

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ



ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΘΕΜΑΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ  
ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΕΡΑ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑΚΗ  
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΝΙΚΟΛΑΚΕΑΣ ΑΝΔΡΕΑΣ [04160]

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΚΟΥΜΠΟΓΙΑΝΝΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΘΕΜΑΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ  
ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΕΡΑ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑΚΗ  
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ**

**Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή**

Η πτυχιακή/διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

<b>Α/α</b>	<b>ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ</b>	<b>ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ</b>	<b>ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ</b>
1	Σαρρής Ιωάννης	Καθηγητής	
2	Κουμπογιάννης Δημήτριος	Αναπληρωτής Καθηγητής	
3	Προεστάκης Εμμανουήλ	Καθηγητής Εφαρμογών	

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Νικολακέας Ανδρέας του Γεώργιου, με αριθμό μητρώου 04160 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



## Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία θα ήταν αδύνατον να υλοποιηθεί χωρίς εκείνους που συνέβαλλαν στην υλοποίησή της.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Δημήτριο Κουμπογιάννη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αφενός αναθέτοντας μου το συγκεκριμένο θέμα, αφετέρου σε όλη τη βοήθεια που μου παρείχε μέχρι και την ολοκλήρωσή της. Η συνεχής του υποστήριξη και η επιμονή του με βοήθησαν στο να ολοκληρώσω την διπλωματική αυτή με ακρίβεια, δίνοντας μου συμβουλές και καθοδηγώντας με προς τη σωστή κατεύθυνση.

Τέλος, θα ήθελα να αποδώσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην οικογένειά μου για τη συνεχή συμπαράσταση, υποστήριξη αλλά και κατανόηση τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών.

## Περιεχόμενα

Ευχαριστίες .....	4
Πίνακας εικόνων .....	8
Περίληψη .....	10
Abstract .....	11
Εισαγωγή .....	12
Κεφάλαιο 1: Δομή κεντρικής κλιματιστικής μονάδας.....	13
1.1 Το στοιχείο.....	14
1.2 Ο ανεμιστήρας .....	14
1.3 Τα φίλτρα.....	16
1.4 Τα τάμπερ .....	18
1.5 Οι ηχοπαγίδες.....	19
1.6 Οι ηλεκτρικές αντιστάσεις.....	21
1.7 Οι υγραντήρες.....	21
1.8 Το κιβώτιο μίξης.....	23
1.9 Οι εξοικονομητές ενέργειας.....	23
1.9.1 Οι πλακοειδείς εναλλάκτες .....	23
1.9.2 Οι τύπου περιστρεφόμενου τροχού εναλλάκτες .....	24
1.9.3 Οι εναλλάκτες αέρος-αέρος με τη συνεργασία δύο στοιχείων .....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ψύκτες .....	27
2.1 Τύποι συμπιεστών σε ψύκτες.....	28
2.1.1 Σπειροειδείς συμπιεστές .....	28
2.1.2 Φυγοκεντρικοί συμπιεστές.....	30
2.1.3 Παλινδρομικοί ή εμβολοφόροι συμπιεστές .....	31
2.1.4 Περιστροφικοί συμπιεστές.....	32
2.2 Τύποι συμπυκνωτών σε ψύκτες .....	33
2.2.1 Αερόψυκτοι συμπυκνωτές .....	34
2.2.2 Υδρόψυκτοι συμπυκνωτές .....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Αεραγωγοί και στόμια αέρα .....	37
3.1 Στοιχεία κατασκευής αεραγωγών .....	38
3.2 Διαστασιολόγηση αεραγωγών .....	43

3.3 Στόμια προσαγωγής κλιματισμένου αέρα.....	47
3.4 Επιλογή στομίων τοίχου .....	50
3.5 Επιλογή στομίων οροφής.....	53
3.6 Στόμια επιστροφής.....	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Αυτοματισμοί.....	55
4.1 Έλεγχος θερμοκρασίας χώρου .....	56
4.2 Έλεγχος υγρασίας χώρου .....	57
4.3 Έλεγχος ποιότητας αέρα .....	58
4.4 Σύστημα διαχείρισης των κτιρίων σε εγκαταστάσεις ΚΚΜ.....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Τύποι ΚΚΜ .....	62
5.1 Διατάξεις ΚΚΜ.....	62
5.1.1 ΚΚΜ μονής ζώνης.....	62
5.1.2 ΚΚΜ πολλαπλών ζωνών .....	65
5.1.3 ΚΚΜ διπλού αγωγού .....	67
5.1.4 ΚΚΜ μεταβλητής παροχής αέρα .....	69
5.2 Τύποι κατασκευής ΚΚΜ .....	70
5.2.1 Προκατασκευασμένες μονάδες ΚΚΜ .....	71
5.2.2 ΚΚΜ κατασκευασμένες στον τόπο εγκατάστασης .....	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Παράδειγμα μελέτης κτηριακής εγκατάστασης.....	73
6.1 Περιγραφή κτηριακής εγκατάστασης .....	73
6.2 Καιρικές συνθήκες.....	75
6.2 Εύρεση θερμικών και ψυκτικών φορτίων.....	77
6.3 Σχεδιασμός και προσομοίωση ΚΚΜ.....	78
6.4 Δημιουργία συστήματος αεραγωγών.....	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Συντήρηση ΚΚΜ.....	88
7.1 Αρχική λειτουργία ΚΚΜ .....	88
7.2 Είδη συντήρησης .....	88
7.2.1 Προληπτική συντήρηση.....	88
7.2.2 Επανορθωτική συντήρηση.....	89
7.3 Εργασίες προληπτικής συντήρησης.....	89
7.3.1 Συντήρηση ψυκτών νερού .....	90
7.3.2 Συντήρηση αντλιών νερού και δικτύου σωληνώσεων .....	91

7.3.3 Συντήρηση ΚΚΜ και δικτύου αεραγωγών .....	92
7.4 Εργασίες επανορθωτικής συντήρησης.....	92
7.5 Διαδικασίες λειτουργικής παραλαβής κλιματιστικών συστημάτων .....	94
Επίλογος.....	97
Βιβλιογραφία .....	98

