



*«Ενεργειακός έλεγχος και
πολλαπλά οφέλη των μέτρων
εξοικονόμησης ενέργειας στις
Κεντρικές Αποθήκες Μάνδρας 1
και 2 της εταιρείας ΑΒ
Βασιλόπουλος»*

Τομέας: Εργαστήριο Ατμοκινητήρων και Λεβήτων

Επιβλέπων: Καρέλλας Σωτήριος, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα 2021



«Energy audit and multiple benefits of energy saving measures at Central Warehouses 1 and 2 of AB Vassilopoulos SA at Mandra»

Laboratory of Steam Boilers and Thermal Plants

Supervisor: Karellas Sotirios, Professor NTUA

Athens 2021

Με την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας, ολοκληρώνεται η διαδρομή μου στη σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Σωτήριο Καρέλλα για την ένδειξη εμπιστοσύνης προς το πρόσωπό μου με την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Πλάτωνα Πάλλη για την καθοδήγηση και τη βοήθεια που μου παρείχε κατά την εκπόνηση της εργασίας μου.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στην κυρία Χριστίνα Χατζηλάου, για την προσπάθεια που κατέβαλε ώστε να ξεπεραστούν οι δυσκολίες και να προκύψει το επιθυμητό αποτέλεσμα στην εργασία.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια μου και τους κοντινούς μου ανθρώπους για την αδιάλειπτη υποστήριξη τόσο κατά την διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας, όσο και κατά το σύνολο της ακαδημαϊκής μου πορείας.

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.

Βαρουξάκης Ευάγγελος

Περίληψη

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας διενεργήθηκε ενεργειακός έλεγχος στις εγκαταστάσεις της Κεντρικής Αποθήκης 1 και της Κεντρικής Αποθήκης 2 στην Μάνδρα Αττικής της εταιρείας ΑΒ Βασιλόπουλος.

Σε πρώτη φάση επεξηγήθηκε η μεθοδολογία διενέργειας ενός ενεργειακού ελέγχου, παρουσιάστηκαν τα πολλαπλά οφέλη των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας και τα κίνητρα για τις επιχειρήσεις για την υλοποίηση τέτοιων επενδύσεων.

Επιπροσθέτως, πραγματοποιήθηκε ενδελεχής παρουσίαση των εγκαταστάσεων και των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα σε αυτές και επιδιώχθηκε η ανάπτυξη του ενεργειακού προφίλ των εγκαταστάσεων με βάση τις μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας των τελευταίων τριών ετών, από το 2017 μέχρι το 2019. Με βάση τις μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας παρουσιάζονται οι αντίστοιχες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂.

Παρουσιάστηκε ο επιμερισμός της ενέργειας στις διάφορες χρήσεις και με τη μέθοδο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης αναπτύσσεται ο τύπος γραμμής βάσης και επιτυγχάνεται η συσχέτιση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας με την μηνιαία εξωτερική θερμοκρασία και τα κιβώτια που διακινούνται στις δύο Κεντρικές Αποθήκες Μάνδρας.

Το πρώτο μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας που αναπτύσσεται και προτείνεται στην διοίκηση της επιχείρησης αφορά την αντικατάσταση των μπαταριών οξέος μολύβδου των ηλεκτροκίνητων περνοφόρων οχημάτων που χρησιμοποιούνται στα κτίρια της Κεντρικής Αποθήκης 1 με νέες μπαταρίες τεχνολογίας ιόντων λιθίου. Με την επένδυση αυτή επιτυγχάνεται ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας 94.797 kWh και μείωση ετήσιων εκπομπών CO₂ ίσες με 98,75 τόνους.

Το δεύτερο μέτρο εξοικονόμησης που παρουσιάζει αποδεκτούς οικονομικούς όρους προς επένδυση είναι η αναβάθμιση του τεχνητού φωτισμού στους χώρους αποθηκών της Κεντρικής Αποθήκης 1, με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων φθορισμού με νέα φωτιστικά σώματα LED τεχνολογίας μειωμένης ισχύος. Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε 123.856 kWh και συνδυάζεται με 122,49 τόνους μειωμένες ετήσιες εκπομπές CO₂.

Abstract

In the context of this current diploma thesis, an energy audit was carried out at the facilities of Central Warehouse 1 and Central Warehouse 2 of AB-Vassilopoulos Supermarket chain, in Mandra, Attiki.

In the first phase, the methodology of conducting an energy audit was explained and the multiple benefits of energy-saving measures and the incentives for companies to implement such investments were presented.

Besides, the facilities and the processes that take place in them were thoroughly presented and the development of the energy profile of the facilities was sought based on the monthly electricity consumption of the last three years, from 2017 to 2019. Based on the monthly energy consumption, the corresponding CO₂ emissions are presented.

The distribution of energy in the various uses was presented and using the method of multiple linear regression, the base line type is developed and the correlation of the electricity consumption with the monthly outside temperature and the boxes that move in the two Central Warehouses is achieved.

The first energy-saving measure that is being developed and also proposed to the company's management concerns the replacement of the lead-acid batteries of the electric forklift trucks, used in the buildings of Central Warehouse 1, with new lithium-ion technology batteries. This investment achieves annual energy savings of 94.797 kWh and a reduction of annual CO₂ emissions equal to 98,75 tons.

The second energy-saving measure that presents acceptable financial conditions for investment is the upgrade of the artificial lighting in the warehouses of Central Warehouse 1, by replacing the fluorescent luminaires with new LED luminaires of reduced power technology. The annual energy savings are equal to 13.856 kWh and is combined with 122,49 tons of reduced annual emissions of CO₂.

Πίνακας Περιεχομένων

1. Εισαγωγή	9
1.1 Πλαίσιο	9
1.2 Σκοπός	9
1.3 Οριοθέτηση	10
2. Ενεργειακός Έλεγχος	11
2.1 Εισαγωγή στον Ενεργειακό Έλεγχο	11
2.2 Φάσεις Ενεργειακού Ελέγχου	12
2.3 Κίνητρα υιοθέτησης Μέτρων Εξοικονόμησης Ενέργειας	13
2.4 Μη Ενεργειακά Οφέλη Μέτρων Εξοικονόμησης Ενέργειας	15
2.5 Αξιολόγηση Επένδυσης	18
3. Περιγραφή Εγκαταστάσεων Συγκροτημάτων ΚΑΜ1 και ΚΑΜ2	21
3.1 Τοποθεσία και Περιγραφή Εγκαταστάσεων	21
3.2 Δραστηριότητες	24
3.2.1 ΚΑΜ1	24
3.2.2 ΚΑΜ2	25
3.3 Ωράρια Λειτουργίας και Προσωπικό	26
3.3.1 ΚΑΜ1	26
3.3.2 ΚΑΜ2	26
4. Περιγραφή Η/Μ Εγκαταστάσεων	27
4.1 Περιγραφή Η/Μ Εγκαταστάσεων ΚΑΜ1	27
4.1.1 Λέβητας Φυσικού Αερίου	27
4.1.2 Φωτισμός	27
4.1.3 Μπαταρουργείο	30
4.1.4 Ψυχοστάσιο	31
4.1.5 Κλιματισμός	32
4.1.5.1 Κλιματισμός χώρων γραφείων	32
4.1.5.2 Κλιματισμός χώρου αποθήκης Κτιρίου Β	32
4.2 Περιγραφή Η/Μ Εγκαταστάσεων ΚΑΜ2	33
4.2.1 Φωτισμός	33
4.2.2 Μπαταρουργείο	35
4.2.3 Κλιματισμός	35
5. Χρήση Ενέργειας	36

5.1 Χρήση Ενέργειας στην ΚΑΜ1	36
5.1.1 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	36
5.1.2 Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας	38
5.1.3 Εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα CO ₂	38
5.1.4 Επιμερισμός Καταναλώσεων Ηλεκτρικής Ενέργειας	39
5.1.4.1 Κατανάλωση Φωτισμού	39
5.1.4.2 Κατανάλωση Μπαταρουργείου	43
5.1.4.3 Κατανάλωση Ψυχοστασίου	46
5.1.4.4 Κατανάλωση Κλιματισμού Αποθήκης Κτιρίου Β	47
5.1.4.5 Κατανάλωση Κλιματισμού.....	47
5.1.4.6 Κατανάλωση Λέβητα Φυσικού Αερίου	48
5.1.4.7 Αποτέλεσμα Επιμερισμού Καταναλώσεων	48
5.2 Χρήση Ενέργειας στην ΚΑΜ2	50
5.2.1 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	50
5.2.2 Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας	52
5.2.3 Εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα CO ₂	52
5.2.4 Επιμερισμός Καταναλώσεων Ηλεκτρικής Ενέργειας	53
5.2.4.1 Κατανάλωση Φωτισμού	53
5.2.4.2 Κατανάλωση Μπαταρουργείου	56
5.2.4.3 Κατανάλωση Κλιματισμού.....	56
5.2.4.4 Αποτέλεσμα Επιμερισμού Καταναλώσεων	57
6. Γραμμή Βάσης.....	58
6.1 Γραμμή Βάσης για ΚΑΜ1	62
6.1.1 Γραμμή Βάσης 6 Παραμέτρων	62
6.1.2 Γραμμή Βάσης με τη μέθοδο της Γραμμικής Πολλαπλής Παλινδρόμησης	63
6.2 Γραμμή Βάσης για ΚΑΜ2	65
6.2.1 Γραμμή Βάσης 6 Παραμέτρων	65
6.2.2 Γραμμή Βάσης με τη μέθοδο της Γραμμικής Πολλαπλής Παλινδρόμησης	66
7. Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας.....	68
7.1 Αναβάθμιση Φωτισμού ΚΑΜ1 και ΚΑΜ2.....	68
7.1.2 Πρόταση Α: Αναβάθμιση Τεχνητού Φωτισμού με αντικατάσταση λαμπτήρων φθορισμού με λαμπτήρες LED στα υπάρχοντα φωτιστικά σώματα	70
7.1.2.1 Ενεργειακά Οφέλη.....	72
7.1.2.2 Μη Ενεργειακά Οφέλη	74

7.1.2.3 Οικονομική Αξιολόγηση.....	74
7.1.2.4 Λόγοι απόρριψης της Πρότασης Α	75
7.1.3 Πρόταση Β: Αναβάθμιση Τεχνητού Φωτισμού με αντικατάσταση φωτιστικών σωμάτων φθορισμού με φωτιστικά σώματα LED	77
7.1.3.1 Ενεργειακά Οφέλη	85
7.1.3.2 Μη Ενεργειακά Οφέλη	89
7.1.3.3 Οικονομική Αξιολόγηση.....	89
7.1.4 Πρόταση Γ: Συνδυασμός Πρότασης Β με παράλληλη αξιοποίηση Φυσικού Φωτισμού με χρήση ηλιοσωλήνων.....	91
7.1.4.1 Ενεργειακά Οφέλη	99
7.1.4.2 Μη Ενεργειακά Οφέλη	101
7.1.4.3 Οικονομική Αξιολόγηση.....	101
7.2 Αντικατάσταση Μπαταριών Οξέος Μολύβδου των περνοφόρων οχημάτων με μπαταρίες Ιόντων Λιθίου	103
7.2.1 Επιλογή Μπαταριών Ιόντων Λιθίου	105
7.2.2 Πρόταση Α: Αντικατάσταση Μπαταριών Οξέος Μολύβδου με μπαταρίες Ιόντων Λιθίου για το Κτίριο Δ της ΚΑΜ1.....	108
7.2.2.1 Ενεργειακά Οφέλη	109
7.2.2.2 Μη Ενεργειακά Οφέλη	111
7.2.2.3 Οικονομική Αξιολόγηση.....	113
7.2.3 Πρόταση Β: Αντικατάσταση Μπαταριών Οξέος Μολύβδου με μπαταρίες Ιόντων Λιθίου στο σύνολο της ΚΑΜ1.....	115
7.2.3.1 Ενεργειακά Οφέλη	116
7.2.3.2 Μη Ενεργειακά Οφέλη	117
7.2.3.3 Οικονομική Αξιολόγηση.....	119
7.2.4 Πρόταση Γ: Αντικατάσταση Μπαταριών Οξέος Μολύβδου με μπαταρίες Ιόντων Λιθίου στην ΚΑΜ2	121
7.2.4.1 Ενεργειακά Οφέλη	122
7.2.4.2 Μη Ενεργειακά Οφέλη	123
7.2.4.3 Οικονομική Αξιολόγηση.....	124
8. Παράρτημα	125
9. Κατάλογος Εικόνων.....	127
10. Κατάλογος Πινάκων	128
11. Κατάλογος Σχημάτων.....	131
12. Βιβλιογραφία	132

12.1 Ξένη Βιβλιογραφία.....	132
12.2 Ελληνική Βιβλιογραφία.....	132
12.3 Ηλεκτρονικές Πηγές	133

1. Εισαγωγή

1.1 Πλαίσιο

Στη σύγχρονη κοινωνία του 21^{ου} αιώνα ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα που καλείται να αντιμετωπίσει η ανθρωπότητα είναι η συνεχώς αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας. Η ενέργεια αυτή σε πολύ μεγάλο ποσοστό της προέρχεται από μη ανανεώσιμες πηγές, γεγονός που οδηγεί σε αυξημένους ρύπους, επιβάρυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου και εξάντληση των παγκόσμιων αποθεμάτων ορυκτών πόρων όπως λιγνίτης, πετρέλαιο και σε δεύτερη φάση φυσικό αέριο.

Η ανάγνωση και η κατανόηση της περιγραφόμενης κατάστασης οδήγησε τις χώρες του κόσμου σε σύναψη διεθνών συμφωνιών, όπως τη Συμφωνία του Παρισιού, η οποία αποτελεί την πρώτη οικουμενική και νομικά δεσμευτική παγκόσμια συμφωνία για την κλιματική αλλαγή. Στόχος της συμφωνίας σε ευρωπαϊκό επίπεδο είναι η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 55% μέχρι το 2030 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 με στόχο την μείωση της θερμοκρασίας του πλανήτη ή τουλάχιστον τον περιορισμό της αύξησής της.

Για την επίτευξη των παραπάνω απαιτητικών στόχων, οι χώρες είναι υποχρεωμένες να πραγματοποιήσουν τη μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως ηλιακή, αιολική, γεωθερμία και υδροηλεκτρική. Στις περιπτώσεις που αυτό δεν είναι εφικτό είναι σημαντικό να επιτευχθεί βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των εγκαταστάσεων κυρίως του τριτογενούς τομέα.

Ο ενεργειακός έλεγχος αποτελεί ένα πολύ σημαντικό εφόδιο στην κατεύθυνση της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, είτε αφορά νοικοκυριά είτε εργοστάσια. Συνδράμει στην επίτευξη μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας και των ρύπων, ενώ παράλληλα συμβάλλει στην εξοικονόμηση χρημάτων για τις επιχειρήσεις.

1.2 Σκοπός

Σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι η διενέργεια ενός εκτεταμένου ενεργειακού ελέγχου στις εγκαταστάσεις των Κεντρικών Αποθηκών 1 και 2, οι οποίες βρίσκονται στην Μάνδρα Αττικής.

Στόχος του ενεργειακού ελέγχου είναι η ανάλυση των καταναλώσεων ενέργειας στις εγκαταστάσεις και η συσχέτισή τους με τις διαδικασίες που πραγματοποιούνται σε αυτές. Μέσω της ανάλυσης αυτής, επιτυγχάνεται να κατανοηθεί που οφείλονται οι σημαντικότερες ροές ενέργειας, ώστε να προταθούν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας και βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των εγκαταστάσεων. Όλες οι προτάσεις μέτρων ελέγχονται, στη συνέχεια, ως προς την οικονομική τους βιωσιμότητα.

Τελική, όμως, επιδίωξη της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι και η ανάδειξη, επιπρόσθετα από τα συνηθισμένα ενεργειακά και οικονομικά οφέλη της κάθε επένδυσης, των πολλαπλών μη ενεργειακών οφελών (Non Energy Benefits) που μπορούν να συνυπολογιστούν για τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που προτείνονται. Τέτοια μέτρα μπορεί να είναι η βελτίωση των συνθηκών εργασίας στις εγκαταστάσεις που μελετώνται, η μείωση των ρύπων και των αερίων του θερμοκηπίου που οφείλονται στη λειτουργία των εγκαταστάσεων και η μείωση των ατυχημάτων. Παράλληλα, η ποσοτικοποίηση των μη ενεργειακών οφελών συνδράμει στη βελτίωση της οικονομικής απόδοσης των προτεινόμενων επενδύσεων, μετατρέποντας τες σε πιο δελεαστικές προς την διοίκηση της εταιρείας.

1.3 Οριοθέτηση

Στην παρούσα διπλωματική μελετάται το σύνολο των εγκαταστάσεων των Κεντρικών Αποθηκών Μάνδρας 1 και 2 και των ενεργειακών καταναλώσεων για τις οποίες διατίθενται τα απαραίτητα στοιχεία.

Η διαδικασία που δεν περιλαμβάνεται στη μελέτη είναι η διακίνηση των προϊόντων που αποθηκεύονται στις εγκαταστάσεις από και προς τα καταστήματα 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).

Με τον ενεργειακό έλεγχο εντοπίζονται οι κύριες χρήσεις ενέργειας και προσδιορίζονται οι οικονομικά αποτελεσματικές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας και υποβάλλεται τεχνική έκθεση παρουσίασης αυτών.

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

Οι ενεργειακοί έλεγχοι καλύπτουν το 90% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιεί η επιχείρηση, ώστε να παρέχεται μία αξιόπιστη εικόνα της συνολικής ενεργειακής απόδοσης και διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

1. Κατηγορία Α': κτίρια κατοικιών, κτίρια γραφείων έως και δύο χιλιάδες τετραγωνικά μέτρα (2.000 τ.μ.), εμπορικά καταστήματα έως και δύο χιλιάδες τετραγωνικά μέτρα (2.000 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 2.000 τ.μ., εμπορικά κτίρια άνω των 2.000 τ.μ., υπόλοιπα κτίρια που στεγάζουν χρήσεις του τριτογενούς τομέα (όπως σχολικά κτίρια, ξενοδοχεία, νοσοκομεία, κ.α.) και βιομηχανικές και βιοτεχνικές εγκαταστάσεις με συνολική εγκατεστημένη ισχύ που δεν υπερβαίνει τα 1.000 kW
3. Κατηγορία Γ': βιομηχανικές και βιοτεχνικές εγκαταστάσεις με συνολική εγκατεστημένη ισχύ άνω των χιλίων κιλοβάτ (1.000 kW).

Σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις οι ενεργειακοί έλεγχοι μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με το βάθος της μελέτης που θα πραγματοποιηθεί από τον ενεργειακό ελεγκτή. Το βάθος της μελέτης καθορίζεται από την ενδιαφερόμενη βιομηχανία και εξαρτάται από την πολυπλοκότητα των εφαρμογών της και το επιθυμητό στόχο. Οι δύο κατηγορίες ενεργειακών ελέγχων είναι οι εξής (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2017).

1. Συνοπτικός Ενεργειακός Έλεγχος

Έχει στόχο τη συγκέντρωση των άμεσα διαθέσιμων δεδομένων για τον εντοπισμό των πλέον σημαντικών ρυθμίσεων, επεμβάσεων και επενδύσεων που μπορούν να γίνουν, ώστε να βελτιστοποιηθεί η κατανάλωση ενέργειας στο εξεταζόμενο σύστημα. Σαν κριτήριο για την επιλογή της κατάλληλης επέμβασης ή επένδυσης τίθεται ο χρόνος αποπληρωμής. Η χρονική διάρκεια ενός συνοπτικού ενεργειακού ελέγχου αφορά 5 με 10 μέρες.

2. Εκτενής Ενεργειακός Έλεγχος

Για τον εκτενή ενεργειακό έλεγχο απαιτείται η συλλογή εκτεταμένων στοιχείων που αφορούν τον εξοπλισμό και τις δραστηριότητες της βιομηχανίας. Παράλληλα, ενδείκνυται και η διενέργεια μετρήσεων στις εγκαταστάσεις, όπου αυτό είναι εφικτό, για την πλήρη αξιολόγηση των ενεργειακών συστημάτων. Συνεπώς, τα εξαγόμενα συμπεράσματα και οι προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας είναι πιο συγκεκριμένα και προσαρμοσμένα στις λειτουργίες της εγκατάστασης. Στα κριτήρια αξιολόγησης των επενδύσεων πέρα από τον χρόνο αποπληρωμής εισάγονται και οικονομικές παράμετροι όπως η καθαρή παρούσα αξία (NPV: Net Present Value) και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR: Internal Rate of Return). Η χρονική διάρκεια ενός εκτεταμένου ενεργειακού ελέγχου αφορά διάστημα αρκετών εβδομάδων.

2.2 Φάσεις Ενεργειακού Ελέγχου

Η διαδικασία ενός ενεργειακού ελέγχου χωρίζεται σε δύο βασικές φάσεις (Sustainable Energy Authority of Ireland, 2017):

1. Προετοιμασία Ενεργειακού Ελέγχου και Διεξαγωγή Προκαταρκτικής Ανάλυσης
2. Διενέργεια Ενεργειακού Ελέγχου και Γραπτή Αναφορά

Οι δύο παραπάνω βασικές φάσεις της διαδικασίας του ενεργειακού ελέγχου περιλαμβάνουν επιμέρους βήματα.

Η 1^η φάση περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

1. Πρώτη συνάντηση με την επιχείρηση για τον καθορισμό της στρατηγικής που θα ακολουθηθεί
2. Καθορισμός σκοπού του ενεργειακού ελέγχου και κριτηρίων όπως χρονοδιάγραμμα
3. Δημιουργία ομάδας ενεργειακού ελέγχου με αναγνώριση προσωπικού προς αξιοποίηση και προγραμματισμός επίσκεψης στην εγκατάσταση
4. Σχεδιασμός πλάνου μετρήσεων και ανάπτυξη ενεργειακών γραμμών βάσης
5. Δημιουργία λίστας στοιχείων που πρέπει να ελεγχθούν.

Η 2^η φάση περιλαμβάνει:

6. Διενέργεια αυτοψίας στις εγκαταστάσεις και καταγραφή συμπερασμάτων
7. Καταγραφή των υπαρχουσών ενεργειακών πρακτικών και χρήσεων ενέργειας στις εγκαταστάσεις
8. Ανάλυση μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας και οικονομική τους αξιολόγηση
9. Συγγραφή γραπτής αναφοράς του ενεργειακού ελέγχου και παρουσίαση των αποτελεσμάτων στην επιχείρηση.

2.3 Κίνητρα υιοθέτησης Μέτρων Εξοικονόμησης Ενέργειας

Τα κίνητρα που οδηγούν τις επιχειρήσεις στην υιοθέτηση μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας αναπτύσσονται σε 3 επιμέρους κατηγορίες (Brun and Gereffi, 2011).

1. Νομικά κίνητρα

Οι επιχειρήσεις πρέπει να συμμορφώνονται με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς για τον αέρα, το νερό και τους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Συνεπώς, οφείλουν να δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στην παρακολούθηση του περιβαλλοντικού τους αποτυπώματος.

2. Οικονομικά κίνητρα

Τα οικονομικά κίνητρα για τα οποία μία επιχείρηση θα οδηγηθεί στην υιοθέτηση μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας δεν περιορίζονται μόνο στη μείωση του κόστους λειτουργίας της. Συμπεριλαμβάνουν μία σειρά από κίνητρα, τα οποία συνοψίζονται ακολούθως:

- Μείωση κόστους

Το οικονομικό κέρδος είναι ένα πολύ σημαντικό κίνητρο για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης της επιχείρησης.

Όσο πιο μεγάλο είναι το ποσοστό του κόστους της κατανάλωσης ενέργειας ως προς το κόστος πωλήσεων και διαδικασιών της επιχείρησης, τόσο μεγαλύτερα είναι και τα περιθώρια μείωσης του κόστους.

- Μείωση ρίσκου

Η αστάθεια της τιμής των πηγών ενέργειας ενδέχεται να οδηγήσει σε αυξημένο ρίσκο για τις επιχειρήσεις.

Για την επίτευξη μειωμένου ρίσκου οι επιχειρήσεις οδηγούνται σε λύσεις, όπως η επένδυση σε πηγές με μεγαλύτερη σταθερότητα τιμής ή η μεταφορά των μονάδων τους κοντά σε φθηνές και σταθερές πηγές ενέργειας.

Μία άλλη προσέγγιση για την επίτευξη μειωμένου ρίσκου είναι η επένδυση στην ενεργειακή απόδοση.

Σε άλλες περιπτώσεις, αναλόγως τη μορφή της παραγωγικής διαδικασίας της εκάστοτε επιχείρησης, η αξιολόγηση του περιβαλλοντικού κόστους και των ρίσκων που συνοδεύουν την παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών της, μπορεί να οδηγήσουν στην απόρριψη συγκεκριμένων προϊόντων και διαδικασιών.

- Προστασία και Ενίσχυση επωνυμίας

Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στις διαδικασίες και την παραγωγή μίας επιχείρησης αποτελούν ισχυρά κίνητρα για την υιοθέτηση μέτρων ενεργειακής εξοικονόμησης.

Η ενεργειακή απόδοση συνδέεται με τη βελτίωση του αποτυπώματος άνθρακα της επιχείρησης και συνεπώς την ενίσχυση της εικόνας της επιχείρησης όσον αφορά την προστασία του περιβάλλοντος.

Η περιβαλλοντική ενσυναίσθηση δείχνει να αποτελεί σημαντικό όπλο για την προσέλκυση πελατών, επενδυτών και υπαλλήλων.

3. Κοινωνικά κίνητρα

Τα κοινωνικά κίνητρα διαχωρίζονται στις εξωτερικές και τις εσωτερικές πιέσεις, οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν την επιχείρηση στην επένδυση σε μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας.

- Εξωτερικές πιέσεις

Με τον όρο εξωτερικές πιέσεις αναφέρονται πιέσεις από το εξωτερικό περιβάλλον της επιχείρησης, όπως τα μέσα ενημέρωσης και το καταναλωτικό κοινό. Οι πιέσεις αυτές μπορεί να είναι ιδιαίτερα αυξημένες και να οδηγήσουν μέχρι και σε μποϊκοτάζ των προϊόντων ή υπηρεσιών μίας επιχείρησης αν αυτή δε συμβαδίζει με τις απαιτήσεις των καταναλωτών για «πράσινα» προϊόντα ή υπηρεσίες, δηλαδή με ελάχιστο περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

- Εσωτερικές πιέσεις

Οι εσωτερικές πιέσεις αφορούν την ανάγκη της επιχείρησης να καθιερωθεί στην αγορά σαν μία επιχείρηση που σέβεται το περιβάλλον και παλεύει για τη μείωση του περιβαλλοντικού της αποτυπώματος μέσω βελτίωσης της ενεργειακής της απόδοσης.

Με τον τρόπο αυτό θα δύναται να προσεγγίσει καταρτισμένο προσωπικό με περιβαλλοντική ενσυναίσθηση, ικανό και πρόθυμο να βοηθήσει την επιχείρηση να κοντράρει τον ανταγωνισμό και να συνεχίσει να παρουσιάζει βελτίωση σε όρους ενεργειακής απόδοσης.

2.4 Μη Ενεργειακά Οφέλη Μέτρων Εξοικονόμησης Ενέργειας

Λαμβάνοντας μέτρα ενεργειακής εξοικονόμησης, τα πρώτα και προφανή οφέλη που προκύπτουν είναι η μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων και κατά επέκταση και των εξόδων που προκύπτουν από αυτές.

Όμως, κάθε μέτρο ενεργειακής εξοικονόμησης συνδυάζεται και από πληθώρα μη ενεργειακών οφελών (Non Energy Benefits).

Τα συγκεκριμένα οφέλη μπορεί να αφορούν πολλές και διαφορετικές χρήσεις και κατηγορίες, οι οποίες παρουσιάζονται ακολούθως.

1) Σωματίδια και Ατμοσφαιρικές εκπομπές

Τα οφέλη ενός μέτρου ενεργειακής εξοικονόμησης που δύναται να περιλαμβάνονται στην συγκεκριμένη κατηγορία αφορούν:

- Πιθανές μειώσεις των επιπέδων σκόνης στο εργασιακό περιβάλλον
- Μείωση χημικών αερίων από τις διεργασίες
- Μείωση ατμοσφαιρικών ρύπων, όπως οξείδια του αζώτου και του θείου (NO_x, SO_x) και μονοξειδίου του άνθρακα (CO)

- Μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Διοξείδιο του άνθρακα, CO₂)

2) Συντήρηση

Η υιοθέτηση ενός μέτρου βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης ενδέχεται να συμβάλλει σε μειωμένα κόστη συντήρησης του εξοπλισμού.

3) Απόβλητα

Ως πολλαπλά οφέλη από ένα μέτρο ενεργειακής εξοικονόμησης μπορούν να θεωρηθούν τα εξής:

- Μειωμένα απόβλητα από τις διεργασίες
- Μειωμένα χημικά και επικίνδυνα απόβλητα από τις διεργασίες

4) Απώλειες

Τα μέτρα ενεργειακής εξοικονόμησης μπορεί να παρουσιάζουν σαν μη ενεργειακά οφέλη τις μειωμένες απώλειες σε:

- Θερμότητα με επίτευξη αξιοποίησης της απορριπτόμενης θερμότητας
- Καταναλισκόμενου Νερού

5) Ποιότητα Προϊόντων

Ένα μη ενεργειακό όφελος που ενδέχεται να προκύψει από μία επένδυση βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης είναι η επίτευξη αυξημένης ποιότητας των προϊόντων που προσφέρει η επιχείρηση.

6) Εργασιακό Περιβάλλον

Σημαντικά μη ενεργειακά οφέλη είναι αυτά που αφορούν την βελτίωση των συνθηκών στο εργασιακό περιβάλλον με αποτέλεσμα να προσφέρουν καλύτερη ποιότητα εργασίας στο προσωπικό που απασχολεί η επιχείρηση. Τέτοια οφέλη είναι τα εξής:

- Μείωση επικινδυνότητας εργασίας
- Ελάττωση ατυχημάτων
- Βελτίωση οπτικής άνεσης
- Βελτίωση θερμοκρασιακών συνθηκών

- Βελτίωση ποιότητας αέρα
- Μείωση θορύβων

7) Παραγωγική Διαδικασία

Μη ενεργειακά οφέλη, τα οποία εντάσσονται στην συγκεκριμένη κατηγορία είναι τα εξής:

- Ελάττωση βλαβών του μηχανολογικού εξοπλισμού
- Αύξηση διάρκειας ζωής του εξοπλισμού
- Βελτιωμένη απόδοση του εξοπλισμού
- Βελτίωση του όγκου παραγωγής
- Ελάττωση χρόνου παραγωγής
- Απαίτηση για μειωμένες πρώτες ύλες για την παραγωγή

Είναι φανερό πως τα μη ενεργειακά οφέλη μίας επένδυσης ενεργειακής εξοικονόμησης ενδέχεται να είναι αρκετά και είναι ικανά να βελτιώσουν σημαντικά τους όρους και την ελκυστικότητα της επένδυσης.

Παράλληλα, όμως, ο εντοπισμός τους δεν αποτελεί μία εύκολη διαδικασία για τους εξής λόγους (L.Ryan και N.Campbell, 2012).

- 1) Δυσκολία προσδιορισμού και ποσοτικοποίησης των συγκεκριμένων ωφελειών
- 2) Δυσκολία προσδιορισμού των αιτιών που συμβάλλουν στη διαμόρφωσή τους
- 3) Αδυναμία των υπεύθυνων για την λήψη αποφάσεων και την πιθανή αποδοχή των επενδύσεων να κατανοήσουν και να αξιολογήσουν πλήρως την επένδυση, λόγω έλλειψης οικονομικών και στρατηγικών δεξιοτήτων

2.5 Αξιολόγηση Επένδυσης

Η ελκυστικότητα μίας επένδυσης εκφράζεται με συγκεκριμένες οικονομικές και μη παραμέτρους. Οι παράμετροι που καθορίζουν αν η επένδυση είναι αποδοτική και συνάμα αποδεκτή από την διοίκηση της επιχείρησης, διαφέρουν ανάλογα με την επιχείρηση.

Η αποδοτικότητα μίας επένδυσης εκφράζει τη σχέση του επενδεδυμένου κεφαλαίου με το κόστος με το οποίο επιβαρύνεται η επιχείρηση μετά την επένδυση. Η αποδοτικότητα σε χρηματικούς όρους εκφράζεται με τον δείκτη της Καθαρής Παρούσας Αξίας (NPV) και σε ποσοστό με τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης της επένδυσης (IRR).

Οι σημαντικότερες παράμετροι για την αξιολόγηση της επένδυσης είναι οι εξής:

1) Χρόνος αποπληρωμής σε χρόνια

Υπολογίζεται με τον λόγο των ετήσιων οικονομικών ωφελειών που προκύπτουν από την επένδυση προς το κόστος της αρχικής επένδυσης. Αποτελεί ένα γρήγορο τρόπο αξιολόγησης του ρίσκου που παρουσιάζει κάθε επενδυτική πρόταση.

Η εταιρεία AB Βασιλόπουλος για τις επενδύσεις της θέτει σαν ανώτατο χρόνο αποπληρωμής τα 10 έτη.

2) Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Present Value: NPV)

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

Σαν κατώτερο όριο του συγκεκριμένου δείκτη για τις πιθανές επενδύσεις της, η AB Βασιλόπουλος θέτει το 12-13%. Η τιμή του συγκεκριμένου δείκτη πρέπει να είναι 2-3% μεγαλύτερος από το προεξοφλητικό επιτόκιο, το οποίο είναι 10%.

Στην πράξη, εντοπίζεται αυξημένη τάση επενδύσεις εξοικονόμησης ενέργειας με επαρκείς όρους αποδοτικότητας και χρόνου αποπληρωμής να μην οδηγούνται σε υλοποίηση (C.Cooremans, 2011).

Η μειωμένη τάση υλοποίησης επενδύσεων οφείλεται στο γεγονός πως η κάθε επένδυση μέχρι να φτάσει στο σημείο να εγκριθεί ή να απορριφθεί από την διοίκηση της επιχείρησης περνάει από μία σειρά από στάδια και επίπεδα. Μπορεί, συνεπώς, η διαδικασία λήψης απόφασης για την υλοποίηση της επένδυσης να χαρακτηριστεί ως μία δυναμική διαδικασία και όχι ως ένα σημείο στο χρόνο. Η διαδικασία αυτή επηρεάζεται από πληθώρα παραγόντων και συνθηκών και μπορούν να οδηγήσουν σε 3 πιθανές εκβάσεις. Την αρνητική, τη θετική ή τη μη απόφαση (C.Cooremans, 2015).



Εικόνα 1: Διαδικασία λήψης απόφασης για υλοποίηση επένδυσης

Συνεπώς, οι αποφάσεις επένδυσης επηρεάζονται από 4 βασικές κατηγορίες παραγόντων:

1) Εξωτερικές Συνθήκες

Αφορούν το περιβάλλον της επιχείρησης, επηρεάζουν όλους τους τομείς λήψης απόφασης και περιλαμβάνουν κινήσεις ανταγωνισμού, την ζήτηση, κοινωνικές μεταβολές, νομοθεσία, την γενική οικονομία και την τεχνολογική πρόοδο.

2) Εσωτερικές Συνθήκες

Οι εσωτερικές συνθήκες αποτελούν ουσιαστικά τις οργανωτικές συνθήκες της επιχείρησης και αναφέρονται στη δομή, τη στρατηγική και την κουλτούρα της επιχείρησης. Όπως και οι εξωτερικές συνθήκες επηρεάζουν όλους τους τομείς λήψης απόφασης.

3) Εμπλεκόμενοι Παράγοντες

Οι εμπλεκόμενοι παράγοντες επηρεάζουν την πορεία λήψης απόφασης και την έκβαση αυτής σε αρνητική, θετική ή μη απόφαση. Καθώς οι οργανισμοί και οι επιχειρήσεις είναι συστήματα ανθρώπων με διαφορετικά και

ανταγωνιστικά μεταξύ τους συμφέροντα, η διοίκηση κάθε επιχείρησης εξαρτάται από τον κυρίαρχο συνασπισμό που αποτελεί την ανώτερη διοίκησή της. Ο βασικός συνασπισμός αποτελείται από τις σημαντικότερες λειτουργίες, δηλαδή την παραγωγή, τις πωλήσεις, το μάρκετινγκ και των οικονομικών.

Ουσιαστικά, τις αποφάσεις σε κάθε οργανισμό λαμβάνουν τα άτομα με τη μεγαλύτερη εξουσία.

4) Χαρακτηριστικά Επένδυσης

Τα χαρακτηριστικά της επένδυσης είναι αρκετά και διαφορετικά και επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τη λήψη απόφασης. Περιλαμβάνουν τα εξής:

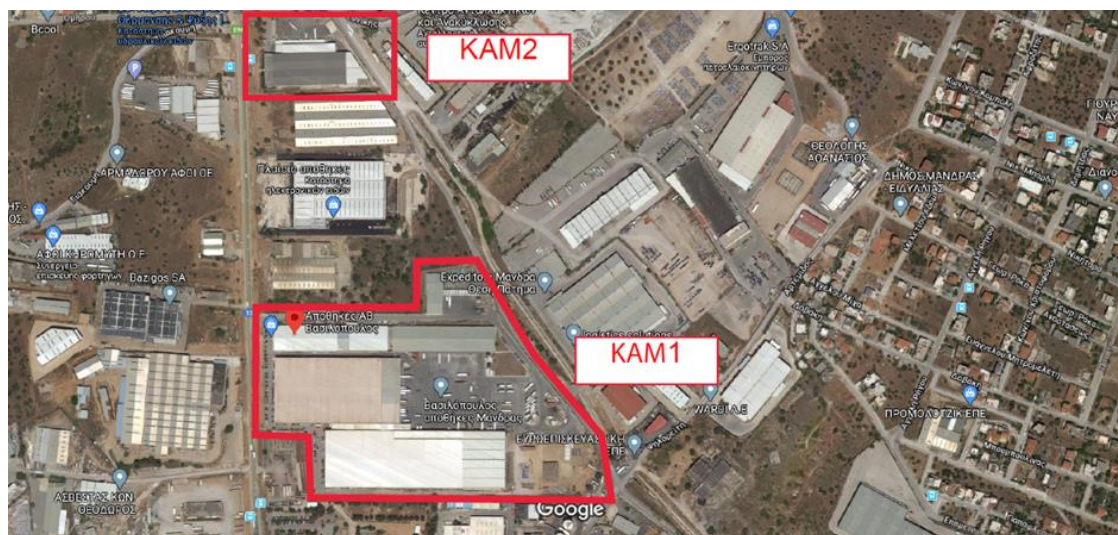
- Σημαντικότητα της επένδυσης για την επιχείρηση
- Περιπλοκότητα και επίπεδο αλλαγών που θα απαιτήσουν στη δομή του οργανισμού
- Πλήθος εμπλεκόμενων παραγόντων
- Διαθέσιμες λύσεις

3. Περιγραφή Εγκαταστάσεων Συγκροτημάτων ΚΑΜ1 και ΚΑΜ2

3.1 Τοποθεσία και Περιγραφή Εγκαταστάσεων

Η εγκατάσταση στην οποία καλείται να διενεργηθεί ο ενεργειακός έλεγχος αποτελείται από δύο αποθήκες της εταιρείας ΑΒ Βασιλόπουλος Α.Ε., οι οποίες βρίσκονται σε διαφορετικές εκτάσεις στο 25^ο και 27^ο χιλιόμετρο της Παλαιάς Εθνικής Οδού Αθηνών-Θηβών στην περιοχή της Μάνδρας Αττικής.

Η εγκατάσταση περιλαμβάνει κτίρια διαφορετικών χρήσεων σε δύο ξεχωριστά οικοπέδα κοντινής απόστασης, τις Κεντρικές Αποθήκες Μάνδρας 1 και 2, οι οποίες εν συντομία ονομάζονται ΚΑΜ1 και ΚΑΜ2 (Εικόνα 1).



Εικόνα 2: Αποθήκες ΚΑΜ1 και ΚΑΜ2

Η λειτουργία των παραπάνω αποθηκών αφορά, κυρίως, την παραλαβή προϊόντων από τους προμηθευτές, την αποθήκευση και συντήρησή τους και στη συνέχεια την προώθηση τους στα καταστήματα supermarket της εταιρείας.

Κεντρική Αποθήκη Μάνδρας 1 (ΚΑΜ1)

Η αποθήκη ΚΑΜ1 βρίσκεται στο 25^ο χιλιόμετρο της Παλαιάς Εθνικής Οδού Αθηνών-Θηβών στην Μάνδρα Αττικής και περιλαμβάνει 5 διαφορετικά κτίρια αποθήκευσης και άλλων χρήσεων, τα κτίρια Α, Β, Γ, Δ, Ε (Εικόνα 2).

