



Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

Διαχείριση και Τεχνολογία Ποιότητας

Διπλωματική Εργασία

Συστήματα και Ενέργειες που Εφαρμόζονται από Αλυσίδα
Λιανεμπορίου με Σκοπό την Εξοικονόμηση Ενέργειας

Νικόλαος Τσουπάκης

Επιβλέπων καθηγητής: Μαριλένα Πούλου

Πάτρα, Ιούλιος 2024

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



Συστήματα και Ενέργειες που Εφαρμόζονται από Αλυσίδα Λιανεμπορίου με Σκοπό την Εξοικονόμηση Ενέργειας

Νικόλαος Τσουπάκης

Επιτροπή Επίβλεψης Πτυχιακής / Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Μαριλένα Πούλου

Επιβλέποντος_Μέλους_ΣΕΠ

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Επαμεινώντας Διαμαντόπουλος

Επιβλέποντος_Μέλους_ΣΕΠ

Πάτρα, Ιούλιος 2024

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου, κύρια Μαριλένα Πούλου για την καθοδήγηση, την πολύτιμη βοήθεια της και την αμέριστη υποστήριξη της καθώς δίχως αυτήν δεν θα ήταν δυνατή η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής.

.

«

Αφιερωμένο στους γονείς μου και την Θεσσαλία.

Νικόλαος Τσουπάκης

Περίληψη

Η συνεχόμενη τεχνολογική εξέλιξη, η ευρωπαϊκή νομοθεσία αλλά και η αύξηση του κόστους ενέργειας έχει οδηγήσει τις εταιρείες στην εφαρμογή πάρα πολλών συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας. Για τα συστήματα που εφαρμόζουν οι εταιρείες υπάρχει συνεχής έλεγχος και καταγραφή με σκοπό τη διεξαγωγή συμπερασμάτων και την συνεχή βελτίωση. Στην εργασία αυτή γίνεται αναφορά στο ενεργειακό πρόβλημα και αναλύεται η ενεργειακή & περιβαλλοντολογική πολιτική της Ε.Ε. Οι αλυσίδες super market χρησιμοποιούν τεχνολογίες ψύξης – κλιματισμού με ψυκτικά ρευστά F -GAS. Γίνεται επεξήγηση των F-GAS , τι ορίζει η νομοθεσία για αυτά , τι είναι το GWP και η σχέση του με τα F-GAS. Παρουσιάζεται η εταιρεία που πρόκειται να εξεταστεί, γίνεται αναφορά στο ενεργειακό της προφίλ καθώς και ανάλυση του ψυκτικού εξοπλισμού που αυτή χρησιμοποιεί. Τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας διαθέτει το σύστημα ψύξης που αποτελείται από τα ψυγεία, τα multi και τα condenser. Αναφέρονται οι ενέργειες που γίνονται για την εξοικονόμηση ενέργειας, όπως η τοποθέτηση συστημάτων ψύξης CO₂ ,τοποθέτηση πορτών σε ψυγεία ανοιχτού τύπου , τοποθέτηση inverter στο multi των ψυγείων, τοποθέτηση φωτισμού LED και παρουσιάζεται η πρόοδος που έχει σημειωθεί με την αντικατάσταση του ενεργοβόρου εξοπλισμού. Η μελέτη αναδεικνύει τη χρησιμότητα αυτών των ενεργειών και των συστημάτων που προσπαθούν να μειώσουν τις ενεργειακές σπατάλες των προηγούμενων χρόνων χάρη στη βοήθεια δεδομένων που έχουν συλλεχθεί και μελετηθεί μέσω του λογισμικού SPSS.

Λέξεις – Κλειδιά

Κατανάλωση ενέργειας, Ψυκτικό σύστημα, f-gas, Τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας, CO₂, Ενεργειακή αποδοτικότητα, Περιβαλλοντικά οφέλη

Abstract

Constant technological progress, European legislation, and the rise of energy costs have led companies to implement several energy-saving systems. Systems that are implemented by companies are continuously monitored and recorded aiming at drawing conclusions and continuous improvement. The current study discusses the energy issue and analyzes the EU's energy and environmental policy. Most supermarket chains utilize refrigeration and air conditioning technologies with F-GAS refrigerants. A definition of F-GAS is provided, including what the legislation specifies about them, what GWP is as well as its connection with F-GAS. The company which is to be examined is presented, in addition to a reference to its energy profile. Cooling system being used is presented. The cooling system, which consists of refrigerators, multi-units, and condensers, displays the highest energy consumption. Actions taken to save energy are mentioned, including the installation of CO₂ cooling systems, doors on open-type refrigerators, inverters on multi-units of refrigerators and LED lighting. The progress after replacing energy-intensive equipment is also demonstrated. The study examines the effectiveness of these actions and systems in decreasing the energy waste of previous years."

Keywords

Energy consumption, Refrigeration system, f-gas, Energy saving technologies, CO₂, Energy efficiency, Environmental benefits

Περιεχόμενα

Περίληψη	v
Abstract	vi
Περιεχόμενα	vii
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	ix
Κατάλογος Πινάκων	xiii
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια	xv
1. Ενέργεια	1
1.1 Το ενεργειακό πρόβλημα	1
1.2 Η ενεργειακή πολιτική της Ε.Ε	2
1.1.1 Πρώτο στάδιο (2000 – 2010)	3
1.1.2 Δεύτερο στάδιο (2011 – 2016)	3
1.1.3 Τρίτο στάδιο (2017 – 2020)	4
1.3 Το ενεργειακό και εργασιακό κόστος στην Ε.Ε	5
1.4 Η ενεργειακή σήμανση σε επαγγελματικά ψυχόμενα ερμάρια στην Ε.Ε.	6
2. Περιβάλλον	8
2.1 Η περιβαλλοντική πολιτική της Ε.Ε.	8
2.2 Τι είναι ο δείκτης GWP και ODP	9
2.3 Τι είναι τα f-gas και τα HCFs	12
2.4 Μείωση των HFCs και η επιλογή εναλλακτικών ψυκτικών ρευστών	12
2.5 Το πληροφοριακό σύστημα για την παρακολούθηση των φθοριούχων αερίων στην Ελλάδα	14
3. Παρουσίαση εταιρείας και περιγραφή του εξοπλισμού που διαθέτει.	16
3.1 Παρουσίαση εταιρείας	16
3.2 Παρουσίαση ενεργειακού προφίλ της εταιρείας	16
3.3 Σύστημα ψύξης	22
3.3.1 Περιγραφή συστήματος	24
3.3.2 Multi	25
3.3.3 Condenser	26
3.3.4 Ψυγεία	27
3.3.5 Ψυκτικοί θάλαμοι	32
4. Συστήματα και διαδικασίες για την εξοικονόμηση ενέργειας σε super market	34
4.1 Συστήματα ψύξης CO ₂	34
4.2 Τοποθέτηση εναλλάκτη στο σύστημα ψύξης για χρήση ζεστού νερού στο κατάστημα	37
4.3 Τοποθέτηση πορτών σε ψυγεία ανοιχτού τύπου	39
4.4 Σύστημα παρακολούθησης ψυγείων	40
4.5 Τοποθέτηση Inverter σε συμπιεστές του συστήματος ψύξης	42
4.6 Τοποθέτηση αδιαβατικής ψύξης σε gas cooler – condenser	43
4.7 Χρήση ανεμιστήρων μεταβλητής ταχύτητας	45
4.8 Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πάνελ	45
4.9 Συστήματα διαχείρισης κλιματισμού – φωτισμού	48
4.10 Αντικατάσταση φωτισμού σε led – τοποθέτηση φωτοκύτταρων – φωτοσωλήνες ..	49
4.11 Ενέργειες μηδενικού κόστους που συμβάλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας	52

5. Στατιστική ανάλυση ενεργειακών δεδομένων	54
5.1 Παρουσίαση δεδομένων – στατιστική ανάλυση.....	54
5.2 Q – Q plot	68
5.3 t - test.....	81
5.3 Έλεγχος της κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk για την μεταβλητή diffaugust και t-test	84
5.4 Έλεγχος της κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk για την μεταβλητή diffjuly και t-test	87
5.5 Έλεγχος της κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk για την μεταβλητή diffoct και t-test.....	90
5.6 Έλεγχος της κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk για την μεταβλητή diffdec και t-test	93
Συμπέρασμα	95
Βιβλιογραφία.....	97

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 1.4 - 1. Σχηματική παράσταση συντονισμένης καταχώρησης και πιστοποίησης των προϊόντων

Εικόνα 1.4 - 2 Ενεργειακή σήμανση επαγγελματικών ψυχόμενων ερμαριών στην Ε.Ε

Εικόνα 3.2 - 1 Κλιματικές ζώνες στην επικράτεια της Ελλάδος

Εικόνα 3.2 - 2 Κάτοψη του ψυχόμενου μέρους στην αποθήκη Οινοφύτων

Εικόνα 3.3.1 – 1 Τυπικό ψυκτικό κύκλωμα με χρήση F-GAS

Εικόνα 3.3.2 - 1 Μηχανοστάσιο Multi

Εικόνα 3.3.2 – 2 Multi συντήρησης – κατάψυξης για F-GAS

Εικόνα 3.3.3 - 1 Condenser συντήρησης – κατάψυξης για F-GAS

Εικόνα 3.3.4 – 1 Ψυγείο τύπου self-service για αλλαντικά, τυριά, delicatessen, γαλακτοκομικά ή έτοιμα φαγητά ($t_i = 0\text{ }^{\circ}\text{C}/2\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Εικόνα 3.3.4 – 2 Ψυγείο τύπου βιτρίνα service για κρέας ($t_i = -1\text{ }^{\circ}\text{C}/1\text{ }^{\circ}\text{C}$), αλλαντικά, τυριά ($t_i = 0\text{ }^{\circ}\text{C}/2\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Εικόνα 3.3.4 – 3 Ψυγείο τύπου self-service κρέατος ($t_i = -1\text{ }^{\circ}\text{C}/1\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Εικόνα 3.3.4 – 4 Ψυγείο τύπου self-service οπωροπωλείου ($t_i = +6\text{ }^{\circ}\text{C}/+8\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Εικόνα 3.3.4 – 5 Ψυγείο κατάψυξης τύπου βούτα ($t_i = -22\text{ }^{\circ}\text{C}/-24\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Εικόνα 3.3.4 – 6 Ψυγείο κατάψυξης τύπου ντουλάπα ($t_i = -22\text{ }^{\circ}\text{C}/-24\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Εικόνα 3.3.4 – 7 Ειδικές κατασκευές ψυγείων για φέτα και ψάρι

Εικόνα 3.3.5 – 1 Μέθοδος συναρμογής πάνελ

Εικόνα 4.1 - 1 Κύκλος ψύξης συστήματος Transcritical CO₂

Εικόνα 4.1 – 2 Multi CO₂ (συντήρησης – κατάψυξης)

Εικόνα 4.1 - 3 Gas Cooler – για σύστημα ψύξης CO₂ (συντήρησης – κατάψυξης)

Εικόνα 4.3 - 1 Ψυγείο service συντήρησης με ανοιγομενες πόρτες

Εικόνα 4.2 – 1 Εναλλάκτης νερού – freon

Εικόνα 4.2 – 2 Boiler νερού

Εικόνα 4.4 – 1 Παραδείγματα μηνυμάτων σε περίπτωση βλάβης

Εικόνα 4.4 – 2 Συστήμα Danfoss : Ειδοποιήσεις και διάγραμμα θερμοκρασιών ψυγείου

Εικόνα 4.5 – 1 Multi Συντήρησης – κατάψυξης CO2 με Inverter

Εικόνα 4.6 – 1 Αδιαβατική ψύξη

Εικόνα 4.8 – 1 Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πάνελ με κλίση 5 μοιρών σε υπαίθριο χώρο του καταστήματος

Εικόνα 4.8 – 2 Φωτοβολταϊκά πάνελ με κλίση 5 μοιρών και υπερύψωση 1 μέτρου

Εικόνα 4.9 – 1 Σύστημα διαχείρισης κλιματισμού

Εικόνα 4.9 – 2 Σύστημα PLC

Εικόνα 4.10 – 1 Αντικατάσταση φωτισμού σε LED τα έτη 2018-19

Εικόνα 4.10 – 2 Φωτοσωλήνες σε οροφή από πάνελ

Εικόνα 4.11 - 1 Σήμανση τοποθετημένη κοντά σε διακόπτες που χειρίζονται από το προσωπικό

Εικόνα 4.11 - 2 Ενημέρωση προσωπικού μέσω ηλεκτρονικής αλληλογραφίας για την χρήση του κλιματισμού

Εικόνα 4.11 - 3 Ενημέρωση προσωπικού μέσω ηλεκτρονικής αλληλογραφίας για την ορθή φόρτωση των ψυγείων

Εικόνα 4.11 - 4 Ενημέρωση προσωπικού μέσω ηλεκτρονικής αλληλογραφίας για την ορθή χρήση των θερμοσίφωνων.

Εικόνα 5.1 - 1 Κάτοψη χώρου πώλησης στο ισόγειο του καταστήματος στο Αιγάλεω

Εικόνα 5.3 - 1 t – test hypothesis, (2 – tailed)

Εικόνα 5.3 - 2 t - test hypothesis, (1-tail)

Σχήμα 3.2 - 1 Γράφημα πίτας όπου απεικονίζεται ο καταμερισμός της κατανάλωσης ενέργειας στο σύνολο των εγκαταστάσεων

Σχήμα 3.2 - 2 Γράφημα πίτας όπου απεικονίζεται ο καταμερισμός της κατανάλωσης ενέργειας σε ένα κατάστημα

Σχήμα 3.2 - 3 Γράφημα πίτας όπου απεικονίζεται ο καταμερισμός της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας στο σύνολο των αποθηκών [MWh]

Σχήμα 3.2 - 4 Γράφημα πίτας όπου απεικονίζεται ο ετήσιος καταμερισμός της κατανάλωσης ενέργειας σε μια αποθήκη

Σχήμα 3.2 - 5 Γράφημα πίτας όπου απεικονίζεται ο ετήσιος καταμερισμός της κατανάλωσης ενέργειας στην αποθήκη των Οиноφύτων

Σχήμα 3.3 - 1 Γράφημα πίτας όπου απεικονίζεται ο καταμερισμός ψυκτικών εγκαταστάσεων ανάλογα με το ψυκτικό ρευστό που χρησιμοποιούν

Σχήμα 5.1-1 Σύγκριση κατανάλωσης ενέργειας 21/07/2019 vs 04/07/2021 (kwh)

Σχήμα 5.1-2 Σύγκριση κατανάλωσης ενέργειας 15/08/2020 vs 15/08/2021 (kwh)

Σχήμα 5.1-3 Σύγκριση κατανάλωσης ενέργειας 06/10/2019 vs 17/10/2021 (kwh)

Σχήμα 5.1-4 Σύγκριση κατανάλωσης ενέργειας 26/12/2020 vs 26/12/2021 (kwh)

Σχήμα 5.1-5 Θηκόγραμμα κατανάλωσης ενέργειας Αύγουστος 2021 (kwh)

Σχήμα 5.1-6 Θηκόγραμμα κατανάλωσης ενέργειας Αύγουστος 2019 (kwh)

Σχήμα 5.1-7 Θηκόγραμμα κατανάλωσης ενέργειας Ιούλιος 2021 (kwh)

Σχήμα 5.1-8 Θηκόγραμμα κατανάλωσης ενέργειας Ιούλιος 2019 (kwh)

Σχήμα 5.1-9 Θηκόγραμμα κατανάλωσης ενέργειας Οκτώβριος 2021 (kwh)

Σχήμα 5.1-10 Θηκόγραμμα κατανάλωσης ενέργειας Οκτώβριος 2019 (kwh)

Σχήμα 5.1-11 Θηκόγραμμα κατανάλωσης ενέργειας Δεκέμβριος 2021 (kwh)

Σχήμα 5.1-12 Θηκόγραμμα κατανάλωσης ενέργειας Δεκέμβριος 2019 (kwh)

Σχήμα 5.2-1 Γράφημα διασποράς κατανάλωσης ενέργειας Αύγουστος 2021 (kwh)

Σχήμα 5.2-2 Γράφημα διασποράς κατανάλωσης ενέργειας Αύγουστος 2019 (kwh)

Σχήμα 5.2-3 Ιστόγραμμα κατανάλωσης ενέργειας Αύγουστος 2021 (kwh)

Σχήμα 5.2-4 Ιστόγραμμα κατανάλωσης ενέργειας Αύγουστος 2019 (kwh)

Σχήμα 5.2-5 Γράφημα διασποράς Ιούλιος 2021 (kwh)

Σχήμα 5.2-6 Γράφημα διασποράς Ιούλιος 2019 (kwh)

Σχήμα 5.2-7 Ιστόγραμμα Ιούλιος 2021 (kwh)

Σχήμα 5.2-8 Ιστόγραμμα Ιούλιος 2019 (kwh)

Σχήμα 5.2-9 Γράφημα διασποράς Οκτώβριος 2021 (kwh)

Σχήμα 5.2-10 Γράφημα διασποράς Οκτώβριος 2019 (kwh)

Σχήμα 5.2-11 Ιστόγραμμα Οκτώβριος 2021 (kwh)

Σχήμα 5.2-12 Ιστόγραμμα Οκτώβριος 2019 (kwh)

Σχήμα 5.2-13 Γράφημα διασποράς Δεκέμβριος 2021 (kwh)

Σχήμα 5.2-14 Ιστόγραμμα Δεκέμβριος 2021 (kwh)

Σχήμα 5.2-15 Γράφημα διασποράς Δεκέμβριος 2019 (kwh)

Σχήμα 5.2-16 Ιστόγραμμα Δεκέμβριος 2019 (kwh)

Σχήμα 5.3 – 1 Γράφημα διασποράς Αύγουστος (kwh)

Σχήμα 5.4 – 1 Γράφημα διασποράς Ιούλιος (kwh)

Σχήμα 5.5 – 1 Γράφημα διασποράς Οκτώβριος (kwh)

Σχήμα 5.6 – 1 Γράφημα διασποράς Δεκέμβριος (kwh)

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1 -1 Παγκόσμια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας

Πίνακας 2.2 -1 Κοινοί τύποι φθοριούχων αερίων: υπερφθοράνθρακες (PFC, πράσινο), εξαφθοριούχο θείο (SF₆, μπλε) και υδροφθοράνθρακες (HFC, πορτοκαλί), GWP100 στον άξονα x και διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα στον άξονα y.

Πίνακας 2.2 - 2 Φθοριούχα αέρια: διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα, δείκτης ODP και δείκτης GWP100

Πίνακας 2.2 – 3 Φυσικά ψυκτικά ρευστά: διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα, δείκτης ODP και δείκτης GWP100

Πίνακας 2.4-2 Σύνοψη απαγορεύσεων ψυκτικών ρευστών στην Ε.Ε

Πίνακας 5.1 - 1 Ημερομηνίες δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την στατιστική ανάλυση του καταστήματος Αιγάλεω 1

Πίνακας 5.1 - 2 Δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την στατιστική ανάλυση του καταστήματος Αιγάλεω (kwh)

Πίνακας 5.1-3 Στατιστική ανάλυση κατανάλωσης ενέργειας (kwh) για τα έτη 2019 έως 2021 του καταστήματος Αιγάλεω 1

Πίνακας 5.1-4 Στατιστική ανάλυση θερμοκρασιών περιβάλλοντος το μήνα Αύγουστο για τα έτη 2019 και 2021 του καταστήματος Αιγάλεω 1

Πίνακας 5.2-1 Shapiro-Wilk test Αύγουστος 2019 / 2021

Πίνακας 5.2-2 Shapiro-Wilk test Αύγουστος 2019 / 2021

Πίνακας 5.2-3 Shapiro-Wilk test Ιούλιος 2019 / 2021

Πίνακας 5.2-4 Shapiro-Wilk test Οκτώβριος 2019 / 2021

Πίνακας 5.2-5 Shapiro-Wilk test Δεκέμβριος 2019 / 2021

Πίνακας 5.3-1 Kolmogorov-Smirnov test Αύγουστος

Πίνακας 5.3-2 Kolmogorov-Smirnov & Shapiro –Wilk test Αύγουστος

Πίνακας 5.3-3 One-sample test Αύγουστος $\alpha=0,05$

Πίνακας 5.3-4 One-sample test Αύγουστος $\alpha=0,10$

Πίνακας 5.4-1 Kolmogorov-Smirnov test Ιούλιος

Πίνακας 5.4-2 Kolmogorov-Smirnov & Shapiro –Wilk test Ιούλιος

Πίνακας 5.4-3 One-sample test Ιούλιος $\alpha=0,05$

Πίνακας 5.4-4 One-sample test Ιούλιος $\alpha=0,10$

Πίνακας 5.5-1 Kolmogorov-Smirnov test Οκτώβριος

Πίνακας 5.5-2 Kolmogorov-Smirnov & Shapiro –Wilk test Οκτώβριος

Πίνακας 5.5-3 One-sample test Οκτώβριος $\alpha=0,05$

Πίνακας 5.5-4 One-sample test Οκτώβριος $\alpha=0,10$

Πίνακας 5.6-1 Kolmogorov-Smirnov test Δεκέμβριος

Πίνακας 5.6-2 Kolmogorov-Smirnov & Shapiro –Wilk test Δέκεμβριος

Πίνακας 5.6-3 One-sample test Δέκεμβριος $\alpha=0,05$

Πίνακας 5.6-4 One-sample test Δέκεμβριος $\alpha=0,10$

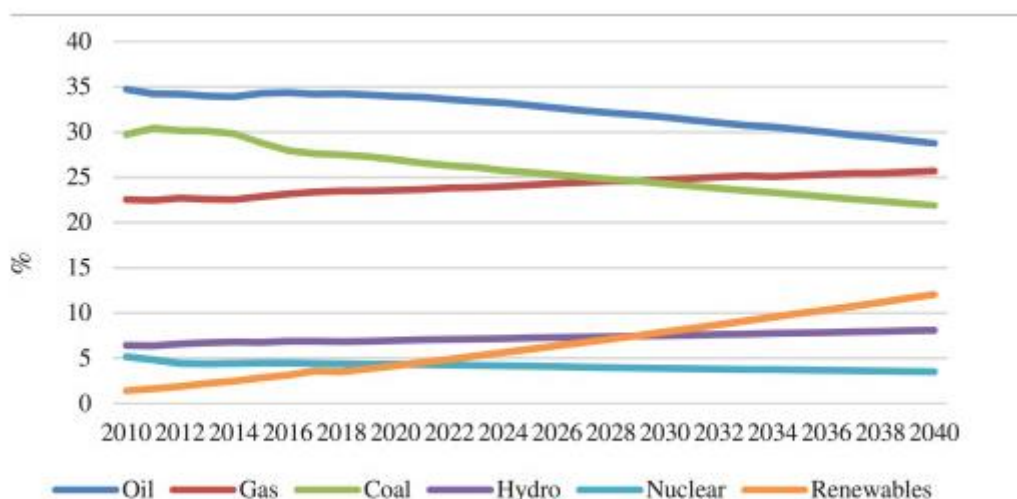
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

EPC	European Parliament and of the Council
EC	European Commission
f-gas	fluorinated gas
EE1st	Energy Efficiency First
GWP	Global Warming Potential
GHG	Greenhouse Gas
HFC	Hydrofluorocarbons
PFC	Perfluorocarbons
SF6	Sulphur hexafluoride
CFC	Chlorofluorocarbon
LCA	Life Cycle Assessment
ODP	Ozone Depletion Potential
LT	Low Temperature
MT	Medum Temperature
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
UEC	Unit Energy Cost
ULC	Unit Labour Cost
LED	Light Emitting Diode
BMS	Building Management Systems

1. Ενέργεια

1.1 Το ενεργειακό πρόβλημα

Η κύρια τάση στην παγκόσμια ενεργειακή ανάπτυξη είναι η αύξηση της παραγωγής και της κατανάλωσης ενέργειας για όλους ανεξαιρέτως τους τομείς. Η συνεχόμενη ανάπτυξη έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής και της κατανάλωσης ορυκτών πηγών ενέργειας. Το πετρέλαιο θα συνεχίσει να έχει ηγετική θέση στην κατανάλωση πρωτογενών ενεργειακών πόρων, ενώ η ζήτηση για το φυσικό αέριο έχει αυξηθεί σημαντικά. Η παγκόσμια βούληση μείωσης των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα έχει δώσει την ώθηση για να αυξηθεί η ζήτηση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Έως το 2040 η συνολική κατανάλωση ενέργειας θα αυξηθεί κατά 17.670 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου. Όπως φαίνεται στον πίνακα 1 υπολογίζεται ότι θα υπάρχει μεγάλη αύξηση στην κατανάλωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ΑΠΕ ενώ θα περιοριστεί η αύξηση της κατανάλωσης σε άνθρακα και πετρέλαιο.



Πίνακας 1. Παγκόσμια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας

Η Ε.Ε θα πρέπει να κάνει βιώσιμες επιλογές στην παγκόσμια αγορά ενέργειας για την διαμόρφωση μιας ισορροπημένης ενεργειακής πολιτικής που δεν θα επηρεάζεται από διάφορους εξωγενείς παράγοντες. Τις τελευταίες δεκαετίες έχει στραφεί προς τις

ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διότι δεν έχουν αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, την ανθρώπινη υγεία και συμβάλλουν στην εξοικονόμηση πόρων. (Provoronaya et al. 2020)

Το 2021-22 εκδηλώθηκε παγκόσμια ενεργειακή κρίση η οποία δημιούργησε τεράστια προβλήματα στην παγκόσμια οικονομία. Η κρίση προκλήθηκε από την έλλειψη ορυκτών καυσίμων στην αγορά και οφείλεται σε τρεις κύριους παράγοντες:

1. Στην παγκόσμια τάση μείωσης των εκπομπών άνθρακα από ορυκτά καύσιμα η οποία έχει ξεκινήσει από τις αρχές του 2000.
2. Στην πανδημία COVID 19 που επηρέασε την παγκόσμια αλυσίδα εφοδιασμού με τη διακοπή του εμπορίου για κάποιο διάστημα.
3. Στην αυξανόμενη ζήτηση η οποία δεν μπορεί να καλυφθεί από την ενέργεια που προσφέρουν τα ορυκτά καύσιμα.

Στην πρώτη φάση της πανδημίας, η παγκόσμια ζήτηση σε πετρέλαιο μειώθηκε δραματικά λόγω των περιοριστικών μέτρων. Η εξομάλυνση της κατάστασης όμως αύξησε παγκόσμια την ζήτηση, στην οποία δεν ανταποκρίθηκε γρήγορα ο ΟΠΕΚ με αποτέλεσμα την ραγδαία αύξηση. Επιπλέον ο πόλεμος στη Ουκρανία επιδείνωσε τον ενεργειακό εφοδιασμό των ευρωπαϊκών χωρών και οδήγησε σε αύξηση των τιμών του φυσικού αερίου και της ηλεκτρικής ενέργειας. (Ozili1 & Ercan, 2023)

1.2 Η ενεργειακή πολιτική της Ε.Ε

Η ενεργειακή πολιτική της Ε.Ε βασίζεται σε μια διαδικασία ανάπτυξης εργαλείων σχεδιασμού και παρακολούθησης που έχει ξεκινήσει πάνω από δύο δεκαετίες. Για την Ε.Ε. αποτελεί προτεραιότητα η ανάπτυξη φιλόδοξων εθνικών στρατηγικών που έχουν ως σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μετάβαση σε καθαρές και βιώσιμες μορφές ενέργειας. (Kerr et al., 2017)

Σύμφωνα με τους Marquez-Sobrinho et al (2023) η εξέλιξη της ενεργειακής πολιτικής στην Ε.Ε. διακρίνεται σε τρία στάδια τα οποία καθορίζονται από το νομοθετικό πλαίσιο και τον προγραμματισμό που έχει γίνει στο κάθε επίπεδο.

1.1.1 Πρώτο στάδιο (2000 – 2010)

Το πρώτο στάδιο (2000 – 2010) χαρακτηρίζεται από την καθυστερημένη εφαρμογή όσων ορίζονται στην Πράσινη Βίβλο για την ενέργεια (European Commission – EC- , 1996) και στη Λευκή Βίβλο του 1997 (European Commission – EC, 1997). Το 2001 εγκρίνεται από το Ε.Ε η οδηγία 2001/77/EC (European Parliament and of the Council – EPC - 2001) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ανανεώσιμων πηγών, η οποία αποτέλεσε το θεμέλιο λίθο για το μελλοντικό κοινοτικό πλαίσιο σχετικά με την εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η οδηγία υποχρέωνε τα κράτη – μέλη να θέτουν στόχους σχετικά με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το 2003 εκδίδονται οι νέες οδηγίες 2003/54/EC (EPC 2003a) & 2003/30/EC (EPC 2003b), με τις οποίες θεσμοθετούνται κοινοί κανόνες μεταξύ των κρατών- μελών που ορίζουν την παραγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ε.Ε όπως επίσης και την προώθηση χρήσης βιοκαυσίμων και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για κάθε είδους μεταφορές. Το 2006 εκδίδεται η οδηγία 2006/32/EC (EPC 2006) η οποία δημιούργησε τις προϋποθέσεις για την ανάπτυξη ενεργειακών υπηρεσιών και μέτρων για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης προς τους τελικούς αποδέκτες.

Το 2007 η Ευρωπαϊκή Ένωση ανέπτυξε ένα σύνολο μέτρων με τα οποία έως το 2020 θα έπρεπε να έχουν πετύχει τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά 20% , την αύξηση του ποσοστού των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη συνολική κατανάλωση ενέργειας έως και 20% και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 20%. Επιπλέον, για να διασφαλίσει την επίτευξη των στόχων, 2 χρόνια αργότερα τέθηκαν ενιαίοι στόχοι για όλα τα κράτη – μέλη για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έως το 2020. (Economidou et al. 2022).

Το 2010 ύστερα από μία σειρά αναδιατυπώσεων νομοθετήθηκε η οδηγία 2010/31/EU (EPC 2010), η οποία αποτελεί το κύριο νομοθετικό μέσο της ΕΕ για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε νέα και υφιστάμενα κτίρια.

1.1.2 Δεύτερο στάδιο (2011 – 2016)

Το δεύτερο στάδιο (2011 – 2016) ξεκινάει το 2011 με τη διαπίστωση του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου (European Council 2011) ότι υπάρχει καθυστέρηση στην πρόοδο των στόχων σχετικά με την ενεργειακή απόδοση της Ε.Ε και την ανάγκη να παρθούν δραστικές

αποφάσεις. Το 2012 εκδίδεται η οδηγία 2012/27/EU (EPC 2012) η οποία επιβάλλει επιπλέον στόχους εξοικονόμησης στα κράτη – μέλη για την περίοδο 2014-2020. Ως αποτέλεσμα υπήρξε 20% μείωση κατανάλωσης ενέργειας σε πρωτογενή και τελική ενέργεια σύμφωνα με το σύστημα PRIMES (σύστημα ισορροπίας της αγοράς που προκαλείται από τις τιμές).

Από το 2013 έως το 2016 σε μια περίοδο πιέσεων και ανισορροπιών ελήφθησαν αποφάσεις που είχαν ως γνώμονα την επίτευξη των στόχων αλλά και τη διασφάλιση του συστήματος. Σε αντίθεση με το πλαίσιο που υπήρχε έως το 2020 οι στόχοι της Ε.Ε για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν είναι δεσμευτικοί, προωθώντας ένα σύστημα διακυβέρνησης που βασίζεται στη συλλογική προσπάθεια. Στόχος πλέον είναι έως το 2030 το 27 % της ενέργειας να είναι ανανεώσιμης προέλευσης που θα έχει ως επιδιωκόμενο αποτέλεσμα τη μείωση των αέριων του θερμοκηπίου κατά 40%.

1.1.3 Τρίτο στάδιο (2017 – 2020)

Στα τέλη του 2016 υπάρχει η ανησυχία ότι οι στόχοι που έχουν τεθεί για την ενέργεια μέσω ανανεώσιμων πηγών, δεν θα μπορέσουν να επιτευχθούν έως το 2020 ούτε καν από τις κορυφαίες χώρες τις Ε.Ε σε ενεργειακά θέματα όπως είναι η Ισπανία και Γερμανία. (Panarello & Gatto 2023)

Η έξοδος της Μεγάλης Βρετανίας από την Ε.Ε, η αύξηση των τιμών του πετρελαίου αλλά και η πολιτική των Η.Π.Α στο θέμα της κλιματικής αλλαγής θα επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό την ενεργειακή πολιτική της Ε.Ε. (Fernández 2018)

Το 2018 η ΕΕ ορίζει ότι έως το 2030 θα πρέπει το 32,5 % της ενέργειας να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές (EU) 2018/2001 (EPC 2018a). Επίσης τροποποιούνται παλαιότερες διατάξεις που είχαν ως θέμα την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων. Βάσει της νέας νομοθεσίας θα πρέπει κατοικίες και κτήρια δημόσιου και ιδιωτικού συμφέροντος να είναι απαλλαγμένα από ανθρακούχες εκπομπές έως το 2050. Την ίδια χρονιά ορίζεται και νομοθετείται από την Ε.Ε (EU 2018C 2/18) η έννοια Energy Efficiency First (EE1st) όπου σχετίζεται με το σχεδιασμό επενδύσεων ενέργειας οι οποίες θα είναι οικονομικά αποδοτικές αποσκοπώντας μεταξύ άλλων στην εύκολη διανομή και στην εξοικονόμηση ενέργειας. (Pató et al 2019)

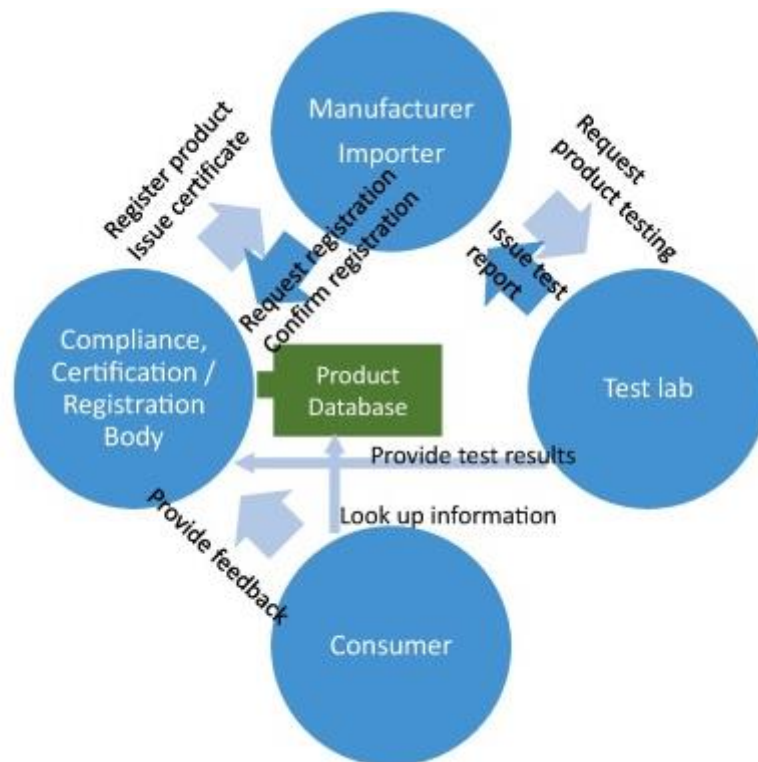
Τέλος το 2019 ορίζονται στην ΕΕ κοινοί κανόνες για την εσωτερική αγορά ενέργειας 2019/944/EU.

1.3 Το ενεργειακό και εργασιακό κόστος στην Ε.Ε

Η ευρωπαϊκή επιχειρηματική κοινότητα συχνά επισημαίνει το ζήτημα της αύξησης των τιμών της ενέργειας σε σύγκριση με τους παγκόσμιους ανταγωνιστές, το οποίο μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ανταγωνιστικότητα πολλών βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Η στρατηγική μείωσης των εκπομπών άνθρακα που ακολουθεί η Ε.Ε και η επιφυλακτική προσέγγιση προς τους μη παραδοσιακούς υδρογονάνθρακες επιτείνουν το πρόβλημα. Οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας για βιομηχανική χρήση στην Ευρώπη είναι διπλάσιες από αυτές στις ΗΠΑ ενώ οι τιμές φυσικού αερίου είναι τριπλάσιες. Η ευρωπαϊκή πολιτική για το κλίμα και την ενέργεια αναμένεται να αυξήσουν περαιτέρω τις τιμές ενέργειας, κάτι που θα μπορούσε να επηρεάσει αρνητικά την ανταγωνιστικότητα των ευρωπαϊκών βιομηχανιών. Οι δείκτες Unit Energy Cost (UEC) και Unit Labour Cost (ULC) χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και της εργασίας στην παραγωγή. Ο δείκτης UEC αποσκοπεί στην παροχή πληροφοριών για την ποσότητα ενέργειας που χρειάζεται η μέση επιχείρηση για την παραγωγή μιας μονάδας προϊόντος, δεδομένης της τεχνολογίας και του μείγματος καυσίμων που χρησιμοποιούνται. Ο δείκτης ULC εκφράζεται ως συνδυασμός των αποδοχών και της εργασιακής παραγωγικότητας. Συγκριτικά οι δύο δείκτες χρησιμοποιούνται για να μετρήσουν την αποδοτικότητα των πόρων (ενέργειας και εργασίας αντίστοιχα) και πώς αυτά τα κόστη επηρεάζουν την ανταγωνιστικότητα των επιχειρήσεων. Τα υψηλά ενεργειακά κόστη επηρεάζουν αρνητικά την ανταγωνιστικότητα των ευρωπαϊκών βιομηχανιών. Η υψηλή τιμή ενέργειας οδηγεί σε αυξημένο UEC, γεγονός που καθιστά τα ευρωπαϊκά προϊόντα λιγότερο ανταγωνιστικά στις παγκόσμιες αγορές. Όσο υψηλότερος είναι ο δείκτης UEC, τόσο χαμηλότερη είναι η αξία των εξαγωγών. Οι υψηλές εργασιακές δαπάνες σε συνδυασμό με την χαμηλή παραγωγικότητα σε ορισμένες περιπτώσεις αυξάνουν τον ULC, καθιστώντας τα ευρωπαϊκά προϊόντα πιο δαπανηρά και λιγότερο ανταγωνιστικά σε σύγκριση με αυτά άλλων χωρών. Συνοψίζοντας, οι δείκτες UEC και ULC στην Ευρωπαϊκή Ένωση καταδεικνύουν τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι ευρωπαϊκές επιχειρήσεις όσον αφορά το ενεργειακό και εργασιακό κόστος. Η μείωση αυτών των δεικτών μέσω βελτιώσεων στην αποδοτικότητα και παραγωγικότητα θα συμβάλει στην ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας των ευρωπαϊκών προϊόντων στις παγκόσμιες αγορές. (Faiella & Mistretta, 2020)

1.4 Η ενεργειακή σήμανση σε επαγγελματικά ψυχόμενα ερμάρια στην Ε.Ε.

