



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΥΤΟΝΟΜΙΑ
ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

Διπλωματική εργασία

Καβαδίας Διονύσιος

Επιβλέπων: Μαμάσης Νικόλαος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Αθήνα, Ιούλιος 2017

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής ολοκληρώνεται και ο κύκλος σπουδών μου στο τμήμα των Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Θα ήθελα λοιπόν να κάνω ιδιαίτερη αναφορά στον επιβλέποντα καθηγητή μου Νίκο Μαμάση καθώς με βοήθησε να προσεγγίσουμε το θέμα που πραγματεύεται η συγκεκριμένη εργασία. Τον ευχαριστώ ιδιαίτερα για τον χρόνο που μου αφιέρωσε και για τις πολύτιμες υποδείξεις και κατευθυντήριες γραμμές που μου έδωσε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της μελέτης.

Επειδή αυτό που μένει εκτός από τη γνώση είναι οι στιγμές, θα ήθελα να εκφράσω ένα ευχαριστώ στους ανθρώπους με τους οποίους συναντηθήκαμε στη διαδρομή αυτού του όμορφου και ταυτόχρονα σημαντικού κύκλου και δημιουργήσαμε αναμνήσεις που θα με συντροφεύουν για πάντα και θα μου θυμίζουν τα χρόνια της φοίτησής μου στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Με εκτίμηση,

Καββαδίας Διονύσης

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	i
Περίληψη	vii
Abstract.....	ix
1 Εισαγωγή	1
2 Ενεργειακές Ανάγκες Κτιρίου	3
2.1 Γενικά στοιχεία	3
2.2 Θερμικές και ψυκτικές ανάγκες Κτιρίου	5
2.3 Ανάγκη σε ηλεκτρική ενέργεια	11
3 Πηγές ενέργειας.....	14
3.1 Ηλιακή ενέργεια.....	14
3.1.1 Γενικά.....	14
3.1.2 Ηλιακή Γεωμετρία.....	15
3.1.3 Διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια στον κόσμο και στην Ελλάδα.....	17
3.2 Αιολική ενέργεια.....	19
3.2.1 Γενικά στοιχεία	19
3.2.2 Αιολικό δυναμικό στον κόσμο και την Ελλάδα.....	20
3.3 Βιομάζα.....	22
3.3.1 Γενικά στοιχεία	22
3.3.2 Αξιοποίηση βιομάζας στον κόσμο και στην Ελλάδα	24
3.4 Γεωθερμία	26
3.4.1 Κατάσταση στον κόσμο και την Ελλάδα	27
3.5 Ορυκτά καύσιμα	28
3.5.1 Κατάσταση στον κόσμο και στην Ελλάδα.....	29
4 Εφαρμογές ΑΠΕ στα κτίρια.....	31
4.1 Φωτοβολταικά	31
4.2 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα	37
4.3 Παθητικά ηλιακά συστήματα	40
4.4 Αιολικές μηχανές	43
4.5 Λέβητας Βιομάζας.....	48
5 Μελέτη Περίπτωσης	50
5.1 Γενική Περιγραφή κατοικίας	50

5.2	Καθορισμός των θερμικών αναγκών του κτιρίου	51
5.2.1	Απώλειες αγωγιμότητας	51
5.2.2	Απώλειες αερισμού	56
5.2.3	Τελικές απώλειες κατοικίας	59
5.2.4	Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση	61
5.3	Ανάγκες σε ηλεκτρισμό και κλιματισμό	64
5.4	Ανάγκες σε ζεστό νερό χρήσης.....	66
5.5	Υφιστάμενος τρόπος κάλυψης ενεργειακών αναγκών	69
5.5.1	Κάλυψη θερμικών αναγκών και ζεστό νερό χρήσης	69
5.6	Ηλιακή ενέργεια.....	70
5.6.1	Ηλιακό δυναμικό στην περιοχή της κατοικίας.....	70
5.6.2	Φωτοβολταικά	70
5.6.3	Μπαταρίες φωτοβολταικών.....	79
5.6.4	Αντιστροφέας και ρυθμιστής φόρτισης	82
5.6.5	Ηλιακοί συλλέκτες	83
5.7	Αιολική ενέργεια.....	88
5.7.1	Χωρική τοποθέτηση.....	88
5.7.2	Αιολικό δυναμικό.....	91
5.7.3	Μικρές ανεμογεννήτριες	93
5.8	Αξιοποίηση Βιομάζας	97
5.9	Επέμβαση στο κέλυφος – Αλλαγή υαλοπινάκων	101
6	Προτάσεις και Οικονομική διερεύνηση	106
6.1	Αλλαγή κουφωμάτων	106
6.2	Κάλυψη θερμικών αναγκών	107
6.3	Κάλυψη ζεστού νερού χρήσης.....	108
6.4	Κάλυψη αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια	111
6.5	Επιλεγόμενος συνδυασμός	116
6.6	Οικονομική αποτίμηση τελικού συνδυασμού και σύγκριση με υφιστάμενη κατάσταση	117
7	Σύνοψη-Συμπεράσματα & Μελλοντική Διερεύνηση	121
7.1	Σύνοψη.....	121
7.2	Συμπεράσματα	122
7.3	Μελλοντική διερεύνηση.....	123
8	Βιβλιογραφία	124
	Παράρτημα Ι – Κατόψεις κτιρίου	1

Παράρτημα II – Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών.....**5**

Παράρτημα III – Υπολογισμός Συντελεστή θερμοπερατότητας ενεργειακών
υαλοπινάκων**17**

Περίληψη

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία αποσκοπεί στον καθορισμό των ενεργειακών αναγκών που έχει μια κατοικία και την κάλυψή τους με εφαρμογές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας που θα την καθιστούν αυτόνομη.

Αρχικά δίνεται το θεωρητικό υπόβαθρο και αναλύονται οι ενεργειακές ανάγκες που έχει μια κατοικία και οι παράγοντες που την επηρεάζουν. Οι απαιτήσεις για θέρμανση, ψύξη και ηλεκτρισμό είναι οι κυριότερες που συναντώνται και για αυτό δίνεται μεγαλύτερη έμφαση σε αυτές

Εν συνεχεία γίνεται μια πρώτη αναφορά και περιγραφή στις πηγές ενέργειας τόσο ανανεώσιμες όσο και μη που χρησιμοποιούνται και που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καλύψουν τις υπάρχουσες ανάγκες. Γίνεται επίσης αναφορά και στο δυναμικό τους στον Ελλαδικό χώρο για την καλύτερη εποπτεία της διαθέσιμης προς αξιοποίηση ενέργειας αλλά και στον βαθμό εκμετάλλευσής τους τόσο εντός Ελλάδας όσο και παγκόσμια.

Εφόσον η μελέτη είναι στραμμένη στον κτιριακό τομέα, στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τα βασικά τους χαρακτηριστικά και οι τρόποι που μπορούν να προσαρμοστούν σε ένα κτίριο.

Για να μην μείνει αυτή η εργασία μόνο στο θεωρητικό κομμάτι, επιλέχθηκε ένα κτίριο(κατοικία) στην περιοχή του Διονύσου προκειμένου η μελέτη να αποκτήσει πραγματική υπόσταση. Για το κτίριο αυτό αρχικά καθορίστηκαν οι ανάγκες που έχει, και στη συνέχεια με κατάλληλες μεθοδολογίες υπολογίστηκαν οι ενεργειακές καταναλώσεις που έχει μέσα στο διάστημα του χρόνου.

Έπειτα μελετήθηκαν τρεις ανανεώσιμες πηγές οι οποίες είναι αξιοποιήσιμες στον κτιριακό τομέα, η ηλιακή ενέργεια (μέσω ενεργητικών συστημάτων και φωτοβολταϊκών), η αιολική ενέργεια και η βιομάζα. Για τις πρώτες δύο αφού καθορίστηκε η προσφερόμενη ενέργεια (δηλαδή η ηλιακή ακτινοβολία και το αιολικό δυναμικό) της περιοχής, επιλέχθηκε ανάλογο σύστημα για την παραγωγή ενέργειας. Για τη βιομάζα η διαδικασία είναι λιγότερο σύνθετη καθώς η διαθεσιμότητά της είναι σταθερή.

Κατά τη διαδικασία υπολογισμού των θερμικών φορτίων του κτιρίου παρατηρήθηκε ότι τα κουφώματα είναι σημαντικός παράγοντας για τις θερμικές απώλειες που έχει ένα κτίριο επομένως αποφασίστηκε η μελέτη επέμβασης, και αντικατάστασης των υπάρχοντων κουφωμάτων με νέα ενεργειακά κουφώματα προκειμένου να αποτιμηθεί η ανάλογη μείωση των απωλειών και η νέες τελικές καταναλώσεις σε θερμική ενέργεια. Τέλος γίνεται η επιλογή του κατάλληλου συνδυασμού των εφαρμογών ώστε εξασφαλίζεται η πλήρης αυτονομία της κατοικίας, συγκρίνοντας πάντα ενδεικτικά

κόστη κάθε εφαρμογής. Για να υπάρξει και μια σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση και τον χρόνο που θα χρειαστεί για να αποσβέσει το κόστος του το επιλεγόμενο σύστημα γίνεται μια τελική σύγκριση του υφιστάμενου με το νέο κόστος.

Applications of renewable energy systems to obtain an energy autonomous residence

Abstract

The target of the current thesis is to determine the energy needs of a residential building and examine how these can be covered with renewable energy systems, in order to make it autonomous.

At first, the appropriate theoretical background is given which is related to the project. There is a reference to the needs that an existing building has and to the factors that are related to them. Heating, cooling and electricity demands seems to be the largest ones, so more emphasis is given to them.

Secondly, there is an introduction to the sources, both renewable and conventional, that can be used to cover the energy need of a building. There are also stated the available amounts of each source not only in Greece but also in the whole world, as well as the development of their usage throughout the years.

As long as this thesis is referring to the building sector, there is an extensive reference to renewable energy systems applied to the surrounding or the envelop of a building. More specific there is a description of their main characteristics, principles of operation and possible ways that can be followed for their installation.

In order to apply this study to reality, there has been chosen an existing residence in the region of Dionysos. Firstly, there were determined the energy demands of this house taking into consideration the energy losses for the heating load and afterwards with the use of specific methodologies these demands were transformed into the annual energy consumption.

After calculating the energy needs of the building, there is investigated the way that they could be covered reclaiming the available renewable energy in the region. Photovoltaic systems, solar collectors, wind turbines and biomass are the main renewable applications that are studied. So there is an analytical estimation of the energy production of each source.

During the calculation of heating load there was noticed that windows are affecting intensively the losses of the building so there is studied the scenario of replacing them with new energy windows.

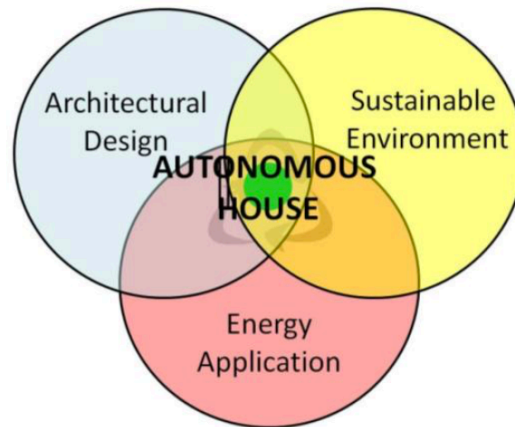
Last but not least, there is chosen a final combination of the above applications so as to make the house autonomous, taking into consideration not only the produced energy but also the indicative cost of the equipment. Comparing the cost of the existing and the proposed system there is an estimation of the years needed to deaden the initial fund.

1 Εισαγωγή

Μια κατοικία έχει κάποιες βασικές ανάγκες όπως είναι η θέρμανση, η ψύξη το μαγείρεμα, ο φωτισμός, το ζεστό νερό κλπ. Για να καλυφθούν οι ανάγκες αυτές πρέπει να καταναλωθεί ενέργεια. Η ενέργεια όμως που καταναλώνει κάθε δραστηριότητα είναι διαφορετική επομένως υπάρχει η ανάγκη ομαδοποίησής τους ανάλογα με την καταναλισκόμενη ενέργεια. Έτσι δημιουργούνται 3 βασικές ενεργειακές ανάγκες: Η ανάγκη για θέρμανση, Η ανάγκη για ψύξη και η ανάγκη για ηλεκτρισμό. Οι ανάγκες αυτές είναι άμεσα εξαρτημένες τόσο από τα στοιχεία του κτιρίου (δομικά υλικά, προσανατολισμός, γεωμετρία) όσο και από τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής του (θερμοκρασία αέρα, ταχύτητα αέρα, υψόμετρο). Περιέχουν όμως και έντονο το υποκειμενικό στοιχείο καθώς εξαρτώνται από την χρήση του κτιρίου αλλά και από τον χρήστη του. Η κάλυψη των ενεργειακών αυτών απαιτήσεων πραγματοποιείται μέσω της αξιοποίησης πηγών ενέργειας ανανεώσιμων και μη. Επομένως μια κατοικία καταναλώνει ενέργεια η οποία παρέχεται από κάποιο πάροχο ενέργειας.

Με τον όρο αυτόνομο σπίτι, ορίζεται το σπίτι του οποίου η κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών είναι ανεξάρτητη από δημόσια δίκτυα παροχής ενέργειας. Η δημιουργία μιας αυτόνομης κατοικίας εκτός από το γεγονός ότι παρέχει στον χρήστη μια ανεξαρτησία, είναι ένας τρόπος με τον οποίο αξιοποιούνται οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κάνοντας τη λειτουργία του σπιτιού, που είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα, φιλική προς το περιβάλλον. Η ιδέα του «αυτόνομου σπιτιού» ξεκίνησε το 1975 (από τον Alexander Pike) και είχε ως σκοπό την μείωση της κατανάλωσης των τοπικών πηγών ενέργειας δηλαδή την αποδέσμευση του σπιτιού από συνδέσεις αερίου, πετρελαίου, ηλεκτρισμού αξιοποιώντας της ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αλλά και τα ίδια του τα απορρίμματα. Το 1993 χτίστηκε το πρώτο αυτόνομο σπίτι (από τους Brenda and Robert Vale) το οποίο εκτός από όλα τα παραπάνω παρήγαγε ενέργεια την οποία και διέθετε στην υπόλοιπη πόλη.

Για να υλοποιηθεί όμως η ιδέα ενός αυτόνομου σπιτιού χρειάζεται τον συνδυασμό των αρχών του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, των εφαρμογών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και του αειφόρου περιβάλλοντος.

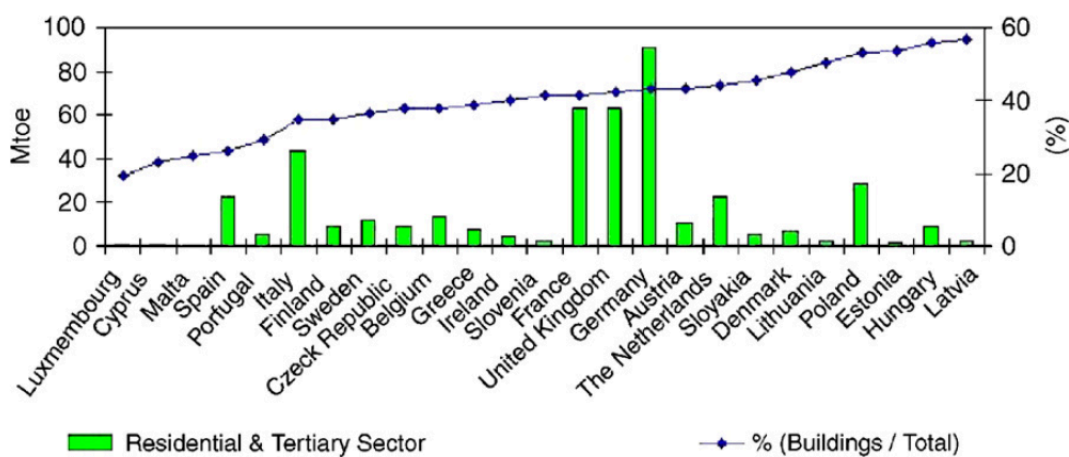


Εικόνα 1.1 Αρχές για την δημιουργία "αυτόνομον σπιτιού"
(πηγή: Chen S.Y., C.Y. Chu, M. Cheng and C.Y. Lin, 2009)

2 Ενεργειακές Ανάγκες Κτιρίου

2.1 Γενικά στοιχεία

Τη σημερινή εποχή ο κτιριακός τομέας είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρος και καταναλώνει περίπου το 40% της συνολικής ενέργειας τελικής χρήσης στην Ευρωπαϊκή Ένωση, από το οποίο το 63% το καταναλώνει ο οικιακός τομέας. Για την Ελλάδα το αντίστοιχο ποσοστό που καταναλώνει ο κτιριακός τομέας και τριτογενής τομέας είναι περί το 10%, εκ του οποίου το 40% της ενέργειας καταναλώνεται από τα κτίρια (Εικόνα 2.1).



Εικόνα2.1 Ποσοστό κτιριακού και οικιακού τομέα στην κατανάλωση ενέργειας (πηγή: Balaras C.A., A.G.Gaglia, E.Georgopoulou, S.Mirasgedis, Yiannis Sarafidis and D.P. Lalas, 2005)

Η μεγάλη αυτή κατανάλωση έχει οδηγήσει στη συνεχή έρευνα τόσο για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου με την **αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας** όσο και για την **μείωση των ενεργειακών αναγκών** της κατοικίας.

Για την πραγματοποίηση και των δυο παραπάνω σκοπών, σε πρώτο στάδιο είναι απαραίτητη η γνώση των βασικών ενεργειακών αναγκών που έχει μια σύγχρονη κατοικία και την πηγή την οποία χρησιμοποιεί για την κάλυψή τους.

Οι κυριότερες ανάγκες είναι οι εξής:

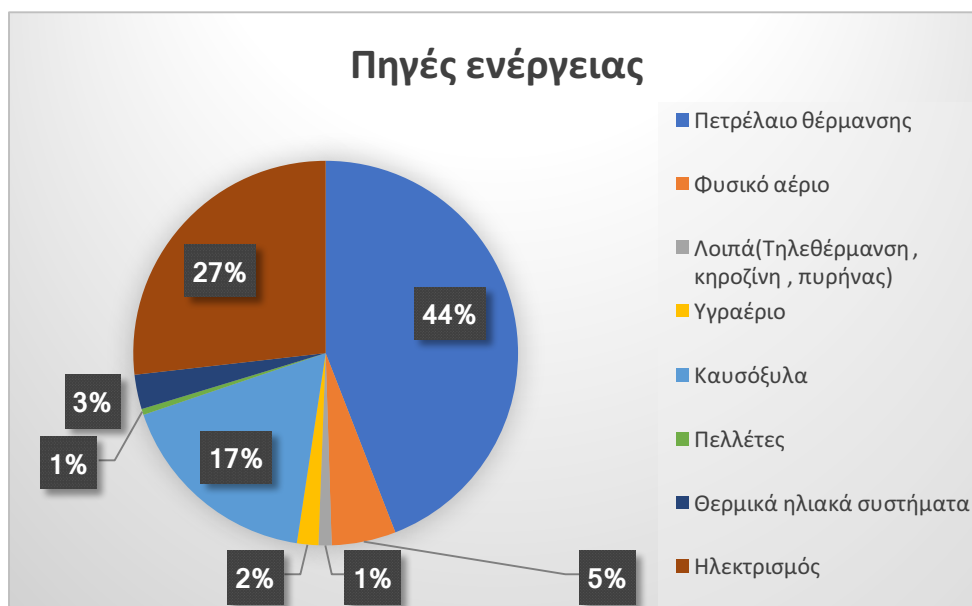
- η θέρμανση του χώρου
- η θέρμανση του νερού
- η ψύξη του χώρου
- ο φωτισμός
- η χρήση ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών συσκευών
- διάφορες άλλες ανάγκες



*Γράφημα 2.1 Ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα
(πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2013)*

Όπως είναι φανερό από το Γράφημα 2.1, η ανάγκη για θέρμανση του εσωτερικού χώρου καταναλώνει το μεγαλύτερο μέρος των οικιακών αναγκών. Η θέρμανση του χώρου σε συνδυασμός με την ενέργεια που δαπανάται για την παραγωγή ζεστού χρήσης μπορούν να θεωρηθούν ως θερμική ενέργεια, ενώ η ψύξη των χώρων, φωτισμός, ένα μέρος του μαγειρέματος και η χρήση ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών λογίζονται ως ηλεκτρική ενέργεια. Για ένα μέσο ελληνικό νοικοκυριό σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) η θερμική ενέργεια ανέρχεται στα 10244 kWh και η ηλεκτρική ενέργεια στα 3750 kWh.

Ο τρόπος κάλυψης των παραπάνω αναγκών του οικιακού τομέα αποτελεί επίσης μια σημαντική παράμετρο. Για τα ελληνικά δεδομένα, το πετρέλαιο είναι η πρώτη πηγή σε κατανάλωση καθώς καλύπτει το 44% των αναγκών, και στη συνέχεια έρχεται η χρησιμοποίηση καυσόξυλων και ο ηλεκτρισμός (Γράφημα 2.2).

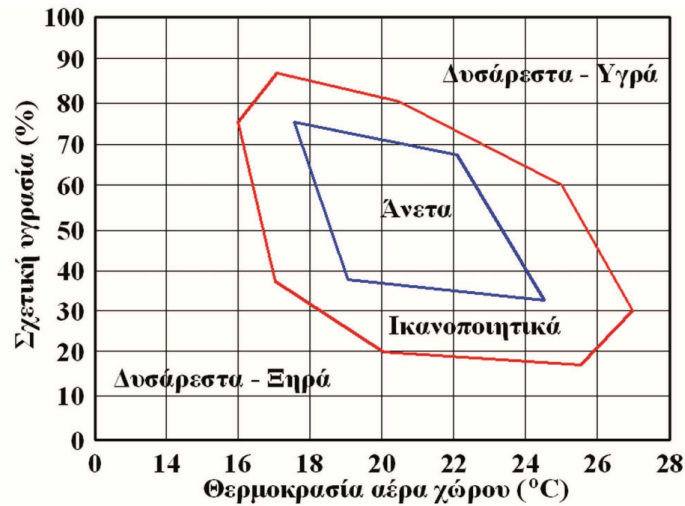


Γράφημα 2.2 Ποσοστιαία κατανομή πηγών ενέργειας (πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

2.2 Θερμικές και ψυκτικές ανάγκες Κτιρίου

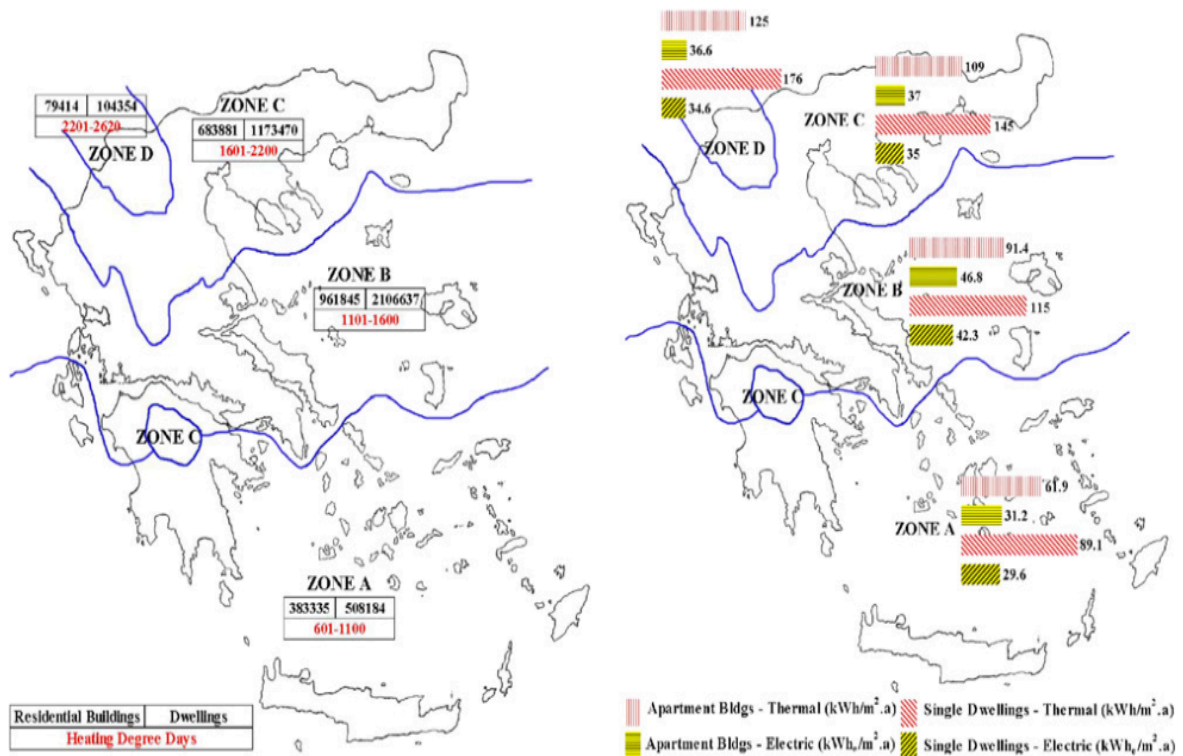
Η ανάγκη για θέρμανση του κτιρίου είναι η πρώτη ανάγκη μιας κατοικίας επομένως έχει ιδιαίτερη σημασία η κατανόηση των παραγόντων που επιδρούν σε αυτή. Η ανάγκη σε ψύξη είναι σαφώς μικρότερη, αλλά επειδή βασίζονται στις ίδιες αρχές θα εξεταστούν μαζί.

Όλα ξεκινούν από το γεγονός ότι οι χρήστες ενός κτιρίου επιθυμούν να αισθάνονται άνετα μέσα σε έναν εσωτερικό χώρο και για να γίνει αυτό θα πρέπει ο χώρος αυτός να πληροί κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τα οποία αφορούν την θερμοκρασία του ξηρού αέρα του χώρου, την υγρασία, την θερμοκρασία των στοιχείων που υπάρχουν στο εσωτερικό του χώρου και την κίνηση του αέρα. Είναι προφανές ότι τα χαρακτηριστικά αυτά είναι ανάλογα της χρήσης του κτιρίου και έχουν σε έντονο βαθμό το υποκειμενικό στοιχείο. Η θερμική άνεση είναι μια κατάσταση στο μυαλό του χρήστη κατά την οποία δεν επιθυμεί καμία αλλαγή στις συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος, και εκφράζει την ικανοποίησή του για τις συνθήκες που επικρατούν. Από την εικόνα 2.2 γίνονται αντιληπτά τα χαρακτηριστικά του χώρου ως προς τη θερμοκρασία του αέρα και την εσωτερική υγρασία τα οποία διαμορφώνουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης.

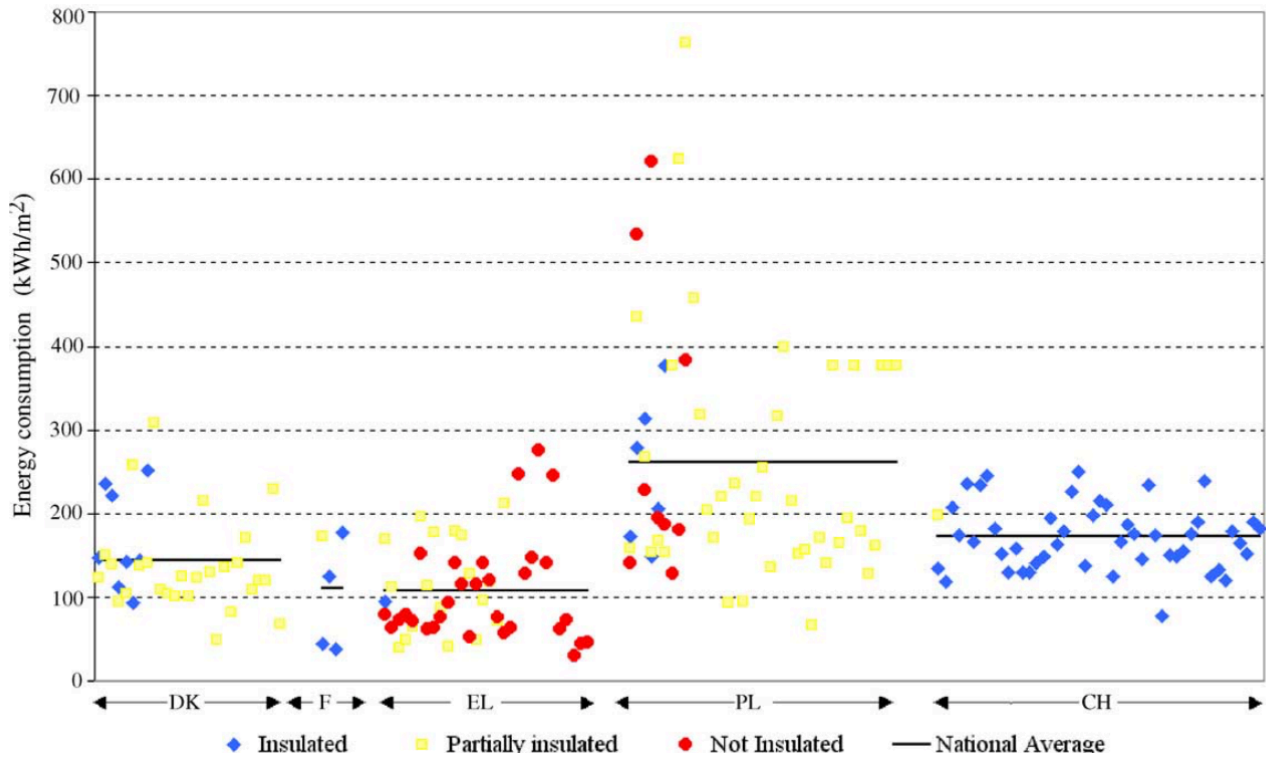


Εικόνα 2.2 Θερμική άνεση συναρτήσει υγρασίας και θερμοκρασίας αέρα χώρου
(Πηγή: Κατσαπρακάκης Δ. & Μ. Μονιάκης, 2015)

Οι συνθήκες όμως αυτές εξαρτώνται τόσο από τα κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής και της θέσης στην οποία βρίσκεται το κτίριο (Εικόνα 2.3) όσο και από τα χαρακτηριστικά του κτιριακού κελύφους (Εικόνα 2.4).



Εικόνα 2.3 Θερμική και ηλεκτρική ενέργεια ανάλογα με τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής
(πηγή: Balaras C.A., A.G.Gaglia, E.Georgopoulou, S.Mirasgedis, Yiannis Sarafidis and D.P. Lalas, 2005)



Εικόνα 2.4 Κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανά τετραγωνικό ανάλογο με την μόνωση και την περιοχή (πηγή: Balaras C.A., K. Droutsas, E. Dascalaki & S. Kontoyiannidis, 2004)

Γίνεται αντιληπτό από την Εικόνα 2.3 ότι τα ορεινά χαρακτηριστικά της περιοχής οδηγούν σε μεγαλύτερες καταναλώσεις θερμικής ενέργειας καθώς μια μονοκατοικία στην περιοχή της Αττικής που ανήκει στην κλιματική ζώνη Β καταναλώνει ετησίως 115 kWh/m² για θέρμανση ενώ μια μονοκατοικία στην περιοχή της Θεσσαλονίκης που ανήκει στην κλιματική ζώνη Γ καταναλώνει 145 kWh/m².

Σχετικά με το κτιριακό κέλυφος ένας βασικός παράγοντας στην κατανάλωση θερμικής ενέργειας είναι η θερμομόνωση. Από την εικόνα 2.4 είναι φανερό ότι ένα μη θερμομονωμένο κέλυφος έχει μεγάλη διασπορά στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές.

Ο βασικός νόμος της ροής της θερμότητας, ότι δηλαδή αυτή ρέει πάντα από τα σώματα ή τους χώρους οι οποίοι βρίσκονται σε υψηλή θερμοκρασιακή κατάσταση προς του χώρους ή σώματα που βρίσκονται σε χαμηλότερη, είναι η αρχή πάνω στην οποία βασίζεται ο καθορισμός των αναγκών σε θέρμανση και ψύξη ενός χώρου.

Οι μηχανισμοί με τους οποίους γίνεται αυτή η μετάδοση είναι τρεις:

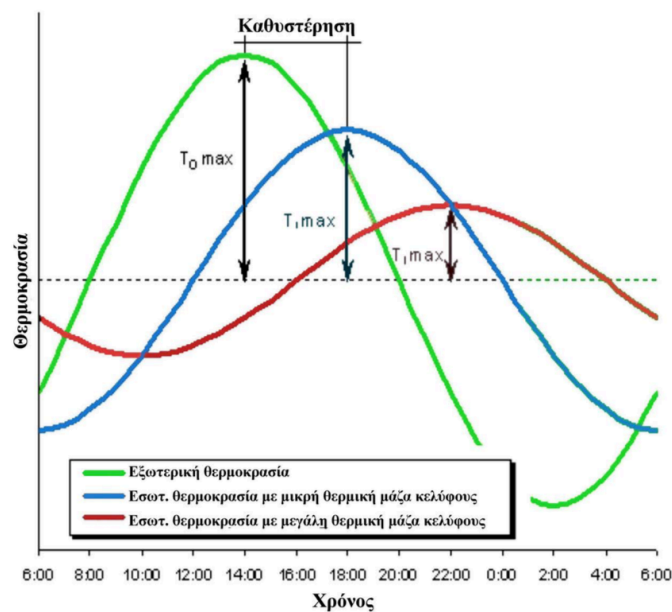
1. Η αγωγιμότητα, κατά την οποία η ροή της θερμότητας από τα θερμά στα ψυχρά σώματα γίνεται μέσω της φυσικής επαφής
2. Η ακτινοβολία, η οποία βασίζεται στην εκπομπή και την απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και μπορεί να πραγματοποιηθεί ακόμα και στο κενό.
3. Η συναγωγή, που αποτελεί μηχανισμό κατά τον οποίο η θερμότητα μεταδίδεται μέσω της ροής ενός ρευστού. Αυτή μπορεί να είναι είτε ελεύθερη ως αποτέλεσμα της διαφοράς της πυκνότητας στη μάζα του υγρού ή του αερίου είτε εξαναγκασμένη με την βοήθεια εξωτερικής δύναμης.

Έτσι λοιπόν με μια πρώτη ματιά γίνεται αντιληπτό ότι το χειμώνα οπου η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη από αυτή του εσωτερικού χώρου υπάρχει ροή θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο στο περιβάλλον. Αυτή η ροή είναι οι **θερμικές απώλειες** του κτιρίου και είναι αυτές που όπως επεξηγείται παρακάτω θα καθορίσουν το θερμικό φορτίο και τη θερμική ενέργεια που καταναλώνει ο χώρος. Το αντίστροφο φαινόμενο παρατηρείται το καλοκαίρι, δηλαδή υπάρχει ροή της θερμότητας από το εξωτερικό στο εσωτερικό περιβάλλον και έτσι δημιουργούνται θερμικά κέρδη τα οποία θα καθορίσουν με τη σειρά τους το ψυκτικό φορτίο.

Σημαντικός παράγοντας ο οποίος επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις θερμαντικές και ψυκτικές ανάγκες είναι το κτιριακό κέλυφος. Οι τρεις πιο καθοριστικές ιδιότητες των υλικών είναι:

- 1) Η θερμοπερατότητα, πρόκειται για την ποσότητα της θερμότητας που μεταφέρεται στη μονάδα του χρόνου μέσω μοναδιαίας επιφάνειας ενός δομικού στοιχείου για, όταν η διαφορά στις δυο απέναντι όψεις του ισούται με τη μονάδα. Όσο μεγαλύτερη είναι τόσο μικρότερη είναι η αντίσταση του υλικού στη μετάδοση της θερμότητας.
- 2) Η θερμοχωρητικότητα τους εκφράζει την ιδιότητα των υλικών να ανταλλάσσουν θερμότητα με το περιβάλλον όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία τους. Όταν λοιπόν ένα σώμα θερμαίνεται απορροφά και αποθηκεύει θερμότητα στη μάζα του ενώ όταν ψύχεται την αποβάλλει.
- 3) Θερμική αγωγιμότητα, είναι η ποσότητα της θερμότητας που περνά σε ένα δευτερόλεπτο μέσα από τις απέναντι πλευρές ενός κύβου πλευράς 1 m όταν η διαφορά θερμοκρασίας του υλικού διατηρείται σταθερή και ίση με 1°C. Η ιδιότητα αυτή εκφράζεται μέσα από τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και όσο μεγαλύτερος είναι τόσο μικρότερη είναι η θερμομονωτική ικανότητα του υλικού.

Η παραπάνω ιδιότητες εκτός από το γεγονός ότι καθορίζουν τις ποσότητες των ψυκτικών και θερμικών φορτίων, είναι υπεύθυνα και για κάποια φαινόμενα που διαδραματίζονται στο χώρο. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα όταν ο χώρος θερμαίνεται τα δομικά υλικά απορροφούν ένα μέρος της θερμότητας και αυξάνουν τη θερμοκρασία τους. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα όταν διακοπή η θέρμανση, η πτώση της θερμοκρασίας θα ωθήσει τα δομικά στοιχεία στην απελευθέρωση της ενέργειας που έχουν συλλέξει με αποτέλεσμα ο η θερμοκρασία του χώρου να παραμείνει για ένα χρονικό διάστημα σε ικανοποιητικά επίπεδα. Το αντίστροφο συμβαίνει το καλοκαίρι. Κατά την διάρκεια λειτουργίας του κλιματισμού, τα δομικά στοιχεία ψύχονται και αποδίδουν την θερμότητα που είχαν στο περιβάλλον με αποτέλεσμα, όταν θα διακοπεί ο κλιματισμός, η θερμοκρασία τους θα είναι χαμηλή και έτσι θα απορροφήσουν την θερμική ενέργεια του εξωτερικού περιβάλλοντος. Κατά συνέπεια, θα υπάρξει επιβράδυνση στον ρυθμό που αυξάνεται η εσωτερική θερμοκρασία. Ουσιαστικά πρόκειται για έναν ετεροχρονισμό ανάμεσα στη στιγμή που υπάρχει η μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία και στην στιγμή που η εσωτερική θερμοκρασία θα μεγιστοποιηθεί (Εικόνα 2.5). Η καθυστέρηση αυτή βέβαια εξαρτάται από το υλικό όπως φαίνεται και στον πίνακα 2.1.



Εικόνα 2.5 Χρονική υστέρηση στην απόδοση της θερμότητας στο εσωτερικό περιβάλλον (πηγή: Κατσαπρακάκης Δ. & Μ. Μονιάκης, 2015)

*Πίνακας 2.1 Χρονική υστέρηση ανάλογα με το κτιριακό κέλυφος
(πηγή: Κατσαπρακάκης Δ. & Μ. Μονιάκης, 2015)*

Υλικό και πάχος τοιχοποιίας	Παράγοντας καθυστέρησης (ώρες)
Σκυρόδεμα 250 mm	6,9
Διπλή σειρά συμπαγών τούβλων 220 mm	6,2
Κυψελωτό σκυρόδεμα 200 mm	7,0
Πλίνθοι από χώμα και άχυρα 250 mm	9,2
Συμπιεσμένο χώμα 250 mm	10,3
Πλίνθοι από συμπιεσμένο χώμα 250 mm	10,5
Αμμώδες χώμα 1.000 mm	30 ημέρες
Κάλυψη με αργιλώδες έδαφος 2.000-5.000 mm	65-165 ημέρες

Η θερμική κατανάλωση του σπιτιού εξαρτάται από τις απώλειες που έχει. Οι απώλειες αυτές χωρίζονται σε δυο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία είναι οι απώλειες μέσω αγωγιμότητας. Πρόκειται ουσιαστικά για την μεταφορά της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο στο εξωτερικό περιβάλλον μέσω των δομικών στοιχείων. Η δεύτερη κατηγορία είναι η απώλειες λόγω αερισμού, οι οποίες διακρίνονται στις απώλειες λόγω της εισόδου ψυχρού αέρα που απαιτείται για τον αερισμό του εσωτερικού χώρου και στις απώλειες διείσδυσης μέσω των χαραμάδων που υπάρχουν στην περίμετρο των ανοιγμάτων.

Το άθροισμα των παραπάνω απωλειών θα δώσει τις συνολικές απώλειες (Εικόνα 2.6) του κτιρίου.

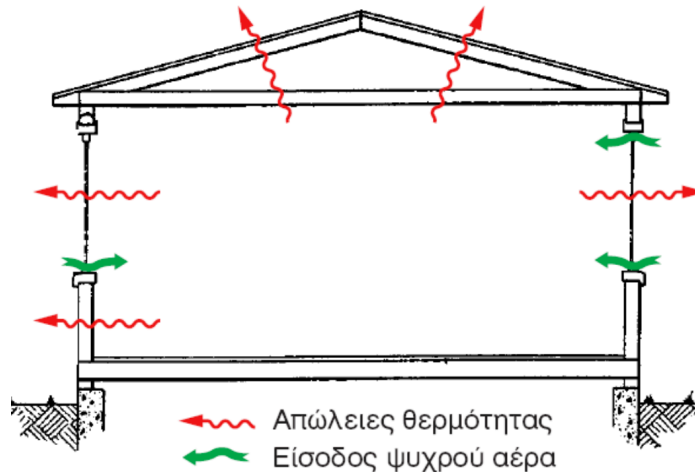
$$Q_h = Q_t + Q_L$$

Όπου:

Q_h Οι συνολικές απώλειες του κελύφους σε kW

Q_t Οι απώλειες αγωγιμότητας σε kW

Q_L Οι συνολικές απώλειες αερισμού σε kW



*Εικόνα 2.6 Απώλειες αγωγιμότητας και αερισμού
(πηγή: Κατσαπρακάκης Δ. & Μ. Μονιάκης, 2015)*

2.3 Ανάγκη σε ηλεκτρική ενέργεια

Το ηλεκτρικό φορτίο αποτελεί ιδιότητα των υποατομικών σωματιδίων και η ροή του αποτελεί το ηλεκτρικό ρεύμα. Το τελευταίο με τη σειρά του διακρίνεται σε συνεχές DC το οποίο έχει σταθερή κατεύθυνση και εναλλασσόμενο AC το οποίο αλλάζει συνεχώς την κατεύθυνσή του. Η ενέργεια που μεταφέρεται μέσω του ηλεκτρικού ρεύματος είναι η ηλεκτρική ενέργεια. Προκειμένου να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια θα πρέπει να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα και για να γίνει αυτό χρειάζεται η περιστροφή πηνίου εντός ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Το οποίο με τη σειρά του για να περιστραφεί θα πρέπει να παραχθεί μηχανικό έργο. Η παραγωγή τελικά της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να γίνει με την εκμετάλλευση διαφόρων πηγών ενέργειας όπως:

- Με ορυκτά καύσιμα
- Με πυρηνικά
- Με βιομάζα
- Με ηλιακή ενέργεια
- Με αιολική ενέργεια
- Με υδροηλεκτρική ενέργεια
- Με την κυματική ενέργεια και την ενέργεια της παλίρροιας

Στην περίπτωση των ορυκτών καυσίμων, των πυρηνικών και της βιομάζας μέσω της καύσης τους παράγεται ατμός ο οποίος περιστρέφει τον στρόβιλο και παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια ενώ στην περίπτωση της αιολικής της υδροηλεκτρικής και της κυματικής ενέργειας αυτό επιτυγχάνεται μέσα από την κίνηση του ρευστού.

Στην Ελλάδα κατά κύριο λόγο η παραγωγή γίνεται με τον λιγνίτη, ενώ οι ανανεώσιμες πηγές παραμένουν ακόμα σε σχετικά χαμηλά επίπεδα (Γράφημα 2.3).

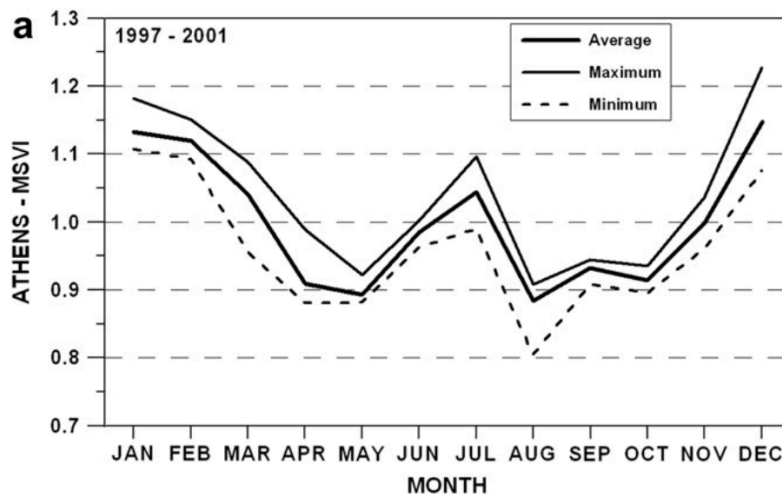


Γράφημα 2.3 Κατανομή πηγών ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα το 2014 (πηγή: <http://wdi.worldbank.org>)

Στον κτιριακό τομέα η ηλεκτρική ενέργεια είναι απαραίτητη καθώς καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών μιας κατοικίας. Τέτοιες ανάγκες είναι:

- Ο φωτισμός
- Το μαγείρεμα
- Η χρήση ηλεκτρονικών συσκευών
- Ο κλιματισμός
- Η θέρμανση
- Κ.α.

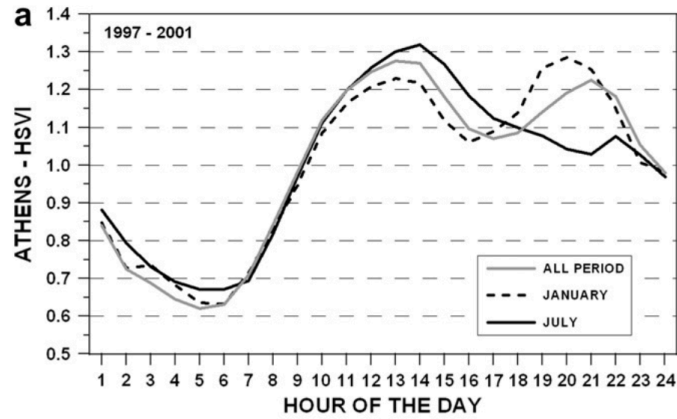
Η ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια παρουσιάζει τελείως διαφορετική συμπεριφορά από περιοχή σε περιοχή. Για χώρες όπως η Ελλάδα που υπάρχουν έντονες διακυμάνσεις στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος ανάμεσα στο καλοκαίρι και το χειμώνα, παρατηρούνται και μεγάλες διακυμάνσεις της ηλεκτρικής ζήτησης (Εικόνα 2.7).



Εικόνα 2.7 Μεταβολή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια του χρόνου

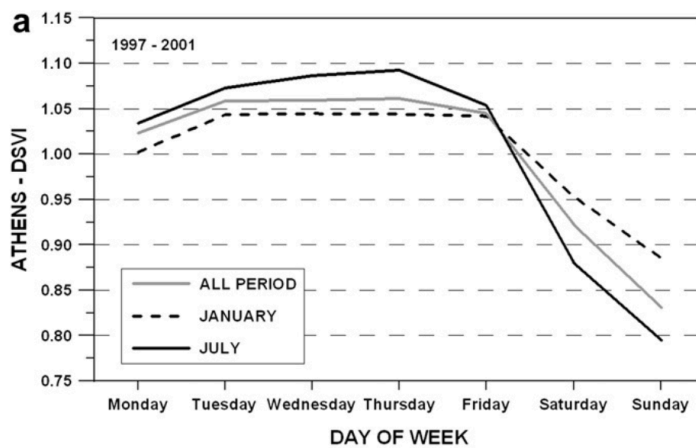
(πηγή: Psiloglou B.E., C. Giannakopoulos, S. Majithia, M. Petrakis, 2009)

Έντονη μεταβολή παρατηρείται επίσης και κατά τη διάρκεια της ημέρας καθώς τις μεσημεριανές ώρες για όλες τις περιόδους και τις βραδινές ώρες για τη χειμερινή περίοδο, παρατηρείται μέγιστο φορτίο. Αυτό εξηγείται, λαμβάνοντας υπόψη ότι τις μεσημεριανές ώρες υπάρχει έντονη δραστηριότητα στους εργασιακούς χώρους αλλά και στα σπίτια όπου προετοιμάζεται το φαγητό. Ενώ για τις βραδινές καταναλώσεις του Ιανουαρίου οφείλεται η μικρότερη διάρκεια της ημέρας που μεγαλώνει την απαίτηση σε φωτισμό (Εικόνα 2.8)



Εικόνα 2.8 Μεταβολή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια της ημέρας
(πηγή: Psiloglou B.E., C. Giannakopoulos, S. Majithia, M. Petrakis, 2009)

Τέλος σημαντική μεταβολή πραγματοποιείται και κατά τη διάρκεια της εβδομάδας καθώς τα Σαββατοκύριακα όπου ο κόσμος απουσιάζει από τους εργασιακούς χώρους σημειώνεται πτώση της ζήτησης (Εικόνα 2.9).



Εικόνα 2.9 Μεταβολή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια της ημέρας
(πηγή: Psiloglou B.E., C. Giannakopoulos, S. Majithia, M. Petrakis, 2009)

3 Πηγές ενέργειας

3.1 Ηλιακή ενέργεια

3.1.1 Γενικά

Η ηλιακή ενέργεια είναι η βασική πηγή ενέργειας και από αυτήν ουσιαστικά προκύπτουν οι υπόλοιπες μορφές. Προέρχεται από θερμοπυρηνικές αντιδράσεις που γίνονται στον πυρήνα του ήλιου και η ενέργεια μεταφέρεται στην επιφάνεια είτε μέσω ακτινοβολίας είτε μέσω κατακόρυφης μεταφοράς υδρογόνου. Η ηλιακή ακτινοβολία κατανέμεται σε διαφορετικά μήκη κύματος, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας κυμαίνεται σε μικρά μήκη κύματος περίπου 3-4 μm. Πιο συγκεκριμένα το 99% της ακτινοβολίας περιλαμβάνεται σε μήκη κύματος από 0.25 έως 4 μm ενώ στο ορατό τμήμα της ακτινοβολίας περιέχεται 46.41% ενέργεια.

Η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στη γη χωρίζεται σε δυο βασικές κατηγορίες. Την **άμεση** και την **διάχυτη** ακτινοβολία. Ως **άμεση** ορίζεται αυτή που φτάνει στην επιφάνεια της Γης με ελάχιστη ή χωρίς καθόλου σκέδαση στην ατμόσφαιρα ενώ ως **διάχυτη** ορίζεται η ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της γης αφού πρώτα έχει αλλάξει διεύθυνση μέσα από αντανάκλαση ή σκέδαση στην ατμόσφαιρα είτε ανάκλαση στην επιφάνεια της γης. (Εικόνα 3.1).

