



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις: Εργαστηριακά  
προβλήματα και ασκήσεις

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΦΑΙΝΤΙ ΑΝΕΣΤΗ-ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ

Επιβλέποντες: Εμμανουήλ Βάβαλης  
Καθηγητής Π.Θ

Ελευθέριος Τσουκαλας  
Καθηγητής Π.Θ

Βόλος, Ιούνιος 2018

*Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή*

# Ευχαριστίες

Θα ήθελα καταρχήν να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Βάβαλη Εμμανουήλ, του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, που μου εμπιστεύτηκε την παρούσα διπλωματική εργασία. Η καθοδήγηση και η επίβλεψη αυτής της διπλωματικής εργασίας ήταν σημαντικές, τόσο με την βιβλιογραφία που μου πρότεινε, όσο και με τον χρόνο που δαπάνησε για την ολοκλήρωση της. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Ζημέρη Δημήτριο για την σημαντική επιστημονική βοήθεια που μου προσέφερε μέσω των προσωπικών του σημειώσεων και την καθοδήγηση του όλους αυτούς του μήνες.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Ταρσή και Χουσάμ-Εντίν, καθώς και τον αδερφό μου Ραφίκ για την καθοδήγηση και την ηθική συμπαράσταση που μου πρόσφεραν όλα αυτά τα χρόνια.

*Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή*

# Περίληψη

Η διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με αντικείμενο ανάλυσης τα στάδια μελέτης των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και των βασικότερων κλιματιστικών συστημάτων τους με μεγάλη χρήση στις μέρες μας.

Στο **κεφάλαιο 1**, γίνεται αναφορά στις κατηγορίες των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και μία γενική περιγραφή του κάθε σταδίου που απαιτείται για να ολοκληρωθεί η ηλεκτρολογική μελέτη.

Στο **κεφάλαιο 2**, παρουσιάζονται αναλυτικά οι βασικές γνώσεις που απαιτούνται να γνωρίζει ο μελετητής καθώς και τα σημαντικότερα διεθνή ή τοπικά πρότυπα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων που ακολουθούνται. Εξετάζονται και κάποια βασικά στοιχεία ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, όπως είναι τα καλώδια, οι αγωγοί και οι πίνακες διανομής.

Στο **κεφάλαιο 3**, γίνεται αναφορά σε βασικά στοιχεία ρευματοδοτών και φωτοτεχνίας με ιδιαίτερη επισήμανση στις τιμές που λαμβάνουν οι συντελεστές των φορτίων και στη σημασία της σωστής επιλογής φωτιστικών στους χώρους των εγκαταστάσεων.

Στο **κεφάλαιο 4**, γίνεται η παρουσίαση των ψυκτικών και θερμικών φορτίων που πρέπει να υπολογιστούν σε μία μελέτη καθώς και των εξωτερικών συστημάτων κλιματισμού αέρα - νερού και εδάφους - νερού σε επίπεδο κεντρικής θέρμανσης.

Στο **κεφάλαιο 5**, παραθέτονται τέσσερα διαφορετικά παραδείγματα εφαρμογής των κεντρικών συστημάτων κλιματισμού σε ένα σχολικό κτίριο και υπολογίζεται η συνολική ηλεκτρική ισχύς σε κάθε ένα από αυτά.

Στο **κεφάλαιο 6**, παρουσιάζεται το σύστημα αυτοματισμού BMS που χρησιμοποιείται σε μία έξυπνη εγκατάσταση και περιλαμβάνει ένα σημαντικό αριθμό αισθητήρων σε διάφορα σημεία ελέγχου με απώτερο σκοπό την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας.

Το **κεφάλαιο 7**, είναι αφιερωμένο στην αναγνώριση και παρουσίαση εργαλείων ηλεκτρονικής μάθησης για το μάθημα των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Στο τέλος αναφέρονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν σε αυτή τη διπλωματική εργασία μαζί με τα αποτελέσματα της σύγκρισης σε επίπεδο ισχύος των κεντρικών εξωτερικών μονάδων κλιματισμού για θέματα απόδοσης και κατανάλωσης.

*Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή*

# Abstract

The diploma thesis was conducted at the University of Thessaly at the Department of Electrical and Computer Engineering. It's main objective analysis referred to basic stages of electrical installations and the air-conditioning systems which were heavily used nowadays.

**The first chapter**, portrays the categories of electrical installations and a description of each stage of completing an electrical study.

**The second chapter**, presents the basic required knowledge and the international or local standards of electrical installations. An analysis about the appropriate cables, pipelines and distribution cables is taking place.

**The third chapter**, underlines the importance of the correct choice of sockets. Moreover, the science of phototechnia in the lightning of rooms is also mentioned.

**In fourth chapter**, is shown a detailed analysis of the cooling and heating loads in an electrical study. The external conditioning systems air-water and soil-water of the central heating are being analyzed as well as.

**The fifth chapter**, unfolds a presentation of four different examples of central external air conditioning systems. The produced electrical power by the units is analyzed in each one example.

**Chapter six**, states the benefits of the BMS automation systems. The previous ones used in a smart installation including a certain number of sensors at various checkpoints with purpose to save electric energy.

**Chapter seven**, is devoted to the identification and presentation of e-learning tools for electrical instalation course.

**Finally**, the last chapter refers to the results of the thesis. The comparison, the results and the benefits of saving energy by using external air conditioning systems are presented.

*Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή*



# Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	iii
Περίληψη	v
Abstract	vii
<b>1 Εισαγωγή</b>	<b>1</b>
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ - ΣΤΟΧΟΙ	1
1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	2
1.3 ΜΕΡΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	3
<b>2 Βασικά στοιχεία εγκατάστασης</b>	<b>5</b>
2.1 ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ	5
2.2 ΠΡΟΤΥΠΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	7
2.3 ΑΓΩΓΟΙ ΚΑΙ ΚΑΛΩΔΙΑ	9
2.4 ΜΕΣΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	10
2.5 ΠΙΝΑΚΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ	12
<b>3 Μελέτη φωτισμού και ρευματοδοτών</b>	<b>15</b>
3.1 ΡΕΥΜΑΤΟΔΟΤΕΣ	15
3.2 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΤΕΡΟΧΡΟΝΙΣΜΟΥ	16
3.3 ΒΑΣΙΚΑ ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ	18
3.4 ΤΥΠΟΙ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ - ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ	20
3.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	23
3.6 ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ	26
<b>4 Μελέτη κλιματισμού</b>	<b>27</b>
4.1 ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ	27
4.2 ΘΕΡΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ	34
4.3 ΚΕΝΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ	38

<b>5</b>	<b>Παραδείγματα κλιματισμού</b>	<b>47</b>
5.1	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΕΡΑ - ΝΕΡΟΥ . . . . .	47
5.2	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΔΑΦΟΥΣ - ΝΕΡΟΥ . . . . .	65
<b>6</b>	<b>Διαχείριση ενέργειας - αυτοματισμοί</b>	<b>79</b>
6.1	ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ . . . . .	79
6.2	ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ . . . . .	81
6.3	ΕΛΕΓΧΟΣ FCU - ΚΚΜ . . . . .	84
6.4	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ BMS . . . . .	86
6.5	ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΕΛΕΓΧΟΥ . . . . .	88
<b>7</b>	<b>e-learning tools</b>	<b>89</b>
7.1	Electrical Knowhow . . . . .	89
7.2	Alison . . . . .	91
7.3	Electrical Engineering Portal . . . . .	91
7.4	Μαθήματα επί πληρωμή . . . . .	92
<b>8</b>	<b>Συμπεράσματα</b>	<b>95</b>
8.1	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΩΝ . . . . .	95
8.2	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ . . . . .	96

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

### 1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ - ΣΤΟΧΟΙ

Ηλεκτρική εγκατάσταση είναι οποιαδήποτε κτιριακή εγκατάσταση τριτογενούς τομέα έχει σχέση με τον ηλεκτρισμό. Είναι δηλαδή ένα σύνολο από ηλεκτρολογικά υλικά που έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά μεταξύ τους και συνήθως συνδέονται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτελέσουν μία λειτουργία. Τα φορτία που υπάρχουν και το μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο σχεδιάζονται και υπολογίζονται από τον υπεύθυνο ηλεκτρολόγο εγκαταστάτη με τέτοιο τρόπο ώστε να οδηγούν στην επίτευξη συγκεκριμένων στόχων, όπως είναι ο έλεγχος της πτώσης τάσης των κυκλωμάτων, η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου που συνδυάζεται με την χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και τέλος η ασφάλεια όλων των χρηστών και των ζωντανών οργανισμών που μπορούν να αλληλοεπιδρούν με την εγκατάσταση. Βικιπαίδεια

Η πτώση τάσης των γραμμών πρέπει να ελέγχεται σε μεγάλο βαθμό για την προστασία των αγωγών και των καλωδίων, ενώ η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου μπορεί να εξασφαλιστεί με τη χρησιμοποίηση κατάλληλων φωτιστικών και κεντρικών συστημάτων κλιματισμού που έχουν χαμηλή ηλεκτρική ισχύς, επομένως οδηγούν στη μείωση της δαπανώμενης ηλεκτρικής ενέργειας και κατά συνέπεια σε οικονομικό όφελος. Είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη για λόγους ασφαλείας και οι ιδιαιτερότητες που επικρατούν σε ένα χώρο για να μπορεί να γίνει σωστή επιλογή ρευματοδοτών, διακοπών, φωτιστικών και μονάδων κλιματισμού με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά εξαιτίας των κινδύνων ηλεκτροπληξίας(υποσταθμός, μετασχηματιστές), εκρήξεων(εργοστάσια, εργαστήρια) και πυρκαγιάς(αποθήκες, χώροι υπαίθρου). [12]

Σημαντική βοήθεια και ρόλο στο να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι μπορεί να παίξει η χρήση κατάλληλων λογισμικών που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και διατίθενται μέσω ιδιωτικών εταιρειών με απώτερο σκοπό να υπάρξει μεγαλύτερη ακρίβεια και όσον το δυνατό λιγότερες πιθανότητες αστοχίας στους υπολογισμούς των φορτίων των κυκλωμάτων και στην ηλεκτρική ισχύς των συστημάτων.

## 1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Οι εγκαταστάσεις διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: στις εγκαταστάσεις υπαίθρου και στις εσωτερικές εγκαταστάσεις κλειστού χώρου. Οι εγκαταστάσεις υπαίθρου έχουν να κάνουν με ανοιχτούς χώρους για αυτό και όλα τα εξαρτήματα, οι αγωγοί και τα καλώδια της ανά πάσα στιγμή είναι εκτεθειμένα στις καιρικές συνθήκες του περιβάλλοντος. Ένα παράδειγμα τέτοιας εγκατάστασης είναι η εγκατάσταση των δόμων, των πάρκων μιας περιοχής και των γεωργικών εγκαταστάσεων που δεν έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις για μελέτη ασφάλειας τους.

Στην κατηγορία των εσωτερικών εγκαταστάσεων εντάσσονται κτίρια του τριτογενούς τομέα, όπως είναι οι βιομηχανίες, τα σχολικά κτίρια, οι πολυκατοικίες, τα εμπορικά κέντρα αλλά και οι εγκαταστάσεις κίνησης με τη συχνή χρήση ηλεκτρικών μηχανών και άλλων μεγάλων φορτίων. Μία τέτοια εγκατάσταση για να μπορέσει να πάρει ηλεκτρική παροχή πρέπει να φέρει την υπογραφή του ηλεκτρολόγου εγκαταστάτη που είναι υπεύθυνος για όλες τις συσκευές που τροφοδοτούνται από το γενικό πίνακα απευθείας μέσω των καλωδίων. Ανάλογα με τη χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος, οι εγκαταστάσεις μπορούν να χωριστούν σε εγκαταστάσεις φωτισμού (μονοφασική παροχή) ή εγκαταστάσεις κίνησης (τριφασική παροχή) όπου κατά την αναχώρηση των γραμμών φροντίζουμε τα φορτία να είναι κατανεμημένα και ισορροπημένα με τον ίδιο τρόπο στις τρεις φάσεις.

Οι ηλεκτρικές εσωτερικές εγκαταστάσεις κτιρίων με τη σειρά τους μπορούν να χωριστούν σε εγκαταστάσεις ισχυρών ρευμάτων και σε εγκαταστάσεις ασθενών ρευμάτων. Οι εγκαταστάσεις ισχυρών ρευμάτων σχετίζονται με το φωτισμό της εγκατάστασης, την παραγωγή θερμότητας, την ψύξη, την θέρμανση, τον αερισμό μέσω της χρήσης κλιματιστικών μονάδων, καθώς και με τις ηλεκτρικές συσκευές όπως είναι η ηλεκτρική κουζίνα, ο θερμοσίφωνας, το ψυγείο και το ηλεκτρικό μαγειρείο. Οι εγκαταστάσεις ασθενών ρευμάτων έχουν στόχο τη διαχείριση των πληροφοριών και των δεδομένων σε μία τέτοια εγκατάσταση για αυτό και περιλαμβάνουν διάφορα είδη δικτύων καθώς και τα σημαντικότερα συστήματα ασφαλείας όπως είναι τα συστήματα πυρασφάλειας, το αντικεραυνικό σύστημα, καθώς και η προστασία έναντι βραχυκυκλώματος με χρήση κατάλληλων ρελέ διαφυγής.

Αν λάβουμε υπόψη τη μέγιστη τάση που μεταφέρεται από το γενικό πίνακα διανομής προς τα διάφορα φορτία μέσω των καλωδίων, οι εγκαταστάσεις διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: Στις εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης που εμφανίζουν τάση έως τα 230 V, στις εγκαταστάσεις μέσης τάσης που έχουν μέγιστη τάση τα 20 KV και στις εγκαταστάσεις υψηλής τάσης που η τάση μπορεί να φτάσει έως τα 400 KV. Στην κατηγορία των χαμηλών τάσεων ανήκουν εγκαταστάσεις με μικρές ενεργειακές απαιτήσεις όπως είναι οι κατοικίες και τα μικρά γραφεία. Στις εγκαταστάσεις μέσης τάσης ανήκουν οι μικρές επιχειρήσεις και τα εμπορικά καταστήματα. Οι υψηλής τάσης εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν όλες τις μεγάλες βιομηχανίες και γενικά όσες άλλες εγκαταστάσεις έχουν υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις και πιθανώς να χρησιμοποιούν ηλεκτρικούς υποσταθμούς.

## 1.3 ΜΕΡΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Μία ηλεκτρική εγκατάσταση για να είναι έτοιμη προς χρήση πρέπει να έχει περάσει πρώτα από όλα τα στάδια μιας ηλεκτρολογικής μελέτης. Για να ξεκινήσει η μελέτη απαιτείται να έχουν δοθεί στον εγκαταστάτη το μονογραμμικό σχέδιο της κάτοψης της εγκατάστασης καθώς και το σχέδιο του γενικού πίνακα διανομής που θα τροφοδοτεί με ρεύμα τις ηλεκτρικές συσκευές ώστε να μπορεί να γίνει σωστή κατανομή φορτίων στα επιμέρους κυκλώματα. Η μελέτη χωρίζεται σε τρία πολύ σημαντικά στάδια: Το στάδιο της σχεδίασης ρευματοδοτών επάνω στο μονογραμμικό σχέδιο και υπολογισμού του αριθμού χρήσης τους ξεχωριστά για κάθε χώρο, το στάδιο της μελέτης και σχεδίασης του αριθμού των φωτιστικών σωμάτων και των διακοπών που θα χρησιμοποιηθούν ξεχωριστά, και τέλος το τρίτο και δυσκολότερο στάδιο που απαιτεί τον υπολογισμό όλων των φορτίων και των συστημάτων κλιματισμού ξεχωριστά σε επίπεδο εξωτερικών μονάδων ώστε να είναι σε θέση να παρθεί η σωστή απόφαση(με βάση την ηλεκτρική τους ισχύς) για το ποιο σύστημα συμφέρει περισσότερο οικονομικά τον καταναλωτή να χρησιμοποιηθεί. Στο παρόν εγχειρίδιο θα γίνει σύγκριση μεταξύ των συστημάτων κλιματισμού αέρα - νερού και των συστημάτων εδάφους - νερού με βάση την συνολική ηλεκτρική ισχύς που χρειάζονται οι εξωτερικές μονάδες για να καλύψουν όλα αυτά τα φορτία.

Το πρώτο στάδιο μελέτης και υπολογισμών περιλαμβάνει το κομμάτι της σχεδίασης και του υπολογισμού των ρευματοδοτών. Με βάση το μονογραμμικό σχέδιο που έχει στα χέρια του ο ηλεκτρολόγος καλείται να υπολογίσει τον ακριβή αριθμό των ρευματοδοτών που χρειάζεται ο κάθε χώρος ξεχωριστά λαμβάνοντας υπόψιν το εμβαδόν του χώρου και την πυκνότητα των ατόμων που βρίσκονται σε αυτόν προσεγγιστικά. Επόμενος στόχος είναι η τοποθέτηση τους σε κατάλληλα σημεία επάνω στο ηλεκτρολογικό σχέδιο με τη χρήση του βοηθητικού προγράμματος **AutoCAD**. Οι θέσεις τοποθέτησης που επιλέγονται πρέπει να επιτρέπουν την εύκολη χρησιμοποίησή τους από τους καταναλωτές που θα βρίσκονται στην εγκατάσταση οποιαδήποτε χρονική στιγμή επιθυμούν. Αφού τελειώσει και η τοποθέτηση τους στο ηλεκτρολογικό σχέδιο, η μελέτη των ρευματοδοτών τελειώνει με τη χρήση ενός κατάλληλου λογισμικού στο οποίο περνάμε όλα τα κυκλώματα των ρευματοδοτών(βάση της συνολικής ηλεκτρικής ισχύς που εμφανίζει το κύκλωμα) ορίζοντας και τον κατάλληλο συντελεστή ετεροχρονισμού - διόρθωσης φορτίων ώστε να υπολογιστεί σωστά μέσω του λογισμικού η μέγιστη δυνατή ασφάλεια των καλωδίων και του γενικού πίνακα.[17]

Το δεύτερο στάδιο μελέτης έχει να κάνει με τη φωτοτεχνία και το φωτισμό. Ο αριθμός των φωτιστικών σωμάτων μπορεί να υπολογιστεί ξεχωριστά για κάθε χώρο είτε μέσω της χρήσης κατάλληλων μαθηματικών και φυσικών τύπων για τη φωτεινή ροή και την ενέργεια του φωτός, είτε μέσω κάποιου λογισμικού ιδιωτικής εταιρείας. Στο τρίτο κεφάλαιο θα δείξουμε πως γίνεται ο υπολογισμός των φωτιστικών σωμάτων με το χειρωνακτικό τρόπο καθώς και τη σύγκριση των φωτιστικών φθορισμού μεταξύ τους σε κάθε παράδειγμα ξεχωριστά.

Αφού υπολογιστεί και ο ακριβής αριθμός φωτιστικών σωμάτων με έναν από τους δύο τρόπους που αναφέραμε προηγουμένως, επόμενο βήμα είναι να επιλέξουμε τον κατάλληλο τύπο φωτιστικών που θα χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των αναγκών φωτισμού του χώρου(μέσω χρήσης κάποιου λογισμικού για μεγαλύτερη ακρίβεια) και τα τοποθετούμε επάνω στο μονογραμμικό σχέδιο είτε με διάταξη κατά μήκος είτε με διάταξη κατά πλάτος ώστε κάθε σημείο εντός του χώρου να φωτίζεται επαρκώς και να μην υπάρχουν σκοτεινές επιφάνειες. Με αυτό το τρόπο πετυχαίνουμε μεγαλύτερη ομοιομορφία και φωτεινότητα στο χώρο. Στη συνέχεια ακολουθεί η τοποθέτηση των διακοπών επάνω στη κάτοψη σε εύχρηστα σημεία στο κάθε χώρο με σκοπό το άνοιγμα ή το κλείσιμο των φωτιστικών σωμάτων οποιαδήποτε χρονική στιγμή με εύκολο τρόπο. [11]

Το τελευταίο κομμάτι της ηλεκτρολογικής μελέτης αφορά τα φορτία, τις εσωτερικές μονάδες και τα κεντρικά συστήματα κλιματισμού που χρησιμοποιούνται σήμερα. Είναι το πιο λεπτό και δύσκολο κομμάτι υπολογισμών λόγω του μεγάλου αριθμού φορτίων και οποιοδήποτε λάθος μπορεί να οδηγήσει σε αστοχία της εγκατάστασης. Η μελέτη των κεντρικών συστημάτων παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον επειδή οι τύποι της ηλεκτρικής ισχύος διαφέρουν από σύστημα σε σύστημα συνεπώς και η συνολική κατανάλωση ενέργειας για την κάλυψη αυτών των φορτίων μπορεί να παρουσιάζει μεγάλες αυξομειώσεις ανάλογα το σύστημα που χρησιμοποιείται κάθε φορά και ενίοτε σε μερικές περιπτώσεις ίσως να οδηγεί σε αναγκαία χρήση ηλεκτρικού υποσταθμού. Περισσότερες εξηγήσεις και λεπτομέρειες θα δοθούν για αυτά τα συστήματα στο τέταρτο κεφάλαιο με αναλυτική περιγραφή κάθε συστήματος που θα χρησιμοποιήσουμε στα παραδείγματα εφαρμογών του πέμπτου κεφάλαιου. [13]

Τέλος υπάρχουν και κάποιες σημαντικές λεπτομέρειες που πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη κατά τη διάρκεια όλης της μελέτης. Πριν υπογραφεί η υπεύθυνη δήλωση του μηχανικού για την άδεια και τη λειτουργία της ηλεκτρικής εγκατάστασης, χρειάζεται επάνω στο μονογραμμικό σχέδιο του γενικού πίνακα διανομής να ελεγχθεί αν υπάρχουν όλες οι γραμμές φορτίων αναλυτικά και με την κατάλληλη εξισορρόπηση που απαιτείται για αυτά. Όταν δημιουργηθεί το σχέδιο καλωδίωσης του κτιρίου και το τελικό μονογραμμικό σχέδιο της κάτοψης, πρέπει να συμπληρωθεί το αρχικό κείμενο που περιέχει την αναλυτική τεχνική περιγραφή της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης καθώς και η υπεύθυνη δήλωση της εγκατάστασης ώστε να υποβληθεί στη **ΔΕΗ** για την αίτηση παροχής ηλεκτρικού ρεύματος.

# Κεφάλαιο 2

## Βασικά στοιχεία εγκατάστασης

### 2.1 ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

Για να μπορεί να γίνει μία σωστή και πλήρης μελέτη εσωτερικών εγκαταστάσεων σήμερα πρέπει να υπάρχουν ως υπόβαθρο κάποιες πολύ βασικές γνώσεις στους κλάδους της ηλεκτρολογίας και της μηχανολογίας, ώστε να μπορεί ο υπεύθυνος μελετητής να αντιμετωπίσει με επιτυχία τον πιθανό ανταγωνισμό και τις προκλήσεις που θα του παρουσιαστούν μελλοντικά στην αγορά εργασίας. Ο πιο βασικός τομέας ηλεκτρολογίας που είναι απαραίτητο να έχει ένας ηλεκτρολόγος ένα σημαντικό υπόβαθρο γνώσεων μέσα από τα αντίστοιχα μαθήματα που διδάσκονται σε πανεπιστημιακές σχολές είναι αυτός του μονογραμμικού σχεδίου και των ηλεκτροτεχνικών υλικών.

Οι βασικές γνώσεις του μονογραμμικού σχεδίου περιορίζονται κυρίως στο μηχανολογικό και το ηλεκτρολογικό σχέδιο. Ένα μηχανολογικό εξάρτημα αποτυπώνεται σε χαρτί σχεδίασης και μπορεί να αναπαρασταθεί στο μονογραμμικό σχέδιο με τη βοήθεια των πέντε όψεων προβολής αντικειμένων που είναι η ορθογώνια προβολή, η πρόοψη, η κάτοψη, η δεξιά πλάγια όψη και η αριστερή πλάγια όψη. Η πιο σημαντική είναι η κάτοψη γιατί συνήθως είναι αυτή στην οποία δίνεται το αρχιτεκτονικό σχέδιο της εγκατάστασης που είναι έτοιμο προς μελέτη.

Όσον αφορά το ηλεκτρολογικό σχέδιο, ο ηλεκτρολόγος μηχανικός οφείλει να ερμηνεύει με την πραγματική σημασία τους όλα τα σύμβολα των ηλεκτρικών στοιχείων για οποιαδήποτε εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση. Σημαντική είναι και η γνώση πολυγραμμικού ηλεκτρολογικού σχεδίου για να μπορεί να δείχνεται αναλυτικά η διαδρομή και η θέση απ' την οποία περνάνε μέσω μεταλλικής σχάρας όδευσης ή ψευδοροφής όλες οι γραμμές καλωδίων και αγωγών οι οποίες έχουν αφετηρία τον γενικό πίνακα του κτιρίου και καταλήγουν σε στοιχεία ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Εκτός από την σχεδίαση ηλεκτρικών γραμμών και τη γνώση βασικών ηλεκτρικών στοιχείων, σημαντικό είναι να υπάρχουν γνώσεις σε σχολικό ή ακαδημαϊκό επίπεδο επάνω στον κλάδο των φυσικών επιστημών και ιδιαίτερα σε αυτόν του ηλεκτρομαγνητισμού για να είναι σε θέση κάποιος να υπολογίσει κάποια βασικά στοιχεία ηλεκτρισμού και φωτοτεχνίας, όπως είναι η φωτεινή ροή ενός

λαμπτήρα, ο αριθμός φωτιστικών σωμάτων και ο συντελεστής ομοιομορφίας χώρου. Σημαντικοί υπολογισμοί επιπλέον φυσικών ή ηλεκτρικών μεγεθών όπως είναι η ηλεκτρική ισχύς των συσκευών, η ένταση του ρεύματος στα καλώδια, η διατομή και η πτώση τάσης των αγωγών που πρέπει να υπολογίζεται για συγκεκριμένες τιμές, απαιτούν παράλληλες γνώσεις πάνω σε περισσότερα από ένα γνωστικά αντικείμενα.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να τονίσουμε ότι οι γνώσεις ενός υπεύθυνου μελετητή μπορεί να διαφέρουν ανάλογα την σχολή ή ακόμα και την χώρα στην οποία έχει φοιτήσει. Μετά από έρευνα που έγινε σε κορυφαία πανεπιστήμια του εξωτερικού και της Ελλάδας, διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές όσον αφορά τις γνώσεις και τον τρόπο μετάδοσης αυτών στους φοιτητές μέσω των μαθημάτων και των εργαστηρίων που παρέχονται από τους υπεύθυνους καθηγητές. Η κυριότερη διαφορά έχει να κάνει με το γεγονός ότι στα ελληνικά πανεπιστήμια ακολουθείται διαφορετική προσέγγιση και δεν δίνεται σχεδόν καθόλου σημασία στον κομβικό τομέα της διαχείρισης και της εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία σε τέτοιες περιόδους είναι μείζονος σημασίας ζήτημα να μην δαπανάται αλόγιστα, σε αντίθεση με τα πανεπιστήμια και τις σχολές του εξωτερικού που διαθέτουν καταλληλότερες υποδομές χώρων και εργαστηρίων με συνέπεια η διαχείριση της ενέργειας και η ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου να αποτελούν το πρώτο μέλημα καθηγητών και φοιτητών μέσα από τα ερευνητικά τμήματα των πανεπιστημίων.

Στην Ελλάδα δίνεται περισσότερο βάση στα θεωρητικά μέρη μίας εγκατάστασης όπως είναι οι αγωγοί, τα καλώδια, τα συστήματα ασφαλείας, οι υποσταθμοί, οι μετασχηματιστές καθώς και η εκκίνηση τριφασικού κινητήρα. Τα μαθήματα δεν εστιάζουν καθόλου στα οικονομικά δεδομένα μιας εγκατάστασης και στις πραγματικές ανάγκες των καταναλωτών. Σε όλες τις πανεπιστημιακές σχολές Ελλάδας και εξωτερικού που διδάσκονται τα μαθήματα των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων υπάρχει το πρακτικό κομμάτι με τη χρήση κατάλληλων λογισμικών ιδιωτικών εταιρειών για την προσομοίωση ηλεκτρικών φορτίων, κεντρικών πινάκων διανομής, ηλεκτρικών υποσταθμών και του ηλεκτρικού δικτύου, με μόνη διαφορά ότι στην Ελλάδα δίνεται περισσότερο βάση στην εκμάθηση και στην εξοικείωση ενός υπάρχοντος λογισμικού με ευρεία χρήση στην εγχώρια αγορά εργασίας, σε αντίθεση με το εξωτερικό όπου τα εργαστηριακά μαθήματα των φοιτητών είναι λιγότερο σύνθετα γιατί οι νέοι επιστήμονες όταν βγουν στην αγορά εργασίας εκπαιδεύονται για τουλάχιστον έξι μήνες επάνω στο λογισμικό που έχει στήσει η κάθε εταιρεία ξεχωριστά.

Τέλος, αξίζει να αναφέρουμε ότι χρειάζονται κάποιες βασικές γνώσεις από τα μαθήματα που έχουν σχέση με συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, κυρίως για υποσταθμούς χαμηλής μέσης ή υψηλής τάσης, λίγες γνώσεις από συστήματα ελέγχου που έχουν να κάνουν με βιομηχανικούς αυτοματισμούς ή συστήματα αυτοματισμών για τη διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας και λίγες βασικές γνώσεις της επιστήμης των υλικών για τις ηλεκτρικές τους ιδιότητες ώστε να παίρνονται κάθε φορά οι σωστές αποφάσεις χρήσης τους.



## 2.2 ΠΡΟΤΥΠΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Για την κατασκευή, τη συντήρηση και την ασφάλεια μιας εσωτερικής εγκατάστασης απαιτείται να εφαρμόζεται ένας συγκεκριμένος αριθμός κανόνων που πρέπει να δίνεται από τη νομοθεσία του κράτους μέσω άρθρων στους υπεύθυνους των εγκαταστάσεων. Η απεικόνιση πληροφοριών στο ηλεκτρολογικό σχέδιο γίνεται μέσω ειδικών συμβολισμών που υπάρχουν για κάθε στοιχείο οι οποίοι καθορίζονται βάσει των κανονισμών μιας χώρας και με βάση τα πρότυπα που ακολουθούνται κάθε φορά. Τα πρότυπα χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν τις προδιαγραφές, τον τρόπο χρήσης του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού καθώς και τον τρόπο εγκατάστασης και σύνδεσής του. Αυτός ο εξοπλισμός είναι τα καλώδια, οι ηλεκτρικοί πίνακες, τα μέσα προστασίας, οι οικιακές συσκευές, οι ηλεκτρικές μηχανές και τα συστήματα ασφαλείας. Υπεύθυνοι για την έκδοση των κανονισμών είναι οι ηλεκτροτεχνικές επιτροπές και οι οργανισμοί τυποποίησης που έχουν ως απώτερο σκοπό να καθορίζουν τα πρότυπα των χωρών για τις οποίες είναι υπεύθυνοι. [8]

Ο Ελληνικός οργανισμός τυποποίησης έχει δημιουργήσει το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 στο οποίο αναφέρονται μέσω των κεφαλαίων και των άρθρων όλοι οι κανονισμοί που έχουν να κάνουν με την συντήρηση, την επισκευή, την ασφάλεια και τις απαιτήσεις των εσωτερικών εγκαταστάσεων σήμερα. Η δεύτερη έκδοση του προτύπου δημοσιεύτηκε στην εφημερίδα της κυβέρνησης το 2004 και είχε κάποιες διαφοροποιήσεις όσον αφορά το κομμάτι των ειδικών απαιτήσεων που πρέπει να έχει μία εγκατάσταση. Οι καινούργιες εκδόσεις ή αναθεωρήσεις άρθρων του προτύπου του ΕΛΟΤ οφείλουν να ακολουθούν τις αντίστοιχες τροποποιήσεις και συμπληρώσεις των άρθρων των διεθνών προτύπων για τα οποία είναι υπεύθυνα η διεθνής ηλεκτροτεχνική επιτροπή **CENELEC** και η Ευρωπαϊκή επιτροπή **IEC**. Αυτός είναι ο λόγος που πρέπει να γίνεται αναφορά στα έγγραφα εναρμόνισης των ξένων προτύπων γιατί το Ελληνικό πρότυπο είναι πλήρως εναρμονισμένο με τα ευρωπαϊκά και διεθνή πρότυπα. [10]

Τα σημαντικότερα διεθνή πρότυπα που έχουν ληφθεί υπόψη για τη σύνταξη του Ελληνικού προτύπου είναι το Ευρωπαϊκό πρότυπο IEC 60364, το επίσης Ευρωπαϊκό πρότυπο HD 384 μέσω του οποίου έχει πάρει την ονομασία του και το Ελληνικό πρότυπο, το Γερμανικό πρότυπο VDE 0100 που αφορά ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ονομαστικής τάσης μέχρι 1000 V και το σημαντικό Γερμανικό πρότυπο VDE 0276 το οποίο περιέχει τις προδιαγραφές των καλωδίων τύπου NYA. Το είδος καλωδίων αυτό είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος καλωδίων σήμερα με ευρεία χρήση σε κυκλώματα κλιματισμού και μηχανών. [9]

Σκοπός όλων των προτύπων είναι μέσα από την τήρηση των κανόνων και των απαιτήσεων κάθε εγκατάστασης να υπάρξει ένας κοινός κώδικας επικοινωνίας μεταξύ των φορέων και των μηχανικών καθώς και η ελαχιστοποίηση όσο είναι αυτό εφικτό των κινδύνων που μπορούν να εμφανιστούν σε δημόσια αγαθά, καταναλωτές, κατοικίδια ζώα και φυσικά στην ίδια την εγκατάσταση λόγω της έκθεσής της στις διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Η παρούσα έκδοση του ΕΛΟΤ HD 384 εφαρμόζεται σε συγκεκριμένες εγκαταστάσεις όπως είναι οι οικιακές εγκαταστάσεις, τα εμπορικά καταστήματα, οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις, τα εργοτάξια, οι γεωργικές εγκαταστάσεις, οι ανοιχτοί δημόσιοι χώροι, οι κατασκηνώσεις, οι λιμένες εξυπηρέτησης σκαφών και γενικότερα όλοι οι κλειστοί χώροι με συγκεκριμένες απαιτήσεις. Η παρούσα έκδοση καλύπτει μόνο τις εγκαταστάσεις ασθενών ρευμάτων με ονομαστική τάση μέχρι τα 1000 V και διάφορα κυκλώματα που τροφοδοτούνται με συνεχές ρεύμα έως 1500 V. Αξίζει να σημειωθεί ότι καλύπτει και όσους κανονισμούς δεν περιέχονται σε συγκεκριμένα ειδικά πρότυπα που έχουν σχέση με την προστασία των ηλεκτρικών γραμμών και των ηλεκτρικών συσκευών. [10]

Αντίθετα, η τωρινή έκδοση του προτύπου του ΕΛΟΤ δεν εφαρμόζεται σε εγκαταστάσεις έλξης, σε εγκαταστάσεις οχημάτων, σε εγκαταστάσεις πλοίων, σε εγκαταστάσεις παραλιών και δημόσιων οδών, σε εγκαταστάσεις αντικεραυνικής προστασίας, σε εγκαταστάσεις συστημάτων για τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας στους διάφορους χώρους και σε εγκαταστάσεις ηλεκτρικών φρακτών. Τέτοιοι χώροι δεν ανήκουν στις κτιριακές εγκαταστάσεις τριτογενούς τομέα όπου απαιτείται η εγκατάσταση συγκεκριμένου εξοπλισμού για την εφαρμογή τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας, μείωσης ρύπων περιβάλλοντος και ειδικών εγκαταστάσεων φωτισμού. [10]