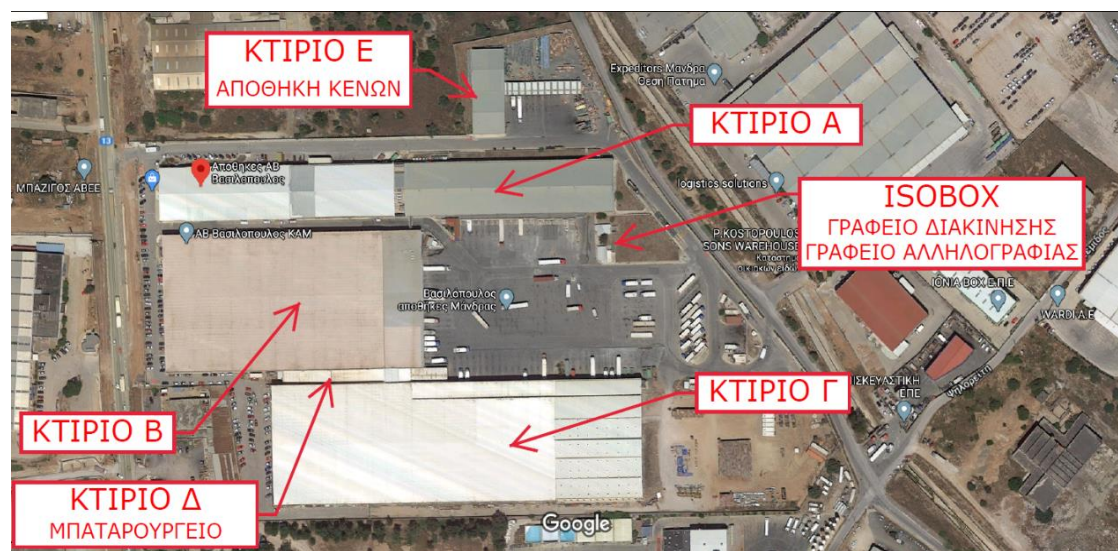
Τα παραπάνω κτίρια αποτελούνται από χώρους γραφείων, χώρους αποθηκών, σημεία φόρτωσης - εκφόρτωσης, εστιατόριο για το προσωπικό. Επιπροσθέτως, προβλέπεται χώρος για φόρτιση και επισκευή των περνοφόρων οχημάτων που είναι απαραίτητα για την επιτέλεση των λειτουργιών των αποθηκών.

Στις εγκαταστάσεις υπάρχει ιδιωτικό πρατήριο υγρών καυσίμων για τα φορτηγά οχήματα της εταιρείας, το οποίο περιλαμβάνει δύο υπόγειες δεξαμενές καυσίμου 15 m³ η καθεμία. Επίσης, διατίθεται για τα φορτηγά οχήματα υπαίθριος χώρος πλύσης.

Στο σύνολό τους τα κτίρια της KAM1 διαθέτουν 67 ράμπες φορτοεκφόρτωσης εμπορευμάτων.

Η συνολική δόμηση της KAM1 είναι: 46.123 m²

Η συνολική επιφάνεια κάλυψης της KAM1 είναι: 35.003 m²



Εικόνα 3: Αποθήκη KAM1

Οι επιφάνειες κάλυψης των επιμέρους κτιρίων της KAM1 παρουσιάζονται στον πίνακα.

Πίνακας 1: Επιφάνειες κτιρίων KAM1

Χώρος	Επιφάνεια (m ²)
Κτίριο Α	3.230
Όροφος Κτιρίου Α	611
Κτίριο Β	12.800
Πατάρι Κτιρίου Β	1.210
Κτίριο Γ	16.416
Πατάρι Κτιρίου Γ	3.150
Κτίριο Δ	700
Γραφείο Διακίνησης και Αλληλογραφίας	490
Κτίριο Ε (Αποθήκη Κενών)	1.367
Σύνολο Εγκαταστάσεων KAM1	39.974

Κεντρική Αποθήκη Μάνδρας 2 (KAM2)

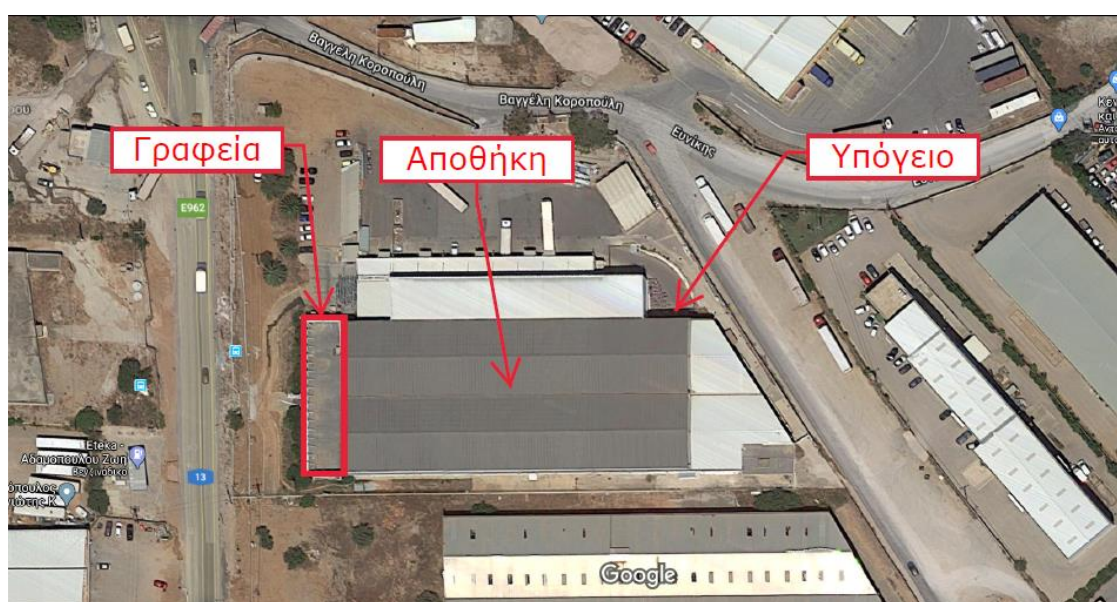
Αντίστοιχα, η αποθήκη KAM2 βρίσκεται στο 27^ο χιλιόμετρο της Παλαιάς Εθνικής Οδού Αθηνών-Θηβών στην Μάνδρα Αττικής. Περιλαμβάνει ένα μόνο κτίριο, το οποίο χωρίζεται σε χώρους γραφείων, αποθήκης και υπόγειο όροφο.

Στον χώρο της αποθήκης της εγκατάστασης παραλαμβάνονται και τοποθετούνται με σκοπό την προώθησή τους στα καταστήματα της εταιρείας μη βρώσιμα προϊόντα. Κάποια παραδείγματα τέτοιων προϊόντων είναι ηλεκτρονικές συσκευές, όπως ανεμιστήρες, κουζινικές συσκευές και άλλα αντίστοιχα προϊόντα. Επιπλέον, περιλαμβάνεται ειδικά διαμορφωμένος χώρος για την φόρτιση των περνοφόρων οχημάτων.

Επιπροσθέτως, η εγκατάσταση διαθέτει δύο ορόφους γραφείων και υπόγειο όροφο για επισκευή ηλεκτρονικών συσκευών και εξαρτημάτων, όπως ψυγείων, από τα καταστήματα της εταιρείας.

Η συνολική δόμηση της KAM2 είναι: 7.815 m²

Η συνολική επιφάνεια κάλυψης της KAM2 είναι: 5.865 m²



Εικόνα 4: Αποθήκη KAM2

Οι επιφάνειες κάλυψης των επιμέρους χώρων της KAM2 δίνεται στον παρακάτω Πίνακα 2.

Πίνακας 2: Επιφάνειες εγκατάστασης KAM2

Χώρος	Επιφάνεια (m ²)
Αποθήκη	5.350
Γραφεία	740
Υπόγειο	1.450
Σύνολο Εγκαταστάσεων KAM2	7.450

3.2 Δραστηριότητες

3.2.1 KAM1

Στις εγκαταστάσεις της KAM1 λαμβάνουν χώρα πληθώρα δραστηριοτήτων όσον αφορά τα προϊόντα.

Διατίθεται χώρος συντήρησης ευπαθών προϊόντων. Στο συγκεκριμένο χώρο αποθηκεύονται προϊόντα, όπως φρούτα, λαχανικά και αυγά μέχρι να έρθει η ώρα διανομής τους στα καταστήματα της επιχείρησης.

Η θερμοκρασία του χώρου είναι 2-3 °C.

Επιπροσθέτως, στους χώρους του Κτιρίου Α αποθηκεύονται ζωοτροφές και εμφιαλωμένα νερά.

Για το Κτίριο Α οι δραστηριότητες και το εμβαδόν των χώρων που καταλαμβάνουν συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3: Επιφάνειες ανά χρήση κτιρίου Α στην KAM1

Δραστηριότητα	Επιφάνεια (m ²)
Ψύξη Προϊόντων	480
Αποθήκευση	4.380
Διακίνηση	1.380
Μπαταρουργείο	443
Ψυχροστάσιο	182
Μη χρησιμοποιούμενοι χώροι	967

Οι μη χρησιμοποιούμενοι χώροι αναφέρονται σε επιφάνεια 967m², η οποία παλαιότερα χρησιμοποιούταν για συσκευασία σάντουιτς και φέτας με την επωνυμία της εταιρείας. Οι δραστηριότητες αυτές πλέον έχουν μεταφερθεί στην Κεντρική Αποθήκη στα Οινόφυτα Αττικής.

Στο Κτίριο Β γίνεται αποθήκευση στους 20 °C προϊόντων, όπως σοκολάτα και αναψυκτικά. Το κτίριο περιλαμβάνει ακόμα κάποιους χώρους γραφείων, όπως και εστιατόρια και αποδυτήρια για τους εργαζομένους. Οι παραπάνω χώροι αναφέρονται στον συγκεντρωτικό πίνακα που ακολουθεί ως λοιποί χώροι.

Πίνακας 4: Επιφάνειες ανά χρήση κτιρίου Β στην KAM1

Δραστηριότητα	Επιφάνεια (m ²)
Αποθήκευση - Συντήρηση	10.686
Αποθήκευση - Πατάρι	1.193
Διακίνηση	1.778
Λοιποί Χώροι	810

Στο Κτίριο Γ γίνεται αποθήκευση προϊόντων, τα οποία δε χρειάζονται καμία ιδιαίτερη συνθήκη για την προστασία και τη διασφάλιση της ποιότητας τους.

Συγκεντρωτικά, οι εκτάσεις των επιμέρους δραστηριοτήτων του Κτιρίου Γ συνοψίζονται στον πίνακα.

Πίνακας 5: Επιφάνειες ανά χρήση κτιρίου Γ στην ΚΑΜ1

Δραστηριότητα	Επιφάνεια (m ²)
Αποθήκευση	12.833
Αποθήκευση - Πατάρι	3.150
Διακίνηση	3.100
Λοιποί Χώροι	80

Στο Κτίριο Δ βρίσκεται το μπαταρουργείο, δηλαδή ο χώρος φόρτισης και συντήρησης των μπαταριών οξέος μολύβδου που χρησιμοποιούν τα περνοφόρα οχήματα, τα οποία απασχολούνται στους χώρους των Κτιρίων Β και Γ.

Επιπροσθέτως, στο συγκεκριμένο χώρο βρίσκεται και το συνεργείο για την επιδιόρθωση βλαβών στα περνοφόρα οχήματα.

3.2.2 ΚΑΜ2

Στις εγκαταστάσεις της ΚΑΜ2 πραγματοποιείται η αποθήκευση μη τρόφιμων προϊόντων, όπως για παράδειγμα ηλεκτρονικές συσκευές.

Διατίθεται χώρος φόρτισης των μπαταριών των περνοφόρων οχημάτων.

Επίσης, στον χώρο του υπογείου συγκεντρώνονται και επισκευάζονται ψυγεία και λοιπά εξαρτήματα από τα καταστήματα της εταιρείας.

Πίνακας 6: Επιφάνειες ανά χρήση στην ΚΑΜ2

Δραστηριότητα	Επιφάνεια (m ²)
Αποθήκη	5.260
Γραφεία	740
Επισκευή	1.450
Μπαταρουργείο	90

3.3 Ωράρια Λειτουργίας και Προσωπικό

Οι Κεντρικές Αποθήκες Μάνδρας 1 και 2 έχουν διαφορετικά ωράρια λειτουργίας και απασχολούν διαφορετικό αριθμό εργαζομένων ανά βάρδια.

3.3.1 KAM1

Πιο συγκεκριμένα, το ωράριο λειτουργίας της KAM1 είναι:

- Δευτέρα – Παρασκευή : 24 ώρες
- Σάββατο: 6:00 – 14:00
- Κυριακή: -

Και στο σύνολο των εγκαταστάσεων απασχολούνται 200 εργαζόμενοι ανά βάρδια.

3.3.2 KAM2

Αντίστοιχα, για την KAM2 ισχύουν για το ωράριο λειτουργίας και το προσωπικό τα εξής:

- Δευτέρα – Παρασκευή : 6:00 – 18:00
- Σάββατο – Κυριακή: -

Και στις εγκαταστάσεις απασχολούνται 30 εργαζόμενοι ανά βάρδια.

4. Περιγραφή Η/Μ Εγκαταστάσεων

4.1 Περιγραφή Η/Μ Εγκαταστάσεων ΚΑΜ1

4.1.1 Λέβητας Φυσικού Αερίου

Στις εγκαταστάσεις της Κεντρικής Αποθήκης Μάνδρας 1 είναι εγκατεστημένος λέβητας φυσικού αερίου. Το λεβητοστάσιο βρίσκεται έξω από τον χώρο γραφείων του Κτιρίου Α και εξυπηρετεί αποκλειστικά την θέρμανση των γραφείων αυτών.

Το δίκτυο του φυσικού αερίου περιλαμβάνει εξωτερικό δίκτυο χαλυβδοσωλήνα διαμέτρου 50mm για τη μεταφορά του φυσικού αερίου από τον τοπικό μετρητή, επί της Παλαιάς Εθνικής Οδού, στον λέβητα. Ένα μέρος του χαλυβδοσωλήνα είναι ενταφιασμένο.

Πληροφορίες για το εσωτερικό δίκτυο του κτιρίου δε διατίθενται από την επιχείρηση.

Η θερμοκρασία θερμοστάτη έχει οριστεί στους 40 °C.

Για τον λέβητα πραγματοποιείται συντήρηση κάθε Δεκέμβριο και τα φύλλα συντήρησης παρουσιάζουν μετρήσεις εντός των επιτρεπόμενων ορίων και εσωτερικό βαθμό απόδοσης λέβητα της τάξεως του 93%.

Ο εγκατεστημένος λέβητας είναι Logano GE-315 κατασκευής Buderus.

Η ονομαστική θερμαντική ισχύς του είναι 86-105 kW.

Ο λέβητας συνδέεται με καυστήρα αερίου MHG GE 2.1 N μονοβάθμιας λειτουργίας, κατάλληλος για πίεση λειτουργίας 20mbar.

Η ηλεκτρική ισχύς του καυστήρα είναι 0,34 kW.

4.1.2 Φωτισμός

Στις εγκαταστάσεις της Κεντρικής Αποθηκών Μάνδρας 1 ο φωτισμός των χώρων αφορά τρεις διαφορετικές κατηγορίες φωτισμού:

- Φωτισμός γραφείων
- Φωτισμός εξωτερικών χώρων
- Φωτισμός εσωτερικών χώρων αποθηκών

Επίσης, προβλέπεται και ο φωτισμός για λοιπές χρήσεις. Στις λοιπές χρήσεις περιλαμβάνεται ο φωτισμός για διαδρόμους, τουαλέτες, χώρους εστιατορίων και αποδυτηρίων που διαθέτουν οι εγκαταστάσεις.

Συνοψολογίζοντας την ισχύ όλων των φωτιστικών των επιμέρους χώρων της ΚΑΜ1, υπολογίζεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού, η οποία δίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 7: Εγκατεστημένη Ισχύς φωτισμού στην ΚΑΜ1

Αποθήκη	Εγκατεστημένη Ισχύς Φωτισμού (kW)
ΚΑΜ1	146,8

Παράλληλα, σε όλους τους χώρους των εκτάσεων της ΚΑΜ1 είναι εγκατεστημένα τα κατάλληλα φωτιστικά ασφαλείας, όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 8: Εγκατεστημένα φωτιστικά ασφαλείας στην ΚΑΜ1

Τύπος Φωτιστικού	Ισχύς Φωτιστικού (W)
Φωτιστικό σώμα ασφαλείας διπλού φανού 2x21W	42
Φωτιστικό σώμα ασφαλείας με λάμπα φθορισμού	8

Φωτισμός εξωτερικών χώρων

Για το φωτισμό των εξωτερικών εγκαταστάσεων της ΚΑΜ1, είχε πραγματοποιηθεί μελέτη το 2018 και η εταιρεία είχε προβεί στην αγορά και αντικατάσταση των φωτιστικών παλαιάς τεχνολογίας φθορισμού που ήταν εγκατεστημένα με νέα τεχνολογίας LED φωτιστικά.

Συνεπώς, οι τύποι των φωτιστικών των εξωτερικών χώρων των αποθηκών μετά και την παραπάνω επένδυση είναι οι ακόλουθοι:

Πίνακας 9: Εγκατεστημένος εξωτερικός φωτισμός στην ΚΑΜ1

Τύπος Φωτιστικού	Ποσότητα	Ισχύς Φωτιστικού (W)	Συνολική Ισχύς (kW)
Σώμα τύπου βραχίονα LED	126	77	9,70
Προβολέας LED 90W	9	90	0,81
Προβολέας LED 50W	31	150	4,65
Προβολέας αλογόνου	11	70	0,77

Φωτισμός εσωτερικών χώρων αποθηκών

Για το φωτισμό των χώρων παραλαβής και προετοιμασίας παραγγελιών, αποθήκευσης και συντήρησης προϊόντων για τα διάφορα κτίρια της αποθήκης ΚΑΜ1 χρησιμοποιείται ένας βασικός τύπος φωτιστικού. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται φωτιστικό σώμα τύπου φθορισμού με 4 λαμπτήρες T5 28W με ανιχνευτή κίνησης και δυνατότητα να μειώνει την ένταση του φωτός που παράγει (dimming) μήκους 1,15m.

Επιπλέον, στις ράμπες φόρτωσης εκφόρτωσης εμπορευμάτων στα φορτηγά, γίνεται χρήση προβολέων LED 50W.

Επιπροσθέτως, σε μία αποθήκη 2.740m² του Κτιρίου Γ της ΚΑΜ1 είναι εγκατεστημένοι 84 φωτισωλήνες με φωτιστικό εσωτερικά.

Το φωτιστικό εσωτερικά του φωτισωλήνα θεωρήθηκε ισχύος 100W.

Συνεπώς, οι βασικοί τύποι των φωτιστικών στους εσωτερικούς χώρους των αποθηκών παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 10: Βασικοί τύποι φωτιστικών στους χώρους αποθηκών στην ΚΑΜ1

Τύπος Φωτιστικού	Ισχύς Φωτιστικού (W)
Φωτιστικό σώμα τύπου φθορισμού με 4 λαμπτήρες T5 28W με ανιχνευτή κίνησης και ντιμάρισμα μήκους 1,15m και ηλεκτρονικό Ballast	117,6
Προβολέας LED 50W	50

Για τα επιμέρους κτίρια της αποθήκης ΚΑΜ1 τα εγκατεστημένα φωτιστικά των παραπάνω τύπων, μετρήθηκαν:

Πίνακας 11: Εγκατεστημένη Ισχύς φωτιστικών στους χώρους αποθηκών στην ΚΑΜ1

Κτίριο	Τύπος Φωτιστικού	Ποσότητα	Ισχύς Φωτιστικού (W)	Συνολική Ισχύς (kW)
Κτίριο Α	Φωτιστικό φθορισμού 4x28W	134	117,6	15,76
	Προβολέας LED 50W	20	50	1,00
Κτίριο Β	Φωτιστικό φθορισμού 4x28W	238	117,6	27,99
	Προβολέας LED 50W	20	50	1,00
Κτίριο Γ	Φωτιστικό φθορισμού 4x28W	410	117,6	48,22
	Φωτιστικό μέσα σε φωτισωλήνα	84	100	8,40
Κτίριο Δ	Φωτιστικό φθορισμού 4x28W	17	117,6	2,00

Ο φωτισμός της Αποθήκης Κενών (Κτίριο Ε) πραγματοποιείται με διαφορετικού τύπου φωτιστικά, νέας τεχνολογίας LED, τα οποία παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 12: Εγκατεστημένη Ισχύς φωτιστικών στην αποθήκη Κενών της ΚΑΜ1

Τύπος Φωτιστικού	Ποσότητα	Ισχύς Φωτιστικού (W)	Συνολική Ισχύς (kW)
Φωτιστικό σώμα στεγανό τύπου σκάφης μήκους 1,5m με 2 λαμπτήρες LED 14,5W	63	29	1,83

Φωτισμός χώρων γραφείων

Για τους διάφορους χώρους γραφείων στο σύνολο των εγκαταστάσεων της ΚΑΜ1 χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι τύποι φωτιστικών:

Πίνακας 13: Εγκατεστημένη Ισχύς φωτιστικών στους χώρους γραφείων στην ΚΑΜ1

Κτίριο	Τύπος Φωτιστικού	Ποσότητα	Ισχύς Φωτιστικού (W)	Συνολική Ισχύς (kW)
Κτίριο Α	Σώμα πάνελ 60x60 LED	228	36	8,21
Κτίριο Β	Σώμα πάνελ 60x60 LED	19	36	0,68
Κτίριο Γ	Σώμα πάνελ 60x60 LED	16	36	0,58
Κτίριο Δ	Σώμα πάνελ 60x60 LED	2	36	0,07
Κτίριο Ε	Σώμα πάνελ 60x60 LED	11	36	0,40

4.1.3 Μπαταρουργείο

Για την εξυπηρέτηση των αναγκών των κτιρίων που περιλαμβάνονται στις αποθήκες ΚΑΜ1 χρησιμοποιούνται περονοφόρα οχήματα διαφορετικών τύπων, κατασκευασμένα από τις εταιρείες TOYOTA, LINDE και JUNGHEINRICH. Οι βασικοί τύποι των περονοφόρων είναι οι εξής:

1) Ηλεκτροκίνητα παλετοφόρα

Χρησιμοποιούνται για τις διαδικασίες φόρτωσης και εκφόρτωσης των φορτηγών στις ράμπες

2) Ηλεκτροκίνητα μηχανήματα συλλογής παραγγελιών

Χρησιμοποιούνται για την μεταφορά από τους χώρους εκφόρτωσης των προϊόντων στα κατάλληλα ράφια για την αποθήκευσή τους και στη συνέχεια τη συλλογή των προϊόντων από τα ράφια για την φόρτωσή τους στα φορτηγά της εταιρείας

3) Ηλεκτροκίνητα μηχανήματα Reach Trucks

Χρησιμοποιούνται για την τοποθέτηση προϊόντων που μεταφέρθηκαν από τα μηχανήματα συλλογής παραγγελιών σε ψηλά ράφια, όπως και την αντίστροφη διαδικασία.

Πιο συγκεκριμένα, τα βασικά είδη περονοφόρων που συναντώνται στις αποθήκες είναι τα παρακάτω:

- 1) TOYOTA LPE200 (ηλεκτροκίνητα παλετοφόρα)
- 2) TOYOTA OSE250 (ηλεκτροκίνητα οχήματα συλλογής παραγγελιών)
- 3) RRE140CC (Reach Truck)

Τα παραπάνω οχήματα περιλαμβάνουν κυρίως τριών ειδών μπαταρίες για την τροφοδότηση της κίνησής τους. Οι μπαταρίες είναι μολύβδου οξέος (Lead-Acid Batteries) της εταιρείας UNIBAT και τα χαρακτηριστικά τους περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 14: Χαρακτηριστικά και ποσότητα μπαταριών οξέος μολύβδου στην KAM1

Τύπος Μπαταρίας	Τάση (V)	Χωρητικότητα (Ah)	Ποσότητα		
			Κτίριο Α	Κτίριο Δ	Αποθήκη Κενών
3PzB300	24	300	12	43	13
3PzS465	24	465	12	130	1
4PzS620	48	620	4	4	-
5PzS775	48	775	-	4	-

Οι μπαταρίες για το κάθε είδος οχήματος προμηθεύονται με βάση το είδος των εργασιών του οχήματος και με τελικό στόχο να είναι ικανές να χρησιμοποιηθούν για μία ολόκληρη βάρδια, δηλαδή για οκτώ (8) ώρες. Στο τέλος της κάθε βάρδιας και αφού γίνει εκφόρτισή τους, ο οδηγός οφείλει να μεταφερθεί με το όχημά του στον χώρο του μπαταρουργείου, ώστε η μπαταρία να φορτιστεί. Η μπαταρία τοποθετείται από εργαζόμενο σε θέση για φόρτιση και στον οδηγό που αναλαμβάνει την επόμενη βάρδια δίνεται ένα όχημα με φορτισμένη μπαταρία. Για τον σκοπό αυτό, στον χώρο του μπαταρουργείου του κάθε κτιρίου, είναι τοποθετημένοι φορτιστές υψηλής συχνότητας (HF: High Frequency Chargers) διαφορετικών τύπων για τις επιμέρους μπαταρίες. Οι φορτιστές προσφέρουν φόρτιση με βαθμό απόδοσης από 85% μέχρι και 90%. Οι περισσότεροι φορτιστές είναι κατασκευής ZIVAN, ενώ έχει γίνει εγκατάσταση περιορισμένου αριθμού φορτιστών των εταιρειών SHARP, ATIB ELETTRONICA, JUNGHEINRICH και SUNLIGHT στους επιμέρους χώρους φόρτισης των αποθηκών της KAM1.

4.1.4 Ψυχροστάσιο

Για τη συντήρηση των ευπαθών προϊόντων, τα οποία αποθηκεύονται σε αποθήκη του Κτιρίου Α σε θερμοκρασία 2-3 °C.

Για να επιτευχθούν οι συνθήκες στον χώρο της αποθήκης είναι εγκατεστημένο στο χώρο του ψυχροστασίου κοχλιωτός συμπιεστής Multi-2 x BITZER OSK 7461-K. Ο συμπιεστής χρησιμοποιεί ψυκτικό μέσο φρέον R404A.

Η ονομαστική ισχύς του κοχλιωτού συμπιεστή είναι 115,8 kW.

4.1.5 Κλιματισμός

4.1.5.1 Κλιματισμός χώρων γραφείων

Για τον κλιματισμό των χώρων γραφείων στο σύνολο των εγκαταστάσεων της ΚΑΜ1 είναι εγκατεστημένες εξωτερικές κλιματιστικές μονάδες.

Η συνολική ισχύς τους είναι:

$$P_{el,KAM1} = 113,5 \text{ kW}$$

Στους χώρους γραφείων του Κτιρίου Α η θέρμανση πραγματοποιείται με τη χρήση του λέβητα φυσικού αερίου, συνεπώς οι εξωτερικές κλιματιστικές μονάδες χρησιμοποιούνται μόνο για ψύξη των γραφείων.

Αντίθετα με τα γραφεία του κτιρίου Α, σε όλα τα υπόλοιπα γραφεία των εγκαταστάσεων της ΚΑΜ1, οι εξωτερικές μονάδες χρησιμοποιούνται τόσο για ψύξη όσο και για τη θέρμανση των χώρων.

Οπότε, ακολούθως, παρουσιάζεται η εγκατεστημένη ισχύς των εξωτερικών μονάδων των γραφείων του κτιρίου Α και όλων των υπόλοιπων χώρων γραφείων των εγκαταστάσεων.

$$P_{el,ΚΤΙΡΙΟ_Α} = 34,9 \text{ kW}$$

$$P_{el,ΛΟΙΠΑ} = 78,6 \text{ kW}$$

4.1.5.2 Κλιματισμός χώρου αποθήκης Κτιρίου Β

Για τις ανάγκες κλιματισμού της αποθήκης του Κτιρίου Β η εγκατάσταση διαθέτει chiller Frigo SW2 x 1400 SVMT/S κατασκευής SCM ονομαστικής ισχύος 330kW.

Επιπροσθέτως, χρησιμοποιούνται τρεις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες MFD 260 κατασκευής FYROGENIS συνολικής ονομαστικής ισχύος 75 kW.

4.2 Περιγραφή Η/Μ Εγκαταστάσεων ΚΑΜ2

4.2.1 Φωτισμός

Στις εγκαταστάσεις των Κεντρικών Αποθηκών Μάνδρας 1 και 2 ο φωτισμός των χώρων αφορά τρεις διαφορετικές κατηγορίες φωτισμού:

- Φωτισμός γραφείων
- Φωτισμός εξωτερικών χώρων
- Φωτισμός εσωτερικών χώρων αποθηκών

Επίσης, προβλέπεται και ο φωτισμός για λοιπές χρήσεις. Στις λοιπές χρήσεις περιλαμβάνεται ο φωτισμός για διαδρόμους, τουαλέτες, χώρους εστιατορίων και αποδυτηρίων που διαθέτουν οι εγκαταστάσεις.

Συνυπολογίζοντας την ισχύ όλων των φωτιστικών των επιμέρους χώρων της ΚΑΜ2, υπολογίζεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού για την ΚΑΜ2 δίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 15: Εγκατεστημένη Ισχύς φωτισμού στην ΚΑΜ2

Αποθήκη	Εγκατεστημένη Ισχύς Φωτισμού (kW)
ΚΑΜ2	17,92

Παράλληλα, σε όλους τους χώρους των εκτάσεων της ΚΑΜ2 είναι εγκατεστημένα τα κατάλληλα φωτιστικά ασφαλείας, όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 16: Εγκατεστημένα φωτιστικά ασφαλείας στην ΚΑΜ2

Τύπος Φωτιστικού	Ισχύς Φωτιστικού (W)
Φωτιστικό σώμα ασφαλείας διπλού φανού 2x21W	42
Φωτιστικό σώμα ασφαλείας με λάμπα φθορισμού	8

Φωτισμός εξωτερικών χώρων

Για το φωτισμό των εξωτερικών εγκαταστάσεων της ΚΑΜ2, είχε πραγματοποιηθεί μελέτη το 2018 και η εταιρεία είχε προβεί στην αγορά και αντικατάσταση των φωτιστικών παλαιάς τεχνολογίας φθορισμού που ήταν εγκατεστημένα με νέα τεχνολογίας LED φωτιστικά.

Συνεπώς, οι τύποι των φωτιστικών των εξωτερικών χώρων της αποθήκης μετά και την παραπάνω επένδυση είναι οι ακόλουθοι:

Πίνακας 17: Εγκατεστημένος εξωτερικός φωτισμός στην ΚΑΜ2

Τύπος Φωτιστικού	Ποσότητα	Ισχύς Φωτιστικού (W)	Συνολική Ισχύς (kW)
Σώμα τύπου βραχίονα LED	50	77	3,81
Προβολέας LED 90W	3	90	0,27
Προβολέας LED 20W	2	20	0,04
Φωτιστικό σώμα στεγανό τύπου σκάφης 1,2m LED	4	24	0,096

Φωτισμός εσωτερικών χώρων αποθηκών

Για το φωτισμό των χώρων παραλαβής, προετοιμασίας παραγγελιών και αποθήκευσης για την αποθήκη ΚΑΜ2 χρησιμοποιείται ένας βασικός τύπος φωτιστικού. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται φωτιστικό σώμα τύπου φθορισμού με 4 λαμπτήρες T5 28W με ανιχνευτή κίνησης και δυνατότητα να μειώνει την ένταση του φωτός που παράγει (dimming) μήκους 1,15m.

Για την αποθήκη ΚΑΜ2 το σύνολο των φωτιστικών σωμάτων που είναι εγκατεστημένο στο χώρο της αποθήκης, μετρήθηκε και παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 18: Εγκατεστημένη Ισχύς φωτιστικών στο χώρο αποθήκης στην ΚΑΜ2

Τύπος Φωτιστικού	Ποσότητα	Ισχύς Φωτιστικού (W)	Συνολική Ισχύς (kW)
Φωτιστικό φθορισμού 4x28W	94	117,6	11,05
Φωτιστικό σώμα στεγανό τύπου σκάφης με ενσωματωμένη LED ταινία 24W μήκους 1,5m	5	24	0,12

Φωτισμός χώρων γραφείων

Για τους διάφορους χώρους γραφείων της ΚΑΜ2 χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι τύποι φωτιστικών:

Πίνακας 19: Εγκατεστημένη Ισχύς φωτιστικών στους χώρους γραφείων στην ΚΑΜ2

Τύπος Φωτιστικού	Ποσότητα	Ισχύς Φωτιστικού (W)	Συνολική Ισχύς (kW)
Σώμα πάνελ 60x60 LED	111	36	4,00
Σώμα LED 60x60 με 4 λαμπτήρες 10W	11	40	0,44
Σώμα φθορισμού 60x60 με 4 λαμπτήρες 18W	36	72	2,59
Σώμα τύπου σκάφης στεγανό 1,2m με 2 λάμπες LED 24W	15	48	0,72

4.2.2 Μπαταρουργείο

Για το χώρο φόρτισης μπαταριών, τις μπαταρίες και τα οχήματα με τα οποία καλύπτονται οι ανάγκες μεταφοράς και στοίβαξης των προϊόντων στην αποθήκη ΚΑΜ2 ισχύουν τα ίδια που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 4.1.3 για τους χώρους μπαταρουργείου των επιμέρους κτιρίων της αποθήκης ΚΑΜ1.

Τα χαρακτηριστικά και η ποσότητα των μπαταριών με τις οποίες είναι εφοδιασμένα τα περνοφόρα οχήματα της αποθήκης δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 20: Χαρακτηριστικά και ποσότητα μπαταριών οξέος μολύβδου στην ΚΑΜ2

Τύπος Μπαταρίας	Τάση (V)	Χωρητικότητα (Ah)	Ποσότητα ΚΑΜ2
3PzB300	24	300	19
3PzS465	24	465	8
4PzS620	48	620	4
5PzS775	48	775	-

4.2.3 Κλιματισμός

Για τη ψύξη και τη θέρμανση των χώρων γραφείων και λοιπών εγκαταστάσεων στην ΚΑΜ2 είναι εγκατεστημένες εξωτερικές κλιματιστικές μονάδες.

Η συνολική ισχύς τους είναι:

$$P_{el,KAM2} = 3,95 \text{ kW}$$

Στην ΚΑΜ2 δεν είναι εγκατεστημένος λέβητας φυσικού αερίου ή κάποιος άλλος τρόπος θέρμανσης για τους χώρους.

5. Χρήση Ενέργειας

5.1 Χρήση Ενέργειας στην ΚΑΜ1

Για την κάλυψη των αναγκών των εγκαταστάσεων της ΚΑΜ1 πραγματοποιείται κατανάλωση δύο μορφών ενέργειας.

Χρησιμοποιείται φυσικό αέριο για τις ανάγκες θέρμανσης των γραφειακών χώρων του Κτιρίου Α.

Επιπροσθέτως, για την κάλυψη όλων των υπόλοιπων αναγκών των εγκαταστάσεων καταναλώνεται ηλεκτρική ενέργεια, που προμηθεύεται από το δίκτυο της Δ.Ε.Η..

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης διατέθηκαν από την επιχείρηση λογαριασμοί ηλεκτρισμού για τα χρονικά διαστήματα Ιανουάριος 2017 μέχρι Δεκέμβριος 2019.

Για το φυσικό αέριο διατέθηκαν τυχαίοι λογαριασμοί από την χρονική περίοδο από Δεκέμβριο του 2018 μέχρι Ιούνιος του 2020.

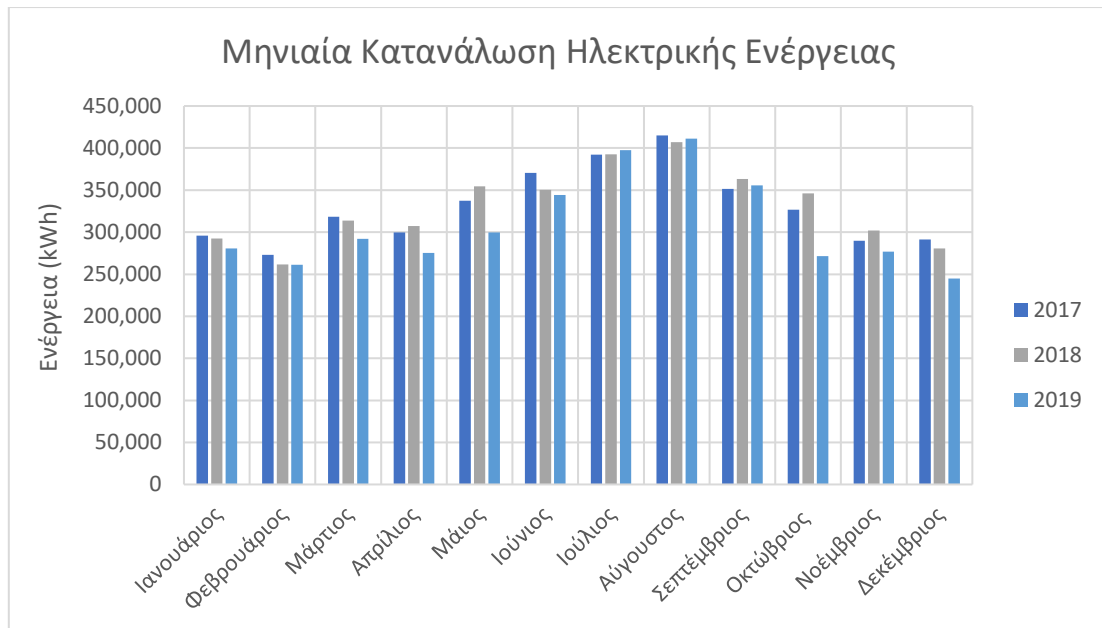
5.1.1 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας

Οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας και τα αντίστοιχα κόστη που προκύπτουν από τους λογαριασμούς δίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

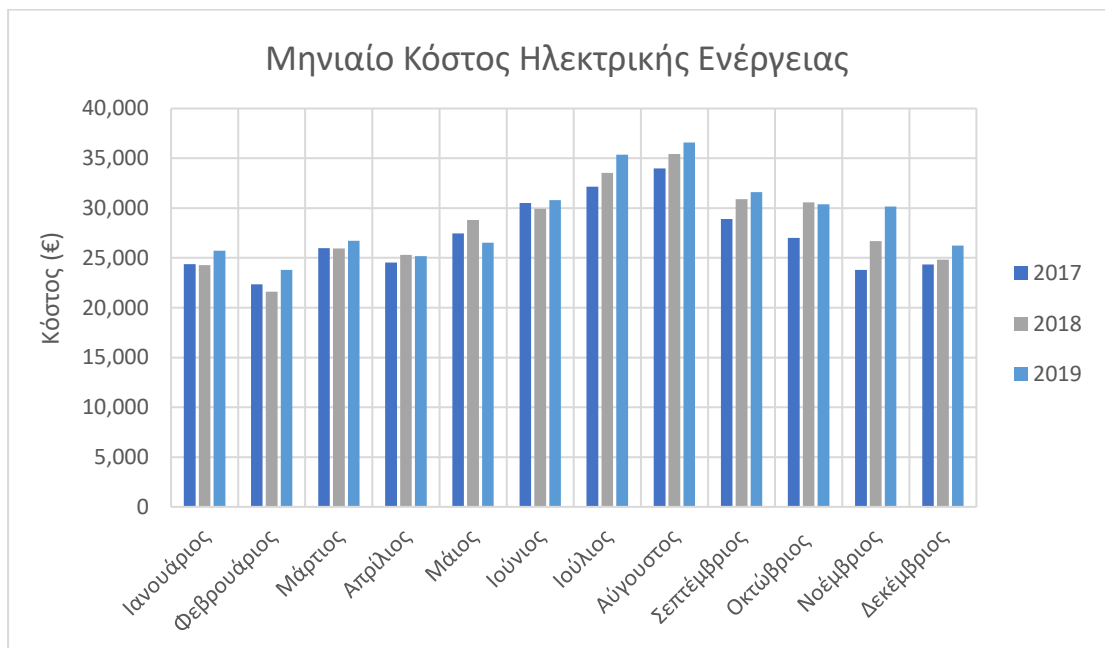
Πίνακας 21: Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας και κόστος της ΚΑΜ1

Μήνας	2017		2018		2019	
	Ενέργεια (kWh)	Κόστος (€)	Ενέργεια (kWh)	Κόστος (€)	Ενέργεια (kWh)	Κόστος (€)
Ιανουάριος	290.046	24.360	292.533	24.264	280.749	25.722
Φεβρουάριος	272.964	22.331	261.660	21.608	261.126	23.789
Μάρτιος	318.258	25.981	313.815	25.932	292.146	26.703
Απρίλιος	299.640	24.528	307.202	25.293	275.316	25.170
Μάιος	337.236	27.462	354.648	28.823	299.817	26.532
Ιούνιος	370.617	30.510	350.430	29.921	344.079	30.809
Ιούλιος	392.345	32.137	392.478	33.525	397.668	35.374
Αύγουστος	414.858	33.977	406.854	35.434	411.060	36.593
Σεπτέμβριος	351.477	28.901	363.141	30.883	355.746	31.610
Οκτώβριος	326.639	27.000	346.215	30.563	271.371	30.378
Νοέμβριος	289.809	23.803	302.003	26.678	276.888	30.143
Δεκέμβριος	291.353	24.328	280.535	24.829	244.857	26.246
Σύνολο	3.961.242	325.316	3.971.514	358.596	3.710.823	349.068

Ο παραπάνω πίνακας για καλύτερη σύγκριση και κατανόηση των αποτελεσμάτων οπτικοποιείται με διαγράμματα για την μηνιαία κατανάλωση και τα αντίστοιχα μηνιαία κόστη.