## Πίνακας εικόνων

Εικόνα 1: Χαρακτηριστικές καμπύλες φυγοκεντρικού ανεμιστήρα.....	15
Εικόνα 2: Διάταξη ανεμιστήρα-κινητήρα.....	16
Εικόνα 3: Τάμπερ.....	18
Εικόνα 4: Τάμπερ ειδικού τύπου .....	19
Εικόνα 5: Ηχοπαγίδες σε ΚΚΜ.....	20
Εικόνα 6: Ηχοπαγίδες αεραγωγών.....	20
Εικόνα 7: Ηλεκτρική αντίσταση.....	21
Εικόνα 8: Υγραντήρας ατμού .....	22
Εικόνα 9: Υγραντήρας καταιονισμού ΚΚΜ.....	22
Εικόνα 10: Κιβώτιο μίξης ΚΚΜ.....	23
Εικόνα 11: Λειτουργία πλακοειδούς εναλλάκτη αέρος-αέρος .....	24
Εικόνα 12: Τρόπος λειτουργίας περιστροφικού εναλλάκτη .....	25
Εικόνα 13: Διάγραμμα ροής τυπικής λειτουργίας ΚΚΜ με ψύκτη .....	27
Εικόνα 14: Λειτουργία σπειροειδή συμπιεστή .....	29
Εικόνα 15: Σπειροειδής συμπιεστής .....	30
Εικόνα 16: Φυγοκεντρικός συμπιεστής .....	31
Εικόνα 17: Παλινδρομικός συμπιεστής.....	32
Εικόνα 18: Περιστροφικός συμπιεστής .....	33
Εικόνα 19: Αερόψυκτος συμπυκνωτής.....	35
Εικόνα 20: Υδροψυκτος συμπυκνωτής.....	36
Εικόνα 21: Τυπική μορφή συστήματος αεραγωγού ΚΚΜ .....	38
Εικόνα 22: Αεραγωγοί ανοξειδωτού χάλυβα.....	38
Εικόνα 23: Αεραγωγοί γαλβανισμένου χάλυβα.....	38
Εικόνα 24: Εύκαμπτοι αεραγωγοί αλουμινίου.....	39
Εικόνα 25: Πρακτικές ελαχιστοποίησης απωλειών .....	40
Εικόνα 26: Διαδρομές αεραγωγού .....	41
Εικόνα 27: Διαχωριστικά γωνιών αεραγωγών.....	41
Εικόνα 28: Μειωτήρες αεραγωγών.....	42
Εικόνα 29: Σωστή χρήση μειωτήρα.....	42
Εικόνα 30: Παράδειγμα διαστασιολογισής αεραγωγών .....	43
Εικόνα 31: Επιτρεπόμενες ταχύτητες στους αεραγωγούς ανάλογα με τον τύπο κτηρίου. ....	44
Εικόνα 32: Παράδειγμα υπολογισμού διαστάσεων αεραγωγών Νο1, Νο2 .....	45
Εικόνα 33: Παράδειγμα υπολογισμού διαστάσεων αεραγωγών Νο3, Νο4 .....	46
Εικόνα 34: Παράδειγμα υπολογισμού διαστάσεων αεραγωγών Νο5, Νο6 .....	47
Εικόνα 35: Τυπικό στόμιο τοίχου .....	49
Εικόνα 36: Τύποι στομίων οροφής.....	53
Εικόνα 37: Στόμια επιστροφής αέρα .....	54
Εικόνα 38: Θερμοστατική βάνα.....	56
Εικόνα 39: Μεταλλικά διαφράγματα με ηλεκτροκινητήρα.....	57
Εικόνα 40: Αυτόματο σύστημα αυξομείωσης του ποσού φρέσκου αέρα σε ΚΚΜ.....	59
Εικόνα 41: Παράδειγμα συστήματος BMS.....	61



Εικόνα 42: ΚΚΜ μονής ζώνης .....	63
Εικόνα 43: Αναθέρμανση αέρα σε αεραγωγό.....	64
Εικόνα 44: ΚΚΜ μονής ζώνης με υγραντήρα .....	65
Εικόνα 45: ΚΚΜ πολλαπλών ζωνών.....	66
Εικόνα 46: Βελτιωμένη ΚΚΜ πολλαπλών ζωνών.....	67
Εικόνα 47: Τυπική ΚΚΜ διπλού αγωγού.....	68
Εικόνα 48: ΚΚΜ διπλού αγωγού και διπλού ανεμιστήρα .....	69
Εικόνα 49: ΚΚΜ μεταβλητής παροχής αέρα.....	70
Εικόνα 50: Χρήση ΚΚΜ σε δωμάτια διακομιστών.....	72
Εικόνα 51: Τρισδιάστατη εικόνα κτηρίου από το λογισμικό του Revit .....	73
Εικόνα 52: Κάτοψη ισογείου και προσανατολισμός του κτηρίου .....	74
Εικόνα 53: Στοιχεία κλιματιζόμενων χώρων.....	75
Εικόνα 54:Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας (ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ,2017) .....	76
Εικόνα 55: Συνθήκες σχεδιασμού ανά πόλη (ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ,2017).....	77
Εικόνα 56: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες ξηρού βολβού ανά πόλη (ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ,2017).....	77
Εικόνα 57: Προτεινόμενες τιμές U (W/m <sup>2</sup> *K) ανά κλιματική ζώνη (ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ,2017) .....	78
Εικόνα 58: Διάταξη ΚΚΜ .....	79
Εικόνα 59: Δίκτυο παροχής ψυκτών.....	79
Εικόνα 60: Διάγραμμα επίδοσης ψύκτη .....	80
Εικόνα 61:Ψυχομετρικός χάρτης εγκατάστασης (Αθήνα Ιούλιος 14:00).....	80
Εικόνα 62: Ισχύς ψυκτών εγκατάστασης.....	81
Εικόνα 63: Ισχύς καυστηρά φυσικού αερίου.....	81
Εικόνα 64:Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (MWh).....	82
Εικόνα 65:Ετήσιο κόστος εγκατάστασης .....	83
Εικόνα 66:Μέγιστη απαιτούμενη παροχή αέρα.....	84
Εικόνα 67: Κάτοψη συστήματος αεραγωγού Ζώνης-1 για την ΚΚΜ-3.....	85
Εικόνα 68: Πλαγιά όψη κεντρικών αεραγωγών της ΚΚΜ-3.....	85
Εικόνα 69:Επιλεγόμενα φίλτρα εγκατάστασης .....	86
Εικόνα 70:Μηνιαίο κόστος λειτουργίας συστήματος κλιματισμού.....	87

## Περίληψη

Βασική συνιστώσα των συστημάτων κλιματισμού με αέρα (all air conditioning systems) αποτελεί η Κεντρική Κλιματιστική Μονάδα (ΚΚΜ).