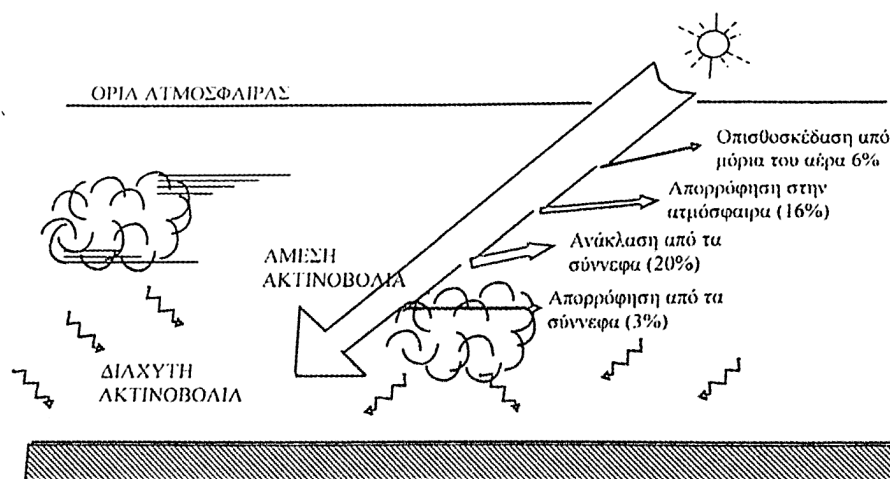
Το άθροισμά τους είναι η **ολική ακτινοβολία** που προσπίπτει σε μια επιφάνεια. Είναι ένα μέγεθος ιδιαίτερα μεταβλητό και οι κυριότεροι παράγοντες που την επηρεάζουν είναι:

- το ύψος του ήλιου
- το γεωγραφικό μήκος και πλάτος του τόπου
- το υψόμετρο του τόπου
- η κλίση της επιφάνειας
- η απόσταση ήλιου – γης
- η απόκλιση του ηλίου
- η απορρόφηση και διάχυση στην ατμόσφαιρα
- τη λευκαύγεια του εδάφους, που αποτελεί τον συντελεστή ανάκλασης της επιφάνειας
- τη νέφωση

Αξίζει να σημειωθεί ότι η ηλιακή ακτινοβολία φτάνει χωρίς σχεδόν καθόλου απώλειες στα όρια της ατμόσφαιρας όμως με την είσοδο της σε αυτή σημειώνονται σημαντικές απώλειες. Βασική παράμετρος είναι η καθαρότητα της ατμόσφαιρας και η παρουσία νεφών. Μια νεφελώδης ατμόσφαιρα επηρεάζει την άμεση κατά κύριο λόγο, η οποία

μπορεί και να μηδενιστεί, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι δεν θα υπάρχει ακτινοβολία καθώς σε αυτήν την περίπτωση η ολική θα ισούται με τη διάχυτη ακτινοβολία.

Έτσι λοιπόν όσο πιο καθαρή είναι η ατμόσφαιρα τόσο πιο μεγάλη είναι η ηλιακή ακτινοβολία καθώς σε αυτήν την περίπτωση είναι πολύ αυξημένη η άμεση ακτινοβολία.



Εικόνα 3.1 Άμεση και Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία
(πηγή: Μπαλάρας Κ.Α., 2006)

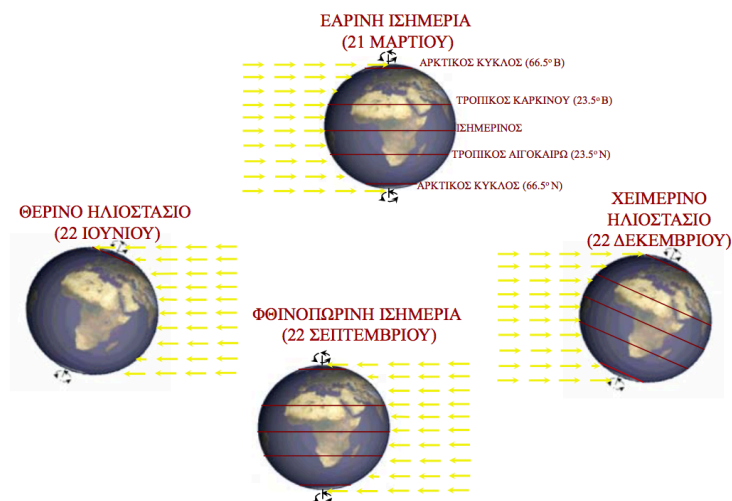
Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας που φτάνει στο έδαφος επιτυγχάνεται με δυο τύπους συστημάτων.

- **Τα ενεργητικά ηλιακά** συστήματα τα οποία είναι συστήματα που περιλαμβάνουν ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό για τη θέρμανση και το δροσισμό του εσωτερικού χώρου
- **Τα παθητικά ηλιακά** συστήματα τα οποία είναι τεχνικές και κατασκευές που προσαρμόζονται κατάλληλα στα κτήρια προκειμένου να επιτύχουν την καλύτερη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για το δροσισμό και τη θέρμανση των εσωτερικών χώρων

3.1.2 Ηλιακή Γεωμετρία

Για την εξεύρεση της ηλιακής ακτινοβολίας, και κατά συνέπεια της ηλιακής ενέργειας, είναι απαραίτητη η κατανόηση της σχετικής κίνησης μεταξύ ήλιου και γης. Η κίνηση αυτή αναλύεται στην περιφορά της γης σε ελλειπτική τροχιά γύρω από τον ήλιο και στην περιστροφή της γύρω από τον πολικό της άξονα. Η πρώτη κίνηση, γίνεται με μεταβλητή ταχύτητα και απόσταση και διαρκεί 365.24 μέρες. Η δεύτερη κίνηση πραγματοποιείται με την περιστροφή της γης γύρω από τον άξονά της με 15° ανά ώρα και ολοκληρώνεται σε 24 ώρες.

Η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του ισημερινού και της ελλειπτικής τροχιάς μεταβάλλεται με την εποχή. Η διακύμανσή της είναι από -23.45° έως $+23.45^\circ$ και μηδενίζεται δυο φορές μια στις 21 Μαρτίου και μια στις 21 Σεπτεμβρίου, όπου έχουμε την εαρινή και χειμερινή ισημερία αντίστοιχα (Εικόνα 3.2).

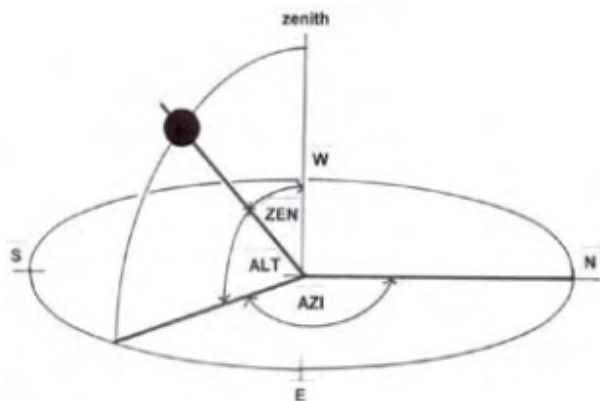


*Εικόνα 3.2 Κίνηση της γης γύρω από τον ήλιο
(πηγή: σημειώσεις Ενεργειακής Τεχνολογίας mycourses)*

Εκτός όμως την σχετική αυτή κίνηση ήλιου-γης, ένας ακόμα σημαντικός είναι το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Το γεωγραφικό πλάτος μια περιοχής είναι η γωνία μεταξύ του ισημερινού και του επιπέδου που ενώνει το κέντρο της γης με το σημείο που βρίσκεται η περιοχή.

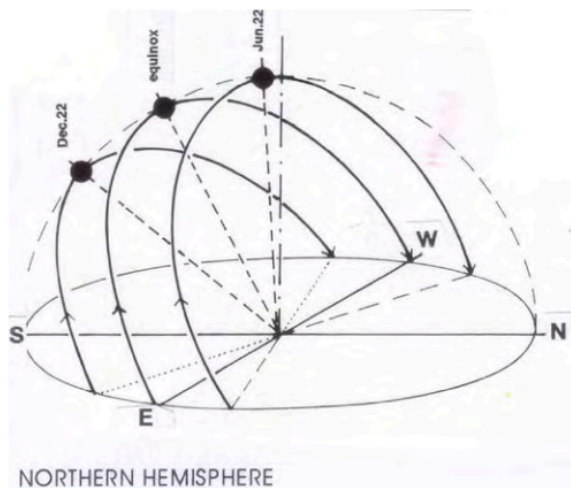
Αν θεωρήσουμε ότι το σημείο που βρίσκεται μια περιοχή στην γη είναι και το κέντρο του κόσμου, τότε το οριζόντιο επίπεδο που σχηματίζεται μπορεί να θεωρηθεί ως κυκλικό και ο ουράνιος θόλος ως ημισφαιρικός. Με βάση αυτήν την θεωρία καθορίζονται τρεις ακόμα σημαντικοί παράμετροι (Εικόνα 3.3):

- το ηλιακό ύψος (ALT), ορίζεται στο κατακόρυφο επίπεδο ως η γωνία μεταξύ της κατεύθυνσης της ηλιακής ακτινοβολίας και του οριζόντιου επιπέδου.
- η αζιμούθια γωνία (AZI) η οποία ορίζεται ως η γωνία που σχηματίζει η θέση του ήλιου στο οριζόντιο επίπεδο. (0° Βορρά, 90° στην Ανατολή, 180° στο Νότο και 270° στη Δύση)
- η ζενιθιακή γωνία (ZEN), η οποία είναι η συμπληρωματική του ηλιακού ύψους.



*Εικόνα 3.3 Ηλιακή γεωμετρία
(πηγή: Szokolay V., 2007)*

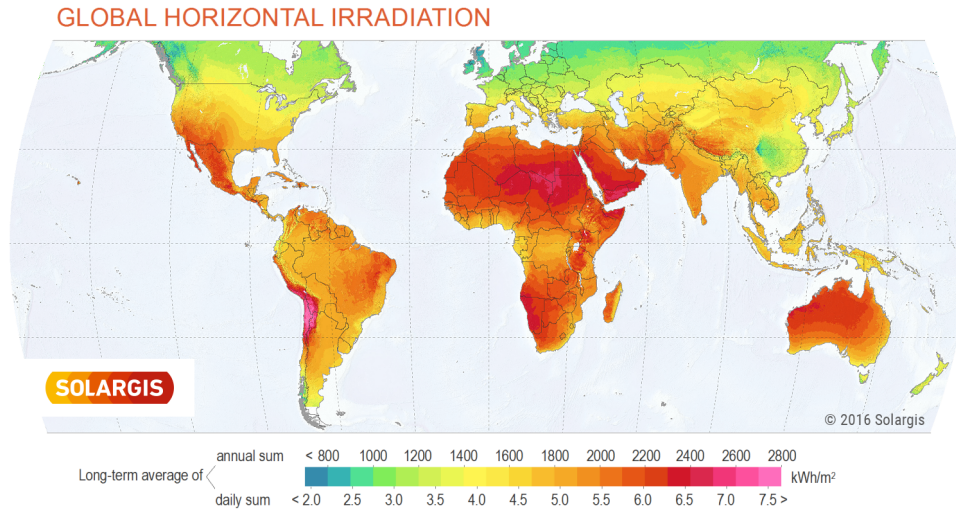
Η μέγιστη δυνατή αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι όταν οι ακτίνες πέφτουν κάθετα σε μια επιφάνεια. Σύμφωνα και με την εικόνα 3.4, για να γίνει αυτό το καλοκαίρι θέλουμε μικρότερες κλίσεις ως προς το οριζόντιο επίπεδο και το χειμώνα μεγαλύτερες κλίσεις, προκειμένου η επιφάνεια να προσεγγίζει την ζητούμενη καθετότητα.



*Εικόνα 3.4 Ενδεικτικές θέσεις ήλιου
(πηγή: Szokolay V., 2007)*

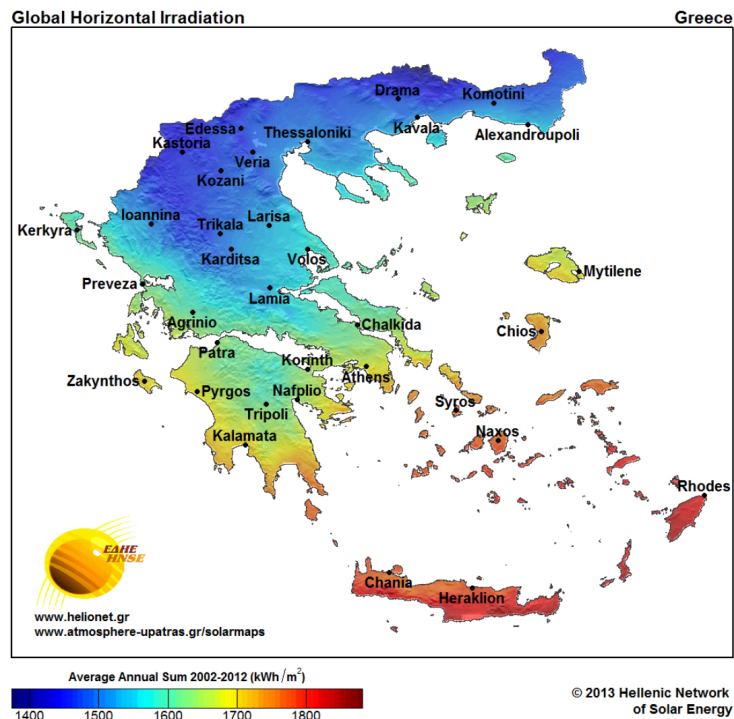
3.1.3 Διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια στον κόσμο και στην Ελλάδα

Η ηλιακή ενέργεια είναι μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας η οποία όπως είναι φανερό εξαρτάται άμεσα από τη γεωγραφική θέση της περιοχής. Η διαθέσιμη ολική ακτινοβολία είναι μεγαλύτερη όσο πιο κοντά στον Ισημερινό είναι μια περιοχή. Αυτό καθιστά τις χώρες της Αφρικής με έντονο ηλιακό δυναμικό έως και 2800 kWh/m², ενώ στην Ευρώπη η αντίστοιχη ενέργεια στο οριζόντιο επίπεδο είναι 1100-1600 kWh/m² (Εικόνα 3.5).



Εικόνα 3.5 Διαθέσιμη παγκόσμια ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο (πηγή: <http://solargis.com>)

Στην Ελλάδα η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία προς εκμετάλλευση είναι από τις μεγαλύτερες στην Ευρώπη και μάλιστα στην Κρήτη η τιμές της αγγίζουν τα 1900 kWh/m² ενώ στην Αθήνα είναι περίπου 1700 kWh/m² (Εικόνα 3.6)



Εικόνα 3.6 Διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία στην Ελλάδα σε οριζόντιο επίπεδο (πηγή: Ελληνικό Δίκτυο Ηλιακής Ενέργειας)

Τέλος ένα βασικό χαρακτηριστικό της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ότι παρουσιάζει έντονη διακύμανση κατά τη διάρκεια του έτους. Πιο συγκεκριμένα τους χειμερινούς μήνες, λόγω της γενικότερης κίνησης του ήλιου και ειδικότερα λόγω του ηλιακού

ύψους η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στο έδαφος είναι αρκετά μικρότερη από αυτήν που φτάνει τους καλοκαιρινούς μήνες και μεγιστοποιείται τον μήνα Ιούλιο.

3.2 Αιολική ενέργεια

3.2.1 Γενικά στοιχεία

Ο ατμοσφαιρικός αέρας ο οποίος περιβάλλει τη Γη βρίσκεται σε διαρκή κίνηση, γεγονός που οφείλεται στην ηλιακή ακτινοβολία, την ανομοιογένεια του ανάγλυφου του εδάφους και της περιστροφικής κίνησης της γης γύρω από τον άξονά της.

Η ενέργεια που παράγεται από αυτήν την κίνηση του ανέμου είναι η αιολική ενέργεια. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως η ηλιακή ενέργεια αποτελεί την κύρια μορφή ενέργειας από την οποία παράγονται οι υπόλοιπες, και εκτιμάται ότι το 1.5-2.5% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του ανέμου.

Η εκμετάλλευση του ανέμου πραγματοποιείται από τα αρχαία χρόνια όπου την χρησιμοποιούσαν για την κίνηση των πλοίων αξιοποιώντας τα πανιά αλλά και περσικοί πολιτισμοί εφηύραν το πρώτο σύστημα για παραγωγή ενέργειας το οποίο ήταν οι μύλοι άλεσης κατακόρυφου άξονα. Στη συνέχεια εμφανίστηκαν οι υδρόμυλοι ενώ το 1888 έγινε η πρώτη μεγάλη ανεμογεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με την πάροδο των χρόνων μέχρι τα μέσα του 1900 η διάδοσή τους ήταν ευρεία, και κάθε πολιτισμός έδινε τη δική του αρχιτεκτονική στο εξωτερικό των ανεμογεννητριών. Η εξέλιξη της χρησιμοποίησής τους δεν ήταν ανάλογη καθώς από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, με την εμφάνιση άφθονων και φθηνών καυσίμων έγινε στροφή προς αυτά για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών.

Σήμερα τόσο λόγω της πετρελαϊκής κρίσης όσο και λόγω της προσπάθειας για προστασία του περιβάλλοντος το ενδιαφέρον προς τη χρήση ανεμογεννητριών έχει επανέλθει, και μάλιστα είναι ένα αντικείμενο πάνω στο οποίο γίνονται αρκετές έρευνες για την καλύτερη αξιοποίησή του.

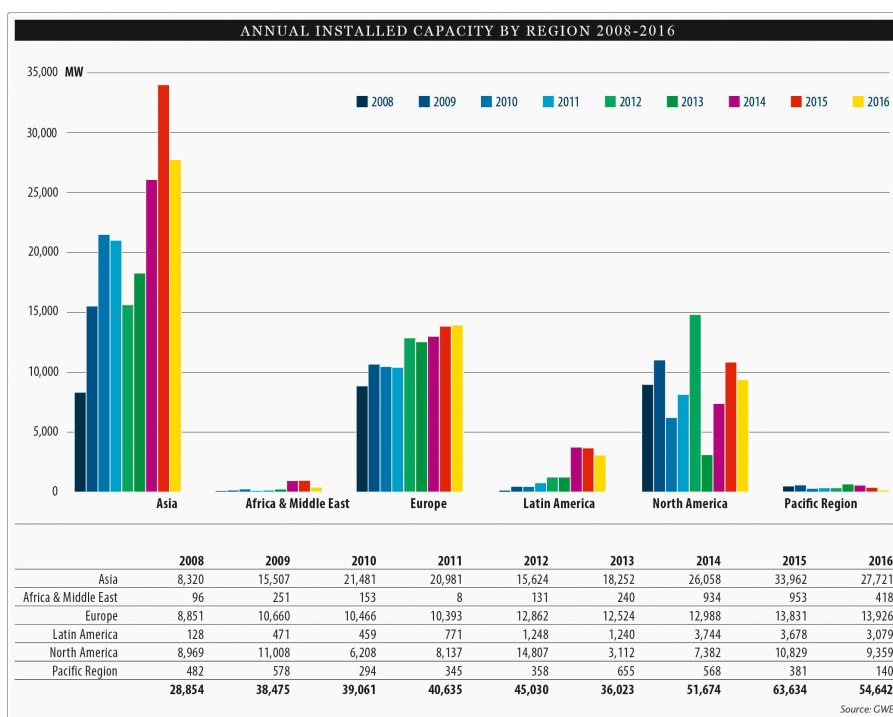
Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας γίνεται μέσω των ανεμογεννητριών, μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου, σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δυο φάσεις. Πρώτα μετατρέπεται η κινητική ενέργεια σε μηχανική με την περιστροφή του άξονα των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας, και στη συνέχεια μέσω της γεννήτριας μετατρέπεται η μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική.

κίνηση ανέμου $\xrightarrow{\text{περιστροφή πτερυγίων}}$ μηχανική ενέργεια $\xrightarrow{\text{γεννήτρια}}$ ηλεκτρική ενέργεια

Συνήθως οι αιολικές μηχανές τοποθετούνται σε ομάδες, συνθέτοντας αιολικά πάρκα. Τα αιολικά πάρκα συνήθως είναι χειρσαία αλλά τα τελευταία χρόνια στην Ευρώπη αναπτύσσεται πολύ και η εγκατάσταση παράκτιων αιολικών πάρκων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ροή του αέρα είναι ανεμπόδιση και αναπτύσσει μεγαλύτερες ταχύτητες με αποτέλεσμα την καλύτερη αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού.

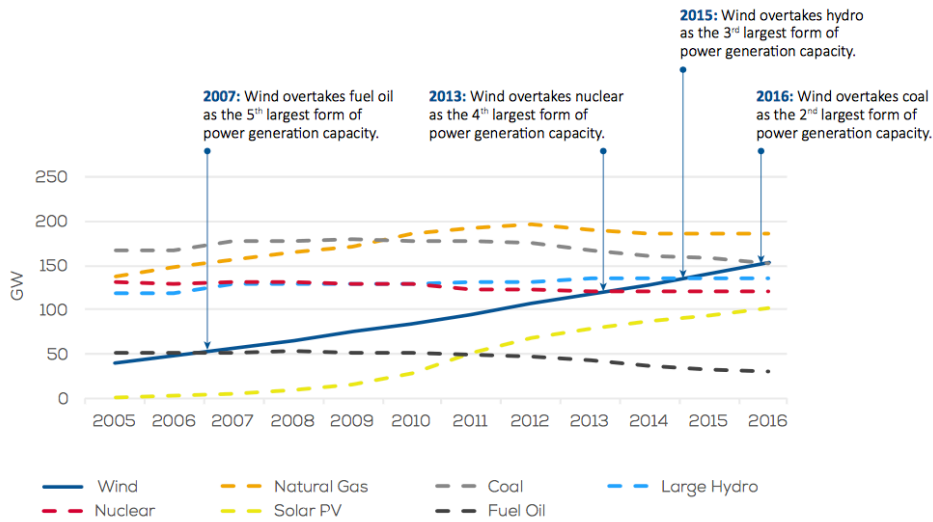
3.2.2 Αιολικό δυναμικό στον κόσμο και την Ελλάδα

Η αιολική ενέργεια είναι μια μορφή ενέργειας η οποία τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε Ευρωπαϊκό επίπεδο γνωρίζει σημαντική ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια. Πιο συγκεκριμένα η συνολική εγκατεστημένη ισχύς έφτασε τα 487 GW με την Ασία να ξεχωρίζει για τη μεγάλη εγκατεστημένη ισχύ ειδικά τα τελευταία χρόνια (Εικόνα 3.7)



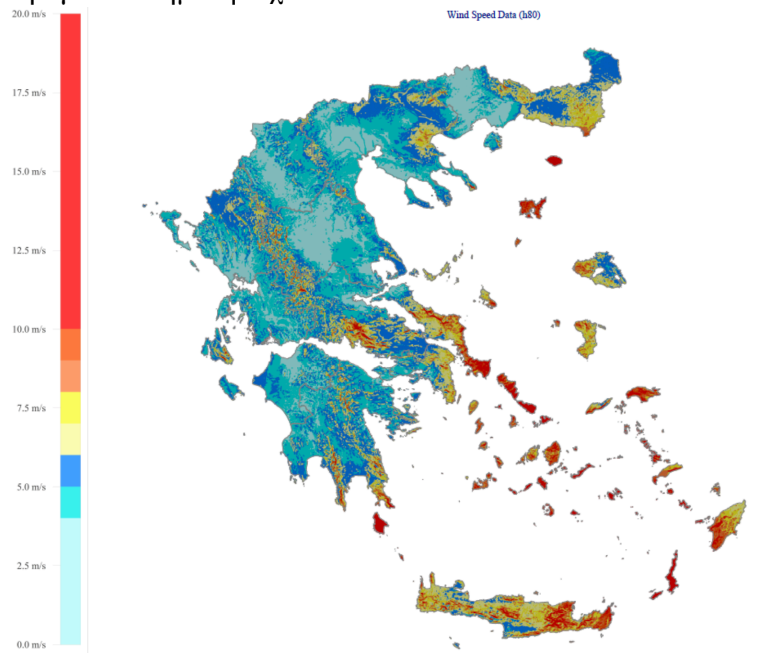
Εικόνα 3.7 Εξέλιξη παγκόσμιας εγκατεστημένης ισχύς αιολικής ενέργειας 2008-2016 (πηγή: gwec.net)

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.8 σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας έχει αύξουσα πορεία από τα μέσα του 2006, το οποίο οφείλεται σε ένα συνδυασμό γεωπολιτικών καταστάσεων με κορυφαία την πετρελαική κρίση. Τελικά το 2016 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανεμογεννητριών έφτασε τα 153.7 GW εκ των οποίων παράκτιες εγκαταστάσεις είναι μόλις τα 12.6 GW.

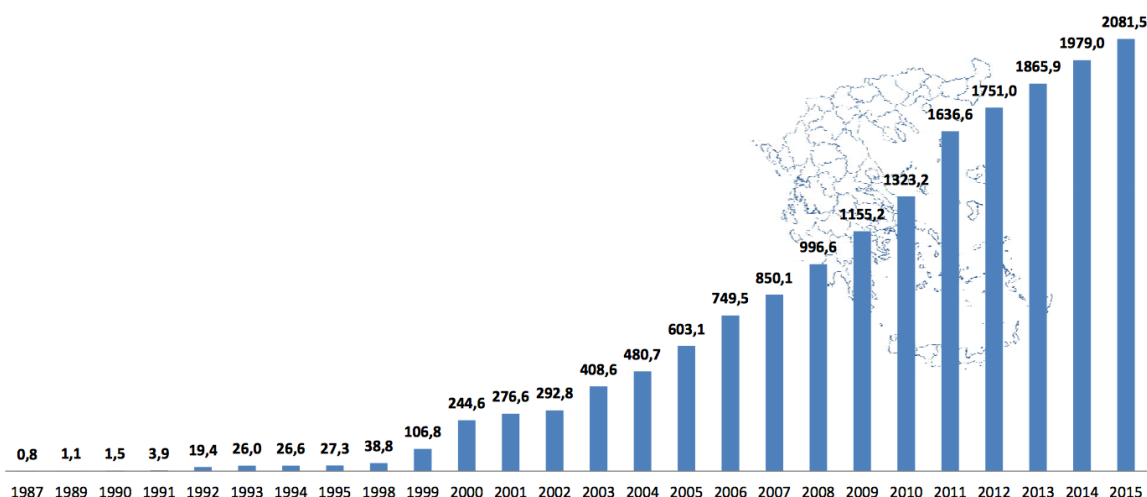


Εικόνα 3.8 Η εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος ανεμογεννητριών στην Ευρώπη (πηγή: Wind Europe, <https://windeurope.org>)

Στην Ελλάδα, υπάρχουν αρκετές περιοχές που ενδείκνυται η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας όπως είναι τα νησιά του Αιγαίου αλλά και ορεινές εκτάσεις στην Αττική την Κρήτη και τη Μακεδονία. Στην περιοχή της Αθήνας η μέση ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 80 m είναι 7.5 m/s (Εικόνα 3.9). Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς το 2015 ανέρχεται στα 2 GW (Εικόνα 3.10) έχοντας ραγδαία εξέλιξη την τελευταία δεκαετία ακολουθώντας ανάλογη αλλά σε πολύ μικρότερη κλίμακα πορεία με την παγκόσμια και ευρωπαϊκή εγκατεστημένη ισχύ.



Εικόνα 3.9 Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου σε ύψος 80m (πηγή: Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας)



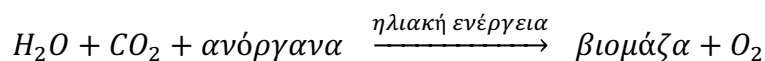
Εικόνα 3.10 Συνολική εγκατεστημένη ισχύς στην Ελλάδα
(πηγή: Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας)

3.3 Βιομάζα

3.3.1 Γενικά στοιχεία

Η βιομάζα είναι η ύλη που έχει βιολογική προέλευση και η ενέργειά της προέρχεται από οργανική ύλη. Ουσιαστικά πρόκειται για οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από τον φυτικό κόσμο. Δέντρα και δασικά είδη όπως ο ευκάλυπτος και το καλάμι, υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυσικής, ζωικής και δασικής παραγωγής όπως άχυρα κλαδέματα, κτηνοτροφικά απόβλητα, θαλάσσια φυτά όπως φύκια, υποπροϊόντα από την επεξεργασία υλικών (πριονίδια, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού), αστικά λύματα και σκουπίδια αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα βιομάζας. Εκτός όμως από τα παραπάνω, συχνά καλλιεργούνται ολόκληρες γεωργικές εκτάσεις με στόχο την παραγωγή βιομάζας οι οποίες ονομάζονται γεωργικές καλλιέργειες. Το σύνολο των υλικών αυτών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας.

Πρόκειται για μια δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσύνθεσης των φυτικών οργανισμών. Οι ζωικοί οργανισμοί από την άλλη λαμβάνουν την βιομάζα από τις τροφές τους και αποθηκεύουν ένα μέρος αυτής.



Η βιομάζα ακολουθεί μια κυκλική, φυσική, ενεργειακή ροή καθώς προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα και τελικά επιστρέφει σε αυτήν.

Το γεγονός αυτό την καθιστά φιλική προς το περιβάλλον μας και το διοξείδιο του άνθρακα που αποδίδει στο περιβάλλον κατά την καύση της, το έχει προηγουμένως δεσμεύσει από αυτό.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η βιομάζα αποτελεί την πρώτη μορφή ενέργειας που εφήυρε ο άνθρωπος προκειμένου να παράγει θερμότητα για να ζεσταθεί και να μαγειρέψει καίγοντας ξύλα. Η χρήση της συνεχίστηκε μέχρι και σήμερα, αποτελώντας τα τελευταία 10,000 χρόνια βασική πηγή ενέργειας. Πλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας όσο και για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων όπως το βιοντίζελ και η βιοαιθανόλη. Εξευγενισμένες μορφές βιομάζας που χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια είναι οι πελλέτες και τα θρύμματα βιοκαυσίμων

Τα πρώτα είναι ένα κυλινδρικό βιολογικό προϊόν για καύση το οποίο έχει διάμετρο 0.3-2.5 cm και μήκος 0.5-4 cm και παρασκευάζεται από τη συμπίεση ξηρών προιονιδιών και από καθαρά υπολείμματα επεξεργασμένου ξύλου. (Εικόνα 3.11)

1 kg κλαδεμάτων → 0.3 kg πελλετών

Τα θρύμματα βιοκαυσίμων πρόκειται για μικρά τεμαχίδια ξύλου μήκους 0.5-5 cm, τα οποία προέρχονται είτε από δασικά υπολείμματα, είτε από θρύμματα βιομάζας από τα προιονιστήρια είτε από κλαδιά και φύλλα που προκύπτουν από κλαδέματα και αφήνονται να ξηραθούν πριν θρυμματιστούν (Εικόνα 3.12).



Εικόνα 3.11 Πελλέτες
(πηγή: <http://biomassmagazine.com>)



Εικόνα 3.12 Θρύμματα βιομάζας
(πηγή: <https://www.agroenergy.gr>)

Σημαντικές ιδιότητες της βιομάζας είναι:

- Η περιεκτικότητα σε υγρασία
- Η περιεκτικότητα σε τέφρα
- Περιεκτικότητα σε πτητικά συστατικά
- Θερμογόνος δύναμη
- Πυκνότητα

Αλλά εκτός από τις ιδιότητες αυτές, για την ορθή λειτουργία του συστήματος που θα αξιοποιήσει τη βιομάζα είναι να είναι γνωστές οι διαθεσιμότητες των υλικών ανάλογα με την περίοδο.

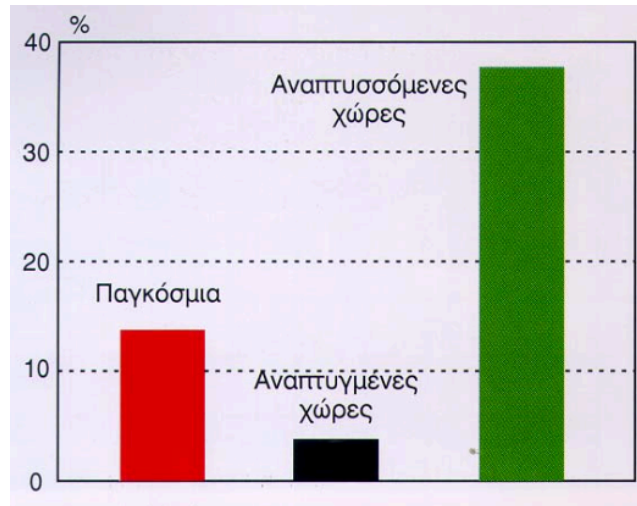
Όλα τα παραπάνω παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 3.1

Πίνακας 3.1 Στοιχεία Βιομάζας

Βιομάζα	Φαινόμενη πυκνότητα kg/m ³	Περιεχόμενη υγρασία %	Θερμογόνος δύναμη kWh/kg	Διαθεσιμότητα	Τιμή Πώλησης €/t
Πυρηνόξυλο	650	20	5.28	Νοέμβριος-Μάρτιος	42-60
Κουκούτσια ροδάκινου	540	5	5.67	Ιούλιος - Αύγουστος	50
Θρυμματισμένο ξύλο	175-200	25	4.22	Όλο το χρόνο	30
Πελλέτες	650	<10	4.72	Όλο το χρόνο	150-170
Αχυρόμπαλα	100	15	4	Ιούνιο - Αύγουστο	50

3.3.2 Αξιοποίηση βιομάζας στον κόσμο και στην Ελλάδα

Η βιομάζα είναι μια μορφή ενέργειας που υπάρχει σε μεγάλες ποσότητες στον πλανήτη αλλά παραμένει ανεκμετάλλευτη στο μεγαλύτερο βαθμό. Πιο συγκεκριμένα κάθε χρόνο υπολογίζεται ότι παράγονται $172 \cdot 10^9$ τόνοι (t) ξηρού υλικού, οι οποίοι θα μπορούσαν να καλύψουν τις δεκαπλάσιες ενεργειακές απαιτήσεις. Παρά ταύτα καλύπτει μόλις το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας, και χρησιμοποιείται κυρίως από αναπτυσσόμενες χώρες όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.13.

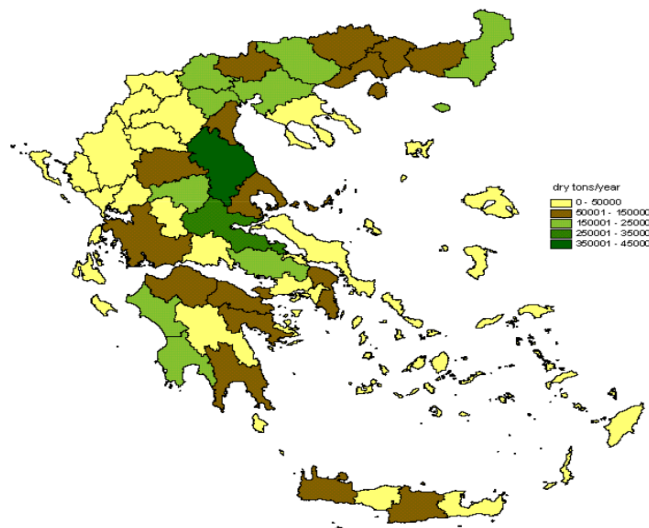


Εικόνα 3.13 Συμμετοχή βιομάζας στην παγκόσμια ενέργεια
(πηγή: <http://www.cres.gr>)

Όσον αφορά την Ελλάδα, όντας μια χώρα με πολύ υψηλές τιμές ηλιακής ακτινοβολίας παράγει και αρκετά μεγάλες ποσότητες βιομάζας (Εικόνα 3.14).

Η ελληνική κοινωνία έχει συνδέσει άμεσα τον όρο βιομάζα με τα καυσόξυλα και την καύση τους στις εστίες (τζάκια) και στις θερμάστρες, κάτι που είναι μη ακριβές. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως πευκοβελόνες, ξηρές κουκουνάρες, στελέχη βαμβακιών και καλαμποκιού καθώς και κλαδέματα καρποφόρων και δέντρα αστικών περιοχών είναι όχι μόνο ισάξια μορφή βιομάζας αλλά μπορεί να είναι και πολύ πιο αποδοτική.

Εκτός όμως από αποδοτική, είναι έχει μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, καθώς με την συνέχιση της καύσης των ξύλων, ενισχύεται η υλοτόμηση βάζοντας σε κίνδυνο τις δασικές εκτάσεις.



Εικόνα 3.14 Ξηροί τόνοι παραγόμενης βιομάζας στην Ελλάδα
(πηγή: <http://www.cres.gr>)

3.4 Γεωθερμία

Η Γεωθερμική ενέργεια προέρχεται από την θερμική ενέργεια που απελευθερώνεται από το εσωτερικό της γης μέσω εκρήξεων ηφαιστειών, φυσικών ατμών και θερμικών νερών. Η θερμοκρασία του εδάφους αυξάνεται συναρτήσει του βάθους από την επιφάνειά του με ρυθμό 30-50°C/km. Ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας ανάλογα με το βάθος του εδάφους ονομάζεται γεωθερμική βαθμίδα και είναι χαρακτηριστικό του εδάφους, επομένως μεταβάλλεται από περιοχή σε περιοχή. Το σύνολο λοιπών των φυσικών ατμών, των θερμικών νερών (με θερμοκρασία μεγαλύτερη των 25°C), επιφανειακών ή υπόγειων και η θερμότητα που έχουν οι γεωλογικοί σχηματισμοί αποτελούν το γεωθερμικό πεδίο μιας περιοχής. Η Γεωθερμική ενέργεια συγκαταλέγεται στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας αλλά αυτό δεν είναι απόλυτα αληθές καθώς το γεωθερμικό δυναμικό μια περιοχής δεν είναι ανεξάντλητο και έχει χρόνο ζωής περίπου 30-50 χρόνια.

Υπάρχουν δυο βασικές κατηγορίες γεωθερμικών πεδίων:

- Ξηρά θερμικά πετρώματα
- Υγρά πορώδη πετρώματα

Από τις δυο αυτές κατηγορίες η δεύτερη είναι αυτή που μπορεί να αξιοποιηθεί ευκολότερα, καθώς η πρώτη βρίσκεται ακόμα σε πειραματικό στάδιο.

Ανάλογα τώρα με την θερμοκρασία του ρευστού αυτό μπορεί να είναι είτε νερό είτε ατμός και διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες:

- Υψηλής ενθαλπίας (θερμοκρασίες > 150°C), η εκμετάλλευση της γεωθερμίας υψηλής ενθαλπίας γίνεται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- Μέσης ενθαλπίας (θερμοκρασίες 100 °C έως 150°C), όπου το γεωθερμικό ρευστό μπορεί να είναι είτε τελείως επιφανειακό είτε υπόγειο και χρησιμοποιείται για διάφορες χρήσεις αλλά και για ηλεκτροπαραγωγή
- Χαμηλής ενθαλπίας (θερμοκρασίες 25°C - 100°C), η αξιοποίηση αυτής της θερμοκρασίας του ρευστού γίνεται με αντλίες θερμότητας και προσφέρεται για την θέρμανση και ψύξη των κτιρίων αλλά και για άλλες χρήσεις όπως θέρμανση σε θερμοκήπια και ιχθυοκαλλιέργειες.

Με βάση τα παραπάνω οι εφαρμογές της ανάλογα με την θερμοκρασία του εκμεταλλεύσιμου ρευστού είναι:

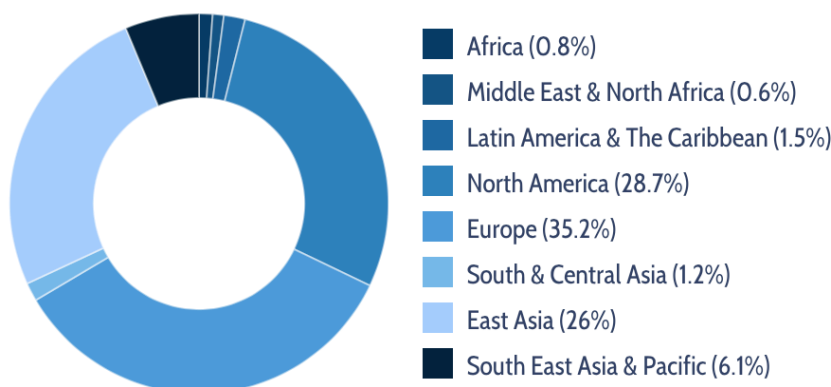
- Η ηλεκτροπαραγωγή ($\theta > 90^\circ\text{C}$)
- Θέρμανση χώρων. (Με καλοριφέρ $\theta > 60^\circ\text{C}$, με αερόθερμα $^\circ\text{C}$, με ενδοδαπέδιο σύστημα 25°C)

- Ψύξη και κλιματισμός (με αντλίες θερμότητας απορρόφησης $\theta > 60^{\circ}\text{C}$ ή με υδροψυκτικές αντλίες θερμότητας $\theta < 30^{\circ}\text{C}$)
- Θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών, καθώς τα φυτά αναπτύσσονται γρηγορότερα με τη θερμότητα ($\theta > 25^{\circ}\text{C}$)
- Ιχθυοκαλλιέργειες, καθώς τα ψάρια χρειάζονται συγκεκριμένη θερμοκρασία για την ανάπτυξή τους ($\theta > 15^{\circ}\text{C}$)
- Βιομηχανικές εφαρμογές όπως αφαλάτωση θαλασσινού νερού ($\theta > 60^{\circ}\text{C}$)
- Θερμά λουτρά ($25^{\circ}\text{C} < \theta < 40^{\circ}\text{C}$)

3.4.1 Κατάσταση στον κόσμο και την Ελλάδα

Η γεωθερμία είναι μια πηγή ενέργειας όχι ιδιαίτερα δημοφιλής και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς σε παγκόσμιο επίπεδο είναι 83.4 GWh. Εκ των οποίων η Ευρώπη έχει το μεγαλύτερο ποσοστό 35.2% (Εικόνα 3.17).

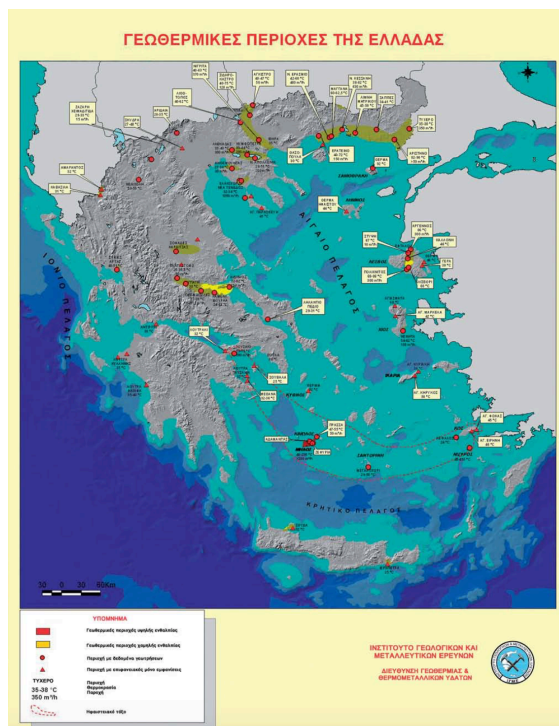
Geothermal Installed Capacity by region



Copyright World Energy Council 2017

Εικόνα 3.17 Γεωθερμική εγκατεστημένη ισχύς στον κόσμο (πηγή: world energy council)

Στην Ελλάδα υπάρχουν αρκετές περιοχές με αξιοποιήσιμο γεωθερμικό δυναμικό (εικόνα 3.18) οι οποίες έχουν 700-1200 MW υψηλής ενθαλπίας και 2500 MW μέσης και χαμηλής ενθαλπίας.



*Εικόνα 3.18 Γεωθερμικό πεδίο στην Ελλάδα
(πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος &
Ενέργειας)*

3.5 Ορυκτά καύσιμα

Τα ορυκτά καύσιμα έχουν σχηματιστεί από οργανική ύλη δηλαδή από ζωντανούς οργανισμούς, οι οποίοι αποσυντίθενται και παράγουν διοξείδιο του άνθρακα. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται μόνο κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και πιο συγκεκριμένα θα πρέπει να απουσιάζει το οξυγόνο. Για αυτό και διατηρείται συνήθως σε λιμνάζοντα νερά, έλη κ.λπ.

Η παραγωγή ενέργειας μέσω των ορυκτών καυσίμων γίνεται μέσω της διαδικασίας της καύσης. Η καύσιμη ύλη, δηλαδή το ορυκτό καύσιμο, έρχεται σε επαφή με οξυγόνο κάτω από κατάλληλες συνθήκες και έτσι απελευθερώνεται η ενέργεια που εμπεριέχει το καύσιμο υπό μορφή θερμικής ενέργειας με αέρια υψηλής θερμοκρασίας.

Τα ορυκτά καύσιμα διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Σε υγρά καύσιμα, με χαρακτηριστικό παράδειγμα το πετρέλαιο.
- Σε στερεά καύσιμα, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τον γαιάνθρακα
- Σε αέρια καύσιμα, με χαρακτηριστικό παράδειγμα το φυσικό αέριο

Και οι τρεις παραπάνω κατηγορίες χαρακτηρίζονται από μια βασική ικανότητα, την θερμογόνο δύναμη κάθε καυσίμου, η οποία εκφράζει την ενέργεια που μπορεί να παράγει μια ποσότητα καυσίμου (Εικόνα 3.19)

Θερμογόνος Δύναμη	Ορυκτά καύσιμα							
	(kJ/kg)		(kJ/m ³)		(kWh/kg)		(kWh/m ³)	
	Ανώτερη	Κατώτερη	Ανώτερη	Κατώτερη	Ανώτερη	Κατώτερη	Ανώτερη	Κατώτερη
Ανθρακας	33820	33820			9.4	9.4		
Κωκ	29281	28886			8.1	8.0		
Ανθρακίτης	34336	33281			9.5	9.2		
Λιθάνθρακας	32026	31401			8.9	8.7		
Λιγνίτης	20676	19681			5.7	5.5		
Τύρφη	16951	15701			4.7	4.4		
Βενζόλη	41870	40150			11.6	11.2		
Βενζίνη	46050	42700			12.8	11.9		
Ελαφρύ πετρέλαιο	44380	41870			12.3	11.6		
Βαρύ πετρέλαιο	43120	40600			12.0	11.3		
Επτάνιο	47980	44380			13.3	12.3		
Οκτάνιο	48150	44590			13.4	12.4		
Μονοξ.άνθρακα	10110	10110	12640	12640	2.8	2.8	3.5	3.5
Υδρογόνο	14760	119950	12750	10780	4.1	33.3	3.5	3.0
Θείο	9250	9250			2.6	2.6		
Μεθάνιο	55360	50000	39810	35870	15.4	13.9	11.1	10.0
Αιθάνιο	51923	47492			14.4	13.2		
Προπάνιο	50340	46360	101800	93560	14.0	12.9	28.3	26.0
Βουτάνιο	49500	45730	134000	123530	13.8	12.7	37.2	34.3
Αιθυλένιο	50290	47150	63420	59480	14.0	13.1	17.6	16.5
Ακετυλένιο	49900	48220	58830	56800	13.9	13.4	16.3	15.8

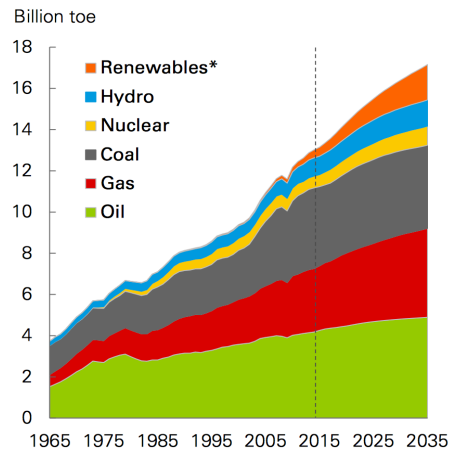
*Εικόνα 3.19 Θερμογόνος δύναμη ορυκτών καυσίμων
(πηγή: Σημειώσεις Ενεργειακής Τεχνολογίας mycourses)*

Η μονάδα μέτρησης των ορυκτών καυσίμων είναι ο ισοδύναμος τόνος πετρελαίου (toe), ο οποίος ισοδυναμεί με 12 MWh.

Η ισοδύναμη πυκνότητα του πετρελαίου είναι προσεγγιστικά: 0.8581 t/m³.

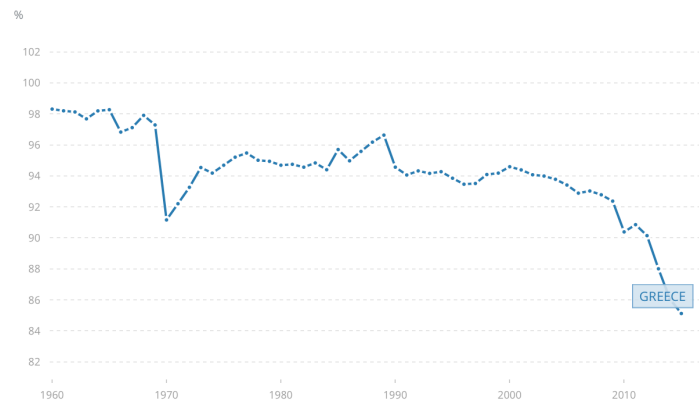
3.5.1 Κατάσταση στον κόσμο και στην Ελλάδα

Η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας ήταν πάντα από τις κυριότερες πηγές και συνεχίζει να είναι μέχρι και σήμερα. Όμως δεν ισχύει το ίδιο και για κάθε καύσιμο. Οι καταναλώσεις σε ποσότητα πετρελαίου έχουν παραμείνει σχεδόν σταθερές την στιγμή που ενεργειακές ανάγκες στον κόσμο αυξάνονται (Εικόνα 3.20). Επομένως γίνεται αντιληπτό ότι υπάρχει μια πτώση στο ποσοστό που καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες. Συνολικά η ενέργεια που καταναλώθηκε το 2016 είναι περί τα 13 Mtoe (δισεκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου εκ των οποίων τα ορυκτά καύσιμα πετρέλαιο, φυσικό αέριο και γαιάνθρακας καλύπτουν μαζί τα 10.5 Mtoe).



Εικόνα 3.20 Η Εξέλιξη της κατανάλωσης πηγών ενέργειας (πηγή: BP Statistical Review of World Energy June 2016)

Στην Ελλάδα η κατανάλωση του πετρελαίου και των υπόλοιπων ορυκτών καυσίμων έχει πέσει ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, σημειώνοντας μείωση 10% την τελευταία δεκαετία.



