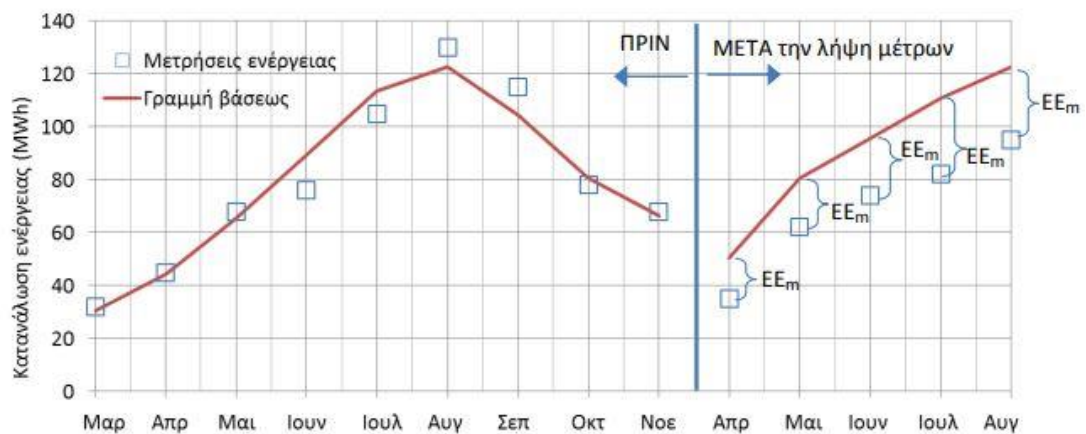




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



Διπλωματική εργασία Αξιολόγηση ενέργειας και μέτρων εξοικονόμησης σε βιομηχανική εγκατάσταση με τη χρήση στατιστικών μοντέλων



Ιωάννης Βουλωμένος

Επιβλέπων Καθηγητής : Γεώργιος Ματσόπουλος

Αθήνα, Ιούνιος 2023

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά τον προσδιορισμό των ενεργειακών καταναλώσεων βιομηχανικής εγκατάστασης πριν την λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας καθώς και της εξοικονομηθείσας ενέργειας που πραγματοποιήθηκε κατόπιν εφαρμογής τους. Καταγράφονται στοιχεία των εγκαταστάσεων και της παραγωγικής διαδικασίας και προσδιορίζονται οι ενεργειακοί πόροι που εισέρχονται, υπολογίζονται οι απαιτήσεις πρωτογενούς ενέργειας, οι εκπομπές CO₂ και οι δαπάνες της καταναλισκόμενης ενέργειας πριν και μετά τη λήψη μέτρων. Προσδιορίζονται οι μαθηματικοί τύποι με τη χρήση στατιστικών μοντέλων παλινδρόμησης που συσχετίζουν την αρχική καταναλισκόμενη ενέργεια με παράγοντες που την επηρεάζουν και οι οποίοι αξιοποιούνται για τον υπολογισμό της εξοικονομηθείσας ενέργειας.

ABSTRACT

This thesis concerns the determination of the energy consumption of an industrial installation before the taking of energy saving measures as well as the saved energy that took place after their application. Installation and production process data are recorded, and energy resources entered are identified. Moreover, primary energy requirements, CO₂ emissions and energy consumption costs are calculated before and after the measures are implemented. The mathematical formulas are determined using statistical regression models that correlate the initial energy consumed with factors that affect it and determine the savings through the above models.

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	5
2.1 Ανάλυση δεδομένων	5
2.2 Μέθοδος IPMVP (International Performance Measurement and Verification Protocol).....	10
2.3 Πρότυπο ASHRAE	11
3. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΗΡΙΑΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	12
3.1 Στοιχεία κτηριακής εγκατάστασης	12
3.2 Στοιχεία παραγωγικής διαδικασίας.....	12
3.3 Παραγωγικός εξοπλισμός	21
4. ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΙΝ ΤΗ ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ.....	23
4.1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.....	23
4.2 Επιμερισμός ηλεκτρικής ενέργειας.....	24
4.3 Σημαντικές χρήσεις ενέργειας	33
4.3 Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.....	34
4.5 Εκπομπές CO ₂	36
5. ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ.....	37
5.1 Ενεργειακή γραμμή βάσης.....	37
5.2 Δείκτες ενεργειακής επίδοσης ηλεκτρικής ενέργειας.....	43
6. ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	48
6.1 Χρηματοοικονομικοί όροι αξιολόγησης επένδυσης.....	48
6.2 Αντικατάσταση υφιστάμενου αεροσυμπιεστή με αεροσυμπιεστή μεταβλητών στροφών (VSD)	50
6.3 Αντικατάσταση λαμπτήρων με ενεργειακά αποδοτικότερους.....	60
7. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΑ ΤΗ ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ.....	66
7.1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.....	66
7.2 Επιμερισμός ηλεκτρικής ενέργειας.....	67
7.3 Προσδιορισμός εξοικονομηθείσας ηλεκτρικής ενέργειας	71
7.4 Δείκτες ενεργειακής επίδοσης ηλεκτρικής ενέργειας	75
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	79
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	81

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Μηχανολογικός Εξοπλισμός.....	21
Πίνακας 2: Ηλεκτρική Ενέργεια Εγκατάστασης (2018).....	23
Πίνακας 3: Χρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας.....	25
Πίνακας 4: Εγκατεστημένη ισχύς.....	25
Πίνακας 5:Επιτόπιες μετρήσεις κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.....	27
Πίνακας 6:Ετήσια κατανάλωση βάσει επιτόπιων μετρήσεων παραγωγικού εξοπλισμού.....	27
Πίνακας 7:Ετήσια κατανάλωση βάσει επιτόπιων μετρήσεων μη παραγωγικού εξοπλισμού.....	28
Πίνακας 8:Ετήσια κατανάλωση εξοπλισμού γραφείου.....	31
Πίνακας 9:Ετήσια κατανάλωση κλιματισμού.....	32
Πίνακας 10: Επιμερισμός κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρήση.....	33
Πίνακας 11: Πρωτογενής ηλεκτρική ενέργεια έτους 2018.....	35
Πίνακας 12: Εκπομπές έτους 2018.....	36
Πίνακας 13: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με τύπο γραμμής βάσης.....	37
Πίνακας 14: Στατιστικά δεδομένα παλινδρόμησης, ανάλυσης διακύμανσης & ελάχιστου στόχου εξοικονόμησης.....	40
Πίνακας 15: Συντελεστής ενεργειακού στόχου.....	41
Πίνακας 16: Δεδομένα CUSUM.....	42
Πίνακας 17: Δείκτης ενεργειακής επίδοσης ηλεκτρικής ενέργειας.....	44
Πίνακας 18: Δείκτης ενεργειακής επίδοσης ηλεκτρικής ενέργειας.....	46
Πίνακας 19: Εξοικονομήσεις μετά την αντικατάσταση αεροσυμπιεστή.....	58
Πίνακας 20: Απόσβεση και παρούσα αξία αντικατάστασης αεροσυμπιεστή.....	59
Πίνακας 21: Πίνακας οικονομικών στοιχείων αντικατάστασης αεροσυμπιεστή.....	59
Πίνακας 22:Ετήσια κατανάλωση φωτισμού προς αντικατάσταση.....	61
Πίνακας 23:Ετήσια κατανάλωση φωτισμού μετά την αντικατάσταση.....	62
Πίνακας 24: Εξοικονομήσεις μετά την αντικατάσταση λαμπτήρων.....	63
Πίνακας 25: Κόστος αντικατάστασης λαμπτήρων.....	63
Πίνακας 26: Απόσβεση και παρούσα αξία αντικατάστασης λαμπτήρων.....	64
Πίνακας 27: Πίνακας οικονομικών στοιχείων αντικατάστασης λαμπτήρων.....	64
Πίνακας 28: Ηλεκτρική Ενέργεια Εγκατάστασης (2021).....	66
Πίνακας 29: Εγκατεστημένη ισχύς.....	68
Πίνακας 30:Επιτόπιες μετρήσεις κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.....	68
Πίνακας 31:Ετήσια κατανάλωση βάσει επιτόπιων μετρήσεων παραγωγικού εξοπλισμού.....	69
Πίνακας 32:Ετήσια κατανάλωση βάσει επιτόπιων μετρήσεων μη παραγωγικού εξοπλισμού.....	70
Πίνακας 33: Επιμερισμός κατανάλωσης ανά ενεργειακή χρήση.....	70
Πίνακας 34: Αναμενόμενη κατανάλωση σύμφωνα με τον τύπο γραμμής βάσης.....	72
Πίνακας 35: Αποτελέσματα και δείκτες εξοικονόμησης ενέργειας βάσει προτύπου ASHRAE.....	74
Πίνακας 36: Δείκτης ενεργειακής επίδοσης ηλεκτρικής ενέργειας.....	75
Πίνακας 37: Δείκτης ενεργειακής επίδοσης ηλεκτρικής ενέργειας.....	77

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Αμφίπλευρο διάστημα εμπιστοσύνης πιθανότητας 95%	10
Εικόνα 2: Γραμμή συσκευασίας λευκής ζάχαρης 1 kg	16
Εικόνα 3: Γραμμή συσκευασίας 0,5 kg.....	20
Εικόνα 4: Διάταξη σύνδεσης αεροσυμπιεστή	51
Εικόνα 5: Ενεργειακή επίδοση αεροσυμπιεστή σταθερών στροφών	52
Εικόνα 6: Διάταξη σύνδεσης νέου αεροσυμπιεστή	53
Εικόνα 7: Λειτουργία νέου αεροσυμπιεστή.....	54
Εικόνα 8: Τεχνικά χαρακτηριστικά αεροσυμπιεστή μεταβλητών στροφών	56
Εικόνα 9: Ενεργειακή επίδοση αεροσυμπιεστή μεταβλητών στροφών.....	57

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Διάγραμμα ροής λευκής ζάχαρης.....	13
Διάγραμμα 2: Διάγραμμα ροής καστανής ζάχαρης.....	17
Διάγραμμα 3: Διάγραμμα ηλεκτρικής ενέργειας εγκατάστασης	24
Διάγραμμα 4: Κατανομή ισχύος.....	26
Διάγραμμα 5: Επιμερισμός κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας	29
Διάγραμμα 6: Επιμερισμός κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρήση.....	33
Διάγραμμα 7: Σύγκριση Πραγματικής & Κατανάλωσης Τύπου Γραμμής Βάσης	39
Διάγραμμα 8: Διάγραμμα CUSUM.....	43
Διάγραμμα 9: Κατανομή δείκτη ενεργειακής επίδοσης ηλεκτρικής ενέργειας.....	45
Διάγραμμα 10: Κατανομή δείκτη ενεργειακής επίδοσης ηλεκτρικής ενέργειας	47
Διάγραμμα 11: Περίοδος αποπληρωμής μέτρου	60
Διάγραμμα 12: Περίοδος αποπληρωμής μέτρου	65
Διάγραμμα 13: Διάγραμμα ηλεκτρικής ενέργειας εγκατάστασης.....	67
Διάγραμμα 14: Κατανομή ισχύος	68
Διάγραμμα 15: Ενεργειακές χρήσεις	71
Διάγραμμα 16: Σύγκριση πραγματικών καταναλώσεων με αναμενόμενες τύπου γραμμής βάσης	73
Διάγραμμα 17: Κατανομή δείκτη ενεργειακής επίδοσης ηλεκτρικής ενέργειας	76
Διάγραμμα 18: Κατανομή δείκτη ενεργειακής επίδοσης ηλεκτρικής ενέργειας	78

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κλιματική αλλαγή έχει οδηγήσει στην ανάγκη υλοποίησης μέτρων για την εξοικονόμηση ενέργειας και περιορισμού της ζήτησης αυτής. Η Ευρωπαϊκή Ένωση το 2007 δεσμεύτηκε για μείωση της ετήσιας κατανάλωσης κατά 20% το 2020. Ακολούθως, το 2018 καθορίστηκε νέος στόχος μείωσης κατά 32,5% έως το 2030.[23] Η εισβολή της Ρωσίας το 2022 είχε ως αποτέλεσμα την απόφαση επιτάχυνσης του περιορισμού των ορυκτών καυσίμων και γενικότερα της ενεργειακής κατανάλωσης. Εντός αυτού του δυσμενούς πλαισίου – όπως έχει διαμορφωθεί τα τελευταία χρόνια- τα κράτη μέλη νομοθετούν προκειμένου να μπορέσουν να επιτευχθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί. Σε αυτό το πλαίσιο οι βασικοί καταναλωτές θα πρέπει να προβούν στις απαραίτητες ενέργειες προκειμένου να μειώσουν τις ανάγκες τους σε ενέργεια.

Η βιομηχανία ανήκει στους βασικούς καταναλωτές ενέργειας και πλέον με συνεχείς νομοθεσίες καλείται να ανταποκριθεί στα νέα δεδομένα.[24] Πλέον, η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης είναι απαραίτητη τόσο για το περιβάλλον όσο και για την επιβίωση της ως οντότητα. Το κόστος ενέργειας έχει πολλαπλασιαστεί και απειλεί την ύπαρξή της τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο. Ήδη από το 2022 αλλά και τα επόμενα χρόνια αναμένεται σημαντική μείωση της παραγωγής προϊόντων ενώ ήδη πολλές βιομηχανικές μονάδες προγραμματίζουν την μετανάστευση τους σε άλλες ηπείρους. Η λύση στο πρόβλημα είναι η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας η οποία πλέον αποτελεί πρωταρχικό μέλημα τόσο της ευρωπαϊκής όσο και της ελληνικής βιομηχανίας. Οι εταιρείες καλούνται να βρουν και να αποφασίσουν τα αποδοτικότερα ενεργειακά και οικονομικά μέτρα.

Στην παρούσα διπλωματική θα αναλύσουμε το ενεργειακό προφίλ βιομηχανικής εγκατάστασης συσκευασίας ζάχαρης. Θα προχωρήσουμε σε επιμερισμό της ενεργειακής κατανάλωσης και θα προσδιορίσουμε τις σημαντικές ενεργειακές χρήσεις. Στη συνέχεια θα προχωρήσουμε στη συσχέτιση της κατανάλωσης ενέργειας με ανεξάρτητες παραμέτρους με τη χρήση γραμμικής παλινδρόμησης. Τέλος, θα γίνει σύγκριση της κατανάλωσης ενέργειας προηγούμενων χρονικών περιόδων

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Ανάλυση δεδομένων

Η ενεργειακή αξιολόγηση απαιτεί την απόκτηση επαρκούς γνώσης του υφιστάμενου συνόλου χαρακτηριστικών ενεργειακής κατανάλωσης της εγκατάστασης μιας επιχείρησης. Στόχος είναι ο εντοπισμός και προσδιορισμός των ποσοτικών και οικονομικώς αποδοτικών μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.

Αρχικά, προσδιορίζονται οι ενεργειακοί πόροι και οι καταναλώσεις ενέργειας οι οποίοι εισέρχονται στο σύνολο της εγκατάστασης. Προσδιορίζονται οι ενεργειακές χρήσεις και πραγματοποιείται επιμερισμός των καταναλώσεων ενέργειας αυτών. Βάσει του επιμερισμού, καθορίζονται οι χρήσεις οποίες είναι σημαντικές ως προς την κατανάλωση ενέργειας (Σημαντική Ενεργειακή Χρήση) προκειμένου να τεθούν προτεραιότητες για την ενεργειακή διαχείριση και για την βελτίωση της ενεργειακής επίδοσης. Ως Σημαντική Ενεργειακή Χρήση ορίζεται η χρήση η οποία έχει ουσιώδη ενεργειακή κατανάλωση ή είναι επιδεκτική σημαντικής βελτίωσης. Οι χρήσεις οι οποίες είναι σημαντικές ως προς την κατανάλωση ενέργειας επιλέγονται με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

- Την ενεργειακή τους κατανάλωση.
- Τις δυνατότητες και τις ευκαιρίες που παρέχουν για την βελτίωση της ενεργειακής επίδοσης.[1]

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε είναι αυτή των προτύπων: EN ISO 16247, EN ISO 50001, EN ISO 50002, EN ISO 50006, EN ISO 50015. Το ISO 50001 είναι ένα διεθνές πρότυπο για την εφαρμογή Συστημάτων Διαχείρισης Ενέργειας (ΣΔΕ) που συμβάλλει στη μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας, την ελαχιστοποίηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος μιας επιχείρησης και τη μείωση του κόστους προωθώντας τη βιώσιμη χρήση της ενέργειας.

Το πρότυπο ISO 16427 με τίτλο "Energy audits - Measurement of energy performance of buildings - Input data for energy calculations" αφορά τη μέτρηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και τη συλλογή δεδομένων εισόδου για τους υπολογισμούς ενέργειας. Αυτό το πρότυπο παρέχει κατευθυντήριες γραμμές για τη συλλογή των απαραίτητων δεδομένων που απαιτούνται για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηριακών εγκαταστάσεων. [7] [8] [9]

Ως Δείκτης ενεργειακής επίδοσης ορίζεται το ηλικό της ενεργειακής κατανάλωσης ως προς ένα φυσικό μέγεθος που την επηρεάζει. Ο δείκτης ενεργειακής επίδοσης μπορεί να

εκφράζεται ως απλή μέτρηση ή λόγος ή ως πιο πολύπλοκο μοντέλο. Ένας δείκτης ενεργειακής επίδοσης μπορεί να αναφέρεται σε επίπεδο εγκατάστασης, συστήματος, διαδικασίας ή εξοπλισμού. Για τον καθορισμό των Δεικτών Ενεργειακής Επίδοσης προσδιορίζονται τα παρακάτω: [5]

A) Τα όρια του Δείκτη Ενεργειακής Επίδοσης: Προκειμένου να προσδιοριστεί η ενεργειακή επίδοση κατάλληλα όρια μετρήσεων πρέπει να προσδιοριστούν για κάθε Δείκτη Ενεργειακής Επίδοσης. Ως όρια ενός δείκτη μπορούν να τεθούν: [1] [5]

- η φυσική περίμετρος μίας μεμονωμένης εγκατάστασης/εξοπλισμού/διαδικασίας την οποία επιθυμεί η επιχείρηση να ελέγξει και να βελτιώσει.
- η φυσική περίμετρος μίας ομάδας εγκαταστάσεων/εξοπλισμών/διαδικασιών την οποία επιθυμεί η επιχείρηση να ελέγξει και να βελτιώσει.
- η φυσική περίμετρος εγκαταστάσεων/διαδικασιών/εξοπλισμών για τις οποίες έχουν αναλάβει την υπευθυνότητα όσον αφορά την ενεργειακή διαχείριση άτομα, ομάδες, καθορισμένες από την επιχείρηση.

B) Προσδιορισμός των σχετικών μεταβλητών που παρουσιάζουν σημαντική επιρροή στην ενεργειακή απόδοση: Είναι σημαντικό να απομονωθούν οι ανεξάρτητες μεταβλητές οι οποίες είναι σημαντικές όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση από αυτές που έχουν μικρή ή μηδενική επιρροή. [5]

Ως ενεργειακή γραμμή βάσης ορίζεται η χρησιμοποιούμενη ενέργεια η οποία παρέχει βάση σύγκρισης της ενεργειακής επίδοσης. Η ενεργειακή γραμμή βάσης αναφέρεται σε μία καθορισμένη χρονική περίοδο. Επίσης, μπορεί να ανάγεται σε κανονικές συνθήκες με χρήση μεταβλητών που επηρεάζουν τη χρήση ενέργειας ή/και την κατανάλωση. Η ενεργειακή γραμμή βάσης χρησιμοποιείται επίσης για τον υπολογισμό της εξοικονομούμενης ενέργειας ως δεδομένο αναφοράς πριν και μετά την υλοποίηση των ενεργειών βελτίωσης της ενεργειακής επίδοσης. [5] [11]

Για τον προσδιορισμό των ενεργειακών γραμμών βάσης χρησιμοποιείται η μέθοδος της παλινδρόμησης και παρατίθενται τα Στατιστικά Αποτελέσματα της Παλινδρόμησης.

Η γραμμική παλινδρόμηση είναι μια στατιστική τεχνική που χρησιμοποιείται για να εξετάσει τη σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών, μίας ανεξάρτητης και μίας εξαρτημένης, μέσω ενός γραμμικού μοντέλου. Ο στόχος είναι να εκτιμηθούν οι παράμετροι του γραμμικού μοντέλου,

ώστε να μπορέσουμε να προβλέψουμε ή να εξηγήσουμε την εξαρτημένη μεταβλητή με βάση τις τιμές της ανεξάρτητης μεταβλητής. [5] [8]

Στη γραμμική παλινδρόμηση, υποθέτουμε ότι υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ των μεταβλητών. Ανάλογα με τον αριθμό των ανεξάρτητων μεταβλητών, μπορούμε να έχουμε απλή γραμμική παλινδρόμηση με μία ανεξάρτητη μεταβλητή ή πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με περισσότερες από μία ανεξάρτητες μεταβλητές.

Κατά τη διαδικασία της γραμμικής παλινδρόμησης, εκτιμούμε τους συντελεστές του μοντέλου που αντιπροσωπεύουν τις συντελεστές κλίσης της γραμμής παλινδρόμησης και τη σταθερά. Οι εκτιμήσεις αυτές βασίζονται στη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων, που αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση της απόκλισης ανάμεσα στις πραγματικές τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής και τις προβλεπόμενες τιμές από το μοντέλο.

Με τη βοήθεια της γραμμικής παλινδρόμησης, μπορούμε να εξετάσουμε τη σχέση ανάμεσα σε μεταβλητές, να προβλέψουμε τιμές και να κατανοήσουμε τη σημασία των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή. Επίσης, μπορούμε να αξιολογήσουμε τη σημαντικότητα και τη συσχέτιση των μεταβλητών, καθώς και να εκτιμήσουμε την προσαρμογή του μοντέλου στα δεδομένα.

Κύριες μέθοδοι παλινδρόμησης είναι που χρησιμοποιούνται στη στατιστική και στην ανάλυση δεδομένων είναι οι ακόλουθες

1. Γραμμική παλινδρόμηση: Η βασική μέθοδος παλινδρόμησης που χρησιμοποιεί μια γραμμική συνάρτηση για να προσαρμόσει τα δεδομένα σε μια ευθεία γραμμή.
2. Πολυωνυμική παλινδρόμηση: Χρησιμοποιείται όταν υπάρχει μη γραμμική σχέση μεταξύ των μεταβλητών. Αντί να προσαρμόζει μια ευθεία γραμμή, χρησιμοποιεί πολυώνυμο για να προσαρμόσει τα δεδομένα.
3. Λογαριθμική παλινδρόμηση: Χρησιμοποιείται όταν οι μεταβλητές έχουν λογαριθμική σχέση μεταξύ τους. Οι μεταβλητές λογαριθμίζονται και στη συνέχεια εφαρμόζεται γραμμική παλινδρόμηση.
4. Λογιστική παλινδρόμηση: Χρησιμοποιείται όταν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι δυαδική ή κατηγορική. Το μοντέλο προσαρμόζεται σε μια συνάρτηση λογιστικής συνάρτησης προκειμένου να προβλέψει την πιθανότητα της εμφάνισης μιας συγκεκριμένης κατηγορίας.

5. Μη γραμμική παλινδρόμηση: Χρησιμοποιείται όταν οι μεταβλητές έχουν πολύπλοκες μη γραμμικές σχέσεις. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί μη γραμμικά μοντέλα, όπως γενικευμένα πρότυπα ανακύρξης ή νευρωνικά δίκτυα, για να προσαρμόσει τα δεδομένα.

Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εξαρτάται από τη φύση των δεδομένων και τους στόχους της ανάλυσης.

Η **γραμμή βάσης (baseline)** αναφέρεται σε μια αρχική μέτρηση ή αναφορά στον ενεργειακό καταναλωτή ή εκπομπέα, στην οποία συγκρίνονται μετέπειτα μετρήσεις για τον υπολογισμό των εξοικονομήσεων ενέργειας ή των μειώσεων εκπομπών CO₂. [1] [5]

Συνήθως, η γραμμή βάσης ορίζεται ως η καταγεγραμμένη κατανάλωση ενέργειας ή οι εκπομπές CO₂ πριν από την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας ή μειώσεων εκπομπών. Αυτή η αρχική μέτρηση λαμβάνεται ως αναφορά για να αξιολογηθεί η απόδοση των μέτρων που λαμβάνονται αργότερα. Μετά την εφαρμογή των μέτρων, πραγματοποιούνται νέες μετρήσεις και η κατανάλωση ενέργειας ή οι εκπομπές CO₂ συγκρίνονται με τη γραμμή βάσης για να υπολογιστούν οι εξοικονομήσεις ή οι μειώσεις.

Η γραμμή βάσης είναι σημαντική για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των ενεργειακών μέτρων ή των προγραμμάτων μείωσης εκπομπών CO₂. Με τη σύγκριση των μετρήσεων με τη γραμμή βάσης, μπορούν να αναδειχθούν οι πραγματικές εξοικονομήσεις ενέργειας ή μειώσεις εκπομπών που προκύπτουν από τις ενέργειες που έχουν αναληφθεί.

Ο **τύπος της γραμμής βάσης** μπορεί να είναι ένα μαθηματικό μοντέλο που περιγράφει την κατανάλωση ενέργειας ή τις εκπομπές CO₂ στο παρελθόν. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι και μοντέλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή της γραμμής βάσης, ανάλογα με τον τύπο των δεδομένων και τις συνθήκες της εφαρμογής. [1] [8]

Ένα απλό μαθηματικό μοντέλο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι η γραμμική παλινδρόμηση. Σε αυτήν την περίπτωση, οι μετρήσεις κατανάλωσης ενέργειας ή εκπομπών CO₂ αντιστοιχίζονται σε έναν χρονικό άξονα, ενώ οι αντίστοιχες τιμές προβλέπονται από μια ευθεία γραμμή που προσαρμόζεται στα δεδομένα. Αυτή η γραμμή αντιπροσωπεύει τη γραμμή βάσης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκτιμηθεί η κατανάλωση ενέργειας ή οι εκπομπές CO₂ που θα αναμενόταν στην περίπτωση που δεν εφαρμοζόταν κανένα μέτρο εξοικονόμησης ή μείωσης.

Ωστόσο, υπάρχουν και πιο σύνθετα μοντέλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή της γραμμής βάσης, όπως μοντέλα μη γραμμικής παλινδρόμησης, χρονοσειράς,

μοντέλα βασισμένα σε φυσικούς νόμους και πολλά άλλα, ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής και τη διαθέσιμη πληροφορία. [16]

- df : βαθμοί ελευθερίας (degrees of freedom)
- RMSE : είναι η τυπική απόκλιση σ και δίδεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\sigma(\delta) = RMSE = \sqrt{\frac{1}{(K-p-1)} \sum_{k=1}^K (\hat{Y}_k - Y_k)^2} \quad (2.1)$$

όπου RMSE (Root Mean Square Error)= Ρίζα Μέσου Τετραγωνικού Σφάλματος (PMTΣ)

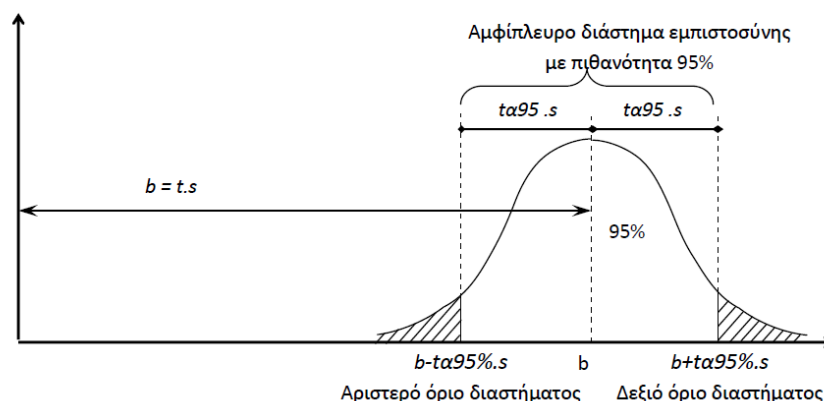
Επομένως, έχοντας ένα σύνολο αρχικών K καταναλώσεων και των αντίστοιχων τιμών των διορθωτικών παραμέτρων υπολογίζεται απ' ευθείας η μέση τιμή \bar{Y} και το τυπικό σφάλμα RMSE.

- R^2 : ο συντελεστής προσδιορισμού είναι ένα μέτρο για τον βαθμό συσχέτισης και δίδεται από τον τύπο:

$$R^2 = \frac{\sum_{k=1}^K (\hat{Y}_k - Y_k)^2}{\sum_{k=1}^K (\hat{Y}_k - \bar{Y})^2} \quad (2.2)$$

- τα 95%: είναι ο αριθμός t για τον οποίο επιτυγχάνεται βαθμός εμπιστοσύνης 95% για ένα αμφίπλευρο διάστημα $-t$ έως t .
- t_{μ} 95%: είναι ο αριθμός t για τον οποίο επιτυγχάνεται βαθμός εμπιστοσύνης 95% για ένα μονόπλευρο διάστημα $-t$ έως $+\infty$.
- $\Pi(t=2)$: είναι η πιθανότητα του μονόπλευρου διαστήματος $(-\infty$ έως $t)$ ή $(-t$ έως $+\infty)$.
- στήλη b : Δίνει τους συντελεστές της γραμμικής παλινδρόμησης.
- s : είναι η τυπική απόκλιση για κάθε αντίστοιχο συντελεστή b , οι οποίοι ακολουθούν και αυτοί την στατιστική κατανομή κατά Student.
- t : ο συντελεστής κατά Student ο οποίος προκύπτει ως $t = b/s$ και δείχνει πόσα « s » απέχει η τιμή του b από το μηδέν.
- Άνω όριο 95% : αυτό υπολογίζεται ως $b + ta_{95}.s$ όπως φαίνεται στο σχήμα κατωτέρω.

- Κάτω όριο 95% : αυτό υπολογίζεται ως $b - t_{\alpha} 95 . s$ όπως φαίνεται στο σχήμα κατωτέρω.



Εικόνα 1: Αμφίπλευρο διάστημα εμπιστοσύνης πιθανότητας 95%

Ελάχιστος Επαληθεύσιμος Στόχος ΕΕ κατά IPMVP: Υπολογίζεται βάση του παρακάτω τύπου:

$$EE_{ΣΕΕ} = \alpha(t=2)\% = \frac{2\sigma(EE)}{\bar{Y}} \leq \frac{EE}{\bar{Y}} = \varepsilon \quad (2.3)$$

όπου ε είναι το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας ΕΕ ως προς την μέση τιμή της κατανάλωσης Y .

Ελάχιστος Επαληθεύσιμος Στόχος ΕΕ κατά ASHRAE: Υπολογίζεται βάση του παρακάτω τύπου: [15]

$$\sigma^2(EE) = \sigma^2(\delta_m) = \sigma^2(\hat{Y}_k) + \sigma^2(Y_m) + \sigma^2(\Delta) \quad (2.4)$$

2.2 Μέθοδος IPMVP (International Performance Measurement and Verification Protocol)

Η μέθοδος IPMVP είναι ένα πρωτόκολλο που αναπτύχθηκε για τη μέτρηση, την αξιολόγηση και την επαλήθευση της απόδοσης ενεργειακών μέτρων και έργων. Χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια, εγκαταστάσεις και βιομηχανικές διαδικασίες. Η μέθοδος IPMVP παρέχει ένα πλαίσιο για τη συλλογή, την ανάλυση και την απεικόνιση των δεδομένων από την εφαρμογή ενεργειακών μέτρων, καθώς και για την επαλήθευση των αποτελεσμάτων.

Συνήθως χρησιμοποιείται για να εκτιμήσει την εξοικονόμηση ενέργειας από μέτρα όπως η βελτίωση της μόνωσης, η αντικατάσταση εξοπλισμού με πιο αποδοτικό, η εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου και τη λήψη άλλων μέτρων που στοχεύουν στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Η μέθοδος περιλαμβάνει τη συλλογή δεδομένων, την καταγραφή της αρχικής κατάστασης, την υλοποίηση των μέτρων, την επαλήθευση της απόδοσης και την αναφορά των αποτελεσμάτων.

Συνολικά, η μέθοδος IPMVP προσφέρει ένα στάνταρ πλαίσιο για τη μέτρηση και αξιολόγηση της εξοικονόμησης ενέργειας, επιτρέποντας τη σύγκριση των αποτελεσμάτων και την αξιολόγηση της απόδοσης των ενεργειακών μέτρων και έργων.

Αναφορικά με τις απαιτήσεις ακριβείας, το πρότυπο αυτό καθορίζει ότι : «Η εξοικονόμηση θεωρείται ότι είναι στατιστικώς έγκυρη εάν είναι μεγαλύτερη έναντι των στατιστικών διακυμάνσεως. Ειδικότερα η εξοικονόμηση πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το διπλάσιο του τυπικού σφάλματος του τύπου της γραμμής βάσης της κατανάλωσης». Δηλαδή : $\Sigma EE > 2 RMSE \Rightarrow RMSE < 0,5 \Sigma EE$, όπου ΣEE : Στόχος Εξοικονόμησης Ενέργειας

Παρατηρείται ότι με το Διεθνές Πρωτόκολλο IPMVP τα ανεκτά επίπεδα αβεβαιότητας είναι μειωμένα κατά το ήμισυ έναντι του παλαιότερου κριτηρίου $RMSE < \Sigma EE$. [14] [16] [17]

2.3 Πρότυπο ASHRAE

Το πρότυπο 14 της ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers) εκδόθηκε το 2002 με τίτλο : Μετρήσεις εξοικονόμησης ενέργειας και ζήτησης (Measurement of Energy and Demand Savings) αποτέλεσε την βασική μεθοδολογία για την μέτρηση και τον υπολογισμό της επιτευχθείσας εξοικονόμησης ενέργειας στα έργα αυτά. Επίσης διατύπωσε για πρώτη φορά μία αναλυτική στατιστική θεωρία για την εκτίμηση της αβεβαιότητας της υπολογισθείσας ΕΕ. Η απαίτηση για τα επιτρεπόμενα επίπεδα αβεβαιότητας διαμορφώθηκε ως εξής:

Μέγιστο επίπεδο αβεβαιότητας $< 50\%$ της ετήσιας εξοικονόμησης (με βαθμό εμπιστοσύνης 68%) [15] [16] [17]

Στην πράξη η ανωτέρω απαίτηση ισοδυναμεί με την απαίτηση του IPMVP για 2 (RMSE) $< \Sigma EE$, διότι ο συντελεστής κατά Student t οποίος αντιστοιχεί σε διάστημα εμπιστοσύνης 68% ισούται με 1.

3. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΗΡΙΑΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

3.1 Στοιχεία κτηριακής εγκατάστασης

Η συγκεκριμένη εγκατάσταση βρίσκεται στο 25^ο χλμ Π.Ε.Ο. Αθηνών Θηβών στην Μάνδρα Αττικής. Στο ίδιο οικόπεδο βρίσκονται και άλλες εγκαταστάσεις και γειτνιάζει με χώρο Logistics όπου γίνεται και η αποθήκευση των προϊόντων της. Το σύνολο της δομημένης επιφάνειας που καταλαμβάνει το συσκευαστήριο ανέρχεται 1.800 τ.μ.

Η δραστηριότητα της είναι η παραλαβή και συσκευασία κρυσταλλικής ζάχαρης. Η κτηριακή εγκατάσταση έχει δόμηση 1.800 τ.μ. Εντός της εγκατάστασης η θερμοκρασία θα πρέπει να είναι μικρότερη των 30 °C και η υγρασία έως 65%.

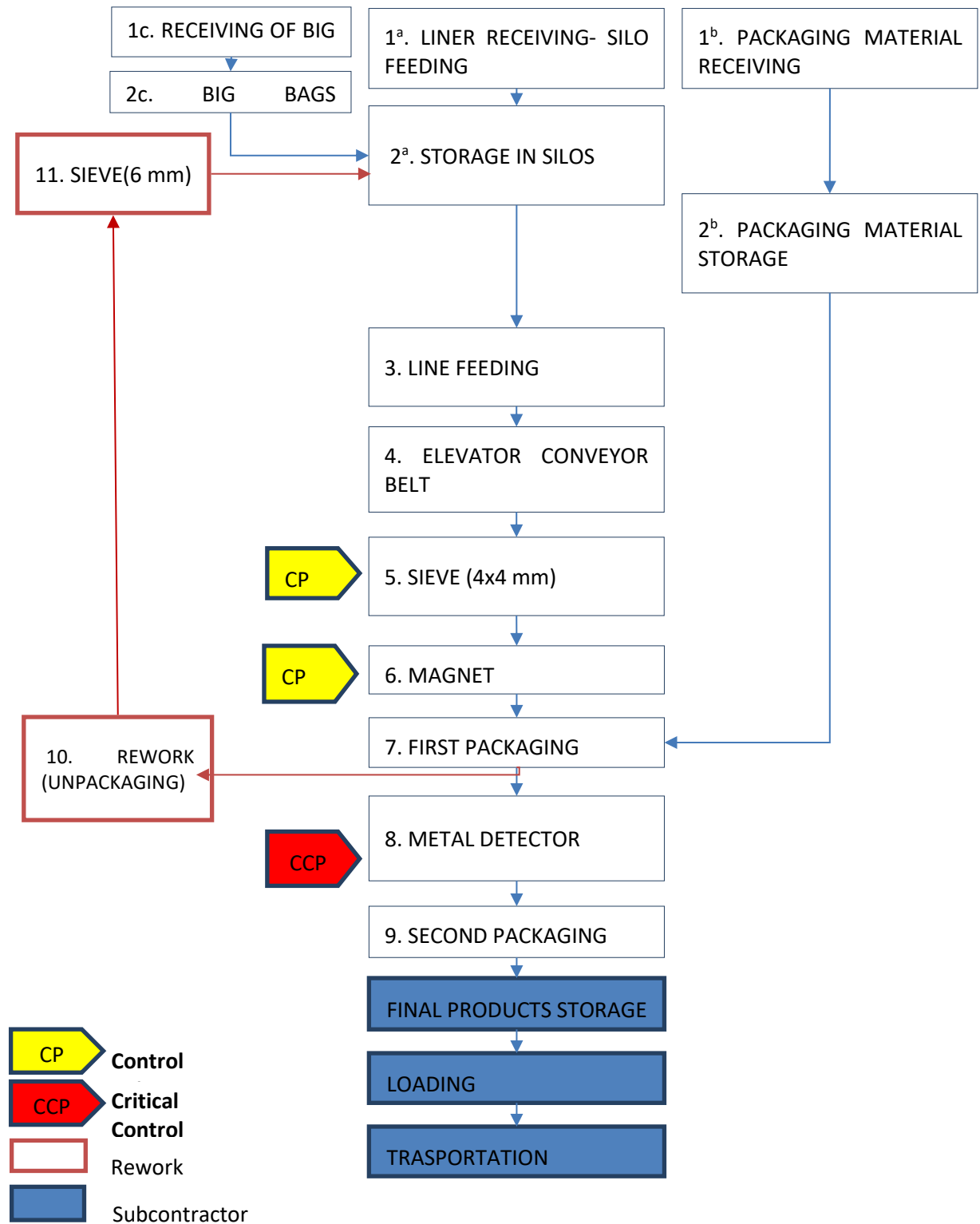
Πέραν της βιομηχανικής δραστηριότητας εντός της κτηριακής εγκατάστασης υφίσταται χώρος γραφείων περίπου 50 τ.μ. καθώς και χώροι αποδυτηρίων και υγιεινής. Οι χώροι είναι κλιματιζόμενοι.

3.2 Στοιχεία παραγωγικής διαδικασίας

Οι παραγωγικές διαδικασίες λαμβάνουν χώρα στο χώρο συσκευασίας της Μάνδρας. Η εταιρεία είναι από τους μεγαλύτερους παραγωγούς στον κόσμο και ταυτόχρονα καλύπτει όλες τις απαιτούμενες διαδικασίες στον τομέα των τροφίμων.

Οι παραγωγικές διαδικασίες περιλαμβάνουν τη συσκευασία και παλετοποίηση λευκής και καστανής ζάχαρη. Η τροφοδοσία της λευκής ζάχαρης γίνεται επί το πλείστον μέσω silos και συσκευάζεται σε ποσότητα 1kg ενώ της καστανής η τροφοδοσία γίνεται μέσω big bags και συσκευάζεται σε ποσότητα 0,5 kg.

Διάγραμμα 1: Διάγραμμα ροής λευκής ζάχαρης



Περιγραφή διαγράμματος ροής λευκής ζάχαρης με τροφοδοσία από Silos

1^a. Liner Receiving: Πραγματοποιείται η παραλαβή λευκής. Κατά την παραλαβή λαμβάνεται αντιδείγμα. Για κάθε παρτίδα ζάχαρης είναι διαθέσιμα το COC από τη μητρική εταιρία που πιστοποιεί την συμμόρφωση με την προδιαγραφή για το συγκεκριμένο Lot. Σε αντίθετη περίπτωση, το προϊόν χαρακτηρίζεται ως μη συμμορφούμενο και δεσμεύεται μέχρι τη λήψη του COC.

1^b. Packaging Material receiving: Πραγματοποιείται παραλαβή των υλικών συσκευασίας (χαρτοσακούλα, υλικά β συσκευασίας) για την συσκευασία κρυσταλλικής ζάχαρης. Υπάρχει πάντα διαθέσιμη προδιαγραφή του υλικού Α συσκευασίας και δήλωση συμμόρφωσης για την άμεση επαφή του με τρόφιμα.

2^a. Storage in silos: Η αποθήκευση της πρώτης ύλης πραγματοποιείται σε 2 silo 25 τόνων. Τα σιλό γεμίζονται διαδοχικά και αδειάζουν εντελώς για να είναι δυνατή σύνδεση των παρτίδων της πρώτης ύλης με τα τελικά προϊόντα.

2^b. Packaging Material Storage: Η αποθήκευση των υλικών συσκευασίας πραγματοποιείται σε ράφια στο χώρο αποθήκευσης εντός της παραγωγής. Τα υλικά στο χώρο αποθήκευσης είναι πάντα προστατευμένα. Στο χώρο της παραγωγής (γραμμή) μεταφέρονται τα υλικά που απαιτούνται για τις ανάγκες της παραγωγής.

3. & 4. Line feeding/ Elevator conveyor belt: Η πρώτη ύλη μέσω σωληνώσεων μεταφέρεται στο εσωτερικό του εργοστασίου και μεταφέρεται με τη βοήθεια κοχλία στο αναβατήριο. Εν συνεχεία, λόγω βαρύτητας πέφτει στο hopper (προσωρινά). Με τη βοήθεια κοχλία, διέρχεται από το επόμενο στάδιο. ¹

Στην περίπτωση τροφοδοσίας με big bags λαμβάνονται όλα τα μέτρα ατομικής προστασίας.

5. Sieve: Το προϊόν διέρχεται από περιστρεφόμενη σήτα από τετράγωνο 4x4 mm.

6. Magnet: Το προϊόν διέρχεται από μαγνήτη με ελκτική ικανότητα 10.000 Gauss.

7. First packaging: Πραγματοποιείται η συσκευασία της λευκής ζάχαρης σε πακέτα 1 kg.

8. Metal detector: Πραγματοποιείται ανίχνευση πιθανών ξένων μεταλλικών αντικειμένων μέσω του ανιχνευτή μετάλλων με τα εξής δοκίμια:

- Ferrous 1,2 mm

- Non Ferrous 1,5 mm
- Stainless steel 1,8 mm.

Μετά το συγκεκριμένο στάδιο, πραγματοποιούνται οι ποιοτικοί έλεγχοι της συσκευασίας του προϊόντος και λαμβάνονται αντιδείγματα.

9. Second packaging: Σε συνέχεια της συσκευασίας λευκής ζάχαρης πραγματοποιείται παλετοποίηση των τελικών προϊόντων. Τα τελικά προϊόντα μεταφέρονται στον χώρο προσωρινής αποθήκευσης μέχρι την τελική αποστολή τους στην αποθήκη.

10. Rework: Προϊόντα που δεν καλύπτουν τις προδιαγραφές ποιότητας (πχ προβληματική συγκόλληση συσκευασίας) ή δυνητικά μη ασφαλή προϊόντα που έχουν αποδεσμευτεί, αποσυσκευάζονται, λαμβάνοντας όλα τα μέτρα ατομικής υγιεινής.

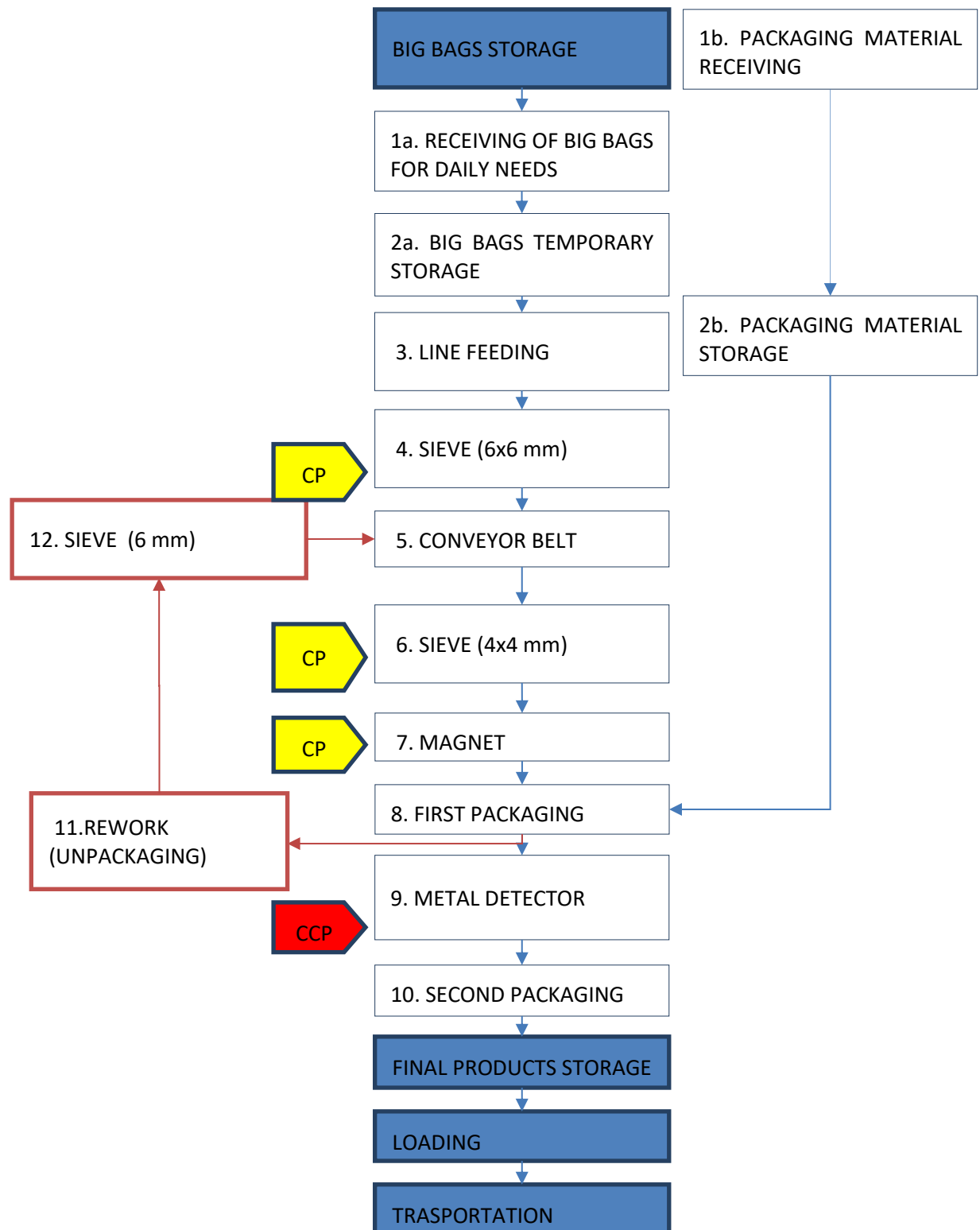
11. Sieve: Το προϊόν που πρόκειται να επανασυσκευαστεί, διέρχεται από σήτα διαμέτρου 6mm.

