



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ  
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Τεχνοοικονομική ανάλυση και προτάσεις μείωσης κατανάλωσης  
ενέργειας σε εγκαταστάσεις επιχειρήσεων υγειονομικού  
ενδιαφέροντος**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Θεοφάνης Α. Μπιτσούνης**

**Επιβλέπων :** Χάρης Δούκας  
Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Οκτώβριος 2015





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ  
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Τεχνοοικονομική ανάλυση και προτάσεις μείωσης κατανάλωσης  
ενέργειας σε εγκαταστάσεις επιχειρήσεων υγειονομικού  
ενδιαφέροντος**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Θεοφάνης Α. Μπιτσούνης**

**Επιβλέπων :** Χάρης Δούκας  
Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 14<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2015.

.....  
Ιωάννης Ψαρράς  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Δημήτριος Ασκούνης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Χάρης Δούκας  
Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2015

.....

Θεοφάνης Α. Μπιτσούνης

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Θεοφάνης Α. Μπιτσούνης, 2015.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

---

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Απόφασης της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του ΕΜΠ, στα πλαίσια των ερευνητικών δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης.

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Επίκουρο Καθηγητή κ. Χάρη Δούκα για την ανάθεση αυτής της διπλωματικής εργασίας, την συμπαράσταση και τη συνολική υποστήριξη του για την ολοκλήρωση του πονήματος αυτού.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον Επιστημονικό Συνεργάτη του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης Δρ. Γεώργιο Παπαδάκο, που υπήρξε αρωγός στην εκπόνηση αυτής της εργασίας, οι πολύτιμες συμβουλές του οποίου συνετέλεσαν καθοριστικά στην επιτυχή διεκπεραίωση της.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες επίσης, πρέπει να αποδοθούν στη Διοίκηση της εταιρίας Everest A.E. που με απόφασή τους έγινε η συλλογή του υλικού της εργασίας. Όπως ιδιαίτερος ευχαριστώ το προσωπικό της Τεχνικής Υπηρεσίας για τη θερμή υποδοχή και την αμέριστη συμπαράστασή του, καθώς και για την εμπιστοσύνη και την καθοδήγηση που μου παρείχε ο Υπεύθυνος της Τεχνικής Υπηρεσίας κ. Μιχάλης Κατεινάς για τη συνολική βοήθεια και τις συμβουλές του και για τις πολύτιμες πληροφορίες που μου έδωσαν σχετικά με τη λειτουργία του κτιρίου.

Τέλος, θέλω να εκφράσω την ευγνωμοσύνη στον Αδερφό μου και στους Γονείς μου. Χάρη στην έμπρακτη υπομονή, την πίστη, τις θυσίες και τη στήριξη που μου προσφέρθηκαν με κάθε δυνατό τρόπο, η εκπλήρωση δύσκολων στόχων και φιλοδοξιών μου έγιναν πραγματικότητα.

Θεοφάνης Α. Μπιτσούνης  
Οκτώβριος 2015

## ABSTRACT

---

The present energy consumption due to the building sector constitutes roughly the one third of total consumption in the European Union, causing climatic changes and influencing the world energy market. The energy inspection and evaluation of buildings contribute to the efficient operation of companies, institutions and homes aiming at the improvement of energy behavior, energy and money saving as well as the respect to the environment.

A sector that has potential for improvement is the foodservice. Businesses health concern, with particularly high energy consumption because of the load number and their continuous operation. Due to the relatively large number of enterprises health concern in Greece there is a need for optimization and energy saving policies in this area.

This thesis is an energy performance evaluation in different facilities areas health concern (foodservice) of the subsidiary Everest AE of Vivartia Group, in Attica. Its realization emphasis on gathering reliable facts and is measuring the corresponding power consumption. After analyzing data related to energy installations profile, made recommendations to improve energy efficiency and assess the implementation of energy saving measures by focusing on decision logic to reduce their operating costs.

**Keywords:** measurements, energy performance evaluation, energy saving, energy audit, economic investment evaluation, Electric energy analyzer, interventions in energy improvement

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Η ενεργειακή κατανάλωση που οφείλεται στον κτιριακό τομέα αποτελεί περίπου το ένα τρίτο της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, επηρεάζοντας σημαντικά τη σύγχρονη ενεργειακή αγορά και ευθύνεται εν μέρει για τις παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές. Η ενεργειακή επιθεώρηση και αξιολόγηση των κτιρίων αναδεικνύεται ως μέτρο για την αποδοτική λειτουργία επιχειρήσεων, φορέων και κατοικιών με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς τους, την εξοικονόμηση σε χρηματικές και ενεργειακές μονάδες αλλά και το σεβασμό προς το περιβάλλον.

Ένας τομέας που έχει προοπτικές βελτίωσης, είναι η μαζική εστίαση. Οι επιχειρήσεις υγειονομικού ενδιαφέροντος, παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλές ενεργειακές καταναλώσεις, λόγω του πλήθους των φορτίων και της συνεχούς λειτουργίας τους. Λόγω του σχετικά μεγάλου αριθμού επιχειρήσεων υγειονομικού ενδιαφέροντος στην Ελλάδα προκύπτει η ανάγκη για πολιτικές βελτιστοποίησης και εξοικονόμησης ενέργειας στον τομέα αυτό.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μια αξιολόγηση ενεργειακής επίδοσης σε διαφορετικές εγκαταστάσεις χώρων υγειονομικού ενδιαφέροντος (μαζικής εστίασης) της θυγατρικής εταιρίας Everest A.E. του ομίλου Vivartia, στο Νομό Αττικής. Για την υλοποίησή της δίνεται έμφαση στην συλλογή αξιόπιστων πραγματικών δεδομένων και γίνεται αποτίμηση των αντίστοιχων καταναλώσεων ενέργειας. Μετά τη μελέτη των στοιχείων που σχετίζονται με το ενεργειακό προφίλ των εγκαταστάσεων, γίνονται προτάσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και εξετάζεται η εφαρμογή δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας με κύριο άξονα της λογικής αποφάσεων τη μείωση του κόστους λειτουργίας τους.

**Λέξεις κλειδιά:** μετρήσεις, αξιολόγηση ενεργειακής επίδοσης, εξοικονόμηση ενέργειας, ενεργειακή επιθεώρηση, οικονομική αξιολόγηση επενδύσεων, αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας, επεμβάσεις ενεργειακής βελτίωσης,





## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πρόλογος .....	3
Abstract .....	4
Περίληψη .....	5
<b>Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή</b>	
1.1 Αντικείμενο και σκοπός .....	9
1.2 Φάσεις υλοποίησης .....	10
1.3 Οργάνωση τόμου .....	11
<b>Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική ανασκόπηση</b>	
2.1 Ποιότητας ισχύος και όργανα μέτρησης	
2.1.1 Βασικές αρχές ποιότητας ισχύος .....	13
2.1.2 Αναλυτές ποιότητας ισχύος .....	15
2.2 Αξιοπιστία μετρήσεων κατανάλωσης ενέργειας με μόνιμα εγκατεστημένους μετρητές	
2.2.1 Τύποι μόνιμα εγκατεστημένων μετρητών ρεύματος .....	17
2.2.2 Πλεονεκτήματα των Έξυπνων Μετρητών .....	21
2.2.3 Αλγόριθμος χρέωσης εμπορικού τιμολόγιου Γ22 της ΔΕΗ .....	23
2.3 Εξοικονόμηση ενέργειας μέσω αντικατάστασης παλαιών λαμπτήρων από τεχνολογίας LED	
2.3.1 Εισαγωγή .....	25
2.3.2 Λαμπτήρες πυράκτωσης .....	25
2.3.3 Λαμπτήρες φθορισμού .....	26
2.3.4 LED (Δίοδος εκπομπής φωτός-Light Emitting Diodes) .....	27
2.4 Δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας μέσω της ρύθμισης της λειτουργίας κλιματιστικών συστημάτων και ψυγείων	
2.4.1 Ρυθμίσεις θερμοκρασίας κλιματισμού και θερμική άνεση .....	29
2.4.2 Βασικές αρχές ασφάλειας τροφίμων σε ψυγεία θαλάμους .....	32
2.5 Στασιμότητα σε χρονοσειρές μετρήσεων και μεθοδολογία υπολογισμού της αβεβαιότητας	
2.5.1 Στασιμότητα σε χρονοσειρές μετρήσεων .....	35
2.5.2 Μεθοδολογία υπολογισμού της αβεβαιότητας .....	38
<b>Κεφάλαιο 3: Τεχνικά χαρακτηριστικά μετρητικού εξοπλισμού, λογισμικού και περιγραφή των σημείων μέτρησης</b>	
3.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά μετρητικού εξοπλισμού .....	39
3.2 Χαρακτηριστικά εργαλείου NumXL της εφαρμογής του Excel .....	45
3.3 Χαρακτηριστικά σημείων μέτρησης	
3.3.1 Τυπική περιγραφή υπό μελέτη καταστήματος .....	49
3.3.2 Κόστος ενεργειακής κατανάλωσης τυπικού καταστήματος .....	55
3.4 Σχεδιασμός και εκτέλεση πειραμάτων	
3.4.1 Πείραμα 1: Σύγκριση καταγραφικού παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας με μετρήσεις αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας .....	63
3.4.2 Πείραμα 2: Σύγκριση καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας από διάφορους τύπους φωτιστικών σωμάτων .....	69
3.4.3 Πείραμα 3: Ανάλυση ευαισθησίας για τον παράγοντα ρύθμισης θερμοκρασίας σε κλιματιστικά και ψυγεία. ....	72

<b>Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα μετρήσεων</b>	
4.1 Αποτελέσματα και σχολιασμός μετρήσεων πρώτου πειράματος	
4.1.1 Αποτελέσματα και σχολιασμός μετρήσεων TARIGYR 400 .....	75
4.1.2 Αποτελέσματα και σχολιασμός μετρήσεων ACTARIS ACE6000 ...	80
4.2 Αποτελέσματα και σχολιασμός μετρήσεων δεύτερου πειράματος	
4.2.1 Αποτελέσματα σύγκρισης καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας από διάφορους τύπους φωτιστικών σωμάτων .....	87
4.2.2 Αποτελέσματα κατανάλωσης λαμπτήρων LED AR 111 σε διαφορετικά ηλεκτρικά κυκλώματα.....	90
4.3 Αποτελέσματα και σχολιασμός μετρήσεων τρίτου πειράματος	
4.3.1 Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας για τον παράγοντα ρύθμισης θερμοκρασίας στα κλιματιστικά .....	95
4.2.1 Αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωσης ψυγείων θαλάμων .....	98
<b>Κεφάλαιο 5: Αξιολόγηση δράσεων ενεργειακής βελτιστοποίησης</b>	
5.1 Εισαγωγή στα κριτήρια επιλογής.....	103
5.2 Εξέταση δράσεων στον φωτισμό για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας .....	107
<b>Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα και προοπτικές</b>	
6.1 Συμπεράσματα .....	111
6.2 Προοπτικές .....	113
Βιβλιογραφία .....	115
Παράρτημα Α .....	117
Παράρτημα Β .....	127

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

## 1.1 Αντικείμενο και σκοπός

Στην Ελλάδα, ο κτιριακός τομέας, οικιστικός και μη, σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας), καταναλώνει περίπου το 40% της παραγόμενης ενέργειας, με τα ελληνικά κτίρια να είναι από τα πλέον ενεργοβόρα στην Ευρώπη. Στα πλαίσια της ευρύτερης προσπάθειας για αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, η διεξαγωγή ενεργειακής επιθεώρησης και η σωστή ενεργειακή διαχείριση ενός κτιρίου δίνουν τη δυνατότητα να εντοπιστούν τα σημαντικά περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας στην κατανάλωση ηλεκτρισμού και άλλων καυσίμων για τη θέρμανση, τον κλιματισμό, το φωτισμό κλπ. Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια σημειώνεται αυξανόμενο ενδιαφέρον από πλευράς καταναλωτών για τον εξοπλισμό των κτιρίων με τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΕΞΕΝ) αλλά και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) το οποίο πλαισιώνεται από ποικίλα μέτρα οικονομικής ενίσχυσης από το κράτος (επιδότησεις, επιχορηγήσεις κλπ).

Στην Ελλάδα παρατηρείται συνεχής αυξητική τάση ενεργειακής κατανάλωσης, οι οικονομικές συνέπειες που συνεπάγεται η αλόγιστη αυτή η αυξητική τάση είναι ιδιαίτερα οδυνηρές για τους καταναλωτές. Θεμιτή θεωρείται επομένως κάθε προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας και πόσο μάλλον την εποχή αυτή που η Ελλάδα βρίσκεται αντιμέτωπη με μια δύσκολη οικονομική συγκυρία. Ο κατάλληλος κτιριακός σχεδιασμός σε συνδυασμό με τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων και συστημάτων αποτελούν παράγοντες πρωταρχικής σημασίας για την επίτευξη της επιθυμητής εξοικονόμησης ενέργειας.

Στο σημείο αυτό γίνεται κατανοητό, πόσο σημαντική πρέπει να θεωρείται η διεξαγωγή αξιολόγησης της ενεργειακής επίδοσης των συστημάτων προκειμένου να επιτευχθεί η εν λόγω εξοικονόμηση ενέργειας. Ως ενεργειακή αξιολόγηση ορίζεται μία συστηματική διαδικασία που σκοπό έχει την απόκτηση μιας επαρκούς γνώσης όσον αφορά το προφίλ της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός συστήματος. Γίνεται λεπτομερής καταγραφή του υπάρχοντος εξοπλισμού, αξιολόγηση της ενεργειακής κατανάλωσης που αυτός επιφέρει κι όλα αυτά με απώτερο σκοπό την κατά το δυνατόν αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων και την προστασία του περιβάλλοντος, μέσω του προσδιορισμού και της αξιολόγησης των αποδοτικότερων οικονομικά και των περισσότερο ρεαλιστικών τρόπων βελτιστοποίησης της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων και εξοικονόμησης ενέργειας και χρημάτων.

Ο λόγος που επιλέχθηκε ο τομέας της μαζικής εστίασης είναι η σπουδαιότητά του στη Ελληνική οικονομία. Ο διεθνής κλάδος της μαζικής εστίασης αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους και πιο δυναμικούς τομείς της παγκόσμιας οικονομίας, σημειώνοντας συνεχή άνοδο. Για την Ελληνική οικονομία, η μαζική εστίαση αποτελεί κεντρικό πυλώνα ανάπτυξης με σημαντική συνεισφορά στην απασχόληση και στις επενδύσεις. Σήμερα, η κρίση την οποία διέρχεται η ελληνική οικονομία υποδεικνύει την αναγκαιότητα υιοθέτησης δράσεων στην κατεύθυνση προσαρμογής σε ένα νέο αναπτυξιακό πρότυπο.

## 1.2 Φάσεις υλοποίησης

Προκειμένου να αποπερατωθεί η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, η οποία πραγματοποιήθηκε την περίοδο Μαρτίου 2015 – Οκτωβρίου 2015, ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία που αποτελείται από πέντε φάσεις.

### Φάση 1η: Βιβλιογραφική αναζήτηση

Κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης, πραγματοποιήθηκε αναζήτηση με σκοπό τη συγκέντρωση στοιχείων και πληροφοριών σχετικά με την ποιότητα ισχύος και τα όργανα μέτρησης, τους τύπους των μετρητών ρεύματος στο δίκτυο της ΔΕΗ, τους τύπους των λαμπτήρων που υπάρχουν στην αγορά καθώς και στα τυπικά επιτρεπτά όρια ρύθμισης της θερμοκρασίας στον κλιματισμό και τα επαγγελματικά ψυγεία.

Φάση 2η: Καταγραφή πληροφοριών και στοιχείων των καταστημάτων μαζικής εστίασης.

Κατά τη διάρκεια της φάσης αυτής, έγινε καταγραφή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού του τυπικού καταστήματος και συλλέχθηκαν όλα τα απαραίτητα στοιχεία όσον αφορά τις λειτουργίες των καταστημάτων με βάση τις ανάγκες των χρηστών. Έτσι συγκεντρώθηκαν στοιχεία αναφορικά με τα είδη του εξοπλισμού που χρησιμοποιούνται σε κάθε χώρο και τις καταναλώσεις τους προκειμένου να εκτιμηθεί η κατανάλωση ενέργειας του υπό μελέτη τυπικού καταστήματος.

Φάση 3η: Διεξαγωγή μετρήσεων με καταγραφικό εξοπλισμό.

Στην τρίτη φάση γίνεται χρήση του καταγραφικού εξοπλισμού. Με τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας, ο οποίος συνδέεται σε διακόπτες εντός πινάκων διάφορων καταστημάτων, δημιουργείται ένα πλήρες ενεργειακό προφίλ σχετικά με τις υπό μελέτη καταναλώσεις (συνολικής κατανάλωσης, καταναλώσεις για φωτισμό, καταναλώσεις κλιματισμού και ψυγείων). Με το θερμόμετρο υγρόμετρο συλλέγονται οι θερμοκρασίες για την μελέτη του κλιματισμού και των ψυγείων.

Φάση 4η: Δράσεις ενεργειακής βελτιστοποίησης και τεχνοοικονομική αξιολόγηση.

Στη φάση αυτή, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων και καθώς και σημαντικές παρατηρήσεις που αποσκοπούν στην αξιολόγηση της εξοικονομούμενης ενέργειας στα καταστήματα μαζικής εστίασης. Τέλος γίνεται μια αξιολόγηση των επενδυτικών έργων που έχει ορίσει η εταιρία μαζικής εστίασης και εξετάζεται μέσω υπολογισμού οικονομικών δεικτών κατά πόσο οι προτεινόμενες λύσεις είναι οικονομικά βιώσιμες.

Φάση 5η : Συμπεράσματα και Προοπτικές

Στην τελευταία φάση της διπλωματικής παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που εξάγονται και οι προοπτικές που αναδύονται από την παρούσα εργασία.

### 1.3 Οργάνωση τόμου

Το κύριο μέρος της διπλωματικής εργασίας αποτελείται από έξι κεφάλαια και η δομή της είναι η ακόλουθη:

- Σε πρώτη φάση παρατίθεται η περίληψη της διπλωματικής εργασίας τόσο στην ελληνική όσο και στην αγγλική γλώσσα, όπου παρουσιάζεται μια γενικότερη κατάσταση όσον αφορά στην ενεργειακή κατανάλωση αλλά και τα κυριότερα σημεία της εργασίας.
- Εν συνεχεία ακολουθεί ο πρόλογος και ο πίνακας περιεχομένων της εργασίας.
- Έπειτα σειρά έχει το παρόν Κεφάλαιο 1, το οποίο αποτελεί το εισαγωγικό κεφάλαιο όπου παρατίθενται ο σκοπός και το αντικείμενο της εργασίας, καθώς και οι φάσεις υλοποίησης της διπλωματικής.
- Το Κεφάλαιο 2 αποτελεί το θεωρητικό κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας όπου γίνεται μια αναλυτική περιγραφή για την ποιότητα ισχύος και τα όργανα μέτρηση, τους τύπους των μετρητών ρεύματος στο δίκτυο της ΔΕΗ, τους τύπους των λαμπτήρων που υπάρχουν στην αγορά καθώς και στα τυπικά επιτρεπτά όρια ρύθμισης της θερμοκρασίας στον κλιματισμό και τα επαγγελματικά ψυγεία τέλος παρουσιάζονται οι έννοιες της στασιμότητας και της αβεβαιότητας.
- Στο Κεφάλαιο 3 παρατίθενται αρχικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά του μετρητικού εξοπλισμού καθώς και μία σύντομη περιγραφή του εργαλείου NumXL. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των καταστημάτων μαζικής εστίασης και δίνεται αναλυτική περιγραφή του τυπικού καταστήματος. Τέλος παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η μεθοδολογία των πειραμάτων.
- Στο Κεφάλαιο 4 γίνεται επεξεργασία και σχολιασμός των αποτελεσμάτων τους με απώτερο σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για την εξοικονόμηση ενέργειας σε καταστήματα μαζικής εστίασης.
- Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται επενδυτικά έργα που έχει εφαρμόσει η εταιρία με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και τη βελτιστοποίηση αποδοτικότητας τα οποία και αξιολογούνται από οικονομικούς δείκτες που υπολογίζονται.
- Το Κεφάλαιο 6 που αποτελεί και το τελευταίο, αφορά την συγκεντρωτική παρουσίαση των σημαντικότερων σημείων και συμπερασμάτων που προέκυψαν από την εργασία σχετικά με την ενεργειακή συμπεριφορά και τις περαιτέρω δυνατότητες για ενεργειακή βελτίωση.

Τέλος, παρατίθενται οι βιβλιογραφικές αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν ως πηγές για την πραγμάτωση και αποπεράτωση της διπλωματικής εργασίας.

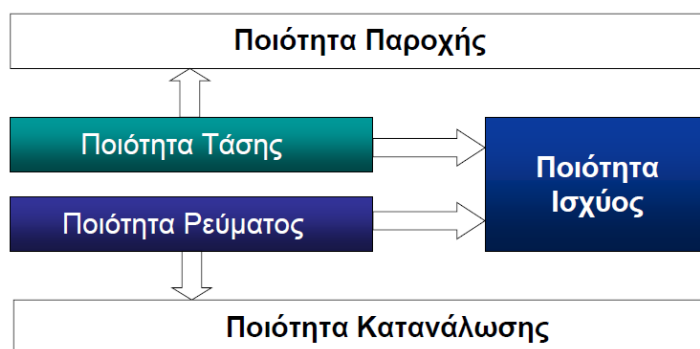


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

### 2.1 Ποιότητας ισχύος και όργανα μέτρησης

#### 2.1.1 Βασικές αρχές ποιότητας ισχύος

Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει την παραγωγή, τη μεταφορά και τελικά τη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας στον καταναλωτή. Η ηλεκτρική ενέργεια διανέμεται έπειτα μέσω της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης του τελικού καταναλωτή και φθάνει στο φορτίο. Όπως γίνεται κατανοητό η ισχύς διασχίζει μεγάλη διαδρομή, κατά την οποία παρουσιάζονται πολλές ευκαιρίες υποβάθμισης της ποιότητάς της.



**Εικόνα 2.1:** Ποιότητα ισχύος

*Εικόνα από διαφάνειες μεταπτυχιακού μαθήματος «Ποιότητα ισχύος» ΕΜΠ*

Ειδικότερα, η ποιότητα ισχύος (Εικόνα 2.1) αφορά την ποιότητα της τάσης και την ποιότητα του ρεύματος. Η ποιότητα της τάσης εξαρτάται από την ποιότητα της παρεχόμενης ενέργειας και καθορίζεται από την εταιρεία ηλεκτρισμού. Η ποιότητα του ρεύματος έχει να κάνει με τον καταναλωτή, δηλαδή την συμπεριφορά του φορτίου. Ιδανικά η ηλεκτρική ισχύς θα είχε ημιτονοειδή μορφή με πλάτος και συχνότητα που δίνονται από τα εθνικά πρότυπα ή τις προδιαγραφές του συστήματος. Στην πραγματικότητα αυτό το ιδανικό δεν θα μπορούσε να υπάρξει ποτέ.

Οι διαταραχές της ποιότητας ισχύος ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες:

- Οι **μεταβολές**, μικρές παρεκκλίσεις από μια ονομαστική τιμή
- Τα **συμβάντα**, ξαφνικές μεγάλες παρεκκλίσεις τάσης ή ρεύματος εκτός προκαθορισμένων ορίων.

Μερικές από τις παρεκκλίσεις που συναντώνται είναι:

- **Μεταβολές της τάσης:** Αύξηση ή μείωση της τάσης συνήθως λόγω της μεταβολής του φορτίου του συστήματος διανομής. Μετράται η τάση για περίοδο μιας εβδομάδας και θα πρέπει ο μέσος όρος του 95% των τιμών ( 10λεπτο) να βρίσκεται στο φάσμα  $\pm 10\%$  της ονομαστικής τιμής.
- **Φλίκερ (Flicker):** Οι τυχαίες ή επαναλαμβανόμενες διακυμάνσεις στην RMS τάση μεταξύ 90 και 110% της ονομαστικής τιμής, η οποία οδηγεί σε οπτικά αισθητή μεταβολή της έντασης του φωτός που εκπέμπει ένας λαμπτήρας.
- **Βύθιση της τάσης:** Ξαφνική μείωση της τάσης σε ποσοστό 90% έως 10% της ονομαστικής, διάρκειας 0.5 κύκλου ως 1 λεπτό.

- **Προσωρινή υπέρταση:** Διακοπτικοί χειρισμοί ή βραχυκυκλώματα που σχετίζονται με τη γείωση του δικτύου μπορούν να προκαλέσουν υπερτάσεις.
- **Μεταβατική υπέρταση:** Προκαλείται από κεραυνοπληξία, διακοπτικούς χειρισμούς ή τήξη ασφαλειών.
- **Διακοπή της τάσης:** Μείωση κάτω από 10% της ονομαστικής τιμής.
- **Ασυμμετρία:** Αφορά την RMS τιμή των τάσεων και τις γωνίες σε ένα 3φασικό σύστημα
- **Αρμονικές:** Ημιτονοειδείς τάσεις με συχνότητα ίση με ακέραιο πολλαπλάσιο της θεμελιώδους (50Hz).
- **Μεταβολές στην Συχνότητα**

Οι υπερτάσεις ανάλογα με την έντασή τους μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στον εξοπλισμό ή επανεκκίνηση συσκευών. Οι βυθίσεις συνεπάγονται συνήθως διακοπή στη λειτουργία συσκευών και επανεκκίνηση τους. Η διακοπή της τάσης εάν δεν υπάρχει σύστημα αδιάλειπτης παροχής ισχύος μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην λειτουργία των υπολογιστών ή άλλων συσκευών. Μεγάλες τιμές αρμονικών συνιστωσών προκαλούν υπερθερμάνσεις.

Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι το να παραβλέψει κανείς τις διαταραχές στην ποιότητα ισχύος μπορεί να οδηγήσει σε οικονομικές επιβαρύνσεις. Κάθε ένα από αυτά τα προβλήματα ποιότητας ισχύος έχει διαφορετική αιτία. Παραδείγματος χάριν, ένα σφάλμα στο δίκτυο μπορεί να προκαλέσει μια βύθιση που έχει επιπτώσεις σε μερικούς πελάτες και όσο υψηλότερο το επίπεδο του σφάλματος, τόσο μεγαλύτερος ο αριθμός των επηρεαζόμενων φορτίων, ή ένα πρόβλημα στο σύστημα ενός καταναλωτή μπορεί να μεταφερθεί σε άλλους καταναλωτές. Άλλα προβλήματα, όπως οι αρμονικές, προκύπτουν μέσα στην εγκατάσταση του πελάτη και μπορεί να μεταφερθούν στο δίκτυο αν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα. Η μεγάλη πλειοψηφία των προβλημάτων ποιότητας ισχύος σε ένα κτήριο δημιουργείται μέσα στο ίδιο κτήριο.

Το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE) και άλλες οργανώσεις έχουν μελετήσει αυτά τα προβλήματα για αρκετά έτη και έχουν εκδώσει οδηγίες σχεδιασμού και συνιστώμενες πρακτικές που μειώνουν κατά πολύ την επίπτωση και τη δριμύτητα των σχετικών με την ποιότητα ισχύος προβλημάτων.

Δέκα ή περισσότερα έτη πριν, λίγοι εγκαταστάτες και σχεδιαστές μπορούσαν να φανταστούν το επίπεδο μηχανοργάνωσης και εξοπλισμού που βρίσκουμε σήμερα στα κτήρια κάθε είδους. Ο σχεδιαστής των προηγούμενων δεκαετιών εύλογα κατέληγε στο σχεδιασμό μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης που ανέμενε ότι θα μπορούσε να εξυπηρετήσει τις ανάγκες του κτηρίου και των κατόχων του ικανοποιητικά και στο μέλλον. Η ενασχόληση με τις αρμονικές και άλλα προβλήματα ποιότητας ισχύος σπάνια θα τον απασχολούσε. Η αύξηση των υπολογιστών και άλλων ευαίσθητων συσκευών που χρησιμοποιούνται στο περιβάλλον των γραφείων και των καταστημάτων, έχει οδηγήσει στον σχεδιασμό των εγκαταστάσεων λαμβάνοντας υπόψη την ποιότητα ισχύος. Η ελλιπής ποιότητα ισχύος έχει επιπτώσεις στην αξιόπιστη λειτουργία των υπολογιστών και του εξοπλισμού που βασίζεται σε αυτούς, οι οποίοι είναι πλέον πανταχού παρόντες. Έχουν υπάρξει πολυάριθμα βιβλία και άρθρα σχετικά με τη διάγνωση και την διόρθωση των προβλημάτων ποιότητας ισχύος που έχουν εκδηλωθεί στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις.



### 2.1.2 Αναλυτές ποιότητας ισχύος

Ο καλύτερος τρόπος να λυθεί ένα πρόβλημα ποιότητας ισχύος είναι η πλήρης κατανόηση του φαινομένου και ο προσδιορισμός της πηγής που το προκαλεί. Οι απλές μετρήσεις σε ένα ηλεκτρικό σύστημα δεν δίνουν πάντα την απάντηση για την προέλευση του προβλήματος. Ειδικά όργανα θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν, τα οποία να είναι προσαρμοσμένα στα προβλήματα της ποιότητας ισχύος. Σήμερα διατίθενται στην αγορά οι φορητοί αναλυτές ποιότητας ισχύος και μόνιμα εγκατεστημένα συστήματα εποπτείας που πραγματοποιούν μετρήσεις ποιότητας ισχύος.

Τα όργανα αυτά μετρούν τις βασικές ηλεκτρικές παραμέτρους δηλαδή την τάση, το ρεύμα, τη συχνότητα και τη σύνθετη αντίσταση αλλά παράλληλα πραγματοποιούν ανάλυση και επεξεργασία των μετρούμενων μεγεθών ώστε να προκύψουν πληροφορίες που θα δώσουν σαφή εικόνα για την ποιότητα ισχύος της εγκατάστασης. Με τη μέτρηση της τάσης διαπιστώνεται ότι η τιμή της είναι στα επιτρεπτά όρια, η μορφή της ημιτονοειδής και η συχνότητα η προβλεπόμενη. Η RMS τιμή της τάσης θα πρέπει να είναι κοντά στην ονομαστική, 230V φασική, και η συχνότητα στα 50 Hz. Η κυματομορφή που φαίνεται στην οθόνη του οργάνου θα πρέπει να μην περιέχει πολύ εμφανείς διαταραχές. Επίσης μπορεί να μετρηθεί το ρεύμα που παρέχεται σε ένα φορτίο ταυτόχρονα με την τάση. Η συνέχεια των συνδέσεων ελέγχεται μέσω μέτρησης της αντίστασης. Αν η αντίσταση που βλέπει το όργανο είναι μεγάλη, ξεπερνά μια προκαθορισμένη τιμή, υπάρχει ανοιχτό κύκλωμα.

Για να ανιχνευτούν οι διαταραχές σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση θα πρέπει η μέτρηση να διαρκέσει κάποιο ικανό χρονικό διάστημα. Τα όργανα μέτρησης της ποιότητας ισχύος δίνουν τη δυνατότητα λήψης μετρήσεων για ένα καθορισμένο από το χρήστη χρονικό διάστημα. Μπορεί επίσης να επιλεγεί η καταγραφή μόνο συγκεκριμένων συμβάντων, για παράδειγμα όταν η τάση υπερβαίνει το 110% της ονομαστικής της τιμής. Ο αριθμός των συμβάντων που μπορούν να καταγραφούν διαφέρει για κάθε όργανο. Η ανίχνευση των γρήγορων μεταβολών της τάσης, που προκαλούν το φαινόμενο flicker, γίνεται με καταγραφή της ενεργού τιμής κάθε κύκλου της τάσης.

Η ανάλυση των αρμονικών με το φάσμα καθώς και τον υπολογισμό του THD (total harmonic distortion), είναι άλλη μια δυνατότητα που παρέχεται από τα όργανα μέτρησης της ποιότητας ισχύος. Εάν το THD είναι μικρότερο του 5% και δεν παρατηρούνται μεγάλες τιμές ανωτέρων αρμονικών το επίπεδο αρμονικών διαταραχών είναι ικανοποιητικό. Τα μη γραμμικά φορτία δημιουργούν αρμονικές στο ρεύμα το οποίο επηρεάζει την τάση. Το ρεύμα λοιπόν θα πρέπει να ελέγχεται για αρμονικές αλλά τα πρότυπα δεν είναι τόσο αυστηρά όσον αφορά την τιμή του THD.

Σε τριφασικά συστήματα υπάρχει και η δυνατότητα διανυσματικής απεικόνισης των βασικών αρμονικών συνιστωσών των τριών τάσεων. Πολλά από αυτά τα όργανα μπορούν να λειτουργήσουν και ως παλμογράφοι παρέχοντας μια πιο αναλυτική παρουσίαση των καταγραμμένων σημάτων. Επίσης τα λογισμικά που τα συνοδεύουν καθιστούν απλούστερη την περαιτέρω ανάλυση στον υπολογιστή.

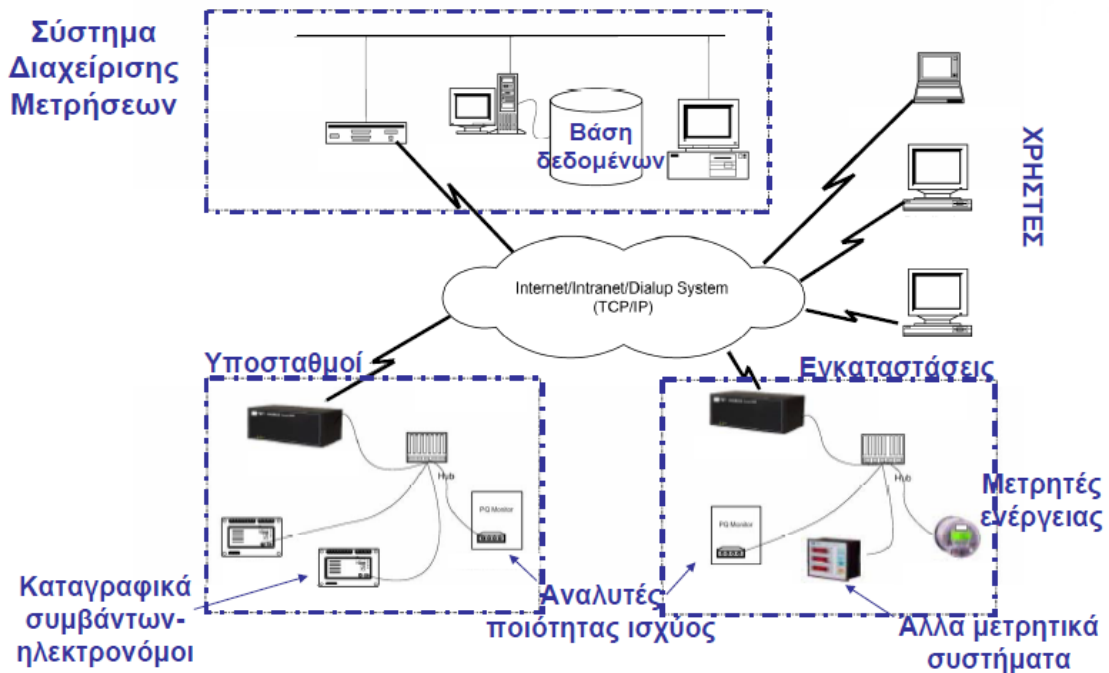
Οι φορητοί αναλυτές ποιότητας ισχύος (Εικόνα 2.2) δίνουν τη δυνατότητα περιοδικών μετρήσεων και καταγραφής συμβάντων με ένα ευρύ φάσμα ρυθμίσεων

όπως: τάση, ένταση, φαινόμενη, ενεργός, άεργος ισχύς, συντελεστής ισχύς, αρμονικές, ενδοαρμονικές, συνολική διαταραχή, ασυμμετρία, συμμετρικές συνιστώσες, διακύμανση τάσης (flickermeter), διαφορετικοί τρόποι σκανδαλισμού. Επίσης συνδέονται με υπολογιστή μέσω λογισμικού επεξεργασίας μετρήσεων για την παρουσίαση, τη στατιστική ανάλυση και τη δημιουργία εκθέσεων.



**Εικόνα 2.2:** Φορητοί αναλυτές ποιότητα ισχύος  
*Εικόνα από διαφάνειες μεταπτυχιακού μαθήματος «Ποιότητα ισχύος» ΕΜΠ*

Τα μόνιμα εγκατεστημένα συστήματα εποπτείας (Εικόνα 2.3) είναι ολοκληρωμένα συστήματα που απευθύνονται σε εταιρείες ηλεκτρισμού, βιομηχανικές ή εμπορικές εγκαταστάσεις. Τα συστήματα αυτά δίνουν τη δυνατότητα συλλογής στατιστικών στοιχείων, πληροφοριών για την άρση ανωμαλιών, στοιχείων για την καταπόνηση του εξοπλισμού και στοιχείων για την αξιολόγηση των συστημάτων προστασίας. Επίσης έχουν τη δυνατότητα να ενταχθούν σε υφιστάμενα συστήματα μετρήσεων (ενέργειας ή άλλων μεγεθών) και κάνουν χρήση βάσεων δεδομένων



**Εικόνα 2.3:** Μόνιμα εγκατεστημένα συστήματα εποπτείας  
*Εικόνα από διαφάνειες μεταπτυχιακού μαθήματος ποιότητας ισχύος ΕΜΠ*

## 2.2 Μόνιμα εγκατεστημένοι μετρητές ρεύματος

### 2.2.1 Τύποι ρολογιών

#### Εισαγωγή

Το βασικό εργαλείο για ακριβή μέτρηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ισχύος σε κτήρια είναι ο μετρητής ηλεκτρισμού. Η πλειονότητα των ήδη υπαρχόντων κτιρίων είναι εξοπλισμένη με ηλεκτρομηχανικούς μονοφασικούς ή τριφασικούς μετρητές. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί νέοι ηλεκτρονικοί μετρητές, οι οποίοι αντικαθιστούν σταδιακά τους μετρητές ηλεκτρομηχανικού τύπου.

#### Ο Επαγωγικός Μετρητής Ηλεκτρικής Ενέργειας



**Εικόνα 2.4:** Ηλεκτρομηχανικός μετρητής μετρητής



**Εικόνα 2.5:** Τριφασικοί επαγωγικοί μετρητές

Ο ηλεκτρομηχανικός μετρητής ή επαγωγικός μετρητής χρησιμοποιείται στη μέτρηση της πραγματικής ή άεργου κατανάλωσης μονοφασικών και τριφασικών παροχών. Λόγω των κατασκευαστικών βελτιστοποιήσεων αυτός ο μετρητής είναι μία συσκευή μέτρησης μεγάλης ακριβείας, που υπό ορισμένες συνθήκες μπορεί να λειτουργεί περισσότερα από 20 χρόνια χωρίς συντήρηση. Ο επαγωγικός μετρητής αποτελείται βασικά από ένα πηνίο τάσης και ένα πηνίο έντασης που διεγείρονται από τη τάση του δικτύου και την ένταση του φορτίου του καταναλωτή, ένα δίσκο-δρομέα από αλουμίνιο, του οποίου οι στροφές μεταδίδονται μέσω ενός ελικοειδούς τροχού σε έναν αριθμητήρα, και ένα μαγνήτη πέδησης. Η λειτουργία του μηχανισμού μέτρησης βασίζεται στην αλληλεπίδραση των μαγνητικών ροών των πηνίων τάσης και έντασης, που δημιουργούν ένα κινούμενο πεδίο στο δίσκο. Το πεδίο αυτό προκαλεί μια ροπή στρέψης. Ανάλογα με την ρύθμιση της εσωτερικής φασικής γωνίας των δύο κινητήριων μαγνητικών ροών και της κυκλωματικής διάταξης, επιτυγχάνεται η ροπή στρέψης να είναι ανάλογη της πραγματικής ή της άεργου ισχύος. Για μια συγκεκριμένη ταχύτητα του δίσκου όπου η κινητήριος ροπή αντισταθμίζεται από τη ροπή πέδησης του μαγνήτη, η ταχύτητα του δίσκου είναι ανάλογη της ισχύος και ο αριθμός των περιστροφών του δίσκου είναι το μέτρο για την απορροφούμενη από τον καταναλωτή ηλεκτρική ενέργεια η οποία και καταγράφεται στον αριθμητήρα. Η σταθερά (K) του μετρητή είναι ένας σημαντικός συντελεστής, ο οποίος ευρίσκεται στην πινακίδα κάθε μετρητή και εκφράζει τη σχέση: ταχύτητα δίσκου προς το φορτίο του καταναλωτή [στροφές/kWh].

Επαγωγικοί μετρητές για ενεργό, άεργο και φαινόμενη κατανάλωση κατασκευάζονται:

- Με ένα στοιχείο για μονοφασικές παροχές (Εικόνα 2.4).
- Με δύο ή τρία στοιχεία για τριφασικές παροχές (Εικόνα 2.5).

Οι μετρητές άεργου κατασκευάζονται:

- Μονοφασικοί ή τριφασικοί με εσωτερική φασική γωνία  $180^\circ$  ή  $0^\circ$ .
- Τριφασικοί ειδικής κυκλωματικής συνδεσμολογίας, συστήματα εσωτερικής φασικής γωνίας  $90^\circ$  ή  $60^\circ$ .

Οι μετρητές για μονοφασικές παροχές είναι των τύπων : 10/40 A, 15/60 A, 230 V, απλού ή διπλού τιμολογίου, κλάσεως ακριβείας 2.

Οι μετρητές για τριφασικές παροχές είναι:

- Μετρητές τριών στοιχείων 4-αγωγών 3x10/40 A, 3x10/60 A, 3x20/60 A, 3x20/100 A και 3x50/100 A, 230V/400V, για άμεση σύνδεση στο δίκτυο Χαμηλής Τάσης, απλού ή διπλού τιμολογίου, κλάσεως ακριβείας 2.
- Μετρητές – Μεγιστοδείκτες συνδεδεμένοι στο δίκτυο Χαμηλής Τάσης. Οι μετρητές αυτοί είναι τριών στοιχείων 3x10/60 A, 3x20/60 A, 3x20/100 A, 3x50/100 A και 3x1,5/6 A, μέσω μετασχηματιστών έντασης, 230/400V. Διαθέτουν ένα απαριθμητήρα μεγίστων.
- Τριφασικοί Μετρητές συνδεδεμένοι μέσω μετασχηματιστών έντασης στο δίκτυο Χαμηλής Τάσης. Οι μετρητές αυτοί είναι τριών στοιχείων 4 αγωγών ή σύνδεση αστέρα 3x1,5/6 A ή 1/6 A, 230/400V.
- Μετρητές δύο στοιχείων 3-αγωγών σύνδεση ARON 3x1,5/6 A, 100V. Συνδέονται μέσω δύο μετασχηματιστών τάσεως και δύο μ/σ εντάσεων στο δίκτυο της Μέσης Τάσης. Διαθέτουν έξοδο ρευματοθήσεων για τη σύνδεσή τους με καταγραφικό. Είναι κλάσεως ακριβείας 1.
- Μετρητές – Μεγιστοδείκτες συνδεδεμένοι στο δίκτυο Μέσης Τάσης. Οι μετρητές αυτοί είναι δύο στοιχείων, 3x1,5/6 A, 100V. Διαθέτουν δύο απαριθμητές μεγίστων.

Η καταμέτρηση στους επαγωγικούς μετρητές γίνεται από υπάλληλο καταμέτρησης της ΔΕΗ που καταγράφει την ένδειξη του μετρητή στον φορητό καταχωρητή κάθε 4 μήνες. Κάθε καταμετρητής έχει ένα συγκεκριμένο φορητό καταχωρητή το οποίο έχει μέσα όλες τις παροχές που πρέπει να ελέγξει τη συγκεκριμένη ημερομηνία στις αντίστοιχες διευθύνσεις και περνάει τις ενδείξεις που βλέπει στους μετρητές με το χέρι. Επίσης, ο φορητός καταχωρητής, δέχεται καταχωρήσεις για κάποια βλάβη που τυχόν υπάρχει στον μετρητή, αποθηκεύει ποια παροχή δεν ελέγχθηκε, λόγω απουσίας του καταναλωτή. Όλα αυτά βέβαια με καταχώρηση των πληροφοριών μέσω του υπαλλήλου καταμέτρησης. Αφού ο καταμετρητής έχει ελέγξει όλες τις παροχές που είναι περασμένες μέσα στο φορητό καταχωρητή του επιστρέφει στο τμήμα καταμέτρησης (Εικόνα 2.6) όπου τα στοιχεία περνάνε στη κεντρική βάση και από εκεί εκδίδονται και όλοι οι λογαριασμοί.



Εικόνα 2.6: Φορητοί καταχωρητές.

## Ηλεκτρονικός Μετρητής Χαμηλής Τάσης



**Εικόνα 2.7:** Ηλεκτρονικός μετρητής χαμηλής τάσης

Οι ηλεκτρονικοί μετρητές χαμηλής τάσης (Εικόνα 2.7) προσφέρουν μια πληθώρα επιπρόσθετων δυνατοτήτων, από μετρήσεις και καταγραφές απλής ενέργειας (kWh) έως και μετρήσεις και καταγραφές ενός μεγάλου αριθμού παραμέτρων ηλεκτρισμού. Αυτές οι παράμετροι περιλαμβάνουν την χρήση ενέργειας, την μέγιστη ζήτηση ισχύος σε kW ή kVA, τον συντελεστή ισχύος, την ηλεκτρική τάση, το ηλεκτρικό ρεύμα, τις διαφορετικές ζώνες ώρας και εποχών, την διαταραχή λόγω αρμονικών, καθώς και την άεργο ισχύ, kVA<sub>r</sub> κτλ. Οι ηλεκτρονικοί μετρητές θα είναι επίσης συχνά σε θέση να παρέχουν ένα παλλόμενο σήμα εξόδου το οποίο μπορεί να ενεργοποιήσει κάποιες συσκευές ελέγχου ή να ενσωματωθεί σε κάποιο δίκτυο ή να χρησιμοποιηθεί από κάποιο ειδικό όργανο καταγραφής δεδομένων, ως μέρος ενός συστήματος διαχείρισης κτιρίων (building management system - BMS) ή ενός αυτόματου συστήματος ενδείξεων μετρητών (automatic meter reading system - AMS). Η λειτουργία του είναι αρκετά διαφορετική από την λειτουργία του επαγωγικού μετρητή.