Όσον αφορά τα διεθνή πρότυπα, το πιο σημαντικό διεθνές πρότυπο που χρησιμοποιείται σήμερα σε όλες τις χώρες του κόσμου είναι το πρότυπο IEC 60364. Είναι ευρέως διαδεδομένο σε πολλές χώρες και ιδιαίτερα στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Η διεθνής Επιτροπή από τα αρχικά της οποίας έχει πάρει και το όνομα του το πρότυπο εδρεύει στη Γενεύη της Ελβετίας και έχει ως σκοπό τη δημιουργία των κανονισμών για όλα τα ηλεκτρικά στοιχεία και σύμβολα πάντα σε συνεργασία με τις ηλεκτροτεχνικές επιτροπές κάθε χώρας. Συνεργάζεται με την Ευρωπαϊκή ηλεκτροτεχνική επιτροπή **CENELEC(Comite European de Normalization Elektrotechnique)** η οποία για τη διευκόλυνση των μελών της Ευρωπαϊκή Ένωσης δημιούργησε το πρότυπο με ονομασία HD 384. Το διεθνές πρότυπο αυτό δημοσιεύτηκε το 2005 και αφορά εγκαταστάσεις που έχουν κυκλώματα με ονομαστική τάση μέχρι 1000V. Βάση του προτύπου αυτού δημοσιεύτηκαν και οι καινούργιοι κανονισμοί ενεργειακής απόδοσης του **KENAK** στην αναθεωρημένη έκδοση του ΕΛΟΤ περιέχοντας τις αντίστοιχες τροποποιήσεις των Ευρωπαϊκών προτύπων. [8]

Στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις και ιδιαίτερα στο τομέα της διαχείρισης ενέργειας, το διεθνές πρότυπο που χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα είναι το IEC 61508. Σκοπός του είναι η προστασία κάθε εργαζομένου και των ίδιων των καταναλωτών σε μία εποχή όπου ο αριθμός των ηλεκτρικών συσκευών έχει μεγαλώσει σε σημαντικό βαθμό αυξάνοντας τον κίνδυνο κάποιου ατυχήματος. Οι κύριοι χώροι εφαρμογής του προτύπου αυτού έχουν να κάνουν με ιατρικούς χώρους και εργαστήρια, με βιομηχανικές εγκαταστάσεις και με μέσα μεταφοράς σε κάποιες περιπτώσεις. Επιπλέον καλύπτει και όλες τις απαιτήσεις των ηλεκτρονικών συστημάτων που αφορούν το τομέα των αυτοματισμού και των βασικών αρχών ελέγχου. [12]

Τέλος, υπάρχουν κάποια λιγότερο σημαντικά Ευρωπαϊκά πρότυπα χωρών που στοχεύουν στο να ακολουθούνται οι κανονισμοί που υπάρχουν για την προστασία των κάθε τύπου καλωδίων. Τα καλώδια τύπου H07V-U(μονόκλωνα) ή τύπου H07V-R(πολύκλωνα) είναι συνυφασμένα με τις προδιαγραφές του προτύπου ΕΛΟΤ 563-HD 21.3, ενώ κάποια πρότυπα έχουν δημιουργηθεί για την ασφάλεια των καλωδίων όπως είναι το πρότυπο ΕΛΟΤ 623-HD 22.4 και το VDE 0250. Αξίζει να αναφέρουμε ότι διεθνές πρότυπο IEC 60502 έχει σκοπό την προστασία των καλωδίων τύπου ΝΥΥ, ενώ τα Βρετανικά πρότυπα BS 6724, BS 7671 και BS 5467 στοχεύουν στην προστασία των οπλισμένων καλωδίων ισχύος σε εξωτερικούς ή εσωτερικούς χώρους σταθερών εγκαταστάσεων. [14] [18]

## 2.3 ΑΓΩΓΟΙ ΚΑΙ ΚΑΛΩΔΙΑ

Τα βασικά στοιχεία μια εσωτερικής ηλεκτρικής εγκατάστασης που χρησιμεύουν στη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας από τον γενικό πίνακα στα επιμέρους κυκλώματα είναι οι αγωγοί και τα καλώδια. Οι αγωγοί είναι είτε μονωμένοι είτε καλυμμένοι με υπόγεια καλώδια. Τα κυριότερα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους είναι ο χαλκός που έχει υψηλή αγωγιμότητα, υψηλό κόστος και μεγάλη αντοχή στις διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος και το αλουμίνιο που έχει χαμηλότερο κόστος αλλά δεν είναι τόσο αγωγίμο. [15]

Σήμερα χρησιμοποιούνται μόνο μονωμένοι αγωγοί που φέρουν εσωτερικά έναν ικανό αριθμό συρμάτων. Τέτοιοι αγωγοί διακρίνονται σε μονόκλωνοι και πολύκλωνοι. Οι μονόκλωνοι αγωγοί έχουν ένα σύρμα στο εσωτερικό τους, ενώ οι πολύκλωνοι φέρουν έναν ικανό αριθμό συρμάτων εσωτερικά. Τα εσωτερικά καλώδια είναι χρωματισμένα με χρώμα πράσινο ή κίτρινο ενώ συνήθως ο ουδέτερος έχει χρώμα μπλε ανοιχτό. Τα καλώδια φάσης είναι μονόχρωμα και μπορούν να έχουν οποιοδήποτε χρώμα πέρα των χρωμάτων που έχουν οι αγωγοί προστασίας. [9]

Τα καλώδια εσωτερικών εγκαταστάσεων κατασκευάζονται με τη χρήση χάλκινων δύσκαμπτων αγωγών κατά τη περίπτωση όπου προορίζονται για μόνιμη χρήση και ξεκινούν πάντα από τους γενικούς πίνακες των κτιρίων μέχρι να καταλήξουν σε επιμέρους στοιχεία ή διάφορες ηλεκτρικές συσκευές. [15] Κάθε καλώδιο έχει και διαφορετική ονομασία αν ανήκει σε διαφορετικό κύκλωμα. Σε μεγάλες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ο μελετητής οφείλει για την ασφάλεια των καλωδίων να κάνει ειδική μελέτη υπολογισμού του ρεύματος γραμμής που φορτίζει το καλώδιο και να υπολογίσει την πτώση τάσης που θα υφίσταται αυτό. Συγκεκριμένα:

$$I = I_0 * f_n * f_u \quad (2.1)$$

$f_u$  = συντελεστής διόρθωσης καλωδίου για διάφορες θερμοκρασίες,

$f_n$  = συντελεστής πλήθους καλωδίου κυκλωμάτων,

$I_0$  = μέγιστη τιμή έντασης ρεύματος του καλωδίου.

Όσον αφορά την πτώση τάσης του καλωδίου, αυτή δεν πρέπει να ξεπερνάει το 4% για να μην υπάρξει πιθανότητα φθοράς των ίδιων των καλωδίων. Η πτώση τάσης των εντοιχισμένων καλωδίων και των μη διακλαδιζόμενων γραμμών υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\Delta u = \frac{2l * I * \cos\omega}{k * S} \quad (2.2)$$

$\frac{1}{k}$  = η ειδική θερμική αντίσταση των αγωγών χαλκού

$2l$  = συνολικό μήκος του αγωγού

$I$  = συνολική ένταση του ρεύματος κατανάλωσης

$S$  = η επιλεγμένη διατομή του αγωγού

$\cos\omega$  = συντελεστής διόρθωσης των καλωδίων για θερμοκρασίες άνω των 30 οC.

Αξίζει να αναφέρουμε ότι όσο μειώνεται ο συντελεστής ισχύος, τόσο μειώνεται η ικανότητα φόρτισης των καλωδίων. Τα πιο συνηθισμένα καλώδια είναι τα καλώδια τύπου NYM. Έχουν πέντε πόλους(τριφασικά μαζί με γείωση και ουδέτερο) και οι οδεύσεις τους περνάνε μέσα από μία σχάρα που έχει τοποθετηθεί σε ψευδοροφή. Η κύρια χρήση τους αφορά κατοικίες, μαγειρεία και γραφεία για αυτό αντέχουν μόνο μικρές καταπονήσεις λόγω κατασκευής τους από εύκαμπτα υλικά.

Τα καλώδια τύπου NYA χρησιμοποιούνται κυρίως σε κλειστούς χώρους και συνήθως μπορούν να περνάμε μέσα από τοίχους. Έχουν τρεις πόλους(φάση, γείωση, ουδέτερος) και περνάνε μέσα από τους τοίχους ακολουθώντας τις προδιαγραφές του προτύπου του ΕΛΟΤ. Τέλος, υπάρχουν και τα καλώδια τύπου NYΥ που η χρήση τους αφορά κυρίως βιομηχανικές εγκαταστάσεις και εγκαταστάσεις υγρών χώρων γιατί η κατασκευή τους γίνεται από μονωτικά υλικά που επιδεικνύουν τη μεγαλύτερη δυνατή ανθεκτικότητα και αντοχή. [9]

## 2.4 ΜΕΣΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Τα μέτρα προστασίας των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων είναι σημαντικά για την ασφάλεια όλων των ζωντανών οργανισμών, του περιβάλλοντος και των ίδιων των εγκαταστάσεων. Η επιλογή του σημείου τοποθέτησης του γενικού πίνακα είναι μείζονος σημασίας για το επίπεδο ασφάλειας και σε αυτόν θα πρέπει να έχουν πρόσβαση μόνο οι χρήστες που γνωρίζουν το τι αντιπροσωπεύει κάθε στοιχείο του γενικού πίνακα και ποια είναι η χρησιμότητά του. Ένα σημαντικό μέσο προστασίας είναι η κατάλληλη χρήση αισθητήρων κινδύνου. Οι αισθητήρες κινδύνου υπάρχουν σε περιπτώσεις πυρκαγιάς, πλημμύρας και σε διάφορα σημεία που πιθανώς μπορεί να υπάρξει απότομη μεταβολή της θερμοκρασίας όπως είναι οι λέβητες πετρελαίου ή αερίου και τα κλιμακοστάσια που άλλες εποχές του χρόνου λειτουργούν και άλλες όχι. Προβλέπεται και τοποθετείται στο γενικό πίνακα αυτόματος διακόπτης διαφυγής(αντιηλεκτροπληξιακό ρελέ) για την προστασία από περιπτώσεις πιθανής ηλεκτροπληξίας ή βραχυκυκλώματος ασφαλειών. [16]

Πιο συγκεκριμένα, τα μέσα προστασίας χρησιμοποιούνται για να προστατεύσουν τα καλώδια των γενικών πινάκων, τα κυκλώματα των οικιακών ηλεκτρικών συσκευών που σχημάτουν μεγάλα φορτία, τις ηλεκτρικές μηχανές που υπάρχουν σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις με μεγάλα φορτία κίνησης (όπως είναι οι κινητήρες) και τους αγωγούς ή τους σωλήνες που χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν οδεύσεις πολλών καλωδίων. Τέτοια μέσα προστασίας που αξίζει να αναφέρουμε είναι οι διατάξεις γείωσης προστασίας, οι ασφάλειες, οι μικροαυτόματοι, οι αυτόματοι διακόπτες μαζί με τα ρελέ ισχύος, οι ραγοδιακόπτες, οι ηλεκτρονόμοι και τέλος οι ασφαλειοαποζεύκτες.

Οι μικροαυτόματοι ως προστατευτικό μέσο χρησιμοποιούνται για την προστασία ρευματοδοτών, φωτιστικών σημάτων και ηλεκτρικών συσκευών. Το προστατευτικό τους όργανο είναι οι ασφάλειες τήξης και ανάλογα με την διατομή των αγωγών και των καλωδίων απαιτείται διαφορετική τιμή ασφάλειας. Συνήθως όταν συναντάμε διατομή 1.5mm<sup>2</sup> χρησιμοποιούμε ασφάλειες των 10Α, ενώ με διατομή 2.5mm<sup>2</sup> βάζουμε ασφάλειες των 16Α. Υπάρχουν και πολλές άλλες τιμές ασφαλειών που χρησιμοποιούνται πιο σπάνια όπως είναι οι ασφάλειες των 20Α, των 25Α των 32Α, των 40Α και των 60Α. Σε κάποιες περιπτώσεις ένα λογισμικό χρήσης μπορεί να μην βγάζει μέγιστη δυνατή ασφάλεια σε κύκλωμα που έχει οριστεί ως βασικό μέσο προστασίας ο μικροαυτόματος. Σε αυτή την περίπτωση απαιτείται αλλαγή του μέσου προστασίας των φορτίων και χρησιμοποιείται συνήθως ο αυτόματος διακόπτης-Led ισχύος. [15] Στο παρακάτω πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά τα κατάλληλα μέσα προστασίας για τα σημαντικότερα φορτία:

<b>Μέσα Προστασίας Ηλεκτρικών Στοιχείων</b>	<b>Είδη Φορτίων</b>
Μικροαυτόματος	Απλός Φωτισμός Ρευματοδότες Μονάδες FCU - VRV
Μικροαυτόματος + Ρελέ Ισχύος	Εναλλάκτες Αέρα-Αέρα Ενδιάμεση Μονάδα Αεραγωγών Κλιματιστικές Μονάδες Καυστήρας Λέβητα Κυκλοφορητής
Αυτόματος Διακόπτης + Ρελέ	Αερόψυκτος Ψύκτης Νερού Αερόψυκτη αντλία SPLIT TYPE Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας Αερόψυκτη Αντλία VRV Γεωθερμική αντλία VRV
Διακόπτης Αστέρα Τριγώνου + Ρελέ	Κινητήρες Αντλιών



Μικροαυτόματος [1]

## 2.5 ΠΙΝΑΚΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Οι ηλεκτρικοί πίνακες διανομής χρησιμεύουν στη διανομή και στη τροφοδότηση των ηλεκτρικών στοιχείων και των φορτίων. Από κατασκευαστικής πλευράς διακρίνονται σε μεταλλικούς και σε πλαστικούς, με τους μεταλλικούς να είναι περισσότερο εύχρηστοι και με βάση το χώρο που θα τοποθετηθούν έχουν και τον ανάλογο βαθμό προστασίας. Κατά τη μελέτη της εγκατάστασης δημιουργείται το διάγραμμα διανομής των γραμμών και των φορτίων που θα τροφοδοτήσουν για να μπορεί να προβλεφθεί σωστά ο κατάλληλος εξοπλισμός. Λαμβάνεται πρόνοια για την ύπαρξη εφεδρικών γραμμών κυκλωμάτων γιατί μαζί με τους διάφορους μηχανισμούς και το διακόπτη πρέπει να καλύψουν πλήρως το προβλεπόμενο φορτίο των εφεδρικών γραμμών.

Οι γενικοί πίνακες διανομής ανάλογα το μέγεθος των φορτίων που τροφοδοτούν διακρίνονται σε μονοφασικούς και τριφασικούς. Οι μικροκατοικίες και τα διαμερίσματα που είναι εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης έχουν κυρίως μονοφασικούς πίνακες διανομής, ενώ σε εγκαταστάσεις υψηλότερης τάσης οι πίνακες είναι τριφασικοί ώστε να είναι σε θέση να τροφοδοτήσουν περισσότερα φορτία. Το καλώδιο παροχής που έρχεται από τον μετρητή της **ΔΕΗ** αποτελείται από τρεις αγωγούς (φάση, γείωση και ουδέτερος) που είναι μονωμένοι και οι προεκτάσεις τους καταλήγουν στα επιμέρους κυκλώματα όταν μιλάμε για μονοφασικό πίνακα, ενώ στην περίπτωση των τριφασικών πινάκων αποτελείται από πέντε αγωγούς (τρεις φάσεις, γείωση, ουδέτερος) και το καλώδιο έχει μεγαλύτερη διατομή. Ο κάθε μηχανισμός ελέγχεται πλήρως πριν παραδοθεί προς χρήση για να μπορεί να

αντέχει τα φορτία για τα οποία προορίζεται να τροφοδοτήσει. Ο πίνακας που τοποθετείται επάνω στο αρχιτεκτονικό σχέδιο έχει ειδικό συμβολισμό μέσω του οποίου αναχωρούν όλες οι γραμμές των κυκλωμάτων τροφοδότησης των ηλεκτρικών καταναλώσεων.





# Κεφάλαιο 3

## Μελέτη φωτισμού και ρευματοδοτών

### 3.1 ΡΕΥΜΑΤΟΔΟΤΕΣ

Ο ρευματοδότης είναι ένα εξάρτημα που τοποθετείται επάνω στον τοίχο για να συνδέονται σε αυτόν καλώδια που καταλήγουν στις ηλεκτρικές συσκευές για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Ο αριθμός των ρευματοδοτών που θα χρησιμοποιηθεί για τις ανάγκες κάλυψης φορτίων δεν είναι συγκεκριμένος καθώς εξαρτάται αποκλειστικά από τον αριθμό των ατόμων που βρίσκονται μέσα σε ένα χώρο και τις ανάγκες που έχουν τη δεδομένη χρονική στιγμή. Για παράδειγμα, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι σε μία σχολική αίθουσα ένας ρευματοδότης αντιστοιχεί σε τέσσερις θέσεις μαθητών για να μπορεί να καλύπτει πλήρως τις ανάγκες τους. Ο αριθμός των ρευματοδοτών όμως μπορεί να διαφέρει σε άλλους χώρους, όπως λουτρά, εργοστάσια, βιομηχανικές εγκαταστάσεις και αποθήκες. Οι ρευματοδότες συνδέονται με το γενικό πίνακα παροχής του κτιρίου ή με τους υποπίνακες του μέσω καλωδίων που έχουν μία συγκεκριμένη διατομή και προστατεύονται πάντα με συγκεκριμένου τύπου ασφάλεια (μικροαυτόματος των 20A). Κάθε ρευματοδότης μπορεί να σηκώσει μία μέγιστη ισχύ φορτίου για αυτό και σε μεγάλα κυκλώματα με πολλά φορτία όπως είναι ο φωτισμός εξωτερικών χώρων απαιτείται να υπάρχει μια εξισορρόπηση του συνόλου της ονομαστικής ισχύος των συσκευών και των μηχανημάτων. Αυτό επιτυγχάνεται για φορτία μεσαίας ή μικρής ισχύος με χρήση παραπάνω του ενός ρευματοδότη στο ίδιο κύκλωμα φωτισμού. [16]

Οι δύο κύριες κατηγορίες ρευματοδοτών είναι οι απλοί ρευματοδότες και οι ενισχυμένοι. Απλοί λέγονται οι ρευματοδότες που έχουν διατομή  $1.5 \text{ mm}^2$  και χρησιμοποιούνται για να εξυπηρετούν μικρά φορτία σε κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος, όπως είναι το κινητό τηλέφωνο ή βρίσκονται ενσωματωμένοι μέσα στο ίδιο κύκλωμα φωτισμού.

Ενισχυμένοι ονομάζονται οι ρευματοδότες που δεν βρίσκονται στο καλώδιο του φωτισμού και εξυπηρετούν μεγάλα φορτία, όπως οι συσκευές κλιματισμού, η παροχή ρεύματος στην ηλεκτρική κουζίνα και η παροχή ρεύματος στον θερμοσίφωνα. Οι ενισχυμένοι ρευματοδότες ανήκουν επίσης στην κατηγορία των στεγανών συνεπώς παρέχουν τη μέγιστη δυνατή ασφάλεια για περιπτώσεις

βραχυκυκλώματος, πυρκαγιάς και πλημμύρας. Τέτοιοι ρευματοδότες χρησιμοποιούνται κυρίως στα λουτρά κάθε κτιρίου, σε πυλωτές και μπαλκόνια, καθώς και σε δημόσιους χώρους με πλήθος κόσμου όπως είναι τα σχολεία και οι χώροι αναψυχής ή σε κάθε χώρο που υπάρχει παρουσία κάποιου υγρού στοιχείου. Η επιλογή του τύπου ρευματοδότη θα χρησιμοποιηθεί κάθε φορά είναι απόφαση του μελετητή σε συνεργασία πάντα με τον υπεύθυνο εργολάβο και ποικίλει ανάλογα τη περίπτωση εγκατάστασης. Τέλος, οι ενισχυμένοι ρευματοδότες μπορούν να χωριστούν και σε τρεις επιπλέον υποκατηγορίες οι οποίες είναι ο απλός ενισχυμένος, ο διπλός ενισχυμένος και ο τετραπλός ενισχυμένος ρευματοδότης, ανάλογα με τον αριθμό των ρευματοδοτών που έχει το κάθε κύκλωμα και την ασφάλεια που παρέχει. Ο απλός ενισχυμένος ρευματοδότης βρίσκει περισσότερο εφαρμογή στις μέρες μας σε εγκαταστάσεις τριτογενούς τομέα. [14]

## 3.2 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΤΕΡΟΧΡΟΝΙΣΜΟΥ

Όλα τα φορτία μίας εγκατάστασης σπάνια λειτουργούν ταυτόχρονα όλες τις ώρες της ημέρας για αυτό χρειάζεται να λάβουμε υπόψιν για λόγους αποφόρτισης έναν συντελεστή ετεροχρονισμού ή διόρθωσης που είναι μικρότερος της μονάδας. Ο ταυτοχρονισμός είναι πολύ σημαντικός για την εξοικονόμηση της ενέργειας διότι χωρίς αυτόν θα οδηγούμασταν σε υπερδιαστασιολόγηση της εγκατάστασης και σε οικονομική επιβάρυνση του καταναλωτή. Για να βρούμε την πραγματική ισχύς λειτουργίας μίας συσκευής πολλαπλασιάζουμε το συνολικό φορτίο που έχουμε υπολογίζει με τον αντίστοιχο συντελεστή ετεροχρονισμού του φορτίου. Η τιμή που θα πάρει ο συντελεστής ετεροχρονισμού είναι απόφαση του υπεύθυνου μελετητή της εγκατάστασης ώστε να μην υπάρξουν λάθη και αστοχίες στο τελικό διάγραμμα διανομής που θα προκύψει και στην εγκατάσταση του υποσταθμού μετασχηματιστή υποβιβασμού τάσης. Κάθε μία ηλεκτρική συσκευή με συντελεστή ετεροχρονισμού μικρότερο του 0.9 απαιτεί την εγκατάσταση και τη μελλοντική συντήρηση ενός μηχανισμού αυτόματης διόρθωσης της τιμής φορτίου με σκοπό την αυτόματη απαλλαγή της ισχύς τις χρονικές στιγμές που η τροφοδοσία είναι αποσυνδεδεμένη και η συσκευή δεν λειτουργεί. Αυτό δεν είναι και τόσο σημαντικό σε κυκλώματα που έχουν πυκνωτές με μικρή χωρητικότητα και η τιμή φορτίου δεν απαιτεί μεγάλη διόρθωση, όπως για παράδειγμα οι λάμπες φθορισμού σε χώρους με μικρές απαιτήσεις φωτισμού.

Στους πίνακες που ακολουθούν δίνονται οι συντελεστές ετεροχρονισμού για κάθε ηλεκτρική κατανάλωση φορτίων για όλους τους χώρους του τριτογενούς τομέα. βλέπουμε ότι ο συντελεστής αυτός απαιτεί σημαντική διόρθωση στα φορτία των ρευματοδοτών(αφού δεν λειτουργούν σχεδόν ποτέ ταυτόχρονα), λιγότερο σημαντική στα κυκλώματα του φωτισμού(σπάνια θα λειτουργήσουν όλα ταυτόχρονα) και σχεδόν αμελητέα στα φορτία και τα συστήματα κλιματισμού(σχεδόν κάθε χρονική στιγμή λειτουργούν όλα μαζί ταυτόχρονα είτε για θέρμανση είτε για ψύξη). [16]

<b>Χώροι Τριτογενούς Τομέα</b>	<b>Συντελεστές Διόρθωσης Ρευματοδοτών</b>
Γραφείο	0.5
Αίθουσα Διδασκαλίας	0.4
Εργαστήρια	0.7
Εργαστήριο Πληροφορικής	1
Αμφιθέατρο	0.4
Αίθουσα Πολλαπλών Χρήσεων	0.4
Γυμναστήριο	0.6
Μουσείο	0.3
Εστιατόριο	0.7
Διάδρομος	0.2
Βιβλιοθήκη	0.5
Κυλικείο - Καφετέρια	0.8
Αποθήκη	0.2
Χώρος Η/Μ Εγκαταστάσεων	0.3
Μπαρ - Χώρος Διασκέδασης	0.8

<b>Χώροι Τριτογενούς Τομέα</b>	<b>Συντελεστές Διόρθωσης Φωτισμού</b>
Γραφείο	1
Αίθουσα Διδασκαλίας	1
Εργαστήρια	1
Αμφιθέατρο	0.8
Αίθουσα Πολλαπλών Χρήσεων	0.8
Γυμναστήριο	0.6
Μουσείο	0.8
Εστιατόριο	0.8
Διάδρομος - Πυλωτές - Κλιμακοστάσιο	0.5
Βιβλιοθήκη	1
Κυλικείο - Καφετέρια	1
Αποθήκη	0.5
Χώρος Η/Μ Εγκαταστάσεων	0.5
Μπαρ - Χώρος Διασκέδασης	0.8
Λουτρά	0.5

Είδος Συσκευής Κλιματισμού	Συντελεστές Διόρθωσης Κλιματισμού
Ενδιάμεσες Μονάδες Αερισμού	1
Μονάδες Εναλλακτών Αέρα - Αέρα	1
Εσωτερική Καναλάτη Μονάδα FCU	1
Εσωτερική Καναλάτη Μονάδα VRV	1
Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες	0.8
Αερόψυκτος Ηλεκτρικός Ψύκτης	0.9
Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας	0.9
Αντλία Θερμότητας VRV	0.9
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	0.9
Κεντρικός Λέβητας Αερίου	0.9
Κυκλοφορητής Αυτονομίας	0.9

### 3.3 ΒΑΣΙΚΑ ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

Το φως είναι ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα που έχει την ιδιότητα να ακτινοβολεί μέσω κάποιας φωτεινής πηγής ή φωτιστικού σώματος και να ανιχνεύεται από το ανθρώπινο μάτι. Παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην καθημερινή ζωή των ανθρώπων και στη ψυχολογική επίδραση και απόδοση αυτών. Ο φωτισμός παράγεται κυρίως με τη βοήθεια των τεχνικών μέσων και πηγών όπως είναι οι ηλεκτρικοί λαμπτήρες και τα φωτιστικά σώματα. Οι κυριότεροι τύποι λαμπτήρων που υπάρχουν σήμερα είναι οι λαμπτήρες πυράκτωσης, οι λαμπτήρες μικτού φωτισμού, οι λαμπτήρες αλογόνου και φθορισμού που είναι οι πιο διαδεδομένοι σήμερα, οι λαμπτήρες ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης και τέλος οι λαμπτήρες ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης. Σε αυτό το σημείο θα γίνει μία αναφορά στα κυριότερα μεγέθη φωτοτεχνίας που υπάρχουν και στις σχέσεις που διέπουν αυτά. [19]

Οι ηλεκτρικοί λαμπτήρες μετατρέπουν την ηλεκτρική ισχύς  $P$  που τους δίνεται σε φωτεινή ροή ή φωτιστική ισχύς που μετριέται σε  $lm$ (lumens). Φωτεινή ροή ή ισχύς  $\Phi = \frac{dQ}{dt}$  είναι το πηλίκο της συνολικής ενέργειας που εκπέμπει η φωτεινή πηγή σε ένα στοιχειώδη χρόνο διά του χρόνου αυτού. Όταν ο ρυθμός που εκπέμπει ενέργεια η πηγή είναι σταθερός ο τύπος παίρνει τη μορφή  $\Phi = \frac{Q}{t}$ . Μονάδα μέτρησης είναι το LUMEN που συμβολίζει τη φωτιστική ισχύς του φωτισμού, δηλαδή τη δύναμη του φωτός όπως γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι και ορίζεται συνήθως μαζί με μία άλλη μονάδα μέτρησης στο διεθνές σύστημα που είναι η Candela. [11]

Φωτεινή ενέργεια  $Q$  ονομάζεται η ενέργεια που διαδίδεται ως ακτινοβολία στο χώρο και μετριέται σε λουμενώρας(lumenh), που είναι η αντίστοιχη μονάδα της κιλοβατώρας στην ηλεκτρική ενέργεια. Η φωτεινή ενέργεια διαφέρει ανάλογα το μέγεθος και τη διαφορετικότητα της σημειακής φωτεινής πηγής.

Ένταση πηγής  $I$  ορίζεται η εκπομπή φωτός εσωτερικά μιας στοιχειώδους εσωτερικής στερεάς γωνίας  $d\omega$  προς τη στερεά γωνία αυτή, δηλαδή  $I = \frac{d\Phi}{d\omega}$  και εξαρτάται από τις διάφορες κατευθύνσεις. Σε περίπτωση που είναι ίδια για όλες τις κατευθύνσεις τότε ορίζεται ως  $I = \frac{\Phi}{\omega}$  αν και στην πραγματικότητα δεν υπάρχουν ομοιόμορφες φωτεινές πηγές. Χαρακτηριστικό κάποιας πηγής φωτός είναι πάντα με ποιόν τρόπο διανέμεται η φωτεινή ένταση εντός του χώρου. Τα δύο μεγέθη μέτρησης που έχουμε αναφέρει ως τώρα συνδέονται με τη σχέση:  $1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$

Φωτισμός επιφάνειας  $E$  καλείται το γινόμενο της προσπίπτουσας κάθετα φωτεινής ροής  $\Phi$  πάνω σε μία επιφάνεια εμβαδού  $dS$ , δηλαδή  $E = \frac{d\Phi}{dS}$ . Μονάδα μέτρησης είναι το lux το οποίο ισούται με  $\text{lm}/\text{m}^2$ . Το μέγεθος αυτό μπορεί να μετρηθεί με χρήση ενός λουξόμετρου. Με βάση τον φωτισμό μιας επιφάνειας έχουν αναπτυχθεί δύο νόμοι φωτομετρίας που αναφέρουν ότι ο φωτισμός μιας επιφάνειας εξαρτάται άμεσα από το συνημίτονο μίας γωνίας στην οποία προσπίπτουν οι ακτίνες δέσμης του φωτός και κατά δεύτερον ότι είναι ανάλογος της έντασης της φωτεινής πηγής και του συνημιτόνου της γωνίας σε αντίθεση με το τετράγωνο της απόστασης του σημείου από τη φωτεινή που είναι αντίστροφα ανάλογο. Ισχύουν οι σχέσεις:  $E = \frac{\Phi \cdot \cos \phi}{S}$  και  $E = \frac{I \cdot \cos \phi}{R^2}$

Η φωτιστική απόδοση  $a$  είναι ίση με το πηλίκο της φωτεινής ισχύος της πηγής προς την ηλεκτρική ισχύς κατανάλωσης της πηγής. Εκφράζεται σε  $\text{Lm}/\text{W}$  και αποτελεί το ένα κριτήριο σύγκρισης φωτεινών πηγών μεταξύ τους. Τα άλλα δύο κριτήρια είναι η ένταση  $I$  και η λαμπρότητα  $L$  που δίνει την αίσθηση της φωτεινότητας ενός σημειακού αντικειμένου.

Η λαμπρότητα  $L$  είναι πάντα ομοιογενής στο χώρο και συμβολίζει τη ποσότητα του φωτός που ανακλάται υπό κάποια γωνία  $\phi$  πάνω σε κάποια επιφάνεια  $S$ . Επομένως  $L = \frac{I}{S \cdot \cos \phi}$ . Η σχέση αυτή αποτελεί τη μαθηματική έκφραση του νόμου του Lambert και επισημαίνει ότι το μέγεθος της λαμπρότητας εξαρτάται από τη διεύθυνση παρατήρησης.

Συντελεστής χρησιμοποίησης  $n$  ορίζεται ο λόγος της συνολικής ωφέλιμης φωτεινής ροής  $\phi_n$  που προσπίπτει στο επίπεδο εργασίας προς τη φωτεινή ροή  $\phi_0$  που αποδίδεται αρχικά στο λαμπτήρα. Ένα μέρος της φωτεινής ροής χάνεται προσπίπτοντας επάνω στους τοίχους και στο δάπεδο του χώρου. Ισχύει ότι  $n = \frac{\phi_n}{\phi_0}$ .

Συντελεστής ανάκλασης  $R$  ορίζεται ο λόγος της φωτεινής ισχύος  $\phi_r$  που ανακλάται από μία επιφάνεια προς την φωτεινή ισχύς  $\phi_0$  που προσπίπτει σε αυτήν. Ο συντελεστής ανάκλασης τοίχων συνήθως λαμβάνει τιμή 0.5, ο συντελεστής ανάκλασης δαπέδου λαμβάνει τιμή 0.2 και ο συντελεστής ανάκλασης οροφής ορίζεται στο 0.7.

Ο συντελεστής συντήρησης  $\mu$  αποτελεί τον συνδυασμό του βαθμού ρύπανσης του χώρου που βρίσκεται το φωτιστικό σώμα - πηγή συναρτήσει της χρονικής περιόδου καθαρισμού του. Ο βαθμός ρύπανσης διαφέρει ανάλογα το χώρο και μπορεί να είναι είτε υψηλός είτε ελαφρύς είτε μεσαίος για αυτό και το φωτιστικό χρειάζεται συχνά καθάρισμα ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Ο συντελεστής λαμβάνει τιμή μεταξύ 0.64 - 0.8 ανάλογα το είδος των χρωμάτων φωτισμού. Με τη

βοήθεια του υπολογίζουμε τον απαιτούμενο φωτισμό που πρέπει να παρέχει ένα φωτιστικό σώμα σε μία επιφάνεια και τον πραγματικό φωτισμό ενός χώρου από δεδομένο φωτιστικό σώμα.

Ο συντελεστής χώρου  $k$  για άμεσο, ημιάμεσο και ομοιόμορφο φωτισμό υπολογίζεται μέσω της σχέσης  $k = \frac{L*W}{h*(L+W)}$ , όπου  $L$  το μήκος του χώρου,  $W$  το πλάτος του χώρου, ενώ  $h$  είναι το ύψος των φωτιστικών σωμάτων από το επίπεδο εργασίας που δίνεται από την σχέση:  $h = H - 0.8 - H_s$ , όπου  $H$  είναι το μεικτό ύψος του χώρου(δάπεδο με οροφή),  $0.8$  λαμβάνεται για το οριζόντιο επίπεδο το ύψος της επιφάνειας εργασίας από το δάπεδο του χώρου και  $H_s$  είναι το ύψος των φωτιστικών σωμάτων από την οροφή.

Στον τριτογενή τομέα η μελέτη φωτοτεχνίας απαιτεί η κάλυψη των αναγκών φωτεινότητας των χώρων να βασιστεί κυρίως σε δύο μεγέθη: Στην μέση ένταση φωτισμού η οποία δίνεται από το πίνακα 2.4 του **KENAK** και στο συντελεστή ομοιομορφίας του φωτισμού της επιφάνειας που φωτίζεται. Ο πίνακας αυτός μας δίνει την εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού κτιρίων αναφοράς ανά χρήση κτιρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης. Για να υπάρξει κάποια συμμετρία πολλές φορές καταφεύγουμε στη λύση της μεγάλης έντασης φωτισμού με τη χρήση περισσότερων φωτιστικών σωμάτων στο χώρο. Τα δύο μεγέθη προσδιορίζονται από οδηγίες και κανονισμούς. Πριν προχωρήσουμε στον υπολογισμό των φωτιστικών σωμάτων θα αναφέρουμε τι συμβολίζει η κάθε μονάδα μέτρησης που αναφέραμε ως τώρα:

Sterad ή sr είναι φωτομετρικό μέγεθος που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της στερεάς γωνίας που σχηματίζεται κατά την εκπομπή της φωτεινής ροής προς ένα αντικείμενο.

Lux είναι η μονάδα μέτρησης στο διεθνές σύστημα si που μετράει τη φωτεινή ισχύ κάποιας περιοχής. Χρησιμοποιείται δηλαδή ως ένα μέτρο της έντασης του φωτισμού σε μία επιφάνεια.

Lumen είναι η φωτεινή ροή που εκπέμπεται εντός στερεάς γωνίας ενός sterad από φωτεινή πηγή ομοιόμορφης ακτινοβολίας έντασης ενός candela.

candela ή είναι η μονάδας μέτρησης στο si της φωτεινής έντασης. Μετρά τη δύναμη του φωτός που εκπέμπεται από ένα φωτιστικό σώμα προς μία κατεύθυνση.