Final products storage – Loading -Transportation: Τα στάδια από την ολοκλήρωση της παραγωγής και την αποθήκευση των τελικών προϊόντων, της φόρτωσης και διανομής υλοποιούνται υπεργολαβικά.



Εικόνα 2: Γραμμή συσκευασίας λευκής ζάχαρης 1 kg

Διάγραμμα 2: Διάγραμμα ροής καστανής ζάχαρης



Περιγραφή διαγράμματος ροής κρυσταλλικής ζάχαρης με τροφοδοσία από Big bags

Big Bags Receiving: Πραγματοποιείται παραλαβή των big bags. Κατά την παραλαβή λαμβάνεται αντιδείγμα. Για κάθε παρτίδα ζάχαρης είναι διαθέσιμα το COA και έχει πραγματοποιηθεί έλεγχος από τη μητρική εταιρία που πιστοποιεί την συμμόρφωση με την προδιαγραφή. Σε αντίθετη περίπτωση, το προϊόν χαρακτηρίζεται ως δυνητικά μη ασφαλές και δεσμεύεται μέχρι την ολοκλήρωση των ελέγχων από τη μητρική εταιρία.

Big Bags Storage: Πραγματοποιείται αποθήκευση των big bags μέχρι να υπάρξει ανάγκη για παραλαβή Α ύλης από την παραγωγή.

1a. Receiving of big bags for daily needs: Πραγματοποιείται η παραλαβή της καστανής ζάχαρης.

1b. Packaging Material receiving: Πραγματοποιείται παραλαβή των υλικών συσκευασίας (χαρτοσακούλα, υλικά β συσκευασίας) για την συσκευασία κρυσταλλικής ζάχαρης. Υπάρχει πάντα διαθέσιμη προδιαγραφή του υλικού Α συσκευασίας και δήλωση συμμόρφωσης για την άμεση επαφή του με τρόφιμα.

2a. Big Bags Temporary storage: Κατά την παραλαβή γίνεται προσωρινή αποθήκευση στο χώρο παραγωγής.

2b. Packaging Material Storage: Η αποθήκευση των υλικών συσκευασίας πραγματοποιείται σε ράφια στο χώρο αποθήκευσης εντός της παραγωγής. Τα υλικά στο χώρο αποθήκευσης είναι πάντα προστατευμένα. Στο χώρο της παραγωγής (γραμμή) μεταφέρονται τα υλικά που απαιτούνται για τις ανάγκες της παραγωγής.

4.. Line feeding: Η πρώτη ύλη (big bags) οδηγείται σε ανεβατόριο, όπου ανατρέπεται και με άνοιγμα του στομίου του big bags (λόγω βαρύτητας) το προϊόν πέφτει εντός της χοάνης φόρτωσης της γραμμής/ λαμβάνοντας όλα τα μέτρα ατομικής προστασίας.

5. Sieve: Το προϊόν διέρχεται από σήτα από τετράγωνο 6x6 mm.

6. Conveyor belt: Η πρώτη ύλη, μέσω ταινιοδρόμου, οδηγείται προς τη συσκευαστική.

6. Sieve: Το προϊόν διέρχεται από σήτα από τετράγωνο 4x4 mm.

7. Magnet: Το προϊόν διέρχεται από μαγνήτη με ελκτική ικανότητα 9000 Gauss.

8. First packaging: Πραγματοποιείται η συσκευασία της καστανής ζάχαρης σε πακέτα 0,5kg. Στο στάδιο αυτό πραγματοποιούνται οι ποιοτικοί έλεγχοι της συσκευασίας του προϊόντος.

9. Metal detector: Πραγματοποιείται ανίχνευση πιθανών ξένων μεταλλικών αντικειμένων μέσω του ανιχνευτή μετάλλων με τα εξής δοκίμια:

- Ferrous 1,2 mm
- Non Ferrous 1,5 mm
- Stainless steel 1,8 mm.

Μετά το συγκεκριμένο στάδιο, πραγματοποιούνται οι ποιοτικοί έλεγχοι της συσκευασίας του προϊόντος και λαμβάνονται αντιδείγματα.

10. Second packaging: Σε συνέχεια της συσκευασίας της καστανής ζάχαρης πραγματοποιείται παλετοποίηση των τελικών προϊόντων. Τα τελικά προϊόντα μεταφέρονται στον χώρο προσωρινής αποθήκευσης μέχρι την τελική αποστολή τους στην αποθήκη.

11. Rework: Προϊόντα που δεν καλύπτουν τις προδιαγραφές ποιότητας (πχ προβληματική συγκόλληση συσκευασίας) ή δυνητικά μη ασφαλή προϊόντα που έχουν αποδεσμευτεί, αποσυσκευάζονται, λαμβάνοντας όλα τα μέτρα ατομικής υγιεινής.

12. Sieve: Το προϊόν που πρόκειται να επανασυσκευαστεί, διέρχεται από σήτα διαμέτρου 6mm.

Final products storage – Loading -Transportation: Τα στάδια από την ολοκλήρωση της παραγωγής και την αποθήκευση των τελικών προϊόντων, της φόρτωσης και διανομής υλοποιούνται υπεργολαβικά.



Εικόνα 3: Γραμμή συσκευασίας 0,5 kg

3.3 Παραγωγικός εξοπλισμός

Ο εξοπλισμός της αποτελείται από τα μηχανήματα της παραγωγικής διαδικασίας, τον εξοπλισμό κλιματισμού και εξαερισμού, φωτισμού, και γραφείου.

Παρατίθεται ο πίνακας παραγωγικού εξοπλισμού της εγκατάστασης.

Πίνακας 1: Μηχανολογικός Εξοπλισμός

ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ			
1	Αεροσυμπιεστής Blower	45,00	
2	Ξηραντήρας	13,80	10,00
3	Εναλλάκτης	5,00	
4	Κοχλίας Μεταφοράς	11,00	
5	Θραυστήρας	4,00	
6	Βαλβίδα Περιστροφική	1,10	
7	Αεροσυμπιεστής	30,00	
8	Βαλβίδα Πεταλούδα		
9	Βαλβίδα Πεταλούδα		
10	Εισαγωγέας Δονητικός	1,10	
11	Εξαγωγέας Δονητικός	1,10	
12	Διάταξη Ξήρανσης	7,00	6,00
13	Κοχλίας Μεταφοράς	3,00	
14	Κοχλίας Μεταφοράς	3,00	
15	Αναβατόριο	3,00	
16	Αεροσυμπιεστής (εφεδρικός)	15,00	
17	Κοχλίας Μεταφοράς	2,20	
18	Κόσκινο Φυγόκεντρο	2,20	
19	Κοχλίας Εξαγωγής	2,20	
20	Silos Αποθήκευσης 40 Κ.Μ.		
21	Silos Αποθήκευσης 40 Κ.Μ.		
22	Silos Τροφοδοσίας 40 Κ.Μ.		
23	Κοχλίας Μεταφοράς	2,20	
24	Ικρίωμα Big Bags		

25	Κοχλίας Μεταφοράς	2,20	
26	Συσκευαστική Πακέτου 1kg	19,00	3,00
27	Συσκευαστική Πακέτου	1,50	
28	Συρρικνωτική	19,50	3,00
29	Συσκευαστική	25,00	
30	Παλετοποιητική	15,00	3,00
31	Συγκρότημα Κολλάς	3,00	3,00
32	Τυλικτική	5,50	3,00
33	Αεροσυμπιεστής (κύριος)	37,00	
34	Παλεταριστική	3,00	
35	Αερισμός (6*1,30)	7,80	
36	Κλειστικό	2,00	
37	Σφραγιστικό		15,00
38	Φίλτρο Αποκονίωσης	2,20	
39	Φίλτρο Αποκονίωσης	1,10	
40	Φίλτρο Αποκονίωσης	3,00	
41	Αποκονίωση	15,00	
42	Αποκονίωση	1,50	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ		315,20	46,00

4. ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΙΝ ΤΗ ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ

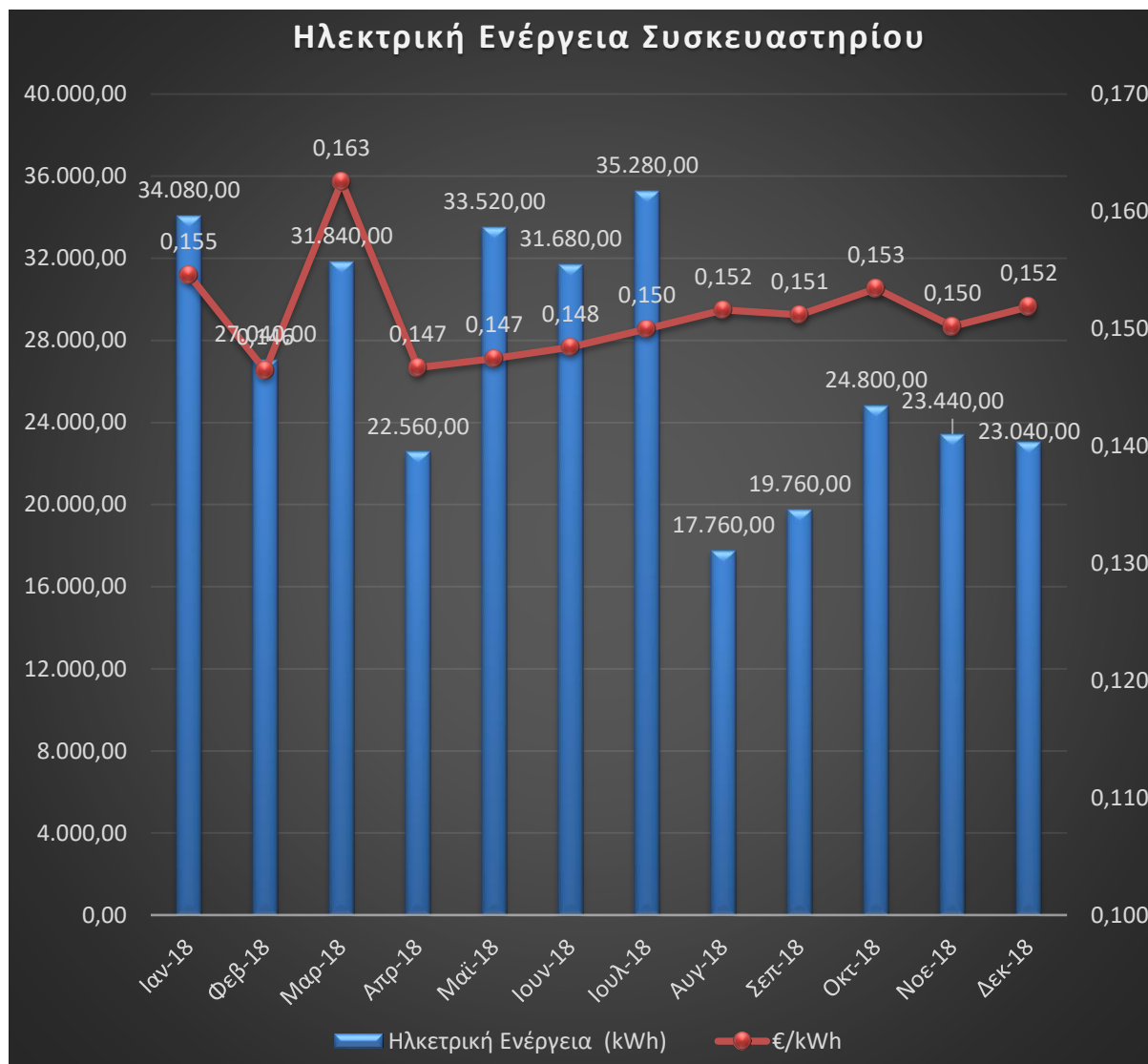
4.1. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

Παρατίθεται ο πίνακας των στοιχείων ηλεκτρικής ενέργειας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας της του συσκευαστηρίου για το έτος 2018.

Πίνακας 2: Ηλεκτρική Ενέργεια Εγκατάστασης (2018)

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh)					
Περίοδος Βάσης	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)	Δαπάνη (€)	cosφ	Χρεωστέα Ζήτηση (kW)	€/kWh
Ιαν-18	34.080,00	5.268,74	0,962	148,80	0,155
Φεβ-18	27.040,00	3.959,60	0,965	126,90	0,146
Μαρ-18	31.840,00	5.175,53	0,958	132,30	0,163
Απρ-18	22.560,00	3.308,92	0,960	128,00	0,147
Μαϊ-18	33.520,00	4.943,03	0,964	140,05	0,147
Ιουν-18	31.680,00	4.702,24	0,965	136,00	0,148
Ιουλ-18	35.280,00	5.291,74	0,963	140,05	0,150
Αυγ-18	17.760,00	2.692,18	0,979	281,10	0,152
Σεπ-18	19.760,00	2.987,37	0,991	104,00	0,151
Οκτ-18	24.800,00	3.805,16	0,984	132,30	0,153
Νοε-18	23.440,00	3.520,19	0,983	128,00	0,150
Δεκ-18	23.040,00	3.498,91	0,948	132,30	0,152
Σύνολο	324.800,00	49.153,61	11,62	1.729,80	-
Μέσος Όρος	27.066,67	4.096,13	0,969	144,15	0,151

Διάγραμμα 3: Διάγραμμα ηλεκτρικής ενέργειας εγκατάστασης



4.2 Επιμερισμός ηλεκτρικής ενέργειας

Στην παρούσα ενότητα προσδιορίζονται οι ενεργειακές χρήσεις όσον αφορά στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και πραγματοποιείται επιμερισμός της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στις ενεργειακές χρήσεις.

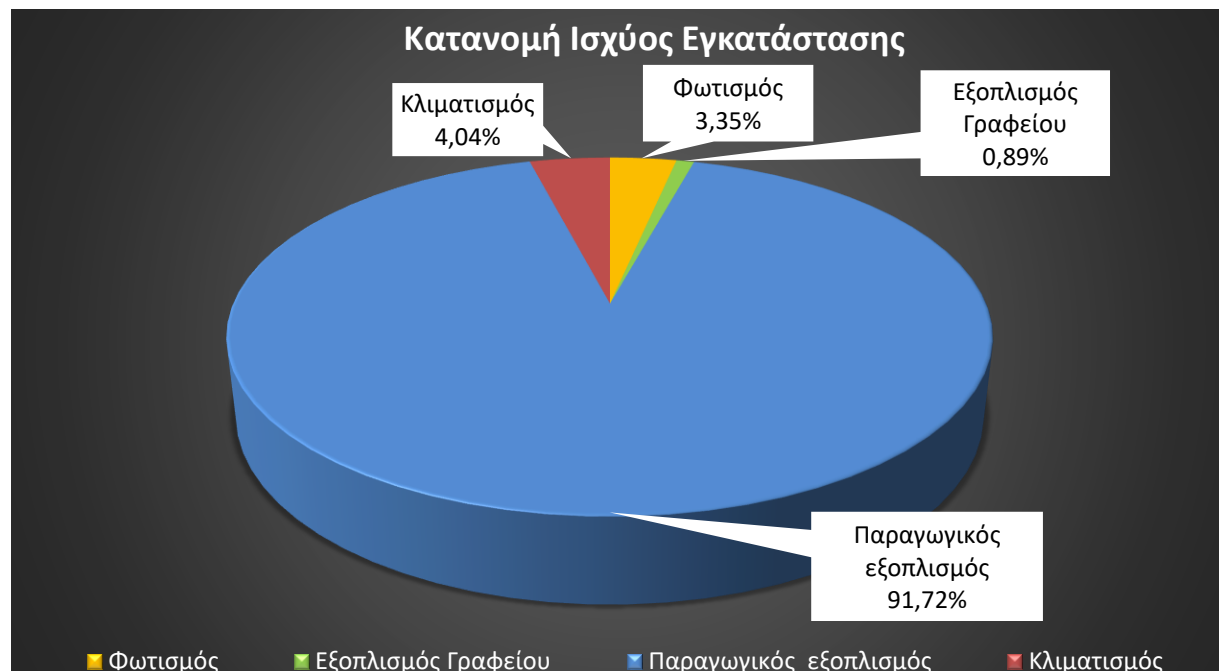
Οι ενεργειακές χρήσεις του συσκευαστηρίου σε ότι αφορά στην ηλεκτρική ενέργεια παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3: Χρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας

ΧΡΗΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ		
Α/ Α	ΧΡΗΣΕΙΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1	Φωτισμός	Το σύνολο των εσωτερικών και εξωτερικών λαμπτήρων
2	Εξοπλισμός γραφείου	Το σύνολο των υπολογιστών και εκτυπωτών των γραφείων και λοιπού εξοπλισμού για τις διοικητικές εργασίες
3	Κλιματισμός	Το σύνολο των μηχανημάτων για τη θέρμανση & ψύξη των γραφείων
4	Παραγωγικός Εξοπλισμός	Το σύνολο του μηχανολογικού εξοπλισμού για τις διεργασίες του συσκευαστηρίου

Πίνακας 4: Εγκατεστημένη ισχύς

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΑΝΑ ΧΡΗΣΗ		
Ενεργειακή Χρήση	Εγκατεστημένη Ισχύς (kW)	Ποσοστό επί της Συνολικής Ισχύος (%)
Φωτισμός	11,50	3,35%
Εξοπλισμός γραφείου	3,06	0,89%
Παραγωγικός Εξοπλισμός	315,20	91,72%
Κλιματισμός	13,90	4,04%
Σύνολο	343,66	100,00%

Διάγραμμα 4: Κατανομή ισχύος

Η εκτίμηση του επιμερισμού της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στις ενεργειακές χρήσεις πραγματοποιείται με τον προσδιορισμό του ποσοστού κατανάλωσης αυτής. Για τον προσδιορισμό της εκτιμώμενης κατανάλωσης των άνω χρήσεων πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με διαπιστευμένο όργανο. Το συσκευαστήριο ακολουθεί όλες τις μέρες εργασίας την ίδια τυποποιημένη διαδικασία οπότε η μέρα που πραγματοποιηθήκαν οι μετρήσεις αποτελεί μια τυπική μέρα εργασίας. Ο υπολογισμός της κατανάλωσης του παραγωγικού εξοπλισμού προέκυψε από τον μέσο όρο της ενεργής ισχύος των μετρήσεων επί τον χρόνο λειτουργίας των διαφόρων τμημάτων. Η καταναλωθείσα ενέργεια για τις ανάγκες του φωτισμού και των διοικητικών εργασιών υπολογίστηκε με βάση την ισχύ των χρησιμοποιηθέντων μέσων και τις θεωρητικές ώρες χρήσης αυτών (ημέρες και ώρες λειτουργίας). Ο υπολογισμός της ενέργειας για τη λειτουργία των κλιματιστικών μονάδων προέκυψε από τη διαφορά της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και της κατανάλωσης των προηγούμενων χρήσεων. [1] [9]

Πίνακας 5: Επιτόπιες μετρήσεις κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

Τμήμα Μέτρησης	Ενεργός Ισχύς (kW)
Palletizzatore	1,10
Fardellatrice	15,17
Confecionatrice pack	5,77
Avolgitore	0,15
Gruppo Cola - Aspiratore	1,39
Γραμμή 2	2,96
Silo	5,53
Blower	23,10
Κύριος Α/Σ	28,40
Υποπίνακας 1	2,40
Υποπίνακας 2	0,15
Υποπίνακας 3	0,60
Υποπίνακας 4	19,71

Πίνακας 6: Ετήσια κατανάλωση βάσει επιτόπιων μετρήσεων παραγωγικού εξοπλισμού

Τμήμα Μετρήσεων	Ενεργός Ισχύς (kW)	Ημερήσιες Ώρες Λειτουργίας	Ετήσιες Ημέρες Λειτουργίας	Ετήσια ενέργεια (kWh)
Palletizzatore	1,10	16	243	4.276,80
Fardellatrice	15,17	16	243	58.986,51
Confecionatrice pack	5,77	16	243	22.416,75
Avolgitore	0,15	16	243	583,20
Gruppo Cola - Aspiratore	1,39	16	243	5.405,82

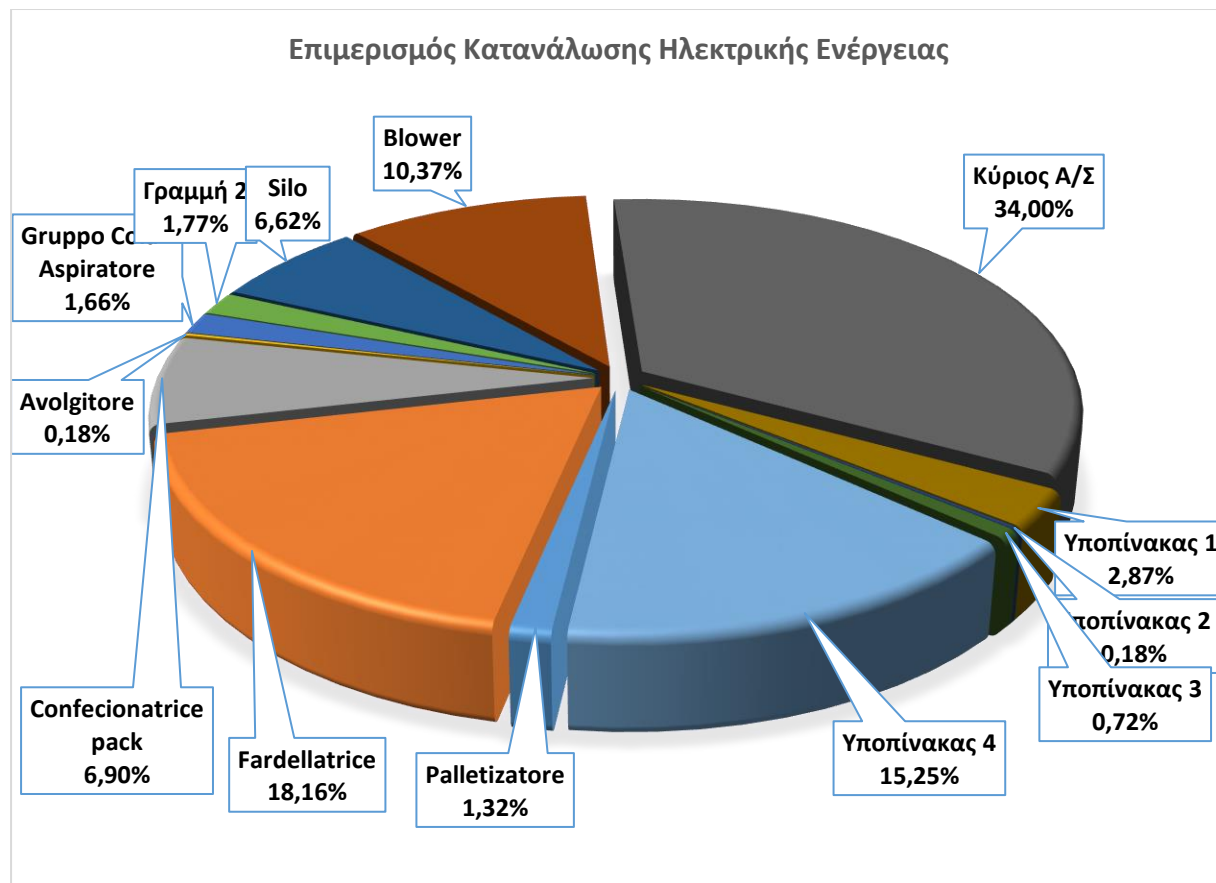
Γραμμή 2	2,96	8	243	5.755,26
Silo	5,53	16	243	21.495,09
Blower	23,10	6	243	33.673,55
Αεροσυμπιεστής	28,40	16	243	110.431,74
Σύνολο				263.024,72

Πίνακας 7: Ετήσια κατανάλωση βάσει επιτόπιων μετρήσεων μη παραγωγικού εξοπλισμού

Τμήμα Μετρήσεων	Ενεργός Ισχύς (kW)	Ημερήσιες Ώρες Λειτουργίας	Ετήσιες Ημέρες Λειτουργίας	Ετήσια ενέργεια (kWh)
Υποπίνακας 1	2,40	16	243	9.331,20
Υποπίνακας 2	0,15	16	243	583,20
Υποπίνακας 3	0,60	16	243	2.332,80
Υποπίνακας 4	19,71	12	243	55.091,57
Σύνολο				61.755,28

Λόγω του γεγονότος ότι οι υποπίνακες τροφοδοτούν φορτία φωτισμού, εξοπλισμού γραφείου, κλιματισμού γραφείων, αερισμού - δροσισμού γίνεται εκτίμηση κατανάλωσης των συγκεκριμένων φορτίων με βάση τη θεωρητική ισχύ τους και θεωρητικές ώρες λειτουργίας.

