

Ενεργειακός έλεγχος και ανάδειξη
πολλαπλών ωφελειών των μέτρων
ενεργειακής απόδοσης στο Κέντρο
Διανομής και Συντήρησης της
εταιρείας ΑΒ - Βασιλόπουλος

Τομέας: Εργαστήριο Ατμοκινητήρων και Λεβήτων

Επιβλέπων: Καρέλλας Σωτήριος, Καθηγητής ΕΜΠ





Energy Audit and saliency of multiple benefits of energy efficiency measures at logistic and storage center of AB-Vassilopoulos Supermarket Chain

Sector: Laboratory of Stream Boilers and Thermal Plants

Supervisor: Karellas Sotirios, Professor NTUA

Athens 2020

Με αφορμή την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς ευχαριστίες μου σε όλους εκείνους τους ανθρώπους που συνέβαλαν στην ολοκλήρωση των σπουδών μου, καθένας με το δικό του τρόπο.

Ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Καρέλλα Σωτήριο για την εμπιστοσύνη και την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας.

Ευχαριστώ ιδιαιτέρως τον κύριο Πάλλη Πλάτωνα για την παροχή πληροφοριών, την επίλυση αποριών και την αδιάλειπτη καθοδήγηση κατά την εκπόνηση της εργασίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς την οικογένεια μου για την αμέριστη στήριξη και κάθε είδους βοήθεια που μου προσέφεραν και μου προσφέρουν όλα αυτά τα χρόνια.

Υπεύθυνη δήλωση για λογοκλοπή και για κλοπή πνευματικής ιδιοκτησίας:

Έχω διαβάσει και κατανοήσει τους κανόνες για τη λογοκλοπή και τον τρόπο σωστής αναφοράς των πηγών που περιέχονται στον οδηγό συγγραφής Διπλωματικών Εργασιών. Δηλώνω ότι, από όσα γνωρίζω, το περιεχόμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι προϊόν δικής μου εργασίας και υπάρχουν αναφορές σε όλες τις πηγές που χρησιμοποίησα.

Βλαστάρη Φωτεινή

Περίληψη

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διεξαγωγή ενεργειακού ελέγχου στις εγκαταστάσεις του Κέντρου Διανομής και Συντήρησης της εταιρείας ΑΒ, το οποίο βρίσκεται στα Οινόφυτα Βοιωτίας.

Αρχικά πραγματοποιείται μια θεωρητική ανασκόπηση ως προς τη μεθοδολογία διεξαγωγής ενός ενεργειακού ελέγχου ενώ παράλληλα επισημαίνονται τόσο τα πολλαπλά οφέλη και τα κίνητρα όσο και τα εμπόδια υλοποίησης και χρηματοδότησης μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Εν συνεχεία πραγματοποιείται μια εκτενής περιγραφή της λειτουργίας και των εγκαταστάσεων, και δη των ηλεκτρομηχανολογικών, με σκοπό την πλήρη κατανόηση τους.

Με βάση τις μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρισμού χτίζεται σταδιακά το ενεργειακό προφίλ της εγκατάστασης. Συνοψίζονται για το χρονικό διάστημα μεταξύ του Ιανουαρίου 2017 και του Σεπτεμβρίου 2019 η μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρισμού, το μηνιαίο κόστος αυτού και υπολογίζονται οι αντίστοιχες εκπομπές CO₂ και η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας. Με βάση τα συλλεχθέντα στοιχεία και μετρήσεις πραγματοποιείται επιμερισμός της κατανάλωσης στις διάφορες χρήσεις ώστε να γίνουν πλήρως αντιληπτές οι ροές της ενέργειας. Με χρήση της μεθόδου της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης υπολογίζεται η συσχέτιση της κατανάλωσης ηλεκτρισμού με την εξωτερική θερμοκρασία και τα διακινούμενα προϊόντα. Παράλληλα συγκρίνεται μέσω κατάλληλων δεικτών η κατανάλωση ενέργειας της εγκατάστασης με άλλες αντίστοιχης φύσης.

Το πρώτο μέτρο εξοικονόμησης το οποίο σχεδιάζεται και προτείνεται είναι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος στην οροφή του Κέντρου Αποθήκευσης και Διανομής. Η ετήσια παραγόμενη ενέργεια που εξοικονομείται είναι ίση με 2,365,223 kWh και οι ετήσιες εκπομπές CO₂ που αποφεύγονται είναι ίσες με 2337.23 τόνους.

Το δεύτερο μέτρο εξοικονόμησης το οποίο σχεδιάζεται και προτείνεται είναι η χρήση ενός εναλλάκτη θερμότητας για την ανάκτηση της απορριπτόμενης θερμότητας των συμπυκνωτών του ψυκτικού κυκλώματος αμμωνίας με σκοπό την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Η ετήσια παραγόμενη ενέργεια που εξοικονομείται είναι ίση με 163,800 kWh και οι ετήσιες εκπομπές CO₂ που αποφεύγονται είναι ίσες με 161.97 τόνους.

Summary

The objective of the current diploma thesis is the implementation of an energy audit at the logistic and storage center of AB-Vassilopoulos Supermarket Chain.

Initially a literature review is conducted regarding the methodology of the energy audit and the multiple benefits, incentives as well as barriers of the implementation of energy efficiency improvement measures. Consequently, an extensive description of the facilities is carried out, especially of the electromechanical equipment, in order to deeply comprehend the operation of the premises.

According to the monthly electricity invoices the energy profile of the storage unit is built step by step. For the period between January 2017 and September 2019, the monthly electricity consumption and their corresponding costs are presented, and the monthly tonnes of CO₂ emitted and primary energy consumed are calculated. On the basis of the collected data and the measurements, the energy consumption is allocated to the different uses. Using the multiple linear regression method the correlation between the electricity consumption, the ambient temperature and the products is calculated. Besides, the energy consumption of the storage unit is through adequate indicators compared with other similar nature facilities.

The first energy saving measure which is proposed is the design of a photovoltaic system on the terrace of the premises. The yearly energy saved is equal to 2,365,223 kWh and the CO₂ emissions avoided are equal to 2337.23 tonnes.

The second energy saving measure proposed is the use of a heat exchanger in order to recover the waste heat of the ammonia refrigeration system's condensers and cover the hot water demand of the facilities. The yearly energy saved is equal to 163,800 kWh and the CO₂ emissions avoided are equal to 161.97 tonnes.

Πίνακας περιεχομένων

1. Εισαγωγή.....	9
1.1 Πλαίσιο	9
1.2 Σκοπός	10
1.3 Οριοθέτηση	10
2. Ενεργειακός Έλεγχος και Ενεργειακή Απόδοση	11
2.1 Γενικά για τον Ενεργειακό Έλεγχο	11
2.2 Φάσεις του Ενεργειακού Ελέγχου	13
2.3 Ορισμός Ενεργειακής Απόδοσης	20
2.4 Κίνητρα για την Υιοθέτηση Μέτρων Εξοικονόμησης Ενέργειας	21
2.5 Υπό-επένδυση και Εμπόδια Ενεργειακής Εξοικονόμησης	23
2.6 Μη Ενεργειακά Οφέλη	25
2.7 Αξιολόγηση Ενεργειακής Επένδυσης.....	28
3. Γενική Περιγραφή Εγκαταστάσεων	31
3.1 Τοποθεσία – Προσανατολισμός	31
3.2 Κτιριακές Εγκαταστάσεις.....	32
3.3 Δραστηριότητες.....	33
3.4 Πρόγραμμα Λειτουργίας και Εργατικό Δυναμικό	35
4. Περιγραφή Η/Μ Εγκαταστάσεων.....	36
4.1 Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	36
4.2 Ψυχοστάσιο	39
4.2.1 Γενική Περιγραφή Ψυχοστασίου	39
4.2.2 Κύκλωμα Αμμωνίας	41
4.2.3 Κύκλωμα Προπυλενογλυκόλης-Νερού	44
4.3 Φωτισμός.....	46
4.4 Διανομή Φυσικού Αερίου	47
4.5 Δίκτυο Παροχής Πεπιεσμένου Αέρα.....	47
4.6 Πλυντήριο Τελάρων	48
4.7 Μπαταρουργείο	53
5. Χρήση Ενέργειας	54
5.1 Κατανάλωση και Κόστος Ηλεκτρισμού	54
5.2 Πρωτογενής Ενέργεια και Εκπομπές	57
5.3 Ταρίφα Ηλεκτρικής ενέργειας	59
5.4 Επιμερισμός Κατανάλωσης Ηλεκτρισμού.....	60
5.4.1 Κατανάλωση Φωτισμού.....	60
5.4.2 Κατανάλωση Πλυντηρίου Τελάρων	61
5.4.3 Κατανάλωση Αεροσυμπιεστή	62
5.4.4 Κατανάλωση Κλιματισμού	63

5.4.5	Κατανάλωση Ψυχροστασίου	65
5.4.6	Κατανάλωση Μπαταρουργείου	65
5.4.7	Αποτελέσματα Επιμερισμού Κατανάλωσης.....	65
6.	Ενεργειακό Προφίλ	66
6.1	Γραμμή Βάσης.....	66
6.1.1	Γραμμή Βάσης 6 Παραμέτρων	71
6.1.2	Γραμμή Βάσης με Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση.....	72
6.2	Συγκριτική Αξιολόγηση (Benchmarking)	74
7.	Σχεδίαση Φωτοβολταϊκού Συστήματος στην Οροφή του Κέντρου Διανομής	77
7.1	Ενεργειακός Συμψηφισμός (Net Metering)	77
7.2	Πρόταση Εξοικονόμησης Ενέργειας	80
7.2.1	Σχεδίαση Συστήματος	81
7.2.2	Ενεργειακά Αποτελέσματα	86
7.2.3	Υπολογισμός Τιμής Συμψηφισμού.....	89
7.3	Διερεύνηση 1 ^η	91
7.4	Διερεύνηση 2 ^η	93
7.4.1	Οικονομική Αξιολόγηση.....	94
8.	Εναλλάκτης Ανάκτησης Απορριπτόμενης Θερμότητας.....	96
8.1	Διαστασιολόγηση και Επιλογή Εναλλάκτη.....	97
8.2	Εξοικονόμηση Ενέργειας	103
8.2.1	Εξοικονόμηση Ενέργειας Πλυντηρίου Τελάρων	103
8.2.2	Εξοικονόμηση Ενέργειας Αντλίας Θερμότητας.....	104
8.2.3	Εξοικονόμηση Ενέργειας Εστιατορίου	104
8.2.4	Εξοικονόμηση Ενέργειας Συνολική	105
8.3	Οικονομική Ανάλυση	105
8.3.1	Εναλλάκτης Θερμότητας.....	105
8.3.2	Κύκλωμα Αμμωνίας	106
8.3.3	Κύκλωμα Νερού.....	106
8.3.4	Οικονομική Αξιολόγηση.....	107
8.4	Διαθέσιμο Θερμικό Δυναμικό	108
9.	Παράρτημα	110
9.1	Διακινούμενα Προϊόντα.....	110
10.	Κατάλογος Εικόνων	112
11.	Κατάλογος Πινάκων	114
12.	Αναφορές.....	116

1. Εισαγωγή

1.1 Πλαίσιο

Η σταδιακή εκμάθηση χρήσης των φυσικών πόρων έδωσε τη δυνατότητα στο ανθρώπινο είδος να αναπτυχθεί ολοκληρωτικά, πέρα από τον καθημερινό αγώνα της επιβίωσης. Διαχρονικά, η χρήση της ενέργειας με απαρχή τη φωτιά είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ανθρώπινη ζωή. Τόσο η ανθρώπινη όσο και η οικονομική δραστηριότητα εξελίσσονται με την ανάπτυξη της ικανότητας αξιοποίησης των φυσικών πόρων

Στον 21^ο αιώνα ο προβληματισμός για το ενεργειακό ζήτημα είναι πιο έντονος από ποτέ. Είναι πλέον κοινώς αποδεκτό πως οι μη ανανεώσιμες και συνάμα πιο κοινές πηγές ενέργειας όπως το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, ο άνθρακας είναι περιορισμένες και συνάμα ολοένα δυσχεραίνεται οικονομικά η εξόρυξη τους. Παράλληλα έχει συνειδητοποιηθεί πως η αλόγιστη χρήση τους οδηγεί σε ένα σωρό από περιβαλλοντικά ζητήματα. Η κλιματική αλλαγή είναι γεγονός και αφορά τον παγκόσμιο πληθυσμό στο σύνολο του. Προκειμένου να επιτευχθεί ο περιορισμός της και να δρομολογηθεί πολιτική αιεφόρου ανάπτυξης, η παγκόσμια κοινότητα οδηγήθηκε στη λήψη κατάλληλων μέτρων.

Την ίδια στιγμή με την συνειδητοποίηση τόσο της εξάντλησης των ορυκτών καυσίμων όσο και των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων, ο παγκόσμιος πληθυσμός αλλά και το ποσοστό πρόσβασης των ανθρώπων σε αγαθά και ενέργεια αυξάνονται. Άμεσο αποτέλεσμα η συνεχής αύξηση της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας. Σύμφωνα με την πρόβλεψη του παγκόσμιου οργανισμού ενέργειας (IEA) το 2019, εάν τηρηθούν οι ισχύοντες εφαρμοζόμενες νομοθεσίες χωρίς προσθήκη νέων προβλέπεται ετήσια αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας της τάξης του 1.4% ανά έτος μέχρι το 2040.

Δεν νοείται λοιπόν στις μέρες μας ρεαλιστική και οικονομικά βιώσιμη στρατηγική ανάπτυξη της ενέργειας η οποία δεν οδηγείται από την ενεργειακή απόδοση. Η ενεργειακή απόδοση είναι “το πρώτο καύσιμο” της οικονομικής ανάπτυξης. Παρόλα αυτά, απέχουμε παρασάγγας από την αξιοποίηση του διαθέσιμου δυναμικού της ενεργειακής απόδοσης. Ένα ολόκληρο 70% της παγκόσμιας χρήσης ενέργειας λαμβάνει χώρα έξω από τα όρια απαιτήσεων της ενεργειακής απόδοσης.

Από οικογενειακές κατοικίες μέχρι μεγάλα εργοστάσια ο ενεργειακός έλεγχος αποτελεί δυναμικό εργαλείο αύξησης της ενεργειακής απόδοσης. Προσφέρει τη δυνατότητα μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης, περικοπής των ρύπων και ταυτόχρονα εξοικονόμησης χρημάτων. Είναι πλέον λοιπόν πιο επιτακτική από ποτέ η συστηματική εφαρμογή του σε κάθε τομέα χρήσης της ενέργειας.

1.2 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η διεξαγωγή ενός εκτεταμένου ενεργειακού ελέγχου στο Κέντρο Διανομής και Συντήρησης της εταιρείας ΑΒ το οποίο βρίσκεται στα Οινόφυτα.

Οι καταναλώσεις των διαφόρων μορφών ενέργειας που συναντώνται αναλύονται διεξοδικά ώστε να κατανοηθούν οι ροές ενέργειας και η συσχέτιση τους με τις παραγωγικές διαδικασίες. Δημιουργείται το προφίλ ενέργειας της εγκατάστασης ώστε να προταθούν μέτρα βελτιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης τα οποία εν συνεχεία αξιολογούνται ως προς την οικονομική τους βιωσιμότητα.

Στόχος όμως πέρα από την κλασική αυτή προσέγγιση και μεθοδολογία είναι η ταυτόχρονη ανάδειξη των πολλαπλών μη ενεργειακών οφελών (Non energy benefits) που συνοδεύουν τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας. Τέτοια είναι για παράδειγμα η μείωση ρύπων, εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και σωματιδίων, η βελτίωση του εργασιακού περιβάλλοντος και η αύξηση της παραγωγής. Μέσω της συγκεκριμένης πρακτικής γίνεται αντιληπτό πόσο βαρύνουσα σημασία είναι η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης μέσω κατάλληλων μέτρων, πέρα από τις προφανείς άμεσες οικονομικές εξοικονομήσεις, και ταυτόχρονα διευκολύνεται η απόφαση για υλοποίηση τους.

1.3 Οριοθέτηση

Ως μελετώμενο σύστημα λογίζεται το σύνολο των εγκαταστάσεων του Κέντρου Διανομής και Συντήρησης και όλες οι ενεργειακές καταναλώσεις εκτός από αυτές που αφορούν τη μεταφορά και διακίνηση των προϊόντων από και προς τις εγκαταστάσεις.

2. Ενεργειακός Έλεγχος και Ενεργειακή Απόδοση

2.1 Γενικά για τον Ενεργειακό Έλεγχο

Ο ενεργειακός έλεγχος μπορεί να οριστεί ως η εξακρίβωση, η παρακολούθηση και η ανάλυση της χρήσης της ενέργειας με ταυτόχρονη υποβολή τεχνικής έκθεσης η οποία περιλαμβάνει προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας και οικονομική αξιολόγηση αυτών με σκοπό τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης [1].

Ο ενεργειακός έλεγχος μπορεί να υλοποιηθεί για μια εταιρεία, μία βιομηχανική εγκατάσταση ή ένα κτίριο. Μπορεί να αφορά μια εκτεταμένη εγκατάσταση με πολυάριθμες διεργασίες και εξοπλισμό ή ένα επιμέρους κομμάτι του εξοπλισμού και μία διεργασία.

Τα αντικείμενα του ενεργειακού ελέγχου μπορεί να διαφέρουν από μια εγκατάσταση σε μία άλλη. Παρόλα αυτά, ένας ενεργειακός έλεγχος συνήθως δρομολογείται με σκοπό να κατανοηθεί πώς χρησιμοποιείται η ενέργεια σε μία εγκατάσταση και να ευρεθούν ευκαιρίες βελτιστοποίησης αυτής.

Το είδος του ενεργειακού ελέγχου εξαρτάται από τη λειτουργία, το μέγεθος και τον τύπο της βιομηχανίας, το βάθος μέχρι το οποίο ο έλεγχος είναι αναγκαίος, το δυναμικό και τη σημαντικότητα των ενεργειακών εξοικονομήσεων καθώς και την επιθυμούμενη περικοπή εξόδων. Βάση των ανωτέρω κριτηρίων ο ενεργειακός έλεγχος κατηγοριοποιείται σε 2 επιμέρους είδη [2].

α) Προκαταρκτικός Ενεργειακός Έλεγχος

Σε αυτού του είδους τον ενεργειακό έλεγχο χρησιμοποιούνται άμεσα διαθέσιμα δεδομένα για μια απλή ανάλυση της ενεργειακής χρήσης και απόδοσης της εγκατάστασης. Αυτού του είδους ο έλεγχος δεν απαιτεί εκτεταμένη συλλογή δεδομένων και μετρήσεων. Διεξάγεται σε ένα σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα και τα εξαγόμενα συμπεράσματα είναι πιο γενικά παρέχοντας συνήθεις προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας. Το κριτήριο οικονομικής αξιολόγησης περιορίζεται συνήθως στο χρόνο αποπληρωμής των επενδύσεων.

β) Εκτεταμένος Ενεργειακός Έλεγχος

Για τον εκτεταμένο ενεργειακό έλεγχο απαιτούνται πιο εξειδικευμένα δεδομένα και πληροφορίες. Μετρήσεις διεξάγονται και τα διάφορα ενεργειακά συστήματα (αντλίες, συμπιεστές, θέρμανση, ψύξη ,παραγωγή ατμού κ.ο.κ.) αξιολογούνται εκτενώς. Για αυτό το λόγο η διάρκεια ενός εκτεταμένου ενεργειακού ελέγχου είναι αισθητά μεγαλύτερη από του προκαταρκτικού ενεργειακού ελέγχου. Τα εξαγόμενα συμπεράσματα όμως είναι περισσότερο κατανοητά και χρήσιμα καθώς δίνουν μια ακριβέστερη εικόνα της ενεργειακής απόδοσης της εγκατάστασης και πιο συγκεκριμένες προτάσεις εξοικονόμησης. Τα κριτήρια οικονομικής αξιολόγησης επεκτείνονται περισσότερο με τα πλέον συνηθέστερα να είναι ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR), η καθαρή παρούσα αξία (NPV) και το κόστος κύκλου ζωής (LCC).

Στην Ελλάδα σύμφωνα με το Ν. 4342/2015 υπόχρεες για τη διεξαγωγή ενεργειακού ελέγχου είναι οι επιχειρήσεις οι οποίες

- Απασχολούν περισσότερους από 250 εργαζομένους ή,
- Απασχολούν λιγότερους από 250 εργαζομένους, αλλά ο ετήσιος κύκλος εργασιών τους υπερβαίνει τα 50 εκατομμύρια ευρώ και το σύνολο του ετήσιου ισολογισμού τους υπερβαίνει τα 43 εκατομμύρια ευρώ.

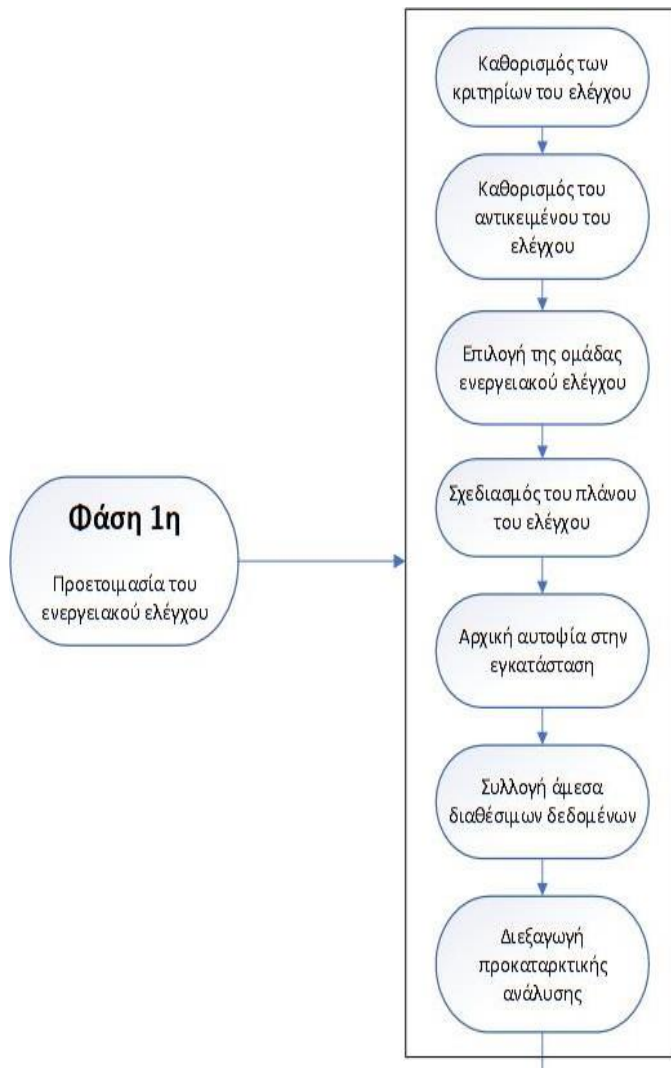
Οι ενεργειακοί έλεγχοι αφορούν το 90% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης των εγκαταστάσεων και λοιπών συστημάτων κατανάλωσης ενέργειας που χρησιμοποιεί η επιχείρηση (και ενοικιαζόμενοι χώροι) και υποδιαιρούνται στις επιμέρους κατηγορίες:

- α) Κατηγορία Α': κτίρια κατοικιών, κτίρια γραφείων έως και 2.000 τ.μ., εμπορικά καταστήματα έως και 2.000 τ.μ. και επαγγελματικά εργαστήρια με εγκατεστημένη κινητήρια ισχύ που δεν υπερβαίνει τα 22 kW ή θερμική τα 50 kW.
- β) Κατηγορία Β': κτίρια γραφείων άνω των 2.000 τ.μ., εμπορικά κτίρια άνω των 2.000 τ.μ., υπόλοιπα κτίρια που στεγάζουν χρήσεις του τριτογενούς τομέα (όπως σχολικά κτίρια, ξενοδοχεία, νοσοκομεία, κ.α.) και βιομηχανικές και βιοτεχνικές εγκαταστάσεις με συνολική εγκατεστημένη ισχύ που δεν υπερβαίνει τα 1.000 kW.
- γ) Κατηγορία Γ': βιομηχανικές και βιοτεχνικές εγκαταστάσεις με συνολική εγκατεστημένη ισχύ άνω 1.000 kW.

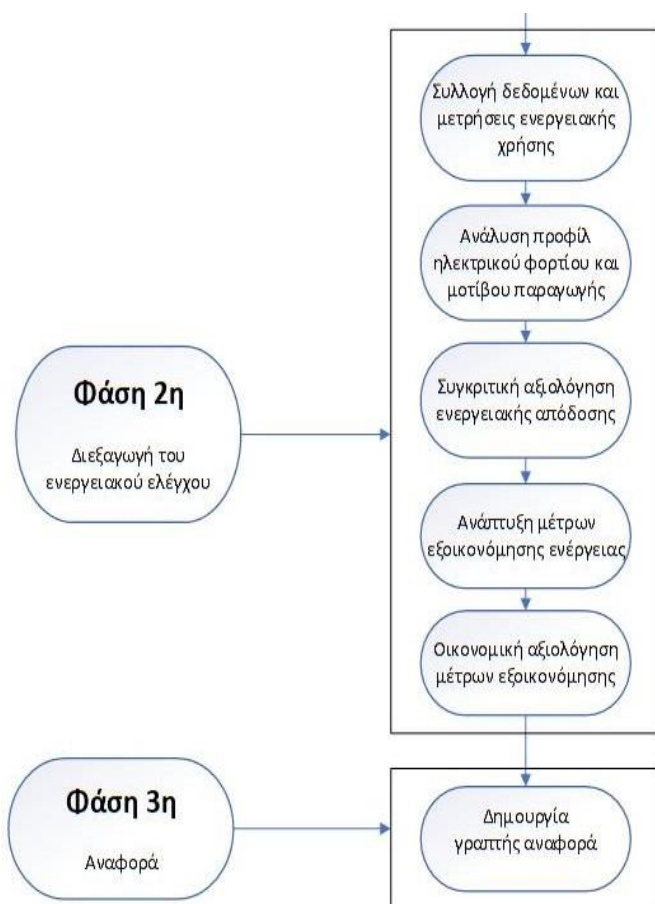
2.2 Φάσεις του Ενεργειακού Ελέγχου

Ο ενεργειακός έλεγχος εκτελείται σε 3 φάσεις.

Τα επιμέρους βήματα της κάθε φάσης παρουσιάζονται και αναλύονται ακολούθως [2].



Εικόνα 1 Φάσεις ενεργειακού ελέγχου



Εικόνα 2 Φάσεις ενεργειακού ελέγχου

Φάση 1^η – Προετοιμασία του ενεργειακού ελέγχου

1. Καθορισμός των κριτηρίων του ελέγχου

Πριν την εκκίνηση της διαδικασίας του ενεργειακού ελέγχου ένα σύνολο κριτηρίων πρέπει να ληφθεί υπόψιν.

Αυτά είναι τα εξής:

- Σκοπός του ελέγχου
- Είδος του ελέγχου
- Μεθοδολογία και πρότυπο ελέγχου
- Όρια διεξαγωγής ελέγχου
- Χρονοδιάγραμμα

2. Καθορισμός του αντικειμένου του ελέγχου

Το αντικείμενο του ελέγχου πρέπει να λάβει υπόψιν τους διαθέσιμους πόρους όπως το προσωπικό, το χρόνο, τα όρια του συστήματος, το βάθος της ανάλυσης και λεπτομέρειας, τα προσδοκώμενα αποτελέσματα και φυσικά το διαθέσιμο προϋπολογισμό. Συχνά μάλιστα το αντικείμενο του ελέγχου καθορίζεται από κυβερνητικά ή εταιρικά προγράμματα.

3. Επιλογή της ομάδας ενεργειακού ελέγχου

Η επιλογή της ομάδας και των ενεργειακών ελεγκτών αποτελεί απόφαση του υπευθύνου της βιομηχανικής εγκατάστασης. Τα μέλη της ομάδας μπορεί να αποτελούν εργαζομένους της επιχείρησης ή εξωτερικούς συνεργάτες οι οποίοι προσλήφθηκαν για τη διεξαγωγή του ελέγχου. Εάν μια επιχείρηση διαθέτει περισσότερες του ενός βιομηχανικές εγκαταστάσεις συνίσταται η συνεργασία των μελών καθεμίας και η ανταλλαγή πληροφοριών. Τέλος ενεργειακοί ελεγκτές μπορούν να εξουσιοδοτηθούν ξεχωριστά για ηλεκτρολογικούς και θερμικούς ενεργειακούς ελέγχους.

4. Σχεδιασμός του πλάνου του ελέγχου

Το πλάνο του ενεργειακού ελέγχου περιγράφει συνοπτικά τη στρατηγική και τη διαδικασία που θα ακολουθηθεί. Το πλάνο βοηθά τους ελεγκτές να ελέγξουν την πληρότητα και τη συνοχή της διαδικασίας διαβεβαιώνοντας ότι τίποτα το σημαντικό δεν θα αμεληθεί ή παραμεληθεί.

Οφείλει να περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Αντικείμενο του ελέγχου
- Χρόνο και διάρκεια του ελέγχου καθώς και κάθε επιμέρους διαδικασίας του
- Λίστα με στοιχεία που πρέπει να ελεγχθούν
- Στοιχεία του ελέγχου με προτεραιότητα
- Ευθύνες και αρμοδιότητες κάθε μέλους της ομάδας

5. Αρχική αυτοψία στην εγκατάσταση

Σκοπός της αρχικής αυτοψίας είναι εξοικείωση της ομάδας των ελεγκτών με την ελεγχόμενη εγκατάσταση. Τα μέλη της ομάδας μπορούν να παρατηρήσουν τον υπάρχοντα εξοπλισμό και τα δεδομένα που καταγράφονται και να αντιληφθούν τι είδους επιπλέον μετρήσεις απαιτούνται να γίνουν. Παράλληλα μια συνάντηση με τους υπεύθυνους μηχανικούς κάθε τμήματος δίνει μια γρήγορη κατανόηση των διαδικασιών και του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού. Ειδικά σε περίπτωση που τα μέλη της ομάδας ενεργειακού ελέγχου δεν είναι και εργαζόμενοι στην εν λόγω εγκατάσταση μια πρώτη επίσκεψη των χώρων είναι ιδιαίτερα βοηθητική.

6. Συλλογή άμεσα διαθέσιμων δεδομένων

Οι λογαριασμοί των διαφόρων μορφών ενέργειας και όλων των ιστορικών δεδομένων που συνδέουν την παραγωγή με την κατανάλωση πρέπει να συλλεχθούν άμεσα. Όσο πιο εκτεταμένα χρονικά είναι τα δεδομένα τόσο ευκολότερη είναι η κατανόηση και η αξιολόγηση της κατανάλωσης ενέργειας σε διαφορετικές χρονικές περιόδους της ημέρας, σε διαφορετικές εποχές και υπό διαφορετικές παραγωγικές συνθήκες.

Απαραίτητα δεδομένα που πρέπει αρχικά να συγκεντρωθούν είναι τα ακόλουθα:

- Λογαριασμοί ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμων
- Μηνιαία παραγωγή κάθε είδους προϊόντων
- Κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής
- Αρχιτεκτονικά και μηχανολογικά σχέδια των εγκαταστάσεων
- Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που έχουν τυχόν ληφθεί
- Ωράριο λειτουργίας, βάρδιες και αριθμός εργαζομένων κάθε τμήματος

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην συγκέντρωση δεδομένων για τα προϊόντα. Απαιτείται ο επιμερισμός αυτών σε κατηγορίες με ίδια ενεργειακή πυκνότητα (energy intensity) ανά προϊόν.

7. Διεξαγωγή προκαταρκτικής ανάλυσης

Μια προκαταρκτική ανάλυση βοηθά τον ενεργειακό ελεγκτή να κατανοήσει καλύτερα την εγκατάσταση παρέχοντας μια γενική εικόνα της ενεργειακής κατανάλωσης και των απωλειών. Η προσπάθεια αυτή παρέχει αρκετές πληροφορίες ώστε να οδηγήσει σε τυχόν απαραίτητες αλλαγές στο πλάνο του ενεργειακού ελέγχου. Ένα διάγραμμα ροής της ενέργειας για κάθε τύπο προϊόντος και τα επιμέρους βήματα της κάθε παραγωγικής διαδικασίας αποτελούν σημαντικά εποπτικά μέσα για τη συνέχεια.

Φάση 2^η – Διεξαγωγή του Ενεργειακού Ελέγχου

1. Συλλογή δεδομένων και μετρήσεις ενεργειακής χρήσης

Η συλλογή δεδομένων και οι μετρήσεις αποτελούν μερικές από τις κυριότερες δραστηριότητες του ενεργειακού ελέγχου. Χωρίς ακριβή και επικαιροποιημένα δεδομένα δεν μπορεί να διεξαχθεί ένας επιτυχημένος ενεργειακός έλεγχος. Κάποια από τα δεδομένα είναι άμεσα διαθέσιμα καθώς καταγράφονται ήδη από την βιομηχανία. Ορισμένα όμως πρέπει να συλλεγούν μέσω μετρήσεων και καταγραφών. Για αυτό το λόγο απαιτείται η ομάδα ενεργειακών ελεγκτών να είναι πλήρως εξοπλισμένη με τα απαραίτητα μετρητικά όργανα.