Η παρούσα διπλωματική στη συνέχεια εστιάζει στην δομή τυπικής ΚΚΜ, τις εργασίες και απαιτήσεις τοποθέτησής της, τη λειτουργία της και την επιτήρησή της, τις απαιτούμενες μετρήσεις χαρακτηριστικών μεγεθών και τις εργασίες περιοδικής συντήρησης.

Επίσης εξετάζεται η πλήρης μελέτη για την εγκατάσταση μιας ΚΚΜ, στην οποία λαμβάνονται, καταγράφονται και παρουσιάζονται μετρήσεις λειτουργικών μεγεθών και επιδόσεων των μονάδων κατά τη λειτουργία τους για όλες τις κλιματικές ζώνες της Ελλάδας.

## Λέξεις κλειδί

Κεντρική Κλιματιστική Μονάδα, Κλιματισμός, ΚΚΜ, Εγκατάσταση, Συντήρηση, Αυτοματισμοί, Μελέτη, Αεραγωγός, Ψύκτες .

## **Abstract**

The main component of all air conditioning systems is the Air Handling Unit. This dissertation focuses on the structure of a typical AHU, its installation work and requirements, its operation and supervision as well as the characteristic size measurements and the periodic maintenance work required.

I designed and analyzed a full HVAC system for a two-story building in which operational quantities and performance of the units, during their operation, are calculated and presented for all the weather regions of Greece using a simulation.

## **Keywords**

HVAC, Air Handling Unit, Air Conditioning, AHU, Installation, Maintenance, Automation, Design, Air Ducts, Chillers.

## Εισαγωγή

Στην εποχή μας ο άνθρωπος περνάει το μεγαλύτερο μέρος της ζωής του μέσα σε κλειστούς χώρους κυρίως εργασίας και κατοικίας. Για αυτό το λόγο είναι σημαντικό η παραμονή του σε αυτούς τους χώρους να είναι ευχάριστη, άνετη και υγιεινή . Ο κλιματισμός είναι η διαδικασία με την οποία μπορούμε να επιτύχουμε και να διατηρήσουμε τεχνίτες συνθήκες υγιεινής και άνεσης σε ένα κλειστό χώρο. Η διαδικασία κλιματισμού ενός χώρου γίνεται με ειδικά μηχανήματα τα οποία τα λεμέ κλιματιστικά μηχανήματα ή μονάδες κλιματισμού .

Παρόλο που η μεταφορά θερμότητας μέσω μηχανημάτων για την παραγωγή κλιματισμού είναι μια σχετικά σύγχρονη εφεύρεση η ψύξη των κτιρίων δεν είναι . Οι ευκατάστατη αρχαίοι Ρωμαίοι διοχέτευαν νερό υδραγωγείου μέσα από τοίχους ώστε να ψύχουν τα σπίτια τους.

Η πρώτη σοβαρή προσπάθεια παραγωγής μηχανημάτων κλιματισμού για τον έλεγχο των συνθηκών ενός χώρου έγινε το 1930 και δέκα χρόνια αργότερα η παραγωγή μονάδων κλιματισμού κάνει πλέον την παρουσία της σε επίπεδο επιστημονικής οργάνωσης, έρευνας και εφαρμογής.

Το 1911 ο Carrier και οι συνεργάτες του επινόησαν τη γραφική παράσταση των ψυχομετρικών στοιχείων του αέρα και δημιούργησαν τον πρώτο ψυχομετρικό χάρτη. Με τον ψυχομετρικό χάρτη του Carrier απλοποιήθηκε σημαντικά η λύση των πολύπλοκων προβλημάτων που παρουσίαζε ο κλιματιζόμενος αέρας.

Σήμερα όλοι σχεδόν οι επαγγελματικοί χώροι, αλλά και μεγάλος αριθμός κατοικιών, έχουν κλιματισμό για όλο τον χρόνο (θέρμανση-ψύξη). Ο κλιματισμός πλέον και στην Ελλάδα δεν θεωρείται πολυτέλεια αλλά ανάγκη ή συμπλήρωμα στην άνεση που πρέπει να έχει ο σύγχρονος άνθρωπος στο σπίτι του ή στην εργασία του.

## Κεφάλαιο 1: Δομή κεντρικής κλιματιστικής μονάδας

Οι κλιματιστικές μονάδες ταξινομούνται σε πέντε βασικές κατηγορίες:

1. Τοπικές κλιματιστικές μονάδες (TKM)
2. Ημικεντρικές κλιματιστικές μονάδες (HKM)
3. Κεντρικές κλιματιστικές μονάδες (KKM)
4. Μονάδες κλειστού συστήματος
5. Βιομηχανικές κλιματιστικές μονάδες

Στη συγκεκριμένη διπλωματική θα ασχοληθούμε με την τρίτη κατηγορία, δηλαδή τις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες (KKM). Οι Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες (KKM) χρησιμοποιούνται σε μεγάλες κεντρικές εγκαταστάσεις κλιματισμού, για την επεξεργασία του αέρα, δηλαδή για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας και της υγρασίας του, για τον καθαρισμό του από ρύπους, καθώς και για τη διανομή του αέρα από ένα κεντρικό σημείο προς τους διάφορους κλιματιζόμενους εσωτερικούς χώρους. Ο κλιματιζόμενος αέρας μπορεί να είναι 100% εξωτερικός αέρας ή ένα μίγμα εξωτερικού και εσωτερικού αέρα.