Η επιτακτική ανάγκη μείωσης της ενεργειακής απόδοσης και του δείκτη GWP στον εξοπλισμό ψύξης έχει δημιουργήσει μηχανισμούς για τη συντονισμένη καταχώρηση και πιστοποίηση του εξοπλισμού βάσει των νέων δεδομένων. Οι κατασκευαστές και οι προμηθευτές μπορούν να ελέγξουν τη συμμόρφωση των προϊόντων με αυτούς τους μηχανισμούς.



Εικόνα 1. Σχηματική παράσταση συντονισμένης καταχώρησης και πιστοποίησης των προϊόντων

Στα επαγγελματικά ψυχόμενα ερμάρια γίνεται έλεγχος ενεργειακής απόδοσης μέσω διαπιστευμένων εργαστηρίων. Τα εργαστήρια δοκιμών ψύξης χρησιμοποιούν ένα δωμάτιο ελεγχόμενης θερμοκρασίας και υγρασίας για τον έλεγχο των περιβαλλοντικών συνθηκών και των συνθηκών λειτουργίας. Ένα εργαστήριο για δοκιμές επαλήθευσης πρέπει να είναι ανεξάρτητο και διαπιστευμένο σύμφωνα με το πρότυπο ISO / International Electrotechnical

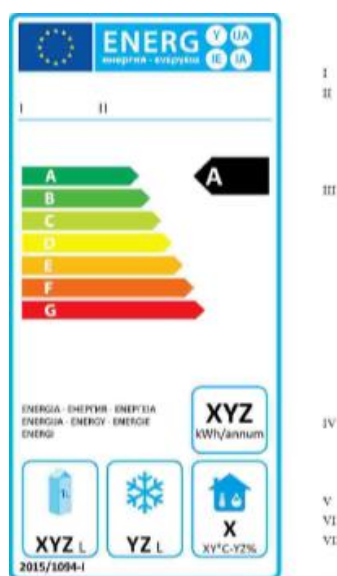
Commission (IEC) 17025. Επίσης, για την κατηγοριοποίηση των προϊόντων και τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα κάτωθι:

- Ο τύπος του ψυγείου (καταψύκτης, service, βιτρίνα κ.τ.λ)
- Η κλιματική ζώνη (θερμή, μέση, ψυχρή)
- Η χωρητικότητα του ψυγείου
- Εάν πρόκειται για αυτόνομο μηχάνημα ή διαιρούμενου τύπου

Ο επαγγελματικός ψυκτικός εξοπλισμός είναι αρκετά περίπλοκος και περιγράφεται στο πρότυπο ISO 23953: 2015. Η ενεργειακή ετικέτα που θα φέρει κάθε ψυγείο είναι βάσει των δοκιμών που θα γίνουν στα δείγματα που θα σταλούν. Τα τελικά αποτελέσματα καταχωρούνται σε μία βάση δεδομένων που έχει πρόσβαση κάθε ενδιαφερόμενος. Στην Ε.Ε δίνεται η δυνατότητα στους κατασκευαστές να πιστοποιούν τα προϊόντα σε εργαστήρια που έχουν δημιουργήσει οι ίδιοι.

(Won Young Park et al. 2021)

Η ενεργειακή σήμανση που συνοδεύει τον επαγγελματικό ψυκτικό εξοπλισμό στην Ε.Ε προσφέρει τις παρακάτω πληροφορίες σύμφωνα με τον κανονισμό 2015/1094 ο οποίος αποτελεί συνέχεια της οδηγίας 2010/30/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου.



Εικόνα 2. ενεργειακή σήμανση επαγγελματικών ψυχόμενων ερμαριών στην Ε.Ε

- I. Το όνομα/την επωνυμία ή το εμπορικό σήμα του προμηθευτή.
- II. Το μοντέλο της εταιρείας.
- III. Την ενεργειακή τάξης απόδοσης, σύμφωνα με την κλίμακα χρωμάτων και συμβόλων, που υπάρχει στα αριστερά της σήμανσης.
- IV. Την ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh.
- V. Το άθροισμα του καθαρού όγκου, εκφρασμένο σε λίτρα, όλων των ψυχόμενων θαλάμων σε θερμοκρασία λειτουργίας ψύξης.
- VI. Το άθροισμα του καθαρού όγκου, εκφρασμένο σε λίτρα, όλων των ψυχόμενων θαλάμων κατάψυξης.
- VII. την κλιματική κλάση (3, 4 ή 5), καθώς και την αντίστοιχη θερμοκρασία ξηρού βολβού σε °C και σχετική υγρασία σε %.

[Κατ' εξουσιοδότηση κανονισμός - 2015/1094 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](#)

2. Περιβάλλον

2.1 Η περιβαλλοντική πολιτική της Ε.Ε.

Η περιβαλλοντική πολιτική της Ε.Ε είναι ενσωματωμένη και εξαρτάται από την ενεργειακή της απόδοση, δημιουργώντας κοινωνικοοικονομικές προκλήσεις. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχει αναγνωριστεί ως αποτελεσματικό μέτρο για την αντιμετώπιση της περιβαλλοντικής και κλιματικής αλλαγής. Η πολιτική που εφαρμόστηκε από την Ε.Ε τα τελευταία είκοσι χρόνια δείχνει ότι υπάρχει πρόοδος στα εθνικά σχέδια που αφορούν το κλίμα και την ενέργεια. Υπάρχουν βέβαια περιθώρια βελτίωσης όσον αφορά τα πλαίσια υποβολής εκθέσεων για τις πολιτικές που ακολουθούν τα κράτη – μέλη , αλλά και την ανάγκη δημιουργίας συστημάτων που ενθαρρύνουν την έγκριση στόχων. (Economidou et al. 2022)

Η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης σε όλους τους τομείς αποτελεί προτεραιότητα για την Ε.Ε όπου εισήγαγε στρατηγικές και μέτρα πολιτικής για την ενέργεια και το κλίμα. Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία (Ε.Ε 2019) αναγνωρίζει ότι η ενεργειακή απόδοση είναι απαραίτητη για την επίτευξη του μακροπρόθεσμου στόχου της ΕΕ για μηδενικές καθαρές

εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου έως το 2050. Η παραπάνω στρατηγική επικυρώθηκε νομικά το 2021 από την Ε.Ε. (Mandel et al.2022)

Το 2015 ορίστηκε από Ευρωπαϊκή επιτροπή (EU 2015) δέσμη μέτρων για την ενεργειακή ένωση των μελών – κρατών με σκοπό μια μακρόπνοη πολιτική για την κλιματική αλλαγή. Η πολιτική αυτή συμπεριλαμβάνει στόχους όπως η ενεργειακή ασφάλεια , η ενεργειακή απόδοση ,η ενοποίηση της αγοράς και η απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές. Για την επίτευξη των παραπάνω θα πρέπει να εξασφαλιστεί η ασφάλεια του εφοδιασμού , η οικονομική ανταγωνιστικότητα σε συνδυασμό με την προστασία του περιβάλλοντος. (Zondag et al.2020)

Η αύξηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας ώστε να διασφαλιστεί ένα βιώσιμο μέλλον και να περιοριστεί η υπερθέρμανση του πλανήτη, όπως περιγράφεται από την Συμφωνία του Παρισιού που υπογράφηκε το 2015 από τα Ηνωμένα Έθνη. Κάθε κράτος – μέλος έχει θεσπίσει πολιτικές για την εφαρμογή ΑΠΕ ,προκείμενου να εναρμονιστεί στους στόχους που έχει θέσει η Ε.Ε για τα έτη 2020,2030 και 2050. (Fleck & Annatolitis 2023)

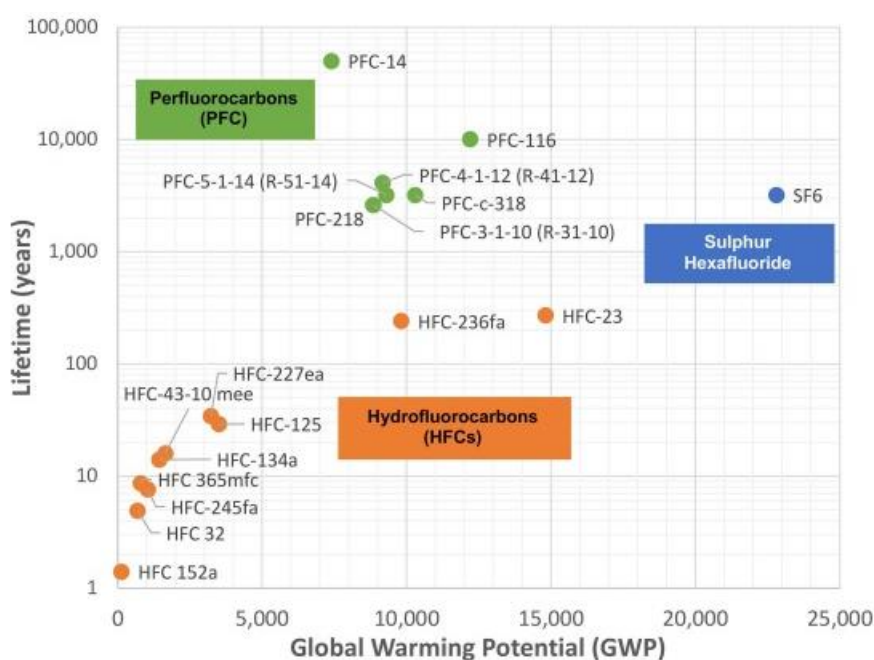
Η συμφωνία του Παρισιού είναι μια νομικά δεσμευτική διεθνής συνθήκη, που υπογράφηκε από την ΕΕ, αντικατέστησε το πρωτόκολλο του Κιότο και στην οποία πολλές χώρες συμφωνούν να περιορίσουν την υπερθέρμανση του πλανήτη σε επίπεδο σημαντικά χαμηλότερο από τους 2 βαθμούς Κελσίου. Η συμφωνία αυτή ενίσχυσε περαιτέρω τις πολιτικές της ΕΕ για την ενέργεια και το κλίμα. (Bertoldi 2022).

2.2 Τι είναι ο δείκτης GWP και ODP

Το GWP (Global Warming Potential) ενός ψυκτικού ρευστού αποτελεί δείκτη εκτίμησης της επίδρασης που ασκεί μια ποσότητα αερίου του θερμοκηπίου στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Οι ουσίες με υψηλό GWP απορροφούν υψηλές ποσότητες υπέρυθρης ακτινοβολίας και παραμένουν στην ατμόσφαιρα για πάρα πολλά χρόνια. Για την μέτρηση αυτή χρησιμοποιείται κλίμακα, η οποία συγκρίνει τις ίδιες ποσότητες σε αέριο του θερμοκηπίου και σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) στα 100 χρόνια. Εξ' ορισμού το GWP του CO₂ ισούται με 1. Ο συντελεστής ισοδυναμίας ενός αερίου του θερμοκηπίου με το CO₂ προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της μάζας επί το συντελεστή GWP του αερίου. Ο δείκτης ODP (Ozone Depletion Potential) αναφέρεται στις επιδράσεις που έχει ένα ψυκτικό

ρευστό στην στοιβάδα του όζοντος όταν βρίσκεται στο περιβάλλον. Το ψυκτικό ρευστό θα πρέπει να έχει όσο το δυνατόν μικρότερο ODP. (Κορωνάκη et al. 2023)

Στον πίνακα 1 παρουσιάζεται η συσχέτιση μεταξύ του GWP_{100} και της διάρκειας ζωής των κοινών φθοριούχων αερίων στην ατμόσφαιρα.



Πίνακας 1. Κοινοί τύποι φθοριούχων αερίων: υπερφθοράνθρακες (PFC, πράσινο), εξαφθοριούχο θείο (SF6, μπλε) και υδροφθοράνθρακες (HFC, πορτοκαλί), GWP_{100} στον άξονα x και διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα στον άξονα y.

Στον πίνακα 2 παρουσιάζεται η συσχέτιση διάρκειας ζωής, ODP και GWP_{100} των φθοριούχων αερίων.

	Components	Life time	ODP	GWP _{100a}
CFCs	CFC 11	45 years	1	4,750
	CFC 12	100 years	1	10,900
	CFC 113	85 years	0.85	6,130
	CFC 114	190 years	0.58	10,000
	CFC 115	1020 years	0.5	7,370
HCFCs	HCFC 22	11.9 years	0.04	1,810
	HCFC 123	1.3 years	0.01	77
	HCFC 124	5.9 years	0.02	609
	MP 39 (R 401A)	8.5 years	0.03	1,182
	HP 80 (R 402A)	22.2 years	0.02	2,788
HFCs	HFC 134a	14 years	0	1,430
	HFC 152a	1.4 years	0	124
	HFC 32	4.9 years	0	675
	HFC 125	29 years	0	3,500
	HFC 23	270 years	0	14,800
	HP 62 (R 404A)	40.4 years	0	3,922
	AC 9000 (R 407C)	15.6 years	0	1,774

Πίνακας 2. Φθοριούχα αέρια: διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρά, δείκτης ODP και δείκτης GWP₁₀₀

Στον πίνακα 3 παρουσιάζεται η συσχέτιση διάρκειας ζωής, ODP και GWP₁₀₀ των φυσικών ψυκτικών ρευστών. Βάσει των παρακάτω στοιχείων φαίνεται η σχεδόν μηδενική επίδραση που έχουν στο περιβάλλον.

	Components	Life time	ODP	GWP _{100a}
Natural compounds	Ammonia (R717)	0 years	0	0
	Propane (R290)	0 years	0	3
	CO ₂ (R744)	*	0	1 **

Πίνακας 3. Φυσικά ψυκτικά ρευστά: διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρά, δείκτης ODP και δείκτης GWP₁₀₀

(Miranda et al 2023)

Μελέτες για την αξιολόγηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής γίνονται ακολουθώντας τις οδηγίες που ορίζουν τα πρότυπα ISO14067:2018 και ISO:14404-4:2020. Εκτός από τη χρήση των παραπάνω δεικτών, η αξιολόγηση κύκλου ζωής (LCA) αποτελεί ένα άλλο κοινό εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης που δύναται να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας. (Huihui Wang et al. 2021)

2.3 Τι είναι τα f-gas και τα HCFs

Τα φθοριούχα αέρια (f-gas) είναι υπερ-ρυπογόνες ουσίες που προκαλούν την καταστροφή του όζοντος και έχουν υψηλό δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (GWP). Οι κύριοι τύποι φθοριούχων αερίων είναι οι υδροφθοράνθρακες (HFC), οι υπερφθοράνθρακες (PFC) και το εξαφθοριούχο θείο (SF₆). Το 2,4% των συνολικών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG) προήλθε από άμεσες εκπομπές f-gas το 2019. Συγκριτικά με το 1990, υπάρχει ραγδαία αύξηση εκπομπών f-gas κατά 250 %. Ειδικά για τις εκπομπές HFC η αύξηση τους είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τα υπόλοιπα f-gas. Εάν δεν υπάρξει περιορισμός των HFC, όπως ορίζεται από το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ έως το 2050, οι παγκόσμιες εκπομπές μπορεί να αποτελέσουν το 19% των αερίων του θερμοκηπίου θέτοντας σε κίνδυνο τους στόχους που ορίζει η συμφωνία του Παρισιού για την υπερθέρμανση του πλανήτη. (Sovacool et al 2021)

Η αύξηση των εκπομπών HFC οφείλεται σε δύο βασικούς λόγους. Πρωτίστως η αύξηση των τεχνολογιών ψύξης – κλιματισμού που χρησιμοποιούν ψυκτικά ρευστά με βάση HFC. Υπολογίζεται ότι οι συσκευές ψύξης – κλιματισμού, το διάστημα μεταξύ 2010 και 2050, θα αυξηθούν 4,5 φορές με αποτέλεσμα να θέσουν σε κίνδυνο τους στόχους της βιώσιμης ανάπτυξης. Η κακή συντήρηση και διαχείριση των ψυκτικών κυκλωμάτων έχει ως αποτέλεσμα τη διαρροή HFC προς το περιβάλλον. Δεύτερον η κατάργηση των πολύ επιβλαβών για το περιβάλλον χλωροφθορανθράκων (CFC) από το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ (1987 με την συμμετοχή περισσότερων από 200 χωρών) οδήγησε τη βιομηχανία να στραφεί στη λύση ψυκτικών κυκλωμάτων με HFC. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί η ραγδαία αύξηση HFC με υψηλό GWP, υπήρξε η τροποποίηση του Κιγκάλι στο πρωτόκολλο του Μόντρεαλ το 2016, με στόχο τη μείωση και σταδιακή κατάργηση του HFC. (Miranda et al 2023)

2.4 Μείωση των HFCs και η επιλογή εναλλακτικών ψυκτικών ρευστών

Η Ε.Ε από το 2015 έχει θέσει σε εφαρμογή κανονισμό για τα f-gas με στόχο τον περιορισμό των HFCs στο 21% έως το 2030. Επιπλέον, έχει θέσει περιορισμούς όπως την απαγόρευση ψυκτικών ρευστών με GWP > 150 σε φορητά συστήματα κλιματισμού από το 2020, την απαγόρευση ψυκτικών ρευστών με GWP > 750 σε διαιρούμενου τύπου κλιματιστικά από

το 2025, την απαγόρευση σε ψυγεία εμπορικής χρήσης κλειστά ερμητικού τύπου ψυκτικών ρευστών με GWP > 150 από το 2022, την απαγόρευση ψυκτικών ρευστών με GWP > 150 σε ψυκτικές εγκαταστάσεις πάνω από 40 kW, με εξαίρεση τα συστήματα cascade. Οι απαγορεύσεις είχαν ως αποτέλεσμα τη ραγδαία αύξηση των τιμών στα ψυκτικά ρευστά. (Κορωνάκη et al. 2023)

Σύνοψη απαγορεύσεων (Απαγόρευση, απαγόρευση υπό όρους, επιτρέπεται η χρήση)														
Προϊόντα και εξοπλισμός προς απαγόρευση	Ημερομηνία απαγόρευσης	HFCs (Υδρογονάνθρακες)	R744 (CO ₂)	R717 (NH ₃)	R404A / R507A	R417B / R422D	R134a	R407A / C / F	R410A	R417A / R427A	R32	HFOs	Μίγματα με HFO / HFC με GWP <150	Μίγματα με HFO / HFC με GWP 150-1500
Ψυγεία και καταψύκτες εμπορικής χρήσης (ερμητικά σφραγισμένος εξοπλισμός) - που περιέχουν HFC με GWP μεγαλύτερο ή ίσο του 2500 από το 2020 - που περιέχουν HFC με GWP μεγαλύτερο ή ίσο του 150 από το 2022	2020 και 2022				2020	2020	2022	2022	2022	2022	2022			2022
Στατικός ψυκτικός εξοπλισμός που περιέχει ή του οποίου η λειτουργία βασίζεται σε HFC με GWP μεγαλύτερο ή ίσο του 2500. Εξαιρείται ο εξοπλισμός που προορίζεται για εφαρμογές σχεδιασμένες για την ψύξη προϊόντων σε θερμοκρασίες κάτω των -50°C.	2020						Έμμεση απαγόρευση λόγω ποσότητας. Ναι μεν επιτρέπεται η ουσία αλλά είναι ακριβή και δυσάρεστη λόγω ποσότητας.							
Κεντρικά ψυκτικά συγκροτήματα εμπορικής χρήσης (με 2 ή περισσότερους συμπιεστές), με ισχύ 40kW ή μεγαλύτερη, τα οποία περιέχουν ή των οποίων η λειτουργία βασίζεται σε HFCs με GWP τουλάχιστον 150. Εξαιρείται το πρωτεύον ψυκτικό κύκλωμα των κλιμακοειδών συστημάτων (cascade), όπου μπορούν να χρησιμοποιούνται HFCs με GWP μικρότερο του 1500.	2022						Επιτρέπεται το πρωτεύον κύκλωμα σε κλιμακωτό σύστημα (cascade)						Επιτρέπεται το πρωτεύον κύκλωμα σε κλιμακωτό σύστημα (cascade)	Επιτρέπεται το πρωτεύον κύκλωμα σε κλιμακωτό σύστημα (cascade)
Κινητός εξοπλισμός κλιματισμού αθουσών (ερμητικά σφραγισμένα συστήματα που μπορούν να μετακινηθούν από τον τελικό χρήστη) που περιέχουν HFC με GWP μεγαλύτερο ή ίσο του 150.	2020											GWP <150		
Συστήματα κλιματισμού απλού διαιρούμενου τύπου με λιγότερο HFC από 3kg, τα οποία περιέχουν ή των οποίων η λειτουργία βασίζεται σε HFC με GWP τουλάχιστον 750.	2025											GWP <750	GWP <750	GWP <750

Πίνακας 1. Σύνοψη απαγορεύσεων ψυκτικών ρευστών στην Ε.Ε

Ακόμη, υπάρχουν μέτρα για την καταπολέμηση απόρριψης ψυκτικών ρευστών στο περιβάλλον βελτιώνοντας την περισυλλογή αυτών από ψυκτικά συστήματα κλιματισμού – ψύξης στο τέλος της ζωής τους και αναπτύσσοντας τεχνολογίες για την ανακύκλωση τους. (Palafox-Alcantar et al. 2022)

Ο αμερικανικός οργανισμός προστασίας του περιβάλλοντος (EPA) κατόπιν διαβουλεύσεων και δικαστικών διαμαχών προσπάθησε να περιορίσει τα HFC με υψηλό GWP. Κατόρθωσε να ελαττώσει τα επιτρεπτά όρια διαρροών και επέβαλε ελέγχους διαρροών καθώς και την υποβολή δηλώσεων απωλειών. Το πιο αυστηρό πλαίσιο ακολουθεί η πολιτεία της Καλιφόρνια με τον κανονισμό CARB για τα συστήματα ψύξης. Επιπλέον από το 2024 θα τεθεί σε ισχύ απαγόρευση για την παραγωγή και διακίνηση ψυκτικών ρευστών με GWP μεγαλύτερο από 1500. Η κινεζική πολιτική για τα HFCs ορίζει την πλήρη ευθυγράμμιση με αυτά που συμφωνήθηκαν στο πρωτόκολλο του Μόντρεαλ το 2016 με στόχο την μείωση των HFCs κατά 80% έως το 2045. (Κορωνάκη et al. 2023)

Η μείωση και εν τέλει η κατάργηση των HFCs μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά οφέλη για το κλίμα. Σε αυτό θα βοηθήσει σημαντικά την κατάσταση η χρήση φιλικών προς το περιβάλλον ψυκτικών ρευστών. Η απάντηση στα ψυκτικά ρευστά HFC, είναι η χρήση και η εξέλιξη φυσικών ψυκτικών μέσων με χαμηλό GWP. Τα φυσικά ψυκτικά μέσα περιλαμβάνουν αμμωνία, υδρογονάνθρακες (προπάνιο, ισοβουτάνιο και προπυλένιο) και διοξείδιο του άνθρακα. (Miranda et al 2023)

2.5 Το πληροφοριακό σύστημα για την παρακολούθηση των φθοριούχων αερίων στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας έχει την ευθύνη για την εφαρμογή των κανονισμών της Ε.Ε 573/2024 που αφορά την διαχείριση των φθοριούχων αερίων του θερμοκηπίου και 590/2024 που αφορά τις ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος. Για την αποτελεσματικότερη εφαρμογή των κανονισμών έχει δημιουργηθεί ηλεκτρονική βάση δεδομένων όπου όσοι επαγγελματίες και επιχειρήσεις εμπλέκονται σε χρήση και εμπορία τέτοιων ουσιών υποχρεούνται να υποβάλλουν ηλεκτρονική αναφορά. Η βάση δεδομένων χωρίζεται σε δύο υποσυστήματα:

- Στην καταγραφή και παρακολούθηση του εξοπλισμού που λειτουργεί με ελεγχόμενες ουσίες συμπεριλαμβανομένου των τεχνικών εργασιών όπως συντήρηση και εγκατάσταση.
- Στην καταγραφή και παρακολούθηση των επιχειρήσεων που ασχολούνται με ελεγχόμενες ουσίες. Όλες οι επιχειρήσεις που ασχολούνται με την εισαγωγή, εμπορία και διακίνηση προϊόντων που τις χρησιμοποιούν ή τις περιέχουν, έχουν την υποχρέωση να υποβάλλουν ηλεκτρονικά ετήσια στοιχεία εισροών-εκροών-αποθέματος ανά ελεγχόμενη ουσία. [Πληροφοριακό Σύστημα Παρακολούθησης F-GASES & ODS - \(ypen.gov.gr\)](http://ypen.gov.gr)

Η εταιρεία που θα μελετηθεί στην παρούσα εργασία, λόγω του εξοπλισμού που φέρει είναι υποχρεωμένη να υποβάλει στο πληροφοριακό σύστημα τις απώλειες σε κιλά των πρωτογενών ουσιών ή μιγμάτων που απελευθερώθηκαν από διαρροές στην ατμόσφαιρα. Η εταιρεία θα πρέπει να αναφέρει, από την λίστα που περιλαμβάνει το πληροφοριακό σύστημα, τα φθοριούχα αέρια (Παράρτημα I & II Κανονισμού της Ε.Ε 517/2014 και Παράρτημα I & II του Κανονισμού Ε.Κ 1005/2009) του θερμοκηπίου που χρησιμοποιεί στις εγκαταστάσεις της. Η αναφορά πρέπει να γίνει για τις παρακάτω εφαρμογές :

- Εφαρμογές Κεντρικού Κλιματισμού
- Αυτόνομες (μικρές) Εφαρμογές Εμπορικής Ψύξης
- Βιομηχανική Ψύξη (αφορά τις αποθήκες)
- Διαιρούμενες Μονάδες και Ημικεντρικά Συστήματα (Στατικός εξοπλισμός κλιματισμού, θέρμανσης και Α/Θ)
- Ηλεκτρικός Εξοπλισμός Μεταγωγής
- Κινητός Ψυκτικός Εξοπλισμός Θέρμανσης και Α/Θ
- Κινητός Εξοπλισμός Κλιματισμού
- Κινητός Εξοπλισμός Πυροπροστασίας & Φορητοί Πυροσβεστήρες
- Μεσαίες και Μεγάλες Εφαρμογές Εμπορικής Ψύξης (Στατικός ψυκτικός εξοπλισμός)
- Στατικός Εξοπλισμός Πυροπροστασίας

Για όλα τα άνωθεν θα πρέπει να γίνεται ενημέρωση στο σύστημα σχετικά με τις εισροές των φθοριούχων αερίων που προκύπτουν από την ανακαίνιση ή την αντικατάσταση του εξοπλισμού με νέο.

[ΜΗΤΡΩΟ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ που ασχολούνται με ουσίες που ελέγχονται από τους Κανονισμούς \(ΕΕ\) 517/2014 και 1005/2009 \(ypen.gr\)](#)

3. Παρουσίαση εταιρείας και περιγραφή του εξοπλισμού που διαθέτει.

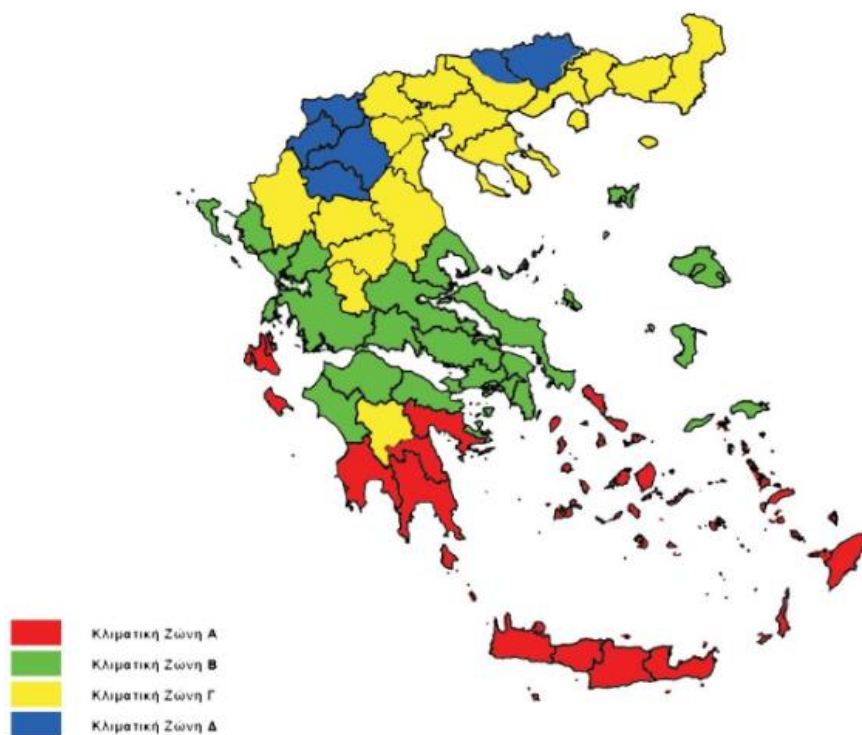
3.1 Παρουσίαση εταιρείας

Η εταιρεία δραστηριοποιείται στον χώρο του λιανεμπορίου από το 1939. Σταδιακά έως το 1990 αρχίζει να επεκτείνεται ανοίγοντας καταστήματα σε όλη την Αττική. Από το 1990 και έπειτα αρχίζει η επέκταση εκτός Αττικής με τα πρώτα καταστήματα να ανοίγουν στην Πελοπόννησο. Το 1991 η εταιρεία εισάγεται στο χρηματιστήριο, ενώ το 1992 γίνεται εξαγορά της επιχείρησης από πολυεθνική εταιρεία βελγικών συμφερόντων. Το 2000 γίνεται εξαγορά αλυσίδας λιανεμπορίου Ελληνικών συμφερόντων με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί η δεύτερη σε μέγεθος αλυσίδα λιανεμπορίου στην Ελλάδα. Το 2008 γίνεται εξαγορά αλυσίδας discount που έχει εκπροσώπηση κυρίως στη Βόρεια Ελλάδα. Επιπλέον, στην κατοχή της εταιρείας περνάει η υπερσύγχρονη αποθήκη διαχείρισης ψυχόμενων εμπορευμάτων και ξηρού φορτίου που διαθέτει στη Θεσσαλονίκη η εταιρεία discount. Το 2020 η πανδημία ανάγκασε το λιανεμπόριο να στραφεί στην ηλεκτρονική εξυπηρέτηση των πελατών. Για να αντιμετωπιστεί η ραγδαία αύξηση των on line παραγγελιών δημιουργήθηκε ηλεκτρονικό κέντρο παραγγελιών στην Αττική για ψυχόμενα προϊόντα και για ξηρό φορτίο. Η εταιρεία διαθέτει 318 ιδιόκτητα καταστήματα ,14 καταστήματα χονδρικής πώλησης και 3 αποθήκες διανομής προϊόντων. Η εταιρεία απασχολεί περίπου 14.000 εργαζομένους.

3.2 Παρουσίαση ενεργειακού προφίλ της εταιρείας

Η εταιρεία σε ένα μεγάλο μέρος των εγκαταστάσεων της έχει τοποθετημένους μετρητές ενέργειας, ενώ αντλεί στοιχεία και από τον ΔΕΔΔΗΕ για τη συνολική κατανάλωση κάθε εγκατάστασης. Για την καλύτερη διεξαγωγή συμπερασμάτων:

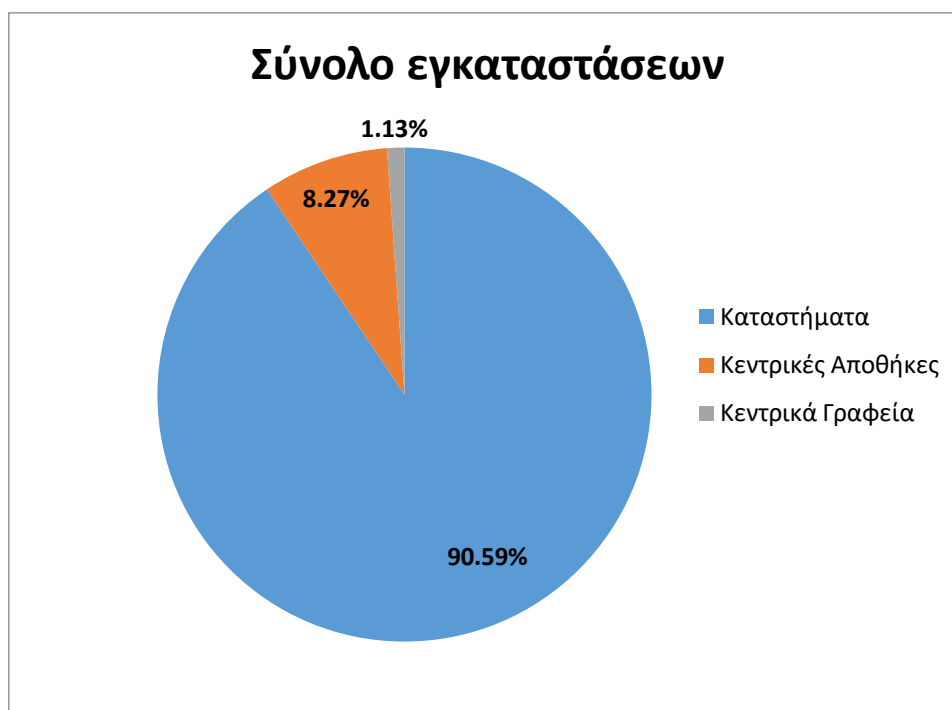
- Συλλέγονται στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία συγκριτικών αναλύσεων.
- Γίνεται διαχωρισμός καταστημάτων ανάλογα με το μέγεθος και τον χώρο στάθμευσης που διαθέτουν. Τα καταστήματα ξεκινούν από 500 m² χώρο πώλησης και φτάνουν έως 3.500 m².
- Γίνεται διαχωρισμός των καταστημάτων ανάλογα της κλιματικής ζώνης που βρίσκονται στην Ελληνική επικράτεια και βάσει του διαχωρισμού που δίνεται από το υπουργείο περιβάλλοντος.



Εικόνα 1. Κλιματικές ζώνες στην επικράτεια της Ελλάδος

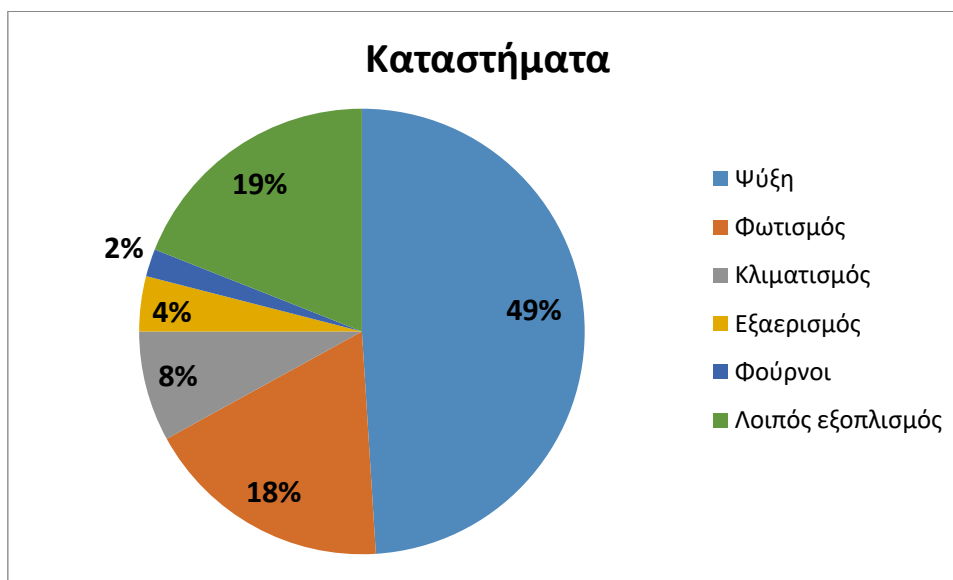
[Άρθρο 6 – Κλιματικές ζώνες | Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας \(orengov.gr\)](#)

Βάσει των μετρήσεων που διαθέτει η εταιρεία φαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας καταναλώνεται στα καταστήματα (90,59 %), ακολουθούν οι αποθήκες (8,27%) και τέλος υπάρχει ένα μικρό ποσοστό στα κεντρικά γραφεία (1,13%).



