
Εικόνα 3.1 Αιολικό πάρκο

3.2 Ανεμογεννήτριες

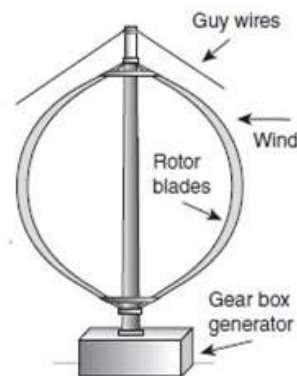
Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας γίνεται σχεδόν αποκλειστικά με μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική και ονομάζονται ανεμογεννήτριες.

Τις συναντάμε σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Τις ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα, όπου ο δρομέας είναι τύπου έλικας και ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο (Εικόνα 3.2a).
- Και τις ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα που παραμένει σταθερός (Εικόνα 3.2b). Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα έχουν επικρατήσει γιατί έχουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης (35%-40%) σε σχέση με τις ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα (15%).



a) Οριζόντιου άξονα



b) κατακόρυφου άξονα

Εικόνα 3.2 Ανεμογεννήτριες

Αυτές οι δύο κατηγορίες όμως παρουσιάζουν αρκετά μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα.

Τα βασικά πλεονεκτήματα στις ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα είναι τα εξής :

- Δεν χρειάζεται να προσανατολίζονται κάθε φορά ως προς την φορά του αέρα.
- Χαμηλό κόστος κατασκευής.
- Μεγαλύτερη ασφάλεια λόγω χαμηλών ταχυτήτων που κινούνται.

Ενώ βασικά μειονεκτήματα είναι :

- Η πολύ χαμηλή απόδοση.
- Και η χαμηλή ταχύτητα περιστροφής.

Αντίστοιχα τα πλεονεκτήματα των ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα είναι τα εξής:

- Υψηλή αποδοτικότητα.
- Εκμετάλλευση ανέμου μεγαλύτερης ταχύτητας.

Ενώ τα μειονεκτήματα είναι τα εξής :

- Μεγάλος θόρυβος κατά την λειτουργία της
- Χρειάζεται έναν μηχανισμό περιστροφής για να ρυθμίζει τον προσανατολισμό των πτερυγίων κάθε φορά στην κατεύθυνση του ανέμου

3.2.1 Τρόπος λειτουργίας ανεμογεννήτριας

Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούν τον άνεμο για παραγωγή ηλεκτρισμού. Ο άνεμος γυρίζει τα πτερύγια, τα οποία περιστρέφουν έναν άξονα, ο οποίος συνδέεται με μία γεννήτρια η οποία παράγει ενέργεια ηλεκτρική. Με αυτόν τον τρόπο μετατρέπουν την αιολική ενέργεια σε κινητική και στην συνέχεια σε ηλεκτρική.

Τα βασικά μέρη μιας ανεμογεννήτριας είναι ο ρότορας με τα πτερύγια, το κυρίως σώμα, η ουρά και η βάση στήριξης. Τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας είναι εφαρμοσμένα πάνω στον ρότορα τον οποίο και περιστρέφουν με την δύναμη του ανέμου, Το κυρίως σώμα περιέχει τον άξονα μετάδοσης, το κιβώτιο ταχυτήτων, την γεννήτρια μετατροπής και το φρένο. Η βάση στήριξης συνήθως αποτελείται από έναν σωλήνα κατάλληλου πάχους και διαμέτρου και τα συρματόσχοινα στήριξης. Ο σωλήνας θα πρέπει να είναι ανακλινόμενος, για εύκολη πρόσβαση στην ανεμογεννήτρια [9].

Το σωστό ύψος για μία ανεμογεννήτρια, εξαρτάται από την τοποθεσία που εγκαθίσταται. Θα πρέπει να αποφεύγονται οι δίνες του αέρα, που δημιουργούνται από ψηλά εμπόδια όπως τα κτήρια, τα δέντρα και οι κεραίες.

3.2.2 Απόδοση Ανεμογεννητριών

Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου, το μήκος των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας και το είδος της ανεμογεννήτριας. Πιο συγκεκριμένα:

- Η ταχύτητα του ανέμου, η οποία μετριέται σε μέτρα ανά δευτερόλεπτα [m/sec], όσο μεγαλύτερη είναι τόσο αυξάνεται πολλαπλώς η παραγωγή της ανεμογεννήτριας. Στο Διάγραμμα 3.1 παρουσιάζεται η απόδοσης μίας οικιακής ανεμογεννήτριας, με ονομαστική ισχύ 1kW, σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου. Από το διάγραμμα αυτό προκύπτει ότι την ονομαστική ισχύ (1kW) η ανεμογεννήτρια την πιάνει όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι 12 m/sec.
- Το μήκος των πτερυγίων αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην απόδοση της ανεμογεννήτριας καθώς όσο μεγαλύτερα είναι τόσο περισσότερο ρεύμα παράγει η ανεμογεννήτρια.
- Τέλος, το είδος της ανεμογεννήτριας επηρεάζει σημαντικά την παραγωγή ρεύματος. Αν και οι καθέτου άξονα ανεμογεννήτριες ξεκινούν την περιστροφή

τους με χαμηλότερες ταχύτητες ανέμου, έχουν πολύ χαμηλή απόδοση σε σχέση με τις ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα.



Διάγραμμα 3.1: Διάγραμμα ισχύος ανεμογεννήτριας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου

3.3 Μελέτη εγκατάστασης συστήματος Ανεμογεννητριών

3.3.1 Εγκατάσταση Ανεμογεννητριών μέσω του RETScreen Expert

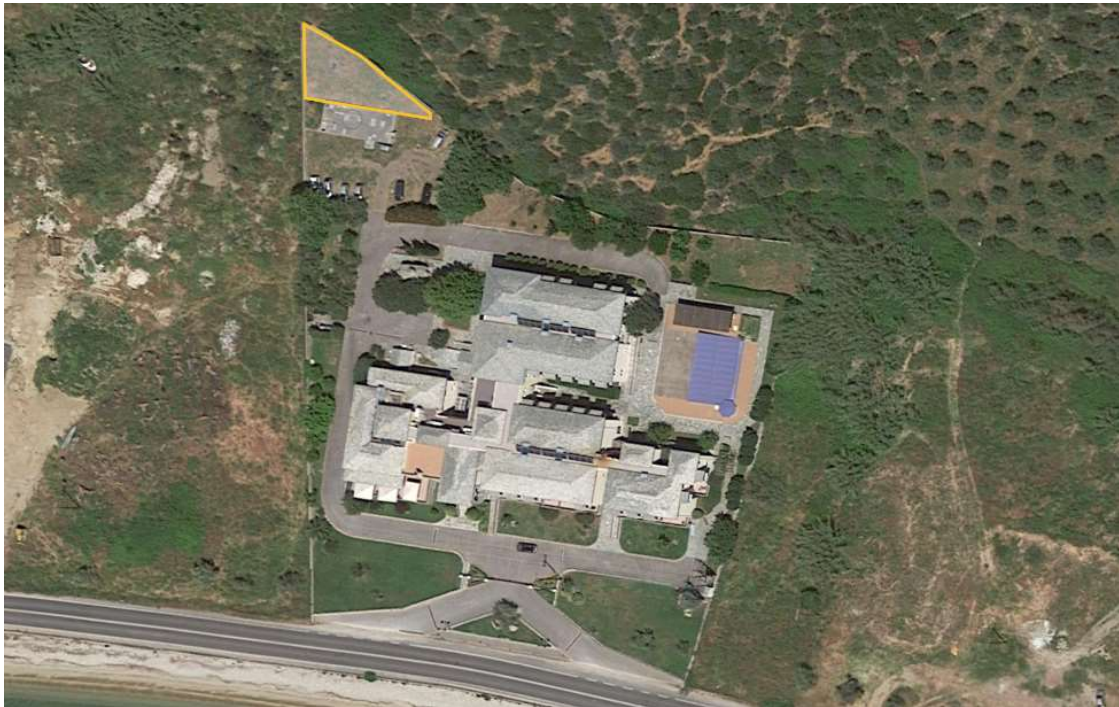
Για το σχέδιο εγκατάστασης των ανεμογεννητριών, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό RETScreen Expert. Στη συνέχεια, θα παρουσιαστεί ο τρόπος λειτουργίας του λογισμικού καθώς και ο τρόπος που θα μας βοηθήσει στην μελέτη. Το RETScreen Expert είναι ένα λογισμικό Διαχείρισης Καθαρής Ενέργειας που δημιουργήθηκε από την κυβέρνηση του Καναδά. Το λογισμικό επιτρέπει την ολοκληρωμένη αναγνώριση, αξιολόγηση, και βελτιστοποίηση της τεχνικής και οικονομικής βιωσιμότητας δυνητικών έργων ανανεώσιμης ενέργειας και ενεργειακής απόδοσης καθώς και την μέτρηση και επαλήθευση της πραγματικής απόδοσης των εγκαταστάσεων και την αναγνώριση των ευκαιριών εξοικονόμησης παραγωγής ενέργειας.

Στην συγκεκριμένη μελέτη που αφορά ένα κτήριο υγείας και πρόνοιας θα χρησιμοποιηθούν μικρές ανεμογεννήτριες κυρίως για οικονομικούς αλλά και πρακτικούς λόγους και η εγκατάστασή τους θα γίνει βάση της κοινής υπουργικής απόφασης ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/74462/2976/2020 - ΦΕΚ 3150/Β/30-7-2020 [10]. Η χρήση μεγάλων ανεμογεννητριών θα δημιουργούσε πρόβλημα στην εγκατάστασή τους, ειδικά σε έναν τόσο περιορισμένο χώρο. Μετά από έρευνα και δοκιμές καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι οι ιδανικότερες οικιστικές ανεμογεννήτριες είναι οι *Southwest Windpower Whisper 500*. Στην Εικόνα 3.3 μπορούμε να δούμε πως είναι ακριβώς η ανεμογεννήτρια που θα χρησιμοποιηθούν.



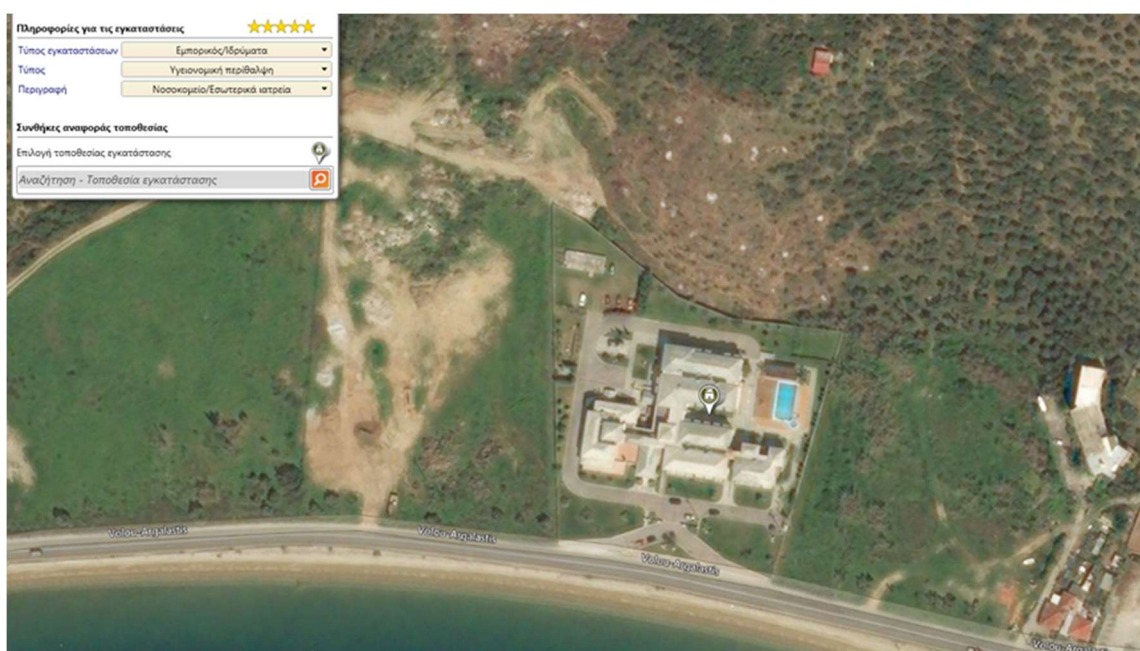
Εικόνα 3.3 Ανεμογεννήτρια Windpower Whisper 500

Στο συγκεκριμένο μοντέλο ανεμογεννητριών η διάμετρος του ρότορα είναι 4,5 μέτρα ενώ ο στρόβιλος μπορεί να σαρώσει μία έκταση 15,9 μέτρων. Το ύψος του πύργου φτάνει τα 7 μέτρα που θεωρείται κατάλληλο για εγκατάσταση μπροστά από ένα κτήριο που φτάνει τα 5 μέτρα. Η ισχύς της κάθε ανεμογεννήτριας είναι 30 KW. Η μέση ετήσια ισχύς που παράγει μια ανεμογεννήτρια καθορίζεται από την ταχύτητα του ανέμου στο ύψος της εγκατάστασης, από την πυκνότητα του ανέμου, από τον συντελεστή ισχύος και από την επιφάνεια σάρωσης από τα πτερύγια όπως παρουσιάζεται στο Παράρτημα Γ. Με βάση αυτά τα χαρακτηριστικά το καταλληλότερο σημείο για την εγκατάσταση φαίνεται στην Εικόνα 3.5. Το τμήμα αυτό του οικοπέδου είναι 245 τ.μ όμως παρουσιάζει κάποια ανομοιομορφία. Για την τοποθέτηση των ανεμογεννητριών λάβαμε υπόψιν μας ότι θα πρέπει να υπάρχει μία απόσταση 6 μέτρων μεταξύ τους οριζόντια λόγω της διαμέτρου του ρότορα αλλά και μία απόσταση 2 μέτρων κάθετα. Η απόσταση αυτή θα πρέπει να υπάρχει για λόγους εξυπηρέτησης του εκάστοτε συνεργείου που έχει αναλάβει την συντήρηση τους. Ένας διάδρομος λοιπόν 2 μέτρων είναι απαραίτητος για διευκόλυνση της εργασίας. Με βάση όλα αυτά που αναφέρθηκαν η εγκατάσταση μας αφορά την τοποθέτηση 10 ανεμογεννητριών στην τοποθεσία εγκατάστασης που φαίνεται στην Εικόνα 3.4.



Εικόνα 3.4 Χώρος εγκατάστασης ανεμογεννητριών

Με την βοήθεια του λογισμικού RETScreen Expert γίνεται μία προσομοίωση της εγκατάστασης των ανεμογεννητριών. Στο αρχικό στάδιο δηλώνεται η τοποθεσία του γηροκομείου (Εικόνα 3.5) καθώς και κάποιες βασικές πληροφορίες της εγκατάστασης. Αυτές είναι ο τύπος της εγκατάστασης (Εμπορικός/Ιδρύματα), ο τύπος (Υγειονομική περίθαλψη) και η περιγραφή (Νοσοκομείο/Εσωτερικά ιατρεία).



Εικόνα 3.5 Τοποθεσία Εγκατάστασης

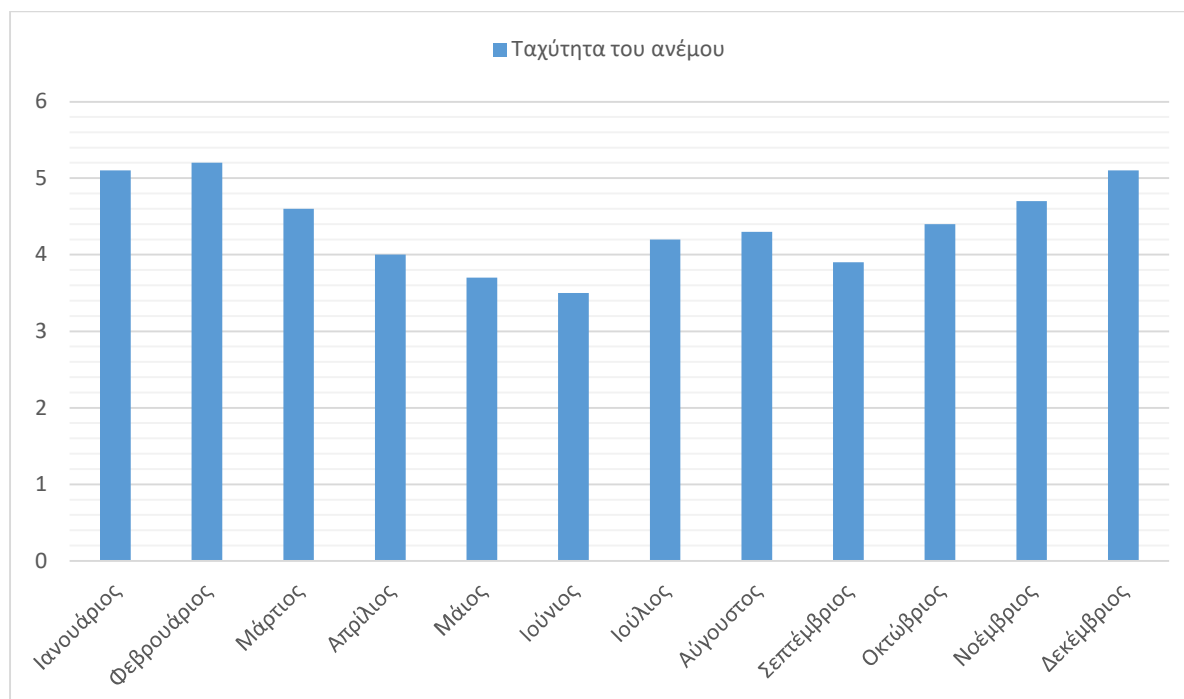
Το λογισμικό με βάση την τοποθεσία που δηλώνεται έχει προ εγκατεστημένες όλες τις χρήσιμες πληροφορίες που χρειάζονται για την μελέτη. Αυτές οι πληροφορίες αφορούν κάποια κλιματικά δεδομένα της συγκεκριμένης περιοχής όπως η θερμοκρασία του εδάφους και του αέρα, η υγρασία, η θερμοκρασία του ανέμου κ.τ.λ, όπως φαίνονται στην Εικόνα 3.6. Αν δεν υπήρχαν αυτά τα δεδομένα δεν θα ήταν δυνατό να υπολογιστούν με ακρίβεια όλες οι παράμετροι που χρειάζονται για την μελέτη καθώς και δεν θα υπήρχε και αξιοπιστία.

Μονάδα		Θέση κλιματολογικών δεδομένων		Τοποθεσία εγκατάστασης		Πηγή	
Γεωγραφικό πλάτος			39,3		39,3	Οριζόμενο από τον χρήστη NASA - Χάρτης NASA NASA NASA	
Γεωγραφικό μήκος			23,0		23,1		
Κλιματική ζώνη			3Α - Θερμό - Υγρό				
Υψόμετρο	m		126		3		
Θερμοκρασία θέρμανσης βάσει σχεδιασμού	°C		-0,4				
Θερμοκρασία ψύξης βάσει σχεδιασμού	°C		32,1				
Πλάτος (διακύμανση) θερμοκρασίας εδάφους	°C		22,2				

Μήνας	Θερμοκρασία αέρα °C	Σχετική υγρασία %	Κατακρήμνιση mm	Ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία - Οριζόντια kWh/m ² /ημ	Ατμοσφαιρική πίεση kPa	Ταχύτητα ανέμου m/Δευτερόλεπτο	Θερμοκρασία εδάφους °C	Βαθμό-ημέρες θέρμανσης 18 °C °C-ημ	Βαθμό-ημέρες ψύξης 10 °C °C-ημ
Ιανουάριος	8,9	77,8%	48,36	1,84	100,4	4,7	10,5	282	0
Φεβρουάριος	9,0	76,1%	40,88	2,61	100,2	4,8	10,6	252	0
Μάρτιος	10,8	73,6%	47,43	3,74	100,1	4,3	11,9	223	25
Απρίλιος	14,2	70,0%	35,70	5,29	99,9	3,6	14,6	114	126
Μαίος	18,8	65,7%	31,93	6,42	99,9	3,1	19,2	0	273
Ιούνιος	23,6	58,6%	17,40	7,63	99,8	3,0	24,4	0	408
Ιούλιος	26,0	55,7%	17,98	7,51	99,8	3,2	26,9	0	496
Αύγουστος	26,0	57,2%	14,57	6,70	99,8	3,4	27,0	0	496
Σεπτέμβριος	22,6	61,8%	23,70	5,14	100,0	3,5	23,9	0	378
Οκτώβριος	18,2	70,2%	50,84	3,17	100,3	4,0	19,6	0	254
Νοέμβριος	13,8	76,1%	56,10	1,91	100,3	4,2	15,2	126	114
Δεκέμβριος	10,2	78,3%	57,97	1,46	100,3	4,8	11,9	242	6
Ετήσιο	16,9	68,4%	442,86	4,46	100,1	3,9	18,0	1.239	2.576
Πηγή	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA
Μετρημένο σε					m	10	0		

Εικόνα 3.6 Κλιματολογικές συνθήκες

Το σημαντικότερο στοιχείο που λαμβάνει υπόψιν το λογισμικό για την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών είναι η ταχύτητα του ανέμου (Διάγραμμα 3.2). Η απόδοση του συστήματος βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην ταχύτητα του αέρα, με αποτέλεσμα η ανεμογεννήτρια να λειτουργεί διαφορετικά ανάλογα με τις τιμές αυτές.



Διάγραμμα 3.2 Μηνιαία ταχύτητα ανέμου στην περιοχή της Άγριας

Στην συνέχεια για την μελέτη θα πρέπει να συμπληρωθούν κάποιες τιμές (Εικόνα 3.7) όπως είναι ο αριθμός των στροβίλων, δηλαδή πόσες ανεμογεννήτριες θα χρησιμοποιηθούν, το μοντέλο, ο συντελεστής ισχύος καθώς και το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης.

Οικιστικό - Εξαρτημένες κατοικίες/Ήμιανεξάρτητη οικία

Αιολικό

Περιγραφή: Ανεμογεννήτρια

Σημείωση:

Επίπεδο: 1, 2, 3

Αιολικό - Επίπεδο 1

Ηλεκτρική ισχύς	kW	30
Κατασκευαστής		Southwest Windpower
Μοντέλο		Whisper 500
Αριθμός στροβίλων		10
Συντελεστής ισχύος	%	20%
Αρχικά κόστη	€	70.500
Κόστη Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€	1.200
Εξοικονομούμενη ενέργεια	kWh	52.560

Εικόνα 3.7 Τιμές ενεργειακού μοντέλου

Οι τιμές του εξοπλισμού ορίστηκαν με βάση τα δεδομένα της αγοράς. Η κάθε ανεμογεννήτρια κοστίζει 6.900,00 € ενώ το κόστος συντήρησης είναι περίπου 1.200,00 €/έτος. Τέλος πρέπει να υπολογίσουμε και την σύνδεση των ανεμογεννητριών με το δίκτυο. Έτσι θα χρειαστούμε περίπου 1.000 m καλώδιο διατομής 2mm με κόστος 1,5 €/μέτρο. Συνεπώς το κόστος εγκατάστασης ισούται με 71.700 €.