Οι πιο συνηθισμένες μετρήσεις οι οποίες διεξάγονται είναι οι ακόλουθες:

- Μετρήσεις παροχών υγρών και καυσίμων
- Μετρήσεις στον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό όπως τάση, ισχύς και συντελεστής ισχύος
- Μετρήσεις θερμοκρασιών επιφανειών
- Μετρήσεις πιέσεων σε σωληνώσεις, δοχεία και φούρνους
- Μετρήσεις ρύπων και θερμοκρασίας καυσαερίων
- Μετρήσεις στον εξοπλισμό φωτισμού π.χ. φωτεινότητα

2. Ανάλυση προφίλ ηλεκτρικού φορτίου και μοτίβου παραγωγής

Προφίλ ηλεκτρικού φορτίου

Το ηλεκτρικό φορτίο μπορεί να αλλάζει από στιγμή σε στιγμή βασιζόμενο στις αλλαγές της ζήτησης. Ένα διάγραμμα της ηλεκτρικής κατανάλωσης μιας συσκευής, ενός εξοπλισμού ή ολόκληρης της εγκατάστασης συναρτήσει του χρόνου ονομάζεται προφίλ ηλεκτρικού φορτίου. Είναι ιδιαίτερος χρήσιμο για τον καθαρισμό των χαρακτηριστικών της ισχύος και την κατανόηση των οικονομικών της ηλεκτρικής κατανάλωσης. Η χρονική κλίμακα μπορεί να είναι ο μήνας, η ημέρα, η ώρα και ει δυνατόν ακόμα πιο μικρή.

Μοτίβο παραγωγής

Η ενεργειακή κατανάλωση είναι σε κάποιο βαθμό εξαρτώμενη από τη μεταβλητότητα της παραγωγής. Ένα διάγραμμα διασποράς στο οποίο η κατανάλωση ενέργειας παρίσταται στον y άξονα και η παραγωγή στον x αποτελεί έναν εύκολο εποπτικό τρόπο για την κατανόηση της σχέσης μεταξύ αυτών των δύο. Όταν η ενεργειακή κατανάλωση και η παραγωγή απεικονίζονται σε ένα διάγραμμα διασποράς είναι αμέσως εμφανείς οι τυχόν αποκλίσεις από τη σχέση αναλογίας και έτσι ο ενεργειακός ελεγκτής μπορεί να αντιληφθεί αμέσως την ανάγκη επεμβάσεων και την φύση αυτών.

3. Συγκριτική αξιολόγηση ενεργειακής απόδοσης

Η συγκριτική αξιολόγηση (benchmarking) χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της απόδοσης της επιχείρησης συγκριτικά με άλλες ή με της ίδιας στο παρελθόν. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την διακρίβωση βελτιώσεων της ενεργειακής απόδοσης μετά την εφαρμογή μέτρων ενεργειακής εξοικονόμησης. Σε κρατικό επίπεδο, οι αρμόδιοι φορείς χρησιμοποιούν τη συγκριτική αξιολόγηση για να δοθεί προτεραιότητα σε συγκεκριμένες επιλογές εξοικονόμησης καθώς και να σχεδιαστούν νομοθεσίες για ρύπους και εκπομπές αερίων θερμοκηπίου.

Τα κύρια βήματα της συγκριτικής αξιολόγησης είναι τα εξής:

- Καθορισμός επιπέδου αξιολόγησης (π.χ. τεχνολογία, γραμμή παραγωγής εγκατάσταση)
- Επιλογή κατάλληλων μονάδων που περιγράφουν την ενεργειακή απόδοση της εγκατάστασης(π.χ. ενέργεια σε kWh ή J ανά μονάδα μάζας προϊόντος)
- Παρακολούθηση διαρκώς για το αν η ενεργειακή απόδοση βελτιώνεται ή φθίνει με την πάροδο του χρόνου

4. Ανάπτυξη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας

Τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας τα οποία είναι και ο κύριος στόχος ενός ενεργειακού ελέγχου είναι ποικίλα και εξαρτώνται από τη φύση της εγκατάστασης και των παραγωγικών διαδικασιών. Τα μέτρα εξοικονόμησης μπορεί να περιλαμβάνουν απλές μεταβολές σε ρυθμίσεις λειτουργίας μέχρι και αντικατάσταση εξοπλισμού με νέο ή ακόμα και αλλαγές στην παραγωγική διαδικασία. Ο ενεργειακός ελεγκτής οφείλει να μελετήσει ενδελεχώς την εγκατάσταση και να προβεί σε κατάλληλες προτάσεις βελτιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης.

5. Οικονομική αξιολόγηση μέτρων εξοικονόμησης

Τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας τα οποία έχουν μελετηθεί και προταθεί αξιολογούνται με χρήση κατάλληλων οικονομικών δεικτών και ταξινομούνται με κριτήριο την οικονομική βιωσιμότητα τους.

Φάση 3^η – Δημιουργία Γραπτής Αναφοράς

1. Συγγραφή γραπτής αναφοράς

Μετά το πέρας του ενεργειακού ελέγχου, η επικεφαλής ομάδα πρέπει να γράψει την αναφορά του ενεργειακού ελέγχου. Η αναφορά οφείλει να είναι συνοπτική, ακριβής και παράλληλα γραμμένη με τρόπο τέτοιο ώστε να είναι πλήρως κατανοητή από το κοινό που πρόκειται να διαβαστεί. Οι ενεργειακοί ελεγκτές πρέπει να εξηγήσουν αναλυτικά τη δουλειά και τα αποτελέσματα τους σε μια δομημένη μορφή.

2.3 Ορισμός Ενεργειακής Απόδοσης

Γενικά η ενεργειακή απόδοση αναφέρεται στην κατανάλωση λιγότερης ενέργειας για την παραγωγή της ίδιας ποσότητας υπηρεσιών ή προϊόντων.

Αυτή η σχέση μπορεί να παρασταθεί από το πηλίκο:

$$\text{ενεργειακή απόδοση} = \frac{\text{ωφέλιμη έξοδος της διαδικασίας}}{\text{ενέργεια εισαγόμενη στη διαδικασία}} \quad (1)$$

Παρόλα αυτά η ενεργειακή απόδοση είναι ένας γενικός όρος και πίσω από το διαφαινόμενο απλό πηλίκο δεν υπάρχει γενική συναίνεση για το πώς η ενεργειακή απόδοση ορίζεται και υπολογίζεται. Για αυτό το λόγο προκειμένου να ποσοτικοποιηθούν οι αλλαγές στην ενεργειακή απόδοση μιας διαδικασίας χρησιμοποιείται μια σειρά από ενεργειακούς δείκτες [3].

Οι δείκτες ενεργειακής απόδοσης κατηγοριοποιούνται σε 4 ομάδες:

- α) Θερμοδυναμικοί: Είσοδος και έξοδος είναι η ενέργεια
- β) Φυσικοί-Θερμοδυναμικοί: Είσοδος είναι η ενέργεια και έξοδος μια φυσική μονάδα (π.χ. τα παραγόμενα kg ενός προϊόντος).
- γ) Οικονομικοί- Θερμοδυναμικοί: Είσοδος η ενέργεια και έξοδος χρηματικές μονάδες(π.χ. η τιμή πώλησης του προϊόντος)
- δ) Οικονομικοί: Είσοδος και έξοδος σε χρηματικές μονάδες.

Να σημειωθεί ότι οι δείκτες ενεργειακής απόδοσης οφείλουν να κανονικοποιούνται βασιζόμενοι σε παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση όπως για παράδειγμα οι καιρικές συνθήκες. Μέσω της κανονικοποίησης διασφαλίζεται μια ουσιώδης σύγκριση και αποφεύγεται η σύγκριση ανόμοιων συντελεστών.

2.4 Κίνητρα για την Υιοθέτηση Μέτρων Εξοικονόμησης Ενέργειας

Τα κίνητρα για την υιοθέτηση μέτρων αύξησης της ενεργειακής απόδοσης είναι πολλαπλά και υποδιαιρούνται σε 3 επιμέρους κύριες κατηγορίες [4]:

1. Νομικά Κίνητρα

1.1. Ο έλεγχος και η παρακολούθηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της εταιρείας με σκοπό τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τους παρόντες και μελλοντικούς κανονισμούς για τον αέρα, το νερό και τους ατμοσφαιρικούς ρύπους.

2. Οικονομικά Κίνητρα

2.1. Μείωση κόστους

Η μείωση του κόστους είναι ένα οικονομικό κίνητρο για τη χρησιμοποίηση των πόρων πιο αποδοτικά. Το μέγεθος της επιχείρησης και επομένως και η ενεργειακή κατανάλωση επηρεάζουν θετικά τα οφέλη από τη διαδικασία της ενεργειακής διαχείρισης. Αποτέλεσμα αυτού είναι να υιοθετούνται μέτρα παρακολούθησης και μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης κυρίως από μεγάλες ενεργοβόρες επιχειρήσεις.

2.2. Μείωση Ρίσκου

Ανάλογα με την πηγή ενέργειας η οποία χρησιμοποιείται από τη βιομηχανία το ρίσκο από την μεταβαλλόμενη τιμή της ενέργειας μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντικό. Για την άμβλυνση του ρίσκου οι εταιρείες είτε επενδύουν σε φτηνές πηγές ενέργειας με πιο σταθερές τιμές είτε μεταφέρουν τις παραγωγικές τους μονάδες κοντά σε φτηνές και σταθερές ενεργειακές πηγές. Η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης αποτελεί μια ακόμα επιλογή για τον περιορισμό των αναδυόμενων κινδύνων εξαιτίας της μεταβλητότητας των τιμών της ενέργειας. Ξανά, όπως και στην περίπτωση της μείωσης κόστους, όσο μεγαλύτερη η ενεργειακή κατανάλωση τόσο πιο μεγάλο το κίνητρο.

2.3. Προστασία και Ενίσχυση της Επωνυμίας

Η προστασία και η ενίσχυση της επωνυμίας αποτελούν ισχυρά κίνητρα ώστε οι επιχειρήσεις να αυξήσουν την ενεργειακή τους απόδοση. Η καλύτερη ενεργειακή απόδοση περιορίζει το αποτύπωμα άνθρακα και συνεπώς βελτιώνει την περιβαλλοντική φήμη της εν λόγω εταιρείας. Αποτέλεσμα αυτού είναι πρώτον η προσέλκυση περισσότερων πελατών. Είναι πιο πιθανό ένας πελάτης να αγοράσει ένας προϊόν για το οποίο αισθάνεται καλά. Δεύτερον, είναι πιο πιθανή η προσέλκυση επενδυτών. Στοιχεία υποδεικνύουν ότι οι επενδυτές είναι πιο πιθανόν να επενδύσουν σε εταιρείες με καλό περιβαλλοντικό ιστορικό. Τρίτον, μια πιο φιλική στο περιβάλλον εταιρεία είναι πιο ελκυστική σε μελλοντικούς υπαλλήλους.

3. Κοινωνικά Κίνητρα

3.1. Εξωτερικές Πιέσεις

Πιέσεις από εξωτερικούς παράγοντες όπως για παράδειγμα διερευνητικές αναφορές, διαδικτυακές/τηλεοπτικές καμπάνιες από πράσινες ΜΚΟ,μποϊκοτάζ καταναλωτών. Μέσω τέτοιων γεγονότων υπογραμμίζονται οι αρνητικές επιπτώσεις των προϊόντων ή των επιχειρηματικών πρακτικών της επιχείρησης στην κοινωνία και στο περιβάλλον. Οι εταιρείες που υποβάλλονται σε ανάλογες εξωτερικές πιέσεις πρέπει να απαντήσουν στις πληροφορίες αυτές σε δημόσιο διάλογο ή να ρισκάρουν την μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα της εταιρείας.

3.2. Πράσινος Καταναλωτισμός

Η άνοδος του πράσινου καταναλωτισμού. Υπάρχει μια ολοένα και αυξανόμενη απαίτηση για προϊόντα με ελάχιστες περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις. Αυτές οι διαφοροποιήσεις στις προτιμήσεις των καταναλωτών αναγκάζουν τις εταιρείες να τροποποιήσουν τα προϊόντα, τις παραγωγικές μεθόδους και τις επικοινωνιακές τους στρατηγικές για να προσαρμοστούν στην παρούσα ζήτηση. Φυσικά η θέση της εταιρείας στην αλυσίδα της προσφοράς(supply chain) παίζει βασικότατο ρόλο στην κινητοποίηση της εταιρείας για περισσότερη ενεργειακή αποδοτικότητα. Μία εταιρεία της οποίας τα προϊόντα είναι κοντά στον καταναλωτή π.χ. μια εταιρεία τροφίμων έχει αδιαμφισβήτητα υψηλότερα κίνητρα.

3.3. Ανταγωνισμός

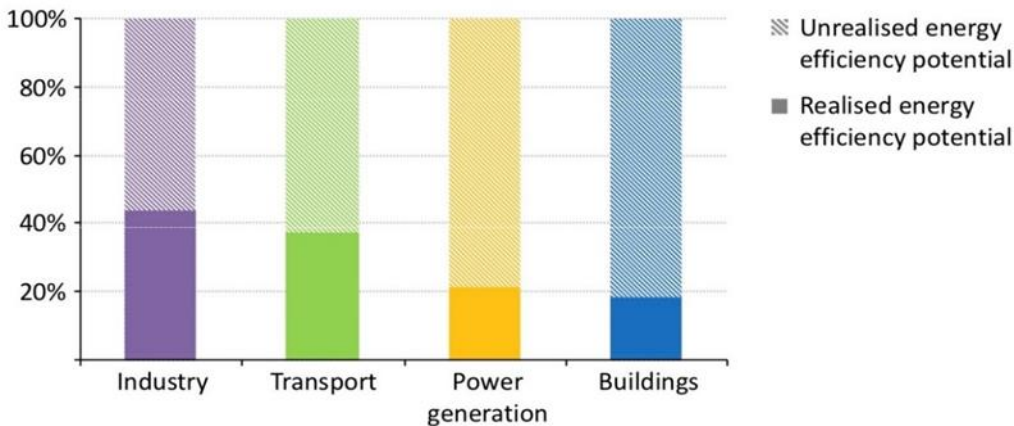
Η υιοθέτηση φιλικών στο περιβάλλον μεθόδων παραγωγής όπως η αυξημένη ενεργειακή απόδοση διαφοροποιεί τα προϊόντα από αυτά των ανταγωνιστών και ταυτόχρονα αυξάνει την ελκυστικότητα της επωνυμίας της εταιρείας. Ο οργανισμός επιτυγχάνει ένα ανταγωνιστικό προνόμιο στην αγορά.

2.5 Υπό-επένδυση και Εμπόδια Ενεργειακής Εξοικονόμησης

Παρά τα πολλαπλά κίνητρα που υπάρχουν για την υιοθέτηση μέτρων ενεργειακής εξοικονόμησης παρατηρείται η μη εκμετάλλευση όλων των διαθέσιμων ευκαιριών για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης. Η υπό-επένδυση στον τομέα της ενεργειακής αποδοτικότητας είναι ευρέως γνωστή ως “Energy Efficiency Gap”.

Εάν συνεχιστούν οι παρούσες τάσεις, δύο τρίτα του διαθέσιμου δυναμικού βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης θα παραμείνουν αναξιοποίητα μέχρι το 2035, περιλαμβάνοντας 55% μελέτες εξοικονόμησης σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις . [5]

**Energy efficiency potential used by sector in the WEO 2012
New Policies Scenario**



Εικόνα 3 Διαθέσιμο δυναμικό βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης (Πηγή: IEA)

Τα κύρια εμπόδια στα οποία οφείλεται αυτή η υπό-επένδυση στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης παρουσιάζονται εν συνεχεία [6].

1. Περιπλοκότητα Διαδικασίας

Οι επενδύσεις αύξησης της ενεργειακής απόδοσης φαίνεται να καθορίζονται από ένα μεγάλο αριθμό περίπλοκων και αλληλοεπικαλυπτόμενων παραγόντων. Η απόφαση λοιπόν για υλοποίηση μέτρων ενεργειακής εξοικονόμησης απαιτεί λεπτομερή αξιολόγηση μιας περίπλοκης διαδικασίας εξαρτώμενης από την αλληλεπίδραση πολυάριθμων παραγόντων.

2. Έλλειψη και Ελλιπής Αξιολόγηση Πληροφοριών

Η έλλειψη πληροφοριών πάνω στη χρήση της ενέργειας, τις ευκαιρίες αύξησης της ενεργειακής απόδοσης και των διαφόρων ενεργειακών τεχνολογιών οδηγεί σε απώλεια πολλών ευκαιριών. Παράλληλα οι ιθύνοντες οι οποίοι εν τέλει αποφασίζουν για την υλοποίηση η όχι των μέτρων ενεργειακής εξοικονόμησης δεν έχουν συχνά το απαραίτητο υπόβαθρο για την αξιολόγηση ανάλογων ειδικών δηλαδή επενδύσεων.

3. Κρυφά Κόστη

Τα κρυφά κόστη περιλαμβάνουν διαφοροποιήσεις στην παραγωγή, αντικατάσταση προσωπικού και εκπαίδευση αυτού, καθώς και κόστη για τη συλλογή, ανάλυση και αξιολόγηση δεδομένων. Η οικονομική ανάλυση μπορεί να αποτύχει να συνυπολογίσει τα εν λόγω κόστη και συνεπώς να υπερεκτιμήσει τα οφέλη από της αύξησης της ενεργειακής απόδοσης.

4. Πρόσβαση σε Κεφάλαια

Γενικά λίγες επιχειρήσεις και κυρίως μεγάλες θα προχωρούσαν σε δράσεις ενεργειακής διαχείρισης χωρίς την οικονομική στήριξη κρατικών προγραμμάτων.

5. Δυσκολία Εντοπισμού Μη Ενεργειακών Ωφελειών

Η δυσκολία του εντοπισμού και της ποσοτικοποίησης των μη ενεργειακών ωφελειών. Λόγω της ιδιαίτερης σημασίας του συγκεκριμένου εμποδίου αυτό αναλύεται εκτενέστερα στο επόμενο κεφάλαιο.

2.6 Μη Ενεργειακά Οφέλη

Τα μη ενεργειακά οφέλη (Non Energy Benefits) είναι τα πολλά και ποικίλα οφέλη τα οποία προκύπτουν από την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης παράλληλα με τη μείωση των άμεσων ενεργειακών εξόδων.

Τα μη ενεργειακά οφέλη μπορούν να διαχωριστούν σε επιμέρους κατηγορίες αναλόγως τη φύση τους.



Εικόνα 4 Μη ενεργειακά οφέλη

Οι κατηγορίες και αντίστοιχα παραδείγματα παρουσιάζονται ακολούθως.

α) Παραγωγή και Προϊόντα

- Μειωμένη δυσλειτουργία και βλάβες του εξοπλισμού
- Αυξημένη απόδοση του εξοπλισμού
- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού
- Μεγαλύτερη ποιότητα και αξιοπιστία προϊόντος
- Αυξημένη παραγωγική ικανότητα (όγκος παραγωγής)
- Μεγαλύτερη ευελιξία στη ρύθμιση της παραγωγής
- Συντομότερη παραγωγική διαδικασία
- Μειωμένη χρήση πρώτων υλών και αναλώσιμων

β) Απορρίμματα και Νερό

- Μείωση απορριπτόμενης θερμότητας
- Χρήση απορριπτόμενης θερμότητας
- Μείωση κατανάλωσης νερού
- Μείωση επικίνδυνων αποβλήτων
- Μείωση αποβλήτων
- Μείωση λυμάτων

γ) Ατμοσφαιρικές Εκπομπές

- Μείωση ατμοσφαιρικών ρύπων όπως CO, NO_x, SO_x
- Μείωση σκόνης
- Μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου
- Μείωση εκπομπών χλωροφθορανθράκων

δ) Συντήρηση

- Μειωμένο κόστος συντήρησης
- Μείωση φθοράς λόγω χρήσης

ε) Εργασιακό Περιβάλλον

- Μειωμένος θόρυβος
- Βελτίωση της ποιότητας του αέρα
- Βελτιωμένη θερμική άνεση
- Βελτιωμένη οπτική άνεση
- Μεγαλύτερη ικανοποίηση του προσωπικού
- Μεγαλύτερη παραγωγικότητα προσωπικού
- Μείωση προστατευτικού εξοπλισμού
- Μείωση ιατρικού κόστους

στ) Μείωση Κινδύνου

- Μείωση ρίσκου ατυχήματος
- Μείωση νομικού ρίσκου
- Μείωση εμπορικού ρίσκου
- Μεγαλύτερη ανεξαρτησία από τις μεταβαλλόμενες ενεργειακές τιμές

ζ) Άλλου Είδους

- Μεγαλύτερη ασφάλεια εγκατάστασης
- Μειωμένος κόστος κεφαλαίου
- Μικρότερο κόστος ασφάλισης
- Απλοποίηση και αυτοματοποίηση διαδικασιών
- Βαθύτερη γνώση της λειτουργίας του εξοπλισμού
- Βελτίωση της επωνυμίας της εταιρείας

Ο εντοπισμός των μη ενεργειακών ωφελειών αποτελεί κλειδί για την υλοποίηση επενδύσεων αύξησης της ενεργειακής απόδοσης καθώς οδηγούν σε αύξηση της ελκυστικότητας της επένδυσης και συνεπώς σε μεγαλύτερες πιθανότητες πραγματοποίησης της. Σύμφωνα με αναφορά της IEA, ο εντοπισμός των πολλαπλών ωφελειών της ενεργειακής απόδοσης, των οποίων η χρηματική αξία μπορεί να είναι της τάξης του 40% ως 50% της αξίας των ενεργειακών εξοικονομήσεων ανά μέτρο δύναται να μειώσει την περίοδο αποπληρωμής της επένδυση σε πάνω από το μισό [7].

Ο εντοπισμός των μη ενεργειακών ωφελειών είναι μια δύσκολη διαδικασία και οι κύριοι λόγοι είναι οι ακόλουθοι. Πρώτον, η φύση των ωφελειών αυτών είναι κάπως ασαφής με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η ακριβής εκτίμηση τους καθώς και η ποσοτικοποίηση τους μέσω κατάλληλων δεικτών σε χρηματικές μονάδες. Δεύτερον, τα οφέλη αυτά είναι περίπλοκο να απομονωθούν και να προσδιοριστεί η αιτιότητα τους. Τρίτον, οι αρμόδιοι μάνατζερ για τα αντίστοιχα έργα (project) συχνά υστερούν σε οικονομικές και στρατηγικές δεξιότητες με αποτέλεσμα τη δυσκολία πλήρους αξιολόγησης της επένδυσης [8].

2.7 Αξιολόγηση Ενεργειακής Επένδυσης

Σύμφωνα με την παραδοσιακή οικονομική ανάλυση οι επενδυτικές αποφάσεις βασίζονται αυστηρά στην αποδοτικότητα και στο χρόνο αποπληρωμής.

Η αποδοτικότητα μετρά τη σχέση μεταξύ του επενδυμένου κεφαλαίου και του προκύπτοντος εισοδήματος. Η αποδοτικότητα εκφράζεται είτε σε χρηματικές μονάδες (όπως στην περίπτωση της καθαρής παρούσας αξίας, NPV) είτε σαν ποσοστό (όπως στον εσωτερικό βαθμό απόδοσης, IRR).

Ο χρόνος αποπληρωμής αποτελείται από τον υπολογισμό του απαραίτητου χρόνου για την κάλυψη μέσω των ωφελειών της αρχικής επένδυσης κεφαλαίου. Υπολογίζει το χρονικό διάστημα χωρίς αποδοτικότητα και έτσι σχετίζεται με το ρίσκο της επένδυσης.

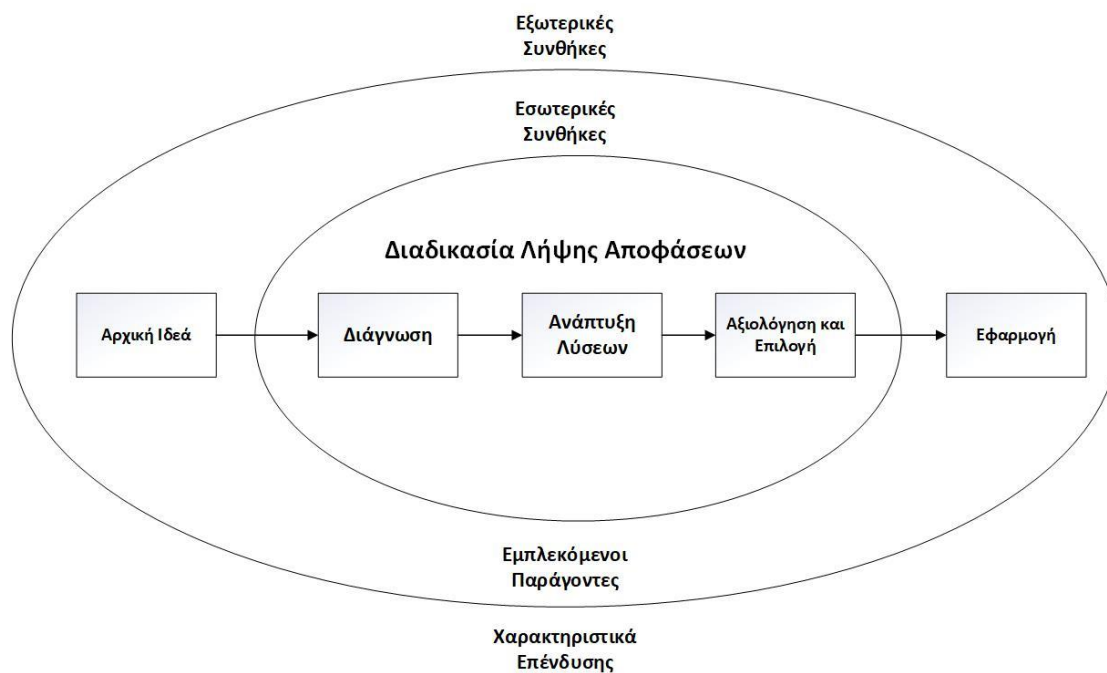
Ειδικότερα για τις επενδύσεις αύξησης της ενεργειακής απόδοσης ο χρόνος αποπληρωμής φαίνεται να είναι μακράν η πιο συνήθης χρησιμοποιούμενη οικονομική μέθοδος αξιολόγησης. Το κριτήριο αποπληρωμής είναι ίσο με 3 ή λιγότερα χρόνια. Βέβαια διαφοροποιείται αναλόγως τη φύση της επένδυσης. Μόνο μια μικρή μερίδα επιχειρήσεων φαίνεται να χρησιμοποιεί και το κριτήριο αποδοτικότητας για να συμπληρώσει το κριτήριο χρόνου αποπληρωμής [3].

Παρόλα αυτά, αυτή η κλασική θεωρία μοιάζει να μην μπορεί να εξηγήσει ικανοποιητικά το γιατί πολλές επικερδείς επενδύσεις εξοικονόμησης ενέργειας δεν υλοποιούνται. Οι παραπάνω παραδοσιακοί συλλογισμοί δεν είναι ικανοποιητικοί για τους ακόλουθους λόγους [9]:

1. Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης για ορισμένες επενδύσεις είναι τέτοιος που να μην εξηγεί γιατί οι δυνατοί επενδυτές τα απορρίπτουν.
2. Τα πρώτα βήματα μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης περιλαμβάνουν συχνά απλές ρυθμίσεις του υπάρχοντος εξοπλισμού και επιτυγχάνονται με σχεδόν αμελητέα χρηματικά κόστη.

3. Δεν εξηγούν τις διαφορές συμπεριφοράς μεταξύ επιχειρήσεων οι οποίες δραστηριοποιούνται σε ίδιους τομείς.
4. Οι ενεργειακοί οικονομολόγοι συχνά αναφέρουν τα κρυφά κόστη ως εξήγηση για την μη υλοποίηση των επενδύσεων αύξησης της ενεργειακής απόδοσης αλλά ποτέ τα κρυφά οφέλη, παρόλο που σε αντίθεση με τα κρυφά κόστη έχουν υπολογιστεί αρκετά ακριβέστερα.

Οι επενδυτικές αποφάσεις είναι στην πραγματικότητα δυναμικές διαδικασίες στις οποίες η επένδυση περνάει από έναν αριθμό επιπέδων στο δρόμο για την τελική απόφαση. Το μοντέλο λήψης αποφάσεων πρέπει να αντιμετωπίζεται από μια δυναμική προοπτική, όχι δηλαδή σαν ένα σημείο στο χρόνο αλλά σαν μια πολύ-βηματική διαδικασία [10].



Εικόνα 5 Διαδικασία λήψης αποφάσεων

Η διαδικασία λήψης αποφάσεων επηρεάζεται λοιπόν από τα ακόλουθα:

1. Εσωτερικές και Εξωτερικές Συνθήκες

Οι εσωτερικές(οργανωτικές) και οι εξωτερικές συνθήκες επηρεάζουν όλες τις φάσεις της διαδικασίας αποφάσεων. Οι εσωτερικές συνθήκες συνίστανται από τη δομή, τη στρατηγική και την κουλτούρα. Οι εξωτερικές συνθήκες αναφέρονται στο περιβάλλον του οργανισμού. Περιλαμβάνουν τις συνθήκες ανταγωνισμού, τη ζήτηση, κοινωνικές επαναστάσεις, κανονισμούς, τη γενική οικονομία και την τεχνολογική πρόοδο. Παρόλα αυτά πρέπει να τονιστεί ότι το περιβάλλον του οργανισμού δεν δίνεται ως δεδομένο. Ερμηνεύεται και χτίζεται από τους εμπλεκόμενους παράγοντες, το όραμα και τα φίλτρα αυτών.

2. Εμπλεκόμενοι Παράγοντες

Οι εμπλεκόμενοι παράγοντες επηρεάζουν τη διαδικασία της λήψης αποφάσεων και του αποτελέσματος αυτής δηλαδή της θετικής, αρνητικής ή καμίας απόφασης. Οι οργανισμοί είναι συστήματα, συνεταιρισμοί ατόμων με ανταγωνιστικά συμφέροντα. Σε κάθε οργανισμό, ένας κυρίαρχος συνασπισμός που αποτελεί την ανώτερη διοίκηση, έχει σημαντική επιρροή στον τρόπο που η εταιρεία διοικείται. Ο κυρίαρχος συνασπισμός είναι ένας πυρήνας μιας τριάδας βαρύνουσας σημασίας λειτουργιών, της παραγωγής, του μάρκετινγκ και των πωλήσεων και τέλος της χρηματοοικονομικής. Συμπερασματικά, σε κάθε οργανισμό οι αποφάσεις ακολουθούν τις επιθυμίες και τις επακόλουθες επιλογές των πιο ισχυρών ατόμων σε αυτόν.

3. Χαρακτηριστικά της Επένδυσης

Τα χαρακτηριστικά της επένδυσης επηρεάζουν το αποτέλεσμα του οργανωτικού ανταγωνισμού. Είναι πολλαπλά και διαφορετικά.

Παραδείγματα χαρακτηριστικών επένδυσης είναι τα ακόλουθα

- Σημαντικότητα της επένδυσης
- Περιπλοκότητα
- Αριθμός παραγόντων που θα εμπλακούν και το ερέθισμα που θα τους προκαλέσει
- Το επίπεδο της οργανωτικής μεταβολής που θα απαιτήσουν

3. Γενική Περιγραφή Εγκαταστάσεων

3.1 Τοποθεσία – Προσανατολισμός

Οι εγκαταστάσεις του Κέντρου Διανομής Προϊόντων Συντήρησης και Κατάψυξης της εταιρείας ΑΒ Βασιλόπουλος Α.Ε. βρίσκονται στο 52^ο χιλιόμετρο της Λεωφόρου Αθηνών-Λαμίας στα Οινόφυτα Βοιωτίας. Το κέντρο κατασκευάστηκε το 2009.

Στον ακόλουθο πίνακα δίνονται κεντροβαρικά οι συντεταγμένες της αποθήκης στο Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1984 (WGS 84):

Πίνακας 1 Συντεταγμένες εγκαταστάσεων

Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1984 (WGS 84)	
Γεωγραφικό πλάτος	38°17'48" Β
Γεωγραφικό μήκος	23° 39'41"Α

Εν συνεχεία παρουσιάζεται η δορυφορική απεικόνιση της εγκατάστασης



Εικόνα 6 Δορυφορική απεικόνιση των εγκαταστάσεων

3.2 Κτιριακές Εγκαταστάσεις

Τα βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά της αποθήκης φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα

Πίνακας 2 Επιμέρους κτιριακές εγκαταστάσεις

Περιγραφή	Επιφάνεια (m ²)	Παρατηρήσεις
Οικόπεδο	115000	
Αδιαμόρφωτο τμήμα οικοπέδου	12600	Διαθέσιμο για μελλοντική χρήση
Κτίριο Α	9000	Φρούτα-λαχανικά και διακίνηση
Κτίριο Β	16500	Κατάψυξη(4200m ²), Συντήρηση (7200m ²), Συσκευασία και Τυποποίηση κρέατος, τυριών, ψαριών(1700m ²)-διακίνηση
Κτίριο Δ	4500	Η/Μ χώροι-συντήρηση και φόρτιση περονοφόρων
Κτίριο Ε	3000	Κενά - διακίνηση
Πατάρι (κτίρια Α,Δ,Ε)	2700	Χώροι γραφείων και προσωπικού
Συνολική επιφάνεια συγκροτήματος	35700	
Συνολική κάλυψη	30400	

Από άποψη χωροθέτησης τα κτίρια βρίσκονται στο δυτικό τμήμα του οικοπέδου. Ανατολικά αυτών υπάρχουν κατά σειρά χώρος φόρτωσης, χώρος ελιγμών και στάθμευσης φορτηγών, αδιαμόρφωτο τμήμα, θέσεις στάθμευσης και κόμβος εισόδου.