Σχήμα 1. Γράφημα πίτας όπου απεικονίζεται ο ετήσιος καταμερισμός της κατανάλωσης ενέργειας στο σύνολο των εγκαταστάσεων

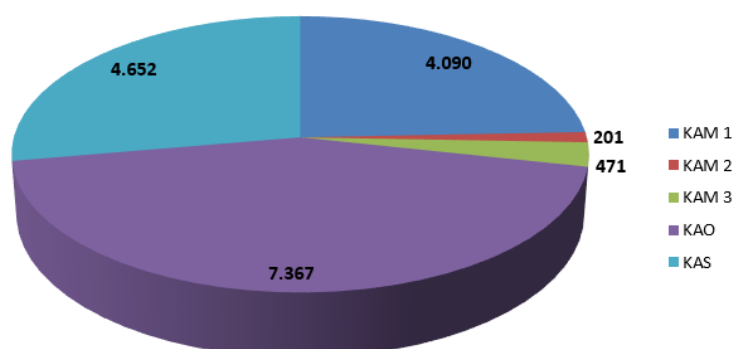
Στα καταστήματα σχεδόν το 50 % της κατανάλωσης ενέργειας προέρχεται από το σύνολο του ψυκτικού εξοπλισμού. Ακολουθεί σε ενεργειακές απαιτήσεις ο φωτισμός και ο κλιματισμός.



Σχήμα 2. Γράφημα πίτας όπου απεικονίζεται ο ετήσιος καταμερισμός της κατανάλωσης ενέργειας σε ένα κατάστημα

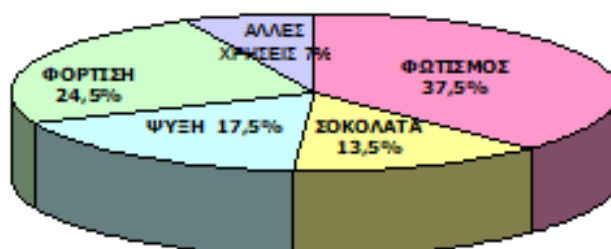
Η εταιρεία διατεθεί σε τρία σημεία της Ελλάδος αποθήκες. Στην Μάνδρα Αττικής στην οποία υπάρχουν τρία κτίρια (ΚΑΜ 1,2,3), στα Οινόφυτα και στην Σίνδο Θεσσαλονίκης.

ΑΠΟΘΗΚΕΣ	ΕΚΤΑΣΗ
ΚΑΜ 1	46.122,94m ²
ΚΑΜ 2	7.814,95m ²
ΚΑΜ 3	14.872,25m ²
ΚΑΟ	36.293,70m ²
ΚΑΣ	42.879,56m ²



Σχήμα 3. Γράφημα πίτας όπου απεικονίζεται ο καταμερισμός της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας στο σύνολο των αποθηκών [MWh]

Οι αποθήκες της Μάνδρας και της Σίνδου χρησιμοποιούνται περισσότερο για τη μεταφορά ξηρού φορτίου, οπότε οι απαιτήσεις σε ψύξη είναι λιγότερες σε σχέση με τις αποθήκες των Οиноφύτων. Η μεγαλύτερη κατανάλωση οφείλεται στο φωτισμό αλλά επίσης καταναλώνεται και ένα μεγάλο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας στη φόρτιση οχημάτων μεταφοράς εμπορευμάτων (κλαρκ, περionoφόρα κ.τ.λ)

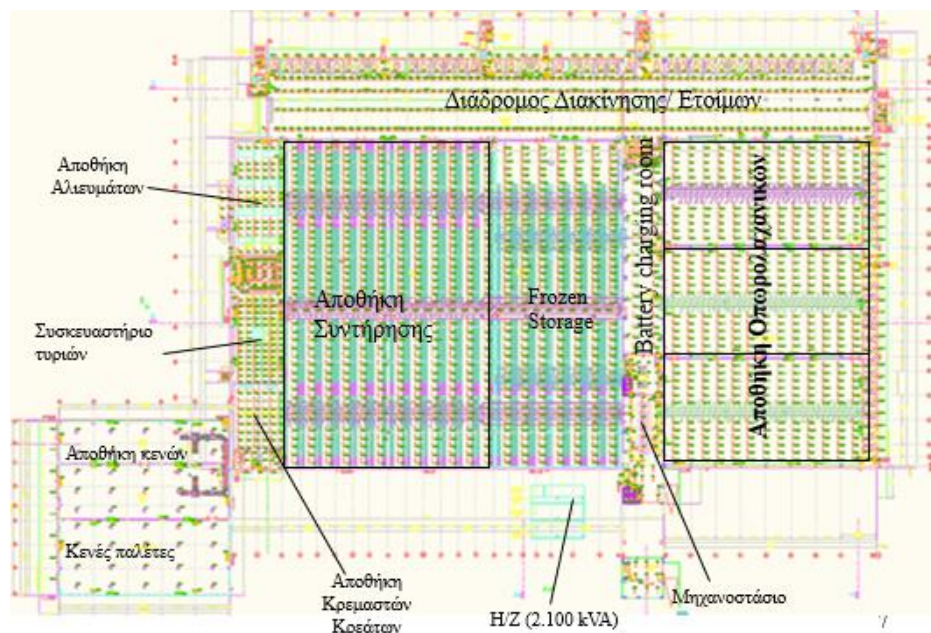


Σχήμα 4. Γράφημα πίτας όπου απεικονίζεται ο ετήσιος καταμερισμός της κατανάλωσης ενέργειας στις αποθήκες KAM 1,2,3 & Σίνδος

Από την αποθήκη των Οиноφύτων διακινείται το μεγαλύτερο μέρος του ψυχόμενου φορτίου της εταιρείας. Η αποθήκη διαθέτει 173.144 m³ ψυχόμενου χώρου και χωρίζεται στα παρακάτω τμήματα :

- Διάδρομος Διακίνησης/ Ετοίμων + 2 °C / + 5 °C
- Αποθήκη κρεμαστών κρεάτων – 1 °C / + 1 °C
- Συσκευαστήριο τυριών + 2 °C / + 5 °C
- Αποθήκη αλιευμάτων – 1 °C / + 1 °C
- Αποθήκη συντήρησης 0 °C / + 2 °C

- Αποθήκη κατάψυξης $- 22^{\circ}\text{C} / - 24^{\circ}\text{C}$
- Αποθήκη Οπωρολαχανικών $+ 6^{\circ}\text{C} / + 8^{\circ}\text{C}$
- Αποθήκη κενών
- Μπαταρουργείο

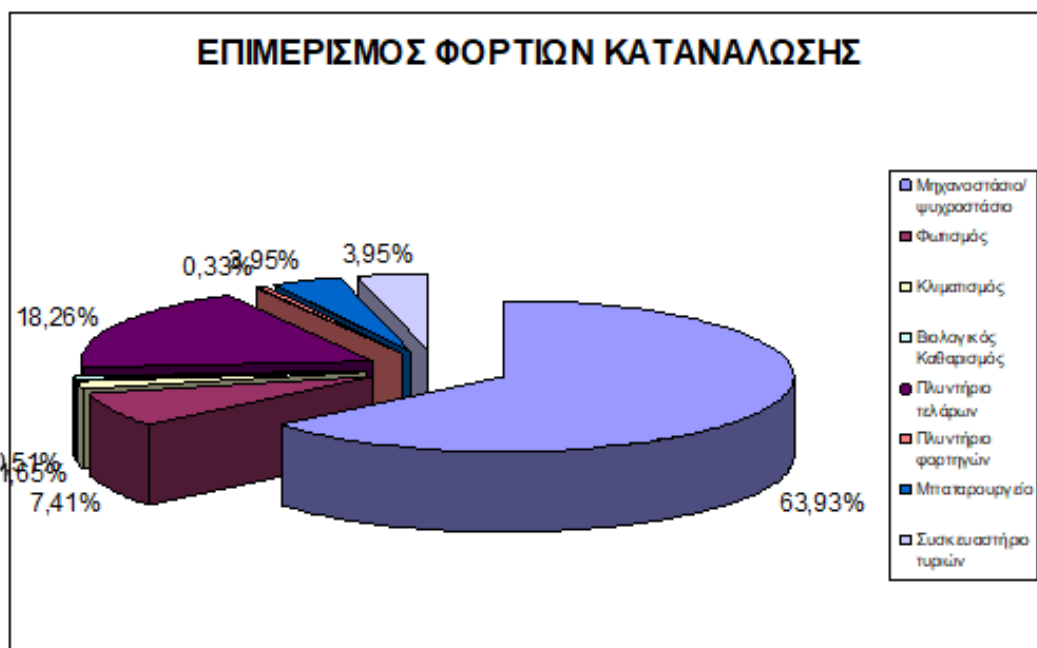


Εικόνα 2. Κάτοψη του ψυχόμενου μέρους στην αποθήκη Οиноφύτων

Για τις ανάγκες της αποθήκης υπάρχει σύστημα ψύξης βιομηχανικού τύπου με χρήση ως ψυκτικό μέσω την αμμωνία (NH_3) και αποτελείται από :

- 7 συμπιεστές (2 συμπιεστές για την αποθήκη κατάψυξης και 5 συμπιεστές για την αποθήκη συντήρησης, οπωρολαχανικών, διαδρόμου διακίνησης/ Ετοιμών, αλιευμάτων, συσκευαστηρίου τυριών και αποθήκης κρεμαστών κρεάτων)
- 10 αεροψυκτικές βιομηχανικού τύπου.
- 5 Συμπυκνωτές των 12 ανεμιστήρων ο κάθε ένας.

Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας στην αποθήκη είναι 7.500 MWh/a και πάνω από 65% αφορά το σύστημα ψύξης.

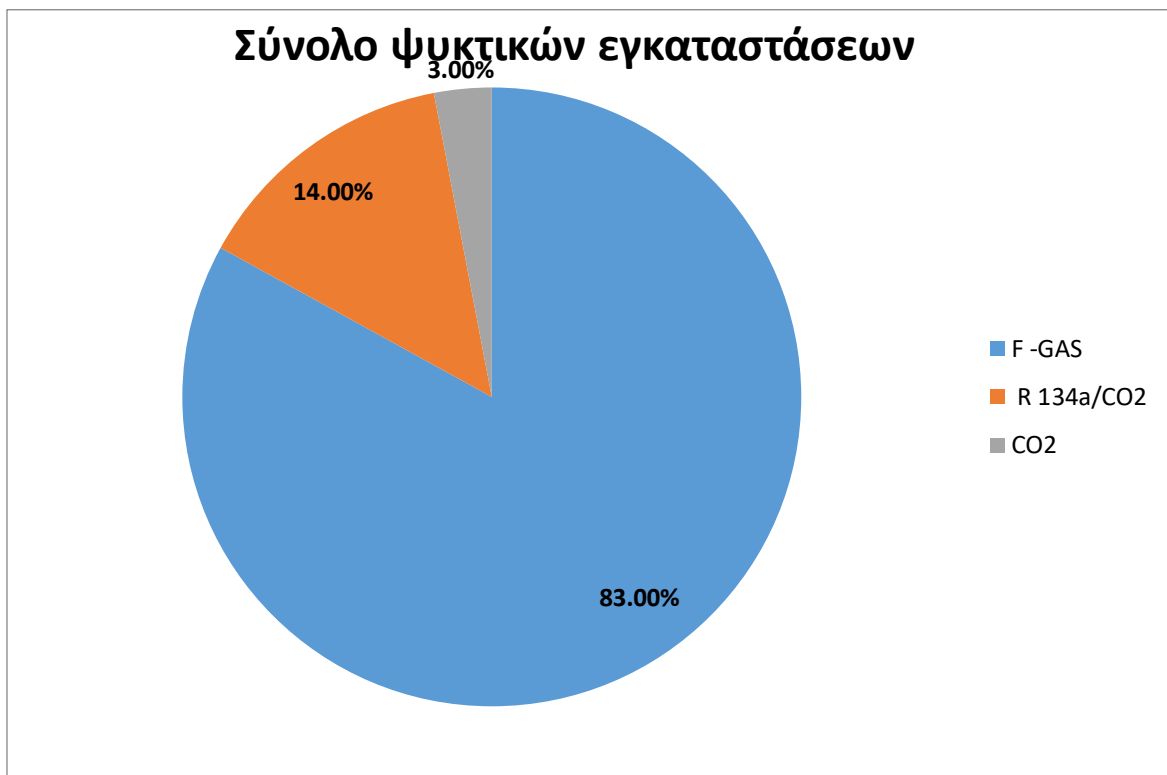


Σχήμα 5. Γράφημα πίτας όπου απεικονίζεται ο ετήσιος καταμερισμός της κατανάλωσης ενέργειας στην αποθήκη των Οиноφύτων

3.3 Σύστημα ψύξης

Η χρήση ενεργειακά αποδοτικών και φιλικών προς το περιβάλλον συστημάτων ψύξης είναι απαραίτητη ενόψει της επιδείνωσης του παγκόσμιου κλίματος. Υπάρχει η αυξανόμενη ανάγκη βελτίωσης της απόδοσης ψύξης για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, εκπληρώνοντας παράλληλα τις απαιτήσεις που υπάρχουν για την σωστή διατήρηση των προϊόντων. Τα συστήματα ψύξης που χρησιμοποιούν ψυκτικά ρευστά με R404a, R410a & R134a είναι τα πλέον αποδοτικά όμως δεν τηρούν τις περιβαλλοντολογικές προϋποθέσεις. Στα συστήματα ψύξης που χρησιμοποιείται το ψυκτικό ρευστό R404a μπορεί να αντικατασταθεί με φιλικότερα προς το περιβάλλον ψυκτικά ρευστά όπως R448a, R449a, R450a και το R455a. (Li Gong et al. 2023)

Το 83% των καταστημάτων της εταιρείας λειτουργούν με συστήματα ψύξης κάνοντας χρήση F-GAS. Σε αυτά τα καταστήματα το ψυκτικό μέσο που χρησιμοποιούσαν ήταν το R404a. Η εταιρεία προκειμένου να εναρμονιστεί με την ισχύουσα νομοθεσία, έως το 2020 έχει αντικαταστήσει το παλιό ψυκτικό ρευστό με το υποκατάστατο R 449a. Επιπλέον, από το 2015 και έπειτα, στα καινούργια και προς ανακαίνιση καταστήματα, επένδυσε πάνω στις νέες ψυκτικές τεχνολογίες. Μέχρι το 2020 η εταιρεία χρησιμοποίησε υβριδικά συστήματα ψύξης με χρήση R134a στην συντήρηση και CO² στην κατάψυξη, ενώ από το 2020 χρησιμοποιεί συστήματα με χρήση CO² σε όλο το δίκτυο ψύξης.



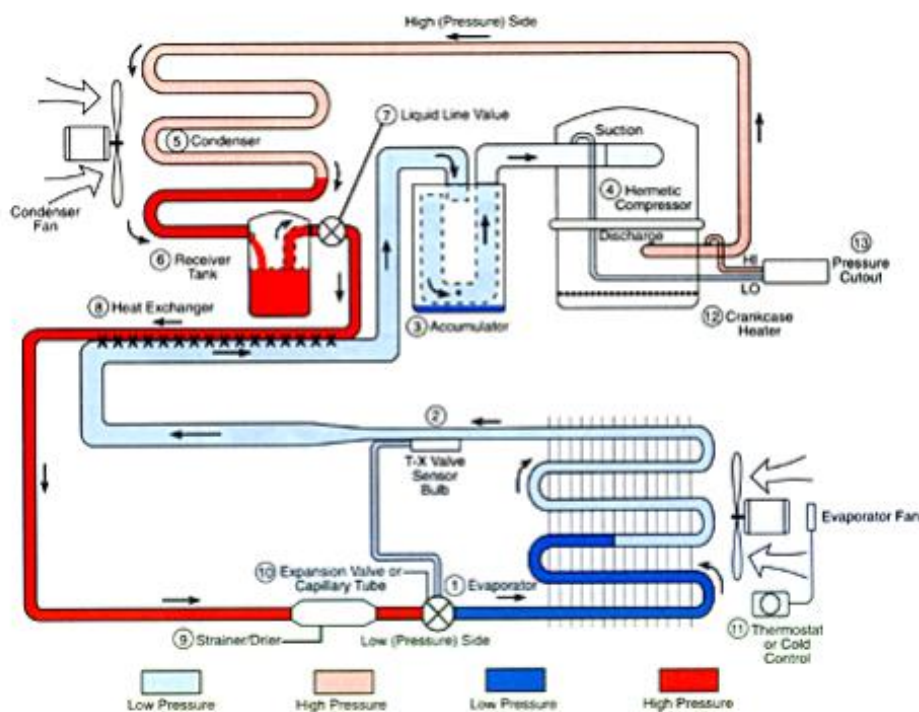
Σχήμα 1. Γράφημα πίτας όπου απεικονίζεται ο καταμερισμός ψυκτικών εγκαταστάσεων ανάλογα με το ψυκτικό ρευστό που χρησιμοποιούν

3.3.1 Περιγραφή συστήματος

Τα πιο συνηθισμένα ψυκτικά συστήματα με χρήση F-GAS περιέχουν τουλάχιστον 1 συμπιεστή. Τα βασικά εξαρτήματα ενός τυπικού ψυκτικού κυκλώματος (Εικόνα. 1) είναι:

- Ο συμπιεστής (compressor) όπου διαχωρίζεται η πλευρά της χαμηλής πίεσης με την πλευρά της υψηλής. Σε αυτό το σημείο γίνεται η συμπίεση του ατμού χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας ο οποίος μετατρέπεται σε υπέρθερμο ατμό υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας.
- Ο συμπυκνωτής (condenser) όπου εκεί γίνεται η απόρριψη θερμότητας προς το περιβάλλον. Σε αυτή την φάση αλλάζει το υπέρθερμο ψυκτικό μέσο από ατμό σε υγρό.
- Η εκτονωτική βαλβίδα όπου σε αυτό το σημείο το συμπυκνωμένο ψυκτικό υγρό υψηλής πίεσης περνάει από την εκτονωτική διάταξη με αποτέλεσμα την μείωση της πίεσης και θερμοκρασίας και την μετατροπή του σε μείγμα ατμού – υγρού χαμηλής θερμοκρασίας.
- Ο εξατμιστής (evaporator) είναι η συσκευή συναλλαγής θερμότητας με στόχο την παραγωγή ψύξης. Σε αυτό το σημείο το ψυκτικό υγρό εισέρχεται σε χαμηλή θερμοκρασία απορροφώντας τα πόσα θερμότητας του χώρου στον οποίο βρίσκεται.

(Κορωνάκη et al. 2023)



Εικόνα 1. Τυπικό ψυκτικό κύκλωμα με χρήση F-GAS

Η ψυκτική αλυσίδα είναι απαραίτητη για τη διατήρηση και την κατάψυξη των τροφίμων, διατηρώντας παράλληλα τα μέγιστα πρότυπα και αποφεύγοντας την ανάπτυξη βακτηρίων. Στα σούπερ μάρκετ, όπου υπάρχουν συνήθως δύο ξεχωριστά συστήματα ψύξης (μέσης θερμοκρασίας, MT και χαμηλής θερμοκρασίας, LT), στα οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και τεχνολογία υπόψυξης, ανάλογα με τον υπολογισμό φορτίων που απαιτεί η ψυκτική εγκατάσταση. Αποτελείται από έναν πρόσθετο εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος συνδέει ένα σημείο χαμηλής θερμοκρασίας MT με τη γραμμή υγρού LT. Έτσι, η γραμμή υγρού LT υποψύχεται από το σύστημα MT. (Giménez-Prades et al. 2024)

3.3.2 Multi

Τα Multi ή Compressor Rack είναι η κατασκευή που περιέχει μέσα μια συστοιχία παράλληλα συνδεδεμένων συμπιεστών (compressors) του ψυκτικού συστήματος. Τοποθέτηση του multi γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένα μηχανοστάσια, ξεχωριστά από τον χώρο πώλησης, που διαθέτουν εξαερισμό και πυροπροστασία. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπου δεν υπάρχουν κατοικίες σε κοντινή απόσταση, τοποθετούνται υπό προϋποθέσεις σε εξωτερικό χώρο.



Εικόνα 1. Μηχανοστάσιο Multi



Εικόνα 2. Multi συντήρησης – κατάψυξης για F-GAS

Οι προδιαγραφές που έχει θέσει η εταιρεία είναι τα Multi να φέρουν παλινδρομικούς συμπιεστές της εταιρείας Bitzer ή συμπιεστές Scroll της εταιρείας Copeland. Τα τελευταία χρόνια έχει επικρατήσει ο πρώτος τύπος συμπιεστών επειδή είναι αξιόπιστος και σε περίπτωση βλάβης μπορεί να επισκευαστεί εύκολα. Οι θερμοκρασίες υπολογισμού του multi συντήρησης θα είναι στους -10°C Θερμοκρασία εξάτμισης και για την κατάψυξη -35°C Θερμοκρασία εξάτμισης. Η απόδοση των multi, ανάλογα με το μέγεθος του κάθε καταστήματος μπορεί να κυμανθεί στην συντήρηση από 30 kw έως 120 kw και στην κατάψυξη από 20 kw έως 80 kw.

3.3.3 Condenser

Σε κάθε τυπικό κατάστημα της εταιρείας, που χρησιμοποιεί ψυκτικό σύστημα με F-GAS, υπάρχουν συμπυκνωτές (condensers) τοποθετημένοι σε εξωτερικούς χώρους για την αποβολή της θερμότητας προς το περιβάλλον. (Στα συστήματα CO₂ ο συμπυκνωτής ονομάζεται gas cooler). Οι προδιαγραφές της εταιρείας ορίζουν ότι τα condenser θα φέρουν ανεμιστήρες υψηλής απόδοσης (EC fans) και το επίπεδο θορύβου δεν ξεπερνάει τα 35 dB(A) στα όρια ιδιοκτησίας του καταστήματος. Ανάλογα με το διαθέσιμο χώρο που υπάρχει η εταιρεία χρησιμοποιεί οριζόντια ή κάθετου τύπου condenser.



Εικόνα 1. Condenser συντήρησης – κατάψυξης για F-GAS

3.3.4 Ψυγεία

Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός ψυγείου λιανικής πώλησης είναι:

- Η ορθή διαμόρφωση του ψυγείου ώστε η έκθεση των τροφίμων σε αυτό να ευοδώνει την προώθηση της πώλησης.
- Η σωστή θερμοκρασία αποθήκευσης των τροφίμων.

Τα ψυγεία λιανικής πώλησης έχουν σχεδιαστεί για να διατηρούν τη σωστή θερμοκρασία αποθήκευσης των τροφίμων και να προστατεύουν τα προϊόντα από τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις που υπάρχουν στο περιβάλλον του καταστήματος. Ως εκ τούτου, δεν είναι ικανά στο να μειώσουν τη θερμοκρασία των προϊόντων που έχουν παραμείνει για αρκετή ώρα εκτός ψυγείου και έχουν αποκτήσει υψηλή θερμοκρασία την στιγμή της φόρτωσης. Η κατασκευή τους είναι βαρέως τύπου, λόγω της μεγάλης χρήσης που γίνεται από προσωπικό και πελάτες. Η κατηγοριοποίηση των ψυγείων γίνεται βάσει της θερμοκρασίας αποθήκευσης των προϊόντων και του γεωμετρικού σχήματος που έχουν. Οι προμηθευτές θα πρέπει να συμμορφωθούν με τις απαιτήσεις που έχουν διαμορφωθεί στην αγορά για την κατασκευή ψυγείων με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. (Sun D. 2019).

Οι προδιαγραφές των ψυγείων που ορίζει η εταιρεία είναι οι έξης:

- Ψυγείο τύπου self - service $t_i = 0\text{ }^{\circ}\text{C} / + 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (αλλαντικά-τυριά)
- Ψυγείο βιτρίνα service $t_i = -1\text{ }^{\circ}\text{C} / +1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (αλλαντικά - τυριά - κρέας)

- Ψυγείο self - service $t_i = -1\text{ }^{\circ}\text{C} / +1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (κρέατος - delicatessen)
- Ψυγείο self - service $t_i = +6\text{ }^{\circ}\text{C} / +8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (φρούτα - λαχανικά)
- Ψυγείο self - service $t_i = 0\text{ }^{\circ}\text{C} / +2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (έτοιμων φαγητών)
- Ψυγείο τύπου βούτα $t_i = -22\text{ }^{\circ}\text{C} / -24\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Ψυγείο τύπου πόρτα Κατάψυξης $t_i = -22\text{ }^{\circ}\text{C} / -24\text{ }^{\circ}\text{C}$

Οι παραπάνω απαιτούμενες εσωτερικές θερμοκρασίες (t_i) αναφέρονται στις παρακάτω συνθήκες :

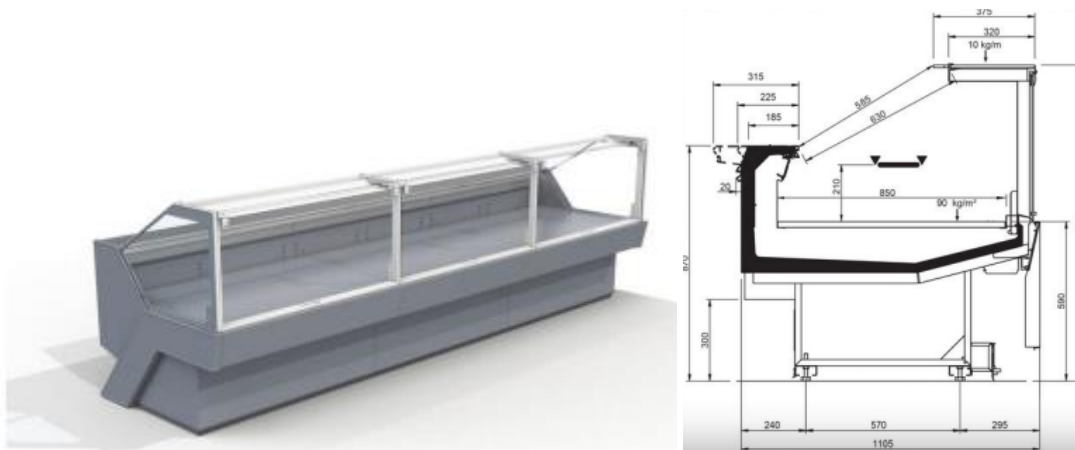
- Μέγιστη εσωτερική θερμοκρασία καταστήματος $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Σχετική υγρασία εσωτερική καταστήματος 60%

Το ψυγείο τύπου self-service για αλλαντικά, τυριά, delicatessen, γαλακτοκομικά ή έτοιμα φαγητά ($t_i = 0\text{ }^{\circ}\text{C} / 2\text{ }^{\circ}\text{C}$), ύψους 2.0 m, διαθέτει 5 ράφια, μη φωτιζόμενα και βάση (βάθος ραφιών 0,50μ.), προσαρμοζόμενα και ρυθμιζόμενα σε κλίση και σε ύψος, πλαστικά φιλέτα για bar code. Τα ψυγεία φέρουν γυάλινες ανοιγόμενες πόρτες με διπλό τζάμι, με ενσωματωμένο ένα φωτιστικό LED ανά μία κολώνα των πορτών.



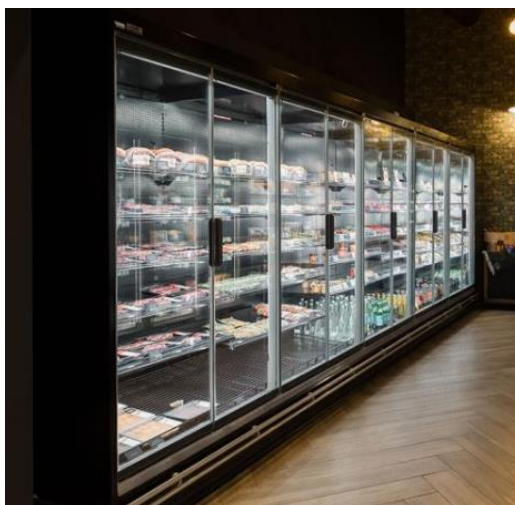
Εικόνα 1. Ψυγείο τύπου self-service για αλλαντικά, τυριά, delicatessen, γαλακτοκομικά ή έτοιμα φαγητά ($t_i = 0\text{ }^{\circ}\text{C} / 2\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Ψυγείο βιτρίνα τύπου service για κρέας ($t_i = -1\text{ }^{\circ}\text{C}/1\text{ }^{\circ}\text{C}$), αλλαντικά, τυριά ($t_i = 0\text{ }^{\circ}\text{C}/2\text{ }^{\circ}\text{C}$), με κάθετα ανοιγόμενα κρύσταλλα, φωτισμό LED στο άνω μέρος, κλειστή στο κάτω μέρος με μεταλλική ποδιά χρώματος.



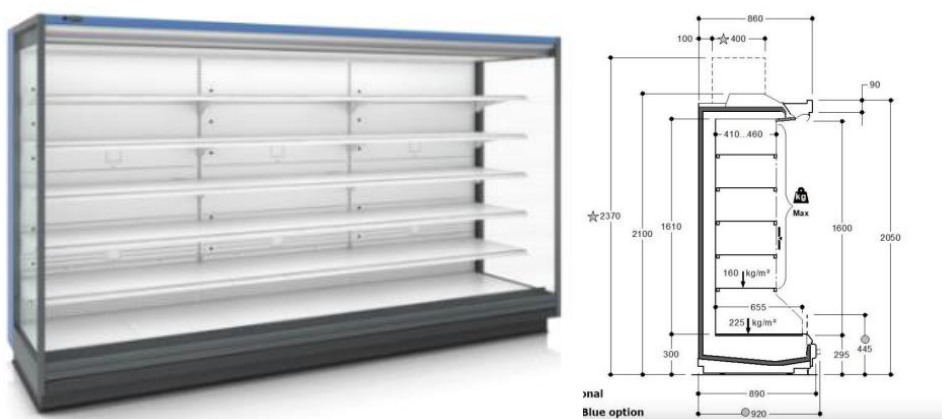
Εικόνα 2. Ψυγείο τύπου βιτρίνα service για κρέας ($t_i = -1\text{ }^{\circ}\text{C}/1\text{ }^{\circ}\text{C}$), αλλαντικά, τύρια ($t_i = 0\text{ }^{\circ}\text{C}/2\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Ψυγείο τύπου self-service για κρέας ($t_i = -1\text{ }^{\circ}\text{C}/+1\text{ }^{\circ}\text{C}$), ύψους 2.00 μ, με 3 φωτιζόμενα ράφια και βάση (βάθος ραφιών 0.50 εκ), προσαρμοζόμενα και ρυθμιζόμενα σε κλίση και σε ύψος, πλαστικά φιλέτα για bar code και μεταλλικά προστατευτικά στα ράφια. Τα ψυγεία φέρουν γυάλινες ανοιγόμενες πόρτες με διπλό τζάμι, με ενσωματωμένο φωτισμό LED στις κολώνες των πορτών.



Εικόνα 3. Ψυγείο τύπου self-service κρέατος ($t_i = -1\text{ }^{\circ}\text{C}/1\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Ψυγείο τύπου self-service οπωροπωλείου ($t_i = +6\text{ }^{\circ}\text{C}/+8\text{ }^{\circ}\text{C}$) ύψους 2.0 m, με 3 ράφια μη φωτιζόμενα, ρυθμιζόμενα σε κλίση (βάθος ραφιών 0,50 εκ.), ηλεκτροκίνητη κουρτίνα νυκτός και πλαστικά φιλέτα bar code στη βάση. Ο φωτισμός στο πάνω μέρος του ψυγείου είναι LED. Τα ψυγεία δύναται να φέρουν εφόσον ζητηθεί γυάλινες ανοιγόμενες πόρτες με διπλό τζάμι, με ενσωματωμένο ένα φωτιστικό LED ανά μία κολώνα των πορτών.



Εικόνα 4. Ψυγείο τύπου self-service οπωροπωλείου ($t_i = +6\text{ }^{\circ}\text{C}/+8\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Ψυγείο κατάψυξης τύπου βούτα ($t_i = -22\text{ }^{\circ}\text{C}/-24\text{ }^{\circ}\text{C}$) με σχάρες INOX και φιλέτα bar code. Στην βούτα υπάρχουν γυάλινα καλύμματα επάλληλα (sliding glass doors) με ενσωματωμένα φωτιστικά LED σε όλο το άνοιγμα.



Εικόνα 5. Ψυγείο κατάψυξης τύπου βούτα ($t_i = -22\text{ }^{\circ}\text{C}/-24\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Ψυγείο κατάψυξης τύπου ντουλάπα ($t_i = -22\text{ }^{\circ}\text{C}/-24\text{ }^{\circ}\text{C}$), με μεγάλες διπλές γυάλινες πόρτες, μονωμένες με ηλεκτρικές αντιστάσεις, που διαθέτουν φωτισμό LED στις πόρτες και 5 σειρές ράφια με πλαστικά φιλέτα για bar code.



Εικόνα 6. Ψυγείο κατάψυξης τύπου ντουλάπα ($t_i = -22\text{ }^{\circ}\text{C}/-24\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Τα ψυγεία συντήρησης διατίθενται στα μήκη :

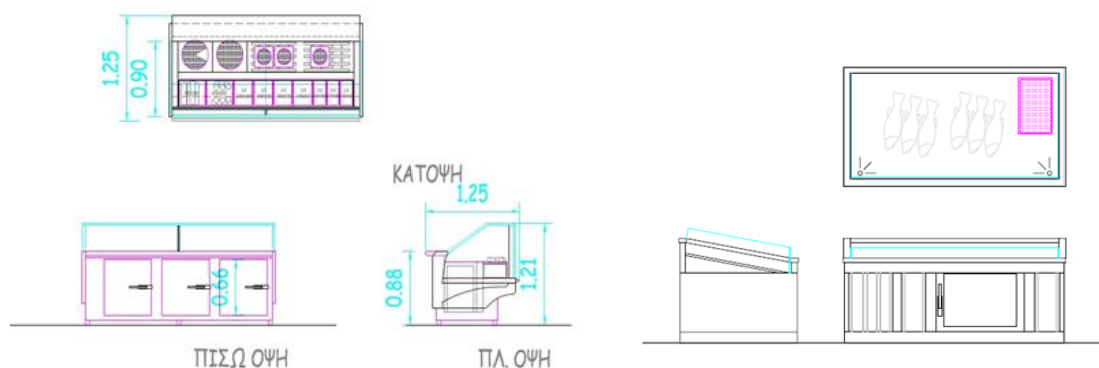
- 1,25 m
- 1,88 m
- 2,50 m
- 3,12 m
- 3,75 m

Ενώ οι ντουλάπες κατάψυξης διατίθενται στα παρακάτω μήκη :

- 1,56 m
- 2,34 m
- 3,12 m
- 3,90 m

Σε ειδικές περιπτώσεις όπου στο κατάστημα υπάρχουν μικρού μήκους διάδρομοι για την εξυπηρέτηση των πελατών, τα ψυγεία παραγγέλλονται με επάλληλες πόρτες αντί για ανοιγόμενες.

Τέλος, γίνεται κατασκευή ειδικών τεμαχίων για την προβολή προϊόντων όπως η φέτα και το ψάρι.

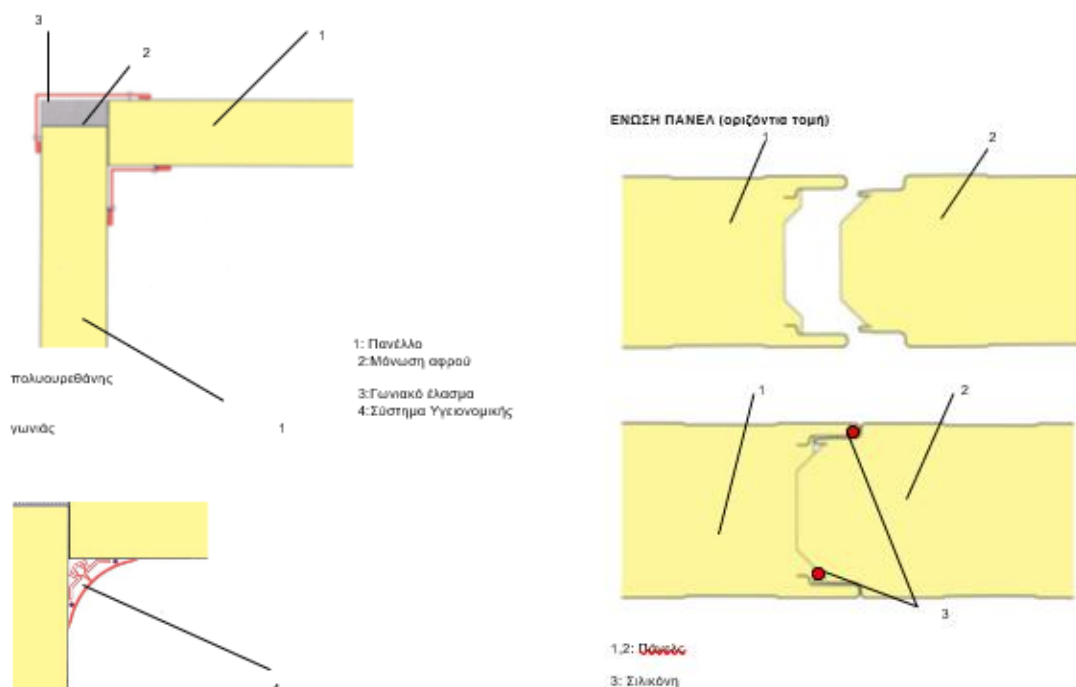


Εικόνα 7. Ειδικές κατασκευές ψυγείων για φέτα και ψάρι

3.3.5 Ψυκτικοί θάλαμοι

Η ψυκτική αποθήκευση προϊόντων είναι ένα ιδιαίτερο είδος χώρου που έχει ελεγχόμενη θερμοκρασία, χάρη σε όργανα ακριβείας και ψυκτικά μηχανήματα. Οι ψυκτικοί θάλαμοι είναι κατασκευές ψύξης όπου τα ευπαθή τρόφιμα μπορούν να αποθηκευτούν σε καθορισμένη υγρασία και θερμοκρασία για μια χρονική περίοδο. Οι θάλαμοι δημιουργούν ένα περιβάλλον ελεγχόμενων συνθηκών όπου η κακή και άναρχη χρήση από το προσωπικό αυξάνει τον κίνδυνο αλλοίωσης των προϊόντων. Είναι αναπόσπαστο μέρος της αλυσίδας εφοδιασμού και αποθήκευσης τροφίμων. Η ορθή χρήση των θαλάμων και η αποφυγή εισροών θερμού αέρα μπορούν να μειώσουν σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας. (Rao & Parthiban, 2023).