Σχήμα 1: Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας ΚΑΜ1



Σχήμα 2: Μηνιαίο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας ΚΑΜ1

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται πως η κατανάλωση ενέργειας είναι αυξημένη κατά τους θερινούς μήνες (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος) και συνεπώς και το κόστος που καλείται να πληρώσει η επιχείρηση.

Η μέση κατανάλωση ενέργειας τους θερινούς μήνες είναι 386.710 kWh και το αντίστοιχο μέσο κόστος ανέρχεται στα 33.142€.

5.1.2 Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας

Το τιμολόγιο με το οποίο χρεώνεται η εταιρεία ΑΒ Βασιλόπουλος για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην εγκατάσταση είναι Εταιρικό ΒΜ2-10 (Εμπορικής Χρήσης).

Η εγκατάσταση είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο μέσης τάσης της Δ.Ε.Η..

Από τα τιμολόγια προκύπτει πως συνυπολογίζοντας τους ειδικούς φόρους και χρεώσεις, το κόστος ενέργειας για κάθε kWh που καταναλώνει η εγκατάσταση ανέρχεται σε:

$$KE = 0,11 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

5.1.3 Εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα CO₂

Για τον προσδιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα που αντιστοιχούν στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην εγκατάσταση χρησιμοποιείται ο συντελεστής μετατροπής ηλεκτρισμού σε εκπεμπόμενα κιλά CO₂ (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, 2017).

Πίνακας 22: Συντελεστής μετατροπής ηλεκτρισμού σε εκλυόμενο CO₂

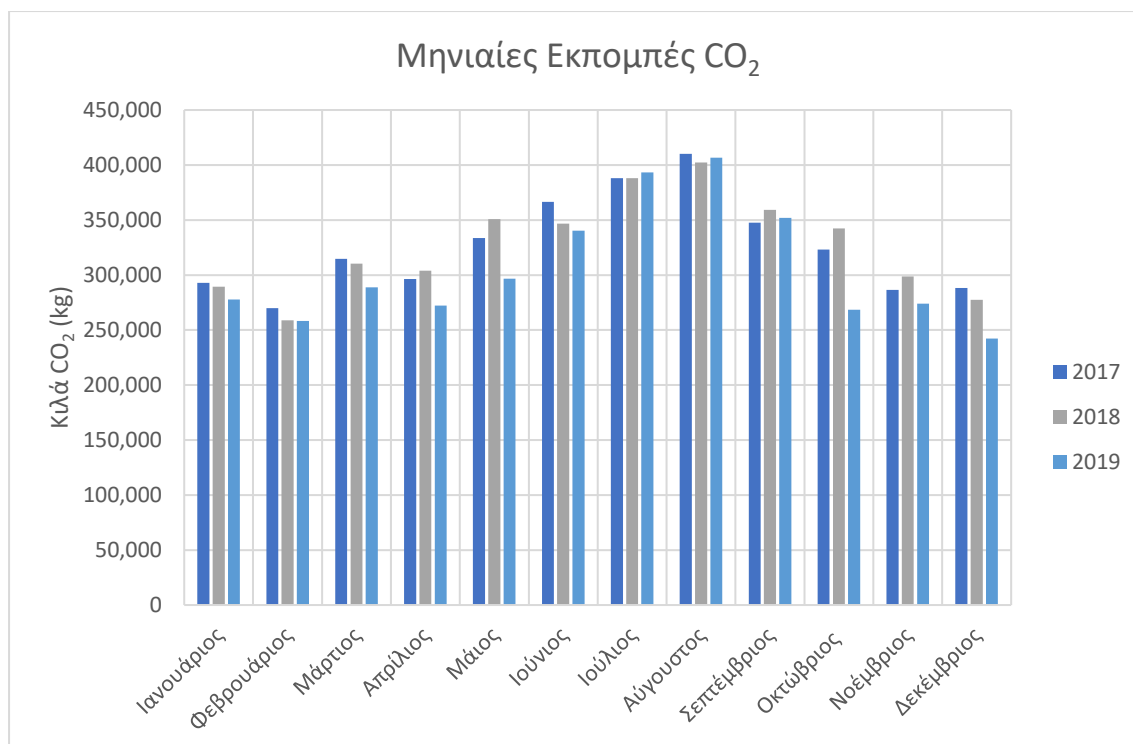
Τύπος Καυσίμου	Εκλυόμενα GHG ανά μονάδα ενέργειας (kg CO ₂ / kWh)
Ηλεκτρισμός	0,989

Συνεπώς, προκύπτουν οι εκπομπές CO₂ κατά τα χρόνια της μελέτης.

Πίνακας 23: Μηνιαίες εκπομπές CO₂ στην ΚΑΜ1

Μήνας	2017		2018		2019	
	Ενέργεια (kWh)	Εκπομπές CO ₂ (kg)	Ενέργεια (kWh)	Εκπομπές CO ₂ (kg)	Ενέργεια (kWh)	Εκπομπές CO ₂ (kg)
Ιανουάριος	290.046	292.789	292.533	289.315	280.749	277.661
Φεβρουάριος	272.964	269.961	261.660	258.782	261.126	258.254
Μάρτιος	318.258	314.757	313.815	310.363	292.146	288.932
Απρίλιος	299.640	296.344	307.202	303.823	275.316	272.288
Μάιος	337.236	333.526	354.648	350.747	299.817	296.519
Ιούνιος	370.617	366.540	350.430	346.575	344.079	340.294
Ιούλιος	392.345	388.029	392.478	388.161	397.668	393.294
Αύγουστος	414.858	410.295	406.854	402.379	411.060	406.538
Σεπτέμβριος	351.477	347.611	363.141	359.146	355.746	351.833
Οκτώβριος	326.639	323.046	346.215	342.407	271.371	268.386
Νοέμβριος	289.809	286.621	302.003	298.681	276.888	273.842
Δεκέμβριος	291.353	288.148	280.535	277.449	244.857	242.164

Και το αντίστοιχο διάγραμμα (Σχήμα 3).



Σχήμα 3: Μηνιαίες εκπομπές CO₂ στην ΚΑΜ1

5.1.4 Επιμερισμός Καταναλώσεων Ηλεκτρικής Ενέργειας

Για να υπάρξει πλήρης εικόνα μίας εγκατάστασης, δεν αρκεί μονάχα η καταγραφή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού που είναι εγκατεστημένος σε αυτή.

Απαιτείται, κυρίως, η ανάλυση και η προσέγγιση των ροών ενέργειας που οφείλεται στον παραπάνω εξοπλισμό ανάλογα με τις ώρες λειτουργίας του και την χρήση του.

5.1.4.1 Κατανάλωση Φωτισμού

Παραπάνω, παρουσιάστηκαν αναλυτικά τα εγκατεστημένα φωτιστικά και η αντίστοιχη εγκατεστημένη ισχύς αυτών στους κύριους χώρους των εγκαταστάσεων της Κεντρικής Αποθήκης Μάνδρας 1.

Συνεπώς, ανάλογα με τα ωράρια λειτουργίας του κάθε χώρου και τις απαραίτητες παραδοχές των ετήσιων ωρών χρήσης των φωτιστικών, επιδιώκεται μία εκτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας φωτισμού για τις εγκαταστάσεις της ΚΑΜ1.

Ο υπολογισμός των ετήσιων ωρών λειτουργίας του φωτισμού έγινε με την ακόλουθη διαδικασία.

Αρχικά, εκτιμήθηκαν οι εβδομαδιαίες ώρες λειτουργίας.

Διαιρώντας με 7 υπολογίστηκαν οι ημερήσιες ώρες λειτουργίας και πολλαπλασιάζοντας με τις 365 μέρες του χρόνου υπολογίζονται οι ετήσιες ώρες λειτουργίας φωτισμού.

$$T_{\text{ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ}}[h] = \frac{T_{\text{ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ}}[h]}{7}$$

$$T_{\text{ΕΤΗΣΙΕΣ}}[h] = T_{\text{ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ}}[h] * 365$$

Όμως, ο φωτισμός στους χώρους των αποθηκών δεν λειτουργεί όλες τις ώρες που λειτουργούν οι χώροι.

Συνεπώς, εκτιμάται ένας συντελεστής, ο οποίος καθορίζει το ποσοστό των ωρών που θεωρήθηκε πως λειτουργούν στην πραγματικότητα τα φωτιστικά. Ο συγκεκριμένος δείκτης θα αναφέρεται ακολούθως ως συντελεστής επίδρασης χρηστών F_0 .

Οπότε, τελικά, οι εκτιμώμενες ώρες λειτουργίας δίνονται από τη σχέση.

$$T_{\text{ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ}}[h] = T_{\text{ΕΤΗΣΙΕΣ}}[h] * F_0[\%]$$

Σύμφωνα με τα ωράρια λειτουργίας των εγκαταστάσεων της ΚΑΜ1, χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες παραδοχές.

Για τους χώρους γραφείων θεωρήθηκε 10 ώρες λειτουργίας για πέντε μέρες την εβδομάδα και 8 για το Σάββατο. Επειδή, θεωρείται απίθανο να χρησιμοποιούνται τα φωτιστικά όλες τις ώρες της ημέρας, καθώς οι χώροι φωτίζονται και από φυσικό φωτισμό με παράθυρα, θεωρήθηκε $F_0 = 0,3$. Συνολικά, υπολογίζονται 907 ώρες λειτουργίας ετησίως.

Για τον εξωτερικό φωτισμό των αποθηκών θεωρήθηκε πως λειτουργεί για 11 ώρες κάθε μέρα με χρονοδιακόπτη, οπότε προκύπτει λειτουργία για 4.015 ώρες ετησίως.

Για τους χώρους αποθηκών θεωρήθηκε 24 ώρες λειτουργίας για 5 μέρες της εβδομάδας και 8 το Σάββατο. Τελικά, προκύπτουν με $F_0 = 0,5$, 3.337 ώρες λειτουργίας ετησίως.

Συνεπώς, συγκεντρωτικά οι ετήσιες ώρες λειτουργίας για τις διάφορες χρήσεις χώρων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 24: Ετήσιες ώρες λειτουργίας φωτισμού στην ΚΑΜ1

Χρήση χώρων ΚΑΜ1	Συντελεστής Επίδρασης Χρηστών F_o	Ετήσιες Ώρες Λειτουργίας (h)
Εξωτερικός Φωτισμός	1	4.015
Φωτισμός Γραφείων	0,3	907
Φωτισμός Αποθηκών	0,5	3.337

Η κατανάλωση ενέργειας φωτισμού προκύπτει πολλαπλασιάζοντας την εγκατεστημένη ισχύ φωτισμού με τις ώρες λειτουργίας.

Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται η εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού και η ετήσια κατανάλωση ενέργειας φωτισμού που προκύπτει, σύμφωνα με τις παραδοχές που αναλύθηκαν.

Πίνακας 25: Ετήσια κατανάλωση ενέργειας φωτισμού στην ΚΑΜ1

Αποθήκη	Εγκατεστημένη Ισχύς Φωτισμού (kW)	Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας (kWh)	Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας (MWh)
ΚΑΜ1	146,80	478.051,08	478,05

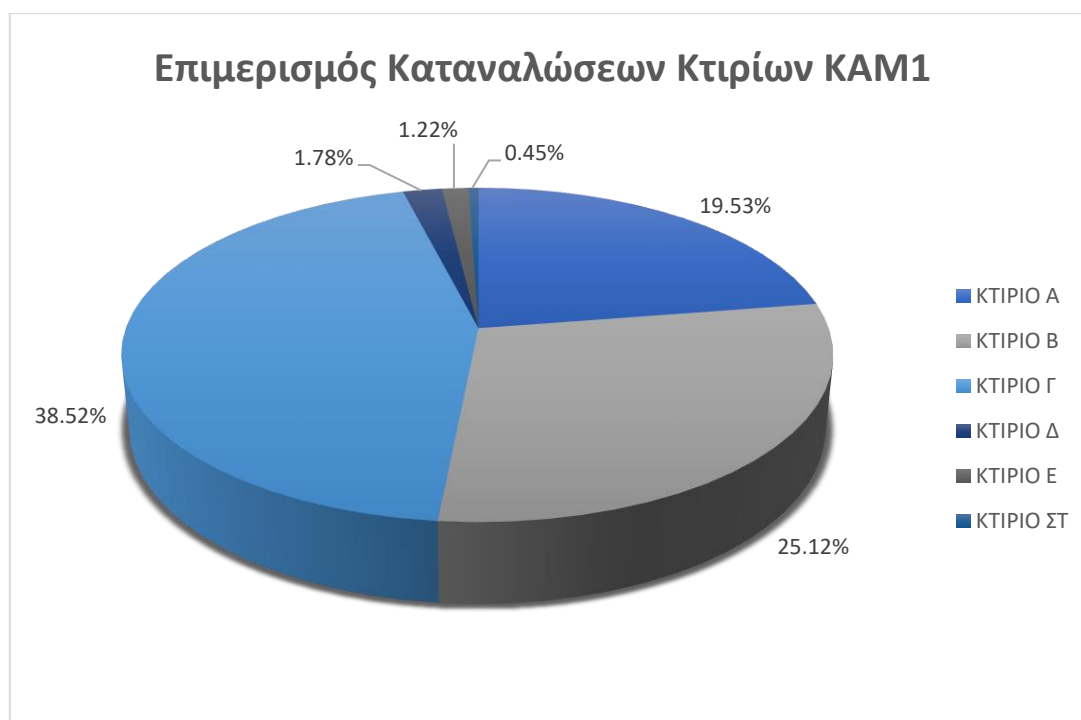
Για τις εγκαταστάσεις της αποθήκης ΚΑΜ1 η κατανάλωση ενέργειας φωτισμού θα επιμεριστεί στα διάφορα κτίρια που περιλαμβάνει και στις επιμέρους χρήσεις των εγκαταστάσεων.

Όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας φωτισμού για τα διάφορα κτίρια των εγκαταστάσεων της ΚΑΜ1, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 26: Επιμερισμός καταναλώσεων ενέργειας φωτισμού κτιρίων της ΚΑΜ1

Κτίριο	Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό επί της Συνολικής Κατανάλωσης (%)
Κτίριο Α	93.372,92	19,53
Κτίριο Β	120.073,07	25,12
Κτίριο Γ	184.163,57	38,52
Κτίριο Δ	8.507,05	1,78
Κτίριο Ε	5.838,67	1,22
Κτίριο ΣΤ	2.128,83	0,45

Ο Πίνακας 26 μετατρέπεται στο ακόλουθο διάγραμμα πίτα, με σκοπό την καλύτερη οπτικοποίηση και κατανόηση των συγκριτικών μεγεθών.



Σχήμα 4: Επιμερισμός καταναλώσεων ενέργειας φωτισμού κτιρίων της ΚΑΜ1

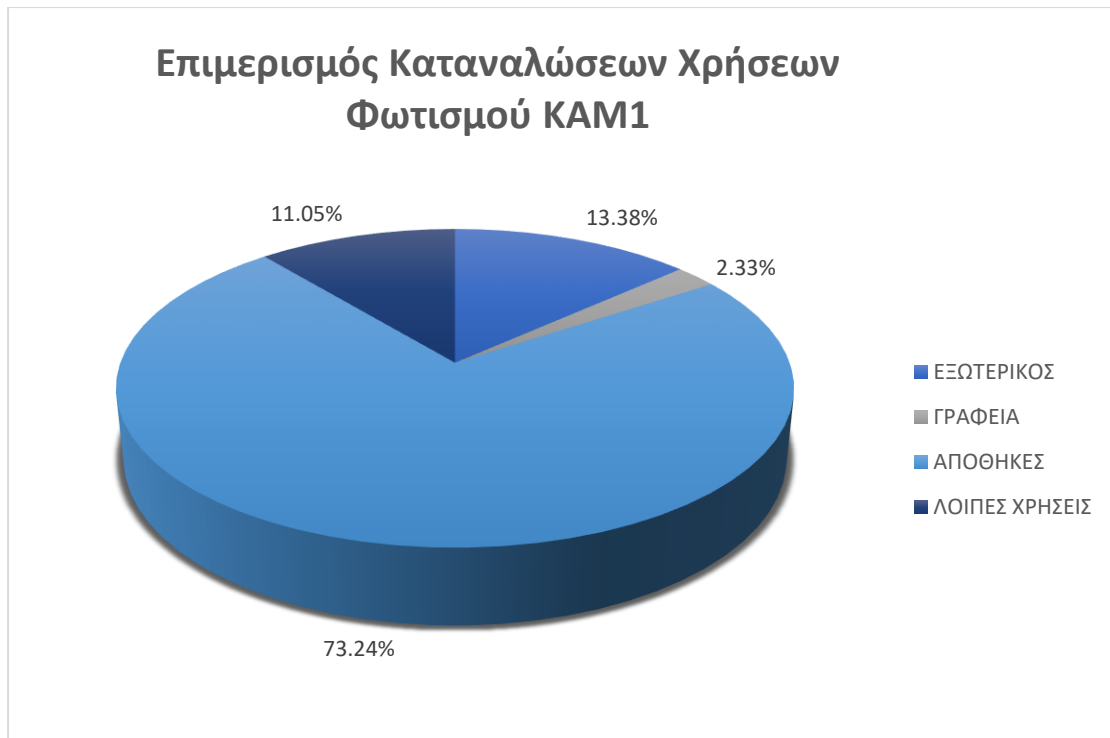
Από το παραπάνω διάγραμμα γίνεται σαφές πως το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης φωτισμού της αποθήκης ΚΑΜ1 προέρχεται από τις χρήσεις του Κτιρίου Γ και κατά δεύτερο λόγο από τα Κτίρια Β και Α.

Αντίστοιχα, η ανάλυση της κατανάλωσης φωτισμού ανάλογα με τη χρήση των εγκαταστάσεων οδηγεί στον Πίνακα 27 και στο αντίστοιχο διάγραμμα πίτα (Σχήμα 5).

Πίνακας 27: Επιμερισμός κατανάλωσης ενέργειας φωτισμού ανά χρήση στην ΚΑΜ1

Χρήση	Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό επί της Συνολικής Κατανάλωσης (%)
Εξωτερικός Φωτισμός	63.966,98	13,38
Φωτισμός Γραφείων	11.143,62	2,33
Φωτισμός Αποθηκών	350.107,67	73,24
Λοιπές Χρήσεις	52.832,81	11,05
Σύνολο	478.051,08	100

Διευκρινίζεται πως με τον όρο «Λοιπές Χρήσεις» περιγράφεται ο φωτισμός του ανοικτού Κτιρίου Ε (Αποθήκη Κενών) και δευτερευόντων χώρων των εγκαταστάσεων. Τέτοιο χώροι είναι οι διάδρομοι, οι χώροι εστιατορίων και αποδυτηρίων για το προσωπικό και άλλοι κοινόχρηστοι χώροι.



Σχήμα 5: Επιμερισμός κατανάλωσης ενέργειας φωτισμού ανά χρήση στην ΚΑΜ1

Από τις καταναλώσεις που παρουσιάστηκαν στον παραπάνω πίνακα και διάγραμμα προκύπτει πως ο φωτισμός των χώρων διακίνησης, φύλαξης και συντήρησης των προϊόντων της αποθήκης ΚΑΜ1 είναι υπαίτιος περίπου για την μισή κατανάλωση ενέργειας που αφορά τον φωτισμό των εγκαταστάσεων της ΚΑΜ1.

5.1.4.2 Κατανάλωση Μπαταρουργείου

Για να υπολογιστεί η κατανάλωση ενέργειας που προκύπτει από την φόρτιση των μπαταριών είναι σημαντικό να γίνει κατανοητός ο τρόπος χρήσης των μπαταριών.

Όπως επισημάνθηκε προηγουμένως, η επιλογή των μπαταριών για κάθε όχημα έχει γίνει με σκοπό το όχημα να καλύπτει τις ανάγκες μίας οκτάωρης βάρδιας. Με το πέρας της βάρδιας, η μπαταρία έχει εκφορτιστεί, οπότε ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία.

Η άδεια μπαταρία τοποθετείται στην κατάλληλη θέση και συνδέεται με τον φορτιστή, ενώ στο όχημα τοποθετείται νέα φορτισμένη μπαταρία, έτοιμη να ανταπεξέλθει στην οκτάωρη βάρδια.

Συνεπώς για τα κτίρια Α, Β, Γ και Κενών στην ΚΑΜ1, οι αποθήκες των οποίων λειτουργούν σε εικοσιτετράωρη βάση (τρεις οκτάωρες βάρδιες), ο κάθε φορτιστής πραγματοποιεί τρεις φορτίσεις.

Διαδικασία Φόρτισης

Κατά την διάρκεια της φόρτισης, ο εκάστοτε φορτιστής δεν τροφοδοτεί την μπαταρία με σταθερό ρυθμό, δηλαδή σταθερή ένταση ρεύματος, καθώς ο κάθε φορτιστής παρέχει μία γκάμα καμπυλών φόρτισης.

Κάθε καμπύλη φόρτισης περιλαμβάνει μία σειρά από στάδια φόρτισης, κατά τα οποία η μπαταρία τροφοδοτείται με διαφορετικής έντασης ρεύμα.

Για να γίνει σωστά η διαδικασία της φόρτισης της μπαταρίας μολύβδου οξέος πρέπει να ολοκληρωθούν όλα τα στάδια φόρτισης όπως ακριβώς παρουσιάζονται από την καμπύλη φόρτισης, συνεπώς να δοθεί ο απαραίτητος χρόνος που απαιτείται σύμφωνα με τον κατασκευαστή. Συνήθως, ο χρόνος αυτός προσεγγίζει τις 8-9 ώρες.

Είναι σημαντικό να τονιστεί πως τυχόν αποσύνδεση της μπαταρίας γρηγορότερα από τον προβλεπόμενο χρόνο φόρτισης, έχει σημαντικές συνέπειες τόσο στην απόδοση της μπαταρίας, όσο και στην διάρκεια ζωής της.

Αφού παρουσιάστηκε η πολυπλοκότητα της διαδικασίας της φόρτισης μίας μπαταρίας μολύβδου οξέος, ο υπολογισμός της ενέργειας που απαιτείται για την κάλυψη των αναγκών των περονοφόρων για την λειτουργία τους θα γίνει με τον ακόλουθο τρόπο.

Η ονομαστική ισχύς κάθε μπαταρίας δίνεται πολλαπλασιάζοντας την τάση (V) και την χωρητικότητά της (Ah):

$$P_{\text{ονομ,Μπαταρίας}} [kWh] = \frac{V * Ah}{1.000}$$

Για τις μπαταρίες οξέος μολύβδου οι κατασκευαστές δε συνιστούν τη βαθιά εκφόρτισή τους, καθώς επιδρά αρνητικά στην διάρκεια της της μπαταρίας.

Οι μπαταρίες οξέος μολύβδου έχουν σαν κατώτερη κατάσταση φόρτισης (SOC: State of Charge) 20%, δηλαδή κατά την χρήση τους είναι αξιοποιήσιμο το 80% της ισχύος της κάθε μπαταρίας.

Συνεπώς, η πραγματικά αξιοποιήσιμη ισχύς της μπαταρίας υπολογίζεται ως το 80% της ονομαστικής.

$$P_{\text{μπαταρίας}} [kWh] = 80\% * P_{\text{ονομ,Μπαταρίας}} [kWh]$$

Ο κάθε φορτιστής δίνει τον βαθμό απόδοσης για την φόρτιση, οπότε διαιρώντας την ισχύ της μπαταρίας που καλείται να φορτίσει $P_{\text{μπαταρίας}}$ με το βαθμό απόδοσης της

φόρτισης που προσφέρει, προκύπτει η ενέργεια που απαιτείται για την φόρτιση της κάθε μπαταρίας. Οπότε, προκύπτει:

$$E_{\text{φόρτισης}} [kWh] = \frac{P_{\text{μπαταρίας}} [kWh]}{\eta_{\text{φορτιστή}}} = \frac{P_{\text{μπαταρίας}} [kWh]}{0,85}$$

Τελικά, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται για την φόρτιση των μπαταριών στις αποθήκες των εγκαταστάσεων της ΚΑΜ1 προκύπτει:

$$E_{\text{ΚΑΜ1}} = 900.569,22 \text{ kWh}$$

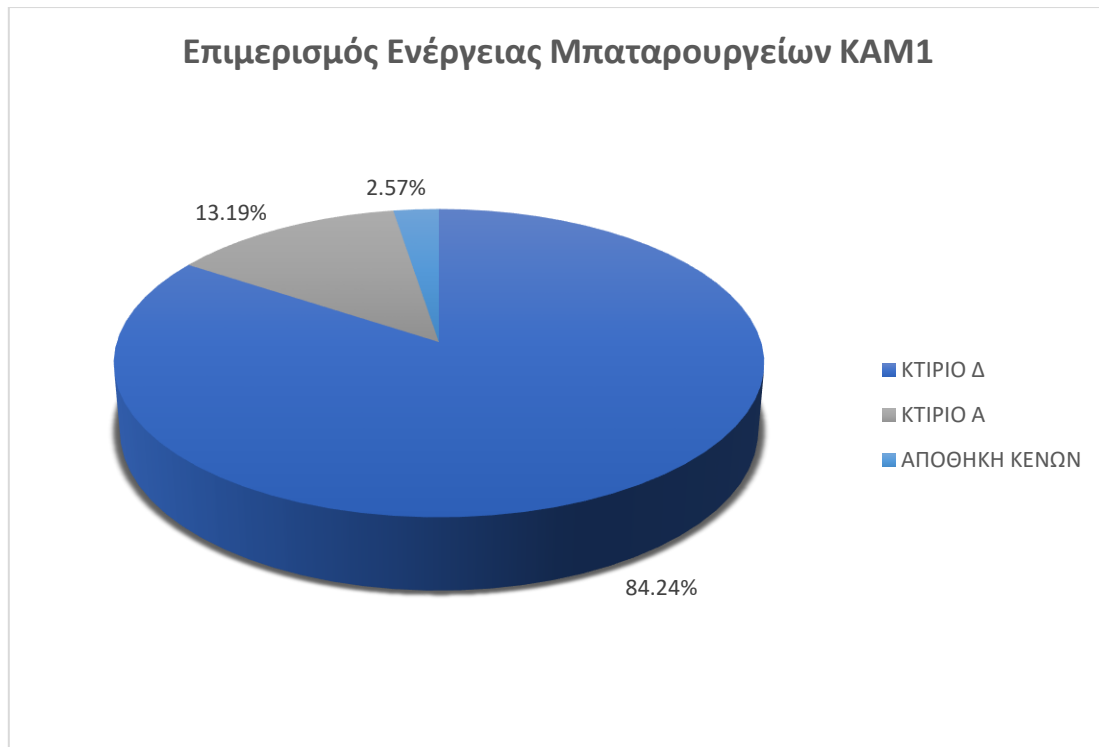
Και πιο συγκεκριμένα για τα επιμέρους κτίρια που περιλαμβάνει:

$$E_{\text{ΚΤΙΡΙΟ_Δ}} = 758.607,17 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{ΚΤΙΡΙΟ_Α}} = 118.817,99 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{ΚΕΝΑ}} = 23144,07 \text{ kWh}$$

Και προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα πίτα:



Σχήμα 6: Επιμερισμός κατανάλωσης ενέργειας μπαταρουργείου ανά κτίριο της ΚΑΜ1

5.1.4.3 Κατανάλωση Ψυχοστασίου

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς που εξυπηρετεί τις ανάγκες συντήρησης των ευπαθών προϊόντων της αποθήκης είναι

$$P_{el} = 115,8 \text{ kW}$$

Θεωρείται πως για τους 6 θερμούς μήνες του έτους ο κοχλιωτός συμπιεστής καλείται να λειτουργεί στο 90% της ονομαστικής του ισχύος.

Για τους 6 πιο ψυχρούς μήνες καλείται να λειτουργεί στο 60% της ισχύος του για να παρέχει την κατάλληλη θερμοκρασία για την συντήρηση των προϊόντων.

Συνεπώς, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται υπολογίζεται σε

$$E_{\Psi\Upsilon\chi\rho\sigma\tau\alpha\sigma\iota\omicron\upsilon} = 750.384 \text{ kWh}$$

5.1.4.4 Κατανάλωση Κλιματισμού Αποθήκης Κτιρίου Β

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς που εξυπηρετεί τις ανάγκες συντήρησης των ευπαθών προϊόντων της αποθήκης είναι

$$P_{el} = 405 \text{ kW}$$

Θεωρείται πως η χρήση κλιματισμού της αποθήκης είναι απαραίτητη για τους 8 μήνες του χρόνου για 24 ώρες την ημέρα.

Τελικά, η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται σε

$$E_{\text{ΚΛΙΜ.ΑΠΟΘΗΚΗΣ}} = 466.906 \text{ kWh}$$

5.1.4.5 Κατανάλωση Κλιματισμού

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας που οφείλεται στη χρήση των εξωτερικών κλιματιστικών μονάδων που είναι εγκατεστημένες στους διάφορους γραφειακούς χώρους, είναι αναγκαίο να προσεγγιστούν οι ώρες λειτουργίας ανά έτος για θέρμανση το χειμώνα και για ψύξη το καλοκαίρι.

Θεωρήθηκε πως η θέρμανση λειτουργεί για θερμοκρασία περιβάλλοντος μικρότερη των 18 °C. Αντίστοιχα, η ψύξη λειτουργεί για θερμοκρασίες περιβάλλοντος μεγαλύτερες των 26 °C.

Για την περιοχή της Μάνδρας Αττικής, οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος ελήφθησαν από το Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) για το διάστημα 2007-2016.

Από την έρευνα των θερμοκρασιών, προκύπτουν οι απαιτούμενες ώρες για ψύξη και θέρμανση.

$$\text{Ώρες Θέρμανσης} = 4.528 \text{ h}$$

$$\text{Ώρες Ψύξης} = 1.489 \text{ h}$$

Επομένως, προκύπτουν οι καταναλώσεις για θέρμανση και ψύξη

$$E_{\text{ΘΕΡΜΑΝΣΗ}} = P_{el, \text{ΛΟΙΠΑ}} * 4.528 \text{ h} = 355.810 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{ΨΥΞΗ}} = P_{el, \text{ΚΑΜ1}} * 1.489 \text{ h} = 169.002 \text{ kWh}$$

Συνεπώς, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται για τον κλιματισμό στις εγκαταστάσεις της ΚΑΜ1 είναι:

$$E_{\text{ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ}} = E_{\text{ΘΕΡΜΑΝΣΗ}} + E_{\text{ΨΥΞΗ}} = 524.812 \text{ kWh}$$

5.1.4.6 Κατανάλωση Λέβητα Φυσικού Αερίου

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που προκύπτει από τη χρήση του λέβητα φυσικού αερίου για θέρμανση των γραφείων του Κτιρίου Α, οφείλεται στην ηλεκτρική ισχύ του καυστήρα.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η ηλεκτρική ισχύς του καυστήρα είναι

$$P_{\text{ΚΑΥΣΤΗΡΑ}} = 0,34 \text{ kW}$$

Η χρήση του καυστήρα γίνεται για τις ώρες λειτουργίας θέρμανσης όπως αυτές αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 5.1.4.5 και ανέρχονται σε 4.528 ώρες.

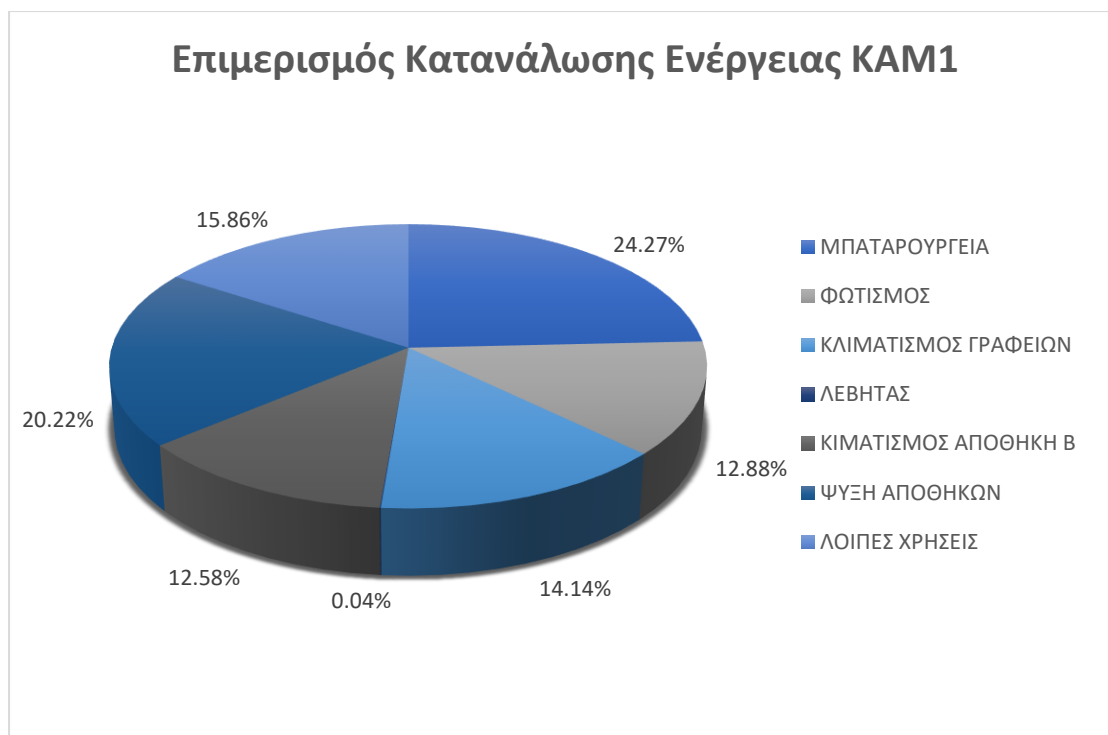
Συνεπώς, η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτει:

$$E_{\text{ΛΕΒΗΤΑ}} = P_{\text{ΚΑΥΣΤΗΡΑ}} * 4.528 \text{ h} = 1.540 \text{ kWh}$$

5.1.4.7 Αποτέλεσμα Επιμερισμού Καταναλώσεων

Παραπάνω προσεγγίστηκαν οι καταναλώσεις του κυριότερου εξοπλισμού των εγκαταστάσεων της ΚΑΜ1.

Για την καλύτερη κατανόηση και σύγκριση των ροών ενέργειας παρουσιάζεται το ακόλουθο διάγραμμα.



Σχήμα 7: Επιμερισμός κατανάλωσης ενέργειας στις διάφορες χρήσεις της ΚΑΜ1

Από το παραπάνω διάγραμμα προκύπτει πως τα μεγαλύτερα ποσοστά επί της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τις εγκαταστάσεις οφείλονται στη ψύξη χώρου της Αποθήκης του Κτιρίου Α για ευπαθή προϊόντα και στα μπαταρουργεία.

Με τον όρο Λοιπές Χρήσεις αναφέρονται οι δραστηριότητες και οι διεργασίες που δεν μελετήθηκαν. Τέτοια παραδείγματα μπορεί να είναι οι καταναλώσεις από τις διεργασίες στην Αποθήκη Κενών, στα γραφεία, στα εστιατόρια, στα αποδυτήρια κ.α.

5.2 Χρήση Ενέργειας στην ΚΑΜ2

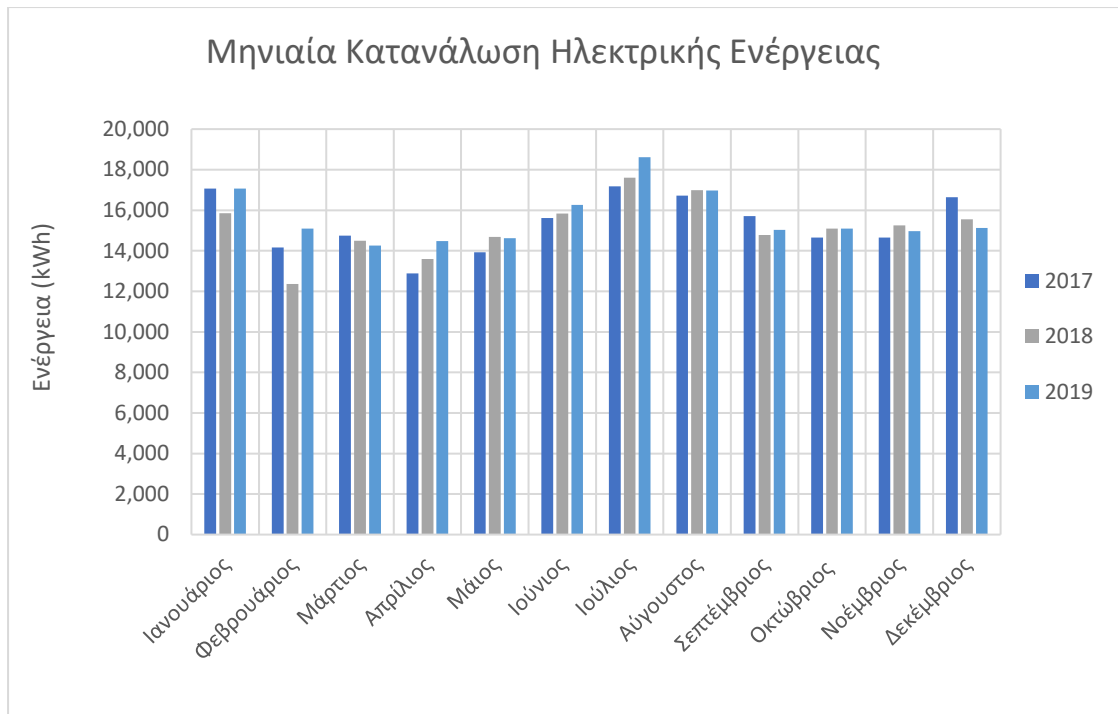
5.2.1 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας

Οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας και τα αντίστοιχα κόστη που προκύπτουν από τους λογαριασμούς δίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

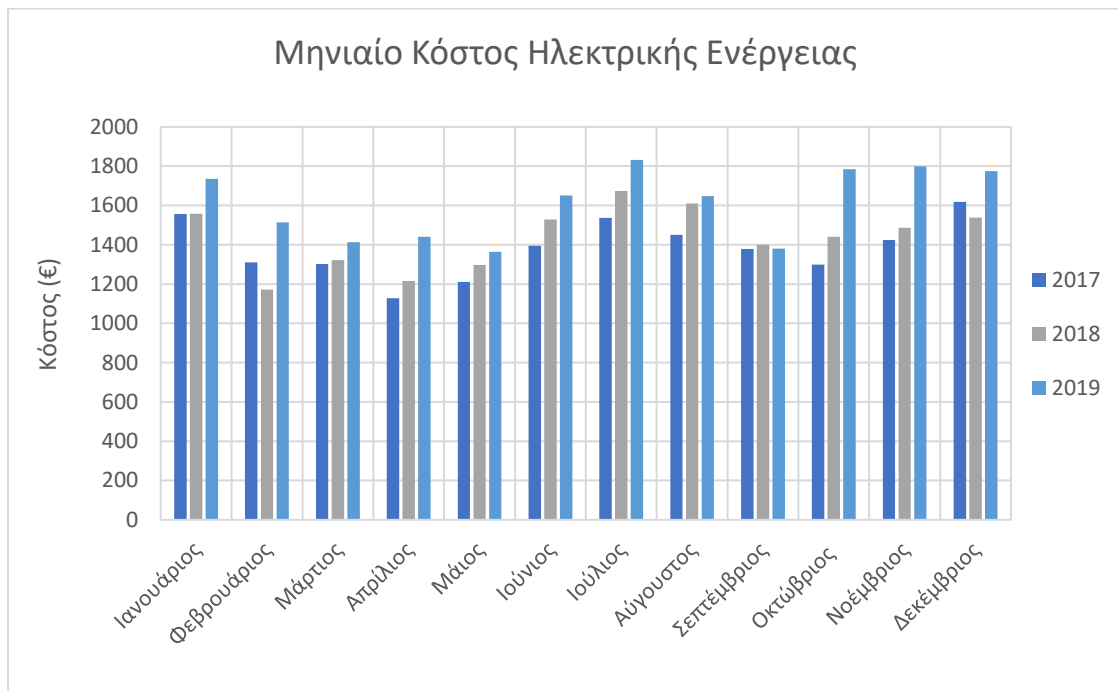
Πίνακας 28: Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας και κόστος της ΚΑΜ2

Μήνας	2017		2018		2019	
	Ενέργεια (kWh)	Κόστος (€)	Ενέργεια (kWh)	Κόστος (€)	Ενέργεια (kWh)	Κόστος (€)
Ιανουάριος	17.069	1.557	15.846	1.559	17.064	1.735
Φεβρουάριος	14.156	1.311	12.365	1.172	15.100	1.514
Μάρτιος	14.744	1.303	14.497	1.322	14.261	1.414
Απρίλιος	12.886	1.128	13.589	1.215	14.477	1.441
Μάιος	13.929	1.211	14.676	1.298	14.615	1.364
Ιούνιος	15.611	1.395	15.829	1.530	16.256	1.652
Ιούλιος	17.181	1.537	17.609	1.675	18.607	1.831
Αύγουστος	16.721	1.451	16.992	1.610	16.977	1.648
Σεπτέμβριος	15.712	1.379	14.780	1.399	15.029	1.381
Οκτώβριος	14.653	1.299	15.091	1.440	15.089	1.784
Νοέμβριος	14.655	1.425	15.251	1.487	14.962	1.799
Δεκέμβριος	16.646	1.618	15.545	1.538	15.118	1.775
Σύνολο	183.963	16.611	182.070	17.245	187.555	19.336

Ο παραπάνω Πίνακας 28 για καλύτερη σύγκριση και κατανόηση των αποτελεσμάτων οπτικοποιείται με διαγράμματα για την μηνιαία κατανάλωση και τα αντίστοιχα μηνιαία κόστη.