Διάγραμμα 5: Επιμερισμός κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας



Βάσει των ανωτέρω, παρατίθεται η εκτίμηση της κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά χρήση:

Πίνακας 8:Ετήσια κατανάλωση φωτισμού

ΦΩΤΙΣΜΟΣ							
Τύπος	Τεμ	kW/ Τεμ	Ισχύς ανά τύπο	Ώρες Λειτουργίας	Συντελεστής Χρήσης/Ετεροχρονισμού	Ημέρες Λειτουργίας	Ετήσια Κατανάλωση
Καμπάνα HQI	12	0,400	4,80	16	0,90	243	16.796,16
Καμπάνα Led	18	0,200	3,60	16	0,90	243	12.597,12
Λαμπτήρες Φθορισμού 60 x 60	29	0,072	2,09	8	0,90	243	3.653,16
Led 60x60	11	0,042	0,46	16	0,90	243	1.616,63
Προβολείς Led (εσωτερικού)	2	0,050	0,10	16	0,90	243	349,92
Προβολέας Led	1	0,100	0,10	16	0,90	243	349,92
Φθορισμού	3	0,116	0,35	16	0,90	243	1.217,72
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ							36.580,64

Πίνακας 8:Ετήσια κατανάλωση εξοπλισμού γραφείου

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΡΑΦΕΙΟΥ							
Τύπος	Τεμ	kW/ Τεμ	Ισχύς ανά τύπο	Ώρες Λειτουργίας	Συντελεστής Χρήσης/Ετεροχρονισμού	Ημέρες Λειτουργίας	Ετήσια Κατανάλωση
PC	3	0,3	0,90	8	0,90	243	1.574,64
Printer	1	1,8	1,80	8	0,60	243	2.059,66
Projector	1	0,36	0,36	8	0,30	243	209,94
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΓΡΑΦΕΙΟΥ							3.844,24

Αξιολόγηση ενέργειας και μέτρων εξοικονόμησης σε βιομηχανική εγκατάσταση
με τη χρήση στατιστικών μοντέλων

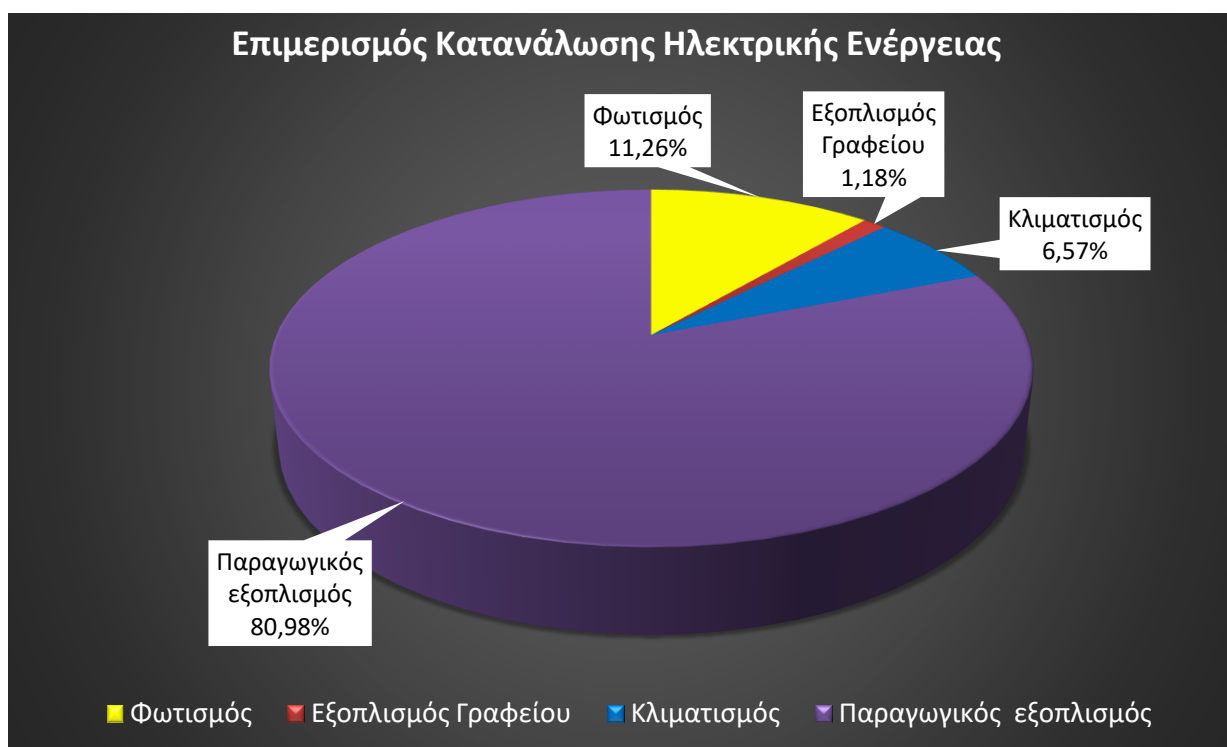
Πίνακας 9:Ετήσια κατανάλωση κλιματισμού

ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ							
Τύπος	Τεμ	kW/ Τεμ	Ισχύς ανά τύπο	Ώρες Λειτουργίας	Συντελεστής Χρήσης/Ετεροχρονισμού	Ημέρες Λειτουργίας	Ετήσια Κατανάλωση
Κλιματιστικά Αποδυτηρίων	1	2,15	2,15	16	0,80	120	3.302,40
Κλιματιστικά Γραφείων	1	9,20	9,20	8	0,80	120	14.131,20
Κλιματιστικά Κουζίνας	1	2,55	2,55	8	0,80	120	3.916,80
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ							21.350,40

Πίνακας 10: Επιμερισμός κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρήση

Επιμερισμός κατανάλωσης ανά ενεργειακή χρήση		
Είδος Χρήσης	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)	Ποσοστό
Φωτισμός	36.580,64	11,26%
Εξοπλισμός Γραφείου	3.844,24	1,18%
Κλιματισμός	21.350,40	6,57%
Παραγωγικός εξοπλισμός	263.024,72	80,98%
Σύνολο	324.800,00	100,00%

Στο παρακάτω διάγραμμα αποτυπώνεται η κατανομή της Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά Χρήση:

Διάγραμμα 6: Επιμερισμός κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρήση

4.3 Σημαντικές χρήσεις ενέργειας

Στην παρούσα ενότητα προσδιορίζονται οι Χρήσεις Ενέργειας οι οποίες αναγνωρίζονται ως σημαντικές ως προς την κατανάλωση ενέργειας. Τα κριτήρια τα οποία χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των Χρήσεων Ενέργειας οι οποίες είναι σημαντικές ως προς την κατανάλωση ενέργειας σχετίζονται με τα παρακάτω:

- Την ενεργειακή τους κατανάλωση.

Τις δυνατότητες και τις ευκαιρίες που παρέχουν για την βελτίωση της ενεργειακής επίδοσης. [1]

Λαμβάνοντας υπόψη την άνω κατανομή και τις δυνατότητες ουσιαστικής εξοικονόμησης προκύπτει ότι οι **Σημαντικές Ενεργειακές Χρήσεις** είναι οι ακόλουθες:

- Η ενέργεια του παραγωγικού εξοπλισμού (με ποσοστό 80,98 % της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας)
- Η ενέργεια φωτισμού (με ποσοστό 11,26 % της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας)
- Η ενέργεια κλιματισμού (με ποσοστό 6,57 % της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας)

4.3 Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας

Οι μορφές ενέργειας τελικής χρήσης παράγονται από τις ενεργειακές πηγές μετά από σχετική επεξεργασία, αποθήκευση, μεταφορά και διανομή προς την τελική κατανάλωση. Οι πηγές αυτές περιλαμβάνουν τόσο τις ονομαζόμενες συμβατικές πηγές όσο και τις ανανεώσιμες πηγές. Οι συμβατικές πηγές εξαντλούνται σταδιακά με τον χρόνο ενώ οι ανανεώσιμες πηγές είναι ανεξάντλητες.

Πρωτογενής ενέργεια καλείται κάθε μορφή ενέργειας που δεν έχει υποστεί καμία μετατροπή ή μετασχηματισμό, μπορεί να είναι είτε συμβατική είτε ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (π.χ. βιομάζα) και τροφοδοτείται ως πρώτη ύλη στην ενεργειακή βιομηχανία όπως:

- Οι λιγνίτες και τα στερεά καύσιμα στην βιομηχανία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Αργό πετρέλαιο στα διυλιστήρια παραγωγής εμπορικών καυσίμων (βενζίνη, κηροζίνη, νάφθα, υγραέριο, ελαφρύ πετρέλαιο ντίζελ, βαρύ πετρέλαιο).
- Τα ενδιάμεσα προϊόντα του διυλιστηρίου προς τις μονάδες παραγωγής και μεταφοράς αερίων καυσίμων (π.χ. μονάδα νάφθας για την παραγωγή φωταερίου, δίκτυα μεταφοράς και διανομής φυσικού αερίου).
- Η βιομάζα (ξύλα, γεωργικά υπολείμματα κ.λπ.).

Η μετατροπή της πρωτογενούς ενέργειας σε ενέργεια τελικής χρήσης υπόκειται σε απώλειες ενέργειας και γι' αυτό η ενέργεια τελικής χρήσης είναι μικρότερη από την πρωτογενή ενέργεια. Η πρωτογενής ενέργεια περιλαμβάνει τόσο τις συμβατικές όσο και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Ο συντελεστής μετατροπής λαμβάνεται σύμφωνα με το ΚΕΝΑΚ – ΤΟΤΕΕ 20701-1 [20]

Πηγή Ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια
Ηλεκτρική Ενέργεια	2,90

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας για την περίοδο βάσης:

Πίνακας 11: Πρωτογενής ηλεκτρική ενέργεια έτους 2018

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh)	
Περίοδος Βάσης	Πρωτογενής Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)
Ιαν-18	98.832,00
Φεβ-18	78.416,00
Μαρ-18	92.336,00
Απρ-18	65.424,00
Μαϊ-18	97.208,00
Ιουν-18	91.872,00
Ιουλ-18	102.312,00
Αυγ-18	51.504,00
Σεπ-18	57.304,00
Οκτ-18	71.920,00
Νοε-18	67.976,00
Δεκ-18	66.816,00
Σύνολο	941.920,00
Μέσος Όρος	78.493,33

4.5 Εκπομπές CO₂

Οι εκπομπές CO₂ για την περίοδο βάσης υπολογίστηκαν βάσει του παρακάτω συντελεστή:

Πηγή Ενέργειας	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας(kg CO ₂ /kWh)*
Ηλεκτρική Ενέργεια	0,609

* ΠΗΓΗ: ANNUAL INVENTORY SUBMISSION OF GREECE UNDER THE CONVENTION KYOTO PROTOCOL FOR GREENHOUSE AND OTHER GASES FOR THE YEARS 1990-2016 [21]

Βάσει των ανωτέρω, προκύπτουν οι παρακάτω εκπομπές CO₂ για την περίοδο βάσης:

Πίνακας 12: Εκπομπές έτους 2018

ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂	
Περίοδος Βάσης	kg
Ιαν-18	20.754,72
Φεβ-18	16.467,36
Μαρ-18	19.390,56
Απρ-18	13.739,04
Μαϊ-18	20.413,68
Ιουν-18	19.293,12
Ιουλ-18	21.485,52
Αυγ-18	10.815,84
Σεπ-18	12.033,84
Οκτ-18	15.103,20
Νοε-18	14.274,96
Δεκ-18	14.031,36
Σύνολο	197.803,20
Μέσος Όρος	16.483,60

5. ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ

5.1 Ενεργειακή γραμμή βάσης

Η Ενεργειακή Γραμμή Βάσης για την Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας στην εγκατάσταση της Μάνδρας είναι συνάρτηση του Αριθμού των Συσκευασιών, των μηνιαίων ημερών εργασίας και των βαθμοημερών ψύξης και δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$E_{HL} \text{ (kWh)} = A + B * (A.Σ.) + \Gamma * HE + \Delta * CDD \text{ (5.1)}$$

Όπου:

E_{HL} : Η κατανάλωση Ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh.

A.Σ.: Αριθμός Συσκευασιών

HE: Ημέρες Εργασίας ανά μήνα

CDD: Βαθμοημέρες Ψύξης με θερμοκρασία αναφοράς περιβάλλοντος 18°C οι οποίες λήφθηκαν από το μετεωρολογικό σταθμό του αεροδρομίου Ελευσίνας.

A,B,Γ,Δ: Σταθεροί Όροι

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών, της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (εξαρτημένη μεταβλητή) και της ενεργειακής γραμμής βάσης κατά την περίοδο βάσης.

Πίνακας 13: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με τύπο γραμμής βάσης

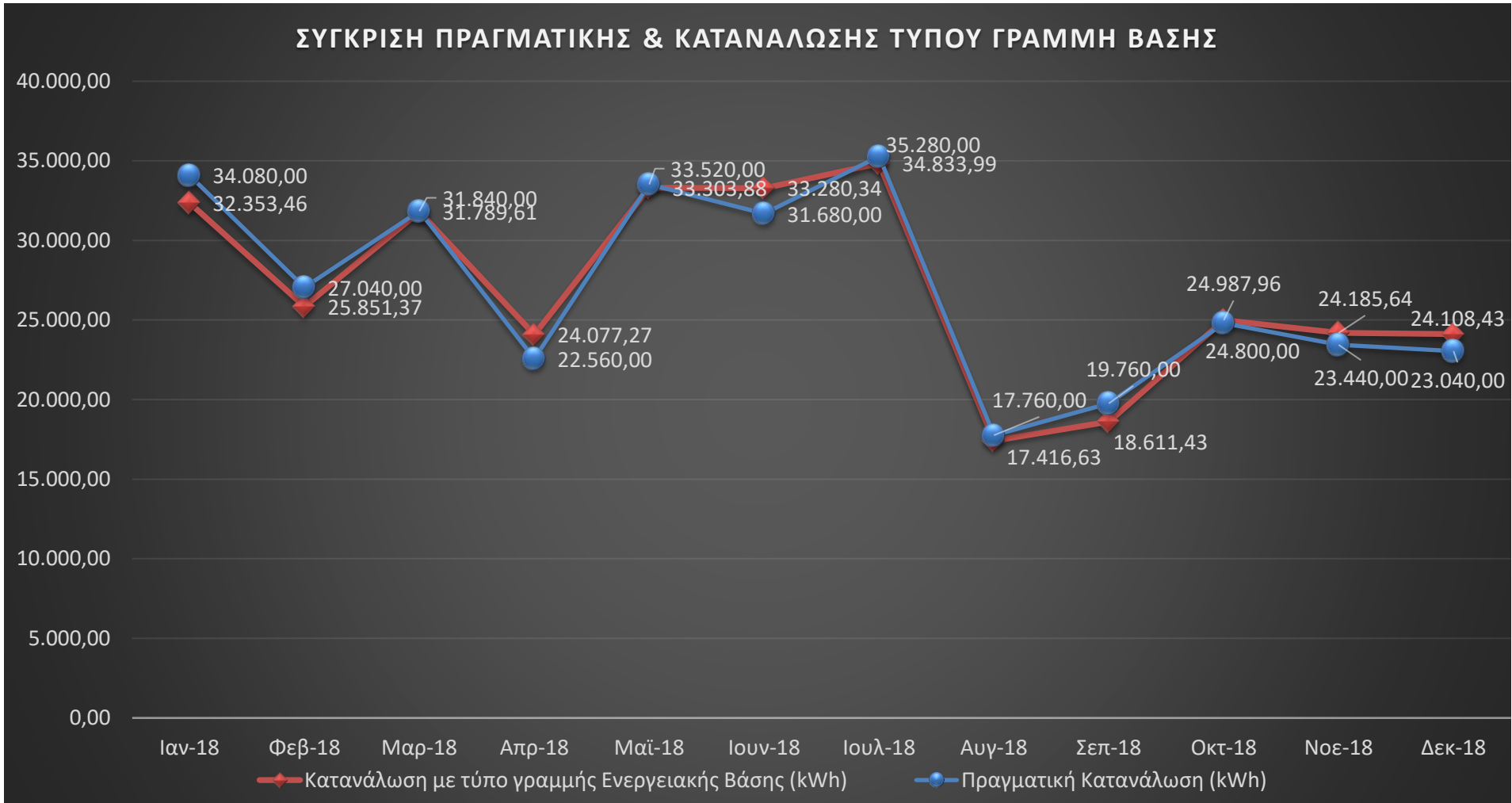
Περίοδος Βάσης	Πραγματική Κατανάλωση (kWh)	Ποσότητα Συσκευασιών (Τεμ)	Ημέρες Εργασίας	CDD (18 οC)	Κατανάλωση με τύπο γραμμής Βάσης (kWh)
Ιαν-18	34.080,00	1.361.000,00	22	0	32.353,46
Φεβ-18	27.040,00	1.011.947,00	19	0	25.851,37
Μαρ-18	31.840,00	1.313.497,00	22	6	31.789,61
Απρ-18	22.560,00	832.560,00	19	75	24.077,27
Μαϊ-18	33.520,00	1.408.040,00	21	153	33.303,88
Ιουν-18	31.680,00	1.363.000,00	21	234	33.280,34
Ιουλ-18	35.280,00	1.386.340,00	22	318	34.833,99

Αυγ-18	17.760,00	501.715,00	13	321	17.416,63
Σεπ-18	19.760,00	284.630,00	20	196	18.611,43
Οκτ-18	24.800,00	699.000,00	23	55	24.987,96
Νοε-18	23.440,00	710.700,00	22	16	24.185,64
Δεκ-18	23.040,00	875.000,00	19	0	24.108,43
Σύνολο	324.800,00	11.747.429,00	243,00	1.374,00	324.800,00
Μέσος Όρος	27.066,67	978.952,42	20,25	114,50	27.066,67

Στα παρακάτω διαγράμματα αποτυπώνονται αντίστοιχα:

- Η πραγματική κατανάλωση και η κατανάλωση σύμφωνα με τον τύπο της γραμμής βάσης
- Συνοπτικός πίνακας των στατιστικών στοιχείων και της διακύμανσης του τύπου γραμμής βάσης

Διάγραμμα 7: Σύγκριση Πραγματικής & Κατανάλωσης Τύπου Γραμμής Βάσης



Πίνακας 14: Στατιστικά δεδομένα παλινδρόμησης, ανάλυσης διακύμανσης & ελάχιστου στόχου εξοικονόμησης

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ						
Πολλαπλό R	0,983914067					
R Τετράγωνο	0,96808689					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0,956119474					
Τυπικό σφάλμα	1258,724762					
Μέγεθος δείγματος	12					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	<i>βαθμοί ελευθερίας</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Σημαντικότητα F</i>	
Παλινδρόμηση	3	384500362,4	128166787,5	80,89355971	2,51976E-06	
Υπόλοιπο	8	12675104,22	1584388,027			
Σύνολο	11	397175466,7				
	<i>Συντελεστές</i>	<i>Τυπικό σφάλμα</i>	<i>t</i>	<i>τιμή-P</i>	<i>Κατώτερο 95%</i>	<i>Υψηλότερο 95%</i>
Τεταγμένη επί την αρχή	-72,39159	3379,558991	-0,021420425	0,98343491	-7865,668598	7720,885418
Ποσότητα Συσκευασιών (Τεμ)	0,012727052	0,001116772	11,39628151	3,17402E-06	0,01015177	0,015302334
Ημέρες Εργασίας	686,5607929	175,7488718	3,906487626	0,004503279	281,2831678	1091,838418
CDD (18 οC)	6,786234572	3,328270816	2,038967064	0,07579525	-0,888771692	14,46124084
9,3%	: Ελάχιστος Επαληθεύσιμος Στόχος ΕΕ κατά IPMVP [14]					
12,7%	: Ελάχιστος Επαληθεύσιμος Στόχος ΕΕ κατά ASHRAE [15]					

Βάσει των ανωτέρω, ο τύπος της Ενεργειακής Γραμμής Βάσης για την Ηλεκτρική Ενέργεια στο συσκευαστήριο είναι ο παρακάτω:

$$E_{\text{ΗΛ}} (\text{kWh}) = -72,392 + 0,013 * (\text{Α.Σ.}) + 686,561 * \text{HE} + 6,786 * \text{CDD} \quad (5.2)$$

Ο συντελεστής ενεργειακού στόχου ο οποίος ισούται με το πηλίκο της πραγματικής κατανάλωσης και της κατανάλωσης σύμφωνα με τον τύπο της γραμμής βάσης εκφράζει την απόκλιση των τιμών στο δείγμα μας.

Πίνακας 15: Συντελεστής ενεργειακού στόχου

Περίοδος Βάσης	Πραγματική Κατανάλωση (kWh)	Κατανάλωση με τύπο γραμμής Ενεργειακής Βάσης (kWh)	Συντελεστής Ενεργειακού Στόχου
Ιαν-18	34.080,00	32.353,46	1,05
Φεβ-18	27.040,00	25.851,37	1,05
Μαρ-18	31.840,00	31.789,61	1,00
Απρ-18	22.560,00	24.077,27	0,94
Μαϊ-18	33.520,00	33.303,88	1,01
Ιουν-18	31.680,00	33.280,34	0,95
Ιουλ-18	35.280,00	34.833,99	1,01
Αυγ-18	17.760,00	17.416,63	1,02
Σεπ-18	19.760,00	18.611,43	1,06
Οκτ-18	24.800,00	24.987,96	0,99
Νοε-18	23.440,00	24.185,64	0,97
Δεκ-18	23.040,00	24.108,43	0,96
Σύνολο	324.800,00	324.800,00	12,01
Μέσος Όρος	27.066,67	27.066,67	1,00

Οι τιμές έχουν μεταβολή της τάξης του 6% σε απόλυτη τιμή και αυτό καταδεικνύει την πολύ καλή συσχέτιση που παρουσιάζει το μοντέλο της .

