



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΡΕΥΣΤΩΝ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΑΡΘΟΥΡΟΣ ΖΕΡΒΟΣ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΛΑΥΡΙΟΥ

ΑΡΑΠΟΓΙΑΝΝΗ ΑΘΑΝΑΣΙΑ



**ΑΘΗΝΑ
ΙΟΥΛΙΟΣ 2008**

*Στη μαμά μου, που το είδε πριν γίνει.
Στον μπαμπά μου, που το έκανε πριν το δει.
Στον αδερφό μου, που θα κάνει και θα δει.*

Σ' αυτούς που δεν έχουν τη δυνατότητα να κάνουν αυτό που ονειρεύονται.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εκπόνηση της διπλωματικής αυτής εργασίας έγινε με τη βοήθεια πολλών ανθρώπων που συντέλεσαν καταλυτικά στην ολοκλήρωσή της. Αρχικά ο κ. Αρθούρος Ζερβός που πρότεινε ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα και έδινε διαρκώς τις σωστές κατευθύνσεις για την μελέτη των επιμέρους τμημάτων. Θέλω να τον ευχαριστήσω θερμά για την διαθεσιμότητα του και την εύρεση λύσης σε κάθε πρόβλημα που παρουσιάστηκε κατά τη διάρκεια της διπλωματικής.

Από το Τεχνολογικό και Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου (ΤΠΠΛ) ο διευθυντής κ. Ασημάκης Χαδουμέλης ήταν πάντα πρόθυμος να μου παρέχει τις πληροφορίες στις οποίες στηρίχθηκε η μελέτη και ήταν τιμή μου να συνεργαστώ μαζί του.

Σημαντική βοήθεια μου παρείχε η κ. Αναστασία Μπένου (ΚΑΠΕ) την οποία ευχαριστώ για την αμέριστη πληροφόρηση και καθοδήγηση στο κομμάτι της γεωθερμίας. Στην προσπάθεια για την ολοκλήρωση της διπλωματικής, σπουδαία βοήθεια μου παρείχε ο κ. Γεώργιος Πανάρας που με τις γνώσεις του και την εμπειρία του ξεκαθάρισε με πολύ σαφή τρόπο ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της εργασίας. Επίσης ευχαριστώ ιδιαίτερα των κ. Αντώνη Σαλιάγκα που με υπομονή μου εξήγησε πρακτικά θέματα στο κομμάτι του κλιματισμού. Θα πρέπει να αναφέρω την πολύτιμη βοήθεια του κ. Μάρκου Κατσιώτη στο Τμήμα Τεχνικών Μελετών του ΕΜΠ που χωρίς δισταγμό μου παρείχε τα απαραίτητα αρχιτεκτονικά σχέδια για τους χώρους του ΤΠΠΛ που μελετήθηκαν. Οφείλω να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Δημήτρη Μουρίκη που με μεγάλη υπομονή άκουσε τις απορίες μου και με βοήθησε να τις λύσω.

Η βοήθεια του κ. Γεωργίου Κάραλη ήταν πολύπλευρη και ανεκτίμητη. Πέρα από τις πληροφορίες και τις γνώσεις που μου παρείχε, ήταν πάντα παρών για οποιαδήποτε δυσκολία παρουσιαζόταν. Με ξεχωριστό και ιδιαίτερο τρόπο με βοήθησε να αντιμετωπίσω την διπλωματική σε όλες τις πτυχές της. Έτσι θεωρώ τιμή μου που συνεργάστηκα με αυτόν τον αξιόλογο άνθρωπο και θέλω να εκφράσω την ευγνωμοσύνη και την εκτίμηση που τρέφω στο πρόσωπο του.

Η συμφοιτήτρια και φίλη μου Ξανθή-Μαρία Σουσώνη αποτελεί πάντα μια σταθερή στήριξη σε μένα και θέλω να την ευχαριστήσω για τις ώρες που περάσαμε δουλεύοντας και γράφοντας τη διπλωματική μας. Θέλω να ευχαριστήσω την Ηλιάνα Κλειάσου, επίσης φίλη και συμφοιτήτρια, που μαζί περάσαμε πολλές ώρες δουλειάς.

Τέλος, ένα ευχαριστώ στους γονείς και τον αδερφό μου που με στηρίζουν ηθικά και υλικά ανεξαρτήτως της δουλειάς που έχω.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|---|---------------|
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | - 9 - |
| ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ | - 9 - |
| ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΛΑΥΡΙΟΥ | - 11 - |
| ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ | - 12 - |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: | - 15 - |
| ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ΤΠΠΛ | - 15 - |
| 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ | - 15 - |
| 1.2 ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ-ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ | - 15 - |
| 1.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ-ΣΚΟΠΟΣ..... | - 16 - |
| 1.4 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ | - 17 - |
| 1.4.1 ΕΙΔΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ..... | - 18 - |
| 1.4.1.1 ΣΤΑΘΕΡΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ | - 20 - |
| 1.4.1.2 ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ | - 20 - |
| 1.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ Φ/Β..... | - 22 - |
| 1.5.1 ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ..... | - 22 - |
| 1.5.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ..... | - 22 - |
| 1.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... | - 25 - |
| 1.7 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ | - 26 - |
| 1.8 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ Φ/Β ΣΤΟ ΤΠΠΛ | - 29 - |
| 1.8.1 ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟΣ ΧΩΡΟΣ ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΑ ΠΛΑΙΣΙΑ..... | - 29 - |
| 1.8.2 ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟΣ ΧΩΡΟΣ ΓΙΑ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΑ ΠΛΑΙΣΙΑ..... | - 31 - |
| 1.8.3 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ..... | - 33 - |
| 1.8.3.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ | - 33 - |
| 1.8.3.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ | - 37 - |
| 1.8.3.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | - 40 - |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: | - 41 - |
| ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΔΥΟ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΟΥ ΤΠΠΛ..... | - 41 - |
| 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ | - 41 - |
| 2.2 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ | - 42 - |
| 2.2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ | - 42 - |
| 2.2.2 ΑΒΑΘΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ | - 44 - |
| 2.2.3 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (GROUND SOURCE HEAT PUMPS) | - 44 - |
| 2.2.3.1 ΓΕΝΙΚΑ | - 44 - |
| 2.2.3.2 ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ..... | - 45 - |
| 2.2.3.3 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ | - 46 - |
| 2.2.3.4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ | - 47 - |
| 2.2.4 ΓΑΘ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΕΣ ΜΕ ΤΟ ΥΠΕΔΑΦΟΣ (GROUND COUPLED HEAT PUMPS)..... | - 49 - |
| 2.3 ΗΛΙΑΚΗ ΨΥΞΗ..... | - 55 - |
| 2.3.1 ΓΕΝΙΚΑ..... | - 55 - |
| 2.3.2 ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ..... | - 56 - |
| 2.3.3 ΚΛΕΙΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΨΥΞΗΣ ΜΟΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ (SINGLE-EFFECT CLOSED CYCLE ABSORPTION COOLING SYSTEM)..... | - 60 - |
| 2.4 ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ | - 61 - |
| 2.4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ | - 61 - |
| 2.4.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ..... | - 62 - |
| 2.4.3 ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ | - 63 - |
| 2.5 ΒΙΟΜΑΖΑ | - 65 - |
| 2.5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ | - 65 - |
| 2.5.2 ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΜΑΤΑ ΞΥΛΟΥ-WOOD PELLETS | - 67 - |
| 2.5.3 ΛΕΒΗΤΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ..... | - 71 - |
| 2.6 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ..... | - 77 - |

| | | |
|---------|--|----------------|
| 2.6.1 | ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΛΑΥΡΙΟΥ | - 77 - |
| 2.6.2 | ΓΡΑΦΕΙΑ ΚΑΜΙΝΕΙΑΣ-ΙΣΟΓΕΙΟ ΚΤΙΡΙΟ | - 78 - |
| 2.6.2.1 | ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ | - 78 - |
| 2.6.2.2 | ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΡΟΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ q _a | - 78 - |
| 2.6.2.3 | ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΒΑΘΟΥΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΨΥΚΤΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ. | - 80 - |
| 2.6.2.4 | ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ | - 86 - |
| 2.6.2.5 | ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ | - 94 - |
| 2.6.3 | ΚΤΙΡΙΟ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΓΡΑΦΕΙΩΝ (ΡΟΛΟΪ)..... | - 97 - |
| 2.6.3.1 | ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΓΡΑΦΕΙΩΝ. | - 97 - |
| 2.6.3.2 | ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ..... | - 99 - |
| | ΣΕΝΑΡΙΟ 1: ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ (ABSORPTION COOLING) | - 99 - |
| | ΣΕΝΑΡΙΟ 2: ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ..... | - 110 - |
| 2.6.4 | ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ-ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΩΦΕΛΙΜΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ..... | - 118 - |
| | ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: | - 121 - |
| | ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | - 121 - |
| 3.1 | ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ | - 121 - |
| 3.2 | ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ | - 122 - |
| 3.3 | ΗΛΙΑΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ..... | - 123 - |
| 3.4 | ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΜΕ ΚΑΥΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ..... | - 124 - |
| 3.5 | ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ | - 125 - |
| 3.6 | ΕΠΙΛΟΓΟΣ | - 125 - |
| | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ | - 127 - |
| | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 | - 129 - |
| | ΜΕΛΕΤΗ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΤΩΝ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΓΡΑΦΕΙΩΝ..... | - 129 - |
| | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 | - 135 - |
| | ΚΑΤΟΨΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΖΟΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ | - 135 - |
| | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 | - 139 - |
| | ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ..... | - 139 - |
| | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | - 149 - |

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και η σταδιακή απεξάρτηση από τα συμβατικά καύσιμα αποτελεί επιτακτική ανάγκη για την εποχή μας. Η βιωσιμότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο χρήσης τους και από την προώθηση τους στο ευρύ κοινό. Η παράμετρος αυτή αποτελεί μια πρόκληση για τη χώρα μας και αν λάβουμε υπόψη την γενικότερη κατάσταση στην Ευρώπη, κρίνεται απαραίτητη η προσπάθεια ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης για τα περιβαλλοντικά θέματα και τις ΑΠΕ. Υπεύθυνοι για αυτή την ενημέρωση δεν είναι μόνο οι κυβερνητικοί και θεσμικοί φορείς αλλά και οι εκπαιδευτικοί. Οι τελευταίοι μάλιστα μπορούν να ενσωματώσουν τις παγκόσμιες τάσεις χρήσης των ΑΠΕ στον ελληνικό χώρο με επιστημονικό και εμπειριστάτωμένο τρόπο. Κάτι τέτοιο θα δώσει την ευκαιρία να αναδειχθούν οι ΑΠΕ και τα πλεονεκτήματά τους και να ενημερωθεί το κοινό. Ο τελικός σκοπός είναι η όσο το δυνατόν περισσότερη ενσωμάτωση τους στα υπάρχοντα συστήματα παραγωγής ενέργειας.

Το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο και το Τεχνολογικό και Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου συνδυάζουν την επιστημονική θεωρία με την πραγματική εφαρμογή. Στα πλαίσια της συνεργασίας των δυο αυτών φορέων η βασική ιδέα είναι να μετατραπεί ένα μέρος ή και ολόκληρο το τεχνολογικό πάρκο σε «πράσινο» με την ένταξη και λειτουργία συστημάτων ΑΠΕ. Σκοπός αυτής της προσπάθειας είναι η επίδειξη και η εφαρμογή των διαφόρων τεχνολογιών σε ένα χώρο με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που τον καθιστούν εξαρχής ξεχωριστό.

Η εργασία αυτή, εμπνέεται από την γενικότερη τάση για χρήση των ΑΠΕ στο ΤΠΠΛ και χωρίζεται σε δυο διακριτές ενότητες που αφορούν την κάλυψη των ηλεκτρικών και των θερμικών αναγκών αντίστοιχα. Στο πρώτο κεφάλαιο μελετάται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στοιχείων στο διαθέσιμο χώρο του ΤΠΠΛ με σκοπό την παραγωγή και πώληση του ηλεκτρικού ρεύματος στο εγκατεστημένο δίκτυο. Η επένδυση αυτή από κάποιον ιδιώτη μελετάται με κριτήριο την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών του ΤΠΠΛ και θα μπορούσε να αποφέρει οικονομικό όφελος στο ΤΠΠΛ. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται εναλλακτικοί τρόποι κλιματισμού των κτιρίων του ΤΠΠΛ. Μελετάται η εφαρμογή της αβαθούς γεωθερμίας, της ηλιακής ψύξης και της βιομάζας για την κάλυψη των αναγκών σε ψύξη και θέρμανση. Σκοπός της εργασίας είναι η αρχική διαστασιολόγηση των συστημάτων αυτών και η οικονομική αξιολόγηση τους. Τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και τα συγκριτικά συμπεράσματα και συνδέεται το οικονομικό όφελος από την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών με το κόστος επένδυσης των τεχνολογιών ΑΠΕ για κλιματισμό.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΛΑΥΡΙΟΥ

Το Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου (Τ.Π.Π.Λ.) είναι ένας οργανισμός επιστημονικής έρευνας, εκπαιδεύσεως, επιχειρηματικής δραστηριότητας και πολιτισμού. Ιδρύθηκε στη θέση της παλιάς Γαλλικής Εταιρίας Λαυρίου (Compagnie Française des Mines du Laurium) το 1992, με πρωτοβουλία του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου.

Το συγκρότημα της Γαλλικής Εταιρείας Μεταλλείων Λαυρίου (Companie Française des Mines de Laurium) αποτελεί ένα μοναδικό μνημείο βιομηχανικής αρχαιολογίας και αρχιτεκτονικής τόσο από την άποψη της κλίμακας όσο και λόγω του γεγονότος ότι διασώζεται σχεδόν το σύνολο του κτιριακού δυναμικού από την ίδρυσή του, καθώς και μεγάλο μέρος του μηχανολογικού εξοπλισμού του. Ολόκληρο το συγκρότημα της ΓΕΜΛ (κτίρια, εγκαταστάσεις, εξοπλισμός) έχει κηρυχθεί "νεότερο μνημείο" από το ΥΠΠΟ, ενώ το τμήμα του στο οποίο εκτελέστηκαν οι εργασίες αποκατάστασης έχει κηρυχθεί και διατηρητέο από το ΥΠΕΧΩΔΕ. Η δημιουργία του ΤΠΠΛ είναι σύμφυτη με την ανάληψη, από μέρους του Ε.Μ.Π. του μεγάλου έργου της αποκατάστασης - ανασυγκρότησης των ιστορικών εγκαταστάσεων της Γ.Ε.Μ.Λ. Η συνολική έκταση του γηπέδου ανέρχεται στα 250.000 τ.μ. Από τις τρεις διακριτές κτιριακές ενότητες του συγκροτήματος έχουν αποκατασταθεί και στεγάζουν τις λειτουργίες του Πάρκου 18 κτίρια με συνολική επιφάνεια 13.000 τ.μ. περίπου. Τα 14 κτίρια με επιφάνεια 12.000 τ.μ., συγκροτούν την πρώτη κτιριακή ενότητα. Η αποκατάστασή τους χρηματοδοτήθηκε από το συνολικό πρόγραμμα ίδρυσης του Τεχνολογικού Πάρκου, ενώ από τα υπόλοιπα τέσσερα κτίρια, με εμβαδόν 1.000 τ.μ. περίπου, τα δύο χρηματοδοτήθηκαν από προγράμματα εργαστηρίων του Ε.Μ.Π. και τα υπόλοιπα δύο από ιδιωτικούς πόρους, με αυτοχρηματοδότηση των εγκατεστημένων εταιρειών. Τα 10.000 τ.μ. φιλοξενούν τις εγκατεστημένες επιχειρήσεις που παρουσιάζονται στην επόμενη παράγραφο, ενώ τα 3.000 τ.μ. στεγάζουν τις πολιτιστικές και υποστηρικτικές χρήσεις του Πάρκου.

ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Το ΤΠΠΛ αποτελείται από κτίρια που διακρίνονται ως προς τη χρήση τους σε:

- Γραφεία που στεγάζουν ανθρώπινο δυναμικό.
- Κτίρια που φιλοξενούν μικρές βιομηχανικές μονάδες.
- Κτίρια που λειτουργούν ως εκθεσιακοί ή μουσειακοί χώροι.
- Κτίρια που δεν λειτουργούν λόγω εργασιών ανάπλασης τους.
- Κοινόχρηστοι χώροι.

Η ηλεκτροδότηση του πάρκου συνολικά γίνεται με συμβατικά μέσα από τη ΔΕΗ. Το ηλεκτρικό ρεύμα χρησιμοποιείται για την κάλυψη τόσο των άμεσων αναγκών σε ηλεκτρισμό όσο και για τις ανάγκες κλιματισμού των περισσότερων χώρων, αφού χρησιμοποιούνται κυρίως κλιματιστικές μονάδες. Επίσης, σε ένα κτίριο χρησιμοποιείται ένας συμβατικός λέβητας για την θέρμανση και σε κάποια χρησιμοποιούνται αντλίες θερμότητας.

Η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος μετριέται κάθε μήνα από τους εγκατεστημένους μετρητές που υπάρχουν σε διάφορα σημεία του ΤΠΠΛ και αντιστοιχούν σε διάφορα κτίρια ο καθένας. Παρακάτω δίδεται ο πίνακας 1 με τα κτίρια που βρίσκονται σε λειτουργία και τους μετρητές που αντιστοιχούν σε αυτά και ο πίνακας 2 με τα κτίρια που δεν βρίσκονται σε λειτουργία ή δεν εμφανίζονται οι μετρητές τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1:ΚΤΙΡΙΑ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

| A/A | ΚΤΙΡΙΟ | ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ | ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΣ ΜΕΤΡΗΤΗΣ |
|------|-------------------------------|---|----------------------|
| 1 | Θυρωρείο | ΤΠΠΛ | A-A |
| 2 | Κτίριο Διοίκησης | ΔΗΜΟΣ ΛΑΥΡΕΩΤΙΚΗΣ: Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης | B1 |
| | | | B2 |
| 3 | Βίλλα Σεργιέρι | Zita Congress & Travel | A1 |
| | | ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΤΠΠΛ - ΕΜΠ | A2 |
| 5.1 | Πυροσβεστικός Σταθμός | Mess Media, | C1/1 |
| 5.2 | | Linosmart | C1/2 |
| 5.3 | Νέο Μεταλλικό Κτίριο 1 | Karamanos Studios | C1/3 |
| 5.4 | | Photronics | C1/4 |
| 6.1 | Ρολόι | Unitel, | C2/1,C2/1a,C2/1b |
| 6.2 | | Twin Peak | C2/2 |
| 6.3 | | Vadecan, Περίπλους, Project on Line | C2/3 |
| 6.4 | | ΚΠΕ | C2/4 |
| 7.1 | Χημείο | Photronics | C3/2 |
| | | Μουσειακός Χώρος, ΤΠΠΛ | |
| 7.2 | | Βιομηχανικό Βιοτεχνικό Εκπαιδευτικό Μουσείο | C3/1 |
| 8 | Μηχανουργείο | Μουσειακός Χώρος, ΤΠΠΛ | D3,D3a |
| | | Συνεδριακό και Εκθεσιακό Κέντρο: Zita Congress, | D2,D2a,D2hp |
| | | Café "Λαύρα" (Zita Congress) | D1,D1A,d1hp |
| 9 | Επίπλευση | Prime Laser Technology | G1,G1a,G1/1,G1hp |
| 11 | Αντιδραστήρια | Kapa Research | H3 |
| 11A | Νέο Μεταλλικό Κτίριο 2 | Lamda applied | H2/1,H2/3 |
| 11B | | Kapa Research | H2/2,H2/4 |
| 12 | Ασβεστοκάμιнос | ΤΠΠΛ | H4 |
| 13.1 | Ξυλουργείο | Pyrrogenesis, Nanophos, Amperion South East | I1/1,I1/1hp |
| 13.2 | | PyrrogenesisΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ | I1/2 |
| 14 | Αποθήκη Προ'ιόντων | BIC Αττικής | H1/1,H1/2 |
| 16 | Γραφεία Καμινείας | Ε.Μ.Π, Εργαστήριο Περιβαλλοντικού Ελέγχου | S1 |
| 22 | Προπαρασκευή Φούρνου | Martech / Προς αποκατάσταση | M3 |
| 24A | Ελασματοουργείο | ΝΕΟ ΚΤΙΡΙΟ(ΘΕΟΦΑΝΩ) | L3 |
| 30A | ΚΕΡΑΙΕΣ TWIN PEAK | | R1 |
| 39 | Νοσοκομείο | Lamda applied | L1 |
| 40 | Αποθήκη Έτοιμου προ'ιόντος | Ε.Μ.Π, Εργαστήριο Πιστοποίησης Αυτοκινήτων Ψυγείων | I1/4 |
| 40A | Προσάρτημα Αποθήκης | ΤΠΠΛ, Υψηρεσία Συντήρησης | J2 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΚΤΙΡΙΑ ΠΟΥ ΔΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΥΝ Ή ΔΕΝ ΕΜΦΑΝΙΖΕΤΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΣ ΜΕΤΡΗΤΗΣ.

| A/A | ΚΤΙΡΙΟ | ΧΡΗΣΗ |
|-------------|-----------------------------------|--|
| 4 | Φαρμακείο | Zita Congress & Travel |
| 9.1 | Επίπλευση | (Προς αποκατάσταση) ΤΠΠΛ (Zita Congress) |
| 10 | Θραυστήρες | Μουσειακός Χώρος, ΤΠΠΛ |
| 13.3 | Ξυλουργείο | ΤΠΠΛ |
| 15 | Σιδηρουργείο Φούρνου | Προς αποκατάσταση |
| 17 | Αποδυτήρια Εργ. Καμινείας | Προς αποκατάσταση |
| 18 | Απαργύρωση | Προς αποκατάσταση |
| 19 | Κάμιнос Αναγωγής | Προς αποκατάσταση |
| 20 | Ηλεκτρικός Σταθμός (ΚΕΝΕΤ) | Προς αποκατάσταση |
| 21 | Παραγωγή Γκαζιού | Προς αποκατάσταση |
| 23 | Τουβλοποιείο | Προς αποκατάσταση |
| 24 | Ελασματοουργείο | Προς αποκατάσταση |
| 25 | Φρύξη | Προς αποκατάσταση |
| 26 | Αποθήκη | Προς αποκατάσταση |
| 27 | Αποθήκη | Προς αποκατάσταση |
| 28 | Αποθήκη | Προς αποκατάσταση |
| 29 | Αποθήκη | Προς αποκατάσταση |
| 30 | Υποσταθμός | Προς αποκατάσταση |
| 31 | Αεροσυμπιεστής | Προς αποκατάσταση |
| 32 | Σακκόφιλτρα-Bag House | Προς αποκατάσταση |
| 33 | Γραφεία- Λουτρά | Προς αποκατάσταση |
| 34 | Παραγωγή Αρσενικού | Προς αποκατάσταση |
| 35 | Αποθήκη Αρσενικού | Προς αποκατάσταση |
| 36 | Κυπέλλωση | Προς αποκατάσταση |
| 37 | Αλλαγή διεύθ. Καπναερίων | Προς αποκατάσταση |
| 38 | Φίλτρα Καπνού (Κωνοφάγος) | Προς αποκατάσταση |
| 41 | Γραφείο Εργοδηγού | ΤΠΠΛ, Υπηρεσία Φύλαξης |

Η αρίθμηση των κτιρίων είναι σύμφωνη με την αρίθμηση που δίδεται από το ΤΠΠΛ στο δικτυακό του τόπο [11].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ΤΠΠΛ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο στάδιο αυτό των υπολογισμών όλα τα κτίρια που βρίσκονται σε λειτουργία αντιμετωπίζονται ως ενιαίο σύνολο χωρίς να λαμβάνονται υπ' όψη τα χαρακτηριστικά χρήσης κάθε χώρου. Αυτό γίνεται για να αποκτήσουμε μια γενική άποψη για την τάξη μεγέθους της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος την οποία και θα επιχειρήσουμε να καλύψουμε με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συγκεκριμένα με φωτοβολταϊκά.

1.2 ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ-ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Στον χώρο του ΤΠΠΛ είναι εγκατεστημένοι διάφοροι μετρητές ρεύματος για την καταγραφή της ηλεκτρικής κατανάλωσης. Η χρήση των ηλεκτρικών συσκευών στο σύνολο των κτιρίων φαίνεται από τις κιλοβατώρες που καταναλώνονται συνολικά αλλά και ανά κτίριο σύμφωνα με τις διαθέσιμες πληροφορίες.

Επιπλέον για το κτίριο των κεντρικών γραφείων όπου έχουμε αντλίες θερμότητας για κλιματισμό έχουν εγκατασταθεί 4 μετρητές ρεύματος. Οι μετρήσεις από αυτούς τους μετρητές είναι οι μόνες που αναφέρονται στη χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος για θερμικές ανάγκες ενώ για την υπόλοιπη κατανάλωση δε γίνεται διάκριση στις διάφορες ηλεκτρικές χρήσεις και έτσι δεν παρέχεται η αντίστοιχη πολύτιμη πληροφορία. Οι μετρητές αυτοί αναφέρονται ως HP (Heat Pumps) και οι μετρήσεις τους καταγράφονται στην πρώτη στήλη του πίνακα 1.2 που ακολουθεί.

Στη δεύτερη στήλη του πίνακα αναγράφονται οι μετρήσεις από όλους τους υπόλοιπους μετρητές που δεν κατηγοριοποιούνται σε σχέση με τη χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος που καταγράφουν.

Στην επόμενη στήλη προστίθενται οι τιμές των δυο προηγούμενων για να προκύψει η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος ανεξάρτητα με τη χρήση που αυτό τελικά έχει.

Η τελευταία στήλη αποτελεί μια εκτίμηση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος για κλιματισμό και έχει προκύψει με την εξής παραδοχή εργασίας:

Η χαμηλότερη τιμή ηλεκτρικής κατανάλωσης είναι αυτή του Μαΐου. Έτσι υποθέτουμε ότι κατά τον μήνα αυτό δεν έχουμε χρήση συσκευών κλιματισμού άρα η κατανάλωση αφορά αμιγώς ηλεκτρικές ανάγκες φωτισμού και τροφοδοσίας ηλεκτρικών συσκευών. Ακολουθώντας αυτή τη λογική μπορούμε από τις συνολικές μετρήσεις να αφαιρέσουμε αυτή την τιμή και να προκύψει η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος που συνδέεται με τη χρήση κλιματιστικών συσκευών για τον κλιματισμό του χώρου.

| | ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ HP(kwh) | ΥΠΟΛΟΙΠΟΙ ΜΕΤΡΗΤΕΣ(kwh) | ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ(kwh) | ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ (kwh) |
|--------------------|------------------------------|------------------------------------|---|--|
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ | 2760 | 97180,4 | 99940,4 | 42278 |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ | 4897 | 89186,2 | 94083,2 | 36420,8 |
| ΜΑΡΤΙΟΣ | 3604 | 64492,5 | 68096,5 | 10434,1 |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ | 2549 | 70698,6 | 73247,6 | 15585,2 |
| ΜΑΙΟΣ | 2206,7 | 57662,4 | 59869,1 | 2206,7 |
| ΙΟΥΝΙΟΣ | 4119 | 65315,9 | 69434,9 | 11772,5 |
| ΙΟΥΛΙΟΣ | 5202 | 85975 | 91177 | 33514,6 |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ | 4654 | 77717 | 82371 | 24708,6 |
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ | 1798 | 64691 | 66489 | 8826,6 |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ | 887 | 64921 | 65808 | 8145,6 |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ | 645,3 | 69216,2 | 69861,5 | 12199,1 |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ | 274 | 72309 | 72583 | 14920,6 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 33596 | 879365,2 | 912961,2 | 221012,4 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2 : ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΩΝ ΜΕΤΡΗΤΩΝ.

1.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ-ΣΚΟΠΟΣ

Η καταγραφή των μετρήσεων αποτυπώνει τις ανάγκες σε ηλεκτρικό ρεύμα του ΤΠΠΛ. Όπως γίνεται φανερό η κατανάλωση ρεύματος για ανάγκες κλιματισμού εκτιμάται με βάση όλες τις παραπάνω παραδοχές να είναι περίπου στο 25% της συνολικής κατανάλωσης ρεύματος.

Για την κάλυψη των αναγκών του ΤΠΠΛ σε ηλεκτρικό ρεύμα θα μελετηθεί η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στοιχείων. Η περίπτωση που θα εξεταστεί θα έχει σαν κριτήριο την κάλυψη αυτών των αναγκών. Ο στόχος αυτός, αφορά το ετήσιο ισοζύγιο παραγόμενης – καταναλισκόμενης ενέργειας, αφού η ύπαρξη διασύνδεσης με τη ΔΕΗ κάνει την περίπτωση πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο πολύ πιο ελκυστική. Σκοπός είναι να αναδειχθεί ο μεγάλος χώρος που διατίθεται στο ΤΠΠΛ για τέτοιου είδους εκμετάλλευση και κατ' επέκταση να μελετηθεί τεχνοοικονομικά η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών από ιδιώτη στο χώρο αυτό και το αντισταθμιστικό όφελος που θα μπορούσε να αποφέρει αυτή στο ΤΠΠΛ.

1.4 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Στην περίπτωση του ΤΠΠΛ για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων το κριτήριο είναι η κάλυψη της ανάγκης του πάρκου σε ηλεκτρική ενέργεια. Όπως έχει αναφερθεί η μελέτη γίνεται για διασυνδεδεμένο με τη ΔΕΗ σύστημα. Στην περίπτωση του διασυνδεδεμένου συστήματος ο κύριος εξοπλισμός που συνθέτει την συνολική εγκατάσταση αποτελείται από τα:

- Φωτοβολταϊκό σύστημα
- Πίνακας ελέγχου
- Μετρητές ΔΕΗ
- Αντιστροφείς.

Το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται στην απλή του μορφή από σταθερά εγκατεστημένους συλλέκτες (πλαίσια) ή διαφορετικά από συλλέκτες που φέρουν ένα σύστημα έδρασης με δυνατότητα προσανατολισμού κατά έναν ή και δύο άξονες με σκοπό την μεγαλύτερη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας καθόλη τη διάρκεια της μέρας (tracking PV systems).

Οι σταθερά εγκατεστημένοι συλλέκτες έχουν προσανατολισμό ίδιο με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής για μέγιστη παραγωγή ενέργειας συνολικά σε όλο το έτος.

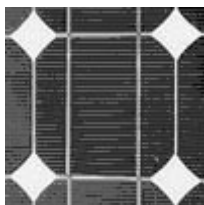
Οι συλλέκτες με δυνατότητα προσανατολισμού εκμεταλλευόμενοι αυτή τη δυνατότητα παράγουν περισσότερη ενέργεια κατά 25%-30% από τους σταθερούς (ΜΟΥΡΙΚΗΣ,2008). Το κόστος τους βέβαια αυξάνεται με την προσθήκη της ειδικής βάσης αλλά αντισταθμίζεται από τη αυξημένη παραγωγή που προσφέρουν.

1.4.1 ΕΙΔΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι ένα σύνολο από φωτοβολταϊκά στοιχεία ή αλλιώς φωτοβολταϊκές κυψέλες. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που είναι περισσότερο διαδεδομένα είναι τα παρακάτω:

- Μονοκρυσταλλικά

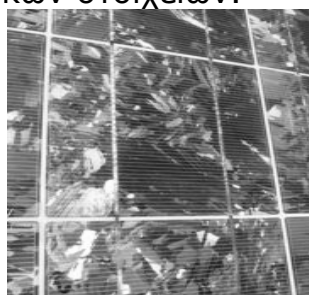
Τα στοιχεία αυτής της τεχνολογίας αποτελούνται από ένα λεπτό στρώμα καθαρού κρυσταλλικού πυριτίου με πάχος από 200 ως 400 μm. Πάνω από αυτό το στρώμα τοποθετείται μεταλλικό πλέγμα το οποίο λειτουργεί ως ηλεκτρική επαφή και με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η λειτουργία του ως ηλιακό στοιχείο. Τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου που κατασκευάζονται από καθαρούς κρυστάλλους είναι κυλινδρικής μορφής αλλά συχνά κόβονται τετράγωνα για να είναι εύκολη η τοποθέτησή τους στις φωτοβολταϊκές μονάδες. Η απόδοσή τους είναι η υψηλότερη και φτάνει τις τιμές από 13% έως 16%. Έχουν το υψηλότερο κόστος από τις άλλες τεχνολογίες.



ΣΧΗΜΑ 1.4.1.1 : ΚΥΨΕΛΗ ΜΟΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ[19]

- Πολυκρυσταλλικά

Η κατασκευή αυτών των στοιχείων προκύπτει από μεγάλες ορθογώνιες ράβδους καθαρού πυριτίου που βρίσκονται μέσα σε ειδικούς κλιβάνους στους οποίους μέσα ψύχεται αργά τήγμα πυριτίου για τη δημιουργία μεγάλων κρυστάλλων. Τα στοιχεία αυτά είναι εξαρχής τετράγωνης μορφής αφού κόβονται από τις ορθογώνιες ράβδους. Το μέγεθός τους είναι λίγο μεγαλύτερο από αυτό των μονοκρυσταλλικών στοιχείων.



ΣΧΗΜΑ 1.4.1.2: ΚΥΨΕΛΗ ΠΟΛΥΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ[19]

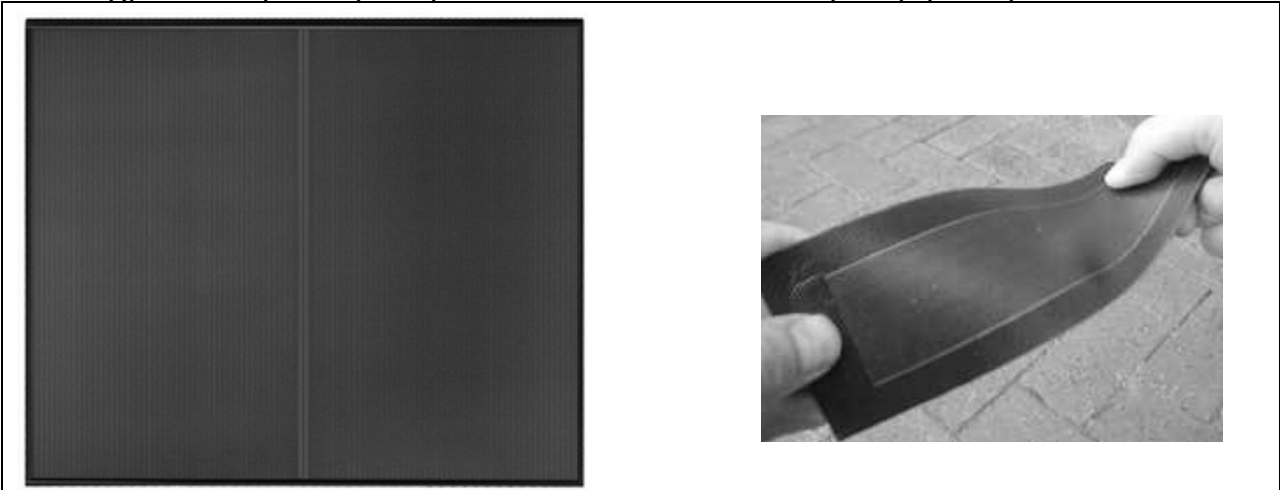
- Λεπτής μεμβράνης.

Τα στοιχεία που κατασκευάζονται με αυτό τον τρόπο έχουν πάχος μερικών μόνο μικρών. Έτσι περιορίζεται πολύ το κόστος τους. Η απόδοσή τους δεν είναι μεγαλύτερη από τα στοιχεία καθαρού κρυστάλλου αλλά επιδέχονται βελτιώσεων και αναμένεται να αναπτυχθούν τα επόμενα χρόνια. Τα πιο γνωστά υλικά που αποτελούν τις κυψέλες αυτές είναι:

- Άμορφο πυρίτιο (a-Si).
- Copper Indium Diselenide (CIGS).
- Cadmium Telluride (CdTe).

- Άμορφο πυρίτιο.

Ο προσδιορισμός άμορφο ξεκαθαρίζει ότι η συμμετρία του κρυστάλλου παύει να υφίσταται για αποστάσεις λίγο μεγαλύτερες από τις ατομικές και ταυτόχρονα οι γωνίες δεσμών του δεν είναι πια συγκεκριμένες.



ΣΧΗΜΑ 1.4.1.3: ΚΥΨΕΛΕΣ ΑΜΟΡΦΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ[19]

- Copper Indium Gallium Diselenide (CIGS) και Cadmium Telluride (CdTe).

Η τεχνολογίες αυτές είναι σε εξέλιξη και τα τελευταία χρόνια περνούν από τις πειραματικές δοκιμές σε εμπορική παραγωγή και εκμετάλλευση. Σε θεωρητικό βαθμό έχουν φτάσει σε αρκετά υψηλούς βαθμούς απόδοσης συγκρίσιμους με τα πολυκρυσταλλικά και μονοκρυσταλλικά στοιχεία. Οι δυο αυτές τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης έχουν κοινά στοιχεία και κοινή κατασκευαστική δομή: αποτελούνται από υπόστρωμα, ηλεκτρόδιο βάσεων, απορροφητή, στρώμα συνδέσεων, κορυφαίο ηλεκτρόδιο, διαμορφωμένα βήματα για την μονολιθική ενσωμάτωση και ενθυλάκωση.

1.4.1.1 ΣΤΑΘΕΡΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ

Όλα τα είδη των συλλεκτών που παρουσιάστηκαν παραπάνω εμφανίζονται στους σταθερούς συλλέκτες. Οι σταθεροί συλλέκτες εγκαθίστανται σε περιοχές όπου υπάρχει ο κατάλληλος χώρος και η απουσία φυσικών ή μη εμποδίων στην ηλιακή ακτινοβολία. Η κλίση που θα εγκατασταθούν ορίζεται από το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της περιοχής και την αναμενόμενη χρήση του συλλέκτη.

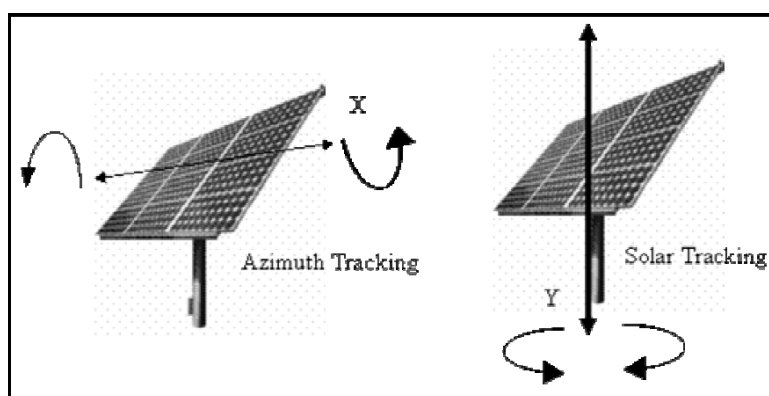
1.4.1.2 ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ

Για τους φωτοβολταϊκούς συλλέκτες με περιστρεφόμενη βάση προσανατολισμού έχουμε τα παρακάτω στοιχεία.

Οι περιστρεφόμενοι συλλέκτες (tracking PV modules) μπορούν να περιστραφούν κατά δύο άξονες:

A) περιστροφή κατά τη γωνία αζιμουθίου: Σκοπός είναι η ρύθμιση της κλίσης της επιφάνειας του φωτοβολταϊκού κατά την αλλαγή των εποχών και άρα της θέσης και του ύψους του ήλιου ως προς τη γη (άξονας X).

B) περιστροφή κατά την ωριαία γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας: σκοπός είναι η παρακολούθηση της θέσης του ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας με αποτέλεσμα τη μέγιστη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας και επομένως την μέγιστη παραγωγή ενέργειας (άξονας Y).



ΣΧΗΜΑ 1.4.2.1: ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ

Η τεχνολογία της περιστροφής έχει ως αποτέλεσμα αύξηση στην παραγόμενη ενέργεια κατά περίπου 28% από την ενέργεια που θα παρήγαγε ένα σταθερό πλαίσιο της ίδιας τεχνολογίας. Εκτός όμως από την αύξηση στην παραγωγή ενέργειας έχουμε ταυτόχρονη αύξηση του κόστους της τάξης του 12%-15% (ΜΟΥΡΙΚΗΣ, 2008). Είναι φανερό μετά από αυτούς τους συσχετισμούς μεταξύ των σταθερών και περιστρεφόμενων πλαισίων, ότι υπάρχει σοβαρό κίνητρο για την εγκατάσταση των δεύτερων γιατί τελικά η αύξηση στο κόστος καλύπτεται από την αύξηση της παραγόμενης ενέργειας και ουσιαστικά τα

έσοδα από την πώληση της. Θα πρέπει όμως να αναφερθούν κάποιοι πολύ σημαντικοί περιορισμοί που αφορούν την εγκατάσταση των περιστρεφόμενων πλαισίων:

- Ο χώρος που χρειάζεται για την εγκατάστασή τους είναι αυξημένος κατά 50% από τον απαραίτητο χώρο για την εγκατάσταση των σταθερών πλαισίων.
- Υπάρχει σημαντικός περιορισμός όσον αφορά στην λειτουργία των πλαισίων λόγω των ανέμων που πνέουν σε μια περιοχή. Η τεχνολογία των περιστρεφόμενων πλαισίων είναι πολύ ευαίσθητη σε ισχυρούς ανέμους που έχουν σαν αποτέλεσμα την στροφή των πλαισίων εντελώς παράλληλα με το έδαφος για την αποφυγή βλάβης και τελικά την διακοπή την παραγωγή ενέργειας.
- Τα περιστρεφόμενα πλαίσια χρειάζονται επιπλέον ειδική θεμελίωση γιατί υψώνονται έως και 5 μέτρα πάνω από το έδαφος. Η ανάγκη σταθερότητας λοιπόν είναι αυξημένη κάτι που σημαίνει ότι το έδαφος της περιοχής πρέπει να επιτρέπει τέτοιου είδους θεμελίωση.

1.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ Φ/Β

1.5.1 ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Σύμφωνα με τις μετρήσεις που έχει καταγράψει το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών και αφορούν την περιοχή της Αθήνας, γίνεται η παραδοχή ότι αυτές οι τιμές είναι ίδιες με τις τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή του Λαυρίου. Αυτή η παραδοχή κρίνεται ότι είναι εκ του ασφαλούς, αφού γενικά οι παραθαλάσσιες περιοχές έχουν μικρότερη νέφωση από τα μεσόγεια.

Για τον υπολογισμό της ενέργειας που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά χρειαζόμαστε τις μετρήσεις αυτές όπως επίσης και τα παρακάτω μεγέθη.

- Ηλιακή απόκλιση δ .
- Ωριαία γωνία ω .
- Ενέργεια που δέχεται οριζόντια επιφάνεια εκτός ατμοσφαιρας κατά τη διάρκεια μιας ώρας I_0 .
- Συντελεστής αιθριότητας K_T .
- Βαθμός απόδοσης φωτοβολταϊκού η_p .
- Βέλτιστη κλίση συλλέκτη β_m .
- Διορθωτικός συντελεστής C_f .

1.5.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

- Ηλιακή απόκλιση δ .

Δίνεται από τον τύπο:

$$\delta = 23.45 \cdot \sin\left(\frac{360 \cdot (284 + n)}{365}\right)$$

Όπου n είναι ο αύξων αριθμός της ημέρας του έτους.

- Ωριαία γωνία ω .

Δίνεται από τον τύπο:

$$\omega = 0.25 \cdot (\text{min_από_το_ηλιακό_μεσημέρι})$$

Κατά σύμβαση λαμβάνεται $\omega > 0$ για ώρες μετά το ηλιακό μεσημέρι(μ.μ.) και $\omega < 0$ για ώρες πριν το ηλιακό μεσημέρι (π.μ.).

- Ενέργεια που δέχεται οριζόντια επιφάνεια εκτός ατμοσφαιρας κατά τη διάρκεια μιας ώρας I_0 .

Δίνεται από τον τύπο:

$$I_0 = \frac{12 \cdot 3600}{\pi} \cdot G_{sc} \cdot \left(1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot n}{365}\right)\right) \cdot \left[\cos \phi \cdot \cos \delta \cdot (\sin \omega_1 - \sin \omega_2) + \frac{2 \cdot \pi \cdot (\omega_2 - \omega_1)}{360} \cdot \sin \phi \cdot \sin \delta\right]$$

Όπου

Gsc ηλιακή σταθερά με τιμή 1353 W/m²

Φ: το γεωγραφικό πλάτος του τόπου

ω₁, ω₂ είναι στιγμές που καθορίζουν μια χρονική διάρκεια.

- Συντελεστής αιθριότητας K_τ:

Δίνεται από τον τύπο:

$$K_{\tau} = \frac{I}{I_0}$$

- Βαθμός απόδοσης φωτοβολταϊκού στοιχείου η_p:

Υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\eta_p = \eta_r [1 - \beta_p (T_c - T_r)]$$

Τα μεγέθη η_r και β_p είναι ο συντελεστής θερμοκρασίας για την απόδοση της Φ/Β κυψέλης και ο βαθμός απόδοσης της Φ/Β κυψέλης στη θερμοκρασία αναφοράς T_r (25 °C) αντίστοιχα που δίνονται από τον κατασκευαστή. Η θερμοκρασία T_c είναι μια θερμοκρασία που συνδέεται με την μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος την οποία έχουμε από τις μετρήσεις και προκύπτει από την παρακάτω σχέση του Evans:

$$T_c - T_a = (219 + 832\bar{k}_r) \frac{NOCT - 20}{800}$$

Όπου: NOCT (Normal Operation Cell Temperature) είναι η κανονική θερμοκρασία λειτουργίας του στοιχείου και δίνεται από τον κατασκευαστή.

Σε περίπτωση που η κλίση του συλλέκτη δεν είναι βέλτιστη πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω σχέσεις:

$$\beta_m = |\varphi - \delta|$$

$$T_c - T_a = C_f (219 + 832\bar{k}_r) \frac{NOCT - 20}{800}$$

Όπου C_f είναι διορθωτικός συντελεστής που υπολογίζεται ως εξής:

$$C_f = 1 - 1.17 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta_m - \beta)^2$$

όπου β είναι η τρέχουσα κλίση του συλλέκτη που στη περίπτωση μας είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος για παραγωγή της μέγιστης ενέργειας καθ'όλη τη διάρκεια του έτους.

Έχοντας στη διάθεσή μας τις μετρήσεις του Αστεροσκοπείου για την ενέργεια που λαμβάνει μια οριζόντια επιφάνεια από την ηλιακή ακτινοβολία και τις μετρήσεις για την μέση ωριαία θερμοκρασία για κάθε ώρα και ημέρα του ενδεικτικού έτους μπορούμε να υπολογίσουμε τα εξής:

Η ωριαία παραγόμενη ενέργεια ανά εγκατεστημένη επιφάνεια δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{E_p}{S} = \eta_p \cdot I$$

Η ενέργεια που τελικά λαμβάνουμε από ένα Φωτοβολταϊκό στοιχείο αν λάβουμε υπόψη τις διάφορες απώλειες λ_p της τάξεως του 10%, είναι:

$$\frac{E_A}{S} = \frac{E_p}{S} \cdot (1 - \lambda_p)$$

Η λαμβανόμενη ενέργεια από το φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι υπολογισμένη σε Mj/m^2 . Στον πίνακα 1.5.2 στα χαρακτηριστικά που καταγράφονται από τους κατασκευαστές των διαφόρων ειδών φωτοβολταϊκών στοιχείων υπάρχει και μια ενδεικτική τιμή της επιφάνειας που χρειάζεται για κάθε εγκατεστημένο kWp. Πολλαπλασιάζοντας την τιμή αυτή με την ενέργεια που υπολογίστηκε τελικά καταλήγουμε στο ποσό της παραγόμενης ενέργειας από το Φ/Β στοιχείο (kWh) ανά εγκατεστημένο kWp.

| ΤΥΠΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ Φ/Β | $\eta_r(\%)$ | NOCT(οC) | $B_p(\%/^{\circ}C)$ | m^2/kWp |
|------------------------|--------------|----------|---------------------|-----------|
| Mono-Si | 13 | 45 | 0,4 | 7,5 |
| Poly-Si | 11 | 45 | 0,4 | 9 |
| a-Si | 5 | 50 | 0,11 | 15 |
| CdTe | 7 | 46 | 0,24 | 15 |
| CIGS | 7,5 | 47 | 0,46 | 15 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.5.2: ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ[19]

Επειδή οι μετρήσεις του Αστεροσκοπείου αφορούν στην κάθε ώρα κάθε ημέρας ενός ενδεικτικού έτους μετά τον υπολογισμό όλων των μεγεθών που αναφέρθηκαν έγινε η απαιτούμενη άθροιση ανά μήνα. Έτσι προκύπτει αντίστοιχα η μηνιαία παραγόμενη ενέργεια από το Φ/Β ανά εγκατεστημένο kWp (kWh/kWp).

Αρχικά υπολογίζεται για κάθε τύπο Φ/Β η παραγόμενη ενέργεια ανά εγκατεστημένο kWp.

Όλες αυτές οι τεχνολογίες των Φ/Β που παρουσιάστηκαν ως τώρα αναφέρονται σε μονάδες που είναι εγκατεστημένες σε σταθερούς άξονες χωρίς τη δυνατότητα καμίας περιστροφής. Αν θελήσουμε να υπολογίσουμε την παραγωγή ενέργειας από συστήματα με στρεφόμενο άξονα καταλήγουμε στα εξής:

Η παραγωγή ενέργειας προκύπτει μεγαλύτερη κατά μέσο όρο κατά 28% λόγω της δυνατότητας των στοιχείων αυτών να απορροφούν μεγαλύτερη ηλιακή ακτινοβολία και για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

1.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μετά τον υπολογισμό των μεγεθών καταλήγουμε για κάθε τύπο φωτοβολταϊκού στην παραγωγή ενέργειας ανά εγκατεστημένο kw. Από τους υπολογισμούς που έγιναν καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

- Κατά την χρήση σταθερών πλαισίων μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας με λιγότερα εγκατεστημένα κιλοβάτ παρουσιάζουν τα φωτοβολταϊκά τεχνολογίας CIS. Το συμπέρασμα αυτό ήταν αναμενόμενο αν λάβει κανείς υπόψη την τάση που υπάρχει στην Ελλάδα για χρήση φωτοβολταϊκών στοιχείων τέτοιας τεχνολογίας λόγω της καλής απόδοσης τους στον ελληνικό χώρο.
- Κατά την χρήση περιστρεφόμενων πλαισίων μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας με λιγότερα εγκατεστημένα κιλοβάτ παρουσιάζουν τα φωτοβολταϊκά με τεχνολογία Cdte. Όμως είναι διαδεδομένο στα περιστρεφόμενα πλαίσια να χρησιμοποιούνται πολυκρυσταλλικά στοιχεία. Η επιλογή αυτή γίνεται γιατί τα πλαίσια που περιστρέφονται χρειάζονται οπωσδήποτε περισσότερο χώρο για να εγκατασταθούν και αν συνδυαστούν με πλαίσια άμορφου πυριτίου ο απαραίτητος χώρος θα αυξηθεί ακόμα περισσότερο. Έτσι προτιμώνται τα πολυκρυσταλλικά πλαίσια λόγω της καλύτερης απόδοσης τους από τα μονοκρυσταλλικά.