Βόρεια του συγκροτήματος των κτιρίων υπάρχουν κατά σειρά χώρος φόρτωσης, χώρος ελιγμών και χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων.

Νότια του συγκροτήματος υπάρχει αδιαμόρφωτο τμήμα, οδός και ράμπα πρόσβασης στο υπόγειο του κτιρίου Δ.

Δυτικά του συγκροτήματος υπάρχει χώρος φόρτωσης και ελιγμών για το κτίριο Ε καθώς και ο χώρος του βιολογικού καθαρισμού.

Τέλος, βορειοδυτικά του συγκροτήματος υπάρχει ο χώρος του πλυντηρίου-λιπαντηρίου και της αντλίας καυσίμων.

Η κυκλοφορία εντός του συγκροτήματος πραγματοποιείται από περιμετρική οδό που καταλήγει στον κόμβο.

3.3 Δραστηριότητες

Η κύρια δραστηριότητα της εγκατάστασης είναι η συντήρηση των προϊόντων στους χώρους του ψυχοστασίου μέχρι να προμηθευτούν στα καταστήματα της αλυσίδας σουπερμάρκετ.

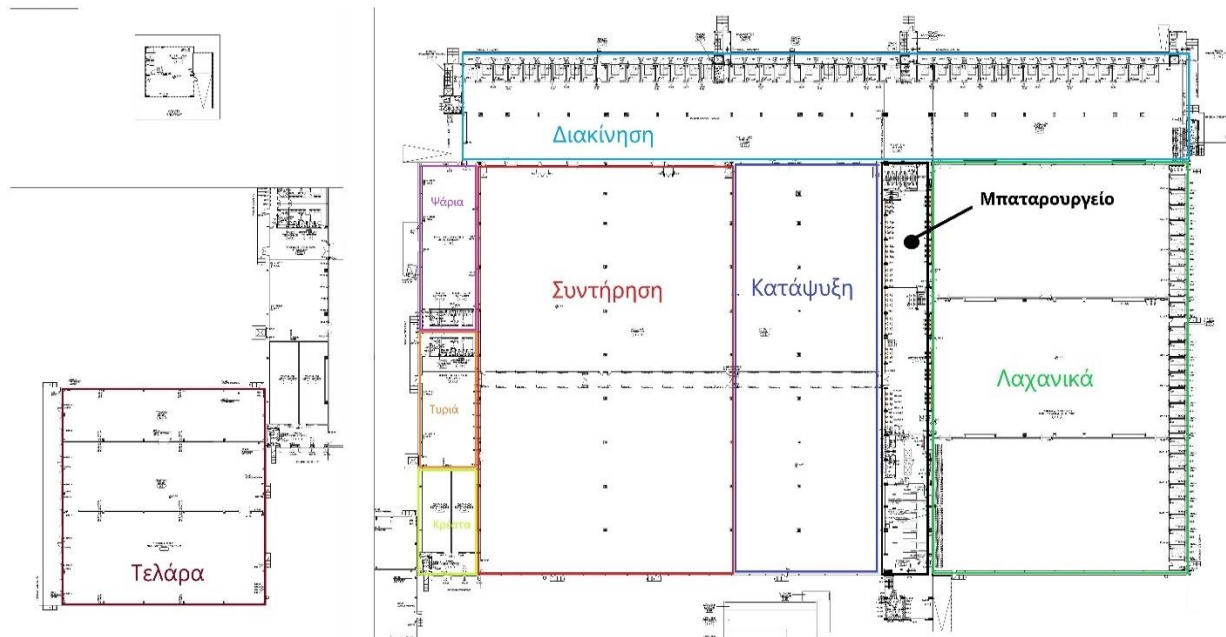
Το ψυχοστάσιο περιλαμβάνει τους εξής χώρους

- α) Αποθήκη Οπωρολαχανικών
- β) Αποθήκη Συντήρησης
- γ) Αποθήκη Κατάψυξης
- δ) Συσκευαστήριο Τυριών
- ε) Αποθήκη Αλιευμάτων
- στ) Αποθήκη Κρεμαστών Κρεάτων

Εκτός του ψυχοστασίου η αποθήκη περιλαμβάνει και τους ακόλουθους χώρους

- α) Χώροι διοίκησης – γραφείων (2^{ος} όροφος)
- β) Αποθήκη και πλυντήριο τελάρων
- γ) Βιολογικός καθαρισμός
- δ) Μπαταρουργείο
- ε) Πλυντήριο/λιπαντήριο φορτηγών (βορειοδυτικό τμήμα του οικοπέδου)

Εν συνεχεία παρουσιάζεται η κάτοψη του 1^{ου} ορόφου της αποθήκης όπου διακρίνονται τα διάφορα μέρη του ψυχοστασίου, το μπαταρουργείο και ο χώρος πλύσης και αποθήκευσης των τελάρων.



Εικόνα 7 Κάτοψη 1ου ορόφου

Τα μεγέθη των επιμέρους χώρων του ψυχοστασίου συνοψίζονται ακολούθως

Πίνακας 3 Μεγέθη ψυκτικών θαλάμων

	Εμβαδόν (m ²)	Όγκος (m ³)
Συντήρηση	7049	52867
Κατάψυξη	4071	34602
Διακίνηση	4105	20525
Λαχανικά	6306	49189
Αλιεύματα	842	4211
Κρέατα	406	2032
Τυριά	453	2265

3.4 Πρόγραμμα Λειτουργίας και Εργατικό Δυναμικό

Το πρόγραμμα λειτουργίας των εγκαταστάσεων και το εργατικό δυναμικό σε κάθε διάστημα της ημέρας σε κάθε τμήμα όπως ακριβώς διατέθηκε από τους υπευθύνους είναι το ακόλουθο

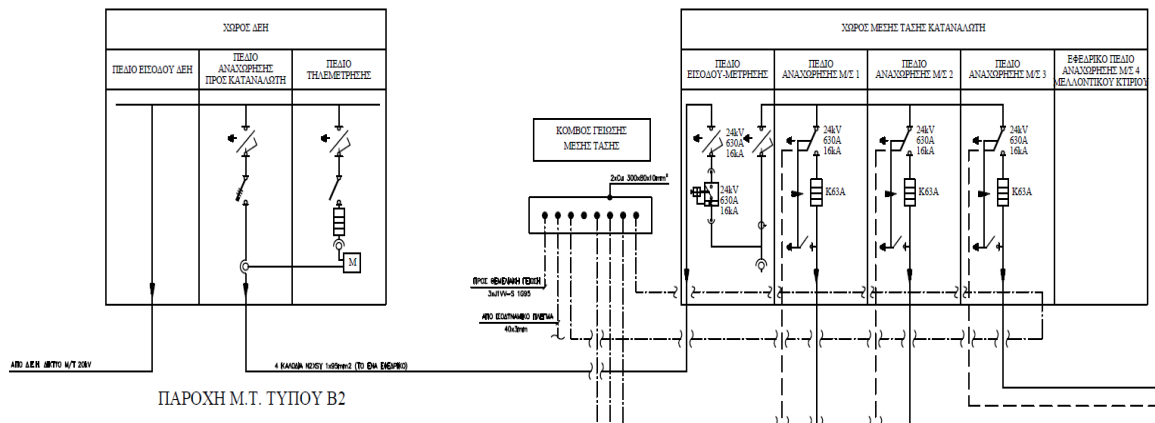
Πίνακας 4 Ωράριο και ανθρώπινο δυναμικό

ΤΜΗΜΑ	ΑΒ	ΤΡΙΤΟΙ	ΣΥΝΟΛΟ ΔΥΝΑΜΗΣ	6:00-14:00	10:00-18:00	12:00-20:00	13:00-21:00	22:00-06:00
BUYERS-FRESH, BAKERY & READY MEALS	24	-	24	4	20	-	-	-
LOADING	15	18	33	6	-	7	-	20
LOGISTICS QUALITY	5	-	5	-	5	-	-	-
PROCUREMENT SUPPORT SERVICES	2	-	2	-	2	-	-	-
ΔΙΑΝΟΜΗ	49	-	49	24	-	-	10	15
ΟΙΝΟΦΥΤΑ ΓΕΝΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	19	7	26	7	8	2	7	2
ΟΙΝΟΦΥΤΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗ	4	-	4	-	4	-	-	-
ΟΙΝΟΦΥΤΑ ΚΑΤΕΨΥΓΜΕΝΑ	18	3	21	8	13	-	-	-
ΟΙΝΟΦΥΤΑ ΚΕΝΑ	15	15	30	13	5	-	7	5
ΟΙΝΟΦΥΤΑ ΚΡΕΑΣ	20	15	35	2	3	-	30	-
ΟΙΝΟΦΥΤΑ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	46	42	88	7	81	-	-	-
ΟΙΝΟΦΥΤΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	63	41	104	41	40	-	23	-
ΟΙΝΟΦΥΤΑ ΣΥΣΚ.ΤΥΡΙΩΝ	6	-	6	-	6	-	-	-
ΟΙΝΟΦΥΤΑ ΦΡΕΣΚΑ ΨΑΡΙΑ	4	-	4	-	2	-	2	-
ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	11	-	11	-	11	-	-	-
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ- ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗ	1	-	1	-	1	-	-	-
ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ	1	-	1	-	1	-	-	-
ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ	3	-	3	1	1	1	-	-
ΣΥΝΟΛΟ	306	141	447	113	203	10	79	42

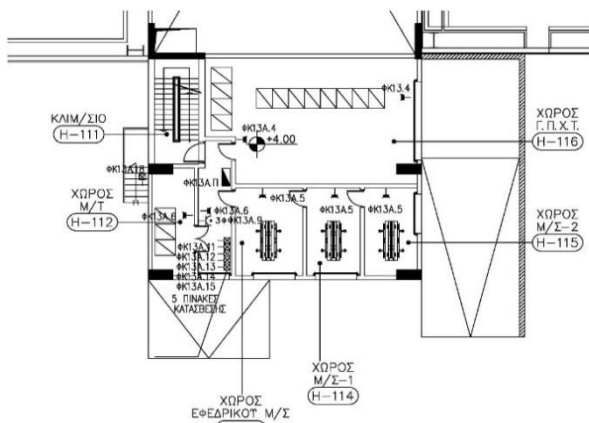
4. Περιγραφή Η/Μ Εγκαταστάσεων

4.1 Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η εγκατάσταση συνδέεται με τον ιστό μέσης τάσης 20kV της ΔΕΗ ο οποίος βρίσκεται πλησίον του βιολογικού καθαρισμού. Η ηλεκτρική ενέργεια μέσω των υπογείων καλωδίων μέσης τάσης φτάνει στον γενικό διακόπτη άφιξης των πεδίων στον οποίο συνδέεται με τα κατάλληλα ακροκιβώτια εσωτερικού χώρου. Τα πεδία στην συνέχεια διανέμουν την ενέργεια μέσω τριών αυτόματων διακοπών μέσης τάσης ανεξάρτητα στους τρεις μετασχηματιστές. Οι διακόπτες επιτηρούν το ρεύμα εισόδου και έχουν ρυθμιστεί έτσι ώστε να πληρούν τις απαιτήσεις της Δ.Ε.Η. σχετικά με την απόκριση της καμπύλης διακοπής ισχύος από πλευράς καταναλωτή για την προστασία του δικτύου μέσης τάσης.



Εικόνα 8 Ηλεκτρολογική σύνδεση χώρου ΔΕΗ με τον χώρο μέσης τάσης καταναλωτή

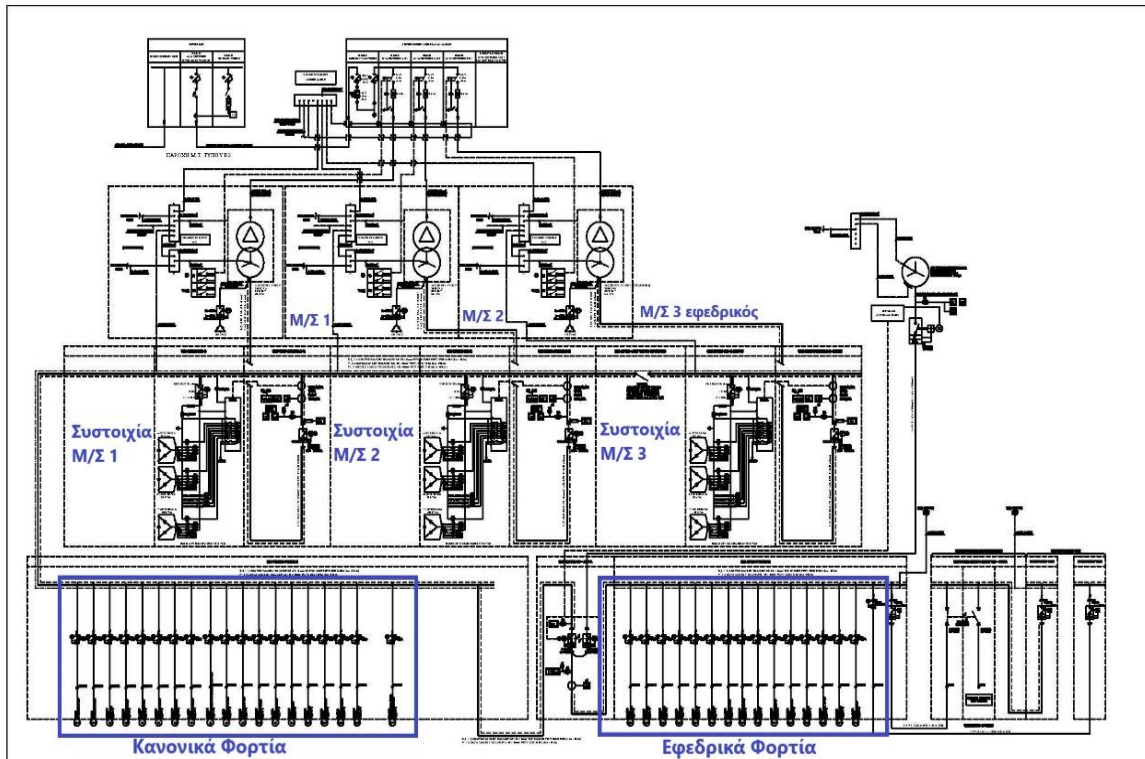


Εικόνα 9 Χώρος εγκατάστασης μετασχηματιστών

Οι τρεις μετασχηματιστές είναι εγκατεστημένοι στον υποσταθμό και τροφοδοτούν τον Γ.Π.Χ.Τ. οποίος βρίσκεται στο επίπεδο +4.00.

Για την παροχή ρεύματος χαμηλής τάσης τοποθετήθηκαν τρεις μετασηματιστές ξηρού τύπου 20KV/400V, 2000kVA έκαστος. Ο ένας εκ των τριών είναι εφεδρικός αλλά πλήρως εγκατεστημένος, έτοιμος να τροφοδοτήσει τον γενικό πίνακα χαμηλής τάσης ανά πάσα στιγμή. Οι άλλοι δύο συνδέονται παράλληλα και τροφοδοτούν το γενικό πίνακα χαμηλής τάσης (Γ.Π.Χ.Τ.).

Για την αντιμετώπιση του φαινομένου της άεργους ισχύος τοποθετούνται στο Γ.Π.Χ.Τ. σε ξεχωριστά πεδία για κάθε Μ/Σ διατάξεις παραλλήλων πυκνωτών. Η κάθε συστοιχία έχει ονομαστική ισχύ 450kVAr 380V/50Hz και ρυθμίζεται σε βαθμίδες 20,40,50,60,80,100kVAr. Χάρη στις συστοιχίες το cosφ διατηρείται μεγαλύτερο ή ίσο του 0.99.

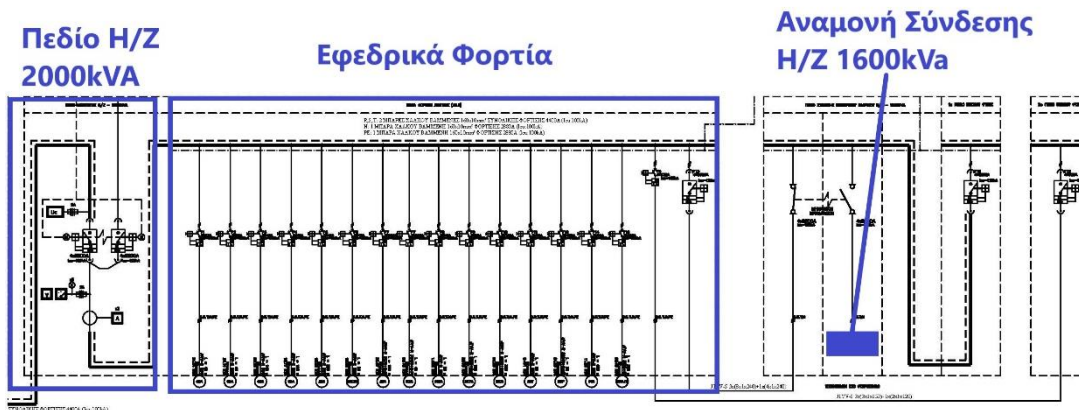


Εικόνα 10 Ηλεκτρολογικό σχέδιο εγκατάστασης

Για την περίπτωση συνεχών ασταθειών στην τάση ή πλήρη απώλεια αυτής υπάρχει ηλεκτροπαραγωγικό ζεύγος 2000kVA το οποίο είναι συνδεδεμένο με το Γ.Π.Χ.Τ. Αποτελείται από κινητήρα diesel και ηλεκτρική γεννήτρια. Για να καλυφθεί η ανάγκη σε καύσιμο υπάρχει υπόγεια δεξαμενή όγκου 10m³, ποσότητα η οποία επαρκεί για αυτονομία μίας ημέρας. Επίσης υπάρχει διαθέσιμος χώρος για εφεδρικό εξωτερικό Η/Ζ 1600kVA.

Να σημειωθεί ότι από το Γ.Π.Χ.Τ. τροφοδοτούνται στην κανονική λειτουργία τα κανονικά φορτία. Σε περίπτωση απώλειας τάσης και χρήση ηλεκτροπαραγωγικού ζεύγους ο Γ.Π.Χ.Τ. τροφοδοτεί μια μικρότερη ομάδα φορτίων, των πλέον απαραίτητων, τα λεγόμενα ως “εφεδρικά”.

Οι ανωτέρω λεπτομέρειες φαίνονται ακολούθως



Εικόνα 11 Λεπτομέρειες στο ηλεκτρολογικό σχέδιο

4.2 Ψυχοστάσιο

4.2.1 Γενική Περιγραφή Ψυχοστασίου

Η ψυκτική εγκατάσταση της αποθήκης περιλαμβάνει διβάθμιο σύστημα συμπίεσης R717 (αμμωνίας) το οποίο λειτουργεί σε θερμοκρασίες -10°C και -35°C .

Η άνω βαθμίδα του συστήματος αμμωνίας τροφοδοτεί μέσω εναλλάκτη ένα δεύτερο κύκλωμα με ψυκτικό μέσο διάλυμα 35% προπυλενογλυκόλης-νερού.

α) Το κύκλωμα της αμμωνίας τροφοδοτεί τους εξής χώρους

Η πρώτη βαθμίδα τροφοδοτεί

1. Το θάλαμο της κατάψυξης $\rightarrow \theta = -24^{\circ}\text{C}$

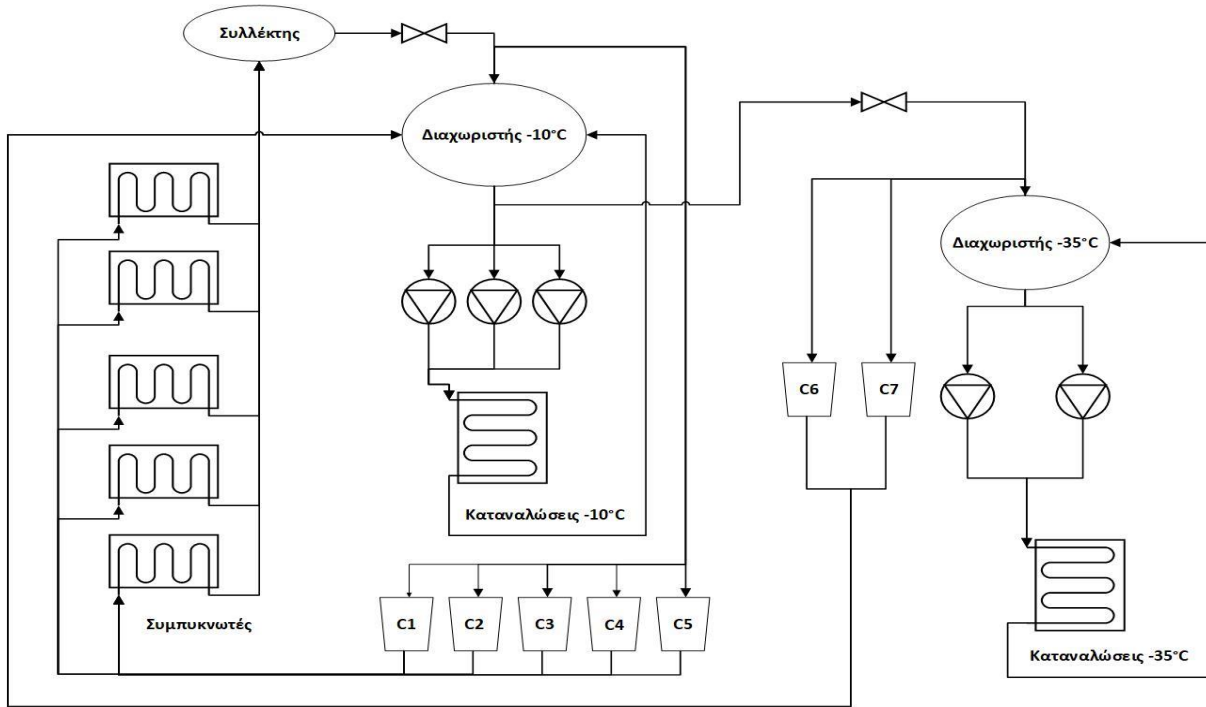
Η δεύτερη βαθμίδα τροφοδοτεί

1. Το θάλαμο συντήρησης $\rightarrow \theta = 0...2^{\circ}\text{C}$
2. Το διάδρομο διακίνησης/φορτώσεων $\rightarrow \theta = 6^{\circ}\text{C}$
3. Τους 3 θαλάμους οπωροπολαχανικών
 - i. Ψυγείο 2 $\rightarrow \theta = 4^{\circ}\text{C}$
 - ii. Λαχανικά 2 $\rightarrow \theta = 8^{\circ}\text{C}$
 - iii. Λαχανικά 1 $\rightarrow \theta = 12^{\circ}\text{C}$

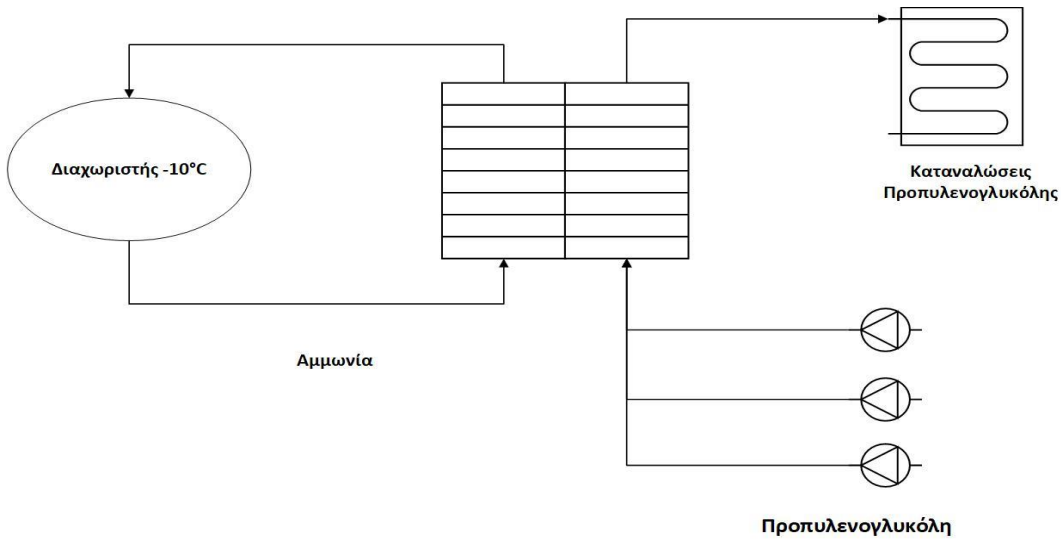
β) Το κύκλωμα προπυλενογλυκόλης τροφοδοτεί τους εξής χώρους

1. Προθάλαμος συντήρησης κρέατος $\rightarrow \theta = 0...1^{\circ}\text{C}$
2. Θάλαμος συντήρησης κρέατος $\rightarrow \theta = 0...1^{\circ}\text{C}$
3. Θάλαμος τυριών $\rightarrow \theta = 8...10^{\circ}\text{C}$
4. Θάλαμος αλιευμάτων $\rightarrow \theta = 3^{\circ}\text{C}$

Ακολούθως φαίνονται αναλυτικά σκαριφήματα των δύο συστημάτων ψύξης της εγκατάστασης.



Εικόνα 12 Ψυκτικό κύκλωμα αμμωνίας



Εικόνα 13 Ψυκτικό κύκλωμα προπυλενογλυκόλης

4.2.2 Κύκλωμα Αμμωνίας

Η αμμωνία παράγεται τόσο φυσικά όσο και ως παρά-προϊόν πολυάριθμων τεχνητών διαδικασιών. Χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά ως ψυκτικό μέσο τη χρονική περίοδο κατά την οποία εφευρέθηκε ο ψυκτικός κύκλος συμπίεσης, περίπου το 1850. Από τότε χρησιμοποιείται αδιάλειπτα και είναι το κυριότερο ψυκτικό μέσο σε βιομηχανικές εφαρμογές λόγω του χαμηλού κόστους και των εξαιρετικών θερμοδυναμικών ιδιοτήτων του. Πρόκειται για ένα άχρωμο αέριο με αρκετά διαπεραστική οσμή η οποία γίνεται αντιληπτή ακόμα και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις (της τάξης των 0.05ppm). Η κοινή αμμωνία η οποία προορίζεται για οικιακές χρήσεις είναι περίπου 10% κατά βάρος αμμωνία αναμιγμένη με νερό. Η αμμωνία η οποία χρησιμοποιείται σε ψυκτικές εγκαταστάσεις είναι η λεγόμενη άνυδρη αμμωνία καθώς δεν περιέχει σχεδόν καθόλου νερό (99.8% καθαρή αμμωνία) και παρουσιάζει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά [11]:

Πλεονεκτήματα

- Υπάρχει φυσικά και είναι επομένως απολύτως ασφαλής για το περιβάλλον. Τόσο το Ozone Depletion Potential (ODP) της αμμωνίας όσο και το Global Warming Potential (GWP) είναι ίσα με μηδέν.
- Είναι σημαντικά φθηνότερη από τα CFCs ή τα HCFCs σαν ψυκτικό μέσο.
- Έχει καλύτερες θερμοδυναμικές ιδιότητες και επομένως απαιτείται μικρότερη επιφάνεια μεταφοράς θερμότητας άρα και διάμετρος σωληνώσεων. Οι μικρότερες διαμέτρου σωληνώσεις οδηγούν με τη σειρά τους σε λιγότερες απώλειες.

Το φθηνότερο κόστος αγοράς του ίδιου του ψυκτικού μέσου και η ταυτόχρονη απαίτηση για μικρότερης διαμέτρου σωληνώσεις οδηγούν σε ένα κόστος συστήματος μικρότερο κατά 10-20%.

Μειονεκτήματα

- Είναι τοξική σε μεγάλες συγκεντρώσεις καθιστώντας μια διαρροή ιδιαίτερως επικίνδυνη για το προσωπικό και τους παρευρισκόμενους. Δύο παράγοντες όμως δύνανται να μετριάσουν το ρίσκο. Πρώτον, η αμμωνία είναι ελαφρύτερη από τον ατμοσφαιρικό αέρα οπότε σε περίπτωση διαρροής ανυψώνεται και διασκορπίζεται. Δεύτερον, έχει χαρακτηριστική έντονη οσμή οπότε σε περίπτωση διαρροής γίνεται άμεσα αντιληπτή.
- Η αμμωνία δεν είναι συμβατή με σωληνώσεις χαλκού

Τα μέρη του κυκλώματος αμμωνίας της εν λόγω εγκατάστασης περιγράφονται ακολούθως.

Η πρώτη βαθμίδα περιλαμβάνει 2 κοχλιωτούς συμπιεστές.

Η σειρά λειτουργίας τους είναι $C_7 \rightarrow C_6$

Η δεύτερη βαθμίδα περιλαμβάνει 5 screw συμπιεστές.

Η σειρά λειτουργίας είναι $C_4 \rightarrow C_5 \rightarrow C_1 \rightarrow C_2 \rightarrow C_3$.

Πίνακας 5 Χαρακτηριστικά συμπιεστών

Χαρακτηριστικά Συμπιεστών						
α/α	P_{el} (kW)	Q (kW)	I (A)	N (rpm)	$T_{ελσ}$ (°C)	$T_{εξ}$ (°C)
C1	314	701...597	530	1475-3540var	-10	+25...+50
C2	250	573...465	420	2940	-10	+25...+50
C3	250	573...465	420	2940	-10	+25...+50
C4	250	573...465	420	2940	-10	+25...+50
C5	250	573...465	420	2940	-10	+25...+50
C6	55	216.4	100	2940	-35	-10
C7	75	264.9	133	1475-3540var	-35	-10

Οι συμπυκνωτές είναι αερόψυκτοι, 5 συνολικά και κατάλληλοι για λειτουργία σε εξωτερικούς χώρους. Είναι τοποθετημένοι στην οροφή της εγκατάστασης, συνδεδεμένοι παράλληλα και καθένας περιλαμβάνει 12 ανεμιστήρες.

Πίνακας 6 Χαρακτηριστικά συμπυκνωτών

Χαρακτηριστικά Συμπυκνωτών	
Θερμοκρασία Συμπύκνωσης (°C)	45
Αριθμός Ανεμιστήρων	12
Ισχύς Ανεμιστήρων (kW)	3.6
Εναλλασσόμενη Θερμότητα (kW)	821.2
Παροχή Αέρα (m ³ /h)	334800

Οι αντλίες είναι συνολικά 5.

Η πρώτη βαθμίδα περιλαμβάνει 2 αντλίες αμμωνίας οι οποίες προωθούν την αμμωνία στις καταναλώσεις -35°C .

Η δεύτερη βαθμίδα περιλαμβάνει 3 αντλίες αμμωνίας οι οποίες προωθούν την αμμωνία στις καταναλώσεις -10°C .

Σε κάθε βαθμίδα η μία αντλία είναι εφεδρική.

Πίνακας 7 Χαρακτηριστικά αντλιών

Χαρακτηριστικά Αντλιών		
	1 ^η βαθμίδα	2 ^η βαθμίδα
Τεμάχια	2	3
Θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$)	-35	-10
Παροχή (m^3/h)	5	20
Ισχύς (kW)	2.2	5.5

Για την παροχή ψύξης χρησιμοποιούνται συνολικά 10 αεροψυκτήρες με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά.

Πίνακας 8 Χαρακτηριστικά αεροψυκτήρων

Χαρακτηριστικά Αεροψυκτήρων						
Χώρος	Συντήρηση	Κατάψυξη	Διακίνηση	Ψυγείο 2	Λαχανικά 1	Λαχανικά 2
Τεμάχια	3	2	2	1	1	1
P_{cool} (kW)	200	200	150	200	150	150
P_{el} (kW)	15	15	11	15	11	11
Παροχή αέρα (m^3/h)	107600	109200	84400	107600	107600	107600
Ψυκτική επιφάνεια(m^2)	900	1000	675	900	900	900

Χρησιμοποιούνται 2 αμμωνιοδιαχωριστές ένας για κάθε βαθμίδα. Ο ρόλος των αμμωνιοδιαχωριστών είναι ο διαχωρισμός της αέριας και της υγρής φάσης της αμμωνίας. Από το κάτω μέρος τους οδηγείται η υγρή αμμωνίας μέσω των αντλιών στις καταναλώσεις ενώ από το πάνω μέρος τους η αέρια αμμωνία αναρροφάται από τους συμπιεστές. Οι δύο αμμωνιοδιαχωριστές επικοινωνούν μέσω σωλήνωσης με στραγγαλιστική βαλβίδα.

Πίνακας 9 Χαρακτηριστικά αμμωνιοδιαχωριστών

Χαρακτηριστικά αμμωνιοδιαχωριστών		
Θερμοκρασία Δοχείου	-10°C	-35°C
Διαστάσεις	1400mmx6000mm	1200mmx4000mm

Αμέσως μετά τους συμπυκνωτές υπάρχει συλλέκτης ο οποίος κατακρατά το επιπλέον υψηλής πίεσης υγρό το οποίο δεν χρησιμοποιείται. Ουσιαστικά επιτρέπει τη λειτουργία σε διαφορετικά φορτία. Το δοχείο του συλλέκτη έχει διαστάσεις 900mmx4000mm.