Η ονομασία “CUSUM” είναι συντόμευση του “cumulative sum of deviation from expected consumption” (Το άθροισμα των αποκλίσεων της πραγματικής τιμής της κατανάλωσης ενέργειας από την αντίστοιχη αναμενόμενη κατανάλωση, ή αλλιώς το άθροισμα των υπολοίπων μεταξύ πραγματικής και αναμενόμενης κατανάλωσης).

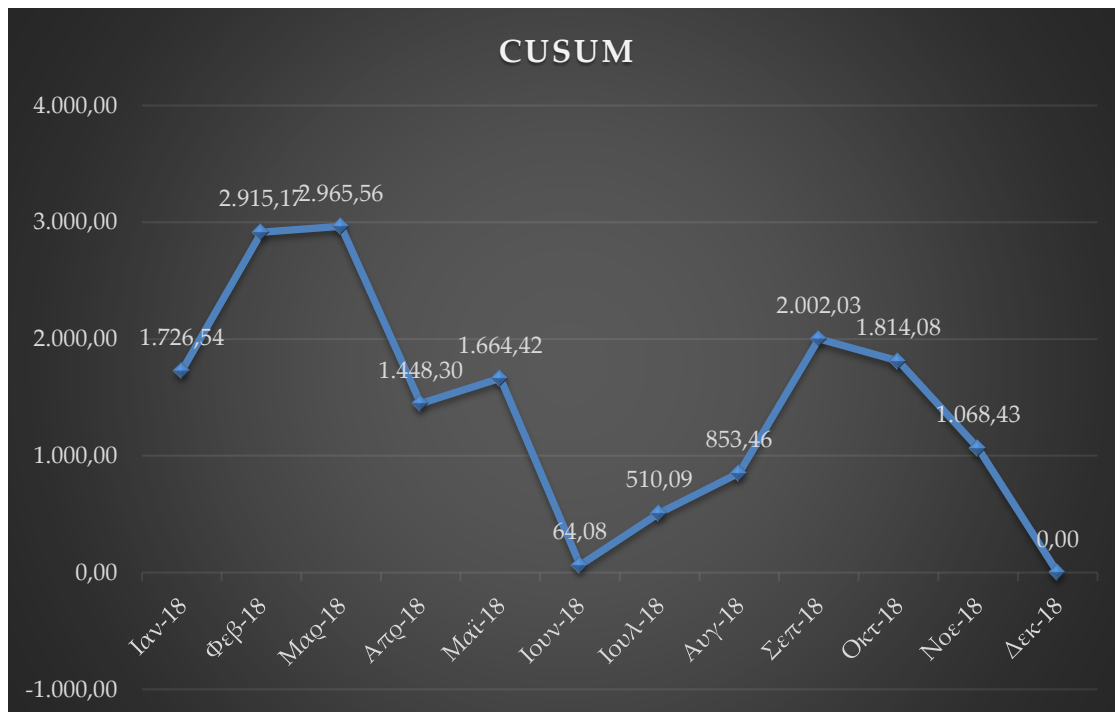
Το άθροισμα αυτό είναι σχετικά σταθερό όταν δεν υπάρχει μείωση της κατανάλωσης ή εξοικονόμηση ενέργειας και μεταβάλλεται με θετική κλίση, όταν έχουμε σπατάλη ενέργειας, ή απρόσμενες ανωμαλίες και με αρνητική κλίση όταν έχουμε ΕΞΕ ή μείωση της κατανάλωσης.

Ακολουθούν τα δεδομένα και το διάγραμμα CUSUM.

Πίνακας 16: Δεδομένα CUSUM

Μέγεθος δείγματος	Προβλεπόμενη Πραγματική Κατανάλωση (kWh)	Υπόλοιπα	CUSUM
Ιαν-18	34.080,00	1.726,54	1.726,54
Φεβ-18	27.040,00	1.188,63	2.915,17
Μαρ-18	31.840,00	50,39	2.965,56
Απρ-18	22.560,00	-1.517,27	1.448,30
Μαϊ-18	33.520,00	216,12	1.664,42
Ιουν-18	31.680,00	-1.600,34	64,08
Ιουλ-18	35.280,00	446,01	510,09
Αυγ-18	17.760,00	343,37	853,46
Σεπ-18	19.760,00	1.148,57	2.002,03
Οκτ-18	24.800,00	-187,96	1.814,08
Νοε-18	23.440,00	-745,64	1.068,43
Δεκ-18	23.040,00	-1.068,43	0,00

Παρατηρούμε μια τάση σημαντικής μείωσης της αναμενόμενης ενέργειας από τον 3/2018 έως και τον 6/2018 και μια αύξηση κατανάλωσης από τον 9/2018 έως και τον 12/2018.

Διάγραμμα 8: Διάγραμμα CUSUM**5.2 Δείκτες ενεργειακής επίδοσης ηλεκτρικής ενέργειας**

Ως Δείκτης Ενεργειακής Επίδοσης για την κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας χρησιμοποιείται ο λόγος της κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας σε kWh προς τους συσκευασμένους τόνους.

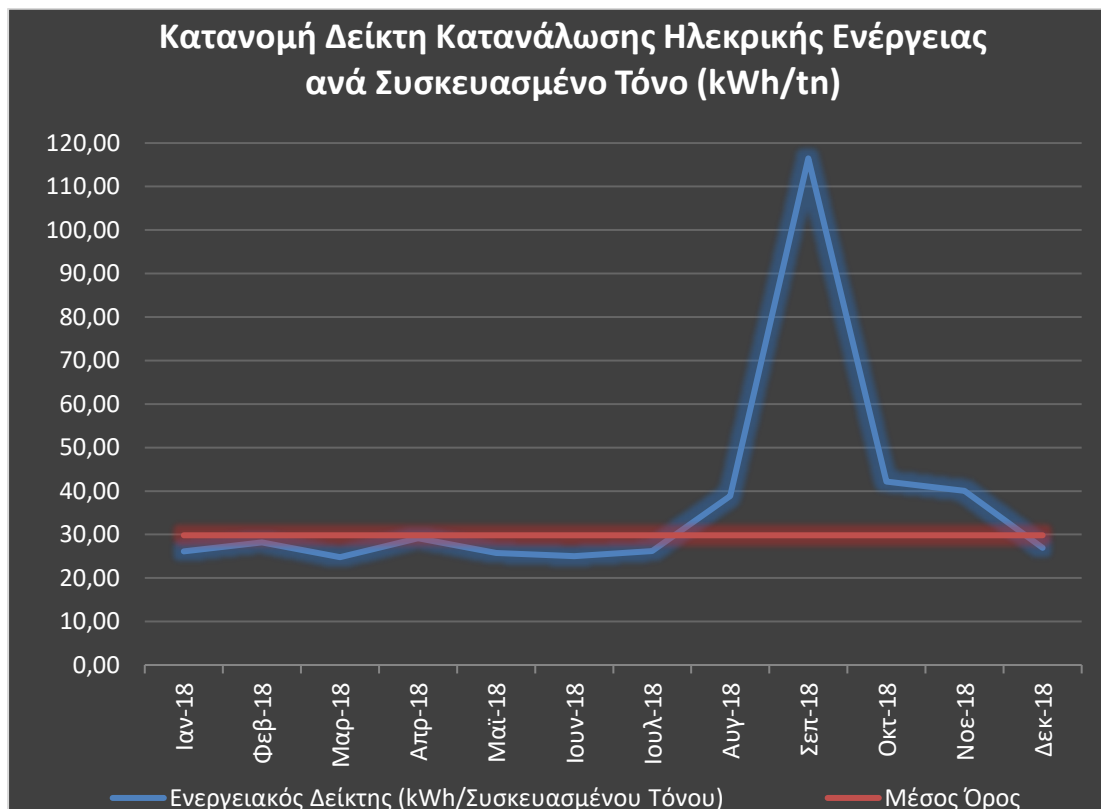
$$\Delta EE_{(t)} = \text{Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh)} / \text{Συσκευασμένοι τόνοι} \quad (5.3)$$

Ως μεταβλητή του Δείκτη χρησιμοποιείται η ποσότητα που συσκευάστηκε. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh), η Ποσότητα συσκευασμένων προϊόντων (tn) και ο μηνιαίος Δείκτης Ενεργειακής Επίδοσης για την περίοδο βάσης.

Πίνακας 17: Δείκτης ενεργειακής επίδοσης ηλεκτρικής ενέργειας

Περίοδος Βάσης	Πραγματική Κατανάλωση (kWh)	Ποσότητα συσκευασμένων προϊόντων(tn)	Ενεργειακός Δείκτης (kWh/Συσκευασμένου Τόνου)
Ιαν-18	34.080,00	1.303,00	26,16
Φεβ-18	27.040,00	959,95	28,17
Μαρ-18	31.840,00	1.284,50	24,79
Απρ-18	22.560,00	774,28	29,14
Μαϊ-18	33.520,00	1.299,52	25,79
Ιουν-18	31.680,00	1.267,50	24,99
Ιουλ-18	35.280,00	1.345,17	26,23
Αυγ-18	17.760,00	456,60	38,90
Σεπ-18	19.760,00	169,65	116,48
Οκτ-18	24.800,00	588,00	42,18
Νοε-18	23.440,00	585,70	40,02
Δεκ-18	23.040,00	855,00	26,95
Σύνολο	324.800,00	10.888,86	449,78
Μέσος Όρος	27.066,67	907,40	29,83

Στο παρακάτω διάγραμμα αποτυπώνεται η διακύμανση του Δείκτη Ενεργειακής Επίδοσης για την περίοδο βάσης.

Διάγραμμα 9: Κατανομή δείκτη ενεργειακής επίδοσης ηλεκτρικής ενέργειας

Ο Δείκτης Ενεργειακής Επίδοσης κατά την περίοδο βάσης ανέρχεται σε 29,83 kWh / τόνο.

Παρατηρούμε ότι ο Μάρτιος είναι ο μήνας με τη μικρότερη τιμή του δείκτη ενώ η μεγαλύτερη τιμή εντοπίζεται τον Σεπτέμβριο όπου η κατανάλωση ενέργειας ήταν πολύ μεγάλη σε σχέση με την παραγωγή.

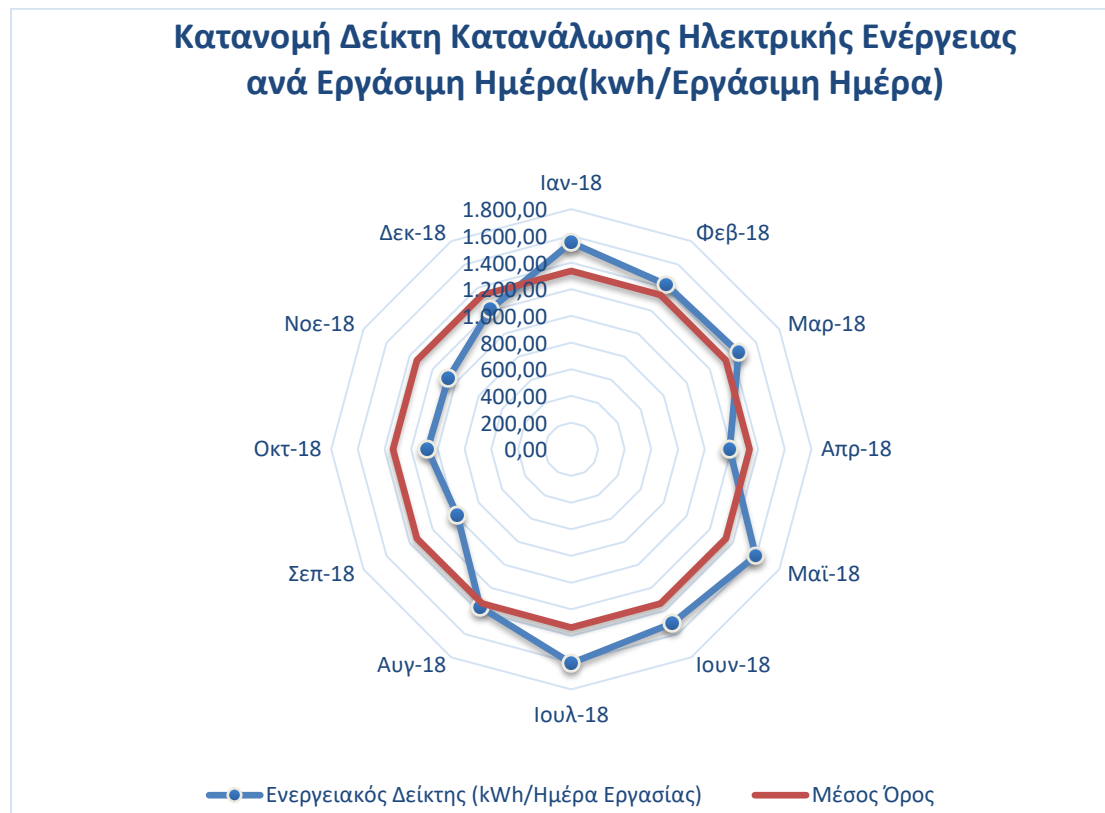
$$\Delta EE_{(2)} = \text{Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh)} / \text{Ημέρα Εργασίας} \quad (5.4)$$

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh), οι εργάσιμες ημέρες και ο μηνιαίος Δείκτης Ενεργειακής Επίδοσης για την περίοδο βάσης.

Πίνακας 18: Δείκτης ενεργειακής επίδοσης ηλεκτρικής ενέργειας

Περίοδος Βάσης	Πραγματική Κατανάλωση (kWh)	Ημέρες Εργασίας	Ενεργειακός Δείκτης (kWh/Ημέρα Εργασίας)
Ιαν-18	34.080,00	22	1.549,09
Φεβ-18	27.040,00	19	1.423,16
Μαρ-18	31.840,00	22	1.447,27
Απρ-18	22.560,00	19	1.187,37
Μαϊ-18	33.520,00	21	1.596,19
Ιουν-18	31.680,00	21	1.508,57
Ιουλ-18	35.280,00	22	1.603,64
Αυγ-18	17.760,00	13	1.366,15
Σεπ-18	19.760,00	20	988,00
Οκτ-18	24.800,00	23	1.078,26
Νοε-18	23.440,00	22	1.065,45
Δεκ-18	23.040,00	19	1.212,63
Σύνολο	324.800,00	243,00	16.025,79
Μέσος Όρος	27.066,67	20,25	1.336,63

Στο παρακάτω διάγραμμα αποτυπώνεται η διακύμανση του Δείκτη Ενεργειακής Επίδοσης για την περίοδο βάσης.

Διάγραμμα 10: Κατανομή δείκτη ενεργειακής επίδοσης ηλεκτρικής ενέργειας

Ο Δείκτης Ενεργειακής Επίδοσης κατά την περίοδο βάσης για την ηλεκτρική ενέργεια ανέρχεται σε 1.336,63 kWh/ημέρα.

Παρατηρούμε ότι ο Σεπτέμβριος είναι ο μήνας με τη μικρότερη τιμή του δείκτη ενώ η μεγαλύτερη τιμή εντοπίζεται τον Ιούλιο.

6. ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

6.1 Χρηματοοικονομικοί όροι αξιολόγησης επένδυσης

Προκειμένου η επιχείρηση να προχωρήσει σε εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης θα πρέπει να είναι οικονομικά αποδοτικά. Για την αξιολόγηση της επένδυσης θα χρησιμοποιούν στο ακόλουθο κεφάλαιο οι εξής χρηματοοικονομικοί όροι:

- Περίοδος Απόσβεσης
- Προεξοφλητικό Επιτόκιο
- Παρούσα Αξία (Present Value)
- Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Present Value)
- Εσωτερικός Βαθμός Απόσβεσης (IRR)

Περίοδος Απόσβεσης

Ονομάζεται ο χρόνος που απαιτείται για την επιστροφή της επένδυσης. Με βάση αυτόν τον δείκτη, μπορεί κανείς επίσης να κρίνει πόσο επιτυχημένη, σταθερή και πολλά υποσχόμενη είναι η επιχείρηση.

Προεξοφλητικό Επιτόκιο

Είναι το επιτόκιο με το οποίο η μελλοντική αξία μιας επένδυσης μετατρέπεται σε παρούσα (σημερινή) αξία. το κατάλληλο προεξοφλητικό επιτόκιο είναι το κόστος ευκαιρίας του κεφαλαίου (ή πιο απλά το κόστος κεφαλαίου), που είναι η καλύτερη διαθέσιμη αναμενόμενη απόδοση η οποία προσφέρεται στην αγορά για μια άλλη επένδυση ίδιου όμως κινδύνου και χρονικού ορίζοντα με την ταμειακή ροή που μας δίνει η επένδυσή μας. [18]

Παρούσα Αξία (Present Value)

Ο μαθηματικός τύπος για τον υπολογισμό της παρούσας αξίας μιας επένδυσης είναι ο εξής:

$$PV = \sum (CF_t / (1+r)^t) \quad (6.1)$$

όπου:

PV είναι η παρούσα αξία (Present Value) της επένδυσης.

CF_t είναι η ταμειακή είσοδος ή έξοδος κατά το έτος t.

r είναι το επιτόκιο, το οποίο αντιπροσωπεύει το κόστος κεφαλαίου ή την απόδοση που αναμένεται από την επένδυση.

t είναι το έτος της ταμειακής εισροής ή εκροής.

Με τη μέθοδο της παρούσας αξίας μπορούμε να εκφράσουμε μελλοντικές καθαρές ταμειακές ροές (KTP ή CF) σε ισοδύναμες παρούσες αξίες. Κατά συνέπεια μπορούμε να συγκρίνουμε την ΠΑ των εσόδων (KTP) από την επένδυση με το κεφάλαιο (τιμή της επένδυσης) που απαιτείται σήμερα για να την αποκτήσουμε.

Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Present Value)

Ο τύπος της καθαρής τρέχουσας αξίας (NPV) μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

$$NPV = \sum (CF_t / (1+r)^t) - CF_0 \quad (6.2)$$

όπου:

NPV είναι η καθαρή τρέχουσα αξία

CF_t είναι η ταμειακή είσοδος ή έξοδος κατά το έτος t

r είναι το επιτόκιο εκπροσώπησης του κόστους κεφαλαίου

t είναι το έτος της ταμειακής εισροής ή εκροής

CF₀ είναι το αρχικό κεφάλαιο που απαιτείται για την εφαρμογή του μέτρου

Οι μελλοντικές ταμειακές εισροές πρέπει να αναλυθούν και να μετατραπούν σε τρέχουσες αξίες χρησιμοποιώντας το επιτόκιο εκπροσώπησης του κόστους κεφαλαίου για να ληφθεί υπόψη η χρονική αξία του χρήματος. Η καθαρή τρέχουσα αξία υπολογίζεται συνολικά για όλες τις μελλοντικές ταμειακές εισροές και εκροές και συγκρίνεται με το αρχικό ποσό επένδυσης. Αν η καθαρή τρέχουσα αξία είναι θετική, τότε η επένδυση θεωρείται κερδοφόρα. [18]

Εσωτερικός Βαθμός Απόσβεσης (IRR)

Ο εσωτερικός ρυθμός απόδοσης (Internal Rate of Return - IRR) είναι ο μαθηματικός τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της εσωτερικής απόδοσης μιας επένδυσης. Ο τύπος για τον υπολογισμό του IRR είναι μια εξίσωση που προσδιορίζει το επιτόκιο στο οποίο οι μελλοντικές ταμειακές εισροές και εκροές της επένδυσης έχουν μηδενική καθαρή τρέχουσα αξία. [18]

Ο τύπος του εσωτερικού ρυθμού απόδοσης (IRR) παίρνει τη μορφή μιας εξίσωσης και πρέπει να επιλυθεί για την τιμή του επιτοκίου. Συγκεκριμένα, η εξίσωση είναι η εξής:

$$\sum [(CF_t / (1+IRR)^t)] = 0 \quad (6.3)$$

όπου:

CF_t είναι η ταμειακή είσοδος ή έξοδος κατά το έτος t

IRR είναι ο εσωτερικός ρυθμός απόδοσης

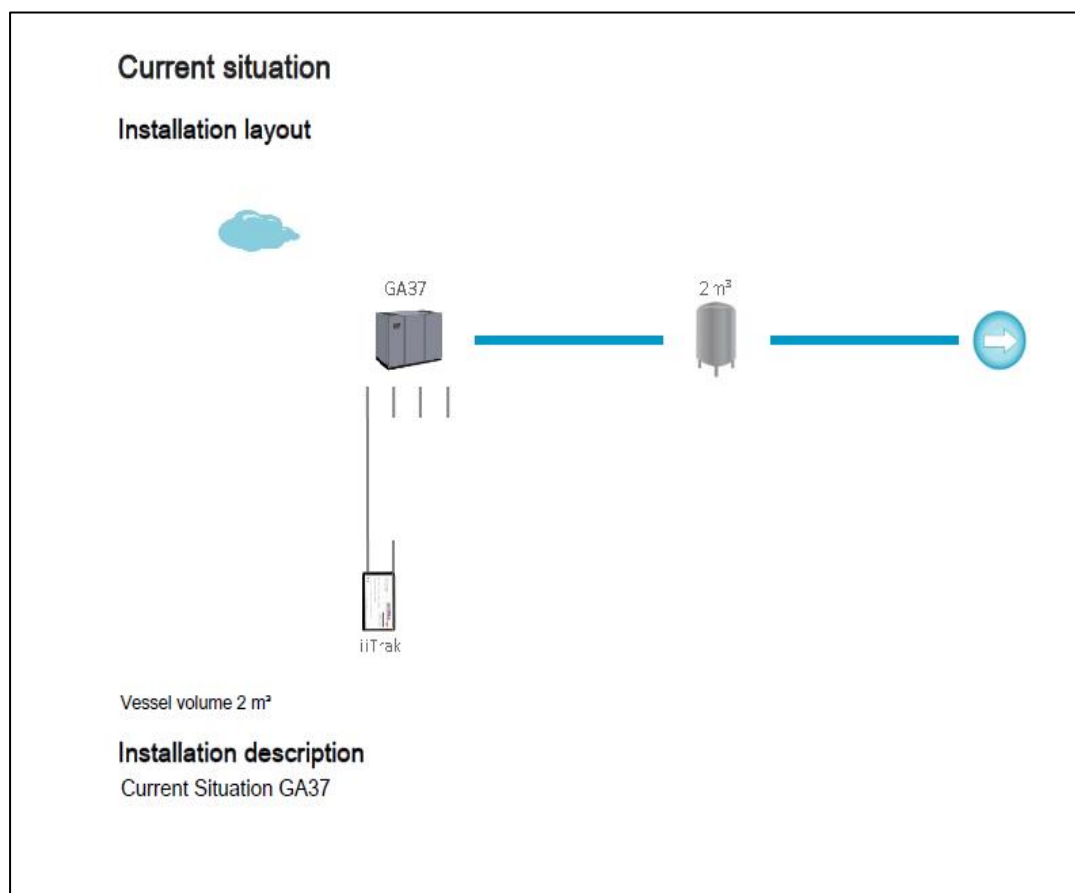
t είναι το έτος της ταμειακής εισροής ή εκροής

Ο εσωτερικός ρυθμός απόδοσης (IRR) είναι το επιτόκιο στο οποίο η καθαρή τρέχουσα αξία των μελλοντικών ταμειακών εισροών και εκροών γίνεται μηδέν. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η εξίσωση μπορεί να έχει πολλαπλές λύσεις ή να μην έχει καμία πραγματική λύση, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της επένδυσης.