1.7 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Οι μετρήσεις που έχουμε από το Αστεροσκοπείο Αθηνών είναι αποτέλεσμα στατιστικής επεξεργασίας μετρήσεων πολλών ετών όπως έχει ήδη αναφερθεί. Στα πλαίσια της αξιοπιστίας των μετρήσεων αυτών κρίνεται απαραίτητη η σύγκρισή τους με τις μετρήσεις που δίνει ένα εργαλείο που διατίθεται στο διαδίκτυο με το όνομα PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System).

Το PVGIS είναι ένα εργαλείο ανεπτυγμένο σε περιβάλλον GIS, που παρέχει πληροφορίες σχετικά με την ηλιακή ακτινοβολία, και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα. Έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του προγράμματος SOLAREC της Ευρωπαϊκής Ένωσης (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>).

Στο εργαλείο αυτό εμπεριέχεται μια μεγάλη βάση δεδομένων που αποτελείται από:

- Γεωγραφικά δεδομένα όπως διαμόρφωση του εδάφους, κλίση, προσανατολισμός, όρια και σύνορα κρατών, πόλεων και λοιπά.
- Μια σειρά κλιματικών δεδομένων που αποτελείται από:
 - Ημερήσιο σύνολο της άμεσης ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο (Wh/m^2)
 - Ατμοσφαιρική τύρβη
 - Λόγος της διάχυτης προς την άμεση ακτινοβολία
 - Βέλτιστη γωνία κλίσης των Φ/Β για την μέγιστη παραγωγή ενέργειας.

Στη δικτυακή εφαρμογή με εισαγωγή του γεωγραφικού μήκους και πλάτους της περιοχής που μας ενδιαφέρει μπορούμε να πάρουμε τα εξής αποτελέσματα:

1. Ηλιακή ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου (solar irradiation data) σε μηνιαίο και ετήσιο επίπεδο.
2. Χρησιμοποιώντας την επιλογή της ηλιακής ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου με κλίση οριζόμενη από τον χρήστη (solar irradiance data) μπορεί κανείς να δει την ακτινοβολία εκτός και εντός ατμοσφαιράς για έναν συγκεκριμένο μήνα. Εδώ το πρόγραμμα χρησιμοποιεί τα κλιματολογικά δεδομένα από την βάση του και λαμβάνει υπόψη τη πιθανή νέφωση λόγω διαμόρφωσης του εδάφους στη συγκεκριμένη περιοχή.
3. Με την επιλογή του εργαλείου ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο (solar electricity) υπολογίζεται η παραγωγή ενέργειας από την εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος ονομαστικής ισχύος που καθορίζεται από τον χρήστη όπως επίσης η γωνία εγκατάστασης του και ο βαθμός απόδοσης του. Μπορεί επίσης να υπολογιστεί με βάση τη θέση της εγκατάστασης ποιά είναι θεωρητικά η βέλτιστη κλίση του Φ/Β. Αυτό υπολογίζεται από το εργαλείο με χρήση των κλιματολογικών δεδομένων και των δεδομένων του εδάφους που ίσως προκαλούν νέφωση.

4. Με την επιλογή Φ/Β ανά περιοχή (pn by regions) μπορεί κανείς να δει τα δεδομένα της ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας και αναμενόμενης παραγόμενης ενέργειας από Φ/Β σε κάθε περιοχή της Ευρώπης. Τα δεδομένα έχουν προσαρμοστεί και για τις περιοχές που δεν υπάρχουν μετρήσεις. Το πρόγραμμα απεικονίζει μέγιστη, ελάχιστη και μέση τιμή για την ηλιακή ακτινοβολία και την παραγόμενη ενέργεια από τα Φ/Β. Οι τιμές αυτές έχουν υπολογιστεί για οριζόντια επιφάνεια και για επιφάνειες με κατεύθυνση το νότο σε κάθετη αλλά και βέλτιστη κλίση. Η βέλτιστη κλίση ορίζεται από το πρόγραμμα ως η κλίση κατά την οποία η επιφάνεια θα λάβει την μεγαλύτερη ακτινοβολία κατά τη διάρκεια ενός έτους.

Η χρήση του εργαλείου αυτού γίνεται για σύγκριση των αποτελεσμάτων της παραγόμενης ενέργειας από Φ/Β. Χρησιμοποιώντας το γεωγραφικό πλάτος και μήκος του Λαυρίου λαμβάνουμε τα εξής αποτελέσματα:

1. Για Φ/Β τεχνολογίας άμορφου πυριτίου με βαθμό απόδοσης 85% σταθερού άξονα:

| ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ Φ/Β ΟΝΟΜ.ΙΣΧΥΟΣ 1KW ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΑΞΟΝΑ-ΑΜΟΡΦΟ ΠΥΡΙΤΙΟ | | |
|--|--|--|
| | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ PVGIS(kWh/kWp) | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ(kWh/kWp) |
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ | 77,00 | 57,19 |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ | 78,00 | 80,32 |
| ΜΑΡΤΙΟΣ | 110,00 | 109,34 |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ | 127,00 | 144,98 |
| ΜΑΙΟΣ | 139,00 | 172,31 |
| ΙΟΥΝΙΟΣ | 145,00 | 194,14 |
| ΙΟΥΛΙΟΣ | 151,00 | 192,14 |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ | 149,00 | 179,95 |
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ | 138,00 | 137,43 |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ | 110,00 | 97,27 |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ | 74,00 | 66,09 |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ | 67,00 | 53,81 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 1365,00 | 1484,97 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.7.1:ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟΥ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ PVGIS ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΑ ΠΛΑΙΣΙΑ.[17]

Η διαφορά των τιμών που υπολογίζονται από το εργαλείο στο διαδίκτυο και από τις μετρήσεις του Αστεροσκοπείου Αθηνών είναι της τάξης του 8-9%. Το ποσοστό αυτό θεωρείται μικρό κι έτσι θεωρείται αξιόπιστος ο υπολογισμός της παραγόμενης ενέργειας με χρήση των μετρήσεων του Αστεροσκοπείου.

2. Για Φ/Β τεχνολογίας πολυκρυσταλλικού πυριτίου με βαθμό απόδοσης 85% περιστρεφόμενου άξονα:

| ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ Φ/Β ΟΝΟΜ.ΙΣΧΥΟΣ 1KW ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟΣ ΑΞΟΝΑΣ-ΠΟΛΥΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΠΥΡΙΤΙΟ | | |
|---|--|--|
| | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ PVGIS(kWh/kWp) | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ(kWh/kWp) |
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ | 96,00 | 65,25 |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ | 95,00 | 91,97 |
| ΜΑΡΤΙΟΣ | 138,00 | 125,18 |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ | 167,00 | 166,74 |
| ΜΑΙΟΣ | 190,00 | 198,91 |
| ΙΟΥΝΙΟΣ | 207,00 | 224,93 |
| ΙΟΥΛΙΟΣ | 211,00 | 222,92 |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ | 195,00 | 209,03 |
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ | 173,00 | 159,36 |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ | 133,00 | 112,01 |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ | 90,00 | 75,79 |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ | 83,00 | 61,37 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 1778,00 | 1713,46 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.7.2:ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟΥ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ PVGIS ΓΙΑ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΑ ΠΛΑΙΣΙΑ.[17]

Εδώ βλέπουμε ότι η διαφορά είναι ακόμα πιο μικρή, περίπου 3-4% στην ετήσια παραγόμενη ενέργεια. Το συμπέρασμα από τους δύο πίνακες που παρουσιάστηκαν είναι ότι ο υπολογισμός που έχει προηγηθεί με βάση τις εξισώσεις μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια είναι αξιόπιστος και τα αποτελέσματά του είναι άμεσα συγκρίσιμα με το εργαλείο που διατίθεται στο διαδίκτυο.

1.8 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ Φ/Β ΣΤΟ ΤΠΠΛ

Στην περιοχή του ΤΠΠΛ υπάρχει μια διαθέσιμη έκταση υπολογισμένη περίπου στα 25 στρέμματα. Από αυτά περίπου 20 στρέμματα διαθέτουν κατάλληλο προσανατολισμό.

Ο απαραίτητος χώρος για την εγκατάσταση πλαισίων μονοκρυσταλλικού ή πολυκρυσταλλικού πυριτίου προκύπτει από τη βιβλιογραφία και είναι περίπου $25 \text{ m}^2/\text{kWp}$ συμπεριλαμβανομένου του χώρου που καλύπτουν οι απαιτούμενες αποστάσεις για την αποφυγή σκίασης (ΜΟΥΡΙΚΗΣ, 2008).

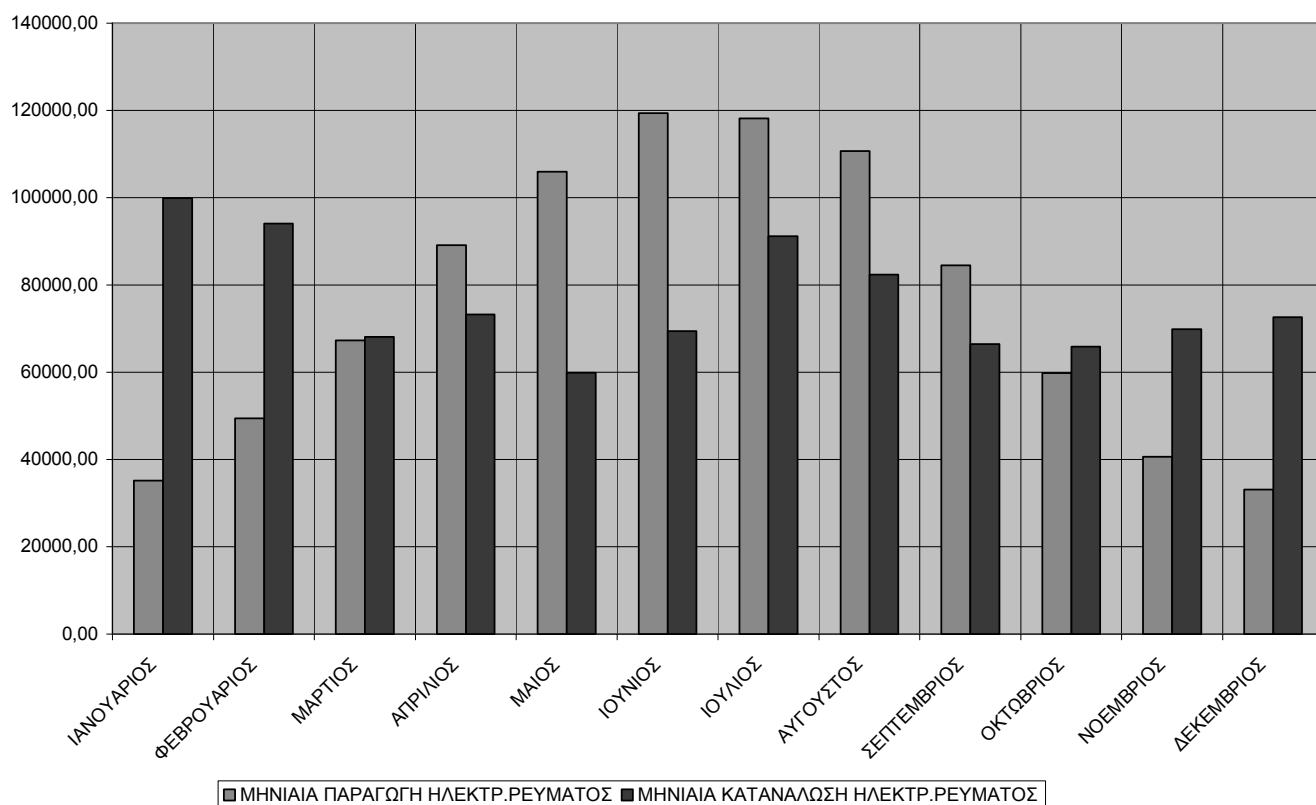
1.8.1 ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟΣ ΧΩΡΟΣ ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

Στην περίπτωση των πλαισίων που κατασκευάζονται από άμορφο πυρίτιο ο χώρος αυτός πρέπει να αυξηθεί κατά ένα ποσοστό της τάξης του 30% (ΜΟΥΡΙΚΗΣ, 2008). Ο λόγος της αύξησης αυτής είναι η μικρότερη απόδοση των συλλεκτών αυτών και κατ' επέκταση η ανάγκη για μεγαλύτερο αριθμό φωτοβολταϊκών στοιχείων. Έτσι καταλήγουμε ότι για την χρήση αυτών των πλαισίων πρέπει να υπολογίσουμε ότι χρειαζόμαστε περίπου $32,5 \text{ m}^2/\text{kWp}$. Αυτό σημαίνει ότι στην διαθέσιμη έκταση υπολογίζεται ότι χωρούν να εγκατασταθούν περίπου 615 kWp σταθερών πλαισίων με συλλέκτες άμορφου πυριτίου. Από τους υπολογισμούς που έχουν προηγηθεί η εγκατάσταση αυτού του μεγέθους είναι ικανοποιητική γιατί καλύπτεται έτσι το ετήσιο ισοζύγιο ηλεκτρικής κατανάλωσης. Στον πίνακα 1.8.1.1 φαίνεται η παραγόμενη ενέργεια των φωτοβολταϊκών αυτής της τεχνολογίας και τα αποτελέσματα του υπολογισμού για τις παραγόμενες kWh μετά την εγκατάσταση των πλαισίων.

| CIGS | Mjh/m2 | kwh/m2 | kwh/kwp | ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΕΣ kwh ΜΕ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 615 kwp |
|--------------------|---------------|---------------|----------------|---|
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ | 13,73 | 3,81 | 57,19 | 35171,15 |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ | 19,28 | 5,35 | 80,32 | 49396,62 |
| ΜΑΡΤΙΟΣ | 26,24 | 7,29 | 109,34 | 67243,96 |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ | 34,80 | 9,67 | 144,98 | 89163,74 |
| ΜΑΙΟΣ | 41,35 | 11,49 | 172,31 | 105970,08 |
| ΙΟΥΝΙΟΣ | 46,59 | 12,94 | 194,14 | 119397,20 |
| ΙΟΥΛΙΟΣ | 46,11 | 12,81 | 192,14 | 118168,90 |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ | 43,19 | 12,00 | 179,95 | 110670,43 |
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ | 32,98 | 9,16 | 137,43 | 84520,04 |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ | 23,34 | 6,48 | 97,27 | 59818,17 |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ | 15,86 | 4,41 | 66,09 | 40643,29 |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ | 12,91 | 3,59 | 53,81 | 33090,24 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 356,39 | 99,00 | 1484,97 | 913253,83 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.8.1.1: ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΑΜΟΡΦΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ.

Παρουσιάζεται ακόμα και σε μηνιαίο ιστόγραμμα η κάλυψη των αναγκών του ΤΠΠΛ σε ηλεκτρισμό από την εγκατάσταση αυτών των πλαίσιων στην εικόνα 1.8.1.1.



ΣΧΗΜΑ 1.8.1.1: ΜΗΝΙΑΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

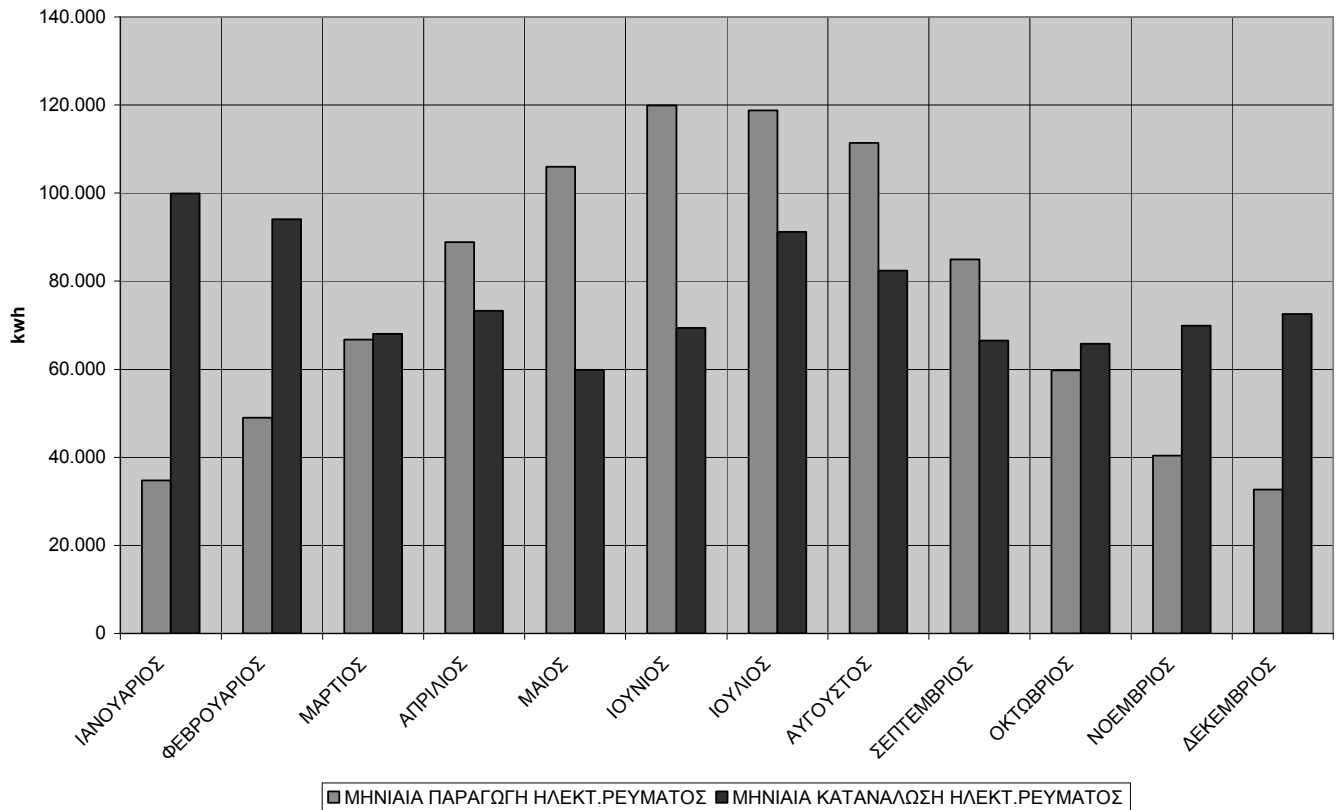
1.8.2 ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟΣ ΧΩΡΟΣ ΓΙΑ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

Στην περίπτωση των περιστρεφόμενων πλαισίων ο αρχικός χώρος αυξάνεται κατά 50% (ΜΟΥΡΙΚΗΣ, 2008). Το γεγονός αυτό είναι συνέπεια της περιστροφής των πλαισίων γιατί λόγω αυτής χρειάζεται μεγαλύτερη απόσταση ανάμεσα στα πλαίσια για την αποφυγή της σκίασης. Έτσι οι αντίστοιχες τιμές είναι τώρα 37,5m²/kWp και στον διαθέσιμο χώρο θα χωρέσουν περίπου 533 kWp. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς αυτό το μέγεθος καλύπτει το ετήσιο ισοζύγιο αν επιλεχθούν πολυκρυσταλλικά στοιχεία, κάτι που ήταν και η αρχική μας επιλογή. Στον πίνακα 1.8.2.1 που ακολουθεί παρουσιάζεται η παραγόμενη ενέργεια για τα στοιχεία αυτού του τύπου και σε σταθερά πλαίσια και σε περιστρεφόμενα, για την εύκολη σύγκριση μεταξύ τους. Στην τελευταία στήλη φαίνεται η ενέργεια που παράγεται μετά την εγκατάσταση της απαιτούμενης ονομαστικής ισχύος και η κάλυψη του ετήσιου ισοζυγίου.

| POLY-SI | Mjh/m ² | kwh/m ² | ΣΤΑΘΕΡΑ ΠΛΑΙΣΙΑ (kwh/kwp) | ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΑ ΠΛΑΙΣΙΑ (kwh/kwp) | ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΕΣ kwh ΜΕ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 533kwp |
|-------------|--------------------|--------------------|---------------------------|----------------------------------|---|
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ | 13,73 | 3,81 | 50,97 | 65,25 | 34776,07 |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ | 19,28 | 5,35 | 71,85 | 91,97 | 49021,42 |
| ΜΑΡΤΙΟΣ | 26,24 | 7,29 | 97,80 | 125,18 | 66722,97 |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ | 34,80 | 9,67 | 130,27 | 166,74 | 88873,57 |
| ΜΑΙΟΣ | 41,35 | 11,49 | 155,40 | 198,91 | 106019,55 |
| ΙΟΥΝΙΟΣ | 46,59 | 12,94 | 175,72 | 224,93 | 119885,04 |
| ΙΟΥΛΙΟΣ | 46,11 | 12,81 | 174,16 | 222,92 | 118817,33 |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ | 43,19 | 12,00 | 163,30 | 209,03 | 111412,09 |
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ | 32,98 | 9,16 | 124,50 | 159,36 | 59702,88 |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ | 23,34 | 6,48 | 87,51 | 112,01 | 40393,95 |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ | 15,86 | 4,41 | 59,21 | 75,79 | 32709,30 |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ | 12,91 | 3,59 | 47,94 | 61,37 | 913272,57 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 356,39 | 99,00 | 1338,64 | 1713,46 | 1826545,15 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.8.2.1: ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΠΟΛΥΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ.

Αντίστοιχα στην εικόνα 1.8.2.1 φαίνεται η μηνιαία κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρικό ρεύμα του ΤΠΠΛ από την εγκατάσταση των περιστρεφόμενων πλαισίων.



ΣΧΗΜΑ 1.8.2.1: ΜΗΝΙΑΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Όπως ήταν αναμενόμενο η μεγαλύτερη απόκλιση σε μηνιαίο ισοζύγιο (κάλυψη μόλις 35%) προκύπτει για το μήνα Ιανουάριο, που είναι ο δυσμενέστερος από άποψη ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ παρουσιάζει και την μεγαλύτερη κατανάλωση. Από την άλλη πλευρά η σημαντικότερη περίσσεια ενέργειας σε μηνιαίο ισοζύγιο προκύπτει για τον Ιούνιο και είναι 52000 kWh ή αντίστοιχα ποσοστό κάλυψης 170%. Οι μήνες με έλλειψη (Οκτώβριος έως Μάρτιος) βρίσκονται σε ισορροπία με τους μήνες με περίσσεια ενέργειας (Μάιος έως Οκτώβριος).

1.8.3 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.

Η επιλογή για την καλύτερη λύση ανάμεσα σε σταθερά και περιστρεφόμενα πλαίσια θα γίνει μετά τον υπολογισμό του συνολικού κόστους των δυο διαφορετικών επενδύσεων.

Η οικονομική ανάλυση για ένα τέτοιο έργο που γίνεται με τη χρήση του υπολογιστικού εργαλείου PV-FinE (ΚΑΡΑΛΗΣ, 2008). Σκοπός της αξιολόγησης αυτής είναι να αναδειχθούν τα εξής:

- Κατά πόσο μια τέτοια επένδυση θα ήταν βιώσιμη και ελκυστική για κάποιον ιδιώτη επενδυτή δεδομένου ότι παρέχεται η έκταση, η περίφραξη και η ασφάλεια του εξοπλισμού αφού εντάσσονται στον χώρο του ΤΠΠΛ.
- Κατά πόσο θα μπορούσε να αποφέρει κάποιο κέρδος στο ΤΠΠΛ η επένδυση αυτή και πόσο θα μπορούσε να είναι αυτό. Για το λόγο αυτό θα εξεταστούν πέντε διαφορετικά σενάρια αντισταθμιστικού οφέλους που αντιστοιχούν στο 1%, 2%, 3%, 4% και 5% των εσόδων από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας.
- Δεδομένων των προηγούμενων παρατηρήσεων, σκοπός είναι να διερευνηθεί κατά πόσο επηρεάζει ή όχι τα έσοδα του επενδυτή η παραχώρηση κάποιου ποσοστού τους στο ΤΠΠΛ. Το αποτέλεσμα αυτό θα γίνει κατανοητό με την μεταβολή του δείκτη IRR σε σχέση με τις διαφορετικές περιπτώσεις πιθανών εσόδων για το ΤΠΠΛ.

Η διερεύνηση θα γίνει για τις δυο περιπτώσεις που έχουν αναφερθεί ήδη: την εγκατάσταση σταθερών πλαισίων και την εγκατάσταση περιστρεφόμενων πλαισίων.

1.8.3.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Για την πρώτη περίπτωση για την εγκατάσταση 615 kWp χρειαζόμαστε 5696 φωτοβολταϊκά στοιχεία της εταιρίας KANEKA corp. Τα στοιχεία είναι τύπου T-EC120 ονομαστικής ισχύος 108 W το καθένα. Για την εγκατάστασή τους θα χρειαστούμε 178 αντιστροφείς (inverters) της εταιρίας Sunny Boy το μοντέλο Sunny Boy SB 3300. Για την αντιστοίχιση των φωτοβολταϊκών στοιχείων με τους αντιστροφείς χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα SUNNY DESIGN που παρέχεται δωρεάν στον ηλεκτρονικό τόπο της εταιρίας SMA (<http://www.sma-hellas.com/gr/home/index.html>). Παρακάτω στο σχήμα 1.8.3.1.α φαίνεται η οθόνη επιλογής του αντιστροφέα που προκύπτει έχοντας ως δεδομένα την τοποθεσία εγκατάστασης των πλαισίων, την κλίση τους που είναι ίδια με το γεωγραφικό πλάτος και την επιλογή των φωτοβολταϊκών στοιχείων.

PV-plant Inverter Result


1 2 3

Inverter Cabling

Inverter type

Category selection

Sunny Boy SB 3300



Sunny Boy SB 3300
Max. DC power: 3,82 kW
Max. AC power: 3,6 kW

System configuration

| | |
|-------------------------------|-----------------------|
| Nominal power of PV-generator | 615,88 kW |
| Area of PV-generator | 9790,0 m ² |
| Number of inverters | 178 |
| Max. DC power of inverter | 679,96 kW |
| Max. AC power of inverter | 640,80 kW |
| Grid voltage [V] | 230 |

PV/inverter check list

PV/inverter compatible

| | |
|--|----------|
| Total number of modules | 5696 |
| Nominal power ratio | 110 % ✓ |
| String power (input) | 3,46 kW |
| Power proportion (input) | 100 % |
| MPP-voltage of string at 15 °C | 256 V ✓ |
| MPP-voltage of string at 50 °C | 229 V ✓ |
| MPP-voltage of string at 70 °C | 213 V ✓ |
| min. MPP-voltage, selected grid voltage: 230 V | 200 V |
| Open-circuit voltage of string at -10 °C | 392 V ✓ |
| Max. inverter DC voltage permitted | 500 V |
| Max. current of PV-generator | 13,9 A ✓ |
| Max. DC current permitted | 16,7 A |
| Number of strings (inverter: 3 inputs) | 8 |
| Number of modules per string min=4; max=5 | 4 |

ΣΧΗΜΑ 1.8.3.1.α: ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ[18]

Το επόμενο στάδιο είναι η οικονομική αξιολόγηση του έργου αυτού και η εξαγωγή συμπερασμάτων για τα οφέλη που θα έχει αυτό για το ΤΠΠΛ.

Για την τεχνολογία των πλαισίων του άμορφου πυριτίου που έχουν επιλεγεί, το κόστος επένδυσης είναι της τάξης των 4000€/kWp (ΜΟΥΡΙΚΗΣ, 2008). Οι τιμές για τις διάφορες παραμέτρους του έργου φαίνονται στον πίνακα 1.8.3.1.α :

| ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ | | | |
|---------------------------------|---|----------------|------------|
| | Αριθμός Φ/Β πλαισίων | 5.696 | |
| | Ονομαστική Ισχύς κάθε πλαισίου (kW) | 0,11 | |
| | Ονομαστική Ισχύς Φωτοβολταϊκού συστήματος (kW) | 615,9 | |
| | Κόστος επένδυσης (€ ανά εγκατεστημένο kW) | 4.007 | |
| | | | |
| | Έτος έναρξης λειτουργίας της επένδυσης | 2008 | |
| ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ | | | |
| | | 1.000 € | (%) |
| 1 | Μελέτες και αδειοδότηση | 8 | 0,30% |
| 2 | Η/Μ εξοπλισμός | | |
| | Φωτοβολταϊκά πλαίσια | 1.800 | 72,90% |
| | Inverter | 200 | 8,10% |
| 3 | Μεταφορά | 30 | 1,20% |
| 4 | Διασύνδεση με το δίκτυο | 70 | 2,80% |
| 5 | Έργα υποδομής (πλατφόρμα από μπετόν, μεταλλική βάση, περίφραξη) | 100 | 4,10% |
| 6 | Εγκατάσταση & Δοκιμή καλής λειτουργίας | 260 | 10,50% |
| | Συνολικό κόστος επένδυσης (1000€) | 2.468 | 100,00% |

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.8.3.1.α: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Η επιδότηση για ένα τέτοιο έργο σύμφωνα με τη νομοθεσία φτάνει το 30% και μπορεί κανείς να εξασφαλίσει δάνειο ίσο με το 45% του συνολικού κόστους επένδυσης. Αυτό σημαίνει ότι το ποσοστό που αντιστοιχεί στα ίδια κεφάλαια είναι της τάξεως των 25%.

Παρατηρούμε ότι ενώ σε μια άλλη επένδυση τα έργα υποδομής που περιλαμβάνουν την περίφραξη είναι συνήθως της τάξης του 6% (ΜΟΥΡΙΚΗΣ, 2008) εδώ μειώνονται αφού ο χώρος είναι ήδη περιφραγμένος.

Στον πίνακα 1.8.3.1.β παρουσιάζονται τα αναμενόμενα έσοδα του ΤΠΠΛ κατά τα προαναφερθέντα σενάρια, ως ποσοστό των συνολικών εσόδων του ιδιώτη επενδυτή από την πώληση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στη ΔΕΗ.

| ΠΡΩΤΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ | ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ(1000€) | | | | | | | | | | | ΣΥΝΟΛΟ (1000€) |
|---------------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΤΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ(%) | | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | |
| | 1 | 3,66 | 3,66 | 3,66 | 3,66 | 3,66 | 3,66 | 3,66 | 3,66 | 3,66 | 3,66 | 36,60 |
| | 2 | 7,31 | 7,31 | 7,32 | 7,32 | 7,32 | 7,32 | 7,32 | 7,32 | 7,33 | 7,33 | 73,20 |
| | 3 | 10,97 | 10,97 | 10,97 | 10,98 | 10,98 | 10,98 | 10,98 | 10,99 | 10,99 | 10,99 | 109,80 |
| | 4 | 14,62 | 14,63 | 14,63 | 14,63 | 14,64 | 14,64 | 14,65 | 14,65 | 14,65 | 14,66 | 146,40 |
| | 5 | 18,28 | 18,28 | 18,29 | 18,29 | 18,30 | 18,30 | 18,31 | 18,31 | 18,32 | 18,32 | 183,00 |
| ΔΕΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ | ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ(1000€) | | | | | | | | | | | ΣΥΝΟΛΟ (1000€) |
| ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΤΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ(%) | | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | |
| | 1 | 3,65 | 3,65 | 3,65 | 3,65 | 3,65 | 3,66 | 3,66 | 3,66 | 3,66 | 3,66 | 36,55 |
| | 2 | 7,30 | 7,30 | 7,31 | 7,31 | 7,31 | 7,31 | 7,31 | 7,31 | 7,32 | 7,32 | 73,10 |
| | 3 | 10,95 | 10,96 | 10,96 | 10,96 | 10,96 | 10,97 | 10,97 | 10,97 | 10,98 | 10,98 | 109,65 |
| | 4 | 14,60 | 14,61 | 14,61 | 14,62 | 14,62 | 14,62 | 14,63 | 14,63 | 14,63 | 14,64 | 146,21 |
| | 5 | 18,25 | 18,26 | 18,26 | 18,27 | 18,27 | 18,28 | 18,28 | 18,29 | 18,29 | 18,30 | 182,76 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.8.3.1.β: ΕΤΗΣΙΑ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΑ ΕΣΟΔΑ ΓΙΑ ΤΟ ΤΠΠΛ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΤΙΚΟΥ ΟΦΕΛΟΥΣ.

Το εργαλείο υπολογίζει για τις διάφορες περιπτώσεις τον δείκτη IRR και την περίοδο αποπληρωμής του τραπεζικού δανείου από τον επενδυτή.

| ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΤΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ(%) | | IRR(%) | ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ |
|---------------------------|-------------|------------|----------------------|
| | | 1 | 23,1 |
| 2 | 22,7 | 4,7 | |
| 3 | 22,2 | 4,8 | |
| 4 | 21,8 | 4,9 | |
| 5 | 21,5 | 5,0 | |

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.8.3.1.γ: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ IRR ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΤΟΥ ΔΑΝΕΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ ΙΔΙΩΤΗ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΤΙΚΟΥ ΟΦΕΛΟΥΣ.

Ο δείκτης IRR εκφράζει σε ποσοστό, πόσο καλύτερη είναι για τον ιδιώτη επενδυτή η επένδυση των χρημάτων του σε ένα σύστημα Φ/Β από το να τα χρησιμοποιούσε σε κάποια άλλη τραπεζική επένδυση. Οι τιμές του δείκτη στην περίπτωση που εξετάζουμε είναι υψηλές και θεωρούνται ασφαλές κριτήριο για την οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης. Είναι εύκολο να δει κανείς ότι η μεταβολή του IRR είναι μικρή ακόμα και στην περίπτωση του αντισταθμιστικού οφέλους 5%, όπως επίσης μικρή είναι η μεταβολή και της περιόδου αποπληρωμής. Συμπερασματικά προκύπτει ότι ένας συμβιβασμός μεταξύ του ιδιώτη επενδυτή και του ΤΠΠΛ για απόδοση στο πάρκο του 5% επί των εσόδων θα ήταν εφικτή και όχι καταστροφική για τον ιδιώτη.

1.8.3.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Για την περίπτωση των περιστρεφόμενων πλαισίων με κριτήριο την κάλυψη των αναγκών του ΤΠΠΛ έχει υπολογιστεί ότι χρειάζεται η εγκατάσταση 533 kWp από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο. Με χρήση του ίδιου λογισμικού με την περίπτωση των σταθερών πλαισίων καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα.

Ο αριθμός των απαιτούμενων πλαισίων είναι 2484 της εταιρίας CONERGY τεχνολογίας πολυκρυσταλλικού πυρίτιου με ονομαστική ισχύ 215 W. Για την εγκατάσταση αυτή θα χρειαστούν 138 αντιστροφείς της εταιρίας SUNNY BOY. Το μοντέλο που είναι συμβατό με τις απαιτήσεις του συστήματος είναι το SUNNY BOY SB 3800 και προκύπτει με τη χρήση του λογισμικού που έχει ήδη παρουσιαστεί. Παρακάτω φαίνεται στο σχήμα 1.8.3.2.α η εικόνα της σελίδας των αποτελεσμάτων για τη συγκεκριμένη εφαρμογή.

The screenshot displays the 'Inverter' step of a PV system configuration tool. It features three main sections: 'Inverter type', 'System configuration', and 'PV/inverter check list'. The 'Inverter type' section shows the selection of 'Sunny Boy SB 3800' with an image and technical specifications: Max. DC power: 4.04 kW and Max. AC power: 3.8 kW. The 'System configuration' table lists: Nominal power of PV-generator (534,06 kW), Area of PV-generator (4167,6 m²), Number of inverters (138), Max. DC power of inverter (557,52 kW), Max. AC power of inverter (524,40 kW), and Grid voltage (230 V). The 'PV/inverter check list' table provides compatibility metrics: Total number of modules (2484), Nominal power ratio (104%), String power (input) (3,87 kW), Power proportion (input) (100%), MPP-voltage at 15°C (264 V), 50°C (231 V), and 70°C (212 V), min. MPP-voltage (200 V), Open-circuit voltage at -10°C (360 V), Max. inverter DC voltage permitted (500 V), Max. current of PV-generator (15,2 A), and Max. DC current permitted (17,5 A). It also shows 2 strings per inverter and 9 modules per string.

| System configuration | |
|-------------------------------|-----------------------|
| Nominal power of PV-generator | 534,06 kW |
| Area of PV-generator | 4167,6 m ² |
| Number of inverters | 138 |
| Max. DC power of inverter | 557,52 kW |
| Max. AC power of inverter | 524,40 kW |
| Grid voltage [V] | 230 |

| PV/inverter check list | |
|--|----------|
| PV/Inverter compatible | |
| Total number of modules | 2484 |
| Nominal power ratio | 104 % ✓ |
| String power (input) | 3,87 kW |
| Power proportion (input) | 100 % |
| MPP-voltage of sting at 15 °C | 264 V ✓ |
| MPP-voltage of sting at 50 °C | 231 V ✓ |
| MPP-voltage of sting at 70 °C | 212 V ✓ |
| min. MPP-voltage, selected grid voltage: 230 V | 200 V |
| Open-circuit voltage of string at -10 °C | 360 V ✓ |
| Max. inverter DC voltage permitted | 500 V |
| Max. current of PV-generator | 15,2 A ✓ |
| Max. DC current permitted | 17,5 A |
| Number of strings (inverter: 3 inputs) | 2 |
| Number of modules per string min=9; max=12 | 9 |

ΣΧΗΜΑ 1.8.3.2.α: ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ[18]

Για την οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης με τα περιστρεφόμενα πλαίσια χρησιμοποιείται πάλι το εργαλείο PV-FinE. Οι πληροφορίες για το κόστος των διαφόρων συνιστωσών φαίνονται στον πίνακα 1.8.3.2.α. Αξίζει να σημειωθεί

ότι το κόστος των περιστρεφόμενων πλαισίων είναι αρκετά μεγαλύτερο (15%-20%) από ότι των αντίστοιχων σταθερών πολυκρυσταλλικού πυριτίου (ΜΟΥΡΙΚΗΣ,2008) και για το λόγο αυτό το κόστος επένδυσης ανά εγκατεστημένο kWρ προκύπτει αυξημένο.

| ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ | | | |
|---------------------------------|---|----------------|------------|
| | Αριθμός Φ/Β πλαισίων | 2.484 | |
| | Ονομαστική Ισχύς κάθε πλαισίου (kW) | 0,22 | |
| | Ονομαστική Ισχύς Φωτοβολταϊκού συστήματος (kW) | 534,1 | |
| | Κόστος επένδυσης (€ ανά εγκατεστημένο kW) | 5.829 | |
| | Έτος έναρξης λειτουργίας της επένδυσης | 2008 | |
| ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ | | | |
| | | 1.000 € | (%) |
| 1 | Μελέτες και αδειοδότηση | 8 | 0,30% |
| 2 | Η/Μ εξοπλισμός | | |
| | Φωτοβολταϊκά πλαίσια | 2.400 | 77,10% |
| | Inverter | 150 | 4,80% |
| 3 | Μεταφορά | 35 | 1,10% |
| 4 | Διασύνδεση με το δίκτυο | 70 | 2,20% |
| 5 | Έργα υποδομής (πλατφόρμα από μπετόν, μεταλλική βάση, περίφραξη) | 200 | 6,40% |
| 6 | Εγκατάσταση & Δοκιμή καλής λειτουργίας | 250 | 8,00% |
| | Συνολικό κόστος επένδυσης (1000€) | 3.113 | 100,00% |

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.8.3.2.α: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Στον παραπάνω πίνακα θα πρέπει να παρατηρηθεί ότι παρόλο το μειωμένο κόστος των έργων υποδομής λόγω της χρήσης του ΤΠΠΛ, η τιμή αυτή για τα περιστρεφόμενα πλαίσια είναι μεγαλύτερη της τιμής για τα σταθερά γιατί, απαιτείται καλύτερη θεμελίωση για αυτά τα συστήματα.

Για την αξιολόγηση της επένδυσης με βάση τα πέντε σενάρια απολαβών του ΤΠΠΛ από τον ιδιώτη έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

| ΠΡΩΤΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ | ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ(1000€) | | | | | | | | | | | ΣΥΝΟΛΟ (1000€) |
|---------------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------------|
| | | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | |
| ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΤΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ(%) | 1 | 3,66 | 3,66 | 3,66 | 3,66 | 3,66 | 3,66 | 3,66 | 3,67 | 3,67 | 3,67 | 36,64 |
| | 2 | 7,32 | 7,32 | 7,32 | 7,32 | 7,33 | 7,33 | 7,33 | 7,33 | 7,33 | 7,34 | 73,27 |
| | 3 | 10,98 | 10,98 | 10,98 | 10,99 | 10,99 | 10,99 | 10,99 | 11,00 | 11,00 | 11,00 | 109,91 |
| | 4 | 14,64 | 14,64 | 14,64 | 14,65 | 14,65 | 14,66 | 14,66 | 14,66 | 14,67 | 14,67 | 146,54 |
| | 5 | 18,30 | 18,30 | 18,31 | 18,31 | 18,32 | 18,32 | 18,32 | 18,33 | 18,33 | 18,34 | 183,18 |
| ΔΕΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ | ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ(1000€) | | | | | | | | | | | ΣΥΝΟΛΟ (1000€) |
| ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΤΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ(%) | | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | |
| | 1 | 3,48 | 3,48 | 3,48 | 3,48 | 3,48 | 3,48 | 3,49 | 3,49 | 3,49 | 3,49 | 34,84 |
| | 2 | 6,96 | 6,96 | 6,96 | 6,97 | 6,97 | 6,97 | 6,97 | 6,97 | 6,98 | 6,98 | 69,69 |
| | 3 | 10,44 | 10,44 | 10,45 | 10,45 | 10,45 | 10,45 | 10,46 | 10,46 | 10,46 | 10,47 | 104,53 |
| | 4 | 13,92 | 13,93 | 13,93 | 13,93 | 13,94 | 13,94 | 13,94 | 13,95 | 13,95 | 13,95 | 139,38 |
| 5 | 17,40 | 17,41 | 17,41 | 17,42 | 17,42 | 17,42 | 17,43 | 17,43 | 17,44 | 17,44 | 174,22 | |

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.8.3.2.β: ΕΤΗΣΙΑ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΑ ΕΣΟΔΑ ΓΙΑ ΤΟ ΤΠΠΛ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΤΙΚΟΥ ΟΦΕΛΟΥΣ.

Όπως φαίνεται υπάρχει μία αύξηση στα έσοδα όχι όμως η αναμενόμενη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η τεχνολογία των περιστρεφόμενων πλαισίων έχει αρκετά μεγαλύτερο κόστος. Φαίνεται επίσης στον παρακάτω πίνακα ο δείκτης IRR που δεν είναι τόσο υψηλός όσο στην περίπτωση των σταθερών πλαισίων, όπως και η περίοδος αποπληρωμής του δανείου από τον ιδιώτη που παρουσιάζει αύξηση.

| | IRR(%) | ΠΕΡΙΟΔΟΣ |
|----------------------------------|----------|-------------|
| | | ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ |
| ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΤΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ(%) | 1 | 8,1 |
| | 2 | 8,4 |
| | 3 | 8,8 |
| | 4 | 9,1 |
| | 5 | 9,6 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.8.3.2.γ: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ IRR ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΤΟΥ ΔΑΝΕΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ ΙΔΙΩΤΗ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΤΙΚΟΥ ΟΦΕΛΟΥΣ.

Η σημαντική μείωση του δείκτη κάνει πιο επισφαλή την επένδυση για των ιδιώτη. Επίσης η μεγάλη περίοδος αποπληρωμής κάτι που σίγουρα αποτρέπει τον επενδυτή από το να στραφεί στη λύση των περιστρεφόμενων πλαισίων.

1.8.3.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στις παραγράφους που προηγήθηκαν μελετήθηκαν η εγκατάσταση σταθερών και περιστρεφόμενων φωτοβολταϊκών πλαισίων για την κάλυψη των αναγκών του ΤΠΠΛ σε ηλεκτρισμό. Μεταξύ των δυο περιπτώσεων η πρώτη κρίνεται καλύτερη από άποψη επένδυσης για τους εξής λόγους:

- Η εγκατάσταση των σταθερών πλαισίων είναι μια αξιόπιστη επένδυση για τον ιδιώτη, όπως φανερώνει και ο δείκτης IRR και ο χρόνος αποπληρωμής, που είναι μικρότεροι από τους αντίστοιχους δείκτες που προκύπτουν με την εγκατάσταση των περιστρεφόμενων πλαισίων. Έτσι με την εγκατάσταση των σταθερών πλαισίων ο δείκτης IRR κυμαίνεται μεταξύ 21,5-23,1 σε αντίθεση με τον ίδιο δείκτη για τα περιστρεφόμενα πλαίσια που κυμαίνεται μεταξύ 13,5-14,8. Επίσης ο χρόνος αποπληρωμής του δανείου με την εγκατάσταση σταθερών πλαισίων είναι της τάξεως των 5 ετών ενώ για τα περιστρεφόμενα πλαίσια ο αντίστοιχος χρόνος υπολογίζεται να είναι περίπου 9 χρόνια. Είναι φανερό ότι η επιλογή των σταθερών πλαισίων έχει περισσότερα πλεονεκτήματα.
- Τα σταθερά πλαίσια είναι πολύ διαδεδομένα στον ελλαδικό χώρο και ειδικά αυτής της τεχνολογίας του άμορφου πυριτίου που παρουσιάζουν μεγάλη ανάπτυξη στη χώρα μας.
- Μια παράμετρος πολύ σημαντική για τα περιστρεφόμενα πλαίσια είναι όπως έχει αναφερθεί η ένταση του ανέμου στην περιοχή της εγκατάστασης. Στο χώρο του ΤΠΠΛ, σύμφωνα με τους ανεμολογικούς χάρτες του ΚΑΠΕ για την περιοχή του Λαυρίου η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι 7m/sec. Η τιμή αυτή είναι ιδιαίτερα υψηλή για την εγκατάσταση περιστρεφόμενων πλαισίων και καθιστά την επιλογή τους παρακινδυνευμένη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:

ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΔΥΟ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΟΥ ΤΠΠΛ.

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάγκη κλιματισμού των χώρων εργασίας είναι δεδομένη και τα τελευταία χρόνια αυξάνεται όλο και περισσότερο. Οι νέες αρχιτεκτονικές τάσεις υποδεικνύουν την κατασκευή κτιρίων με τη χρήση περισσότερων παραθύρων για αισθητικούς και λειτουργικούς λόγους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση των θερμικών και ψυκτικών φορτίων και συνεπώς την αύξηση της ανάγκης για κλιματισμό και δημιουργία θερμικής άνεσης. Ειδικά στους χώρους εργασίας οι συνθήκες ορίζονται πλέον από πρότυπα και επιβάλλεται η καλή λειτουργία των συστημάτων κλιματισμού για τη διασφάλιση της υγείας των εργαζομένων.

Στην ενότητα αυτή θα εξεταστεί ο κλιματισμός με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτό εντάσσεται στο γενικότερο πλαίσιο που έχει ήδη διαμορφώσει το σκοπό της παρούσας εργασίας, ο οποίος συνοψίζεται στην παρουσίαση και αξιολόγηση των ΑΠΕ σε έναν χώρο ιστορικής αξίας που διαμορφώνεται για την ενημέρωση του κοινού σε ποικίλλα περιβαλλοντικά θέματα.

Οι τεχνολογίες που θα παρουσιαστούν και θα μελετηθεί η εφαρμογή τους είναι οι :

1. ΑΒΑΘΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ-ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ(GROUND COUPLED HEAT PUMPS).
2. ΗΛΙΑΚΗ ΨΥΞΗ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ (SOLAR HEATING-ABSORPTION COOLING).
3. ΚΑΥΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ (BIOMASS COMBUSTION-ABSORPTION COOLING).
- 4.

Αρχικά θα παρουσιαστεί η κάθε τεχνολογική λύση σε θεωρητικό επίπεδο όπου αναφέρονται οι σημαντικότερες παράμετροι που αφορούν στην εφαρμογή της. Έπειτα θα γίνουν οι μελέτες περίπτωσης για εφαρμογή της κατάλληλης τεχνολογίας στα δυο επιλεγμένα κτίρια: (α) το κτίριο με την ονομασία ΓΡΑΦΕΙΑ ΚΑΜΙΝΕΙΑΣ (16) και (β) το κτίριο με την ονομασία ΡΟΛΟΪ-ΚΕΝΤΡΙΚΑ ΓΡΑΦΕΙΑ(6). Δεδομένου ότι τα κτίρια του ΤΠΠΛ έχουν μεγάλες διαφορές σε μέγεθος, θερμοχωρητικότητα, χρήση κλπ, στα πλαίσια αυτής της εργασίας δεν ήταν δυνατόν να μελετηθούν όλα. Έτσι έχει γίνει η παραπάνω επιλογή με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία που αποτελούνται από σχέδια και λοιπές κατασκευαστικές πληροφορίες.

2.2 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

2.2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια φυσική, ήπια και σε σημαντικό βαθμό ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς επιφανειακούς ή υπόγειους ατμούς, με ή χωρίς αέρια σε θερμά νερά ή σε μίγματα των παραπάνω, καθώς και σε θερμά-ξηρά πετρώματα. Η ενέργεια αυτή είναι εκμεταλλεύσιμη μόνο με την προϋπόθεση ότι οι γεωλογικές συνθήκες σε συνδυασμό με το θερμικό φορτίο, αποτελούν μια βιώσιμη οικονομικά λύση.

Ως γεωθερμικούς πόρους μπορούμε να ορίσουμε τις ποσότητες της θερμικής ενέργειας που βρίσκονται αποθηκευμένες ανάμεσα στην επιφάνεια της γης και σε κάποιο προσβάσιμο βάθος και μπορούν να ανακτηθούν με ανταγωνιστικό κόστος σε σχέση με τις άλλες μορφές ενέργειας. Το γεωθερμικό δυναμικό ορίζεται ως το ενεργειακό περιεχόμενο του συνόλου των φυσικών ατμών και θερμών νερών (επιφανειακών ή υπογείων) και της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών. Έτσι η γεωθερμική ενέργεια αποτελεί μια φυσική πηγή ενέργειας η οποία βρίσκεται σε ένα γεωλογικό χώρο που σχηματίζει στο σύνολό του ένα γεωθερμικό σύστημα.

Ταξινόμηση γεωθερμικών συστημάτων:

Η παρακάτω ταξινόμηση γίνεται με βάση το είδος των γεωθερμικών πόρων.

- Υδροθερμικά συστήματα ή πόροι (hydrothermal systems or resources). Αποτελούνται από φυσικά υπόγεια θερμά νερά, τα οποία βρίσκονται σε έναν ή περισσότερους ταμιευτήρες, θερμαίνονται από μια εστία θερμότητας και συχνά εμφανίζονται στην επιφάνεια της γης με τη μορφή θερμών εκδηλώσεων.
- Γεωπεπιεσμένα συστήματα (geopressed systems). Αποτελούνται από ρευστά εγκλεισμένα σε μεγάλο βάθος που βρίσκονται περιορισμένα από μη περατά πετρώματα και έτσι η πίεση τους υπερβαίνει την υδροστατική.
- Συστήματα βαθιών θερμών-ξηρών πετρωμάτων (hot dry rock systems). Είναι τα θερμά πετρώματα σε βάθος από 3 ως 10 km χωρίς φυσική κυκλοφορία ρευστών, από τα οποία μπορεί να ανακτηθεί ενέργεια χρησιμοποιώντας νερό που διοχετεύεται από την επιφάνεια με τη βοήθεια κατάλληλων γεωτρήσεων, και ανακτάται θερμότερο με τη μορφή νερού ή ατμού μέσω άλλων γεωτρήσεων.
- Μαγματικά συστήματα (magma systems). Αναφέρονται στην απόληψη θερμότητας με κατάλληλες γεωτρήσεις με μαγματικές διεισδύσεις, που βρίσκονται σε σχετικά μικρό βάθος.