### 3.4 ΤΥΠΟΙ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ - ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ

Μία φωτεινή πηγή αποδίδει ιδανικά όταν εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά κύματα από το πλήρες φάσμα του ορατού φωτός. Ένα σημαντικό κριτήριο με βάση το οποίο διαχωρίζονται οι φωτεινές πηγές σε διάφορες κατηγορίες είναι αυτό της θερμοκρασίας χρώματος που αποκτούν κατά τη διάρκεια λειτουργίας τους αλλά και αυτό της φωτιστικής απόδοσης που αναφέρθηκε πριν. Άλλα σημαντικά κριτήρια που πρέπει να λάβουμε σοβαρά στην αξιολόγηση των φωτιστικών είναι ο δείκτης χρωματικής απόδοσης, ο χρόνος ζωής τους, η τάση λειτουργίας τους, η περιεκτικότητα βλαβερών ουσιών από το περιβάλλον και η εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας.

Ο πρώτος λαμπτήρας που εμφανίστηκε στο εμπόριο ήταν ο λαμπτήρας πυρακτώσεως. Ένας τέτοιος λαμπτήρας έχει θερμοκρασία χρώματος 2.800 Kelvin, ηλεκτρική ισχύς μεταξύ 25 - 200 W, φωτιστική απόδοση 8 - 20 Lm/W που αντιστοιχεί σε ποσοστό απόδοσης κοντά στο 25%, τάση λειτουργίας στα 220 V και παραγόμενη φωτεινή ροή στα 200 - 2500 lm. Το κύριο χαρακτηριστικό του είναι ότι η διάρκεια ζωής τους(υπολογιζόταν περίπου 1.000 ώρες λειτουργίας) επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τη τάση τροφοδοσίας του δικτύου η οποία όσο μεγαλύτερη είναι τόσο μειώνεται η διάρκεια ζωής του λαμπτήρα για αυτό και αυτοί οι λαμπτήρες δεν έχουν ούτε τόσο μεγάλη απόδοση ούτε είναι οικονομικής λειτουργίας.

Εξέλιξη των λαμπτήρων πυρακτώσεως αποτελούν οι λαμπτήρες αλογόνου που παρουσιάζουν βελτιωμένη απόδοση κοντά στα 25 Lm/W και διπλάσια διάρκεια ζωής(2000 ώρες λειτουργίας) στη κανονική τάση τροφοδοσίας. Έχουν μεγάλο δείκτη χρωματικής απόδοσης, η φωτεινή τους ροή κυμαίνεται μεταξύ 60 - 4.400 lm και η θερμοκρασία χρώματος 3.300 Kelvin. Τα μοναδικά τους μειονεκτήματα είναι ότι έχουν ιδιαίτερα υψηλό κόστος συντήρησης και υψηλό αρχικό κόστος εγκατάστασης που συνιστά απαγορευτική τη χρήση τους σήμερα.

Σήμερα στο εμπόριο ένας από τους πιο διαδεδομένους τύπους λαμπτήρων είναι οι λαμπτήρες φθορισμού ή εκκινώσεως. Παρά το γεγονός ότι έχουν μεγαλύτερο αρχικό κόστος η οικονομική απόσβεση γίνεται γρήγορα καθώς καταναλώνουν έως και πέντε φορές λιγότερο ρεύμα ενώ έχουν έως και δέκα φορές μεγαλύτερο χρόνο ζωής μέχρι και 10.000 ώρες λειτουργίας. Επιτυγχάνουν απόδοση μεγαλύτερη των 100 Lm/W, η φωτεινή τους ροή φτάνει τα 7.000 lm και η θερμοκρασία χρώματος τα 5.000 Kelvin. Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης στους λαμπτήρες φθορισμού αποτελεί σημαντικό κριτήριο της ποιότητας του, για αυτό οι υψηλής ποιότητας λαμπτήρες συνήθως έχουν δείκτη χρωματικής απόδοσης μεταξύ 92 - 97. Κύριοι χώροι χρήσης των λαμπτήρων φθορισμού είναι τα γραφεία, τα καταστήματα και οι βιομηχανικοί χώροι. Λιγότερο σημαντικές κατηγορίες είναι οι λαμπτήρες οικονομικής λειτουργίας τύπου compact, οι λαμπτήρες ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης και οι λαμπτήρες ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη δυνατή απόδοση σήμερα(200 Lm/W).

Τα φωτιστικά σώματα είναι μία διάταξη που αποτελείται από συγκεκριμένο αριθμό λαμπτήρων με κύριο σκοπό την ομοιόμορφη κατανομή της φωτεινής ακτινοβολίας σε όλους τους χώρους. Κατατάσσονται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα το βαθμό προστασίας τους από υγρά ή στερεά σώματα, την κατανομή της φωτεινής τους έντασης αν είναι άμεση(τότε δημιουργούνται σκιές) ή έμμεση(το φως διαχέεται προς όλες τις κατευθύνσεις), και τον τύπο της ηλεκτρικής μόνωσης του φωτιστικού σώματος για την προστασία από ηλεκτροπληξία. Αυτό που μας ενδιαφέρει κατά κύρια βάση είναι το είδος των λαμπτήρων που περιέχουν εσωτερικά, ο αριθμός τους σε κάθε διάταξη και η ηλεκτρική ισχύς τους. Υπάρχουν φωτιστικά σώματα με χρήση κυρίως διακοσμητικού χαρακτήρα που είναι κατάλληλα για τους λαμπτήρες πυρακτώσεως(όπως είναι τα SPOT), φωτιστικά σώματα

τύπου καμπάνας που αναρτώνται σε οροφές και είναι κατάλληλα για τη χρήση λαμπτήρων νατρίου και φωτιστικά που είναι κατάλληλα για λαμπτήρες φθορισμού ή λαμπτήρες τύπου LED που είναι και τα πιο διαδεδομένα σήμερα. Πρέπει να τονιστεί ότι η ηλεκτρική ισχύς για κάθε φωτιστικό με λαμπτήρες φθορισμού υπολογίζεται από το γινόμενο των λαμπτήρων του φωτιστικού επί την ισχύς του καθενός με μία προσαύξηση 25% για τη λειτουργία του ηλεκτρονικού εκκινήτη.

Η πρώτη κατηγορία φωτιστικών σωμάτων με χρήση λαμπτήρων φθορισμού είναι τα φωτιστικά τύπου σκαφάκι. Περιλαμβάνουν έναν, δύο ή τέσσερις λαμπτήρες διατάξεως 2 \* 36 W, 4 \* 18 W ή 2 \* 58 W και συνολική ισχύς που φτάνει τα 90 W ή τα 145 W λόγω της προσαύξησης του συντελεστή που αναφέραμε παραπάνω. Σε αυτή την κατηγορία φωτιστικών σωμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν και γραμμικοί λαμπτήρες τύπου LED για μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, μεγαλύτερη αντοχή στις καιρικές συνθήκες και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής με συνολική ισχύς 46, 50, 56 ή 69 W. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε αίθουσες πολλαπλών χρήσεων, αίθουσες διδασκαλίας, γραφεία και βιομηχανικούς χώρους όπως το μηχανοστάσιο, ο χώρος υποσταθμού της ΔΕΗ, το λεβητοστάσιο και χώροι αποθηκών. Τα φωτιστικά σώματα με διάταξη 4 \* 18 W είναι τετραγωνικής διατομής με παραβολικές περσίδες και φωτιστική ισχύς 1.450 lumen, ενώ τα φωτιστικά 2 \* 36 W είναι ορθογώνιας διατομής που περιέχουν παραβολικές περσίδες και παραβολικούς ανταυγαστήρες φωτιστικής ισχύος 3.450 lumen. Χρησιμοποιούνται για τον σκοπό την περαιτέρω αύξησης της φωτιστικής απόδοσης ενός χώρου.

Η δεύτερη μεγάλη κατηγορία φωτιστικών σωμάτων είναι τα φωτιστικά σώματα τύπου downlight που περιέχουν λαμπτήρες compact φθορισμού ή PL - C με διατάξεις 1 \* 18 W, 2 \* 18 W, 1 \* 26 W, 2 \* 26 W και συνολικής ισχύος 45 W ή 65 W. Κύριοι χώροι χρήσης αυτών των φωτιστικών είναι μικρά γραφεία, λουτρά γυναικών ή ανδρών, διάδρομοι κυκλοφορίας, κυλικεία, μικρές καφετέριες και πυλωτές. τα φωτιστικά διάταξης 2 \* 18 W είναι κυκλικής διατομής, ενώ τα φωτιστικά διάταξης 2 \* 26 W τετραγωνικής διατομής με φωτιστική ισχύς 1.800 lumen. Υπάρχουν και τα φωτιστικά φθορισμού τετράγωνης διατομής που είναι άμεσης συμμετρικής κατανομής με διάταξη 2 \* 11 W που όμως χρησιμοποιούνται πολύ σπάνια.

Άλλες κατηγορίες φωτιστικών σωμάτων που χρησιμοποιούνται για συγκεκριμένες περιπτώσεις είναι το φωτιστικό spot ράγας λαμπτήρων αλογόνου ισχύος 50 W, ο προβολέας εξωτερικού χώρου με λαμπτήρα τύπου petridis ισχύος 500 W, το φωτιστικό περιβάλλοντος χώρου ή γηπέδου με λαμπτήρα τύπου προβολέα ιώδινης ισχύος 400 W και το βιομηχανικό φωτιστικό για συμμετρική κατανομή με χρήση λαμπτήρων ατμών υδραργύρου διάταξης 1 \* 125 W. Τα φωτιστικά σώματα με οπτικές ίνες αποτελούνται από μία φωτεινή πηγή ή από μία οπτική ίνα μαζί με την απόληξη της. Τέτοια συστήματα φωτισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε χώρους με αυξημένη υγρασία και επικίνδυνα εύφλεκτα αέρια, σε πίνακες ανακοινώσεων και στην σηματοδότηση της κυκλοφορίας των οχημάτων.



### 3.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Η ηλεκτρολογική μελέτη φωτισμού για τον υπολογισμό του αριθμού των φωτιστικών σωμάτων που εξυπηρετούν τις ανάγκες της εγκατάστασης όσον αφορά την ένταση φωτισμού(φωτεινή ροή) και την ηλεκτρική ισχύς μπορεί να γίνει είτε μέσω της εφαρμογής κατάλληλων σχέσεων ή τύπων φωτοτεχνίας είτε μέσω χρήσης λογισμικού. Η μελέτη μέσα από λογισμικό φωτοτεχνίας έχει μερικά σημαντικά πλεονεκτήματα όσον αφορά την επιλογή της διάταξης των φωτιστικών στο χώρο ώστε να εξυπηρετούνται οι ανάγκες ύπαρξης ομοιομορφίας σύμφωνα με τα πρότυπα των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Εμείς θα δείξουμε πως υπολογίζεται ο αριθμός των φωτιστικών σωμάτων με τον χειροκίνητο τρόπο. Για να υπολογιστεί ο αριθμός των φωτιστικών σωμάτων είναι απαραίτητο πρώτα να έχουμε υπολογίσει τη φωτεινή ροή χώρου η οποία δίνεται από τη σχέση:

$$\Phi = \frac{E * A}{U_f * M_f} \quad (3.1)$$

όπου:

$E$  = απαιτούμενη ένταση φωτισμού(σε lux)

$A$  = εμβαδόν του χώρου(σε  $m^2$ )

$U_f$  = συντελεστής χρησιμοποίησης

$M_f$  = συντελεστής συντήρησης

$\Phi_0$  = φωτιστική ισχύς φωτιστικού(σε lm)

Ο υπολογισμός του αριθμού φωτιστικών σωμάτων δίνεται από τη σχέση:

$$N = \frac{E * A}{\Phi_0 * U_f * M_f} \quad (3.2)$$

Ο συντελεστής χρησιμοποίησης εξαρτάται από τη γεωμετρία του χώρου και την ανάκλαση της προσπίπτουσας φωτεινής ροής επάνω στους τοίχους και τις επιφάνειες. Συνηθίζουμε να θέτουμε τον συντελεστή χώρου  $\kappa = 1.75$  και να παίρνουμε μέσα από πίνακες ότι ο συντελεστής  $U_f$  θα είναι 0.63, ενώ ο συντελεστής συντήρησης λαμβάνει πάντα τιμή 0.8. Η μέση ένταση φωτισμού κάθε χώρου καθορίζεται από τον πίνακα 2.4 του **KENAK** ενώ το εμβαδόν της επιφάνειας  $A$  είναι το γινόμενο  $W * L$ , δηλαδή το μήκος του χώρου επί το πλάτος του. Σε περίπτωση που θέλουμε να κάνουμε έλεγχο του παραγόμενου αποτελέσματος, πρέπει να υπολογίσουμε τη μέση ένταση φωτισμού όλων των φωτιστικών σωμάτων(σε lux), με τη σχέση αυτή να παίρνει τη μορφή:

$$E = \frac{N * \Phi_0 * U_f * M_f}{A} \quad (3.3)$$

Τέλος ο συντελεστής ομοιομορφίας  $U_0$  δίνεται από τη σχέση:

$$U_0 = \frac{E_{min}}{E_{avg}} \quad (3.4)$$

Ο συντελεστής αυτός πρέπει να είναι μεγαλύτερος του 0.5 ώστε να γίνει αποδεκτός ο αριθμός των φωτιστικών σωμάτων που έχουν επιλεγεί. Για τον ακριβή υπολογισμό του βοηθάει περισσότερο η χρήση ενός κατάλληλου λογισμικού και κάθε φορά επιλέγεται ο τύπος εκείνου του φωτιστικού που δίνει τη μεγαλύτερη δυνατή ομοιομορφία στο χώρο.

### Παράδειγμα 1

Να υπολογιστεί ο αριθμός των φωτιστικών σωμάτων σε μία αίθουσα διδασκαλίας με μήκος 7m και πλάτος επίσης 7m για τις ακόλουθες τιμές συντελεστών:

$$\text{Ύψος } h = 3 - 0.2 - 0.8 = 2 \text{ m}$$

$$\text{Συντελεστές χρησιμοποίησης } U_f = 0.63$$

$$\text{Συντελεστής συντήρησης } M_f = 0.8$$

$$\text{Εμβαδόν επιφάνειας } A = 7 * 7 = 49 \text{ m}^2$$

$$\text{Συντελεστής χώρου } \kappa = 1.75$$

α) Η αίθουσα διδασκαλίας έχει απαίτηση έντασης φωτισμού στα 500 lux. Επιλέγουμε τη χρήση φωτιστικών με λαμπτήρες φθορισμού 2 \* 36 W και φωτιστικής ισχύος 3.450 lumen ο καθένας. Κάνοντας τις κατάλληλες αντικαταστάσεις στη σχέση που αναφέραμε παραπάνω υπολογίζουμε ότι:

$$N = \frac{500 * 49}{2 * 3.450 * 0.63 * 0.8} = 7.05 \text{ φωτιστικά}$$

Για να υπάρχει η κατάλληλη συμμετρία φωτισμού στο χώρο συνήθως επιλέγεται άρτιος αριθμός φωτιστικών. Επομένως σε αυτή τη περίπτωση θα επιλέξουμε  $N = 8$  φωτιστικά για την κάλυψη των αναγκών φωτισμού με διάταξη κατά μήκος  $4 * 2$  για την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ομοιομορφία χώρου. Για επαλήθευση ότι η ένταση φωτισμού είναι ίση ή μεγαλύτερη των 500 lux και για  $N = 8$  φωτιστικά βρίσκουμε ότι:

$$E = \frac{8 * 0.63 * 0.8 * 6.900}{49} = 567.8 \text{ lux}$$

β) Αν χρησιμοποιούσαμε λαμπτήρες φθορισμού τετραγωνικής διατομής 4 \* 18 W με φωτιστική ισχύς 1.450 lumen ο αριθμός των φωτιστικών σωμάτων και η αντίστοιχη ένταση φωτισμού θα ήταν:

$$N = \frac{500 * 49}{4 * 1.450 * 0.63 * 0.8} = 8.38 \text{ φωτιστικά}$$

Επειδή τα 500 lux είναι η ελάχιστη δυνατή απαίτηση του χώρου σε φωτισμό και πρέπει ο αριθμός των φωτιστικών να είναι ακέραιος επιλέγουμε  $N = 9$  φωτιστικά με:

$$E = \frac{9 \cdot 0.63 \cdot 0.8 \cdot 5.800}{49} = 536.9 \text{ lux}$$

γ) Με χρήση λαμπτήρων compact 2 \* 26 W και φωτιστικής ισχύος 1.800 lumen ο καθένας ο αριθμός των φωτιστικών σωμάτων και η αντίστοιχη μέση ένταση φωτισμού θα ήταν:

$$N = \frac{500 \cdot 49}{2 \cdot 1.800 \cdot 0.63 \cdot 0.8} = 13.5 \text{ φωτιστικά}$$

Επιλέγουμε N = 15 για να υπάρξει ομοιομορφία φωτισμού με διάταξη κατά μήκος 5 \* 3 και ένταση φωτισμού:

$$E = \frac{15 \cdot 0.63 \cdot 0.8 \cdot 3.600}{49} = 555.4 \text{ lux}$$

## Παράδειγμα 2

Να υπολογιστεί ο αριθμός των φωτιστικών σωμάτων σε ένα διάδρομο κυκλοφορίας με μήκος 4 m και πλάτος 17.5 m για κάθε ένα είδος φωτιστικού για τις ίδιες τιμές των συντελεστών που αναφέρθηκαν πριν. Το εμβαδόν του χώρου είναι  $4 * 17.5 = 70 \text{ m}^2$ .

α) Ο διάδρομος κυκλοφορίας έχει απαίτηση έντασης φωτισμού στα 200 lux. Αρχικά επιλέγουμε τη χρήση φωτιστικών με λαμπτήρες φθορισμού 2 \* 36 W και βρίσκουμε ότι:

$$N = \frac{200 \cdot 70}{6.900 \cdot 0.63 \cdot 0.8} = 4.02 \text{ φωτιστικά}$$

Επιλέγουμε N = 5 φωτιστικά με διάταξη κατά πλάτος 1 \* 5. Για επαλήθευση ότι η ένταση φωτισμού ξεπερνάει τα 200 lux μπορούμε να υπολογίσουμε ότι:

$$E = \frac{5 \cdot 0.63 \cdot 0.8 \cdot 6.900}{70} = 248.4 \text{ lux}$$

β) Αν χρησιμοποιούσαμε λαμπτήρες φθορισμού τετραγωνικής διατομής 4 \* 18 W τότε ο αριθμός των φωτιστικών σωμάτων και η ένταση φωτισμού θα ήταν:

$$N = \frac{200 \cdot 70}{5.800 \cdot 0.63 \cdot 0.8} = 4.78 \text{ Φωτιστικά}$$

Επιλέγουμε N = 5 φωτιστικά και εδώ με αντίστοιχη ένταση φωτισμού:

$$E = \frac{5 \cdot 0.63 \cdot 0.8 \cdot 5.800}{70} = 208.8 \text{ lux}$$

γ) Με χρήση λαμπτήρων compact 2 \* 26 W ο αριθμός των φωτιστικών σωμάτων θα ήταν:

$$N = \frac{200 \cdot 70}{3.600 \cdot 0.63 \cdot 0.8} = 7.71 \text{ Φωτιστικά}$$

Επιλέγουμε N = 8 φωτιστικά με διάταξη 2 \* 4 και ένταση  $E = \frac{8 \cdot 0.63 \cdot 0.8 \cdot 3.600}{70} = 207.4 \text{ lux}$

### 3.6 ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ

Οι διακόπτες είναι το κατάλληλο μέσο που χρησιμοποιείται για το χειρισμό των φωτιστικών σωμάτων σε ένα κτίριο. Βρίσκονται σε απόσταση 0.8 - 1.2m από το δάπεδο συνδεδεμένα με τα κυκλώματα φωτισμού και σκοπός τους είναι να τοποθετούνται σε διακριτά σημεία για την εύκολη χρήση τους. Σε κάθε τοιχοποιία υπάρχουν τα κατάλληλα κουτιά διακλάδωσης των αγωγών και των σωληνώσεων που ξεκινούν από το γενικό πίνακα του κτιρίου ή του ορόφου και φτάνουν μέχρι τα φωτιστικά σημεία. Κάθε φωτιστικό έχει ένα πλησιέστερο κουτί διακλάδωσης στο οποίο ο ένας αγωγός της γραμμής του κυκλώματος περνάει μέσα από τον αντίστοιχο διακόπτη και στη συνέχεια καταλήγει σε κάποιο φωτιστικό σημείο. [15]

Ο έλεγχος των φωτιστικών σημείων γίνεται με τρία είδη διακοπών: τον απλό διακόπτη, τον διακόπτη διαδοχής(κομιτατέρ) και τον διακόπτη εναλλαγής(αλλέ - ρετούρ). Ο απλός διακόπτης χρησιμοποιείται για τον έλεγχο ενός μόνο φωτιστικού σημείου από ένα σημείο και ονομάζεται διακόπτης με δυνατότητα ελέγχου. Χρησιμοποιείται σε χώρους με μικρές απαιτήσεις φωτισμού όπως είναι τα γραφεία, οι χώροι αμφιθέατρων και αιθουσών. Ο διακόπτης διαδοχής κατατάσσεται στη κατηγορία του διπλού διακόπτη για τον έλεγχο δύο ή περισσότερων φωτιστικών από δύο διαφορετικές ομάδες κυκλωμάτων μέσω του ίδιου σημείου ελέγχου. Τέτοιοι χώροι με αυτές τις απαιτήσεις είναι οι χώροι γκαράζ και οι πυλωτές. Ο διακόπτης εναλλαγής ανήκει στη κατηγορία των μεσαίων διακοπών που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο ενός φωτιστικού ή ομάδας φωτιστικών από πολλές διαφορετικές θέσεις. Ο παρακάτω πίνακας που ακολουθεί δείχνει για όλους τους χώρους μίας εγκατάστασης το κατάλληλο είδος διακόπτη:

<b>Τύπος Διακόπτη</b>	<b>Είδος χώρου</b>
Διακόπτης Διαδοχής(Κομιτατέρ)	Αίθουσα Διδασκαλίας, Κυλικείο, Μουσείο, Αμφιθέατρο, Εργαστήρια, Γυμναστήριο, Αίθουσα Πολλαπλών Χρήσεων, Βιβλιοθήκη
Απλός Διακόπτης Ελέγχου	Λουτρά, Γραφεία, Η/Μ Εγκαταστάσεις
Διακόπτης Εναλλαγής(Αλλέ-ρετούρ)	Διάδρομοι Κυκλοφορίας, Πυλωτή, Αποθήκη, Γκαράζ, Εστιατόριο

# Κεφάλαιο 4

## Μελέτη κλιματισμού

Τα μεγαλύτερα φορτία σε μία εσωτερική εγκατάσταση που πρέπει να υπολογιστούν με ακρίβεια είναι τα φορτία κλιματισμού που καλύπτονται μέσω κάποιων συγκεκριμένων κεντρικών εξωτερικών ή εσωτερικών συστημάτων και απαιτούν μία σταθερή ηλεκτρική ισχύ για να λειτουργήσουν σωστά. Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν αναλυτικά όλα τα είδη φορτίων που πρέπει να υπολογίσουμε σε μία πλήρη μελέτη κλιματισμού καθώς και τα σημαντικότερα συστήματα κλιματισμού (εξωτερικά συστήματα θέρμανσης ή εσωτερικές μονάδες) με τις αντίστοιχες ηλεκτρικές τους ισχύς. [13]

### 4.1 ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ

Τα φορτία κλιματισμού χωρίζονται σε ψυκτικά και θερμικά. Τα ψυκτικά φορτία περιλαμβάνουν το ψυκτικό φορτίο θερμοπερατότητας, το ψυκτικό φορτίο εσωτερικών κερδών, το ψυκτικό φορτίο χώρου και το ψυκτικό φορτίο αερισμού. Αρχικά θα υπολογίσουμε τα ψυκτικά φορτία/δομημένη επιφάνεια ( $W/m^2$ ) είτε μέσω διάφορων μεθόδων που στηρίζουν την αναφορά των φορτίων στον αριθμό των προσανατολισμών είτε μέσω πινάκων του **KENAK**. Στη συνέχεια όλοι αυτοί οι υπολογισμοί πολλαπλασιάζονται με το αντίστοιχο εμβαδόν επιφάνειας του κάθε χώρου και δίνουν το τελικό ψυκτικό ή θερμικό φορτίο που μελετάμε αντίστοιχα.

#### 1) ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

Το ψυκτικό φορτίο θερμοπερατότητας υπολογίζεται με βάση το ποσοστό % των ανοιγμάτων που μπορεί να έχει κάθε ένας απ' τους τέσσερις προσανατολισμούς (Ανατολικός, Δυτικός, Βόρειος, Νότιος). Χρησιμοποιούμε την μέθοδο **ASHRAE RTS** στον υπολογισμό του ψυκτικού φορτίου θερμοπερατότητας. Ένας χώρος μπορεί να έχει ποσοστό ανοίγματος μεγαλύτερο της default τιμής σε έναν ή σε περισσότερους προσανατολισμούς για αυτό ο προσανατολισμός αυτός πρέπει τότε να ληφθεί υπόψιν. Οι παρακάτω πίνακες που ακολουθούν μας δίνουν το ψυκτικό φορτίο θερμοπερατότητας/επιφάνεια ακολουθώντας τη μέθοδο που αναφέραμε παραπάνω:

### Με έναν προσανατολισμό

Προσανατολισμός	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων Ψυκτικό φορτίο θερμοπερατότητας Ψ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων + δάπεδο – Ψυκτικό φορτίο θερμοπερατότητας Ψ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων + οροφή Ψυκτικό φορτίο θερμοπερατότητας Ψ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων + δάπεδο + οροφή Ψυκτικό φορτίο θερμοπερατότητας Ψ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )
N	15	16	20	22
A	24	26	29	32
Δ	26	29	32	35
B	8	10	13	16

### Με δύο προσανατολισμούς

Προσανατολισμός	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων Ψυκτικό φορτίο θερμοπερατότητας Ψ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων + δάπεδο – Ψυκτικό φορτίο θερμοπερατότητας Ψ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων + οροφή Ψυκτικό φορτίο θερμοπερατότητας Ψ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία + δάπεδο + οροφή Ψυκτικό φορτίο θερμοπερατότητας Ψ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )
A+N	14	27	34	30
A+Δ	33	37	40	42
A+B	29	24	32	27
N+Δ	34	40	37	43
N+B	21	22	24	27
Δ+B	32	35	38	40

### Με τρεις προσανατολισμούς

Προσανατολισμός	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων Ψυκτικό φορτίο θερμοπερατότητας Ψ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων + δάπεδο – Ψυκτικό φορτίο θερμοπερατότητας Ψ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων + οροφή Ψυκτικό φορτίο θερμοπερατότητας Ψ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία + δάπεδο + οροφή Ψυκτικό φορτίο θερμοπερατότητας Ψ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )
A+N+Δ	42	45	46	51
A+Δ+B	40	42	45	48
N+Δ+B	40	43	45	48
A+N+B	35	43	45	50

### Με τέσσερις προσανατολισμούς

Προσανατολισμός	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων Ψυκτικό φορτίο θερμοπερατότητας Ψ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων + δάπεδο – Ψυκτικό φορτίο θερμοπερατότητας Ψ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων + οροφή Ψυκτικό φορτίο θερμοπερατότητας Ψ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία + δάπεδο + οροφή Ψυκτικό φορτίο θερμοπερατότητας Ψ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )
A+N+Δ+B	48	51	53	56

Οι παραπάνω τιμές των φορτίων έχουν προκύψει θεωρώντας ότι υπάρχει ποσοστό ανοίγματος

στην τοιχοποιία 10% που είναι και το default ποσοστό ανοίγματος. Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό για κάθε προσανατολισμό τόσο περισσότερο αυξάνεται και ο συντελεστής προσαύξησης αλλά με διαφορετικό ρυθμό στους τέσσερις προσανατολισμούς. Η προσαύξηση του συντελεστή στους πίνακες που ακολουθούν εξαρτάται από την αύξηση της επιφάνειας του ανοίγματος και από τον προσανατολισμό που υπάρχει στο χώρο. Αν το ποσοστό ανοίγματος της τοιχοποιίας είναι μικρότερο του 10% τότε δεν λαμβάνεται υπόψιν ο αντίστοιχος προσανατολισμός. Παρατηρείται για κάθε 5% προσαύξηση του ποσοστού ανοιγμάτων μία αύξηση του συντελεστή κατά 0.35 για το δυτικό προσανατολισμό και μία αύξηση 0.33 αντίστοιχα για τον ανατολικό προσανατολισμό. Ακολουθούν οι πίνακες προσαύξησης αναλυτικά:

#### ΔΥΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ

Μεταβολή Ποσοστού Ανοιγμάτων	Συντελεστής Προσαύξησης
10% - 15%	1.35
10% - 20%	1.70
10% - 25%	2.05
10% - 30%	2.40
10% - 35%	2.75
10% - 40%	3.10
10% - 45%	3.45
10% - 50%	3.80
10% - 55%	4.15
10% - 60%	4.50

#### ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ

Μεταβολή Ποσοστού Ανοιγμάτων	Συντελεστής Προσαύξησης
10% - 15%	1.33
10% - 20%	1.66
10% - 25%	1.99
10% - 30%	2.32
10% - 35%	2.65
10% - 40%	2.98
10% - 45%	3.31
10% - 50%	3.64
10% - 55%	3.97
10% - 60%	4.30

ΝΟΤΙΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ

Μεταβολή Ποσοστού Ανοιγμάτων	Συντελεστής Προσαύξησης
10% - 15%	1.11
10% - 20%	1.22
10% - 25%	1.33
10% - 30%	1.44
10% - 35%	1.55
10% - 40%	1.66
10% - 45%	1.77
10% - 50%	1.88
10% - 55%	1.99
10% - 60%	2.10

ΒΟΡΕΙΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ

Μεταβολή Ποσοστού Ανοιγμάτων	Συντελεστής Προσαύξησης
10% - 15%	1.06
10% - 20%	1.12
10% - 25%	1.18
10% - 30%	1.24
10% - 35%	1.30
10% - 40%	1.36
10% - 45%	1.42
10% - 50%	1.48
10% - 55%	1.54
10% - 60%	1.60

Παρατηρείται για κάθε 5% προσαύξηση του ποσοστού ανοιγμάτων μία αύξηση κατά 0.11 του συντελεστή για το νότιο προσανατολισμό και μία αύξηση 0.06 για τον βόρειο προσανατολισμό.

**Παράδειγμα 1:**

Έστω ένας χώρος με δυτικό προσανατολισμό και ποσοστό ανοίγματος 30%. Με βάση τους παραπάνω πίνακες υπολογίζουμε την προσαύξηση της τιμής του συντελεστή φορτίου που είναι:

$$\begin{aligned} \text{Συντελεστής προσαύξησης} &= 1 + (35\% * (\text{νέο ποσοστό ανοιγμάτων προς } \Delta - 10\%) / 5\%) \\ &= 1 + (35\% * (30\% - 10\%) / 5\%) = 1 + 1.4 = 2.4 \end{aligned}$$



Συνεπώς η νέα τιμή του ανηγμένου ψυκτικού φορτίου θερμοπερατότητας/ $m^2$  θα είναι:

$$\begin{aligned} \text{νέα τιμή φορτίου} &= \text{παλαιά τιμή φορτίου} * \text{συντελεστής προσαύξησης} \\ &= 26 * 2.4 = 62.4 \text{ W/m}^2. \end{aligned}$$

### Παράδειγμα 2:

Έστω ένας χώρος που έχει ΒΔ προσανατολισμό με αντίστοιχα ποσοστά ανοιγμάτων 20% προς Β και 20% προς Δ. Μπορούμε να υπολογίσουμε την προσαύξηση της τιμής του ανηγμένου φορτίου που θα είναι η εξής:

$$\begin{aligned} \text{Συντελεστής προσαύξησης} &= 1 + (0.06 * (20\% - 10\%) / 5\%) + (0.35 * (20\% - 10\%) / 5\%) \\ &= 1 + (0.06 * (10\% - 5\%)) + (0.35 * (10\% - 5\%)) \\ &= 1 + 0.12 + 0.7 = 1.82 \end{aligned}$$

Συνεπώς η νέα τιμή του ανηγμένου ψυκτικού φορτίου θερμοπερατότητας/ $m^2$  θα είναι:

$$\begin{aligned} \text{νέα τιμή φορτίου} &= \text{παλαιά τιμή φορτίου} * \text{συντελεστής προσαύξησης} \\ &= 32 * 1.82 = 58.24 \text{ W/m}^2. \end{aligned}$$

### Παράδειγμα 3:

Έστω ένας χώρος που έχει ΑΒΝ προσανατολισμό με αντίστοιχα ποσοστά ανοιγμάτων 20% προς Α, 30% προς Β και 25% προς Δ. Κοιτώντας τους παραπάνω πίνακες είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε την προσαύξηση της τιμής του ανηγμένου φορτίου που είναι:

$$\begin{aligned} \text{Συντελεστής προσαύξησης} &= 1 + (0.33 * (20\% - 10\%) / 5\%) + (0.06 * (30\% - 10\%) / 5\%) \\ &\quad + 0.11 * (25\% - 10\%) / 5\%) = 1 + 0.66 + 0.24 + 0.33 = 2.23 \end{aligned}$$

Συνεπώς η νέα τιμή του ανηγμένου ψυκτικού φορτίου θερμοπερατότητας/ $m^2$  θα είναι:

$$\begin{aligned} \text{νέα τιμή φορτίου} &= \text{παλαιά τιμή φορτίου} * \text{συντελεστής προσαύξησης} \\ &= 35 * 2.23 = 78.05 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

## 2) ΨΥΚΤΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΧΩΡΟΥ

Το ψυκτικό φορτίο ενός χώρου εξαρτάται από το ψυκτικό φορτίο θερμοπερατότητας και το ψυκτικό φορτίο εσωτερικών κερδών. Για να υπολογίσουμε όλα τα εσωτερικά κέρδη χρειάζεται να υπολογιστεί πρώτα το ψυκτικό φορτίο από τις συσκευές (για κάθε χώρο), το ψυκτικό φορτίο από το φωτισμό και τέλος το ψυκτικό φορτίο από τον αριθμό των ατόμων, ώστε το άθροισμα τους να μας δώσει τα εσωτερικά κέρδη του χώρου.

