



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ &

ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ

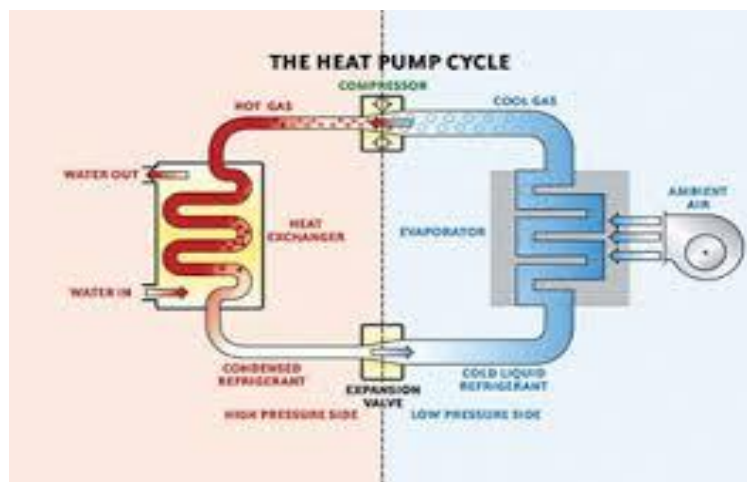
ΠΜΣ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**«Περιβαλλοντική και οικονομική αξιολόγηση του κύκλου ζωής αντλιών
θερμότητας»**

Διπλωματική Εργασία

Φούντα Κωνσταντία



ΑΘΗΝΑ 2017



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ &
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Αμπελιώτης Κωνσταντίνος (Επιβλέπων)

**Αναπλ. Καθηγητής, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας & Οικολογίας,
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο**

Δέτσης Βασίλειος

**Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας & Οικολογίας,
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο**

Λαζαρίδη Κάτια

**Αναπλ. Καθηγήτρια, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας & Οικολογίας,
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο**

Ο/Η Φούντα Κωνσταντία

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

- 1)** Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.

- 2)** Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Αμπελιώτη Κωνσταντίνο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, τη διαρκή καθοδήγηση, την κατανόηση, την υπομονή και την ενθάρρυνση του.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Κοσμάτο Ευάγγελο ,Διευθύνοντα Σύμβουλο της επιχείρησης στην οποία εργάζομαι του οποίου η βοήθεια, η συμπαράσταση και η κατανόηση συνέβαλαν καθοριστικά στην υλοποίηση της παρούσας εργασίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένεια μου, τον πατέρα μου Παρασκευά και τα αδέρφια μου, Ιουλία και Νίκο, για την συναισθηματική υποστήριξη, την έμπρακτη συμπαράσταση και την υπομονή τους όλο αυτό το διάστημα της εκπόνησης της μελέτης μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια έχει διαπιστωθεί ότι ένα μεγάλο ποσοστό που ευθύνεται για την επιβάρυνση του περιβάλλοντος προέρχεται από τα συστήματα και μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των αναγκών των κτιρίων για θέρμανση και ψύξη.

Για το λόγο αυτό υιοθετούνται με αυξανόμενο ρυθμό εναλλακτικές μέθοδοι κάλυψης των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων που είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον. Στην μελέτη αυτή επιχειρείται Αξιολόγηση του Κύκλου Ζωής μίας αντλίας θερμότητας αέρα νερού που έχει εγκατασταθεί σε συγκεκριμένο κτίριο.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο εντοπισμός των πιο επιβλαβών για το περιβάλλον σταδίων του κύκλου ζωής της αντλίας από την κατασκευή, μεταφορά και την εγκατάσταση της και θα επιχειρηθεί η ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Επίσης γίνεται ειδική αναφορά στο οικονομικό κόστος της αντλίας θερμότητας σε σύγκριση με ένα εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης.

Λέξεις κλειδιά: AKZ, περιβαλλοντική αξιολόγηση, αντλία θερμότητας

ABSTRACT

In recent years it has been found that a large proportion of the burden on the environment comes from systems and methods used to meet the heating and cooling needs of buildings.

For this reason, alternative methods of meeting the energy needs of the most environmentally friendly buildings are being increasingly adopted. This study attempts to evaluate the Life Cycle of an air heat pump installed in a particular building.

The purpose of this paper is to identify the most environmentally damaging steps in the lifecycle of the pump from its manufacturing, transport and installation and attempt to interpret the results. Special mention is also made of the economic cost of the heat pump compared to an alternative heating system.

Keywords: LCA, environmental assessment, heat pump

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT.....	4
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	9
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
2.ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ.....	12
2.1 Ορισμός.....	12
2.2 Ιστορική αναδρομή.....	12
2.3 Η μεθοδολογία της ΑΚΖ.....	13
3. ΑΝΤΑΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	15
3.1 Ιστορική Αναδρομή.....	15
3.2 Ορισμός.....	15
3.3 Βασικά μέρη.....	15
3.4 Τρόπος λειτουργίας.....	16
3.5 Βαθμός απόδοσης.....	19
3.6 Τύποι αντλιών θερμότητας.....	19
3.7 Αντλία θερμότητας: πλεονεκτήματα -προοπτικές.....	26
4.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΣΥΝΑΦΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ.....	28
5.ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ-ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ.....	42
5.1 Σκοπός και ορισμός αντικειμένου της παρούσας μελέτης.....	45
5.2 Επιλογή της λειτουργικής μονάδας.....	45
5.3 Καθορισμός των ορίων του αρχικού συστήματος.....	45
5.4 Περιγραφή των απαιτούμενων κατηγοριών δεδομένων.....	45
5.5 Διατύπωση παραδοχών και των περιορισμών της μελέτης.....	47
6.ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΑΝΤΑΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	47
6.1 Πηγές των δεδομένων	48
6.2 Απογραφή Δεδομένων.....	49
6.3 Οι περιορισμοί της μελέτης.....	52
6.4 Αποτελέσματα έρευνας.....	53
6.5 Χαρακτηρισμός	53
6.6 Κανονικοποίηση.....	57
6.7 Συμπεράσματα μελέτης της ΑΚΖ της αντλίας.....	58

6.8 Χαρακτηρισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της αντλίας.....	59
6.9 Κανονικοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της αντλίας.....	64
7 Σύγκριση του κόστους εγκατάστασης ΑΘ με αυτή ενός λέβητα ΦΑ.....	65
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	70
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	72
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	74

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Σχεδιασμός της μεθόδου Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ISO 1997).....	11
Εικόνα 3.1: Κύκλος Carnot	14
Εικόνα 3.2: Ενεργειακός ισολογισμός κύκλου αντλίας θερμότητας κατά την θέρμανση.....	15
Εικόνα 3.3: Κύκλος αντλίας θερμότητας για ψύξη.....	16
Εικόνα 3.4: Κύκλος αντλίας θερμότητας για θέρμανση.....	17
Εικόνα 3.5: Αντλία θερμότητας αέρα-αέρα.....	18
Εικόνα 3.6: Αντλία θερμότητας αέρα-νερού.....	19
Εικόνα 3.7: Αντλία θερμότητας νερού-νερού.....	20
Εικόνα 3.8: Αντλία θερμότητας εδάφους νερού κλειστού κυκλώματος.....	21
Εικόνα 3.9: Αντλία θερμότητας εδάφους-νερού απευθείας εκτόνωσης.....	22
Εικόνα 3.10: Αντλία θερμότητας ενιαίου τύπου-packaged unit.....	23
Εικόνα 3.11: Αντλία θερμότητας διαιρούμενου τύπου-split unit.....	23
Εικόνα 5.1. Αρχή λειτουργίας αντλίας θερμότητας αέρα-νερού.....	40
Εικόνα 5.2 Κάτοψη ορόφου όπου είναι εγκατεστημένη η αντλία θερμότητας.....	41

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 5.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά εξωτερικής μονάδας.....	42
Πίνακας 6.1 Οι πρώτες ύλες που απαιτούνται για την κατασκευή του περιβλήματος.....	47
Πίνακας 6.2: Οι πρώτες ύλες που απαιτούνται για την κατασκευή του συμπιεστή.....	47
Πίνακας 6.3: Οι πρώτες ύλες που απαιτούνται για την κατασκευή του συστήματος ελέγχου....	47
Πίνακας 6.4: Οι πρώτες ύλες που απαιτούνται για την κατασκευή της ηλεκτρικής αντίστασης.....	47
Πίνακας 6.5 :Οι πρώτες ύλες που απαιτούνται για την κατασκευή του λοιπών μερών	47
Πίνακας 6.6 : Υλικά συσκευασίας.....	49
Πίνακας 6.8: Αποτελέσματα όλων των κατηγοριών επιπτώσεων του κύκλου ζωής της αντλίας.	52
Πίνακας 6.9: Αποτελέσματα όλων των κατηγοριών επιπτώσεων του κύκλου ζωής της αντλίας σε ποσοστά %.....	53
Πίνακας 6.10: Αποτελέσματα όλων των κατηγοριών επιπτώσεων.....	55
Πίνακας 6.11 Αποτελέσματα όλων των κατηγοριών επιπτώσεων(%).....	59
Πίνακας 6.12 Τελικό κόστος εγκατάστασης αντλίας θερμότητας και λέβητα ΦΑ.....	67

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 6.1:Διάγραμμα ροής του σταδίου κατασκευής της αντλίας.....	45
Διάγραμμα 6.2:Διάγραμμα ροής του σταδίου συσκευασίας της αντλίας.....	46
Διάγραμμα 6.3:Διάγραμμα ροής του σταδίου μεταφοράς της αντλίας.....	46
Διάγραμμα 6.4:Διάγραμμα ροής του σταδίου εγκατάστασης της αντλίας.....	46
Διάγραμμα 6.5:Απεικόνιση περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κύκλου ζωής της αντλίας.- Χαρακτηρισμός	52
Διάγραμμα 6.6:Απεικόνιση περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κύκλου ζωής της αντλίας. - κανονικοποίηση.....	55
Διάγραμμα 6.7:Απεικόνιση περιβαλλοντικών επιπτώσεων της κατασκευής της αντλίας. - Χαρακτηρισμός	57
Διάγραμμα 6.8:Απεικόνιση περιβαλλοντικών επιπτώσεων της αντλίας -Κανονικοποίηση	61

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην σύγχρονη εποχή της παγκοσμιοποίησης των αγορών είναι έκδηλο το φαινόμενο της συνεχούς αύξησης της προσφοράς και ζήτησης των καταναλωτικών αγαθών, το οποίο σε συνδυασμό με την βελτίωση του βιοτικού επιπέδου τις προηγούμενες δεκαετίες έως σήμερα οδήγησαν στην υπερβολική αύξηση του πληθυσμού, και στην ταχεία αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης τα τελευταία χρόνια.

Η παραγωγή πετρελαίου έχει εξαπλασιαστεί την τελευταία δεκαετία και η ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια δεκαπλασιάζεται ανά δέκα χρόνια. Η απερίσκεπτη χρήση των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, από τις βιομηχανίες, τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρισμού, τις μεταφορές, αλλά και το δομημένο περιβάλλον, οδηγούν στην αύξηση της εκπομπής των ρύπων.

Οι ρύποι επιφέρουν καταστροφικά αποτελέσματα στα οικοσυστήματα. Πλέον οι καταστροφικές αυτές συνέπειες έχουν στρέψει την προσοχή στην αναζήτηση εναλλακτικών πηγών ενέργειας με σκοπό την άμβλυνση αυτών των συνεπειών.

Στο σύγχρονο αστικό τοπίο μία από τις σημαντικότερες αιτίες δημιουργίας επιβαρύνσεων στο φυσικό περιβάλλον αποτελεί η κάλυψη των αναγκών για θέρμανση και ψύξη των κτιριακών υποδομών, καθώς η ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για τον σκοπό αυτό συνεχώς αυξάνεται.

Παγκοσμίως, αλλά και στην Ευρώπη, το 45% της παραγόμενης ενέργειας αναλύσκεται στον κτιριακό τομέα, ενώ τα 2/3 αυτού του ποσοστού ανήκουν στα ιδιωτικά σπίτια. Παρόλο που τα ποσοστά αυτά ευθύνονται για το 50% των εκπομπών CO₂, ωστόσο μόλις το 15% των αναγκών καλύπτεται από ΑΠΕ. Σε παγκόσμιο επίπεδο η συνεισφορά του κλάδου των κτιριακών κατασκευών στις εκπομπές ενώσεων του άνθρακα C αγγίζει τους 6 δις τόνους, με τους 4,5 δις τόνους από αυτούς να ανήκουν στις βιομηχανοποιημένες χώρες και πιο συγκεκριμένα οι 2,25 δις τόνους από τους 4,5 οφείλονται άμεσα ή έμμεσα στις κτιριακές κατασκευές.

Όσον αφορά στην Ελλάδα, στον κτιριακό τομέα καταναλώνεται το 40% της παραγόμενης ενέργειας, ο οποίος τομέας συνεισφέρει 40% στο CO₂. Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας καταναλώνεται για ψύξη και θέρμανση, αφού οι θερμικές απώλειες στα ελληνικά κτίρια είναι τεράστιες, δεδομένου ότι μόνο το 6% των κτιρίων των πόλεων έχει κατασκευαστεί μετά το 1981,

οπότε και έγινε υποχρεωτική η θερμομόνωση. Οι τεχνικές μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας είναι υποχρεωτικές για όλες τις κτιριακές κατασκευές μόλις από το 2007.

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η μελέτη ενός εναλλακτικού μέσου θέρμανση- ψύξης, της αντλίας θερμότητας αέρα- νερού, αναλύοντας τον κύκλο ζωής της από την παραγωγή μέχρι και την εγκατάσταση της σε κτίριο.

Στο πρώτο μέρος προσεγγίζεται θεωρητικά η μέθοδος ανάλυσης του κύκλου ζωής (AKZ).

Ακολουθεί περιγραφή των βασικών χαρακτηριστικών και λειτουργίας της αντλίας θερμότητας, καθώς και οι προοπτικές χρήσης της στο μέλλον.

Στο δεύτερο μέρος παρατίθενται άρθρα που συνθέτουν την βιβλιογραφική ανασκόπηση και αφορούν μελέτες που ασχολούνται με την ανάλυση του κύκλου ζωής της αντλίας θερμότητας σε διάφορες περιοχές.

Στην συνέχεια επιχειρείται η μελέτη της περίπτωσης ανάλυσης κύκλου ζωής μιας συγκεκριμένης αντλίας θερμότητας, που έχει εγκατασταθεί σε κτίριο που ανήκει σε δήμο του Ν. Αττικής.

Έπειτα ακολουθεί σύγκριση του κόστους κτήσης και εγκατάστασης της αντλίας θερμότητας με ένα σύστημα θέρμανσης λέβητα φυσικού αερίου, σε σενάριο εγκατάστασης στον ίδιο χώρο

2. Ανάλυση Κύκλου Ζωής

Η μέθοδος Ανάλυση Κύκλου Ζωής (AKZ) θεωρείται ένα από τα πιο σύνθετα εργαλεία για την ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλούνται από ανθρώπινες δραστηριότητες. Η πολυπλοκότητα της AKZ έγκειται στο γεγονός ότι δεν εξετάζει μόνο όλες τις παραμέτρους μιας δραστηριότητας κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες αλλά ανιχνεύει όλες εκείνες τις επιπτώσεις που δημιουργούνται υπό ειδικές συνθήκες. Αυτό προσφέρει την δυνατότητα στην μέθοδο AKZ να εξετάσει, να υπολογίσει και να συγκρίνει σε παγκόσμια κλίμακα και όχι μόνο σε τοπικό επίπεδο. (Consoli et al.,1993)

2.1 Ορισμός:

Όπως η SETAC ορίζει την AKZ:

“Η Ανάλυση κύκλου Ζωής είναι μία αντικειμενική διαδικασία για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με ένα προϊόν, μια διαδικασία ή δραστηριότητα αναγνωρίζοντας και ποσοτικοποιώντας την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και τα απόβλητα που ελευθερώθηκαν στο περιβάλλον, και εκτιμά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτών. Η εκτίμηση αυτή περιλαμβάνει ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος, διαδικασίας ή δραστηριότητας καλύπτοντας και την εξαγωγή και επεξεργασία των πρώτων υλών: κατασκευή, μεταφορά και διανομή, χρήση επαναχρησιμοποίηση, συντήρηση, ανακύκλωση και τελική διάθεση.”

2.2 Ιστορική αναδρομή

Η δημιουργία της μεθόδου AKZ πραγματοποιήθηκε αρχικά για τις ανάγκες της βιομηχανίας με σκοπό να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των βιομηχανικών δραστηριοτήτων σε όλα τα επίπεδα της παραγωγικής διαδικασίας: από την εξαγωγή πρώτων υλών μέχρι την διαχείριση απόβλητων και είχε ως σκοπό να μειώσει την ενεργειακή κατανάλωση σε όλα τα στάδια παραγωγής. Η πρώτη επίσημη έρευνα που χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος AKZ ήταν για λογαριασμό της Coca Cola Company από το Midwest Research Institute το 1969, και αναφερόταν στην σύγκριση διαφορετικών υλικών εμφιάλωσης με σκοπό την εκτίμηση των εκπομπών των ήδη χρησιμοποιούμενων υλικών και την διερεύνηση νέων υλικών με λιγότερες ενεργειακές

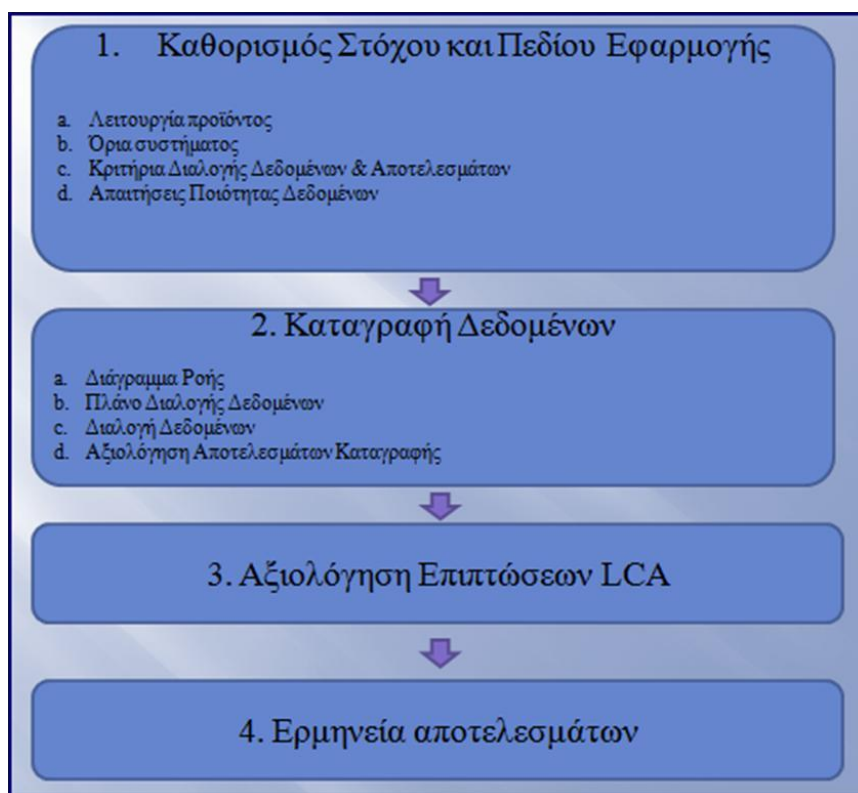
επιπτώσεις. Αυτή η μέθοδος έγινε γνωστή ως REPA(Resource and Environmental Profile Analysis). (Fullana & Puig, 1997)

Καθ' όλη την διάρκεια της δεκαετίας του 1970 πραγματοποιήθηκαν παρόμοιες έρευνες προς την ίδια κατεύθυνση. Όμως κατά τα τέλη και μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1980, το ενδιαφέρον για τέτοιου είδους αναλύσεις μειώθηκε, και η μείωση αυτή πιθανώς να προήλθε από την ανάπτυξη της οικονομίας. (Fullana & Puig, 1997)

Αυτό αναστράφηκε στα τέλη της δεκαετίας του 80 καθώς την ίδια περίοδο άρχισε να κερδίζει έδαφος η ανακύκλωση των συσκευασιών. Την δεκαετία του 90 η χρήση της μεθόδου AKZ σαν εργαλείο λήψης αποφάσεων γενικεύτηκε σε όλους τους τομείς. (Milà i Canals L. 2003)

2.3 Η μεθοδολογία της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Τυποποίησης (International Organization for Standardization, ISO), η μέθοδος AKZ χωρίζεται σε τέσσερις κύριες φάσεις, οι οποίες αλληλοσυνδέονται:



Εικόνα 1: Σχεδιασμός της μεθόδου Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ISO 1997)

Η LCA αποτελείται από τέσσερις φάσεις:

1. Καθορισμός του στόχου και οριοθέτηση του πεδίου εφαρμογής

Καθορισμός και περιγραφή του προϊόντος, της διαδικασίας ή της δραστηριότητας, δημιουργία του πλαισίου στο οποίο θα πραγματοποιηθεί η αξιολόγηση και προσδιορισμός των ορίων και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που θα συμπεριληφθούν στην αξιολόγηση.

2. Απογραφή, καταγραφή δεδομένων κύκλου ζωής (Life Cycle Inventory, LCI)

Προσδιορισμός και ποσοτικοποίηση ενέργειας, νερού και κατανάλωσης πρώτων υλών, καθώς και εκλύσεων στο περιβάλλον όπως εκπομπές αερίων, στερεά απόβλητα και λύματα.

3. Αξιολόγηση επιπτώσεων του κύκλου ζωής (Life Cycle Impact Assessment, LCIA)

Εκτίμηση των επιδράσεων του συστήματος, που έχουν προσδιοριστεί στο προηγούμενο βήμα, στο περιβάλλον.

4. Ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Στη τέταρτη και τελευταία φάση αναλύονται και αξιολογούνται τα αποτελέσματα των παραπάνω σταδίων με στόχο την επιλογή του προϊόντος, της διαδικασίας ή της υπηρεσίας που θα οδηγήσει σε περιορισμό των επιδράσεων του συστήματος στο περιβάλλον, λαμβάνοντας υπόψη την αβεβαιότητα και τις παραδοχές που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των αποτελεσμάτων (ISO 14040-44).

3. Αντλίες θερμότητας

3.1 Ιστορική αναδρομή

Η πρώτη αντλία θερμότητας κατασκευάστηκε από τον Perkins το 1820. Τέσσερα χρόνια αργότερα ο Carnot πέτυχε τη θεωρητική της θεμελίωση. Ο Kelvin ήταν ο πρώτος που το 1852 διαπίστωσε στην πράξη ότι μία ψυκτική μηχανή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για θέρμανση. Ωστόσο, πέρασε μία μακρά περίοδος που η λειτουργία της αντλίας θερμότητας θεωρήθηκε ασύμφορη. Μετά το 1950 άρχισαν πάλι να ασχολούνται με τη διεύρυνση της χρήσης της αντλίας και έγιναν πολλές βελτιώσεις στο σχεδιασμό και τα συστήματα ελέγχου, οπότε οι αντλίες θερμότητας άρχισαν να χρησιμοποιούνται εκτεταμένα, ειδικά σε χώρες με ήπιο κλίμα. Τα τεράστια προβλήματα που παρουσιάστηκαν κατά την ενεργειακή κρίση του 1973, στις βιομηχανικές κυρίως χώρες, είχε σαν αποτέλεσμα την προσεχτική επανεξέταση διατάξεων όπως η αντλία θερμότητας, με τις οποίες επιτυγχάνεται όχι μόνο εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και αξιοποίηση της διαθέσιμης ενέργειας που είναι διάχυτη στη φύση (B.H. Σελλούντος, 2002, σελ. 12.1.-12.3.6.)