- Αβαθής γεωθερμία(earth or shallow energy). Με αυτό το γεωθερμικό σύστημα η λήψη της ενέργειας γίνεται από μικρά βάθη με την ανακυκλοφορία νερού σε κλειστές υδροφόρες ή «ξηρές» γεωτρήσεις ή ακόμα και σε ρηχές επιφάνειες εδάφους-πετρωμάτων.

Παρακάτω φαίνεται στο σχήμα 2.2.1 με συγκεντρωμένες τις χρήσεις των διαφορετικών μορφών γεωθερμικής ενέργειας.

| Θερμοκρασία ταμειυτήρα | Ρευστό ταμειυτήρα | Συνήθης χρήση | Τεχνολογία που συνήθως επιλέγεται |
|-----------------------------------|--------------------------|----------------------|---|
| Υψηλή θερμοκρασία (> 220°C) | Νερό ή ατμός | Ηλεκτροπαραγωγή | <ul style="list-style-type: none"> • Ακαριαίος ατμός • Συνδυασμένος κύκλος (ακαριαία ατμοποίηση & δυαδικός) |
| | | Άμεση χρήση | <ul style="list-style-type: none"> • Άμεση χρήση ρευστού • Εναλλάκτες θερμότητας • Αντλίες θερμότητας |
| Ενδιάμεση θερμοκρασία (100-220°C) | Νερό | Ηλεκτροπαραγωγή | <ul style="list-style-type: none"> • Δυαδικός κύκλος |
| | | Άμεση χρήση | <ul style="list-style-type: none"> • Άμεση χρήση ρευστού • Εναλλάκτες θερμότητας • Αντλίες θερμότητας |
| Χαμηλή θερμοκρασία (50-150°C) | Νερό | Άμεση χρήση | <ul style="list-style-type: none"> • Άμεση χρήση ρευστού • Εναλλάκτες θερμότητας • Αντλίες θερμότητας |

ΣΧΗΜΑ 2.2.1 : ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ[4]

Από τα συστήματα που παρουσιάστηκαν στην περιοχή του Λαυρίου έχει νόημα η αβαθής γεωθερμία διότι με αυτήν μπορούμε εύκολα να παράγουμε την θερμική ενέργεια που θέλουμε.

2.2.2 ΑΒΑΘΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

Έχει διαπιστωθεί ότι οι ατμοσφαιρικές συνθήκες επηρεάζουν τη θερμοκρασία κάτω από την επιφάνεια της γης για μικρό σχετικά βάθος μέχρι 15 m. Από εκεί και κάτω η μεταβολή της θερμοκρασίας του εδάφους υπακούει μόνο στους κανόνες της γεωθερμικής βαθμίδας. Αυτό σημαίνει ότι αυξάνεται σταθερά με το βάθος και με μέσο ρυθμό της τάξης του 1⁰C/30m, ρυθμός που αποτελεί τη μέση ή ομαλή γεωθερμική βαθμίδα. Έτσι αβαθής γεωθερμία έχει οριστεί η θερμική ενέργεια των πετρωμάτων που βρίσκονται σε πολύ μικρά βάθη (μέχρι 100 m) και η θερμική ενέργεια των ρηχών γεωθερμικών ρευστών. Τα τελευταία χρόνια έχει εξελιχθεί ραγδαία η χρήση αντλιών θερμότητας για την εκμετάλλευση αυτής της ενέργειας. Οι αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούνται στην περίπτωση της γεωθερμίας ονομάζονται γεωθερμικές αντλίες θερμότητας.

2.2.3 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (GROUND SOURCE HEAT PUMPS)

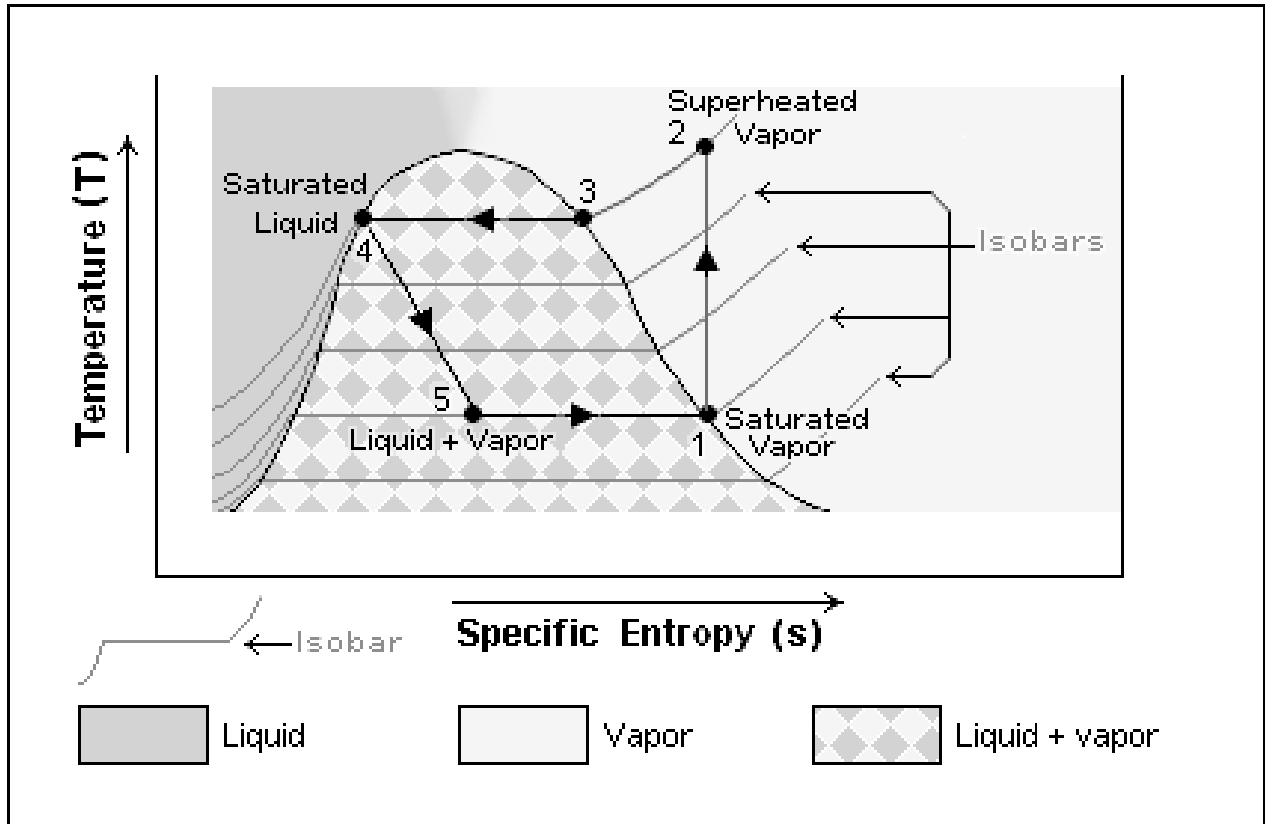
2.2.3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Γενικά η αντλία θερμότητας είναι μια συσκευή που έχει την ικανότητα να μεταφέρει θερμότητα από ένα μέσο σε χαμηλή θερμοκρασία σε ένα άλλο μέσο με υψηλότερη θερμοκρασία. Αυτό πραγματοποιείται στην περίπτωση της γεωθερμίας με απορρόφηση θερμότητας από μια πηγή σχετικά χαμηλής θερμοκρασίας (όπως είναι το υπόγειο ή το επιφανειακό νερό, ο εξωτερικός αέρας κτλ.) και τη μεταφορά αυτής σε ένα θερμότερο μέσο όπως είναι το νερό ή ο αέρας που χρησιμοποιείται τελικά για τη θέρμανση ενός χώρου.

Τα βασικά μηχανικά εξαρτήματα μιας αντλίας θερμότητας είναι ο συμπιεστής, ο συμπυκνωτής, ο εξατμιστής, η βαλβίδα εκτόνωσης και σαφώς η πηγή ενέργειας. Οι περισσότερες αντλίες θερμότητας είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε να αντιστρέφονται από την ψυκτική στην θερμαντική λειτουργία. Το γεγονός αυτό επιτρέπει τη χρήση της ίδιας συσκευής και για την απαιτούμενη ψύξη αλλά και για την απαιτούμενη θέρμανση του χώρου.

2.2.3.2 ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ

Στο σχήμα 2.2.3.2 φαίνεται η αρχή λειτουργίας του κύκλου συμπίεσης ατμού μιας αντλίας θερμότητας σε διάγραμμα T-S.



ΣΧΗΜΑ 2.2.3.2: ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

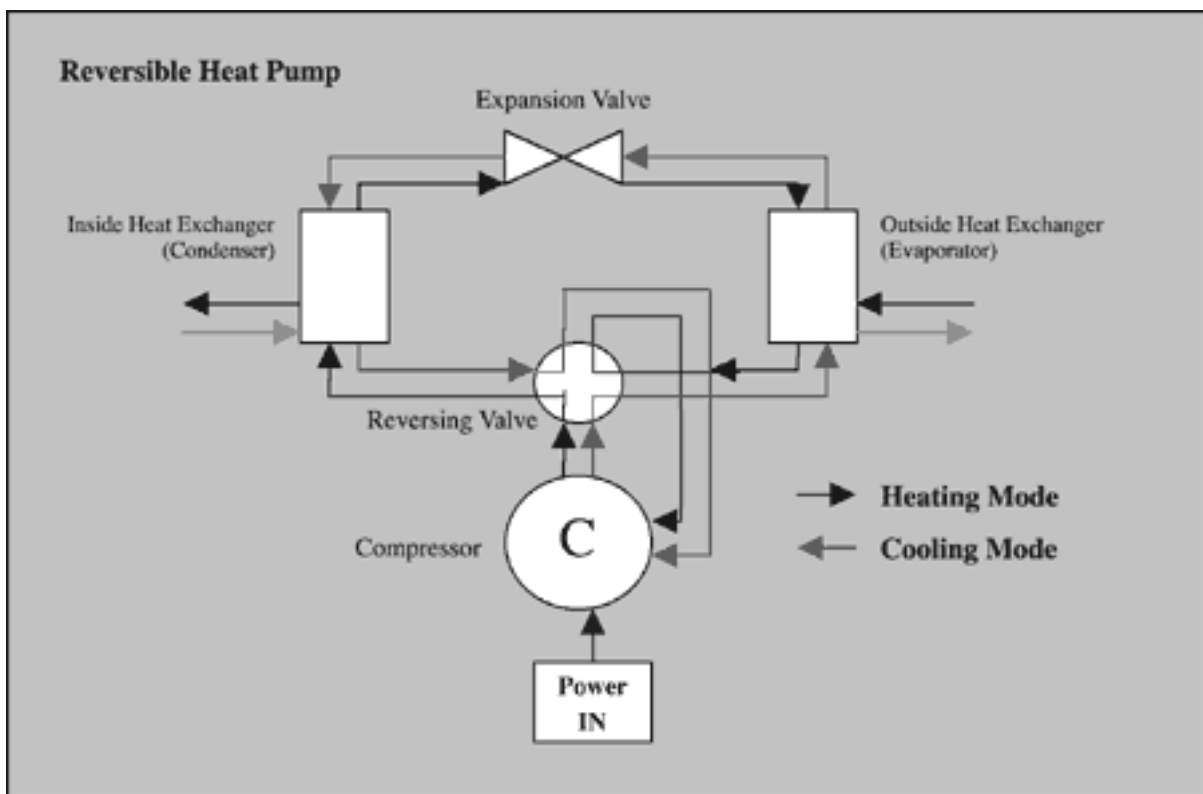
Στην αντλία θερμότητας ως ψυκτικό μέσο κυκλοφορεί ένα συνηθισμένο ψυκτικό μέσο ίδιο με αυτά που κυκλοφορούν σε ένα κλιματιστικό μηχάνημα. Ο κορεσμένος ατμός καταστάσεως 1 εισέρχεται στον συμπιεστή και συμπιέζεται. Στην έξοδο του συμπιεστή έχουμε υπέρθερμο ατμό καταστάσεως 2. Αυτός ο ατμός εισέρχεται στη διάταξη του συμπυκνωτή όπου συμπυκνώνεται (3) απορρίπτοντας θερμότητα στο περιβάλλον διατηρώντας σταθερή την πίεση (4). Η έξοδος του συμπυκνωτή αποτυπώνεται στην κατάσταση (4) όπου έχουμε κορεσμένο ατμό. Αυτός περνά από την βαλβίδα αποτόνωσης από όπου με μειωμένη την πίεση σε μορφή υγρού κατευθύνεται στον ατμοποιητή σε κατάσταση (5). Αφού εισέλθει στον ατμοποιητή, απορροφώντας ενέργεια από το περιβάλλον εξατμίζεται και βρίσκεται πάλι στην κατάσταση (1) εισόδου του συμπιεστή.

2.2.3.3 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Κατά τη λειτουργία της αντλίας για θέρμανση χώρων το χειμώνα το εργαζόμενο μέσο εισέρχεται στον εξατμιστή-ατμοποιητή όπου για την εξατμισή του απορροφά θερμότητα από το εξωτερικό περιβάλλον, περνά στον συμπιεστή κι από κει στον συμπυκνωτή όπου κατά την συμπύκνωση του αποδίδει θερμότητα στον χώρο που θέλουμε. Έπειτα το εργαζόμενο μέσο περνά από την βαλβίδα και ξεκινά πάλι τον ίδιο κύκλο.

Αν στην αντλία θερμότητας προσθέσουμε μια βαλβίδα αντιστροφής θα μπορούσαμε να παράγουμε ψύξη το καλοκαίρι ακολουθώντας ακριβώς τον αντίστροφο κύκλο από αυτόν της θέρμανσης. Έτσι θα έχουμε την απορρόφηση θερμότητας από το ζεστό εσωτερικό περιβάλλον και την απόδοση της στο εξωτερικό περιβάλλον κατά τη συμπύκνωση.

Στο σχήμα 2.2.3.3 αποτυπώνεται σχηματικά η λειτουργία θέρμανσης και ψύξης με αντλία θερμότητας. Φαίνεται λοιπόν ότι το μοναδικό που προσφέρουμε εμείς στο σύστημα και στις δυο περιπτώσεις είναι η ηλεκτρική ενέργεια στον συμπιεστή.



ΣΧΗΜΑ 2.2.3.3: ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΜΕ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Για την απόδοση κατά τη θέρμανση χρησιμοποιείται ο συντελεστής απόδοσης COP (coefficient of performance) που ορίζεται ως εξής:

$$COP = \frac{\text{ΘΕΡΜΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ}(W)}{\text{ΕΡΓΟ ΠΟΥ ΠΡΟΦΕΡΩ}(W)}$$

Στις αντλίες θερμότητας ο συντελεστής αυτός κυμαίνεται από 1,5 μέχρι και περισσότερο από 6 και η αυξημένη τιμή του είναι επιθυμητή γιατί σημαίνει ότι γίνεται οικονομικότερη η χρήση της αντλίας.

Για την απόδοση της αντλίας κατά τη λειτουργία σε ψύξη χρησιμοποιείται ο συντελεστής EER (Energy Efficient Ratio) που ορίζεται ως εξής:

$$EER = \frac{\text{ΨΥΚΤΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ (BTU/h)}}{\text{ΕΡΓΟ ΠΟΥ ΠΡΟΣΦΕΡΩ (W)}}$$

Συνήθεις τιμές για τον συντελεστή αυτόν είναι από 10 μέχρι 17 αλλά μπορούν να φτάσουν ακόμα και το 20 για μεγάλες εφαρμογές.

2.2.3.4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η πιο συνηθισμένη πηγή ενέργειας για τις αντλίες θερμότητας είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας, με σοβαρό μειονέκτημα των συστημάτων αυτών ότι δεν μπορούν να λειτουργήσουν αποδοτικά σε θερμοκρασίες μικρότερες των 5⁰C. Η εξέλιξη στον χώρο των αντλιών έχει ως αποτέλεσμα τις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας οι οποίες χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας το έδαφος και το νερό (υπόγειο ή επιφανειακό). Η ενέργεια αυτή είναι ακριβώς αυτό που έχουμε ονομάσει αβαθής γεωθερμία. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας ξεπερνούν το μειονέκτημα των συστημάτων με ατμοσφαιρικό αέρα και λειτουργούν ικανοποιητικά ακόμα και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Επιπλέον τα υπόγεια νερά και το έδαφος, υπερτερούν σημαντικά έναντι του αέρα ως πηγές θερμότητας επειδή καθόλη τη διάρκεια το έτους έχουν σταθερή θερμοκρασία.

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας παρουσιάζουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα:

- Πλεονεκτήματα:
 1. Υψηλή απόδοση και σταθερή ικανότητα.
 2. Πολύ καλή ποιότητα αέρα και εύκολη επίτευξη θερμικής άνεσης στον κλιματιζόμενο χώρο.
 3. Απλός εξοπλισμός και έλεγχος επιμέρους εξαρτημάτων.
 4. Χαμηλό κόστος συντήρησης.
 5. Καλύπτουν συνήθως ολόκληρη τη ζήτηση για θέρμανση χωρίς τη χρήση βοηθητικών συστημάτων.
 6. Χαμηλό κόστος στη θέρμανση νερού.
 7. Δεν έχουν εξωτερικό εξοπλισμό.
 8. Απόλυτα φιλικές με το περιβάλλον.

- Μειονεκτήματα:

1. Αρκετά υψηλό αρχικό κόστος.
2. Η λειτουργία και η απόδοση εξαρτώνται άμεσα από το υπέδαφος, τον εξοπλισμό και τον σωστό σχεδιασμό.
3. Υπάρχει περιορισμένος αριθμός από διαπιστευμένους σχεδιαστές και κατασκευαστές τέτοιων συστημάτων.

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (ΓΑΘ) χωρίζονται σε 3 κατηγορίες με κριτήριο τα ψυκτικά μέσα με τα οποία λειτουργούν. Έτσι έχουμε:

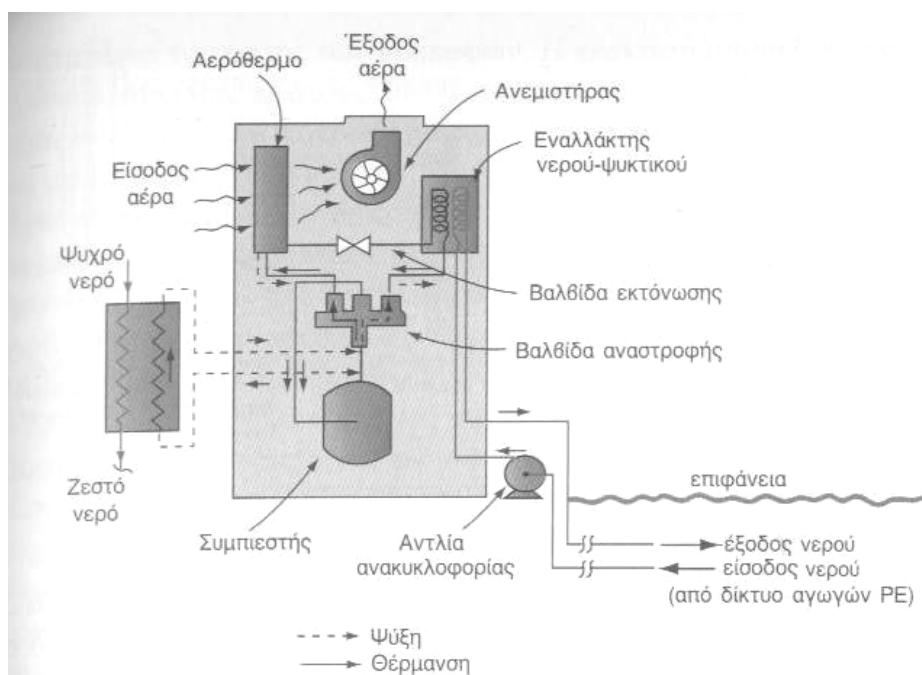
1. ΓΑΘ που λειτουργούν με υπόγεια νερά (ground water open loop heat pumps) σχετικά ψυχρά(10-15°C), ή/και κάπως θερμότερα(20-35°C),
2. ΓΑΘ που λειτουργούν με επιφανειακά νερά (surface water heat pumps).
3. ΓΑΘ που είναι συνδεδεμένες με το υπέδαφος (ground coupled heat pumps).

Οι δυο πρώτες κατηγορίες αναφέρονται σε συστήματα που υπάρχει ταμειυτήρας νερού είτε κάτω από το έδαφος σε κάποιο βάθος είτε επιφανειακά νερά σε χαμηλή θερμοκρασία. Οι δυο αυτές περιπτώσεις δεν θα μας απασχολήσουν γιατί η εφαρμογή τους δεν ταιριάζει στη συγκεκριμένη μελέτη για το ΤΠΠΛ. Έτσι θα ασχοληθούμε με τις ΓΑΘ που είναι συνδεδεμένες με το υπέδαφος.

2.2.4 ΓΑΘ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΕΣ ΜΕ ΤΟ ΥΠΕΔΑΦΟΣ (GROUND COUPLED HEAT PUMPS)

Τα συστήματα αυτά αποκαλούνται και συστήματα κλειστού κυκλώματος. Αποτελούνται από σύστημα κύκλου συμπίεσης ατμών, το οποίο είναι συνδεδεμένο με υπεδάφιο εναλλάκτη (εδάφους-νερού) που βρίσκεται θαμμένος στο έδαφος. Όπως έχει ήδη αναφερθεί η θερμοκρασία του εδάφους παραμένει σχεδόν αμετάβλητη σε βάθος μεγαλύτερο των 5 m και προσεγγίζει τη μέση ετήσια θερμοκρασία της ατμόσφαιρας, ενώ ακόμα και σε βάθος 2 m η θερμοκρασία του εδάφους αποκρίνεται στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος χωρίς μεγάλες διακυμάνσεις, με καθυστέρηση ορισμένης χρονικής περιόδου. Στα βάθη αυτά η θερμότητα του εδάφους προέρχεται κυρίως από την ηλιακή ακτινοβολία και μόνο ένα μικρό ποσοστό της τάξης 2-3% προέρχεται από την ίδια τη γη. Όμως η θερμότητα σε βάθη μεγαλύτερα των 15 m προέρχεται αποκλειστικά από τη γεωθερμία.

Σε αυτή την κατηγορία των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας η πλέον χρησιμοποιούμενη τεχνολογία είναι η αντλία θερμότητας νερού-αέρα, στην εξάτμιση της οποίας κυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα (συχνά υπό πίεση) νερό ή νερό με αντιψυκτικό διάλυμα. Για την αντίστροφη λειτουργία της αντλίας για παραγωγή ψύξης το καλοκαίρι το υγρό του κλειστού κυκλώματος διέρχεται μέσα από τον συμπυκνωτή. Το υγρό αυτό απορροφά θερμότητα από το έδαφος στη διάρκεια του χειμώνα και απορρίπτει θερμότητα σε αυτό στη διάρκεια του καλοκαιριού. Ως αντιψυκτικά χρησιμοποιούνται συνήθως τα: γλυκόλη (αιθύλενο- και προπύλενο-γλυκόλη), το χλωριούχο ασβέστιο το οξικό κάλιο κ.α. Στο σχήμα 2.2.4.α που ακολουθεί φαίνεται η λειτουργία της αντλίας θερμότητας κλειστού κυκλώματος.

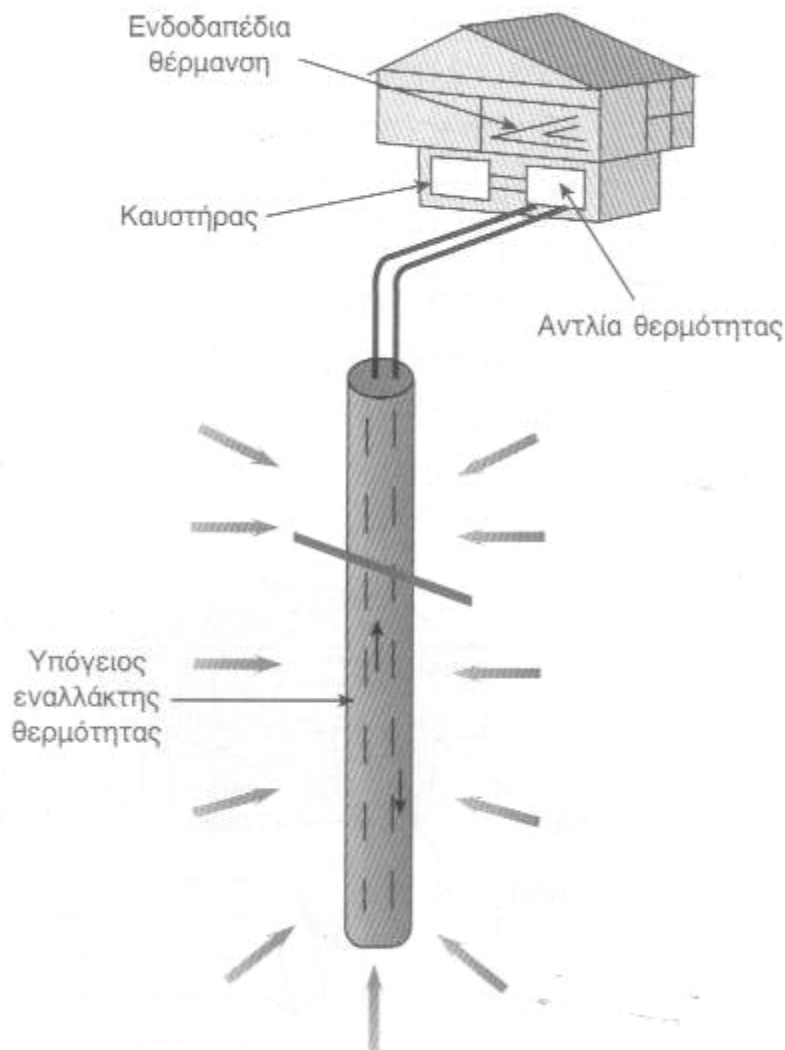


ΣΧΗΜΑ 2.2.4.α: ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ[4]

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας κλειστού κυκλώματος χωρίζονται σε δυο είδη συστημάτων: τα κάθετα και τα οριζόντια σε σχέση με τη γεωμετρία του υπόγειου εναλλάκτη.

- ΚΑΘΕΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΑΘ

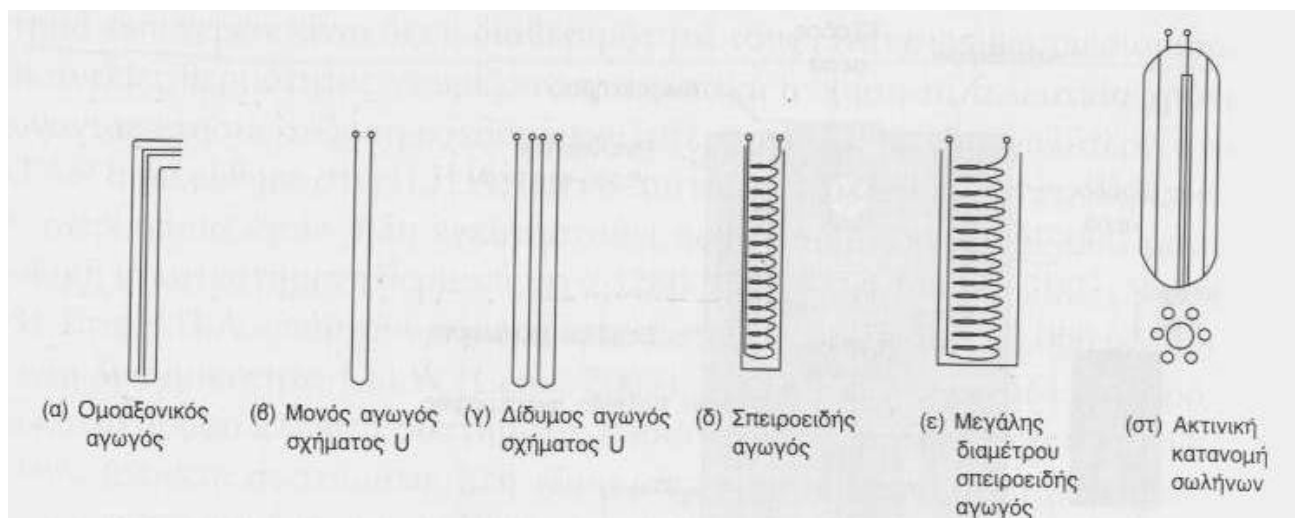
Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από ένα ζεύγος σωληνώσεων μικρής διαμέτρου περίπου 20-40 mm από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE), που τοποθετείται σε μια ή περισσότερες κατακόρυφες γεωτρήσεις, το εσωτερικό των οποίων γεμίζεται στη συνέχεια από στέρεο πληρωτικό υλικό, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2.4.β.



ΣΧΗΜΑ 2.2.4.β: ΚΑΘΕΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΑΘ[4]

Το ζεύγος των σωληνώσεων συνήθως είναι συνδεδεμένο με θερμοκόλληση στο κάτω άκρο σχηματίζοντας αγωγό σχήματος U. Εκτός όμως από αυτό τον σχηματισμό έχουν εφαρμοστεί και διαφορετικές γεωμετρίες. Η διερεύνηση στο θέμα του σχήματος του δικτύου σωληνώσεων γίνεται με σκοπό την αύξηση της επιφάνειας του υπόγειου εναλλάκτη. Έτσι έχουν προκύψει διπλά ζεύγη

σωληνώσεων, σπειροειδής τοποθέτηση του πλαστικού αγωγού και άλλα που φαίνονται στο σχήμα 2.2.4.γ.



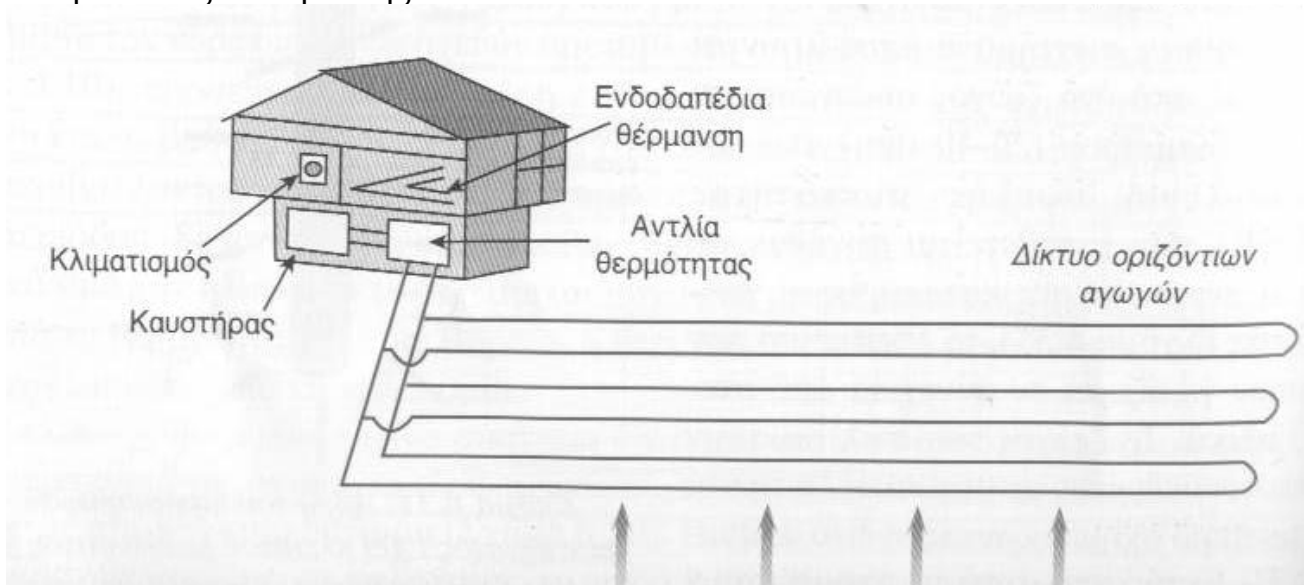
ΣΧΗΜΑ 2.2.4.γ: ΕΙΔΗ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ[4]

Το βάθος των γεωτρήσεων κυμαίνεται από 15 μέχρι 200 m και εξαρτάται από τις εδαφολογικές συνθήκες, το κόστος διάτρησης και φυσικά από τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου. Όλες αυτές οι παράμετροι καθορίζουν και τον αριθμό των γεωτρήσεων. Η οριζόντια απόσταση των γεωτρήσεων μπορεί να είναι μικρή της τάξης των 2-3 m γιατί η επίδραση της μιας γεώτρησης στην άλλη θεωρείται αμελητέα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μεγάλη πυκνωση των γεωτρήσεων και επομένως εξασφαλίζεται σημαντική ποσότητα ενέργειας χρησιμοποιώντας μικρότερο χώρο. Η παροχή θερμότητας στον υπόγειο εναλλάκτη προέρχεται από διάφορες πηγές: τη γεωθερμική ροή θερμότητας, την αγωγή σε οριζόντιο επίπεδο και την ανοδική πορεία του υπόγειου νερού, αν αυτό υπάρχει.

Τα πλεονεκτήματα των κάθετων συστημάτων είναι ότι απαιτούν μικρότερο χώρο, λιγότερες σωληνώσεις και μικρότερη παροχή ενέργειας στην αντλία, ενώ ταυτόχρονα λειτουργούν πολύ αποδοτικά. Στα μειονεκτήματα των συστημάτων αυτών θα μπορούσε να αναφερθεί το υψηλό αρχικό κόστος που προέρχεται από την διαθεσιμότητα του κατάλληλου εξοπλισμού αλλά και έμπυχου δυναμικού που απαιτείται για την κατασκευή ενός τέτοιου έργου.

- ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΑΘ

Στα οριζόντια συστήματα οι σωληνώσεις HDPE τοποθετούνται οριζόντια στο έδαφος σε ορισμένο βάθος και με διάφορες γεωμετρίες. Τα συστήματα αυτά χωρίζονται σε τρεις ομάδες: μονής σωλήνωσης, πολλαπλής σωλήνωσης και σπειροειδούς σωλήνωσης.



ΣΧΗΜΑ 2.2.4.δ: ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΑΘ[4]

Τα συστήματα μονής σωλήνωσης τοποθετούνται σε στενά αυλάκια τουλάχιστον 1-2m βαθιά. Αυτά τα συστήματα απαιτούν τον μεγαλύτερο χώρο για την εγκατάστασή τους.

Τα συστήματα πολλαπλής σωλήνωσης συνίστανται στην τοποθέτηση συνήθως 2 ή 4 σωληνώσεων σε ένα αυλάκι κι έτσι μειώνεται ο χώρος που απαιτείται. Η εκσκαφή μπορεί να γίνει με την μορφή ορυγμάτων πλάτους 20-60 cm, ή με τη μορφή της ολικής απομάκρυνσης του εδάφους. Οι σωλήνες απέχουν μεταξύ τους 30-70 cm. Με τη χρήση πολλαπλών σωληνώσεων μπορεί το μήκος των αυλακώσεων να μειωθεί, όμως πρέπει να αυξηθεί το συνολικό μήκος των σωληνώσεων για να υπερνικηθούν οι θερμικές επιδράσεις που υπάρχουν ανάμεσα στις γειτονικές σωληνώσεις.

Τα συστήματα σπειροειδών σωληνώσεων μειώνουν ακόμα περισσότερο την απαιτούμενη επιφάνεια. Τα μήκη των αυλακώσεων σε αυτή την περίπτωση είναι μόνο το 20-30% του μήκους για μονές σωληνώσεις, όμως πάλι πρέπει να αυξηθεί σημαντικά το μήκος των σωληνώσεων για ισοδύναμη θερμική απόδοση και συμπεριφορά.

Κύριο πλεονέκτημα των οριζοντίων συστημάτων είναι το μικρότερο κόστος από τα κάθετα λόγω της ύπαρξης του απαραίτητου εξοπλισμού και των ειδικών στην εγκατάσταση. Σαν σοβαρό μειονέκτημα είναι ο χώρος που απαιτεί για την εγκατάσταση του ένα τέτοιο σύστημα. Επίσης η απόδοσή τους δεν είναι τόσο σταθερή όσο των καθέτων λόγω της εποχικής διακύμανσης των

θερμοκρασιών και θερμικών χαρακτηριστικών του εδάφους στο βάθος που βρίσκονται οι σωληνώσεις. Χρειάζεται επίσης λίγη περισσότερη ενέργεια για την άντληση με αποτέλεσμα λίγο μειωμένες αποδόσεις.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν κατά κύριο λόγο την αποδοτικότητα ενός συστήματος ΓΑΘ κλειστού κυκλώματος είναι:

1. το κλίμα της περιοχής,
2. οι θερμικές ιδιότητες του υπεδάφους,
3. το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας,
4. το κόστος ανόρυξης της γεώτρησης ή της εκσκαφής των ορυγμάτων και τέλος
5. οι τυχόν επιδοτήσεις και κίνητρα για την εγκατάσταση μονάδων εξοικονόμησης ενέργειας.

Είναι φανερό ότι η αύξηση των ΓΑΘ στον κόσμο και οι τεχνολογική πρόοδος των τελευταίων χρόνων έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους εγκατάστασης. Έτσι στην μελέτη για το ΤΠΠΛ επιλέγεται ως λύση η εγκατάσταση ενός κάθετου συστήματος ΓΑΘ κλειστού κυκλώματος για την παραγωγή ψύξης και θέρμανσης.

2.3 ΗΛΙΑΚΗ ΨΥΞΗ

2.3.1 ΓΕΝΙΚΑ

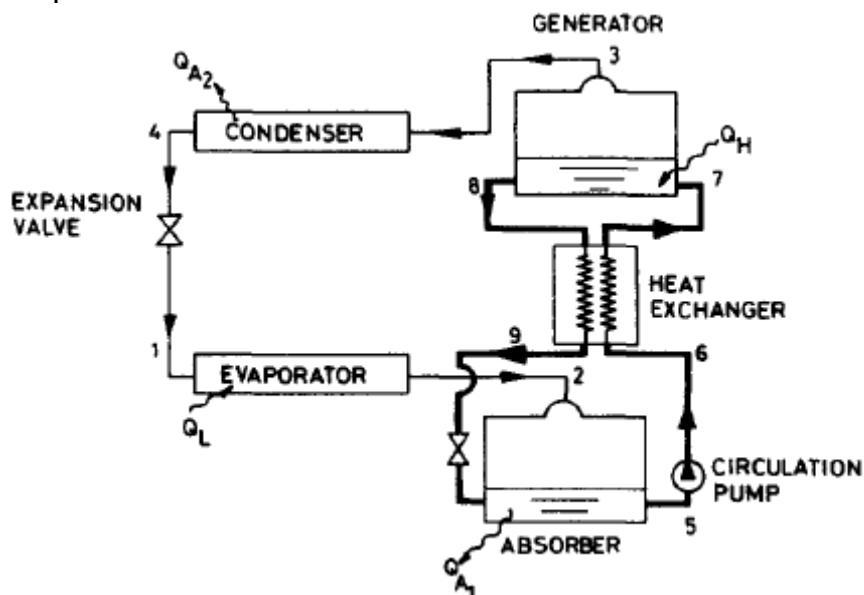
Δεδομένης της μεγάλης αύξησης για κλιματισμό κατά την θερινή περίοδο τα τελευταία χρόνια, διάφορες τεχνολογίες διαφορετικές από τις συμβατικές έχουν παρουσιαστεί. Η συμβατική λύση των συσκευών κλιματισμού που χρησιμοποιούν ηλεκτρισμό παρουσιάζει μειονεκτήματα λόγω του ότι στις περιόδους μεγάλης ζήτησης τα συστήματα αυτά έχουν μεγάλες πιθανότητες να μην μπορούν να την ικανοποιήσουν. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία για την παραγωγή ψύξης έχουν πλέον τη δυνατότητα να αντιμετωπίσουν αυτό το πρόβλημα και να αντικαταστήσουν της ηλεκτρικές μηχανές. Το γεγονός ότι η αιχμή ζήτησης ταυτίζεται εποχιακά με την υψηλή ηλιακή ακτινοβολία παρέχει μεγάλο ενδιαφέρον στο να συσχετιστούν η τεχνολογία των ηλιακών συλλεκτών με τις τεχνολογικές λύσεις για παραγωγή ψύξης μέσω θερμότητας.

Οι εμπορικές εφαρμογές των συστημάτων αυτών είναι διαθέσιμες για συστήματα συνήθως μεγαλύτερα των 40 kw. Στα υπόλοιπα συστήματα οι λύσεις είναι ακόμα σε μικρό στάδιο εφαρμογής και δεν έχουν την απαιτούμενη εμπορική ωριμότητα.

Τα συστήματα ψύξης χωρίζονται σε ανοικτά και κλειστά. Στα κλειστά συστήματα εκτός από το γνωστό και ευρέως διαδεδομένο σύστημα συμπίεσης ατμού έρχεται να συμπεριληφθεί και το σύστημα του κύκλου απορρόφησης (absorption cycle). Αποτελεί ένα περίπλοκο σύστημα που χρησιμοποιεί δυο εργαζόμενα μέσα, το ψυκτικό μέσο και τον απορροφητή, αντί του ενός εργαζόμενου μέσου που χρησιμοποιείται στον κύκλο συμπίεσης ατμού. Στην περίπτωση του κύκλου απορρόφησης, εκτός από τον ατμοποιητή και τον συμπυκνωτή συμπεριλαμβάνεται ένας απορροφητής / αναγεννητής (absorber/generator) ικανός να χρησιμοποιήσει θερμότητα από μια πηγή σε υψηλή θερμοκρασία για να παράγει το ίδιο αποτέλεσμα με έναν συμπιεστή. Το μεγαλύτερο και σημαντικότερο πλεονέκτημα της τεχνολογίας αυτής είναι η απουσία κινούμενων μερών (εκτός από κάποιες πολύ μικρές αντλίες) το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα την απουσία θορύβου ακόμα και σε πολύ μεγάλα μεγέθη εκατοντάδων ψυκτικών τόνων.

2.3.2 ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ

Στο σχήμα 2.3.2.α περιγράφεται σχηματικά το σύστημα της μηχανής απορρόφησης και φαίνονται τα σημαντικότερα μέρη του. Η ροή του απορροφητή φαίνεται με πιο έντονη γραμμή για να είναι διακριτή από την ροή του ψυκτικού μέσου.



ΣΧΗΜΑ 2.3.2.α: ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ[34]

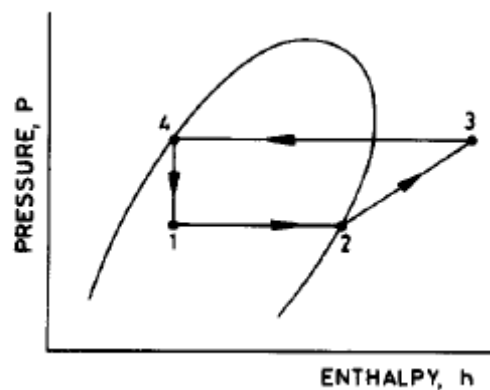
Το υγρό ψυκτικό μέσο εισέρχεται στον ατμοποιητή σε κατάσταση 1 και εξατμίζεται σε χαμηλή θερμοκρασία T_L (θερμοκρασία του ψυχόμενου μέσου) ενώ απορροφά θερμότητα από το ψυχόμενο μέσο. Ο ατμός καταστάσεως 2 κατευθύνεται στον απορροφητή όπου απορροφάται από ένα πλούσιο απορροφητικό διάλυμα. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας απαιτείται μια μικρή ψύξη για να απορροφηθεί η θερμότητα της αραιοποίησης του απορροφητή και για να παραμείνει η θερμοκρασία χαμηλή κοντά στην T_A (θερμοκρασία περιβάλλοντος). Αυτό κρίνεται απαραίτητο για να παραμένει ο ατμός σε χαμηλή πίεση κάτι που εξασφαλίζει αποδοτική απορρόφηση.

Το πτωχό απορροφητικό διάλυμα αφήνει τον απορροφητή σε κατάσταση 5 και μέσω μιας αντλίας περνά μέσω του εναλλάκτη θερμότητας στον αναγεννητή. Εισερχόμενο σε κατάσταση 7, θερμαίνεται μέχρι την υψηλή θερμοκρασία που παρέχεται από την πηγή ηλιακής ενέργειας και η πίεση του ατμού του αυξάνεται σε σημείο που πλέον το διάλυμα δεν μπορεί να περιέχει την ποσότητα του ψυκτικού μέσου που είχε απορροφήσει. Έτσι η ποσότητα αυτή απελευθερώνεται σε υψηλή πίεση καταστάσεως 3 και οδηγείται στον συμπυκνωτή. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι όμοιο με την έξοδο του συμπιεστή στο συμβατικό σύστημα συμπίεσης ατμού. Το ψυκτικό μέσο αφού εισέλθει υπέρθερμο στον συμπυκνωτή (κατάσταση 3), συμπυκνώνεται (κατάσταση 4) και εκτονώνεται μέσω της βαλβίδας εκτόνωσης στον ατμοποιητή. Το πλούσιο απορροφητικό διάλυμα έχοντας απελευθερώσει το ψυκτικό μέσο αφήνει τον αναγεννητή σε κατάσταση 8 και γυρίζει στον απορροφητή σε κατάσταση 9.

Λόγω του ότι το διάλυμα του απορροφητή πρέπει να είναι θερμό στον αναγεννητή και ψυχρό στον απορροφητή, τα δύο ρεύματα, το πλούσιο και το πτωχό, αλληλεπιδρούν σε έναν εναλλάκτη θερμότητας. Εκεί αφαιρείται θερμότητα από το πλούσιο διάλυμα και προθερμαίνεται το πτωχό.

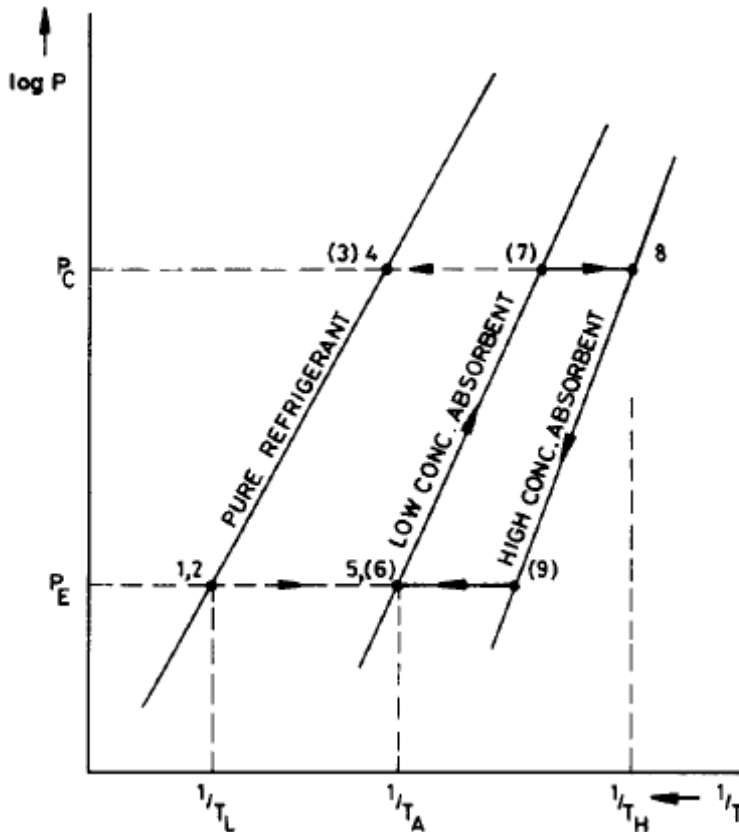
Απαιτείται επίσης η χρήση ενός κυκλοφορητή για τη μεταφορά του διαλύματος από τον χαμηλής πίεσης απορροφητή στον υψηλής πίεσης αναγεννητή. Σε ορισμένα συστήματα αυτός ο κυκλοφορητής μπορεί να αντικατασταθεί από θερμοσιφωνικό σύστημα.

Στο σχήμα 2.3.2.β φαίνεται αποτυπωμένη ποιοτικά σε διάγραμμα Mollier η παραπάνω διαδικασία για το ψυκτικό μέσο.



ΣΧΗΜΑ 2.3.2.β:ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΜΕΣΟΥ[34]

Στο σχήμα 2.3.2.γ φαίνεται ένα διάγραμμα ισορροπίας του διαλύματος απορροφητή-ψυκτικού μέσου όπου η πίεση ατμών σχεδιάζεται ως συνάρτηση της θερμοκρασίας για διαφορετικές συστάσεις του διαλύματος. Για να φανούν οι θερμοδυναμικές καταστάσεις στα διάφορα σημεία του συστήματος βασισμένο στην εξίσωση Clapeyron, ο κάθετος άξονας δείχνει τον λογάριθμο της πίεσης ατμών και ο οριζόντιος το αντίστροφο της απόλυτης θερμοκρασίας.



ΣΧΗΜΑ 2.3.2.γ: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΗ- ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΜΕΣΟΥ[34]

Μια σημαντική παρατήρηση σε αυτό το διάγραμμα που επηρεάζει άμεσα τα μέρη που αποτελούν την τελική εγκατάσταση είναι η εξής: τα σημεία 4 και 5 που αντιπροσωπεύουν την έξοδο του ψυκτικού μέσου από τον συμπυκνωτή και την έξοδο του απορροφητικού διαλύματος από τον απορροφητή αντίστοιχα φαίνονται να είναι στην ίδια θερμοκρασία. Αυτό είναι σωστό μόνο στην περίπτωση που ο συμπυκνωτής και ο απορροφητής διαρρέονται από κρύο νερό από την ίδια πηγή και σε παράλληλη διάταξη. Είναι λοιπόν φανερό ότι χρειάζεται η εγκατάσταση ψυκτικού πύργου που θα παρέχει αυτό το απαραίτητο κρύο νερό.

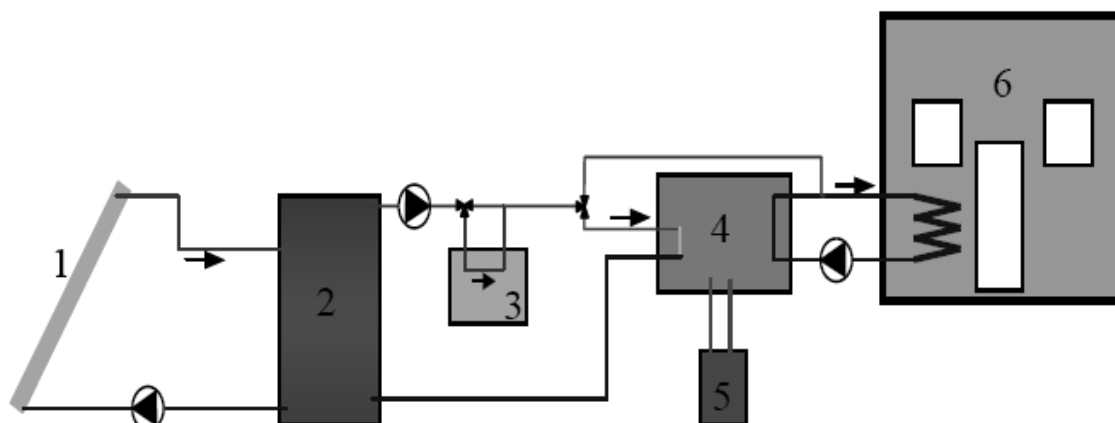
Σαν ψυκτικό μέσο στην εγκατάσταση κυκλοφορεί το νερό. Για την περίπτωση του απορροφητή οι επιλογές χωρίζονται αρχικά σε στερεό ή υγρό απορροφητή. Μετά από εμπειρία πολλών ετών και σύμφωνα με την βιβλιογραφία επικρατέστερη επιλογή είναι οι υγροί απορροφητές με σημαντικότερους τους εξής: αμμωνία και βρωμιούχο λίθιο (LiBr). Από τα δυο αυτά το δεύτερο προτιμάται στον κλιματισμό από την αμμωνία λόγω της τοξικότητας της τελευταίας. Ο συνδυασμός του βρωμιούχου λιθίου με το νερό κατά την ηλιακή ψύξη έχει δώσει πολύ καλά αποτελέσματα ως τώρα και γι' αυτό θεωρείται αξιόπιστη επιλογή. Παρουσιάζει παρόλα αυτά κάποια μειονεκτήματα: (α) το βρωμιούχο λίθιο κρυσταλλώνεται και διαχωρίζεται από το διάλυμα όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη και η συγκέντρωση υψηλότερη από την κατάσταση κορεσμού, (β) είναι πάρα πολύ διαβρωτικό στα μέταλλα ειδικά με την παρουσία αέρα και (γ) το κόστος του είναι σχετικά

μεγάλο. Παρόλα αυτά η χρήση του είναι πολύ διαδεδομένη και θεωρείται συγκριτικά πιο αξιόπιστο από την αμμωνία.