α. Ψυκτικό φορτίο από άτομα(εσωτερικά κέρδη - για κάθε χώρο i) =

αριθμός ατόμων \* (θερμικό κέρδος ατόμου/άτομο)

$$\Psi.\Phi.A.i (W) = \text{άτομα} * (\Theta.K.A.i (W/\text{άτομο}) )$$

Ωστόσο αυτός ο τύπος δεν εφαρμόζεται στη πράξη γιατί είναι δύσκολο να προβλέψουμε με ακρίβεια τον αριθμό των ατόμων που θα βρίσκονται σε ένα χώρο και πρέπει να χρησιμοποιηθεί επιπλέον πίνακας του **KENAK** που θα υπολογίζει κατά προσέγγιση τον αριθμό των ατόμων. Για αυτό συνήθως είναι προτιμητέος ο εναλλακτικός τρόπος υπολογισμού στον οποίον λαμβάνονται υπόψιν τα τετραγωνικά μέτρα του χώρου(επιφάνεια):

β. Ψυκτικό φορτίο από άτομα(εσωτερικά κέρδη – για κάθε χώρο i) =

δομημένη επιφάνεια \* (θερμικό κέρδος ατόμου/δομημένη επιφάνεια)

$$\Psi.\Phi.A.i (W) = (m^2) * (\Theta.K.A.i/m^2 (W/m^2))$$

Οι τρόποι υπολογισμού (α) και (β) οδηγούν στα ίδια αποτελέσματα. Το θερμικό κέρδος του ατόμου που αναγράφεται στους παραπάνω τύπους υπολογίζεται με βάση τον πίνακα 2.7 της TOTEE 20701(2012). Για το ψυκτικό φορτίο από συσκευές έχουμε τα παρακάτω:

γ. Ψυκτικό φορτίο από συσκευές(εσωτερικά κέρδη - για κάθε χώρο i) =

δομημένη επιφάνεια \* (θερμική ισχύς συσκευής/δομημένη επιφάνεια)

$$\Psi.\Phi.\Sigma.i (W) = (m^2) * (\Theta.I.\Sigma.i/m^2 (W/m^2))$$

Το ψυκτικό φορτίο των συσκευών ως εσωτερικό θερμικό κέρδος υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψιν τον πίνακα 2.8 της TOTEE 20701(2012). Τέλος το ψυκτικό φορτίο λόγω φωτισμού υπολογίζεται ως εξής:

δ. Ψυκτικό φορτίο από φωτισμό(εσωτερικά κέρδη - για κάθε χώρο i) =

δομημένη επιφάνεια \* (θερμική ισχύς φωτισμού/δομημένη επιφάνεια)

$$\Psi.\Phi.\Phi.i (W) = (m^2) * (\Theta.I.\Phi.i/m^2 (W/m^2))$$

Το φορτίο του φωτισμού ως εσωτερικό θερμικό κέρδος υπολογίζεται βάση του πίνακα 2.4 της TOTEE 20701(2012). Το άθροισμα των ποσοτήτων που αναφέρονται στους τύπους (α), (β), (γ) και (δ) αποτελεί το ψυκτικό φορτίο των εσωτερικών κερδών. Εναλλακτικά, το ψυκτικό φορτίο εσωτερικών κερδών υπολογίζεται απευθείας μέσω του παρακάτω εμπειρικού πίνακα που ακολουθεί:

Χρήση Χώρου	Φορτίο Εσωτερικών Κερδών/Επιφάνεια
Κατάστημα	16(Φ)+13(A)+10(Σ)=39
Χώρος Γραφείου	16(Φ)+8(A)+15(Σ)=39
Αίθουσα Διδασκαλίας	16(Φ)+40(A)+5(Σ)=61
Εργαστήριο(Γενικά)	16(Φ)+40(A)+8(Σ)=64
Εργαστήριο Πληροφορικής	16(Φ)+40(A)+8(Σ)=64
Βιβλιοθήκη	16(Φ)+17(A)+2(Σ)=35
Ιδιωτικό Φροντιστήριο	16(Φ)+44(A)+5(Σ)=65
Εστιατόριο	7(Φ)+53(A)+20(Σ)=80
Μπαρ	4(Φ)+75(A)+15(Σ)=94
Χώρος Συνάθροισης	4(Φ)+75(A)+15(Σ)=94
Δωμάτιο Ξενοδοχείου	10(Φ)+75(A)+3(Σ)=88
Καθιστικό	4(Φ)+80(A)+2(Σ)=86
Αίθουσα Πολλαπλών Χρήσεων	10(Φ)+80(A)+4(Σ)=94
Αμφιθέατρο	16(Φ)+75(A)+2(Σ)=93
Γυμναστήριο	10(Φ)+120(A)+4(Σ)=134
Κολυμβητήριο	10(Φ)+120(A)+4(Σ)=134
Μουσείο	7(Φ)+90(A)+4(Σ)=101
Χώροι Έκθεσης	7(Φ)+90(A)+4(Σ)=101
Ζαχαροπλαστέιο	8(Φ)+60(A)+20(Σ)=88
Καφενείο	8(Φ)+60(A)+20(Σ)=88
Εμπορικό Κέντρο	9.6(Φ)+90(A)+10(Σ)=110
Διάδρομοι Κυκλοφορίας	6.4(Φ)=6.4
Κοινόχρηστοι Χώροι Λουτρών	6.4(Φ)=6.4
Κατοικία	100

Έχοντας υπολογίσει το ψυκτικό φορτίο θερμοπερατότητας και το ψυκτικό φορτίο εσωτερικών κερδών, μπορούμε να εξάγουμε τον τελικό τύπο που υπολογίζει το συνολικό ψυκτικό φορτίο χώρου που είναι ο εξής:

$$\Psi.\Phi.X.i (W) = \Psi.\Phi.\Theta.i (W) + \Psi.\Phi.A.i (W) + \Psi.\Phi.\Sigma.i (W) + \Psi.\Phi.\Phi.i (W)$$

### 3) ΨΥΚΤΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Το ψυκτικό φορτίο αερισμού μπορεί να βρεθεί μέσω του πίνακα του **KENAK** που ακολουθεί, αρκεί να γνωρίζουμε τα τετραγωνικά μέτρα και το εμβαδόν της επιφάνειας του κάθε χώρου:

Χρήση Χώρου	Ψυκτικό Φορτίο Αερισμού/Επιφάνεια
Κατάστημα	25
Χώρος Γραφείου	25
Αίθουσα Διδασκαλίας	90
Χώρος Εργαστηρίων	90
Βιβλιοθήκη	55
Ιδιωτικό Φροντιστήριο	100
Εστιατόριο - Χώρος Φαγητού	140
Χώρος Συνάθροισης	365
Δωμάτιο Ξενοδοχείου	25
Καθιστικό - Σαλόνι	50
Αίθουσα Πολλαπλών Χρήσεων	180
Χώρος Αμφιθέατρου	220
Γυμναστήριο - Κολυμβητήριο	275
Μουσείο - Χώρος Έκθεσης	80
Ζαχαροπλαστείο - Καφενείο	165
Εμπορικό Κέντρο	55
Διάδρομοι Κυκλοφορίας	25
Λουτρά Κοινόχρηστα	50
Κατοικία - Διαμέρισμα	0

Το ψυκτικό φορτίο αερισμού είναι πάντα ίσο με το θερμικό, συνεπώς ο υπολογισμός του ενός οδηγεί και στον υπολογισμό του άλλου. Έχοντας αναλύσει όλα τα ψυκτικά φορτία κλιματισμού είμαστε σε θέση πλέον να προχωρήσουμε στον υπολογισμό των θερμικών φορτίων.

## 4.2 ΘΕΡΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ

Τα θερμικά φορτία κλιματισμού είναι μικρότερα από τα ψυκτικά φορτία για αυτό το λόγο τις περισσότερες φορές (με εξαίρεση χώρους που κυριαρχεί ο βόρειος προσανατολισμός) το ψυκτικό φορτίο χώρου είναι μεγαλύτερο απ' το αντίστοιχο θερμικό, λόγω και της παρουσίας των εσωτερικών κερδών. Τα θερμικά φορτία που θα αναλύσουμε είναι το θερμικό φορτίο χώρου, το θερμικό φορτίο αερισμού και το θερμικό φορτίο θερμοπερατότητας. Μέσω της μεθόδου **DIN77** υπολογίζουμε το θερμικό φορτίο θερμοπερατότητας/επιφάνεια και ανάλογα τον αριθμό των προσανατολισμών που λαμβάνονται υπόψιν κάθε φορά έχουμε τους εξής πίνακες:

### Με ένα προσανατολισμό

Προσανατολισμός	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων - θερμικό φορτίο θερμοπερατότητας Θ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων + δάπεδο - θερμικό φορτίο θερμοπερατότητας Θ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων + οροφή - θερμικό φορτίο θερμοπερατότητας Θ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων + δάπεδο + οροφή - θερμικό φορτίο θερμοπερατότητας Θ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )
N	14	23	25	35
A	14	23	25	35
Δ	14	23	25	35
B	14	23	25	35

### Με δύο προσανατολισμούς

Προσανατολισμός	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων - θερμικό φορτίο θερμοπερατότητας Θ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων + δάπεδο - θερμικό φορτίο θερμοπερατότητας Θ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων + οροφή - θερμικό φορτίο θερμοπερατότητας Θ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία + δάπεδο + οροφή - θερμικό φορτίο θερμοπερατότητας Θ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )
A+N	19	30	32	43
A+Δ	20	31	33	44
A+B	21	32	34	45
N+Δ	19	30	32	43
N+B	21	32	34	45
Δ+B	21	32	34	45

### Με τρεις προσανατολισμούς

Προσανατολισμός	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων - θερμικό φορτίο θερμοπερατότητας Θ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων + δάπεδο - θερμικό φορτίο θερμοπερατότητας Θ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων + οροφή - θερμικό φορτίο θερμοπερατότητας Θ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία + δάπεδο + οροφή - θερμικό φορτίο θερμοπερατότητας Θ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )
A+N+Δ	26	37	38	48
A+Δ+B	28	40	42	50
N+Δ+B	28	40	42	50
A+N+B	28	40	42	50

### Με τέσσερις προσανατολισμούς

Προσανατολισμός	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων - θερμικό φορτίο θερμοπερατότητας Θ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων + δάπεδο - θερμικό φορτίο θερμοπερατότητας Θ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων + οροφή - θερμικό φορτίο θερμοπερατότητας Θ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )	Τοιχοποιία + δάπεδο + οροφή - θερμικό φορτίο θερμοπερατότητας Θ.Φ.Θ (W/m <sup>2</sup> )
A+N+Δ+B	35	44	46	57

Στη πράξη πάντως είναι δύσκολο να ληφθούν υπόψη όλοι οι προσανατολισμοί σε έναν χώρο.

Οι παραπάνω τιμές έχουν προκύψει προσεγγιστικά με βασική προϋπόθεση ότι υπάρχει άνοιγμα στη τοιχοποιία επιφάνειας με default αρχική τιμή στο 10%. Το ποσοστό ανοίγματος καθορίζει εν μέρει τα θερμικά φορτία θερμοπερατότητας λόγω του συντελεστή προσαύξησης που διαφέρει όταν διαφέρει και ο αριθμός των προσανατολισμών. Οι συντελεστές προσαύξησης σε σχέση με την προσαύξηση της επιφάνειας των κουφωμάτων και τον αριθμό των προσανατολισμών δίνονται εμπειρικά από τους παρακάτω πίνακες:

#### ΕΝΑΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ

Μεταβολή Ποσοστού Ανοιγμάτων	Συντελεστής Προσαύξησης
10% - 15%	1.13
10% - 20%	1.26
10% - 25%	1.39
10% - 30%	1.52
10% - 35%	1.65
10% - 40%	1.78
10% - 45%	1.91
10% - 50%	2.04
10% - 55%	2.17
10% - 60%	2.40

**Παρατήρηση:** Για κάθε 5% αύξηση του ποσοστού ανοιγμάτων, ο αντίστοιχος συντελεστής αυξάνεται κατά 0.13(13%) αντίστοιχα. Στην περίπτωση δύο προσανατολισμών με ανοίγματα ο αντίστοιχος πίνακας προσαυξήσεων θα είναι ο εξής:

#### ΔΥΟ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΙ

Μεταβολή Ποσοστού Ανοιγμάτων	Συντελεστής Προσαύξησης
10% - 15%	1.08
10% - 20%	1.16
10% - 25%	1.24
10% - 30%	1.32
10% - 35%	1.40
10% - 40%	1.48
10% - 45%	1.56
10% - 50%	1.64
10% - 55%	1.72
10% - 60%	1.80

**Παρατήρηση:** Για κάθε 5% αύξηση του ποσοστού ανοιγμάτων, ο συντελεστής αυξάνεται κατά 0.08(8%) αντίστοιχα. Στην περίπτωση τριών προσανατολισμών έχουμε αντίστοιχα:

#### ΤΡΕΙΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΙ

Μεταβολή Ποσοστού Ανοιγμάτων	Συντελεστής Προσαύξησης
10% - 15%	1.06
10% - 20%	1.12
10% - 25%	1.18
10% - 30%	1.24
10% - 35%	1.30
10% - 40%	1.36
10% - 45%	1.42
10% - 50%	1.48
10% - 55%	1.54
10% - 60%	1.60

**Παρατήρηση:** Κάθε φορά που έχουμε 5% αύξηση του ποσοστού ανοιγμάτων, ο συντελεστής αυξάνεται κατά 0.06(6%) αντίστοιχα. Ακολουθούν παραδείγματα για κάθε περίπτωση ξεχωριστά.

#### Παράδειγμα 1:

Έστω χώρος με Δυτικό προσανατολισμό και ποσοστό ανοιγμάτων 30%. Για να βρούμε τον συντελεστή προσαύξησης κοιτάζουμε σε παραπάνω πίνακα και παρατηρούμε ότι αφού έχουμε 30% ποσοστό ανοίγματος για έναν προσανατολισμό, ο συντελεστής προσαύξησης θα είναι 1.52. Στη συνέχεια παίρνουμε μέσω άλλου πίνακα ότι το αντίστοιχο φορτίο είναι  $14 \text{ W/m}^2$ , επομένως η νέα ανηγμένη τιμή του θερμικού φορτίου θερμοπερατότητας θα είναι:

$$\begin{aligned} \text{νέα τιμή φορτίου} &= \text{παλαιά τιμή φορτίου} * \text{συντελεστής προσαύξησης} \\ &= 14 * 1.52 = 21.28 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

#### Παράδειγμα 2:

Έστω ένας χώρος με ΒΔ προσανατολισμό και ποσοστό ανοίγματος 20% προς Βορρά και 20% προς Δύση. Ο συντελεστής προσαύξησης φορτίου υπολογίζεται τώρα ως εξής:

$$\begin{aligned} \text{Συντελεστής αύξησης} &= 1 + (0.08 * (\text{ποσοστό ανοίγματος 1ου προσανατολισμού} - 10\%) / 5\%) \\ &\quad + (0.08 * (\text{ποσοστό ανοίγματος 2ου προσανατολισμού} - 10\%) / 5\%) \\ &= 1 + (0.08 * (10\% / 5\%)) + (0.08 * (10\% / 5\%)) \\ &= 1 + 0.16 + 0.16 = 1.32 \end{aligned}$$

Επομένως η νέα ανηγμένη τιμή του φορτίου θα ισούται με:

$$\begin{aligned} \text{νέα τιμή φορτίου} &= \text{παλαιά τιμή φορτίου} * \text{συντελεστής προσαύξησης} \\ &= 21 * 1.32 = 27.72 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

### Παράδειγμα 3:

Έστω χώρος με ABN προσανατολισμό και ποσοστά ανοιγμάτων 30% προς Α, 30% προς Β και 25% προς Ν. Για να υπολογίσουμε τον συντελεστή προσαύξησης εφαρμόζουμε τον τύπο:

$$\begin{aligned} \text{Συντελεστής αύξησης} &= 1 + (0.06 * (\text{ποσοστό ανοίγματος 1ου προσανατολισμού} - 10\%) / 5\%) \\ &\quad + (0.06 * (\text{ποσοστό ανοίγματος 2ου προσανατολισμού} - 10\%) / 5\%) \\ &\quad + (0.06 * (\text{ποσοστό ανοίγματος 3ου προσανατολισμού} - 10\%) / 5\%) \\ &= 1 + (0.06 * 20\% / 5\%) + (0.06 * (30\% - 10\%) / 5\%) + (0.06 * 15\% / 5\%) \\ &= 1 + 0.24 + 0.24 + 0.18 = 1.66 \end{aligned}$$

Επομένως η νέα ανηγμένη τιμή του φορτίου θα ισούται:

$$\begin{aligned} \text{νέα τιμή φορτίου} &= \text{παλαιά τιμή φορτίου} * \text{συντελεστής προσαύξησης} \\ &= 28 * 1.66 = 46.48 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Από όλα τα παραπάνω παραδείγματα διαπιστώνουμε ότι τα θερμικά φορτία είναι πάντα μικρότερα απ' τα ψυκτικά γιατί δεν περιλαμβάνουν εσωτερικά κέρδη, επομένως το θερμικό φορτίο χώρου ισούται μόνο με το θερμικό φορτίο θερμοπερατότητας. Έχοντας αναλύσει όλα τα θερμικά και ψυκτικά φορτία χώρου και αερισμού αντίστοιχα, είμαστε σε θέση τη δεδομένη χρονική στιγμή να αναφέρουμε ποια είναι τα κυριότερα συστήματα κλιματισμού που χρησιμοποιούνται στις μέρες μας για κάλυψη φορτίων.

## 4.3 ΚΕΝΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ

Τα συστήματα κλιματισμού χωρίζονται σε πέντε κατηγορίες: Στα συστήματα αέρα - νερού, στα συστήματα εδάφους - νερού, στα συστήματα διαιρούμενου τύπου split type, στα συστήματα πολυδιαιρούμενου τύπου που είναι μία μετεξέλιξη των συστημάτων split και τέλος στα συστήματα ρυθμιζόμενου όγκου - ρευστού. Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται σε όλες τις εγκαταστάσεις κτιρίων είναι κυρίως τα συστήματα αέρα - νερού (μαζί με το εσωτερικό δίκτυο των μονάδων τους) και τα συστήματα εδάφους νερού λόγω της μεγάλης χρήσης των γεωθερμικών αντλιών.

Τα συστήματα αέρα - νερού είναι τα πλέον εφαρμοσμένα σε επίπεδο κεντρικού κλιματισμού. Περιλαμβάνουν ένα σημαντικό αριθμό εσωτερικών και εξωτερικών μονάδων ως υποσυστήματα για την κάλυψη του συνόλου του ψυκτικού και θερμικού φορτίου που είναι οι εξής:



1. Τοπική εσωτερική μονάδα ανεμιστήρα στοιχείου(FCU).
2. Κεντρική κλιματιστική μονάδα(KKM)
3. Εναλλάκτης αέρα - αέρα(Heat exchangers - VAM)
4. Ενδιάμεση καναλάτη μονάδα τύπου αεραγωγών

Για κάθε εσωτερική μονάδα η διαστασιολόγηση της γίνεται με τα εξής σενάρια:

1) Οι τοπικές εσωτερικές μονάδες ανεμιστήρα(FCU) καλύπτουν το σύνολο του ψυκτικού και θερμικού φορτίου χώρου, ενώ οι κεντρικές κλιματιστικές μονάδες(KKM) καλύπτουν το σύνολο του ψυκτικού και θερμικού φορτίου αερισμού:

$$\Psi.\Phi.FCU.i (W) = \Psi.\Phi.X.i (W)$$

$$\Theta.\Phi.FCU.i (W) = \Theta.\Phi.X.i (W)$$

Η κεντρική κλιματιστική μονάδα διαστασιολογείται για το σύνολο των φορτίων αερισμού των χώρων  $i$  που καλύπτονται από την KKM με τον εξής τρόπο:

$$\Psi.\Phi.AE.KKM.n (W) = \sum_i (\Psi.\Phi.A.i (W) )$$

$$\Theta.\Phi.AE.KKM.n (W) = \sum_i (\Theta.\Phi.A.i (W) )$$

2) Το σύνολο των φορτίων χώρου και αερισμού καλύπτεται πλήρως από τις τοπικές μονάδες μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου(FCU) με είσοδο νωπού αέρα στην μονάδα. Το ψυκτικό και θερμικό φορτίο της εσωτερικής μονάδας ορίζεται σε μία τέτοια περίπτωση ως εξής:

$$\Psi.\Phi.FCU.i (W) = \Psi.\Phi.X.i (W) + \Psi.\Phi.AE.i (W)$$

$$\Theta.\Phi.FCU.i (W) = \Theta.\Phi.X.i (W) + \Theta.\Phi.AE.i (W)$$

3) Το σύνολο του φορτίου χώρου καλύπτεται πλήρως από την τοπική μονάδα FCU και τα φορτία αερισμού σε ποσοστό 50% μέσω των εναλλακτών αέρα - αέρα και σε ποσοστό 50% από τις τοπικές μονάδες των FCU. Ο εναλλάκτης σε μία τέτοια περίπτωση που παραλαμβάνει το 50% του φορτίου αερισμού διαστασιολογείται ως εξής για φορτίο:

$$\Psi.\Phi.EN.i (W) = 50\% (\Psi.\Phi.AE.i (W) )$$

$$\Theta.\Phi.EN.i (W) = 50\% (\Theta.\Phi.AE.i (W) )$$

Το ποσοστό 50% είναι το ελάχιστο που απαιτείται για εξοικονόμηση ενέργειας σύμφωνα με τις προδιαγραφές του **KENAK** και τις περισσότερες φορές το ποσοστό αυτό ποικίλει. Το υπόλοιπο ποσοστό που καλύπτει η μονάδα FCU διαστασιολογείται με βάση το παρακάτω φορτίο:

$$\Psi.\Phi.FCU.i (W) = \Psi.\Phi.X.i (W) + 50\% (\Psi.\Phi.AE.i (W) )$$

$$\Theta.\Phi.FCU.i (W) = \Theta.\Phi.X.i (W) + 50\% (\Theta.\Phi.AE.i (W) )$$

4) Το σύνολο των φορτίων χώρου και αερισμού καλύπτεται από κεντρική κλιματιστική μονάδα χωρίς να υπάρχουν εσωτερικές μονάδες FCU. Σε αυτή τη περίπτωση η ΚΚΜ διαστασιολογείται:

$$\Psi.\Phi.KKM.n (W) = \Sigma_i (\Psi.\Phi.X.i (W) ) + \Sigma_i (\Psi.\Phi.AE.i (W) )$$

$$\Theta.\Phi.KKM.n (W) = \Sigma_i (\Theta.\Phi.X.i (W) ) + \Sigma_i (\Theta.\Phi.AE.i (W) )$$

όπου  $\Sigma_i$  είναι το άθροισμα των φορτίων αερισμού ή φορτίων χώρου.

Στην περίπτωση όπου η Κλιματιστική μονάδα περιλαμβάνει εναλλάκτη αέρα - αέρα με ανάκτηση τουλάχιστον 50% του φορτίου η αντίστοιχη σχέση διαστασιολόγησης γίνεται:

$$\Psi.\Phi.KKM.n (W) = \Sigma_i (\Psi.\Phi.X.i (W) ) + \Sigma_i (0.5 (\Psi.\Phi.AE.i (W) )$$

$$\Theta.\Phi.KKM.n (W) = \Sigma_i (\Theta.\Phi.X.i (W) ) + \Sigma_i (0.5 (\Theta.\Phi.AE.i (W) )$$

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις η ΚΚΜ καλύπτει παροχή αέρα που υπολογίζεται από την εξής σχέση:

$$\Pi.A.KKM.n (m^3/h) = \Sigma_i (\Pi.A.i (m^3/h) )$$

Για καθεμιά από τις παραπάνω εσωτερικές μονάδες προβλέπεται να χρησιμοποιηθούν οι εξής εξωτερικές κεντρικές μονάδες κλιματισμού:

1. Αερόψυκτος ψύκτης για την κάλυψη των φορτίων ψύξης και αντίστοιχα λέβητας κεντρικής θέρμανσης για την κάλυψη των φορτίων θέρμανσης

Το συνολικό ψυκτικό φορτίο χώρων και αερισμού υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\Psi.\Phi.A\Psi.j (W) = \Sigma_i (\Psi.\Phi.X.i (W) ) + \Sigma_i (\Psi.\Phi.AE.i (W) )$$

Το αντίστοιχο θερμικό φορτίο του λέβητα κεντρικής θέρμανσης υπολογίζεται ως εξής:

$$\Theta.\Phi.AE.j (W) = \Sigma_i (\Theta.\Phi.X.i (W) ) + \Sigma_i (\Theta.\Phi.AE.i (W) )$$

2. Αντλία θερμότητας αερόψυκτη για την κάλυψη των φορτίων ψύξης και θέρμανσης. Στην περίπτωση της αντλίας θερμότητας το συνολικό ψυκτικό ή θερμικό φορτίο αντίστοιχα θα είναι ίσο με:

$$\Psi.\Phi.A\Theta (W) = \Sigma_i (\Psi.\Phi.X.i (W) ) + \Sigma_i (\Psi.\Phi.AE.i (W) )$$

$$\Theta.\Phi.A\Theta (W) = \Sigma_i (\Theta.\Phi.X.i (W) ) + \Sigma_i (\Theta.\Phi.AE.i (W) )$$

Τα συστήματα κλιματισμού που περιλαμβάνουν τη χρήση γεωθερμικών αντλιών ανήκουν στην κατηγορία των υδρόψυκτων συστημάτων, όπου το έδαφος με τις θερμοκρασιακές και κυρίως τις θερμοχωρητικές του ιδιότητες παίζει το ρόλο του αέρα στα συστήματα αέρα - νερού. Είναι δηλαδή το μέσο άντλησης το χειμώνα ή το μέσο εκτόνωσης το καλοκαίρι της εκλυόμενης εσωτερικής θερμότητας του περιβάλλοντος. Με βάση την ιδιαιτερότητα του εδάφους, οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας έρχονται σε επαφή με το έδαφος μέσω σωληνώσεων που εγκαθίστανται είτε οριζόντια είτε κατακόρυφα για κλειστά συστήματα, είτε με τη μορφή των κλασικών γεωτρήσεων άντλησης νερού για ανοιχτά συστήματα γεωθερμίας. Σε ένα γεωθερμικό σύστημα, η ορολογία κάθε τοπικής και κλιματιστικής μονάδα είναι παρόμοια με αυτή των υδρόψυκτων συστημάτων. Η γεωθερμική αντλία χρησιμοποιείται σε επίπεδο κεντρικού κλιματισμού ως εξωτερική μονάδα συστήματος για την κάλυψη ψυκτικών και θερμικών φορτίων. Το ψυκτικό και θερμικό φορτίο της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας υπολογίζεται με τον εξής τρόπο:

$$\Psi.\Phi.\Gamma\Lambda\Theta.j (W) = \sum i (\Psi.\Phi.X.i (W) ) + \sum i (\Psi.\Phi.AE.i (W) )$$

$$\Theta.\Phi.\Gamma\Lambda\Theta.j (W) = \sum i (\Theta.\Phi.X.i (W) ) + \sum i (\Theta.\Phi.AE.i (W) )$$

Ο υπολογισμός του αριθμού των γεωτρήσεων για κάθε ένα κλειστό και κατακόρυφο σύστημα γεωεναλλάκτη υπολογίζεται από υπολογιστικά μοντέλα τόσο στατικά (διαστασιολόγηση – sizing) όσο και δυναμικά (προσομοίωση). Σε κάθε περίπτωση τα μοντέλα είναι σχετικά σύνθετα και δεν αποτελούν μέρος του παρόντος εγχειριδίου. Για το συγκεκριμένο λόγο επιλέγεται να δοθούν ορισμένοι εμπειρικοί κανόνες που κατά κόρων χρησιμοποιούνται για γρήγορες και προσεγγιστικές εκτιμήσεις των τεχνικών χαρακτηριστικών του γεωεναλλάκτη. Βασική παράμετρος αποτελεί η θερμική απόδοση του εδάφους που καθορίζεται ως η ισχύς ανά μέτρο μήκους σωλήνα. Για τους παρακάτω υπολογισμούς που θα γίνουν θα χρησιμοποιηθεί η ακολουθεί ορολογία:

$$\Theta.\Phi.\Sigma(W) = \text{θερμικό φορτίο συστήματος}$$

$$\Psi.\Phi.\Sigma(W) = \text{ψυκτικό φορτίο συστήματος}$$

$$\Theta.A.E\Delta(W/m) = \text{θερμική απόδοση εδάφους}$$

$$L_{\text{geo-cool}}(m) = \text{απαιτούμενο μήκος σωληνώσεων για γεωθερμία σε ψύξη}$$

$$L_{\text{geo-heat}}(m) = \text{απαιτούμενο μήκος σωληνώσεων για γεωθερμία σε θέρμανση}$$

$$L_{\text{geo100-cool}}(m) = \text{απαιτούμενος αριθμός κατακόρυφων γεωτρήσεων 100 μέτρων} \\ \text{η κάθε μία για ψύξη}$$

$$L_{\text{geo100-heat}}(m) = \text{απαιτούμενος αριθμός κατακόρυφων γεωτρήσεων 100 μέτρων} \\ \text{η κάθε μία για θέρμανση}$$

Με βάση την ορολογία που αναφέραμε, ο υπολογισμός του απαιτούμενου μήκους σωληνώσεων γεωεναλλάκτη (κατακόρυφου ή οριζόντιου) ορίζεται με τους παρακάτω τύπους που ακολουθούν:

$$L_{\text{geo-cool}}(m) = \frac{\Psi \cdot \Phi \cdot \Sigma(W)}{A \cdot E \Delta \cdot (W/m)}$$

$$L_{\text{geo-heat}}(m) = \frac{\Theta \cdot \Phi \cdot \Sigma(W)}{A \cdot E \Delta \cdot (W/m)}$$

$$L_{\text{geo100-cool}}(m) = \frac{L_{\text{geo-cool}}(m)}{100}$$

$$L_{\text{geo100-heat}}(m) = \frac{L_{\text{geo-heat}}(m)}{100}$$

Τα γεωθερμικά συστήματα κλιματισμού συνδυάζονται με τα αερόψυκτα ηλεκτρικά συστήματα σε μορφή υβριδικού συστήματος, όπου κάθε υποσύστημα παραλαμβάνει ένα μέρος του φορτίου του κτιρίου που καθορίζεται από το μελετητή και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των χώρων. Για παράδειγμα σε περίπτωση εγκατάστασης υβριδικού συστήματος με ποσοστό 50% για το αερόψυκτο και το υπόλοιπο 50% για το υβριδικό σύστημα, οι υπολογισμοί των κεντρικών μονάδων είναι οι παρακάτω:

1. Αερόψυκτη αντλία θερμότητας 50% + γεωθερμική αντλία θερμότητας 50% για χειμερινή και για θερινή λειτουργία. Τα φορτία τους ορίζονται ως εξής:

$$\Psi \cdot \Phi \cdot AA\Theta \cdot j (W) = 0.5 (\Sigma_i (\Psi \cdot \Phi \cdot X \cdot i (W) ) + \Sigma_i (\Psi \cdot \Phi \cdot AE \cdot i (W) ) )$$

$$\Theta \cdot \Phi \cdot AA\Theta \cdot j (W) = 0.5 (\Sigma_i (\Theta \cdot \Phi \cdot X \cdot i (W) ) + \Sigma_i (\Theta \cdot \Phi \cdot AE \cdot i (W) ) )$$

$$\Psi \cdot \Phi \cdot GA\Theta \cdot j (W) = 0.5 (\Sigma_i (\Psi \cdot \Phi \cdot X \cdot i (W) ) + \Sigma_i (\Psi \cdot \Phi \cdot AE \cdot i (W) ) )$$

$$\Theta \cdot \Phi \cdot GA\Theta \cdot j (W) = 0.5 (\Sigma_i (\Theta \cdot \Phi \cdot X \cdot i (W) ) + \Sigma_i (\Theta \cdot \Phi \cdot AE \cdot i (W) ) )$$

2. Αερόψυκτος ψύκτης κάλυψης 50% για θερινή λειτουργία και λέβητας κάλυψης 50% για χειμερινή λειτουργία και γεωθερμική αντλία θερμότητας κάλυψης 50% τόσο για χειμερινή όσο και για θερινή λειτουργία.

$$\Psi \cdot \Phi \cdot A\Psi \cdot j (W) = 0.5 (\Sigma_i (\Psi \cdot \Phi \cdot X \cdot i (W) ) + \Sigma_i (\Psi \cdot \Phi \cdot AE \cdot i (W) ) )$$

$$\Theta \cdot \Phi \cdot \Lambda E \cdot j (W) = 0.5 (\Sigma_i (\Theta \cdot \Phi \cdot X \cdot i (W) ) + \Sigma_i (\Theta \cdot \Phi \cdot AE \cdot i (W) ) )$$

$$\Psi \cdot \Phi \cdot GA\Theta \cdot j (W) = 0.5 (\Sigma_i (\Psi \cdot \Phi \cdot X \cdot i (W) ) + \Sigma_i (\Psi \cdot \Phi \cdot AE \cdot i (W) ) )$$

$$\Theta \cdot \Phi \cdot GA\Theta \cdot j (W) = 0.5 (\Sigma_i (\Theta \cdot \Phi \cdot X \cdot i (W) ) + \Sigma_i (\Theta \cdot \Phi \cdot AE \cdot i (W) ) )$$

Στις εσωτερικές μονάδες στις οποίες το ψυκτικό και το θερμικό φορτίο παράγεται με τη χρήση ενός δικτύου σωληνώσεων οποιουδήποτε ψυκτικού υγρού και της απαραίτητης σύνδεσης με την κεντρική εξωτερική μονάδα, ως ηλεκτρικό στοιχείο θεωρείται ο ανεμιστήρας τριών ταχυτήτων που υποστηρίζει την κυκλοφορία του αέρα. Η επιλογή της εσωτερικής μονάδας γίνεται με βάση τη ψυκτική ή τη θερμική ισχύς της μονάδας και της απαιτούμενης παροχής αέρα. Έτσι μπορεί να γίνει μία εμπειρική εκτίμηση της ισχύος του ανεμιστήρα της εσωτερικής μονάδας και να εξαχθεί ένας εμπειρικός τύπος βάση του οποίου η ηλεκτρική ισχύς υπολογίζεται μέσω της σχέσης:

$$\text{Ισχύς FCU} = 0.04 * \text{ψυκτικό ή θερμικό φορτίο μονάδας}$$

Πέρα του εμπειρικού κανόνα, υπάρχει και επιπλέον κανόνας για τον υπολογισμό της ισχύος του ανεμιστήρα ο οποίος στηρίζεται στον υπολογισμό της παροχής του αέρα που τροφοδοτεί την μονάδα FCU και δίνεται από τη σχέση:

$$G_{air}(m^3/h) = \frac{Q_{o\lambda}}{\Delta T_{in-out}} \quad \text{όπου}$$

$$G_{air} = \eta \text{ απαιτούμενη παροχή αέρα σε}(m^3/h)$$

$$Q_{o\lambda} = \Psi \cdot \Phi \cdot FCU \cdot i \text{ (W)}$$

$$\Delta T_{in-out} = \eta \text{ διαφορά θερμοκρασίας εισόδου - εξόδου του αέρα σε } \text{oC}.$$

Η διαφορά λαμβάνεται στους 6 οC όπου ο αέρας προσάγεται στους 20 οC και επιστρέφεται στους 26 οC από τον χώρο στην μονάδα FCU. Με υπολογισμένη την παροχή αέρα της FCU μπορούμε να εξάγουμε τον τελικό τύπο της ηλεκτρικής ισχύς που είναι:

$$\text{Ισχύς FCU} = 0.000265 * G_{fcu}$$

Οι κυκλοφορητές είναι οι αντλίες υποβοήθησης των δικτύων διανομής ψυχρού ή θερμού ανέμου για το δίκτυο κλιματισμού και θέρμανσης. Η διαστασιολογησή τους γίνεται βάση της παροχής του θερμαντικού μέσου και του μανομετρικού ύψους της εγκατάστασης(απώλειες λόγω τριβών, εξαρτημάτων και υψομετρικής διαφοράς). Με βάση την επιλογή του κυκλοφορητή προκύπτουν τα τεχνικά χαρακτηριστικά λειτουργίας τους όπως είναι η ηλεκτρική ισχύς που απαιτείται από το δίκτυο για τη λειτουργία τους. Ο υπολογισμός της παροχής βασίζεται στη ψυκτική ή θερμική ισχύς του δικτύου διανομής και της διαφοράς μεταξύ προσαγόμενου και επιστρεφόμενου νερού ο οποίος για τη ψύξη λαμβάνεται στους 5 οC (12 οC - 7 οC), ενώ για τη θέρμανση αντίστοιχα στους 15 οC (85 οC - 70 οC). Επομένως:

$$G = \frac{Q_{o\lambda}}{\Delta T_{in-out}} \quad \text{με τις ποσότητες να εκφράζουν τα ίδια μεγέθη με την FCU}$$

Η παροχή του κυκλοφορητή για την αυτονομία ενός δικτύου FCU δίνεται από τη σχέση:

$$G_{fcu} = \frac{\Sigma(\Psi \cdot \Phi \cdot F.C.U.n(W))}{\Delta T_{in-out}}$$

ενώ για ένα δίκτυο KKM η παροχή του κυκλοφορητή δίνεται από τη σχέση

$$G_{KKM} = \frac{\Sigma(\Psi \cdot \Phi \cdot K.K.M.n(W))}{\Delta T_{in-out}}$$

Στη θέση των ψυκτικών φορτίων θα μπορούσαν να βρίσκονται τα θερμικά φορτία αν ήταν μεγαλύτερα από τα ψυκτικά. Η παροχή του κυκλοφορητή αναχώρησης των κεντρικών συστημάτων του δικτύου από το μηχάνημα προς τις μονάδες υπολογίζεται μέσω των σχέσεων:

$$G - A\Theta = \frac{\Psi \cdot \Phi \cdot A\Theta \cdot j(W)}{\Delta T_{in-out}} \quad \text{για αερόψυκτη αντλία θερμότητας}$$

$$G - A\Psi = \frac{\Psi \cdot \Phi \cdot A\Psi \cdot j(W)}{\Delta T_{in-out}} \quad \text{για αερόψυκτο ψύκτη νερού}$$

$$G - \Gamma A\Theta = \frac{\Psi \cdot \Phi \cdot \Gamma A\Theta \cdot j(W)}{\Delta T_{in-out}} \quad \text{για γεωθερμική αντλία θερμότητας}$$

$$G - \Lambda E = \frac{\Psi \cdot \Phi \cdot \Lambda E \cdot j(W)}{\Delta T_{in-out}} \quad \text{για λέβητα αερίου θέρμανσης}$$

Για να εξάγουμε τον τελικό τύπο της ηλεκτρικής ισχύος του κυκλοφορητή πρέπει πρώτα να γνωρίζουμε το μανομετρικό του ύψος H το οποίο υπολογίζεται από τον ακόλουθο εμπειρικό πίνακα:

Ισχύς Εγκατάστασης (ψυκτική ή θερμική)	Μανομετρικό Ύψος
Μέχρι 45.000 kcal/h(52.5 KW)	0.6 - 3.0 ΜΥΣ
Από 45.000 kcal/h(52.5 KW) μέχρι 85.000 kcal/h(100 KW)	3.0 - 5.0 ΜΥΣ
Πάνω από 85.000 kcal/h(100 KW)	5.0 - 10 ΜΥΣ

Η ισχύς που δίνεται από το δίκτυο για τη λειτουργία του κυκλοφορητή είναι:

$$N = \frac{G \cdot H}{1020 \cdot \eta_k} \quad \text{όπου ο βαθμός απόδοσης } \eta_k \text{ του ηλεκτροκινητήρα είναι 0.7}$$

Οι κυκλοφορητές είναι αναπόσπαστο στοιχείο των εγκαταστάσεων θέρμανσης ή κλιματισμού όσον αφορά στα δίκτυα διανομής νερού, ιδιαίτερα σε επίπεδο αυτονόμησης του κεντρικού δικτύου σε περισσότερο υπό - δίκτυα διανομής με δυνατότητα χωριστής επιλεκτικής λειτουργίας. Συνεπώς, για τα δίκτυα νερού είναι απαραίτητος ο υπολογισμός ενός ή περισσότερων κυκλοφορητών.