Η κατασκευή των ψυκτικών θαλάμων, σύμφωνα με αυτά που ορίζει η εταιρεία, γίνεται από (πάνελ) τύπου ‘σάντουιτς’, από διπλό χαλυβδόφυλλο 0.50 – 0.50 (στην εσωτερική και εξωτερική πλευρά) και ενδιάμεσα θερμομονωτικό υλικό από αφρώδη πολυουρεθάνη πυκνότητας 40-42kg/m³. Η βαφή των ελασμάτων των πάνελ, και στις δυο όψεις τους, είναι πολυεστερικής βαφής (ηλεκτροστατική) SP 25 μm, χρώματος λευκού RAL 9002. Στην συντήρηση το πάχος του πάνελ είναι 100 mm, ενώ στην κατάψυξη το πάχος είναι 120 mm.



Εικόνα 1. Μέθοδος συναρμογής πάνελ

Οι θερμοκρασίες που πρέπει να έχουν οι θάλαμοι, ανάλογα με τα προϊόντα που αποθηκεύονται σε αυτούς είναι οι εξής :

- Θάλαμος κατάψυξης $t_i = -22\text{ }^{\circ}\text{C} / -24\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Θάλαμος κρέατος $t_i = -1\text{ }^{\circ}\text{C} / +1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Θάλαμος συντήρησης $t_i = 0\text{ }^{\circ}\text{C} / +2\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Θάλαμος οπωροπωλείου $t_i = +6\text{ }^{\circ}\text{C} / +8\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Εργαστήριο κρέατος $t_i = +8\text{ }^{\circ}\text{C} / +10\text{ }^{\circ}\text{C}$

4. Συστήματα και διαδικασίες για την εξοικονόμηση ενέργειας σε super market

4.1 Συστήματα ψύξης CO₂

Τα σούπερ μάρκετ χαρακτηρίζονται ως εμπορικά κτίρια με υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Μελέτες έχουν δείξει ότι η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ενός σούπερ μάρκετ μπορεί να ξεπεράσει ακόμα και τα 1.500.000 kWh. Ένα σύστημα ψύξης CO₂ έχει λιγότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και χαμηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σχέση με ένα παραδοσιακό σύστημα ψύξης με R 404a. Εκτός από τη μεγάλη κατανάλωση ενέργειας, το σύστημα ψύξης με R 404a προκαλεί τεράστιες περιβαλλοντολογικές βλάβες από τις εκπομπές HFC που εκλύονται στην ατμόσφαιρα μέσω των διαρροών του ψυκτικού κυκλώματος. Τα ψυκτικά συστήματα CO₂ έχουν υψηλή απόδοση με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Η ογκομετρική ικανότητα του CO₂ είναι σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με τα συμβατικά ψυκτικά. Επίσης, είναι ευρέως διαδεδομένο, δεν είναι εύφλεκτο, είναι μη τοξικό, έχει χαμηλό κόστος αγοράς και η διαρροή του στην ατμόσφαιρα δεν έχει αρνητικές συνέπειες για το όζον. (Yanfei Li et al. 2022)

Υπάρχουν διάφορα εμπορικά συστήματα ψύξης με CO₂ τα οποία καθορίζονται από τη χαμηλή κρίσιμη θερμοκρασία του ψυκτικού ρευστού. Όταν το ψυκτικό μέσο φτάσει στο σημείο αυτό, τότε γίνεται αναποτελεσματικό και δεν μπορεί να αποβάλλει ποσά θερμότητας στο περιβάλλον. Το κρίσιμο σημείο για το CO₂ είναι στους 31°C συμπίκνωσης. Τα συστήματα ψύξης CO₂ έχουν τη δυνατότητα να λειτουργήσουν (transcritical) σε θερμοκρασία συμπίκνωσης κάτω από τους 31°C και (intercritical) σε θερμοκρασία συμπίκνωσης πάνω από τους 31°C.

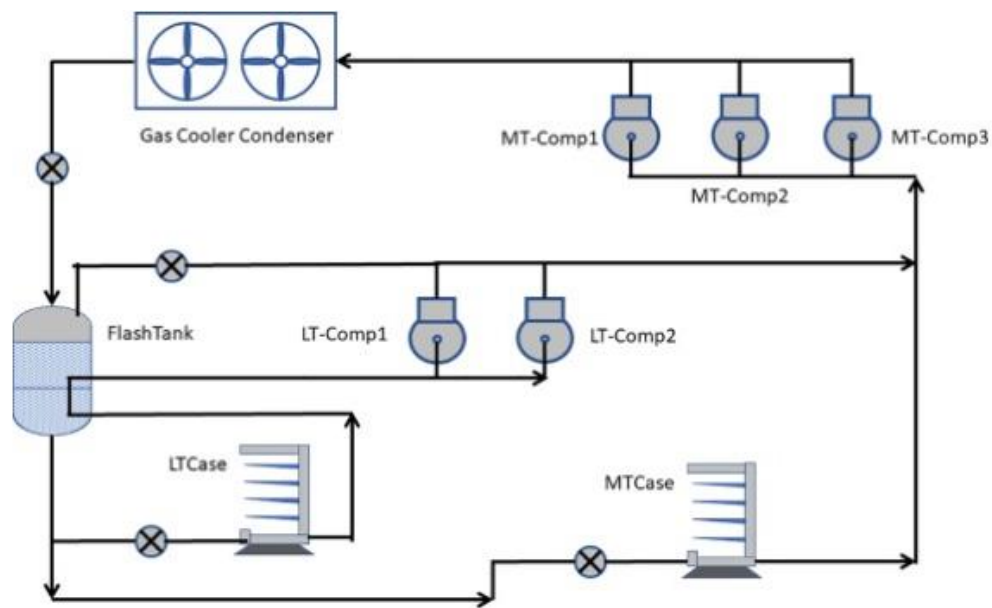
Τα εμπορικά συστήματα ψύξης CO₂ χωρίζονται σε :

- Μετακρίσιμα όπου η απόρριψη θερμότητας λαμβάνει χώρα πάνω από το κρίσιμο σημείο του ψυκτικού μέσου για θερμοκρασίες περιβάλλοντος από 20°C έως 25°C.
- Booster με δυο επίπεδα θερμοκρασίας εξάτμισης και συμπιεστές χαμηλής και μέσης πίεσης.
- Βαθμιδωτά (Cascade) όπου χρησιμοποιείται CO₂ ως ψυκτικό μέσο στη χαμηλή βαθμίδα του συστήματος το οποίο είναι πάντα σε υποκρίσιμη κατάσταση. Στην

υψηλή βαθμίδα χρησιμοποιείται συνήθως συμβατικό σύστημα με ψυκτικό μέσο HFC ή HC.

- Δευτερεύοντα, με το CO₂ να χρησιμοποιείται ως δευτερεύον υγρό και αντλείται μέσω ενός εναλλάκτη.

(Κορωνάκη et al. 2023)



Εικόνα 1. Κύκλος ψύξης συστήματος Transcritical CO₂

Στην εικόνα 1 περιγράφεται ένα απλό σύστημα CO₂ με απευθείας εκτόνωση τόσο για την συντήρηση όσο και για την κατάψυξη. Το σύστημα είναι τύπου booster με παράλληλη συμπίεση και λειτουργεί σε κατάσταση transcritical ή subcritical ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες. Τα transcritical συστήματα είναι πιο αποδοτικά σε θερμά κλίματα. Το δίκτυο συντήρησης με θερμοκρασία εξάτμισης στους -10 °C, επιτυγχάνεται μέσω παλινδρομικών συμπιεστών (compressors), κατάλληλους για διοξείδιο του άνθρακα, εκ των οποίων ο ένας τουλάχιστον είναι εξοπλισμένος με ρυθμιστή στροφών τύπου inverter. Το δίκτυο κατάψυξης με θερμοκρασία εξάτμισης -35 °C, επιτυγχάνεται μέσω παλινδρομικών συμπιεστών (compressors), κατάλληλους για διοξείδιο του άνθρακα, εκ των οποίων τουλάχιστον ο ένας θα είναι εξοπλισμένος με ρυθμιστή στροφών τύπου inverter. Μετά τους συμπιεστές, το υπέρθερμο αέριο οδηγείται στο gas cooler όπου ψύχεται αποβάλλοντας

ποσά θερμότητας στο περιβάλλον. Στην έξοδο του gas cooler υπάρχει εκτονωτική διάταξη με σκοπό την εκτόνωση του αερίου στην ενδιάμεση πίεση από 35 έως 45 bar και την ροή προς τον συλλέκτη (Flash Tank). (Yanfei Li et al. 2022)



Εικόνα 2. Multi CO2 (συντήρησης – κατάψυξης)



Εικόνα 3. Gas Cooler – για σύστημα ψύξης CO2 (συντήρησης – κατάψυξης)

Η εταιρεία έχει επιλέξει μέσω των συνεργαζόμενων προμηθευτών να χρησιμοποιεί τα παρακάτω συστήματα:

- Πρώτης γενιάς απλής συμπίεσης με σύστημα Booster
- Δεύτερης γενιάς συστήματα παράλληλης συμπίεσης με ή χωρίς υπερπλήρωση εξατμιστών
- Τρίτης γενιάς που χρησιμοποιούν ejector με ή χωρίς υπερπλήρωση εξατμιστών.

Το multi CO₂ φέρει συμπιεστές της εταιρείας Bitzer ημίκλειστου τύπου. Ο πρώτος από τους συμπιεστές συντήρησης (MT) και κατάψυξης (LT) θα πρέπει να υποστηρίζεται από inverter. Επιπλέον, το multi περιλαμβάνει :

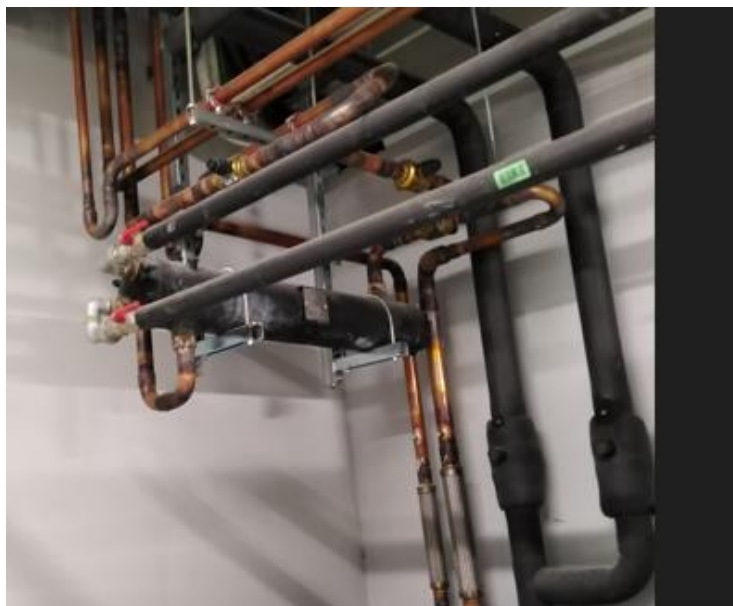
- Σύστημα διαχείρισης λαδιών
- Χρήση ελαιοδιαχωριστή υψηλής απόδοσης.
- Ηλεκτρονικούς πλωτήρες λαδιού για όλους τους συμπιεστές.
- Κεντρικό Φίλτρο Λαδιού.
- Βάνα αποκοπής λαδιού για κάθε συμπιεστή.

4.2 Τοποθέτηση εναλλάκτη στο σύστημα ψύξης για χρήση ζεστού νερού στο κατάστημα

Ο εναλλάκτης θερμότητας σε ένα ψυκτικό κύκλωμα είναι μια βασική συνιστώσα που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά θερμότητας από το ψυκτικό μέσο στο περιβάλλον ή σε άλλο μέσο. Η θερμότητα που ανακτάται από το ψυκτικό σύστημα χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του νερού που αποθηκεύεται σε δεξαμενές συσσώρευσης νερού. Αυτές οι δεξαμενές είναι συνδεδεμένες με το σύστημα ύδρευσης του καταστήματος. Η εξοικονόμηση κόστους από την αξιοποίηση της ανάκτησης θερμότητας βασίζεται στη βέλτιστη απόδοση του ψυκτικού συστήματος υπό κατάλληλες συνθήκες. Ο εναλλάκτης θερμότητας σε ένα ψυκτικό κύκλωμα παίζει σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και στη μείωση του κόστους λειτουργίας, ανακτώντας και αξιοποιώντας τη θερμότητα από το σύστημα ψύξης. (Andersson, 2021).

Όλες οι ψυκτικές μονάδες της εταιρείας, άνω των 15 kw, φέρουν εναλλάκτη θερμότητας νερού - ψυκτικό ρευστό. Το νερό που θερμαίνει ο εναλλακτής συγκεντρώνεται σε boiler

για να διανεμηθεί σε όλο το κατάστημα, ανάλογα με τις ανάγκες που υπάρχουν. Στην περίπτωση που δεν επαρκεί το ζεστό νερό ενεργοποιείται αντίσταση που υπάρχει εσωτερικά στο boiler.



Εικόνα 1. Εναλλάκτης νερού – freon



Εικόνα 2. Boiler νερού

4.3 Τοποθέτηση πορτών σε ψυγεία ανοιχτού τύπου

Τα σούπερ μάρκετ και τα καταστήματα λιανικής πώλησης τροφίμων είναι ενεργοβόροι χώροι. Οι ενεργειακές απαιτήσεις του ψυκτικού συστήματος ενός καταστήματος μπορεί να αντιστοιχούν έως και το 60 % της συνολικής κατανάλωσης. Τα ψυγεία ανοιχτού τύπου, χωρίς πόρτες, καταναλώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας μεταξύ των επαγγελματικών ψυγείων. Μελέτες έχουν δείξει ότι τα ανοιχτού τύπου ψυγεία είναι ο πιο ενεργοβόρος παράγοντας για ένα super market. Ωστόσο επιλέγονται για λόγους μάρκετινγκ καθώς θεωρείται ότι αυξάνονται οι πωλήσεις των προϊόντων (Demirpolat, 2023).

Είναι συχνό φαινόμενο σε ψυγεία ανοιχτού τύπου να μην υπάρχουν οι προβλεπόμενες θερμοκρασίες για την σωστή διατήρηση των προϊόντων. Η διείσδυση θερμού και υγρού αέρα αναφέρεται συχνά ως αιτία θερμοκρασιακής ετερογένειας. Συγκριτικά, το ψυγείο κλειστού τύπου σε σχέση με του ανοιχτού τύπου επιτυγχάνει εσωτερικά καλύτερη θερμοκρασιακή ομοιογένεια, βοηθάει στην καλύτερη συντήρηση των προϊόντων και τηρεί τα προβλεπόμενα θερμοκρασιακά όρια χωρίς αποκλίσεις. Έχει αποδειχτεί ότι τα ψυγεία κλειστού τύπου επιτυγχάνουν αρκετά ευνοϊκά αποτελέσματα συμπεριλαμβανομένου της εξοικονόμησης ενέργειας από 20% έως και 70%. (Chaomuang et al. 2019)

Η εταιρεία αποφάσισε ως στρατηγική επιλογή να υλοποιήσει πρόγραμμα τοποθέτησης πορτών στα ψυγεία ανοιχτού τύπου που διαθέτει, εκτός από τα ψυγεία του οπωροπωλείου. Τα ψυγεία παραμένουν ανοιχτά επειδή είναι χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης και λόγω εμπορικών σκοπών. Τα ψυγεία στα οποία τοποθετούνται πόρτες, ανήκουν στα ψυγεία - συντήρησης και έχουν θερμοκρασιακό εύρος από -1°C έως 5°C .

Στα ψυγεία που είναι παλαιότερα των 10 ετών δεν τοποθετούνται πόρτες αλλά αντικαθίστανται με νέα. Ανάλογα με το μήκος των διαδρόμων, γίνεται η επιλογή μεταξύ ανοιγόμενων και επάλληλων πορτών. Η εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει ανά κατάστημα αποσβένει το ύψος της επένδυσης σε λιγότερο από 3 έτη.



Εικόνα 1. Ψυγείο service συντήρησης με ανοιγόμενες πόρτες

4.4 Σύστημα παρακολούθησης ψυγείων

Τα συστήματα ψύξης ενός σούπερ μάρκετ είναι από τους μεγαλύτερους καταναλωτές ψυκτικών μέσων. Ακόμα και μικρές βελτιώσεις στην αποδοτικότητα και την λειτουργική αξιοπιστία των συστημάτων ψύξης μπορούν να βοηθήσουν στην εξοικονόμηση ενέργειας, στην ομαλή λειτουργία του ηλεκτρικού δικτιού, στη βελτίωση της ποιότητας των τροφίμων, στην προστασία του περιβάλλοντος και την μείωση του αποτυπώματος άνθρακα της εταιρείας προς το περιβάλλον. Οι βλάβες που μπορεί να προκύψουν σε ένα σύστημα ψύξης σούπερ μάρκετ είναι η διαρροή ψυκτικού μέσου, η δυσλειτουργία συμπιεστών, η δημιουργία πάγου σε εξατμιστές θαλάμων και ψυγείων, προβλήματα στο ηλεκτρονικό σύστημα διαχείρισης ψυγείων και multi, δυσλειτουργία βαλβίδων ελέγχου, καμένοι ανεμιστήρες κ.α. Το 75% των βλαβών οφείλεται στις παρακάτω αιτίες:

- Ανοιχτή πόρτα θαλάμου/ψυγείων
- Συσσώρευση πάγου σε ψυγεία/ θαλάμους
- Βλάβη βαλβίδων εκτόνωσης.
- Βλάβες ανεμιστήρων

Η ορθή χρήση του συστήματος μπορεί να προλάβει μια σοβαρή βλάβη που θα μπορούσε να προκαλέσει την απώλεια εμπορευμάτων αξίας χιλιάδων ευρώ (Sun et al. 2021).

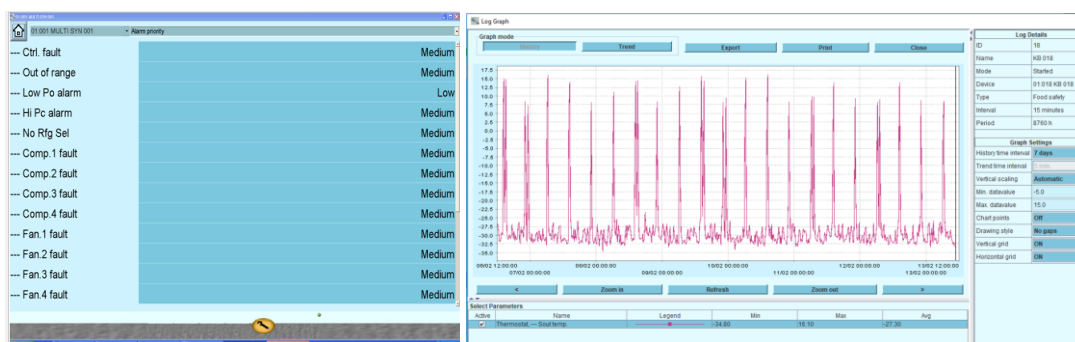
Η εταιρεία συνεργάζεται με την Danfoss όσον αφορά το σύστημα παρακολούθησης. Σε περίπτωση προβλήματος ο διευθυντής και ο υποδιευθυντής λαμβάνουν μήνυμα στο κινητό τους τηλέφωνο που αναφέρεται ακριβώς το είδος του προβλήματος. Τα SMS είναι της παρακάτω μορφής(εικόνα 1).



Εικόνα 1. Παραδείγματα μηνυμάτων σε περίπτωση βλάβης

Επιπλέον το σύστημα δίνει τις παρακάτω δυνατότητες:

- απομακρυσμένης διαχείρισης ψυγείων & multi
- ελέγχου θερμοκρασιών σε ψυγεία
- ελέγχου πιέσεων σε Multi
- καταγραφή ιστορικού θερμοκρασιών & πιέσεων



Εικόνα 2. Συστήμα Danfoss : Ειδοποιήσεις και διάγραμμα θερμοκρασιών ψυγείου

4.5 Τοποθέτηση Inverter σε συμπιεστές του συστήματος ψύξης

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας inverter στους συμπιεστές επιτρέπει την προσαρμογή της ταχύτητας του συμπιεστή ανάλογα με το φορτίο. Αυτό οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας συγκριτικά με τα παραδοσιακά συστήματα On/Off που χρησιμοποιούν οι συμπιεστές σταθερής ταχύτητας. Οι inverter συμπιεστές προσφέρουν βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση, ειδικά σε εφαρμογές όπου η ζήτηση θερμικού φορτίου είναι μεταβλητή. Αυτό οφείλεται στη δυνατότητα προσαρμογής της ταχύτητας του συμπιεστή στις πραγματικές ανάγκες, αποφεύγοντας τη συνεχή λειτουργία σε πλήρες φορτίο, κάτι που μειώνει την κατανάλωση ενέργειας. Η σταδιακή εκκίνηση και διακοπή του συμπιεστή μειώνει τη μηχανική καταπόνηση και την φθορά των εξαρτημάτων, επεκτείνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού. Οι inverter συμπιεστές παρουσιάζουν μείωση στις δευτερογενείς απώλειες που δημιουργούνται στις περιελίξεις του συμπιεστή λόγω των αρμονικών του ηλεκτρικού σήματος. Οι αρμονικές αυτές μειώνονται καθώς αυξάνεται η συχνότητα μεταγωγής, οδηγώντας σε πιο αποδοτική λειτουργία του συστήματος. Παρά τις αυξήσεις των απωλειών μεταγωγής σε υψηλότερες συχνότητες, η συνολική κατανάλωση παραμένει βελτιστοποιημένη, καθιστώντας το σύστημα πιο αποδοτικό σε ένα ευρύ φάσμα λειτουργικών συνθηκών. Συμπερασματικά, η τοποθέτηση inverter σε συμπιεστές παρέχει μια σημαντική βελτίωση στην ενεργειακή αποδοτικότητα, μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον η αυξημένη ενεργειακή απόδοση σημαίνει μικρότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που έχει ως αποτέλεσμα μειωμένες εκπομπές CO₂, κάτι που συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος. (Ossorio & Navarro-Peris, 2023).

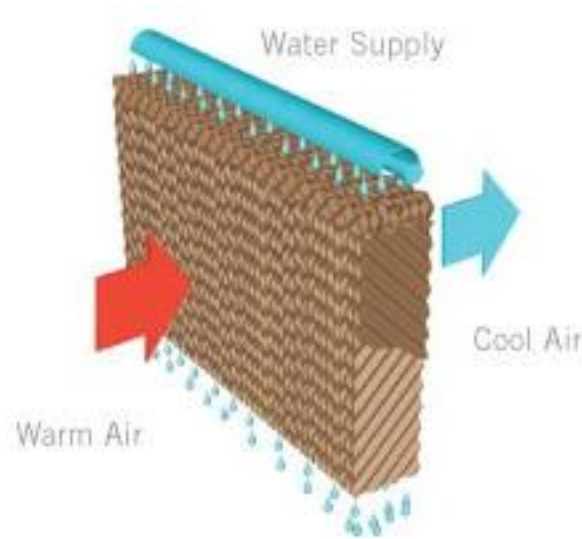
Οι προδιαγραφές της εταιρείας ορίζουν ότι ο No1 συμπιεστής στην συντήρηση και αντίστοιχα ο No1 συμπιεστής κατάψυξης θα πρέπει να υποστηρίζονται από λειτουργία inverter ενώ οι υπόλοιποι συμπιεστές να είναι σταθερής ταχύτητας. Τα συστήματα ψύξης που φέρουν κινητήρα μεταβλητής ταχύτητας επιτρέπουν τη ρύθμιση της ταχύτητας του κινητήρα και κατ' επέκταση της ψυκτικής ικανότητας του συστήματος ανάλογα με τις ανάγκες. Αυτό προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τους παραδοσιακούς συμπιεστές σταθερής ταχύτητας.



Εικόνα 1. Multi Συντήρησης – κατάψυξης CO₂ με Inverter

4.6 Τοποθέτηση αδιαβατικής ψύξης σε gas cooler – condenser

Η αδιαβατική ψύξη είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται σε συστήματα ψύξης και κλιματισμού και ειδικότερα σε συστήματα CO₂. Το σύστημα τοποθετείται στο σημείο εισαγωγής του αέρα προς τον συμπυκνωτή (gas cooler ή condenser). Ο ξηρός και ζεστός αέρας περνάει πάνω από υγρά πάνελ ή ψεκάζεται με νερό. Καθώς το νερό εξατμίζεται, απορροφά θερμότητα από τον αέρα, μειώνοντας έτσι τη θερμοκρασία του. Η αδιαβατική ψύξη είναι μια μέθοδος ψύξης που εκμεταλλεύεται την εξάτμιση του νερού για να μειώσει τη θερμοκρασία του αέρα ή άλλου ρευστού χωρίς την ανάγκη χρήσης μηχανικών συστημάτων ψύξης, όπως οι συμπιεστές. Η διαδικασία αυτή είναι περισσότερο αποδοτική σε περιβάλλοντα με χαμηλή σχετική υγρασία, όπου η εξάτμιση μπορεί να μειώσει σημαντικά τη θερμοκρασία του αέρα. Σε περιόδους υψηλής θερμοκρασίας, η χρήση αδιαβατικής ψύξης μπορεί να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας κατά περίπου 25% σε σύγκριση με συστήματα χωρίς αυτήν την τεχνολογία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η αδιαβατική ψύξη μειώνει τη θερμοκρασία του αέρα που εισέρχεται στον συμπυκνωτή, επιτρέποντας έτσι στο σύστημα να λειτουργεί σε πιο αποδοτικές συνθήκες (Cortella et al, 2020).



Εικόνα 1. Αδιαβατική ψύξη

Η χρήση της αδιαβατικής ψύξης στους συμπυκνωτές έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Η αδιαβατική ψύξη του αέρα πριν από το gas cooler αυξάνει τη σχετική υγρασία του αέρα, αυξάνοντας τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του CO₂ και του αέρα, επιτρέποντας στο σύστημα ψύξης να λειτουργεί σε transcritical λειτουργία για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια του έτους.
- Χάρη στη σημαντική μείωση στην κατανάλωση ενέργειας στις μέγιστες συνθήκες λειτουργίας, η αδιαβατική ψύξη μπορεί να μειώσει το κόστος επένδυσης, όπως οι συμπιεστές, οι εναλλάκτες θερμότητας και ο ηλεκτρικός εξοπλισμός.
- Η αδιαβατική ψύξη είναι ιδιαίτερα επωφελής σε ξηρά και υγρά κλίματα, ακόμα και όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι πάνω από 35°C.
- Η χρήση αδιαβατικής ψύξης σε συστήματα CO₂ μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση νερού, ιδίως σε υψηλές εξωτερικές θερμοκρασίες, μειώνοντας έτσι την κατανάλωση πόρων και τα έξοδα συντήρησης.

(Gullo et al, 2018)

4.7 Χρήση ανεμιστήρων μεταβλητής ταχύτητας

Οι ανεμιστήρες μεταβλητής ταχύτητας (VSD) χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπως τα συστήματα ψύξης και θέρμανσης για την αύξηση της απόδοσης και τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Οι εφαρμογές των VSD ανεμιστήρων περιλαμβάνουν:

1. **Συστήματα ψύξης και θέρμανσης:** Χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της θερμοκρασίας με μεγαλύτερη ακρίβεια και αποτελεσματικότητα.
2. **Κλιματιστικές μονάδες:** Βελτιώνουν την ενεργειακή απόδοση και μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας προσαρμόζοντας την ταχύτητα του ανεμιστήρα στις απαιτήσεις του φορτίου.
3. **Βιομηχανικά συστήματα:** Χρησιμοποιούνται σε διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές όπου απαιτείται ακριβής έλεγχος της ροής αέρα.

Στην περίπτωση των συστημάτων κλιματισμού, οι VSD ανεμιστήρες προσαρμόζουν την ταχύτητα τους ανάλογα με τις απαιτήσεις του φορτίου και τις εξωτερικές συνθήκες, επιτυγχάνοντας έτσι καλύτερο έλεγχο της θερμοκρασίας και σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. (Brehm et al, 2022).

Οι ανεμιστήρες μεταβλητής ταχύτητας έχουν σημαντική επίδραση στην απόδοση των ψυκτικών μηχανημάτων. Είναι σχεδιασμένοι να βελτιστοποιούν την απόδοση των συστημάτων ψύξης. Στα μηχανήματα με συμπίεστές σταθερής ταχύτητας, η ταχύτητα των ανεμιστήρων επηρεάζει σημαντικά την ικανότητα ψύξης. Στα ψυκτικά μηχανήματα μεταβλητής ταχύτητας, η καλύτερη στρατηγική είναι η λειτουργία του ανεμιστήρα του συμπυκνωτή σε υψηλή ταχύτητα. (Catrini et al, 2024)

4.8 Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πάνελ

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι μια από τις πιο δημοφιλείς και αποδοτικές τεχνολογίες ανανεώσιμης ενέργειας. Αποτελούν έναν τρόπο αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με πολλά πλεονεκτήματα τόσο για το περιβάλλον όσο και για την οικονομία. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα λειτουργούν με τη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω της φωτοβολταϊκής επίδρασης. Οι ηλιακές κυψέλες, που είναι το βασικό συστατικό των φωτοβολταϊκών πλαισίων, αποτελούνται

συνήθως από ημιαγωγικά υλικά όπως το πυρίτιο. Η χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, που είναι κύρια αιτία της κλιματικής αλλαγής και προάγει την αυτάρκεια σε ενέργεια, μειώνοντας την ανάγκη για εισαγωγή ορυκτών καυσίμων. Η σωστή σχεδίαση και η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι κρίσιμη για την αποδοτικότητά τους. Υπάρχει ανάγκη για ακριβή τοποθέτηση και κατεύθυνση των πάνελ για να εξασφαλιστεί ότι απορροφούν τη μέγιστη δυνατή ηλιακή ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα απαιτούν τακτική συντήρηση για να διατηρούνται σε καλή λειτουργική κατάσταση. Αυτό περιλαμβάνει τον καθαρισμό των πάνελ για την αποφυγή σκίασης από βρωμιά ή φύλλα, καθώς και την επιθεώρηση και επισκευή των ηλεκτρικών συνδέσεων και των υπόλοιπων εξαρτημάτων του συστήματος. Παρά το γεγονός ότι τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να προσφέρουν μακροπρόθεσμες οικονομικές ωφέλειες, το αρχικό κόστος εγκατάστασης μπορεί να είναι υψηλό. Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων συνεχώς εξελίσσεται, είναι απαραίτητο να ενημερώνονται οι χρήστες για τις νέες εξελίξεις και βελτιώσεις (Johnson, 2021).

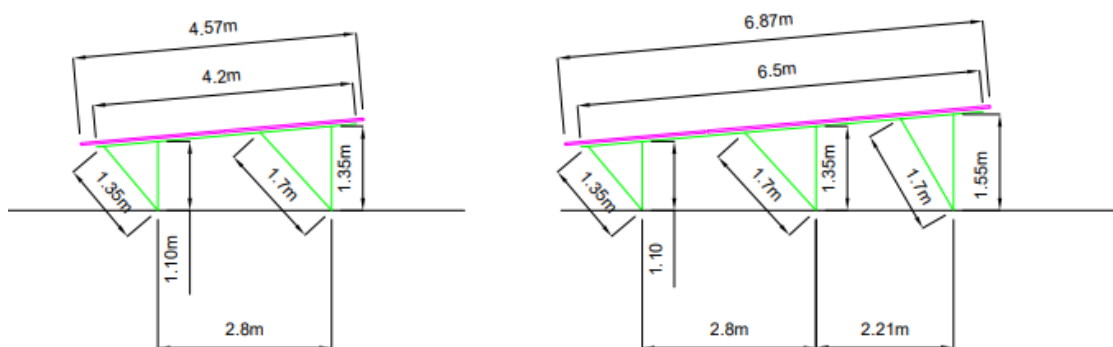
Η εταιρεία έχει ξεκινήσει πιλοτικά την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πάνελ στα καταστήματα όπου διαθέτουν μεγάλους υπαίθριους χώρους, κατάλληλους για την εγκατάσταση τέτοιου είδους συστημάτων. Η επένδυση ανέρχεται σε 3.290.000 € και θα αποφέρει :

- εξοικονόμηση ενέργειας 6.252.360 kWh
- εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ 2.926.104 kg
- εξοικονόμηση κόστους 1.312.995 €

Η απόσβεση των εγκαταστάσεων γίνεται σε περίπου τρία έτη.



Εικόνα 1. Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πάνελ με κλίση 5 μοιρών σε υπαίθριο χώρο του καταστήματος



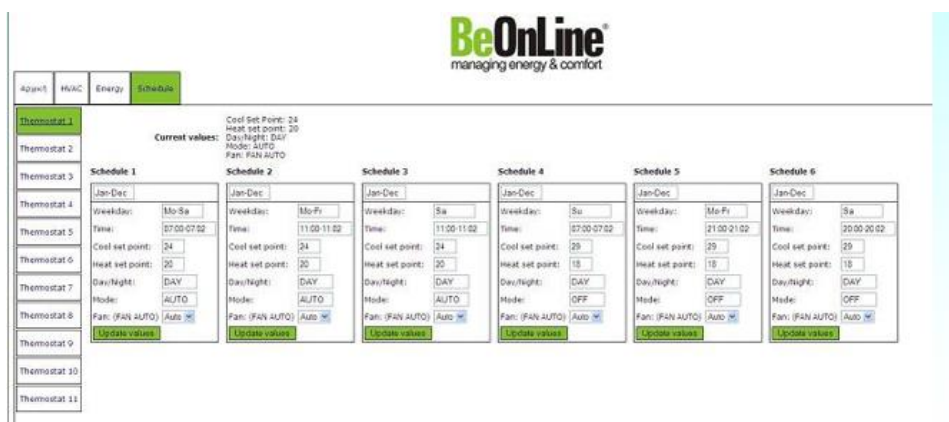
Εικόνα 2. Φωτοβολταϊκά πάνελ με κλίση 5 μοιρών και υπερύψωση 1 μέτρου

4.9 Συστήματα διαχείρισης κλιματισμού – φωτισμού

Τα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management Systems - BMS) αποτελούν ένα ολοκληρωμένο σύστημα υλικού και λογισμικού που επιτρέπει την εποπτεία, τον προγραμματισμό και τη λειτουργία όλων των σχετικών εγκαταστάσεων ενός κτιρίου, όπως κλιματισμός, φωτισμός, εξαερισμός κ.λπ. Τα BMS χρησιμοποιούν συχνά ανοιχτά πρότυπα επικοινωνίας όπως BACnet, LonWorks και KNX για τη διευκόλυνση της επικοινωνίας σε ολόκληρο το σύστημα, ενώ επίσης το Modbus παίζει σημαντικό ρόλο στα δίκτυα ελέγχου κτιρίων. Το Modbus είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας που χρησιμοποιείται ευρέως σε βιομηχανικά περιβάλλοντα και συστήματα αυτοματισμού κτιρίων. Συνήθως εφαρμόζεται για τη σύνδεση και την επικοινωνία μεταξύ διαφόρων συσκευών όπως PLCs, αισθητήρων και μηχανισμών ενεργοποίησης. Η ενσωμάτωση νέων ελεγκτών σε υπάρχοντα συστήματα BMS μπορεί να πραγματοποιηθεί σε δύο επίπεδα: στο επίπεδο διαχείρισης ή στο επίπεδο αυτοματισμού, επιτρέποντας την επανεκκίνηση προγραμμάτων και σημείων ρύθμισης (set points) ή τον πιο λεπτομερή έλεγχο ανάλογα με την περίπτωση. Για την εξαγωγή, αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων από το BMS χρησιμοποιούνται συνήθως πρωτόκολλα FTP. (Petersen, 2020)

Η εταιρεία για τις ανάγκες της, χρησιμοποιεί τα παρακάτω συστήματα BMS:

- Σύστημα διαχείρισης και ελέγχου κλιματισμού. Το σύστημα επιτρέπει την απομακρυσμένη διαχείριση θερμοκρασίας χώρου, το χρονοπρογραμματισμό λειτουργίας του κλιματισμού και το κλείδωμα των ηλεκτρολογίων.



Εικόνα 1. Σύστημα διαχείρισης κλιματισμού

- PLC σύστημα διαχείρισης και ελέγχου εξαερισμού και φωτισμού. Η εφαρμογή των καταστημάτων συμπεριλαμβάνει το φωτισμό ψυγείων και τη διαχείριση των ηλεκτρικών κουρτινών που διαθέτουν τα self – service σπαρωπωλείου. Γίνεται χρονοπρογραμματισμός για το άνοιγμα και κλείσιμο εξαερισμού – φωτισμού , ανάλογα με την λειτουργία του καταστήματος.



Εικόνα 2. Σύστημα PLC

4.10 Αντικατάσταση φωτισμού σε led – τοποθέτηση φωτοκυττάρων – φωτοσωλήνων

Η τεχνολογία LED (Light Emitting Diode) έχει επιφέρει μια σημαντική επανάσταση στον τομέα του φωτισμού. Οι LED φωτισμοί θεωρούνται πλέον η πιο αποδοτική τεχνολογία φωτισμού, ξεπερνώντας τις συμβατικές τεχνολογίες σε όλους τους τομείς. Το ποσοστό διεύδυσης των συστημάτων βασισμένων σε LED συνεχώς αυξάνεται. Η πρόοδος της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια αφορά τόσο τα εξαρτήματα όσο και τα συστήματα φωτισμού. Οι βελτιώσεις αφορούν διάφορα χαρακτηριστικά όπως η φωτεινή ροή και η φωτεινή αποδοτικότητα (LE), η ποιότητα του λευκού χρώματος και ο Δείκτης Χρωματικής Απόδοσης (CRI). Επιπλέον η συνεχόμενη εξέλιξη της τεχνολογίας LED έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους παραγωγής. (Zissis et al, 2021).