Οι ΚΚΜ περιλαμβάνουν:

- α) εναλλάκτες θερμότητας, οι οποίοι τροφοδοτούνται με το ζεστό ή/και κρύο νερό για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας
- β) υγραντήρες και αφυγραντήρες, οι οποίοι ρυθμίζουν την περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς
- γ) φίλτρα τα οποία καθαρίζουν τον αέρα, και
- δ) ανεμιστήρες, οι οποίοι προκαλούν την κυκλοφορία του αέρα

Οι μονάδες αυτές συνδέονται, μέσω αεραγωγών, με στόμια τα οποία αποδίδουν τον κλιματισμένο αέρα στους εσωτερικούς χώρους, ενώ στις περισσότερες εφαρμογές, ο εσωτερικός αέρας επιστρέφει πάλι, μέσω αεραγωγών, στην ΚΚΜ, όπου αναμιγνύεται με τον εξωτερικό φρέσκο αέρα.

Τα βασικά κατασκευαστικά μέρη μιας ΚΚΜ αναφέρονται και αναλύονται παρακάτω.

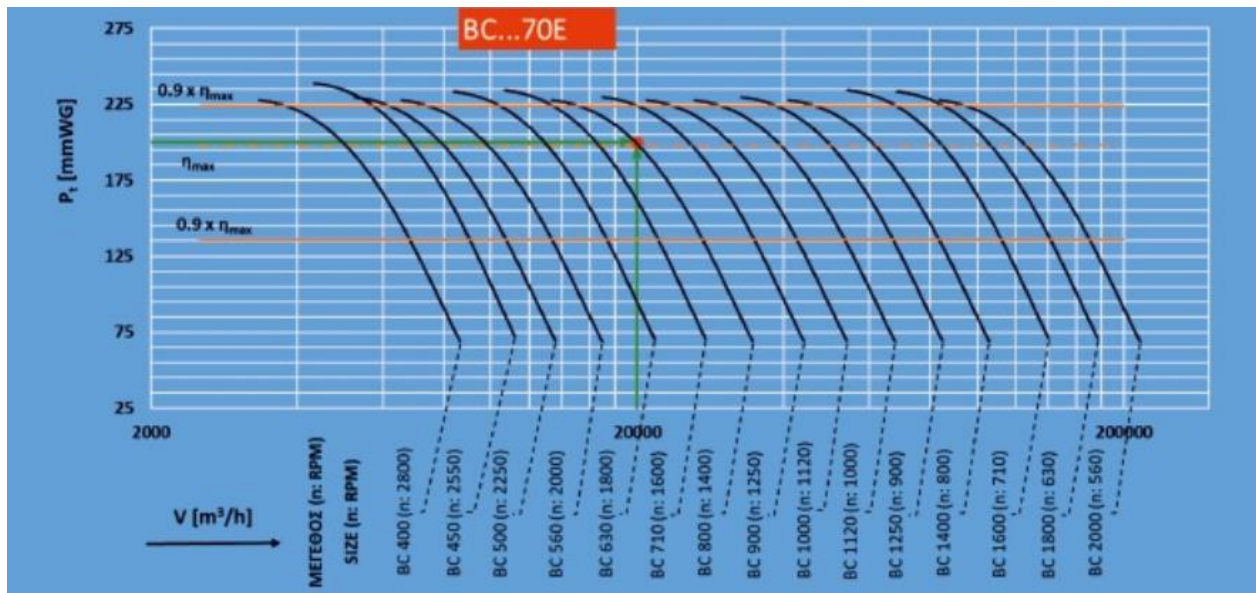
## 1.1 Το στοιχείο

Το ψυκτικό ή/και το θερμαντικό στοιχείο τροφοδοτούνται με κρύο ή/και ζεστό νερό, το οποίο προέρχεται ανάλογα με τις απαιτήσεις, είτε από τον ψύκτη, είτε από το λέβητα, είτε σε άλλες περιπτώσεις, από αντλία θερμότητας. Επίσης, ανάλογα με τη χρήση και τις απαιτήσεις της ΚΚΜ, μπορεί να υπάρχουν δύο ανεξάρτητοι εναλλάκτες (ένας για ψύξη και ένας για θέρμανση) ή ένας κοινός εναλλάκτης, ο οποίος χρησιμοποιείται είτε για θέρμανση, είτε για ψύξη. Όταν χρησιμοποιούνται δύο εναλλάκτες (ψυκτικό και θερμαντικό στοιχείο), τότε το κάθε στοιχείο διαθέτει τους δικούς του σωλήνες εισόδου και εξόδου νερού, αντίστοιχα. Τα στοιχεία αυτά είναι συνδεδεμένα με μια τρίοδη βάνα ανάμιξης, η οποία ελέγχει τη ροή μέσα στον εναλλάκτη, ανάλογα με τα φορτία. Οι σωλήνες μεταφοράς του νερού πρέπει να είναι μονωμένοι σωστά, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες θερμότητας από τον ψύκτη/λέβητα προς την ΚΚΜ. Πιο αναλυτικά:

- Το ψυκτικό στοιχείο (ψύκτης) είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας ο οποίος τροφοδοτείται με κρύο νερό από έναν άλλον ψύκτη (chiller) ή από μία αντλία θερμότητας. Το στοιχείο αυτό μειώνει τη θερμοκρασία και την υγρασία (αφύγρανση) του αέρα, όταν υπάρχει ο σχετικός έλεγχος και οι απαιτούμενοι αυτοματισμοί.
- Το θερμαντικό στοιχείο (θερμαντήρας) είναι και αυτός ένας εναλλάκτης θερμότητας, ο οποίος τροφοδοτείται με ζεστό νερό.