Για την μέτρηση της απόδοσης του κύκλου απορρόφησης χρησιμοποιείται ο συντελεστής απόδοσης. Ο συντελεστής απόδοσης (COP) της συμβατικής απορροφητικής λειτουργίας ορίζεται ως ο λόγος της ψυκτικής ικανότητας προς την θερμότητα που απαιτείται για την παραγωγή της, και έχει ως άνω όριο την μονάδα. Στην πραγματικότητα για τα απλά συστήματα ενός σταδίου απορρόφησης (single-effect) ο συντελεστής είναι μικρότερος από τη μονάδα. Συγκεκριμένα για της εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν βρωμιούχο λίθιο ο COP είναι συνήθως 0,7. Σημαντική παράμετρος είναι η θερμοκρασία εισόδου του ζεστού νερού στον απορροφητή. Στην περίπτωση των συστημάτων ενός σταδίου απορρόφησης η καλύτερη απόδοση επιτυγχάνεται για θερμοκρασίες νερού στην περιοχή 80°C-100°C.

2.3.3 ΚΛΕΙΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΨΥΞΗΣ ΜΟΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ (SINGLE-EFFECT CLOSED CYCLE ABSORPTION COOLING SYSTEM)

Το ολοκληρωμένο σύστημα ηλιακής ψύξης με τη χρήση ηλιακών συλλεκτών φαίνεται στο σχήμα 2.3.3 που ακολουθεί.



ΣΧΗΜΑ 2.3.3:ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ[36]

Όπου

1. ηλιακοί συλλέκτες
2. δεξαμενή ζεστού νερού
3. βοηθητική πηγή θερμότητας
4. ABSORPTION CHILLER-μηχανή παραγωγής ψύξης μονής απορρόφησης.
5. πύργος ψύξης
6. κλιματιζόμενο κτίριο

Το σύστημα αυτό πραγματοποιεί την ηλιακή ψύξη με την αλληλεπίδραση των εξής βασικών κλειστών κυκλωμάτων: (i) κλειστό κύκλωμα νερού – γλυκόλης στους ηλιακούς συλλέκτες (1), (ii) κλειστό κύκλωμα κυκλοφορίας νερού που μεταφέρει τη θερμότητα από τους συλλέκτες στη δεξαμενή ζεστού νερού (2), (iii) κλειστό κύκλωμα ζεστού νερού που εισέρχεται στη μηχανή απορρόφησης (4), (iv) κλειστό κύκλωμα νερού ψύξης από τον πύργο ψύξης (5), (v) κλειστό κύκλωμα απορροφητικού διαλύματος βρωμιούχου λιθίου, και τέλος (vi) κλειστό κύκλωμα νερού που ψύχεται από τη μηχανή απορρόφησης.

Στο σημείο αυτό κρίνεται απαραίτητο να συμπληρωθεί το εξής. Ο συγκεκριμένος εξοπλισμός έχει ένα σημαντικό κόστος και θα ήταν ασύμφορο οικονομικά να λειτουργεί μόνο κατά τους θερινούς μήνες. Έτσι στην διάταξη εξασφαλίζεται η λειτουργία του κατά τη χειμερινή περίοδο με την παράκαμψη της μηχανής παραγωγής ψύξης και την απευθείας χρήση του θερμού νερού που προκύπτει από τους ηλιακούς συλλέκτες για κλιματισμό του κτιρίου. Με τον τρόπο αυτό η λειτουργία του συστήματος είναι πιο ολοκληρωμένη και σίγουρα αποδοτικότερη σε οικονομικούς όρους.

2.4 ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ

2.4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

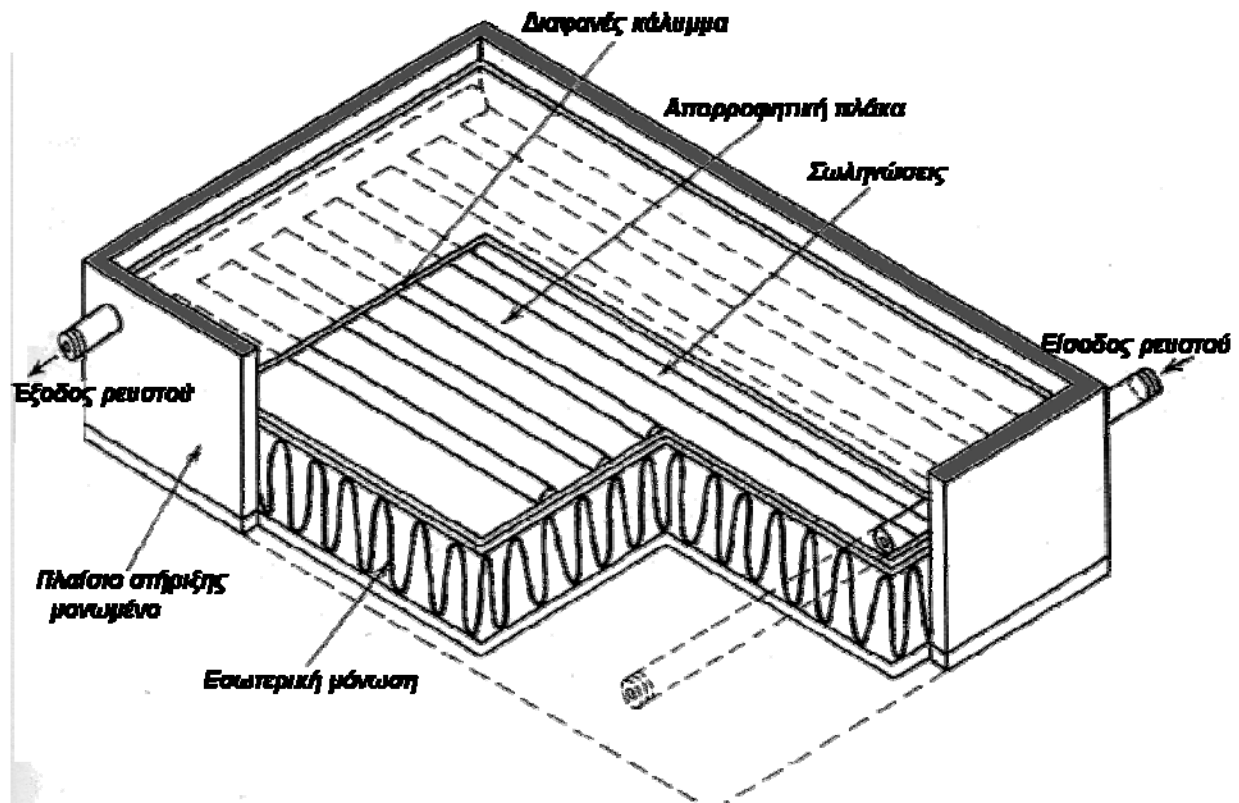
Οι ηλιακοί συλλέκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν με πολύ καλή απόδοση στην θέρμανση χώρων. Η αρχή λειτουργίας των ηλιακών συλλεκτών στηρίζεται στην απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από τις σκουρόχρωμες επιφάνειες. Το φαινόμενο της απορρόφησης είναι αρκετά περίπλοκο αλλά το τελικό αποτέλεσμα είναι ότι η ακτινοβολούμενη ενέργεια όλων των μηκών κύματος υποβαθμίζεται σε θερμότητα, υψώνοντας τη θερμοκρασία του απορροφώντος σώματος. Ο βαθμός απορρόφησης των διάφορων απορροφητήρων κυμαίνεται από 0,8 μέχρι 0,98 με το υπόλοιπο 0,2 και 0,02 αντίστοιχα να ανακλάται. Ένα μέρος από τη θερμότητα μεταδίδεται με αγωγή μέσα στον αποροφητήρα, ενώ το υπόλοιπο μεταδίδεται πάλι στο περιβάλλον με συναγωγή και ακτινοβολία. Αυτή η εκπομπή θερμότητας εξαρτάται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της επιφάνειας και του περιβάλλοντος. Έτσι καθώς η επιφάνεια θερμαίνεται οι απώλειες αυξάνονται. Η ισορροπία αποκαθίσταται όταν η ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας εξισωθεί με τις απώλειες.

Αν η επιφάνεια του αποροφητήρα όμως καλυφθεί από ένα τζάμι οι θερμικές απώλειες μειώνονται σημαντικά χωρίς να μειώνεται πολύ η προσπίπτουσα ακτινοβολία. Αυτό οφείλεται στην ιδιότητα του τζαμιού να είναι διαπερατό από την ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος που αντιστοιχεί στην ηλιακή, αλλά να μην είναι διαπερατό από την ακτινοβολία μεγαλύτερου μήκους κύματος που αντιστοιχεί στην υπέρυθρη που εκπέμπεται από τον αποροφητήρα.

Οι ηλιακοί συλλέκτες λοιπόν εκμεταλλευόμενοι το φαινόμενο του θερμοκηπίου που περιγράφηκε παραπάνω είναι οι μηχανισμοί που πραγματοποιούν τη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμότητα.

2.4.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

Η λειτουργία του επίπεδου συλλέκτη είναι απλή και συνίσταται στην μεταφορά αυτής της θερμότητας που παράγεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, σε ένα ρευστό. Υπάρχουν συλλέκτες που χρησιμοποιούν ως ρευστό κάποιο υγρό και άλλοι που χρησιμοποιούν τον αέρα. Παρακάτω φαίνεται στο σχήμα 2.4.2 ένας επίπεδος συλλέκτης υγρού και τα κύρια μέρη του.



ΣΧΗΜΑ 2.4.2: ΗΛΙΑΚΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ

Απορροφητική πλάκα: μια μεταλλική επιφάνεια βαμμένη με μαύρο χρώμα για μέγιστη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Σωληνώσεις: χώροι που κυκλοφορεί το ρευστό και βρίσκονται σε θερμική επαφή με την απορροφητική πλάκα.

Μόνωση: εσωτερική και εξωτερική για την ελάττωση των απωλειών.

Διαφανή καλύμματα: συνήθως από γυαλί λόγω των εξαιρετικών ιδιοτήτων του σε αντοχή και διαπερατότητα.

Πλαίσιο στήριξης: απαραίτητο για την αντοχή του συλλέκτη στα καιρικά φαινόμενα αλλά και την μηχανική αντοχή του.

2.4.3 ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

Στο σημείο αυτό είναι αναγκαίο να διαχωριστεί η στιγμιαία απόδοση του συλλέκτη από την μακροχρόνια απόδοση του ηλιακού συστήματος. Η στιγμιαία απόδοση λαμβάνει υπόψη της τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή τα δεδομένα ακτινοβολίας και θερμοκρασίας ενώ ο ηλιακός συλλέκτης σαν σύστημα είναι μια συσκευή που λειτουργεί σε εύρος θερμοκρασιών και ακτινοβολιών στη διάρκεια του έτους.

Το ωφέλιμο ενεργειακό κέρδος από τον συλλέκτη σε δεδομένη στιγμή είναι η διαφορά μεταξύ του ποσού της ηλιακής ενέργειας που απορροφάται από τον αποροφητήρα και των απωλειών ενέργειας στο περιβάλλον. Η εξίσωση που εφαρμόζεται σε όλους τους επίπεδους συλλέκτες είναι η εξής:

$$Q = F_R A_C [I_T \cdot (\tau\alpha) - U_L (T_i - T_a)]$$

Όπου

Q: ωφέλιμη συλλεγόμενη θερμική ισχύς (W)

A_c: η επιφάνεια του συλλέκτη (m²)

F_R: ο συντελεστής θερμικής απολαβής του συλλέκτη

I_T: η ένταση ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του συλλέκτη (W/m²)

τ: ο συντελεστής διάβασης των διάφανων καλυμμάτων στην ηλιακή ακτινοβολία

α: ο συντελεστής απορρόφησης της απορροφητικής πλάκας για την ηλιακή ακτινοβολία

U_L: ο συντελεστής ενεργειακών απωλειών του συλλέκτη (W/m² °C)

T_i: η θερμοκρασία του ρευστού στην είσοδο του συλλέκτη (°C)

T_a: η θερμοκρασία του περιβάλλοντος (°C)

Η ακτινοβολία που προσπίπτει κάθε στιγμή στην επιφάνεια του συλλέκτη I_T περιλαμβάνει και την διάχυτη και την άμεση ακτινοβολία.

Οι συντελεστές τ και α εξαρτώνται από τα υλικά του συλλέκτη και τη γωνία της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

Το γινόμενο U_L(T_i-T_a) παριστά τις απώλειες του συλλέκτη με την υπόθεση ότι η θερμοκρασία της ηλιακής πλάκας είναι ομοιόμορφη και ίση με τη θερμοκρασία εισόδου του ρευστού στο συλλέκτη.

Ο συντελεστής F_R είναι συνάρτηση της παροχής του ρευστού μέσα στο συλλέκτη και του τρόπου κατασκευής του (ποιότητα υλικών, απόσταση μεταξύ σωληνώσεων κ.α.).

Για την απόδοση του συλλέκτη μπορεί να οριστεί ο παρακάτω βαθμός:

$$n = F_R (\tau \alpha) - F_R U_L \frac{T_i - T_a}{I_T}$$

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη που αφορούν την απόδοση του συλλέκτη δίδονται για τα διάφορα είδη συλλεκτών σε πίνακες, όπως ο πίνακας 2.4.3 που ακολουθεί.

| ΤΥΠΟΣ | ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ | FR(τα) | FR UL(W/m2 C) |
|-------|---|--------|---------------|
| I | ΜΑΥΡΟ ΧΡΩΜΑ 1 ΤΖΑΜΙ | 0,82 | 7,5 |
| II | ΜΑΥΡΟ ΧΡΩΜΑ 2 ΤΖΑΜΙΑ/ΕΠΙΛΕΚΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 1 ΤΖΑΜΙ | 0,75 | 5 |
| III | ΣΩΛΗΝΕΣ ΚΕΝΟΥ | 0,45 | 1,25 |
| IV | ΠΛΑΣΤΙΚΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ ΧΩΡΙΣ ΤΖΑΜΙ ΚΑΙ ΜΟΝΩΣΗ | 0,86 | 21,5 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4.3: ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ[8]

Η χρήση των συλλεκτών για θέρμανση χώρων έχει αποδειχθεί πολύ ικανοποιητική και θα εξεταστεί παρακάτω στην μελέτη περιπτώσεων.

2.5 ΒΙΟΜΑΖΑ

2.5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο βιομάζα αναφερόμαστε στο σύνολο της οργανικής ύλης που βρίσκεται στο λεπτό στρώμα του φλοιού της γης, την βιόσφαιρα. Είναι ένας πολύ γενικός όρος που περιγράφει το υλικό πρόσφατων βιολογικών διεργασιών που είναι διαθέσιμο να χρησιμοποιηθεί είτε ως πηγή ενέργειας είτε για εκμετάλλευση των χημικών του ιδιοτήτων. Η βιομάζα αντιπροσωπεύει ένα πολύ μικρό ποσοστό της συνολικής μάζας της γης αλλά σε ανθρώπινους όρους είναι μια τεράστια αποθήκη ενέργειας, η οποία ανανεώνεται συνεχώς. Η ενέργεια αυτή προέρχεται από τον ήλιο και αποθηκεύεται στους χημικούς δεσμούς της οργανικής ύλης με την φωτοσύνθεση. Η εγκλωβισμένη αυτή βιοενέργεια ανακυκλώνεται με τη βοήθεια μιας σειράς χημικών και φυσικών διεργασιών στα φυτά, το έδαφος, το χώρο γύρω από τα φυτά και την υπόλοιπη έμβια ύλη, μέχρι που τελικά ακτινοβολείται από τη γη ως θερμότητα χαμηλής θερμοκρασίας. Εξαίρεση αποτελεί ένα μικρό κλάσμα, το οποίο παραμένει στο έδαφος και μετατρέπεται σταδιακά σε στερεό καύσιμο.

Το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και το νερό που απορροφάται από τις ρίζες των φυτών συνδυάζονται κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης για να παράγουν υδατάνθρακες (σάκχαρα) που αποτελούν τη βιομάζα. Η ηλιακή ενέργεια που απαιτείται και δημιουργεί τη φωτοσύνθεση δεσμεύεται στους χημικούς δεσμούς των δομικών συστατικών της βιομάζας. Κατά τη διάρκεια της καύσης της βιομάζας το οξυγόνο της ατμόσφαιρας αντιδρά με τον άνθρακα της βιομάζας και παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Η διαδικασία είναι κυκλική αφού το διοξείδιο του άνθρακα είναι πάλι διαθέσιμο για να παράγει νέα βιομάζα. Με την προϋπόθεση λοιπόν ότι η κατανάλωση της βιομάζας από τον άνθρωπο δεν ξεπερνά τα φυσικά επίπεδα κατανάλωσης, η χρήση των βιοκαυσίμων δεν απελευθερώνει περισσότερη ενέργεια ή περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα από ότι θα παραγόταν από τις φυσικές διεργασίες. Φαίνεται λοιπόν ότι πρόκειται για μια πηγή ενέργειας, η χρήση της οποίας δεν έχει καμία περιβαλλοντική επίπτωση.

ΠΗΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η βιομάζα σήμερα αποτελεί την πιο διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, καλύπτοντας το 35% και 3% των αναγκών σε πρωτογενή ενέργεια των χωρών του αναπτυσσόμενου και του βιομηχανικού κόσμου αντίστοιχα. Η φυσική ανανέωση της βιομάζας αντιπροσωπεύει μια πηγή ενέργειας ισοδύναμη με 3000 EJ το χρόνο.

Πηγές της βιομάζας κατηγοριοποιούνται ως εξής:

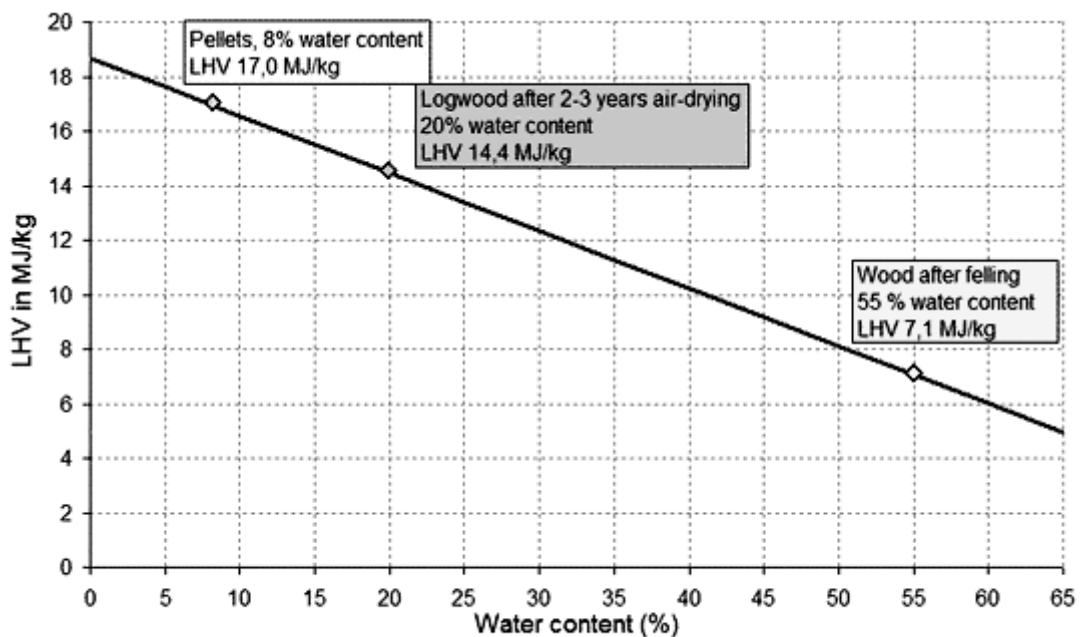
- Ξυλώδης βιομάζα
 - Δασικά υπολείμματα που προκύπτουν μετά την υλοτόμηση.
 - Ξυλεία αποκλειστικά για καύση.
 - Υπολείμματα ξύλου μετά την επεξεργασία του σε αντίστοιχες βιομηχανίες.

- Υπολείμματα από επεξεργασία αστικών αποβλήτων από κήπους.
- Μη ξυλώδης βιομάζα
 - Ενεργειακές καλλιέργειες
- Άλλα οργανικά υπολείμματα
 - Αστικά απόβλητα
 - Τα υπολείμματα της κτηνοτροφίας.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Από την βιομάζα παράγονται τα βιοκαύσιμα που ορίζονται ως το σύνολο των στερεών, υγρών ή αέριων καυσίμων από οργανικά υλικά που προέρχονται είτε κατευθείαν από τα φυτά ή έμμεσα από βιομηχανικά, εμπορικά, οικιακά και αγροτικά απόβλητα. Στερεά βιοκαύσιμα προκύπτουν από μια πληθώρα πρώτων υλών και μπορούν να αξιοποιηθούν μέσω μεγάλης ποικιλίας τεχνολογιών.

Μια πολύ σημαντική παράμετρος όσο αφορά στην απόδοση της καύσης των βιοκαυσίμων είναι το ποσοστό της υγρασίας που περιέχουν. Είναι προφανές ότι η αύξηση της υγρασίας μειώνει σημαντικά το ενεργειακό περιεχόμενο του βιοκαυσίμου. Στο σχήμα 2.5.1 φαίνεται η σχέση μεταξύ της κατώτατης θερμογόνου ικανότητας (LHV) με την ποσότητα υγρασίας (WATER CONTENT) που περιέχει μια μορφή βιοκαυσίμου, το ξύλο.



ΣΧΗΜΑ 2.5.1: ΚΑΤΩΤΑΤΗ ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ ΞΥΛΟΥ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ[25]

Στον πίνακα 2.5.1 παρατίθεται το ποσό της ενέργειας που μπορεί να αντληθεί από έναν τόνο ή ένα κυβικό μέτρο διαφόρων βιοκαυσίμων. Στον πίνακα υπάρχουν επίσης οι αντίστοιχες τιμές για τα συμβατικά καύσιμα για την ευκολότερη ποσοτική σύγκρισή τους.

| ΚΑΥΣΙΜΟ | ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ | |
|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| | GJ/t | GJ/m³ |
| ΞΥΛΟ(ξηρό αέρος-20% υγρασία) | 15,00 | 10,00 |
| ΧΑΡΤΙ (στοιβαγμένες εφημερίδες) | 17,00 | 9,00 |
| ΚΟΠΡΙΑ (ξηρή) | 16,00 | 4,00 |
| ΑΧΥΡΟ (δέματα) | 14,00 | 1,40 |
| ΖΑΧΑΡΟΚΑΛΑΜΟ (στελέχη ξηρά αέρος) | 14,00 | 10,00 |
| ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ (όπως συλλέγονται) | 9,00 | 1,50 |
| ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ | 16,00 | - |
| ΓΡΑΣΙΔΙ (φρεσκοκομμένο) | 4,00 | 3,00 |
| ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ | 42,00 | 34,00 |
| ΚΑΡΒΟΥΝΟ | 28,00 | 50,00 |
| ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ | 55,00 | 0,04 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5.1:ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΚΑΥΣΙΜΩΝ[1]

2.5.2 ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΜΑΤΑ ΞΥΛΟΥ-WOOD PELLETS

Μια μορφή βιοκαυσίμων είναι τα λεγόμενα pellets (συσσωματώματα) τα οποία είναι κομμάτια ξύλου. Προέρχονται από τα υπολείμματα των βιομηχανιών ξυλείας και επεξεργάζονται κατάλληλα με κύριο σκοπό την αφαίρεση της υγρασίας τους και την συμπίεση τους ώσπου να αποκτήσουν κυλινδρικό σχήμα. Η θερμική τους απόδοση ανέρχεται στα 4300kcal/kg=18 MJ/kg. Η καύση των pellets για την παραγωγή θέρμανσης σε οικιακό αλλά και μεγαλύτερο επίπεδο είναι πολύ διαδεδομένη στην Ευρώπη. Ο λόγος είναι γιατί λόγω της μικρής περιεκτικότητάς τους σε υγρασία χρειάζονται λιγότερο αέρα για την καύση τους. Οι τεχνολογίες καύσης των pellets εξασφαλίζουν μικρές εκπομπές και μικρή παραγωγή στάχτης. Σε οικιακό επίπεδο συναντάμε εφαρμογές μικρής κλίμακας που περιλαμβάνουν ειδικά κατασκευασμένες σόμπες και τζάκια. Σε μεγαλύτερης κλίμακας εφαρμογές κεντρικής θέρμανσης, συναντάμε ειδικούς λέβητες διαμορφωμένους να παράγουν θερμότητα από την καύση διαφόρων μορφών βιομάζας συμπεριλαμβανομένων και των pellets.

Η βιομηχανία παραγωγής συσσωμάτων ξύλου είναι ανεπτυγμένη στην Ευρώπη με πρωτοπόρες την Ιρλανδία, την Αυστρία, τη Σουηδία, τη Γερμανία αλλά και το Ηνωμένο Βασίλειο. Για την τροφοδοσία των ελληνικών εφαρμογών με συσσωματώματα οι επιλογές τα τελευταία χρόνια είναι δυο: (α) εισαγωγή από το εξωτερικό, (β) προμήθεια από τοπικούς παραγωγούς συσσωμάτων. Οι δυο

αυτές λύσεις προς το παρόν δεν έχουν σημαντική διαφορά ως προς το κόστος γιατί ενώ στην Ευρώπη το κόστος των συσσωμάτων είναι μικρότερο από ότι στην εγχώρια αγορά, αυτό αυξάνεται λόγω του κόστους που προκύπτει από την εισαγωγή του προϊόντος στην Ελλάδα.

Στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχει ξεκινήσει από το 2007 ένα πρόγραμμα που αφορά την παραγωγή και την αγορά των συσσωμάτων ξύλου στην Ευρώπη. Το πρόγραμμα αυτό ονομάζεται pellets@las (www.pelletcentre.info, www.pelletsatlas.info) και θα διαρκέσει 3 χρόνια συλλέγοντας στοιχεία για την παραγωγή των συσσωμάτων από κάθε χώρα, την κινητικότητα τους στην αγορά και τη χρήση τους σαν ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Σύμφωνα με τις πληροφορίες που παρέχει ο δικτυακός τόπος για την Ελλάδα έχουμε 5 εταιρίες που δραστηριοποιούνται στην παραγωγή και εμπορία συσσωμάτων ξύλου:

1. AVEA στα Χανιά της Κρήτης,
2. AGROP στην Αθήνα.
3. SAKKAS S.A. στην Καρδίτσα,
4. BIOENERGY HELLAS στη Λάρισα,
5. HELLENIC PELLETS στην Κομοτηνή.

Στο σχήμα 2.5.2.α φαίνεται η συνολική παραγωγική ικανότητα της Ελλάδας σε συσσωματώματα ξύλου όπως έχει καταγραφεί από το ευρωπαϊκό πρόγραμμα μέχρι σήμερα.



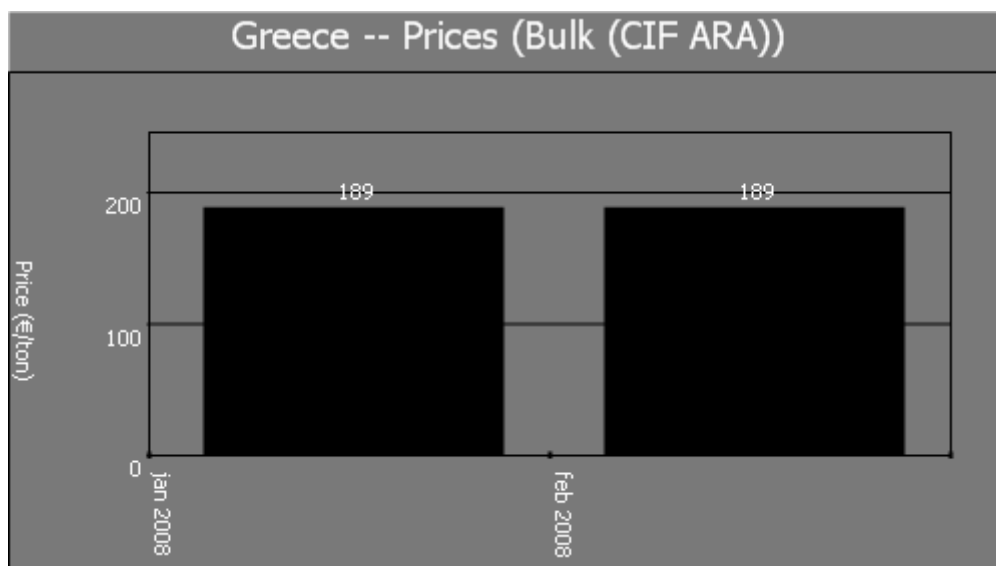
ΣΧΗΜΑ 2.5.2.α: ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΝ ΞΥΛΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ [28]

Σύμφωνα με πληροφορίες από το ΚΑΠΕ (Παπαμιχαήλ Ιωάννα,2008) στην Ελλάδα αυτή τη στιγμή δραστηριοποιούνται οι εξής εταιρίες:

| ΕΤΑΙΡΙΑ | ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ | ΠΡΟΪΟΝΤΑ |
|------------------------------|-----------------|--|
| ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ | ΑΜΦΙΚΛΕΙΑ | ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΞΥΛΟΥ, ΠΕΛΛΕΤΑΣ, Κ.Α. ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ HERZ |
| ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΕ(ΚΟΜΒΙ) | ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑ | ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΞΥΛΟΥ, ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟΥ ΚΛΠ. |
| ΣΑΜΑΡΑΣ | ΛΑΥΡΙΟ | ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΞΥΛΟΥ, ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟΥ ΚΛΠ. |
| A.&M. ΧΟΥΜΕΡΙΑΝΟΣ ΟΕ | ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ | ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΞΥΛΟΥ, ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟΥ ΚΛΠ. |
| ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ (HELLENIC PELLETS) | ΚΟΜΟΤΗΝΗ | ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΕΛΛΕΤΩΝ ΚΑΙ ΚΑΥΣΤΗΡΩΝ ΠΕΛΛΕΤΩΝ |
| ΚΩΣΤΑΣ ΣΑΚΚΑΣ ΑΕΒΕ | ΚΑΡΔΙΤΣΑ | ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΕΛΛΕΤΩΝ ΚΑΙ ΚΑΥΣΤΗΡΩΝ ΠΕΛΛΕΤΩΝ |
| BIOENERGY HELLAS | ΛΑΡΙΣΑ | ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΕΛΛΕΤΩΝ |

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5.2: ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΕΤΑΙΡΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΝ ΞΥΛΟΥ ΚΑΙ ΛΕΒΗΤΩΝ[16]

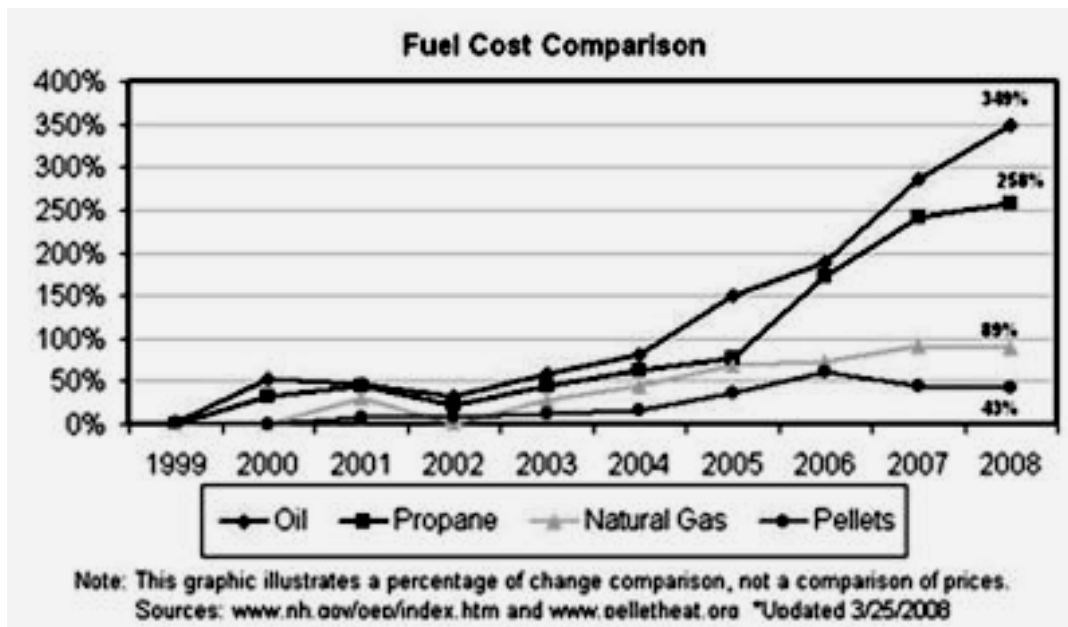
Από το δικτυακό τόπο του ευρωπαϊκού προγράμματος μπορούμε να αντλήσουμε σημαντικές πληροφορίες για την τιμή που έχουν τα συσσωμάτωμα ξύλου στην ελληνική αγορά αυτή την περίοδο. Έτσι σύμφωνα πάντα με τα δεδομένα του προγράμματος έχουμε το σχήμα 2.5.2.β:



ΣΧΗΜΑ 2.5.2.β: ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΝ ΞΥΛΟΥ[28]

Βλέπουμε λοιπόν ότι η τιμή των συσσωμάτων όταν αυτά διατίθενται σε μεγάλες ποσότητες (bulk) είναι σταθερή και ίση με 189€/τον. Η σταθερότητα

στις τιμές των βιοκαυσίμων αυτών είναι ένα από τα χαρακτηριστικά που τα κατατάσσουν στις συμφέρουσες οικονομικές λύσεις για τον κλιματισμό στην Ευρώπη. Παρακάτω ακολουθεί το σχήμα 2.5.2.γ στο οποίο φαίνεται η αλλαγή του κόστους διαφόρων καυσίμων σαν ποσοστό της τιμής που είχαν το έτος 1999. Είναι φανερό ότι η μικρότερη αύξηση εμφανίζεται στην περίπτωση των συσσωμάτων ξύλου (43%) ενώ η μεγαλύτερη στο πετρέλαιο (349%).



ΣΧΗΜΑ 2.5.2.γ: ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ[29]

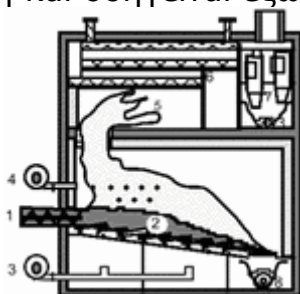
2.5.3 ΛΕΒΗΤΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Εκτός από τις εφαρμογές μικρής κλίμακας που αφορούν ένα μικρό τυπικό σπίτι και χρειάζονται μια απλή σόμπα συσσωμάτων ξύλου, οι μεγαλύτερες εφαρμογές απαιτούν την εγκατάσταση ενός λέβητα βιομάζας.

Οι επικρατέστερες τεχνολογίες στους καυστήρες βιομάζας είναι τρεις και διακρίνονται ως προς τον τρόπο καύσης του βιοκαυσίμου:

1. Καύση σε εσχάρα (Grate combustors)

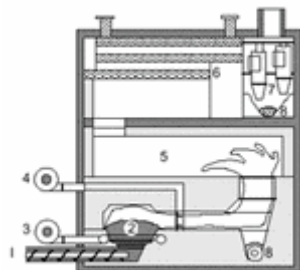
Το καύσιμο στην περίπτωση αυτή οδηγείται στην εσχάρα λόγω βαρύτητας. Κατά την κίνηση του καυσίμου αφαιρείται η υγρασία του, καίγεται και τέλος ψύχεται όταν αφαιρείται η στάχτη. Η τροφοδοσία του αέρα κάτω από την εσχάρα είναι τις περισσότερες φορές διαχωρισμένη έτσι ώστε η παροχή και η πίεση του αρχικού αέρα καύσης να μπορούν να ελεγχθούν ξεχωριστά. Οι θερμοκρασίες πάνω από την εσχάρα είναι στο εύρος των 800-1000⁰C. Σε συστήματα με στατική εσχάρα η στάχτη πέφτει σε ένα δοχείο συλλογής το οποίο πρέπει να αδειάζει χειροκίνητα ενώ σε σύστημα με κινούμενη εσχάρα η στάχτη πέφτει σε ειδική χοάνη και οδηγείται έξω από το σύστημα.



ΣΧΗΜΑ 2.5.3.α:ΚΑΥΣΗ ΣΕ ΕΣΧΑΡΑ[25]

2. Κάθετη καύση (stokers)

Κατά την τεχνολογία αυτή το καύσιμο πέφτει από πάνω προς τα κάτω τροφοδοτώντας τη φωτιά και χρησιμοποιείται ευρέως σε λέβητες που μετατράπηκαν από λέβητες πετρελαίου σε λέβητες βιομάζας.



ΣΧΗΜΑ 2.5.3.β:ΚΑΘΕΤΗ ΚΑΥΣΗ[25]

3. Καύση σε ρευστοποιημένη κλίνη(fluidized bed systems)

Οι λέβητες αυτής της τεχνολογίας είναι γνωστοί για την ευελιξία που παρουσιάζουν στον τύπο καυσίμου που μπορούν να καταναλώσουν.

Μπορούν να κάψουν καύσιμα με μεγάλη ποικιλία στην θερμογόνο ικανότητα τους, στο περιεχόμενο στάχτης και υγρασίας. Η τεχνική αυτή της ρευστοποιημένης κλίνης χρησιμοποιείται εδώ και 25 χρόνια και θεωρείται ως αποτελεσματική και φιλική προς το περιβάλλον. Οι καυστήρες αυτοί καίνε το βιοκαύσιμο σε ένα χώρο(κλίνη) γεμάτο με κοκκώδες υλικό, συνήθως άμμο. Ο πρωτεύων αέρας καύσης κρατά την άμμο σε υγρή μορφή (σαν υγρό που βράζει) ενώ ο δευτερεύων αέρας μπορεί να εισαχθεί σε υψηλότερο σημείο για πιο ολοκληρωμένη καύση. Η κλίνη λειτουργεί συνήθως σε θερμοκρασίες 750-950 °C, που όπως φαίνεται είναι μικρότερες από τις θερμοκρασίες στο χώρο των άλλων καυστήρων. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μειωμένη εκπομπή οξειδίων νατρίου (NOx). Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι λόγω του ότι η τεχνολογία της ρευστοποιημένης κλίνης επιτρέπει την καύση υλικών με αρκετή ποσότητα στάχτης, είναι μια κατάλληλη τεχνολογία για καύση μεγάλης ποικιλίας υπολειμμάτων αγροτικής βιομάζας. Εμπορικά είναι διαθέσιμα δυο συστήματα ρευστοποιημένης κλίνης: ακίνητη και κινούμενη ρευστοποιημένη κλίνη.



ΣΧΗΜΑ 2.5.3.γ:ΚΑΥΣΗ ΣΕ ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΚΛΙΝΗ[25]

Σε γενικές γραμμές λοιπόν, οι λέβητες βιομάζας ακολουθούν την εξής αρχή λειτουργίας:

Το καύσιμο υλικό είναι αποθηκευμένο σε μία δεξαμενή και οδηγείται με αυτόματο τρόπο στην καύση. Ένας κοχλίας προωθεί με ανάλογα επιλεγμένη ταχύτητα την ποσότητα που χρειάζεται για την επίτευξη της θερμοκρασίας που χρειάζεται. Η φλόγα που δημιουργείται θερμαίνει την ποσότητα νερού που κυκλοφορεί μέσα στα υδατοστεγή διαμερίσματα του σώματος του λέβητα. Παράλληλα ο καπνός απάγεται οδηγούμενος διαμέσου μιας διαδρομής η οποία τον υποχρεώνει γυρνώντας τρεις φορές μέσα στην κατασκευή, να αφήσει όλες τις θερμίδες στο νερό.

Ο ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ

Παραγόμενος από χυτοσίδηρο αποτελείται από ένα σωλήνα και το σημείο καύσης. Με κυλινδρική διαμόρφωση προσεκτικά μελετημένη, υποδέχεται την καύσιμη ύλη που έρχεται από τον αγωγό ροής και καίγεται αποδίδοντας τις μέγιστες θερμίδες όταν έρχεται σε επαφή με την φλόγα στον θάλαμο καύσης.

ΕΚΚΙΝΗΣΗ

Η εκκίνηση του λέβητα μπορεί να γίνει είτε χειροκίνητη είτε αυτόματα με την λειτουργία ηλεκτρικής αντίστασης ή συσκευής υπέρθερμου αέρα. Μετά από τον πρώτο κύκλο λειτουργίας, ο λέβητας κρατά τόση θερμοκρασία ώστε το υλικό καύσης αναφλέγεται μόλις οδηγηθεί στον θάλαμο καύσης ακόμη και πολλές ώρες μετά την διακοπή της λειτουργίας του.

ΔΙΑΤΑΞΗ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Θεμελιώδη ρόλο στην παραγωγή θερμότητας, παίζει η διάταξη ανταλλαγής. Κατασκευασμένη από χαλύβδινους αγωγούς πρέπει να είναι εξ ολοκλήρου βυθισμένη στο νερό. Οι καπνοί, μεταφέροντας πολλές θερμίδες από την καύση, υποχρεώνονται σε μία διαδρομή που κοινά αποκαλείται διαδρομή τριών γύρων, κατά την οποία μεταφέρονται οι θερμίδες τους στο νερό. Αυτή η διαδικασία μεγιστοποιεί την παρεχόμενη απόδοση θερμότητας και ελαχιστοποιεί την εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα στο περιβάλλον. Η συγκεκριμένη μέθοδος κατασκευής εξυπηρετεί παράλληλα και την εύκολη συντήρηση και την καθαριότητα.

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ

Η καύσιμη ύλη είναι αποθηκευμένη στον αποθηκευτικό χώρο (σιλό) και οδηγείται από την χοάνη τροφοδοσίας που βρίσκεται δίπλα στο κέντρο καύσης με την βοήθεια ενός κοχλία συνδεδεμένου με ηλεκτρομοτέρ, στην περιοχή της καύσης. Το τελευταίο στάδιο της μεταφοράς, γίνεται με τρόπο τέτοιο ώστε να εξασφαλίζεται απόλυτα η αδυναμία μεταφοράς στις φλόγες στο σιλό αποθήκευσης του υλικού. Για ακόμη μεγαλύτερη ασφάλεια, προαιρετικά υπάρχει η δυνατότητα παρεμβολής στο κανάλι τροφοδοσίας μίας πυροσβεστικής βαλβίδας.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ

Στους λέβητες βιομάζας έχει προβλεφθεί και η δυνατότητα εγκατάστασης μιας ειδικής σερπαντίνας από χαλκό, που βυθισμένη στο νερό, έχει την δυνατότητα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης διαρκούς ροής..

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

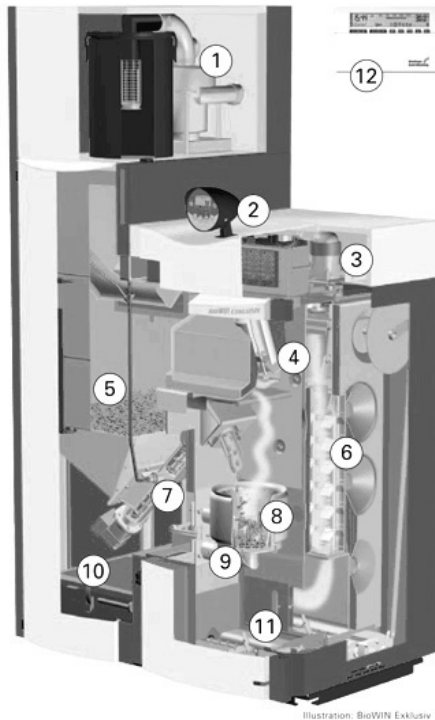
Χάρη στις υψηλές θερμοκρασίες που επιτυγχάνονται στον λέβητα, η συσσώρευση κατάλοιπων από την καύση είναι σχεδόν μηδενική. Έτσι είναι

αρκετός ένας εβδομαδιαίος καθαρισμός για να εξασφαλιστεί η καλή λειτουργία.

Κανόνας για την πολύχρονη σωστή λειτουργία του συστήματος, είναι ο καλός καθαρισμός και ο επιστάμενος έλεγχος στο τέλος κάθε περιόδου.

Οι καυστήρες σύμφωνα με τη βιβλιογραφία έχουν αποδόσεις που ξεκινούν από 88%[37] και τα τελευταία χρόνια αυξάνονται (ως και 95%) λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας.

Παρακάτω φαίνεται μια τυπική ολοκληρωμένη διάταξη λέβητα βιομάζας της εταιρίας BIOWin με τα στοιχεία που τον απαρτίζουν:

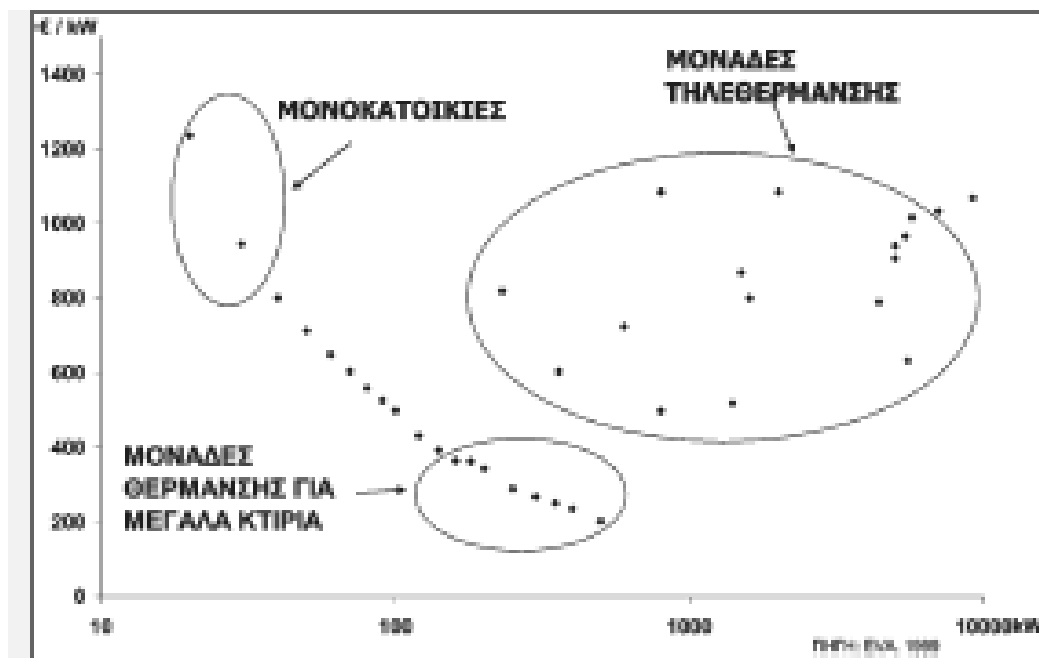


ΣΧΗΜΑ 2.5.3.δ:ΛΕΒΗΤΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

1. αυτοματοποιημένος μηχανισμός τροφοδοσίας με βιοκαύσιμα.
2. διαχειριστική και ελεγκτική οθόνη.
3. έλεγχος της χωρητικότητας του λέβητα.
4. θερμικός έλεγχος συνεχούς λειτουργίας.
5. δοχείο αποθήκευσης των συσσωμάτων (βιοκαυσίμου)
6. αυτοματοποιημένος καθαρισμός επιφάνειας καύσης.
7. έλεγχος απαίτησης σε καύσιμο.
8. καυστήρας από ασάλι.
9. αυτοματοποιημένη διάταξη αφαίρεσης στάχτης.
10. δοχείο συλλογής στάχτης.
11. απαγωγή της στάχτης από τον λέβητα
12. οθόνη ελέγχου της θερμοκρασίας

Τα συστήματα της καύσης βιοκαυσίμων αποτελούνται από διάφορες παραμέτρους, οι σημαντικότερες των οποίων είναι ο λέβητας και το είδος του καυσίμου που ήδη παρουσιάστηκαν. Το κόστος των συστημάτων αυτών είναι ανταγωνιστικό για μεγάλου μεγέθους εφαρμογές γιατί μπορεί ο εξοπλισμός να είναι ακριβότερος από τον συμβατικό, το κόστος του καυσίμου όμως είναι σημαντικά φθηνότερο.

Στο σχήμα 2.5.3.ε φαίνεται το κόστος επένδυσης συστημάτων θέρμανσης με βιομάζα(ΚΑΠΕ):



ΣΧΗΜΑ 2.5.3.ε:ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ[16]

Φαίνεται καθαρά πως η περίπτωση μας (θέρμανση για μεγάλα κτίρια) είναι από τις πλέον συμφέρουσες εφαρμογές της βιομάζας.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η βιομάζα είναι μια μορφή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και για το λόγο αυτό η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος υπόκειται σε καθεστώς επιδοτήσεων από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Σύμφωνα με το ΚΑΠΕ η χρήση της βιομάζας ως τεχνολογία για θέρμανση εντασσόταν στις επιχορηγήσεις του επιχειρησιακού προγράμματος Ανταγωνιστικότητας (2000-2006). Με δεδομένη την αύξηση του ενδιαφέροντος για τις ΑΠΕ τα τελευταία χρόνια, η ένταξη μιας τέτοιας εγκατάστασης σε κρατική ή ευρωπαϊκή επιδότηση κρίνεται εφικτή. Με βάση τις τρέχουσες εξελίξεις, τέτοια συστήματα μπορούν να είναι ή να γίνουν βιώσιμα ακόμα και χωρίς επιδότηση.

2.6 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ

2.6.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΛΑΥΡΙΟΥ

Σε αυτή την ενότητα θα μελετηθούν δυο τυπικά κτίρια του ΤΠΠΛ με σκοπό την κάλυψη των αναγκών τους σε κλιματισμό κατά την χειμερινή και την θερινή περίοδο. Τα κτίρια αυτά είναι το κτίριο περιβαλλοντικής εκπαίδευσης που βρίσκεται στο κτίριο ΓΡΑΦΕΙΑ ΚΑΜΙΝΕΙΑΣ (16) και το κτίριο των κεντρικών γραφείων που βρίσκεται στο επονομαζόμενο ΡΟΛΟΪ (6). Το κτίριο περιβαλλοντικής εκπαίδευσης είναι ένα ισόγειο κτίριο και το κτίριο των κεντρικών γραφείων είναι ένα κτίριο με έναν όροφο. Για το ισόγειο κτίριο υπάρχει μελέτη κατατεθειμένη στην Τεχνική Υπηρεσία του ΕΜΠ στην οποία είναι καταγεγραμμένα όλα τα στοιχεία και είναι υπολογισμένο το θερμικό και ψυκτικό φορτίο των χώρων. Για το κτίριο των κεντρικών γραφείων δεν υπάρχει μηχανολογική μελέτη παρά μόνο αρχιτεκτονική αποτύπωση των χώρων. Έτσι γίνεται ένας όσο το δυνατόν καλύτερος υπολογισμός των θερμικών απωλειών του κτιρίου χρησιμοποιώντας όλα τα στοιχεία που παρέχονται στα σχέδια που υπάρχουν.