6.2 Αντικατάσταση υφιστάμενου αεροσυμπιεστή με αεροσυμπιεστή μεταβλητών στροφών (VSD)

Όπως προκύπτει από την παράγραφο Επιμερισμός ενεργειακών καταναλώσεων ανά χρήση, η παραγωγή πεπιεσμένου αέρα είναι η κύρια κατανάλωση ενέργειας της εγκατάστασης με ποσοστό 34 %.

Η υφιστάμενη κατάσταση διακρίνεται στην ακόλουθη εικόνα :

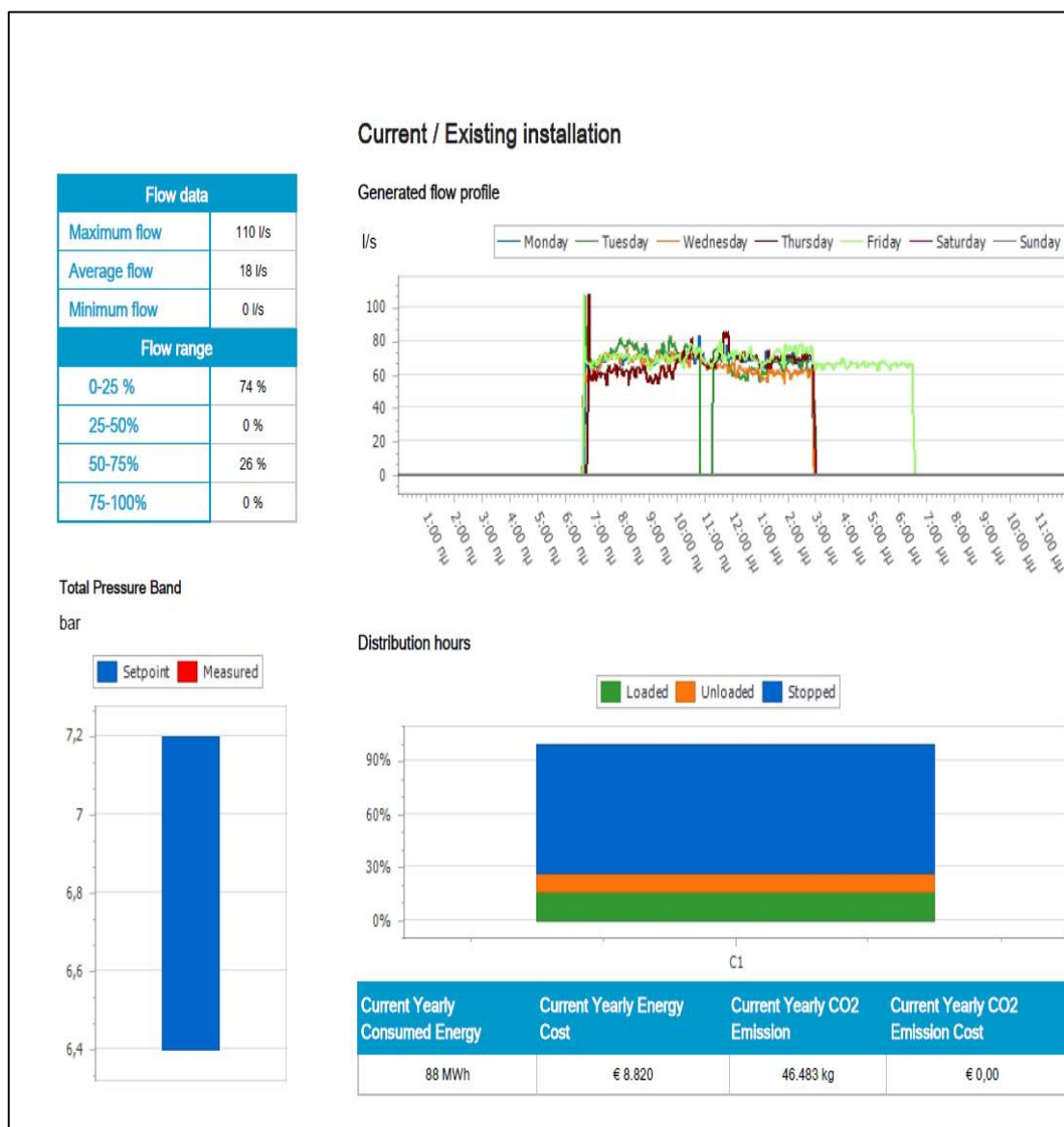


Εικόνα 4: Διάταξη σύνδεσης αεροσυμπιεστή

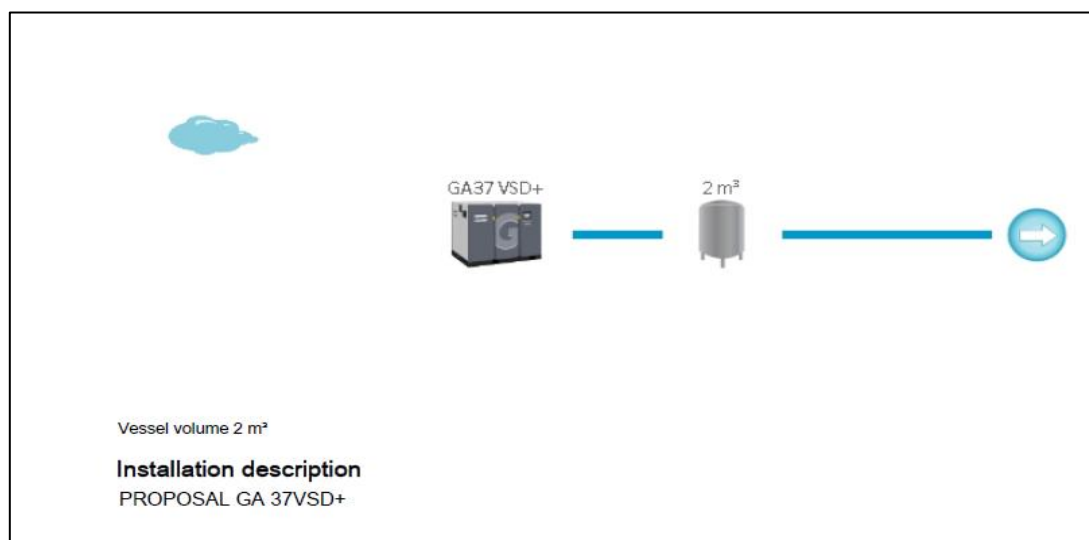
Ο συμπιεστής στην παρούσα κατάσταση λειτουργεί μέσα σε ένα εύρος πίεσης 1,20 bar. Αυτό σημαίνει ότι ο συμπιεστής θα λειτουργεί υπό πλήρες και υπό μερικό φορτίο μεταξύ των 6,00 και 7,20 bar. Κάθε φορά που ο συμπιεστής λειτουργεί υπό μερικό ή κενό φορτίο, σπαταλάει ενέργεια, καθώς δεν παράγεται πεπιεσμένος αέρας, αλλά ο κινητήρας εξακολουθεί να περιστρέφεται, και επομένως να καταναλώνει ενέργεια.

Οι μετρήσεις του διαστήματος 11/12/2018 – 18/12/2018 και τα αποτελέσματα της τυπικής αυτής εβδομάδας ανήχθησαν σε ετήσια βάση, μη λαμβάνοντας υπόψιν τις εξωτερικές συνθήκες όπως θερμοκρασία, υγρασία κλπ.

Έτσι από τις επιτόπιες μετρήσεις και τον επιμερισμό της ενέργειας προέκυψε ότι η κατανάλωση του αεροσυμπιεστή ανέρχεται σε 110.431,74 kWh.



Εικόνα 5: Ενεργειακή επίδοση αεροσυμπιεστή σταθερών στροφών



Εικόνα 6: Διάταξη σύνδεσης νέου αεροσυμπιεστή

Οι νέοι GA 18-37 VSD₊ διαθέτουν πάρα πολλά πρωτοποριακά χαρακτηριστικά που αυξάνουν την απόδοση και μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας, τις στάθμες θορύβου και το κόστος λειτουργίας. Επιπλέον, πληρούν ή υπερβαίνουν τις απαιτήσεις όλων των προτύπων για την απόδοση που ισχύουν σήμερα. Η μονάδα μετάδοσης κίνησης μεταβλητών στροφών Variable Speed Drive₊ περιλαμβάνεται στον βασικό εξοπλισμό, ενώ ο κινητήρας και το ίδιο το σύστημα έχουν μικρές διαστάσεις χάρη στη σχεδίαση που έχει γίνει στις εγκαταστάσεις της εταιρείας, καθώς και στη χρήση της τεχνολογίας iPM (εσωτερικού μόνιμου μαγνήτη). Οι GA 18-37 VSD₊ **μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας** κατά μέσο όρο **50%**, ενώ οι χρόνοι ομαλής λειτουργίας διασφαλίζονται ακόμα και στις πιο αντίξοες συνθήκες. [25]

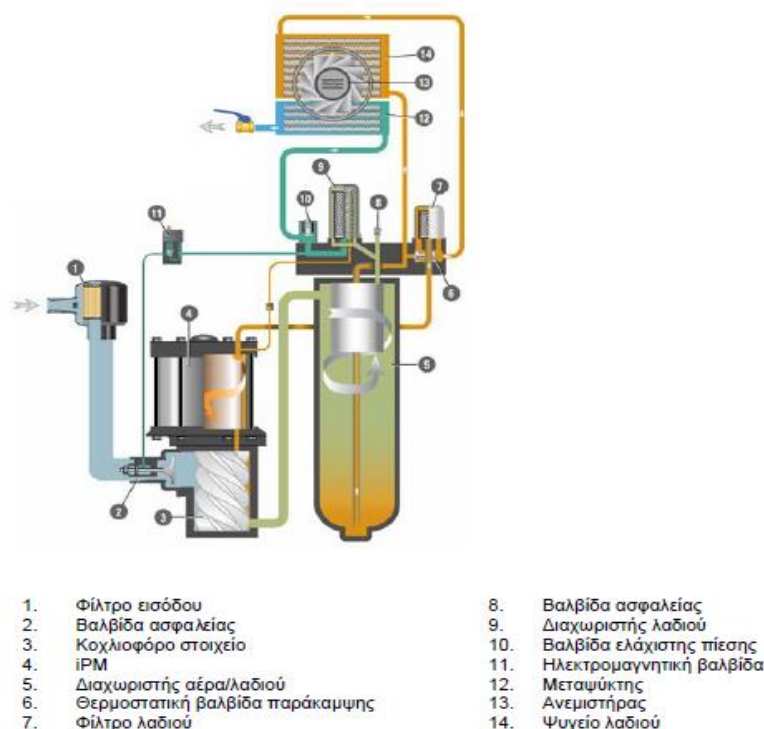
Αυτοί οι αεροσυμπιεστές κατασκευάζονται με τα ακόλουθα κύρια εξαρτήματα:

- Υπερσύγχρονο στοιχείο συμπίεσης
- Κατοχυρωμένος με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, ελαιόψυκτος κινητήρας κατηγορίας IP66 (NEMA4X) που υπερβαίνει τις απαιτήσεις όλων των προτύπων απόδοσης IEEE και NEMA Premium
- Ελεγκτής Elektronikon® Graphic
- Μεταψύκτης υψηλής απόδοσης
- Πρωτοποριακός ανεμιστήρας ψύξης

- Διαχωριστής υγρασίας
- Φίλτρο εισόδου αέρα

Αρχή λειτουργίας

Ο αέρας αναρροφάται μέσω του φίλτρου αέρα και της βαλβίδας ασφαλείας στο στοιχείο συμπίεσης. Αυτός ο συμπιεσμένος αέρας ωθείται διαμέσου του διαχωριστή αέρα/λαδιού και, αφού περάσει από τη βαλβίδα ελάχιστης πίεσης στο μεταψύκτη και στο διαχωριστή νερού, καταλήγει στο σημείο εξαγωγής. Στην περίπτωση των μονάδων τύπου Full Feature, ο αέρας κυκλοφορεί στη συνέχεια μέσω του ξηραντή ψυκτικού μέσου και μετά καταλήγει στο σημείο εξαγωγής. [25]



Εικόνα 7: Λειτουργία νέου αεροσυμπιεστή

Χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα

- Εξοικονόμηση ενέργειας
- Υπερσύγχρονο στοιχείο συμπίεσης
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και υψηλή παροχή συμπιεσμένου αέρα
- Τεχνολογία μετάδοσης κίνησης μεταβλητών στροφών και κινητήρας iPM

Η χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας επιτρέπει σε αυτούς τους αεροσυμπιεστές να προσαρμόζουν επακριβώς τη λειτουργία τους στις απαιτήσεις αέρα του συστήματος συμπιεσμένου αέρα που διαθέτετε. Με αυτόν τον τρόπο εξαλείφεται οποιαδήποτε σπατάλη ενέργειας και εξοικονομείτε χρήματα.

- Σχεδίαση μικρών διαστάσεων με πλήρη ενσωμάτωση
- Ελεγκτής που εξασφαλίζει βέλτιστη απόδοση και αξιοπιστία. Εξασφαλίζει τη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις αέρα και τη βέλτιστη χρήση του πολύτιμου χώρου στις εγκαταστάσεις σας.

Technical Data: GA37VSD+ P CE 400V 50				
ATLAS COPCO OIL INJECTED ROTARY VARIABLE SPEED SCREW COMPRESSOR				
Reference conditions				
Air inlet pressure*				1 bar(a)
Air inlet temperature				20 °C
Air inlet relative humidity				0 %
Limitations				
Maximum working pressure				13 bar(g)
Minimum working pressure				4 bar(g)
Maximum ambient temperature				46 °C
Minimum ambient temperature				1 °C
Performance**				
Working pressure	At minimum RPM		At maximum RPM	
	Free air delivery (FAD) [l/s]	Total electrical power input [kW]	Free air delivery (FAD) [l/s]	Total electrical power input [kW]
4	15.3	5.4	116.5	41
7	14.8	7.1	115	47.7
9.5	17.1	9.8	102.3	47.2
12.5	16.4	11.9	86.7	45.5
Oil content of compressed air				3 mg/m ³
Cooling air flow				1.76 m ³ /s
Compressed air temperature at outlet valve				10 °C
Installation data				
Noise level***				67 dB(A)
Air outlet connection				1
Condensate drain connections automatic				8
Oil capacity				16 l
Number of phases				3
Frequency				50 Hz
Net weight				376 kg
Dimensions: length x width x height				810 mm x 780 mm x 1590 mm
Motor data				
Installed motor power				37 kW
Supply voltage				400 V

Εικόνα 8: Τεχνικά χαρακτηριστικά αεροσυμπιεστή μεταβλητών στροφών

Το κόστος αγοράς και εγκατάστασης υπολογίζεται σε 25.000 € [25]. Ο αεροσυμπιεστής απαιτεί εργασίες συντήρησης όταν συμπληρώσει συγκεκριμένες ώρες λειτουργίας σύμφωνα με τον κατασκευαστή. Το κόστος συντήρησης του προτεινόμενου αεροσυμπιεστή θα είναι μικρότερο από το κόστος συντήρησης του υφιστάμενου αεροσυμπιεστή, καθώς ο υφιστάμενος λόγω των ωρών λειτουργίας που έχει είναι περισσότερο επιβαρυνμένος από κάποιον καινούριο αεροσυμπιεστή.

Για λόγους απλούστευσης και προς την ασφαλή πλευρά της εκτιμώμενης εξοικονόμησης χρημάτων, το κόστος συντήρησης θα θεωρηθεί ίδιο με τον υφιστάμενο αεροσυμπιεστή.

Αξίζει να σημειωθεί, πως όταν κάποιος αεροσυμπιεστής συμπληρώσει τις 80.000 ώρες λειτουργίας απαιτείται το «μεγάλο service» .

Εφόσον ο υφιστάμενος αεροσυμπιεστής, πλησιάζει τις 80.000 ώρες λειτουργίας, θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψιν η αντικατάστασή του με κάποιον ενεργειακά αποδοτικότερο, καθώς δεν θα απαιτηθούν τα κόστη για το «μεγάλο service», τα οποία ξεκινούν από τις 3.000,00 ευρώ.

Για λόγους απλούστευσης το κόστος συντήρησης για το «μεγάλο service», δε θα ληφθεί υπόψιν.

Έτσι, προσομοιώνοντας την υφιστάμενη κατάσταση με τον αεροσυμπιεστή μεταβλητών στροφών έχουμε τα ακόλουθα :



Εικόνα 9: Ενεργειακή επίδοση αεροσυμπιεστή μεταβλητών στροφών

Συγκριτικά με το έτος 2018 :

Με την τοποθέτηση του συμπιεστή μεταβλητών στροφών εκτιμάται ότι η κατανάλωση ενέργειας θα ανερχόταν σε **66.259 kWh**.

Δηλαδή η επιτευχθείσα εξοικονόμηση θα ανερχόταν σε **44.172 kWh**.

Η εκτιμώμενη εξοικονόμηση ανέρχεται σε ποσοστό **40% επί της καταναλισκόμενης ενέργειας για παραγωγή πεπιεσμένου αέρα**.

Πίνακας 19: Εξοικονομήσεις μετά την αντικατάσταση αεροσυμπιεστή

Αντικατάσταση με αεροσυμπιεστή μεταβλητών στροφών (VSD)		
Ποσοστό Εξοικονόμησης	40,00	%
Εξοικονομηθείσα Ενέργεια	44.172,70	kWh
Νέα Κατανάλωση	66.259,05	kWh
Εξοικονόμηση Δαπάνης	6.684,88	€
Μείωση εκλύσεων	26.901,17	kg
Εξοικονομηθείσα Πρωτογενής Ενέργεια	128.100,82	kWh

Προχωράμε στον οικονομικό έλεγχο του μέτρου.

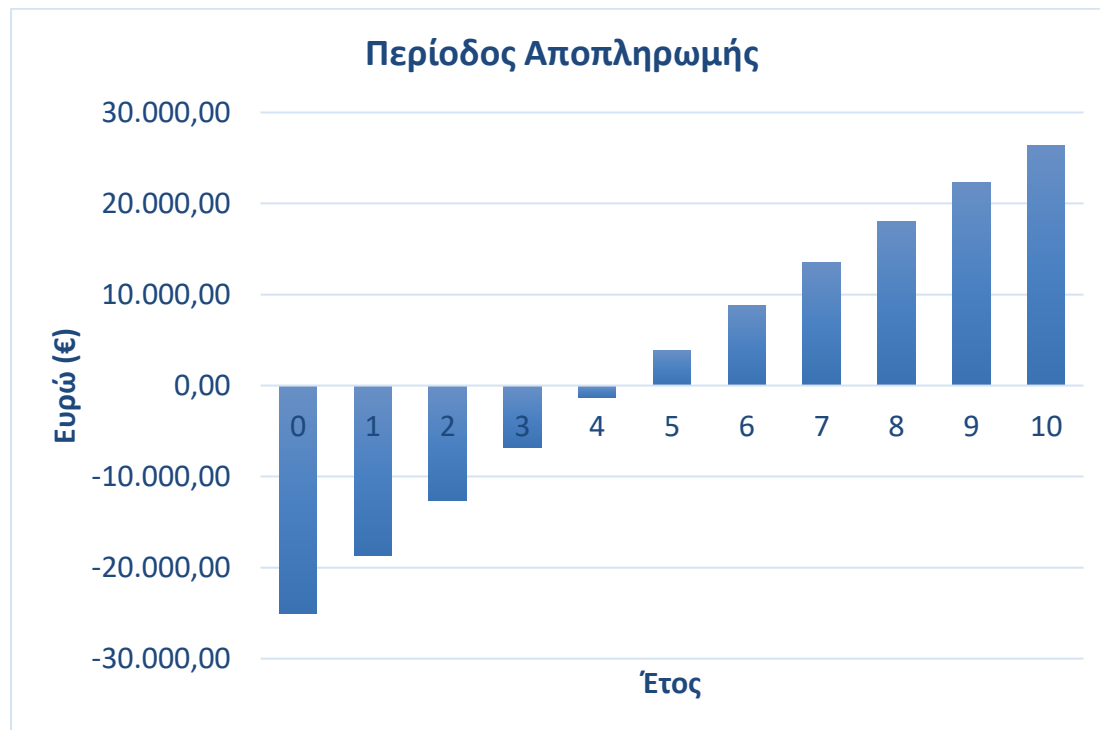
Η επένδυση αυτή έχει προϋπολογιστικό κόστος 25.000 € για το κτήριο της έδρας και περιλαμβάνει την προμήθεια εγκατάσταση και αξιοποίηση των δεδομένων μέσω πλατφόρμας online δεδομένων. Θέτοντας ως χρονικό ορίζοντα τα 10 χρόνια, το δείκτη απασχολούμενων κεφαλαίων ίσο με 5,10% καταλήγουμε ότι η επένδυση είναι συμφέρουσα. Η καθαρή παρούσα αξία (δείκτης NPV) είναι θετική και ο IRR>Disc Rate. Η επένδυση αποσβένει σε λιγότερο από 5 χρόνια και στο τέλος της δεκαετίας θα έχουν εξοικονομηθεί περί τα 26.000 €.

Πίνακας 20: Απόσβεση και παρούσα αξία αντικατάστασης αεροσυμπιεστή

Έτος	Εξοικονόμηση (€)	Απόσβεση (€)	Present values of future cash flows
0		-25.000,00	-25.000,00
1	6.684,88	-18.639,51	6.360,49
2	6.684,88	-12.587,66	6.051,85
3	6.684,88	-6.829,48	5.758,18
4	6.684,88	-1.350,72	5.478,76
5	6.684,88	3.862,18	5.212,90
6	6.684,88	8.822,13	4.959,95
7	6.684,88	13.541,39	4.719,26
8	6.684,88	18.031,65	4.490,26
9	6.684,88	22.304,02	4.272,37
10	6.684,88	26.369,08	4.065,05
Σύνολο από 1^ο έως 10^ο έτος	66.848,75	-	51.369,08

Πίνακας 21: Πίνακας οικονομικών στοιχείων αντικατάστασης αεροσυμπιεστή

Παρούσα αξία μελλοντικών εισροών (€)	51.369,08
Αρχικό κεφάλαιο (€)	25.000,00
Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV) (€)	26.369,08
IRR (%)	17,51%
Προεξοφλητικό επιτόκιο (%)	5,10%

Διάγραμμα 11: Περίοδος αποπληρωμής μέτρου

6.3 Αντικατάσταση λαμπτήρων με ενεργειακά αποδοτικότερους

Προτείνεται η αντικατάσταση των λαμπτήρων χαμηλής ενεργειακής κλάσης με ενεργειακά αποδοτικότερους. Η αντικατάσταση αφορά λαμπτήρες φθορισμού.

Οι λαμπτήρες LED (light-emitting diode/δίοδος εκπομπής φωτός) αποτελούν τα πιο ανεπτυγμένα προϊόντα της τεχνολογίας φωτισμού όσον αφορά στους λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας. Η απόδοσή τους σε εφαρμογές φωτισμού είναι ισάξια των λαμπτήρων φθορισμού με άριστη φωτεινότητα, ενώ η διάρκεια ζωής τους είναι ακόμα μεγαλύτερη. Έτσι, εξοικονομούνται αμέσως χρήματα για ενέργεια και δεν απαιτείται η συχνή αντικατάσταση των λαμπτήρων. Επιπλέον, δεν επηρεάζονται αισθητά από στιγμιαίες πτώσεις ή διακυμάνσεις τάσης και προσφέρουν καλή ποιότητα χρώματος φωτός, χωρίς αναμονή μετά το πάτημα του διακόπτη.