Τα πλεονεκτήματά τους είναι:

- Υψηλή ακρίβεια,
- Υπολογισμός σύνθετων μετρήσεων,
- Απομακρυσμένη αυτόματη επεξεργασία δεδομένων

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στους ψηφιακούς μετρητές ηλεκτρισμού είναι:

- Hall Effect,
- PWM,
- Analogue Multiplying IC,
- TTTC,
- Digital Multiplication.

Η τελευταία μέθοδος χρησιμοποιεί έναν A/D Μετατροπέα με multiplexed εισόδους ή έναν διαφορετικό A/D Μετατροπέα για κάθε είσοδο. Η ψηφιακή μέτρηση της ισχύος και της ενέργειας προκύπτει από δειγματοληψία και ψηφιοποίηση των στιγμιαίων τιμών της τάσης και του ρεύματος σε χρονικά διαστήματα. Ο πολλαπλασιασμός τους γίνεται ψηφιακά και προκύπτει ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων. Λόγω της υψηλής υπολογιστικής δύναμης των ψηφιακών επεξεργασιών σήματος και A/D Μετατροπέων με υψηλή ακρίβεια είναι απλό να μετρηθούν η άεργος ισχύς, η γωνία των φάσεων, ο συντελεστής ισχύος και η φαινόμενη ισχύς. Η ψηφιακή επεξεργασία των αναλογικών σημάτων παρέχει βραχυπρόθεσμη αλλά και μακροπρόθεσμη σταθερότητα καθώς και υψηλή ακρίβεια στις μετρήσεις. Η μέτρηση τέτοιας ισχύος

και ενέργειας δεν επηρεάζεται μόνο από την ανακρίβεια των αναλογικών σημάτων αλλά και από την ανακρίβεια της διαδικασίας δειγματοληψίας. Στην ασύγχρονη μέθοδο δειγματοληψίας το σφάλμα μπορεί να είναι υψηλότερο και χρειάζεται μεγαλύτερα διαστήματα υπολογισμού ούτως ώστε το σφάλμα να είναι χαμηλό. Η σύγχρονη μέθοδος δειγματοληψίας δίνει καλύτερα αποτελέσματα. Απαιτεί λιγότερο χρόνο υπολογισμού. Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό των ψηφιακών μετρητών ηλεκτρισμού είναι η ακρίβεια τους. Βασίζεται στην ακρίβεια των αναλογικών σημάτων, την ακρίβεια της A/D Μετατροπής και την ακρίβεια των ψηφιακών υπολογισμών.

Τύποι μετρητών στο υπάρχον δίκτυο:

- ACE 5000 ACTARIS (5/10A, 20/100A)
- ACE 6000 ACTARIS (5/10A, 20/100A)
- ACE 7000 ή ACTARIS - SL7000

Η εγκατάσταση των ψηφιακών μετρητών είναι ιδιαίτερα σημαντική για τους παραγωγούς ενέργειας. Τον τελευταίο χρόνο έχουν συνδεθεί με το Δίκτυο της ΔΕΗ αρκετοί παραγωγοί ρεύματος από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ΑΠΕ. Ως προς τον παλιό μετρητή δεν υπάρχει κάποια αλλαγή, ενώ για την καταγραφή των ενδείξεων, εισερχόμενης και εξερχόμενης, του σταθμού ΑΠΕ, τοποθετείτε ένας ηλεκτρονικός μετρητής δίπλα στον παλιό μετρητή, από συνεργείο της ΔΕΗ. Κατά την καταμέτρηση από τους υπαλλήλους - εργολάβους, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή, γιατί πλέον καταγράφονται 3 ενδείξεις συγχρόνως σε έναν πελάτη, κι αν έχει και μειωμένο τιμολόγιο 4 ενδείξεις.

Επειδή χρησιμοποιούνται διαφορετικού τύπου και εταιρείας μετρητές, δεν είναι εύκολη η ανάγνωση. Κατά την καταγραφή των ενδείξεων από τον καταμετρητή χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή, γιατί πρέπει να γνωρίζει να "διαβάζει" σωστά τους ηλεκτρονικούς μετρητές και πολύ περισσότερο να αναγνωρίζει τους κωδικούς και που αναφέρονται αυτοί. Πιθανά σφάλματα κατά την καταγραφή έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση ή την αύξηση των τιμολογίων.

Οι επιχειρήσεις, καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας, για την μείωση του κόστους κατανάλωσης προσλαμβάνουν σύμβουλους εξοικονόμησης ενέργειας. Οι σύμβουλοι εξοικονόμησης ενέργειας χρησιμοποιούν τα ακριβέστερα μηχανήματα, φορητούς αναλυτές ηλεκτρικής ενέργειας, και κάνουν μετρήσεις κατανάλωσης συνήθως πάνω στον πίνακα διανομής, αλλά τελικά οι επιχειρήσεις μαζικής εστίασης χρεώνονται με βάση την ένδειξη του μετρητή. Η σύγκριση ενός φορητού αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας με την ένδειξη του ηλεκτρονικού μετρητή είναι ένα από τα αντικείμενα μελέτης της παρούσας διπλωματικής, για να εξακριβωθεί κατά πόσο οι δυνατότητες ενός ηλεκτρονικού μετρητή χαμηλής τάσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλείο για την υποστήριξη λήψης αποφάσεων σχετικά με την εξοικονόμηση από τις επιχειρήσεις μαζικής εστίασης.

## **2.2.2 Πλεονεκτήματα των Έξυπνων Μετρητών**

Τα οφέλη των έξυπνων μετρητών είναι πολύπλευρα καθώς με την χρήση τους δίνεται η δυνατότητα άμεσης πληροφόρησης του καταναλωτή, του προμηθευτή και διαχειριστή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι δυνατότητες των έξυπνων μετρητών δίνουν την ευχέρεια στους άμεσα εμπλεκόμενους να μπορούν να λαμβάνουν καλύτερα αποφάσεις όσον αφορά την ορθολογική χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος. Τα πλεονεκτήματα αυτά μπορούν να αυξηθούν σημαντικά εάν προστεθούν κάποια ακόμα στοιχεία στους μετρητές όπως έλεγχος συσκευών, συστήματα διαχείρισης. Παρακάτω θα αναλύσουμε τα κυριότερα πλεονεκτήματα που εξασφαλίζει η χρήση έξυπνου μετρητή:

### **Αξιόπιστη μέτρηση και τιμολόγηση**

Με τους έξυπνους μετρητές η τιμολόγηση βασίζεται σε πραγματική και όχι σε εκτιμώμενη μέτρηση. Αυτό συντελεί στην βελτίωση του επιπέδου υπηρεσιών και κατ' επέκταση σε αυξημένο επίπεδο ικανοποίησης του πελάτη. Επιπροσθέτως οι έξυπνοι μετρητές παρέχουν την δυνατότητα απομακρυσμένης ενεργοποίησης ή απενεργοποίησης και έτσι είναι ευκολότερη η αλλαγή εταιρίας παροχής. Το λειτουργικό κόστος μειώνεται από την μη χρησιμοποίηση ανθρώπινου δυναμικού για την ανάγνωση των αποτελεσμάτων. Επίσης πιο συχνή και πιο ακριβείς ανάγνωση αποτελεσμάτων έτσι θα υπάρχει μικρότερο ποσοστό παραπόνων άρα και μικρότερο λειτουργικό κόστος της εταιρίας στον τομέα της εξυπηρέτησης πελατών. Η ικανότητα των προμηθευτών να γνωρίζουν τα κριτήρια αγοράς των καταναλωτών δίνουν την δυνατότητα για μεγαλύτερη προσαρμογή των πακέτων τιμολόγησης στις ανάγκες του καταναλωτή. Οι διαφοροποιήσεις που μπορούν να γίνουν ποικίλουν καθώς μπορεί να ξεκινούν από την τιμή του ρεύματος γενικά μέχρι και την διαφοροποίηση της τιμής ανά ώρα λειτουργίας.

### **Βελτίωση της υποδομής του δικτύου και της διαχείρισης**

Η ικανότητα για στιγμιαία περιγραφική πληροφόρηση του δικτύου όπως η τάση, η σταθερότητα, το φορτίο και οι απώλειες όλου του δικτύου χαμηλής τάσης, επιτρέπει την εξομάλυνση της λειτουργίας του δικτύου διανομής. Η ακριβείς πληροφορίες μπορούν να βελτιώσουν συνολικά το επενδυτικό πλάνο. Τέτοιου τύπου πληροφόρηση μπορεί να βοηθήσει στην χρηματοδότηση για επέκταση του δικτύου όπως και την βελτίωση του. Επίσης αυξάνεται η σταθερότητα του δικτύου και η αξιοπιστία του συστήματος. Οι ενεργειακές απώλειες των εταιριών λόγω κακού υπολογισμού ζήτησης και προσφοράς, τομέας που θα παρουσιάσει άμεση βελτίωση από την συλλογή στοιχείων μέσω των έξυπνων μετρητών.

### **Εξοικονόμηση ενέργειας**

Η αφύπνιση του καταναλωτικού κοινού είναι ένα μείζων σημασίας ζήτημα. Ο έξυπνος μετρητής, ως μια συσκευή καταγραφής της κατανάλωσης ενέργειας, προσφέρει πληροφορίες για διαφορετικές ώρες της μέρας. Με αυτό τον τρόπο δίνεται στον καταναλωτή να προσαρμόσει την ενεργειακή του κατανάλωση και να εξορθολογήσει τους λογαριασμούς του. Όσο πιο ακριβείς και άμεση είναι η πληροφορία της κατανάλωσης στον χρήστη τόσο αυξάνονται οι πιθανότητες να μειώσει την σπατάλη της ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτός ο τρόπος κρίνεται πιο

αποτελεσματικός καθώς με το τωρινό σύστημα ο καταναλωτής μαθαίνει την ώρα που του έρχεται ο λογαριασμός. Υπάρχει επίσης δυνατότητα μέσω κατάλληλου λογισμικού να γίνει η τροποποίηση σε kWh ή ακόμα και σε CO<sub>2</sub>, έτσι μπορεί να επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερη μείωση καθώς ο καταναλωτής θα βρεθεί αντιμέτωπος με την περιβαλλοντική του συνείδηση.

### **Αύξηση του ποσοστού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε.**

Η άμβλυνση στο ποσοστό χρήσης των Α.Π.Ε. στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα θέμα ιδιαίτερης σημασίας ειδικά όσο αναφορά της. Παρόλο που το κομμάτι που έχει να κάνει με τον καιρό έχει βελτιωθεί σημαντικά και πρόκειται να βελτιωθεί περισσότερο θα υπάρχουν πάντα προβληματισμοί στην χρήση της αιολικής και ηλιακής ενέργειας. Στη διαχείριση φωτοβολταϊκών δεν είναι πλέον απαραίτητο να συνδέσουμε ξεχωριστό μετρητή για να παρακολουθήσουμε την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα φωτοβολταϊκά, καθώς πλέον συνδέονται κατευθείαν με τον μετρητή και δίνουν πληροφορίες π.χ. παραγωγή ανά ημέρα που δεν ήταν δυνατές μέχρι στιγμής.

### **Ευκολότερη σύγκριση της αγοράς και αλλαγή παρόχου**

Με την χρήση των έξυπνων μετρητών και λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία που δίνουν υπάρχει η δυνατότητα αξιολόγησης για το ποια προσφορά είναι συμφέρουσα. Κατ' επέκταση δίνεται η δυνατότητα γρήγορης μετάβασης μεταξύ δυο παρόχων καθώς η ανάγνωση των στοιχείων μπορεί να γίνει ανά πάσα στιγμή άρα και η μεταβίβαση. Η αυτοματοποίηση της διαδικασίας αλλαγής διευκολύνει μια προηγουμένως χρονοβόρα γραφειοκρατική διαδικασία.


### **Εντοπισμός σφάλματος δικτύου**

Με τους συμβατικούς μετρητές όταν υπήρχε κάποιο πρόβλημα στην ηλεκτροδότηση ο καταναλωτής θα έπρεπε να ενημερώσει τον διαχειριστή. Πλέον ο έξυπνος μετρητής αναλαμβάνει την δουλειά αυτή στέλνοντας απευθείας σήμα στον κεντρικό υπολογιστή μειώνοντας έτσι το χρόνο εντοπισμού της βλάβης. Επιπλέον ο διαχειριστής μπορεί να ενημερώσει τους καταναλωτές σε τυχόν περίπτωση βλάβης ή προγραμματισμένης διακοπής ηλεκτροδότησης συντελώντας έτσι σε καλύτερη παροχή υπηρεσιών. Όπως είναι προφανές ο χρόνος αποκατάστασης μιας βλάβης μειώνεται σημαντικά, μειώνοντας ταυτόχρονα το κόστος λειτουργίας των ομάδων αποκατάστασης βλαβών μέσω εγκυρότερης πληροφόρησης. Τα κέρδη απ αυτό μπορεί να είναι πολλά εφόσον ο διαχειριστής συμμετέχει σε πρόγραμμα επιβολής ποινής σε περίπτωση αργοπορημένης αποκατάστασης βλάβης. Οι έξυπνοι μετρητές παρέχουν ακριβείς πληροφορίες σχετικά με τις απώλειες δικτύου αναλογικά με τη περιοχή.



### 2.2.3 Αλγόριθμος χρέωσης εμπορικού τιμολόγιου Γ22 της ΔΕΗ

Η τιμολογιακή πολιτική της ΔΕΗ για την περίοδο 2012-2014 καθώς και οι τύποι υπολογισμού και η μεθοδολογία υπολογισμού της αξίας του ηλεκτρικού ρεύματος παρουσιάζονται στους πίνακες αντίστοιχα (Πίνακες 2.1 και 2.2).

Χρεώσεις Προμήθειας	Χρέωση Ισχύος (€/kW/μήνα)	Χρέωση Ενέργειας (€/kWh)	ΕΙΔ.ΤΕΛΟΣ CO2 €/kWh	
			2012	0,00738
(πριν από την 1.1.2013)	2,54	0,07110		0,00752
(με ισχύ από την 1.1.2013)	2,54	0,08259		0,00953
				0,01081
				0,01491
				0,02177
(με ισχύ από την 25.7.2014)	2,2	0,08259		0,02889
			2015	0,03089

ΠΑΓΕΙΑ ΧΡΕΩΣΗ (€/μήνα)	0,53
ΛΟΙΠΕΣ ΧΡΕΩΣΕΙΣ (€/kWh)	0,00046
ΕΙΔ.ΤΕΛΟΣ (€/kWh)	0,00068
ΕΦΚ (€/kWh)	0,005
ΦΟΡΟΣ	13%

Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις Ημέρας	ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ		ΛΟΙΠΕΣ ΧΡΕΩΣΕΙΣ (€/kWh)	ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ		
	Ισχύος (€/kVA*)	Χρέωση Ενέργειας (€/kWh)		Χρέωση (€/kVA* ΣΙ/έτος) (για παροχή (Μοναδιαία Μεταβλητή	ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΚΟΙΝΗΣ ΩΦΕΛΕΙΑΣ (€/kWh)	
(πριν από την 1.2.2013)	0,7	0,00576	0,00046	3,85	0,1710	0,01824
(με ισχύ από την 1.2.2013)	0,6	0,00527	0,00046	3,61	0,0159	0,01824
(με ισχύ από την 1.6.2014)	0,52	0,00454	0,00046	3,85	0,0167	0,01824

**Πίνακας 2.1:** Χρεώσεις εμπορικού τιμολόγιου Γ22 ( για παροχή > 25kVA)

ΣΥΜΦΩΝΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΠΑΡΟΧΗΣ	55KVA	
ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΗΜΕΡΕΣ	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΑ ΜΕΓΕΘΗ ΑΠΟ ΤΗ ΔΕΗ
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	kWh	
ΧΡΕΩΣΤΕΑ ΖΗΤΗΣΗ	kW	
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ	cosφ	
<b>Α</b>		
A	ΠΑΓΕΙΑ ΧΡΕΩΣΗ	ΗΜΕΡΕΣ*0,53€/30
B	ΧΡΕΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	kWh*0,08259€/kWh
Γ	ΧΡΕΩΣΗ ΙΣΧΥΟΣ	kW*2,2€/kW
<b>ΧΠΡ=A+B+Γ ΧΡΕΩΣΗ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (€)</b>		
Δ	ΕΛ.ΣΥΣ. ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	[(0,52€/kVA*55kVA*ΗΜΕΡΕΣ/365) +(kWh*0,00454€/kWh)]
E	ΕΛ.ΣΥΣ. ΔΙΑΝΟΜΗΣ	[(3,85€/kVA*55kVA*ΗΜΕΡΕΣ/365) +(( kWh*0,0167€/kWh)/cosφ)]
Z	ΚΟΙΝΗΣ ΩΦΕΛΕΙΑΣ	kWh*0,01824€/kWh
H	ΕΙΔ.ΤΕΛΟΣ CO2	kWh*0,03089€/kWh
Θ	ΛΟΠΙΕΣ ΧΡΕΩΣΕΙΣ	kWh*0,00046€/kWh
<b>PX=Δ+E+Z+H+Θ ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΕΣ ΧΡΕΩΣΕΙΣ (€)</b>		
I	ΕΙΔ.ΤΕΛΟΣ	kWh*0,00068€/kWh
K	ΕΦΚ	kWh*0,005€/kWh
<b>ΔX=I+K ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΕΩΣΕΙΣ (€)</b>		
<b>ΧHP=ΧΠΡ+PX+Δ ΧΡΕΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (€)</b>		
X		
Λ	ΦΠΑ	(XHP-K)*13%
<b>ΣΑHP=ΧHP+Λ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜ. &amp; ΦΠΑ (€)</b>		

**Πίνακας 2.2:** Μεθοδολογία υπολογισμού αξίας ηλεκτρικού ρεύματος

## 2.3 Τύποι φωτιστικών λαμπτήρων

### 2.3.1 Εισαγωγή

Οι λαμπτήρες είναι τεχνητές πηγές φωτός, οι οποίες μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε φωτεινή. Ανάλογα με τη δέσμη που παρέχουν, οι λαμπτήρες διακρίνονται σε λαμπτήρες πυράκτωσης, φθορισμού και εκκένωσης αερίου, και δίοδοι εκπομπής φωτός (LED).

Οι επιλογές όσον αφορά τους λαμπτήρες μετά τη κατάργηση των συμβατικών λαμπτήρων πυράκτωσης στην αγορά της ΕΕ ( 2012 ):

- Βελτιωμένοι λαμπτήρες πυράκτωσης (με τεχνολογία αλογόνου) - είναι πλήρως ισοδύναμοι με τους παραδοσιακούς λαμπτήρες πυράκτωσης από πλευράς σχήματος και ποιότητας φωτισμού, αλλά πιο αποδοτικοί.
- Λαμπτήρες φθορισμού μικρού μεγέθους – έχουν μεγάλη απόδοση και μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Δίοδοι εκπομπής φωτός (LED) – έχουν μεγάλη απόδοση και μεγάλη διάρκεια ζωής (πλέον σύγχρονη τεχνολογία).

### 2.3.2 Λαμπτήρες πυράκτωσης



**Εικόνα 2.8:** Λαμπτήρες πυράκτωσης

Η λειτουργία των λαμπτήρων πυράκτωσης (Εικόνα 2.8), με ή χωρίς αλογόνο, βασίζεται στην παραγωγή ακτινοβολίας, με την βοήθεια ηλεκτρικού ρεύματος και απουσία οξυγόνου, εξαιτίας της υπερθέρμανσης νήματος από βολφράμιο, μέταλλο με πολύ υψηλό σημείο τήξης , το οποίο διαθέτουν μέσα στο γυάλινο περίβλημα. Έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής, περίπου 1000 ώρες, προσφέρουν όμως καλή απόδοση χρωμάτων και μικρό κόστος. Μόνο το 10-20% της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται σε φωτεινή ενέργεια.

Οι λαμπτήρες αλογόνου, κατατάσσονται στους λαμπτήρες πυράκτωσης και αποτελούν εξέλιξη τους. Λειτουργούν με τη διαβίβαση ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ίνας βολφραμίου, που είναι κλεισμένη σε σωλήνα που περιέχει αέριο αλογόνου. Οι λαμπτήρες αλογόνου έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι πιο αποτελεσματικοί, με

μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως. Είναι σχετικά μικροί σε μέγεθος και ελέγχονται με ροοστάτη. Τα μειονεκτήματά τους είναι ότι είναι πιο ακριβοί και καίγονται σε πολύ υψηλότερη θερμοκρασία, που θα μπορούσε ενδεχομένως, υπό συνθήκες, να αποτελέσει κίνδυνο πυρκαγιάς. Οι λαμπτήρες αλογόνου οικιακής τάσης δεν πληρούν τις νέες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για τους οικιακούς λαμπτήρες, σε αντίθεση με τους λαμπτήρες αλογόνου χαμηλής τάσης. Ωστόσο, κυκλοφορούν ήδη στην αγορά εναλλακτικά προϊόντα λαμπτήρων αλογόνου με ξένο (Xn), οι οποίοι καταναλώνουν 20-25% λιγότερη ενέργεια παράγοντας το ίδιο φως σε σχέση με τους καλύτερους συμβατικούς λαμπτήρες πυράκτωσης. Με κανονική χρήση οι λαμπτήρες αλογόνου έχουν διπλάσια διάρκεια ζωής ως 2 χρόνια.

Οι βελτιωμένοι λαμπτήρες πυράκτωσης:

- Έχουν ίδια μορφή και σχήμα με τους συμβατικούς λαμπτήρες πυράκτωσης.
- Παράγουν το ίδιο δυνατό και καθαρό φως.
- Δίνουν το μέγιστο της φωτεινότητάς τους αμέσως μόλις ανάψουν.
- Προσφέρουν πάντοτε τη δυνατότητα αυξομείωσης της έντασης.
- Δεν επηρεάζονται από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Έχουν φθηνότερη τιμή αγοράς.

Μειονεκτήματα:

- Δεν εξοικονομούν τόση ενέργεια όσο άλλοι λαμπτήρες αυτού του είδους.
- Διαρκούν πολύ λιγότερο, 1-2 χρόνια, από άλλους λαμπτήρες, 6-10 χρόνια οι λαμπτήρες φθορισμού μικρού μεγέθους και ως 25 οι λαμπτήρες LED.
- Είναι ακριβότεροι συνολικά, υψηλότερο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας, συχνότερη αντικατάσταση.
- Διατίθενται μόνο σε "ζεστό λευκό" χρώμα φωτός, γεγονός που περιορίζει το εύρος των χρήσεων.
- Υπερθερμαίνονται κατά τη χρήση, όπως οι παλιοί λαμπτήρες.

### 2.3.3 Λαμπτήρες φθορισμού



**Εικόνα 2.9:** Λαμπτήρες φθορισμού

Οι λαμπτήρες φθορισμού (Εικόνα 2.9) αποτελούνται από ένα γυάλινο σωλήνα που εσωτερικά είναι επικαλυμμένος με φθορίζουσα ουσία και στα άκρα του έχει από ένα ζεύγος ηλεκτροδίων που καταλήγει εσωτερικά σε ένα χοντρό νήμα από βολφράμιο.

Για να λειτουργήσουν οι λαμπτήρες φθορισμού χρειάζονται ένα στραγγαλιστικό πηνίο (ballast) και έναν εκκινητή (starter) σε κατάλληλη συνδεσμολογία. Εντός του σωλήνα φθορισμού, δημιουργείται μία ηλεκτρική εκκένωση και παράγεται φως, το οποίο στο μεγαλύτερο μέρος του δεν είναι ορατό. Η μετατροπή του σε ορατό, γίνεται από την φθορίζουσα ουσία που υπάρχει στην εσωτερική επιφάνεια του σωλήνα. Οι λαμπτήρες φθορισμού έχουν υψηλή απόδοση και εξοικονομούν ενέργεια κατά τη λειτουργία τους. Διατίθενται σε πολλούς τύπους. Οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού CFL (Compact Fluorescent Lamps), που δημιουργήθηκαν για να αντικαταστήσουν τους συμβατικούς λαμπτήρες πυράκτωσης, λειτουργούν όπως οι λαμπτήρες φθορισμού, αλλά έχουν μικρότερο μέγεθος.

Η λειτουργία των απλών λαμπτήρων φθορισμού μικρού μεγέθους επηρεάζεται από ορισμένους παράγοντες, όπως η συχνότητα χρήσης και οι ακραίες θερμοκρασίες. Η ένταση τους δεν αυξομειώνεται, ενώ από τη στιγμή που θα ανάψουν μέχρι τη στιγμή που θα δώσουν το μέγιστο της φωτεινότητάς τους μεσολαβεί κάποιος χρόνος.

Στην αγορά σήμερα κυκλοφορούν λαμπτήρες φθορισμού μικρού μεγέθους με δυνατότητα αυξομείωσης της έντασης, ενώ διατίθενται ροοστάτες (dimmer) αυξομείωσης έντασης για κάθε λαμπτήρα εξοικονόμησης ενέργειας. Η συσκευασία αναγράφει για τη δυνατότητα αυξομείωσης της έντασης φωτός καθώς και την αντοχή σε ακραίες θερμοκρασίες. Βάσει των νέων κανόνων πρέπει να ανάβουν σε 2 δευτερόλεπτα το πολύ και να φτάνουν στο 60% της μέγιστης φωτεινότητάς τους εντός 1 λεπτού. Ο χρόνος προθέρμανσης πρέπει να αναγράφεται στη συσκευασία.

Οι λαμπτήρες φθορισμού μικρού μεγέθους είναι πάντοτε ημιδιαφανείς, ματ, και ως εκ τούτου μπορούν να παράγουν μόνο μαλακό φως, αντίστοιχο με εκείνο των ημιδιαφανών λαμπτήρων πυράκτωσης.

Πλεονεκτήματα των λαμπτήρων φθορισμού μικρού μεγέθους:

- Καταναλώνουν έως 80% λιγότερη ενέργεια από τους συμβατικούς λαμπτήρες πυράκτωσης.
- Αποφέρουν εξοικονόμηση έως 60 ευρώ κατά τη διάρκεια ζωής ενός λαμπτήρα.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια που μπορεί να ανέλθει και στις 10.000 ώρες, διαρκούν 6-10 χρόνια.
- Λόγω χαμηλής θερμοκρασίας λειτουργίας δεν ενέχουν κίνδυνο πρόκλησης πυρκαγιάς.
- Προσφέρουν περισσότερες επιλογές χρωμάτων φωτός, θερμοκρασίες χρώματος.

### 2.3.4 LED (Δίοδος εκπομπής φωτός-Light Emitting Diodes)

Οι δίοδοι φωτοεκπομπής LED (Εικόνα 2.10) είναι ημιαγωγοί που μεταδίδουν φως σε συγκεκριμένα μήκη κύματος, ή χρώματος, όταν τους διαπεράσει ηλεκτρικό φορτίο. Το χρώμα του φωτός που εκπέμπεται εξαρτάται από τη χημική σύνθεση του ημιαγωγού. Αυτός ο τύπος εκπέμπει ορατό φως με μειωμένη παραγωγή θερμότητας. Η τεχνολογία LED πρόκειται για μια τεχνολογία που αναπτύσσεται ραγδαία και θα μπορούσε στο μέλλον να αντικαταστήσει αποτελεσματικά τις συμβατικές τεχνολογίες.



**Εικόνα 2.10:** LED (Δίοδος εκπομπής φωτός-Light Emitting Diodes)

Οι λαμπτήρες LED είναι ανθεκτικοί και με μεγάλη διάρκεια ζωής, έως και 25 έτη. Δεν χρησιμοποιούν υδράργυρο ή άλλες επικίνδυνες ύλες. Κάποιοι λαμπτήρες LED είναι ευαίσθητοι στη θερμοκρασία και δεν έχουν δυνατότητα αυξομείωσης της έντασης, αν και υπάρχουν ειδικοί λαμπτήρες για αυτές τις περιπτώσεις. Όταν καίγονται, δεν πρέπει να τοποθετούνται μαζί με τα οικιακά απορρίμματα.

Οι λαμπτήρες LED που διατίθενται επί του παρόντος στο εμπόριο έχουν χαμηλή έως μεσαία φωτεινότητα, μικρότερη από εκείνη ενός λαμπτήρα πυράκτωσης 75W.

Πλεονεκτήματα των λαμπτήρων LED:

- Καταναλώνουν έως 80% λιγότερη ενέργεια από τους συμβατικούς λαμπτήρες πυράκτωσης.
- Εξασφαλίζουν εξοικονόμηση κόστους κατά τη διάρκεια ζωής τους.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια που μπορεί να ανέλθει και στις 40.000-50.000 ώρες.
- Λόγω χαμηλής θερμοκρασίας λειτουργίας δεν ενέχουν κίνδυνο πρόκλησης πυρκαγιάς.
- Μπορούν να αναβοσβήνουν συχνά χωρίς πρόβλημα.
- Δίνουν το μέγιστο της φωτεινότητάς τους αμέσως μόλις ανάψουν.
- Προσφέρουν περισσότερες επιλογές χρωμάτων φωτός, θερμοκρασίες χρώματος.
- Εξασφαλίζουν δυνατό, καθαρό ή μαλακό φως, ανάλογα με τις ανάγκες.

## 2.4 Δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας μέσω της ρύθμισης της λειτουργίας κλιματιστικών συστημάτων και ψυγείων

### 2.4.1 Ρυθμίσεις θερμοκρασίας κλιματισμού και θερμική άνεση

Ο ολοκληρωμένος σχεδιασμός ενός κτιρίου θα πρέπει να έχει ως στόχο τη βελτιστοποίηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων στο εσωτερικό του. Οι παράμετροι που θα εξεταστούν σε αυτή την διπλωματική οριοθετούν τη θερμική άνεση στο εσωτερικό του κτιρίου. Σύμφωνα με την Αμερικανική Επιστημονική Εταιρία Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning), ως θερμική άνεση ορίζεται η κατάσταση του μυαλού κατά την οποία ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή του εσωτερικού περιβάλλοντος και εκφράζει ικανοποίηση με τις επικρατούσες θερμικές συνθήκες. Όπως είναι προφανές η κατάσταση στην οποία ένα άτομο αισθάνεται θερμικά άνετα έχει υποκειμενικό χαρακτήρα. Έτσι στον ίδιο χώρο είναι δυνατόν κάποιο άτομο να εκφράζει την ικανοποίησή του για τις θερμικές συνθήκες, ενώ κάποιο άλλο άτομο τη δυσαρέσκειά του. Οι δύο πιο σημαντικοί παράμετροι που επηρεάζουν τη θερμική άνεση είναι η θερμοκρασία του αέρα [°C] και η υγρασία [%]

Ο άνθρωπος διαθέτει μηχανισμούς οι οποίοι ως στόχο έχουν να διατηρούν τη θερμική κατάσταση του σώματος σταθερή και να την προσαρμόζουν στις συνθήκες του περιβάλλοντος. Εξισορροπώντας τα θερμικά κέρδη και τις απώλειες θερμότητας ,αυξομείωση των καύσεων, εφίδρωση, το ανθρώπινο σώμα καθορίζει την αναφερθείσα ροή θερμότητας. Ο άνθρωπος θεωρεί το περιβάλλον του ως θερμικά άνετο όταν δεν υπάρχει κάποιο σήμα από τα αισθητήρια όργανα για πτώση ή άνοδο της θερμοκρασίας του σώματος. Αυτή η κατάσταση μπορεί να περιγραφεί ως θερμική ισορροπία (Εικόνα 2.11). Έτσι, σε μια τέτοια κατάσταση ένα άτομο δεν αισθάνεται ούτε κρύο ούτε ζεστό.



**Εικόνα 2.11:** Κατάσταση θερμικής ισορροπίας

*Εικόνα από διαφάνειες μαθήματος «Περιβαλλοντική Ποιότητα του Εσωτερικού Χώρου» ΑΠΘ*

### Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του αέρα είναι αναμφισβήτητα καθοριστική παράμετρος όταν αναφερόμαστε στο εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου. Επηρεάζει την άνεση με πολλούς τρόπους και σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες αποτελεί το κλειδί για το ενεργειακό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος, την αίσθηση του θερμικού περιβάλλοντος, την άνεση, τη δυσφορία και την αίσθηση της ποιότητας εσωτερικού αέρα.

Παράμετροι που επηρεάζουν τη θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό ενός κτιρίου:

- Το εξωτερικό περιβάλλον.
- Ο προσανατολισμός του κτιρίου.
- Τα υλικά κατασκευής και τα υλικά θερμομόνωσης του κτιρίου.

- Ο τρόπος αερισμού του κτιρίου, μηχανικός ή φυσικός.
- Ο τρόπος σχεδιασμού, κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης ενός μηχανικά αεριζόμενου κτιρίου.
- Ο τρόπος σχεδιασμού ενός φυσικά αεριζόμενου κτιρίου.
- Ο τρόπος σχεδιασμού, κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος θέρμανσης και του συστήματος ψύξης του κτιρίου.
- Ο τύπος και ο αριθμός των ηλεκτρικών συσκευών, μηχανημάτων ή εξοπλισμού γραφείων που υπάρχουν στο κτίριο και παράγουν θερμότητα, π.χ. οθόνες Η/Υ.
- Ο τρόπος λειτουργίας του κτιρίου και των συστημάτων αερισμού, θέρμανσης και ψύξης από τους χρήστες του κτιρίου.

Το πρόβλημα που εντοπίζεται στη μελέτη της θερμοκρασίας ως παραμέτρου της θερμικής άνεσης έγκειται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει μια τιμή της θερμοκρασίας που να αποτελεί τη βέλτιστη λύση, αλλά ένα πεδίο τιμών της ως συνάρτηση και άλλων παραγόντων. Το ανθρώπινο σώμα αντιλαμβάνεται τη θερμοκρασία του αέρα (και των άλλων παραμέτρων του θερμικού περιβάλλοντος) από τα αισθητήρια όργανα του δέρματος και του υποθαλάμου ρυθμίζοντας τη θερμοκρασία του.

Η προδιαγραφή της θερμοκρασίας άνεσης (Πίνακας 2.3) γενικότερα είναι δύσκολη εξαιτίας κυρίως του μεγάλου αριθμού παραγόντων που επηρεάζουν τη διατήρηση μιας θερμοκρασίας σ' ένα χώρο και των παραγόντων που επηρεάζουν την 'καταγραφή' αυτής της θερμοκρασίας ως άνετης ή όχι από το ανθρώπινο σώμα.

ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΓΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΤΟ ΧΕΙΜΩΝΑ (ΤΟΤΕΕ 2425/86)			
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΧΩΡΟΥ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ	
Κατοικίες	22	30-50	
Κτίρια γραφείων	21-23	30-35	
Βιβλιοθήκες - Μουσεία	20-22	40-50	
Νοσοκομεία	24	30	
Εστιατόρια και Κέντρα διασκέδασης	21-23	30-40	
ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΓΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΤΟ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ (ΤΟΤΕΕ 2425/86)			
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΧΩΡΟΥ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ	
Κατοικίες	25-26	40-50	
Κτίρια γραφείων	25-26	40-50	
Βιβλιοθήκες - Μουσεία	22	40-55	
Εστιατόρια και Κέντρα διασκέδασης	23-26	50-60	
Εκπαιδευτικά κτίρια	26	45-50	
Νοσοκομεία	Αίθουσες	24	45-50
	Χειρουργεία	20-24	50-60
	Αναρρωτήρια	24	50-60

**Πίνακας 2.3:** Συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού για κλιματιζόμενους χώρους σύμφωνα με την τεχνική οδηγία 2425/86 του ΤΕΕ



## Υγρασία

Η υγρασία, μαζί με τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, αποτελούν τα δυσκολότερα μεγέθη κατά την αξιολόγηση του εσωκλίματος και εκφράζεται με σχετικούς και απόλυτους όρους. Ως ορισμός η υγρασία είναι το ποσό των υδρατμών που υπάρχει στον αέρα. Η σχετική υγρασία, που χρησιμοποιείται συχνότατα στην αξιολόγηση της θερμικής άνεσης, εκφράζεται ως ποσοστό του κορεσμένου αέρα σε υδρατμούς.

Συνοπτικά, η υγρασία του αέρα επηρεάζει τους εξής τρεις μηχανισμούς του ανθρώπινου σώματος:

- Το μηχανισμό διάχυσης των υγρών υπό τη μορφή αερίων του σώματος μέσω του δέρματος.
- Το μηχανισμό εξάτμισης του ιδρώτα από την επιφάνεια του δέρματος.
- Το μηχανισμό ύγρανσης του εισπνεόμενου αέρα.

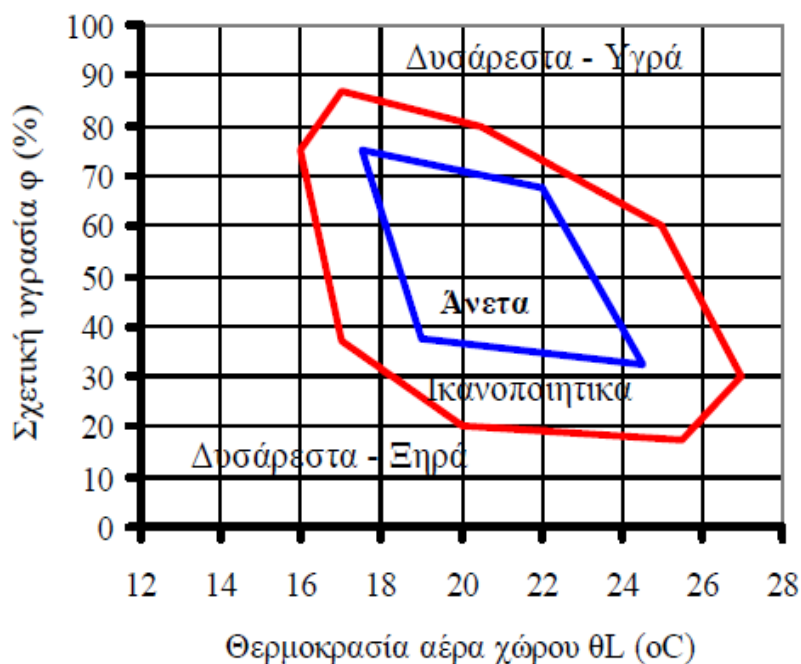
Οι μηχανισμοί της διάχυσης και της εξάτμισης εξαρτώνται άμεσα από τη σχετική υγρασία του αέρα. Αν το περιεχόμενο του αέρα είναι υψηλό σε υδρατμούς, σχετική υγρασία  $> 60\% - 70\%$ , και η θερμοκρασία του αέρα υψηλή, το ανθρώπινο σώμα ενεργοποιεί το μηχανισμό της εφίδρωσης. Ωστόσο, η εξάτμιση του ιδρώτα είναι αδύνατη σε αέρα με υψηλό περιεχόμενο υδρατμών, και έτσι ο ιδρώτας παραμένει στο δέρμα διαβρέχοντάς το.

Η κατάσταση αυτή οδηγεί το σώμα να αισθάνεται τον αέρα πιο ζεστό απ' όσο πραγματικά είναι και η ατμόσφαιρα μοιάζει να είναι κολλώδης. Αντίθετα, το μικρό περιεχόμενο υδρατμών του αέρα, σχετική υγρασία  $< 30\%$ , καθιστά εφικτή την εξάτμιση μεγάλων ποσοτήτων υγρών, άρα και του ιδρώτα του δέρματος.

Τα αποδεκτά όρια σχετικής υγρασίας του αέρα είναι λιγότερο σαφή από αυτά της θερμοκρασίας και το ανώτερο επιτρεπτό επίπεδο της εξακολουθεί ακόμη να βρίσκεται υπό μελέτη. Ωστόσο, όπως και στην περίπτωση της θερμοκρασίας του αέρα, τα αποδεκτά όρια της σχετικής υγρασίας για την επίτευξη θερμικής άνεσης εξαρτώνται από συνδυασμό παραμέτρων. Το ζήτημα της θερμικής άνεσης είναι λοιπόν πολυπαραγοντικό με τη θερμοκρασία του αέρα, ιδιαίτερα, να παίζει κρίσιμο ρόλο στον προσδιορισμό της αποδεκτής σχετικής υγρασίας.

Ως αποτέλεσμα του παραπάνω γεγονότος τα διαγράμματα θερμικής άνεσης όπως αυτά της σχετικής υγρασίας σε συνάρτηση της θερμοκρασίας (Διάγραμμα 2.1) οριοθετούν το πεδίο θερμικής ευεξίας και προσδιορίζουν το κατάλληλο ζεύγος τιμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας.

Ενδιαφέρον ως προς τη παρούσα διπλωματική είναι το κατά πόσο είναι εφικτή η εξοικονόμηση ενέργειας, άρα και ελαχιστοποίηση του κόστους, μέσω της ρύθμισης της θερμοκρασίας των κλιματιστικών μονάδων σε επιχειρήσεις μαζικής εστίασης, κατά  $2^{\circ}\text{C}$  ή  $3^{\circ}\text{C}$  πάνω ή κάτω από τις τιμές που ρυθμίζονται κοντά στα συνιστώμενα όρια.



**Διάγραμμα 2.1:** Διάγραμμα θερμικής άνεσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας  
*Εικόνα από διαφάνειες μαθήματος «Περιβαλλοντική Ποιότητα του Εσωτερικού Χώρου» ΑΠΘ*

#### 2.4.2 Βασικές αρχές ασφάλειας τροφίμων σε ψυγεία θαλάμους.

Η ασφάλεια των τροφίμων, αποτελεί πρωταρχικής σημασίας παράγοντα της ποιότητας των τροφίμων και αφορά την προστασία του καταναλωτή με την παραγωγή τροφίμων τα οποία δεν θα προκαλέσουν βλάβη στην υγεία του καταναλωτή. Αποτελεί ηθική και νομική υποχρέωση του παρασκευαστή και των δημοσίων αρχών αλλά και πρωταρχικής σημασίας απαίτηση του καταναλωτή. Οι πρώτες ύλες, τα συστατικά, τα ενδιάμεσα προϊόντα και τα τελικά προϊόντα, τα οποία προσφέρονται για τον πολλαπλασιασμό παθογόνων μικροοργανισμών ή το σχηματισμό τοξινών, πρέπει να διατηρούνται σε κατάλληλες θερμοκρασίες. Επιτρέπεται η παραμονή τροφίμων εκτός χώρων ελεγχόμενης θερμοκρασίας για ορισμένο χρονικό διάστημα, όταν αυτό επιβάλλεται από πρακτικούς λόγους χειρισμού κατά την παρασκευή, τη μεταφορά, την αποθήκευση, την έκθεση και το σερβίρισμα των τροφίμων.

Οι επιχειρήσεις μαζικής εστίασης πρέπει να διαθέτουν ψυγεία και καταψύκτες, σε μέγεθος και αριθμό που ικανοποιούν τις ανάγκες διατήρησης των ωμών συστατικών και των τροφίμων. Προσοχή θα πρέπει να δίνεται στους θαλάμους-ψυγεία, στους οποίους εμφανίζονται αυξήσεις της θερμοκρασίας λόγω του συχνού ανοίγματος της πόρτας τους. Τα συστατικά ή τα τρόφιμα που διατηρούνται με ψύξη, όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν, θα πρέπει να φέρονται εκτός ψύξης σε μικρές ποσότητες ώστε η επεξεργασία τους να επιτελείται γρήγορα και να μην αυξάνεται η θερμοκρασία τους. Ο χρόνος που μπορούν τα τρόφιμα να παραμένουν σε μη κατάλληλη θερμοκρασία, εξαρτάται από την θερμοκρασία του χώρου επεξεργασίας και από το είδος της επεξεργασίας που θα υποστεί το τρόφιμο πριν το σερβίρισμά του.

### Διατήρηση τροφίμων με ψύξη:

Η συντήρηση τροφίμων θεωρητικά θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε θερμοκρασίες -1°C έως +15°C. Στην πράξη εφαρμόζονται θερμοκρασίες ψύξης μεταξύ -1°C έως 7°C για τα ευαλλοίωτα τρόφιμα, κυρίως για τα προϊόντα ζωικής προέλευσης (κρέας, πουλερικά, αυγά, ψάρια, γαλακτοκομικά), καθώς και για τα προϊόντα που υφίστανται ελάχιστη θερμική επεξεργασία (minimally processed foods) και διατίθενται έτοιμα προς κατανάλωση (ready-to-eat). Μερικές χώρες έχουν θεσπίσει ως ανώτατες θερμοκρασίες ψύξης τους +7°C και +8°C, λαμβάνοντας υπόψη τις ελάχιστες θερμοκρασίες ανάπτυξης των κυρίως παθογόνων μικροοργανισμών. Η ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης για ορισμένα βακτήρια δίδεται παρακάτω (Πίνακας 2.4).

Μικροοργανισμός	Ελάχιστη θερμοκρασία (°C)
Salmonella spp.	5
Listeria monocytogenes	1
Yersinia enterocolitica	-1
Clostridium botulinum, τύπος A και B	10
Clostridium botulinum, τύπος E	3.3

**Πίνακας 2.4:** Παθογόνοι μικροοργανισμοί

Συντήρηση των λαχανικών και φρούτων σε θερμοκρασία ~0°C αυξάνει το χρόνο ζωής αυτών εφόσον στη θερμοκρασία αυτή τα παραπάνω παθογόνα βακτήρια δεν αναπτύσσονται. Στην περίπτωση χρήσης χαμηλών θερμοκρασιών για ορισμένα φρούτα και λαχανικά πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η “ζημιά ψύξης” (Chilling injury). Για ορισμένα τρόφιμα η ψύξη αποτελεί τη μοναδική μέθοδο συντήρησης και ο συνήθης χρόνος συντήρησης αυτών αυξάνεται σε χαμηλή θερμοκρασία.

### Διατήρηση τροφίμων με Κατάψυξη:

Η συντήρηση τροφίμων με κατάψυξη προϋποθέτει τη χρήση χαμηλής θερμοκρασίας συντήρησης στους -18°C ή ακόμη χαμηλότερες τιμές -30°C (βαθιά ή γρήγορη κατάψυξη). Σε ορισμένες χώρες χρησιμοποιούνται θερμοκρασίες -10°C και -12°C για τη συντήρηση ορισμένων προϊόντων τροφίμων. Η ανάπτυξη των μικροοργανισμών παύει σε χαμηλές θερμοκρασίες (< -8°C). Σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (< -30°C) υποβαθμίζεται η ποιότητα των τροφίμων μέσω ενζυμικών αντιδράσεων.