4.2.3 Κύκλωμα Προπυλενογλυκόλης-Νερού

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της προπυλενογλυκόλης ως ψυκτικό μέσο έγκειται στο γεγονός ότι είναι φιλική προς τα τρόφιμα καθώς έχει χαμηλή τοξικότητα. [12]

Η εναλλαγή θερμότητας μεταξύ των 2 ψυκτικών μέσων γίνεται διαμέσου πλακοειδή εναλλάκτη.

Πίνακας 10 Χαρακτηριστικά εναλλάκτη

Χαρακτηριστικά εναλλάκτη	
Παροχή R717 (kg/h)	3333
Παροχή προπυλενογλυκόλης (kg/h)	96024
Θ _{εισ} Γλυκόλης (°C)	-4
Θ _{εξ} Γλυκόλης (°C)	-7

Στους χώρους θαλάμου κρεάτων, προθαλάμου κρεάτων και τυριών η ψύξη επιτυγχάνεται με αεροψυκτήρες προπυλενογλυκόλης 35% με ηλεκτροκίνητους ανεμιστήρες και σύστημα αποπάγωσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις. Στο χώρο των αλιευμάτων είναι εγκατεστημένα στοιχεία φυσικής κυκλοφορίας αέρα.

Τα χαρακτηριστικά τους συνοψίζονται ακολούθως

Πίνακας 11 Ψυκτικά στοιχεία κυκλώματος προπυλενογλυκόλης

Χώρος	Θάλαμος Κρεάτων	Προθάλαμος κρεάτων	Τυριά	Αλιεύματα
	Κρεάτων	κρεάτων		
Τεμάχια	2	1	2	8
Τύπος	αεροψυκτήρας	αεροψυκτήρας	αεροψυκτήρας	φυσικής κυκλοφορίας
Pψ (kW)	32.4	20	42	13
Pe (kW)	3.4	1.52	7.2	-
Παροχή αέρα (m ³ /h)	41880	16940	Με πάνινους αεραγωγούς	-
Παροχή ψυκτικού (m ³ /h)	9.94	6	9.59	3.98
ΨυκτικήΕπιφάνεια (m ²)	434.2	165	461.3	247
Αποπάγωση	αντιστάσεις	αντιστάσεις	Με αέρα	-

Για την κυκλοφορία της προπυλενογλυκόλης χρησιμοποιούνται 3 αντλίες.

Πίνακας 12 Χαρακτηριστικά αντλιών

Χαρακτηριστικά Αντλιών	
Θερμοκρασία (°C)	-7
Παροχή (m ³ /h)	50
Ισχύς (kW)	7.5

4.3 Φωτισμός

Η εγκατάσταση εσωτερικού φωτισμού περιλαμβάνει τις εξής κατηγορίες φωτισμού:

- α) Τον κανονικό φωτισμό ο οποίος περιλαμβάνει το σύνολο των φωτιστικών σωμάτων του κτιρίου για το φωτισμό εργασίας σε όλους τους χώρους.
- β) Τον φωτισμό ανάγκης ο οποίος περιλαμβάνει το 30% του συνόλου των φωτιστικών σωμάτων και τροφοδοτείται και από το H/Z μέσω ξεχωριστών πινάκων.
- γ) Τον φωτισμό ασφαλείας με τα φωτιστικά εξόδου. Ο φωτισμός ασφαλείας αποσκοπεί στην παροχή ενός στοιχειώδους φωτισμού σε στάθμη σε όλους τους διαδρόμους, τα κλιμακοστάσια και τις εξόδους διαφυγής. Η αυτονομία του σε περίπτωση διακοπής είναι 1.5 ώρα. Τα φωτιστικά σώματα σήμανσης δηλαδή με βέλη πορείας ή αναγραφή της λέξης 'ΕΞΟΔΟΣ' ανάβουν αυτόματα μόνο όταν υπάρξει διακοπή της παροχής της Δ.Ε.Η.

Οι βασικοί τύποι φωτιστικών σε κάθε χώρο είναι οι εξής

- Φωτιστικά με λαμπτήρες LED 22W/840 και ηλεκτρονικό ballast για τους ψυκτικούς θαλάμους.
- Φωτιστικά-προβολείς με λαμπτήρες LED 50W που χρησιμοποιούνται στις ράμπες φόρτωσης για το φωτισμό του εσωτερικού τμήματος των φορτηγών κατά τη διάρκεια των φορτώσεων
- Φωτιστικά με λαμπτήρες LED 35W, 69W, 99W, 120W για τον εξωτερικό περιμετρικό φωτισμό της αποθήκης.
- Φωτιστικά με λαμπτήρες LED 10W/840 και ηλεκτρονικό ballast για τα γραφεία, τους διαδρόμους, τους κοινόχρηστους χώρους και τα κλιμακοστάσια.

4.4 Διανομή Φυσικού Αερίου

Η εγκατάσταση διαθέτει δίκτυο φυσικού αερίου το οποίο όμως δεν χρησιμοποιείται. Αυτό περιλαμβάνει το εξωτερικό δίκτυο σωληνώσεων κατασκευασμένο από σκληρό πολυαιθυλένιο το οποίο είναι κατάλληλο για πίεση λειτουργίας 300mbar και το εσωτερικό δίκτυο κατασκευασμένο από χαλυβδοσωλήνα (εντός πλαστικού σωλήνα) το οποίο είναι κατάλληλο για πίεση λειτουργίας 20mbar.

Το εξωτερικό δίκτυο αναχωρεί από τον μετρητή που βρίσκεται τοποθετημένος στο όριο του οικοπέδου και συγκεκριμένα στο βόρειο τμήμα του χώρου στάθμευσης οχημάτων προσωπικού, και οδεύει υπογείως καταλήγοντας σε σταθμούς ρύθμισης πίεσης (gas train) από όπου αναχωρούν και οι κλάδοι του εσωτερικού δικτύου του κτιρίου.

4.5 Δίκτυο Παροχής Πεπιεσμένου Αέρα

Η εγκατάσταση διαθέτει έναν κοχλιοφόρο αεροσυμπιεστή τύπου ASK-27 T του κατασκευαστή KAESER ονομαστικής ισχύος 15 kW. Ο κεντρικός κλάδος ξεκινάει από το χώρο του ψυχροστασίου και τροφοδοτεί δεξιά και αριστερά τις επιμέρους καταναλώσεις. Ο κεντρικός αγωγός οδεύει με κλίση 50% προς την κατεύθυνση τροφοδοσίας και είναι διατομής 11/2". Όλες οι αναχωρήσεις από τον κεντρικό αγωγό γίνονται προς τα πάνω. Το δίκτυο διανομής έχει σωληνώσεις 1 1/2". Η πίεση λειτουργίας του συστήματος ρυθμίζεται από κεντρικό ρυθμιστή πίεσης ο οποίος είναι εγκατεστημένος στο δίκτυο κοντά στον αεροσυμπιεστή.

Το δίκτυο τροφοδοτείται από αεροφυλάκιο 500lt και περιλαμβάνει επίσης πρωτεύοντα και δευτερεύοντα φίλτρα καθώς και ξηραντήρα αέρα για την αποφυγή δημιουργίας συμπυκνωμάτων.

Το δίκτυο πεπιεσμένου αέρα τροφοδοτεί τα εξής

- Μηχανές συσκευαστηρίου τυριών
- Αυτοματισμό στοίβαξης τελάρων (κλουβιών)
- Μηχανήματα-πιεστικά για καθαρισμούς των θαλάμων κρεμαστών κρεάτων, συσκευαστηρίου τυριών και αλιευμάτων
- Υποστήριξη για τη λειτουργία-συγκράτηση των μέσων διάχυσης ψύξης (παντελονιών) στο συσκευαστήριο τυριών.

4.6 Πλυντήριο Τελάρων

Στις εγκαταστάσεις της αποθήκης υπάρχει πλυντήριο τελάρων από ανοξείδωτο χάλυβα με δυνατότητα πλύσης ως και $3000 \frac{\text{τελάρων}}{\text{ώρα}}$.

Περιλαμβάνει 2 σειρές πλύσης τελάρων τα οποία κινούνται κατά πλάτος. Η ροή του νερού είναι αντίθετη της κίνησης των τελάρων και τα ακροφύσια ψεκασμού προσαρμίζονται αναλόγως με τις διαστάσεις των τελάρων.



Εικόνα 14 Διάταξη πλυντηρίου τελάρων



Εικόνα 15 Διάταξη πλυντηρίου τελάρων

Το πλυντήριο περιλαμβάνει τα ακόλουθα τμήματα

1. Τραπέζι Τροφοδοσίας

Το τραπέζι τροφοδοσίας διευκολύνει την φόρτωση. Τα τελάρα τοποθετούνται ανάποδα σε σύστημα με 4 παράλληλες αλυσίδες (2 σειρές). Κάτω από το τραπέζι υπάρχει αποχέτευση για την απομάκρυνση των ακαθαρσιών. Το μήκος του είναι 1m.

2. Μονάδα Πρόπλυσης

Μεγάλη ποσότητα νερού ψεκάζει όλες τις πλευρές των τελάρων μέσω ακροφυσίων. Μέσω αντλίας ισχύος 11kW διακινείται το νερό από δεξαμενή χωρητικότητας 600lt. Η δεξαμενή αυτή τροφοδοτείται από το δίκτυο αλλά και από τη δεξαμενή της κύριας πλύσης. Θερμοκρασία νερού 35-40°C και μη ρυθμιζόμενη. Το νερό πλύσης πριν εισέλθει στη δεξαμενή φιλτράρεται. Χρησιμοποιείται περιστρεφόμενο φίλτρο του οποίου η επιφάνεια καθαρίζεται διαρκώς με ακροφύσια νερού και τα υπολείμματα οδηγούνται σε έναν περιέκτη. Το μήκος της μονάδας πρόπλυσης είναι 3m.

3. Κενή Ζώνη

Ένα κλειστό τούνελ για τον διαχωρισμό της πρόπλυσης και της κύριας πλύσης του οποίου το μήκος είναι 1m.

4. Μονάδα Κύριας Πλύσης

Μεγάλη ποσότητα νερού ψεκάζει όλες τις πλευρές των τελάρων μέσω ακροφυσίων. Μέσω αντλίας ισχύος 11kW διακινείται το νερό από τη δεξαμενή της κύριας πλύσης χωρητικότητας 600lt. Η δεξαμενή αυτή τροφοδοτείται από το δίκτυο αλλά και από τη δεξαμενή του αρχικού ξεπλύματος. Όταν ξεκινά η πλύση, η δεξαμενή γεμίζει αυτόματα με νερό. Η ταχύτητα μεταφοράς ρυθμίζεται μέσω μετατροπέα συχνότητας ώστε να προσαρμόζεται ανάλογα με το βαθμό ρύπανσης των τελάρων. Η ποσότητα του απορρυπαντικού ρυθμίζεται διαρκώς ανάλογα με την παροχή του νερού ώστε να διασφαλίζεται διαρκώς η ίδια ποσότητα. Η ρύθμιση της θερμοκρασίας του νερού γίνεται μέσω 6 αντιστάσεων 15kW καθεμία και η μέγιστη θερμοκρασία είναι 50 °C. Το νερό πλύσης πριν εισέλθει στη δεξαμενή φιλτράρεται. Χρησιμοποιείται περιστρεφόμενο φίλτρο του οποίου η επιφάνεια καθαρίζεται διαρκώς με ακροφύσια νερού και τα υπολείμματα οδηγούνται σε έναν περιέκτη. Το μήκος της μονάδας κύριας πλύσης είναι 3.5m.

5. Κενή Ζώνη

Ένα κλειστό τούνελ για τον διαχωρισμό κύριας πλύσης και αρχικού ξεπλύματος του οποίου το μήκος είναι 1m.

6. Τμήμα Αρχικού Ξεπλύματος

Η ισχύς της αντλίας σε αυτό το τμήμα είναι 1.5kW. Το τμήμα αυτό έχει δεξαμενή χωρητικότητας 100lt η οποία συνδέεται με το δίκτυο αλλά και ανακυκλώνει το νερό που βγαίνει από το τμήμα τελικού ξεπλύματος. Το νερό της δεξαμενής θερμαίνεται σε θερμοκρασία 60°C μέσω 3 αντιστάσεων 15kW καθεμία. Το νερό που περισσεύει οδηγείται στη δεξαμενή της κύριας πλύσης. Το νερό φιλτράρεται από αφαιρούμενο φίλτρο με οπές 1.5mm. Το μήκος του αρχικού ξεπλύματος είναι 1m.

7. Τμήμα Τελικού Ξεπλύματος

Το τμήμα αυτό συνδέεται με την παροχή καθαρού νερού. Η θέρμανση γίνεται με 3 αντιστάσεις 9kW έκαστη και η θερμοκρασία του νερού είναι μεγαλύτερη από 60°C. Το μήκος του τμήματος τελικού πλυσίματος είναι 0.5m.

8. Μονάδα στεγνώματος

Με χρήση 10 φυσητήρων 5.5kW έκαστος πραγματοποιείται το στέγνωμα των εξερχομένων καθαρών πλέον τελάρων. Το μήκος της μονάδας στεγνώματος είναι 5m.

9. Τραπέζι Εξόδου

Το τραπέζι χρησιμοποιείται για την εκφόρτωση των τελάρων και έχει μήκος 1m.

Η εγκατεστημένη ισχύς κάθε επιμέρους στοιχείου του πλυντηρίου φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 13 Ισχύς στοιχείων πλυντηρίου

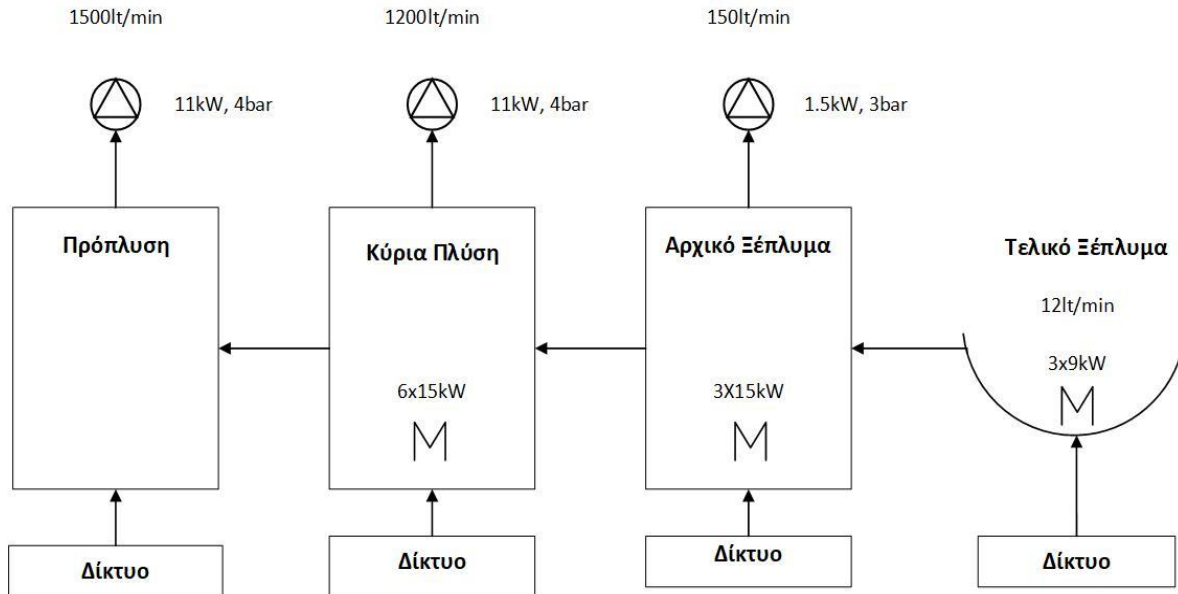
Στοιχείο	Τεμάχια	$P_{\text{μερ}}(\text{kW})$	$P_{\text{ολ}}(\text{kW})$
Αντλία Πρόπλυσης	1	11	11
Αντλία Κύριας Πλύσης	1	11	11
Αντλία Αρχικό Ξέπλυμα	1	1.5	1.5
Περιστρεφόμενο φίλτρο πρόπλυσης	1	0.37	0.37
Περιστρεφόμενο φίλτρο κύρια πλύσης	1	0.37	0.37
Φυσητήρες	10	5.5	55
Αντιστάσεις Κύριας Πλύσης	6	15	90
Αντιστάσεις Αρχικό Ξέπλυμα	3	15	45
Αντιστάσεις Τελικό Ξέπλυμα	3	9	27
Μεταφορικοί ιμάντες	1	1.1	1.1
Εξαερισμός ατμών	1	3	3
PIVO Mainwash	1	0.37	0.37

Όπως παρατηρείται και ακολούθως το μεγαλύτερο μέρος της εγκατεστημένης ισχύος αποτελούν οι ηλεκτρικές αντιστάσεις.



Εικόνα 16 Επιμερισμός Ισχύος πλυντηρίου

Ένα εποπτικό σκαρίφημα του πλυντηρίου τελάρων και των κύριων μερών του παρουσιάζεται ακολούθως.



Εικόνα 17 Σκαρίφημα πλυντηρίου τελάρων

4.7 Μπαταρουργείο

Το Κέντρο Διανομής και Συντήρησης διαθέτει χώρο φόρτισης μπαταριών οι οποίες χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία των περνοφόρων οχημάτων.

Τα στοιχεία των συνολικά 137 φορτιστών που χρησιμοποιούνται παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 14 Χαρακτηριστικά φορτιστών μπαταρουργείου

Μοντέλο	Τεμάχια	Ρεύμα Εξόδου(A)	Τάση Εξόδου(V)
NG5	10	95	48
NG7	4	120	48
NG3	63	95	24
NG3	36	60	24
BC1	20	30	24
SHARP	4	30	24

Οι μπαταρίες οι οποίες χρησιμοποιούνται είναι συνολικά 135, υγρού τύπου, της εταιρείας Sunlight και τα χαρακτηριστικά τους παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 15 Χαρακτηριστικά μπαταριών μπαταρουργείου

Τύπος	Τεμάχια	Τάση (V)	Χωρητικότητα (Ah)
4PZS620	14	48	620
3PZS465	73	24	465
3PZB300	48	24	300

5. Χρήση Ενέργειας

Η μοναδική μορφή ενέργειας η οποία καταναλώνεται στις εγκαταστάσεις είναι η ηλεκτρική.

Σύμφωνα με τους λογαριασμούς ηλεκτρισμού που διατέθηκαν από το διάστημα Ιανουάριος 2017 ως Σεπτέμβριος 2019 προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα .

5.1 Κατανάλωση και Κόστος Ηλεκτρισμού

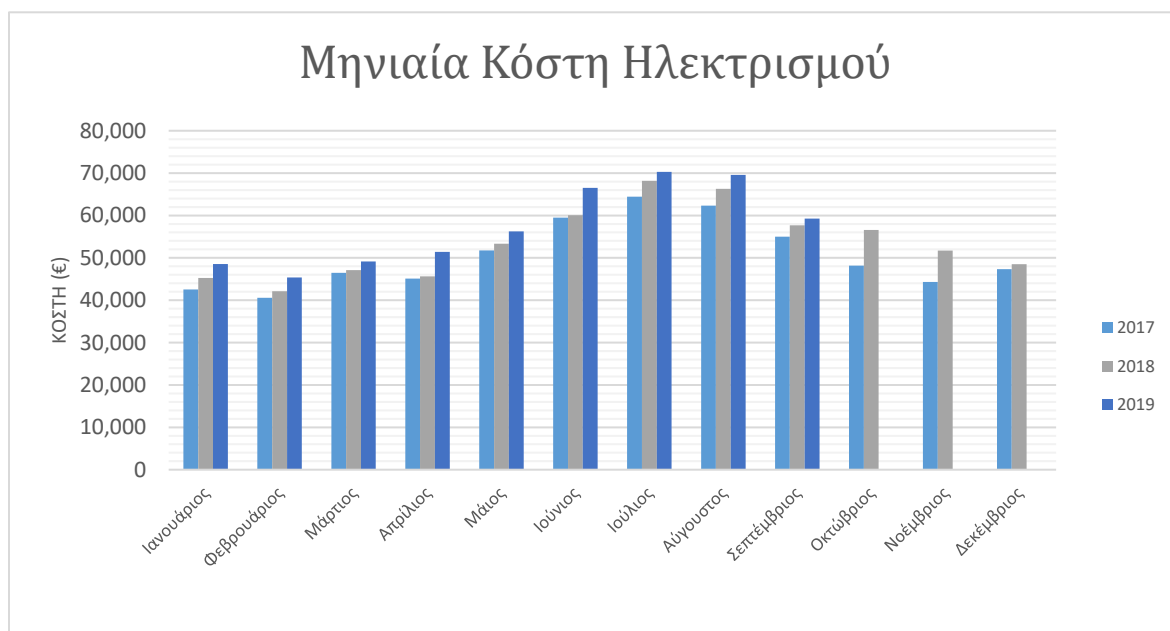
Οι μηνιαίες καταναλώσεις και τα κόστη από τους λογαριασμούς είναι τα ακόλουθα.

Πίνακας 16 Μηνιαίες καταναλώσεις και κόστος ηλεκτρισμού

	2017		2018		2019	
	Ενέργεια (kWh)	Κόστος(€)	Ενέργεια (kWh)	Κόστος(€)	Ενέργεια (kWh)	Κόστος(€)
Ιανουάριος	506,841	42,540	539,256	45,242	524,534	48,548
Φεβρουάριος	480,665	40,591	498,200	42,120	491,566	45,374
Μάρτιος	548,646	46,450	562,424	47,088	531,702	49,147
Απρίλιος	528,119	45,105	535,317	45,651	549,060	51,423
Μάιος	614,038	51,768	630,736	53,349	620,394	56,238
Ιούνιος	699,867	59,477	683,893	60,070	726,482	66,526
Ιούλιος	759,867	64,433	775,596	68,194	766,776	70,309
Αύγουστος	738,430	62,314	741,329	66,287	760,853	69,567
Σεπτέμβριος	651,913	54,998	644,977	57,672	647,988	59,266
Οκτώβριος	577,430	48,158	630,212	56,603	-	-
Νοέμβριος	529,781	44,326	576,506	51,698	-	-
Δεκέμβριος	563,885	47,340	543,110	48,510	-	-

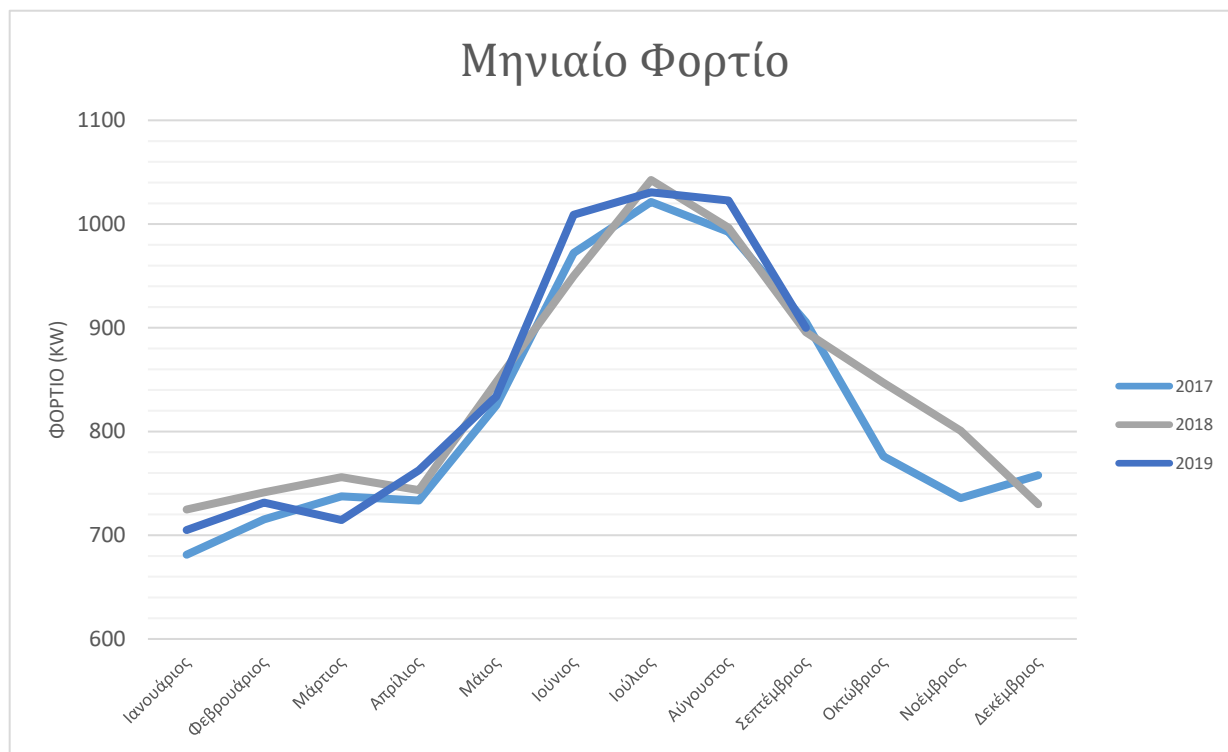


Εικόνα 18 Μηνιαία Κατανάλωση ηλεκτρισμού



Εικόνα 19 Μηνιαία κόστη ηλεκτρισμού

Το μηνιαίο φορτίο ηλεκτρισμού προκύπτει επίσης



Εικόνα 20 Μηνιαίο φορτίο ηλεκτρισμού

Παρατηρήσεις

Όπως ήταν αναμενόμενο η κατανάλωση ηλεκτρισμού είναι αισθητά μεγαλύτερη κατά τους θερινούς μήνες. Αυτό οφείλεται στα αυξημένα ψυκτικά φορτία και φορτία κλιματισμού τα οποία πρέπει να καλυφθούν λόγω των μεγαλύτερων θερμοκρασιών διαφορών.

Η μέση θερινή κατανάλωση είναι ίση με 654,085 kWh.

Η μέση χειμερινή κατανάλωση είναι ίση με 443,473 kWh.

Το μέσο μηνιαίο φορτίο είναι ίσο με 837.56 kW.

5.2 Πρωτογενής Ενέργεια και Εκπομπές

Για τον υπολογισμό τόσο της πρωτογενούς ενέργειας όσο και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα CO₂ χρησιμοποιούνται οι συντελεστές μετατροπής ηλεκτρισμού οι οποίοι παρουσιάζονται ακολούθως [13].

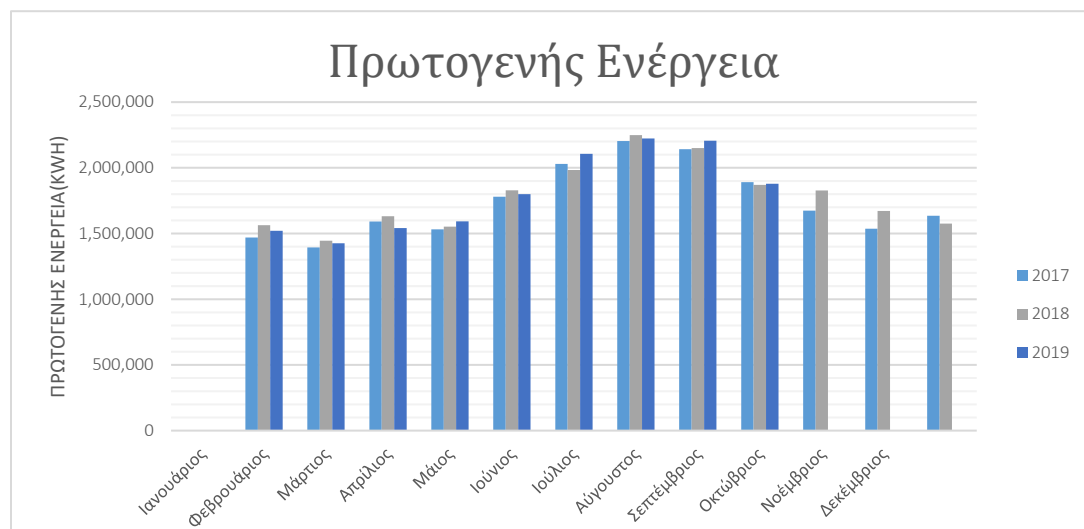
Πίνακας 17 Συντελεστές μετατροπής

Τύπος Καυσίμου	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια (PEF)	Εκλυόμενα GHG ανά μονάδα ενέργειας (kg CO ₂ /kWh)
Ηλεκτρισμός	2.9	0.989

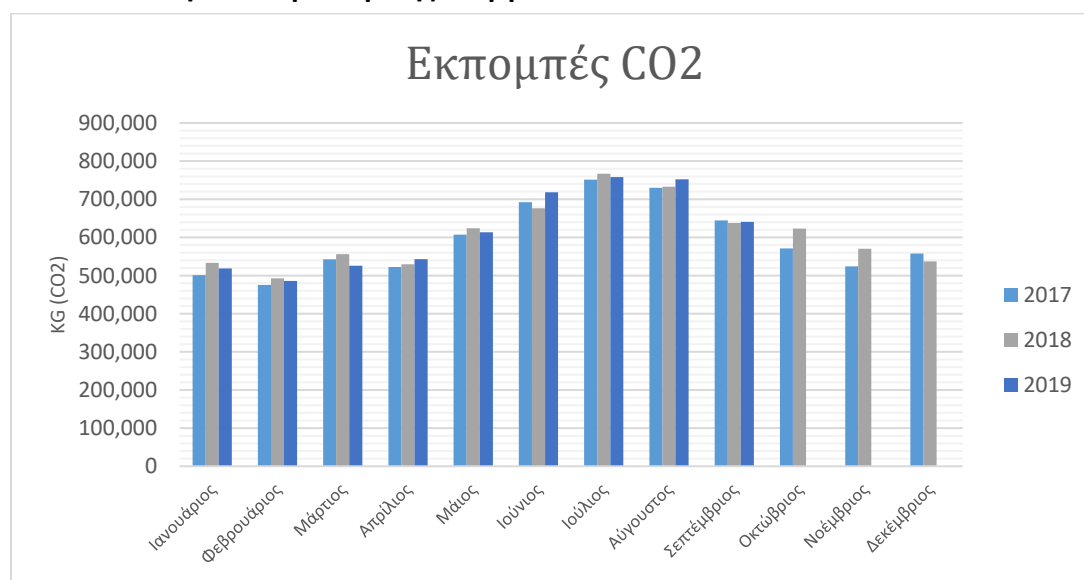
Με εφαρμογή των ανωτέρω συντελεστών προκύπτουν λοιπόν τα ακόλουθα.

Πίνακας 18 Πρωτογενής ενέργεια και εκπομπές CO₂

	2017		2018		2019	
	Ενέργεια (kWh)	Εκπομπές CO ₂	Ενέργεια (kWh)	Εκπομπές CO ₂	Ενέργεια (kWh)	Εκπομπές CO ₂
Ιανουάριος	1,469,839	501,266	1,563,842	533,324	1,521,149	518,764
Φεβρουάριος	1,393,929	475,378	1,444,780	492,720	1,425,541	486,159
Μάρτιος	1,591,073	542,611	1,631,030	556,237	1,541,936	525,853
Απρίλιος	1,531,545	522,310	1,552,419	529,429	1,592,274	543,020
Μάιος	1,780,710	607,284	1,829,134	623,798	1,799,143	613,570
Ιούνιος	2,029,614	692,168	1,983,290	676,370	2,106,798	718,491
Ιούλιος	2,203,614	751,508	2,249,228	767,064	2,223,650	758,341
Αύγουστος	2,141,447	730,307	2,149,854	733,174	2,206,474	752,484
Σεπτέμβριος	1,890,548	644,742	1,870,433	637,882	1,879,165	640,860
Οκτώβριος	1,674,547	571,078	1,827,615	623,280	-	-
Νοέμβριος	1,536,365	523,953	1,671,867	570,164	-	-
Δεκέμβριος	1,635,267	557,682	1,575,019	537,136	-	-



Εικόνα 21 Μηνιαία πρωτογενής ενέργεια



Εικόνα 22 Μηνιαίες εκπομπές CO2

Παρατηρήσεις

Η μέση χειμερινή πρωτογενής κατανάλωση είναι ίση με 1,589,972kWh και η θερινή 1,896,846kWh.

Οι μέσες χειμερινές εκπομπές CO₂ είναι ίσες με 555,891 kg και οι θερινές 646,890 kg.

5.3 Ταρίφα Ηλεκτρικής ενέργειας

Η αποθήκη είναι συνδεδεμένη με το δίκτυο μέσης τάσης και χρησιμοποιεί τιμολόγιο Εταιρικό ΒΜ2-10 (Εμπορικής Χρήσης).

Η ταρίφα ενέργειας για κάθε ζώνη είναι η ακόλουθη.

Πίνακας 19 Χρεώσεις ζωνών ενέργειας

Ζώνη	Χρέωση (€/kWh)
Αιχμή	0.04799
Ενδιάμεση	0.05558
Ελάχιστη	0.05926

Βεβαίως λόγω της ύπαρξης επιπλέον χρεώσεων όπως για παράδειγμα μεταφοράς, διανομής, εκπομπών CO₂ η σταθμισμένη τιμή ενέργειας διαφοροποιείται.