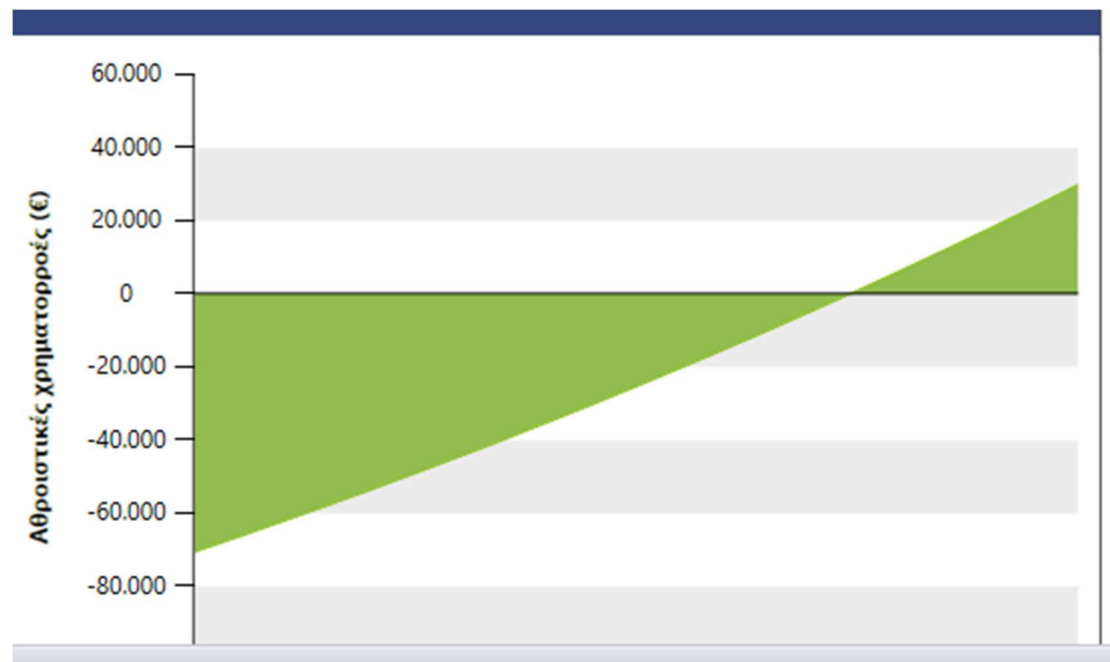
Τέλος, το λογισμικό με βάση όλες τις παραμέτρους που προστέθηκαν υπολογίζει ότι το σύστημα των ανεμογεννητριών παράγει 52,560 MWh/έτος. Στο προηγούμενο Κεφάλαιο η συνολική κατανάλωση του κτηρίου υπολογίστηκε 99,526 MWh/έτος. Συνεπώς, η εγκατάσταση καλύπτει ένα ποσοστό της τάξης του 51,75 %.

3.3.2 Οικονομική ανάλυση

Μέσα από το λογισμικό, εκτός από την ενεργειακή ανάλυση προκύπτουν δεδομένα και για τα οικονομικά στοιχεία της εγκατάστασης. Όπως έχει αναφερθεί, πρέπει να δηλώσουμε το αρχικό κόστος της επένδυσης καθώς και τα έξοδα ετήσιας συντήρησης του έργου. Το κόστος εγκατάστασης των ανεμογεννητριών φτάνει τα 70.500,00€ ενώ το κόστος λειτουργίας είναι 1.200,00 €/έτος. Σε αυτήν την φάση της μελέτης μας ενδιαφέρει κυρίως η απόσβεση του συστήματος. Έχουμε ορίσει ως διάρκεια ζωής του έργου τα 20 χρόνια. Στην Εικόνα 3.8 και στην Εικόνα 3.9 παρουσιάζεται η οικονομική ανάλυση του έργου με βάση όλες τις παραμέτρους που έχουν οριστεί στην προηγούμενη ενότητα. Με βάση την απόδοση του συστήματος των ανεμογεννητριών, η οποία είναι 52,560 MWh, την τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και τα κόστη συντήρησης, προκύπτει ότι η απόσβεση της εγκατάστασης θα γίνει στο 15^ο έτος και το κέρδος στα 20 χρόνια ζωής του έργου θα είναι 30.000,00 ευρώ.

Ετήσια χρηματοροή		
Ετος	Προ-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€
0	-70.500	-70.500
1	4.137	-66.363
2	4.220	-62.143
3	4.304	-57.839
4	4.390	-53.448
5	4.478	-48.970
6	4.568	-44.403
7	4.659	-39.743
8	4.752	-34.991
9	4.847	-30.144
10	4.944	-25.200
11	5.043	-20.157
12	5.144	-15.013
13	5.247	-9.766
14	5.352	-4.414
15	5.459	1.045
16	5.568	6.613
17	5.679	12.292
18	5.793	18.085
19	5.909	23.994
20	6.027	30.021

Εικόνα 3.9 Ετήσια χρηματοροή



Εικόνα 3.9 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ

4.1 Εισαγωγή στην ηλιακή ενέργεια

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο όπως είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας. Στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της ενώ ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης της είναι ότι αποτρέπεται η κατανάλωση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα και κατά συνέπεια οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που προκαλούν τις παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές. Για μια χώρα με μεγάλη ηλιοφάνεια όπως η Ελλάδα, η ηλιακή ενέργεια αποτελεί ανεξάντλητο ενεργειακό πόρο.

Η ηλιακή ακτινοβολία αξιοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού με δύο τρόπους. Αρχικά οι Θερμικές εφαρμογές όπου γίνεται συλλογή της ηλιακής ενέργειας με στόχο την παραγωγή θερμότητας (χρησιμοποιείται κυρίως για την θέρμανση του νερού και τη μετατροπή του σε ατμό για την κίνηση τουρμπινών). Έπειτα οι φωτοβολταϊκές εφαρμογές όπου τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν το φως του ήλιου σε ηλεκτρισμό με τη χρήση φωτοβολταϊκών κυψελών ή συστοιχιών (Εικόνα 4.1). Το υψηλό ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας καθιστά την αξιοποίηση της παραπάνω τεχνολογίας ιδιαίτερα αποδοτική. Αν και όλη η γη δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία, η ποσότητα της εξαρτάται κυρίως από τη γεωγραφική θέση, την ημέρα, την εποχή και τη νεφοκάλυψη. Για παράδειγμα, η έρημος δέχεται περίπου το διπλάσιο ποσό ηλιακής ενέργειας από άλλες περιοχές. Η δράση της ηλιακής ακτινοβολίας αξιοποιείται με ενεργητικά, παθητικά και φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα [11].



Εικόνα 4.1 Φωτοβολταϊκό σύστημα

Κάποια πλεονεκτήματα της ενέργειας που παράγεται από τον ήλιο είναι η μηδενική ρύπανση, η αθόρυβη λειτουργία, η αξιοπιστία και η μεγάλη διάρκεια ζωής, η απεξάρτηση από τροφοδοσία καυσίμων για την παραγωγή της ενέργειας (μπαταρίες), η δυνατότητα επέκτασης και τέλος το μηδενικό κόστος παραγωγής ενέργειας και η ελάχιστη συντήρηση που χρειάζεται.

Από την άλλη, τα μειονεκτήματα που εμφανίζονται είναι το υψηλό κόστος κατασκευής φωτοβολταϊκών συστημάτων, η έλλειψη επιδοτήσεων και τα προβλήματα στην αποθήκευση.

4.2 Εισαγωγή στα φωτοβολταϊκά

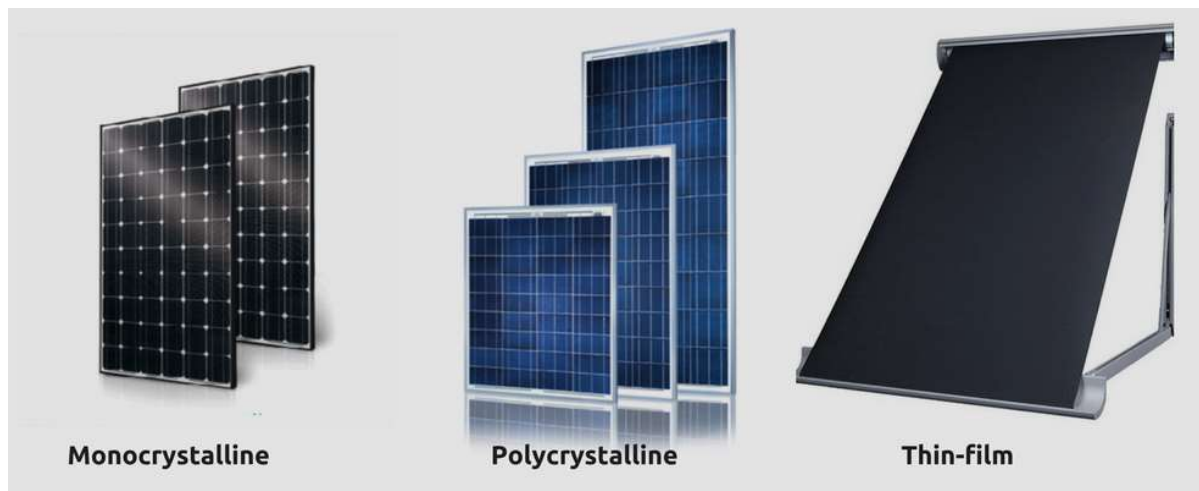
Με τον γενικό όρο Φωτοβολταϊκά ονομάζεται η βιομηχανική διάταξη πολλών φωτοβολταϊκών κυττάρων σε μία σειρά. Στην ουσία πρόκειται για τεχνητούς ημιαγωγούς (συνήθως από Πυρίτιο) οι οποίοι ενώνονται με σκοπό να δημιουργήσουν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα σε σειρά. Οι ημιαγωγοί αυτοί απορροφούν φωτόνια από την ηλιακή ακτινοβολία και παράγουν μια Ηλεκτρική τάση. Η διαδικασία της μετατροπής ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ονομάζεται "Φωτοβολταϊκό φαινόμενο".

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία - πλαίσια χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4.2:

- Κρυσταλλικού πυριτίου τα οποία διακρίνονται σε φωτοβολταϊκά Μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Monocrystalline) με ονομαστικές αποδόσεις

πλαισίων 14,5% έως 21% και φωτοβολταϊκά Πολυκρυσταλλικού πυριτίου (Polycrystalline) με ονομαστικές αποδόσεις πλαισίων 13% έως 14,5%.2.

- Λεπτού υμενίου (Thin Film) τα οποία διακρίνονται σε φωτοβολταϊκά άμορφου Πυρίτιου με ονομαστική απόδοση ~7% και φωτοβολταϊκά Χαλκοπυριτιών [CIS/CIGS] με ονομαστική απόδοση από 7% έως 11%.



Εικόνα 4.2 Κατηγορίες φωτοβολταϊκών πάνελ

4.2.1 Δομή Φωτοβολταϊκού συστήματος

Το Φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα αριθμό μερών ή υποσυστημάτων:

- Τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια με τη μηχανική υποστήριξη και πιθανόν ένα σύστημα παρακολούθησης της ηλιακής τροχιάς.
- Μπαταρίες (υποσύστημα αποθήκευσης) - πλέον δεν χρησιμοποιούνται, εκτός σε απομακρυσμένες εγκαταστάσεις όπως είναι π.χ. οι Φάροι, διαφορετικά η σύνδεση του πάνελ γίνεται απευθείας με το υφιστάμενο δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ.
- Καθορισμό ισχύος και συσκευή ελέγχου που περιλαμβάνει φροντίδα για μέτρηση και παρατήρηση.
- Εφεδρική γεννήτρια. Η επιλογή του πώς και ποια από αυτά τα στοιχεία ολοκληρώνονται μέσα στο σύστημα εξαρτάται από ποικίλες εκτιμήσεις.

4.2.2 Απόδοση Φωτοβολταϊκού συστήματος

Το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια στο φωτοβολταϊκό στοιχείο εκφράζει τον βαθμό απόδοσης του. Τα πρώτα φωτοβολταϊκά στοιχεία, που σχεδιάστηκαν τον 19ο αιώνα, είχαν μόλις 1-2% απόδοση, ενώ το 1954 τα δημιουργήθηκαν από τα Bell Laboratories τα πρώτα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου με απόδοση 6% [12]. Στην πορεία του χρόνου ο βαθμός απόδοσης συνεχώς αυξάνεται. Η αύξηση της απόδοσης, έστω και κατά μια ποσοστιαία μονάδα, θεωρείται επίτευγμα στην τεχνολογία των φωτοβολταϊκών. Στις μέρες μας, ο τυπικός βαθμός απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου είναι 13 – 19%, ο οποίος, συγκρινόμενος με την απόδοση άλλου συστήματος (συμβατικού, αιολικού, υδροηλεκτρικού κλπ.), παραμένει ακόμη αρκετά χαμηλός. Αυτό σημαίνει ότι το φωτοβολταϊκό σύστημα καταλαμβάνει μεγάλη επιφάνεια προκειμένου να αποδώσει την επιθυμητή ηλεκτρική ισχύ. Οι προϋποθέσεις αξιοποίησης των Φ/Β συστημάτων στην Ελλάδα είναι από τις καλύτερες στην Ευρώπη, αφού η συνολική ενέργεια που δέχεται κάθε τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας στην διάρκεια ενός έτους κυμαίνεται από 1400-1800 kWh [13].

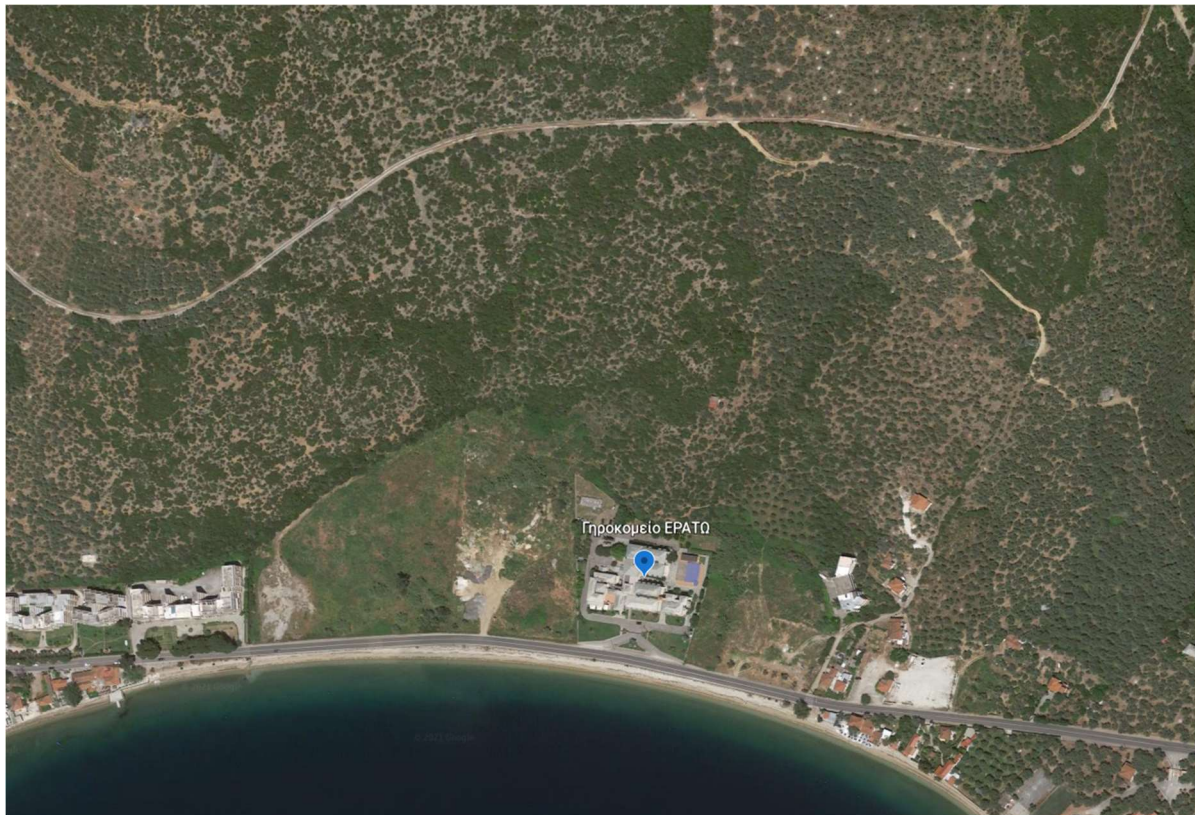
4.3 Μελέτη Εγκατάστασης Φωτοβολταϊκού συστήματος

4.3.1 Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών με χρήση Λογισμικού PVSyst

Για την μελέτη εγκατάστασης και την ανάλυση του φωτοβολταϊκού συστήματος στο γηροκομείο χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό PVsyst (έκδοση V7.2.5). Στο συγκεκριμένο λογισμικό θα εισαχθούν τα μετεωρολογικά δεδομένα μαζί με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των πάνελ και των μετατροπέων που θα χρησιμοποιηθούν.

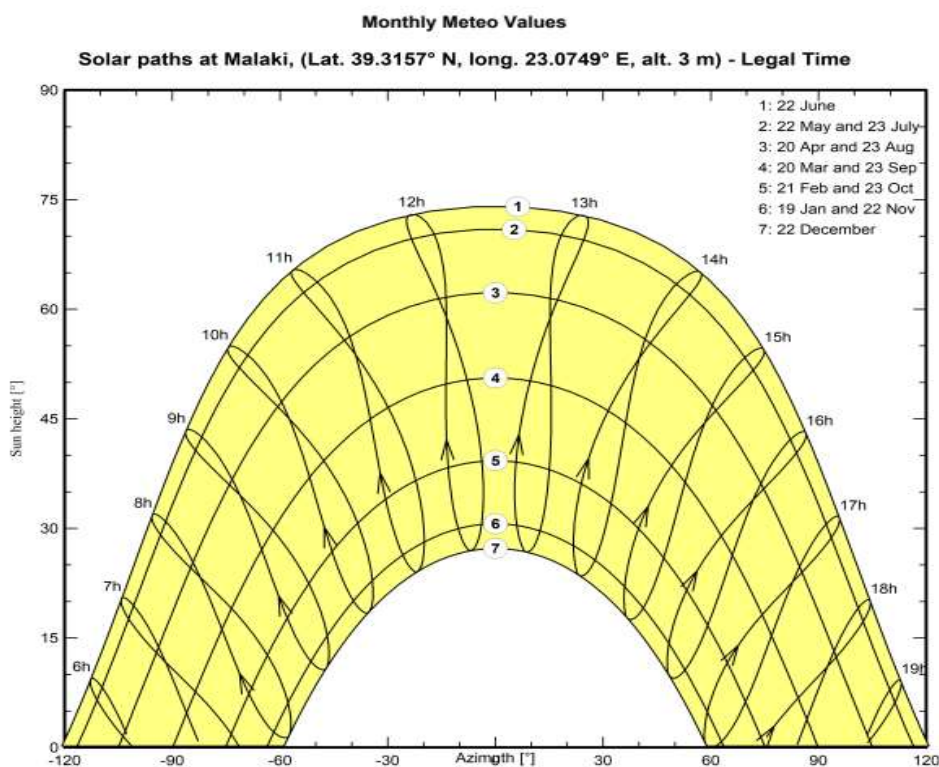
Αρχικά επιλέγεται ο τύπος διασύνδεσης της εγκατάστασης, είτε διασυνδεδεμένη (grid-connected) είτε όχι (stand-alone) και καθορίζεται η περιοχή της εγκατάστασης ώστε να υπολογιστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η παραγόμενη ενέργεια λαμβάνοντας υπόψιν τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής. Το γηροκομείο βρίσκεται στο Νότιο Πήλιο, εκτός αστικής ιστού σε παραθαλάσσια περιοχή και όπως φαίνεται από το στιγμιότυπο που ακολουθεί από το Google Earth (Εικόνα 4.3) περιβάλλεται από αγροκτήματα με χαμηλή βλάστηση. Δεν υπάρχει κάποια ανομοιομορφία του υψομέτρου ώστε να επηρεάζονται με

κάποιον τρόπο η κατασκευή του φωτοβολταϊκού συστήματος όσον αφορά την τοποθέτηση των ηλιοστατών και τις σκιάσεις που δημιουργούν μεταξύ τους.



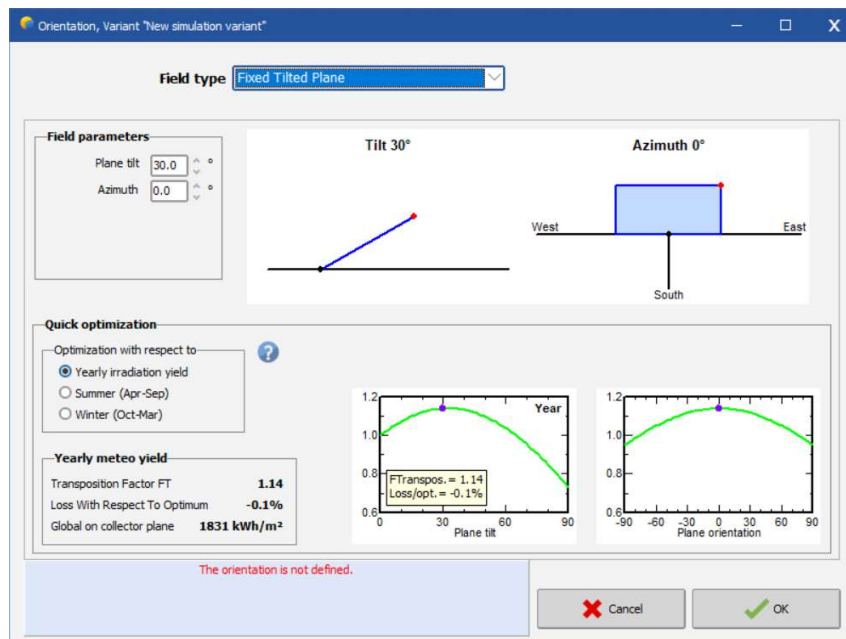
Εικόνα 4.3 Τοποθεσία γηροκομείου

Το πρόγραμμα διαθέτει δύο μετεωρολογικές βάσεις δεδομένων: την MeteoNorm 8.0 [1994-2006] και την NASA-SSE Satellite Data [1983-2005]. Για την συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από την MeteoNorm 8.0, η οποία είναι και η προτεινόμενη βάση του λογισμικού και επιλέχθηκε η περιοχή όπου βρίσκεται το γηροκομείο. Στην Εικόνα 4.4 φαίνεται η κατεύθυνση του ήλιου κατά την διάρκεια της ημέρας, ανάλογα τον μήνα, στην συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, όπως αυτή προκύπτει μέσα από το λογισμικό.