3.2 Ορισμός

Η αντλία θερμότητας είναι μία συσκευή που έχει την δυνατότητα εναλλαγής λειτουργίας στον κύκλο ψύξης ενός συστήματος έτσι ώστε να δίνει άλλοτε ζεστό και άλλοτε κρύο αέρα ή άλλο μέσο μεταφοράς θερμότητας ή ψύχους, ανάλογα πάντα με τις κλιματιστικές ανάγκες του χώρου. Η θερμότητα έχει φυσική ροή από καταστάσεις υψηλότερων θερμοκρασιών σε αντίστοιχες χαμηλότερων. Το σύστημα αυτό όμως, έχει την ικανότητα να μεταφέρει τη θερμότητα αντίθετα προς τη φυσική ροή, δηλαδή 'αντλεί' θερμότητα και για αυτό ονομάζεται έτσι. Συγκεκριμένα το καλοκαίρι αφαιρεί θερμότητα από έναν κλιματιζόμενο χώρο και την αποβάλλει στο περιβάλλον, οπότε ψύχεται ο κλιματιζόμενος χώρος, ενώ το χειμώνα αφαιρεί θερμότητα από το περιβάλλον και την αποβάλλει μέσα στον κλιματιζόμενο χώρο και τον θερμαίνει. Η συνεχιζόμενη αύξηση της τιμής των καυσίμων που χρησιμοποιούνται παραδοσιακά για τη θέρμανση κατοικιών (πετρέλαιο, φυσικό αέριο κ.λπ.) σε συνδυασμό με το διαρκώς μειούμενο κόστος κτήσης των αντλιών θερμότητας, καθιστά τις "οικιακές" αντλίες θερμότητας πλέον μια συμφέρουσα επιλογή για τη θέρμανση της σύγχρονης κατοικίας.

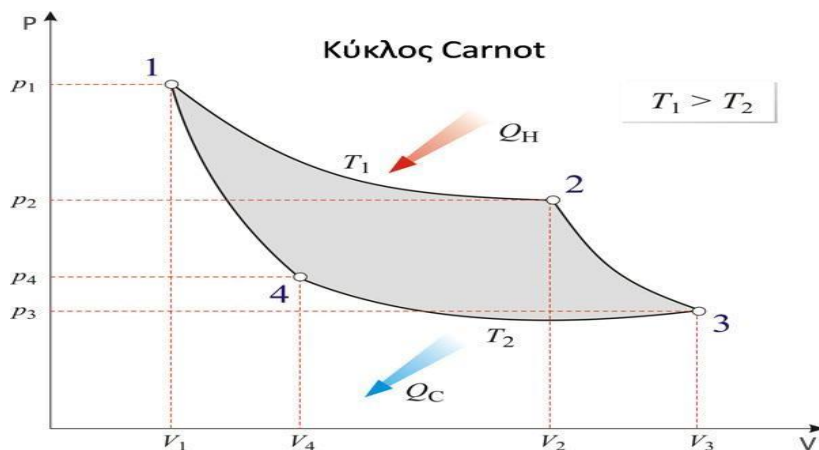
3.3 Βασικά μέρη

Τα βασικά μέρη που αποτελείται μια αντλία θερμότητας είναι:

- Εναλλάκτης θερμότητας (συμπυκνωτής)
- Συμπιεστής
- Κινητήρας
- Εργαζόμενο (ψυκτικό) ρευστό
- Στραγγαλιστική βαλβίδα
- Μηχανισμός αντιστροφής της λειτουργίας του κύκλου
- Η συμπληρωματική ηλεκτρική αντίσταση
- Αυτοματισμοί για τον έλεγχο και τη λειτουργία του συστήματος

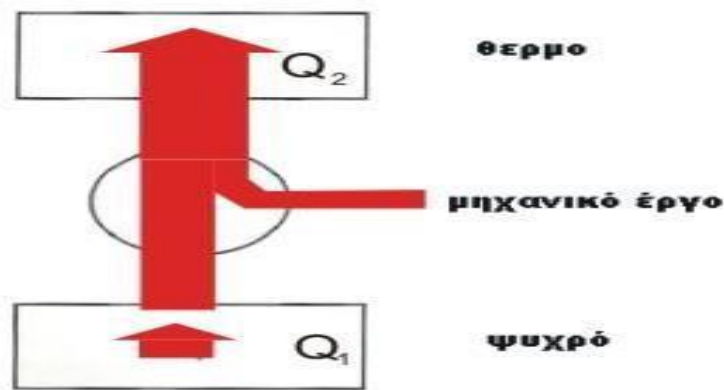
3.4 Τρόπος λειτουργίας

Η λειτουργία της βασίζεται στη λειτουργία της μηχανής Carnot (εικόνα 3.1), που λειτουργεί όμως κατά τη φορά του ψυκτικού κύκλου. Η ποιότητα της αντλίας χαρακτηρίζεται από τον συντελεστή συμπεριφοράς COP (Coefficient of Performance).



Εικόνα 3.1: Κύκλος Carnot

Κατά την θέρμανση ενδιαφέρον παρουσιάζει το ποσό θερμότητας Q_2 όπως φαίνεται στην εικόνα 3.2 ενώ κατά την ψύξη το Q_1 . Ο ενεργειακός ισολογισμός δίνει: $Q_2 = Q_1 + W$



Εικόνα 3.2: Ενεργειακός ισολογισμός κύκλου αντλίας θερμότητας κατά την θέρμανση.

Ο COP δίνεται από την σχέση:

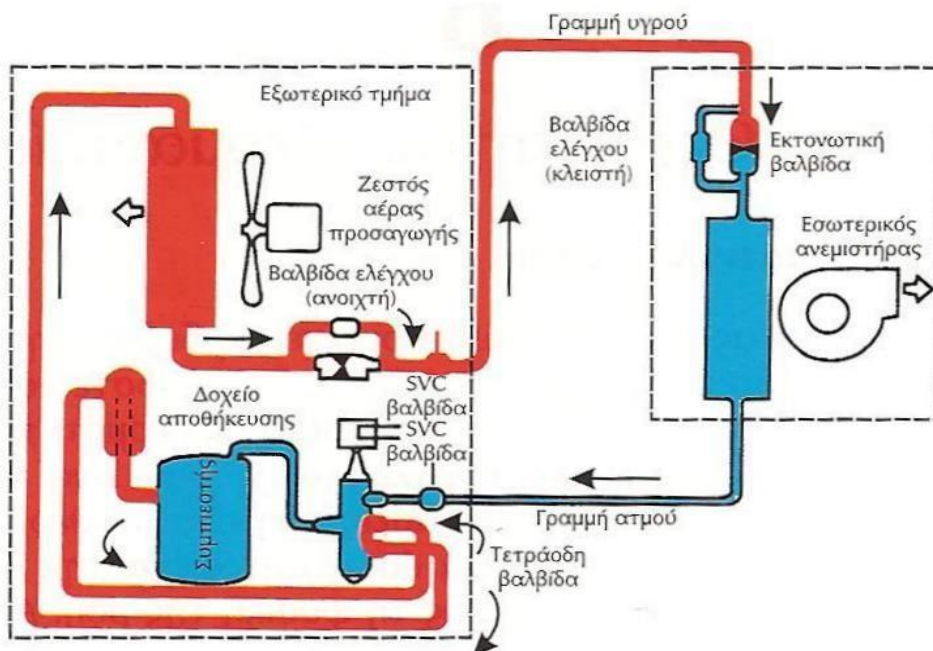
$$COP = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_2 - Q_1} \quad (1.1)$$

Μία αντλία θερμότητας εκτελεί πάντα ψυκτικό κύκλο και ποτέ θερμικό γιατί τέτοιος κύκλος δεν υφίσταται. Συχνά στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι η αντλία θερμότητας “αντιστρέφει” τον κύκλο του ψυκτικού ρευστού και ανάλογα με την περίπτωση ακολουθεί ψυκτικό κύκλο το καλοκαίρι ή “θερμαντικό” το χειμώνα. Το μόνο που αντιστρέφεται είναι ο ρόλος του συμπυκνωτή με τον ρόλο του ατμοποιητή. Το καλοκαίρι ο ατμοποιητής είναι τοποθετημένος μέσα στον ψυχόμενο χώρο και τον ψύχει, αφού αντλεί θερμότητα από αυτόν. Αντί λοιπόν να μεταφέρονται οι συσκευές του ατμοποιητή και του συμπυκνωτή από τον χώρο στο περιβάλλον, με τη χρήση τετράοδης βαλβίδας αντιστρέφεται η ροή του ψυκτικού μέσου διατηρώντας φυσικά τον ψυκτικό κύκλο, στον οποίο συνεχίζεται κανονικά η προσφορά μηχανικού έργου, για την συμπίεση των ατμών του ψυκτικού μέσου.

Κύκλος για ψύξη χώρου

Η μελέτη του κύκλου για ψύξη αρχίζει από την στιγμή που το ψυκτικό υγρό εισέρχεται στον ατμοποιητή. Η είσοδος του ψυκτικού ρευστού στον ατμοποιητή ελέγχεται από την άεργη εκτονωτική-στραγγαλιστική διάταξη (βαλβίδα). Η διάταξη αυτή ελαττώνει την πίεση του υγρού,

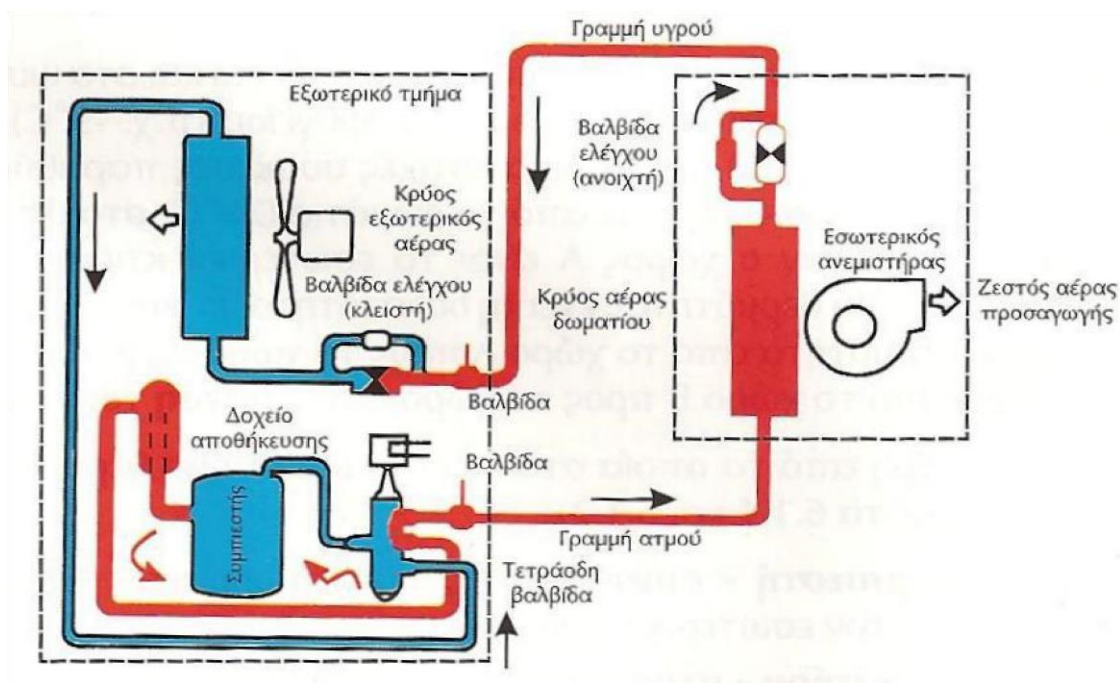
το οποίο ατμοποιείται σε χαμηλή θερμοκρασία. Κατά την ατμοποίηση, ποσά θερμότητας προσδίδονται σε αέριο, το οποίο αποκτά υψηλή πίεση και θερμοκρασία στο συμπιεστή. Το συμπιεσμένο αέριο φθάνει στο συμπυκνωτή και προσδίδει ποσά θερμότητας στο μέσο συμπύκνωσης (αέρας ή νερό). Το συμπυκνωμένο αέριο στην συνέχεια υγροποιείται και οδηγείται στην εκτονωτική διάταξη.



Εικόνα 3.3: Κύκλος αντλίας θερμότητας για ψύξη

Κύκλος για θέρμανση χώρου

Περιλαμβάνει τα ίδια στάδια με τον κύκλο ψύξης μόνο που σε αυτή την περίπτωση το στοιχείο που εκτελούσε την ατμοποίηση εδώ εκτελεί την συμπύκνωση και το αντίστροφο. Η μετατροπή του ψυκτικού κύκλου σε κύκλο θέρμανσης γίνεται με τη βοήθεια της τετράοδης βαλβίδας, που οδηγεί το ψυκτικό υγρό μετά την έξοδό του από τον συμπιεστή και την εκτονωτική διάταξη στους εναλλάκτες θερμότητας ψυκτικού μέσου, ανάλογα με την επιλογή των απαιτήσεων μέσω διακόπτη.



Εικόνα 3.4: Κύκλος αντλίας θερμότητας για θέρμανση.

3.5 Βαθμός απόδοσης

Η απόδοση της αντλίας θερμότητας επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από την θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος, διότι η ενθαλπία του αέρα είναι ανάλογη της θερμοκρασίας του, επομένως στις χαμηλές θερμοκρασίες του αέρα θα έχουμε μικρά ποσά θερμότητας από την μία και από την άλλη προβλήματα σωστής λειτουργίας του συστήματος κατά τον χειμώνα

3.6 Τύποι αντλιών θερμότητας

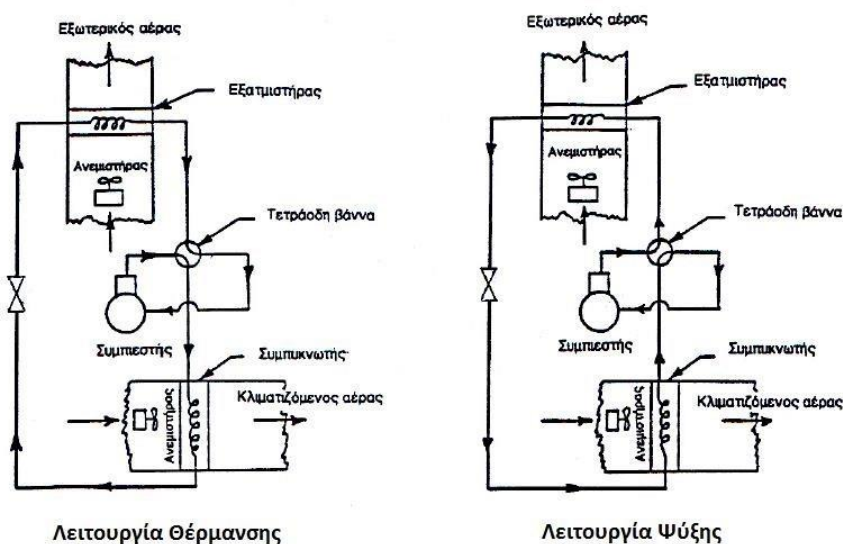
Η διάκριση των αντλιών θερμότητας γίνεται συνήθως ανάλογα με την πηγή και τον αποδέκτη θερμότητας, παράγοντες που καθορίζουν αρκετές κατασκευαστικές παραμέτρους. Επίσης, οι αντλίες θερμότητας κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την κατασκευή και το μέγεθός τους.

Πηγή και αποδέκτης θερμότητας

Ανάλογα με την πηγή και τον αποδέκτη θερμότητας, οι αντλίες θερμότητας διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες.

Αντλίες θερμότητας αέρα-αέρα.

Η αντλία θερμότητας αέρα-αέρα αποτελεί τον πιο συνηθισμένο τύπο αντλίας, που χρησιμοποιείται ευρύτατα για τη θέρμανση-ψύξη κατοικιών, γραφείων και μικρών εμπορικών καταστημάτων. Κατά τη λειτουργία θέρμανσης χρησιμοποιείται αερόψυκτος εξατμιστής που απορροφά θερμότητα από τον εξωτερικό αέρα, προσδίδοντάς τη στο ψυκτικό ρευστό. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια αερόψυκτου συμπυκνωτή η θερμότητα απορρίπτεται στον αέρα του χώρου. Με την αντιστροφή του κύκλου λειτουργίας μέσω της τετράοδης βαλβίδας, ο εξατμιστής και ο συμπυκνωτής ανταλλάσσουν ρόλους με αποτέλεσμα η αντλία θερμότητας να ψύχει το χώρο. Η πιο χαρακτηριστική εφαρμογή των συστημάτων αυτών είναι οι κλιματιστικές συσκευές που τοποθετούνται σήμερα για την ψύξη των χώρων κατά τους θερινούς μήνες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση το χειμώνα.



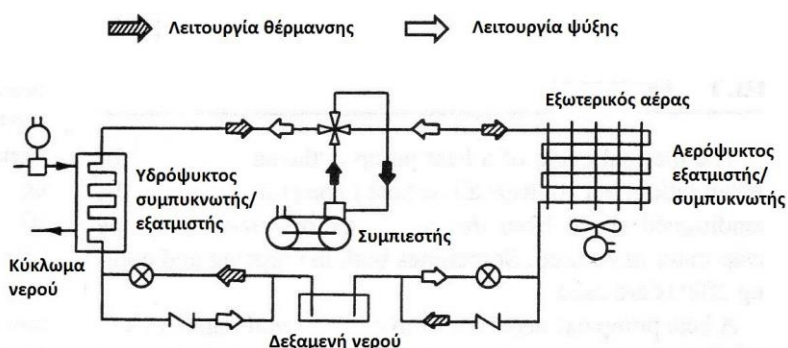
Εικόνα 3.5: Αντλία θερμότητας αέρα-αέρα

Το βασικό μειονέκτημα του συγκεκριμένου τύπου είναι, ότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα και ειδικότερα στις μέρες που η θερμοκρασία του περιβάλλοντος κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, η απόδοσή τους μειώνεται σημαντικά με αποτέλεσμα να αδυνατούν να ανταποκριθούν στις ανάγκες θέρμανσης. Οι ηλεκτρικές αντιστάσεις που τοποθετούνται ως επιπλέον πηγή θερμικής ενέργειας, είναι μία λύση αντιμετώπισης του προβλήματος. Οι αντιστάσεις αυτές τοποθετούνται στη μονάδα

διαχείρισης του αέρα και ενεργοποιούνται αυτόματα και σταδιακά καθώς η θερμοκρασία του περιβάλλοντος πέφτει.

Αντλίες θερμότητας αέρα-νερού.

Ο συγκεκριμένος τύπος χρησιμοποιείται κυρίως σε συστήματα κεντρικού κλιματισμού μεγάλων κτηρίων, όπου είναι απαραίτητος ο έλεγχος της θερμοκρασίας σε κάθε κλιματιστική ζώνη αλλά και σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή θερμού και ψυχρού νερού. Και σε αυτή την περίπτωση η άντληση/απόρριψη θερμότητας γίνεται από τον αέρα μέσω ενός αερόψυκτου εξατμιστή/συμπυκνωτή. Στη συνέχεια, το ψυκτικό ρευστό ανταλλάσσει θερμότητα με ένα δευτερεύον κύκλωμα νερού μέσω ενός υδρόψυκτου συμπυκνωτή/εξατμιστή.



Εικόνα 3.6: Αντλία θερμότητας αέρα-νερού.

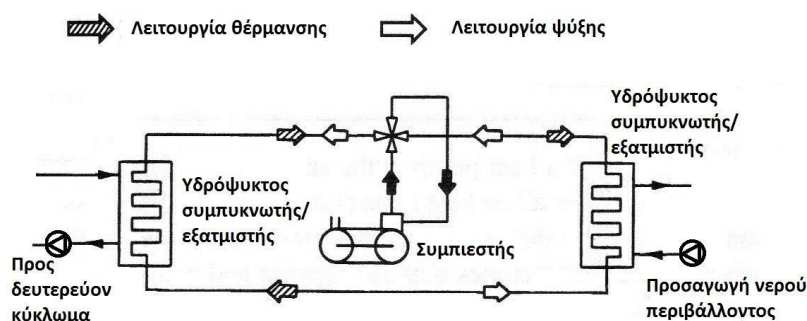
Αντλίες θερμότητας νερού-αέρα.

Ο συγκεκριμένος τύπος χρησιμοποιεί το νερό ως πηγή και αποδέκτη θερμότητας και τον αέρα για να μεταφέρει ή να απάγει θερμότητα από τον κλιματιζόμενο χώρο. Το νερό προσάγεται μέσω κατάλληλου δικτύου σωληνώσεων σε υδρόψυκτο συμπυκνωτή/εξατμιστή όπου ανταλλάσσει θερμότητα με το ψυκτικό ρευστό, ενώ το ψυκτικό ρευστό ανταλλάσσει θερμότητα με τον κλιματιζόμενο αέρα μέσω αερόψυκτου εξατμιστή/συμπυκνωτή. Στη συνέχεια, ο κλιματιζόμενος αέρας προσάγεται στους χώρους μέσω κατάλληλου δικτύου αεραγωγών. Η εναλλαγή του κύκλου λειτουργίας της αντλίας από θέρμανση σε ψύξη γίνεται με αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου μέσω τετράοδης βαλβίδας. Το νερό που χρησιμοποιείται ως πηγή και αποδέκτης θερμότητας μπορεί να

είναι είτε υπεδαφικό είτε επίγειο αλλά και απόνερα. Το ενδεικτικό διάγραμμα μιας αντλίας θερμότητας νερού αέρα είναι αντίστοιχο με αυτό της εικόνας 3.6.

Αντλίες θερμότητας νερού-νερού.

Όπως ο προηγούμενος, έτσι και αυτός ο τύπος αντλίας θερμότητας χρησιμοποιεί ως πηγή και αποδέκτη θερμότητας το νερό. Το πρωτεύον κύκλωμα τροφοδοτείται με νερό από το περιβάλλον ενώ το δευτερεύον συνδέεται με τοπικές μονάδες ανεμιστήρα/στοιχείου (fan-coil units) ή με στοιχεία κλιματιστικών μονάδων. Το θερμό/ψυχρό νερό του δευτερεύοντος κυκλώματος εξασφαλίζει τις επιθυμητές συνθήκες κλιματισμού κάθε χώρου. Η ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ του νερού προσαγωγής και του ψυκτικού ρευστού αλλά και μεταξύ ψυκτικού ρευστού και δευτερεύοντος κυκλώματος, πραγματοποιείται με τη βοήθεια υδρόψυκτου εναλλάκτη (συμπυκνωτή/εξατμιστή).

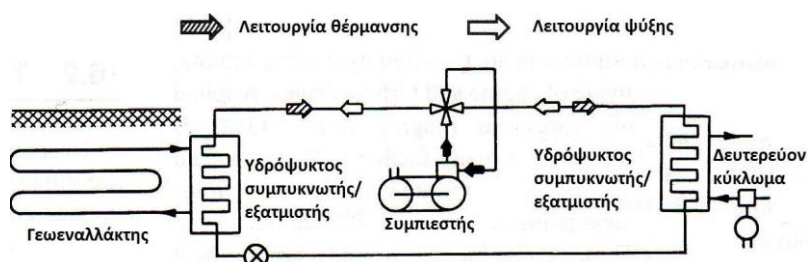


Εικόνα 3.7: Αντλία θερμότητας νερού-νερού.

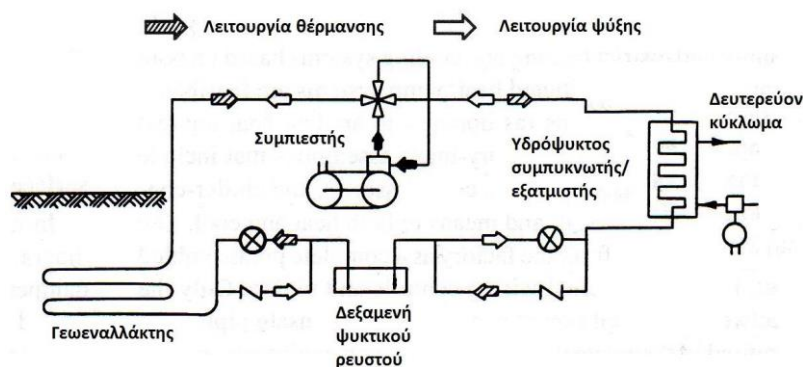
Αντλίες θερμότητας εδάφους-νερού.

Ο συγκεκριμένος τύπος χρησιμοποιεί την αποθηκευμένη ενέργεια του εδάφους (θερμοχωρητικότητα εδάφους) για τον κλιματισμό δημόσιων και ιδιωτικών κτηρίων κάθε μεγέθους. Η άντληση και απόρριψη θερμότητας από το έδαφος πραγματοποιείται με τη χρήση

γεωεναλλάκτη. Στις σωληνώσεις του γεωεναλλάκτη μπορεί να κυκλοφορεί αντιπηκτικό υγρό ή και αλατόνερο με τη βοήθεια ξεχωριστής αντλίας. Στη περίπτωση αυτή η αντλία θερμότητας χαρακτηρίζεται ως αντλία θερμότητας εδάφους-νερού κλειστού κυκλώματος. Το κύκλωμα του γεωεναλλάκτη είναι κατασκευασμένο από πολυαιθυλένιο και συνδέεται με υδρόψυκτο εξατμιστή/συμπυκνωτή, όπου πραγματοποιείται η ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ αντιπηκτικού και ψυκτικού υγρού. Πλεονέκτημα του συγκεκριμένου τύπου αποτελεί η δυνατότητα χρήσης γεωεναλλάκτη με σωληνώσεις αρκετά μεγάλου μήκους, καθώς η πτώση πίεσης εντός των σωληνώσεων μπορεί να υπερνικηθεί με τη χρήση κατάλληλης αντλίας. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η επιφάνεια εναλλαγής του γεωεναλλάκτη, καθιστώντας αποδοτικότερη την άντληση/απόρριψη ενέργειας στο έδαφος. Ένας διαφοροποιημένος τύπος αντλίας θερμότητας είναι η αντλία θερμότητας εδάφους-νερού απευθείας εκτόνωσης, όπου στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη, το οποίο είναι κατασκευασμένο από σωλήνες χαλκού, κυκλοφορεί απευθείας το ψυκτικό ρευστό. Η συγκεκριμένη τεχνολογία επιτρέπει την άμεση ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ ψυκτικού ρευστού και εδάφους, παρακάμπτοντας έτσι τη χρήση υδρόψυκτου εξατμιστή/συμπυκνωτή και τις απώλειες ενέργειας που αυτό συνεπάγεται. Η έλλειψη ενός δεύτερου εναλλάκτη συμβάλει σε απλούστερη κατασκευή της μονάδας, με λιγότερα κατασκευαστικά στοιχεία. Ωστόσο, μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι μέρος της ενέργειας του συμπιεστή καταναλώνεται και για την κυκλοφορία του ψυκτικού ρευστού εντός του γεωεναλλάκτη, ενώ η απευθείας χρήση ψυκτικού ρευστού εγκυμονεί κινδύνους διαρροών. Κλείνοντας, και στους δύο τύπους που περιεγράφηκαν, η θερμότητα που αντλείται από το έδαφος μεταφέρεται μέσω υδρόψυκτου συμπυκνωτή προς το δευτερεύον κύκλωμα νερού, το οποίο με τη σειρά του συνδέεται τοπικές μονάδες ανεμιστήρα/στοιχείου (fan-coil units), στοιχεία κλιματιστικών μονάδων, ή κυκλώματα ενδοδαπέδιας θέρμανσης.



Εικόνα 3.8: Αντλία θερμότητας εδάφους νερού κλειστού κυκλώματος.



Εικόνα 3.9: Αντλία θερμότητας εδάφους-νερού απευθείας εκτόνωσης

Τα συστήματα αντλιών θερμότητας εδάφους- νερού παρουσιάζουν σήμερα υψηλά ποσοστά εγκατάστασης σε προηγμένες χώρες της Ευρώπης, στον Καναδά και τις Η.Π.Α. Το γεγονός αυτό οφείλεται στους υψηλότερους βαθμούς απόδοσης που παρουσιάζουν σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπους αντλιών θερμότητας, αλλά και στη φιλικότερη προς το περιβάλλον συμπεριφορά που εκφράζεται με την μειωμένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των εκπομπών ρύπων στην ατμόσφαιρα.

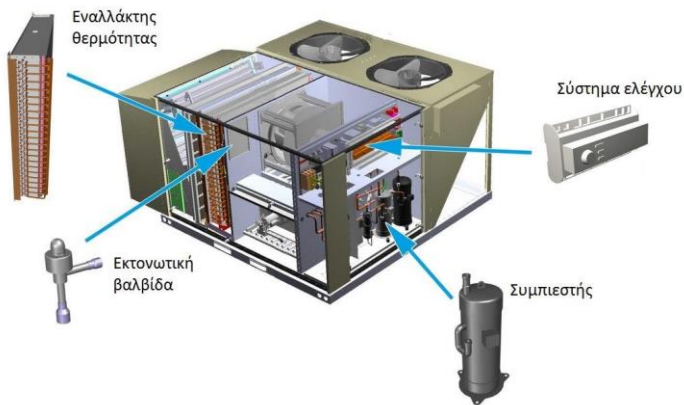
Αντλίες θερμότητας εδάφους-αέρα.

Ο τύπος αυτός έχει λειτουργικά και κατασκευαστικά το ίδιο πρωτεύον κύκλωμα με τις αντλίες εδάφους νερού. Στο δευτερεύον κύκλωμα όμως, αντί του υδρόψυκτου εναλλάκτη (συμπυκνωτή/εξατμιστή), υπάρχει ανεμιστήρας και αερόψυκτος εναλλάκτης, που τροφοδοτούν με θερμό ή ψυχρό αέρα το δίκτυο αεραγωγών κλιματισμού του κτιρίου.

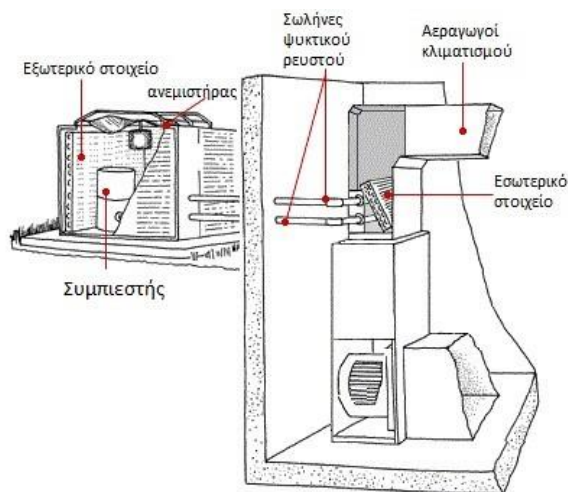
Κατασκευή και μέγεθος

Ανάλογα με την ισχύ τους οι αντλίες θερμότητας κατατάσσονται σε μικρού, μεσαίου και μεγάλου μεγέθους. Ανάλογα με την κατασκευή τους, οι αντλίες θερμότητας διακρίνονται σε ενιαίου και διαιρούμενου τύπου. Οι αντλίες θερμότητας ενιαίου τύπου (packaged type) περιέχουν όλα τα κατασκευαστικά τους στοιχεία τοποθετημένα μέσα σε μία μονάδα. Οι αντλίες θερμότητας διαιρούμενου τύπου (split type) αποτελούνται από δύο ανεξάρτητες μονάδες, που συνδέονται μεταξύ τους μέσω χαλκοσωλήνων. Τέτοιες είναι οι αντλίες θερμότητας αέρα-αέρα και αέρα-νερού. Η εξωτερική μονάδα περιέχει τον συμπιεστή, το εξωτερικό στοιχείο/εναλλάκτη, την εκτονωτική βαλβίδα, την τετράοδη βαλβίδα, τον ανεμιστήρα, τις καλωδιώσεις και το σύστημα

ελέγχου. Με κατάλληλο δίκτυο σωλήνων το ψυκτικό ρευστό μεταφέρεται στην εσωτερική μονάδα που περιλαμβάνει τα υπόλοιπα εξαρτήματα, δηλαδή το εσωτερικό στοιχείο/εναλλάκτη, τον ανεμιστήρα, καλωδιώσεις και σύστημα ελέγχου. Η εσωτερική μονάδα είτε κλιματίζει απευθείας τον αέρα του χώρου (τοπική μονάδα), είτε συνδέεται με κατάλληλο δίκτυο αεραγωγών κλιματισμού ή δίκτυο διανομής νερού (ημικεντρική μονάδα).



Εικόνα 3.10: Αντλία θερμότητας ενιαίου τύπου-packaged unit



Εικόνα 3.11: Αντλία θερμότητας
διαιρούμενου τύπου-split unit.

3.7 Αντλία θερμότητας: Πλεονεκτήματα - προοπτικές

Τα συστήματα αντλιών θερμότητας προσφέρουν οικονομικά εναλλακτικές λύσεις για την ανάκτηση θερμότητας από διαφορετικές πηγές προς χρήση σε διάφορες βιομηχανικές, εμπορικές και οικιακές εφαρμογές. Καθώς το κόστος της ενέργειας συνεχίζει να αυξάνεται, καθίσταται επιτακτική η εξοικονόμηση ενέργειας και η βελτίωση της συνολικής ενεργειακής απόδοσης. Υπό αυτό το πρίσμα, η αντλία θερμότητας μπορεί να κατέχει ένα ρόλο κλειδί σε ένα σύστημα ανάκτησης ενέργειας και ταυτόχρονα εξοικονόμησης της. Η βελτίωση της απόδοσης της αντλίας θερμότητας, η αξιοπιστία και ο αντίκτυπός της στο περιβάλλον αποτελούν διαρκή προβληματισμό. (Chua et al, 2010)

Οι πρόσφατες εξελίξεις στα συστήματα αντλιών θερμότητας έχουν επικεντρωθεί στο σχεδιασμό προηγμένων κύκλων για συστήματα που ενεργοποιούνται από τη θερμότητα και την λειτουργία. Επίσης έχουν γίνει προσπάθειες για την βελτίωση των συστατικών από τα οποία αποτελούνται τα εξαρτήματα των αντλιών (συμπεριλαμβανομένης της επιλογής του εργαζόμενου ρευστού).

Προκειμένου η αντλία θερμότητας να αποτελέσει μια οικονομική πρόταση, καταβάλλονται συνεχείς προσπάθειες για τη βελτίωση της απόδοσης και της αξιοπιστίας της, ενώ νέες εφαρμογές έρχονται στο προσκήνιο. Για αυτό το λόγο πρόσφατες ερευνητικές προσπάθειες έχουν βελτιώσει σημαντικά την ενεργειακή απόδοση της αντλίας θερμότητας. Για παράδειγμα, η ενσωμάτωση ενός θερμαινόμενου εγχυτήρα στην αντλία θερμότητας έχει βελτιώσει την απόδοση του συστήματος κατά περισσότερο από 20%. Επιπλέον, η ανάπτυξη καλύτερης τεχνολογίας συμπίεστών έχει τη δυνατότητα να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας των συστημάτων αντλιών θερμότητας κατά 80%. (Chua et al, 2010)

Η εξέλιξη των νέων υβριδικών συστημάτων επέτρεψε επίσης την αποτελεσματική απόδοση της αντλίας θερμότητας με ευρύτερες εφαρμογές. Για παράδειγμα, η ενσωμάτωση ενός ξηραντικού σε ένα κύκλωμα αντλίας θερμότητας επέτρεψε καλύτερους ελέγχους υγρασίας και θερμοκρασίας με επιτεύξιμο COP έως 6. Πρακτικές μελέτες έχουν δείξει ότι οι αντλίες θερμότητας μπορούν να μειώσουν δραστικά τα αέρια του θερμοκηπίου, ιδίως τις εκπομπές CO₂, στη θέρμανση του χώρου και στην παραγωγή θερμότητας. (Chua et al, 2010)

Οι τεχνολογίες της αντλίας θερμότητας χρησιμοποιούνται ευρέως για την αναβάθμιση της θερμότητας του περιβάλλοντος από βιώσιμες πηγές θερμότητας, όπως ο αέρας, το νερό, το έδαφος και την απόβλητη (πλεονάζουσα) θερμότητα, σε θερμοκρασίες θέρμανσης. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για οικιακή και εμπορική θέρμανση, καθώς για την ψύξη και θέρμανση νερού, Επίσης βρίσκουν εφαρμογή σε πολλές βιομηχανικές διεργασίες.

Κατά την παραγωγή θερμότητας, ονομάζονται αντλίες θερμότητας και ανταγωνίζονται τους λέβητες με ορυκτά καύσιμα και την άμεση ηλεκτρική θέρμανση. Επιπλέον, διάφορα πρόσφατα αναπτυγμένα υβριδικά συστήματα αντλιών θερμότητας έχουν βελτιώσει περαιτέρω την αποδοτική χρήση της θερμικής θερμότητας, έχουν επεκτείνει την εφαρμογή της αντλίας θερμότητας και έχουν μειώσει σημαντικά τις εκπομπές άνθρακα. Η χρήση της αντλίας θερμότητας για οικιακή θέρμανση και ψύξη παράγει περίπου 2038 kg CO₂ / έτος, ποσό που είναι μικρότερο από το μισό σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα λέβητα. (Chua et al, 2010)

Με την άφθονη ποσότητα θερμότητας που διατίθεται σε διάφορες φυσικές πηγές και την απορριπτόμενη θερμότητα που παράγεται σε διάφορες βιομηχανικές διεργασίες, η HP καθίσταται μια απαραίτητη τεχνολογία που μπορεί να συμβάλει σε ένα καθαρότερο περιβάλλον. Είναι σημαντικό, όταν χρησιμοποιούνται νέες πράσινες τεχνολογίες για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής, να μην χάνεται η οπτική γωνία της διαθέσιμης συμβατικής τεχνολογίας, όπως η αντλία θερμότητας. Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες και έρευνες αλλά απαιτούνται ακόμα περισσότερες για την ενσωμάτωση της αντλίας θερμότητας σε καινοτόμα συστήματα. Υπάρχει η προσδοκία ότι αυτή η αναθεώρηση θα συμβάλει στην αύξηση της ευαισθητοποίησης και θα ενθαρρύνει τις προσπάθειες για τη διερεύνηση και τη μεγιστοποίηση του δυναμικού της αντλίας θερμότητας να ενεργειακή απόδοση. (Chua et al, 2010)

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Σε παγκόσμιο επίπεδο διαπιστώνεται μια συνεχώς αυξανόμενη τάση για ζήτηση μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, γεγονός που με την σειρά του οδήγησε σε μια νέα εποχή εξοικονόμησης ενέργειας τις τρεις τελευταίες δεκαετίες. Στη μελέτη τους οι Beijia Huang και Volker Mauerhofer (2014) εκτιμούν ότι κατά την διάρκεια της συγκεκριμένης περιόδου ο παράγοντας των κτιριακών εγκαταστάσεων παίζει σημαντικό ρόλο στην εξοικονόμηση ενέργειας, κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες στις οποίες κυρίως αυτό το διάστημα παρατηρείται έκρηξη στον τομέα των κατασκευών. Υποστηρίζουν πως σε αυτές τις περιπτώσεις η αντλία θερμότητας εδάφους (GSHP), που συχνά αναφέρεται ως γεωθερμική αντλία θερμότητας (GHP), προσφέρει μια ελκυστική επιλογή για θέρμανση και ψύξη των οικιστικών και εμπορικών κτιρίων λόγω της υψηλότερης ενεργειακής τους απόδοσης σε σύγκριση με συμβατικά συστήματα.

Σκοπός της μελέτης τους είναι να προτείνουν μια καινοτόμο αξιολόγηση της βιωσιμότητας και του κύκλου ζωής, όπως οι ίδιοι αναφέρουν. Για να χαρακτηριστεί ένα μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας, πως έχει ένα υψηλό επίπεδο βιωσιμότητας σημαίνει ότι πρέπει να είναι οικονομικά αποδοτικό, να έχει περιβαλλοντικό αντίκτυπο, συμπεριλαμβανομένης μιας έγκυρης εξοικονόμησης ενέργειας και ελάχιστης ή καθόλου αρνητικής επίδρασης καθώς να έχει και τουλάχιστον μια θετική κοινωνική επίδραση (Huang et al., 2012).

Για ένα συγκεκριμένο μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας, το οικονομικό κόστος εμφανίζεται σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής, ενώ επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας κατά τη διάρκεια της διαδικασίας λειτουργίας του μέτρου. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορεί να προκύψουν στις διαδικασίες παραγωγής, εγκατάστασης, λειτουργίας και κατεδάφισης. Επίσης τα κοινωνικά αποτελέσματα όπως η συμβολή του μέτρου αυτού στην απασχόληση συμβαίνουν καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής. (Huang et al., 2012).

Συνοπτικά, προτείνεται μια καινοτόμος μέθοδος βιωσιμότητας βασισμένη στη Θεωρία του Κύκλου Ζωής, και η πρακτική χρησιμότητά της αποδεικνύεται με την εφαρμογή της σε μια μελέτη περίπτωσης για το GSHP στην εργασία τους.

Ο υπολογισμός τους βασίζεται σε είκοσι έργα εφαρμογών GSHP που έχουν επιλεγεί στη Σαγκάη, επομένως τα αποτελέσματα στα οποία καταλήγουν έχουν περιφερειακές ιδιαιτερότητες. Προτείνεται μια μέθοδος υπολογισμού του κόστους κύκλου ζωής και της ωφέλειας για όλες τις GSHP. Επιπλέον, η τροποποίησή τους ως προς τη μέθοδο LCA εφαρμόζεται και αναπαράγεται σε σχέση με πολλά άλλα προϊόντα και υπηρεσίες. Στην πράξη, ορισμένες παράμετροι εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τα χαρακτηριστικά συγκεκριμένων έργων. Βάσει της συγκριτικής ανάλυσης και μελέτης τους, οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατάσταση βιωσιμότητας του συστήματος GSHP μπορούν να διακριθούν ως εξής:

Στους παράγοντες που επηρεάζουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ανάμεσα στους οποίους διακρίνονται κυρίως η γεωλογική κατάσταση καθώς και οι πτυχές εξοικονόμησης ενέργειας. Όσον αφορά τις γεωλογικές συνθήκες, για παράδειγμα, ο διαδεδομένος λασπώδης πηλός με κακή ικανότητα αγωγιμότητας στη Σαγκάη θα έχει ως αποτέλεσμα τη σοβαρή αλλαγή της θερμοκρασίας του εδάφους σε σχέση με άλλες περιοχές με καλύτερες γεωλογικές συνθήκες. Όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας, κυρίως ο επιλεγμένος τύπος εγκαταστάσεων είναι σημαντικός επειδή διάφοροι τύποι εγκαταστάσεων έχουν αντίστοιχη ικανότητα ψύξης και θέρμανσης, πράγμα που θα προκαλέσει διαφορετικά δυναμικά εξοικονόμησης ενέργειας των συστημάτων GSHP.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το οικονομικό κόστος είναι κυρίως οι τύποι κτιρίων και οι μέθοδοι τοποθέτησης σωλήνων. Η ανάλυση των περιπτώσεων τους αποκαλύπτει ότι τα κτίρια κατοικιών έχουν συνήθως υψηλότερο επίπεδο κόστους σε σύγκριση με τα εμπορικά κτίρια. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η μικρότερη επιφάνεια κατοικιών συνήθως θα έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερο κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο κτιριακής έκτασης. Όσον αφορά τη μέθοδο τοποθέτησης, η μέθοδος τοποθέτησης κάθετων σωλήνων εφαρμόζεται συνήθως στην Κίνα καθώς μπορεί να έχει καλύτερη ανταλλαγή θερμότητας (Yang et al., 2010). Ωστόσο, όπως υποδεικνύεται από την εμπειρία των μηχανικών, συνεντεύξεις των οποίων χρησιμοποιούν στην έρευνά τους, το κόστος της μεθόδου κάθετης τοποθέτησης σωλήνων είναι πολύ υψηλότερο από τη μέθοδο οριζόντιας τοποθέτησης σωλήνων.

Τα αποτελέσματα τους δείχνουν ότι η κατανάλωση ενέργειας των περιπτώσεων GSHP που έχουν διερευνηθεί έχει ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας περίπου στο 40,2%. Οι κυριότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις της GSHP διαπιστώθηκε ότι είναι η υπερθέρμανση του πλανήτη, η

οξίνιση και ο ευτροφισμός στην παραγωγική διαδικασία και η αλλαγή της θερμοκρασίας του εδάφους στη διαδικασία λειτουργίας. (Huang et al., 2012)

Οι κατασκευές των κτιρίων συμβάλλουν σημαντικά στην περιβαλλοντική επιβάρυνση που προκαλείται από την ανθρώπινη παρέμβαση. Η επιβάρυνση αυτή δεν οφείλεται μόνο στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται στα στάδια της κατασκευής και τη κατεδάφισης, αλλά και από δραστηριότητες σε όλη τη διάρκεια λειτουργίας ενός κτιρίου, όπως για παράδειγμα κατά τη συντήρηση του ή τη χρήση ενέργειας για την θέρμανση και την ψύξη του. (Blom et al, 2010)

Στις χώρες της ΕΕ, η ενέργεια που απαιτείται για την θέρμανση χώρου αντιπροσωπεύει το 68 % της συνολικής χρήσης ενέργειας, ενώ η χρήση ζεστού νερού αντιπροσωπεύει το 14 %. Εν τω μεταξύ, κατά την κατασκευή και την κατεδάφιση του κτιρίου, ο τομέας των κατασκευών συμβάλλει σημαντικά στη συνολική παραγωγή αποβλήτων. Στις χώρες της ΕΕ και της Ευρωπαϊκής Ζώνης Ελευθέρων Συναλλαγών (Ισλανδία, Λιχτενστάιν, Νορβηγία και Ελβετία), για παράδειγμα, ο τομέας των κατασκευών και κατεδαφίσεων παρήγαγε σχεδόν το 50% όλων των αποβλήτων το 2004. (Blom et al, 2010)

Το 2004, κατά μέσο όρο περίπου το 1% των κτιρίων ανήκαν στην κατηγορία των νεόδμητων. Ενώ μόνο το 0,75% των υφιστάμενων κτηρίων κατεδαφίστηκε. Εκτιμάται ότι περισσότερα από 10 εκατομμύρια λέβητες στην Ευρώπη είναι άνω των 20 ετών και συνεπώς έχουν χαμηλότερη ενεργειακή απόδοση από τα αντίστοιχα συστήματα θέρμανσης που είναι διαθέσιμες στην αγορά. Οπότε για να περιοριστούν οι επιβαρύνσεις, που προκαλούνται από τα κτίρια, καλύτερη λύση για την μείωση των ετήσιων αρνητικών επιπτώσεων τους στο περιβάλλον, είναι η βελτίωση των υφιστάμενων κατοικιών. Για αυτό το λόγο η μελέτη των Blom et al, επικεντρώνεται στον υπολογισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά τη χρήση, τη συντήρηση και αντικατάσταση των συστημάτων θέρμανσης, λαμβάνοντας υπόψη, τα υλικά από τα οποία αποτελούνται τα συστήματα, το στάδιο της παραγωγής, τις εργασίες συντήρησης, την αντικατάσταση του συστήματος και την επεξεργασία των αποβλήτων. (Blom et al, 2010)

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την έρευνα τους είναι η LCA CML 2000. Τα γεωγραφικά όρια είναι ένα ολλανδικό κτίριο διαμερισμάτων, που χτίστηκε μεταξύ 1966 και 1988. Η λειτουργική μονάδα αυτής της μελέτης αποτελείται από τον εξοπλισμό θέρμανσης σε πολυκατοικία 70 κατοικιών, συμπεριλαμβανομένης της διανομής θερμότητας, η οποία λειτουργεί και συντηρείται κατά τη διάρκεια 40 ετών. Τα τρία συστήματα θέρμανσης που εξετάστηκαν αποτελούνταν από έναν λέβητα συμβατικό, έναν λέβητα συμπύκνωσης και μία αντλία θερμότητας. Οι πληροφορίες για τις ποσότητες των υλικών, προήλθαν από τους κατασκευαστές των προϊόντων, από ελεύθερα διαθέσιμα εγχειρίδια και από τις εμπορικά διαθέσιμες βάσεις δεδομένων ecoinvent και EcoQuantum. (Blom et al, 2010)

Η χρήση ψυκτικού μέσω της αντλίας θερμότητας, R134a, συμβάλλει στην εξάντληση του στρώματος του όζοντος.. Οι αντλίες θερμότητας θεωρούνται συχνά ως μια βιώσιμη εναλλακτική λύση για τους λέβητες συμπύκνωσης, επειδή εξάγουν θερμότητα από συνεχώς διαθέσιμες πηγές αντί για καύση μη ανανεώσιμων ορυκτών καυσίμων, μειώνοντας έτσι τις εκπομπές CO₂.