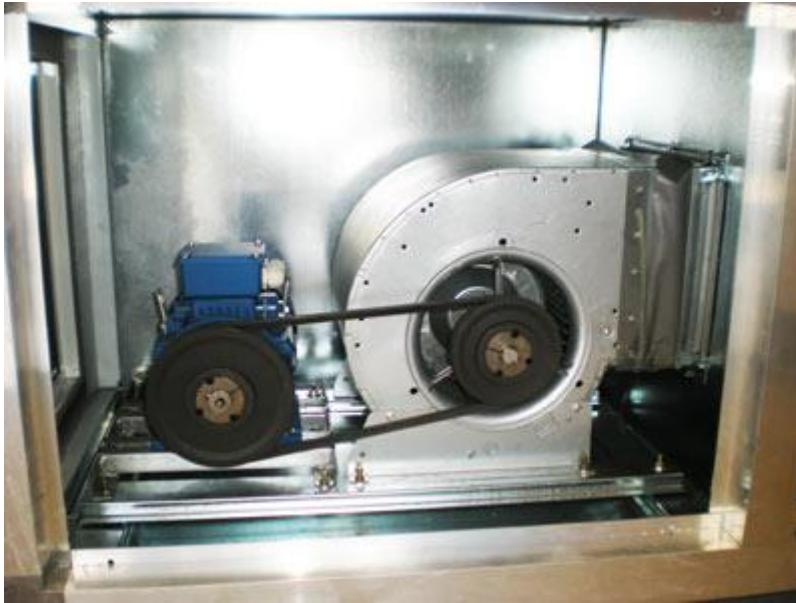
## 1.2 Ο ανεμιστήρας

Η εισαγωγή και η απόρριψη (έξοδος) του αέρα πραγματοποιείται με τη χρήση ανεμιστήρων, οι οποίοι κυκλοφορούν τον κλιματισμένο αέρα, τόσο από την ΚΚΜ προς τους εσωτερικούς χώρους, όσο και από τους εσωτερικούς χώρους προς το εξωτερικό περιβάλλον ή την ΚΚΜ για επανεπεξεργασία, ώστε να αναμιχθεί με τον εξωτερικό αέρα, να κλιματιστεί και να κυκλοφορήσει και πάλι προς τους εσωτερικούς χώρους. Οι ανεμιστήρες καθορίζουν την παροχή και την πίεση του παρεχόμενου αέρα. Η πτώση της πίεσης του αέρα, κατά μήκος της εγκατάστασης, αυξάνεται, σαν αποτέλεσμα της αύξησης συγκέντρωσης ρύπων στα φίλτρα, ή της αύξησης των απωλειών τριβής, κατά μήκος των αεραγωγών. Διατηρώντας, όμως, τα φίλτρα και τους αεραγωγούς καθαρούς, ο ανεμιστήρας λειτουργεί στα επιθυμητά όρια παροχής και πίεσης ώστε να επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση απωλειών ενέργειας. Η λειτουργία ενός ανεμιστήρα, η ολική πτώση πίεσης του δικτύου των αεραγωγών καθώς και η επιθυμητή παροχή του αέρα μπορούν να βρεθούν από τα διαγράμματα με τις χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας του εκάστοτε ανεμιστήρα. Ο κατασκευαστής της ΚΚΜ προσθέτει στην πτώση πίεσης των αεραγωγών την πτώση μέσα στην ΚΚΜ και έτσι βρίσκει την ολική πτώση πίεσης βάσει της οποίας επιλεγεί τον ανεμιστήρα.



Εικόνα 1: Χαρακτηριστικές καμπύλες φυγοκεντρικού ανεμιστήρα

Στην περίπτωση όπου μετά την αρχική εγκατάσταση του ανεμιστήρα χρειαστεί ρύθμιση των στροφών του, η μείωση αυτών επιτυγχάνεται με αντικατάσταση της τροχαλίας και η αύξηση αυτών επιτυγχάνεται μόνο αν αρχικά έχει επιλεγθεί μοντέλο ανεμιστήρα με δυνατότητα αύξησης των στροφών του μέχρι και 25% επιπλέον, καθώς υπάρχει περίπτωση η ισχύς του ηλεκτροκινητήρα να μην είναι επαρκής. Πλέον όμως δεν έχουν όλοι οι σύγχρονοι ανεμιστήρες τροχαλία οπότε πάντα υπολογίζουμε εάν 15% επιπλέον στην ισχύς τους. Τα πλέον διαδεδομένα είδη ανεμιστήρων είναι οι ηλεκτροκινητήρες συνεχούς ρεύματος (EC fans) οι οποίοι είναι περίπου 30% πιο αποδοτικοί από τους κινητήρες εναλλασσόμενο ρεύματος και δεν χρειάζονται τροχαλία.



Εικόνα 2: Διάταξη ανεμιστήρα-κινητήρα

### 1.3 Τα φίλτρα

Λαμβάνοντας υπόψιν ότι οι περισσότεροι άνθρωποι περνούν περίπου το 60-90% του χρόνου τους μέσα στα κτίρια, είναι απαραίτητη η εξασφάλιση της κατάλληλης ποιότητας του εσωτερικού αέρα, η οποία προϋποθέτει τη χρήση φίλτρων για τον καθαρισμό του αέρα από τους εσωτερικούς και εξωτερικούς ρύπους. Έτσι, το φιλτράρισμα του αέρα αποδεικνύεται ως ο πιο αποδοτικός τρόπος ελέγχου των ρύπων του αέρα. Τα φίλτρα αποτελούνται από ακατέργαστα νήματα με πορώδη υφή, μέσα από τα οποία κυκλοφορεί ο αέρας, ενώ τα πιο συνηθισμένα έχουν επικάλυψη κολλώδους ουσίας. Τα φίλτρα διακρίνονται στις παρακάτω βασικές κατηγορίες:

- Στατικά
- Αυτόματα
- Ηλεκτροστατικά
- Υψηλής απόδοσης
- Ενεργού άνθρακα

Συνήθως, στις ΚΚΜ χρησιμοποιούνται φίλτρα για την απομάκρυνση στερεών σωματιδίων από τον εσωτερικό και τον εξωτερικό αέρα, μικροοργανισμών, οσμών ακόμη και αερίων ρύπων. Πιο συγκεκριμένα, η αρχή λειτουργίας των παραπάνω φίλτρων, αρκετά από τα οποία χρησιμοποιούνται πρακτικά σε όλες τις ΚΚΜ, είναι η εξής:



Περνώντας από το φίλτρο ο αέρας συναντά ένα φυσικό εμπόδιο και αναγκάζεται να αλλάξει πορεία. Τα σωματίδια, όμως, τα οποία περιέχονται σε αυτόν, λόγω της αδράνειας τους, συνεχίζουν την ευθύγραμμη πορεία τους και προσκρούουν στις ίνες του φίλτρου, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την προσκόλλησή τους και την κατακράτησή τους στις επιφάνειες του.