Ο υπολογισμός της παροχής αέρα γίνεται με βάση τον πίνακα 2.3 του **KENAK** λαμβάνοντας υπόψη την δομημένη επιφάνεια ή τον πληθυσμό του χώρου. Ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις:

Παροχή αέρα ανανέωσης για αερισμό χώρου (με βάση τον πληθυσμό)

$$(Π.Α.ι/άτομο(m^3/h * άτομα) ) * N(άτομα) \quad \text{για κάθε χώρο } i$$

Παροχή αέρα ανανέωσης για αερισμό χώρου(με βάση τη δομημένη επιφάνεια)

$$(Π.Α.ι/m^2 (m^3/h)) * (m^2) \quad \text{για κάθε χώρο } i$$

Προτιμητέος είναι ο δεύτερος τρόπος υπολογισμού γιατί το εμβαδόν του χώρου είναι γνωστό. Στις ΚΚΜ το ηλεκτρικό φορτίο καθορίζεται από τους ανεμιστήρες προσαγωγής ή απαγωγής που δημιουργούν την απαραίτητη βεβιασμένη κυκλοφορία αέρα στο δίκτυο των αεραγωγών τους. Ο κανονισμός του **KENAK** δίνει απλούς εμπειρικούς υπολογισμούς που απαιτούν τη γνώση της παροχής αέρα που αναλύθηκε προηγουμένως και την πρόβλεψη ή μη εναλλάκτη αέρα στη μονάδα.

$$P - KKM(W) = \Pi.A.KKM.n(m^3/s) * 2.5 (KW * s/m^3) \quad \text{με εναλλάκτη αέρα}$$

$$P - KKM(W) = \Pi.A.KKM.n(m^3/s) * 1.5 (KW * s/m^3) \quad \text{χωρίς εναλλάκτη αέρα}$$

Οι συγκεκριμένες συσκευές αποτελούν σε κάθε περίπτωση τις εξωτερικές κεντρικές μονάδες του εκάστοτε συστήματος κλιματισμού. Είναι στην πράξη η 'καρδιά' του συστήματος καθώς είναι υπεύθυνες για την κάλυψη όλων των ψυκτικών και θερμικών φορτίων, συνεπώς χαρακτηρίζονται από μεγάλες τιμές αποδιδόμενης ισχύος και αντίστοιχα μεγάλες αναλογικά τιμές απαιτούμενης ηλεκτρικής ισχύος από το δίκτυο ηλεκτρικού ρεύματος. Η λειτουργία τους βασίζεται σε κινητήρες που υποστηρίζουν τη λειτουργία του συμπιεστή της μονάδας που είναι υπεύθυνος για την αλλαγή φάσης του ψυκτικού ρευστού ή νερού από υγρή σε αέρια φάση και αντίστροφα, ανάλογα την εποχή του έτους. Όλα τα κεντρικά συστήματα που θα αναφέρουμε εκτός του λέβητα αερίου περιγράφονται από τον συντελεστή απόδοσης (coefficient of performance - COP) ο οποίος μπορεί να πάρει τις εξής τιμές:

Τύπος Ψύκτη - Αντλίας Θερμότητας	Συντελεστής Απόδοσης Ψύξης COP
Αερόψυκτη Ηλεκτρική Αέρα - Νέρου	2.8 - 3.2
Αερόψυκτη Αντλία Split Type	3.0 - 3.8
Αερόψυκτη Αντλία Τύπου VRV - VRF	3.1 - 4.3
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	4.0 - 5.0
Γεωθερμική Αντλία Τύπου VRV	4.1 - 4.9

Αντίστοιχα για την θέρμανση οι συντελεστές απόδοσης δίνονται από:

Ψύκτης - Αντλία Θερμότητας	Συντελεστής Απόδοσης Θέρμανσης COP
Αερόψυκτη Ηλεκτρική Αέρα - Νέρου	2.80 - 3.20
Αερόψυκτη Αντλία Split Type	3.30 - 4.00
Αερόψυκτη Αντλία Τύπου VRV - VRF	3.70 - 4.55
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	4.30 - 5.50
Γεωθερμική Αντλία Τύπου VRV	5.10 - 5.80

Με βάση τους παραπάνω πίνακες η απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς της αντλίας θερμότητας που αφορά το ηλεκτρικό φορτίο του πίνακα είναι:

$$P_{elec} - A\Theta = \frac{\Psi.\Phi.A\Theta(W)}{COP_{cool}} \quad \text{ή} \quad P_{elec} - A\Theta = \frac{\Theta.\Phi.A\Theta(W)}{COP_{heat}}$$

Στη περίπτωση συστήματος νερού με αερόψυκτο ηλεκτρικό ψύκτη ισχύει αντίστοιχα η σχέση:

$$P_{elec} - A\Psi = \frac{\Psi \cdot \Phi \cdot A\Psi(W)}{COP_{cool}}$$

Για τα συστήματα γεωθερμίας ή συστήματα εδάφους - νερού η αντίστοιχη σχέση είναι:

$$P_{elec} - \Gamma A\Theta = \frac{\Psi \cdot \Phi \cdot \Gamma A\Theta(W)}{COP_{cool}} \quad \text{ή} \quad P_{elec} - \Gamma A\Theta = \frac{\Theta \cdot \Phi \cdot \Gamma A\Theta(W)}{COP_{heat}}$$

Ο τύπος καυστήρα υπολογίζεται βάση της θερμογόνου δύναμης του καύσιμου και της θερμικής ισχύος φόρτισης της εγκατάστασης. Συνήθως η επιλογή του γίνεται από πίνακες κατασκευαστών στους οποίους φαίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά, εκ των οποίων ζητούμενο είναι και η ηλεκτρική ισχύς που αφορά στο φορτίο του κυκλώματος του καυστήρα. Η ηλεκτρική ισχύς θα μπορούσε να υπολογιστεί από την ακόλουθη εμπειρική σχέση:

$$P_{elec} - \Lambda E\beta = 0.015 * \Theta \cdot \Phi \cdot \Lambda E.j (W)$$



# Κεφάλαιο 5

## Παραδείγματα κλιματισμού

### 5.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΕΡΑ - ΝΕΡΟΥ

#### Παράδειγμα 1

Έστω σχολικό κτίριο με 6 ορόφους(τετραώροφη οικοδομή με δώμα και υπόγειο) και κεντρικό σύστημα κλιματισμού που περιέχει τα εξής υποσυστήματα:

##### 1.1 Αερόψυκτος ηλεκτρικός ψύκτης αέρα - νερού για ψύξη

##### 1.2 Κεντρικός λέβητας αερίου για θέρμανση

Για τους ορόφους του δώματος και του υπογείου δεν χρειάζεται να υπολογιστούν φορτία χώρου και φορτία αερισμού(ψυκτικά ή θερμικά). Απαιτείται να υπολογιστούν φορτία για τους υπόλοιπους τέσσερις ορόφους που είναι οι λεγόμενοι θερμαινόμενοι όροφοι. Για κάθε χώρο του Γ' ορόφου τα φορτία θερμοπερατότητας υπολογίζονται από τη στήλη τοιχοποιία με 10% ποσοστό ανοιγμάτων + οροφή, ενώ για το ισόγειο υπολογίζονται αντίστοιχα από την στήλη ποσοστό ανοιγμάτων με 10% + δάπεδο. Αυτό συμβαίνει επειδή το ισόγειο είναι ο πρώτος θερμαινόμενος όροφος που συναντάμε, επομένως λαμβάνεται υπόψη το δάπεδο στους υπολογισμούς μας, ενώ ο Γ' όροφος είναι ο τελευταίος θερμαινόμενος χώρος και έτσι λαμβάνουμε υπόψη την οροφή του σε κάθε υπολογισμό φορτίου θερμοπερατότητας. Τέλος, ο αερόψυκτος ηλεκτρικός ψύκτης αέρα - νερού καλύπτει το 100% του συνολικού ψυκτικού φορτίου της εγκατάστασης, ενώ ο λέβητας αερίου με τη σειρά του το 100% του συνολικού θερμικού φορτίου. Όπως θα δούμε παρακάτω, το ποσοστό κάλυψης μπορεί να μοιράζεται σε περισσότερα από ένα κεντρικά εξωτερικά συστήματα κάλυψης φορτίων.

#### Α Όροφος

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται αναλυτικά τα ποσοστά ανοιγμάτων % για κάθε προσανατολισμό ξεχωριστά μαζί με το εμβαδόν κάθε χώρου του Α' ορόφου. Συγκεκριμένα:

Χώροι	Προσανατολισμός	Ποσοστό %	Ποσοστό %
		Ανοίγματος B	Ανοίγματος N
XA.1 - Αίθουσα Διδασκαλίας	BA	40	0
XA.2 - Αίθουσα Διδασκαλίας	A	0	0
XA.3 - Αίθουσα Διδασκαλίας	NΔ	0	45
XA.4 - Εργαστήριο Χημείας	NA	0	20
XA.5 - Αίθουσα Καθηγητών	BΔ	20	0
XA.6 - Χώρος Γραφείου	Δ	0	0
XA.7 - Χώρος Γραφείου	–	–	–
XA.8 - Χώρος Γραφείου	Δ	0	0
XA.9 - Χώρος Αρχείων	–	–	–
XA.10 - Λουτρό Ορόφου	–	–	–
XA.11 - Διάδρομος	Δ	0	0
XA.12 - Κλιμακοστάσιο	Δ	0	0
XA.13 - Κλιμακοστάσιο	A	0	0
XA.14 - Διάδρομος	B	40	0

Χώροι	Εμβαδόν Χώρου	Ποσοστό %	Ποσοστό %
		Ανοίγματος A	Ανοίγματος Δ
XA.1 - Αίθουσα Διδασκαλίας	50	25	0
XA.2 - Αίθουσα Διδασκαλίας	49	40	0
XA.3 - Αίθουσα Διδασκαλίας	50	0	0
XA.4 - Εργαστήριο Χημείας	68	25	0
XA.5 - Αίθουσα Καθηγητών	54	0	20
XA.6 - Χώρος Γραφείου	11.5	0	30
XA.7 - Χώρος Γραφείου	12	–	–
XA.8 - Χώρος Γραφείου	12	0	30
XA.9 - Χώρος Αρχείων	3.5	–	–
XA.10 - Λουτρό Ορόφου	7	–	–
XA.11 - Διάδρομος	28	0	10
XA.12 - Κλιμακοστάσιο	16	0	10
XA.13 - Κλιμακοστάσιο	23	10	0
XA.14 - Διάδρομος	70	0	0

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο **ASHRAE RTS** για ψυκτικά φορτία θερμοπερατότητας/επιφάνεια και τη μέθοδο **DIN 77** για τον υπολογισμό των θερμικών φορτίων θερμοπερατότητας/επιφάνεια μπορούμε μέσω της χρήσης κάποιων πινάκων που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο και υπολογίζουμε τα φορτία αερισμού μαζί με το ψυκτικό φορτίο των εσωτερικών κερδών, να εξάγουμε τα τελικά φορτία όλων των χώρων του Α΄ Ορόφου σε μονάδα KW που είναι τα εξής:

Χώροι	Θερμικό Φορτίο Αερισμού	Ψυκτικό Φορτίο Αερισμού	Παροχή Αέρα Χώρου	Θερμικό Φορτίο Χώρου	Ψυκτικό Φορτίο Χώρου
XA.1 - Αίθ.Διδασκαλίας	4.5	4.5	0.15	1.9	6.6
XA.2 - Αίθ.Διδασκαλίας	4.5	4.5	0.15	1.3	6.6
XA.3 - Αίθ.Διδασκαλίας	4.5	4.5	0.15	1.9	6.2
XA.4 - Εργαστήριο	6.2	6.2	0.21	1.9	6.6
XA.5 - Αίθ.Καθηγητών	1.4	1.4	0.15	1.5	5.4
XA.6 - Χώρος Γραφείου	0.3	0.3	0.01	0.3	1.3
XA.7 - Χώρος Γραφείου	0.3	0.3	0.01	0	0.5
XA.8 - Χώρος Γραφείου	0.3	0.3	0.01	0.3	1.3
XA.9 - Χώρος Αρχείων	0.1	0.1	0.00	0	0.2
XA.10 - Λουτρά Ορόφου	0.4	0.4	0.01	0	0.1
XA.11 - Διάδρομος	0.7	0.7	0.02	0.4	1
XA.12 - Κλιμακοστάσιο	0.4	0.4	0.01	0.3	0.9
XA.13 - Κλιμακοστάσιο	0.6	0.6	0.02	0.4	1.2
XA.14 - Διάδρομος	1.8	1.8	0.05	1.8	1.3

Η παροχή αέρα που χρειάζεται εσωτερικά ο χώρος για την εξασφάλιση συνθηκών υγιεινής δίνεται μέσω του πίνακα 2.3 του **KENAK**. Οι εσωτερικές μονάδες κλιματισμού τύπου καναλάτες ψευδοροφής FCU καλύπτουν όλα τα ψυκτικά και θερμικά φορτία χώρου σε ποσοστό 100% με εξαίρεση τους χώρους XA.9, XA.10 και XA.12 που δεν περιλαμβάνουν εσωτερική μονάδα FCU κάλυψης φορτίων χώρου καθώς οι ποσότητες φορτίων κάλυψης είναι σχεδόν αμελητέες και δεν συντρέχει λόγος κάλυψης τους. Στο παρακάτω πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά τα φορτία FCU, η παροχή αέρα G της μονάδας(σε  $m^3/h$ )και η ηλεκτρική ισχύς P των μονάδων που είναι και το ηλεκτρικό φορτίο που λαμβάνεται υπόψιν σε μία ηλεκτρολογική μελέτη μέσω της χρήσης λογισμικού. Ο τρόπος υπολογισμού αυτών των θεμελιωδών μεγεθών έχει αναλυθεί παραπάνω. Το ψυκτικό και θερμικό φορτίο της FCU είναι ίσο με το αντίστοιχο ψυκτικό και θερμικό φορτίο χώρου στο παράδειγμα που μελετάμε.

Χώροι	Θερμικό Φορτίο FCU	Ψυκτικό Φορτίο FCU	Παροχή Αέρα G	Ηλεκτρική Ισχύς FCU
ΧΑ.1 - Αίθουσα Διδασκαλίας	1.9	6.6	1.100	0.29
ΧΑ.2 - Αίθουσα Διδασκαλίας	1.3	6.6	1.100	0.29
ΧΑ.3 - Αίθουσα Διδασκαλίας	1.9	6.2	1.033	0.27
ΧΑ.4 - Εργαστήριο Φυσικοχημείας	1.9	6.6	1.100	0.29
ΧΑ.5 - Αίθουσα Καθηγητών	1.5	5.4	900	0.24
ΧΑ.6 - Χώρος Γραφείου	0.3	1.3	217	0.06
ΧΑ.7 - Χώρος Γραφείου	0	0.5	83	0.02
ΧΑ.8 - Χώρος Γραφείου	0.3	1.3	217	0.06
ΧΑ.11 - Διάδρομος	0.4	1	167	0.04
ΧΑ.13 - Κλιμακοστάσιο	0.4	1.2	200	0.05
ΧΑ.14 - Διάδρομος	1.8	1.3	300	0.08

Η παροχή αέρα τροφοδοσίας της FCU είναι σημαντική γιατί στηρίζει τον υπολογισμό της ισχύος του ανεμιστήρα σύμφωνα με τον τύπο που έχουμε αναφέρει παραπάνω. Η συνολική παροχή αέρα του ορόφου είναι ίση με το επιμέρους άθροισμα της απαιτούμενης παροχής κάθε χώρου. Τα φορτία αερισμού καλύπτονται πλήρως από την κεντρική κλιματιστική μονάδα(KKM) και με δεδομένη την παρουσία εναλλάκτη αέρα για εξοικονόμηση ενέργειας έως και 50%, τα συνολικά φορτία, η συνολική παροχή αέρα και η ηλεκτρική ισχύς της μονάδας είναι τα εξής:

$$\Psi.\Phi KKM = \frac{\Sigma(\Psi.\Phi.AE)}{2} = \frac{26}{2} = 13 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi KKM = \frac{\Sigma(\Theta.\Phi.AE)}{2} = 13 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.95 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς KKM} = 2.5 * \text{Παροχή Αέρα} = 2.375 \text{ KW}$$

## Β Όροφος

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται αναλυτικά τα ποσοστά ανοιγμάτων % για όλους τους προσανατολισμούς, τα ψυκτικά και θερμικά φορτία που καλύπτει η εσωτερική μονάδα FCU για κάθε χώρο(με εξαίρεση τον χώρο ΧΑ.9), καθώς και την παροχή αέρα για την αντικατάσταση του εσωτερικού αέρα από νωπό αέρα περιβάλλοντος μαζί με την ηλεκτρική ισχύς που αποδίδεται στο φορτίο μέσω της παροχής G του ανεμιστήρα. Τα ψυκτικά και θερμικά φορτία αερισμού καλύπτονται πλήρως από μία κεντρική κλιματιστική μονάδα KKM για το σύνολο των χώρων του Β Όροφου.

Χώροι	Προσανατολισμός	Ποσοστό % Ανοίγματος B	Ποσοστό % Ανοίγματος N
XB.1 - Αίθουσα Διδασκαλίας	BA	40	0
XB.2 - Αίθουσα Διδασκαλίας	A	0	0
XB.3 - Αίθουσα Διδασκαλίας	NΔ	0	45
XB.4 - Αίθουσα Διδασκαλίας	Δ	0	0
XB.5 - Αίθ.Πολλαπλών Χρήσεων	NA	0	20
XB.6 - Γυμναστήριο	BΔ	20	0
XB.7 - Διάδρομος Κυκλοφορίας	B	40	0
XB.8 - Βοηθητικός Διάδρομος	NΔ	0	15
XB.9 - Κλιμακοστάσιο	Δ	0	0
XB.10 - Κλιμακοστάσιο	A	0	0

Χώροι	Εμβαδόν Χώρου	Ποσοστό % Ανοίγματος A	Ποσοστό % Ανοίγματος Δ
XB.1 - Αίθουσα Διδασκαλίας	50	25	0
XB.2 - Αίθουσα Διδασκαλίας	49	40	0
XB.3 - Αίθουσα Διδασκαλίας	50	0	0
XB.4 - Αίθουσα Διδασκαλίας	49	0	25
XB.5 - Αίθ.Πολλαπλών Χρήσεων	69	25	0
XB.6 - Γυμναστήριο	54	0	20
XB.7 - Διάδρομος Κυκλοφορίας	70	0	0
XB.8 - Βοηθητικός Διάδρομος	28	0	30
XB.9 - Κλιμακοστάσιο	16	0	10
XB.10 - Κλιμακοστάσιο	23	10	0

Με βάση τα ποσοστά ανοιγμάτων % για κάθε προσανατολισμό αλλά και τους ίδιους τους προσανατολισμούς των χώρων, είμαστε σε θέση να εξάγουμε τα τελικά ψυκτικά και θερμικά φορτία με τον ίδιο τρόπο και με βάση τα παραδείγματα που παρουσιάσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο του εγχειριδίου. Η παροχή αέρα για συνθήκες υγιεινής με σκοπό την ανανέωση αέρα περιβάλλοντος και τα φορτία αερισμού δίνονται και πάλι από τους πίνακες του **KENAK**. Επομένως, λαμβάνοντας υπόψιν το εμβαδόν κάθε χώρου και κάνοντας τις κατάλληλες πράξεις υπολογίζουμε τα τελικά ψυκτικά και θερμικά φορτία που είναι τα εξής:

Χώροι	Θερμικό Φορτίο Αερισμού	Ψυκτικό Φορτίο Αερισμού	Παροχή Αέρα Χώρου	Θερμικό Φορτίο Χώρου	Ψυκτικό Φορτίο Χώρου
XB.1 - Αίθουσα Διδασκαλίας	4.5	4.5	0.15	1.9	6.6
XB.2 - Αίθουσα Διδασκαλίας	4.4	4.4	0.15	1.3	6.5
XB.3 - Αίθουσα Διδασκαλίας	4.5	4.5	0.15	1.9	6.2
XB.4 - Αίθουσα Διδασκαλίας	4.5	4.5	0.15	1	5.7
XB.5 - Αίθ.Πολλ.Χρήσεων	12.5	12.5	0.45	1.9	8.7
XB.6 - Γυμναστήριο	14.9	14.9	0.50	1.5	10.5
XB.7 - Διάδρομος	1.8	1.8	0.05	1.8	1.3
XB.8 - Διάδρομος	0.7	0.7	0.02	0.8	2.6
XB.9 - Κλιμακοστάσιο	0.4	0.4	0.01	0.3	0.9
XB.10 - Κλιμακοστάσιο	0.6	0.6	0.02	0.4	1.2

Για τα φορτία των μονάδων FCU που καλύπτουν τα φορτία χώρου έχουμε τα εξής:

Χώροι	Θερμικό Φορτίο FCU	Ψυκτικό Φορτίο FCU	Παροχή Αέρα G	Ηλεκτρική Ισχύς FCU
XB.1 - Αίθουσα Διδασκαλίας	1.9	6.6	1.100	0.29
XB.2 - Αίθουσα Διδασκαλίας	1.3	6.5	1.083	0.29
XB.3 - Αίθουσα Διδασκαλίας	1.9	6.2	1.033	0.27
XB.4 - Αίθουσα Διδασκαλίας	1	5.7	950	0.25
XB.5 - Αίθουσα Πολλαπλών Χρήσεων	1.9	8.7	1.450	0.38
XB.6 - Γυμναστήριο	1.5	10.5	1.750	0.46
XB.7 - Διάδρομος Κυκλοφορίας	1.8	1.3	300	0.08
XB.8 - Βοηθητικός Διάδρομος	0.8	2.6	433	0.12
XB.10 - Κλιμακοστάσιο	0.4	1.2	200	0.05

Ο χώρος XB.9 δεν έχει μονάδα FCU για τη κάλυψη φορτίων γιατί τα φορτία χώρου έχουν πολύ μικρά μεγέθη. Τα φορτία αερισμού καλύπτονται στο σύνολο τους από μία ΚΚΜ με φορτία:

$$\Psi.\Phi\text{ΚΚΜ} = \frac{\Sigma(\Psi.\Phi.AE)}{2} = \frac{48.8}{2} = 24.4 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi\text{ΚΚΜ} = \frac{\Sigma(\Theta.\Phi.AE)}{2} = 24.4 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 1.65 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς ΚΚΜ} = 1.65 * 2.5 = 4.125 \text{ KW}$$

## Γ Όροφος

Οι προσανατολισμοί των χώρων του Γ' ορόφου με τα αντίστοιχα ποσοστά ανοιγμάτων τους παρουσιάζονται ξεχωριστά στους παρακάτω πίνακες:

Χώροι	Προσανατολισμός	Ποσοστό % Ανοιγματος B	Ποσοστό % Ανοιγματος N
ΧΓ.1 - Αίθουσα Διδασκαλίας	NΔ	0	45
ΧΓ.2 - Αίθουσα Διδασκαλίας	A	0	0
ΧΓ.3 - Εργαστήριο Η/Υ	NA	0	20
ΧΓ.4 - Μουσείο	BA	40	0
ΧΓ.5 - Εστιατόριο	BΔ	20	0
ΧΓ.6 - Μικρό Μπαρ	Δ	0	0
XB.7 - Διάδρομος	B	30	0
ΧΓ.8 - Βοηθητικός Διάδρομος	NΔ	0	15
ΧΓ.9 - Κλιμακοστάσιο	NBΔ	10	10
ΧΓ.10 - Κλιμακοστάσιο	A	0	0

Χώροι	Εμβαδόν Χώρου	Ποσοστό % Ανοιγματος A	Ποσοστό % Ανοιγματος Δ
ΧΓ.1 - Αίθουσα Διδασκαλίας	49	0	0
ΧΓ.2 - Αίθουσα Διδασκαλίας	48.5	40	0
ΧΓ.3 - Εργαστήριο Η/Υ	69	25	0
ΧΓ.4 - Μουσείο	50	25	0
ΧΓ.5 - Εστιατόριο	54	0	20
ΧΓ.6 - Μικρό Μπαρ	48.5	0	25
XB.7 - Διάδρομος Κυκλοφορίας	70	0	0
ΧΓ.8 - Βοηθητικός Διάδρομος	28	0	30
ΧΓ.9 - Κλιμακοστάσιο	16	0	10
ΧΓ.10 - Κλιμακοστάσιο	23	10	0

Τα ψυκτικά και θερμικά φορτία χώρου και αερισμού καθώς και η συνολική παροχή αέρα δίνεται στον επόμενο πίνακα που ακολουθεί. Τα φορτία χώρου καλύπτονται από εσωτερικές μονάδες FCU για όλους τους χώρους σε ποσοστό 100% εκτός του χώρου ΧΓ.9 .

Χώροι	Θερμικό Φορτίο Αερισμού	Ψυκτικό Φορτίο Αερισμού	Παροχή Αέρα Χώρου	Θερμικό Φορτίο Χώρου	Ψυκτικό Φορτίο Χώρου
ΧΓ.1 - Αίθουσα Μαθητών	4.5	4.5	0.15	3	6.3
ΧΓ.2 - Αίθουσα Μαθητών	4.4	4.4	0.15	2.2	7.2
ΧΓ.3 - Εργαστήριο Η/Υ	6.3	6.3	0.21	3.1	9.7
ΧΓ.4 - Μουσείο	4	4	0.14	3	8.9
ΧΓ.5 - Εστιατόριο	7.6	7.6	0.26	2.5	8.2
ΧΓ.6 - Μικρό Μπαρ	17.8	17.8	0.60	1.7	7.8
ΧΓ.7 - Διάδρομος	1.8	1.8	0.05	2.7	1.7
ΧΓ.8 - Διάδρομος	0.7	0.7	0.02	1.3	2.9
ΧΓ.9 - Κλιμακοστάσιο	0.4	0.4	0.01	0.7	1.2
ΧΓ.10 - Κλιμακοστάσιο	0.6	0.6	0.02	0.6	1.3

Χώροι	Θερμικό Φορτίο FCU	Ψυκτικό Φορτίο FCU	Παροχή Αέρα G	Ηλεκτρική Ισχύς FCU
ΧΓ.1 - Αίθουσα Διδασκαλίας	3	6.3	1.050	0.28
ΧΓ.2 - Αίθουσα Διδασκαλίας	2.2	7.2	1.200	0.32
ΧΓ.3 - Εργαστήριο Η/Υ	3.1	9.7	1.617	0.43
ΧΓ.4 - Μουσείο	3	8.9	1.483	0.39
ΧΓ.5 - Εστιατόριο	2.5	8.2	1.367	0.36
ΧΓ.6 - Μικρό Μπαρ	1.7	7.8	1.300	0.35
ΧΓ.7 - Διάδρομος Κυκλοφορίας	2.7	1.7	450	0.12
ΧΓ.8 - Διάδρομος Κλιμακοστασίου	1.3	2.9	483	0.13
ΧΓ.10 - Κλιμακοστάσιο	0.6	1.3	217	0.06

Ο χώρος ΧΓ.9 δεν περιλαμβάνεται στον παραπάνω πίνακα γιατί δεν υπάρχει μονάδα FCU που να καλύπτει τα φορτία χώρου. Για την κεντρική κλιματιστική μονάδα του Γ' ορόφου που καλύπτει όλο το ψυκτικό και θερμικό φορτίο αερισμού έχουμε τα εξής:

$$\Psi.\Phi KKM = \frac{\Sigma(\Psi.\Phi.AE)}{2} = \frac{48.1}{2} = 24.05 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi KKM = \frac{\Sigma(\Theta.\Phi.AE)}{2} = 24.05 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 1.61 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς KKM} = 1.61 * 2.5 = 4.025 \text{ KW}$$



## Ισόγειο

Οι προσανατολισμοί με τα αντίστοιχα ποσοστά ανοιγμάτων, τα ψυκτικά και θερμικά φορτία του ισόγειου μαζί με την παροχή αέρα κάθε χώρου παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες που ακολουθούν. Αξίζει να σημειωθεί ότι το ποσοστό ανοιγμάτων κατά την κατεύθυνση του βόρειου προσανατολισμού είναι 0 % σε όλους τους χώρους. Οι δύο πρώτοι πίνακες περιγράφουν το εμβαδόν και τα ποσοστά ανοιγμάτων % κάθε προσανατολισμού ενώ ο τρίτος πίνακας παρουσιάζει όλα τα ψυκτικά και θερμικά φορτία χώρου και αερισμού καθώς και την παροχή αέρα ανανέωσης του νωπού αέρα στο χώρο.

Χώροι	Προσανατολισμός	Ποσοστό % Ανοιγματος B	Ποσοστό % Ανοιγματος N
XI.1 - Αμφιθέατρο	NA	0	15
XI.2 - Βιβλιοθήκη	NΔ	0	40
XI.3 - Διάδρομος Κλιμακοστάσιου	Δ	0	0
XI.4 - Κλιμακοστάσιο	Δ	0	0
XI.5 - Κλιμακοστάσιο	Α	0	0
XI.6 - Χώρος Κυλικείου	Δ	0	0
XI.7 - Λουτρά Ανδρών	Α	0	0
XI.8 - Λουτρά Γυναικών	Α	0	0

Χώροι	Εμβαδόν Χώρων	Ποσοστό % Ανοιγματος Α	Ποσοστό % Ανοιγματος Δ
XI.1 - Αμφιθέατρο	120	50	0
XI.2 - Βιβλιοθήκη	50	0	0
XI.3 - Διάδρομος Κλιμακοστάσιου	17	0	30
XI.4 - Κλιμακοστάσιο	16	0	10
XI.5 - Κλιμακοστάσιο	23	10	0
XI.6 - Χώρος Κυλικείου	11.5	0	30
XI.7 - Λουτρά Ανδρών	25	30	0
XI.8 - Λουτρά Γυναικών	25	30	0

Ενώ για το σύνολο των φορτίων ο αντίστοιχος πίνακας είναι ο εξής:

Χώροι	Θερμικό Φορτίο Αερισμού	Ψυκτικό Φορτίο Αερισμού	Παροχή Αέρα Χώρου	Θερμικό Φορτίο Χώρου	Ψυκτικό Φορτίο Χώρου
XI.1 - Αμφιθέατρο	26.4	26.4	0.90	6.2	23.4
XI.2 - Βιβλιοθήκη	2.8	2.8	0.10	2.7	5.2
XI.3 - Διάδρομος	0.5	0.5	0.01	0.6	1.4
XI.4 - Κλιμακοστάσιο	0.4	0.4	0.01	0.4	0.9
XI.5 - Κλιμακοστάσιο	0.6	0.6	0.02	0.6	1.2
XI.6 - Κυλικείο	1.9	1.9	0.06	0.4	1.8
XI.7 - Λουτρά Ανδρών	1.3	1.3	0.04	0.9	1.8
XI.8 - Λουτρά Γυναικών	1.3	1.3	0.04	0.9	1.8

Το φορτίο χώρου του XI.4 δεν καλύπτεται από καμία μονάδα. Στους υπόλοιπους χώρους υπάρχουν εσωτερικές μονάδες κάλυψης φορτίων χώρου με τις μονάδες FCU των χώρων XI.7 και XI.8 να καλύπτουν και το 50% του φορτίου αερισμού που δεν καλύπτεται από τον τοπικό εναλλάκτη αέρα. Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφέρουμε ότι η ηλεκτρική ισχύς του εναλλάκτη είναι πάντα ίση με την παροχή αέρα του χώρου που είναι τοποθετημένος.