Τα αποτελέσματα στα οποία κατέληξαν είναι τα εξής:

Παρόλο που οι αντλίες θερμότητας θεωρούνται γενικά ως βιώσιμα συστήματα θέρμανσης επειδή παράγουν θερμότητα από ανανεώσιμες πηγές και όχι από την καύση μη ανανεώσιμων ορυκτών καυσίμων, αυτή η έρευνα δείχνει ότι μια αντλία θερμότητας δεν είναι στην πραγματικότητα λιγότερο φιλική προς το περιβάλλον από ένα λέβητα με καύση φυσικού αερίου. Αυτό το συμπέρασμα βασίζεται σε πολλά χαρακτηριστικά της αντλίας θερμότητας:

- Πρώτον, απαιτεί ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο για να λειτουργήσει και συχνά χρειάζεται επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια για την παροχή εφεδρικής θέρμανσης σε περίπτωση που η πηγή θερμότητας δεν παρέχει επαρκή ποσότητα ενέργειας.
- Δεύτερον, σε σύγκριση με έναν λέβητα χρειάζονται έως και δέκα φορές περισσότερα υλικά για την παραγωγή μιας αντλίας θερμότητας.
- Τρίτον, η αντλία θερμότητας περιέχει ένα ψυκτικό μέσο που επηρεάζει τη στιβάδα του όζοντος. Παρ'όλα αυτά, η αντλία θερμότητας είναι μια σχετικά νέα τεχνολογία με πολλά περιθώρια βελτίωσης, ενώ ο λέβητας με καύση αερίου μπορεί να βελτιωθεί οριακά. (Blom et al, 2010)

Οι προτάσεις τους είναι οι εξής:

- Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας μειώνοντας τη ζήτηση της θέρμανσης στις κατοικίες είναι ο αποτελεσματικότερος τρόπος για την άμβλυνση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τα κλιματιστικά συστήματα για θέρμανση και εξαερισμό. Δεύτερον, η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κλιματιστικών συστημάτων θα οδηγήσει στη μείωση τις περιβαλλοντικών επιπτώσεων, αλλά κάτι τέτοιο απαιτεί την πρόσθεση περισσότερων συστημάτων, που ενδεχομένως η αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης και τα υλικά τα οποία απαιτούνται για την κατασκευή τους, ενδέχεται να προκαλέσουν αλλαγές στις κατηγορίες επιπτώσεων που δέχονται την μεγαλύτερη επιβάρυνση.
- Όταν ο μηχανικός εξαερισμός αντικατασταθεί από έναν ισορροπημένο αερισμό, ο οποίος θα συνεισφέρει αποτελεσματικά στην μείωση των επιπτώσεων που συντελούν στην εξάντληση των αβιοτικών πόρων, τη θέρμανση του πλανήτη και τη μείωση του στρώματος του όζοντος. Ωστόσο, ένα ισορροπημένο σύστημα εξαερισμού απαιτεί περισσότερη εισροή υλικού και ηλεκτρική ενέργεια για την λειτουργία του από ότι ο μηχανικός αερισμός εξαγωγής, πράγμα που οδηγεί σε αυξημένη συμβολή στην υδρόβια οικοτοξικότητα και την οικοτοξικότητα του χερσαίου νερού.
- Όταν ένας συμβατικός λέβητας αντικαθίσταται από ένα λέβητα συμπύκνωσης, η κατανάλωση αερίου μειώνεται επειδή χρησιμοποιείται πιο αποτελεσματικά, ενώ υπάρχει λιγότερη εισροή υλικού για έναν λέβητα συμπύκνωσης και περισσότερη ανάγκη για βοηθητικό ηλεκτρισμό. Ως εκ τούτου, η συμβολή σε όλες τις κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων θα μειωθεί, εκτός από την επίγεια οικοτοξικότητα που επηρεάζεται κυρίως από τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, οι εξοικονομήσεις από την κατανάλωση φυσικού αερίου είναι χαμηλότερες από ό, τι όταν έχει εγκατασταθεί ένα εξισορροπημένο σύστημα εξαερισμού. (Blom et al, 2010)

Για τις κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων που επηρεάζονται περισσότερο από τη χρήση των υλικών, είναι προτιμότερη επέκταση της διάρκειας ζωής των συστημάτων, μειώνοντας έτσι τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με την κατασκευή ενός συστήματος αντικατάστασης.

Εντούτοις, μερικές φορές τα συστήματα πρέπει να αντικατασταθούν από άλλα με πολύ μεγαλύτερη αποδοτικότητα, ή η αντικατάστασή τους μπορεί να είναι απαραίτητη λόγω σημαντικών ανακαινίσεων. Σε αυτές τις περιπτώσεις κρίνεται καλύτερο να αντικατασταθεί ένα σύστημα πριν τελειώσει το προσδόκιμο ζωής του.

Περαιτέρω έρευνα θα πρέπει να επικεντρωθεί στην ανάπτυξη κλιματιστικών συστημάτων που μειώνουν την κατανάλωση φυσικού αερίου χωρίς να αυξάνουν την λειτουργική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ή την κατανάλωση υλικών.

Εναλλακτικοί τρόποι δράσης είναι να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ηλεκτρικής ενέργειας, να βελτιωθεί η διάρκεια ζωής, η ανθεκτικότητα και η προσαρμοστικότητα των κλιματιστικών συστημάτων, ώστε να απαιτηθεί λιγότερη συντήρηση και αντικατάσταση και να χρησιμοποιηθούν υλικά που δημιουργούν λιγότερο αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Το τελευταίο αυτό μέτρο θα μπορούσε να επιτευχθεί με τη χρήση ανακυκλωμένων υλικών και τη βελτίωση της επεξεργασίας τόσο των πρωτογενών όσο και των ανακυκλωμένων υλικών. (Blom et al, 2010)

Ακολουθεί η έρευνα των Martinez et al που στόχος της είναι να συγκρίνει τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά ενός ημι-έμμεσου κεραμικού ψύκτη εξαερισμού (SIEC) με χαμηλό περιβαλλοντικό αντίκτυπο, με μία αντλία αέρα-αέρα τύπου Split για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας σε ένα κλιματιζόμενο θάλαμο (γραφείο) κατά τους καλοκαιρινούς μήνες υπό τις βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας για τις συσκευές. Επίσης στοχεύουν στην ποσοτικοποίηση της κατανάλωσης και στην εξοικονόμηση ενέργειας της πρώτης υπό εξέταση μονάδας έναντι της αντλίας θερμότητας αέρα-αέρα τύπου «Split» σε έναν κλιματιζόμενο θάλαμο (σαλόνι-τραπεζαρία) σε μια περιοχή με υψηλή υγρασία της Ισπανίας (Μπιλμπάο, Χώρα των Βάσκων) κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών, σε σύγκριση με τη χρήση του ίδιου εξοπλισμού σε ξηρή περιοχή της Ισπανίας. Στην περίπτωση αυτή, ο συντελεστής απόδοσης της συσκευής εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις συνθήκες και τη θέση της εξωτερικής θερμοκρασίας. Η σύγκριση πραγματοποιείται για δύο διαφορετικές κλιματικές περιοχές στην Ισπανία, η μία περιοχή με ηπειρωτικό κλίμα (Valladolid) και η άλλη με κλίμα τύπου Δυτικής Ευρώπης (Μπιλμπάο). Η περιβαλλοντική και οικονομική μελέτη διεξάγεται χρησιμοποιώντας την αξιολόγηση κύκλου ζωής (LCA) με δύο εργαλεία λογισμικού που παρέχονται από τη μέθοδο SimaPro 7.1 LCA (Eco-indicator'99 και EPS 2000). (Martinez et al, 2011)

Ο κεραμικός ψύκτης εξαερισμού (SIEC) που αποτελεί το κεντρικό αντικείμενο της έρευνας αποτελείται από δώδεκα κοίλα τούβλα 4 x 19,5 x 41,6 cm, πάγκους, εκτροπείς και σύστημα διανομής πολυβινυλοχλωριδίου (PVC), μαζί με την απαιτούμενη στεγανοποίηση από διογκωμένη πολυουρεθάνη και 14 φυσίγγια των 300 cc Σιλικόνη. Ο εναλλάκτης θερμότητας (HP) αποτελείται από πάνελ αλουμινίου πάχους 35,7 cm και πάχους 0,08 mm και από 28 σωλήνες χαλκού εσωτερικής διαμέτρου 1 cm, πάχους 2 mm και μήκους 68,5 cm. Το εσωτερικό των σωλήνων αποτελείται από πλέγμα ανοξείδωτου χάλυβα, που χρησιμοποιείται ως πορώδες υλικό πλήρωσεως. Η επάνω δεξαμενή νερού αποτελείται από 25 σωλήνες PVC, το νερό διέρχεται από ένα φίλτρο γεμάτο με 450 γραμμάρια πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας. (Martinez et al, 2011)

Το σύστημα που μελετάται είναι μια αντλία θερμότητας τύπου «Saunier Duval» 10-026 «Split». Η εξωτερική μονάδα 10-026 NHWO αποτελείται από συμπιεστή, μονοαξονικό ανεμιστήρα, εξωτερική μπαταρία (συμπυκνωτή), βαλβίδα εκτόνωσης, περίβλημα και στοιχεία ασφαλείας και ελέγχου. Η εσωτερική μονάδα 10-026 NHWI αποτελείται από έναν φυγοκεντρικό ανεμιστήρα, μια εσωτερική μπαταρία (εξατμιστή), το περίβλημα και τα χαρακτηριστικά ασφάλειας, ελέγχου και ενεργοποίησης. Οι ακραίες συνθήκες λειτουργίας της εξωτερικής μονάδας βρίσκονται στην περιοχή 0-46 °C για ψύξη και 15-34 °C για θέρμανση. Ενώ οι ακραίες συνθήκες λειτουργίας της εσωτερικής μονάδας είναι στην κλίμακα 17-30 °C για ψύξη και εύρος 17-30 °C για θέρμανση. Οι διαστάσεις είναι 194 mm³ για την εσωτερική μονάδα και 590 x 760 x 285 mm³ για την εξωτερική μονάδα. Το καθαρό βάρος είναι 8,5 kg για την εσωτερική μονάδα και 40,5 kg για την εξωτερική μονάδα. Το φορτίο ψυκτικού R-410A είναι 1,23 kg. (Martinez et al, 2011)

Η μελέτη LCA επιδιώκει να συγκρίνει το περιβαλλοντικό προφίλ ενός κεραμικού ψύκτη εξατμίσεως με εκείνο μιας αντλίας θερμότητας με σκοπό τη διατήρηση ενός κλιματικού θαλάμου στη σωστή θερμοκρασία (23-25 ° C) τους καλοκαιρινούς μήνες κατά τη διάρκεια μιας ζωής 15 ετών Valladolid (Ισπανία). Σκοπός είναι να εκτιμήσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με τρία σενάρια: πρώτες ύλες και συντήρηση, κατασκευή, αποσυναρμολόγηση και ανακύκλωση του κεραμικού ψύκτη εξαερισμού με σωλήνες θερμότητας (SIEC-HP). Ενώ για την αντλία θερμότητας εξετάζονται τέσσερις διεργασίες: η ηλεκτρική ενέργεια, οι μεταφορές και η ανακύκλωση, έτσι ώστε να προταθούν δράσεις που θα ελαχιστοποιήσουν τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο. (Martinez et al, 2011)

Από τα αποτελέσματα της έρευνάς τους καταλήγουν στα εξής συμπεράσματα :

Η διαδικασία ανακύκλωσης έχει θετικό αντίκτυπο στο περιβάλλον, και η μεταφορά είναι σχεδόν αμελητέα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα.

Ο εξοπλισμός SIEC-HP προσφέρει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τις αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούνται για τον κλιματισμό ενός χώρου:

- Μειώνει την κατανάλωση ενέργειας στις εγκαταστάσεις κλιματισμού.
- Μειώνει το λειτουργικό κόστος μειώνοντας το μέγεθος των συμβατικών θερμοηλεκτρικών εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται στη ρύθμιση του θερμικού αέρα.
- Παρέχει περιβαλλοντικά οφέλη καθώς μειώνει τις εκπομπές CO₂.
- Επιτρέπει την προσεκτικότερη παρακολούθηση της θερμοκρασίας του αέρα με τη χρήση αγωγών θέρμανσης.
- Επιτυγχάνει ένα καλύτερο επίπεδο ποιότητας εσωτερικού αέρα που αυξάνει τον εξαερισμό.

Ακόμη τα συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν κατά την σύγκριση των δύο συστημάτων είναι τα εξής:

- Σύμφωνα με την ανάλυση ευαισθησίας της AKZ, οι αβιοτικοί πόροι είναι η κατηγορία επιπτώσεων που δέχεται την μεγαλύτερη επιβάρυνση και από τις δύο εγκαταστάσεις, Ακολουθούν η ανθρώπινη υγεία και η χαμηλή βιοποικιλότητα και η παραγωγική ικανότητα του οικοσυστήματος.
- Οι πρώτες ύλες από τις οποίες αποτελείται ο ψύκτης εξαέρωσης είναι υπεύθυνες για την επιβάρυνση της κατηγορίας των αβιοτικών πόρων. Ένας νέος σχεδιασμός του με προσεκτική επιλογή υλικών με μικρότερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο , θα αποτελούσε μια πολύ καλή λύση, ειδικότερα η αντικατάσταση του χαλκού

- Η ηλεκτρική ενέργεια αποδεικνύεται η κύρια περιβαλλοντική επιβάρυνση για την αντλία θερμότητας, μαζί με την υποδομή της, στην οποία ο συμπιεστής επιφέρει τον υψηλότερο αντίκτυπο.
- Ο κεραμικός ψύκτης εξαερισμού SIEC-HP είναι πιο βιώσιμος από περιβαλλοντική και οικονομική άποψη σε σχέση με την αντλία θερμότητας στην περιοχή Valladolid, ενώ στις υγρές παράκτιες περιοχές αποδεικνύεται λιγότερο συμφέρουσα λύση ο κεραμικός ψύκτης εξαερισμού, λόγω του υψηλότερου λειτουργικού κόστους που συνδέεται με τον εξοπλισμό. Επομένως, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι δεν είναι οικονομικά βιώσιμο να αντικατασταθεί μια αντλία θερμότητας που έχει είναι ήδη εγκατεστημένη σε παράκτιες περιοχές της βόρειας Ισπανίας. Επιπλέον, μπορεί να αποδειχθεί ακόμη πιο ωφέλιμη οικονομικά και περιβαλλοντικά (μείωση των εκπομπών) η αντικατάσταση του εξοπλισμού αντλίας θερμότητας με εξοπλισμό SIEC-HP σε μέρη με σκληρά εσωτερικά κλίματα της Ισπανίας (όπως η Σεβίλλη ή η Μαδρίτη).

Τα συστήματα αντλιών θερμότητας με πηγή ενέργειας το έδαφος, θεωρούνται μια ελκυστική περιβαλλοντική λύση για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα, η γεωθερμική ενέργεια είναι ένας πόρος ανανεώσιμης ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, θέρμανσης και ψύξης εμπορικών και οικιακών κτιρίων και άλλων εγκαταστάσεων. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι τα συστήματα GSHP είναι φιλικά προς το περιβάλλον και αποτελούν έναν πολύ σημαντικό παράγοντα για την αποφυγή πρόσθετων εκπομπών CO₂, συμβάλλοντας παράλληλα στην ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας και στη βελτίωση της βιωσιμότητας.

Παρά το γεγονός ότι η γεωθερμική ενέργεια αποτελεί βιώσιμη ενεργειακή λύση, εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικές εκπομπές αερίων που σχετίζονται με τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας. Η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση ή ψύξη είτε με άμεση εκμετάλλευση των υπόγειων υδάτων του υποστρώματος (εφαρμογή χαμηλής και μέσης ενέργειας) είτε με τη χρήση γεωθερμικών αντλιών(εφαρμογή χαμηλής ενέργειας).(Koroneos et al, 2017).

Τα τελευταία χρόνια η χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας για την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας για θέρμανση και ψύξη έχει αυξηθεί και οι προβλέψεις είναι ότι αυτή η ανάπτυξη θα συνεχίσει σε παγκόσμιο επίπεδο τις επόμενες δεκαετίες. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας παρουσίασαν εντυπωσιακή αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας, 17,9% ετησίως από το 1995 και 7,7% ετησίως από το 2010, σχεδόν στην Αμερική, την Ευρώπη και την Κίνα. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας παρουσίασαν εντυπωσιακή αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας, 17,9% ετησίως από το 1995 και 7,7% ετησίως από το 2010, σχεδόν στην Αμερική, την Ευρώπη και την Κίνα. Σημειώνεται επίσης ότι η γεωθερμική ενέργεια εξαρτάται λιγότερο από τις καιρικές συνθήκες από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή, η αιολική και η υδροηλεκτρική. (Koroneos et al, 2017)

Για την Ελλάδα η γεωθερμική έρευνα εντόπισε υψηλό γεωθερμικό δυναμικό υψηλής και χαμηλής ενθαλπίας σε αρκετές περιοχές της χώρας. Το υπάρχον γεωθερμικό δυναμικό της Ελλάδας είναι πολύ υψηλό λόγω των γεωλογικών ευνοϊκών συνθηκών που αποκαλύπτουν γεωθερμικούς πόρους υψηλής ενθαλπίας στα νησιά του ηφαιστειακού τόξου του Αιγαίου, στη Μήλο, στη Νίσυρο και στη Σαντορίνη. Τα πεδία χαμηλής ενθαλπίας που παρουσιάζουν βαθύτερους μέσους γεωθερμικούς πόρους εντοπίζονται στα ηφαιστιογενή νησιά Λέσβος και Σαμοθράκη. (Koroneos et al, 2017)

Παρά το γεγονός ότι η γεωθερμική ενέργεια θεωρείται ως μια καθαρή διαθέσιμη πηγή ενέργειας, σημαντικές αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον λαμβάνουν χώρα καθ' όλη τη διάρκεια ζωής μίας αντλίας γεωθερμίας (υλικά, κατασκευή, μεταφορά, αξιοποίηση και τελική διάθεση). Αυτές οι αλληλεπιδράσεις μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα την εξάντληση των φυσικών πηγών, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, την οξίνιση, τον ευτροφισμό κ.λπ. (Koroneos et al, 2017)

Σκοπός της μελέτης των Koroneos et al , είναι η διερεύνηση των περιβαλλοντικών ωφελειών και των θεμάτων ενός συστήματος GSHP στην Ελλάδα, καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. έμφαση στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με την παραγωγή και χρήση γεωθερμικών συστημάτων και ειδικότερα στην ατμοσφαιρική ρύπανση ενός συστήματος θέρμανσης εδάφους κατά τη διάρκεια ζωής του. Η μοντελοποίηση πραγματοποιήθηκε

χρησιμοποιώντας το λογισμικό LCA SimaPro 7.1.8, το οποίο εξαρτάται από την ενσωματωμένη βάση δεδομένων απογραφής του κύκλου ζωής του Eco-Indicator 95 που καλύπτει μια ποικιλία διαδικασιών παραγωγής και επιπτώσεων. Ο στόχος αυτής της μελέτης είναι να εκτιμήσει τον κύκλο ζωής ενός συστήματος GSHP χαμηλής ενθαλπίας, αβαθούς και κάθετου. (Koroneos et al, 2017)

Ο κύκλος ζωής περιλαμβάνει:

- Την παραγωγή πρώτων υλών.

Δηλαδή την εκσκαφή πρώτων υλών από το έδαφος, όπως η παραγωγή χάλυβα, χαλκού και αλουμινίου. Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει τη μεταφορά πρώτων υλών από το σημείο εκσκαφής μέχρι το σημείο της επεξεργασίας τους.

- Την κατασκευή.

Το στάδιο αυτό διαχωρίζεται σε δύο επιμέρους στάδια: την κατασκευή υλικών και την κατασκευή προϊόντος.

- Την μεταφορά.

Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει όλες τις δραστηριότητες που απαιτούνται για τη μεταφορά και τη διανομή του προϊόντος. Η ενέργεια και τα περιβαλλοντικά απόβλητα που προκύπτουν από τη μεταφορά του προϊόντος περιλαμβάνονται σε αυτό το στάδιο

- Την προετοιμασία και την διάτρηση της γεωτρήσεως

- Την παραγωγή των σωληνώσεων που χρησιμοποιούνται στο κτίριο για τη διανομή του νερού της αντλίας θερμότητα.

Κατά την έρευνα τους δεν λήφθηκαν υπόψη το στάδιο του κύκλου ζωής που αφορά τη λήξη της ζωής της αντλίας. Η διάρκεια ζωής της εξεταζόμενης αντλίας είναι 25 χρόνια και ως λειτουργική μονάδα ορίστηκε 1Kw εγκατεστημένης ισχύς .Το υπό εξέταση κτίριο είναι μονωμένο και λειτουργεί ως το Δημαρχείο του Δήμου Πυλαίας, το οποίο βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα της Θεσσαλονίκης.

Η μελέτη τους οδήγησε στα εξής αποτελέσματα: ότι οι επιπτώσεις που προκαλούν την κατηγορία της οξίνισης κυριαρχούν κατά 73,49%. Οι ρύποι αυτού του τύπου αποτελούνται κυρίως από διοξείδιο του θείου (SO₂) καθώς και από εκπομπές αζώτου (NO_x). Οπότε ο σχηματισμός και οι

εκπομπές τους, αποδίδονται κυρίως στην παραγωγή πρώτων υλών και στη λειτουργία του συστήματος. Ο σχηματισμός αυτών των εκπομπών μπορεί να αποδοθεί στις διεργασίες καύσης. Για παράδειγμα, η καύση λιγνίτη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται στα στάδια αυτά συνδέεται με την οξίνιση. (Koroneos et al, 2017)

Τα αποτελέσματα της AKZ δείχνουν ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις δεν προέρχονται μόνο από τις εκπομπές SO₂. Περίπου το 14,54% της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης αποδίδεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ο σχηματισμός αυτού του περιβαλλοντικού αποτελέσματος προέρχεται κυρίως από την παραγωγή πρώτων υλών και από τσιμέντο που χρησιμοποιείται για την γεώτρηση. Μια άλλη αξιοσημείωτη κατηγορία, αν και μικρότερης σημασίας, είναι αυτή του ευτροφισμού με ποσοστό (8,98%).