## 2.5 Στασιμότητα σε χρονοσειρές μετρήσεων και μεθοδολογία υπολογισμού της αβεβαιότητας.

### 2.5.1 Στασιμότητα σε χρονοσειρές μετρήσεων

Μία στοχαστική διαδικασία ονομάζεται στάσιμη αν ο μέσος και η διακύμανσή της δεν μεταβάλλονται διαχρονικά και η συνδιακύμανση των τιμών της που απέχουν μεταξύ τους κατά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα (χρονικές υστερήσεις) εξαρτάται μόνο από τις χρονικές υστερήσεις και όχι από καθαυτό το χρονικό σημείο στο οποίο υπολογίζεται δεύτερης τάξης στασιμότητα. Αυτή είναι μια υπόθεση που δύσκολα μπορεί να υιοθετηθεί σε πολλά πραγματικά προβλήματα, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υπόθεση εργασίας για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων.

Συνεπώς για μία στάσιμη χρονολογική σειρά ισχύουν οι εξής ιδιότητες:

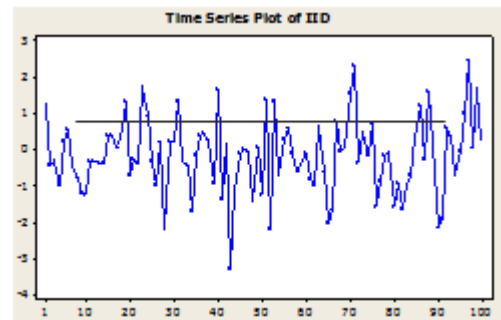
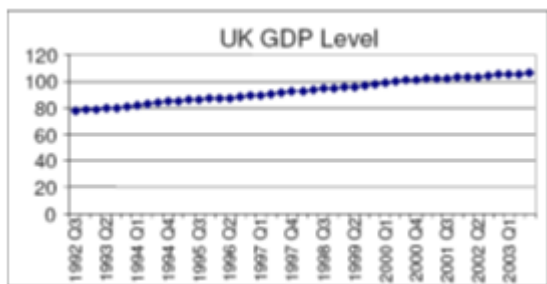
- Μέσος:  $E(Y_t) = \mu$
- Διακύμανση:  $var(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2$
- Συνδιακύμανση:  $\gamma_k = E[(Y_t - \mu) * (Y_{t+k} - \mu)]$

Όπου  $\gamma_k$  η συνδιακύμανση σε  $k$  χρονικές υστερήσεις δηλαδή η συνδιακύμανση μεταξύ των τιμών  $Y_t$  και  $Y_{t+k}$ .

### Έλεγχος Στασιμότητας

Τρόποι ελέγχου στασιμότητας μίας χρονολογικής σειράς:

- Μελετώντας την γραφική απεικόνιση της σειράς (Διάγραμμα 2.2 και 2.3).
- Κατασκευάζοντας και μελετώντας την συνάρτηση αυτοσυσχέτισης και το αντίστοιχο κορρελόγραμμα της (Διάγραμμα 2.4).
- Πραγματοποιώντας έλεγχο για μοναδιαία ρίζα (Dickey-Fuller tests).
- Πραγματοποιώντας στατιστικούς ελέγχους για τον συντελεστή αυτοσυσχέτισης (Q statistic).

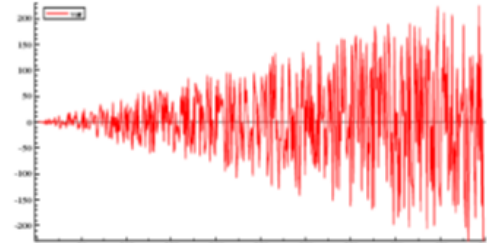


**Διάγραμμα 2.2:** (α) μη στάσιμη χρονολογική σειρά, (β) στάσιμη χρονολογική σειρά  
Εικόνα από διαφάνειες «Χρονολογικές σειρές (Time Series)», Lecture notes, Φ.Κουντούρη 2008, ΟΠΑ.»

(a) Constant mean?



(b) Constant variance?



**Διάγραμμα 2.3:** Μη-στάσιμη χρονολογική σειρά.

Εικόνα από διαφάνειες «Χρονολογικές σειρές (Time Series)», Lecture notes, Φ.Κουντούρη 2008, ΟΠΑ.»

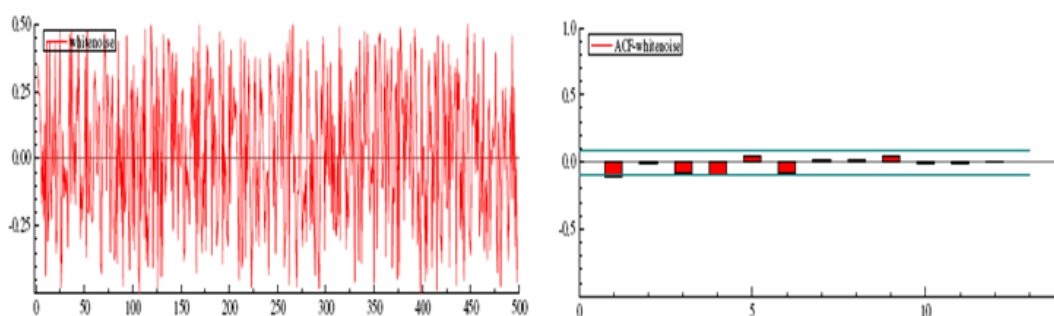
## Συνάρτηση Αυτοσυσχέτισης (autocorrelation function-ACF)

Η αυτοσυνδιακύμανση μεταξύ δύο παρατηρήσεων της χρονολογικής σειράς  $Y_t$  που απέχουν μεταξύ τους  $s$  χρονικές περιόδους ορίζεται ως:

$$\rho_s = \frac{\text{cov}(Y_t, Y_{t-s})}{\sqrt{\text{var}(Y_t) * \text{var}(Y_{t-s})}}$$

Ενώ η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης του δείγματος είναι η ακόλουθη:

$$r_s = \frac{\sum_{t=s}^T [(Y_t - \bar{Y}) * (Y_{t-s} - \bar{Y})]}{\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y})^2}$$



**Διάγραμμα 2.4:** Κορελόγραμμα στάσιμης σειράς

Εικόνα από διαφάνειες «Χρονολογικές σειρές (Time Series)», Lecture notes, Φ.Κουντούρη 2008, ΟΠΑ.»

Η σειρά χαρακτηρίζεται ως στάσιμη αν οι αυτοσυσχετίσεις φθίνουν γεωμετρικά και προσεγγίζουν το μηδέν καθώς οι χρονικές υστερήσεις προσεγγίζουν το άπειρο (Διάγραμμα 2.4).

Η σημασία της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης είναι πολύ μεγάλη, πρώτον γιατί δίνει το μέτρο της συσχέτισης των παρατηρήσεων – μετρήσεων οι οποίες απέχουν κατά το χρονικό διάστημα  $s$  και δεύτερον γιατί δείχνει τόσο το βαθμό, ένταση, όσο και το μήκος ή την χρονική διάρκεια της μνήμης της στοχαστικής διαδικασίας. Δηλαδή, εκφράζει κατά πόσο οι μετρήσεις με χρονική απόσταση  $s$  έχουν σχέση μεταξύ τους. Με άλλα λόγια, η συνάρτηση αυτοσυσχετίσεως μας δείχνει κατά πόσο το παρόν θυμάται το παρελθόν, και κατά πόσο το μέλλον θα επηρεαστεί από το παρόν.

## Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας (Dickey-Fuller Test)

Θεωρούμε το υπόδειγμα:  $Y_t = \alpha Y_{t-1} + u_t$

Και παίρνοντας πρώτες διαφορές:  $Y_t - Y_{t-1} = (\alpha - 1) * Y_{t-1} + u_t$

Το κριτήριο των Dickey-Fuller βασίζεται στον έλεγχο:  $H_0 : \alpha = 1$   
 $H_1 : \alpha < 1$

Η  $H_0$  γίνεται δεκτή αν η  $t$  στατιστική του συντελεστή  $\alpha$  είναι μικρότερη από την  $t$  στατιστική των Dickey-Fuller (“C.V.”). Τότε συμπεραίνουμε ότι έχουμε μοναδιαία ρίζα και άρα η σειρά δεν είναι στάσιμη.

## Box-Pierce Q statistic

Η στατιστική αυτή χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της συνδυαστικής υπόθεσης ότι όλοι οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης είναι μηδέν και ορίζεται ως εξής:

$$\underline{Q} = N * \sum_{k=1}^m \widehat{\rho}_k^2$$

Όπου:  $N$  το μέγεθος του δείγματος και  $k$  το βάθος των χρονικών υστερήσεων.  
Αν τιμή της στατιστικής που υπολογίζουμε είναι μεγαλύτερη από την κριτική τιμή της επί δύο για κάποιο βαθμό στατιστικής σημαντικότητας τότε η μηδενική υπόθεση ότι όλοι οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης είναι μηδέν απορρίπτεται, η σειρά δεν είναι στάσιμη.

## Νόθα αποτελέσματα (spurious regression)

Ο έλεγχος στασιμότητας είναι απαραίτητος ώστε η στοχαστική ανάλυση να οδηγεί σε ασφαλή συμπεράσματα. Αν η σειρά δεν είναι στάσιμη μπορεί να καταλήξουμε στο πρόβλημα γνωστό ως spurious regression. Τα δεδομένα χρονολογικών σειρών συχνά περιλαμβάνουν τάση δηλαδή η σειρά εμφανίζει μία σταθερή συμπεριφορά ή κατεύθυνση η διάρκεια της οποίας είναι μεγαλύτερη της διάρκειας της μέτρησης. Αποτέλεσμα: Χρονοσειρές με όμοια τάση φαίνεται να συσχετίζονται. Το  $R^2$  της αντίστοιχης παλινδρόμησης είναι υψηλό χωρίς να υπάρχει αντίστοιχη ερμηνεία της συσχέτισης. Το φαινόμενο παρατηρείται έντονα όταν διενεργείται παλινδρόμηση σε μη στάσιμες σειρές. Στην περίπτωση αυτή οι στατιστικοί έλεγχοι με την  $t$  και  $F$  στατιστική δεν είναι αξιόπιστοι.

## Λευκός θόρυβος (white noise)

Όταν σε μία τυχαία διαδικασία  $\varepsilon_t$  ισχύουν οι παρακάτω τρεις υποθέσεις:

- $E(\varepsilon_t) = 0$
- $\text{Var}(\varepsilon_t) = \sigma^2$
- $\text{Cov}(\varepsilon_t, \varepsilon_{t+k}) = 0$  για όλα τα  $t$  και για κάθε  $k \neq 0$

Τότε λέμε η διαδικασία αυτή είναι διαδικασία λευκού θορύβου (white noise process).

## Κανονική κατανομή (normal distribution)

Η κανονική κατανομή θεωρείται η σπουδαιότερη κατανομή της θεωρίας πιθανοτήτων και της στατιστικής. Η κανονική κατανομή αναφέρεται σε συνεχείς μεταβλητές, σε αντίθεση με την poisson και την διωνυμική που είναι ασυνεχείς κατανομές, και ως εκ τούτου αποτελεί μια συνεχή συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας και η μαθηματική έκφραση αυτής είναι:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

όπου,  $\pi=3,14$

$\mu = 0$  μέσος του πληθυσμού

$\sigma =$  τυπική απόκλιση

$x =$  μια τιμή της συνεχούς τυχαίας μεταβλητής στο άπειρο

## 2.5.2 Μεθοδολογία υπολογισμού της αβεβαιότητας

Η μεθοδολογία υπολογισμού της αβεβαιότητας σύμφωνα τον Οδηγό GUM του ISO και την επαναδιατύπωσή του στην έκδοση JCGM 100:2008 “Evaluation of Measurement Data – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM 1995 with minor corrections)” έχει ως εξής:

### Τύπου Α αβεβαιότητα

Για μέτρηση η οποία επαναλαμβάνεται  $n$  φορές στο ίδιο δοκίμιο, η τυπική, τύπου Α, αβεβαιότητα δίνεται από τον τύπο υπολογισμού του τυπικού σφάλματος:

$$u_A = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

όπου  $s$  είναι η τυπική απόκλιση της μέσης τιμής του δείγματος μεγέθους  $n$ . Για να είναι δυνατός ο υπολογισμός μιας τύπου Α παραμέτρου αβεβαιότητας, το πλήθος  $n$  των επαναλαμβανόμενων μετρήσεων θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 (βλέπε JCGM 100:2008).

### Τύπου Β αβεβαιότητα

Σε περίπτωση που δεν είναι δυνατός ο υπολογισμός μιας τύπου Α αβεβαιότητας και για όσες παραμέτρους αβεβαιότητας δεν είναι δυνατό να καλυφθούν από μια τύπου Α τυπική αβεβαιότητα, ο Οδηγός GUM του ISO, δίνει τις κατευθυντήριες οδηγίες για τη μεθοδολογία υπολογισμού μιας τύπου Β τυπικής αβεβαιότητας.

### Συνδυασμένη τυπική αβεβαιότητα

Στην απλούστερη περίπτωση που μια μέτρηση έχει επαναληφθεί τουλάχιστον 10 φορές και θεωρώντας ότι στην αντίστοιχα υπολογιζόμενη τύπου Α αβεβαιότητα δεν έχουν περιληφθεί μόνο τα συστηματικά σφάλματα της μετρητικής διάταξης, το αποτέλεσμα, βάσει του νόμου για τη διάδοση της αβεβαιότητας, θα μπορούσε να αποδοθεί από τον απλό τύπο διανυσματικού αθροίσματος:

$$u_c = \sqrt{u_{acc}^2 + u_A^2}$$

όπου στον υπολογισμό συμμετέχουν μόνο η αβεβαιότητα λόγω της ακρίβειας της μετρητικής διάταξης που αναφέρεται από τις τεχνικές προδιαγραφές του κατασκευαστή της και η τύπου Α αβεβαιότητα.

### Η διευρυμένη αβεβαιότητα αποτελέσματος μέτρησης

Σύμφωνα με τον Οδηγό GUM του ISO, η υπολογιζόμενη συνδυασμένη αβεβαιότητα πολλαπλασιάζεται με έναν συντελεστή κάλυψης (coverage factor) ο οποίος την ανάγει σε ένα επίπεδο εμπιστοσύνης. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, ο συντελεστής κάλυψης επιλέγεται να είναι ίσος με 2 που αντιστοιχεί, περίπου, σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ, ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

---

### 3.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Μετρητικού Εξοπλισμού

Για την να πραγματοποιήσει των μετρήσεων γίνεται χρήση καταγραφικού – μετρητικού εξοπλισμού που προσφέρεται από το εργαστήριο συστημάτων αποφάσεων και διοίκησης του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Ο καταγραφικός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τη συγκεκριμένη διπλωματική περιλαμβάνει θερμόμετρο υγρόμετρο και αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας.

#### Θερμόμετρο υγρόμετρο - Περιγραφή οργάνου

Για τη καταγραφή των περιβαλλοντικών συνθηκών, υγρασίας και θερμοκρασίας, κατά τη διεξαγωγή της εργασίας χρησιμοποιήσαμε το υγρόμετρο θερμόμετρο ETI 8711 Therma-Hygrometer, το οποίο φαίνεται στη παρακάτω εικόνα (Εικόνα 3.1),.



**Εικόνα 3.1:** Θερμόμετρο υγρόμετρο ETI 8711 Therma-Hygrometer

Το συγκεκριμένο όργανο είναι εύκολο στη χρήση, παρουσιάζει συγχρόνως ενδείξεις της σχετικής υγρασίας (%RH) και της θερμοκρασίας του αέρα (°C/°F). Στην LCD οθόνη υπάρχει η δυνατότητα παρουσίασης και εναλλαγής Φαρενάιτ ή Κελσίου (°F ή °C), ένδειξη μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας ( max / min ), επίσης υπάρχει ένδειξη σε περίπτωση χαμηλής μπαταρίας καθώς υπάρχει και η δυνατότητα να κρατήσει τις ενδείξεις σταθερές. Το σφάλμα οργάνου για τη σχετική υγρασία είναι  $\pm 0.3\%RH$ , και για τη θερμοκρασία  $\pm 0.5^{\circ}C$  ή  $^{\circ}F$ . Οι δυνατότητες μέτρησης είναι για τη σχετική υγρασία 0 έως 100 %RH, και για τη θερμοκρασία 0 έως  $90^{\circ}C$  ή  $^{\circ}F$ . Το όργανο μετά από 20 λεπτά αδρανοποίησης σβήνει αυτόματα έτσι ώστε μεγιστοποιείται η διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Η τροφοδοσία γίνεται από μια αλκαλική μπαταρία 9 volt PP3 με ένα ελάχιστο προσδόκιμο ζωής έως και 100 ώρες, ή μέσω ενός τροφοδοτικού AC/DC 9/230 volt για συνεχή χρήση. Ο ανιχνευτής είναι αποσπώμενος και επίσης υπάρχει η δυνατότητα να συνδεθεί με υπολογιστή μέσω

υποδοχής εξόδου RS232. Παρακάτω (Πίνακας 3.1) δίνονται οι προδιαγραφές του θερμομέτρου υγρόμετρου ETI 8711 Therma-Hygrometer.

Προδιαγραφές	Θερμοκρασία	Υγρασία
Εύρος	0 to +90°C	0 to 100% RH
Ανάλυση	0.1°C or °F	0.1% RH
Ακρίβεια	±0.5°C ±1 digit	±3% (15 to 90% RH)
Τύπος αισθητήρα	semi conductor	thin film polymer
Μπαταρία	9 volt MN1604 (PP3)	
Διάρκεια ζωής	περίπου 100 ώρες	
Οθόνη	LCD	
Διαστάσεις	30 x 70 x 180mm	
Βάρος	215 grams	

**Πίνακας 3.1:** Τεχνικά χαρακτηριστικά ETI 8711 Therma-Hygrometer

### Αναλυτής Ηλεκτρικής Ενέργειας - Περιγραφή οργάνου

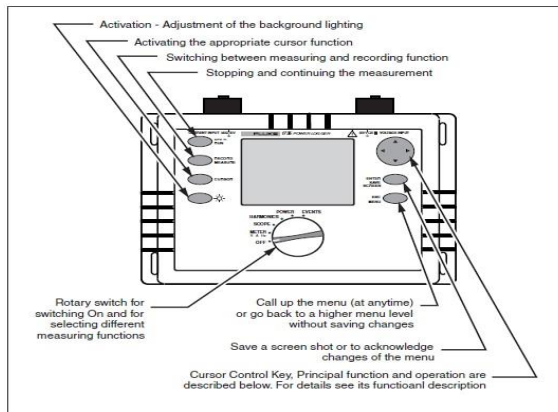
Για τις μετρήσεις ηλεκτρικών μεγεθών χρησιμοποιήθηκε ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας. Προγραμματίζεται ώστε να λαμβάνει μετρήσεις τάσης, έντασης, ενεργού και άεργου ισχύος και συντελεστή ισχύος, τις οποίες αποθηκεύει σε εσωτερική μνήμη. Οι μετρήσεις αυτές μπορούν να μελετηθούν σε υπολογιστή, όταν συνδεθεί το όργανο μέτρησης με αυτό, μέσω του ειδικού λογισμικού. Τα αποτελέσματα είναι σε μορφή αριθμών ή και γραφημάτων, όπου φαίνεται η διακύμανση κάθε μετρούμενου μεγέθους στη διάρκεια του χρόνου καταγραφής. Για τις μετρήσεις στο πλαίσιο της διπλωματικής, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας Fluke 1735.

Ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας Fluke 1735 (Εικόνα 3.2) είναι ένας γενικού σκοπού μετρητικός και καταγραφικός εξοπλισμός που βασικό χαρακτηριστικό είναι η ανάλυση της ποιότητας της τάσης, της έντασης και της ισχύος σε οποιοδήποτε σημείο σε ένα δίκτυο διανομής. Ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας αναπτύχθηκε κυρίως για τη διερεύνηση και την επίλυση τυχών διαταραχών του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

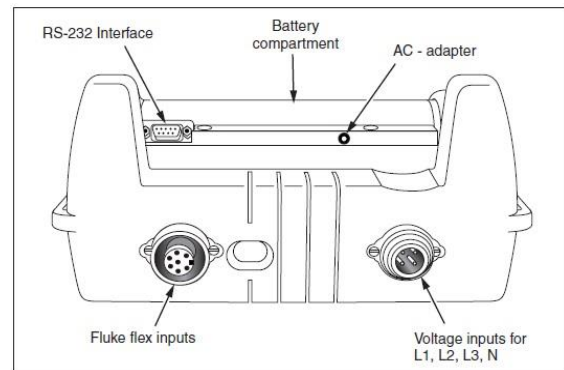


**Εικόνα 3.2:** Αναλυτής Ηλεκτρικής Ενέργειας Fluke 1735

Οι δυνατότητες του εξοπλισμού περιλαμβάνουν στιγμιαίες και προγραμματισμένης διάρκειας μετρήσεις για μονοφασική ή πολυφασική παροχή. Οι αποθηκευμένες στη μνήμη μετρήσεις αναλύονται και επεξεργάζονται με το λογισμικό πακέτο Fluke Power Log 2.9.2. Από τα αποτελέσματα αυτά μπορεί να γίνει επεξεργασία των μετρήσεων και να δημιουργηθούν γραφήματα και να συμπεράνουμε ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε παροχής. Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται τα στοιχεία χειρισμού του ηλεκτρικού αναλυτή (Εικόνα 2.3), οι υποδοχές του αναλυτή για σύνδεση φορτιστή, καλωδίων μέτρησης και η/υ (Εικόνα 3.4).

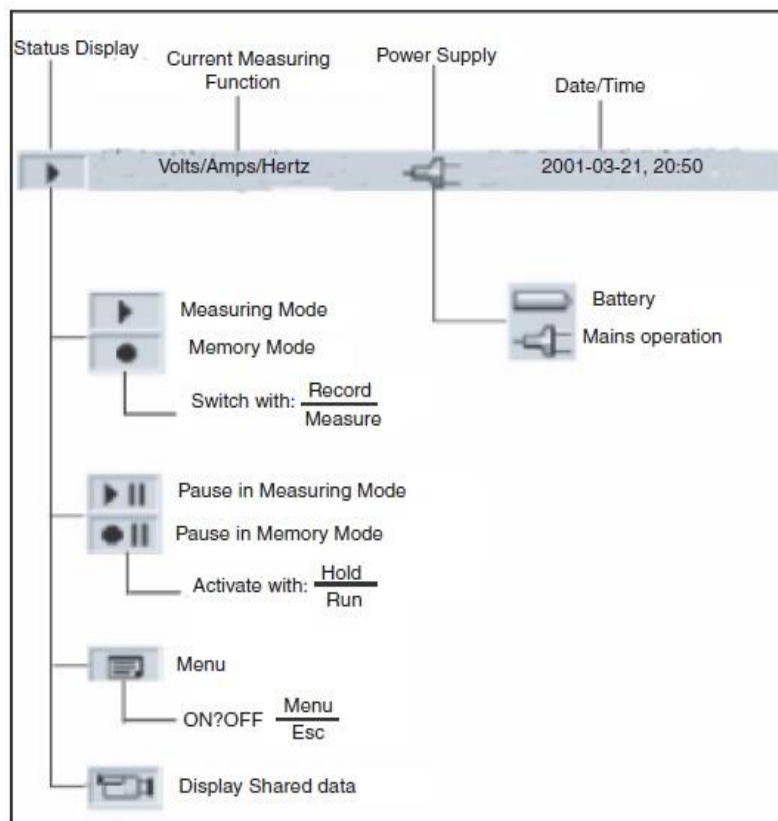


**Εικόνα 3.3:** Στοιχεία χειρισμού αναλυτή

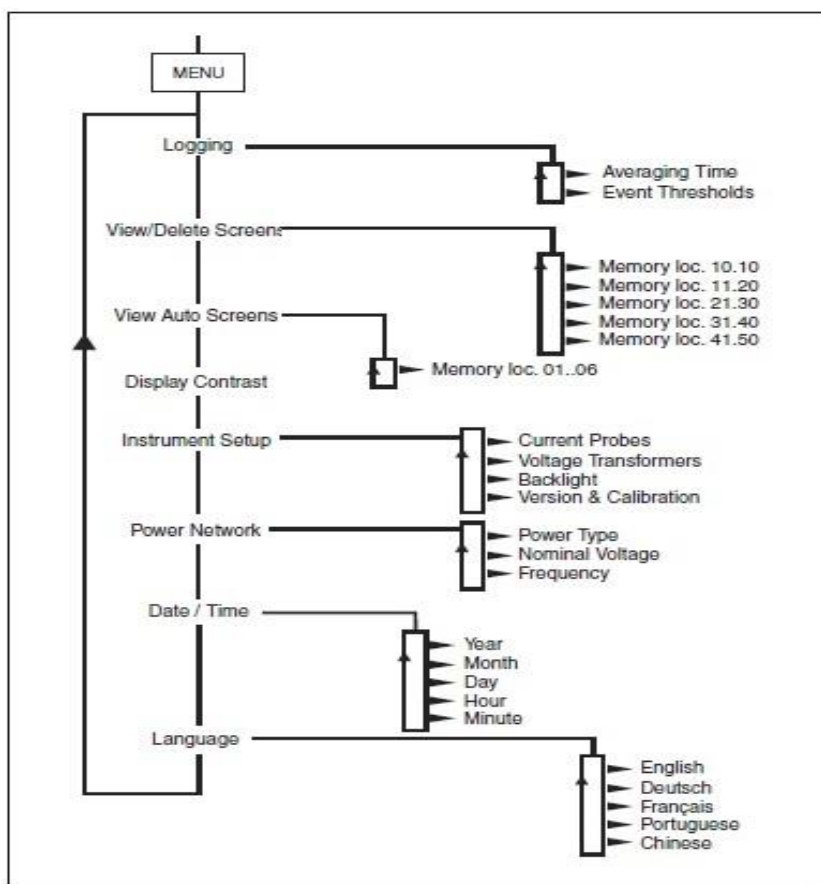


**Εικόνα 3.4:** Υποδοχές αναλυτή

Στις παρακάτω εικόνες υποδεικνύονται όλες οι βασικές ενδείξεις λειτουργίας του αναλυτή (Εικόνα 3.5) καθώς και η διάρθρωση του μενού επιλογών του ηλεκτρικού αναλυτή (Εικόνα 3.6).



**Εικόνα 3.5:** Βασικές ενδείξεις οθόνης αναλυτή



Εικόνα 3.6: Διάγραμμα ροής μενού ρυθμίσεων

Παρακάτω δίνονται (Πίνακας 3.2). τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας Fluke 1735.

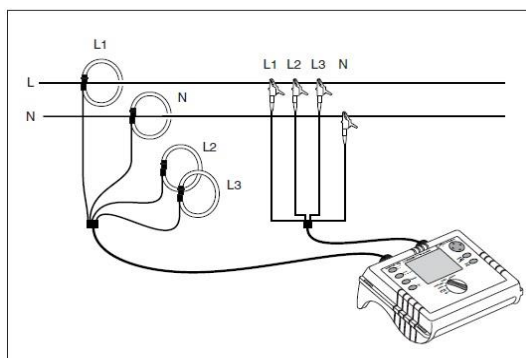
<b>Προδιαγραφές Αναλυτή Ηλεκτρική Ενέργειας Fluke 1735</b>	
Οθόνη: VGA έγχρωμη οθόνη μεγέθους 320 x 240 pixel με ρυθμιζόμενο φωτισμό.	
Μνήμη: 4 MB Flash μνήμη, με δυνατότητα 3,5 MB για καταγραφή δεδομένων	
Θύρα διασύνδεσης: RS 232 SUB-D; 115.2 kBaud,(9- πολικό καλώδιο επέκτασης) για τη δυνατότητα ενημέρωσης του firmware.	
Συχνότητα γραμμής: 50 Hz ή 60 Hz , με δυνατότητα επιλογής από το χρήστη.	
Τροφοδοσία: μπαταρία NiMH και τροφοδοτικό ( 15 V έως 20 V / 0,8 A )	
Χρόνος λειτουργίας: Μπαταρία: Τυπικό > 24 ώρες χωρίς φωτισμό,12 ώρες με φωτισμό	
Διαστάσεις: 240 x 180 x 110 mm ( 6,1 x 4,6 x 2,8 in)	
1,7 kg (3,75 λίβρες) , συμπεριλαμβανομένης της μπαταρίας	
Θερμοκρασία λειτουργίας	-10 ° C έως +50 ° C
Εύρος θερμοκρασίας αποθήκευσης	-20 ° C έως +60 ° C
Θερμοκρασία λειτουργίας	0 ° C έως +40 ° C
Εύρος θερμοκρασίας αναφοράς	23 ° C ± 2 K
Πρότυπα ασφάλειας και προστασίας	
Ασφάλεια	IEC 61010-1 600V CAT III
Προστασία	IP65 EN 60529 (αναφέρεται μόνο στην κύρια στέγαση χωρίς τη θήκη)

	της μπαταρίας)	
Προδιαγραφές ( Οι τιμές RMS μετριέται με ανάλυση 20-ms 0,1V και 0,01A )		
Μέτρηση V-RMS συνδεσμολογία αστέρα		
Εύρος μέτρησης	57/66/110/120/127/220/230/240/260/277/347/380/400/417/480 V AC	
Εσωτερικό σφάλμα: $\pm 0,2\%$ της μετρούμενης τιμής	Λειτουργικό σφάλμα: $\pm 0,5\%$ της μετρούμενης τιμής	
Μέτρηση V-RMS συνδεσμολογία τριγώνου		
Εύρος μέτρησης	100/115/190/208/220/380/400/415/450/480/600/660/690/720/830 V AC	
Εσωτερικό σφάλμα	$\pm 0,2\%$ της μετρούμενης τιμής	
Λειτουργικό σφάλμα	$\pm 0,5\%$ της μετρούμενης τιμής	
Μέτρηση A-RMS		
Εύρος Flexi Set: 15/150/3000 A RMS	Εύρος σφικκτήρων: 5/50/500 mV AC	
Εύρος 150/3000 A: 50 mv / 500 mV εξόδου		
Εσ. σφάλμα $\pm 0,5\%$ της μετρούμενης τιμής	Λειτ. σφάλμα $\pm 1\%$ της μετρούμενης τιμής	
Εύρος 15 A: 5 mV		
Εσ. σφάλμα $\pm 0,5\%$ της μετρούμενης τιμής	Λειτ. σφάλμα $\pm 1\%$ της μετρούμενης τιμής	
Με τη χρήση Fluke flexi-set:		
Σφάλμα μέτρησης	$\pm 2\%$ της μετρούμενης τιμής	
Επιρροή θέσης	$\pm 3\%$ της μετρούμενης τιμής	
CF (τυπικός)	2.83	
Μέτρηση ισχύος (P, Q, S, D) (Τα σφάλματα ισχύος υπολογίζεται προσθέτοντας τα σφάλματα τάσης και ρεύματος.)		
Μέγιστο εύρος με 830 V, 3000 A, σε σύνδεση τριγώνου	2.490 MW	
Ανάλυση	1 kW	
Εσωτερικό σφάλμα	$\pm 0,7\%$ της μετρούμενης τιμής	
Λειτουργικό σφάλμα	$\pm 1,5\%$ της μετρούμενης τιμής	
Τυπικό εύρος 230 V, 150 A, σε σύνδεση αστέρα	34.50 kW	
Ανάλυση	1 W έως 10 W	
Εσωτερικό σφάλμα	$\pm 0,7\%$ της μετρούμενης τιμής	
Λειτουργικό σφάλμα	$\pm 1,5\%$ της μετρούμενης τιμής	
Μέτρηση Ενέργειας (kWh, KVAh, kVARh) : Ανάλυση 1 W έως 10 W		
Εσωτερικό σφάλμα	$\pm 0,7\%$ της μετρούμενης τιμής	
Λειτουργικό σφάλμα	$\pm 1,5\%$ της μετρούμενης τιμής	
* Διακύμανση της συχνότητας σφάλματος	$\pm 2\%$ της μετρούμενης τιμής	
Συντελεστής ισχύος (PF)		
Εύρος: 0,000 - 1,000	Ακρίβεια: $\pm 1\%$ της πλήρους κλίμακας	Ανάλυση: 0.001
Μέτρηση συχνότητας		
Εύρος μέτρησης: 46Hz-54Hz και 56Hz-64Hz	Ανάλυση 0,01 Hz	
Εσ. σφάλμα $\pm 0,2\%$ της μετρούμενης τιμής	Λειτ. σφάλμα $\pm 0,5\%$ της μετρούμενης τιμής	

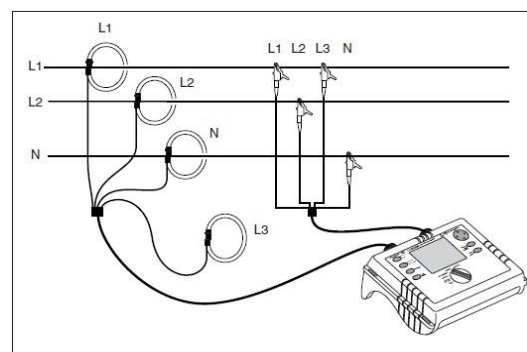
Αρμονικές - Εύρος μέτρησης : 1 έως 40η αρμονική			
Ακρίβεια	$V_m, I_m, THDV, THDi$	σύμφωνα με το πρότυπο IEC 07.04.1000, κατηγορία B	
Ακρίβεια	$V_m, I_m, THDV, THDi$	σύμφωνα με το πρότυπο IEC 07.04.1000, κατηγορία B	
$V_m \geq 3\% V_n, 5\% V$	$V_m < 3\% V_n, 0,15\% V_n$	$I_m \geq 10\% I_n, 5\% I_m$	$I_m < 10\% I_n, 0,5\% I_n$
THDV	για THD <3%: <0,15% στο $V_n$ , για THD $\geq 3\%$ : <5% στο $V_n$		
THDi	για THD <10%: <0,5% στο $I_n$ , για THD $\geq 10\%$ : <5% στο $I_n$		
Ανίχνευση βυθίσεως/διόγκωσης τάσης και διακοπές ρεύματος με ανάλυση 10ms,0,1V			
Μέτρηση σφάλμα της μισής περιόδου ημιτονοειδές κύμα των RMS:			
Εσωτερικό σφάλμα	$\pm 1\%$ της μετρούμενης τιμής		
Λειτουργικό σφάλμα	$\pm 2\%$ της μετρούμενης τιμής		
Ασύμμετρα RMS σφάλματα δείτε προδιαγραφές V-RMS			
Σφάλματα γωνία φάσης με ανάλυση 0,1 °			
Εσωτερικό σφάλμα	$\pm 0,5\%$ της μετρούμενης τιμής		
Λειτουργικό σφάλμα	$\pm 1\%$ της μετρούμενης τιμής		

**Πίνακας 3.2:** Τεχνικά χαρακτηριστικά αναλυτή ηλεκτρική ενέργειας Fluke 1735

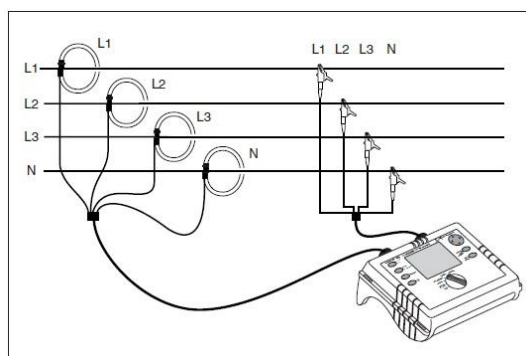
Παρακάτω παρουσιάζονται όλες οι δυνατές μετρητικές διατάξεις (Εικόνες 3.7, 3.8, 3.9 και 3.10) για μονοφασική και πολυφασική παροχή σε σύνδεση αστέρα ή τριγώνου. Περισσότερα για τις μετρητικές διατάξεις που χρησιμοποιήθηκαν στη παρούσα διπλωματική θα αναφερθούν στην παράγραφο για την πειραματική μεθοδολογία.



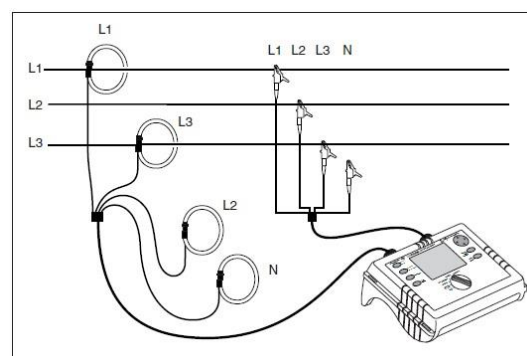
**Εικόνα 3.7:** Μονοφασική μετρητική διάταξη



**Εικόνα 3.8:** Διφασική μετρητική διάταξη



**Εικόνα 3.9:** Τριφασική μετρητική διάταξη για συνδεσμολογία αστέρα



**Εικόνα 3.10:** Τριφασική μετρητική διάταξη για συνδεσμολογία τριγώνου

## 3.2 Χαρακτηριστικά εργαλείου NumXL της εφαρμογής του Excel

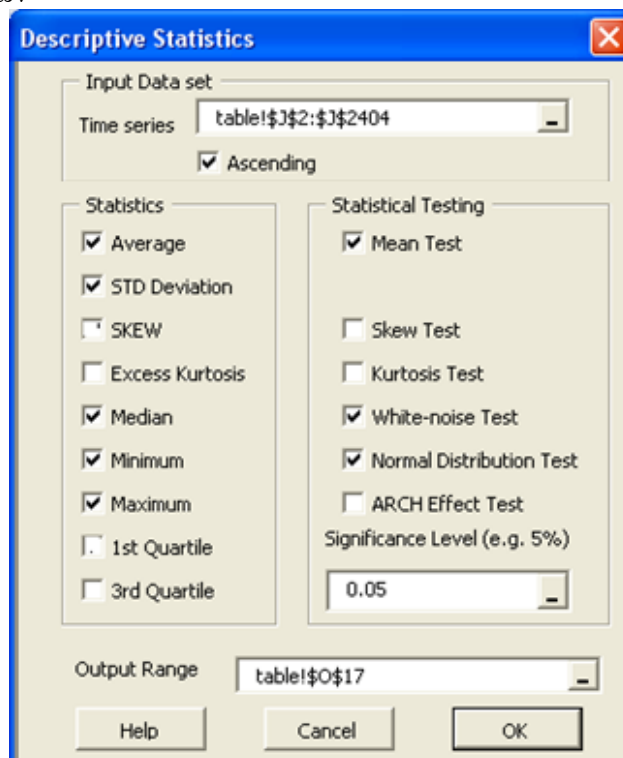
Το NumXL είναι ένα πρόσθετο εργαλείο του προγράμματος του Excel της Microsoft. Αποσκοπεί να καταστήσει ευκολότερη τη μοντελοποίηση και τη διαχείριση χρονοσειρών. Το NumXL παρέχεται δωρεάν για δοκιμαστική περίοδο 14 ημερών μετά την εγκατάσταση στον υπολογιστή. Για την διεξαγωγή μιας ανάλυσης υπάρχουν εκπαιδευτικά βίντεο και αναλυτικές οδηγίες στον ιστότοπο <http://www.spiderfinancial.com/>. Από το πρόσθετο NumXL στα πλαίσια της διπλωματικής χρησιμοποιούνται οι παρακάτω λειτουργίες:

### Α) Συνοπτικά στατιστικά στοιχεία ( Summary statistics )

Βήμα 1:Επιλογή εικονιδίου Descriptive Statistics



Βήμα 2: Επιλογή της χρονοσειράς προς επεξεργασία, μαρκάρισμα των επιλεγμένων επιλογών, ρύθμιση επιπέδου σημαντικότητας 5% και ρύθμιση τοποθεσίας εξαγωγής των αποτελεσμάτων



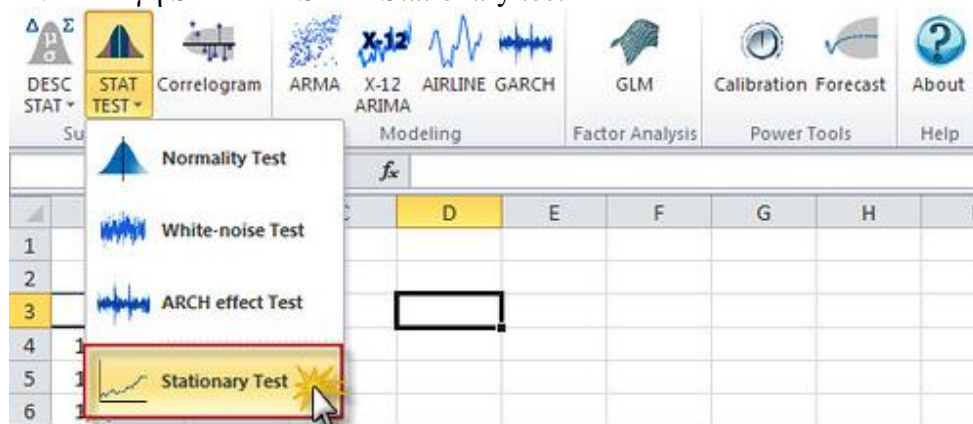
Ολοκληρώνοντας τη διαδικασία με OK εμφανίζονται στο φύλλο εργασίας στη θέση που ρυθμίζεται το output range ο πίνακας με τα παρακάτω:

- Μέση τιμή - Average (AVERAGE): Υπολογίζει την μέση τιμή της χρονολογικής σειράς, προσθέτοντας όλες τις τιμές και διαιρώντας με το πλήθος των τιμών χρονολογικής σειράς.
- Τυπική απόκλιση - Standard deviation (STD DEV): Υπολογίζει την τυπική απόκλιση με βάση τις τιμές της χρονολογικής σειράς. Η τυπική απόκλιση αποτελεί ένα μέτρο της διασποράς των τιμών της χρονολογικής σειράς σε σχέση με την τιμή της μέσης τιμής.

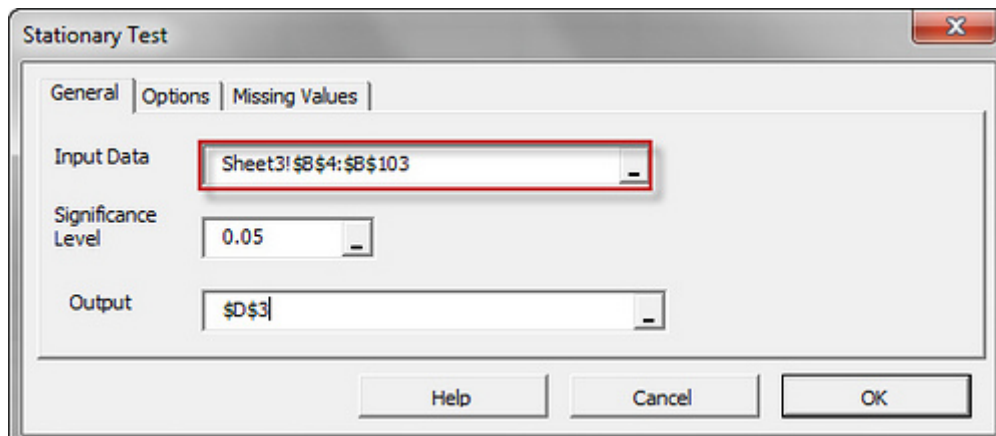
- Διάμεσος – Median (MEDIAN): Επιστρέφει το διάμεσο της χρονολογικής σειράς. Ο διάμεσος είναι ο αριθμός που βρίσκεται στο μέσον ενός συνόλου τιμών.
- Ελάχιστος –Minimum (MIN): Επιστρέφει την ελάχιστη τιμή της χρονολογικής σειράς.
- Μέγιστος – Maximum (MAX): Επιστρέφει τη μέγιστη τιμή της χρονολογικής σειράς.
- Τεστ Λευκού Θορύβου – White noise test: Επιστρέφει TRUE ή FALSE αν η χρονοσειρά έχει χαρακτήρα λευκού θορύβου
- Τεστ κανονικής κατανομής - Normal Distributed test: Επιστρέφει TRUE ή FALSE αν η χρονοσειρά ακολουθεί την κανονική κατανομή

## 2) Τεστ στασιμότητας ( Stationarity test )

Βήμα 1: Επιλογή STAT TEST -> Stationary test



Βήμα 2: Επιλογή της χρονοσειράς προς επεξεργασία ρύθμιση επιπέδου σημαντικότητας 5% και ρύθμιση τοποθεσίας εξαγωγής των αποτελεσμάτων



Ολοκληρώνοντας τη διαδικασία με OK εμφανίζονται στο φύλο εργασίας στη θέση που ρυθμίζεται το output ο πίνακας με τα αποτελέσματα:

Έλεγχος στασιμότητας - Stationary Test: Επιστρέφει TRUE ή FALSE αν η χρονοσειρά είναι στάσιμη.

Μία χρονοσειρά χαρακτηρίζεται ως στάσιμη αν οι στατιστικές της ιδιότητες δεν μεταβάλλονται διαχρονικά και συγκλίνουν σε μια μακροχρόνια ισορροπία. Συγκεκριμένα στασιμότητα στις πρώτες διαφορές υπάρχει αν ο μέσος, η διακύμανση και η αυτοσυνδιακύμανση των τιμών της σειράς είναι σταθερές και όχι συναρτήσεις



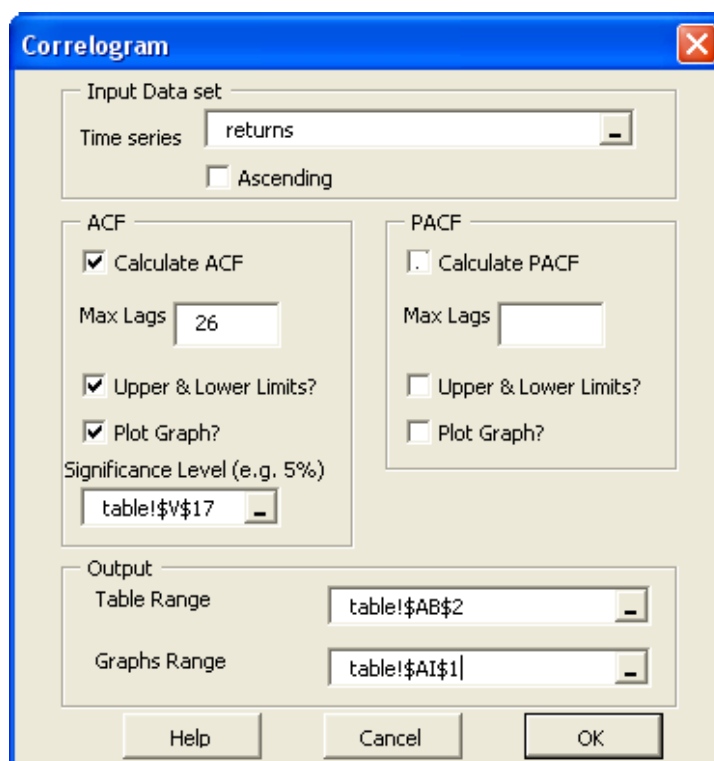
του χρόνου. Ο έλεγχος της στασιμότητας που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας με το επαυξημένο κριτήριο των Dickey-Fuller (ADF). Η μηδενική υπόθεση του ελέγχου είναι η ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας και απορρίπτεται αν η  $t$ -στατιστική παίρνει τιμή μικρότερη από την κρίσιμη τιμή της στατιστικής των Dickey-Fuller για το δεδομένο μέγεθος δείγματος. Για επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 95%.