Το πρώτο σημείο εισόδου ενός εξωτερικού ρύπου μέσα στο κτίριο, διαμέσου του συστήματος αερισμού, είναι στα στόμια αναρρόφησης του εξωτερικού αέρα, γι' αυτό πρέπει να βρίσκονται μακριά από τα στόμια απόρριψης (εξόδου) του αέρα, από καπνοδόχους ή απολήξεις αερισμού αποχετεύσεων (τουλάχιστον 8m πάνω από αυτά), αλλά γενικά πρέπει να τοποθετούνται σε υψηλά σημεία. Με αυτόν τον τρόπο, αποφεύγεται και η εισαγωγή ακάθαρτου αέρα, ο οποίος βρίσκεται, συνήθως, χαμηλά, κοντά στο επίπεδο του οδοστρώματος των δρόμων, όπως οι ρύποι από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων. Η χρήση κατάλληλων φίλτρων επιτρέπει την ανακυκλοφορία του εσωτερικού αέρα, ο οποίος αφού κλιματιστεί και καθαριστεί, αναμιγνύεται με την απαραίτητη ποσότητα νωπού εξωτερικού φρέσκου αέρα και επαναφέρεται στους εσωτερικούς χώρους.

Παρομοίως, με το συνδυασμό διαφόρων φίλτρων (πολυσταδιακός καθαρισμός) εξασφαλίζεται η καλή ποιότητα του αέρα. Οι ποιότητες των φίλτρων του αέρα καθορίζονται από δυο ευρωπαϊκά πρότυπα, το EN 779 για τα απλά φίλτρα και το EN 1822 για τα φίλτρα μεγάλης ικανότητας φιλτραρίσματος. Οι κατηγορίες αρχίζουν από 1 και φθάνουν μέχρι 17. Όσο αυξάνεται αυτός ο αριθμός τόσο η ικανότητα του φίλτρου να καθαρίζει τον αέρα γίνεται μεγαλύτερη. Τα είδη στα οποία διακρίνονται οι κατηγορίες των φίλτρων είναι τέσσερις με αντίστοιχα γράμματα G, F για τα απλά φίλτρα και H, U για τα φίλτρα μεγάλης ικανότητας φιλτραρίσματος.

- Το G είναι για χοντρά φίλτρα κατηγοριών από G1 έως G4
- Το F είναι για τα λεπτά φίλτρα κατηγοριών F5 μέχρι F9
- Το H είναι για τα φίλτρα μεγάλης ικανότητας φιλτραρίσματος, τα οποία χαρακτηρίζονται ως HEPA κατηγοριών H10 μέχρι H14
- Το U είναι, επίσης, για τα φίλτρα μεγάλης ικανότητας φιλτραρίσματος, τα οποία χαρακτηρίζονται ULPA κατηγοριών U15 μέχρι U17

Ο τρόπος με τον οποίο μετρείται η ικανότητα φιλτραρίσματος διαφέρει ανάλογα με το είδος των φίλτρων. Στα φίλτρα G καθορίζεται από το ποσοστό της σκόνης που κρατάνε, το οποίο συμβολίζεται με Am και ονομάζεται συγκράτηση. Πάνω από την κατηγορία G4, το Am δεν είναι πλέον το κατάλληλο μέγεθος για να αποδώσει την ικανότητα φιλτραρίσματος και χρησιμοποιείται ένα άλλο μέγεθος το οποίο ονομάζεται απόδοση και συμβολίζεται με Em. Τα φίλτρα μεγάλης ικανότητας φιλτραρίσματος χαρακτηρίζονται από την ικανότητα τους να κρατάνε μικροσκοπικούς κόκκους σκόνης καθορισμένης διαμέτρου, και πιο συγκεκριμένα:

- Διαμέτρου 0,30 μm τα φίλτρα H

- Διαμέτρου 0,12 μm τα φίλτρα U

Επιπρόσθετα, στα φίλτρα ο αέρας πρέπει να εισέρχεται με επιτρεπτές ταχύτητες, καθώς και να υπολογίζεται η πτώση πίεσης η οποία προκαλείται στο σύστημα από τα φίλτρα. Τα συνήθη μεγέθη φίλτρων τα οποία χρησιμοποιούνται στις κλιματιστικές μονάδες (ΚΜ) είναι:

- στις ΤΚΜ για την προστασία στοιχείου G2
- για την προστασία εξοικονομητών ενέργειας G3
- στα μηχανήματα κλιματισμού κλειστού κυκλώματος G4
- στις ΚΚΜ για τον καθαρισμό του αέρα του χώρου F6-F7
- στις ΚΜ όπου προορίζονται για τους χώρους των χειρουργείων και ειδικών εργαστηρίων H12 ή H13

Μια καλή πρακτική είναι η χρήση πρωτεύοντος και δευτερεύοντος φίλτρου, χρήζοντας ως πρωτεύον το χαμηλότερης ποιότητας φίλτρο για την προστασία του δευτερεύοντος, το οποίο έχει και υψηλότερη τιμή.

#### 1.4 Τα τάμπερ

Τα τάμπερ είναι ένα σημαντικό μέρος της ΚΚΜ καθώς μέσα από αυτά μπορεί να γίνει ρύθμιση της παροχής του αέρα. Είναι διαφόρων ειδών, χειροκίνητα ή ηλεκτροκίνητα και στις περισσότερες σύγχρονες εγκαταστάσεις τηλεχειριζόμενα.