Ενεργειακά ο φωτισμός LED θεωρείται ιδιαίτερα αποδοτικός και αποτελεί τον αντικαταστάτη για τους παραδοσιακούς λαμπτήρες λόγω της υψηλής ενεργειακής απόδοσης. Η μετάβαση από συμβατικούς λαμπτήρες σε LED μπορεί να μειώσει σημαντικά τις εκπομπές CO₂ και να εξοικονομήσει ενέργεια. Η περιβαλλοντική βιωσιμότητα των φωτιστικών LED εξετάζεται μέσω της Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής (LCA). Οι μελέτες δείχνουν ότι η χρήση LED συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO₂, συγκριτικά με τις παραδοσιακές λύσεις φωτισμού. Ωστόσο, η περιβαλλοντική επίπτωση των LED δεν περιορίζεται μόνο στην περίοδο χρήσης τους, αλλά περιλαμβάνει και την ενέργεια και τους πόρους που απαιτούνται για την παραγωγή και ανακύκλωση των υλικών. Η πολυπλοκότητα των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων που φέρει ο φωτισμός LED έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή του (Ferreira et al, 2021).

Τα φωτοκύτταρα χρησιμοποιούνται για να ανιχνεύουν το επίπεδο φωτεινότητας και να ρυθμίζουν την ένταση του φωτός ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού του περιβάλλοντος. Αυτή η δυνατότητα συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας και στη μείωση του κόστους λειτουργίας. Ο συνδυασμός φωτοκυττάρων με φωτιστικά LED προσφέρει ένα σύστημα φωτισμού που είναι αποδοτικό και φιλικό προς το περιβάλλον (Zissis et al, 2021).

Η εταιρεία στο σύνολο των καταστημάτων της έχει εγκαταστημένο LED φωτισμό. Η εγκατάσταση Led φωτισμού περιλαμβάνει τον χώρο πώλησης, τις αποθήκες, τους βοηθητικούς χώρους, τον χώρο πάρκινγκ και τον φωτισμό ψυγείων. Έως το 2018 η εταιρεία διέθετε 91 καταστήματα με LED φωτισμό. Τη διετία 2018-19 αντικατέστησε σε 202 καταστήματα τον υφιστάμενο φωτισμό, σε LED φωτισμό. Η κατανάλωση ρεύματος στα 202 καταστήματα το 2017 ήταν 123,4 MWh. Μετά την αντικατάσταση του φωτισμού η κατανάλωση έπεσε στα 112,0 MWh. Το κόστος της αντικατάστασης του φωτισμού ανήλθε στα 7.625.000 €. Το ετήσιο κόστος εξοικονόμησης υπολογίζεται στα 1.755.000 € (εικόνα 1). Κατά τη λειτουργία του καταστήματος ο φωτισμός των βοηθητικών χώρων και w.c ελέγχεται μέσω φωτοκυττάρων.

- ❑ Installation of LED luminaires in 202 stores
- ❑ 81 stores in 2018
- ❑ 121 stores in 2019

Stores	Energy consumption (Data from 2017) [MWh]	Energy consumption after LED installation [MWh]	Energy saving costs [MEUR]	Savings from electrical equipment [MEUR]	CAPEX [MEUR]
202	123,4	112,0	1,137	0,618	7,625

Total annual savings

1,755 MEUR

Εικόνα 1. Αντικατάσταση φωτισμού σε LED τα έτη 2018-19

Οι φωτοσωλήνες χρησιμοποιούνται για να προσφέρουν φυσικό φωτισμό σε χώρους όπου η πρόσβαση στο φως της ημέρας είναι περιορισμένη. Αυτές οι συσκευές συλλέγουν και διοχετεύουν το ηλιακό φως μέσω σωλήνων, επιτρέποντας έτσι τη χρήση φυσικού φωτός σε εσωτερικούς χώρους. Αυτό μπορεί να μειώσει την ανάγκη για ηλεκτρικό φωτισμό κατά τη διάρκεια της ημέρας, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση ενέργειας και σε βελτίωση της ποιότητας του φωτισμού (Johnson, 2021).

Η εταιρεία χρησιμοποιεί φωτοσωλήνες κυρίως στις αποθήκες όπου η εφαρμογή γίνεται σε κτίρια ενός επιπέδου με ύψος οροφής πάνω από 5 μέτρα.



Εικόνα 2. Φωτοσωλήνες σε οροφή από πάνελ

4.11 Ενέργειες μηδενικού κόστους που συμβάλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας

Η εταιρεία εκτός των επενδύσεων που έχει κάνει με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας έχει προχωρήσει και σε ενέργειες μηδενικού κόστους οι οποίες μπορούν να αποφέρουν ένα σημαντικό ποσοστό εξοικονόμησης. Στις περισσότερες από αυτές είναι κρίσιμη η καθολική συμμετοχή και η ευαισθητοποίηση του προσωπικού. Για αυτό το λόγο η εταιρεία προωθεί στους χώρους που εργάζεται το προσωπικό (κεντρικά γραφεία, κεντρικές αποθήκες και καταστήματα) καμπάνια ενημέρωσης του προσωπικού για την ορθή χρήση του εξοπλισμού.

- Ορθή χρήση των τοπικών διακοπών φωτισμού. Σε όλους του χώρους εργασίας έχει τοποθετηθεί ειδική σήμανση η οποία υπενθυμίζει τα οφέλη που προκύπτουν στην εταιρεία και στο περιβάλλον από την ορθή και συνετή χρήση του φωτισμού. Η σήμανση προτρέπει τους εργαζόμενους να σβήνουν το διακόπτη όταν φεύγουν από τον χώρο που εργάζονται. Επίσης, υπάρχει σήμανση που προτρέπει την ορθή διαχείριση του νερού.






Εικόνα 1. Σήμανση τοποθετημένη κοντά σε διακόπτες που χειρίζονται από το προσωπικό

- Ορθή χρήση των τοπικών χειριστηρίων του κλιματισμού, στους χώρους που δεν ελέγχονται από κεντρικό σύστημα διαχείρισης. Σε αυτά σημεία δίνονται οδηγίες στο προσωπικό ώστε να μπορεί να διατηρείται στο χώρο μια σταθερή θερμοκρασία χωρίς μεγάλες αυξομειώσεις.

Στους χώρους πώλησης των καταστημάτων δίνεται η οδηγία ο θερμοστάτης να ρυθμίζεται μεταξύ 20 °C και 25 °C

Εξοικονομούμε Ενέργεια

Δεν είναι απαραίτητη η λειτουργία κλιματισμού,
όταν η θερμοκρασία στο εσωτερικό του Καταστήματος είναι μεταξύ 20°C και 25°C.

ΚΟΣΤΟΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΗΜΑ

Επιφάνεια κλιματιζόμενων χώρων	500 τ.μ.	1.000 τ.μ.	2.000 τ.μ.	4.000 τ.μ.	8.000 τ.μ.	12.000 τ.μ.
Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση (13 ώρες λειτουργίας)	280kWh	490kWh	860kWh	1.630kWh	3.080kWh	4.930kWh
Ημερήσιο κόστος*	53,2€	93,1€	163,4€	309,7€	585,2€	936,7€
Ωριαίο κόστος	4,1€	7,2€	12,6€	23,8€	45€	72€

*Στην Επιχείρησή μας το μεσοσταθμικό κόστος κλιματισμού Σεπτεμβρίου διαμορφώθηκε στα 0,19€.

Εικόνα 2. Ενημέρωση προσωπικού μέσω ηλεκτρονικής αλληλογραφίας για τη χρήση του κλιματισμού

- Ορθή και έγκαιρη φόρτωση των προϊόντων στα ψυγεία και στους ψυκτικούς θαλάμους. Γίνεται ενημέρωση στο προσωπικό, ώστε να περιορίζεται ο χρόνος που μένουν ανοιχτές οι πόρτες των ψυγείων και των θαλάμων. Επίσης, τονίζεται η σημασία της σωστής φόρτωσης των ψυγείων που δεν πρέπει να εμποδίζει τη ροή του ψυχομένου αέρα που γίνεται μέσω αεραγωγών εσωτερικά του ψυγείου.

Εξοικονομούμε Ενέργεια

Δεν υπερφορτώνουμε τα ψυγεία
και φροντίζουμε ώστε οι αεραγωγοί να παραμένουν ελεύθεροι.
Ενδεικτικά μία κατάψυξη 220W καταναλώνει ανά ημέρα:

 με σωστή φόρτωση (ελεύθεροι αεραγωγοί) 3,7 KWh Ημερήσιο κόστος*: 0,74€	 με υπερφόρτωση (φραγμένοι αεραγωγοί) 5,3 KWh Ημερήσιο κόστος*: 1,06€
---	--

*Στην Επιχείρησή μας το μεσοσταθμικό κόστος κλιματισμού Οκτωβρίου διαμορφώθηκε στα 0,20€.

Εικόνα 3. Ενημέρωση προσωπικού μέσω ηλεκτρονικής αλληλογραφίας για την ορθή φόρτωση των ψυγείων

- Σε ώρες μη λειτουργίας του καταστήματος θα πρέπει να γίνεται κλείσιμο των χειροκίνητων κουρτινών νυκτός, όπου υπάρχουν, στα ψυγεία.
- Ορθή λειτουργία αεροκουρτινών και πορτών διαχωρισμού χώρων ώστε να μην υπάρχουν απώλειες σε κλιματιζόμενο αέρα. Επιπλέον, θα πρέπει να γίνεται χρήση των αντιστάσεων που διαθέτουν μόνο τους χειμερινούς μήνες.
- Ορθή λειτουργία των φούρνων που διαθέτει το κατάστημα.
- Ορθή ρύθμιση από το τμήμα συντήρησης στον εξοπλισμό που διαθέτει χρονοδιακόπτες .
- Ορθή χρήση των θερμοσίφωνων.

Εξοικονομούμε Ενέργεια



Δεν ξεχνάμε τους ηλεκτρικούς θερμοσίφωνες αναμμένους!

Ενδεικτικά, ένας θερμοσίφωνας 80 λίτρων με αντίσταση 4kW καταναλώνει 4kW σε 1 ώρα λειτουργίας, με κόστος 0,80€* (= 4kWh x 0,20€/kWh).
Σβήνοντας τον θερμοσίφωνα, το νερό διατηρείται ζεστό για περίπου 3 ώρες, ενώ αν ο θερμοσίφωνας παραμένει αναμμένος καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του Καταστήματος (13 ώρες) καταναλώνει 52kWh (= 13h x 4kW), με κόστος 10,40€.

Υπενθυμίζεται ότι όταν δεν διακόπτουμε τη λειτουργία τους:

- Θέτουμε σε άμεσο κίνδυνο το Κατάστημα.
- Σπαταλάμε πολύτιμη ενέργεια και αυξάνουμε χωρίς λόγο το κόστος.

*Στην Επιχείρησή μας το μεσοσταθμικό κόστος κιλοβατώρας Οκτωβρίου διαμορφώθηκε στα 0,20€.

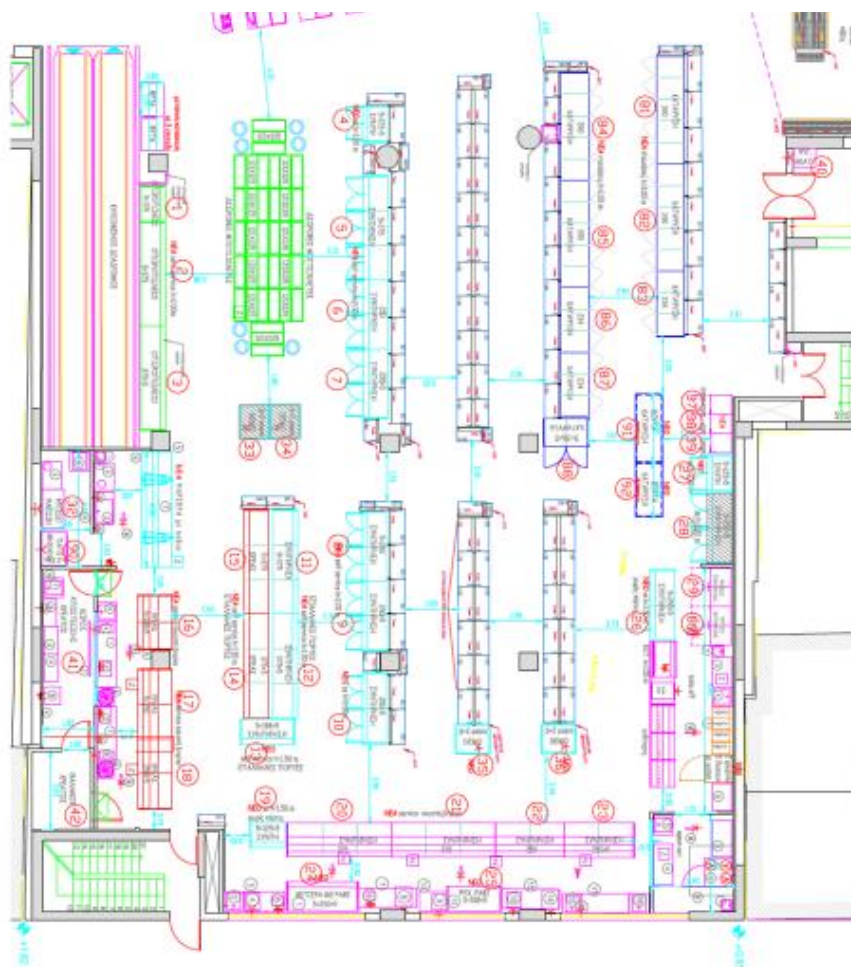
Εικόνα 4. Ενημέρωση προσωπικού μέσω ηλεκτρονικής αλληλογραφίας για την ορθή χρήση των θερμοσίφωνων.

5. Στατιστική ανάλυση ενεργειακών δεδομένων

5.1 Παρουσίαση δεδομένων – στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση αφορά το κατάστημα της εταιρείας στο Αιγάλεω. Τα δεδομένα της ανάλυσης προέρχονται από τους μετρητές ενέργειας του ΔΕΔΔΗΕ, που υπάρχουν στις κεντρικές παροχές του καταστήματος. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων βασίζεται στην αντικατάσταση του ψυκτικού εξοπλισμού που έγινε τον Ιανουάριο του 2021. Έχουν

ανακτηθεί δεδομένα από τα έτη 2019 και 2020, που αφορούν μετρήσεις πριν την αντικατάσταση του ψυκτικού εξοπλισμού και συγκρίνονται με τα αντίστοιχα του έτους 2021, μετά την τοποθέτηση του νέου ψυκτικού εξοπλισμού. Οι μετρήσεις αφορούν διαστήματα που το κατάστημα είναι κλειστό. Βάσει των καταγραφών αυτών, διασφαλίζεται ότι τα δεδομένα αφορούν αποκλειστικά την ενεργειακή κατανάλωση του ψυκτικού εξοπλισμού και δεν επηρεάζονται από ενεργειακές καταναλώσεις που επιφέρουν άλλοι εξοπλισμοί, όπως φώτα, κλιματισμός, φούρνοι κ.τ.λ. Το κατάστημα διαθέτει χώρο πώλησης 1.300 τ.μ², ο οποίος μοιράζεται σε δύο ορόφους. Το σύνολο των ψυγείων είναι στο ισόγειο του καταστήματος ενώ οι ψυκτικοί θάλαμοι αποθήκευσης προϊόντων είναι στον πρώτο όροφο. Το μηχανοστάσιο βρίσκεται στο υπόγειο του καταστήματος ενώ η μονάδα συμπύκνωσης είναι στην ταράτσα.

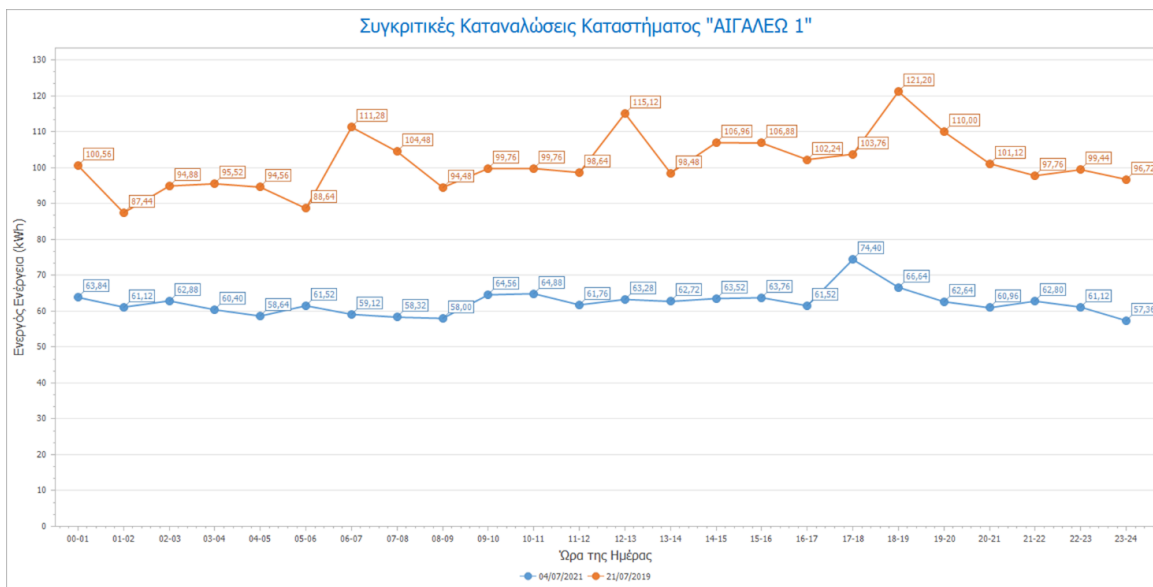


Εικόνα 1. Κάτοψη χώρου πώλησης στο ισόγειο του καταστήματος στο Αιγάλεω

Στο κατάστημα αντικαταστάθηκαν 35 ψυγεία συντήρησης δικτύου διαφόρων διαστάσεων (μήκους από 1,25m έως και 3,75m) , 10 ψυγεία κατάψυξης δικτύου διαφόρων διαστάσεων (μήκους από 1,34 έως και 3,90m) , 8 αυτόνομα ψυγεία συντήρησης (μήκους 1,25m) και 3 αυτόνομα ψυγεία κατάψυξης (μήκους 1,25m). Επίσης, υπάρχουν 6 ψυχόμενοι θάλαμοι αποθήκευσης προϊόντων για θερμοκρασίες συντήρησης (κρέατος, τυριών, αλλαντικών, οπωροπωλείου, ψαριού) και 2 θάλαμοι κατάψυξης. Τα παλιά ψυγεία είχαν σύστημα φωτισμού με λάμπες φθορίου T8 , μη ρυθμιζόμενους ανεμιστήρες και ήταν συμβατή η λειτουργία τους ,μόνο με ψυκτικά συστήματα που χρησιμοποιούσαν ως ψυκτικό μέσο R 404a ή R 449a. Το παλιό σύστημα ψύξης αποτελούνταν από δύο ξεχωριστά κυκλώματα, τη μονάδα συντήρησης με ψυκτική ισχύς 67 kw και τη μονάδα κατάψυξης με ψυκτική ισχύς 22 kw. Η μονάδα συντήρησης και η μονάδα κατάψυξης σε εξωτερικό χώρο διέθεταν από 1 condenser (συμπυκνωτή) ανά ψυκτικό κύκλωμα. Η εγκατάσταση ξεκίνησε τη λειτουργία της το 2004 χρησιμοποιώντας ως ψυκτικό μέσο το R 404a. Το 2014 είχαν τοποθετηθεί πόρτες στα ψυγεία, για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας, ενώ το 2017 έγινε αντικατάσταση του υπάρχοντος ψυκτικού ρευστού με το R 449a, προκειμένου η εταιρεία να εναρμονιστεί με την ισχύουσα νομοθεσία.

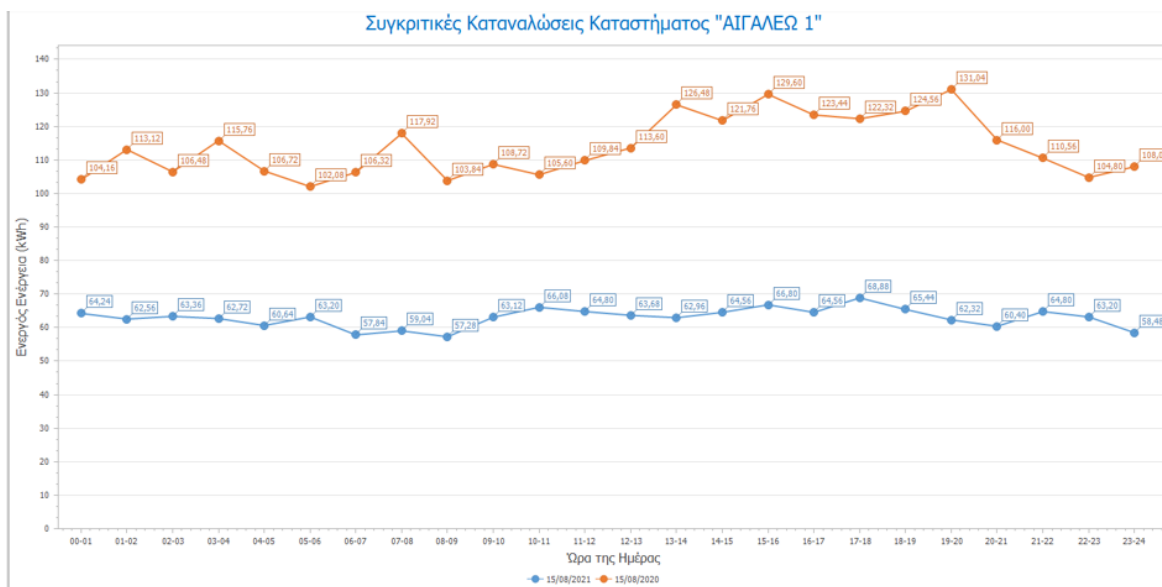
Η νέα ψυκτική εγκατάσταση φέρει ως ψυκτικό μέσο CO₂. Πρόκειται για ένα ενιαίο σύστημα συντήρησης και κατάψυξης με έναν gas cooler (συμπυκνωτή) σε εξωτερικό χώρο. Τα ψυγεία δικτύου φέρουν ανεμιστήρες χαμηλής κατανάλωσης ρεύματος, φωτισμό led και ανοιγόμενες πόρτες. Τα νέα αυτόνομα ψυγεία είναι με ψυκτικό ρευστό R 290 (προπάνιο), φωτισμό led και ανεμιστήρες χαμηλής κατανάλωσης ρεύματος. Στους ψυχόμενους θαλάμους έγινε αντικατάσταση αεροψυκτήρων για να είναι συμβατοί με το ψυκτικό δίκτυο CO₂.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι ημερομηνίες, τα δεδομένα και τα διαγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για την στατιστική ανάλυση.

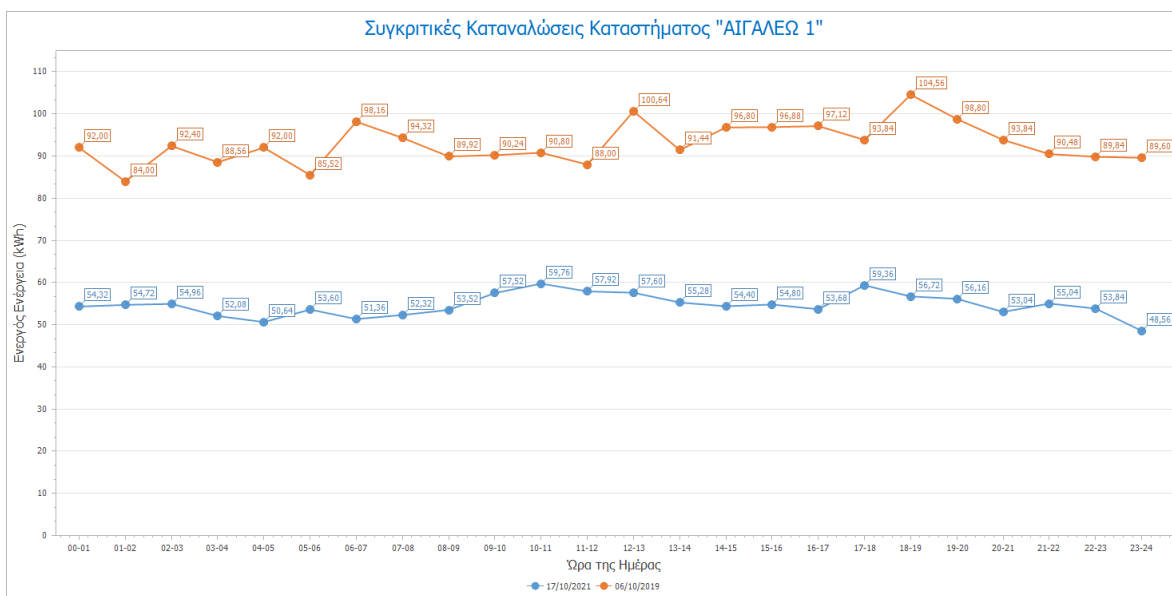


Σχήμα 1. Σύγκριση κατανάλωσης ενέργειας 21/07/2019 vs 04/07/2021 (kwh)

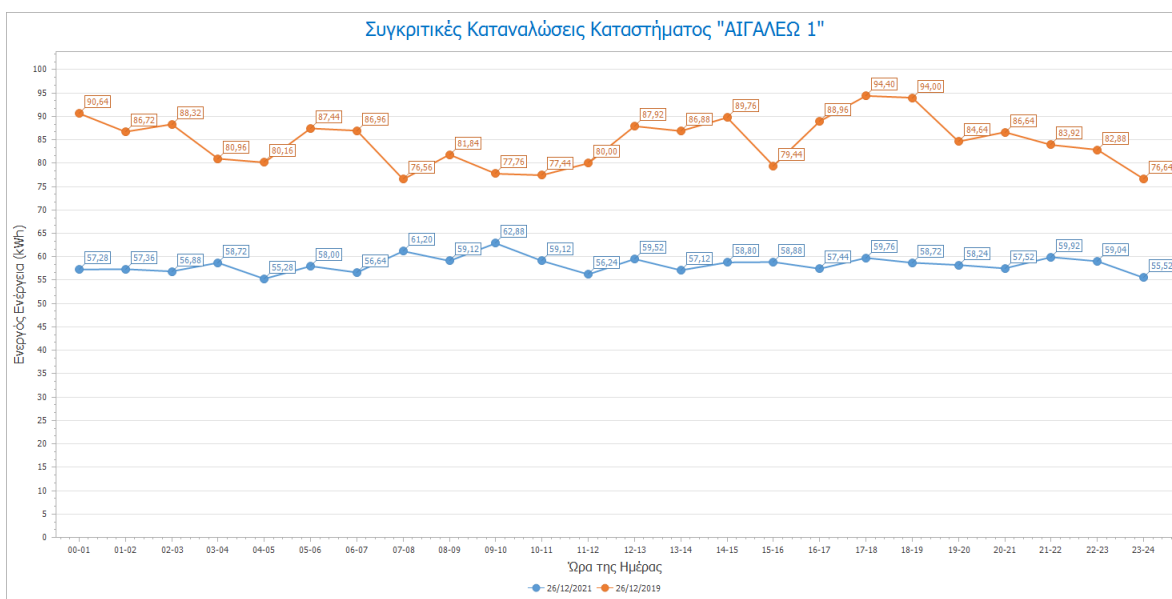
Σ



Σχήμα 2. Σύγκριση κατανάλωσης ενέργειας 15/08/2020 vs 15/08/2021 (kwh)



Σχήμα 3. Σύγκριση κατανάλωσης ενέργειας 06/10/2019 vs 17/10/2021 (kwh)



Σχήμα 4. Σύγκριση κατανάλωσης ενέργειας 26/12/2020 vs 26/12/2021 (kwh)

4/7/2021	15/8/2021	17/10/2021	26/12/2021
21/7/2019	15/8/2020	6/10/2019	26/12/2019

Πίνακας 1. Ημερομηνίες δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την στατιστική ανάλυση του καταστήματος Αιγάλεω 1

Ημερ. της Ημέρας	15/08/2021 (kWh)	15/08/2020 (kWh)	04/07/2021 (kWh)	21/07/2019 (kWh)	17/10/2021 (kWh)	06/10/2019 (kWh)	26/12/2021 (kWh)	26/12/2019 (kWh)
00-01	64,24	104,16	63,84	100,56	54,32	92,00	57,28	90,64
01-02	62,56	113,12	61,12	87,44	54,72	84,00	57,36	86,72
02-03	63,36	106,48	62,88	94,88	54,96	92,40	56,88	88,32
03-04	62,72	115,76	60,40	95,52	52,08	88,56	58,72	80,96
04-05	60,64	106,72	58,64	94,56	50,64	92,00	55,28	80,16
05-06	63,20	102,08	61,52	88,64	53,60	85,52	58,00	87,44
06-07	57,84	106,32	59,12	111,28	51,36	98,16	56,64	86,96
07-08	59,04	117,92	58,32	104,48	52,32	94,32	61,20	76,56
08-09	57,28	103,84	58,00	94,48	53,52	89,92	59,12	81,84
09-10	63,12	108,72	64,56	99,76	57,52	90,24	62,88	77,76
10-11	66,08	105,60	64,88	99,76	59,76	90,80	59,12	77,44
11-12	64,80	109,84	61,76	98,64	57,92	88,00	56,24	80,00
12-13	63,68	113,60	63,28	115,12	57,60	100,64	59,52	87,92
13-14	62,96	126,48	62,72	98,48	55,28	91,44	57,12	86,88
14-15	64,56	121,76	63,52	106,96	54,40	96,80	58,80	89,76
15-16	66,80	129,60	63,76	106,88	54,80	96,88	58,88	79,44
16-17	64,56	123,44	61,52	102,24	53,68	97,12	57,44	88,96
17-18	68,88	122,32	74,40	103,76	59,36	93,84	59,76	94,40
18-19	65,44	124,56	66,64	121,20	56,72	104,56	58,72	94,00
19-20	62,32	131,04	62,64	110,00	56,16	98,80	58,24	84,64
20-21	60,40	116,00	60,96	101,12	53,04	93,84	57,52	86,64
21-22	64,80	110,56	62,80	97,76	55,04	90,48	59,92	83,92
22-23	63,20	104,80	61,12	99,44	53,84	89,84	59,04	82,88
23-24	58,48	108,00	57,36	96,72	48,56	89,60	55,52	76,64
N=24	ΣΥΝ=1.510,96	ΣΥΝ=2.732,72	ΣΥΝ=1.495,76	ΣΥΝ=2.429,68	ΣΥΝ=1.311,20	ΣΥΝ=2.229,76	ΣΥΝ=1.399,20	ΣΥΝ=2.030,88
	ΜΟ=62,96	ΜΟ=113,86	ΜΟ=62,32	ΜΟ=101,24	ΜΟ=54,63	ΜΟ=92,91	ΜΟ=58,30	ΜΟ=84,62

Πίνακας 2. Δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την στατιστική ανάλυση του καταστήματος Αιγάλεω (kwh)

Statistics

		August_2021	August_2019	July_2021	July_2019	Oct_2021	Oct_2019	Dec_2021	Dec_2019
N	Valid	24	24	24	24	24	24	24	24
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		62.9567	113.8633	62.3233	101.2367	54.6333	92.9067	58.3000	84.6200
Median		63.2000	111.8400	62.2000	99.7600	54.5600	92.0000	58.4800	85.6400
Std. Deviation		2.84759	8.84990	3.46892	7.85376	2.68592	4.83636	1.73311	5.26143
Variance		8.109	78.321	12.033	61.682	7.214	23.390	3.004	27.683
Range		11.60	28.96	17.04	33.76	11.20	20.56	7.60	17.84
Minimum		57.28	102.08	57.36	87.44	48.56	84.00	55.28	76.56
Maximum		68.88	131.04	74.40	121.20	59.76	104.56	62.88	94.40
Sum		1510.96	2732.72	1495.76	2429.68	1311.20	2229.76	1399.20	2030.88
Percentiles	25	61.0600	106.3600	60.5400	95.8200	53.1600	89.8600	57.1600	80.0400
	50	63.2000	111.8400	62.2000	99.7600	54.5600	92.0000	58.4800	85.6400
	75	64.7400	122.1800	63.7000	106.2800	56.5800	96.8600	59.1200	88.2200

Πίνακας 3. Στατιστική ανάλυση κατανάλωσης ενέργειας (kwh) για τα έτη 2019 έως 2021 του καταστήματος Αιγάλεω 1

Από την στατιστική ανάλυση (πίνακας 3) των ανωτέρω στοιχείων προκύπτει ότι η κατανάλωση ενέργειας στο κατάστημα παρουσίασε σημαντική μείωση το 2021 συγκριτικά

με το 2019. Αυτό αποτυπώνεται από τις μέσες τιμές (mean), οι οποίες είναι σταθερά χαμηλότερες το 2021 σε σύγκριση με το 2019 για όλους τους μήνες που εξετάζονται.

- Αύγουστος: Η μέση κατανάλωση μειώθηκε από 113.8633 το 2019 σε 62.9567 το 2021.
- Ιούλιος: Η μέση κατανάλωση μειώθηκε από 101.2367 το 2019 σε 62.3233 το 2021.
- Οκτώβριος: Η μέση κατανάλωση μειώθηκε από 92.9067 το 2019 σε 54.6333 το 2021.
- Δεκέμβριος: Η μέση κατανάλωση μειώθηκε από 84.6200 το 2019 σε 58.3000 το 2021.

Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας οφείλεται στη λειτουργία του νέου, τεχνολογικά προηγμένου, συστήματος ψύξης CO₂ το οποίο συνδυάζει υψηλή απόδοση με χαμηλή κατανάλωση. Το σύστημα υποστηρίζεται από νέα ψυγεία χαμηλής ενεργειακής κλάσης.

Η μεταβλητότητα της κατανάλωσης ενέργειας ήταν υψηλότερη το 2019 σε σύγκριση με το 2021, όπως φαίνεται από τις τυπικές αποκλίσεις και τις διακυμάνσεις. Αυτό υποδηλώνει ότι η κατανάλωση ενέργειας ήταν πιο σταθερή και προβλέψιμη το 2021 συγκριτικά με το 2019.

- Αύγουστος: Η τυπική απόκλιση το 2019 ήταν 8.84990, ενώ το 2021 ήταν 2.84759.

$$\text{Άρα, } CV_{2019} = \frac{s}{\bar{x}} = 7.77\%, \quad CV_{2021} = \frac{s}{\bar{x}} = 4.52\%$$

- Ιούλιος: Η τυπική απόκλιση το 2019 ήταν 7.85376, ενώ το 2021 ήταν 3.46892.

$$\text{Άρα, } CV_{2019} = \frac{s}{\bar{x}} = 7.75\%, \quad CV_{2021} = \frac{s}{\bar{x}} = 5.56\%$$

- Οκτώβριος: Η τυπική απόκλιση το 2019 ήταν 4.83636, ενώ το 2021 ήταν 2.68592.

$$\text{Άρα, } CV_{2019} = \frac{s}{\bar{x}} = 5.20\%, \quad CV_{2021} = \frac{s}{\bar{x}} = 4.92\%$$

- Δεκέμβριος: Η τυπική απόκλιση το 2019 ήταν 5.26143, ενώ το 2021 ήταν 1.73311.

$$\text{Άρα, } CV_{2019} = \frac{s}{\bar{x}} = 6.21\%, \quad CV_{2021} = \frac{s}{\bar{x}} = 2.97\%$$

Η μείωση στη μεταβλητότητα κατανάλωσης ενέργειας οφείλεται στο γεγονός ότι το multi του νέου συστήματος ψύξης CO₂ διαθέτει λειτουργία inverter για τον καλύτερο έλεγχο των

συμπιεστών με στόχο την αποφυγή των συχνών επανεκκινήσεων της μονάδας και την εξοικονόμηση ενέργειας κατά την λειτουργία της. Τέλος, όλοι οι ανεμιστήρες των ψυγείων και των μηχανημάτων, είναι ικανοί για έξυπνο έλεγχο ταχύτητας, μειώνοντας περαιτέρω την κατανάλωση ενέργειας.(EC FAN)

Οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές της κατανάλωσης ενέργειας το 2019 ήταν υψηλότερες σε σύγκριση με το 2021. Αυτό δείχνει ότι, όχι μόνο η μέση κατανάλωση ενέργειας ήταν υψηλότερη το 2019, αλλά και οι ακραίες τιμές ήταν σημαντικά μεγαλύτερες.

- Αύγουστος 2019: Ελάχιστη 102.08, Μέγιστη 131.04
- Αύγουστος 2021: Ελάχιστη 57.28, Μέγιστη 68.88
- Ιούλιος 2019: Ελάχιστη 87.44, Μέγιστη 121.20
- Ιούλιος 2021: Ελάχιστη 57.36, Μέγιστη 74.40
- Οκτώβριος 2019: Ελάχιστη 84.00, Μέγιστη 104.56
- Οκτώβριος 2021: Ελάχιστη 48.56, Μέγιστη 59.76
- Δεκέμβριος 2019: Ελάχιστη 76.56, Μέγιστη 94.40
- Δεκέμβριος 2021: Ελάχιστη 55.28, Μέγιστη 62.88

Οι παραπάνω τιμές μας οδηγούν στο εύρος (Range) της κατανάλωσης ενέργειας που επίσης ήταν μεγαλύτερο το 2019 από ότι το 2021 στους αντίστοιχους μήνες.