Σχήμα 8: Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας ΚΑΜ2



Σχήμα 9: Μηνιαίο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας ΚΑΜ2

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται πως η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται κατά τους θερινούς και τους χειμερινούς μήνες του χρόνου.

5.2.2 Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας

Το τιμολόγιο με το οποίο χρεώνεται η εταιρεία ΑΒ Βασιλόπουλος για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην εγκατάσταση είναι Εταιρικό ΒΜ2-10 (Εμπορικής Χρήσης).

Η εγκατάσταση είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο μέσης τάσης της Δ.Ε.Η..

Από τα τιμολόγια προκύπτει πως το κόστος ενέργειας για κάθε kWh που καταναλώνει η εγκατάσταση ανέρχεται σε:

$$KE = 0,11 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

5.2.3 Εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα CO₂

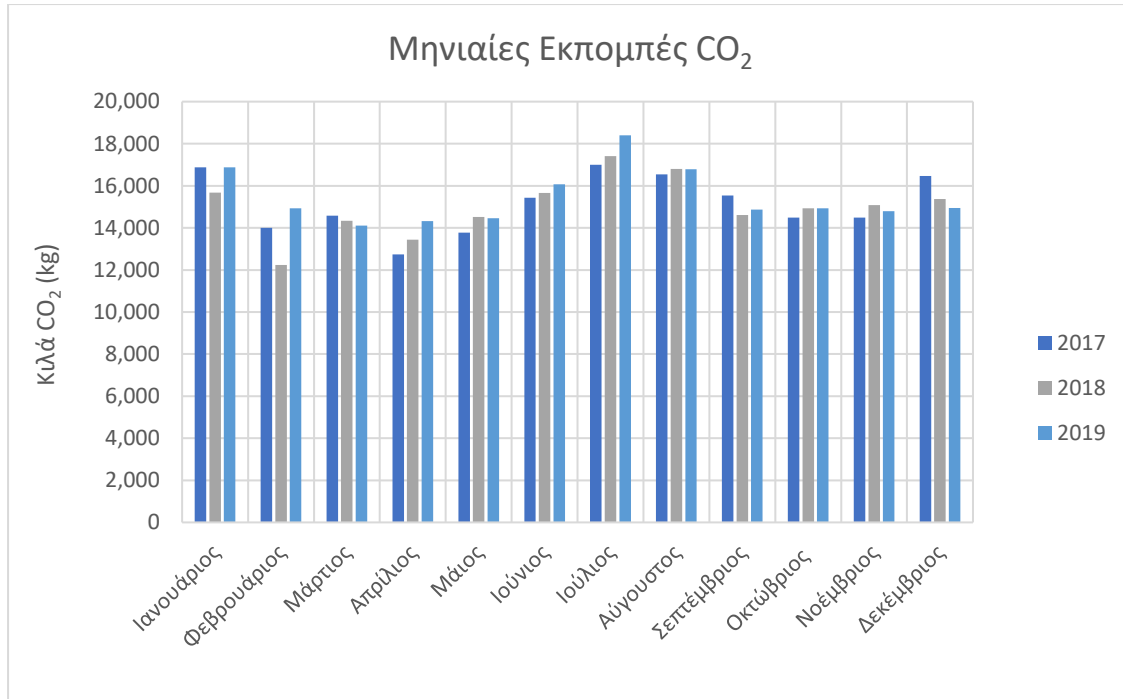
Για τον προσδιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα που αντιστοιχούν στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην εγκατάσταση χρησιμοποιείται ο συντελεστής μετατροπής ηλεκτρισμού σε εκπεμπόμενα κιλά CO₂ (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, 2017), όπως παρουσιάστηκε στον Πίνακα 22.

Συνεπώς, προκύπτουν οι εκπομπές CO₂ κατά τα χρόνια της μελέτης.

Πίνακας 29: Μηνιαίες εκπομπές CO₂ στην ΚΑΜ2

Μήνας	2017		2018		2019	
	Ενέργεια (kWh)	Εκπομπές CO ₂ (kg)	Ενέργεια (kWh)	Εκπομπές CO ₂ (kg)	Ενέργεια (kWh)	Εκπομπές CO ₂ (kg)
Ιανουάριος	17.069	16.881	15.846	15.672	17.064	16.876
Φεβρουάριος	14.156	14.000	12.365	12.229	15.100	14.934
Μάρτιος	14.744	14.582	14.497	14.338	14.261	14.104
Απρίλιος	12.886	12.744	13.589	13.440	14.477	14.318
Μάιος	13.929	13.776	14.676	14.515	14.615	14.454
Ιούνιος	15.611	15.439	15.829	15.655	16.256	16.077
Ιούλιος	17.181	16.992	17.609	17.415	18.607	18.402
Αύγουστος	16.721	16.537	16.992	16.805	16.977	16.790
Σεπτέμβριος	15.712	15.539	14.780	14.617	15.029	14.864
Οκτώβριος	14.653	14.492	15.091	14.925	15.089	14.923
Νοέμβριος	14.655	14.494	15.251	15.083	14.962	14.797
Δεκέμβριος	16.646	16.463	15.545	15.374	15.118	14.952

Και το αντίστοιχο διάγραμμα (Σχήμα 10).



Σχήμα 10: Μηνιαίες εκπομπές CO₂ στην KAM2

5.2.4 Επιμερισμός Καταναλώσεων Ηλεκτρικής Ενέργειας

5.2.4.1 Κατανάλωση Φωτισμού

Σύμφωνα με τα ωράρια λειτουργίας των εγκαταστάσεων της KAM2, χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες παραδοχές.

Για τους χώρους της αποθήκης και τον υπόγειο χώρο επισκευής ηλεκτρικών συσκευών θεωρήθηκε 12 ώρες λειτουργίας 5 φορές εβδομαδιαίως, με $F_0 = 0,5$. Συνεπώς, οι ετήσιες ώρες λειτουργίας αυτών των χώρων εκτιμήθηκαν 1.565.

Για τα γραφεία των εγκαταστάσεων της KAM2, θεωρήθηκε 8 ώρες ημερήσια λειτουργία για 5 ημέρες την εβδομάδα. Ο συντελεστής επίδρασης χρηστών επιλέχθηκε $F_0 = 0,3$. Τελικά, οι ετήσιες ώρες λειτουργίας ανέρχονται σε 626.

Οι ώρες λειτουργίας για τον εξωτερικό φωτισμό είναι ίδιες με την KAM1, δηλαδή 4.015 ώρες ετησίως.

Συνεπώς, συγκεντρωτικά οι ετήσιες ώρες λειτουργίας για τις διάφορες χρήσεις χώρων παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 30.

Πίνακας 30: Ετήσιες ώρες λειτουργίας φωτισμού στην ΚΑΜ2

Χρήση ΚΑΜ2	Συντελεστής Επίδρασης Χρηστών Fo	Ετήσιες Ώρες Λειτουργίας (h)
Εξωτερικός Φωτισμός	1	4.015
Φωτισμός Γραφείων	0,3	626
Φωτισμός Αποθηκών	0,5	1.565

Η κατανάλωση ενέργειας φωτισμού προκύπτει πολλαπλασιάζοντας την εγκατεστημένη ισχύ φωτισμού με τις ώρες λειτουργίας.

Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται η εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού και η ετήσια κατανάλωση ενέργειας φωτισμού που προκύπτει, σύμφωνα με τις παραδοχές που αναλύθηκαν.

Πίνακας 31: Ετήσια κατανάλωση ενέργειας φωτισμού στην ΚΑΜ2

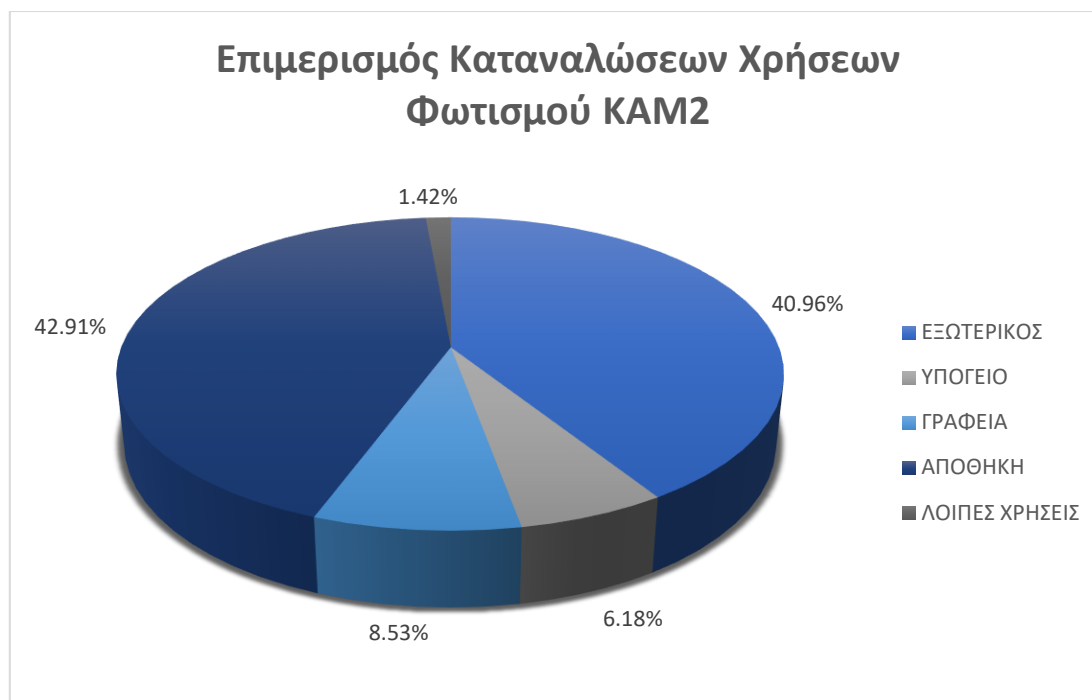
Αποθήκη	Εγκατεστημένη Ισχύς Φωτισμού (kW)	Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας (kWh)	Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας (MWh)
ΚΑΜ2	17,92	43.095,86	43,10

Για τις εγκαταστάσεις της αποθήκης ΚΑΜ2 ο επιμερισμός των καταναλώσεων θα αφορά μόνο τις διαφορετικές χρήσεις της αποθήκης.

Πίνακας 32: Επιμερισμός κατανάλωσης ενέργειας φωτισμού ανά χρήση στην ΚΑΜ2

Χρήση	Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό επί της Συνολικής Κατανάλωσης (%)
Εξωτερικός Φωτισμός	17.649,94	40,96
Φωτισμός Γραφείων	3.676,70	8,53
Φωτισμός Αποθηκών	18.493,61	42,91
Φωτισμός Υπογείου	2.662,41	6,18
Λοιπές Χρήσεις	613,20	1,42
Σύνολο	43.095,86	100

Το διάγραμμα που προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα, δίνεται ακολούθως.



Σχήμα 11: Επιμερισμός κατανάλωσης ενέργειας φωτισμού ανά χρήση στην ΚΑΜ2

Παρατηρώντας το διάγραμμα που προηγήθηκε, γίνεται σαφές πως το 80% των ετήσιων καταναλώσεων φωτισμού των εγκαταστάσεων της Κεντρικής Αποθήκης Μάνδρας 2, σχεδόν ισομοιράζεται στις καταναλώσεις φωτισμού του χώρου της αποθήκης και του εξωτερικού περιμετρικού φωτισμού των εγκαταστάσεων.

5.2.4.2 Κατανάλωση Μπαταρουργείου

Στην αποθήκη KAM2 που οι βάρδιες είναι είτε οκτάωρες είτε δωδεκάωρες, κάθε φορτιστής πραγματοποιεί μία φόρτιση ανά ημέρα.

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία που αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 5.1.3.3 για τον τρόπο υπολογισμού των καταναλώσεων που προκύπτουν για τη φόρτιση των μπαταριζών σε ετήσια βάση, προκύπτει η ακόλουθη κατανάλωση.

$$E_{KAM2} = 63.867,03 \text{ kWh}$$

5.2.4.3 Κατανάλωση Κλιματισμού

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για κλιματισμό των εγκαταστάσεων της KAM2, ακολουθείται η ίδια διαδικασία με τον υπολογισμό της κατανάλωσης κλιματισμού για τις εγκαταστάσεις της KAM1.

Για τις ίδιες ώρες λειτουργίας προκύπτουν τελικά

$$E_{\theta E P M A N \Sigma H} = 17.886 \text{ kWh}$$

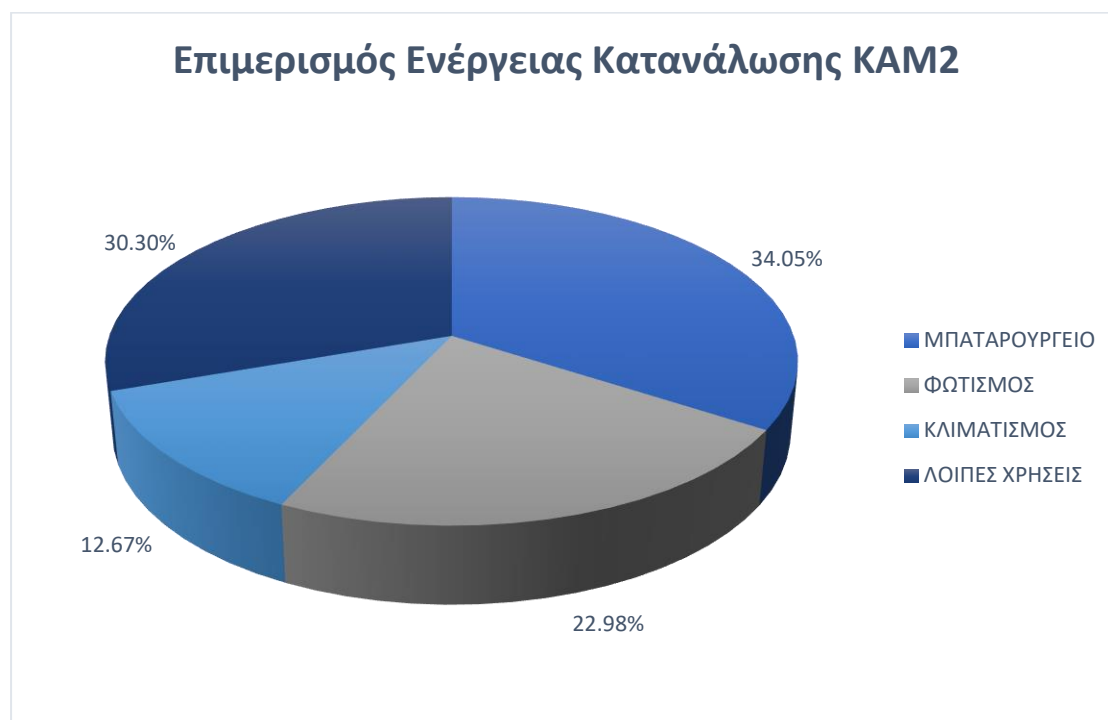
$$E_{\psi \chi \Xi H} = 5.882 \text{ kWh}$$

Και, τελικά, η κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό είναι:

$$E_{KΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ} = E_{\theta E P M A N \Sigma H} + E_{\psi \chi \Xi H} = 23.768 \text{ kWh}$$

5.2.4.4 Αποτέλεσμα Επιμερισμού Καταναλώσεων

Αφού υπολογίστηκαν οι ροές ενέργειας στις εγκαταστάσεις της ΚΑΜ2, προκύπτει το ακόλουθο διάγραμμα.



Σχήμα 12: Επιμερισμός κατανάλωσης ενέργειας στις διάφορες χρήσεις της ΚΑΜ2

Παρατηρείται από το παραπάνω διάγραμμα πita πως το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης ενέργειας οφείλεται στη φόρτιση των μπαταριών και στο φωτισμό της αποθήκης.

Με τον όρο Λοιπές Χρήσεις αναφέρονται οι επιμέρους διεργασίες που δε μελετήθηκαν, όπως για παράδειγμα οι διάφορες καταναλώσεις των γραφείων, των εστιατορίων και αποδυτηρίων των εργαζομένων.

6. Γραμμή Βάσης

Ένας από τους κύριους στόχους του ενεργειακού ελεγκτή είναι η εύρεση του τύπου της κατανάλωσης γραμμής βάσης (baseline consumption) ανά τελική χρήση ή ανά μορφή ενέργειας.

Μέσω μαθηματικού τύπου διερευνάται η συσχέτιση της κατανάλωσης ενέργειας με έναν ή περισσότερους καθοριστικούς παράγοντες, δηλαδή με σημαντικές καταναλώσεις ενέργειας της εγκατάστασης που μελετάται.

Ο ενεργειακός ελεγκτής δύναται να χρησιμοποιήσει τον τύπο της γραμμής βάσης σε δύο κύριες εφαρμογές:

1. Εκ των προτέρων προβλέψεις, δηλαδή προβλέψεις μελλοντικών καταναλώσεων ενέργειας κάτω από άγνωστες τιμές των καθοριστικών παραγόντων. Στη περίπτωση αυτή απαιτείται η πρόβλεψη των μελλοντικών τιμών των παραγόντων αυτών (π.χ. η αύξηση του όγκου παραγωγής για ένα μελλοντικό έτος) πριν την εκτίμηση της μελλοντικής κατανάλωσης.

Με τις εκ των προτέρων εκτιμήσεις μπορεί να επιτευχθεί έλεγχος, διόρθωση ή απόρριψη ιστορικών στοιχείων καταναλώσεων τα οποία παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις έναντι της αντίστοιχης εκτίμησης με το πρότυπο της κατανάλωσης αναφοράς.

2. Εκ των υστέρων εκτιμήσεις, δηλαδή εκτιμήσεις καταναλώσεων στο παρελθόν, κάτω από διαμορφωμένες και γνωστές τιμές των καθοριστικών παραγόντων.

Κύρια χρήση των εκ υστέρων εκτιμήσεων είναι η εκτίμηση της διορθωμένης γραμμής βάσης και της εξοικονόμησης ενέργειας μετά την λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας στην εγκατάσταση.

Τύπος Γραμμής Βάσης

Ο τύπος της γραμμής βάσης μπορεί να είναι μη γραμμικός. Όμως, συνήθως λαμβάνεται ως γραμμικός.

Η εξίσωση του τύπου γραμμής βάσης στη γενική του 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 ανεξαρτήτων μεταβλητών $X_{k,1}, X_{k,2}, \dots, X_{k,p}$ που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας αυτή

- p : είναι ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών (π.χ. όγκος παραγωγής, μέση εξωτερική θερμοκρασία, οι βαθμομέρες θέρμανσης ή ψύξης) και $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ είναι οι αντίστοιχοι παράμετροι του τύπου γραμμής βάσης
- δ_k : είναι το σφάλμα εκτίμησης της κατανάλωσης ενέργειας \hat{E}_k κατά το χρονικό διάστημα k έναντι της πραγματικής μετρηθείσας κατανάλωσης ενέργειας E_k .

Οι παράμετροι $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ προσδιορίζονται συνήθως με τις γνωστές τεχνικές παλινδρόμησης πολλαπλών μεταβλητών.

Συνήθως και στην πράξη ο τύπος περιορίζεται σε μία έως δύο ανεξάρτητες μεταβλητές.

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

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

όπου

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

Η επιτευχθείσα εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστιαία μορφή ε_M εκτιμάται ως εξής:

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

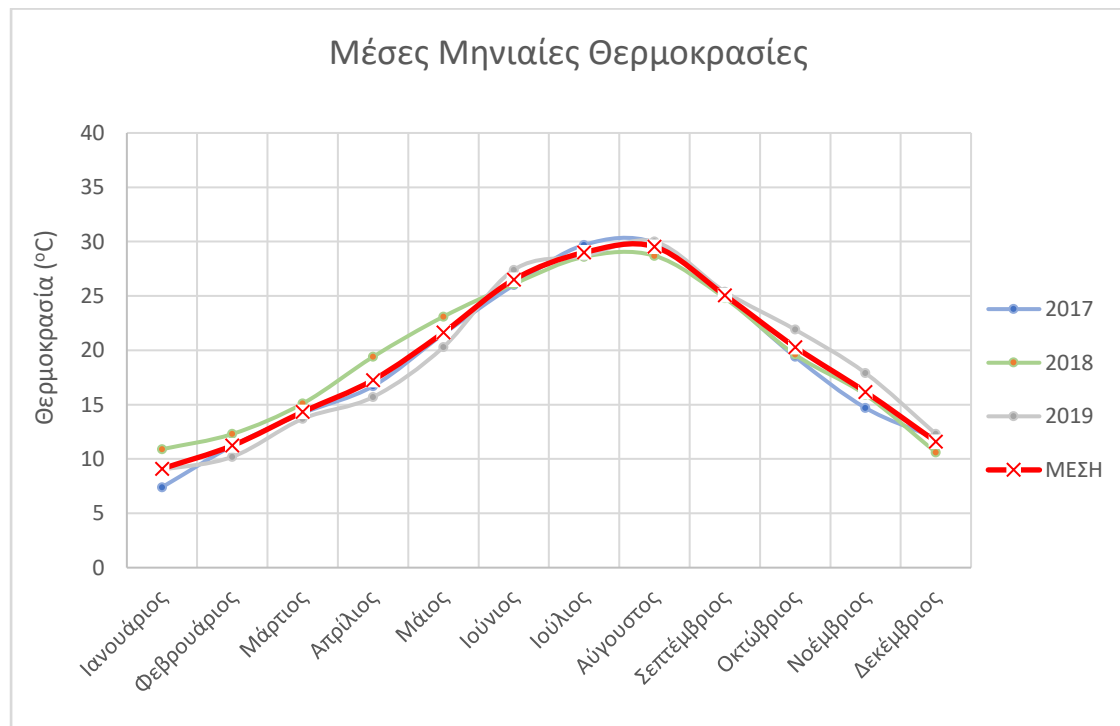
Η εξίσωση της γραμμής βάσης για τις εγκαταστάσεις των Κεντρικών Αποθηκών Μάνδρας 1 και 2 αναπτύσσεται με βάση τις καταγεγραμμένες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας, όπως παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 5, για τα έτη 2017 με 2019.

Τα θερμοκρασιακά δεδομένα για τα 3 αυτά έτη λαμβάνονται από τον Μετεωρολογικό Σταθμό Ελευσίνας του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και υπάρχουν στο διαδίκτυο (<http://meteosearch.meteo.gr/>).

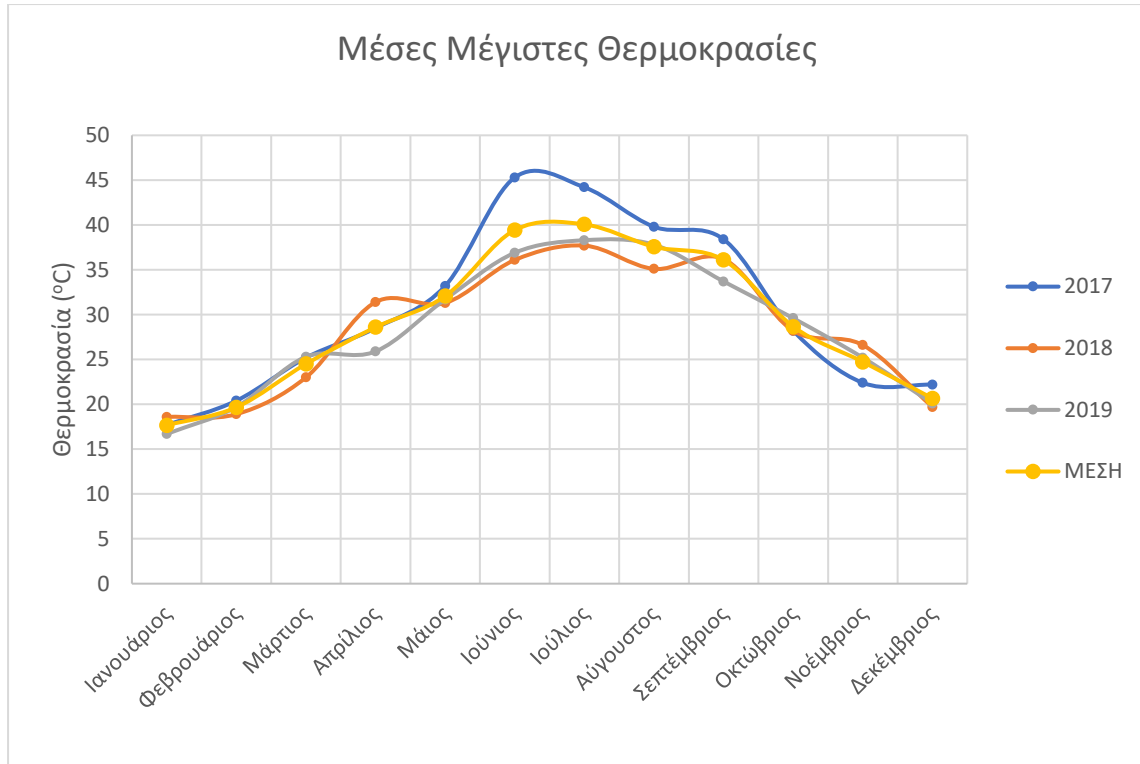
Το δημαρχείο της Ελευσίνας στο οποίο φιλοξενείται ο μετρητής απέχει μόλις 3,55 χιλιόμετρα από τις δύο αποθήκες ΚΑΜ1 και ΚΑΜ2.

Συνεπώς, θεωρείται πως οι μετρήσεις αντικατοπτρίζουν πλήρως τις συνθήκες σε αυτές.

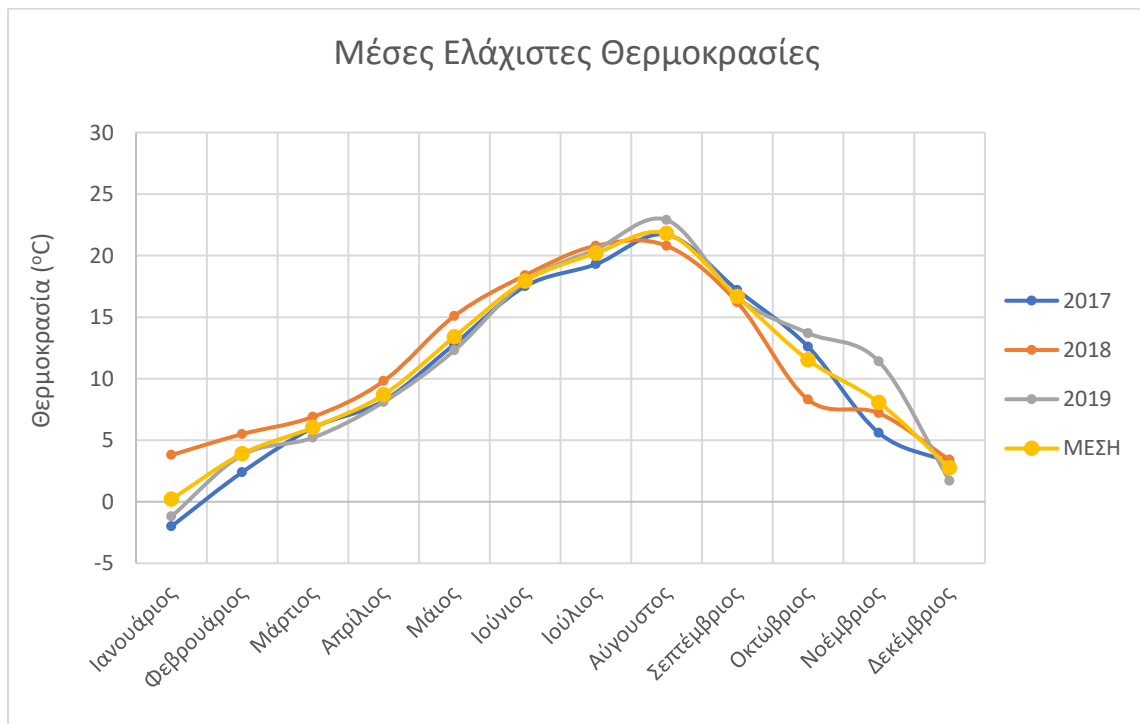
Στα ακόλουθα διαγράμματα παρουσιάζονται τα μετεωρολογικά δεδομένα στις εγκαταστάσεις που μελετώνται.



Σχήμα 13: Μέσες μηνιαίες Θερμοκρασίες



Σχήμα 14: Μέσες μηνιαίες μέγιστες Θερμοκρασίες



Σχήμα 15: Μέσες μηνιαίες ελάχιστες Θερμοκρασίες

6.1 Γραμμή Βάσης για KAM1

6.1.1 Γραμμή Βάσης 6 Παραμέτρων

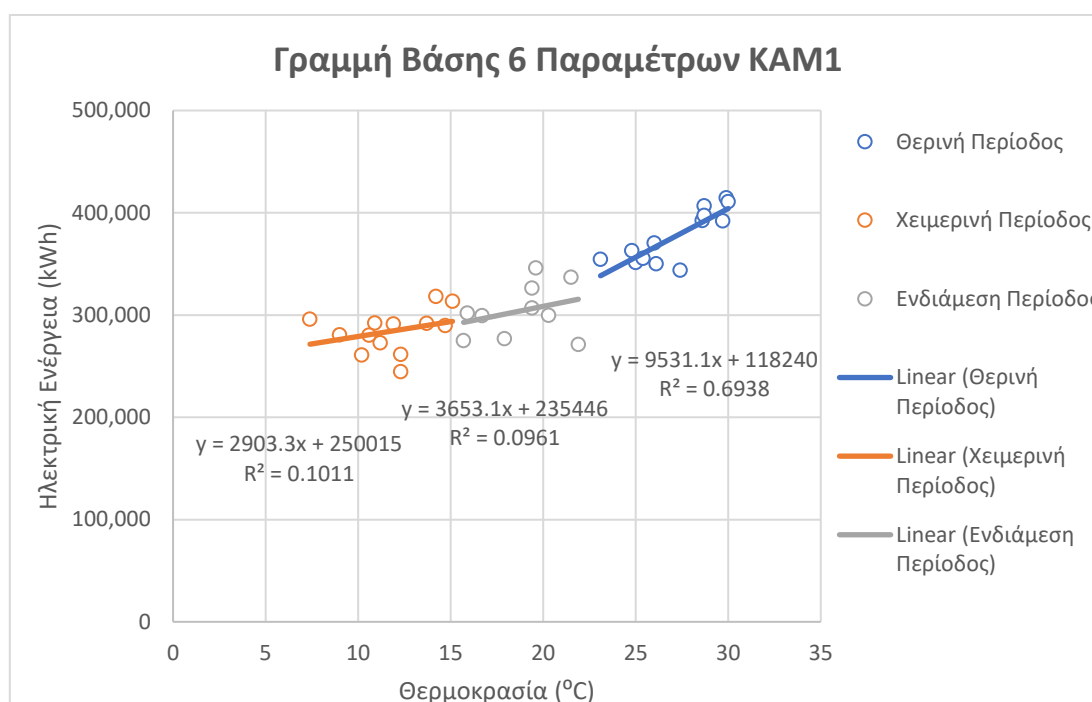
Αρχικά, μελετήθηκε η συσχέτιση της καταναλισκόμενης ενέργειας με τη μέση μηνιαία εξωτερική θερμοκρασία στην εγκατάσταση.

Τα θερμοκρασιακά δεδομένα χωρίστηκαν σε 3 ζώνες, τη χειμερινή, την ενδιάμεση και τη θερινή. Ο διαχωρισμός έγινε ανάλογα με την αντίστοιχη μηνιαία θερμοκρασία.

Το κατώτατο όριο ένταξης στην θερινή ζώνη είναι οι 22 °C.

Αντίστοιχα, το ανώτατο όριο για τη χειμερινή ζώνη είναι οι 15,5 °C.

Τελικά, προέκυψε το ακόλουθο διάγραμμα.



Σχήμα 16: Γραμμή Βάσης 6 παραμέτρων για KAM1

Παρατηρείται πως η συσχέτιση που προκύπτει γενικά και για τις τρεις ζώνες δεν είναι καλή, συνεπώς σαν αρχικό συμπέρασμα εξάγεται πως η εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος δεν επιδρά σημαντικά στην κατανάλωση ενέργειας στην εγκατάσταση.

Όμως, παρατηρείται πως την καλοκαιρινή περίοδο η συσχέτιση είναι καλύτερη από τις άλλες δύο, γεγονός που υποδεικνύει πως επηρεάζονται σε έναν βαθμό τα ψυκτικά φορτία των εγκαταστάσεων.

6.1.2 Γραμμή Βάσης με τη μέθοδο της Γραμμικής Πολλαπλής Παλινδρόμησης

Η δεύτερη μέθοδος που εξετάστηκε για τον προσδιορισμό του τύπου της γραμμής βάσης είναι η γραμμική πολλαπλή παλινδρόμηση.

Σε αυτή τη μέθοδο εξετάστηκε η συσχέτιση της τελικής καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας με την εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος και τα κιβώτια προϊόντων που διακινούνται στις εγκαταστάσεις.

Με εφαρμογή της υπορουτίνας ανάλυσης «Παλινδρόμηση» στο υπολογιστικό φύλλο Excel προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα.

Πίνακας 33: Στατιστικά Παλινδρόμησης για KAM1

Στατιστικά Παλινδρόμησης	
Πολλαπλό R	0,898
R ²	0,807
Προσαρμοσμένο R ²	0,795
Τυπικό Σφάλμα	21958,298
Μέγεθος Δείγματος	35

Πίνακας 34: Ανάλυση Διακύμανσης Παλινδρόμησης για KAM1

Ανάλυση Διακύμανσης	Βαθμοί Ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F
Παλινδρόμηση	2	6,439E+10	3,219E+10	66,76946	3,802E-12
Υπόλοιπο	32	1,543E+10	4,82E+08		
Σύνολο	34	7,982E+10			

Πίνακας 35: Συντελεστές Παλινδρόμησης για KAM1

	Συντελεστές	Τυπικό Σφάλμα	t
Τεταγμένη επί την αρχή	219584.68	41521.48	5.28846
Θερμοκρασία	6313.42	587.74	10.74189
Κιβώτια Προϊόντων	-0.00678476	0.0126126	-0.537936

Από τα στατιστικά στοιχεία της παλινδρόμησης προκύπτει μία αρκετά ικανοποιητική προσέγγιση της πραγματικής καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, με προσαρμοσμένο R²= 0,795.

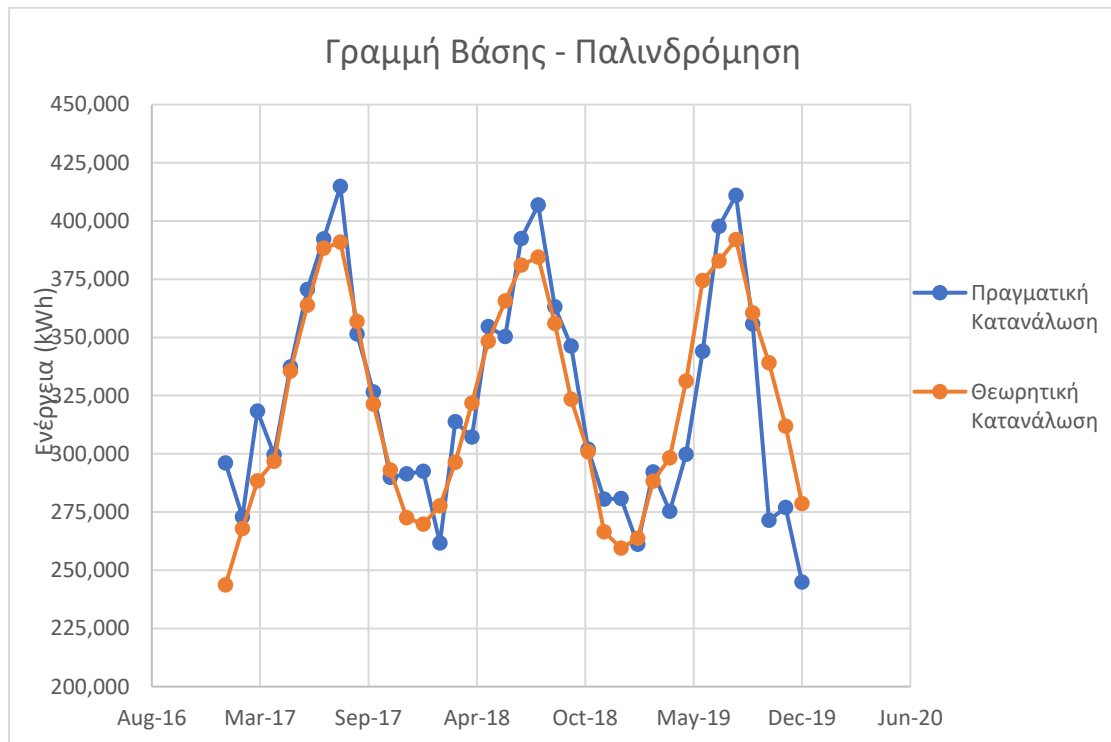
Τελικά, ο τύπος που υπολογίζει την θεωρητική κατανάλωση ενέργειας ηλεκτρισμού είναι ο εξής:

$$E [kWh] = 6.313,42 * T[°C] - 0,00678476 * K + 219.584,68$$

Όπου

- T: η μηνιαία εξωτερική θερμοκρασία σε °C
- K: η ποσότητα κιβωτίων που διακινούνται

Το διάγραμμα που προκύπτει από την παραπάνω εξίσωση σε σύγκριση με την πραγματική κατανάλωση ενέργειας δίνεται ακολούθως.