Με υπολογισμούς βάση των πλέον πρόσφατων λογαριασμών ηλεκτρισμού (Ιανουάριος-Απρίλιος 2020) προκύπτει ο εξής πίνακας.

Πίνακας 20 Μεσοσταθμική τιμή ενέργειας

Τμήμα	€/kWh
Αξία ενέργειας - Υψηλή Ζώνη	0.05926
Αξία ενέργειας - Ενδιάμεση	0.05558
Αξία ενέργειας - Χαμηλή Ζώνη	0.04800
Μέση αξία ενέργειας	0.05435
Κόστος εκπομπών CO ₂	0.01135
Σύνολο Χρεώσεων Προμήθειας	0.06569
Σύστημα Μεταφοράς	0.00267
Σύστημα Διανομής	0.00527
Υ.Κ.Ω.	0.01790
Λοιπές	0.00007
ΕΤΜΕΑΡ	0.00878
Σύνολο Ρυθμιζόμενων Χρεώσεων	0.03469
ΕΦΚ	0.00500
Ειδικό Τέλος	0.00048
Σύνολο ΗΛ. Ρεύματος	0.10586

Και έτσι η τελική μεσοσταθμική τιμή ενέργειας χωρίς Φ.Π.Α. προκύπτει ίση με 0.10586 €/kWh.

5.4 Επιμερισμός Κατανάλωσης Ηλεκτρισμού

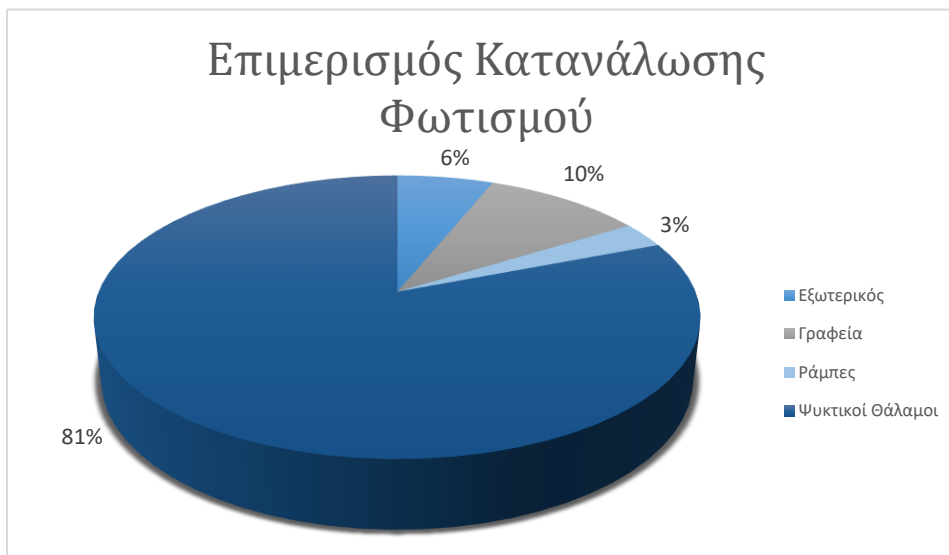
Με βάση τα δεδομένα που συλλέχθηκαν για την εγκατάσταση θα προσεγγιστεί ο επιμερισμός της κατανάλωσης ηλεκτρισμού στις διάφορες χρήσεις με σκοπό την πλήρη κατανόηση των ροών ενέργειας.

5.4.1 Κατανάλωση Φωτισμού

Εφόσον είναι γνωστή η εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού σε κάθε χώρο, με παραδοχή των ετήσιων ωρών χρήσης για κάθε φωτιστικό στοιχείο προκύπτει μια καλή εκτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας φωτισμού της εγκατάστασης.

Πίνακας 21 Κατανάλωση φωτισμού διαφόρων χώρων

Τοποθεσία	Ετήσια Κατανάλωση(kWh)
Εξωτερικός	23,810
Γραφεία	39,439
Ράμπες	11,463
Ψυκτικοί Θάλαμοι	316,448
Σύνολο	391,160

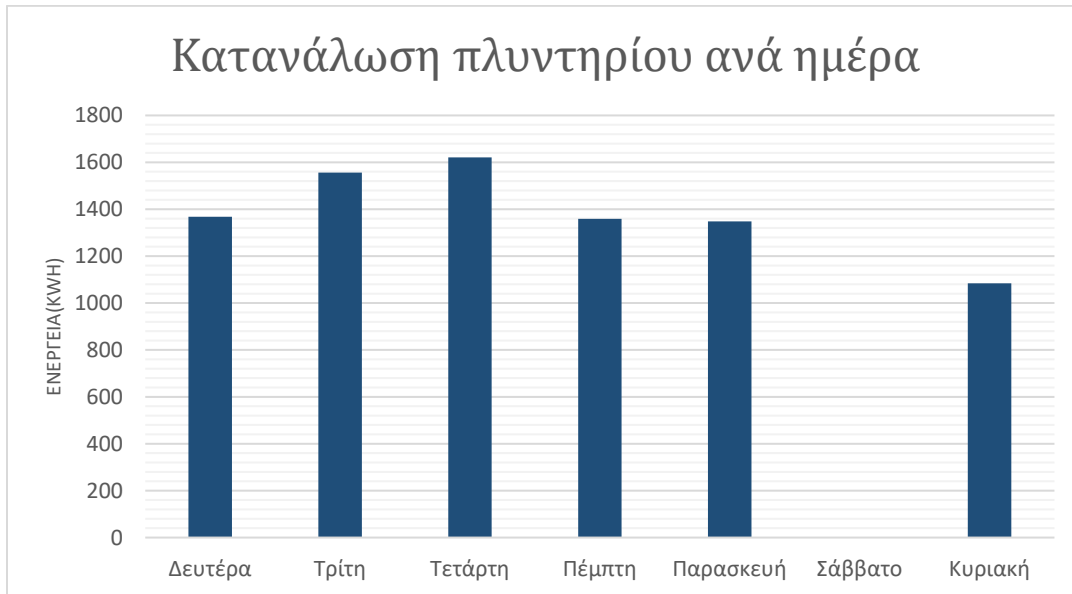


Εικόνα 23 Επιμερισμός κατανάλωσης φωτισμού

Όπως παρατηρείται το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης προέρχεται από το φωτισμό των ψυκτικών θαλάμων.

5.4.2 Κατανάλωση Πλυντηρίου Τελάρων

Κατά τη διάρκεια παρελθοντικής μελέτης μετρήθηκε για μία εβδομάδα η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του πλυντηρίου και προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα.



Εικόνα 24 Κατανάλωση πλυντηρίου ανά ημέρα

Η μέση τιμή της ημερήσιας ενέργειας βάση των μετρήσεων είναι ίση με

$$E_{\text{ημερ,μέση}} = 1,389 \text{ kWh} \quad (2)$$

Το πλυντήριο όπως φαίνεται και στο γράφημα λειτουργεί από Δευτέρα ως Παρασκευή και Κυριακές. Αν αφαιρεθούν λοιπόν τα Σάββατα και οι αργίες λειτουργεί τελικά ετησίως

$$365 - 52 - 10 = 303 \text{ ημέρες} \quad (3)$$

Άρα η ετήσια κατανάλωση του πλυντηρίου είναι ίση με

$$E_{\text{πλυντηρίου}} = 1,389.33 \text{ kWh} * 303 = 420,967 \text{ kWh} \quad (4)$$

5.4.3 Κατανάλωση Αεροσυμπιεστή

Σύμφωνα με παρελθοντική μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στη διάταξη του αεροσυμπιεστή προέκυψαν τα ακόλουθα.

SPECIFIC	AVERAGE	MAX
Input	6.99 kW	34.20 kW
Output	0.85 m ³ /min	2.60 m ³ /min

SYSTEM	AVERAGE	MAX
Pressure	7.42 bar	7.66 bar
Utilisation	32.52 %	100.00 %

COMPRESSOR	RUNNING	LOADED	UNLOADED
Kaeser ASK27_8bar[1]	70.18 %	29.60 %	70.40 %

PERFORMANCE	TOTAL
Input	750.59 kWh
Output	4703.02 m ³
Operational Time	145.0 hrs
Productive Input	49.54 %
Non-Productive Input	50.46 %
Efficiency	9.58 kW/m ³ /min
Cost Efficiency	€ 0.0160/m ³
Total Cost	€ 75.06

Εικόνα 25 Μετρήσεις αεροσυμπιεστή

Από τις μετρήσεις προκύπτει μια μέση κατανάλωση ανά ώρα ίση με

$$E_{average} = \frac{750.59 kWh}{145h} = 5.176 \frac{kWh}{h} \quad (5)$$

Ο αεροσυμπιεστής τίθεται σε λειτουργία καθημερινά από τις 7π.μ. μέχρι τις 6μ.μ. δηλαδή 11 ώρες ημερησίως.

Αν αφαιρεθούν οι αργίες οι ημέρες λειτουργίας είναι

$$\etaμέρες = 365 - 10 = 355 \etaμέρες \quad (6)$$

Προκύπτει λοιπόν η ετήσια κατανάλωση του αεροσυμπιεστή

$$E_{αεροσυμπιεστή} = 5.176 kWh * 355 \etaμέρες * 11 \frac{ώρες}{\etaμέρα} \quad (7)$$

$$E_{αεροσυμπιεστή} = 20,214 kWh \quad (8)$$

5.4.4 Κατανάλωση Κλιματισμού

Η συνολική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς των εξωτερικών μονάδων κλιματισμού είναι ίση με

$$P_{el} = 411.3kW \quad (9)$$

Γνωρίζοντας τι μέσες ωριαίες θερμοκρασίες της τοποθεσίας όπως αυτές διαμορφώθηκαν στα έτη 2007-2016 μπορεί να γίνει ένας προσδιορισμός της ετήσιας κατανάλωσης κλιματισμού, για θέρμανση το χειμώνα και για ψύξη το καλοκαίρι. Τα θερμοκρασιακά δεδομένα λήφθηκαν από το Photovoltaic Geographical Information System (<https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>).

Η διαδικασία υπολογισμού των καταναλώσεων του κλιματισμού είναι η ακόλουθη. Υπολογίζοντας το πόσες ώρες εμφανίζεται κάθε εξωτερική θερμοκρασία και την αντίστοιχη ισχύ που καταναλώνουν οι μονάδες στη θερμοκρασία αυτή ως ποσοστό της συνολικής εξωτερικής εγκατεστημένης η οποία είναι γνωστή, δύναται να υπολογιστεί η ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Ως θερμοκρασία περιβάλλοντος από την οποία και χαμηλότερα λειτουργεί η θέρμανση ορίστηκαν οι 15°C. Ως θερμοκρασία περιβάλλοντος από την οποία και υψηλότερα λειτουργεί η ψύξη ορίστηκαν οι 27°C.

Να σημειωθεί ότι η μελέτη αυτή έγινε για το χρονικό διάστημα 8π.μ. ως και 9μ.μ. κάθε ημέρας μιας και αυτός είναι ο βασικός κορμός του ωραρίου της εγκατάστασης.

Προκύπτουν τα εξής

$$E_{\theta\epsilon\rho\mu\alpha\nu\sigma\eta\varsigma} = 380,436 kWh \quad (10)$$

$$E_{\psi\upsilon\chi\eta\varsigma} = 185,008 kWh \quad (11)$$

Επομένως

$$E_{\kappa\lambda\iota\mu\alpha\tau\iota\sigma\mu\acute{o}\upsilon} = 565,444 kWh \quad (12)$$

Καθώς όμως το αποτέλεσμα αυτό συμπεριλαμβάνει μόνο την εγκατεστημένη ισχύ των εξωτερικών μονάδων θεωρείται μια προσαύξηση της τάξης του 5% ώστε να συμπεριληφθούν και οι καταναλώσεις των εσωτερικών μονάδων.

$$E_{\kappa\lambda\iota\mu\alpha\tau\iota\sigma\mu\acute{o}\upsilon} = 593,716 kWh \quad (13)$$

Οι ετήσιες ώρες εμφάνισης κάθε κλάσης θερμοκρασιών για τη θέρμανση και την ψύξη παρουσιάζονται εν συνεχεία.



Εικόνα 26 Ετήσιες ώρες θερμοκρασιών θέρμανσης



Εικόνα 27 Ετήσιες ώρες θερμοκρασιών ψύξης

5.4.5 Κατανάλωση Ψυχοστασίου

Η κατανάλωση του ψυχοστασίου του κέντρου διανομής είχε μετρηθεί το 2015 και είχε προκύψει ένα ποσοστό ίσο με 32.3% της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης. Καθώς και δεν υπάρχουν νεότερα δεδομένα το ποσοστό αυτό θεωρείται ίδιο και στο σήμερα.

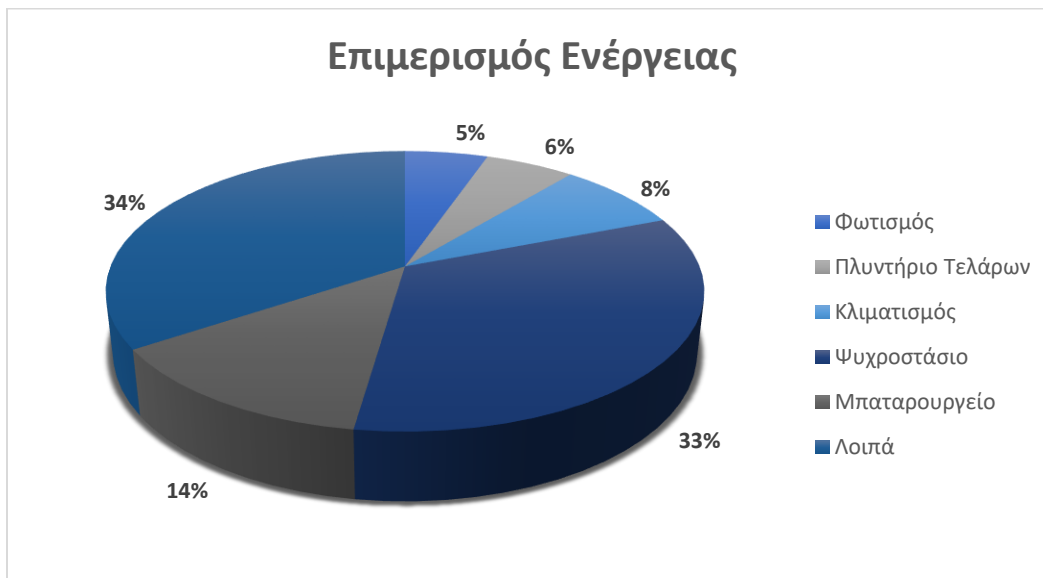
5.4.6 Κατανάλωση Μπαταρουργείου

Θεωρώντας ότι καθεμία από τις 135 μπαταρίες φορτίζεται μια φορά την ημέρα και αναλόγως τις ώρες που απαιτούνται για πλήρη φόρτιση με βάση τον αντίστοιχο φορτιστή προκύπτει

$$E_{\text{μπαταρουργείου}} = 984,799 \text{ kWh} \quad (14)$$

5.4.7 Αποτελέσματα Επιμερισμού Κατανάλωσης

Μέσω των ανωτέρω διαδικασιών έχουν υπολογιστεί οι ροές ενέργειας που καταναλώνονται στις διάφορες διεργασίες της εγκατάστασης. Προκύπτει λοιπόν το παρακάτω διάγραμμα.



Εικόνα 28 Επιμερισμός ενέργειας στις διάφορες χρήσεις

Ως “λοιπά” θεωρήθηκαν οι διάφορες διεργασίες οι οποίες δεν ελήφθησαν υπόψιν στην εν λόγω μελέτη όπως για παράδειγμα ο βιολογικός καθαρισμός, το πλυντήριο- λιπαντήριο φορτηγών, το σύστημα νερού γεώτρησης κ.α.

6. Ενεργειακό Προφίλ

6.1 Γραμμή Βάσης

Ένας από τους κύριους στόχους των ενεργειακών ελέγχων είναι η εύρεση του τύπου της κατανάλωσης γραμμής βάσης (baseline consumption) ανά μορφή ενέργειας. Εφόσον συγκεντρωθούν τα δεδομένα της ενεργειακής κατανάλωσης διερευνάται η συσχέτιση τους με έναν ή περισσότερους καθοριστικούς παράγοντες. Η συσχέτιση αυτή δίνεται μέσω μαθηματικού τύπου.

Η εύρεση του τύπου της γραμμής βάσης αποτελεί ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο.

Κυριότερες εφαρμογές της είναι οι εξής [14]:

- α) Εκ των προτέρων προβλέψεις, δηλαδή προβλέψεις μελλοντικών καταναλώσεων ενέργειας κάτω από άγνωστες τιμές των καθοριστικών παραγόντων. Στη περίπτωση αυτή απαιτείται η πρόβλεψη των μελλοντικών τιμών των παραγόντων αυτών (π.χ. η αύξηση του όγκου παραγωγής για ένα μελλοντικό έτος) πριν την εκτίμηση της μελλοντικής κατανάλωσης. Οι εκ των προτέρων εκτιμήσεις εφαρμόζονται επίσης και για τον έλεγχο, διόρθωση ή την απόρριψη ιστορικών στοιχείων καταναλώσεων τα οποία παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις έναντι της αντίστοιχης εκτίμησης με το πρότυπο της κατανάλωσης αναφοράς.
- β) Εκ των υστέρων εκτιμήσεις, δηλαδή εκτιμήσεις καταναλώσεων στο παρελθόν, κάτω από διαμορφωμένες και γνωστές τιμές των καθοριστικών παραγόντων. Κύρια χρήση των εκ υστέρων εκτιμήσεων είναι η εκτίμηση της ενεργειακής εξοικονόμησης μετά την λήψη μέτρων ενεργειακής βελτιστοποίησης.

Ο τύπος της γραμμής βάσης μπορεί να είναι και μη γραμμικός αλλά συνήθως λαμβάνεται ως γραμμικός.

Η γενική μορφή της εξίσωσης της υπολογιζόμενης ενέργειας \hat{E}_k είναι η ακόλουθη

$$\hat{E}_k = \beta_0 + \beta_1 X_{k,1} + \beta_2 X_{k,2} + \dots + \beta_p X_{k,p} \quad (15)$$

όπου

k: δείκτης αρίθμησης των χρονικών διαστημάτων σε σύνολο K διατεταγμένων συνόλων κατά τα οποία μετρώνται η κατανάλωση ενέργειας Y_k και οι τιμές των ανεξαρτήτων μεταβλητών $X_{k,1}, X_{k,2}, \dots, X_{k,p}$ που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας αυτή

p: είναι ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών (π.χ. όγκος παραγωγής, μέση εξωτερική θερμοκρασία, οι βαθμομέρες θέρμανσης ή ψύξης) και $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ είναι οι αντίστοιχοι παράμετροι του τύπου γραμμής βάσης.

Η επιτευχθείσα εξοικονόμηση ενέργειας EE_M για M χρονικά διαστήματα μετά την λήψη μέτρων εξοικονόμησης, εκτιμάται ως άθροισμα των διαφορών

$$EE_M = \sum_{m=1}^M (\hat{E}_m - E_m) \quad (16)$$

όπου

E_m είναι η μέτρηση της κατανάλωσης ενέργειας κατά το χρονικό διάστημα m σε σύνολο M διαστημάτων

\hat{E}_m είναι η υπολογιζόμενη μέσω της γραμμής βάσης θεωρητική κατανάλωση ενέργειας για δεδομένες τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών $X_{m,1}, X_{m,2}, \dots, X_{m,p}$.

Η επιτευχθείσα εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστιαία μορφή ε_M υπολογίζεται ως

$$\varepsilon_M = \frac{EE_M}{\sum_{m=1}^M \hat{E}_M} = \frac{\sum_{m=1}^M (\hat{E}_m - E_m)}{\sum_{m=1}^M \hat{E}_M} \quad (17)$$

Για την ανάπτυξη της εξίσωσης γραμμής βάσης του Κέντρου Διανομής ΑΒ στα Οινόφυτα χρησιμοποιήθηκαν τα τελευταίως διαθέσιμα δεδομένα της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από τον Ιανουάριο του 2017 ως τον Σεπτέμβριο του 2019. Παράλληλα ζητήθηκαν και διατέθηκαν τα δεδομένα για τα διακινούμενα προϊόντα κάθε κατηγορίας σε κιλά, τα οποία και περιέχονται στο παράρτημα.

Τα δεδομένα θερμοκρασιών για το αντίστοιχο χρονικό διάστημα ελήφθησαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών και συγκεκριμένα από το σταθμό στο αεροδρόμιο της Τανάγρας καθώς ήταν και ο πλησιέστερος στην τοποθεσία.

Οι καταγεγραμμένες μετρήσεις του σταθμού υπάρχουν στο διαδίκτυο (<http://stratus.meteo.noa.gr/front>) και αφορούν ημερήσιες καταγραφές μέσης, υψηλότερης και χαμηλότερης θερμοκρασίας, βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης, μέση ένταση και κατεύθυνση ανέμου κ.α.

Στον ακόλουθο πίνακα δίνονται κεντροβαρικά οι συντεταγμένες του σταθμού της Τανάγρας στο Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1984 (WGS 84):

Πίνακας 22 Συντεταγμένες σταθμού Τανάγρας

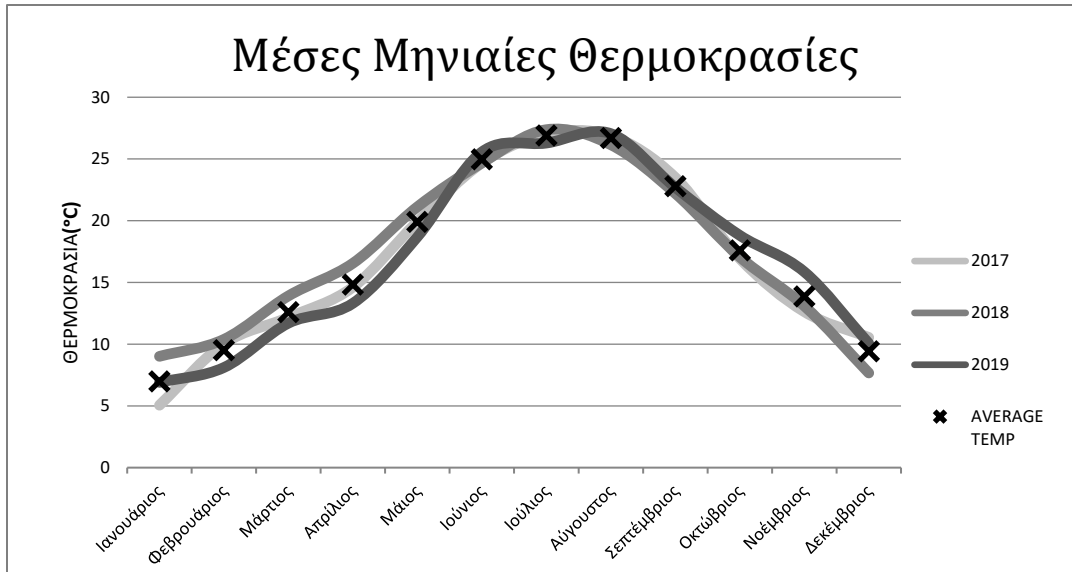
Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1984 (WGS 84)	
Γεωγραφικό πλάτος	38° 19' 57" B
Γεωγραφικό μήκος	23° 35' 02" A

Η απόσταση μεταξύ των εγκαταστάσεων και του σταθμού είναι 7km όπως παρουσιάζεται ακολούθως

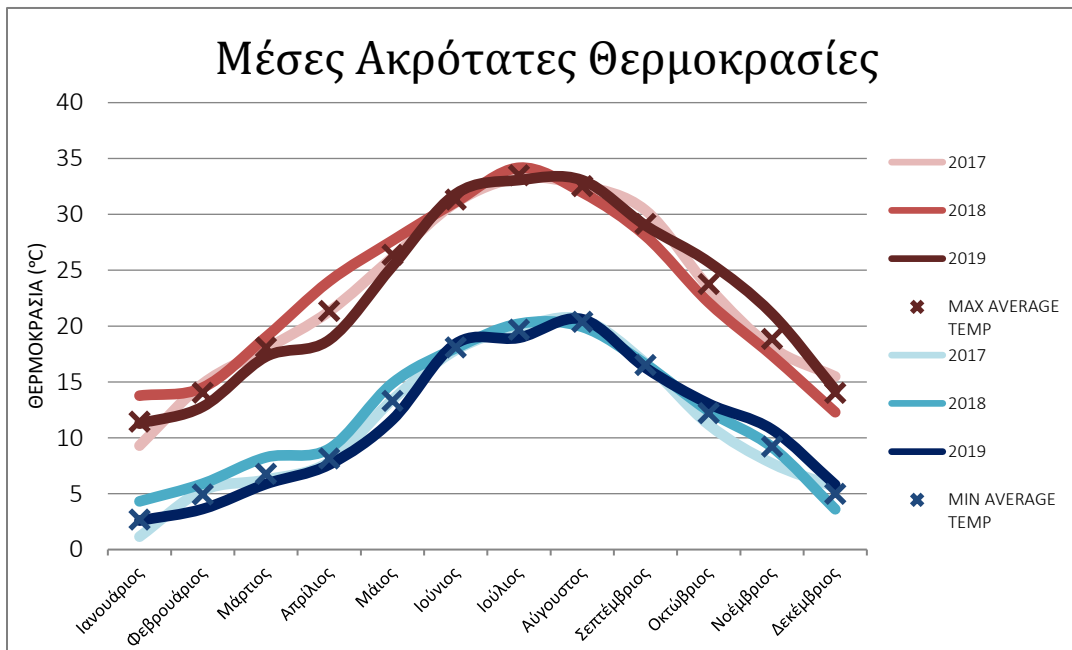


Εικόνα 29 Απόσταση αποθήκης και μετεωρολογικού σταθμού

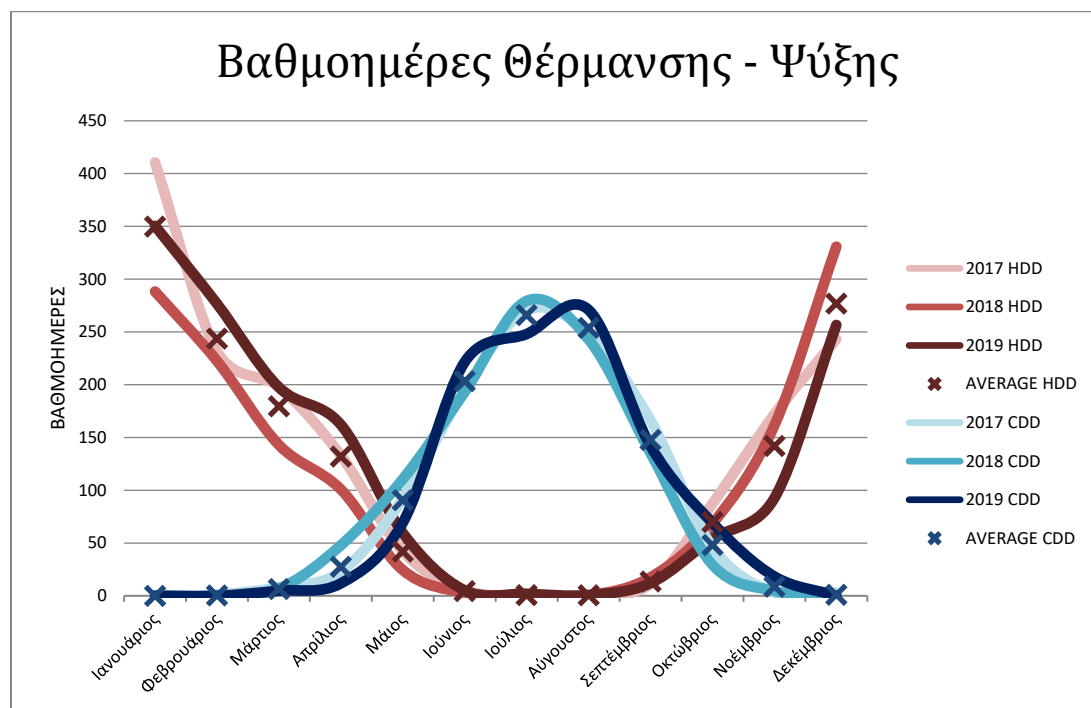
Τα καιρικά δεδομένα της περιοχής παρουσιάζονται μέσω των ακόλουθων διαγραμμάτων



Εικόνα 30 Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες



Εικόνα 31 Μέσες ακρότατες θερμοκρασίες



Εικόνα 32 Βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης

Πίνακας 23 Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες

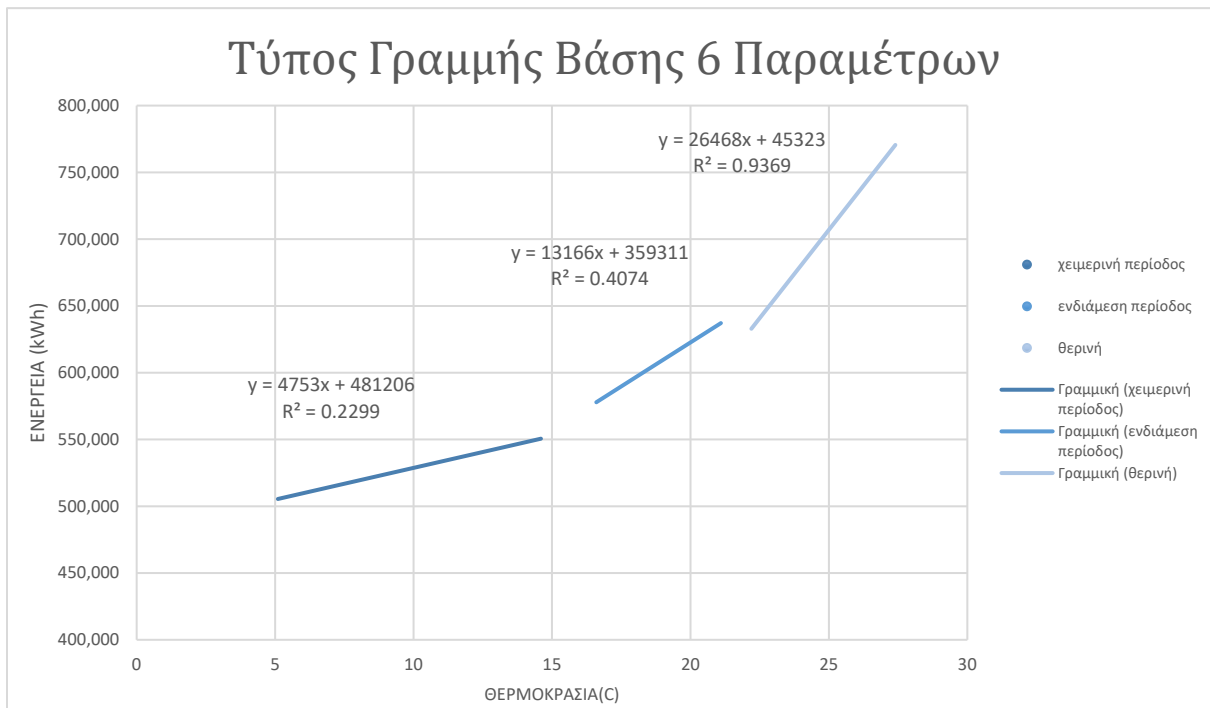
	2017	2018	2019
Ιανουάριος	5.1	9.0	6.9
Φεβρουάριος	10.0	10.4	8.1
Μάρτιος	12.2	13.9	11.7
Απρίλιος	14.6	16.6	13.3
Μάιος	19.9	21.1	18.7
Ιούνιος	24.7	24.7	25.6
Ιούλιος	27.0	27.4	26.3
Αύγουστος	26.9	26.2	27.1
Σεπτέμβριος	23.5	22.2	22.7
Οκτώβριος	16.9	17.1	18.8
Νοέμβριος	12.6	13.1	15.9
Δεκέμβριος	10.5	7.7	10.1
Μέσες Τιμές	17.0	17.4	17.1

Όπως φαίνεται, το έτος 2018 ήταν και το θερμότερο των υπό μελέτη ετών.

6.1.1 Γραμμή Βάσης 6 Παραμέτρων

Η πρώτη από τις στρατηγικές προσδιορισμού της γραμμής βάσης που εξετάσθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής είναι η συσχέτιση της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας με τη μέση εξωτερική θερμοκρασία. Συγκεκριμένα τα δεδομένα χωρίστηκαν σε 3 κατηγορίες αναλόγως την αντίστοιχη μηνιαία θερμοκρασία. Δημιουργήθηκαν δηλαδή 3 θερμοκρασιακές ζώνες, η χειμερινή, η ενδιάμεση και θερινή. Το άνω όριο της χειμερινής ζώνης θεωρήθηκε ίσο με 15.5°C και το κάτω όριο της θερινής ζώνης ίσο με 22°C.

Τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής δίνονται στο παρακάτω διάγραμμα.



Εικόνα 33 Γραμμή βάσης 6 παραμέτρων

Τόσο κατά την χειμερινή περίοδο όσο και την ενδιάμεση τα αποτελέσματα της μεθόδου δεν είναι ικανοποιητικά. Κατά τη θερινή περίοδο η συσχέτιση είναι πολύ καλή, δείγμα του πόσο επηρεάζουν την κατανάλωση της αποθήκης οι υψηλές εξωτερικές θερμοκρασίες καθώς αυξάνονται τα φορτία ψύξης και κλιματισμού.