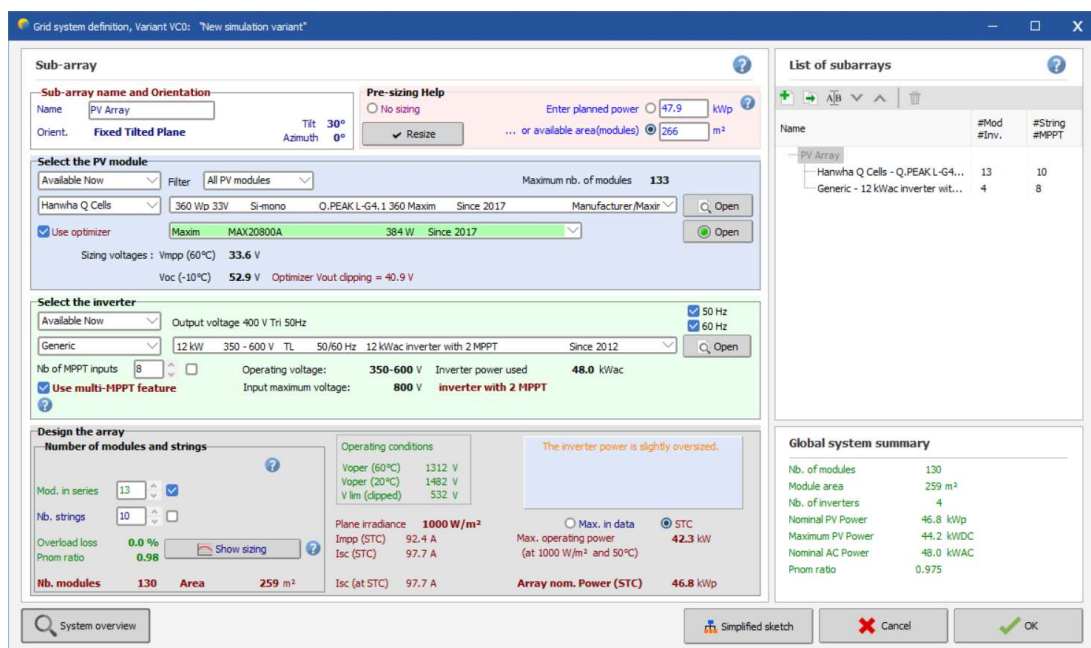
Εικόνα 4.4 Ημερήσια κατεύθυνση ήλιου

Στην συνέχεια, η αρχικοποίηση που απαιτείται είναι ο καθορισμός της κλίσης (Plane tilt) και του προσανατολισμού των πάνελ (Azimuth). Το αζιμούθιο ορίζεται ως η γωνία μεταξύ του Νότου και της επιφάνειας του συλλέκτη και η αρχικοποίηση του πρέπει να γίνει με ιδιαίτερη προσοχή. Αυτή η γωνία θεωρείται αρνητική όταν η επιφάνεια των πάνελ είναι προς την ανατολή, ενώ ορίζεται ως θετική στην αντίθετη περίπτωση. Ο προσανατολισμός και η κλίση των πάνελ παίζουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή του συστήματος. Το λογισμικό, λαμβάνοντας υπόψιν την γεωγραφική περιοχή που επιλέχθηκε, προτείνει την βέλτιστη κλίση στον χρήστη και κατόπιν εκείνος αποφασίζει ανάλογα με τις ανάγκες και τους περιορισμούς τις εγκατάστασης αν θα την ακολουθήσει. Στην Εικόνα 4.5 φαίνονται η κλίση των πάνελ (30°) και ο προσανατολισμός (0°) όπως προτείνεται από το λογισμικό. Οι δύο καμπύλες που υπάρχουν δηλώνουν την παραγωγή των πάνελ. Η πρώτη δηλώνει την παραγωγή ανάλογα με την κλίση του συλλέκτη ενώ η δεύτερη αναπαριστά την παραγωγή λαμβάνοντας υπόψιν τον προσανατολισμό του.



Εικόνα 4.5 Καθορισμός κλίσης και προσανατολισμού των πάνελ

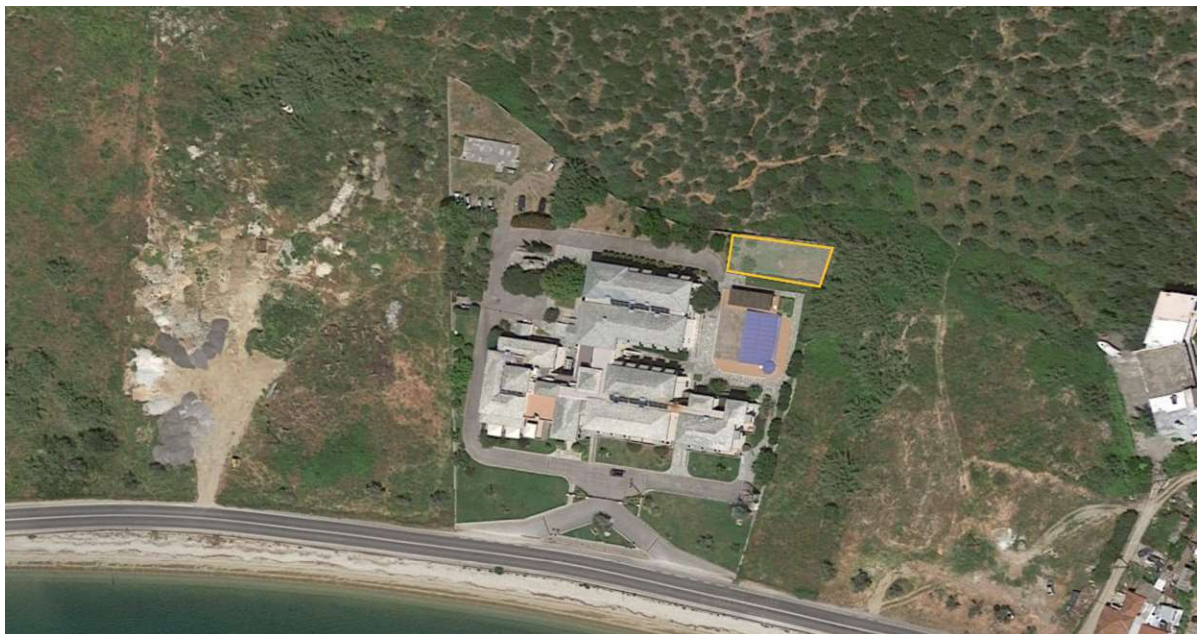
Το επόμενο βήμα, μετά την επιλογή της γεωγραφικής περιοχής και της κλίσης των πάνελ, είναι η δημιουργία του συστήματος. Το λογισμικό διαθέτει βιβλιοθήκες για την επιλογή των φωτοβολταϊκών μοντέλων και των αντιστροφέων. Στην Εικόνα 4.6 παρατίθεται το παράθυρο του λογισμικού στο οποίο ο χρήστης ορίζει όλες τις πληροφορίες του συστήματος.



Εικόνα 4.6 Επιλογή φωτοβολταϊκών πλαισίων και αντιστροφέων

Στην περίπτωση που ο τύπος του πάνελ που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην εκάστοτε μελέτη δεν συμπεριλαμβάνεται στην βιβλιοθήκη, υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής του. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο χρήστης να γνωρίζει τα ονομαστικά χαρακτηριστικά του καθώς και λεπτομέρειες που αφορούν το πλήθος και την διάταξη των φωτοβολταϊκών κυττάρων.

Τέλος, στην συγκεκριμένη καρτέλα, δίνεται η δυνατότητα να επιλέξει ο χρήστης το εμβαδό (m^2) της περιοχής στην οποία θέλει να τοποθετήσει τα φωτοβολταϊκά σύστημα. Σε αυτό το σημείο, αξίζει να σημειωθεί ότι στο Πήλιο, βάση νομοθεσίας, απαγορεύεται εξολοκλήρου η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων επί κτιρίου επάνω σε επιφάνεια που φέρει ή θα πρέπει να φέρει πλάκα Πηλίου, καθώς επίσης και στις όψεις του κτιρίου. Οπότε για την εγκατάσταση του συστήματος μας έγινε η επιλογή του προαύλιου χώρου, που φαίνεται στην Εικόνα 4.7, έκτασης $265.68 m^2$.



Εικόνα 4.7 Σημείο εγκατάστασης

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ που επιλέχθηκαν είναι μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά της εταιρίας Hanwha Q Cells με κωδικό μοντέλου Q. PEAK L-G4.1 360 Maxim. Η απόδοση των πλαισίων σε συνθήκες εργαστηρίου (ηλιακή ακτινοβολία $1000 W/m^2$ και θερμοκρασία $25^{\circ}C$) είναι 18.07% και τα χαρακτηριστικά των μονάδων με βάση αυτές είναι

$P_{nom} = 360Wp$ (ονομαστική ισχύς) και $V_{mpp} = 38.9V$ (μέγιστη τάση του πάνελ). Ανάλογα με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και την θερμοκρασία που αναπτύσσεται στα κελιά υπάρχει διακύμανση στην απόδοση του πλαισίου.

Από την ανάλυση του λογισμικού προκύπτει ότι θα χρησιμοποιηθούν συνολικά 130 φωτοβολταϊκά πλαίσια με συνολική ισχύ εξόδου 46,8 kWp, τα οποία θα τοποθετηθούν ανά 13 σε 10 συστοιχίες. Επίσης, προκύπτει ότι θα χρειαστούν 4 αντιστροφείς.

Η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πάνελ πρέπει να γίνει με ιδιαίτερη προσοχή καθώς τα φωτοβολταϊκά πλαίσια αποτελούνται από την εν σειρά σύνδεση των φωτοβολταϊκών κελιών. Αν κάποια από τα κελιά του πάνελ υποστούν μερική σκίαση τότε η τάση στα άκρα τους μειώνεται με αποτέλεσμα να υπάρχει μειωμένη παραγωγή ισχύος από την μονάδα.

Μία λύση για την αντιμετώπιση του παραπάνω προβλήματος αποτελεί ο βελτιστοποιητής. Σκοπός του είναι η παρακολούθηση του σημείου μέγιστης ισχύος για κάθε πάνελ, με συγκεκριμένη λειτουργία. Όταν η τάση εξόδου του πλαισίου πάρει τιμή μικρότερη της μέγιστης τάσης του ($V < V_{mpp}$) τότε το ρεύμα ενισχύεται κατά μήκος της καμπύλης ισχύος ($P_{mpp} = I_{mpp} \cdot V_{mpp}$), με αποτέλεσμα το πάνελ να παράγει την μέγιστη δυνατή ισχύ δεδομένων των συνθηκών. Η τιμή που μπορεί να πάρει το ρεύμα δεν μπορεί να ξεπεράσει την τιμή του μέγιστου ρεύματος που δίνει ο κατασκευαστής (I_{mpp}). Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η άντληση της μέγιστης ισχύος από κάθε υπομονάδα.

Οι αντιστροφείς που επιλέχθηκαν είναι διπλού κλάδου, με δυνατότητα παρακολούθησης του σημείου βέλτιστης λειτουργίας γνωστή και ως MPPT (Maximum Power Point Tracker). Πρόκειται για ένα κύκλωμα (τυπικά μετατροπέα από DC σε DC) που χρησιμοποιείται στην πλειονότητα των σύγχρονων φωτοβολταϊκών αντιστροφέων. Το MPPT κύκλωμα ελέγχει την τάση εξόδου της συστοιχίας των φωτοβολταϊκών μονάδων, την συγκρίνει με την τάση του μετατροπέα, καθορίζει ποια είναι η μέγιστη ισχύς που μπορεί να παραχθεί και στην συνέχεια την μετατρέπει στο επιθυμητό επίπεδο.

Για την μελέτη χρησιμοποιήθηκαν 4 τριφασικοί αντιστροφείς με ονομαστική ισχύ 12kW, τάση λειτουργίας 350-600 V και μέγιστη τάση εισόδου 800 V.

Έχοντας τις παραπάνω πληροφορίες σύμφωνα με το λογισμικό προκύπτει ότι το συγκεκριμένο φωτοβολταϊκό σύστημα παράγει 71,7 MWh/έτος. Το κτήριο συνολικά καταναλώνει 99,526 MWh/έτος. Συνεπώς, η εγκατάσταση καλύπτει ένα ποσοστό της τάξης του 72,04%.

Στις σελίδες που ακολουθούν παρουσιάζονται στιγμιότυπα από την έκθεση του υποσυστήματος, όπως αυτή εξήχθη από το λογισμικό.



PVsyst V7.2.5

VC0, Simulation date:
18/09/21 16:02
with v7.2.5

Project: Erato

Variant: New simulation variant

Project summary

Project summary			
Geographical Site		Situation	
Malaki		Latitude 39.32 °N	
Greece		Longitude 23.07 °E	
		Altitude 3 m	
		Time zone UTC+2	
Meteo data			
Malaki			
Meteonorm 8.0 (1994-2006), Sat=100% - Synthetic			

System summary

System summary					
Grid-Connected System		No 3D scene defined, no shadings			
PV Field Orientation		Near Shadings		User's needs	
Fixed plane		No Shadings		Fixed constant load	
Tilt/Azimuth		30 / 0 °		995 kW	
				Global	
				8718 MWh/Year	
System information					
PV Array					
Nb. of modules		130 units		4 units	
Pnom total		46.8 kWp		48.0 kWac	
				0.975	
		Inverters			
		Nb. of units			
		Pnom total			
		Pnom ratio			

Results summary

Produced Energy	71.66 MWh/year	Specific production	1531 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	84.61 %
Used Energy	8717.95 MWh/year			Solar Fraction SF	0.82 %

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Special graphs	6
P50 - P90 evaluation	7
Cost of the system	8
Financial analysis	9
CO ₂ Emission Balance	12

**PVsyst V7.2.5**

VC0. Simulation date:
18/09/21 16:02
with v7.2.5

Project: Erato

Variant: New simulation variant

General parameters**Grid-Connected System**

No 3D scene defined, no shadings

PV Field Orientation**Orientation**

Fixed plane

Tilt/Azimuth 30 / 0 °

Sheds configuration

No 3D scene defined

Models used

Transposition Perez

Diffuse Perez, Meteonorm

Circumsolar separate

Horizon

Free Horizon

Near Shadings

No Shadings

User's needs

Fixed constant load

995 kW

Global

8718 MWh/Year

PV Array Characteristics**PV module**

Manufacturer

Generic

Model

Q.PEAK L-G4.1 360 Maxim

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power 360 Wp

Number of PV modules 130 units

Nominal (STC) 46.8 kWp

Modules 10 Strings x 13 In series

At operating cond. (50°C)

Pmpp 42.3 kWp

U mpp 457 V

I mpp 92 A

Maxim integrated optimizers

Model

MAX20800A

Unit Nom. Power 3 x 128 W

Total PV power

Nominal (STC) 47 kWp

Total 130 modules

Module area 259 m²

Cell area 222 m²

Inverter

Manufacturer

Generic

Model

12 kWac inverter with 2 MPPT

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power 12.0 kWac

Number of inverters 8 * MPPT 50% 4 units

Total power 48.0 kWac

Operating voltage 350-600 V

Pnom ratio (DC:AC) 0.98

Total inverter power

Total power 48 kWac

Nb. of inverters 4 units

Pnom ratio 0.98

Array losses**Thermal Loss factor**

Module temperature according to irradiance

Uc (const) 20.0 W/m²K

Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses

Global array res.

83 mΩ

Loss Fraction

1.5 % at STC

Module Quality Loss

Loss Fraction

-0.4 %

Module mismatch losses

Loss Fraction 0.0 % at MPP

IAM loss factor

Incidence effect (IAM): User defined profile

0°	20°	40°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	1.000	0.970	0.900	0.830	0.690	0.440	0.000



Project: Erato

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.2.5

VC0, Simulation date:
21/09/21 14:05
with v7.2.5

Main results

System Production

Produced Energy 71.66 MWh/year
Used Energy 8717.95 MWh/year

Specific production 1531 kWh/kWp/year
Performance Ratio PR 84.61 %
Solar Fraction SF 0.82 %

Economic evaluation

Investment

Global 49'720.00 EUR
Specific 1.06 EUR/Wp

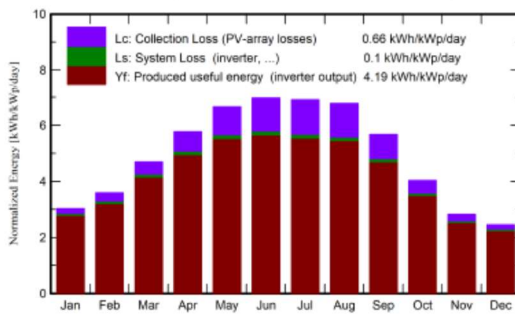
Yearly cost

Annuities 0.00 EUR/yr
Run. costs 957.92 EUR/yr
Payback period 8.4 years

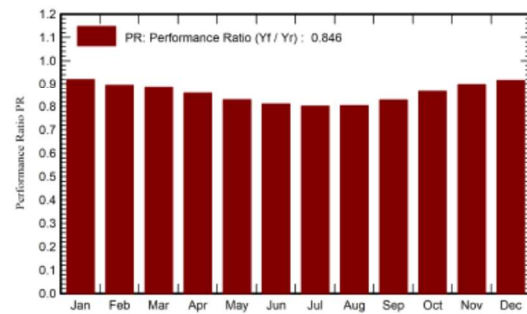
LCOE

Energy cost 0.19 EUR/kWh

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
January	60.2	29.56	9.36	94.0	92.6	4.151	740.4	4.047	0.000	736.4
February	73.8	34.99	10.33	100.7	99.1	4.323	668.8	4.214	0.000	664.6
March	121.7	65.33	13.09	145.5	142.9	6.183	740.4	6.036	0.000	734.4
April	159.0	72.25	15.38	173.3	170.2	7.132	716.5	6.961	0.000	709.6
May	207.6	79.91	20.70	206.5	202.2	8.213	740.4	8.019	0.000	732.4
June	220.3	73.68	25.17	209.2	204.5	8.141	716.5	7.941	0.000	708.6
July	221.7	77.22	28.00	214.4	209.6	8.248	740.4	8.049	0.000	732.4
August	199.4	70.75	27.96	210.2	206.1	8.103	740.4	7.915	0.000	732.5
September	143.3	55.17	23.19	170.2	167.3	6.760	716.5	6.598	0.000	709.9
October	94.3	45.17	19.03	125.1	123.1	5.199	740.4	5.070	0.000	735.4
November	58.9	34.03	14.88	84.5	83.1	3.649	716.5	3.552	0.000	713.0
December	49.0	27.71	10.72	76.0	74.7	3.344	740.4	3.254	0.000	737.2
Year	1609.0	665.77	18.20	1809.6	1775.5	73.447	8718.0	71.656	0.000	8646.3

Legends

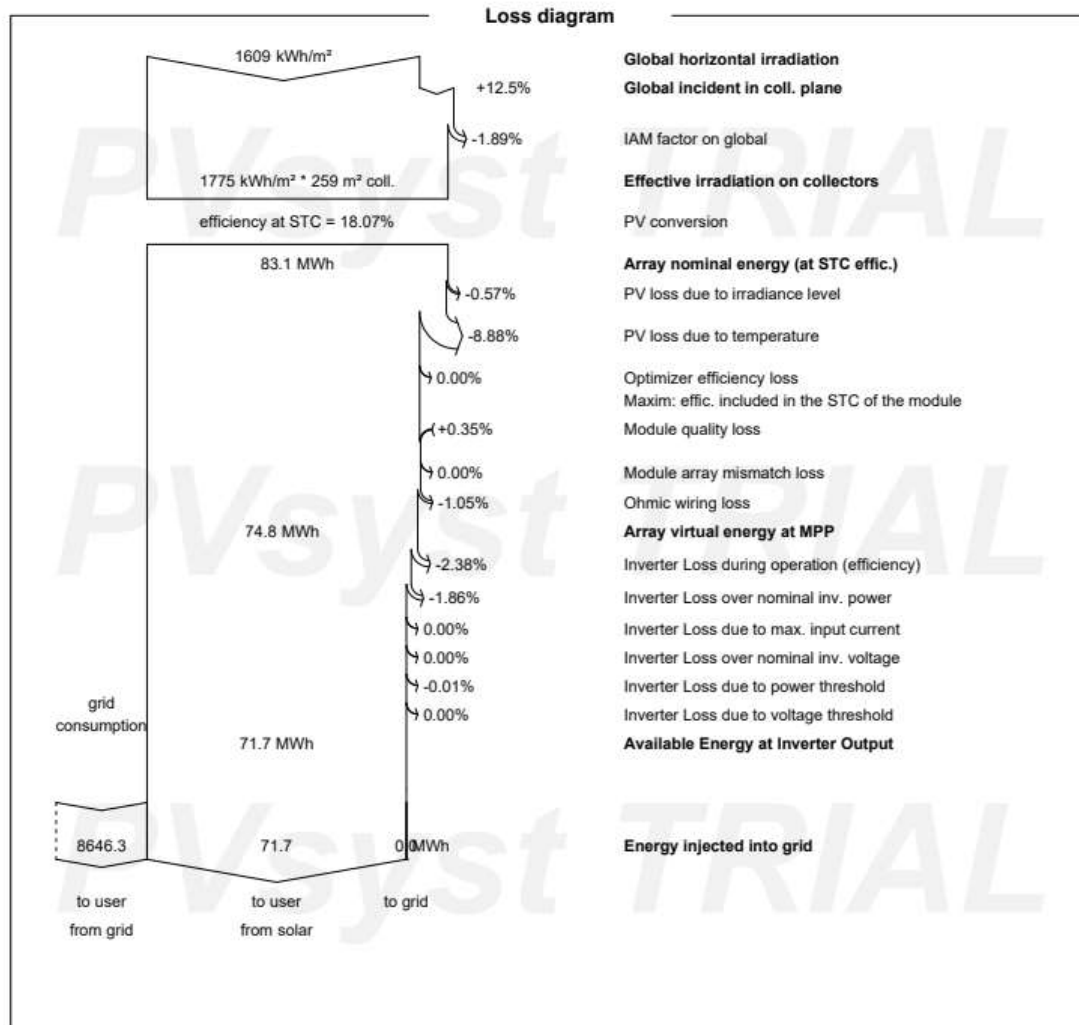
GlobHor Global horizontal irradiation
DiffHor Horizontal diffuse irradiation
T_Amb Ambient Temperature
GlobInc Global incident in coll. plane
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings

EArray Effective energy at the output of the array
E_User Energy supplied to the user
E_Solar Energy from the sun
E_Grid Energy injected into grid
EFrGrid Energy from the grid