Χώροι	Θερμικό Φορτίο FCU	Ψυκτικό Φορτίο FCU	Παροχή Αέρα G	Ηλεκτρική Ισχύς FCU
XI.1 - Αμφιθέατρο	6.2	23.4	3.900	1.03
XI.2 - Βιβλιοθήκη	2.7	5.2	867	0.23
XI.3 - Διάδρομος Κλιμακοστάσιου	0.6	1.4	233	0.06
XI.5 - Κλιμακοστάσιο	0.6	1.2	200	0.05
XI.6 - Κυλικείο	0.4	1.8	300	0.08
XI.7 - Λουτρά Ανδρών	1.55	2.45	408	0.11
XI.8 - Λουτρά Γυναικών	1.55	2.45	408	0.11

Η ΚΚΜ καλύπτει το θερμικό και ψυκτικό φορτίο αερισμού στους χώρους XI.1 και XI.2:

$$\Psi.\Phi_{ΚΚΜ} = \frac{\Sigma(\Psi.\Phi.AE)}{2} = \frac{29.2}{2} = 14.6 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi_{ΚΚΜ} = \frac{\Sigma(\Theta.\Phi.AE)}{2} = 14.6 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς ΚΚΜ} = 1 * 2.5 = 2.5 \text{ KW}$$

Στους χώρους XI.7 και XI.8 το 50% του φορτίου αερισμού καλύπτεται από εναλλάκτες αέρα:

$$\Psi.\Phi.AE \text{ Εναλλάκτη} = \frac{1.30}{2} = 0.65 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.AE \text{ Εναλλάκτη} = 0.65 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς Εναλλάκτη} = 0.04 \text{ KW} \quad \text{για τον χώρο XI.7}$$

$$\Psi.\Phi.AE \text{ Εναλλάκτη} = \frac{1.30}{2} = 0.65 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.AE \text{ Εναλλάκτη} = 0.65 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς Εναλλάκτη} = 0.04 \text{ KW} \quad \text{για τον χώρο XI.8}$$

### Υπόγειο

Στα συστήματα κλιματισμού νερού προβλέπονται αυτονομίες μέσω της χρήσης κυκλοφορητών για την ορθολογικότερη λειτουργία του δικτύου και την αποτροπή σπατάλης ηλεκτρικής ενέργειας. Αποτελούν αναπόσπαστο στοιχείο των δικτύων θέρμανσης και κλιματισμού όσον αφορά τα δίκτυα διανομής νερού, ιδιαίτερα σε επίπεδο αυτονόμησης σε περισσότερα υπό - δίκτυα διανομής για να έχουν τη δυνατότητα χωριστής επιλεκτικής λειτουργίας. Στην περίπτωση αυτή τοποθετούνται στο υπόγειο και στο σενάριο που μελετάμε τώρα υπάρχουν οι εξής αυτονομίες:

Κυκλοφορητής 1(FCU A ορόφου)

$$\Psi.\Phi.FCU = 38 \text{ KW}$$

$$G = \frac{\Sigma(\Psi.\Phi.F.C.U(W))}{\Delta T_{in-out}} = \frac{38*1000}{5} = 7.600 \text{ (W/h)} = \frac{7.600}{1.163} \text{ l/h} = 1,815 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{G*H}{1020*0.7} = \frac{1,787*18.23}{1020*0.7} = 0.046 \text{ KW θεωρώντας ότι}$$

$$1.8 \text{ ΜΥΣ(μεταξύ τιμών 0.6 - 3)} = 18.23 \text{ Kpa}$$

Κυκλοφορητής 2(KKM A ορόφου)

$$\Psi.\Phi.KKM = 13 \text{ KW}$$

$$G = 0,621 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,621*18.23}{1020*0.7} = 0.016 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 3(FCU B ορόφου)

$$\Psi.\Phi.FCU = 49.3 \text{ KW}$$

$$G = 2,355 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{2,355*18.23}{1020*0.7} = 0.06 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 4(ΚΚΜ Β ορόφου)

$$\Psi.\Phi.\text{ΚΚΜ} = 24.4 \text{ KW}$$

$$G = 1,166 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{1,166 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.03 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 5(FCU Γ ορόφου)

$$\Psi.\Phi.\text{FCU} = 54 \text{ KW}$$

$$G = 2,58 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{2,58 \cdot 40.53}{1020 \cdot 0.7} = 0.146 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 6(ΚΚΜ Γ ορόφου)

$$\Psi.\Phi.\text{ΚΚΜ} = 24.05 \text{ KW}$$

$$G = 1,149 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{1,149 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.029 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 7(FCU Ισογείου)

$$\Psi.\Phi.\text{FCU} = 37.9 \text{ KW}$$

$$G = 1,81 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{1,81 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.046 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 8(ΚΚΜ Ισογείου)

$$\Psi.\Phi.\text{ΚΚΜ} = 14.6 \text{ KW}$$

$$G = 0,697 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,697 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.018 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 9(Λέβητας)

$$\Theta.\Phi.\text{ΛΕ} = 133.3 \text{ KW}$$

$$G = \frac{\Theta.\Phi.\text{ΛΕ}(W)}{\Delta T_{in-out}} = 2,123 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{2,123 \cdot 75.99}{1020 \cdot 0.7} = 0.226 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 10(Ψύκτη)

$$\Psi.\Phi.\text{Ψύκτη} = 255.25 \text{ KW}$$

$$G = \frac{255.25 \cdot 1000}{5} = 12,19 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{12,19 \cdot 75.99}{1020 \cdot 0.7} = 1.3 \text{ KW}$$

## Κεντρικά συστήματα κλιματισμού

1) Ο κεντρικός λέβητας αερίου είναι εξωτερική μονάδα που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση της εγκατάστασης. Η θερμική και ηλεκτρική του ισχύς υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned}\text{Θερμικό Φορτίο } \Lambda E &= \sum_i (\Theta.\Phi.X.i \text{ (KW)}) + \sum_i (\Theta.\Phi.AE.i \text{ (KW)}) \\ &= 133.3 \text{ KW}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ηλεκτρική Ισχύς } \Lambda E &= 0.015 * \Theta.\Phi.\Lambda\acute{\epsilon}\beta\eta\tau\alpha \text{ (KW)} \\ &= 133.3 * 0.015 = 2 \text{ KW}\end{aligned}$$

Στο φορτίο(χώρου και αερισμού) του λέβητα λαμβάνονται υπόψιν μόνο οι χώροι όπου υπάρχει FCU να καλύπτει το φορτίο χώρου, ενώ το φορτίο αερισμού μπορεί να καλύπτεται αντίστοιχα από οποιαδήποτε μονάδα(είτε KKM είτε FCU).

2) Ο αερόψυκτος ψύκτης ως εξωτερική μονάδα τοποθετείται στο δώμα και καλύπτει όλα τα ψυκτικά φορτία της εγκατάστασης συνεπώς η διαστασιολόγηση του είναι ως εξής:

$$\begin{aligned}\text{Ψυκτικό Φορτίο } \Lambda\Psi &= \sum_i (\Psi.\Phi.X.i \text{ (KW)}) + \sum_i (\Psi.\Phi.AE.i \text{ (W)}) \\ &= 255.25 \text{ KW}\end{aligned}$$

Στο ψυκτικό φορτίο του ψύκτη συμπεριλαμβάνονται τα φορτία χώρου που καλύπτονται από κάποια μονάδα FCU και όλα τα φορτία αερισμού που καλύπτονται από οποιαδήποτε μονάδα. Η ηλεκτρική ισχύς του ψύκτη με βάση και τον συντελεστή απόδοσης δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Ισχύς Ψύκτη} = \frac{255.25}{3} = 85.08 \text{ KW}$$

### Παράδειγμα 2

Έστω κεντρικό σύστημα κλιματισμού με τα εξής υποσυστήματα κλιματισμού:

#### 2.1 Αερόψυκτη αντλία θερμότητας για τη ψύξη και θέρμανση του συνόλου του κτιριακού ψυκτικού και θερμικού φορτίου.

Το σχολικό κτίριο του παραδείγματος 2 όπως και όλων των παραδειγμάτων που ακολουθούν είναι το ίδιο συνεπώς το είδος χώρου, το εμβαδόν, οι προσανατολισμοί, τα ποσοστά ανοιγμάτων και όλα τα φορτία κάθε ορόφου παραμένουν τα ίδια με αυτά του πρώτου παραδείγματος. Αυτά που μελετάμε από εδώ και πέρα αναλυτικά και λεπτομερώς είναι τα εξωτερικά κεντρικά συστήματα και τα φορτία των μονάδων αυτών σε επίπεδο κεντρικής θέρμανσης και ψύξης.

## Α Όροφος

Τα φορτία χώρου και τα φορτία αερισμού είναι ίδια με αυτά του παραδείγματος 1 καθώς το σχολικό κτίριο που μελετάμε δεν άλλαξε. Οι εσωτερικές μονάδες κλιματισμού(FCU) Α ορόφου καλύπτουν τα φορτία χώρου σε ποσοστό 100%, με εξαίρεση τους χώρους ΧΑ.9, ΧΑ.10 και ΧΑ.12 που δεν περιλαμβάνουν καμία μονάδα κάλυψης φορτίων γιατί η ποσότητα τους είναι αμελητέα. Για τα φορτία αερισμού αντίστοιχα, δύο κεντρικές κλιματιστικές μονάδες καλύπτουν το σύνολο των φορτίων, με την πρώτη μονάδα να καλύπτει τους χώρους ΧΑ.1, ΧΑ.2, ΧΑ.3, ΧΑ.4 και ΧΑ.13, ενώ η δεύτερη καλύπτει τα φορτία αερισμού των χώρων ΧΑ.5, ΧΑ.6, ΧΑ.7, ΧΑ.8, ΧΑ.9, ΧΑ.11 και τον χώρο ΧΑ.14. Επομένως για την πρώτη ΚΚΜ έχουμε:

$$\Psi.\Phi\text{ΚΚΜ} = \frac{\Sigma(\Psi.\Phi.AE)}{2} = \frac{20.3}{2} = 10.15 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi\text{ΚΚΜ} = \frac{\Sigma(\Theta.\Phi.AE)}{2} = 10.15 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.68 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς ΚΚΜ} = 0.68 * 2.5 = 1.7 \text{ KW}$$

ενώ για την δεύτερη κλιματιστική μονάδα έχουμε:

$$\Psi.\Phi\text{ΚΚΜ} = \frac{\Sigma(\Psi.\Phi.AE)}{2} = \frac{4.9}{2} = 2.45 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi\text{ΚΚΜ} = \frac{\Sigma(\Theta.\Phi.AE)}{2} = 2.45 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.25 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς ΚΚΜ} = 0.25 * 2.5 = 0.625 \text{ KW}$$

Για τον Α όροφο έχουμε τέσσερις κυκλοφορητές στο χώρο του υπογείου, δύο για το δίκτυο μονάδων FCU και δύο για το δίκτυο μονάδων ΚΚΜ. Οι κυκλοφορητές καλύπτουν αντίστοιχα τα φορτία αερισμού και τα φορτία χώρου για τους ίδιους χώρους και η διαστασιολόγηση των φορτίων τους είναι η εξής:

Κυκλοφορητής 1(FCU ΧΑ.1 + ΧΑ.2 + ΧΑ.3 + ΧΑ.4 + ΧΑ.13)

$$\Psi.\Phi.\text{FCU} = 27.2 \text{ KW}$$

$$G = \frac{27.2*1000}{5} = 1,299 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{1,299*18.23}{1020*0.7} = 0.033 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 2(FCU ΧΑ.5 + ΧΑ.6 + ΧΑ.7 + ΧΑ.8 + ΧΑ.11 + ΧΑ.14)

$$\Psi.\Phi.\text{FCU} = 10.8 \text{ KW}$$

$$G = \frac{10.8*1000}{5} = 0,516 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,516*18.23}{1020*0.7} = 0.013 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 3(KKM XA.1 + XA.2 + XA.3 + XA.4 + XA.13)

$$\Psi.\Phi.KKM = 10.15 \text{ KW}$$

$$G = \frac{10.15 \cdot 1000}{5} = 0,485 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,485 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.012 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 4(KKM XA.5 + XA.6 + XA.7 + XA.8 + XA.9 + XA.11 + XA.14)

$$\Psi.\Phi.KKM = 2.45 \text{ KW}$$

$$G = \frac{2.45 \cdot 1000}{5} = 0,117 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,117 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.003 \text{ KW}$$

## **B Όροφος**

Τα φορτία χώρου του Β' Ορόφου καλύπτονται εξ' ολοκλήρου από τις εσωτερικές μονάδες FCU με εξαίρεση τον χώρο XB.9 και έχουν την ίδια διαστασιολόγηση με αυτή του πρώτου παραδείγματος για τον ίδιο όροφο. Τα φορτία αερισμού του Β ορόφου έχουν και αυτά τις ίδιες ποσότητες και καλύπτονται πλήρως από δύο κεντρικές κλιματιστικές μονάδες, με την πρώτη κλιματιστική μονάδα να καλύπτει το φορτίο αερισμού των χώρων XB.1, XB.6, XB.7 και XB.10, ενώ η δεύτερη κλιματιστική το φορτίο αερισμού των χώρων XB.2, XB.3, XB.4, XB.5 και XB.8 επομένως:

$$\Psi.\Phi.KKM = \frac{\Sigma(\Psi.\Phi.AE)}{2} = \frac{21.8}{2} = 10.9 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.KKM = \frac{\Sigma(\Theta.\Phi.AE)}{2} = 10.9 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.72 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς KKM} = 0.72 \cdot 2.5 = 1.8 \text{ KW}$$

$$\Psi.\Phi.KKM = \frac{\Sigma(\Psi.\Phi.AE)}{2} = \frac{26.6}{2} = 13.3 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.KKM = \frac{\Sigma(\Theta.\Phi.AE)}{2} = 13.3 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.92 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς KKM} = 0.92 \cdot 2.5 = 2.3 \text{ KW}$$

Για τον Β όροφο έχουμε τέσσερις κυκλοφορητές που βρίσκονται στο υπόγειο, δύο για τις μονάδες FCU και δύο για το δίκτυο των μονάδων KKM με τις εξής παροχές:

Κυκλοφορητής 1(FCU XB.1 + XB.6 + XB.7 + XB.10)

$$\Psi.\Phi.FCUC = 19.6 \text{ KW}$$

$$G = \frac{19.6 \cdot 1000}{5} = 0,936 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,936 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.024 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 2(FCU XB.2 + XB.3 + XB.4 + XB.5 + XB.8)

$$\Psi.\Phi.FCU = 29.7 \text{ KW}$$

$$G = \frac{29.7 \cdot 1000}{5} = 1,419 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{1,419 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.036 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 3(KKM XB.1 + XB.6 + XB.7 + XB.10)

$$\Psi.\Phi.KKM = 10.9 \text{ KW}$$

$$G = \frac{10.9 \cdot 1000}{5} = 0,521 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,521 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.013 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 4(KKM XB.2 + XB.3 + XB.4 + XB.5 + XB.8)

$$\Psi.\Phi.KKM = 13.3 \text{ KW}$$

$$G = \frac{13.3 \cdot 1000}{5} = 0,635 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,635 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.016 \text{ KW}$$

### Γ Όροφος

Τα φορτία αερισμού των χώρων ΧΓ.4 έως ΧΓ.6 θα καλύπτονται πλήρως από τις εσωτερικές μονάδες ανεμιστήρα μαζί με τα φορτία χώρου, ενώ για τους υπόλοιπους χώρους θα υπάρχει μία κεντρική κλιματιστική μονάδα η οποία θα καλύπτει το φορτίο αερισμού των χώρων ΧΓ.1, ΧΓ.2, ΧΓ.3, ΧΓ.7, ΧΓ.8 και ΧΓ.10. Τα φορτία του χώρου ΧΓ.9 δεν καλύπτονται από καμία μονάδα FCU επομένως έχουμε:

Χώροι	Θερμικό Φορτίο FCU	Ψυκτικό Φορτίο FCU	Παροχή Αέρα G	Ηλεκτρική Ισχύς FCU
ΧΓ.1 - Αίθουσα Διδασκαλίας	3	6.3	1.050	0.28
ΧΓ.2 - Αίθουσα Διδασκαλίας	2.2	7.2	1.200	0.32
ΧΓ.3 - Εργαστήριο Υπολογιστών	3.1	9.7	1.617	0.43
ΧΓ.4 - Μουσείο	7	12.9	2.150	0.57
ΧΓ.5 - Εστιατόριο	10.1	15.8	2.633	0.70
ΧΓ.6 - Μικρό Μπαρ	19.5	25.6	4.267	1.13
ΧΓ.7 - Διάδρομος Κυκλοφορίας	2.7	1.7	450	0.12
ΧΓ.8 - Διάδρομος Κλιμακοστάσιου	1.3	2.9	483	0.13
ΧΓ.10 - Κλιμακοστάσιο	0.6	1.3	217	0.06



Για την κεντρική κλιματιστική μονάδα που καλύπτει τα φορτία αερισμού ισχύουν τα εξής:

$$\Psi.\Phi.KKM = \frac{\Sigma(\Psi.\Phi.AE)}{2} = \frac{18.3}{2} = 9.15 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.KKM = \frac{\Sigma(\Theta.\Phi.AE)}{2} = 9.15 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς KKM} = 0.6 * 2.5 = 1.5 \text{ KW}$$

Για τον Γ' Όροφο έχουμε τρεις κυκλοφορητές που βρίσκονται στο χώρο του υπογείου, δύο για το δίκτυο μονάδων FCU και μία για το δίκτυο μονάδων KKM. Τα φορτία τους διαστασιολογούνται με τον εξής τρόπο:

Κυκλοφορητής 1(FCU ΧΓ.1 + ΧΓ.2 + ΧΓ.3 + ΧΓ.7 + ΧΓ.8 + ΧΓ.10)

$$\Psi.\Phi.FCU = 29.1 \text{ KW}$$

$$G = \frac{29.1*1000}{5} = 1,39 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{1,39*18.23}{1020*0.7} = 0.035 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 2(FCU ΧΓ.4 + ΧΓ.5 + ΧΓ.6)

$$\Psi.\Phi.FCU = 54.3 \text{ KW}$$

$$G = \frac{54.3*1000}{5} = 2,594 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{2,594*40.53}{1020*0.7} = 0.147 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 3(KKM ΧΓ.1 + ΧΓ.2 + ΧΓ.3 + ΧΓ.7 + ΧΓ.8 + ΧΓ.10)

$$\Psi.\Phi.KKM = 9.15 \text{ KW}$$

$$G = \frac{9.15*1000}{5} = 0,437 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,437*18.23}{1020*0.7} = 0.011 \text{ KW}$$

### Ισόγειο

Το σύνολο των φορτίων χώρου και αερισμού για τους χώρους XI.1 και XI.2 του ισόγειου θα καλύπτεται από μία κεντρική κλιματιστική μονάδα που έχει την εξής διαστασιολόγηση φορτίων:

$$\Psi.\Phi.KKM = \frac{\Sigma(\Psi.\Phi.AE)}{2} + \Psi.\Phi.X = \frac{29.2}{2} + 28.6 = 43.2 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.KKM = \frac{\Sigma(\Theta.\Phi.AE)}{2} + \Theta.\Phi.X = \frac{29.2}{2} + 8.9 = 23.5 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς KKM} = 1 * 2.5 = 2.5 \text{ KW}$$

Για τους υπόλοιπους χώρους τα φορτία χώρου καλύπτονται από τις μονάδες FCU με φορτία:

Χώροι	Θερμικό Φορτίο FCU	Ψυκτικό Φορτίο FCU	Παροχή Αέρα G	Ηλεκτρική Ισχύς FCU
XI.3 - Διάδρομος Κλιμακοστάσιου	0.6	1.4	233	0.06
XI.5 - Κλιμακοστάσιο	0.6	1.2	200	0.05
XI.6 - Κυλικείο	0.4	1.8	300	0.08
XI.7 - Λουτρά Ανδρών	1.55	2.45	408	0.11
XI.8 - Λουτρά Γυναϊκών	1.55	2.45	408	0.11

Σε κάθε λουτρό χώρου έχει εγκατασταθεί ένας εναλλάκτης αέρα για την κάλυψη του 50% του φορτίου αερισμού. Για τους χώρους XI.3, XI.4, XI.5 και XI.6 τα φορτία αερισμού δεν καλύπτονται από καμία μονάδα. Για τους εναλλάκτες των χώρων XI.7 και XI.8 ισχύουν τα εξής:

$$\Psi.\Phi.AE.Εναλλάκτη = 0.65 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.E.Εναλλάκτη = 0.65 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς Εναλλάκτη} = 0.04 \text{ KW}$$

Οι αυτονομίες του ισογείου αλλά και του υπογείου που υπάρχουν σε αυτή την περίπτωση είναι μία για το δίκτυο μονάδων FCU, μία για το δίκτυο KKM στους χώρους XI.1 και XI.2 και μία σε επίπεδο κεντρικών εξωτερικών συστημάτων για την αντλία θερμότητας άρα:

Κυκλοφορητής 1(FCU XI.3 + XI.5 + XI.6 + XI.7 + XI.8)

$$\Psi.\Phi.FC\text{U} = 9.3 \text{ KW}$$

$$G = \frac{9.3 \cdot 1000}{5} = 0,444 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,444 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.011 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 2(KKM χώρων XI.1 + XI.2)

$$\Psi.\Phi.K\text{K}\text{M} = 43.2 \text{ KW}$$

$$G = \frac{43.2 \cdot 1000}{5} = 2,064 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{2,064 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.053 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 3(δίκτυο αερόψυκτης αντλίας)

$$\Psi.\Phi.A\Theta = 254.6 \text{ KW}$$

$$G = \frac{254.6 \cdot 1000}{5} = 12,162 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{12,162 \cdot 75.99}{1020 \cdot 0.7} = 1.29 \text{ KW}$$

## Κεντρικά συστήματα κλιματισμού

1) Το κεντρικό σύστημα που χρησιμοποιείται για την κάλυψη των φορτίων είναι η αερόψυκτη αντλία θερμότητας με τα φορτία της να ορίζονται ως εξής:

$$\Psi.\Phi.A.A.\Theta = 254.6 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.A.A.\Theta = 133.3 \text{ KW}$$

ενώ η ηλεκτρική ισχύς των φορτίων λαμβάνοντας υπόψιν τον συντελεστή απόδοσης της αντλίας ορίζεται ως εξής για τα δύο είδη φορτίων:

$$\text{Ισχύς Θερμικού Φορτίου} = \frac{133.3}{3} = 44.43 \text{ KW}$$

$$\text{Ισχύς Ψυκτικού Φορτίου} = \frac{254.6}{3} = 84.87 \text{ KW}$$

## 5.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΔΑΦΟΥΣ - ΝΕΡΟΥ

### Παράδειγμα 3

Έστω σύστημα κλιματισμού που περιέχει τα εξής υποσυστήματα:

- 3.1 Αερόψυκτος ηλεκτρικός ψύκτης αέρα - νερού για ψύξη σε ποσοστό 50% επί του συνολικού ψυκτικού φορτίου
- 3.2 Κεντρικός λέβητας αερίου για τη θέρμανση σε ποσοστό 50% επί του συνολικού θερμικού φορτίου
- 3.3 Γεωθερμική αντλία θερμότητας εδάφους - νερού για τη θέρμανση και τη ψύξη 50% του συνολικού θερμικού και ψυκτικού φορτίου

### Α Όροφος

Τα φορτία χώρου του Α' ορόφου καλύπτονται από εσωτερικές μονάδες τύπου καναλάτες FCU και έχουν τις ίδιες τιμές με αυτές των προηγούμενων παραδειγμάτων. Οι μονάδες κάλυψης των φορτίων αερισμού θα είναι τύπου κεντρικής κλιματιστικής μονάδας με ενσωματωμένο εναλλάκτη αέρα - αέρα. Μία ΚΚΜ θα καλύπτει για τις ίδιες τιμές που έχουν αναφερθεί το σύνολο του φορτίου αερισμού και επομένως διαστασιολογείται ως εξής:

$$\Psi.\Phi.K.K.M = \frac{\Sigma(\Psi.\Phi.AE)}{2} = \frac{26}{2} = 13 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.K.K.M = \frac{\Sigma(\Theta.\Phi.AE)}{2} = 13 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.95 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς ΚΚΜ} = 0.95 * 2.5 = 2.38 \text{ KW}$$

## Β Όροφος

Όλα τα ψυκτικά και θερμικά φορτία χώρου και αερισμού του Β ορόφου καλύπτονται από μία κεντρική κλιματιστική μονάδα σε ποσοστό 100%, με τις τιμές των φορτίων να έχουν δοθεί στο πρώτο παράδειγμα που μελετήσαμε επομένως:

$$\Psi.\Phi KKM = \frac{\Sigma.\Psi.\Phi.AE}{2} + \Sigma.\Psi.\Phi.X = 74.6 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi KKM = \frac{\Sigma.\Theta.\Phi.AE}{2} + \Sigma.\Theta.\Phi.X = 37.2 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 1.65 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς KKM} = 1.65 * 2.5 = 4.13 \text{ KW}$$

## Γ Όροφος

Τα φορτία χώρου του Γ ορόφου καλύπτονται αποκλειστικά από εσωτερικές μονάδες τύπου καναλάτες ψευδοροφής και οι τιμές τους έχουν παρουσιαστεί αναλυτικά κατά τη μελέτη του πρώτου παραδείγματος, όπως και το σύνολο των ψυκτικών και θερμικών φορτίων που εν τέλει θα καλύψουν οι μονάδες FCU. Μία KKM θα καλύπτει το σύνολο του φορτίου αερισμού του Γ ορόφου και η διαστασιολόγηση της γίνεται με τον εξής τρόπο:

$$\Psi.\Phi KKM = \frac{\Sigma(\Psi.\Phi.AE)}{2} = \frac{48.1}{2} = 24.05 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi KKM = \frac{\Sigma(\Theta.\Phi.AE)}{2} = 24.05 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 1.61 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς KKM} = 1.61 * 2.5 = 4.03 \text{ KW}$$

## Ισόγειο

Οι χώροι του ισόγειου XI.1 και XI.2 θα καλύπτονται από μία KKM με εσωτερικό εναλλάκτη αέρα για το σύνολο των φορτίων χώρων και αερισμού επομένως:

$$\Psi.\Phi KKM = \frac{\Sigma.\Psi.\Phi.AE}{2} + \Sigma.\Psi.\Phi.X = 43.2 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi KKM = \frac{\Sigma.\Theta.\Phi.AE}{2} + \Sigma.\Theta.\Phi.X = 23.5 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς KKM} = 1 * 2.5 = 2.5 \text{ KW}$$

Οι εσωτερικές μονάδες FCU του ισόγειου για τους χώρους XI.3, XI.5 και XI.6 καλύπτουν μόνο το φορτίο χώρου σε ποσοστό 100%, ενώ οι FCU των χώρων XI.7 και XI.8 καλύπτουν το φορτίο χώρου και το 50% του φορτίου αερισμού που δεν καλύπτεται από τον τοπικό εναλλάκτη αέρα:

Χώροι	Θερμικό Φορτίο FCU	Ψυκτικό Φορτίο FCU	Παροχή Αέρα G	Ηλεκτρική Ισχύς FCU
XI.3 - Διάδρομος Κλιμακοστάσιου	0.6	1.4	233	0.06
XI.5 - Κλιμακοστάσιο	0.6	1.2	200	0.05
XI.6 - Κυλικείο	0.4	1.8	300	0.08
XI.7 - Λουτρά Ανδρών	1.55	2.45	408	0.11
XI.8 - Λουτρά Γυναϊκών	1.55	2.45	408	0.11

### Χώρος XI.7:

$$\Psi.\Phi.AE.Eναλλάκτη = 0.65 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.E.Eναλλάκτη = 0.65 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς Εναλλάκτη} = 0.04 \text{ KW}$$

### Χώρος XI.8:

$$\Psi.\Phi.AE.Eναλλάκτη = 0.65 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.AE.Eναλλάκτη = 0.65 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς Εναλλάκτη} = 0.04 \text{ KW}$$

## Κυκλοφορητές

Στα κεντρικά συστήματα κλιματισμού νερού και αέρα προβλέπονται αυτονομίες κυκλοφορητών για την λειτουργία του δικτύου. Στο σενάριο αυτό θα υπάρχουν οι εξής αυτονομίες σε επίπεδο FCU, κλιματιστικών μονάδων και κεντρικών εξωτερικών συστημάτων:

Κυκλοφορητής 1(FCU A Ορόφου)

$$\Psi.\Phi.FC\text{U} = 38 \text{ KW}$$

$$G = \frac{38 \cdot 1000}{5} = 1,815 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{1,815 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.046 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 2(KKM A Ορόφου)

$$\Psi.\Phi.KK\text{M} = 13 \text{ KW}$$

$$G = \frac{13 \cdot 1000}{5} = 0,621 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,621 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.016 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 3(ΚΚΜ Β Ορόφου)

$$\Psi.\Phi.\text{ΚΚΜ} = 74.6 \text{ KW}$$

$$G = \frac{74.6 \cdot 1000}{5} = 3,564 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{3,564 \cdot 40.53}{1020 \cdot 0.7} = 0.202 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 4(FCU Γ Ορόφου)

$$\Psi.\Phi.\text{FCU} = 54 \text{ KW}$$

$$G = \frac{54 \cdot 1000}{5} = 2,58 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{2,58 \cdot 40.53}{1020 \cdot 0.7} = 0.146 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 5(ΚΚΜ Γ Ορόφου)

$$\Psi.\Phi.\text{ΚΚΜ} = 24.05 \text{ KW}$$

$$G = \frac{24.05 \cdot 1000}{5} = 1,149 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{1,149 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.029 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 6(FCU Ισογείου)

$$\Psi.\Phi.\text{FCU} = 9.3 \text{ KW}$$

$$G = \frac{9.3 \cdot 1000}{5} = 0,444 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,444 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.011 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 7(ΚΚΜ Ισογείου)

$$\Psi.\Phi.\text{ΚΚΜ} = 43.2 \text{ KW}$$

$$G = \frac{43.2 \cdot 1000}{5} = 2,064 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{2,064 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.053 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 8(Ηλεκτρικός Ψύκτης)

$$\Psi.\Phi.\Psi\Upsilon\text{ΚΤΗ} = 127.3 \text{ KW}$$

$$G = \frac{127.3 \cdot 1000}{5} = 6,081 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{6,081 \cdot 75.99}{1020 \cdot 0.7} = 0.65 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 9(Γεωθερμική Αντλία)

$$\Psi.\Phi.\Gamma\text{Α}\Theta = 127.3 \text{ KW}$$

$$G = \frac{127.3 \cdot 1000}{5} = 6,081 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{6,081 \cdot 75.99}{1020 \cdot 0.7} = 0.65 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 10(Λέβητας)

$$\Theta.\Phi.\Lambda\text{E} = 66.8 \text{ KW}$$

$$G = \frac{66.8 \cdot 1000}{15} = 1,064 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{1,064 \cdot 40.53}{1020 \cdot 0,7} = 0.06 \text{ KW}$$

### Κεντρικά συστήματα κλιματισμού

1) Αερόψυκτος ηλεκτρικός ψύκτης για την κάλυψη του 50% του συνολικού ψυκτικού φορτίου

$$\text{Ψυκτικό Φορτίο Ψύκτη} = 127.3 \text{ KW}$$

$$\text{Ηλεκτρική Ισχύς Ψύκτη} = \frac{127.3}{3} = 42.43 \text{ KW}$$

2) Κεντρικός λέβητας αερίου για την κάλυψη του 50% του συνολικού θερμικού φορτίου

$$\text{Θερμικό Φορτίο Λέβητα} = 66.8 \text{ KW}$$

$$\text{Ηλεκτρική Ισχύς Λέβητα} = 0.015 \cdot 66.8 = 1 \text{ KW}$$

3) Γεωθερμική αντλία θερμότητας για την κάλυψη του 50% του συνολικού θερμικού και ψυκτικού φορτίου

$$\text{Ψυκτικό Φορτίο ΓΑΘ} = 127.3 \text{ KW}$$

$$\text{Ισχύς Ψύξης ΓΑΘ} = \frac{127.3}{4.5} = 28.28 \text{ KW}$$

$$\text{Θερμικό Φορτίο ΓΑΘ} = 66.8 \text{ KW}$$

$$\text{Ισχύς Θέρμανσης ΓΑΘ} = \frac{66.8}{4.9} = 13.63 \text{ KW}$$

### Παράδειγμα 4

Έστω Κεντρικό σύστημα κλιματισμού που περιέχει τα εξής υποσυστήματα:

**3.1** Αερόψυκτη αντλία θερμότητας για ψύξη και θέρμανση σε ποσοστό 50% επί του συνολικού ψυκτικού και θερμικού φορτίου.

**3.2** Γεωθερμική αντλία θερμότητας για τη θέρμανση και τη ψύξη του υπόλοιπου 50% του συνολικού θερμικού και ψυκτικού φορτίου.

### Α Όροφος

Τα φορτία χώρου του Α ορόφου καλύπτονται από εσωτερικές μονάδες FCU με τη μονάδα στο χώρο ΧΑ.4 να καλύπτει και το 50% του φορτίου αερισμού που δεν καλύπτει ο τοπικός εναλλάκτης άερα επομένως τα φορτία FCU είναι τα εξής:

Χώροι	Θερμικό Φορτίο FCU	Ψυκτικό Φορτίο FCU	Παροχή Αέρα G	Ηλεκτρική Ισχύς FCU
XA.1 - Αίθουσα Διδασκαλίας	1.9	6.6	1.100	0.29
XA.2 - Αίθουσα Διδασκαλίας	1.3	6.6	1.100	0.29
XA.3 - Αίθουσα Διδασκαλίας	1.9	6.2	1.033	0.27
XA.4 - Εργαστήριο Φυσικοχημείας	5	9.7	1.617	0.43
XA.5 - Αίθουσα Διδασκαλίας	1.5	5.4	900	0.24
XA.6 - Χώρος Γραφείου	0.3	1.3	217	0.06
XA.7 - Χώρος Γραφείου	0	0.5	83	0.02
XA.8 - Χώρος Γραφείου	0.3	1.3	217	0.06
XA.11 - Βοηθητικός Διάδρομος	0.4	1	167	0.04
XA.13 - Κλιμακοστάσιο	0.4	1.2	200	0.05
XA.14 - Διάδρομος Κυκλοφορίας	1.8	1.3	300	0.08

Οι μονάδες κάλυψης των φορτίων αερισμού για όλους τους χώρους πλην του ΧΑ.4 θα είναι τύπου κεντρικής κλιματιστικής μονάδας με ενσωματωμένο εναλλάκτη αέρα - αέρα και φορτία:

$$\Psi.\Phi.KKM = \frac{\Sigma(\Psi.\Phi.AE)}{2} = \frac{19.8}{2} = 9.9 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.KKM = \frac{\Sigma(\Theta.\Phi.AE)}{2} = 9.9 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.74 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς KKM} = 0.74 * 2.5 = 1.85 \text{ KW}$$

Το υπόλοιπο 50% του φορτίου αερισμού του χώρου ΧΑ.4 καλύπτεται από τον τοπικό εναλλάκτη αέρα και διαστασιολογείται ως εξής:

#### **Χώρος ΧΑ.4:**

$$\Psi.\Phi.AE.\text{Εναλλάκτη} = 3.1 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.AE.\text{Εναλλάκτη} = 3.1 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.21 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς Εναλλάκτη} = 0.21 \text{ KW}$$

#### **Β Όροφος**

Τα φορτία χώρου του Β' ορόφου καλύπτονται και αυτά από εσωτερικές μονάδες FCU με τις μονάδες στους χώρους ΧΒ.5 και ΧΒ.6 να καλύπτουν και το 50% του φορτίου αερισμού που δεν καλύπτεται από τον τοπικό εναλλάκτη αέρα. Η κάλυψη των φορτίων αερισμού για όλους τους



χώρους πλην των XB.5 και XB.6 γίνεται μέσω κεντρικής κλιματιστικής μονάδας με ενσωματωμένο εναλλάκτη αέρα για εξοικονόμηση ενέργειας μέσω ανάκτησης του 50% του φορτίου αερισμού:

Χώροι	Θερμικό Φορτίο FCU	Ψυκτικό Φορτίο FCU	Παροχή Αέρα G	Ηλεκτρική Ισχύς FCU
XB.1 - Αίθουσα Διδασκαλίας	1.9	6.6	1.100	0.29
XB.2 - Αίθουσα Διδασκαλίας	1.3	6.5	1.083	0.29
XB.3 - Αίθουσα Διδασκαλίας	1.9	6.2	1.033	0.27
XB.4 - Αίθουσα Διδασκαλίας	1	5.7	950	0.25
XB.5 - Αίθ.Πολλαπλών Χρήσεων	8.15	14.95	2.492	0.66
XB.6 - Γυμναστήριο	8.95	17.95	2.992	0.79
XB.7 - Διάδρομος Κυκλοφορίας	1.8	1.3	300	0.08
XB.8 - Βοηθητικός Διάδρομος	0.8	2.6	433	0.12
XB.10 - Κλιμακοστάσιο	0.4	1.2	200	0.05

$$\Psi.\Phi.KKM = \frac{\Sigma(\Psi.\Phi.AE)}{2} = \frac{21.4}{2} = 10.7 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.KKM = \frac{\Sigma(\Theta.\Phi.AE)}{2} = 10.7 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς KKM} = 0.7 * 2.5 = 1.75 \text{ KW}$$

Το υπόλοιπο 50% του ψυκτικού και θερμικού φορτίου αερισμού των χώρων XB.5 και XB.6 καλύπτεται από τοπικούς εναλλάκτες αέρα - αέρα που διαστασιολογούνται ως εξής:

#### Χώρος XB.5:

$$\Psi.\Phi.AE.Εναλλάκτη = 6.25 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.AE.Εναλλάκτη = 6.25 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.45 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς Εναλλάκτη} = 0.45 \text{ KW}$$

ενώ για τον χώρο XB.6 έχουμε:

#### Χώρος XB.6:

$$\Psi.\Phi.AE.Εναλλάκτη = 7.45 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.AE.Εναλλάκτη = 7.45 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς Εναλλάκτη} = 0.5 \text{ KW}$$

## Γ Όροφος

Τα φορτία χώρου του Γ ορόφου καλύπτονται από τοπικές εσωτερικές μονάδες FCU, με αυτές στους χώρους ΧΓ.3, ΧΓ.4, ΧΓ.5 και ΧΓ.6 να καλύπτουν επιπλέον το 50% του φορτίου αερισμού που δεν καλύπτεται από τον τοπικό εναλλάκτη αέρα. Ο χώρος ΧΓ.9 δεν περιλαμβάνει μονάδα FCU γιατί τα φορτία στο χώρο έχουν αμελητέες ποσότητες επομένως ισχύουν τα εξής:

Χώροι	Θερμικό Φορτίο FCU	Ψυκτικό Φορτίο FCU	Παροχή Αέρα G	Ηλεκτρική Ισχύς FCU
ΧΓ.1 - Αίθουσα Διδασκαλίας	3	6.3	1.050	0.28
ΧΓ.2 - Αίθουσα Διδασκαλίας	2.2	7.2	1.200	0.32
ΧΓ.3 - Εργαστήριο Η/Υ	6.25	12.85	2.142	0.57
ΧΓ.4 - Μουσείο	5	10.9	1.817	0.48
ΧΓ.5 - Εστιατόριο	6.3	12	2.000	0.53
ΧΓ.6 - Μικρό Μπαρ	10.6	16.7	2.783	0.74
ΧΓ.7 - Διάδρομος Κυκλοφορίας	2.7	1.7	450	0.12
ΧΓ.8 - Βοηθητικός Διάδρομος	1.3	2.9	483	0.13
ΧΓ.10 - Κλιμακοστάσιο	0.6	1.3	217	0.06

Τα φορτία αερισμού των υπόλοιπων χώρων καλύπτονται από μία κεντρική κλιματιστική μονάδα που έχει ενσωματωμένο εναλλάκτη αέρα - αέρα. Για τους τέσσερις εναλλάκτες των χώρων ΧΓ.3 έως ΧΓ.6 που καλύπτουν το υπόλοιπο 50% του φορτίου αερισμού έχουμε για την παροχή αέρα, τα φορτία τους και την ηλεκτρική τους ισχύς τα εξής:

### Χώρος ΧΓ.3:

$$\Psi.\Phi.AE.Εναλλάκτη = 3.15 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.AE.Εναλλάκτη = 3.15 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.21 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς Εναλλάκτη} = 0.21 \text{ KW}$$

### Χώρος ΧΓ.4:

$$\Psi.\Phi.AE.Εναλλάκτη = 2 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.AE.Εναλλάκτη = 2 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.14 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς Εναλλάκτη} = 0.14 \text{ KW}$$

### **Χώρος ΧΓ.5:**

$$\Psi.\Phi.AE.Eναλλάκτη = 3.8 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.AE.Eναλλάκτη = 3.8 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.26 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς Εναλλάκτη} = 0.26 \text{ KW}$$

### **Χώρος ΧΓ.6:**

$$\Psi.\Phi.AE.Eναλλάκτη = 8.9 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.AE.Eναλλάκτη = 8.9 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς Εναλλάκτη} = 0.6 \text{ KW}$$

Μία ΚΚΜ με ενσωματωμένο εναλλάκτη αέρα - αέρα καλύπτει εξ' ολοκλήρου σε ποσοστό 100% το ψυκτικό και θερμικό φορτίο αερισμού των χώρων ΧΓ.1, ΧΓ.2, ΧΓ.7, ΧΓ.8 και ΧΓ.10 και για αυτήν ισχύουν τα εξής:

$$\Psi.\Phi.KKM = \frac{\Sigma(\Psi.\Phi.AE)}{2} = \frac{12.4}{2} = 6.2 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.KKM = \frac{\Sigma(\Theta.\Phi.AE)}{2} = 6.2 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς ΚΚΜ} = 0.4 * 2.5 = 1 \text{ KW}$$

### **Ισόγειο**

Τα φορτία χώρου του ισόγειου καλύπτονται από εσωτερικές μονάδες καναλάτες ψευδοροφής FCU και τοπικούς εναλλάκτες αέρα, με τις μονάδες FCU στους χώρους XI.1, XI.2, XI.7 και XI.8 να καλύπτουν εκτός του φορτίου χώρου και το 50% του φορτίου αερισμού που δεν καλύπτεται από τον τοπικό εναλλάκτη αέρα του κάθε χώρου. Ο χώρος XI.4 δεν περιλαμβάνει μονάδα FCU για τη κάλυψη φορτίων λόγω αμελητέων ποσοτήτων. Τα τελικά φορτία παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα που ακολουθεί:

Χώροι	Θερμικό Φορτίο FCU	Ψυκτικό Φορτίο FCU	Παροχή Αέρα G	Ηλεκτρική Ισχύς FCU
XI.1 - Αμφιθέατρο	19.4	36.6	6.100	1.62
XI.2 - Βιβλιοθήκη	4.1	6.6	1.100	0.29
XI.3 - Διάδρομος Κλιμακοστάσιου	0.6	1.4	233	0.06
XI.5 - Κλιμακοστάσιο	0.6	1.2	200	0.05
XI.6 - Κυλικείο	0.4	1.8	300	0.08
XI.7 - Λουτρά Ανδρών	1.55	2.45	408	0.11
XI.8 - Λουτρά Γυναικών	1.55	2.45	408	0.11

Τα φορτία αερισμού των χώρων XI.3, XI.4, XI.5 και XI.6 δεν καλύπτονται καθόλου και για τους εναλλάκτες των υπόλοιπων χώρων που καλύπτουν το 50% του φορτίου αερισμού ισχύει:

#### **Χώρος XI.1:**

$$\Psi.\Phi.AE.Eναλλάκτη = 13.2 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.AE.Eναλλάκτη = 13.2 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.9 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς Εναλλάκτη} = 0.9 \text{ KW}$$

#### **Χώρος XI.2:**

$$\Psi.\Phi.AE.Eναλλάκτη = 1.4 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.AE.Eναλλάκτη = 1.4 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς Εναλλάκτη} = 0.1 \text{ KW}$$

#### **Χώρος XI.7:**

$$\Psi.\Phi.AE.Eναλλάκτη = 0.65 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.AE.Eναλλάκτη = 0.65 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς Εναλλάκτη} = 0.04 \text{ KW}$$

#### **Χώρος XI.8:**

$$\Psi.\Phi.AE.Eναλλάκτη = 0.65 \text{ KW}$$

$$\Theta.\Phi.AE.Eναλλάκτη = 0.65 \text{ KW}$$

$$\text{Παροχή Αέρα} = 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ισχύς Εναλλάκτη} = 0.04 \text{ KW}$$

## Κυκλοφορητές

Στα συστήματα κλιματισμού εδάφους προβλέπονται αυτονομίες μέσω κυκλοφορητών για την ορθολογικότερη λειτουργία του δικτύου και την αποτροπή σπατάλης ενέργειας. Υπάρχουν οι εξής αυτονομίες για τα δίκτυα FCU, κεντρικών εξωτερικών συστημάτων και κλιματιστικών μονάδων:

Κυκλοφορητής 1(FCU χώρων ΧΑ.1 + ΧΑ.2 + ΧΑ.3)

$$\Psi.\Phi.FCU = 19.4 \text{ KW}$$

$$G = \frac{19.4 \cdot 1000}{5} = 0,93 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,93 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.024 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 2(FCU χώρου ΧΑ.4)

$$\Psi.\Phi.FCU = 9.7 \text{ KW}$$

$$G = \frac{9.7 \cdot 1000}{5} = 0,463 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,463 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.012 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 3(FCU χώρων ΧΑ.5 + ΧΑ.6 + ΧΑ.7 + ΧΑ.8 + ΧΑ.11 + ΧΑ.13 + ΧΑ.14)

$$\Psi.\Phi.FCU = 12 \text{ KW}$$

$$G = \frac{12 \cdot 1000}{5} = 0,573 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,573 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.015 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 4(KKM Α Ορόφου)

$$\Psi.\Phi.KKM = 9.9 \text{ KW}$$

$$G = \frac{9.9 \cdot 1000}{5} = 0,47 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,47 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.012 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 5(FCU Β Ορόφου)

$$\Psi.\Phi.FCU = 30.1 \text{ KW}$$

$$G = \frac{30.1 \cdot 1000}{5} = 1,44 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{1,44 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.037 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 6(FCU χώρων ΧΒ.5 + ΧΒ.6)

$$\Psi.\Phi.FCU = 32.9 \text{ KW}$$

$$G = \frac{32.9 \cdot 1000}{5} = 1,572 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{1,572 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.04 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 7(KKM Β Ορόφου)

$$\Psi.\Phi.KKM = 10.7 \text{ KW}$$

$$G = \frac{10.7 \cdot 1000}{5} = 0,51 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,51 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.013 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 8(FCU Γ Ορόφου)

$$\Psi.\Phi.FCUC = 19.4 \text{ KW}$$

$$G = \frac{19.4 \cdot 1000}{5} = 0,927 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,927 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.024 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 9(FCU χώρου ΧΓ.3)

$$\Psi.\Phi.FCUC = 12.85 \text{ KW}$$

$$G = \frac{12.85 \cdot 1000}{5} = 0,614 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,614 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.016 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 10(FCU χώρου ΧΓ.4)

$$\Psi.\Phi.FCUC = 10.9 \text{ KW}$$

$$G = \frac{10.9 \cdot 1000}{5} = 0,521 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,521 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.013 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 11(FCU χώρου ΧΓ.5)

$$\Psi.\Phi.FCUC = 12 \text{ KW}$$

$$G = \frac{12 \cdot 1000}{5} = 0,573 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,573 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.015 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 12(FCU χώρου ΧΓ.6)

$$\Psi.\Phi.FCUC = 16.7 \text{ KW}$$

$$G = \frac{16.7 \cdot 1000}{5} = 0,798 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,798 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.02 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 13(KKM Γ Ορόφου)

$$\Psi.\Phi.KKM = 6.2 \text{ KW}$$

$$G = \frac{6.2 \cdot 1000}{5} = 0,296 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,296 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.008 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 14(FCU Ισογείου XI.1)

$$\Psi.\Phi.FCU = 36.6 \text{ KW}$$

$$G = \frac{36.6 \cdot 1000}{5} = 1,748 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{1,748 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.045 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 15(FCU Ισογείου XI.2)

$$\Psi.\Phi.FCU = 6.6 \text{ KW}$$

$$G = \frac{6.6 \cdot 1000}{5} = 0,315 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,315 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.008 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 16(FCU Ισογείου XI.3 + XI.5 + XI.6 + XI.7 + XI.8)

$$\Psi.\Phi.FCU = 9.3 \text{ KW}$$

$$G = \frac{9.3 \cdot 1000}{5} = 0,444 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{0,444 \cdot 18.23}{1020 \cdot 0.7} = 0.011 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 17(Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας)

$$\Psi.\Phi.\text{Αντλίας} = 127.63 \text{ KW}$$

$$G = \frac{127.63 \cdot 1000}{5} = 6,10 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{6,10 \cdot 75.99}{1020 \cdot 0.7} = 0.649 \text{ KW}$$

Κυκλοφορητής 18(Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας)

$$\Psi.\Phi.\Gamma\text{Α}\Theta = 127.63 \text{ KW}$$

$$G = \frac{127.63 \cdot 1000}{5} = 6,10 \text{ l/s}$$

$$\text{Ισχύς Κυκλοφορητή} = \frac{6,10 \cdot 75.99}{1020 \cdot 0.7} = 0.649 \text{ KW}$$

### Κεντρικά συστήματα κλιματισμού

1) Αερόψυκτη αντλία θερμότητας για την κάλυψη ποσοστού 50% του συνολικού ψυκτικού και θερμικού φορτίου:

$$\text{Ψυκτικό Φορτίο ΑΑ}\Theta = 127.63 \text{ KW}$$

$$\text{Ψυκτική Ισχύς ΑΑ}\Theta = \frac{127.63}{3} = 42.54 \text{ KW}$$

$$\text{Θερμικό Φορτίο ΑΑ}\Theta = 66.98 \text{ KW}$$

$$\text{Θερμική Ισχύς ΑΑ}\Theta = \frac{66.98}{3} = 22.33 \text{ KW}$$

2) Γεωθερμική αντλία θερμότητας για την κάλυψη ποσοστού 50% του συνολικού θερμικού και ψυκτικού φορτίου:

$$\text{Ψυκτικό Φορτίο ΓΑΘ} = 127.63 \text{ KW}$$

$$\text{Ψυκτική Ισχύς ΓΑΘ} = \frac{127.63}{4.5} = 28.36 \text{ KW}$$

$$\text{Θερμικό Φορτίο ΓΑΘ} = 66.98 \text{ KW}$$

$$\text{Θερμική Ισχύς ΓΑΘ} = \frac{66.98}{4.9} = 13.67 \text{ KW}$$



# Κεφάλαιο 6

## Διαχείριση ενέργειας - αυτοματισμοί

### 6.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

Ένα σύστημα ελέγχου αποτελείται από ένα πλήθος διατάξεων και μηχανισμών που έχουν ως στόχο την επίτευξη μιας επιθυμητής λειτουργίας, που στην προκειμένη περίπτωση είναι ο έλεγχος των φορτίων και των συστημάτων μέσω αυτοματισμών σε μία ηλεκτρική εγκατάσταση. Ένα τέτοιο παράδειγμα διάταξης ελέγχου είναι ο επιλογέας της θερμοκρασίας του θερμοσίφωνα σε μία οικία με τη βοήθεια των ελεγκτών και των κατάλληλων συγκριτών. Για να λειτουργήσει στην πράξη ένας συγκριτής πρέπει να υπάρξουν διαταραχές στη φύση οι οποίες δρουν πάνω στο οποιοδήποτε τμήμα του ελεγχόμενου συστήματος και το αποσταθεροποιούν. Κάθε σύστημα αυτομάτου ελέγχου είναι ένα κλειστό κύκλωμα και αν είναι πολύ μεγάλο μπορεί να χωριστεί σε μικρότερα τμήματα(βαθμίδες) με βάση τη χρονική του συμπεριφορά. Οι διεθνείς προδιαγραφές για κάθε σύστημα αυτόματου ελέγχου βρίσκονται στους κανονισμούς του προτύπου **DIN 19225** και έχουν ως σκοπό τον καθορισμό συγκεκριμένων σημείων και περιοχών σημάτων ελέγχου καθώς και την εξουδετέρωση της επίδρασης των διαταραχών στο κλειστό σύστημα. Στους αυτοματισμούς γενικά μπορούμε να διακρίνουμε τρία βασικά τμήματα: Τους αισθητήρες, τους ελεγκτές και τους ενεργοποιητές.

Οι αισθητήρες είναι τα όργανα που μετρούν το υπό έλεγχο μέγεθος, όπως είναι η θερμοκρασία ενός χώρου και παράγουν μέσα από αυτό μια μετρήσιμη έξοδο.

Ο ελεγκτής είναι η συσκευή που δέχεται τα σήματα από τους αισθητήρες και ύστερα από την σύγκριση τους με τα επιθυμητά μεγέθη, δίνει την αντίστοιχη εντολή για την διόρθωση τους.

Οι ενεργοποιητές είναι οι συσκευές που δέχονται σε επόμενη φάση τα σήματα από τον ελεγκτή και ανάλογα με τη διαδικασία του κάθε συστήματος εκτελούν τις εντολές ελέγχου.

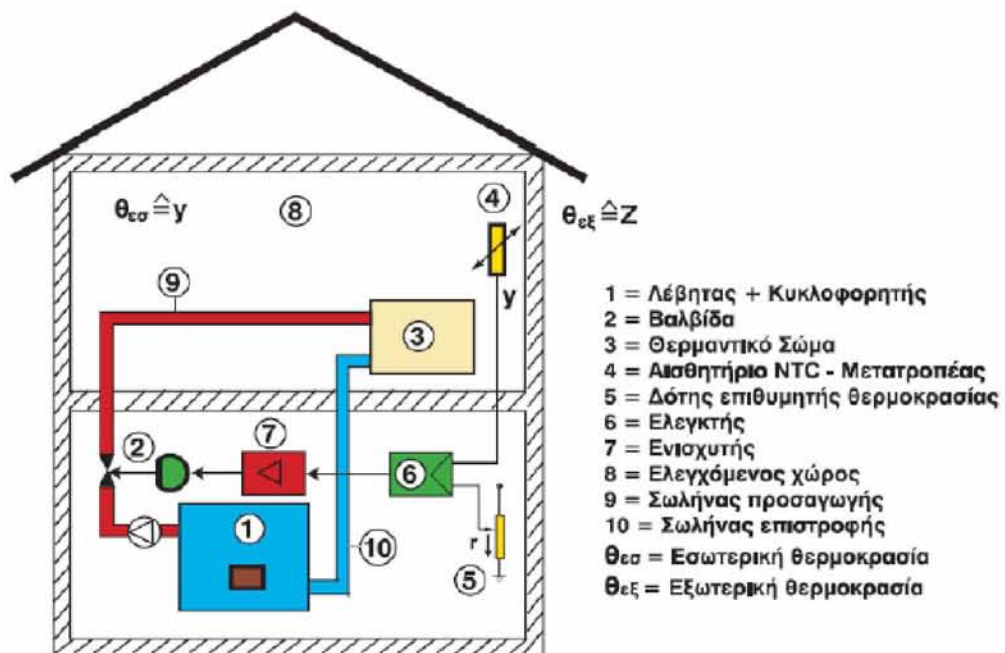
Ένα τέτοιο παράδειγμα συστήματος είναι οι θερμοστάτες των διαμερισμάτων που διαθέτουν εσωτερικά σύστημα αυτονομίας στη θέρμανση και σε πολλές περιπτώσεις ο αισθητήρας και ο ελεγκτής είναι ενσωματωμένοι μέσα σε αυτούς.

Τα συστήματα αυτόματα ελέγχου χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: Στα συστήματα ελέγχου ανοιχτού βρόγχου και στα συστήματα ελέγχου κλειστού βρόγχου. Η διαφορά των δύο κατηγοριών έγκειται στο αν υπάρχει ανάδραση ή όχι στο σύστημα με βάση το κατά πόσο είναι συγκρίσιμη η είσοδος με την έξοδο του συστήματος και αν οι διαταραχές στο σύστημα είναι συχνές ή απρόβλεπτες.

Τα συστήματα κλειστού βρόγχου χρησιμοποιούνται σήμερα σε συστήματα υψηλών απαιτήσεων λειτουργίας και αλληλεπιδράσεων όπου εκεί είναι πλέον απαραίτητη η ανάδραση του συστήματος για να υπάρχει συχνή παρακολούθηση των μεταβολών της πραγματικής τιμής εξόδου του συστήματος. Αντίθετα τα συστήματα ανοιχτού βρόγχου εφαρμόζονται σε περιπτώσεις αμελητέων διαταραχών που επιδρούν στη λειτουργία του συστήματος ή διαταραχών ενός μόνο τύπου που είναι γνωστή η πορεία και η εξέλιξη του (όπως είναι η αυξομείωση της τάσης του δικτύου). Ένα παράδειγμα συστήματος κλειστού βρόγχου είναι ο θερμοσίφωνας στον οποίον η είσοδος του συστήματος είναι η επιθυμητή θερμοκρασία νερού και η έξοδος του συστήματος η πραγματική θερμοκρασία του νερού.

Το κύριο όργανο ρύθμισης μεγεθών μέσω μετρήσεων που γίνονται ώστε η λειτουργία τους να κυμαίνεται εντός απαιτούμενων ορίων είναι ο ελεγκτής. Συνήθως είναι ένα ηλεκτρονικό εξάρτημα που δέχεται ένα σήμα στην είσοδο του, το συγκρίνει με ένα άλλο σήμα και με βάση το αποτέλεσμα της σύγκρισης είτε το διορθώνει είτε το ενισχύει είτε το αφήνει ανέπαφο. Σε ένα κλιματιζόμενο χώρο ο ελεγκτής δίνει εντολή στον ενεργοποιητή που είναι ένας σερβοκινητήρας να κινήσει μια βάννα νερού (η οποία υπάρχει στις αυτονομίες κυκλοφορητών) ώστε να ρυθμιστεί η παροχή νερού που εισέρχεται στο στοιχείο εναλλαγής θερμότητας και να αλλάξει η θερμοκρασία του ρεύματος του αέρα.

Στην επόμενη εικόνα παρουσιάζονται αναλυτικά τα σημεία αυτόματου ελέγχου θερμοκρασίας σε μία οικία με τον κυκλοφορητή του λέβητα να είναι υπεύθυνος για τη θέρμανση του κτιρίου.



Στον λέβητα (1) θερμαίνεται το νερό και με τη βοήθεια των σωληνώσεων (9) το ζεστό νερό φθάνει στο θερμαντικό σώμα (3). Οι σωληνώσεις των εγκαταστάσεων θέρμανσης ή κλιματισμού κατασκευάζονται από εύκαμπτο πολύ μαλακό χάλυβα, από χαλκό και από ειδική πλαστική ύλη με αντοχή στη διαπερατότητα του οξυγόνου. Το θερμαντικό σώμα λόγω της μεγάλης επιφάνειας του αποδίδει τη θερμότητα στο χώρο. Στη συνέχεια το νερό με μειωμένη πλέον θερμοκρασία επιστρέφει διά των σωληνώσεων στο λέβητα (10) για να θερμανθεί εκ νέου από την αρχή.

Κάθε αισθητήριο (4) μετράει τη θερμοκρασία ενός χώρου και τη μετατρέπει σε τάση. Η εσωτερική θερμοκρασία ( $y$ ) επηρεάζεται από διάφορες αιτίες - διαταραχές όπως είναι η εξωτερική θερμοκρασία, ο αριθμός των ατόμων μέσα στο χώρο, η ηλεκτρική κουζίνα και τα ανοιχτά παράθυρα. Ο ελεγκτής (6) ανοίγει περισσότερο τη βαλβίδα όταν η επιθυμητή τιμή είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του χώρου και έτσι αυξάνεται η ποσότητα του ζεστού νερού που ρέει προς το θερμαντικό σώμα. Αντίθετα στην περίπτωση που η θερμοκρασία του χώρου είναι μεγαλύτερη από την επιθυμητή τιμή ο ελεγκτής κλείνει την αναλογική βαλβίδα.

Η κύρια κατηγορία ελεγκτών που χρησιμοποιείται στις μέρες μας στις αρχές αυτόματου ελέγχου είναι ο ελεγκτής PI. Είναι ο πλέον διαδεδομένος τύπος ελεγκτή που χρησιμοποιείται ευρύτατα σε εφαρμογές κλιματισμού γιατί συνδυάζει όλες τις ιδιότητες και τα πλεονεκτήματα των αναλογικών και των ολοκληρωτικών ελεγκτών, δηλαδή την άμεση απόκριση του αναλογικού όρου καθώς και τη διόρθωση του σφάλματος του ολοκληρωτικού όρου. Πρώτα επιδρά ο αναλογικός όρος που διορθώνει μέχρι ενός ορίου το σφάλμα ( $e$ ) και κατόπιν αναλαμβάνει ο ολοκληρωτικός όρος που μηδενίζει το σφάλμα. Όλα τα μεγέθη του κλιματισμού, η υγρασία, η θερμοκρασία και η πίεση ελέγχονται και διορθώνονται με ελεγκτές PI.

## 6.2 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ

Τα συστήματα παραγωγής θερμότητας σε μία εγκατάσταση θέρμανσης με χρήση καλοριφέρ περιλαμβάνουν τα εξής τμήματα παραγωγής θερμότητας και εξαγωγής καυσαερίων:

1. Ο λέβητας που ως ένας εναλλάκτης θερμότητας βοηθάει στη μεταβίβαση της θερμότητας που αναπτύσσεται από τη καύση του πετρελαίου στο νερό. Τα κύρια μέρη του λέβητα είναι ο φλογοθάλαμος, οι αυλοί και τα στόμια προσαγωγής του καπνοδόχου. Ανάλογα με το καύσιμο που χρησιμοποιείται χωρίζονται σε λέβητες αερίου, λέβητες υγρού καυσίμου και οι λέβητες στερεού καυσίμου.

2. Ο καυστήρας είναι η απαραίτητη συσκευή αυτόματης λειτουργίας που χρησιμοποιείται για να δημιουργεί στο θάλαμο καύσης του λέβητα το διασκορπισμό του πετρελαίου και λειτουργεί με τη βοήθεια του ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος μέσω της ηλεκτρικής βαλβίδας που διαθέτει ελέγχει τη παροχή καυσίμου στο λέβητα και αν η πίεση πέσει κάτω από μία τιμή την διακόπτει.

3. Η καπνοδόχος είναι η διάταξη που εξασφαλίζει την ομαλή εξαγωγή των καυσαερίων στο περιβάλλοντα χώρο και η οποία πρέπει να είναι θερμικά μονωμένη έτσι ώστε στην επιφάνεια της βάσης να αναπτύσσεται μια συγκεκριμένη θερμοκρασία. Σε κάθε καπνοδόχο υπάρχει άνοιγμα για το καθαρισμό της βάσης της.

Άλλα σημαντικά συστήματα ελέγχου της θέρμανσης είναι το διάφραγμα αέρα που μειώνει τις απώλειες του λέβητα και χρησιμοποιείται όταν ο καυστήρας δεν δουλεύει, το σύστημα αυτόματης ανάφλεξης του καυσίμου κατά την έναυση του μίγματος πετρελαίου - αέρα, η μετωπή που έχει ενσωματωμένο πίνακα οργάνων στο λέβητα πετρελαίου για τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης, οι ρυθμιστικές βαλβίδες που έχουν ως σκοπό να καθορίζουν την ακριβή ποσότητα του νερού που θα εισέλθει στα θερμαντικά σώματα και οι βαλβίδες απομόνωσης που είναι τοποθετημένες στον κυκλοφορητή και έχουν ως στόχο την απομόνωση του δικτύου θέρμανσης σε περίπτωση εμφάνισης βλάβης. Εξίσου σημαντικό εξάρτημα που βοηθάει στην διαχείριση της ενέργειας στις εγκαταστάσεις θέρμανσης είναι ο διακόπτης του θερμαντικού σώματος. Σκοπός της χρήσης του είναι ο έλεγχος της ποσότητας νερού που εισέρχεται στο σώμα(η οποία πρέπει να είναι το μισό της ποσότητας νερού που υπάρχει στην εισαγωγή του θερμαντικού σώματος) και η βεβαιωμένη κυκλοφορία του νερού μέσα σε αυτό.

Το σύστημα ασφαλείας και αυτοματισμών σε μία εγκατάσταση περιλαμβάνει:

1. Την βαλβίδα ασφαλείας που προστατεύει την εγκατάσταση θέρμανσης από το ενδεχόμενο της μη υπέρβασης της μεγάλης πίεσης που αναπτύσσεται κατά τη λειτουργία του συστήματος και τοποθετείται στο υψηλότερο σημείο του λέβητα ή στην προσαγωγή του ζεστού νερού προς τα θερμαντικά σώματα.

2. Τον υδροστάτη καυστήρα που ελέγχει τη θερμοκρασία του ζεστού νερού του λέβητα και όταν αυτή υπερβεί τα προκαθορισμένα όρια, διακόπτει τη λειτουργία του ηλεκτρικού κυκλώματος τροφοδοσίας του καυστήρα.

3. Τον θερμοστάτη του κυκλοφορητή που ελέγχει τη θερμοκρασία του ζεστού νερού του κυκλοφορητή και όταν κατέλθει κάτω από τα προκαθορισμένα όρια τότε διακόπτει τη λειτουργία του ηλεκτρικού κυκλώματος. Τοποθετείται στο πιο ψυχρό σημείο της εγκατάστασης για τον ακριβή έλεγχο της θερμοκρασίας.

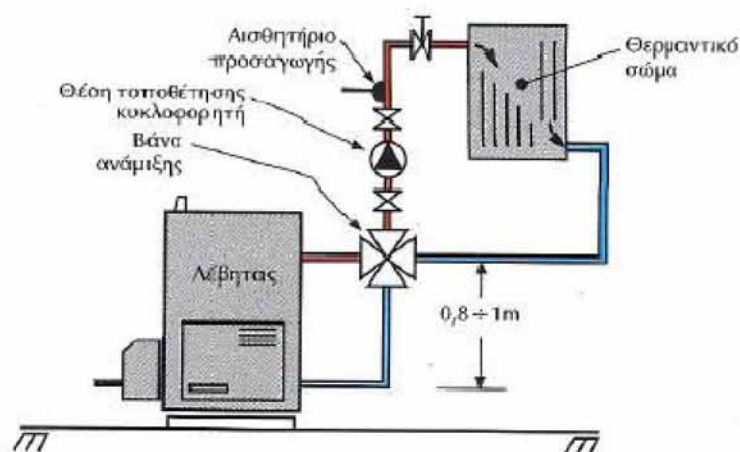
4. Το δοχείο διαστολής και ο αυτόματος πλήρωσης που προστατεύουν την εγκατάσταση από το ενδεχόμενο επικίνδυνης υπερπίεσης που δημιουργείται όταν το νερό θερμανθεί και αυξηθεί ο όγκος του. Η ρύθμιση του αυτόματου πίεσης γίνεται για πίεση μεγαλύτερη από την στατική πίεση της εγκατάστασης θέρμανσης. Τέλος, επειδή ο αυτόματος πλήρωσης περιλαμβάνει μία ενσωματωμένη βαλβίδα αντεπιστροφής παρεμποδίζει την επιστροφή του νερού της εγκατάστασης προς το δίκτυο πόλης για την περίπτωση όπου η πίεση του νερού πόλης γίνει μικρότερη από την πίεση του νερού της εγκατάστασης θέρμανσης.



Το λεβητοστάσιο είναι ο χώρος στον οποίο τοποθετούνται ο λέβητας αερίου, ο καυστήρας, ο κυκλοφορητής και άλλα όργανα για τη σωστή και ασφαλή λειτουργία της εγκατάστασης. Η θέση του λεβητοστασίου προσδιορίζεται άμεσα σε συνάρτηση με τη θέση που έχει η καπνοδόχος, με τη δυνατότητα προσαγωγής καυσίμων, με τη δυνατότητα αερισμού του χώρου και την κατάλληλη διάταξη των απαιτούμενων σωληνώσεων για την προστασία του κτιρίου. Το μέγεθος που έχει ένα λεβητοστάσιο εξαρτάται από τη θερμική ισχύ και τις διαστάσεις του λέβητα δεδομένου ότι πρέπει να υπάρχει ελεύθερος χώρος γύρω από αυτόν για να εξασφαλίζεται ο εύκολος καθαρισμός και η συντήρησή τους. Μέσα στο λεβητοστάσιο εκτός από ηλεκτρικούς λαμπτήρες φωτισμού και ρευματοδότες υπάρχει ο κεντρικός δέκτης(πίνακας) εντολών που τοποθετείται μέσα σε ένα μεταλλικό κουτί και δέχεται εντολές από τις ηλεκτροβάνες για να ρυθμίζει την λειτουργία του καυστήρα ανάλογα τις ώρες της ημέρας.

Η τελευταία κατηγορία συστημάτων θέρμανσης για τη διαχείριση ενέργειας είναι τα συστήματα αντιστάθμισης τα οποία παρέχουν τη δυνατότητα της αυτόματης ρύθμισης της λειτουργίας της εγκατάστασης με βάση τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν. Ο εξοπλισμός περιλαμβάνει τα παρακάτω εξαρτήματα:

1. Το αισθητήριο εξωτερικής θερμοκρασίας το οποίο αντιλαμβάνεται τις καιρικές συνθήκες.
2. Την ηλεκτρονική συσκευή ρύθμισης θερμοκρασίας η οποία δέχεται την κάθε μεταβολή της εξωτερικής θερμοκρασίας και προσδιορίζει την αναγκαία θερμότητα που πρέπει να έχει το νερό της εγκατάστασης για να διατηρείται σταθερή στο επιθυμητό όριο.
3. Το αισθητήριο θερμοκρασίας του νερού προσαγωγής το οποίο ελέγχει τη θερμοκρασία του νερού προσαγωγής προς τα θερμαντικά σώματα.
4. Τον επιλογέα θερμοκρασίας ο οποίος επιτρέπει την αυξομείωση της θερμοκρασίας χώρου μιας εγκατάστασης ανάλογα τη περίσταση.
5. Τη βάννα ανάμιξης με τη βοήθεια της οποίας γίνεται η ανάμιξη του πολύ θερμού νερού που αναχωρεί από το λέβητα με το νερό της χαμηλότερης θερμοκρασίας που επιστρέφει από τα θερμαντικά σώματα. Η επόμενη εικόνα παρουσιάζει την σχηματική τοποθέτηση της βάννας ανάμιξης στο χώρο του λεβητοστασίου.



Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι το σύστημα θέρμανσης με αντιστάθμιση παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι στους εσωτερικούς χώρους προσάγεται πάντα μόνο η απαιτούμενη θερμότητα με άμεσο αποτέλεσμα την οικονομία στη λειτουργία της εγκατάστασης

## 6.3 ΕΛΕΓΧΟΣ FCU - ΚΚΜ

Ο πλέον γνωστός αυτοματισμός είναι αυτός των τοπικών μονάδων κλιματισμού νερού οι οποίες είναι γνωστές με το όνομα Fan Coil Units. Η κατασκευή της τοπικής μονάδας νερού(FCU) αποτελείται από το ίδιο το στοιχείο - μονάδα, τον ανεμιστήρα και ένα φίλτρο αέρα. Ο αυτοματισμός ενός κλασικού FCU περιλαμβάνει ένα θερμοστάτη και ένα διακόπτη θέρους - χειμώνα.

Ο θερμοστάτης γεφυρώνει τη μία ή την άλλη επαφή ανάλογα με το αν η θερμοκρασία είναι πάνω από το σημείο ελέγχου της θερμοκρασίας ή κάτω από αυτό. Ο διακόπτης θέρους - χειμώνα χρειάζεται προκειμένου να αντιλαμβάνεται το σύστημα ελέγχου αν πόσο θα πρέπει να εκκινήσει ο ανεμιστήρας όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από τη ρύθμιση(λειτουργία καλοκαιριού) ή όταν ανέβει πάνω από αυτήν(διάρκεια χειμώνα). Ο έλεγχος της θερμοκρασίας μπορεί να επιτευχθεί ρυθμίζοντας χειροκίνητα στην επιθυμητή τιμή την ταχύτητα λειτουργίας του ηλεκτροκινητήρα ανεμιστήρα ώστε να φτάσει η θερμοκρασία στα επίπεδα που θέλουμε. Είναι δυνατόν να έχουμε διακόπτη αυτόματος εναλλαγής χειμώνα - καλοκαιριού μέσω ενός θερμοστάτη επαφής που θα αντιλαμβάνεται αν το νερό στους σωλήνες είναι ζεστό ή κρύο.

Εκτός από τα παραπάνω βασικά όργανα αυτοματισμού μπορούμε να συναντήσουμε και άλλα όργανα μέσα σε μία FCU, όπως είναι η τρίοδη ή η διοδη βάννα που άλλες φορές κλείνουν και άλλες φορές ανοίγουν ανάλογα με το κατά πόσο υπάρχει ανάγκη παροχής νερού για ψύξη ή θέρμανση. Μπορεί να είναι απλές ON - OFF ή αναλογικής ή προοδευτικής λειτουργίας και συνήθως παίρνουν την εντολή από τον θερμοστάτη της FCU ή από έναν ανεξάρτητο θερμοστάτη χώρου. Στην αναλογική λειτουργία πρέπει και ο θερμοστάτης να είναι αναλογικής λειτουργίας και το πιθανότερο είναι να μην βρίσκεται ενσωματωμένος μέσα στην μονάδα FCU.

Στα μοντέρνα συστήματα ελέγχου των συνθηκών μέσα στο χώρο συναντάμε πιο εξελιγμένα συστήματα ελέγχου της θερμοκρασίας χώρου που βασίζονται σε ηλεκτρονικές συσκευές κεντρικού ελέγχου. Επίσης συναντάμε συχνά και δίκτυα με FCU που έχουν ξεχωριστά θερμαντικά και ψυκτικά στοιχεία τα οποία τροφοδοτούνται από ανεξάρτητα δίκτυα σωληνώσεων ζεστού και κρύου νερού. Τα δίκτυα αυτά ονομάζονται τετρασωλήνια και εξασφαλίζουν τις ιδανικές συνθήκες σε όλες τις εποχές του χρόνου με το μικρότερο δυνατό κόστος. Το τετρασωλήνιο σύστημα δεν χρειάζεται διακόπτη θέρους - χειμώνα επειδή πάντοτε διαθέτει παροχή ζεστού και κρύου νερού ώστε να λειτουργεί το στοιχείο(θερμαντικό ή ψυκτικό) που πρέπει κάθε φορά και ποτέ συγχρόνως και τα δύο μαζί.