6.1.2 Γραμμή Βάσης με Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση

Η δεύτερη στρατηγική υπολογισμού της εξίσωσης της γραμμής βάσης είναι αυτή της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Ως ανεξάρτητες μεταβλητές επιλέχθηκαν η εξωτερική θερμοκρασία και τα διακινούμενα προϊόντα.

Τα αποτελέσματα της μεθόδου συνοψίζονται στους ακόλουθους πίνακες.

Πίνακας 24 Στατιστικά παλινδρόμησης

Στατιστικά παλινδρόμησης	
Πολλαπλό R	0.949
R Τετράγωνο	0.901
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.894
Τυπικό Σφάλμα	30035.874
Μέγεθος Δείγματος	33.000

Πίνακας 25 Ανάλυση διακύμανσης παλινδρόμησης

Ανάλυση Διακύμανσης	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F
Παλινδρόμηση	2	2.459E+11	122942432455	136.2765	8.80629E-16
Υπόλοιπο	30	2.706E+10	902153723		
Σύνολο	32	2.729E+11			

Πίνακας 26 Συντελεστές παλινδρόμησης

	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	T _{στατιστικό}
Τεταγμένη επί την αρχή	240957.34	74178.83401	3.2483
Θερμοκρασίες	11513.60	812.7762011	14.1658
Προϊόντα	0.006231	0.002868404	2.1723

Η συσχέτιση η οποία προκύπτει είναι πολύ καλή. Το προσαρμοσμένο R^2 είναι ίσο με 0.894 δείγμα του ότι η προσέγγιση είναι πολύ κοντά στα πραγματικά δεδομένα.

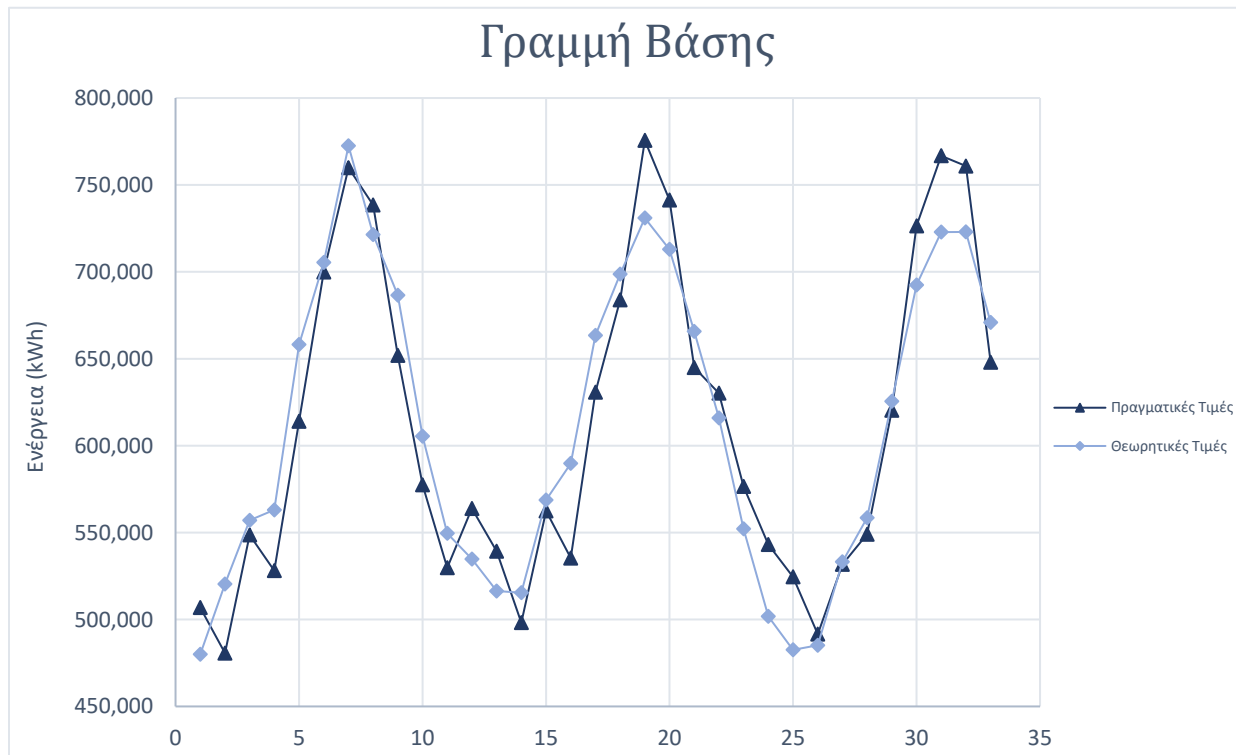
Έγινε απόπειρα να συμπεριληφθούν και τα μηνιαία πλενόμενα τελάρα ως ανεξάρτητη μεταβλητή όμως απορρίφθηκε καθώς παρουσίαζε $t_{\text{statistical}} < 2$.

Η εξίσωση η οποία περιγράφει τελικά την κατανάλωση ηλεκτρισμού είναι η εξής

$$E = 11513.60 \cdot \theta + 0.006231 \cdot \Pi + 240957.34 \quad (18)$$

όπου E ενέργεια σε J, θ η θερμοκρασία σε °C και Π τα διακινούμενα προϊόντα σε kg

Τα αποτελέσματα τόσο της πραγματικής όσο και της θεωρητικής κατανάλωσης ηλεκτρισμού για το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα συνοψίζονται στο ακόλουθο διάγραμμα.



Εικόνα 34 Γραμμής βάσης με πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση

6.2 Συγκριτική Αξιολόγηση (Benchmarking)

Η συγκριτική αξιολόγηση (benchmarking) περιλαμβάνει τον υπολογισμό χαρακτηριστικών δεικτών ενεργειακής απόδοσης (energy performance indicators, EnPI) μιας εγκατάστασης και χρησιμοποιείται για την σύγκριση της απόδοσης της

- Με άλλες του ιδίου κλάδου
- Με της ίδιας στο παρελθόν
- Με πρότυπες αποδόσεις καλής λειτουργίας από επίσημους φορείς

Δείκτης 1^{ος}

Σύμφωνα με τη Cibse [15] για αποθήκες συντήρησης και κατάψυξης προϊόντων η ενέργεια που απαιτείται για τη ψύξη και τον φωτισμό τους ανά m^2 ψυκτικών θαλάμων είναι ίση με

$$EnPI_{CIBSE} = 145 \frac{kWh}{m^2} \quad (19)$$

Για τη συγκεκριμένη αποθήκη για το έτος 2018, σύμφωνα με τα αποτελέσματα από τον επιμερισμό του ηλεκτρισμού του κεφαλαίου 5, ο αντίστοιχος δείκτης προκύπτει ως εξής

$$EnPI_1 = \frac{2,444,037kWh + 316,448kWh}{23233m^2} \quad (20)$$

$$EnPI_1 = 118.81 \frac{kWh}{m^2} \quad (21)$$

Τονίζεται πως ως m^2 λαμβάνονται το εμβαδόν μόνο των ψυκτικών θαλάμων και όχι ολόκληρης της αποθήκης καθώς αυτό ορίζεται από το πρότυπο.

Δείκτης 2^{ος}

Ένας ακόμα δείκτης της ενεργειακής απόδοσης ο οποίος δύναται να υπολογιστεί είναι η συνολική κατανάλωση ηλεκτρισμού προς τη συνολική κάλυψη της εγκατάστασης.

Εν προκειμένω προκύπτει

$$EnPI_2 = \frac{7,362,556 \text{ kWh}}{30,400 \text{ m}^2} \quad (212)$$

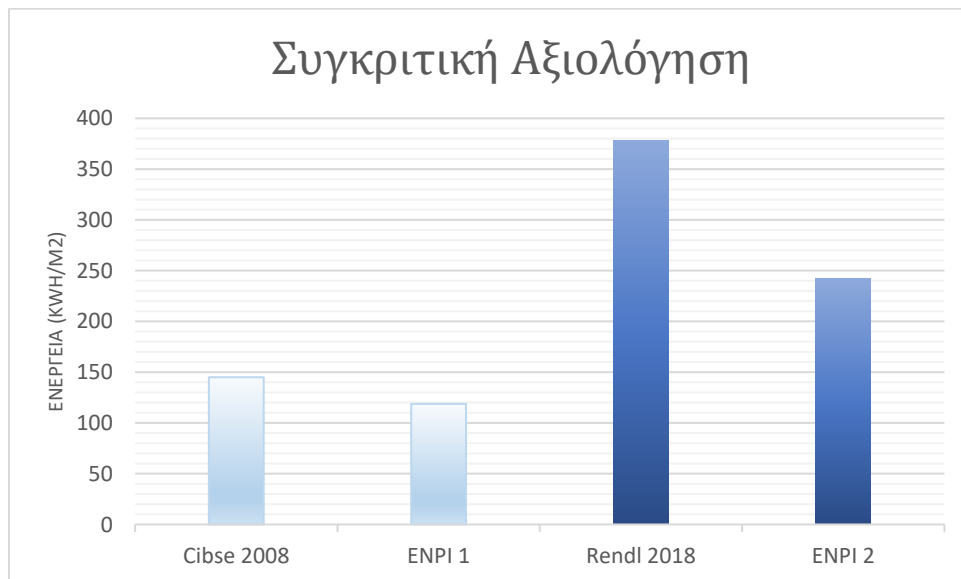
$$EnPI_2 = 242,15 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \quad (23)$$

Ενώ σύμφωνα με τον Reindl [16] η συνολική κατανάλωση ανά m² συνολικής κάλυψης είναι ίση με

$$EnPI_{Reindl} = 242,1 \quad (24)$$

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα των δύο συγκρίσεων συνοψίζονται στο ακόλουθο γράφημα



Εικόνα 35 Συγκριτική αξιολόγηση

Και για τους δύο δείκτες οι προκύπτουσες τιμές είναι μικρότερες από αυτές που συναντώνται στη βιβλιογραφία. Το συμπέρασμα το οποίο εξάγεται είναι ότι η κατανάλωση ηλεκτρισμού της αποθήκης είναι μικρότερη από αντίστοιχες ψυκτικές εγκαταστάσεις, δείγμα του ότι η διαχείριση ενέργειας γίνεται με τρόπο δόκιμο. Αν αναλογιστεί κανείς ότι πρόκειται για μια σχετικά πρόσφατη εγκατάσταση με σύγχρονα ψυκτικά συστήματα και φωτισμό που έχει αλλαχτεί σε LED, το αποτέλεσμα είναι αναμενόμενο.

7. Σχεδίαση Φωτοβολταϊκού Συστήματος στην Οροφή του Κέντρου Διανομής

7.1 Ενεργειακός Συμψηφισμός (Net Metering)

Ο συμψηφισμός παραγόμενης-καταναλισκόμενης ενέργειας (γνωστός με τον όρο net-metering) αποτελεί ένα από τα εργαλεία προώθησης της αυτοπαραγωγής και ιδιοκατανάλωσης με ΑΠΕ. Το net-metering επιτρέπει στον καταναλωτή να καλύψει ένα σημαντικό μέρος των ιδιοκαταναλώσεών του, ενώ παράλληλα του δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει το δίκτυο για έμμεση αποθήκευση της πράσινης ενέργειας.

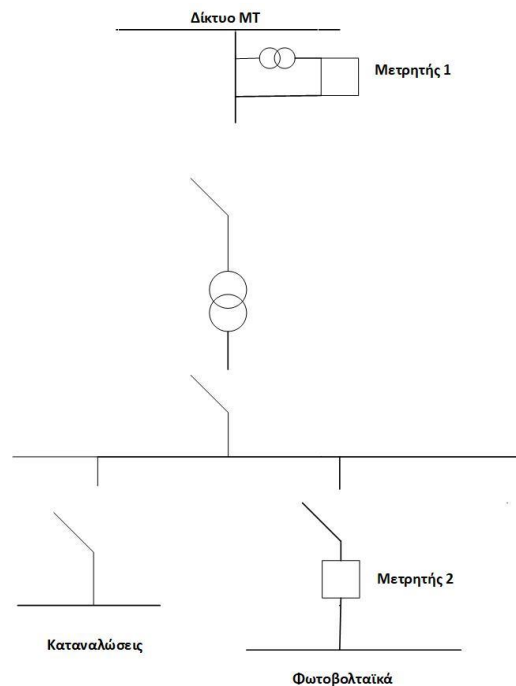
Ο όρος “net” προκύπτει από το γεγονός ότι η χρέωση/πίστωση του καταναλωτή αφορά στη διαφορά μεταξύ καταναλισκόμενης και παραγόμενης ενέργειας σε μία ορισμένη χρονική περίοδο. Ο συμψηφισμός της παραγόμενης ενέργειας διενεργείται υποχρεωτικά και κατά προτεραιότητα με την κατανάλωση που συνδέεται ηλεκτρικά στην ίδια παροχή με το σταθμό παραγωγής. Αν μετά τον συμψηφισμό προκύψει πλεονάζουσα ποσότητα εγχυθείσας στο δίκτυο ενέργειας αυτή συμψηφίζεται με την κατανάλωση του επόμενου χρονικά εκκαθαριστικού λογαριασμού. Το πλεονέκτημα λοιπόν του συμψηφισμού είναι ότι η παραγόμενη ενέργεια δεν είναι απαραίτητο να ταυτοχρονίζεται με την καταναλισκόμενη.

Για τη διαστασιολόγηση του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι ενδεδειγμένο να λαμβάνεται υπόψη η ετήσια κατανάλωση της εγκατάστασης στην οποία αυτό θα συνδεθεί. Δεδομένου ότι ο ενεργειακός συμψηφισμός διενεργείται σε τριετή βάση και τυχόν πλεόνασμα ενέργειας μετά τον τριετή συμψηφισμό δεν αποζημιώνεται, η ετήσια παραγόμενη από το φωτοβολταϊκό σύστημα ενέργεια δεν θα πρέπει να υπερβαίνει την συνολική ετήσια κατανάλωση.

Η Σύμβαση Συμψηφισμού που υπογράφεται μεταξύ του Προμηθευτή και του αυτοπαραγωγού έχει διάρκεια ισχύος 25 έτη, με έναρξη ισχύος την ημερομηνία ενεργοποίησης της σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος.

Για το Διασυνδεδεμένο Σύστημα (ηπειρωτική χώρα & διασυνδεδεμένα νησιά) η ισχύς κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να ανέρχεται μέχρι 20 κιλοβάτ (kWp) ή μέχρι 50% της συμφωνημένης ισχύος της εγκατάστασης κατανάλωσης (σε kVA), εφόσον το τελευταίο μέγεθος υπερβαίνει τα 20 kWp.

Το Φ/Σ αντιστοιχίζεται αποκλειστικά με ένα μετρητή κατανάλωσης, δηλαδή με το μετρητή που ηλεκτροδοτείται το ακίνητο. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή του ενεργειακού συμψηφισμού είναι να καταγράφεται τόσο η εισερχόμενη ενέργεια (ενέργεια που απορροφάται από το δίκτυο) όσο και η εξερχόμενη ενέργεια (ενέργεια που εγχέεται στο Δίκτυο). Οπότε, εάν ο υφιστάμενος μετρητής της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας δεν διαθέτει ήδη τη δυνατότητα αυτή, αντικαθίσταται με νέο μετρητή διπλής κατεύθυνσης – καταγραφής. Ο μετρητής αυτός, μετρητής 1 στο ακόλουθο σχήμα, εγκαθίσταται από το ΔΕΔΔΗΕ και ανήκει στα πάγια του δικτύου. Επίσης απαραίτητη είναι και η εγκατάσταση ενός 2^{ου} μετρητή, μετρητής 2 στο ακόλουθο σχήμα, για τη μέτρηση της παραγωγής του φωτοβολταϊκού συστήματος. Το κόστος αυτού το επωμίζεται ο αυτό-παραγωγός και η ορθή λειτουργία του πιστοποιείται από εργαστήριο του ΔΕΔΔΗΕ. Κατά την ενεργοποίηση της σύνδεσης το προσωπικό του ΔΕΔΔΗΕ ελέγχει και ρυθμίζει και τους δύο μετρητές και προβαίνει στη σφράγιση τους.



Εικόνα 36 Σύνδεση μετρητών Φ/Σ

Διαμόρφωση Χρεώσεων κατά τον Ενεργειακό Συμφηφισμό

Σε περίπτωση εγκατάστασης Φ/Σ ο τρόπος υπολογισμού του πληρωτέου ποσού διαφοροποιείται ως εξής

α) Χρεώσεις Προμήθειας

Για τον υπολογισμό των Χρεώσεων Προμήθειας του εκάστοτε εκκαθαριστικού λογαριασμού λαμβάνεται υπόψη η Χρεωστέα Ενέργεια, η διαφορά δηλαδή της Απορροφώμενης από την Εγχεόμενη ενέργεια (Α-Ε).

- Εφόσον η διαφορά είναι θετική, τιμολογείται στον λογαριασμό η χρεωστέα ενέργεια που έχει προκύψει από τη διαφορά (Α-Ε).
- Εφόσον η διαφορά ισούται με το μηδέν (0), δεν υφίσταται χρεωστέα ενέργεια.
- Εφόσον η διαφορά είναι αρνητική, δεν υφίσταται χρεωστέα ενέργεια, αλλά η διαφορά πιστώνεται στον επόμενο εκκαθαριστικό λογαριασμό ως Πρόσθετη Εγχεόμενη Ενέργεια. Η υπόψη Πρόσθετη Εγχεόμενη Ενέργεια εμφανίζεται στο λογαριασμό κάτω από τον πίνακα των ενδείξεων ως: Πρόσθετη Εγχεόμενη Ενέργεια.

β) Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις

- Οι χρεώσεις για τον ΑΔΜΗΕ, τον ΔΕΔΔΗΕ και για το ΕΤΜΕΑΡ με βάση την Απορροφώμενη Ενέργεια επί τις αντίστοιχες μοναδιαίες χρεώσεις.
- Η χρέωση για τις ΥΚΩ υπολογίζεται βάση της καταναλισκόμενης ενέργειας ως εξής: (Απορροφώμενη ενέργεια + Παραγόμενη ενέργεια - Εγχεόμενη ενέργεια) επί την αντίστοιχη μοναδιαία χρέωση.

7.2 Πρόταση Εξοικονόμησης Ενέργειας

Το μεγαλύτερο μέρος της οροφής του κέντρου Διανομής ΑΒ στα Οινόφυτα καλύπτεται από πορώδες μαλακό μονωτικό υλικό πάνω στο οποίο η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών κρίθηκε ακατάλληλη λόγω πιθανής αναφλεξιμότητας του. Υπάρχει όμως ένας μέρος της οροφής, ακριβώς επάνω από την αποθήκη κενών και του πλυντηρίου τελάρων, το οποίο δεν καλύπτεται από το εν λόγω υλικό και στο οποίο θα μελετηθεί η εγκατάσταση Φ/Σ. Το τμήμα αυτό της οροφής είναι τετραγωνικό με μήκος πλευράς 55m και επομένως εμβαδόν 3025m². Απεικονίζεται εν συνεχεία.



Εικόνα 37 Κάτοψη οροφής τοποθέτησης Φ/Σ

Για την μοντελοποίηση του Φ/Σ χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα System Advisor Model (SAM) του National Renewable Energy Laboratory (NREL).

Τα καιρικά δεδομένα για την ακριβή τοποθεσία της εγκατάστασης λήφθηκαν από το European Commission's Photovoltaic Geographical Information System (https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#TMY).

7.2.1 Σχεδίαση Συστήματος

Επιλογή Πάνελ

Επιλέχθηκε το φωτοβολταϊκό πάνελ ELDORA VSP.60.270.03.04 της εταιρείας VikramSolar με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά.

Πίνακας 27 Χαρακτηριστικά πάνελ

Χαρακτηριστικά Πάνελ	
Τεχνολογία	Multi-C-Si
Μήκος	1.64 m
Πλάτος	0.92 m
Εμβαδόν	1.5088 m ²
$\eta_{nominal}$	17.1783%
P_{mp}	269.7 W _{dc}
V_{mp}	31.0 V _{dc}
I_{mp}	8.7 A _{dc}
V_{oc}	38.3 V _{dc}
I_{sc}	9.2 A _{dc}

Διάταξη Πάνελ

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ θα τοποθετηθούν παράλληλα με την υπάρχουσα οροφή και με προσανατολισμό νότιο-ανατολικό. Το αζιμούθιο θα είναι λοιπόν ίσο με $\gamma=144^\circ$. Η κλίση θα είναι σταθερή και ίση με το γεωγραφικό πλάτος της τοποθεσίας, δηλαδή $\beta=38^\circ$.

Τα πάνελ θα καλύψουν το διαθέσιμο χώρο μεριμνώντας έτσι ώστε να υπάρχει επαρκής χώρος για επιδιορθώσεις αλλά και να αποφευχθεί η μεταξύ τους σκίαση. Συγκεκριμένα για τη σκίαση ακολουθείται ο πρακτικός κανόνας τοποθέτησης ότι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σειρών θα πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσια του ύψους του πάνελ [17].

$$\sin\beta = \frac{\text{ύψος}}{\text{μήκος}} \quad (25)$$

$$\text{ύψος} = \sin(38^\circ) * 1.64 \quad (26)$$

$$\text{ύψος} = 1.035m \quad (27)$$

Επομένως η απόσταση μεταξύ δύο σειρών οφείλει να είναι

$$2 * \text{ύψος} = 2.027m \quad (28)$$

Τα πάνελ θα τοποθετηθούν τελικά σε σειρά ανά 16 και θα υπάρχουν συνολικά 44 σειρές. Επομένως ο συνολικός αριθμός τους είναι 704 πάνελ ή αντίστοιχα 1062.19 m².

Επιλογή Inverter

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς DC είναι

$$704 * P_{mp} = 189.868kW \quad (29)$$

Επιλέγονται 10 όμοιοι inverter SMA SUNNY TRIPOWER 20000TL με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά.

Πίνακας 28 Χαρακτηριστικά Inverter

Χαρακτηριστικά Inverter	
DC rated power	20440W
Max. input voltage	1000V
MPP voltage range/rated input voltage	320V to 800V/600V
Min. input voltage/start input voltage	150V/188V
Rated power (at 230V/50Hz)	20000W
Rated power frequency/rated grid voltage	50Hz/230V
AC voltage range	180V to 280V
AC grid frequency	50Hz/44Hz to 55Hz
Max. efficiency	98.4%
European efficiency	98%

Η συμβατότητα των φωτοβολταϊκών πάνελ και του inverter είναι βαρύνουσας σημασίας για την ομαλή και βέλτιστη λειτουργία του συστήματος. Για αυτό το λόγο ελέγχεται η τήρηση συγκεκριμένων κριτηρίων τα οποία παρουσιάζονται εν συνεχεία.

- α) Συνήθως η σχέση μεταξύ της ονομαστικής ισχύος εξόδου του αντιστροφέα και της ισχύος των Φ/Β πάνελ, γνωστή και ως Inverter Load ratio(ILR), κυμαίνεται μεταξύ 90% και 115%. Εδώ κάθε μετατροπέας έχει ονομαστική ισχύ DC εξόδου 20440W.Επομένως ο λόγος ILR=95%. Υπέρ-διαστασιοποιημένοι αντιστροφέες (αναφορικά με τη συνολική ισχύ των Φ/Β πάνελ που συνδέονται στην είσοδο τους), είναι πιθανό να λειτουργούν σε σχετικά χαμηλά φορτία για τα οποία δεν εμφανίζουν το βέλτιστο βαθμό απόδοσης και επιπλέον στοιχίζουν περισσότερο. Από την άλλη πλευρά, αντιστροφέες που είναι υπό-διαστασιοποιημένοι σε σχέση με την ισχύ των Φ/Β πάνελ, είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε απώλειες ενέργειας λόγω υπερφόρτισης; κάθε αντιστροφέας χαρακτηρίζεται από μία μέγιστη ισχύ η οποία δεν μπορεί να ξεπεραστεί για λόγους ασφαλείας, οπότε είναι πιθανόν πλεονάσματα ενέργειας από τα Φ/Β πάνελ να χάνονται.
- β) Τα πάνελ τοποθετούνται σε σειρά ανά 16. Η τάση στα άκρα της κάθε σειράς είναι το άθροισμα της τάσης κάθε πάνελ της σειράς.

Η μέγιστη τάση που μπορεί να προκύψει είναι όταν η συστοιχία δεν διαρρέεται από ρεύμα

$$16V_{oc} = 16 * 38.3V = 612.8V < V_{inv,max} = 1000V \quad (30)$$

Επομένως δεν υπάρχει κίνδυνος να ξεπεραστεί η μέγιστη τάση του Inverter.

- γ) Ο βαθμός απόδοσης του Inverter δεν είναι σταθερός σε ολόκληρο το εύρος λειτουργίας του. Υπάρχει ένα στενότερο εύρος τάσης στο εύρος λειτουργίας του στο οποίο ο βαθμός απόδοσης του είναι μέγιστος. Το εύρος αυτό είναι το MPP voltage range και εν προκειμένω 320V-800V.

Όταν το πάνελ παράγει τη μέγιστη ισχύ P_{mp} τότε η τάση στα άκρα της κάθε σειράς θα είναι

$$20V_{mp} = 20 * 31V = 620V < V_{mpp,max} = 800V \quad (31)$$

Επομένως επιτυγχάνεται για μέγιστη παραγόμενη ισχύ των πάνελ ο inverter να λειτουργεί με μέγιστο βαθμό απόδοσης κάτι το οποίο είναι φυσικά ιδιαίτερα σημαντικό και συνάμα επιθυμητό .

Ανάλυση Παραμέτρων Απωλειών

Για τη μοντελοποίηση του συστήματος επιλέχτηκαν οι κάτωθι τιμές για την ποσοτικοποίηση των διαφόρων ειδών απωλειών.

Απώλειες ακαθαρσιών

Λόγω συσσώρευσης ακαθαρσιών πάνω στην επιφάνεια των φωτοβολταϊκών πάνελ μειώνεται η ποσότητα της απορροφούμενης ηλιακής ακτινοβολίας και τελικά της παραγόμενης ενέργειας. Τέτοιες ακαθαρσίες μπορεί να είναι σκόνη, χώμα, φύλλα, χιόνι και περιττώματα πουλιών. Για να ποσοτικοποιηθεί η συγκεκριμένη απώλεια χρησιμοποιήθηκε ένα ποσοστό της τάξης του 5% για κάθε μήνα.

Απώλειες DC

α) Απώλειες καλωδίων

Σε ένα κύκλωμα, πολλαπλά τμήματα μπορούν να προκαλέσουν πτώση τάσης. Τα καλώδια τα ίδια έχουν μια μικρή εσωτερική αντίσταση, η οποία εξαρτάται από το πάχος και το μήκος τους.

β) Απώλειες συνδέσεων

Οι απώλειες συνδέσεων περιλαμβάνουν απώλειες αντιστάσεων κατά μήκος συνδέσεων καλωδίων και διόδων. Τα περισσότερα φωτοβολταϊκά πάνελ έχουν διόδους by pass, οι οποίες επιτρέπουν την παράκαμψη του ρεύματος από πάνελ της σειράς τα οποία σκιάζονται ή για κάποιο λόγο υπολειτουργούν. Οι απώλειες συνδέσεων λογίζονται ως ένα ποσοστό 0.5%.

γ) Απώλειες mismatch

Απώλειες λόγω μικρών διαφορών στην απόδοση των επιμέρους πάνελ σε μια σειρά. Λογίζονται ως περίπου 2%.

Απώλειες AC

Οι απώλειες στα καλώδια AC θεωρήθηκαν ίσες με 1%

Απώλειες διαθεσιμότητας συστήματος

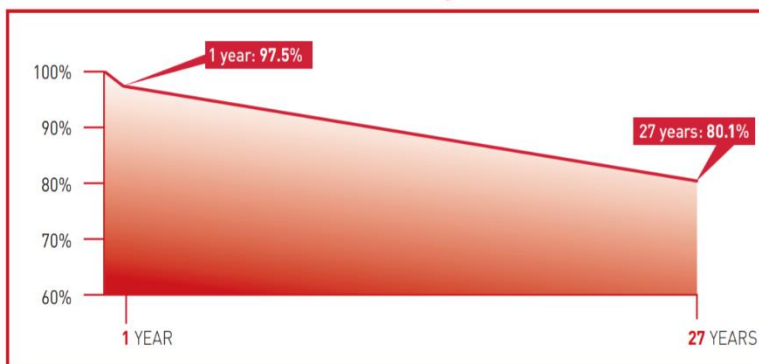
Η διαθεσιμότητα συστήματος είναι ένας γενικός όρος απωλειών. Περιλαμβάνει όλα τα γεγονότα τα οποία διακόπτουν πλήρως τη λειτουργία του συστήματος. Ο ακριβής χρόνος και η διάρκεια τέτοιων διακοπών είναι παρόλα αυτά δύσκολο να προβλεφθούν και για αυτό το λόγο μοντελοποιούνται σαν ένα σταθερό ποσοστό στη διάρκεια του χρόνου. Αυτό επιλέχθηκε να είναι ίσο με 2%.

Συντελεστής απομείωσης

Η ικανότητα ακριβής πρόβλεψης της παραγόμενης ενέργειας κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης είναι ζωτικής σημασίας. Οι δύο κυριότεροι οικονομικοί οδηγοί είναι ο βαθμός απόδοσης με τον οποίο η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική και το πώς αυτή η σχέση αλλάζει με το χρόνο. Η ακριβής ποσοτικοποίηση της μείωσης ισχύος με τον χρόνο, γνωστή και ως συντελεστής απομείωσης (degradation rate), είναι ιδιαίτερα σημαντική. Οικονομικά, ο συντελεστής απομείωσης της ισχύος οδηγεί σε μικρότερη παραγόμενη ενέργεια και άρα και μικρότερες θετικές χρηματοροές. Κατά αυτό τον τρόπο, ένας ανακριβής προσδιορισμός του αυξάνει το οικονομικό ρίσκο.

Η συγκεκριμένη εταιρεία παραγωγής φωτοβολταϊκών πάνελ, VikramSolar, παρέχει εγγύηση απόδοσης για 27 χρόνια με απομείωση 2.5% για τον πρώτο χρόνο και 0.67% για κάθε χρόνο από το 2^ο μέχρι το 27^ο όπως φαίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα.

Performance Warranty



Εικόνα 38 Απομείωση βαθμού απόδοσης των πάνελ (Πηγή: VikramSolar)

7.2.2 Ενεργειακά Αποτελέσματα

Για το πρώτο έτος λειτουργίας του σχεδιαζόμενου Φ/Σ προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα.



Εικόνα 39 Μηνιαία παραγωγή ενέργειας για το 1ο έτος

Πίνακας 29 Ενεργειακοί δείκτες Φ/Σ

Ενεργειακοί Δείκτες Φ/Σ	
Ετήσια ενέργεια (kWh)	337,879
Συντελεστής εκμεταλλευσιμότητας (%)	20.3
Ενέργεια ανά εγκατεστημένη ισχύ(kWh/kW)	1,780

Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην εγκατάσταση είναι της τάξης των 7,500,000kWh. Επομένως η ετήσια παραγόμενη ενέργεια μέσω των φωτοβολταϊκών είναι της τάξης του 4.505% της συνολικής κατανάλωσης .

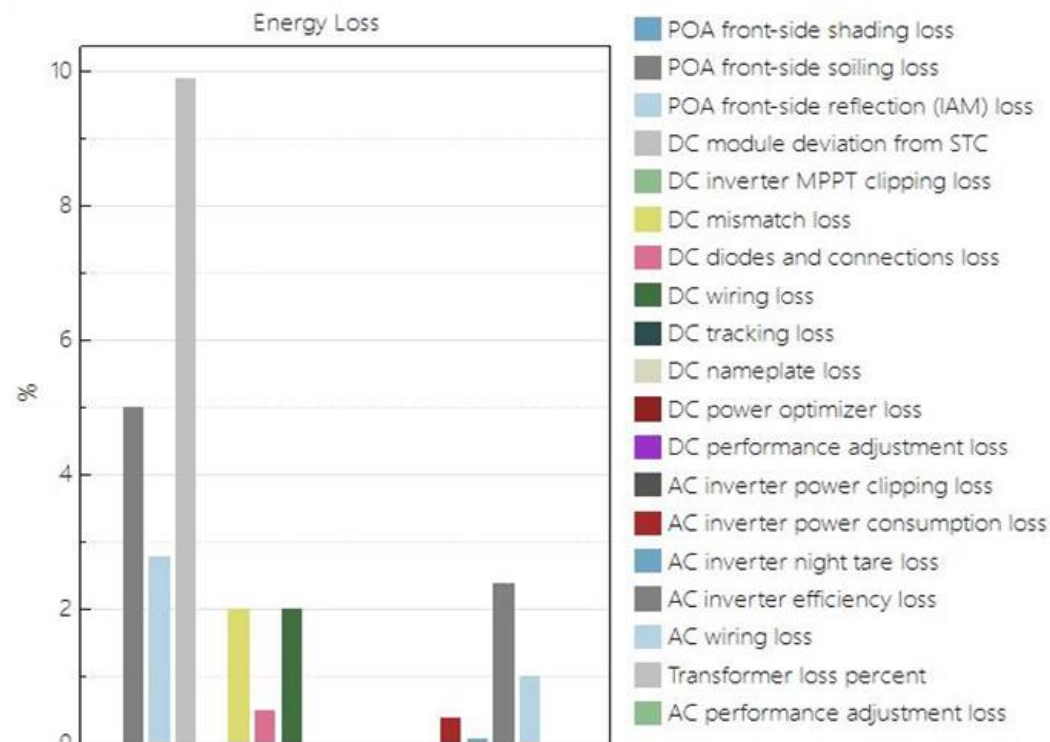
Ο συντελεστής εκμεταλλευσιμότητας της τάξης του 20.3% καθώς και τα 1780kWh ανά kW εγκατεστημένης είναι τιμές σίγουρα αξιόλογες.