Σχήμα 17: Γραμμή Βάσης πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για KAM1

6.2 Γραμμή Βάσης για KAM2

6.2.1 Γραμμή Βάσης 6 Παραμέτρων

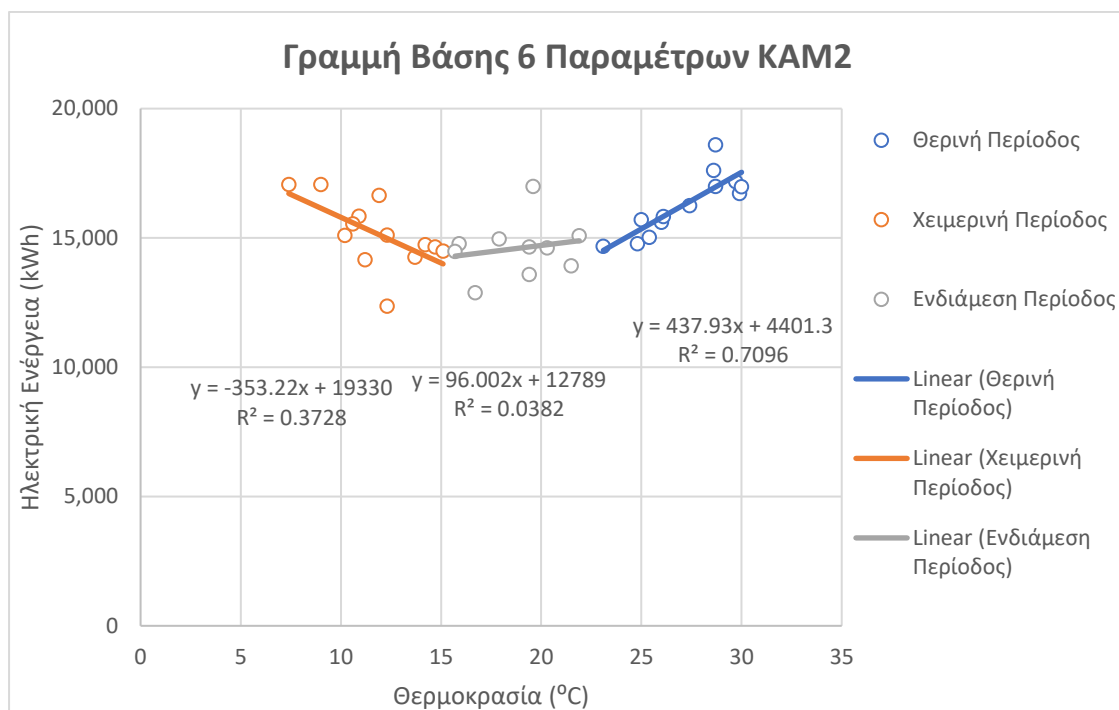
Αρχικά, μελετήθηκε η συσχέτιση της καταναλισκόμενης ενέργειας με τη μέση μηνιαία εξωτερική θερμοκρασία στην εγκατάσταση.

Τα θερμοκρασιακά δεδομένα χωρίστηκαν σε 3 ζώνες, τη χειμερινή, την ενδιάμεση και τη θερινή. Ο διαχωρισμός έγινε ανάλογα με την αντίστοιχη μηνιαία θερμοκρασία.

Το κατώτατο όριο ένταξης στην θερινή ζώνη είναι οι 22 °C.

Αντίστοιχα, το ανώτατο όριο για τη χειμερινή ζώνη είναι οι 15,5 °C.

Τελικά, προέκυψε το ακόλουθο διάγραμμα.



Σχήμα 18: Γραμμή Βάσης 6 παραμέτρων για KAM2

Παρατηρείται πως η συσχέτιση που προκύπτει γενικά και για τις τρεις ζώνες δεν είναι καλή, συνεπώς σαν αρχικό συμπέρασμα εξάγεται πως η εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος δεν επιδρά σημαντικά στην κατανάλωση ενέργειας στην εγκατάσταση.

Όμως, παρατηρείται πως την καλοκαιρινή περίοδο η συσχέτιση είναι καλύτερη από τις άλλες δύο, γεγονός που υποδεικνύει πως επηρεάζονται σε έναν βαθμό τα ψυκτικά φορτία των εγκαταστάσεων.

6.2.2 Γραμμή Βάσης με τη μέθοδο της Γραμμικής Πολλαπλής Παλινδρόμησης

Η δεύτερη μέθοδος που εξετάστηκε για τον προσδιορισμό του τύπου της γραμμής βάσης είναι η γραμμική πολλαπλή παλινδρόμηση.

Σε αυτή τη μέθοδο εξετάστηκε η συσχέτιση της τελικής καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας με την εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος και τα κιβώτια προϊόντων που διακινούνται στις εγκαταστάσεις.

Με εφαρμογή της υπορουτίνας ανάλυσης «Παλινδρόμηση» στο υπολογιστικό φύλλο Excel προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα.

Πίνακας 36: Στατιστικά Παλινδρόμησης για KAM2

Στατιστικά Παλινδρόμησης	
Πολλαπλό R	0,533
R ²	0,284
Προσαρμοσμένο R ²	0,239
Τυπικό Σφάλμα	1156,60234
Μέγεθος Δείγματος	35

Πίνακας 37: Ανάλυση Διακύμανσης Παλινδρόμησης για KAM2

Ανάλυση Διακύμανσης	Βαθμοί Ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F
Παλινδρόμηση	2	1,7E+07	8E+06	6,34975	0,00476
Υπόλοιπο	32	4,3E+07	1E+06		
Σύνολο	34	6E+07			

Πίνακας 38: Συντελεστές Παλινδρόμησης για KAM2

	Συντελεστές	Τυπικό Σφάλμα	t
Τεταγμένη επί την αρχή	15032,68	1215,23	12,37
Θερμοκρασία	96,128	29,2908	3,2818
Κιβώτια Προϊόντων	-0,00636	0.00427	-1,488

Από τα στατιστικά στοιχεία της παλινδρόμησης προκύπτει δεν προκύπτει ικανοποιητική προσέγγιση της πραγματικής καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, με προσαρμοσμένο R²= 0,239.

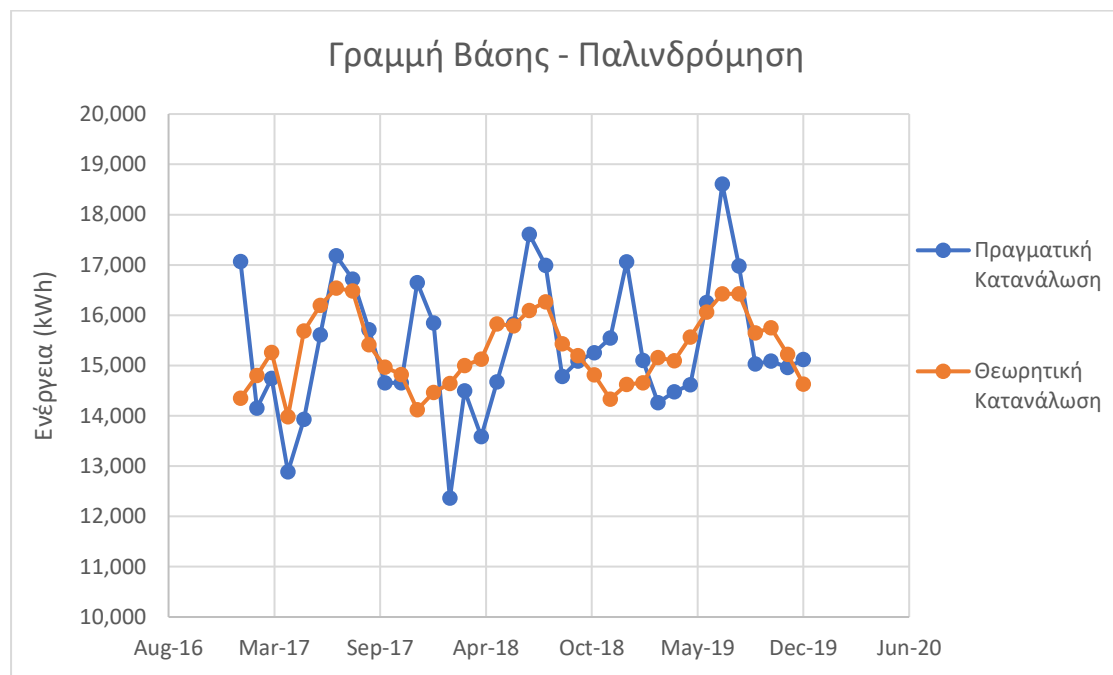
Τελικά, ο τύπος που υπολογίζει την θεωρητική κατανάλωση ενέργειας ηλεκτρισμού είναι ο εξής:

$$E [kWh] = 96,128 * T [^{\circ}C] - 0,00636 * K + 15.032,68$$

Όπου

- T: η μηνιαία εξωτερική θερμοκρασία σε °C
- K: η ποσότητα κιβωτίων που διακινούνται

Το διάγραμμα που προκύπτει από την παραπάνω εξίσωση σε σύγκριση με την πραγματική κατανάλωση ενέργειας δίνεται ακολούθως.



Σχήμα 19: Γραμμή Βάσης πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για KAM2

Παρατηρείται και από το διάγραμμα πως η πραγματική κατανάλωση ενέργειας δεν προσεγγίζεται από την εξίσωση της γραμμής βάσης.

Με τα δεδομένα που δόθηκαν για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση δε μπορεί να προσδιοριστεί ένας τύπος γραμμής βάσης που να αποτυπώνει την πραγματική καταναλισκόμενη ενέργεια.

7. Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας

7.1 Αναβάθμιση Φωτισμού ΚΑΜ1 και ΚΑΜ2

Η ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης φωτισμού όλων των χώρων των εγκαταστάσεων των ΚΑΜ1 και ΚΑΜ2, όπως παρουσιάστηκε, έδειξε δίχως αμφιβολία πως οι μεγαλύτερες καταναλώσεις φωτισμού οφείλονται στην κάλυψη των αναγκών φωτισμού των χώρων των αποθηκών.

Η παραπάνω διαπίστωση, σε συνδυασμό με το γεγονός πως η ιδιοκτήτρια εταιρεία έχει προβεί ανά τα χρόνια σε σταδιακή αναβάθμιση των φωτιστικών σωμάτων στους περισσότερους χώρους των εγκαταστάσεων από σώματα παλαιάς τεχνολογίας, κυρίως φθορισμού, σε νέας τεχνολογίας και μειωμένης κατανάλωσης φωτιστικά σώματα LED, οδηγούν τις όποιες προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε μία συγκεκριμένη κατεύθυνση.

Πιο συγκεκριμένα, την κατεύθυνση της αναβάθμισης του φωτισμού των χώρων των αποθηκών των εγκαταστάσεων.

Η μελέτη αναβάθμισης του υπάρχοντος φωτισμού στηρίζεται σε τρεις βασικούς άξονες:

- Μείωση δαπανών για την εταιρεία
- Ενίσχυση υγείας και ασφάλειας στον εργασιακό χώρο για τους εργαζόμενους
- Βελτίωση βιωσιμότητας και ελάττωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, δηλαδή του αποτυπώματος διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που οφείλεται στη λειτουργία των αποθηκών

Παράλληλα, για όλους τους χώρους εργασίας ο εγκατεστημένος φωτισμός οφείλει να πληροί συγκεκριμένες απαιτήσεις και προδιαγραφές (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, 2017) σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα φωτισμού EN12464-1 και EN12464-2. (<https://www.techlumen.gr/el/odigoi-fotismoy/protypa-fotismoy-en12464-1-en12462-2>)

Τα πρότυπα αυτά ορίζουν τις απαιτήσεις και τις απαραίτητες στάθμες φωτισμού, που πρέπει να καλύπτονται, ώστε να προσφέρουν στους εργαζόμενους την απαιτούμενη οπτική άνεση και να αποφεύγεται η κόπωση των ματιών κατά την διάρκεια της εργασίας τους.

Για βιομηχανικές εγκαταστάσεις και αποθηκευτικούς χώρους οι απαιτήσεις για την ένταση φωτισμού και τις παραμέτρους που θέτουν τα πρότυπα παρουσιάζονται στον Πίνακα 39.

Πίνακας 39: Βασικές απαιτήσεις για φωτισμό

Τύπος χώρου		Em (lux)	Uo	UGRL	Ra
Περιοχές αποθήκευσης σε ράφια (storage rack areas)	Διάδρομοι: επανδρωμένοι	150	0,40	22	60
	Μέτωπο ραφιών	200	0,40	-	60
<p>*Em(lux): Ελάχιστες τιμές φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας (Maintained Illuminance Level)</p> <p>*Uo: Ελάχιστη ομοιομορφία φωτισμού</p> <p>*UGRL: Ανώτατο όριο του δείκτη θάμβωσης (Unified Glare Rating Limit)</p> <p>*Ra: Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος</p>					

Για την αξιολόγηση των επενδύσεων αντικατάστασης φωτιστικών και ηλεκτρολογικού μηχανισμού που αφορά τον φωτισμό των KAM1 και KAM2 η ιδιοκτήτρια εταιρεία όρισε τους παρακάτω στόχους οικονομικών παραμέτρων.

Πίνακας 40: Οικονομικές παράμετροι αξιολόγησης επένδυσης

Παράμετρος	Τιμή
Διάρκεια της απόσβεσης (χρόνια)	10
Προεξοφλητικό επιτόκιο (%)	10 %
Χρονική διάρκεια επένδυσης (χρόνια)	10
Φορολογικός συντελεστής (%)	24 %

7.1.2 Πρόταση Α: Αναβάθμιση Τεχνητού Φωτισμού με αντικατάσταση λαμπτήρων φθορισμού με λαμπτήρες LED στα υπάρχοντα φωτιστικά σώματα

Αρχικά, μελετήθηκε η αντικατάσταση των υφιστάμενων λαμπτήρων φθορισμού των χώρων των αποθηκών με λαμπτήρες LED.

Οι λαμπτήρες LED προσφέρουν μειωμένη κατανάλωση ενέργειας και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε σχέση με τους λαμπτήρες φθορισμού.

Όπως παρουσιάστηκε προηγουμένως, οι χώροι των αποθηκών φωτίζονται με ένα τύπο φωτιστικών σωμάτων, ο οποίος περιλαμβάνει 4 λαμπτήρες T5 28W. Επιπροσθέτως, είναι εφοδιασμένος με ανιχνευτή κίνησης και δυνατότητα αυξομείωσης της έντασης του φωτός που παράγει (dimming) και οι λαμπτήρες του έχουν μήκος 1,15m.

Παρά το γεγονός πως έχει προβλεφθεί η αγορά φωτιστικών με δυνατότητα dimming και αισθητήρα κίνησης, από την αυτοψία στους χώρους των αποθηκών παρατηρήθηκε πως αξιοποιείται μόνο ο αισθητήρας κίνησης.

Τα φωτιστικά ενεργοποιούνται όταν κάποιος πεζός ή ένα ηλεκτροκίνητο όχημα που δραστηριοποιείται στην αποθήκη γίνει αντιληπτό από τον ανιχνευτή κίνησης που διαθέτει. Αφού ενεργοποιηθεί το φωτοκύτταρο, το φωτιστικό παραμένει ανοιχτό όσο εντοπίζει κίνηση. Όταν σταματήσει να εντοπίζει κίνηση στο πεδίο ελέγχου του, ύστερα από ένα χρονικό διάστημα το φωτιστικό σβήνει.

Όμως, δεν έχει προβλεφθεί η χρησιμοποίηση της δυνατότητας αυξομείωσης της έντασης του φωτός (dimming), το οποίο μπορούν να προσφέρουν τα φωτιστικά.

Τα φωτιστικά λειτουργούν είτε στην μέγιστη ισχύ τους, είτε κλειστά.

Συνεπώς, θα μελετηθεί η αντικατάσταση έναν προς έναν των λαμπτήρων με νέους λαμπτήρες LED αντίστοιχων τεχνικών προδιαγραφών.

Πιο συγκεκριμένα, οι νέοι λαμπτήρες LED θα έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Μήκος λαμπτήρα 1,15m
- Λαμπτήρας τύπου T5

Με έρευνα της αγοράς επιλέχθηκε ο λαμπτήρας SYLVANIA-TUBULAR LED TUBE T5 18,5W 830 1149mm της SYLVANIA για αντικατάσταση των υπαρχόντων.

Η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων δίνεται από τον κατασκευαστή 50.000 ώρες λειτουργίας.

Η τιμή αγοράς του χωρίς Φ.Π.Α. ανέρχεται σε 24,39€.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται ο αριθμός των λαμπτήρων φθορισμού προς αντικατάσταση σε κάθε χώρο αποθήκης.

Πίνακας 41: Κόστος λαμπτήρων

Αποθήκη	Ποσότητα λαμπτήρων LED	Κόστος (€/λαμπτήρα)	Συνολικό Κόστος λαμπτήρων (€)
Κτίριο Α	536	24,39	13.073,04
Κτίριο Β	952	24,39	23.219,28
Κτίριο Γ	1.640	24,39	39.999,6
Κτίριο Δ	68	24,39	1.658,52
Σύνολο ΚΑΜ1	3.196	24,39	77.950,44
ΚΑΜ2	360	24,39	8.780,4

Για την αφαίρεση των υπαρχόντων και την εγκατάσταση των νέων λαμπτήρων θεωρήθηκε ένα κόστος 15% επί της τιμής αγοράς των λαμπτήρων, συνεπώς, το τελικό κόστος επένδυσης δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 42: Κόστος επένδυσης αντικατάστασης λαμπτήρων

Αποθήκη	Συνολικό Κόστος λαμπτήρων (€)	Κόστος εγκατάστασης λαμπτήρων (€)	Τελικό κόστος Επένδυσης (€)
Κτίριο Α	13.073,04	1.960,96	15.034
Κτίριο Β	23.219,28	3.482,89	26.702,17
Κτίριο Γ	39.999,6	5.999,94	45.999,54
Κτίριο Δ	1.658,52	248,78	1.907,3
Σύνολο ΚΑΜ1	77.950,44	11.692,57	89.643,01
ΚΑΜ2	8.780,4	1.317,06	10.097,46

Επιπροσθέτως, παρουσιάζεται και η σύγκριση της εγκατεστημένης ισχύος φωτισμού για τους χώρους των αποθηκών στην υφιστάμενη κατάσταση με λαμπτήρες φθορισμού και στην περίπτωση που αντικατασταθούν από λαμπτήρες LED.

Πίνακας 43: Επιτευχθείσα μείωση ισχύος φωτισμού

Αποθήκη	Ποσότητα φωτιστικών	Ποσότητα λαμπτήρων	Συνολική Ισχύς λαμπτήρων φθορισμού 28W (kW)	Συνολική Ισχύς λαμπτήρων LED 18,5W (kW)
Κτίριο Α	134	536	15,01	9,92
Κτίριο Β	238	952	26,66	17,61
Κτίριο Γ	410	1.640	45,92	30,34
Κτίριο Δ	17	68	1,91	1,26
Σύνολο ΚΑΜ1		3.196	89,40	59,13
ΚΑΜ2	90	360	10,08	6,66

Συνεπώς, παρατηρείται πως επιτυγχάνεται σημαντική μείωση στην εγκατεστημένη ισχύ λαμπτήρων της τάξεως του 33,93% και για τις δύο αποθήκες KAM1 και KAM2.

7.1.2.1 Ενεργειακά Οφέλη

Πέρα από την μείωση στην εγκατεστημένη ισχύ φωτιστικών, πιο σημαντικό είναι να υπολογιστεί η βελτίωση που παρουσιάζεται σε όρους κατανάλωσης ενέργειας.

Υπολογίζοντας την ετήσια κατανάλωση ενέργειας από την λειτουργία των αποθηκών με τους νέους λαμπτήρες LED για τις ίδιες ώρες λειτουργίας που δίνονται στον Πίνακα 30 για τους χώρους της KAM1, προκύπτει ο ακόλουθος συγκριτικός πίνακας για τις δύο περιπτώσεις.

Πίνακας 44: Επιτευχθείσα μείωση κατανάλωσης ενέργειας φωτισμού

Αποθήκη	Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας με λαμπτήρες φθορισμού (kWh)	Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας με λαμπτήρες LED (kWh)	Μείωση Ετήσιας Κατανάλωσης Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό μείωσης Ετήσιας Κατανάλωσης Ενέργειας (%)
Κτίριο Α	50.083,84	33.091,11	16.992,73	33,93
Κτίριο Β	88.954,88	58.773,76	30.181,12	33,93
Κτίριο Γ	153.241,6	101.248,91	51.992,69	33,93
Κτίριο Δ	6.353,92	4.198,13	2.155,79	33,93
Σύνολο KAM1	298.634,24	197.311,91	101.322,33	33,93
KAM2	18.921,6	12.501,77	6.419,83	33,93

Συνεπώς, είναι φανερό πως με την συγκεκριμένη ενέργεια αντικατάστασης λαμπτήρων επιτυγχάνεται αισθητή μείωση καταναλισκόμενης ενέργειας σε ποσοστό 33,93% και για τις δύο αποθήκες.

Για όλους τους χώρους αποθηκών των εγκαταστάσεων KAM1 επιτυγχάνεται εξοικονόμηση 101.322,33 kWh, ενώ για την αποθήκη KAM2 η αντίστοιχη εξοικονόμηση σε ποσά ενέργειας είναι 6.419,83 kWh.

Με το κόστος ενέργειας που πληρώνει η επιχείρηση στην ΔΕΗ σύμφωνα με τα τιμολόγια να ισούται με:

$$KE = 0,11 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

Το όφελος σε οικονομικούς όρους παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 45: Οικονομικό όφελος από εξοικονόμηση ενέργειας φωτισμού

Αποθήκη	Κόστος Ενέργειας (€/kWh)	Ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ετήσιο Οικονομικό Όφελος (€)
KAM1	0,11	101.322,33	11.126,91
KAM2		6.419,83	705

Μειωμένα έξοδα για Αντικατάσταση Λαμπτήρων

Σημειώθηκε, προηγουμένως, πως σύμφωνα με τον κατασκευαστή η διάρκεια ζωής των νέων λαμπτήρων ανέρχεται σε 50.000 ώρες λειτουργίας.

Με βάση τις ετήσιες ώρες λειτουργίας των λαμπτήρων στους χώρους αποθηκών των KAM1 και KAM2, προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας για τα χρόνια ζωής των λαμπτήρων.

Πίνακας 46: Χρόνια ζωής νέων λαμπτήρων

Αποθήκη	Διάρκεια Ζωής Λαμπτήρων LED	Ετήσιες Ώρες Λειτουργίας (h)	Χρόνια Ζωής Λαμπτήρων LED
KAM1	50.000	3.337	15
KAM2	50.000	1.565	31

Γίνεται κατανοητό πως στην διάρκεια της μελέτης δε θα χρειαστεί αντικατάσταση των λαμπτήρων, οπότε τα έξοδα αντικατάστασης και συντήρησης είναι μηδενικά.

Για τους λαμπτήρες φθορισμού από έρευνα της αγοράς θεωρήθηκε πως η διάρκεια ζωής τους ανέρχεται στις 20.000 ώρες λειτουργίας.

Εκτιμάται από δεδομένα της εταιρείας πως κάθε χρόνο επιβάλλεται η αντικατάσταση του 15% των λαμπτήρων που υπάρχουν στα φωτιστικά σώματα στους χώρους των αποθηκών.

Συνεπώς, γίνεται ετήσια αντικατάσταση 450 λαμπτήρων για τους χώρους της KAM1 και 55 για την KAM2.

Με κόστος αγοράς λαμπτήρα φθορισμού 10€ και επιπλέον χρέωση 15% επί της τιμής αγοράς για την εγκατάστασή τους, δηλαδή τελικό κόστος αντικατάστασης ανά λαμπτήρα 11,5€, προκύπτουν τα αντίστοιχα ετήσια έξοδα για τις δύο αποθήκες.

Πίνακας 47: Ετήσιο κόστος αντικατάστασης λαμπτήρων

Αποθήκη	Ποσότητες Αντικατάστασης	Ετήσιο Κόστος Αντικατάστασης (€)
KAM1	450	5.175
KAM2	55	632,5

7.1.2.2 Μη Ενεργειακά Οφέλη

Μειωμένες εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με τον συντελεστή που εφαρμόζεται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 για τον υπολογισμό των εκλυόμενων κιλών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) για κάθε μονάδα παραγόμενης ενέργειας, προκύπτει το οικονομικό όφελος από την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Οπότε, η εξοικονόμηση ενέργειας που υπολογίστηκε οδηγεί σε μειωμένη ποσότητα CO₂ και τελικά οικονομικό κέρδος, όπως παρουσιάζεται ακολούθως.

$$P_{CO_2} = E_{saved} * 0.989 \frac{kgCO_2}{kWh} = 101.322,33 kWh * 0.989 \frac{kgCO_2}{kWh}$$

$$P_{CO_2} = 100.207,78 kg CO_2$$

$$P_{CO_2} = 100,21 tn CO_2$$

$$K_{CO_2} = 25 \frac{\text{€}}{tn CO_2} * P_{CO_2} = 2.505,20 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

Με την ίδια διαδικασία υπολογίζεται και το οικονομικό όφελος και για την αποθήκη KAM2 από την μειωμένη κατανάλωση ενέργειας φωτισμού και την επακόλουθη παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα.

Τα αποτελέσματα δίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 48: Επιτευχθείσα μείωση ρύπων

Αποθήκη	Ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Τόνοι Διοξειδίου του Άνθρακα CO ₂ (tn)	Ετήσιο Οικονομικό Όφελος (€)
KAM1	101.322,33	100,21	2.505,2
KAM2	6.419,83	6,35	158,7

7.1.2.3 Οικονομική Αξιολόγηση

Τα αποτελέσματα της οικονομικής μελέτης αναλύθηκαν τόσο για χρήση των Μη Ενεργειακών Οφελών (NEB: Non Energy Benefits) όσο και χωρίς. Τα αποτελέσματα για τις αποθήκες KAM1 και KAM2 παρουσιάζονται ακολούθως:

KAM1

Πίνακας 49: Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης Πρότασης Α για KAM1

Δείκτης	Without NEB	With NEB
Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)	-295,55	11.403,41
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	9,9 %	12,9 %
Χρόνος Αποπληρωμής σε χρόνια	-	8,69

Παρατηρείται πως αν συνυπολογιστούν μόνο τα ενεργειακά οφέλη οι οικονομικοί δείκτες αξιολόγησης δεν ικανοποιούν τους όρους της επιχείρησης. Τα χρόνια αποπληρωμής της επένδυσης ξεπερνούν τα 10 χρόνια, δηλαδή το ανώτατο όριο που θέτει η επιχείρηση.

Όμως, αν συνυπολογιστούν και τα μη ενεργειακά οφέλη η διάρκεια αποπληρωμής της επένδυσης ανέρχεται στα 8,69 χρόνια και εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι 2 μονάδες μεγαλύτερος από το προεξοφλητικό επιτόκιο.

KAM2

Πίνακας 50: Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης Πρότασης Α για KAM2

Δείκτης	Without NEB	With NEB
Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)	-2.362,41	-1.621,16
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	4,2 %	6,1 %
Χρόνος Αποπληρωμής σε χρόνια	-	-

Αντίστοιχα, για την αποθήκη KAM2 η επένδυση δεν κρίνεται αποδοτική σε καμία από τις δύο περιπτώσεις.

7.1.2.4 Λόγοι απόρριψης της Πρότασης Α

Η παραπάνω πρόταση, δηλαδή η αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού ισχύος 28W, οι οποίοι περιλαμβάνονται στα εγκατεστημένα φωτιστικά σώματα, με αντίστοιχου μήκους και συνδεσμολογίας λαμπτήρες μικρότερης κατανάλωσης LED ισχύος 18,5W δεν προτείνεται σαν ενδεδειγμένη λύση εξοικονόμησης ενέργειας. Αυτό συμβαίνει για μία σειρά από λόγους, οι οποίοι θα αναλυθούν παρακάτω.

Τυποποίηση Φωτιστικού σώματος CE

Κάθε συσκευή, όπως για παράδειγμα τα φωτιστικά σώματα, πριν διατεθεί από την κατασκευάστρια εταιρεία στην αγορά οφείλει να έχει πιστοποιηθεί και τυποποιηθεί με σήμανση CE, όπως καθορίζεται από την Οδηγία 2004/35/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την εναρμόνιση των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με την διαθεσιμότητα στην αγορά

ηλεκτρολογικού υλικού που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί εντός ορισμένων ορίων τάσης. (Directive 2014/35/EU, 2014)

Η σήμανση CE συμβολίζει και εξασφαλίζει τη συμμόρφωση της κατασκευάστριας εταιρείας προς όλες τις υποχρεώσεις που επιβάλλονται σε αυτή για το εκάστοτε προϊόν, σύμφωνα με τις Οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Με βάση την παραπάνω οδηγία και τις Οδηγίες Χαμηλής Τάσης (Low Voltage Directive) και Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας (Electromagnetic Compatibility) οποιαδήποτε αλλαγή στον ηλεκτρικό εξοπλισμό του φωτιστικού σώματος απαιτεί νέα τεστ για την τυποποίησή του και την λήψη σήμανσης CE.

Τέτοια αλλαγή είναι και η αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού με τους οποίους έχει τυποποιηθεί το προϊόν με νέους διαφορετικούς λαμπτήρες.

Αδυναμία διενέργειας Φωτομετρικής Μελέτης

Επιπροσθέτως, σε κάθε χώρο εργασίας και ειδικότερα σε βιομηχανικούς χώρους και χώρους υψηλών απαιτήσεων και κινδύνου ατυχημάτων, είναι μείζονος σημασίας να πληρούνται τα όρια και οι απαιτήσεις φωτισμού, όπως παρουσιάστηκε προηγουμένως.

Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιείται μελέτη φωτισμού, η οποία αξιοποιεί τα φωτομετρικά αρχεία, τα οποία δίνει ο κατασκευαστής για κάθε φωτιστικό που διαθέτει με τους λαμπτήρες που πωλείται το κάθε φωτιστικό σώμα.

Συνεπώς, η αλλαγή των λαμπτήρων που περιλαμβάνει το φωτιστικό σώμα οδηγεί σε αλλαγή του φωτομετρικού αρχείου του φωτιστικού.

Διάρκεια Ζωής Εξοπλισμού

Όπως τα φωτιστικά, έτσι και ο υπόλοιπος εξοπλισμός του φωτιστικού σώματος έχει μία καθορισμένη διάρκεια ζωής. Τέτοιος εξοπλισμός μπορεί να είναι τα καλύμματα του φωτιστικού σώματος και οι λυχνιολαβές.

Συνεπώς, παρά το γεγονός πως ένας καινούργιος λαμπτήρας LED έχει διάρκεια ζωής 50.000 ώρες, αν τα φωτιστικά σώματα ή οποιοδήποτε επιμέρους εξάρτημά τους χαλάσει θα πρέπει να αντικατασταθεί ολόκληρο.

Συμπερασματικά, είναι κοινή και λογική πρακτική η αντικατάσταση ολόκληρου του φωτιστικού σώματος και όχι μεμονωμένα των λαμπτήρων αυτού.

7.1.3 Πρόταση Β: Αναβάθμιση Τεχνητού Φωτισμού με αντικατάσταση φωτιστικών σωμάτων φθορισμού με φωτιστικά σώματα LED

Σε αυτή την περίπτωση εξετάστηκε η αναβάθμιση του τεχνητού φωτισμού του χώρου των αποθηκών των εγκαταστάσεων των ΚΑΜ1 και ΚΑΜ2 με αντικατάσταση των παλαιών φωτιστικών σωμάτων φθορισμού από νέα φωτιστικά σώματα τεχνολογίας LED.

Τα φωτιστικά επιλέχθηκαν με βάση συγκεκριμένες προδιαγραφές.

Διάχυση Φωτός

Αρχικά, σύμφωνα με τον Πίνακα 39, για να καλύπτονται οι απαιτήσεις στις επιφάνειες εργασίας στους χώρους των αποθηκών, θα πρέπει η ελάχιστη ένταση φωτισμού να είναι 200 lux για το μέτωπο των ραφιών και 150 lux για τους διαδρόμους.

Η διάχυση φωτισμού μετράται σε μοίρες ($^{\circ}$), στις οποίες μπορεί το φωτιστικό σώμα να φωτίσει τον περιβάλλοντα χώρο του.

Αφού η ανάγκη για ένταση φωτισμού είναι μεγαλύτερα στα ράφια, το φωτιστικό που επιλέγεται καλείται να προσφέρει ευρεία διάχυση φωτός (WB: Wide Beam, VWB: Very Wide Beam).

Φωτιστικά σώματα που προσφέρουν ευρεία ή πολύ ευρεία διάχυση, παράγουν φως σε γωνίες μεγαλύτερες από 90° .

Δείκτες Προστασίας IP και IK

Στη συνέχεια, σημειώνεται πως το φωτιστικό σώμα προορίζεται για χώρους αποθηκών με αυξημένες ποσότητες σκόνης στην ατμόσφαιρα, όπου δραστηριοποιούνται και περονοφόρα οχήματα. Συνεπώς, κρίνεται θετικό το φωτιστικό σώμα να διαθέτει αυξημένους συντελεστές προστασίας τόσο από σκόνη όσο και από θραύση.

Οι δείκτες που κρίνουν τον βαθμό προστασίας του φωτιστικού σώματος από τους παράγοντες της διείσδυσης σκόνης και της θραύσης είναι οι εξής. (https://www.degg.com/ip_ik_rating.html)

1. Βαθμός Στεγανότητας/ Δείκτης Προστασίας Διείσδυσης IP (Ingress Protection Rating)

Ο συγκεκριμένος δείκτης συνοδεύεται από δύο αριθμούς και είναι της μορφής IKxy.

- Ο αριθμός x υποδεικνύει την προστασία ενάντια της διείσδυσης στερεών σωματιδίων διαφόρων διαμέτρων, όπως σκόνη, γεγονός που έχει σαν

αποτέλεσμα μειωμένη απόδοση του φωτιστικού σώματος. Λαμβάνει τιμές από 0 με μέγιστο αριθμό το 6, το οποίο υποδηλώνει μηδενική εισχώρηση και απόλυτη προστασία από σκόνη.

- Ο αριθμός γ αναφέρεται στην προστασία του φωτιστικού σώματος από το νερό. Οι τιμές του κυμαίνονται από 0 μέχρι 9, με το 9 να υποδηλώνει προστασία από έντονο ψεκασμό με νερό υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας.

2. Αντιβανδαλιστικός Βαθμός Προστασίας/ Δείκτης Προστασίας Θραύσης IK (Impact Protection Rating)

Ο δείκτης IK προσδιορίζει την προστασία του φωτιστικού σώματος από πρόσκρουση και λαμβάνει τιμές από 0 μέχρι 10, με την τιμή 10 να αναφέρεται στα πιο ανθεκτικά φωτιστικά σώματα.

Κάθε τιμή του δείκτη υποδηλώνει προστασία του φωτιστικού έναντι χτυπήματος συγκεκριμένης δύναμης, μετρούμενη σε μονάδες Joule. Η τιμή 10 υποδηλώνει αντοχή σε χτύπημα από αντικείμενο βάρους 5 κιλών, το οποίο πέφτει από ύψος 400mm στο φωτιστικό.

Για χώρους αποθηκών, για μεγαλύτερη προστασία και λιγότερα έξοδα αντικατάστασης φωτιστικών εξαιτίας φθοράς από συγκρούσεις και σκόνη, προτιμώνται φωτιστικά σώματα με βαθμούς προστασίας IP65 και IK08.

Ο βαθμός προστασίας IP65 προσφέρει προστασία από διείσδυση σκόνης και από δέσμη νερού.

Αντίστοιχα, ο δείκτης IK08 προσφέρει προστασία από σύγκρουση δύναμης 5 Joule.

Σχετική Θερμοκρασία Χρώματος Φωτός (Correlated Color Temperature : CCT)

Η Σχετική Θερμοκρασία Χρώματος του φωτός, το οποίο προσφέρουν τα φωτιστικά σώματα και οι λαμπτήρες μετράται σε μονάδες θερμοκρασίας Kelvin (K).

Είναι ένας τρόπος να περιγραφεί η ποιότητα και η αίσθηση του φωτός που παράγει το φωτιστικό.

Πιο συγκεκριμένα, η βασική συσχέτιση θερμοκρασίας χρώματος και ποιότητας φωτός δίνεται ακολούθως.

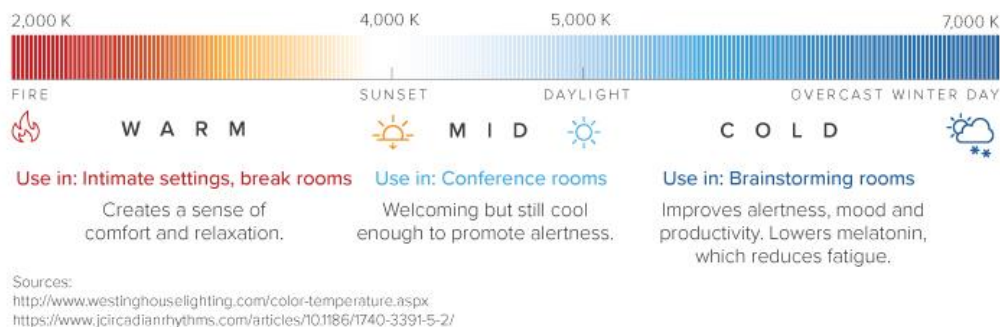
- Θερμοκρασία μικρότερη των 3.000 Kelvin (< 3.000K) δίνει ζεστό λευκό χρώμα φωτός (warm white) μεταξύ πορτοκαλί και κίτρινο λευκό χρώμα και προτιμάται για χώρους σπιτιών και χαλάρωσης
- Θερμοκρασία φωτός μεταξύ 3.500 και 4.000 Kelvin (3.500 – 4.000K) δίνει χρώμα ουδέτερο λευκό (neutral white)

- Θερμοκρασία φωτός μεγαλύτερη των 4.000 βαθμών Kelvin (> 4000K) προσφέρει φως ψυχρό λευκό (cool daylight). Το φως αυτό προσεγγίζει την ποιότητα του φωτός κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Σύμφωνα με μελέτες (P.R. Mills et al, 2007) φως θερμοκρασίας ίσης ή μεγαλύτερης των 4.000 Kelvin βοηθάει στην διατήρηση καλής διάθεσης και παραγωγικότητας των εργαζομένων. Ταυτόχρονα, αποτρέπει την χαλάρωση και την κούραση των ματιών. Αυτό αποτελεί πολλή σημαντική προϋπόθεση για την εργασία σε χώρους αποθηκών, καθώς βοηθά στην αποτροπή ατυχημάτων.

How Lighting Affects Productivity

One of the most striking factors influencing how we work is the color temperature — measured in Kelvin (K) — of the light sources we're exposed to on a regular basis.



Εικόνα 5: Επίδραση φωτός στην παραγωγικότητα των εργαζομένων (P.R. Mills et al, 2007)

Συνεπώς, η αναζήτηση φωτιστικών σωμάτων για αντικατάσταση των ήδη υπαρχόντων επικεντρώθηκε σε φωτιστικά τα οποία παράγουν θερμοκρασία χρώματος φωτός 4.000 Kelvin ή μεγαλύτερης.

Δυνατότητα Μείωσης Έντασης Φωτισμού (Dimmable)

Για την επίτευξη μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας φωτισμού είναι σημαντικό τα φωτιστικά σώματα να έχουν δυνατότητα μείωσης της έντασης του φωτισμού που μπορούν να προσφέρουν, οπότε, σαν επακόλουθο και της ισχύος τους.

Συνεπώς, κρίνεται απαραίτητο τα φωτιστικά σώματα να προσφέρουν την παραπάνω δυνατότητα. Οι κατασκευαστές ονομάζουν τέτοια φωτιστικά dimmable.

Επιλογή Φωτιστικού Σώματος

Τελικά, προκειμένου να τηρούνται όλα τα παραπάνω κριτήρια, επιλέχθηκε το φωτιστικό σώμα της PHILIPS LIGHTING GentleSpace Gen3 BY480P LED130S/840 PSD WB PC SI.

Η ισχύς του συγκεκριμένου φωτιστικού είναι 84W.

Η τιμή αγοράς του ανέρχεται στα 138,4€.

Το συγκεκριμένο φωτιστικό σώμα προορίζεται για αποθήκες και χώρους με υψηλό ταβάνι.