### 3) Συνάρτηση αυτοσυσχέτισης ( Autocorrelation Function – ACF )

Βήμα 1: Επιλογή Correlogram



Βήμα 2: Επιλογή της χρονοσειράς προς επεξεργασία, μαρκάρισμα των επιλεγμένων επιλογών, ρύθμιση σημαντικότητας 5%, ρύθμιση αριθμού μέγιστου υστέρησης και ρύθμιση τοποθεσίας εξαγωγής των αποτελεσμάτων



Ολοκληρώνοντας τη διαδικασία με OK εμφανίζονται στο φύλο εργασίας στη θέση που ρυθμίζεται το output ο πίνακας με τα αποτελέσματα:

Κορελόγραμμα (correlogram): Η εξέταση της στασιμότητας μπορεί να διαπιστωθεί επίσης και από τις γραφικές παραστάσεις των συναρτήσεων της αυτοσυσχέτισης (ACF) των μεταβλητών της της χρονολογικής σειράς το correlogram (autocorrelogram) εμφανίζει γραφικά και αριθμητικά τη συνάρτηση αυτοσυσχέτισης (ACF), που είναι το σύνολο των συντελεστών συσχέτισης, μαζί με τις τυπικές αποκλίσεις των συντελεστών, για διαδοχικές υστερήσεις σε ένα συγκεκριμένο φάσμα υστερήσεων (lag). Αν στη γραφική παράσταση ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης αρχίζει από πολύ υψηλές τιμές, φθίνει σχετικά γρήγορα και βρίσκεται κοντά των ορίων τότε υποδηλώνει ότι η αντίστοιχη μεταβλητή είναι στάσιμη. Σε αντίθετη περίπτωση δεν είναι στάσιμη.



### 3.3 Χαρακτηριστικά σημείων μέτρησης

Για την πραγματοποίηση της διπλωματικής εργασίας επιλέχθηκαν υποκατάστημα της αλυσίδας καταστημάτων έτοιμου φαγητού και καφέ, EVEREST, στο Νομό Αττικής. Ως πολιτική της εταιρίας είναι τα καταστήματα να έχουν συναφή τύπο χαρακτηριστικών, όσο αυτό είναι δυνατό, όπως η εσωτερική και εξωτερική διαρρύθμιση, ο εξοπλισμός μαζικής εστίασης, οι τύποι των φωτιστικών σωμάτων και των κλιματιστικών. Η ενεργειακή κατανάλωση των καταστημάτων αυτών λόγω του παρόμοιου τύπου χαρακτηριστικών είναι σχετικά ίδια ανάλογα με τις ώρες λειτουργίας του κάθε καταστήματος.

Η επιλογή των καταστημάτων για την διεξαγωγή των μετρήσεων ικανοποιούν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Να λειτουργούν 24 ώρες καθημερινά, βρίσκονται σε κεντρικές τοποθεσίες και έχουν παρόμοια τεχνικά χαρακτηριστικά. Στην επόμενη παράγραφο θα αναλυθεί μια τυπική περίπτωση υπό μελέτη καταστήματος.
- Ένα να διαθέτει ηλεκτρονικό μετρητή ρεύματος και το άλλο επαγωγικό μετρητή ρεύματος.

Για τους μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας επιλέχθηκαν τα καταστήματα της οδού Πανόρμου 109 (επαγωγικός) και της Λεφ. Πεντέλης 126 (ηλεκτρονικός).

- Να έχουν τους ίδιους τύπους φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων με όσο το δυνατόν περισσότερα κυκλώματα φωτισμού με ίδιους λαμπτήρες ανά κατάστημα. Και επίσης κατά τη διάρκεια της διπλωματικής τα εν λόγω καταστήματα να αντικαταστήσουν τους λαμπτήρες με νέους τύπου LED.

Για τον φωτισμό επιλέχθηκαν τα καταστήματα Πανόρμου 109 - Αθήνα, Λεφ. Πεντέλης 126 - Χαλάνδρι, Ερυθρού Σταυρού 9 - Αθήνα, 17ης Νοεμβρίου 2 - Ηλιούπολη, Πλ. Οδησσού 2 - Πειραιάς.

- Να έχει τυπικού μεγέθους χώρο προς κλιματισμό.
- Να έχει τυπικού μεγέθους ψυγεία θαλάμους.

Για τον κλιματισμό και τα ψυγεία θαλάμους επιλέχθηκε το κατάστημα της Λεφ. Πεντέλης 126.

#### 3.3.1 Τυπική περιγραφή υπό μελέτη καταστήματος

Το υποκατάστημα (Εικόνα 3.11) βρίσκεται στη Λεωφόρο Πεντέλης 126 στο Χαλάνδρι. Το κατάστημα παραμένει ανοιχτό καθημερινά 24 ώρες όλο το χρόνο. Το κτήριο κατασκευάστηκε τη δεκαετία του '80 το εν λόγω υποκατάστημα στεγάζεται στο ισόγειο του κτηρίου και άρχισε να λειτουργεί το 2009 όπου αναμορφώθηκε πλήρως ο εσωτερικός του χώρος και προσαρμόστηκε, ώστε να μπορεί να ικανοποιήσει με επιτυχία τις συνεχώς μεταβαλλόμενες και σύνθετες ανάγκες των πελατών. Το κτήριο βρίσκεται στη Β κλιματική ζώνη, σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων ( Γεωγραφικό Πλάτος: 38°01'54.4"N και Γεωγραφικό Μήκος: 23°49'10.1"E ).

Το κτίριο αποτελείται από 3 ορόφους: υπόγειο, ισόγειο, Α' όροφος, Β' όροφος και Γ' όροφος εκ των οποίων αξιολογήσαμε μόνο το ισόγειο που στεγάζεται το υποκατάστημα. Η συνολική επιφάνεια του καταστήματος είναι 205 τ.μ. εκ των οποίων τα 72 τ.μ. είναι βοηθητικοί χώροι του καταστήματος ( ψυγείο κατάψυξη, ψυγείο συντήρηση, γραφείο, αποθήκη, αποδυτήρια προσωπικού, wc ).



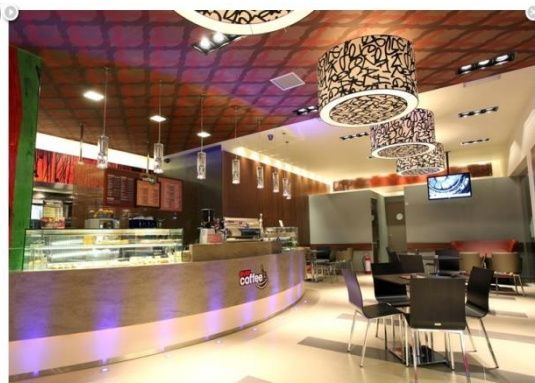
**Εικόνα 3.11:** Άποψη της μπροστινής πλευράς του κτιρίου

Βασικά σημεία της ανακαίνισης του 2009 (Εικόνες 2.12, 2.13 και 2.14)

- Νέα διαρρύθμιση και κατασκευή του καταστήματος, των βοηθητικών χώρων και των εξωτερικών χώρων (οροφές, πατώματα, κουφώματα, αλουμίνια, πόρτες, παράθυρα ).
- Εγκατάσταση νέου ηλεκτρικού πίνακα, γραμμών και φωτισμού.
- Εγκατάσταση νέων κλιματιστικών για θέρμανση και ψύξη.
- Εγκατάσταση νέων συστημάτων πυρόσβεσης.
- Εγκατάσταση νέου εξοπλισμού εστίασης, αποθήκευσης & συντήρησης τροφίμων.
- Διαμόρφωση εξωτερικού χώρου.



Χαλάνδρι (Α. Πεντέλη)



Χαλάνδρι (Α. Πεντέλη)

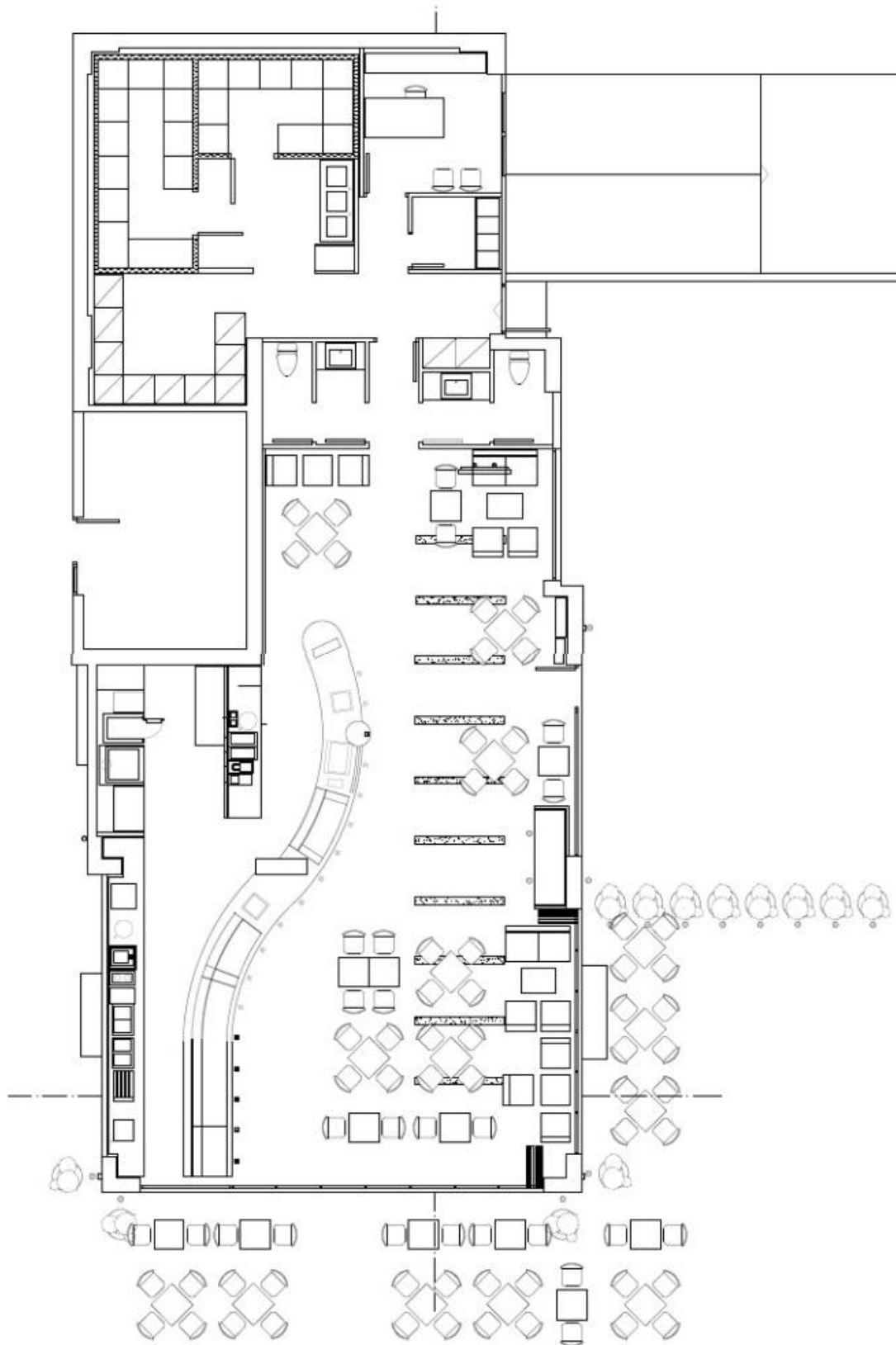


Χαλάνδρι (Α. Πεντέλη)

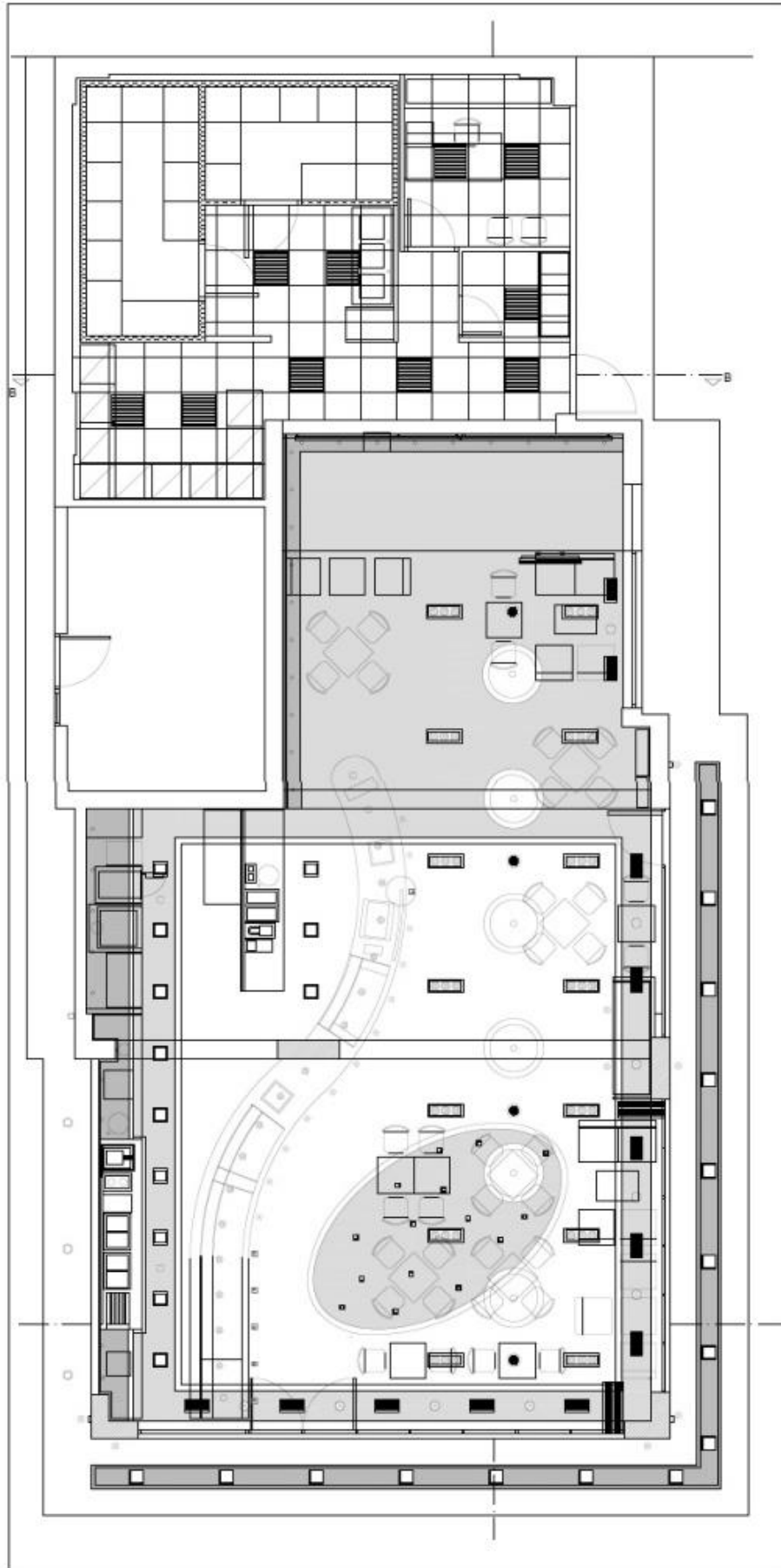


Χαλάνδρι (Α. Πεντέλη)

**Εικόνα 3.12:** Άποψη του καταστήματος



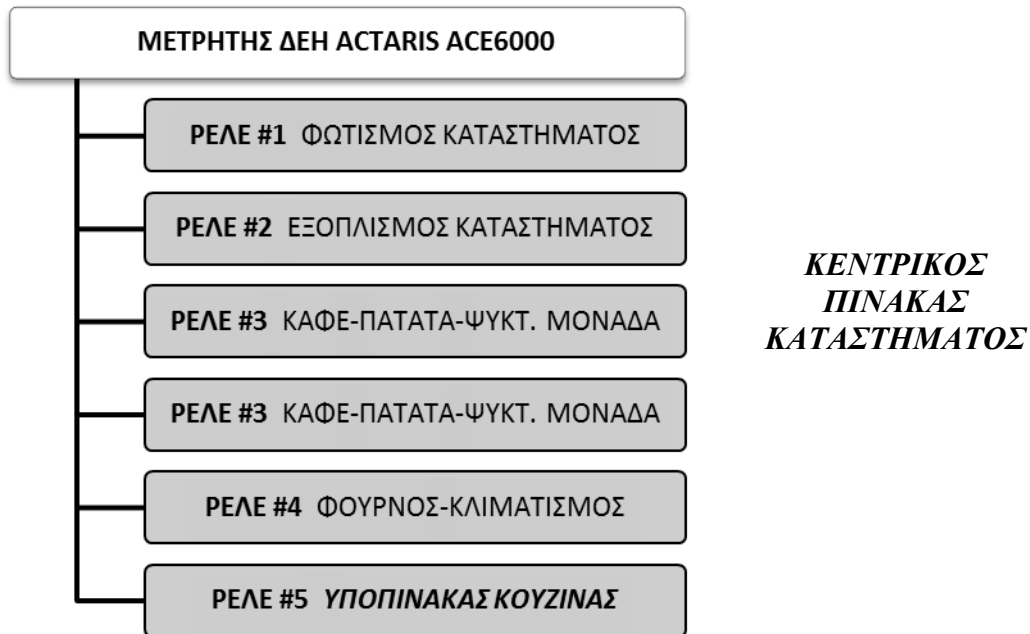
**Εικόνα 3.13:** Κάτοψη του καταστήματος



Εικόνα 3.14: Άνοψη του καταστήματος

## Ηλεκτρολογικά σχέδια – Ηλεκτρολογικός

Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση του καταστήματος μετά την ανακαίνιση του 2009 παρουσιάζεται με βάση τα μονογραμμικά σχέδια (Παράρτημα Β) στο παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 3.15 και 3.18):



**Εικόνα 3.15:** Διάγραμμα ηλεκτρολογικής εγκατάστασης

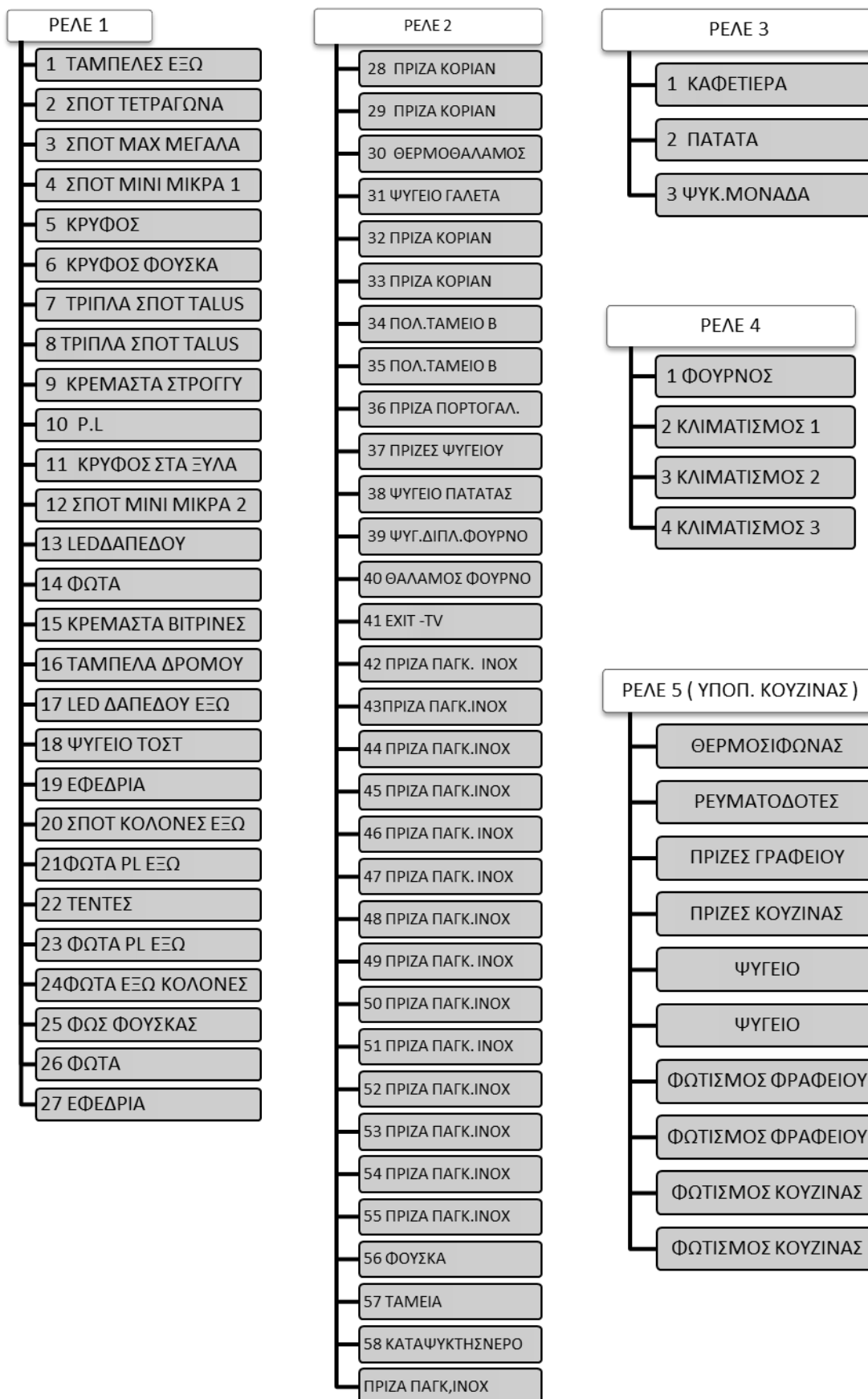
Η παροχή είναι τριφασική (3Φ), ο τύπος καλωδίου προς τους διακόπτες διαρροής ρεύματος 4x63A 30mA (ρελέ), εν μέσω ενός αυτόματου διακόπτη ισχύος 125-160Amp, είναι J1VV-R πολύκλωνο 5x25 ( 5 αγωγών με διατομή αγωγού 25mm<sup>2</sup>). Ο τύπος καλωδίου από τους διακόπτες μικροαυτόματους 2x16, 4x16, 4x32, 4x63 (ασφάλειες 16Amp 32Amp 63Amp) προς τα φορτία είναι A05VV-U πολύκλωνο 3x2.5, 5x2.5, 5x10, 5x6, 5x16 ( 3 ή 5 αγωγών με διατομή αγωγού 2.5mm<sup>2</sup> ή 6 mm<sup>2</sup> ή 10 mm<sup>2</sup> ή 16 mm<sup>2</sup> ). Παρακάτω φαίνονται οι αντίστοιχοι πίνακες και υποπίνακες (Εικόνα 3.16 και 3.17).



**Εικόνα 3.16:** Κεντρικός Πίνακας



**Εικόνα 3.17:** Υποπίνακας Κουζίνας



**Εικόνα 3.18:** Διάγραμμα ηλεκτρολογικής εγκατάστασης ανά ρελέ

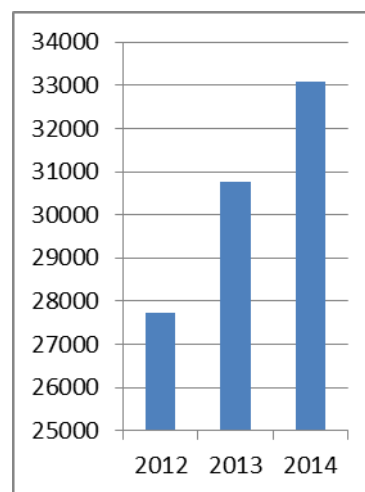


### 3.3.2 Κόστος ενεργειακής κατανάλωσης τυπικού καταστήματος

Το κατάστημα είναι καταναλωτής χαμηλής τάσης (ΧΤ) και το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας καθορίζεται με βάση το εμπορικό τιμολόγιο Γ22. Η συμφωνημένη ισχύς παροχής με τη ΔΕΗ είναι 55 kVA. Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας για τα έτη 2012 - 2014 σε € από τα τιμολόγια της ΔΕΗ χωρίς τα Δημοτικά τέλη, ΝΕΡΙΤ και ΕΕΤΑ παρουσιάζονται στο παρακάτω (Πίνακα 3.3).

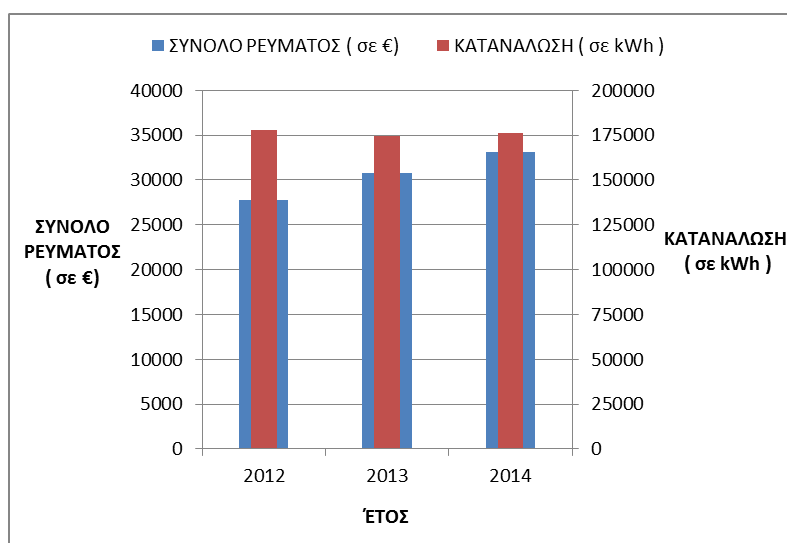
Σύνολο Ρεύματος (€)	2012	2013	2014
Ιανουάριος	2132	2254	2694
Φεβρουάριος	1696	2527	2213
Μάρτιος	1984	2671	1885
Απρίλιος	1983	2337	2910
Μάιος	2406	2254	2292
Ιούνιος	2858	2863	3436
Ιούλιος	2859	3723	4002
Αύγουστος	2489	2577	3101
Σεπτέμβριος	2488	2443	2528
Οκτώβριος	2081	2220	2491
Νοέμβριος	2377	2537	2668
Δεκέμβριος	2378	2368	2858
<b>Σύνολο Έτους (€)</b>	<b>27732</b>	<b>30772</b>	<b>33077</b>

**Πίνακας 3.3:** Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€)

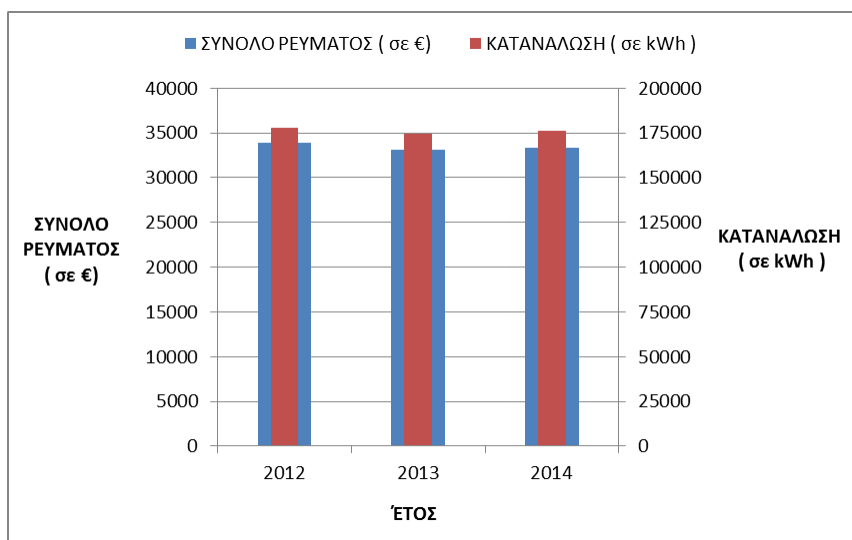


**Διάγραμμα 3.1:** Ετήσιο κόστος ηλ. ενέργειας (€)

Από τα διαγράμματα (Διάγραμμα 3.1 και 3.2 ) παρατηρείται μια αύξηση του κόστους κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, δεδομένου ότι τα φορτία και οι καταναλώσεις του καταστήματος παραμένουν σχεδόν (Πίνακας 3.4) σταθερά επαναλαμβανόμενα για κάθε έτος η αύξηση οφείλεται στην αύξηση του συνολικού κόστους του ηλεκτρικού ρεύματος από τη ΔΕΗ (Διάγραμμα 3.3).



**Διάγραμμα 3.2:** Συγκριτικό διάγραμμα ετήσιου κόστους ηλεκτρικής. ενέργειας (σε €) και ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (σε kWh).



**Διάγραμμα 3.3:** Συγκριτικό διάγραμμα ετήσιου κόστους ηλεκτρικής ενέργειας (σε €) - με βάση την τιμολογιακή πολιτική της ΔΕΗ κατά την περίοδο Ιανουαρίου 2015 - και ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (σε kWh)

### Καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας τυπικού καταστήματος.

Σαφώς καθίσταται η εικόνα της ενεργειακής κατανάλωσης του καταστήματος μέσω των διαθέσιμων τιμολογίων της ΔΕΗ για τρία χρόνια 2012, 2013, 2014. Πιο κατανοητή όμως τη καθιστά η λεπτομερής καταγραφή σχεδόν όλων των ηλεκτρικών φορτίων για κάθε κατανάλωση ξεχωριστά που πραγματοποιήθηκε μέσω μίας επίσκεψης στο κατάστημα. Η εν λόγω ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για τον φωτισμό, τη τροφοδότηση ηλεκτρικών συσκευών μαζικής εστίασης καθώς και κατά ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό για την ψύξη και θέρμανση των χώρων.

Οι ενεργειακές καταναλώσεις εξαρτώνται από ένα πλήθος παραγόντων που εκδηλώνονται στο χρονικό διάστημα που εστιάζει η αξιολόγηση της εγκατάστασης.

Παραδείγματα τέτοιων παραγόντων είναι:

- Οι καιρικές συνθήκες.
- Οι πωλήσεις του καταστήματος.
- Το χρονικό διάστημα χρήσης των κλιματιστικών για θέρμανση ψύξη.
- Η αλλαγή και η συντήρηση των μηχανημάτων.

Οι παράγοντες αυτοί δεν είναι πάντα εύκολο να καταγραφούν ειδικά όταν δεν υπάρχει πρόβλεψη για αυτό. Οι γνωστοί παράγοντες κατανάλωσης στην παρούσα μελέτη είναι οι πωλήσεις του καταστήματος και η μέση μηνιαία θερμοκρασία. Με τους γνωστούς παράγοντες κατανάλωσης και με τα τιμολόγια ηλεκτρικής ενέργειας, αξιολογήθηκαν οι καταναλώσεις της περιόδου.

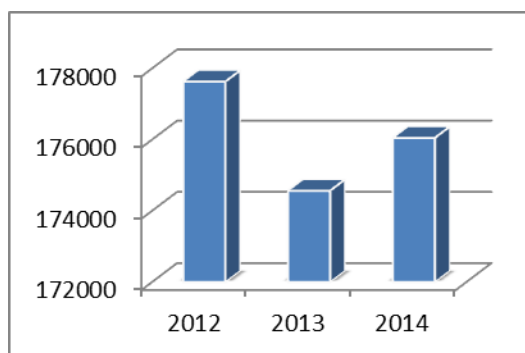
Προκειμένου να εκτιμηθεί το ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται στο κατάστημα, έγινε καταγραφή όλων των φορτίων και του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Αρχικά, καταγράφηκε η εγκατεστημένη ισχύς των φορτίων αυτών και για τον υπολογισμό του χρόνου λειτουργίας του κάθε φορτίου, έγινε συμπλήρωση ερωτηματολογίου (Παράρτημα Α).

## Μελέτη καταγεγραμμένων ενεργειακών καταναλώσεων

Οι καταναλώσεις του καταστήματος βάση των οποίων υπολογίζεται το κόστος του εμπορικού τιμολογίου Γ22 από τη ΔΕΗ για τα έτη 2012, 2013, 2014 παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.4). Τονίζεται, ιδιαίτερα, ότι ο συντελεστής ισχύος (cosφ) προκύπτει από ανάλυση των τιμολογίων των τριών τελευταίων ετών, ενώ η μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh) και η μηνιαία χρεωστέα ζήτηση (kW) από τιμές που αναγράφονται στα τιμολόγια της ΔΕΗ. Ακολουθούν τα αντίστοιχα διαγράμματα των ετήσιων και μηνιαίων ενεργειακών καταναλώσεων (Διαγράμματα 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7) καθώς επίσης και το διάγραμμα της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας (Διάγραμμα 3.8) της περιόδου 2012-2014.

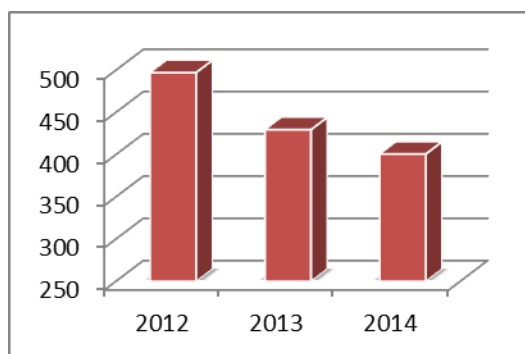
Μήνας	2012 (kWh)	2013 (kWh)	2014 (kWh)	2012 (kW)	2013 (kW)	2014 (kW)	2012 (cosφ)	2013 (cosφ)	2014 (cosφ)
Ιανουάριος	13792	13038	15036	40,8	31,5	32,5	0,8866	0,8750	0,8940
Φεβρουάριος	10843	14703	12330	37,0	34,1	27,3	0,8905	0,8920	0,8950
Μάρτιος	12784	15525	9875	39,4	36,7	31,3	0,8890	0,8910	0,8999
Απρίλιος	12784	13367	15459	39,4	43,3	27,2	0,8890	0,8950	0,8901
Μάιος	15699	13055	11928	40,1	33,4	34,7	0,8875	0,8950	0,8999
Ιούνιος	18728	16696	18178	44,5	37,2	36,2	0,8862	0,8920	0,8871
Ιούλιος	18728	20903	21267	44,6	39,8	41,6	0,8862	0,8890	0,8861
Αύγουστος	15890	14269	16364	45,8	37,8	39,4	0,8875	0,8940	0,8875
Σεπτέμβριος	15890	13575	13267	45,7	32,6	35,5	0,8875	0,8950	0,8870
Οκτώβριος	13282	12199	13168	37,8	37,0	28,6	0,8880	0,8950	0,8875
Νοέμβριος	14605	14222	14107	41,1	27,4	30,4	0,8880	0,8901	0,8875
Δεκέμβριος	14605	13014	15071	41,0	38,7	35,9	0,8880	0,8960	0,8875
<b>Σύνολο Έτους</b>	<b>177630</b>	<b>174566</b>	<b>176050</b>	<b>497,2</b>	<b>429,5</b>	<b>400,6</b>	-	-	-
<b>Μέση Τιμή Έτους</b>	-	-	-	-	-	-	<b>0,8878</b>	<b>0,8916</b>	<b>0,8908</b>

**Πίνακας 3.4:** Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh), Μηνιαία χρεωστέα ζήτηση (kW), Μέση μηνιαία τιμή συντελεστή ισχύος (cosφ)



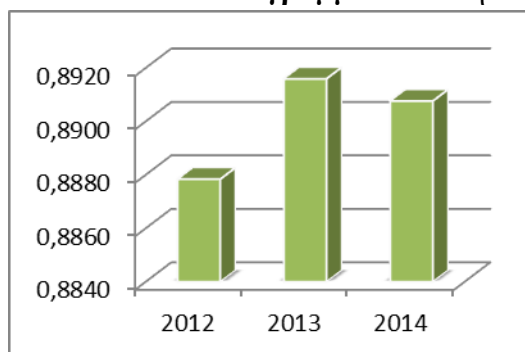
Παρατηρείται ότι η ετήσια κατανάλωση ενέργειας για τα έτη 2012, 2013, 2014 είναι σχεδόν σταθερή με μέση τιμή 176082 kWh/έτος και η τυπική απόκλιση 16014 kWh/έτος.

**Διάγραμμα 3.2:** Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh/έτος)



Παρατηρείται ότι η ετήσια χρεωστέα ζήτηση το 2014 είναι μειωμένη κατά 19,49% σε σχέση με το 2012. Η μέση τιμή για τα έτη 2012, 2013, 2014 είναι 424,4 kW/έτος και η τυπική απόκλιση 59,1 kW/έτος.

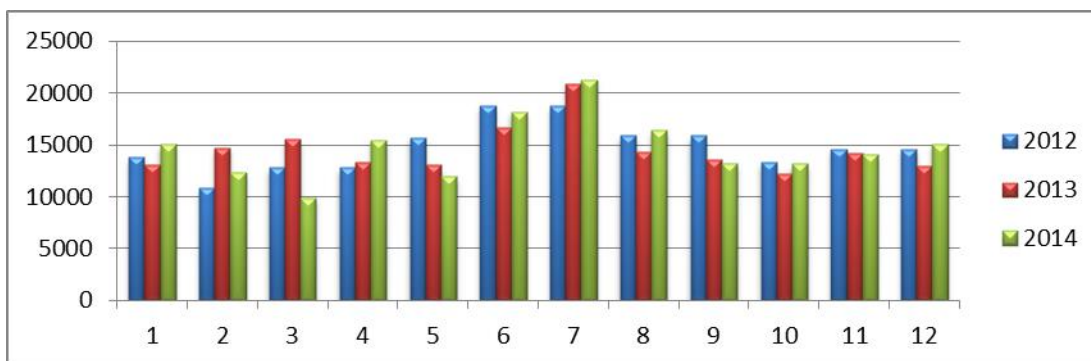
**Διάγραμμα 3.3:** Ετήσια χρεωστέα ζήτηση (kW/έτος)



Παρατηρείται ότι η μέση ετήσια τιμή του συντελεστή ισχύος για τα έτη 2012, 2013, 2014 είναι σχεδόν σταθερή με μέση τιμή 0,8901 και η τυπική απόκλιση 0,0042.

**Διάγραμμα 3.4:** Μέση ετήσια τιμή συντελεστή ισχύος (cosφ/έτος)

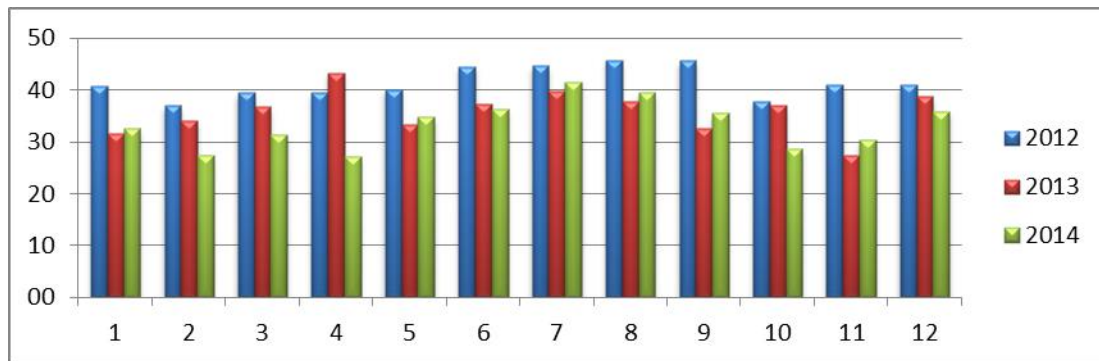
Από τα παρακάτω διαγράμματα (Διαγράμματα 3.5 και 3.6) φαίνεται ότι για το έτος 2012 τους μήνες 3-4, 6-7,8-9, 11-12 προκύπτουν ίδιες καταναλώσεις αυτό δεν είναι αληθές διότι τα τιμολόγια είχαν δίμηνη διάρκεια, για να εκφραστούν αυτά τα τιμολόγια σε μηνιαία βάση θεωρείται πως η κατανάλωση είναι ίση για τους αντίστοιχους μήνες.



**Διάγραμμα 3.5:** Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)

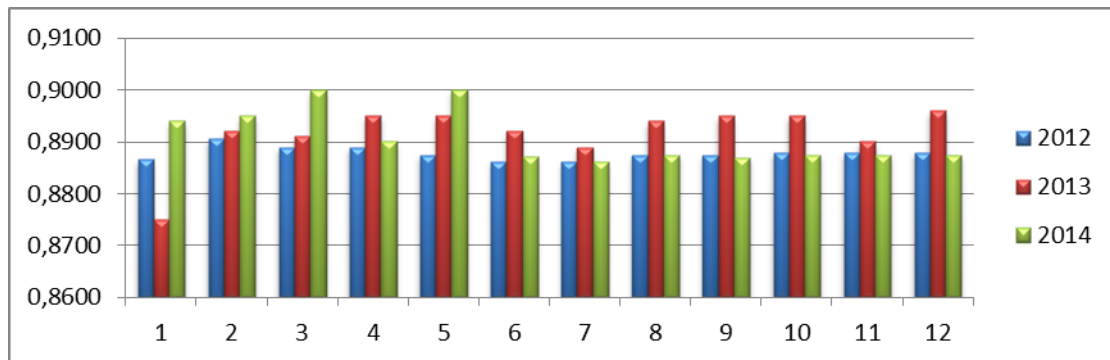
Στο διάγραμμα 3.5 παρατηρείται ότι Ιούνιο και τον Ιούλιο προκύπτει μια αύξηση στη κατανάλωση του καταστήματος η διαφορά αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι το καλοκαίρι υπάρχουν υψηλές θερμοκρασίες και οι κλιματιστικές μονάδες λειτουργούν περισσότερο.

Στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 3.6) παρατηρείται ότι το έτος 2012 υπάρχει μεγαλύτερη χρεωστέα ζήτηση σε kW σε σχέση με τα έτη 2013, 2014 η διαφορά αυτή μπορεί να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες όπως η αλλαγή κάποιων μηχανημάτων, ο τρόπος χρήσης του εξοπλισμού, η αλλαγή πολιτικής της εταιρίας για τη μείωση του κόστους της ηλεκτρικής κατανάλωσης.



Διάγραμμα 3.6: Μηνιαία χρεωστέα ζήτηση (kW)

Στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 3.7) φαίνεται πως για τους πρώτους μήνες έχει σχετικά μεγάλες διακυμάνσεις αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο σε υπολογιστικό λάθος λόγω αλλαγής τιμολογιακής πολιτικής της ΔΕΗ και σε σφάλματα στρογγυλοποιήσεων. Επίσης παρατηρείται ότι το 2012 προκύπτει αυξημένος συντελεστής ισχύος σε σχέση με τα άλλα δύο έτη αυτό οφείλεται στη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας για το 2012.



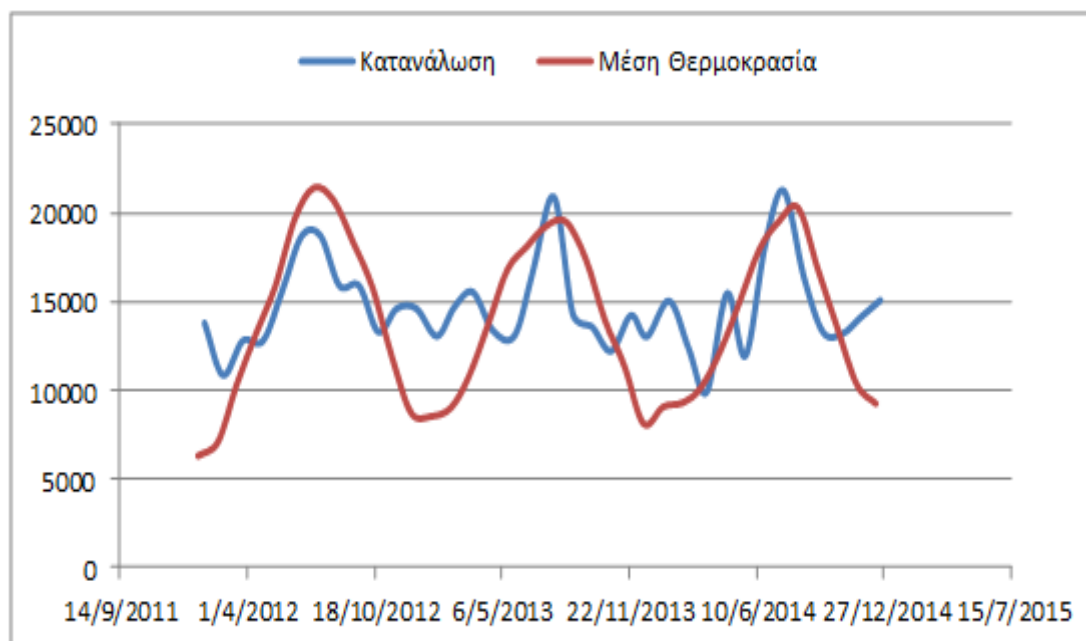
Διάγραμμα 3.7: Μέση μηνιαία τιμή συντελεστή ισχύος (cosφ)

Ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 3.5) παρουσιάζει τη μηνιαία μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος στην Ελλάδα για τη περίοδο της μελέτης.