Πέρα από τις απώλειες των οποίων οι τιμές ποσοστιαία καθορίστηκαν παραπάνω προκύπτουν και κάποιες επιπλέον κατά τη λειτουργία του συστήματος οι οποίες υπολογίζονται από το πρόγραμμα. Αξίζει λοιπόν να σχολιασθούν καθώς δεν είναι διόλου αμελητέες.

Front side reflection(IAM) loss: Περιλαμβάνει τις απώλειες ενέργειας λόγω μικρότερης μετάδοσης της ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού όταν το φως προσπίπτει υπό γωνία. Στην ιδεατή περίπτωση η ακτινοβολία θα προσέπιπτε κάθετα και θα έφτανε όλη στον ημιαγωγό.

DC module deviation from STC: Η ονομαστική απόδοση του πάνελ δίδεται σε συνθήκες STC (standard test conditions:25°C,1000W/m²) αλλά μειώνεται με τη μείωση της ακτινοβολίας. Αυτή η διαφορά ποσοτικοποιείται μέσω της συγκεκριμένης απώλειας.

Οι συνολικές απώλειες λοιπόν, τόσο αυτές που καθορίστηκαν στο πρόγραμμα όσο και αυτές οι οποίες υπολογίζονται από αυτό βάση των επιλεχθέντων συστημάτων, συνοψίζονται παρακάτω.



Εικόνα 40 Απώλειες Φ/Σ

Λόγω του συντελεστή απομείωσης του βαθμού απόδοσης των πάνελ η ετήσια ενέργεια μειώνεται χρόνο με τον χρόνο. Για τη διάρκεια ζωής του συστήματος, η οποία θεωρείται είκοσι έτη, προκύπτουν τα ακόλουθα.



Εικόνα 41 Ετήσια παραγωγή ενέργειας Φ/Σ

Πίνακας 30 Ετήσια παραγωγή ενέργειας Φ/Σ

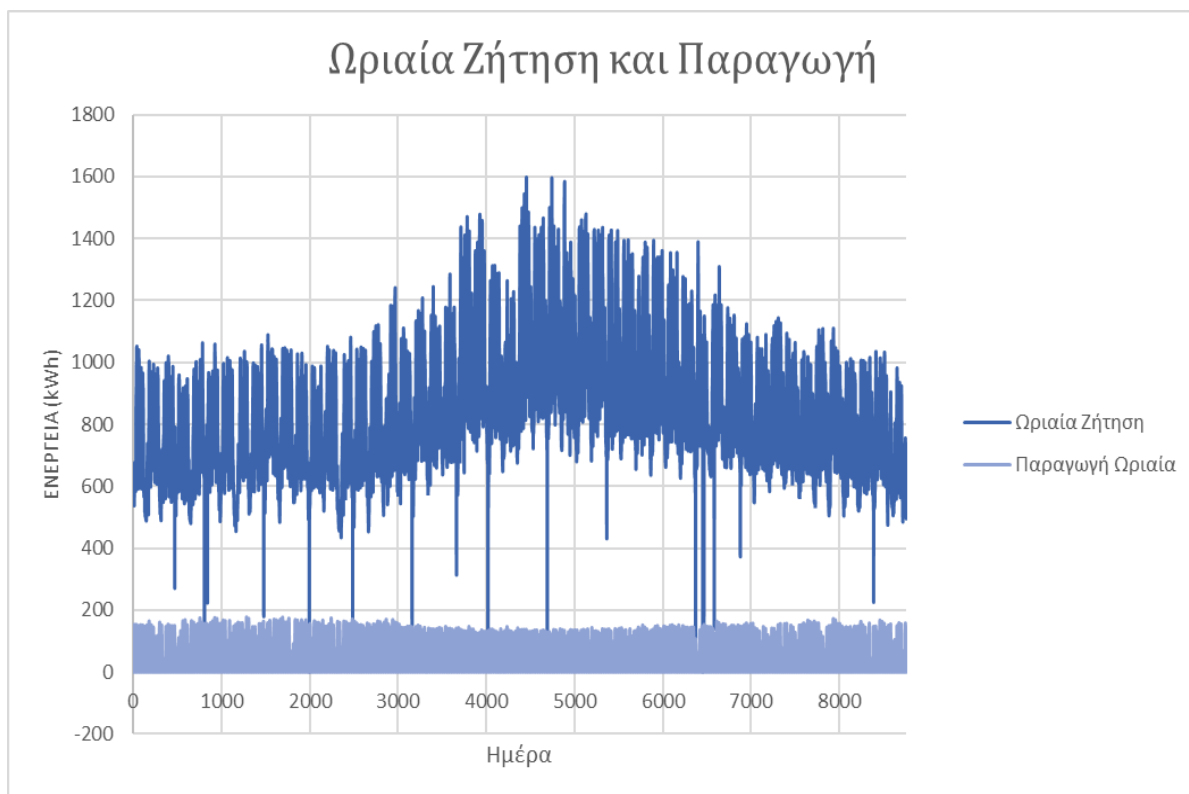
Έτος	Ενέργεια(kWh)	Έτος	Ενέργεια(kWh)
1	337,879	11	310,091
2	329,432	12	308,014
3	327,225	13	305,950
4	325,032	14	303,900
5	322,855	15	301,864
6	320,692	16	299,842
7	318,543	17	297,833
8	316,409	18	295,837
9	314,289	19	293,855
10	312,183	20	291,886

Η επιρροή του συντελεστή απομείωσης σε βάθος χρόνου δεν είναι διόλου αμελητέα.

7.2.3 Υπολογισμός Τιμής Συμψηφισμού

Έχουν διατεθεί από τους υπευθύνους τα μετρητικά δεδομένα του συστήματος τηλεμέτρησης του ΔΕΔΔΗΕ ανά 15' για το έτος 2018. Ανάγονται σε ωριαίες τιμές και το συγκεκριμένο έτος λαμβάνεται ως βάση για τους υπολογισμούς. Παράλληλα έχει υπολογιστεί κατά την ενεργειακή ανάλυση η ωριαία παραγωγή του Φ/Σ από το λογισμικό SAM.

Τα προφίλ της παραγωγής και της ζήτησης ανά ώρα παρουσιάζονται στο ακόλουθο διάγραμμα



Εικόνα 42 Ωριαίο προφίλ ζήτησης και παραγωγής

Παρατηρείται δια γυμνού οφθαλμού ότι η ζήτηση είναι πολύ μεγαλύτερη από την παραγωγή σε όλο το εύρος του χρόνου. Η ενέργεια η οποία παράγεται από το Φ/Σ αυτό-καταναλώνεται από την εγκατάσταση.

Πιο συγκεκριμένα από υπολογισμούς η εγχυόμενη ενέργεια προκύπτει μόνο ίση με

$$E_{\text{εγχυόμενη}} = 543.59 \text{ kWh} \quad (32)$$

Και άρα ο συντελεστής ταυτοχρονισμού είναι σχεδόν ίσος με 1 μιας η ετήσια κατανάλωσης ενέργειας των εγκαταστάσεων είναι της τάξης των 7,500,000kWh.

Για να αξιολογηθεί η οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης πρέπει να υπολογιστεί το ετήσιο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας με και χωρίς την ύπαρξη του Φ/Σ.

Για αυτό το σκοπό αναπτύχθηκε ένας κώδικας στο περιβάλλον της Matlab ο οποίος να υπολογίζει τα ανωτέρω κόστη. Αξίζει να σημειωθεί ότι:

- α) Οι υπολογισμοί έγιναν με βάση το τιμολόγιο των εγκαταστάσεων. Συγκεκριμένα πρόκειται για τιμολόγιο Εταιρικό ΒΜ2-10 (Εμπορικής Χρήσης) με συμφωνημένη ισχύ παροχής 3500kVA.
- β) Για κάθε μήνα ως εισερχόμενα δεδομένα ελήφθησαν οι τιμές ισχύος και ενέργειας από τους λογαριασμούς του έτους 2018 που διατέθηκαν αλλά ως αντίστοιχες χρεώσεις θεωρήθηκαν οι σημερινές.

Τα αποτελέσματα τα οποία προκύπτουν είναι τα εξής

$$\text{Ετήσιο Κόστος χωρίς } \Phi/\Sigma = 847,293\text{€} \quad (33)$$

$$\text{Ετήσιο Κόστος με } \frac{\Phi}{\Sigma} = 889,069\text{€} \quad (34)$$

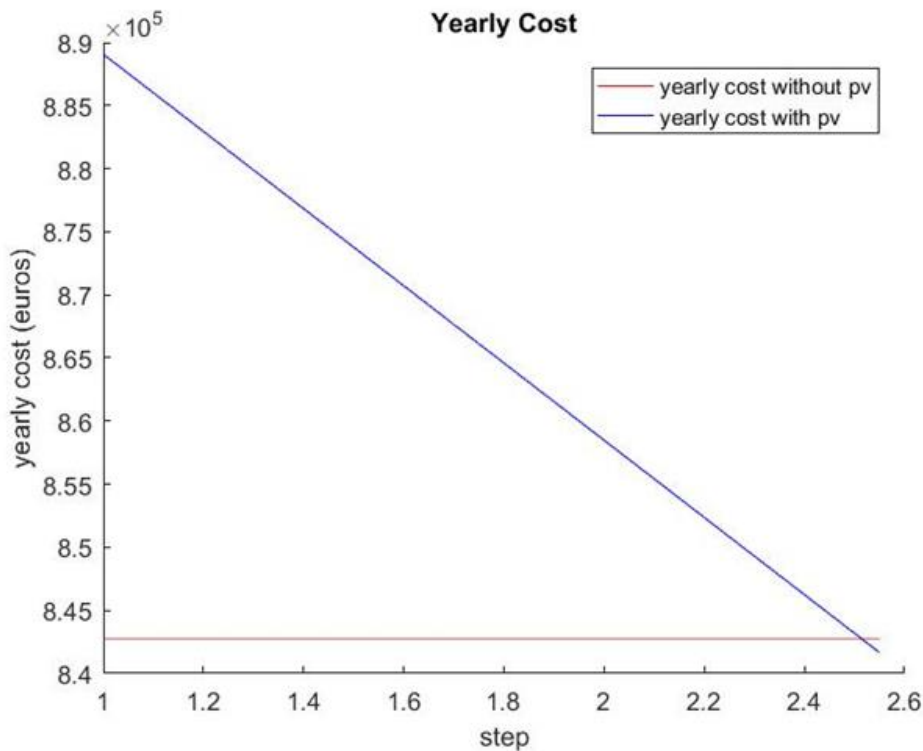
$$\text{Τιμή Συμψηφισμού} = -0.1336 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \quad (35)$$

Το μεγαλύτερο κόστος με Φ/Σ και η αρνητική τιμή συμψηφισμού προκύπτουν καθώς σε περίπτωση που οι πελάτες απολαμβάνουν ήδη τιμολογιακών προνομίων, όπως εν προκειμένω οι Αυτοπαραγωγοί με Ενεργειακό Συμψηφισμό (net metering), δεν επωφελούνται της έκπτωσης συνέπειας 5% των κανονικών τιμολογίων. Καθώς η ετήσια παραγόμενη ενέργεια είναι μικρή συγκριτικά με την ζητούμενη, η επίδραση των μειωμένων kWh στο συνολικό κόστος δεν υπερνικά το όφελος που θα υπήρχε λόγω της έκπτωσης συνέπειας χωρίς Φ/Σ.

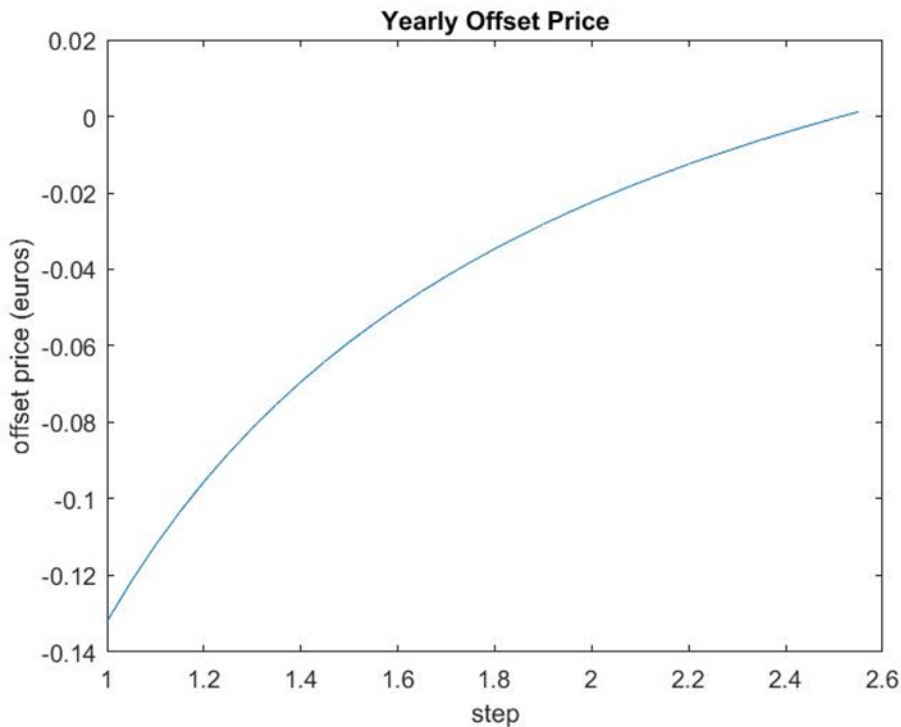
7.3 Διερεύνηση 1^η

Ως επακόλουθο των ανωτέρω αποτελεσμάτων αξίζει να διερευνηθεί σε πρώτη φάση πότε η ενέργεια συμψηφισμού σταματά να είναι αρνητική για εγκατάσταση Φ/Σ στην ίδια τοποθεσία.

Η διερεύνηση βασίστηκε στην παραδοχή ότι η παραγόμενη ενέργεια αυξάνεται γραμμικώς ανάλογα με την αύξηση της εγκατεστημένης του συστήματος ισχύος. Εν συνεχεία παρουσιάζεται η διαμόρφωση του κόστους και της τιμής συμψηφισμού για βηματική αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος.



Εικόνα 43 Ετήσιο κόστος με και χωρίς Φ/Σ συναρτήσει της βηματικής αύξησης της ισχύος



Εικόνα 44 Τιμή συμψηφισμού συναρτήσει της βηματικής αύξησης ισχύος

Τα συμπεράσματα τα οποία εξαγονται είναι τα εξής

- α) Παρατηρείται ότι για ισχύ 2.55 φορές μεγαλύτερη της αρχικής εγκατεστημένης, ήτοι 484.163 kW, η τιμή συμψηφισμού παύει να είναι πλέον αρνητική.
- β) Το κόστος χωρίς Φ/Σ μειώνεται γραμμικά με το βήμα αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος. Η εξίσωση που διέπει τα δύο μεγέθη είναι η ακόλουθη

$$y = -30,593x + 919,662 \quad (36)$$

7.4 Διερεύνηση 2^η

Μιας μικρής τάξης εγκατάσταση Φ/Σ όπως αναλύθηκε αρχικά δεν είναι οικονομικά βιώσιμη.

Αξίζει λοιπόν να διερευνηθεί αν μια μεγαλύτερη επένδυση είναι συμφέρουσα.

Θεωρείται λοιπόν Φ/Σ 7 φορές μεγαλύτερο του αρχικά υπό μελέτη με εγκατεστημένη ισχύ δηλαδή ίση με

$$P = 1329.23kW \quad (37)$$

Το οποίο κατ' αντιστοιχία θα καταλαμβάνει εμβαδόν ίσο με

$$A = 21177 m^2 \quad (38)$$

Το μέγεθος αυτό είναι αποδεκτό και χωροταξικά καθώς το εμβαδόν της οροφής της αποθήκης είναι μεγαλύτερο αλλά και ως προς την εγκατεστημένη ισχύ μιας και για τις εγκαταστάσεις η συμφωνηθείσα ισχύς είναι ίση με

$$P_{συμφ} = 3500 kW \quad (39)$$

Και επομένως η μέγιστη επιτρεπόμενη σύμφωνα με τους κανονισμούς του ενεργειακού συμψηφισμού είναι ίση με

$$P_{max} = 1750 kW \quad (40)$$

Αναφορικά με την παραγόμενη ενέργεια θεωρείται όπως και στην πρώτη εναλλακτική ότι αυξάνεται γραμμικά. Η παραγομένη ετήσια ενέργεια είναι ίση λοιπόν με

$$E = 2,362,223 kWh \quad (41)$$

Η τιμή συμψηφισμού προκύπτει αντίστοιχα

$$\text{τιμή συμψηφισμού} = 0.058 \frac{\text{€}}{kWh} \quad (42)$$

7.4.1 Οικονομική Αξιολόγηση

Το κόστος κεφαλαίου για αντιστοίχου μεγέθους εγκαταστάσεις στον ελλαδικό χώρο είναι εν έτη 2020 της τάξης των 600.000€ ανά MW εγκατεστημένης ισχύος.

Επομένως για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση μπορεί να προσεγγιστεί το κόστος κεφαλαίου το οποίο προκύπτει

$$TCI = 797,538 \text{ € (43)}$$

Να σημειωθεί ότι το κόστος κεφαλαίου συμπεριλαμβάνει όλα τα αρχικά έξοδα δηλαδή

- Αγορά εξοπλισμού
- Εκπόνηση μελέτης
- Εγκατάσταση
- Αδειοδοτικές διαδικασίες

Αναφορικά με τη συντήρηση σύμφωνα με τον παγκόσμιο οργανισμό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (IRENA) η μεσοσταθμική τιμή κόστους συντήρησης Φ/Σ για συστήματα στην Ευρώπη το 2019 ήταν ίση με [18]

$$10 \frac{\$}{kW} = 8,85 \frac{\text{€}}{kW} \text{ (44)}$$

Δηλαδή το ετήσιο κόστος συντήρησης, το οποίο θεωρείται σταθερό στη διάρκεια ζωής του Φ/Σ, ανέρχεται στα

$$O\&M = 11,764 \text{ € (45)}$$

Ο συγκεκριμένος όμιλος επιχειρήσεων χρησιμοποιεί τις οικονομικές παραμέτρους αξιολόγησης επενδύσεων που παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα

Πίνακας 31 Οικονομικοί παράμετροι αξιολόγησης

Δείκτης	
Discount Rate	10%
Investment Duration	10 years
Corporate Tax	24%
Duration of Straight Line Depreciation	10 years

Λόγω της εγκατάστασης του Φ/Σ επιτυγχάνεται ετήσια εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ (σύμφωνα ξανά με τον Πίνακα 17) ίση με

$$E_{CO_2} = 2,362,223 \text{ kWh} * 0.989 \frac{\text{kg}_{CO_2}}{\text{kWh}} \quad (46)$$

$$E_{CO_2} = 2,337.227 \text{ ton}_{CO_2} \quad (47)$$

Το κόστος ανά τόνο εκπομπών CO₂ θεωρείται σταθερό στο διάστημα της οικονομικής αξιολόγησης και ίσο με

$$K_{CO_2} = 25 \frac{\text{€}}{\text{ton } CO_2} \quad (48)$$

Συμπεριλαμβάνοντας λοιπόν το συγκεκριμένο μη ενεργειακό όφελος (Non Energy Benefit) προκύπτει μια επιπλέον ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων ίση με

$$NEB = E_{CO_2} \cdot K_{CO_2} \quad (49)$$

$$NEB = 58,430 \text{ €} \quad (50)$$

Τα αποτελέσματα της οικονομικής αξιολόγησης με και χωρίς συμπερίληψη του μη ενεργειακού οφέλους συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα

Πίνακας 32 Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης Φ/Σ

	without NEB	with NEB
NPV	18,314 €	291,408 €
IRR	10.45%	17.03%
Discounted Payback Years	4.79	3.56

Όπως παρατηρείται η επίδραση της εξοικονόμησης λόγω μείωσης εκπομπών CO₂ στα χαρακτηριστικά της επένδυσης είναι καταλυτική. Παρουσιάζεται τότε ένας ιδιαίτερα υψηλός εσωτερικός βαθμός απόδοσης, 7 μονάδες μεγαλύτερος από το προεξοφλητικό επιτόκιο, και μία αρκετά μικρή για το μέγεθος του αρχικού κεφαλαίου, περίοδος αποπληρωμής.

Να σημειωθεί ότι η απομείωση της αξίας του Φ/Σ θεωρείται γραμμική με την πάροδο των ετών. Για διάρκεια ζωής του Φ/Σ ίση με 20 έτη, η υπολειμματική αξία του στο τέλος της περιόδου της οικονομικής μελέτης, δηλαδή του 10^{ου} έτους, θα είναι ίση με 398,769€.

8. Εναλλάκτης Ανάκτησης Απορριπτόμενης Θερμότητας

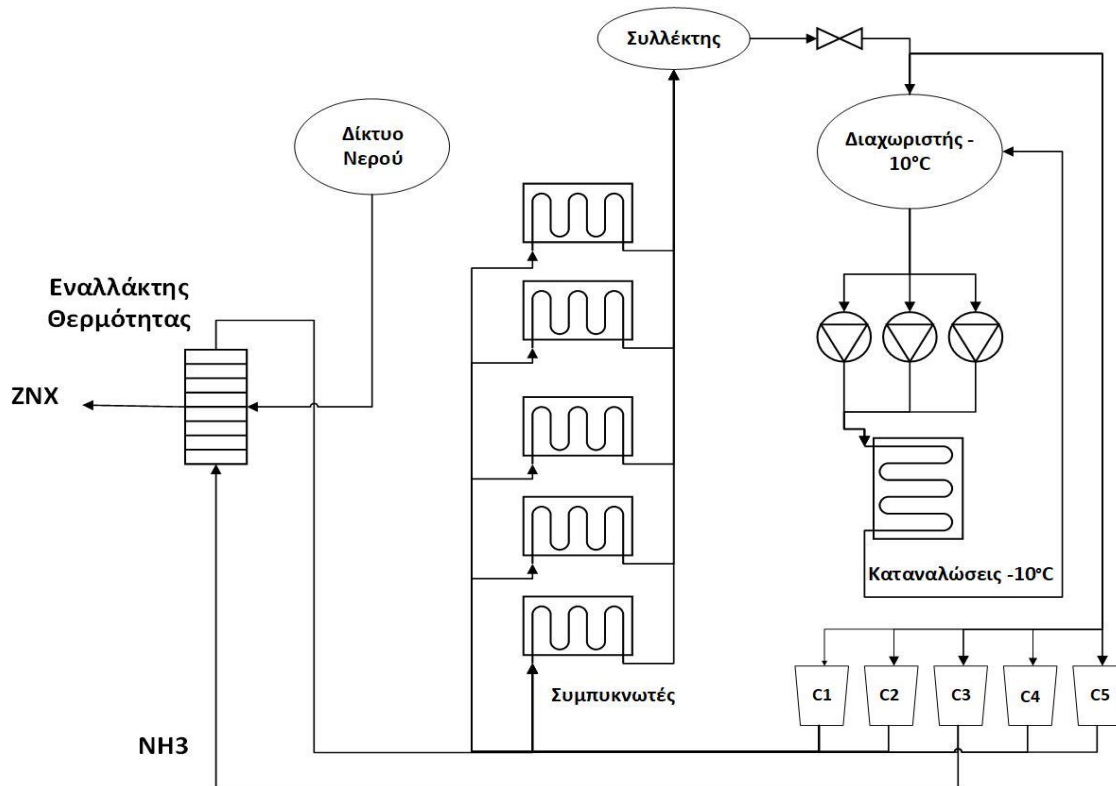
Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η αξιολόγηση της χρήσης ενός εναλλάκτη για την εκμετάλλευση της θερμότητας της υπέρθερμης αμμωνίας, η οποία εξέρχεται από τους συμπιεστές της 2ης βαθμίδας του ψυκτικού κυκλώματος, και απορρίπτεται ανεκμετάλλευτη μέσω των αερόψυκτων συμπυκνωτών στην ατμόσφαιρα.

Στόχος είναι να καλυφθούν οι ανάγκες ζεστού νερού του Κέντρου Διανομής και Συντήρησης.

Συγκεκριμένα εξετάζεται η κάλυψη των αναγκών ζεστού νερού

- Του πλυντηρίου τελάρων
- Του χώρου αποθήκευσης των τυριών
- Του εστιατορίου

Η παρέμβαση στο ψυκτικό κύκλωμα της αμμωνίας για την εγκατάσταση και χρήση του εναλλάκτη παρουσιάζεται στο ακόλουθο σκαρίφημα.



Εικόνα 45 Κύκλωμα εναλλάκτη θερμότητας αμμωνίας - νερού

8.1 Διαστασιολόγηση και Επιλογή Εναλλάκτη

Σύμφωνα με τις μετρήσεις οι οποίες έγιναν από το προσωπικό της εγκατάστασης για ένα διάστημα 23 ημερών τον μήνα Μάρτιο του 2020 η κατανάλωση νερού του πλυντηρίου είναι η εξής



Εικόνα 46 Κατανάλωση νερού πλυντηρίου

Η ημερήσια κατανάλωση κυμαίνεται λοιπόν από 10 ως 40m³.

Ο επιλεγόμενος εναλλάκτης οφείλει να καλύπτει το μέγιστο φορτίο ζήτησης επομένως επιλέγεται

$$\dot{m}_w = 40 \frac{m^3}{day} \quad (51)$$

Δεδομένου ότι το πλυντήριο λειτουργεί καθημερινά για 11 ώρες η κατανάλωση ανά δευτερόλεπτο είναι ίση με

$$\dot{m}_w = 1.01 \frac{kg}{s} \quad (52)$$

Η θερμοκρασία του νερού του δικτύου διαφέρει από μήνα σε μήνα και κλιματική ζώνη.

Για τα Οινόφυτα τα οποία υπάγονται στο Νομό Βοιωτίας και άρα την κλιματική ζώνη Β οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες νερού δικτύου είναι οι κάτωθι [19].

Πίνακας 33 Θερμοκρασία νερού δικτύου Κλιματικής Ζώνης Β

Μήνας	Θερμοκρασία (°C)	Μήνας	Θερμοκρασία (°C)
Ιανουάριος	10.4	Ιούλιος	25.6
Φεβρουάριος	10.4	Αύγουστος	25.8
Μάρτιος	11.7	Σεπτέμβριος	23.5
Απρίλιος	14.8	Οκτώβριος	19.7
Μάιος	18.9	Νοέμβριος	15.2
Ιούνιος	23.1	Δεκέμβριος	12.2

Η χαμηλότερη θερμοκρασία του νερού που θα εισέρχεται στον εναλλάκτη θα είναι επομένως

$$\theta_{w,in} = 10.4^{\circ}C \quad (53)$$

Η επιθυμητή θερμοκρασία εξόδου του νερού από τον εναλλάκτη, εισόδου δηλαδή στο πλυντήριο τελάρων, λαμβάνεται ίση με την θερμοκρασία σχεδιασμού στην Αρχική Πρόπλυση και άρα

$$\theta_{w,out} = 40^{\circ}C \quad (54)$$

Προκύπτει λοιπόν ότι η μέγιστη θερμική ισχύς που οφείλεται να καλύπτεται για το πλυντήριο τελάρων είναι ίση με

$$P_{th,washer} = C_{p,w} \dot{m}_w (\theta_{w,out} - \theta_{w,in}) \quad (55)$$

$$P_{th,washer} = 125 \text{ kW} \quad (56)$$

Αναφορικά με την κατανάλωση νερού στο χώρο συσκευασίας τυριών, χρησιμοποιείται αντλία θερμότητας της εταιρείας DAIKIN με ονομαστική θερμική ισχύ ίση με

$$P_{th,heat\ pump} = 16\ kW \quad (57)$$

Για την κατανάλωση στο εστιατόριο θεωρείται μια τιμή της τάξης των

$$P_{th,kitchen} = 10\ kW \quad (58)$$

Επομένως η συνολική θερμική ισχύς που οφείλει να καλύπτει ο εναλλάκτης είναι ίση με

$$P_{th} = P_{th,washer} + P_{th,heat\ pump} + P_{th,kitchen} \quad (59)$$

$$P_{th} = 151\ kW \quad (60)$$

Η αμμωνία σύμφωνα με μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί εισέρχεται και εξέρχεται στους συμπυκνωτές μια καλοκαιρινή ημέρα (θερμοκρασία περιβάλλοντος στους 31°C) με τα ακόλουθα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά

Πίνακας 34 Θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά αμμωνίας στους συμπυκνωτές

	In	Out
Απόλυτη Πίεση (bar)	15	14.8
Θερμοκρασία (°C)	68	38
Κατάσταση	Υπέρθερμη	Υπόψυκτη

Η ενθαλπική πτώση η οποία πραγματοποιείται λοιπόν στους συμπυκνωτές είναι ίση με

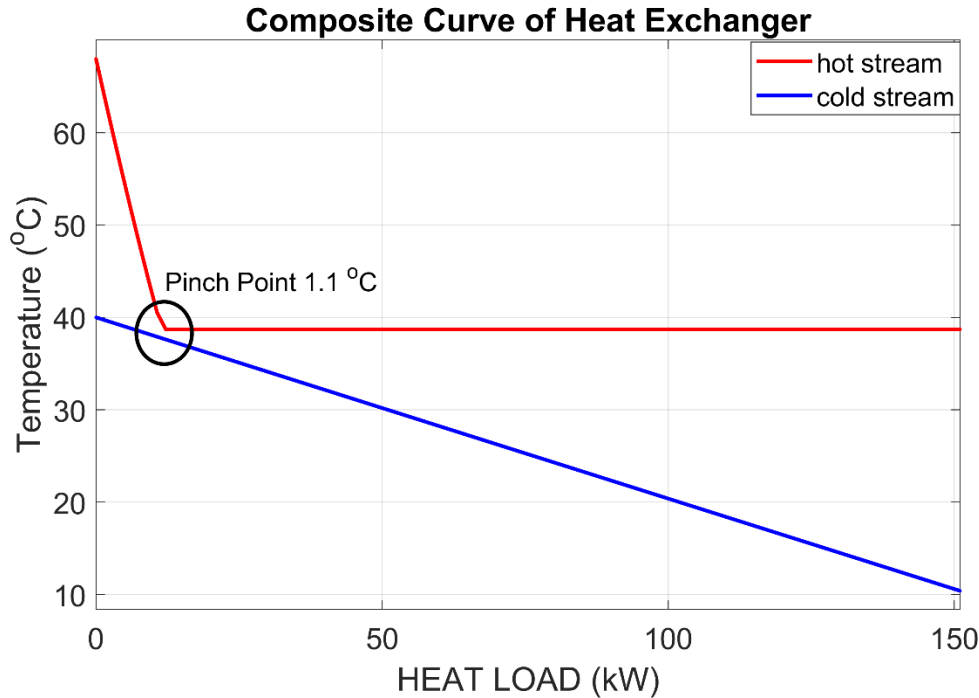
$$\Delta h_{NH_3} = h_{in} - h_{out} = 1580 - 582 = 998 \frac{kJ}{kg} \quad (61)$$

Επομένως θεωρώντας ότι η ενθαλπική πτώση που θα πραγματοποιείται στον εναλλάκτη θα είναι ίση με αυτή στους συμπυκνωτές, προκύπτει μέσω του ισολογισμού ενέργειας στον εναλλάκτη η παροχή της αμμωνίας ίση με

$$\dot{m}_{NH_3} = \frac{P_{th}}{\Delta h_{NH_3}} \quad (62)$$

$$\dot{m}_{NH_3} = 0.151 \frac{kg}{s} \quad (63)$$

Το διάγραμμα Q-T που προκύπτει για αυτή τη συναλλαγή θερμότητας είναι το ακόλουθο



Εικόνα 47 Διάγραμμα T - Q θερμικής συναλλαγής αρχικό

Ένα τόσο μικρό σημείο pinch point επιτυγχάνεται όμως ιδιαίτερα δύσκολα στην πραγματικότητα καθώς απαιτεί λεπτομερέστατη σχεδίαση και πολύ μεγάλο μέγεθος εναλλάκτη.