Σε αυτό το σημείο είναι σκόπιμο να αναφερθεί ότι έγινε προσπάθεια να γίνει μελέτη για περισσότερα κτίρια που βρίσκονται σε χρήση ήδη στο ΤΠΠΛ. Όμως η προσπάθεια αυτή δεν είχε αποτέλεσμα λόγω της παντελούς έλλειψης στοιχείων για τα κτίρια λόγω της παλαιότητας τους. Επίσης η εξαγωγή κάποιων συντελεστών για την προσομοίωση κάποιων κτιρίων με τα δυο αυτά τυπικά κτίρια κρίνεται ανούσια λόγω της μεγάλης ποικιλίας των κτιρίων και της διαπίστωσης ότι οι συσχετισμοί θα ήταν ίσως αβάσιμοι.

2.6.2 ΓΡΑΦΕΙΑ ΚΑΜΙΝΕΙΑΣ-ΙΣΟΓΕΙΟ ΚΤΙΡΙΟ



ΣΧΗΜΑ 2.6.2:ΚΤΙΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΚΑΜΙΝΕΙΑΣ

Το κτίριο αυτό είναι ένα ισόγειο κτίριο με συνολικό εμβαδόν ίσο με 64 m². Στην παρούσα φάση έχει γίνει μελέτη για την κάλυψη των αναγκών του σε κλιματισμό με κεντρικές κλιματιστικές μονάδες.

Σύμφωνα με τις πληροφορίες που αντλούνται από τη μελέτη του τμήματος Τεχνικών Υπηρεσιών του ΕΜΠ, το κτίριο αυτό έχει ψυκτικό φορτίο 6,6 kw και θερμικό φορτίο ίσο με 5,35 kw.

2.6.2.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η μελέτη για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου αυτού με Γεωθερμική αντλία θερμότητας περιλαμβάνει σαν πρώτο βήμα τον υπολογισμό του απαιτούμενου βάθους των γεωτρήσεων που θα χρειαστούν.

Για τον υπολογισμό αυτό εφαρμόζεται η μεθοδολογία που προτείνει η ASHRAE[9]. Έτσι ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα:

2.6.2.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΡΟΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ q_a.

Ο υπολογισμός θα γίνει με βάση τον τύπο:

$$q_a = \frac{C_{fc} \times q_{lc} \times \text{EFL Hours}_c + C_{fh} \times q_{lh} \times \text{EFL Hours}_h}{8760 \text{ Hours}}$$

Στον τύπο αυτό εισάγεται το θερμικό φορτίο του κτιρίου q_{lh} [Btu/h] όπως και το ψυκτικό φορτίο q_{lc} [Btu/h]. Για το ισόγειο κτίριο περιβαλλοντικής εκπαίδευσης σύμφωνα με την υπάρχουσα μελέτη: (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1)

$$q_{lh} = 18254,95 \text{ Btu/h}$$

$$q_{lc} = -22520,12 \text{ Btu/h}$$

Η αντλία που επιλέγεται για αυτές τις ανάγκες είναι η AUREA2-30H με στοιχεία:

$$P_c = 9,4 \text{ kW}$$

$$P_h = 11,0 \text{ kW}$$

$$P_{el.} = 2,2 \text{ kW}$$

Χρειάζεται να ορίσουμε τις ισοδύναμες ώρες (EFL Hours) σε ολικό φορτίο ψύξης και θέρμανσης. Αυτές ορίζονται περίπου ως 1100 ώρες ετησίως. Έτσι έχουμε $EFL\ Hours_c = EFL\ Hours_h = 1100$.

Οι διορθωτικοί συντελεστές C_{fc} , C_{fh} σχετίζονται με τους χαρακτηριστικούς συντελεστές COP και EER αντίστοιχα. Οι τιμές τους δίδονται στον πίνακα 4.2 του βιβλίου της ASHRAE.

| Cooling EER | C_{fc} | Heating COP | C_{fh} |
|-------------|----------|-------------|----------|
| 11 | 1.31 | 3.0 | 0.75 |
| 13 | 1.26 | 3.5 | 0.77 |
| 15 | 1.23 | 4.0 | 0.80 |
| 17 | 1.20 | 4.5 | 0.82 |

ΣΧΗΜΑ 2.6.2.2: ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ[9]

Έτσι μετά από τους υπολογισμούς έχουμε το εξής αποτέλεσμα για τη μέση ετήσια ροή θερμότητας στο έδαφος:

$$q_a = \frac{1,26 \times (-22520,12) \times 1100 + 0,76 \times 18254,95 \times 1100}{8760} = -1829,61 \text{ Btu/h}$$

2.6.2.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΒΑΘΟΥΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΨΥΚΤΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ.

Ο υπολογισμός θα γίνει με βάση τον τύπο:

$$L_c = \frac{q_a R_{ga} + (C_{fc} \times q_{lc}) (R_b + PLF_m R_{gm} + R_{gd} F_{sc})}{t_g - \frac{t_{wi} + t_{wo}}{2} - t_p}$$

Όπου:

R_{ga} , R_{gm} , R_{gd} : ισοδύναμες θερμικές αντιστάσεις.

R_b : η σχετική αντίσταση της σωλήνωσης σχήματος U με τη γεώτρηση.

PLF_m : μηνιαίος συντελεστής μερικού φορτίου.

F_{sc} : συντελεστής θερμικών απωλειών κυκλώματος σωληνώσεων.

t_g : θερμοκρασία εδάφους.

t_{wi} : θερμοκρασία εισόδου του νερού

t_{wo} : θερμοκρασία εξόδου του νερού

t_p : διορθωτικός συντελεστής για τη θερμοκρασία.

Η μέθοδος υπολογισμού του βάθους που απαιτείται για τις γεωτρήσεις βασίζεται κατά πολύ στην εκτίμηση του τελευταίου συντελεστή t_p . Ο συντελεστής αυτός αντιπροσωπεύει την μακροπρόθεσμη αλλαγή θερμοκρασίας του εδάφους λόγω της υπερβολικής απόρριψης ή εξαγωγής θερμότητας μετά από πολλά χρόνια λειτουργίας των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας. Χρησιμοποιώντας λοιπόν τον κατάλληλο πίνακα στο βιβλίο της ASHRAE που παρουσιάζεται παρακάτω (πίνακας 2.6.2.3.γ) γίνεται η εκτίμηση του συντελεστή αυτού και συγκρίνεται το αναμενόμενο βάθος με το εξαγόμενο από τους υπολογισμούς.

Αρχικά θα πρέπει να υπολογιστούν οι θερμικές αντιστάσεις και οι θερμικές ιδιότητες του εδάφους.

Σύμφωνα με τους Carslaw και Jaeger όσο αφορά στις ισοδύναμες θερμικές αντιστάσεις έχουμε ότι εκτός από την εξωτερική διάμετρο των σωληνώσεων, ο χρόνος λειτουργίας και η διάχυση θερμότητας του εδάφους σχετίζονται με τον αδιάστατο αριθμό Fourier:

$$Fo = \frac{4a_g \tau}{d^2}$$

Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των ισοδύναμων θερμικών αντιστάσεων για διάφορους θερμικούς χρονικούς

παλμούς. Ακολουθώντας το παράδειγμα που παρατίθεται στην βιβλιογραφία [9], μοντελοποιούμε το σύστημά μας σε τρεις τέτοιους παλμούς και έχουμε:

- έναν δεκαετή παλμό των 3650 ημερών- τ_a
- έναν μηνιαίο παλμό των 30 ημερών- τ_m
- έναν 6-ωρο παλμό 25% της ημέρας.

Αυτοί οι τρεις χρόνοι ορίζονται ως εξής:

$$\tau_1 = 3650$$

$$\tau_2 = 3650 + 30 = 3680$$

$$\tau_f = 3650 + 30 + 0,25 = 3680,25$$

Ο υπολογισμός του αριθμού Fourier τώρα γίνεται ως εξής:

$$F_{o1} = \frac{4a(\tau_f - \tau_1)}{d^2}$$

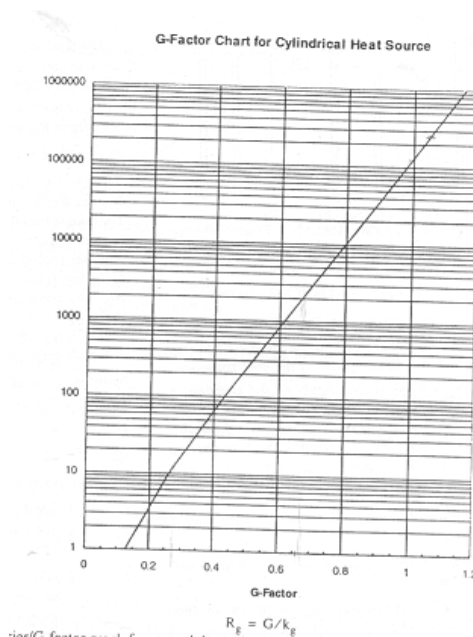
$$F_{o2} = \frac{4a(\tau_f - \tau_2)}{d^2}$$

$$F_{of} = \frac{4a\tau_f}{d^2}$$

Ο συντελεστής G που αντιστοιχεί σε κάθε αριθμό Fourier εξάγεται από τον πίνακα 2.6.2.3.α. Ο υπολογισμός των ισοδύναμων θερμικών αντιστάσεων του εδάφους γίνεται παρακάτω σύμφωνα με τους τύπους:

$$R_{ga} = \frac{G_f - G_1}{k_g}$$

$$R_{gm} = \frac{G_1 - G_2}{k_g}$$



ΣΧΗΜΑ 2.6.2.3.α: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ G-ΑΡΙΘΜΟΣ FOURIER[9]

Για τις θερμικές ιδιότητες του εδάφους (θερμική αγωγιμότητα k_g [Btu/h ft °F] και θερμοκρασιακή αγωγιμότητα α [ft²/day]) γίνεται χρήση του πίνακα 2.6.3.2.β σε συνδυασμό με τις πληροφορίες για το υπέδαφος που έχουμε από τις υπάρχουσες γεωτρήσεις.[ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3]

| Rock Type | % ¹ Occurrence in Earth's Crust | k - All ² Ther. Con. Btu/h ft °F | k - 80% ³ Ther. Con. Btu/h ft °F | c_p Spec. Heat Btu/lb °F | ρ Density lb/ft ³ | α ($k/\rho c_p$) Ther. Diff. ft ² /day |
|--------------------------|---|---|---|----------------------------------|---|--|
| Igneous Rocks | | | | | | |
| Granite (10% Quartz) | 10.4 | 1.1-3.0 | 1.3-1.9 | 0.21 | 165 | 0.9-1.3 |
| Granite (25% Quartz) | | | 1.5-2.1 | | | 1.0-1.4 |
| Amphibolite | 42.8 | 1.1-2.7 | 1.5-2.2 | 0.12 | 175-195 | |
| Andesite | | 0.8-2.8 | 0.9-1.4 | | | |
| Basalt | | 1.2-1.4 | | 0.17-0.21 | 180 | 0.7-0.9 |
| Gabbro (Cen. Plains) | | 0.9-1.6 | | 0.18 | 185 | 0.65-1.15 |
| Gabbro (Rocky Mtns.) | | 1.2-2.1 | | | | 0.85-1.5 |
| Diorites | | 11.2 | 1.2-1.9 | 1.2-1.7 | 0.22 | 180 |
| Grandiorites | 1.2-2.0 | | | 0.21 | 170 | 0.8-1.3 |
| Sedimentary Rocks | | | | | | |
| Claystone | | 1.1-1.7 | | | | |
| Dolomite | | 0.9-3.6 | 1.6-3.6 | 0.21 | 170-175 | 1.1-2.3 |
| Limestone | | 0.8-3.6 | 1.4-2.2 | 0.22 | 150-175 | 1.0-1.4 |
| Rock Salt | | 3.7 | | 0.20 | 130-135 | |
| Sandstone | 1.7 | 1.2-2.0 | | 0.24 | 160-170 | 0.7-1.2 |
| Siltstone | | 0.8-1.4 | | | | |
| Wet Shale (25% Qtz.) | 4.2 | 0.6-2.3 | 1.0-1.8 | 0.21 | 130-165 | 0.9-1.2 |
| Wet Shale (No Qtz.) | | | 0.6-0.9 | | | 0.5-0.6 |
| Dry Shale (25% Qtz.) | | | 0.8-1.4 | | | 0.7-1.0 |
| Dry Shale (No Qtz.) | | | 0.5-0.8 | | | 0.45-0.55 |
| Metamorphic Rocks | | | | | | |
| Gneiss | 21.4 | 1.0-3.3 | 1.3-2.0 | 0.22 | 160-175 | 0.9-1.2 |
| Marble | 0.9 | 1.2-3.2 | 1.2-1.9 | 0.22 | 170 | 0.8-1.2 |
| Quartzite | | 3.0-4.0 | | 0.20 | 160 | 2.2-3.0 |
| Schist | 5.1 | 1.2-2.6 | 1.4-2.2 | | 170-200 | |
| Slate | | 0.9-1.5 | | 0.22 | 170-175 | 0.6-0.9 |

¹ Percentage of sedimentary rocks is higher near the surface.
² "All" represents the conductivity range of all samples tested.
³ "80%" represents the mid-range for samples of rock.

ΣΧΗΜΑ 2.6.2.3.β:ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ[9]

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία ο αριθμός των γεωτρήσεων θα είναι περίπου ίδιος με το εκάστοτε φορτίο μετρούμενο σε ψυκτικούς τόνους (ton¹). Στην περίπτωση μας έχουμε ψυκτικό φορτίο ίσο με δυο περίπου τόνους άρα θα χρειαστούμε δυο γεωτρήσεις. Αυτό αναφέρεται γιατί ο πίνακας που έχουμε αντιστοιχεί σε ένα πλέγμα 10 X 10 = 100 γεωτρήσεων. Υπάρχουν όμως κατάλληλοι συντελεστές αναγωγής (C_f) για διαφορετικά πλέγματα. Η επιλογή μας θα είναι ο μικρότερος συντελεστής που υπάρχει για το πλέγμα με τις λιγότερες γεωτρήσεις ($C_f = 0,36$ για πλέγμα 1X10 γεωτρήσεις). Οι 10

¹ 1 ton = 12000 Btu

γεωτρήσεις για τη δική μας περίπτωση είναι περιττές όπως έχει ήδη αναφερθεί. Παρόλα αυτά γνωρίζοντας στο σημείο αυτό την λανθασμένη τιμή του συντελεστή κρίνεται σκόπιμο να γίνει αυτή η επιλογή για τη συνέχιση των υπολογισμών.

Η απόσταση των γεωτρήσεων επιλέγεται να είναι 15ft^2 , έχουμε ισοδύναμες ώρες θέρμανσης και ψύξης, η θερμοκρασία του εδάφους είναι 53°F και η θερμοκρασία εισαγωγής του νερού κατά τη λειτουργία της ψύξης είναι 85°F και το k_g του εδάφους προσεγγίζει το 1,5 [ΜΠΕΝΟΥ, 2008]. Έτσι επιλέγεται από τον πίνακα 2.6.2.3.γ ο συντελεστής διόρθωσης της θερμοκρασίας $\Delta t_g = -t_r = 4,7$.

| Eqv. Full-Load Hrs. Heating Cooling | Bore Separation (ft) | Ground Temp. t_g & Entering Water Temp. (Htg. & Ctg.) | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------|---|-----------------------|--|-----------------------|--|-----------------------|
| | | $t_g = 50^\circ\text{F}$ (EWT = 35/88) | | $t_g = 60^\circ\text{F}$ (EWT = 45/85) | | $t_g = 70^\circ\text{F}$ (EWT = 60/95) | |
| | | $k_g = 1.0$ | $k_g = 1.5$ | $k_g = 1.0$ | $k_g = 1.5$ | $k_g = 1.0$ | $k_g = 1.5$ |
| | | Δt_g (ft/ton) | Δt_g (ft/ton) | Δt_g (ft/ton) | Δt_g (ft/ton) | Δt_g (ft/ton) | Δt_g (ft/ton) |
| 1500 500 | 15 | -4.4°F (318) | -4.4°F (248) | - | - | - | - |
| | 20 | -2.3°F (236) | -2.3°F (216) | - | - | - | - |
| | 25 | -1.2°F (258) | -1.2°F (202) | - | - | - | - |
| 1000 1000 | 10 | 12.9°F (318) | 11.8°F (245) | NR | 11.8°F (313) | - | - |
| | 15 | 5.4°F (237) | 4.3°F (188) | 4.7°F (245) | 4.7°F (225) | - | - |
| | 20 | 3.4°F (220) | 1.9°F (172) | 2.5°F (263) | 2.4°F (206) | - | - |
| 500 1500 | 15 | 15.1°F (379) | 15.1°F (294) | NR | 12.9°F (345) | NR | NR |
| | 20 | 7.8°F (277) | 8.0°F (216) | 6.2°F (226) | 6.2°F (254) | 6.7°F (356) | 6.7°F (259) |
| | 25 | 4.1°F (224) | 4.3°F (190) | 3.5°F (287) | 3.5°F (234) | 3.5°F (293) | 3.5°F (229) |
| 0 2000 | 15 | - | - | NR | NR | NR | NR |
| | 20 | - | - | 10.3°F (408) | 10.4°F (316) | 10.8°F (414) | 10.3°F (322) |
| | 25 | - | - | 5.4°F (323) | 5.5°F (282) | 5.4°F (332) | 5.5°F (257) |

| Correction Factors for Other Grid Patterns | | | |
|--|--------------|--------------|--------------|
| 1 x 10 Grid | 3 x 10 Grid | 5 x 5 Grid | 20 x 20 Grid |
| $C_f = 0.36$ | $C_f = 0.45$ | $C_f = 0.75$ | $C_f = 1.34$ |

Where $\Delta t_g = C_f \times \Delta t_g$ (10 x 10 Grid)

ΣΧΗΜΑ 2.6.2.3.γ:ΜΑΚΡΟΠΡΟΘΕΣΜΗ ΑΛΛΑΓΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ[9]

² 1 ft = 0,3048 m

Για να φτάσουμε στον υπολογισμό του βάθους της γεώτρησης πρέπει να έχουμε κάποια στοιχεία για τις σωληνώσεις και τις ιδιότητες του υλικού με το οποίο θα γεμίσουμε τη γεώτρηση μετά την εγκατάσταση των σωληνώσεων. Με τη βοήθεια του βιβλίου της ASHRAE επιλέγεται σωλήνωση σχήματος U από πολυαιθυλένιο με διάμετρο $d=0,32\text{m}$ και ισοδύναμη διάμετρο $d_{eqv}=0,25\text{ft}$ και υλικό πλήρωσης της γεώτρησης με θερμική αγωγιμότητα περίπου $k_{grouting}=1,0\text{ Btu/h ft }^{\circ}\text{F}$. Έτσι η θερμική αντίσταση της σωλήνωσης σύμφωνα με τους πίνακες 2.6.2.3.δ και 2.6.2.3.ε είναι $R_d=0,11\text{ h ft }^{\circ}\text{F/Btu}$.

| U-tube Dia. (Eqv. Dia.) | SDR or Schedule | Pipe (Bore) Thermal Resistance (h ft ² /Btu) | | | |
|----------------------------|--------------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| | | For Water Flows above 2.0 gpm | 20% Prop. Glycol Flow 3.0 gpm | 20% Prop. Glycol Flow 5.0 gpm | 20% Prop. Glycol Flow 10.0 gpm |
| ¾ in. (0.15 ft) | SDR 11 | 0.09 | 0.12 | NR | NR |
| | SDR 9 | 0.11 | 0.15 | NR | NR |
| | Sch 40 | 0.10 | 0.14 | NR | NR |
| 1.0 in. (0.18 ft) | SDR 11 | 0.09 | 0.14 | 0.10 | NR |
| | SDR 9 | 0.11 | 0.16 | 0.12 | NR |
| | Sch 40 | 0.10 | 0.15 | 0.11 | NR |
| 1¼ in. (0.22 ft) | SDR 11 | 0.09 | 0.15 | 0.12 | 0.09 |
| | SDR 9 | 0.11 | 0.17 | 0.15 | 0.11 |
| | Sch 40 | 0.09 | 0.15 | 0.12 | 0.09 |
| 1½ in. (0.25 ft) | SDR 11 | 0.09 ¹ | 0.16 | 0.15 | 0.09 |
| | SDR 9 | 0.11 ¹ | 0.18 | 0.17 | 0.11 |
| | Sch 40 | 0.08 ¹ | 0.14 | 0.14 | 0.08 |

¹Based on using borehole cuttings for backfilling around U-tube. Use Table 3.2 corrections for other conditions.

²Water flow must be at least 3.0 gpm to avoid laminar flow for these cases.

ΣΧΗΜΑ 2.6.2.3.δ: ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΩΛΗΝΩΣΗΣ[9]

| Natural Soil Cond. | 0.9 Btu/h-ft ² °F | | 1.3 Btu/h-ft ² °F | | | 1.7 Btu/h-ft ² °F | |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | 0.5 Btu/ h-ft ² °F | 2.0 Btu/ h-ft ² °F | 0.5 Btu/ h-ft ² °F | 1.0 Btu/ h-ft ² °F | 2.0 Btu/ h-ft ² °F | 0.5 Btu/ h-ft ² °F | 1.0 Btu/ h-ft ² °F |
| 4 in. bore ¾ in. U-tube 1 in. U-tube | 0.11 (NR) | -0.05 | 0.14 (NR) | 0.03 | -0.02 | 0.17 (NR) | 0.05 |
| | 0.07 | -0.03 | 0.09 | 0.02 | -0.02 | 0.13 (NR) | 0.04 |
| 5 in. bore ¾ in. U-tube 1 in. U-tube 1¼ in. U-tube | 0.14 (NR) | -0.06 | 0.18 (NR) | 0.04 | -0.04 | 0.21 (NR) | 0.06 |
| | 0.11 (NR) | -0.04 | 0.14 (NR) | 0.03 | -0.02 | 0.16 (NR) | 0.05 |
| | 0.06 | -0.03 | 0.09 | 0.02 | -0.02 | 0.12 (NR) | 0.04 |
| 6 in. bore ¾ in. U-tube 1 in. U-tube 1¼ in. U-tube 1½ in. U-tube | 0.18 (NR) | -0.07 | 0.21 (NR) | 0.04 | -0.05 | 0.24 (NR) | 0.07 |
| | 0.14 (NR) | -0.06 | 0.17 (NR) | 0.03 | -0.04 | 0.21 (NR) | 0.06 |
| | 0.09 | -0.04 | 0.12 (NR) | 0.03 | -0.02 | 0.15 (NR) | 0.05 |
| | 0.07 | -0.03 | 0.09 | 0.02 | -0.02 | 0.11 (NR) | 0.04 |

(NR) = Not Recommended → For low thermal conductivity grouts, use small bore.

All Gaps add 0.2 to 0.4 h-ft²/Btu to Bore Resistance.

Note: some adjustments are negative, which indicates a thermal enhancement and a lower net thermal resistance compared to natural backfills.

ΣΧΗΜΑ 2.6.2.3.ε: ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΩΛΗΝΩΣΗΣ[9]

Όσο αφορά τον μηνιαίο συντελεστή μερικού φορτίου ακολουθούμε τον εξής συλλογισμό:

Η μονάδα δεν θα δουλεύει κατά τη διάρκεια της νύχτας δηλαδή το 50% του χρόνου. Κατά τις υπόλοιπες 12 ώρες θεωρούμε ότι η μονάδα λειτουργεί το 60% του χρόνου. Άρα τελικά ο εξοπλισμός θα λειτουργούσε 30% των συνολικών ωρών αν ο χώρος χρησιμοποιούνταν επτά ημέρες την εβδομάδα. Ο χώρος όμως χρησιμοποιείται 5 μέρες την εβδομάδα κι έτσι ο μηνιαίος συντελεστής μερικού φορτίου υπολογίζεται :

$$PLF_m = 30\% * (5/7) = 0,21 = 21\%$$

Μετά τους υπολογισμούς που έγιναν το απαιτούμενο βάθος γεώτρησης προκύπτει :

$L_c = 263 \text{ ft/ton}$. Η τιμή αυτή είναι πάρα πολύ κοντά στην αναμενόμενη από τον πίνακα 2.6.2.3.γ οπότε δεν χρειάζεται να γίνει καμία διόρθωση. Έτσι καταλήγουμε για το βάθος $L_c = 150,67 \text{ m}$.

Από τις πληροφορίες που έχουμε από τις ήδη υπάρχουσες γεωτρήσεις το έδαφος μας δίνει 55W/m γεώτρησης (ΜΠΕΝΟΥ, 2008). Με αυτό το βάθος που υπολογίστηκε με τη μεθοδολογία της ASHRAE η συσχέτιση με τις ήδη υπάρχουσες γεωτρήσεις μας δείχνει ότι το έδαφος δίνει περίπου 45 W/m γεώτρησης. Αυτή η διαφοροποίηση μπορεί να θεωρηθεί ανεκτή αν λάβουμε υπόψη τις αρκετές ελαστικές παραδοχές που έχουν γίνει για να μπορέσει να εφαρμοστεί η μεθοδολογία.

Έτσι το βάθος που προκύπτει θεωρείται αξιόπιστο και θα χωριστεί σε δυο γεωτρήσεις των 76 m έκαστη που θα απέχουν μεταξύ τους 4,6 m περίπου.

2.6.2.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Στο κτίριο των γραφείων Καμινείας μελετάται η εγκατάσταση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας στο χώρο 4 [ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1] που είναι διαθέσιμος. Κοντά στο κτίριο αυτό και σε κάθετη απόσταση ίση με 75m βρίσκεται η υπάρχουσα γεώτρηση με ονομασία Γ3 ΤΓΕ. Από το διαθέσιμο προφίλ της γεώτρησης αυτής έχουμε ότι το βάθος της είναι 16m. Λόγω της ανάγκης μας για ποιο βαθιά γεώτρηση θα πρέπει το βάθος αυτό να επεκταθεί και να ανοίξει μια επιπλέον γεώτρηση για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου. Έτσι θα μπορούσε μια δεύτερη γεώτρηση να γίνει σε απόσταση 15ft=4,6 m τουλάχιστον. Ο συνολικός χώρος που απαιτείται θα είναι περίπου μια περιοχή εμβαδού 10m².

Για τον καθορισμό των τεχνικών χαρακτηριστικών του συστήματος πρέπει να υπολογιστεί η απαιτούμενη παροχή μέσα στην αντλία θερμότητας. Η παροχή αυτή προκύπτει μέσω του παρακάτω τύπου που την συνδέει με την απαιτούμενη ισχύ της αντλίας και τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εισερχόμενου και εξερχόμενου μέσου.

$$P(kw) = \frac{Q(l/s) \cdot \Delta T \cdot 3600}{860}$$

Στο εξεταζόμενο κτίριο η ανάγκη για ψύξη προκύπτει μεγαλύτερη από την ανάγκη για θέρμανση. Έτσι στον υπολογισμό της παροχής από τον παραπάνω τύπο θα λάβουμε υπόψη μας την ψυκτική ισχύ της αντλίας που επιλέξαμε και την διαφορά θερμοκρασίας εισερχόμενου και εξερχόμενου μέσου κατά την διαδικασία της ψύξης. Κάνοντας τους υπολογισμούς καταλήγουμε στο αποτέλεσμα:

$$Q_{hp} = 0,344 \text{ l/s}$$

Η παροχή αυτή είναι η συνολική παροχή που φτάνει στην αντλία θερμότητας. Επειδή όμως έχουμε δυο γεωτρήσεις είναι προφανές ότι το σύνολο των παροχών των δυο γεωτρήσεων θα πρέπει να ισούται με την τελική παροχή σύμφωνα με τον νόμο διατήρησης μάζας. Σύμφωνα με αυτή την παρατήρηση και έχοντας επιλέξει την εσωτερική διάμετρο των σωληνώσεων ίση με $d_{in} = 23,2 \text{ mm}$, μπορούμε να υπολογίσουμε την απαιτούμενη ταχύτητα ροής του νερού. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας τον τύπο :

$$Q_{bh} (l/s) = v(m/s) \cdot A(m^2) \cdot 1000$$

Το κριτήριο για τον υπολογισμό εντοπίζεται στο ότι πρέπει να υπολογισθεί μια ταχύτητα με δεδομένη τη διάμετρο της σωλήνωσης έτσι ώστε να προσεγγίζει κατά πολύ την απαιτούμενη παροχή στην κάθε γεώτρηση που ασφαλώς είναι η μισή της συνολικής παροχής που φτάνει στην αντλία θερμότητας. Το αποτέλεσμα αυτού του υπολογισμού είναι η απαιτούμενη ταχύτητα της ροής

μέσα στην σωλήνωση από ενισχυμένης πυκνότητας πολυαιθυλένιο που είναι μέσα στην γεώτρηση. Έτσι έχουμε :

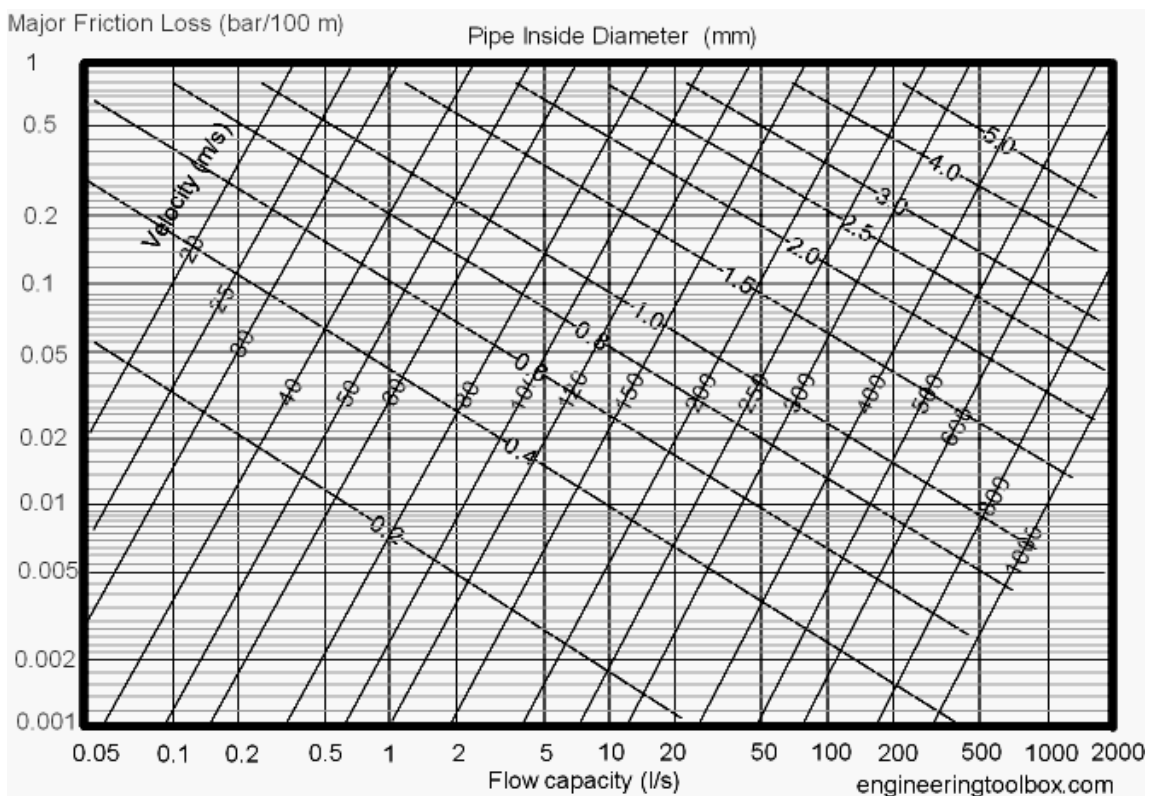
$$V=0,41 \text{ m/s.}$$

Λόγω της μικρής τιμής που προκύπτει θα χρησιμοποιηθεί μονή U σωλήνωση.

Το επόμενο στάδιο είναι να υπολογίσουμε τις απώλειες μέσα στον γεωθερμικό εναλλάκτη θερμότητας και στο συνολικό κύκλωμα των σωληνώσεων με σκοπό την επιλογή του κατάλληλου κυκλοφορητή. Οι συνολικές απώλειες είναι το άθροισμα των παρακάτω απωλειών:

- Γραμμικές απώλειες δικτύου γεωτρήσεων
- Απώλειες διάμεσου δικτύου (μέχρι την αντλία θερμότητας).
- Τοπικές απώλειες πίεσης δικτύου γεωτρήσεων με τυπική τιμή ίση με 0,005 bar (ΜΠΕΝΟΥ,2008).
- Τοπικές απώλειες πίεσης ΓΑΘ με τυπική τιμή 0,25-0,3 bar (ΜΠΕΝΟΥ,2008)
- Τοπικές απώλειες πίεσης λοιπών εξαρτημάτων με τυπική τιμή 0,2 bar (ΜΠΕΝΟΥ,2008)

Οι σωληνώσεις, είναι κατασκευασμένες από ενισχυμένης πυκνότητας πολυαιθυλένιο, υλικό που συνηθίζεται στις γεωθερμικές εφαρμογές λόγω των σημαντικών ιδιοτήτων του στην μεταφορά θερμότητας. Παρακάτω φαίνεται ένας πίνακας που μας δίνει την απώλεια πίεσης σε bar ανά 100 μέτρα σωλήνωσης, σε σχέση με την παροχή, την ταχύτητα και την διάμετρο της σωλήνωσης.



ΣΧΗΜΑ 2.6.2.4.α: ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΠΙΕΣΗΣ ΑΝΑ 100 ΜΕΤΡΑ ΣΩΛΗΝΩΣΗΣ ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ[20]

Γραμμικές απώλειες δικτύου γεωτρήσεων.

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα οι απώλειες πίεσης ανά 100 μέτρα σωλήνωσης όσο αφορά στο σύστημα του κάθετου γεωεναλλάκτη θερμότητας θα είναι:

$$\Delta p / 100m = 0,11$$

Επειδή οι σωληνώσεις στις δυο γεωτρήσεις είναι παράλληλες η πτώση πίεσης είναι η ίδια και έτσι υπολογίζεται για τον ένα γεωθερμικό εναλλάκτη θερμότητας. Το μήκος του κάθε εναλλάκτη θα είναι 152 m αφού το σχήμα του είναι ένα μονό U. Έτσι οι γραμμικές απώλειες πίεσης είναι 0,167 bar.

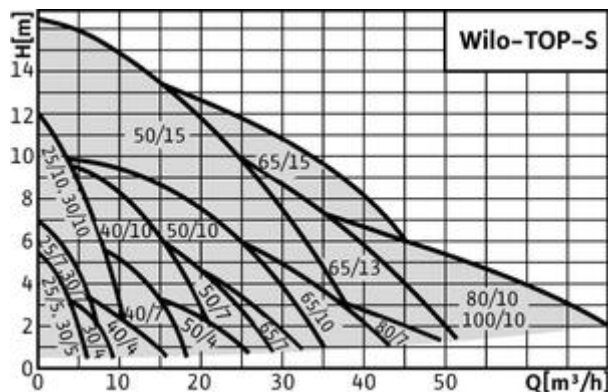
Απώλειες ενδιάμεσου δικτύου (μέχρι την αντλία θερμότητας).

Το δίκτυο σωληνώσεων από την έξοδο της γεώτρησης ως την είσοδο της αντλίας θερμότητας ονομάζεται ενδιάμεσο δίκτυο. Οι απώλειες του δικτύου αυτού θα υπολογιστούν με την τιμή που θα προκύψει από το παραπάνω διάγραμμα πολλαπλασιασμένη τώρα με το συνολικό μήκος του δικτύου. Η παροχή στο μέρος αυτό του συστήματος είναι 0,344 lt/s ενώ η διάμετρος των σωληνώσεων παραμένει ίδια με αυτή του γεωεναλλάκτη. Έτσι η τιμή από το διάγραμμα τώρα προκύπτει ίση με 0,22bar/100m

Αν λάβουμε υπόψη μας ότι θέλουμε να αξιοποιήσουμε την ήδη υπάρχουσα γεώτρηση (Γ3 ΤΓΕ) το δίκτυο σωληνώσεων που θα χρειαστεί μέχρι την είσοδο της αντλίας θερμότητας έχει μήκος 120 m. Έτσι οι απώλειες πίεσης στο ενδιάμεσο δίκτυο προκύπτουν ίσες με 0,242 bar.

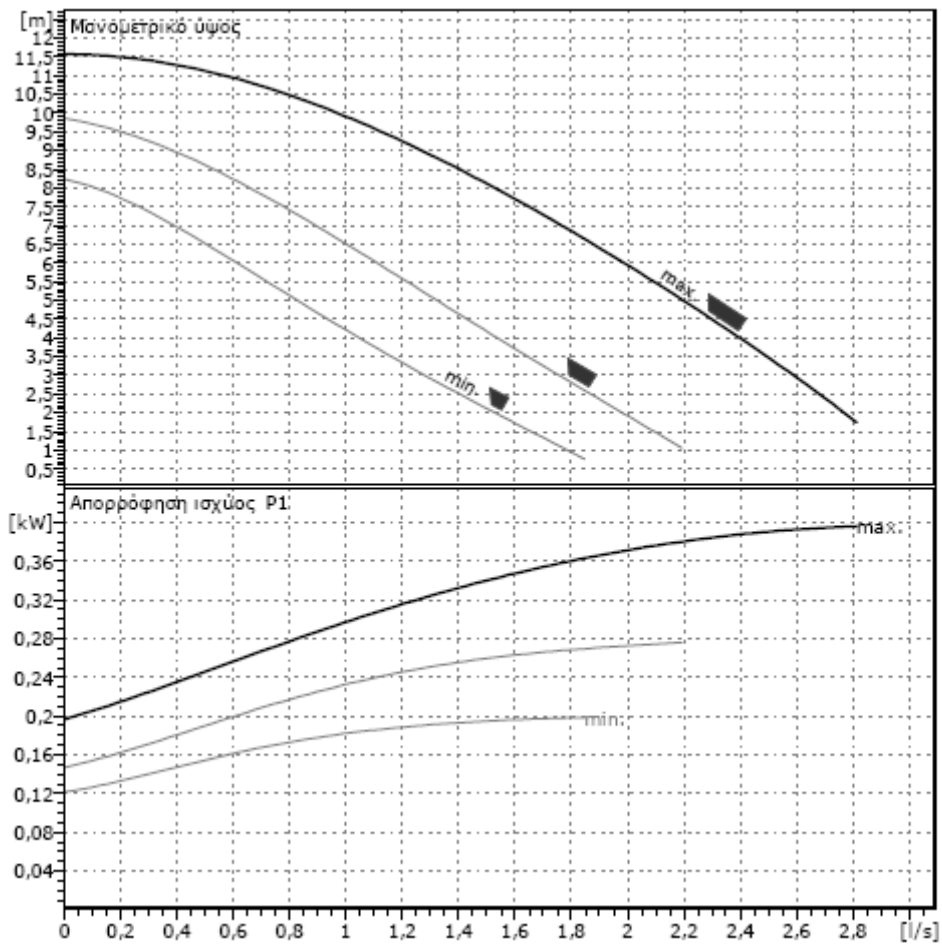
Λαμβάνοντας υπόψη τις τυπικές τιμές για τις υπόλοιπες συνιστώσες των συνολικών απωλειών όπως φαίνονται παραπάνω οι συνολικές απώλειες του συστήματος θα είναι ίσες με 0,855 bar= 8,72 mΣΥ.

Με γνωστές πλέον τις απώλειες και την παροχή μπορούμε από το παρακάτω διάγραμμα να επιλέξουμε τον κατάλληλο κυκλοφορητή.



ΣΧΗΜΑ 2.6.2.4.β: ΣΕΙΡΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ WILO TOP-S.[23]

Έτσι λοιπόν με παροχή $Q=1,23\text{m}^3/\text{h}$ και ολικές απώλειες $H=8,52\text{ m}$ ο κυκλοφορητής θα είναι ο παρακάτω από την σειρά TOP-Z TOP-S 30/10 3~ PN 10 με τις παρακάτω καμπύλες λειτουργίας:



ΣΧΗΜΑ 2.6.2.4.γ: ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗ[23]

Επόμενο στάδιο είναι να υπολογιστεί ο όγκος των δοχείων διαστολής του συστήματος. Σε κάθε υδραυλικό σύστημα είναι απαραίτητη η ύπαρξη των δοχείων αυτών. Το δοχείο διαστολής είναι ένα μικρό δοχείο που χρησιμοποιείται σε κλειστά συστήματα θέρμανσης με σκοπό να απορροφά την αύξηση της πίεσης του νερού. Η αυξημένη πίεση μπορεί να προέλθει από θερμική διαστολή κατά τη διάρκεια της θέρμανσης του νερού ή από υδραυλικό πλήγμα. Το δοχείο διαστολής συνήθως αποτελείται από ένα ελαστικό διάφραγμα το οποίο το χωρίζει σε δυο τομείς. Η μια πλευρά περιέχει μια μικρή ποσότητα αέρα συμπιεσμένο με ίση και αντίθετη πίεση από αυτή του νερού. Η άλλη πλευρά περιέχει νερό που είναι σε ελεύθερη επαφή με την αντλητική εγκατάσταση. Οποιαδήποτε στιγμή αυξάνεται η πίεση του νερού πιέζεται το διάφραγμα και συμπιέζεται ο αέρας. Η συμπιεστότητα του αέρα έχει ως αποτέλεσμα να απορροφάται αυτή η καταστροφική αύξηση πίεσης για το αντλητικό σύστημα.

Ο υπολογισμός του δοχείου διαστολής γίνεται ως εξής:

Ο όγκος του δοχείου διαστολής δίνεται από τον τύπο :

$$V_t = V_s \frac{\left(\frac{v_2}{v_1}\right) - 1}{1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)}$$

Όπου:

V_t: ο όγκος του δοχείου διαστολής (m³)

V_s: ο όγκος νερού στην εγκατάσταση (m³)

t₁: η χαμηλότερη θερμοκρασία του δικτύου (0⁰C)

t₂: η υψηλότερη θερμοκρασία του δικτύου (50⁰C)

Δt: = t₂ - t₁ (°C)

P₁: η πίεση στη χαμηλότερη θερμοκρασία του δικτύου (kPa)

P₂: η πίεση στην υψηλότερη θερμοκρασία του δικτύου (kPa)

v₁: ο ειδικός όγκος του νερού στη χαμηλότερη θερμοκρασία (m³/kg)

v₂: ο ειδικός όγκος του νερού στην υψηλότερη θερμοκρασία (m³/kg)

Το πρώτο βήμα είναι να υπολογιστεί ο όγκος του νερού που διακινείται στο σύστημα σωληνώσεων. Ο όγκος του νερού αυτό είναι το άθροισμα δυο μεγεθών: του όγκου στις σωλήνες του γεωθερμικού εναλλάκτη θερμότητας και του όγκου στις σωλήνες του οριζοντίου συστήματος.

Θεωρώντας και στις δυο περιπτώσεις τις σωληνώσεις ως απλούς κυλίνδρους έχουμε:

$$V_{\text{γεωθ.εν.}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \times \text{μήκος σωλήνωσης} = 0,061 \text{m}^3 = 61 \text{lt}$$

$$V_{\text{οριζ.σωλ.}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \times \text{μήκος σωλήνωσης} = 0,046 \text{m}^3 = 46 \text{lt}$$

Άρα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ο συνολικός όγκος νερού του κυκλώματος είναι $V_s = 107 \text{ lt}$.

Ο ειδικός όγκος του νερού στην θερμοκρασία των 0°C είναι $v_1 = 0,0010002 \text{ m}^3/\text{kg}$, ενώ στην θερμοκρασία των 50°C είναι $v_2 = 0,0010121 \text{ m}^3/\text{kg}$

Ως χαμηλότερη πίεση λαμβάνεται η απαραίτητη στατική πίεση του δικτύου προσαυξημένη κατά 70 kPa (7 mWS). Με δεδομένο ότι το μέγιστο ύψος της εγκατάστασης του πρωτεύοντος κυκλώματος πάνω από τη θέση εγκατάστασης του δοχείου διαστολής είναι 2 m , η χαμηλότερη πίεση στο δίκτυο λαμβάνεται:

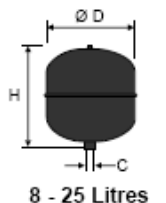
$$P_1 = 20 + 70 = 90 \text{ kPa} \text{ (} 9 \text{ mWS)}$$

Ως υψηλότερη πίεση λαμβάνεται το άνω επιτρεπτό όριο πίεσης πριν το άνοιγμα της βαλβίδας ασφαλείας. Αυτή τίθεται ίση με 200 kPa (20 mWS), ώστε η ονομαστική πίεση στο κατώτερο σημείο των γεωτρήσεων (βάθος 100 m) να μην υπερβεί τις 16 atm .

Έτσι τελικά υπολογίζεται ο απαιτούμενος όγκος του δοχείου διαστολής που είναι

$$V_t = 2,31 \text{ lt.}$$

Η επιλογή γίνεται από τα προϊόντα της εταιρίας REFLEX και επιλέγεται κλειστό δοχείο διαστολής μεμβράνης με πίεση αζώτου συνολικού όγκου 8 l (REFLEX N8) μέγιστης πίεσης λειτουργίας 3 bar και βαλβίδα ασφαλείας 2 bar .

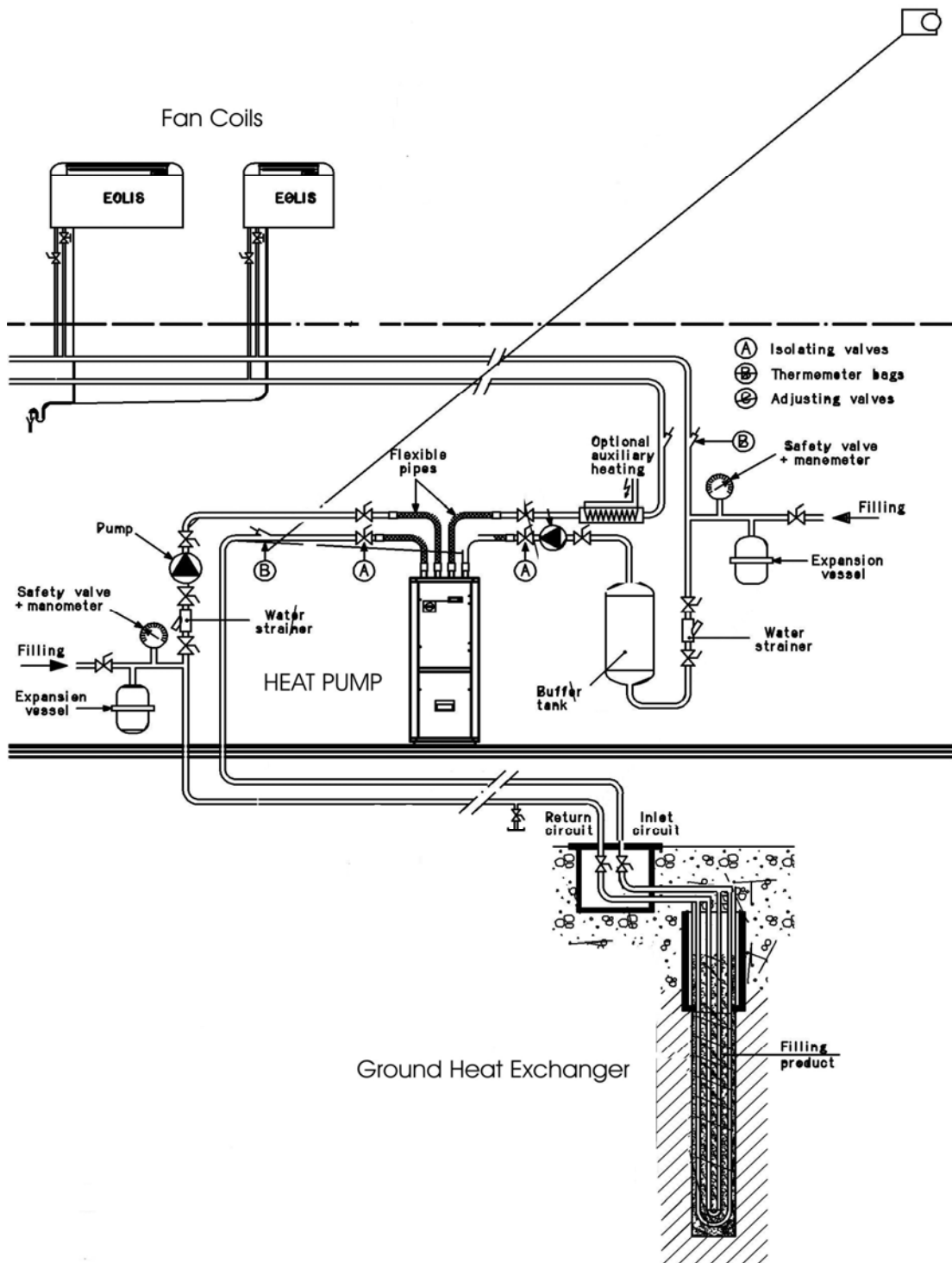


| Type | Article-No. | Ø D | H | h | C | Weight |
|----------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|--------|
| 3 bar / 120 °C | red white | mm | mm | mm | | kg |
| NG 8 | 7202505 7202805 | 206 | 285 | --- | R ¼ | 1,7 |

ΣΧΗΜΑ 2.6.2.4.δ: ΔΟΧΕΙΟ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.

Στο σχήμα 2.6.2.4.ε φαίνεται το σκαριφήμα της γεώτρησης και της αντλίας θερμότητας με όλα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα στο σύστημα.



ΣΧΗΜΑ 2.6.2.4.ε: ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ [ΜΠΕΝΟΥ, 2008]

Η τελική αξιοποίηση του συστήματος των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας γίνεται με την οδήγηση των σωληνώσεων που βγαίνουν από την αντλία θερμότητας σε fan-coils διανεμημένα κατάλληλα στον προς κλιματισμό χώρο.

Fan-coils

Τα συστήματα αυτά είναι συστήματα κλιματισμού που λειτουργούν ως εξής: Τοποθετείται ένας ανεμιστήρας σε κάθε χώρο που απαιτείται η ψύξη ή η θέρμανση αντίστοιχα. Μια κεντρική σωλήνωση, που διαρρέεται από θερμό ή ψυχρό νερό, διακλαδώνεται και περνάει από όλους τους προς κλιματισμό χώρους. Ο κάθε ανεμιστήρας αναρροφά αέρα από το περιβάλλον, τον κατευθύνει πάνω στη σωλήνωση με το νερό οπου γίνεται η μεταφορά θερμότητας και ο θερμός ή ψυχρός πλέον αέρας απορρίπτεται μέσα στον χώρο και τον κλιματίζει.

Στον συγκεκριμένο κτίριο των γραφείων Καμινείας ο κλιματισμός γίνεται ήδη με fan-coils. Η μετατροπή του παρόντος συστήματος στο νέο με τη χρήση της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας δεν κρίνεται ιδιαίτερα δύσκολη αφού η τεχνολογία διανομής της θερμότητας παραμένει η ίδια.