Μήνας	2012 (°C)	2013 (°C)	2014 (°C)
Ιανουάριος	10,5	14,2	15,1
Φεβρουάριος	11,8	15	15,5
Μάρτιος	17,1	17,9	16,9
Απρίλιος	22,0	22,9	20,4
Μάιος	26,4	28,0	25,0
Ιούνιος	32,8	30,2	29,9
Ιούλιος	35,7	32,1	32,5
Αύγουστος	34,5	32,5	33,8
Σεπτέμβριος	30,5	29,0	28,0
Οκτώβριος	26,3	23,3	22,6
Νοέμβριος	19,7	18,9	17,2
Δεκέμβριος	14,5	13,5	15,4

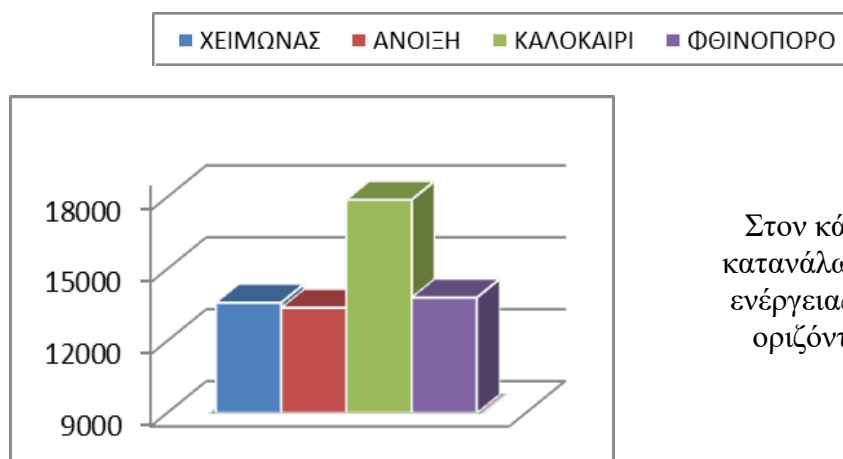
Πίνακας 3.5: Μηνιαία μέση θερμοκρασία στην Ελλάδα (°C)

Το παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 3.8) παρουσιάζει την καμπύλη της μηνιαίας κατανάλωσης του καταστήματος και τη μηνιαία μέση θερμοκρασία. Παρατηρείται ότι οι δύο καμπύλες είναι συσχετισμένες ανά σεζόν, χειμερινή – καλοκαιρινή, δηλαδή η κατανάλωση τη καλοκαιρινή σεζόν ακολουθεί τη καμπύλη της θερμοκρασίας ενώ η κατανάλωση τη χειμερινή σεζόν ακολουθεί αντίθετα τη καμπύλη της θερμοκρασίας. Για το έτος 2012 όπως παραπάνω έχει γίνει μια απλή αναλογία στους μήνες 3-4,6-7,8-9,11-12 έτσι προκύπτουν ίδιες καταναλώσεις λόγω δίμηνων τιμολογίων.



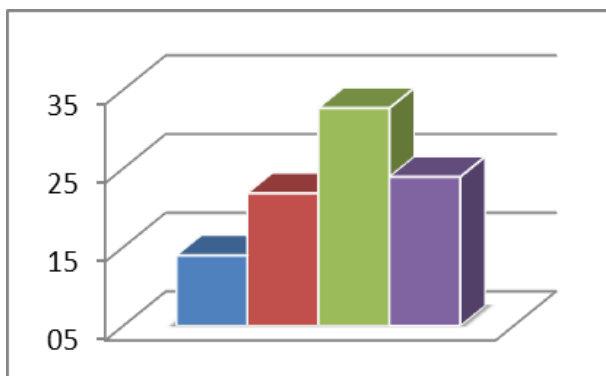
**Διάγραμμα 3.8:** Καμπύλη μηνιαίας κατανάλωσης και μέσης θερμοκρασίας

Μια καλύτερη προσέγγιση της εποχιακής κατανάλωσης και της θερμοκρασίας δίνεται στα παρακάτω διαγράμματα (Διαγράμματα 3.9, 3.10, 3.11 και 3.12) όπου παρουσιάζονται οι μέσες τιμές ανά εποχή ( χειμώνα, άνοιξη, καλοκαίρι, φθινόπωρο ). Παρατηρείται ότι το καλοκαίρι υπάρχει υψηλότερη κατανάλωση και υψηλότερη θερμοκρασία ενώ το χειμώνα υπάρχει μια μέση κατανάλωση και χαμηλότερη θερμοκρασία, την άνοιξη και το φθινόπωρο υπάρχει μέση κατανάλωση και μέση θερμοκρασία. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στον κλιματισμό για θέρμανση και ψύξη καθώς επίσης και στον εξοπλισμό ( ψυγεία φούρνοι, βιτρίνες κτλ. ).



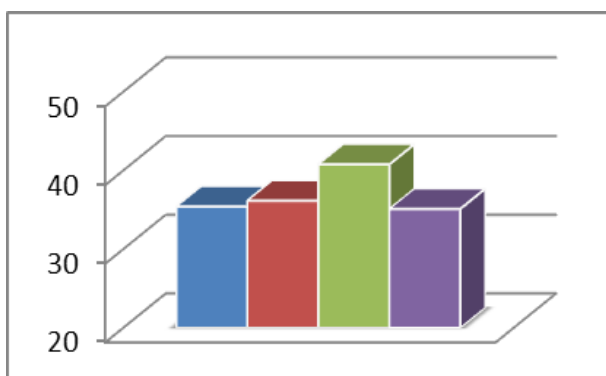
Στον κάθετο άξονα η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh στον οριζόντιο οι εποχές.

**Διάγραμμα 3.9:** Εποχιακή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)



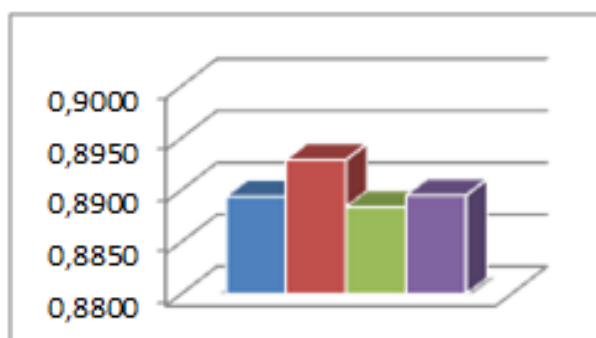
Στον κάθετο άξονα η θερμοκρασία σε °C στον οριζόντιο οι εποχές.

**Διάγραμμα 3.12:** Μέση εποχιακή θερμοκρασία (°C)



Στον κάθετο άξονα η χρεωστέα ζήτηση σε kW στον οριζόντιο οι εποχές.

**Διάγραμμα 3.10:** Εποχιακή χρεωστέα ζήτηση (kW)



Στον κάθετο άξονα ο συντελεστής ισχύος στον οριζόντιο οι εποχές.

**Διάγραμμα 3.11:** Μέση εποχιακή τιμή συντελεστή ισχύος (cosφ)





### 3.4 Σχεδιασμός και εκτέλεση πειραμάτων

#### 3.4.1 Πείραμα 1: Σύγκριση καταγραφικού παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας με μετρήσεις αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας

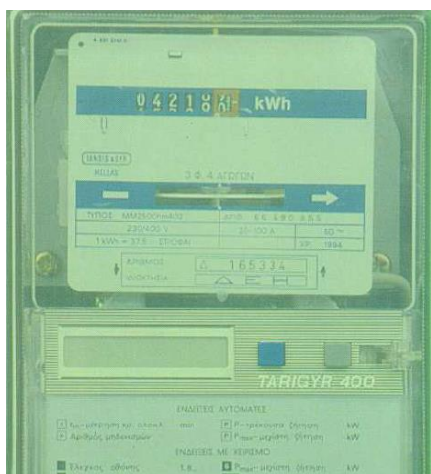
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα πειράματα που έγιναν στους τριφασικούς μετρητές μεγιστοδείκτες TARIGYR 400 & ACTARIS ACE6000 σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας και δίνονται όλες οι πληροφορίες σχετικά με την πειραματική διάταξη και τις μετρήσεις. Αρχικά περιγράφεται η πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για να ληφθούν οι μετρήσεις. Περιγράφονται τα όργανα και οι βασικές ρυθμίσεις τους οι οποίες αξιοποιήθηκαν πλήρως για την εκτέλεση των μετρήσεων. Οι ηλεκτρικοί μεγιστοδείκτες μετρητές που μετρήθηκαν είναι συσκευές που χρησιμοποιούνται στον εμπορικό και βιομηχανικό τομέα.

Οι ηλεκτρονικοί μεγιστοδείκτες μετρητές είναι εσωτερικού χώρου και προβλέπεται να τοποθετούνται μέσα σε στεγανά κιβώτια μετρητών. Η συνδεσμολογία είναι σύμφωνα με τους Γερμανικούς κανονισμούς V.D.E.. Στο εσωτερικό του καλύμματος των ακροδεκτών υπάρχει διάγραμμα συνδεσμολογίας. Οι ηλεκτρονικοί μεγιστοδείκτες μετρητές είναι τριών στοιχείων, τεσσάρων αγωγών, τοποθετούνται σε τριφασικά δίκτυα, ανομοιόμορφης φόρτισης είτε με απ ευθείας σύνδεση 3x20/60A, είτε μέσω μετασχηματιστών εντάσεως 3x1,5/6A. Ως προς την ακρίβεια της μέτρησης ανήκουν στη κλάση 2.

#### Τριφασικός μετρητής μεγιστοδείκτης TARIGYR 400

Αντικείμενο της πρώτης σειράς μετρήσεων είναι ο τριφασικός μετρητής μεγιστοδείκτης TARIGYR 400 (Εικόνα 3.21). Συγκεκριμένα έγιναν δύο μετρήσεις, η πρώτη μέτρηση έγινε με τη βοήθεια του ηλεκτρικού αναλυτή και η δεύτερη μέτρηση, παράλληλα με τη πρώτη, με τη βοήθεια παρατηρητή. Μετρούμενο μέγεθος είναι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh).

Περιγραφή "παλαιού" τύπου τριφασικού μετρητή μεγιστοδείκτη που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα:



**Εικόνα 3.21:** LANDIS & GYR TARIGYR 400 Τριφασικός μετρητής μεγιστοδείκτης χαμηλής τάσης ΔΕΗ



**Εικόνα 3.22:** Οθόνη μετρητή LANDIS & GYR TARIGYR 400

Αποτελούνται από δύο στοιχεία τα οποία είναι συνδεδεμένα και συνεργάζονται μεταξύ τους. Το μηχανικό στοιχείο, είναι ακριβώς όμοιο με το στοιχείο ενός τριφασικού επαγωγικού μετρητή, και το ηλεκτρονικό στοιχείο, είναι προσαρμοσμένο στο μπροστινό μέρος του οργάνου και περιλαμβάνει:

- Τον παλμολήπτη.
- Το ηλεκτρονικό κύκλωμα.
- Την οθόνη ενδείξεως υγρού κρυστάλλου.
- Τα μπουτόν χειρισμού ενδείξεων, μπλε, και μηδενισμού μεγίστου, γκρι.
- Το άγκιστρο σφραγίσεως μπουτόν μεγίστου.
- Πινακίδα επεξήγησης των αυτόματων ενδείξεων της οθόνης και των ενδείξεων που λαμβάνονται κατόπιν χειρισμού.

Λειτουργία: Απέναντι από τον δίσκο είναι προσαρμοσμένος ένας παλμολήπτης ο οποίος μεταφέρει στο ηλεκτρονικό στοιχείο τις στροφές του δίσκου υπό μορφή παλμών. Αυτοί επεξεργάζονται και στη συνέχεια παρέχονται υπό μορφή ενδείξεων στην οθόνη. Ανάγνωση αυτόματων εναλλασσόμενων ενδείξεων της οθόνης (Εικόνα 3.22).

Όταν ο μετρητής τροφοδοτηθεί με τάση, αρχίζουν να εναλλάσσονται αυτόματα κάθε 8sec στην οθόνη του οι εξής ενδείξεις:

- 1η Εναλλαγή: Ένδειξη τροφοδοσίας παλμών από παλμοδότη, t08 Ένδειξη του χρόνου ολοκλήρωσης μεγίστου σε δεκαπέντε λεπτά, P ένδειξη φορτίου διακοπτόμενη και 0035 ένδειξη τρέχουσας ζήτησης φορτίου σε KW σε σχέση με το χρόνο ολοκλήρωσης μεγίστου.
- 2η Εναλλαγή: Ένδειξη τροφοδοσίας παλμών από παλμοδότη, π ένδειξη αριθμών μηδενισμών μεγίστου που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι τώρα και 0835 ένδειξη της μέγιστης ζήτησης φορτίου σε KW που έχει καταγραφεί σε κάποια 15λεπτά ολοκλήρωσης της τρέχουσας περιόδου μετά τον τελευταίο μηδενισμό.

Πλεονεκτήματα:

- Δυνατότητα αποθήκευσης στοιχείων στη μνήμη για 7 περίπου χρόνια μετά την αποσύνδεσή του.
- Δυνατότητα παροχής προηγούμενων ζητήσεων μεγίστου KW, μέχρι 12 συνολικά.
- Δυνατότητα παροχής προηγούμενων καταναλώσεων KWh, μέχρι 12 συνολικά.
- Δυνατότητα λήψης στοιχείων από μεγάλη απόσταση μέσω συστήματος φερεσύχων

Μειονεκτήματα:

- Δεν έχουν παρατηρηθεί ακόμα διότι είναι λίγος ο χρόνος που χρησιμοποιούνται.

### **Τριφασικός μετρητής μεγιστοδείκτης ACTARIS ACE6000**

Αντικείμενο της δεύτερης σειράς μετρήσεων είναι ο τριφασικός μετρητής μεγιστοδείκτης ACTARIS ACE6000 (Εικόνα 3.24). Παρόμοια με πριν έγιναν δύο μετρήσεις, η πρώτη μέτρηση έγινε με τη βοήθεια του ηλεκτρικού αναλυτή και η δεύτερη μέτρηση, παράλληλα με τη πρώτη, με τη βοήθεια παρατηρητή. Μετρούμενο μέγεθος είναι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh).

Περιγραφή ηλεκτρονικού μεγιστοδείκτη μετρητή που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα:

Αποτελούνται από ένα στοιχείο το ηλεκτρονικό στοιχείο, είναι προσαρμοσμένο στο μπροστινό μέρος του οργάνου και περιλαμβάνει τα ακόλουθα μέρη:

- Τους αισθητήρες ρεύματος.
- Το ηλεκτρονικό ψηφιακό κύκλωμα.
- Την οθόνη ενδείξεως LED (Εικόνα 3.23).
- Τα μπουτόν χειρισμού ενδείξεων και μηδενισμού μεγίστου.
- Το άγκιστρο σφραγίσεως.
- Το μπουτόν μεγίστου.
- Πινακίδα επεξήγησης των αυτόματων ενδείξεων της οθόνης και των ενδείξεων που λαμβάνονται κατόπιν χειρισμού.

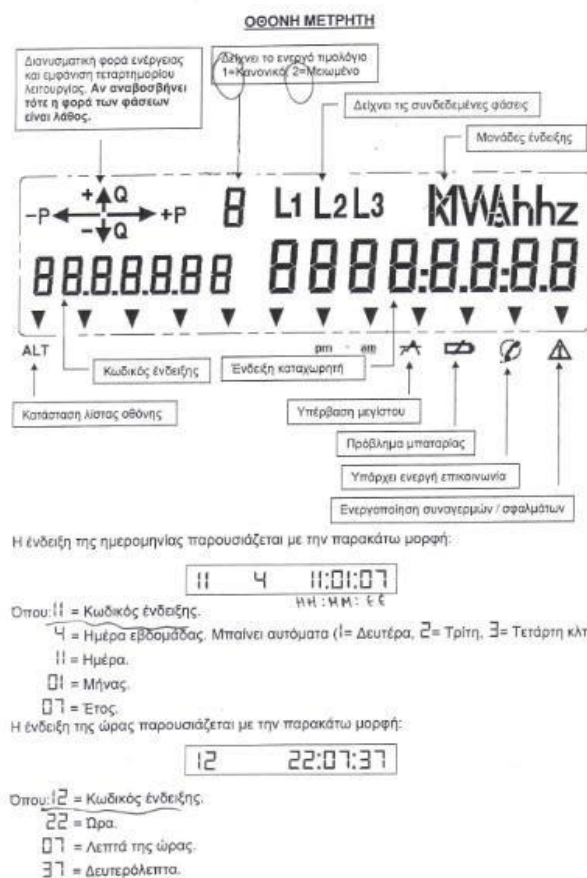
Λειτουργία: Στο κάτω μέρος υπάρχουν αισθητήρες ρεύματος οι οποίοι μεταφέρουν στο ηλεκτρονικό στοιχείο τις τιμές υπό μορφή σημάτων. Αυτά επεξεργάζονται και στη συνέχεια παρέχονται υπό μορφή ενδείξεων στην οθόνη.

Πλεονεκτήματα σε σχέση με του "παλαιού" τύπου:

- Υψηλή ακρίβεια.
- Υπολογισμός σύνθετων μετρήσεων.
- Απομακρυσμένη αυτόματη επεξεργασία δεδομένων.
- Λειτουργίες που προκύπτουν από συστήματα βασισμένα σε μικροεπεξεργαστές.

Μειονεκτήματα:

- Δεν έχουν παρατηρηθεί ακόμα διότι είναι λίγος ο χρόνος που χρησιμοποιούνται.



**Εικόνα 3.24:** ACTARIS ACE6000 Τριφασικός Μεγιστοδείκτης Ηλεκτρονικός Μετρητής Χαμηλής Τάσης ΔΕΗ

**Εικόνα 3.23:** Οθόνη Ηλεκτρονικού Μετρητή ACTARIS ACE6000

Ανάγνωση αυτόματων εναλλασσόμενων ενδείξεων της οθόνης (Εικόνα 3.25). Όταν ο μετρητής τροφοδοτηθεί με τάση, υπάρχει η δυνατότητα εμφάνισης των παρακάτω ενδείξεων:

52 Energy quantities			19 others	11 status
Active	Reactive	Apparent	Power factor	Energy
kWh ph 1+	kvarh ph 1+	kVAh ph 1+	PF ph 1	Active
kWh ph 1-	kvarh ph 1-	kVAh ph 1-	PF ph 2	kWh direction
			PF ph 3	kWh dir ph 1
kWh ph 2+	kvarh ph 2+	kVAh ph 2+		kWh dir ph 2
kWh ph 2-	kvarh ph 2-	kVAh ph 2-	PF agg	kWh dir ph 3
kWh ph 3+	kvarh ph 3+	kVAh ph 3+	RMS Values	Reactive
kWh ph 3-	kvarh ph 3-	kVAh ph 3-		Voltages
			Urms 1	
kWh agg+	kvarh agg+	kVAh agg+	Urms 2	kvarh quadr. ph 1
kWh agg-	kvarh agg-	kVAh agg-	Urms 3	kvarh quadr. ph 2
				kvarh quadr. ph 3
	kvarh Q1 ph 1	Summation	Currents	
	kvarh Q2 ph 1	Sum 1	Irms 1	Phase sequence
	kvarh Q3 ph 1	Sum 2	Irms 2	Sequence status
	kvarh Q4 ph 1	Sum 3	Irms 3	Int. active status
		Sum 4		
	kvarh Q1 ph 2		Zero Sequence	Voltage defects
	kvarh Q2 ph 2		Zero Sequence U	cuts ph 1
	kvarh Q3 ph 2		Zero sequence I	cuts ph 2
	kvarh Q4 ph 2			cuts ph 3
			Frequency	
	kvarh Q1 ph 3		mains frequency	sags ph 1
	kvarh Q2 ph 3			sags ph 2
	kvarh Q3 ph 3		Phase angles	sags ph 3
	kvarh Q4 ph 3		Angle U1/I1	
			Angle U2/I2	swells ph 1
	kvarh Q1 agg		Angle U3/I3	swells ph 2
	kvarh Q2 agg			swells ph 3
	kvarh Q3 agg		Angle U1/U2	
	kvarh Q4 agg		Angle U2/U3	
			Angle U1/U3	

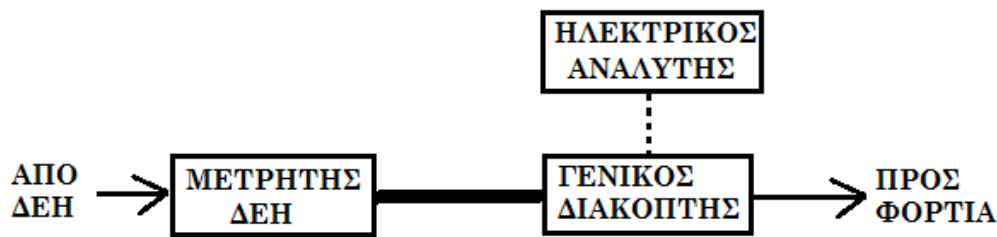
**Εικόνα 3.25:** Ενδείξεις Ηλεκτρονικού Μετρητή ACTARIS ACE6000

### Όργανα, πειραματική διάταξη και μεθοδολογία πειράματος

Το βασικό όργανο που χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή των μετρήσεων ήταν ο αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας Fluke 1735. Βασικό χαρακτηριστικό είναι η ανάλυση της ποιότητας της τάσης, της έντασης και της ισχύος σε οποιοδήποτε σημείο σε ένα δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης. Προγραμματίζεται ώστε να λαμβάνει σε μετρήσεις τάσης, έντασης, ενεργού και άεργου ισχύος συντελεστή ισχύος και ενέργειας τις οποίες αποθηκεύει σε εσωτερική μνήμη. Οι μετρήσεις αυτές μπορούν να μελετηθούν σε υπολογιστή, όταν συνδεθεί το όργανο μέτρησης με αυτό, μέσω του ειδικού λογισμικού.

Η διάταξη του πειράματος (Εικόνα 3.19) είναι απλή και αποτελείται από:

- Έναν τριφασικό μετρητή μεγιστοδείκτη (TARIGYR400 ή ACTARIS ACE6000).
- Γραμμή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (J1VV-R, 5 αγωγών, 25mm<sup>2</sup> διατομή).
- Αυτόματος διακόπτης ισχύος (Γενικός διακόπτης καταστήματος).
- Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 3.19: Πειραματική διάταξη

### Μεθοδολογία πειράματος:

**Βήμα 1:** Ρύθμιση αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας.

Μεθοδολογία ρύθμισης του ηλεκτρικού αναλυτή:

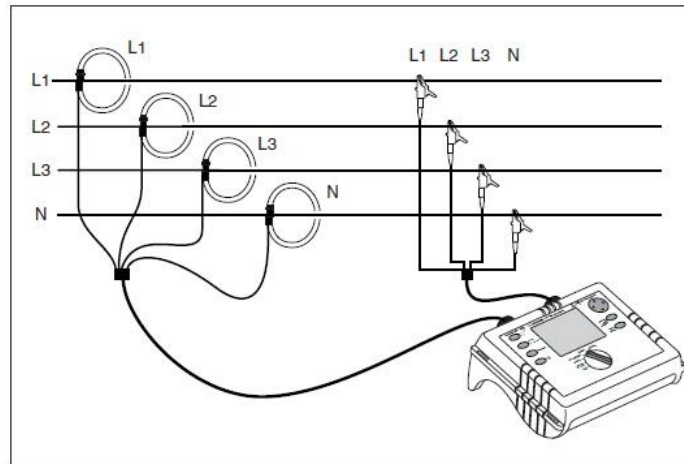
- Ορίζεται να καταγράφει ενδείξεις ανά 2 δευτερόλεπτα  
(menu -> logging -> averaging -> averaging period -> 2sec)
- Ορίζονται όρια υπέρτασης/υπότασης  $\pm 10\%$   
(menu -> logging -> event thresholds -> voltage trigger ->  $\pm 10\%$ )
- Ορίζεται επίπεδο ρεύματος μέσο  
(menu -> instrument setup -> current probes -> current range -> mid)
- Ορίζεται συνδεσμολογία δικτύου αστέρα  
(menu -> power network -> configuration -> wye)
- Ορίζεται ονομαστική τάση δικτύου 230volt  
(menu -> power network -> nominal voltage -> 230V)
- Ορίζεται ονομαστική συχνότητα 50Hz  
(menu -> power network -> freq -> 50Hz)

Οι κύριες ρυθμίσεις του αναλυτή απεικονίζονται κάθε φορά κατά την έναρξή του.

**Βήμα 2:** Σύνδεση αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας. (Εικόνα 3.20)

Μεθοδολογία σύνδεσης του αναλυτή για τριφασική μετρητική διάταξη για συνδεσμολογία αστέρα:

- Απενεργοποιείται ο γενικός διακόπτης.
- Ξεσφίγγονται, από την πλευρά που δεν διαρρέονται από ρεύμα, οι υποδοχές των καλωδίων του γενικού διακόπτη και τοποθετούνται σε κάθε φάση και στον ουδέτερο ένα καλώδιο μικρού μήκους και σφίγγονται οι υποδοχές. Στην άλλη άκρη του καλωδίου τοποθετούνται οι τσιμπίδες, κροκοδειλάκια, και μονώνονται με μονωτική ταινία. Σε κάθε τσιμπίδα έχει ένδειξη των φάσεων και του ουδέτερου. Εναλλακτικός τρόπος, να τοποθετηθούν στον αντίστοιχο ζυγό, αν υπάρχει, που καταλήγει το καλώδιο της φάσης/ουδέτερου.
- Τοποθετούνται οι αμπεροτσιμπίδες στην αντίστοιχη γραμμή φάσης ή ουδέτερου που τοποθετήθηκε η τσιμπίδα, κροκοδειλάκι. Η κάθε αμπεροτσιμπίδα έχει ένδειξη φάσης ή ουδέτερου και φοράς δηλαδή το βέλος να κοιτάει προς το φορτίο.
- Ενεργοποιείται ο διακόπτης και προκύπτουν οι ενδείξεις στην οθόνη του αναλυτή.



**Εικόνα 3.20:** Τριφασική μετρητική διάταξη για συνδεσμολογία αστέρα

**Βήμα 3:** Έλεγχος ενδείξεων με τις αναμενόμενες καταναλώσεις & ενδείξεις.

Ο έλεγχος γίνεται καταρχήν στα γνωστά μεγέθη όπως τάση και συχνότητα, έπειτα από αναμενόμενα ή εμπειρικά αποτελέσματα ελέγχονται οι αντίστοιχες ενδείξεις, π.χ. αν γνωρίζουμε τα ονομαστικά μεγέθη του υπό μέτρηση στοιχείου περιμένουμε η ένδειξη να είναι της ίδιας τάξης μεγέθους, αν κάνουμε μια μεταβολή π.χ. να κλείσουμε το διακόπτη θα πρέπει οι ενδείξεις μηδενίζονται κ.τ.λ..

**Βήμα 4:** Έναρξη καταγραφής αναλυτή και καταγραφή ενδείξεων του μετρητή της ΔΕΗ.

Το διάστημα μέτρησης ανά μετρητή μεγιστοδείκτη της ΔΕΗ ορίστηκε στις 2 ώρες. Η καταγραφή στον αναλυτή γίνεται αυτόματα μετά την έναρξη ανά 2 δευτερόλεπτα όλων των ενδείξεων του αναλυτή ενώ οι ενδείξεις του μετρητή της ΔΕΗ γίνεται από παρατηρητή ανά 3 λεπτά ή ανά κύκλο ένδειξης, κύκλος ένδειξης περίπου 3 λεπτά. Ιδιαίτερη προσοχή κατά την διεξαγωγή του πειράματος στις ενδείξεις της ώρα των μετρητών, του αναλυτή και του παρατηρητή ώστε τα μετρούμενα μεγέθη των μετρήσεων να έχουν χρονική ακρίβεια.

- Για τον TARIGYR 400 η ρύθμιση του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας έχει οριστεί να καταγράφει ενδείξεις ανά 2 δευτερόλεπτα ενώ ο παρατηρητής καταγράφει ενδείξεις ανά 3 λεπτά.
- Για τον ACTARIS ACE6000H ρύθμιση του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας έχει οριστεί να καταγράφει ενδείξεις ανά 2 δευτερόλεπτα ενώ ο παρατηρητής καταγράφει ενδείξεις ανά περίοδο εμφάνισης των ενδείξεων στην οθόνη του μετρητή, 2 με 3 λεπτά.

### 3.4.2 Πείραμα 2: Σύγκριση καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας από διάφορους τύπους φωτιστικών σωμάτων

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα πειράματα που έγιναν σε διάφορους τύπους φωτιστικών σωμάτων σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας και δίνονται όλες οι πληροφορίες σχετικά με την πειραματική διάταξη και τις μετρήσεις. Αρχικά περιγράφεται η πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για να ληφθούν οι μετρήσεις. Περιγράφονται τα όργανα και οι βασικές ρυθμίσεις τους οι οποίες αξιοποιήθηκαν πλήρως για την εκτέλεση των μετρήσεων.

Τα φωτιστικά σώματα TALUS 3F και MAX MOBILIS φέρουν τον ίδιο τύπο λαμπτήρα ισχύος 50Watt και αντιστοιχούν στο 37% της συνολικής κατανάλωσης για φωτισμό του καταστήματος. Η επιχείρηση έκρινε σκόπιμο να αντικατασταθούν με λαμπτήρα τύπου AR 111 ισχύος 9Watt 100-240Volt 2800-3200K τεχνολογίας LED. Παρακάτω δίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του λαμπτήρα AR 111 (Εικόνα 3.26).



#### Specifications of AR111series

1. Power: 9\*1w
2. Voltage: AC100-240V
3. Color temperature: Warm white 2800-3200k
4. PF>90%,
5. Size:  $\phi$  65mm\*110mm
6. Cover:Acrylic lens
7. Base: AR111
8. Beam Angle:30degree
9. Light efficiency: 90Lm/w
10. CRI>80

Εικόνα 3.26: AR111-9W

Η εταιρία έχει κάνει μετρήσεις για τον συγκεκριμένο τύπο λαμπτήρα στο εργαστήριο φωτοτεχνίας του ΕΜΠ με τα εξής αποτελέσματα για την κατανάλωση (Εικόνα 3.27):

Type	Voltage (V)	Current (A)	Active power $P_{rated}$ (W)	Apparent power (VA)	Reactive power (VAr)	$\lambda$
AR111-9W	230.34	0.0399	8.745	9.185	-2.811	0.95201

Εικόνα 3.27: Αποτελέσματα AR111 υπό ιδανικές συνθήκες μέτρησης  
*Αποτελέσματα έκθεσης φωτομετρήσεων του εργαστηρίου φωτοτεχνίας ΕΜΠ*

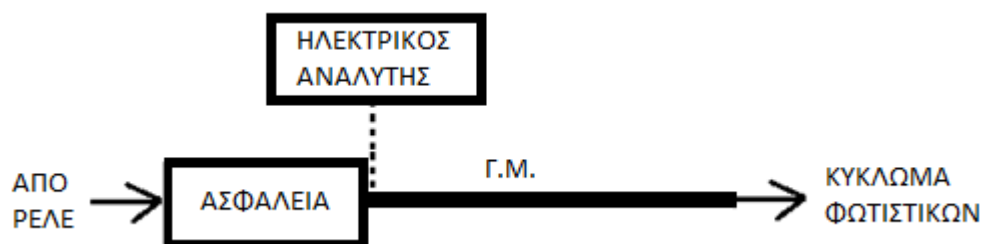
#### Όργανα, πειραματική διάταξη και μεθοδολογία πειράματος

Το βασικό όργανο που χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή των μετρήσεων ήταν ο αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας Fluke 1735. Βασικό χαρακτηριστικό είναι η ανάλυση της ποιότητας της τάσης, της έντασης και της ισχύος σε οποιοδήποτε σημείο σε ένα δίκτυο διανομής μέσης και χαμηλής τάσης. Προγραμματίζεται ώστε να λαμβάνει σε μετρήσεις τάσης, έντασης, ενεργού και άεργου ισχύος συντελεστή ισχύος και ενέργειας τις οποίες αποθηκεύει σε εσωτερική μνήμη. Οι μετρήσεις αυτές μπορούν να

μελετηθούν σε υπολογιστή, όταν συνδεθεί το όργανο μέτρησης με αυτό, μέσω του ειδικού λογισμικού.

Η διάταξη του πειράματος (Εικόνα 3.28) είναι απλή και αποτελείται από:

- Φωτιστικά σώματα ίδιου τύπου πάνω σε ένα κύκλωμα.
- Γραμμή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (A05VV-U, 3 αγωγών, 2.5mm<sup>2</sup> διατομή).
- Αυτόματος διακόπτης ισχύος (Ασφάλεια 2x16A).
- Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 3.28: Πειραματική Διάταξη

### Μεθοδολογία πειράματος:

**Βήμα 1:** Ρύθμιση αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας.

Μεθοδολογία ρύθμισης του ηλεκτρικού αναλυτή:

- Ορίζεται να καταγράφει ενδείξεις ανά 1 δευτερόλεπτα  
(menu -> logging -> averaging -> averaging period -> 1sec)
- Ορίζονται όρια υπέρτασης/υπότασης  $\pm 10\%$   
(menu -> logging -> event thresholds -> voltage trigger ->  $\pm 10\%$ )
- Ορίζεται επίπεδο ρεύματος μέσο  
(menu -> instrument setup -> current probes -> current range -> mid)
- Ορίζεται συνδεσμολογία δικτύου μία φάση και ουδέτερος  
(menu -> power network -> configuration -> 1phase+N)
- Ορίζεται ονομαστική τάση δικτύου 230volt  
(menu -> power network -> nominal voltage -> 230V)
- Ορίζεται ονομαστική συχνότητα 50Hz  
(menu -> power network -> freq -> 50Hz)

Οι κύριες ρυθμίσεις του αναλυτή απεικονίζονται κάθε φορά κατά την έναρξή του.

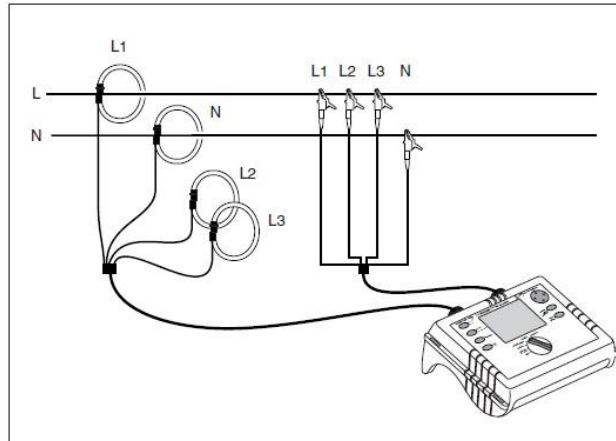
**Βήμα 2:** Σύνδεση αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας. (Εικόνα 3.28)

Μεθοδολογία σύνδεσης του αναλυτή για μονοφασική μετρητική διάταξη:

- Απενεργοποιείται η ασφάλεια.
- Ξεσφίγγονται, από την πλευρά που δεν διαρρέονται από ρεύμα, οι υποδοχές των καλωδίων της ασφάλειας και τοποθετούνται στη φάση και στον ουδέτερο ένα καλώδιο μικρού μήκους και σφίγγονται οι υποδοχές. Στην άλλη άκρη του καλωδίου τοποθετούνται οι τσιμπίδες, κροκοδειλάκια, και μονώνονται με μονωτική ταινία. Προσοχή οι τσιμπίδες, κροκοδειλάκια, των φάσεων όλες μαζί στην ίδια φάση ενώ η τσιμπίδα, κροκοδειλάκι, του ουδέτερου στον ουδέτερο. Σε κάθε τσιμπίδα έχει ένδειξη των φάσεων και του ουδέτερου. Εναλλακτικός τρόπος να τα τοποθετηθούν στον αντίστοιχο ζυγό, αν υπάρχει, που καταλήγει το καλώδιο της φάσης/ουδέτερου.



- Τοποθετούνται οι αμπεροτσιμπίδες μίας φάσης και του ουδετέρου εκεί που τοποθετήθηκαν τα αντίστοιχα οι τσιμπίδες, κροκοδειλάκια. Η κάθε αμπεροτσιμπίδα έχει ένδειξη φάσης ή ουδετέρου και φοράς, δηλαδή το βέλος να κοιτάει προς το φορτίο.
- Ενεργοποιείται ο διακόπτης και προκύπτουν οι ενδείξεις στην οθόνη του αναλυτή.



**Εικόνα 3.29:** Μονοφασική Μετρητική Διάταξη

**Βήμα 3:** Έλεγχος ενδείξεων με τις αναμενόμενες καταναλώσεις & ενδείξεις.

Ο έλεγχος γίνεται καταρχήν στα γνωστά μεγέθη όπως τάση και συχνότητα, έπειτα από αναμενόμενα ή εμπειρικά αποτελέσματα ελέγχονται οι αντίστοιχες ενδείξεις, π.χ. αν γνωρίζουμε τα ονομαστικά μεγέθη του υπό μέτρηση στοιχείου περιμένουμε η ένδειξη να είναι της ίδιας τάξης μεγέθους, αν κάνουμε μια μεταβολή π.χ. να κλείσουμε το διακόπτη θα πρέπει οι ενδείξεις μηδενίζονται κ.τ.λ.

**Βήμα 4:** Έναρξη λειτουργίας καταγραφής του αναλυτή.

Το διάστημα μέτρησης ανά κύκλωμα φωτιστικών σωμάτων ορίστηκε στα 20 λεπτά. Η καταγραφή στον αναλυτή γίνεται αυτόματα μετά την έναρξη ανά 1 δευτερόλεπτο όλων των ενδείξεων του αναλυτή.

### **3.4.3 Πείραμα 3: Ανάλυση ευαισθησίας για τον παράγοντα ρύθμισης θερμοκρασίας σε κλιματιστικά και ψυγεία.**

Στην παράγραφο αυτή γίνεται η παρουσίαση και μελέτη των καταγεγραμμένων ενεργειακών καταναλώσεων για το κλιματισμό και τα ψυγεία θαλάμους του καταστήματος σε καλοκαιρινή περίοδο. Τα στοιχεία κατανάλωσης που συλλέχθηκαν αφορούν την ηλεκτρική ενέργεια και συγκεντρώθηκαν με τη βοήθεια του ηλεκτρικού αναλυτή, ενώ τα στοιχεία για τη θερμοκρασία με τη βοήθεια του θερμόμετρου υγρόμετρου.

Αντικείμενο του πειράματος για τον κλιματισμό είναι η μελέτη υπό συγκεκριμένες συνθήκες εξωτερικής θερμοκρασίας μεταβάλλοντας ελάχιστα την εσωτερική θερμοκρασία να εκτιμηθεί κατά πόσο έχει επίπτωση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τον κλιματισμό του καταστήματος. Ενώ για τα ψυγεία θαλάμους η μελέτη των ενεργειακών καταναλώσεων κατά την λειτουργία τους.

#### **Όργανα, πειραματική διάταξη και μεθοδολογία πειράματος**

Τα βασικά όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή των μετρήσεων ήταν ο αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας Fluke 1735 και το θερμόμετρο υγρόμετρο ETI 8711 therma-hygrometer. Βασικό χαρακτηριστικό του ηλεκτρικού αναλυτή είναι η ανάλυση της ποιότητας της τάσης, της έντασης και της ισχύος σε οποιοδήποτε σημείο σε ένα δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης ενώ του θερμόμετρου υγρόμετρου η ένδειξη της θερμοκρασία και της υγρασίας. Οι μετρήσεις αυτές μπορούν να μελετηθούν σε υπολογιστή, όταν συνδεθεί το όργανο μέτρησης με αυτό, μέσω του ειδικού λογισμικού.

Η διάταξη του πειράματος είναι απλή και αποτελείται από:

- Μία κλιματιστική μονάδα ή μια ψυκτική μονάδα.
- Γραμμή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.
- Αυτόματος διακόπτης ισχύος.
- Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Θερμόμετρο υγρόμετρο.

Η πειραματική διάταξη και η μεθοδολογία του πειράματος είναι όμοια με την παράγραφο 3.4.2.

Για τον κλιματισμό ανά 10 λεπτά καταγράφονται μετρήσεις εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας και υγρασίας. Πριν την έναρξη της καταγραφής ρυθμίζεται το κλιματιστικό στους 18 βαθμούς μέχρι να φτάσει η θερμοκρασία κοντά στους 22 βαθμούς όπου και αρχίζει το πείραμα. Η αρχική ρύθμιση του κλιματιστικού γίνεται στους 22 βαθμούς για την πρώτη μία ώρα όπου καταγράφονται οι θερμοκρασίες και η κατανάλωση. Μετά τη δεύτερη ώρα ρυθμίζεται στους 25 βαθμούς και καταγράφονται τα ίδια στοιχεία. Τέλος για την Τρίτη και τελευταία ώρα ρυθμίζεται πάλι στους 22 βαθμούς.

Για τα ψυγεία θαλάμους (Εικόνα 3.40) ανά 10 λεπτά καταγράφονται μετρήσεις εξωτερικής θερμοκρασίας. Η ρύθμιση του ψυγείου συντήρησης γίνεται στο πεδίο τιμών +2,4°C έως +6°C ενώ η ρύθμιση του ψυγείου κατάψυξης γίνεται στο πεδίο τιμών -18,8°C έως -15,5°C. Η αρχή λειτουργίας των ψυγείων είναι όταν πιάσουν την

μέγιστη θερμοκρασία ρύθμισης τότε αρχίζει να λειτουργεί η ψύξη μέχρι η εσωτερική θερμοκρασία να πιάσει την ελάχιστη θερμοκρασία ρύθμισης. Σε περίπτωση που η πόρτα ανοίξει σταματάει αυτόματα η ψύξη καθ' όλη τη διάρκεια που είναι ανοιχτή, όταν κλείσει η πόρτα τότε αρχίζει η ψύξη μέχρι η εσωτερική θερμοκρασία να πιάσει την ελάχιστη θερμοκρασία ρύθμισης



**Εικόνα 3.40:** (α) Πόρτες ψυγείων με τους μετρητές εσωτερικής θερμοκρασίας  
(β) Κατά τη συλλογή μετρήσεων



## Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα μετρήσεων

### 4.1 Αποτελέσματα και σχολιασμός μετρήσεων πρώτου πειράματος

#### 4.1.1 Αποτελέσματα και σχολιασμός μετρήσεων TARIGYR 400

Ο μετρητής TARIGYR 400 βρίσκεται εντός του καταστήματος δίπλα ακριβώς από τον πίνακα όπου τοποθετήθηκε ο ηλεκτρικός αναλυτής. Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας αποτελεσμάτων για μετρήσεις 2 ωρών (Πίνακας 4.1).

Υπάρχουν πέντε στήλες τιμών:

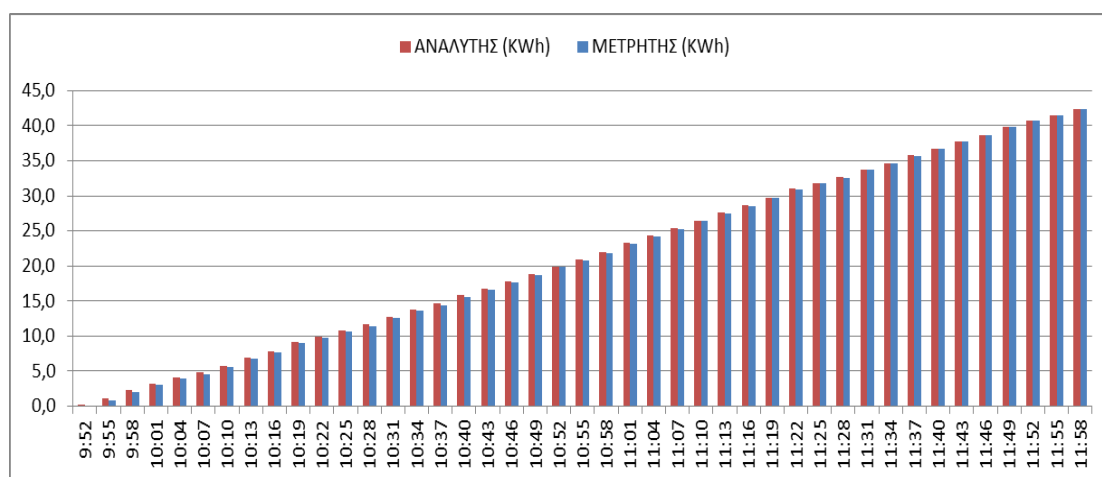
- Η πρώτη στήλη αναφέρεται στην ώρα της μέτρησης.
- Η δεύτερη στήλη στην ένδειξη κατανάλωσης του μετρητή TARIGYR 400 όπως εμφανίζεται στον μετρητή (δηλαδή κατανάλωση σε kWh).
- Η τρίτη στήλη στη κατανάλωση με βάση τον μετρητή TARIGYR 400 και με αρχή του χρόνου τη χρονική στιγμή 9:52 (δηλαδή κατανάλωση σε kWh με έναρξη μέτρησης τη χρονική στιγμή 9:52).
- Η τέταρτη στήλη στην ένδειξη του ηλεκτρικού αναλυτή όπως εμφανίζεται σε αυτόν (δηλαδή κατανάλωση σε kWh).
- Η πέμπτη στήλη η κατανάλωση με βάση τον ηλεκτρικό αναλυτή και με αρχή του χρόνου τη χρονική στιγμή 9:52 (δηλαδή κατανάλωση σε kWh με έναρξη μέτρησης τη χρονική στιγμή 9:52).

Για να είναι δυνατή η σύγκριση πρέπει η ώρα έναρξης μετρητή και αναλυτή να ταυτίζονται. Έτσι οι μετρήσεις καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας που είναι συγκρίσιμες είναι της τρίτης και πέμπτης στήλης (Διάγραμμα 4.1).