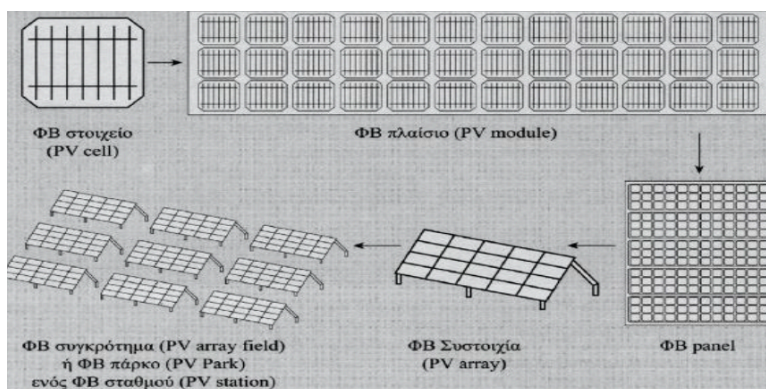
Εικόνα 3.21 Κατανάλωση ορυκτών καυσίμων στην Ελλάδα (http://data.worldbank.org)

4 Εφαρμογές ΑΠΕ στα κτίρια

4.1 Φωτοβολταικά

Τα φωτοβολταικά μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια η οποία μπορεί είτε να χρησιμοποιηθεί άμεσα είτε να αποθηκευτεί σε μπαταρίες. Πιο συγκεκριμένα μετατρέπουν ένα μέρος της διαθέσιμης ηλιακής ακτινοβολίας σε συνεχές ρεύμα το οποίο με τη βοήθεια ενός αντιστροφέα τάσης μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο το οποίο χρησιμοποιούν οι περισσότερες ηλεκτρικές συσκευές. Η διάρκεια ζωής τους είναι περίπου 30 χρόνια ενώ αυτή των μπαταριών είναι περίπου 5 χρόνια.

Ένα φωτοβολταικό στοιχείο αποτελείται από ηλιακές κυψέλες οι οποίες μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική. Το σύνολο των φωτοβολταικών στοιχείων που συνδέονται μεταξύ τους αποτελεί τη φωτοβολταική γεννήτρια, και το σύνολο των φωτοβολταικών γεννητριών αποτελεί τη φωτοβολταική συστοιχία (Εικόνα 4.1).



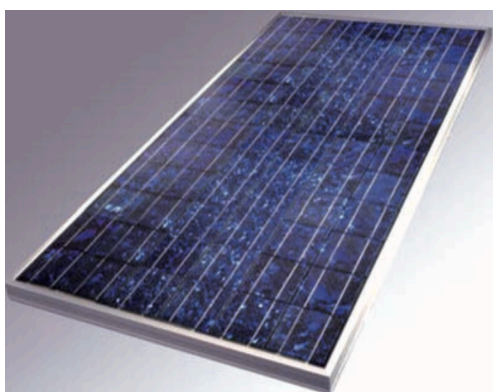
Εικόνα 4.1 Σύνθεση φωτοβολταικών στοιχείων
(πηγή: Καραλέξη Ε.Α., 2012)

Το φωτοβολταικό στοιχείο κατασκευάζεται φέροντας σε επαφή ένα λεπτό στρώμα πυριτίου προσμεμιγμένο με φώσφορο με ένα στρώμα πυριτίου προσμεμιγμένο με βόριο. Έτσι δημιουργείται ένας ημιαγωγός, ο οποίος είναι ένα στοιχείο το οποίο έχει 3-5 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στιβάδα που μπορούν να καταστούν ελεύθερα εάν τους αποδοθεί μια πρόσθετη ενέργεια από το εξωτερικό περιβάλλον και έτσι να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Είναι φανερό ότι το βασικό υλικό των φωτοβολταικών είναι το πυρίτιο (Si) ενώ χρησιμοποιούνται και άλλα υλικά για την κατασκευή του. Όταν λοιπόν η δέσμη του φωτός φτάνει στο φωτοβολταικό στοιχείο, η ενέργεια των φωτονίων αποδίδεται στα εξωτερικά ηλεκτρόνια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα μέρος όμως της ακτινοβολίας δεν φτάνει ποτέ στο φωτοβολταικό

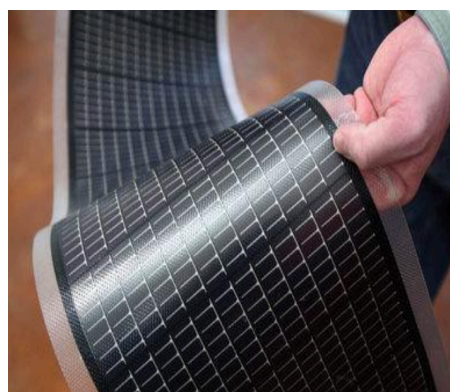
υλικό αφού ανακλάται στην επιφάνεια του. Για τον περιορισμό αυτού του φαινομένου χρησιμοποιούνται αντί-ανακλαστικές επικαλύψεις στις επιφάνειες τους. Η απόδοσή τους έχει βελτιωθεί σημαντικά και συνεχίζει να βελτιώνεται αλλά παραμένει μικρή και συνήθως κυμαίνεται στο 13-15%. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι κάθε τύπος πυριτίου που χρησιμοποιείται έχει διαφορετική απόδοση όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα και ότι το άμορφο πυρίτιο έχει μειούμενη απόδοση με την πάροδο των χρόνων.

Μερικοί από τους βασικούς τύπους φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι:

- Τα φωτοβολταϊκά κρυσταλλικού πυριτίου (Εικόνα 4.2)
 - i. Φωτοβολταϊκά μονοκρυσταλλικού πυριτίου, η απόδοση των οποίων είναι μεταξύ 14.5-21%
 - ii. Φωτοβολταϊκά πολυκρυσταλλικού πυριτίου, η απόδοση των οποίων είναι 11-15.5%
- Τα φωτοβολταϊκά λεπτών μεμβρανών
 - i. Φωτοβολταϊκά άμορφου πυριτίου (Εικόνα 4.3), η απόδοση των οποίων είναι 4.5-6.5%. Παρόλο που το άμορφο πυρίτιο παρουσιάζει μεγαλύτερη αποδοτικότητα στην απορρόφηση του φωτός είναι μεγαλύτερη, εν τέλει η φωτοβολταϊκή τους απόδοση είναι αρκετά μικρότερη από αυτή των κρυσταλλικών φωτοβολταϊκών. Έχουν χαμηλότερο κόστος και αυτό τις καθιστά χρήσιμες για εφαρμογές όπου δεν απαιτείται μεγάλη απόδοση
 - ii. Φωτοβολταϊκά από χαλκοπυρίτες, των οποίων η απόδοση είναι 6-12%.



*Εικόνα 4.2 Κρυσταλλικό φωτοβολταϊκό πλαίσιο
(πηγή: Πολυτεχνείο Κρήτης, 2008)*



*Εικόνα 4.3 Φωτοβολταϊκό στοιχείο άμορφου πυριτίου
(πηγή: American Society of Mechanical Engineers, 2014)*

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των φωτοβολταϊκών είναι οι παρακάτω:

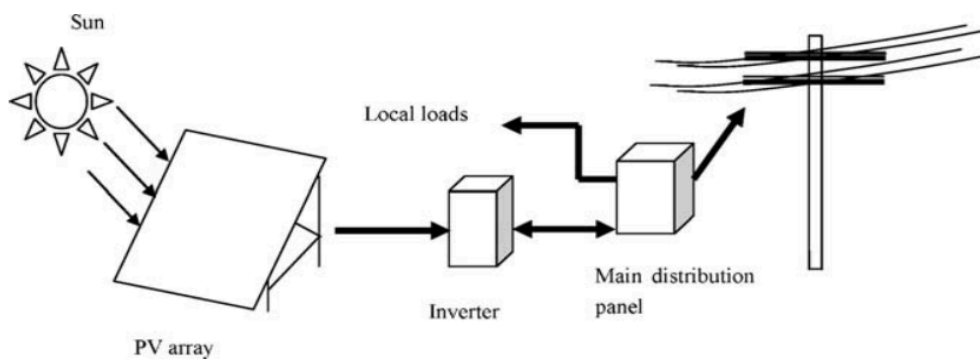
- είδος του Φ/Β στοιχείου(κρυσταλλικού ή άμορφου πυριτίου)
- ημερήσια διακύμανση ηλιακής ακτινοβολίας (λόγω περιστροφής γης & εποχής του χρόνου)
- τοποθεσία περιοχής: Βορειότερο γεωγραφικό πλάτος → μικρότερη απόδοση
- κλίση (κατακόρυφη τοποθέτηση → μικρότερη απόδοση)
- σκίαση (φυσικά ή τεχνητά εμπόδια, γειτονικά κτίρια ή αρχιτεκτονικά στοιχεία της ίδιας κατασκευής)
- απόκλιση από νότιο προσανατολισμό (απόκλιση έως και 20° → απόδοση έως και 95% της μέγιστης)
- σωστή καλωδίωση και Η/Μ εξοπλισμός (υδατοστεγανότητα, ανθεκτικότητα στις υψηλές θερμοκρασίες, γείωση του συστήματος)
- αερισμός της πίσω πλευράς των Φ/Β στοιχείων, διότι η αύξηση της θερμοκρασίας τους είναι αντιστρόφως ανάλογη της απόδοσης τους (προσεγγιστικά για κάθε 1°C άνω των 25°C → η απόδοση μειώνεται κατά 0,4-0,5%).

Βασικά τμήματα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος εκτός από τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια είναι:

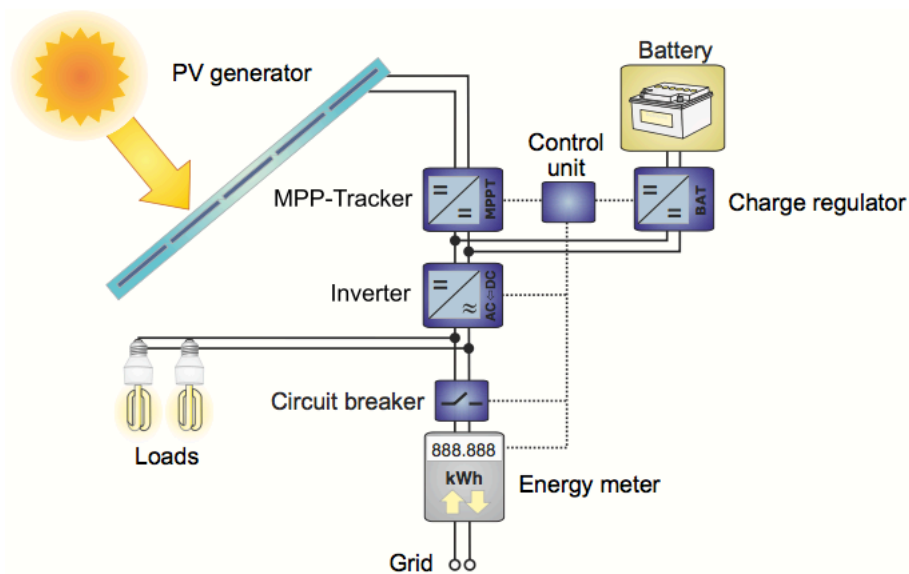
- Η στήριξη του πλαισίου. Όταν αυτή πραγματοποιείται σε στέγες, γίνεται με χρήση πλαισίων προκειμένου να μην χρειαστεί αντικατάσταση των υλικών της στέγης.
- Οι καλωδιώσεις για τη σύνδεση των φωτοβολταϊκών.
- Ο συσσωρευτής ή αλλιώς μπαταρία η οποία μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε χημική για την αποθήκευσή της.
- Ο ρυθμιστής φόρτισης ο οποίος φορτίζει και προστατεύει τις μπαταρίες. Ελέγχει δηλαδή την τάση της μπαταρίας και δεν επιτρέπει αυτή να ξεπεράσει ή να πέσει κάτω από κάποιες τιμές.
- Ο αντιστροφέας (inverter) ο οποίος είναι η συσκευή που μετατρέπει το παραγόμενο συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο προκειμένου να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις ηλεκτρικές συσκευές.

Με την βοήθεια των παραπάνω εξοπλισμών τα φωτοβολταικά μπορούν να αξιοποιηθούν στον κτιριακό ως εξής:

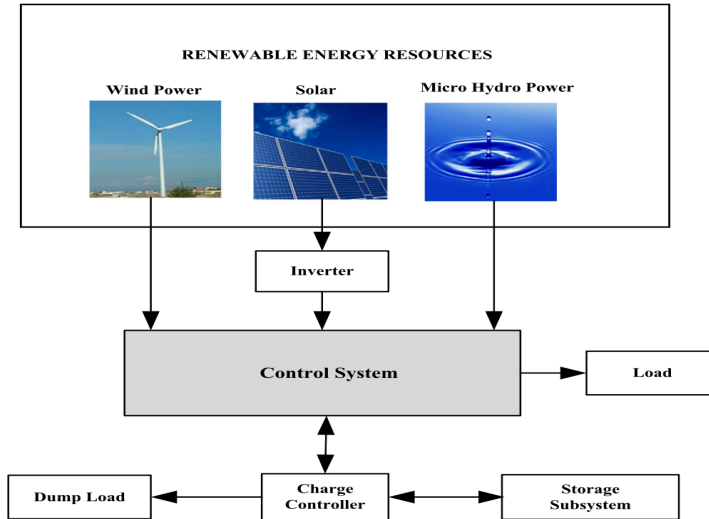
- **Διασυνδεδεμένα**, όπου η πλεονάζουσα ή το σύνολο της παραγόμενης ενέργειας διατίθεται στο ηλεκτρικό δίκτυο (ΔΕΗ) (Εικόνα 4.4).
- **Αυτόνομα**, όπου η παραγόμενη ενέργεια χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου. Για να επιτευχθεί αυτό είναι απαραίτητη η χρήση μπαταριών για την αποθήκευση ενέργειας (Εικόνα 4.5).
- **Υβριδικά**, όπου χρησιμοποιούνται φωτοβολταικά σε συνδυασμό με άλλες διατάξεις ηλεκτροπαραγωγής όπως οι ανεμογεννήτριες (Εικόνα 4.6).



Εικόνα 4.4 Διάταξη διασυνδεδεμένου συστήματος
(πηγή: Eltawil M.A. and Z. Zhao, 2009)

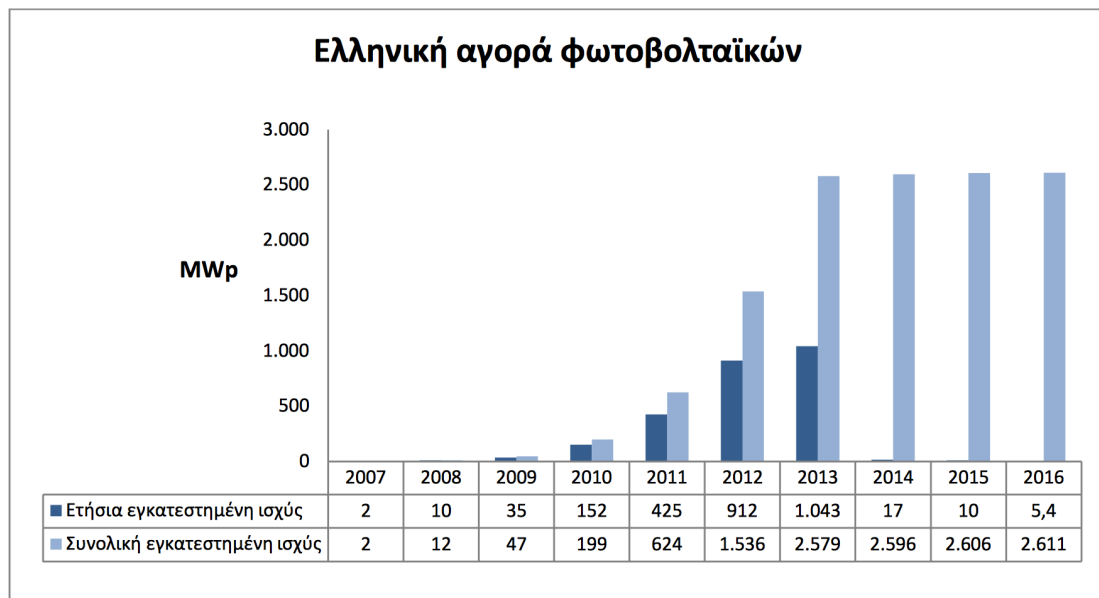


Εικόνα 4.5 Διάταξη αυτόνομου φωτοβολταικού συστήματος
(πηγή: Weniger J., T. Tjaden, V. Quaschnig, 2014)



Εικόνα 4.6 Διάταξη υβριδικού συστήματος
(πηγή: Chauhan A. & R.P. Saini, 2014)

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα έως το 2015 ήταν 2606 MW (Εικόνα 4.7). Από αυτά το μεγαλύτερο ποσοστό βρίσκεται στο έδαφος ενώ μόλις τα 540 MW βρίσκονται στις στέγες κτιρίων. Η ραγδαία ανάπτυξη της εγκατεστημένης ισχύς των φωτοβολταϊκών από το 2010 και έπειτα, φαίνεται στην εικόνα 4.7.



Εικόνα 4.7 Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών
(Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών, 2016)

Για την μεγαλύτερη απόδοση του φωτοβολταϊκού συστήματος, υπάρχει δυνατότητα το φωτοβολταϊκό πάνελ να ακολουθεί την κίνηση του ήλιου προκειμένου να

προσεγγίζει την επιθυμητή καθετότητα μεταξύ της επιφάνειάς του και της διεύθυνσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Έτσι ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο μπορεί να τοποθετηθεί με:

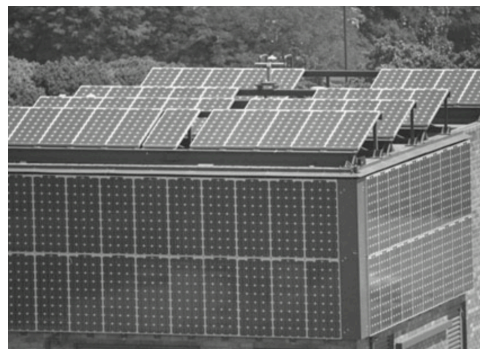
- Κανέναν βαθμό ελευθερίας. Σε αυτήν την περίπτωση μένουν σταθερά διατηρώντας πάντα την κλίση και τον προσανατολισμό τους
- Έναν βαθμό ελευθερίας. Σε αυτήν την περίπτωση έχουν τη δυνατότητα στροφής περί τον κατακόρυφο άξονα προκειμένου να προσαρμόζουν τον προσανατολισμό τους στην κίνηση του ηλίου διατηρώντας σταθερή την κλίση τους
- Δύο βαθμούς ελευθερίας. Έχουν τη δυνατότητα στροφής και περί τον κατακόρυφο και περί τον οριζόντιο άξονα προκειμένου να προσαρμόζουν πλήρως τον προσανατολισμό και την κλίση τους στην διεύθυνση της ακτινοβολίας ανάλογα με την ώρα και την εποχή.

Στον κτιριακό τομέα τα φωτοβολταϊκά έχουν πολλές δυνατότητες ως προς την τοποθέτησή τους ώστε να προσαρμόζονται στην αρχιτεκτονική του κτιρίου.

- Τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών στη στέγη. Η τοποθέτηση αυτή έχει μεγάλο εύρος καθώς μπορούν να προσαρμοστούν πάνω από τα υλικά της στέγης με κατάλληλα στηρίγματα, μπορούν να ενσωματωθούν στην στέγη αλλά και να αποτελέσουν τα ίδια τη στέγη ενός κτιρίου ή χώρου (Εικόνα 4.8).
- Τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών στην πρόσοψη των κτιρίων. Η λύση αυτή δημιουργεί εκτός από υψηλό αισθητικό αποτέλεσμα και ενεργειακά οφέλη καθώς προσφέρει θερμική προστασία, μόνωση, προστασία από τον ήλιο αλλά και μείωση του εισερχόμενου θορύβου (Εικόνα 4.9).
- Δημιουργία σκιάστρων με τη βοήθεια των φωτοβολταϊκών αντί για χρήση άλλων υλικών (Εικόνα 4.10).



*Εικόνα 4.8 Φωτοβολταϊκά στη στέγη
(πηγή: Πολυτεχνείο Κρήτης, 2008)*



*Εικόνα 4.9 Φωτοβολταϊκά σε πρόσοψη κτιρίου
(πηγή: Hongxing Y. and L. Yutong, 2007)*



*Εικόνα 4.10 Χρήση φωτοβολταϊκών ως σκίαστρα
(πηγή: Πολυτεχνείο Κρήτης, 2008)*

Αξίζει να σημειωθεί ότι το κράτος με στόχο την ενίσχυση της “στροφής” στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, και πιο συγκεκριμένα για να ενθαρρύνει την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στον κτιριακό τομέα έχει ψηφίσει από τις 04/06/2009 πρόγραμμα φωτοβολταϊκών στις στέγες για φωτοβολταϊκά συστήματα έως 10 kW. Απευθύνεται κυρίως σε οικιακούς καταναλωτές και σε μικρές επιχειρήσεις με την προϋπόθεση ότι το κτίριο δεν είναι διατηρητέο, δεν ανήκει σε παραδοσιακό οικισμό και δεν τοποθετούνται σε απολήξεις κλιμακοστασίων. Το πρόγραμμα ορίζει ότι ολόκληρη η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια θα πωλείται στη ΔΕΗ και ο χρήστης θα πληρώνει την διαφορά ανάμεσα στην παραγόμενη και την καταναλωμένη ηλεκτρική ενέργεια. Στο ίδιο πλαίσιο έχουν οριστεί και οι τιμές με τις οποίες θα αγοράζεται η ηλεκτρική ενέργεια από τη ΔΕΗ, οι οποίες είναι εγγυημένες για τα επόμενα 25 χρόνια και είναι **0,10 € ανά παραγόμενη kWh**. Η τιμή αυτή αφορά νέες εγκαταστάσεις που συνδέονται τώρα στο δίκτυο. Αντίθετα για όσους είχαν εισαχθεί στο δίκτυο πριν μερικά χρόνια η αντίστοιχη τιμή ήταν **0,50 € ανά παραγόμενη kWh**.

4.2 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα

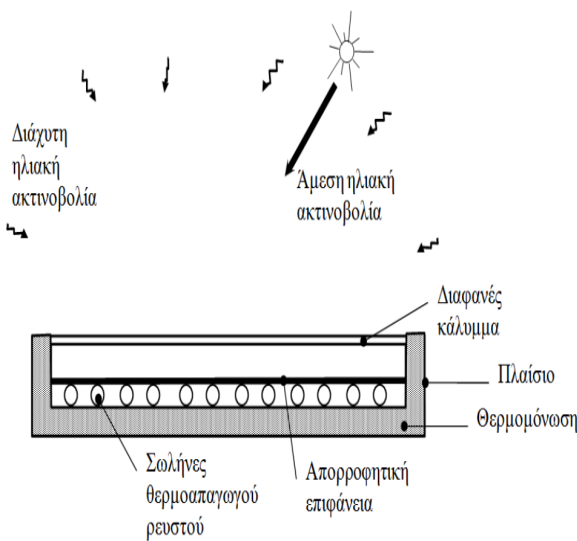
Στα ηλιακά θερμικά συστήματα, χρησιμοποιούνται κατάλληλοι συλλέκτες για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και την μετατροπή της σε θερμότητα. Το πεδίο εφαρμογής τους είναι ευρύ και τις περισσότερες φορές αυτά χρησιμοποιούνται για να καλύψουν ένα μέρος ή ολόκληρες τις ανάγκες ενός κτιρίου σε ζεστό νερό χρήσης, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν με κατάλληλες διατάξεις και για τη θέρμανση χώρων. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα τελευταία χρόνια αξιοποιούνται και για τον κλιματισμό των χώρων, συνήθως σε μεγάλα κτιριακά έργα με χρήση κεντρικού συστήματος. Τις περισσότερες φορές χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με κάποιο άλλο τρόπο θέρμανσης του νερού όπως το boiler προκειμένου να μπορεί να υπάρχει πάντα ζεστό νερό, και να

καλύπτει τις περιπτώσεις που δεν μπορεί να αποδώσει ο ηλιακός συλλέκτης όπως είναι η μέρες που λόγω νέφωσης η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στο επίπεδο του συλλέκτη είναι χαμηλή και το σύστημα υπολειτουργεί.

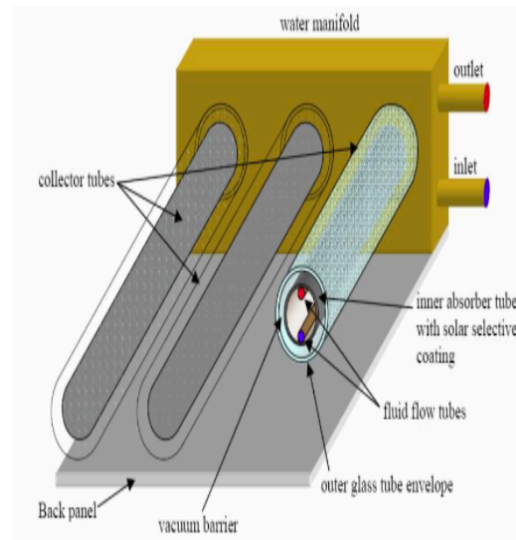
Η δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι βασισμένη σε ένα ευρέως γνωστό φαινόμενο το “φαινόμενο του θερμοκηπίου”. Ο συλλέκτης είναι λοιπόν διαμορφωμένος με τέτοιο τρόπο ώστε η ακτινοβολία να διαπερνά το γυάλινο παράθυρό του και να χτυπά στην εσωτερική του επιφάνεια που ονομάζεται απορροφητής. Ο απορροφητής μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα, η οποία δεν μπορεί να διαφύγει χάρη στον υαλοπίνακα, τα πλευρικά τοιχώματα αλλά και την μόνωση που χρησιμοποιείται για αυτό το σκοπό. Προκειμένου να χρησιμοποιηθεί η συγκεντρωμένη ενέργεια που προκύπτει, σωληνώσεις στις οποίες κυκλοφορεί νερό, είναι σε επαφή με τον απορροφητή προκειμένου να αποσπάσουν την ενέργεια αυτή. Τέλος έχοντας μετατρέψει πλέον την ενέργεια σε ζεστό νερό, αυτό μεταφέρεται σε μονωμένη δεξαμενή όπου και αποθηκεύεται και είναι έτοιμο για χρήση.

Υπάρχουν 3 κύριες κατηγορίες ηλιακών συλλεκτών.

1. Οι επίπεδοι συλλέκτες (Εικόνα 4.11). Είναι η πιο συνηθισμένη μορφή, με εφαρμογές τόσο για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, θέρμανση χώρων αλλά και για θέρμανση πισινών.
2. Οι πλαστικοί συλλέκτες. Αποτελούνται μόνο από τον απορροφητή και της σωλήνες και εφαρμόζονται κυρίως για θέρμανση πισινών. Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές χαμηλών θερμοκρασιών μέχρι 30°C. Η απόδοσή τους επηρεάζεται σημαντικά από την ταχύτητα του ανέμου καθώς δε διαθέτουν το διαφανές κάλυμμα πάνω από τον απορροφητή και δεν είναι κατάλληλος τύπος για περιοχές με χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος.
3. Συλλέκτες σωλήνων κενού (Εικόνα 4.12). Χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια για τη θέρμανση χώρων, και είναι ικανοί να αναπτύξουν πολύ μεγάλες θερμοκρασίες έως και 120°C πάνω από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.



Εικόνα 4.11 Τυπική τομή επίπεδου ηλιακού συλλέκτη
(πηγή: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2011)



Εικόνα 4.12 Τυπική μορφή συλλέκτη κενού
(πηγή: Ίδρυμα ενέργειας Κύπρου)

Όπως και τα φωτοβολταικά έχουν και αυτή δυνατότητα τοποθέτησης με κανέναν, έναν ή δυο βαθμούς ελευθερίας. Η βέλτιστη αλλά πιο σύνθετη επιλογή είναι αυτή με δυο βαθμούς ελευθερίας καθώς με τη συνεχόμενη κίνησή του προσαρμόζεται στην κίνηση του ήλιου ώστε η προσπίπτουσες ακτίνες του ήλιου να είναι όσο το δυνατόν πιο κάθετες στην επιφάνεια του συλλέκτη.

Στην περίπτωση που ο ηλιακός συλλέκτης αποσκοπεί μόνο στην κάλυψη των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης, το σύστημα αποτελείται από το κεντρικό σύστημα των ηλιακών συλλεκτών, από τον κύλινδρο αποθήκευσης (tank) στον οποίο αποθηκεύεται το ζεστό νερό και από το δίκτυο των αγωγών το οποίο μεταφέρει το ζεστό νερό στους χώρους. Επειδή όμως όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως ο ηλιακός συλλέκτης αναμένεται κάποιες περιόδους να μην μπορεί να καλύψει τις απαιτήσεις, προβλέπεται και μια συμβατική μονάδα παραγωγής ενέργειας που συνήθως είναι το boiler αλλά μπορεί να είναι και καυστήρας βιομάζας. Αυτό μπορεί να είναι είτε διπλής ενέργειας δηλαδή να παράγει ζεστό νερό μέσω της ηλεκτρικής αντίστασης όταν η ακτινοβολία δεν επαρκεί είτε τριπλής ενέργειας δηλαδή εκτός από την ηλεκτρική αντίσταση να είναι συνδεδεμένο με τον λέβητα προκειμένου να παράγεται η ενέργεια μέσω της καύσης του πετρελαίου.

Ενώ εάν το σύστημα αποσκοπεί στην κάλυψη και θερμικών αναγκών του χώρου τότε η διάταξη είναι διαφορετική καθώς το παραγόμενο ζεστό νερό αποθηκεύεται στην δεξαμενή αποθήκευσης, αλλά από εκεί παρέχεται στα καλοριφέρ για την θέρμανση

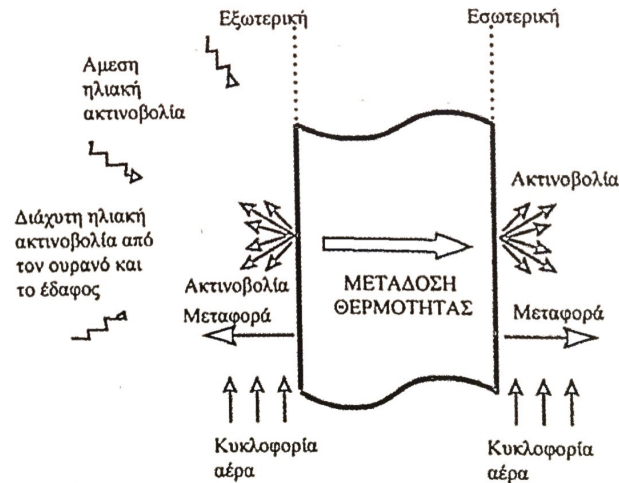
των χώρων. Τα συστήματα των ηλιακών συλλεκτών που σχεδιάζονται για να καλύψουν τόσο τις θερμικές ανάγκες του χώρου όσο και τις ανάγκες σε ζεστό νερό χρήσης, ονομάζονται συστήματα combi. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο με την πάροδο των χρόνων.

4.3 Παθητικά ηλιακά συστήματα

Αποτελούν συστήματα για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας χωρίς τη χρήση μηχανολογικών διατάξεων. Η λειτουργία τους βασίζεται στην εκμετάλλευση της μετάδοσης της θερμότητας και της ακτινοβολίας από την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας πάνω σε διαφανείς επιφάνειες τις οποίες διαπερνά παρέχοντας φωτισμό και θέρμανση στους εσωτερικούς χώρους. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η ηλιακή ενέργεια μεταβάλλεται συνεχώς και υπάρχει έντονη μεταβολή τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και από μέρα σε μέρα. Για να μπορέσουν να αξιοποιηθούν όσο το δυνατό περισσότερο τα ηλιακά κέρδη που υπάρχουν κάποιες μέρες και ώρες όπως τις ώρες με μεγάλη ηλιοφάνεια και καθαρή ατμόσφαιρα και να χρησιμοποιηθούν όταν τα ηλιακά κέρδη θα είναι χαμηλά δηλαδή τις νυχτερινές ώρες, χρειάζεται να αποθηκευτεί αυτή η ενέργεια. Για να επιτευχθεί αυτή η αποθήκευση χρησιμοποιούνται υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα τα οποία τις περισσότερες φορές αποτελούν ήδη δομικά υλικά του κτιρίου ή εντάσσονται σε κατάλληλες θέσεις για να λειτουργούν ως αποθηκευτικό μέσο. Ο τελικός σκοπός είναι να **μεγιστοποιηθούν τα ηλιακά κέρδη κατά την περίοδο του χειμώνα** ώστε να μειωθεί το απαιτούμενο θερμικό φορτίο και ταυτόχρονα να είναι προσαρμοσμένα τη **θερινή περίοδο** ώστε αυτά τα κέρδη να **ελαχιστοποιούνται**.

Πιο συγκεκριμένα η βασική λειτουργία τους βασίζεται σε 3 στάδια. Αρχικά στη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω διαφανών στοιχείων (υαλοπίνακες), έπειτα στη θερμοχωρητικότητα των δομικών υλικών για την αποθήκευση της θερμότητας και τέλος στον νόμο που ακολουθεί η θερμότητα για μετάδοσή της μέσα στους εσωτερικούς χώρους. Για τη μετάδοση της θερμότητας ακολουθείται η πορεία τα που φαίνεται και στην εικόνα 4.13.

- Αγωγή μέσα από το δομικό υλικό. Η θερμότητα ακολουθεί τη διαδρομή από τις υψηλές στις χαμηλές θερμοκρασίες.
- Μεταφορά από τις επιφάνειες των δομικών υλικών
- Ακτινοβολία (ανάλογα με τη θερμοκρασία της επιφάνειας)



Εικόνα 4.13 Διαδικασίες μετάδοσης της θερμότητας μέσα από ένα τείχος κατά τη διάρκεια της ημέρας (πηγή: Κωνσταντίνος Α. Μπαλάρας, 2006)

Για τα μη διαπερατά υλικά όπως είναι τα περισσότερα υλικά του κτιριακού κελύφους όπως οι τοιχοποιίες, το ποσοστό της ενέργειας που απορροφάται, εξαρτάται από τον συντελεστή απορροφητικότητας (α) της επιφάνειας και από το συντελεστή ανάκλασης (ρ). Όπου:

$$\alpha + \rho = 1$$

Σε αντίθεση με τα διαπερατά ή μερικώς διαπερατά υλικά όπου στις προηγούμενες δύο παραμέτρους έρχεται να προστεθεί ο συντελεστής διαπερατότητας (τ). Για αυτά τα υλικά:

$$\tau + \alpha + \rho = 1$$

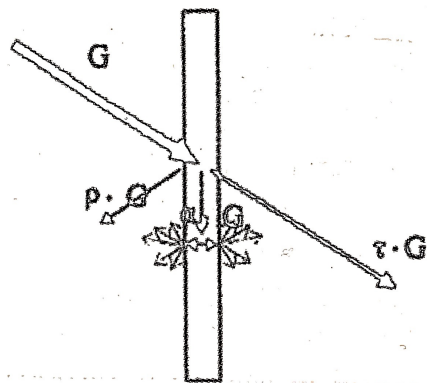
Γίνεται αντιληπτό ότι όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής ανάκλασης τόσο περισσότερη ενέργεια θα απορροφηθεί. Για αυτό το λόγο προτιμώνται πιο σκουρόχρωμα χρώματα αφού έχουν μικρότερο συντελεστή ανάκλασης.

Σχετικά με τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, αυτή βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, δηλαδή η ηλιακή ακτινοβολία εγκλωβίζεται σε έναν εσωτερικό χώρο που βρίσκεται μέσα από τις διαφανείς επιφάνειες, χάρη στην ιδιότητα των επιφανειών αυτών να είναι διαπερατές από τα μικρά μήκη κύματος άρα και την ηλιακή ακτινοβολία (0.4-2.5 mm) αλλά να είναι πολύ λιγότερο διαπερατές από τα μεγάλα μήκη κύματος της θερμικής ακτινοβολίας (10 μ m).

Κατά την πρόσπτωση στην διαφανή επιφάνεια όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.14:

- Ένα ποσοστό αντανακλάται και επιστρέφει στο εξωτερικό περιβάλλον
- Ένα ποσοστό απορροφάται από το υλικό
- Από τη θερμότητα ένα μέρος πηγαίνει μέσω της ακτινοβολίας προς το εξωτερικό και ένα προς το εσωτερικό περιβάλλον

- Ένα ποσοστό διαπερνά την διαπερνά και μπαίνει στον εσωτερικό χώρο.

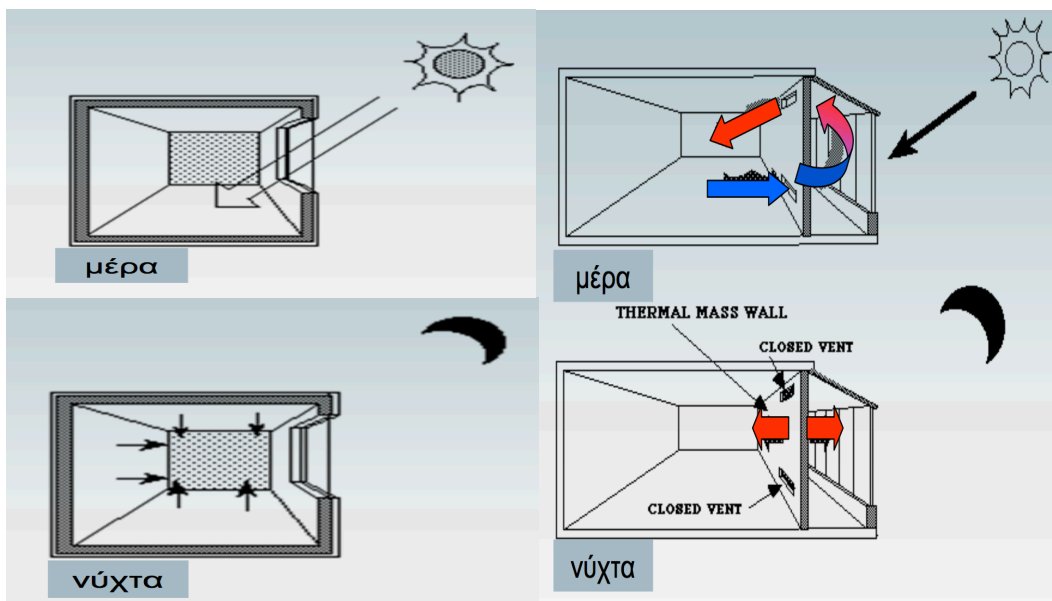


*Εικόνα 4.14 Ισοζύγιο ηλιακής ακτινοβολίας σε μια διαφανή επιφάνεια
(πηγή: Κωνσταντίνος Α. Μπαλάρας, 2006)*

Αξιοποιώντας τις παραπάνω ιδιότητες των υλικών, τα παθητικά ηλιακά συστήματα χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο λειτουργείας τους

- Συστήματα με άμεσο ηλιακό κέρδος (Εικόνα 4.15). Σε αυτήν την περίπτωση το κτίριο αξιοποιεί την ηλιακή ενέργεια μέσω των ανοιγμάτων και του προσανατολισμού τους για την θέρμανση του εσωτερικού χώρου. Η θερμική μάζα του κτιρίου αποθηκεύει την θερμότητα που προσπίπτει σε αυτή από τα ανοίγματα και την αποδίδει στον εσωτερικό χώρο σταδιακά με μεταφορά και ακτινοβολία. Για την μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα του συστήματος θα πρέπει η θερμική του μάζα να αποτελείται από υλικά με υψηλή θερμοχωρητικότητα, να υπάρχει κατάλληλη θερμομόνωση για να μειώνονται οι θερμικές απώλειες και τα ανοίγματα να έχουν κατάλληλο (νότιο) προσανατολισμό.
- Συστήματα με έμμεσο ηλιακό κέρδος (Εικόνα 4.16). Η εκμετάλλευση της ακτινοβολίας γίνεται με αποθηκευτικά συστήματα. Η αποθήκευση μπορεί να γίνει με τη βοήθεια ενός τοίχου ο οποίος στην εξωτερική πλευρά του οποίου τοποθετείται ένα τζάμι το οποίο συλλέγει τη θερμότητα η οποία στη συνέχεια απορροφάται από τον τοίχο και αποδίδεται στο εσωτερικό περιβάλλον είτε μέσω μεταφοράς είτε ειδικών διαμορφωμένων θυρίδων στην επιφάνεια του τοίχου. (Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο τοίχος Trombe). Ένα ακόμα τέτοιο σύστημα είναι το προσαρτημένο θερμοκήπιο, κατά το οποίο δημιουργείται ένας

κλειστός χώρος από υαλοστάσια ο οποίος τοποθετείται ώστε να περιβάλλει μια όψη ή ένα τμήμα της.



Εικόνα 4.15 Λειτουργία συστήματος άμεσου ηλιακού κέρδους για νότιο προσανατολισμό (πηγή: Τσαγκαρίδου-Λαζάρου Σ, 2013.)

Εικόνα 4.16 Λειτουργία Ηλιακού τοίχου συνδυασμένου με προσαρτημένο θερμοκήπιο (πηγή: Τσαγκαράκιδου-Λαζάρου Σ, 2013.)

4.4 Αιολικές μηχανές

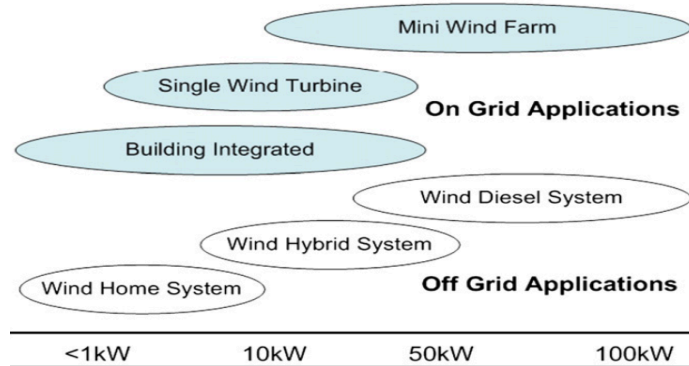
Η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας γίνεται στο μεγαλύτερο μέρος της με την δημιουργία αιολικών χερσαίων ή παράκτιων αιολικών πάρκων. Τα αιολικά αυτά πάρκα, αποτελούνται από μεγάλες ανεμογεννήτριες 800 kW- 6 MW, οι οποίες τροφοδοτούν κατευθείαν το ηλεκτρικό δίκτυο.

Πλέον έχει αρχίσει να υφίσταται και η αξιοποίησή της με τη βοήθεια μικρών ανεμογεννητριών 0.4-10 kW αλλά και μεγαλύτερων οι οποίες είναι ειδικά σχεδιασμένες για την εγκατάστασή τους στο αστικό περιβάλλον και στα κτίρια (Εικόνα 4.17). Ανάλογα με τον τρόπο που οι ανεμογεννήτριες διοχετεύουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, χαρακτηρίζονται (όπως και τα φωτοβολταικά) ως:

1. **Διασυνδεδεμένες**, σε αυτήν την περίπτωση η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια πωλείται στο σύστημα ηλεκτρισμού. Εδώ είναι απαραίτητη η χρήση μετατροπέα αλλά όχι μπαταρίας.
2. **Αυτόνομες**, σε αυτήν την περίπτωση η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, αποδίδεται στο κτίριο για την κάλυψη ολόκληρων ή ενός μέρους των ηλεκτρικών του αναγκών. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό χρειάζεται

μετατροπέας αλλά και μπαταρία για την αποθήκευση της περισσευούμενης ενέργειας (κατά αντιστοιχία με τα φωτοβολταικά).

3. **Υβριδικές**, όταν λειτουργούν σε συνδυασμό με φωτοβολταικά ή άλλο ηλεκτροπαραγωγό μέσο.



Εικόνα 4.17 Μεγέθη και τύπος μικρών αιολικών μηχανών (πηγή: Kaldellis J.K. & D. Zafirakis, 2011)

Οι αιολικές μηχανές διακρίνονται σε δυο βασικούς τύπους.

- Οριζόντιου άξονα, είναι η συνηθέστερη μορφή, όπου αποτελούνται από δύο ή τρία περύγια ο άξονας περιστροφής των οποίων είναι οριζόντιος. Επηρεάζονται από τη διεύθυνση του ανέμου και η κλίση τους προσαρμόζεται ώστε η επιφάνεια των περυγίων να είναι κάθετη στη διεύθυνση του ανέμου (Εικόνα 4.18).
- Κατακόρυφου άξονα, των οποίων ο άξονας περιστροφής είναι κατακόρυφος και δεν επηρεάζονται από τις αλλαγές στη διεύθυνση του ανέμου με αποτέλεσμα να είναι απλούστερες στην κατασκευή. Έχουν μικρό κόστος κατασκευής και μικρό βάρος αλλά έχουν αρκετά πιο χαμηλή απόδοση από αυτές οριζόντιου άξονα γεγονός που έχει περιορίσει τη χρήση τους (Εικόνα 4.19).



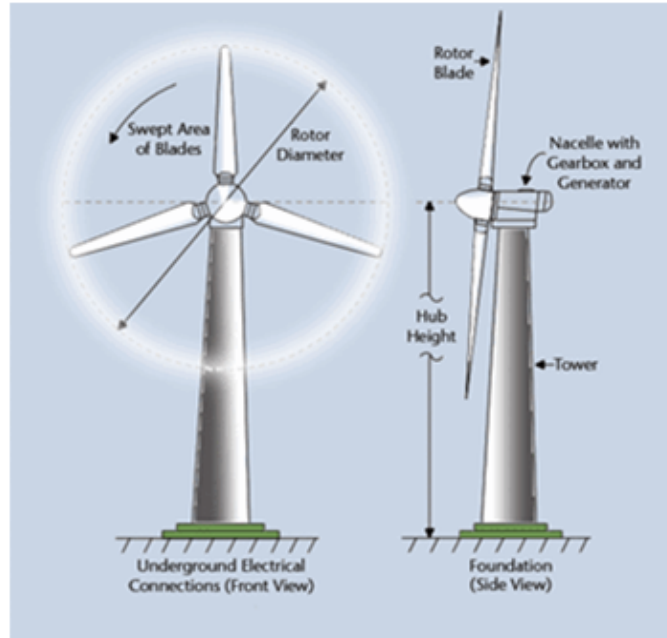
Εικόνα 4.18 αιολική μηχανή οριζόντιου άξονα
(πηγή: zeroenergybuildings.org)



Εικόνα 4.19 αιολική μηχανή κατακόρυφου άξονα
(πηγή: zeroenergybuildings.org)

Τα κύρια μέρη της μηχανής (Εικόνα 4.20) είναι τα εξής:

1. Ο πύργος στήριξης: είναι κυλινδρικής μορφής και κατασκευασμένος από χάλυβα, ώστε να στηρίζει το ρότορα και τα περύγια και να τους επιτρέπει να βρίσκονται σε τέτοιο ύψος ώστε η ταχύτητα του ανέμου να είναι μεγαλύτερη και με λιγότερο τυρβώδη ροή από ότι στο έδαφος.
2. Ο θάλαμος που περιέχει τα μηχανικά υποσυστήματα
 - a. Τον κύριο άξονα όπου ο ρόλος του είναι να μεταφέρει την κίνηση από τα περύγια στο κιβώτιο ταχυτήτων
 - b. Το σύστημα πέδησης με δισκόφρενο
 - c. Το κιβώτιο ταχυτήτων προκειμένου να μετατρέπει με τη βοήθεια της ηλεκτρογεννήτριας την χαμηλή συχνότητα περιστροφής των περρυγίων σε μεγαλύτερη συχνότητα 50-60 για να είναι συμβατή με το δίκτυο
 - d. Την ηλεκτρογεννήτρια που μετατρέπει την κινητική του ρότορα σε ηλεκτρισμό
3. Ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου ασφαλούς λειτουργίας. Αποτελούνται από ένα ή περισσότερα υποσυστήματα μικροελεγκτών και εξασφαλίζουν την εύρυθμη και ασφαλή λειτουργία της ανεμογεννήτριας σε όλες τις συνθήκες
4. Τα περρύγια, τα οποία είναι κατασκευασμένα από σύνθετα υλικά σχεδιασμένα να αντέχουν σε μεγάλες καταπονήσεις. Μεγαλύτερο μήκος περρυγίων παράγει περισσότερη ενέργεια.



Εικόνα 4.20 Βασικά μέρη αιολικής μηχανής
(πηγή: Αρχή Ενέργειας Κύπρου, <https://www.eac.com.cy>)

Τα βασικά μηχανικά χαρακτηριστικά και μεγέθη είναι τα εξής:

- Η διάμετρος των πτερυγίων D
- Το ύψος τοποθέτησης $H \rightarrow 1 < H/D < 2$
- Πλήθος πτερυγίων. Επικρατέστερες είναι οι μηχανές με 3 πτερύγια
- Το είδος των πτερυγίων (πάχος, υλικό), για πολύ συμπαγής φαρδιά πτερύγια, η λειτουργία ξεκινάει από μικρές ταχύτητες ανέμου αλλά δεν μπορούν να αξιοποιήσουν τις μεγάλες
- Η ονομαστική ταχύτητα περιστροφής
- Ο συντελεστής ισχύος C_p , ο οποίος εκφράζει το πόσο αποδοτικά η μηχανή μετατρέπει την αιολική ενέργεια σε μηχανική και είναι ο λόγος της μηχανικής ισχύς που παράγει η ανεμογεννήτρια προς την αιολική ισχύ. Η μέγιστη τιμή του είναι 0.593 και λέγεται όριο Betz. Στην πράξη είναι ανέφικτο να επιτευχθεί τέτοιος συντελεστής και οι συνήθεις τιμές κυμαίνονται μεταξύ 0.3 έως 0.4.

$$C = \frac{P_m}{P_w}$$

- Η ονομαστική ισχύς, είναι η μέγιστη ισχύς που παράγει η ανεμογεννήτρια.
- Ο συντελεστής δυναμικότητας C_F ο οποίος εκφράζει το πόσο αποδοτική είναι η ανεμογεννήτρια, και ισούται με

$$C_F = \frac{\text{Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια}}{\text{Μέγιστη ηλεκτρική που θα παρήγαγε αν δούλευε συνεχώς με πλήρη ισχύ}}$$

Η αιολική ισχύς είναι ανάλογη του όγκου του αέρα που εισέρχεται, της ταχύτητάς του και της πυκνότητάς του. Ακολουθώντας τους νόμους της κινηματικής όπου $KE = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ προκύπτει ότι:

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

Όπου:

- V η ταχύτητα του ανέμου m/s
- ρ η πυκνότητα του αέρα kg/m³
- A η επιφάνεια αναφοράς (στον στρόβιλο η επιφάνεια που ορίζουν τα περύγια m²)
- P_w η αιολική ισχύς kW

Παρόλο που σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο $P_m = C_p \cdot P_w$ και την από πάνω σχέση φαίνεται ότι όσο αυξάνεται η ταχύτητα του ανέμου θα αυξάνεται και η μηχανική παραγόμενη ενέργεια, αυτό δεν είναι απόλυτα αληθές. Στην πραγματικότητα μόνο ένα κλάσμα της διαθέσιμης ισχύος μπορεί να δεσμευτεί από έναν αεροκινητήρα διότι αφενός ο άνεμος απομακρύνεται από αυτόν με κάποια ταχύτητα, αφετέρου τα περύγια του αεροκινητήρα προκαλούν εκτροπή μέρους του αέρα το οποίο παρακάμπτει τον κινητήρα χωρίς να τον διαπεράσει. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο συντελεστής ισχύος είναι μεταβαλλόμενος συναρτήσει της ταχύτητας και είναι χαρακτηριστικό κάθε ανεμογεννήτριας (Εικόνα 4.21).

Η μηχανική ισχύς όμως για να μετατραπεί σε ηλεκτρική ισχύ υφίσταται ηλεκτρικές και μηχανολογικές απώλειες. Τελικά η ονομαστική ισχύς που παράγεται από μια αιολική μηχανή είναι:

$$P = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot n_M \cdot n_E \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

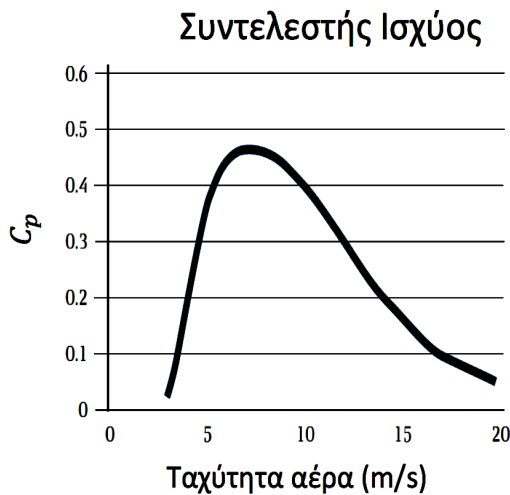
Όπου:

- n_M ο βαθμός απόδοσης του μηχανικού συστήματος
- n_E ο βαθμός απόδοσης της ηλεκτρομηχανικής μετατροπής

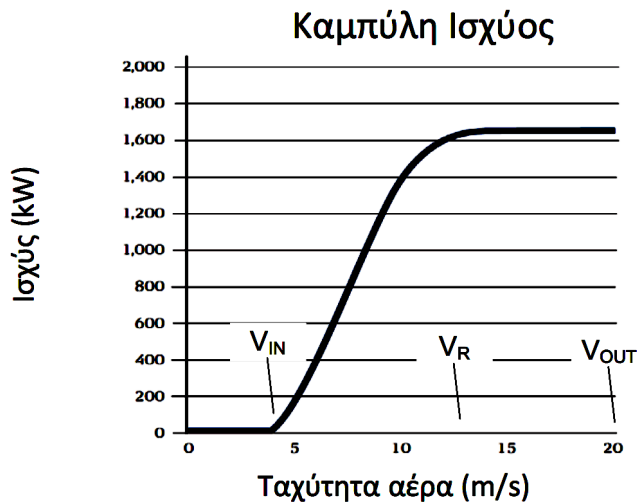
Η ηλεκτρική ισχύς της ανεμογεννήτριας είναι και αυτή μεταβαλλόμενη συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου, μεταβολή η οποία παρουσιάζεται στη καμπύλη ισχύος (Εικόνα 4.22) και συνήθως δίνεται από τον κατασκευαστή.

Στην καμπύλη αυτή υπάρχουν τρεις βασικές ταχύτητες οι οποίες είναι σημαντικές για την απόδοση της ανεμογεννήτριας στο συγκεκριμένο περιβάλλον

- Η ταχύτητα εισόδου (cut-in), V_{in} , η οποία δείχνει σε ποια ταχύτητα ξεκινάει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- Η ονομαστική ταχύτητα (rated), V_R στην οποία παράγεται η ονομαστική ισχύς
- Η ταχύτητα εξόδου (cut-out), V_{out} στην οποία σταματάει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 4.21 Καμπύλη συντελεστή ισχύος αιολικής μηχανής
(πηγή: Πανεπιστήμιο Πάτρας, 2015)



Εικόνα 4.22 Καμπύλη ισχύος αιολικής μηχανής
(πηγή: Πανεπιστήμιο Πάτρας, 2015)

4.5 Λέβητας Βιομάζας

Στον κτιριακό τομέα η βιομάζα μπορεί να συνεισφέρει τόσο στην παραγωγή ζεστού νερού σε καυστήρα όσο και για την κάλυψη των θερμικών αναγκών ενός χώρου.

Εκτός από τα τζάκια και τις θερμάστρες η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί μέσω κεντρικών συστημάτων θέρμανσης όπως είναι οι λέβητες βιομάζας. Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει δώσει την δυνατότητα οι σύγχρονοι λέβητες εκτός από ξύλα και πυρηνόξυλα να χρησιμοποιούν πελλέτες και chips και η τροφοδοσία τους να γίνεται αυτόματα. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό είναι ότι δεν παράγουν ορατό καπνό και έχουν χαμηλές εκπομπές. Το πιο βασικό όμως είναι ότι έχουν πολύ μεγάλη απόδοση καθώς αξιοποιούν το 85-90% της θερμικής ενέργειας του ξύλου. Για να διατηρήσουν την

αποδοτικότητά τους είναι σημαντικό να συντηρούνται σωστά και να καθαρίζονται από την εναπομένουσα στάχτη, αν και τα σύγχρονα συστήματα έχουν τη δυνατότητα να απομακρύνουν αυτόματα την τέφρα.

Για να τοποθετηθεί είναι απαραίτητο να υπάρχει αρκετά μεγάλος χώρος τόσο για τον λέβητα όσο και για την αποθήκευση του καυσίμου καθώς έχει μεγάλες διαστάσεις.

5 Μελέτη Περίπτωσης

5.1 Γενική Περιγραφή κατοικίας

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε για ένα υφιστάμενο κτίριο στην περιοχή του Διονύσου, το οποίο αποτελεί την μόνιμη κατοικία τριμελούς οικογένειας. Η συνολική του επιφάνεια είναι 481 m² και αποτελείται από τρεις ορόφους:

- Υπόγειο → 211 m²
- Ισόγειο → 162 m²
- Α' όροφος → 108 m²

Το κτίριο κατασκευάστηκε τη δεκαετία του 1980 και το κτιριακό του κέλυφος, το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τον καθορισμό των απωλειών του κτιρίου, αποτελείται από τα εξής δομικά υλικά.

- ❖ Αδιαφανή στοιχεία
 - Φέρον οργανισμός **οπλισμένου σκυροδέματος**
 - **Διπλή τοιχοποιία** με ενδιάμεσο κενό
 - **Κεκλιμένη στέγη** από κεραμίδια επί κεκλιμένης πλάκας **οπλισμένου σκυροδέματος**
 - **Πλάκες ορόφων** και υπογείου από **οπλισμένο σκυρόδεμα** με ξύλινες και μαρμάρινες επικαλύψεις

- ❖ Διαφανή στοιχεία
 - Υαλοπίνακες με πλαίσιο αλουμινίου διπλά τζάμια και διάκενο αέρος

Εκτός από τα δομικά υλικά της κατασκευής ιδιαίτερα σημαντικά είναι και τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής στην οποία είναι το κτήριο. Ο Διόνυσος αποτελεί κωμόπολη της Αττικής και βασικό οικισμό στον ομώνυμο δήμο που σχηματίστηκε με το πρόγραμμα Καλλικράτης και τον οποίον απαρτίζουν οι πρώην δήμοι Άνοιξης, Δροσιάς, Κρουνερίου, Ροδόπολης, Σταμάτας και Αγίου Στεφάνου. Ο οικισμός έχει πληθυσμό 5,651 κατοίκους, σύμφωνα με την Απογραφή του 2011, καταλαμβάνει έκταση 21.41 km² και αναπτύσσεται σε υψόμετρο 480 m.

Η Ελλάδα είναι χωρισμένη σε 4 κλιματικές ζώνες, ανάλογα με τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά των περιοχών που τις απαρτίζουν. Η συγκεκριμένη περιοχή εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Β (Εικόνα 5.1).

Πίνακας 5.1 Κλιματικές ζώνες Ελλάδας
(πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.. 20701-1/2010)

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

5.2 Καθορισμός των θερμικών αναγκών του κτιρίου

Για τον καθορισμό των θερμικών αναγκών της κατοικίας, ακολουθήθηκε η μέθοδος DIN4701/1983 σε συνδυασμό με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ) και σχετικές Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ε.Ε.), (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.) προκειμένου να υπολογιστεί το θερμικό φορτίο. Εν συνεχεία με τη μέθοδο των βαθμομερών θέρμανσης υπολογίστηκε η τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση σε kWh.

5.2.1 Απώλειες αγωγιμότητας

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω οι απώλειες αγωγιμότητας προέρχονται από το κέλυφος του κτιρίου, δηλαδή τους τοίχους, τα ανοίγματα, τα δάπεδα και της οροφές και εξαρτώνται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, την επιθυμητή θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου, την θερμοπερατότητα του κάθε υλικού και την συνολική του επιφάνεια. Στη συνέχεια βέβαια παρατηρείται επίσης, ότι σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και ο προσανατολισμός της εκάστοτε επιφάνειας.

Έτσι λοιπόν για τον υπολογισμό των απωλειών μέσω αγωγιμότητας εφαρμόζεται η παρακάτω σχέση όπως ορίζει και ο DIN4701/1983 :

$$Q_t = U \cdot A \cdot (T_i - T_o)$$

Όπου:

Q_t οι απώλειες λόγω αγωγιμότητας σε W

U η θερμοπερατότητα του δομικού στοιχείου σε W/m^2K

A η επιφάνεια του δομικού στοιχείου σε m^2

T_i η επιθυμητή θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου °C

T_o η θερμοκρασία του αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον °C

Για τον καθορισμό της επιθυμητής θερμοκρασίας στον εσωτερικό χώρο, αυτή λαμβάνεται $T_i = 20^\circ\text{C}$ για το χειμώνα, όπως ορίζεται από το Τ.Ε.Ε.. Η θερμοκρασία αυτή λήφθηκε απλοποιητικά σταθερή για όλους τους χώρους του σπιτιού. Ενώ η $T_o = 1^\circ\text{C}$, είναι η μέση ελάχιστη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος για περιοχές της Αθήνας.

Για τον υπολογισμό της θερμοπερατότητας των υλικών του κτιρίου, δεν έγινε αναλυτικός υπολογισμός καθώς δεν ήταν δυνατή η επακριβή αποτίμηση μερικών παραμέτρων. Ο Κ.Εν.Α.Κ δίνει ενδεικτικές τιμές θερμοπερατότητας κάθε δομικού στοιχείου (Πίνακες 5.2-5.4). Επειδή το σπίτι είναι κατασκευασμένο το 1986, δίνεται η δυνατότητα καθορισμού της θερμοπερατότητας με βάση τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων ο οποίος ίσχυε μέχρι το 2010.

Τα δομικά στοιχεία τα οποία θα επηρεάσουν τελικά τις απώλειες είναι εκείνα τα οποία έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον (αέρα ή έδαφος) έτσι ώστε να υπάρχει θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στις δύο όψεις του στοιχείου. Κατά συνέπεια οι εσωτερικοί τοίχοι θεωρείται ότι δεν επηρεάζουν καθώς η θεώρηση σταθερής θερμοκρασίας στον εσωτερικό χώρο, δεν δημιουργεί διαφορά θερμοκρασίας στις δυο του όψεις με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ροή θερμότητας μέσα από αυτό.

*Πίνακας 5.2 Τυπικές τιμές θερμοπερατότητας στέγης και δαπέδων
(πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.. 20701-1/2010)*

Περιγραφή στοιχείου	Χωρίς θερμομονωτική προστασία			Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.		
	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. χώρο	Σε επαφή με έδαφος	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμ. χώρο	Σε επαφή με έδαφος
	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]
Επιστεγάσεις (με ή χωρίς ψευδοροφή)						
Συμβατικού τύπου δώμα.	3,05	–	–	0,95	–	–
Αντεστραμμένου τύπου δώμα.	–	–	–	0,95	–	–
Αεριζόμενο δώμα.	–	3,70	–	1,00	–	–
Φυτεμένο δώμα.	1,20	–	–	0,70	–	–
Οριζόντια οροφή κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη.	3,70	–	–	1,00	–	–
Οροφή κάτω από μη θερμαινόμενο χώρο.	–	2,90	–	–	0,90	–
Κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος.	4,70	–	–	1,05	–	–
Κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης ξύλινης στέγης.	4,25	–	–	1,00	–	–
Δάπεδα με επικάλυψη παντός τύπου (ξύλο, μάρμαρο, πλακάκι, μωσαϊκό κ.τ.λ.)						
Επάνω από ανοικτό υπόστρωμα χώρο (πυλωτή).	2,75	–	–	0,90	–	–
Επί εδάφους.	–	–	3,10	–	–	0,95
Επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο.	–	2,00	–	–	0,80	–

Πίνακας 5.3 Τυπικές τιμές θερμοπερατότητας τοιχοποιίας
(πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.. 20701-1/2010)

Οπτοπλινθοδομή, φέρουσα ή πλήρωσης (με ή χωρίς κλειστό διάκενο αέρος)						
Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή						
Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις.	2,30	1,90	2,55	0,85	0,80	0,90
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	2,20	1,85	–	0,85	0,80	–
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	1,90	1,60	2,05	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένη με αργολιθοδομή.	2,10	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες.	2,25	1,85	2,45	0,85	0,80	0,85
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,55	1,35	1,65	0,70	0,70	0,75

Πίνακας 5.4 Τυπικές τιμές θερμοπερατότητας κουφωμάτων
(πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.. 20701-1/2010)

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου F _f [%]	Υαλοπίνακας μονός [W/(m ² .K)]	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεψιμότητας	
			με διάκενο αέρα 6 mm [W/(m ² .K)]	με διάκενο αέρα 12 mm [W/(m ² .K)]	με διάκενο αέρα 6 mm [W/(m ² .K)]	με διάκενο Αέρα 12 mm [W/(m ² .K)]
			Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.	20%	6,0	4,1
	30%	6,1	4,5	4,1	4,0	3,5
	40%	6,2	4,8	4,5	4,4	4,0
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	20%	–	3,6	3,2	3,1	2,6
	30%	–	3,5	3,2	3,1	2,7
	40%	–	3,5	3,2	3,0	2,8
Μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 24 mm	20%	–	3,4	3,0	3,0	2,3
	30%	–	3,3	3,0	2,9	2,4
	40%	–	3,2	3,0	2,9	2,4
Συνθετικό πλαίσιο	20%	–	3,4	3,0	2,9	2,2
	30%	–	3,3	2,9	2,9	2,3
	40%	–	3,2	2,9	2,9	2,4
Ξύλινο πλαίσιο	20%	5,0	3,2	2,9	2,7	2,1
	30%	4,7	3,1	2,8	2,6	2,1
	40%	4,3	3,0	2,7	2,6	2,1
Διπλό παράθυρο (ξύλινο)*	20%	2,4	–	–	–	–
	30%	2,3	–	–	–	–
	40%	2,1	–	–	–	–
Εξωτερικές Πόρτες						
Υλικό	Χωρίς υαλοπίνακες [W/(m ² .K)]					
Μέταλλο	6,0					
Συνθετικό	3,5					
Ξύλο	3,5					

Σημαντικός παράγοντας ο οποίος συμβάλλει στις απώλειες αγωγιμότητας είναι οι θερμογέφυρες που συναντώνται στα δομικά στοιχεία. Πρόκειται για σημεία στα οποία η θερμομόνωση είναι σημαντικά μικρότερη από εκείνη στο υπόλοιπο στοιχείο και έτσι το υλικό είναι πιο ευάλωτο σε εκείνο το σημείο (π.χ. γωνίες οπου η τοιχοποιία συναντά την πλάκα από σκυρόδεμα, σημεία διακοπής ή γωνίας του θερμομονωτικού υλικού). Προκειμένου να υπολογιστούν οι απώλειες αυτές ο Κ.Εν.Α.Κ ορίζει ότι με αύξηση κατά 0.1 της θερμοπερατότητας των υπόλοιπων στοιχείων συνυπολογίζονται και οι απώλειες των θερμογεφυρών. Για αυτό και οι τιμές του Πίνακα 5.5 είναι προσαυξημένες κατά 0.1.

Από τα αρχιτεκτονικά σχέδια (κατόψεις του κτιρίου στο παράρτημα Ι) συλλέχθηκαν όλες οι απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με τον προσανατολισμό και της επιφάνειες των δομικών αυτών στοιχείων και παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

Πίνακας 5.5 Συνολικές επιφάνειες δομικών στοιχείων και συντελεστές θερμοπερατότητας

Δομικό στοιχείο	Προσανατολισμός	Επιφάνεια	m ²	Θερμοπερατότητα W/m ² K
Εξωτερική τοιχοποιία	NΔ	85.24		0.95
	NA	117.70		0.95
	BA	137.00		0.95
	BΔ	93.24		0.95
Υαλοπίνακες	NΔ	59.30		3.80
	NA	2.30		3.80
	BA	13.38		3.80
	BΔ	11.26		3.80
Εύλινες Πόρτες	-	4.40		3.50
Οροφή	NΔ	95.00		1.15
	BA	27.00		1.15
Δάπεδο Υπογείου	-	210.21		1.15

Προκειμένου να γίνει αναλυτικότερος υπολογισμός, υπολογίστηκαν οι απώλειες κάθε δωματίου, για κάθε όροφο ξεχωριστά οι οποίοι δείχνουν τους υπολογισμούς αναλυτικά στο παράρτημα I & II. Όπως προβλέπει ο κανονισμός DIN4701/1983, οι απώλειες αγωγιμότητας κάθε χώρου προσαυξάνονται κατά τρεις συντελεστές.

- i. Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού Z_H . Ο οποίος καθορίζεται από τον προσανατολισμό των τοίχων που είναι σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον. Όταν πρόκειται για βόρειο, βορειοανατολικό και βορειοδυτικό προσανατολισμό τότε το θερμικό φορτίο του χώρου προσαυξάνεται κατά 5% ενώ όταν πρόκειται για νότιο, νοτιοανατολικό και νοτιοδυτικό προσανατολισμό τότε το θερμικό φορτίο μειώνεται κατά 5%. Στην περίπτωση Ανατολικού και Δυτικού προσανατολισμού δεν προβλέπεται καμία προσαύξηση.
- ii. Προσαύξηση λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας Z_D (Πίνακας 5.6). Οι κατοικίες σπάνια έχουν συνεχόμενο σύστημα θέρμανσης. Έτσι όταν πρόκειται για διακοπτόμενο σύστημα, στην αρχή της λειτουργίας του δαπανά μεγαλύτερη ενέργεια προκειμένου να θερμάνει το χώρο γρήγορα.

Πίνακας 5.6 Συντελεστής προσαύξησης Z_D

Κατηγορία λειτουργίας ανά 24 ωρο	Τιμές του συντελεστή D			
	0,1 – 0,3	0,3 – 0,7	0,7 – 1,5	> 1,5
I	7	7	7	7
II	20	15	15	15
III	30	25	20	15

- iii. Προσαύξηση λόγω ύψους Z_O . Όσο ψηλότερα είναι ένας χώρος από την επιφάνεια του εδάφους τόσο πιο εκτεθειμένος είναι από τις εξωτερικές συνθήκες. Έτσι προβλέπεται μια προσαύξηση 2% για κάθε μέτρο πάνω από την στάθμη των 4 m. Το υψόμετρο κάθε ορόφου είναι το υψόμετρο στο μέσο ύψος.

Το υπόγειο δεν προσαυξάνεται.

Το ισόγειο βρίσκεται σε επίπεδο +1.4 m επομένως θα έχει προσαύξηση λόγω ύψους $2 \cdot 1.4 = 2.8\%$

Ο 1^{ος} όροφος βρίσκεται σε επίπεδο +4 m επομένως θα προσαυξηθεί κατά $2 \cdot 4.0 = 8\%$.

Τελικά

$$Q_t = Q_o \cdot \left(1 + \frac{Z_H + Z_D + Z_O}{100}\right)$$

Μετά από άθροισμα των απωλειών αγωγιμότητας όλων των χώρων έχοντας προσανυξήσει κατάλληλα, προκύπτει ότι οι τελικές απώλειες του κελύφους λόγω αγωγιμότητας ανά μονάδα διαφοράς θερμοκρασίας είναι:

$$q = 1270.73 \text{ W/K}$$

Επομένως οι **συνολικές απώλειες αγωγιμότητας** της εξεταζόμενης κατοικίας είναι:

$$Q_t = 1270.73 \cdot (20 - 1) = 24,144 \text{ kW}$$

5.2.2 Απώλειες αερισμού

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως οι απώλειες αερισμού οφείλονται στην εναλλαγή αέρα με το περιβάλλον και διακρίνονται δυο υποκατηγορίες.

➤ Φυσικός Αερισμός

Προκειμένου να εξασφαλιστούν οι συνθήκες υγιεινής στο εσωτερικό των εσωτερικών χώρων, απαιτείται αντικατάσταση μέρος του εσωτερικού αέρα με νωπό αέρα περιβάλλοντος. Το ποσό του αέρα που απαιτείται είναι ανάλογο με τη χρήση του κτιρίου (Πίνακας 5.7).

Πίνακας 5.7 Όγκος νωπού αέρα για ανανέωση του εσωτερικού (πηγή: T.O.T.E.E.. 20701-1/2010)

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

Η ενέργεια που απαιτείται για να ζεστάνει τον αέρα αυτόν δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$Q_{L\text{αερ}} = V \cdot \rho \cdot c \cdot (T_i - T_0)$$

Όπου:

- $Q_{L\text{αερ}}$ η θερμική ισχύς απωλειών λόγω φυσικού αερισμού σε kW
- V η παροχή όγκου του εισερχόμενου αέρα σε m³/s (Πίνακας 5.7)
- ρ η πυκνότητα του αέρα σε kg/m³ (1.168 kg/m³)
- c η ειδική θερμότητα του αέρα σε KJ/kg·K (1.007 KJ/kg·K)
- $T_i - T_0$ η διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού εξωτερικού περιβάλλοντος °C

Πίνακας 5.8 Τελικές απώλειες αερισμού για κάθε όροφο

	Εμβαδόν ορόφου A (m ²)	Όγκος αέρα V (m ³ /h·m ²)	Όγκος αέρα V (m ³ /s)	Ημερήσιες απώλειες (W/K)	ΔT (°C)	Ημερήσιες απώλειες Q _{Laεφ} (W)
1ος όροφος	108.10	0.75	0.02	26.49	19.00	503.28
Ισόγειο	162.63	0.75	0.03	39.85	19.00	757.16
Υπόγειο	210.21	0.75	0.04	51.51	19.00	978.67
Συνολικά				117.85		2239.11

➤ Διείσδυση

Λόγω της υπερπίεσης που δημιουργείται στους θερμαινόμενους χώρους ο αέρας του χώρου ωθείται προς τα έξω μέσω των χαραμάδων. Οι απώλειες αυτές εξαρτώνται τόσο από το συνολικό μήκος των χαραμάδων και τη διαπερατότητά τους αλλά και από την ταχύτητα του ανέμου. Έτσι για τον υπολογισμό τους εφαρμόστηκε η ακόλουθη σχέση:

$$Q_{L \text{ διείσδ}} = \alpha \cdot \sum l \cdot R \cdot H \cdot Z_{\Gamma} \cdot \Delta T$$

Όπου:

$Q_{L \text{ διείσδ}}$ η θερμική ισχύς απωλειών λόγω διείσδυσης σε kW

α : ο συντελεστής διείσδυσης ή διαπερατότητας αέρα του κάθε ανοίγματος, ο οποίος εκφράζει το λόγο του όγκου αέρα ο οποίος εισέρχεται ανά μέτρο μήκους σχισμής και ανά ώρα, για διαφορά πίεσεως 1 kPa/m² (Πίνακας 5.9)

$\sum l$ η περίμετρος των ανοιγμάτων σε m

R ο συντελεστής διεισδυτικότητας (πίνακας 5.10)

H ο συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης (πίνακας 5.11)

Z_{Γ} ο συντελεστής γωνιακών ανοιγμάτων. λαμβάνεται ίσος με τη μονάδα

ΔT η διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού εξωτερικού περιβάλλοντος °C

Πίνακας 5.9 Τιμές συντελεστή α

Είδος ανοίγματος		α
Άνοιγμα ξύλινο ή πλαστικό	Απλό	3,0
	Διπλό	2,0
Άνοιγμα μεταλλικό	Απλό	1,5
	Διπλό	1,2
Εσωτερική πόρτα	Στεγανή	1,5
	Μη στεγανή	4,0

Πίνακας 5.10 Τιμές συντελεστή R

Υλικό παραθύρου	Εσωτερικές πόρτες	$\frac{\text{Επιφάνεια εξωτερικών ανοιγμάτων } (F_A)}{\text{Επιφάνεια εσωτερικής πόρτας } (F_N)}$	R
Ξύλο ή πλαστικό	Μη στεγανές	< 3,0	0,9
	Στεγανές	< 1,5	0,9
Μέταλλο	Μη στεγανές	< 6,0	0,9
	Στεγανές	< 2,5	0,9
Ξύλο ή πλαστικό	Μη στεγανές	από 3,0 έως 9,0	0,7
	Στεγανές	από 1,5 έως 3,0	0,7
Μέταλλο	Μη στεγανές	από 6,0 έως 20	0,7
	Στεγανές	Από 2,5 έως 6,0	0,7

Πίνακας 5.11 Τιμές συντελεστή H

Τοποθεσία	Θέση	Ταχύτητα ανέμου (m/s)	Συνεχόμενα κτήρια	Μεμονωμένο κτήριο
Συνήθης περιοχή από πλευράς ισχύος πνοής ανέμων	Προστατευμένη	4	0,24	0,34
	Εκτεθειμένη	6	0,41	0,58
	Ασυνήθιστα εκτεθειμένη	8	0,60	0,84
Περιοχή με ισχυρούς ανέμους	Προστατευμένη	6	0,41	0,58
	Εκτεθειμένη	8	0,60	0,84
	Ασυνήθιστα εκτεθειμένη	10	0,82	1,14
	Εξαιρετικά εκτεθειμένη	20	1,04	1,45

Ο συντελεστής α προκύπτει ίσος με 1.2 καθώς όλοι οι υαλοπίνακες έχουν πλαίσιο από αλουμίνιο και διπλό τζάμι.

Για τον συντελεστή H, η περιοχή χαρακτηρίζεται ως συνήθης περιοχή από πλευράς πνοής ανέμων και το κτίριο είναι οικοδομή σε αραιοκατοικημένους συνοικισμούς επομένως ισούται με 0.41

Ο συντελεστής R υπολογίστηκε για κάθε δωμάτιο ξεχωριστά και ισούται με 0.9 για τα περισσότερους χώρους ενώ σε λίγους λαμβάνει την τιμή 0.7.

Οι συνολικές υπολογίστηκαν για κάθε δωμάτιο κάθε ορόφου ξεχωριστά και παρουσιάζονται στον πίνακα 5.12 οι απώλειες διείσδυσης ανά μονάδα θερμοκρασιακής διαφοράς, και στον πίνακα 5.13 οι τελικές απώλειες διείσδυσης.

Πίνακας 5.12 Περίμετρος ανοιγμάτων και απώλειες διείσδυσης ανά μονάδα διαφοράς θερμοκρασίας σχεδιασμού

	Περίμετρος ανοιγμάτων Σl (m)	Απώλειες λόγω διείσδυσης (W/K)
1ος όροφος	49	18.69
Ισόγειο	95.2	42.15
Υπόγειο	70.9	31.39
Συνολικά	215.1	92.24

Πίνακας 5.13 Τελικές απώλειες διείσδυσης για κάθε όροφο

	Απώλειες διείσδυσης (W/K)	ΔT (°C)	Απώλειες διείσδυσης Q _L (W)
1ος Όροφος	18.69	19.00	355.04
Ισόγειο	42.15	19.00	800.94
Υπόγειο	31.39	19.00	596.50
ΣQ _L (W)	-	-	1752.47

5.2.3 Τελικές απώλειες κατοικίας

Τελικά με βάση τους υπολογισμούς στα κεφάλαια 5.2.1 και 5.2.2, υπολογίζονται οι τελικές απώλειες οι οποίες ισούται με το άθροισμα των απωλειών αερισμού και αγωγιμότητας. (Πίνακας 5.14)

Πίνακας 5.14 Συνολικές απώλειες κατοικίας

Όροφος	Απώλειες αγωγιμότητας Q _t (W)	Απώλειες διείσδυσης Q _L διειδ (W)	Απώλειες αερισμού Q _L αερ (W)
1ος Όροφος	7013.81	355.04	503.28
Ισόγειο	5893.50	800.94	757.16
Υπόγειο	11236.56	596.50	978.67
		Q _h (W)	28135.45
		Q _h (W/K)	1480.81

Επομένως το θερμικό φορτίο σχεδιασμού του κτιρίου είναι:

$$Q_h = 28.135 \text{ (kW)}$$

Είναι λοιπόν φανερό ότι οι απώλειες λόγω αγωγιμότητας είναι οι πιο καθοριστικές και για αυτό αξίζει να εξεταστούν τόσο οι απώλειες αυτές με βάση τον προσανατολισμό (Γράφημα 5.1) όσο και οι απώλειες με βάση το υλικό (Γράφημα 5.2). Η αποτίμηση αυτή θα μπορέσει να οδηγήσει σε σημαντικά συμπεράσματα, έτσι ώστε να ερμηνευθούν οι απώλειες και να προταθούν αντίστοιχες λύσεις για μείωση τους. Είναι φανερό ότι η επιφάνεια με το μεγαλύτερο ποσοστό κουφωμάτων έχει και τις περισσότερες απώλειες (Γράφημα 5.3).



Γράφημα 5.1 Απώλειες ανά όψη κατοικίας



Γράφημα 5.2 Απώλειες ανά υλικό



Γράφημα 5.3 Ποσοστό υαλοπίνακα ανά όψη

5.2.4 Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση

Προκειμένου να υπολογιστεί η απαιτούμενη ενέργεια για την θέρμανση του χώρου θα ακολουθηθεί η **μέθοδος των βαθμομερών θέρμανσης**. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην υπόθεση ότι σε μακροχρόνιες περιόδους (π.χ. μήνας, έτος), τα εσωτερικά θερμικά κέρδη και τα θερμικά κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία αντισταθμίζουν της θερμικές απώλειες του κτιρίου όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι ίση ή μεγαλύτερη από 18.3 °C. Επίσης η κατανάλωση θα είναι ανάλογη της διαφοράς ανάμεσα στην μέση εξωτερική θερμοκρασία και στους 18.3 °C.

Η κατανάλωση ενέργειας, ανεξαρτήτως του καυσίμου που καλύπτεται δίνεται προσεγγιστικά από την παρακάτω σχέση.

$$Q = \frac{24 \cdot \Phi_{HL} \cdot HDD}{(T_i - T_e)}$$

Όπου:

Q η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση σε kWh

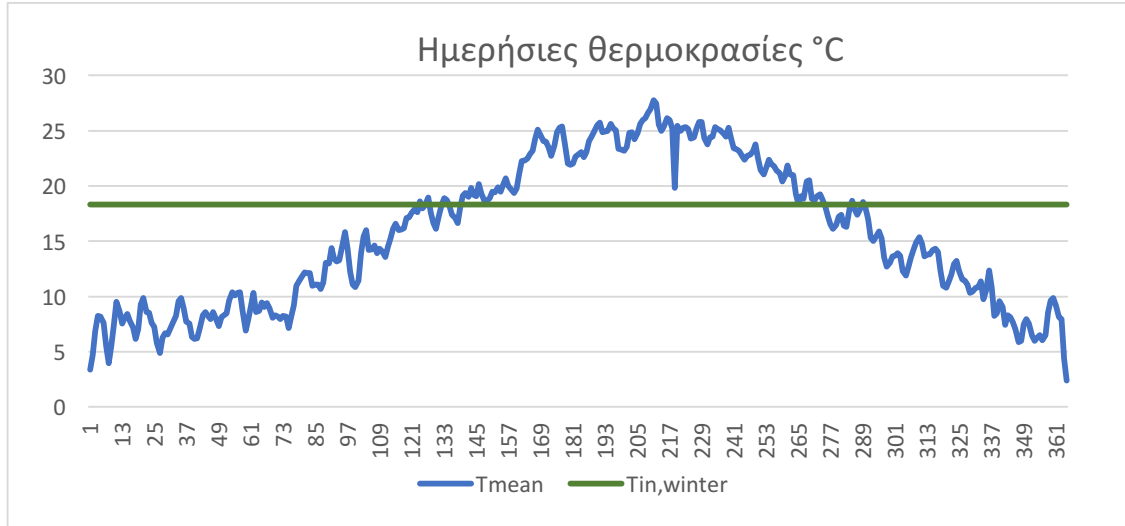
Φ_{HL} τα θερμικά φορτία σχεδιασμού σε kW (=Q_h)

HDD ο αριθμός των βαθμομερών θέρμανσης πάνω από τους 18.3 °C

$T_i - T_e$ η διαφορά εσωτερικής με εξωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού °C

Για τον υπολογισμό των βαθμομερών θέρμανσης, συλλέχθηκαν τα κλιματολογικά δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό στον Διόνυσο. Πιο συγκεκριμένα συλλέχθηκαν οι μέσες, οι μέγιστες και οι ελάχιστες ημερήσιες θερμοκρασίες, καθώς και η ημερήσια ταχύτητα του ανέμου αλλά και το ημερήσιο ύψος βροχής κάθε μήνα για τα τελευταία πενταετία 2012-2016. Στο γράφημα 5.4 αποτυπώνονται οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες ενός χρόνου, σε συνδυασμό με την θερμοκρασία βάσης των 18.3 °C.

Οι χειμερινή περίοδος θεωρείται από 15 Οκτωβρίου έως 30 Απριλίου. Η βαθμομέρες θέρμανσης ανά μήνα είναι η παρακάτω (Πίνακας 5.15). Με βάση αυτά τα στοιχεία, τη σχέση που τα συνδέει και το θερμικό φορτίο που υπολογίστηκε στο κεφάλαιο 5.2.3 υπολογίστηκαν οι μηνιαίες καταναλώσεις σε θερμική ενέργεια (Πίνακας 5.15 και Γράφημα 5.5) από όπου προκύπτει ότι η **ετήσια κατανάλωση σε θερμική ενέργεια** είναι **55,806.29 kWh**.



Γράφημα 5.4 Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίας 2012-2016 και θερμοκρασία βάσης

Πίνακας 5.15 Μηνιαίες βαθμομέρες θέρμανσης

Μήνες	Βαθμομέρες θέρμανσης HDD °C
Ιανουάριος	348.06
Φεβρουάριος	280.04
Μάρτιος	262.02
Απρίλιος	129.84
Μάιος	0
Ιούνιος	0
Ιούλιος	0
Αύγουστος	0
Σεπτέμβριος	0
Οκτώβριος	65.02
Νοέμβριος	174.34
Δεκέμβριος	310.94
Ετήσιες	1570.26

Πίνακας 5.16 Τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση

Μήνες	Βαθμομέρες θέρμανσης HDD °C	Συνολικές απώλειες Qh (W)	Ενέργεια kWh
Ιανουάριος	348.06	28135.45	12369.89
Φεβρουάριος	280.04	28135.45	9952.49
Μάρτιος	262.02	28135.45	9312.07
Απρίλιος	129.84	28135.45	4614.45
Μάιος	0	28135.45	0.00
Ιούνιος	0	28135.45	0.00
Ιούλιος	0	28135.45	0.00
Αύγουστος	0	28135.45	0.00
Σεπτέμβριος	0	28135.45	0.00
Οκτώβριος	65.02	28135.45	2310.78
Νοέμβριος	174.34	28135.45	6195.96
Δεκέμβριος	310.94	28135.45	11050.66
Ετήσια	1570.26	28135.45	55806.29



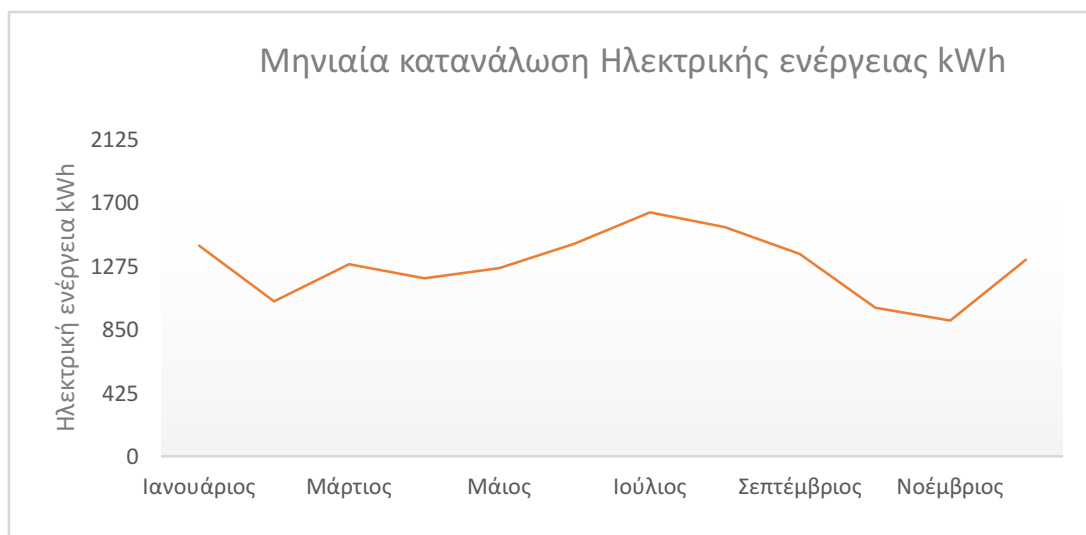
Γράφημα 5.5 Κατανάλωση ενέργειας ανά μήνα

5.3 Ανάγκες σε ηλεκτρισμό και κλιματισμό

Το εξεταζόμενο κτίριο έχει την ιδιαιτερότητα ότι βρίσκεται σε μια περιοχή ιδιαίτερα ψυχρή, όπως φαίνεται και από το γράφημα 5.4. Αυτό την καθιστά να έχει μικρές ανάγκες για ψύξη κάτι το οποίο φανερώνεται και από τις συνολικές βαθμομημέρες ψύξης συγκριτικά με αυτές της θέρμανσης.

Επίσης το κτίριο αυτό διαθέτει μόλις 3 κλιματιστικά, λίγα συγκριτικά με τα τετραγωνικά του. Καθώς η πηγή ενέργειας των κλιματιστικών είναι η ηλεκτρική ενέργεια, η ανάγκη για ψύξη είναι μέρος των ηλεκτρικών αναγκών.

Οι απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια καλύπτονται μέσω της ΔΕΗ. Επομένως προκειμένου να γίνει σωστή εκτίμηση τους, οι μηνιαίες kWh λήφθηκαν από τους λογαριασμούς της ΔΕΗ και απεικονίζονται στο γράφημα 5.6. Όπως είναι φανερό η μέγιστη ζήτηση προκύπτει τον μήνα Ιούλιο και ισούται με 1629 kWh, ενώ τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο οι τιμές είναι εξίσου υψηλές και ισούνται με 1407 και 1312 kWh αντίστοιχα. Οι **συνολικές ετήσιες ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια είναι 15,306 kWh.**



Γράφημα 5.6 Μηνιαία Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας εξεταζόμενου κτιρίου

Για λόγους πληρότητας έχει καταγραφεί αναλυτικά ο ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός του σπιτιού καθώς επίσης και όλες οι υπόλοιπες συσκευές του κτιρίου οι οποίες καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια. Μέσα σε αυτές είναι και η αντλία για την ανανέωση του νερού πισίνας συνολικού όγκου 122 m³ ο οποίος όπως αποδεικνύεται είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρος. Η συγκεκριμένη αντλία είναι 2 hP δηλαδή 1.49 kW. Μια αντλία με τέτοια χαρακτηριστικά ανανεώνει το νερό της πισίνας με ρυθμό 20 m³/h, επομένως θα χρειαστεί 6 ώρες για να ανανεώσει πλήρως το νερό. Για να διατηρηθεί

καθαρή η πιπίνα συνιστάται το νερό να κάνει δυο κύκλους ημερησίως. Η ακόλουθη διαδικασία φαίνεται στον πίνακα 5.21.

Αξιίζει επίσης να σημειωθεί ότι οι ώρες λειτουργίας των συσκευών είναι ενδεικτικές και όπως είναι φυσικό υπάρχουν έντονες καθημερινές διακυμάνσεις. Στους πίνακες 5.17-5.21 οι τιμές για τις ώρες λειτουργίας του φωτισμού είναι ενδεικτικές για τη χειμερινή περίοδο όπου η διάρκεια της νύχτα είναι μεγαλύτερη. Επειδή θα ήταν μη πραγματικό να θεωρηθεί ότι όλα τα φώτα λειτουργούν τον ίδιο χρόνο, θεωρείται ο συντελεστής συμμετοχής τους 75%, ο οποίος εκφράζει την ποσότητα του χρόνου που τελικά θα λειτουργήσουν όλα μαζί.

Πίνακας 5.17 Ισχύς ηλεκτρικών συσκευών και ημερήσια κατανάλωση

Ηλεκτρικές Συσκευές	Ποσότητα	Ισχύς (W)	Συνολική ισχύς (W)	Ώρες λειτουργίας	Ημερήσια Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)
Ψυγεία	2.00	100.00	200.00	12.00	2.40
Καταψύκτης	1.00	110.00	110.00	6.00	0.66
Πλυντήριο πιάτων	2.00	3200.00	6400.00	1.00	6.40
Πλυντήριο ρούχων	1.00	2800.00	2800.00	1.00	2.80
Στεγνωτήριο	1.00	2000.00	2000.00	0.50	1.00
Φούρνος	1.00	2700.00	2700.00	0.20	0.54
Φ. Μικροκυμάτων	1.00	800.00	800.00	0.10	0.08
Φούρνος με εστίες	1.00	2700.00	2700.00	0.10	0.27
Εστίες Μεγάλες ηλεκτρικές	2.00	2000.00	4000.00	1.00	4.00

Πίνακας 5.18 Ισχύς μικροσυσκευών και ημερήσια κατανάλωση

Μικροσυσκευές	Ποσότητα	Ισχύς (W)	Συνολική ισχύς (W)	Ώρες λειτουργίας	Ημερήσια Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)
Σίδερο	1.00	1000.00	1000.00	0.50	0.50
Ηλεκτρική σκούπα	1.00	1000.00	1000.00	0.50	0.50
Καφετιέρα	1.00	900.00	900.00	0.20	0.18
Μίξερ	1.00	180.00	180.00	0.10	0.02
Τηλεόραση	1.00	50.00	50.00	2.00	0.10
Υπολογιστής	1.00	250.00	250.00	3.00	0.75

Πίνακας 5.19 Ισχύς φωτισμού και ημερήσια κατανάλωση

Φωτισμός	Ποσότητα	Ισχύς (W)	Συνολική ισχύς (W)	Ώρες λειτουργίας	Ημερήσια Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)
Σποτ	75.00	10.00	750.00	4.00	3.00
Λάμπες	30.00	11.00	330.00	4.00	1.32
Λεντ ταινίες	3.00	10.00	30.00	4.00	0.12
Λινέστρες	2.00	50.00	100.00	4.00	0.40
Λάμπες φθορίου	12.00	20.00	240.00	4.00	0.96
Σποτ οικονομίας	4.00	7.00	28.00	4.00	0.11
Εξωτερικά	26.00	20.00	520.00	8.00	4.16
Εξωτερικά λεντ	2.00	7.00	14.00	8.00	0.11

Πίνακας 5.20 Ισχύς κλιματισμού και ημερήσια κατανάλωση

Κλιματισμός	Ποσότητα	Ισχύς (Btu)	Συνολική ισχύς (Btu)	Συνολική ισχύς (kWh)	Ώρες λειτουργίας	Ημερήσια Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)
Air-condition	3.00	9000.00	27000.00	7.91	3.00	23.74

Πίνακας 5.21 Ισχύς αντλίας πισίνας και ημερήσια κατανάλωση

Αντλία πισίνας	Ισχύς hp	Ισχύς kW	Όγκος πισίνας V (m ³)	Συχνότητα ανανέωσης (m ³ /s)	Ώρες λειτουργίας	Ημερήσια Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)
	2.00	1.49	122.40	20.00	6.12	18.26

5.4 Ανάγκες σε ζεστό νερό χρήσης

Μία από τις βασικές ανάγκες των νοικοκυριών είναι η χρήση ζεστού νερού. Η παραγωγή του καλύπτεται τις περισσότερες φορές είτε από ηλιακούς θερμοσίφωνες είτε boiler. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 15316.3.1:2008 για τις κατοικίες η τυπική τιμή κατανάλωσης ζεστού νερού χρήσης (ZNX) είναι **50 l ανά άτομο ανά ημέρα**. Αυτό Συνεπάγεται ότι μια **τριμελής οικογένεια** χρειάζεται ημερησίως **150 l ζεστού νερού** ημερησίως.

Προκειμένου να παραχθεί η παραπάνω ποσότητα καταναλώνεται ενέργεια για την θέρμανση του νερού. Η ενέργεια που χρειάζεται για να καλύψει τις παραπάνω απαιτήσεις δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$Q_{DHW} = \rho_v \cdot c_{pv} \cdot V_{hdw} \cdot F_s \cdot (T_{dhw} - T_{cw})$$

Όπου:

Q_{DHW}	η απαιτούμενη ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης KJ
ρ_v	η πυκνότητα του νερού 1000 kg/m ³
c_{pv}	η θερμοχωρητικότητα του νερού 4.186 KJ/kgK
V_{hdw}	η κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης σε m ³
F_s	ο συντελεστής διόρθωσης για απώλειες ανάλογα με τον αριθμό λουτρών
T_{dhw}	η επιθυμητή θερμοκρασία ζεστού νερού ορίζεται ως 45 °C
T_{cw}	η θερμοκρασία του νερού του δικτύου σε °C

Ο συντελεστής $F_s = 1.66$ για περισσότερα των τριών λουτρών και 1.33 για μέχρι 2.

Σχετικά με τη θερμοκρασία του νερού του δικτύου το Τ.Ε.Ε. ορίζει τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες ανάλογα με την κλιματική ζώνη που εντάσσεται η περιοχή του κτιρίου. Εφόσον το κτίριο μας ανήκει στην κλιματική ζώνη Β, η θερμοκρασίες αυτές δίνονται στον πίνακα 5.22.

Πίνακας 5.22 Μέση μηνιαία θερμοκρασία νερού δικτύου (πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.. 20701-1/2010)

Μήνες	Μηνιαία θερμοκρασία νερού δικτύου
Ιανουάριος	10.4
Φεβρουάριος	10.1
Μάρτιος	11.7
Απρίλιος	14.8
Μάιος	18.9
Ιούνιος	23.1
Ιούλιος	25.6
Αύγουστος	25.8
Σεπτέμβριος	23.5
Οκτώβριος	19.7
Νοέμβριος	15.5
Δεκέμβριος	12.2

Με βάση τις θερμοκρασίες του εξωτερικού νερού του δικτύου υπολογίστηκαν οι μηνιαίες απαιτήσεις ενέργειας για την παραγωγή ZNX και προκύπτει ότι η **ετήσια κατανάλωση ενέργειας για ZNX** είναι **2,601.1 kWh**. (πίνακας 5.23).

Πίνακας 5.23 Τελική κατανάλωση ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης

Μήνες	Απαιτούμενη ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης		
	Q ημερήσιο (KJ)	Q ημερήσιο (kWh)	Q μηνιαίο (kWh)
Ιανουάριος	32457.66	9.02	279.50
Φεβρουάριος	32739.08	9.09	254.64
Μάρτιος	31238.15	8.68	269.00
Απρίλιος	28330.09	7.87	236.08
Μάιος	24483.96	6.80	210.83
Ιούνιος	20544.01	5.71	171.20
Ιούλιος	18198.80	5.06	156.71
Αύγουστος	18011.19	5.00	155.10
Σεπτέμβριος	20168.78	5.60	168.07
Οκτώβριος	23733.49	6.59	204.37
Νοέμβριος	27673.44	7.69	230.61
Δεκέμβριος	30769.11	8.55	264.96
Ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας			2,601.07

Τους καλοκαιρινούς μήνες απαιτείται λιγότερη ενέργεια καθώς η θερμοκρασία του νερού είναι αρκετά μεγαλύτερη από αυτή των χειμωνιάτικων, με αποτέλεσμα να χρειάζεται λιγότερη ενέργεια για να φτάσει τους 45 °C.

5.5 Υφιστάμενος τρόπος κάλυψης ενεργειακών αναγκών

5.5.1 Κάλυψη θερμικών αναγκών και ζεστό νερό χρήσης

Στην παρούσα κατάσταση του κτιρίου οι ανάγκες για ζεστό νερό και θέρμανση καλύπτονται μέσω ορυκτών καυσίμων και πιο συγκεκριμένα μέσω του πετρελαίου. Πιο συγκεκριμένα υπάρχουν καλοριφέρ στους χώρους της κατοικίας των οποίων το ζεστό νερό που κυκλοφορεί στο εσωτερικό τους προέρχεται από την καύση του πετρελαίου στον λέβητα. Με αντίστοιχο τρόπο γίνεται και η παραγωγή του ζεστού νερού χρήσης που απαιτείται.

Το πετρέλαιο είναι ένα ορυκτό καύσιμο το οποίο έχει **θερμογόνο δύναμη**

$$8200 \frac{kcal}{l} \rightarrow 9.5 kWh/l$$

Η απόδοση του καυστήρα πετρελαίου είναι σχετικά υψηλή και ισούται με **80%**.

Με βάση τα παραπάνω υπολογίστηκε ότι η κατοικία για να καλύψει της τωρινές της ανάγκες με πετρέλαιο χρειάζεται ετησίως

$$7685.18 l \xrightarrow{159l=1 barrel} 48.33 barrel \xrightarrow{7.33 barrel=1 mt} 6.6 mt$$

Αναλυτικά παρουσιάζονται στον πίνακα 5.24.