Εικόνα 3: Τάμπερ

Υπάρχουν επίσης τάμπερ ειδικού τύπου τα οποία έχουν τη δυνατότητα μέτρησης της ταχύτητας του αέρα και τη ρύθμιση της παροχής του αέρα με μεγάλη ακρίβεια.



*Εικόνα 4: Τάμπερ ειδικού τύπου*

*Επιτρέπει τη ρύθμιση και τη μέτρηση της παροχής του αέρα.*

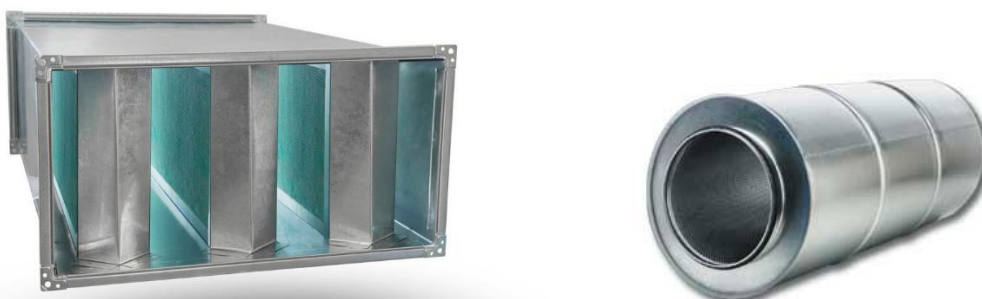
### 1.5 Οι ηχοπαγίδες

Οι ανεμιστήρες στις ΚΚΜ προκαλούν ισχυρό θόρυβο και αυτός δεν πρέπει να μεταφέρεται στους χώρους οι οποίοι κλιματίζονται. Για την απόσβεση του θορύβου χρησιμοποιούνται οι ηχοπαγίδες. Οι ηχοπαγίδες στις ΚΚΜ αποτελούνται από διαχωριστικά και από κατάλληλο υλικό για την απόσβεση του ήχου κι έχουν συνήθως πάχος 100-200 mm και μήκος 500 έως 2000 mm. Τοποθετούνται κατά τη διεύθυνση της ροής του αέρα. Το κενό αναμεσα στα διαχωριστικά ποικίλει συνήθως από 50 mm έως 250 mm, και όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος και το μήκος των διαχωριστικών, και όσο μικρότερη η απόσταση μεταξύ τους, τόσο καλύτερη αναμένουμε να είναι η απόσβεση του ήχου.



*Εικόνα 5: Ηχοπαγίδες σε ΚΚΜ*

Στην περίπτωση όπου ο θόρυβος δημιουργείται στον αεραγωγό ή δεν υπάρχει διαθέσιμος χώρος για την κατασκευή μεγάλου μήκους ΚΚΜ, τότε η λύση είναι η τοποθέτηση των ηχοπαγίδων μέσα στον αεραγωγό.



*Εικόνα 6: Ηχοπαγίδες αεραγωγών*

## 1.6 Οι ηλεκτρικές αντιστάσεις

Συνήθως όταν υπάρχουν ηλεκτρικές αντιστάσεις στο σύστημα κλιματισμού χρησιμοποιούνται για την αναθέρμανση αέρα το καλοκαίρι. Κατά κανόνα τοποθετούνται μακριά από υγρασία και συνήθως μέσα στον αεραγωγό. Συνηθισμένο σημείο τοποθέτησης είναι στην έξοδο του ανεμιστήρα, ο οποίος στέλνει τον αέρα στους κλιματιζόμενους χώρους.



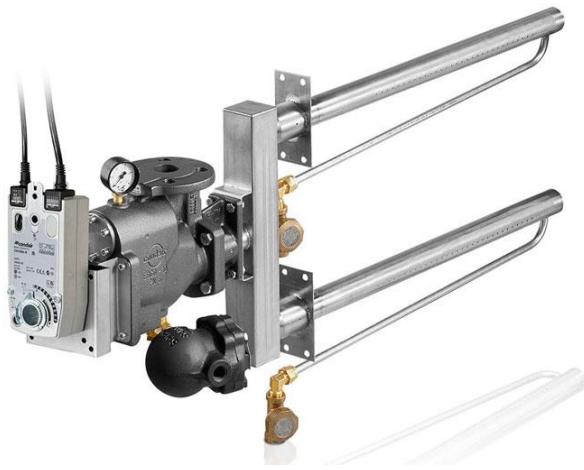
Εικόνα 7: Ηλεκτρική αντίσταση

## 1.7 Οι υγραντήρες

Η ρύθμιση της υγρασίας του κλιματισμένου αέρα συμβάλλει στη θερμική άνεση και στην υγιεινή των εσωτερικών χώρων. Αυτό ακριβώς κάνει ένας υγραντήρας, αυξάνει την υγρασία του αέρα, ο οποίος είναι συνήθως ξηρός λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας του από το θερμαντήρα, κατά την περίοδο λειτουργίας του το χειμώνα. Η ύγρανση του αέρα, συνήθως, γίνεται με άμεσο ψεκάσμο υδρατμών στο ρεύμα του αέρα. Η ποσότητα, πάντως, των υδρατμών που ψεκάζεται, δεν πρέπει να είναι υπερβολική, έτσι ώστε να μπορεί να απορροφηθεί από τον αέρα χωρίς να παρουσιάζονται προβλήματα. Για παράδειγμα, μπορεί να δημιουργηθούν συμπυκνώματα μέσα στο δίκτυο διανομής του κλιματισμένου αέρα, τα οποία ευνοούν την ανάπτυξη παθογόνων οργανισμών ή οργανισμών οι οποίοι προκαλούν αλλεργίες. Οι υγραντήρες χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Ψεκαστήρες ατμού
- Υγραντήρες με καταιονισμό νερού
- Υγραντήρες τύπου pan