ΩΡΑ	ΜΕΤΡΗΤΗΣ		ΑΝΑΛΥΤΗΣ	
	kWh	kWh	Wh	kWh
9:52	515,9	0,0	18,26	0,0
9:55	516,7	0,8	1054,63	1,1
9:58	517,9	2,0	2238,70	2,2
10:01	518,9	3,0	3201,63	3,2
10:04	519,8	3,9	4076,00	4,1
10:07	520,5	4,6	4788,57	4,8
10:10	521,4	5,5	5690,12	5,7
10:13	522,6	6,7	6862,98	6,9
10:16	523,6	7,7	7865,73	7,9
10:19	524,9	9,0	9118,42	9,1
10:22	525,7	9,8	9923,81	9,9
10:25	526,6	10,7	10824,18	10,8
10:28	527,3	11,4	11731,00	11,7
10:31	528,5	12,6	12755,11	12,8
10:34	529,5	13,6	13693,12	13,7
10:37	530,3	14,4	14604,26	14,6
10:40	531,5	15,6	15807,06	15,8
10:43	532,5	16,6	16693,51	16,7
10:46	533,6	17,7	17821,92	17,8

10:49	534,6	<b>18,7</b>	18793,04	<b>18,8</b>
10:52	535,7	<b>19,8</b>	19874,88	<b>19,9</b>
10:55	536,7	<b>20,8</b>	20912,08	<b>20,9</b>
10:58	537,7	<b>21,8</b>	21972,37	<b>22,0</b>
11:01	539,1	<b>23,2</b>	23302,10	<b>23,3</b>
11:04	540,1	<b>24,2</b>	24337,91	<b>24,3</b>
11:07	541,1	<b>25,2</b>	25353,81	<b>25,4</b>
11:10	542,3	<b>26,4</b>	26455,70	<b>26,5</b>
11:13	543,3	<b>27,4</b>	27547,43	<b>27,5</b>
11:16	544,4	<b>28,5</b>	28604,23	<b>28,6</b>
11:19	545,6	<b>29,7</b>	29743,03	<b>29,7</b>
11:22	546,8	<b>30,9</b>	30970,72	<b>31,0</b>
11:25	547,7	<b>31,8</b>	31822,14	<b>31,8</b>
11:28	548,5	<b>32,6</b>	32678,53	<b>32,7</b>
11:31	549,6	<b>33,7</b>	33796,93	<b>33,8</b>
11:34	550,5	<b>34,6</b>	34686,77	<b>34,7</b>
11:37	551,6	<b>35,7</b>	35748,95	<b>35,7</b>
11:40	552,6	<b>36,7</b>	36735,10	<b>36,7</b>
11:43	553,6	<b>37,7</b>	37807,13	<b>37,8</b>
11:46	554,6	<b>38,7</b>	38688,78	<b>38,7</b>
11:49	555,7	<b>39,8</b>	39862,85	<b>39,9</b>
11:52	556,6	<b>40,7</b>	40780,43	<b>40,8</b>
11:55	557,3	<b>41,4</b>	41451,08	<b>41,5</b>
11:58	558,2	<b>42,3</b>	42331,23	<b>42,3</b>

**Πίνακας 4.1:** Αποτελέσματα μετρήσεων TARIGYR 400



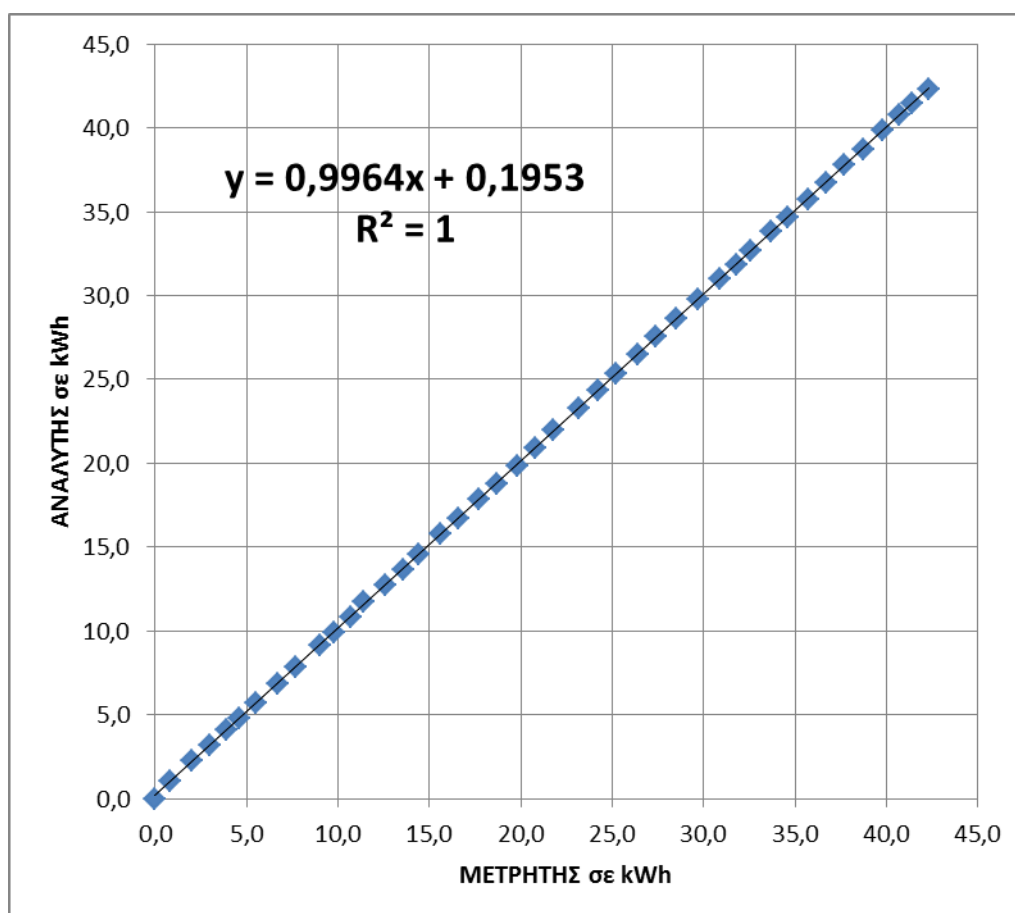
**Διάγραμμα 4.1:** Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ( σε kWh )

Καλύτερη εικόνα για την αντιστοιχία των μετρήσεων κάνουμε λαμβάνεται από το διάγραμμα συσχέτισης (Διάγραμμα 4.2) των τιμών των μετρήσεων με τα δύο όργανα, όπου ταυτόχρονα απεικονίζεται και η ευθεία της συνάρτησης – ταυτότητας  $y=x$ .

Κάνοντας γραμμική παρεμβολή προκύπτει η ευθεία  $y=0,9964x+0,1953$ , ο συντελεστής διεύθυνσης που δηλώνει την κλίση της ευθείας είναι  $\alpha=0,9964$ , δηλαδή σχεδόν  $\alpha=1$ , για τον συντελεστή  $\beta=0,1953$  που δηλώνει τη θέση στον άξονα  $y$ , δηλαδή σχεδόν 0, άρα προκύπτει η ευθεία  $x=y$ . Επίσης ο συντελεστής συσχέτισης

$R^2=1$  άρα υπάρχει τέλεια θετική συσχέτιση μεταξύ των  $x$  και  $y$ . Τα παραπάνω δείχνουν πως οι δύο μετρήσεις ταυτίζονται οπότε και η καταναλισκόμενη ενέργεια που μετρήθηκε με τον αναλυτή συμπίπτει με την ένδειξη του μετρητή.

Επίσης συμπεραίνεται πως αφού δεν υπάρχει απόκλιση των τιμών δεν υπάρχουν απώλειες πάνω στη γραμμή που ενώνει το μετρητή με το πίνακα του καταστήματος, αυτό δικαιολογείται διότι ο μετρητής βρίσκεται μέσα στο κατάστημα ακριβώς δίπλα από το πίνακα. Ο συνδυασμός των τιμών μετρητή αναλυτή παρατηρείται ότι δεν απέχουν σταθερά διαστήματα πάνω στη διαγώνιο και αυτό διότι η κατανάλωση ενέργειας αυξομειώνεται ανάλογα με τα ζητούμενα φορτία.



**Διάγραμμα 4.2:** Διάγραμμα διασποράς μετρητή – αναλυτή ( σε kWh )

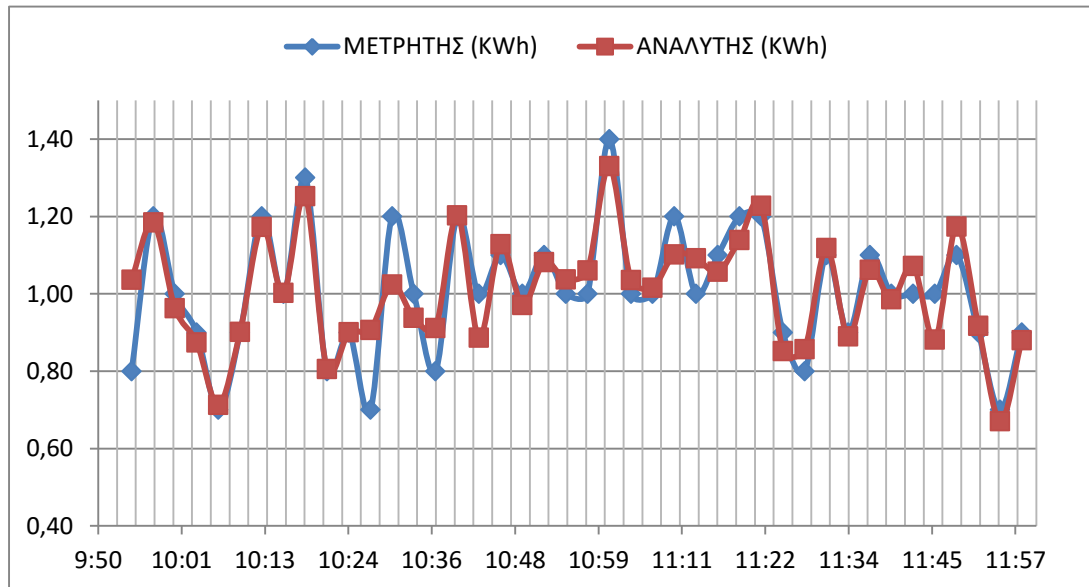
Άλλο ένα διάγραμμα (Διάγραμμα 4.3) που δίνει μια συγκρίσιμη εικόνα και είναι αρκετά χρήσιμο για την εξαγωγή συμπερασμάτων της λειτουργίας του μετρητή TARIGYR 400 είναι το στιγμιαίο διάγραμμα σύγκρισης μετρήσεων του αναλυτή και του μετρητή.

Στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 4.3) παρατηρείται σε ορισμένα μόνο σημεία οι τιμές για τη στιγμιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας να διαφέρουν, ο αναλυτής δίνει αξιόπιστες μετρήσεις, αυτό οφείλεται σε δύο παράγοντες:

- Πρώτον ο μετρητής TARIGYR 400 είναι "παλιός" τεχνολογίας χρησιμοποιεί δηλαδή δίσκο και ένα χαρακτηριστικό του είναι σε περίπτωση καθυστέρησης καταγραφής της κατανάλωσης να επιταχύνει τις στροφές ώστε να καλύψει την

πραγματική κατανάλωση και το αντίστροφο, αυτό φαίνεται στο διάγραμμα στα διαστήματα 10:24 μέχρι 10:36, 11:05 μέχρι 11:15.

- Δεύτερον οι καταγραφόμενες μετρήσεις για το μετρητή έγιναν από παρατηρητή αυτό συνεπάγεται τυχόν σφάλματα δεκαδικών κατά την καταγραφή. Παρόλες τις μικρές διαφορές στις καταγραφόμενες ενδείξεις τα σφάλματα μεταξύ των μετρήσεων αλληλοαναιρούνται έτσι η μέτρηση είναι αξιόπιστη.



Διάγραμμα 4.3: Διάγραμμα στιγμιαίας κατανάλωσης( σε kWh )

Με τη βοήθεια του εργαλείου NumXL της εφαρμογής του Excel βγάζουμε τα παρακάτω στατιστικά στοιχεία για τις στιγμιαίες μετρήσεις της χρονοσειράς του αναλυτή σε Wh:

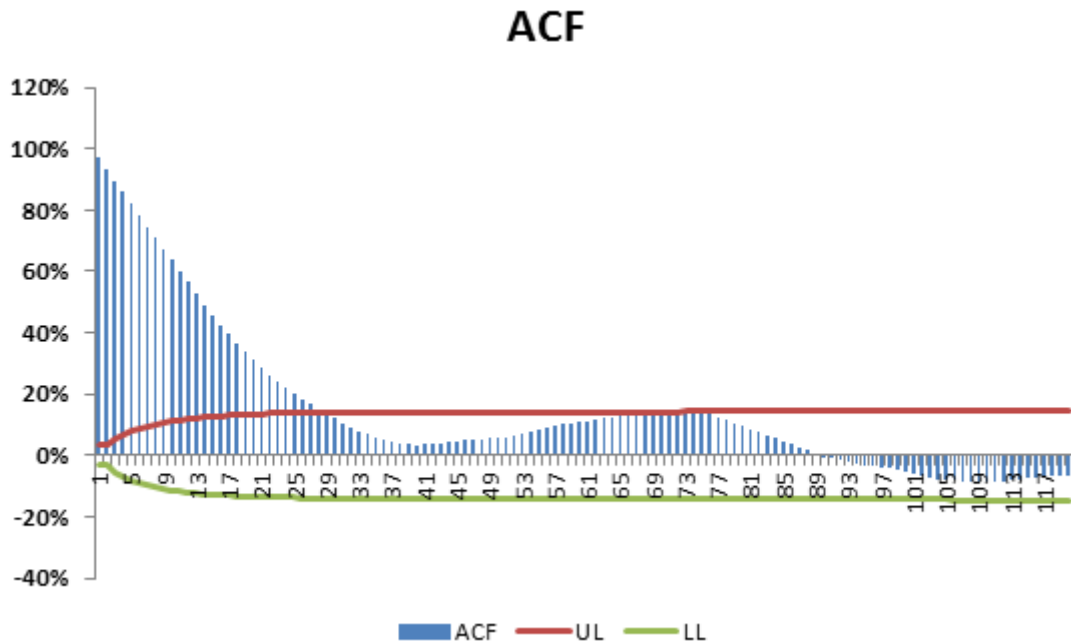
Descriptive Statistics		Test	p-value	SIG?		
<b>AVERAGE:</b>	11,196	<b>MEDIAN:</b>	11,213	<b>White-noise?</b>	0,00%	FALSE
<b>STD DEV:</b>	2,585	<b>MIN:</b>	4,504	<b>Normal Distributed?</b>	0,02%	FALSE
		<b>MAX:</b>	19,556			
Stationary Test						
Test	Stat	P-Value	C.V.	Stationary?	5,0%	
<b>ADF</b>						
No Const	-1,8	7,5%	-1,9	FALSE		
Const-Only	-9,7	0,1%	-2,9	TRUE		
Const + Trend	-9,7	0,0%	-1,6	TRUE		
Const+Trend+Trend^2	-10,0	0,0%	-1,6	TRUE		

Πίνακας 4.2: Στατιστικά στοιχεία στιγμιαίων μετρήσεων χρονοσειράς



Από τα παραπάνω το σημαντικότερο στοιχείο είναι ότι η χρονοσειρά μπορεί να θεωρηθεί στάσιμη. Έτσι δίνεται η δυνατότητα σχεδιασμού του κορελόγραμματος της στάσιμης σειράς που ακολουθεί παρακάτω ορίζοντας ως μέγιστο διάστημα διαχωρισμού = 120 ( $\max \text{lag } K = 120$ ) που αντιστοιχεί στη διάρκεια 2 ωρών οπότε ένα διάστημα διαχωρισμού αντιστοιχεί σε 1 λεπτό.

Από το παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 4.4) προκύπτει από μια μέτρηση διάρκειας 2 ωρών ότι η χρονοσειρά έχει χαρακτηριστικά "τυχαίου περιπάτου" ("random walk") και όχι λευκού θορύβου. Συγκεκριμένα, προκύπτει ότι για να ληφθεί ένα αποτέλεσμα που η συνεισφορά της αυτοσυσχέτισης στη διαμόρφωση της αβεβαιότητας του αποτελέσματος της μέτρησης να είναι μη σημαντική, η διάρκεια της μέτρησης καλό θα ήταν να είναι μεγαλύτερη των 30 λεπτών. Για την παρούσα διπλωματική εργασία, ακόμη και διαστήματα μέτρησης 20 λεπτών θα μπορούσαν να θεωρηθούν ικανοποιητικά, δεδομένου ότι μεγαλύτερα διαστήματα θα δημιουργούσαν μη αποδεκτή όχληση στους εν λειτουργία χώρους των καταστημάτων.



**Διάγραμμα 4.4:** Κορελόγραμμα στιγμιαίας κατανάλωσης

#### 4.1.2 Αποτελέσματα και σχολιασμός μετρήσεων ACTARIS ACE6000

Ο μετρητής ACTARIS ACE6000 βρίσκεται εκτός του καταστήματος σε απόσταση περίπου 15 μέτρων από τον πίνακα όπου τοποθετήθηκε ο ηλεκτρικός αναλυτής. Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας αποτελεσμάτων για μετρήσεις 2 ωρών (Πίνακας 4.3).

Υπάρχουν πέντε στήλες τιμών:

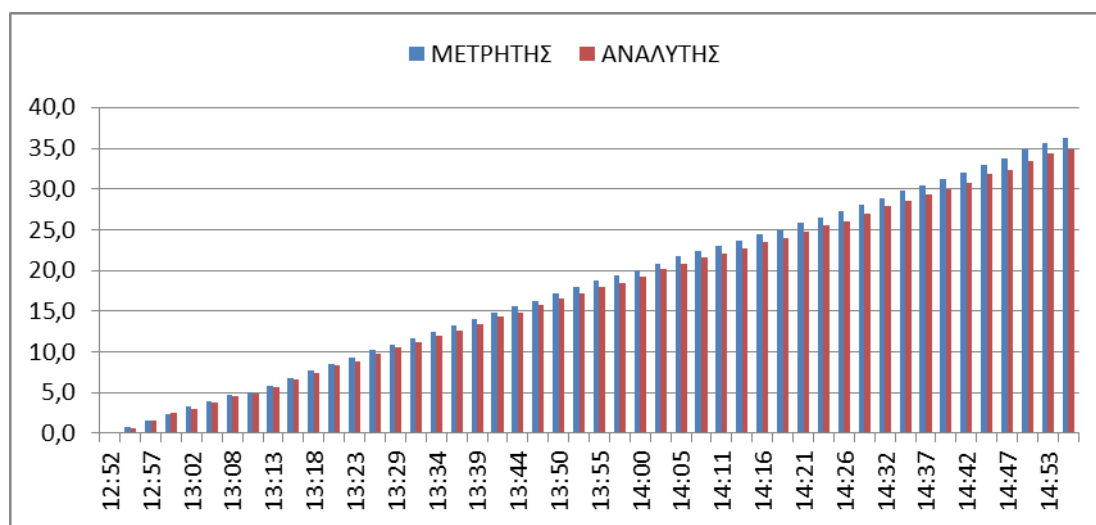
- Η πρώτη στήλη αναφέρεται στην ώρα της μέτρησης.
- Η δεύτερη στήλη στην ένδειξη κατανάλωσης του μετρητή ACTARIS ACE6000 όπως εμφανίζεται στον μετρητή (δηλαδή κατανάλωση σε kWh).
- Η τρίτη στήλη στη κατανάλωση με βάση τον μετρητή ACTARIS ACE6000 και με αρχή του χρόνου τη χρονική στιγμή 12:52 (δηλαδή κατανάλωση σε kWh με έναρξη μέτρησης τη χρονική στιγμή 15:52).
- Η τέταρτη στήλη στην ένδειξη του ηλεκτρικού αναλυτή όπως εμφανίζεται σε αυτόν (δηλαδή κατανάλωση σε Wh).
- Η πέμπτη στήλη η κατανάλωση με βάση τον ηλεκτρικό αναλυτή και με αρχή του χρόνου τη χρονική στιγμή 12:52 (δηλαδή κατανάλωση σε kWh με έναρξη μέτρησης τη χρονική στιγμή 12:52).

Για να είναι δυνατή η σύγκριση πρέπει η ώρα έναρξης μετρητή και αναλυτή να ταυτίζονται. Έτσι οι μετρήσεις καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας που είναι συγκρίσιμες είναι της τρίτης και πέμπτης στήλης (Διάγραμμα 4.5).

ΩΡΑ	ΜΕΤΡΗΤΗΣ		ΑΝΑΛΥΤΗΣ	
	kWh	kWh	Wh	kWh
12:52	14704,3	0,0	9,1	0,0
12:54	14705,0	0,7	566,2	0,6
12:57	14706,0	1,6	1536,9	1,5
13:00	14706,8	2,4	2443,7	2,4
13:02	14707,6	3,3	3043,7	3,0
13:05	14708,3	4,0	3805,6	3,8
13:08	14709,1	4,7	4619,1	4,6
13:10	14709,4	5,1	4890,1	4,9
13:13	14710,2	5,9	5716,7	5,7
13:16	14711,1	6,8	6658,2	6,7
13:18	14712,0	7,7	7393,1	7,4
13:21	14712,8	8,5	8279,6	8,3
13:23	14713,6	9,3	8857,9	8,9
13:26	14714,5	10,2	9837,6	9,8
13:29	14715,2	10,9	10629,5	10,6
13:31	14716,0	11,7	11160,7	11,2
13:34	14716,8	12,4	12000,7	12,0
13:36	14717,5	13,2	12554,8	12,6
13:39	14718,3	14,0	13379,1	13,4
13:42	14719,1	14,8	14307,4	14,3

13:44	14719,9	<b>15,6</b>	14852,2	<b>14,9</b>
13:47	14720,6	<b>16,3</b>	15712,4	<b>15,7</b>
13:50	14721,5	<b>17,2</b>	16620,4	<b>16,6</b>
13:52	14722,3	<b>18,0</b>	17196,4	<b>17,2</b>
13:55	14723,1	<b>18,8</b>	18046,4	<b>18,0</b>
13:57	14723,7	<b>19,4</b>	18486,0	<b>18,5</b>
14:00	14724,4	<b>20,1</b>	19266,3	<b>19,3</b>
14:03	14725,1	<b>20,8</b>	20101,8	<b>20,1</b>
14:05	14726,0	<b>21,7</b>	20748,2	<b>20,7</b>
14:08	14726,7	<b>22,4</b>	21545,9	<b>21,5</b>
14:11	14727,3	<b>23,0</b>	22117,6	<b>22,1</b>
14:13	14728,0	<b>23,7</b>	22696,2	<b>22,7</b>
14:16	14728,7	<b>24,4</b>	23440,8	<b>23,4</b>
14:18	14729,3	<b>25,0</b>	23905,4	<b>23,9</b>
14:21	14730,1	<b>25,8</b>	24758,5	<b>24,8</b>
14:24	14730,8	<b>26,5</b>	25556,0	<b>25,6</b>
14:26	14731,5	<b>27,2</b>	26067,7	<b>26,1</b>
14:29	14732,3	<b>28,0</b>	26928,6	<b>26,9</b>
14:32	14733,2	<b>28,9</b>	27865,2	<b>27,9</b>
14:34	14734,1	<b>29,7</b>	28525,8	<b>28,5</b>
14:37	14734,8	<b>30,5</b>	29326,6	<b>29,3</b>
14:39	14735,6	<b>31,3</b>	29952,5	<b>30,0</b>
14:42	14736,3	<b>32,0</b>	30777,5	<b>30,8</b>
14:45	14737,2	<b>32,9</b>	31774,9	<b>31,8</b>
14:47	14738,1	<b>33,8</b>	32364,2	<b>32,4</b>
14:50	14739,1	<b>34,8</b>	33490,1	<b>33,5</b>
14:53	14740,0	<b>35,6</b>	34369,5	<b>34,4</b>
14:55	14740,6	<b>36,3</b>	34857,4	<b>34,9</b>

**Πίνακας 4.3:** Αποτελέσματα μετρήσεων ACTARIS ACE6000

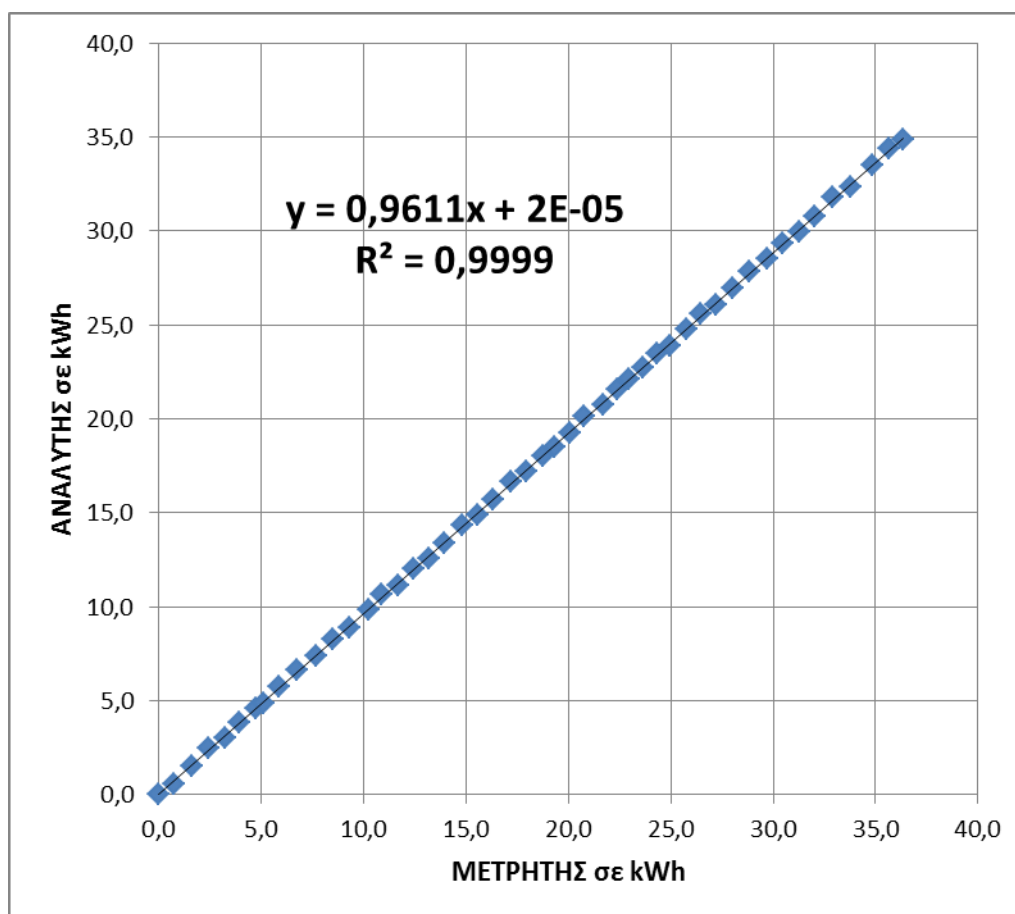


**Διάγραμμα 4.5:** Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (σε kWh)

Καλύτερη εικόνα για την αντιστοιχία των μετρήσεων κάνουμε λαμβάνεται από το διάγραμμα συσχέτισης (Διάγραμμα 4.6) των τιμών των μετρήσεων με τα δύο όργανα, όπου ταυτόχρονα απεικονίζεται και η ευθεία της συνάρτησης – ταυτότητας  $y=x$ .

Κάνοντας γραμμική παρεμβολή προκύπτει η ευθεία  $y=0,9611x+2E-05$ , ο συντελεστής διεύθυνσης που δηλώνει την κλίση της ευθείας είναι  $a=0,9611$ , δηλαδή πολύ κοντά  $a=1$ , για τον συντελεστή  $\beta=2E-05$  που δηλώνει τη θέση στον άξονα  $y$ , δηλαδή σχεδόν 0, άρα προκύπτει η ευθεία  $x=0,9611y$ . Επίσης ο συντελεστής συσχέτισης  $R^2=0,9999$  άρα υπάρχει τέλεια θετική συσχέτιση μεταξύ των  $x$  και  $y$ . Οι τιμές των δύο μεταβλητών δεν συμπίπτουν πάνω στην ευθεία  $x=y$ , αυτό δείχνει πως οι μετρήσεις δεν ταυτίζονται οπότε και η καταναλισκόμενη ενέργεια που μετρήθηκε με τον αναλυτή δεν συμπίπτει με την ένδειξη του μετρητή.

Επίσης συμπεραίνεται πως αφού υπάρχει απόκλιση των τιμών υπάρχουν απώλειες πάνω στη γραμμή που ενώνει το μετρητή με το πίνακα του καταστήματος, αυτό δικαιολογείται διότι ο μετρητής βρίσκεται έξω από το κατάστημα σε απόσταση μεγαλύτερη των 15 μέτρων από το πίνακα. Ακόμα παρατηρείται ότι στη μέτρηση του αναλυτή προκύπτει μια σταθερά μειούμενη διαφορά σε σχέση με τον μετρητή (πιο απλά ο μετρητής καταγράφει περισσότερες kWh από τον αναλυτή) λογικό καθώς υπάρχουν απώλειες πάνω στη γραμμή μεταφοράς. Ο συνδυασμός των τιμών μετρητή αναλυτή παρατηρείται ότι δεν απέχουν σταθερά διαστήματα πάνω στη διαγώνιο και αυτό διότι η κατανάλωση ενέργειας αυξομειώνεται ανάλογα με τα ζητούμενα φορτία.



Διάγραμμα 4.6: Διάγραμμα διασποράς μετρητή - αναλυτή (σε kWh)

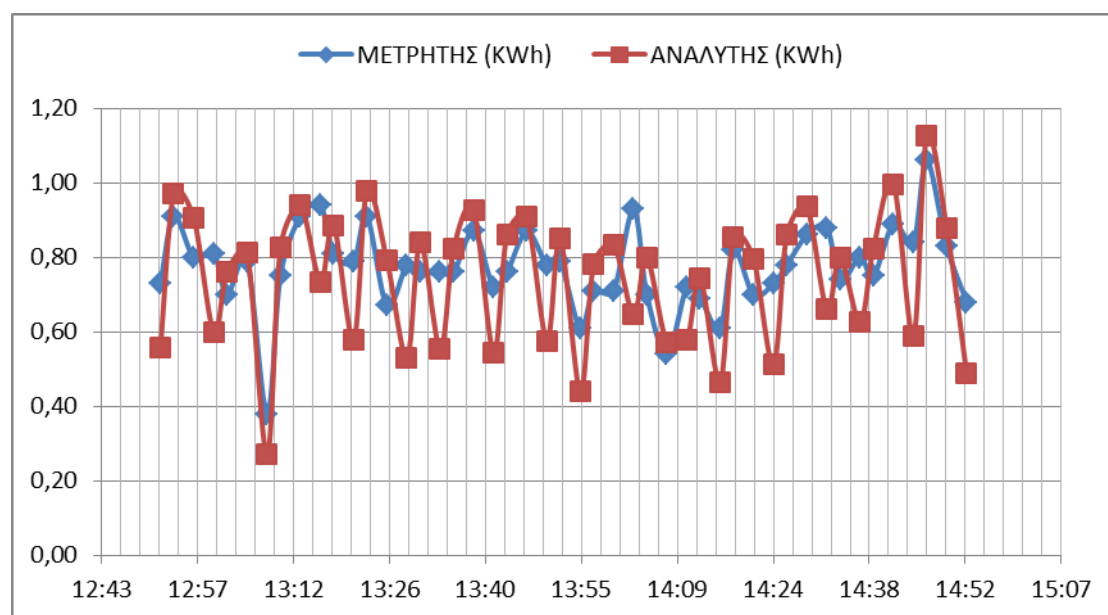
Στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 4.7) παρατηρείται η καμπύλη του μετρητή να περιβάλλεται από τη καμπύλη του αναλυτή αυτό συμβαίνει διότι ο αναλυτής έχει ακρίβεια μέτρησης 2 δευτερολέπτων ενώ ο μετρητής λόγω ηλεκτρονικών υπολογίζει μια πιο ομαλή καμπύλη. Επίσης οι καταγεγραμμένες μετρήσεις για το μετρητή έγιναν από παρατηρητή αυτό συνεπάγεται τυχόν σφάλματα ανθρώπινου παράγοντα κατά την καταγραφή. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι μέσοι όροι του μετρητή και του αναλυτή:

M.T. ΜΕΤΡΗΤΗ	M.T. ΑΝΑΛΥΤΗ	ΔΙΑΦΟΡΑ
0,77	0,74	0,03

Η απόκλιση είναι 0,03kWh όσες δηλαδή και οι αναμενόμενες απώλειες στη γραμμική μεταφοράς. Οι ετήσιες απώλειες των δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας εκτιμώνται κατά μέσο όρο σε 4% των ονομαστικών ροών ενέργειας σε αυτά.

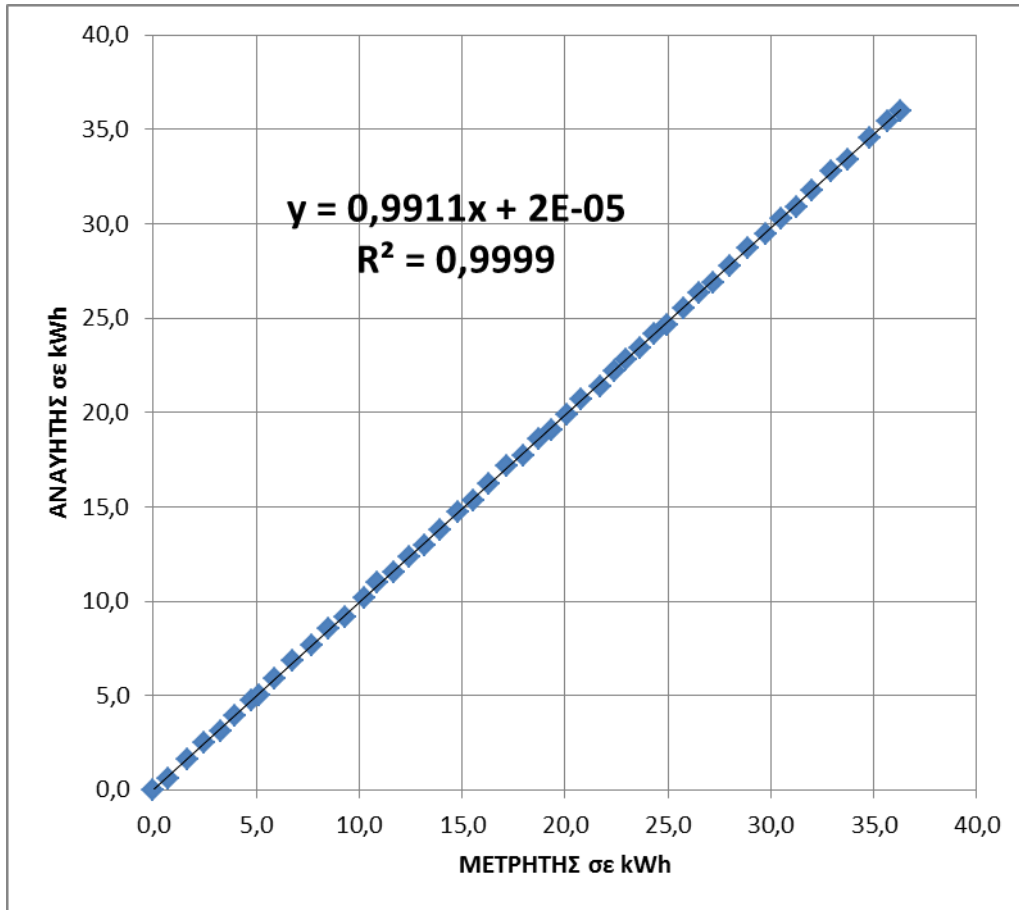
Αυτό φαίνεται και στα διαγράμματα:

- Διάγραμμα 4.5 ο μετρητής είναι πιο ψηλά από τον αναλυτή.
- Διάγραμμα 4.6 η ευθεία που προκύπτει απ τις τιμές του μετρητή και του αναλυτή βρίσκεται κάτω από την ευθεία  $x=y$ .
- Διάγραμμα 4.7 η καμπύλη του αναλυτή βρίσκεται πιο χαμηλά από τη καμπύλη του μετρητή.



**Διάγραμμα 4.7:** Διάγραμμα στιγμιαίας κατανάλωσης (σε kWh )

Προσθέτοντας τώρα στις τιμές του αναλυτή το σφάλμα προκύπτει το νέο διάγραμμα διασποράς (Διάγραμμα 4.8) για τις μετρούμενες μεταβλητές Κάνοντας γραμμική παρεμβολή προκύπτει η ευθεία  $y=0,9911x+2E-5$ , ο συντελεστής διεύθυνσης που δηλώνει την κλίση της ευθείας είναι  $\alpha=0,9911$ , δηλαδή σχεδόν κοντά  $\alpha=1$ , για τον συντελεστή  $\beta=2E-5$  που δηλώνει τη θέση στον άξονα  $y$ , δηλαδή σχεδόν 0, άρα προκύπτει η ευθεία  $x=y$ . Επίσης ο συντελεστής συσχέτισης  $R^2=0,9999$  άρα υπάρχει τέλεια θετική συσχέτιση μεταξύ των  $x$  και  $y$ . Οι τιμές των δύο μεταβλητών συμπίπτουν πάνω στην ευθεία  $x=y$ , αυτό δείχνει πως οι δύο μετρήσεις ταυτίζονται οπότε και η καταναλισκόμενη ενέργεια που μετρήθηκε με τον αναλυτή μαζί με τις απώλειες της γραμμής μεταφοράς συμπίπτει με την ένδειξη του μετρητή.



**Διάγραμμα 4.8:** Διάγραμμα διασποράς μετρητή - αναλυτή με απώλειες (σε KWh)

Με τη βοήθεια του εργαλείου NumXL της εφαρμογής του Excel υπολογίζονται τα παρακάτω στατιστικά στοιχεία για τις στιγμιαίες μετρήσεις της χρονοσειράς του αναλυτή σε Wh:

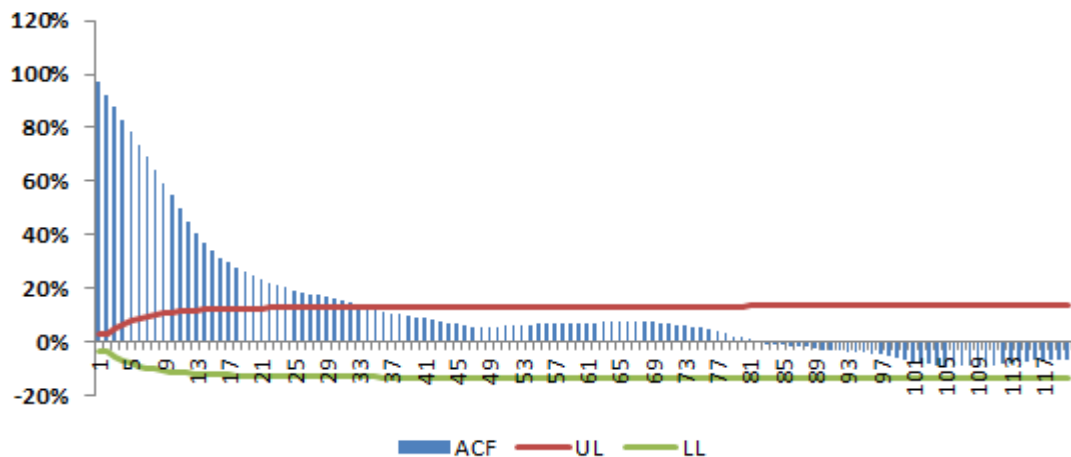
Descriptive Statistics				Test	p-value	SIG?
<b>AVERAGE:</b>	9,44	<b>MEDIAN:</b>	9,09	<b>White-noise</b>	0,00%	FALSE
<b>STD DEV:</b>	2,28	<b>MIN:</b>	3,17	<b>Normal Distributed?</b>	0,00%	FALSE
		<b>MAX:</b>	17,09			
Stationary Test						
Test	Stat	P-Value	C.V.	Stationary?	5,0%	
<b>ADF</b>						
<i>No Const</i>	-1,6	11,0%	-1,9	FALSE		
<i>Const-Only</i>	-8,9	0,1%	-2,9	TRUE		
<i>Const + Trend</i>	-8,9	0,0%	-1,6	TRUE		
<i>Const+Trend+Trend^2</i>	-9,1	0,0%	-1,6	TRUE		

**Πίνακας 4.4:** Στατιστικά στοιχεία στιγμιαίων μετρήσεων χρονοσειράς αναλυτή

Όπως και πριν η χρονοσειρά μπορεί να θεωρηθεί στάσιμη, έτσι υπολογίζεται το κορελόγραμμα στάσιμης σειράς που ακολουθεί παρακάτω ορίζοντας ως μέγιστο διάστημα διαχωρισμού = 120 ( $\max \text{lag } K = 120$ ) που αντιστοιχεί στη διάρκεια 2 ωρών οπότε ένα διάστημα διαχωρισμού αντιστοιχεί σε 1 λεπτό.

Από το παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 4.4) προκύπτει από μια μέτρηση διάρκειας 2 ωρών ότι η χρονοσειρά έχει χαρακτηριστικά "τυχαίου περιπάτου" ("random walk") και όχι λευκού θορύβου. Συγκεκριμένα, προκύπτει ότι για να ληφθεί ένα αποτέλεσμα που η συνεισφορά της αυτοσυσχέτισης στη διαμόρφωση της αβεβαιότητας του αποτελέσματος της μέτρησης να είναι μη σημαντική, η διάρκεια της μέτρησης καλό θα ήταν να είναι μεγαλύτερη των 30 λεπτών. Για την παρούσα διπλωματική εργασία, ακόμη και διαστήματα μέτρησης 20 λεπτών θα μπορούσαν να θεωρηθούν ικανοποιητικά, δεδομένου ότι μεγαλύτερα διαστήματα θα δημιουργούσαν μη αποδεκτή όχληση στους εν λειτουργία χώρους των καταστημάτων.

### ACF



Διάγραμμα 4.9: Κορελόγραμμα Στιγμιαίας Κατανάλωσης





## 4.2 Αποτελέσματα και σχολιασμός μετρήσεων δεύτερου πειράματος

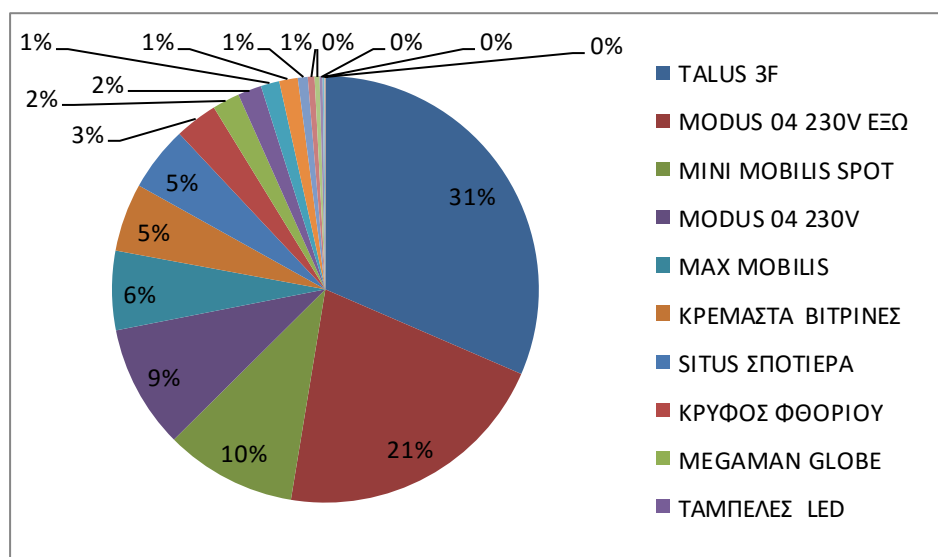
### 4.2.1 Αποτελέσματα σύγκρισης καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας από διάφορους τύπους φωτιστικών σωμάτων

Η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό προκύπτει από την καταμέτρηση των φωτιστικών σωμάτων και της ισχύος τους σε κάθε χώρο του καταστήματος και από την εκτίμηση των ωρών λειτουργίας τους ετησίως ανάλογα με τη χρήση του χώρου. Σύμφωνα με τα στοιχεία που συλλέχθηκαν κατά την επίσκεψη που διεξήχθη στο κατάστημα προκύπτει ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 4.5) για τα ονομαστικά στοιχεία.

Περιγραφή φωτιστικού	Πλήθος φωτιστικών	Πλήθος λαμπτήρων ανά φωτιστικό	Ονομαστική ισχύς ανά λαμπτήρα (W)	Λειτουργία ώρες ανά ημέρα (h/day)	Ονομαστική κατανάλωση ανά έτος (kWh/year)
TALUS 3F	14	3	50	24	18396
MODUS 04 230V ΕΞΩ	15	1	150	15	12319
MINI MOBILIS SPOT	19	1	35	24	5825
MODUS 04 230V	12	2	26	24	5466
MAX MOBILIS	8	1	50	24	3504
ΚΡΕΜΑΣΤΑ ΒΙΤΡΙΝΕΣ	23	1	15	24	3022
ΣΙΤΟΣ ΣΠΟΤΙΕΡΑ	15	1	35	15	2874
ΚΡΥΦΟΣ ΦΘΟΡΙΟΥ	6	1	36	24	1892
MEGAMAN GLOBE	6	1	23	24	1209
ΤΑΜΠΕΛΕΣ LED	2	1	60	24	1051
ΠΡΟΒΟΛΕΑΣ	1	1	150	15	821
ΣΠΟΤ ΚΟΛΟΝΕΣ	6	1	25	15	821
ΦΩΤΟΣΩΛΗΝΑΣ LED	1	1	50	24	438
MINI NEXUS GROUND	17	1	2	24	298
ΚΟΥΖΙΝΑΣ ΓΡΑΦΕΙΟΥ	4	1	50	3	219
ΦΩΤΟΣΩΛΗΝΑΣ LED	1	1	15	24	131
EL NINIO LED ΛΕΥΚΟ	1	1	10	24	88
ΔΑΠΕΔΟΥ LED	2	1	2	24	35

**Πίνακας 4.5:** Καταγραφή φωτιστικών και ονομαστικών εκτιμώμενων ετήσιων καταναλώσεων

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για τον φωτισμό είναι 7,996 kW και η αναμενόμενη κατανάλωση ενέργειας 59.637 kWh/Ετος. Από το παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 4.10) παρατηρείται ότι τη μεγαλύτερη (>5%) κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό έχουν τα φωτιστικά σώματα TALUS με 18.396kWh/Ετος, MODUS έξω με 12.319kWh/Ετος, MINI MOBILIS με 5.825kWh/Ετος, MODUS 5.466kWh/Ετος, MAX MOBILIS με 3.504kWh/Ετος ενώ τα υπόλοιπα φωτιστικά έχουν στο σύνολό τους κατανάλωση με 12.900kWh/Ετος. Αυτό συμβαίνει διότι πολλές από τις μικρές καταναλώσεις είναι για διακοσμητικούς λόγους και ορισμένες άλλες καταναλώσεις δεν λειτουργούν σε 24ωρη ή 15ωρη βάση όπως για παράδειγμα τα φωτιστικά σώματα στη κουζίνα και στο γραφείο. Επίσης θα πρέπει να τονίσουμε ότι πιθανών καμένες λάμπες δεν αλλάζονται άμεσα.