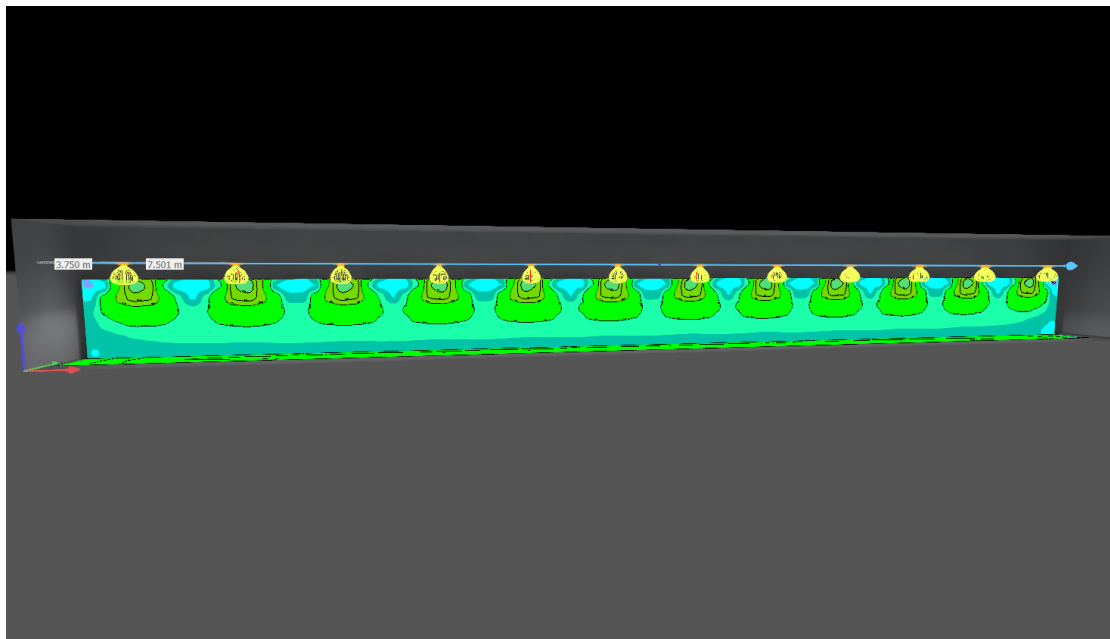
Για να διερευνηθεί η επάρκεια του συγκεκριμένου φωτιστικού σώματος στην κάλυψη των αναγκών φωτισμού των χώρων των αποθηκών, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Dialux.

Στο πρόγραμμα Dialux δημιουργήθηκε ένας ενδεικτικός διάδρομος αποθήκης, ώστε να προσομοιώνονται όσο το δυνατόν καλύτερα οι αποθήκες των ΚΑΜ1 και ΚΑΜ2.

Τα χαρακτηριστικά του ενδεικτικού διαδρόμου είναι τα εξής.

- Πλάτος: 3,5 m
- Μήκος: 90 m
- Ύψος αποθήκης: 8,5 m
- Ύψος ραφιών: 6 m

Στην ακόλουθη Εικόνα 6 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της μελέτης στο πρόγραμμα Dialux.



Εικόνα 6: Αποτελέσματα Dialux για διαδρόμους αποθήκευσης

Τα φωτιστικά σώματα για μέγιστη αποτελεσματικότητα και φωτισμό των ραφιών τοποθετήθηκαν σε ύψος 7,2m από το έδαφος, δηλαδή 1,2m πάνω από το μέγιστο ύψος των ραφιών.

Η απόσταση μεταξύ των φωτιστικών σωμάτων είναι 7.5m.

Συνεπώς, σε διάδρομο μήκους 90m τοποθετήθηκαν 12 φωτιστικά σώματα.

Αυτή η θεώρηση χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ποσότητας των φωτιστικών σωμάτων που θα τοποθετηθούν για την αναβάθμιση του τεχνητού φωτισμού των αποθηκών.

Στα Κτίρια Β και Γ της ΚΑΜ1 υπάρχουν και χώροι χαμηλού ύψους, για τους οποίους επιλέγεται διαφορετικό φωτιστικό σώμα.

Στους χώρους αυτούς θα χρησιμοποιηθεί φωτιστικό σώμα στεγανό οροφής της εταιρείας BRIGHT SPECIAL LIGHTING PALIO 2L FROSTED στεγανό 4000K.

Η ισχύς του συγκεκριμένου φωτιστικού είναι 46.4W.

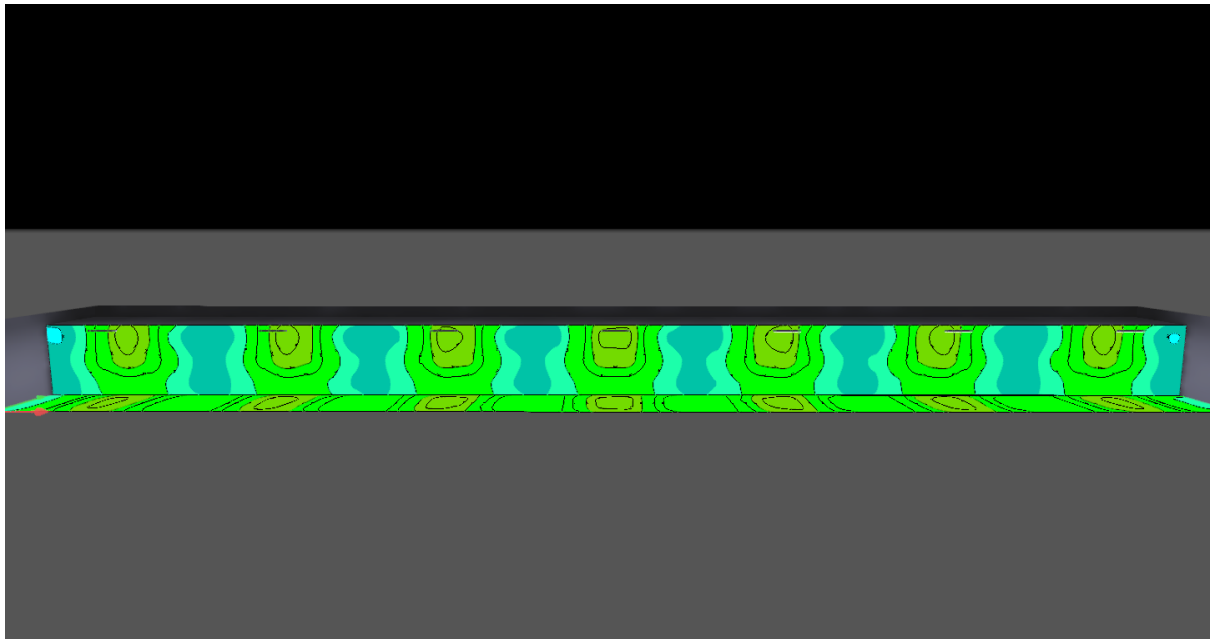
Η τιμή αγοράς του ανέρχεται στα 72,8€.

Σε αυτή την περίπτωση στο πρόγραμμα Dialux δημιουργήθηκαν δύο ενδεικτικοί χώροι. Ένας για τους χώρους παταριών των Κτιρίων Β και Γ και ένας για τους χώρους εκφόρτωσης και συλλογής παραγγελιών.

Για τα πατάρια τα χαρακτηριστικά του ενδεικτικού χώρου είναι:

- Πλάτος: 2,5 m
- Μήκος: 50 m
- Ύψος αποθήκης: 3 m
- Ύψος ραφιών: 2,8 m

Στην ακόλουθη εικόνα παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της μελέτης στο πρόγραμμα Dialux.



Εικόνα 7: Αποτελέσματα Dialux για πατάρια

Τα φωτιστικά σώματα για μέγιστη αποτελεσματικότητα και φωτισμό των ραφιών τοποθετήθηκαν σε ύψος 3m από το έδαφος, δηλαδή 0,2m πάνω από το μέγιστο ύψος των ραφιών.

Η απόσταση μεταξύ των φωτιστικών σωμάτων είναι 7.2m.

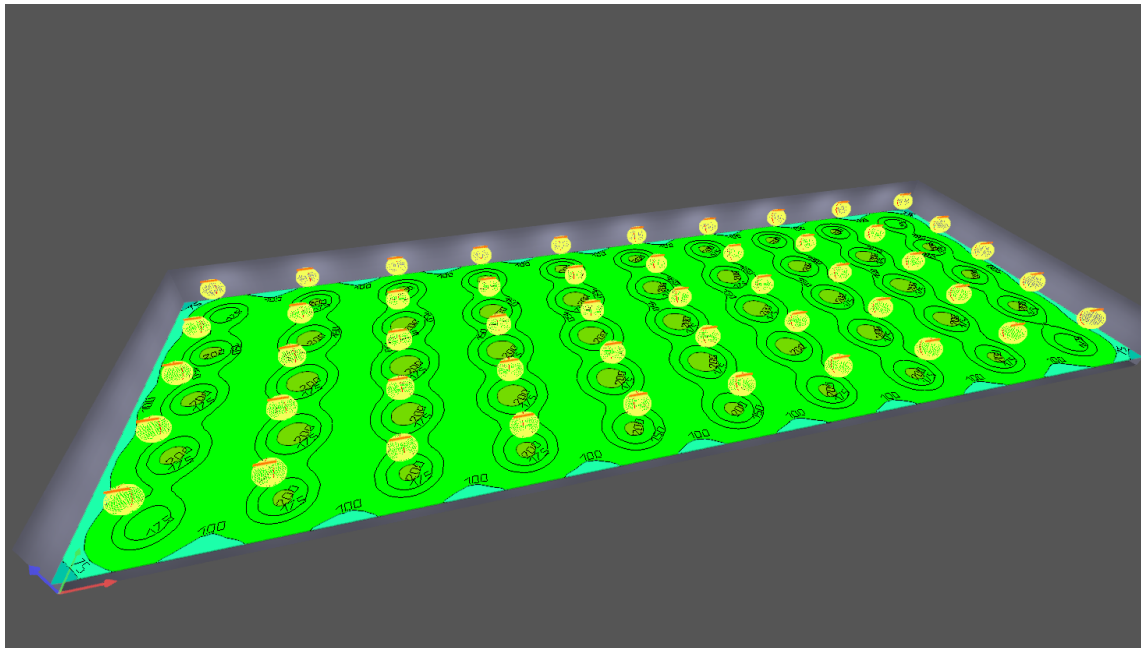
Συνεπώς, σε διάδρομο μήκους 50m τοποθετήθηκαν 7 φωτιστικά σώματα.

Αυτή η θεώρηση χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ποσότητας των φωτιστικών σωμάτων που θα τοποθετηθούν για την αναβάθμιση του τεχνητού φωτισμού των παταριών στα Κτίρια Β και Γ.

Για τους χώρους διακίνησης, εκφόρτωσης και συλλογής παραγγελιών τα χαρακτηριστικά του ενδεικτικού χώρου είναι:

- Πλάτος: 25 m
- Μήκος: 70 m
- Ύψος χώρου: 4 m

Στην ακόλουθη εικόνα παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της μελέτης στο πρόγραμμα Dialux.



Εικόνα 8: Αποτελέσματα Dialux για χώρους διακίνησης

Για την επίτευξη επάρκειας φωτισμού τοποθετήθηκαν 10 σειρές από 5 φωτιστικά σώματα.

Δηλαδή, οι σειρές απέχουν μεταξύ τους 7m και τα φωτιστικά σώματα σε κάθε σειρά 5m.

Αυτή η θεώρηση χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ποσότητας των φωτιστικών σωμάτων που θα τοποθετηθούν για την αναβάθμιση του τεχνητού φωτισμού των χώρων εκφόρτωσης και συλλογής παραγγελιών.

Σύμφωνα με τις παραπάνω θεωρήσεις το σύνολο των φωτιστικών σωμάτων που θα τοποθετηθούν στους χώρους αποθηκών και εκφόρτωσης της KAM1 παρουσιάζονται παρακάτω.

Πίνακας 51: Ποσότητα και ισχύς φωτιστικών σωμάτων LED για KAM1

Κτίριο	Τύπος Φωτιστικού	Ποσότητα	Ισχύς Φωτιστικού (W)	Συνολική Ισχύς (kW)
Κτίριο Α	Φωτιστικό LED Philips 84W	116	84	9,74
	Φωτιστικό σώμα στεγανό 46,4W	3	46,4	0,14
Κτίριο Β	Φωτιστικό LED Philips 84W	141	84	11,84
	Φωτιστικό σώμα στεγανό 46,4W	90	46,4	4,18
Κτίριο Γ	Φωτιστικό LED Philips 84W	285	84	23,94

Κτίριο	Τύπος Φωτιστικού	Ποσότητα	Ισχύς Φωτιστικού (W)	Συνολική Ισχύς (kW)
	Φωτιστικό σώμα στεγανό 46,4W	122	46,4	5,66
Κτίριο Δ	Φωτιστικό LED Philips 84W	17	84	1,43
Σύνολο KAM1	Φωτιστικό LED Philips 84W	559	84	46,96
	Φωτιστικό σώμα στεγανό 46,4W	215	46,4	9,98

Αντίστοιχα για τον χώρο αποθήκης της KAM2.

Πίνακας 52: Ποσότητα και ισχύς φωτιστικών σωμάτων LED για KAM2

Τύπος Φωτιστικού	Ποσότητα	Ισχύς Φωτιστικού (W)	Συνολική Ισχύς (kW)
Φωτιστικό LED Philips 84W	85	84	7,14

Το συνολικό κεφάλαιο που απαιτείται για την προτεινόμενη αναβάθμιση φωτισμού αναλύεται ακολούθως.

Για την αφαίρεση των υπαρχόντων και την εγκατάσταση των νέων φωτιστικών θεωρήθηκε ένα κόστος 15% επί της τιμής αγοράς τους, συνεπώς, το τελικό κόστος επένδυσης δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 53: Κόστος επένδυσης για φωτιστικά σώματα LED

Κτίριο	Τύπος Φωτιστικού	Ποσότητα	Συνολικό Κόστος Φωτιστικών (€)	Τελικό Κόστος Επένδυσης (€)
Κτίριο Α	Φωτιστικό LED Philips 84W	116	16.272,8	18.713,72
	Φωτιστικό σώμα στεγανό 46,4W	3		
Κτίριο Β	Φωτιστικό LED Philips 84W	141	26.066,4	29.976,36
	Φωτιστικό σώμα στεγανό 46,4W	90		
Κτίριο Γ	Φωτιστικό LED Philips 84W	285	48.325,6	55.574,44
	Φωτιστικό σώμα στεγανό 46,4W	122		
Κτίριο Δ	Φωτιστικό LED Philips 84W	17	2352,8	2.705,72

Κτίριο	Τύπος Φωτιστικού	Ποσότητα	Συνολικό Κόστος Φωτιστικών (€)	Τελικό Κόστος Επένδυσης (€)
Σύνολο KAM1	Φωτιστικό LED Philips 84W	559	93.017,6	106.970,24
	Φωτιστικό σώμα στεγανό 46,4W	215		
KAM2	Φωτιστικό LED Philips 84W	85	11.764	13.528,6

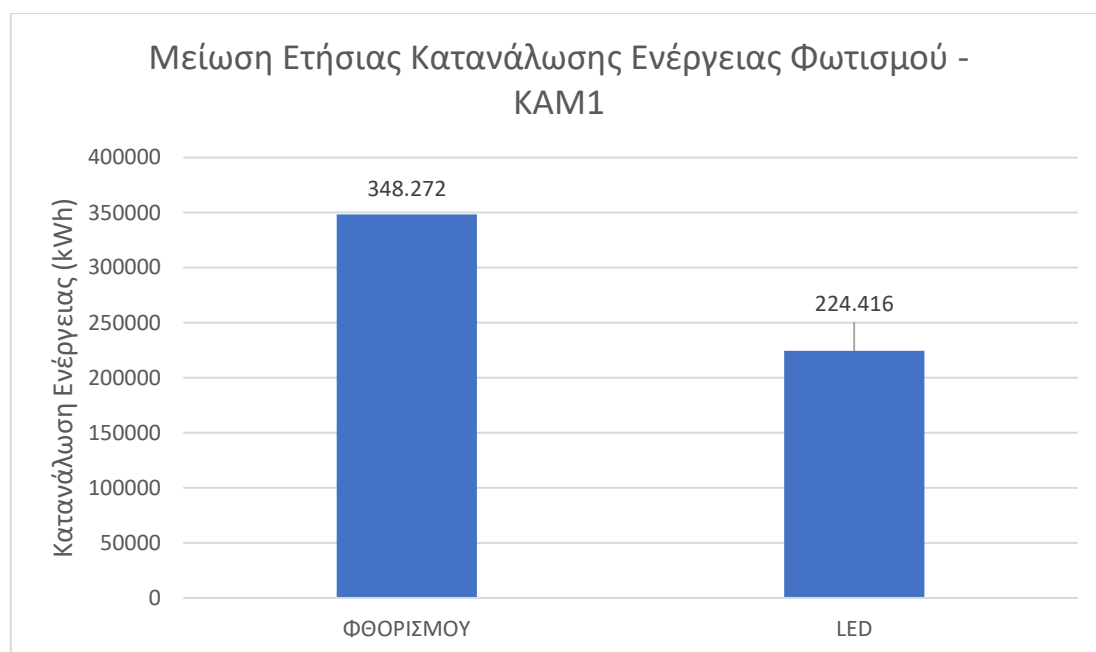
7.1.3.1 Ενεργειακά Οφέλη

Με τις αντικαταστάσεις των φωτιστικών σωμάτων φθορισμού σε σύγχρονα φωτιστικά σώματα τεχνολογίας LED επιτεύχθηκε η μείωση της εγκατεστημένης ισχύος φωτισμού στους χώρους των αποθηκών και συνεπώς, για τα ίδια ωράρια λειτουργίας με την υφιστάμενη κατάσταση μειωμένη κατανάλωση φωτισμού για τους χώρους των αποθηκών.

Πίνακας 54: Μείωση εγκατεστημένης ισχύος και κατανάλωσης ενέργειας

Κτίριο	Εγκατεστημένη Ισχύς Φωτισμού (kW)	Κατανάλωση Ενέργειας (kWh)	Νέα Εγκατεστημένη Ισχύς Φωτισμού (kW)	Νέα Κατανάλωση Ενέργειας (kWh)
Κτίριο Α	16,76	55.925,18	10,88	36.318,79
Κτίριο Β	28,99	96.739,77	17,02	56.798,17
Κτίριο Γ	56,62	188.935,68	38	126.814,1
Κτίριο Δ	2	6.671,62	1,43	4.485,12
Σύνολο KAM1	104,37	348.272,25	67,33	224.416,18
KAM2	11,17	18.493,61	7,14	11.169

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων αυτών σε μορφή διαγράμματος δίνω τα ακόλουθα διαγράμματα για KAM1 και KAM2.



Σχήμα 20: Μείωση ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας φωτισμού στην ΚΑΜ1

Υπολογίζεται πως με την αναβάθμιση του τεχνητού φωτισμού επιτυγχάνεται μείωση της κατανάλωσης ενέργειας της τάξεως του 35,56%.

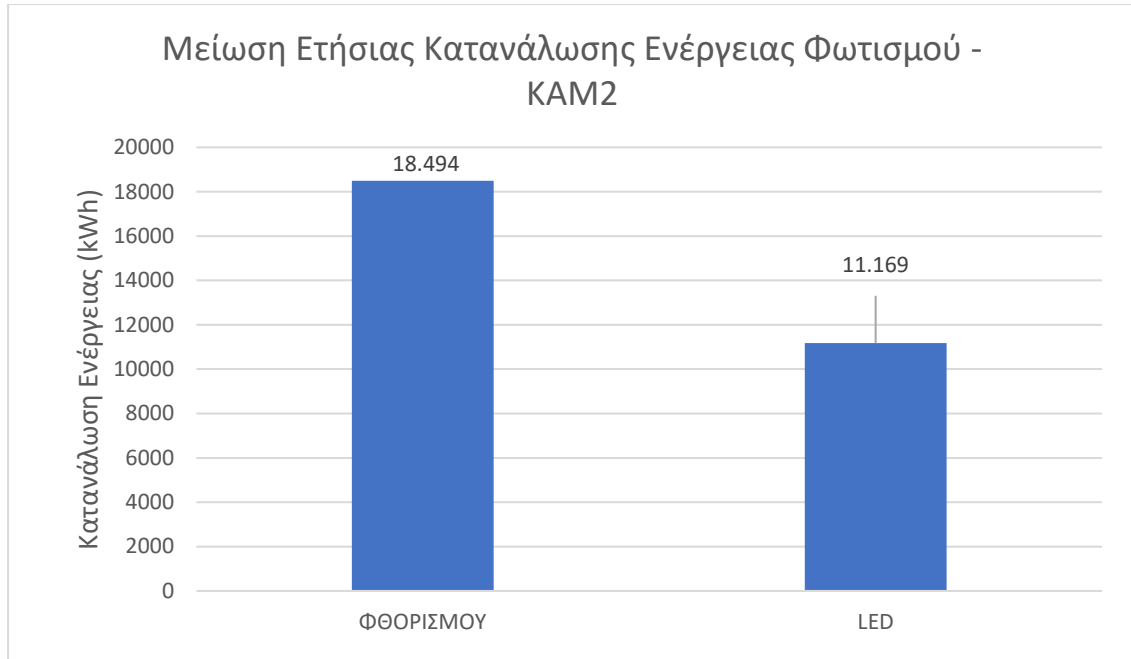
Συνεπώς, επιτυγχάνεται μείωση 123.856,1 kWh.

Για τις αποθήκες των επιμέρους κτιρίων της ΚΑΜ1 τα ποσοστά μείωσης της κατανάλωσης και οι επιμέρους εξοικονομήσεις ενέργειας παρουσιάζονται στον Πίνακα 55.

Πίνακας 55: Ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας στα επιμέρους κτίρια της ΚΑΜ1

Κτίριο	Κατανάλωση Ενέργειας (kWh)	Νέα Κατανάλωση Ενέργειας (kWh)	Ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Μείωσης (%)
Κτίριο Α	55.925,18	36.318,79	19.606,38	35,06
Κτίριο Β	96.739,77	56.798,17	39.941,6	41,29
Κτίριο Γ	188.935,68	126.814,10	62.121,58	32,88
Κτίριο Δ	6.671,62	4.485,12	2.186,5	32,77

Αντίστοιχα, για την ΚΑΜ2.



Σχήμα 21: Μείωση ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας φωτισμού στην ΚΑΜ2

Υπολογίζεται πως με την αναβάθμιση του τεχνητού φωτισμού του χώρου αποθηκών της ΚΑΜ2 επιτυγχάνεται μείωση της κατανάλωσης ενέργειας της τάξεως του 39,61%.

Συνεπώς, επιτυγχάνεται μείωση 7.324,61 kWh.

Με το κόστος ενέργειας που πληρώνει η επιχείρηση στην ΔΕΗ σύμφωνα με τα τιμολόγια να ισούται με:

$$KE = 0,11 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

Το όφελος σε οικονομικούς όρους παρουσιάζεται στον ακόλουθο Πίνακα 56.

Πίνακας 56: Οικονομικό όφελος από εξοικονόμηση ενέργειας φωτισμού

Κτίριο	Κόστος Ενέργειας (€/kWh)	Ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ετήσιο Οικονομικό Όφελος (€)
Κτίριο Α		19.606,38	2.153,11
Κτίριο Β		39.941,6	4.386,27
Κτίριο Γ	0,11	62.121,58	6.822,01
Κτίριο Δ		2.186,5	240,11
Σύνολο KAM1		123.856,1	13.601,5
KAM2	0,11	7.324,61	804,37

Μειωμένα έξοδα για Αντικατάσταση Λαμπτήρων

Η διάρκεια ζωής των νέων φωτιστικών δίνεται από τους κατασκευαστές των φωτιστικών μεγαλύτερη από 50.000 ώρες λειτουργίας.

Με βάση τις ετήσιες ώρες λειτουργίας των λαμπτήρων στους χώρους αποθηκών των KAM1 και KAM2, προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας για τα χρόνια ζωής των λαμπτήρων.

Πίνακας 57: Χρόνια ζωής νέων λαμπτήρων

Αποθήκη	Διάρκεια Ζωής Λαμπτήρων LED	Ετήσιες Ώρες Λειτουργίας (h)	Χρόνια Ζωής Λαμπτήρων LED
KAM1	>50.000	3.337	>15
KAM2	>50.000	1.565	>31

Γίνεται κατανοητό πως στην διάρκεια της μελέτης δε θα χρειαστεί αντικατάσταση των φωτιστικών, οπότε τα έξοδα αντικατάστασης και συντήρησης είναι μηδενικά.

Για τα φωτιστικά φθορισμού από έρευνα της αγοράς θεωρήθηκε πως η διάρκεια ζωής τους ανέρχεται στις 20.000 ώρες λειτουργίας.

Εκτιμάται από δεδομένα της εταιρείας πως κάθε χρόνο επιβάλλεται η αντικατάσταση του 15% των φωτιστικών στους χώρους των αποθηκών. Άρα, απαιτείται η αντικατάσταση 120 φωτιστικών την KAM1 και 15 στην KAM2.

Θεωρείται κόστος αντικατάστασης για κάθε φωτιστικό σώμα 60€.

Πίνακας 58: Ετήσιο Κόστος Αντικατάστασης φωτιστικών σωμάτων

Αποθήκη	Ποσότητες Αντικατάστασης	Ετήσιο Κόστος Αντικατάστασης (€)
KAM1	120	7.200
KAM2	15	900

Οπότε, η επένδυση εξασφαλίζει επιπλέον κέρδος 7.200€ για την KAM1 και 900€ για την KAM2.

7.1.3.2 Μη Ενεργειακά Οφέλη

Μειωμένες εκπομπές CO₂

Η εξοικονόμηση ενέργειας που υπολογίστηκε οδηγεί σε μειωμένη ποσότητα εκπομπών CO₂ και τελικά οικονομικό κέρδος, όπως παρουσιάζεται ακολούθως.

Με την ίδια διαδικασία υπολογίζεται και το οικονομικό όφελος και για την αποθήκη KAM2 από την μειωμένη κατανάλωση ενέργειας φωτισμού και την επακόλουθη παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα.

Τα αποτελέσματα δίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 59: Επιτευχθείσα μείωση ρύπων

Αποθήκη	Ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Τόνοι Διοξειδίου του Άνθρακα CO ₂ (tn)	Ετήσιο Οικονομικό Όφελος (€)
KAM1	123.856,1	122.49	3.062,34
KAM2	7.324,61	6,35	181.10

7.1.3.3 Οικονομική Αξιολόγηση

Τα αποτελέσματα της οικονομικής αξιολόγησης της επένδυσης για τις περιπτώσεις που δε συμπεριλαμβάνουμε και που συμπεριλαμβάνουμε τα ενεργειακά οφέλη παρουσιάζονται στους Πίνακες 60 και 61.

KAM1

Πίνακας 60: Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης Πρότασης Β για KAM1

Δείκτης	Without NEB	With NEB
Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)	5.944,77	20.245,7
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	11,3 %	14,2 %
Χρόνος Αποπληρωμής σε χρόνια	9,68	7,83

Από τον παραπάνω πίνακα των οικονομικών παραμέτρων της επένδυσης, διαπιστώνεται πως η εξέταση μόνο των ενεργειακών οφελών, τα οποία προκύπτουν από την αναβάθμιση του τεχνητού φωτισμού της αποθήκης KAM1, παρουσιάζει αποπληρωμή της επένδυσης σε 9,68 χρόνια και η επένδυση είναι οριακά αποδεκτή από την διοίκηση της επιχείρησης.

Όμως, όταν συνυπολογίζεται και το κέρδος από την μείωση των εκπομπών CO₂, τα οικονομικά αποτελέσματα βελτιώνονται αισθητά.

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης της επένδυσης υπερβαίνει κατά 4 μονάδες το προεξοφλητικό επιτόκιο και ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης μειώνεται κατά σχεδόν 2 χρόνια. Η αποπληρωμή πλέον πραγματοποιείται σε 7,83 χρόνια.

KAM2

Πίνακας 61: Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης Πρότασης Β για KAM2

Δείκτης	Without NEB	With NEB
Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)	-3.574,37	-2.728,66
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	3,4 %	5,1 %
Χρόνος Αποπληρωμής σε χρόνια	-	-

Για την αποθήκη KAM2 οι οικονομικοί δείκτες και η αποπληρωμή και στις δύο περιπτώσεις δεν δείχνουν μία επένδυση δελεαστική για την επιχείρηση.

7.1.4 Πρόταση Γ: Συνδυασμός Πρότασης Β με παράλληλη αξιοποίηση Φυσικού Φωτισμού με χρήση ηλιοσωλήνων

Συμπληρωματικά της αναβάθμισης του τεχνητού φωτισμού των αποθηκών με νέα φωτιστικά μειωμένης κατανάλωσης τεχνολογίας LED, όπως παρουσιάστηκε στην Πρόταση Β που προηγήθηκε, εξετάζεται και η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού του ήλιου με χρήση ηλιοσωλήνων.

Οι ηλιοσωλήνες λειτουργούν συμπληρωματικά του τεχνητού φωτισμού των αποθηκών.

Οι προδιαγραφές και οι απαιτήσεις φωτισμού στους χώρους των αποθηκών πρέπει να καλύπτονται όλες τις ώρες λειτουργίας των αποθηκών. Συνεπώς, αφού τις βραδινές ώρες οι ηλιοσωλήνες δε μπορούν να προσφέρουν φως στις αποθήκες, ο εγκατεστημένος τεχνητός φωτισμός πρέπει να επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες φωτισμού των αποθηκών.

Στόχος, λοιπόν της εγκατάστασης ηλιοσωλήνων είναι η αξιοποίηση της άφθονης ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας, ώστε να περιοριστεί ή να εκμηδενιστεί σε ορισμένες περιπτώσεις η κατανάλωση ενέργειας από τον τεχνητό φωτισμό.

Η χρήση ηλιοσωλήνων καλείται, συνεπώς, να συμβάλλει στην βιοκλιματική αναβάθμιση των εγκαταστάσεων και την μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της επιχείρησης. (C. Reinhart et al, 2006)

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων στοχεύει στην αξιοποίηση του περιβάλλοντος των κτιρίων, δηλαδή του τοπικού κλίματος, της ηλιακής ενέργειας και άλλων πηγών που καλούνται να χρησιμοποιηθούν με σκοπό την επίτευξη των επιθυμητών συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης στο εσωτερικό των χώρων.

Υφιστάμενη Κατάσταση

Οι περισσότεροι χώροι των αποθηκών στις εγκαταστάσεις δεν διαθέτουν ανοίγματα και παράθυρα, οπότε ο φωτισμός τους εξαρτάται σε απόλυτο βαθμό από τον τεχνητό φωτισμό που προσφέρουν τα φωτιστικά σώματα.

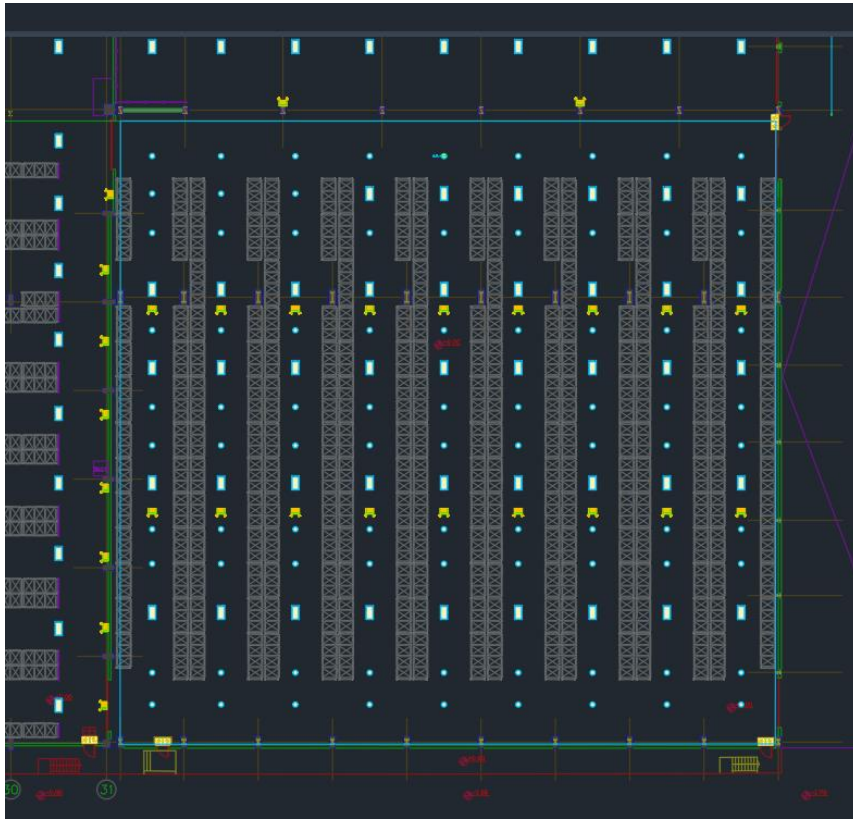
Σε αποθηκευτικό χώρο 2.660 m² στο Κτίριο Γ, γίνεται ήδη αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού μέσω ηλιοσωλήνων.

Οι συγκεκριμένοι ηλιοσωλήνες είναι διαμέτρου 400 mm και διαθέτουν εσωτερικά φωτιστικό σώμα 100 W.

Τα φωτιστικά σώματα εντός των ηλιοσωλήνων χρησιμοποιούνται τις βραδινές ώρες, ώστε να μην υπάρχει υποφωτισμός του χώρου.

Παράλληλα, είναι τοποθετημένοι σε ύψος 6,2 m.

Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η επιλεγμένη διάταξή τους στο χώρο που έχουν τοποθετηθεί.



Εικόνα 9: Εγκατεστημένοι ηλιοσωλήνες σε χώρο αποθήκης Κτιρίου Γ

Παρατηρείται πως σε κάθε διάδρομο 50 m είναι τοποθετημένοι 10 ηλιοσωλήνες και συνολικά 90 ηλιοσωλήνες σε χώρο 2.660 m².

Επιλογή Ηλιοσωλήνων

Για χώρους αποθηκών μεγάλου ύψους επιλέχθηκαν ηλιοσωλήνες MONODRAUGHT Diamond Dome διαμέτρου 450 mm από την εταιρεία MIPECO TRADING LTD.

Το βασικό πακέτο προμήθειας περιλαμβάνει τα ακόλουθα εξαρτήματα:

- Ακρυλικό πολυπρισματικό θόλο καμπύλης μορφής με UV προστασία
- Σφραγιστικό για φράγμα υδρατμών (Brushed nylon condensation trap)
- Ανακλαστικός σωλήνας 600 mm από αλουμίνιο με ειδική επεξεργασία εσωτερικά (Super Silver finish Aluminum)
- Απόληξη με πλαφονιέρα (orion white diffuser)
- Πλήρης συσκευασία και μικρο-υλικών για την εφαρμογή του ηλιοσωλήνα σε δώμα

Η τιμή του παραπάνω πακέτου ανέρχεται σε 600 €.

Συμπληρωματικά, για επέκταση ή αλλαγή φοράς του ηλιοσωλήνα, διατίθενται και τα ακόλουθα εξαρτήματα:

- Επέκταση ανακλαστικός σωλήνας 610 mm
- Γωνία 45 μοίρες
- Γωνία 30 μοίρες

Συγκεντρωτικά, τα πιθανά εξαρτήματα και τα κόστη τους δίνονται στον πίνακα:

Πίνακας 62: Κόστος εξαρτημάτων ηλιοσωλήνων

Εξάρτημα	Κόστος ανά τεμάχιο (€)
Βασικός ανακλαστικός σωλήνας Φ450 μήκους 600 mm	600
Επέκταση ανακλαστικός σωλήνας 610 mm	89,9
Γωνία 45 μοίρες	79,9
Γωνία 30 μοίρες	69,9

Στα παραπάνω κόστη περιλαμβάνεται και η εγκατάσταση του ηλιοσωλήνα.

Παράλληλα, δίνεται εγγύηση 10 ετών.

Στον Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2017 καθορίζεται η ζώνη ή περιοχή φυσικού φωτισμού (ΖΦΦ) από άνοιγμα οροφής.

Σαν ΖΦΦ ορίζεται η περιοχή που καλύπτεται με φυσικό φωτισμό από το άνοιγμα οροφής που μελετάται. Η διάμετρος της κυκλικής περιοχής αυτής εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του ανοίγματος, και πιο συγκεκριμένα το πλάτος του (W_{AO}), το ύψος στο οποίο βρίσκεται η απόληξη του ηλιοσωλήνα (h_K) και το ύψος της επιφάνειας εργασίας (h_{EE}) και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$D_{Z\Phi\Phi} = W_{AO} + 2 * (h_K - h_{EE}) * \tan 30^\circ$$

Επιλέγονται οι ακόλουθες τιμές για τις παραπάνω παραμέτρους:

Πίνακας 63: Παράμετροι υπολογισμού Ζώνης Φυσικού Φωτισμού

Παράμετρος	Τιμή
W_{AO}	0,45 m
h_K	6,7 m
h_{EE}	0 m

Σαν ύψος επιφάνειας εργασίας λαμβάνεται η επιφάνεια κίνησης των περονοφόρων οχημάτων στους χώρους των αποθηκών, άρα το δάπεδο.

Οπότε, η διάμετρος της ΖΦΦ προκύπτει:

$$D_{Z\Phi\Phi} = 0,45 + 2 * (6,7 - 0) * \tan 30^\circ$$

$$D_{Z\Phi\Phi} = 8,2 \text{ m}$$

$$\rightarrow R_{Z\Phi\Phi} = 4,1 \text{ m}$$

Ανάλογα με την επιλογή τοποθέτησης των ηλιοσωλήνων είναι απαραίτητο οι ΖΦΦ να εξοπλίζονται με τα κατάλληλα συστήματα διαχείρισης φυσικού φωτισμού.

Τέτοια συστήματα είναι η εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού και η σύζευξη φυσικού και τεχνητού φωτισμού για όλα τα φωτιστικά που περιλαμβάνονται στην ΖΦΦ του κάθε ηλιοσωλήνα.

Παράλληλα, για να είναι ουσιαστική η αξιοποίηση της εγκατάστασης ηλιοσωλήνων θα πρέπει να επιτυγχάνεται επάρκεια φυσικού φωτισμού.

Η επάρκεια δυναμικού προς αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού πραγματοποιείται με τον Παράγοντα Φυσικού Φωτισμού (ΠΦΦ, Daylight Factor: DF).

Η σχέση που καθορίζει τον ΠΦΦ για μία συγκεκριμένη ΖΦΦ είναι η ακόλουθη:

$$\text{ΠΦΦ [\%]} = \frac{\text{Ένταση Φωτός στο Εσωτερικό του χώρου [lux]}}{\text{Ένταση Φωτός στο Εξωτερικό του χώρου [lux]}} * 100\%$$

Σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα CEN/TC 169/WG 11- Daylight και EN 15193 (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2017) για την περιοχή της Αθήνας, δίνονται συγκεκριμένες τιμές του ΠΦΦ για επίτευξη της κατάλληλης έντασης:

- ΠΦΦ > 2,6 % για επίτευξη πάνω από 500 lux στο 50 % των ωρών με φυσικό φωτισμό
- ΠΦΦ > 1,5 % για επίτευξη πάνω από 300 lux στο 50 % των ωρών με φυσικό φωτισμό

Λόγω των απαιτήσεων φωτισμού που έχουν περιγραφεί για τους χώρους των αποθηκών, επαρκεί η τιμή του ΠΦΦ να προσεγγίζει ή να ξεπερνάει το 1,5 %.

Η κατασκευάστρια εταιρεία των ηλιοσωλήνων δίνει τον παρακάτω πίνακα απόδοσης ανάλογα με την διάμετρο του σωλήνα.

Maximum Light Output				
Diameter (mm)	Full Summer Sun 75 klux	Overcast Summer 50 klux	Overcast Winter 25 klux	Area Lit (To a normal daylight level)
	Lux Value	Lux Value	Lux Value	
230	337	225	112	7.5 sq.m (approx 80 sq.ft)
300	607	404	202	14 sq.m (approx 150 sq.ft)
450	1452	968	484	22 sq.m (approx 230 sq.ft)
530	2052	1386	684	40 sq.m (approx 430 sq.ft)
750	4238	2825	1413	50 sq.m (approx 530 sq.ft)
1000	7675	5117	2558	60 sq.m (approx 650 sq.ft)

Εικόνα 10: Απόδοση ηλιοσωλήνων MONODRAUGHT ανά διάμετρο

Στις ενδιάμεσες στήλες του πίνακα δίνεται η ένταση εσωτερικού φωτισμού που εξασφαλίζεται ανάλογα με την επιλεγμένη διάμετρο ηλιοσωλήνα.

Επιπροσθέτως, δίνονται στον πίνακα και οι τιμές της έντασης του φωτός στον εξωτερικό χώρο για τις διάφορες εποχές του έτους. Εφαρμόζοντας τη σχέση του ΠΦΦ με τις παραπάνω τιμές επιλέγεται η κατάλληλη διάμετρος ηλιοσωλήνα.

Με επιλογή ηλιοσωλήνα διαμέτρου 450 mm επιτυγχάνεται ΠΦΦ = 1,94 %.

Άρα, επιτυγχάνεται ένταση φωτισμού μεγαλύτερη των 300 lux στη ΖΦΦ του ηλιοσωλήνα για διάστημα μεγαλύτερο του 50% των ωρών αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού.

Επιλογή Τοποθέτησης Ηλιοσωλήνων

Επιλέγεται η τοποθέτηση ηλιοσωλήνων στους χώρους αποθηκών των Κτιρίων Β και Γ, καθώς και στην αποθήκη ΚΑΜ2.

Στους χώρους αυτούς συγκεντρώνεται η μεγαλύτερη κίνηση των περνοφόρων οχημάτων.

Σύμφωνα με την Πρόταση Β στους διαδρόμους των αποθηκών τοποθετούνται φωτιστικά σώματα PHILIPS 84W ανά 7,5 m.

Επιλέγεται η τοποθέτηση ενός ηλιοσωλήνα ανάμεσα σε κάθε ζεύγος φωτιστικών σωμάτων.

Το κέντρο κάθε ηλιοσωλήνα θα απέχει απόσταση 8,1 m από το κέντρο του προηγούμενου.

Συνεπώς, σε διάδρομο 90 m με 12 φωτιστικά σώματα, απαιτείται η τοποθέτηση 11 ηλιοσωλήνων διαμέτρου 430 mm.

Αφού το ύψος των αποθηκών είναι στα 8,5 m και το ύψος στο οποίο θα βρίσκεται η απόληξη του ηλιοσωλήνα στα 6,7 m, απαιτεί μήκος ηλιοσωλήνα 1,8 m.

Σύμφωνα με τα κόστη που δόθηκαν από την εταιρεία προμήθειας των ηλιοσωλήνων, για κάθε ηλιοσωλήνα το κόστος θα ανέρχεται σε

$$K_{\text{ΗΛΙΟΣΩΛΗΝΑ}} = 600 + 2 * 89,9 = 780\text{€}$$

Το πλήθος και το κόστος των ηλιοσωλήνων που απαιτούνται δίνονται στον πίνακα.

Πίνακας 64: Κόστος ηλιοσωλήνων για KAM1 και KAM2

Αποθήκη	Κ _{ΗΛΙΟΣΩΛΗΝΑ} (€)	Ποσότητα	Συνολικό Κόστος (€)
Κτίριο Β		100	78.000
Κτίριο Γ		200	156.000
Σύνολο KAM1	780	300	234.000
KAM2		60	46.800

Στα παραπάνω κόστη περιλαμβάνεται και η εγκατάσταση των ηλιοσωλήνων.

Το ύψος της επένδυσης που απαιτείται για την Πρόταση Γ συνδυάζει και τον παραπάνω πίνακα με το ύψος επένδυσης για την Πρόταση Β.

Πίνακας 65: Κόστος επένδυσης για KAM1 και KAM2

Αποθήκη	Κόστος Αντικατάστασης Φωτιστικών Σωμάτων (€)	Κόστος Ηλιοσωλήνων (€)	Σύνολο (€)
KAM1	106.970	234.000	340.970
KAM2	13.528	46.800	60.328

Επιλογή Αισθητήρα Φυσικού Φωτισμού

Όλα τα φωτιστικά σώματα που βρίσκονται στη ΖΦΦ του κάθε ηλιοσωλήνα θα ελέγχονται από αισθητήρα φυσικού φωτισμού.

Παράλληλα, όλα τα φωτιστικά σώματα διαθέτουν ήδη ανιχνευτή κίνησης και δυνατότητα αυξομείωσης της έντασής τους.

Ο αισθητήρας φυσικού φωτισμού θα ανιχνεύει την ένταση του φωτός που προσφέρει ο ηλιοσωλήνας και θα ρυθμίζει την ισχύ του φωτιστικού σώματος, ώστε κάθε φορά που ο ανιχνευτής κίνησης εντοπίζει εργαζόμενο να κινείται στο πεδίο δράσης του, να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη ένταση φωτός για την εργασία.

Το κόστος αγοράς τους δίνεται στον Πίνακα 66.

Πίνακας 66: Κόστος αγοράς αισθητήρων Φυσικού Φωτισμού

Αποθήκη	ΚΑΙΣΘΗΤΗΡΑ_ΦΦ (€)	Ποσότητα	Συνολικό Κόστος (€)
Κτίριο Β		100	2.500
Κτίριο Γ	25	200	5.000
Σύνολο		300	7.500
KAM2		60	1.500

Ώρες Αξιοποίησης Φυσικού Φωτισμού

Με βάση τον διαδικτυακή σελίδα Weather Online (<https://www.weatheronline.gr>) για την περιοχή του Ελληνικού Αττικής ο μέσος όρος ωρών ηλιοφάνειας σε ετήσια βάση για τα χρονικά έτη 2017 μέχρι 2019 ανέρχεται σε 2.966 ώρες και σε ημερήσιο μέσο όρο 8 ώρες ηλιοφάνειας.

Θεωρείται πως τα ίδια δεδομένα ισχύουν και για την περιοχή της Μάνδρας, όπου βρίσκονται οι εγκαταστάσεις που εξετάζονται.

Ανάλογα με τα ωράρια και τις ημέρες λειτουργίας των αποθηκών KAM1 και KAM2, οι ώρες ηλιοφάνειας, κατά τις οποίες μπορεί να αξιοποιηθεί ο φυσικός φωτισμός στις δύο αποθήκες δίνεται ακολούθως.

Η KAM1 λειτουργεί Δευτέρα με Σάββατο και η KAM2 Δευτέρα με Παρασκευή. Συνεπώς για 52 εβδομάδες το έτος η KAM1 δεν λειτουργεί για 52 ημέρες (X1) και η KAM2 για 104 ημέρες (X2).

Πολλαπλασιάζοντας τις ημέρες λειτουργίας της κάθε αποθήκης με 8 ώρες ηλιοφάνειας ανά ημέρα, προκύπτει η ακόλουθη σχέση υπολογισμού των αξιοποιήσιμων ωρών ηλιοφάνειας.

$$\text{Ώρες Ηλιοφάνειας [h]} = (365 - X) \text{ ημέρες} * 8 \frac{\text{h}}{\text{ημέρα}}$$

Συνεπώς, οι ώρες ηλιοφάνειας και αξιοποίησης του Φυσικού Φωτισμού για κάθε αποθήκη, καθώς και οι ώρες του έτους κατά τις οποίες δεν μπορεί να αξιοποιηθεί ο φυσικός φωτισμός (Ετήσιες Ώρες Λειτουργίας Νύχτας) είναι οι εξής:

Πίνακας 67: Ώρες αξιοποίησης Φυσικού Φωτισμού ανά έτος

Αποθήκη	Ετήσιες Ώρες Λειτουργίας Αποθήκης (h)	Ημέρες Αξιοποίησης Φυσικού Φωτισμού ανά έτος	Ετήσιες Ώρες Αξιοποίησης Φυσικού Φωτισμού (h)	Ετήσιες Ώρες Λειτουργίας Νύχτας (h)
KAM1	6.674	313	2.500	2.100
KAM2	3.130	261	2.100	515

Ο υπολογισμός των Ετήσιων Ωρών Λειτουργίας Νύχτας των αποθηκών έγινε αφαιρώντας από τις Συνολικές Ετήσιες Ώρες Λειτουργίας της αποθήκης τις Ετήσιες Ώρες Αξιοποίησης Φυσικού Φωτισμού και στη συνέχεια πολλαπλασιάζοντας την διαφορά με τον κατάλληλο Συντελεστή Επίδρασης Χρηστών F_o , όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 24 για τους χώρους της αποθήκης KAM1 και τον Πίνακα 30 για την αποθήκη KAM2.

Για τις Ετήσιες Ώρες Λειτουργίας Νύχτας δεν υπάρχει αξιοποιήσιμο φυσικό φως, οπότε ο φωτισμός των χώρων των αποθηκών επιτυγχάνεται μόνο με τη χρήση του Τεχνητού Φωτισμού που εγκαταστάθηκε, σύμφωνα με την Πρόταση Β, στις αποθήκες KAM1 και KAM2.

Για τις ώρες που υπάρχει αξιοποιήσιμο φυσικό φως ημέρας, τα φωτιστικά σώματα κάποιες ώρες δε θα χρειάζονται καθόλου να λειτουργούν και κάποιες θα χρειάζεται να αξιοποιούν την δυνατότητα αυξομείωσης της έντασης τους (dimming), ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις φωτισμού.

Κατανάλωση Ενέργειας Αποθηκών

Για να υπολογιστεί η νέα κατανάλωση ενέργειας στις αποθήκες KAM1 και KAM2 με χρήση ηλιοσωλήνων είναι σημαντικό να διευκρινιστεί η ισχύς των φωτιστικών σωμάτων, τα οποία βρίσκονται εντός των Ζωνών Φυσικού Φωτισμού των ηλιοσωλήνων, καθώς σε αυτά θα μελετηθεί η εξοικονόμηση ενέργειας και για αυτά απαιτείται η σύνδεσή τους με αισθητήρα φωτισμού.

Πίνακας 68: Εγκατεστημένη ισχύς φωτιστικών εντός Ζωνών Φυσικού Φωτισμού

Αποθήκη	Ποσότητα Φωτιστικών	Συνολική Ισχύς Φωτιστικών σε ΖΦΦ (kW)	Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς Φωτιστικών Αποθήκης (kW)	Συνολική Ισχύς Φωτιστικών εκτός ΖΦΦ (kW)
Κτίριο Β	141	11,84	17,02	5,18
Κτίριο Γ	285	23,94	38	14,06
Σύνολο	426	35,78	55	19,22
KAM2	75	6,3	7,14	0,84

Για τις ώρες αξιοποίησης Φυσικού Φωτισμού θεωρείται πως του 9 μήνες του χρόνου, δηλαδή άνοιξη, καλοκαίρι και φθινόπωρο, κατά τους οποίους η ηλιοφάνεια είναι περισσότερη το φως που προσφέρουν οι ηλιοσωλήνες καλύπτει τις απαιτήσεις φωτισμού της εγκατάστασης και τους 3 χειμερινούς μήνες τα φωτιστικά σώματα καλούνται να λειτουργήσουν σε ένταση 20% της ισχύος τους. Άρα, για το 25% των Ετήσιων Ωρών Αξιοποίησης Φυσικού Φωτισμού τα φωτιστικά σώματα λειτουργούν στο 20% της ισχύος τους.

Συνεπώς, η σχέση με την οποία υπολογίζεται η κατανάλωση ενέργειας με συνδυασμό της Πρότασης Β και της χρήσης ηλιοσωλήνων είναι:

$$E_{\text{ΠΡΟΤΑΣΗ Γ}} [kWh] = P_{Z\Phi\Phi} [kW] * \{20\% * 25\% * (H_{\Phi\Phi})\} + P_{\text{ΣΥΝΟΛΟ}} [kW] * (H_{\text{ΝΥΧΤΑ}})$$

Εφαρμόζοντας την παραπάνω σχέση προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας για τις ετήσιες καταναλώσεις των αποθηκών ΚΑΜ1 και ΚΑΜ2.

Πίνακας 69: Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας με Πρόταση Γ

Αποθήκη	Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας (kWh)
Κτίριο Β	37.222
Κτίριο Γ	82.793
Σύνολο Κτίρια Β και Γ	119.973
ΚΑΜ2	4.339

7.1.4.1 Ενεργειακά Οφέλη

Συγκεντρωτικά, οι καταναλώσεις ενέργειας που προκύπτουν για τους χώρους των αποθηκών των κτιρίων ΚΑΜ1 και ΚΑΜ2 σύμφωνα με την Πρόταση Γ, και η σύγκρισή της με την υφιστάμενη κατάσταση δίνεται στον πίνακα.

Πίνακας 70: Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας με Πρόταση Γ

Αποθήκη	Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας στην Υφιστάμενη Κατάσταση (kWh)	Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας με Πρόταση Γ (kWh)	Ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστό Μείωσης
ΚΑΜ1	348.272,25	160.818,9	187.453,32	53,82 %
ΚΑΜ2	18.493,61	4.339	14.154,61	76,54 %

Παρατηρείται πως με εγκατάσταση ηλιοσωλήνων στα Κτίρια Β και Γ της ΚΑΜ1 επιτυγχάνεται πολύ σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας 187.453 kWh, η οποία αντιστοιχεί σε μείωση 53,82 %.

Για τα υπόλοιπα κτίρια των εγκαταστάσεων της ΚΑΜ1, στα οποία επιλέγεται για τεχνικούς λόγους να μην εγκατασταθούν ηλιοσωλήνες η εξοικονόμηση ενέργειας θα αντιστοιχεί στην εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με την αντικατάσταση του Τεχνητού Φωτισμού, όπως αναλύθηκε στην Πρόταση Β.

Ακόμα μεγαλύτερη είναι η εξοικονόμηση ενέργειας στους χώρους αποθηκών της ΚΑΜ2, της τάξεως του 76,54 % και σε ενεργειακούς όρους 14.155 kWh.

Με το κόστος ενέργειας που πληρώνει η επιχείρηση στην ΔΕΗ σύμφωνα με τα τιμολόγια να ισούται με:

$$KE = 0,11 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

Το όφελος σε οικονομικούς όρους παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 71: Οικονομικό όφελος από εξοικονόμηση ενέργειας φωτισμού

Κτίριο	Κόστος Ενέργειας (€/kWh)	Ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ετήσιο Οικονομικό Όφελος (€)
ΚΑΜ1	0,11	187.453,32	20.620
ΚΑΜ2		14.154,61	1.557

Μειωμένα έξοδα για Αντικατάσταση Λαμπτήρων

Η εταιρεία προμήθειας των ηλιοσωλήνων διευκρινίζει πως για τους ηλιοσωλήνες δεν απαιτείται συντήρηση.

Παράλληλα, για οποιαδήποτε βλάβη εξασφαλίζει εγγύηση επιδιόρθωσης ή αντικατάστασης για χρονικό διάστημα 10 χρόνων.

Συνεπώς, το κέρδος από τη μη ανάγκη συντήρησης θα είναι ίσο με το αντίστοιχο που υπολογίστηκε για την Πρόταση Β.

Οπότε, η επένδυση εξασφαλίζει επιπλέον κέρδος 7.200€ για την ΚΑΜ1 και 900€ για την ΚΑΜ2.

7.1.4.2 Μη Ενεργειακά Οφέλη

Μειωμένες εκπομπές CO₂

Η εξοικονόμηση ενέργειας που υπολογίστηκε οδηγεί σε μειωμένη ποσότητα εκπομπών CO₂ και τελικά οικονομικό κέρδος, όπως παρουσιάζεται ακολούθως.

Με την ίδια διαδικασία υπολογίζεται και το οικονομικό όφελος και για την αποθήκη KAM2 από την μειωμένη κατανάλωση ενέργειας φωτισμού και την επακόλουθη παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα.

Τα αποτελέσματα δίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 72: Επιτευχθείσα μείωση ρύπων

Αποθήκη	Ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Τόνοι Διοξειδίου του Άνθρακα CO ₂ (tn)	Ετήσιο Οικονομικό Όφελος (€)
KAM1	187.453,32	185,4	4.635
KAM2	14.154,61	14	350

7.1.4.3 Οικονομική Αξιολόγηση

Τα αποτελέσματα της οικονομικής αξιολόγησης της επένδυσης για τις περιπτώσεις που δε συμπεριλαμβάνουμε και που συμπεριλαμβάνουμε τα ενεργειακά οφέλη παρουσιάζονται στους Πίνακες 73 και 74.

KAM1

Πίνακας 73: Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης Πρότασης Γ για KAM1

Δείκτης	Without NEB	With NEB
Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)	-160.932,3	-139.287,45
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	-2,7 %	-0,7 %
Χρόνος Αποπληρωμής σε χρόνια	-	-

Παρατηρείται πως είτε συμπεριληφθούν είτε όχι τα ενεργειακά οφέλη στην αξιολόγηση της επένδυσης, η επένδυση δεν είναι δελεαστική για την επιχείρηση.

Παρά το γεγονός πως τα ενεργειακά μεγέθη της επένδυσης είναι αισθητά βελτιωμένα σε σύγκριση με την υπάρχουσα κατάσταση, το κόστος επένδυσης είναι αρκετά υψηλό και δεν προκύπτει αποπληρωμή της επένδυσης στα χρόνια μελέτης.

KAM2

Πίνακας 74: Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης Πρότασης Γ για KAM2

Δείκτης	Without NEB	With NEB
Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)	-39.969,44	-38.334,99
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	-9,6 %	-8,5 %
Χρόνος Αποπληρωμής σε χρόνια	-	-

Όπως και στην περίπτωση της KAM1, έτσι και για την KAM2 η επένδυση δεν καλύπτει τα κριτήρια μίας δελεαστικής επένδυσης.

Δεν αποτελεί επένδυση που μπορεί να γίνει αποδεκτή από την επιχείρηση.

7.2 Αντικατάσταση Μπαταριών Οξέος Μολύβδου των περονοφόρων οχημάτων με μπαταρίες Ιόντων Λιθίου

Σαν πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας παρουσιάζεται η αντικατάσταση των μπαταριών μολύβδου οξέος (Lead-Acid Batteries) με νέες μπαταρίες τελευταίας τεχνολογίας ιόντων λιθίου (Lithium-Ion Batteries). Μελετήθηκαν και αναπτύσσονται τρεις ξεχωριστές προτάσεις όσον αφορά τα κτίρια στα οποία μελετήθηκε η αντικατάσταση των μπαταριών.

Στην Πρόταση Α παρουσιάζεται η μελέτη αντικατάστασης μπαταριών στα περονοφόρα οχήματα των Κτιρίων Β και Γ της Κεντρικής Αποθήκης Μάνδρας 1. Στα δύο αυτά κτίρια απασχολούνται τα περισσότερα περονοφόρα οχήματα καθώς αποτελούν τα μεγαλύτερα Κτίρια των αποθηκών.

Στην Πρόταση Β μελετήθηκε η αντικατάσταση των μπαταριών οξέος μολύβδου στο σύνολο των κτιρίων των εγκαταστάσεων της ΚΑΜ1, δηλαδή σε σχέση με την Α συμπεριλήφθηκαν και τα Κτίρια Α και Κενών.

Τέλος, στην Πρόταση Γ εξετάστηκε η αντικατάσταση των μπαταριών οξέος μολύβδου για την Κεντρική Αποθήκη Μάνδρας 2.

Οφέλη Μπαταριών Ιόντων Λιθίου

Τα βασικά οφέλη της συγκεκριμένης τεχνολογίας, τα οποία την έχουν καταστήσει βασική επιλογή στην ραγδαία εξελισσόμενη ηλεκτροκίνηση όσο και στην περίπτωση ηλεκτροκίνητων περονοφόρων οχημάτων για χώρους αποθηκών, όπως στην περίπτωση που μελετάται είναι τα εξής:

- 1) Έχει μεγάλη πυκνότητα, οπότε δύναται να συμπυκνώσει μεγάλες ποσότητες ενέργειας σε πιο μικρές μπαταρίες σε σύγκριση με τις υπόλοιπες τεχνολογίες που συναντώνται.
- 2) Επιτρέπει τις ευκαιριακές φορτίσεις κατά τη διάρκεια των βαρδιών, γεγονός που οδηγεί στην αποφυγή αλλαγής μπαταριών σε κάθε βάρδια. Κάθε όχημα έχει πλέον τη δική του, μοναδική μπαταρία ιόντων λιθίου.
- 3) Η διαδικασία της φόρτισης δεν περιλαμβάνει στάδια φόρτισης, δηλαδή φορτίζεται με σταθερή ένταση ρεύματος. Για παράδειγμα, μία μπαταρία χωρητικότητας 300 Ah φορτίζεται πλήρως σε 1 ώρα με φορτιστή 300 A, σε 2 ώρες με φορτιστή 150 A κοκ.

- 4) Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Σύμφωνα με μελέτες και τα δεδομένα των κατασκευαστών παρουσιάζει 3 φορές μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε σχέση με τις μπαταρίες μολύβδου οξέως. (Unterreiner et al., 2016)
- 5) Δεν απαιτείται ειδικός χώρος μπαταρουργείου για την φόρτιση των μπαταριών.
- 6) Δεν απαιτούνται έξοδα συντήρησης και επίβλεψης.

Πρέπει να σημειωθεί πως η αντικατάσταση των μπαταριών συνεπάγεται και την αντικατάσταση των υπαρχόντων φορτιστών με σύγχρονους φορτιστές σχεδιασμένους να προσφέρουν ταχεία φόρτιση της μπαταρίας.

Εκμετάλλευση Κενών Διαστημάτων

Είναι σημαντικό να διευκρινιστεί πως η μέγιστη αξιοποίηση των νέων αυτών μπαταριών, απαιτεί ευκαιριακές φορτίσεις κατά την διάρκεια των βαρδιών.

Στην παρούσα κατάσταση και λειτουργία των αποθηκών, για τους εργαζόμενους προβλέπεται ένα διάλειμμα 30 λεπτών στη μέση περίπου της οκτάωρης βάρδιας.

Οι κατασκευαστές για να επιτευχθεί η βέλτιστη χρήση των μπαταριών ιόντων λιθίου προτείνουν διάφορα ολιγόλεπτα διαλείμματα κατά την διάρκεια των βαρδιών.

Το πιο σημαντικό, όμως, είναι η αξιοποίηση των κενών διαστημάτων των οχημάτων. Με τον όρο κενά διαστήματα αναφερόμαστε στα διαστήματα εκείνα κατά τα οποία ο χειριστής του ηλεκτροκίνητου οχήματος, παρότι δεν είναι ώρα διαλείμματος βρίσκεται ακινητοποιημένος με το όχημά του σε αναμονή της επόμενης εργασίας που θα του ανατεθεί.

Αυτά τα διαστήματα είναι και τα πλέον σημαντικά προς αξιοποίηση για ανάκτηση μέρους της ισχύος της μπαταρίας ιόντων λιθίου.

Το παραπάνω αποτελεί και το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της συγκεκριμένης τεχνολογίας, καθώς αυτές οι φορτίσεις όχι μόνο δεν δημιουργούν πρόβλημα στην διάρκεια ζωής της μπαταρίας, αλλά αντίθετα βοηθούν στην αύξησή της.

Στην περίπτωση των μπαταριών οξέος μολύβδου οι χρόνοι αυτοί δε μπορούσαν να είναι αξιοποιήσιμοι, καθώς οι ευκαιριακές φορτίσεις μπορούν να δημιουργήσουν σοβαρά προβλήματα στους κύκλους ζωής της μπαταρίας.

7.2.1 Επιλογή Μπαταριών Ιόντων Λιθίου

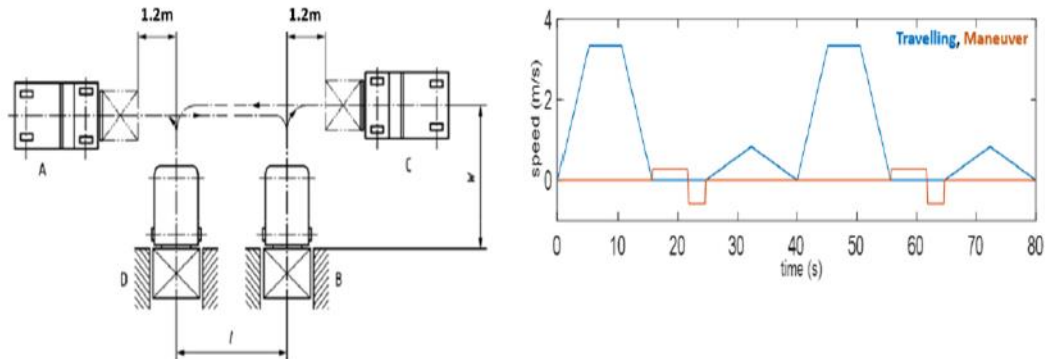
Η επιλογή μπαταρίας τεχνολογίας ιόντων λιθίου για κάθε όχημα θα εξεταστεί ξεχωριστά, λαμβάνοντας υπόψη τα ειδικά χαρακτηριστικά του, όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 75: Χαρακτηριστικά τύπων ηλεκτρικών περνοφόρων οχημάτων

Όχημα	VDI (kWh/h)	Lead-Acid Battery V/Ah	
LPE200	0,46	24	300
OSE250	0,61	24	465
RRE140	3,4	48	620

Ο όρος VDI (Verein Deutscher Ingenieure) είναι χαρακτηριστικός για κάθε περνοφόρο όχημα. Αφορά την ενέργεια που απαιτεί το όχημα από την μπαταρία για μία ώρα λειτουργίας του υπό συγκεκριμένες συνθήκες.

Για να υπολογιστεί το VDI, το όχημα φορτώνεται με το 70% του ονομαστικού φορτίου, το οποίο μπορεί να διαχειριστεί και υποβάλλεται, συνεχώς φορτωμένο, σε μία καθορισμένη διαδρομή με καθορισμένες ταχύτητες, στροφές και ανυψώσεις φορτίου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 10 (Paul et al., 2020).



Εικόνα 11: Διαδικασία υπολογισμού VDI περνοφόρου οχήματος (Paul et al., 2020)

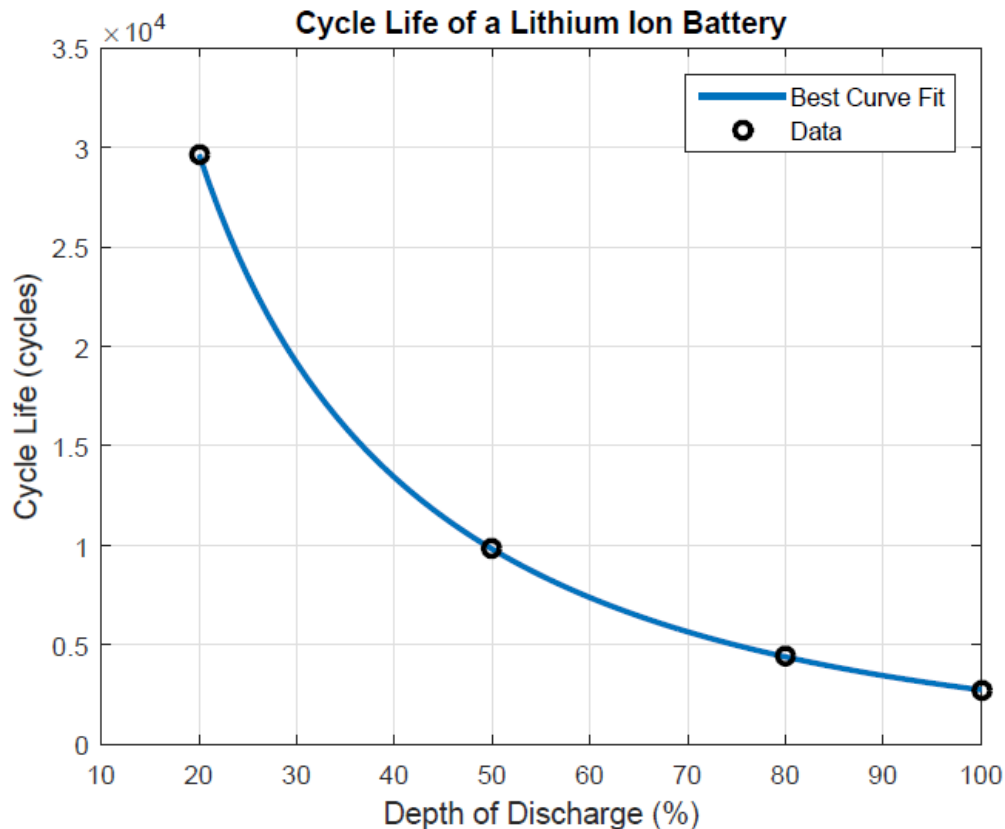
Μονάδες μέτρησης του δείκτη VDI είναι kWh/h.

Καθώς ο δείκτης VDI αναφέρεται σε συνεχόμενη χρήση του οχήματος για μία ολόκληρη ώρα με φορτίο, είναι εύκολα κατανοητό πως αφορά την μέγιστη κατανάλωση ενέργειας από την μπαταρία λόγω της χρήσης του οχήματος.

Σύμφωνα με την πολύτιμη εμπειρία της εταιρείας TOYOTA στον τομέα των περνοφόρων οχημάτων για χρήση σε αποθήκες, μία ρεαλιστική συνθήκη για τον δείκτη VDI είναι η θεώρηση πως το όχημα σε μία ώρα χρήσης του καταναλώνει ενέργεια ίση με το 80% των kWh που υποδεικνύει ο δείκτης αυτός.

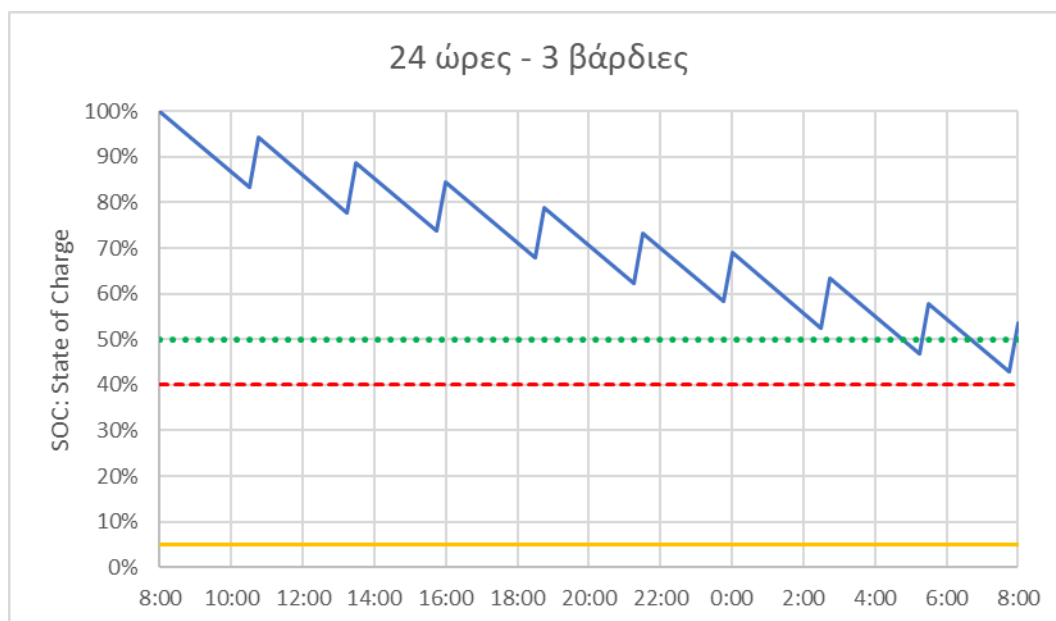
Αυτή η θεώρηση χρησιμοποιήθηκε στον υπολογισμό και την μελέτη για την επιλογή των κατάλληλων μπαταριών ιόντων λιθίου.

Για επίτευξη διάρκειας ζωής των μπαταριών ιόντων λιθίου ίση με 5.000 κύκλους και μεγαλύτερη, συνίσταται η αποφυγή εκφόρτισης της μπαταρίας κάτω από το 40-50% της ονομαστικής χωρητικότητάς της. (K. R. Mallon et al., 2017)



Εικόνα 12: Κύκλοι ζωής μπαταρίας λιθίου συναρτήσει του ποσοστού εκφόρτισης (K. R. Mallon et al., 2017)

Με βάση το παραπάνω κριτήριο και για επιτευχθεί επέκταση των κύκλων ζωής των μπαταριών μελετήθηκε η κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας κατά τη διάρκεια μίας ολόκληρης μέρας, δηλαδή σε 3 βάρδιες. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η 25.6V/288Ah του ηλεκτροκίνητου οχήματος OSE250, και το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στην Εικόνα 13.



Εικόνα 13: Κατάσταση φόρτισης μπαταρίας λιθίου 25.6V/ 288Ah για 3 βάρδιες

Να σημειωθεί πως στο συγκεκριμένο παράδειγμα η φόρτιση πραγματοποιείται στο 50% της δυνατότητας φόρτισης που προσφέρει ο φορτιστής.

Δεν έχει χρησιμοποιηθεί η δυνατότητα ταχείας φόρτισης.

Σε κάθε βάρδια επιλέχθηκαν 3 διαλείμματα 15 λεπτών και δεν έχουν θεωρηθεί κενά διαστήματα για ευκαιριακές φορτίσεις.

Συνεπώς, κρίνεται πως το παραπάνω αποτελεί ένα «απαισιόδοξο» σενάριο, με το οποίο όμως επιτυγχάνεται να μη μειωθεί η κατάσταση φόρτισης κάτω από το 40% της ονομαστικής χωρητικότητας της μπαταρίας.

Τελικά, επιλέχθηκαν οι παρακάτω μπαταρίες με τους αντίστοιχους φορτιστές της εταιρείας Sunlight:

Πίνακας 76: Χαρακτηριστικά νέων μπαταριών Ιόντων Λιθίου

Όχημα	VDI (kWh/h)	Μπαταρία Μολύβδου V/Ah		Μπαταρία Λιθίου V/Ah		Φορτιστής (A)	Κόστος € Μπαταρία / Φορτιστής	
LPE200	0,37	24	300	25,6	216	100	2.569,8	951,97
OSE250	0,49	24	465	25,6	288	250	5.075,61	2.313,07
RRE140	2,72	48	620	51,2	432	400	12.108,2	3.216,84

7.2.2 Πρόταση Α: Αντικατάσταση Μπαταριών Οξέος Μολύβδου με μπαταρίες Ιόντων Λιθίου για το Κτίριο Δ της ΚΑΜ1

Σαν πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας παρουσιάζεται η αντικατάσταση των μπαταριών μολύβδου οξέος (Lead-Acid Batteries) με νέες μπαταρίες τελευταίας τεχνολογίας ιόντων λιθίου (Lithium-Ion Batteries) για τα Κτίρια Β και Γ, που εξυπηρετούνται από το μπαταρουργείο, το οποίο βρίσκεται στο Κτίριο Δ της ΚΑΜ1.

Το πλήθος των μπαταριών και των φορτιστών δίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 77: Κόστος αγοράς μπαταριών και φορτιστών για Κτίριο Δ

Όχημα	Μπαταρία Λιθίου V/Ah		Πλήθος μπαταριών	Πλήθος φορτιστών	Κόστος (€)
LPE200	25,6	216	15	10	48.066,7
OSE250	25,6	288	50	35	334.738
RRE140	51,2	432	4	2	54.866,4
Σύνολο					437.671

Το συνολικό κόστος για την προμήθεια μπαταριών και φορτιστών ανέρχεται σε :

$$K_{Αγοράς,ΚΤΙΡΙΟΔ} = 437.671 \text{ €}$$

Για την διαδικασία της εγκατάστασης των φορτιστών και των μπαταριών στα περνοφόρα οχήματα θεωρήθηκε επιπλέον κόστος 30% επί της αρχικής επένδυσης:

$$K_{Εγκατάσταση} = 30\% * K_{Αγοράς,ΚΤΙΡΙΟΔ} = 131.301 \text{ €}$$

Οπότε, το συνολικό κόστος της επένδυσης προκύπτει ίσο με:

$$K_{επένδυσης} = K_{Αγοράς,ΚΤΙΡΙΟΔ} + K_{εγκατάσταση} = 568.972 \text{ €}$$

Είναι φανερό πως πρόκειται για μία μεγάλη επένδυση, οπότε οι οικονομικοί υπολογισμοί πρέπει να είναι ακριβείς.

7.2.2.1 Ενεργειακά Οφέλη

Όπως εξηγήθηκε προηγουμένως, κάθε όχημα καταναλώνει σύμφωνα με τον δείκτη VDI συγκεκριμένες kWh κατά την χρήση του.

Όπως αναφέρθηκε, οι μπαταρίες οξέος μολύβδου έχουν σαν κατώτερη κατάσταση φόρτισης (SOC: State of Charge) 20%, δηλαδή κατά την χρήση τους είναι αξιοποιήσιμο το 80% της ισχύος της κάθε μπαταρίας.

Ο βαθμός απόδοσης του φορτιστή των μπαταριών οξέος μολύβδου είναι $\eta_{φορτιστής} = 85\%$.

Συνεπώς, η πραγματική ετήσια ενέργεια που κατανάλωσαν τα περνοφόρα οχήματα των Κτιρίων Β και Γ για την επιτέλεση όλων των λειτουργιών τους για έναν χρόνο υπολογίστηκε:

$$E_{\text{ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ}} = E_{\text{ΚΤΙΡΙΟ}_\Delta} * \eta_{φορτιστής} = E_{\text{ΚΤΙΡΙΟ}_\Delta} * 0,85 = 644.816,09 \text{ kWh}$$

Οπότε, αφού οι ίδιες λειτουργίες πρέπει να επιτελεστούν ανεξαρτήτως μπαταριών που «φοράνε» τα περνοφόρα, και με τις μπαταρίες ιόντων λιθίου πάλι η πραγματική κατανάλωση ενέργειας των περνοφόρων θα είναι η παραπάνω.

Επιπροσθέτως, ο βαθμός απόδοσης των φορτιστών για τις μπαταρίες ιόντων λιθίου ισούται με $\eta_{\text{Λίθιο,φορτιστής}} = 95 - 97\%$ και η φόρτιση δεν έχει διαφορετικά στάδια φόρτισης.

Για να υπολογιστεί η κατανάλωση ενέργειας που θα κληθεί να πληρώσει η επιχείρηση μετά και την φόρτιση των μπαταριών, διαιρείται η πραγματική ετήσια κατανάλωση ενέργειας $E_{\text{ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ}}$ με τον βαθμό απόδοσης των φορτιστών.

$$E_{\text{ΚΤΙΡΙΟ}_\Delta, \text{Λίθιο}} = \frac{E_{\text{ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ}}}{0,95} = 678.753,78 \text{ kWh}$$

Από την αντικατάσταση, δηλαδή, από μπαταρίες οξέος μολύβδου σε μπαταρίες ιόντων λιθίου προκύπτει εξοικονόμηση ενέργειας:

$$E_{\text{saved}} = E_{\text{ΚΤΙΡΙΟ}_\Delta} - E_{\text{ΚΤΙΡΙΟ}_\Delta, \text{Λίθιο}}$$

$$E_{\text{saved}} = 79.853,39 \text{ kWh}$$

Οπότε, για τις αποθήκες Β και Γ η ενέργεια αντικατάστασης των μπαταριών οδηγεί σε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά:

$$E_{saved,KTIPIO_{\Delta}}(\%) = \frac{E_{KTIPIO_{\Delta}} - E_{KTIPIO_{\Delta,Λιθιο}}}{E_{KTIPIO_{\Delta}}} (\%) = \frac{E_{saved}}{E_{KTIPIO_{\Delta}}} (\%) = 10,53 \%$$

Αντίστοιχα, το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας ως προς τη συνολική κατανάλωση ενέργειας για φόρτιση μπαταριών των εγκαταστάσεων της ΚΑΜ1 ανέρχεται σε:

$$E_{saved,KAM1}(\%) = \frac{E_{saved}}{E_{KAM1}} (\%) = 8,87 \%$$

Συνεπώς, με κόστος ενέργειας που πληρώνει η επιχείρηση στην ΔΕΗ σύμφωνα με τα τιμολόγια να ισούται με:

$$KE = 0,11 \frac{\text{€}}{kWh}$$

Η εξοικονόμηση σε οικονομικούς όρους προκύπτει:

$$K_{saved} = 79.853,39 kWh * 0,11 \frac{\text{€}}{kWh}$$

$$K_{saved} = 8.769 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

Μειωμένο κόστος ετήσιας αγοράς μπαταριών

Όπως αναφέρθηκε, η διάρκεια ζωής των μπαταριών Lead-Acid ανέρχεται στα 5 χρόνια.

Από τα στοιχεία της αποθήκης φαίνεται πως για τα συγκεκριμένα κτίρια γίνεται προμήθεια 47 μπαταριών τον χρόνο σε μέση τιμή.

Η μέση τιμή του κόστους προμήθειας των μπαταριών υπολογίζεται σε:

$$K_{αγοράς} = 106.950 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου έχουν διάρκεια ζωής τουλάχιστον 10 έτη και εγγύηση από τον κατασκευαστή 5-6 έτη. Για τα χρόνια της οικονομικής μελέτης και ανάλυσης θεωρείται πως δε θα χρειαστεί η αγορά νέων μπαταριών ιόντων λιθίου ή θα καλύπτεται από την εγγύηση του κατασκευαστή.

7.2.2.2 Μη Ενεργειακά Οφέλη

Επιπρόσθετα από τα οφέλη που προκύπτουν από την εξοικονόμηση ενέργειας, η τεχνολογία μπαταριών ιόντων λιθίου θεωρείται συμφέρουσα λόγω των μη ενεργειακών οφελών που προσφέρει.