- Αύγουστος 2019: 28.96 > Αύγουστος 2021: 11.60
- Ιούλιος 2019: 33.76 > Ιούλιος 2021: 17.04
- Οκτώβριος 2019: 20.56 > Οκτώβριος 2021: 11.20
- Δεκέμβριος 2019: 17.84 > Δεκέμβριος 2021: 7.60

Η ανάλυση δείχνει μια σημαντική μείωση στην κατανάλωση ενέργειας στο κατάστημα από το 2019 στο 2021. Η μείωση αυτή συνοδεύεται από μια σταθεροποίηση και μείωση της μεταβλητότητας της κατανάλωσης ενέργειας το 2021. Το ψυκτικό σύστημα με CO₂ φαίνεται ότι είναι εξίσου αποδοτικό και σε υψηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος, συμβάλλοντας στη μειωμένη ενεργειακή κατανάλωση κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, όπως ο Ιούλιος και ο Αύγουστος. Η βελτιωμένη απόδοση του συστήματος ψύξης CO₂ μπορεί να διατηρεί σταθερές εσωτερικές θερμοκρασίες, προσφέροντας καλύτερο έλεγχο των ψυγείων και μειώνοντας την ανάγκη για αυξημένη κατανάλωση ενέργειας. Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας συνεπάγεται χαμηλότερα λειτουργικά κόστη για το

κατάστημα, ενώ η χρήση CO₂ ως ψυκτικού μέσου προσφέρει περιβαλλοντικά οφέλη, λόγω της μειωμένης επίπτωσής του στο φαινόμενο του θερμοκηπίου σε σύγκριση με τα παραδοσιακά ψυκτικά συστήματα με R449.

Statistics		Temp_august 2021	Temp_august 2019
N	Valid	24	24
	Missing	0	0
Mean		26.9875	26.9458
Median		26.9400	27.6900
Std. Deviation		1.82980	4.10114
Variance		3.348	16.819
Range		5.00	12.11
Minimum		25.00	20.00
Maximum		30.00	32.11
Sum		647.70	646.70
Percentiles	25	25.0000	22.7275
	50	26.9400	27.6900
	75	28.7425	31.0500

Πίνακας 4. Στατιστική ανάλυση θερμοκρασιών περιβάλλοντος το μήνα Αύγουστο για τα έτη 2019 και 2021 του καταστήματος Αιγάλεω 1

Από την στατιστική ανάλυση (πίνακας 4) των θερμοκρασιών του μήνα Αυγούστου στα έτη 2019 και 2021 προκύπτουν τα εξής:

Η μέση τιμή (mean) θερμοκρασίας για τον Αύγουστο του 2021 είναι σχεδόν παρόμοια με του 2019.

- Αύγουστος 2021: 26.9875°C
- Αύγουστος 2019: 26.9458°C

Η διάμεση θερμοκρασία (median) το 2021 είναι χαμηλότερη από αυτή του 2019.

- Αύγουστος 2021: 26.9400°C
- Αύγουστος 2019: 27.6900°C

Η τυπική απόκλιση και η διακύμανση είναι σημαντικά υψηλότερες το 2019, υποδεικνύοντας μεγαλύτερη διασπορά στις θερμοκρασίες.

- Αύγουστος 2021: Std. Dev. 1.82980, Variance 3.348
- Αύγουστος 2019: Std. Dev. 4.10114, Variance 16.819

Το εύρος των θερμοκρασιών το 2019 είναι μεγαλύτερο από αυτό του 2021.

- Αύγουστος 2021: 5.00°C
- Αύγουστος 2019: 12.11°C

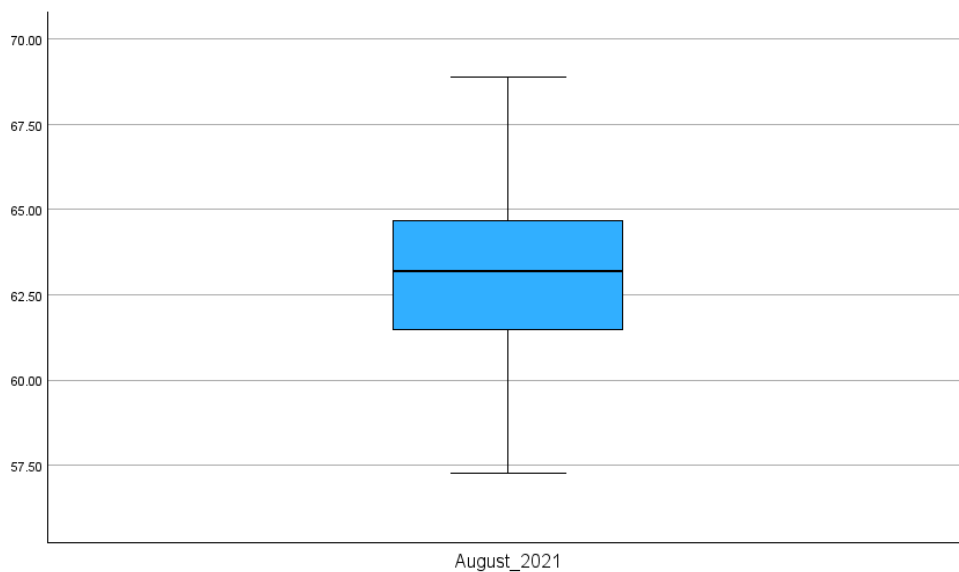
Οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές δείχνουν μεγαλύτερη ποικιλία στις θερμοκρασίες το 2019

- Αύγουστος 2021: Min 25.00°C, Max 30.00°C
- Αύγουστος 2019: Min 20.00°C, Max 32.11°C

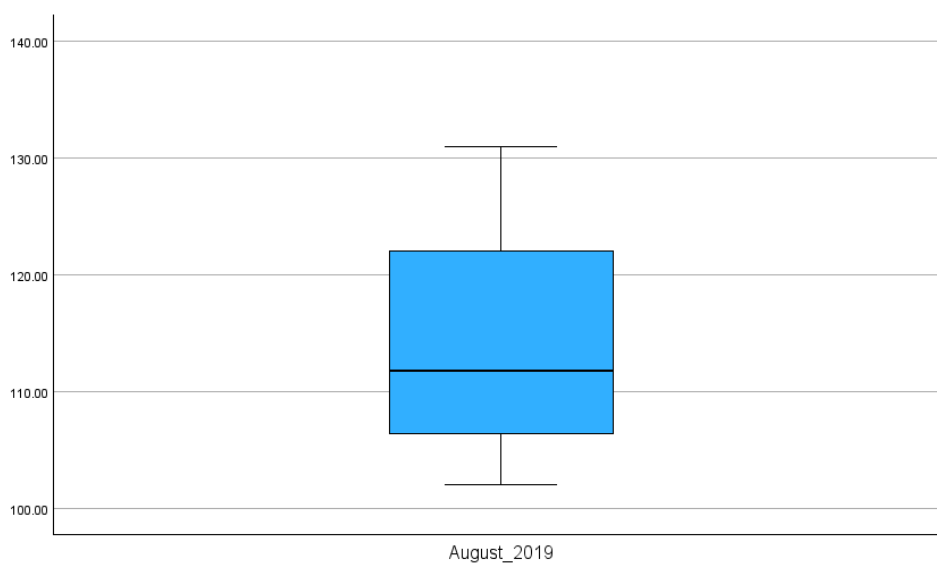
Ενώ η μέση τιμή των θερμοκρασιών για τα 2 έτη είναι σχεδόν ίδια, η θερμοκρασία τον Αύγουστο του 2019 παρουσίασε μεγαλύτερη διασπορά σε σύγκριση με το 2021, όπως φαίνεται από την υψηλότερη τυπική απόκλιση και διακύμανση. Το εύρος και οι ακραίες τιμές (min / max) δείχνουν μεγαλύτερη ποικιλία το 2019. Το 2019 είχε χαμηλότερες ελάχιστες και υψηλότερες μέγιστες τιμές σε σύγκριση με το 2021. Η θερμοκρασία το 2021 φαίνεται πιο σταθερή και αναμενόμενη σε σχέση με το 2019, κάτι που αντανακλάται στη μικρότερη τυπική απόκλιση και διακύμανση.

Η απόδοση και η κατανάλωση ενέργειας των μηχανήματων επηρεάζεται από τις εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος. Η υψηλή θερμοκρασία κατά τους καλοκαιρινούς μήνες δύναται να δημιουργήσει προβλήματα, ειδικά σε πολύ παλιές εγκαταστάσεις. Βάσει των προδιαγραφών της εταιρείας ο υπολογισμός των ψυκτικών φορτίων γίνεται έτσι ώστε η απόδοση των μηχανημάτων να είναι ικανοποιητική έως τους + 43 °C (θερμοκρασία περιβάλλοντος). Η μεγαλύτερη μεταβλητότητα και τα καιρικά φαινόμενα το 2019 συνέβαλαν στην αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας. Αντίθετα, οι πιο σταθερές και ήπιες θερμοκρασίες του 2021 βοήθησαν στην ομαλή λειτουργία του ψυκτικού εξοπλισμού.

Στις παρακάτω γραφικές παραστάσεις έχουμε μια εικόνα για τα τεταρτημόρια Q1 και Q3 που αντιστοιχούν στην κάτω και άνω βάση του ορθογωνίου, με το ευθύγραμμο τμήμα παράλληλο με τις βάσεις να παριστάνει τη διάμεσο.

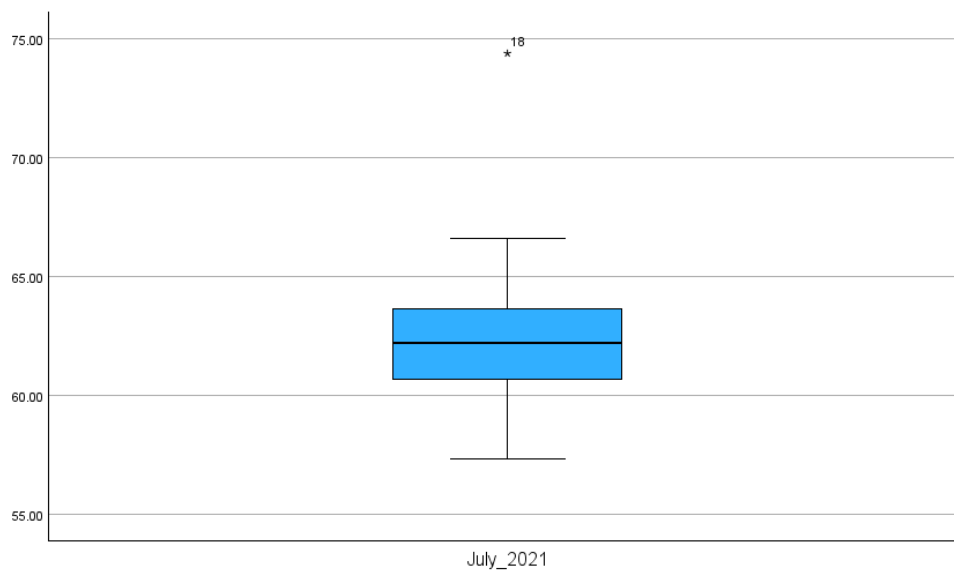


Σχήμα 5. Θηκόγραμμα κατανάλωσης ενέργειας Αύγουστος 2021 (kwh)

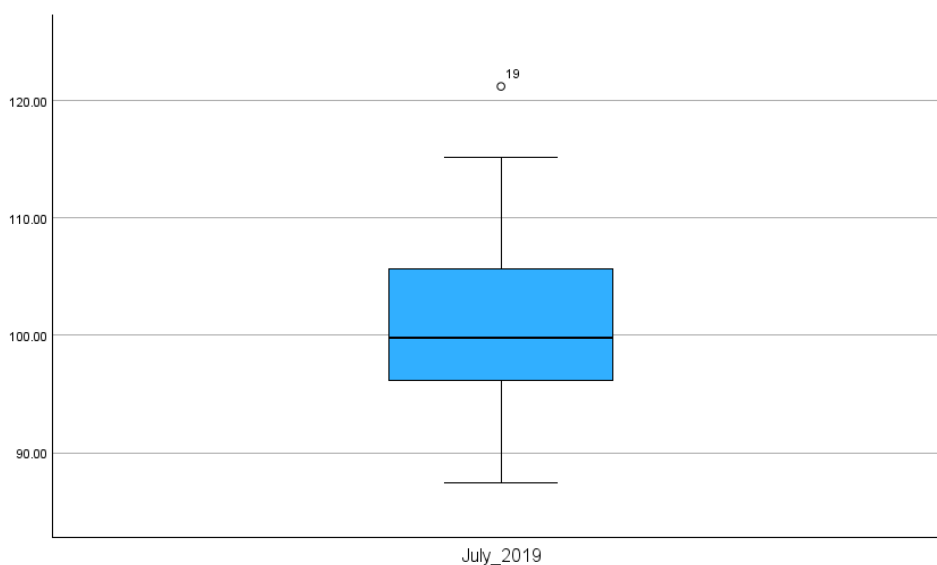


Σχήμα 6. Θηκόγραμμα κατανάλωσης ενέργειας Αύγουστος 2019 (kwh)

Το ενδοτεταρτημοριακό εύρος, $R=Q3-Q1$, του Αυγούστου 2019 είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του Αυγούστου 2021. Συνεχίζοντας με την σύγκριση των μηνών Ιουλίου παρατηρούμε ότι και στις δύο χρονιές έχουμε την εμφάνιση μιας ακραίας τιμής(outlier).

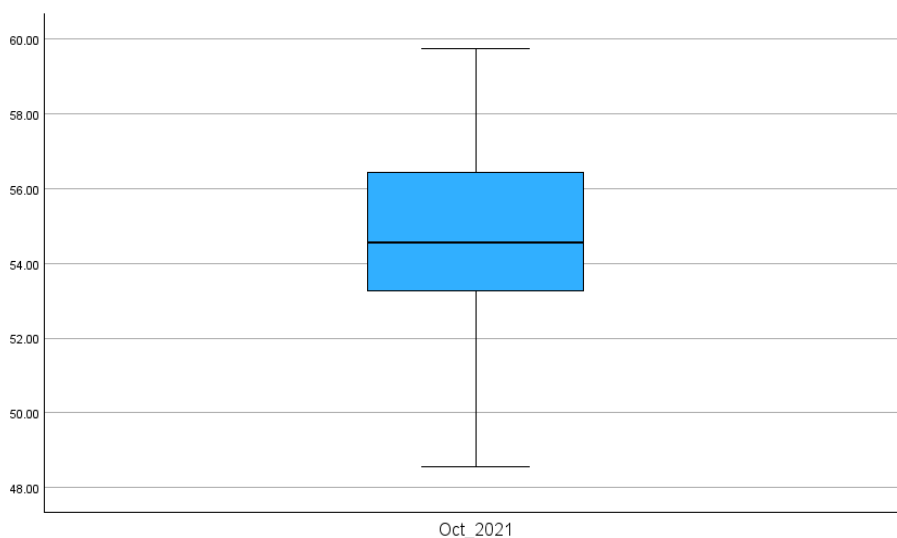


Σχήμα 7. Θηκόγραμμα κατανάλωσης ενέργειας Ιούλιος 2021 (kwh)

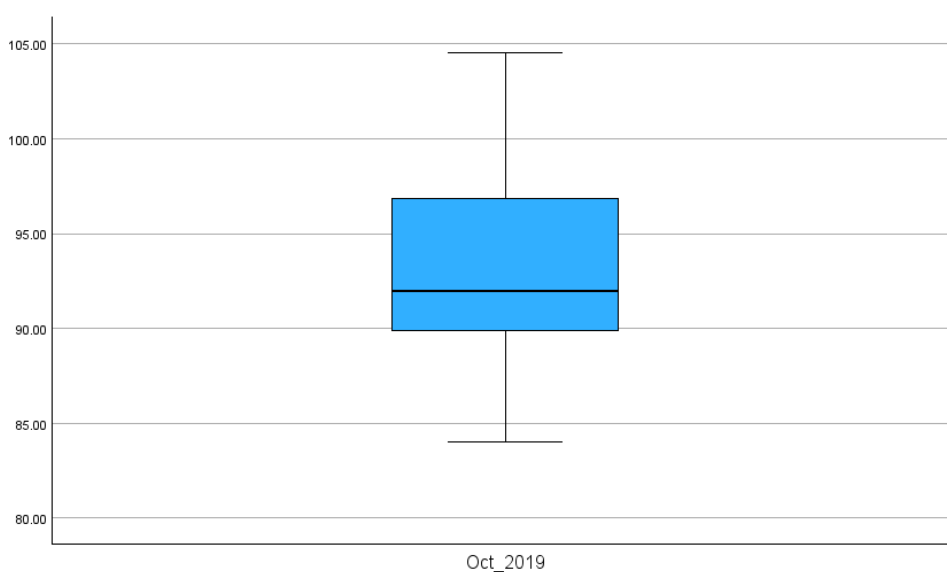


Σχήμα 8. Θηκόγραμμα κατανάλωσης ενέργειας Ιούλιος 2019 (kwh)

Το μεγαλύτερο εύρος τιμών το εμφανίζει ο μήνας Οκτώβριος 2021, όπως παρατηρούμε παρακάτω ενώ ο αντίστοιχος μήνας για το έτος 2019 δεν εμφανίζει παρόμοια εικόνα.

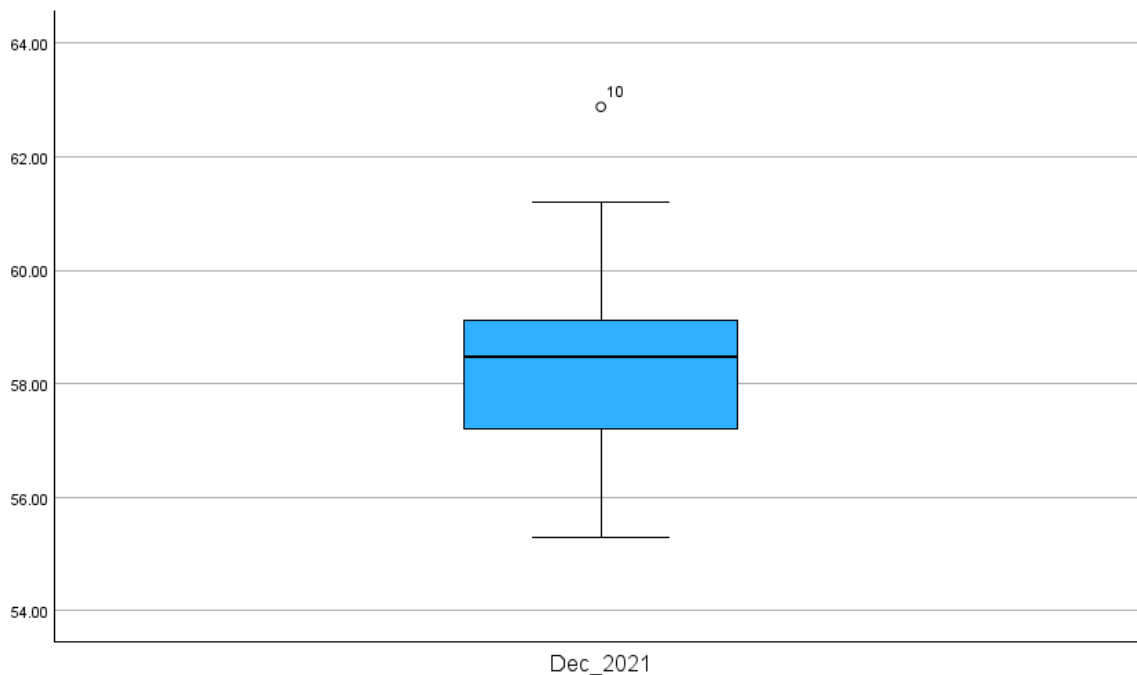


Σχήμα 9. Θηκόγραμμα κατανάλωσης ενέργειας Οκτώβριος 2021 (kwh)

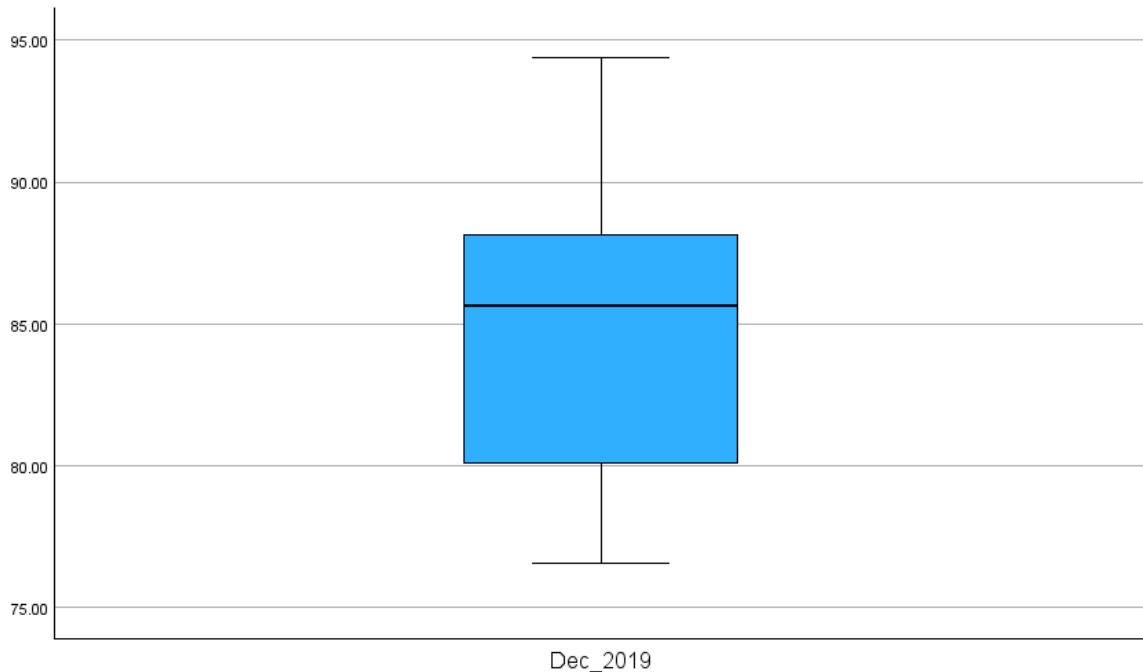


Σχήμα 10. Θηκόγραμμα κατανάλωσης ενέργειας Οκτώβριος 2019 (kwh)

Τέλος ο μήνας Δεκέμβριος εμφανίζει μικρό εύρος τιμών και σχετικά μικρό ενδοτεταρτημοριακό εύρος με την ύπαρξη ακραίας τιμής για το έτος 2021, ενώ δεν υπάρχει τέτοιο φαινόμενο για το έτος 2019.



Σχήμα 11. Θηκόγραμμα κατανάλωσης ενέργειας Δεκέμβριος 2021 (kwh)

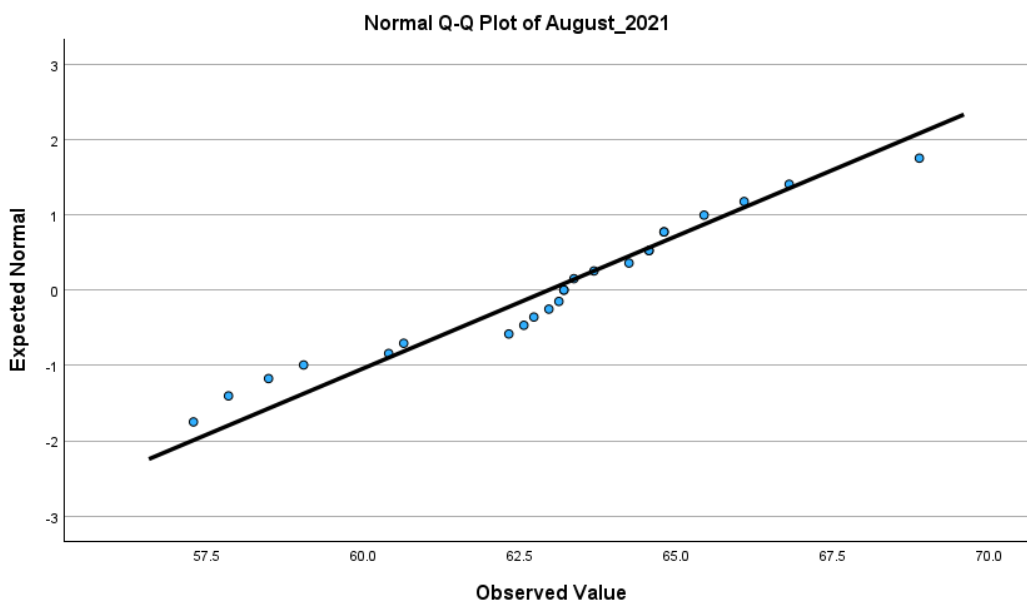


Σχήμα 12. Θηκόγραμμα κατανάλωσης ενέργειας Δεκέμβριος 2019 (kwh)

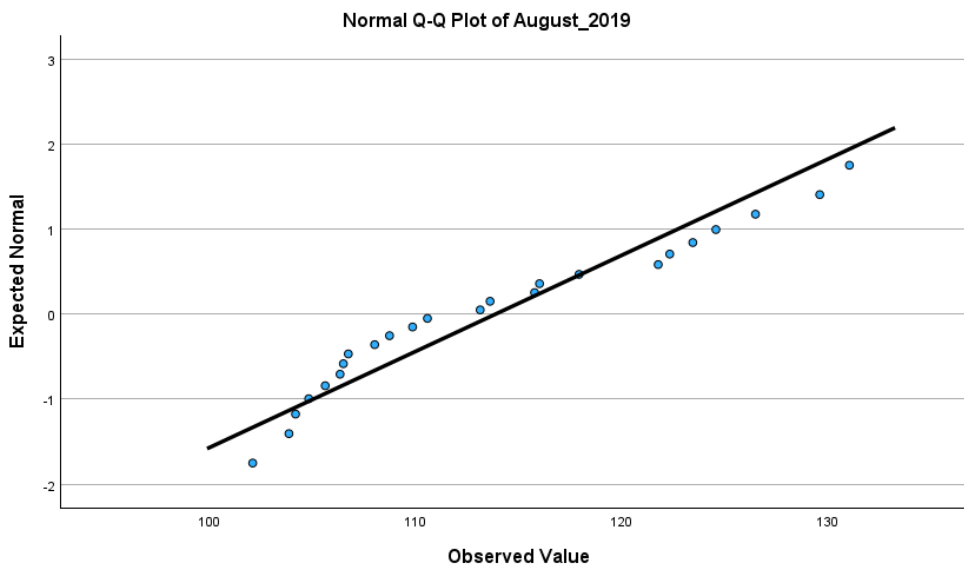
5.2 Q – Q plot

Το Q-Q plot (quantile-quantile plot) αποτελεί ένα γράφημα διασποράς που συγκρίνει δύο κατανομές. Κάθε άξονας παριστάνει και ένα σύνολο ποσοστημορίων: ο ένας άξονας αναφέρεται στα εμπειρικά ποσοστημόρια των δεδομένων που έχουμε, στην συγκεκριμένη περίπτωση οι τιμές κατανάλωσης ενέργειας στο κατάστημα, ενώ ο άλλος αναφέρεται στα ποσοστημόρια κάποιας θεωρητικής κατανομής με την οποία θέλουμε να συγκρίνουμε το δείγμα μας. Αν και τα δύο σύνολα ποσοσטיαίων σημείων προέρχονται από την ίδια κατανομή, το διάγραμμα διασποράς θα πρέπει και να σχηματίζει ευθεία γραμμή. Στα γραφήματα που θα ακολουθήσουν θα αποκτήσουμε ένα οπτικό έλεγχο για την κανονικότητα των δεδομένων μας.

Με τη βοήθεια των Q-Q γραφημάτων παρατηρούμε ότι για τα έτη 2021 και 2019 για τον μήνα Αύγουστο έχουμε το δείγμα του 2019 να διαφοροποιείται πολύ από την κίνηση της ευθείας σε αντίθεση με το ανάλογο του 2021. Σύμφωνα με τα παραπάνω, τα δεδομένα του 2021 φαίνεται να ακολουθούν κανονική κατανομή ενώ για τα δεδομένα του 2019 χρειαζόμαστε να εκτελέσουμε και άλλους ελέγχους κανονικότητας.



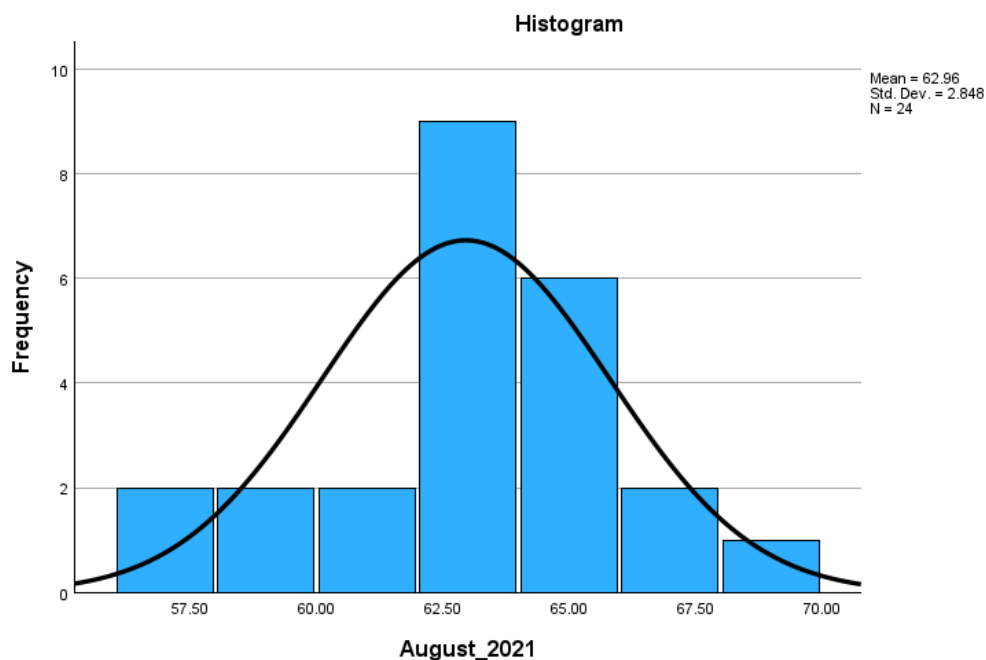
Σχήμα 1. Γράφημα διασποράς κατανάλωσης ενέργειας Αύγουστος 2021 (kwh)



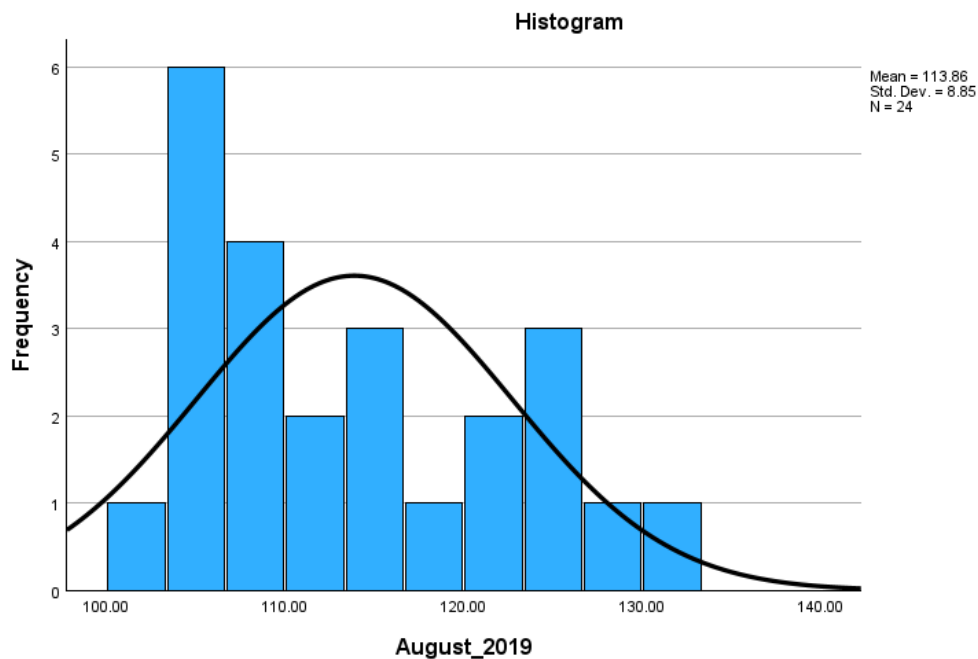
Σχήμα 2. Γράφημα διασποράς κατανάλωσης ενέργειας Αύγουστος 2019 (kwh)

Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε τα αντίστοιχα ιστογράμματα. Το ιστόγραμμα αποτελεί ίσως την πιο σημαντική μέθοδο γραφικής παρουσίασης για ποσοτικά συνεχή δεδομένα.

Τα αντίστοιχα ιστογράμματα συμφωνούν.



Σχήμα 3. Ιστόγραμμα κατανάλωσης ενέργειας Αύγουστος 2021 (kwh)



Σχήμα 4. Ιστόγραμμα κατανάλωσης ενέργειας Αύγουστος 2019 (kwh)

Στην στατιστική επιστήμη εκτός των γραφικών μεθόδων όπως αυτές που είδαμε παραπάνω, έχει αναπτυχθεί και μια σειρά στατιστικών ελέγχων για την κανονικότητα ενός συνόλου δεδομένων. Με τον τρόπο αυτό περιορίζεται η υποκειμενικότητα στην λήψη απόφασης περί κανονικότητας ή μη μιας κατανομής όπως συναντήσαμε στην ενεργειακή κατανάλωση του Αυγούστου 2019.

Οι στατιστικοί έλεγχοι που παρέχονται για τον έλεγχο της κανονικότητας είναι αυτοί των Kolmogorov-Smirnov και των Shapiro-Wilk.

Το κριτήριο K-S (one sample Kolmogorov-Smirnov) είναι ένας μονοδειγματικός μη παραμετρικός έλεγχος που χρησιμοποιείται για να εξετάσει την καλή προσαρμογή ενός τυχαίου δείγματος σε μια δεδομένη κατανομή. Βασίζεται στη διαφορά της εμπειρικής συνάρτησης κατανομής που προέρχεται από το δείγμα και της αναμενόμενης συνάρτησης κατανομής υπό την υπόθεση της κανονικότητας (H_0).

Ο έλεγχος Kolmogorov-Smirnov υποθέτει ότι οι παράμετροι της υπό ελέγχου κατανομής, στην περίπτωση μας της κανονικής κατανομής, προσδιορίζονται εκ των προτέρων. Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, οι απαιτούμενες παράμετροι υπολογίζονται από το δείγμα.

Συνεπώς, ειδικά στην περίπτωση του ελέγχου κανονικότητας, οι υποθέσεις του ελέγχου Kolmogorov-Smirnov έχουν την μορφή

$$H_0: F_n(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2s^2}(t-\bar{x})^2} dt$$
$$H_1: F_n(x) \neq \int_{-\infty}^x \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2s^2}(t-\bar{x})^2} dt$$

όπου για κάποιο δείγμα η εμπειρική συνάρτηση κατανομής δίνεται από τον τύπο

$$F_n := \frac{N(x_i)}{n}$$

Με $N(x_i)$ το πλήθος των παρατηρήσεων. Η στατιστική ελεγχοσυνάρτηση του K-S test δίνεται από τη μέγιστη απόλυτη διαφορά μεταξύ της εμπειρικής αθροιστικής συνάρτησης πιθανότητας και της συνάρτησης κανονικής κατανομής στην περίπτωση μας. Οι εκτιμήσεις τείνουν στις πραγματικές πληθυσμιακές παραμέτρους όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος του δείγματος. Συνεπώς, η εγκυρότητα του ελέγχου K-S θεωρείται μεγαλύτερη για δείγματα μεγέθους $n > 25$.

Στον πίνακα που ακολουθεί (πίνακας 1) παρατηρούμε ότι με τη διαδικασία του K-S test διενεργήθηκε έλεγχος μηδενικής υπόθεσης

$$H_0: F_{24}(x) = F(62.9567, 2.84759)$$

σε δείγμα μεγέθους 24 με υποθετική κανονική κατανομή με $N(62.9567, 2.84759)$ εκτιμώμενων από τις αντίστοιχες δειγματικές στατιστικές συναρτήσεις.

Οι ακραίες διαφορές μεταξύ των συναρτήσεων αυτών περιγράφονται στη γραμμή most Extreme Differences. Έτσι, η μέγιστη απόλυτη διαφορά βρέθηκε ίση με 0.162, η μέγιστη θετική διαφορά βρέθηκε ίση με 0.092 ενώ η ακραία αρνητική διαφορά βρέθηκε ίση με -0.162.

Η τιμή της συνάρτησης ελέγχου αναφέρεται ως 0.791. Προκειμένου να αποφανθούμε περί της κανονικότητας ή μη της εξεταζόμενης κατανομής August 2021 εστιάζουμε στη γραμμή που αναφέρει Asymp.Sig (2-tailed). Η αναφερόμενη εκεί τιμή είναι 0.558. Με στάθμη σημαντικότητας $\alpha=0.05$ (αλλά και σε $\alpha=0.01$, αφού η p-value είναι εξαιρετικά μεγάλη) αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		August_2021
N		24
Normal <u>Parameters^{a,b}</u>	Mean	62.9567
	Std. Deviation	2.84759
Most Extreme Differences	Absolute	.162
	Positive	.092
	Negative	-.162
Kolmogorov-Smirnov Z		.791
<u>Asymp. Sig. (2-tailed)</u>		.558

a. Test distribution is Normal.

b. User-Specified

Πίνακας 1. Shapiro-Wilk test Αύγουστος 2019 / 2021

Μια ακόμα δυνατότητα στατιστικού ελέγχου της κανονικότητας δίνεται με χρήση του κριτηρίου Shapiro-Wilk. Χρησιμοποιώντας τις ίδιες υποθέσεις με το K-S test αναδιατάσσουμε τα δεδομένα του δείγματος σε φθίνουσα σειρά και υπολογίζουμε την στατιστική συνάρτηση.

$$W := \frac{\left(\sum_{i=1}^n \alpha_i x_{(i)}\right)^2}{\sum_{i=1}^n \left(x_{(i)} - \bar{x}\right)^2}$$

Όπου α_i είναι οι σταθερές που προκύπτουν από τις μέσες τιμές, διακυμάνσεις και τις συν-διακυμάνσεις των διατεταγμένων στατιστικών ενός κανονικού δείγματος. Συνήθως ο έλεγχος αυτός προτιμάται από τον K-S όταν το δείγμα είναι $n \leq 25$.