Πίνακας 5.24 Μηνιαία και ετήσια κατανάλωση πετρελαίου

Μήνες	Ενέργεια για θέρμανση kWh	Ενέργεια για ZNX kWh	Συνολική ενέργεια kWh	Θερμογόνος δύναμη πετρελαίου kWh/l	Θερμογόνος δύναμη πετρελαίου kWh/l	Ποσότητα πετρελαίου l
Ιανουάριος	12369.89	279.50	12649.38	9.5	7.6	1664.39
Φεβρουάριος	9952.49	254.64	10207.12	9.5	7.6	1343.04
Μάρτιος	9312.07	269.00	9581.06	9.5	7.6	1260.67
Απρίλιος	4614.45	236.08	4850.54	9.5	7.6	638.23
Μάιος	0.00	210.83	210.83	9.5	7.6	27.74
Ιούνιος	0.00	171.20	171.20	9.5	7.6	22.53
Ιούλιος	0.00	156.71	156.71	9.5	7.6	20.62
Αύγουστος	0.00	155.10	155.10	9.5	7.6	20.41
Σεπτέμβριος	0.00	168.07	168.07	9.5	7.6	22.11
Οκτώβριος	2310.78	204.37	2515.15	9.5	7.6	330.94
Νοέμβριος	6195.96	230.61	6426.57	9.5	7.6	845.60
Δεκέμβριος	11050.66	264.96	11315.61	9.5	7.6	1488.90
Ετήσια	55806.29	2601.07	58407.36	-	-	7685.18

5.6 Ηλιακή ενέργεια

5.6.1 Ηλιακό δυναμικό στην περιοχή της κατοικίας

Το εξεταζόμενο κτίριο βρίσκεται στην περιοχή με τα εξής γεωγραφικά στοιχεία:

Γεωγραφικό πλάτος = 38.097°

Γεωγραφικό μήκος = 23.88°

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία είναι δυνατή η εύρεση της ολικής μηνιαίας ακτινοβολίας που προσπίπτει πάνω σε μια κεκλιμένη επιφάνεια ανάλογα με την κλίση της (πίνακας 5.25).

*Πίνακας 5.25 Προσπίπτουσα ημερήσια ηλιακή ενέργεια kWh/m²
(πηγή:NASA)*

Lat 38.097 Lon 23.88	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
SSE HRZ	1.89	2.61	3.64	5.15	6.05	7.21	7.07	6.36	4.93	3.10	1.94	1.51	4.29
K	0.41	0.43	0.45	0.52	0.54	0.62	0.62	0.62	0.57	0.46	0.39	0.36	0.50
Diffuse	0.87	1.18	1.60	1.95	2.22	2.10	2.01	1.76	1.54	1.29	0.95	0.78	1.52
Direct	2.72	3.16	3.77	5.21	5.87	7.74	7.71	7.27	5.94	3.75	2.50	2.08	4.82
Tilt 0	1.87	2.53	3.60	5.12	6.01	7.15	7.02	6.33	4.86	3.07	1.91	1.50	4.26
Tilt 23	2.54	3.14	4.09	5.39	5.95	6.87	6.83	6.52	5.49	3.76	2.49	2.03	4.60
Tilt 38	2.82	3.34	4.17	5.22	5.53	6.24	6.26	6.21	5.54	3.97	2.71	2.26	4.53
Tilt 53	2.94	3.37	4.03	4.81	4.86	5.31	5.38	5.59	5.30	3.97	2.79	2.36	4.23
Tilt 90	2.59	2.72	2.92	2.97	2.63	2.57	2.66	3.15	3.59	3.13	2.38	2.10	2.78
OPT	2.95	3.38	4.17	5.39	6.07	7.16	7.05	6.55	5.56	3.99	2.79	2.37	4.79
OPT ANG	58.0	48.0	36.0	21.0	9.00	4.00	6.00	17.0	33.0	46.0	54.0	58.0	32.4

Η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία όπως ήταν αναμενόμενο είναι σαφώς μεγαλύτερη τους θερινούς μήνες σε σχέση με τους χειμερινούς μήνες, κάτι που αναμένεται να δημιουργήσει διακύμανση στην παραγόμενη ενέργεια τόσο των φωτοβολταϊκών όσο και των ηλιακών συλλεκτών.

5.6.2 Φωτοβολταϊκά

Ένας τρόπος αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια είναι τα φωτοβολταϊκά. Σχετικά με το εξεταζόμενο κτίριο, η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών είναι μια εφικτή λύση λόγω του αρκετού διαθέσιμου χώρου.

Σημαντικός κίνδυνος για τα φωτοβολταϊκά, είναι η ύπαρξη σκιάς στην επιφάνεια του κάτι το οποίο μπορεί όχι μόνο να μειώσει την απόδοσή του αλλά και να καταστρέψει το κομμάτι εκείνο το οποίο είναι σε συνεχόμενη σκίαση. Προκειμένου λοιπόν να αποφευχθεί η σκίαση των φωτοβολταϊκών τόσο από το εξωτερικό περιβάλλον όσο και από τη σκίαση που μπορεί να δημιουργήσει η μια σειρά πάνελ στην άλλη (Εικόνα 5.1), τα φωτοβολταϊκά θα τοποθετηθούν στέγη. Επίσης προκειμένου να αξιοποιήσουν την

μέγιστη δυνατή ακτινοβολία, θα τοποθετηθούν στο τμήμα της νοτιοδυτικής στέγης καθώς και είναι σαφώς μεγαλύτερο σε έκταση, αλλά και λόγω προσανατολισμού η προσπίπτουσα ακτινοβολία είναι μεγαλύτερη από ότι στο Βορειοανατολικό της τμήμα. Η νοτιοδυτική στέγη αποτελείται από 3 τμήματα τα οποία έχουν το παρακάτω αξιοποιήσιμο εμβαδόν και κλίση:

1. Εμβαδόν $5.5 \times 8.0 = 44 \text{ m}^2$ κλίση $\beta = 12.82^\circ$
2. Εμβαδόν $5.0 \times 6.0 = 30 \text{ m}^2$ κλίση $\beta = 13.79^\circ$
3. Εμβαδόν $3.5 \times 6.0 = 15.75 \text{ m}^2$ κλίση $\beta = 10.84^\circ$

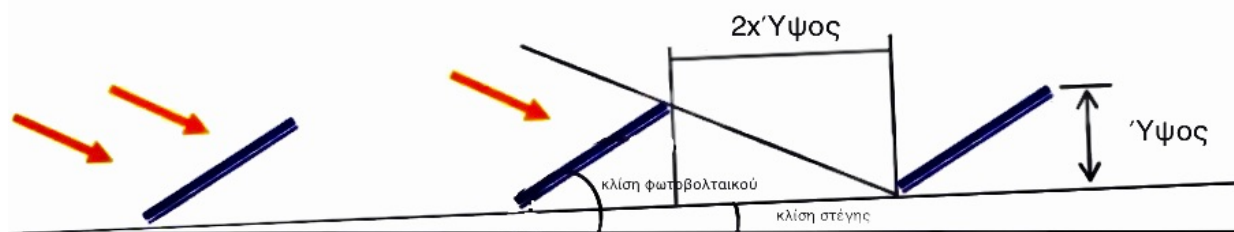
Υπάρχουν συνολικά προς αξιοποίηση 89.75 m^2 . Στο εμβαδόν αυτό δεν περιλαμβάνονται κάποια τμήματα της στέγης τα οποία είναι υπερκαλύπτονται. Ένας βασικός περιορισμός θα είναι ότι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς δεν θα πρέπει να είναι πάνω από 10 kW προκειμένου να μπορεί να ενταχθεί στο πρόγραμμα για διασυνδεδεμένα συστήματα εφόσον αυτό αποδειχθεί συμφέρον.

Σχετικά με τον τύπο των φωτοβολταϊκών επιλέγονται πολυκρυσταλλικά πλαίσια της εταιρείας Amerisolar με ισχύ 250 W και διαστάσεις $99.2 \times 164 \text{ cm}^2$.

Για την καλύτερη αξιοποίησή τους θα μελετηθούν 3 διαφορετικές κλίσεις

1. Για κλίση 14° ώστε να είναι παρόμοια με αυτή της στέγης
2. Για κλίση 38° η οποία είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος
3. Και για κλίση 53° η οποία είναι το γεωγραφικό πλάτος $+ 15^\circ$

Η γωνία αυτή είναι ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Η γωνία που θα σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο του φωτοβολταϊκού και στο επίπεδο της κεκλιμένης στέγης καθορίζει και τον αριθμό των φωτοβολταϊκών που μπορούν να τοποθετηθούν. (Εικόνα 5.1)



Εικόνα 5.1 Απόσταση φωτοβολταϊκών

Τα φωτοβολταϊκά θα τοποθετηθούν με την μεγάλη τους διάσταση παράλληλη στην μεγάλη διάσταση της στέγης προκειμένου να γίνει καλύτερη εκμετάλλευση του διαθέσιμου χώρου. Επομένως θα υπάρχουν ανεξαρτήτου κλίσης:

- Στο πρώτο τμήμα της στέγης —————→ 5 στήλες πάνελ
- Στο δεύτερο τμήμα της στέγης —————→ 4 στήλες πάνελ
- Στο τρίτο τμήμα της στέγης —————→ 3 στήλες πάνελ

Για γωνία 14° επειδή αυτή ταυτίζεται σχεδόν με τις κλίσεις της στέγης θεωρείται ότι θα υπάρχει μια ελάχιστη απόσταση μεταξύ των φωτοβολταικών, δηλαδή 30 cm ενδιάμεσο κενό μεταξύ των σειρών.

- Στο πρώτο τμήμα της στέγης —————→ 4 σειρές πάνελ
- Στο δεύτερο τμήμα της στέγης —————→ 3σειρές πάνελ
- Στο τρίτο τμήμα της στέγης —————→ 3 σειρές πάνελ

Για γωνία 38° η απαιτούμενη απόσταση μεταξύ των φωτοβολταικών είναι 1.4 m οι σειρές κάθε στέγης είναι:

- Στο πρώτο τμήμα της στέγης —————→ 3 σειρές πάνελ
- Στο δεύτερο τμήμα της στέγης —————→ 2 σειρές πάνελ
- Στο τρίτο τμήμα της στέγης —————→ 2 σειρές πάνελ

Τέλος για γωνία 53° η αντίστοιχη απόσταση είναι 2.2 m και οι σειρές των φωτοβολταικών:

- Στο πρώτο τμήμα της στέγης —————→ 2 σειρές πάνελ
- Στο δεύτερο τμήμα της στέγης —————→ 2 σειρά πάνελ
- Στο τρίτο τμήμα της στέγης —————→ 2 σειρές πάνελ

Έπειτα και από μια απομείωση για την αποφυγή της σκίασης από άλλα τμήματα της στέγης ο μέγιστος αριθμός φωτοβολταικών είναι

- 40 φωτοβολταικά πάνελ για γωνία 14°
- 27 φωτοβολταικά πάνελ για γωνία 38°
- 22 φωτοβολταικά πάνελ για γωνία 53°

Η απόδοση του φωτοβολταικού πάνελ ορίζεται ως το πηλίκο της ισχύς προς την επιφάνεια του. Ο συνήθης συντελεστής κυμαίνεται 10-15% αλλά τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθεια για τη βελτίωσή του.

$$n_r = \frac{I(kW)}{A(m^2)}$$

Όπου: $I(kW)$ η ονομαστική ισχύς

$A(m^2)$ η επιφάνεια του στοιχείου

Τα συγκεκριμένα πάνελ έχουν λοιπόν συντελεστή απόδοσης $n_r = 15.3\%$.

Η απόδοση αυτή αξίζει να αναφερθεί ότι φθίνει με την πάροδο των χρόνων και οι κατασκευαστές προβλέπουν μείωση στο 90% της απόδοσης μετά την πάροδο της δεκαετίας.

Επίσης άλλος ένας που επηρεάζει την απόδοση του φωτοβολταικού είναι ο προσανατολισμός και η κλίση του.

Λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα παραπάνω, η παραγόμενη των φωτοβολταικών θα δοθεί από τον παρακάτω τύπο (Diaf S., D. Diaf, M. Belhamel, M. Haddadi and A. Louche, 2007)

$$E = n_g \cdot N \cdot A \cdot G_t$$

Όπου:

E	η παραγόμενη ενέργεια σε kWh
A	το εμβαδόν φωτοβολταικού πάνελ m^2
N	ο αριθμός των φωτοβολταικών
n_g	η συνολική απόδοση Φ/Β
G_t	η ηλιακή ενέργεια στην επιφάνεια του φωτοβολταικού kWh/m ² /day

Ο συνολικός συντελεστής απόδοσης του φωτοβολταικού εξαρτάται από την απόδοση του Φ/Β πάνελ, από τις απώλειες λόγω των εξοπλισμών (καλωδίων, μετατροπέα) καθώς και από την θερμοκρασία που αναπτύσσεται στην επιφάνεια του φωτοβολταικού κυττάρου. Πιο συγκεκριμένα έχει παρατηρηθεί μια μείωση της απόδοσης όταν η θερμοκρασία του φωτοβολταικού είναι μεγαλύτερη των 25°C. Με βάση τα ακόλουθα ορίζεται ο συνολικός συντελεστής απόδοσης ως:

$$n_g = n_r \cdot n_{pt} \cdot [1 - \beta_t \cdot (T_c - T_r)]$$

Όπου:

n_r	η απόδοση αναφοράς του Φ/Β
n_{pt}	η απόδοση του εξοπλισμού
β_t	ο συντελεστής αποδοτικότητας ανάλογα με τη θερμοκρασία ο οποίος εξαρτάται από τον κατασκευαστή (0.004-0.006/°C)
T_c	η θερμοκρασία στην επιφάνεια του κυττάρου °C
T_r	η θερμοκρασία αναφοράς του φωτοβολταικού συνήθως είναι ίση με 25°C

Τέλος για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας του κυττάρου αυτή σύμφωνα με την ίδια δημοσίευση μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση:

$$T_c = T_a + G_t \cdot \left(\frac{NOCT - 20}{800} \right)$$

Όπου:

T_c	η θερμοκρασία στην επιφάνεια του κυττάρου °C
T_a	η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος °C (πίνακας 5.26)
G_t	η ηλιακή ενέργεια στην επιφάνεια του φωτοβολταϊκού kWh/m ² /day
$NOCT$	η ονομαστική θερμοκρασία του κυττάρου σε °C (45°C)

Η ονομαστική θερμοκρασία $NOCT$ καθώς και ο συντελεστής αποδοτικότητας της θερμοκρασίας β_t , είναι χαρακτηριστικά τα οποία εξαρτώνται από τον τύπο, τα υλικά και την κατασκευή του φωτοβολταϊκού, και λαμβάνονται από τον κατασκευαστή.

Η απόδοση του εξοπλισμού η_{pt} εξαρτάται και αυτή από τον τύπο των συσκευών που χρησιμοποιούνται. Σε αυτές θα συμπεριληφθούν οι απώλειες του μετατροπέα αλλά και οι λοιπές απώλειες λόγω των καλωδίων, οι οποίες για μετατροπείς inverter είναι περί το 5%. Η μετατροπή αυτή πραγματοποιείται για την μετατροπή του συνεχούς ρεύματος που παράγουν τα φωτοβολταϊκά σε εναλλασσόμενο το οποίο καταναλώνεται από τις περισσότερες ηλεκτρικές συσκευές της κατοικίας.

Πίνακας 5.26 Μέση μηνιαία θερμοκρασία περιβάλλοντος

(πηγή: Μετεωρολογικός σταθμός Διονύσου)

Μήνες	T °C
Ιανουάριος	7.10
Φεβρουάριος	8.34
Μάρτιος	9.89
Απρίλιος	14.46
Μάιος	18.33
Ιούνιος	22.33
Ιούλιος	24.78
Αύγουστος	24.70
Σεπτέμβριος	21.01
Οκτώβριος	16.03
Νοέμβριος	12.48
Δεκέμβριος	7.74

Υπολογίζεται με βάση τα παραπάνω η μέση μηνιαία παραγόμενη ενέργεια για τις τρεις περιπτώσεις που αναφέρθηκαν (πίνακες 5.27-5.29) χρησιμοποιώντας τις τιμές της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας του πίνακα 5.25

Για κλίση 14° και 40 φωτοβολταικά πλαίσια

Πίνακας 5.27 Παραγόμενη μηνιαία ηλεκτρική ενέργεια για 40 φωτοβολταικά με κλίση 14°

Μήνες	Μέση ημερήσια προσπ. (kWh/m ² /day)	Μέση μηνιαία προσπ. (kWh m ²)	ng	Παραγόμενη Ενέργεια (kWh/m ²)	Παραγόμενη Ενέργεια (kWh)
Ιανουάριος	2.23	69.24	0.16	11.02	716.45
Φεβρουάριος	2.86	80.11	0.16	12.67	824.10
Μάρτιος	3.87	119.84	0.16	18.82	1223.85
Απρίλιος	5.27	158.00	0.15	24.27	1578.83
Μάιος	5.98	185.30	0.15	27.94	1817.42
Ιούνιος	7.00	209.94	0.15	31.04	2018.88
Ιούλιος	6.92	214.42	0.15	31.32	2037.06
Αύγουστος	6.43	199.43	0.15	29.14	1895.49
Σεπτέμβριος	5.20	156.06	0.15	23.23	1510.92
Οκτώβριος	3.44	106.78	0.15	16.29	1059.36
Νοέμβριος	2.22	66.74	0.16	10.36	673.54
Δεκέμβριος	1.79	55.42	0.16	8.79	571.75
				Ετήσια παραγόμενη kWh	15927.66

Για κλίση 38° και 27 φωτοβολταικά πλαίσια

Πίνακας 5.28 Παραγόμενη μηνιαία ηλεκτρική ενέργεια

Μήνες	Μέση ημερήσια (kWh/m ² /day)	Μέση μηνιαία (kWh/m ²)	ng	Παραγόμενη Ενέργεια (kWh/m ²)	Παραγόμενη Ενέργεια (kWh)
Ιανουάριος	2.82	87.42	0.16	13.91	610.51
Φεβρουάριος	3.34	93.52	0.16	14.79	649.34
Μάρτιος	4.17	129.27	0.16	20.30	891.03
Απρίλιος	5.22	156.60	0.15	24.06	1056.30
Μάιος	5.53	171.43	0.15	25.85	1135.01
Ιούνιος	6.24	187.20	0.15	27.68	1215.28
Ιούλιος	6.26	194.06	0.15	28.35	1244.56
Αύγουστος	6.21	192.51	0.15	28.13	1235.12
Σεπτέμβριος	5.54	166.20	0.15	24.74	1086.10
Οκτώβριος	3.97	123.07	0.15	18.77	824.09
Νοέμβριος	2.71	81.30	0.16	12.61	553.75
Δεκέμβριος	2.26	70.06	0.16	11.11	487.87
Ετήσια παραγόμενη kWh					10988.95

Και για κλίση 53° και 22 φωτοβολταικά πλαίσια

Πίνακας 5.29 Παραγόμενη μηνιαία ηλεκτρική ενέργεια

Μήνες	Μέση ημερήσια (kWh/m ² /day)	Μέση μηνιαία (kWh/m ²)	ng	Παραγόμενη Ενέργεια (kWh/m ²)	Παραγόμενη Ενέργεια (kWh)
Ιανουάριος	2.94	91.14	0.16	14.50	518.61
Φεβρουάριος	3.37	94.36	0.16	14.92	533.84
Μάρτιος	4.03	124.93	0.16	19.61	701.66
Απρίλιος	4.81	144.30	0.15	22.17	793.13
Μάιος	4.86	150.66	0.15	22.72	812.85
Ιούνιος	5.31	159.30	0.15	23.56	842.76
Ιούλιος	5.38	166.78	0.15	24.37	871.65
Αύγουστος	5.59	173.29	0.15	25.33	906.01
Σεπτέμβριος	5.30	159.00	0.15	23.67	846.66
Οκτώβριος	3.97	123.07	0.15	18.77	671.48
Νοέμβριος	2.79	83.70	0.16	12.99	464.52
Δεκέμβριος	2.36	73.16	0.16	11.60	415.11
Ετήσια παραγόμενη kWh					8378.30

Οι παραπάνω τιμές αφορούν διασυνδεδεμένο σύστημα καθώς για το αυτόνομο όπως θα δειχθεί παρακάτω θα απομειωθεί περαιτέρω λόγω των απωλειών του ρυθμιστή φόρτισης και της μπαταρίας.

Είναι φανερό από τους παραπάνω υπολογισμούς ότι η συνολική παραγόμενη ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο παραγόμενη ενέργεια είναι της τάξης των **240 kWh/m²** για όλες τις κλίσεις.

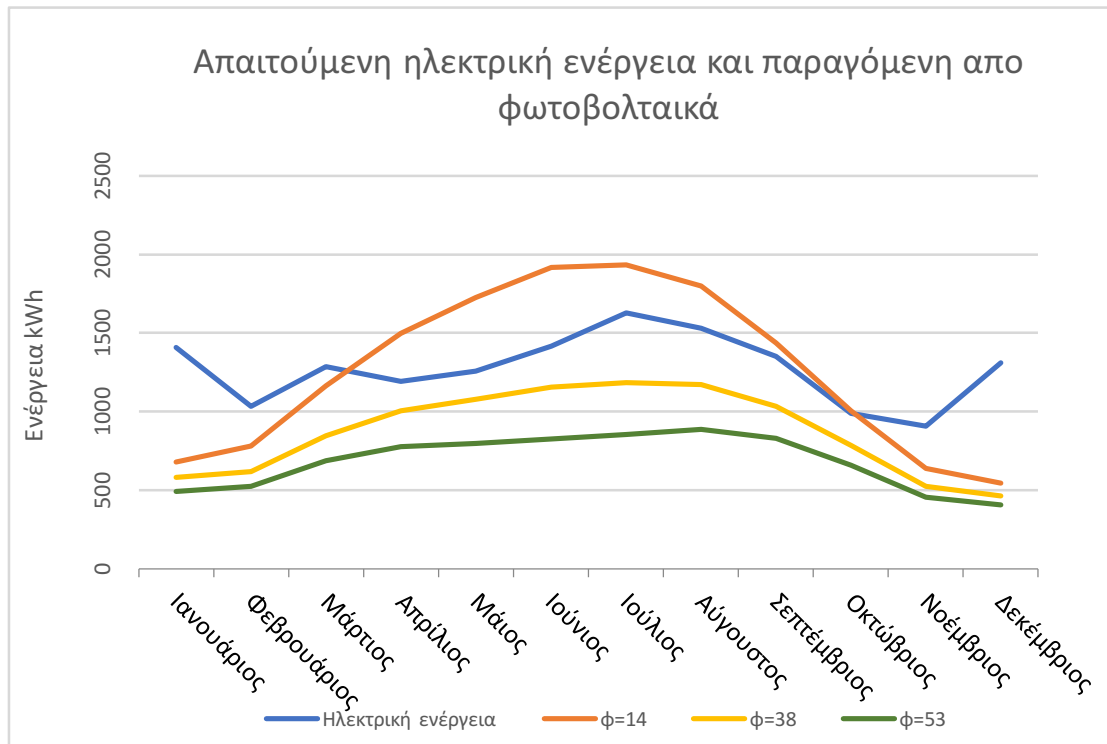
Η διαφορά είναι ότι για μεγάλη κλίση (53°) έχουμε μεγαλύτερη παραγωγή το χειμώνα και μικρότερη το καλοκαίρι, ενώ για την κλίση 14° έχουμε μεγαλύτερη παραγωγή το καλοκαίρι και μικρότερη το χειμώνα.

Λόγω όμως του περιορισμού στον αριθμό των φωτοβολταϊκών η συνολική παραγόμενη ενέργεια είναι πολύ διαφορετική ανάλογα με τις κλίσεις. Στην περίπτωση που επιλέξουμε διασυνδεδεμένο σύστημα φωτοβολταϊκών τότε θα επιλεγεί η 1^η περίπτωση με κλίση 14° και 40 φωτοβολταϊκών πλαίσια καθώς παράγει την μεγαλύτερη ενέργεια **15,927.66 kWh**.

Στην περίπτωση όμως του *αυτόνομου συστήματος* θα πρέπει να τοποθετηθούν πρόσθετα η μπαταρία και ο ρυθμιστής φόρτισης. Οι συσκευές αυτές θα προσθέσουν κάποιες έξτρα απώλειες. Οι παλιοί ρυθμιστές είχαν απώλειες τις τάξεις του 20% αλλά πλέον μια νέα τεχνολογία MPPT, αυξάνει σημαντικά το βαθμό απόδοσής του και αυτό γίνεται 97% δηλαδή απώλειες της τάξης των 3%.

Βασικός στόχος είναι η κάλυψη των αναγκών της κατοικίας σε ηλεκτρική ενέργεια. Επομένως δεν θα γίνει επιλογή με βάση την τελική παραγόμενη ενέργεια αλλά θα συγκριθεί η μηνιαία παραγωγή κάθε περίπτωσης με την μηνιαία ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια προκειμένου να βρεθεί η περίπτωση στην οποία θα καλύπτονται οι παραπάνω ανάγκες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Αυτό αναμένεται να οδηγήσει σε υπερδιαστασιολόγησης του συστήματος αλλά είναι απαραίτητο για να καταστήσει την κατοικία αυτόνομη.

Επομένως οι τιμές των πινάκων 5.27-5.29 απομειώθηκαν περαιτέρω, και παρουσιάζονται στο γράφημα 5.7 οι μηνιαία παραγωγή κάθε περίπτωσης, και στον πίνακα 5.30 παρουσιάζονται οι συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια.



Γράφημα 5.7 Σύγκριση απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας και παραγόμενης από φωτοβολταικά

Πίνακας 5.30 Ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και σύγκρισή της με την συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια κάθε συνδυασμού

Ετήσια ζήτηση Ηλεκτρικής ενέργειας kWh	Ετήσια παραγόμενη ηλεκτρο.εν. για φ=14° kWh	Ετήσια παραγόμενη ηλεκτρο.εν. για φ=38° kWh	Ετήσια παραγόμενη ηλεκτρο.εν. για φ=53° kWh
15306	15124.57	10437.50	8186.68

Όπως φαίνεται λόγω του μειωμένου αριθμού των φωτοβολταικών στις μεγάλες κλίσεις, έχουμε μικρή παραγόμενη ενέργεια με αρκετά μεγάλη διαφορά από ετήσια ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια. Επομένως οι μεγάλες κλίσεις με τα υπάρχοντα φωτοβολταικά δεν μπορούν από μόνες τους να προσφέρουν αυτονομία. Θα πρέπει να δουλεύουν συμπληρωματικά μια άλλη πηγή ενέργειας.

Γενικότερα είναι ευδιάκριτο ότι τους καλοκαιρινούς μήνες η παραγόμενη ενέργεια είναι σαφώς μεγαλύτερη από το οποίο μπορεί αρχικά να υποτεθεί ότι η συμπληρωματική πηγή ενέργειας θα πρέπει να είναι αποδοτική περισσότερο το χειμώνα για να καλύψει την μεγάλη διαφορά.

Σχετικά με τον αριθμό των φωτοβολταϊκών για να καλυφθεί ολόκληρη η ζητούμενη ενέργεια το χειμώνα η έκταση των φωτοβολταϊκών θα είναι μεγαλύτερη αυτή της στέγης. Επομένως γίνεται αντιληπτό ότι για να εξασφαλιστεί η αυτονομία του κτιρίου θα πρέπει η ηλιακή ενέργεια να συνδυαστεί με άλλες όπως η αιολική ενέργεια.

Από τα παραπάνω προκύπτει μια γενική εκτίμηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά στην συγκεκριμένη περιοχή η οποία είναι :

1540 kWh/kW

5.6.3 Μπαταρίες φωτοβολταϊκών

Η ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά μεταβάλλεται μηνιαία, ημερήσια αλλά και ωριαία καθώς δεν υπάρχει παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά τις πολύ απογευματινές και βραδινές ώρες. Στην περίπτωση αυτόνομου συστήματος είναι ανάγκη να υπάρχει συνεχόμενη παραγωγή, και για να επιτευχθεί αυτό είναι απαραίτητη η χρήση μπαταρίας. Η λειτουργία της μπαταρίας είναι να μετατρέπει την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια σε χημική προκειμένου να την αποθηκεύσει και να την διαθέτει στο σύστημα όταν υπάρχει απαίτηση.

Η λειτουργία της είναι σύνθετη καθώς φορτίζεται και εκφορτίζεται συνεχώς με αποτέλεσμα να υπάρχει συνεχόμενη διακύμανση κατά την διάρκεια της ημέρας. Μπορεί όμως να προσομοιωθεί με πιο απλό τρόπο σε ικανοποιητικό βαθμό (Groumpos P.P. and P. Papageorgiou, 1986).

Η χωρητικότητα της μπαταρίας αποσκοπεί για την κάλυψη δυο βασικών παραμέτρων. Η πρώτη είναι η παροχή ενέργειας στο σύστημα της βραδινές ώρες και η δεύτερη είναι η παροχή ενέργειας στο σύστημα τις μέρες που η διαθέσιμη ηλιοφάνεια δεν είναι αρκετή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά και την κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρισμό.

Εκτός όμως από την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, η χωρητικότητα της μπαταρίας είναι εξαρτημένη και από άλλα χαρακτηριστικά τα βασικότερα από αυτά είναι:

- Ο βαθμός εκφόρτισης της μπαταρίας **DOD** ο οποίος δείχνει το βάθος στο οποίο μπορεί να εκφορτιστεί η μπαταρία, δηλαδή το ποσοστό της χωρητικότητας που μπορεί να αποδοθεί στο σύστημα.
- Η κατάσταση φόρτισης **SOC**, η οποία δείχνει το πόσο γεμάτη είναι η μπαταρία

- Ο βαθμός απόδοσης της μπαταρίας η_{β} ο οποίος εκφράζει τις απώλειες που συμβαίνουν κατά τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε χημική και πάλι σε ηλεκτρική.
- Η τάση της μπαταρίας η οποία μπορεί να είναι από 2 έως 48 V
- Η διάρκεια ζωής της μπαταρίας η οποία εκφράζεται σε κύκλους εκφόρτισης.

Τελικά η χωρητικότητα της μπαταρίας ισούται:

$$Q = CF \cdot [C + NSR] \cdot DL$$

Όπου:

- Q η χωρητικότητα της μπαταρίας σε kWh
- CF συντελεστής ανάλογος του βάθους και της απόδοσης της μπαταρίας
- C οι ημέρες αυτονομίας
- NSR no sun ratio days
- DL ημερήσια ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια kWh

Ο συντελεστής NSR αναφέρεται στην πρώτη λειτουργία της μπαταρίας δηλαδή να παρέχει ενέργεια τις βραδινές ώρες επομένως:

$$NSR = \frac{\text{βραδυνή ζήτηση ενέργειας kWh}}{\text{ημερήσια ζήτηση ενέργειας kWh}} = 40\% (\text{στο εξεταζόμενο κτίριο})$$

Και ο συντελεστής CF ισούται:

$$CF = \frac{1}{DOD_{max} \cdot \eta_{\beta}}$$

Στην περιοχή του εξεταζόμενου κτιρίου οι μέρες κατά τις οποίες μπορεί το σύστημα να μην είναι δυνατό να παράγει ηλεκτρική ενέργεια αποτυπώνονται στον πίνακα 5.31 και όπως είναι αναμενόμενο αυτές είναι σαφώς περισσότερες το χειμώνα.

Πίνακας 5.31 «Μαύρες μέρες» στην εξεταζόμενη περιοχή για κάθε μήνα (πηγή: NASA)

Lat 38.097 Lon 23.88	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1 day	0.91	0.94	0.95	0.86	0.89	0.68	0.79	0.75	0.77	0.95	0.95	0.96
3 day	2.46	2.30	2.41	2.08	2.03	1.31	1.44	1.30	1.83	2.58	2.56	2.52
7 day	4.97	5.02	4.62	3.30	3.04	1.90	2.06	1.62	3.45	4.67	5.03	5.22
14 day	7.02	7.48	7.87	4.73	4.01	2.15	2.43	2.92	4.19	6.62	8.45	10.0
21 day	8.92	7.30	10.0	5.54	3.65	3.18	2.71	3.26	2.87	6.98	9.40	12.7
Month	11.9	5.90	9.70	5.30	3.89	3.45	3.28	2.53	3.09	7.20	8.96	10.2

Σχετικά με τις ημέρες αυτονομίας αυτές είναι ανάλογες με το βαθμό εκφόρτισης της μπαταρίας (Πίνακας 5.32). Όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός εκφόρτισης τόσο περισσότερες είναι οι μέρες αυτονομίας. Όμως οι κύκλοι φόρτισης εκφόρτισης είναι αντιστρόφως ανάλογοι των δυο αυτών μεγεθών μιας και για βαθιές εκφορτίσεις οι κύκλοι φορτίσεις μειώνονται και έτσι μειώνεται και η διάρκεια ζωής της μπαταρίας.

Πίνακας 5.32 Ενδεικτικές ημέρες αυτονομίας ανάλογα με το βαθμό εκφόρτισης

Ημέρες αυτονομίας	Βάθος εκφόρτισης
1-3	0.4
4-6	0.6
7-10	0.8

Η εφαρμογή των παραπάνω αποτυπώνεται στον Πίνακα 5.33 όπου έχει υπολογιστεί η μηνιαία χωρητικότητα της μπαταρίας ανάλογα με την ημερήσια ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια, τον βαθμό εκφόρτισης και τις ημέρες αυτονομίας.

Πίνακας 5.33 Μηνιαία χωρητικότητα μπαταρίας kWh ανάλογα με το βαθμό εκφόρτισης και τις ημέρες αυτονομίας

Μήνες	Μέση ημερήσια Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)	Μέση ημερήσια παραγόμενη ενέργεια (kWh)	Μηνιαία Χωρητικότητα μπαταρίας DOD 40%, C=2 (kWh)	Μηνιαία Χωρητικότητα μπαταρίας DOD 60%, C=4 (kWh)	Μηνιαία Χωρητικότητα μπαταρίας DOD 80%, C=10 (kWh)
Ιανουάριος	45.39	21.95	340.40	416.05	737.54
Φεβρουάριος	36.93	27.95	276.96	338.51	600.09
Μάρτιος	41.42	37.49	310.65	379.68	673.06
Απρίλιος	39.67	49.97	297.50	363.61	644.58
Μάιος	40.52	55.67	303.87	371.40	658.39
Ιούνιος	47.27	63.90	354.50	433.28	768.08
Ιούλιος	52.55	62.40	394.11	481.69	853.91
Αύγουστος	49.35	58.06	370.16	452.42	802.02
Σεπτέμβριος	45.00	47.82	337.50	412.50	731.25
Οκτώβριος	31.94	32.45	239.52	292.74	518.95
Νοέμβριος	30.20	21.32	226.50	276.83	490.75
Δεκέμβριος	42.32	17.51	317.42	387.96	687.74
		Μέγιστη (kWh)	394.11	481.69	853.91

Από τον πίνακα 5.33 προκύπτει ότι η μέγιστη χωρητικότητα αντιστοιχεί στον μήνα με την μεγαλύτερη ζήτηση που είναι ο Ιούνιος. Σημαντική διαφορά υπάρχει στις χωρητικότητες ανάλογα με τις ημέρες αυτονομίας και το βαθμό εκφόρτισης.

Επειδή η χωρητικότητα της μπαταρίας είναι καλύτερο να εκφράζεται σε Ah, ισχύει ότι

$$1 Wh = 1 Ah \cdot 1 Volt$$

Επομένως:

$$\text{Για 2 ημέρες αυτονομίας} \rightarrow 394.11 kWh \xrightarrow{12 Volt} 32842.5 Ah$$

$$\text{Για 4 ημέρες αυτονομίας} \rightarrow 481.69 kWh \xrightarrow{12 Volt} 40140.83 Ah$$

$$\text{Για 10 ημέρες αυτονομίας} \rightarrow 853.91 kWh \xrightarrow{12 Volt} 71159.17 Ah$$

Ο βαθμός εκφόρτισης και η κύκλοι φόρτισης-εκφόρτισης είναι άμεσα συνδεδεμένοι και καθορίζουν την διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Έχει αποδειχθεί ότι όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος εκφόρτισης τόσο λιγότερους κύκλους μπορεί να πραγματοποιήσει η μπαταρία και έτσι μικραίνει η διάρκεια ζωής της. Για να μπορέσει η μπαταρία να λειτουργεί διαρκώς με μικρό βάθος εκφόρτισης συνήθως υπερδιαστασιολογείται.

Οι κύκλοι φόρτισης όταν πρόκειται για μόνιμη κατοικία όπου η χρήση είναι συνεχής πρέπει να είναι πολλοί οπότε για αυτές τις περιπτώσεις επιλέγονται περίπου 1200 κύκλοι.

5.6.4 Αντιστροφέας και ρυθμιστής φόρτισης

Για την ολική διαστασιολόγηση ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος είναι απαραίτητος και ο καθορισμός της ισχύς του αντιστροφέα και του ρυθμιστή φόρτισης της μπαταρίας.

Σύμφωνα με την δημοσίευση των Chel A., G.N. Tiwari & A. Chandra, 2009, τα στοιχεία αυτά μπορούν να προσεγγιστούν με ικανοποιητικό τρόπο από τις παρακάτω σχέσεις.

$$\text{Ισχύς inverters (W)} = 1.1 \cdot \text{Ισχύς φωτοβολταϊκής συστοιχίας (W)}$$

$$\text{Ρυθμιστής φόρτισης (A)} = \frac{\text{Ισχύς φωτοβολταϊκής συστοιχίας (W)}}{\text{Τάση μπαταρίας (Volt)}}$$

Τα στοιχεία αυτά θα προσδιοριστούν στο Κεφάλαιο 6 όταν θα γίνει και η τελική επιλογή του αριθμού των φωτοβολταϊκών.

5.6.5 Ηλιακοί συλλέκτες

Η παραγόμενη ενέργεια ενός επίπεδου ηλιακού συλλέκτη είναι μόνο ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο επίπεδο του συλλέκτη και όπως αναπτύχθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, είναι ανάλογη του τύπου του ηλιακού συλλέκτη, των υλικών του, αλλά και των γεωγραφικών χαρακτηριστικών που επικρατούν στην συγκεκριμένη τοποθεσία. Στην συγκεκριμένη τοποθεσία και για την συγκεκριμένη χρήση ελέγχθηκε η περίπτωση επίπεδου ηλιακού συλλέκτη με επιλεκτική επιφάνεια, καθώς λειτουργεί σε θερμοκρασίες οι οποίες στο συγκεκριμένο περιβάλλον αποδίδουν καλύτερα.

Η μέθοδος που ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό της παραγόμενης ακτινοβολίας από τον επίπεδο ηλιακό συλλέκτη προέρχεται από τους Ziemelis I., L. Kancevica, Z. Jesko and H. Putans, 2009.

$$q_c = E_c \cdot \eta \cdot (1 - a \cdot K + b \cdot K^2)$$

Όπου:

- q_c η μέση ημερήσια παραγόμενη ενέργεια από τον ηλιακό συλλέκτη kWh/m²
- E_c η μέση προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια kWh/m²
- η η απόδοση του συλλέκτη (πίνακας 5.34)
- a, b συντελεστές προσδιορισμένοι από πειράματα(πίνακας 5.34)
- K παράμετρος °C.

Πίνακας 5.34 Συντελεστής η, a, b

Type of collector	η	$A \cdot 10^3$	$b \cdot 10^6$
Flat plate with 1 glass	0.78	10.7	29.3
Flat plate with 2 glasses	0.73	6.9	12.7
Flat plate selective	0.70	5.6	8.7

Η παράμετρος K υπολογίζεται ως εξής:

$$K = \frac{T_{in} - T_o}{L}$$

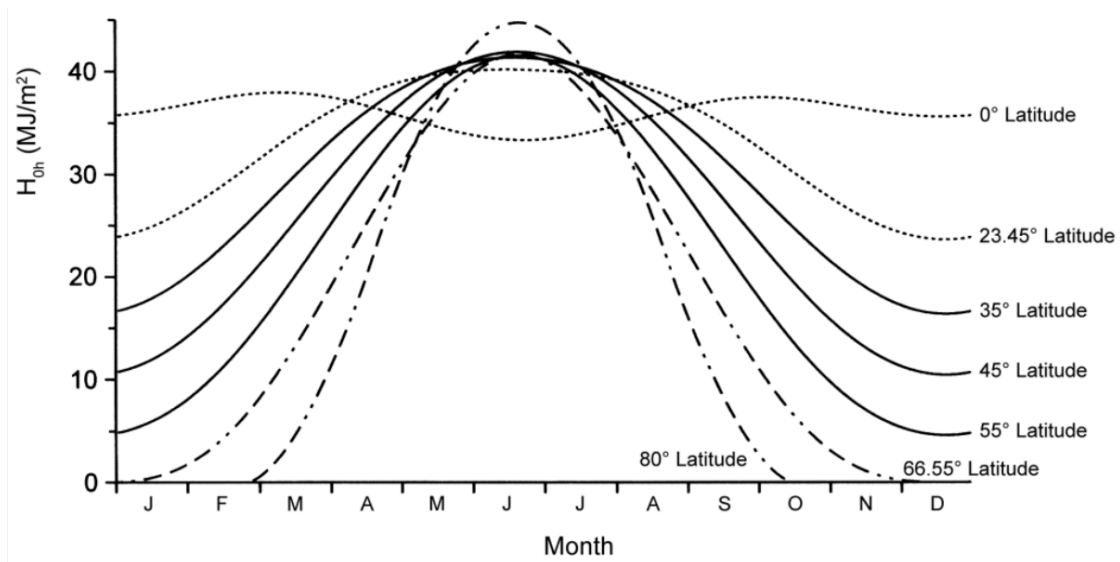
Όπου:

- T_{in} η θερμοκρασία του νερού στην είσοδο του συλλέκτη °C
- T_o η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος °C
- L ο λόγος της μέσης ημερήσιας ακτινοβολίας στην επιφάνεια του εδάφους σε οριζόντιο επίπεδο (E) kWh/m² προς την μέση ημερήσια ακτινοβολία έξω από την ατμόσφαιρα σε οριζόντιο επίπεδο (E_{out}) kWh/m².

$$L = \frac{E}{E_{out}}$$

Όπως παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 5.6.1 για το γεωγραφικό πλάτος και μήκος της περιοχής στην οποία βρίσκεται το εξεταζόμενο κτίριο λήφθηκαν οι μέσες ημερήσιες ακτινοβολίες σε διάφορα επίπεδα και παρουσιάζονται στον πίνακα 5.25.

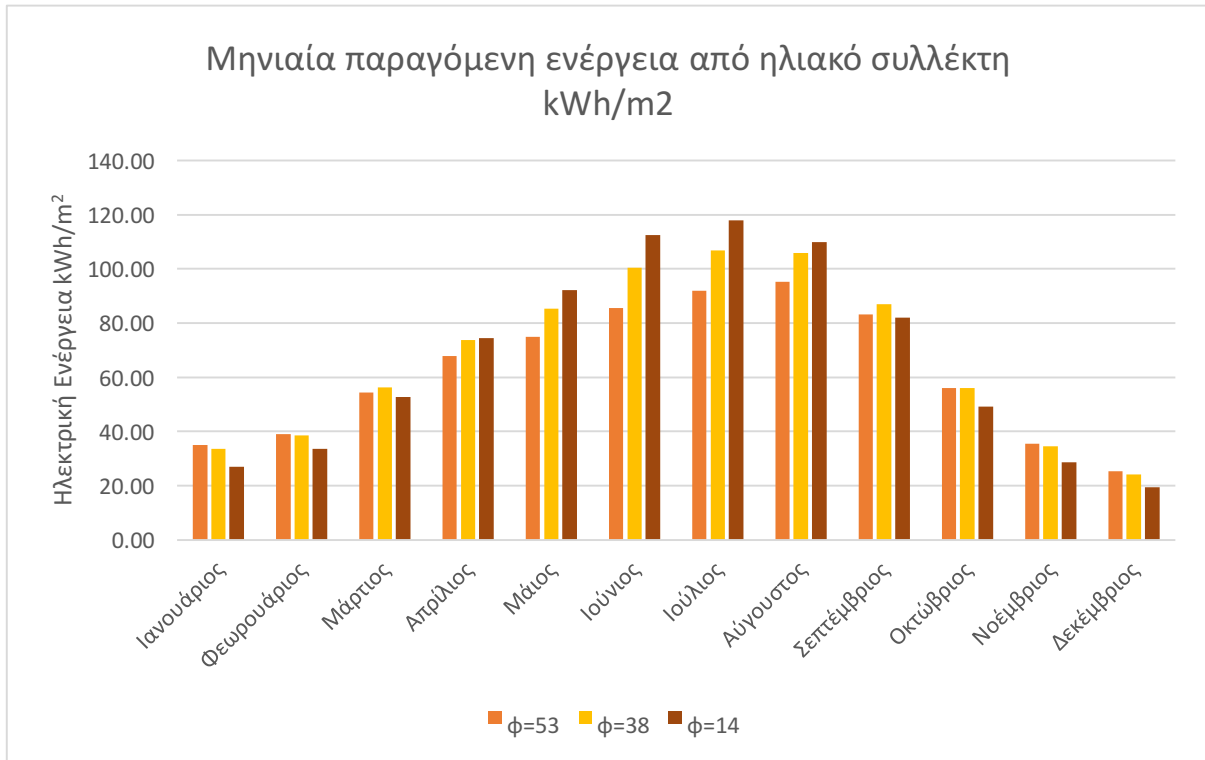
Η ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο έξω από την ατμόσφαιρα (E_{out}) ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής, παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.2



Εικόνα 5.2 Μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία έξω από την ατμόσφαιρα (πηγή: itacanet)

Το είδος του συλλέκτη που θα τοποθετηθεί θα είναι αυτό του συλλέκτη με επιλεκτική επιφάνεια καθώς, όπως αναγράφεται και στη συγκεκριμένη δημοσίευση επηρεάζεται λιγότερο από την διαφορά θερμοκρασίας του απορροφητή με το εξωτερικό περιβάλλον και η τοποθέτησή του θα γίνει χωρίς βαθμούς ελευθερίας.

Προκειμένου να διερευνηθεί ποια κλίση θα μπορέσει να ικανοποιήσει καλύτερα τις ενεργειακές ανάγκες της κατοικίας, παρουσιάζεται στο γράφημα 5.8 η μέση μηνιαία παραγόμενη ενέργεια για 4 περιπτώσεις κλίσεων όπως αυτές υπολογίστηκαν από την παραπάνω μεθοδολογία.

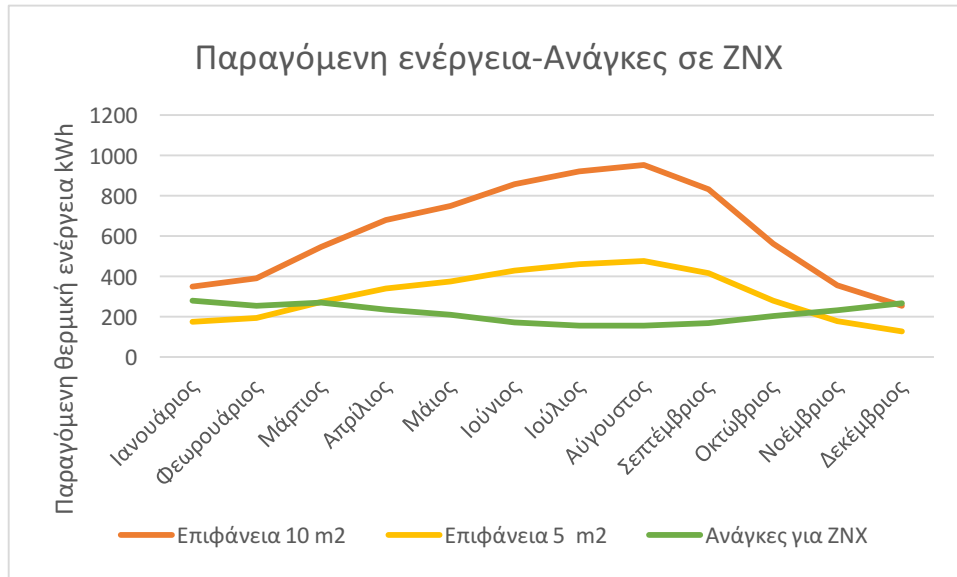


Γράφημα 5.8 Μηνιαία παραγόμενη ενέργεια από επίπεδο ηλιακό συλλέκτη

Όπως είναι φανερό από το Γράφημα 5.8 οι μικρές κλίσεις τοποθέτησης, παράγουν περισσότερη ενέργεια κατά τους θερινούς μήνες ενώ οι μεγάλες κλίσεις παράγουν περισσότερη ενέργεια το χειμώνα.

Η τοποθέτηση των ηλιακών συλλεκτών θα γίνει με στόχο την κάλυψη των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης. Επομένως για την τελική επιλογή της κλίσης αλλά και των τετραγωνικών θα πρέπει να συγκριθεί με τις απαιτήσεις σε ζεστό νερό χρήσης. Οι απαιτήσεις αυτές έχουν αναλυθεί στο **Κεφάλαιο 5.4** και όπως φαίνεται από τον Πίνακα 5.24 το χειμώνα είναι αρκετά μεγαλύτερες. Για αυτό επιλέγεται να τοποθετηθούν με κλίση 53° κατά την οποία η παραγόμενη ενέργεια είναι μεγαλύτερη τη χειμερινή περίοδο.

Ο τελικός καθορισμός των τετραγωνικών και κατ' επέκταση του αριθμού των ηλιακών συλλεκτών που θα τοποθετηθούν θα καθορισθεί από την τελική σύγκριση που θα γίνει στο κεφάλαιο 6 ελέγχοντας και το κόστος κάθε επιλογής. Μπορεί να γίνει όμως μια πρώτη εκτίμηση καθώς για συλλέκτες mastersol που έχουν εμβαδό 2.5 m², παρουσιάζεται στο γράφημα 5.9 η παραγόμενη θερμική ενέργεια συγκριτικά με την μηνιαία απαίτηση σε ZNX.



Γράφημα 5.9 Σύγκριση παραγόμενης ενέργειας με ανάγκες ΖΝΧ

Από το Γράφημα 5.9 φαίνεται ότι για να καλύψουμε μόνο με τους ηλιακούς συλλέκτες τις ανάγκες για ζεστό νερό χρήσης όλες τις περιόδους, θα πρέπει να τοποθετηθούν 10 m². Σε αυτή την περίπτωση, τους υπόλοιπους μήνες εκτός του Ιανουαρίου και του Δεκεμβρίου παράγεται πολύ περισσότερη ενέργεια από αυτήν που χρειάζεται για να καλυφθούν οι απαιτήσεις. Επίσης τους μήνες που υπάρχει μεγάλο πλεόνασμα ενέργειας, οι θερμικές ανάγκες του κτιρίου είναι μικρές επομένως δεν είναι κατάλληλη η αξιοποίηση του πλεονάσματος για την κάλυψη των θερμικών αναγκών.