2.6.2.5 ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το κόστος παραγόμενης ενέργειας από το σύστημα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας συνίσταται από τα εξής επιμέρους:

- Λειτουργικό κόστος: ορίζεται ως το κόστος χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτεί η αντλία και ο κυκλοφορητής.
- Κόστος εξοπλισμού: ορίζεται ως το κόστος της αντλίας θερμότητας, του κυκλοφορητή, των δοχείων διαστολής και όλων των επιμέρους εξαρτημάτων του ενδιάμεσου υδραυλικού κυκλώματος (βαλβίδες, σωληνώσεις κ.α.)
- Κόστος εγκατάστασης: συνίσταται από το κόστος διάνοιξης της γεώτρησης, το κόστος των σωληνώσεων του γεωθερμικού εναλλάκτη θερμότητας, το κόστος της εισαγωγής κατάλληλου πληρωτικού υλικού στην γεώτρηση.
- Κόστος συντήρησης: αποτελεί το απαιτούμενο κόστος για την συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού που διασφαλίζει την καλή του λειτουργία.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ

Για τον υπολογισμό του λειτουργικού κόστους χρησιμοποιούνται οι ηλεκτρικές κιλοβατώρες που αντιστοιχούν στην κάλυψη των αναγκών κλιματισμού του κτιρίου. Από την καταγραφή των μετρήσεων των μετρητών του ΤΠΠΛ και με βάση τις αρχικές μας παραδοχές που αφορούν την κατανάλωση του ηλεκτρικού ρεύματος για ανάγκη κλιματισμού έχουμε καταγεγραμμένες αυτές τις συνολικές κιλοβατώρες για τα περισσότερα κτίρια. Για το κτίριο που μας ενδιαφέρει δυστυχώς δεν έχουμε μετρητές οι οποίοι να μετρούν την κατανάλωση του ρεύματος κι έτσι με βάση το εμβαδόν του κτιρίου θα κάνουμε μια εκτίμηση για τις ηλεκτρικές κιλοβατώρες λαμβάνοντας υπόψη τον μέσο όρο των kWh/m² όλων των κτιρίων που αφορούν στην κατανάλωση ρεύματος για θερμικές ανάγκες. Από τις μετρήσεις που έχουμε προκύπτει ότι ο μέσος όρος είναι 24,35 kWh/m². Επομένως για το κτίριο των γραφείων Καμινείας που έχει συνολικό εμβαδόν 64m² οι συνολικές κιλοβατώρες παραδεχόμαστε ότι είναι

$$kWh_{th} = 24,35 \frac{kWh_{th}}{m^2} \cdot 64m^2 = 1558,4kWh_{th}$$

Για να υπολογιστεί το λειτουργικό κόστος πρέπει η τιμή αυτή να πολλαπλασιαστεί με την σημερινή τιμή της κιλοβατώρας η οποία ορίζεται στα 0,12 €/kWh. Έτσι λοιπόν προκύπτει:

$$\Lambda.Κ. = 1558,4kWh_{th} \cdot 0,12 \frac{E}{kWh_{th}} = 187E .$$

ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Το κόστος εξοπλισμού αποτελείται από:

1. Κόστος αντλίας θερμότητας

Το κόστος της αντλίας θερμότητας σύμφωνα με της προδιαγραφές που δίνονται στο φύλλο με την περιγραφή του προϊόντος είναι 6875 € και συμπεριλαμβάνει τις τιμές κάποιων επιπλέον αλλά απαραίτητων εξαρτημάτων όπως ηχομονωτικές προσθήκες, ηλεκτρικά καλώδια, μανομετρική βαλβίδα και εκκινητήρας.

2. Κόστος κυκλοφορητή.

Μετά από επικοινωνία με τη WILO HELLAS ο συγκεκριμένος κυκλοφορητής έχει κόστος περίπου 500 €.

3. Κόστος δοχείων διαστολής.

Αν υποθέσουμε ότι χρειαζόμαστε δυο δοχεία διαστολής και το κόστος του καθενός είναι περίπου 50€ τότε προκύπτει ότι για το μέγεθος αυτό έχουμε συνολικά κόστος 100€ για τα δοχεία διαστολής.

4. Κόστος λοιπού εξοπλισμού

Στο κόστος αυτό συμπεριλαμβάνεται το κόστος των σωληνώσεων του ενδιάμεσου υδραυλικού συστήματος. Το μήκος αυτού έχει υπολογιστεί να είναι 110m. Σύμφωνα με τις πληροφορίες από το ΚΑΠΕ (Μπένου, 2008) η τιμή των σωληνώσεων από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο είναι της τάξεως των 2,5 €/m. Το συνολικό κόστος των σωληνώσεων για την περίπτωση αυτή θα είναι:

$$K_{\text{οριζ.σωλ.}} = 2,5 \frac{\text{€}}{\text{m}} \cdot 120\text{m} = 300\text{€}$$

Στο κόστος λοιπού εξοπλισμού μπορούμε να εντάξουμε το κόστος των υδραυλικών εργασιών που εκτιμάται στην τιμή των 400€. Επίσης πρέπει να λάβουμε υπόψη το κόστος του μηχανοστασίου και των λοιπών απαραίτητων μικρών εξαρτημάτων(βαλβίδες κ.α.) που εκτιμάται στο ύψος των 4000€.

ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Το κόστος εγκατάστασης δίνεται ως το σύνολο για τα εξής επιμέρους κόστη:

- Το κόστος διάνοιξης της γεώτρησης
- Το κόστος των σωληνώσεων του γεωθερμικού εναλλάκτη θερμότητας
- Το κόστος του υγρού και του αντιψυκτικού
- Το κόστος του υλικού πλήρωσης της γεώτρησης μετά την τοποθέτηση του εναλλάκτη.

Το κόστος όλων αυτών προσθετικά είναι της τάξεως των 50€/m σωλήνωσης του εναλλάκτη. Στην περίπτωση μας έχουμε ένα συνολικό μήκος σωληνώσεων 304 μέτρα αφού έχουμε δυο γεωτρήσεις βάθους 76 μέτρων έκαστη και έχουμε εγκαταστήσει μέσα στην καθεμία από μια σωλήνωση σχήματος U. Έτσι προκύπτει το συνολικό κόστος ίσο με:

$$\text{Κεγκ.} = 50 \frac{\text{€}}{\text{m}} \cdot 304\text{m} = 15200\text{€}$$

ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Το κόστος συντήρησης εκτιμάται σε 350-400 € το χρόνο.

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ

Το συνολικό κόστος υπολογίζεται με άθροιση των επιμέρους και είναι περίπου 28000€.

2.6.3 ΚΤΙΡΙΟ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΓΡΑΦΕΙΩΝ (ΡΟΛΟΪ)



ΣΧΗΜΑ 2.6.3:ΚΤΙΡΙΟ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΓΡΑΦΕΙΩΝ(ΡΟΛΟΪ)

Το κτίριο αυτό είναι ένα μονώροφο κτίριο τα στοιχεία του οποίου δίνονται στα σχέδια που ακολουθούν[ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1]. Για να αποφανθούμε για τις ανάγκες του κτιρίου σε θέρμανση και ψύξη έγινε μια μελέτη κλιματισμού[ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2].

2.6.3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΓΡΑΦΕΙΩΝ.

Το κτίριο των κεντρικών γραφείων διαθέτει έναν ισόγειο χώρο και έναν όροφο και έχει συνολικό εμβαδόν 420 m². Στην μελέτη για τις θερμικές απώλειες των χώρων που ακολουθεί έχει θεωρηθεί ως ενιαίος ο κάθε όροφος αφού το κτίριο συνολικά είναι χώρος εργασίας με ενιαία λειτουργία όσο αφορά στις ώρες χρήσης. Στα σχέδια που παρατίθενται στο τέλος φαίνονται οι χώροι που θεωρούμε ότι χρήζουν κλιματισμού λόγω του ότι χρησιμοποιούνται ως γραφεία.

Για τον ισόγειο χώρο οι αίθουσες που κλιματίζονται είναι οι εξής σύμφωνα με τα ονόματα στο σχέδιο:P1,P2,P3,P4,P5,P6,P8,P9,P10,P11,P12,P13.

Αντίστοιχα φαίνονται και οι αίθουσες του πρώτου ορόφου που κλιματίζονται:P14,P15,P16,P17,P18,P19,P20,P21,P22,P23.

Από τις πληροφορίες που υπάρχουν για το κτίριο, από τα σχέδια που υπάρχουν από την Τεχνική υπηρεσία του ΕΜΠ και τις παρακάτω παραδοχές φτάσαμε στα τελικά αποτελέσματα για τις θερμικές απώλειες του κτιρίου:

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ:

- ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ: συμπαγείς λίθοι με μόνωση και γυψοσανίδα μεταβλητού πάχους.
- ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΑ: διπλά με ξύλινο κούφωμα.
- ΘΥΡΕΣ: ξύλινες.
- ΔΑΠΕΔΑ:
 - ΙΣΟΓΕΙΟΥ: δρύινο παρκέ πάχους 2cm, μπετόν πάχους 20cm και χώμα.
 - Α΄ ΟΡΟΦΟΥ: ξύλινο αποτελούμενο από σανίδες πεύκου πάχους 3 cm.
- ΟΡΟΦΕΣ: Ψευδοροφές από ξύλινες σανίδες πεύκου πάχους 1,5cm.

Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

| ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ | kcal/h | btu/h | kW | ton. |
|------------------------------|-----------------|------------------|--------------|--------------|
| ΙΣΟΓΕΙΟ | 32225,00 | 127611,00 | 37,48 | 10,63 |
| Α ΟΡΟΦΟΣ | 23447,00 | 92850,12 | 27,27 | 7,74 |
| ΑΕΡΙΣΜΟΥ | 22201,00 | 87915,96 | 25,82 | 7,33 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 77873,00 | 308377,08 | 90,57 | 25,70 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6.3.1: ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

2.6.3.2 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ

ΣΕΝΑΡΙΟ 1: ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ (ABSORPTION COOLING)

Το κτίριο αυτό όπως έχει αναφερθεί έχει θερμικές απώλειες που προέκυψαν από την μελέτη που έγινε ίσες 90,5 kw και υποθέτουμε ότι το ψυκτικό φορτίο είναι της τάξεως των 103 kw με την υπόθεση ότι το ψυκτικό φορτίο είναι λίγο μεγαλύτερο(περίπου 16-17%) όπως έχει φανεί στο κτίριο των γραφείων Καμινείας.

ΨΥΞΗ

Για να πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση του συστήματος ηλιακής ψύξης και να καλυφθεί η ανάγκη για ψύξη του συστήματος χρειάζονται τα στοιχεία του κυκλώματος που έχουμε ήδη περιγράψει. Όπως έχει αναφερθεί τα κύρια συστήματα είναι οι ηλιακοί συλλέκτες, το δοχείο αποθήκευσης θερμότητας, η βοηθητική πηγή θερμότητας, το σύστημα Absorption chiller και τέλος ο ψυκτικός πύργος. Αναγκαία είναι η ύπαρξη αντλιών που κυκλοφορούν το νερό μέσα στην εγκατάσταση.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

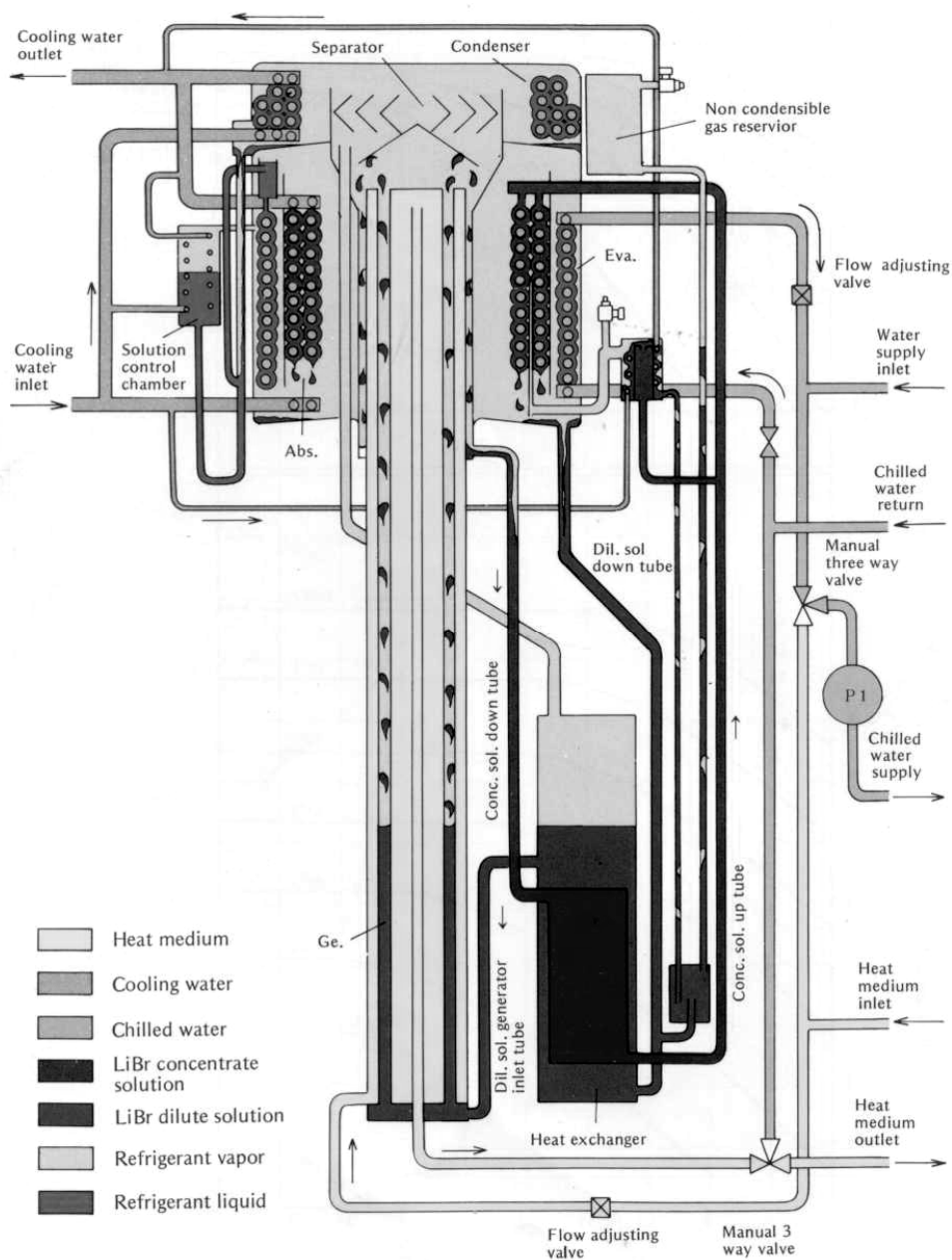
- Absorption chiller.

Χρησιμοποιείται ένα κλειστό σύστημα ψύξης μονής απορρόφησης για να καλύψει τα ψυκτικά φορτία. Η μηχανή αυτή τροφοδοτείται από ζεστό νερό, θερμοκρασίας περίπου 80-90°C, του οποίου η θέρμανση προέρχεται από το ηλιακό πεδίο. Το κρύο νερό που παράγεται είναι κατάλληλο για ψύξη γιατί είναι σε θερμοκρασία 9°C. Χρησιμοποιώντας και αξιοποιώντας την εμπειρία που έχει αποκτηθεί από την εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος στο κτίριο του ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΥ με τη συνεργασία του ΕΜΠ, επιλέγεται σαν χαρακτηριστική η μηχανή της εταιρίας YAZAKI που ο τύπος της είναι WFC-30. Η μηχανή αυτή είναι σχεδιασμένη να τροφοδοτείται με ζεστό νερό στο εύρος θερμοκρασιών 70°C - 100°C για να παρέχει πολύ κρύο νερό για συστήματα κλιματισμού. Ο συμπυκνωτής του συστήματος ψύχεται με νερό και η θερμότητα αποβάλλεται με τη βοήθεια ενός πύργου ψύξης. Ένα από τα ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά της μηχανής αυτής είναι ότι διαθέτει ένα σύστημα αποθήκευσης ψυκτικού μέσου το οποίο μας διαβεβαιώνει για την αποτελεσματική απόδοση της μηχανής σε ψύξη ακόμα και στις πιθανές μεταβολές της θερμοκρασίας του ζεστού νερού. Επίσης αξίζει να αναφερθεί ότι η θερμότητα στο εργαζόμενο μέσο μπορεί να προέρχεται είτε από ηλιακό πεδίο, είτε από άλλες λύσεις παραγωγής θερμότητας(όπως π.χ. βιομάζα), είτε από απώλειες θερμότητας άλλων συστημάτων. Η κατασκευή της μηχανής είναι τέτοια έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις σε ασφάλεια και να είναι εύκολη η συντήρησή της.

Η μηχανή συνοδεύεται από ένα σύστημα ελέγχου που περιέχει τα ακόλουθα αντικείμενα:

- Διακόπτης χαμηλής θερμοκρασίας με αισθητήρα που βρίσκεται στο υγρό ψυκτικό μέσο.
- Διακόπτης πολύ κρύου νερού με αισθητήρα που βρίσκεται στην έξοδο του παγωμένου νερού.
- Συσσκευές για την σύνδεση της μηχανής με την τροφοδοσία και τα στοιχεία ελέγχου.

Η μηχανή της μονής απορρόφησης και τα διάφορα μέρη του κυκλώματος φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί.



ΣΧΗΜΑ 2.6.3.2.α.1: ΨΥΚΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ ΜΟΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ [ΠΑΝΑΡΑΣ, 2008]

Χαρακτηριστικά στοιχεία του chiller.

- Ψυκτική ικανότητα: 105kW
- Θερμοκρασία παγωμένου νερού κατά την είσοδο 14°C κατά την έξοδο 9°C. Παροχή παγωμένου νερού : 4,58 lt/s.
- Θερμοκρασία μέσου μεταφοράς θερμότητας (ζεστό νερό από τους συλλέκτες) κατά την είσοδο στη μηχανή απορρόφησης 88°C. Παροχή μέσου μεταφοράς : 7,42 lt/s
- Θερμοκρασία νερού ψύξης από τον ψυκτικό πύργο στην είσοδο 29,5°C στην έξοδο 34,5°C. Παροχή νερού ψύξης: 15,3 lt/s.
- COP = 0,7

Αφού το ψυκτικό φορτίο του χώρου είναι 105 kW με δεδομένη την απόδοση της μηχανής απορρόφησης (COP=0,7), είναι φανερό ότι η ονομαστική ισχύς που θα πρέπει να έχει το σύστημα απόδοσης θερμότητας είναι :

$$COP = \frac{\text{ΨΥΚΤΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ (KW)}}{\text{ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (KW)}} \Rightarrow$$

$$\text{ΟΝ. ΙΣΧΥΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ} = \frac{105 \text{ KW}}{0,7} = 150 \text{ KW}$$

- Ηλιακοί συλλέκτες. Για τον υπολογισμό του συστήματος των ηλιακών συλλεκτών ακολουθείται η εξής διαδικασία:

Όπως έχει αναφερθεί η απόδοση του συλλέκτη δίδεται από τον τύπο

$$n = F_R (\tau \alpha) - F_R U_L \frac{T_i - T_a}{I_T}$$

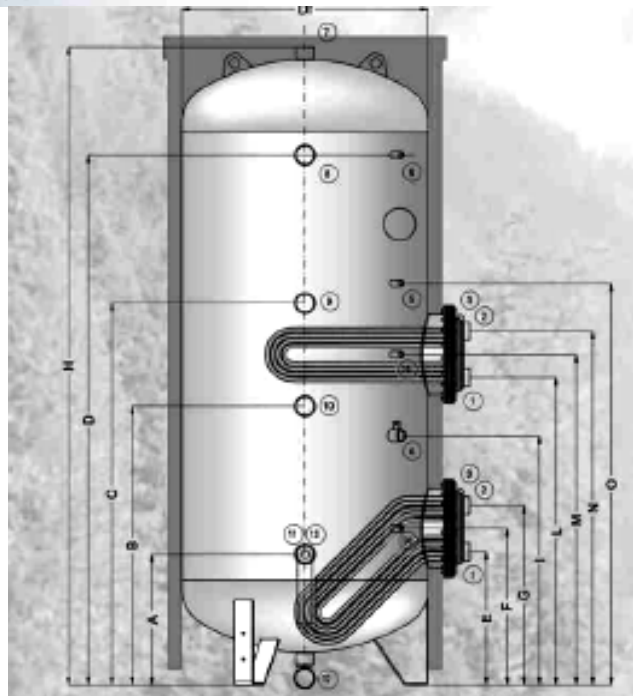
Αν επιλέξουμε εγκατάσταση συλλεκτών με επιλεκτική επιφάνεια και ένα τζάμι (τύπου II) έχουμε από τους σχετικούς πίνακες που έχουν παρουσιαστεί τις τιμές για τους συντελεστές $F_R(\tau\alpha)=0,75$ και $F_R U_L=5$. Αν ορίσουμε ως θερμοκρασία εισόδου του νερού $T_i=80^\circ\text{C}$ και τυπική θερμοκρασία περιβάλλοντος $T_a=20^\circ\text{C}$ και με μια μέση τιμή ηλιακής ακτινοβολίας $I=1000 \text{ W/m}^2$ τότε προκύπτει η απόδοση του συλλέκτη ίση με 55%. Αυτό σημαίνει ότι η παραγωγή ενέργειας από τους συλλέκτες είναι της τάξεως των $0,55 \cdot 1000 \text{ W/m}^2 = 550 \text{ W/m}^2$. Έτσι για την παραγωγή των 150 kW που χρειαζόμαστε υπολογίζεται συνολικά η απαίτηση 272,7 m² επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών. Το μέγεθος της συνολικά απαιτούμενης επιφάνειας είναι αρκετά μεγάλο και εγείρει μια νέα παράμετρο προς διερεύνηση, αυτή της ύπαρξης ή όχι του χώρου αυτού στη στέγη του κτιρίου ή και στο έδαφος αλλά σε μικρή απόσταση από το κτίριο.

Στο κλειστό κύκλωμα των ηλιακών συλλεκτών κυκλοφορεί μίγμα νερού με γλυκόλη για την καλύτερη διανομή θερμότητας και προστασία των υλικών κατασκευής. Η παροχή σε αυτό το κύκλωμα είναι της τάξης των

$0,015 \frac{lt/s}{m^2 \text{ΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ}}$ [8]. Έτσι για την συνολική επιφάνεια των συλλεκτών που είναι $272,2 \text{ m}^2$ η παροχή θα είναι $4,08 \text{ lt/s}$.

• Δοχείο αποθήκευσης θερμού νερού. Τα δοχεία αποθήκευσης θερμού νερού θα υπολογιστούν ως εξής. Μια τυπική τιμή που συνδέει τη συνολική επιφάνεια των συλλεκτών με τη χωρητικότητα των δοχείων αποθήκευσης είναι 75lt/m²(Αντωνόπουλος.). Έτσι για τη δική μας περίπτωση χρειάζεται συνολικά χωρητικότητα της τάξεως των 20000lt. Αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί αξιοποιώντας και πάλι τις πληροφορίες από το εγκατεστημένο σύστημα στο Δημόκριτο, με 4 δεξαμενές της CONDIVARI χωρητικότητας 5000 lt η καθεμία. Παρακάτω φαίνεται σχηματικά μια τέτοια δεξαμενή και τα χαρακτηριστικά της.

- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1. Είσοδος εναλλάκτη | 7. Έξοδος ζεστού νερού χρήσης |
| 2. Έξοδος εναλλάκτη | χρήσης |
| 3. Εξαεριστικό εναλλάκτη | 8-9-10. Αναμονές για ηλεκτρική αντίσταση |
| 4. Ανόδιο | 11. Είσοδος κρύου νερού |
| 5. Αναμονή εμβατιζόμενου θερμοστάτη | 12. Έξοδος προς αποχέτευση |
| 6-14-15. Αναμονές για όργανα | 12. Αναμονή για ηλεκτρονικό ανόδιο (≥1500 lt) |



| Χωρητικότητα | Df | H | E | G | L | N | Επιφάνεια εναλλάκτη θερμότητας | Μέγιστη παραγωγή νερού χρήσης από 10 °C σε 45 °C ανά ώρα, με θερμοκρασία νερού λέβητα 85 °C | 1-2 | 3 | 4 | 5-6-13-14-15 | 7 | 8-9-10-11 | 12 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|--------------------------------|---|-----|------|--------|--------------|--------|-----------|------|
| [liters] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | m ² | lt/h | | | | | | | |
| 200 | 450 | 1441 | 351 | 451 | 801 | 901 | 0,5+0,5 | 304 | 1" | 3/8" | 1 1/4" | 1/2" | 1 1/4" | 1 1/4" | 3/4" |
| 300 | 550 | 1550 | 435 | 535 | 885 | 985 | 0,75+0,75 | 453 | 1" | 3/8" | 1 1/4" | 1/2" | 1 1/4" | 1 1/4" | 3/4" |
| 500 | 650 | 1841 | 451 | 551 | 901 | 1001 | 1,5+1,5 | 601 | 1" | 3/8" | 1 1/4" | 1/2" | 1 1/4" | 1 1/4" | 3/4" |
| 750 | 750 | 2138 | 478 | 658 | 1028 | 1208 | 2+2 | 915 | 2" | 3/8" | 1 1/4" | 1/2" | 1 1/4" | 1 1/2" | 3/4" |
| 1000 | 850 | 2192 | 499 | 679 | 1049 | 1229 | 3+2 | 1186 | 2" | 3/8" | 1 1/4" | 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 3/4" |
| 1500 | 950 | 2498 | 538 | 718 | 1213 | 1393 | 3+3 | 1799 | 2" | 3/8" | 1 1/4" | 1/2" | 2" | 2" | 1" |
| 2000 | 1100 | 2575 | 655 | 865 | 1225 | 1435 | 4+4 | 2387 | 2" | 3/8" | 1 1/4" | 1/2" | 2" | 2" | 1" |
| 3000 | 1250 | 2919 | 724 | 934 | 1424 | 1634 | 5+5 | 2992 | 2" | 3/8" | 1 1/4" | 1/2" | 2" | 2" | 1" |
| 4000 | 1450 | 2925 | 765 | 975 | 1383 | 1593 | 8+8 | 4787 | 2" | 3/8" | 1 1/4" | 1/2" | 2" | 3" | 1" |
| 5000 | 1600 | 2959 | 766 | 976 | 1466 | 1676 | 10+10 | 6038 | 2" | 3/8" | 1 1/4" | 1/2" | 2" | 3" | 1" |

ΣΧΗΜΑ 2.6.3.2.α.ii: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ[24]

Η παροχή νερού που κυκλοφορεί σε αυτό το κλειστό σύστημα είναι λίγο μεγαλύτερη από αυτή του κυκλώματος των συλλεκτών, της τάξης των

$0,022 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$ $\frac{\text{m}^2 \text{ΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ}}{[8]}$. Έτσι λαμβάνοντας υπόψη την επιφάνεια των συλλεκτών η συνολική παροχή στη δεξαμενή θα είναι 5,99 lt/s.

- Βοηθητική πηγή θερμότητας. Σαν βοηθητική πηγή θερμότητας θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα ηλεκτρικών αντιστάσεων που θα καλύπτει τα αρχικά ή και τα μεγάλα φορτία.

- Ψυκτικός πύργος.

Ο πύργος ψύξης χρησιμοποιείται για να ικανοποιήσει της ανάγκες ψύξης του συμπυκνωτή στην μηχανή του chiller. Μεγάλη ποικιλία προϊόντων που θα είναι κατάλληλα για την εφαρμογή τους στο σύστημά μας διαθέτει η εταιρία FYROGENIS. Τα χαρακτηριστικά των πύργων ψύξης πρέπει να περιλαμβάνουν καλή και συνεχή λειτουργία για μεγάλο χρονικό διάστημα, όσο το δυνατό μικρές διαστάσεις, μικρή παραγωγή θορύβου και ευκολία στην συντήρηση.

- Εναλλάκτες θερμότητας.

Εναλλάκτης θερμότητας ονομάζεται η συσκευή που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά της θερμικής ενέργειας μεταξύ δύο ρευστών διαφορετικής θερμοκρασίας. Οι εναλλάκτες, ανάλογα με τη διαδικασία μεταφοράς της θερμότητας, μπορούν να διακριθούν σε άμεσης και έμμεσης επαφής. Στους άμεσης επαφής εναλλάκτες δύο διαφορετικής φάσης ρευστά έρχονται σε άμεση επαφή, ανταλλάσσουν θερμότητα και διαχωρίζονται πάλι. Στους έμμεσης επαφής, τα δύο ρευστά παραμένουν χωρισμένα και η θερμότητα μεταφέρεται μέσω μιας διαχωριστικής επιφάνειας.

Στην περίπτωση που η επιφάνεια θερμοεναλλαγής έχει αρκετά μεγάλη θερμοχωρητικότητα ώστε να παίζει σημαντικό ρόλο στο φαινόμενο της μεταφοράς, οι έμμεσης επαφής εναλλάκτες ονομάζονται και «αναγεννητές» (regenerators).

Στους εναλλάκτες θερμότητας δεν καταναλώνεται άμεσα καύσιμο, η βέλτιστη όμως χρήση τους και η καλή λειτουργία τους επηρεάζει άμεσα την συνολική κατανάλωση του καυσίμου.

Οι εναλλάκτες θερμότητας αποτελούν τις βασικότερες συνιστώσες των συστημάτων ανάκτησης θερμότητας.

Ανάλογα με το μηχανισμό μεταφοράς της θερμότητας οι εναλλάκτες διακρίνονται σε:

α) συναγωγής μιας φάσης και από τις δύο πλευρές

β) συναγωγής μιας φάσης από τη μια πλευρά και συναγωγής δύο φάσεων από την άλλη

γ) συναγωγής δύο φάσεων και από τις δύο πλευρές και

δ) συνδυασμένης συναγωγής και μεταφοράς θερμότητας με ακτινοβολία

Ανάλογα με την κατασκευή τους οι εναλλάκτες διακρίνονται σε:

- α) Ομοκεντρικούς κυκλικής διατομής
 - β) Εναλλάκτες κελύφους
 - γ) Πλακοειδείς
 - δ) Προεκτεταμένης επιφάνειας με πτερύγια. Τα πτερύγια αυξάνουν την επιφάνεια συναλλαγής από την πλευρά του αέρα και, επομένως, το συντελεστή συναγωγής.
 - ε) Εναλλάκτες αναγέννησης (αναγεννητές).
- Τέλος, ανάλογα με το είδος της ροής μέσα στους εναλλάκτες, αυτοί διακρίνονται σε:
- α) Ομορροής
 - β) Αντιρροής
 - γ) Σταυρορροής
 - δ) Σύνθετους

Για την συγκεκριμένη εγκατάσταση οι εναλλάκτες θερμότητας περιγράφονται ως εξής:

Αποτελούνται από έναν αριθμό «πιατιδίων» που είναι συνδεδεμένα και ασφαλισμένα σε ένα πλαίσιο με τη βοήθεια ειδικών συνδέσμων. Το πακέτο των «πιατιδίων» είναι συγκεντρωμένο μεταξύ ενός «δίσκου» πλαισίου και ενός «δίσκου» πίεσης και συμπιέζεται με τη βοήθεια ειδικών μπουλονιών. Το πλαίσιο αποτελείται από ένα σταθερό πιατίδιο, ένα κινητό πιατίδιο πίεσης, έναν ανώτερο φέροντα φραγμό, έναν κατώτερο φραγμό καθοδήγησης, ενισχυτική στήλη και μπουλόνια στήριξης. Τα πιατίδια εγκαθίστανται σε σειρά με ειδικούς συνδέσμους που ασφαλίζουν τα κανάλια ροής και κατευθύνουν τα υγρά στα διαφορετικά κανάλια. Ο αριθμός των πιατιδίων καθορίζεται από το μέγεθος της παροχής, τα φυσικά χαρακτηριστικά των υγρών, την πτώση πίεσης και τις θερμοκρασίες.

- ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ-ΓΕΝΙΚΑ

Για την υλοποίηση του συστήματος αυτού χρειάζεται λεπτομερής μελέτη του υδραυλικού κυκλώματος που περιλαμβάνει επιλογή επιμέρους αντλιών, βαλβίδων και διαφόρων στοιχείων ελέγχου της ροής και της θερμοκρασίας στα διάφορα σημεία της εγκατάστασης. Στο σύστημα μας έχουμε δύο κυκλώματα κυκλοφορίας. Το ένα είναι αυτό που κυκλοφορεί στην ζεστή πλευρά των ηλιακών συλλεκτών και είναι διάλυμα γλυκόλης και νερού (για την καλύτερη απορρόφηση της θερμότητας) και το άλλο είναι το νερό που κυκλοφορεί στα υπόλοιπα μέρη της εγκατάστασης.

Ο κλάδος που χρησιμοποιεί νερό ως εργαζόμενο μέσο περνά από την κρύα πλευρά του εναλλάκτη θερμότητας των ηλιακών συλλεκτών με τη βοήθεια αντλίας και μεταφέρει την παραγόμενη θερμότητα στο δοχείο αποθήκευσης. Είναι προφανές ότι στην περίπτωση μας που έχουμε τέσσερα δοχεία αποθήκευσης η διαδικασία αυτή θα ομαδοποιείται για συγκεκριμένο αριθμό συλλεκτών με κριτήριο την ποσότητα του νερού που κυκλοφορεί. Η

θερμότητα που απορροφάται από το νερό στο δοχείο αποθήκευσης μεταφέρεται με τη βοήθεια αντλίας και ενός κλειστού συστήματος στην είσοδο της μηχανής ψύξης. Τέλος το νερό που ψύχεται μέσα στη μηχανή παρέχεται με τη βοήθεια μιας αντλίας σε εναλλάκτη νερού – αέρα που βρίσκεται μέσα σε κλιματιστικές συσκευές με σκοπό τη διανομή του στο κτίριο.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι σε όλο το σύστημα εκτός των ηλιακών συλλεκτών το εργαζόμενο μέσο είναι νερό. Επίσης μια απαραίτητη παρατήρηση είναι ότι η εγκατάσταση αποτελείται από επιμέρους κλειστά κυκλώματα κυκλοφορίας νερού και η ανταλλαγή θερμότητας γίνεται πάντα με εναλλάκτες θερμότητας, χωρίς ποτέ να αναμειγνύονται οι διάφορες ροές. Αυτό είναι ένα μεγάλο πλεονέκτημα του συστήματος αυτού γιατί προσδίδει στοιχεία ανεξαρτησίας στα επιμέρους συστήματα με αποτέλεσμα τον καλύτερο και αποτελεσματικότερο έλεγχο τους.

ΘΕΡΜΑΝΣΗ

Η χρήση του συστήματος που παρουσιάστηκε δεν κρίνεται οικονομική αν η λειτουργία του περιορίζεται μόνο στην ψύξη και μόνο για τους θερινούς μήνες. Έτσι στη διάταξη που έχει αναφερθεί, έχει προβλεφθεί η χρήση των ηλιακών συλλεκτών για την θέρμανση των χώρων κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η λειτουργία αυτή δεν επιβαρύνει το σύστημα με πρόσθετο εξοπλισμό αφού συνίσταται ουσιαστικά στην παράκαμψη της διάταξης του absorption chiller και την κατεύθυνση του ζεστού νερού από τους συλλέκτες σε μονάδες διανομής θερμότητας στο κτίριο. Αυτό είναι εύκολα κατανοητό αν παρατηρήσει κανείς στο σχήμα της διάταξης τον κλάδο που παρακάμπτει το chiller και εισέρχεται στον εναλλάκτη θερμότητας του κτιρίου.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΛΥΨΗΣ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ.

Για την κάλυψη του θερμικού φορτίου με την τεχνολογία των ηλιακών συλλεκτών, προτείνεται από την βιβλιογραφία [3] η χρήση της μεθόδου των καμπυλών f . Η μέθοδος αυτή είναι μια συσχέτιση με την οποία γίνεται εκτίμηση της απόδοσης των ενεργητικών συστημάτων θέρμανσης χώρων, στα οποία το κατώτατο επίπεδο παράδοσης της ενέργειας είναι 20°C. Η συσχέτιση αυτή συνδέει το κλάσμα του μηνιαίου θερμικού φορτίου που καλύπτεται από την ηλιακή ενέργεια f , με τις παρακάτω μεταβλητές:

$$X = F_R U_L \frac{F_r'}{F_R} (T_{ref} - T_a) \Delta \tau \frac{A_c}{L}$$

$$Y = F_R (\tau \alpha)_n \frac{F_r'}{F_R} \frac{(\tau \alpha)}{(\tau \alpha)_n} H_T N \frac{A_c}{L}$$

Όπου :

$F_R U_L$, $F_R (\tau \alpha)_n$ είναι χαρακτηριστικά μεγέθη του συλλέκτη. Για τους συλλέκτες που έχουν επιλεγθεί έχουμε ότι: $F_R U_L = 5$, $F_R (\tau \alpha)_n = 0,75$

A_c : συνολική επιφάνεια συλλεκτών η οποία υπολογίστηκε για το σύστημα ηλιακής ψύξης ίση με 237 m^2 .

F_R'/F_R : είναι ο λόγος του παράγοντα θερμικής απολαβής του συστήματος συλλέκτη-εναλλάκτη προς τον αντίστοιχο παράγοντα του συλλέκτη. Μια τυπική τιμή του λόγου αυτού είναι 0,6.

T_{ref} : θερμοκρασία αναφοράς, που ορίζεται στους 100°C .

T_a : μηνιαίως μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της ημέρας (20°C)

Δt : διάρκεια μηνός σε sec που είναι 2678400 sec .

N : πλήθος ημερών του μήνα (31)

$(\tau_a)/(\tau_a)_n$: λόγος του μηνιαίως μέσου γινόμενου διαπερατότητας-απορροφητικότητας προς το αντίστοιχο γινόμενο καθέτου πρόσπτωσης. Για συλλέκτη στην Ελλάδα με βέλτιστη κλίση και προσανατολισμό ο λόγος λαμβάνεται, για ένα τζάμι 0,94 το χειμώνα και 0,90 το καλοκαίρι, ενώ για δύο τζάμια που αντιστοιχούν στη συγκεκριμένη εφαρμογή, 0,93 και 0,89 αντίστοιχα.

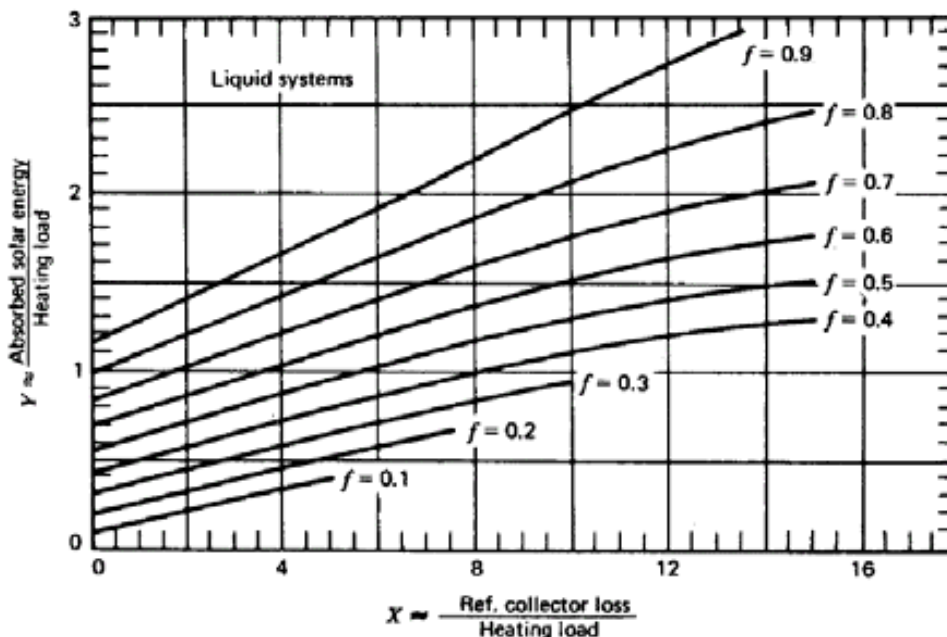
H_T : μηνιαίως μέση ακτινοβολία ημέρας που προσπίπτει στο επίπεδο του συλλέκτη ανά μονάδα επιφάνειας, που έχει ληφθεί ίση με $1000 \text{ W/m}^2 = 86400000 \text{ J/m}^2 \text{ day}$

$L(J)$: το μηνιαίο ολικό θερμικό φορτίο. Αποτελείται από το φορτίο θέρμανσης χώρου και το φορτίο θέρμανσης νερού χρήσης. Στην περίπτωση που εξετάζουμε και με βάση τη χρήση των χώρων δεν απαιτείται η θέρμανση νερού κι έτσι το μηνιαίο ολικό θερμικό φορτίο θα περιλαμβάνει μόνο αυτό για τη θέρμανση χώρων. Το φορτίο αυτό έχει υπολογιστεί σε $90,57 \text{ kW} = 2,42 \times 10^{11} \text{ J}$.

Ακολουθεί ο υπολογισμός των X και Y και από το παρακάτω διάγραμμα υπολογίζεται το ποσοστό κάλυψης των θερμικών αναγκών του κτιρίου.

$X=0,63$

$Y=1,15$



ΣΧΗΜΑ 2.6.3.2.α.iii: ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ f [3]

Αν τοποθετηθούν οι τιμές στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η κάλυψη του φορτίου από τους ηλιακούς συλλέκτες είναι της τάξης του 85%. Η κάλυψη αυτή θεωρείται υψηλή και δικαιολογεί τη χρήση του συστήματος αυτού και για θέρμανση κατά τη χειμερινή περίοδο.

ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία [35] παρουσιάζεται παρακάτω ο πίνακας που περιέχει ενδεικτικές τιμές για τον βασικό εξοπλισμό ενός συστήματος ηλιακής ψύξης. Για καλύτερη σύγκριση των μεγεθών στον πίνακα περιλαμβάνεται το κόστος των συστημάτων μονής, διπλής και τριπλής απορρόφησης. Να σημειωθεί ότι ο συγγραφέας δίνει τις τιμές σε δολάρια(\$) και αυτές μετατρέπονται σε € ακολουθώντας την σημερινή ισοτιμία που είναι 1€=1,55 \$.

| ΟΛΕΣ ΟΙ ΤΙΜΕΣ ΕΙΝΑΙ ΑΝΑ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΟ kW | ΕΙΔΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ | ΤΥΠΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗ(€/m ²) | ΚΟΣΤΟΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ(€) | ΚΟΣΤΟΣ ABSORPTION CHILLER(€) | ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ(€) |
|--|--|---|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| ΜΟΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ | ΕΠΙΠΕΔΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ | 71 | 796 | 130 | 926 |
| ΔΙΠΛΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ | ΣΥΝΘΕΤΟΣ ΠΑΡΑΒΟΛΙΚΟΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ(CPC) | 103 | 785 | 113 | 898 |
| ΤΡΙΠΛΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ | ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ ΚΕΝΟΥ-ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ | 258 | 1737 | 107 | 1844 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6.3.2.α:ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΨΥΞΗΣ[35]

Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι το μεγαλύτερο μέρος του κόστους το αναλαμβάνουν οι ηλιακοί συλλέκτες και γενικά το σύστημα συλλογής της απαιτούμενης θερμότητας από τον ήλιο.

Με βάση αυτόν τον πίνακα και όλα τα στοιχεία που έχουν ήδη υπολογιστεί για την περίπτωση της ψύξης του κτιρίου των Κεντρικών Γραφείων του ΤΠΠΛ, το συνολικό κόστος για την εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος θα είναι της τάξης των

$$K = 926 \frac{\text{€}}{\text{kW}} \cdot 150 \text{kW} = 138900\text{€}$$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Η χρήση και η εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών στο συγκεκριμένο κτίριο παρουσιάζει κάποιες σημαντικές δυσκολίες. Η οροφή του κτιρίου των κεντρικών γραφείων του ΤΠΠΛ αποτελείται από στέγη με κεραμίδια. Η εγκατάσταση της απαραίτητης έκτασης συλλεκτών στη στέγη αυτή δεν είναι τόσο εύκολη για κατασκευαστικούς και οικονομικούς λόγους, δεδομένης και της παλαιότητας του κτιρίου. Εκτός όμως από αυτή την παράμετρο, πρέπει να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι αυτό το συγκεκριμένο κτίριο έχει χαρακτηριστεί ως διατηρητέο από το Υπουργείο Πολιτισμού.(ΦΕΚ,ΤΕΥΧΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ, ΑΡ.ΦΥΛΛΟΥ 884,1997,αριθμος 28374/5984). Ο χαρακτηρισμός αυτός δεν αποκλείει νομικά την χρήση ηλιακών συλλεκτών, παρόλα αυτά, σύμφωνα με τις δημοσιεύσεις στον καθημερινό τύπο (ΔΕΛΤΙΟ ΤΥΠΟΥ GREENPEACE, 15 Μαΐου 2008) υπάρχει μια τάση περιορισμού της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών στα κτίρια που θεωρούνται διατηρητέα. Κάτι τέτοιο σίγουρα δεν εξάγει συμπέρασμα για το μέλλον των ηλιακών συλλεκτών στα κτίρια αυτά, αλλά αυξάνει την πιθανότητα για μια τέτοια αντιμετώπιση και των συλλεκτών από την πολιτεία.

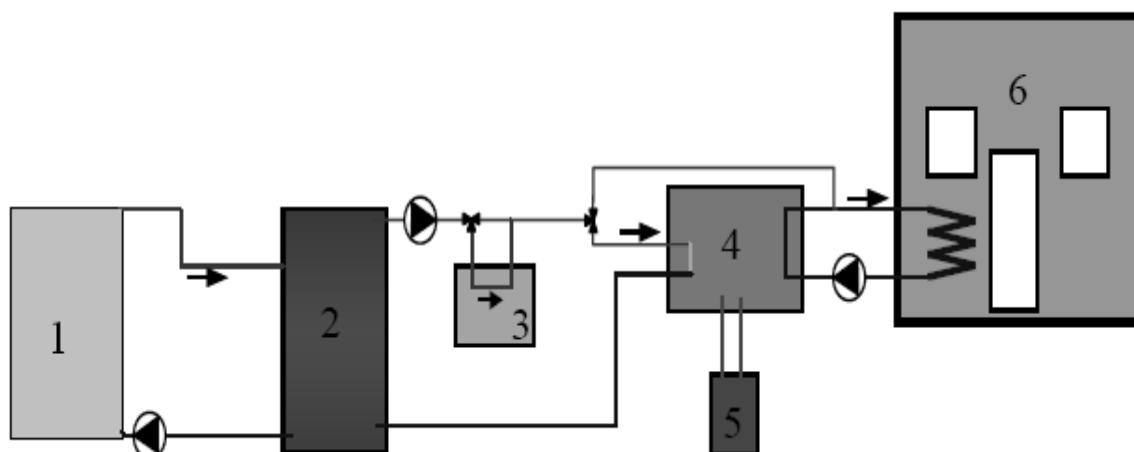
Με την σκέψη αυτή κρίνεται να εξεταστεί και κάποιο άλλο εναλλακτικό σενάριο για τον κλιματισμό του συγκεκριμένου κτιρίου που δεν θα περιλαμβάνει ηλιακούς συλλέκτες, αλλά η πηγή ενέργειας θα παραμένει ανανεώσιμη. Μια τέτοια λύση θα μπορούσε να είναι ένας καυστήρας βιομάζας.

ΣΕΝΑΡΙΟ 2: ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Λόγω των παραμέτρων που αναλύθηκαν μια καλή εναλλακτική πρόταση αντί των ηλιακών συλλεκτών θα ήταν η παραγωγή θερμότητας με σκοπό την ψύξη και την θέρμανση από έναν καυστήρα βιομάζας και συγκεκριμένα καυστήρα συσσωμάτων ξύλου(WOOD PELLETS).

ΨΥΞΗ

Για την περίπτωση της ψύξης θα μπορούσε να αντικατασταθεί στο σύστημα της ηλιακής ψύξης με absorpition chiller το ηλιακό πεδίο από έναν καυστήρα βιομάζας για την παραγωγή της απαιτούμενης θερμότητας. Το υπόλοιπο σύστημα μπορεί να παραμείνει ίδιο αφού δεν εξαρτάται από την πηγή θερμότητας. Το νέο σύστημα φαίνεται παρακάτω:



ΣΧΗΜΑ 2.6.3.2.β.1:ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Όπου:

1. λέβητας βιομάζας
2. δεξαμενή ζεστού νερού
3. βοηθητική πηγή θερμότητας
4. ABSORPTION CHILLER
5. πύργος ψύξης
6. κλιματιζόμενο κτίριο

Έτσι για την ψύξη, με δεδομένη την απόδοση του συστήματος absorpition chiller που έχει ήδη αναφερθεί ότι είναι της τάξης των 70%, θα πρέπει με τη βοήθεια του καυστήρα για την παραγωγή των 105 kW που απαιτούνται για την ψύξη των χώρων, να παραχθούν 150 kW. Για την παραγωγή αυτού του μεγέθους θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένας λέβητας CS130 με ονομαστική ισχύ 150,8 kW(www.hellenic-pellets.gr).

Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των συσσωμάτων ξύλου έχουν αναφερθεί με σημαντικότερη την κατώτατη θερμογόνο ικανότητα που είναι περίπου 18

MJ/kg και αντιπροσωπεύει την ενέργεια που παράγεται από την καύση ενός κιλού του συγκεκριμένου καυσίμου. Οι λέβητες βιομάζας έχουν απόδοση της τάξης του 90% άρα θα η εγκατεστημένη ισχύς 150,8 kW σημαίνει ότι η ενέργεια που παράγεται μέσα στον λέβητα είναι της τάξης των 165 kW. Αν συσχετίσουμε την παραγόμενη ενέργεια από την καύση των συσσωμάτων ξύλου με την απαιτούμενη παραγόμενη ενέργεια στον λέβητα έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟΝ ΛΕΒΗΤΑ } 165 \text{ kW} = 165000 \frac{\text{J}}{\text{sec}} \Rightarrow 165000 \frac{\text{J}}{\text{sec}} \cdot 3600 \frac{\text{sec}}{\text{h}} = 594 \frac{\text{MJ}}{\text{h}} \\ \text{ΚΑΤΩΤΑΤΗ ΘΕΡΜΟΓΟΝΟ ΣΚΑΝΟΤΗΤΑ ΞΥΣΣΩΜΑΤΩΝ ΞΥΛΟΥ } 18 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\text{ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΗ ΘΟΣΟΤΗΤΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ } \frac{594 \frac{\text{MJ}}{\text{h}}}{18 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}} = 33 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Η χρήση του καυστήρα για την παραγωγή αυτής της θερμότητας με την χρήση αυτής της ποσότητας ξύλου την ώρα θα συνεχίζεται για περίπου 6-8 ώρες την ημέρα και περίπου 22 μέρες το μήνα, λόγω της χρήσης των χώρων ως γραφεία. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ανάγκη καύσης συνολικά περίπου 200 kg συσσωμάτων ξύλου την ημέρα και 4,2 τόνων το μήνα, δηλαδή 25,2 τόνους για τους μήνες από Μάιο μέχρι Σεπτέμβρη. Είναι φανερό ότι στην εγκατάσταση αυτή απαιτείται κάποιος χώρος για την αποθήκευση των συσσωμάτων ξύλου. Για την συγκεκριμένη περίπτωση με την παραδοχή των 2 τροφοδοσιών το χρόνο (αν υπολογιστεί και η ανάγκη για θέρμανση τους χειμερινούς μήνες), απαιτείται ένας αποθηκευτικός χώρος (σιλό) ικανότητας 30 τόνων. Ακόμα ένας χώρος για την εγκατάσταση του λέβητα είναι απαραίτητος και πρέπει σύμφωνα με τους κανονισμούς ασφαλείας να είναι ξεχωριστός από το χώρο αποθήκευσης των συσσωμάτων.