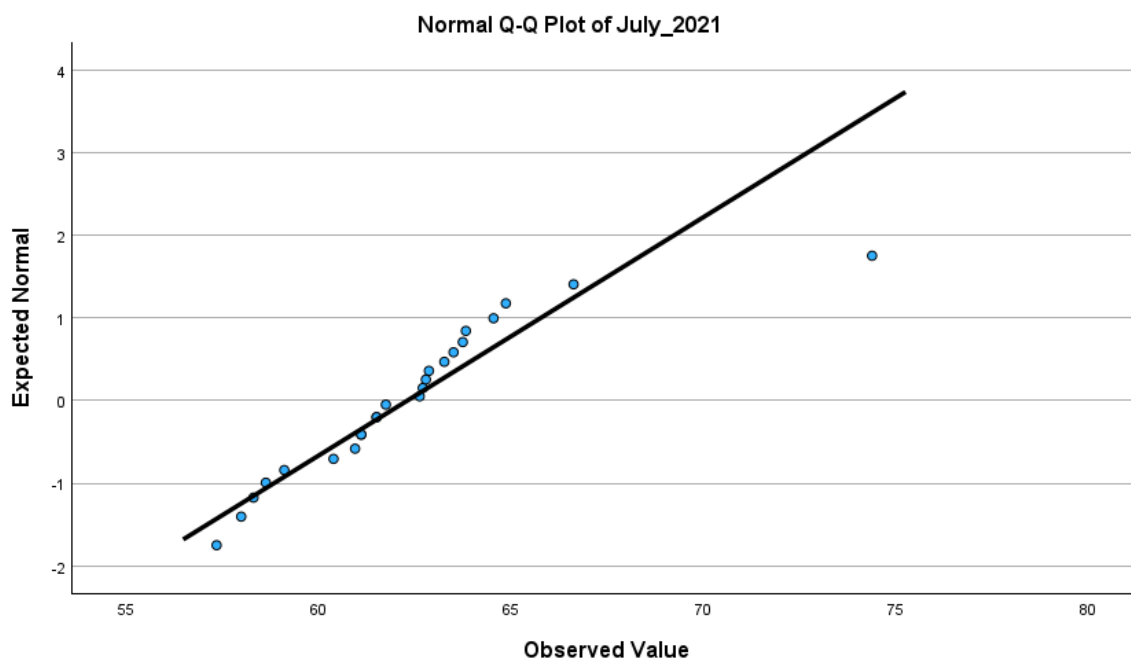
Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
August_2021	.162	24	.106	.958	24	.408
August_2019	.146	24	.200*	.922	24	.064

*. This is a lower bound of the true significance.

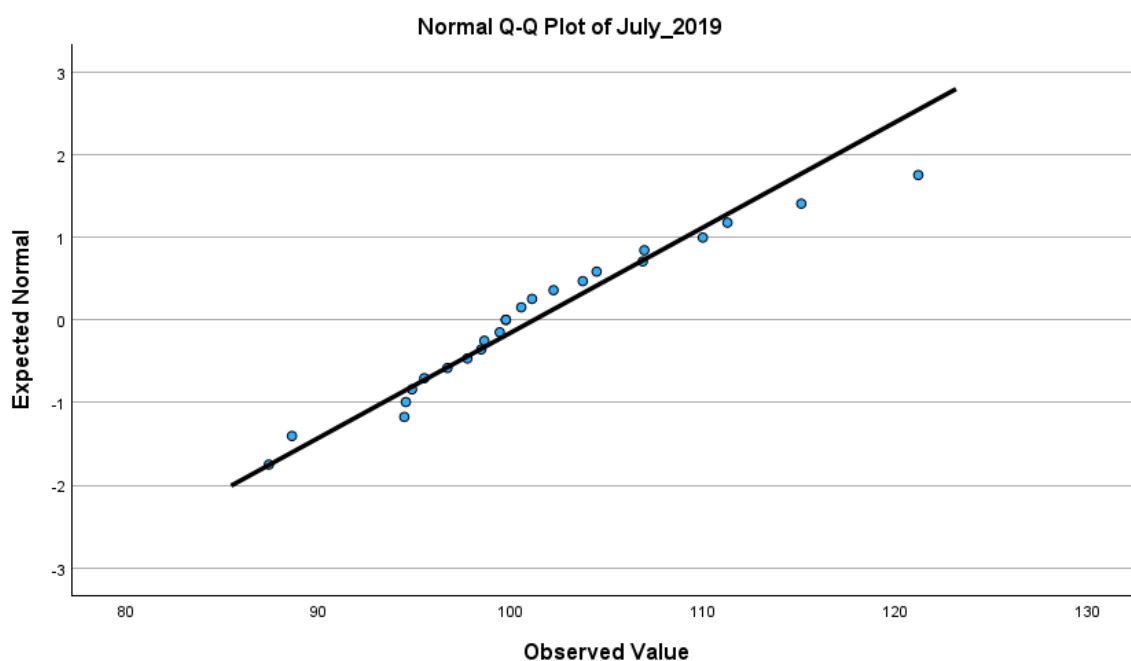
a. Lilliefors Significance Correction

Πίνακας 2. Shapiro-Wilk test Αύγουστος 2019 / 2021

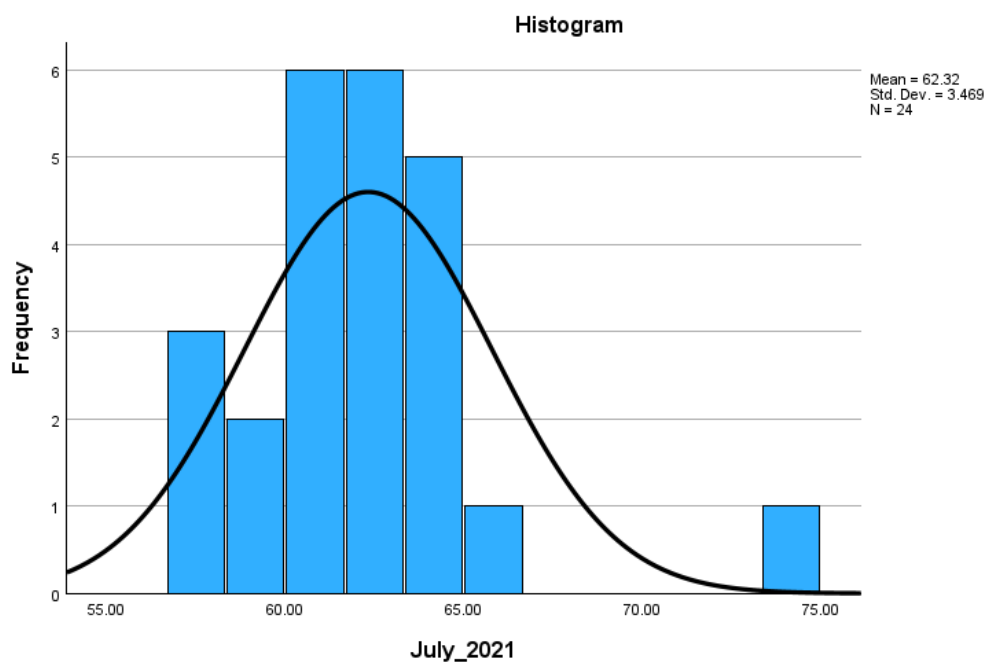
Ο παραπάνω πίνακας επιβεβαιώνει μέσω του Shapiro-Wilk test ότι η κατανάλωση ενέργειας για το έτος 2021 ακολουθεί μια κανονική κατανομή και το ίδιο για το έτος 2019 με παρατήρηση όμως ότι η τιμή 0.064 του p-value είναι πολύ κοντά στο 0.05 που θα απέρριπτε τη μηδενική υπόθεση. Ακολουθώντας τα ίδια βήματα συγκρίνουμε τον μήνα Ιούλιο. Ο μήνας αυτός εμφανίζει και στα δύο έτη ακραία τιμή με τον μήνα Ιούλιο του 2021 όπως φαίνεται και από το Q-Q plot να επηρεάζει αρνητικά την κίνηση του δείγματος στην ουρά. Η εικόνα αυτή επιβεβαιώνεται από το αντίστοιχο ιστόγραμμα.



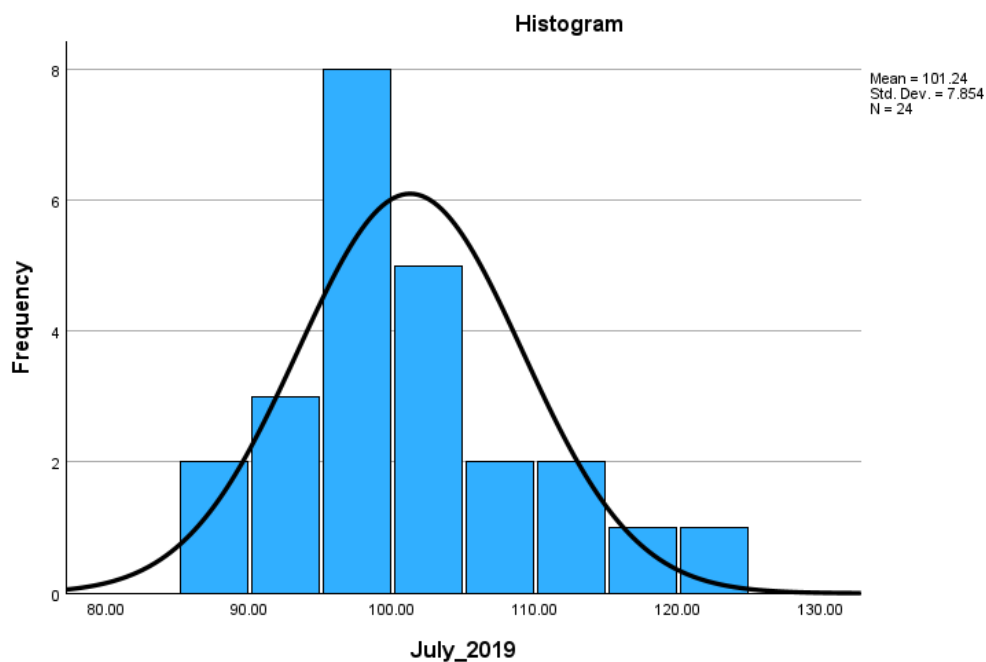
Σχήμα 5. Γράφημα διασποράς Ιούλιος 2021 (kwh)



Σχήμα 6. Γράφημα διασποράς Ιούλιος 2019 (kwh)



Σχήμα 7. Ιστόγραμμα Ιούλιος 2021 (kwh)



Σχήμα 8. Ιστόγραμμα Ιούλιος 2019 (kwh)

Παρόλο που και ο Ιούλιος του 2019 εμφανίζει ακραία τιμή στην ουρά, το μέγεθος του φαινομένου αυτού δεν επηρεάζει το ιστόγραμμα πολύ με αποτέλεσμα στον δείκτη Shapiro-Wilk να έχουμε τιμή $0.44 > 0.05$ και άρα να μην απορρίπτουμε την μηδενική υπόθεση. Παρόλα αυτά βλέπουμε ότι το S-W για το έτος 2021 έχει p-value < 0.005 με αποτέλεσμα να απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση και κατά συνέπεια η μεταβλητή να μην ακολουθεί κανονική κατανομή.

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
July_2021	.164	24	.093	.859	24	.003
July_2019	.131	24	.200*	.960	24	.444

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Πίνακας 3. Shapiro-Wilk test Ιούλιος 2019 / 2021

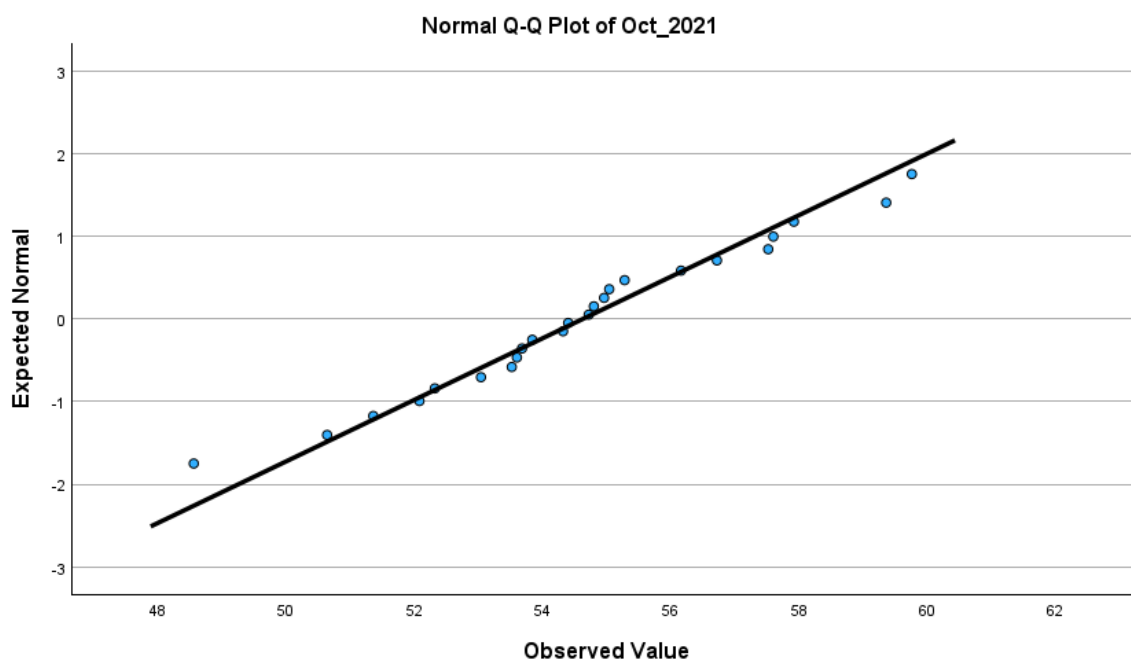
Στην συνέχεια κάνουμε την ίδια ανάλυση και για τον μήνα Οκτώβριο. Μέσα από το ιστόγραμμα και το Q-Q plot βλέπουμε ότι η ενεργειακή κατανάλωση ακολουθεί κανονική κατανομή με τους αντίστοιχους δείκτες να είναι υψηλοί όπως φαίνεται στο παρακάτω πίνακα.

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Oct_2021	.113	24	.200*	.983	24	.946
Oct_2019	.125	24	.200*	.973	24	.747

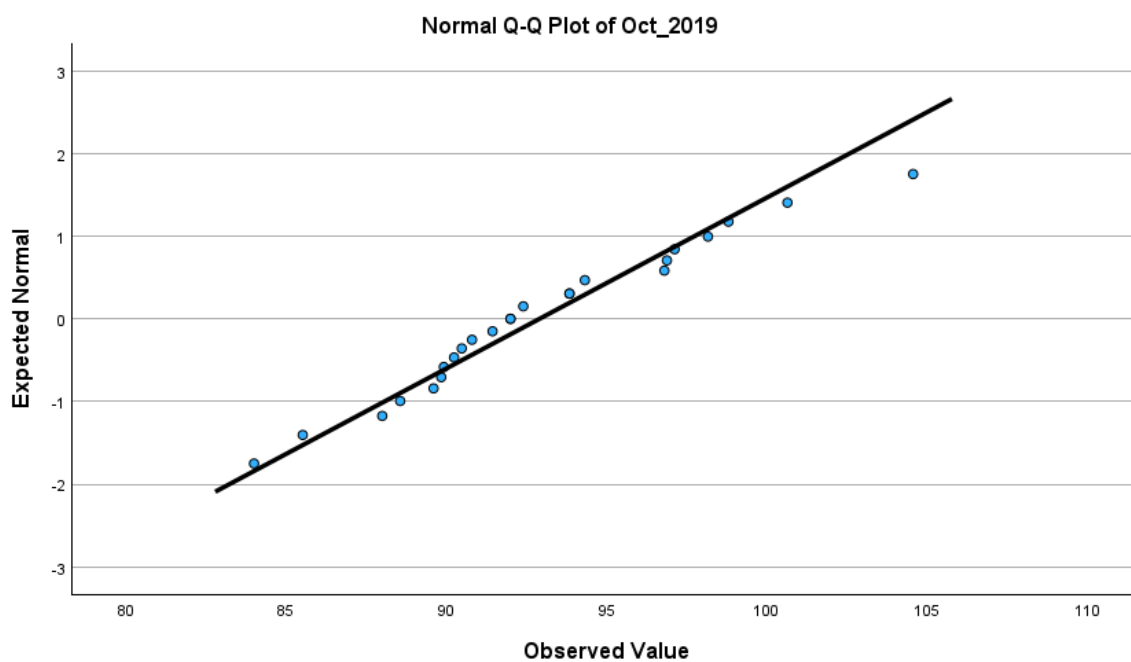
*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

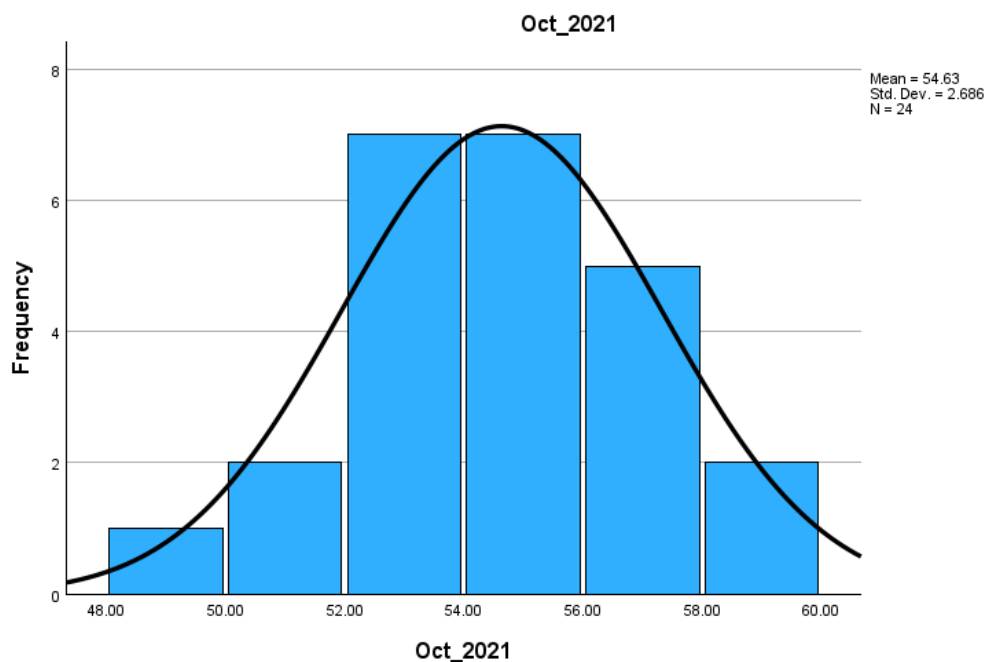
Πίνακας 4. Shapiro-Wilk test Οκτώβριος 2019 / 2021



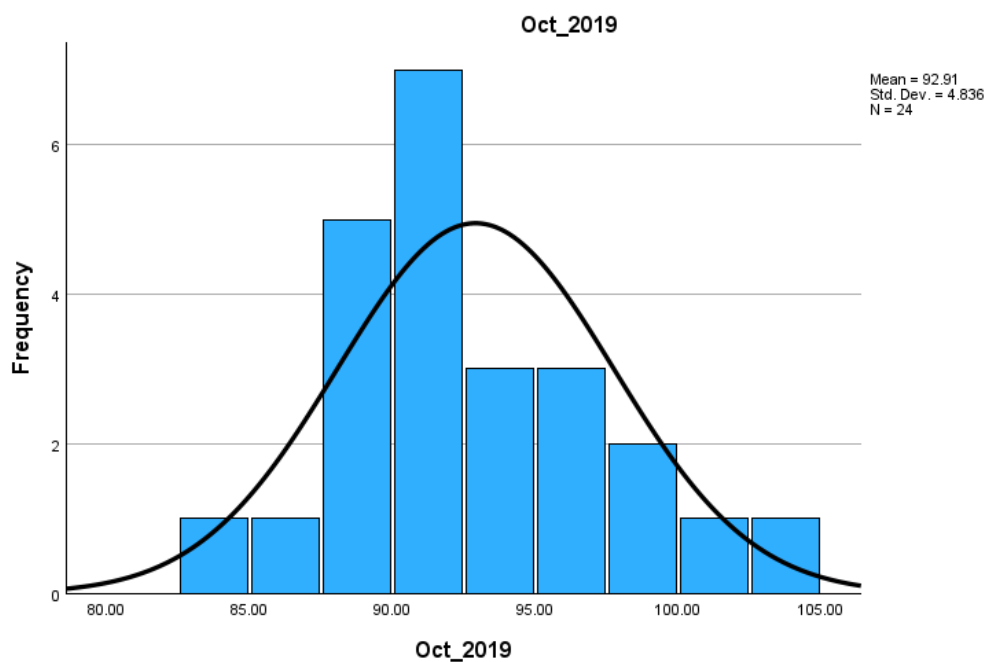
Σχήμα 9. Γράφημα διασποράς Οκτώβριος 2021 (kwh)



Σχήμα 10. Γράφημα διασποράς Οκτώβριος 2019 (kwh)



Σχήμα 11. Ιστόγραμμα Οκτώβριος 2021 (kwh)



Σχήμα 12. Ιστόγραμμα Οκτώβριος 2019 (kwh)

Τέλος παρόμοια αποτελέσματα έχουμε και για τον μήνα Δεκέμβριο από όπου βλέπουμε ότι το δείγμα ακολουθεί κανονική κατανομή και για τα δύο έτη παρά την ύπαρξη ακραίας τιμή για το έτος 2021.

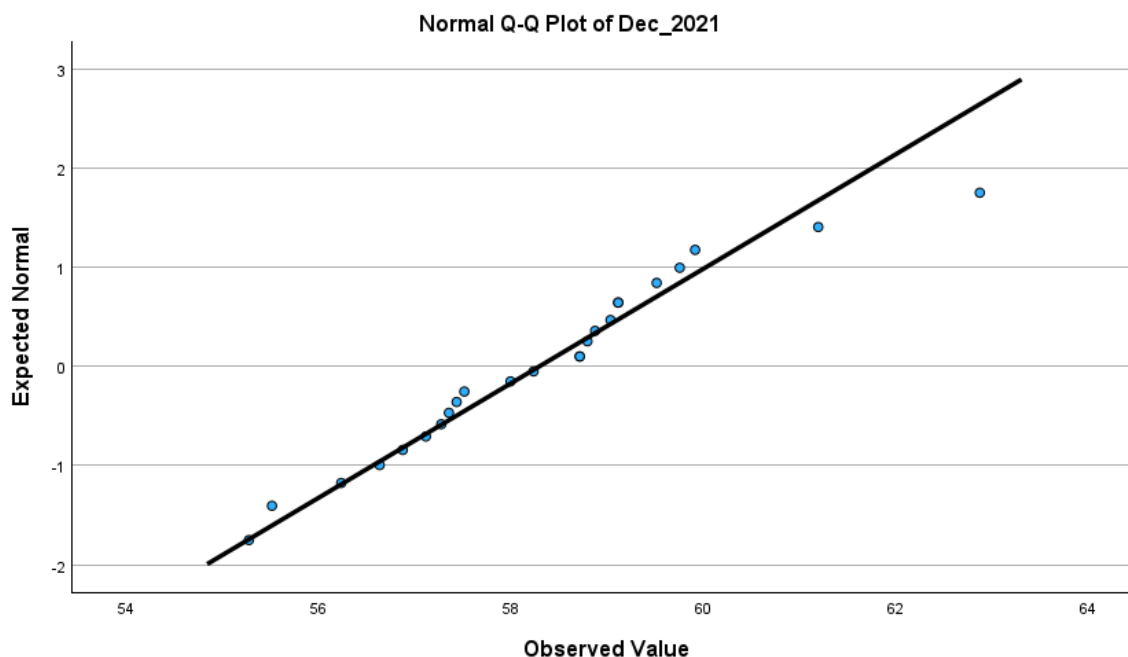
Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Dec_2021	.110	24	.200*	.966	24	.569
Dec_2019	.149	24	.177	.955	24	.352

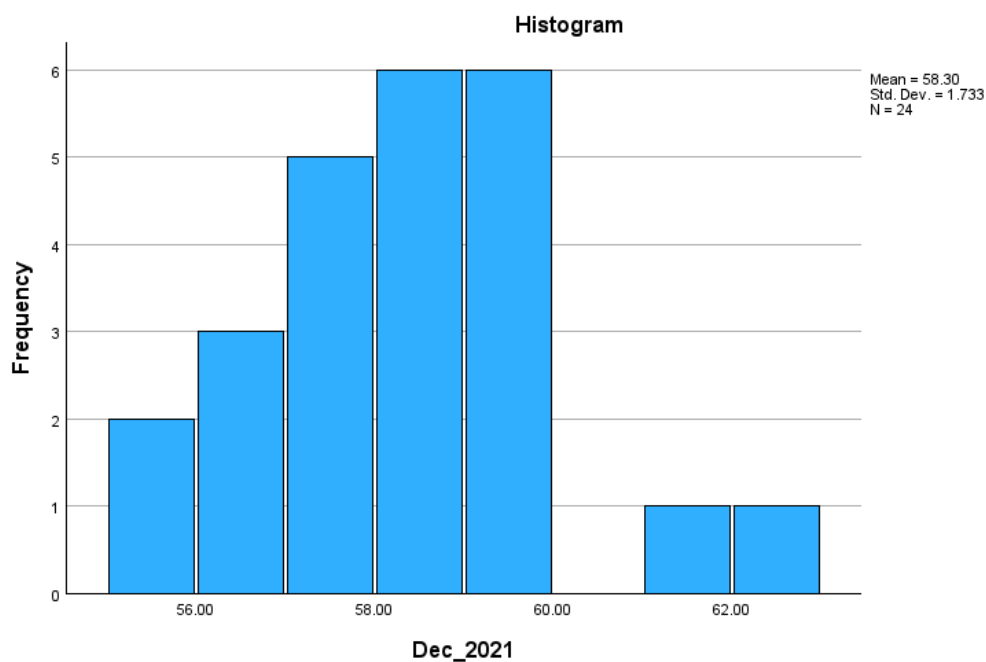
*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

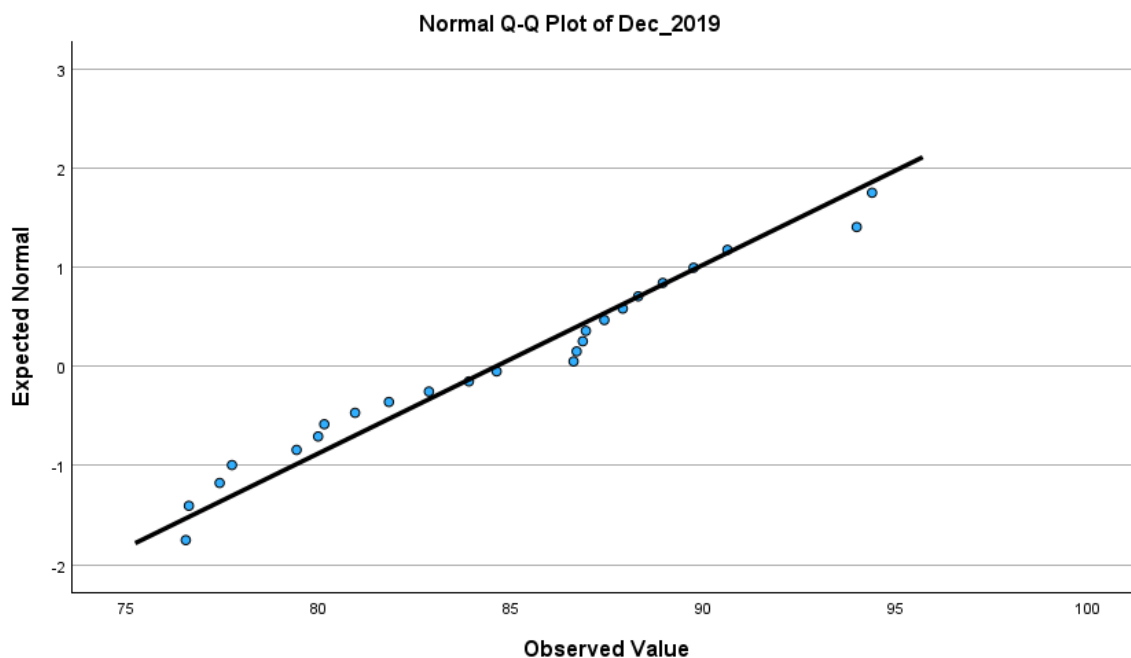
Πίνακας 5. Shapiro-Wilk test Δεκέμβριος 2019 / 2021



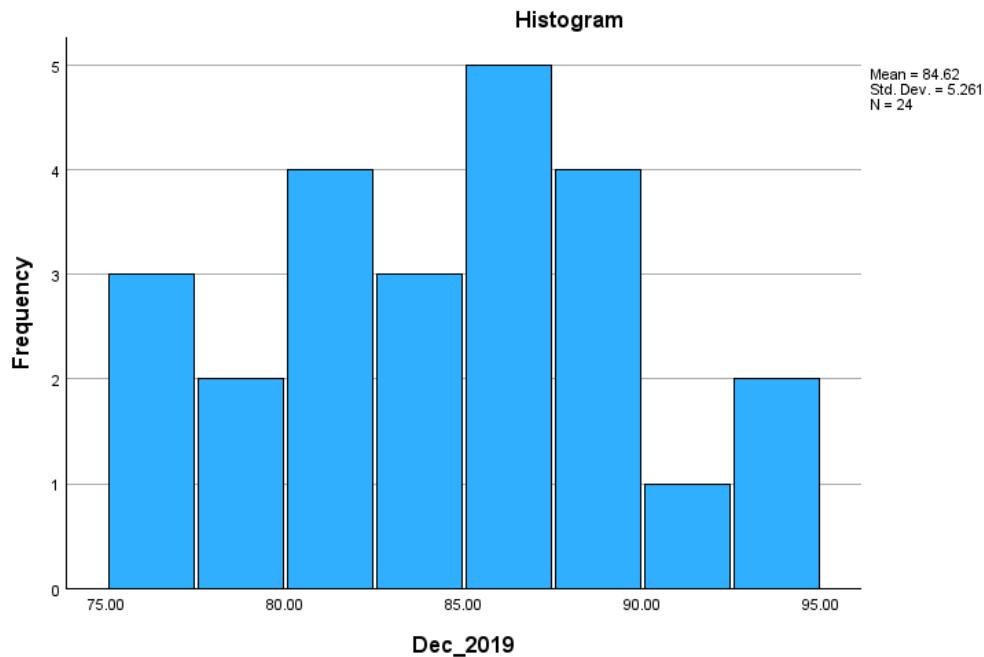
Σχήμα 13. Γράφημα διασποράς Δεκέμβριος 2021 (kwh)



Σχήμα 14. Ιστόγραμμα Δεκέμβριος 2021 (kwh)



Σχήμα 15. Γράφημα διασποράς Δεκέμβριος 2019 (kwh)



Σχήμα 16. Ιστογράμμο Δεκέμβριος 2019 (kwh)

5.3 t - test

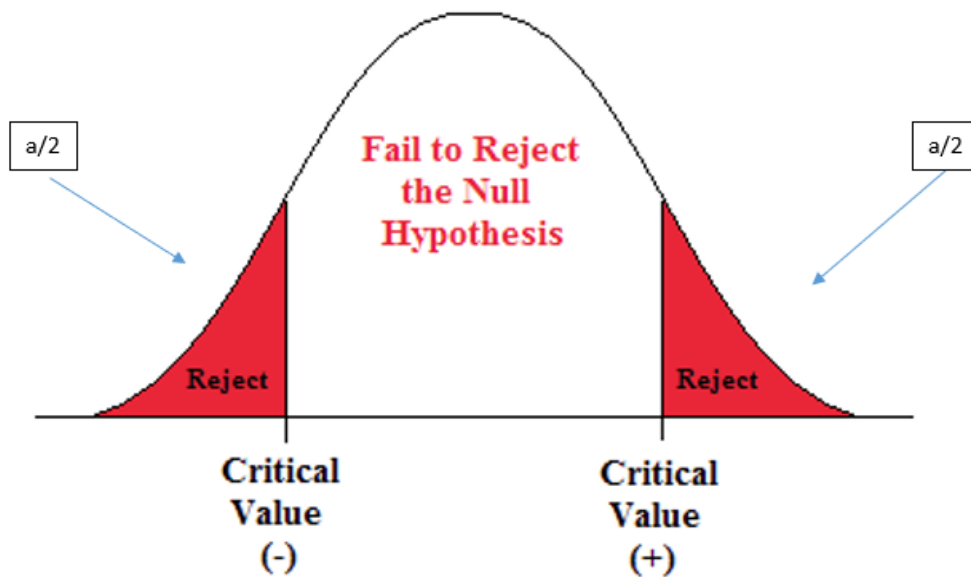
Μία πληθυσμιακή παράμετρος όπως είναι η μέση τιμή κατανάλωσης ενέργειας μπορεί να εκτιμηθεί από τα δειγματικά δεδομένα όπως είδαμε παραπάνω. Ο στόχος μίας έρευνας όμως, δεν είναι απλώς η εκτίμηση μίας παραμέτρου αλλά η εξακρίβωση της ορθότητας ή όχι κάποιας ερευνητικής υπόθεσης σχετικά με την παράμετρο αυτή. Συγκεκριμένα, στην εργασία αυτή θέλουμε να εξακριβώσουμε αν με την αντικατάσταση των ψυκτικών μηχανημάτων και την επιβολή των κανονισμών, υπάρχει μείωση στην ενεργειακή κατανάλωση του καταστήματος. Για την μελέτη αυτή και λόγω του αριθμού των δεδομένων μας, θα κάνουμε χρήση του στατιστικού τεστ υποθέσεων t – test.

1η Περίπτωση:

Αρχικά δημιουργήσαμε ομάδες ανά ζεύγη των αντίστοιχων μηνών για να μελετήσουμε το πριν και το μετά. Η πρώτη υπόθεση που έχουμε κάνει είναι ότι η διαφορά που έχουν οι μέσες τιμές για κάθε ομάδα δεδομένων ανά ζεύγη για κάθε μήνα, δεν έχει αλλάξει ανάμεσα από χρονιά σε χρονιά. Για παράδειγμα για τον μήνα Αύγουστο έχουμε $\mu_{\{1\}} - \mu_{\{2\}} = \mu = 0$, με εναλλακτική υπόθεση ότι υπάρχει διαφορά. Συγκεκριμένα:

H_0 : Μηδενική Υπόθεση : $\mu_1 - \mu_2 = \mu = 0$

H_1 : Εναλλακτική Υπόθεση : $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$



Εικόνα 1. t – test hypothesis, (2 – tailed)

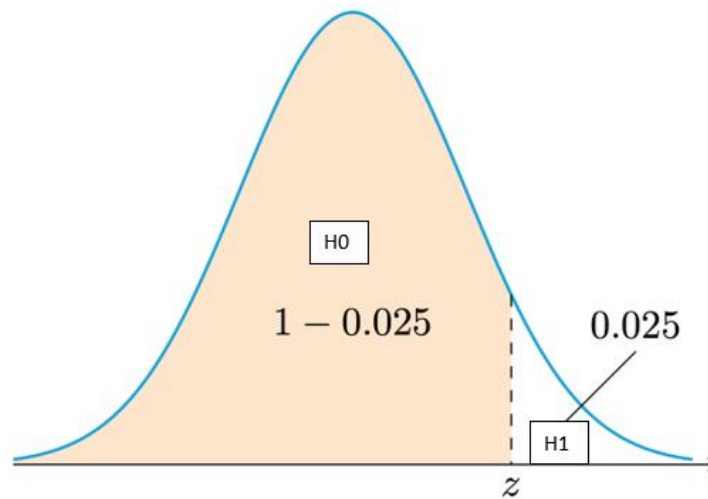
Αναφορικά με το διάστημα εμπιστοσύνης, το οποίο εδώ το ορίσαμε 95% πρέπει να τονίσουμε το εξής: Γενικότερα κανείς δεν μπορεί να είναι σίγουρος ότι η τιμή της εκτιμήτριας θα συμπίπτει με την άγνωστη παράμετρο. Προφανώς το κάθε δείγμα θα έχει τη δική του σημειακή εκτίμηση. Για τον λόγο αυτό είναι χρήσιμο να προβούμε στην κατασκευή ενός διαστήματος εμπιστοσύνης για την άγνωστη παράμετρο, δηλαδή ένα διάστημα της μορφής $[L,U]$ το οποίο μπορεί να περιέχει την παράμετρο με αρκετά μεγάλη πιθανότητα. Συνήθης τιμή για τα διαστήματα εμπιστοσύνης είναι 85%, 90%, 95%, και 99%. Η πιθανότητα $1-\alpha$, λέγεται συντελεστής διαστήματος εμπιστοσύνης.