**Διάγραμμα 4.10:** Ποσοστά ονομαστικών ετήσιων καταναλώσεων ανά τύπο φωτιστικού

Τα φωτιστικά σώματα που αξιολογήθηκαν μέσω μετρήσεων στην παρούσα διπλωματική εργασία έχουν εγκατεστημένη ισχύ 6,039kW και παρουσιάζονται παρακάτω τα ονομαστικά τους στοιχεία (Πίνακας 4.6):

Περιγραφή φωτιστικού	Πλήθος φωτιστικών	Πλήθος λαμπτήρων ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Λειτουργία ώρες ανά ημέρα (h/day)	Ονομαστική κατανάλωση ανά έτος (kWh/year)
TALUS 3F	14	3	50	24	18396
MODUS 04 230V ΕΞΩ	15	1	150	15	12319
MINI MOBILIS SPOT	19	1	35	24	5825
MODUS 04 230V	12	2	26	24	5466
MAX MOBILIS	8	1	50	24	3504
ΚΡΕΜΑΣΤΑ ΒΙΤΡΙΝΕΣ	23	1	15	24	3022
				Ονομαστική	48533

**Πίνακας 4.6:** Ονομαστικές εκτιμώμενες ετήσιες καταναλώσεις

Με τη βοήθεια του ηλεκτρικού αναλυτή μετρήθηκαν οι καταναλώσεις των άνω φωτιστικών υπό πραγματικές συνθήκες λειτουργίας (Πίνακας 4.7):

Περιγραφή φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Πλήθος λαμπτήρων ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Λειτουργία ώρες ανά ημέρα (h/day)	Μετρημένη κατανάλωση ανά έτος (kWh/year)
TALUS 3F	14	3	57,37	24	21108
MODUS 04 230V ΕΞΩ	15	1	160,37	15	13170
MINI MOBILIS SPOT	19	1	34,48	24	5739
MODUS 04 230V	12	2	36,21	24	7613
MAX MOBILIS	8	1	60,64	24	4250
ΚΡΕΜΑΣΤΑ ΒΙΤΡΙΝΕΣ	23	1	16,72	24	3369
				Μετρημένη	55248

**Πίνακας 4.7:** Μετρημένες εκτιμώμενες ετήσιες καταναλώσεις

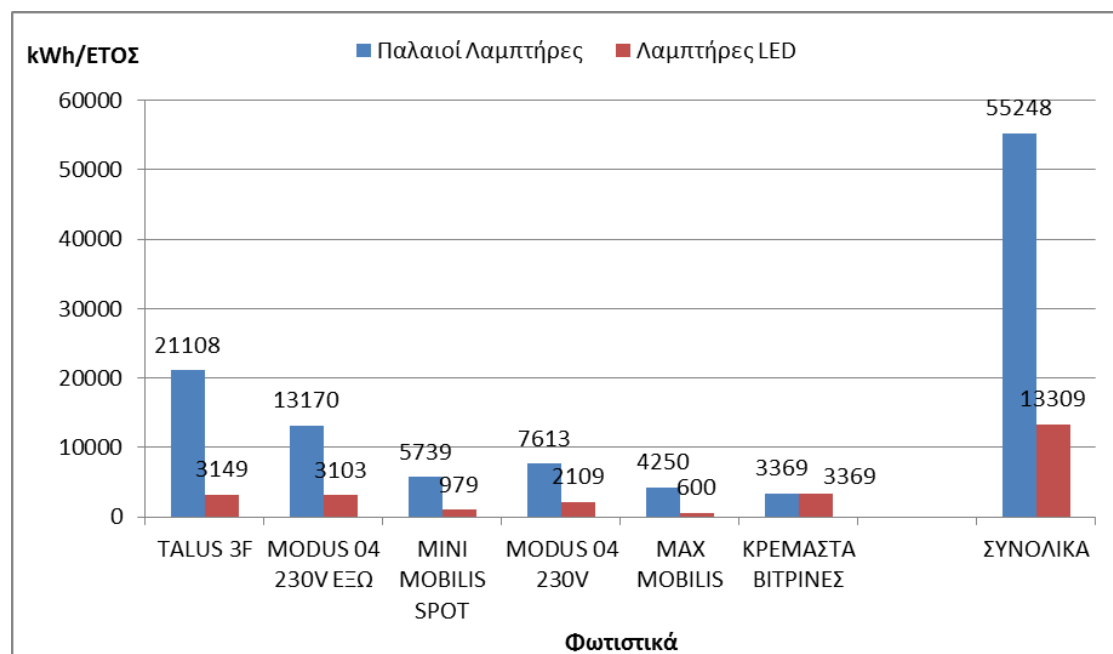
Παρατηρείται ότι οι ονομαστικές τιμές είναι μικρότερες κατά 14% των μετρημένων τιμών. Αυτό, πιθανά οφείλεται στους μετασχηματιστές που φέρουν τα φωτιστικά σώματα και σε απώλειες του κυκλώματος.

Η επιχείρηση έκρινε απαραίτητο την αντικατάσταση των λαμπτήρων με νέας τεχνολογίας LED εκτός των φωτιστικών «κρεμαστά βιτρίνες». Οι νέοι λαμπτήρες που τοποθετήθηκαν και μετρήθηκαν με τη βοήθεια του ηλεκτρικού αναλυτή υπό πραγματικές συνθήκες λειτουργίας παρουσιάζονται παρακάτω:

Περιγραφή φωτιστικού	Πλήθος φωτιστικών	Πλήθος λαμπτήρων ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Λειτουργία ώρες ανά ημέρα (h/day)	Μετρημένη κατανάλωση ανά έτος (kWh/year)
TALUS 3F	14	3	8,56	24	3149
MODUS 04 230V ΕΞΩ	11	1	51,53	15	3103
MINI MOBILIS SPOT	19	1	5,88	24	979
MODUS 04 230V	12	2	10,03	24	2109
MAX MOBILIS	8	1	8,56	24	600
ΚΡΕΜΑΣΤΑ ΒΙΤΡΙΝΕΣ	23	1	16,72	24	3369
				Πραγματικό	13309

**Πίνακας 4.8:** Μετρημένες εκτιμώμενες ετήσιες καταναλώσεις με νέους λαμπτήρες

Παρατηρείται ότι οι εκτιμώμενες ετήσιες καταναλώσεις μετά την αλλαγή των λαμπτήρων στα φωτιστικά συνολικά (Διάγραμμα 4.11) είναι δραστικά μειωμένες κατά 41939 kWh/έτος με το ίδιο αποτέλεσμα στο φωτισμό του καταστήματος.



**Διάγραμμα 4.11:** Συγκριτικό διάγραμμα μετρημένων εκτιμώμενων ετήσιων καταναλώσεων ανά τύπο φωτιστικού και συνολικά ( σε kWh/έτος )

#### 4.2.2 Αποτελέσματα κατανάλωσης λαμπτήρων LED AR 111 σε διαφορετικά ηλεκτρικά κυκλώματα

Με τη βοήθεια του εργαλείου NumXL της εφαρμογής του Excel εφαρμόζουμε το τεστ στασιμότητας και το κορελόγραμμα της χρονοσειράς της μέτρησης ενός κυκλώματος για διάστημα μέτρησης τριών ωρών:

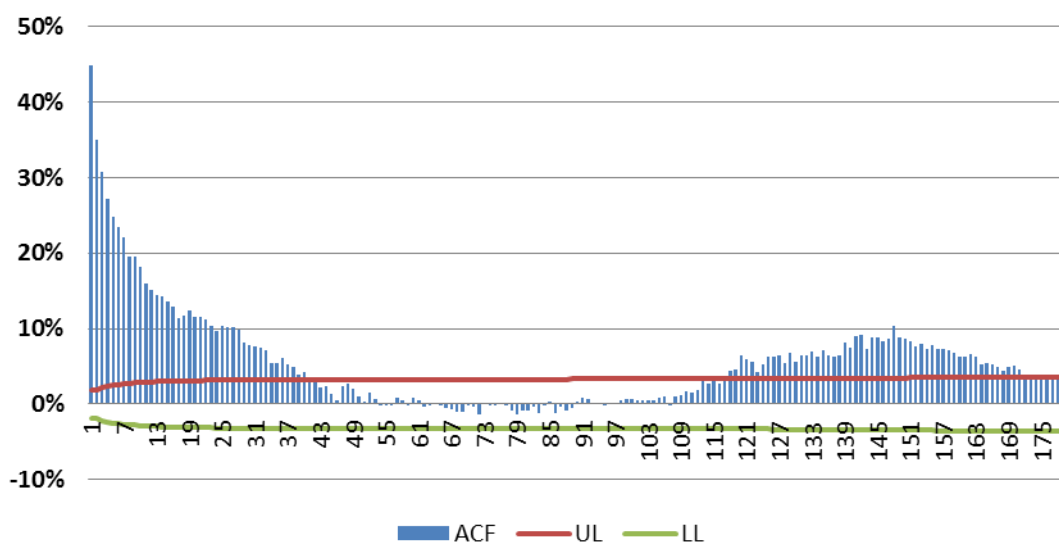
##### Stationary Test

Test	Stat	P-Value	C.V.	Stationary?	5,0%
ADF					
No Const	-0,2	60,4%	-1,9	FALSE	
Const-Only	-16,2	0,1%	-2,9	TRUE	
Const + Trend	-17,0	0,0%	-1,6	TRUE	
Const+Trend+Trend^2	-17,0	0,0%	-1,6	TRUE	

**Πίνακας 4.10:** Τέστ στασιμότητας κυκλώματος μέτρησης τριών ωρών

Από τα παραπάνω το σημαντικότερο στοιχείο είναι ότι η χρονοσειρά μπορεί να θεωρηθεί στάσιμη. Έτσι σχεδιάζεται το κορελόγραμμα στάσιμης σειράς που ακολουθεί παρακάτω ορίζοντας ως μέγιστο διάστημα διαχωρισμού = 180 (max lag K = 180) που αντιστοιχεί στη διάρκεια 3 ωρών οπότε ένα διάστημα διαχωρισμού αντιστοιχεί σε 1 λεπτό.

### ACF



**Διάγραμμα 4.12:** Κορελόγραμμα Στιγμιαίας Κατανάλωσης

Από το παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 4.12) προκύπτει από μια μέτρηση διάρκειας 2 ωρών ότι η χρονοσειρά έχει χαρακτηριστικά "τυχαίου περιπάτου" ("random walk") και όχι λευκού θορύβου. Συγκεκριμένα, προκύπτει ότι για να ληφθεί ένα αποτέλεσμα που η συνεισφορά της αυτοσυσχέτισης στη διαμόρφωση της αβεβαιότητας του αποτελέσματος της μέτρησης να είναι μη σημαντική, η διάρκεια της μέτρησης καλό θα ήταν να είναι μεγαλύτερη των 40 λεπτών. Για την παρούσα διπλωματική εργασία, ακόμη και διαστήματα μέτρησης 20 λεπτών θα μπορούσαν να

θεωρηθούν ικανοποιητικά, δεδομένου ότι μεγαλύτερα διαστήματα θα δημιουργούσαν μη αποδεκτή όχληση στους εν λειτουργία χώρους των καταστημάτων.

Παρακάτω δίνεται ο πίνακας (Πίνακας 4.11) με τις μέσες τιμές κατανάλωσης ανά λαμπτήρα σε διάστημα μέτρησης 20 λεπτών από διαφορετικά κυκλώματα με διαφορετικό αριθμό λαμπτήρων ανά κύκλωμα σε διαφορετικά καταστήματα. Από τον πίνακα προκύπτει για την μέση τιμή των μετρήσεων ότι η τυπική απόκλιση είναι 0,62 και η αβεβαιότητα τύπου A για τις 9 μετρήσεις για την ενεργό ισχύ ανέρχεται στο 20,6%. Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας οι 9 μετρήσεις για τον υπολογισμό της αβεβαιότητας τύπου A σε διαφορετικά κυκλώματα θεωρούνται ικανοποιητικά, δεδομένου ότι η αντικατάσταση λαμπτήρων άλλου κυκλώματος θα καθυστερούσε την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας.

A/A	Κατάστημα	Αριθμός λαμπτήρων ανά κύκλωμα	Κατανάλωση Ανά Λαμπτήρα			
			P (W)	Q (VAr)	S (VA)	cosφ
1	Ερυθρός 1	14	8,94	-2,05	9,28	0,96
2	Ερυθρός 2	11	7,96	-2,22	8,34	0,95
3	Ηλιούπολη 1	51	9,01	-1,81	9,31	0,97
4	Ηλιούπολη 2	22	9,18	-2,06	9,51	0,97
5	Ηλιούπολη 3	3	9,43	-3,68	10,17	0,93
6	Πειραιάς	7	8,38	-2,42	8,77	0,96
7	Χαλάνδρι 1	8	7,38	-2,73	7,95	0,93
8	Χαλάνδρι 2	21	8,18	-2,45	8,64	0,95
9	Χαλάνδρι 3	21	8,63	-2,45	9,07	0,95
<b>Μέση τιμή</b>			<b>8,56</b>	<b>-2,43</b>	<b>9,01</b>	<b>0,95</b>
<b>Τυπική απόκλιση</b>			<b>0,62</b>	<b>0,51</b>	<b>0,63</b>	<b>0,01</b>
<b>Αβεβαιότητα τύπου A (απόλυτη)</b>			<b>0,206</b>	<b>0,171</b>	<b>0,209</b>	<b>0,005</b>
<b>Αβεβαιότητα τύπου A (σχετική)</b>			<b>2,40%</b>	<b>7,02%</b>	<b>2,32%</b>	<b>0,49%</b>

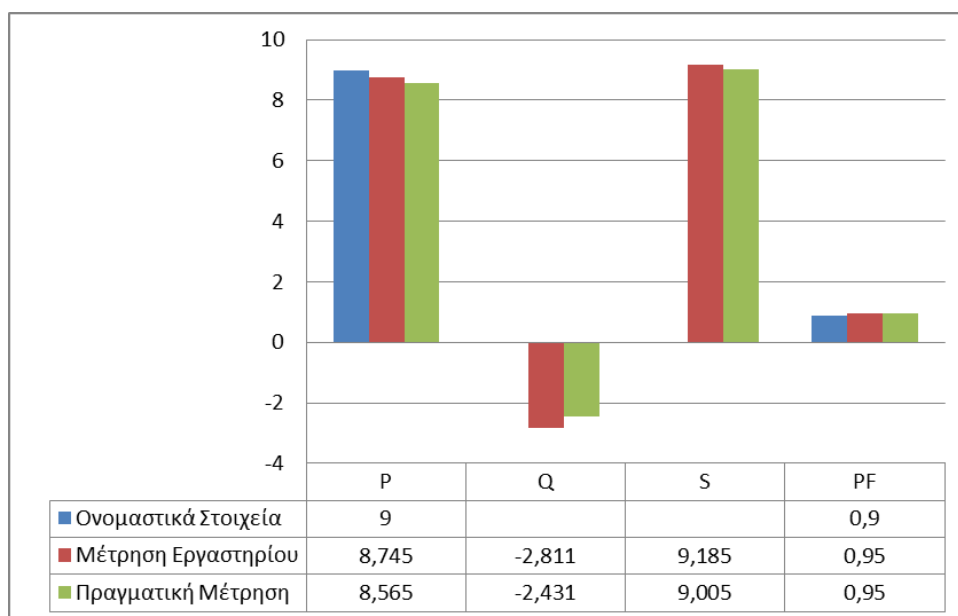
**Πίνακας 4.11:** Μέσες τιμές κατανάλωσης ανά κύκλωμα και λαμπτήρα

Παρατηρούνται διαφορές στις μέσες τιμές των μετρήσεων ανά κύκλωμα αυτό οφείλεται σε διάφορους λόγους όπως:

- Στις μεταβολές της τάσης και του ρεύματος.
- Τη χρονική διάρκεια της μέτρησης.
- Στις απώλειες του κυκλώματος δεδομένου ότι ο αναλυτής τοποθετήθηκε πάνω στην ασφάλεια οπότε υπάρχει πτώση τάσης πάνω στη γραμμή λόγω των καλωδίων.
- Στα σφάλματα σύνδεσης των καλωδίων από τους εγκαταστάτες ηλεκτρολόγους, πχ ματισμός ουδετέρων.

Παρακάτω δίνεται ένα συγκριτικό διάγραμμα (Διάγραμμα 4.13) μετρήσεων κατανάλωσης λαμπτήρων AR111. Περιλαμβάνει τα ονομαστικά στοιχεία των λαμπτήρων AR111, τις τιμές της κατανάλωσης από μέτρηση υπό συνθήκες εργαστηρίου και με έναν δοκιμαστικό λαμπτήρα AR111 που διενεργήθηκε από την

εταιρία στο εργαστήριο φωτοτεχνίας του ΕΜΠ και τις μετρήσεις με τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας σε 9 διαφορετικά κυκλώματα κατά τη διάρκεια αυτής της διπλωματικής.



**Διάγραμμα 4.13:** Συγκριτικό διάγραμμα κατανάλωσης λαμπτήρων AR111

Στους παρακάτω δύο πίνακες (Πίνακας 4.12 και 4.13) παρατηρείται μεγάλη διαφορά στην εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση 21606kWh/έτος στους δύο τύπους φωτιστικών σωμάτων που χρησιμοποιούν ίδιο τύπο λαμπτήρα. Η απόδοση στο φωτισμό είναι ίδια αυτό οφείλεται στην τεχνολογία led των λαμπτήρων AR111-9W.

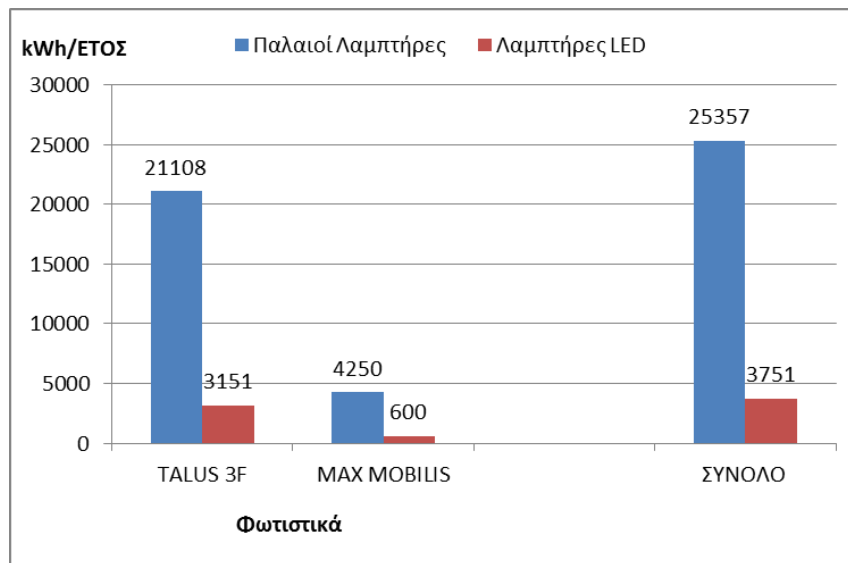
Περιγραφή φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Πλήθος Λαμπτήρων ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Λειτουργία ώρες ανά ημέρα (h/day)	Μετρημένη κατανάλωση ανά έτος (kWh/year)
TALUS 3F	14	3	57,37	24	21108
MAX MOBILIS	8	1	60,64	24	4250
				Μετρήμενη	25357

**Πίνακας 4.12:** Μετρημένες εκτιμώμενες ετήσιες καταναλώσεις με λαμπτήρα 50Watt

Περιγραφή φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Πλήθος Λαμπτήρων ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Λειτουργία ώρες ανά ημέρα (h/day)	Μετρημένη κατανάλωση ανά έτος (kWh/year)
TALUS 3F	14	3	8,56	24	3151
MAX MOBILIS	8	1	8,56	24	600
				Μετρήμενη	3751

**Πίνακας 4.13:** Μετρημένες εκτιμώμενες ετήσιες καταναλώσεις με λαμπτήρα 9Watt

Παρακάτω το συγκριτικό διάγραμμα των συνολικών μετρημένων εκτιμώμενων καταναλώσεων ανά τύπο λαμπτήρα (Διάγραμμα 4.14).



**Διάγραμμα 4.14:** Συγκριτικό διάγραμμα μετρημένων εκτιμώμενων ετήσιων καταναλώσεων ανά τύπο φωτιστικού και συνολικά





### 4.3 Αποτελέσματα και σχολιασμός μετρήσεων τρίτου πειράματος

#### 4.3.1 Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας για τον παράγοντα ρύθμισης θερμοκρασίας στα κλιματιστικά

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.14) παρουσιάζονται η ώρα, η ρύθμιση του κλιματιστικού, η εσωτερική - εξωτερική θερμοκρασία και υγρασία και τέλος η διαφορά εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας.

ΩΡΑ	Ρύθμιση	Εσωτερική		Εξωτερική		ΔΤ °C
		Th °C	H%	Th °C	H%	
10:00	18					
10:25	22	21,8	47	26,8	33	5,1
10:35	22	21,4	49	26,9	35	5,5
10:45	22	21,3	50	28,4	30	7,1
10:55	22	21,4	50	28,1	35	6,7
11:05	22	21,3	53	28,3	33	7,0
11:15	22	21,4	52	29,1	35	7,7
11:25	22	21,3	52	29,5	32	8,2
11:35	25	24,8	51	30,1	30	5,3
11:45	25	24,6	46	30,4	33	5,8
11:55	25	24,4	47	31,7	31	7,3
12:05	25	24,6	47	32,0	28	7,5
12:15	25	24,4	47	32,5	26	8,2
12:25	25	23,5	50	33,2	25	9,8
12:35	25	23,4	50	33,8	25	10,5
12:45	22	23,4	50	33,4	25	10,1
12:55	22	23,3	50	33,7	23	10,5
13:05	22	23,4	50	34,1	23	10,8
13:15	22	23,4	50	34,2	21	10,9
13:25	22	23,6	50	34,3	21	10,8
13:35	22	23,6	50	34,2	21	10,7
13:45	22	23,3	49	34,2	20	10,9

**Πίνακας 4.14:** Αποτελέσματα θερμοκρασίας υγρασίας

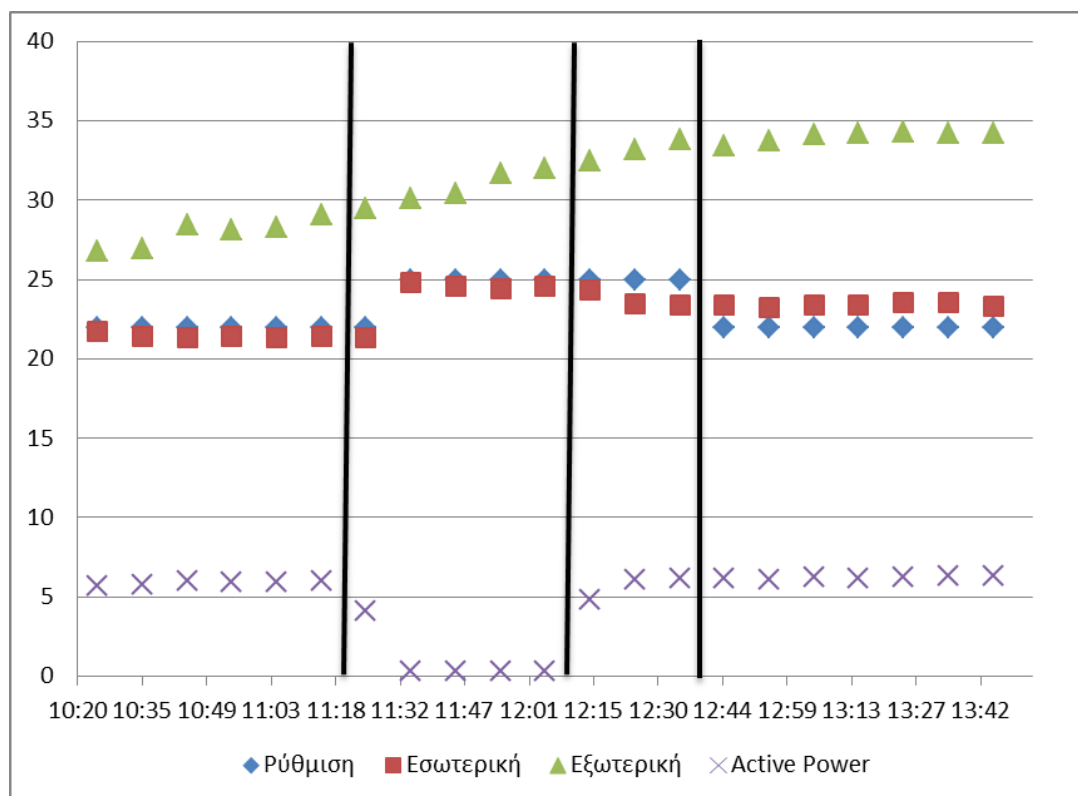
Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.15) παρουσιάζονται τα στοιχεία κατανάλωσης του κλιματιστικού από τον ηλεκτρικό αναλυτή κατά την περίοδο του πειράματος.

ΩΡΑ	Ενεργός ισχύς (W)	Άεργος ισχύς (VAr)	Φαινόμενη ισχύς (VA)	Συντελεστής ισχύος	Ενεργή κατανάλωση (Wh)	Άεργη κατανάλωση (VArh)
10:25	5652	3451	6715	0,84	2697	1709
10:35	5745	3461	6793	0,84	3650	2303
10:45	5979	3491	7008	0,85	4631	2899
10:55	5919	3551	7002	0,84	5623	3505
11:05	5946	3548	7011	0,84	6611	4116
11:15	6023	3578	7089	0,84	7610	4726
11:25	4082	2373	4845	0,71	8534	5290

11:35	357	281	576	0,39	8787	5454
11:45	348	271	558	0,46	8846	5501
11:55	347	268	556	0,45	8904	5547
12:05	347	270	557	0,42	8962	5593
12:15	4806	2663	5656	0,74	9369	5845
12:25	6086	3562	7133	0,85	10375	6445
12:35	6143	3584	7189	0,85	11392	7056
12:45	6157	3570	7196	0,85	12419	7667
12:55	6090	3516	7112	0,85	13440	8273
13:05	6272	3545	7275	0,86	14470	8876
13:15	6175	3529	7194	0,85	15510	9481
13:25	6232	3506	7236	0,86	16541	10085
13:35	6316	3541	7320	0,86	17585	10689
13:45	6332	3537	7338	0,86	17998	10928

**Πίνακας 4.15:** Αποτελέσματα κατανάλωσης κλιματιστικού

Για την καλύτερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων δίνεται το παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 4.15) εσωτερικής - εξωτερικής θερμοκρασίας (σε °C), ρύθμισης του κλιματιστικού (σε °C) και της ενεργού κατανάλωσης (σε kW).



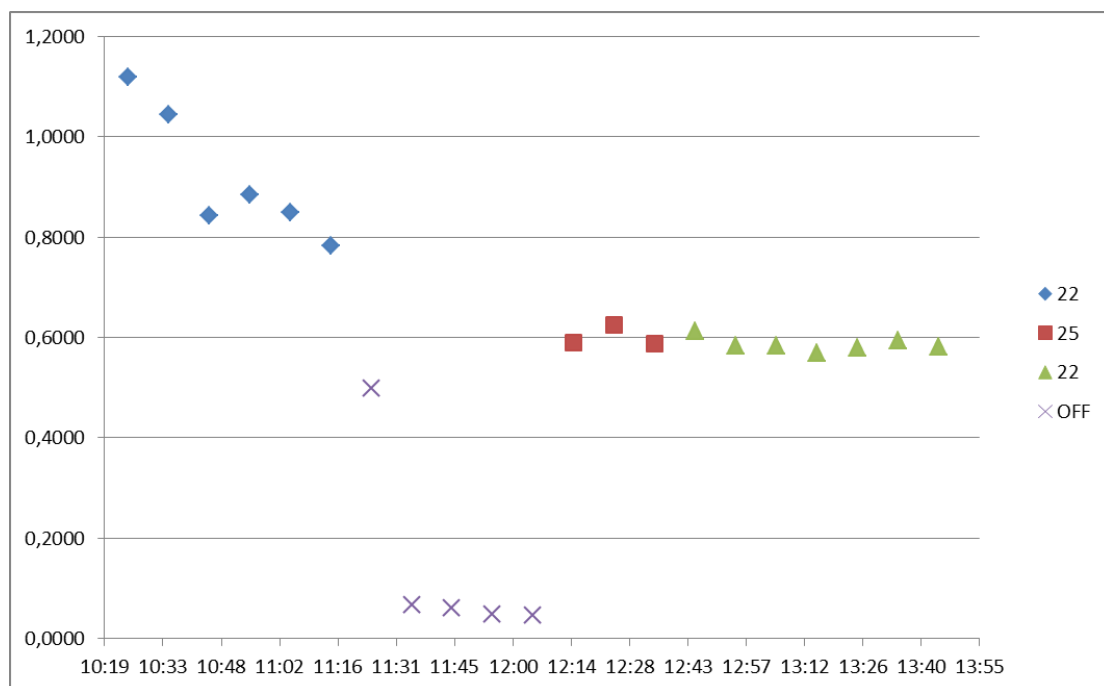
**Διάγραμμα 4.15:** Διάγραμμα θερμοκρασιών και κατανάλωσης κλιματισμού

Στο διάγραμμα παρατηρείται ότι κατά την πρώτη ώρα η ρύθμιση του κλιματιστικού είναι στους 22 βαθμούς ενώ η εσωτερική θερμοκρασία είναι ελάχιστα κάτω από τη ρύθμιση ενώ η διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας είναι από 5 έως 8 βαθμούς. Κατά την διάρκεια της πρώτης ώρας η κατανάλωση είναι λίγο πάνω από 5 kW με μια μικρή αύξηση στο χρόνο λόγω της αύξησης της εξωτερικής θερμοκρασίας.

Την δεύτερη ώρα η ρύθμιση του κλιματιστικού είναι στους 25 βαθμούς ενώ η εσωτερική θερμοκρασία αυξάνεται μέχρι λίγο πιο κάτω από τους 25 βαθμούς, η διαφορά θερμοκρασίας είναι από 5 έως 10 βαθμούς. Κατά τη διάρκεια της δεύτερης ώρας παρατηρείται ότι η κατανάλωση μειώνεται κατακόρυφα στην αρχή, αυτό οφείλεται στο ότι πριν η εσωτερική θερμοκρασία ήταν στους 22 βαθμούς οπότε μέχρι ο χώρος να πιάσει τη νέα ρύθμιση στους 25 βαθμούς το κλιματιστικό υπολειτουργεί. Τα τελευταία είκοσι λεπτά η κατανάλωση επανέρχεται λίγο πάνω από 5 kW διότι πλέον απαιτείτε ο κλιματισμός για να επιτευχθούν οι 25 βαθμοί εσωτερικής θερμοκρασίας.

Τέλος κατά την τρίτη ώρα η ρύθμιση του κλιματιστικού είναι στους 22 βαθμούς ενώ η εσωτερική θερμοκρασία είναι λίγο πιο πάνω από τη ρύθμιση ενώ η διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας είναι γύρο στους 10 βαθμούς. Εδώ να τονίσουμε ότι ενώ τις δύο προηγούμενες ώρες η εσωτερική θερμοκρασία ήταν ελάχιστα κάτω από τη ρύθμιση στην τελευταία ώρα η εσωτερική θερμοκρασία είναι πάνω από τη ρύθμιση αυτό οφείλεται στο ότι ο κλιματισμός δεν μπορεί να καλύψει την διαφορά εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας. Κατά την διάρκεια της τρίτης ώρας η κατανάλωση είναι λίγο πάνω από 5 kW.

Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα (Διάγραμμα 4.16) του λόγου της ενεργού κατανάλωσης προς τη διαφορά θερμοκρασίας (εσωτερικής - εξωτερικής) Παρατηρείται ότι κατά τη ρύθμιση των 22 βαθμών η κατανάλωση είναι σχεδόν σταθερή ενώ η διαφορά θερμοκρασίας αυξάνεται. Κατά τη ρύθμιση των 25 βαθμών στο πρώτο κομμάτι ο κλιματισμός υπολειτουργεί οπότε ο λόγος σχεδόν μηδενίζει και έπειτα επανέρχεται, στο δεύτερο κομμάτι των 25 βαθμών που ο κλιματισμός λειτουργεί η κατανάλωση είναι σχεδόν σταθερή ενώ η διαφορά θερμοκρασίας αυξάνεται. Τέλος κατά τη ρύθμιση των 22 βαθμών η κατανάλωση και η διαφορά θερμοκρασίας είναι σχεδόν σταθερά.

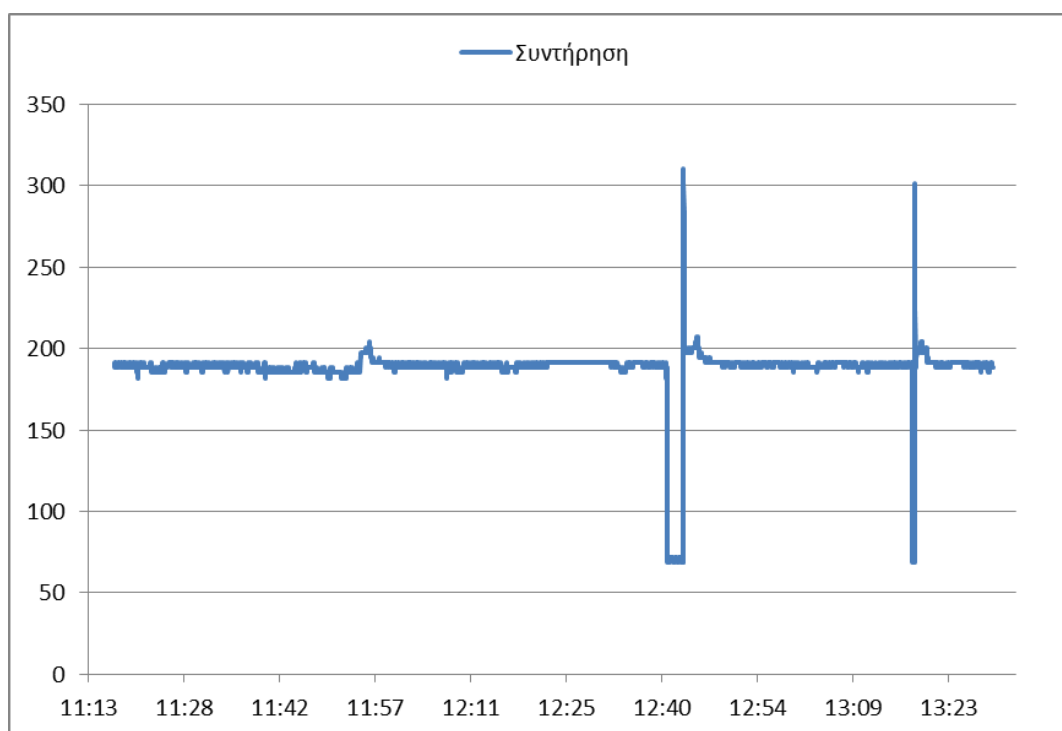


**Διάγραμμα 4.16:** Διάγραμμα ισχύος προς διαφορά θερμοκρασίας (σε kW/ΔT )

### 4.3.2 Αποτελέσματα ενεργειακής κατανάλωσης ψυγείων θαλάμων

#### Συντήρηση

Στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 4.17) παρουσιάζεται η κατανάλωση του θαλάμου συντήρησης για διάστημα μέτρησης 2 ωρών. Συμπεραίνεται ότι η κατανάλωση του θαλάμου συντήρησης είναι σταθερή πολύ λίγο κάτω από 200watt. Παρατηρούνται δύο βυθίσεις και δύο ανυψώσεις της ισχύος αυτό οφείλεται στο γεγονός του ανοίγματος της πόρτας του θαλάμου συντήρησης, δηλαδή όταν ανοίξει η πόρτα τότε το ψυκτικό μηχάνημα υπολειτουργεί μέχρι τη στιγμή που θα κλείσει όταν κλείσει τότε το ψυκτικό μηχάνημα υπερλειτουργεί ώστε να καλύψει τη διαφορά θερμοκρασίας που δημιουργήθηκε με το άνοιγμα της πόρτας.



**Διάγραμμα 4.17:** Διάγραμμα ενεργού ισχύος του θαλάμου συντήρησης ( σε W )

Παρακάτω δίνονται ο πίνακας (Πίνακας 4.16) με τις μέσες τιμές δεκαλέπτου της κατανάλωσης και της θερμοκρασίας τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή καθώς και τα αντίστοιχα διαγράμματα της ενεργού ισχύος και της εσωτερικής / εξωτερικής θερμοκρασίας :

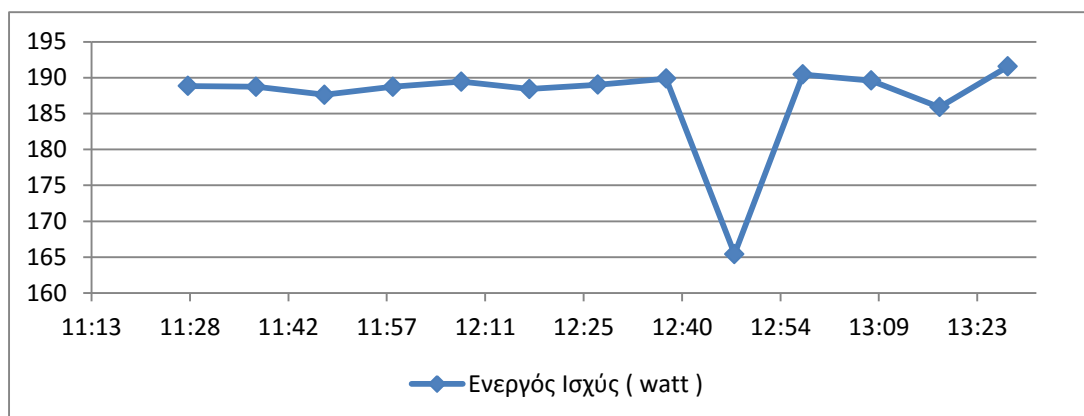
Συντήρηση Time	Ενεργός Ισχύς ( W )	Θερμοκρασία Εσωτερική ( °C )	Εξωτερική ( °C )
11:18	-	3,2	23,1
11:28	189	4,8	23,2
11:38	189	5,4	23,3
11:48	188	5,7	23,2
11:58	189	2,4	23,0
12:08	189	4,7	23,1
12:18	188	5,4	23,3
12:28	189	5,7	23,2

12:38	190	4,6	23,2
12:48	165	2,5	22,8
12:58	190	4,7	23,6
13:08	190	5,4	23,6
13:18	186	2,7	23,1
13:28	192	4,6	23,8
<b>Μέση Τιμή</b>	<b>187</b>	<b>4,5</b>	<b>23,3</b>

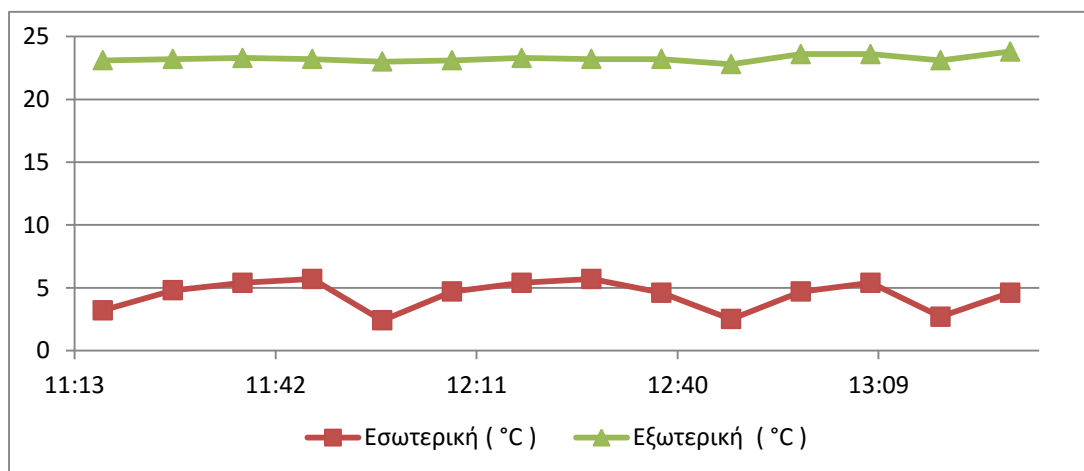
**Πίνακας 4.16:** Αποτελέσματα κατανάλωσης ψυγείου συντήρησης

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το διάγραμμα (Διάγραμμα 4.18), το γεγονός ότι κατά το πρώτο άνοιγμα της πόρτας η βύθιση της ισχύος είναι εμφανείς διότι το χρονικό διάστημα που το ψυκτικό μηχάνημα υπολειτουργούσε ,ενώ η πόρτα ήταν ανοιχτή, ήταν κοντά στα 5 λεπτά ενώ το δεύτερο άνοιγμα η βύθιση είναι σχετικά μικρή διότι ήταν κοντά στο 1 λεπτό.

Στο διάγραμμα (Διάγραμμα 4.19) παρατηρείται ότι η εξωτερική θερμοκρασία είναι σταθερή στους 23,3°C ενώ η εσωτερική θερμοκρασία έχει διαγραμματικά αυτή τη μορφή λόγω της αρχής λειτουργίας του ψυκτικού μηχανήματος, δηλαδή όταν πιάσει τη μέγιστη θερμοκρασία που έχει ρυθμιστεί να αρχίζει να ψύχει μέχρι την ελάχιστη που έχει ρυθμιστεί. Παρατηρούνται τρεις κύκλοι λειτουργίας του ψυκτικού μηχανήματος το πρώτο τη χρονική στιγμή 11:15 έως 12:00, 12:00 έως 12:45 και 12:45 έως 12:15 ο τρίτο κύκλος είναι πιο μικρός αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι υπήρχαν δύο ανοίγματα της πόρτας που επηρέασαν το κύκλο λειτουργίας.



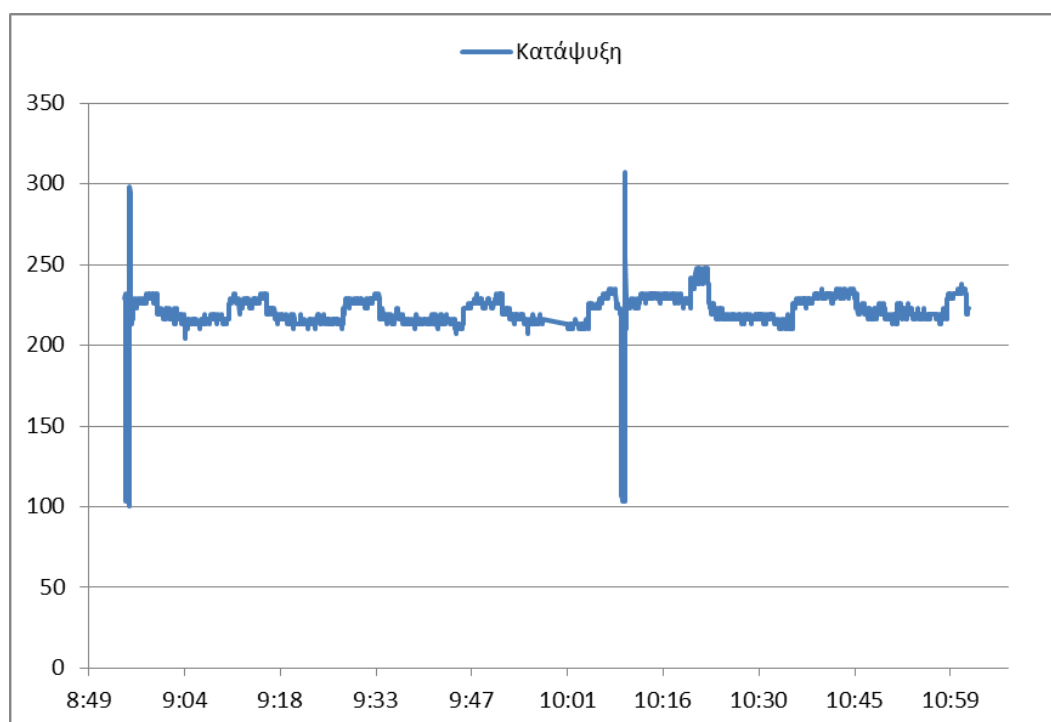
**Διάγραμμα 4.18:** Διάγραμμα ενεργού ισχύος του θαλάμου συντήρησης ( σε W )



**Διάγραμμα 4.19:** Διάγραμμα θερμοκρασιών ( σε °C )

## Κατάψυξη

Στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 4.20) παρουσιάζεται η κατανάλωση του θαλάμου συντήρησης για διάστημα μέτρησης 2 ωρών. Συμπεραίνεται ότι η κατανάλωση του θαλάμου συντήρησης είναι σχετικά σταθερή μεταξύ των τιμών 200watt και 250watt. Παρατηρούνται δύο βυθίσεις και δύο ανυψώσεις της ισχύος αυτό οφείλεται στο γεγονός του ανοίγματος της πόρτας του θαλάμου κατάψυξης. Επίσης η ρύθμιση της θερμοκρασίας της κατάψυξης επηρεάζει την λειτουργία του ψυκτικού μηχανήματος με αρκετά πιο γρήγορους κύκλους ψύξης με αποτέλεσμα η κατανάλωση να έχει μια πιο μεταβαλλόμενη ροή.