Σε ένα σύστημα κλιματισμού με δίκτυο αεραγωγών, η κεντρική κλιματιστική μονάδα(KKM) είναι το κυριότερο μηχανήμα που μας εξασφαλίζει τις επιθυμητές συνθήκες στο χώρο και συνήθως αποτελεί ένα ανεξάρτητο συγκρότημα. Η μονάδα αυτή τροφοδοτείται με κρύο νερό από το κεντρικό συγκρότημα ψύξης και με ζεστό νερό από το λέβητα. Διαθέτει εναλλάκτες θερμότητας ή αέρα που βοηθούν στην εξοικονόμηση ενέργειας και τοποθετείται κοντά στη μονάδα παραγωγής του ψυχρού νερού, δηλαδή είτε στην οροφή είτε στο υπόγειο ενός κτιρίου. Η ΚΚΜ απορρίπτει αέρα στο περιβάλλον μέσω ανοιγμάτων ή χαραμάδων ώστε να μπορεί να εισάγει νωπό αέρα μέσα στη μονάδα για να κλιματίζεται σωστά ο χώρος. Ο αέρας μέσα στη μονάδα μπορεί να θερμαίνεται στο θερμαντικό στοιχείο και να ψύχεται στο ψυκτικό στοιχείο. Μέσω της ψύξης στο ψυκτικό στοιχείο επιτυγχάνεται και η αφύγρανση. Αντίθετα η ύγρανση στην ΚΚΜ μπορεί να επιτυγχάνεται μόνο μέσω του υγραντήρα. Η ΚΚΜ μπορεί να διαθέτει δύο ανεξάρτητα στοιχεία για ψύξη και για θέρμανση(αναθέρμανση) και είναι εφοδιασμένη και με σύστημα ύγρανσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι η αναθέρμανση το καλοκαίρι μπορεί να επιτευχθεί και μέσω ηλεκτρικών αντιστάσεων.

Από την ανάπτυξη που έγινε στην προηγούμενη παράγραφο γίνεται αντιληπτό ότι σε μία ΚΚΜ υπάρχουν πολλά σημεία που πρέπει να ελέγχονται και να ρυθμίζονται. Τα σημεία δεν υπάρχουν όλα σε κάθε εγκατάσταση αλλά θα πρέπει να σταθμίζονται ανάλογα τη περίπτωση. Ο μόνος απαραίτητος έλεγχος είναι της θερμοκρασίας του κάθε χώρου. Τα κυριότερα σημεία που χρειάζεται να γίνει έλεγχος από το σύστημα αυτοματισμού σε μία ΚΚΜ είναι:

1. Στο θερμαντικό ή ψυκτικό στοιχείο νερού.
2. Στο σύστημα ύγρανσης.
3. Στον εναλλάκτη ανάκτησης ενέργειας.
4. Στους ανεμιστήρες απαγωγής ή προσαγωγής αέρα.
5. Στα φίλτρα καθαρότητας αέρα.

Στα μοντέρνα συστήματα ο έλεγχος γίνεται κεντρικά και τα περισσότερα σημεία ελέγχονται μέσω κατάλληλων προγραμματιστικών συσκευών διαμορφωμένου ελέγχου που είναι οι ελεγκτές. Απαιτείται συντονισμένη λειτουργία όλων των υποσυστημάτων αυτοματισμού σε μία ΚΚΜ που θα στέλνουν σήματα από τα αισθητήρια θερμοκρασίας(T), υγρασίας(H) και ποιότητας αέρα(AQ) στην κεντρική συσκευή αυτοματισμού η οποία θα δίνει εντολές στα βασικά υποσυστήματα της που είναι:

1. Οι ελεγκτές και τα αισθητήρια.
2. Οι τρίοδες βάνες αναλογικής λειτουργίας.
3. Οι σερβοκινητήρες και οι ρυθμιστές στροφών για τους ανεμιστήρες.
4. Οι διακοπτικοί αισθητήρες

Το πρόβλημα των αναγκών της σωστής κατανομής αέρα σε κάθε χώρο είναι μεταβαλλόμενο για αυτό η επιτυχία μιας εγκατάστασης εξαρτάται από τη δημιουργία συνθηκών άνεσης στο χώρο μέσω του σωστού ελέγχου του δικτύου αεραγωγών .

## 6.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ BMS

Τα συστήματα ελέγχου εμφανίστηκαν τη δεκαετία του 1980 στη προσπάθεια ελέγχου της ενεργειακής κατανάλωσης των εγκαταστάσεων κτιρίου. Με βάση το πρότυπο του ΕΛΟΤ - DIN 15232:2007 δημιουργείται μία κατηγοριοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων ανάλογα με την ύπαρξη και την ποιότητα των συστημάτων αυτοματισμού και ελέγχου. Συγκεκριμένα, υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες, από την Α που έχει υψηλότερη ενεργειακή απόδοση έως την D που αντιστοιχεί σε μη αποδοτικό ενεργειακό σύστημα αυτοματισμού. Ακολουθείται πιστά στην Ελλάδα ο Ελληνικός ενεργειακός κανονισμός και ως κατηγορία αναφοράς για οποιοδήποτε νεόδμητο κτίριο θεωρείται η κατηγορία C.

Ως συστήματα ενεργειακής διαχείρισης ορίζονται τα συστήματα ελέγχου και αυτοματισμού (BACS) που επιτηρούν και ελέγχουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης και ποιότητας αέρα αλλά και την πιθανή σκίαση φωτισμού που δημιουργείται εσωτερικά του κτιρίου δίνοντας βαρύτητα στην όσο το κατά το δυνατόν ορθολογική χρήση της ενέργειας. Ένα σύστημα διαχείρισης ελέγχει απαραίτητα τα παρακάτω εξής πράγματα σε μία εγκατάσταση:

1. Τις θερμοκρασίες διανομής και παραγωγής του νερού για τη θέρμανση χώρων με την έννοια των θερμικών ζωνών ενός κτιρίου.
2. Τη θερμοκρασία, την σχετική υγρασία, την πίεση και την παροχή αέρα για τον κλιματισμό και τον αερισμό κάθε χώρου.
3. Τη λειτουργία του συστήματος τεχνητού φωτισμού.
4. Τη λειτουργία των διατάξεων σκίασης και ηλιοπροστασίας.

Η λειτουργία ενός συστήματος BMS αποτελείται από τέσσερα στάδια: Την ανίχνευσή και τη μέτρηση, τον έλεγχο, την επιβλέψη και την(πιθανή) συμμετοχή του χρήστη. Στο πρώτο στάδιο, ανιχνεύονται ή μετρώνται με τη βοήθεια αισθητήρων(ψηφιακών ή αναλογικών) όλοι οι παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος. Στο δεύτερο στάδιο, ανάλογα με αυτές τις τιμές των παραμέτρων και την στρατηγική ελέγχου που έχει εισαχθεί στο προγραμματισμό γίνονται οι κατάλληλες διορθωτικές και ρυθμιστικές ενέργειες. Στο στάδιο της επίβλεψης γίνεται η καταγραφή των εφαρμοζόμενων στρατηγικών ελέγχου βάση των αποδοσεών τους ώστε να είναι εφικτή η αξιολόγηση και η βελτιστοποίηση τους. Τέλος, στο στάδιο της συμμετοχής του χρήστη υπάρχει η δυνατότητα παρέμβασης στη στρατηγική ελέγχου ώστε να λαμβάνονται οι ανάλογες αποφάσεις για τη διαφοροποίηση, τη συντήρηση και την αναβάθμιση της λειτουργίας του συστήματος.

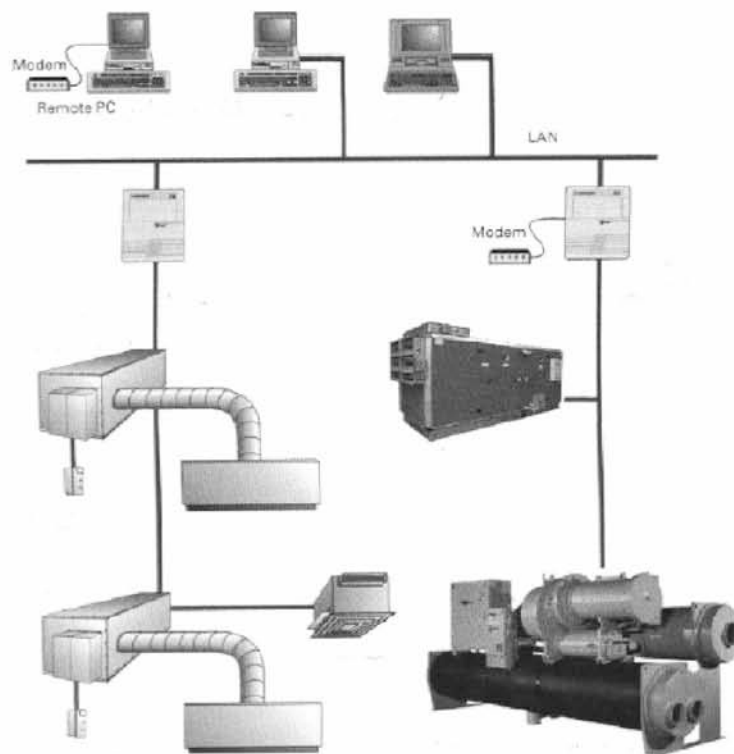
Οι τομείς στους οποίους οι αυτοματισμοί βελτιώνουν την ενεργειακή αποδοτικότητα είναι:

1. Ο κλιματισμός και ο αερισμός για τη θέρμανση και τη ψύξη
2. Ο φωτισμός
3. Η διανομή και η διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας



#### 4. Η τεχνική διαχείριση κτιρίου

Η παρακάτω εικόνα παρουσιάζει το κεντρικό σύστημα ελέγχου και ρύθμισης της κλιματιστικής εγκατάστασης:



Ένα σύστημα BMS σήμερα δύναται να ελέγχει τα ακόλουθα:

1. Κλιματισμός: Περιλαμβάνει τη διόρθωση βλαβών στις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες, την επιτήρηση φίλτρων, τη μέτρηση της υγρασίας επιστροφής, τον έλεγχο του ανεμιστήρα προσαγωγής και επιστροφής και τέλος τη ρύθμιση των βαλβίδων και της ηλεκτρομαγνητικής βάνας ύγρανσης.
2. Ανεμιστήρες: Έλεγχος της λειτουργίας των ανεμιστήρων, των λυχνιών ένδειξης βλαβών και σημάτων επιβεβαίωσης σωστής λειτουργίας.
3. Λέβητες: Έλεγχος σωστής λειτουργίας και διόρθωσης βλαβών σε κάθε είδος λέβητα, στάθμης δεξαμενής καυσίμου και μέτρησης θερμοκρασίας στην προσαγωγή και την επιστροφή των λεβητών και των συλλεκτών επιστροφής που υπάρχουν για τη ρύθμιση της πίεσης καυσίμου.
4. Ψύκτης: Έλεγχος λειτουργίας του ψύκτη, επιτήρηση βλαβών και μέτρηση θερμοκρασίας στην απαγωγή και την επιστροφή του ψύκτη.
5. Αντλίες: Έλεγχος λειτουργίας αντλιών, επιτήρηση και διόρθωση πιθανών βλαβών.
6. boiler: Έλεγχος λειτουργίας του boiler, μέτρηση θερμοκρασίας και ρύθμιση βαλβίδας ανακυκλοφορίας.
7. Εναλλάκτες: Έλεγχος και επιτήρηση βλαβών. Μέτρηση θερμοκρασίας προσαγωγής και επιστροφής.
8. Γενικός πίνακας χαμηλής τάσης: Μέτρηση και επίβλεψη τιμών των ηλεκτρικών μεγεθών όπως είναι η τάση, η ένταση, η ισχύς και το συνημίτονο ισχύος.
9. Πισίνα (αν υπάρχει): Μέτρηση θερμοκρασίας πισίνας νερού και ποσότητας χλωρίου Ph.

## 6.5 ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

Τα σημαντικότερα περιφερειακά όργανα ελέγχου είναι τα εξής:

1. Αισθητήριο θερμοκρασίας αεραγωγού: Το αισθητήριο διαθέτει όλα τα εξαρτήματα που είναι απαραίτητα για τοποθέτηση στον αεραγωγό. Τα ηλεκτρονικά στοιχεία και οι ακροδέκτες βρίσκονται πάντα σε κιβώτιο και το στέλεχος των αισθητήριων είναι μία θερμοαντίσταση που έχει εύρος θερμοκρασίας από -50 έως 150 οC.

2. Αισθητήριο θερμοκρασίας εμβάπτισης: Τα ηλεκτρονικά στοιχεία και οι ακροδέκτες είναι σε κιβώτια με το στέλεχος του αισθητηρίου να είναι και πάλι μια θερμοαντίσταση με εύρος -10 έως 125 οC. Το αισθητήριο διαθέτει την κατάλληλη θήκη για την εμβάπτιση σε σωλήνα.

3. Διακόπτης διαφορικής πίεσης αέρα: Είναι το πλέον κατάλληλο όργανο για τοποθέτηση σε δίκτυο αεραγωγών χαμηλής πίεσης και για συνεργασία με σύστημα κεντρικού ελέγχου. Επιπλέον, είναι κατάλληλο για την επιτήρηση φίλτρων, ανεμιστήρων, ροής αέρα και υπερπίεσης ειδικών χώρων. Το αισθητήριο συνοδεύεται από όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα για τοποθέτηση στον αεραγωγό.

4. Αισθητήριο πίεσης υγρών: Για τη μέτρηση της πίεσης των υγρών θα χρησιμοποιηθούν τα ανάλογα αισθητήρια πιέσεως τα οποία είναι κατάλληλα να τοποθετηθούν σε σωλήνες. Η δε ακρίβεια τους είναι της τάξης του 0.5% της κλίμακας.

5. Αισθητήριο ποιότητας αέρα αεραγωγού: Διαθέτονται όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα που χρειάζονται για την τοποθέτηση σε αεραγωγό, ενώ τα ηλεκτρονικά στοιχεία και οι ακροδέκτες θα βρίσκονται σε κιβώτιο.

6. Αισθητήριο θερμοκρασίας - υγρασίας αεραγωγού: Το αισθητήριο θα μετράει την καθαρότητα του αέρα και όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα θα βρίσκονται μέσα σε κιβώτιο.

7. Διακόπτης ροής υγρών: Για την επιτήρηση της λειτουργίας των κυκλοφορητών και των αντλιών χρησιμοποιούνται διακόπτες ροής οι οποίοι είναι κατάλληλοι για τοποθέτηση σε σωλήνα. Διαθέτουν γλωσσίδιο το οποίο είναι κατασκευασμένο από κατάλληλο υλικό και έχει την απαραίτητη ευαισθησία για την ανίχνευση ροής στους κυκλοφορητές.

8. Κινητήρες διαφραγμάτων: Οι κινητήρες διαφραγμάτων είναι προοδευτικής λειτουργίας με περιστροφική κίνηση και κατάλληλοι για επιφάνειες έως 3 τ.μ. Μπορούν να συνδεθούν σε σύστημα BMS από το οποίο δέχονται σήμα ελέγχου και ο χρόνος πλήρους περιστροφής τους δεν είναι μεγαλύτερος από 150 sec. Η σύνδεση τους με το σύστημα ελέγχου γίνεται μέσω ενός καλωδίου.

9. Βαλβίδες ελέγχου: Οι βαλβίδες αυτές είναι τύπου έδρας. Το σώμα των βαλβίδων είναι gun metalή από χυτοσίδηρο, ενώ το εσωτερικό τους είναι φτιαγμένο από νικέλιο, χρώμιο και ατσάλι. Οι βαλβίδες διαμέτρου έως 1.5 ίντσες είναι κοχλιωτής σύνδεσης, ενώ οι βαλβίδες από 2 ίντσες και πάνω είναι φλαντζωτής σύνδεσης.

# Κεφάλαιο 7

## e-learning tools

Το κεφάλαιο αυτό είναι αφιερωμένο στην παρουσίαση, ανάλυση και συζήτηση των εργαλείων μάθησης που υπάρχουν στο διαδίκτυο (e-learning tools) και αφορούν τον ευρύτερο χώρο των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Θεωρούμε ότι μία τέτοια παρουσίαση και ανάλυση είναι πολύ σημαντική καθώς τόσο ο σπουδαστής, όσο και ο νέος μηχανικός θα μπορεί να βρει τα εργαλεία αυτά συγκεντρωμένα και θα του είναι πολύ ευκολότερο να εμπλουτίσει τις γνώσεις του, να διευρύνει τους ορίζοντές του αλλά και να εξοικειωθεί με τις νέες τεχνολογίες σε έναν τομέα που αναπτύσσεται ραγδαία και εξελίσσεται διαρκώς.

### 7.1 Electrical Knowhow



#### Electrical Knowhow [5]

Στο Electrical knowhow [5] παρέχονται μαθήματα που καλύπτουν διεξοδικά ολόκληρο το αντικείμενο του ηλεκτρολόγου μηχανικού. Στο τομέα των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων που εξετάζουμε παρέχονται μαθήματα που διαχωρίζονται σε πέντε βαθμίδες, που έχουν ως στόχο να εισάγουν τον σπουδαστή ομαλά στην κατανόηση του θέματος μέχρις ότου να είναι έτοιμος να σχεδιάσει ένα ηλεκτρολογικό σχέδιο, αλλά και να μπορεί να επεξεργαστεί ένα ήδη υπάρχον ηλεκτρολογικό σχέδιο. Υπάρχουν ξεχωριστά μαθήματα για τον τομέα του φωτισμού αλλά και άρθρα που εστιάζουν στον τομέα του κλιματισμού, αντικείμενο ιδιαίτερα σημαντικό στον τομέα των εγκαταστάσεων. Πιο συγκεκριμένα παρέχονται τα εξής μαθήματα:

- **Beginners' Electrical design course**

Το εισαγωγικό αυτό μάθημα έχει ως στόχο οι σπουδαστές να κατανοήσουν τα βασικά στοιχεία ενός ηλεκτρολογικού σχεδίου. Πιο συγκεκριμένα μετά το πέρας του μαθήματος θα μπορούν να αναγνωρίσουν όλους τους τύπους ηλεκτρικών συμβόλων και σχεδίων, τα στάδια σχεδιασμού, τα κτίρια, τους κωδικούς, τις ορολογίες, καθώς και φορτία και κύριους ηλεκτρικούς εξοπλισμούς που είναι απαραίτητοι σε ένα ηλεκτρολογικό σχέδιο.

- **Basic Electrical design course – Level I**

Το δεύτερο επίπεδο του μαθήματος αυτού αποσκοπεί στην προετοιμασία των φοιτητών ώστε να μπορούν να κατανοήσουν τους υπολογισμούς που χρειάζονται για τον υπολογισμό των φορτίων. Παράλληλα έχει ως στόχο να μπορούν να αναπτύξουν την κεντρική ηλεκτρική σχεδιαστική ιδέα.

- **Basic Electrical design course – Level II**

Στο μάθημα αυτό ο στόχος είναι οι φοιτητές που θα το παρακολουθήσουν να είναι σε θέση να εκτελούν όλους τους υπολογισμούς ηλεκτρολογικού σχεδίου. Επιπρόσθετα θα μπορούν να εκτελέσουν και όλους τους υπολογισμούς για το μέγεθος του εξοπλισμού που είναι απαραίτητος και να τους εισάγει σταδιακά στην σχεδίαση ηλεκτρολογικού σχεδίου.

- **Basic Electrical design course – Level III**

Το τέταρτο στάδιο του μαθήματος στοχεύει στην απόκτηση των κατάλληλων γνώσεων για να γίνουν οι υπολογισμοί πτώσης τάσης καθώς και του μεγέθους των αγωγών που είναι απαιτητοί στο σχέδιο.

- **Electrical drawings course**

Στο τελικό στάδιο του μαθήματος οι φοιτητές θα είναι σε θέση να διαβάσουν, να κατανοήσουν αλλά και να ελέγξουν οποιοδήποτε ηλεκτρολογικό σχέδιο κληθούν να αντιμετωπίσουν. Παράλληλα θα μπορούν να σχεδιάσουν όλους τους τύπους των σχεδίων που είναι εναρμονισμένοι με τους διεθνείς κώδικες και κανονισμούς.

Στον τομέα του φωτισμού οι σπουδαστές ξεκινούν από ένα εισαγωγικό μάθημα που τους εισάγει στις βασικές έννοιες του θέματος, παρέχοντας τους γνώση για τα μέσα προστασίας που απαιτούνται. Συνεχίζοντας, μαθαίνουν να κατανοούν τον φωτισμό σε οποιοδήποτε ηλεκτρολογικό σχέδιο, ούτως ώστε να μπορούν να παρέμβουν αλλά και να σχεδιάσουν το φωτιστικό κομμάτι.

Για τον τομέα του κλιματισμού διατίθενται προς το κοινό τρία άρθρα τα οποία αρχικά εισάγουν τις βασικές έννοιες του κλιματισμού, με σκοπό να μπορεί να διαβάσει και να κατανοήσει οποιοδήποτε σχέδιο του παρουσιαστεί. Παράλληλα του παρέχουν την γνώση ώστε να μπορεί να κάνει

ο αναγνώστης τους υπολογισμούς που χρειάζονται για οποιοδήποτε ηλεκτρολογικό σχέδιο κληθεί να υλοποιήσει.

## 7.2 Alison



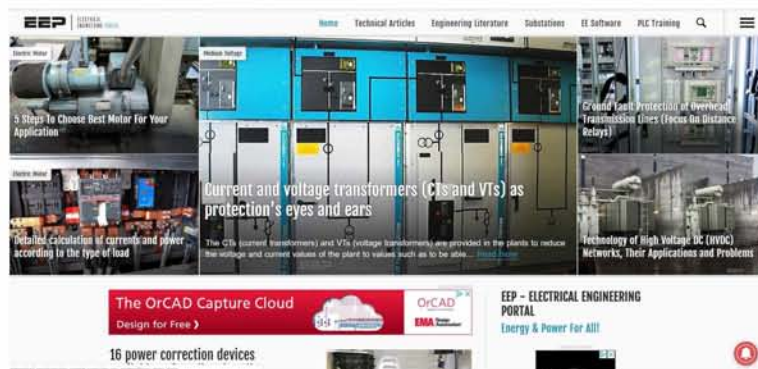
ALISON [3]

Στο Alison [3] μπορεί να βρει κάποιος ενότητες και διαλέξεις σχετικά με τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις που θα τον βοηθήσουν στην κατανόηση αλλά και στην υλοποίηση ενός ηλεκτρολογικού σχεδίου. Πιο συγκεκριμένα θα βρει το εξής μάθημα:

- Basic Electrical Drawings

Το μάθημα αυτό επικεντρώνεται στην κατανόηση ενός ηλεκτρολογικού σχεδίου. Ο σπουδαστής παρακολουθώντας το μάθημα θα εισαχθεί στην ερμηνεία του ηλεκτρολογικού σχεδίου μαθαίνοντας παράλληλα την σημασία της ακρίβειας σε ένα τέτοιο σχέδιο. Επιπροσθετα Θα μπορεί να αναγνωρίζει τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται καθώς και να ερμηνεύει τα σχέδια ισχύος καθώς και τα φωτιστικά σχέδια. Στη συνέχεια επεξεργάζεται τη διαδικασία σχεδιασμού ενός ηλεκτρολογικού σχεδίου, έτσι ώστε μετά την παρακολούθηση των μαθημάτων να είναι σε θέση να σχεδιάσει μόνος του ένα ηλεκτρολογικό σχέδιο.

## 7.3 Electrical Engineering Portal



Electrical Engineering Portal [4]



Στο Electrical Engineering Portal (EEP) [4] ο αναγνώστης μπορεί να βρει προτεινόμενα επιστημονικά άρθρα που καλύπτουν όλο το εύρος των εφαρμογών και των ζητημάτων που καλείτε να επιλύσει ένας ηλεκτρολόγος μηχανικός καθώς και ένα μεγάλο εύρος επιστημονικών βιβλίων που καλύπτουν το σύνολο των γνώσεων που πρέπει να έχει. Παράλληλα, στον συγκεκριμένο ιστότοπο, διατίθεται οπτικοακουστικό υλικό επιλεγμένων διαλέξεων (video lectures), καθώς και πρότυπα αυτοματισμού της εταιρείας SIEMENS. Τέλος δίνεται στον χρήστη η δυνατότητα εγγραφής ούτως ώστε να λαμβάνει καινούρια τεχνικά άρθρα, βιβλία, αλλά και ανανεωμένα πρότυπα μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

## 7.4 Μαθήματα επί πληρωμή

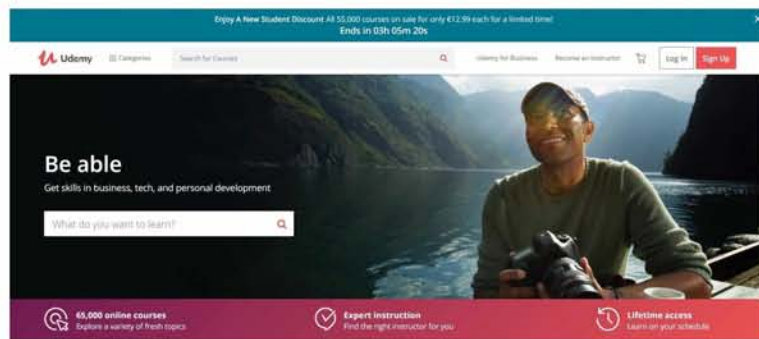
Πέρα από τα ελεύθερα μαθήματα και άρθρα που μπορεί να βρει οποιοσδήποτε ενδιαφέρεται να εντρυφήσει στον τομέα των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, υπάρχει και μεγάλος αριθμός μαθημάτων επί πληρωμή που μπορεί να βρει στο διαδύκτιο.

Στο Advance Electrical Design and Engineering Institute (AEDEI) [2] ο κάθε σπουδαστής μπορεί να βρει το μάθημα Electrical System Design Online course. Το μάθημα αυτό προσφέρει όλες τις απαραίτητες γνώσεις που πρέπει να έχει ο εκάστοτε μηχανικός που θα θέλει να ασχοληθεί με τον σχεδιασμό της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης ενός κτιρίου. Το μάθημα εστιάζει τόσο στη προετοιμασία για την σχεδίαση, διδάσκοντας όλους τους απαραίτητους υπολογισμούς πριν την σχεδίαση και μέχρι τη σχεδίαση της εγκατάστασης, αλλά και την απαραίτητη προστασία που πρέπει να υφίστανται.



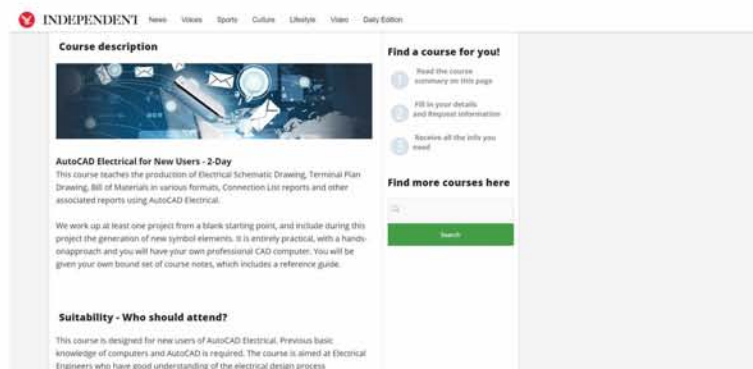
Advance Electrical Design and Engineering Institute [2]

Στον ιστότοπο Udemy [7] ο αναγνώστης μπορεί να βρει μαθήματα διδασκαλίας του Autocad, ενός βασικού εργαλείου του μηχανικού στην σχεδίαση μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης. Παράλληλα υπάρχουν μαθήματα που βοηθούν τον σπουδαστή να μάθει τις βασικές έννοιες ούτως ώστε να είναι σε θέση να σχεδιάσει ένα ηλεκτρολογικό σχέδιο.



## Udemy [7]

Ο ενδιαφερόμενος μπορεί να βρει και άλλα μαθήματα εκμάθησης του Autocad online. Στο Independent [6] ο κάθε σπουδαστής μπορεί να βρει το μάθημα AutoCAD Electrical for New Users που διδάσκει στον κάθε σπουδαστή εκτενώς το σχεδιαστικό αυτο πρόγραμμα, μαθαίνοντας την χρήση του και τις βασικές έννοιες που είναι απαραίτητες κατά την σχεδίαση.



## Independent [6]





# Κεφάλαιο 8

## Συμπεράσματα

Η ηλεκτρολογική μελέτη και τα στάδια της που αναλύσαμε παραπάνω έχει εφαρμογή μόνο στην κατηγορία των εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Ένας σωστός μελετητής υποχρεούται να ακολουθεί τους κανονισμούς των διεθνών και μη προτύπων και να χρησιμοποιεί συγκεκριμένους τύπους καλωδίων, αγωγών και φωτιστικών ανάλογα με τις ενεργειακές απαιτήσεις και τα φορτία που πρέπει να σηκώσει μία τέτοια εγκατάσταση. Ο συντελεστής ετεροχρονισμού παίζει επίσης πολύ σημαντικό ρόλο για περιπτώσεις αποφυγής χρήσης υποσταθμών στα κτίρια και ελέγχου της ενέργειας που θα δαπανηθεί συνολικά για τις ανάγκες ενός κτιρίου.

Στο κομμάτι του φωτισμού, είναι αναγκαίο να γίνεται μελέτη και σύγκριση αποτελεσμάτων των φωτιστικών φθορισμού και LED ώστε σε κάθε χώρο να επιλέγεται το φωτιστικό που δίνει τη μεγαλύτερη ένταση φωτισμού σε συνδυασμό με το μεγαλύτερο συντελεστή ομοιομορφίας και την όσο το δυνατόν μικρότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για λόγους οικονομίας.

Στο κομμάτι του κλιματισμού, αναλύσαμε λεπτομερώς όλα τα θερμικά και ψυκτικά φορτία που πρέπει να καλύπτονται σε κάθε εσωτερική εγκατάσταση από τα κεντρικά εξωτερικά συστήματα, καθώς και την ηλεκτρική ισχύ που απαιτείται να δίνεται κάθε φορά στις μονάδες αυτές βασιζόμενη στην παροχή αέρα χώρου και στο μέγεθος των φορτίων.

### 8.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Η ηλεκτρολογική μελέτη του κλιματισμού επεκτάθηκε μέσω της παρουσίασης συγκεκριμένων παραδειγμάτων σε ένα σχολικό κτίριο τριτογενούς ενεργειακού τομέα. Στο πρώτο παράδειγμα, η χρησιμοποίηση αερόψυκτου ηλεκτρικού ψύκτη αέρα - νερού και κεντρικού λέβητα αερίου απαιτεί συνολική ηλεκτρική ισχύς 85.08 KW για την κάλυψη του συνόλου του ψυκτικού φορτίου και 2 KW ισχύς για την κάλυψη σε ποσοστό 100% του συνόλου του θερμικού φορτίου. Η συνολική ηλεκτρική ισχύς που πρέπει να δαπανηθεί είναι λοιπόν 87.08 KW και είναι σίγουρα μία από τις μικρότερες δυνατές λόγω της παρουσίας του λέβητα αερίου στην κάλυψη του θερμικού φορτίου.

Στο δεύτερο παράδειγμα που αναλύσαμε, η χρήση της αερόψυκτης αντλίας θερμότητας μόνη της για την κάλυψη σε ποσοστό 100% όλων των φορτίων για ψύξη και θέρμανση απαιτούσε συνολική ηλεκτρική ισχύς 84.87 KW για την κάλυψη του ψυκτικού φορτίου και 44.43 KW για την κάλυψη του θερμικού, δηλαδή σύνολο 129.3 KW. Σίγουρα είναι μια περίπτωση η οποία δεν συμφέρει οικονομικά τον καταναλωτή και μπορεί να οδηγήσει σε χρήση υποσταθμού της ΔΕΗ ειδικά σε περιπτώσεις που υπάρχουν και μεγάλα φορτία ρευματοδοτών ή φωτισμού.

Στο τρίτο παράδειγμα, ο αερόψυκτος ηλεκτρικός ψύκτης μαζί με τον κεντρικό λέβητα αερίου χρησιμοποιήθηκαν από κοινού με τη γεωθερμική αντλία θερμότητας και απαιτούν ισχύ 42.43 KW για τον αερόψυκτο ηλεκτρικό ψύκτη, 1 KW για τον λέβητα αερίου και 41.91 KW για το σύστημα της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, δηλαδή σύνολο 85.34 KW. Η ταυτόχρονη χρήση λέβητα αερίου και γεωθερμικής αντλίας βοηθάει ώστε να πετύχουμε μία πολύ καλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τα συστήματα κλιματισμού.

Στο τέταρτο και τελευταίο παράδειγμα, η χρήση της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και της αερόψυκτης αντλίας θερμότητας με το ίδιο ποσοστό κάλυψης φορτίων έχει ως αποτέλεσμα να χρειάζεται να δαπανηθεί ηλεκτρική ισχύς 64.87 KW για την αερόψυκτη αντλία θερμότητας και 42.03 KW για την γεωθερμική αντλία θερμότητας. Η συνολική ισχύς είναι 106.9 KW που είναι μία καλή περίπτωση χρήσης του υβριδικού συστήματος αλλά σίγουρα όχι η βέλτιστη όπως είδαμε στα προηγούμενα παραδείγματα.

Έχοντας αναλύσει όλα τα παραδείγματα χρήσης κεντρικών εξωτερικών μονάδων, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η τρίτη περίπτωση που χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα λέβητας αερίου και γεωθερμική αντλία είναι η βέλτιστη, λόγω του μεγάλου συντελεστή απόδοσης της γεωθερμικής αντλίας και της μικρής ηλεκτρικής ισχύος που απαιτείται για την κάλυψη φορτίων μέσω λέβητα. Αξίζει να αναφερθεί ότι η ΚΚΜ είναι η καλύτερη εσωτερική μονάδα κάλυψης φορτίων επειδή η ηλεκτρική ισχύς της εξαρτάται μόνο από την παροχή αέρα ανανέωσης του χώρου και όχι από το μέγεθος των φορτίων που καλύπτει όπως συμβαίνει με άλλα εσωτερικά συστήματα.

## 8.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

Οι μελλοντικές επεκτάσεις όσον αφορά το κομμάτι της διαχείρισης ενέργειας αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο εκεί όπου τονίστηκε η μεγάλη σημασία του να υπάρχουν οι κατάλληλοι αισθητήρες στα σημεία ελέγχου που αναφέραμε, ώστε μέσω των συστημάτων αυτοματισμού που είναι ενσωματωμένοι να δαπανάται ηλεκτρική ενέργεια μόνο όταν πραγματικά υπάρχει ανάγκη και σε συγκεκριμένες συνθήκες περιβάλλοντος. Είναι βέβαιο ότι όσο εξελίσσεται η τεχνολογία με το πέρασμα των χρόνων τα συστήματα αυτά θα βελτιώνονται και θα προβλέπονται με μεγαλύτερη ακρίβεια οι πραγματικές ενεργειακές ανάγκες μιας εγκατάστασης.

# Βιβλιογραφία

- [1] ELECTRICALNEWS, 2017.
- [2] AEDEI, 2018.
- [3] ALISON, 2018.
- [4] ELECTRICAL-ENGINEERING-PORTAL, 2018.
- [5] ELECTRICALKNOWHOW, 2018.
- [6] INDEPENDENT, 2018.
- [7] UDEMY, 2018.
- [8] Robert J. Alonzo. *Electrical Codes, Standards, Recommended Practices and Regulations*. 2010 Elsevier Inc, 2010.
- [9] ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΚΑΛΩΔΙΑ Α.Ε. CABLEL, 2008.
- [10] ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ Α.Ε. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ HD 384. 2004.
- [11] C. Gentile, M.L. Rastello, G. Rossi και P. Soardo. Luminous Flux Measurement. *Lighting Research and Technology*, 1988.
- [12] IEC. IEC 61508 : Functional Safety of Electrical/Electronic/ Programmable Electronic Safety-Related Systems, 2005.
- [13] W.P. Jones. *Air Conditioning Engineering*. Elsevier Ltd, 5η έκδοση, 2001.
- [14] Legrand S.A. International electrical standards and regulations. 2010.
- [15] ΠΕΡΑΝΤΖΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ. Electrical Installations. 2015.
- [16] Qatar General Electricity & Water Corporation. Regulations of Electrical Installations. *KAHRAMAA*, σελίδα 121, 2010.

- [17] Günter G. Seip. *Electrical Installations Handbook*. Wiley, New York, 3η έκδοση, 2000.
- [18] The Institution of Engineering. *Requirements for Electrical Installations*. 2011.
- [19] Zumtobel. *The Lighting Handbook*. 2013.