2η περίπτωση:

Ο δεύτερος έλεγχος που έχουμε πραγματοποιήσει αφορά τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης του καταστήματος, συγκεκριμένα έχουμε την παρακάτω υπόθεση

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 < 0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$$



Εικόνα 2. t - test hypothesis, (1-tail)

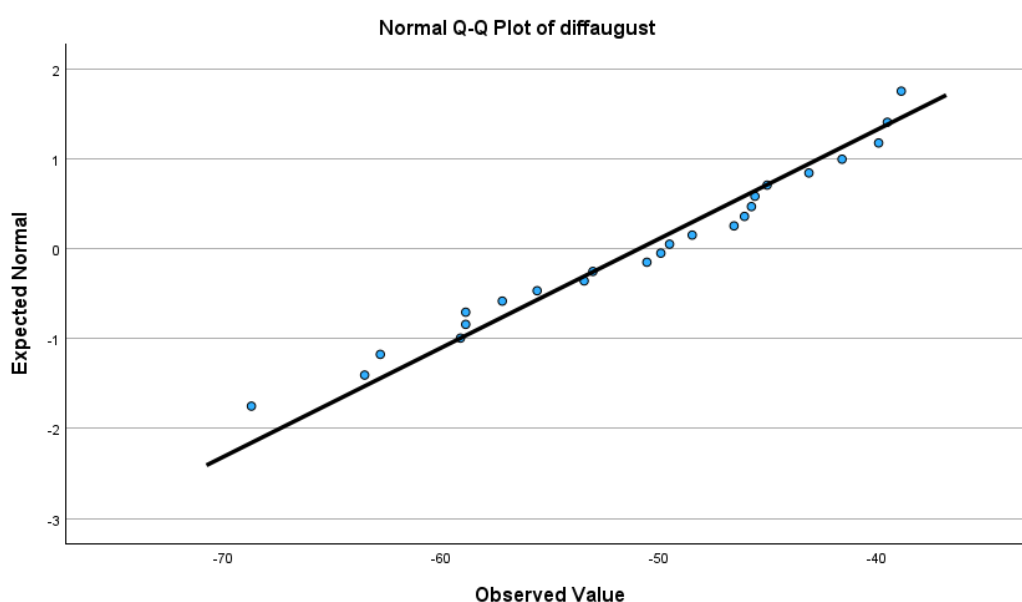
Στην περίπτωση αυτή θέλουμε να απορρίψουμε το H_0 και να αποφανθούμε ότι το μ_2 μειώθηκε και κατά συνέπεια μειώθηκε και η ενεργειακή κατανάλωση του καταστήματος.

Για τον υπολογισμό της παραμέτρου t στις δύο αυτές περιπτώσεις χρησιμοποιήσαμε τον παρακάτω τύπο με μέση τιμή του δείγματος και τυπική απόκλιση τα \bar{X}, S και $n=24$.

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s/\sqrt{n}}$$

5.3 Έλεγχος της κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk για την μεταβλητή diffaugust και t-test

Για να μπορέσουμε να πραγματοποιήσουμε το t test, πρέπει να ελέγξουμε αν οι μεταβλητές που ορίσαμε ακολουθούν κανονική κατανομή. Για να το ελέγξουμε αυτό έγιναν τα αντίστοιχα Q-Q plots καθώς και οι έλεγχοι «Shapiro – Kolmogorov». Το diffaugust ορίζεται ως η διαφορά της μέσης κατανάλωσης ενέργειας για το μήνα Αύγουστο.



Σχήμα 1. Γράφημα διασποράς Αύγουστος (kwh)

Από το παραπάνω γράφημα παρατηρούμε ότι η μεταβλητή ακολουθεί κανονική κατανομή. Με τη βοήθεια του ελέγχου της κανονικότητας της μεταβλητής Kolmogorov-Smirnov βλέπουμε ότι η τιμή της συνάρτησης του ελέγχου είναι 0.575. Για να μπορέσουμε να συμπεράνουμε αν η μεταβλητή ακολουθεί κανονική κατανομή εστιάζουμε στη γραμμή που αναφέρεται ως Asym. Sig. (2 tailed). Η αναφερόμενη εκεί τιμή 0.895 είναι η p-value της συνάρτησης ελέγχου του τεστ. Από τη βιβλιογραφία γνωρίζουμε ότι αν η τιμή αυτή είναι μεγαλύτερη του 0.05 τότε αποδεχόμαστε την μηδενική υπόθεση, δηλαδή αποδεχόμαστε ότι η συνάρτηση ακολουθεί κανονική κατανομή.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

			Diffaugust t
N			24
Normal Parameters ^{a,b}	Mean		-50.9067
	Std. Deviation		8.25539
Most Extreme Differences	Absolute		.117
	Positive		.083
	Negative		-.117
Kolmogorov-Smirnov Z			.575
Asymp. Sig. (2-tailed)			.895
Monte Carlo Sig. (2- tailed)	Sig.		.851 ^c
	99% Confidence Interval	Lower Bound	.842
		Upper Bound	.860

a. Test distribution is Normal.

b. User-Specified

c. Based on 10000 sampled tables with starting seed 299883525.

Πίνακας 1. Kolmogorov-Smirnov test Αύγουστος

Συνεχίζουμε με τον έλεγχο της κανονικότητας. Σημειώνουμε ότι οι πρώτες τρεις στήλες του παρακάτω πίνακα αναφέρονται στον έλεγχο Kolmogorov-Smirnov, ενώ οι τρεις τελευταίες αναφέρονται στον έλεγχο Shapiro –Wilk. Πρώτα αναφέρεται η τιμή της συνάρτησης ελέγχου κάθε τεστ (Statistic), μετά οι σχετικοί βαθμοί ελευθερίας (df) και τέλος η p-value της τιμής της συνάρτησης ελέγχου που υπολογίστηκε (Sig). Από την έξοδο του προγράμματος διαπιστώσαμε, όπως και στον προηγούμενο έλεγχο ότι η p-value της συνάρτησης ελέγχου του τεστ Shapiro-Wilk είναι πολύ μεγάλη, δηλαδή 0.449, με αποτέλεσμα να αποδεχόμαστε την μηδενική υπόθεση. Κατά συνέπεια η μεταβλητή diffaugust ακολουθεί κανονική κατανομή σύμφωνα και με τα δύο τεστ κανονικότητας.

Tests of Normality

Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
.117	24	.200*	.961	24	.449

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Πίνακας 2. Kolmogorov-Smirnov & Shapiro –Wilk test Αύγουστος

Συνεχίζοντας με τον έλεγχο των δύο περιπτώσεων t-test έχουμε το ακόλουθο αποτέλεσμα. Στον πίνακα που ακολουθεί αρχικά υπολογίζεται η τιμή της ελεγχοσυνάρτησης $t = -30.209$ με βαθμούς ελευθερίας $df = 23$ και στην συνέχεια υπολογίζεται το p-value το οποίο δίνεται κάτω από την στήλη Sig(w-tailed) $p < 0.001$. Μπορούμε να βγάλουμε συμπέρασμα ως προς τον έλεγχο μέσου στη δεδομένη στάθμη σημαντικότητας με δύο τρόπους. Πρώτον, συγκρίνοντας την p-value με το $\alpha = 0.05$ απορρίπτουμε την μηδενική υπόθεση και δεύτερον ελέγχουμε αν το 0 ανήκει στο $100(1-\alpha)\%$ διάστημα εμπιστοσύνης. Εδώ παρατηρούμε ότι το μηδέν δεν ανήκει στο δ.ε. $(-54.3926, -47.4207)$

One-Sample Test

Test Value = 0

		Significance		Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
t	df	One-Sided p	Two-Sided p		Lower	Upper
diffaugust	-30.209	23	<.001	<.001	-50.90667	-54.3926 -47.4207

Πίνακας 3. One-sample test Αύγουστος $\alpha = 0,05$

Στον επόμενο πίνακα έχουμε εισάγει ως στάθμη σημαντικότητας το $\alpha = 10\%$ και παρατηρούμε ότι η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται καθώς το 0 δεν ανήκει στο διάστημα εμπιστοσύνης $(-53.7948, -48.0186)$.

One-Sample Test

Test Value = 0

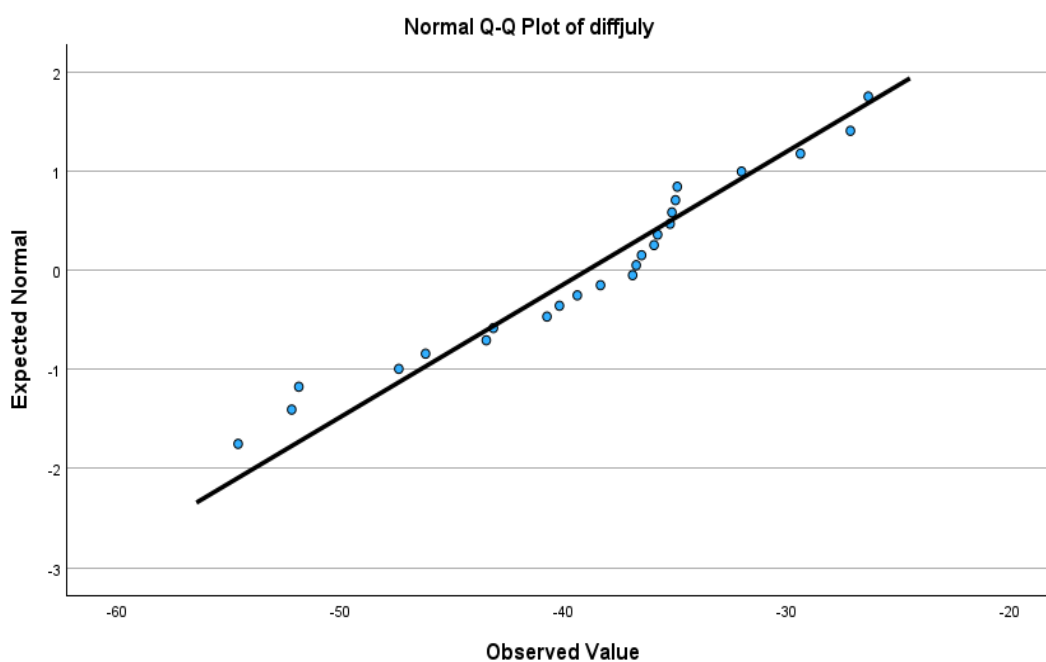
	t	df	Significance		Mean Difference	90% Confidence Interval of the Difference	
			One-Sided p	Two-Sided p		Lower	Upper
diffaugust	-30.209	23	<.001	<.001	-50.90667	-53.7948	-48.0186

Πίνακας 4. One-sample test Αύγουστος $\alpha=0,10$

5.4 Έλεγχος της κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk για την μεταβλητή diffjuly και t-test

Συνεχίζοντας τα ίδια βήματα για την μεταβλητή diffjuly έχουμε τα παρακάτω αντίστοιχα Q-Q plots καθώς και τους ελέγχους «Shapiro – Kolmogorov». Το diffjuly ορίζεται ως η διαφορά της μέσης κατανάλωσης ενέργειας για τον μήνα Ιούλιο.

Από το γράφημα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η μεταβλητή ακολουθεί κανονική κατανομή.



Σχήμα 1. Γράφημα διασποράς Ιούλιος (kwh)

Με την βοήθεια του ελέγχου της κανονικότητας της μεταβλητής Kolmogorov-Smirnov βλέπουμε ότι η τιμή της συνάρτησης του ελέγχου είναι 0.729. Για να μπορέσουμε να συμπεράνουμε αν η μεταβλητή ακολουθεί κανονική κατανομή εστιάζουμε στη γραμμή που αναφέρεται ως Asym. Sig. (2 tailed). Η αναφερόμενη εκεί τιμή 0.662 είναι η p-value της συνάρτησης ελέγχου του τεστ. Από τη βιβλιογραφία γνωρίζουμε ότι αν η τιμή αυτή είναι μεγαλύτερη του 0.05 τότε αποδεχόμαστε την μηδενική υπόθεση, δηλαδή αποδεχόμαστε ότι η συνάρτηση ακολουθεί κανονική κατανομή.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

			diffjuly
N			24
Normal Parameters ^{a,b}	Mean		-38.9133
	Std. Deviation		7.47572
Most Extreme Differences	Absolute		.149
	Positive		.128
	Negative		-.149
Kolmogorov-Smirnov Z			.729
Asymp. Sig. (2-tailed)			.662
Monte Carlo Sig. (2-tailed)	Sig.		.599 ^c
	99% Confidence Interval	Lower Bound	.587
		Upper Bound	.612

a. Test distribution is Normal.

b. User-Specified

c. Based on 10000 sampled tables with starting seed 624387341.

Πίνακας 1. Kolmogorov-Smirnov test Ιούλιος

Συνεχίζοντας με την μελέτη της συνάρτησης εκτελείται και το Shapiro-Wilk test κανονικότητας από το οποίο βλέπουμε ότι η p-value είναι 0.274 αρκετά μεγάλη για να καταλήξουμε στο ίδιο συμπέρασμα με το K-S τεστ.

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
diffjuly	.149	24	.181	.950	24	.274

a. Lilliefors Significance Correction

Πίνακας 2. Kolmogorov-Smirnov & Shapiro –Wilk test Ιούλιος

Συνεχίζοντας με τον έλεγχο των δύο περιπτώσεων t-test έχουμε τον ακόλουθο πίνακα. Αρχικά υπολογίζεται η τιμή της ελεγχουσυνάρτησης $t=-25.501$ με βαθμούς ελευθερίας $df=23$ και στην συνέχεια υπολογίζεται το p-value το οποίο δίνεται κάτω από την στήλη Sig(w-tailed) $p<0.001$. Μπορούμε να βγάλουμε συμπέρασμα ως προς τον έλεγχο μέσου στη δεδομένη στάθμη σημαντικότητας με δύο τρόπους. Πρώτον, συγκρίνοντας την p-value με το $\alpha=0.05$ απορρίπτουμε την μηδενική υπόθεση και δεύτερον ελέγχουμε αν το 0 ανήκει στο $100(1-\alpha)\%$ διάστημα εμπιστοσύνης. Εδώ παρατηρούμε ότι το μηδέν δεν ανήκει στο δ.ε. (-42.0701, -35.7566).

One-Sample Test

Test Value = 0

	t	df	Significance		Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
			One-Sided p	Two-Sided p		Lower	Upper
diffjuly	-25.501	23	<.001	<.001	-38.91333	-42.0701	-35.7566

Πίνακας 3. One-sample test Ιούλιος $\alpha=0,05$

Στον επόμενο πίνακα έχουμε εισάγει ως στάθμη σημαντικότητας το $\alpha=10\%$ και παρατηρούμε ότι η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται καθώς το 0 δεν ανήκει στο διάστημα εμπιστοσύνης (-41.5287, -36.2980).

One-Sample Test

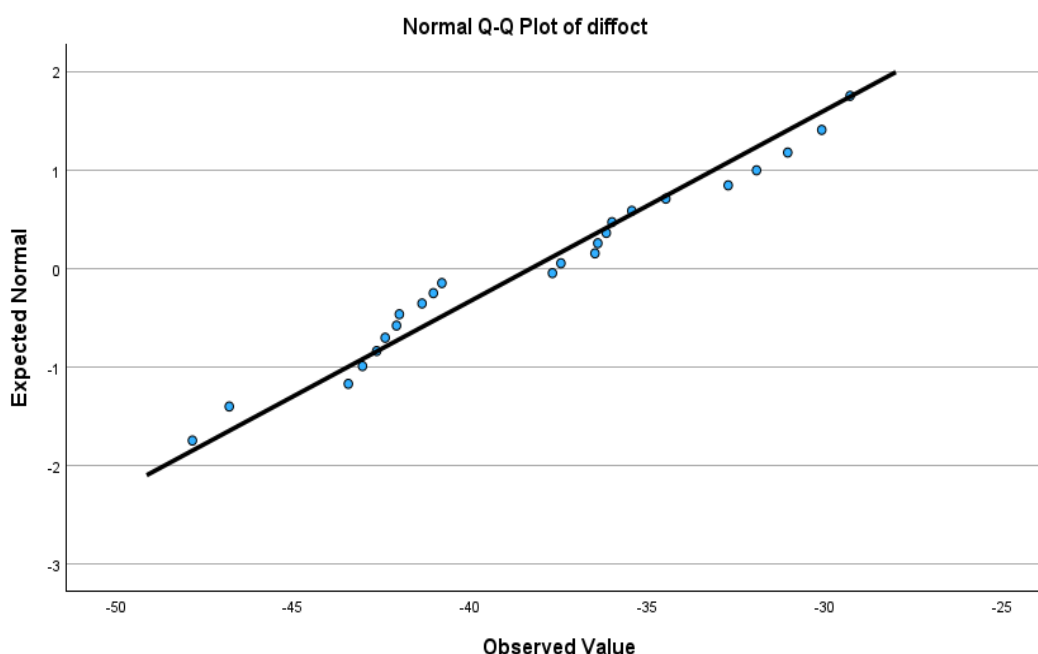
Test Value = 0

	t	df	Significance		Mean Difference	90% Confidence Interval of the Difference	
			One-Sided p	Two-Sided p		Lower	Upper
diffjul y	-25.501	23	<.001	<.001	-38.91333	-41.5287	-36.2980

Πίνακας 4. One-sample test Ιούλιος $\alpha=0,10$

5.5 Έλεγχος της κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk για την μεταβλητή diffoct και t-test

Στην συνέχεια ακολουθούμε παρόμοια βήματα και για την μεταβλητή diffoct. Ξεκινώντας από το Q-Q plot γράφημα παρατηρούμε ότι η μεταβλητή ακολουθεί κανονική κατανομή.



Σχήμα 1. Γράφημα διασποράς Οκτώβριος (kwh)

Για τον έλεγχο της κανονικότητας θα μελετήσουμε τα τεστ K-S και S-W. Η τιμή της συνάρτησης ελέγχου K-S στον παρακάτω πίνακα είναι 0.716. Η αναφερόμενη τιμή για την Asymp. Sig. (2-tailed) είναι 0.685 από την οποία μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η μεταβλητή υπό εξέταση ακολουθεί κανονική κατανομή.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		diffoct
N		24
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	-38.2733
	Std. Deviation	5.16275
Most Extreme Differences	Absolute	.146
	Positive	.146
	Negative	-.094
Kolmogorov-Smirnov Z		.716
Asymp. Sig. (2-tailed)		.685
Monte Carlo Sig. (2-tailed)	Sig.	.634 ^c
	99% Confidence Interval	Lower Bound .621
		Upper Bound .646

a. Test distribution is Normal.

b. User-Specified

c. Based on 10000 sampled tables with starting seed 1502173562.

Πίνακας 1. Kolmogorov-Smirnov test Οκτώβριος

Στην περίπτωση του S-W test που βλέπουμε στον ακόλουθο πίνακα η τιμή του p-value είναι 0.484 και επομένως έχουμε το ίδιο συμπέρασμα.

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
diffoct	.146	24	.200*	.962	24	.484

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Πίνακας 2. Kolmogorov-Smirnov & Shapiro –Wilk test Οκτώβριος

Συνεχίζοντας με τον έλεγχο των δύο περιπτώσεων t-test έχουμε τον ακόλουθο πίνακα. Αρχικά υπολογίζεται η τιμή της ελεγχουσυνάρτησης $t = -36.318$ με βαθμούς ελευθερίας $df = 23$ και στην συνέχεια υπολογίζεται το p-value το οποίο δίνεται κάτω από την στήλη Sig(w-tailed) $p < 0.001$. Μπορούμε να βγάλουμε συμπέρασμα ως προς τον έλεγχο μέσου στη δεδομένη στάθμη σημαντικότητας με δύο τρόπους. Πρώτον, συγκρίνοντας την p-value με το $\alpha = 0.05$ απορρίπτουμε την μηδενική υπόθεση και δεύτερον ελέγχουμε αν το 0 ανήκει στο $100(1-\alpha)\%$ διάστημα εμπιστοσύνης. Εδώ παρατηρούμε ότι το μηδέν δεν ανήκει στο δ.ε. (-40.4534, -36.0933).

One-Sample Test							
Test Value = 0							
		Significance		Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
t	df	One-Sided p	Two-Sided p		Lower	Upper	
diffoct	-36.318	23	<.001	<.001	-38.27333	-40.4534	-36.0933

Πίνακας 3. One-sample test Οκτώβριος $\alpha = 0,05$

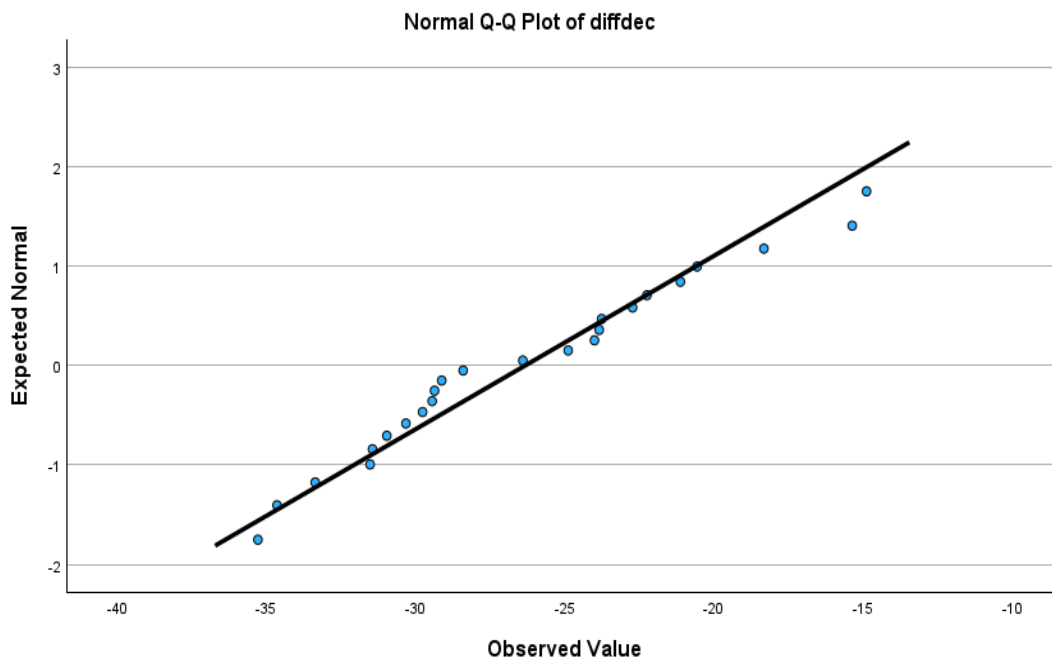
Στον επόμενο πίνακα έχουμε εισάγει ως στάθμη σημαντικότητας το $\alpha = 10\%$ και παρατηρούμε ότι η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται καθώς το 0 δεν ανήκει στο διάστημα εμπιστοσύνης (-41.5287, -36.2980) και άρα έχουμε μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης.

One-Sample Test							
Test Value = 0							
		Significance		Mean Difference	90% Confidence Interval of the Difference		
t	df	One-Sided p	Two-Sided p		Lower	Upper	
diffoct	-36.318	23	<.001	<.001	-38.27333	-40.0795	-36.4672

Πίνακας 4. One-sample test Οκτώβριος $\alpha = 0,10$

5.6 Έλεγχος της κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk για την μεταβλητή diffdec και t-test

Τέλος, ο έλεγχος της κανονικότητας κλείνει με την τελευταία μεταβλητή diffdec. Το γράφημα Q-Q plot μας παρέχει μια εικόνα κανονικότητας της μεταβλητής η οποία επιβεβαιώνεται με τα τεστ K-S και S-W. Η τιμή της p-value είναι 0.690 και 0.406 για τα αντίστοιχα τεστ με αποτέλεσμα να συμπεράνουμε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση και άρα η μεταβλητή diffdec ακολουθεί κανονική κατανομή.



Σχήμα 1. Γράφημα διασποράς Δεκέμβριος (kwh)

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		diffdec
N		24
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	-26.32
	Std. Deviation	5.74006
Most Extreme Differences	Absolute	.145
	Positive	.145
	Negative	-.074
Kolmogorov-Smirnov Z		.713
Asymp. Sig. (2-tailed)		.690
Sig.		.631 ^c

Monte Carlo Sig. (2-tailed)	99% Confidence Interval	Lower Bound	.618
		Upper Bound	.643

- Test distribution is Normal.
- User-Specified
- Based on 10000 sampled tables with starting seed 334431365.

Πίνακας 1. Kolmogorov-Smirnov test Δεκέμβριος

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
diffdec	.145	24	.200*	.958	24	.406

*. This is a lower bound of the true significance.

- Lilliefors Significance Correction

Πίνακας 2. Kolmogorov-Smirnov & Shapiro –Wilk test Δεκέμβριος

Για τον έλεγχο των δύο περιπτώσεων t-test έχουμε τους ακόλουθους πίνακες. Για την πρώτη περίπτωση υπόθεσης υπολογίζεται η τιμή της ελεγχοσυνάρτησης $t=-22.463$ με βαθμούς ελευθερίας $df=23$ και στην συνέχεια υπολογίζεται το p-value το οποίο δίνεται κάτω από την στήλη Sig(w-tailed) $p<0.001$. Μπορούμε να βγάλουμε συμπέρασμα ως προς τον έλεγχο μέσου στη δεδομένη στάθμη σημαντικότητας με δύο τρόπους. Πρώτον, συγκρίνοντας την p-value με το $\alpha=0.05$ απορρίπτουμε την μηδενική υπόθεση και δεύτερον ελέγχουμε αν το 0 ανήκει στο $100(1-\alpha)\%$ διάστημα εμπιστοσύνης. Εδώ παρατηρούμε ότι το μηδέν δεν ανήκει στο δ.ε. $(-28.7438, -23.8962)$.

One-Sample Test

Test Value = 0

	t	df	Significance		Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
			One-Sided p	Two-Sided p		Lower	Upper
Diffde c	-22.463	23	<.001	<.001	-26.32000	-28.7438	-23.8962

Πίνακας 3. One-sample test Δεκέμβριος $\alpha=0,05$

Τέλος, στον επόμενο πίνακα έχουμε εισάγει ως στάθμη σημαντικότητας το $\alpha=10\%$ και παρατηρούμε ότι η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται καθώς το 0 δεν ανήκει στο διάστημα εμπιστοσύνης (-41.5287, -36.2980) και άρα έχουμε μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης.

One-Sample Test

Test Value = 0

	t	df	Significance		Mean Difference	90% Confidence Interval of the Difference	
			One-Sided p	Two-Sided p		Lower	Upper
diffde c	-22.463	23	<.001	<.001	-26.32000	-28.3281	-24.3119

Πίνακας 4. One-sample test Δεκέμβριος $\alpha=0,10$

Συμπέρασμα

Η μελέτη εξετάζει την ενεργειακή κατανάλωση ενός σούπερ μάρκετ πριν και μετά την αντικατάσταση του ψυκτικού συστήματος από R449a σε CO₂. Από τα δεδομένα που αναλύθηκαν, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Μείωση Ενεργειακής Κατανάλωσης. Η αντικατάσταση του ψυκτικού συστήματος από R449a σε CO₂ έχει συμβάλει σε σημαντική μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης του καταστήματος. Οι μετρήσεις δείχνουν ότι η μέση κατανάλωση

ενέργειας έχει μειωθεί σημαντικά κατά τους μήνες που ακολούθησαν την αλλαγή, γεγονός που αποδεικνύει την αποτελεσματικότητα του νέου συστήματος ψύξης.

- Βελτίωση Ενεργειακής Αποδοτικότητας. Η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης συνοδεύεται από βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας. Το νέο σύστημα ψύξης CO₂, που είναι πιο φιλικό προς το περιβάλλον, προσφέρει καλύτερη απόδοση με χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας.
- Συμμόρφωση με Ευρωπαϊκή Νομοθεσία. Η αλλαγή του ψυκτικού μέσου ήταν αναγκαία για τη συμμόρφωση με την ευρωπαϊκή νομοθεσία σχετικά με τα φθοριούχα αέρια (F-GAS). Η μετάβαση σε ψυκτικά μέσα με χαμηλότερο δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη (GWP), όπως το CO₂, είναι απαραίτητη για τη μείωση των εκπομπών ρύπων και τη βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης.
- Σταθερότητα και Αξιοπιστία. Τα δεδομένα δείχνουν ότι το νέο σύστημα ψύξης με CO₂ λειτουργεί σταθερά και αξιόπιστα, χωρίς μεγάλες διακυμάνσεις στη θερμοκρασία και την κατανάλωση ενέργειας. Αυτό εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία του καταστήματος και την καλύτερη συντήρηση των προϊόντων.
- Κλιματικές Συνθήκες. Από την ανάλυση των θερμοκρασιών κατά τους μήνες Αύγουστο του 2021 και 2019, παρατηρείται ότι οι θερμοκρασίες ήταν συγκρίσιμες, επιτρέποντας έτσι την αντικειμενική αξιολόγηση της επίδρασης του νέου ψυκτικού συστήματος.

Συνολικά, η αντικατάσταση του ψυκτικού συστήματος από R449a σε CO₂ έχει αποδειχθεί επωφελής τόσο από περιβαλλοντικής όσο και από οικονομικής απόψεως, επιτυγχάνοντας σημαντική μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του σούπερ μάρκετ. Η χρήση φιλικών προς το περιβάλλον τεχνολογιών όχι μόνο συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών αλλά και στην αύξηση της αποδοτικότητας και της οικονομικής βιωσιμότητας των επιχειρήσεων.

Βιβλιογραφία

Ακολουθούν οι βιβλιογραφικές αναφορές (πηγές) της Εργασίας.

Márquez-Sobrino, P., Díaz-Cuevas, P., Pérez-Pérez, B., & Gálvez-Ruiz, D. (2023). Twenty years of energy policy in Europe: achievement of targets and lessons for the future. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 25(8), 2511-2527.

N. Kerr, A. Gouldson, J. Barrett. (2017). The rationale for energy efficiency policy: assessing the recognition of the multiple benefits of energy efficiency retrofit policy *Energy Pol.*, 106 pp. 212-221,

European Commission (1996) Energy for the future: renewable sources of energy. Green Paper for a Community Strategy. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:51996DC0576&rid=2> ανακτήθηκε στις 17.03.24

European Commission (1997). Energy for the future: renewable resources of energy. White Paper for a Community Strategy and Action Plan https://europa.eu/documents/comm/white_papers/pdf/com97_599_en.pdf. ανακτήθηκε στις 17.03.24

European Parliament and of the Council (2001) Directive 2001/77/EC of the Parliament and of the council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0077&from=ES>. Ανακτήθηκε στις 17.03.24

Economidou, M., Ringel, M., Valentova, M., Castellazzi, L., Zancanella, P., Zangheri, P., ... & Bertoldi, P. (2022). Strategic energy and climate policy planning: Lessons learned from European energy efficiency policies. *Energy Policy*, 171, 113225.

European Council (2011) Conclusions 4 Feb 2011. EUCO 2/11. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-2-2011-INIT/en/pdf#:~:text=The%20European%20Council%20emphasised%20that,meaningful%20dialogue%20to%20that%20end> .Ανακτήθηκε στις 17.03.24

European Parliament and of the Council (2012) Directive 2012/27/EU on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:EN:PDF>.

Ανακτήθηκε στις 17.03.24

Bertoldi P (2022) From Kyoto to Paris and Glasgow: overview of international climate agreements and regimes, their limitations, and the role of energy efficiency and sufficiency. eceee Summer Study proceedings.

Panarello D, Gatto A (2023) Decarbonising Europe—EU citizens’ perception of renewable energy transition amidst the European Green Deal. Energy Policy 172:113272

Fernández RM (2018) Conflicting energy policy priorities in EU energy governance. J Environ Stud Sci 8:239–248

Mandel T, Pató Z, Broc JS, Eichhammer W, (2022) Conceptualising the energy efficiency first principle: insights from theory and practice. Energy Efficiency 15, 41

Zondag, M.-J., Del Bufalo, N., van Benthem, M., Maleki-Dizaji, P., Heidecke, L., Brugger, H., et al. (2020). Analysis to support the implementation of the Energy Efficiency First principle in decision-making. European Commission.

Pató, Z., Cowart, R., & Rosenow, J. (2019). Efficiency first in Europe’s new electricity market design — How are we doing? ECEEE Summer Study Proceedings, 495–502.

Fleck A, Annatolitis V (2023) Achieving the objectives of renewable energy policy—insights from renewable energy auction design in Europe. Energy Policy 173:113357.

B.K. Sovacool, S. Griffiths, J. Kim, M. Bazilian (2021). Climate change and industrial F-gases: A critical and systematic review of developments, sociotechnical systems and policy options for reducing synthetic greenhouse gas emissions.

Miranda, N. D., Palafox-Alcantar, P. G., Khosla, R., & McCulloch, M. D. (2023). Metrics for the emissions of F-gas refrigerants. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 58, 103348.

Κορωνάκη Ε, Αντωνάκος Γ, Δαλαβούρας Δ, Δαλαβούρας Π, (2023). Ψύξη – Κλιματισμός κτηρίων και βιομηχανικών εφαρμογών, εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ.

P.G. Palafox-Alcantar, R. Khosla, C. McElroy, N. Miranda (2022) Circular economy for cooling: A review to develop a systemic framework for production networks Journal of Cleaner Production.,

Provornaya, I. V., Filimonova, I. V., Eder, L. V., Nemov, V. Y., & Zemnukhova, E. A. (2020). Formation of energy policy in Europe, taking into account trends in the global market. Energy Reports, 6, 599-603.

Ozili1 K. , Ercan Ozen (2023) Global Energy Crisis: Impact on the Global Economy , Pages439 – 454, Scrivener Publishing LLC

[Πληροφοριακό Σύστημα Παρακολούθησης F-GASES & ODS - \(ypen.gov.gr\)](#) ανακτήθηκε στις 16/04/24

[ΜΗΤΡΩΟ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ που ασχολούνται με ουσίες που ελέγχονται από τους Κανονισμούς \(ΕΕ\) 517/2014 και 1005/2009 \(ypen.gr\)](#) ανακτήθηκε στις 16/04/24

Won Young Park , Nihar Shah , Edward Vine , Patrick Blake , Brian Holuj , James Hyungkwan Kim , Dae Hoon Kim, (2021) Ensuring the climate benefits of the Montreal Protocol: Global governance architecture for cooling efficiency and alternative refrigerants, published by elsevier

[Κατ' εξουσιοδότηση κανονισμός - 2015/1094 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](#) ανακτήθηκε στις 08/05/24

[Άρθρο 6 – Κλιματικές ζώνες | Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας \(opengov.gr\)](#) ανακτήθηκε στις 08/05/24

Li Gong, Zhongbin Zhang, Meng Chen, Steve Taylor, Xiaolin Wang, (2023) Study on the carbon footprint of cold storage units using low-GWP alternative refrigerants, published by elsevier

Huihui Wang, Linjia Zhao, Ruoxin Cao, Weihua Zeng, (2021) Refrigerant alternative and optimization under the constraint of the greenhouse gas emissions reduction target, published by elsevier

Demirpolat, H. (2023). The energy efficiency and environmental analysis of open-type commercial display cabinet with a multi-flow air curtain design. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 60, 103555.

Chaomuang, N., Flick, D., Denis, A., & Laguerre, O. (2019). Influence of operating conditions on the temperature performance of a closed refrigerated display cabinet. International Journal of Refrigeration, 103, 32-41.

Sun, J., Im, P., Bae, Y., Munk, J., Kuruganti, T., & Fricke, B. (2021). Fault detection of low global warming potential refrigerant supermarket refrigeration system: Experimental investigation. Case Studies in Thermal Engineering, 26, 101200.

Yanfei Li, Jian Sun, Brian Fricke, Piljae Im, Teja Kuruganti, (2022) Grey-box Fault Models and Applications for Low Carbon Emission CO₂ Refrigeration System, published by Elsevier.

Giménez-Prades, P., Navarro-Esbrí, J., Udriou, C. M., & Mota-Babiloni, A. (2024). Influence of subcooling in R-449A supermarket refrigeration system and screening of refrigerant mixtures for its energetic and environmental improvement. Applied Thermal Engineering, 236, 121787.

Sun, D.-W.(2019). Computational Fluid Dynamics in Food Processing (2nd ed.). CRC Press, Taylor & Francis

Rao, G. B., & Parthiban, A. (2023). Study on cold room enhancements for commercial applications-Review. Materials Today: Proceedings, 80, 2505-2512.

- Gullo, P., Hafner, A., & Banasiak, K. (2018). Transcritical R744 refrigeration systems for supermarket applications: Current status and future perspectives. *International Journal of Refrigeration*, 93, 269-310.
- Cortella, G., D'Agaro, P., & Coppola, M. A. (2020). Transcritical CO₂ commercial refrigeration plant with adiabatic gas cooler and subcooling via HVAC: Field tests and modelling. *International Journal of Refrigeration*, 111, 71-80.
- Ossorio, R., & Navarro-Peris, E. (2023). Testing of Variable-Speed Scroll Compressors and their inverters for the evaluation of compact energy consumption models. *Applied Thermal Engineering*, 230, 120725.
- Johnson, K. (2021). Daylighting in Supermarket Retrofits to Improve Social & Economic Features. Rochester Institute of Technology.
- Faiella, I., & Mistretta, A. (2020). Energy costs and competitiveness in Europe. Bank of Italy Temi di Discussione (Working Paper) No, 1259.
- Zissis, G., Bertoldi, P., & Serrenho, T. (2021). Update on the Status of LED-Lighting world market since 2018. Publications Office of the European Union: Luxembourg.
- Ferreira, V. J., Knoche, S., Verma, J., & Corchero, C. (2021). Life cycle assessment of a modular LED luminaire and quantified environmental benefits of replaceable components. *Journal of Cleaner Production*, 317, 128575.
- Petersen, J. B. (2020). Energy-efficient control of shopping center HVAC.
- Andersson, E. (2021). Cooperation for Heat Recovery: A Case Study on Heat Utilization From a Supermarket Refrigeration System.
- Catrini, P., La Villetta, M., Kumar, D. M., Morale, M., & Piacentino, A. (2024). Analysis of the operation of air-cooled chillers with variable-speed fans for advanced energy-saving-oriented control strategies. *Applied Energy*, 367, 123393.
- Brehm, J. K., Raditsch, F. R., Hepperla, R., Ziviani, D., & Groll, E. A. (2022). Impact of High-Efficiency and Variable-Speed Motors on the Performance of a Residential Split-System Air Conditioning System.

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.