**Διάγραμμα 4.20:** Διάγραμμα ενεργού ισχύος του θαλάμου κατάψυξης ( σε W )

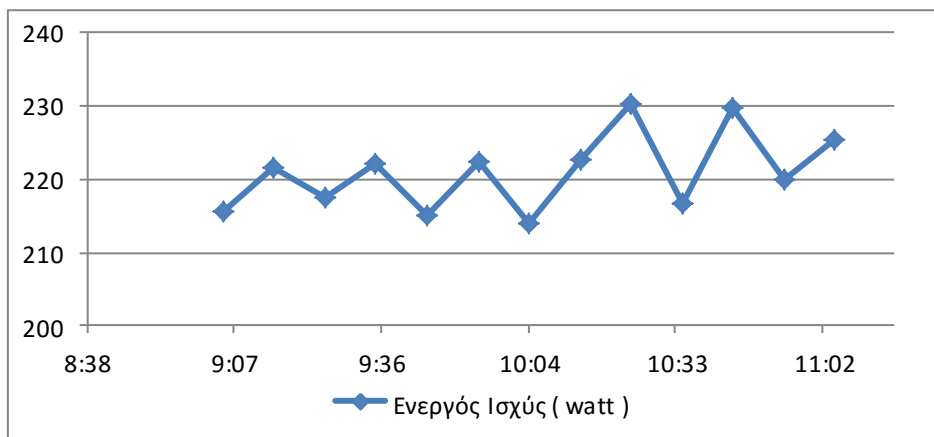
Παρακάτω δίνονται ο πίνακας (Πίνακας 4.17) με τις μέσες τιμές δεκαλέπτου της κατανάλωσης και της θερμοκρασίας τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή καθώς και τα αντίστοιχα διαγράμματα της ενεργού ισχύος και της εσωτερικής / εξωτερικής θερμοκρασίας :

Κατάψυξη Time	Ενεργός Ισχύς ( W )	Θερμοκρασία	
		Εσωτερική ( °C )	Εξωτερική ( °C )
8:55		-16,5	23,1
9:05	216	-18	23,0
9:15	222	-17,4	23,1
9:25	217	-15,7	23,2
9:35	222	-18,8	23,1
9:45	215	-16,2	23,4
9:55	222	-17,7	23,6
10:05	214	-15,8	23,6
10:15	223	-16,5	22,3
10:25	230	-18,6	23,0
10:35	217	-16	23,3

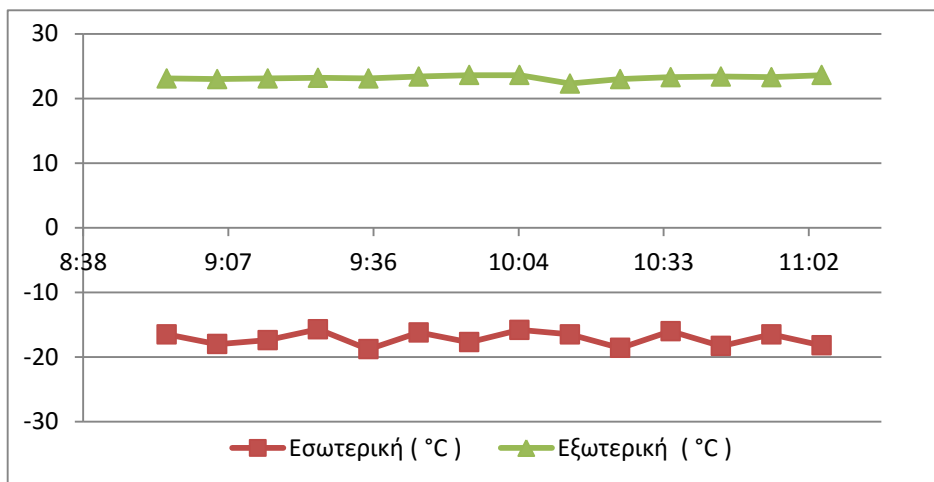
10:45	230	-18,3	23,4
10:55	220	-16,5	23,3
11:05	225	-18,2	23,6
<b>Μέση Τιμή</b>	<b>221</b>	<b>-17,2</b>	<b>23,2</b>

**Πίνακας 4.17:** Αποτελέσματα κατανάλωσης ψυγείου κατάψυξης

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 4.21) το γεγονός ότι κατά το πρώτο άνοιγμα της πόρτας η βύθιση ή η ανύψωση της ισχύος δεν είναι εμφανείς διότι το άνοιγμα της πόρτας έγινε μόλις ξεκίνησε η καταγραφή, το χρονικό διάστημα που η πόρτα ήταν ανοιχτή, ήταν κοντά στο 1 λεπτό. Το δεύτερο άνοιγμα η ανύψωση της ισχύος είναι εμφανείς παρόλο που ήταν κοντά στο 1 λεπτό. Λόγο της αρχής λειτουργίας του ψυκτικού μηχανήματος ενώ θα περιμέναμε βύθιση προκύπτει ανύψωση διότι η διακύμανση της ισχύος και της επιθυμητής θερμοκρασίας στο εσωτερικό του θαλάμου σε σχέση με την εξωτερική θερμοκρασία έχει πολύ μεγάλη διαφορά. Στο επόμενο διάγραμμα (Διάγραμμα 4.22) παρατηρείται ότι η εξωτερική θερμοκρασία είναι σταθερή στους 23,2οC με μία πολύ μικρή πτώση λογο του δεύτερου ανοίγματος της πόρτας. Η εσωτερική θερμοκρασία έχει διαγραμματικά αυτή τη μορφή λόγω της αρχής λειτουργίας του ψυκτικού μηχανήματος, δηλαδή όταν πιάσει τη μέγιστη θερμοκρασία που έχει ρυθμιστεί να αρχίζει να ψύχει μέχρι την ελάχιστη που έχει ρυθμιστεί. Παρατηρούνται πέντε κύκλοι λειτουργίας του ψυκτικού μηχανήματος το πρώτο τη χρονική στιγμή 9:00 έως 9:15, 9:15 έως 9:40, 9:40 έως 10:05, 10:05 έως 10:30 και 10:30 έως 10:55.



**Διάγραμμα 4.21:** Διάγραμμα ενεργού ισχύος του θαλάμου κατάψυξης (σε W)



**Διάγραμμα 4.22:** Διάγραμμα θερμοκρασιών (σε °C)





## Κεφάλαιο 5: Αξιολόγηση δράσεων ενεργειακής βελτιστοποίησης

---

### 5.1 Εισαγωγή στα κριτήρια επιλογής

Έπειτα από την μελέτη των ενεργειακών καταναλώσεων και τα αποτελέσματα του καταγραφικού εξοπλισμού, είναι απαραίτητο να γίνει εξέταση των προτάσεων και λύσεων, τόσο για την αντιμετώπιση υπαρχόντων ενεργειακών προβλημάτων, όσο και για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής αποδοτικότητας του καταστήματος μαζικής εστίασης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την εκμετάλλευση των διαθέσιμων φυσικών πόρων και τη μείωση των μη αναγκαίων ενεργειακών καταναλώσεων είτε με αντικατάσταση ενεργοβόρων μηχανημάτων και συσκευών με άλλα πιο φιλικά στο περιβάλλον και με μεγαλύτερη απόδοση είτε με την ευαισθητοποίηση του ανθρώπινου παράγοντα, χωρίς να δυσχεραίνουν οι συνθήκες διαβίωσης και εργασίας.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξεταστεί κατά πόσο οι δράσεις, κατά κύριο λόγο στον φωτισμό, που εφάρμοσε η εταιρία για την βελτίωση ενεργειακής αποδοτικότητας του καταστήματος είναι συμφέρουσες. Για την καλύτερη αξιολόγηση των επενδύσεων και για την επιλογή των περισσότερο συμφερούσων δράσεων, υπολογίζεται η εκτιμώμενη ενεργειακή εξοικονόμηση και το άμεσο οικονομικό όφελος σε ετήσια βάση.

Η διαδικασία της επιλογής βασίζεται κυρίως σε τρία οικονομικά κριτήρια για κάθε επένδυση:

- Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)
- Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης (ΕΒΑ)
- Έντοκη Περίοδο Αποπληρωμής (ΕΠΑ)

Μια ακόμα σημαντική παράμετρος είναι οι δράσεις αυτές να πληρούν ορισμένους τεχνοοικονομικούς παράγοντες και οποιαδήποτε πιθανή μεταβολή τους, όπως είναι το κόστος ενέργειας.

#### Κριτήριο Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ):

Είναι η διαφορά μεταξύ της παρούσας αξίας των καθαρών ταμειακών ροών (ΚΤΡ) της επένδυσης και του κεφαλαίου (Κ<sub>0</sub>) που απαιτείται για την απόκτησή της. Είναι το κυριότερο οικονομικό κριτήριο για την αξιολόγηση μιας επένδυσης και ο τύπος υπολογισμού είναι:

$$\text{ΚΠΑ} = -\text{Κ}_0 + \sum_{i=1}^N \left( \frac{\text{F}_i}{(1+d)^i} + \frac{\text{Y} * \text{A}_N}{(1+d)^N} \right)$$

Όπου είναι: Κ: Κόστος Αρχικής Επένδυσης

F<sub>i</sub>: Ετήσιο Καθαρό όφελος

N: Διάρκεια Ζωής Επένδυσης (έτη)

d: Επιτόκιο Αναγωγής σε Παρούσα Αξία

Y<sub>N</sub>: Υπολειμματική Αξία της Επένδυσης στο τέλος της διάρκειας ζωής της

Η βιωσιμότητα της επένδυσης καθορίζεται ως εξής:

- Αν  $KPA > 0$ , η επένδυση είναι βιώσιμη.
- Αν  $KPA < 0$ , η επένδυση δεν είναι βιώσιμη και απορρίπτεται.
- Αν  $KPA = 0$ , η επένδυση θεωρείται βιώσιμη, με μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης  $= d$ .

Αν η τιμή της ΚΠΑ είναι μεγάλη, η επένδυση έχει υψηλή οικονομική απόδοση. Έχει θεωρηθεί το επιτόκιο αναγωγής ίσο με 5%, η υπολειμματική αξία ίση με μηδέν, ενώ η διάρκεια ζωής των επενδύσεων κυμαίνεται αναλόγως.

### **Κριτήριο Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (EBA):**

Ορίζεται ως το προεξοφλητικό επιτόκιο που εξισώνει την παρούσα αξία των πρόσθετων ετήσιων ταμειακών ροών με το αρχικό κόστος της επένδυσης, δηλαδή είναι το επιτόκιο που μηδενίζει την ΚΠΑ της επένδυσης. Για τον υπολογισμό του χρησιμοποιείται η σχέση:

$$KPA_{(d=EBA)} = 0$$

Η βιωσιμότητα της επένδυσης καθορίζεται ως εξής:

- Αν  $EBA > d$ , η επένδυση είναι αποδεκτή.
- Αν  $EBA < d$ , η επένδυση είναι μη αποδεκτή.
- Αν  $EBA = d$ , ο επενδυτής αποφασίζει, σύμφωνα και με άλλα κριτήρια.

### **Κριτήριο Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (EΠΑ):**

Ορίζεται ως το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης, καθώς και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από μία εναλλακτική τοποθέτηση του αρχικού κεφαλαίου. Για τον υπολογισμό, χρησιμοποιείται η σχέση:

$$KPA_{(N=EΠΑ)} = 0$$

Η επένδυση θεωρείται βιώσιμη οικονομικά, αν η τιμή της ΕΠΑ ικανοποιεί τον επενδυτή ως προς τον χρόνο αποπληρωμής του και συνήθως αν είναι μικρότερη από την αναμενόμενη διάρκεια ζωής της επένδυσης.

### **Δείκτης Αποδοτικότητας (ΔΑ ή PI):**

Η μέθοδος του δείκτη αποδοτικότητας (profitability index - PI) δείχνει τη σχετική αποδοτικότητα μιας επένδυσης, η οποία ορίζεται από τον λόγο του αθροίσματος της ΚΠΑ των ετήσιων ταμειακών ροών της επένδυσης και του αρχικού κόστους της ως προς το αρχικό κόστος της επένδυσης.

$$\Delta A = \frac{KPA + \text{Αρχικό Κόστος Επένδυσης}}{\text{Αρχικό Κόστος Επένδυσης}}$$

- Αν  $0 < \Delta A < 1$ , η επένδυση απορρίπτεται
- Αν  $\Delta A > 1$ , η επένδυση είναι αποδεκτή

**Σταθμισμένο Κόστος Εξοικονομούμενης Ενέργειας (€/kWh):**

Ορίζεται ως ο λόγος του αρχικού κόστους επένδυσης, κατανεμημένο στη διάρκεια ζωής της, προς την εξοικονομούμενη πρωτογενή ενέργεια που προκύπτει ετησίως.

$$\text{Σταθμισμένο Κόστος Εξοικονομούμενης Ενέργειας} = \frac{\text{Αρχικό Κόστος Επένδυσης (€)} * CRF + \text{Ετήσιο Κόστος Συντήρησης (€)}}{\text{Ετήσια Εξοικονομούμενη Ενέργεια (kWh)}}$$

$$\text{Όπου } CRF = \frac{0,05}{1+(0,05+1)^{-\text{Διαρκεια Ζωής}}}$$

Όσο πιο μικρό είναι το Σταθμισμένο Κόστος (€/kWh), τόσο πιο συμφέρουσα είναι η αντίστοιχη επένδυση.



## 5.2 Εξέταση δράσεων στον φωτισμό για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας

Ο φωτισμός είναι από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που επιδρούν στη λειτουργικότητα ενός καταστήματος. Σύμφωνα με την κατανομή ηλεκτρισμού που έχει πραγματοποιηθεί στο κεφάλαιο 4, η κατανάλωση στον υπό αντικατάσταση φωτισμό αποτελεί το 77% της συνολικής κατανάλωσης ρεύματος για φωτισμό στο κατάστημα. Το ποσοστό αυτό είναι σημαντικό και έχει δυνατότητα να μειωθεί στο ελάχιστο εφικτό, χωρίς να αλλάξουν τα επίπεδα φωτισμού. Οι λαμπτήρες LED αποτελούν τη νέα γενιά λαμπτήρων. Έχουν μεγάλη απόδοση σε σχέση με τους λαμπτήρες φθορισμού και οικονομίας και τη διατηρούν στο 100% για όλη τη διάρκεια ζωής τους, η οποία είναι 50.000 ώρες, δηλαδή 5 φορές μεγαλύτερη από τους λαμπτήρες οικονομίας. Σημαντικό επίσης είναι το ότι εκπέμπουν πολύ μικρότερη θερμότητα σε σχέση με άλλους λαμπτήρες, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι απαιτήσεις για ψύξη των χώρων. Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται στοιχεία που συλλέχθηκαν για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του φωτισμού. Επιλέχθηκαν δράσεις στο φωτισμό που είναι εφικτό να πραγματοποιηθούν στο συγκεκριμένο κατάστημα, σύμφωνα με τον μέχρι τώρα εξοπλισμό που διαθέτει. Να τονίσουμε ότι τα στοιχεία της κατανάλωσης είναι πραγματικά από τις μετρήσεις με τον ηλεκτρικό αναλυτή και όχι τα ονομαστικά.

Η εταιρία έχει λάβει προσφορά με εγγύηση 3 ετών καλής και αδιάκοπης λειτουργίας των λαμπτήρων και σε περίπτωση που κάποιος λαμπτήρας καεί το κόστος αγοράς και εγκατάστασης δεν επιβαρύνει την εταιρία. Άρα το Ετήσιο Κόστος Συντήρησης [€] είναι μηδενικό για 3 έτη όσο και Διάρκεια Ζωής της επένδυσης [ 3 έτη]

Οι παλαιοί λαμπτήρες έχουν τις παρακάτω μετρημένες εκτιμώμενες ετήσιες καταναλώσεις:

Περιγραφή φωτιστικού	Αριθμός Λαμπτήρων	Ισχύς (W) Λαμπτήρα	Λειτουργία Ώρες/Ημέρα	Κατανάλωση ανά έτος kWh/Έτος	Τύπος Λαμπτήρα Για Αντικατάσταση
TALUS 3F , MAX MOBILIS	50	57,37	24	<b>25128</b>	AR111
MODUS 04 230V ΕΞΩ	15	160,37	15	<b>13170</b>	PFL04
MINI MOBILIS SPOT	19	34,48	24	<b>5739</b>	GU 10 FL
MODUS 04 230V	24	36,21	24	<b>7613</b>	PL

**Πίνακας 5.1:** Κατανάλωση φορτίων kWh/έτος

Οι νέοι λαμπτήρες έχουν τις παρακάτω μετρημένες εκτιμώμενες ετήσιες καταναλώσεις:

Τύπος Λαμπτήρα	Αριθμός Λαμπτήρων	Ισχύς (W) Λαμπτήρα	Λειτουργία Ώρες/Ημέρα	Κατανάλωση ανά έτος kWh/Έτος	Εξοικονόμηση kWh/Έτος
AR111	50	8,56	24	<b>3749</b>	<b>21379</b>
PFL04	11	51,53	15	<b>3103</b>	<b>10067</b>
GU 10 FL	19	5,88	24	<b>979</b>	<b>4760</b>
PL	24	10,03	24	<b>2109</b>	<b>5504</b>

**Πίνακας 5.2:** Νέα κατανάλωση φορτίων και εξοικονόμηση kWh/έτος

### Κόστος Παρέμβασης

Τύπος Λαμπτήρα	Ενδεικτικό Κόστος Λαμπτήρα (€)	Αριθμός Λαμπτήρων	Ενδεικτικό Κόστος (€)
AR111	30	50	1500
PFL04	35	11	385
GU 10 FL	25	19	475
PL	30	24	720
<b>Συνολικό Κόστος Παρέμβασης</b>			<b>3080</b>

**Πίνακας 5.3:** Κόστος παρέμβασης ανά τύπο λαμπτήρα

### Εξοικονομούμενα Χρήματα [€]

Προκειμένου να γίνει μια βαθύτερη μελέτη και αξιολόγηση των επενδύσεων ορίζονται δύο βασικά σενάρια που βασίζονται στη τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας.

- **Σενάριο 1.** Υποθέτοντας ότι, η τιμή ηλεκτρικής ενέργειας έχει ορισθεί 0,0826 €/kWh ως μόνο η χρέωση ενέργειας που χρεώνει η ΔΕΗ, δημιουργείται το απαισιόδοξο σενάριο.
- **Σενάριο 2.** Υποθέτοντας ότι, η τιμή ηλεκτρικής ενέργειας έχει ορισθεί 0,1735 €/kWh ως η μέση τιμή από τα 3 τελευταία έτη του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας του καταστήματος βάση τιμολογίων της ΔΕΗ, ορίζεται το αισιόδοξο σενάριο.

### Σενάριο 1

Τύπος Λαμπτήρα	K	Fi	N	d	Έτος 1	Έτος 2	Έτος 3
	Κόστος Αρχικής Επένδυσης	Ετήσιο Καθαρό όφελος	Διάρκεια Ζωής (έτη) Επένδυσης	Επιτόκιο Αναγωγής σε Παρούσα Αξία			
AR111	1500	1766	3	5%	1682	1602	1525
PFL04	385	832	3	5%	792	754	718
GU 10 FL	475	393	3	5%	374	357	340
PL	720	455	3	5%	433	412	393
<b>ΚΠΑ</b>	<b>ΕΒΑ</b>	<b>ΕΠΑ</b>	<b>ΔΑ</b>	<b>ΣΚΕΕ (€/kWh)</b>	<b>CRF= 0,026826</b>		
3309	103,8%	1,038	7	0,0019			
1879	208,5%	2,089	6	0,0010			
596	64,0%	0,640	2	0,0027			
518	40,3%	0,403	2	0,0035			

**Πίνακας 5.4:** ΚΠΑ, ΕΒΑ, ΕΠΑ, ΔΑ και το ΣΚΕΕ υπολογισμένα σύμφωνα με τους μαθηματικούς τύπους που αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 5.2

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, όλες οι επενδύσεις κρίνονται συμφέρουσες.

### Σενάριο 2

Τύπος Λαμπτήρα	K	Fi	N	d	Έτος 1	Έτος 2	Έτος 3
	Κόστος Αρχικής Επένδυσης	Ετήσιο Καθαρό όφελος	Διάρκεια Ζωής (έτη) Επένδυσης	Επιτόκιο Αναγωγής σε Παρούσα Αξία			
AR111	1500	3709	3	5%	3533	3364	3204
PFL04	385	1747	3	5%	1663	1584	1509
GU 10 FL	475	826	3	5%	787	749	713
PL	720	955	3	5%	909	866	825

ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ	ΔΕ	ΣΚΕΕ (€/kWh)	CRF= 0,026826
3309	241%	2,410	7	0,0019	
1879	451%	4,510	12	0,0010	
596	165%	1,645	5	0,0027	
518	120%	1,202	4	0,0035	

**Πίνακας 5.5:** ΚΠΑ, ΕΒΑ, ΕΠΑ, ΔΑ και το ΣΚΕΕ υπολογισμένα σύμφωνα με τους μαθηματικούς τύπους που αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 5.2

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, και οι τρεις επενδύσεις κρίνονται συμφέρουσες.

Για το σύνολο της δράσης αλλαγής των λαμπτήρων προκύπτουν τα εξής:

#### Σενάριο 1

Κ	Fi	N	d			
Κόστος Αρχικής Επένδυσης	Ετήσιο Καθαρό όφελος	Διάρκεια Ζωής Επένδυσης (έτη)	Επιτόκιο Αναγωγής σε Παρούσα Αξία	Έτος 1	Έτος 2	Έτος 3
3080	3445	3	5%	3281	3125	2976

ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ	ΔΕ	ΣΚΕΕ (€/kWh)	CRF= 0,026826
6302	97%	0,973	3	0,0020	

**Πίνακας 5.6:** ΚΠΑ, ΕΒΑ, ΕΠΑ, ΔΑ και το ΣΚΕΕ υπολογισμένα σύμφωνα με τους μαθηματικούς τύπους που αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 5.2

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα.

#### Σενάριο 2

Κ	Fi	N	d			
Κόστος Αρχικής Επένδυσης	Ετήσιο Καθαρό όφελος	Διάρκεια Ζωής Επένδυσης (έτη)	Επιτόκιο Αναγωγής σε Παρούσα Αξία	Έτος 1	Έτος 2	Έτος 3
3080	7237	3	5%	6892	6564	6251

ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ	ΔΕ	ΣΚΕΕ (€/kWh)	CRF= 0,026826
16627	228%	2,283	6	0,0020	

**Πίνακας 5.7:** ΚΠΑ, ΕΒΑ, ΕΠΑ, ΔΑ και το ΣΚΕΕ υπολογισμένα σύμφωνα με τους μαθηματικούς τύπους που αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 5.2

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα.





## Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα και προοπτικές

---

### 6.1 Συμπεράσματα

Η αξιολόγηση ενεργειακής επίδοσης των καταστημάτων που διεξήχθη στα πλαίσια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής έδωσε μια αποσπασματική εικόνα του ενεργειακού προφίλ της του καταστήματος μαζικής εστίασης των Everest, φανερώνοντας τις ελλείψεις σε βασικούς τομείς, αλλά και επισημαίνοντας τις δυνατότητες βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας. Η αξιολόγηση ενεργειακής επίδοσης ήταν αποσπασματική για το λόγο ότι η εις βάθος μελέτη όλων των παραμέτρων δεν εμπίπτει στα πλαίσια μιας διπλωματικής. Οι τομείς που επιλέχθηκαν για τη μελέτη έγιναν καθ' υπόδειξη της εταιρίας. Επίσης η εξέταση πάνω σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας δίνει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για τα πραγματικά προβλήματα που προκύπτουν κατά την διαδικασία των μετρήσεων.

Παρακάτω παρουσιάζονται και αναλύονται τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την μελέτη των στοιχείων που συλλέχθηκαν:

Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του πρώτου πειράματος που διεξήχθη με τους μετρητές μεγιστοδείκτες τα βασικά συμπεράσματα είναι:

- Με την χρήση των ηλεκτρονικών μετρητών μεγιστοδεικτών δίνεται η δυνατότητα συλλογής αξιόπιστων στοιχείων για το συνολικό ηλεκτρικό ενεργειακό προφίλ του εκάστοτε καταστήματος με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας.
- Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο αν ο πίνακας βρίσκεται αρκετά κοντά στο μετρητή αλλιώς θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες της γραμμής μεταφοράς από το μετρητή έως τον πίνακα.

Κατά την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε κατά το δεύτερο πείραμα με τη σύγκριση διαφόρων τύπων φωτιστικών σωμάτων προκύπτουν τα εξής:

- Η καταναλώσεις για τον φωτισμό καταστημάτων μαζικής εστίασης έχουν μεγάλο ποσοστό στη συνολική κατανάλωση.
- Οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στον φωτισμό παρατηρήθηκαν αυξημένες με τους λαμπτήρες παλαιού τύπου. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι η χρήση του φωτισμού είναι συνεχόμενη επί 24ώρου βάσεως και οι λαμπτήρες ήταν παλιάς τεχνολογίας. Σε αντίθεση οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας παρατηρήθηκαν, μετά την αντικατάσταση, χαμηλές με τους νέους λαμπτήρες LED, χωρίς αλλαγή του τρόπου χρήσης του φωτισμού και με το ίδιο αποτέλεσμα στον φωτισμό.
- Η πραγματική κατανάλωση των λαμπτήρων LED είναι χαμηλότερη από τα ονομαστικά τους στοιχεία. Επίσης οι καταναλώσεις φωτιστικών σωμάτων με ιδίου τύπου λαμπτήρες διαφέρουν από κύκλωμα σε κύκλωμα.
- Κατά την αξιολόγηση δράσεων βελτιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης του καταστήματος, προέκυψε ότι η αλλαγή λαμπτήρων τεχνολογίας LED με μικρό κόστος εφαρμογής, που όμως προσφέρουν υψηλά ποσοστά εξοικονομούμενης ενέργειας.

Κατά το τρίτο πείραμα, στην ανάλυση ευαισθησίας για το παράγοντα ρύθμισης θερμοκρασίας σε κλιματιστικά και ψυγεία, τα βασικά συμπεράσματα είναι:

- Στον κλιματισμό όταν γίνεται η ρύθμιση της θερμοκρασίας θα πρέπει να δίνεται σημασία στη διαφορά επιθυμητής εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας δεν θα πρέπει να ξεπερνάει τους  $10^{\circ}\text{C}$  ώστε να προκύπτει εξοικονόμηση ενέργειας.
- Ιδιαίτερη προσοχή κατά τη διάρκεια των μετρήσεων με τη χρήση του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας στα κλιματιστικά θα πρέπει να δίνεται στο χρόνο αποκατάστασης μεταξύ δύο μεταβολών της θερμοκρασίας που ρυθμίζονται τα κλιματιστικά.
- Στα επαγγελματικά ψυγεία προκύπτουν σχεδόν σταθερές καταναλώσεις με μόνη επιρροή στη μεταβολή της κατανάλωσης την διάρκεια και τη συχνότητα του ανοίγματος της πόρτας. Όσο πιο μικρές σε διάρκεια και λιγότερες σε συχνότητα τόσο μεγαλύτερη η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας.
- Σημαντικό ρόλο στην εξοικονόμηση ενέργειας κατέχει κατά κύριο λόγο ο ανθρώπινος παράγοντας, ο οποίος αποκτώντας μια περιβαλλοντική παιδεία και ευαισθητοποίηση, θα μπορεί να συντελέσει ουσιαστικά στην εφαρμογή περιβαλλοντικής πολιτικής. Ο σεβασμός στο περιβάλλον αποτελεί την έναρξη της προσπάθειας για μείωση της πλεονάζουσας ενέργειας που καταναλώνεται και της επιβάρυνσης του πλανήτη.

## 6.2 Προοπτικές

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε διττό σκοπό, αφ' ενός, την εξέταση παραγόντων για τη μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων στον φωτισμό και κατά συνέπεια του λειτουργικού κόστους των καταστημάτων μαζικής εστίασης και αφ' ετέρου, την εύρεση μεθόδων εξοικονόμησης χωρίς κόστος όπως η αξιόπιστη πληροφόρηση του ηλεκτρικού προφίλ ενός καταστήματος μέσω του ηλεκτρονικού μετρητή ή τη ρύθμιση του κλιματισμού για τις επιχειρήσεις μαζικής εστίασης.

Κατά την εκπόνηση των μετρήσεων, το κύριο πρόβλημα που παρουσιάστηκε ήταν η εξαγωγή σωστών μετρήσεων, η απουσία ολοκληρωμένων και αξιόπιστων μονογαμικών σχεδίων για την επιλογή του κατάλληλου προς μέτρηση κυκλώματος. Επίσης ακόμη μία δυσκολία είναι ο χώρος και ο χρόνος διεξαγωγής των μετρήσεων αφού τα εν λόγω καταστήματα λειτουργούν επί 24ώρου βάσεως έτσι οι μετρήσεις θα πρέπει να γίνονται με τρόπο που να μην ενοχλεί τη σωστή λειτουργία του καταστήματος.

Εάν αναλογιστούμε ότι η συγκεκριμένη εταιρία στο χώρο της μαζικής εστίασης είναι από τις μεγαλύτερες στον ελλαδικό χώρο και με την παρούσα διπλωματική εργασία μπορεί να επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας με μεγάλο οικονομικό και περιβαλλοντικό κέρδος, τότε άμεσα προκύπτει η αναγκαιότητα μιας πιο ολοκληρωμένης ενεργειακής επιθεώρησης σε όλους τους τομείς κατανάλωσης της εν λόγω εταιρίας με αποτέλεσμα πολλαπλάσια οφέλη.



## Βιβλιογραφία

---

- Wikipedia: <http://el.wikipedia.org>, <http://en.wikipedia.org>
- Σημειώσεις: Διαχείρισης Ενέργειας και Περιβαλλοντική Πολιτική, Εργαστήριο Συστημάτων και Αποφάσεων και Διοίκησης Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, ΕΜΠ, Αθήνα 2006
- Εφαρμογές Κτιριακών και Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων, Τομέας Ηλεκτρικής Ισχύος Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, ΕΜΠ, Αθήνα 1998
- Time series analysis: forecasting and control, George E. P. Box, Gwilym M. Jenkins, Gregory C. Reinsel.
- Introduction to time series analysis and forecasting, Douglas C. Montgomery, Cheryl L. Jennings, Murat Kulahci
- Οδηγός GUM του ISO και την επαναδιατύπωσή του στην έκδοση JCGM 100:2008 “Evaluation of Measurement Data – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM 1995 with minor corrections)”
- Χρονολογικές σειρές (Time Series) , Lecture notes, Φ.Κουντούρη 2008
- Σημειώσεις: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ,Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, ΕΜΠ, Αθήνα 2008
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), ‘Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας στη Βιομηχανική Ψύξη’  
[http://www.cres.gr/kape/education/ODHGOS\\_PSIKISIS.pdf](http://www.cres.gr/kape/education/ODHGOS_PSIKISIS.pdf)
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), ‘Οδηγοί Ενεργειακής Επιθεώρησης’, <http://www.cres.gr/kape/publications/download.htm>
- Θερμική Άνεση στα Κτίρια. Νέα Πρότυπα και Βελτίωση Θερμικής Άνεσης στα Κτίρια , Σχολη Μηχανολόγων Μηχανικών, ΑΠΘ, Ιωάννινα, 2006
- Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ): Τεχνική Προδιαγραφή Μονοφασικοί και Τριφασικοί Ηλεκτρονικοί Μετρητές Χ.Τ. <http://www.deddie.gr/Documents2/>
- Ψηφιακό Τεκμήριο: Έξυπνοι Ψηφιακοί Μετρητές Ηλεκτρισμού [http://vivliothmmy.ee.auth.gr/1014/3/Smart\\_Meters\\_Thalassinou\\_M.pdf](http://vivliothmmy.ee.auth.gr/1014/3/Smart_Meters_Thalassinou_M.pdf)
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ): Συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού για κλιματιζόμενους χώρους σύμφωνα με την τεχνική οδηγία 2425/86 του ΤΕΕ
- Οδηγός εργαλείου NumXL:  
<http://www.spiderfinancial.com/support/documentation/numxl/reference-manual>



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

---

### Α1.ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

#### Γενικά στοιχεία

Όνομα καταστήματος:

Περίοδος λειτουργίας:

Έτος κατασκευής:

Ιδιοκτήτης καταστήματος:

Ο ιδιοκτήτης είναι: Ιδιώτης ( ) Εταιρία ( ) Δημόσιο ( ) Άλλο ( )

Πόλη:

Περιοχή:

Διεύθυνση:

#### **Υπεύθυνος επικοινωνίας:**

Όνομα:

Ιδιότητα / Θέση:

Τηλέφωνο / e - mail:

Έχει γίνει αλλαγή ιδιοκτησίας / χρήσης του κτιρίου από την εποχή κατασκευής του; ΝΑΙ ( ) ΟΧΙ ( )

#### **Παρατηρήσεις:**

---

#### **Κύριες ανακαινίσεις / προσθήκες στο κατάστημα:**

1) Κτιριακό κέλυφος

Εποχή:

% Ανακαίνισης:

Επέμβαση (εις):

Κόστος:

2) Εγκαταστάσεις θέρμανσης /κλιματισμού χώρων

Εποχή:

% Ανακαίνισης:

Επέμβαση (εις):

Κόστος:

3) Εγκατάσταση θερμού νερού

Εποχή:

% Ανακαίνισης:

Επέμβαση (εις):

Κόστος:

---

4) Εγκατάσταση φωτισμού

---

Εποχή:

% Ανακαίνισης:

Επέμβαση (εις):

Κόστος:

---

5) Άλλο

---

Εποχή:

% Ανακαίνισης:

Επέμβαση (εις):

Κόστος:

---

**Βασικά χαρακτηριστικά καταστήματος:**

Υπάρχουν αρχιτεκτονικά σχέδια: ΝΑΙ ( ) ΟΧΙ ( )

---

Θερμομόνωση Κτιριακού Κελύφους: ΝΑΙ ( ) ΟΧΙ ( )

---

Αριθμός Ορόφων (με ισόγειο):

---

Αριθμός Υπογείων:

---

Υπογείου - Ισογείου - Ημιώροφου -  
Ορόφου

---

Συνολική Επιφάνεια Δαπέδου (m2):

---

α. Επιφάνεια Θερμαινόμενων Χώρων (m2):

---

β. Επιφάνεια Κλιματιζόμενων Χώρων (m2):

---

γ. Επιφάνεια Ειδικών Χώρων (m2):

---

δ. Επιφάνεια Εξωτερικών Χώρων (m2):

---

Ύψος Χώρων (m):

---

**Κατανάλωση και κόστος ενέργειας**

---

Υπάρχουν ηλεκτρολογικά/μηχανολογικά σχέδια: ΝΑΙ ( ) ΟΧΙ ( )

---

Το κατάστημα είναι συνδεδεμένο στη: Χαμηλή Τάση ( ) Μέση Τάση ( )

---

Συμφωνημένη Ισχύς από σύμβαση με Δ.Ε.Η. (KVA) :

---

Υπάρχουν Τιμολόγια της ΔΕΗ ( τελευταία 3 έτη ): ΝΑΙ ( ) ΟΧΙ ( )

---

Έχει γίνει αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος ( τελευταία 3 έτη ); Πόσα KVA;

---



---

Χρησιμοποιείται κάποιο από ( ή και ) τα δύο: Πετρέλαιο ( ) Φυσικό Αέριο ( )

---

Υπάρχουν τιμολόγια Πετρελαίου/Φυσικού Αερίου ( τελευταία 3 έτη): NAI ( ) OXI ( )

---

Κτιριακά Συστήματα Αξιοποίησης Α.Π.Ε.: NAI ( ) OXI ( )

---

Ειδικά Προβλήματα Συγκεκριμένου Καταστήματος: NAI ( ) OXI ( )

---

Παρατηρήσεις:

---

### **Ενεργειακή διαχείριση**

Καταγράφεται η κατανάλωση θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας στο κτίριο; NAI ( ) OXI ( )

---

Αν NAI, κάθε πότε καταγράφεται; Εβδομαδιαία ( ) Μηνιαία ( ) Ετήσια ( )

---

Υπάρχει κάποιο Πρόγραμμα Ενεργειακής Διαχείρισης για το κτίριο; NAI ( ) OXI ( )

---

Υπάρχει κάποιος Υπεύθυνος για την ενημέρωση της διοίκησης /διαχείρισης του κτιρίου σχετικά με την κατανάλωση και το κόστος της ενέργειας σε αυτό; NAI ( ) OXI ( )

---

Εάν NAI, τι ειδικότητα και είδος απασχόλησης έχει;

---

Έχει γίνει ποτέ το Ενεργειακό Ισοζύγιο του κτιρίου; NAI ( ) OXI ( )

---

Έχουν ποτέ οργανωθεί στο κτίριο δραστηριότητες ευαισθητοποίησης των ατόμων (εργαζομένων, πελατών) που διαβιούν σε αυτό, με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας; NAI ( ) OXI ( )

---

Αν NAI, ποιες είναι αυτές;

---

Έχει ήδη γίνει κάποια ειδική Τεχνοοικονομική Ενεργειακή Μελέτη στο κτίριο, κατά το παρελθόν; NAI ( ) OXI ( )

---

Αν NAI, ποιο ήταν το αντικείμενο της ;

---

Ποια ήταν τα τυχόν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που εφαρμόστηκαν και πότε εφαρμόστηκε το καθένα από αυτά ;

---

Μέτρο εξοικονόμησης Ενέργειας

---

1.

---

2.

---

3.

---

**Θέρμανση/Ψύξη/ZNX**

Γίνεται χρήση χρονοδιακοπών αυτόματης έναυσης / παύσης των κεντρικών εγκαταστάσεων θέρμανσης / κλιματισμού; ΝΑΙ ( ) ΟΧΙ ( )

Αυτοματισμοί Ελέγχου: ΝΑΙ ( ) ΟΧΙ ( )

Θερμοστάτες Χώρων: ΝΑΙ ( ) ΟΧΙ ( )

Χρονο-θερμοστάτες Χώρων : ΝΑΙ ( ) ΟΧΙ ( )

Εξωτερικής Θερμοκρασίας με Τρίοδη Βαλβίδα Ανάμιξης: ΝΑΙ ( ) ΟΧΙ ( )

Συνήθης Θερμοκρασία (εξ) Ρύθμισης στους χώρους:

Περίοδος Θέρμανσης (°C):

Περίοδος Δροσισμού (°C):

Η θερμοκρασία ρυθμίζεται από:

Τους εργαζόμενους του καταστήματος: ΝΑΙ ( ) ΟΧΙ ( )

Κάποιο αρμόδιο υπεύθυνο: ΝΑΙ ( ) ΟΧΙ ( )

Υπάρχει κάποιος άλλος εξοπλισμός εξοικονόμησης ενέργειας για θέρμανση / κλιματισμό / αερισμό (ανάκτηση θερμότητας-εναλλάκτες);

Στοιχεία Λειτουργίας Τοπικών Αυτόνομων Μονάδων Ψύξης / Θέρμανσης /Αερισμού/Κλιματισμού:

(Αναφέρατε στοιχεία κατανάλωσης καυσίμου θέρμανσης, το ωράριο λειτουργίας, την ένταση χρήσης ανά εποχή και χώρο και τις τυπικές θερμοκρασίες / ταχύτητες ρύθμισης (όπου υφίσταται θερμοστατικός έλεγχος) καθενός από τα τυχόν υπάρχοντα επιπλέον αυτόνομα θερμαντικά σώματα, κλιματιστικά μηχανήματα, σόμπες, τζάκια, ανεμιστήρες κλπ.)

Συστήματα κάλυψης αναγκών σε θερμό νερό χρήσης: ΝΑΙ ( ) ΟΧΙ ( )

Αν ΝΑΙ Ωράριο(-α) Λειτουργίας Συστημάτων Θερμού Νερού Χρήσης

Αναφέρατε το ημερήσιο, εβδομαδιαίο και ετήσιο ωράριο για κάθε υπάρχον σύστημα:

---

**Φωτισμός**

Πόσες ώρες την ημέρα λειτουργούν οι λαμπτήρες στους χώρους και πώς κατανέμεται(εσωτ, εξωτ.);

---

---

**Άλλα Φορτία**

Ποια άλλα φορτία χρησιμοποιούνται στο κατάστημα και πόσες ώρες την ημέρα;

---

---

Υπήρξε τα τελευταία 3 χρόνια, κάποια μεγάλη χρονική περίοδος που το κατάστημα παρέμεινε κλειστό ή που ένα σημαντικό μέρος του δεν ήταν σε λειτουργία;(π.χ. λόγω τεχνικών εργασιών) Εφόσον ναι, σημειώστε στον επόμενο πίνακα τις αντίστοιχες χρονικές διάρκειες μη λειτουργίας και τις αντίστοιχες ημερομηνίες.

Έτος	2012	2013	2014	2015
Εβδομάδες ή Μήνες				
Από - Έως				

---

**Ερωτηματολόγιο Εργαζομένων**

Απαντήστε πόσες ώρες την ημέρα κατά μέσο όρο θέτεται σε λειτουργία τα παρακάτω φορτία:

1.

---

2.

---

3.

---

4.

---

5.

---

6.

---

7.

---

Είναι ικανοποιητικά τα επίπεδα φωτισμού; NAI ( ) OXI ( )

---

Είναι ικανοποιητικά τα συστήματα θέρμανσης/ψύξης/ζεστού νερού; NAI ( ) OXI ( )

---

Γνωρίζετε για την περιβαλλοντική πολιτική και την εξοικονόμηση ενέργειας; NAI ( ) OXI ( )

---

Εφαρμόζετε τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας; NAI ( ) OXI ( )

---

---

Αριθμός Εργαζόμενων μέσα στο κατάστημα:

---

**A2. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΤΟΙΧΕΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**Σχήμα / Προσανατολισμός Κτιρίου**

(Εντάξτε στο κενό πεδίο που ακολουθεί φωτογραφίες του εξωτερικού του κτιρίου και του περιβάλλοντος αυτού χώρου, καθώς και μικρό τοπογραφικό διάγραμμα κάλυψης με τον προσανατολισμό του κτιρίου)

Πυκνότητα γειτονικής δόμησης:

Περιβάλλον συνεχούς δόμησης, χωρίς ελεύθερο χώρο εκτός από δρόμους ( )

Λίγα γειτονικά κτίρια, αλλά με ελεύθερο χώρο τουλάχιστο τον μισό περιβάλλοντα ( )

Το κτίριο είναι πανταχόθεν ελεύθερο, με ελάχιστα ή καθόλου γειτονικά κτίσματα ( )

---

Το κτίριο βρίσκεται σε άμεση επαφή με άλλα κτίρια με: (Συμπληρώστε τη διεύθυνση του προσανατολισμού της πλευράς η οποία βρίσκεται σε επαφή)

Μία πλευρά ..... Προσανατολισμού ( )

Δύο πλευρές ..... /..... Προσανατολισμού ( )

Τρεις πλευρές ..... /..... /..... Προσανατολισμού ( )

Δεν βρίσκεται σε άμεση επαφή με κανένα κτίριο ( )

---

Υπάρχουν, στο οικόπεδο ή στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου, εμπόδια που μειώνουν την δυνατότητα ροής του ανέμου για φυσικό αερισμό; ΝΑΙ ( ) ΟΧΙ ( )

Υπάρχουν, στο οικόπεδο ή στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου, εμπόδια που μειώνουν την δυνατότητα εισόδου του ηλιακού φωτός; ΝΑΙ ( ) ΟΧΙ ( )

Τα γειτονικά κτίρια (εάν υπάρχουν) είναι γενικά: Ψηλότερα ( ) Χαμηλότερα ( ) Ισοϋψή ( )

Τα περιβάλλοντα αντικείμενα (δέντρα, κτίρια κλπ.) σκιάζουν στη διάρκεια της ημέρας:

Ολόκληρο το κτίριο συμπεριλαμβανομένης της οροφής ( )

Περισσότερο από το μισό του κτιρίου ( )

Περίπου το ένα τέταρτο του κτιρίου ( )

---

---

Δεν σκιάζουν το κτίριο ( )

---

Παρατηρήσεις:

---

Τύπος Οροφής: Επίπεδη ( ) Κεκλιμένη ( )

Επιφάνεια Οροφής: AF = ..... (m<sup>2</sup>)

Περιγραφή Στρωμάτων Υλικού Οροφής (από μέσα προς τα έξω: είδος, πάχος, χρώμα εξωτερικής επιφάνειας):

Θέση Μόνωσης Οροφής: Εξωτερική( ) Ενδιάμεση ( ) Εσωτερική ( ) Δεν υπάρχει μόνωση ( )

Ποιότητα / Κατάσταση Μόνωσης Οροφής: Καλή ( ) Μέτρια ( ) Κακή ( )

Προβλήματα στην οροφή λόγω υγρασίας / καιρικών συνθηκών:

Εσωτερική υγρασία (κηλίδες, διαρροές) ( )

Είσοδος αέρα κάτω από την θερμομόνωση ( )

Φυσική επιδείνωση της επιφάνειας ( )

---

Τύποι Εξωτ Δαπέδων: Πάνω από έδαφος( ) Σε πυλωτή( ) Πάνω από μη θερμαινόμενο χώρο( )

Επιφάνειες Εξωτερικών Δαπέδων:

α. Πάνω από έδαφος: AF1 = ..... (m<sup>2</sup>)

β. Πάνω από πυλωτή: AF2 = ..... (m<sup>2</sup>)

γ. Πάνω από μη θερμαινόμενο χώρο: AF3 = ..... (m<sup>2</sup>)

---

Έχει το κτίριο υπόγειο; ΝΑΙ ( ) ΟΧΙ ( )

Λειτουργία του:

Έχει το υπόγειο ανοίγματα ( πόρτες, παράθυρα ); ΝΑΙ ( ) ΟΧΙ ( )

Περιγραφή Στρωμάτων Υλικού Δαπέδων (από μέσα προς τα έξω: είδος, πάχος, συντελεστής αγωγιμότητας):

Θέση Μόνωσης Δαπέδων: Εξωτερική( ) Ενδιάμεση( ) Εσωτερική( ) Δεν υπάρχει μόνωση( )

Ποιότητα / Κατάσταση Μόνωσης Δαπέδων: Καλή ( ) Μέτρια ( ) Κακή ( )

Προβλήματα στα δάπεδα λόγω υγρασίας / καιρικών συνθηκών:

Εσωτερική υγρασία ( κηλίδες, διαρροές ) ( )

Είσοδος αέρα κάτω από την θερμομόνωση ( )

Φυσική επιδείνωση επιφανειών ( )

---

Τύπος Εξωτερικής Τοιχοποιίας: Τούβλο ( ) Πέτρα ( ) Μπετόν ( )

Επιφάνεια τοιχοποιίας: AW = ..... (m<sup>2</sup>)

Περιγραφή Στρωμάτων Υλικού Τοιχοποιίας (από μέσα προς τα έξω: είδος, πάχος, χρώμα εξωτερικής επιφάνειας):

---









# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Μονογραμμικά σχέδια ηλεκτρολογικής εγκατάστασης του καταστήματος:

