



*«Ενεργειακός Έλεγχος και Μέτρα
Εξοικονόμησης Ενέργειας σε
Κτήριο Αποθηκών»*

Τομέας Θερμότητας

Εργαστήριο Ατμοκινητήρων και Λεβήτων

Επιβλέπων: Καρέλλας Σωτήριος, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα 2022

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα Καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, κ. Σωτήριο Καρέλλα που με εμπιστεύτηκε με την ανάθεση του πολύ ενδιαφέροντος αυτού θέματος.

Θα ήθελα επίσης να αποδώσω ειδικές ευχαριστίες στον κ. Πλάτων Πάλλη ΕΜΠ Ε.ΔΙ.Π, ο οποίος καθ' όλη την διάρκεια της διπλωματικής αυτής με κατεύθυνε και με συμβούλευε παρά το δικό του επιβαρυνόμενο πρόγραμμα.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά τον Health, Safety & Energy Senior Manager της εταιρείας, για την βοήθεια του, χωρίς την οποία η διπλωματική αυτή δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί.

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.

Ονοματεπώνυμο

ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΦΥΤΑΛΗΣ

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	2
1. Εισαγωγή	6
1.1 Πλαίσιο	6
1.2 Σκοπός	7
2. Ενεργειακός Έλεγχος.....	8
2.1 Εισαγωγή στον Ενεργειακό Έλεγχο.....	8
2.2 Στόχοι του Ενεργειακού Ελέγχου	8
2.3 Κατηγορίες Ενεργειακών Ελέγχων.....	9
2.4 Κίνητρα εφαρμογής μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.....	10
2.5 Μη ενεργειακά κίνητρα εφαρμογής μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας	11
2.6 Αξιολόγηση της Επένδυσης.....	12
3. Περιγραφή της Εγκατάστασης	15
3.1 Τοποθεσία και Περιγραφή Εγκαταστάσεων	15
3.2 Λειτουργία και συντήρηση	19
4. Εξοπλισμός της εγκατάστασης.....	20
4.1 Φωτισμός.....	20
4.2 Κλιματισμός – αερισμός – ψύξη.....	24
4.3 Μηχανολογικός Εξοπλισμός	26
4.4 Στόλος οχημάτων	29
5. Χρήση Ενέργειας	31
5.1 Στόχος καταμερισμού ενέργειας.....	31
5.2 Μετρήσεις Εξωτερικής Θερμοκρασίας.....	32
5.3 Ζήτηση Ισχύος και Συντελεστής Ισχύος	33
5.4 Μετρήσεις Ενέργειας και επιμερισμός κατανάλωσης.....	34
6. Ενεργειακές Γραμμές Βάσεις.....	40
6.1 Γενικά στοιχεία για την Γραμμή Βάσης.....	40
6.2 Δεδομένα υπολογισμού της Γραμμής Βάσης	41
6.3 Υπολογισμός της Γραμμής Βάσης.....	42
7. Ενεργειακοί Δείκτες.....	45
7.1 Ετήσιοι Δείκτες Κατανάλωσης	45
7.2 Ετήσιοι Περιβαλλοντικοί Δείκτες	46
7.3 Μηνιαίοι δείκτες διακύμανσης και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.....	46
8. Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας.....	51
8.1 Εισαγωγή	51
8.2 Αλλαγή Μπαταριών Περονοφόρων.....	52
8.2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΜΟΛΥΒΔΟΥ – ΟΞΕΩΣ ΚΑΙ ΙΟΝΤΩΝ ΛΙΘΙΟΥ.....	52
8.2.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	54
8.3 Αλλαγή Λαμπών LED με LED Νέας Τεχνολογίας.....	72
8.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΛΑΜΠΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ LED.....	72
8.3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ.....	73

8.4	Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκών στην Εγκατάσταση.....	80
8.4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ.....	80
8.4.2	ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ.....	81
8.5	Πρόσθετα Μέτρα Ενεργειακής Αναβάθμισης.....	85
8.5.1	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΣΚΙΑΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ	85
8.5.2	ΑΛΛΑΓΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	88
9.	Κατάλογος Εικόνων	90
10.	Κατάλογος Πινάκων.....	91
11.	Πηγές.....	93

1. Εισαγωγή

1.1 Πλαίσιο

Βασικό μέλημα της σύγχρονης κοινωνίας του 21^{ου} αιώνα είναι η ενεργειακή της επάρκεια και ασφάλεια. Οι ανθρώπινες ανάγκες αυξάνονται ολοένα και περισσότερο, οδηγώντας σε ταυτόχρονη αύξηση των ενεργειακών μας αναγκών. Η ενέργεια σήμερα προέρχεται ως επί το πλείστον από μη ανανεώσιμες πηγές, αυξάνοντας το ενεργειακό μας αποτύπωμα και οδηγώντας σε ακραία φαινόμενα όπως η έξαρση του φαινομένου του θερμοκηπίου και κατ' επέκταση το λιώσιμο των πάγων στους πόλους.

Οι κυβερνήσεις ανά τον κόσμο, σε συνεργασία με διεθνείς οργανισμούς αναγνώρισαν το πρόβλημα και έθεσαν στόχους έως το 2050 σχετικά με την μείωση των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου. Συγκεκριμένα, ο στόχος της Συμφωνίας του Παρισιού σε ευρωπαϊκό επίπεδο είναι η μείωση των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 55% μέχρι το 2030 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990, ώστε να περιοριστεί η συνεχόμενη αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

Οι χώρες της Ευρώπης ήδη υλοποιούν προγράμματα περιορισμού του ενεργειακού τους αποτυπώματος με άμεση μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας τόσο σε κεντρικό όσο και σε αποκεντρωμένο επίπεδο. Η κίνηση, αυτή, ορίζει την παγκόσμια ανάγκη για την μετάβαση σε μία πιο πράσινη πραγματικότητα. Η μετάβαση σε ενεργειακά βέλτιστα μοντέλα αποδίδει έμπρακτα την περιβαλλοντική μέριμνα που εδώ και αρκετά χρόνια συζητείται. Με τις προτεινόμενες αλλαγές, η παραγωγή και η κατανάλωση σε παγκόσμιο επίπεδο τείνουν να αποκτήσουν τόσο περιβαλλοντοκεντρικό όσο και ανθρωποκεντρικό χαρακτήρα κάτι που εκλείπει στην σύγχρονη ταχύρρυθμη καθημερινότητα. Άμεσο αποτέλεσμα του προαναφερθέντος είναι η εκ νέου ρύθμιση της οικονομίας. Η πράσινη και κυκλική οικονομία ορίζεται ως ο βασικός στόχος της παγκόσμιας κίνησης με τον ενεργειακό έλεγχο να αποτελεί το εναρκτήριο βήμα. Εκτός από τα κράτη, τόσο μικρές, όσο και μεγάλες εταιρείες θέτουν ως προτεραιότητα την ενεργειακή απεξάρτηση από μη ανανεώσιμες πηγές, οδεύοντας σε ένα πιο πράσινο μέλλον.

Όπως αναφέρθηκε, στο πλαίσιο αυτό συμβάλλει άμεσα ο ενεργειακός έλεγχος, κατά τον οποίο τίθεται η κατεύθυνση προς την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, η οποία προκύπτει έπειτα από την ενεργειακή αποτύπωση του εκάστοτε χώρου και στην συνέχεια τις προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας [12]. Οι προτάσεις, αυτές, αποκτούν επενδυτικό χαρακτήρα για τις εταιρείες, με αποτέλεσμα να υπόκεινται σε εκτενείς οικονομικούς ελέγχους. Αυτό αποτελεί και το μεγαλύτερο πρόβλημα: Τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που σκοπεύουν στην αλλαγή της οικονομίας αξιολογούνται βάσει της υπάρχουσας μορφής της οικονομίας. Οι μη επαρκείς οικονομικοί πόροι, είτε οι λιγιστοί που δίδονται από τα παγκόσμια ή τα εθνικά επενδυτικά προγράμματα, πολλές φορές δεν είναι αρκετοί – κατά βάσει για τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις – ώστε τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας να πραγματοποιηθούν. Παρόλα αυτά, το βασικότερο

εφόδιο, το οποίο αποτελεί και πυρήνα της παρούσας εργασίας, δηλαδή ο ενεργειακός έλεγχος είναι και εκείνος που σταδιακά μειώνει τη σημαντικότητα του εξεταζόμενου προβλήματος: Όσο περισσότερο καταναλώνεται ενέργεια στο σχεδιασμό και την έρευνα προς εύρεση των καταλληλότερων δυνατών μέτρων εξοικονόμησης τόσο λιγότερη ενέργεια θα καταναλώνεται μετ' έπειτα και τόσο λιγότεροι οικονομικοί πόροι θα απαιτούνται προς πραγμάτωση των μέτρων.

Με την πάροδο των ετών παρατηρείται αύξηση της μέριμνας γύρω από το περιβάλλον με την αλλαγή των ενεργειακών προτύπων αλλά και την ένταξη ανανεωμένων προγραμμάτων ενεργειακής αναβάθμισης, όπως το «εξοικονομώ», με φιλικότερες παραμέτρους που τα καθιστούν πραγματοποιήσιμα. Τέλος, παρατηρείται και ανόρθωση βάσει ενεργειακών προτύπων, αλλά και ενεργειακή αναβάθμιση κατασκευών τόσο από δημόσιους φορείς όσο και από ιδιώτες.

1.2 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διενέργεια ενός αναλυτικού ενεργειακού ελέγχου στην εξεταζόμενη αποθήκη από τον οποίο θα προκύψουν συγκεκριμένες προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στις εγκαταστάσεις της εταιρείας.

Στόχος του ενεργειακού ελέγχου είναι η καταγραφή και ανάλυση των καταναλώσεων ενέργειας ανά κατηγορίες (φωτισμός, κλιματισμός, κλπ.) και στη συνέχεια η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, μέσω συγκεκριμένων και αναλυτικών επεμβάσεων.

Εκτός από τα πολλαπλά περιβαλλοντικά οφέλη των προτεινόμενων επεμβάσεων εξοικονόμησης, θα αναδειχθούν παράλληλα και τα εξίσου σημαντικά οικονομικά οφέλη. Τέλος θα αναλυθούν τα μη ενεργειακά οφέλη τέτοιων επεμβάσεων, τα οποία μπορεί χαρακτηριστικά να είναι η μείωση των ατυχημάτων, η βελτίωση των συνθηκών εργασίας και η συμβολή στο κοινωνική εταιρική ευθύνη της εταιρείας.

2. Ενεργειακός Έλεγχος

2.1 Εισαγωγή στον Ενεργειακό Έλεγχο

Ως Ενεργειακός Έλεγχος ορίζεται ένα σύνολο διαδικασιών, από τις οποίες προκύπτει εξακρίβωση, παρακολούθηση και ολοκληρωμένη γνώση του υφιστάμενου συνόλου χαρακτηριστικών ενεργειακής κατανάλωσης ενός εξεταζόμενου συστήματος. (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2017)

Ο Ενεργειακός Έλεγχος είναι υποχρεωτικός με βάση νομοθεσία του Ιουλίου 2017, (άρθρο 10 του Ν 4342/2015 για την ενεργειακή απόδοση (ΦΕΚ Α' 143) και η Υπουργική Απόφαση οικ. 175275/22.05.2018) για όλες τις μεσαίες και μεγάλες επιχειρήσεις και αποτελεί το πρώτο βήμα ενός Προγράμματος Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΠΕΕ). [13]

Το εξεταζόμενο σύστημα στο οποίο μπορεί να εφαρμοστεί ενεργειακός έλεγχος είναι ένα κτήριο, ή μια ομάδα κτηρίων, μια βιομηχανική δραστηριότητα ή μια ολόκληρη εγκατάσταση με πληθώρα διεργασιών, καθώς και δημόσιες ή ιδιωτικές υπηρεσίες.

Ο Ενεργειακός Έλεγχος εν γένει περιλαμβάνει τα ακόλουθα μέρη:

- Ανάλυση ενεργειακών στοιχείων
- Καταγραφή μηχανολογικού εξοπλισμού
- Ενεργειακή Αποτύπωση
- Προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας
- Αξιολόγηση επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας.

2.2 Στόχοι του Ενεργειακού Ελέγχου

Στόχοι του ελέγχου είναι:

- Η καταγραφή των καταναλώσεων ενέργειας.
- Η ανάλυση της καταγραφής με κατηγοριοποίηση των εν λόγω καταναλώσεων.
- Η μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω της βελτιστοποίησης της κατανάλωσης των επιμέρους συστημάτων.

2.3 Κατηγορίες Ενεργειακών Ελέγχων

1. Κατηγορία Α': Κτήρια κατοικιών, κτίρια γραφείων έως και δύο χιλιάδες τετραγωνικά μέτρα (2000 τ.μ.), εμπορικά καταστήματα έως και δύο χιλιάδες τετραγωνικά μέτρα (2000 τ.μ.) και επαγγελματικά εργαστήρια με εγκατεστημένη κινητήρια ισχύ που δεν υπερβαίνει τα είκοσι δύο κιλοβάτ (22 kW) ή θερμική τα πενήντα κιλοβάτ (50 kW)
2. Κατηγορία Β': Κτίρια γραφείων άνω των δύο χιλιάδων τετραγωνικών μέτρων (2000 τ.μ.), εμπορικά κτίρια άνω των δύο χιλιάδων τετραγωνικών μέτρων (2000 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 χίλια κιλοβάτ (1.000 kW).
3. Κατηγορία Γ': Βιομηχανικές και βιοτεχνικές εγκαταστάσεις με συνολική εγκατεστημένη ισχύ άνω των χιλίων κιλοβάτ (1.000 kW).

Αναφορικά με την 3^η κατηγορία και τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, οι ενεργειακοί έλεγχοι μπορούν να χωριστούν σε δύο υποκατηγορίες, ανάλογα με το βάθος της μελέτης που θα πραγματοποιηθεί από τον ενεργειακό ελεγκτή. Οι δύο υποκατηγορίες είναι ο συνοπτικός ενεργειακός έλεγχος που διενεργείται σε 5-10 ημέρες και ο εκτενής ενεργειακός έλεγχος που απαιτεί διάστημα αρκετών εβδομάδων για να ολοκληρωθεί [13]. Συγκεκριμένα:

Ο συνοπτικός έλεγχος περιλαμβάνει:

- Εντοπισμός μέτρων άμεσης απόδοσης με βάση διαθέσιμα στοιχεία.
- Προκαταρτική ανάλυση των ενεργειακών αναγκών ανά μορφή ενέργειας και τομέα τελικής χρήσης.
- Αξιολόγηση επεμβάσεων με γνώμονα την προσδοκώμενη εξοικονόμηση και το ύψος της απαιτούμενης δαπάνης.
- Οριοθέτηση αντικειμένου εκτενούς ενεργειακού ελέγχου.

Ο εκτενής έλεγχος περιλαμβάνει:

- Συλλογή νέων μετρητικών δεδομένων με στόχο τη δημιουργία ενεργειακών ισοζυγίων με περισσότερη ακρίβεια στις ενεργοβόρες μονάδες
- Ακριβή εκτίμηση καταναλώσεων ενέργειας και συσχέτιση με άλλους παράγοντες που επηρεάζουν καταναλώσεις.
- Δημιουργία Ενεργειακής Γραμμής Βάσης.

- Συγκεκριμένες προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που περιλαμβάνουν την τεχνοοικονομική ανάλυση, με δείκτες όπως: Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV), Χρόνος Αποπληρωμής, IRR, κ.α.

2.4 Κίνητρα εφαρμογής μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας

Η ενεργειακή αποδοτικότητα είναι, για τις περισσότερες εταιρείες, μέρος ενός συνολικού περιβαλλοντικού προγράμματος, το οποίο περιλαμβάνει εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, μόλυνση του νερού και απόβλητα. [13] Η εφαρμογή των μέτρων εξοικονόμησης γίνεται με βάση 3 καίρια κίνητρα:

1. Οικονομικά

Η μείωση κόστους συνιστά τον βασικό παράγοντα για τον οποίο οι εταιρείες στοχεύουν στην ενεργειακή αποδοτικότητα και στην υιοθέτηση μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Οι εταιρείες αναζητούν συνεχώς τρόπους να βελτιώσουν τις παραγωγικές τους διαδικασίες, κάνοντάς τες παράλληλα οικονομικά αποδοτικότερες. Εκτός αυτού, η μείωση της εξάρτησης από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (πετρέλαιο, φυσικό αέριο), μειώνει σημαντικά το ρίσκο της απότομης αύξησης των τιμών της ενέργειας και των σχετιζόμενων με αυτή προϊόντων.

2. Νομικά

Οι εταιρείες οφείλουν να λειτουργούν μεταξύ των ορίων που θέτει η εκάστοτε νομοθεσία, είτε αυτή είναι εθνική, είτε Ευρωπαϊκή, Παγκόσμια κλπ. Για παράδειγμα, η Οδηγία 2001/81/ΕΚ σχετικά με εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών για ορισμένους ατμοσφαιρικούς ρύπους (διοξειδίου του θείου, οξειδίων του αζώτου, πτητικών οργανικών ενώσεων, αμμωνίας) καθορίζει τα ευρωπαϊκά όρια αναφορικά με τις εκπομπές των ανωτέρων ρύπων. Στο πλαίσιο αυτό, οι εταιρείες των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης εναρμονίζονται, καθώς σε αντίθετη περίπτωση έχουν προβλεφθεί ανάλογα πρόστιμα.

3. Κοινωνικά

Τα κοινωνικά κίνητρα διαμορφώνονται από την ανάλογη κοινωνική πίεση που ασκείται στην εκάστοτε εταιρεία σε περίπτωση μη εφαρμογής μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας φιλικών προς το περιβάλλον. Η κοινωνική πίεση που ασκείται χωρίζεται σε 2 κατηγορίες:

- Εξωτερική:

Η εξωτερική πίεση ασκείται από το εξωτερικό περιβάλλον της επιχείρησης και κυρίως από τα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης, τις Μη Κυβερνητικές Οργανώσεις, αλλά και το απλό καταναλωτικό κοινό. Οι πιέσεις αυτές μπορούν να οδηγήσουν σε έντονη δυσφήμιση των προϊόντων ή υπηρεσιών της επιχείρησης ακόμα και σε μποϊκοτάζ από τους καταναλωτές.

- Εσωτερική:

Η εσωτερική πίεση προκύπτει από την ανάγκη στο εσωτερικό της εκάστοτε επιχείρησης να υιοθετήσει πιο πράσινη στρατηγική. Το γεγονός αυτό θα ικανοποιήσει τόσο τους εργαζόμενους, οι οποίοι θα αισθάνονται πως ανήκουν σε μια επιχείρηση που σέβεται το περιβάλλον και λαμβάνει μέτρα προς την προστασία του, όσο και το διοικητικό συμβούλιο, το οποίο θα εδραιώσει τη θέση της επιχείρησης ως περιβαλλοντικά υπεύθυνη.

Καθίσταται σαφές πως η κοινωνική πίεση που ασκείται είναι τόσο ισχυρή, ώστε να μετατοπίσει τη στρατηγική μια εταιρείας προς την υιοθέτηση μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, όπως αυτά προκύπτουν από τον ενεργειακό έλεγχο.

2.5 Μη ενεργειακά κίνητρα εφαρμογής μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας

Τα μη ενεργειακά κίνητρα εφαρμογής μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας (Non-Energy Benefits, NBE) είναι τα οφέλη εκείνα που δεν προκύπτουν άμεσα μέσω της μείωσης των εξόδων, αλλά αφορούν άλλες πιο έμμεσες κατηγορίες [13] όπως:

- Βελτίωση των εργασιακών συνθηκών:

Η βελτίωση αφορά την εξυγίανση του ατμοσφαιρικού αέρα που εισπνέουν οι εργαζόμενοι, μέσω της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επίσης αφορά την μείωση των εργατικών ατυχημάτων, μέσω της αγοράς σύγχρονων μηχανημάτων. Εκτός αυτών, βελτιώνει την ποιότητα του εργασιακού περιβάλλοντος μέσω της βελτίωσης της οπτικής άνεσης των εργαζομένων και της ελαχιστοποίησης των θερμοκρασιακών μεταπτώσεων εντός της επιχείρησης. Τέλος, σχετίζεται άμεσα με το αίσθημα που αποκτούν οι εργαζόμενοι, γνωρίζοντας πως εργάζονται σε μια επιχείρηση που είναι περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένη και προβαίνει στα απαραίτητα μέτρα με σκοπό να περιορίσει το περιβαλλοντικό της αποτύπωμα.

- Βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας:

Η παραγωγική διαδικασία μέσω της εφαρμογής μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας βελτιώνεται, καθώς ελαττώνονται οι βλάβες στο μηχανολογικό εξοπλισμό, αυξάνεται η διάρκεια ζωής του εξοπλισμού, απαιτείται μικρότερη συντήρηση, άρα αυξημένη παραγωγικότητα.

- Βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων:

Είναι πιθανό, μια επένδυση εξοικονόμησης ενέργειας να βελτιώσει αισθητά την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων, καθώς αυτά θα παράγονται μέσω εξοπλισμού τελευταίας τεχνολογίας.

2.6 Αξιολόγηση της Επένδυσης

Η αξιολόγηση μιας επένδυσης είναι μια διττή διαδικασία κατά την οποία αξιολογείται το επενδυτικό ρίσκο έναντι του προσδοκώμενου κέρδους. Τα δύο παραπάνω κριτήρια αναλύονται μέσω μεθόδων επενδυτικής ανάλυσης:

- Περίοδος αποπληρωμής

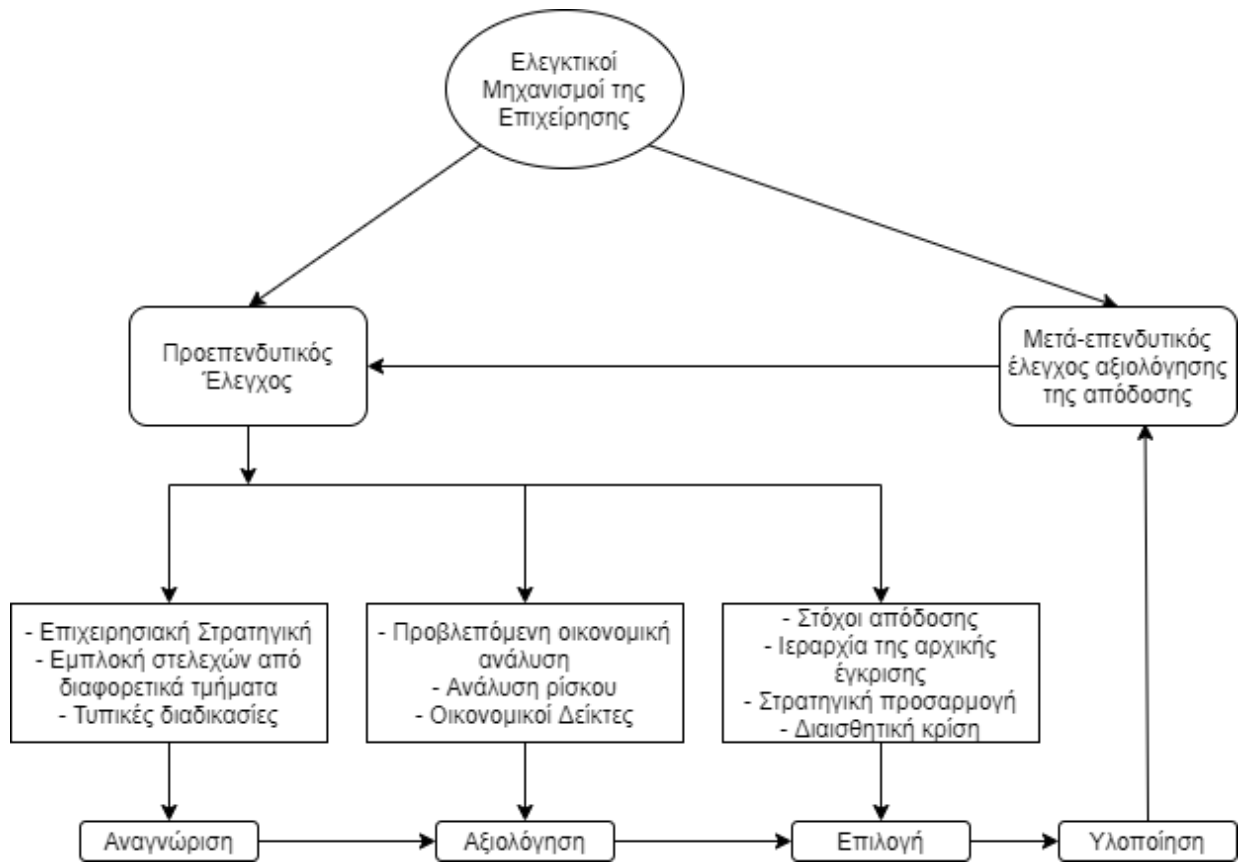
Η περίοδος αποπληρωμής αφορά την χρονική περίοδο κατά την οποία ξεπληρώνεται μια επένδυση και υπολογίζεται από τον λόγο του κέρδους που προκύπτει από την επένδυση προς το κόστος της αρχικής επένδυσης. Όσο μικρότερη είναι η περίοδος αποπληρωμής, τόσο πιο ελκυστική καθίσταται μια επένδυση.

- Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης % (Internal Rate of Return: IRR)

Πρόκειται για έναν δείκτη που υπολογίζει την κερδοφορία μιας πιθανής επένδυσης. Ο όρος «εσωτερικός» αναφέρεται στο γεγονός ότι ο υπολογισμός αποκλείει εξωτερικούς παράγοντες όπως ο πληθωρισμός και το κόστος κεφαλαίου.

- Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Present Value: NPV)

Η καθαρή παρούσα αξία είναι η διαφορά μεταξύ της παρούσας αξίας των ταμειακών εισροών και της παρούσας αξίας των ταμειακών εκροών για μια χρονική περίοδο. Η καθαρή παρούσα αξία χρησιμοποιείται στον προϋπολογισμό κεφαλαίου και στον προγραμματισμό επενδύσεων για την ανάλυση της κερδοφορίας μιας προβλεπόμενης επένδυσης. Πέρα από τους δείκτες, οι οποίοι υπολογίζονται μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή για μια επιλεγμένη περίοδο, η απόφαση υλοποίησης μιας επένδυσης είναι μια δυναμική διαδικασία η οποία περνάει από πολλά στάδια. Μερικά από τα στάδια αυτά είναι η αναγνώριση της ευκαιρίας/επένδυσης, η ανάλυση, η αξιολόγηση, η επιλογή και τέλος η υλοποίηση. Μια επένδυση όμως δεν σταματά στην υλοποίηση, απαιτείται η περεταίρω αξιολόγηση της επένδυσης κατά τη διάρκεια της υλοποίησης, ή και μετά από αυτή για να διαπιστωθεί πως επιτυγχάνεται η ζητούμενη απόδοση. Στο παρακάτω γράφημα φαίνονται τα στάδια αξιολόγησης μιας επένδυσης τόσο πριν, όσο και μετά την υλοποίηση της.



Εικόνα 1: Διαδικασία ελέγχου για υλοποίηση επένδυσης

3. Περιγραφή της Εγκατάστασης

3.1 Τοποθεσία και Περιγραφή Εγκαταστάσεων

Η εξεταζόμενη αποθήκη βρίσκεται στον δήμο Ασπροπύργου, στον παράδρομο της Αττικής Οδού. Δέχεται και διακινεί αποκλειστικά ξηρά προϊόντα, χωρίς ανάγκη ψύξης και ως επί το πλείστον μεγάλη διάρκεια ζωής.



Εικόνα 2: Χωροθέτηση Αποθήκης

Το εξεταζόμενο κτήριο έχει έκταση 26,877 τετραγωνικά μέτρα (m^2) με μέσο ύψος τα 11 μέτρα. Χρησιμοποιείται για αποθήκευση και διακίνηση προϊόντων. Αποτελείται από χώρους αποθήκευσης προϊόντων με ράφια, χώρους γραφείων, βοηθητικούς χώρους ανάπαυσης των εργαζομένων και βοηθητικούς μηχανολογικούς χώρους. Τα ράφια έχουν πλάτος κατά μέσο όρο 2 μέτρα, απέχουν μεταξύ τους απόσταση 4 μέτρα και καλύπτουν σχεδόν το σύνολο του ύψους του κτηρίου.

Το κτήριο εκτείνεται σε 3 επίπεδα. Στο ισόγειο στεγάζονται οι αποθηκευτικοί χώροι, ο χώρος φόρτισης περνοφόρων οχημάτων, το συνεργείο και η ανασυσκευασία. Στον όροφο στεγάζονται τα γραφεία κίνησης, η αίθουσα συσκέψεων και οι χώροι ανάπαυσης των εργαζομένων (καντίνα, τουαλέτα). Στο υπόγειο βρίσκονται οι μηχανολογικοί χώροι που περιλαμβάνουν μετασχηματιστές μέσης τάσης (ΜΤ), τα γενικά πεδία χαμηλής τάσης (ΓΠΧΤ), το

πυροσβεστικό συγκρότημα, γεννήτριες κα. Το κτήριο διαθέτει συνολικά 30 ράμπες φορτοεκφόρτωσης προϊόντων. Για λόγους διευκόλυνσης του ελέγχου, η αποθήκη χωρίζεται σε 3 συγκροτήματα:

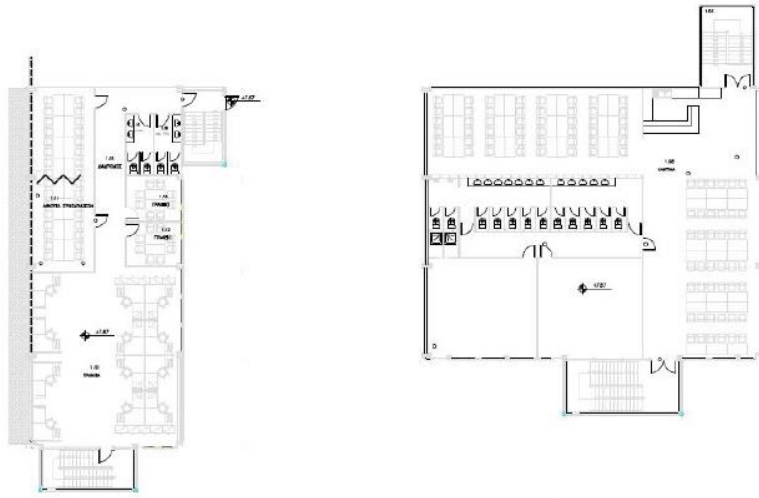
1. Αποθηκευτικοί χώροι (~ 25654 m²)
2. Χώροι γραφείων (~ 966 m²)
3. Μηχανολογικοί χώροι (~ 414 m²)



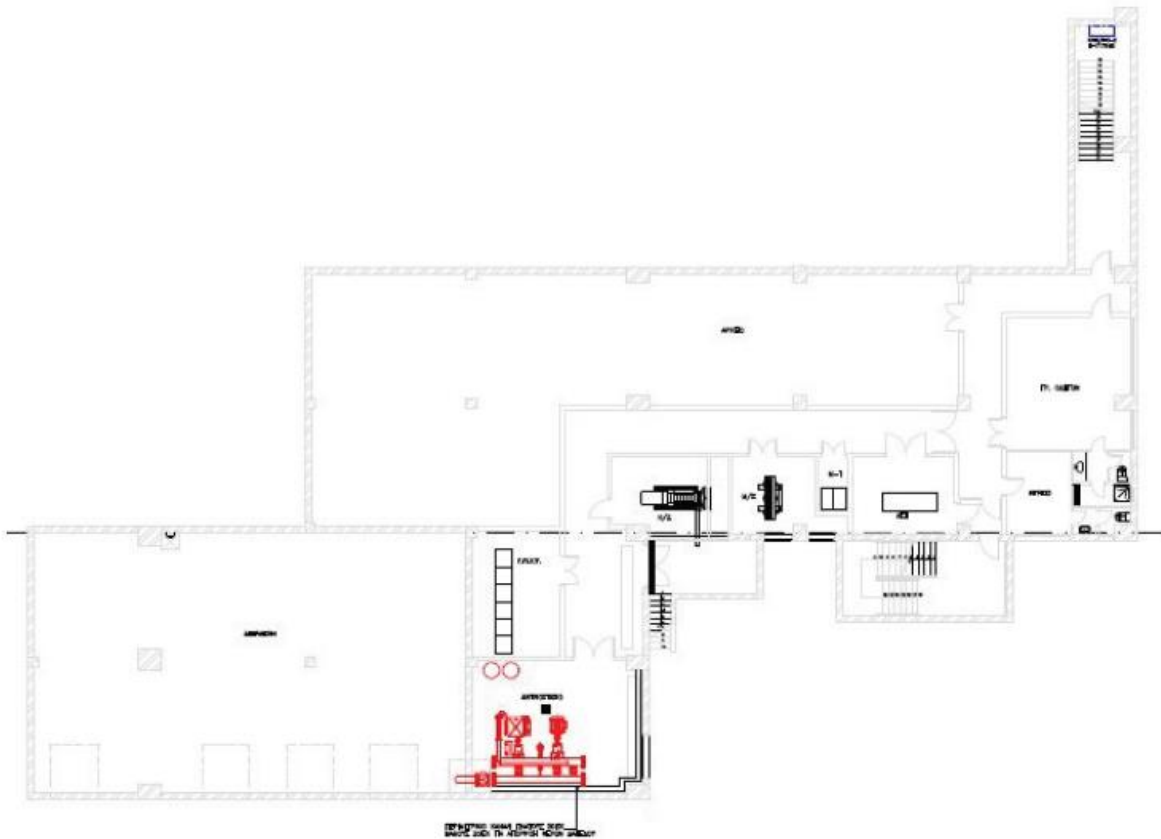
Εικόνα 3: Κάτοψη Αποθηκευτικών Χώρων



Εικόνα 4: Χώροι Φορτοεκφόρτωσης, Εναπόθεσης Προϊόντων, Φόρτισης Περονοφόρων



Εικόνα 5: Κάτοψη Γραφειακών Χώρων



Εικόνα 6: Κάτοψη Μηχανολογικών Χώρων

3.2 Λειτουργία και συντήρηση

Η αποθήκη απασχολεί συνολικά 64 εργαζομένους, λειτουργώντας σε δύο οκτάωρες βάρδιες. Η αποθήκη λειτουργεί τις εργάσιμες καθημερινές ημέρες, από Δευτέρα έως Παρασκευή, 06:00 με 22:00. Ο τεχνητός φωτισμός λειτουργεί και τις 16 ώρες. Η αποθήκη στο μεγαλύτερο μέρος της δεν έχει κλιματισμό, καθώς τα συγκεκριμένα προϊόντα δεν χρήζουν ψύξης ή θέρμανσης. Κλιματισμός υπάρχει στους χώρους γραφείων και ανάπαυσης των εργαζομένων, όπου και λειτουργεί κατά τη διάρκεια της βάρδιας και με βάση τις προτιμήσεις των εργαζομένων. Στους εξωτερικούς χώρους τα φώτα λειτουργούν από τη δύση ως την ανατολή του ηλίου, το οποίο υπολογίζεται κατά μέσο όρο 10 ώρες.

Τα ανυψωτικά περονοφόρα μηχανήματα φορτίζουν κατά τη διάρκεια της ημέρας, καθώς κατά τη διάρκεια της νύχτας δεν υπάρχει παρουσία προσωπικού στους χώρους της αποθήκης και αποφεύγεται για λόγους ασφαλείας. Ο κύριος όγκος τους φορτίζεται κατά το άνοιγμα και το κλείσιμο της αποθήκης. Μέρος των ανυψωτικών μηχανημάτων φορτίζεται για μικρό χρονικό διάστημα τις πρωινές ώρες (περί τις 6.00), ενώ ο κύριος όγκος τους φορτίζεται το μεσημέρι (περί τις 12.00) έως τη λήξη της βάρδιας. Λόγω συνεχούς κίνησης μέσα στην αποθήκη, τα ανυψωτικά τοποθετούνται στο χώρο φόρτισης καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας για επαναφόρτιση.

Η εταιρεία ακολουθεί αυστηρά πρότυπα συντήρησης των εγκαταστάσεων, με αποτέλεσμα όλα τα εγκατεστημένα συστήματα να συντηρούνται σύμφωνα με το προκαθορισμένο πρόγραμμα που απαιτείται από τον κατασκευαστή τους.

4. Εξοπλισμός της εγκατάστασης

4.1 Φωτισμός

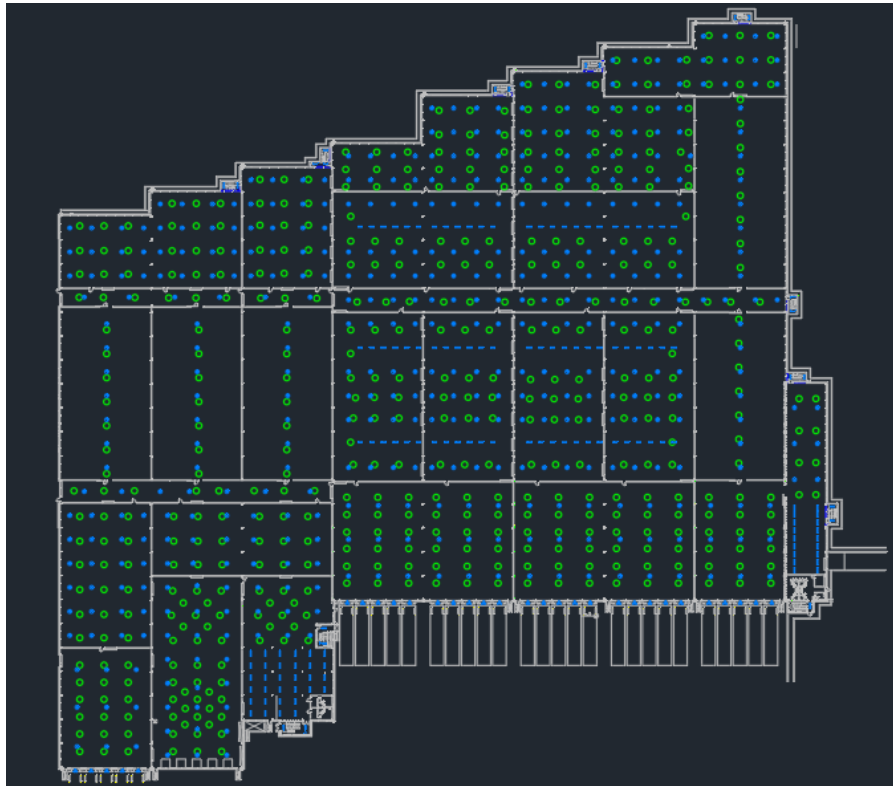
Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται αναλυτικά ο φωτισμός στο σύνολο της εγκατάστασης. Συγκεκριμένα, οι πίνακες περιλαμβάνουν τον αριθμό των όμοιων τεμαχίων φωτισμού ανά διαμέρισμα της αποθήκης (department – Dpt), την εγκατεστημένη ισχύ, τις εκτιμώμενες ώρες λειτουργίας και την εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση σε kWh / έτος.

1. Φωτοσωλήνες

Η αποθήκη της διαθέτει 379 φωτοσωλήνες στην οροφή του κτηρίου, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τον επαρκή φωτισμό των περισσότερων αποθηκευτικών χώρων τις ημέρες που επικρατεί ηλιοφάνεια. Τις ημέρες όπου η ηλιοφάνεια δεν επαρκεί, τίθενται σε λειτουργία ο συμβατικός φωτισμός.

Πίνακας 4-1: Κατανομή φωτοσωλήνων ανά διαμέρισμα

Διαμέρισμα (Department)	Έκταση (m ²)	Φωτοσωλήνες
Dpt. 17 (Customization area)	765	10
Dpt. 18B (manipin - manipout)	410	15
Dpt. 19 (STAGE 16-25)	1347	36
Dpt. 20 (STAGE 6-15)	1347	36
Dpt. 21 (STAGE 1-5)	678	18
Battery charging station + Workshop	483	8
Dpt. 02	987	7
Dpt. 03	972	7
Dpt. 04	972	7
Dpt. 05	3845	64
Dpt. 06	947	7
Dpt. 07	958	24
Dpt. 08	970	21
Dpt. 09	688	15
Dpt. 10	2196	26
Dpt. 11	1093	8
Dpt. 12	696	13
Dpt. 13	1220	33
Dpt. 14	816	24



Εικόνα 7: Οι Φωτοσωλήνες (με πράσινο) στην Οροφή του Κτηρίου

2. Καμπάνες LED

Παρά την ύπαρξη φωτοσωλήνων, η ύπαρξη συμβατικών φωτιστικών σωμάτων όπως οι καμπάνες LED είναι απαραίτητη για την ομαλή λειτουργία της αποθήκης. Έχει παρατηρηθεί πως οι φωτοσωλήνες δεν επαρκούν τόσο τις πρωινές ώρες πριν το μεσημέρι, όσο και τις απογευματινές ώρες πριν τη δύση. Ακόμα και τις μεσημεριανές ώρες όμως, υπάρχει πιθανότητα συννεφιάς, η οποία καθιστά αναγκαία τη χρήση των καμπανών. Πολλές φορές, ο τεχνητός φωτισμός παραμένει ενεργός στο σύνολο της βάρδιας (16 ώρες) και για αυτό το λόγο η άσκηση πραγματοποιείται με βάση αυτή την ακραία περίπτωση. Συγκεκριμένα για τις καμπάνες, πρόκειται για 69 τεμάχια των 100W και 314 τεμάχια των 150W τα οποία χωρίζονται σε διαμερίσματα σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4-2: Κατανομή Καμπανών LED ανά Διαμέρισμα

Διαμέρισμα (Department)	Τεμάχια	Εγκατεστημένη Ισχύς (W)	Ώρες λειτουργίας	Εκτιμώμενη κατανάλωση (kWh /έτος)
Dpt. 17 (Customization area)	9	100	16	3758
Dpt. 18B (manipin - manipout)	9	100	16	3758
Dpt. 19 (STAGE 16-25)	18	100	16	7517
Dpt. 20 (STAGE 6-15)	18	100	16	7517
Dpt. 21 (STAGE 1-5)	9	100	16	3758
Battery charging station + Workshop	6	100	16	2506
Dpt. 02	7	150	16	4385
Dpt. 03	7	150	16	4385
Dpt. 04	7	150	16	4385
Dpt. 05	80	150	16	50112
Dpt. 06	7	150	16	4385
Dpt. 07	26	150	16	16286
Dpt. 08	28	150	16	17539
Dpt. 09	20	150	16	12528
Dpt. 10	48	150	16	30067
Dpt. 11	8	150	16	5011
Dpt. 12	20	150	16	12528
Dpt. 13	32	150	16	20045
Dpt. 14	24	150	16	15034

Η συνολική κατανάλωση ενέργειας των καμπανών είναι 225,504 kWh / έτος, αν θεωρήσουμε πως λειτουργούν στο σύνολο της βάρδιας (16 ώρες).

3. Γραμμικά φωτιστικά σώματα Led

Τα γραμμικά φωτιστικά πλαισιώνουν τις καμπάνες LED, προσφέροντας ομαλή ορατότητα στο σύνολο της αποθήκης. Αναφορικά με την ισχύ, μόλις 12 από τα 283 φωτιστικά είναι 23.6 KW (νέας τεχνολογίας LED, μικρότερης ονομαστικής ισχύος με μεγαλύτερη απόδοση), ενώ τα υπόλοιπα είναι 36 KW (χρόνος εγκατάστασης 2015). Παρακάτω η κατανομή τους σε διαμερίσματα:

Πίνακας 4-3: Κατανομή Γραμμικών Φωτιστικών Σωμάτων ανά Διαμέρισμα

Διαμέρισμα (Department)	Τεμάχια	Εγκατεστημένη Ισχύς (W)	Ώρες λειτουργίας	Εκτιμώμενη κατανάλωση (kWh /έτος)
Dpt. 17 (Customization area)	32	36	16	3705
Battery charging station + Workshop	21	36	12	1823
Dpt. 05	70	36	16	5789
Dpt. 10	38	36/23.60	16	2416
Waste area	20	36	8	1158
Basement (lockers - E/M Equipment area)	47	36	16	5441
Staircase #1 (entrance customization)	3	36	16	347
Staircase #2(entrance inbound)	2	36	16	232
Staircase #3(entrance back office)	3	36	16	347
Staircase #4(workshop)	3	36	16	347
Staircase #5(battery charging station)	4	36	16	463
Staircase #6(corridor 7)	5	36	16	579
Staircase #7(dpt 12)	6	36	16	695
Staircase #8(dpt 13)	6	36	16	695
Staircase #9(dpt 14)	7	36	16	810
Staircase #10(dpt 09)	7	36	16	810
Staircase #11(dpt 08)	7	36	16	810
Main gate	2	23.6	24	413

4. Φωτιστικά ασφαλείας

Πρόκειται για τα φωτιστικά σώματα εκείνα τα οποία τοποθετούνται στο πάνω μέρος των εξόδων της εγκατάστασης, ώστε σε περίπτωση κινδύνου να κατευθύνουν τους εργαζόμενους προς την πλησιέστερη έξοδο. Τα φώτα αυτά τροφοδοτούνται από τη γεννήτρια που βρίσκεται στο υπόγειο του κτηρίου και τίθενται σε λειτουργία αυτόματα σε περίπτωση που κοπεί το ρεύμα.

Πίνακας 4-4: Κατανομή Φωτιστικών Σωμάτων Ασφαλείας ανά Διαμέρισμα

Διαμέρισμα (Department)	Τεμάχια	Εγκατεστημένη Ισχύς (W)	Ώρες λειτουργίας	Εκτιμώμενη κατανάλωση (kWh/έτος)
Dpt. 19 (STAGE 16-25)	7	36	0	0
Dpt. 20 (STAGE 6-15)	16	36	0	0
Dpt. 21 (STAGE 1-5)	4	36	0	0
Dpt. 02	3	36	0	0
Dpt. 03	3	36	0	0
Dpt. 04	3	36	0	0
Dpt. 06	3	36	0	0
Dpt. 07	10	36	0	0
Dpt. 08	7	36	0	0
Dpt. 09	5	36	0	0
Dpt. 11	3	36	0	0
Dpt. 12	5	36	0	0
Dpt. 13	8	36	0	0
Dpt. 14	6	36	0	0

4.2 Κλιματισμός – αερισμός – ψύξη

Τα προϊόντα που διακινεί η αποθήκη δεν απαιτούν συντήρηση ή κατάψυξη και για το λόγο αυτό, κλιματιστικές μονάδες συναντώνται μόνο σε χώρους παρουσίας προσωπικού. Συγκεκριμένα, κλιματισμός πραγματοποιείται στους χώρους γραφείων, αναψυχής και ανάπαυσης των εργαζομένων και στον τομέα της ανασυσκευασίας. Κλιματίζονται επίσης οι χώροι των data rooms. Επίσης, δεν υπάρχει μηχανικός αερισμός στους χώρους της αποθήκευσης, αλλά ούτε και στα γραφεία. Ακολουθούν φωτογραφίες στην οποίες αποτυπώνεται η υφιστάμενη εγκατάσταση κλιματισμού.



Εικόνα 8: Εξωτερικές μονάδες κλιματισμού



Εικόνα 9: Εσωτερική Μονάδα Κλιματισμού Data Room (αριστερά) & Εσωτερική Κασέτα Χώρου Συνεδριάσεων (δεξιά).

Στους παρακάτω πίνακες δίνεται η συνολική ψυκτική, θερμική και ηλεκτρική ισχύς των μηχανημάτων κλιματισμού της αποθήκης, τα μηχανήματα ανά χώρο, καθώς και τα άτομα που κατά μέσο όρο βρίσκονται στο χώρο που αυτά εξυπηρετούν, η χρήση του χώρου και οι ώρες λειτουργίας:

Πίνακας 4-5: Θερμική, Ψυκτική & Ηλεκτρική Ισχύς μηχανημάτων

α/α	Τύπος	Μοντέλο	Τεμ	Θερμική / Ψυκτική Ισχύς (kW)	Ηλεκτρική Ισχύς (kW)
1	AC Split	Nakashi NKA16-09IVo	1		
2	Lennox Refac	LEHK 43E	2	43/40	15/17
3	AC Split	Streamline MSM1-12HRN2	1	14/13	
4	Hitachi	VRV Outdoor model: RAS-10FSXNSE	2	31.5/28	20
5	Hitachi	Indoor model: RCIM 2FSN	14	6.3/5.6	
6	Liebert - Hiross	Indoor model: S100A001VD00010P0	1	-/10.6	
Σύνολο Θερμικής / Ψυκτικής Ισχύος (kW)					
Σύνολο Ηλεκτρικής Ισχύος (kW)					

Πίνακας 4-6: Λεπτομέρειες Κλιματιστικού Εξοπλισμού

α/α	Χώρος (m ²)	Άτομα κατά μ.ό.	Χρήση	Ώρες λειτουργίας
1	16,8	2	Isobox αναμονής οδηγών	16
2	720	40	χώρος ανασυσκευασίας	16
3	17,8	2	Γραφείο ανασυσκευασίας	16
4	250	16	Γραφεία	12
5	230	5	Τραπεζαρία/Χώρος εκπαίδευσης/Τουαλέτες/Αποδυτήρια	3
6	230	16	Εσωτερικές μονάδες στους χώρους γραφείων και τραπεζαρίας	8
7	20	0	Computer room	24

4.3 Μηχανολογικός Εξοπλισμός

Ο μηχανολογικός εξοπλισμός χωρίζεται σε παραγωγικά και μη παραγωγικά μηχανήματα. Στους παρακάτω πίνακες δίνεται αναλυτικά ο παραγωγικός και μη παραγωγικός εξοπλισμός της

αποθήκης, η κινητική ή θερμική ισχύς ανά μηχάνημα, τα τεμάχια ανά μηχάνημα και η συνολική ισχύς.

1. Παραγωγικός εξοπλισμός:

Πίνακας 4-7: Ισχύς Παραγωγικού Μηχανολογικού Εξοπλισμού

α/α	Είδος μηχανήματος	Μοντέλο	Ισχύς (kW)	Τεμάχια	Συνολική Ισχύς (kW)
1	ΠΑΛΕΤΟΠΟΙΗΤΗΣ	Tecnoplat CS708	2.90	4	11.60
2	ΠΑΛΕΤΟΠΟΙΗΤΗΣ	Rotoplat TP 106	1.10	3	3.30
3	ΔΙΑΝΟΜΕΑΣ ΠΑΛΕΤΩΝ Palomat	FLExomatic U20-HO1 -S21	0.20	2	0.40
4	ΦΟΥΡΝΟΣ ΘΕΡΜΟΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗΣ	Minipacktorre	7.20	1	7.20
5	ΦΟΥΡΝΟΣ ΘΕΡΜΟΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗΣ	Minipacktorre	13.20	2	26.40
6	ΦΟΥΡΝΟΣ ΓΩΝΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΟΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗΣ	Minipacktorre	3.00	2	6.00
7	ΤΣΕΡΚΟΜΗΧΑΝΗ	GEM52	0.18	2	0.36
8	ΜΗΧΑΝΗ ΠΕΡΙΤΥΛΙΓΜΑΤΟΣ	Sealmatik 56T Minipacktorre	2.40	1	2.40
9	ΤΑΧΥΚΟΥΡΤΙΝΑ	NERGECO FORUM STAR 2	1.00	5	5.00
10	ΡΑΜΠΑ ΦΟΡΤΩΣΗΣ	E302/E402 414	1.10	31	34.10
11	ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑ 5Τ	Demag 5T	6.84	1	6.84
12	ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑ 3,2Τ	Demag 3,2T	4.54	1	4.54
13	ΔΡΑΠΑΝΟ	DB 23 HM	1.00	1	1.00
14	ΣΤΑΘΕΡΟΣ ΤΡΟΧΟΣ	SZ 750-1	0.95	1	0.95
15	ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ	BWDC-50	1.50	4	6.00
16	ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ	MK 103-90-3M	2.20	2	4.40
17	ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ	MK 103-150-3T	2.20	1	2.20
18	ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ	300/4	3.00	1	3.00
19	ΦΟΡΤΙΣΤΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	RPE M36/60	2.59	1	2.59
20	ΦΟΡΤΙΣΤΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	E24V-40A LG C	1.50	1	1.50
21	ΦΟΡΤΙΣΤΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	PowerPoint 48V 120A	7.63	15	114.45
22	ΦΟΡΤΙΣΤΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	MTA48100T	5.80	2	11.60
23	ΦΟΡΤΙΣΤΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	RX-T 36-120	6.50	2	13.00
24	ΦΟΡΤΙΣΤΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	SLT-100 JH	6.48	1	6.48
25	ΦΟΡΤΙΣΤΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	D-36 LIOS	5.98	1	5.98

26	ΦΟΡΤΙΣΤΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	SLT 100	1.00	2	2.00
27	ΦΟΡΤΙΣΤΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	SLT 100	1.20	2	2.40
28	ΦΟΡΤΙΣΤΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	SLT 100	1.60	49	78.40
29	ΦΟΡΤΙΣΤΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	Timetronic ECO JH	1.98	6	11.88
30	ΦΟΡΤΙΣΤΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	PB360 N24	0.92	4	3.68
31	ΦΟΡΤΙΣΤΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	WPC2412	0.40	12	4.80
32	ΦΟΡΤΙΣΤΗΣ RADIO SHUTTLE		0.50	15	7.50
33	ΧΕΙΡΟΚ. ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ ΕΞΑΡΤΗΜ.		0.20	1	0.20
Συνολική Ισχύς Παραγωγικού Εξοπλισμού					392.15

2. Μη παραγωγικός εξοπλισμός:

Πίνακας 4-8: Ισχύς μη Παραγωγικού Μηχανολογικού Εξοπλισμού

α/α	Είδος μηχανήματος	Μοντέλο	Ισχύς (kW)	Τεμ.	Συνολική Ισχύς (kW)
ΠΥΡΑΣΦΑΛΕΙΑΣ					
1	ΑΝΤΛΙΑ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ	Grundfos 5LB-4-80-E	200.00	1	200.00
2	ΑΝΤΛΙΑ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ JOCKEY	MOT MG 90LC2-24FT115-D1	2.20	1	2.20
3	ΡΟΛΑ ΠΥΡΑΣΦΑΛΕΙΑΣ		0.25	60	15.00
ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ					
4	LENNOX	KNHK 76D	71.00	1	71.00
5	LENNOX	LEHK 43E	40.00	1	40.00
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ					
6	ΠΡΕΣΣΑ ΑΠΟΡΡΙΜΑΤΩΝ HUSMANN	SPB22 SEL 1	5.50	2	11.00
7	ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ FAN SECTION		0.12	1	0.12
8	ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ ΑΞΟΝΙΚΟΣ		1.12	4	4.48
9	ΑΝΤΛΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ WILO	TMW32/8/B	0.37	4	1.48
10	ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΟ ΖΕΥΓΟΣ 500KVA		400.00	1	400.00
Συνολική Ισχύς μη Παραγωγικού Εξοπλισμού					745.28

4.4 Στόλος οχημάτων

Τα οχήματα της αποθήκης χωρίζονται σε 4 κατηγορίες:

1. Πεζού χειριστή (stand in towing tractor)

Πρόκειται για ηλεκτροκίνητα οχήματα οριζόντιας μεταφοράς των οποίων ο ρόλος είναι η γρήγορη διακίνηση των παλετών εντός της αποθήκης. Διαθέτουν ανύψωση περονών έως 2 μέτρα. Στα εν λόγω οχήματα ο χειριστής είναι πεζός.

Πίνακας 4-9: Στόλος Οχημάτων Πεζού Χειριστή

Κατασκευαστής	Μοντέλο	Τεμάχια	Χρονολογία
Jungheinrich	EJD 220	5	2007
Jungheinrich	ERE 224 triple	17	2013
Jungheinrich	ERE 225 single	13	2007
Linte	T25	5	2021

2. Ηλεκτροκίνητα περονοφόρα (Reach Trucks)

Τα Ηλεκτροκίνητα Περονοφόρα (Reach Trucks) είναι περονοφόρα ανυψωτικά που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές στενού διαδρόμου, όπως αποθήκες. Είναι σχεδιασμένα να έχουν δύο εξωτερικά πόδια που βοηθούν στη διανομή του φορτίου και ένα μόνο σετ τροχών στο πίσω μέρος. Οι τροχοί βρίσκονται κάτω από το χειριστή, οι οποίοι συμβάλλουν στην μικρότερη ακτίνας στροφής από στάση.

Πίνακας 4-10: Στόλος Οχημάτων Ηλεκτροκίνητων Περονοφόρων

Κατασκευαστής	Μοντέλο	Τεμάχια	Χρονολογία
BT	E Series	10	2020

3. Κλάπες (Clamps)

Οι κλάπες είναι ηλεκτροκίνητα περονοφόρα οχήματα με περιστρεφόμενη αρπάγη, τα οποία χρησιμοποιούνται στην μεταφορά σειρών παλέτας (layer picking).

Πίνακας 4-11: Στόλος Οχημάτων Κλάπας

Κατασκευαστής	Μοντέλο	Τεμάχια	Χρονολογία
Toyota	Traigo 20 CE - 8BFMK20	1	2020
Caterpillar	EP18N	1	2020

4. Εποχούμενες Σκούπες

Πρόκειται για οχήματα που χρησιμοποιούνται κατά τον καθαρισμό της αποθήκης.

Πίνακας 4-12: Στόλος Οχημάτων Εποχούμενων Σκουπών

Κατασκευαστής	Μοντέλο	Τεμάχια	Χρονολογία
Nilfisk	N4802A	1	2002
Nilfisk	CS7010	1	2019
Nilfisk	CR1200B	1	2006
Nilfisk	BR1000	1	2002
Nilfisk	BR751	1	2008

5. Χρήση Ενέργειας

5.1 Στόχος καταμερισμού ενέργειας

Στην παρούσα ενότητα στόχος είναι να γίνει διαχωρισμός των καταναλώσεων ενέργειας, ώστε να εντοπιστούν τα πιο ενεργοβόρα σημεία της κατανάλωσης της εγκατάστασης και να δοθούν προτάσεις βελτίωσης της κατανάλωσης στα σημεία αυτά.

Η μοναδική πηγή ενέργειας της εγκατάστασης είναι η ηλεκτρική, καθώς δεν απαιτούνται ορυκτά καύσιμα για τον κλιματισμό και την ψύξη της. Στην εγκατάσταση, για πάνω από μια πενταετία, έχει εγκατασταθεί προηγμένο σύστημα ενεργειακής καταγραφής, το οποίο με τη βοήθεια 17 μετρητών καταγράφει σε επίπεδο λεπτού την κατανάλωση στο σύνολο της εγκατάστασης. Οι καταγραφείς είναι εγκατεστημένοι με τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτρέπουν το διαχωρισμό της ηλεκτρικής κατανάλωσης, ανά τομέα κατανάλωσης (φωτισμός, κλιματισμός κλπ.).

Αφού γίνει η αποτύπωση της ενεργειακής κατανάλωσης ανά τομέα, θα παρουσιαστούν τα συμπεράσματα αυτής, έπειτα από ανάλυση των επιμέρους μετρήσεων ανά τομέα κατανάλωσης. Στη συνέχεια, θα εντοπιστούν οι ευκαιρίες εξοικονόμησης ενέργειας με άμεσο και οικονομικό τρόπο. Οι προτεινόμενες επεμβάσεις θα χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

1. Επεμβάσεις για τον εκσυγχρονισμό των εγκαταστάσεων.
2. Επεμβάσεις για την βελτιστοποίηση της λειτουργίας.

Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται όλες οι επεμβάσεις για τον εκσυγχρονισμό των εγκαταστάσεων, οι οποίες είναι άμεσης οικονομικής απόδοσης. Θα παρουσιαστεί αναλυτικά η τεchnοοικονομική ανάλυση με χρήση των επενδυτικών δεικτών (NPV, IRR, Περίοδος Αποπληρωμής).

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν όλες εκείνες οι επεμβάσεις που επιτυγχάνονται με βελτίωση της διαχείρισης των υφιστάμενων εγκαταστάσεων. Οι επεμβάσεις αυτές έχουν πρακτικά μηδενικό κόστος και είναι άμεσης απόδοσης. Για την υλοποίηση των επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας για την βελτιστοποίηση της λειτουργίας, απαιτείται η οργάνωση ενός Προγράμματος Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΠΕΕ) για κάθε τμήμα, αλλά και συνολικά ολόκληρης της εγκατάστασης.

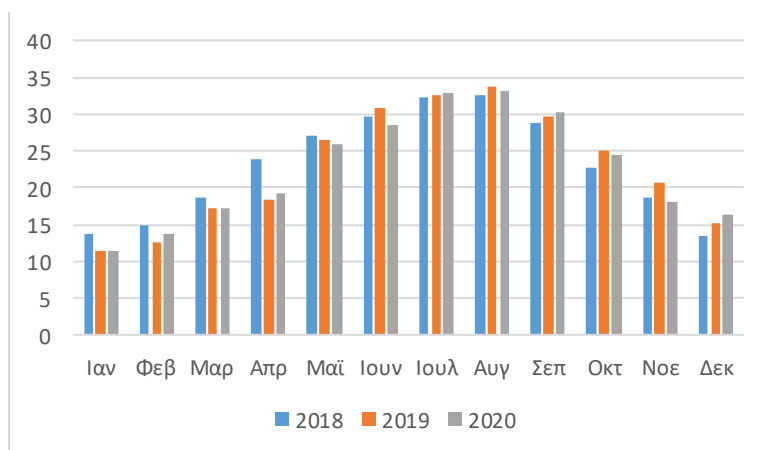
5.2 Μετρήσεις Εξωτερικής Θερμοκρασίας

Τα στοιχεία της εξωτερικής θερμοκρασίας έχουν προκύψει από τα δεδομένα του εγκατεστημένου μετρητικού συστήματος στην κορυφή της εγκατάστασης, το οποίο μετράει εκτός από την μέση ημερήσια θερμοκρασία και τον φωτισμό (lux), αλλά και την ηλιακή ενέργεια που προσέρχεται στον χώρο σε Wh.

Παρουσιάζονται παρακάτω στοιχεία θερμοκρασίας για την χρονική περίοδο της μελέτης (Ιανουάριος 2018 – Δεκέμβριος 2020):

Πίνακας 5-1: Μέση Μηνιαία Εξωτερική Θερμοκρασία

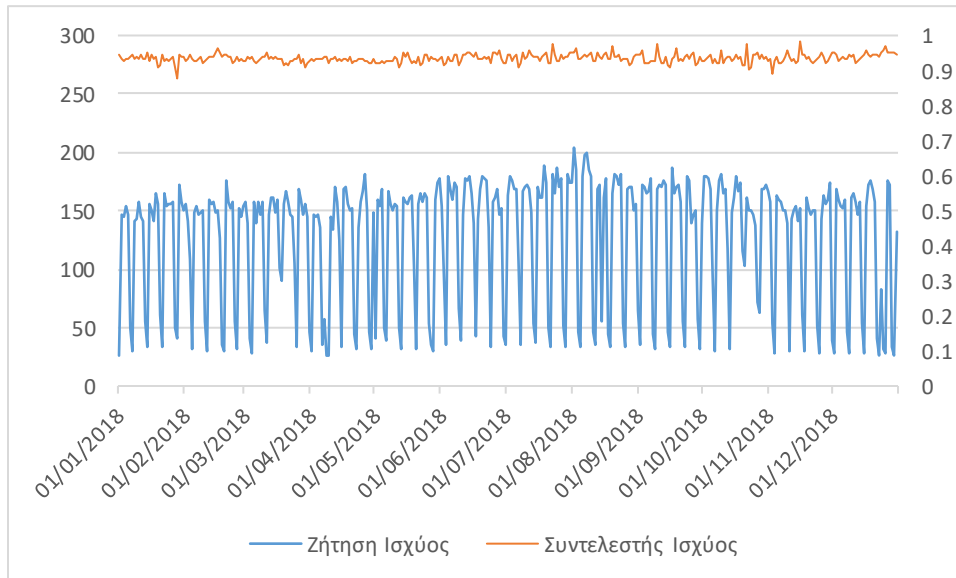
Μήνας	2018	2019	2020
Ιαν	13.69	11.43	11.52
Φεβ	14.84	12.61	13.80
Μαρ	18.58	17.29	17.18
Απρ	23.91	18.25	19.34
Μαΐ	26.90	26.56	25.80
Ιουν	29.58	30.88	28.54
Ιουλ	32.38	32.56	32.88
Αυγ	32.47	33.64	33.14
Σεπ	28.67	29.53	30.21
Οκτ	22.71	25.14	24.48
Νοε	18.61	20.63	18.19
Δεκ	13.35	15.03	16.18



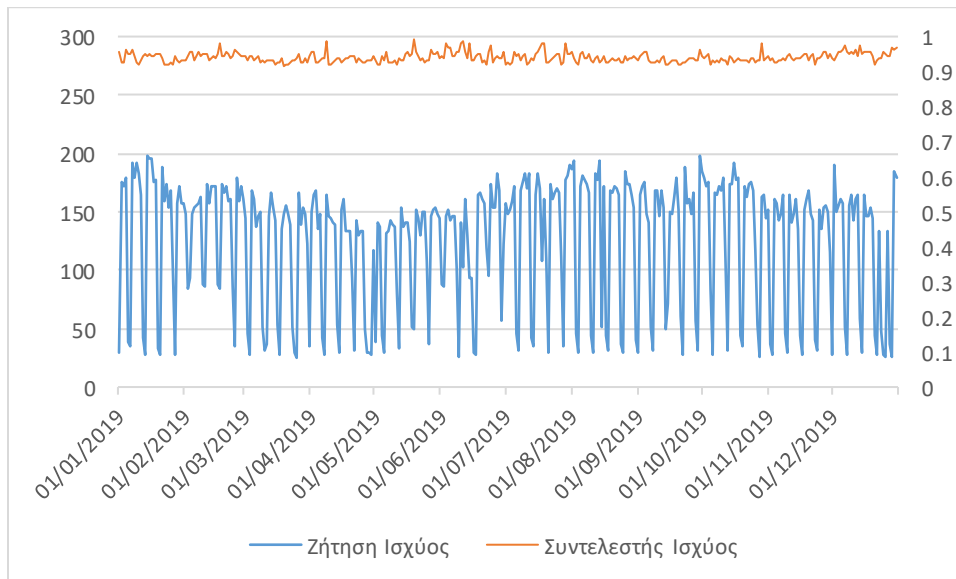
Εικόνα 10: Μέσες Μηνιαίες Τιμές Εξωτερικής Θερμοκρασίας Τριετίας 2018-2020

5.3 Ζήτηση Ισχύος και Συντελεστής Ισχύος

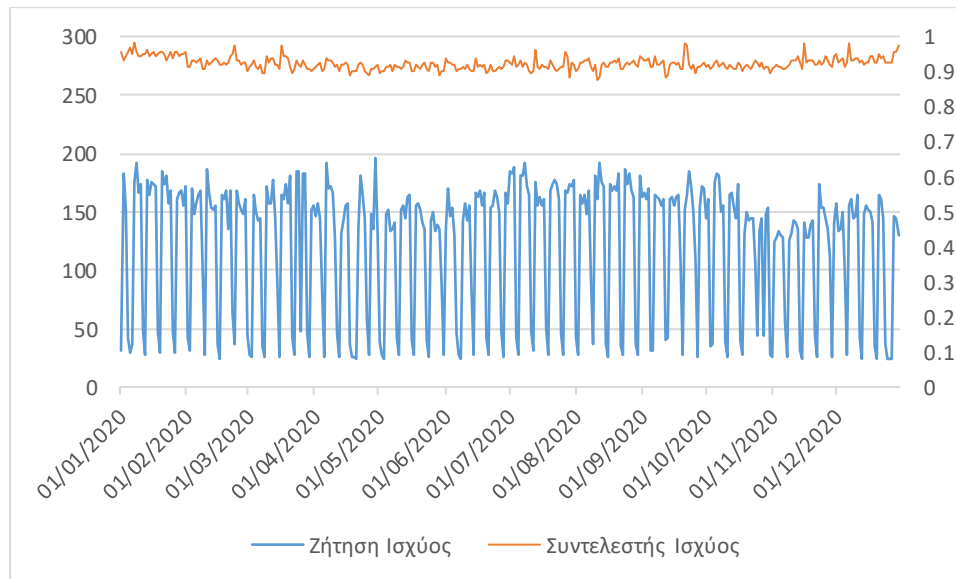
Στα επόμενα διαγράμματα δίνεται η ζήτηση ισχύος και ο συντελεστής ισχύος (Power Factor) ανά ημέρα για την εξεταζόμενη τριετία, όπως αυτά προέκυψαν από τα εγκατεστημένα μετρητικά συστήματα της εγκατάστασης.



Εικόνα 11: Ζήτηση Ισχύος και Συντελεστής Ισχύος 2018



Εικόνα 12: Ζήτηση Ισχύος και Συντελεστής Ισχύος 2019



Εικόνα 13: Ζήτηση Ισχύος και Συντελεστής Ισχύος 2020

Παρατηρείται πως τόσο η ζήτηση ισχύος όσο και ο συντελεστής ισχύος δεν παρουσιάζουν μεγάλες μεταβολές κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης τριετίας. Η μέγιστη ζήτηση κυμαίνεται από 140 έως 160 kW ενώ το φορτίο βάσης κυμαίνεται από 25 έως τα 30 kW. Η σταθερότητα της ζήτησης που παρατηρείται κατά τη διάρκεια του έτους οφείλεται στο γεγονός ότι οι μεγαλύτερες καταναλώσεις ενέργειας της εγκατάστασης αφορούν τον φωτισμό. Οι όποιες διαφοροποιήσεις παρατηρούνται, αφορούν την χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη ή θέρμανση, για το λόγο αυτό παρατηρούμε συγκριτικά αυξημένη ζήτηση το χειμώνα και το καλοκαίρι.

Αναφορικά με τον συντελεστή ισχύος (Power Factor) φαίνεται να διατηρείται σταθερά κοντά στην μονάδα, καθιστώντας αποδοτική την εγκατεστημένη ηλεκτρική εγκατάσταση της αποθήκης.

5.4 Μετρήσεις Ενέργειας και επιμερισμός κατανάλωσης

Οι μετρήσεις ενέργειας έγιναν μέσω των εγκατεστημένων μετρητών της εγκατάστασης, οι οποίοι καταγράφουν σε επίπεδο λεπτού τις καταναλώσεις και στην συνέχεια αποθηκεύουν τα δεδομένα στην βάση δεδομένων τους.

Οι μετρητές έχουν τοποθετηθεί στην εγκατάσταση ανά ηλεκτρικό πίνακα και όχι ανά τομέα κατανάλωσης ενέργειας. Αυτό συνεπάγεται ότι στον κάθε μετρητή εμπεριέχονται περισσότερες από ενός είδους καταναλώσεις. Για τον λόγο αυτό, ο κάθε πίνακας πρέπει να

αναλυθεί περαιτέρω, ώστε να προκύψει το ποσοστό των καταναλώσεων του πίνακα αφορά τον εκάστοτε τομέα κατανάλωσης.

Για τον διαχωρισμό των ηλεκτρικών καταναλώσεων ανά τομέα, συνυπολογίστηκε η τιμή των μετρητών, καθώς και οι εγκατεστημένες ασφάλειες ανά ηλεκτρικό πίνακα. Βάσει των εγκατεστημένων ασφαλειών, των ωραρίων λειτουργίας και των μηχανημάτων τα οποία είναι συνδεδεμένα στους ρευματοδότες, υπολογίστηκε η κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα, έτσι όπως διαχωρίζονται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 5-2: Τομείς Κατανάλωσης Ενέργειας και Μετρητές Αναφοράς τους

α/α	Τομέας Κατανάλωσης	Μετρητές	Περιγραφή
1	Φορτιστές Περονοφόρων	PK1A, PK1B	Άθροισμα μετρητών πινάκων PK1A, PK1B
2	Κλιματισμός	PFOR1, PFOR2, PFIS 1-1, PFIS 4, PFIS 11	Αφορά το ποσοστό Fan coils και ψυκτών ως KVA στις ασφάλειες
3	Ηλεκτρ. Κινητ. Ραμπών	PF1, PF10, PF11, PF2_3, PF4, PF5, PF6_PFYPOG, PF7, PF8, PF9, PFY_PFPX2	Αφορά το ποσοστό των ηλεκτροκινητήρων ως KVA στις ασφάλειες, υπολογίζεται με συντελεστή φορτίου 0.1
4	Συσκευές σε ρευματοδότες (PC, Εκτυπωτές, κλπ.)	PF1, PF10, PF11, PF2_3, PF4, PF5, PF6_PFYPOG, PF7, PF8, PF9, PFY_PFPX3, PFOR1, PFOR2	Αφορά τις καταναλώσεις μηχανημάτων σε πρίζα, βάση ποσοστού KVA στις ασφάλειες.
5	Εξωτερικός Φωτισμός	MAIN, Λογαριασμοί ρεύματος παρόχου	Είναι η διαφορά: Σύνολο λογαριασμού - MAIN μετρητής
6	Φωτισμός	PF1, PF10, PF11, PF2_3, PF4, PF5, PF6_PFYPOG, PF7, PF8, PF9, PFY_PFPX3, PFOR1, PFOR3	Είναι η διαφορά του αθροίσματος των περιγραφόμενων μετρητών – άθροισμα των καταναλώσεων κλιματισμού + ηλεκ. κινητ. Ραμπών + συσκευών ρεύματος
7	Ανασυσκευασία	PK2 - 5, PK_PYR και μη καταγραφόμενα μεγέθη (διαφορά MAIN-σύνολο μετρητών)	Αφορά τις καταναλώσεις των πρεσών της ανασυσκευασίας και των μηχανών κόλλησης ετικετών

Για την καλύτερη κατανόηση του προηγούμενου διαχωρισμού θα πρέπει να σημειωθούν τα εξής δεδομένα:

- Η φόρτιση των περονοφόρων οχημάτων γίνεται αποκλειστικά από δύο πίνακες (PK1A, PK1B).
- Ο κεντρικός μετρητής ενέργειας (Main) διαφέρει από τον μετρητή του παρόχου ενέργειας, λόγω του ότι δεν περιλαμβάνει τον εξωτερικό φωτισμό.
- Ο κλιματισμός (εξωτερικές και εσωτερικές μονάδες) είναι διαμοιρασμένος σε 5 πίνακες.
- Η πλειονότητα των πινάκων περιλαμβάνει καταναλώσεις φωτισμού, ρευματοδοτών και ηλεκτρικών κινητήρων ραμπών με διαφορετική αναλογία.

Συγκεκριμένα για τον προσδιορισμό της κατανάλωσης του εξωτερικού φωτισμού, όπως προαναφέρθηκε, απαιτείται η αφαίρεση της συνολικής κατανάλωσης των μετρητών από την κατανάλωση του τιμολογίου του παρόχου ενέργειας. Στην παρούσα ανάλυση δεν είναι διαθέσιμα τα τιμολόγια του παρόχου και για τον λόγο αυτό η μετέπειτα ανάλυση δεν θα περιλαμβάνει στοιχεία για τον εξωτερικό φωτισμό, η κατανάλωση του οποίου ως επί το πλείστον παραμένει αμετάβλητη.

Για τη δημιουργία του ισοζυγίου ενέργειας, έγινε ομαδοποίηση των καταναλώσεων των μετρητών, σύμφωνα με τον προηγούμενο πίνακα. Με κριτήριο την ομαδοποίηση αυτή προσδιορίζονται οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας ανά μήνα ανά τομέα κατανάλωσης.

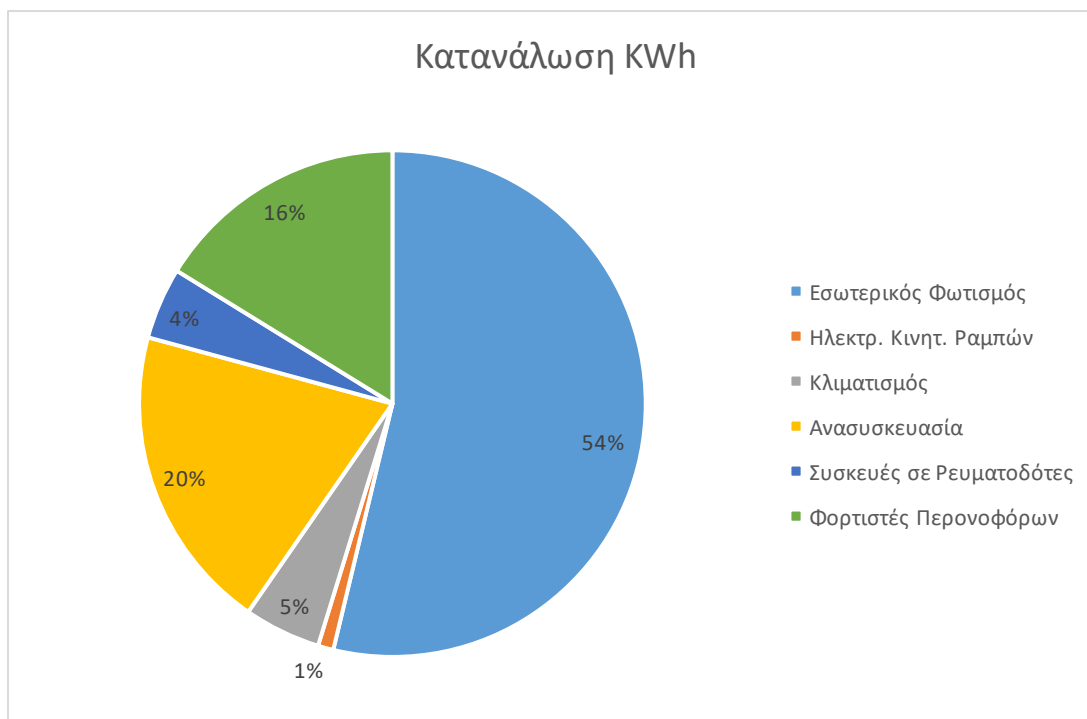
Πίνακας 5-3: Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας (kWh) ανά Τομέα Κατανάλωσης

Έτος	Μήνας	Φορτιστές Περονοφόρων	Συσκευές σε Ρευματοδότες	Κλιματισμός	Ηλεκτρ. Κινητ. Ραμπών	Εσωτερικός Φωτισμός	Ανασυσκευασία
2018	Ιανουάριος	10299	2881	3146	620	33792	9300
2018	Φεβρουάριος	9325	2611	2846	563	30631	7768
2018	Μάρτιος	11415	2982	3068	650	35156	9913
2018	Απρίλιος	9864	2438	2716	531	28531	8268
2018	Μάιος	9961	2806	3187	608	32788	10356
2018	Ιούνιος	10777	2922	3430	625	34029	12681
2018	Ιούλιος	9741	2950	3687	626	34142	15088
2018	Αύγουστος	9903	2915	3830	620	33555	15008
2018	Σεπτέμβριος	9016	2694	3531	575	31018	11471
2018	Οκτώβριος	9985	3228	3727	699	37659	12218
2018	Νοέμβριος	8429	2867	3182	620	33576	11161
2018	Δεκέμβριος	7100	2392	3059	505	27617	10956
2019	Ιανουάριος	8278	2867	3490	602	33282	14771
2019	Φεβρουάριος	7432	2781	3119	594	32537	10938
2019	Μάρτιος	8229	2552	3033	547	29687	6880
2019	Απρίλιος	7919	2579	2963	555	30095	6878
2019	Μάιος	8207	2925	3204	638	34292	7856
2019	Ιούνιος	8426	2958	3479	638	34443	7719
2019	Ιούλιος	9006	2863	3773	606	32945	15389
2019	Αύγουστος	8724	2611	3509	558	29973	14696
2019	Σεπτέμβριος	9204	2528	3366	541	29050	12347
2019	Οκτώβριος	9932	2784	3744	600	31946	15792
2019	Νοέμβριος	8968	2616	3463	568	30067	11228
2019	Δεκέμβριος	7990	2373	3036	507	27395	11910
2020	Ιανουάριος	8658	2579	3329	543	29751	17695
2020	Φεβρουάριος	8475	2460	2872	520	28676	13514
2020	Μάρτιος	9155	2474	2985	522	28746	11990
2020	Απρίλιος	9159	2368	2758	507	27601	10341
2020	Μάιος	9171	2344	2694	510	27348	11215
2020	Ιούνιος	9284	3057	2642	677	36538	3913
2020	Ιούλιος	9865	3181	3030	693	37737	11460
2020	Αύγουστος	9699	2975	2952	647	35187	9527
2020	Σεπτέμβριος	10434	2546	2909	548	29728	16009
2020	Οκτώβριος	10248	2964	2637	654	35350	5284
2020	Νοέμβριος	9447	2275	2412	498	26744	11232
2020	Δεκέμβριος	8398	2387	2610	519	27987	13067

Ο διαχωρισμός ηλεκτρικής ενέργειας για το 2020 είναι:

Πίνακας 5-4: Διαχωρισμός Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά Τομέα (2020)

Τομέας Κατανάλωσης	Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh)
Εσωτερικός Φωτισμός	371393
Ηλεκτρ. Κινητ. Ραμπών	6838
Κλιματισμός	33830
Ανασυσκευασία	135247
Συσκευές σε Ρευματοδότες	31610
Φορτιστές Περονοφόρων	111993
Σύνολο	690911



Εικόνα 14: Επιμερισμός Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας (2020)

Από τον επιμερισμό της ενέργειας για το 2020 φαίνεται ότι οι υψηλότερες καταναλώσεις οφείλονται κατά σειρά σε:

1. Φωτισμό
2. Φορτιστές περονοφόρων
3. Ανασυσκευασία

Ο φωτισμός αφορά συντριπτικά το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας (54%) και μαζί με την ανασυσκευασία αντιπροσωπεύουν περίπου το 75% της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας. Επίσης ένα σημαντικό φορτίο της κατανάλωσης είναι τα περονοφόρα οχήματα, καθώς η φόρτισή τους αντιστοιχεί περίπου στο 16% της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας. Τέλος, ο κλιματισμός αντιστοιχεί περίπου στο 5% της ετήσιας κατανάλωσης.

Παρόλες τις επεμβάσεις που έχουν λάβει χώρα στην εγκατάσταση τα τελευταία χρόνια αναφορικά με τον φωτισμό, η μεγάλη βαρύτητα που έχει στην συνολική κατανάλωση της εγκατάστασης καθιστά αναγκαία την αναζήτηση νέων λύσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε αυτό τον τομέα. Αναφορικά με τους άλλους 2 ενεργοβόρους τομείς ενέργειας, μπορούν επίσης να γίνουν επεμβάσεις ώστε να βελτιωθεί σημαντικά η κατανάλωση.

6. Ενεργειακές Γραμμές Βάσεις

6.1 Γενικά στοιχεία για την Γραμμή Βάσης

Ένας από τους κύριους στόχους του ενεργειακού ελέγχου είναι η εύρεση του τύπου της κατανάλωσης γραμμής βάσης ή της κατανάλωσης βάσης ανά τελική χρήση και ανά μορφή ενέργειας.

Ο ενεργειακός ελεγκτής οφείλει να εντοπίσει τους καθοριστικούς παράγοντες κατανάλωσης της εξεταζόμενης εγκατάστασης, ώστε στη συνέχεια μέσω μαθηματικού τύπου να συσχετίσει τους παράγοντες αυτούς με την πραγματική κατανάλωση ενέργειας. Η ενεργειακή γραμμή βάσης χρησιμοποιείται σε δύο κύριες εφαρμογές:

1. Εκ των προτέρων προβλέψεις, δηλαδή προβλέψεις της μελλοντικής κατανάλωσης ενέργειας της εγκατάστασης, δίχως να γνωρίζουμε τις ακριβείς μελλοντικές τιμές των καθοριστικών παραγόντων. Οι καθοριστικοί παράγοντες εκτιμώνται με βάση προβλέψεις (αύξηση της παραγωγής, μείωση του κόστους παραγωγής κα).
2. Εκ των υστέρων εκτιμήσεις, δηλαδή παρελθοντικές εκτιμήσεις καταναλώσεων, γνωρίζοντας όμως τις τιμές των καθοριστικών παραγόντων.

Οι εκ των προτέρων εκτιμήσεις είναι απαραίτητες για την εκτίμηση μελλοντικών καταναλώσεων ενέργειας, παίρνοντας ως δεδομένο ότι δεν θα ληφθεί κανένα μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας στο διάστημα αυτό. Οι εκτιμήσεις αυτές κρίνονται απαραίτητες ιδίως σε περιπτώσεις όπου αναμένονται σημαντικές μεταβολές των καθοριστικών παραγόντων. Οι προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας θα πρέπει να στηριχθούν στην πρόβλεψη αυτή, καθώς αν αλλάξουν οι καθοριστικοί παράγοντες, είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα απ' ότι είναι τα ιστορικά στοιχεία κατανάλωσης.

Οι εκ των υστέρων εκτιμήσεις δείχνουν την ενέργεια που θα κατανάλωνε ένα σύστημα αν δεν είχαν ληφθεί κάποια μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας. Με άλλα λόγια, είναι ένα καλό μέσο αξιολόγησης των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας που υλοποιήθηκαν.

Τύπος της Γραμμής Βάσης

Ο τύπος της γραμμής βάσης ως επί το πλείστον λαμβάνεται ως γραμμικός. Η εξίσωση της γραμμής βάσης στη γενική της μορφή είναι:

$$\hat{E}_k = \beta_0 + \beta_1 x_{k,1} + \beta_2 x_{k,2} + \dots + \beta_p x_{k,p} + \delta_k$$

Όπου:

- \hat{E}_k : κατανάλωση ενέργειας.
- k : δείκτης αρίθμησης των χρονικών διαστημάτων σε σύνολο K διατεταγμένων συνόλων κατά τα οποία μετρώνται η κατανάλωση ενέργειας Y_k και οι τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών $x_{k,1}, x_{k,2}, x_{k,p}$ που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας αυτή.
- p : ο αριθμός των ανεξάρτητων καθοριστικών μεταβλητών και $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ είναι οι αντίστοιχοι παράγοντες του τύπου γραμμής βάσης.
- δ_k : το σφάλμα εκτίμησης της κατανάλωσης ενέργειας \hat{E}_k κατά το χρονικό διάστημα k έναντι της πραγματικής μετρηθείσας κατανάλωσης ενέργειας E_k .

Για τον προσδιορισμό των παραμέτρων $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ χρησιμοποιείται η τεχνική της παλινδρόμησης πολλών μεταβλητών (regression).

Στην πράξη ο τύπος περιορίζεται σε μία έως τρεις ανεξάρτητες μεταβλητές.

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

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

Όπου:

- E_m : Η μέτρηση της κατανάλωσης ενέργειας κατά το χρονικό διάστημα m σε σύνολο M διαστημάτων μετρήσεων
- \hat{E}_m : Η κατανάλωση ενέργειας η οποία αντιστοιχεί στη γραμμή βάσης για τις νέες μετρήσεις των ανεξάρτητων μεταβλητών $x_{m,1}, x_{m,2}, x_{m,p}$

6.2 Δεδομένα υπολογισμού της Γραμμής Βάσης

Σαν περίοδο ενεργειακής βάσης για τον υπολογισμό της, επιλέγουμε διάστημα της τελευταίας τριετίας με μηνιαίο βήμα (Ιανουάριος 2018 – Δεκέμβριος 2020). Για την κατανάλωση ενέργειας συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν τα στοιχεία κατανάλωσης των εγκατεστημένων μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας.

Μέσω της εύρεσης της γραμμής βάσης διερευνώνται οι μεταβολές καθοριστικών παραγόντων, καθώς και η συσχέτιση με την κατανάλωση ενέργειας. Λόγω της ύπαρξης μετρητών ενέργειας και συνεπώς μηνιαίων καταναλώσεων ενέργειας ανά τομέα κατανάλωσης πραγματοποιήθηκαν αρκετές δοκιμές για το βέλτιστο υπολογισμό της γραμμής βάσης.

Ως ανεξάρτητες μεταβλητές για τον υπολογισμό της γραμμής βάσης επιλέχθηκαν η μέση μηνιαία εξωτερική θερμοκρασία, όπως αυτή προέκυψε από τον μετρητή θερμοκρασίας που υπάρχει στην κορυφή της αποθήκης και η αδιάστατη μηνιαία παραγωγή της αποθήκης ως προς τα εξαγώγιμα προϊόντα.

6.3 Υπολογισμός της Γραμμής Βάσης

Στην παρούσα συσχέτιση, ορίστηκαν ως ανεξάρτητες μεταβλητές X_1 , X_2 η μέση μηνιαία εξωτερική θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$) και η αδιάστατη μηνιαία παραγωγή της αποθήκης ως προς τα εξαγώγιμα προϊόντα. Ως εξαρτημένη μεταβλητή Y ορίστηκε η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε παλινδρόμηση (regression) των δεδομένων και υπολογίστηκε η Γραμμή Βάσης Y_e . Τα δεδομένα και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 6-1: Συσχέτιση Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας με Εξωτερική Θερμοκρασία και Ηλιακή Ενέργεια

Μήνας	Πίνακας των X		Πίνακας των Y	
	X1	X2	Y	Ye
	Μέση Εξωτερική Θερμοκρασία $^{\circ}\text{C}$	Αδιάστατη Παραγωγή	Κατανάλωση	Γραμμή Βάσης
Ιαν-18	13.69	1306455780	60038	59423.50
Φεβ-18	14.84	1176350350	53744	54028.70
Μαρ-18	18.58	1366562890	63184	62558.70
Απρ-18	23.91	1128155665	52348	53056.30
Μαϊ-18	26.90	1293168310	59706	60425.70
Ιουν-18	29.58	1345221290	64464	62956.00
Ιουλ-18	32.38	1381196985	66234	64816.80
Αυγ-18	32.47	1362163110	65831	64018.40
Σεπ-18	28.67	1255665425	58305	59040.90
Οκτ-18	22.71	1486897405	67516	68163.40
Νοε-18	18.61	1328403685	59835	60939.80
Δεκ-18	13.35	1120407680	51629	51474.50
Ιαν-19	11.43	1328574310	63290	60095.10
Φεβ-19	12.61	1304418990	57401	59208.60
Μαρ-19	17.29	1158415335	50928	53557.30
Απρ-19	18.25	1195948635	50989	55266.90
Μαϊ-19	26.56	1363863480	57122	63389.90
Ιουν-19	30.88	1301521410	57663	61251.90

Ιουλ-19	32.56	1406524560	64582	65914.80
Αυγ-19	33.64	1282719410	60071	60780.20
Σεπ-19	29.53	1241899330	57036	58557.30
Οκτ-19	25.14	1367530990	64798	63377.90
Νοε-19	20.63	1284944990	56910	59332.30
Δεκ-19	15.03	1165841250	53211	53604.90
Ιαν-20	11.52	1266983935	62555	57488.10
Φεβ-20	13.80	1208395790	56517	55268.20
Μαρ-20	17.18	1215377135	55872	55966.00
Απρ-20	19.34	1162717815	52734	53983.70
Μαϊ-20	25.80	1151275090	53282	54262.60
Ιουν-20	28.54	1181354405	56111	55866.50
Ιουλ-20	32.88	1333145870	65966	62833.70
Αυγ-20	33.14	1195966205	60987	57033.40
Σεπ-20	30.21	1250510660	62174	59003.90
Οκτ-20	24.48	1168814045	57137	54851.70
Νοε-20	18.19	1117484340	52608	51923.80
Δεκ-20	16.18	1172503080	54968	54024.40

Πίνακας 6-2: Στατιστικά Αποτελέσματα για τον Τύπο της Γραμμής Βάσης

	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	Άνω 95%	Κάτω 95%
X_0	2263.12	5499.43	-0.41	13451.80	-8925.56
X_1	118.60	58.08	2.04	236.77	-0.43
X_2	$4.25 \cdot 10^{-5}$	$4,57 \cdot 10^{-6}$	9.29	$5,18 \cdot 10^{-5}$	$3,32 \cdot 10^{-5}$
58548.5 : Μέση τιμή της καταναλώσεως βάσεως					

- $R^2 = 77,62\%$

Παρατηρείται ότι η τιμή του R^2 που προκύπτει (77,6%) υποδηλώνει πως η εξεταζόμενη συσχέτιση είναι ικανοποιητική. Να σημειωθεί πως στον προηγούμενο ενεργειακό έλεγχο της αποθήκης, ο αντίστοιχος δείκτης της συσχέτισης ήταν 57.7%.

Ο τύπος της γραμμής βάσης που προκύπτει είναι:

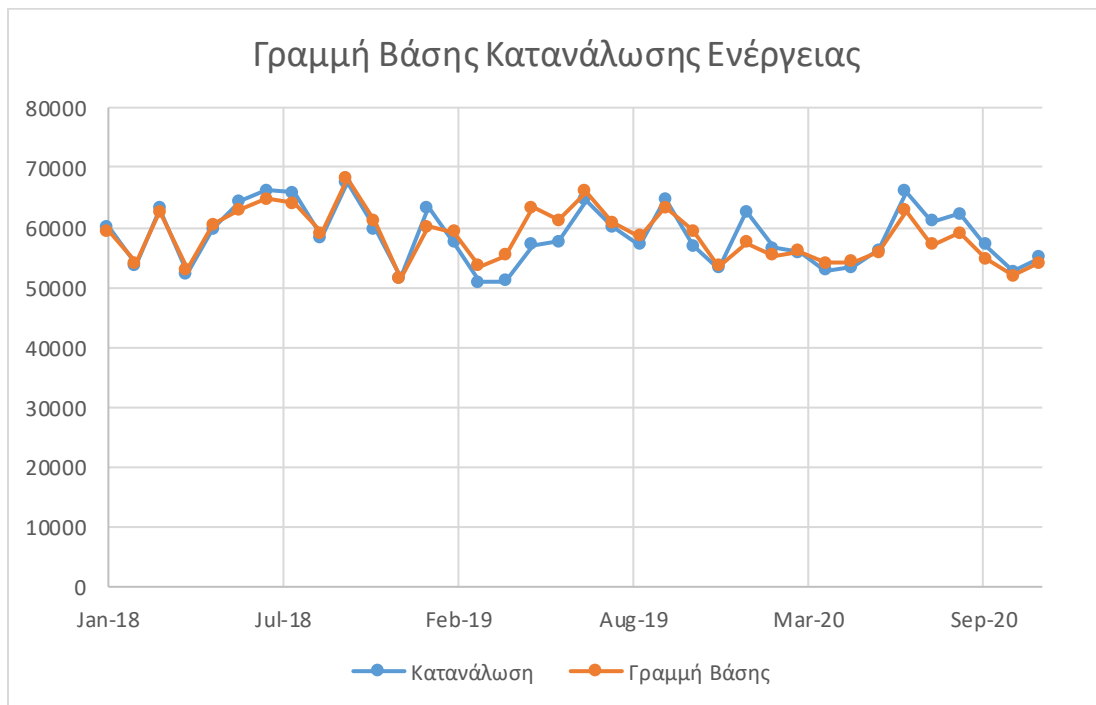
$$Ye = 118,60 X_1 + 4,25 \cdot 10^{-5} X_2 - 2263,12$$

Όπου

X_1 η μέση μηνιαία εξωτερική θερμοκρασία (°C) και

X_2 η αδιάστατη μηνιαία παραγωγή της αποθήκης

Στη συνέχεια δίνεται το διάγραμμα της γραμμής βάσης και των δεδομένων μετρήσεων.



Εικόνα 15: Γραμμή Βάσης & Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας

Παρατηρούμε από το σχήμα πως η συσχέτιση που προέκυψε μετά την παλινδρόμηση είναι ικανοποιητική.

7. Ενεργειακοί Δείκτες

Οι ενεργειακοί δείκτες αποτελούν ένα αξιόπιστο και απαραίτητο εργαλείο αναφοράς για εξαγωγή συμπερασμάτων της συμμετοχής του ενεργειακού κόστους στην αναγνώριση της αποτελεσματικότητας και καλής λειτουργίας του εξοπλισμού.

7.1 Ετήσιοι Δείκτες Κατανάλωσης

Ο δείκτης της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας ως προς τη συνολική επιφάνεια της αποθήκης υπολογίζεται διαιρώντας την ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh) με την επιφάνεια της εξεταζόμενης εγκατάστασης (m²).

Πίνακας 7-1: Ετήσιος δείκτης Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας προς Συνολική Επιφάνεια

Έτος	Δείκτης Κατανάλωσης (kWh / m ²)
2018	26.89
2019	25.82
2020	25.71

Από τα παραπάνω φαίνεται η μείωση του δείκτη κατανάλωσης το 2019 σε σχέση με το 2018 κατά περίπου μια μονάδα. Το 2020 παρατηρείται εκ νέου μείωση του δείκτη σε σχέση με το 2019, αλλά σε μικρότερο βαθμό.

Μία άλλη οπτική γωνία ανάλυσης των καταναλώσεων, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις διαφορετικών ειδών καυσίμων για τις καταναλώσεις ενέργειας, είναι η παρουσίασή τους με τη μορφή της πρωτογενούς ενέργειας. Με τη μετατροπή όλων των ενεργειών σε πρωτογενή μπορεί να γίνει άμεση σύγκριση μεταξύ τους.

Στην υφιστάμενη αποθήκη η μόνη πηγή κατανάλωσης ενέργειας είναι ο ηλεκτρισμός. Ο συντελεστής μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας σε πρωτογενή ενέργεια είναι ίσος με 2.9 (KENAK – TOTEE 20701 – 01). Οι ετήσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις εκφρασμένες σε πρωτογενή ενέργεια δίνονται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 7-2: Ετήσια Πρωτογενής Ενέργεια

Έτος	Πρωτογενής Ενέργεια (MWh)
2018	2096.219
2019	2012.603
2020	2003.642
Μ.Ο Τριετίας	2037. 488

Όπως ήταν αναμενόμενο, η πρωτογενής ενέργεια μειώνεται χρόνο με το χρόνο μέσα στην εξεταζόμενη τριετία.

7.2 Ετήσιοι Περιβαλλοντικοί Δείκτες

Η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα και η αύξηση των συγκεντρώσεων αυτού στην ατμόσφαιρα θεωρείται ότι επιβαρύνει το φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη, και για τούτο η εκπομπή αυτή παρακολουθείται σήμερα εξίσου στενά μαζί με την κατανάλωση ενέργειας. Παράλληλα με τους ενεργειακούς δείκτες, θα υπολογιστούν και οι ετήσιοι δείκτες για τον υπολογισμό των εκπομπών CO₂.

Η εξεταζόμενη αποθήκη χρησιμοποιεί σαν καύσιμο ηλεκτρική ενέργεια. Για τον υπολογισμό των εκπομπών CO₂, χρησιμοποιούμε το συντελεστή μετατροπής εκλυόμενων ρύπων ανά μονάδα ενέργειας (kgCO₂/kWh), για κάθε χρησιμοποιούμενο καύσιμο. Ο συντελεστής αναγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας για υπολογισμό των εκπομπών CO₂ είναι ίσος με 0.989 (KENAK – TOTEE 20701 – 01).

Με βάση τα προηγούμενα δίνεται ο παρακάτω πίνακας ετήσιων εκπομπών CO₂ σε τόνους (tn) CO₂.

Πίνακας 7-3: Εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα

Έτος	Εκλυόμενοι ρύποι CO ₂ λόγω της Ηλεκτρικής Ενέργειας (tn)
2018	715
2019	686
2020	683

Παρατηρούμε πως εντός της τριετίας οι εκτιμώμενοι ρύποι CO₂ μειώθηκαν κατά 4%, ή αλλιώς κατά 32 τόνους CO₂, αριθμός που αντιστοιχεί σε 192 δέντρα (1 δέντρο ~ 0.06 τόνοι CO₂).

7.3 Μηνιαίοι δείκτες διακύμανσης και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

Στην παράγραφο 6.3 παρουσιάζεται η γραμμή βάσης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με τη μέση εξωτερική θερμοκρασία και μια αδιάστατη μονάδα μέτρησης της παραγωγικότητας της εγκατάστασης. Τα αποτελέσματα προέκυψαν από τις 36 μηνιαίες τιμές ηλεκτρικών καταναλώσεων, θερμοκρασιών και τιμών παραγωγικότητας των 3 εξεταζόμενων ετών (2018 – 2020). Για τη γραμμή βάσης παρουσιάζονται οι επόμενοι δείκτες με την ερμηνεία τους.

Οι δείκτες προκύπτουν από τις πραγματικές τιμές των καταναλώσεων ενέργειας και τις τιμές υπολογισμού μέσω της γραμμής βάσης:

1. Απόκλιση υπολοίπων

Αποτελεί τη διαφορά της αναμενόμενης κατανάλωσης (υπολογισμός από γραμμή βάσης) από την πραγματική τιμή της κατανάλωσης (κατανάλωση μήνα από λογαριασμό).

2. CUSUM – “Cumulative sum of deviation from expected consumption”

Το άθροισμα του δείκτη της απόκλισης των υπολοίπων, δηλ. το άθροισμα των αποκλίσεων της πραγματικής τιμής της κατανάλωσης ενέργειας από την αντίστοιχη αναμενόμενη κατανάλωση.

3. ΣΕΣ – “Συντελεστής Ενεργειακού Στόχου”

Αποτελεί την πραγματική μηνιαία κατανάλωση (λογαριασμός) προς την αναμενόμενη κατανάλωση (υπολογισμός γραμμής βάσης).

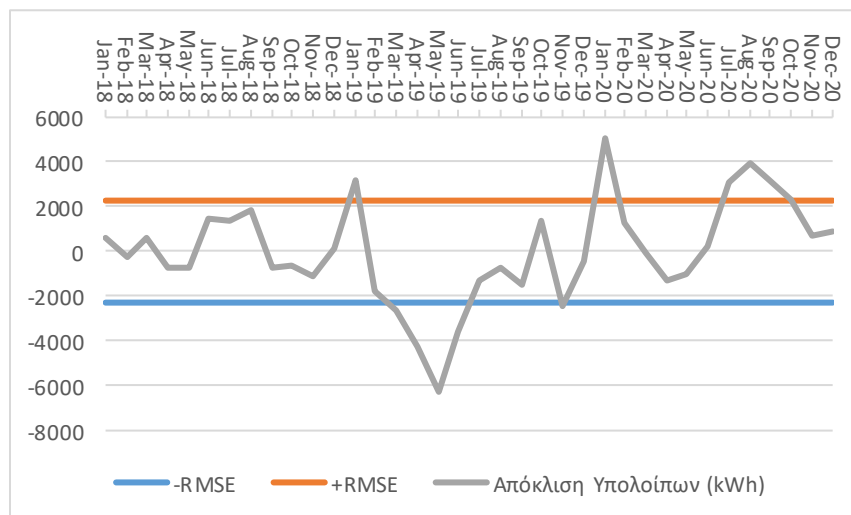
Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της Γραμμής Βάσης και των πραγματικών καταναλώσεων για την περίοδο αναφοράς προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 7-4: Ανάλυση CUSUM και Διακύμανση Δεικτών Μηνιαίας Κατανάλωσης

Μήνας	-RMSE	+RMSE	Απόκλιση Υπολοίπων (kWh)	CUSUM (kWh)
Ιαν-18	-2279	2279	615	329.80
Φεβ-18	-2279	2279	-285	955.10
Μαρ-18	-2279	2279	625	246.90
Απρ-18	-2279	2279	-708	-472.80
Μαϊ-18	-2279	2279	-720	1035.20
Ιουν-18	-2279	2279	1508	2452.40
Ιουλ-18	-2279	2279	1417	4265.00
Αυγ-18	-2279	2279	1813	3529.10
Σεπ-18	-2279	2279	-736	2881.70
Οκτ-18	-2279	2279	-647	1776.90
Νοε-18	-2279	2279	-1105	1931.40
Δεκ-18	-2279	2279	155	5126.30
Ιαν-19	-2279	2279	3195	3318.60
Φεβ-19	-2279	2279	-1808	689.30
Μαρ-19	-2279	2279	-2629	-3588.60
Απρ-19	-2279	2279	-4278	-9856.50
Μαϊ-19	-2279	2279	-6268	-13445.40
Ιουν-19	-2279	2279	-3589	-14778.20

Ιουλ-19	-2279	2279	-1333	-15487.4
Αυγ-19	-2279	2279	-709	-17008.7
Σεπ-19	-2279	2279	-1521	-15588.6
Οκτ-19	-2279	2279	1420	-18010.9
Νοε-19	-2279	2279	-2422	-18404.8
Δεκ-19	-2279	2279	-394	-13338.0
Ιαν-20	-2279	2279	5067	-12089.1
Φεβ-20	-2279	2279	1249	-12183.1
Μαρ-20	-2279	2279	-94	-13432.8
Απρ-20	-2279	2279	-1250	-14413.4
Μαϊ-20	-2279	2279	-981	-14169.0
Ιουν-20	-2279	2279	244	-11036.7
Ιουλ-20	-2279	2279	3132	-7083.1
Αυγ-20	-2279	2279	3954	-3913.1
Σεπ-20	-2279	2279	3170	-1627.8
Οκτ-20	-2279	2279	2285	-943.6
Νοε-20	-2279	2279	684	0.0
Δεκ-20	-2279	2279	944	0.0

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα, δημιουργούνται τα επόμενα διαγράμματα για την περίοδο αναφοράς, πριν εφαρμοστεί οποιοδήποτε μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας (ΕΞΕ). Οι δείκτες της περιόδου βάσης είναι ο οδηγός για την ποσοτικοποίηση της εξοικονόμησης ενέργειας την περίοδο μετά την εφαρμογή των μέτρων ΕΞΕ.



Εικόνα 16: Διάγραμμα Απόκλισης Πραγματικής από Αναμενόμενη Κατανάλωση

Στο διάγραμμα της απόκλισης υπολοίπων τίθεται μια ενδεικτική ζώνη αποκλίσεων ίση με $\pm 2.279 \text{ kWh}$. Το όριο της ζώνης ελέγχου ορίζεται συνήθως ίσο με την τιμή του τυπικού σφάλματος RMSE.

Όπου:

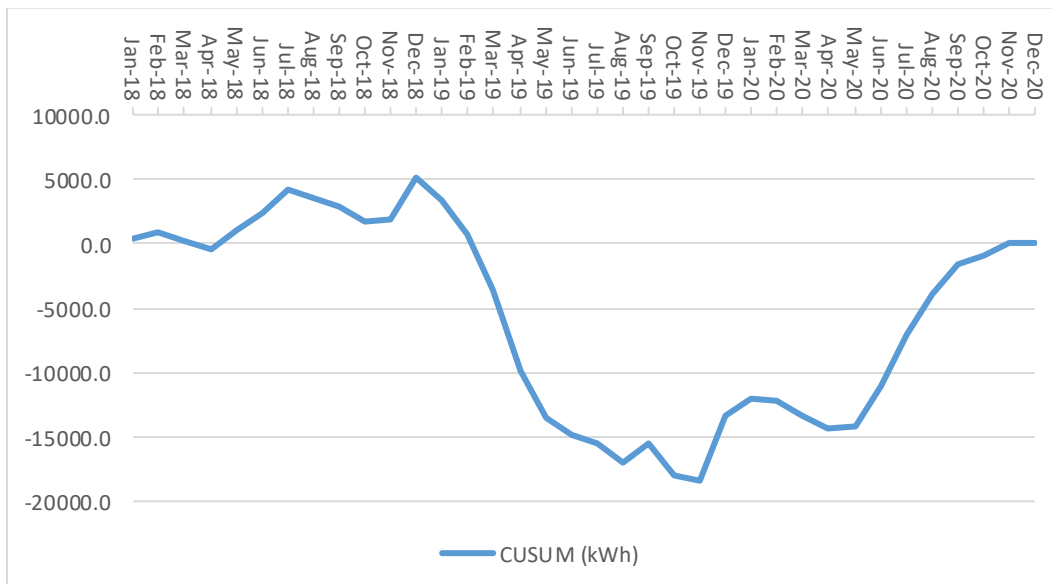
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}}$$

\hat{y}_i : κατανάλωση απο Γραμμή Βάσης

y_i : πραγματική κατανάλωση

n : περίοδος αναφοράς

Όσες τιμές είναι εκτός των ορίων αυτών, σημαίνει ότι είναι πιθανό να προέρχονται, είτε από ΕΞΕ ή αποφυγή κάποιας απώλειας ενέργειας ή κάποια τυχόν συντήρηση (αρνητικές τιμές), είτε από υπερκατανάλωση λόγω κάποιας έκτακτης διαδικασίας (θετικές τιμές). Κατά το εξεταζόμενο διάστημα, η απόκλιση υπολοίπων παρουσιάζει αυξομειώσεις. Όταν αρχίσουν τα εφαρμόζονται τα προτεινόμενα μέτρα ΕΞΕ, οι αποκλίσεις υπολοίπων αναμένονται να είναι όλες κάτω από το κάτω όριο της κόκκινης γραμμής (προς τα αρνητικά).



Εικόνα 17: Διάγραμμα CUSUM

Το διάγραμμα CUSUM αποτελεί την αθροιστική εξοικονόμηση ενέργειας. Το άθροισμα αυτό είναι σχετικά σταθερό όταν δεν υπάρχει μείωση της κατανάλωσης ή εξοικονόμηση ενέργειας. Μεταβάλλεται με θετική κλίση, όταν υπάρχει σπατάλη ενέργειας, ή απρόσμενες ανωμαλίες και με αρνητική κλίση όταν υπάρχει μείωση της κατανάλωσης. Με το συγκεκριμένο διάγραμμα είναι εύκολο να γίνει αντιληπτή η επίδραση που θα είχε στην κατανάλωση η εφαρμογή ενός μέτρου ΕΞΕ, σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Αν το ποσοστό μείωσης σε σχέση με το αμέσως προηγούμενο χρονικό διάστημα είναι μεγάλο, θα παρατηρείται στο διάγραμμα CUSUM, μία απότομη κλίση προς τα κάτω από το χρονικό σημείο της εφαρμογής του μέτρου και μετά.

Από αυτό το διάγραμμα διαπιστώνεται πως κατά το εξεταζόμενο διάστημα υπάρχει «εξοικονόμηση» ενέργειας έως τον Οκτώβριο του 2019. Από εκείνο το σημείο κι έπειτα διακρίνεται «αύξηση» της κατανάλωσης ενέργειας έως το Δεκέμβριο του 2020.

Οι παραπάνω δείκτες του πίνακα εξετάζονται παράλληλα με τις ανεξάρτητες μεταβλητές της γραμμής βάσης (μέση εξωτερική θερμοκρασία και αδιάστατη μονάδα μέτρησης της παραγωγικότητας). Επίσης εξετάζονται και οι πραγματικές καταναλώσεις σε σχέση με τις υπολογισμένες, για επιβεβαίωση της ακεραιότητας των αποτελεσμάτων.

8. Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας

8.1 Εισαγωγή

Έπειτα από την καταγραφή και την ανάλυση όλων των δεδομένων της αποθήκης, το επόμενο βήμα είναι η προσπάθεια ενεργειακής αναβάθμισης της υπάρχουσας εγκατάστασης. Ο όρος ενεργειακή αναβάθμιση ορίζεται ως η εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας με σκοπό μία φιλικότερη προς το περιβάλλον κατασκευή καθώς και οικονομικότερη – τόσο από την πλευρά της κατανάλωσης ενέργειας αλλά και της φορολογίας.

Ο όρος ενεργειακή αναβάθμιση έχει, επίσης, ταυτιστεί με αλλαγές στο υφιστάμενο, οι οποίες δεν θα συμπεριληφθούν στις προτάσεις βελτίωσης, λόγω έλλειψης τεχνογνωσίας και δεδομένων της κτιριακής δομής [11]. Στην περίπτωση της κατασκευής που εξετάζεται οι μετατροπές αφορούν τον εξοπλισμό και όχι το κτίριο καθαυτό, με αποτέλεσμα την μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος. Η μείωση αυτή σε συνδυασμό με το οικονομικό αντίκτυπο που φέρει, ορίζεται ως πράσινη οικονομία. Ο πράσινος χαρακτηρισμός, γενικά, αναφέρεται σε φιλικές προς το περιβάλλον δράσεις. Σκοπός του κεφαλαίου είναι να προταθούν πράσινες επενδύσεις, με τόσο οικονομική όσο και περιβαλλοντική σημασία. Όπου κρίνεται απαραίτητο οι προτάσεις συνοδεύονται με εκτενή έλεγχο ώστε να διαλευκανθεί κατά πόσο είναι ουσιώδης αλλά και επενδυτικά άρτιες.

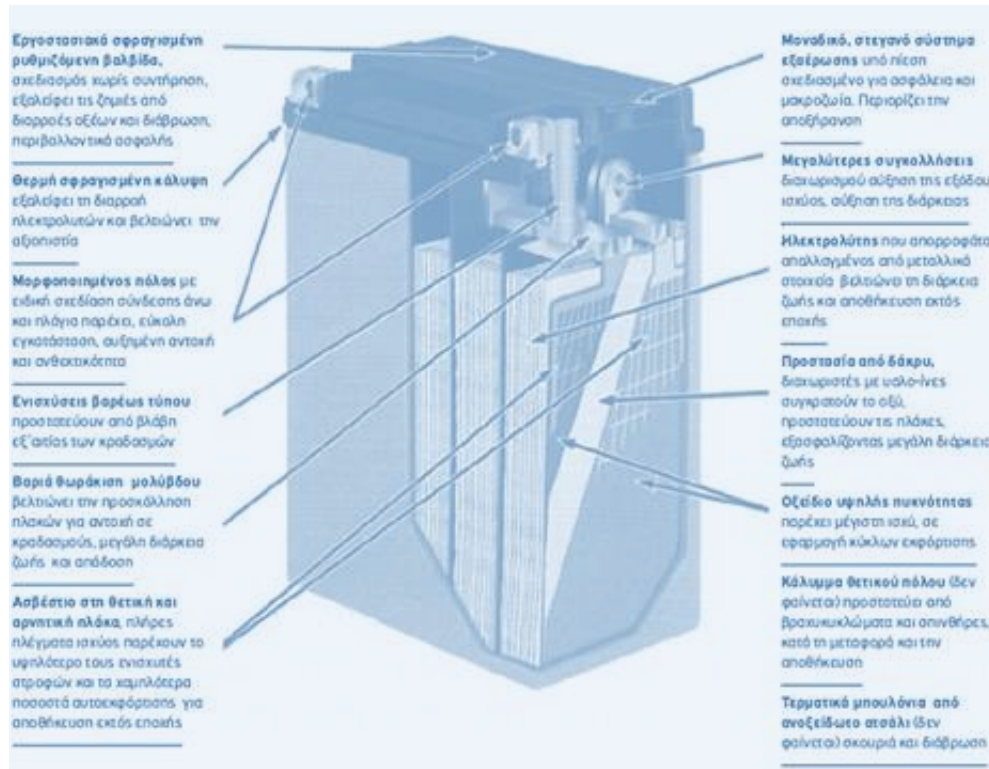
Όσο τα χρόνια περνάν, οι εταιρείες βρίσκουν εύφορο έδαφος για να αναπτυχθούν μέσα στην πράσινη οικονομία. Πλέον, επενδυτικές πολιτικές στοχεύουν στην πράσινη ανάπτυξη, για διάφορους λόγους. Για παράδειγμα, τόσο ελληνικά, όσο και ευρωπαϊκά προγράμματα επενδύουν κεφάλαια προς πράσινες επενδύσεις, καθιστώντας τις πιο ρεαλιστικές. Επίσης πολλές εταιρείες έχουν ενσωματώσει τη διαφήμιση με την πράσινη πολιτική: Οι πράσινες δράσεις δημιουργούν εκ νέου μονοπώλιο στα προϊόντα με το πρόσχημα ότι είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Ταυτόχρονα, σε μία κοινωνία που ο καταναλωτισμός συνεχώς αυξάνεται, με την αύξηση των πράσινων προϊόντων αναπτύσσεται η αειφόρος κοινωνική συνείδηση. Οι τρόποι με τους οποίους επηρεάζουν οι πράσινες επενδύσεις την αγορά όλο και πληθαίνουν. Το ανωτέρω δείγμα είναι μόνο η κορυφή του παγόβουνου, και όσο η κοινωνία αναπτύσσει φιλικές προς το περιβάλλον τάσεις, οι πράσινες επενδύσεις θα κερδίζουν αξία.

8.2 Αλλαγή Μπαταριών Περονοφόρων

8.2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΜΟΛΥΒΔΟΥ – ΟΞΕΩΣ ΚΑΙ ΙΟΝΤΩΝ ΛΙΘΙΟΥ

Σύμφωνα με την ανάλυση ένα ποσοστό 16% της κατανάλωσης έγκειται στη φόρτιση των μπαταριών των περονοφόρων. Ένα τέτοιο ποσοστό δεν μπορεί να αγνοηθεί κατά την έρευνα για την ελαχιστοποίηση του ενεργειακού αποτυπώματος. Τα περονοφόρα διαθέτουν μπαταρίες οξέος - μολύβδου και προτείνεται η αντικατάστασή τους με μπαταρίες ιόντων λιθίου.

Οι μπαταρίες οξέος μολύβδου αποτελούν συνήθεις μπαταρίες αυτοκινήτου. Αποτελούνται από δύο διαφορετικά αγώγιμα υλικά, εμπειγμένα σε ηλεκτρολύτη με σκοπό την αποθήκευση και απελευθέρωση της ηλεκτρικής ενέργειας [27]. Παρακάτω ακολουθεί τυπική τομή μπαταρίας οξέος – μολύβδου, χωρίς να σημαίνει ότι είναι πλήρως αντιπροσωπευτική, με ανάδειξη των περιεχομένων της:



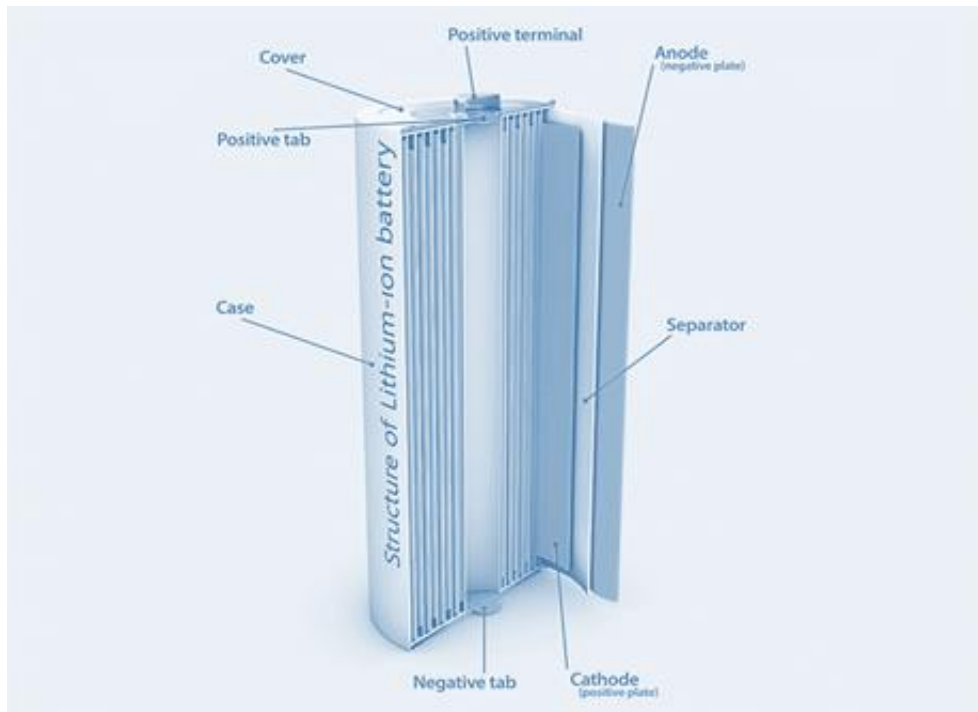
Εικόνα 18: Τομή Μπαταρίας Οξέος – Μολύβδου [26]

Η πληθώρα πλεονεκτημάτων που απορρέει από την επιλογή αυτών των μπαταριών δικαιολογεί και την ευρεία χρήση τους στο χώρο της αυτοκινητοβιομηχανίας και όχι μόνο [29]. Το χαμηλό κόστος αγοράς, η δυνατότητα ανακύκλωσης της μπαταρίας, η καλή απόδοση τόσο κατά τη λειτουργία όσο και κατά την επαναφόρτιση και η μαζική παραγωγή των μπαταριών καθιστούν τις μπαταρίες αυτού του τύπου καλή επένδυση στο χώρο της βιομηχανίας. Επίσης, η εύρυθμη

λειτουργεί σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και η ποικιλία σε σχήμα και μέγεθος των μπαταριών αυξάνουν την ευκολία προσαρμογής ανάλογα την περίπτωση. [30]

Παρόλα αυτά, μέσα στα χρόνια αποδείχθηκε ότι έχουν χαμηλή διάρκεια ζωής [28]. Παράλληλα, η μακροχρόνια αποθήκευση σε κατάσταση αναμονής ή το βραχυκύκλωμα δύναται να προκαλέσουν μη αναστρέψιμες βλάβες. Τέλος, στοιχεία τα οποία περιέχονται στην μπαταρία είναι επιβλαβή για την υγεία, για παράδειγμα αρσενικό.

Οι μπαταρίες Ιόντων Λιθίου, αποτελούν μία σύγχρονη επιλογή με πολλαπλά οφέλη. Χρησιμοποιούν μια παρεμβαλλόμενη ένωση του λιθίου ως υλικό του ενός ηλεκτροδίου. Τα ιόντα λιθίου μεταφέρονται κατά την φόρτιση ή την εκφόρτιση από το ένα στο άλλο ηλεκτρόδιο, μέσω ενός πορώδους διαχωριστικού φύλλου εμβαπτισμένου σε ηλεκτρολύτη. Συνολικά, δηλαδή, το κύριο τμήμα της μπαταρίας απαρτίζεται από το θετικό ηλεκτρόδιο, το αρνητικό και τον ηλεκτρολύτη [30, 33]. Παρακάτω αναπαρίσταται μία λεπτομέρεια της μπαταρίας:



Εικόνα 19: Λεπτομέρεια Μπαταρίας Ιόντων Λιθίου [9]

Οι μπαταρίες υπό εξέταση αποτελούν συστήματα ή ομάδες των άνω μπαταριών και όχι μεμονωμένες μονάδες όπως απεικονίζονται παραπάνω.

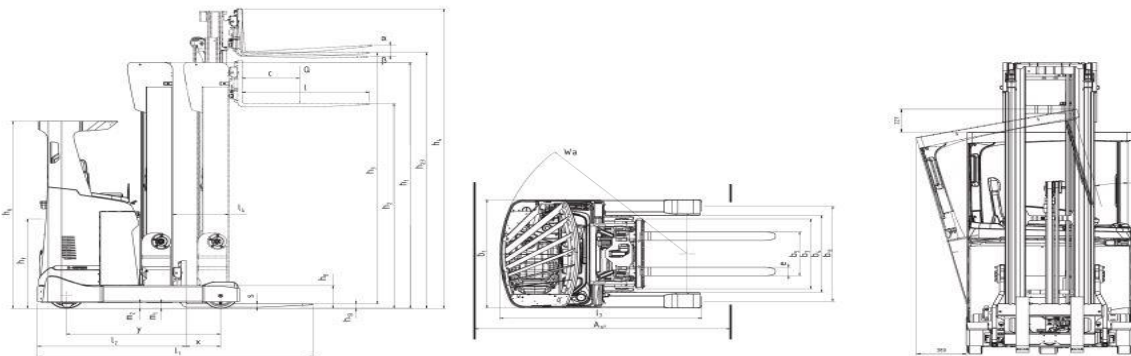
Αυτές οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες παρουσιάζουν μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση σε σχέση με τις πρώτες. Χαρακτηριστικά, όπως το μικρό βάρος, η υψηλή ενεργειακή πυκνότητα που απουσιάζει από τις μπαταρίες μολύβδου – οξέος και η δυνατότητα χρόνιας αποθήκευσης

τις καθιστούν άκρως αποτελεσματικές. Επενδυτικά, αν και θα αναλυθεί περαιτέρω, η μεγάλη διάρκεια ζωής που δίδεται από τους κατασκευαστές υπολογίζεται κοντά στο τριπλάσιο σε σχέση με τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας μολύβδου – οξέος. Ταυτόχρονα, τα μηδενικά έξοδα συντήρησης και η αποφυγή υποχρεωτικής κατασκευής χώρου φόρτισης μπαταριών θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν στην εξίσωση. Η επιλογή αυτών των μπαταριών προσδίδει μεγάλη ευελιξία κατά τη χρήση, αφού η φόρτιση συμβαίνει βάσει προδιαγραφών και ο χρόνος φόρτισης είναι γνωστός πριν την έναρξη της φόρτισης. Το γεγονός αυτό, οδηγεί σε καλύτερο προγραμματισμό των ωραρίων φόρτισης και ενσωματώνει τη διαδικασία στο καθημερινό πρόγραμμα χωρίς σπατάλη χρόνου. Η δυνατότητα αυτή περιγράφεται από το χαρακτηριστικό των μπαταριών ιόντων λιθίου που προβλέπει ότι η φόρτιση συμβαίνει δίχως στάδια φόρτισης και υπό σταθερή ένταση ρεύματος. Απορροή του χαρακτηριστικού, αυτού, είναι και η δυνατότητα μερικής φόρτισης, η οποία μεταφράζεται ακέραια σε παραπάνω χρόνο λειτουργίας του εξυπηρετούμενου μηχανήματος. Τέλος, οι μπαταρίες περιέχουν τοξικές ουσίες σε πολύ μικρότερο ποσοστό από τις μπαταρίες μολύβδου [33].

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερα μειονεκτήματα σε σχέση με τις πρώτες. Όπως είναι προφανές, και αυτές μπορεί να βραχυκυκλώσουν είτε από περίσσεια φόρτισης είτε από υπερθέρμανση [30]. Για αυτούς τους λόγους, έχουν αναπτυχθεί συστήματα ελέγχου που διακόπτουν αυτόματα τη φόρτιση. Το μοναδικό μειονέκτημα σε σχέση με τις μπαταρίες μολύβδου είναι ότι δεν είναι εξίσου ευκόλως ανακυκλώσιμες λόγω της περίτεχνης κατασκευής τους και της χαμηλής απόδοσης τους μετά την ανακύκλωση, κάτι που όμως εν μέρει καλύπτεται από την μεγάλη διάρκεια ζωής τους.

8.2.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Για να γίνει η αλλαγή των μπαταριών των περνοφόρων αντλήθηκαν τα απαραίτητα δεδομένα από τον κατασκευαστή. Ακολουθούν σε μορφή εικόνων και πινάκων:



Εικόνα 20: Σχέδια των Περνοφόρων της Εταιρείας

Πίνακας 8-1: Δεδομένα από τον Κατασκευαστή

Μοντέλο	BT Reflex PRE160		
VDI (kWh/h)	3.7		
Μπαταρία Οξέος – Μολύβδου	V	Ah	kWh
	48	620	29.76
Μπαταρία Ιόντων Λιθίου	V	Ah	kWh
	48	308 – 448	14.4 – 30.24

Την πρόταση του κατασκευαστή ακολούθησε και η εταιρεία της οποίας η αποθήκη εξετάζεται, δηλαδή κατά την επιλογή μπαταρίας μολύβδου επιλέχθηκαν μπαταρίες 48/620. Τα δεδομένα κατανάλωσης ρεύματος των περνοφόρων υπολογίστηκαν στην ανάλυση με δοθείσα τιμή κιλοβατώρας από το μετρητή περίπου ίση με 0.066 ευρώ. Από το 2021 η τιμή της κιλοβατώρας μετρήθηκε περίπου ίση με 0.2275. Οπότε εν συνεχεία υπολογίζεται η ετήσια κατανάλωση από τις μπαταρίες οξέος:

Ο όρος VDI του οχήματος αποτελεί μία προσέγγιση της μέγιστης κατανάλωσης ανά ώρα. Ο κατασκευαστής ορίζει ως μία προσέγγιση της πραγματικής κατανάλωσης του οχήματος $C_{real} = 0.8 \cdot VDI = 2.96 kWh/h$

Για τον υπολογισμό της ενέργειας που μπορεί να αποθηκευτεί στην μπαταρία, ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

$$ES_{battery} = \frac{48 \cdot 620}{1000} = 29.76 kWh$$

$$ES_{battery,real} = 29.76 \cdot 0.8 = 23.808 kWh$$

Ο όρος $ES_{battery,real}$ αναφέρεται στην προσέγγιση της εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που αποθηκεύεται σε μια μπαταρία μολύβδου οξέος, η οποία υπολογίζεται από τα δεδομένα που αναγράφονται στην μπαταρία αλλά έπειτα πολλαπλασιάζεται με μειωτικό συντελεστή ίσο με 0.8. Εν συντομία, το 20% θεωρείται η κατώτερη ενεργειακή στάθμη της μπαταρίας με σκοπό να αξιοποιηθεί τόσο η απόδοση όσο και η διάρκεια ζωής της μπαταρίας με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Η αυτονομία των περνοφόρων υπολογίζεται ως:

$$t_{active,real} = \frac{ES_{battery,real}}{C_{real}} = 8.04 hrs$$

Στην πραγματικότητα, κάθε βάρδια διαρκεί 8 ώρες, πράγμα που καθιστά βέλτιστο το χρόνο αυτονομίας των οχημάτων. Παρόλα αυτά, κάθε ημέρα πραγματοποιούνται 2 βάρδιες κατά τις οποίες απαιτείται η χρήση των περονοφόρων, με αποτέλεσμα η εταιρεία να έχει στην κατοχή της αρκετές παραπάνω μπαταρίες από εκείνες που χρειάζονται δέκα οχήματα. Ταυτόχρονα λαμβάνουν χώρα ευκαιριακές φορτίσεις που δεν αποδίδουν κατάλληλα, μιας και η φόρτιση των μπαταριών μολύβδου πραγματοποιείται με την μορφή κύκλων φόρτισης.

Από τα στοιχεία κατανάλωσης των προηγούμενων ετών υπολογίζεται η αναμενόμενη τιμή κατανάλωσης για το 2021:

Πίνακας 8-2: Κατανάλωση Περονοφόρων

Κατανάλωση (kWh)			
Μήνας	Έτος		
	2018	2019	2020
Ιανουάριος	10299	8278	8658
Φεβρουάριος	9325	7432	8475
Μάρτιος	11,415	8229	9155
Απρίλιος	9,864	7919	9159
Μάιος	9,961	8207	9171
Ιούνιος	10,777	8426	9284
Ιούλιος	9,741	9006	9865
Αύγουστος	9,903	8724	9699
Σεπτέμβριος	9016	9204	10434
Οκτώβριος	9985	9932	10248
Νοέμβριος	8429	8968	9447
Δεκέμβριος	7100	7990	8398
Σύνολο:	115815	102315	111993
Μεταβολή:	-11.65%		9.46%
Μέση Μεταβολή:	-1.10%		

Σε κάθε περίπτωση, ως δεδομένο για τον υπολογισμό της αναμενόμενης κατανάλωσης το 2021 θα έπρεπε να ληφθεί η μέση μεταβολή που υποδηλώνει ο πίνακας. Όμως, το 2020 ήταν και το έτος κατά το οποίο πραγματοποιήθηκε η αγορά των περονοφόρων, με αποτέλεσμα η αναμενόμενη κατανάλωση να θεωρηθεί χοντρικά ίδια με εκείνη του έτους 2020 λόγω έλλειψης δεδομένων. Για λόγους ασφάλειας, θα χρησιμοποιηθεί ένας εμπειρικός αυξητικός συντελεστής της τάξης του 1%. Οπότε, $C_{expected,2021} = 113113 \text{ kWh}$

Σύμφωνα με τα δεδομένα που λήφθηκαν από την αποθήκη, ο μέγιστος αριθμός περονοφόρων που δουλεύουν ανά βάρδια ανέρχεται σε πέντε. Όπως αναφέρθηκε, τα περονοφόρα αγοράστηκαν το 2020 από την εταιρεία σε πλαίσιο προσφοράς ως επενδυτική κίνηση. Η εταιρεία προβλέπει αύξηση φόρτου εργασίας έως και 100% τα επόμενα χρόνια, οπότε ως καλύτερη δυνατή λύση θεωρήθηκε η μαζική αγορά και όχι η τμηματική. Από τα δεδομένα κατανάλωσης που αφορούν τον κατασκευαστή των οχημάτων αλλά και της μπαταρίας προκύπτει η ακολουθεί κατανάλωση ανά έτος:

$$C_{expected,manuf} = [ES_{battery} + 0.15 \cdot ES_{battery}] \cdot 2 \cdot n_{veh} \cdot 261$$

$$C_{expected,manuf} = [29.76 + 0.15 \cdot 29.76] \cdot 2 \cdot 5 \cdot (261 \text{ days})$$

$$C_{expected,manuf} = 89324.64 \text{ kWh}$$

261 days = μέσος αριθμός εργάσιμων ημερών ανά έτος

Ο όρος $0.15 \cdot ES_{battery}$ υποδηλώνει την ενέργεια που χάνεται κατά τη διάρκεια μίας πλήρους φόρτισης μπαταρίας οξέος – μολύβδου. Συνοπτικά, ο φορτιστής αποδίδει 85%, ένα ποσοστό που δεν μπορεί να αγνοηθεί. Ακολουθεί η σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτει από τα στοιχεία του κατασκευαστή αλλά και από την ανάλυση των δεδομένων κατανάλωσης της αποθήκης.

$$Error = \frac{C_{expected,2021} - C_{expected,manuf}}{C_{expected,2021}} = 0.21 = 21\%$$

Από την παραπάνω σχέση, συμπεραίνεται ότι έπειτα από την ανάλυση που θα προκύψει για τις μπαταρίες ιόντων λιθίου, η τελική κατανάλωση θα υπολογιστεί έπειτα από αύξηση 21%, με σκοπό τη δημιουργία ενός συντελεστή ασφάλειας. Η υπόθεση γίνεται με δεδομένο ότι οι συνθήκες που επηρεάζουν τη διαδικασία της κατανάλωσης θα είναι ανεξάρτητες της αλλαγής μπαταριών και φορτιστών μπαταρίας στην αποθήκη. Το σφάλμα που υπολογίστηκε έγκειται στο γεγονός ότι οι υπολογισμοί έγιναν με βάση μία απομειωμένη τιμή του συντελεστή VDI των περονοφόρων και ταυτόχρονα δεν λήφθηκαν υπόψιν οι ευκαιριακές φορτίσεις καθώς και άλλες μη μετρήσιμες μεταβλητές που συμβαίνουν στον πραγματικό χρόνο.

Η κατανάλωση για τις μπαταρίες οξέος μολύβδου μεταφράζεται σύμφωνα με την παρούσα τιμή της κιλοβατώρας σε $MC = 113113 \cdot 0.2275 = 25733.21 \text{ €}$

Όσον αφορά της μπαταρίες ιόντων λιθίου, αναγκαστικά θα γίνει πρόβλεψη για τον ίδιο ενεργό αριθμό περονοφόρων ανά βάρδια.

Η αγορά μπαταριών αποτελεί μία περίπλοκη διαδικασία, η οποία πέραν της επενδυτικής σημασίας έχει αντίκτυπο και στην εύρυθμη λειτουργία της αποθήκης. Επίσης, με σκοπό την εξάντληση όλου του χρόνου ζωής των μπαταριών, ο οποίος κυμαίνεται από τα 8 έως τα 10 χρόνια, λήφθηκε παραδοχή που ορίζει την κατώτατη στάθμη της μπαταρίας στο 40%. Για τον υπολογισμό της αυτονομίας χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος συντελεστής VDI του οχήματος απομειωμένος κατά 20%.

Αξιολογήθηκαν οι παρακάτω μπαταρίες με τους αντίστοιχους φορτιστές:

Πίνακας 8-3: Επιλογή Νέων Μπαταριών Λιθίου

Μπαταρίες Λιθίου	Ικανότητα	48V/308Ah	48V/448Ah	48V/480Ah
	Κόστος (€)	8100	11800	12600
Φορτιστές	Ικανότητα	100 A		250 A
	Κόστος (€)	950		2310

Το κόστος που αναγράφεται αναπαριστά έναν μέσο όρο των προσφορών που δέχθηκε η εταιρεία για την αγορά των μπαταριών. Με τα παραπάνω δεδομένα και την παραδοχή που λήφθηκε κατασκευάζεται ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 8-4: Αυτονομία και Φόρτιση Μπαταριών

Μπαταρία	Αυτονομία Μηχανήματος (hrs)	Αυτονομία Μηχανήματος με Κατώτατη Στάθμη 40% (hrs)	Χρόνος Πλήρους Φόρτισης Βάσει Φορτιστών (hrs)		Χρόνος Φόρτισης από το 40% Βάσει Φορτιστών (hrs)	
			100 A	250 A	100 A	250 A
48V/308Ah	5	3	3.08	1.23	1.85	0.74
48V/448Ah	7.265	4.36	4.48	1.79	2.69	1.075
48V/480Ah	7.784	4.67	4.8	1.92	2.88	1.152

Για να διαλευκανθεί ποια είναι η καταλληλότερη μπαταρία, πρέπει να γίνει έρευνα για όλες τις μπαταρίες σε συνδυασμό με τους αντίστοιχους φορτιστές:

I. Μπαταρία 48V/308Ah

Η αυτονομία μέχρι την ορισμένη κατώτατη στάθμη είναι χονδρικά 3 ώρες. Αυτό σημαίνει ότι στην οκτάωρη βάρδια κάθε μπαταρία θα πρέπει να μπει στη φόρτιση κατ'ελάχιστο 3 φορές. Η ελάχιστη ποσότητα μπαταριών που επιτρέπει αυτήν την συνθήκη είναι οι έξι μπαταρίες, δεδομένου ότι μόνον τα πέντε οχήματα λειτουργούν ταυτόχρονα. Το μοντέλο επάνω στο οποίο βασίζεται η ποσότητα αυτή είναι ένα μοντέλο συνεχούς ανταλλαγής μπαταριών μέσα στη βάρδια. Η βάρδια ξεκινά με 6 πλήρως φορτισμένες μπαταρίες εκ των οποίων οι 5 τοποθετούνται στα μηχανήματα και η έκτη παραμένει ανενεργή. Από τη στιγμή που η αυτονομία υπολογίστηκε 3 ώρες, η αλλαγή μπαταρίας κάθε οχήματος πρέπει να συμβαίνει ανά 30 λεπτά, με αποτέλεσμα το όχημα νούμερο 5 να αλλάξει μπαταρία λίγο πριν την λήξη της ζητούμενης αυτονομίας. Συνοπτικά, το πρώτο όχημα θα πάρει την εφεδρική μπαταρία έπειτα από 30 λεπτά και θα τοποθετηθεί στη φόρτιση την μπαταρία που είχε, αντίστοιχα μετά από 30 λεπτά η διαδικασία θα επαναληφθεί για το δεύτερο όχημα και ούτω καθεξής. Η φόρτιση μέσω του φορτιστή 100 A δεν θα εξετασθεί μιας και ο χρόνος φόρτισης είναι αρκετά μεγάλος – το όχημα 5 που θα αλλάξει την μπαταρία του έπειτα από 2.5 ώρες θα αφήσει στο φορτιστή μία μπαταρία κοντά στο 45% της αυτονομίας, η οποία δε θα φορτίσει ικανοποιητικά μέχρι την επόμενη αλλαγή έπειτα από 30 λεπτά. Με βάση τα παραπάνω ακολουθεί πίνακας με την ενέργεια κάθε μπαταρίας για κάθε 30 λεπτά μέσα στο οκτάωρο. Οι μπαταρίες αναπαρίστανται ως αριθμοί 1 – 5 και ΕΦ (εφεδρική).

Πίνακας 8-5: Χρήση Μπαταριών 48V/308Ah στην Αποθήκη

Χρόνος (min)	Όχημα 1	Όχημα 2	Όχημα 3	Όχημα 4	Όχημα 5	Φορτιστής
	Μπαταρία	Μπαταρία	Μπαταρία	Μπαταρία	Μπαταρία	Μπαταρία
	Ενέργεια (%)	Ενέργεια (%)	Ενέργεια (%)	Ενέργεια (%)	Ενέργεια (%)	Ενέργεια (%)
0	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 5	-
	100	100	100	100	100	-
30	ΕΦ.	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 5	Μπ. 1
	100	90	90	90	90	90
60	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 5	Μπ. 2
	90	100	80	80	80	80
90	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 4	Μπ. 5	Μπ. 3
	80	90	100	70	70	70
120	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 5	Μπ. 4
	70	80	90	100	60	60
150	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 5

	60	70	80	90	100	50
180	Μπ. 5	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4	ΕΦ.
	91	60	70	80	90	50
210	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 1
	81	91	60	70	80	100
240	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 2
	71	81	90	60	70	50
270	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 4	Μπ. 3
	61	71	80	91	60	50
300	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4
	51	61	70	81	91	50
330	Μπ. 4	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 5
	91	51	60	71	81	41
360	Μπ. 4	Μπ. 5	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	ΕΦ.
	81	82	50	61	71	41
390	Μπ. 4	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 1
	71	72	82	51	61	40
420	Μπ. 4	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 3	Μπ. 2
	61	62	72	81	51	41
450	Μπ. 4	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3
	51	52	62	71	81	41
480	Μπ. 3	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 4
	82	42	52	61	71	41

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, κάθε μπαταρία χάνει περίπου 10% ανά μισή ώρα λειτουργίας και κερδίζει 40% ενέργειας ανά μισή ώρα φόρτισης. Με το παραπάνω μοντέλο, αν και οριακά, επιτυγχάνεται η διατήρηση της κατώτατης στάθμης ίσης με 40% της προσφερόμενης ενέργειας της μπαταρίας.

Με βάσει τον πίνακα, ο χειριστής του μηχανήματος, αναγκάζεται ανά 2.5 ώρες να εναλλάσσει τη μπαταρία του. Δεν είναι εντελώς αποδοτικό όσον αφορά την εργασία, αλλά δεν αποτελεί και μεγάλη επιβάρυνση. Το μόνο μειονέκτημα της παραπάνω εναλλαγής μπαταριών έγκειται στο γεγονός ότι για να ξεκινήσει η επόμενη βάρδια, πρέπει να υπάρξει ένας κενός χρόνος ίσος με 45 λεπτά στον οποίο οι μπαταρίες θα επαναφορτιστούν πλήρως.

Η παραπάνω επένδυση κοστίζει:

$$IC_1 = 6 \cdot [\text{Φορτιστές } 250A] + 6 \cdot [\text{Μπαταρίες } 48V / 308Ah] \rightarrow$$

$$IC_1 = 6 \cdot [2310] + 6 \cdot [8100] = 62460\text{€}$$

Η παραπάνω διαδικασία μπορεί και να εφαρμοστεί με 5 φορτιστές, με τη διαφορά ότι το κενό διάστημα ανάμεσα στις βάρδιες θα έπρεπε να ανέρχεται σε μία ολόκληρη ώρα, ενώ το κόστος επένδυσης μειώνεται αυτόματα στα

$$IC'_1 = 5 \cdot [2310] + 6 \cdot [8100] = 60150\text{€}$$

Τέλος, η καλύτερη δυνατή λύση, μπορεί να αποδοθεί σε έναν συνδυασμό φορτιστών με τις ανωτέρω μπαταρίες: Στον χρόνο που ο φορτιστής 250A φορτίζει μία μπαταρία από το 40% στο 100% ένας φορτιστής 100A φορτίζει το ¼ μίας μπαταρίας. Οπότε, αν υπάρχουν 4 φορτιστές 100A και 3 250A, τότε οι μπαταρίες 1,2,3, ΕΦ. θα φορτίζονται από τους πρώτους και οι 4, 5 από τους δεύτερους. Δεν έχει ουσιαστική σημασία αν οι μπαταρίες 1 και 2 θα φορτιστούν πλήρως, διότι με την έναρξη της βάρδιας 2 που ακολουθεί την μορφή της βάρδιας 1, θα φορτιστούν πλήρως μέσα στις πρώτες 1.5 ώρες. Παράλληλα, με την έναρξη της βάρδιας, η ΕΦ. θα αλλάξει φορτιστή (100A → 250A) και θα φορτιστεί πλήρως μέσα στην πρώτη μισή ώρα.

Ολικό κόστος τρίτης πρότασης:

$$IC''_1 = 58380\text{€}$$

II. Μπαταρία 48V/448Ah

Όπως είναι αναμενόμενο, το ελάχιστο κόστος επένδυσης περιγράφεται από τις μπαταρίες που εξετάστηκαν πρώτες, για τις υπό εξέταση μπαταρίες αλλά και αυτές που θα ακολουθήσουν έπειτα, θα δοθεί έμφαση στην απομείωση του απαιτούμενου χρόνου μεταξύ των βαρδιών αλλά και στην εναλλαγή μπαταριών κατά τη βάρδια.

Όπως και στην πρώτη κατηγορία, ο ενεργός φορτιστής κατά τη βάρδια θα πρέπει να είναι 250A, με σκοπό την παροχή περισσότερης ενέργειας σε μικρότερο χρονικό διάστημα. Τα διαστήματα εναλλαγής μπαταριών χωρίζονται σε 50 λεπτά. Μέσα σε 50 λεπτά, ένα όχημα καταναλώνει το 12% της μπαταρίας, ενώ 50 λεπτά φόρτισης φορτίζεται περίπου μισή μπαταρία. Σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτει και ο ακόλουθος πίνακας:

Πίνακας 8-6: Χρήση Μπαταριών 48V/448Ah στην Αποθήκη

Χρόνος (min)	Όχημα 1	Όχημα 2	Όχημα 3	Όχημα 4	Όχημα 5	Φορτιστής
	Μπαταρία	Μπαταρία	Μπαταρία	Μπαταρία	Μπαταρία	Μπαταρία
	Ενέργεια (%)	Ενέργεια (%)	Ενέργεια (%)	Ενέργεια (%)	Ενέργεια (%)	Ενέργεια (%)
0	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 5	-
	100	100	100	100	100	-
50	ΕΦ.	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 5	Μπ. 1
	100	88	88	88	88	88
100	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 5	Μπ. 2
	88	100	76	76	76	76
150	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 4	Μπ. 5	Μπ. 3
	76	88	100	64	64	64
200	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 5	Μπ. 4
	64	76	88	100	52	52
250	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 5
	52	64	76	88	100	40
300	Μπ. 5	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4	ΕΦ.
	90	52	64	76	88	40
350	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 1
	78	90	52	64	76	40
400	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 2
	66	78	90	52	64	40
450	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 4	Μπ. 3
	54	66	78	90	52	40
480	Μπ. 3	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 4	Μπ. 5
	67	54	66	78	40	42

Από τις καταναλώσεις που περιγράφονται ανωτέρω, είναι εμφανές πως ο χρόνος μεταξύ των 2 βαρδιών δεν μειώνεται καθόλου, μιας και θα απαιτούνται και πάλι αρκετά λεπτά για πλήρη φόρτιση των μπαταριών (περίπου 50 λεπτά). Παρόλα αυτά, τα δεδομένα είναι απαραίτητα, με σκοπό την κατανόηση συμπεριφοράς των μπαταριών αυτών, ώστε να γίνει πρόταση με παραπάνω από ένα είδος μπαταρίας.

III. Μπαταρία 48V/480Ah

Η τρίτου τύπου μπαταρία, προσδίδει τη μεγαλύτερη αυτονομία στο όχημα. Ο ενεργός φορτιστής κατά τη βάρδια επιλέγεται 250A. Ενώ κανονικά τα διαστήματα θα

χωρίζονταν σε 55 λεπτά, για να αποφευχθεί η χαμηλή ενέργεια στις μπαταρίες κατά το τέλος της βάρδιας, θα παρθούν διαστήματα 40 λεπτών. Μέσα σε 40 λεπτά το όχημα καταναλώνει το 9% της μπαταρίας, ενώ σε 40 λεπτά φορτίζεται το 34,7%.