PVsyst V7.2.5
VC0. Simulation date:
18/09/21 16:02
with v7.2.5

Project: Erato
Variant: New simulation variant



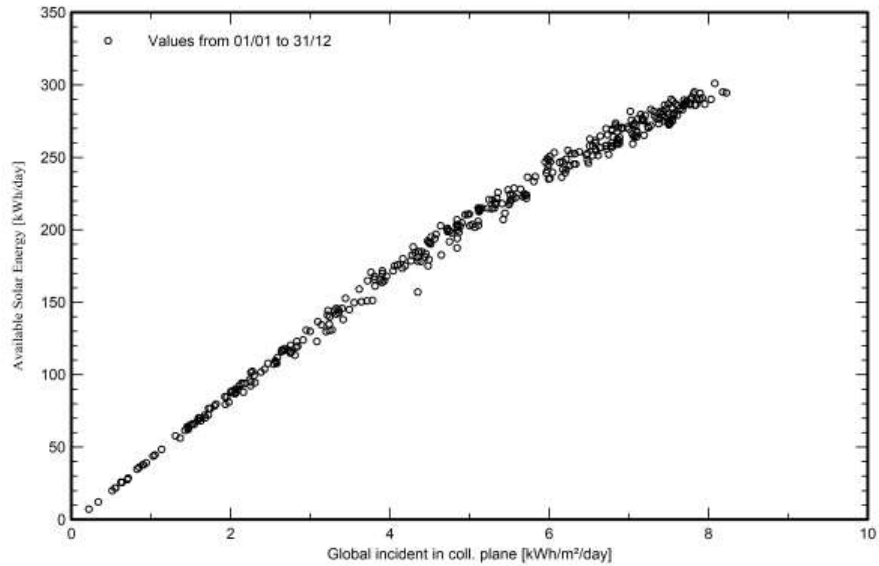


PVsyst V7.2.5
VC0, Simulation date:
18/09/21 16:02
with v7.2.5

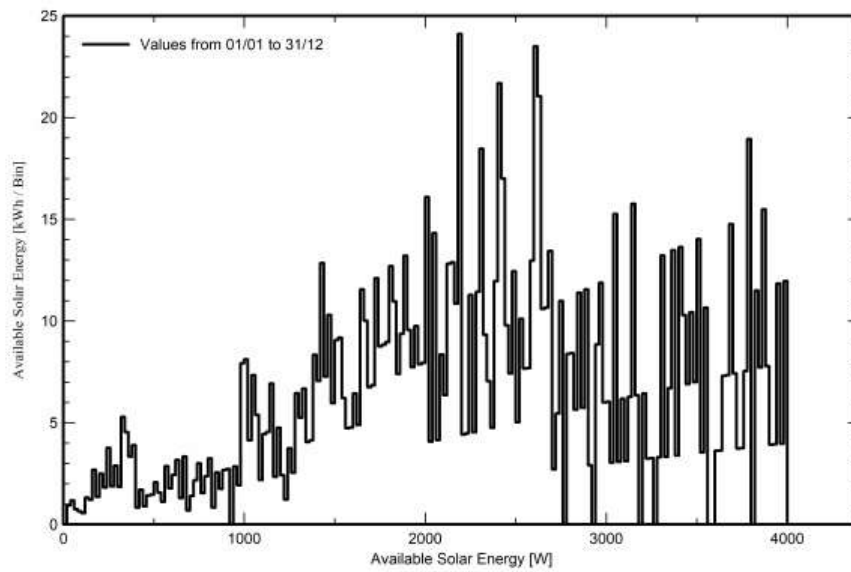
Project: Erato
Variant: New simulation variant

Special graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution





PVsyst V7.2.5
VC0. Simulation date:
18/09/21 16:02
with v7.2.5

Project: Erato
Variant: New simulation variant

P50 - P90 evaluation

Meteo data

Meteo data source: Norm 8.0 (1994-2006), Sat=100%
Kind: Not defined
Year-to-year variability(Variance): 0.5 %

Specified Deviation

Global variability (meteo + system)

Variability (Quadratic sum): 1.9 %

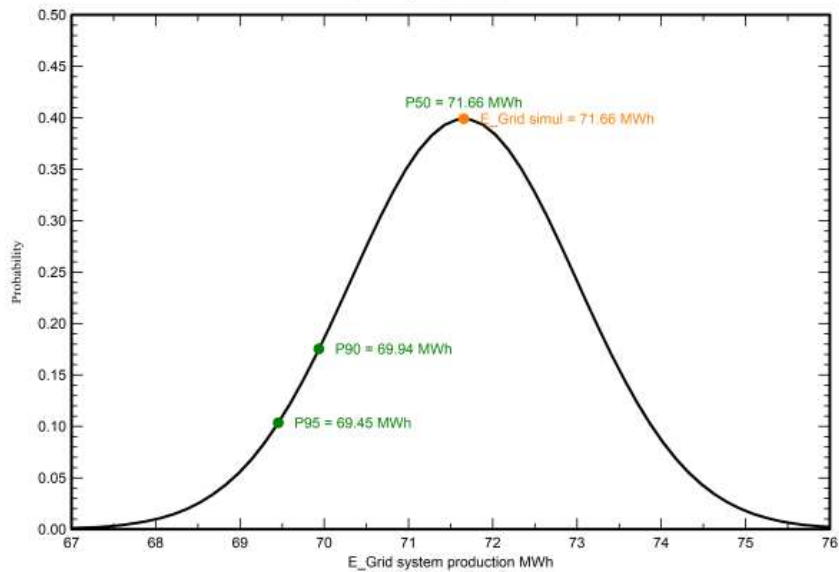
Simulation and parameters uncertainties

PV module modelling/parameters: 1.0 %
Inverter efficiency uncertainty: 0.5 %
Soiling and mismatch uncertainties: 1.0 %
Degradation uncertainty: 1.0 %

Annual production probability

Variability: 1.34 MWh
P50: 71.66 MWh
P90: 69.94 MWh
P95: 69.45 MWh

Probability distribution



CO₂ Emission Balance

Total: 1356.7 tCO₂

Generated emissions

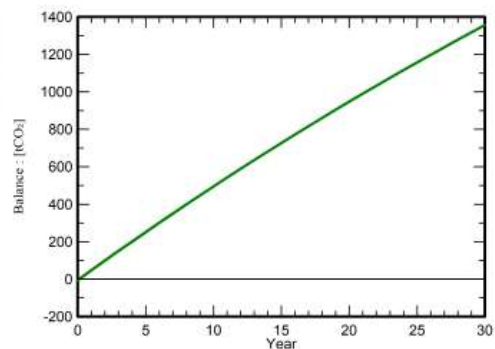
Total: 4.91 tCO₂

Source: Detailed calculation from table below:

Replaced Emissions

Total: 1569.3 tCO₂
System production: 71.66 MWh/yr
Grid Lifecycle Emissions: 730 gCO₂/kWh
Source: IEA List
Country: Greece
Lifetime: 30 years
Annual degradation: 1.0 %

Saved CO₂ Emission vs. Time



System Lifecycle Emissions Details

Item	LCE	Quantity	Subtotal
			[kgCO ₂]
Modules	357 kgCO ₂ /kWp	9.00 kWp	3211
Supports	4.87 kgCO ₂ /kg	250 kg	1217
Inverters	482 kgCO ₂ /units	1.00 units	482

4.3.2 Οικονομική ανάλυση του συστήματος

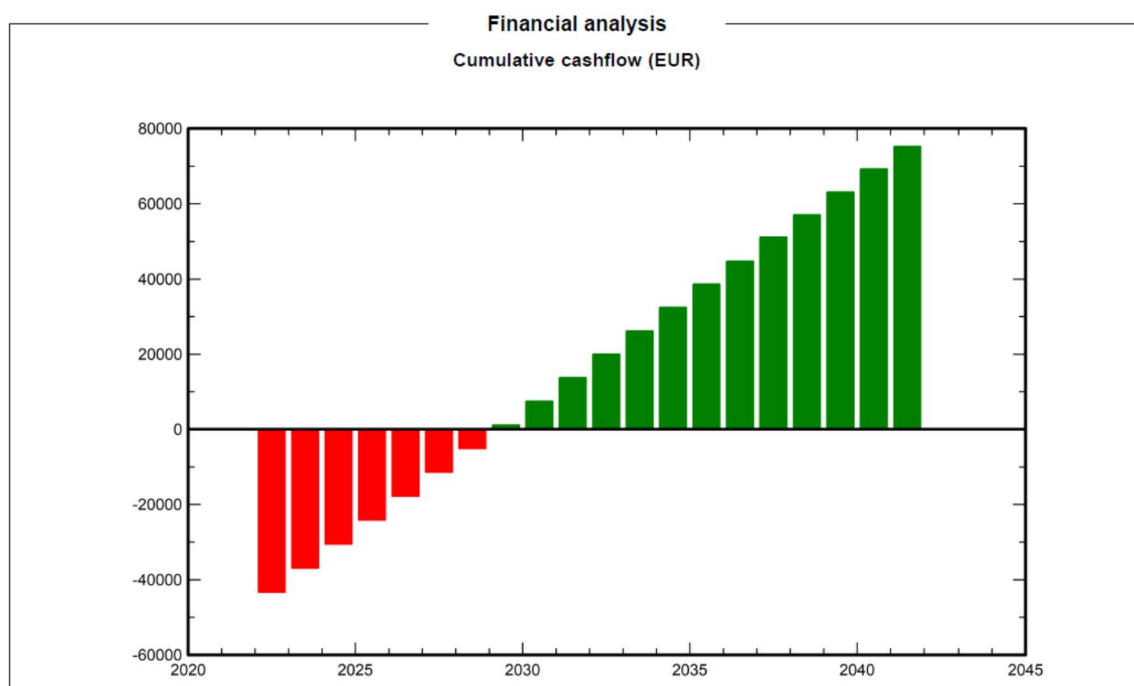
Τα κύρια στοιχεία του συστήματος είναι τα φωτοβολταϊκά πάνελ και οι αντιστροφείς. Ο κατασκευαστής των φωτοβολταϊκών πλαισίων που επιλέχθηκαν προβλέπει 25 χρόνια λειτουργίας, με 12 έτη κατασκευαστική εγγύηση. Όταν ξεπεραστεί το προβλεπόμενο χρονικό περιθώριο τότε παρατηρείται μείωση στην αρχική παραγωγική τους ικανότητα. Το ίδιο χρονικό περιθώριο προβλέπεται και για την λειτουργία των αντιστροφών. Επομένως, με μία επιφύλαξη, μπορεί να θεωρηθεί ότι η διάρκεια ζωής του συστήματός ξεπερνάει τα 20 χρόνια.

Για να ολοκληρωθεί η οικονομική ανάλυση από το λογισμικό απαιτούνται πληροφορίες που αφορούν το κόστος επένδυσης, δηλαδή πληροφορίες για την τιμή των φωτοβολταϊκών, των αντιστροφών και των καλωδίων καθώς και για το κόστος εγκατάστασης του συστήματος. Επιπλέον χρειάζεται την δήλωση των εξόδων για την ετήσια συντήρησή του, η οποία ορίστηκε στα 750€. Τέλος, πρέπει να συμπληρωθεί το κεφάλαιο του χρήστη, το δάνειο που θα ληφθεί για την εγκατάσταση του συστήματος, καθώς και το επιτόκιο και για την διάρκεια αποπληρωμής του.

Το συνολικό κόστος της εγκατάστασης προκύπτει 49.720 €. Πιο συγκεκριμένα, μετά από έρευνα, η τιμή ανά πάνελ ορίστηκε στα 250€, ενώ ανά αντιστροφή στα 280€. Επομένως, το συνολικό κόστος των βασικών στοιχείων ορίζεται περίπου στις 43.220 €. Στην συνέχεια υποθέτουμε ένα ποσό 6.500 € για τα καλώδια που απαιτούνται για την σύνδεση των πάνελ και των αντιστροφών, το σύστημα παρακολούθησης, το combiner box καθώς και άλλα έξοδα που θα προκύψουν κατά την εγκατάσταση. Στην συνέχεια, στην Εικόνα 4.8 και στην Εικόνα 4.9 ακολουθεί η οικονομική ανάλυση που έγινε από το λογισμικό Pvsyst στις οποίες φαίνεται ανά έτος το κέρδος που υπάρχει από το σύστημα. Πιο συγκεκριμένα, από το 2030 και έπειτα ο χρήστης αρχίζει να έχει έσοδα, άρα το σύστημα θα κάνει απόσβεση σε 8,4 χρόνια.

Financial analysis										
Detailed economic results (EUR)										
	Electricity sale	Run. costs	Deprec. allow.	Taxable income	Taxes	After-tax profit	Divid. 15.00%	Self-cons. saving	Cumul. profit	% amorti.
2022	0	750	0	0	0	-750	0	7'166	-43'399	12.7%
2023	0	769	0	0	0	-769	0	7'170	-37'186	25.2%
2024	0	788	0	0	0	-788	0	7'174	-31'078	37.5%
2025	0	808	0	0	0	-808	0	7'179	-25'076	49.6%
2026	0	828	0	0	0	-828	0	7'183	-19'177	61.4%
2027	0	849	0	0	0	-849	0	7'187	-13'380	73.1%
2028	0	870	0	0	0	-870	0	7'191	-7'684	84.5%
2029	0	892	0	0	0	-892	0	7'196	-2'088	95.8%
2030	0	914	0	0	0	-914	0	7'200	3'410	106.9%
2031	0	937	0	0	0	-937	0	7'204	8'811	117.7%
2032	0	960	0	0	0	-960	0	7'209	14'116	128.4%
2033	0	984	0	0	0	-984	0	7'213	19'325	138.9%
2034	0	1'009	0	0	0	-1'009	0	7'217	24'441	149.2%
2035	0	1'034	0	0	0	-1'034	0	7'222	29'465	159.3%
2036	0	1'060	0	0	0	-1'060	0	7'226	34'397	169.2%
2037	0	1'086	0	0	0	-1'086	0	7'230	39'238	178.9%
2038	0	1'113	0	0	0	-1'113	0	7'234	43'991	188.5%
2039	0	1'141	0	0	0	-1'141	0	7'239	48'655	197.9%
2040	0	1'170	0	0	0	-1'170	0	7'243	53'232	207.1%
2041	0	1'199	0	0	0	-1'199	0	7'247	57'722	216.1%
Total	0	19'158	0	0	0	-19'158	0	144'130	57'722	216.1%

Εικόνα 4.8 Οικονομική ανάλυση του συστήματος



Εικόνα 4.9 Οικονομική ροή ανά έτος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

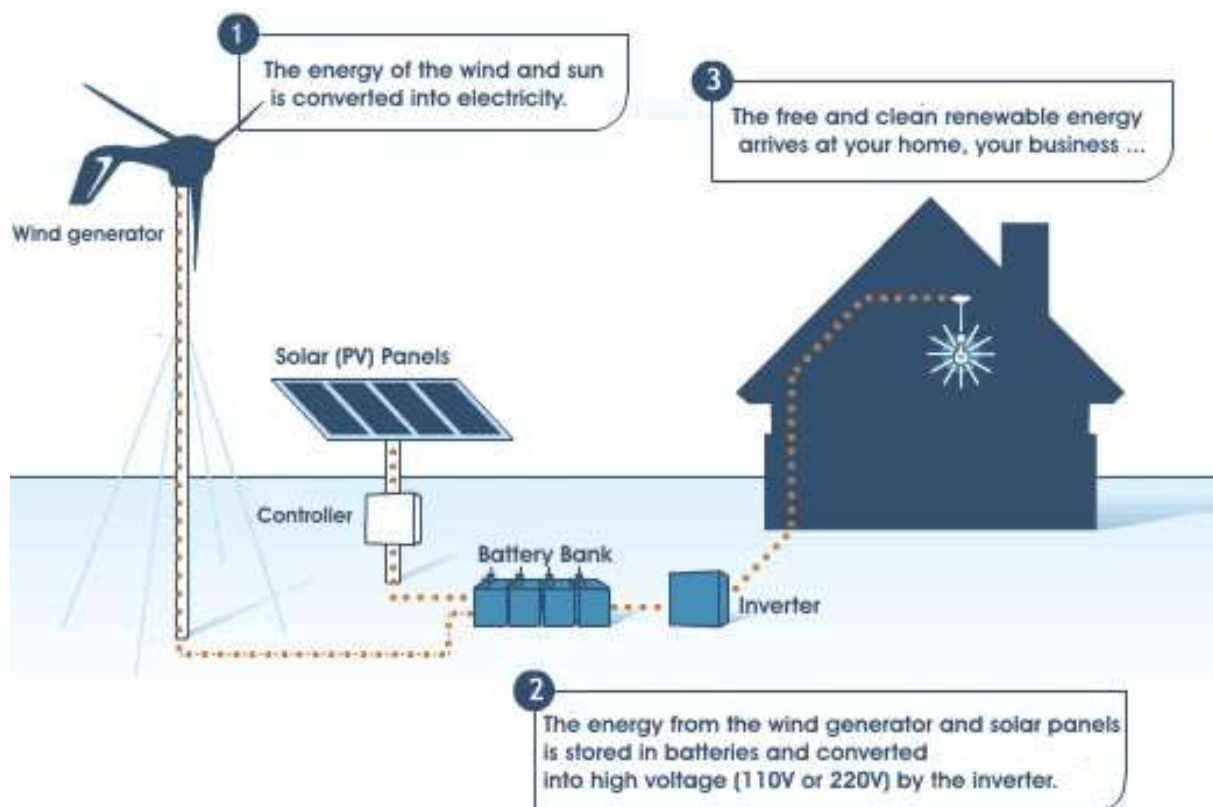
5.1 Εισαγωγή στα υβριδικά συστήματα

Τα υβριδικά συστήματα αφορούν ένα σύστημα παραγωγής ενέργειας που χρησιμοποιεί παραπάνω από μία μεθόδους παραγωγής ενέργειας προκειμένου να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες ενός κτηρίου. Τα συστήματα αυτά συνδυάζουν το ηλεκτρικό ρεύμα που προέρχεται κυρίως από τοπικά, σχετικά μικρά συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως είναι ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, ένα υδροηλεκτρικό σύστημα ή ένα σύστημα ανεμογεννητριών. Στόχος είναι να συνδυαστούν οι διάφορες πηγές ενέργειας με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει συνεχής και σταθερή τροφοδοσία ενέργειας. Τα υβριδικά συστήματα τοποθετούνται συνήθως σε περιοχές όπου η σύνδεση με το δίκτυο ή η μεταφορά καυσίμων χαρακτηρίζονται ως μη οικονομικές [14]. Επίσης παρέχουν τη δυνατότητα μελλοντικής σύνδεσης με το δίκτυο της περιοχής και μπορούν να φανούν χρήσιμα σαν αποτελεσματική λύση παροχής ισχύος σε περιπτώσεις διακοπών παροχής ακόμα και σε εξειδικευμένους καταναλωτές. Τα οικιακά υβριδικά συστήματα έχουν ως σκοπό την προσφορά ενέργειας προκειμένου να γίνει μια κατοικία ενεργειακά αυτόνομη είτε μπορεί να προορίζονται για να είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο. Το πιο συχνό υβριδικό σύστημα συνδυάζει τα Φ/Β και αιολικά συστήματα (Εικόνα 5.1).

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα προσφέρει μια καθαρή μορφή ενέργειας από τις ηλιακές ακτινοβολίες και υπερέχει σε σχέση με τις άλλες τεχνολογίες καθώς απαιτεί ελάχιστη συντήρηση καθώς δεν αποτελείται από κινούμενα μέρη. Από την άλλη, ένα αιολικό σύστημα εκμεταλλεύεται την ενέργεια του ανέμου που προέρχεται από την μετακίνηση των αερίων μαζών της ατμόσφαιρας. Ο συνδυασμός αυτών των δύο συστημάτων προσφέρει καθαρής μορφής ενέργεια και η ισχύς τους εξαρτάται από το ηλιακό και αιολικό δυναμικό μιας περιοχής, τα οποία ποικίλουν τοπικά και χρονικά. Έτσι, η δυναμική της μιας πηγής δύναται να καλύψει την αδυναμία της άλλης σε μια ορισμένη χρονική περίοδο. Όπως για παράδειγμα τους χειμερινούς μήνες όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι λιγότερο διαθέσιμη ενώ το αντίστροφο συμβαίνει κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

Σημαντικό να τονισθεί, πως κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του συγκεκριμένου υβριδικού συστήματος η ζήτηση της ενέργειας να είναι μικρότερη από αυτή που

παράγεται. Σε τέτοιες περιπτώσεις η περισσευούμενη ενέργεια δύναται να αποθηκευτεί μέσω μετατροπών ισχύος και ρυθμιστών φόρτισης σε μπαταρίες. Αντίθετα, αν η ζήτηση ξεπερνά την παραγωγή ενέργειας από την ανεμογεννήτρια, τότε το πλεόνασμα καλύπτεται από τα φωτοβολταϊκά.



Εικόνα 5.1 Υβριδικό σύστημα φωτοβολταϊκού και ανεμογεννήτριας

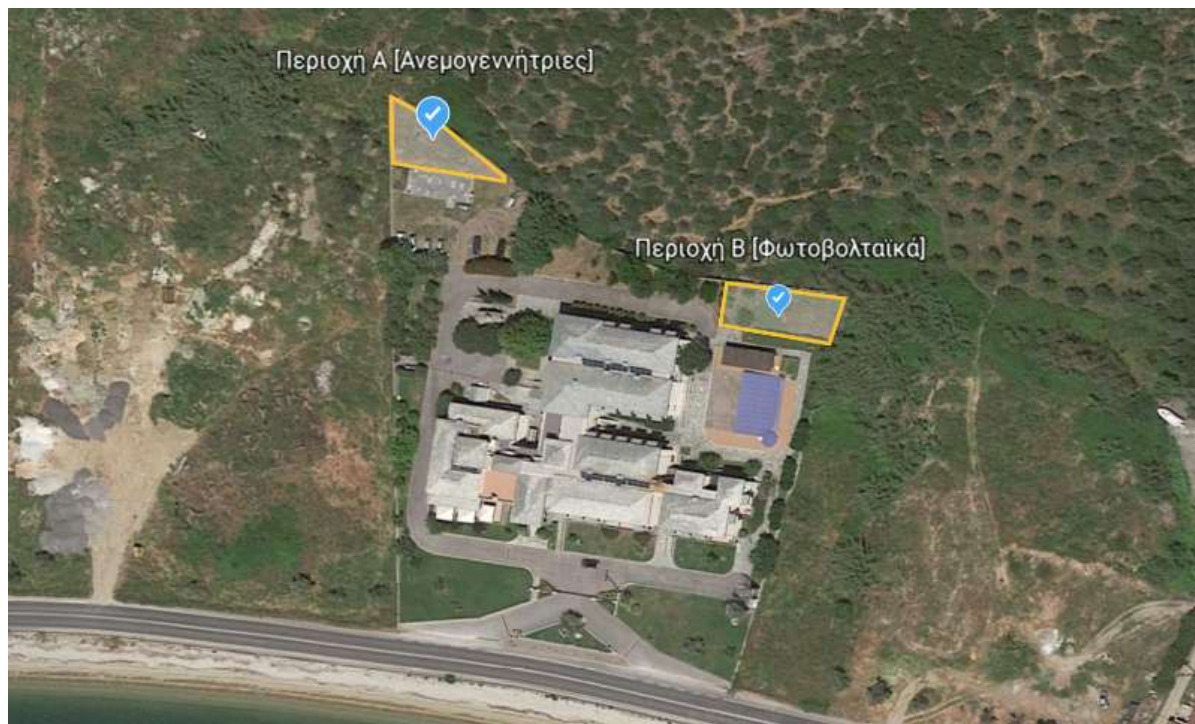
Ένα ακόμα υβριδικό σύστημα συνδυάζει την βιομάζα με Φ/Β συστήματα για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών ενός σπιτιού σε ηλεκτρισμό καθώς και την θέρμανση χώρων. Η Βιομάζα αφορά μια ύλη με οργανική προέλευση όπως για παράδειγμα τα φυσιικά και δασικά υπολείμματα, τα ζωικά απόβλητα και τα φυτά τα οποία προέρχονται από ενεργειακές καλλιέργειες. Η χρήση της ποικίλλει, ωστόσο η πιο συχνή είναι για την

παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και η παραγωγή υγρών καυσίμων όπως είναι το βιοντίζελ και η βιοαιθανόλη.