Είναι λοιπόν εύλογο να τοποθετηθούν 5 m², τα οποία καλύπτουν τις απαιτήσεις από Μάρτιο έως και Οκτώβριο, και για τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο το έλλειμμα ενέργειας θα καλυφθεί από άλλη πηγή ενέργειας. (Πίνακας 5.39, Πίνακας 5.40)

Πίνακας 5.35 Μηνιαία παραγόμενη ενέργεια από ηλιακούς συλλέκτες 5 m²

Μήνες	Μηνιαία παραγόμενη ενέργεια kWh
Ιανουάριος	174.87
Φεβρουάριος	194.84
Μάρτιος	272.15
Απρίλιος	339.36
Μάιος	374.63
Ιούνιος	427.46
Ιούλιος	459.30
Αύγουστος	476.46
Σεπτέμβριος	415.41
Οκτώβριος	280.24
Νοέμβριος	177.31
Δεκέμβριος	126.38
Σετήσια kWh	3718.41

Πίνακας 5.36 Έλλειμμα ενέργειας για κάλυψη αναγκών για ZNX

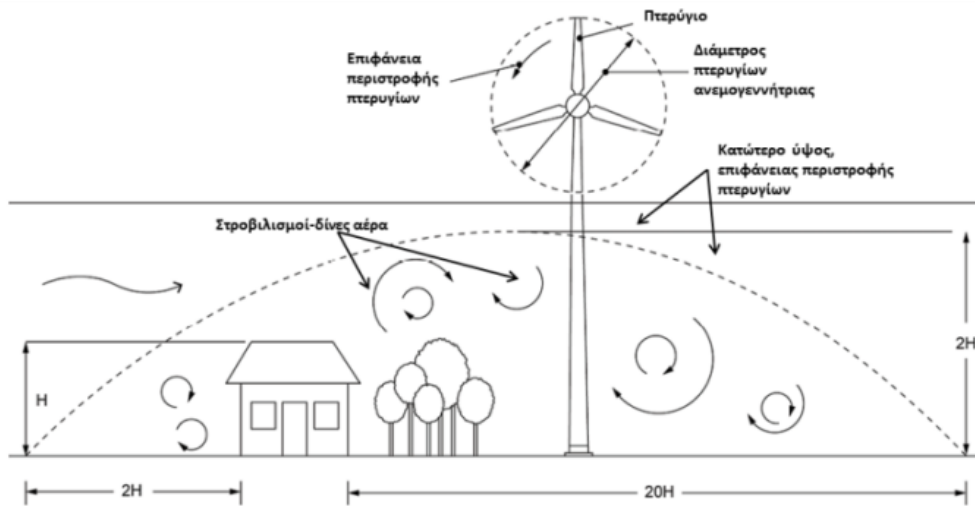
Μήνες	Διαφορά απαιτούμενης- παραγόμενης ενέργειας kWh
Ιανουάριος	104.63
Φεβρουάριος	59.80
Μάρτιος	0.00
Απρίλιος	0.00
Μάιος	0.00
Ιούνιος	0.00
Ιούλιος	0.00
Αύγουστος	0.00
Σεπτέμβριος	0.00
Οκτώβριος	0.00
Νοέμβριος	53.30
Δεκέμβριος	138.58
Σετήσια kWh	356.31

5.7 Αιολική ενέργεια

Για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας στην παρούσα κατοικία θα εξεταστεί το ενδεχόμενο τοποθέτησης μικρής ανεμογεννήτριας μεταξύ 1-10 kW, για την κάλυψη ενός μέρους ή ολόκληρων των ενεργειακών αναγκών.

5.7.1 Χωρική τοποθέτηση

Σημαντικός παράγοντας στην απόδοση της ανεμογεννήτριας είναι η θέση στην οποία θα τοποθετηθεί. Θα πρέπει να τοποθετηθεί όσο το δυνατόν ψηλότερα ώστε να συναντάει μεγαλύτερες ταχύτητες ανέμων και να μπορεί να αποφύγει την τυρβώδη ροή που δημιουργείται πίσω από ένα εμπόδιο. Ο παράγοντας αυτός είναι ιδιαίτερα σημαντικός όταν πρόκειται για τοποθέτηση ανεμογεννήτριας σε αστικό περιβάλλον, καθώς λόγω της δόμησής του, υπάρχουν πολλά εμπόδια. Γενικότερα ως ενδεικτική θέση της ανεμογεννήτριας προκειμένου να αποφευχθούν τα παραπάνω παρουσιάζεται στην εικόνα 5.3.



Εικόνα 5.3 Ενδεικτικό ύψος ανεμογεννήτριας

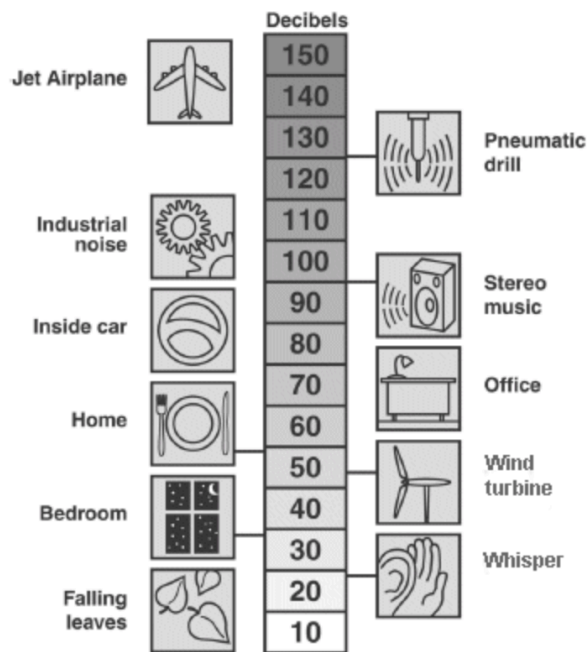
Ένα βασικό χαρακτηριστικό των ανεμογεννητριών το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την τοποθέτησή της είναι ο παραγόμενος θόρυβος της ανεμογεννήτριας. Οι εκπομπές του θορύβου προκαλούνται από δυο κύριους μηχανισμούς, και διακρίνονται στους εξής δυο τύπους:

- Ο αεροδυναμικός θόρυβος, ο οποίος οφείλεται στην αλληλεπίδραση της τύρβης με την επιφάνεια των πτερυγίων και είναι ο κύριος μηχανισμός παραγωγής ακουστικού θορύβου.

- Ο μηχανικός θόρυβος, ο οποίος οφείλεται στην κίνηση και την τριβή μεταξύ των μεταλλικών εξαρτημάτων και δημιουργείται κυρίως στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης τον πολλαπλασιαστή και την γεννήτρια.

Οι μεγάλες ανεμογεννήτριες παράγουν περίπου 104 dB ενώ οι μικρές ανεμογεννήτριες οι οποίες προορίζονται για οικιακή χρήση έχουν σαφώς χαμηλότερη εκπομπή θορύβου και είναι περίπου στα 55 dB.

Προκειμένου να υπάρχει μια σύγκριση για την ένταση του θορύβου παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα η ηχητική στάθμη πίεσης ενδεικτικών δραστηριοτήτων.



Εικόνα 5.4 Στάθμη ηχητική πίεσης
(πηγή: American Wind Energy Association,
<http://www.awea.org>)

Παρατηρείται λοιπόν ότι μια μικρή ανεμογεννήτρια έχει υπαρκτό θόρυβο αλλά σε ανεκτά όρια. Όμως σύμφωνα με την ελληνική νομολογία και το Προεδρικό Διάταγμα (Π.Δ.) 1180/1981, ορίζονται στάθμες ανώτατου θορύβου που μπορεί να έχει μια δραστηριότητα ανάλογα με την περιοχή στην οποία βρίσκεται (Πίνακας 5.37). Οι τιμές αυτές δεν θα πρέπει να ξεπεραστούν και με βάση αυτές θα τοποθετηθεί η ανεμογεννήτρια στο κατάλληλο σημείο.

Πίνακας 5.37 Ανώτατο όριο θορύβου ανάλογα με την περιοχή (πηγή: Π.Δ 1180/1981)

Περιοχή	Ανώτατο όριο θορύβου dB(A)
Νομοθετημένες βιομηχανικές περιοχές	70
Περιοχές στις οποίες επικρατεί το βιομηχανικό στοιχείο	65
Περιοχές στις οποίες επικρατεί εξ ίσου το βιομηχανικό και το αστικό στοιχείο	55
Περιοχές στις οποίες επικρατεί το αστικό στοιχείο	50
Για εγκατάστασης σε επαφή με κατοικία	45

Η ανεμογεννήτρια επομένως θα πρέπει να τοποθετηθεί σε τέτοια απόσταση ώστε ο θόρυβος που φτάνει στην κατοικία να μην ξεπερνά τα 45 dB. Προκειμένου να βρεθούν τα πραγματικά στοιχεία της μετάδοσης του θορύβου πρέπει να γίνει επί τόπου εξακρίβωση και μετρήσεις.

Η μετάδοση όμως του θορύβου μπορεί σε αρχικό στάδιο να εκτιμηθεί από μαθηματικά μοντέλα, καθώς έχει λογαριθμική καμπύλη και φθίνει με την απόσταση και αποσβένει ανάλογα με της συνθήκες του περιβάλλοντος.

$$L_p = L_w - 10 \cdot \log_{10}(4 \cdot \pi \cdot r^2) - a \cdot r$$

Όπου:

- L_p η ηχητική στάθμη του θορύβου σε απόσταση r σε dB
- L_w η ηχητική στάθμη του θορύβου στο ρότορα σε dB
- r η απόσταση της εξεταζόμενης θέσης από την ανεμογεννήτρια σε m
- a η απόσβεση λόγω του περιβάλλοντος. Συνήθης τιμή 0.005 dB/ m

Από την παρακάτω σχέση φαίνεται ότι μια μικρή ανεμογεννήτρια που παράγει 55 dB θορύβου μπορεί να τοποθετηθεί ακόμα και σε απόσταση 1 m. Αντίθετα μια μεγάλη ανεμογεννήτρια που παράγει 104 dB θα πρέπει να τοποθετηθεί σε απόσταση περί τα 250 m.

5.7.2 Αιολικό δυναμικό

Όπως αναλύθηκε παραπάνω, κάθε ανεμογεννήτρια ακόμα και αυτές που είναι ίδιας ισχύος έχει τα δικά της χαρακτηριστικά, τα οποία καθορίζουν και την ποσότητα ενέργειας που θα παράγει. Επομένως δεν είναι εφικτός ένας γενικός υπολογισμός της ενέργειας που μπορεί να παραχθεί από μια αιολική μηχανή.

Στην παρούσα μελέτη, η τοποθέτηση ανεμογεννήτριας αποσκοπεί στην κάλυψη ενός μέρους των ηλεκτρικών αναγκών της κατοικίας σε συνδυασμό με την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών αλλά θα εξεταστεί και το ενδεχόμενο να καλύψει εξολοκλήρου τις ανάγκες αυτές.

Για τον υπολογισμό της παραγόμενης ισχύος είναι απαραίτητη η γνώση του αιολικού δυναμικού της περιοχής. Για να γίνει όσο γίνεται καλύτερη εκτίμηση της παραγόμενης ενέργειας, είναι απαραίτητη η χρονοσειρά της ταχύτητας των ανέμων που πνέουν στην συγκεκριμένη περιοχή. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ο κοντινότερος σταθμός που παρείχε αυτές τις πληροφορίες ήταν ο σταθμός της Πεντέλης. Οι άνεμοι αυτοί είναι μετρημένοι σε υψόμετρο 3 μέτρων από την επιφάνεια του εδάφους. (Γράφημα 5.9)

Η ταχύτητα του ανέμου όμως μεταβάλλεται ανάλογα με το υψόμετρο και πιο συγκεκριμένα αυξάνεται όσο αυτό μεγαλώνει. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το τελικό ύψος στο οποίο θα τοποθετηθεί η ανεμογεννήτρια είναι $2 \cdot H = 22 \text{ m}$. Η διαφορά είναι μεγάλη οπότε είναι απαραίτητη η προσαρμογή των ταχυτήτων σε αυτό το υψόμετρο (Γράφημα 5.10).

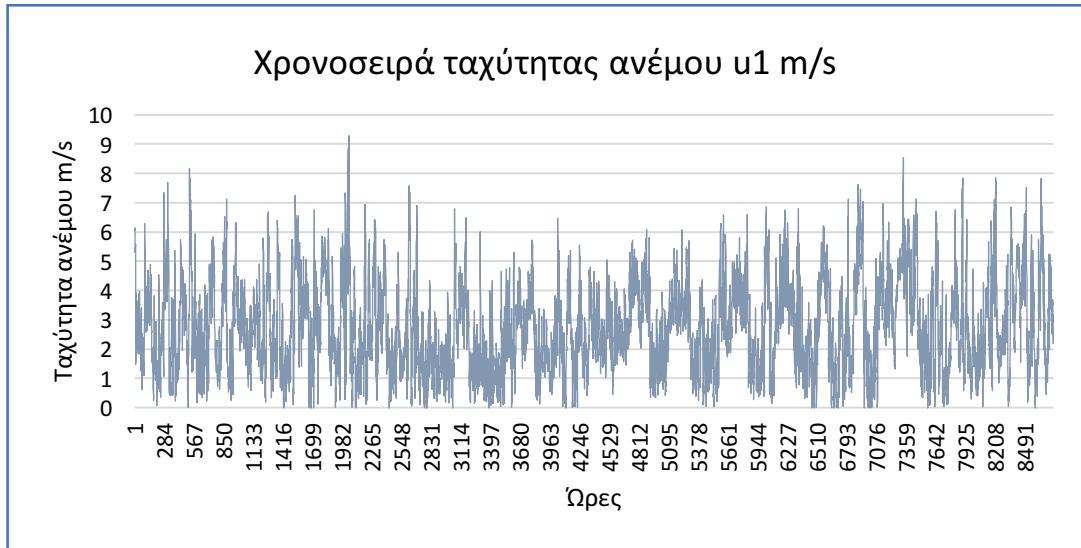
Προκειμένου να προσαρμοστούν σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο (πηγή: Κουτσογιάννης Δ. και Θ. Ξανθόπουλος, 1999)

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{\ln \frac{z_2}{z_0}}{\ln \frac{z_1}{z_0}}$$

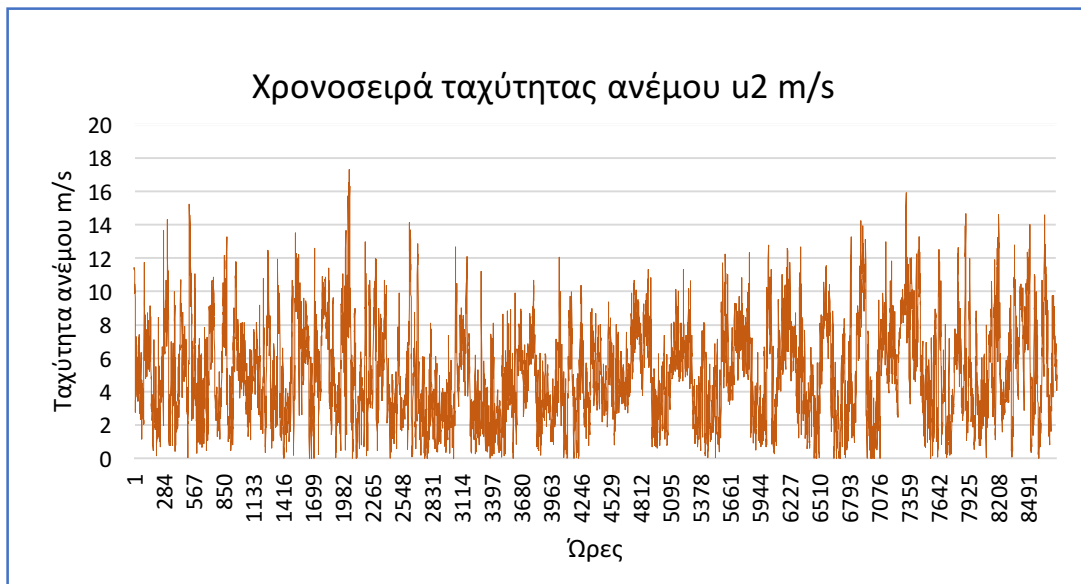
Όπου:

- u_2 η ταχύτητα του ανέμου m/s στο υψόμετρο z_2
- u_1 η ταχύτητα του ανέμου m/s στο υψόμετρο z_1
- z_0 η παράμετρος τραχύτητας m

Οι τιμές της παραμέτρου τραχύτητας z_0 ποικίλουν ανάλογα με την επιφάνεια. Στη συγκεκριμένη περίπτωση λαμβάνεται ίση με 0.40 m για δένδρα ύψους 10-5 m.



Γράφημα 5.9 Χρονοσειρά ταχυτήτων ανέμου σε υψόμετρο 3 m



Γράφημα 5.10 Χρονοσειρά ταχυτήτων ανέμου σε υψόμετρο 22 m

5.7.3 Μικρές ανεμογεννήτριες

Εξετάστηκαν 3 ανεμογεννήτριες με διαφορετική ονομαστική ισχύ και διαφορετικές ταχύτητες εισόδου.

1. Fortis Passaat
 - Ισχύς: 1400 Watt
 - Ταχύτητα εισόδου 2.5 m/s
 - Ονομαστική ταχύτητα: 16 m/s
 - Διάμετρος ρότορα: 3 m
2. Kingspan
 - Ισχύς: 2500 Watt
 - Ταχύτητα εισόδου 3.5 m/s
 - Ονομαστική ταχύτητα: 11 m/s
 - Διάμετρος ρότορα: 3.9 m
3. GHR FD5-5
 - Ισχύς: 5000 Watt
 - Ταχύτητα εισόδου 3 m/s
 - Ονομαστική ταχύτητα: 10 m/s
 - Διάμετρος ρότορα: 5 m

Με βάση αυτά τα χαρακτηριστικά και τη χρήση μαθηματικού μοντέλου υπολογίστηκαν οι καμπύλες ισχύος.

Το μαθηματικό μοντέλο που ακολουθήθηκε εξαρτάται από την ταχύτητα εισόδου, την ονομαστική ταχύτητα και την ονομαστική ισχύ και είναι μια τρίτοβάθμια προσέγγιση. Σύμφωνα με την δημοσίευση των Chauhan A. & R.P. Saini, 2014:

$$P_{WT} = \begin{cases} 0, & 0 \leq V \leq V_{cut-in} \\ a \cdot V^3 + b \cdot P_r, & V_{cut-in} \leq V \leq V_r \\ P_r, & V_r \leq V \leq V_{cut-out} \end{cases}$$

Όπου:

P_{WT} η παραγόμενη ισχύς της ανεμογεννήτριας σε W

P_r η ονομαστική ισχύς της ανεμογεννήτριας σε W

V_{cut-in} η ταχύτητα εκκίνησης παραγωγής ισχύος m/s

V_r η ονομαστική ταχύτητα της ανεμογεννήτριας m/s

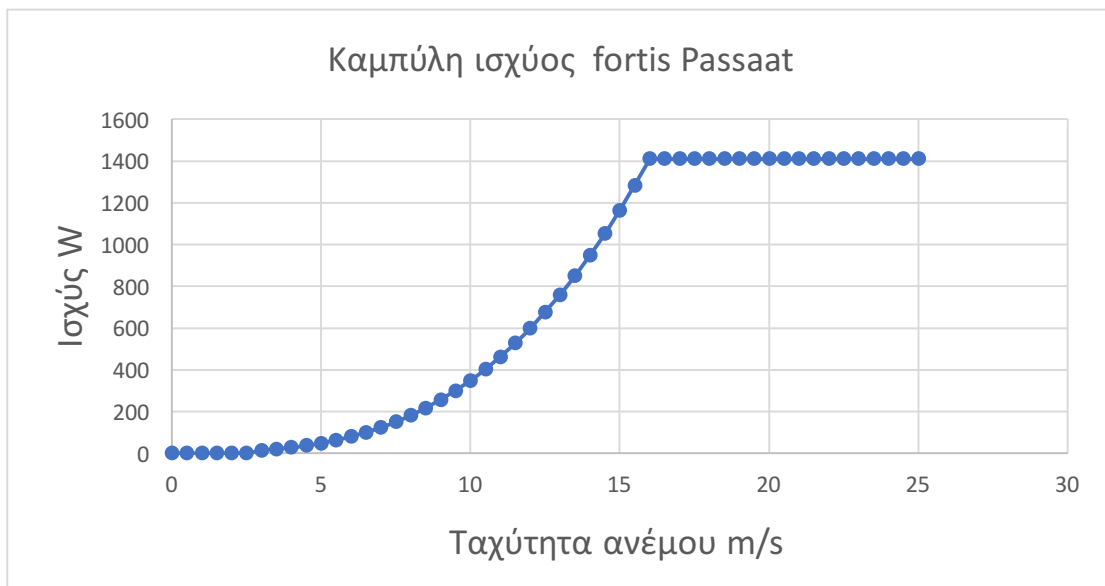
$V_{cut-out}$ η ταχύτητα εξόδου για την οποία σταματάει να παράγει ενέργεια σε m/s

Για τους συντελεστές a, b ισχύει:

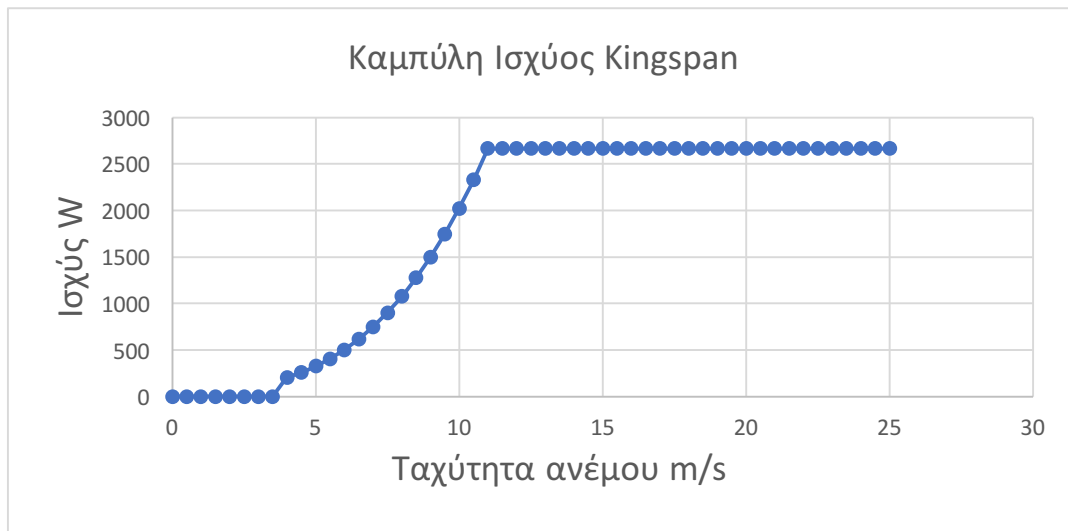
$$a = \frac{P_r}{V_r^3 - V_{cut-in}^3}$$

$$b = \frac{V_{cut-in}^3}{V_r^3 - V_{cut-in}^3}$$

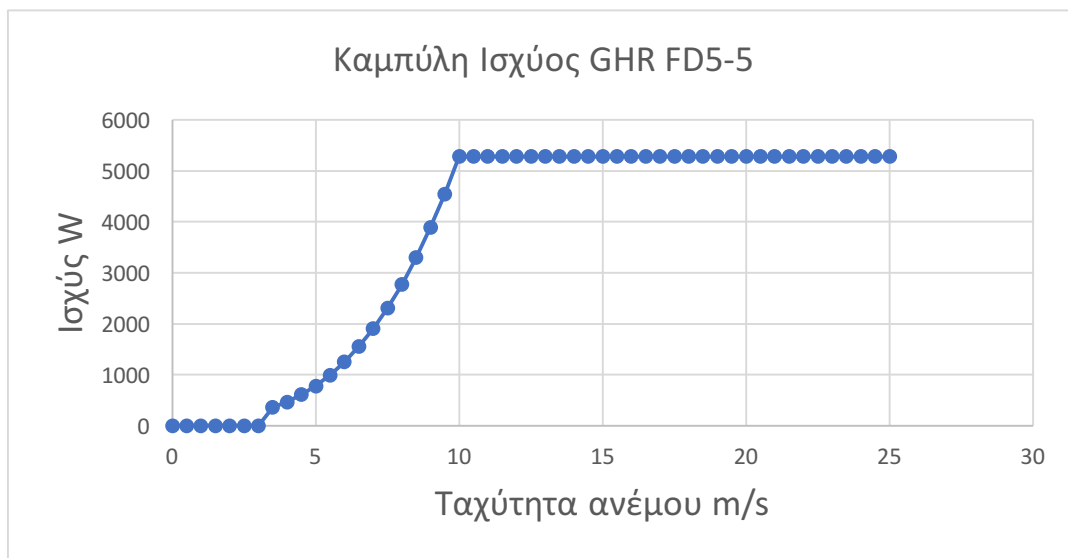
Με βάση αυτή τη διαδικασία υπολογίστηκαν αναλυτικά οι καμπύλες ισχύος των 3 ανεμογεννητριών που φαίνονται στα γραφήματα 5.11-5.13.



Γράφημα 5.11 Καμπύλη Ισχύος 1400 W



Γράφημα 5.12 Καμπύλη Ισχύος 3000 W



Γράφημα 5.13 Καμπύλη ισχύος 5000 W

Με βάση λοιπόν τις καμπύλες ισχύος των ανεμογεννητριών αλλά και της χρονοσειράς των ταχυτήτων του ανέμου στα 22 m, υπολογίστηκε η μηνιαία και συνολική ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παράγει κάθε μια από τις 3 αυτές ανεμογεννήτριες. (Πίνακας 5.38)

Προκειμένου να εξεταστεί πόσο αποδοτικές είναι οι ανεμογεννήτριες στο συγκεκριμένο περιβάλλον υπολογίστηκε και ο συντελεστής δυναμικότητας C_F κάθε ανεμογεννήτριας ως εξής:

$$C_F = \frac{P_{\eta\lambda}}{8760 \cdot P_R}$$

Όπου:

$P_{\eta\lambda}$ η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια σε W όπως αυτή προκύπτει από την καμπύλη ισχύος

P_R η ονομαστική ισχύς της ανεμογεννήτριας σε W

Πίνακας 5.38 Μηνιαία παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από κάθε ανεμογεννήτρια

	Fortis 1400	Kingspan 3kW	GHR FD5-5
Μήνες	Παραγόμενη ενέργεια kWh	Παραγόμενη ενέργεια kWh	Παραγόμενη ενέργεια kWh
Ιανουάριος	229.49	512.04	919.41
Φεβρουάριος	199.28	449.52	833.87
Μάρτιος	275.55	641.06	1226.60
Απρίλιος	175.24	374.79	713.15
Μάιος	120.97	246.55	441.28
Ιούνιος	164.89	343.78	599.17
Ιούλιος	219.29	482.63	860.97
Αυγούστου	240.97	556.58	974.96
Σεπτέμβριος	204.06	470.88	885.46
Οκτώβριος	266.06	636.26	1225.31
Νοέμβριος	248.75	574.63	1106.23
Δεκέμβριος	276.89	646.25	1242.68
Ετήσια	2621.44	5934.97	11029.09
Cf	21.38	27.10	25.18

Όπως γίνεται αντιληπτό, η ανεμογεννήτρια των 3 kW αποδίδει καλύτερα από τις άλλες δυο αλλά η τελική επιλογή θα εξαρτηθεί από τις ανάγκες τις οποίες θα πρέπει να καλύψει η χρήση της ανεμογεννήτριας

Ένα ακόμα χαρακτηριστικό το οποίο μπορεί να παρατηρηθεί είναι η έντονη διακύμανση που υπάρχει στην παραγόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια του χρόνου, και γίνεται εντονότερη όσο μεγαλύτερη είναι η αιολική μηχανή. Η διακύμανση αυτή είναι κάτι το οποίο δύσκολα μπορεί να προβλεφθεί και για αυτό το λόγο συνηθίζεται η ανεμογεννήτριες να μην είναι η κύρια πηγή ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών αλλά να λειτουργεί συμπληρωματικά με κάποια άλλη, όπως είναι τα φωτοβολταικά.

Τέλος για μια εποπτική εικόνα της συνολικής παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας από τις ανεμογεννήτριες για το αιολικό δυναμικό της περιοχής αυτής, προκύπτει ότι παράγουν κατά μέσο όρο **2150 kWh/kW/έτος**.

$$\text{➤ Fortis Passaat} \longrightarrow \frac{2621.44}{1.4} = 1872 \text{ kWh/kW}$$

$$\text{➤ Kingspan} \longrightarrow \frac{5934.97}{2.5} = 2374 \text{ kWh/kW}$$

$$\text{➤ GHR FD5-5} \longrightarrow \frac{11029.09}{5} = 2206 \text{ kWh/kW}$$

5.8 Αξιοποίηση Βιομάζας

Στο εξεταζόμενο κτίριο, θα αξιολογηθεί η αξιοποίηση της βιομάζας μέσω λέβητα βιομάζας, καθώς υπάρχει ο απαιτούμενος χώρος, και λόγω μεγάλης έκτασης κήπου, υπάρχουν κλαδέματα τα οποία είναι προτιμητέο να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας από το να απορριφθούν πιθανότατα σε χώρους υγειονομικής ταφής.

Η θερμογόνο δύναμη κάθε τύπου βιομάζας είναι γνωστή (πίνακας 3.1), επομένως είναι εύκολο να βρεθεί η συνολική ποσότητα των απαιτούμενων καυσίμων. Όμως πρέπει να προηγηθεί η εύρεση του κατάλληλου λέβητα βιομάζας ο οποίος θα μπορεί να αποδώσει τόση ενέργεια όση χρειάζεται για να καλύψει τις ανάλογες ενεργειακές ανάγκες.

Επομένως η συνολική ισχύς του λέβητα είναι άμεσα εξαρτημένη από τις ανάγκες που επιθυμούμε να καλύψουμε. Οι θερμικές ανάγκες όσο και οι ανάγκες σε ζεστό νερό χρήσης μπορούν να καλυφθούν από την αξιοποίηση της βιομάζας καθώς μέσω της καύσης της θα ζεσταθεί το νερό το οποίο στην μια περίπτωση αναμένεται να κυκλοφορήσει στα σώματα ενώ την άλλη θα κυκλοφορήσει στο δίκτυο αγωγών του σπιτιού του σπιτιού για να φτάσει στο χρήστη. Οι ανάγκες σε ζεστό νερό χρήσης είναι πολύ μικρές συγκριτικά με αυτές για τις θερμικές ανάγκες επομένως η διαστασιολόγηση του λέβητα θα γίνει με τις απαιτήσεις του σπιτιού σε θερμική ενέργεια.

Όπως παρουσιάστηκε αναλυτικά στο κεφάλαιο 5.2.4, οι ετήσιες θερμικές ανάγκες του κτιρίου είναι 55,807 kWh, ενώ οι μέγιστες μηνιαίες παρουσιάζονται τον Ιανουάριο και είναι 12,369 kWh που αντιστοιχούν σε 400 kWh/ημέρα.

Ο λέβητας βιομάζας καλείται να παράγει 400 kWh/ ημέρα. Το διάστημα μέσα στο οποίο θα πρέπει να παράγει την απαιτούμενη ποσότητα ενέργειας, είναι κατά μέσο όρο 5 ώρες. Επομένως η ισχύς του λέβητα πρέπει να είναι:

$$\frac{400}{5} = 80 \text{ kW}$$

Υπάρχουν διάφοροι τύποι λέβητα ανάλογα με το τον τύπο βιομάζας που θα χρησιμοποιούν για καύση. Ενδεικτικά ένας λέβητας που καταναλώνει πελλέτες έχει μικρότερες απώλειες από αυτόν που καταναλώνει ξύλα.

Θα εξεταστεί τύπος λέβητα ο οποίος έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει οποιοδήποτε τύπο βιομάζας και είναι 93 kW (πρόκειται για το μοντέλο primus, της κατασκευαστικής εταιρείας mavit).

Η αξιοποίηση της βιομάζας προσφέρεται τόσο για την κάλυψη των θερμικών ενεργειακών αναγκών όσο και των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης.

Επομένως υπάρχουν τέσσερα βασικά σενάρια τα οποία μπορούν πραγματοποιηθούν τα οποία θα παρουσιαστούν σε αυτό το κεφάλαιο αλλά η τελική επιλογή θα γίνει στο κεφάλαιο 6, όπου θα ληφθούν υπόψιν και ορισμένα οικονομικά στοιχεία.

Τα σενάρια αυτά για την αξιοποίηση της βιομάζας είναι:

1. Η κάλυψη μόνο του συνόλου των θερμικών αναγκών
2. Η κάλυψη μόνο του συνόλου των αναγκών σε ZNX
3. Η κάλυψη μόνο του μέρους των αναγκών σε ZNX που δεν καλύπτονται από άλλη πηγή
4. Συνδυασμός κάποιων εκ των παραπάνω

Σενάριο 1^ο, κάλυψη μόνο του συνόλου των θερμικών αναγκών

Για την εύρεση της απαιτούμενης ποσότητας βιομάζας που πρέπει να καταναλωθεί για να καλύψει τις απαιτούμενες ανάγκες πρέπει αρχικά να ληφθεί υπόψη η θερμογόνο δύναμη του καυσίμου. Εν συνεχεία θα πρέπει να συνυπολογιστούν οι αναμενόμενες απώλειες του λέβητα βιομάζας. Αυτό συνεπάγεται με το γεγονός ότι η ποσότητα της απαιτούμενης βιομάζας πρέπει να είναι προσαυξημένη ώστε να ληφθούν υπόψιν αυτές οι απώλειες. Αυτές ανέρχονται στο 15%, επομένως η συνολική ενέργεια που πρέπει να παράγει η βιομάζα να είναι 1.15 φορές μεγαλύτερη της ενέργειας για θέρμανση

Η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται για θέρμανση του χώρου είναι 55,807 kWh το χρόνο, επομένως η απαιτούμενη ενέργεια που θα αποδίδει η βιομάζα θα είναι 64,178.05 kWh.

Κάθε τύπος βιομάζας έχει συγκεκριμένη θερμογόνο δύναμη, η οποία εκφράζει την ποσότητα της ενέργειας που μπορεί να αποδώσει μια ποσότητα του συγκεκριμένου τύπου. Επομένως υπολογίζεται ανάλογα η απαιτούμενη ποσότητα των βιοκαυσίμων. Στον πίνακα 5.39 δίνονται 5 διαφορετικοί τύποι βιομάζας με την θερμογόνο δύναμη του καθένα, καθώς και η ετήσια ποσότητα που πρέπει να καταναλωθεί.

Πίνακας 5.39 Απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας για σενάριο 1

Βιομάζα	Θερμογόνος δύναμη kWh/kg	Ετήσια ποσότητα βιομάζας kg	Ετήσια ποσότητα βιομάζας t
Πυρηνόξυλο	5.28	12154.93	12.15
Κουκούτσια ροδάκινου	5.67	11318.88	11.32
Θρυμματισμένο ξύλο	4.22	15208.07	15.21
Πελλέτες	4.72	13597.04	13.60
Αχυρόμπαλα	4	16044.51	16.04

Σενάριο 2°, κάλυψη μόνο του συνόλου των αναγκών σε ZNX

Όπως παρουσιάστηκε αναλυτικά στο κεφάλαιο 5.4 η συνολική ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης είναι 2,601.07 kWh. Με αντίστοιχο τρόπο υπολογίζονται η απαιτούμενη ενέργεια και προκύπτει ότι η απαιτούμενη ενέργεια που πρέπει να παράγει η βιομάζα είναι 2,991.23 kWh.

Στον πίνακα 5.40 αποτυπώνονται οι απαιτούμενες ποσότητες ανάλογα με τον τύπο της επιλεγόμενης βιομάζας.

Πίνακας 5.40 Απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας για ζεστό νερό χρήσης για σενάριο 2

Βιομάζα	Θερμογόνος δύναμη kWh/kg	Ετήσια ποσότητα βιομάζας kg	Ετήσια ποσότητα βιομάζας t
Πυρηνόξυλο	5.28	566.52	0.57
Κουκούτσια ροδάκινου	5.67	527.55	0.53
Θρυμματισμένο ξύλο	4.22	708.82	0.71
Πελλέτες	4.72	633.73	0.63
Αχυρόμπαλα	4	747.81	0.75

Σενάριο 3°, κάλυψη των αναγκών σε ZNX που δεν καλύπτονται από άλλες πηγές ενέργειας (ηλιακοί συλλέκτες)

Στην περίπτωση αυτή ο λέβητας βιομάζας λειτουργεί συμπληρωματικά με τους ηλιακούς συλλέκτες 5 m² που ενδέχεται να τοποθετηθούν, για την παραγωγή ζεστού νερού τους μήνες που η παραγόμενη ενέργεια από τους συλλέκτες δεν επαρκεί (πίνακας 5.41). Από όπου προκύπτει ότι η ετήσια ποσότητα που απαιτείται είναι 356.31 kWh άρα η βιομάζα πρέπει να αποδίδει 409.75 kWh

Πίνακας 5.41 Έλλειμμα παραγόμενης ενέργειας από ηλιακούς συλλέκτες για κάλυψη των αναγκών σε ZNX

Μήνες	Διαφορά απαιτούμενης-παραγόμενης ενέργειας kWh
Ιανουάριος	104.63
Φεβρουάριος	59.80
Μάρτιος	0.00
Απρίλιος	0.00
Μάιος	0.00
Ιούνιος	0.00
Ιούλιος	0.00
Αύγουστος	0.00
Σεπτέμβριος	0.00
Οκτώβριος	0.00
Νοέμβριος	53.30
Δεκέμβριος	138.58

Τελικά η απαιτούμενη ποσότητας βιομάζας που απαιτείται για την κάλυψη των αναγκών αυτού του σεναρίου παρουσιάζονται στον πίνακα 5.42.

Πίνακας 5.42 Απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας για σενάριο 3

Βιομάζα	Θερμογόνος δύναμη kWh/kg	Ετήσια ποσότητα βιομάζας kg	Ετήσια ποσότητα βιομάζας t
Πυρηνόξυλο	5.28	77.60	0.08
Κουκούτσια ροδάκινου	5.67	72.27	0.07
Θρυμματισμένο ξύλο	4.22	97.10	0.10
Πελλέτες	4.72	86.81	0.09
Αχυρόμπαλα	4	102.44	0.10

5.9 Επέμβαση στο κέλυφος – Αλλαγή υαλοπινάκων

Στον κτιριακό τομέα έχει παρατηρηθεί ότι οι υαλοπίνακες του κτιρίου είναι καθοριστικός παράγοντας για την κατανάλωση ενέργειας για ψύξη, θέρμανση αλλά και για φωτισμό. Τον χειμώνα η θερμότητα χάνεται καθώς μεταφέρεται από τον εσωτερικό στον εξωτερικό χώρο ενώ το καλοκαίρι είναι αυτά που επιτρέπουν στην ηλιακή ακτινοβολία και θερμότητα να μπει στο εσωτερικό του χώρου. Το συγκεκριμένο επιβεβαιώνεται και από το γράφημα 5.3 που παρατέθηκε παραπάνω όπου φαίνεται ότι οι απώλειες από τα κουφώματα είναι οι δεύτερες μεγαλύτερες στο εξεταζόμενο κτίριο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι υαλοπίνακες παρόλο που διαθέτουν διπλά τζάμια, είναι παλαιάς τεχνολογίας και διαθέτουν υψηλή θερμοπερατότητα.

Το εξεταζόμενο κτίριο λόγω της περιοχής στην οποία βρίσκεται έχει πολύ μεγάλες θερμοκές ανάγκες συγκριτικά με τις ψυκτικές. Προκειμένου να βελτιωθεί η υπάρχουσα κατάσταση με την αντικατάσταση των υπαρχόντων υαλοστασίων με νέα βελτιωμένα, θα πρέπει να επιλεγεί ο κατάλληλος τύπος ώστε να περιορίζει τις θερμοκές απώλειες και να διατηρεί αναλλοίωτη την φωτεινότητα του κτιρίου. Για την επιλογή του κατάλληλου τύπου είναι απαραίτητο να επισημανθούν συνοπτικά μερικά βασικά στοιχεία.

Τρία χαρακτηριστικά βασικά χαρακτηριστικά ενός διαφανούς και διαπερατού υλικού όπως ο υαλοπίνακας είναι:

- Η απορροφητικότητά (α)
- Η ανακλαστικότητα (ρ)
- Η διαπερατότητα (τ)

Τα τρία χαρακτηριστικά αυτά συνδέονται μεταξύ τους με την παρακάτω σχέση:

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στην επιφάνεια του υαλοπίνακα, ένα ποσοστό ανακλάται προς το εξωτερικό περιβάλλον, ένα ποσοστό απορροφάται από το γυαλί και ένα άλλο ποσοστό διαπερνά το γυαλί και εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ανακλαστικότητα ενός υαλοπίνακα τόσο μικρότερη θα είναι η διαπερατότητά και η απορροφητικότητά του και αντιστρόφως. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι άμεσα συνδεδεμένα με τον αριθμό και τον τύπο των υαλοπινάκων, αλλά και με το αέριο που χρησιμοποιείται μεταξύ των στρώσεων των γυάλινων επιφανειών σε περίπτωση διπλού ή τριπλού υαλοπίνακα.

Ανάλογα με τον αριθμό των τζαμίων διακρίνεται σε:

- Μονός όπου αποτελείται από ένα τζάμι. Ο τύπος αυτός δεν χρησιμοποιείται πλέον σε χώρους με ανάγκες για ψύξη και θέρμανση

- Διπλός ο οποίος αποτελείται από δυο γυάλινες επιφάνειες με διάκενο μεταξύ τους. Το διάκενο αυτό μπορεί να είναι γεμισμένο είτε με αέρα είτε με κάποιο άλλο αέριο όπως το αργό
- Τριπλός ο οποίος έχει αντίστοιχη δομή με τον διπλό, και αποτελείται από 3 γυάλινες επιφάνειες και 2 διάκενα.

Το αέριο του διακένου είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς προσφέρει στο κούφωμα την απαραίτητη θερμομόνωση που απαιτείται και είναι συνήθως μεταξύ 6 και 16 mm. Για αυτό το λόγο σε περιοχές με εύκρατο κλίμα είναι ενδεδειγμένη η χρήση διπλών η τριπλών υαλοπινάκων. Στα ψυχρά όμως κλίματα η διαφυγές τις θερμότητας είναι μεγαλύτερες και πραγματοποιούνται σε μεγάλο βαθμό μέσω των υαλοπινάκων. Για τον λόγο αυτό σε τέτοιες περιοχές οι διπλοί υαλοπίνακες δεν αποτελούνται από συμβατικά τζάμα αλλά από ενεργειακά τζάμα χαμηλής εκπομπής (low emissivity). Τα τζάμα αυτά έχουν μια ειδική επίστρωση στην μια πλευρά της επιφάνειάς τους ώστε η θερμική ενέργεια του εσωτερικού χώρου να μην μπορεί να διαφύγει προς το εξωτερικό περιβάλλον και το αντίστροφο.

Ενδεικτικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων τύπων κουφωμάτων φαίνονται στον πίνακα 5.43

Πίνακας 5.43 Συντελεστές θερμοπερατότητας για διαφόρους τύπους υαλοπινάκων (πηγή: cres)

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ			
Τύπος υαλοπίνακα	Πάχος υαλοπίνακα-διακένου-υαλοπίνακα (mm)	Αέριο διακένου	Συντελεστής Θερμοπερατότητας (W/m²K)
Μονός	6	-	5,7
Μονός	8	-	5
Διπλός	4-6-4	Αέρας	3,4
Διπλός	4-12-4	Αέρας	2,9
Διπλός - χαμηλής εκπομπής	4-10-4	Αέρας	2,0 - 2,4
Διπλός - χαμηλής εκπομπής	4-12-4	Αέρας	1,7 - 2,4
Διπλός - χαμηλής εκπομπής	4-6-4	Αργό	2,1 - 2,6
Διπλός - χαμηλής εκπομπής	4-12-4	Αργό	1,3 - 1,7

Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφώματος

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος εξαρτάται τόσο από το υλικό του υαλοπίνακα όσο και από το υλικό του πλαισίου. Όμως εκτός από αυτά, το ποσοστό

του πλαισίου και το μήκος της θερμογέφυρας που σχηματίζεται στη σύνδεση του υαλοπίνακα με το πλαίσιο, είναι επίσης παράγοντες που καθορίζουν την τελική θερμοπερατότητα του κουφώματος. Επομένως δυο κουφώματα διαφορετικών διαστάσεων θα έχουν διαφορετικό συντελεστή θερμοπερατότητας ακόμα και αν αποτελούνται από τα ίδια υλικά.

Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος υπολογίζεται από τον τύπο:

$$U_W = \frac{\sum A_g \cdot U_g + \sum A_f \cdot U_f + \sum l_g \cdot \psi_g}{\sum A_g + \sum A_f}$$

Όπου

U_g είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοστασίου W/m^2K

U_f είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου W/m^2K

ψ_g είναι η γραμμική θερμική μετάδοση W/mK

l_g είναι η περίμετρος του ορατού υαλοστασίου ως προς το πλαίσιο m

A_g το εμβαδόν του υαλοστασίου m^2

A_f το εμβαδόν του πλαισίου m^2

Το είδος των υαλοπινάκων που θα τοποθετηθούν θα είναι κουφώματα αλουμινίου με διπλούς υαλοπίνακες και διάκενο αργού. Επομένως όπως προκύπτει από τον πίνακα 5.43 αλλά και από την κατασκευάστρια εταιρεία του κουφώματος λαμβάνεται:

$$U_g = 1.4 W/m^2K$$

$$U_f = 3.5 W/m^2K$$

Η γραμμική θερμική μετάδοση λαμβάνεται από τον πίνακα 5.44 και είναι:

$$\psi_g = 0.11 W/m^2K$$

Πίνακας 5.44 Γραμμική θερμοπερατότητα διαφόρων τύπων υαλοπινάκων

Τύπος πλαισίου	Γραμμική θερμοπερατότητα για διάφορους τύπους υαλοπινάκων ψ_g [$W/(m \cdot K)$]	
	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	0,02	0,05
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή	0,08	0,11
Συνθετικό πλαίσιο	0,06	0,08
Ξύλινο πλαίσιο	0,06	0,08

Τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά είναι ανάλογα των γεωμετρικών χαρακτηριστικών κάθε παραθύρου με βασικότερο αυτό της περιμέτρου καθώς αποτελεί θερμογέφυρα. Με βάση τα παραπάνω υπολογίστηκαν οι νέοι συντελεστές θερμοπερατότητας και εν συνεχεία με την ίδια διαδικασία των κεφαλαίων 5.2.2-5.2.4 υπολογίστηκαν οι νέες απώλειες του κτιριακού κελύφους (Πίνακας 5.45). Οι αναλυτικοί υπολογισμοί με τη νέα θερμοπερατότητα των κουφωμάτων παρουσιάζονται στο παράρτημα ΙΙΙ.

Ο μέσος όρος του συντελεστή θερμοπερατότητας των ενεργειακών κουφωμάτων που θα τοποθετηθούν, είναι κατά μέσο όρο $U_W = 2.28 \text{ W/m}^2\text{K}$, ενώ ο προηγούμενος ήταν $U_W = 3.8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Σε σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση οι απώλειες των ενεργειακών κουφωμάτων ανά μονάδα διαφοράς θερμοκρασίας είναι σημαντικά μικρότερες εκείνων των υπαρχόντων κουφωμάτων και ανέρχονται στα 206.59 W/K. (Γράφημα 5.14)



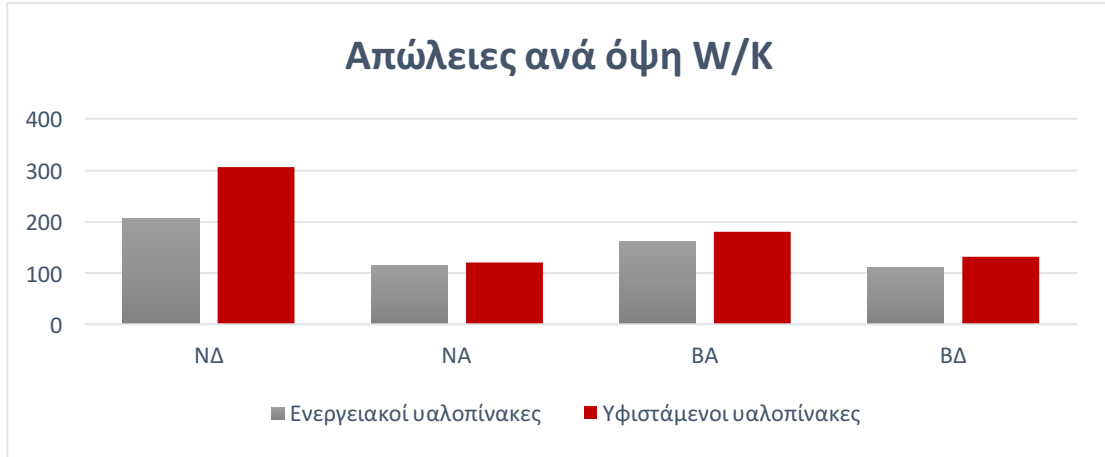
Γράφημα 5.14 Απώλειες ενεργειακών και υφιστάμενων υαλοπινάκων

Πίνακας 5.45 Θερμικό Φορτίο με ενεργειακούς υαλοπίνακες

Όροφος	Απώλειες αγωγιμότητας	Απώλειες διείσδυσης	Απώλειες αερισμού
	Qt (W)	QL διείσδ (W)	QL αερ (W)
1ος Όροφος	6929.08	355.04	503.28
Ισόγειο	5059.29	800.94	757.16
Υπόγειο	9971.73	596.50	978.67
		Qh (W)	25951.68
		Qh (W/K)	1365.88

Η αλλαγή αυτή μειώνει σημαντικά τις απώλειες στις όψεις του κτιρίου όπου καλύπτονται από μεγάλο ποσοστό υαλοπινάκων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η

νοτιοδυτική όψη η οποία έχει το 41% της επιφάνειάς της καλυμμένο με υαλοπίνακες. Η επιφάνεια αυτή είχε μείωση των απωλειών ανά μονάδα διαφοράς της θερμοκρασίας περί τα 100 W/K (Γράφημα 5.15).



Γράφημα 5.15 Σύγκριση απωλειών ανά όψη υαλοπινάκων με ενεργειακούς

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία με αυτήν που ακολουθήθηκε στο κεφάλαιο 5.2 η τελική κατανάλωση ενέργειας θα είναι **51,474 kWh**, δηλαδή η **συνολική κατανάλωση σε θερμική ενέργεια μειώθηκε** κατά: $55,807 - 51,474 = 4,333 \text{ kWh}$. Η σύγκριση των μηνιαίων καταναλώσεων σε θερμική ενέργεια της υφιστάμενης με τη νέα κατάσταση παρουσιάζονται στο γράφημα 5.16.