Πίνακας 8-7: Χρήση Μπαταριών 48V/480Ah στην Αποθήκη

Χρόνος (min)	Όχημα 1	Όχημα 2	Όχημα 3	Όχημα 4	Όχημα 5	Φορτιστής
	Μπαταρία	Μπαταρία	Μπαταρία	Μπαταρία	Μπαταρία	Μπαταρία
	Ενέργεια (%)	Ενέργεια (%)	Ενέργεια (%)	Ενέργεια (%)	Ενέργεια (%)	Ενέργεια (%)
0	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 5	-
	100	100	100	100	100	-
40	ΕΦ.	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 5	Μπ. 1
	100	91	91	91	91	91
80	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 5	Μπ. 2
	91	100	82	82	82	82
120	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 4	Μπ. 5	Μπ. 3
	82	91	100	73	73	73
160	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 5	Μπ. 4
	73	82	91	100	64	64
200	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 5
	64	73	82	91	98.7	55
240	Μπ. 5	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4	ΕΦ.
	89.7	64	73	82	89.7	55
280	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 1
	80.7	89.7	64	73	80.7	55
320	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 2
	71.7	80.7	89.7	64	71.7	55
360	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 4	Μπ. 3
	62.7	71.7	80.7	89.7	62.7	55
400	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4
	53.7	62.7	71.7	80.7	89.7	53.7
440	Μπ. 4	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 5
	88.4	53.7	62.7	71.7	80.7	44.7
480	Μπ. 4	Μπ. 5	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	ΕΦ.
	79.4	79.4	53.7	62.7	71.7	44.7

Τα παραπάνω αποτελέσματα είναι τα καλύτερα δυνατά υπό το πρίσμα της εξοικονόμησης χρόνου τόσο ανάμεσα στις βάρδιες όσο και κατά βάρδιες – κατά τις αλλαγές μπαταριών. Ο απαιτούμενος χρόνος φόρτισης μετά το πέρας της πρώτης βάρδιας ανέρχεται στα 10 λεπτά με απαίτηση την αλλαγή σειράς φόρτισης των μπαταριών και την επένδυση μόνο σε φορτιστές 250A. Το συνολικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται στα $IC_2 = 87150\text{€}$, που δυστυχώς είναι πολύ μεγαλύτερο από τα κεφάλαια των προηγούμενων προτάσεων. Η πρόταση παρόλα αυτά δίνει τη δυνατότητα στις μπαταρίες 4 και 5 να διατηρήσουν υψηλή ενεργειακή στάθμη, πράγμα που δεν επιτεύχθηκε τις προηγούμενες φορές.

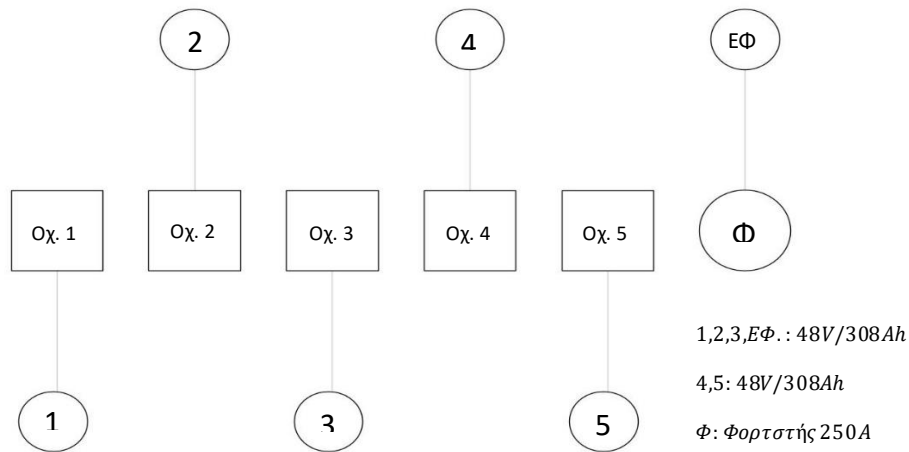
Για την εξασφάλιση της οικονομικότερης επένδυσης και της μείωσης του χαμένου χρόνου ακολουθεί πρόταση συνδυασμού μπαταριών και φορτιστών.

IV. Συνδυαστική Πρόταση

Έπειτα από αρκετούς συνδυασμούς μπαταριών, το μοντέλο που αποτελείται από 2 μπαταρίες 48V/480Ah και από 4 μπαταρίες 48V/308Ah, αποδείχθηκε το λειτουργικότερο.

Ο χρόνος εναλλαγής των μπαταριών παραμένει 30 λεπτά. Σε αυτό το χρόνο μία μπαταρία 48V/308Ah καταναλώνει το 10% της συνολικής της ενέργειας ενώ μία μπαταρία 48V/480Ah καταναλώνει μόλις το 6.4% της συνολικής της ενέργειας. Επίσης, η μπαταρία 48V/308Ah φορτίζει 41% και η μπαταρία 48V/480Ah φορτίζει το 26% στον ίδιο χρόνο με φορτιστή 250A.

Ακολουθεί φωτογραφία που απεικονίζει την τοποθέτηση των μπαταριών στα οχήματα:



Εικόνα 21: Κατάλληλη Τοποθέτηση Μπαταριών ανά Όχημα

Πίνακας 8-8: Συνδυαστική Χρήση Μπαταριών στην Αποθήκη

Χρόνος (min)	Όχημα 1	Όχημα 2	Όχημα 3	Όχημα 4	Όχημα 5	Φορτιστής
	Μπαταρία	Μπαταρία	Μπαταρία	Μπαταρία	Μπαταρία	Μπαταρία
	Ενέργεια (%)	Ενέργεια (%)	Ενέργεια (%)	Ενέργεια (%)	Ενέργεια (%)	Ενέργεια (%)
0	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 5	-
	100	100	100	100	100	-
30	ΕΦ.	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 5	Μπ. 1
	100	90	90	93.6	93.6	90
60	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 5	Μπ. 2
	90	100	80	87.2	87.2	80
90	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 4	Μπ. 5	Μπ. 3
	80	90	100	80.8	80.8	70
120	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 5	Μπ. 4
	70	80	90	100	74.4	74.4
150	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 5
	60	70	80	90	100	68
180	Μπ. 5	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4	ΕΦ.
	94	60	70	80	93.6	50
210	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 1

	87.6	91	60	70	87.2	100
240	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 3	Μπ. 4	Μπ. 2
	81.2	81	90	60	80.8	50
270	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 4	Μπ. 3
	74.8	71	80	91	74.4	50
300	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 4
	68.4	61	70	81	91	68
330	Μπ. 4	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 5
	94	51	60	71	81	62
360	Μπ. 4	Μπ. 5	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3	ΕΦ.
	87.6	88	50	61	71	41
390	Μπ. 4	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 2	Μπ. 3	Μπ. 1
	81.2	81.6	82	51	61	40
420	Μπ. 4	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 3	Μπ. 2
	74.8	75.2	72	81	51	41
450	Μπ. 4	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 3
	68.4	68.8	62	71	81	41
480	Μπ. 3	Μπ. 5	ΕΦ.	Μπ. 1	Μπ. 2	Μπ. 4
	82	62.4	52	61	71	62

Μπ. 1, Μπ. 2, Μπ. 3, ΕΦ → 48V /308Ah

Μπ. 4, Μπ. 5 → 48V /480Ah

Αγοράζονται 3 φορτιστές των 100Α και 3 φορτιστές των 250Α, οι μπαταρίες φορτίζουν για 30 λεπτά μετά το πέρας της βάρδιας ως εξής:

Μπ. 1, Μπ. 2, Μπ. 3 → Φορτιστές 100Α

ΕΦ, Μπ. 4, Μπ. 5 → Φορτιστές 250Α

Οι τελικές ενδείξεις πριν την έναρξη της δεύτερης βάρδιας αναμένονται να είναι:

Μπ. 1 → 100.0%

Μπ. 2 → 100.0%

Μπ. 3 → 100.0%

Μπ. 4 → 88.00%

Μπ. 5 → 88.00%

Ε.Φ. → 100%

Το χρονοδιάγραμμα και οι θέσεις των μπαταριών της βάρδιας 1 αναπαράγονται αυτούσια και στη βάρδια 2. Ως αποτέλεσμα, ποτέ δεν απομειώνεται πάνω από 60% η ενέργεια της μπαταρίας. Τελικό κόστος: $IC_3 = 67380\text{€}$, λίγο παραπάνω από την πρόταση 1, με τη διαφορά ότι ο απαιτούμενος χρόνος μεταξύ βαρδιών είναι 15 λεπτά και όχι 45 λεπτά.

Με τη θεώρηση ύπαρξης οικονομικής επιβάρυνσης για την εγκατάσταση των φορτιστών και των μπαταριών, σε κόστος που ανέρχεται στο 25% της επένδυσης, το τελικό κόστος προσδιορίζεται ως: $IC_{3,final} = 84225\text{€}$

Αξιολόγηση όλων των δεδομένων

Από τις παραπάνω προτάσεις, λαμβάνεται προς εξέταση η τελευταία και υπολογίζεται η αναμενόμενη βάσει δεδομένων κατασκευαστή και η αναμενόμενη πραγματική κατανάλωση σε κιλοβατώρες, λαμβάνοντας υπόψιν ότι οι απώλειες ενέργειας αναμένονται χονδρικά στο 5%.

$$C'_{expected,manuf} = 90753.60 \text{ kWh}$$

$$C'_{expected,2021} = 121\% \cdot C'_{expected,manuf} = 98389.94 \text{ kWh}$$

Και το αναμενόμενο κόστος υπολογίζεται στα $MC' = 18499\text{€}$

Η διαφορά αναμενόμενου κόστους, ορίζει το οικονομικό όφελος που προέκυψε:

$$K_1 = C_{expected,2021} - C'_{expected,2021} = 3349.5 \text{ €/έτος}$$

Παράλληλα, η μείωση της κατανάλωσης και η αλλαγή των μπαταριών οδηγεί σε μειωμένες εκπομπές CO_2 , πράγμα που φέρει οικονομικό όφελος στην επιχείρηση που ανέρχεται:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta E = 14724 \text{ kWh} \\ E_{CO_2} = \Delta E \cdot 0.989 = 14562 \text{ kg } CO_2 \\ K_{CO_2} = 85 \text{ €/tn } CO_2 \end{array} \right\} K_2 = 1237.77 \text{ €/έτος}$$

Η άνω κοστολόγηση του διοξειδίου του άνθρακα χρονολογείται στην αρχή του έτους 2022. Η τιμή του διοξειδίου έχει αυξηθεί ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια. Η αύξηση έχει εκθετική μορφή και οι έρευνες προβλέπουν ότι η άνοδος της αξίας του διοξειδίου θα συνεχιστεί. Από το 2007 που η τιμή ήταν κάτω από $2 \text{ €/tn } CO_2$, μέχρι το σήμερα που η τιμή είναι παρόμοια με την προαναφερθείσα, η αύξηση της σημασίας τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά του CO_2 αποτυπώνεται αισθητά στην κοινωνία. Επειδή το μοντέλο πρόβλεψης της τιμής του διοξειδίου

ξεφεύγει από τον σκοπό της εργασίας, η ανωτέρω τιμή θα θεωρηθεί σταθερή για την αξιολόγηση των επενδύσεων.

Ταυτόχρονα, όπως αναφέρθηκε στην αρχή του κεφαλαίου, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου δεν χρίζουν επίβλεψης ή συντήρησης από την αγορά μέχρι τη λήξη της διάρκειας ζωής τους. Η εταιρεία, την παρούσα στιγμή, δεσμεύει 2 εργαζόμενους, έναν ανά βάρδια, οι οποίοι πληρώνονται 900 €/μήνα με σκοπό την επίβλεψη του μπαταρουργείου. Επίσης, μέσα στο χρόνο η απαιτούμενη συντήρηση κοστίζει βάσει των δεδομένων της εταιρείας χονδρικά 1000 €/έτος. Οπότε, αθροίζοντας τα παραπάνω προκύπτει:

$$X_1 = (2 \cdot 900 \cdot 14) + 1000 = 26200 \text{ €/έτος}$$

Τέλος, η εκτιμώμενη ζωή της μπαταρίας μόλυβδου – οξέος ανάγεται στα 5 χρόνια. Η εταιρεία αγοράζει κάθε μπαταρία 6900€ και έχει στην κατοχή της 9 μπαταρίες, τις και οποίες ανανεώνει. Η παραπάνω τιμή δεν αποτελεί εκτίμηση, αλλά πραγματικό δεδομένο που δόθηκε από την εταιρεία. Οι 9 μπαταρίες κρίνονται απαραίτητες για τη λειτουργία των περονοφόρων της εγκατάστασης μιας ο χρόνος φόρτισης είναι μεγάλος και οι ευκαιριακές φορτίσεις δεν είναι αποδοτικές. Οπότε, προκύπτει:

$$X_2 = \frac{6900 \cdot 9}{5} = 12420 \text{ €/έτος}$$

Τα παραπάνω κέρδη και έξοδα αποτελούν τις απαραίτητες πληροφορίες για να γίνει εκτίμηση της επένδυσης σε όρους NPV, IRR και ετών αποπληρωμής. Κατά την αξιολόγηση τα αποτελέσματα κατατάσσονται σε ενεργειακά οφέλη και μη ενεργειακά οφέλη, με σκοπό να γίνει ξεχωριστή πρόβλεψη για τα ενεργειακά και τα συνολικά οφέλη που απορρέουν από την επένδυση. Στα ενεργειακά οφέλη κατατάσσονται: Η νέα προμήθεια μπαταριών μόλυβδου οξέος ως ταμειακή εισροή μετά την επένδυση και το κέρδος που προκύπτει από την λιγότερη κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος. Τα μη ενεργειακά οφέλη αποτελούνται από τη μη απαραίτητη πλέον μίσθωση ατόμων για την επίβλεψη του μπαταρουργείου καθώς και τη συντήρηση των μπαταριών και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Η εταιρεία παρέδωσε οικονομικές παραμέτρους για την αξιολόγηση των επενδύσεων:

- Μέγιστος Χρόνος Απόσβεσης: 8 έτη
- Προεξοφλητικό Επιτόκιο: 8%
- ΦΠΑ: 24%

Ακολουθεί πίνακας που περιγράφει την οικονομική ανάλυση για τα ενεργειακά οφέλη:

Πίνακας 8-9.1: Οικονομική Ανάλυση Ενεργειακών Οφελών I για Μπαταρίες

Έτη	Αυξητικός Συντελεστής Επιτοκίου	Κόστος Επένδυσης: 84225 €	Προμήθεια Μπαταριών Μολύβδου (€/έτος)	$NPV_{\text{μπατ.}}$ (€/έτος)	Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (€/έτος)	$NPV_{\text{ρεύματος}}$ (€/έτος)	$NPV_{\text{ενεργειακών}}$ (€/έτος) [8]
1	1.08		12420	11500	3349.50	3101.39	-69623.61
2	1.166		12420	10648.15	3349.50	2871.66	-56103.81
3	1.26		12420	9859.40	3349.50	2658.94	-43585.47
4	1.36		12420	9129.07	3349.50	2461.98	-31994.42
5	1.47		12420	8452.84	3349.50	2279.61	-21261.96
6	1.587		12420	7826.71	3349.50	2110.75	-11324.5
7	1.714		12420	7246.95	3349.50	1954.40	-2123.14
8	1.851		12420	6710.14	3349.50	1809.63	6396.622
Σύνολο	-		99360	71373.25	26796	19248.37	-

$\text{Χρόνος Απόσβεσης: } t_1 = 7 + \frac{2123.14}{6396.622 + 2123.14} = 7.25 \text{ years}$

Πίνακας 8-9.2: Οικονομική Ανάλυση Ενεργειακών Οφελών II για Μπαταρίες

Έτη	Κόστος Επένδυσης: 84225 €	Προμήθεια Μπαταριών Μολύβδου (€/έτος)	Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (€/έτος)	Κέρδος ανά Έτος (€/έτος)	Υπολογισμός IRR
1		12420	3349.50	15769.50	$15769.50/(1 + IRR)$
2		12420	3349.50	15769.50	$15769.50/(1 + IRR)^2$
3		12420	3349.50	15769.50	$15769.50/(1 + IRR)^3$
4		12420	3349.50	15769.50	$15769.50/(1 + IRR)^4$
5		12420	3349.50	15769.50	$15769.50/(1 + IRR)^5$
6		12420	3349.50	15769.50	$15769.50/(1 + IRR)^6$
7		12420	3349.50	15769.50	$15769.50/(1 + IRR)^7$
8		12420	3349.50	15769.50	$15769.50/(1 + IRR)^8$

$84225 = \frac{15769.50}{1 + IRR} + \frac{15769.50}{(1 + IRR)^2} + \frac{15769.50}{(1 + IRR)^3} + \frac{15769.50}{(1 + IRR)^4} + \frac{15769.50}{(1 + IRR)^5} + \frac{15769.50}{(1 + IRR)^6} + \frac{15769.50}{(1 + IRR)^7} + \frac{15769.50}{(1 + IRR)^8} \rightarrow$
 $IRR \approx 10\%$ [7]

Παρακάτω παρουσιάζονται τα μη ενεργειακά οφέλη και συνοψίζονται όλα με την ολική οικονομική ανάλυση, η οποία πραγματοποιήθηκε όπως η ανάλυση για τα αμιγώς ενεργειακά οφέλη.

Πίνακας 8-10: Οικονομική Ανάλυση Μη Ενεργειακών Οφελών για Μπαταρίες

Έτη	Αυξητικός Συντελεστής Επιτοκίου	Εργασία και Συντήρηση Μπαταριών (€/έτος)	$NPV_{εργ,συντ.}$ (€/έτος)	Εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα (€/έτος)	NPV_{CO_2} (€/έτος)
1	1.08	26200	24259.26	1237.77	1146.08
2	1.166	26200	22462.278	1237.77	1061.19
3	1.26	26200	20798.41	1237.77	982.58
4	1.36	26200	19257.78	1237.77	909.80
5	1.47	26200	17831.28	1237.77	842.41
6	1.587	26200	16510.44	1237.77	780.01
7	1.714	26200	15287.45	1237.77	722.23
8	1.851	26200	14155.04	1237.77	668.73
Σύνολο	–	209600	150561.94	9902.16	7113.02

Πίνακας 8-11: Ολική Οικονομική Ανάλυση για Μπαταρίες

Έτη	Κόστος Επένδυσης: 84225 €	$NPV_{ολικό.}$ (€/έτος)	Ολικό Κέρδος ανά Έτος (€/έτος)	Υπολογισμός IRR
1		-44218.27	43207.27	$43207.27/(1 + IRR)$
2		-7175.00	43207.27	$43207.27/(1 + IRR)^2$
3		27124.33	43207.27	$43207.27/(1 + IRR)^3$
4		58882.96	43207.27	$43207.27/(1 + IRR)^4$
5		88289.10	43207.27	$43207.27/(1 + IRR)^5$
6		115517.01	43207.27	$43207.27/(1 + IRR)^6$
7		140728.04	43207.27	$43207.27/(1 + IRR)^7$
8		164071.58	43207.27	$43207.27/(1 + IRR)^8$
$84225 = \frac{43207.27}{1 + IRR} + \frac{43207.27}{(1 + IRR)^2} + \frac{43207.27}{(1 + IRR)^3} + \frac{43207.27}{(1 + IRR)^4} + \frac{43207.27}{(1 + IRR)^5} + \frac{43207.27}{(1 + IRR)^6} + \frac{43207.27}{(1 + IRR)^7} + \frac{43207.27}{(1 + IRR)^8} \rightarrow$ $IRR \cong 49\%$				

$$\text{Χρόνος Απόσβεσης: } t_2 = 2 + \frac{7175}{7175 + 27124.33} = 2.21 \text{ years}$$

Οι παραπάνω πίνακες αποτελούν ένδειξη πως η επένδυση θα είναι κερδοφόρα τόσο σε περίπτωση εκμετάλλευσης των ενεργειακών οφελών καθ' αυτό, αλλά ακόμα περισσότερο σε καθολική εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων που πηγάζουν από την αλλαγή μπαταριών στην εγκατάσταση.

Όπως είναι και ευδιάκριτο, ο συντελεστής IRR ξεπερνά το προεξοφλητικό επιτόκιο, πράγμα που πιστοποιεί την ακεραιότητα της επένδυσης. Όσον αφορά τα αμιγώς ενεργειακά οφέλη, παρατηρείται ότι ο συντελεστής IRR είναι λίγο μεγαλύτερος του επιτοκίου, ενώ όσον αφορά την ολότητα της επένδυσης, ο συντελεστής είναι 6 φορές μεγαλύτερος του επιτοκίου.

Οι χρόνοι απόσβεσης που υπολογίσθηκαν έχουν επίσης μεγάλη σημασία, μιας και τα δύο έτη και 2.5 μήνες που υπολογίσθηκαν κατά την αξιολόγηση όλων των δεδομένων της επένδυσης, αποτελούν πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

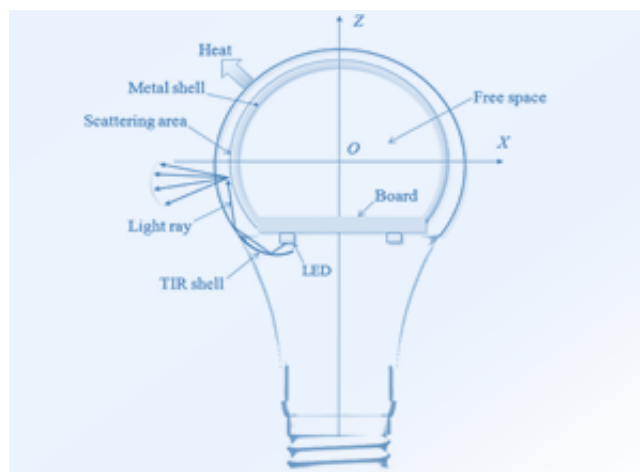
Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα, η επένδυση θα ήταν λειτουργική και αποδοτική και με αρκετά σκληρότερες απαιτήσεις από την πλευρά της εταιρείας, εξετάζοντας τα ολικά οφέλη που προκύπτουν από αυτήν. Το αμιγώς ενεργειακό τμήμα αποτελεί περίπου το 36.5% του ετησίου οφέλους μεταφρασμένο σε χρηματικό κέρδος, ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό που υποδεικνύει ότι είναι απαραίτητο για την ολότητα της επένδυσης.

8.3 Αλλαγή Λαμπών LED με LED Νέας Τεχνολογίας

8.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΛΑΜΠΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ LED

Το ποσοστό το οποίο αποτελεί το μεγαλύτερο τμήμα της ενεργειακής κατανάλωσης αποδίδεται στο φωτισμό της αποθήκης. Επόμενο είναι να διερευνηθεί ο τρόπος με τον οποίο θα μειωθεί σημαντικά η κατανάλωση του ρεύματος μιας και με τα νέα ελληνικά δεδομένα του τελευταίου έτους η τιμή της κιλοβατώρας έχει σχεδόν τετραπλασιαστεί. Η μη γραμμική αύξηση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί μία μη προβλεπόμενη αύξηση εξόδων που χρίζει βελτίωσης άμεσα, εξ ου και ακολουθεί πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας: Η αποθήκη φωτίζεται με τη βοήθεια λαμπών τεχνολογίας LED, όπως προαναφέρθηκε, και προτείνεται η αντικατάστασή τους με νέες LED λάμπες που καταναλώνουν σημαντικά λιγότερη ενέργεια. Παρακάτω συνοψίζονται τα οφέλη, τα μειονεκτήματα και ο τρόπος λειτουργίας των λαμπών με σκοπό την πλήρη κατανόηση της υπό αξιολόγηση επένδυσης.

Δίοδος Εκπομπής Φωτός (LED), ονομάζεται ένας ημιαγωγός ο οποίος εκπέμπει φως στενού φάσματος όταν του προσφέρεται ηλεκτρική τάση κατά τη φορά ορθής πόλωσης. Το χρώμα εκπομπής είναι εξαρτημένο της χημικής σύστασης του ημιαγωγικού υλικού και δύναται να βρίσκεται στο υπεριώδες, ορατό ή υπέρυθρο φάσμα. Ο συνήθης τρόπος λειτουργίας των λαμπτήρων LED βασίζεται σε μία συνεχώς διακοπτόμενη τροφοδοσία του ρεύματος, η οποία πραγματοποιείται σε πολύ μεγάλες ταχύτητες, με αποτέλεσμα οι πολλαπλές εκπομπές φωτός να μην είναι ορατές από το ανθρώπινο μάτι και να μεταφράζονται σε μία εκπομπή φωτός. Η άνω διαδικασία εξυπηρετεί στη μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας [22]. Ακολουθεί μία ενδεικτική τομή λάμπας LED:



Εικόνα 22: Λεπτομέρεια Λάμπας LED

Οι λάμπες LED καθιερώθηκαν στην αγορά λόγω της μεγάλης εξοικονόμησης ενέργειας που προσφέρουν, καθιστώντας την τεχνολογία LED μία από της πλέον δημοφιλέστερες στον κόσμο. Σε σχέση με τις κοινές λάμπες, οι LED καταναλώνουν έως και 90% λιγότερη ενέργεια. Παράλληλα, είναι φιλικές για το περιβάλλον, αφού δεν περιέχουν βαριά μέταλλα σαν τον υδράργυρο, όπως οι λάμπες πυρακτώσεως, αλλά ούτε τοξικές ουσίες, όπως οι λάμπες φθορισμού [24]. Η εκπεμπόμενη θερμότητα είναι σημαντικά μικρότερη σε σχέση με τους άλλους δύο τύπους λαμπτήρων, με αποτέλεσμα να αποκτούν και επενδυτική σημασία, μειώνοντας τη χρήση κλιματιστικών, καθώς και προτείνονται για εγκατάσταση σε χώρους με προϊόντα που είναι ευαίσθητα σε υψηλές θερμοκρασίες. Ταυτόχρονα, η μέγιστη απόδοση φωτισμού των λαμπτήρων τεχνολογίας LED επιτυγχάνεται με την έναρξη της λειτουργίας τους χωρίς καμία καθυστέρηση [22]. Τέλος, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής χωρίς να απαιτούν συντήρηση και μετά το πέρας της ζωής τους είναι πλήρως ανακυκλώσιμες [25].

Παρόλα τα προαναφερθέντα, είναι επόμενο πως υπάρχουν και μειονεκτήματα κατά την επιλογή εγκατάστασης λαμπτήρων LED, που όμως είναι σημαντικά λιγότερα από τα πλεονεκτήματα. Οι λάμπες LED αλλοιώνουν τα χρώματα σε σχέση με το φωτισμό του ηλίου μιας και δεν παρέχουν ομοιόμορφη κατανομή στις συχνότητες του φωτός που εκπέμπουν. Επίσης, με την εγκατάσταση και το φωτισμό χώρου υπό LED τεχνολογία μειώνεται η αντιλαμβανόμενη φωτεινότητα, εξ ου και συνήθως επιλέγονται λάμπες περισσότερων Watt χωρίς να έχουν ουσιαστική σημασία [22]. Τέλος, σε σχέση με λοιπούς τύπους λάμπας είναι κοστοβόρες ως αρχικό κεφάλαιο, όμως λαμβάνοντας υπόψιν τα χρόνια ζωής αποτελούν μία καλή επένδυση [23].

8.3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Η υφιστάμενη εγκατάσταση περιέχει διάφορους τύπους LED οι οποίοι αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Σκοπός της επένδυσης είναι η μερική είτε η ολική αντικατάσταση των λαμπτήρων με σκοπό την λιγότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, πάντα σύμφωνα με τις προδιαγραφές της εταιρείας όσον αφορά την επενδυτική πολιτική της. Σε πρώτο χρόνο, εξετάζεται η ολική αντικατάσταση. Η επενδυτική σημασία μεταφράζεται σε ενεργειακά και ολικά οφέλη όπως και στην περίπτωση της αλλαγής μπαταριών των περονοφόρων. Η παρούσα κατάσταση της επιχείρησης συνοψίζεται στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 8-12: Υφιστάμενη Εγκατάσταση

Τύπος LED Λάμπας	Τεμάχια	Ονομαστική Ικανότητα (Watt)	Προβλεπόμενη Ετήσια Κατανάλωση Βάσει Χρόνου Λειτουργίας (MWh)	Κόστος Ρεύματος (€)
High Bay Bulbs	87	100	247.43	56289.87
	372	150		
Linear Lights	2	23.60	36.82	8377.82
	485	36		
	38	23.60/36		
E27 bulbs	1	36	7.76	1765.71
	34	50		
Road LED Flood Lights	34	150	22.34	5081.90
Building HQI Flood Lights	6	120	1.16	263.39
HQI Floodlights	41	150	1.48	337.26
Lighting poles	7	50	0.84	192.0555
LED panels	111	40	14.09	3204.58
Σύνολο:			331.92	75512.58

Όπως είναι και εμφανές από τον πίνακα, οι λάμπες καταναλώνουν υπερβολικά μεγάλες ποσότητες ρεύματος, οι οποίες μεταφράζονται σε αρκετά μεγάλα χρηματικά ποσά.

Έπειτα από έρευνα αγοράς, προτείνεται η αλλαγή με λάμπες που αναγράφονται σε επόμενο πίνακα. Η προτεινόμενη επένδυση διαφέρει από την επένδυση σε μπαταρίες, μιας και θα πρέπει να αξιολογηθεί ποιο ποσοστό των λαμπών θα αντικατασταθεί, δηλαδή αν όλες οι λάμπες δύναται να αναβαθμιστούν ή μόνο ένα τμήμα τους. Επίσης, θα ληφθεί και θα δειχθεί ως μεταβλητή ο χρόνος λειτουργίας (στον άνω πίνακα έχει ληφθεί υπόψιν αλλά δεν έχει δειχθεί με σκοπό να αποφευχθεί η υπερπληροφόρηση).

Πίνακας 8-13: Στοιχεία Νέων Λαμπών LED

Τύπος LED Λάμπας	Ονομαστική Ικανότητα (Watt)	Κόστος Αγοράς Τεμαχίου (€)
High Bay Bulbs	70	180
	94	195
Linear Lights	23.6	69
Road LED Flood Lights	94	218
LED panels	32.5	35

Όπως φαίνεται και από τον πίνακα, δεν προτείνεται ολική αλλαγή των λαμπών, αλλά συγκεκριμένων τύπων λάμπας, που διαπιστώθηκε ότι είτε έχουν μεγάλη κατανάλωση λόγω των τεμαχίων τους ή της ονομαστικής ικανότητας σε Watt. Οι ανωτέρω τιμές περιέχουν και το ΦΠΑ. Τα κόστη αγοράς που αναγράφονται έχουν ληφθεί από προμηθευτή των λαμπών με μεσολαβητή την ίδια την εταιρεία, με σκοπό να υπάρξει αντιπροσωπευτικό δείγμα. Επίσης, ο προμηθευτής ορίζει το χρόνο ζωής της εκάστοτε λάμπας LED, ανεξαρτήτως τύπου, σε 50000 ώρες λειτουργίας, καθώς και το κόστος εγκατάστασης στο 10% της καθαρής αξίας των λαμπών. Στους επόμενους πίνακες αναδεικνύονται οι νέες λάμπες και ο χρόνος λειτουργίας τους, ανάλογα την κατηγορία που βρίσκονται. Επίσης, υπολογίζεται ο χρόνος ζωής σε έτη βάσει του χρόνου λειτουργίας.

Πίνακας 8-14: Νέες High Bay Bulbs LED

Τεμάχια	Ονομαστική Ικανότητα (Watt)	Ώρες Λειτουργίας (hrs)	Αναμενόμενη Κατανάλωση (kWh/year)
18	70	8	2630.88
69	70	16	20170.08
58	94	8	11383.77
314	94	16	123258.82
Συνολικό Κόστος Επένδυσης: $K_1 = (18 + 69) \cdot 180 + (58 + 314) \cdot 195 = 88200 \text{ €}$			
Ελάχιστος Χρόνος Ζωής: $T_{1,min} = 50000 / 261 \cdot 16 = 11.97 \text{ years}$			
Κόστος Κατανάλωσης: $K_{1,€} = 157443.55 \cdot 0.2275 = 35818.40 \text{ €}$			

Πίνακας 8-15: Νέα LED Linear Lights

Τεμάχια	Ονομαστική Ικανότητα (Watt)	Ώρες Λειτουργίας (hrs)	Αναμενόμενη Κατανάλωση (kWh/year)
103	23.6	8	6518.70
21		12	1195.39
202		16	16229.22
2		24	413.47
Συνολικό Κόστος Επένδυσης: $K_2 = (103 + 21 + 202 + 2) \cdot 69 = 22632 \text{ €}$			
Ελάχιστος Χρόνος Ζωής: $T_{2,min} = 50000 / 261 \cdot 24 = 7.98 \text{ years}$			
Κόστος Κατανάλωσης: $K_{2,€} = 5541.17 \text{ €}$			

Πίνακας 8-16: Νέα LED Panels

Τεμάχια	Ονομαστική Ικανότητα (Watt)	Ώρες Λειτουργίας (hrs)	Αναμενόμενη Κατανάλωση (kWh/year)
6	32.5	12	470.34
105		16	10974.60
Συνολικό Κόστος Επένδυσης: $K_3 = (105 + 6) \cdot 35 = 3885 \text{ €}$			
Ελάχιστος Χρόνος Ζωής: $T_{3,min} = T_{1,min}$			
Κόστος Κατανάλωσης: $K_{3,€} = 2603.73 \text{ €}$			

Πίνακας 8-17: Νέα Road LED Flood Lights

Τεμάχια	Ονομαστική Ικανότητα (Watt)	Ώρες Λειτουργίας (hrs)	Αναμενόμενη Κατανάλωση (kWh/year)
34	94	12	13998.48
Συνολικό Κόστος Επένδυσης: $K_4 = 34 \cdot 218 = 7412 \text{ €}$			
Ελάχιστος Χρόνος Ζωής: $T_{4min} = \frac{50000}{365 \cdot 12} = 11.41 \text{ years}$			
Κόστος Κατανάλωσης: $K_{4,€} = 3184.65 \text{ €}$			

Οι καταναλώσεις των πινάκων δεν προκύπτουν από απλές πράξεις μιας και οι μέρες λειτουργίας διαφοροποιούνται για κάποια τεμάχια. Οι ανωτέρω τιμές προκύπτουν έπειτα από ανάλυση στο EXCEL.

Ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας, λαμβάνοντας υπόψιν και τις λάμπες που δεν άλλαξαν:

Πίνακας 8-18: Συγκεντρωτικός Πίνακας Επένδυσης LED Λαμπών

Συνολικό Κόστος Αγοράς (€)	118629
Συνολική Αναμενόμενη Κατανάλωση (MWh)	219.25
Συνολικό Κόστος Ρεύματος (€)	4987.94
Ελάχιστος Χρόνος Ζωής (years)	7.98
Κόστος Εγκατάστασης (€)	9018.1

Όπου, το κόστος εγκατάστασης προκύπτει από:

$$\text{Κόστος Εγκατάστασης} = (\text{Κόστος Αγοράς} - 24\% \cdot \text{Κόστος Αγοράς}) \cdot 10\%$$

Τελικά, το συνολικό κόστος της επένδυσης, προκύπτει από το άθροισμα του κόστους αγοράς και εγκατάστασης και ισούται με 127647.1 €.

Αξιολόγηση όλων των δεδομένων

Όπως και στην αξιολόγηση των μπαταριών, από την προτεινόμενη επένδυση απορρέουν ενεργειακά και μη ενεργειακά οφέλη. Στα ενεργειακά οφέλη κατατάσσεται η μείωση της κατανάλωσης του ρεύματος, ενώ στα μη ενεργειακά οι μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Στα ενεργειακά οφέλη κανονικά κατατάσσεται και η ετήσια δαπάνη για νέες λάμπες, αφού όμως η επένδυση και η υφιστάμενη κατάσταση χρησιμοποιούν την ίδια τεχνολογία φωτισμού, δεν κρίνεται απαραίτητη η προσθήκη αυτής της μεταβλητής. Η διαφορά της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος υπολογίζεται:

$$\Delta E = 331.92 - 219.25 = 112.67 \text{ MWh}$$

Από την ανωτέρω μεταβλητή προκύπτουν:

$$K_{LED, total} = 25632.425 \text{ €/έτος}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta E = 112.67 \text{ MWh} \\ E_{CO_2} = \Delta E \cdot 0.989 = 111.43 \text{ tn } CO_2 \\ K_{CO_2} = 85 \text{ €/tn } CO_2 \end{array} \right\} K_{LED, CO_2} = 9726.55 \text{ €/έτος}$$

Η εταιρεία παρέδωσε τις ίδιες οικονομικές παραμέτρους για την αξιολόγηση της επένδυσης:

- Μέγιστος Χρόνος Απόσβεσης: 8 έτη
- Προεξοφλητικό Επιτόκιο: 8%
- ΦΠΑ: 24%

Ακολουθούν πίνακες που περιγράφουν την οικονομική ανάλυση για τα ενεργειακά και ολικά οφέλη:

Πίνακας 8-19: Οικονομική Ανάλυση Ενεργειακών Οφελών για Λάμπες LED

Έτη	Αυξητικός Συντελεστής Επιτοκίου	Κόστος Επένδυσης: 127647.1 €	Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (€/έτος)	$NPV_{ενεργειακων}$ (€/έτος)	Υπολογισμός IRR
1	1.08		25632.43	-94895.27	$25632.425/(1 + IRR)$
2	1.166		25632.43	-72919.60	$25632.425/(1 + IRR)^2$
3	1.26		25632.43	-52571.75	$25632.425/(1 + IRR)^3$
4	1.36		25632.43	-33731.16	$25632.425/(1 + IRR)^4$
5	1.47		25632.43	-16286.16	$25632.425/(1 + IRR)^5$
6	1.587		25632.43	-133.38	$25632.425/(1 + IRR)^6$
7	1.714		25632.43	14822.89	$25632.425/(1 + IRR)^7$
8	1.851		25632.43	28671.29	$25632.425/(1 + IRR)^8$
Σύνολο	-		205059.44	-	-
$\text{Χρόνος Απόσβεσης: } t_E = 6 + \frac{133.38}{133.38 + 14822.89} \cong 6 \text{ years}$					
$127647.1 = \frac{25632.425}{1 + IRR} + \frac{25632.425}{(1 + IRR)^2} + \frac{25632.425}{(1 + IRR)^3} + \frac{25632.425}{(1 + IRR)^4} + \frac{25632.425}{(1 + IRR)^5} + \frac{25632.425}{(1 + IRR)^6} + \frac{25632.425}{(1 + IRR)^7} + \frac{25632.425}{(1 + IRR)^8} \rightarrow$ $IRR \cong 14\%$					

Παρατηρείται ότι μέσα στα έξι χρόνια που αναμένεται η απόσβεση μόνο βάσει των ενεργειακών οφελών, δεν θα έχει ξεπεραστεί ο χρόνος ζωής των νέων μπαταριών (βλ. Πίνακες 8 – 12 έως 8 – 15), οπότε η μεταβλητή του χρόνου ζωής των νέων μπαταριών, σωστά δεν έχει συμπεριληφθεί στην ανάλυση. Εκτός αυτού, εκ των προτέρων, ήταν γνωστό ότι τα χρόνια ζωής των υφιστάμενων και νέων μπαταριών ταυτίζονται, με αποτέλεσμα το κέρδος που θα πρόκυπτε από τις παλαιές μπαταρίες να είναι και δαπάνη για τις νέες. Αφού λοιπόν οι δύο μεταβλητές είναι περίπου ίσες και δεν βρίσκονται στο ίδιο μέρος μέσα στην οικονομική εξίσωση, απαλείφονται.

Πίνακας 8-20: Οικονομική Ανάλυση Ολικών Οφελών για Λάμπες LED

Έτη	Αυξητικός Συντελεστής Επιτοκίου	Κόστος Επένδυσης: 127647.1 €	Ετήσιο Κέρδος (€/έτος)	$NPV_{ολικών}$ (€/έτος)	Υπολογισμός IRR
1	1.08		35358.98	-85889.21	$35358.98/(1 + IRR)$
2	1.166		35358.98	-55574.59	$35358.98/(1 + IRR)^2$
3	1.26		35358.98	-27505.49	$35358.98/(1 + IRR)^3$
4	1.36		35358.98	-1515.59	$35358.98/(1 + IRR)^4$
5	1.47		35358.98	22549.13	$35358.98/(1 + IRR)^5$
6	1.587		35358.98	44831.29	$35358.98/(1 + IRR)^6$
7	1.714		35358.98	65462.91	$35358.98/(1 + IRR)^7$
8	1.851		35358.98	84566.26	$35358.98/(1 + IRR)^8$
Σύνολο	-		282871.84	-	-
$\text{Χρόνος Απόσβεσης: } t_{tot} = 4 + \frac{1515.59}{1515.59 + 22549.13} = 4.063 \text{ years}$					
$127647.1 = \frac{35358.975}{1 + IRR} + \frac{35358.975}{(1 + IRR)^2} + \frac{35358.975}{(1 + IRR)^3} + \frac{35358.975}{(1 + IRR)^4} + \frac{35358.975}{(1 + IRR)^5} + \frac{35358.975}{(1 + IRR)^6} + \frac{35358.975}{(1 + IRR)^7} + \frac{35358.975}{(1 + IRR)^8} \rightarrow$ $IRR \cong 25\%$					

Με βάσει τα παραπάνω, είναι επόμενο να μην εξετασθεί μερική αντικατάσταση των λαμπών LED, μιας και σε κάθε περίπτωση, καλύπτονται σε ικανοποιητικό επίπεδο οι απαιτήσεις της εταιρείας γύρω από τις επενδυτικές παραμέτρους.

Η αμιγώς ενεργειακή επένδυση, αξιολογείται ως βέλτιστη, από τη στιγμή που παραδίδει έναν συντελεστή IRR σημαντικά μεγαλύτερο του επιτοκίου και ταυτόχρονα χρόνος απόσβεσης απέχει κατά δύο έτη από τα ζητούμενα της εταιρείας.

Στην ολότητα της η επένδυση αξιολογείται, όπως είναι αναμενόμενο, ως μία ακόμη καλύτερη μορφή της ανωτέρω. Ο χρόνος απόσβεσης μειώνεται κατά δύο έτη, ενώ ο συντελεστής εσωτερικής απόδοσης αυξάνεται κατά 11%.

Αξιοσημείωτο είναι ότι σε σχέση με την επένδυση για την αλλαγή μπαταριών στην εγκατάσταση, η αξιολογούμενη επένδυση, παρέχει ένα ικανοποιητικότερο αποτέλεσμα όσον αφορά το ενεργειακό τμήμα. Εν ολίγοις, η αλλαγή λαμπών LED είναι μία επένδυση που με τα ελληνικά δεδομένα κοστολόγησης του ρεύματος, είναι ταυτόχρονα κερδοφόρα αλλά και φιλική προς το περιβάλλον, μειώνοντας το ενεργειακό αποτύπωμα κατά 33.95%.

8.4 Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκών στην Εγκατάσταση

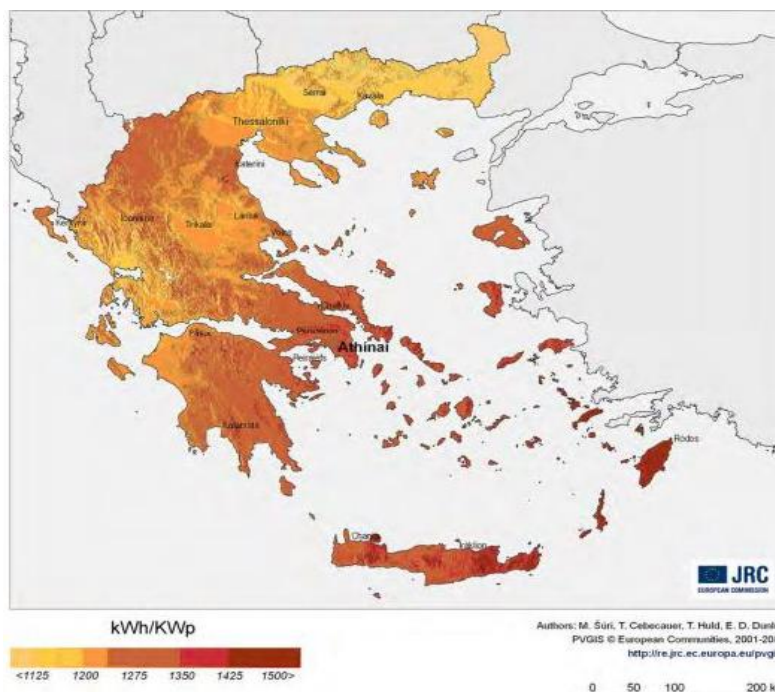
8.4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ

Η φωτοβολταϊκή τεχνολογία είναι μία ακόμα υπό εξέταση επένδυση για την αποθήκη. Ο λόγος έγκειται στο γεγονός ότι οι αυξημένες τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος, καθιστούν πλέον τεράστια δαπάνη για οποιαδήποτε εταιρεία – ο λόγος είναι κοινός και για την αλλαγή λαμπών LED όπως προαναφέρθηκε. Στόχος της ενότητας είναι η κατανόηση της τεχνολογίας και η εκμετάλλευση της με σκοπό την ενεργειακή αναβάθμιση και το οικονομικό κέρδος.

Τα φωτοβολταϊκά σώματα εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρική. Η τεχνολογία πίσω από αυτή τη μετατροπή, βασίζεται στα δύο στρώματα ημιαγωγικού υλικού (συνηθέστερα πυριτίου) που αποτελούν το κυριότερο μέρος του ηλιακού κελιού, σύνολο των οποίων απαρτίζει ένα φωτοβολταϊκό σώμα [17]. Με την είσοδο του φωτός στο κελί, απελευθερώνονται ηλεκτρόνια στα δύο στρώματα και με τη βοήθεια ενός εξωτερικού κυκλώματος υπό τη μορφή λεπτών καλωδίων προσκολλημένων στο άνω στρώμα, επιτυγχάνεται διέλευση ηλεκτρονίων. Η κίνηση αυτή, μεταφράζεται σε ηλεκτρικό ρεύμα [14].

Τα φωτοβολταϊκά σώματα δεν παράγουν όλα την ίδια ενέργεια: η τοπογραφία καθώς και η κλίση που τοποθετούνται είναι εξαρτημένες μεταβλητές της απόδοσής τους. Η έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία είναι συνδεδεμένη με την μορφολογία της περιοχής, ενώ τα υπόχρονα η κλίση καθορίζει το ποσοστό της ακτινοβολίας που προσπίπτει στο φωτοβολταϊκό σώμα. [15]

Ακολουθεί χάρτης με τη μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας ανά τις περιοχές της Ελλάδας:



Εικόνα 23: Μέση Ετήσια Παραγωγή Ενέργειας (Στη Βέλτιστη Κλίση) [16]

8.4.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών σκοπεύει στην τροφοδότηση της εγκατάστασης με ρεύμα. Η καταναλωθείσα ενέργεια για τη λειτουργία των λαμπών LED είναι ιδιαίτερα σημαντική, οπότε αποφεύγεται η τοποθέτηση των σωμάτων προς την επίτευξη αυτόνομου φωτισμού. Οι φορτίσεις των μπαταριών μεταφράζονται σε κιλοβατώρες που θα μπορούσαν να παρέχονται από έναν φωτοβολταϊκό σταθμό, οπότε η επένδυση θα στοχεύσει στην ανεξαρτητοποίηση της τροφοδοσίας των περονοφόρων.

Από τον ανωτέρω χάρτη η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκτιμάται ίση με $1350 \text{ KWh}/\text{KWp}$ ανά έτος.

Η μέγιστη δυνατή ισχύς ενός φωτοβολταϊκού σταθμού σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία ανέρχεται στα 500 KWp . Επίσης, η ισχύς του σταθμού δύναται να ανέρχεται στο μισό της συμφωνημένης ισχύς κατανάλωσης της εγκατάστασης. Στην περίπτωση της υπό εξέταση αποθήκης η συμφωνημένη ισχύς υπολογίζεται 800 KVA , οπότε η επιτρεπόμενη ισχύς ισούται με 400 KWp . Ταυτόχρονα, το όριο σύνδεσης σε δίκτυα χαμηλής τάσης επαναεκτιμά την μέγιστη ισχύ ίση με 100 KWp . Ως αποτέλεσμα, πρέπει να εκτημηθεί η απαιτούμενη ισχύς για τη φόρτιση περονοφόρων και να εξετασθεί αν πληροί τις προϋποθέσεις που αναφέρονται ανωτέρω. Για την εκτίμηση αυτή, λαμβάνονται τα δεδομένα της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας λόγω φόρτισης των μπαταριών του έτους 2020: $E_1 = 111993 \text{ KWh}$. Υπολογίζεται, λοιπόν, η απαιτούμενη ισχύς:

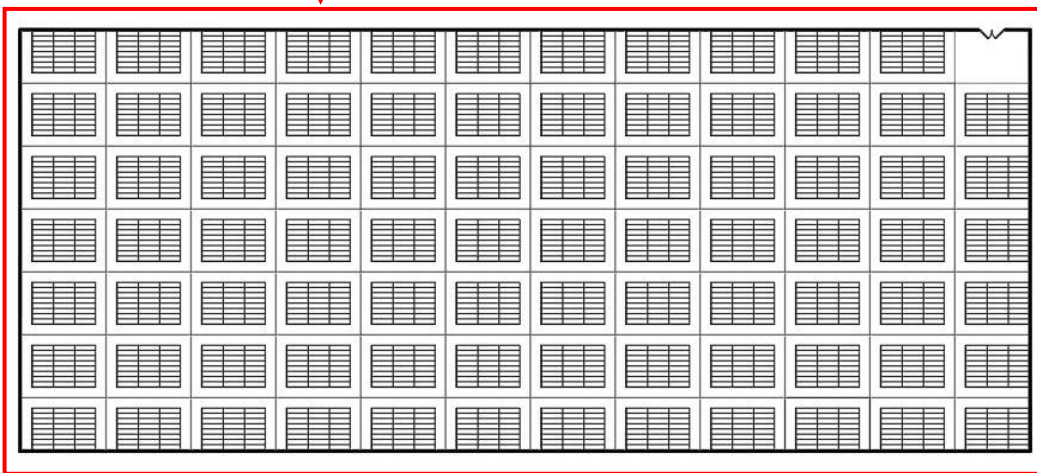
$$P_{\phi} = \frac{111993}{1350} = 83 \text{ KWp} < 100 \text{ KWp}$$

Αποδεικνύεται ότι πληρούνται όλες οι ενεργειακές προϋποθέσεις για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών. Παρόλα αυτά, πρέπει να εξεταστεί αν ένας τόσο μεγάλος φωτοβολταϊκός σταθμός μπορεί να εγκατασταθεί στην αποθήκη. 1 KWp αντιστοιχίζεται σε περίπου 6 τετραγωνικά μέτρα και ταυτόχρονα, με σκοπό την αποφυγή της επισκίασης του, πρέπει να εξασφαλίζονται επιπλέον 6 τετραγωνικά μέτρα περιμετρικά της μονάδας. Συνολικός απαιτούμενος χώρος:

$$A_{\phi} = (6 + 6) \cdot 83 = 996 \text{ m}^2$$

Για την εξασφάλιση της βέλτιστης λειτουργίας των φωτοβολταϊκών, προτείνεται τοποθέτηση με τη βέλτιστη κλίση και νότιο προσανατολισμό. Ο συνδυασμός των προαναφερθέντων είναι ο μόνος τρόπος που δεν απομειώνει την ικανότητα του φωτοβολταϊκού σώματος. Ο χώρος του προαυλίου εξασφαλίζει τα απαιτούμενα τετραγωνικά μέτρα (μέτρηση εμβαδού μέσω Google Earth) και με την απομάκρυνση της εγκατάστασης του σταθμού από την περίμετρο της αποθήκης αποφεύγεται η σκίαση κατά τις κρίσιμες ώρες συλλογής ηλιακής ενέργειας. Ο χώρος προς αξιοποίηση απεικονίζεται παρακάτω καθώς και δίδεται μία λεπτομέρεια του σταθμού για τα εξεταζόμενα τετραγωνικά – τηρώντας τις απαιτήσεις που καταγράφηκαν.

Η τοποθέτηση – κατασκευή βάσης και η αγορά μαζί με το Φ.Π.Α. για 1 KWp , υπολογίζεται χονδρικά στα 900 €, με αποτέλεσμα το συνολικό κόστος επένδυσης να ανέρχεται στα 74700 €.



Εικόνα 24: Χωροθέτηση φωτοβολταϊκών και Λεπτομέρεια Εγκατάστασης

Αξιολόγηση όλων των δεδομένων

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η ηλεκτρική ενέργεια που θα εξοικονομείται ισούται με $E_1 = 111993 \text{ KWh}$. η οποία μεταφράζεται σε $K_1 = 111993 \cdot 0.2275 = 25464.75 \text{ €/έτος}$

Επίσης, η ίδια ποσότητα ενέργειας που πλέον παράγεται από το φωτοβολταϊκό σταθμό δεν φέρει και φορτίο ρύπων διοξειδίου του άνθρακα:

$$\left\{ \begin{array}{l} E_1 = 111.993 \text{ MWh} \\ E_{CO_2} = \Delta E \cdot 0.989 = 110.761 \text{ tn } CO_2 \\ K_{CO_2} = 85 \text{ €/tn } CO_2 \end{array} \right\} K_2 = 9414.69 \text{ €/έτος}$$

Ακολουθούν πίνακες που περιγράφουν την οικονομική σύμφωνα με τις ζητούμενες παραμέτρους της εταιρείας που αναφέρθηκαν και ανωτέρω. Η αξιολόγηση της αμιγώς ενεργειακής φύσης της επένδυσης περιγράφεται ως εξής:

Πίνακας 8-21: Οικονομική Ανάλυση Ενεργειακών Οφελών για Φωτοβολταϊκά

Έτη	Αυξητικός Συντελεστής Επιτοκίου	Κόστος Επένδυσης: 74700 €	Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (€/έτος)	$NPV_{\text{ενεργειακων}}$ (€/έτος)	Υπολογισμός IRR
1	1.08		25464.75	-51121.53	$25464.75/(1 + IRR)$
2	1.166		25464.75	-29289.61	$25464.75/(1 + IRR)^2$
3	1.26		25464.75	-9074.87	$25464.75/(1 + IRR)^3$
4	1.36		25464.75	9642.48	$25464.75/(1 + IRR)^4$
5	1.47		25464.75	26973.36	$25464.75/(1 + IRR)^5$
6	1.587		25464.75	43020.47	$25464.75/(1 + IRR)^6$
7	1.714		25464.75	57878.91	$25464.75/(1 + IRR)^7$
8	1.851		25464.75	71636.72	$25464.75/(1 + IRR)^8$
Σύνολο	-		203718	-	-
9074.87					
$\text{Χρόνος Απόσβεσης: } t_E = 6 + \frac{9074.87}{9642.48 + 9074.87} = 3.48 \text{ years}$					
$127647.1 = \frac{25464.75}{1 + IRR} + \frac{25464.75}{(1 + IRR)^2} + \frac{25464.75}{(1 + IRR)^3} + \frac{25464.75}{(1 + IRR)^4} + \frac{25464.75}{(1 + IRR)^5} + \frac{25464.75}{(1 + IRR)^6} + \frac{25464.75}{(1 + IRR)^7} + \frac{25464.75}{(1 + IRR)^8} \rightarrow$					
$IRR \cong 13\%$					

Επίσης, όπως σε κάθε περίπτωση επένδυσης, έγινε και οικονομική ανάλυση για την ολότητα της επένδυσης, λαμβάνοντας υπόψιν και τους εκπεμπόμενους ρύπους διοξειδίου του άνθρακα, η οποία αναγράφεται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 8-22: Οικονομική Ανάλυση Ολικών Οφελών για Φωτοβολταϊκά

Έτη	Αυξητικός Συντελεστής Επιτοκίου	Κόστος Επένδυσης: 74700 €	Ετήσιο Κέρδος (€/έτος)	$NPV_{ολικών}$ (€/έτος)	Υπολογισμός IRR
1	1.08		34879.44	-42404.22	$34879.44/(1 + IRR)$
2	1.166		34879.44	-12500.72	$34879.44/(1 + IRR)^2$
3	1.26		34879.44	15187.70	$34879.44/(1 + IRR)^3$
4	1.36		34879.44	40825.13	$34879.44/(1 + IRR)^4$
5	1.47		34879.44	64563.49	$34879.44/(1 + IRR)^5$
6	1.587		34879.44	86543.45	$34879.44/(1 + IRR)^6$
7	1.714		34879.44	106895.27	$34879.44/(1 + IRR)^7$
8	1.851		34879.44	125739.55	$34879.44/(1 + IRR)^8$
Σύνολο	–		279035.52	–	–
$\text{Χρόνος Απόσβεσης: } t_{tot} = 4 + \frac{12500.72}{12500.72 + 15187.70} = 2.45 \text{ years}$					
$127647.1 = \frac{34879.44}{1 + IRR} + \frac{34879.44}{(1 + IRR)^2} + \frac{34879.44}{(1 + IRR)^3} + \frac{34879.44}{(1 + IRR)^4} + \frac{34879.44}{(1 + IRR)^5} + \frac{34879.44}{(1 + IRR)^6} + \frac{34879.44}{(1 + IRR)^7} + \frac{34879.44}{(1 + IRR)^8} \rightarrow$ $IRR \cong 24\%$					

Παρατηρήθηκε ότι η συμπεριφορά της ανωτέρω επένδυσης είναι αρκετά παρόμοια με την αντικατάσταση των λαμπών LED στην αποθήκη. Συνοπτικά, είναι μία ενεργειακά άρτια επένδυση, η οποία θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε συνδυασμό με την αλλαγή μπαταριών, με σκοπό τη μείωση του ολικού κόστους αγοράς και κατασκευής φωτοβολταϊκού σταθμού. Επίσης, μπορεί να αποτελέσει και μία πηγή κέρδους, από τη στιγμή που όπως επιτρέπει την κατανάλωση, επιτρέπει και την πώληση του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται. Τέλος, από τα αποτελέσματα που λήφθηκαν από την ανάλυση της επένδυσης, διαπιστώνεται ότι μπορεί σε δεύτερο χρόνο να γίνει μία επέκταση του φωτοβολταϊκού σταθμού, με σκοπό την αυτοπαραγωγή ή, όπως αναφέρθηκε, την πώληση.

8.5 Πρόσθετα Μέτρα Ενεργειακής Αναβάθμισης

Πέραν των προαναφερθέντων επενδύσεων προτείνονται και άλλες επενδύσεις, οι οποίες σκοπεύουν στην ενεργειακή αναβάθμιση, για τις οποίες όμως δεν γίνεται ανάλυση. Τέτοιες επενδύσεις είναι: Η τοποθέτηση σκιάστρων και η αλλαγή του συστήματος κλιματισμού. Σε αυτό το σημείο, αξίζει να σημειωθεί πως οι επενδύσεις δεν έχουν πάντα πρωτεύον κίνητρο το οικονομικό. Οι άνω επενδύσεις, όπως και πολλές άλλες, δύναται να αποτελέσουν σημαντική δαπάνη με βασικό σκοπό την μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος και παράλληλα τη μείωση του θερμικού φορτίου.

8.5.1 ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΣΚΙΑΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

Η προστασία από τον ήλιο μέσω εξωτερικών σκιάστρων αποτελεί μία από τις βασικότερες μεθόδους για τη μείωση των θερμικών φορτίων του κτιρίου. Η ηλιοπροστασία επιτυγχάνεται με φυσικούς τρόπους, όπως η βλάστηση ή και τεχνητούς τρόπους όπως τα μόνιμα και κινητά σκιάστρα ή οι ειδική υαλοπίνακες [19]. Η τοποθέτηση της ηλιοπροστασίας είναι αλληλένδετη με τη γεωγραφική θέση του κτιρίου, το γεωμορφολογικό περιβάλλον γύρω από αυτή καθώς και τον προσανατολισμό της κάθε όψης του κτιρίου, που αυτόματα συνδέεται με τη λειτουργία της κάθε όψης του κτιρίου. Οπότε όπως μπορεί εύκολα να αποφανθεί κανείς, δεν αποτελεί απλή επέμβαση [18]. Το πρώτο βήμα είναι η εξέταση των ανωτέρω παραμέτρων με σκοπό την αξιολόγηση της παρούσας κατάστασης του υφιστάμενου. Όπως αναφέρθηκε, η αποθήκη βρίσκεται στην περιοχή Κύριλλος του Δήμου Ασπροπύργου και με τη χρήση λογισμικού AndrewMash υπολογίστηκαν οι συντεταγμένες του κέντρου της αποθήκης:

- Γεωγραφικό πλάτος:
- Γεωγραφικό μήκος

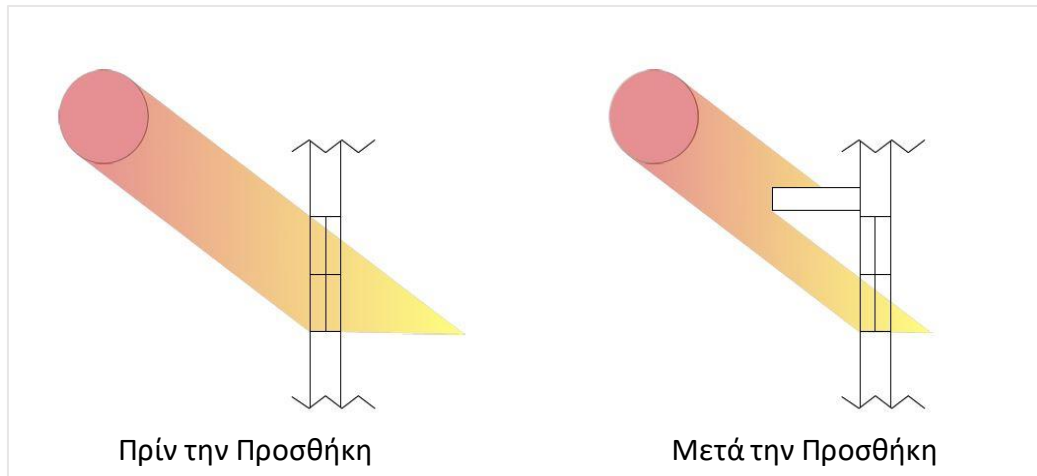
Επίσης βρέθηκε και το ηλιακό διάγραμμα (σφαιρική αποτύπωση), και τοποθετήθηκε στις κατάλληλες συντεταγμένες. Η παρακάτω εικόνα έχει τραβηχτεί μέσω δορυφόρου. Σύμφωνα με την εικόνα θα γίνουν οι προβλέψεις για τα σκιάστρα, λαμβάνοντας υπόψιν και τον υπάρχον εξοπλισμό: Έχουν τοποθετηθεί πάνελ πλαγιοκάλυψης από πολυουρεθάνη στην εγκατάσταση και ταυτόχρονα, τα παράθυρα νότιου προσανατολισμού έχουν εσωτερική σκίαση στους χώρους των γραφείων. Γενικώς, το κέλυφος είναι αρκετά ικανοποιητικό όσον αφορά τη θερμική κάλυψη, αλλά τους μήνες του καλοκαιριού τα θερμικά φορτία είναι αυξημένα και ασκούνται στα παράθυρα και σε λοιπούς ανοιχτούς χώρους, με αποτέλεσμα να δημιουργούν μεγάλες θερμοκρασίες στο εσωτερικό.



Εικόνα 25: Ηλιακό Διάγραμμα της Εγκατάστασης [10]

Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα το δυτικό και νοτιοδυτικό τμήμα είναι αρκετά εκτεθειμένα κατά το θερινό ηλιοστάσιο. Δε λαμβάνεται υπόψιν το ασκούμενο θερμικό φορτίο στη δύση, μιας και θεωρείται πολύ μικρότερο από τα προαναφερθέντα. Οι ώρες κατά τις οποίες υπόκειται σε ηλιακή ακτινοβολία το δυτικό τμήμα της εγκατάστασης δεν είναι κρίσιμες και ταυτόχρονα οποιαδήποτε παρέμβαση μπορεί να απομειώσει σημαντικά το φυσικό φωτισμό εντός του κτιρίου.

Για την επίλυση του προβλήματος, όπως αναδεικνύεται και στο χάρτη η παρέμβαση με φύτευση δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί λόγω έλλειψης χώρου. Αποτέλεσμα, αυτού, είναι να ερευνηθεί λύση με τεχνητό χαρακτήρα. Τα κινητά σκίαστρα αποτελούν μία από τις καλύτερες επιλογές, αλλά είναι και αρκετά κοστοβόρα. Καταληκτικά, μιας και ο φορέας ήδη είναι επενδυμένος, προτείνεται να γίνει ανάλυση για προσθήκη μόνιμων σταθερών σκιάστρων με τη μορφή προβόλων. Η προτεινόμενη επένδυση αποτυπώνεται στην παρακάτω εικόνα χωρίς όμως να είναι αντιπροσωπευτική, απλώς στοχεύει στην παρουσίαση της τεχνολογίας.



Εικόνα 26: Αποτύπωση Μείωσης Θερμικής Ακτινοβολίας με Μόνιμα Σκιάστρα

Στην Εικόνα φαίνεται με ποιον τρόπο απομειώνεται το θερμικό φορτίο με τη χρήση σκιάστρων. Τοποθετώντας τους προβόλους επάνω από τα παράθυρα, τμήμα της ακτινοβολίας συγκρατείται από αυτούς, με αποτέλεσμα να μην εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο της αποθήκης [20, 21]. Για την ουσιαστική αξιολόγηση της επένδυσης, πριν τη μετάφρασή της σε οικονομικούς όρους, προτείνεται μέτρηση του θερμικού φορτίου σε κάποια ανοίγματα της νοτιοδυτικής όψης. Η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί πραγματοποιείται σε δύο βήματα:

- Βήμα 1:** Η πρώτη μέτρηση γίνεται μία μέρα του θερινού ηλιοστασίου μία συγκεκριμένη ώρα και κατά τη μέτρηση, αν το υπό εξέταση παράθυρο, έχει εσωτερικό σκιάστρο αυτό πρέπει να αποσυρθεί.
- Βήμα 2:** Σε περίπτωση που δεν συμβούν ακραία καιρικά φαινόμενα 24 ώρες μετά τη μέτρηση, τότε την επόμενη μέρα την ίδια ώρα στο ίδιο άνοιγμα καταγράφεται το θερμικό φορτίο. Πριν τη μέτρηση θα πρέπει να έχει προηγηθεί μία χειρωνακτική επέμβαση που να απομειώνει τη διατομή του παραθύρου τόσο ώστε να συμπίπτει με την επιφάνεια που θα ακτινοβολείται μετά την προσθήκη των προβόλων. Η ζητούμενη επιφάνεια μπορεί να υπολογιστεί έπειτα από προσδιορισμό της κλίσης της ηλιακής ακτινοβολίας τη ζητούμενη ώρα και μέρα μέσω προγράμματος, όπως το AndrewMash. Τα στοιχεία που προκύπτουν σχεδιάζονται με τη βοήθεια λογισμικού (πχ. AutoCAD), με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός μοντέλου και την εύρεση της επιφάνειας του ανοίγματος που υπόκειται σε ακτινοβολία.

Τέλος, η μείωση του θερμικού φορτίου συνεπάγεται της μείωσης της χρήσης του κλιματιστικού, με αποτέλεσμα τη μικρότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και τη μείωση

των εκπεμπόμενων ρύπων του διοξειδίου του άνθρακα. Γενικώς, η προσθήκη σκιάστρων αποτελεί μία επένδυση με μεγάλη ενεργειακή σημασία.

8.5.2 ΑΛΛΑΓΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, ο κλιματισμός της αποθήκης κατανέμεται σε μικρό ποσοστό της αποθήκης. Τα μεγαλύτερα φορτία που προκύπτουν κατανέμονται στον τομέα της ανασυσκευασίας. Οι κλιματιστικές μονάδες της εγκατάστασης είναι πολλών ετών, με αποτέλεσμα να θεωρηθεί μείωση στην απόδοσή τους. Προτείνεται μερική αντικατάσταση με νέα μηχανήματα και σταδιακή αντικατάσταση όλων των μηχανημάτων. Η επένδυση, αυτή αποτελεί μακροχρόνια επένδυση: Το αρχικό κεφάλαιο που θα χρειαζόταν για ολική αλλαγή είναι ιδιαίτερα μεγάλο, με αποτέλεσμα η πιθανότητα να γίνει απόσβεση μέσα στα ζητούμενα έτη να είναι ελάχιστη. Επίσης, από την ανάλυση έχει δειχθεί πως σε κάθε περίπτωση η κατανάλωση του ρεύματος από τον κλιματισμό είναι μικρή. Η επένδυση, λοιπόν αποσκοπεί στην απαίτηση να μην υπάρξει χρονικό πλαίσιο μέσα στο οποίο θα απομειωθεί σημαντικά η ολική ικανότητα του κλιματισμού, δημιουργώντας προβλήματα στη λειτουργία της αποθήκης. Παρακάτω, καταγράφονται τα απαραίτητα βήματα για την υλοποίηση της επένδυσης:

- Βήμα 1:** Εύρεση κλιματιστικών με σημαντικά απομειωμένο χρόνο ζωής.
- Βήμα 2:** Εύρεση νέων κλιματιστικών μονάδων με αρκετά χρόνια ζωής, με σκοπό την επίτευξη της ολικής αντικατάστασης λίγο πριν τη λήξη της ζωής των κλιματιστικών που θα αντικατασταθούν πρώτα.
- Βήμα 3:** Αλλαγή κλιματιστικών με προτεραιότητα τα κλιματιστικά που προέκυψαν από το πρώτο Βήμα.
- Βήμα 4:** Αναμονή μέχρι το χρόνο απόσβεσης και έλεγχος επάρκειας ζωής των υφιστάμενων κλιματιστικών: Να εκλεχθεί πως ο χρόνος αναμονής είναι μικρότερος του ελάχιστου χρόνου ζωής από το σύνολο των κλιματιστικών. Σε άλλη περίπτωση, πραγματοποιείται νωρίτερα η επένδυση.
- Βήμα 5:** Αλλαγή επόμενων κλιματιστικών.
- Βήμα 6:** Επανάληψη του βήματος 5 και 6.

Γενικά, ο στόχος της άνω διαδικασίας είναι να πραγματοποιηθεί μία περιοδική συμπεριφορά απέναντι στην επένδυση των κλιματιστικών μονάδων. Προβλέπεται ότι με την αύξηση του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας και του αντιτίμου για τους μειωμένους ρύπους διοξειδίου του άνθρακα, η περίοδος της επένδυσης θα μικραίνει, αφού η μικρότερη κατανάλωση και οι λιγότεροι ρύποι θα προσφέρουν ολοένα και περισσότερα έσοδα. Η παραπάνω πρόταση αποτελεί μία δυναμική επένδυση με την οικονομία κάθε έτους. Προτείνεται ως λύση, επειδή μέσω έρευνας διαπιστώθηκε ότι το κόστος αγοράς κλιματιστικών μονάδων είναι μεγάλο - όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Αυτού του τύπου η επένδυση, θα δώσει τη δυνατότητα στην

εταιρεία ταυτόχρονα να βρεθεί ποτέ σε μη λειτουργική κατάσταση, αλλά και να επανεξετάζει συνεχώς τα νέα δεδομένα και να λαμβάνει την καλύτερη δυνατή απόφαση. Τέλος, οι ήδη αυξημένες τιμές ηλεκτρικές ενέργειας δημιουργούν τις κατάλληλες συνήλθες για την εξέταση της ανωτέρω επένδυσης.

9. Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Διαδικασία ελέγχου για υλοποίηση επένδυσης.....	14
Εικόνα 2: Χωροθέτηση Αποθήκης	15
Εικόνα 3: Κάτοψη Αποθηκευτικών Χώρων	16
Εικόνα 4: Χώροι Φορτοεκφόρτωσης, Εναπόθεσης Προϊόντων, Φόρτισης Περονοφόρων.....	17
Εικόνα 5: Κάτοψη Γραφειακών Χώρων.....	18
Εικόνα 6: Κάτοψη Μηχανολογικών Χώρων.....	18
Εικόνα 7: Οι Φωτοσωλήνες (με πράσινο) στην Οροφή του Κτηρίου.....	21
Εικόνα 8: Εξωτερικές μονάδες κλιματισμού	25
Εικόνα 9: Εσωτερική Μονάδα Κλιματισμού Data Room (αριστερά) & Εσωτερική Κασέτα Χώρου Συνεδριάσεων (δεξιά).....	25
Εικόνα 10: Μέσες Μηνιαίες Τιμές Εξωτερικής Θερμοκρασίας Τριετίας 2018- 2020.....	32
Εικόνα 11: Ζήτηση Ισχύος και Συντελεστής Ισχύος 2018	33
Εικόνα 12: Ζήτηση Ισχύος και Συντελεστής Ισχύος 2019	33
Εικόνα 13: Ζήτηση Ισχύος και Συντελεστής Ισχύος 2020	34
Εικόνα 14: Επιμερισμός Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας (2020)	38
Εικόνα 15: Γραμμή Βάσης & Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	44
Εικόνα 16: Διάγραμμα Απόκλισης Πραγματικής από Αναμενόμενη Κατανάλωση.....	48
Εικόνα 17: Διάγραμμα CUSUM	49
Εικόνα 18: Τομή Μπαταρίας Οξέος – Μολύβδου.....	52
Εικόνα 19: Λεπτομέρεια Μπαταρίας Ιόντων Λιθίου.....	53
Εικόνα 20: Σχέδια των Περονοφόρων της Εταιρείας.....	54
Εικόνα 21: Κατάλληλη Τοποθέτηση Μπαταριών ανά Όχημα.....	65
Εικόνα 22: Λεπτομέρεια Λάμπας LED	72
Εικόνα 23: Μέση Ετήσια Παραγωγή Ενέργειας (Στη Βέλτιστη Κλίση).....	80
Εικόνα 24: Χωροθέτηση φωτοβολταϊκών και Λεπτομέρεια Εγκατάστασης.....	82
Εικόνα 25: Ηλιακό Διάγραμμα της Εγκατάστασης.....	86
Εικόνα 26: Αποτύπωση Μείωσης Θερμικής Ακτινοβολίας με Μόνιμα Σκίαστρα.....	87

10. Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 4-1: Κατανομή φωτοσωληνών ανά διαμέρισμα	20
Πίνακας 4-2: Κατανομή Καμπανών LED ανά Διαμέρισμα	22
Πίνακας 4-3: Κατανομή Γραμμικών Φωτιστικών Σωμάτων ανά Διαμέρισμα.....	23
Πίνακας 4-4: Κατανομή Φωτιστικών Σωμάτων Ασφαλείας ανά Διαμέρισμα.....	24
Πίνακας 4-5: Θερμική, Ψυκτική & Ηλεκτρική Ισχύς μηχανημάτων	26
Πίνακας 4-6: Λεπτομέρειες Κλιματιστικού Εξοπλισμού.....	26
Πίνακας 4-7: Ισχύς Παραγωγικού Μηχανολογικού Εξοπλισμού	27
Πίνακας 4-8: Ισχύς μη Παραγωγικού Μηχανολογικού Εξοπλισμού	28
Πίνακας 4-9: Στόλος Οχημάτων Πεζού Χειριστή.....	29
Πίνακας 4-10: Στόλος Οχημάτων Ηλεκτροκίνητων Περονοφόρων.....	29
Πίνακας 4-11: Στόλος Οχημάτων Κλάπας	30
Πίνακας 4-12: Στόλος Οχημάτων Εποχούμενων Σκουπών	30
Πίνακας 5-1: Μέση Μηνιαία Εξωτερική Θερμοκρασία.....	32
Πίνακας 5-2: Τομείς Κατανάλωσης Ενέργειας και Μετρητές Αναφοράς τους	35
Πίνακας 5-3: Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας (kWh) ανά Τομέα Κατανάλωσης.....	37
Πίνακας 5-4: Διαχωρισμός Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά Τομέα (2020)	38
Πίνακας 6-1: Συσχέτιση Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας με Εξωτερική Θερμοκρασία και Ηλιακή Ενέργεια.....	42
Πίνακας 6-2: Στατιστικά Αποτελέσματα για τον Τύπο της Γραμμής Βάσης	43
Πίνακας 7-1: Ετήσιος δείκτης Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας προς Συνολική Επιφάνεια 45	
Πίνακας 7-2: Ετήσια Πρωτογενής Ενέργεια	45
Πίνακας 7-3: Εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα.....	46
Πίνακας 7-4: Ανάλυση CUSUM και Διακύμανση Δεικτών Μηνιαίας Κατανάλωσης	47
Πίνακας 8-1: Δεδομένα από τον Κατασκευαστή	55
Πίνακας 8-2: Κατανάλωση Περονοφόρων	56
Πίνακας 8-3: Επιλογή Νέων Μπαταριών Λιθίου	58
Πίνακας 8-4: Αυτονομία και Φόρτιση Μπαταριών.....	58
Πίνακας 8-5: Χρήση Μπαταριών 48V/308Ah στην Αποθήκη	59
Πίνακας 8-6: Χρήση Μπαταριών 48V/448Ah στην Αποθήκη	62
Πίνακας 8-7: Χρήση Μπαταριών 48V/480Ah στην Αποθήκη	63
Πίνακας 8-8: Συνδυαστική Χρήση Μπαταριών στην Αποθήκη.....	65
Πίνακας 8-9.1: Οικονομική Ανάλυση Ενεργειακών Οφελών I για Μπαταρίες.....	69
Πίνακας 8-9.2: Οικονομική Ανάλυση Ενεργειακών Οφελών II για Μπαταρίες.....	69
Πίνακας 8-10: Οικονομική Ανάλυση Μη Ενεργειακών Οφελών για Μπαταρίες.....	70
Πίνακας 8-11: Ολική Οικονομική Ανάλυση για Μπαταρίες	70
Πίνακας 8-12: Υφιστάμενη Εγκατάσταση	74
Πίνακας 8-13: Στοιχεία Νέων Λαμπών LED	74
Πίνακας 8-14: Νέες High Bay Bulbs LED	75
Πίνακας 8-15: Νέα LED Linear Lights	75

Πίνακας 8-16: Νέα LED Panels	76
Πίνακας 8-17: Νέα Road LED Flood Lights	76
Πίνακας 8-18: Συγκεντρωτικός Πίνακας Επένδυσης LED Λαμπών.....	76
Πίνακας 8-19: Οικονομική Ανάλυση Ενεργειακών Οφελών για Λάμπες LED	78
Πίνακας 8-20: Οικονομική Ανάλυση Ολικών Οφελών για Λάμπες LED	79
Πίνακας 8-21: Οικονομική Ανάλυση Ενεργειακών Οφελών για Φωτοβολταϊκά	83
Πίνακας 8-22: Οικονομική Ανάλυση Ολικών Οφελών για Φωτοβολταϊκά.....	84

11. Πηγές

Παγκόσμια Βιβλιογραφία

[1] Driving Efficiency with Non-Energy Benefits, ACEEE National Symposium on Market Transformation, 2014

Link: <https://www.aceee.org/files/pdf/conferences/mt/2014/D4-Malone.pdf>

[2] NON-ENERGY BENEFITS / NON-ENERGY IMPACTS (NEBs/NEIs) AND THEIR ROLE & VALUES IN COST-EFFECTIVENESS TESTS: STATE OF MARYLAND, Lisa A. Skumatz, Ph.D. , 2014

Link: https://sahlln.energyefficiencyforall.org/sites/default/files/2014_%20NEBs%20report%20for%20Maryland.pdf

[3] Investment Analysis, ALEXANDRA TWIN, 2021

Link: <https://www.investopedia.com/terms/i/investment-analysis.asp>

[4] Some Thoughts on Treating Energy Efficiency as a Resource, Tom Eckman, 2011

Link: https://www.in.gov/iurc/files/ACEEE_Attachment_H_Eckman_EE_as_Resource.pdf

[5] Evaluating and Quantifying the Non-Energy Impacts of Energy Efficiency, Steven R Schiller, Lisa Skumatz, Juan Pablo Carvallo, Jessica Burdette, Matt Klucher, 2016

Link: <https://emp.lbl.gov/publications/evaluating-and-quantifying-non-energy>

[6] Investment in energy efficiency: Do the characteristics of investments matter?, Catherine Cooremans HEC University of Geneva, 2011

Link: http://fourfact.com/images/uploads/1-476_Cooremans.pdf

[7] Internal Rate of Return (IRR), JASON FERNANDO, 2022

Link: <https://www.investopedia.com/terms/i/irr.asp>

[8] Net Present Value (NPV), JASON FERNANDO, 2022

Link: <https://www.investopedia.com/terms/n/npv.asp>

[9] MIT study details plunge in lithium-ion battery costs, MIT, 2021

Link: <https://chargedevs.com/newswire/mit-study-details-plunge-in-lithium-ion-battery-costs/>

[10] SolarPath Calculator Software – AndrewMash

Link: <https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath3d.html>

Ελληνική Βιβλιογραφία

[11] Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ. Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ, Χριστίνα Λάνγκου, 2019

Σύνδεσμος: http://okeanis.lib.puas.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/4855/civ_02522.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[12] Ενεργειακοί Έλεγχοι και Επιθεωρήσεις, Καθηγήτρια Δρ. Αθηνά Στέγγου – Σαγια, 2010

Σύνδεσμος: http://courseware.mech.ntua.gr/ml22139/documents/energy_environment_old.pdf

[13] Συχνές ερωτήσεις – απαντήσεις για τους ενεργειακούς ελέγχους, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Τμήμα Ενεργειακής Αποδοτικότητας, 2021

Σύνδεσμος: <https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2021/09/%CE%95%CF%81%CF%89%CF%84%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82-%CE%B1%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CF%8D%CF%82-%CE%B5%CE%BB%CE%AD%CE%B3%CF%87%CE%BF%CF%85%CF%82-20210921.pdf>

[14] Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων, Τεχνικό Επιμελητήριο – Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας, Μωυσής Δαμιανίδης, Η.Μ.; Γεώργιος Κατσαρός, Δρ Η.Μ.; Ματθαίος Τόλης, Μ.Μ.; Φώτιος Στεργιόπουλος, Η.Μ. ,2011

Σύνδεσμος: http://tkm.tee.gr/wp-content/uploads/2018/02/fwtovoltaika_ergwn.pdf

[15] ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΚΑΡΑΪΣΑΣ ΠΕΤΡΟΣ, 2014

Σύνδεσμος: https://imegsevee.gr/wp-content/uploads/2018/01/fotovoltaika_systemata.pdf

[16] ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ, Αντωνίου Ευθύμιος; Τσέρνιχ Ελπίδα, 2011

Σύνδεσμος: <http://digilib.teiimt.gr/jspui/bitstream/123456789/1374/1/012011012.pdf>

[17] Φωτοβολταϊκά Συστήματα και Μελέτη Απόδοσής τους για την Πόλη της Θεσσαλονίκης, Αναστάσιος Κωνσταντίνος Φυσέας, 2018

Σύνδεσμος: <http://ikee.lib.auth.gr/record/300358/files/%CE%A0%CF%84%CF%85%CF%87%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE.pdf>

[18] Το κλίμα και ο Ρόλος του στη Σύνθεση: Μακροκλίμα, Μικροκλίμα, Κλιματικές Ζώνες, Ιφιγένεια Θεοδωρίδου, 2015 – 2016

Σύνδεσμος: https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/ARCH407/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF%20%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B4%CF%8C%CF%83%CE%B5%CF%89%CE%BD%20%CE%99%CF%86%CE%B9%CE%B3%CE%AD%CE%BD%CE%B5%CE%B9%CE%B1%20%CE%98%CE%B5%CE%BF%CE%B4%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B4%CE%BF%CF%85/23//10//2015/23_10_2015B.pdf

[19] ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΑΥΤΗΝ ΓΙΑ ΣΚΙΑΣΜΟ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ, Ιωάννης Β. Ναλμπάντης, 2018

Σύνδεσμος: <https://apothesis.eap.gr/bitstream/repo/39094/1/%CE%9F%CE%A1%CE%99%CE%A3%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97%20%CE%94%CE%99%CE%A0%CE%9B%CE%A9%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97.pdf>

[20] ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΧΩΡΩΝ ΚΣΗΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ, ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ΣΚΙΑΣΤΡΩΝ, ΣΤΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ ΤΟΥΣ, ΓΙΑ ΤΑ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ, ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΖΕΡΒΑΣ, 2009

Σύνδεσμος: <http://artemis.library.tuc.gr/DT2009-0234/DT2009-0234.pdf>

[21] Ηλιοπροστασία, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, 2022

Σύνδεσμος: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_hlioprostasia.htm

[22] ΛΑΜΠΕΣ LED ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΚΑΙ ΣΕ ΤΙ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΑΛΛΕΣ ΛΑΜΠΕΣ; ΘΕΤΙΚΑ - ΑΡΝΗΤΙΚΑ, Σύνδεσμος Εργολάβων Ηλεκτρολόγων Περιφερειακής Ενότητας Πρέβεζας, 2016

Σύνδεσμος: <https://sehpreveza.gr/%CE%BB%CE%AC%CE%BC%CF%80%CE%B5%CF%82-led-%CF%84%CE%B9-%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%83%CE%B5-%CF%84%CE%B9-%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%86%CE%AD%CF%81%CE%BF%CF%85%CE%BD-%CE%B1%CF%80/>

[23] LED ΦΩΤΙΣΜΟΣ - ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ, Atomenergy Blog, 2022

Σύνδεσμος: <https://www.atomenergy.gr/el/blog/general/led-pos-cons>

[24] Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ LED ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ, ΦΑΝΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, 2016

Σύνδεσμος: <https://core.ac.uk/download/pdf/132825893.pdf>

[25] ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ LED: Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, ΓΑΛΑΝΑΚΗΣ ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ, 2017

Σύνδεσμος: http://okeanis.lib.puas.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/3922/ele_34606.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[26] Μπαταρίες Μόλυβδου – Οξέος: Βασικές Αρχές, Υλικά και Εφαρμογές, Γιώργος Κωπτάς 2018

Σύνδεσμος: <https://infoservice.com.gr/auto/mpataries-%C2%B5olivdou-oxeos-vasikes-arches-ilika-ke-efar%C2%B5oges/>

[27] Ανανεώσιμες Πηγές και Αποθήκευση Ενέργειας, Μαρκέλλα Βαλανίδου, 2016

Σύνδεσμος: <https://ktisis.cut.ac.cy/bitstream/10488/8819/1/Valanidou%20M..pdf>

[28] Μελέτη συστήματος διαχείρισης μπαταρίας μόλυβδου – οξέος και ανάπτυξη οικιακού συστήματος διαχείρισης ενέργειας με χρήση μπαταρίας, Νικόλαος Βασιλείου, 2017

Σύνδεσμος: <http://artemis.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/13656/1/DT2017-0316.pdf>

[29] ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ ΜΟΛΥΒΔΟΥ ΟΞΕΟΣ ΣΕ ΕΛΛΑΔΑ, ΚΥΠΡΟ, ΓΕΡΜΑΝΙΑ ΚΑΙ ΑΥΣΤΡΙΑ, Γιαγκίδης Αντώνιος, 2018

Σύνδεσμος: https://apothesis.eap.gr/bitstream/repo/37644/1/DIA_DE_giagkidis.pdf

[30] Μοντελοποίηση Συσσωρευτών σε Δίκτυα με Μετατροπείς Ηλεκτρονικών Ισχύος, Καρανάσιου Α. Αικατερίνη, 2013

Σύνδεσμος: <http://ikee.lib.auth.gr/record/291694/files/%CE%94%CE%99%CE%A0%CE%9B%CE%A9%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%91%CE%A3%CE%99%CE%91.pdf>

[31] Μπαταρίες ιόντων Λιθίου – φόρτιση εκφόρτιση και τύποι μπαταριών λιθίου, Power Energy Solutions, 2022

Σύνδεσμος: <https://www.shop-e.gr/%CF%87%CF%81%CE%B7%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B1-%CE%B1%CF%81%CE%B8%CF%81%CE%B1/45-inverter/106-%CE%9C%CF%80%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%81%CE%AF%CE%B5%CF%82-%CE%B9%CF%8C%CE%BD%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%9B%CE%B9%CE%B8%CE%AF%CE%BF%CF%85>

[32] Μπαταρία ιόντων λιθίου, Βικιπαίδεια, 2022

Σύνδεσμος: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CF%80%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%81%CE%AF%CE%B1%CE%B9%CF%8C%CE%BD%CF%84%CF%89%CE%BD%CE%BB%CE%B9%CE%B8%CE%AF%CE%BF%CF%85>

[33] Μπαταρίες ιόντων λιθίου, τύποι, πλεονεκτήματα και χρήσεις τους, amperorio, 2020

Σύνδεσμος: <https://www.amperorio.gr/index.php/el/texnika-themata-syssvreurwn/item/351-mpataries-ionton-lithiou-typoi-kai-xriseis.html>