Τέλος υπάρχει το υβριδικό σύστημα που συνδυάζει Φ/Β συστήματα και γεωθερμικά. Τα ηλιοθερμικά συστήματα σε συνδυασμό με φωτοβολταϊκά πάνελ δύναται να παράγουν ΖΧΝ και να θερμαίνουν χώρους με κάλυψη έως και 40% για τις ενεργειακές ανάγκες μιας οικίας. Το ποσοστό εξαρτάται αρχικά από τις ενεργειακές ανάγκες που έχει το κτήριο αλλά και από το μέγεθος της συλλεκτικής επιφάνειας, τον όγκο του θερμοδοχείου, τα μετεωρολογικά φαινόμενα μιας περιοχής και τέλος από τα χαρακτηριστικά του κτηρίου. Ένα τέτοιο υβριδικό σύστημα χρησιμοποιεί το θερμό νερό που προέρχεται από τα ηλιοθερμικά συστήματα ή το θερμό νερό κάποιου συστήματος για την τροφοδότηση του συστήματος γεωθερμίας με θερμό νερό και κατά συνέπεια για την θέρμανση του χώρου. Η πλεονάζουσα θερμότητα από την ηλιακή ενέργεια που παράγεται το καλοκαίρι μπορεί να αποθηκευτεί με την χρήση της γεωθερμικής αντλίας στο έδαφος και να επαναχρησιμοποιηθεί τους κρύους μήνες μέσω της θερμικής αντλίας. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται ο συντελεστής απόδοσης των ηλιακών συλλεκτών και διασφαλίζεται η βέλτιστη χρήση της θερμότητας.

5.2 Μελέτη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος

Στην συγκεκριμένη διπλωματική για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του γηροκομείου Ερατώ έγινε μελέτη ενός υβριδικού συστήματος που συνδυάζει φωτοβολταϊκά πάνελ και οικιστικές ανεμογεννήτριες. Σαν περιοχές εγκατάστασης επιλέχθηκαν οι ίδιες με τα προηγούμενα Κεφάλαια, οπότε το υβριδικό σύστημα που θα μελετηθεί αποτελεί έναν συνδυασμό των δύο προηγούμενων. Στην περιοχή Α γίνεται η εγκατάσταση των οικιστικών ανεμογεννητριών, ενώ στην περιοχή Β τα φωτοβολταϊκά πάνελ (Εικόνα 5.2).



Εικόνα 5.2 Τοποθεσία Εγκατάστασης

Όπως και στα προηγούμενα Κεφάλαια, γίνεται προσδιορισμός της τοποθεσίας της εγκατάστασης καθώς η τοποθεσία παίζει πολύ σημαντικό ρόλο λόγω των κλιματικών δεδομένων όπως η ηλιακή ακτινοβολία και η ταχύτητα του ανέμου, τα οποία επηρεάζουν αρκετά την απόδοση του υβριδικού συστήματος.

Στο Κεφάλαιο 3 μελετήθηκε η εγκατάσταση συστήματος ανεμογεννητριών στην περιοχή Α και αποδείχθηκε ότι το πιο σημαντικό κλιματικό δεδομένο ήταν η απόδοση του ανέμου, ενώ στο Κεφάλαιο 4 όπου μελετήθηκε η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών στην περιοχή Β, το πιο σημαντικό κλιματικό δεδομένο της εγκατάστασης ήταν η ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία.

Στην μελέτη του υβριδικού συστήματος τα κλιματικά δεδομένα έχουν σημαντικό ρόλο. Το σύστημα μπορεί να είναι υπερβολικά αποδοτικό σε κάποια περιοχή και καθόλου σε άλλη. Στην Εικόνα 5.3 αναγράφονται σε μορφή πίνακα τα κλιματικά δεδομένα του υβριδικού συστήματος όπως προκύπτουν μέσα από το λογισμικό RETScreen.

Μονάδα

Θέση κλιματολογικών δεδομένων

Τοποθεσία εγκατάστασης

Γεωγραφικό πλάτος

Γεωγραφικό μήκος

Κλιματική ζώνη

Υψόμετρο

Θερμοκρασία θέρμανσης βάσει σχεδιασμού

Θερμοκρασία ψύξης βάσει σχεδιασμού

Πλάτος (διακύμανση) θερμοκρασίας εδάφους

39,3

23,0

3A - Θερμό - Υγρό

m

°C

°C

°C

39,3

23,1

3

Οριζόμενο από τον χρήστη

NASA - Χάρτης

NASA

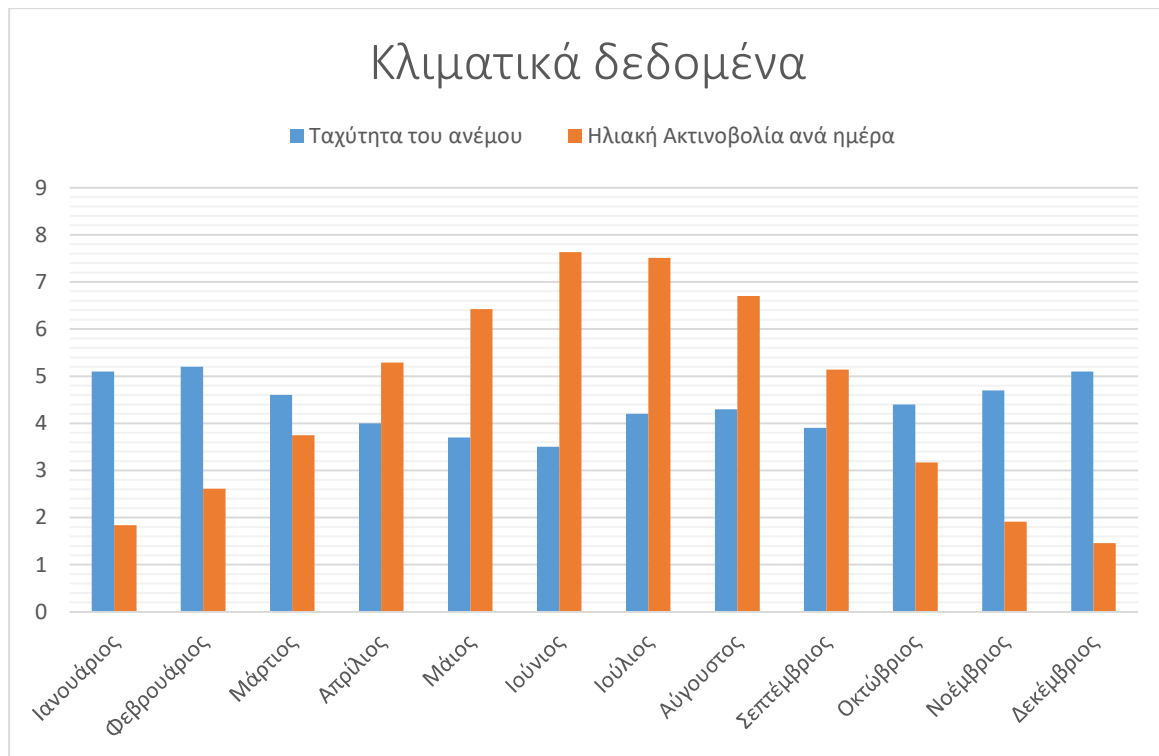
NASA

NASA

Μήνας	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Κατακρήμνιση	Ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία - Οριζόντια	Ατμοσφαιρική πίεση	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία εδάφους	Βαθμό-ημέρες θέρμανσης 18 °C	Βαθμο-ημέρες ψύξης 10 °C
	°C	%	mm	kWh/m ² /ημ	kPa	m/Δευτερόλεπτο	°C	°C-ημ	°C-ημ
Ιανουάριος	8,9	77,8%	48,36	1,84	100,4	4,7	10,5	282	0
Φεβρουάριος	9,0	76,1%	40,88	2,61	100,2	4,8	10,6	252	0
Μάρτιος	10,8	73,6%	47,43	3,74	100,1	4,3	11,9	223	25
Απρίλιος	14,2	70,0%	35,70	5,29	99,9	3,6	14,6	114	126
Μαίος	18,8	65,7%	31,93	6,42	99,9	3,1	19,2	0	273
Ιούνιος	23,6	58,6%	17,40	7,63	99,8	3,0	24,4	0	408
Ιούλιος	26,0	55,7%	17,98	7,51	99,8	3,2	26,9	0	496
Αύγουστος	26,0	57,2%	14,57	6,70	99,8	3,4	27,0	0	496
Σεπτέμβριος	22,6	61,8%	23,70	5,14	100,0	3,5	23,9	0	378
Οκτώβριος	18,2	70,2%	50,84	3,17	100,3	4,0	19,6	0	254
Νοέμβριος	13,8	76,1%	56,10	1,91	100,3	4,2	15,2	126	114
Δεκέμβριος	10,2	78,3%	57,97	1,46	100,3	4,8	11,9	242	6
Ετήσιο	16,9	68,4%	442,86	4,46	100,1	3,9	18,0	1.239	2.576
Πηγή	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA
Μετρημένο σε					m	10	0		

Εικόνα 5.3 Κλιματικά δεδομένα υβριδικού συστήματος

Από την παραπάνω εικόνα όπου αναγράφονται τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής προκύπτει το Διάγραμμα 5.1 στο οποίο αναγράφεται η ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία ανά μήνα καθώς και η ταχύτητα του ανέμου ανά μήνα. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα το σύστημα που αποτελείται μόνο από ανεμογεννήτριες είναι πιο αποδοτικό τους χειμερινούς μήνες ενώ το σύστημα που αποτελείται μόνο από Φ/Β είναι πιο αποδοτικό τους καλοκαιρινούς μήνες. Στην περίπτωση του υβριδικού συστήματος το οποίο συνδυάζει και τις δύο παραπάνω περιπτώσεις προκύπτει ότι είναι ισάξια αποδοτικό όλους τους μήνες. Αυτό συμβαίνει καθώς τους χειμερινούς μήνες στους οποίους τα φωτοβολταϊκά δεν είναι τόσο αποδοτικά λόγω χαμηλής ηλιακής ακτινοβολίας, οι ανεμογεννήτριες αποδίδουν σε μέγιστο βαθμό λόγω των υψηλών ταχυτήτων των ανέμων (πχ Ιανουάριος), ενώ τους καλοκαιρινούς μήνες όπου οι ανεμογεννήτριες αποδίδουν το ελάχιστον καθώς έχουμε χαμηλές ταχύτητες ανέμων, τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποδίδουν στο μέγιστο (πχ. Ιούνιος).



Διάγραμμα 5.1: Κλιματικά δεδομένα υβριδικού συστήματος

5.3 Οικονομική ανάλυση υβριδικού συστήματος

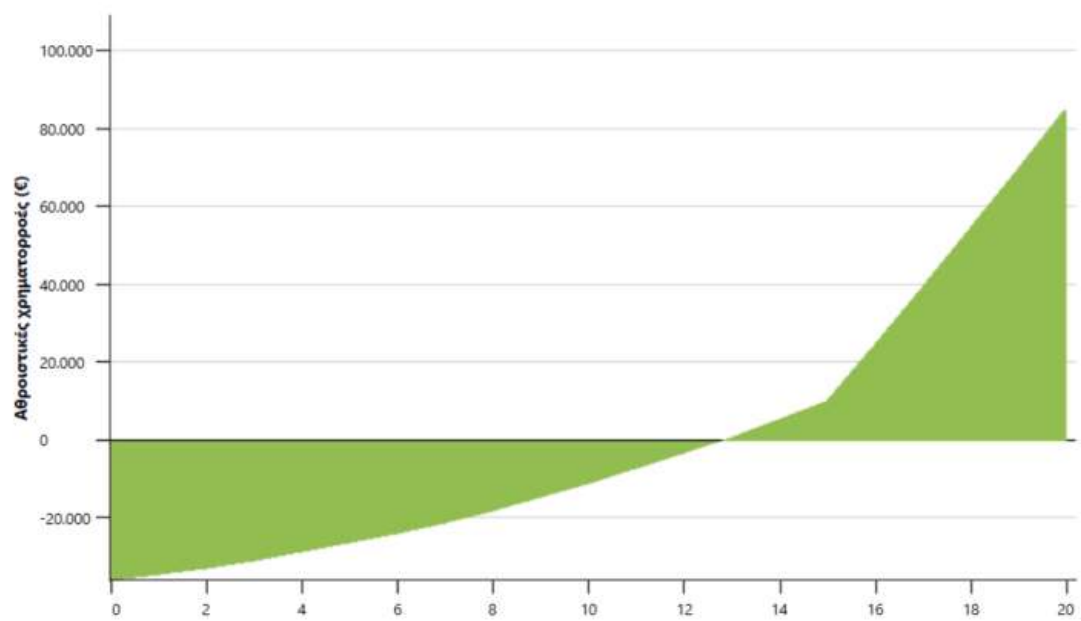
Τα δύο συστήματα που μελετήθηκαν παραπάνω έχουν διαφορετική διάρκεια απόσβεσης το κάθε ένα. Το σύστημα ανεμογεννητριών παράγει ετήσια 52,56 MWh ενώ το κόστος εγκατάσταση ανέρχεται στις 70.500 € και έχει χρόνο απόσβεσης 15 έτη. Από την άλλη το σύστημα φωτοβολταϊκών παράγει 71,7 MWh τον χρόνο, κοστίζει 49.720 € και έχει χρόνο απόσβεσης 8,4 έτη. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο σκοπός είναι η οικονομική μελέτη με βάση τον χρόνο απόσβεσης του συνολικού συστήματος.

Το υβριδικό σύστημα το οποίο αποτελείται από τις ανεμογεννήτριες στην περιοχή Α, και τα φωτοβολταϊκά στην περιοχή Β. Οπότε το υβριδικό σύστημα έχει κόστος εγκατάστασης 120.220 €. Τα ετήσια κόστη συντήρησης και λειτουργίας υπολογίζονται σε 1950 € ενώ τα έσοδα από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας φτάνουν τα 12.430 €. Σύμφωνα με την οικονομική ανάλυση του συστήματος καθώς και το Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών (Εικόνα 5.4) όπως αυτά προκύπτουν μέσα από το λογισμικό RETScreen, το σύστημα έχει χρόνο απόσβεσης 11,5 έτη.

Συμπερασματικά προκύπτει ότι η εγκατάσταση ενός υβριδικού συστήματος είναι αρκετά αποδοτική. Αρχικά μειώνεται αισθητά ο χρόνος απόσβεσης του έργου, συγκριτικά με τις ανεμογεννήτριες, ενώ μπορεί να καλύψει όλες τις ενεργειακές ανάγκες του κτηρίου κάνοντας το ένα ενεργειακά αυτόνομο κτήριο.

Κόστος Αποθηκεύσεις Έσοδο				Ετήσια χρηματοροή		
Αρχικά κόστη				Ετος	Προ-φόρων	Αθροιστικά
Αρχικό κόστος	100%	€	120.220	#	€	€
Συνολικά αρχικά κόστη	100%	€	120.220	0	-36.066	-36.066
Ετήσια χρηματοροή - Ετος 1				1	1.450	-34.616
Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους				2	1.664	-32.951
Κόστη Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)		€	1.950	3	1.882	-31.069
Πληρωμές χρέους - 15 έτη		€	9.240	4	2.105	-28.964
Συνολικά ετήσια κόστη		€	11.190	5	2.332	-26.633
Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα				6	2.563	-24.070
Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας		€	12.430	7	2.799	-21.271
Έσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ		€	0	8	3.040	-18.231
Λοιπά έσοδα (έξοδα)		€	0	9	3.285	-14.945
Έσοδα παραγωγής ΚΕ		€	0	10	3.536	-11.410
Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα		€	12.430	11	3.791	-7.618
Καθαρή ετήσια ταμειακή ροή - Ετος 1		€	1.241	12	4.052	-3.566
Οικονομική Βιωσιμότητα				13	4.318	752
(IRR) προ φόρου - μετοχές	%		9,4%	14	4.589	5.341
MIRR προ φόρου - μετοχές	%		9,3%	15	4.866	10.207
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%		0,05%	16	14.387	24.594
MIRR προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%		2,9%	17	14.675	39.269
Απλή αποπληρωμή	έτος		11,5	18	14.969	54.238
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος		12,8	19	15.268	69.506
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€		1.680	20	15.573	85.079
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/έτος		184			
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)			1			
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων			1,2			
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tn CO ₂		-2,06			
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/kWh		0,116			

Εικόνα 5.4 Οικονομική ανάλυση υβριδικού συστήματος



Εικόνα 5.5 Χρηματοροή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΛΕΙΣΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ ΜΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΓΕΩΕΝΑΛΛΑΚΤΗ

6.1 Γεωθερμική ενέργεια

Η γεωθερμία ή γεωθερμική ενέργεια είναι μια ανεξάντλητη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που άρχισε να χρησιμοποιείται πιο έντονα από τις αρχές του 19^{ου} αιώνα κυρίως με την χρήση φυσικών πηγών ή χαμηλών γεωτρήσεων. Με τα σημερινά δεδομένα και την ανάπτυξη της τεχνολογίας και της γνώσης καλύπτει πολύ μεγάλο ποσοστό των καθημερινών αναγκών τόσο σε προσωπικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο κρατών. Την συναντάμε σήμερα σε αρκετές μελέτες κυρίως για την ψύξη και την θέρμανση κτηρίων, όπως θα γίνει και παρακάτω.

Η γεωθερμική ενέργεια προέρχεται από το εσωτερικό της γης με την μορφή υγρών, αερίων ή ατμών και είναι μια φυσική πηγή ενέργειας που διαρρέει το εσωτερικό της γης προς την επιφάνεια. Η γεωθερμία χωρίζεται σε υψηλή ενθαλπία ($>150^{\circ}\text{C}$), σε μέση ενθαλπία (από 80°C έως 150°C) και σε χαμηλή (από 25°C έως 80°C). Κάθε μία χρησιμοποιείται διαφορετικά. Για παράδειγμα η γεωθερμία υψηλής ενθαλπίας χρησιμοποιείται συνήθως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η μέσης για θέρμανση ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων ενώ η χαμηλής ενθαλπίας χρησιμοποιείται κυρίως για την θέρμανση χώρων, θερμοκηπίων και παραγωγή γλυκού νερού [15].

6.2 Συστήματα άντλησης θερμότητας από το έδαφος

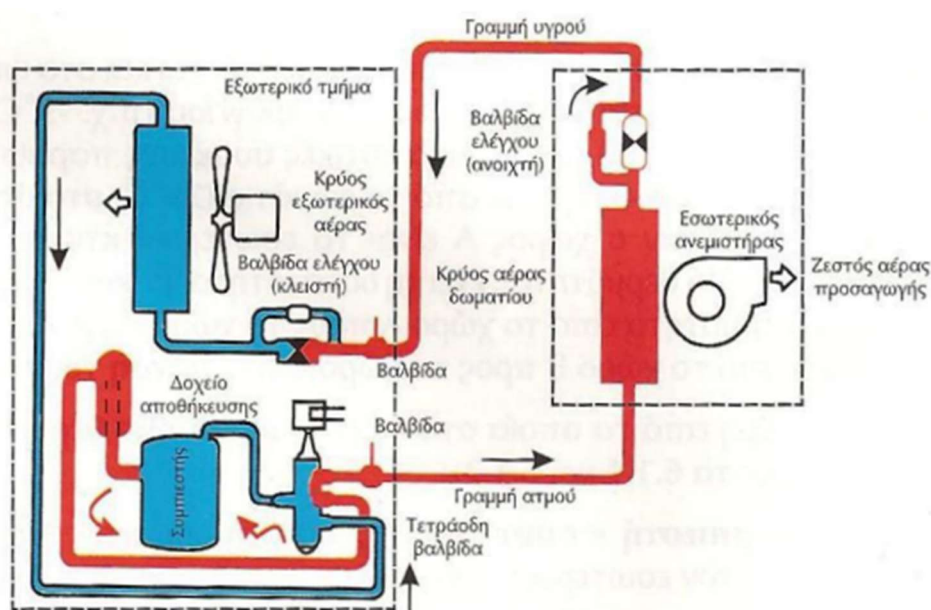
6.2.1 Τρόπος λειτουργίας γεωθερμικού συστήματος

Για την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας υπάρχουν αρκετά συστήματα άντλησης της θερμότητας από το υπέδαφος. Η γη προσφέρει μια σταθερή πηγή θερμότητας για ενεργειακές χρήσεις όπως είναι τα συστήματα γεωεναλλακτών σε συνδυασμό με τις αντλίες θερμότητας.

Η γεωθερμική αντλία θερμότητας μεταφέρει την θερμότητα μέσω σωληνώσεων στα συστήματα της εσωτερικής εγκατάστασης. Η ροή της θερμότητας γίνεται από τις υψηλότερες στις χαμηλότερες θερμοκρασίες και η αντλία θερμότητας προκαλεί ροή αντίθετη της φυσικής, δηλαδή από τις χαμηλότερες στις υψηλότερες θερμοκρασίες. Στο σύστημα που μελετάται στην παρούσα διπλωματική, όπως και στα περισσότερα συστήματα ψύξης-θέρμανσης που αφορούν κτηριακές μελέτες, η πιο διαδεδομένη αντλία θερμότητας είναι νερού-αέρα, η οποία χρησιμοποιεί έναν κύκλο συμπίεσης ατμού. Η αντλία αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Συμπιεστής
- Βαλβίδα εκτόνωσης
- Εξατμιστής
- Συμπυκνωτής

Αρχικά θα πρέπει να αναφερθεί ότι μια αντλία θερμότητας εκτελεί πάντα ψυκτικό κύκλο. Την χειμερινή περίοδο η αντλία θερμότητας χρησιμοποιείται για θέρμανση (Εικόνα 6.1).