Παρακάτω φαίνονται τρεις διαφορετικοί τρόποι αποθήκευσης των συσσωμάτων σε σχέση με το λεβητοστάσιο.



ΣΧΗΜΑ 2.6.3.2.β.ii: ΤΡΟΠΟΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΝ[16]

Σύμφωνα με τα στοιχεία της βιβλιογραφίας (www.cres.gr) έχουμε τα εξής για τον υπολογισμό των απαιτούμενων χώρων.

Επειδή ο εφοδιασμός με συσσωματώματα θα γίνεται από το εξωτερικό του κτιρίου θα πρέπει να προβλεφθεί η αποθήκη τους να έχει τουλάχιστον έναν εξωτερικό τοίχο και η απόστασή του από το πλησιέστερο σημείο πρόσβασης του μεταφορέα να μην ξεπερνά τα 30 μέτρα. Αν η ύπαρξη του εξωτερικού τοίχου δεν είναι δυνατή, θα πρέπει οι αγωγοί οδήγησης των συσσωμάτων στο χώρο αποθήκευσης να έχουν μια έξοδο στο περιβάλλον δημιουργώντας μια παράκαμψη. Σημαντικό είναι το δωμάτιο αυτό να είναι προφυλαγμένο από υγρασία γιατί υπάρχει κίνδυνος να καταστραφούν τα συσσωματώματα κατά την αποθήκευσή τους.

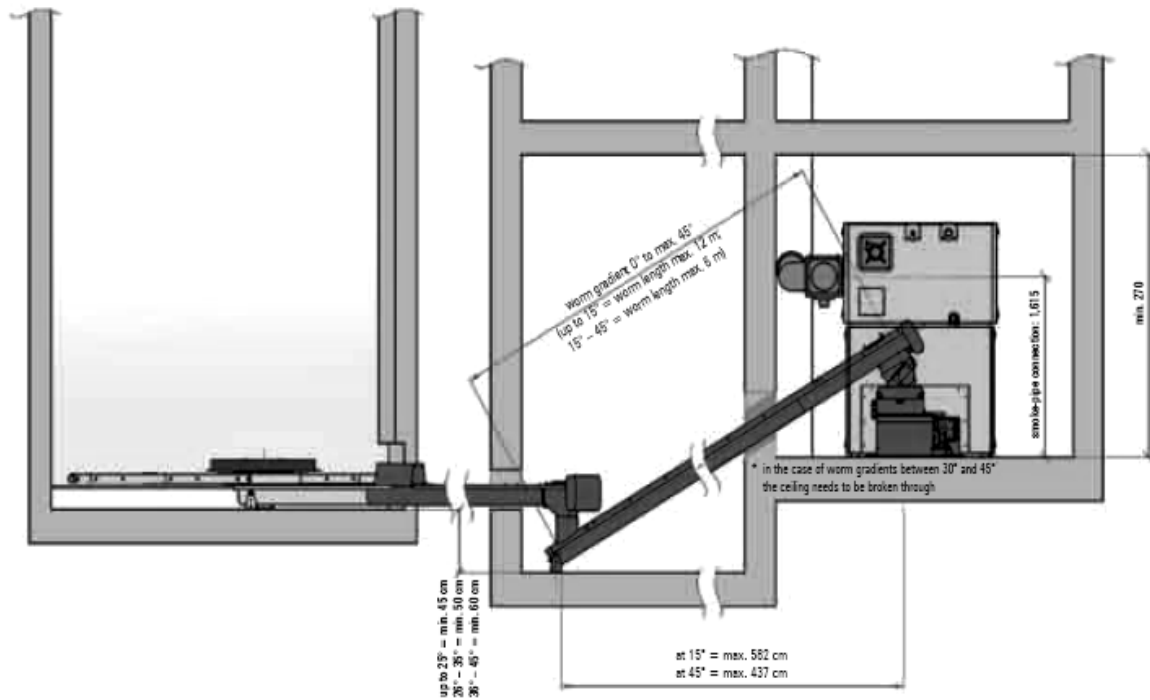
Ο χώρος του λέβητα θα πρέπει κι αυτός να έχει έναν εξωτερικό τοίχο για να επιτρέπει την φυσική κυκλοφορία του αέρα. Αν αυτό δεν είναι δυνατόν, θα πρέπει ένας αγωγός εξωτερικού αέρα να ενωθεί με το λεβητοστάσιο.

Για την περίπτωση του κτιρίου που εξετάζεται με το συγκεκριμένο φορτίο, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, ο απαιτούμενος χώρος για την αποθήκευση των συσσωμάτων είναι ένα δωμάτιο με όγκο $94,5 \text{ m}^3$ δηλαδή για παράδειγμα ένα δωμάτιο με ύψος 3,5 m, μήκος 5 m και πλάτος 5,4 m[31].

2. Σύστημα με εξωτερική αποθήκευση συσσωμάτων

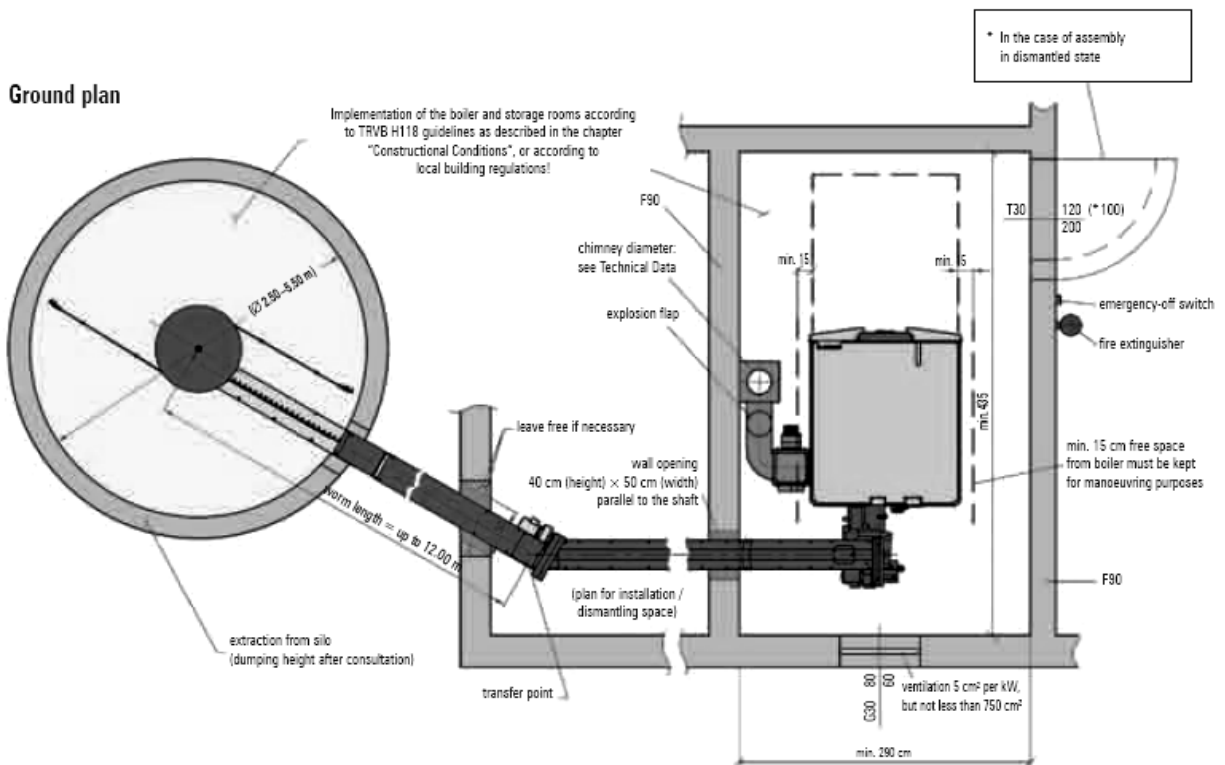
- πρόσοψη

Front view



- κάτοψη

Ground plan



ΣΧΗΜΑ 2.6.3.2.β.iv: ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΧΩΡΟ

Από τις τεχνικές περιγραφές του λέβητα, πρέπει να δώσουμε σημασία στην θερμοκρασία εξόδου του νερού από το δοχείο αποθήκευσης νερού στο οποίο καταλήγει η θερμότητα του λέβητα. Αυτή πρέπει να είναι στα όρια που χρειάζεται το σύστημα του absorption chiller, δηλαδή στα όρια 80-90 . οι λέβητες του μεγέθους που έχουμε στο παρόν σύστημα έχουν τη δυνατότητα αυτή. Έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εφαρμογή αυτή.

ΘΕΡΜΑΝΣΗ

Με την εγκατάσταση του λέβητα βιομάζας για την συνεργασία του με το chiller και την παραγωγή ψύξης έχει ήδη γίνει το πρώτο βήμα για την παραγωγή θέρμανσης για το κτίριο τους χειμερινούς μήνες. Με τον ίδιο τρόπο που παρέκαμψε η διάταξη των ηλιακών συλλεκτών την μονάδα παραγωγής ψύξης με απορρόφηση, έτσι και τώρα η θερμότητα που παράγεται από τον λέβητα βιομάζας θα οδηγείται κατευθείαν στο κτίριο με τη βοήθεια εναλλακτών. Όπως και στο σύστημα με τους ηλιακούς συλλέκτες έχουμε 3 κλειστά συστήματα κυκλοφορίας ρευστών:

1. το σύστημα του νερού που ζεσταίνεται μέσα στον λέβητα,
2. το νερό που ζεσταίνεται στο δοχείο αποθήκευσης νερού, και τέλος
3. το νερό που ζεσταίνεται για να κυκλοφορήσει στο κτίριο και να μεταδώσει την θερμότητα.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι το θερμικό φορτίο του χώρου έχει υπολογιστεί σε 90,57 kW και την απόδοση των εναλλακτών συνολικά περίπου ίση με 70% έχουμε τα εξής:

Ο λέβητας όπως έχει αναφερθεί έχει απόδοση περίπου 90% άρα με την εγκατάσταση των 150,8 kW που έχει εγκατασταθεί για την περίπτωση της ψύξης έχουμε πάλι την εξής κατανάλωση συσσωμάτων:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΛΕΒΗΤΑ: } 165 \text{ kW} = 165000 \text{ J/sec} \Rightarrow 165000 \text{ J/sec} \cdot 3600 \text{ sec/h} = 594 \text{ MJ/h} \\ \text{ΚΑΤΩΤΑΤΗ ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΝ ΞΥΛΟΥ: } 18 \text{ MJ/kg} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\text{ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ: } \frac{594 \text{ MJ/h}}{18 \text{ MJ/kg}} = 33 \text{ kg/h}$$

Έτσι για χρήση του συστήματος περίπου 5 ώρες την ημέρα και 22 μέρες το μήνα έχουμε την απαίτηση των 3,63 τόνων το μήνα. Υπολογίζοντας για 6 τους μήνες από Νοέμβρη μέχρι και Απρίλιο έχουμε ανάγκη για 21,78 τόνους. Άρα με την χρήση ενός αποθηκευτικού χώρου 30 τόνων και τροφοδοσία του 2 φορές τον χρόνο όπως έχει ήδη αναφερθεί το σύστημα θα καλύψει επαρκώς τις ανάγκες κλιματισμού.

ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΣΕ ΚΑΥΣΙΜΟ.

Τα καύσιμα που θα χρησιμοποιηθούν είναι τα συσσωματώματα ξύλου (wood pellets). Για τις περιπτώσεις αυτού του μεγέθους η τροφοδοσία γίνεται με φορτηγά που έρχονται στο χώρο τουλάχιστον δυο φορές το χρόνο. Όπως έχει αναφερθεί στην εισαγωγή, η εγχώρια αγορά συσσωμάτων ξύλου αναπτύσσεται σιγά σιγά κι έτσι θα μπορούσε να ικανοποιηθεί η ζήτηση χωρίς την ανάγκη εισαγωγής από το εξωτερικό. Έτσι μια επιλογή από τους παραγωγούς που βρίσκονται στη χώρα μας θα ήταν σίγουρα καλύτερη και για λόγους οικονομίας και φυσικά για παροχή κινήτρου για περαιτέρω ανάπτυξη των εγχώριων πηγών βιομάζας.

ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στο σημείο αυτό παρουσιάζεται το κόστος ενός συστήματος καύσης βιομάζας. Σύμφωνα με τις τιμές που προτείνουν οι κατασκευαστές λεβητών που παρουσιάστηκαν παραπάνω, το κόστος ενός λέβητα συσσωμάτων αυτού του μεγέθους φτάνει τα 7500-8000€. Από το διάγραμμα που παρέχει το ΚΑΠΕ και παρουσιάζεται παραπάνω μπορούμε να δούμε ενδεικτικά ότι το κόστος για μια εγκατάσταση της τάξης των 150 kw αναμένεται να είναι περίπου 350€/kW δηλαδή συνολικά 52500€. Το κόστος αυτό περιλαμβάνει το κόστος του λέβητα, του λεβητοστασίου, του χώρου αποθήκευσης καυσίμου και όλο τον υπόλοιπο εξοπλισμό. Θα πρέπει να συμπεριλάβουμε όμως και το κόστος της μηχανής απορρόφησης που δίδεται από τη βιβλιογραφία [] και είναι 130€/kWp. Έτσι έχουμε συνολικά το κόστος εξοπλισμού για την καύση βιομάζας περίπου 72000€. Για το κόστος του καυσίμου, αν λάβουμε υπόψη τα στοιχεία του προγράμματος pelletsatlas της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Ελλάδα, είναι της τάξης των 189 €/τόνο για μαζικές παραγγελίες. Έτσι αν υπολογίσουμε ότι για τους χειμερινούς μήνες χρειαζόμαστε 21,78 τόνους και τους θερινούς μήνες 25,2 τόνους έχουμε συνολική απαίτηση σε wood pellets ίση με 46,98 τόνους. Το συνολικό κόστος καυσίμου θα είναι 8879,22 €. Στο σημείο αυτό κρίνεται απαραίτητη η σύγκριση της τιμής αυτής με την αντίστοιχη τιμή του πετρελαίου θέρμανσης που θα χρειαζόταν σε έναν συμβατικό λέβητα για την κάλυψη των αναγκών αυτών. Η λογική της σύγκρισης βασίζεται στη θερμογόνο ικανότητα του πετρελαίου και έχει ως εξής:

Η θερμογόνο ικανότητα του πετρελαίου είναι περίπου 42 MJ/kg. Αντίστοιχα των συσσωμάτων ξύλου είναι 18 MJ/kg. Ο λόγος των δυο αυτών αριθμών μας δείχνει ότι το πετρέλαιο είναι 2,33 φορές «καλύτερο» σε απόδοση από τα συσσωματώματα. Άρα για την κάλυψη των αναγκών θα χρειαζόταν λιγότερο καύσιμο. Έτσι :

$$\text{ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΝ: } 46,98 \frac{\text{TON}}{\text{ΧΡΟΝΟ}}$$

$$\text{ΥΠΟΤΙΘΕΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ} = \frac{46,98}{2,33} = 20,16 \frac{\text{TON}}{\text{ΧΡΟΝΟ}}$$

Αν θέλουμε να μετατρέψουμε την ποσότητα του πετρελαίου σε λίτρα για να είναι πιο εύκολη η σύγκριση πρέπει να χρησιμοποιήσουμε την πυκνότητα του πετρελαίου που είναι κατά μέσο όρο 0,82 kg/lit. Επομένως αντί της κατανάλωσης των 46,98 τόνων συσσωμάτων ξύλου θα μπορούσαμε να καταναλώνουμε

$$\frac{20160 \text{ kg} / \text{χρονο}}{0,82 \text{ kg} / \text{lit}} = 24585,3 \text{ lit} / \text{χρονο}$$

Αυτό σημαίνει ότι με τιμή πετρελαίου τουλάχιστον 1€/lit το κόστος καυσίμου θα φτάνει τα 24585,3 € το χρόνο. Είναι φανερό η διαφορά στο κόστος αυτό σε σχέση με τα συσσωματώματα.

Επίσης μια χρήσιμη σύγκριση είναι αυτή του κόστους του ηλιακού συστήματος σαν μέρος του συστήματος ψύξης σε σχέση με το σύστημα της καύσης συσσωμάτων για την παραγωγή της απαιτούμενης θερμότητας για την λειτουργία του absorption chiller. Στο σημείο της κοστολόγησης του ηλιακού συστήματος είδαμε ότι ένα τυπικό κόστος είναι 796€/kW, δηλαδή για το απαιτούμενο σύστημα των 150 kW το κόστος φτάνει τα 119400 €. Αντίστοιχα το κόστος του συστήματος καύσης βιομάζας για την παραγωγή θερμότητας αυτής της ισχύος με βάση τους κατασκευαστές λεβητών παρουσιάστηκε ότι είναι 8000 €. Η διαφορά είναι αρκετά μεγάλη. Θα μπορούσε κανείς να συμπεράνει ότι το σύστημα με τη βιομάζα είναι φανερά καταλληλότερη λύση. Αυτό ισχύει από οικονομική άποψη, αλλά τη στιγμή της επιλογής θα πρέπει να ληφθούν κι άλλες παράμετροι υπόψη. Για παράδειγμα ένα βασικό πλεονέκτημα της εγκατάστασης των ηλιακών συλλεκτών είναι ότι δεν απαιτείται κανένα καύσιμο κι έτσι μειώνεται η εξάρτηση του συστήματος από εξωγενείς παράγοντες, όπως λόγου χάριν το τόπο παραγωγής και τον τρόπο τροφοδοσίας του καυσίμου. Από την άλλη πλευρά ένα σημαντικό θέμα και ειδικά για τον χώρο του ΤΠΠΛ και το συγκεκριμένο κτίριο είναι η διαθέσιμη έκταση για εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών. Όπως έχει αναφερθεί, η ελληνική νομοθεσία δεν είναι ξεκάθαρη ως προς την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών στα διατηρητέα κτίρια. Εκτός όμως από αυτό, το κτίριο των Κεντρικών Γραφείων, πλαισιώνεται από άλλα κτίρια που βρίσκονται σε μικρή απόσταση, δυσχεραίνοντας την επιλογή της εγκατάστασης των συλλεκτών σε κάποιο γειτονικό χώρο στο έδαφος. Είναι φανερό πως η τελική απόφαση για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος οδηγεί στην αποδοχή κάποιων συμβιβασμών που θα βασίζονται στις απαιτήσεις της εφαρμογής των διαφορετικών τεχνολογιών.

2.6.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ-ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΩΦΕΛΙΜΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Σε οικονομικό επίπεδο, για την σύγκριση των τεχνολογιών κλιματισμού των κτιρίων που παρουσιάστηκαν θα υπολογιστεί το κόστος ωφέλιμης ενέργειας. Το κόστος αυτό εκφράζει πόσο κοστίζει η κάλυψη των θερμικών και ψυκτικών αναγκών των κτιρίων από τις τεχνολογίες που εφαρμόστηκαν. Ο τύπος που χρησιμοποιείται είναι ο εξής :

$$ΚΩΕ = \frac{ΚΕ \cdot R + ΚΣΛ \left(\frac{E}{y} \right)}{\Omega\Phi\epsilon\lambda\iota\mu\eta \ \epsilon\eta\epsilon\rho\gamma\epsilon\iota\alpha \left(\frac{kWh}{y} \right)}$$

Όπου :

ΚΕ: είναι το κόστος επένδυσης της κάθε τεχνολογίας ξεχωριστά

R: δείκτης που εκφράζει την ετήσια επιβάρυνση κεφαλαίου. Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται γιατί θεωρούμε ότι η αρχική επένδυση για την κατασκευή μιας εγκατάστασης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας επιβαρύνεται με τους τόκους του δανείου του κεφαλαίου επένδυσης και με το ετήσιο κεφάλαιο αποπληρωμής του. Οι τόκοι του δανείου όμως εξαρτώνται από το ετήσιο επιτόκιο, ενώ το ετήσιο κεφάλαιο αποπληρωμής εξαρτάται από τη διάρκεια αποπληρωμής του. Έτσι ο δείκτης R που εκφράζει αυτή την ετήσια επιβάρυνση κεφαλαίου θα υπολογιστεί με τη βοήθεια του τύπου:

$$R = \frac{i}{1 - (1 + i)^{-n}}$$

Όπου i είναι το επιτόκιο που είναι της τάξεως του 6% και n η περίοδος αποπληρωμής που ορίζεται συνήθως στα 20 χρόνια.

Η ωφέλιμη ενέργεια υπολογίζεται ως εξής:

Υπολογίζουμε ότι τα κτίρια έχουν ανάγκη για ψύξη τέσσερις μήνες κατά μέσο όρο.

Το ψυκτικό φορτίο του κτιρίου των Κεντρικών Γραφείων είναι 105 kW. Η ωφέλιμη ενέργεια για την ψύξη λοιπόν προκύπτει ως εξής :

$$105kW \cdot 4\mu\eta\eta\upsilon\epsilon\varsigma \cdot 30 \frac{\mu\epsilon\rho\epsilon\varsigma}{\mu\eta\eta\alpha} \cdot 8 \frac{\omega\rho\epsilon\varsigma}{\mu\eta\eta\alpha} = 100,81MWh$$

Αντίστοιχα η ανάγκη για θέρμανση παρατηρείται κατά τη διάρκεια έξι μηνών. Το θερμικό φορτίο είναι 90,57 kW. Άρα η ωφέλιμη ενέργεια για την θέρμανση είναι:

$$90,57kW \cdot 6\mu\eta\eta\upsilon\epsilon\varsigma \cdot 30 \frac{\mu\epsilon\rho\epsilon\varsigma}{\mu\eta\eta\alpha} \cdot 6 \frac{\omega\rho\epsilon\varsigma}{\mu\epsilon\rho\alpha} = 97,80MWh$$

Το άθροισμα αυτών των δυο μας δίνει τη συνολική ωφέλιμη ενέργεια για το κτίριο των Κεντρικών Γραφείων.

$$\Omega\Phi\epsilon\lambda\iota\mu\eta \ \epsilon\eta\epsilon\rho\gamma\epsilon\iota\alpha = 198,61MWh$$

Για το κτίριο των Γραφείων Καμινείας τα αντίστοιχα φορτία και η ωφέλιμη ενέργεια υπολογίζονται με τον ίδιο τρόπο:

Το ψυκτικό φορτίο είναι τώρα 6,6 kW. Έτσι η ωφέλιμη ενέργεια για την ψύξη είναι :

$$6,6kW \cdot 4\text{μηνες} \cdot 30 \frac{\text{μερες}}{\text{μηνά}} \cdot 8 \frac{\text{ωρες}}{\text{μερα}} = 6,33MWh$$

Αντίστοιχα το θερμικό φορτίο είναι 5,35 kW. Έτσι η ωφέλιμη ενέργεια για θέρμανση υπολογίζεται:

$$5,35kW \cdot 6\text{μηνες} \cdot 30 \frac{\text{μερες}}{\text{μηνες}} \cdot 6 \frac{\text{ωρες}}{\text{μερα}} = 5,78MWh$$

Τέλος η συνολική ωφέλιμη ενέργεια για το κτίριο των Γραφείων Καμινείας είναι το άθροισμα τους:

$$\Omega\Phi\text{ΕΛΙΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ} = 12,11MWh$$

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα για το κόστος ωφέλιμης ενέργειας. Η κάθε τεχνολογία έχει διαφορετικό κόστος επένδυσης όπως έχει ήδη παρουσιαστεί και διαφορετικό κόστος συντήρησης. Το σύστημα των Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας έχει ένα κόστος συντήρησης περίπου 350€/χρόνο. Το αντίστοιχο κόστος στους ηλιακούς συλλέκτες υπολογίζεται ως 1% του κόστους επένδυσης. Όσο αφορά στη βιομάζα το ετήσιο κόστος συντήρησης είναι ουσιαστικά το κόστος καυσίμου αυξημένο κατά ένα μικρό ποσοστό (1% του κόστους επένδυσης) για τη συντήρηση του εξοπλισμού.

| | | ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΑΝΑΓΩΓΗΣ i(%) | ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ(η) | ΕΤΗΣΙΑ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ R |
|------------------------------|------------------------|--|-------------------------------------|--|
| | | 6 | 20 | 0,087 |
| ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ | ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ(€) | ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ & ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (€/ΕΤΟΣ) | ΩΦΕΛΙΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ(kWh) | ΚΟΣΤΟΣ ΩΦΕΛΙΜΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ(€/kWh) |
| ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ | 28000 | 350,0 | 12114,0 | 0,230 |
| ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ | 138900 | 1389,0 | 198615,6 | 0,068 |
| ΒΙΟΜΑΖΑ | 72000 | 9620,0 | 198615,6 | 0,080 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6.3.2.γ:ΚΟΣΤΟΣ ΩΦΕΛΙΜΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Είναι πολύ ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε ότι ενώ η γεωθερμία έχει το μικρότερο κόστος επένδυσης παρουσιάζει το μεγαλύτερο κόστος ωφέλιμης ενέργειας. Αυτό πιθανόν οφείλεται στη σχέση του κόστους του εξοπλισμού και της εγκατάστασης με το μέγεθος της ανάγκης που πρέπει να καλυφθεί. Από την άλλη φαίνεται ότι το σύστημα των ηλιακών συλλεκτών έχει μεγάλο κόστος επένδυσης αλλά μικρό κόστος συντήρησης και λειτουργίας κάτι το οποίο οδηγεί στο μικρότερο κόστος ωφέλιμης ενέργειας. Για την περίπτωση της βιομάζας παρατηρούμε ότι ακόμα κι αν έχει αυξημένο κόστος λειτουργίας λόγω της ετήσιας τροφοδοσίας σε καύσιμο, το γεγονός αυτό δεν επιδρά σημαντικά στο κόστος ωφέλιμης ενέργειας. Έτσι βλέπουμε ότι η βιομάζα με μικρό σχετικά κόστος επένδυσης έχει ένα ανεκτό κόστος ωφέλιμης ενέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παραπάνω ανάλυση όλων των πιθανών λύσεων για την εκμετάλλευση του ΤΠΠΛ για την λειτουργική επίδειξη των ΑΠΕ καταλήγει σε ορισμένα συμπεράσματα που συσχετίζουν τις τεχνολογίες με το χώρο εφαρμογής τους.

3.1 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

Για την εγκατάσταση των Φ/Β μελετήθηκαν οι περιπτώσεις των σταθερών και περιστρεφόμενων πλαισίων. Όπως φαίνεται από την τεχνοοικονομική τους αξιολόγηση, καλύτερη θεωρείται η λύση των σταθερά εγκατεστημένων πλαισίων.

Η λύση αυτή αξιολογήθηκε θετικότερα για λόγους κόστους και απόδοσης. Η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος είναι 615 kWp, μέγεθος που αρκεί για την κάλυψη του 100% της ετήσιας ανάγκης του ΤΠΠΛ σε ηλεκτρικό ρεύμα. Η εγκατάσταση των πλαισίων απαιτεί συνολική έκταση 20 στρεμμάτων η οποία μπορεί να παραχωρηθεί από το ΤΠΠΛ για αυτή τη χρήση. Η ετήσια παραγωγή ενέργειας από τα πλαίσια εκτιμάται σε 913,96 MWh, ενέργεια που αντιστοιχεί στις ετήσιες ηλεκτρικές ανάγκες του ΤΠΠΛ.

Η εγκατάσταση σταθερών φωτοβολταϊκών στοιχείων στο ΤΠΠΛ είναι μια αξιόπιστη επένδυση για τον ιδιώτη δεδομένων των αποτελεσμάτων της οικονομικής αξιολόγησης. Σύμφωνα με αυτή, ο ιδιώτης μπορεί να πληρώνει στο ΤΠΠΛ ένα ποσοστό επί των εσόδων του της τάξης ακόμα και του 5% χωρίς αυτό να μειώνει την αποδοτικότητα της επένδυσης του σημαντικά. Το ποσοστό αυτό είναι το αντισταθμιστικό όφελος που καλείται ο ιδιώτης να πληρώσει δεδομένου ότι το ΤΠΠΛ του παρέχει τον απαραίτητο χώρο, την απαιτούμενη περίφραξη και φυσικά ολοκληρωμένη φύλαξη του εξοπλισμού. Εκτός από αυτό επειδή η εγκατάσταση οποιασδήποτε μορφής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχει σκοπό να μετατρέψει το ΤΠΠΛ σε ένα πάρκο για την δυναμική επίδειξη και χρήση των ΑΠΕ, αναμένεται να υπάρξει προτεραιότητα στην αδειοδότηση μιας τέτοιας εγκατάστασης.

Στο σημείο αυτό θα μπορούσε να γίνει μια συσχέτιση των εσόδων του ΤΠΠΛ από την εγκατάσταση των Φ/Β και του κόστους επένδυσης των διαφορετικών τεχνολογιών για τον κλιματισμό των κτιρίων. Όπως έχει ήδη παρουσιαστεί αν επιλεγεί ένα αντισταθμιστικό όφελος της τάξης του 5% των εσόδων του επενδυτή τα αποτελέσματα για την πρώτη περίοδο των 10 χρόνων έχουν ως συνολικά έσοδα για το πάρκο 183000€. Θα μπορούσε κανείς να χρησιμοποιήσει τα χρήματα αυτά για την εγκατάσταση των λοιπών εφαρμογών κλιματισμού, με τη λογική της μικρότερης δυνατής επιβάρυνσης του οικονομικού προϋπολογισμού του ΤΠΠΛ. Έτσι αναπτύσσεται ένας μακροχρόνιος σχεδιασμός που τελικά καλύπτει το υψηλό κόστος επένδυσης των εφαρμογών ΑΠΕ για κλιματισμό και προσδίδει στο σύνολο της μελέτης μια ολοκληρωμένη λύση.

3.2 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η μελέτη για την εγκατάσταση των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας έγινε για το κτίριο των γραφείων Καμινείας εμβαδού 64 m². Σημαντική παράμετρος για την εγκατάσταση των ΓΑΘ είναι η απαίτηση χώρου για τη διάνοιξη γεωτρήσεων. Με τη λογική αυτή σε έναν ήδη δομημένο χώρο, η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας έχει νόημα σε κτίρια τα οποία δε γειτονεύουν άμεσα με άλλα και έχουν χώρο με κατάλληλο υπέδαφος για την εγκατάσταση του συστήματος. Τις προϋποθέσεις αυτές τις καλύπτει το κτίριο αυτό. Επίσης κοντά στο κτίριο αυτό βρίσκεται ήδη μια γεώτρηση που μπορεί να αξιοποιηθεί. Έτσι η εγκατάσταση των ΓΑΘ θεωρείται καλή λύση.

Η επιλογή του συστήματος των ΓΑΘ έναντι των άλλων δυο εναλλακτικών συστημάτων, της ηλιακής ψύξης και βιομάζας, για το κτίριο αυτό έγινε επειδή για μικρές απαιτήσεις όπως αυτές του συγκεκριμένου κτιρίου δεν υπάρχουν εμπορικά διαθέσιμα συστήματα ηλιακής ψύξης. Έτσι δεν μελετήθηκε καθόλου η περίπτωση αυτή.

Για το κτίριο αυτό έχει μελετηθεί η εγκατάσταση μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας ισχύος 11 kW που καλύπτει τις ανάγκες του χώρου για ψύξη και για θέρμανση κατά 100%. Το συνολικό κόστος επένδυσης του συστήματος είναι της τάξης των 28000€ συμπεριλαμβανομένου του κόστους των απαραίτητων γεωτρήσεων. Έχει υπολογιστεί ότι το κόστος της ωφέλιμης ενέργειας για την περίπτωση της εφαρμογής αβαθούς γεωθερμίας στο κτίριο Καμινείας είναι 0,230 €/kWh.

Στο σημείο αυτό αξίζει να επισημανθεί η αναγκαιότητα της ύπαρξης κατάλληλου εδάφους. Στους χώρους που αποφασίζεται να χρησιμοποιηθεί σαν λύση η αβαθής γεωθερμία είναι πολύ σημαντικό να έχει καλή θερμική απόδοση το έδαφος σε βάθος μικρότερο των 100m. Στην δική μας περίπτωση η απόδοση θεωρείται μέτρια της τάξης των 55W/m [38]. Ο λόγος όμως που μελετήθηκε η περίπτωση της αβαθούς γεωθερμίας είναι γιατί στο ΤΠΠΛ υπάρχουν γεωτρήσεις που έχουν γίνει για άλλους σκοπούς (εξυγίανση εδαφών[10]) και μπορούν τώρα αν επεκταθούν κατακόρυφα να αξιοποιηθούν πολύ ικανοποιητικά για την κάλυψη των αναγκών σε ψύξη και θέρμανση.

3.3 ΗΛΙΑΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ

Για το κτίριο των Κεντρικών Γραφείων (Ρολόι) εμβαδού 420m², μελετήθηκαν δυο εναλλακτικά συστήματα για την κάλυψη των αναγκών του σε κλιματισμό. Το πρώτο σύστημα που περιλαμβάνει την εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών κρίνεται αξιόπιστο και οικονομικά κατάλληλο. Στην περίπτωση αυτή μετά τη διαστασιολόγηση προκύπτει η ανάγκη για εγκατάσταση συλλεκτών συνολικής ονομαστικής ισχύος 150 kW και το εμβαδόν που θα καλύπτουν είναι περίπου 272 m².

Για την περίπτωση της θέρμανσης του χώρου με τη χρήση των ηλιακών συλλεκτών, το ποσοστό κάλυψης των αναγκών είναι περίπου 85% σύμφωνα με τους υπολογισμούς που έγιναν με βάση τη μέθοδο των καμπυλών f. Το θερμικό φορτίο του κτιρίου είναι 91 kW και η κάλυψη του στο ποσοστό αυτό θεωρείται ικανοποιητική. Για την περίπτωση της ψύξης χρησιμοποιείται η μηχανή μονής απορρόφησης της YAZAKI με ονομαστική ισχύ 105 kW. Το ψυκτικό φορτίο του χώρου είναι 103 kW και με την εγκατάσταση αυτής της μηχανής καλύπτεται σε ποσοστό 100%. Το κόστος του συστήματος αυτού είναι της τάξεως των 138000 € και περιλαμβάνει το κόστος των συλλεκτών και της μηχανής απορρόφησης. Παρά το αυξημένο κόστος επένδυσης, η λύση αυτή θεωρείται πολύ καλή γιατί περιέχει τα λιγότερα μηχανικά μέρη και απαιτεί τη λιγότερη συντήρηση. Εδώ το αντίστοιχο κόστος ωφέλιμης ενέργειας είναι 0,068 €/kWh.

Παρόλα αυτά υπάρχει βασικός περιορισμός χώρου στην τοποθέτηση των συλλεκτών λόγω του ότι τα περισσότερα κτίρια έχουν χαρακτηριστεί ως διατηρητέα και η αποδοχή των συλλεκτών στις στέγες τους είναι υπό συζήτηση. Όπως έχει αναφερθεί, διάφορα δημοσιεύματα στον καθημερινό τύπο αναφέρουν πως περιορίζεται ως και απαγορεύεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων σε διατηρητέα κτίρια. Αυτό δε σημαίνει άμεσα κάτι για τους ηλιακούς συλλέκτες, θα μπορούσε όμως να ληφθεί υπόψη σαν ένας πιθανός βασικός περιορισμός. Πέρα από αυτό, λαμβάνοντας υπόψη την εξωτερική διαμόρφωση των οροφών του κτιρίου, παρατηρείται αδυναμία να ευρεθεί ο απαραίτητος χώρος των 272 m² για εγκατάσταση των συλλεκτών πάνω στις στέγες. Μια πρώτη σκέψη ήταν η εγκατάσταση τους σε γειτονικό επίγειο άδειο χώρο. Όμως παρουσιάζεται κι εδώ ένα σοβαρό πρόβλημα. Λόγω της υπάρχουσας δόμησης και διαρρύθμισης του ΤΠΠΛ δεν υπάρχει κενός χώρος κοντά στο μελετώμενο κτίριο.

3.4 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΜΕ ΚΑΥΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η αντικατάσταση των ηλιακών συλλεκτών με καυστήρα καύσης συσσωμάτων ξύλου (pellets) είναι μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση για την ψύξη και θέρμανση του κτιρίου. Ο εξοπλισμός είναι πιο οικονομικός. Το κόστος επένδυσης είναι περίπου 72000€ και περιλαμβάνει τον καυστήρα βιομάζας (με ενδεικτικό κόστος 8000€), το σύστημα αποθήκευσης και τροφοδοσίας του καυσίμου και το σύστημα παραγωγής ψύξης. Το ετήσιο κόστος καυσίμου για τα δεδομένα των αναγκών του κτιρίου αυτού υπολογίστηκε σε 9000€. Το αντίστοιχο κόστος κατανάλωσης πετρελαίου για τα ίδια δεδομένα έχει εκτιμηθεί να είναι της τάξης των 24600€ που είναι 3,5 φορές υψηλότερο από το κόστος των συσσωμάτων ξύλου.

Είναι σημαντικό ότι τα περισσότερα μέρη του εξοπλισμού κατασκευάζονται στην Ελλάδα όπως επίσης και τα συσσωματώματα ξύλου παράγονται από ελληνικές εταιρίες. Τα τελευταία χρόνια η χώρα μας εντάσσεται σε προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης που προωθούν τη χρήση της βιομάζας για ικανοποίηση των θερμικών αναγκών των κτιρίων. Εκτός από τις χώρες της Β. Ευρώπης που έχουν πλέον ανεπτυγμένη τεχνογνωσία, τα τελευταία χρόνια φαίνεται πως το ενδιαφέρον αυξάνεται και στις υπόλοιπες χώρες. Έτσι και στην Ελλάδα έχουμε τα πρώτα εργοστάσια επεξεργασίας βιομάζας και παραγωγής συσσωμάτων ξύλου όπως και εργοστάσια παραγωγής λεβητών βιομάζας.

Παρόλα αυτά εντοπίζεται και σε αυτή την περίπτωση το πρόβλημα του χώρου αφού για την εγκατάσταση του λέβητα και την αποθήκευση του καυσίμου απαιτούνται δυο ξεχωριστοί χώροι. Μια καλή λύση θα ήταν δυο υπόγειοι χώροι εντός του κτιρίου. Αυτοί οι χώροι όμως δεν υπάρχουν ήδη στο κτίριο των Κεντρικών Γραφείων κι έτσι θα πρέπει να συμβιβαστούμε με εξωτερικές μονάδες αποθήκευσης και τοποθέτησης του εξοπλισμού.

3.5 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Από τη σύγκριση των τεχνολογιών με οικονομικούς όρους προκύπτει ότι οι προτεινόμενες λύσεις καλύπτουν τις θερμικές και ψυκτικές ανάγκες με κόστος ωφέλιμης ενέργειας στο εύρος 0,068-0,230 €/kWh. Όπως φάνηκε ξεκάθαρα παραπάνω ένα μεγάλο κόστος επένδυσης δε σημαίνει αντίστοιχα μεγάλο κόστος ωφέλιμης ενέργειας. Έτσι ενώ η τεχνολογία της γεωθερμίας είναι σχετικά ακριβότερη αφού το ανηγμένο κόστος επένδυσης είναι 2500 €/kW και το κόστος ωφέλιμης ενέργειας είναι 0,230€/kwh. Από την άλλη πλευρά το ανηγμένο κόστος επένδυσης για την ηλιακή ψύξη είναι 926 €/kW και το κόστος ωφέλιμης ενέργειας που προκύπτει είναι το χαμηλότερο (0,068 €/kWh). Τέλος για τη βιομάζα το ανηγμένο κόστος επένδυσης είναι 480€/kW και το κόστος ωφέλιμης ενέργειας είναι περίπου ίσο με αυτό της ηλιακής ψύξης (0,080€/ kWh).

3.6 ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Μετά από αυτές τις παρατηρήσεις θα μπορούσε κανείς να συμπεράνει ότι για την ενσωμάτωση των ΑΠΕ σε κτιριακές μονάδες είναι απαραίτητη η μελέτη πολλών παραμέτρων. Υπάρχουν πολλές δυσκολίες που σχετίζονται με το ότι τα κτίρια είναι ήδη χτισμένα και με συγκεκριμένο τρόπο σε συγκεκριμένο χώρο. Το γεγονός αυτό προσθέτει περιορισμούς στις τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Έτσι είναι φανερό πως για μια ουσιαστική εκμετάλλευση των τεχνολογιών ΑΠΕ θα πρέπει ιδανικά να μελετάται η χρήση τους κατά τη διάρκεια κατασκευής των κτιρίων, ή να υπάρχει σωστή πρόβλεψη για την μετέπειτα ενσωμάτωση τους. Αυτό είναι ένα πολύ σημαντικό θέμα που έχει επιπτώσεις στο σύνολο των ενεργειών που θα πρέπει να περιλαμβάνει μια ολοκληρωμένη και σφαιρική μελέτη για την εγκατάσταση των ΑΠΕ σε κτιριακές μονάδες.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΤΩΝ
ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΓΡΑΦΕΙΩΝ.**

| ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΙΣΟΓΕΙΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ -6- | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|--------------|------------|---------------|----------------|---------------|------------------|------------------|------------------------|--------------|--|--------------|---------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ | ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ | ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΟΥ | ΜΗΚΟΣ | | | | | ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ | | | | | Απώλειες θερμότητας χώρου |
| | | | ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ | | | | | ΑΠΩΛΕΙΩΝ | | | | | |
| | | | ΜΗΚΟΣ | ΥΨΟΣ ή ΠΛΑΤΟΣ | ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ | ΟΜΟΙΕΣ ΕΠΙΦΑΝ | ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦ | ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Κ | ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜ | ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ ΧΩΡΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ | ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ | |
| | | cm | m | m | m ² | | m ² | m ² | Kcal/hm ² c | °C | Kcal/h | | Kcal/h |
| ΑΙΘΟΥΣΑ Ρ12 | | | | | | | | | | | | | |
| ΕΞΤ 1 | | 50 | 6 | 4 | 24 | | 6,48 | 17,52 | 0,449 | 20 | 157,33 | | |
| Π/Θ 1 | | | 1,2 | 1,8 | 2,16 | 3 | | 6,48 | 3 | 20 | 388,8 | | |
| ΕΞΤ 16 | | 50 | 10,1 | 4,2 | 42,42 | | 7,99 | 34,43 | 0,449 | 20 | 309,181 | | |
| Π/Θ 16 | | | 2,5 | 1,9 | 4,75 | | | 4,75 | 3 | 20 | 285 | | |
| | | | 1,8 | 1,8 | 3,24 | | | 3,24 | 3 | 20 | 194,4 | | |
| ΕΞΤ 15 | | 60 | 6 | 4 | 24 | | 5,4 | 18,6 | 0,442 | 20 | 164,424 | | |
| Π/Θ 15 | | | 1 | 1,8 | 1,8 | 3 | | 5,4 | 3 | 20 | 324 | | |
| ΣΥΝ. | | | | | | | | | | | 1823,14 | | |
| ΑΙΘΟΥΣΑ Ρ13 | | | | | | | | | | | | | |
| ΕΞΤ 2 | | 50 | 7 | 4 | 28 | | 6,48 | 21,52 | 0,449 | 20 | 193,25 | | |
| Π/Θ 2 | | | 1,2 | 1,8 | 2,16 | 3 | | 6,48 | 3 | 20 | 388,8 | | |
| ΣΥΝ. | | | | | | | | | | | 582,05 | | |
| ΑΙΘΟΥΣΑ Ρ1 | | | | | | | | | | | | | |
| ΕΞΤ 3 | | 50 | 3,5 | 4,2 | 14,7 | | 4,32 | 10,38 | 0,449 | 20 | 93,2124 | | |
| Π/Θ 3 | | | 1,2 | 1,8 | 2,16 | 2 | | 4,32 | 3 | 20 | 259,2 | | |
| ΣΥΝ. | | | | | | | | | | | 352,412 | | |
| ΑΙΘΟΥΣΑ Ρ3 | | | | | | | | | | | | | |
| ΕΞΤ 4 | | 50 | 7,1 | 4,3 | 30,53 | | 14,7 | 15,83 | 0,449 | 20 | 142,153 | | |
| Π/Θ 4 | | | 1,2 | 1,8 | 2,16 | 3 | | 14,7 | 3 | 20 | 882 | | |
| ΣΥΝ. | | | | | | | | | | | 1024,15 | | |
| ΑΙΘΟΥΣΑ Ρ4 | | | | | | | | | | | | | |
| ΕΞΤ 5 | | 50 | 6 | 4,5 | 27 | | 4,32 | 22,68 | 0,449 | 20 | 203,666 | | |
| Π/Θ 5 | | | 1,2 | 1,8 | 2,16 | 2 | | 4,32 | 3 | 20 | 259,2 | | |
| ΕΞΤ 9 | | 50 | 6 | 4,5 | 27 | | 5,6 | 21,4 | 0,449 | 20 | 192,172 | | |
| Π/Θ 9 | | | 1,9 | 2 | 3,8 | | | 3,8 | 3 | 20 | 228 | | |
| | | | 1 | 1,8 | 1,8 | | | 1,8 | 3 | 20 | 108 | | |
| ΣΥΝ. | | | | | | | | | | | 991,038 | | |
| ΑΙΘΟΥΣΑ Ρ5 | | | | | | | | | | | | | |
| ΕΞΤ 6 | | 50 | 6,9 | 4,9 | 33,81 | ΟΧΙ | 3,8 | 30,01 | 0,449 | 20 | 269,49 | | |
| Π/Θ 6 | | | 1 | 1,9 | 1,9 | 2 | | 3,8 | 3 | 20 | 228 | | |
| ΕΞΤ 7 | | 60 | 13,7 | 4,8 | 65,76 | | 9,12 | 56,64 | 0,442 | 20 | 500,698 | | |
| Π/Θ 7 | | | 1,2 | 1,9 | 2,28 | 4 | | 9,12 | 3 | 20 | 547,2 | | |
| ΕΞΤ 8 | | 60 | 7 | 4,9 | 34,3 | | 4,32 | 29,98 | 0,442 | 20 | 265,023 | | |
| Π/Θ 8 | | | 1,2 | 1,8 | 2,16 | 2 | | 4,32 | 3 | 20 | 259,2 | | |
| ΕΞΤ 8' | | 50 | 3 | 2,9 | 8,7 | | 2,52 | 6,18 | 0,449 | 13 | 36,0727 | | |
| ΠΟΡΤΑ 8' | | | 1,2 | 2,1 | 2,52 | | | 2,52 | 3 | 13 | 98,28 | | |
| ΣΥΝ. | | | | | | | | | | | 2203,96 | | |

| ΑΙΘΟΥΣΑ Ρ6 | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|----|------|------|--------|---|------|--------|---------|----|---------|-----|---------|
| ΕΞΤ 10 | | 50 | 3,9 | 4,9 | 19,11 | | 3,96 | 15,15 | 0,449 | 13 | 88,4306 | | |
| Π/Θ 10 | | | 1,1 | 1,8 | 1,98 | 2 | | 3,96 | 3 | 13 | 154,44 | | |
| ΕΞΤ 11 | | 20 | 3,8 | 4,4 | 16,72 | | | 16,72 | 0,47 | 13 | 102,159 | | |
| ΣΥΝ. | | | | | | | | | | | 345,03 | | |
| ΧΩΡΟΣ Ρ2 | | | | | | | | | | | | | |
| ΕΞΤ 12 | | 40 | 9,9 | 4,4 | 43,56 | | 5,25 | 38,31 | 0,456 | 13 | 227,102 | | |
| Π/Θ 12 | | | 0,7 | 1,5 | 1,05 | | | 1,05 | 3 | 13 | 40,95 | | |
| ΠΟΡΤΑ 12 | | | 2,1 | 2 | 4,2 | | | 4,2 | 3 | 13 | 163,8 | | |
| ΣΥΝ. | | | | | | | | | | | 431,852 | | |
| ΧΩΡΟΙ 8 9 10 11 | | | | | | | | | | | | | |
| ΕΞΤ 13 | | 30 | 7 | 4,1 | 28,7 | | 1,26 | 27,44 | 0,463 | 13 | 165,161 | | |
| Π/Θ 13 | | | 0,9 | 0,7 | 0,63 | 2 | | 1,26 | 3 | 13 | 49,14 | | |
| ΕΞΤ 14 | | 40 | 4,8 | 4,9 | 23,52 | | | 23,52 | 0,456 | 20 | 214,502 | | |
| ΕΞΤ 14 ' | | 50 | 3,8 | 3,9 | 14,82 | | 5,52 | 9,3 | 0,449 | 20 | 83,514 | | |
| ΠΟΡΤΑ 14 | | | 2,3 | 2,4 | 5,52 | | | 5,52 | 3 | 20 | 331,2 | | |
| ΣΥΝ. | | | | | | | | | | | 843,518 | | |
| ΔΑΠΕΔΑ | | | | | | | | | | | | | |
| ΔΠΔ 12 | | | 6 | 10,1 | 60,6 | | | 60,6 | | 10 | | | |
| ΔΠΔ 8,9,10,11 | | | 4,5 | 7 | 31,5 | | | 31,5 | | 10 | | | |
| ΔΠΔ 2 | | | 19,2 | 1,4 | 26,88 | | | 26,88 | | 10 | | | |
| ΔΠΔ 13 | | | 7 | 4,5 | 31,5 | | | 31,5 | | 10 | | | |
| ΔΠΔ1 | | | 4,7 | 3,6 | 16,92 | | | 16,92 | | 10 | | | |
| ΔΠΔ 3 | | | 7,1 | 4,5 | 31,95 | | | 31,95 | | 10 | | | |
| ΔΠΔ 4 | | | 6 | 10,3 | 61,8 | | | 61,8 | | 10 | | | |
| ΔΠΔ 5 | | | 6,9 | 13,7 | 94,53 | | | 94,53 | | 10 | | | |
| ΔΠΔ 6 | | | 3,9 | 3,8 | 14,82 | | | 14,82 | | 10 | | | |
| ΣΥΝ. | | | | | 370,5 | | | 370,5 | 2,09302 | 10 | 7754,65 | | |
| ΟΡΟΦΕΣ | | | | | | | | | | | | | |
| ΟΡΟΦΗ 4-5 | | | 6 | 10,3 | 61,8 | | | 61,8 | | 17 | | | |
| | | | 6,9 | 13,7 | 94,53 | | | 94,53 | | 17 | | | |
| ΣΥΝ | | | | | 156,33 | | | 156,33 | 3,1746 | 17 | 8436,86 | | |
| ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΑΠΩΛΕΙΩΝ | | | | | | | | | | | 24788,7 | 30% | 32225,3 |