Τέλος, η συνολική συμβολή της στις υπόλοιπες περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι μικρότερη (περίπου 3%). Από την άλλη πλευρά, πρέπει να αναφερθεί ότι παρά το γεγονός ότι η LCA προσφέρει μια ολιστική προσέγγιση, ωστόσο δεν είναι πλήρης, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι AKZ βασίζεται σε περιορισμένη δέσμη επιπτώσεων (Koroneos et al, 2017)

Με βάση τα προαναφερθέντα αποτελέσματα, ως μια πιθανή λύση που προτείνεται από τους συγγραφείς προκειμένου να μειωθούν τα περιβαλλοντικά βάρη που προκαλούνται από τις εκπομπές SO₂ και NO_x κατά τα στάδια της παραγωγής πρώτων υλών και τη λειτουργία του συστήματος GSHP, θα μπορούσε να είναι η εγκατάσταση ενός αυτόματου συστήματος ελέγχου, το οποίο θα ρυθμίζει τις συνθήκες λειτουργίας του. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από 500,4 MW σε 194,6MW / έτος

Ο ελληνικός τομέας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας βασίζεται, ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του '60, στη χρήση τοπικού λιγνίτη και εισαγόμενου πετρελαίου. (Koroneos et al, 2017)

Ακόμη ως απόρροια των ανωτέρω, είναι προφανές ότι η αύξηση του ποσοστού υδροηλεκτρικής ενέργειας καθώς και άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (γεωθερμική ενέργεια, αιολική ενέργεια, ηλιακή ενέργεια) στον ελληνικό τομέα ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να οδηγήσει σε βιώσιμα οικολογικά κτίρια με μηδενικές εκπομπές.

Επιπλέον, μια υγιής περιβαλλοντική πολιτική από την οπτική γωνία των βιομηχανιών θα πρέπει να αποσκοπεί στη μείωση των εκπομπών στον αέρα όσο το δυνατόν περισσότερο μέσω αλλαγών στην αλυσίδα παραγωγής. (Koroneos et al, 2017).

Όσον αφορά τα κτίρια χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, πρέπει να δοθεί έμφαση στην ανάπτυξη πράσινων ξενοδοχείων, ειδικά στα ελληνικά νησιά, τα οποία έχουν ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες, προκειμένου να προωθηθεί η εξοικονόμηση ενέργειας και η προστασία του περιβάλλοντος. Τα νοσοκομεία και τα σχολικά κτίρια μπορούν να υιοθετήσουν γεωθερμική ενέργεια για θέρμανση και ψύξη. Με την εφαρμογή της οδηγίας 2002/91 / ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 16ης Δεκεμβρίου 2002, για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (γνωστή ως οδηγία ΕΠΒΔ) στην Ευρώπη, η ανάγκη για ένα βιώσιμο σύστημα θέρμανσης στα κτίρια είναι υψίστης σημασίας. Επιπλέον, η πρόσφατη απόφαση της Επιτροπής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά 20% έως το 2020 σε σύγκριση με το 1990 στα κράτη μέλη.

Στο άρθρο τους οι Eicher et al , ασχολούνται με την εκτίμηση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής μίας ηλιακής αντλίας θερμότητας που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ζεστού νερού οικιακής χρήσης (DHW) και θέρμανσης χώρου (SH) για μονοκατοικίες. Οι ηλιακές αντλίες θερμότητας (SHP) αποτελούν μια κατηγορία συστημάτων θέρμανσης, που συνδυάζουν την ηλιακή θερμική τεχνολογία με τις αντλίες θερμότητας. (Eicher et al, 2013)

Όπως αναφέρεται στο άρθρο, στην Ελβετία, η θέρμανση του χώρου και το ζεστό νερό χρήσης ευθύνονται για περισσότερο από το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και των εθνικών εκπομπών CO₂. Τα νοικοκυριά αντιπροσωπεύουν περίπου το 65% της ζήτησης θέρμανσης [1]. Η ελβετική κυβέρνηση ασχολείται με νέες ενεργειακές πολιτικές που προωθούν τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ενθαρρύνοντας τη βελτιστοποίηση του φάσματος των κτιρίων. Επίσης προωθούν την ανάπτυξη των τεχνολογιών που αφορούν την ηλιακή ενέργεια και τις αντλίες θερμότητας. (Eicher et al, 2013)

Σκοπός της μελέτης τους είναι να αξιολογηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ενέργειας και των υλικών που χρησιμοποιούνται σε μια σειριακή εγκατάσταση και να εντοπίσει τις περιοχές που επιδέχονται βελτίωση εφαρμόζοντας μια προσέγγιση "από το λίκνο μέχρι τον τάφο" κατά την ανάλυση του συστήματος. Η μελέτη τους επικεντρώνεται σε δύο σημεία. Στην εξέταση των υλικών εγκατάστασης τόσο στη φάση κατασκευής όσο και της απόρριψης, καθώς επίσης και

στην κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και την παροχή υγραερίου σε όλη τη διάρκεια ζωής των 20 ετών. Χρησιμοποιούν δύο δείκτες που σχετίζονται με το περιβάλλον, ένας που συνδέεται με την εξάντληση των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (CEDNRE) και ο άλλος με την κλιματική αλλαγή (GWP). Επιπλέον, γίνεται σύγκριση με άλλα δύο συστήματα οικιακής θέρμανσης που λειτουργούν με το ίδιο προσδόκιμο ζωής.(Eicher et al, 2013)

Στην συγκεκριμένη μελέτη όλα τα συστήματα που ερευνήθηκαν χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ζεστού νερού και για την θέρμανση χώρου σε ένα κτίριο με δεδομένο θερμικό φορτίο. Επομένως, η ζήτηση ενέργειας είναι η ίδια για όλες τις περιπτώσεις που περιγράφονται. Η λειτουργική μονάδα με την οποία θα συγκριθούν οι διαφορετικές οικιακές τεχνολογίες θέρμανσης είναι «η κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης του κτιρίου για την παραγωγή ζεστού νερού και θέρμανσης για περίοδο λειτουργίας 20 ετών» (Eicher et al, 2013)

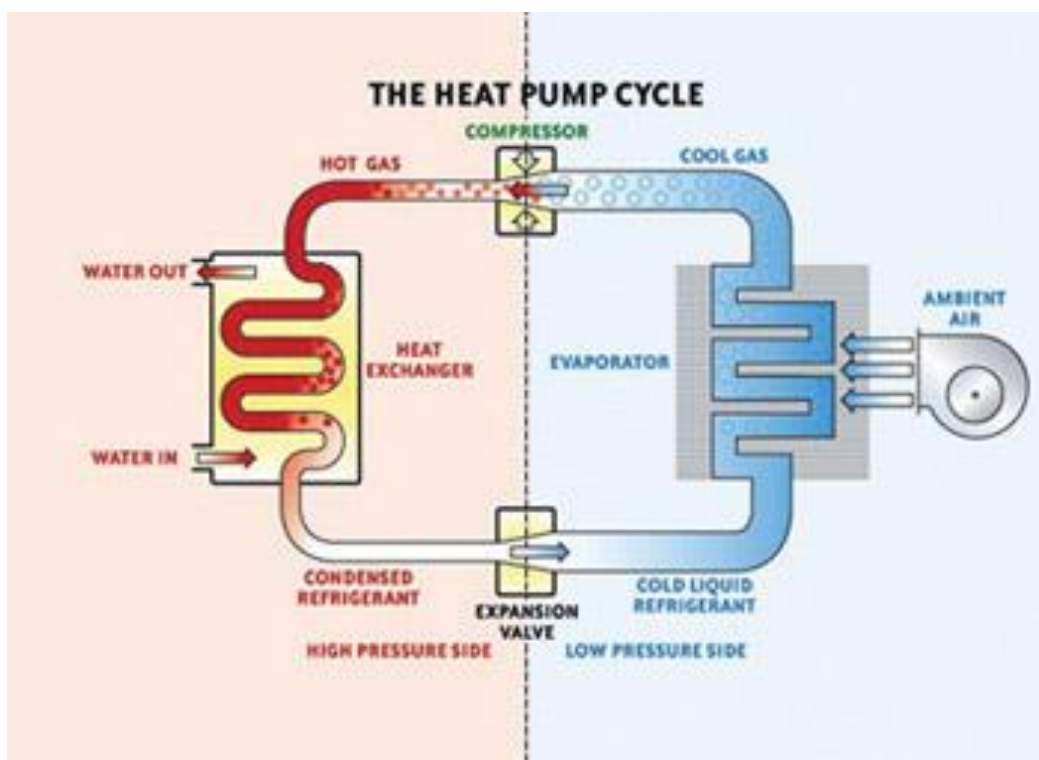
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα κατέληξαν στο ότι ανάλογα με το είδος του συστήματος που αποτελείται η ηλιακή αντλία θερμότητας, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται από τα υλικά δεν είναι αμελητέες. Στην πραγματικότητα οι επιπτώσεις που συνδέονται με την υποδομή είναι ακόμη μεγαλύτερες όταν η ηλεκτρική ενέργεια αντικαθίστανται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως για παράδειγμα η φωτοβολταϊκή. Επομένως, για να βελτιωθούν οι περιβαλλοντικές επιδόσεις της ηλιακής αντλίας θερμότητας, δεν είναι απαραίτητο μόνο να βελτιωθεί η αποδοτικότητα του συστήματος και ο συνδυασμός παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και να μειωθεί η ποσότητα, και να βελτιωθεί ο τύπος των χρησιμοποιούμενων υλικών. (Eicher et al, 2013).

5.Μελέτη περίπτωσης -Περιγραφή

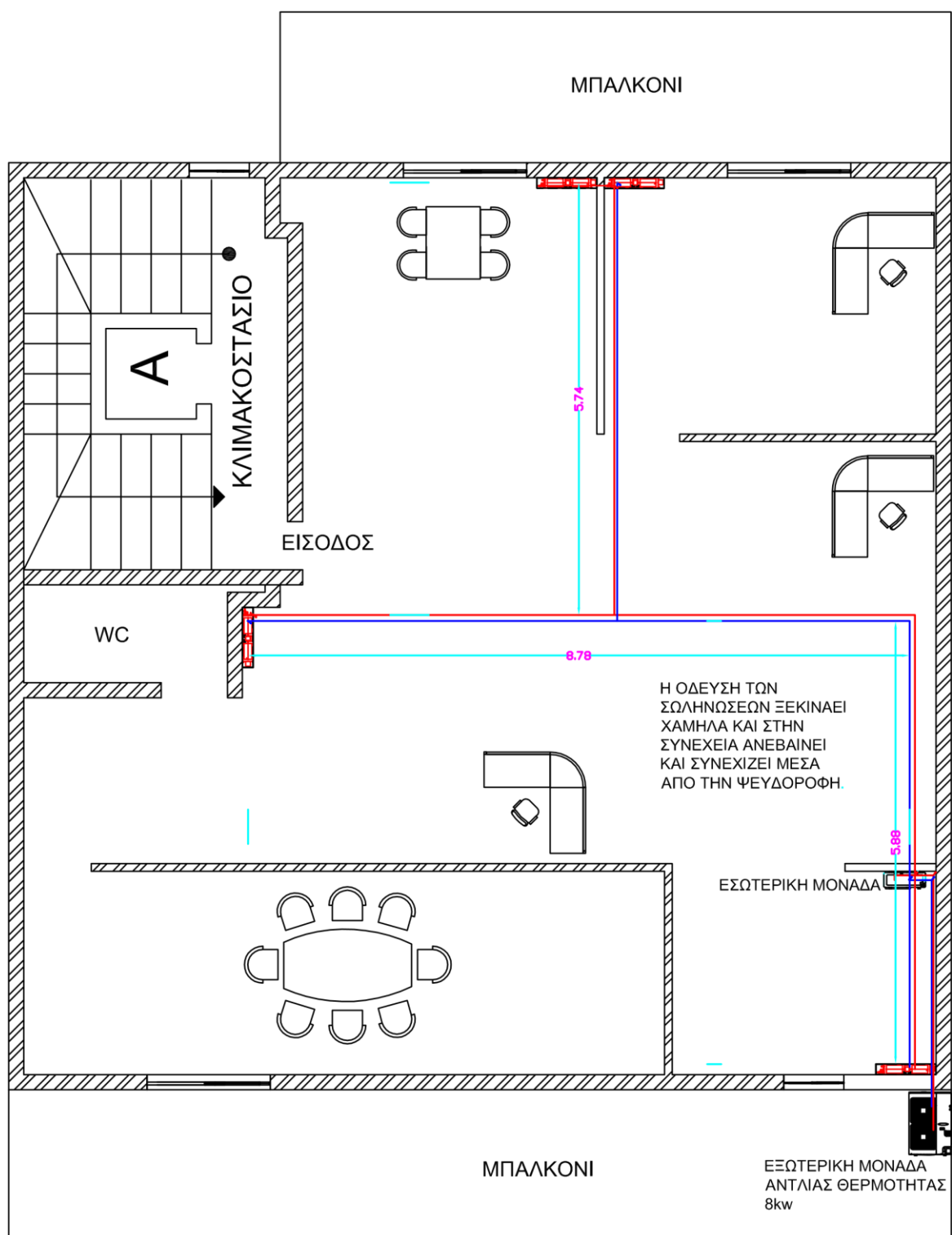
Στην εργασία μελετάται η περίπτωση εφαρμογής της Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης του Κύκλου Ζωής σε μία αντλία θερμότητας, η οποία είναι εγκατεστημένη σε γραφείο 1^{ου} ορόφου, ενός πενταόροφου κτιρίου στην περιοχή της Καλλιθέας, το οποίο χρησιμοποιείται ως έδρα επιχείρησης. Συγκεκριμένα έχει εμβαδό 120m² και καταλαμβάνει ολόκληρο τον όροφο. Η προς μελέτη αντλία θερμότητας έχει κατασκευαστεί σε εργοστάσιο, που βρίσκεται στην Κεντρική Ιταλία και είναι αντλία αέρα-νερού. Το συνολικό της βάρος είναι **100kg**. Αποτελείται από την εσωτερική μονάδα (71,4kg) και την εξωτερική μονάδα (28,6kg).

Αρχή λειτουργίας αντλίας θερμότητας αέρα-νερού:

Ο συγκεκριμένος τύπος χρησιμοποιείται κυρίως σε συστήματα κεντρικού κλιματισμού μεγάλων κτηρίων, όπου είναι απαραίτητος ο έλεγχος της θερμοκρασίας σε κάθε κλιματιστική ζώνη αλλά και σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή θερμού και ψυχρού νερού. Και σε αυτή την περίπτωση η άντληση/απόρριψη θερμότητας γίνεται από τον αέρα μέσω ενός αερόψυκτου εξατμιστή/συμπυκνωτή. Στη συνέχεια, το ψυκτικό ρευστό ανταλλάσσει θερμότητα με ένα δευτερεύον κύκλωμα νερού μέσω ενός υδρόψυκτου συμπυκνωτή/εξατμιστή (**Εικόνα 5.1**).



Εικόνα 5.1. Αρχή λειτουργίας αντλίας θερμότητας αέρα-νερού



Εικόνα 5.2 Κάτοψη ορόφου όπου είναι εγκατεστημένη η αντλία θερμότητας

Τα κυριότερα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης παρατίθενται στον **Πίνακα 5.1**

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Θερμοδυναμικές επιδόσεις της εξωτερικής μονάδας		
	Συνθήκες θερμοκρασίας °C 7/6_30/35°C	Συνθήκες θερμοκρασίας °C -7/-8_*/35°C
Ονομαστική ισχύς(kW)	7,36	3,96
Απορροφούμενη ισχύς (kW)	2,3	2,31
COP	3,2	1,71
Πεδίο λειτουργίας		
T° νερού θέρμανσης min/max °C	20/60°C	
T° εξωτερικού αέρα min/max	-20/30°C	
Συμπιεστής		
Τύπος	Rotary DC Inverter Technology	
Αριθμός	1	
Τύπος εκκίνησης	Προοδευτικός	
Εξατμιστής		
Τύπος	Πτερυγωτοί σωλήνες	
Βάρος		
Βάρη κατά την αποστολή (kg)	71,4	
Υδραυλικά		
Όγκος νερού (l)	0,8	
Πίεση του νερού max (kPa)	300	

Πίνακας 5.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά εξωτερικής μονάδας

Τα βασικότερα μηχανικά και κατασκευαστικά μέρη της αντλίας θερμότητας είναι τα εξής:

- 1) Ηλεκτρική αντίσταση
- 2) Περίβλημα
- 3) Συμπιεστής
- 4) Πίνακας ελέγχου
- 5) Λοιπά μέρη αντλίας (πχ. Υδραυλικές σωληνώσεις, βαλβίδες εκτόνωσης, ψυκτικό υγρό)

Επιπλέον για την εγκατάσταση της αντλίας νερού αέρα, χρησιμοποιήθηκαν γραμμές σωληνώσεων μήκους 66,00m συνολικά.

5.1 Σκοπός και ορισμός αντικειμένου της παρούσας μελέτης

Σκοπός της μελέτης LCA στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι να υπολογιστούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από τις διάφορες διαδικασίες που απαιτούνται για τη κατασκευή, τη συσκευασία, την τελική διάθεση, αλλά και την εγκατάσταση της αντλίας θερμότητας. Τα μέρη, που απαρτίζουν την αντλία, αποτελούνται από πολλά και διαφορετικά υλικά, για αυτό κρίνεται απαραίτητος ο διαχωρισμός τους, ώστε να μελετηθούν ξεχωριστά πριν προστεθούν στο γενικό σύστημα της αντλίας θερμότητας.

Το αντικείμενο της μελέτης, δηλαδή τα στάδια του κύκλου ζωής που θα μελετηθούν στη συγκεκριμένη ΑΚΖ, είναι η κατασκευή της αντλίας, η συσκευασία της, η μεταφορά της και η εγκατάστασή της .

5.2 Επιλογή της λειτουργικής μονάδας

- Ως λειτουργική μονάδα ορίζεται το 1 τεμάχιο αντλίας θερμότητας (συμπεριλαμβανομένης της συσκευασίας) συνολικού βάρους 120kg .

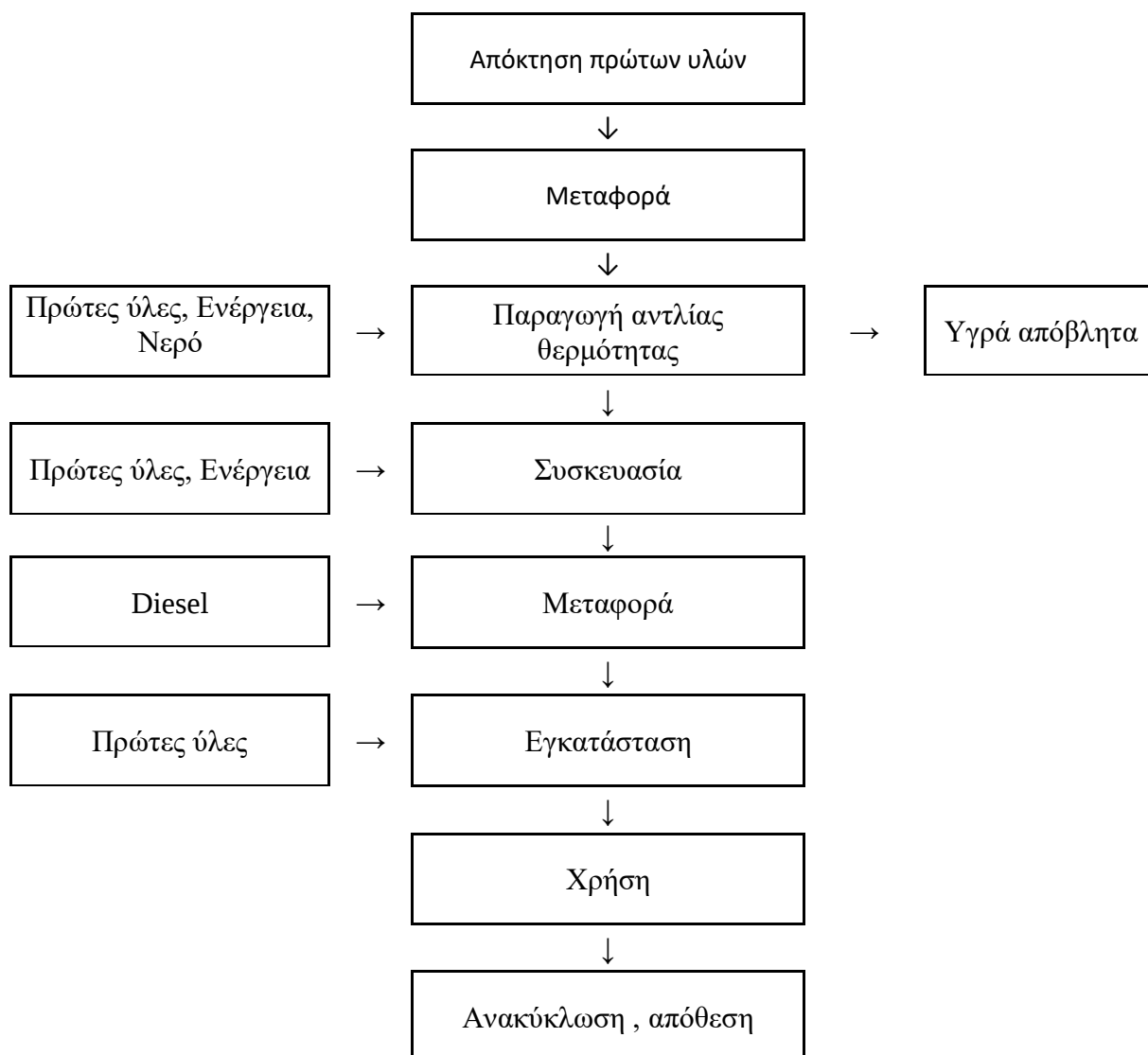
5.3 Καθορισμός των ορίων του αρχικού συστήματος

- Τα όρια του συστήματος όσο αναφορά την γεωγραφία είναι η Καλλιθέα, Αττικής (τόπος εγκατάστασης της αντλίας). Τα όρια που αφορούν την φύση είναι από την κατασκευή της αντλίας ως και την απόθεσή της . Ως χρόνος ζωής της αντλίας ορίζονται τα 20 χρόνια.

5.4 Περιγραφή των απαιτούμενων κατηγοριών δεδομένων

- Η διαδικασία παραγωγής της αντλίας ξεκινά από το εργοστάσιο κατασκευής και διάθεσης συστημάτων θέρμανσης-κλιματισμού στην Κεντρική Ιταλία. Στη συνέχεια αφού συσκευαστεί μεταφέρεται οδικώς και ακτοπολικώς στην Καλλιθέα -Αττικής , όπου και θα εγκατασταθεί.

Σχεδιασμός διαγράμματος ροής



Διάγραμμα ροής κύκλου ζωής της αντλίας.

Το παραπάνω διάγραμμα είναι το διάγραμμα του κύκλου ζωής που θα μελετηθεί στο επόμενο κεφάλαιο. Το πρόγραμμα με το οποίο θα γίνει η απογραφή των δεδομένων αλλά και η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι το SimaPro 8.1.

5.5 Διατύπωση παραδοχών και των περιορισμών της μελέτης

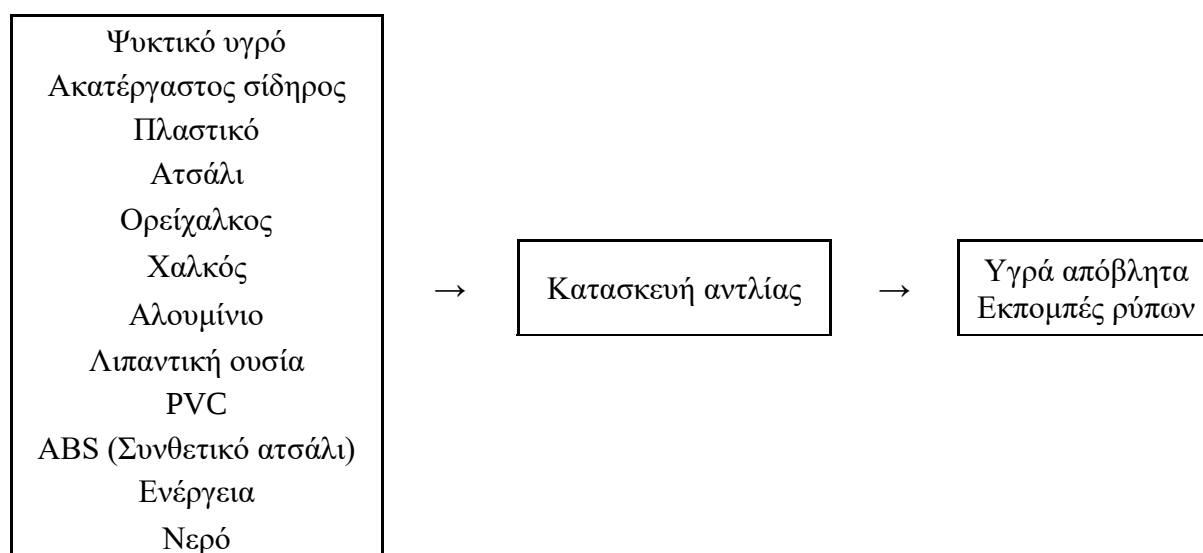
Στην παρούσα ΑΚΖ, δεν θα γίνει αναφορά των σταδίων χρήσης και απόθεσης των συστατικών της αντλίας. Το πρόγραμμα με το οποίο θα γίνει η απογραφή των δεδομένων αλλά και η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι το SimaPro 8,1.