Μειωμένες εκπομπές CO₂

Η εξοικονόμηση ενέργειας που υπολογίστηκε οδηγεί σε μειωμένη ποσότητα CO₂:

$$P_{CO_2} = E_{saved} * 0.989 \frac{kgCO_2}{kWh} = 79.853,39 kWh * 0.989 \frac{kgCO_2}{kWh}$$

$$P_{CO_2} = 78.975 kg CO_2$$

$$P_{CO_2} = 78,98 tn CO_2$$

Σύμφωνα με τις διεθνείς συμφωνίες η τιμή ενός τόνου CO₂ ισούται με:

$$Κόστος_{CO_2} = 25 \frac{€}{tn CO_2}$$

Συνεπώς, το οικονομικό κέρδος από το παραπάνω μη ενεργειακό όφελος προκύπτει:

$$K_{CO_2} = Κόστος_{CO_2} * P_{CO_2} = 1.974 \frac{€}{έτος}$$

Μειωμένα έξοδα συντήρησης

Η μηδενική συντήρηση αποτελεί το βασικό πλεονέκτημα της τεχνολογίας των μπαταριών ιόντων λιθίου.

Για να ποσοτικοποιηθεί το όφελος της μηδενικής συντήρησης θα αναλυθούν τα κόστη συντήρησης που επιβαρύνουν τη λειτουργία των αποθηκών Β και Γ.

Στο Κτίριο Δ της αποθήκης ΚΑΜ1 της Μάνδρας, απασχολείται ένας εργαζόμενος σε κάθε βάρδια για την αλλαγή των μπαταριών στα περονοφόρα μηχανήματα με φορτισμένες, για την συμπλήρωση υγρών στις μπαταρίες και γενικά για όλες τις λειτουργίες που συνοδεύουν τη χρήση τους.

Συνεπώς, σε διάστημα μίας μέρας συνεπώς σε 3 βάρδιες απασχολούνται 3 εργαζόμενοι. Οι εργαζόμενοι αυτοί αποτελούν μόνιμους υπαλλήλους της επιχείρησης και θα θεωρηθεί πως κάθε μήνα κοστίζουν στην επιχείρηση 900€ σε μισθό για τον καθένα για την εργασία του.

Η νέα τεχνολογία ιόντων λιθίου, εξαιτίας της μηδενικής συντήρησης και επίβλεψης που απαιτεί, καθιστά την εργασία τους μη απαραίτητη για την λειτουργία της αποθήκης.

Άρα, το κόστος για την εταιρεία για την ετήσια εργασία τους υπολογίζεται σε:

$$K_1 = 3 \text{ εργαζόμενοι} * 14 \text{ μισθοί} * 900 \frac{\text{€}}{\text{μισθός}} = 37.800 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

Επιπροσθέτως, σύμφωνα με πληροφορίες από τον υπεύθυνο της αποθήκης, η συμπλήρωση υγρών στις μπαταρίες οξέος μολύβδου κοστίζει στην εταιρεία για ένα έτος:

$$K_2 = 250 \frac{\text{€}}{2\text{μηνο}} * 6 = 1.500 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

Επιπλέον, μία φορά τον χρόνο καλείται ειδικός για την επισκευή και συντήρηση των μπαταριών, ο οποίος για να συντηρήσει τις 175 μπαταρίες που χρησιμοποιούνται στις αποθήκες Β και Γ χρειάζεται 100 ώρες εργασίας και πληρώνεται 25€ την ώρα. Οπότε, προκύπτει ένα επιπλέον κόστος:

$$K_3 = 100h * 25 \frac{\text{€}}{h} = 2.500 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

Οπότε, το συνολικό κόστος για την συντήρηση των αποθηκών Β και Γ υπολογίζεται:

$$K_{\text{ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ}} = K_1 + K_2 + K_3 = 41.800 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

Οικονομικό όφελος από μη ενεργειακά οφέλη

Όλα τα παραπάνω κόστη που συνοδεύουν την χρήση των μπαταριών οξέος μολύβδου δεν αφορούν τις μπαταρίες ιόντων λιθίου και συνεπώς το συνολικό παραπάνω κόστος θεωρείται και είναι οικονομικό κέρδος για την επιχείρηση.

Οπότε, το συνολικό ετήσιο οικονομικό όφελος του συγκεκριμένου μέτρου εξοικονόμησης ενέργειας ανέρχεται σε:

$$K_{\text{NEB}} = K_{\text{CO}_2} + K_{\text{ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ}} = 43.774 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

7.2.2.3 Οικονομική Αξιολόγηση

Για την αξιολόγηση πιθανών επενδύσεων δόθηκαν από την εταιρεία AB Βασιλόπουλος ΑΕ οι παρακάτω οικονομικές παράμετροι:

Πίνακας 78: Οικονομικές παράμετροι αξιολόγησης επένδυσης

Παράμετρος	Τιμή
Διάρκεια της απόσβεσης (χρόνια)	10
Προεξοφλητικό επιτόκιο (%)	10 %
Χρονική διάρκεια επένδυσης (χρόνια)	10
Φορολογικός συντελεστής (%)	24 %

Τα αποτελέσματα της οικονομικής μελέτης αναλύθηκαν τόσο για χρήση των Μη Ενεργειακών Οφελών (Non Energy Benefits) όσο και χωρίς. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ακολούθως:

Πίνακας 79: Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης Πρότασης Α

Δείκτης	Without NEB	With NEB
Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)	55.328,09	259.747,03
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	12,2 %	19,8 %
Χρόνος Αποπληρωμής σε χρόνια	8,84	5,86

Τα αποτελέσματα των δύο παραπάνω αναλύσεων είναι προφανή.

Παρατηρείται πως η επένδυση σε μπαταρίες λιθίου αν ληφθούν υπόψη μόνο τα ενεργειακά οφέλη είναι συμφέρουσα για την επιχείρηση. Οι δείκτες με τους οποίους γίνεται η αξιολόγηση της επένδυσης είναι αρκετοί για να πείσουν την διοίκηση της επιχείρησης να προβεί στη μετάβαση στην νέα τεχνολογία των Ιόντων Λιθίου.

Παρόλα αυτά, η ένταξη στην οικονομική μελέτη των Μη Ενεργειακών Οφελών βελτιώνει αισθητά τους δείκτες αξιολόγησης.

Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται πως ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης ξεπερνά το προεξοφλητικό επιτόκιο κατά 10 % περίπου και ο χρόνος αποπληρωμής μειώνεται κατά 3 χρόνια.

Η αποπληρωμή της επένδυσης πραγματοποιείται σε 5,86 χρόνια.

7.2.3 Πρόταση Β: Αντικατάσταση Μπαταριών Οξέος Μολύβδου με μπαταρίες Ιόντων Λιθίου στο σύνολο της ΚΑΜ1

Στην συγκεκριμένη περίπτωση σαν πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας παρουσιάζεται η αντικατάσταση των μπαταριών μολύβδου οξέος (Lead-Acid Batteries) με νέες μπαταρίες ιόντων λιθίου (Lithium-Ion Batteries) και τους αντίστοιχους φορτιστές για τα Κτίρια Α, Β και Γ καθώς και την Αποθήκη Κενών, Δηλαδή όλων των εγκαταστάσεων της ΚΑΜ1 που χρησιμοποιούνται περονοφόρα οχήματα.

Το πλήθος των μπαταριών και των φορτιστών προς αγορά δίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 80: Κόστος αγοράς μπαταριών και φορτιστών για ΚΑΜ1

Όχημα	Μπαταρία Λιθίου V/Ah		Πλήθος μπαταριών	Πλήθος φορτιστών	Κόστος (€)
LPE200	25,6	216	26	16	53.778
OSE250	25,6	288	56	39	343.990
RRE140	51,2	432	6	3	58.083
Σύνολο					538.789

Το συνολικό κόστος για την προμήθεια μπαταριών και φορτιστών ανέρχεται σε :

$$K_{Αγοράς,ΚΤΙΡΙΟΔ} = 538.790 \text{ €}$$

Για την διαδικασία της εγκατάστασης των φορτιστών και των μπαταριών στα περονοφόρα οχήματα θεωρήθηκε επιπλέον κόστος 30% επί της αρχικής επένδυσης:

$$K_{Εγκατάσταση} = 30\% * K_{Αγοράς,ΚΤΙΡΙΟΔ} = 161.637 \text{ €}$$

Οπότε, το συνολικό κόστος της επένδυσης προκύπτει ίσο με:

$$K_{Επένδυσης} = K_{Αγοράς,ΚΤΙΡΙΟΔ} + K_{Εγκατάσταση} = 700.427 \text{ €}$$

7.2.3.1 Ενεργειακά Οφέλη

Όπως εξηγήθηκε προηγουμένως, κάθε όχημα καταναλώνει σύμφωνα με τον δείκτη VDI συγκεκριμένες kWh κατά την χρήση του.

Όπως αναφέρθηκε, οι μπαταρίες οξέος μολύβδου έχουν σαν κατώτερη κατάσταση φόρτισης (SOC: State of Charge) 20%, δηλαδή κατά την χρήση τους είναι αξιοποιήσιμο το 80% της ισχύος της κάθε μπαταρίας.

Συνεπώς, η πραγματική ετήσια ενέργεια που κατανάλωσαν τα περνοφόρα οχήματα των Κτιρίων της ΚΑΜ1 για την επιτέλεση όλων των λειτουργιών τους για έναν χρόνο υπολογίστηκε:

$$E_{\text{ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ}} = E_{\text{ΚΑΜ1}} * 0,85 = 765.484 \text{ kWh}$$

Οπότε, αφού οι ίδιες λειτουργίες πρέπει να επιτελεστούν ανεξαρτήτως μπαταριών που «φοράνε» τα περνοφόρα, και με τις μπαταρίες ιόντων λιθίου πάλι η πραγματική κατανάλωση ενέργειας των περνοφόρων θα είναι η παραπάνω.

Επιπροσθέτως, ο βαθμός απόδοσης των φορτιστών για τις μπαταρίες ιόντων λιθίου ισούται με $\eta_{\text{Λίθιο,φορτιστής}} = 95 - 97\%$ και η φόρτιση δεν έχει διαφορετικά στάδια φόρτισης.

Για να υπολογιστεί η κατανάλωση ενέργειας που θα κληθεί να πληρώσει η επιχείρηση μετά και την φόρτιση των μπαταριών, διαιρείται η πραγματική ετήσια κατανάλωση ενέργειας $E_{\text{ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ}}$ με τον βαθμό απόδοσης των φορτιστών.

$$E_{\text{ΚΑΜ1,Λίθιο}} = \frac{E_{\text{ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ}}}{0,95} = 805.773 \text{ kWh}$$

Από την αντικατάσταση, δηλαδή, από μπαταρίες οξέος μολύβδου σε μπαταρίες ιόντων λιθίου προκύπτει εξοικονόμηση ενέργειας:

$$E_{\text{saved}} = E_{\text{ΚΑΜ1}} - E_{\text{ΚΑΜ1,Λίθιο}}$$

$$E_{\text{saved}} = 94.797 \text{ kWh}$$

Οπότε, για τις αποθήκες Β και Γ η ενέργεια αντικατάστασης των μπαταριών οδηγεί σε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά:

$$E_{saved,KTIPIO_{\Delta}}(\%) = \frac{E_{saved}}{E_{KAM1}}(\%) = 10,53 \%$$

Συνεπώς, με κόστος ενέργειας που πληρώνει η επιχείρηση στην ΔΕΗ σύμφωνα με τα τιμολόγια να ισούται με:

$$KE = 0,11 \frac{\text{€}}{kWh}$$

Η εξοικονόμηση σε οικονομικούς όρους προκύπτει:

$$K_{saved} = 10.428 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

Μειωμένο κόστος ετήσιας αγοράς μπαταριών

Όπως αναφέρθηκε, η διάρκεια ζωής των μπαταριών Lead-Acid ανέρχεται στα 5 χρόνια.

Από τα στοιχεία της αποθήκης φαίνεται πως για τα συγκεκριμένα κτίρια γίνεται προμήθεια 55 μπαταριών τον χρόνο σε μέση τιμή.

Η μέση τιμή του κόστους προμήθειας των μπαταριών υπολογίζεται σε:

$$K_{αγοράς} = 120.000 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου έχουν διάρκεια ζωής τουλάχιστον 10 έτη και εγγύηση από τον κατασκευαστή 5-6 έτη. Για τα χρόνια της οικονομικής μελέτης και ανάλυσης θεωρείται πως δε θα χρειαστεί η αγορά νέων μπαταριών ιόντων λιθίου ή θα καλύπτεται από την εγγύηση του κατασκευαστή.

7.2.3.2 Μη Ενεργειακά Οφέλη

Επιπρόσθετα από τα οφέλη που προκύπτουν από την εξοικονόμηση ενέργειας, η τεχνολογία μπαταριών ιόντων λιθίου θεωρείται συμφέρουσα λόγω των μη ενεργειακών οφελών που προσφέρει.

Μειωμένες εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 χρησιμοποιείται ο ακόλουθος συντελεστής υπολογισμού των κιλών CO₂ που εκλύονται ανά μονάδα ενέργειας σε kWh για το δίκτυο ηλεκτρισμού.

Πίνακας 81: Συντελεστής μετατροπής ηλεκτρισμού σε εκλυόμενο CO₂

Τύπος Καυσίμου	Εκλυόμενα GHG ανά μονάδα ενέργειας (kg CO ₂ / kWh)
Ηλεκτρισμός	0.989

Οπότε, η εξοικονόμηση ενέργειας που υπολογίστηκε οδηγεί σε μειωμένη ποσότητα CO₂:

$$P_{CO_2} = 98,75 \text{ tn } CO_2$$

Και το οικονομικό κέρδος από το παραπάνω μη ενεργειακό όφελος προκύπτει:

$$K_{CO_2} = 25 \frac{\text{€}}{\text{tn}} CO_2 * P_{CO_2} = 2.344 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

Μειωμένα έξοδα συντήρησης

Η νέα τεχνολογία ιόντων λιθίου, εξαιτίας της μηδενικής συντήρησης και επίβλεψης που απαιτεί, καθιστά την εργασία των 5 εργαζομένων που ασχολούνται με την αντικατάσταση και εποπτεία των μπαταριών μη απαραίτητη για την λειτουργία της αποθήκης.

Άρα, το κόστος για την εταιρεία για την ετήσια εργασία τους υπολογίζεται σε:

$$K_1 = 5 \text{ εργαζόμενοι} * 14 \text{ μισθοί} * 900 \frac{\text{€}}{\text{μισθός}} = 63.000 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

Επιπροσθέτως, η συμπλήρωση υγρών στις μπαταρίες οξέος μολύβδου κοστίζει στην εταιρεία για ένα έτος:

$$K_2 = 300 \frac{\text{€}}{2 \text{ μηνο}} * 6 = 1.800 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

Επιπλέον, μία φορά τον χρόνο καλείται ειδικός για την επισκευή και συντήρηση των μπαταριών, ο οποίος για να συντηρήσει τις 220 μπαταρίες που χρησιμοποιούνται στις αποθήκες της εγκατάστασης ΚΑΜ1 χρειάζεται 125 ώρες εργασίας και πληρώνεται 25€ την ώρα. Οπότε, προκύπτει ένα επιπλέον κόστος:

$$K_3 = 125h * 25 \frac{\text{€}}{h} = 3.125 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

Οπότε, το συνολικό κόστος για την συντήρηση των αποθηκών Β και Γ υπολογίζεται:

$$K_{\text{ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ}} = K_1 + K_2 + K_3 = 67.925 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

Οικονομικό όφελος από μη ενεργειακά οφέλη

Όλα τα παραπάνω κόστη που συνοδεύουν την χρήση των μπαταριών οξέος μολύβδου δεν αφορούν τις μπαταρίες ιόντων λιθίου και συνεπώς το συνολικό παραπάνω κόστος θεωρείται και είναι οικονομικό κέρδος για την επιχείρηση.

Οπότε, το συνολικό ετήσιο οικονομικό όφελος του συγκεκριμένου μέτρου εξοικονόμησης ενέργειας ανέρχεται σε:

$$K_{\text{NEB}} = K_{\text{CO}_2} + K_{\text{ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ}} = 70.269 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

7.2.3.3 Οικονομική Αξιολόγηση

Τα αποτελέσματα της οικονομικής μελέτης αναλύθηκαν τόσο για χρήση των Μη Ενεργειακών Οφελών (Non Energy Benefits) όσο και χωρίς. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ακολούθως:

Πίνακας 82: Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης Πρότασης Β

Δείκτης	Without NEB	With NEB
Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)	11.864,08	340.011,24
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	10,4%	20,4 %
Χρόνος Αποπληρωμής σε χρόνια	9,90	5,78

Από τον παραπάνω πίνακα γίνεται σαφές πως ,αρχικά, η επένδυση υπολογίζοντας μόνο τα ενεργειακά οφέλη θα ήταν οριακά αποδεκτή από την εταιρεία.

Η ένταξη στη μελέτη των μη ενεργειακών οφελών, παρουσιάζει την επένδυση σαν αποδεκτή και συμφέρουσα.

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης της επένδυσης ανέρχεται στο 20,4%, 10 μονάδες πάνω από το προεξοφλητικό επιτόκιο.

Τα έτη αποπληρωμής ανέρχονται σε 5,78 μειωμένα κατά 4 χρόνια σε σχέση με την μη ένταξη στην ανάλυση των μη ενεργειακών οφελών.

7.2.4 Πρόταση Γ: Αντικατάσταση Μπαταριών Οξέος Μολύβδου με μπαταρίες Ιόντων Λιθίου στην KAM2

Η λειτουργία της αποθήκης KAM2 περιλαμβάνει μία βάρδια δώδεκα ωρών, συνεπώς κάθε μέρα γίνεται μία φόρτιση των μπαταριών.

Οι μπαταρίες τοποθετούνται για φόρτιση όταν ολοκληρώνεται η βάρδια και την επόμενη μέρα το πρωί που ξεκινάει πάλι η εργασία στην αποθήκη χρησιμοποιούνται από τα ηλεκτροκίνητα περονοφόρα οχήματα.

Θα εξεταστεί η αντικατάσταση των μπαταριών οξέος μολύβδου που χρησιμοποιούνται στην αποθήκη με μπαταρίες ιόντων λιθίου.

Η υπολογιστική διαδικασία ακολουθεί την ίδια ακριβώς λογική με τις Προτάσεις Α και Β, οι οποίες αφορούν τις εγκαταστάσεις της KAM1.

Το πλήθος των μπαταριών και των φορτιστών προς αγορά δίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 83: Κόστος αγοράς μπαταριών και φορτιστών για KAM2

Όχημα	Μπαταρία Λιθίου V/Ah		Πλήθος μπαταριών	Πλήθος φορτιστών	Κόστος (€)
LPE200	25,6	216	15	10	48.067
OSE250	25,6	288	8	6	54.483
RRE140	51,2	432	2	1	27.433
Σύνολο					129.983

Το συνολικό κόστος για την προμήθεια μπαταριών και φορτιστών ανέρχεται σε :

$$K_{Αγοράς,ΚΤΙΡΙΟ_Δ} = 129.983 \text{ €}$$

Για την διαδικασία της εγκατάστασης των φορτιστών και των μπαταριών στα περονοφόρα οχήματα θεωρήθηκε επιπλέον κόστος 30% επί της αρχικής επένδυσης:

$$K_{Εγκατάσταση} = 30\% * K_{Αγοράς,ΚΤΙΡΙΟ_Δ} = 38.995 \text{ €}$$

Οπότε, το συνολικό κόστος της επένδυσης προκύπτει ίσο με:

$$K_{επένδυσης} = K_{Αγοράς,ΚΤΙΡΙΟ_Δ} + K_{εγκατάσταση} = 168.978 \text{ €}$$

7.2.4.1 Ενεργειακά Οφέλη

Με την αντικατάσταση από μπαταρίες οξέος μολύβδου σε μπαταρίες ιόντων λιθίου προκύπτει εξοικονόμηση ενέργειας:

$$E_{saved} = 6.723 \text{ kWh}$$

Οπότε, για την αποθήκη ΚΑΜ2 η αντικατάσταση των μπαταριών οδηγεί σε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά:

$$E_{saved,KAM2}(\%) = \frac{E_{saved}}{E_{KAM2}}(\%) = \frac{6.723}{63.867}(\%) = 10,53 \%$$

Συνεπώς, με κόστος ενέργειας που πληρώνει η επιχείρηση στην ΔΕΗ σύμφωνα με τα τιμολόγια να ισούται με:

$$KE = 0,11 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

Η εξοικονόμηση σε οικονομικούς όρους προκύπτει:

$$K_{saved} = 739,5 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

Μειωμένο κόστος ετήσιας αγοράς μπαταριών

Όπως αναφέρθηκε, η διάρκεια ζωής των μπαταριών Lead-Acid ανέρχεται στα 5 χρόνια.

Από τα στοιχεία της αποθήκης φαίνεται πως για τα συγκεκριμένα κτίρια γίνεται προμήθεια 3 μπαταριών τον χρόνο σε μέση τιμή.

Η μέση τιμή του κόστους προμήθειας των μπαταριών υπολογίζεται σε:

$$K_{αγοράς} = 6.500 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

7.2.4.2 Μη Ενεργειακά Οφέλη

Επιπρόσθετα από τα οφέλη που προκύπτουν από την εξοικονόμηση ενέργειας, η τεχνολογία μπαταριών ιόντων λιθίου θεωρείται συμφέρουσα λόγω των μη ενεργειακών οφελών που προσφέρει.

Μειωμένες Εκπομπές CO₂

Η εξοικονόμηση ενέργειας που υπολογίστηκε οδηγεί σε μειωμένη ποσότητα CO₂:

$$P_{CO_2} = 6,65 \text{ tn CO}_2$$

Συνεπώς, το οικονομικό κέρδος από το παραπάνω μη ενεργειακό όφελος προκύπτει:

$$K_{CO_2} = 25 \frac{\text{€}}{\text{tn CO}_2} * P_{CO_2} = 166 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

Μειωμένα έξοδα συντήρησης

Η μηδενική συντήρηση αποτελεί το βασικό πλεονέκτημα της τεχνολογίας των μπαταριών ιόντων λιθίου.

Για να ποσοτικοποιηθεί το όφελος της μηδενικής συντήρησης θα αναλυθούν τα κόστη συντήρησης που επιβαρύνουν τη λειτουργία της αποθήκης KAM2.

Γίνεται η παραδοχή πως η συμπλήρωση υγρών στις μπαταρίες οξέος μολύβδου κοστίζει στην εταιρεία για ένα έτος:

$$K_1 = 50 \frac{\text{€}}{2\text{μηνο}} * 6 = 300 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

Επιπλέον, μία φορά τον χρόνο καλείται ειδικός για την επισκευή και συντήρηση των μπαταριών, ο οποίος για να συντηρήσει τις 25 μπαταρίες χρειάζεται 12 ώρες εργασίας και πληρώνεται 25€ την ώρα. Οπότε, προκύπτει ένα επιπλέον κόστος:

$$K_2 = 12h * 25 \frac{\text{€}}{h} = 300 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

Οπότε, το συνολικό κόστος για την συντήρηση των αποθηκών Β και Γ υπολογίζεται:

$$K_{\Sigma\Upsilon\Nu\Upsilon\Upsilon\Upsilon\Upsilon} = K_1 + K_2 = 600 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

Οικονομικό όφελος από μη ενεργειακά οφέλη

Όλα τα παραπάνω κόστη που συνοδεύουν την χρήση των μπαταριών οξέος μολύβδου δεν αφορούν τις μπαταρίες ιόντων λιθίου και συνεπώς το συνολικό παραπάνω κόστος θεωρείται και είναι οικονομικό κέρδος για την επιχείρηση.

Οπότε, το συνολικό ετήσιο οικονομικό όφελος του συγκεκριμένου μέτρου εξοικονόμησης ενέργειας ανέρχεται σε:

$$K_{NEB} = K_{CO_2} + K_{\Sigma\Upsilon\Nu\Upsilon\Upsilon\Upsilon\Upsilon} = 766 \frac{\text{€}}{\text{έτος}}$$

7.2.4.3 Οικονομική Αξιολόγηση

Τα αποτελέσματα της οικονομικής μελέτης αναλύθηκαν τόσο για χρήση των Μη Ενεργειακών Οφελών (NEB: Non Energy Benefits) όσο και χωρίς. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ακολούθως:

Πίνακας 84: Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης Πρότασης Γ

Δείκτης	Χωρίς NEB	Με NEB
Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)	-80.081,06	-76.503,94
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	-7,7 %	-6,7 %
Χρόνος Αποπληρωμής σε χρόνια	-	-

Παρατηρείται πως με τη χρήση των μη ενεργειακών οφελών οι δείκτες της οικονομικής αξιολόγησης βελτιώνονται.

Όμως, αυτή η βελτίωση δεν καθίσταται επαρκής για να μετατρέψει την επένδυση σε συμφέρουσα και δελεαστική για την επιχείρηση.

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης παραμένει αρνητικός και στις δύο περιπτώσεις και τα χρόνια αποπληρωμής της επένδυσης είναι περισσότερα από το διάστημα που γίνεται δεκτό από την επιχείρηση.

8. Παράρτημα

Στο παρόν παράρτημα παρουσιάζονται τα διακινούμενα κιβώτια προϊόντων για τις δύο αποθήκες KAM1 και KAM2 για τα χρονικά έτη 2017, 2018 και 2019 για τα οποία πραγματοποιείται και η μελέτη.

Από την εταιρεία AB Βασιλόπουλος για τις συγκεκριμένες εγκαταστάσεις κρατείται μόνο αρχείο για την ποσότητα των κιβωτίων που διακινούνται και όχι των κιλών στα οποία αντιστοιχούν τα κιβώτια αυτά ή των επιμέρους προϊόντων.

Συνεπώς, για τις αποθήκες KAM1 και KAM2 προκύπτουν οι ακόλουθοι Πίνακες 85 και 86.

Πίνακας 85: Διακινούμενα κιβώτια στην KAM1

	2017	2018	2019
Ιανουάριος	3.345.225	2.750.907	2.502.555
Φεβρουάριος	3.312.979	2.887.290	2.976.353
Μάρτιος	3.074.838	2.749.561	2.624.347
Απρίλιος	4.175.235	2.997.140	3.006.927
Μάιος	2.912.898	2.533.324	2.441.170
Ιούνιος	2.927.406	2.757.593	2.667.166
Ιούλιος	2.757.117	2.812.030	2.638.399
Αύγουστος	2.562.039	2.400.997	2.501.897
Σεπτέμβριος	3.026.358	2.978.192	2.857.315
Οκτώβριος	3.062.616	2.934.707	2.755.237
Νοέμβριος	2.851.401	2.820.833	3.046.086
Δεκέμβριος	3.265.188	2.950.152	2.750.890
Σύνολο	37.273.300	33.572.726	32.768.343

Πίνακας 86: Διακινούμενα κιβώτια στην ΚΑΜ2

	2017	2018	2019
Ιανουάριος	219.059	254.551	200.146
Φεβρουάριος	205.556	247.539	213.507
Μάρτιος	179.139	233.066	187.366
Απρίλιος	417.647	278.058	227.115
Μάιος	222.420	224.253	223.264
Ιούνιος	210.617	275.927	252.411
Ιούλιος	212.271	265.229	215.095
Αύγουστος	224.014	240.304	234.618
Σεπτέμβριος	318.597	311.981	287.546
Οκτώβριος	303.310	271.016	218.636
Νοέμβριος	255.587	274.226	240.403
Δεκέμβριος	323.159	270.464	249.623
Σύνολο	3.091.376	3.146.614	2.749.730

9. Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Διαδικασία λήψης απόφασης για υλοποίηση επένδυσης.....	19
Εικόνα 2: Αποθήκες KAM1 και KAM2.....	21
Εικόνα 3: Αποθήκη KAM1.....	22
Εικόνα 4: Αποθήκη KAM2.....	23
Εικόνα 5: Επίδραση φωτός στην παραγωγικότητα των εργαζομένων (P.R. Mills et al, 2007).....	79
Εικόνα 6: Αποτελέσματα Dialux για διαδρόμους αποθήκευσης.....	80
Εικόνα 7: Αποτελέσματα Dialux για πατάρια.....	82
Εικόνα 8: Αποτελέσματα Dialux για χώρους διακίνησης.....	83
Εικόνα 9: Εγκατεστημένοι ηλιοσωλήνες σε χώρο αποθήκης Κτιρίου Γ.....	92
Εικόνα 10: Απόδοση ηλιοσωλήνων MONODRAUGHT ανά διάμετρο.....	95
Εικόνα 11: Διαδικασία υπολογισμού VDI περονοφόρου οχήματος (Paul et al., 2020).....	105
Εικόνα 12: Κύκλοι ζωής μπαταρίας λιθίου συναρτήσει του ποσοστού εκφόρτισης (K. R. Mallon et al., 2017).....	106
Εικόνα 13: Κατάσταση φόρτισης μπαταρίας λιθίου 25.6V/ 288Ah για 3 βάρδιες...	107

10. Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Επιφάνειες κτιρίων KAM1	22
Πίνακας 2: Επιφάνειες εγκατάστασης KAM2	23
Πίνακας 3: Επιφάνειες ανά χρήση κτιρίου Α στην KAM1	24
Πίνακας 4: Επιφάνειες ανά χρήση κτιρίου Β στην KAM1	24
Πίνακας 5: Επιφάνειες ανά χρήση κτιρίου Γ στην KAM1	25
Πίνακας 6: Επιφάνειες ανά χρήση στην KAM2	25
Πίνακας 7: Εγκατεστημένη Ισχύς φωτισμού στην KAM1	28
Πίνακας 8: Εγκατεστημένα φωτιστικά ασφαλείας στην KAM1	28
Πίνακας 9: Εγκατεστημένος εξωτερικός φωτισμός στην KAM1	28
Πίνακας 10: Βασικοί τύποι φωτιστικών στους χώρους αποθηκών στην KAM1	29
Πίνακας 11: Εγκατεστημένη Ισχύς φωτιστικών στους χώρους αποθηκών στην KAM1	29
Πίνακας 12: Εγκατεστημένη Ισχύς φωτιστικών στην αποθήκη Κενών της KAM1	29
Πίνακας 13: Εγκατεστημένη Ισχύς φωτιστικών στους χώρους γραφείων στην KAM1	30
Πίνακας 14: Χαρακτηριστικά και ποσότητα μπαταριών οξέος μολύβδου στην KAM1	31
Πίνακας 15: Εγκατεστημένη Ισχύς φωτισμού στην KAM2	33
Πίνακας 16: Εγκατεστημένα φωτιστικά ασφαλείας στην KAM2	33
Πίνακας 17: Εγκατεστημένος εξωτερικός φωτισμός στην KAM2	34
Πίνακας 18: Εγκατεστημένη Ισχύς φωτιστικών στο χώρο αποθήκης στην KAM2	34
Πίνακας 19: Εγκατεστημένη Ισχύς φωτιστικών στους χώρους γραφείων στην KAM2	34
Πίνακας 20: Χαρακτηριστικά και ποσότητα μπαταριών οξέος μολύβδου στην KAM2	35
Πίνακας 21: Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας και κόστος της KAM1	36
Πίνακας 22: Συντελεστής μετατροπής ηλεκτρισμού σε εκλυόμενο CO ₂	38
Πίνακας 23: Μηνιαίες εκπομπές CO ₂ στην KAM1	38
Πίνακας 24: Ετήσιες ώρες λειτουργίας φωτισμού στην KAM1	41
Πίνακας 25: Ετήσια κατανάλωση ενέργειας φωτισμού στην KAM1	41
Πίνακας 26: Επιμερισμός καταναλώσεων ενέργειας φωτισμού κτιρίων της KAM1	41
Πίνακας 27: Επιμερισμός κατανάλωσης ενέργειας φωτισμού ανά χρήση στην KAM1	42
Πίνακας 28: Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας και κόστος της KAM2	50
Πίνακας 29: Μηνιαίες εκπομπές CO ₂ στην KAM2	52
Πίνακας 30: Ετήσιες ώρες λειτουργίας φωτισμού στην KAM2	54
Πίνακας 31: Ετήσια κατανάλωση ενέργειας φωτισμού στην KAM2	54
Πίνακας 32: Επιμερισμός κατανάλωσης ενέργειας φωτισμού ανά χρήση στην KAM2	54
Πίνακας 33: Στατιστικά Παλινδρόμησης για KAM1	63
Πίνακας 34: Ανάλυση Διακύμανσης Παλινδρόμησης για KAM1	63

Πίνακας 35: Συντελεστές Παλινδρόμησης για KAM1	63
Πίνακας 36: Στατιστικά Παλινδρόμησης για KAM2	66
Πίνακας 37: Ανάλυση Διακύμανσης Παλινδρόμησης για KAM2	66
Πίνακας 38: Συντελεστές Παλινδρόμησης για KAM2	66
Πίνακας 39: Βασικές απαιτήσεις για φωτισμό.....	69
Πίνακας 40: Οικονομικές παράμετροι αξιολόγησης επένδυσης	69
Πίνακας 41: Κόστος λαμπτήρων	71
Πίνακας 42: Κόστος επένδυσης αντικατάστασης λαμπτήρων.....	71
Πίνακας 43: Επιτευχθείσα μείωση ισχύος φωτισμού	71
Πίνακας 44: Επιτευχθείσα μείωση κατανάλωσης ενέργειας φωτισμού	72
Πίνακας 45: Οικονομικό όφελος από εξοικονόμηση ενέργειας φωτισμού	73
Πίνακας 46: Χρόνια ζωής νέων λαμπτήρων	73
Πίνακας 47: Ετήσιο κόστος αντικατάστασης λαμπτήρων	73
Πίνακας 48: Επιτευχθείσα μείωση ρύπων	74
Πίνακας 49: Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης Πρότασης Α για KAM1.....	75
Πίνακας 50: Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης Πρότασης Α για KAM2.....	75
Πίνακας 51: Ποσότητα και ισχύς φωτιστικών σωμάτων LED για KAM1.....	83
Πίνακας 52: Ποσότητα και ισχύς φωτιστικών σωμάτων LED για KAM2.....	84
Πίνακας 53: Κόστος επένδυσης για φωτιστικά σώματα LED	84
Πίνακας 54: Μείωση εγκατεστημένης ισχύος και κατανάλωσης ενέργειας	85
Πίνακας 55: Ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας στα επιμέρους κτίρια της KAM1.....	86
Πίνακας 56: Οικονομικό όφελος από εξοικονόμηση ενέργειας φωτισμού	88
Πίνακας 57: Χρόνια ζωής νέων λαμπτήρων	88
Πίνακας 58: Ετήσιο Κόστος Αντικατάστασης φωτιστικών σωμάτων.....	88
Πίνακας 59: Επιτευχθείσα μείωση ρύπων	89
Πίνακας 60: Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης Πρότασης Β για KAM1	89
Πίνακας 61: Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης Πρότασης Β για KAM2	90
Πίνακας 62: Κόστος εξαρτημάτων ηλιοσωλήνων	93
Πίνακας 63: Παράμετροι υπολογισμού Ζώνης Φυσικού Φωτισμού	93
Πίνακας 64: Κόστος ηλιοσωλήνων για KAM1 και KAM2.....	96
Πίνακας 65: Κόστος επένδυσης για KAM1 και KAM2	96
Πίνακας 66: Κόστος αγοράς αισθητήρων Φυσικού Φωτισμού	97
Πίνακας 67: Ώρες αξιοποίησης Φυσικού Φωτισμού ανά έτος.....	98
Πίνακας 68: Εγκατεστημένη ισχύς φωτιστικών εντός Ζωνών Φυσικού Φωτισμού ...	98
Πίνακας 69: Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας με Πρόταση Γ.....	99
Πίνακας 70: Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας με Πρόταση Γ	99
Πίνακας 71: Οικονομικό όφελος από εξοικονόμηση ενέργειας φωτισμού	100
Πίνακας 72: Επιτευχθείσα μείωση ρύπων	101
Πίνακας 73: Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης Πρότασης Γ για KAM1	101
Πίνακας 74: Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης Πρότασης Γ για KAM2	102
Πίνακας 75: Χαρακτηριστικά τύπων ηλεκτρικών περονοφόρων οχημάτων	105
Πίνακας 76: Χαρακτηριστικά νέων μπαταριών Ιόντων Λιθίου	107
Πίνακας 77: Κόστος αγοράς μπαταριών και φορτιστών για Κτίριο Δ.....	108

Πίνακας 78: Οικονομικές παράμετροι αξιολόγησης επένδυσης	113
Πίνακας 79: Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης Πρότασης Α.....	113
Πίνακας 80: Κόστος αγοράς μπαταριών και φορτιστών για ΚΑΜ1	115
Πίνακας 81: Συντελεστής μετατροπής ηλεκτρισμού σε εκλυόμενο CO2	118
Πίνακας 82: Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης Πρότασης Β.....	119
Πίνακας 83: Κόστος αγοράς μπαταριών και φορτιστών για ΚΑΜ2	121
Πίνακας 84: Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης Πρότασης Γ	124
Πίνακας 85: Διακινούμενα κιβώτια στην ΚΑΜ1.....	125
Πίνακας 86: Διακινούμενα κιβώτια στην ΚΑΜ2.....	126

11. Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας KAM1	37
Σχήμα 2: Μηνιαίο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας KAM1.....	37
Σχήμα 3: Μηνιαίες εκπομπές CO ₂ στην KAM1	39
Σχήμα 4: Επιμερισμός καταναλώσεων ενέργειας φωτισμού κτιρίων της KAM1	42
Σχήμα 5: Επιμερισμός κατανάλωσης ενέργειας φωτισμού ανά χρήση στην KAM1 ..	43
Σχήμα 6: Επιμερισμός κατανάλωσης ενέργειας μπαταρουργείου ανά κτίριο της KAM1	46
Σχήμα 7: Επιμερισμός κατανάλωσης ενέργειας στις διάφορες χρήσεις της KAM1 ...	49
Σχήμα 8: Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας KAM2	51
Σχήμα 9: Μηνιαίο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας KAM2.....	51
Σχήμα 10: Μηνιαίες εκπομπές CO ₂ στην KAM2	53
Σχήμα 11: Επιμερισμός κατανάλωσης ενέργειας φωτισμού ανά χρήση στην KAM2	55
Σχήμα 12: Επιμερισμός κατανάλωσης ενέργειας στις διάφορες χρήσεις της KAM2	57
Σχήμα 13: Μέσες μηνιαίες Θερμοκρασίες	60
Σχήμα 14: Μέσες μηνιαίες μέγιστες Θερμοκρασίες	61
Σχήμα 15: Μέσες μηνιαίες ελάχιστες Θερμοκρασίες	61
Σχήμα 16: Γραμμή Βάσης 6 παραμέτρων για KAM1	62
Σχήμα 17: Γραμμή Βάσης πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για KAM1	64
Σχήμα 18: Γραμμή Βάσης 6 παραμέτρων για KAM2	65
Σχήμα 19: Γραμμή Βάσης πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για KAM2	67
Σχήμα 20: Μείωση ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας φωτισμού στην KAM1	86
Σχήμα 21: Μείωση ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας φωτισμού στην KAM2	87

12. Βιβλιογραφία

12.1 Ξένη Βιβλιογραφία

DIRECTIVE 2014/35/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, «The harmonisation of the laws of the Member States relating to the making available on the market of electrical equipment designed for use within certain voltage limits», 2014

P. R. Mills, S. C. Tomkins και L. JM. Schlangen, «The effect of high correlated colour temperature office lighting on employee wellbeing and work performance», 2007

C. Reinhart και A. Fitz, «Findings from a survey on the current use of daylight simulations in building design», 2006

Th. Paul, T. Mesbahji, S. Durand, D. Flieller και W. Uhring, «Sizing of Lithium-Ion/ Supercapacitor Hybrid Energy Storage System for Forklift Vehicle», 2020

Sustainable Energy Authority of Ireland, «Energy Audit Handbook», 2017

L. Ryan και N. Campbell, «Spreading the Net: The Multiple Benefits of Energy Efficiency Improvements», 2012

L. Brun και G. Gereffi, «THE MULTIPLE PATHWAYS TO INDUSTRIAL ENERGY EFFICIENCY: A Systems and Value Chain Approach», 2011

C. Cooremans, « Make it strategic! Characteristics of investments do matter. Energy Efficiency», 2011

C. Cooremans, «Investment in energy efficiency: do the characteristics of the investments matter?», 2012a

C. Cooremans, « M-Key Inception Report», 2015

K. R. Mallon, F. Assadian και B. Fu, «Analysis of On-Board Photovoltaics for a Battery Electric Bus and Their Impact on Battery Lifespan», 2017

12.2 Ελληνική Βιβλιογραφία

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, «Οδηγός Ενεργειακών Ελέγχων σε κτίρια βιομηχανίες και μεταφορές», 2017

T.O.T.E.E. 20701-1/2017, «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση ενεργειακού πιστοποιητικού», 2017

12.3 Ηλεκτρονικές Πηγές

<https://www.weatheronline.gr>

<http://meteosearch.meteo.gr/>

<https://www.techlumen.gr/el/odigoi-fotismoy/protypa-fotismoy-en12464-1-en12462-2>

https://www.deggy.com/ip_ik_rating.html

<https://www.mipeco.gr/en/proionta/hlioswlines-diafwtistoi-tholoi/monodraught/diastaseis-apodoseis>