Ακολουθεί ο υπολογισμός της κατανάλωσης με βάση την υπάρχουσα κατάσταση και της μελλοντικής κατανάλωσης μετά την αντικατάσταση με λαμπτήρες οι οποίοι έχουν τα αντίστοιχα lumen και προσφέρουν την απαιτούμενη φωτεινότητα.

Πίνακας 22:Ετήσια κατανάλωση φωτισμού προς αντικατάσταση

Κατανάλωση φωτισμού προς αντικατάσταση							
Τύπος	Τεμ	kW/ Τεμ	Ισχύς ανά τύπο	Ώρες Λειτουργίας	Συντελεστής Χρήσης/ Ετεροχρονισμού	Ημέρες Λειτουργίας	Ετήσια Κατανάλωση
Καμπάνα HQI	12	0,400	4,80	16	0,90	243	16.796,16
Λαμπτήρες Φθορισμού 60 x 60	29	0,072	2,09	8	0,90	243	3.653,16
Φθορισμού 1,5m	6	0,058	0,35	16	0,80	243	1.082,42
Κατανάλωση φωτισμού προς αντικατάσταση							21.531,74

Πίνακας 23:Ετήσια κατανάλωση φωτισμού μετά την αντικατάσταση

Μελλοντική εκτίμηση κατανάλωσης φωτισμού							
Τύπος	Τεμ	kW/ Τεμ	Ισχύς ανά τύπο	Ώρες Λειτουργίας	Συντελεστής Χρήσης/ Ετεροχρονισμού	Ημέρες Λειτουργίας	Ετήσια Κατανάλωση
Καμπάνα Led	12	0,200	2,40	16	0,90	243	8.398,08
Led 60 x 60	29	0,040	1,16	8	0,90	243	2.029,54
Led 1,5m	6	0,020	0,12	16	0,80	243	373,25
Κατανάλωση φωτισμού μετά την αντικατάσταση							10.800,86

Πίνακας 24: Εξοικονομήσεις μετά την αντικατάσταση λαμπτήρων

Εξοικονομήσεις	
Εξοικονομηθείσα Ενέργεια (kWh)	10.730,88
Εξοικονομηθείσα Πρωτογενής Ενέργεια (kWh)	31.119,55
Μείωση εκλύσεων CO ₂ (kg)	6.535,11
Εξοικονόμηση Δαπάνης (€)	1.073,09

Προχωράμε στον οικονομικό έλεγχο του μέτρου. Το κόστος αντικατάστασης λαμπτήρων είναι το ακόλουθο[26]:

Πίνακας 25: Κόστος αντικατάστασης λαμπτήρων

Δαπάνη αντικατάστασης λαμπτήρων			
Νέος Φωτισμός	Τεμάχια	Κόστος ανά Τεμ (€ /τεμ)	Κόστος (€)
Καμπάνα Led	12	85	1020,00
Led 60x60	29	22	638,00
Led 1,5m	6	7	42,00
Σύνολο			1.700,00

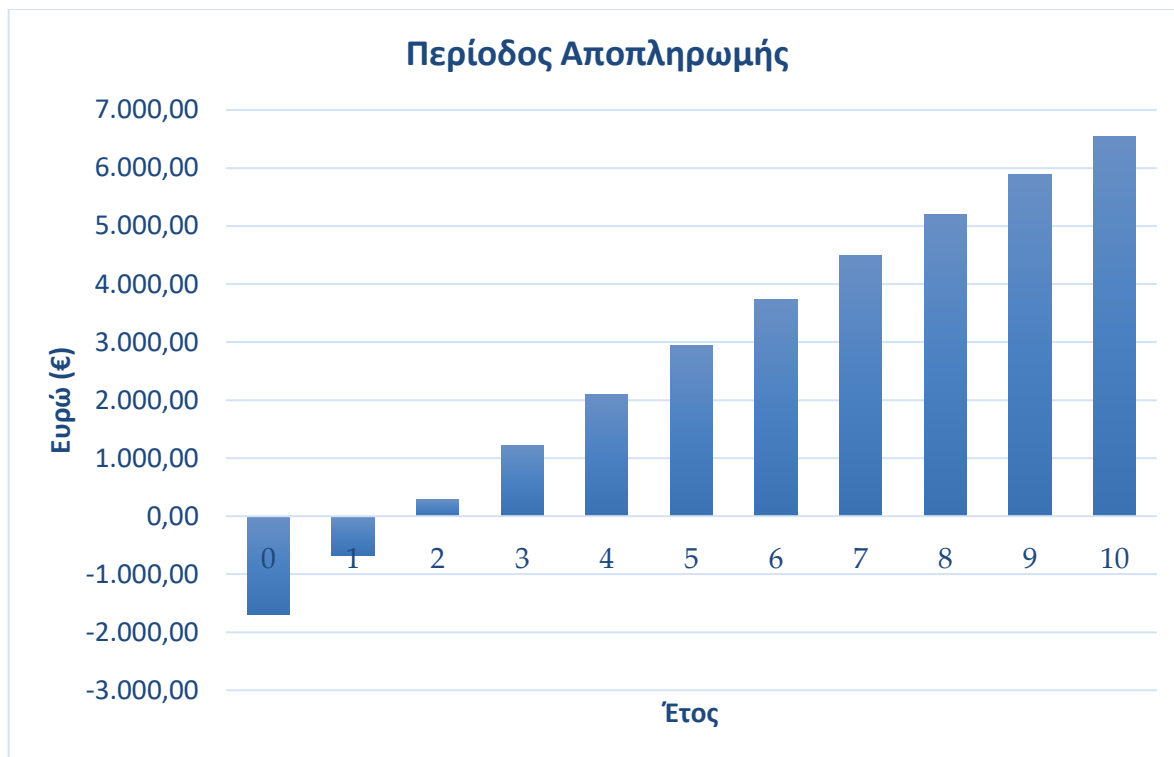
Η επένδυση αυτή έχει προϋπολογιστικό κόστος 1.700,00 € και περιλαμβάνει την προμήθεια και το κόστος εγκατάστασης. Λαμβάνοντας υπόψιν τη διάρκεια ζωής των λαμπτήρων που είναι 10 έτη, το δείκτη απασχολούμενων κεφαλαίων ίσο με 5,10% καταλήγουμε ότι η επένδυση είναι εξαιρετικά συμφέρουσα. Η καθαρή παρούσα αξία (δείκτης NPV) είναι θετική και ο $IRR > Disc Rate$. Η επένδυση αποσβένει στον 2^ο χρόνο εφαρμογής της και στο τέλος της δεκαετίας θα έχουν εξοικονομηθεί περί τα 6.500 €.

Πίνακας 26: Απόσβεση και παρούσα αξία αντικατάστασης λαμπτήρων

Έτος	Εξοικονόμηση (€)	Απόσβεση (€)	Present values of future cash flows
0		-1.700,00	-1.700,00
1	1.073,09	-678,98	1.021,02
2	1.073,09	292,49	971,47
3	1.073,09	1.216,82	924,33
4	1.073,09	2.096,29	879,48
5	1.073,09	2.933,09	836,80
6	1.073,09	3.729,29	796,19
7	1.073,09	4.486,85	757,56
8	1.073,09	5.207,65	720,80
9	1.073,09	5.893,47	685,82
10	1.073,09	6.546,01	652,54
Σύνολο από 1^ο έως 10^ο έτος	10.730,88	-	8.246,01

Πίνακας 27: Πίνακας οικονομικών στοιχείων αντικατάστασης λαμπτήρων

Παρούσα αξία μελλοντικών εισροών (€)	8.246,01
Αρχικό κεφάλαιο (€)	1.700,00
Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV) (€)	6.546,01
IRR (%)	54,74%
Προεξοφλητικό επιτόκιο (%)	5,10%

Διάγραμμα 12: Περίοδος αποπληρωμής μέτρου

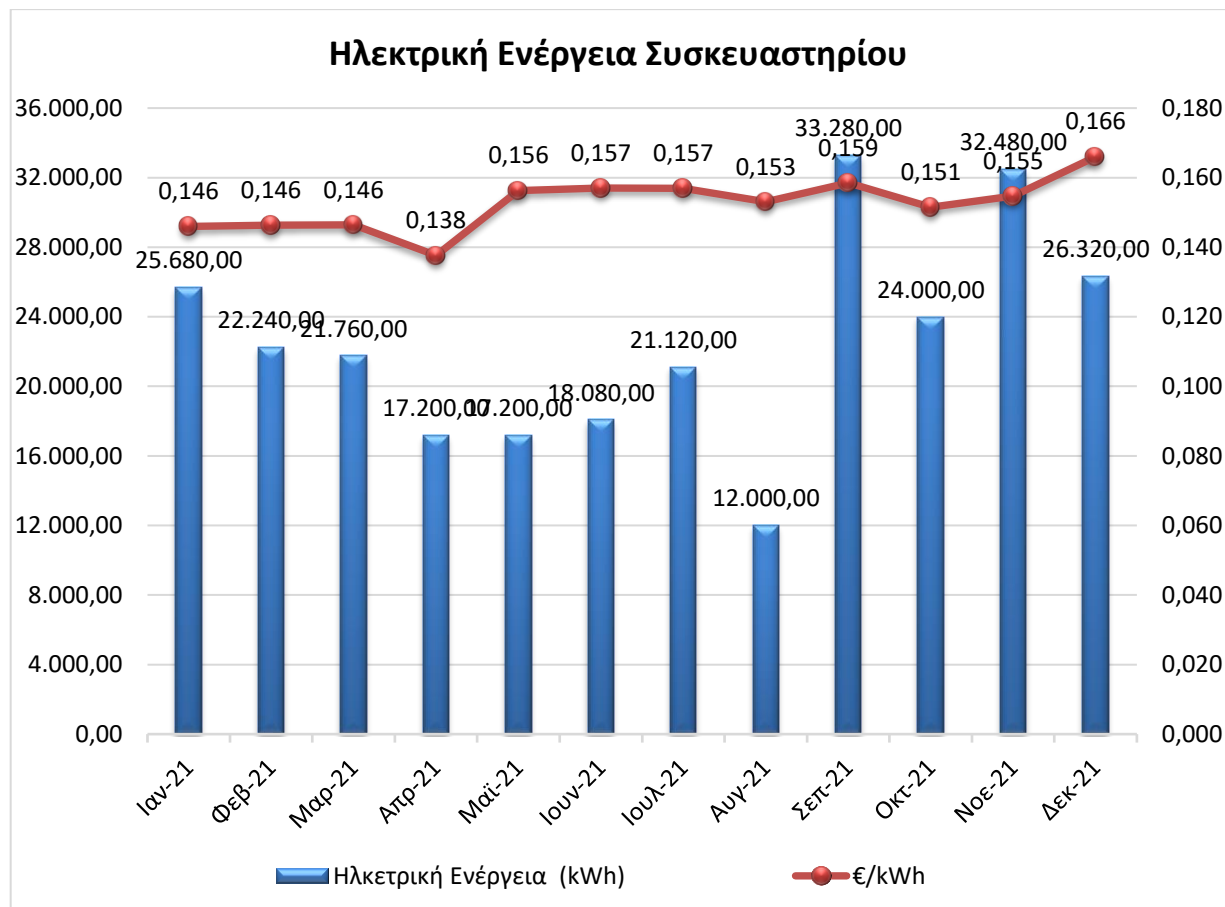
7. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΑ ΤΗ ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ

7.1. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

Παρατίθεται ο πίνακας των στοιχείων ηλεκτρικής ενέργειας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας της του συσκευαστηρίου για το έτος 2021.

Πίνακας 28: Ηλεκτρική Ενέργεια Εγκατάστασης (2021)

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh)					
Περίοδος Βάσης	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)	Δαπάνη (€)	cosφ	Χρεωστέα Ζήτηση (kW)	€/kWh
Ιαν-21	25.680,00	3.747,92	0,9405	149,00	0,146
Φεβ-21	22.240,00	3.254,65	0,9287	149,00	0,146
Μαρ-21	21.760,00	3.186,26	0,9504	49,60	0,146
Απρ-21	17.200,00	2.367,49	0,9730	128,00	0,138
Μαϊ-21	17.200,00	2.688,41	0,9760	132,00	0,156
Ιουν-21	18.080,00	2.838,91	0,9745	144,00	0,157
Ιουλ-21	21.120,00	3.314,09	0,9684	141,00	0,157
Αυγ-21	12.000,00	1.836,99	0,9694	132,00	0,153
Σεπ-21	33.280,00	5.275,82	0,9696	136,00	0,159
Οκτ-21	24.000,00	3.635,26	0,9724	141,00	0,151
Νοε-21	32.480,00	5.025,81	0,9544	144,00	0,155
Δεκ-21	26.320,00	4.369,90	0,9493	149,00	0,166
Σύνολο	271.360,00	41.541,51	11,53	1.594,60	1,830
Μέσος Όρος	22.613,33	3.461,79	0,96	132,88	0,153

Διάγραμμα 13: Διάγραμμα ηλεκτρικής ενέργειας εγκατάστασης

7.2 Επιμερισμός ηλεκτρικής ενέργειας

Για τον προσδιορισμό του επιμερισμού της κατανάλωσης ακολουθήθηκε την ίδια λογική. Οι ώρες λειτουργίας θεωρήθηκαν οι ίδιες για τον υπολογισμό των καταναλώσεων, οι εργάσιμες μέρες ταυτίζονται σε αριθμό τόσο για το 2018 όσο και για το 2021 ενώ και οι βαθμομέρες είναι παραπλήσιες. Συνεπώς οι καταναλώσεις του κλιματισμού/αερισμού και του εξοπλισμού γραφείου θεωρήθηκε ότι παραμένουν ίδιες. Λόγω αντικατάστασης των λαμπτήρων πλέον η ισχύς του φωτισμού είναι μικρότερη συνεπώς και η κατανάλωση. Το ίδιο συμβαίνει και με τον παραγωγικό εξοπλισμό καθώς αντικαταστάθηκε ο κύριος αεροσυμπιεστής σταθερών στροφών με αεροσυμπιεστή μεταβλητών. Πραγματοποιήθηκαν νέες μετρήσεις κατανάλωσης ενέργειας μιας τυπικής εβδομάδας η οποία θεωρήθηκε αντιπροσωπευτική.

Πίνακας 29: Εγκατεστημένη ισχύς

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΑΝΑ ΧΡΗΣΗ		
Ενεργειακή Χρήση	Εγκατεστημένη Ισχύς (kW)	Ποσοστό επί της Συνολικής Ισχύος (%)
Φωτισμός	7,75	2,28%
Εξοπλισμός γραφείου	3,06	0,90%
Παραγωγικός Εξοπλισμός	315,20	92,73%
Κλιματισμός	13,90	4,09%
Σύνολο	339,91	100,00%

Διάγραμμα 14: Κατανομή ισχύος



Πίνακας 30: Επιτόπιες μετρήσεις κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

Τμήμα Μέτρησης	Ενεργός Ισχύς (kW)
Palletizzatore	1,14
Fardellatrice	15,31
Confecionatrice pack	6,00

Avolgitore	0,16
Gruppo Cola - Aspiratore	1,43
Γραμμή 2	3,08
Silo	5,75
Blower	23,56
Κύριος Α/Σ	16,72
Υποπίνακας 1	2,40
Υποπίνακας 2	0,18
Υποπίνακας 3	0,66
Υποπίνακας 4	13,46

Πίνακας 31:Ετήσια κατανάλωση βάσει επιτόπιων μετρήσεων παραγωγικού εξοπλισμού

Τμήμα Μετρήσεων	Ενεργός Ισχύς (kW)	Ημερήσιες Ώρες Λειτουργίας	Ετήσιες Ημέρες Λειτουργίας	Ετήσια ενέργεια (kWh)
Palletizzatore	1,14	16	243	4.440,60
Fardellatrice	15,31	16	243	59.506,27
Confecionatrice pack	6,00	16	243	23.313,42
Avolgitore	0,16	16	243	606,53
Gruppo Cola - Aspiratore	1,43	16	243	5.567,99
Γραμμή 2	3,08	8	243	5.985,47
Silo	5,75	16	243	22.354,89
Blower	23,56	6	243	34.347,02
Αεροσυμπιεστής	16,72	16	243	65.007,36
Σύνολο				221.129,55

Πίνακας 32: Ετήσια κατανάλωση βάσει επιτόπιων μετρήσεων μη παραγωγικού εξοπλισμού

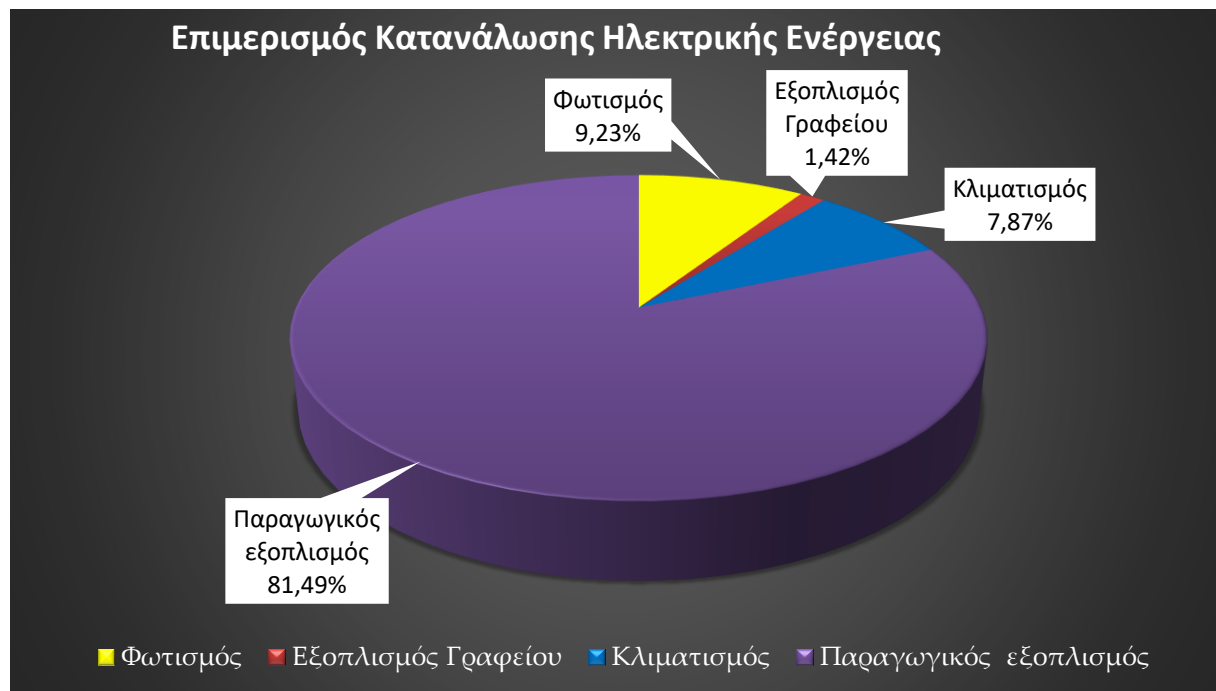
Τμήμα Μετρήσεων	Ενεργός Ισχύς (kW)	Ημερήσιες Ώρες Λειτουργίας	Ετήσιες Ημέρες Λειτουργίας	Ετήσια ενέργεια (kWh)
Υποπίνακας 1	2,40	16	243	9.340,54
Υποπίνακας 2	0,18	16	243	699,84
Υποπίνακας 3	0,66	16	243	2.566,08
Υποπίνακας 4	13,46	12	243	37.623,99
Σύνολο				50.230,45

Βάσει των ανωτέρω, παρατίθεται η εκτίμηση της κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά χρήση:

Πίνακας 33: Επιμερισμός κατανάλωσης ανά ενεργειακή χρήση

Επιμερισμός κατανάλωσης ανά ενεργειακή χρήση		
Είδος Χρήσης	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Ποσοστό
Φωτισμός	25.035,79	9,23%
Εξοπλισμός Γραφείου	3.844,26	1,42%
Κλιματισμός	21.350,40	7,87%
Παραγωγικός εξοπλισμός	221.129,55	81,49%
Σύνολο	271.360,00	100,00%

Στο παρακάτω διάγραμμα αποτυπώνεται η κατανομή της Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά Χρήση:

Διάγραμμα 15: Ενεργειακές χρήσεις

Λαμβάνοντας υπόψη την άνω κατανομή **Σημαντικές Ενεργειακές Χρήσεις** είναι οι ακόλουθες:

- Η ενέργεια του παραγωγικού εξοπλισμού (με ποσοστό 81,78 % της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας)
- Η ενέργεια φωτισμού (με ποσοστό 9,23 % της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας)
- Η ενέργεια κλιματισμού (με ποσοστό 7,87 % της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας)

7.3 Προσδιορισμός εξοικονομηθείσας ηλεκτρικής ενέργειας

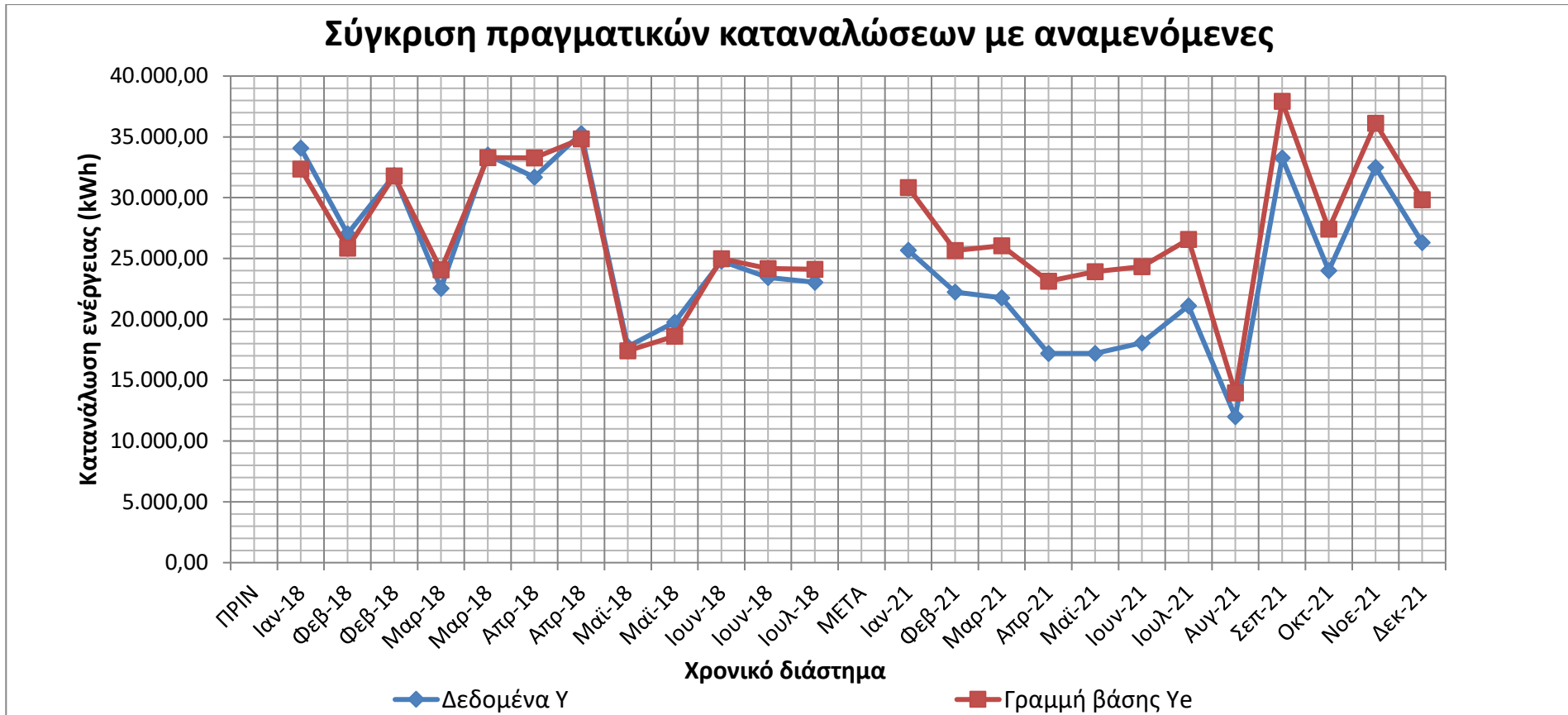
Ο τύπος της Ενεργειακής Γραμμής Βάσης για την Ηλεκτρική Ενέργεια στο συσκευαστήριο είναι ο παρακάτω:

$$E_{\text{ΗΛ}} (\text{kWh}) = -72,392 + 0,013 * (\text{Α.Σ.}) + 686,561 * \text{HE} + 6,786 * \text{CDD} \quad (7.1)$$