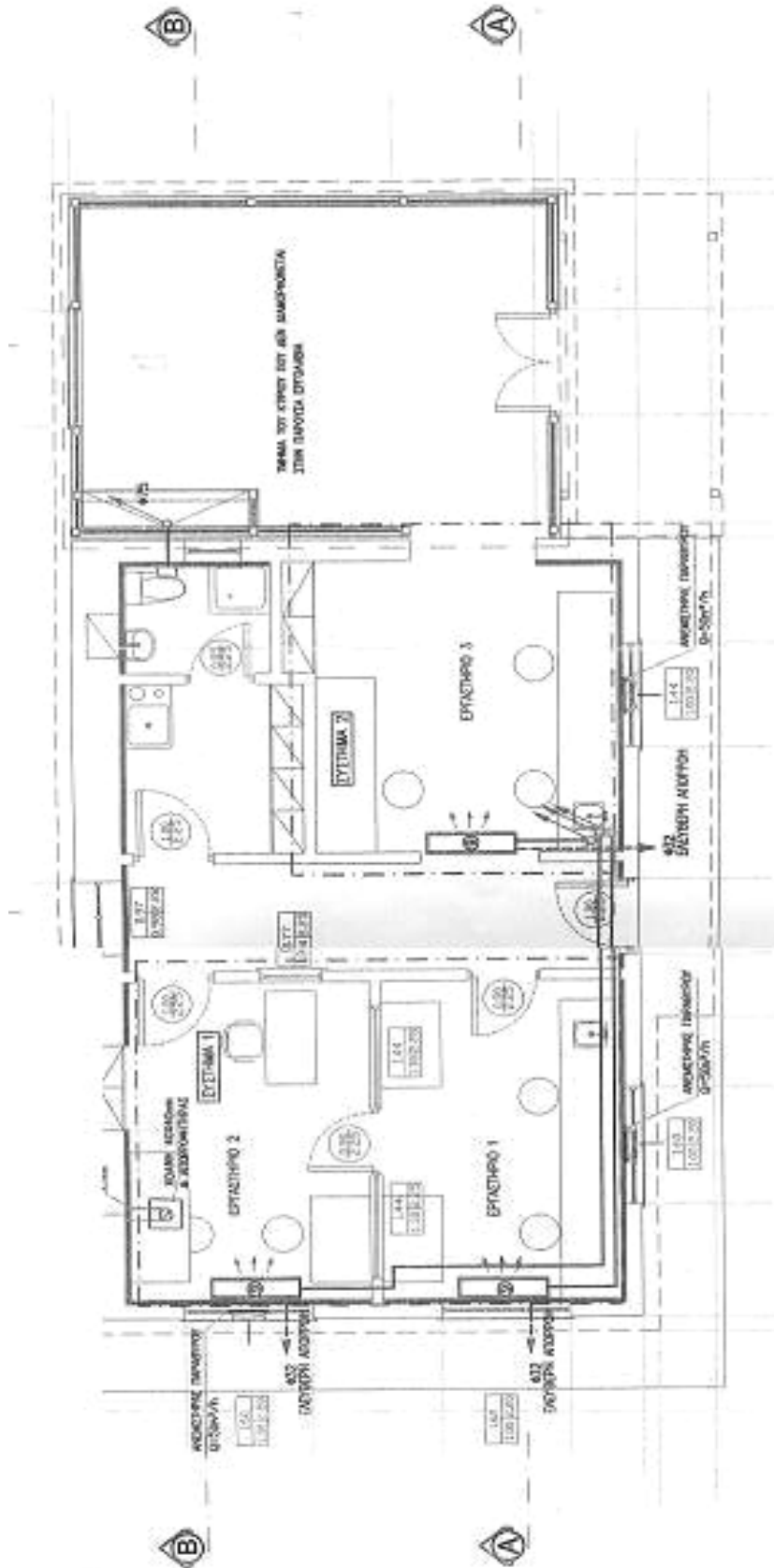
| ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Α' ΟΡΟΦΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ -6- | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|------------|---------------|----------------|---------------|------------------|------------------|------------------------|--------------|--|--------------|------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ | ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ | ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΟΥ | ΜΗΚΟΣ | | | | ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ | | | | | ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ | Απώλειες θερμότητας χώρου |
| | | | ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ | | | | ΑΠΩΛΕΙΩΝ | | | | | | |
| | | | ΜΗΚΟΣ | ΥΨΟΣ ή ΠΛΑΤΟΣ | ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ | ΟΜΟΙΕΣ ΕΠΙΦΑΝ | ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦ | ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Κ | ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜ | ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ | | |
| | | cm | m | m | m ² | | m ² | m ² | Kcal/hm ² c | 0C | Kcal/h | | Kcal/h |
| ΑΙΘΟΥΣΑ Ρ23 | | | | | | | | | | | | | |
| ΕΞΤ 1 | | 50 | 6 | 3,6 | 21,6 | | 6,48 | 15,1 | 0,449 | 20 | 136 | | |
| Π/Θ 1 | | | 1,2 | 1,8 | 2,16 | 3 | | 6,48 | 3 | 20 | 389 | | |
| ΕΞΤ 15 | | 50 | 10 | 3,6 | 36 | | 6,48 | 29,5 | 0,449 | 20 | 265 | | |
| Π/Θ 15 | | | 1,2 | 1,8 | 2,16 | 3 | | 6,48 | 3 | 20 | 389 | | |
| ΕΞΤ 12 | | 50 | 6,1 | 3,6 | 22 | | 2,7 | 19,3 | 0,449 | 20 | 173 | | |
| Π/Θ 12 | | | 1,5 | 1,8 | 2,7 | 1 | | 2,7 | 3 | 20 | 162 | | |
| ΣΥΝ. | | | | | | | | | | | 1513 | | |
| ΑΙΘΟΥΣΑ Ρ14 | | | | | | | | | | | | | |
| ΕΞΤ 2 | | 50 | 11,1 | 3,6 | 40 | | 6,48 | 33,5 | 0,449 | 20 | 300,65 | | |
| Π/Θ 2 | | | 1,2 | 1,8 | 2,16 | 3 | | 6,48 | 3 | 20 | 388,8 | | |
| ΣΥΝ | | | | | | | | | | | 689,45 | | |
| ΑΙΘΟΥΣΑ Ρ15 | | | | | | | | | | | | | |
| ΕΞΤ 3 | | 50 | 7,1 | 3,6 | 25,6 | | 6,48 | 19,1 | 0,449 | 20 | 171,34 | | |
| Π/Θ 3 | | | 1,2 | 1,8 | 2,16 | 3 | | 6,48 | 3 | 20 | 388,8 | | |
| ΕΞΤ 4 | | 50 | 6,1 | 3,6 | 22 | | 1,9 | 20,1 | 0,449 | 5 | 45,035 | | |
| Π/Θ 4 | | | 1 | 1,9 | 1,9 | 1 | | 1,9 | 3 | 5 | 28,5 | | |
| ΣΥΝ | | | | | | | | | | | 633,67 | | |
| ΑΙΘΟΥΣΑ Ρ16 | | | | | | | | | | | | | |
| ΕΞΤ 5 | | 40 | 7,1 | 3,6 | 25,6 | | 3,8 | 21,8 | 0,456 | 5 | 49,613 | | |
| Π/Θ 5 | | | 1 | 1,9 | 1,9 | 2 | | 3,8 | 3 | 5 | 57 | | |
| ΕΞΤ 6 | | 30 | 4,5 | 3,6 | 16,2 | | 1,9 | 14,3 | 0,463 | 20 | 132,42 | | |
| Π/Θ 6 | | | 1 | 1,9 | 1,9 | 1 | | 1,9 | 3 | 20 | 114 | | |
| ΕΞΤ 7 | | 10 | 6 | 3,2 | 19,2 | | 7,4 | 11,8 | 0,477 | 20 | 112,57 | | |
| Π/Θ 7 | | | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 3 | | 5,4 | 3 | 20 | 324 | | |
| ΠΟΡΤΑ 7 | | | 1 | 2 | 2 | 1 | | 2 | 3 | 20 | 120 | | |
| ΣΥΝ | | | | | | | | | | | 909,6 | | |
| ΧΩΡΟΣ Ρ17 | | | | | | | | | | | | | |
| ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΟ 8 | | | 1 | 3,2 | 3,2 | 10 | | 32 | 3 | 20 | 1920 | | |
| ΑΙΘΟΥΣΑ Ρ18-19-20-21 | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|----|------|-----|------|---|------|------|-------|----|--------|-----|-------|
| ΕΞΤ 9 | | 10 | 6,1 | 3 | 18,3 | | 7,2 | 11,1 | 0,477 | 20 | 105,89 | | |
| Π/Θ 9 | | | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 4 | | 7,2 | 3 | 20 | 432 | | |
| ΕΞΤ 10 | | 25 | 3,7 | 3,6 | 13,3 | | 1,62 | 11,7 | 0,466 | 20 | 109,04 | | |
| Π/Θ 10 | | | 0,9 | 1,8 | 1,62 | 1 | | 1,62 | 3 | 20 | 97,2 | | |
| ΕΞΤ 11 | | 30 | 3,8 | 3 | 11,4 | | | 11,4 | 0,463 | 20 | 105,56 | | |
| ΣΥΝ. | | | | | | | | | | | 849,7 | | |
| ΟΡΟΦΕΣ | | | | | | | | | | | | | |
| P23 | | | 10 | 6 | 60 | | | 60 | | | | | |
| P14+15 | | | 18,2 | 6,1 | 111 | | | 111 | | | | | |
| P 16 | | | 7,1 | 4,8 | 34,1 | | | 34,1 | | | | | |
| P17 | | | 10,1 | 1,1 | 11,1 | | | 11,1 | | | | | |
| P18=19+20+21 | | | 4,3 | 7,3 | 31,4 | | | 31,4 | | | | | |
| ΣΥΝ. | | | | | 248 | | | 248 | 2,667 | 17 | 11225 | | |
| ΔΠΔ | | | | | | | | | | | | | |
| P16 | | | 4,5 | 2,7 | 12,2 | | | 12,2 | | | | | |
| P17 | | | 10,1 | 1,1 | 11,1 | | | 11,1 | | | | | |
| ΣΥΝ. | | | | | 23,3 | | | 23,3 | 2,545 | 5 | 295,93 | | |
| ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΑΠΩΛΕΙΩΝ | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 18036 | 30% | 23447 |

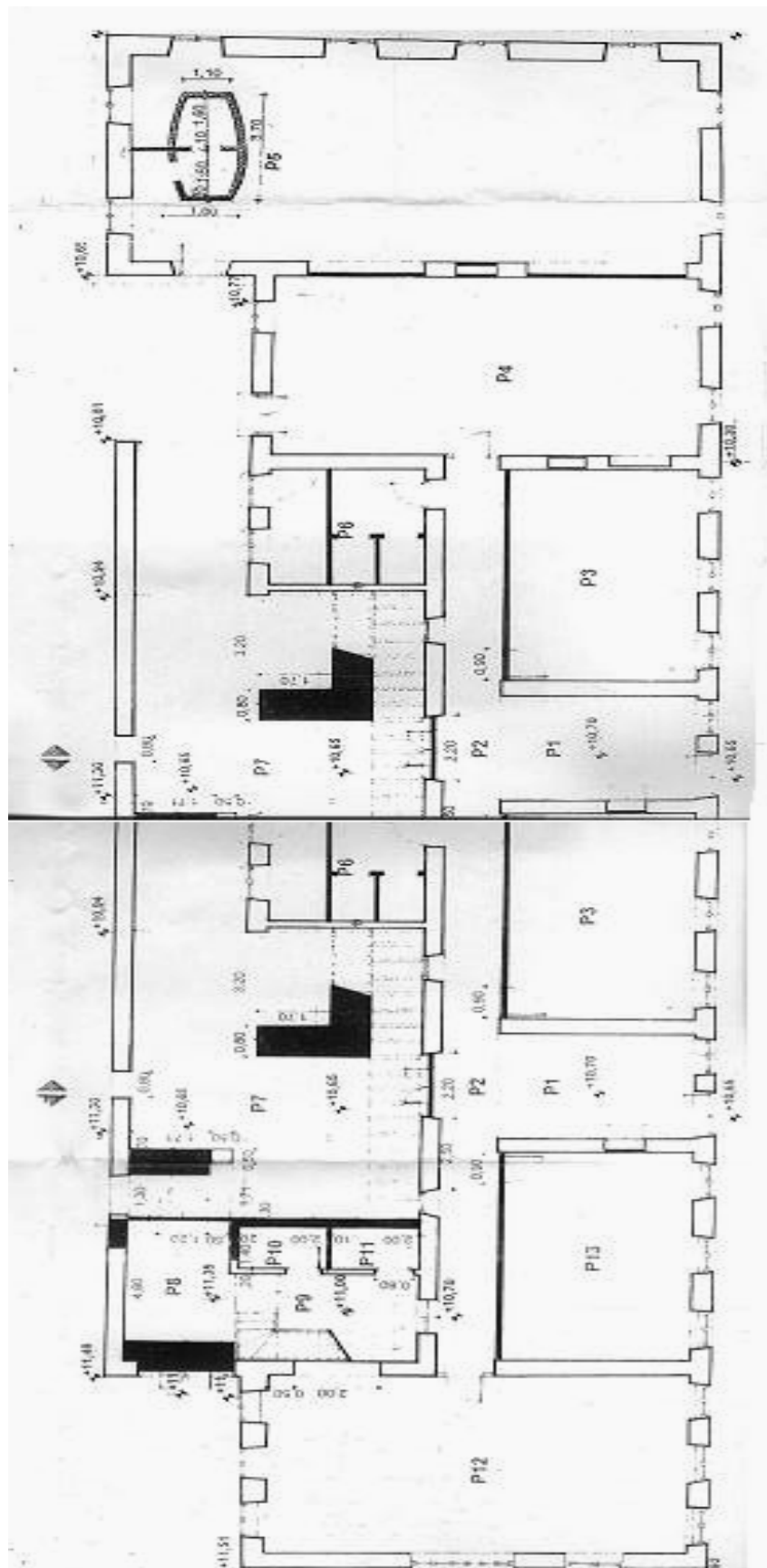
| ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΛΟΓΩ ΑΕΡΙΣΜΟΥ | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------------------|---------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|--|-----------|--------------------------------|--------------------------------------|--|--|--|
| ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ | ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Κ | ΣΥΝΤ.ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ | ΣΥΝΤ.ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΕΡΑ | ΣΥΝΤ.ΔΙΕΙΣΔΥΤΙΚΟΤΗΤΑΣ | ΣΥΝΤ.ΘΕΣΗΣ&ΑΝΕΜΟΠΤΩΣΗΣ | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ ΓΩΝΙΑΚΩΝ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ | QΔ/(Σ.Ι.) | ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ(Σ.Ι.) | ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ (kcal/h) | | | |
| 20 | 0 | 3 | 0,25 | 2 | 0,9 | 1,13 | 1,2 | 48,816 | 454,8 | 22201,52 | | | |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2
ΚΑΤΟΨΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΖΟΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ

ΓΡΑΦΕΙΑ ΚΑΜΙΝΕΙΑΣ



ΚΤΙΡΙΟ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΓΡΑΦΕΙΩΝ
ΙΣΟΓΕΙΟ



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

ΜΗΤΡΩΟ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ**Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ):**

Κωδικός: Γ1 Επιταχυντής

X= 5039268 Y= 4174624 Z= m

Θέση: Τ.Π. Λαυρίου

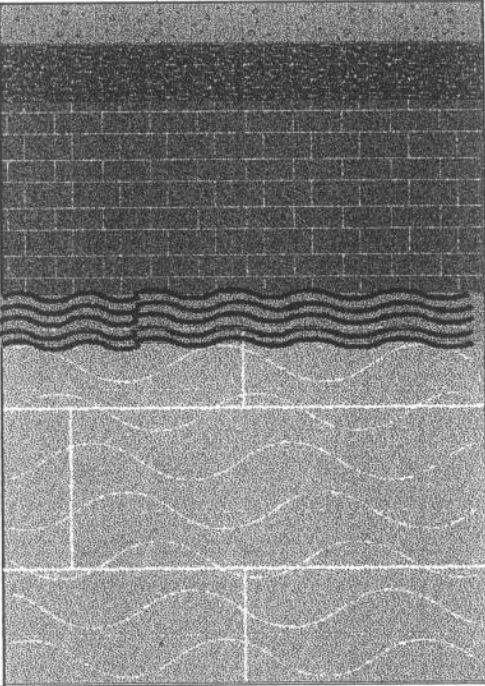
Βάθος: Διάτρησης 30 m, Σωλήνωσης 30 m

Έτος κατασκευής: 1999

Χρήση: Ερευνητική

Κατάσταση: Ολοκληρωμένη

Δοκ. Αντληση : Όχι

| Βάθος (m) | Λιθολογική Περιγραφή | Υδροστ. Στάθμη φ76 | Λιθολογική τομή |
|-----------|---|---|---|
| 0 | Σκουριά/Λοιπά Μπάζα | Α Σ Ω Λ Η Ν Ω Τ Η |  |
| | Πλευρικά κορήματα | | |
| 5 | Γκρι κρυσταλλικός ασβεστόλιθος με λεπτές ενστρώσεις σχιστολιθικές, τραβερτίνες και τεκτονικά λατυποπαγή | | |
| 10 | Μεταλλοφορία (Mn, Fe) | | |
| 15 | Ροζ Υπόλευκα Μάρμαρα | | |
| 20 | | | |
| 25 | | | |
| 30 | | | |
| 35 | ? | | ? |
| 40 | | | |
| 45 | | | |
| 50 | | | |

ΜΗΤΡΩΟ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ**Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ):**

Κωδικός: Γ2 ΕΠΙΤΑΧΥΝΤΗΣ

Χ= 400336.00 Υ= 4196831.00 Ζ= 18.80 m

Θέση: Τ.Π. Λαυρίου

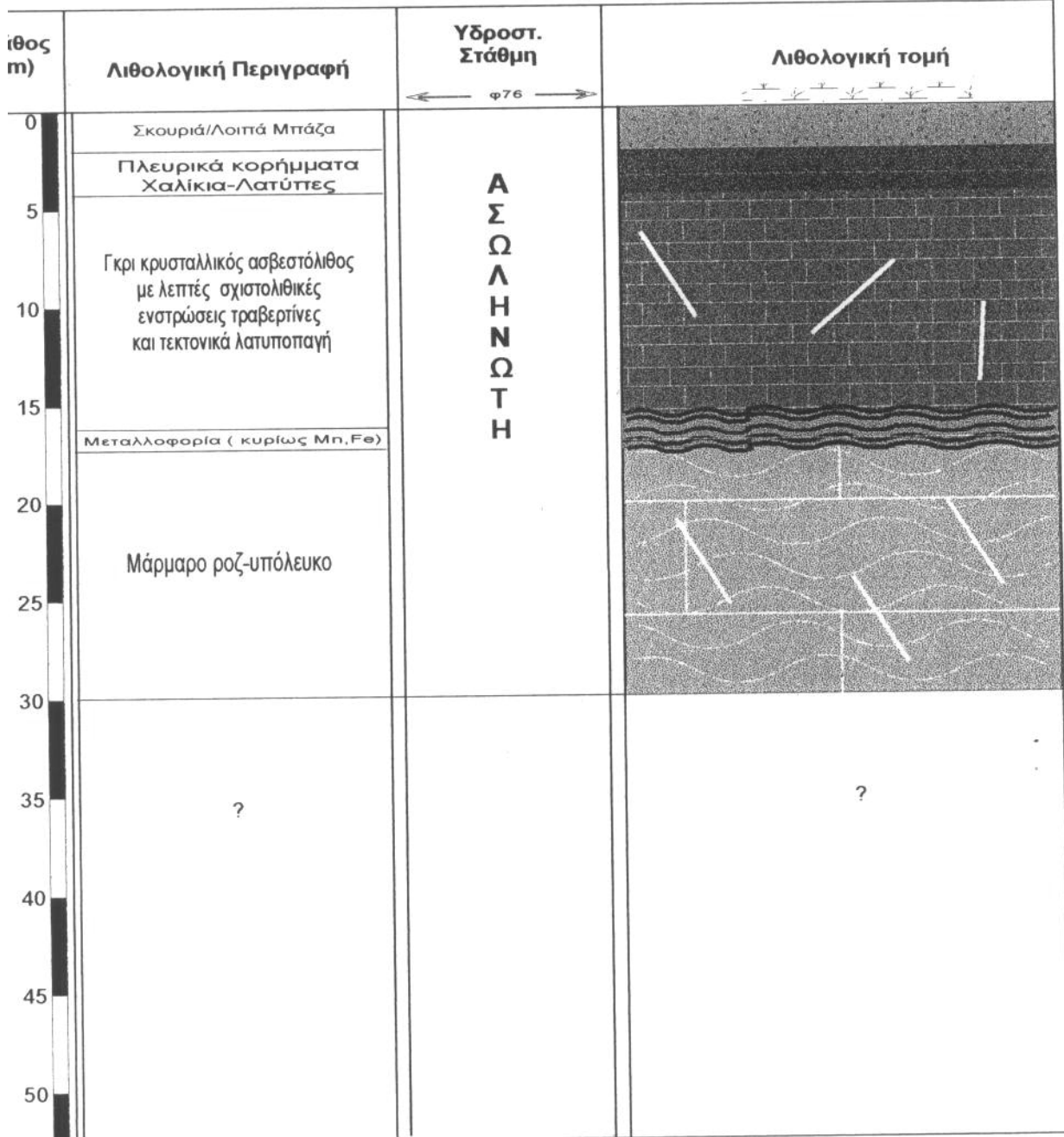
Βάθος: Διάτρησης 30 m, Σωλήνωσης 30 m

Έτος κατασκευής: 1999

Χρήση: Ερευνητική

Κατάσταση: Ολοκληρωμένη

Δοκ.Αντληση : Οχι



ΜΗΤΡΩΟ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ**Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ):**

Κωδικός: Γ3 Επιπαχυντή

Χ= 400336.00 Υ= 4196831.00 Ζ= 18.80 m

Θέση: Τ.Π. Λαυρίου

Βάθος Διάτρησης 30 m

Έτος κατασκευής: 1999

Χρήση: Ερευνητική

Κατάσταση: Ολοκληρωμένη

Δοκ.Αντληση: Όχι

| Βάθος (m) | Λιθολογική Περιγραφή | Υδροστ. Στάθμη ← φ 76 → | Λιθολογική τομή |
|-----------|--|--|-----------------|
| 0 | Σκουριά/Λοιπά Μπάζα | Α Σ Ω Λ Η Ν Ω Τ Η | |
| 5 | Πλευρικά κορήματα Χαλίκια-Λατύπες | | |
| 10 | Μάρμαρα ανώτερης σειράς με λεπτές ενστρώσεις σχιστολιθικές, τραβερτίνες και τεκτονικά λατυποπαγή | | |
| 15 | Μεταλλοφορία (κυρίως Mn, Fe) | | |
| 20 | Ανώτερα Μάρμαρα με Αραιές διακλάσεις πληρωμένες με κρυσταλλικό ασβεστίτη και οξείδια Fe, σπανιότερα με ερυθρή άργιλο στην κατώτερη ζώνη παρατηρούνται σχιστολιθικές ενδιαστρώσεις | | |
| 25 | | | |
| 30 | | | |
| 35 | ? | | ? |
| 40 | | | |
| 45 | | | |
| 50 | | | |

ΜΗΤΡΩΟ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ**Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ):**

Κωδικός: Γ1 ΤΓΕ

Χ= 504127.1 Υ= 4175010.0 Ζ= 18.22 m

Θέση: Τ.Π. Λαυρίου

Βάθος: Διάτρησης 25 m, Σωλήνωσης 25 m

Έτος κατασκευής: 1999

Στ. Ημερίας:- Απ.υψ. :1.6m

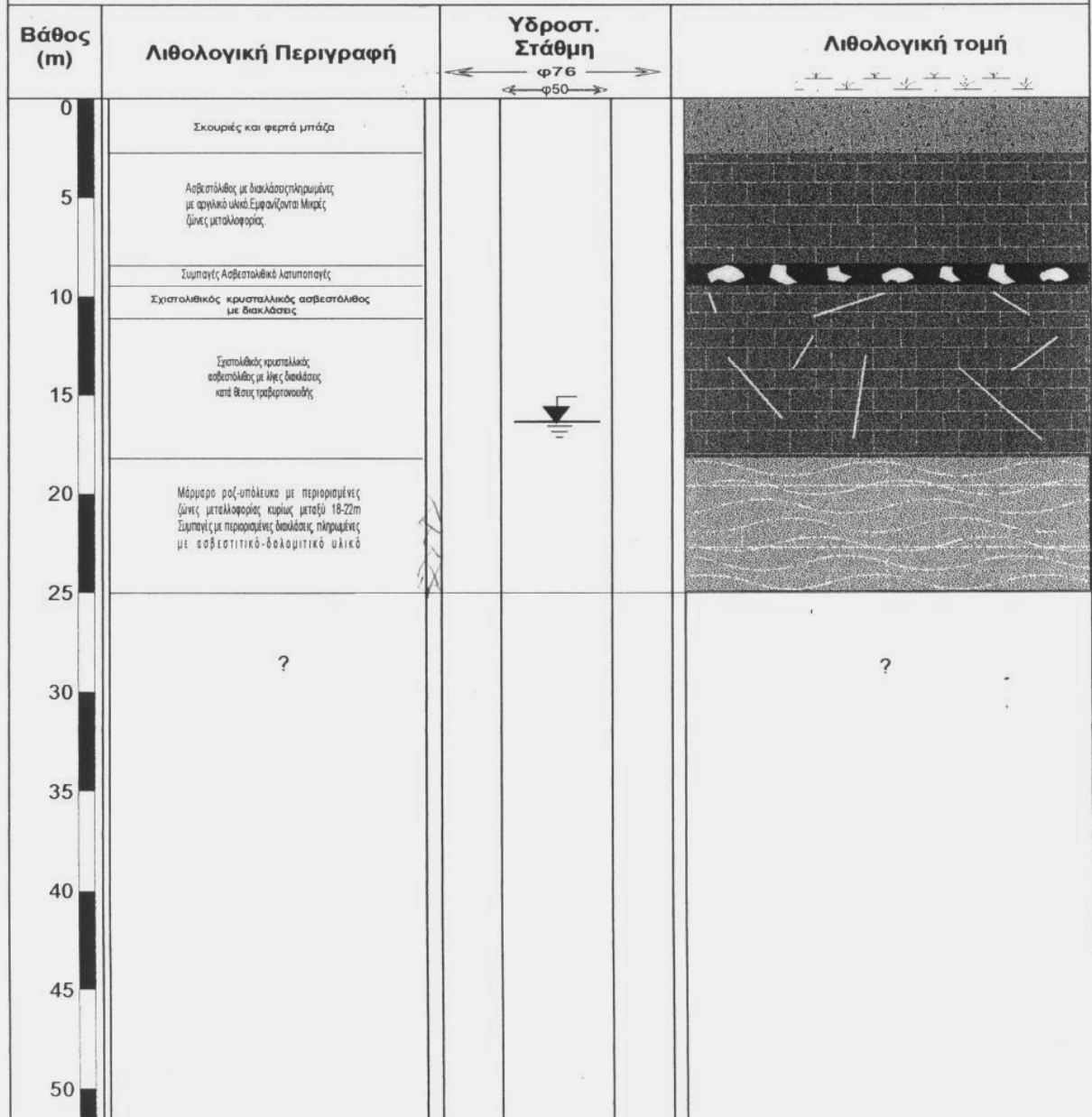
- Βάθος στάθμης : 16.605 m

Χρήση: Ερευνητική-Πιεζομετρική

Κατάσταση: Ολοκληρωμένη

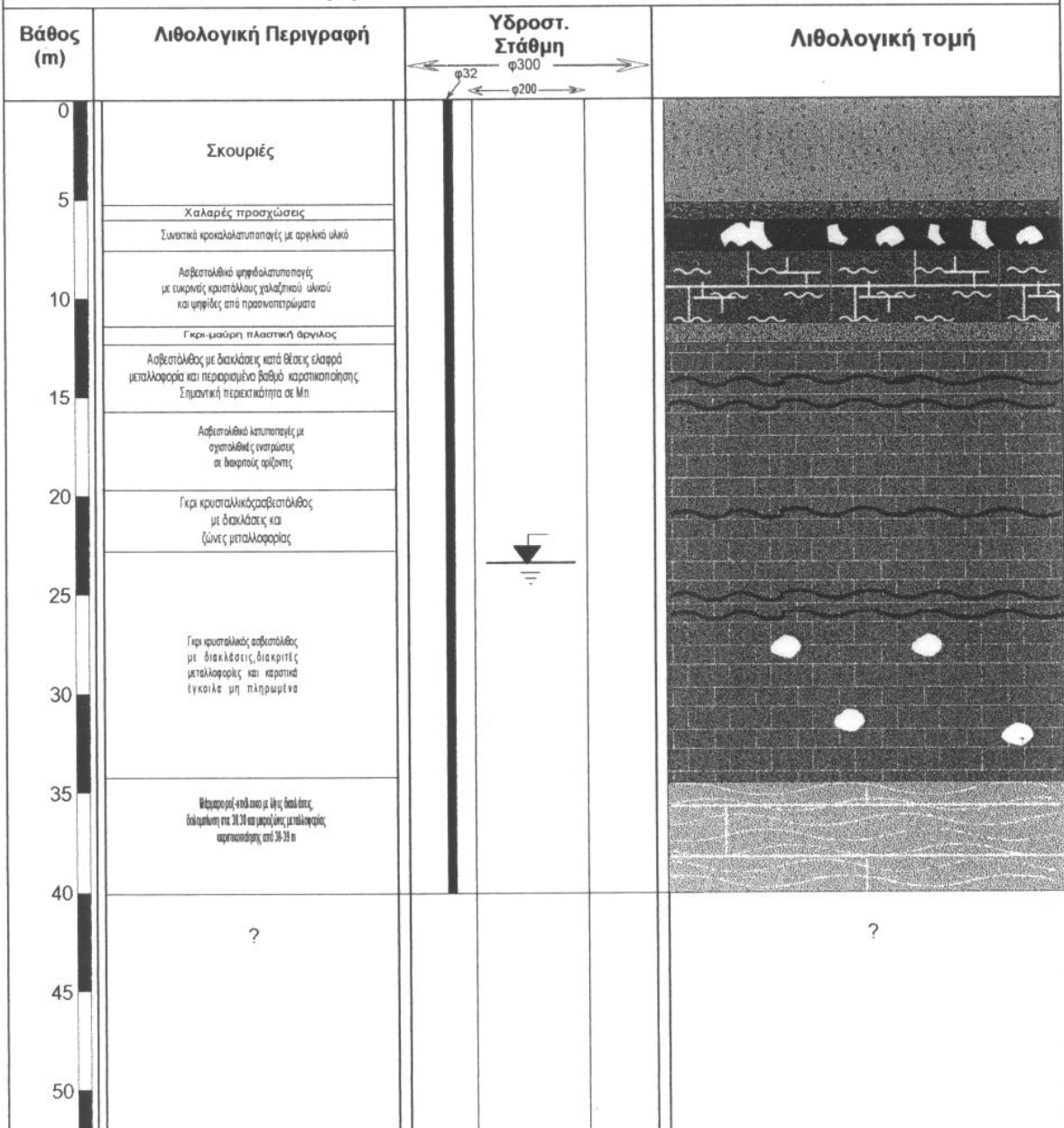
Reper: -0,015 m

Δοκ.Αντληση: Οχι



ΜΗΤΡΩΟ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ**Κωδικός:** Γ2 ΤΓΕ**Θέση:** Τ.Π. Λαυρίου**Έτος κατασκευής:** 1999**Χρήση:** Ερευνητική-Παραγωγική-Εμπλουτισμού**Κατάσταση:** Ολοκληρωμένη**Δοκ.Αντληση:** Ναι, 72h στ.παροχή, Επαναφορά**Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ):**

X=504029.0 Y= 4174949.0 Z= 24.65 m

Βάθος: Διάτρησης 40 m, Σωλήνωσης 40 m**Reper:** 0,09m**Στάθμη ηρεμίας :** -Απ. Υψ. Στάθμης 1,3m
-Βάθος στάθμης 23,44m
-Ημ/νία: 1/2000

ΜΗΤΡΩΟ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

Κωδικός: Γ3 ΤΓΕ

Θέση: Τ.Π. Λαυρίου

Έτος κατασκευής: 1999

Χρήση: Ερευνητική, πιεζομετρική

Κατάσταση: Ολοκληρωμένη

Δοκ. Αντληση: Όχι

Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ):

Χ= 504024.8 Υ= 4174776.0 Ζ= 16.17 m

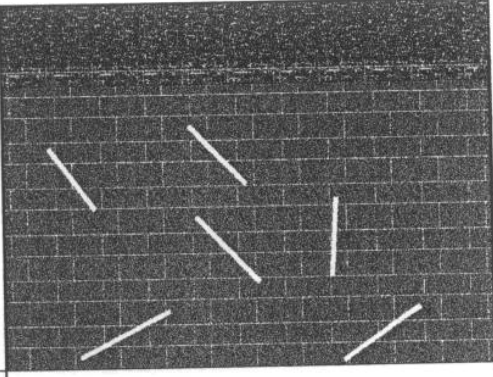

Βάθος Διάτρησης 16.10 m, Σωλήνωσης 16 m

Reper: -0.015m

Στ.ηρεμίας: -Απ.υψ.στάθμης:0.5m

-Βάθος στάθμης:15.65m

-Ημερομηνία :1/2000

| Βάθος (m) | Λιθολογική Περιγραφή | Υδροστ. Στάθμη | | Λιθολογική τομή |
|--------------|---|-------------------|---|--|
| | | φ76 | φ50 | |
| 0 | Προσχώσεις με αργιλικό υλικό. Περιέχονται κροκάλες-λατύπες | | |  |
| 5 | Ασβεστολιθικό λατυποπαγές | | | |
| 10 | Ασβεστόλιθος γκρι-υπόλευκος κρυσταλλικός, δολομιτωμένος κατά θέσεις, με πολλές διακλάσεις. Κατά ζώνες μεταλλοφορία και μικροέγκοιλα. Εμφάνιση ζώνης τεκτονικής κατακρήμνισης με λατυποπαγή ανθρακικά στα 9.30-9.50 | | | |
| 15 | | |  | |
| 20 | ? | | | ? |
| 25 | | | | |
| 30 | | | | |
| 35 | | | | |
| 40 | | | | |
| 45 | | | | |
| 50 | | | | |

ΜΗΤΡΩΟ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ**Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ):**

Κωδικός: Γ4 ΤΠΕ

Χ= 504218.2 Υ= 4174835.0 Ζ= 5.41 m

Θέση: Τ.Π. Λαυρίου

Βάθος: Διάτρησης 10 m, Σωλήνωσης 10 m

Έτος κατασκευής: 1999

Reper: -0,03m

Χρήση: Ερευνητική-Παραγωγική-
Εμπλουτισμού

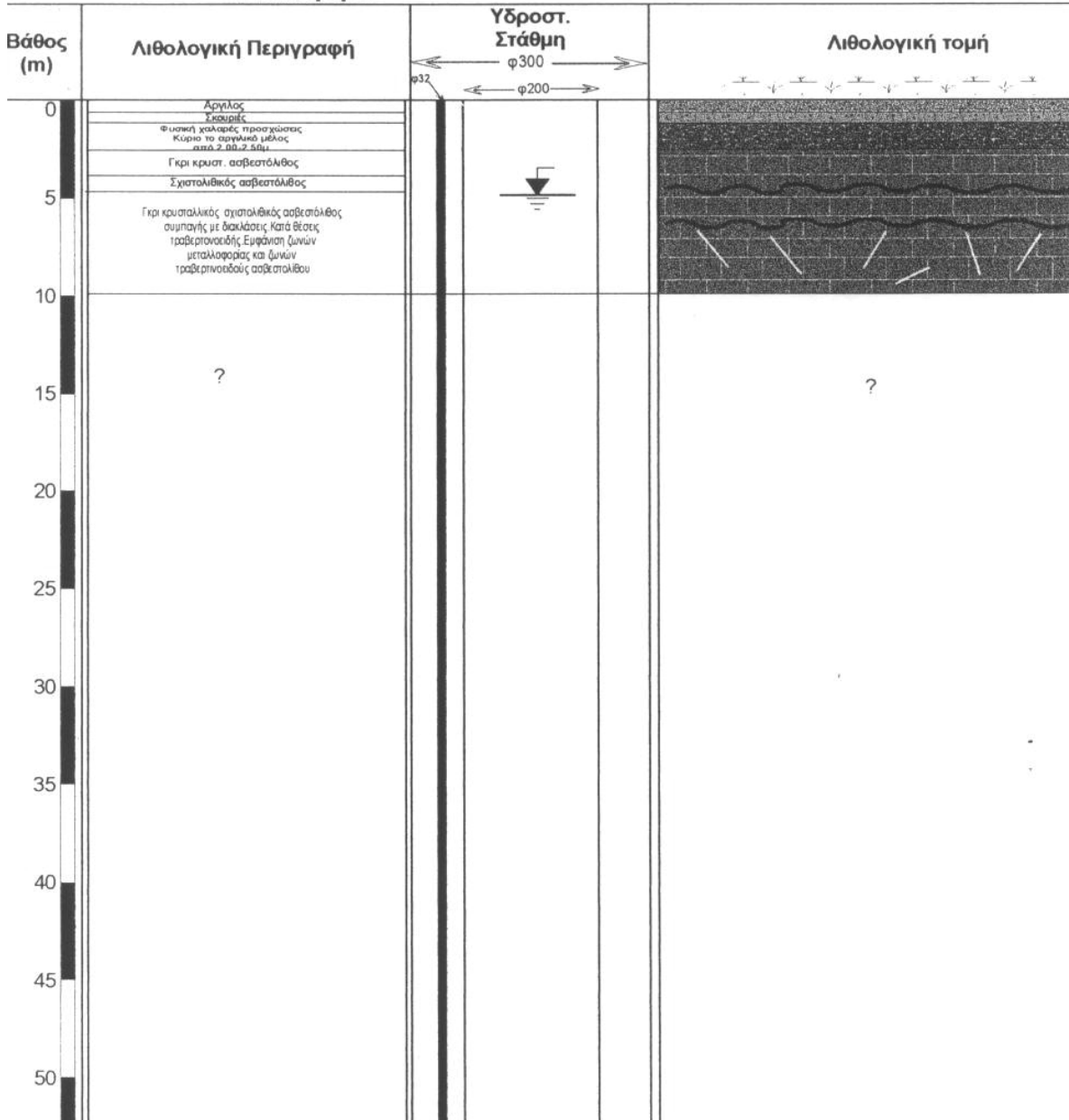
Στάθμη ηρεμίας : -Απ. Υψ. Στάθμης 0,1m

Κατάσταση: Ολοκληρωμένη

-Βάθος στάθμης 5,28m

Δοκ.Αντληση: **Ναι, Βαθμίδες 24h στ.παροχή,
Επαναφορά**

-Ημ/νία: 1/2000



ΜΗΤΡΩΟ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

Κωδικός: Γ5 ΤΓΕ

Θέση: Τ.Π. Λαυρίου

Έτος κατασκευής: 1999

Χρήση: Ερευνητική-Παραγωγική-
Εμπλουτισμού

Κατάσταση: Ολοκληρωμένη

Δοκ.Αντληση: Οχι

Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ):

X= 504340.80 Y= 4174919.00 Z= 4.1 m

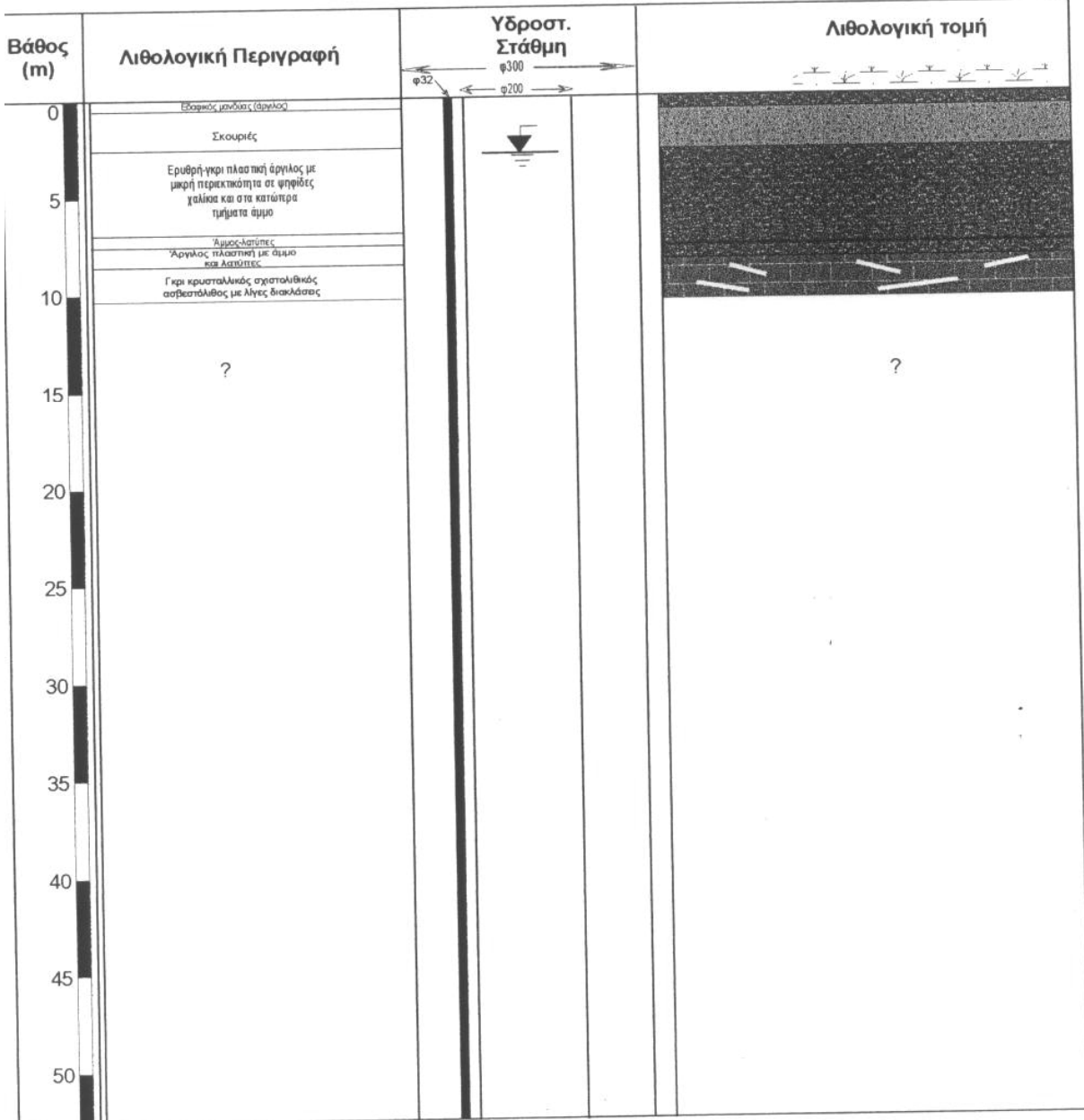
Βάθος: Διάτρησης 10 m, Σωλήνωσης 6 m

Reper: - 0,07m

Στάθμη ηρεμίας : -Απ. Υψ. Στάθμης 0,6m

-Βάθος στάθμης 3,43m

-Ημ/νία: 1/2000

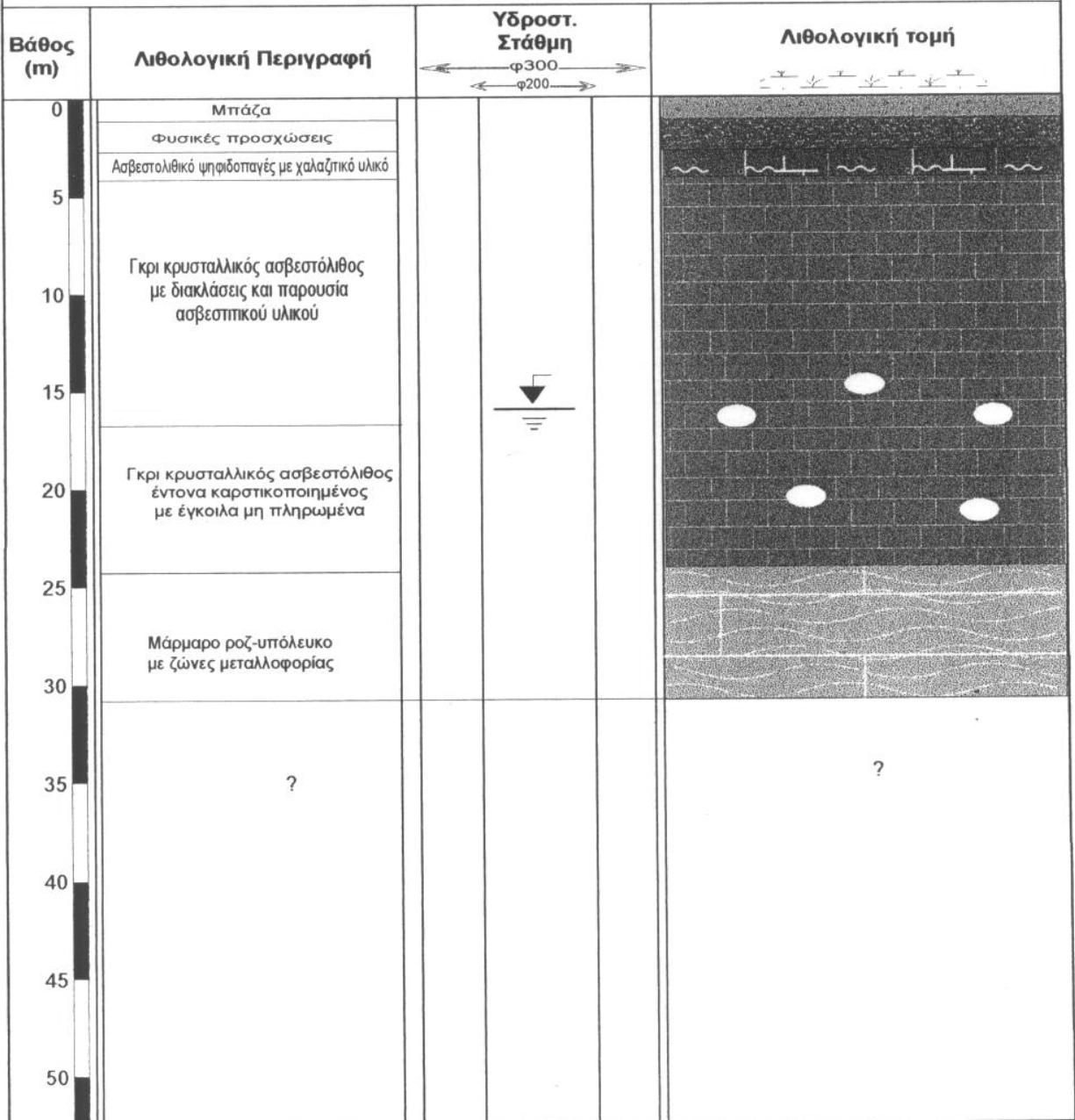


ΜΗΤΡΩΟ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

Κωδικός: ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ
 Θέση: Τ.Π. Λαυρίου
 Έτος κατασκευής: 1999
 Χρήση: Παραγωγική
 Κατάσταση: Ολοκληρωμένη
 Δοκ. Αντληση: Οχι

Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ):

X= 504008.30 Y= 4174580.00 Z= 17.5 m
 Βάθος: Διάτρησης 26 m, Σωλήνωσης 26 m
 Reper : -0,32 m
 Στάθμη ηρεμίας : -Απ. Υψ. Στάθμη: 1.6m
 -Βάθος στάθμης : 15.58 m
 -Ημ/νία: 1/2000



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΑ

1. Ζερβός Αρθούρος, *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας*, Αθήνα 2006.
2. Μπεργελές Γεώργιος, *Ανεμοκινητήρες*, Αθήνα 2005.
3. Αντωνόπουλος Α. Κίμων, *Θερμικά-Ηλιακά συστήματα(Μέρος Πρώτο)*, Αθήνα 2004.
4. Φύτικας Δ. Μιχάλης, Ανδρίτσος Β. Νικόλαος, *Γεωθερμία*, Θεσσαλονίκη 2004.
5. Κακάτσιος Κ. Ξενοφών, *Μεταφορά Θερμότητας*, Αθήνα 2002.
6. Παπαντώνης Ε. Δημήτριος, *Υδροδυναμικές μηχανές – Αντλίες και Υδροστρόβιλοι*, Αθήνα 2002.
7. Μαλαχιάς Γ., Μιχάλης Π. *Κεντρικές Θερμάνσεις με Μονοσωλήνιο Σύστημα*, Αθήνα, 1992
8. Βαζαΐος Η. Ε., *Εφαρμογές της Ηλιακής Ενέργειας-Υπολογισμός και Σχεδίαση Συστημάτων*, Αθήνα 1984.
9. Kavanaugh P. Stephen, Rafferty Kevin, *Ground-Source Heat Pumps: Design of Geothermal Systems For Commercial and Institutional Buildings*, ASHRAE 1997.
10. Κουμαντάκης Ι., Παναγόπουλος Α., Μαρκαντώνης Κ., Παπαϊωάννου Ν., *Ερευνητικό πρόγραμμα: Περιβαλλοντική Εξυγείανση Τεχνολογικού Πάρκου Λαυρίου*, (2000)

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

- ΓΕΝΙΚΑ
11. Τεχνολογικό και Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου : www.ltp.ntua.gr.
 12. U.S. Department of Energy : www.eere.energy.gov
 13. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος : www.tee.gr
 14. Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων : www.minenv.gr
 15. Υπουργείο Πολιτισμού : www.yppo.gr
 16. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας : www.cres.gr

- ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ

17. PVGIS(PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM).<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>

18. Λογισμικό υπολογισμού των αντιστροφών SUNNY DESIGN:
www.sma-america.com

19. Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ) : www.helapco.gr

20. Υπολογιστικά εργαλεία : www.engineeringtoolbox.com

- ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

21. Αντλίες Θερμότητας, Εφαρμογές : www.geoexchange.gr

22. Αντλίες θερμότητας : www.daikin.com

23. Κυκλοφορητές WILO : www.wilo.com

- ΗΛΙΑΚΗ ΨΥΞΗ

24. Εξοπλισμός : www.yazaki-europe.com , www.cordivari.it ,
www.fyrogenis-energy.gr

- ΒΙΟΜΑΖΑ

25. European Biomass Industry Association : www.eubia.org

26. Εισαγωγείς Ενεργειακών Εστιών(BIET) : www.biet.gr

27. Παραγωγή συσσωμάτων ξύλου και λεβητών : www.hellenic-pellets.gr

28. Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα για την Διακίνηση και Εμπορία των συσσωμάτων ξύλου : www.pelletsatlas.info

29. Ευρωπαϊκό Κέντρο Συσσωμάτων : www.pelletcentre.info

30. Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Προώθησης Θέρμανση με Βιομάζα σε Μεγάλα Κτίρια και Συγκροτήματα Κτιρίων : www.bioheat.info

31. Διαστασιολόγηση εγκαταστάσεων : www.pelletsheizung.at

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

- 32.** Henning, Hans-Martin, (2007) «*Solar assisted air conditioning of buildings – an overview*». Applied Thermal Engineering, 27, 1734-1749.
- 33.** Balaras A.C., Grossman G., Henning M., Infante Ferreira A. C. , Podesser E., Wang L., Wiemken E., (2007) «*Solar air conditioning in Europe—an overview*». Renewable and Sustainable Energy Reviews, 11, 299–314.
- 34.** Grossman G., Johannsen A., «*SOLAR COOLING AND AIR CONDITIONING*».Prog. Energy Combust. Sci., Vol. 7, pp. 185-228.
- 35.** Grossman G. (2002) «*SOLAR-POWERED SYSTEMS FOR COOLING, DEHUMIDIFICATION AND AIR-CONDITIONING*», Solar Energy Vol. 72, No. 1, pp. 53–62.
- 36.** NTUA, *Demonstrating the Efficiency of Solar Space Heating and Cooling (DESSHHC), FINAL REPORT, Contract No.NNE5/1999/104*, ΑΘΗΝΑ 2003.
- 37.** Dias, M. Costa and J.L.T. Azevedo, «*Test of a small domestic boiler using different pellets*», Biomass and Bioenergy, Vol. 27, Issue 6, December 2004, pp. 531-539.

ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

- 38.** Μπένου Αναστασία, 2008
- 39.** Μουρίκης Δημήτριος, 2008
- 40.** Κάραλης Γεώργιος, 2008
- 41.** Παπαμιχαήλ Ιωάννα, 2008