6.Ανάλυση του κύκλου ζωής αντλίας θέρμανσης κλιματισμού 8kw αέρος /νερού

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση του κύκλου ζωής μίας αντλίας αέρος -νερού που κατασκευάστηκε στην Κεντρική Ιταλία και εγκαταστάθηκε σε κτίριο 1^{ου} ορόφου στην Καλλιθέα όπου στεγάζεται η έδρα επιχείρησης. Η αντλία καλύπτει της ανάγκες θέρμανσης κατά την περίοδο του χειμώνα αλλά και ψύξης κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου. Έχει επιλεγεί με κριτήριο την σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, η οποία έχει ως αποτέλεσμα όχι μόνο την μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αλλά και την μείωση του ποσού που δαπανά η εταιρεία για την κάλυψη των αναγκών της σε θέρμανση και κλιματισμό. Το εμβαδό του ορόφου που είναι εγκατεστημένη η υπό εξέταση αντλία είναι 120m².

Τα στάδια που θα μελετηθούν στη συγκεκριμένη ΑΚΖ είναι η κατασκευή της αντλίας, η συσκευασία της, η μεταφορά της και η εγκατάστασή της.

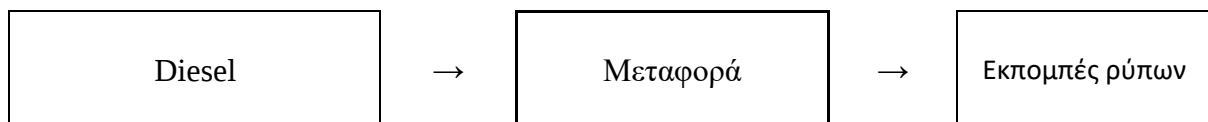
Αναλυτικά τα διαγράμματα ροής των σταδίων :



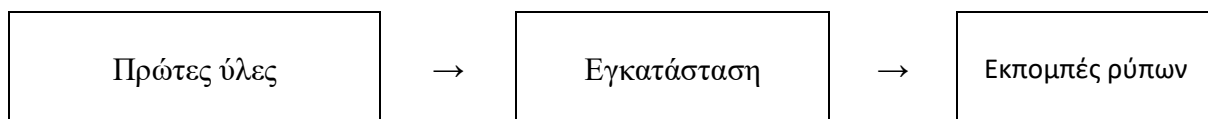
Διάγραμμα 6.1: Διάγραμμα ροής του σταδίου κατασκευής της αντλίας



Διάγραμμα 6.2: Διάγραμμα ροής του σταδίου συσκευασίας της αντλίας



Διάγραμμα 6.3: Διάγραμμα ροής του σταδίου μεταφοράς της αντλίας



Διάγραμμα 6.4: Διάγραμμα ροής του σταδίου εγκατάστασης της αντλίας.

6.1 Πηγές των δεδομένων

Για τον συγκεκριμένο τύπο αντλίας αέρα-νερού, για τα στάδια της κατασκευής και της συσκευασίας, οι πηγές δεδομένων είναι το εργοστάσιο κατασκευής της αντλίας, καθώς επίσης και σχετικά τεχνικά εγχειρίδια.

Η συλλογή πληροφοριών για το στάδιο της μεταφοράς της αντλίας, έγινε από την μεταφορική εταιρεία με έδρα την Ελλάδα, η οποία συνεργάζεται με το εργοστάσιο κατασκευής και πραγματοποίησε την μεταφορά της από την Ιταλία, ως τον τόπο εγκατάστασής της.

Όσο αφορά την εγκατάσταση της αντλίας, πηγή δεδομένων αποτέλεσε ο υπεύθυνος της εταιρείας, στο χώρο της οποίας εγκαταστάθηκε η αντλία.

6.2 Απογραφή Δεδομένων

Αντλία Θερμότητας (heatpump)

Η αντλία θερμότητας ως κατασκευή αποτελείται από επιμέρους κομμάτια που την συνθέτουν. Το σύνολο αυτών των μηχανικών και κατασκευαστικών μερών, παράγονται και συναρμολογούνται στο ίδιο εργοστάσιο.

Λόγω του μεγάλου αριθμού των εξαρτημάτων, από τα οποία απαρτίζεται η αντλία, για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, λήφθηκαν υπόψη τα 5 βασικότερα μέρη της. Κάθε μέρος αποτελείται από επιμέρους εξαρτήματα, που το σύνολο τους αποτελεί την αντλία.

Αναλυτικότερα η συγκεκριμένη αντλία αποτελείται από

1. Το περίβλημα
2. Τον συμπιεστή
3. Το σύστημα ελέγχου
4. Την ηλεκτρική αντίσταση
5. Λοιπά μέρη

Τα υλικά τα οποία απαιτούνται για την κατασκευή τους βρίσκονται στους παρακάτω πίνακες :

Πίνακας 6.1 Οι πρώτες ύλες που απαιτούνται για την κατασκευή του περιβλήματος

Υλικό	Ποσότητα	Μονάδα μέτρησης
Ατσάλι	2,30	kg
Χαλκός	0,50	kg
PVC	0,20	Kg

Πίνακας 6.2: Οι πρώτες ύλες που απαιτούνται για την κατασκευή του συμπιεστή

Υλικό	Ποσότητα	Μονάδα μέτρησης
Ατσάλι	2,50	Kg
Χαλκός	0,50	Kg
Λιπαντική ουσία	0,40	L

Πίνακας 6.3: Οι πρώτες ύλες που απαιτούνται για την κατασκευή του συστήματος ελέγχου

Υλικό	Ποσότητα	Μονάδα μέτρησης
Πλαστικό	0,35	Kg
Χαλκός	0,44	Kg
Αλουμίνιο	0,03	Kg
Ατσάλι	12,00	Kg

Πίνακας 6.4: Οι πρώτες ύλες που απαιτούνται για την κατασκευή της ηλεκτρικής αντίστασης

Υλικό	Ποσότητα	Μονάδα μέτρησης
Ατσάλι	53,00	Kg
ABS (Συνθετικό ατσάλι)	0,50	Kg

Πίνακας 6.5 Οι πρώτες ύλες που απαιτούνται για την κατασκευή του λοιπών μερών :

Υλικό	Ποσότητα	Μονάδα μέτρησης
Ψυκτικό υγρό	1,35	Kg
Ακατέργαστος σίδηρος	1,50	kg
Πλαστικό	3,70	kg
Ατσάλι	4,50	kg
Ορείχαλκος	0,23	kg
Χαλκός	16,00	kg

Στάδιο κατασκευής (Heat pump fabrication)

Ως λειτουργική μονάδα, όπως έχει αναφερθεί και στο προηγούμενο κεφάλαιο έχει οριστεί μία αντλία θερμότητας. Κατά την κατασκευή του ενός τεμαχίου απαιτείται συνολικά ενέργεια ίση με 39,5kWh. Επιπλέον θα πρέπει να αναφερθεί και η εισροή νερού στο στάδιο της κατασκευής ίσο με 0,058m³ νερού, τα οποία συνέχεια απορρίπτονται στο περιβάλλον σε μορφή υγρών απόβλητων ίδιου ακριβώς βάρους.

Στάδιο συσκευασίας (Heat pump Packaging)

Η συσκευασία του προϊόντος μετά την διαδικασία της κατασκευής λαμβάνει χώρα στο εργοστάσιο κατασκευής με τα εξής υλικά:

Πίνακας 6.6 : Υλικά συσκευασίας

Υλικό	Ποσότητα	Μονάδα μέτρησης
Ξύλινη παλέτα	1	p
Χαρτί	5,5	kg
Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας	0,58	kg
Πολυπροπυλένιο	0,031	kg
Πολυστερένιο	0,2	kg

Στάδιο μεταφοράς (Heat pumpTransport)

Η μεταφορά της αντλίας ξεκινά οδικώς από την Κεντρική Ιταλία με προορισμό το λιμάνι του Μπάρι, από όπου ξεκινά η αποστολή της αντλίας στην Ελλάδα. Αυτή η απόσταση είναι 538,52km.

Στη συνέχεια φορτώνεται στο πλοίο με προορισμό την Ηγουμενίτσα. Η απόσταση Μπάρι-Ηγουμενίτσα είναι 361km. Από την Ηγουμενίτσα οδικώς μεταφέρεται και αποθηκεύεται στο Καλοχώρι του νομού Θεσσαλονίκης, όπου βρίσκεται η κεντρική αποθήκη της εταιρείας που εισαγάγει την συγκεκριμένη αντλία, διανύοντας ακόμη 319,61km. Από την αποθήκη έως την Καλλιθέα Αττικής, όπου εγκαταστάθηκε, διάνυσε οδικώς 506,73km επιπλέον.

Συνοψίζοντας, η συνολική απόσταση από το εργοστάσιο παραγωγής έως το σημείο της εγκατάστασης είναι 1.364,86km οδικώς. Επιπλέον 361km είναι η συνολική απόσταση που χρειάστηκε να μεταφερθεί η αντλία θερμότητας (μαζί με τη συσκευασία της) με πλοίο.

Η αντλία θερμότητας έχει αρχικό βάρος ίσο με 100kg. Σε αυτό πρέπει να προστεθεί και το βάρος της συσκευασίας το οποίο είναι 20kg. Οπότε το συνολικό βάρος της αντλίας ανέρχεται σε 120kg. Το συνολικό μεταφορικό έργο υπολογίζεται σε τονοχιλιόμετρα, δηλαδή το συνολικό βάρος της αντλίας επί της συνολικής απόστασής μεταφοράς της. Στη συγκεκριμένη περίπτωση διάνυσε $0,120 \cdot 1.365 = 163,8 \text{tkm}$ κατά την μεταφορά της οδικώς και $0,120 \cdot 43,20 = 43,20 \text{tkm}$ με πλοίο.

Στάδιο εγκατάστασης (Heat pump installation)

Τέλος κατά την διαδικασία της εγκατάστασης της αντλίας χρησιμοποιήθηκαν σωληνώσεις από χαλκό αποξειδωμένο με φώσφορο (DHP-Cu) με ελάχιστη περιεκτικότητα σε χαλκό 99,9% και P= 0,015% - 0,040%. Ειδικότερα για την σύνδεση της εξωτερικής μονάδας με την εσωτερική μονάδα της αντλίας, χρειάστηκαν χαλκοσωλήνες συνολικού μήκους 10m, διατομής 18mm και πάχους 0,80mm (18x 0,80). Το βάρος αυτής της διάστασης χαλκοσωλήνα είναι 0,385kg/m, άρα $10 \times 0,385 = 3,85\text{kg}$. Αντίστοιχα για την σύνδεση της αντλίας με τα σώματα (fancoil), χρησιμοποιήθηκαν χαλκοσωλήνες συνολικού μήκους 56m, διαμέτρου 28mm και πάχους 0,90mm (28 x 0,90). Το βάρος αυτής της διάστασης χαλκοσωλήνα είναι ίσο με 0,682kg/m, άρα το συνολικό βάρος είναι $56 \times 0,682 = 38,36\text{kg}$. Συνοψίζοντας το συνολικό βάρος των χαλκοσωληνώσεων είναι 42Kg.

Πίνακας 6.7: Πίνακας τυποποίησης χαλκού αποξειδωμένου με φώσφορο (DHP-Cu) με ελάχιστη περιεκτικότητα σε χαλκό 99,9% και P= 0,015% - 0,040%.

Diameter x Thickness d x s (mm)	Internal diameter (mm)	Nominal Copper weight (kg/m)	External surface area (m ² /m)	Filling volume (l/m)	Straight lengths (m)	Pieces per bundle
18X0,80	16,4	0,385	0,057	0,211	3	450
28X0,90	26,2	0,682	0,088	0,539	3	200

6.3 Οι περιορισμοί της μελέτης:

Στην παρούσα μελέτη δεν θα μελετηθούν τα στάδια της χρήσης, αλλά και του τέλους ζωής της αντλίας (endoflife).

Στο στάδιο της εγκατάστασής έχουν ληφθεί υπόψη μόνο τα τμήματα των σωληνώσεων που χρειάστηκαν κι όχι τα σώματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας - (fan coils) που μεταφέρουν την θερμότητα ή αντίστοιχα την ψύξη μέσω της τροφοδοσίας τους με νερό στο χώρο.

Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι από το εργοστάσιο κατασκευής της αντλίας, δόθηκε ως δεδομένο, ότι για την κατασκευή της αντλίας γίνεται χρήση του ψυκτικού υγρού P410a. Όμως η μέθοδος SimaPro διαθέτει περιορισμένο αριθμό υλικών, για να μοντελοποιήσει και να εξάγει αποτελέσματα. Για αυτό το λόγο επιλέχθηκε το ψυκτικό υγρό R134a. Τα συστήματα αντλιών θερμότητας που χρησιμοποιούν τη σχετικά νέα αυτή χημική ουσία είναι πιο αποτελεσματικά, δηλαδή καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια και είναι λιγότερο πιθανό να καούν. Επιπλέον, το R410A απορροφά και απελευθερώνει θερμότητα πιο αποτελεσματικά, πράγμα που σημαίνει ότι τα συστήματα που το χρησιμοποιούν λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια και λειτουργούν με μεγαλύτερη απόδοση. Εκτός από τα θετικά ενεργειακά οφέλη, το R410A έχει τη δυνατότητα να μειώνει τα μεγέθη του εναλλάκτη θερμότητας, ιδιαίτερα τον συμπιεστή και τον συμπυκνωτή, καθώς συλλαμβάνει και απελευθερώνει θερμότητα καλύτερα (Chen et al, 2008).

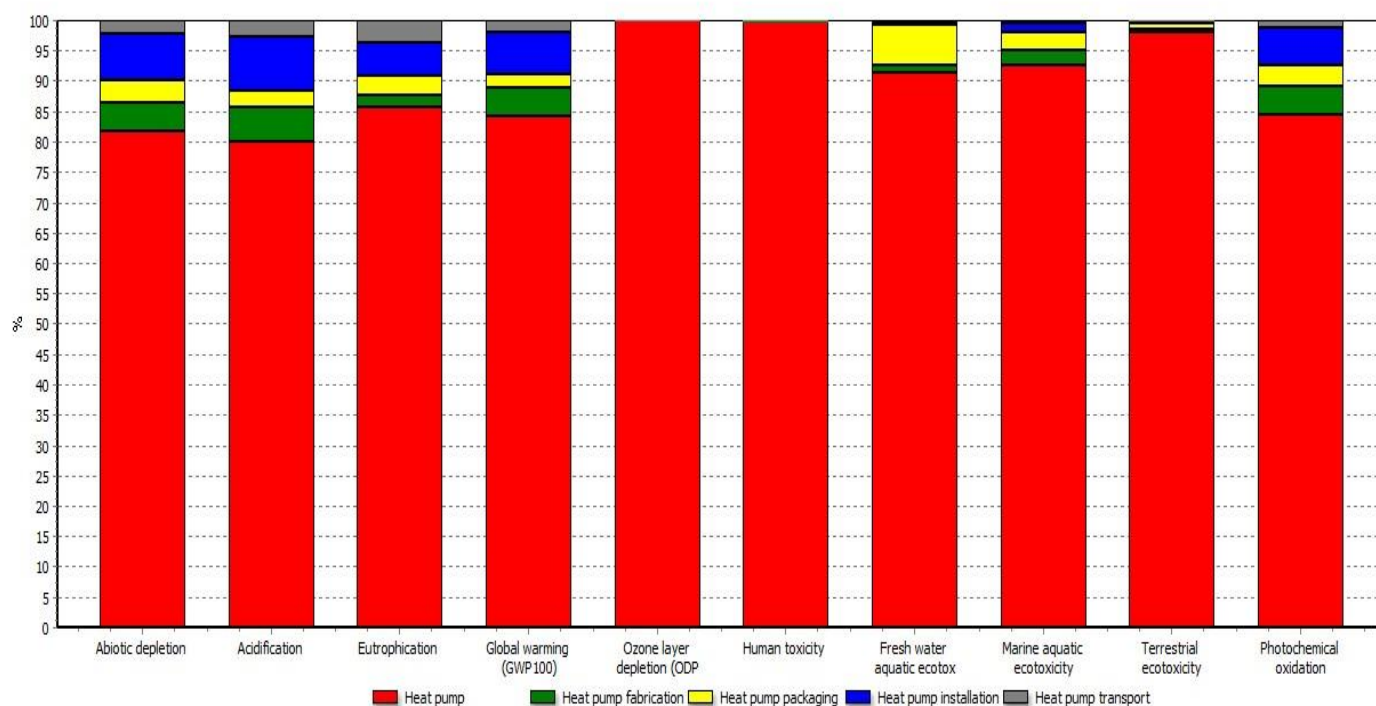
6.4 Αποτελέσματα έρευνας

Για την παρούσα μελέτη, η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων είναι η μέθοδος CML2 Baseline2000. Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση των επιπτώσεων ενώ για την κανονικοποίηση των αποτελεσμάτων έγινε χρήση δεδομένων για τη Δυτική Ευρώπη το 1995 (WestEurope 1995).

Η μέθοδος CML 2 Baseline 2000 αποτελεί μία αναβάθμιση της μεθόδου CML 1992 που αναπτύχθηκε στο Κέντρο Περιβαλλοντικής Επιστήμης του Πανεπιστημίου του Leiden που βρίσκεται στην Ολλανδία. Οι κατηγορίες επιπτώσεων που εξετάζει η συγκεκριμένη μέθοδος είναι η εξάντληση των αβιοτικών όρων, η οξίνιση, η παγκόσμια υπερθέρμανση, η εξασθένιση της στοιβάδας του όζοντος, η τοξικότητα στον άνθρωπο, η θαλάσσια υδατική οικοτοξικότητα, η εδαφική οικοτοξικότητα και η φωτοχημική οξείδωση (Bovea et al, 2006).

6.5 Χαρακτηρισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του εξεταζόμενου κύκλου ζωής

Ο χαρακτηρισμός είναι το στάδιο στο οποίο γίνεται ο υπολογισμός του συνολικού δείκτη κάθε κατηγορίας επιπτώσεων σε κάθε κατηγορία. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μετατρέπονται σε δείκτη κατηγορίας (Bovea et al, 2006).



Analyzing 1 p life of heat pump;
Method: CML 2 baseline 2000 V2.05 / West Europe, 1995 / Characterization / Excluding long-term emissions

Διάγραμμα 6.5:Απεικόνιση περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κύκλου ζωής της αντλίας. -
Χαρακτηρισμός .

Κατηγορία επιπτώσεων	Σύνολο	Αντλία θερμότητας	Στάδιο Κατασκευής	Στάδιο συσκευασίας	Στάδιο Εγκατάστασης	Στάδιο μεταφοράς
Εξάντληση αβιοτικών πόρων(kg Sb eq)	3,531E+00	2,884E+00	1,674E-01	1,278E-01	2,738E-01	7,793E-02
Οξίνιση (kg SO2 eq)	2,633E+00	2,104E+00	1,522E-01	6,854E-02	2,387E-01	6,965E-02
Ευτροφισμός (kg PO4---eq)	3,532E-01	3,026E-01	6,767E-03	1,166E-02	1,872E-02	1,346E-02
Παγκόσμια υπερθέρμανση (kg CO2 eq)	5,921E+02	4,986E+02	2,796E+01	1,303E+01	4,114E+01	1,134E+01
Εξασθένιση της στοιβάδας του όζοντος (kg CFC-11 eq)	1,271E-02	1,270E-02	1,443E-06	8,540E-07	7,597E-06	2,134E-08
Τοξικότητα στον άνθρωπο (kg 1,4-DB eq)	5,680E+03	5,661E+03	3,618E+00	1,290E+01	2,382E+00	3,899E-01
Οικοτοξικότητα του γλυκού νερού (kg 1,4-DB eq)	6,598E+00	6,035E+00	7,268E-02	4,455E-01	3,510E-02	9,358E-03
Θαλάσσια υδατική οικοτοξικότητα(kg 1,4-DB eq)	2,985E+04	2,767E+04	7,364E+02	8,547E+02	4,578E+02	1,361E+02
Εδαφική οικοτοξικότητα(kg 1,4-DB eq)	6,666E+00	6,530E+00	3,548E-02	6,209E-02	3,599E-02	3,195E-03
Φωτοχημική οξειδωση (kg C2H4 eq)	1,557E-01	1,315E-01	7,038E-03	5,729E-03	9,610E-03	1,735E-03

Πίνακας 6.8: Αποτελέσματα όλων των κατηγοριών επιπτώσεων του κύκλου ζωής της αντλίας

Κατηγορία επιπτώσεων	Σύνολο	Αντλία θερμότητας	Στάδιο Κατασκευής	Στάδιο συσκευασίας	Στάδιο Εγκατάστασης	Στάδιο μεταφοράς
Εξάντληση αβιοτικών πόρων(kg Sb eq)%	100	81,68	4,74	3,62	7,75	2,21
Οξίνιση (kg SO ₂ eq)%	100	79,91	5,78	2,60	9,07	2,64
Ευτροφισμός (kg PO ₄ ---eq) %	100	85,67	1,92	3,30	5,30	3,81
Παγκόσμια υπερθέρμανση (kg CO ₂ eq)%	100	84,21	4,72	2,20	6,95	1,92
Εξασθένιση της στοιβάδας του όζοντος (kg CFC-11 eq)%	100	99,92	0,01	0,01	0,06	0,00
Τοξικότητα στον άνθρωπο (kg 1,4-DB eq)%	100	99,66	0,06	0,23	0,04	0,01
Οικοτοξικότητα του γλυκού νερού (kg 1,4-DB eq)%	100	91,47	1,10	6,75	0,53	0,14
Θαλάσσια υδατική οικοτοξικότητα(kg 1,4-DB eq)%	100	92,68	2,47	2,86	1,53	0,46
Εδαφική οικοτοξικότητα(kg 1,4-DB eq)%	100	97,95	0,53	0,93	0,54	0,05
Φωτοχημική οξειδωση (kg C ₂ H ₄ eq) %	100	84,51	4,52	3,68	6,17	1,11

Πίνακας 6.9: Αποτελέσματα όλων των κατηγοριών επιπτώσεων του κύκλου ζωής της αντλίας σε ποσοστά %

Με βάση το διάγραμμα 5.6 και τον πίνακα 5.9, με μια πρώτη προσέγγιση, γίνεται άμεσα αντιληπτό ότι και στις 10 κατηγορίες επιπτώσεων, ο κύκλος ζωής της αντλίας παρουσιάζει επιπτώσεις .