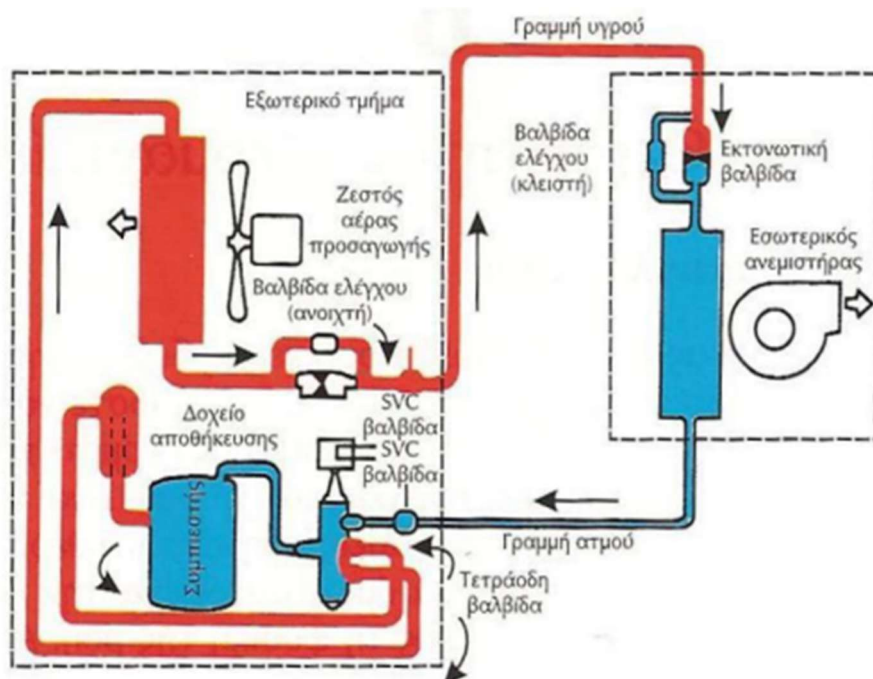


Εικόνα 6.1 Λειτουργία αντλίας θερμότητας για θέρμανση

Ο εξατμιστής της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας (ΓΑΘ) δεσμεύει την ενέργεια που απορροφά ο γεωεναλλάκτης από το έδαφος μέσω του νερού που κυκλοφορεί στο σύστημα. Στη συνέχεια ο εξατμιστής μετατρέπει το υγρό σε αέριο και το ψυκτικό μέσο που ρέει στο κλειστό κύκλωμα συμπιέζεται από τον συμπιεστή για να αυξηθεί η πίεση και η θερμοκρασία του να φτάσει στην επιθυμητή θερμοκρασία. Αργότερα με την βοήθεια του συμπυκνωτή αποβάλλει την θερμότητα που έχει αποθηκεύσει στο νερό που βρίσκεται στο κύκλωμα της εσωτερικής εγκατάστασης. Το ψυκτικό μέσο πηγαίνει στην βαλβίδα εκτόνωσης και εκτονώνεται για να επιστρέψει με την σειρά του στον εξατμιστή και να επαναληφθεί η διαδικασία από την αρχή.

Θερμότητας για θέρμανση

Τους καλοκαιρινούς μήνες που χρειαζόμαστε ψύξη στους χώρους της εγκατάστασης η διαδικασία αντιστρέφεται. Αυτό σημαίνει ότι η ΓΑΘ τραβάει την θερμότητα από το κτήριο και την διοχετεύει μέσω του γεωεναλλάκτη στο έδαφος. Στην περίπτωση αυτή ο ψυκτικός κύκλος θα είναι ο ίδιος όπως στην θέρμανση με την μόνη διαφορά τώρα ότι ο εξατμιστής λειτουργεί σαν συμπυκνωτής και το αντίστροφο (Εικόνα 6.2).



Εικόνα 6.2 Λειτουργία αντλίας θερμότητας για ψύξη

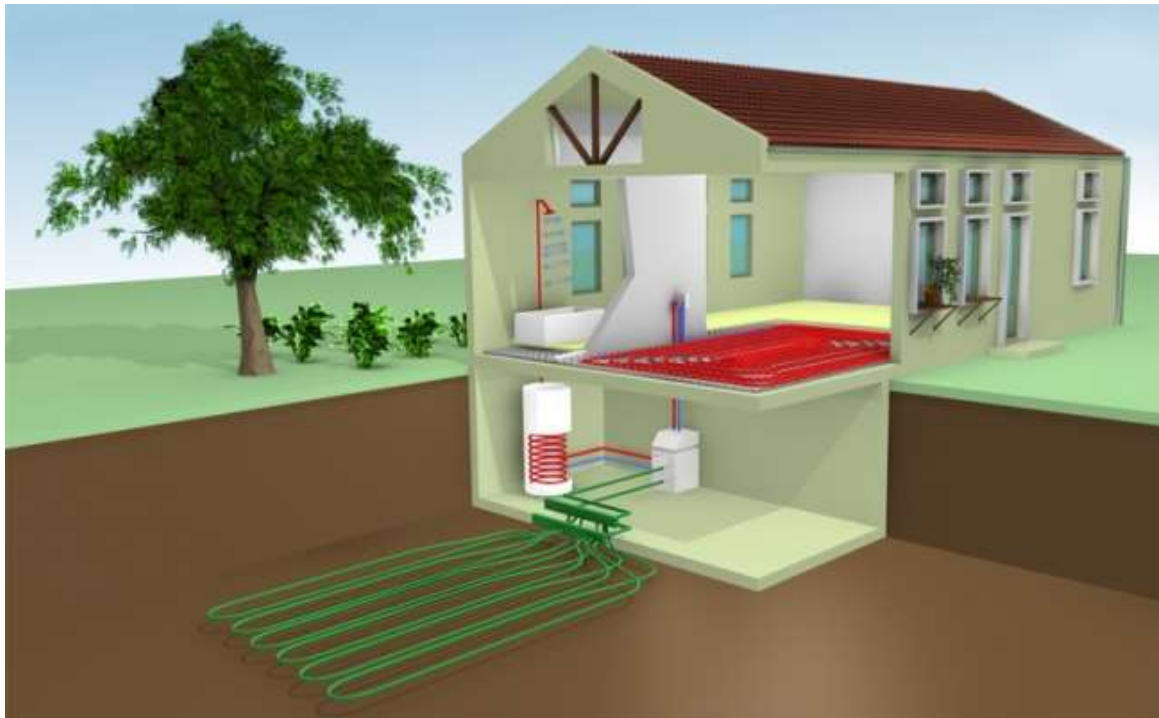
6.2.2 Τύποι συστημάτων αβαθούς γεωθερμίας

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι συστημάτων αβαθούς γεωθερμίας. Η μία κατηγορία αφορά το ανοικτό σύστημα. Στο συγκεκριμένο σύστημα το νερό αντλείται είτε μέσα από επιφανειακές πηγές όπως είναι η θάλασσα, μία λίμνη ή ένα ποτάμι, είτε από υπόγειες πηγές μέσω γεώτρησης ή πηγαδιού. Η εκμετάλλευση των υπόγειων υδάτων γίνεται με την χρήση δύο υδρογεωτρήσεων. Η μία ονομάζεται υδρογεώτρηση άντλησης η οποία αντλεί με αντλίες το νερό που βρίσκεται μέσα στον γεωεναλλάκτη και η άλλη ονομάζεται εμπλουτισμού και επιστρέφει το νερό πίσω στην πηγή του αφού πρώτα έχει γίνει απαγωγή της θερμοκρασίας του. Οι δύο αυτές γεωτρήσεις θα πρέπει να απέχουν μεταξύ τους 10m τουλάχιστον και η θερμοκρασία του νερού τουλάχιστον 10 °C. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται ένα γεωθερμικό σύστημα ανοικτού βρόγχου (Εικόνα 6.3).



Εικόνα 6.3 Γεωθερμία ανοικτού κυκλώματος

Η δεύτερη κατηγορία, είναι και αυτή που συναντιέται πιο συχνά, το κλειστό σύστημα. Στο συγκεκριμένο σύστημα σε αντίθεση με το ανοικτό χρησιμοποιούνται, αντί για υδρογεωτρήσεις, ένα κλειστό κύκλωμα αγωγών ή αλλιώς γεωεναλλάκτες μέσα στους οποίους όπως αναφέρθηκε προηγουμένως ρέει ένα διάλυμα με ψυκτικό υγρό το οποίο απορροφά ή αποβάλλει θερμότητα ανάλογα με την εποχή και τις ανάγκες και συνεχώς επανακυκλοφορεί. Για την ομαλή τροφοδοσία της αντλίας θερμότητας είναι απαραίτητος κυκλοφορητής. Εφόσον το κύκλωμα της γης και του κτηρίου είναι κλειστό, δεν παρουσιάζονται επικαθίσεις αλάτων, με αποτέλεσμα οι απαιτήσεις για συντήρηση του συστήματος να είναι μικρές. Η κατηγορία αυτή ανάλογα και με τον χώρο που υπάρχει προς εκμετάλλευση, χωρίζεται σε δύο κατηγορίες. Σε οριζόντιου και κατακόρυφου τύπου. Στου οριζόντιου τύπου οι σωληνώσεις τοποθετούνται σε μικρό βάθος από 1m έως 2.5m, σε μία ή περισσότερες στρώσεις σωλήνων και απαιτεί για την εγκατάσταση πολύ μεγάλη έκταση όπως είναι λογικό. Μία τέτοια εγκατάσταση παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.4.



Εικόνα 6.4 Γεωθερμία οριζόντιου τύπου

Η γεωθερμία κατακόρυφου τύπου (Εικόνα 6.5) επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση δύο ζευγών σωληνώσεων τύπου U σε μεγάλο βάθος που κυμαίνεται από τα 50m έως τα 130m. Το σύστημα αυτό τοποθετείται σε απόσταση 2 μέτρων από τον περιβάλλοντα χώρο ενός είδη έτοιμου ή υπό κατασκευή κτηρίου. Η απόσταση μεταξύ των γεωτρήσεων θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 6 μέτρα ενώ η απόσταση των σωληνώσεων από το δίκτυο ύδρευσης και αποχέτευσης θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 2 μέτρα για ασφάλεια και αποφυγή τυχόν βλαβών. Τα κατακόρυφα συστήματα πλεονεκτούν των οριζοντίων, γιατί δεσμεύουν μικρότερες ποσότητες επιφάνειας γης για την εγκατάστασή τους και είναι πιο σταθερά, διότι δεν επηρεάζονται σχεδόν καθόλου από τις εποχικές μεταβολές, λόγω μεγαλύτερου βάθους εγκατάστασης.



Εικόνα 6.5 Γεωθερμία κατακόρυφου τύπου

6.3 Μελέτη εφαρμογής κλειστού κυκλώματος γεωθερμίας με κατακόρυφο εναλλάκτη

6.3.1 Υπολογισμός κατανάλωσης κλιματισμού στο ήδη υπάρχον σύστημα

Στην μελέτη εφαρμογής κλειστού κυκλώματος γεωθερμίας έγινε η επιλογή του κατακόρυφου εναλλάκτη λόγω της έκτασης στην οποία βρίσκεται το γηροκομείο, καθώς η περιοχή εγκατάστασης είναι περιορισμένη. Αρχικά θα πρέπει να γίνει ο υπολογισμός της πραγματικής ηλεκτρικής κατανάλωσης που έχει το ήδη εγκατεστημένο σύστημα κλιματισμού του γηροκομείου. Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο Κεφάλαιο 2, η εγκατάσταση κλιματισμού του γηροκομείου αποτελείται από Fan Coils στα δωμάτια, από κεντρική κλιματιστική μονάδα σε κάποιους κοινόχρηστους χώρους, από κυκλοφορητές και από ψύκτη και καυστήρα, ανάλογα την εποχή.

Πιο συγκεκριμένα τους χειμερινούς μήνες η κατανάλωση που προκύπτει από την χρήση των Fan Coils για τις 167 μέρες λειτουργίας είναι 3.359,91 KW, των κυκλοφορητών είναι 211,57 KW, της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας είναι 241,942 KW και τέλος του καυστήρα είναι 1.514,128 KW. Συνολικά λοιπόν η απαιτούμενη ενέργεια του που καταναλώνουν τα συστήματά για την θέρμανση του χώρου την χειμερινή περίοδο είναι 5.327,55 KW.

Την καλοκαιρινή περίοδο και πιο συγκεκριμένα για 123 μέρες λειτουργίας οι καταναλώσεις από τα Fan Coils είναι 1960,1KW, από τους κυκλοφορητές είναι 286,4 KW, από την κεντρική κλιματιστική μονάδα είναι 178,196KW και από τον ψύκτη 17.635,125KW. Συνολικά λοιπόν η κατανάλωση για τους μήνες που χρειάζεται ψύξη των χώρων της εγκατάστασης θα είναι 20.059,821 KW. Αξίζει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι ο υπολογισμός των καταναλώσεων των συστημάτων αυτών έγινε υπολογίζοντας ότι ένα σύστημα κλιματισμού θα χρησιμοποιήσει το 100% της απόδοσής του για τις πρώτες 2 ώρες λειτουργίας ενώ για τις επόμενες η κατανάλωση του θα είναι στο μισό της συνολικής του.

6.3.2 Υπολογισμός κατανάλωσης με γεωθερμία κλειστού κυκλώματος

Στην συγκεκριμένη μελέτη θα χρησιμοποιηθεί γεωθερμία κλειστού κυκλώματος με κατακόρυφο γεωεναλλάκτη. Με βάση τις ανάγκες και τις απαιτήσεις του κτηρίου

επιλέξαμε να τοποθετήσουμε την αντλία θερμότητας CLIMAVENETA NX-NW 0552 η οποία έχει ονομαστική ισχύ για ψύξη 35,92 KW και για θέρμανση 44,14 KW (Εικόνα 6.6). Οι τιμές αυτές αφορούν την μέγιστη κατανάλωση της αντλίας θερμότητας στο 100% της απόδοσής της.



Εικόνα 6.6 Αντλία Θερμότητας CLIMAVENETA NX-NW 0552

Σύμφωνα με την αντλία θερμότητας που έχει επιλεγεί, υπολογίζεται η χρήση συνολικά 3.000 μέτρων σωλήνα διαμέτρου $\phi 40$. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το έδαφος της εγκατάστασης στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι αρκετά ευνοϊκό καθώς δεν είναι βραχώδες, ούτε έχει ποσότητες αργίλου. Υπολογίζεται ότι η σωλήνα διαμέτρου $\phi 40$ μπορεί να αποδώσει 50 watt/μέτρο. Με την χρήση ενός γεωτρύπανου θα δημιουργηθούν 15 κατακόρυφες τρύπες βάθους 100 μέτρων η κάθε μία. Στα συστήματα γεωθερμίας κατακόρυφου τύπου, σε κάθε τρύπα υπάρχει ένα ζεύγος σωληνώσεων τα οποία συνδέονται μεταξύ τους σε σχήμα U, οπότε στο σύστημα της παρούσας μελέτης σε κάθε τρύπα θα χρησιμοποιηθούν 2 σωλήνες μήκους 100 μέτρων η κάθε μία.

Για την περίοδο του καλοκαιριού, δηλαδή για την ψύξη, η απαιτούμενη ενέργεια θα υπολογιστεί με βάση την λειτουργία της αντλίας θερμότητας. Πιο συγκεκριμένα, οι υπολογισμοί γίνονται με την παραδοχή ότι η αντλία θα δουλεύει τις πρώτες δύο ώρες στο 100% και τις υπόλοιπες 8 στο 50%. Άρα με βάση αυτόν τον υπολογισμό η αντλία θα καταναλώνει ημερησίως 215,52KW ενώ για όλη την καλοκαιρινή περίοδο η κατανάλωση της θα είναι 26.508 KW. Για να βρεθεί όμως η πραγματική ηλεκτρική ισχύς της θα πρέπει

να ληφθεί υπόψιν και ο βαθμός απόδοσης (ESEER) που είναι 5,81. Οπότε καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η αντλία θερμότητας καταναλώνει ηλεκτρική ισχύ 4.562,64 KWh για τις 123 ημέρες. Τέλος για να βρεθεί η συνολική ηλεκτρική ισχύς όλου του συστήματος θα πρέπει να συνυπολογιστούν και οι καταναλώσεις των Fan Coil (1960,1 KWh), της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας (178,196KW) και των κυκλοφορητών (286,4 KW) καθώς αποτελούν και αυτά μέρος του συστήματος της γεωθερμίας κλειστού κυκλώματος. Άρα η συνολική ετήσια ηλεκτρική ισχύς είναι 6.987,336 KWh.

Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε για να βρεθεί η ηλεκτρική ισχύς και την χειμερινή περίοδο, με την μόνη διαφορά ότι τώρα ο βαθμός απόδοσης (SCOP) είναι 5,95 και η ενέργεια που καταναλώνει είναι 44,14 KWh. Συνεπώς σύμφωνα με το ίδιο σύστημα που ακολουθήθηκε προηγουμένως, η κατανάλωση για την χειμερινή περίοδο θα είναι 264,84 KWh ημερησίως, ενώ για όλη την περίοδο (167 μέρες) θα είναι 44.228,28 KWh. Λαμβάνοντας υπόψιν τον βαθμό απόδοσης, καταλήγουμε στην συνολική ηλεκτρική ισχύ που είναι 7,433,32KWh. Τέλος μαζί με τα FanCoils που έχουν ετήσια κατανάλωση 3.359,91 KWh, τους κυκλοφορητές με 211,57 KWh και την κεντρική κλιματιστική μονάδα που έχει 241,942KWh η συνολική ηλεκτρική ισχύς ανέρχεται στις 11.246,7464 KWh.

6.3.3 Κόστος κατανάλωσης ενέργειας και σύγκριση των δύο συστημάτων

Αρχικά θα υπολογιστεί το κόστος κατανάλωσης του παλιού συστήματος κλιματισμού και εν συνεχεία του συστήματος της γεωθερμίας ώστε να γίνει μία σύγκριση και να βρεθεί η βέλτιστη επιλογή για την εγκατάστασή του γηροκομείου. Θα ξεκινήσουμε υπολογίζοντας τα κόστη τους μήνες που το σύστημά μας ψύχει τους χώρους και έπειτα θα συνεχίσουμε με τους μήνες που ζεσταίνουμε τους χώρους.

Συγκεκριμένα όπως υπολογίστηκε και παραπάνω το σύστημα μας καταναλώνει την καλοκαιρινή περίοδο 20.059,821 KW. Για να βρεθεί το συνολικό κόστος θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί με την τιμή της κιλοβατώρας όπως αυτή καθορίζεται από την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), δηλ 0,13 €/kVA, άρα το συνολικό ποσό που αναλογεί στην κατανάλωση ρεύματος είναι 2.607,77 €.

Την περίοδο του χειμώνα, εκτός από το ηλεκτρικό ρεύμα θα πρέπει να υπολογιστεί και το πετρέλαιο που χρησιμοποιεί ο καυστήρας για την θέρμανση των χώρων. Για τον υπολογισμό θα χρειαστούμε τα δεδομένα από το λογισμικό 4μ (Εικόνες 6.7-6.9). Το

Θερμικό φορτίο όλων των χώρων είναι 100,74 KW. Η θερμική απόδοση για 1lt πετρελαίου είναι 11,6 και ο βαθμός απόδοσης του λέβητα είναι 0,8. Για να υπολογιστούν πόσα λίτρα πετρέλαιο θα καταναλωθούν την χειμερινή περίοδο αρκεί να διαιρέσουμε το θερμικό φορτίο με τον βαθμό απόδοσης του λέβητα και μετά να διαιρέσουμε ξανά με την θερμική απόδοση του πετρελαίου (Παρα.