Για αυτό το λόγο επιλέγεται να διαφοροποιηθεί η έξοδος της αμμωνίας από τον εναλλάκτη (να μην ταυτίζεται δηλαδή με την έξοδο των συμπυκνωτών) και συγκεκριμένα αυτή να έχει τα εξής χαρακτηριστικά

$$P_{out,NH_3} = 14.94 \text{ bar} \quad (64)$$

$$\theta_{out,NH_3} = 38.69 \text{ }^\circ\text{C} \quad (65)$$

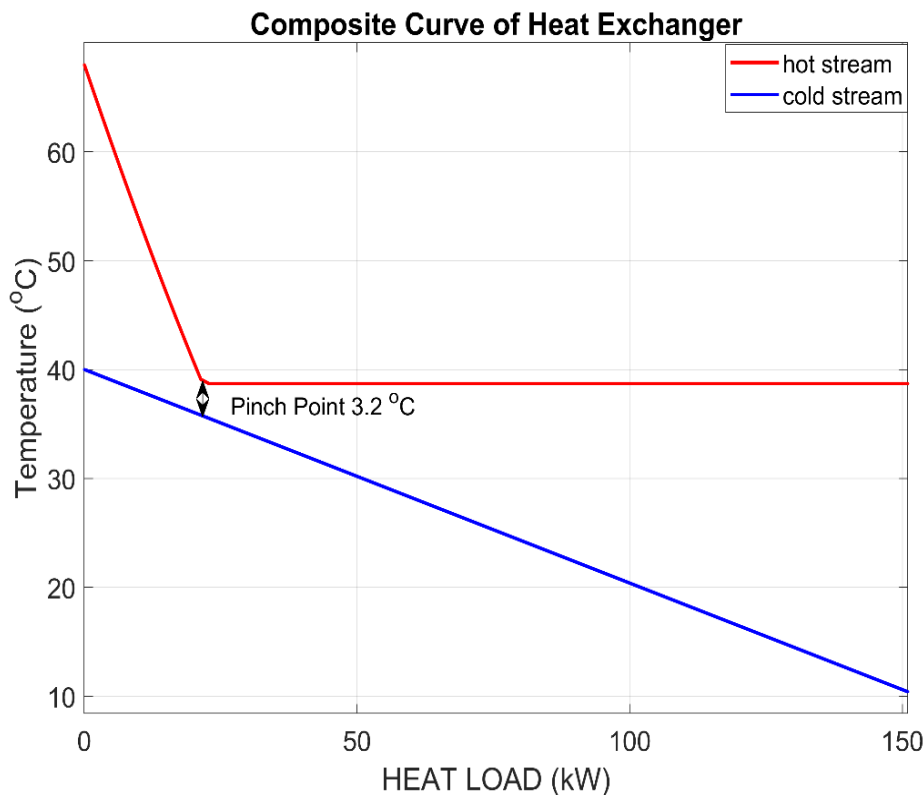
$$\xi_{out,NH_3} = 0.52 \quad (66)$$

Φυσικά εφόσον μειώνεται η ενθαλπική πτώση πρέπει να αυξηθεί η παροχής της αμμωνίας για να καλυφθεί το ίδιο θερμικό φορτίο.

Η παροχή θα είναι λοιπόν τελικά ίση με

$$\dot{m}_{NH_3} = 0.239 \frac{kg}{s} \quad (67)$$

Το διάγραμμα Q-T που προκύπτει για την τελική συναλλαγή θερμότητας είναι το ακόλουθο



Εικόνα 48 Διάγραμμα T-Q θερμικής συναλλαγής τελικό

Το pinch point των 3.2°C είναι ένα μέγεθος επιτεύξιμο.

Η αμμωνία οδηγείται όταν εξέλθει από τον εναλλάκτη στους συμπυκνωτές για περαιτέρω συμπύκνωση έτσι ώστε να αποφευχθεί η είσοδος διφασικού μείγματος στο συλλέκτη όπως φαίνεται και στην εικόνα 45.

Ο εναλλάκτης ο οποίος επιλέγεται είναι πλακοειδής και της εταιρείας Alfa Laval.

Ο συγκεκριμένος είναι τεχνολογίας brazed plate και επομένως πλήρως στεγανός και ανθεκτικός. Για την συγκεκριμένη εφαρμογή στην οποία διακινείται τοξική αμμωνία η αποφυγή πιθανών διαρροών είναι πρωταρχικό μέλημα. Παράλληλα τέτοιου είδους εναλλάκτες απαιτούν πολύ μικρή συντήρηση μιας και δεν έχουν αναλώσιμα μέρη όπως τσιμούχες (gaskets).

Τα χαρακτηριστικά του εναλλάκτη θερμότητας συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα

Πίνακας 35 Χαρακτηριστικά εναλλάκτη θερμότητας

Alfa Laval CB100	
Number of plates	87
Port diameter	35 mm
Vertical plate length	378 mm
Horizontal distance between nozzles	250 mm
Max flowrate	92.5 m ³ /h
Overall heat transfer coefficient U	576.07 W/m ² C
Overall heat load	151 kW
Total heat transfer area	9.703 m ²
Hot Stream mass flow	0.239 kg/s
Hot Stream Inlet	68 °C, 15 bar
Hot Stream Outlet	38.69 °C, 14.94 bar
Cold Stream mass flow	1.2196 kg/s
Cold Stream Inlet	10.4 °C, 2.5 bar
Cold Stream Outlet	40 °C, 2.48 bar

8.2 Εξοικονόμηση Ενέργειας

8.2.1 Εξοικονόμηση Ενέργειας Πλυντηρίου Τελάρων

Θεωρώντας την μέση τιμή της ημερήσιας παροχής του νερού σύμφωνα με τις μετρήσεις, ήτοι

$$\dot{m}_{w,aver} = 19.7 \frac{m^3}{day} \quad (68)$$

$$\dot{m}_{w,aver} = 0.49 \frac{kg}{s} \quad (69)$$

Και τη μέση θερμοκρασία μήνα νερού δικτύου η οποία είναι ίση με

$$\theta_{w,in,aver} = 17.6^\circ C \quad (70)$$

Το μέσο θερμικό φορτίο το οποίο παραλαμβάνει ο εναλλάκτης προκύπτει ίσο με

$$P_{th,aver} = C_{p,w} \dot{m}_{w,aver} (\theta_{w,out} - \theta_{w,in,aver}) \quad (71)$$

$$P_{th,aver} = 45.87 kW \quad (72)$$

Και εφόσον μέχρι τώρα το θερμικό αυτό φορτίο παραλαμβανόταν από ηλεκτρικές αντιστάσεις αντιστοιχεί πλήρως σε ισοδύναμο ηλεκτρικό φορτίο.

Το πλυντήριο λειτουργεί καθημερινά πλην Σαββάτου και αργιών δηλαδή σε ένα έτος

$$365 - 52 - 10 = 303 \text{ ημέρες} \quad (73)$$

Και 11 ώρες καθημερινά οπότε η ενέργεια η οποία εξοικονομείται είναι ίση με

$$E_{saved,washer} = 46.55 \cdot 11h \cdot 303 \text{ ημέρες} \quad (74)$$

$$E_{saved,washer} = 152,916 kWh \quad (75)$$

8.2.2 Εξοικονόμηση Ενέργειας Αντλίας Θερμότητας

Για την αντλία θερμότητας θεωρείται ένας COP ίσος με 3 επομένως

$$P_{el,heat\ pump} = \frac{P_{th,heat\ pump}}{COP} \quad (76)$$

$$P_{el,heat\ pump} = 5.33\ kW \quad (77)$$

Η ημερήσια χρήση της αντλίας είναι 2 ώρες την ημέρα και καθημερινά πλην αργιών δηλαδή

$$365 - 10 = 355\ \etaμέρες \quad (78)$$

$$E_{saved,heat\ pump} = 5.33\ kW \cdot 2\ h \cdot 355\ \etaμέρες \quad (79)$$

$$E_{saved,heat\ pump} = 3,784\ kWh \quad (80)$$

8.2.3 Εξοικονόμηση Ενέργειας Εστιατορίου

Θεωρείται ότι γίνεται χρήση ζεστού νερού στο εστιατόριο 2 ώρες καθημερινά πλην των αργιών δηλαδή

$$365 - 10 = 355\ \etaμέρες \quad (81)$$

Επομένως η εξοικονόμηση είναι ίση με

$$E_{saved,kitchen} = 10\ kW \cdot 2\ h \cdot 355\ \etaμέρες \quad (82)$$

$$E_{saved,kitchen} = 7,100\ kWh \quad (83)$$

8.2.4 Εξοικονόμηση Ενέργειας Συνολική

Η συνολική ενέργεια που θα εξοικονομηθεί είναι ίση με

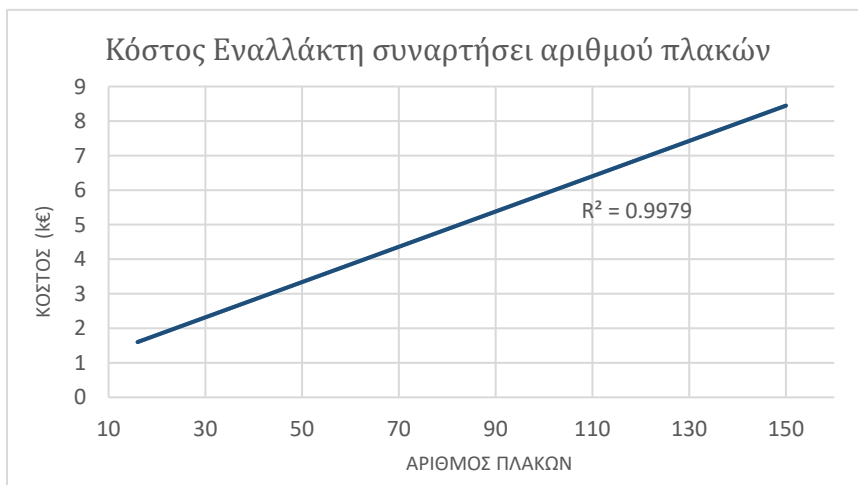
$$E_{saved,overall} = E_{saved,washer} + E_{saved,heat\ pump} + E_{saved,kitchen} \quad (84)$$

$$E_{saved,overall} = 163,800 \text{ kWh} \quad (85)$$

8.3 Οικονομική Ανάλυση

8.3.1 Εναλλάκτης Θερμότητας

Σύμφωνα με τη λίστα τιμών της εταιρείας Alfa Laval για το έτος 2019 προκύπτει η συσχέτιση του κόστους του συγκεκριμένου μοντέλου εναλλάκτη με τον αριθμό των πλακών του [20].



Εικόνα 49 Κόστος εναλλάκτη συναρτήσει αριθμού πλακών

Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα η σχέση των δύο μεγεθών είναι γραμμική και η εξίσωση η οποία την περιγράφει είναι η ακόλουθη

$$K_{HE} = 51.083 \cdot N + 783.33 \quad (86)$$

Όπου K_{HE} το κόστος εναλλάκτη σε € και N ο αριθμός των πλακών του εναλλάκτη.

Επομένως για τον συγκεκριμένο εναλλάκτη με 87 πλάκες προκύπτει το κόστος αγοράς ίσο με

$$K_{HE} = 5,228€ \quad (87)$$

Η διάρκεια ζωής του εναλλάκτη θεωρείται ίση με τα 15 έτη.

8.3.2 Κύκλωμα Αμμωνίας

Ο εναλλάκτης θεωρείται ότι θα τοποθετηθεί πλησίον των αερόψυκτων συμπυκνωτών προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το μήκος των σωληνώσεων της αμμωνίας.

Για το κύκλωμα αμμωνίας θεωρούνται τα εξής

- 30% του κόστους του εναλλάκτη για σωληνώσεις και εγκατάσταση → 1,568 €
- 20% του κόστους του εναλλάκτη για τον αυτοματισμό → 1,046 €
- 20% του κόστους του εναλλάκτη για την εκπόνηση της μελέτης όλου του συστήματος μελέτη → 1,046 €

Επομένως προκύπτει

$$K_1 = 3,660 \text{ € (88)}$$

8.3.3 Κύκλωμα Νερού

Το κόστος ανά μέτρο σωλήνωσης νερού θεωρείται ίσο με $35 \frac{\text{€}}{\text{m}}$.

Λαμβάνοντας υπόψιν το σημείο όπου θα τοποθετηθεί ο εναλλάκτης και των σημείων των καταναλώσεων, δηλαδή του εστιατορίου, του πλυντηρίου τελάρων και του χώρου συσκευασίας η απόσταση που θα πρέπει να καλύψουν οι σωληνώσεις θα είναι ίση με 535m .

Άρα το συνολικό μήκος της απαιτούμενης σωλήνωσης μιας και απαιτείται και αγωγός επιστροφής του νερού από τις καταναλώσεις στον εναλλάκτη θα είναι ίσο με

$$\text{μήκος} = 1070 \text{ m (89)}$$

Και έτσι το κόστος των σωληνώσεων νερού προκύπτει

$$K_2 = 37,450 \text{ € (90)}$$

Το κόστος αυτός προσαυξάνεται κατά 20% ώστε να συμπεριληφθεί ο κόστος αυτοματισμού, βανών κλπ του κυκλώματος νερού.

$$K_2 = 44,940 \text{ € (91)}$$

8.3.4 Οικονομική Αξιολόγηση

Σύμφωνα με όσα αναλύθηκαν ανωτέρω το αρχικό κόστος κεφαλαίο για την εγκατάσταση συστήματος εναλλάκτη αμμωνίας νερού είναι ίσο με

$$TCI = K_{HE} + K_1 + K_2 \quad (92)$$

$$TCI = 53,828 \text{ €} \quad (93)$$

Το κόστος συντήρησης και αναλωσίμων θεωρείται σταθερό για όλα τα έτη και ίσο με 2% του αρχικού προϋπολογισμού δηλαδή

$$O\&M = 1077 \text{ €} \quad (94)$$

Λόγω της εγκατάστασης του εναλλάκτη επιτυγχάνεται ετήσια εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ (σύμφωνα με τον Πίνακα 17) ίση με

$$E_{CO_2} = 163,800 \text{ kWh} * 0.989 \frac{\text{kg}_{CO_2}}{\text{kWh}} \quad (95)$$

$$E_{CO_2} = 161.998 \text{ ton}_{CO_2} \quad (96)$$

Το κόστος ανά τόνο εκπομπών CO₂ θεωρείται σταθερό στο διάστημα της οικονομικής αξιολόγησης και ίσο με

$$K_{CO_2} = 25 \frac{\text{€}}{\text{ton } CO_2} \quad (97)$$

Συμπεριλαμβάνοντας λοιπόν το συγκεκριμένο μη ενεργειακό όφελος (Non Energy Benefit) προκύπτει μια επιπλέον ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων ίση με

$$NEB = E_{CO_2} \cdot K_{CO_2} \quad (98)$$

$$NEB = 4,050 \text{ €} \quad (99)$$

Με χρήση ξανά των δεικτών οικονομικής αξιολόγησης του πίνακα 31 προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα με και χωρίς συμπερίληψη του μη ενεργειακού οφέλους.

Πίνακας 36 Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης εναλλακτή

	without NEB	with NEB
NPV	29,662	48,575
IRR	21.59%	28.27%
Discounted Payback Years	3.086	2.807

Το χρονικό διάστημα αποπληρωμής είναι αρκετά σύντομο και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης της επένδυσης αρκετά υψηλός ακόμα και στην περίπτωση μη συμπερίληψης του μη ενεργειακού οφέλους γεγονός που υποδεικνύει την άμεση υλοποίηση του έργου.

8.4 Διαθέσιμο Θερμικό Δυναμικό

Οι 5 συμπιεστές της βαθμίδας συντήρησης έχουν ογκομετρική παροχή στο ονομαστικό φορτίο τους σε θερμοκρασία αναρρόφησης -10°C και πίεση 2bar ίση με

$$\dot{V}_{NH_3,nom} = 1040 \frac{m^3}{h} \quad (100)$$

$$\dot{V}_{NH_3,nom} = 0.288 \frac{m^3}{s} \quad (101)$$

Και με την πυκνότητα σε αυτές τις συνθήκες ίση με

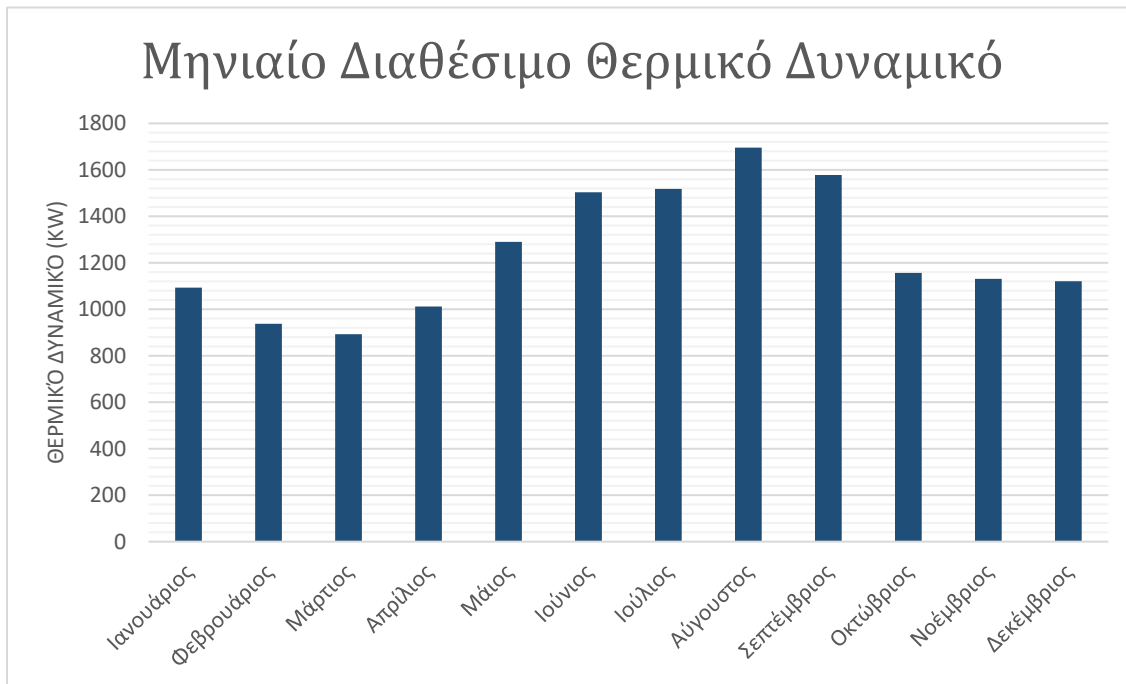
$$\rho = 1.63 \frac{kg}{m^3} \quad (102)$$

Η ονομαστική παροχή μάζας είναι ίση επομένως με

$$\dot{m}_{NH_3,nom} = \rho \cdot \dot{V}_{nom} \quad (103)$$

$$\dot{m}_{NH_3,nom} = 0.471 \frac{kg}{s} \quad (104)$$

Γνωρίζοντας το ποσοστό λειτουργίας κάθε συμπιεστή για κάθε μήνα του χρόνου και θεωρώντας μείωση της διακινούμενης παροχής μάζας καθενός αναλογικά με το ποσοστό λειτουργίας, δύναται να υπολογιστεί μια προσέγγιση του διαθέσιμου θερμικού δυναμικού της απορριπτόμενης ενέργειας.



Εικόνα 50 Μηνιαίο θερμικό δυναμικό

Όπως παρατηρείται από το γράφημα το διαθέσιμο μηνιαία θερμικό δυναμικό κυμαίνεται μεταξύ των 893kW και 1695kW ενώ ο εναλλάκτης θερμότητας έχει ονομαστική ισχύ 151kW.

Υπάρχει δηλαδή αρκετά σημαντικό υπόλοιπο θερμότητας το οποίο θα παραμείνει ανεκμετάλλευτο ακόμα και στην περίπτωση υλοποίησης του έργου του εναλλάκτη και καλό θα ήταν να παραμείνει στα υπόψιν για πιθανή μελλοντική αξιοποίηση.

9. Παράρτημα

9.1 Διακινούμενα Προϊόντα

Εν συνεχεία παρουσιάζονται οι πίνακες με τα διακινούμενα προϊόντα ανά kg όπως έγιναν γνωστά από τους υπεύθυνους της αποθήκης.

Πίνακας 37 Διακινούμενα προϊόντα 2017

2017	Λαχανικά	Συντήρηση	Κατάψυξη	Super Fresh	Τυριά	Σύνολο
Ιανουάριος	12,527,335	11,019,894	2,008,156	3,246,033	132,478	28,933,896
Φεβρουάριος	11,511,323	9,704,314	2,246,043	2,823,106	89,626	26,374,411
Μάρτιος	12,232,559	10,785,725	2,369,075	2,710,934	88,908	28,187,201
Απρίλιος	11,438,930	8,921,089	1,890,470	2,387,748	75,563	24,713,800
Μάιος	14,427,748	10,743,154	1,915,911	2,997,981	100,216	30,185,010
Ιούνιος	13,806,890	10,030,341	2,008,043	2,979,671	73,181	28,898,126
Ιούλιος	14,609,433	9,334,535	1,716,667	9,704,843	54,119	35,419,597
Αύγουστος	13,766,142	9,490,994	1,713,581	2,363,437	66,889	27,401,043
Σεπτέμβριος	12,622,291	10,476,863	1,867,389	3,050,442	72,968	28,089,953
Οκτώβριος	12,117,761	10,449,061	1,738,926	2,882,799	80,861	27,269,408
Νοέμβριος	11,283,106	10,047,206	1,868,961	2,954,709	89,935	26,243,917
Δεκέμβριος	11,941,183	10,732,152	1,793,005	3,203,149	81,864	27,751,353

Πίνακας 38 Διακινούμενα προϊόντα 2018

2018	Λαχανικά	Συντήρηση	Κατάψυξη	Super Fresh	Τυριά	Σύνολο
Ιανουάριος	12,854,481	9,930,667	1,919,491	2,770,678	132,478	27,607,794
Φεβρουάριος	11,345,832	8,739,313	2,087,654	2,574,963	89,626	24,837,388
Μάρτιος	12,415,340	9,621,604	2,211,105	2,626,603	88,908	26,963,560
Απρίλιος	12,578,841	8,609,719	1,701,964	2,349,283	75,563	25,315,370
Μάιος	13,902,475	10,110,842	1,963,154	2,770,030	100,216	28,846,717
Ιούνιος	13,768,055	9,419,658	1,869,128	2,708,579	73,181	27,838,601
Ιούλιος	14,273,403	9,337,901	1,812,176	2,540,025	54,119	28,017,623
Αύγουστος	13,878,143	9,292,992	1,727,026	2,384,190	66,889	27,349,240
Σεπτέμβριος	12,878,597	9,771,862	1,740,073	2,696,721	72,968	27,160,220
Οκτώβριος	12,959,565	10,739,049	1,769,613	3,049,425	80,861	28,598,513
Νοέμβριος	11,300,436	10,049,014	1,665,201	2,647,687	89,935	25,752,273
Δεκέμβριος	12,662,250	10,329,713	1,526,269	3,032,043	81,864	27,632,139

Πίνακας 39 Διακινούμενα προϊόντα 2019

2019	Λαχανικά	Συντήρηση	Κατάψυξη	Super Fresh	Τυριά	Σύνολο
Ιανουάριος	11,776,801	9,803,611	1,830,570	2,537,529	73,547	26,022,058
Φεβρουάριος	10,712,194	9,135,126	1,702,664	2,613,948	65,812	24,229,743
Μάρτιος	11,883,650	8,675,156	2,046,645	2,613,979	62,312	25,281,742
Απρίλιος	12,568,751	9,297,652	2,122,387	2,328,522	68,773	26,386,085
Μάιος	12,726,544	9,882,588	1,815,849	2,692,616	50,627	27,168,224
Ιούνιος	12,320,487	8,643,599	1,587,552	2,540,417	53,712	25,145,768
Ιούλιος	14,384,707	9,691,372	1,988,421	2,618,902	59,154	28,742,555
Αύγουστος	13,947,041	8,956,856	1,779,621	2,548,970	46,221	27,278,709
Σεπτέμβριος	12,868,254	9,675,461	1,737,987	2,731,204	40,210	27,053,115
Οκτώβριος	12,226,824	10,047,952	1,608,916	2,848,999	57,659	26,790,350
Νοέμβριος	11,815,674	9,785,445	1,720,007	2,839,798	56,897	26,217,821
Δεκέμβριος	12,156,895	9,765,067	1,657,766	2,883,913	59,234	26,522,875

10. Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Φάσεις ενεργειακού ελέγχου	13
Εικόνα 2 Φάσεις ενεργειακού ελέγχου	14
Εικόνα 3 Διαθέσιμο δυναμικό βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης (Πηγή: ΙΕΑ)	23
Εικόνα 4 Μη ενεργειακά οφέλη.....	25
Εικόνα 5 Διαδικασία λήψης αποφάσεων.....	29
Εικόνα 6 Δορυφορική απεικόνιση των εγκαταστάσεων	31
Εικόνα 7 Κάτοψη 1ου ορόφου	34
Εικόνα 8 Ηλεκτρολογική σύνδεση χώρου ΔΕΗ με τον χώρο μέσης τάσης καταναλωτή	36
Εικόνα 9 Χώρος εγκατάστασης μετασχηματιστών.....	36
Εικόνα 10 Ηλεκτρολογικό σχέδιο εγκατάστασης	37
Εικόνα 11 Λεπτομέρειες στο ηλεκτρολογικό σχέδιο.....	38
Εικόνα 12 Ψυκτικό κύκλωμα αμμωνίας.....	40
Εικόνα 13 Ψυκτικό κύκλωμα προπυλενογλυκόλης.....	40
Εικόνα 14 Διάταξη πλυντηρίου τελάρων	48
Εικόνα 15 Διάταξη πλυντηρίου τελάρων	48
Εικόνα 16 Επιμερισμός Ισχύος πλυντηρίου	51
Εικόνα 17 Σκαρίφημα πλυντηρίου τελάρων	52
Εικόνα 18 Μηνιαία Κατανάλωση ηλεκτρισμού.....	55
Εικόνα 19 Μηνιαία κόστη ηλεκτρισμού	55
Εικόνα 20 Μηνιαίο φορτίο ηλεκτρισμού	56
Εικόνα 21 Μηνιαία πρωτογενής ενέργεια	58
Εικόνα 22 Μηνιαίες εκπομπές CO ₂	58
Εικόνα 23 Επιμερισμός κατανάλωσης φωτισμού	60
Εικόνα 24 Κατανάλωση πλυντηρίου ανά ημέρα.....	61
Εικόνα 25 Μετρήσεις αεροσυμπιεστή	62
Εικόνα 26 Ετήσιες ώρες θερμοκρασιών θέρμανσης	64
Εικόνα 27 Ετήσιες ώρες θερμοκρασιών ψύξης.....	64
Εικόνα 28 Επιμερισμός ενέργειας στις διάφορες χρήσεις	65
Εικόνα 29 Απόσταση αποθήκης και μετεωρολογικού σταθμού	68
Εικόνα 30 Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες.....	69
Εικόνα 31 Μέσες ακρότατες θερμοκρασίες.....	69
Εικόνα 32 Βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης.....	70
Εικόνα 33 Γραμμή βάσης 6 παραμέτρων	71
Εικόνα 34 Γραμμής βάση με πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση.....	73
Εικόνα 35 Συγκριτική αξιολόγηση.....	75
Εικόνα 36 Σύνδεση μετρητών Φ/Σ	78
Εικόνα 37 Κάτοψη οροφής τοποθέτησης Φ/Σ	80

Εικόνα 38 Απομείωση βαθμού απόδοσης των πάνελ (Πηγή: VikramSolar).....	85
Εικόνα 39 Μηνιαία παραγωγή ενέργειας για το 1ο έτος.....	86
Εικόνα 40 Απώλειες Φ/Σ.....	87
Εικόνα 41 Ετήσια παραγωγή ενέργειας Φ/Σ.....	88
Εικόνα 42 Ωριαίο προφίλ ζήτησης και παραγωγής.....	89
Εικόνα 43 Ετήσιο κόστος με και χωρίς Φ/Σ συναρτήσει της βηματικής αύξησης της ισχύος ...	91
Εικόνα 44 Τιμή συμψηφισμού συναρτήσει της βηματικής αύξησης ισχύος.....	92
Εικόνα 45 Κύκλωμα εναλλάκτη θερμότητας αμμωνίας - νερού	96
Εικόνα 46 Κατανάλωση νερού πλυντηρίου	97
Εικόνα 47 Διάγραμμα T - Q θερμικής συναλλαγής αρχικό	100
Εικόνα 48 Διάγραμμα T-Q θερμικής συναλλαγής τελικό	101
Εικόνα 49 Κόστος εναλλάκτη συναρτήσει αριθμού πλακών	105
Εικόνα 50 Μηνιαίο θερμικό δυναμικό.....	109

11. Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 Συντεταγμένες εγκαταστάσεων	31
Πίνακας 2 Επιμέρους κτιριακές εγκαταστάσεις	32
Πίνακας 3 Μεγέθη ψυκτικών θαλάμων	34
Πίνακας 4 Ωράριο και ανθρώπινο δυναμικό	35
Πίνακας 5 Χαρακτηριστικά συμπιεστών	42
Πίνακας 6 Χαρακτηριστικά συμπυκνωτών	42
Πίνακας 7 Χαρακτηριστικά αντλιών	43
Πίνακας 8 Χαρακτηριστικά αεροψυκτήρων	43
Πίνακας 9 Χαρακτηριστικά αμμωνιοδιαχωριστών	44
Πίνακας 10 Χαρακτηριστικά εναλλάκτη	44
Πίνακας 11 Ψυκτικά στοιχεία κυκλώματος προπυλενογλυκόλης	45
Πίνακας 12 Χαρακτηριστικά αντλιών	45
Πίνακας 13 Ισχύς στοιχείων πλυντηρίου	51
Πίνακας 14 Χαρακτηριστικά φορτιστών μπατατοουργείου	53
Πίνακας 15 Χαρακτηριστικά μπαταριών μπατατοουργείου	53
Πίνακας 16 Μηνιαίες καταναλώσεις και κόστος ηλεκτρισμού	54
Πίνακας 17 Συντελεστές μετατροπής	57
Πίνακας 18 Πρωτογενής ενέργεια και εκπομπές CO ₂	57
Πίνακας 19 Χρεώσεις ζωνών ενέργειας	59
Πίνακας 20 Μεσοσταθμική τιμή ενέργειας	59
Πίνακας 21 Κατανάλωση φωτισμού διαφόρων χώρων	60
Πίνακας 22 Συντεταγμένες σταθμού Τανάγρας	68
Πίνακας 23 Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες	70
Πίνακας 24 Στατιστικά παλινδρόμησης	72
Πίνακας 25 Ανάλυση διακύμανσης παλινδρόμησης	72
Πίνακας 26 Συντελεστές παλινδρόμησης	72
Πίνακας 27 Χαρακτηριστικά πάνελ	81
Πίνακας 28 Χαρακτηριστικά Inverter	82
Πίνακας 29 Ενεργειακοί δείκτες Φ/Σ	86
Πίνακας 30 Ετήσια παραγωγή ενέργειας Φ/Σ	88
Πίνακας 31 Οικονομικοί παράμετροι αξιολόγησης	94
Πίνακας 32 Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης Φ/Σ	95
Πίνακας 33 Θερμοκρασία νερού δικτύου Κλιματικής Ζώνης Β	98
Πίνακας 34 Θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά αμμωνίας στους συμπυκνωτές	99
Πίνακας 35 Χαρακτηριστικά εναλλάκτη θερμότητας	102
Πίνακας 36 Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης εναλλάκτη	108
Πίνακας 37 Διακινούμενα προϊόντα 2017	110

Πίνακας 38 Διακινούμενα προϊόντα 2018	110
Πίνακας 39 Διακινούμενα προϊόντα 2019	111

12. Αναφορές

- [1] Bureau of Energy Efficiency, «Energy Conservation Act,» 2001.
- [2] S. Desai, Handbook of Energy Audit, Mcgraw Hill Education (India), 2015.
- [3] Swiss National Science Foundation , «Management as a Key Driver of Energy Efficiency,» 2017.
- [4] L. Brun και G. Gereffi, «THE MULTIPLE PATHWAYS TO INDUSTRIAL ENERGY EFFICIENCY: A Systems and Value Chain Approach,» 2011.
- [5] IEA, «World Energy Outlook 2012,» 2012.
- [6] J. Schleich, «The economics of energy efficiency: barriers to profitable investment,» 2007.
- [7] I. E. A. IEA, «Capturing the multiple benefits of energy efficiency,» 2014.
- [8] L. Ryan και N. Campbell, «Spreading the Net: The Multiple Benefits of Energy Efficiency Improvements,» 2012.
- [9] C. Cooremans, «: Make it strategic! Characteristics of investments do matter. Energy Efficiency.,» 2011.
- [10] C. Cooremans, «Investment in energy efficiency: do the characteristics of the investments matter?,» 2012a.
- [11] ASHRAE, «Ammonia as a Refrigerant,» 2017.
- [12] I. Dincer, «Refrigeration Systems and Applications,» 2003.
- [13] Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 , «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση ενεργειακού πιστοποιητικού,» 2017.
- [14] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, «Οδηγός Ενεργειακών Ελέγχων σε κτίρια, βιομηχανίες και μεταφορές,» 2017.

[15] Cibse, «Energy Benchmarks,» 2008.

[16] D. Reindl, «Prospects of Powering a Refrigerated Warehouse with Renewable Energy,» 2018.

[17] ΤΕΕ, «Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων,» 2011.

[18] IRENA, «Renewables Power Generation Costs 2019,» 2019.

[19] Τ. 20701-3/2010, «Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών,» 2012.

[20] «Alfa Laval price list for Brazed and fusion-bonded plate heat exchangers,» 2019.