Γράφημα 5.16 Τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά την αλλαγή υαλοπινάκων

6 Προτάσεις και Οικονομική διερεύνηση

6.1 Αλλαγή κουφωμάτων

Η αντικατάσταση των υπαρχόντων κουφωμάτων με νέα ενεργειακά τα οποία θα έχουν διπλά τζάμα με διάκενο γεμισμένο με αργό και πλαίσιο αλουμινίου είναι μια ενδεδειγμένη ενέργεια η οποία έχει αρχικό κόστος αλλά θα συντελέσει στην μείωση των απωλειών του κτιρίου και είναι κάτι το οποίο θα συμβάλλει μακροπρόθεσμα στην χαμηλότερη κατανάλωση για την κάλυψη των θερμικών αναγκών του κτιρίου.

Η συνολική ετήσια μείωση στην καταναλισκόμενη ενέργεια είναι 4,333 kWh.

Η παραπάνω αντικατάσταση κοστολογήθηκε για κουφώματα της εταιρείας Eurora. Το κόστος είναι ενδεικτικό, και δεν περιλαμβάνει το εργατικό κόστος για τοποθέτηση (Πίνακας 6.1)

Πίνακας 6.1 Οικονομική αποτίμηση αλλαγής κουφωμάτων

Ανοίγματα	Αριθμός	Τύπος	Διαστάσεις	Τιμή Μονάδας
Μπαλκονόπορτες				
	2	Διπλό Συρόμενο	4.6x2.3	541
	12	Μονό συρόμενο	1.6x2.3	280
	2	Διπλό συρόμενο	2.8x2.3	426
Παράθυρα				
	4	Μονό ανοιγόμενο	0.5x1	167
	3	Διπλό ανοιγόμενο	1.5x1	322
	2	Μονό ανοιγόμενο	1x1	210
	1	Μονό συρόμενο	1.5x1.4	368
	1	Μονό σταθερό	0.6x1	127
	1	Μονό ανοιγόμενο	0.8x1	193
			Σύνολο €	8036
			ΦΠΑ	1928.64
			Σύνολο € με ΦΠΑ	9964.64

Επομένως το κόστος αυτό αντιστοιχεί σε **110 €/m²**

6.2 Κάλυψη θερμικών αναγκών

Για την κάλυψη των απαιτήσεων της κατοικίας σε θερμική ενέργεια προβλέπεται η τοποθέτηση λέβητα βιομάζας ο οποίος έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει πελλέτες, αλλά και οποιαδήποτε μορφή βιομάζας.

Επιλέγεται ο λέβητας Mavil Primus UKY-Y 80, ο οποίος έχει ισχύ 93 kW. Το κόστος του είναι 3,475 €.

Επειδή οι θερμικές ανάγκες θα είναι διαφορετικές με τα νέα κουφώματα σε σχέση με αυτές που υφίστανται έως τώρα, θα υπολογιστεί η απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας τόσο για την μια τόσο και για την άλλη περίπτωση (πίνακες 6.2,6.3).

Πίνακας 6.2 Ετήσια κατανάλωση και ποσότητα βιοκαυσίμων για θέρμανση με υπάρχοντα κουφώματα

Θερμικές Ανάγκες kWh	55807		
Ενέργεια βιομάζας kWh	64178.05		
Βιομάζα	Θερμογόνος δύναμη kWh/kg	Ετήσια Ποσότητα βιομάζας kg	Ετήσια ποσότητα βιομάζας t
Πυρηνόξυλο	5.28	12154.93	12.15
Κουκούτσια ροδακίνου	5.67	11318.88	11.32
Θρυμματισμένο ξύλο	4.22	15208.07	15.21
Πελλέτες	4.72	13597.04	13.60
Αχυρόμπαλα	4	16044.51	16.04

Πίνακας 6.3 Ετήσια κατανάλωση και ποσότητα βιοκαυσίμων για θέρμανση με ενεργειακά κουφώματα

Θερμικές Ανάγκες kWh	51474		
Ενέργεια βιομάζας kWh	59195.1		
Βιομάζα	Θερμογόνος δύναμη kWh/kg	Ετήσια Ποσότητα βιομάζας kg	Ετήσια ποσότητα βιομάζας t
Πυρηνόξυλα	5.28	11211.19	11.21
Κουκούτσια ροδακίνου	5.67	10440.05	10.44
Θρυμματισμένο ξύλο	4.22	14027.27	14.03
Πελλέτες	4.72	12541.33	12.54
Αχυρόμπαλα	4	14798.78	14.80

Με βάση τις ποσότητες που προκύπτουν υπολογίζεται το ετήσιο κόστος λειτουργίας κάθε τύπου βιομάζας τόσο με τα υφιστάμενα όσο και με τα νέα ενεργειακά κουφώματα (Πίνακας 6.4).

Πίνακας 6.4 Κόστος λειτουργίας βιομάζας για κάλυψη των θερμικών αναγκών

Βιομάζα	Ετήσια ποσότητα t (υφιστ. κουφ)	Ετήσια ποσότητα t (ενεργ.κουφ)	Τιμή μονάδας €/t	Συνολικό κόστος € (υφιστ)	Συνολικό κόστος € (ενεργ. κουφ)
Πυρηνόξυλο	12.15	11.21	50.00	607.75	560.50
Κουκ. ροδάκινου	11.32	10.44	50.00	565.94	522.00
Θρ. ξύλο	15.21	14.03	30.00	456.24	420.90
Πελλέτες	13.60	12.54	160.00	2175.53	2006.40
Αχυρόμπαλα	16.04	14.80	50.00	802.23	740.00

Με την χρήση του λέβητα βιομάζας παρατηρείται ότι τα ετήσια κόστη για την απόκτηση της βιομάζας έχουν μικρή μείωση για τη περίπτωση αλλαγμένων κουφωμάτων, η οποία για τις πελλέτες είναι 168.92 € ετησίως (Πίνακας 6.4).

Επίσης για να υπάρχει μια συγκριτική τάξη μεγέθους σχετικά με την τιμή και την παραγόμενη ενέργεια από την βιομάζα, προκύπτει ότι για πελλέτες (οι οποίες είναι και ο τύπος βιομάζας με το υψηλότερο κόστος) ισχύει ότι το κόστος λειτουργίας είναι 0.034€ ανά παραγόμενη kWh.

6.3 Κάλυψη ζεστού νερού χρήσης

Η κάλυψη των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης υπάρχει δυνατότητα να γίνει με τρεις τρόπους.

1. Μόνο με την χρήση βιομάζας
2. Μόνο με την χρήση ηλιακών συλλεκτών
3. Συνδυαστική χρήση ηλιακών συλλεκτών και βιομάζας.

Επειδή και οι δυο τρόποι είναι δυνατόν να καλύψουν την ζητούμενη ενέργεια **2601.07 kWh**, η τελική επιλογή θα εξαρτηθεί από το κόστος που θα έχουν.

Για την 1^η περίπτωση όπου η βιομάζα θα καλύψει το σύνολο των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης, η ετήσια ποσότητα βιομάζας ανάλογα με το είδος και το ετήσιο κόστος για την αγορά της συγκεκριμένης ποσότητας παρουσιάζονται στον πίνακα 6.5

Πίνακας 6.5 Ετήσια κατανάλωση και κόστος βιομάζας για εξολοκλήρου κάλυψη αναγκών για ZNX

Ετήσια εν. για ZNX kWh	2601.07				
Ενέργεια βιομάζας kWh	2991.23				
Βιομάζα	Θερμογόνος δύναμη kWh/kg	Ετήσια Ποσότητα βιομάζας kg	Ετήσια ποσότητα βιομάζας t	Ετήσιο Κόστος βιομάζας €	€/kWh
Πυρηνόξυλο	5.28	566.52	0.57	28.33	0.009
Κουκούτσια ροδάκινου	5.67	527.55	0.53	26.38	0.009
Θρυμματισμένο ξύλο	4.22	708.82	0.71	21.26	0.007
Πελλέτες	4.72	633.73	0.63	101.40	0.034
Αχυρόμπαλα	4	747.81	0.75	37.39	0.013

Για την 2^η περίπτωση όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο 5.6.4, για την κάλυψη των αναγκών σε ZNX, απαιτούνται 10 m² ηλιακών συλλεκτών οι οποίοι παράγουν 7436.82 kWh η οποία είναι 2.86 φορές μεγαλύτερη από την απαιτούμενη. Η διαφορά αυτή υπάρχει προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες κατά τη χειμερινή περίοδο.

Οι ηλιακού συλλέκτες που επιλέχθηκαν είναι επίπεδοι συλλέκτες συλλεκτικής επιφάνειας 2.5 m² της εταιρείας mastersol.

Η Αξία των συλλεκτών είναι 162 euro ανά συλλέκτη ή αλλιώς **64.8 €/m²**

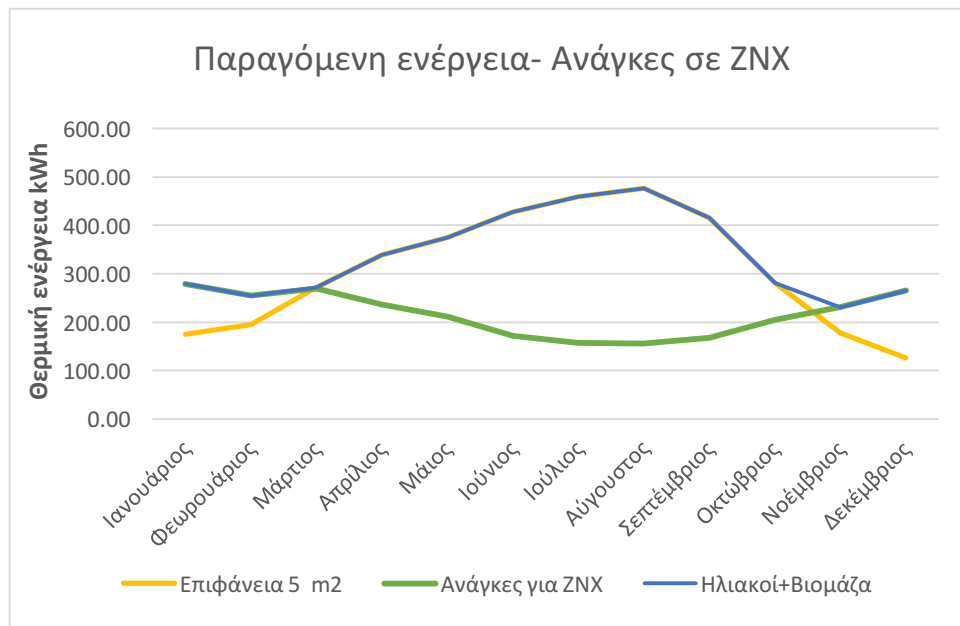
Επομένως για την κάλυψη των **2601.07 kWh** απαιτούνται 648 € **δηλαδή 0.087 € ανά παραγόμενη kWh.**

Για την 3^η περίπτωση, όπου θα χρησιμοποιηθούν συνδυαστικά ηλιακοί συλλέκτες και βιομάζα. Σε αυτήν την περίπτωση έχει υπολογιστεί ήδη το κόστος λειτουργίας και η απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας από τον πίνακα 6.5 ενώ για τον υπολογισμό του κόστους χρησιμοποιούνται οι πίνακες 5.41 και 5.42 και δίνονται αναλυτικά στον πίνακα 6.6.

Πίνακας 6.6 Ετήσια κατανάλωση και κόστος βιομάζας για κάλυψη αναγκών σε ZNX
συνδυαστικά με ηλιακούς συλλέκτες

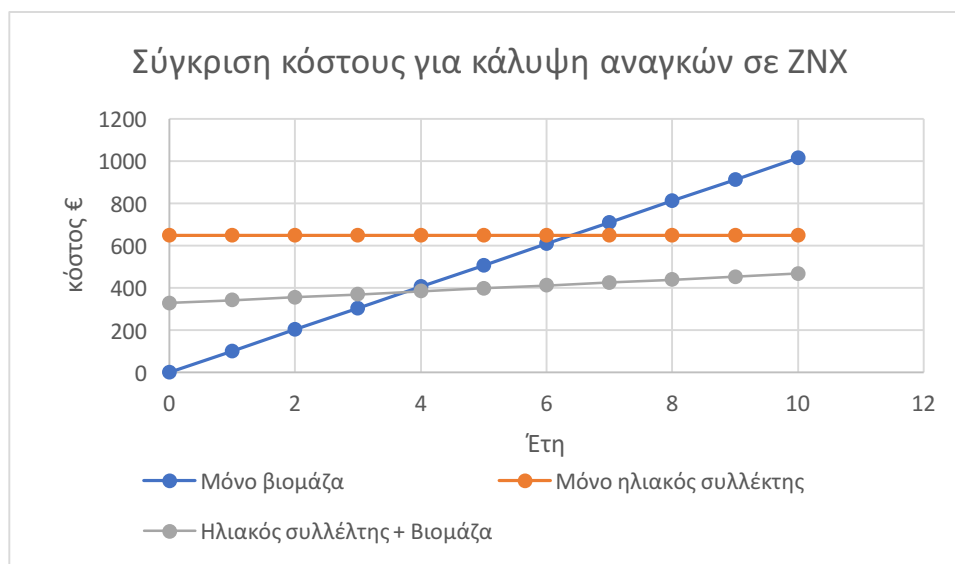
Ετήσια απαιτούμενη εν. kWh	356.31				
Ενέργεια βιομάζας kWh	409.75				
Βιομάζα	Θερμογόνος δύναμη kWh/kg	Ετήσια Ποσότητα βιομάζας kg	Ετήσια ποσότητα βιομάζας t	Ετήσιο Κόστος βιομάζας €	€/kWh
Πυρηνόξυλο	5.28	77.60	0.08	3.880	0.009
Κουκούτσια ροδάκινου	5.67	72.27	0.07	2.168	0.005
Θρυμματισμένο ξύλο	4.22	97.10	0.10	0.001	0.000
Πελλέτες	4.72	86.81	0.09	13.890	0.034
Αχυρόμπαλα	4	102.44	0.10	5.122	0.013

Η μηνιαία παραγωγή ενέργειας για το συνδυασμό των δυο συστημάτων σε συνδυασμό με την μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης φαίνεται στο γράφημα 6.1. Είναι φανερό ότι με το συνδυασμό των δυο πηγών ενέργειας είναι δυνατή η κάλυψη της απαιτούμενης ενέργειας. Η αξιοποίηση της βιομάζας η οποία είναι σταθερή όλο το χρόνο και εξαρτάται από τις επιθυμίες του χρήστη έρχεται να καλύψει την ελλιπή ενέργεια που υπάρχει τους μήνες Οκτώβριο έως Μάρτιο.



Γράφημα 6.1 Συνδυασμός ηλιακών συλλεκτών βιομάζας 5 m² για κάλυψη αναγκών σε ZNX

Για την επιλογή όμως του κατάλληλου συνδυασμού θα ελεγχθεί και το κόστος λειτουργίας της βιομάζας με το κόστος των ηλιακών συλλεκτών. Το κόστος του καυστήρα βιομάζας δεν λαμβάνεται υπόψη καθώς αυτό εξαρτάται από την ισχύ του, η οποία καθορίστηκε με βάση τις θερμικές ανάγκες οι οποίες είναι κατά πολύ μεγαλύτερες αυτών σε ζεστό νερό χρήσης και έτσι το κόστος δεν αντιστοιχεί με αυτό ενός καυστήρα που θα ήταν διαστασιολογημένος για την παραγωγή μόνο ζεστού νερού χρήσης.



Γράφημα 6.2 Διερεύνηση τρόπων κόστους κάλυψης αναγκών σε ZNX

Από το Γράφημα 6.2 προκύπτει ότι είναι η χρήση 2 ηλιακών συλλεκτών συνολικής έκτασης 5m^2 σε συνδυασμό με την καύση πέλλετων τους μήνες που είναι αναγκαίο είναι η βέλτιστη επιλογή σε σύγκριση με τις άλλες δυο.

6.4 Κάλυψη αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια

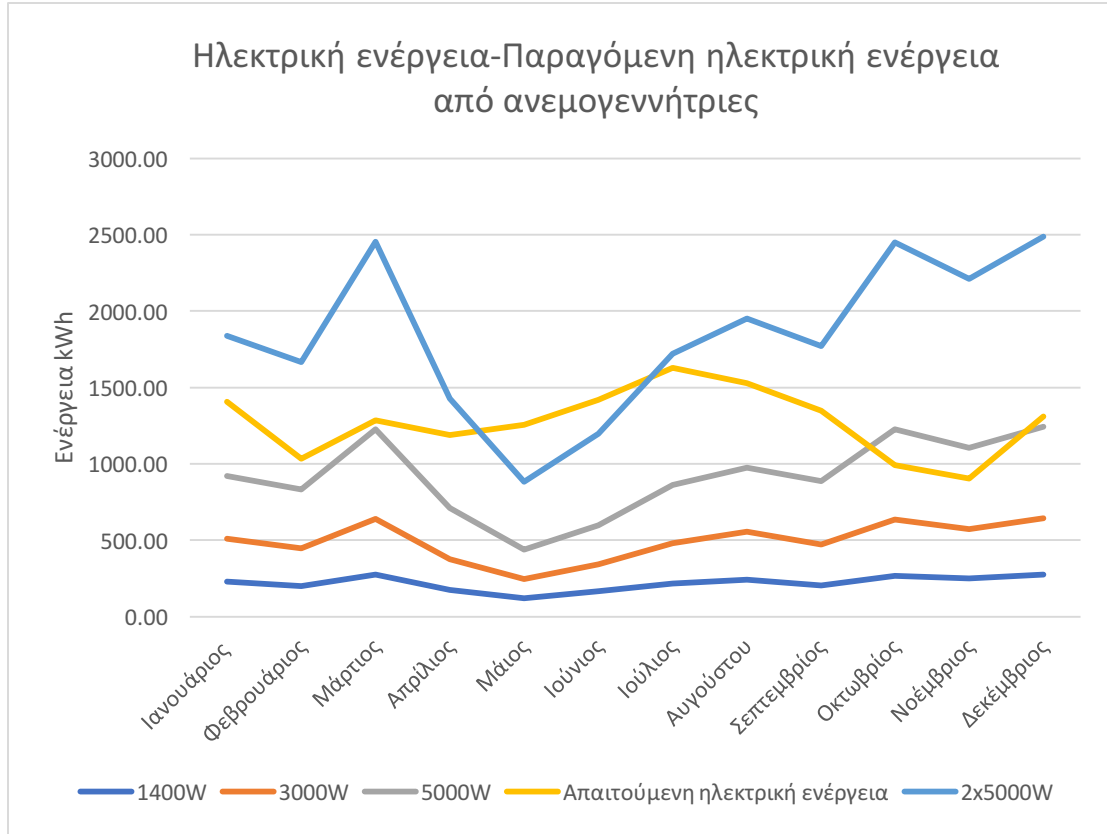
Η κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών μπορεί να επιτευχθεί και αυτή με τρεις τρόπους:

1. Με την αξιοποίηση των φωτοβολταικών
2. Με την αξιοποίηση της ανεμογεννήτριας
3. Με τον συνδυασμό των δυο

Η κάλυψη των αναγκών εξολοκλήρου με φωτοβολταικά τοποθετημένα είναι αδύνατη καθώς όπως φαίνεται στον πίνακα 5.7 παρόλο που υπάρχει περίσσεια ενέργειας το

καλοκαίρι αυτή δεν μπορεί να αξιοποιηθεί για να καλύψει την υστέρηση που υπάρχει τον χειμώνα.

Η κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια εξ ολοκλήρου από τις εξεταζόμενες ανεμογεννήτριες είναι και αυτή ανέφικτη (Γράφημα 6.3). Για να ήταν αυτό εφικτό απαιτείται μεγαλύτερη ανεμογεννήτρια της τάξης των 10 kW με διαφορετικά χαρακτηριστικά γιατί όπως αποδεικνύεται δυο ανεμογεννήτριες των 5000 W όπως αυτές που εξετάστηκαν, δεν επαρκούν για την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών



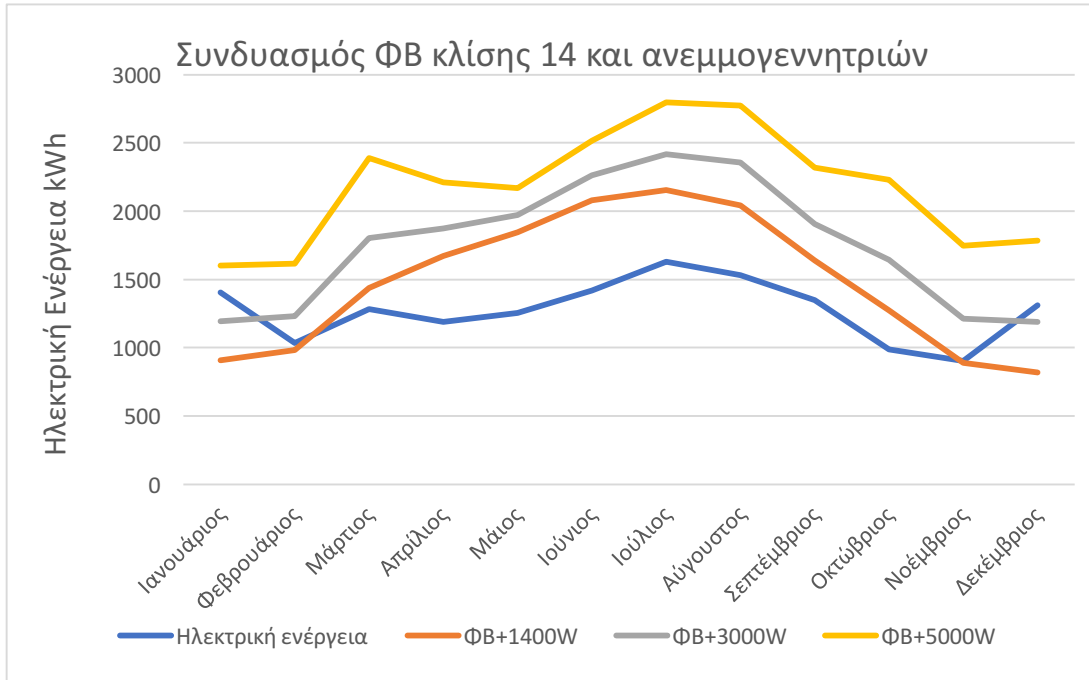
Γράφημα 6.3 Σύγκριση παραγόμενης – απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας από

Επομένως είναι απαραίτητος ο συνδυασμός των δυο πηγών. Για την τελική επιλογή θα εξεταστούν οι ακόλουθοι συνδυασμοί:

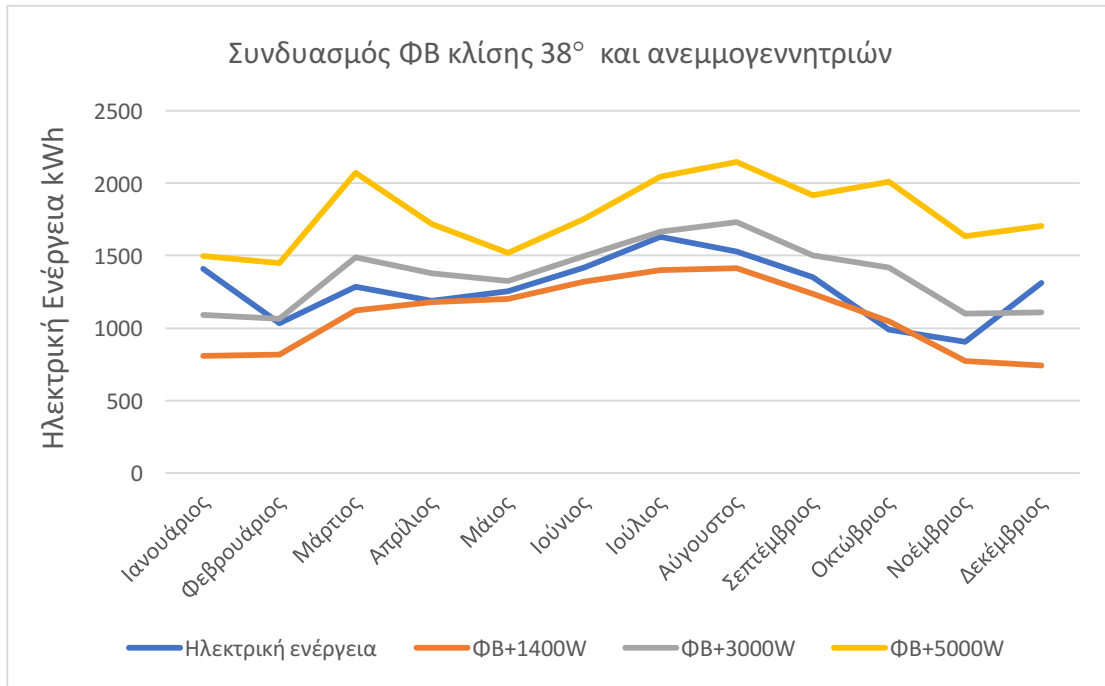
$$1. \quad 40 \text{ Φ/B } 14^\circ \text{ και } \begin{cases} \text{Ανεμογεννήτρια fortis} & 1400W \\ \text{Ανεμογεννήτρια kingspan} & 3000W \\ \text{Ανεμογεννήτρια GHR FD5 - 5} & 5000W \end{cases}$$

$$2. \quad 27 \text{ Φ/B } 38^\circ \text{ και } \begin{cases} \text{Ανεμογεννήτρια fortis} & 1400W \\ \text{Ανεμογεννήτρια kingspan} & 3000W \\ \text{Ανεμογεννήτρια GHR FD5 - 5} & 5000W \end{cases}$$

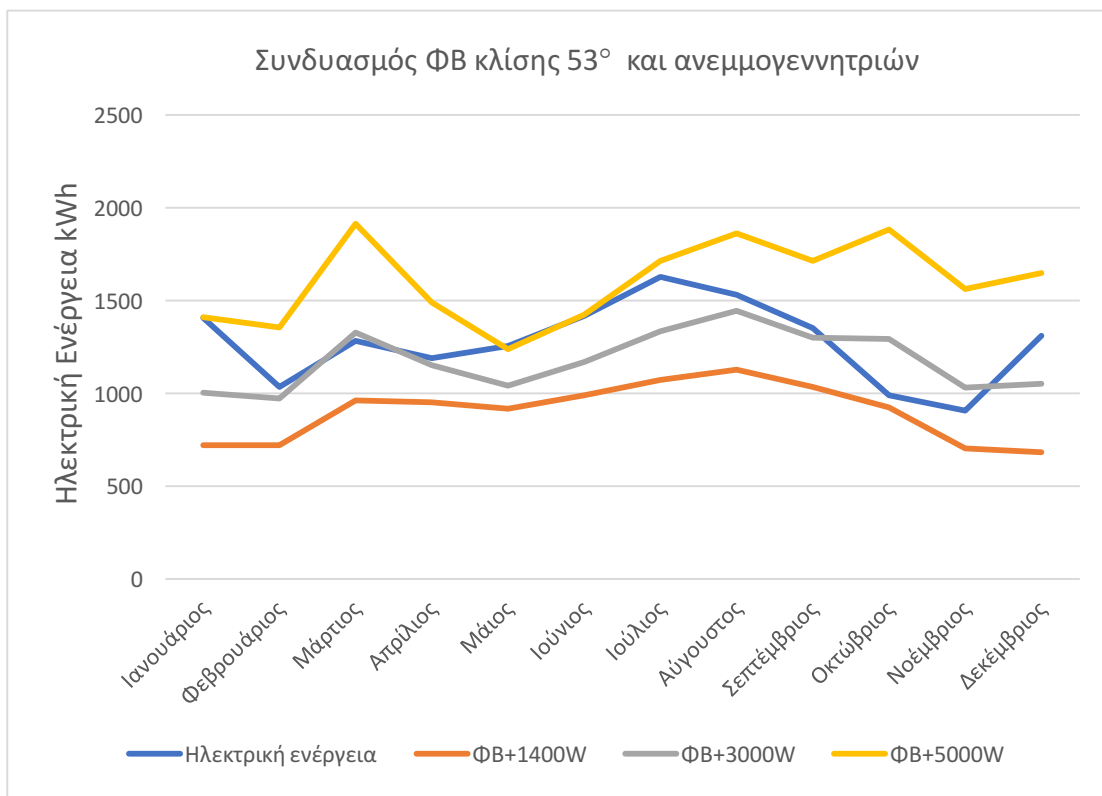
3. 22 Φ/Β 53° και $\begin{cases} \text{Ανεμογεννήτρια fortis} & 1400W \\ \text{Ανεμογεννήτρια kingspan} & 3000W \\ \text{Ανεμογεννήτρια GHR FD5 - 5} & 5000W \end{cases}$



Γράφημα 6.4 Συνδυασμός 1ος Φωτοβολταϊκών κλίσης 14 ° με ανεμογεννήτριες



Γράφημα 6.5 Συνδυασμός Φωτοβολταϊκών κλίσης 38° με ανεμογεννήτριες



Γράφημα 6.6 Συνδυασμός Φωτοβολταικών κλίσης 53 ° με ανεμογεννήτριες

Από τα γραφήματα 6.4-6.6, οι συνδυασμοί που μπορούν να καλύψουν τις ενεργειακές απαιτήσεις σε ηλεκτρισμό είναι:

1. 40 ΦΒ με κλίση 14° και ανεμογεννήτρια GHR FD5-5 5000W
2. 27 ΦΒ με κλίση 38° και ανεμογεννήτρια GHR FD5-5 5000W
3. 22 ΦΒ με κλίση 53° και ανεμογεννήτρια GHR FD5-5 5000W

Όμως η Τρίτη περίπτωση έχει κατά την περίοδο Μαΐου-Ιουνίου ένα διάστημα κατά το οποίο η κάλυψη είναι οριακά λιγότερη.

Τελικά θα επιλεγεί η 2^η περίπτωση καθώς έχει λιγότερα φωτοβολταικά από την πρώτη και καλύπτει σε όλη τη διάρκεια του χρόνου τις ανάγκες της κατοικίας. Επομένως θα τοποθετηθούν 27 φωτοβολταικά ισχύος 250 W το καθένα με κλίση 38°.

Πίνακας 6.7 Τελική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια

Ετήσια παραγόμενη ενέργεια από ΦΒ kWh	Ετήσια παραγόμενη ενέργεια από ανεμογεννήτρια GHR FD5-5 kWh	Συνολική παραγόμενη ενέργεια kWh
10437.50	11029.09	21466.59

Όπως προκύπτει από τον πίνακα 6.7 η τελική παραγόμενη ενέργεια από την αξιοποίηση της ηλιακής και της αιολικής ενέργειας είναι κατά 6160.59 kWh μεγαλύτερη από την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια. Η διαφορά αυτή προέκυψε προκειμένου να καλυφθούν οι απαιτήσεις κατά τη χειμερινή περίοδο και στην ουσία πρόκειται για μια αναγκαία υπερδιαστασιασιολόγηση του συστήματος καθώς για να επιτευχθεί η αυτονομία, το σύστημα σχεδιάζεται να καλύπτει τη μέγιστη ζήτηση.

Για την εξασφάλιση της ενεργειακής αυτονομίας είναι αναγκαία η αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας σε μπαταρίες καθώς και η χρήση ρυθμιστή φόρτισης για την προστασία της μπαταρίας και αντιστροφέα για την μετατροπή του συνεχόμενου σε συνεχές ρεύμα.

Για την τελική διαστασιολόγηση του ρυθμιστή και του αντιστροφέα ισχύει ότι η χωρητικότητα του αντιστροφέα και του ρυθμιστή θα είναι:

$$\text{Ισχύς inverter (W)} = 1.1 \cdot 27 \cdot 250 = 7425 \text{ W}$$

$$\text{Ρυθμιστής φόρτισης (A)} = 60 \text{ A}$$

Το **κόστος των ανεμογεννητριών** είναι περί τα

$$4 \text{ €/W} \xrightarrow{5000\text{W}} 20000\text{€} \xrightarrow{11029.09 \text{ kWh}} 1.82 \text{ € ανά παραγόμενη kWh}$$

Το **κόστος των φωτοβολταϊκών** είναι

$$191 \text{ € ανά πάνελ} \xrightarrow{27 \text{ πάνελ}} 5157 \text{ €} \xrightarrow{27 \times 250\text{W}} 0.764 \text{ €/W}$$

Το **κόστος της μπαταρίας** είναι

$$0.85 \text{ €/Ah}$$

Το **κόστος του inverter** είναι

$$0.60 \text{ €/W}$$

Το κόστος του ρυθμιστή φόρτισης είναι

5 €/A

Οι παραπάνω τιμές για το κόστος της μπαταρίας του inverter και του ρυθμιστή φόρτισης είναι ενδεικτικές και προέκυψαν από τη δημοσίευση των Chel A., G.N. Tiwari & A. Chandra, 2009

6.5 Επιλεγόμενος συνδυασμός

Ο τελικός συνδυασμός για την κάλυψη των αναγκών και τη δημιουργία ενός αυτόνομου συστήματος είναι αυτός του πίνακα 6.8

Πίνακας 6.8 Τελικός συνδυασμός ΑΠΕ για κάλυψη αναγκών

Πηγή ενέργειας	Ενεργειακές ανάγκες		
	Θέρμανση	Ηλεκτρισμός	Ζεστό νερό
Ηλιακή ενέργεια		•	•
Αιολική ενέργεια		•	
Βιομάζα	•		•

Πιο συγκεκριμένα η αξιοποίηση των παραπάνω πηγών ενέργειας θα γίνει με τους εξής τρόπους:

$$\text{Ηλιακή ενέργεια} \left\{ \begin{array}{l} 27 \text{ φωτοβολταικά κλίσης } 38^\circ \rightarrow \text{εγκατεστημένης ισχύος } 7.65 \text{ kW} \rightarrow 10,437.50 \text{ kWh} \\ 2 \text{ ηλιακοί συλλέκτες κλίσης } 53^\circ \rightarrow \text{συνολικής επιφάνειας } 5 \text{ m}^2 \rightarrow 3,718.41 \text{ kWh} \end{array} \right.$$

$$\text{Βιομάζα} \quad \{ \text{Λέβητας ισχύος } 93 \text{ kW} \rightarrow 56,163 \text{ kWh} \}$$

$$\text{Αιολική ενέργεια} \quad \{ \text{Ανεμογεννήτρια ονομαστικής ισχύος } 5000 \text{ W} \rightarrow 11,029.09 \text{ kWh} \}$$

6.6 Οικονομική αποτίμηση τελικού συνδυασμού και σύγκριση με υφιστάμενη κατάσταση

Στην υπάρχουσα κατάσταση το σπίτι έχει τις εξής ετήσιες ενεργειακές ανάγκες

$$\text{ενεργειακές ανάγκες} \begin{cases} \text{θέρμανση} \rightarrow 55,807 \text{ kWh} \\ \text{ηλεκτρισμός} \rightarrow 15,306 \text{ kWh} \\ \text{ζεστό νερό} \rightarrow 2,601.07 \text{ kWh} \end{cases}$$

Η ενέργεια για θέρμανση και ζεστό νερό παράγονται μέσω πετρελαίου, ενώ η ενέργεια σε ηλεκτρισμό καλύπτεται από τη ΔΕΗ.

Το κόστος του πετρελαίου για το έτος 2017 εκτιμάται από τα στοιχεία του Πρατηρίου Υγρών Καυσίμων Υπουργείο Ανάπτυξης και Ανταγωνιστικότητας περί τα 0.95 €/λίτρο

Αντίστοιχα η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχει η ΔΕΗ είναι 0.1 €/kWh (χωρίς φόρους και τέλη, με αυτά 0.18 €/kWh) για πρωινή κατανάλωση, ενώ για βραδινές είναι 0.0661 €/kWh (χωρίς φόρους και τέλη, με αυτά 0.14 €/kWh)

Το ετήσιο κόστος διαμορφώνεται ως εξής:

$$\text{θέρμανση} + \text{ZNX} \rightarrow 58,407.36 \text{ kWh} \rightarrow 7,685.18 \text{ l}$$

$$\text{ηλεκτρική ενέργεια} \begin{cases} \text{ημερήσια κατανάλωση} 9,559 \text{ kWh} \\ \text{νυχτερινή κατανάλωση} 5,747 \text{ kWh} \end{cases}$$

Για την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας το κόστος τους μπορεί να χωριστεί σε δυο μέρη:

- i. Το αρχικό κόστος το οποίο είναι το κόστος του εξοπλισμού
- ii. Το κόστος λειτουργίας, το οποίο περιλαμβάνει το ετήσιο κόστος για τη λειτουργία του εξοπλισμού

Η αξιοποίηση τόσο της ηλιακής ενέργειας όσο και της αιολικής ενέργειας, περιλαμβάνουν μόνο το κόστος εγκατάστασης, καθώς το κόστος λειτουργίας τους είναι μηδενικό. (*με εξαίρεση την όποια συντήρηση χρειάζονται)

Αντίθετα η βιομάζα περιλαμβάνει τόσο ένα αρχικό κόστος για την εγκατάσταση του εξοπλισμού όσο και κόστος λειτουργίας για την αγορά της βιομάζας.

Όλα τα κόστη που αναφέρθηκαν στο παρόν κεφάλαιο συνοψίζονται στον πίνακα 6.9 όπου υπολογίζεται και το τελικό κόστος των εφαρμογών ΑΠΕ για την αυτονομία της κατοικίας.

Πίνακας 6.9 Οικονομική αποτίμηση εφαρμογών ΑΠΕ

	Στοιχείο	Μέγεθος	Τιμή μονάδας	Συνολικό κόστος
Κόστος εξοπλισμού				
	Φωτοβολταικά πάνελ	6750	(Watt)	5,157.00 €
	Μπαταρία	40140.83	(Ah)	34,119.71 €
Ηλιακή ενέργεια	Αντιστροφέας	7425	(Watt)	4,455.00 €
	Ρυθμιστής φόρτισης	60	(A)	300.00 €
	Ηλιακός συλλέκτης	5	(m ²)	324.00 €
Αιολική ενέργεια	Ανεμογεννήτρια	5000	(Watt)	20,000.00 €
Βιομάζα	Λέβητας	93000	(Watt)	3,487.50 €
			Σύνολο	67,843.21 €
Ετήσιο Κόστος λειτουργίας				
Βιομάζα	Πελλέτες	13.69	(t)	2,190.40 €

Προκειμένου να γίνει η οικονομική σύγκριση του προτεινόμενου συστήματος με το υπάρχον, παρουσιάζεται στον πίνακα 6.10 το ετήσιο κόστος λειτουργίας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών με τα συστήματα συμβατικής ενέργειας.

Πίνακας 6.10 Ετήσιο κόστος λειτουργίας υφιστάμενης κατάστασης

Ετήσιο Κόστος λειτουργίας Με υφιστάμενη κατάσταση					
	Στοιχείο	Μέγεθος		Τιμή μονάδας	Συνολικό κόστος
Ορυκτά καύσιμα	Πετρέλαιο	7685.18	(l)	0.95	7,300.92 €
Ηλεκτρική ενέργεια	Ημερήσια	9559	(kWh)	0.18	1,720.62 €
	Νυχτερινή	5747	(kWh)	0.14	804.58 €
				Σύνολο	9,826.12 €

Είναι φανερό ότι το ετήσιο κόστος λειτουργίας των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι πολύ μικρότερο (2,190.40 € αντί 9,826.1€) καθώς ούτε η αιολική αλλά ούτε και η ηλιακή ενέργεια έχουν άμεσο λειτουργικό κόστος. Το μόνο κόστος λειτουργίας που έχουν είναι το κόστος συντήρησης.

Το αρχικό κόστος απόκτησης των εφαρμογών ΑΠΕ, είναι ιδιαίτερα υψηλό 67,843.2€ και το μεγαλύτερο μέρος αυτού οφείλεται στο φωτοβολταϊκό σύστημα (Γράφημα 6.7). Το κόστος του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι αυξημένο καθώς όπως φαίνεται από τον πίνακα 6.9 είναι τεράστιο το κόστος της μπαταρίας.

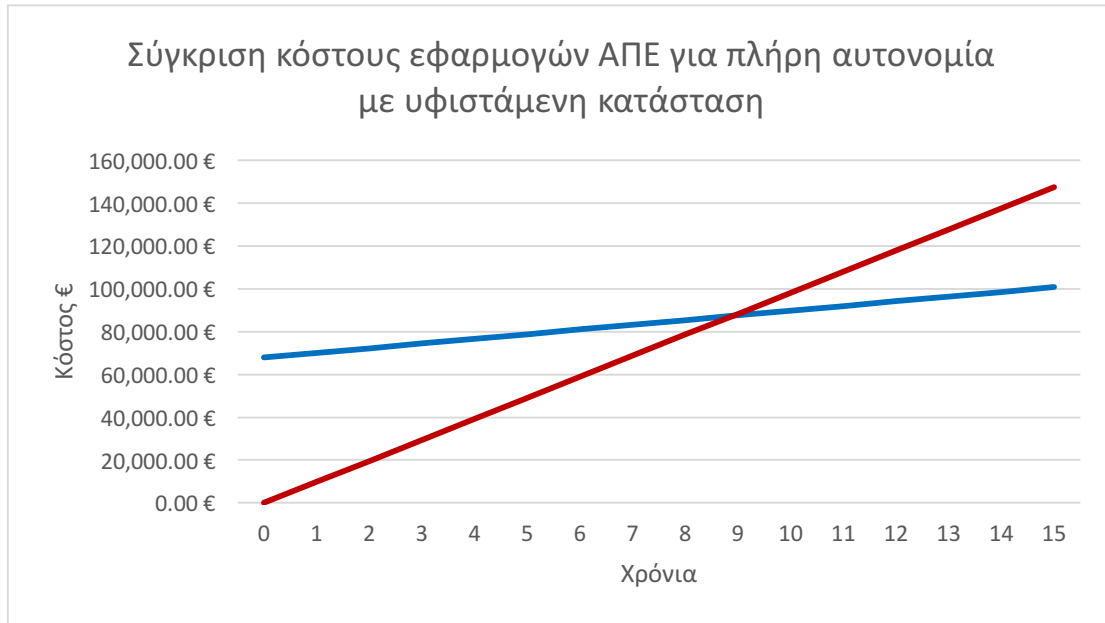


Γράφημα 6.7 Ποσοστό κατανομής κάθε εφαρμογής στο συνολικό κόστος εγκατάστασης

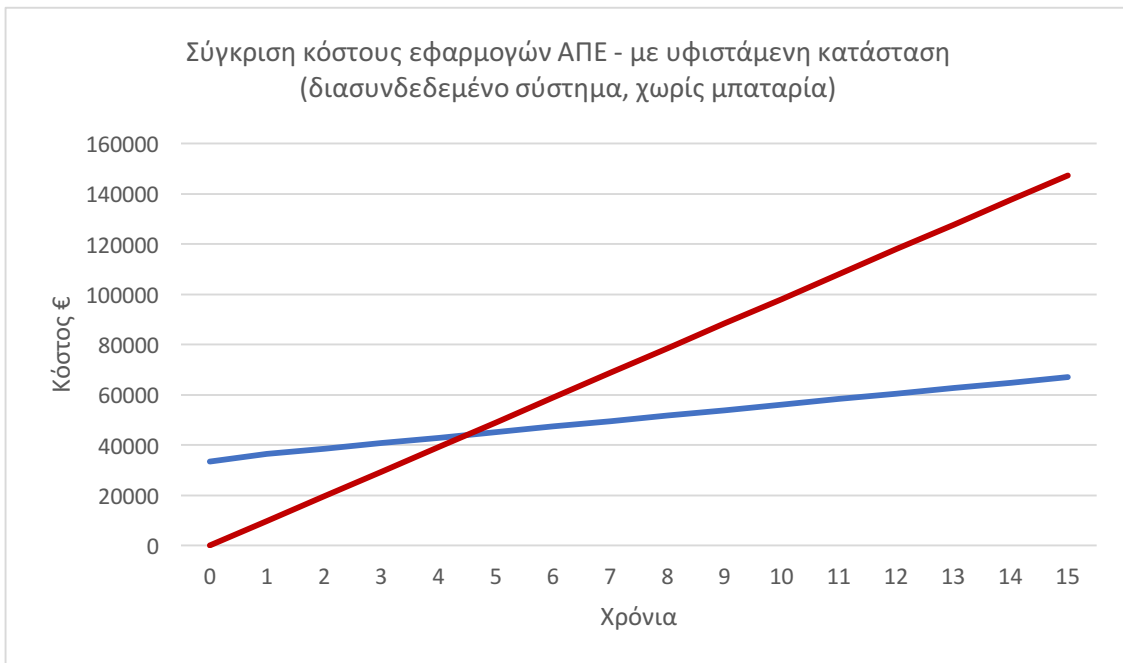
Επειδή λοιπόν πρόκειται για μια δαπανηρή επένδυση έχει σημασία το χρονικό διάστημα που θα χρειαστεί για να αποσβέσει το κόστος της (Γράφημα 6.8).

Η **πλήρη αυτονομία** του κτιρίου θα αποσβεστεί σε **8.5 χρόνια** σύμφωνα με το γράφημα 6.8.

Στην περίπτωση που επιλεγθεί το φωτοβολταϊκό σύστημα να είναι διασυνδεδεμένο στο σύστημα της ΔΕΗ και να πωλείται η παραγόμενη ενέργεια έναντι 0.11€ / kWh, τότε το αρχικό κόστος θα είναι 29,268 € και η αναμενόμενη απόσβεση θα γίνει σε 4,5 χρόνια. (Γράφημα 6.9)



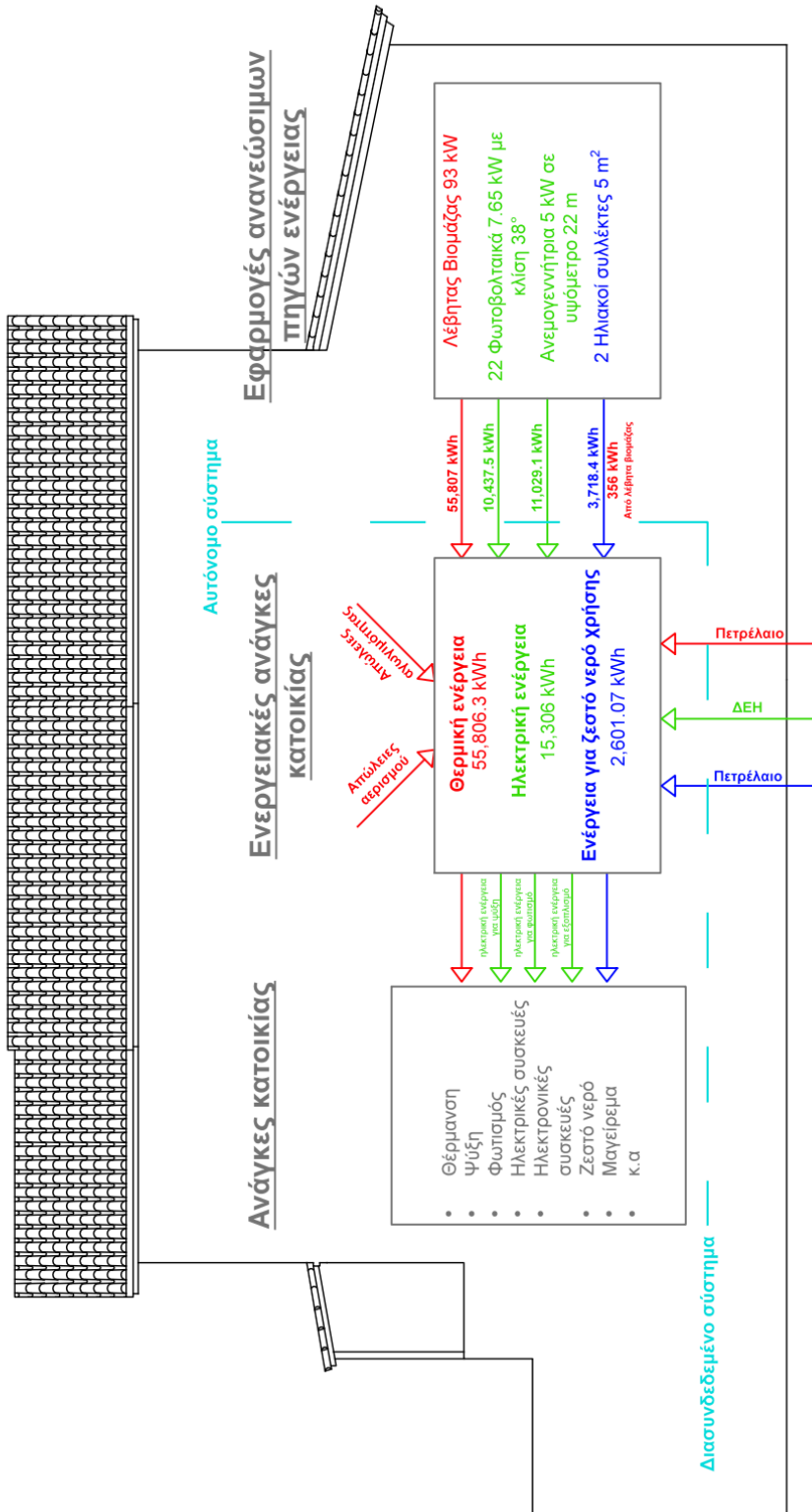
Γράφημα 6.8 Σύγκριση κόστους εφαρμογών ΑΠΕ για πλήρη αυτονομία – με υφιστάμενη κατάσταση



Γράφημα 6.9 Σύγκριση κόστους εφαρμογών ΑΠΕ – με υφιστάμενη κατάσταση για διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα

7 Σύνοψη-Συμπεράσματα & Μελλοντική Διερεύνηση

7.1 Σύνοψη



Εικόνα 7.1 Ποσοτικοποιημένη απεικόνιση συμπερασμάτων εξεταζόμενης κατοικίας

7.2 Συμπεράσματα

Με βάση όσα μελετήθηκαν στην παρούσα διπλωματική και τα αποτελέσματα που προέκυψαν, προέκυψαν αρκετά σημαντικά συμπεράσματα τόσο για τις ενεργειακές ανάγκες μιας κατοικίας όσο και για την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο αστικό περιβάλλον.