ΧΩΡΟΙ	T.M.	ΝΩΠΟΣ ΑΕΡΑΣ	ΥΨΟΣ	ΠΑΡ.ΑΕΡ	ΕΝΑΛ.ΑΕΡ	ΨΥΚΤ.Φ ΟΡΤΙΟ. ΦΩΤ.	ΨΥΚΤ.Φ ΟΡΤΙΟ.Α Τ.	ΨΥΚΤ.Φ ΟΡΤΙΟ.Σ ΥΣ.	ΨΥΚΤ.Φ ΟΡΤΙΟ.Α ΕΡ	ΣΥΝΟΛΙΚ Ο.ΦΟΡΤΙΟ ΧΩΡΟΥ	ΨΥΚΤ.ΦΟ ΡΤΙΟ.ΘΕΡ ΜΟΠ	Ψ.Φ.FC U
ΔΙΚΛΙΝΟ 1	23	3,75	3	86,25	1,25	32	190	70	859,3	1413	567,3	2272,3
ΔΙΚΛΙΝΟ 2	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	1360	1068	2107,2
ΔΙΚΛΙΝΟ 3	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	1360	1068	2107,2
ΔΙΚΛΙΝΟ 4	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	1360	1068	2107,2
ΔΙΚΛΙΝΟ 5	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	1360	1068	2107,2
ΔΙΚΛΙΝΟ 6	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	1557	1265	2304,2
ΔΙΚΛΙΝΟ 7	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	978	686	1725,2
ΔΙΚΛΙΝΟ 8,9,10,11	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	777	485	1524,2
ΔΙΚΛΙΝΟ 12	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	1662	1370	2409,2
ΔΙΚΛΙΝΟ 13,14,15,16	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	1368	1076	2115,2
ΔΙΚΛΙΝΟ 17,18,19	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	1727	1435	2474,2
ΔΙΚΛΙΝΟ 20	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	975	683	1722,2
ΔΙΚΛΙΝΟ 21,22,23,24	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	788	496	1535,2
ΔΙΚΛΙΝΟ 26	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	1190	898	1937,2
ΜΟΝΟΚΛΙΝΟ 1	18,5	3,75	3	69,375	1,25	32	95	70	691,1	1333	1136	2024,1
ΜΟΝΟΚΛΙΝΟ 2	18,5	3,75	3	69,375	1,25	32	95	70	742,2	1360	1163	2102,2
ΔΩΜ.ΣΟΥΙΤΑ 1	14,76	3,75	3	55,35	1,25	21,5	95	70	551,4	2417	2230,5	2968,4
ΣΑΛ.ΣΟΥΙΤΑ 1	20	3,75	3	75	1,25	32	95	70	747,2	1265	1068	2012,2
ΔΩΜ.ΣΟΥΙΤΑ 2	14,76	3,75	3	55,35	1,25	32	95	70	934	2035	1838	2969
ΣΑΛ.ΣΟΥΙΤΑ 2	20	3,75	3	75	1,25	21,5	95	70	431,5	1227	1040,5	1658,5
ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ	113,3	3,75	3	424,875	1,25	170,6	3800	80	4233	11307	7256,4	15540
ΧΩΡΟΣ ΔΙΗΜ.	73,9	3,75	3	277,125	1,25	106,7	1615	80	2761	4982	3180,3	7743
ΥΠΟΔΟΧΗ	44,6	3,75	3	167,25	1,25	42,7	475	125	1666	2995	2352,3	4661
ΚΟΥΖΙΝΑ	53,4	3,75	3	200,25	1,25	85,4	780	1970	1995	5181	2345,6	7176
ΦΥΣΙΟΘΕΡΑΠ	19,85	3,75	3	74,4375	1,25	42,7	460	100	741,6	1629	1026,3	2370,6
ΛΟΓΙΣΤΗΡΙΟ	10,8	3,75	3	40,5	1,25	21,4	130	200	403,5	597	245,6	1000,5
ΓΡΑΦΕΙΟ ΠΡ.	9,6	3,75	3	36	1,25	21,4	130	210	358,7	565	203,6	923,7
ΚΟΙΝΟΝΙΚΗ Λ.	13,26	3,75	3	49,725	1,25	21,4	130	125	495,4	953	676,6	1448,4
ΙΑΤΡΕΙΟ ΕΞΕΤΑΣΗΣ	12,25	3,75	3	45,9375	1,25	21,4	130	0	457,7	931	779,6	1388,7
Α' ΟΡΟΦΟΣ												0
ΔΙΚΛΙΝΟ 1	23	3,75	3	86,25	1,25	32	190	70	859,3	1375	567,3	2234,3
ΔΙΚΛΙΝΟ 2,3,4,5	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	1327	1035	2074,2
ΔΙΚΛΙΝΟ 6	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	1429	1137	2176,2
ΔΙΚΛΙΝΟ 7	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	843	551	1590,2
ΔΙΚΛΙΝΟ 8,9,10,11	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	750	458	1497,2
ΔΙΚΛΙΝΟ 12	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	1629	1337	2376,2
ΔΙΚΛΙΝΟ 13,14,15,16	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	1304	1012	2051,2
ΔΙΚΛΙΝΟ 17,18,19	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	1717	1425	2464,2
ΔΙΚΛΙΝΟ 20	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	939	647	1686,2
ΔΙΚΛΙΝΟ 21,22,23,24	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	764	472	1511,2
ΔΙΚΛΙΝΟ 26	20	3,75	3	75	1,25	32	190	70	747,2	1205	913	1952,2
ΜΟΝΟΚΛΙΝΟ 1	18,5	3,75	3	69,375	1,25	32	95	70	691,1	1304	1107	1995,1
ΜΟΝΟΚΛΙΝΟ 2	18,5	3,75	3	69,375	1,25	32	95	70	747,2	1327	1130	2074,2
ΣΑΛ.ΣΟΥΙΤΑ 1	20	3,75	3	75	1,25	21,5	95	70	474,2	1327	1140,5	1801,2
ΔΩΜ.ΣΟΥΙΤΑ 1	14,76	3,75	3	55,35	1,25	32	95	70	551,4	2447	2250	2998,4
ΣΑΛ.ΣΟΥΙΤΑ 2	20	3,75	3	75	1,25	21,5	95	70	431,5	1251	1064,5	1682,5
ΔΩΜ.ΣΟΥΙΤΑ 2	14,76	3,75	3	55,35	1,25	32	95	70	934	2084	1887	3018

Εικόνα 6.7 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων

Q	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
ΧΩΡΟΙ	Θ.Φ.ΑΕΡ ΙΣΜΟΥ	Θ.Φ. FCU	Θ.Φ. ΧΩΡΟΥ	Gair(ΨΦ_F CU)=Q/ΔT	Pel_air=Gai r(ΨΦ_FCU) *0,000265(Gair (ΘΦ_fcu)	Pel_air (ΘΦfcu)	ΧΕΙΜΩΝΑΣ (167 μέρες)	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ (123 μέρες)
ΔΙΚΛΙΝΟ 1	669,1	2272,1	1603	378,72	0,10	378,68	0,10	67,24	37,23
ΔΙΚΛΙΝΟ 2	581,8	1916,8	1335	351,20	0,09	319,47	0,08	56,72	34,53
ΔΙΚΛΙΝΟ 3	581,8	1916,8	1335	351,20	0,09	319,47	0,08	56,72	34,53
ΔΙΚΛΙΝΟ 4	581,8	1916,8	1335	351,20	0,09	319,47	0,08	56,72	34,53
ΔΙΚΛΙΝΟ 5	581,8	1916,8	1335	351,20	0,09	319,47	0,08	56,72	34,53
ΔΙΚΛΙΝΟ 6	591,8	2233,8	1642	384,03	0,10	372,30	0,10	66,10	37,76
ΔΙΚΛΙΝΟ 7	581,8	2223,8	1642	287,53	0,08	370,63	0,10	65,81	28,27
ΔΙΚΛΙΝΟ 8,9,10,11	581,8	1916,8	1335	254,03	0,07	319,47	0,08	56,72	24,98
ΔΙΚΛΙΝΟ 12	581,8	2336,8	1755	401,53	0,11	389,47	0,10	69,15	39,48
ΔΙΚΛΙΝΟ 13,14,15,16	581,8	1924,8	1343	352,53	0,09	320,80	0,09	56,96	34,66
ΔΙΚΛΙΝΟ 17,18,19	581,8	1878,8	1297	412,37	0,11	313,13	0,08	55,60	40,54
ΔΙΚΛΙΝΟ 20	581,8	2222,8	1641	287,03	0,08	370,47	0,10	65,78	28,22
ΔΙΚΛΙΝΟ 21,22,23,24,25	581,8	1927,8	1346	255,87	0,07	321,30	0,09	57,05	25,16
ΔΙΚΛΙΝΟ 26	581,8	2340,8	1759	322,87	0,09	390,13	0,10	69,27	31,74
ΜΟΝΟΚΛΙΝΟ 1	538,2	2108,2	1570	337,35	0,09	351,37	0,09	62,39	33,17
ΜΟΝΟΚΛΙΝΟ 2	581,8	1916,8	1335	350,37	0,09	319,47	0,08	56,72	34,45
ΔΩΜ.ΣΟΥΙΤΑ 1	429,4	2195,4	1766	494,73	0,13	365,90	0,10	64,97	48,64
ΣΑΛ.ΣΟΥΙΤΑ 1	581,8	1916,8	1335	335,37	0,09	319,47	0,08	56,72	32,97
ΔΩΜ.ΣΟΥΙΤΑ 2	727,2	3228,2	2501	494,83	0,13	538,03	0,14	95,53	48,65
ΣΑΛ.ΣΟΥΙΤΑ 2	336	1236	900	276,42	0,07	206,00	0,05	36,58	27,18
ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ	3296	11846	8550	2590,00	0,69	1974,33	0,52	350,54	254,64
ΧΩΡΟΣ ΔΙΗΜ.	2150	7605	5455	1290,50	0,34	1267,50	0,34	225,04	126,88
ΥΠΟΔΟΧΗ	1297	4672	3375	776,83	0,21	778,67	0,21	138,25	76,37
ΚΟΥζίνα	1553	5427	3874	1196,00	0,32	904,50	0,24	160,59	117,58
ΦΥΣΙΟΘΕΡΑΠ	577,4	2415,4	1838	395,10	0,10	402,57	0,11	71,48	38,84
ΛΟΓΙΣΤΗΡΙΟ	314,2	1199,2	885	166,75	0,04	199,87	0,05	35,49	16,39
ΓΡΑΦΕΙΟ ΠΡ.	279,3	956,3	677	153,95	0,04	159,38	0,04	28,30	15,14
ΚΟΙΝΟΝΙΚΗ Λ.	385,7	1390,7	1005	241,40	0,06	231,78	0,06	41,15	23,73
ΙΑΤΡΕΙΟ ΕΞΕΤΑΣΗΣ	356,3	1413,3	1057	231,45	0,06	235,55	0,06	41,82	22,76
Α' ΟΡΟΦΟΣ		0							
ΔΙΚΛΙΝΟ 1	669,1	2209,1	1540	372,38	0,10	368,18	0,10	65,37	36,61
ΔΙΚΛΙΝΟ 2,3,4,5	581,8	1861,8	1280	345,70	0,09	310,30	0,08	55,09	33,99
ΔΙΚΛΙΝΟ 6	581,85	2168,85	1587	362,70	0,10	361,48	0,10	64,18	35,66
ΔΙΚΛΙΝΟ 7	581,8	2168,8	1587	265,03	0,07	361,47	0,10	64,18	26,06
ΔΙΚΛΙΝΟ 8,9,10,11	581,8	1861,8	1280	249,53	0,07	310,30	0,08	55,09	24,53
ΔΙΚΛΙΝΟ 12	581,8	2281,8	1700	396,03	0,10	380,30	0,10	67,52	38,94
ΔΙΚΛΙΝΟ 13,14,15,16	581,8	1868,8	1287	341,87	0,09	311,47	0,08	55,30	33,61
ΔΙΚΛΙΝΟ 17,18,19	581,8	1823,8	1242	410,70	0,11	303,97	0,08	53,97	40,38
ΔΙΚΛΙΝΟ 20	581,8	2166,8	1585	281,03	0,07	361,13	0,10	64,12	27,63
ΔΙΚΛΙΝΟ 21,22,23,24,25	581,8	1872,8	1291	251,87	0,07	312,13	0,08	55,42	24,76
ΔΙΚΛΙΝΟ 26	581,8	2285,8	1704	325,37	0,09	380,97	0,10	67,64	31,99
ΜΟΝΟΚΛΙΝΟ 1	538,2	2058,2	1520	332,52	0,09	343,03	0,09	60,91	32,69
ΜΟΝΟΚΛΙΝΟ 2	581,8	1861,8	1280	345,70	0,09	310,30	0,08	55,09	33,99
ΣΑΛ.ΣΟΥΙΤΑ 1	581,8	1861,8	1280	300,20	0,08	310,30	0,08	55,09	29,51
ΔΩΜ.ΣΟΥΙΤΑ 1	429,4	2355,4	1926	499,73	0,13	392,57	0,10	69,70	49,13
ΣΑΛ.ΣΟΥΙΤΑ 2	336	1204	868	280,42	0,07	200,67	0,05	35,63	27,57
ΔΩΜ.ΣΟΥΙΤΑ 2	727,2	3159,2	2432	503,00	0,13	526,53	0,14	93,49	49,45

Εικόνα 6.8 Υπολογισμός θερμικών φορτίων

<u>ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΕΣ</u> <u>ΙΣΟΓΕΙΟΥ</u>	Gwater l/s Χειμώνα	H (ΜΥΣ)	N (KW) Χειμώνα	Gwater l/s Καλοκαίρι	N(kw) Καλοκαίρι	χειμερινό Φορτίο Κυκλοφορητή	καλοκαιρινό φορτίο κυκλοφορητή
ΠΤΕΡΥΓΑ ΑΥΤΟΕΞ	1,433	2,000	0,040	1,381	0,039	40,208	28,554
ΠΤΕΡΥΓΑ ΜΗ ΑΥΤΟΕΞ	0,582	1,600	0,013	0,603	0,014	13,078	9,979
ΚΚΜ	0,130	1,000	0,002	0,322	0,005	1,823	3,329
ΨΥΚΤΗΣ	4,109	5,000	0,288			288,345	
ΛΕΒΗΤΑΣ	1,604	5,000	0,112			112,556	
<u>ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΕΣ</u> <u>Α' ΟΡΟΦΟΥ</u>	Gwater l/s Χειμώνα	H (ΜΥΣ)	N (KW) Χειμώνα	Gwater l/s Καλοκαίρι	N(kw) Καλοκαίρι	χειμερινό Φορτίο Κυκλοφορητή	καλοκαιρινό φορτίο κυκλοφορητή
ΠΤΕΡΥΓΑ ΑΥΤΟΕΞ	1,105	2,000	0,031	1,088	0,030	31,027	22,486
ΠΤΕΡΥΓΑ ΜΗ ΑΥΤΟΕΞ	0,575	1,600	0,013	0,588	0,013	12,915	9,717
Π.Α ΚΚΜ ΚΟΙΝΟΧΡΗΣΤΩΝ(m ³ /s)	ΨΦΚΚΜ (W) ή ΣΨΦΑΕ	ΘΦΚΚΜ ΙΣΟΓΕΙΟΥ (W)	PelΚΚΜ ΙΣΟΓΕΙΟΥ (ANEM)	Gwater ΙΣΟΓΕΙΟΥ (L/S)	Ετήσιο Φορτίο ΚΚΜ Χειμερινό	Ετήσιο Φορτίο ΚΚΜ Καλοκαιρινό	
0,241	8660,000	6743,000	0,241	0,921	241,941	178,196	
ΨΦ ΨΥΚΤΗ (Wth)=Ψφγαθ	Pel ΨΥΚΤΗ(W)	Pel ΓΑΙΟΘΕΡΜΙΚ ΗΣ (W)					
86025	28675	19116,66667					
ΘΦ ΛΕΒΗΤΑΣ(Wth)=ΘΦ ΓΑΘ	Pel ΚΑΥΣΤΗΡΑ	Ετήσιο Φορτίο Λέβητα	Ετήσιο Φορτίο Ψύκτη				
100740,45	1511,10675	1514128,964	17635125				
<u>ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ Α' ΟΡΟΦΟΥ</u>				<u>ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΙΣΟΓΕΙΟΥ</u>			
ΨΦΧfcu ΠΤΕΡΥΓΑ ΑΥΤΟΕΞ		23141,5		ΨΦΧfcu ΠΤΕΡΥΓΑ ΑΥΤΟΕΞ		29989,1	
ΨΦΧfcu ΠΤΕΡΥΓΑ ΜΗ ΑΥΤΟΕΞ		12041,2		ΨΦΧfcu ΠΤΕΡΥΓΑ ΜΗ ΑΥΤΟΕΞ		12193,2	
Θφfcu ΠΤΕΡΥΓΑ ΑΥΤΟΕΞ		22770,75		Θφfcu ΠΤΕΡΥΓΑ ΑΥΤΟΕΞ		28915,1	
Θφfcu ΠΤΕΡΥΓΑ ΜΗ ΑΥΤΟΕΞ		12299,8		Θφfcu ΠΤΕΡΥΓΑ ΜΗ ΑΥΤΟΕΞ		12631,8	

Εικόνα 6.9 Υπολογισμός ΚΚΜ, κυκλοφορητών, ψύκτη και καυστήρα

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς προκύπτει ότι θα καταναλωθούν 10.855 λίτρα. Την συγκεκριμένη χρονική περίοδο η τιμή του πετρελαίου θέρμανσης είναι 1,08 € άρα το κόστος χρήσης πετρελαίου την χειμερινή περίοδο προκύπτει να είναι 11.723,4 €. Για να υπολογιστεί το ηλεκτρικό ρεύμα, όπως και παραπάνω, αρκεί να πολλαπλασιαστεί η κατανάλωση από το σύστημα κλιματισμού την χειμερινή περίοδο με την τιμή της κιλοβατώρας. Το ποσό που προκύπτει είναι 1.462,077 €. Συνολικά τα ετήσια έξοδα μόνο για τον κλιματισμό ανέρχονται στα 13.188,08 €.

Σε ότι αφορά το σύστημα της γεωθερμίας με βάση τις καταναλώσεις που υπολογίστηκαν παραπάνω και την τιμή της κιλοβατώρας, το κόστος χρήσης τους καλοκαιρινούς μήνες είναι 908,35 € ενώ τους χειμερινούς 1.462,07 €. Συνολικά καθ' όλη την διάρκεια τους έτους το κόστος είναι 2.370,4 €. Αποδεικνύεται λοιπόν ότι η διαφορά στο είναι αισθητά μεγάλη. Για να βγει το συμπέρασμα όμως ότι το σύστημα της γεωθερμίας είναι πιο αποδοτικό, θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν και το χρονικό διάστημα που θα αποσβέσει η εγκατάσταση.

Στο συνολικό κόστος της εγκατάστασης συμπεριλαμβάνονται η αγορά αντλίας θερμότητας, γεωθερμικού εναλλάκτη, η δημιουργία ενός ψυχροστασίου, το εσωτερικό υδραυλικό δίκτυο, καθώς και η εγκατάσταση αυτοματισμών για την καλύτερη και πιο εύκολη λειτουργία. Πιο αναλυτικά, η αντλία θερμότητας κοστίζει 30.000 €, ο γεωθερμικός εναλλάκτης έχει κόστος περίπου 32.000 €, το υδραυλικό δίκτυο 18.000 € και το ψυχροστάσιο 9.000 €. Ακόμη υπολογίζεται ένα ποσό γύρω στις 4.000 € για τους αυτοματισμούς. Τέλος, προϋπολογίζεται ένα ποσό για το ειδικό συνεργείο εγκατάστασης που θα πραγματοποιήσει την εκσκαφή σε βάθος. Το ποσό αυτό ορίζεται ως 4.000 €. Συνολικά η εγκατάσταση του συστήματος μας κοστολογείτε γύρω στα 97.000 €. Η αποταμίευση που προκύπτει με το σύστημα της γεωθερμίας είναι 10.817,66 €, οπότε η απόσβεση του συστήματος προκύπτει να γίνει στα 9 χρόνια. Συνεπώς καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι με βάση την ηλεκτρική ενέργεια που εξοικονομείται και το συνολικό κόστος, το σύστημα γεωθερμίας με οριζόντιο εναλλάκτη είναι μια πού καλή επιλογή για την εγκατάσταση μας.

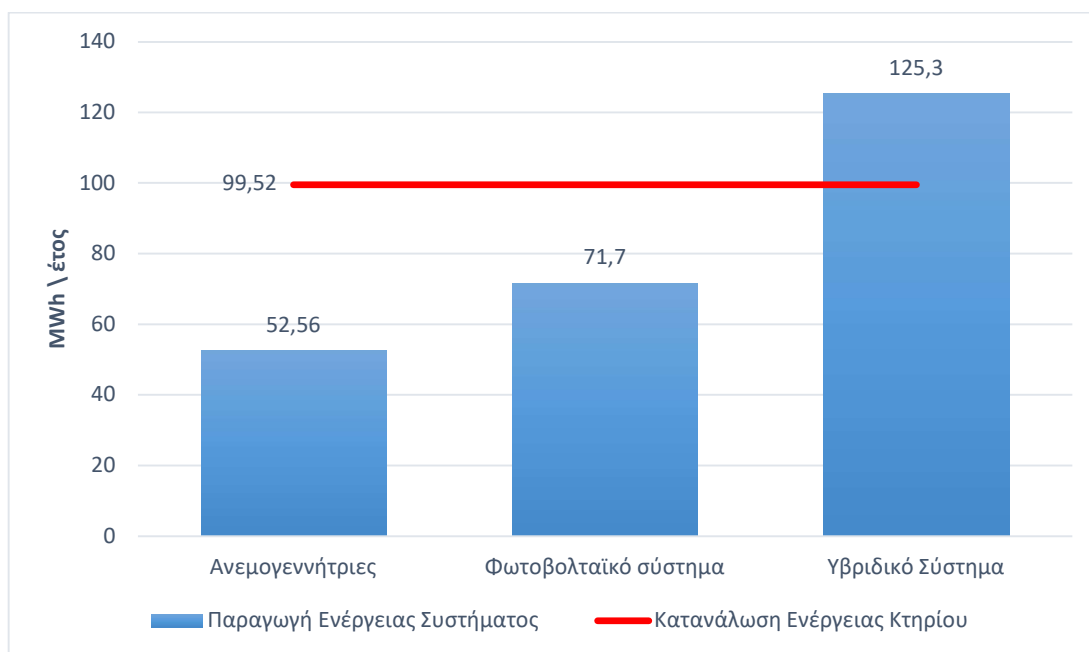
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 Σύγκριση συστημάτων που μελετήθηκαν

Στο τελευταίο κεφάλαιο της διπλωματικής γίνεται σύγκριση ανάμεσα στα συστήματα που μελετήθηκαν παραπάνω και προκύπτουν συμπεράσματα για το πιο αποδοτικό.

Στο Διάγραμμα 7.1 εμφανίζεται η παραγωγή ενέργειας των τριών συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ενώ με κόκκινη γραμμή εμφανίζεται η κατανάλωση ενέργειας του κτηρίου όπως προέκυψε από την μελέτη στο Κεφάλαιο 2.

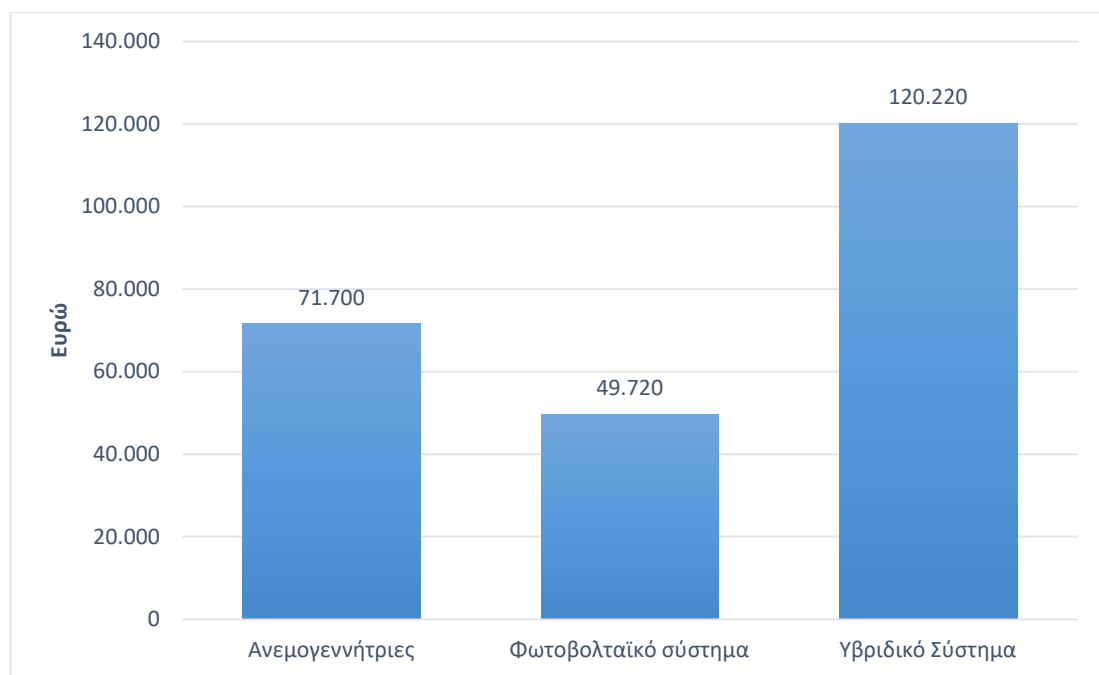


Διάγραμμα 7.1 Παραγωγή Ενέργειας Συστημάτων

Όπως προκύπτει από το παραπάνω διάγραμμα, τα συστήματα ανεμογεννητριών και το φωτοβολταϊκών δεν είναι επαρκή να καλύψουν από μόνα τους τις ανάγκες ενεργειακής κατανάλωσης του κτηρίου. Το σύστημα οικιστικών ανεμογεννητριών καλύπτει το 52,81 % των αναγκών, ενώ το φωτοβολταϊκό σύστημα το 72,04 %. Από την άλλη, το υβριδικό σύστημα μπορεί να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες του κτηρίου καθώς προκύπτει ως το σύστημα με την μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας, καλύπτει το 100 % των

αναγκών με πλεόνασμα ενέργειας 25%. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι το υβριδικό σύστημα το οποίο μελετήθηκε στο Κεφάλαιο 5, αποτελεί τον συνδυασμό των συστημάτων ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκών που μελετήθηκαν στα Κεφάλαια 3 και 4 αντίστοιχα.