Είναι εμφανές ότι οι πρώτες ύλες, από τις οποίες αποτελείται η αντλία (κόκκινο χρώμα) , είναι υπεύθυνες για την εμφάνιση των μεγαλύτερων ποσοστών επιπτώσεων σε όλες τις κατηγορίες συγκριτικά με τα υπόλοιπα στάδια του κύκλου ζωής της αντλίας. Η κατηγορία της θαλάσσιας υδατικής οικοτοξικότητας, εμφανίζει τις μεγαλύτερες επιπτώσεις. Ακολουθεί η κατηγορία της τοξικότητας στον άνθρωπο. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να σημειωθεί ότι το στάδιο της μεταφοράς παρουσιάζει τις μικρότερες επιπτώσεις σε σύγκριση πάντα με τα υπόλοιπα στάδια.

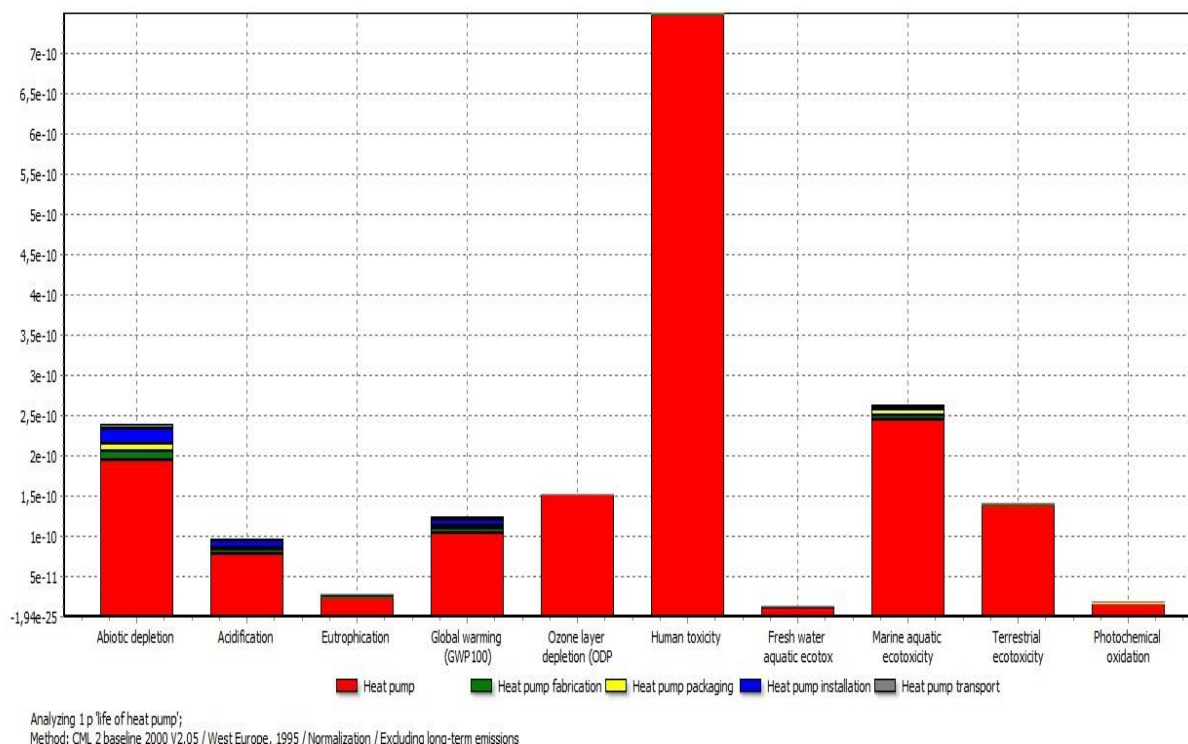
Αναλυτικά εξετάζοντας την κάθε κατηγορία ξεχωριστά , παρατηρείται ότι :

- Για την κατηγορία της εξάντλησης των αβιοτικών πόρων, την μεγαλύτερη συνεισφορά παρουσιάζει η αντλία (πρώτες ύλες) με ποσοστό 81,68 %, ακολουθεί το στάδιο της εγκατάστασης με 7,75 %. Η μικρότερη συνεισφορά συναντάται στο στάδιο της μεταφοράς με ποσοστό 2,21 %.

- Η δεύτερη κατηγορία είναι αυτή της οξίνισης. Και σε αυτή την κατηγορία , υπεύθυνη με ποσοστό 79,91 % είναι η σύσταση της αντλίας, αμέσως μετά ακολουθεί με 9,07 % το στάδιο της εγκατάστασης και το στάδιο της κατασκευής με 5,75%. Με μικρότερη παρουσία εμφανίζονται τα στάδια: μεταφοράς με 2,64 % και συσκευασίας με 2,60%.
- Η τρίτη κατηγορία είναι αυτή του ευτροφισμού . Είναι εμφανές ότι και σε αυτή την κατηγορία το μεγαλύτερο ποσοστό (85,67%) δημιουργίας επιπτώσεων το κατέχει η αντλία και κατ' επέκταση τα υλικά που την απαρτίζουν. Με ποσοστό 5,30% ακολουθεί το στάδιο της εγκατάστασης. Ενώ με μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν τα υπόλοιπα στάδια του κύκλου ζωής της αντλίας.
- Η τέταρτη κατηγορία επιπτώσεων είναι η παγκόσμια υπερθέρμανση. Και σε αυτή την κατηγορία τη μεγαλύτερη συνεισφορά κατέχει η αντλία με ποσοστό 84,21%, ενώ το αμέσως επόμενο στάδιο του κύκλου ζωής της αντλίας, που ευθύνεται για την δημιουργία επιπτώσεων, είναι αυτό της εγκατάστασης με ποσοστό 6,95%, ενώ το στάδιο της κατασκευής ευθύνεται για το 4,72%.
- Οι επόμενες δύο κατηγορίες είναι η εξασθένιση της στοιβάδας του όζοντος και η τοξικότητα στον άνθρωπο. Και στις δύο αυτές κατηγορίες η συνεισφορά, των υλικών που συνθέτουν την αντλία ,στις επιπτώσεις αγγίζουν το 100%. Αναλυτικά για την εξασθένιση της στοιβάδας του όζοντος, είναι υπεύθυνη με ποσοστό 99,92%, και αντίστοιχα για την τοξικότητα στον άνθρωπο με ποσοστό 99,66%.
- Η έβδομη κατηγορία είναι αυτή της οικοτοξικότητας του γλυκού νερού. Ακολουθώντας και πάλι η αντλία συναντάται με ποσοστό 91,47% και ακολουθεί το στάδιο της συσκευασίας με 6,75%.⁴
- Οι δύο επόμενες κατηγορίες είναι η θαλάσσια υδατική οικοτοξικότητα και η εδαφική οικοτοξικότητα. Και εδώ κυριαρχεί η συνεισφορά της αντλίας κατά 92,68% και 97,95% αντίστοιχα .
- Τέλος η δέκατη κατηγορία είναι αυτή της φωτοχημικής οξείδωσης. Σε αυτή η συνεισφορά της αντλίας είναι 84,51%, της εγκατάστασης 6,17%, της κατασκευής 4,52%, της συσκευασίας 3,68% .

Κανονικοποίηση

Στο στάδιο της κανονικοποίησης τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τον χαρακτηρισμό συσχετίζονται με το συνολικό μέγεθος κάθε κατηγορίας επιπτώσεων



Διάγραμμα 6.6:Απεικόνιση περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κύκλου ζωής της αντλίας. - κανονικοποίηση.

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα, γίνεται άμεσα αντιληπτό ότι η κατηγορία επιπτώσεων με το μεγαλύτερο μέγεθος είναι η τοξικότητα στον άνθρωπο, για την οποία υπεύθυνη είναι η αντλία με ποσοστό 99,66%.

Η αμέσως επόμενη κατηγορία επιπτώσεων είναι η θαλάσσια υδατική οικοτοξικότητα. Και σε αυτή την κατηγορία επιπτώσεων η αντλία συνεισφέρει με αρκετά μεγάλο ποσοστό 92,68%, ενώ ακολουθούν το στάδιο συσκευασίας με 2,86% και το στάδιο της κατασκευής με 2,47%.

Με σχεδόν ίδια βαρύτητα εμφανίζονται και οι επιπτώσεις της κατηγορίας των αβιοτικών πόρων. Σε αυτή την κατηγορία, όπου και εδώ επιδρά με μεγάλο ποσοστό η σύσταση της αντλίας με 81,68%. Το στάδιο της εγκατάστασης είναι υπεύθυνο για το 7,75% και το στάδιο της μεταφοράς για το 2,21%.

Οι κατηγορίες επιπτώσεων εξασθένισης της στοιβάδας του όζοντος και εδαφικής οικοτοξικότητας, έχουν το ίδιο περίπου μέγεθος και η παρουσία τους οφείλεται σχεδόν εξολοκλήρου στην αντλία. Με ποσοστά που αγγίζουν το 99,92% και το 97,95%, αντίστοιχα.

Η κατηγορία επιπτώσεων της οξίνισης, προκαλείται με ποσοστό 79,91 % από την αντλία, με ποσοστό 9,07 % από την εγκατάσταση και από την κατασκευή με 5,75%.

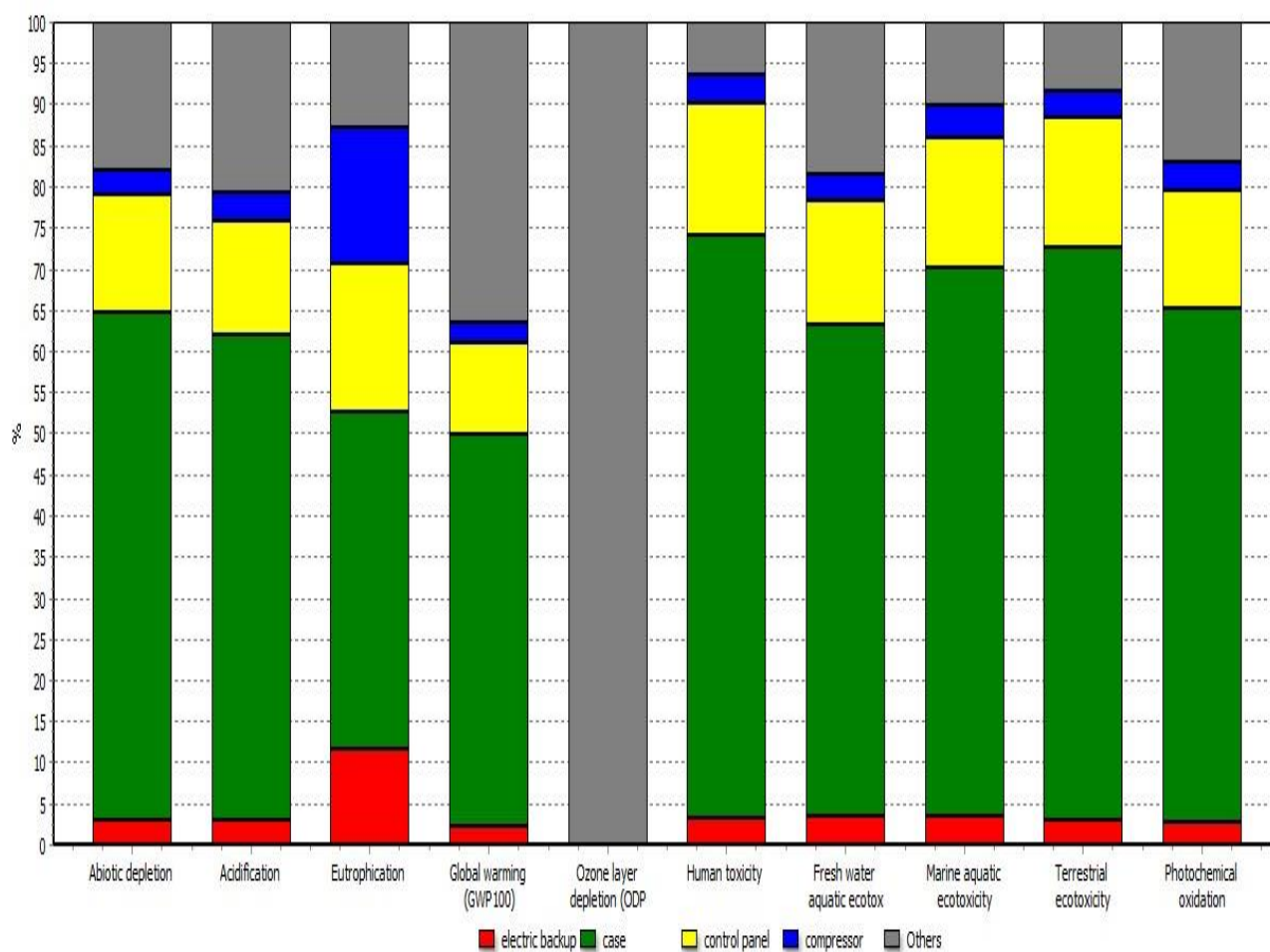
Οι κατηγορίες παγκόσμια υπερθέρμανση και ευτροφισμός είναι απόρροια, σε ποσοστά σχεδόν 100%. Ενώ οι κατηγορίες φωτοχημική οξείδωση και οικοτοξικότητα του γλυκού νερού , φαίνεται από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης ότι έχουν μηδαμινές τιμές.

6.7 Συμπεράσματα μελέτης των επιπτώσεων του κύκλου ζωής της υπό εξέτασης αντλία

Το πρώτο συμπέρασμα από μια πρώτη ανάγνωση των παραπάνω είναι ότι αντλία συμβάλει με το μεγαλύτερο ποσοστό, σχεδόν μονοπωλεί στις επιπτώσεις όλων των κατηγοριών σε σύγκριση με τα υπόλοιπα στάδια του κύκλου ζωής της αντλίας. Για να εμβαθύνουμε περισσότερο την έρευνα μας θα ανατρέξουμε στα υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένη η υπό εξέταση αντλία, και με την βοήθεια της διαθέσιμης μεθόδου αξιολόγησης επιπτώσεων CML 2 BASELINE 2000 έκδοση 2.05 / West Europe, 1995, θα προσπαθήσουμε να εντοπίσουμε ποιο ή ποια από τα μέρη που αποτελείται, ευθύνεται για αυτά τα μεγάλα ποσοστά συμμετοχής στην δημιουργία περιβαλλοντικών επιπτώσεων .

Τα μέρη από τα οποία αποτελείται η αντλία είναι το περίβλημα, ο συμπιεστής, το σύστημα ελέγχου, η ηλεκτρική αντίσταση και τα λοιπά μέρη. Η αναλυτική απογραφή των υλικών από τα οποία αποτελείται το κάθε μηχανικό και κατασκευαστικό μέρος έχουν αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο.

6.8 Χαρακτηρισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της αντλίας



Analyzing 1 p 'Heat pump';
Method: CML 2 baseline 2000 V2.05 / West Europe, 1995 / Characterization / Excluding long-term emissions

Διάγραμμα 6.7: Απεικόνιση περιβαλλοντικών επιπτώσεων της κατασκευής της αντλίας. - Χαρακτηρισμός.

Κατηγορία επιπτώσεων	Σύνολο	Ηλεκτρική αντίσταση	Περίβλημα	Σύστημα ελέγχου	Συμπίεστής	Λοιπά μέρη
Εξάντληση αβιοτικών πόρων(kg Sb eq)	2,88E+00	8,30E-02	1,78E+00	4,15E-01	8,81E-02	5,19E-01
Οξίνιση (kg SO ₂ eq)	2,10E+00	6,06E-02	1,24E+00	2,89E-01	7,32E-02	4,37E-01
Ευτροφισμός (kg PO ₄ --- eq)	3,03E-01	3,50E-02	1,24E-01	5,43E-02	5,03E-02	3,89E-02
Παγκόσμια υπερθέρμανση (kg CO ₂ eq)	4,99E+02	1,09E+01	2,38E+02	5,47E+01	1,26E+01	1,82E+02
Εξασθένιση της στοιβάδας του όζοντος (kg CFC-11 eq)	1,27E-02	4,51E-07	1,00E-05	2,30E-06	7,10E-07	1,27E-02
Ανθρώπινη τοξικότητα (kg 1,4-DB eq)	5,66E+03	1,76E+02	4,02E+03	9,13E+02	1,91E+02	3,65E+02
Οικοτοξικότητα του γλυκού νερού (kg 1,4-DB eq)	6,04E+00	2,05E-01	3,60E+00	9,13E-01	1,95E-01	1,12E+00
Θαλάσσια υδατική οικοτοξικότηταkg 1,4-DB eq	2,77E+04	9,89E+02	1,84E+04	4,35E+03	1,07E+03	2,82E+03
Εδαφική οικοτοξικότηταkg 1,4-DB eq	6,53E+00	2,01E-01	4,54E+00	1,03E+00	2,16E-01	5,42E-01
Φωτοχημική οξείδωση (kg C ₂ H ₄ eq)	1,32E-01	3,70E-03	8,20E-02	1,89E-02	4,41E-03	2,26E-02

Πίνακας 6.10: Αποτελέσματα όλων των κατηγοριών επιπτώσεων

Κατηγορία επιπτώσεων	Σύνολο	Ηλεκτρική αντίσταση	Περίβλημα	Σύστημα ελέγχου	Συμπίεστής	Λοιπά μέρη
Εξάντληση αβιοτικών πόρων(kg Sb eq)%	100	2,93	62,76	14,63	3,11	16,57
Οξίνιση (kg SO2 eq)%	100	2,94	60,35	14,03	3,55	19,13
Ευτροφισμός (kg PO4--- eq) %	100	10,01	49,84	18,24	11,77	10,14
Παγκόσμια υπερθέρμανση (kg CO2 eq)%	100	2,22	48,50	11,14	2,57	35,58
Εξασθένιση της στοιβάδας του όζοντος (kg CFC-11 eq)%	100	0,00	0,08	0,02	0,01	99,89
Τοξικότητα στον άνθρωπο (kg 1,4-DB eq)%	100	3,50	69,92	16,28	3,77	6,53
Οικοτοξικότητα του γλυκού νερού (kg 1,4-DB eq)%	100	4,71	66,83	16,75	4,96	6,75
Θαλάσσιουδατική οικοτοξικότητα(kg 1,4-DB eq)%	100	7,33	59,84	17,74	7,55	7,54
Εδαφική οικοτοξικότητα(kg 1,4-DB eq)%	100	3,09	69,51	15,85	3,32	8,23
Φωτοχημική οξείδωση (kg C2H4 eq) %	100	2,85	63,13	14,57	3,40	16,05

Πίνακας 6.11: Αποτελέσματα όλων των κατηγοριών επιπτώσεων(%)

Από το *Διάγραμμα 5.8*, διακρίνεται εύκολα ότι τα υλικά, από τα οποία αποτελείται το περίβλημα της αντλίας, συνεισφέρουν περισσότερο στην δημιουργία επιπτώσεων από ότι τα υπόλοιπα μέρη που συνθέτουν την αντλία. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι σε ποσοστό 100% , το περίβλημα (πράσινο χρώμα) αποτελείται από ατσάλι. Στη δημιουργία περιβαλλοντικών επιπτώσεων ακολουθούν με την εξής σειρά συνεισφοράς, τα λοιπά μέρη , ο πίνακας ελέγχου, ο συμπίεστής και η ηλεκτρική αντίσταση.

Αναλυτικά, στην πρώτη κατηγορία, σε αυτή των αβιοτικών πόρων, το περίβλημα είναι υπεύθυνο για την δημιουργία επιπτώσεων σε ποσοστό 62,76%, ενώ τα λοιπά μέρη ακολουθούν σε ποσοστό 16,57 %,το σύστημα ελέγχου σε ποσοστό 14,63, ο συμπίεστής σε ποσοστό 3,11 % και ηλεκτρική αντίσταση σε 2,93%.

Στην κατηγορία της οξίνισης το περίβλημα συνεισφέρει κατά 60,35 % στην δημιουργία επιπτώσεων και ακολουθούν τα λοιπά μέρη με 19,13 % και το σύστημα ελέγχου με 14,03 %.

Επίσης το περίβλημα εμφανίζεται με ποσοστό 49,84 % στην δημιουργία επιπτώσεων στην κατηγορία του ευτροφισμού. Με ποσοστό 18,24 % έπεται το σύστημα ελέγχου, και με την ίδια ποσοστιαία βαρύτητα εμφανίζονται τα υπόλοιπα τρία μέρη της αντλίας.

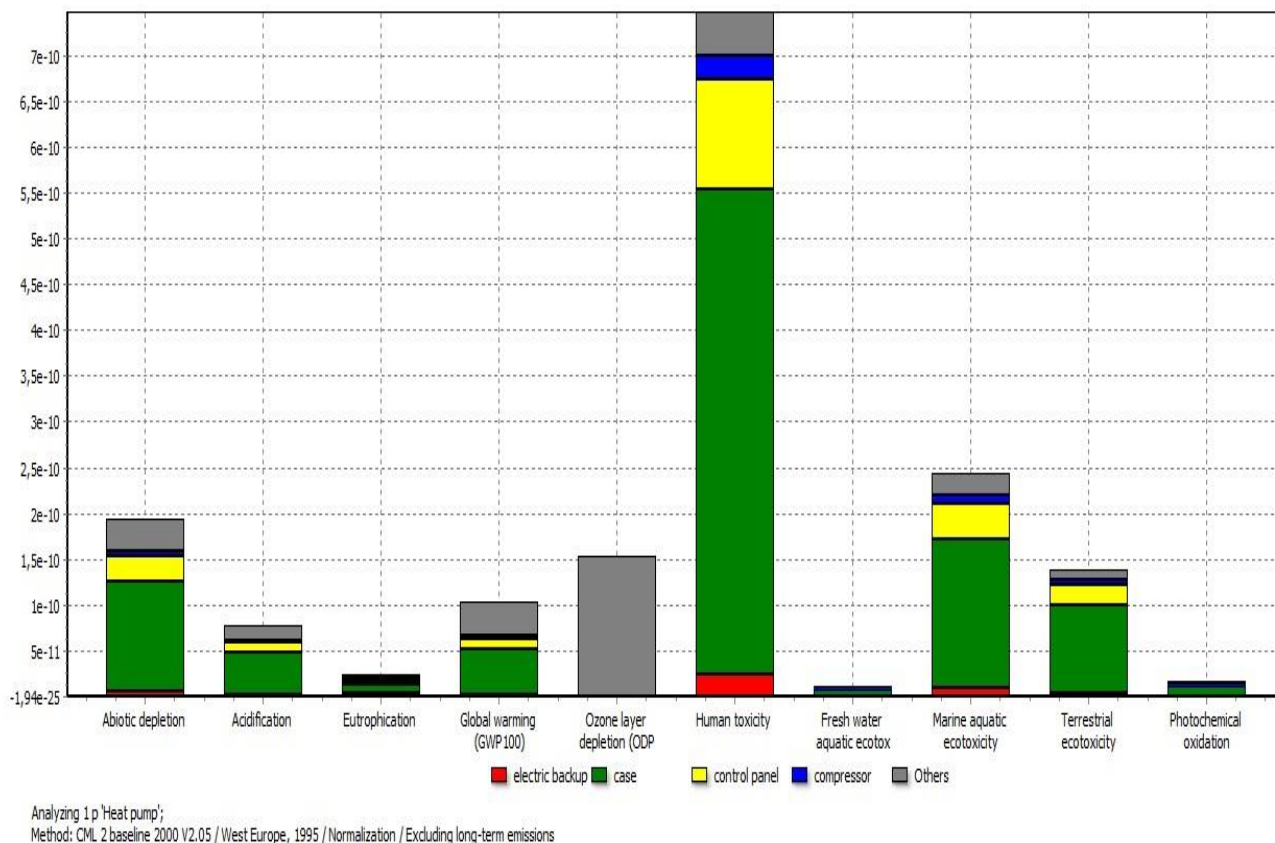
Η αμέσως επόμενη κατηγορία είναι αυτή της παγκόσμιας υπερθέρμανσης, όπου κι εδώ το περίβλημα δημιουργεί το 48,50%, όμως και η σύσταση των λοιπών μερών συνεισφέρει με ποσοστό 35,58%.

Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι στην κατηγορία επιπτώσεων της εξασθένησης της στοιβάδας του όζοντος , κύρια πηγή συνεισφοράς με ποσοστό 99,89 % , αποτελούν τα λοιπά μέρη. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφερθεί ότι στην ομάδα των λοιπών μερών ανήκει και το ψυκτικό υγρό, το οποίο είναι υπεύθυνο για την δημιουργία επιπτώσεων στην συγκεκριμένη κατηγορία.

Οι επόμενες τέσσερις κατηγορίες είναι η τοξικότητα στον άνθρωπο , η οικοτοξικότητα του γλυκού νερού, η θαλάσσια υδατική οικοτοξικότητα και η εδαφική οικοτοξικότητα , παρουσιάζουν παρόμοιο μοτίβο αποτελεσμάτων με το περίβλημα να έχει τη μεγαλύτερη συνεισφορά με ποσοστά 69,92 %, 66,83 %, 59,84 % και 69,51% αντίστοιχα. Το δεύτερο μέρος της αντλίας που συμβάλει στην δημιουργία των παραπάνω κατηγοριών είναι το σύστημα ελέγχου με ποσοστά 16,68 %, 16,75%, 17,74 % και 15,85 % αντίστοιχα.

Η τελευταία κατηγορία είναι αυτή της φωτοχημικής οξείδωσης .Και σε αυτή την κατηγορία την πλειοψηφία κατέχει το περίβλημα με 69,51%. Ενώ τα λοιπά μέρη ακολουθούν με 16,05% και το σύστημα ελέγχου με 14,57% .

6.9 Κανονικοποίηση των επιπτώσεων της αντλίας



Διάγραμμα 6.8: Απεικόνιση περιβαλλοντικών επιπτώσεων της αντλίας -Κανονικοποίηση .

Παρατηρώντας το διάγραμμα 5.6, είναι προφανές ότι η κατηγορία που παρουσιάζει τις μεγαλύτερες σε μέγεθος επιπτώσεις είναι η τοξικότητα στον άνθρωπο. Η συνεισφορά του περιβλήματος στην δημιουργία τους είναι 69,72 % , αυτό οφείλεται στο υλικό που κατά 100% απαιτείται για την κατασκευή του, το ατσάλι. Η δεύτερη αιτία που συμβάλει στην δημιουργία επιπτώσεων με ποσοστό 16,28 % είναι το σύστημα ελέγχου, το οποίο κι αυτό περιέχει 93,6 % ατσάλι. Σε μικρότερο βαθμό παρατηρείται η συμβολή των λοιπών μερών με ποσοστό 6,75 %.

Η αμέσως επόμενη αξιολογη επιρροή της αντλίας φαίνεται να είναι αυτή της θαλάσσιας υδατικής οικοτοξικότητας. Το περίβλημα είναι υπεύθυνο για το 59,84 %, ενώ με 17,74 %, ακολουθεί το σύστημα ελέγχου , και με σχεδόν ισόποση συμμετοχή συμβάλουν ο συμπιεστής, τα λοιπά και η ηλεκτρική αντίσταση με 7,55 %, 7,54 % και 7,33% αντίστοιχα.

Η αμέσως επόμενη κατηγορία είναι η εξάντληση των αβιοτικών πόρων, όπου για ακόμη φορά συνεισφέρει με πλειοψηφία με ποσοστό 62 % το περίβλημα . Ακολουθούν τα λοιπά μέρη της αντλίας με 16,57 και το σύστημα ελέγχου με 14,03 %.

Στην περίπτωση της εξασθένησης της στοιβάδας του όζοντος, η συντριπτική πλειοψηφία των επιπτώσεων προκαλείται από τα λοιπά μέρη κατά 99,89%, γεγονός που οφείλεται, όπως ήδη έχει αναφερθεί, στη παρουσία του ψυκτικού υγρού.

Στην πέμπτη θέση βρίσκεται η εδαφική οικοτοξικότητα, οι επιπτώσεις της οποίας προκαλούνται κατά 69,51 % από το περίβλημα ενώ συνεισφέρει και το σύστημα ελέγχου κατά 15,85 %.

Οι επόμενες κατηγορίες είναι η παγκόσμια υπερθέρμανση και η οξίνιση. Η συμβολή του περιβλήματος κι εδώ είναι της τάξης του 48,50 % και 60,35 % αντίστοιχα. Τα λοιπά μέρη ακολουθούν με ποσοστό 35% και 19,13% αντίστοιχα.

Στις τρεις τελευταίες θέσεις βρίσκονται οι εξής κατηγορίες επιπτώσεων: ο ευτροφισμός, η φωτοχημική οξείδωση και η οικοτοξικότητα του γλυκού νερού. Με βάση το διάγραμμα, δεν παρατηρούνται αξιόλογες επιπτώσεις ενώ οι τιμές τους τείνουν να είναι μηδενικές.

7. Σύγκριση του κόστους εγκατάστασης αντλίας θερμότητας με το κόστος εγκατάστασης επίτοιχου λέβητα φυσικού αερίου

Παρακάτω ακολουθεί η ανάλυση του κόστους κτήσης και εγκατάστασης της αντλίας θερμότητας που χρησιμοποιήθηκε στην μελέτη περίπτωσης της παρούσας εργασίας.

Γίνεται σύγκριση με εγκατάσταση εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης. Χρησιμοποιείται η περίπτωση εγκατάσταση λέβητα φυσικού αερίου συμπύκνωσης, καθώς για τον τύπο αυτό υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία.

Κόστος εγκατάστασης επίτοιχης αντλίας θερμότητας θέρμανσης-ψύξης αέρα νερού

Χαρακτηριστικά αντλίας

- Με την τεχνολογία αντλίας θερμότητας, πάνω από το 70% της θερμικής απαίτησης κατά τη διάρκεια του έτους, καλύπτεται από την αντλία θερμότητας με ανανεώσιμη, ανεξάντλητη και δωρεάν πηγή: τον αέρα
 - Ακόμη περισσότερη εξοικονόμηση ενέργειας εξασφαλίζεται χάρη στην υψηλής απόδοσης, κλάσης A, αντλία κυκλοφορίας, που επιτρέπει 30% οικονομία, σε σύγκριση με μία συμβατική αντλία
 - Η τεχνολογία inverter επιτρέπει την πλήρη διαμόρφωση της ισχύος θέρμανσης, στην πραγματική ανάγκη θερμότητας, μεγιστοποιώντας την εξοικονόμηση ενέργειας.
- 
- The image shows two Ariston heat pump components. The top unit is a white, rectangular wall-mounted indoor unit with a small circular vent at the bottom. To its right is a small, square wall-mounted control panel with a digital display and buttons. The bottom unit is a larger, white, floor-standing outdoor unit with a large circular fan grille on the front and the Ariston logo on the side.

- Πολύ ακριβής ρύθμιση ισχύος σύμφωνα με την ισχύουσα ζήτηση θερμότητας χάρη στην τεχνολογία inverter DC που διαμορφώνει σε ένα ευρύ φάσμα: 15% έως 115% της ονομαστικής ισχύος

- Η ηλεκτρική υποστήριξη των 2kW + 2kW εγγυάται θέρμανση ακόμη και σε εξαιρετικά κρύες συνθήκες λειτουργίας
- Ο πλακοειδής ανοξείδωτος εναλλάκτης που είναι ενσωματωμένος στην εξωτερική μονάδα, εγγυάται μεγάλη πιστότητα και μεγάλη μακροζωία
- Ο περιστροφικός συμπιεστής δύο βημάτων εξασφαλίζει μειωμένους κραδασμούς και πολύ χαμηλό επίπεδο θορύβου
- Διπλή προστασία μέσα στο δοχείο αποθήκης, εξασφαλίζεται κατά της διάβρωσης και του σχηματισμού κρούστας χάρη στις ανόδους τιτανίου και μαγνησίου
- Τα kit Exogel και φίλτρου, περιλαμβάνονται στο προϊόν, εξασφαλίζοντας προστασία κατά του σχηματισμού αλάτων και τον κίνδυνο παγετού

Χαρακτηριστικά επίτοιχου λέβητα φυσικού αερίου για θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης

Απόδοση 108 %

- Μεγάλος ανοξείδωτος πλακοειδής εναλλάκτης ζεστού νερού χρήσης (2 εναλλάκτες)
- Παροχή ζεστού νερού χρήσης 12,5 έως 14,1 lt/min
- Διατήρηση της θερμοκρασίας του εναλλάκτη ζεστού νερού, με ενεργοποίηση από το ψηφιακό χειριστήριο αποστάσεως, για μείωση του χρόνου αναμονής
- Προγραμματισμός ημερήσιου και εβδομαδιαίου ωραρίου των περιόδων προθέρμανσης του εναλλάκτη ζεστού νερού από το ψηφιακό χειριστήριο
- Αυτόματο σύστημα ρύθμισης, που ενεργοποιείται απ' ευθείας από το ψηφιακό χειριστήριο αποστάσεως, για επίτευξη βέλτιστων συνθηκών λειτουργίας της θέρμανσης σε όλες τις συνθήκες περιβάλλοντος.
- Ανεμιστήρας και κυκλοφορητής αναλογικής λειτουργίας για βελτίωση της ακουστικής άνεσης και μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης.
- Προοδευτική ανάφλεξη του καυστήρα για αύξηση της ακουστικής άνεσης και της διάρκειας ζωής των εξαρτημάτων



2. ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ FAN COIL ΔΑΠΕΔΟΥ

Τα Fan Coil είναι τερματικές μονάδες κλιματισμού που προσφέρουν το καλοκαίρι ψύξη και τον χειμώνα θέρμανση.

Τα FDL είναι εφοδιασμένα με φυγοκεντρικό ανεμιστήρα, διπλή εισαγωγή αέρα και μπροστινά περύγια, τροφοδοτείται από αυτόματο μοτέρ με 6 ταχύτητες εκ των οποίων οι 3 είναι εργοστασιακά ρυθμισμένες.

Απόδοση από 1,45 μέχρι 22,42 kW.



ΑΞΙΑ 4 FAN COIL: **1.690 €**

3. ΕΡΓΑΣΙΕΣ & ΥΛΙΚΑ

Γραμμή αερίου από μετρητή Ε.Π.Α. στον καυστήρα με χαλυβδοσωλήνα, βαρέως τύπου, διατομής $\frac{3}{4}$ " (περίπου **35 μέτρα**) βάση του **ΦΕΚ 976 ΤΕΥΧΟΣ 2/28-03-2012**

- 1) 2 Σφαιρικές βάνες
- 2) Τοποθέτηση ενός αντι-κραδασμικού συνδέσμου πριν τον καυστήρα αερίου
- 3) Εγκατάσταση νέου επίτοιχου λέβητα Φ.Α. και διευθέτηση σωληνώσεων με καμινάδα και τερματικό καπέλο
- 4) Άναμμα νέου λέβητα αερίου από αδειούχο τεχνικό αερίων καυσίμων της Ελληνικής αντιπροσωπείας του αντίστοιχου οίκου
- 5) Φάκελος μελέτης εσωτερικής εγκατάστασης Καυσίμων Αερίων
- 6) Παράδοση σε λειτουργία νέου λέβητα αερίου

ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΙΚΩΝ & ΕΡΓΑΤΙΚΩΝ ΑΕΡΙΟΥ: 690 €

ΕΡΓΑΣΙΑ & ΥΛΙΚΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ FAN COIL ΜΕ ΛΕΒΗΤΑ Η ΑΝΤΛΙΑ

- 1) Τοποθέτηση 4 νέων fan coil
- 2) Υδραυλική σύνδεση επίτοιχου λέβητα με **τα 4 fan coil** με την δημιουργία νέου υδραυλικού δικτύου θέρμανσης με χαλκοσωλήνα διατομής Φ28 Χ0,8
- 3) Υδραυλική σύνδεση επίτοιχου λέβητα με κρύο νερό δικτύου στο μπαλκόνι (& ζεστό νερό χρήσης στην περίπτωση του Λέβητα Φ.Α.)
- 4) Προμήθεια & τοποθέτηση λευκής μόνωσης, πάχους 9 mm για την προστασία των εξωτερικών τμημάτων του υδραυλικού δικτύου
- 5) Προμήθεια και ηλεκτρολογική σύνδεση λέβητα με τον Ψηφιακό Θερμοστάτη χώρου & αισθητήριο εξωτερικού περιβάλλοντος

ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΙΚΩΝ & ΕΡΓΑΤΙΚΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ: 950 €

<u>ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ</u>		
a/a	ΕΠΙΤΟΙΧΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ 25 Kw	ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ 8 Kw
ΧΡΗΣΗ	ΜΟΝΟ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ & ΨΥΞΗ
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	1.080 €	2.780 €
FAN COIL	1.690 €	1.690 €
ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ & ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	950 €	950 €
ΕΡΓΑΣΙΕΣ & ΥΛΙΚΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	690 €	-
ΣΥΝΟΛΟ	4.410 €	5420 €
ΣΥΝΟΛΟ ΜΕ Φ.Π.Α. 24 %	4.675 €	6.721 €

Πίνακας 6.12 Τελικό κόστος εγκατάστασης αντλίας θερμότητας και λέβητα ΦΑ

Βάσει της παραπάνω συγκριτικής ανάλυσης αγοράς και εγκατάστασης των δύο εναλλακτικών συστημάτων θέρμανσης, διαπιστώνεται πως στην περίπτωση της αντλίας θερμότητας είναι περίπου 43 %, υψηλότερη από την αντίστοιχη επιλογή του λέβητα φυσικού αερίου.

Σε αυτή τη διαπίστωση πρέπει να συνεκτιμηθεί το γεγονός πως η αντλία θερμότητας χρησιμοποιείται και για την ψύξη -κλιματισμό του κτιρίου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία είχε ως σκοπό την μελέτη εφαρμογής της Αξιολόγησης του Κύκλου Ζωής μίας αντλίας θερμότητας, ώστε να εντοπιστούν τα στάδια τα οποία συντελούν περισσότερο στην εμφάνιση περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η λειτουργική μονάδα του συστήματος που επιλέχθηκε είναι μια αντλία θερμότητας 120 kg. Βάσει των δεδομένων μελετήθηκαν τα στάδια της κατασκευής, της συσκευασίας, της μεταφοράς και της εγκατάστασης.

Όπως προέκυψε από την επεξεργασία των δεδομένων την μεγαλύτερη επιβάρυνση κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής της αντλίας θερμότητας δέχεται η κατηγορία επιπτώσεων της τοξικότητας στον άνθρωπο. Στην συνέχεια ακολουθούν η θαλάσσια υδατική οικοτοξικότητα και η εξάντληση των αβιοτικών πόρων, η εξασθένηση της στοιβάδας του όζοντος και η εδαφική οικοτοξικότητα. Οι κατηγορίες φωτοχημική οξείδωση και οικοτοξικότητα του γλυκού νερού εμφανίζουν σχεδόν μηδενικές τιμές. Την μεγαλύτερη συμβολή στην δημιουργία περιβαλλοντικών επιπτώσεων, κατέχει η αντλία θερμότητας, δηλαδή η σύσταση των μηχανικών και κατασκευαστικών μερών από τα οποία αποτελείται.

Κύρια αιτία για την εμφάνιση όλων των παραπάνω περιβαλλοντικών επιπτώσεων, με ποσοστιαία παρουσία πάνω από 80% σε όλες τις κατηγορίες, ήταν τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της αντλίας θερμότητας. Ενώ αισθητά μικρότερη παρουσία είχαν τα υπόλοιπα στάδια. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, πραγματοποιήθηκε μια δεύτερη ανάλυση, αυτή την φορά στα διαφορετικά μέρη από τα οποία αποτελείται η εξεταζόμενη αντλία.

Αποδείχτηκε ότι την μεγαλύτερη συνεισφορά στην δημιουργία περιβαλλοντικών επιπτώσεων σχεδόν σε όλες τις κατηγορίες κατείχε το περίβλημα με ποσοστά μεγαλύτερα του 50%. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι σε ποσοστό 100%, το περίβλημα αποτελείται από ατσάλι. Στη δημιουργία περιβαλλοντικών επιπτώσεων ακολουθούν με την εξής σειρά συνεισφοράς, τα λοιπά μέρη, ο πίνακας ελέγχου, ο συμπιεστής και η ηλεκτρική αντίσταση. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην κατηγορία επιπτώσεων της εξασθένησης της στοιβάδας του όζοντος, κύρια πηγή συνεισφοράς με ποσοστό 99,89 %, αποτελούν τα λοιπά μέρη. Αυτό οφείλεται στο ότι στην ομάδα των λοιπών μερών ανήκει και το ψυκτικό υγρό, το οποίο είναι υπεύθυνο για την δημιουργία επιπτώσεων στην συγκεκριμένη κατηγορία.

Η κατηγορία που παρουσίασε τις μεγαλύτερες σε μέγεθος επιπτώσεις ήταν η τοξικότητα στον άνθρωπο. Η συνεισφορά του περιβλήματος στην δημιουργία τους είναι 69,72 % , αυτό οφείλεται στο υλικό που κατά 100% απαιτείται για την κατασκευή του, το ατσάλι. Η δεύτερη αιτία που συμβάλει στην δημιουργία επιπτώσεων με ποσοστό 16,28 % είναι το σύστημα ελέγχου, το οποίο κι αυτό περιέχει 93,6 % ατσάλι.

Συνοψίζοντας, η αιτία που προκαλεί την δημιουργία των περισσότερων περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι το περίβλημα, για την κατασκευή του οποίου χρησιμοποιείται ατσάλι εξολοκλήρου.

Βάσει των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης, δηλαδή της αξιολόγησης του κύκλου ζωής της αντλίας θερμότητας, προκύπτει η ανάγκη αντικατάστασης του υλικού κατασκευής του περιβλήματος της αντλίας με άλλα υλικά που συμβάλουν με μικρότερο ποσοστό στην δημιουργία επιπτώσεων, καθώς το ατσάλι συντελεί σε πολύ μεγάλο ποσοστό στην δημιουργία των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

Β.Η. Σελλούντος, "ΘΕΡΜΑΝΣΗ-ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ", Τόμος Β, Γ' Έκδοση, Αθήνα 2002, Εκδόσεις Τεκδοτική, σελ. 12.1.-12.3.6.

Χρηματοπούλου Μ., 'Προσομοίωση ηλιακά υποβοηθούμενης αντλίας θερμότητας', διπλωματική εργασία, Αθήνα 2009

Ξενόγλωσση

Blom, Inge, Laure Itard, and Arjen Meijer. "LCA-based environmental assessment of the use and maintenance of heating and ventilation systems in Dutch dwellings." *Building and Environment* 45.11 (2010): 2362-2372.

Bovea, M. D., and A. Gallardo. "The influence of impact assessment methods on materials selection for eco-design." *Materials & Design* 27.3 (2006): 209-215.

Caduff, Marloes, et al. "Scaling relationships in life cycle assessment." *Journal of Industrial Ecology* 18.3 (2014): 393-406.

Chua, Kian J., Siaw K. Chou, and W. M. Yang. "Advances in heat pump systems: A review." *Applied energy* 87.12 (2010): 3611-3624.

Eicher, Sara, et al. "Life cycle impact assessment of a solar assisted heat pump for domestic hot water production and space heating." *Energy Procedia* 48 (2014): 813-818.

Heikkilä, Katarína. "Environmental evaluation of an air-conditioning system supplied by cooling energy from a bore-hole based heat pump system." *Building and Environment* 43.1 (2008): 51-61.

Huang, Beijia, and Volker Mauerhofer. "Life cycle sustainability assessment of ground source heat pump in Shanghai, China." *Journal of Cleaner Production* 119 (2016): 207-214.

Junghans, Lars. "Evaluation of the economic and environmental feasibility of heat pump systems in residential buildings, with varying qualities of the building envelope." *Renewable Energy* 76 (2015): 699-705.

Kamel, Raghad S., Alan S. Fung, and Peter RH Dash. "Solar systems and their integration with heat pumps: A review." *Energy and buildings* 87 (2015): 395-412.

Koroneos, Christopher J., and Evanthia A. Nanaki. "Environmental impact assessment of a ground source heat pump system in Greece." *Geothermics* 65 (2017): 1-9.

Leonzio, Grazia. "Mathematical modeling and environmental analysis of heat pumps integrated in a process to treat spent pickling liquors." *Journal of Cleaner Production* 133 (2016): 835-849.

Martínez, FJ Rey, et al. "Life cycle assessment of a semi-indirect ceramic evaporative cooler vs. a heat pump in two climate areas of Spain." *Applied energy* 88.3 (2011): 914-921.

Sensitivity Analysis on the Impact Factors of the GSHP System Considering Energy Generation and Environmental Impact Using LCA

Shah, Viral P., David Col Debella, and Robert J. Ries. "Life cycle assessment of residential heating and cooling systems in four regions in the United States." *Energy and buildings* 40.4 (2008): 503-513.

Szekeres, Alex, and Jack Jeswiet. "Impact of Technological Advancement on Adoption and Use of Residential Heat Pumps." *Procedia CIRP* 48 (2016): 394-400.

Wang, Qian, et al. "Ventilation heat recovery jointed low-temperature heating in retrofitting—An investigation of energy conservation, environmental impacts and indoor air quality in Swedish multifamily houses." *Energy and Buildings* 121 (2016): 250-264.

Whitman Lang, Tomczyk Johnson : Ψύξη & Κλιματισμός, Εκδόσεις 'ΙΩΝ', Επιμέλεια: Χαρακλιάς Κώστας

Zhu, Jihong, Deying Li, and Shen Zhao. "Study on Application of Solar Water Heat Pump for Building in China." *Procedia Engineering* 121 (2015): 1200-1207.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Others			
Materials/Assemblies	Υλικό	Ποσότητα	Μονάδα μέτρησης
Refrigerant R134a, at plant/RER S	Ψυκτικό υγρό	1,35	kg
Pig iron, at plant/GLO S	Ακατέργαστος σίδηρος	1,50	kg
HDPE pipes E	Πλαστικό	3,70	kg
Steel, converter, chromium steel 18/8, at plant/RER S	Ατσάλι	4,50	kg
Brass, at plant/CH S	Ορείχαλκος	0,23	kg
Copper tube, technology mix, consumption mix, at plant, diameter 15 mm, 1 mm thickness EU-15 S	Χαλκός	20,50	kg

Συνολικό Βάρος	31,78
----------------	-------

Πίνακας ελέγχου	Υλικό	Ποσότητα	Μονάδα μέτρησης
HDPE resin E	Πλαστικό	0,35	kg
Copper concentrate, at beneficiation/GLO S	Χαλκός	0,44	kg
Aluminium, primary, at plant/RER S	Αλουμίνιο	0,03	kg
Steel, converter, chromium steel 18/8, at plant/RER S	Ατσάλι	12,00	kg

Συνολικό Βάρος	12,82
----------------	-------

Συμπιεστής	Υλικό	Ποσότητα	Μονάδα μέτρησης
Steel, converter, chromium steel 18/8, at plant/RER S	Ατσάλι	2,50	kg
Copper concentrate, at beneficiation/GLO S	Χαλκός	0,50	kg
Lubricant oil	Λιπαντική ουσία	0,40	l

Συνολικό Βάρος	3,40
----------------	------

Ηλεκτρική γεννήτρια	Υλικό	Ποσότητα	Μονάδα μέτρησης
Steel, converter, chromium steel 18/8, at plant/RER S	Ατσάλι	2,30	kg
Copper concentrate, at beneficiation/GLO S	Χαλκός	0,50	kg
Polyvinylchloride, at regional storage/RER S	PVC	0,20	kg

Συνολικό Βάρος	3,00
----------------	------

Ηλεκτρική γεννήτρια	Υλικό	Ποσότητα	Μονάδα μέτρησης
---------------------	-------	----------	-----------------

Steel, converter, chromium steel 18/8, at plant/RER S	Ατσάλι	53	kg
Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant/RER S	ABS (Συνθετικό ατσάλι)	0,5	kg

Συνολικό Βάρος	53,50
----------------	-------

Σύνολο	100,00
--------	--------