- Οι απώλειες που υπάρχουν σε ένα κτίριο εξαρτώνται εκτός από τα υλικά του κελύφους και από τον προσανατολισμό της επιφάνειας.
- Οι απώλειες είναι μεγαλύτερες στις επιφάνειες όπου υπάρχουν πολλοί υαλοπίνακες.
- Η αντικατάσταση των υφιστάμενων υαλοπινάκων με νέους ενεργειακούς, μειώνει την κατανάλωση σε θερμική ενέργεια αλλά η διαφορά θα γίνει αισθητή από οικονομικής άποψης στην περίπτωση που η κατοικία συνεχίσει να καλύπτει τις ανάγκες τις με συμβατικές μορφές ενέργειας και όχι με ανανεώσιμες.
- Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών και ηλιακών συλλεκτών είναι άμεσα συνδεδεμένη με τον προσανατολισμό του πλαισίου. Οι νότιοι προσανατολισμοί με μικρές αποκλίσεις έως 45° είναι ιδανικές.
- Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών και ηλιακών συλλεκτών εξαρτάται και από την κλίση του πλαισίου. Οι μεγάλες κλίσεις παράγουν περισσότερη ενέργεια το χειμώνα ενώ οι μικρές κλίσεις το καλοκαίρι.
- Για την βέλτιστη αξιοποίηση είναι ιδανική η τοποθέτηση των παραπάνω πλαισίων με δυο βαθμούς ελευθερίας ώστε να προσαρμόζουν την κλίση τους ανάλογα με την εποχή και την ώρα της ημέρας. Αυτό όμως απαιτεί μεγαλύτερο διαθέσιμο χώρο.
- Τα φωτοβολταϊκά παράγουν σε ετήσια βάση περίπου 1500 kWh ανά εγκατεστημένο kW και αξιοποιούν περίπου το 15% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας ενώ οι ηλιακοί συλλέκτες παράγουν σε ετήσια βάση περίπου 780 kWh/m² και αξιοποιούν το 48%.
- Η ανεμογεννήτρια παράγει περίπου 2200 kWh ανά εγκατεστημένο kW μέσα στο αστικό περιβάλλον.
- Σημαντικότερη παράμετρος για την καλύτερη αξιοποίησή της είναι η ονομαστική ταχύτητα καθώς στο αστικό περιβάλλον όπου οι ταχύτητες του ανέμου είναι μικρές ακόμα και σε μεγάλα υψόμετρα είναι χρήσιμο η ανεμογεννήτρια να φτάνει την ονομαστική της ισχύ σε χαμηλές ταχύτητες.

- Προκειμένου να αξιοποιηθεί καλύτερα η αιολική ενέργεια η ανεμογεννήτρια πρέπει να τοποθετηθεί σε μεγάλο υψόμετρο. Το αισθητικό αποτέλεσμα επομένως είναι αμφισβητήσιμο και αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα.
- Η αξιοποίηση της βιομάζας με τις αναφερθείσες μορφές, δεν αποτελεί κίνδυνο για το περιβάλλον καθώς αξιοποιεί τον άνθρακα που εμπεριέχεται στα υλικά προς απόρριψη.
- Τελικά η βιομάζα είναι η οικονομικότερη επιλογή για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών καθώς έχει μικρό κόστος εγκατάστασης και μικρό κόστος λειτουργίας.
- Για την διαμόρφωση της ενεργειακής αυτονομίας ενός υφιστάμενου κτιρίου χρειάζεται η διάθεση μεγάλου αρχικού κεφαλαίου, το οποίο αναμένεται να αποσβέσει σε περίπου 8 χρόνια.
- Το μεγάλο αρχικό κόστος οφείλεται στην υψηλή τιμή της μπαταρίας η οποία είναι απαραίτητη για την εξασφάλιση της αυτονομίας.

7.3 Μελλοντική διερεύνηση

Παρά τα όσα μελετήθηκαν υπάρχουν ακόμα σημαντικά θέματα τα οποία χρήζουν περαιτέρω διερεύνηση.

- Η θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους για τη μείωση της θερμοπερατότητας και κατ' επέκταση των θερμικών απωλειών και της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας.
- Η τοποθέτηση των φωτοβολταικών με δυο βαθμούς ελευθερίας, ενσωματώνοντάς τα στο κτιριακό κέλυφος.
- Η μελέτη για το σχεδιασμό των κατάλληλων ηλιακών παθητικών συστημάτων.
- Η στήριξη της ανεμογεννήτριας η οποία θα καθορίσει σε μεγάλο βαθμό και το αισθητικό αποτέλεσμα.

8 Βιβλιογραφία

Ξενογλώση

American Society of Mechanical Engineers, Journal of Solar Energy Engineering, 2014
ASHRAE, Fundamental Handbook Chapter 17 Residential Heating and Cooling load calculations, 1997

Asimakopoulos D.N, V.D. Assimakopoulos, N. Chrisomallidou, N. Klitsikas, D. Mangold, P. Michel, M. Santamouris and A. Tsangrassoulis, Energy and Climate in the Urban Built Environment, 2013

Balaras C.A., A.G. Gaglia, E. Georgopoulou, S. Mirasgedis, Y. Sarafidis and D.P. Lalas, European residential buildings and empirical assessment of Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings, 2005

Balaras C.A., K. Droutsas, E. Dascalaki and S. Kontoyiannidis, Heating energy consumption and resulting environmental impact of European apartment buildings, 2004
Calculation of power and energy needs for heating of Buildings, National Building Code of Finland, Ministry of the Environment, Department of the built Environment

Chauhan A. & R.P. Saini, A review of Integrated Renewable Energy System based power generation for stand-alone applications: Configurations, storage options, sizing methodologies and control, 2014

Chel A., G.N. Tiwari & A. Chandra, Simplified method of sizing and life cycle cost assessment of building integrated photovoltaic system, 2009

Chen S.Y., C.Y. Chu, M. Cheng and C.Y. Lin, The autonomous house: A Bio-Hydrogen Based Energy Self - Sufficient Approach, 2009

Diaf S., D.Diaf, M.Belhamel, M.Haddadi and A.Louche, A methodology for optimal sizing of autonomous hybrid PV/wind system, 2007

Eltawil M.A. and Zhengming Zhao, Grid – connected photovoltaic power systems: Technical and potential problems – A review, 2009

Groumpos P.P. and G.Papageorgiou, An optimal sizing method for stand-alone photovoltaic power system, 1986

Hongxing Y. and L. Yutong, Potential of building-integrated photovoltaic applications, 2007

Kaldellis J.K., Stand – alone and hybrid wind energy systems, 2010

Kaldellis J.K. & D. Zafirakis, The wind energy (r) evolution: A short review of long history, 2011

Matzarakis A., Heating Degree-Days Over Greece as an Index of energy consumption, 2004

Oklahoma State University, Revision of the CTLD/CLF Cooling Load Calculation method, 1991

Psiloglou B.E., C. Giannakopoulos, S. Majithia & M. Petrakis, Factors affecting electricity demand in Athens, Greece and London, UK: A comparative assessment, 2009

Ratti C., N. Baker and K. Steemers, Energy Consumption and urban texture, 2004

Szokolay V., Solar Geometry, Department of Architecture, The University of Queensland, 1996 published, 2007 revised

Weniger J., T.Tjaden, V.Quaschnig, Sizing of residential PV battery systems, 2014

Ziemelis I., L. Kancevica, Z. Jesko and H. Putans, Calculation of energy produce by solar collectors, 2009.

Ελληνική

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε οικιστικά σύνολα, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ)

Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ), 2013

Ίδρυμα Ενέργειας Κύπρου

Κανονισμός DIN 4701/1983

Κανονισμός Ενεργειακή Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ), 2010

Κανονισμός Θερμομόνωσης κτιρίων (Κ.Θ.Κ)

Καραλέξη Ε.Α., Διπλωματική εργασία Σχεδιασμός και ανάπτυξη αυτόνομου συστήματος φωτισμού με φωτοβολταϊκό και διάταξης καταγραφής επιδόσεων λειτουργίας, 2012

Κατσαπρακάκης Δ., Σύνθεση Ενεργειακών Συστημάτων, 2015

Κατσαπρακάκης Δ. & Μ. Μονιάκης, Θέρμανση – Ψύξη – Κλιματισμός, 2015

Κουτσογιάννης Δ. και Θ. Ξανθόπουλος, Τεχνική Υδρολογία, 1999

Μπαλάρας Κ.Α., Συμβατικές & Ήπιες Μορφές ενέργειας, 2006

Πανεπιστήμιο Πατρών, Ανοικτά Μαθήματα, Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Ενότητα 5, 2015

Παπαμανώλης Ν., Δομική Φυσική και Αρχές Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού Κτιρίων, 2015

Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Φωτοβολταϊκά συστήματα ενσωματωμένα σε κτίρια, 2008

Προεδρικό Διάταγμα, 1180/1981

Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών, 2016

Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.) 20701-1/2010

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (Τ.Ε.Ε...), Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών, Εκπαιδευτικό υλικό, Θεματική ενότητα ΔΕ4, Τεχνολογία Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, 2011

Τσαγκρακίδου-Λαζάρου Σ., Παρουσίαση Αρχές Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής-Πράσινα Κτίρια, 2013

Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, Περιβαλλοντικό οδηγός Γεωθερμίας

Διαδίκτυο

<http://dionysos-penteli.meteoclub.gr>

<https://www.cedengineering.com>, Continuing Education and Development Heat Loss Calculations and Principles

<https://www.riigiteataja.ee>, Methodology for calculating energy performance of buildings

<https://eosweb.larc.nasa.gov>

<http://itacanet.org>

<http://www.gwec.net>

<http://www.awea.org>, American Wind Energy Association

<http://www.cres.gr>, Κέντρο ανανεώσιμων πηγών και εξοικονόμησης ενέργειας

<http://solargis.com>

<http://wdi.worldbank.org>

<http://biomassmagazine.com>

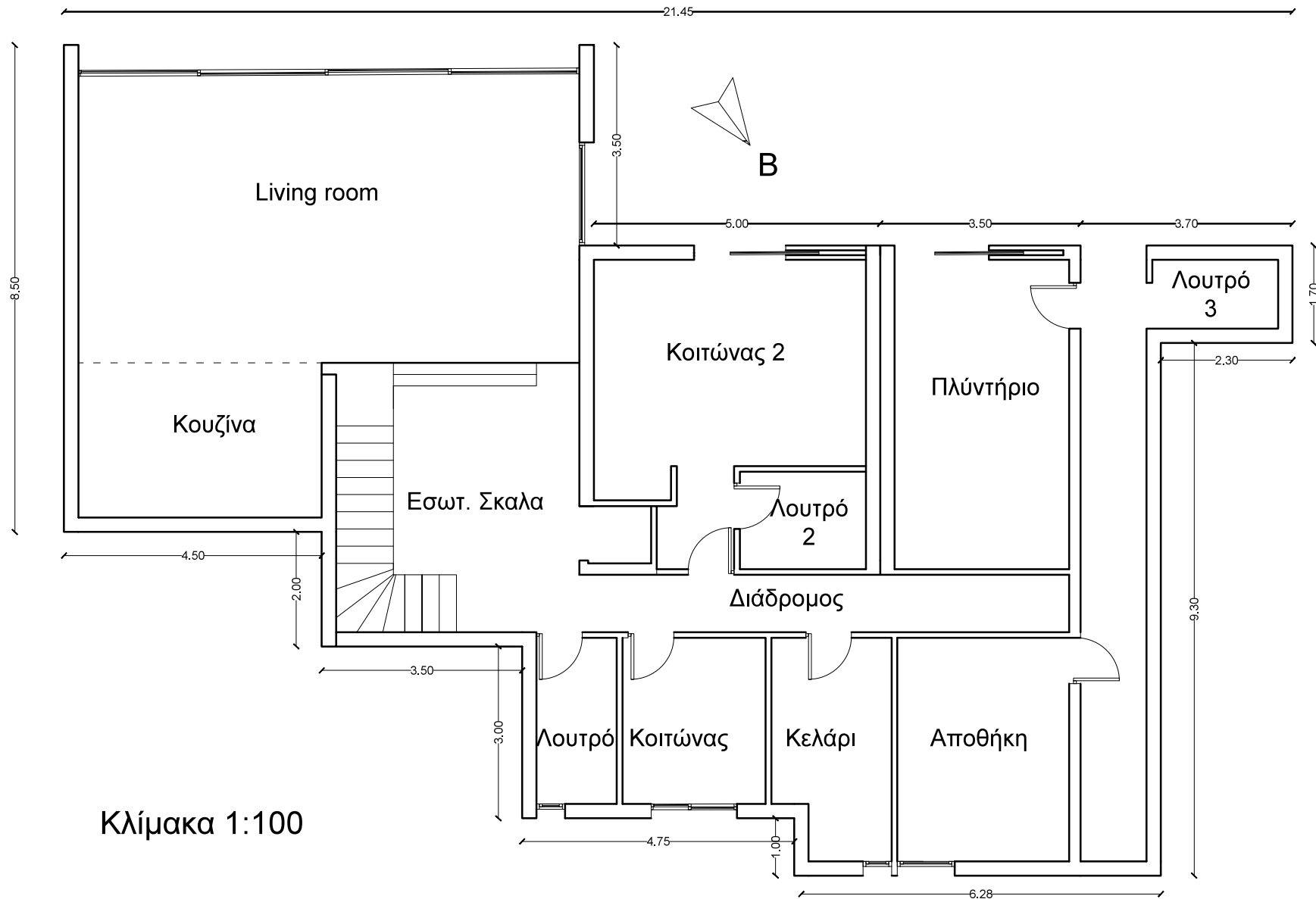
<https://www.eac.com.cy>, Αρχή Ενέργειας Κύπρου

<https://windeurope.org>, Wind Europe

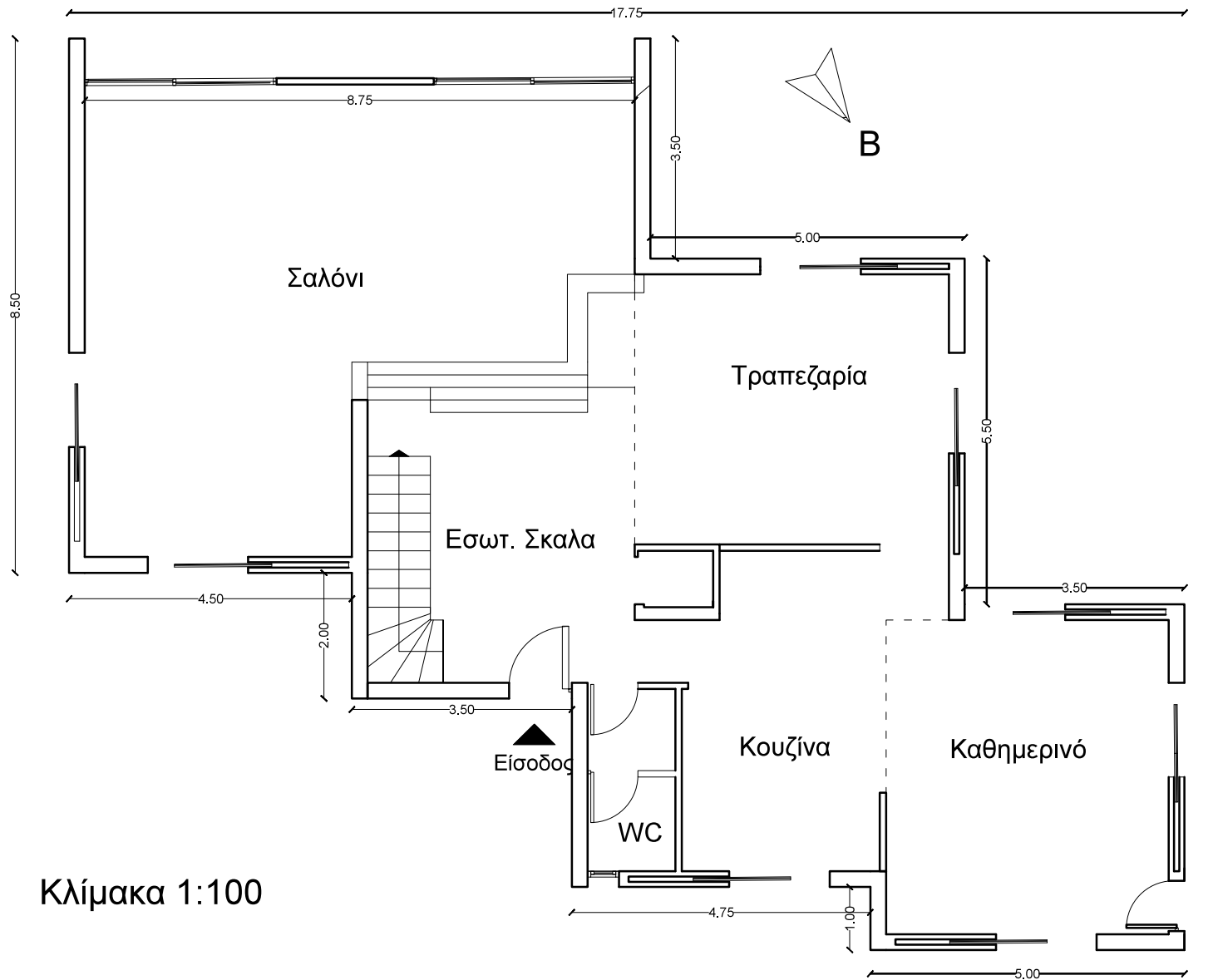
<http://eletaen.gr>, Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας

Παράρτημα Ι – Κατόψεις κτιρίου

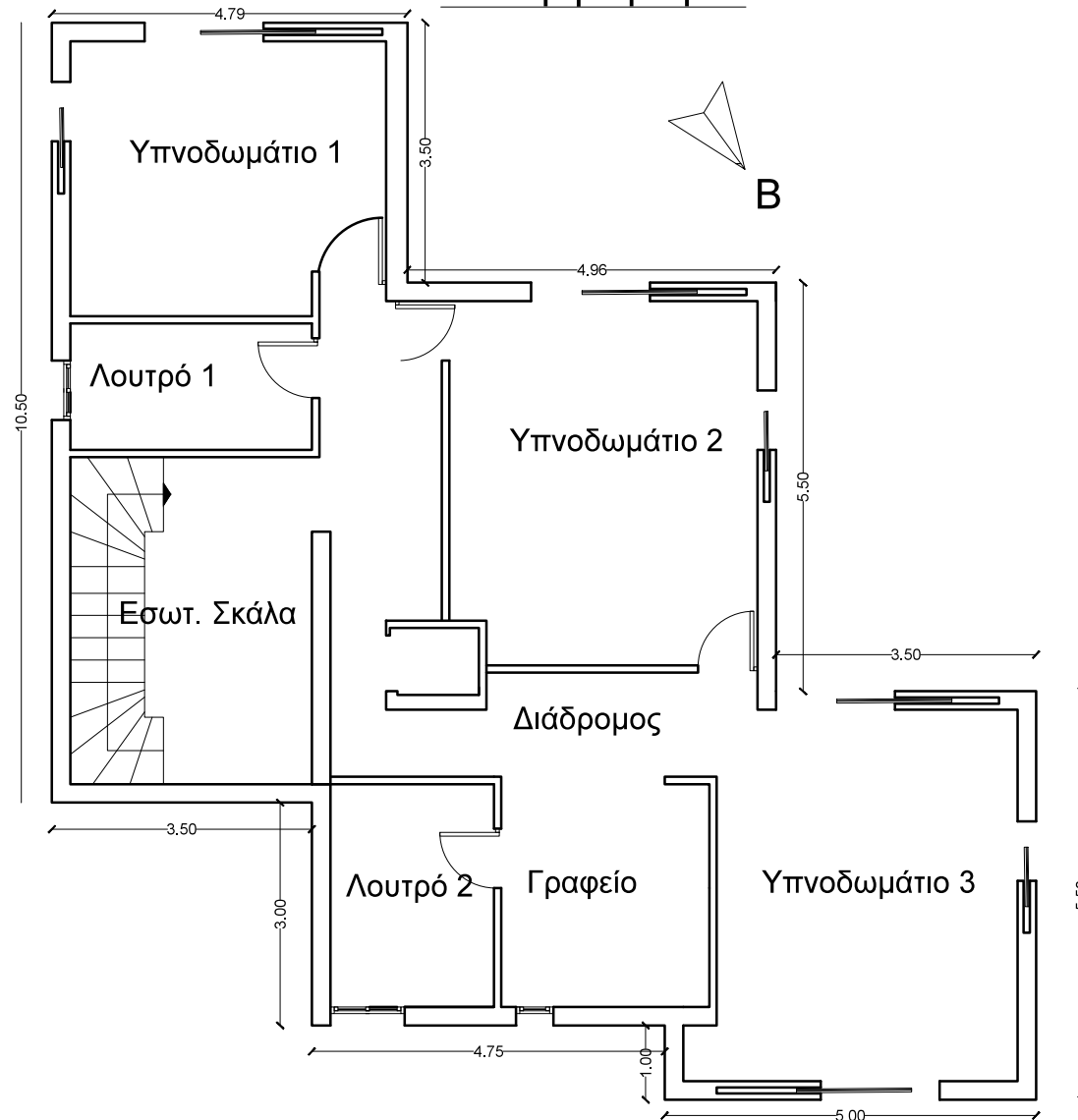
Κάτοψη Υπογείου



Κάτοψη Ισογείου



Κάτοψη Ορόφου



Κλίμακα 1:100

Παράρτημα II – Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών

Εφαρμογές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αυτονομία κατοικίας

1ος Όροφος													
Υποδομάτιο 1	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔΤ °C	Q ₀ (W)	ZH	ZD	Z ₀	Q _t (W)
Είδος επιφάνειας													
Τεξ	ΝΔ	4.75	2.85	13.54	3.68	9.86	0.95	19.00	177.93	-	-	-	-
Τεξ	ΝΑ	4.00	2.85	11.40	0.60	10.80	0.95	19.00	194.94	-	-	-	-
Τεξ	ΒΔ	3.50	2.85	9.98	0.00	9.98	0.95	19.00	180.05	-	-	-	-
Τεο	ΒΑ	3.25	2.85	9.26	0.00	9.26	0.95	19.00	167.19	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	3.68	3.80	19.00	265.70	-	-	-	-
Σύνολο		-	-	-	-	-	-	-	985.80	-0.05	0.20	0.08	1212.53
ΣΙ	7.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
R	0.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
QL W/K	3.45	-	-	-	-	-	-	19.00	-	-	-	-	65.62
Εσωτερική σάλα	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔΤ °C	Q ₀ (W)	ZH	ZD	Z ₀	Q _t (W)
Είδος επιφάνειας													
Τεξ	ΝΑ	4.50	2.85	12.83	0.00	12.83	0.95	19.00	231.49	-	-	-	-
Τεξ	ΒΑ	3.50	2.85	9.98	0.00	9.98	0.95	19.00	180.05	-	-	-	-
Τεο	ΝΔ	3.25	2.85	9.26	0.00	9.26	-	-	-	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	0.00	3.80	19.00	0.00	-	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	-	-	-	411.54	-0.05	0.20	0.08	506.19

Εφαρμογές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αυτονομία κατοικίας

1ος Όροφος													
Λουτρό 1	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔΤ °C	Q _o (W)	ZH	ZD	Z _o	Q _t (W)
Είδος επιφ.													
Τεξ	NA	1.80	2.85	5.13	0.80	4.33	0.95	19.00	78.16	-	-	-	-
Τεσ	ΒΔ	0.90	2.85	2.57	0.00	2.57	-	-	-	-	-	-	-
Τεσ	ΒΑ	3.25	2.85	9.26	0.00	9.26	-	-	-	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	0.80	3.80	19.00	57.76	-	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	-	-	-	135.92	-0.05	0.20	0.08	167.18
ΣΙ	3.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	0.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QL W/K	1.59	-	-	-	-	-	-	19.00	-	-	-	-	30.29
Υπνοδωμάτιο 2													
Υπνοδωμάτιο 2	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔΤ °C	Q _o (W)	ZH	ZD	Z _o	Q _t (W)
Είδος επιφ.													
Τεξ	ΝΔ	5.00	2.85	14.25	3.68	10.57	0.95	19.00	190.79	-	-	-	-
Τεσ	ΒΔ	5.50	2.85	15.68	0.80	14.88	-	-	-	-	-	-	-
Τεσ	ΒΑ	4.00	2.85	11.40	0.00	11.40	-	-	-	-	-	-	-
Τεσ	ΝΑ	4.00	2.85	11.40	0.00	11.40	-	-	-	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	4.48	3.80	19.00	323.46	-	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	-	-	-	514.24	-0.05	0.20	0.08	632.52
ΣΙ	11.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	0.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QL W/K	3.93	-	-	-	-	-	-	19.00	-	-	-	-	74.59704
Υπνοδωμάτιο 3													
Υπνοδωμάτιο 3	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔΤ °C	Q _o (W)	ZH	ZD	Z _o	Q _t (W)
Είδος επιφ.													
Τεξ	ΒΑ	5.00	2.85	14.25	3.68	10.57	0.95	19.00	190.79	-	-	-	-
Τεξ	ΒΔ	5.50	2.85	15.68	0.80	14.88	0.95	19.00	268.49	-	-	-	-
Τεξ	ΝΔ	3.50	2.85	9.98	3.68	6.30	0.95	19.00	113.62	-	-	-	-
Τεξ	ΝΑ	0.50	2.85	1.43	0.00	1.43	0.95	19.00	25.72	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	8.16	3.80	19.00	589.15	-	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	-	-	-	1187.78	0.05	0.20	0.08	1579.75
ΣΙ	19.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	0.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QL W/K	6.61	-	-	-	-	-	-	19.00	-	-	-	-	125.63712

Εφαρμογές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αυτονομία κατοικίας

1ος Όροφος													
Λουτρό 2	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m2	Άνοιγμα m2	Τελική επιφάνεια m2	Θερμοπερατότητα U(W/m2 *K)	ΔΤ °C	Qo (W)	ZH	ZD	Zo	Qt (W)
Είδος επιφ.													
Τεξ	ΒΑ	2.50	2.85	7.13	1.00	6.13	0.95	19.00	110.56	-	-	-	-
Τεξ	ΝΑ	3.20	2.85	9.12	0.00	9.12	0.95	19.00	164.62	-	-	-	-
Τεσ	ΒΔ	3.00	2.85	8.55	0.00	8.55	-	-	-	-	-	-	-
Τεσ	ΝΔ	1.70	2.85	4.85	0.00	4.85	-	-	-	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	1.00	3.80	19.00	72.20	-	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	-	-	-	347.37	0.00	0.20	0.08	444.64
ΣΙ	4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	0.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QL W/K	1.77	-	-	-	-	-	-	19.00	-	-	-	-	33.6528
Γραφείο	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m2	Άνοιγμα m2	Τελική επιφάνεια m2	Θερμοπερατότητα U(W/m2 *K)	ΔΤ °C	Qo (W)	ZH	ZD	Zo	Qt (W)
Είδος επιφ.													
Τεξ	ΒΑ	3.00	2.85	8.55	0.50	8.05	0.95	19.00	145.30	-	-	-	-
Τεσ	ΝΑ	3.00	2.85	8.55	0.00	8.55	-	-	-	-	-	-	-
Τεσ	ΒΔ	3.00	2.85	8.55	0.00	8.55	-	-	-	-	-	-	-
Τεσ	ΝΔ	2.00	2.85	5.70	0.00	5.70	-	-	-	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	0.50	3.80	19.00	36.10	-	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	-	-	-	181.40	0.05	0.20	0.08	241.27
ΣΙ	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	0.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QL W/K	1.33	-	-	-	-	-	-	19.00	-	-	-	-	25.2396
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΟΡΟΦΗ													
Κεραμοσκεπή επι κεκλιμένης πλάκας οπλισμένου ακυροδέματος													
Νότια													
Εμβαδόν m2	95.00												
Βόρεια													
Εμβαδόν m2	26.78												
U (W/m2*K)	1.15												
ΣΕμβαδόν m2	121.78												
Qt (W/K)	140.04												
Qt (W)	2660.78												

Εφαρμογές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αυτονομία κατοικίας

Ισόγειο													
Σαλόνι	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔΤ °C	Qo (W)	ZH	ZD	Zo	Qt (W)
Είδος επιφ.													
Τεξ	ΝΔ	9.25	3.60	33.30	12.88	20.42	0.95	19.00	368.58	-	-	-	-
Τεξ	ΝΑ	8.00	3.60	28.80	1.50	27.30	0.95	19.00	492.77	-	-	-	-
Τεξ	ΒΔ	3.00	3.60	10.80	0.00	10.80	0.95	19.00	194.94	-	-	-	-
Τεξ	ΒΑ	4.50	3.60	16.20	0.00	16.20	0.95	19.00	292.41	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	12.88	3.80	19.00	929.94	-	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	-	-	-	2278.63	-0.05	0.20	0.03	2684.23
ΣΙ	25.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fa/Fn	0.309429429	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QL W/K	11.24712	-	-	-	-	-	-	19.00	-	-	-	-	213.70
Εσωτ σκάλα-Είσοδος	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔΤ °C	Qo (W)	ZH	ZD	Zo	Qt (W)
Είδος επιφ.													
Τεξ	ΝΑ	2.00	2.80	5.60	0.00	5.60	0.95	19.00	101.08	-	-	-	-
Τεξ	ΒΑ	3.50	2.80	9.80	0.00	9.80	0.95	19.00	176.89	-	-	-	-
Τεσ	ΝΑ	2.70	2.80	7.56	0.00	7.56	-	19.00	-	-	-	-	-
Τεσ	ΒΔ	1.10	2.80	3.08	0.00	3.08	-	19.00	-	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	0.00	3.80	19.00	0.00	-	-	-	-
Πόρτα	-	-	-	-	-	2.20	3.50	19.00	146.30	7.70	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	-	-	-	424.27	0.00	0.20	0.03	521.00
Τραπεζαρία	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔΤ °C	Qo (W)	ZH	ZD	Zo	Qt (W)
Είδος επιφ.													
Τεξ	ΝΔ	5.00	2.80	14.00	3.52	10.48	0.95	19.00	189.16	-	-	-	-
Τεξ	ΒΔ	5.50	2.80	15.40	3.52	11.88	0.95	19.00	214.43	-	-	-	-
Τεσ	ΒΑ	3.95	2.80	11.06	0.00	11.06	-	19.00	-	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	3.52	3.80	19.00	254.14	-	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	-	-	-	657.74	0.00	0.20	0.03	807.71
ΣΙ	15.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	0.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QL W/K	6.73	-	-	-	-	-	-	19.00	-	-	-	-	127.88

Εφαρμογές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αυτονομία κατοικίας

Ισόγειο													
Κουζίνα	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔT °C	Qo (W)	ZH	ZD	Zo	Qt (W)
Είδος επιφ.													
Τεξ	ΒΑ	3.40	2.80	9.52	2.10	7.42	0.95	19.00	133.93	-	-	-	-
Τεσ	ΝΑ	3.10	2.80	8.68	0.00	8.68	-	19.00	-	-	-	-	-
Τεσ	ΒΔ	1.25	2.80	3.50	0.00	3.50	-	19.00	-	-	-	-	-
Τεσ	ΝΔ	2.75	2.80	7.70	0.00	7.70	-	19.00	-	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	2.10	3.80	19.00	7.98	-	-	-	-
Σύνολο		-	-	-	-	-	-	-	141.91	0.05	0.20	0.03	181.36
ΣΙ	5.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	0.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QL W/K	2.57	-	-	-	-	-	-	19.00	-	-	-	-	48.80
Καθημερινό	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔT °C	Qo (W)	ZH	ZD	Zo	Qt (W)
Είδος επιφ.													
Τεξ	ΝΔ	3.50	2.80	9.80	3.45	6.35	0.95	19.00	114.62	-	-	-	-
Τεξ	ΒΔ	5.50	2.80	15.40	3.26	12.14	0.95	19.00	219.13	-	-	-	-
Τεξ	ΒΑ	5.00	2.80	14.00	2.10	11.90	0.95	19.00	214.80	-	-	-	-
Τεσ	ΝΑ	1.25	2.80	3.50	0.00	3.50	-	19.00	-	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	7.05	3.80	19.00	509.01	-	-	-	-
Πόρτα	-	-	-	-	-	1.76	3.50	-	6.16	-	-	-	-
Σύνολο		-	-	-	-	-	-	-	1063.71	0.05	0.20	0.03	1359.42
ΣΙ	24.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	0.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QL W/K	10.80	-	-	-	-	-	-	19.00	-	-	-	-	205.28
WC	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔT °C	Qo (W)	ZH	ZD	Zo	Qt (W)
Είδος επιφ.													
Τεξ	ΒΑ	1.50	2.80	4.20	0.50	3.70	0.95	19.00	66.79	-	-	-	-
Τεξ	ΝΑ	2.00	2.80	5.60	0.00	5.60	0.95	19.00	101.08	-	-	-	-
Τεσ	ΒΔ	1.80	2.80	5.04	0.00	5.04	-	19.00	-	-	-	-	-
Τεσ	ΝΔ	0.60	2.80	1.68	0.00	1.68	-	19.00	-	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	0.50	3.80	19.00	36.10	-	-	-	-
Σύνολο		-	-	-	-	-	-	-	203.97	0.00	0.20	0.03	250.47
ΣΙ	24.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	0.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QL W/K	10.80	-	-	-	-	-	-	19.00	-	-	-	-	205.28

Εφαρμογές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αυτονομία κατοικίας

Ισόγειο													
Διαδρ+λοιποι χωροι	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοιχου m2	Άνοιγμα m2	Τελική επιφάνεια m2	Θερμοπερατό- τητα U(W/m2 *K)	ΔT °C	Qo (W)	ZH	ZD	Zo	Qt (W)
Είδος επιφ.													
Τεξ	NA	1.50	2.80	4.20	0.00	4.20	0.95	19.00	75.81	-	-	-	-
Τεσ	NA	1.50	2.80	4.20	0.00	4.20	-	19.00	-	-	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	-	-	-	75.81	-0.05	0.20	0.03	89.30

Εφαρμογές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αυτονομία κατοικίας

Υπόγειο													
living room	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔT °C	Qo (W)	ZH	ZD	Zo	Qt (W)
Είδος επιφ.													
Τεξ	ΝΔ	9.25	2.50	23.13	21.28	1.85	0.95	19.00	33.39	-	-	-	-
Τεξ	ΝΑ	8.50	2.50	21.25	0.00	21.25	0.95	19.00	383.56	-	-	-	-
Τεξ	ΒΔ	2.90	2.50	7.25	3.68	3.57	0.95	19.00	64.44	-	-	-	-
Τεξ	ΒΑ	4.50	2.50	11.25	0.00	11.25	0.95	19.00	203.06	-	-	-	-
Πεδ	-	-	-	-	-	62.00	1.15	19.00	1354.70	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	24.96	3.80	19.00	1801.75	-	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	124.88	-	-	3840.91	0.00	0.20	0.00	4609.09
ΣΙ	30.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QL (W/K)	13.68252	-	-	-	-	-	-	19.00	-	-	-	-	259.97
Εσωτ σκάλα-διαδρ	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔT °C	Qo (W)	ZH	ZD	Zo	Qt (W)
Είδος επιφ.													
Τεξ	ΝΑ	2.00	2.50	5.00	0.00	5.00	0.95	19.00	90.25	-	-	-	-
Τεξ	ΒΑ	1.30	2.50	3.25	0.00	3.25	0.95	19.00	58.66	-	-	-	-
Τεσ	ΝΑ	2.70	2.50	6.75	0.00	6.75	0.95	-	-	-	-	-	-
Τεσ	ΒΔ	2.50	2.50	6.25	0.00	6.25	0.95	-	-	-	-	-	-
Πεδ	-	-	-	-	-	23.75	1.15	19.00	518.94	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	0.00	3.80	19.00	0.00	-	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	-	-	-	667.85	-0.05	0.20	0.00	768.03
Λουτρό	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔT °C	Qo (W)	ZH	ZD	Zo	Qt (W)
Είδος επιφ.													
Τεξ	ΝΑ	3.00	2.50	7.50	0.00	7.50	0.95	19.00	135.38	-	-	-	-
Τεξ	ΒΑ	1.60	2.50	4.00	0.50	3.50	0.95	19.00	63.18	-	-	-	-
Τεσ	ΝΔ	0.80	2.50	2.00	0.00	2.00	-	19.00	-	-	-	-	-
Τεσ	ΒΔ	3.00	2.50	7.50	0.00	7.50	-	19.00	-	-	-	-	-
Πεδ	-	-	-	-	-	5.60	1.15	19.00	122.36	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	0.50	3.80	19.00	36.10	-	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	-	-	-	357.01	-0.05	0.20	0.00	410.56
ΣΙ	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	0.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QL W/K	1.33	-	-	-	-	-	-	19.00	-	-	-	-	25.24

Εφαρμογές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αυτονομία κατοικίας

Υπόγειο													
Κοιτώνας	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔΤ °C	Qo (W)	ZH	ZD	Zo	Qt (W)
Είδος επιφ.													
Τεξ	BA	2.60	2.50	6.50	1.50	5.00	0.95	19.00	90.25	-	-	-	-
Τεσ	NA	3.00	2.50	7.50	0.00	7.50	-	19.00	-	-	-	-	-
Τεσ	ΝΔ	1.70	2.50	4.25	0.00	4.25	-	19.00	-	-	-	-	-
Τεσ	ΒΔ	3.00	2.50	7.50	0.00	7.50	-	19.00	-	-	-	-	-
Πεδ		3.00	2.60			7.80	1.15	19.00	170.43	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	1.50	3.80	19.00	108.30	-	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	-	-	-	368.98	0.05	0.20	0.00	461.23
ΣΙ	5.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	0.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QL W/K	2.21	-	-	-	-	-	-	19.00	-	-	-	-	42.07
Κελάρι	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔΤ °C	Qo (W)	ZH	ZD	Zo	Qt (W)
Είδος επιφ.													
Τεσ	NA	2.90	2.50	7.25	0.00	7.25	-	-	-	-	-	-	-
Τεξ	NA	1.10	2.50	2.75	0.00	2.75	0.95	19.00	49.64	-	-	-	-
Τεξ	BA	2.30	2.50	5.75	0.50	5.25	0.95	19.00	94.76	-	-	-	-
Τεσ	ΝΔ	1.70	2.50	4.25	0.00	4.25	-	-	-	-	-	-	-
Τεσ	ΒΔ	4.00	2.50	10.00	0.00	10.00	-	-	-	-	-	-	-
Πεδ	-	4.00	2.30			9.20	1.15	19.00	201.02	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	0.50	3.80	19.00	36.10	-	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	-	-	-	381.52	0.05	0.20	0.00	476.90
ΣΙ	5.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	0.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QL W/K	2.21	-	-	-	-	-	-	19.00	-	-	-	-	42.07
Κοιτώνας 2	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔΤ °C	Qo (W)	ZH	ZD	Zo	Qt (W)
Είδος επιφ.													
Τεξ	ΝΔ	5.00	2.50	12.50	3.68	8.82	0.95	19.00	159.20	-	-	-	-
Τεσ	NA	3.70	2.50	9.25	0.00	9.25	-	19.00	-	-	-	-	-
Τεσ	BA	3.80	2.50	9.50	0.00	9.50	0.95	19.00	171.48	-	-	-	-
Τεσ	ΒΔ	3.70	2.50	9.25	0.00	9.25	0.95	19.00	166.96	-	-	-	-
Πεδ		5.00	3.70			18.50	1.15	19.00	21.28	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	3.68	3.80	19.00	265.70	-	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	-	-	-	784.61	-0.05	0.20	0.00	902.30
ΣΙ	7.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	0.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QL W/K	3.45	-	-	-	-	-	-	19.00	-	-	-	-	65.62

Εφαρμογές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αυτονομία κατοικίας

Υπόγειο													
Πλυντηρ	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔΤ °C	Qo (W)	ZH	ZD	Zo	Qt (W)
Είδος επιφ.													
Τεξ	ΝΔ	3.30	2.50	8.25	3.45	4.80	0.95	19.00	86.64	-	-	-	-
Τεσ	ΝΑ	5.70	2.50	14.25	0.00	14.25	0.95	19.00	-	-	-	-	-
Τεσ	ΒΔ	5.70	2.50	14.25	0.00	14.25	0.95	19.00	-	-	-	-	-
Πεδ	-	5.70	3.30	-	-	18.81	1.15	19.00	411.00	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	3.45	3.80	19.00	249.09	-	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	-	-	19.00	746.73	-0.05	0.20	0.00	858.74
ΣΙ	7.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	0.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QL W/K	3.37	-	-	-	-	-	-	19.00	-	-	-	-	63.94
Διαδρομος	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔΤ °C	Qo (W)	ZH	ZD	Zo	Qt (W)
Είδος επιφ.													
Τεσ	ΝΑ	8.00	2.50	20.00	0.00	20.00	0.95	19.00	-	-	-	-	-
Τεξ	ΝΔ	1.40	2.50	3.50	3.45	0.05	0.95	19.00	0.90	-	-	-	-
Τεξ	ΒΑ	1.40	2.50	3.50	0.00	3.50	0.95	19.00	63.18	-	-	-	-
Τεξ	ΒΔ	10.00	2.50	25.00	0.00	25.00	0.95	19.00	451.25	-	-	-	-
Πεδ	-	1.40	10.00	-	-	14.00	1.15	19.00	305.90	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	3.45	3.80	19.00	249.09	-	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	-	-	-	1070.32	0.05	0.20	0.00	1337.90
ΣΙ	7.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	0.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QL W/K	3.37	-	-	-	-	-	-	19.00	-	-	-	-	63.94
Λουτρό 3	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔΤ °C	Qo (W)	ZH	ZD	Zo	Qt (W)
Είδος επιφάνειας													
Τεξ	ΝΔ	2.30	2.50	5.75	0.00	5.75	0.95	19.00	103.79	-	-	-	-
Τεσ	ΝΑ	0.80	2.50	2.00	0.00	2.00	0.95	-	-	-	-	-	-
Τεξ	ΒΑ	2.30	2.50	5.75	0.00	5.75	0.95	19.00	103.79	-	-	-	-
Τεξ	ΒΔ	2.00	2.50	5.00	0.00	5.00	0.95	19.00	90.25	-	-	-	-
Πεδ	-	2.30	2.00	-	-	4.60	1.15	19.00	100.51	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	0.00	3.80	19.00	0.00	-	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	-	-	-	398.34	0.05	0.20	0.00	497.92

Εφαρμογές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αυτονομία κατοικίας

Υπόγειο													
Αποθήκη	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔT °C	Qo (W)	ZH	ZD	Zo	Qt (W)
Είδος επιφάνειας													
Τεξ	BA	3.00	2.50	7.50	1.00	6.50	0.95	19.00	117.33	-	-	-	-
Τεσ	NA	4.00	2.50	10.00	0.00	10.00	0.95	-	-	-	-	-	-
Τεσ	BΔ	3.00	2.50	7.50	0.00	7.50	0.95	-	-	-	-	-	-
Τεσ	NΔ	3.00	2.50	7.50	0.00	7.50	0.95	-	-	-	-	-	-
Πεδ	-	3	4	-	-	12.00	1.15	19.00	262.20	-	-	-	-
Υαλοπίνακες	-	-	-	-	-	1.00	3.80	19.00	72.20	-	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	-	-	-	451.73	0.05	0.20	0.00	564.66
ΣΙ	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QL W/K	1.7712	-	-	-	-	-	-	19.00	-	-	-	-	33.65
Διαδρομος													
Διαδρομος	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔT °C	Qo (W)	ZH	ZD	Zo	Qt (W)
Είδος επιφάνειας													
Πεδ	-	9	1			9	1.15	19	196.65	-	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	-	-	-	196.65	0	0.2	0	235.98
Λουτρο 2													
Λουτρο 2	Προς/σμός	Μήκος m	Πλάτος ή Ύψος m	Επιφάνεια τοίχου m ²	Άνοιγμα m ²	Τελική επιφάνεια m ²	Θερμοπερατότητα U(W/m ² *K)	ΔT °C	Qo (W)	ZH	ZD	Zo	Qt (W)
Είδος επιφάνειας													
Πεδ	-	1.80	2.40			4.32	1.15	19.00	94.39	-	-	-	-
Σύνολο	-	-	-	-	-	-	-	-	94.39	0.00	0.20	0.00	113.27

Παράρτημα ΙΙΙ – Υπολογισμός Συντελεστή θερμοπερατότητας ενεργειακών
υαλοπινάκων

1ος Όροφος								
Υπνοδωμάτιο 1								
Προς/σμός	Τύπος Παραθύρου	Μήκος m	Υψος m	ποσοστό πλαισίου	Uf W/m ² *K	Ug W/m ² *K	Ψg	Uw W/m ² *K
NΔ	Διπλό Συρόμενο	1.60	2.30	0.30	3.00	1.40	0.11	2.11
NA	Μονό Κλειστό	0.60	1.00	0.30	3.00	1.40	0.11	2.47
Λουτρό								
Προς/σμός	Τύπος Παραθύρου	Μήκος m	Υψος m	ποσοστό πλαισίου	Uf W/m ² *K	Ug W/m ² *K	Ψg	Uw W/m ² *K
NA	Μονό ανοιγ	0.80	1.00	0.30	3.00	1.40	0.11	2.38
Υπνοδωμάτιο 2								
Προς/σμός	Τύπος Παραθύρου	Μήκος m	Υψος m	ποσοστό πλαισίου	Uf W/m ² *K	Ug W/m ² *K	Ψg	Uw W/m ² *K
NΔ	Διπλό συρόμενο	1.60	2.30	0.30	3.00	1.40	0.11	2.11
Υπνοδωμάτιο 3								
Προς/σμός	Τύπος Παραθύρου	Μήκος m	Υψος m	ποσοστό πλαισίου	Uf W/m ² *K	Ug W/m ² *K	Ψg	Uw W/m ² *K
BA	Διπλό συρόμενο	1.60	2.30	0.30	3.00	1.40	0.11	2.11
NΔ	Διπλό συρόμενο	1.60	2.30	0.30	3.00	1.40	0.11	2.11
Λουτρό 2								
Προς/σμός	Τύπος Παραθύρου	Μήκος m	Υψος m	ποσοστό πλαισίου	Uf W/m ² *K	Ug W/m ² *K	Ψg	Uw W/m ² *K
BA	Μονό Ανοιγόμενο	1.00	1.00	0.30	3.00	1.40	0.11	2.32

1ος Όροφος								
Γραφείο								
Προς/σμός	Τύπος Παραθύρου	Μήκος m	Ύψος m	ποσοστό πλαisiού	Uf W/m ² *K	Ug W/m ² *K	Ψg	Uw W/m ² *K
BA	Μονό Κλειστό	0.50	1.00	0.30	3.00	1.40	0.11	2.54

Ισόγειο								
Σαλόνι								
Προς/σμός	Τύπος Παραθύρου	Μήκος m	Ύψος m	ποσοστό πλαισίου	Uf W/m ² *K	Ug W/m ² *K	Ψg	Uw W/m ² *K
NΔ	Διπλό Συρόμενο	2.80	2.30	0.30	3.00	1.40	0.11	2.05
NΔ	Διπλό Συρόμενο	2.80	2.30	0.30	3.00	1.40	0.11	2.05
NA	Διπλό Ανοιγόμενο	1.50	1.00	0.30	3.00	1.40	0.11	2.25
Τραπεζαρία								
Προς/σμός	Τύπος Παραθύρου	Μήκος m	Ύψος m	ποσοστό πλαισίου	Uf W/m ² *K	Ug W/m ² *K	Ψg	Uw W/m ² *K
NΔ	Μονό Συρόμενο	1.60	2.30	0.30	3.00	1.40	0.11	2.11
BΔ	Μονό Συρόμενο	1.60	2.30	0.30	3.00	1.40	0.11	2.11
Κουζίνα								
Προς/σμός	Τύπος Παραθύρου	Μήκος m	Ύψος m	ποσοστό πλαισίου	Uf W/m ² *K	Ug W/m ² *K	Ψg	Uw W/m ² *K
BA	Μονό Συρόμενο	1.50	1.40	0.30	3.00	1.40	0.11	2.18
Καθημερινό								
Προς/σμός	Τύπος Παραθύρου	Μήκος m	Ύψος m	ποσοστό πλαισίου	Uf W/m ² *K	Ug W/m ² *K	Ψg	Uw W/m ² *K
NΔ	Διπλό Συρόμενο	1.60	2.30	0.30	3.00	1.40	0.11	2.11
BΔ	Μονό Ανοιγόμενο	1.50	1.00	0.30	3.00	1.40	0.11	2.25
BA	Μονό Συρόμενο	1.50	1.40	0.30	3.00	1.40	0.11	2.18
WC								
Προς/σμός	Τύπος Παραθύρου	Μήκος m	Ύψος m	ποσοστό πλαισίου	Uf W/m ² *K	Ug W/m ² *K	Ψg	Uw W/m ² *K
BA	Μονό Ανοιγόμενο	0.50	1.00	0.30	3.00	1.40	0.11	2.54

Υπόγειο								
living room								
Προς/σμός	Τύπος Παραθύρου	Μήκος m	Ύψος m	ποσοστό πλαισίου	Uf W/m ² *K	Ug W/m ² *K	Ψg	Uw W/m ² *K
NΔ	Διπλό Συρόμενο	4.60	2.30	0.30	3.00	1.40	0.11	2.02
NΔ	Διπλό Συρόμενο	4.60	2.30	0.30	3.00	1.40	0.11	2.02
ΒΔ	Μονό Συρόμενο	1.60	2.30	0.30	3.00	1.40	0.11	2.11
Λουτρό								
Προς/σμός	Τύπος Παραθύρου	Μήκος m	Ύψος m	ποσοστό πλαισίου	Uf W/m ² *K	Ug W/m ² *K	Ψg	Uw W/m ² *K
ΒΑ	Μονό Ανοιγόμενο	0.50	1.00	0.30	3.00	1.40	0.11	2.54
Κοιτώνας								
Προς/σμός	Τύπος Παραθύρου	Μήκος m	Ύψος m	ποσοστό πλαισίου	Uf W/m ² *K	Ug W/m ² *K	Ψg	Uw W/m ² *K
ΒΑ	Μονό Ανοιγόμενο	1.50	1.00	0.30	3.00	1.40	0.11	2.25
Κελάρι								
Προς/σμός	Τύπος Παραθύρου	Μήκος m	Ύψος m	ποσοστό πλαισίου	Uf W/m ² *K	Ug W/m ² *K	Ψg	Uw W/m ² *K
ΒΑ	Μονό Ανοιγόμενο	0.50	1.00	0.30	3.00	1.40	0.11	2.54
Κοιτώνας 2								
Προς/σμός	Τύπος Παραθύρου	Μήκος m	Ύψος m	ποσοστό πλαισίου	Uf W/m ² *K	Ug W/m ² *K	Ψg	Uw W/m ² *K
NΔ	Μονό Συρόμενο	1.60	2.30	0.30	3.00	1.40	0.11	2.11

Υπόγειο								
Πλυντηρ								
Προς/σμός	Τύπος Παραθύρου	Μήκος m	Ύψος m	ποσοστό πλαισίου	Uf W/m ² *K	Ug W/m ² *K	Ψg	Uw W/m ² *K
NΔ	Μονό Συρόμενο	1.60	2.30	0.30	3.00	1.40	0.11	2.11
Διαδρομος								
Προς/σμός	Τύπος Παραθύρου	Μήκος m	Ύψος m	ποσοστό πλαισίου	Uf W/m ² *K	Ug W/m ² *K	Ψg	Uw W/m ² *K
NΔ	Μονό Συρόμενο	1.60	2.30	0.30	3.00	1.40	0.11	2.11
Αποθήκη								
Προς/σμός	Τύπος Παραθύρου	Μήκος m	Ύψος m	ποσοστό πλαισίου	Uf W/m ² *K	Ug W/m ² *K	Ψg	Uw W/m ² *K
BA	Μονό Ανοιγόμενο	1.00	1.00	0.30	3.00	1.40	0.11	2.32