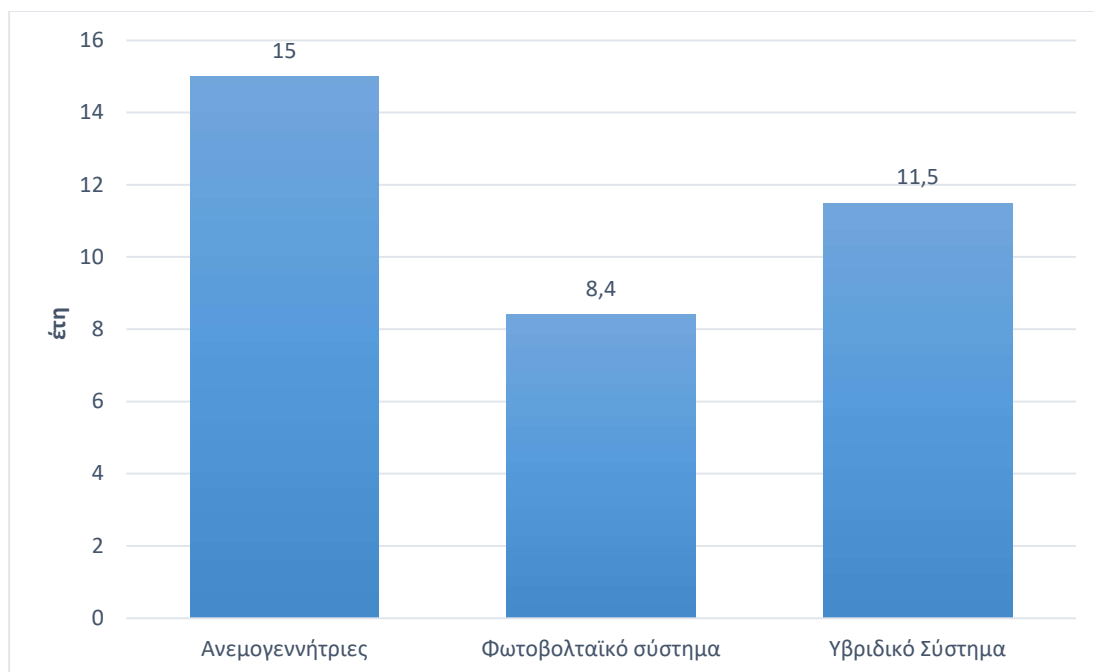
Στην συνέχεια, γίνεται σύγκριση του κόστους εγκατάστασης των παραπάνω συστημάτων, όπως προέκυψε από την μελέτη στα προηγούμενα κεφάλαια.



Διάγραμμα 7.2 Κόστος εγκατάστασης συστήματος

Από το παραπάνω διάγραμμα προκύπτει πως η πιο οικονομική εγκατάσταση αφορά το φωτοβολταϊκό σύστημα ενώ η πιο ακριβή εγκατάσταση είναι η εγκατάσταση του υβριδικού συστήματος. Αυτό όμως δεν αποτελείτο μοναδικό δεδομένο για να καθοριστεί ποιο σύστημα είναι το πιο αποδοτικό.

Τέλος, στο διάγραμμα που ακολουθεί αποτυπώνεται η σύγκριση του χρόνου απόσβεσης μεταξύ των τριών συστημάτων, η οποία προκύπτει μετά από οικονομική ανάλυση του κάθε συστήματος από εξειδικευμένα λογισμικά, τα οποία λαμβάνουν υπόψη σημαντικές παραμέτρους όπως η ετήσια παραγωγή ενέργειας, το κόστος εγκατάστασης καθώς και το ετήσιο κόστος συντήρησης κάθε συστήματος.



Διάγραμμα 7. 3 Χρόνος απόσβεσης συστημάτων

Από το τελευταίο διάγραμμα προκύπτει ότι τον πιο γρήγορο χρόνο απόσβεσης τον έχει η εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος, σε αντίθεση με την εγκατάσταση συστήματος ανεμογεννητριών η οποία έχει τον πιο αργό.

7.2 Εξαγωγή συμπερασμάτων

Στο 2^ο Κεφάλαιο της διπλωματικής υπολογίστηκε ότι η ετήσια κατανάλωση του γηροκομείου ανέρχεται, στις 99,526 MWh, λαμβάνοντας υπόψιν το ωράριο λειτουργίας του κτηρίου και την διάρκεια χρήσης κάθε χώρου ξεχωριστά με τους αντίστοιχους συντελεστές ταυτοχρονισμούς για κάθε φορτίο. Αρχικά, έγινε μελέτη εγκατάστασης οικιστικών ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκού συστήματος καταλήγοντας στα εξής συμπεράσματα:

1. Οι ανεμογεννήτριες έχουν σχετικά υψηλό κόστος εγκατάστασης με μικρό βαθμό απόδοσης καθώς παράγουν μόλις το 52,81 % της απαιτούμενης ενέργειας και έχουν τον μεγαλύτερο χρόνο απόσβεσης (15 έτη).
2. Η εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι πιο οικονομική από των ανεμογεννητριών, το σύστημα παράγει το 72,04 % της απαιτούμενης ενέργειας,

έχει σχετικά χαμηλό χρόνο απόσβεσης (8,4 έτη) όμως δεν είναι σε θέση να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες του γηροκομείου στο 100%.

Στην συνέχεια, έγινε μελέτη ενός υβριδικού συστήματος που συνδυάζει φωτοβολταϊκά πάνελ και οικιστικές ανεμογεννήτριες το οποίο αν και έχει μεγάλο κόστος εγκατάστασης και ετήσιας συντήρησης, καλύπτει όλες τις ετήσιες ενεργειακές ανάγκες του κτηρίου εξασφαλίζοντας ένα πλεόνασμα ενέργειας της τάξης του 25%, ενώ έχει χρόνο απόσβεσης μόλις τα 11,5 έτη. Τα δεδομένα αυτά το καθιστούν το πιο αποδοτικό σύστημα παραγωγής ενέργειας για το κτήριο μας.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 6 της διπλωματικής μελετήθηκε η εφαρμογή κλειστής γεωθερμίας με κατακόρυφο εναλλάκτη, με στόχο να μειωθεί η ενεργειακή κατανάλωση του κτηρίου. Από την συγκεκριμένη μελέτη συμπεραίνουμε ότι η αποταμίευση που προκύπτει με το σύστημα της γεωθερμίας είναι 10.817,66 € και η απόσβεση γίνεται στα 9 χρόνια. Συνεπώς, λαμβάνοντας υπόψιν την ηλεκτρική ενέργεια που εξοικονομείται ετήσια, το συνολικό κόστος εγκατάστασης και την αποταμίευση, το σύστημα γεωθερμίας με κατακόρυφο εναλλάκτη είναι μια πού καλή επιλογή για την εγκατάσταση μας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] «Παραγωγή ενέργειας από συμβατικά ορυκτά καύσιμα και από εναλλακτικές πηγές ενέργειας», Τσακαλάκης Κώστας, Αναπλ. Καθηγητής Ε.Μ.Π., Σχολή Μηχ. Μεταλλείων-Μεταλλουργών
- [2] “Greenhouse gas emission statistics”, Eurostat, June 2019, [Ηλεκτρονικό] Available: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Greenhouse_gas_emission_statistics
[Πρόσβαση 9 Απριλίου 2020]
- [3] «Στατιστικές για την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές» , Eurostat, Ιανουάριος 2019, [Ηλεκτρονικό],
Available: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics
[Πρόσβαση 9 Απριλίου 2020]
- [4] «Παραγωγή και εισαγωγές ενέργειας», Eurostat, Ιούνιος 2017, [Ηλεκτρονικό], Available: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_production_and_imports
[Πρόσβαση 9 Απριλίου 2020]
- [5] «Πλαίσιο πολιτικής για το κλίμα και την ενέργεια κατά την περίοδο 2020 έως το 2030», Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Βρυξέλλες, 22.1.2014, COM(2014) 15 final, Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0015&from=EN>
- [6] «Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος (Άρθρο 4, Οδηγία 27/2012/ΕΕ)», Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Αθήνα, 2014. Available: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20142207.78-93.pdf>
- [7] «Σχέδιο κανονισμού για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα των κτηρίων», Νόμος 3661, Μέτρα για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κτηρίων, ΚΕΝΑΚ.
- [8] «Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά, 2011-2012», Δελτίο τύπου, Ελληνική Στατιστική Αρχή, [Δημοσίευση: 29 Οκτωβρίου 2013]
- [9] «Καθορισμός της αδειοδοτικής διαδικασίας για την εγκατάσταση και τη σύνδεση με το δίκτυο διανομής σταθμών μικρών ανεμογεννητριών εγκατεστημένης ισχύος μικρότερης ή ίσης των 60 kW, καθώς και κάθε άλλης αναγκαίας λεπτομέρειας, με βάση την παρ. 1 του άρθρου 4 του ν. 4203/2013 (Α' 235) όπως τροποποιήθηκε με την παρ. 2 του άρθρου 50

του ν. 4546/2018 (Α' 101) και ισχύει.», Κοινή Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/74462/2976/2020 - ΦΕΚ 3150/Β/30-7-2020.

- [10] «Μελέτη – Εγκατάσταση – Λειτουργία ανεμογεννήτριας οικιακής χρήσης», Διπλωματική Εργασία, Τσούλης Γεώργιος, Πάτρα, Ιούλιος 2016.
- [11] «All about Energy», *Ιστοσελίδα*, <http://www.allaboutenergy.gr/>
[Πρόσβαση 10 Ιουνίου 2021]
- [12] «Η ιστορία των φωτοβολταϊκών», Available: <https://www.omniphos.gr/>
[Πρόσβαση 10 Ιουνίου 2021]
- [13] «Τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας», *Κατάρτιση ενεργειακών επιθεωρητών, Εκπαιδευτικό υλικό, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος*, Αθήνα, Ιούνιος 2011. Available: <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/dg2013/ktirio/DE4-Renewable%20Energy%20Sources-final.pdf>
- [14] «Τεχνοοικονομική ανάλυση υβριδικών συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας», Β. Αντωνάκη, Α. Κόκκαλης, *Μεταπτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Πειραιώς*, 2015.
- [15] “Basics of Geothermal Energy Production and Use”, Geothermal 101, Geothermal Energy Association, 2009.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΠΙΝΑΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΟΔΗΓΙΩΝ ΚΕΝΑΚ

Πίνακας Α.1 : Τυπικό ωράριο λειτουργίας κτηρίων ανά χρήση.

Βασικές Κατηγορίες Κτηρίων	Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Ώρες λειτουργίας	Ημέρες λειτουργίας ανά βδομάδα	Περίοδος λειτουργίας σε μήνες
Κατοικίας	Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματος)	18	7	12
Προσωρινής διαμονής	Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	24	7	12
	θερινής λειτουργίας	24	7	7 (Απρ.-Οκτ)
	χειμερινής λειτουργίας	24	7	7 (Σεπτ.-Απρ.)
	Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	24	7	12
	θερινής λειτουργίας	24	7	7 (Απρ.-Οκτ)
	χειμερινής λειτουργίας	24	7	7 (Σεπτ.-Απρ.)
	Οικοτροφείο και κοιτώνας	24	7	12
	Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	12	7	ανά χρήση
	Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	12	7	ανά χρήση
Συνάθροισης κοινού	Εστιατόριο	12	7	12
	Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	15	7	12
	Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	6	4	12
	Θέατρο, κινηματογράφος	7	7	12
	Χώρος συναυλιών	6	7	12
	Χώρος εκθέσεων, μουσείο	6	7	12
	Χώρος συνεδριών, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	6	5	12
	Τράπεζα	8	5	12
	Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	14	3	12

Βασικές Κατηγορίες Κτηρίων	Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Ώρες λειτουργίας	Ημέρες λειτουργίας ανά βδομάδα	Περίοδος λειτουργίας σε μήνες
Συνάθροισης κοινού	Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	14	7	12
	Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι*	ανά χρήση	ανά χρήση	ανά χρήση
	Λουτρό (κοινόχρηστο)*	ανά χρήση	ανά χρήση	ανά χρήση
Εκπαίδευσης	Νηπιαγωγείο	8	5	9(Σεπτ.-Μαϊ.)
	Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	8	5	9(Σεπτ.-Μαϊ.)
	Τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, αίθουσα διδασκαλίας	13	5	9(Σεπτ.-Ιούν.)
	Φροντιστήριο, Ωδείο	7	5	9(Σεπτ.-Μαϊ.)
Υγείας και κοινωνικής πρόνοιας	Νοσοκομείο, κλινική	24	7	12
	Αίθουσα ασθενών(δωμάτιο)	24	7	12
	Χειρουργείο (τακτικό)	8	5	12
	Εξωτερικά Ιατρεία	8	5	12
	Αίθουσες αναμονής	8	5	12
	Αγροτικό Ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, Ιατρείο	12	5	12
	Ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομείο	24	7	12
	Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός	8	5	11
Σωφρονισμού	Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	24	7	12
	Αστυνομική διεύθυνση	24	7	12
Εμπορίου	Εμπορικό κέντρο, αγορά και υπεραγορά	12	6	12
	Κατάστημα, φαρμακείο	9	6	12
	Ινστιτούτο γυμναστικής	12	6	12
	Κουρείο, κομμωτήριο	12	6	12
Γραφείων	Γραφείο	10	5	12
	Βιβλιοθήκη	6	5	12

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Θερμοκρασία [°C]		Σχετική υγρασία [%]	
	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος
Νοσοκομείο, κλινική	22	26	35	50
Αίθουσα ασθενών (δωμάτιο)	22	25	35	50
Χειρουργείο (τακτικό)	18	20	35	55
Εξωτερικά Ιατρεία	20	26	35	50
Αίθουσες αναμονής	20	26	35	50
Αγροτικό Ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο	22	26	35	50
Ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομείο	22	26	40	45
Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός	20	26	40	45
Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	20	26	40	45
Αστυνομική διεύθυνση	20	26	35	45
Εμπορικό κέντρο, αγορά, υπεραγορά	19	25	35	45
Καταστήματα, φαρμακείο	20	26	35	45
Ινστιτούτο γυμναστικής	20	26	35	45
Κουρείο, κομμωτήριο	20	26	35	45
Γραφείο	20	26	35	45
Βιβλιοθήκη	20	26	35	50

Πίνακας Α.3: Στάθμη γενικού (όχι ειδικού) φωτισμού κτηρίου αναφοράς ανά χρήση κτηρίου σύμφωνα με το EN 12464-1 2011

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Στάθμη φωτισμού [lx]	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης [m]	Δείκτης θάμβωσης UGR	Ομοιομορφία φωτισμού U_0 (min/μέση τιμή)
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	200	0,8	-	-
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	300	0,8	22	0,6
θερινής λειτουργίας	300	0,8	22	0,6
χειμερινής λειτουργίας	300	0,8	22	0,6
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	300	0,8	22	0,6
θερινής λειτουργίας	300	0,8	22	0,6
χειμερινής λειτουργίας	300	0,8	22	0,6
Οικοτροφείο και κοιτώνας	300	0,8	22	0,6
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά	250	0,8	-	-
Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	100	0,5	28	0,4
Εστιατόριο	200	0,8	-	-
Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	250	0,8	-	-
Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	100	0,8	-	-
Θέατρο, κινηματογράφος	100	0,8	25	0,4
Χώρος συναυλιών	100	0,8	25	0,4
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	200	0,8	22	0,4
Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	500	0,8	19	0,6
Τράπεζα	500	0,8	19	0,6
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	300	0,8	19	0,6
Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	300	0,5	22	0,6
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	100	0	28	0,4
Λουτρό (κοινόχρηστο)	200	0,8	25	0,4
Νηπιαγωγείο	300	0,8	19	0,6
Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμια εκπαίδευση	300	0,8	19	0,6

Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	500	0,8	19	0,6
Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Στάθμη φωτισμού [lx]	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης [m]	Δείκτης θάμβωσης UGR	Ομοιομορφία φωτισμού Uo (min/μέση τιμή)
Φροντιστήριο, ωδείο	500	0,8	19	0,6
Νοσοκομείο, κλινική	300	0,8	19	0,6
Αίθουσα ασθενών (δωμάτιο)	100	0,8	19	0,4
Χειρουργείο (τακτικό)	1000	0,8	19	0,6
Εξωτερικά Ιατρεία	500	0,8	19	0,6
Αίθουσες αναμονής	200	0,8	22	0,4
Αγροτικό Ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο	500	0,8	19	0,6
Ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομείο	300	0,8	19	0,6
Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός	300	0,8	22	0,4
Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	300	0,8	22	0,4
Αστυνομική διεύθυνση	500	0,8	19	0,6
Εμπορικό κέντρο, αγορά, υπεραγορά	300	0,8	22	0,4
Καταστήματα, φαρμακείο	500	0,8	19	0,6
Ινστιτούτο γυμναστικής	400	0,8	22	0,6
Κουρείο, κομμωτήριο	400	0,8	19	0,6
Γραφείο	500	0,8	19	0,6
Βιβλιοθήκη	500	0,8	19	0,6
Σύμφωνα με την Κ.Υ.Δ6/Β/14826/17-6-2008 "Μέτρα για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας στο δημόσιο και ευρύτερο δημόσιο τομέα"(ΦΕΚ Β' 1122) τα επίπεδα φωτισμού καθορίζονται από το EN 12464-1 και δεν επιτρέπεται υπέρβαση (προς τα πάνω) του ορίου της μέσης ελάχιστης στάθμης γενικού φωτισμού (lx) περισσότερο απο 30% αυτής. Για τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτηρίων η μέση ελάχιστη στάθμη γενικού φωτισμού (lx) δεν πρέπει να ξεπερνά περισσότερο απο το 20% αυτής.				

Πίνακας Α.4: Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (W/m^2) κτηρίου αναφοράς ανάλογα της στάθμης φωτισμού για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης

Ζώνη τεχνητού φωτισμού / Στάθμη φωτισμού [lx]	Ισχύς για κτήριο αναφοράς [W/m^2]	Ισχύς για ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτιρίων [W/m^2]
1000	32	28,0
500	16	14,0
400	12,8	11,2
300	9,6	8,4
250	8,0	7,0
200	6,4	5,6
100	3,2	2,8

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

Για τον αερισμό ενός χώρου απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο υπολογισμός της απαιτούμενης παροχής για την ανανέωση του αέρα στον χώρο:

$ΠΑ.ι \text{ (m}^3/\text{h)} = \text{παροχή αέρα ανανέωσης χώρου } i$

$ΠΑ.ι / \text{m}^2 \text{ (m}^3/\text{h m}^2 \text{)} = \text{παροχή αέρα ανανέωσης ανά δομημένη επιφάνεια χώρου } i$

Παροχή αέρα ανανέωσης για αερισμό χώρου (με βάση τη δομημένη επιφάνεια):

$ΠΑ.ι \text{ (m}^3/\text{h)} = (ΠΑ.ι / \text{m}^2 \text{ (m}^3/\text{h m}^2 \text{)}) \times \text{m}^2$

$Ψ.Φ.Χ_i \text{ (W)} = \text{ψυκτικό φορτίο χώρου } i$

$Ψ.Φ. ΑΕ_i \text{ (W)} = \text{ψυκτικό φορτίο αερισμού χώρου } i$

$\text{Συνολικό } Ψ.Φ. Χ_i \text{ (W)} = Ψ.Φ.Χ_i \text{ (W)} + Ψ.Φ. ΑΕ_i \text{ (W)}$

$Θ.Φ.Χ_i \text{ (W)} = \text{θερμικό φορτίο χώρου } i$

$Θ.Φ. ΑΕ_i \text{ (W)} = \text{θερμικό φορτίο αερισμού χώρου } i$

$\text{Συνολικό } Θ.Φ. Χ_i \text{ (W)} = Θ.Φ.Χ_i \text{ (W)} + Θ.Φ. ΑΕ_i \text{ (W)}$

$Ψ.Φ.ΚΚΜ_i \text{ (W)} = \text{ψυκτικό φορτίο χώρων που καλύπτει η κεντρική κλιματιστική μονάδα}$

$Θ.Φ.ΚΚΜ_i \text{ (W)} = \text{θερμικό φορτίο χώρων που καλύπτει η κεντρική κλιματιστική μονάδα}$

$Ψ.Φ.ΑΕ.ΚΚΜ_n \text{ (W)} = \sum_i (Ψ.Φ.Α. i)$

$Θ.Φ.ΑΕ.ΚΚΜ_n \text{ (W)} = \sum_i (Θ.Φ.Α. i)$

Όπου \sum_i = άθροισμα για χώρους i

Ηλεκτρική ισχύς εξοπλισμού κλιματισμού

$$G_{air-fcu} = Q_{ολ} / \Delta T_{in_air - out_air}$$

Όπου $Q_{ολ}$ = ισχύς FCU (W)

$\Delta T_{in_air - out_air}$ = διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας εισόδου και εξόδου του αέρα από το FCU (°C)

$$G_{air-fcu} = \text{απαιτούμενη παροχή αέρα (m}^3/\text{h)}$$

$$P_{el_FCU} = 0,000265 \text{ KW/ (m}^3/\text{h)} \times G_{air_fcu} \text{ (m}^3/\text{h)}$$

Ηλεκτρική ισχύς κυκλοφορητή

$$N = G \times H / 1024 \times \eta$$

Όπου N = ηλεκτρική ισχύς κυκλοφορητή (W)

G = παροχή δικτύου διανομής (l/s)

H = μανομετρικό ύψος δικτύου διανομής (Kpa)

η = βαθμός απόδοσης ηλεκτροκινητήρα

Ηλεκτρική ισχύς Ψύκτη

$$P_{el} = P_{αποδ_cool} / COP_{cool}$$

Ηλεκτρική ισχύς Λέβητα

$$P_{el} = 0,015 \times \Theta.Φ.Λεβ.j \text{ (W)}$$

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΡΙΩΝ

Η μέση ετήσια ισχύς που παράγει μία ανεμογεννήτρια ορίζεται από τον τύπο:

$$P = 0,5 * C_p * \rho * S * V^3$$

Όπου:

V = ταχύτητα ανέμου στο ύψος της εγκατάστασης

C_p = συντελεστής ισχύος

S = επιφάνεια σάρωσης από τα πτερύγια

ρ = η πυκνότητα του ανέμου (Σε κανονικές συνθήκες – Θερμοκρασία 25° C & πίεση 1 atm)