Πίνακας 34: Αναμενόμενη κατανάλωση σύμφωνα με τον τύπο γραμμής βάσης

Περίοδος Βάσης	Πραγματική Κατανάλωση (kWh)	Ποσότητα Συσκευασιών (Τεμ)	Ημέρες Εργασίας	CDD (18 °C)	Κατανάλωση με τύπο γραμμής Βάσης	
					(kWh)	Ποσοστό Διακύμανσης (%)
Ιαν-18	34.080,00	1.361.000	22	0	32.353,46	5,34%
Φεβ-18	27.040,00	1.011.947	19	0	25.851,37	4,60%
Μαρ-18	31.840,00	1.313.497	22	6	31.789,61	0,16%
Απρ-18	22.560,00	832.560	19	75	24.077,27	-6,30%
Μαϊ-18	33.520,00	1.408.040	21	153	33.303,88	0,65%
Ιουν-18	31.680,00	1.363.000	21	234	33.280,34	-4,81%
Ιουλ-18	35.280,00	1.386.340	22	318	34.833,99	1,28%
Αυγ-18	17.760,00	501.715	13	321	17.416,63	1,97%
Σεπ-18	19.760,00	284.630	20	196	18.611,43	6,17%
Οκτ-18	24.800,00	699.000	23	55	24.987,96	-0,75%
Νοε-18	23.440,00	710.700	22	16	24.185,64	-3,08%
Δεκ-18	23.040,00	875.000	19	0	24.108,43	-4,43%
Σύνολο	324.800,00	11.747.429	243,00	1.374,00	324.800,00	-
Μέσος όρος	27.066,67	978.952	20,25	114,50	27.066,67	-
Ιαν-21	25.680,00	1.293.908	21	4	30.836,76	-16,72%
Φεβ-21	22.240,00	995.382	19	3	25.661,58	-13,33%
Μαρ-21	21.760,00	918.338	21	2	26.048,72	-16,46%
Απρ-21	17.200,00	625.158	22	22	23.140,38	-25,67%
Μαϊ-21	17.200,00	620.528	22	147	23.926,33	-28,11%
Ιουν-21	18.080,00	612.212	22	221	24.324,03	-25,67%
Ιουλ-21	21.120,00	810.810	20	382	26.566,99	-20,50%
Αυγ-21	12.000,00	258.809	12	369	13.962,29	-14,05%
Σεπ-21	33.280,00	1.638.941	23	198	37.923,10	-12,24%
Οκτ-21	24.000,00	1.061.397	20	37	27.414,98	-12,46%
Νοε-21	32.480,00	1.756.728	20	15	36.119,94	-10,08%
Δεκ-21	26.320,00	1.216.458	21	0	29.829,35	-11,76%
Σύνολο	271.360,00	11.808.666	243,00	1.399,80	325.754,45	-
Μέσος όρος	22.613,33	984.055,50	20,25	116,65	27.146,20	-

Διάγραμμα 16: Σύγκριση πραγματικών καταναλώσεων με αναμενόμενες τύπου γραμμής βάσης



Είναι εμφανές ότι οι αναμενόμενες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας του έτους 2021 είναι σημαντικά υψηλότερες από τις πραγματικές. Όλους τους μήνες παρατηρείται σημαντική μείωση κατανάλωσης ενέργειας. Η μεγαλύτερη μείωση παρουσιάζεται τους μήνες Απρίλιο, Μάιο και Ιούνιο. Παρατηρώντας αυτούς τους μήνες βλέπουμε ότι ο αριθμός των συσκευασιών είναι σχεδόν ταυτόσημος και δεν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις κλιματισμού του χώρου.

Πίνακας 35: Αποτελέσματα και δείκτες εξοικονόμησης ενέργειας βάσει προτύπου ASHRAE

Αποτελέσματα εξοικονόμησης ενέργειας						
Περίοδος	Υρεκ	ΕΕκ	εκ	ΥρεΚ	εΚ	ΕΕΣΕΕ
Ιαν-21	30.836,76	5.156,76	16,7%	30.836,76	16,7%	12,7%
Φεβ-21	25.661,58	3.421,58	13,3%	28.249,17	15,2%	9,0%
Μαρ-21	26.048,72	4.288,72	16,5%	27.515,69	15,6%	7,3%
Απρ-21	23.140,38	5.940,38	25,7%	26.421,86	17,8%	6,3%
Μαϊ-21	23.926,33	6.726,33	28,1%	25.922,75	19,7%	5,7%
Ιουν-21	24.324,03	6.244,03	25,7%	25.656,30	20,6%	5,2%
Ιουλ-21	26.566,99	5.446,99	20,5%	25.786,40	20,6%	4,8%
Αυγ-21	13.962,29	1.962,29	14,1%	24.308,39	20,2%	4,5%
Σεπ-21	37.923,10	4.643,10	12,2%	25.821,13	18,9%	4,2%
Οκτ-21	27.414,98	3.414,98	12,5%	25.980,52	18,2%	4,0%
Νοε-21	36.119,94	3.639,94	10,1%	26.902,28	17,2%	3,8%
Δεκ-21	29.829,35	3.509,35	11,8%	27.146,20	16,7%	3,7%
Σύνολο	325.754,45	54.394,45	-	320.547,46	-	-

Όπου

- Υρεκ : Εκτίμηση προσαρμοσμένης γραμμής βάσης από τον τύπο της γραμμής βάσης
- ΕΕκ : Εξοικονόμηση στο χρονικό διάστημα k
- εκ : Ποσοστό εξοικονόμησης στον διάστημα k
- ΥρεΚ : Μέσος όρος εκτιμήσεων της προσαρμοσμένης γραμμής βάσης αθροιστικά έως το διάστημα Κ
- εΚ : Μέσο ποσοστό εξοικονόμησης αθροιστικά έως το διάστημα Κ
- ΕΕΣΕΕ : Ελάχιστος Επαληθεύσιμος Στόχος Εξοικονόμησης Ενέργειας κατά ASHRAE

Παρατηρούμε ότι το ποσοστό εξοικονόμησης στον διάστημα k (εκ) είναι μεγαλύτερο σε κάθε περίπτωση από τον Ελάχιστο Επιληθεύσιμο Στόχο Εξοικονόμησης Ενέργειας κατά ASHARE [15].

Συνεπώς, η εξοικονόμηση που έχουμε με τη λήψη των μέτρων ξεπερνά την αβεβαιότητα του τύπου της γραμμής βάσης άρα έχουμε αποδεδειγμένα εξοικονόμηση ενέργειας. [16] [17]

7.4 Δείκτες ενεργειακής επίδοσης ηλεκτρικής ενέργειας

Ως Δείκτης Ενεργειακής Επίδοσης για την κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας χρησιμοποιείται ο λόγος της κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας σε kWh προς τους συσκευασμένους τόνους.

$$\Delta EE_{(1)} = \text{Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh)} / \text{Συσκευασμένοι τόνοι (7.2)}$$

Ως μεταβλητή του Δείκτη χρησιμοποιείται η ποσότητα που συσκευάστηκε. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh), η Ποσότητα συσκευασμένων προϊόντων (tn) και ο μηνιαίος Δείκτης Ενεργειακής Επίδοσης για την περίοδο βάσης.

Πίνακας 36: Δείκτης ενεργειακής επίδοσης ηλεκτρικής ενέργειας

Περίοδος Βάσης	Πραγματική Κατανάλωση (kWh)	Ποσότητα συσκευασμένων προϊόντων(tn)	Ενεργειακός Δείκτης (kWh/Συσκευασμένου Τόνου)
Ιαν-21	25.680,00	1.232,29	20,84
Φεβ-21	22.240,00	939,04	23,68
Μαρ-21	21.760,00	862,29	25,24
Απρ-21	17.200,00	598,24	28,75
Μαϊ-21	17.200,00	590,98	29,10
Ιουν-21	18.080,00	577,56	31,30
Ιουλ-21	21.120,00	761,32	27,74
Αυγ-21	12.000,00	247,66	48,45

Αξιολόγηση ενέργειας και μέτρων εξοικονόμησης σε βιομηχανική εγκατάσταση
με τη χρήση στατιστικών μοντέλων

Σεπ-21	33.280,00	1.560,90	21,32
Οκτ-21	24.000,00	1.001,32	23,97
Νοε-21	32.480,00	1.649,51	19,69
Δεκ-21	26.320,00	1.164,07	22,61
Σύνολο	271.360,00	11.185,18	322,70
Μέσος Όρος	22.613,33	932,10	24,26

Στο παρακάτω διάγραμμα αποτυπώνεται η διακύμανση του Δείκτη Ενεργειακής Επίδοσης για την περίοδο βάσης.

Διάγραμμα 17: Κατανομή δείκτη ενεργειακής επίδοσης ηλεκτρικής ενέργειας



Ο Δείκτης Ενεργειακής Επίδοσης κατά την περίοδο βάσης ανέρχεται σε 24,26 kWh / τόνο.

Παρατηρούμε ότι ο Νοέμβριος είναι ο μήνας με τη μικρότερη τιμή του δείκτη ενώ η μεγαλύτερη τιμή εντοπίζεται τον Αύγουστο όπου η κατανάλωση ενέργειας ήταν πολύ μεγάλη σε σχέση με την παραγωγή.

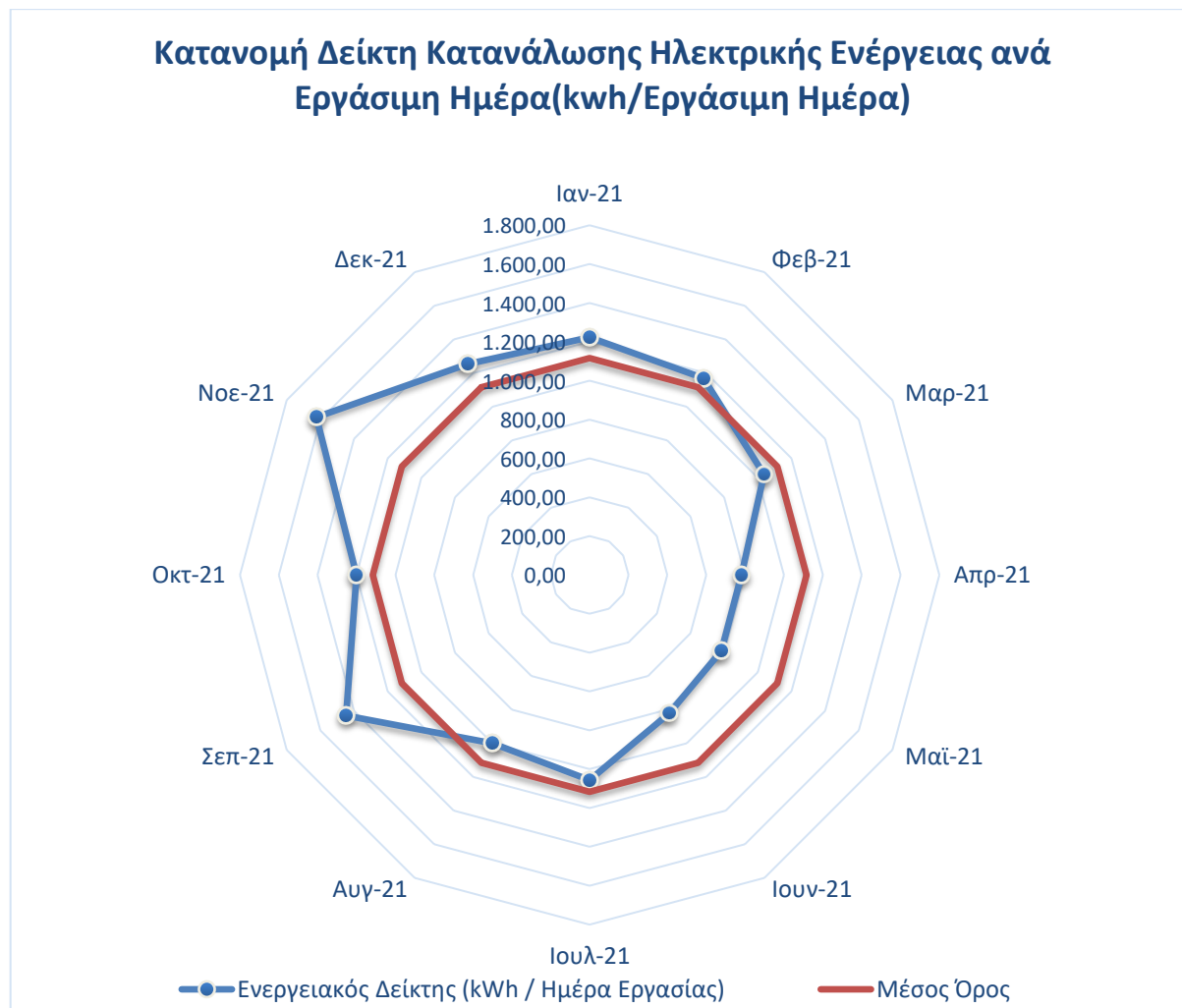
$$\Delta\text{EE}_{(2)} = \text{Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh)} / \text{Ημέρα Εργασίας (7.3)}$$

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh), οι εργάσιμες ημέρες και ο μηνιαίος Δείκτης Ενεργειακής Επίδοσης για την περίοδο βάσης.

Πίνακας 37: Δείκτης ενεργειακής επίδοσης ηλεκτρικής ενέργειας

Περίοδος Βάσης	Πραγματική Κατανάλωση (kWh)	Ημέρες Εργασίας	Ενεργειακός Δείκτης (kWh/Ημέρα Εργασίας)
Ιαν-21	25.680,00	21	1.222,86
Φεβ-21	22.240,00	19	1.170,53
Μαρ-21	21.760,00	21	1.036,19
Απρ-21	17.200,00	22	781,82
Μαϊ-21	17.200,00	22	781,82
Ιουν-21	18.080,00	22	821,82
Ιουλ-21	21.120,00	20	1.056,00
Αυγ-21	12.000,00	12	1.000,00
Σεπ-21	33.280,00	23	1.446,96
Οκτ-21	24.000,00	20	1.200,00
Νοε-21	32.480,00	20	1.624,00
Δεκ-21	26.320,00	21	1.253,33
Σύνολο	271.360,00	243	13.395,32
Μέσος Όρος	22.613,33	20,25	1.116,28

Στο παρακάτω διάγραμμα αποτυπώνεται η διακύμανση του Δείκτη Ενεργειακής Επίδοσης για την περίοδο βάσης.

Διάγραμμα 18: Κατανομή δείκτη ενεργειακής επίδοσης ηλεκτρικής ενέργειας

Ο Δείκτης Ενεργειακής Επίδοσης κατά την περίοδο βάσης για την ηλεκτρική ενέργεια ανέρχεται σε 1.116,28 kWh/ημέρα.

Παρατηρούμε ότι ο Απρίλιος και ο Μάιος είναι οι μήνες με τη μικρότερη τιμή του δείκτη ενώ η μεγαλύτερη τιμή εντοπίζεται τον Νοέμβριο.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με την ανάλυση της εγκατάστασης καταλήγουμε στα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. Η εγκατάσταση παρουσίαζε αρκετές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας.
2. Το σημαντικότερο βήμα για την κατάρτιση του τύπου ενεργειακής βάσης είναι η κατανόηση της παραγωγικής διαδικασίας, η εύρεση των ανεξάρτητων μεταβλητών και ο τρόπος που επηρεάζουν την κατανάλωση (γραμμικός ή μη).
3. Πραγματοποιήθηκαν διάφοροι συνδυασμοί για την εύρεση του βέλτιστου τύπου γραμμής βάσης ο οποίος θα είχε την καλύτερη συσχέτιση και το μικρότερο σφάλμα.
4. Ο τύπος της γραμμής βάσης παρουσιάζει εξαιρετική συσχέτιση ($R^2 = 96,7\%$) με αποτέλεσμα ο ελάχιστος επαληθεύσιμος στόχος εξοικονόμησης ενέργειας να είναι σχετικά μικρός.
5. Η εξοικονόμηση των μέτρων με εφαρμογή της προσαρμοσμένης γραμμής βάσης ανέρχεται σε 54.403,87 kWh.
6. Οι τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών της περιόδου 2018 και 2021 ήταν παραπλήσιες. Γι αυτό θεωρούμε ότι το σύνολο της εξοικονόμησης προέκυψε από την εφαρμογή των μέτρων και όχι από την εξοικονόμηση που επέρχεται σε περιπτώσεις αύξησης της παραγωγής.
7. Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε συνδυασμό με τις παραπλήσιες τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών έχει επιφέρει αντίστοιχη μείωση στις τιμές των δεικτών ενεργειακής επίδοσης (ΔΕΕ).
8. Η εξοικονόμηση ενέργειας φωτισμού προέκυψε από τον επιμερισμό ηλεκτρικής ενέργειας θεωρώντας παραπλήσια χρήση κατά τη διάρκεια των δύο (2) περιόδων που συγκρίνονται.
9. Η αρχική εκτίμηση εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας του μέτρου αντικατάστασης αεροσυμπιεστή σχεδόν ταυτίζεται με την εξοικονόμηση σύμφωνα με τις νέες μετρήσεις πεδίου. Η θεωρητική εξοικονόμηση ενέργειας ανερχόταν σε ποσοστό 40% ενώ σύμφωνα με τις μετρήσεις πεδίου ανέρχεται σε 41%.
10. Μετά την εφαρμογή των μέτρων αντικατάστασης λαμπτήρων με ενεργειακά αποδοτικότερους και του αεροσυμπιεστή σταθερών στροφών με αεροσυμπιεστή μεταβλητών στροφών επετεύχθη μείωση της συνολικής κατανάλωσης κατά 16,7 %.
11. Η εξοικονόμηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας φωτισμού ανέρχεται σε 31,5% μετά την εφαρμογή του μέτρου αντικατάστασης λαμπτήρων. Το μέτρο αποσβένει στο πριν τον 2^ο χρόνο εφαρμογής του και η καθαρή παρούσα αξία στη 10ετία είναι 6.500 €.

12. Η εξοικονόμηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας πεπιεσμένου αέρα ανέρχεται σε 41% μετά την εφαρμογή του μέτρου αντικατάστασης αεροσυμπιεστή. Το μέτρο αποσβένει στο πριν τον 5^ο χρόνο εφαρμογής του και η καθαρή παρούσα αξία στη 10ετία είναι μεγαλύτερη των 26.000 €.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΕΛΟΤ EN ISO 50001:2018, Συστήματα διαχείρισης της ενέργειας - Απαιτήσεις και οδηγίες εφαρμογής
- [2] ISO 50002:2014, Ενεργειακοί έλεγχοι – Απαιτήσεις με οδηγίες χρήσεως
- [3] ISO 50003:2014, Συστήματα διαχείρισης ενέργειας – απαιτήσεις για παρόχους ενεργειακών ελέγχων και πιστοποίησης συστημάτων διαχείρισης ενέργειας
- [4] ISO 50004:2014, Συστήματα διαχείρισης ενέργειας – Οδηγίες εφαρμογής, συντήρησης και βελτίωσης ενός συστήματος διαχείρισης ενέργειας
- [5] ISO 50006:2014, Συστήματα διαχείρισης ενέργειας – Μέτρηση ενεργειακής επίδοσης με χρήση γραμμών ενεργειακής βάσης και δείκτες ενεργειακής επίδοσης – Γενικές αρχές και οδηγίες
- [6] ISO 50015:2014, Συστήματα διαχείρισης ενέργειας – Μέτρηση και επαλήθευση της ενεργειακής επίδοσης Οργανισμών – Γενικές αρχές και οδηγίες
- [7] ΕΛΟΤ EN ISO 16247:2014 για ενεργειακούς ελέγχους
- [8] EN 16247-1: 2014, Ενεργειακοί έλεγχοι– Μέρος 1 : Γενικές απαιτήσεις
- [9] EN 16247-2: 2014, Ενεργειακοί έλεγχοι – Μέρος 2 : Κτίρια
- [10] EN 16247-3: 2014, Ενεργειακοί έλεγχοι – Μέρος 3
- [11] ISO 17741:2016 Γενικοί τεχνικοί κανόνες για μέτρηση, υπολογισμό και επαλήθευση της ΕΕ στα έργα
- [12] ISO 17742:2015 Ενεργειακή απόδοση και υπολογισμός εξοικονόμησης για χώρες, περιοχές και πόλεις
- [13] ISO 15686-5:2008, Buildings & constructed assets – Service life planning –Part 5: Life cycle costing.
- [14] IPMVP – International Performance Measurement and Verification Protocol (2012)
- [15] ASHRAE Standard 14- 2002, Measurement of Energy and Demand Savings
- [16] Απ. Ευθυμιάδης, Ρ. Βιρβίλη, ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, Πανελλήνιος Σύλλογος Διπλωματούχων Μηχανολόγων Ηλεκτρολόγων (ΠΣΔΜΗ), 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μηχανολόγων Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, Αθήνα, May 2007, Δελτίο του ΠΣΔΜΗ, Μάρτιος 2008
- [17] Απ. Ευθυμιάδης, Ρ. Βιρβίλη, ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, Πανελλήνιος Σύλλογος Διπλωματούχων

- Μηχανολόγων Ηλεκτρολόγων (ΠΣΔΜΗ), 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μηχανολόγων Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, Αθήνα, Μάϊος 2005, Δελτίο ΠΣΔΜΗ, Ιούνιος 2006
- [18] Αναστάσιος, Α. Δράκος και Γεώργιος Α. Καραθανάσης, Χρηματοοικονομική Διοίκηση των Επιχειρήσεων, Β Έκδοση, Εκδόσεις Μπένου, 2017
- [19] Οδηγός Ενεργειακών Ελέγχων (ΥΠΕΝ)
- [20] TOTEE 20701-1
- [21] NIR 2020
- [22] NIR 2022

ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

- [23] https://european-union.europa.eu/priorities-and-actions/actions-topic/energy_el
- [24] <https://ypen.gov.gr/energeia/energeiaki-exoikonomisi/energeiakoi-elegchoi/>
- [25] <https://www.atlascopco.com/en-gr/compressors/customerbenefit/vsd>
- [26] https://www.kafkas.gr/fotismos/?gelid=Cj0KCQjw1_SkBhDwARIsANbGpFt7NDRKXGeLuvJTwvcOzAsw2RicuRpsnraAeZXZlI363ceSmkuv0-EaAshkEALw_wcB