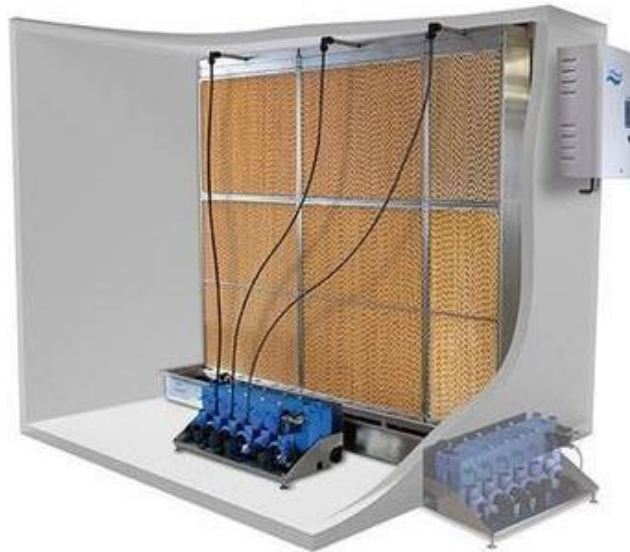
Οι ψεκαστήρες ατμού είναι πιο ασφαλείς και τοποθετούνται απευθείας στις ΚΚΜ.



*Εικόνα 8: Υγραντήρας ατμού*

Στους υγραντήρες καταιονισμού το νερό ψεκάζεται και ο αέρας της ΚΚΜ ο οποίος περνάει από μέσα του υγραίνεται.

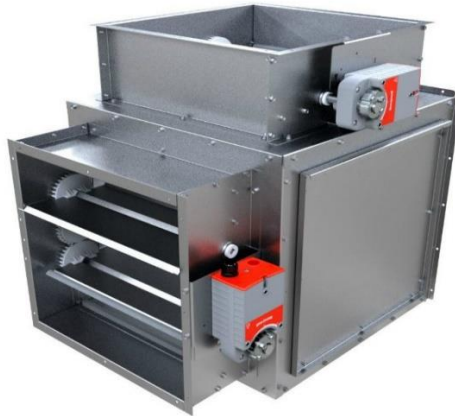
Στους υγραντήρες τύπου ραπ στο τμήμα ύγρανσης υπάρχουν κάθετα δοχεία γεμάτα με νερό κατά τον τρόπο αυτό ο εισερχόμενος αέρας υγραίνεται.



*Εικόνα 9: Υγραντήρας καταιονισμού ΚΚΜ*

## 1.8 Το κιβώτιο μίξης

Ο εσωτερικός αέρας, συνήθως, επιστρέφει στη ΚΚΜ, όπου αναμιγνύεται με τον εξωτερικό αέρα στην κατάλληλη αναλογία, ενώ ένα ποσοστό του αποβάλλεται στο περιβάλλον από το δίκτυο εξαερισμού. Η ανάμιξη αυτή του εξωτερικού αέρα και του αέρα επιστροφής γίνεται στο χώρο ανάμιξης εσωτερικού και εξωτερικού αέρα, γνωστό ως κιβώτιο μίξης. Με χρήση διαφραγμάτων γίνεται ο καθορισμός του ποσοστού ανάμιξης του εσωτερικού αέρα επιστροφής με τον εξωτερικό αέρα.



Εικόνα 10: Κιβώτιο μίξης ΚΚΜ

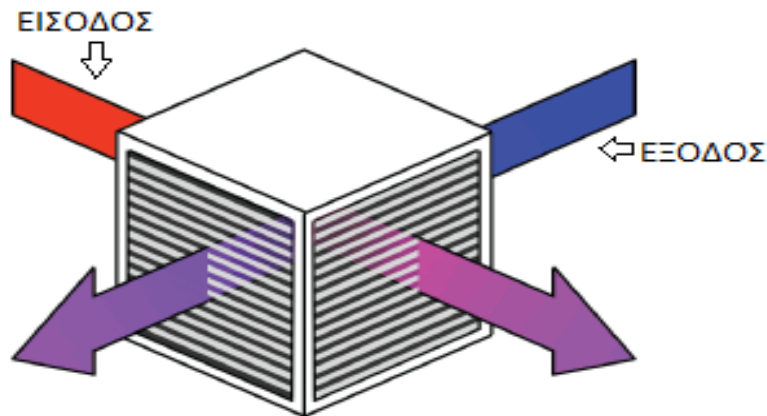
## 1.9 Οι εξοικονομητές ενέργειας

Στην περίπτωση που η επανακυκλοφορία του εσωτερικού αέρα δεν επιτρέπεται, ή το μεγαλύτερο ποσοστό του εσωτερικού αέρα απορρίπτεται στο περιβάλλον, τότε χρησιμοποιούνται τριών ειδών εξοικονομητές ενέργειας οι οποίοι είναι:

- Οι πλακοειδείς εναλλάκτες
- Οι τύπου περιστρεφόμενου τροχού
- Εναλλάκτες αέρος-αέρος με τη συνεργασία δύο στοιχείων (RAC)

### 1.9.1 Οι πλακοειδείς εναλλάκτες

Οι πλακοειδείς εναλλάκτες αέρος-αέρος είναι οι πλέον πιο διαδεδομένοι για την επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας. Αυτό γίνεται με την εναλλαγή θερμότητας μεταξύ του νωπού αέρα και του απορριπτόμενου, μέσω λεπτών επιφανειών οι οποίες είναι, συνήθως, μεταλλικές και απέχουν μεταξύ τους από 2,5 μέχρι 12,5 mm. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν με την κατάλληλη διάταξη, για την αναθέρμανση του ψυχρού αέρα, στις περιπτώσεις εκείνες όπου χρειάζεται στοιχείο αναθέρμανσης. Με τον τρόπο αυτό η ενέργεια, η οποία θα καταναλώνονταν για την αναθέρμανση, εξοικονομείται.



Εικόνα 11: Λειτουργία πλακοειδούς εναλλάκτη αέρος-αέρος

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, τα δύο ρεύματα αέρα πρέπει να διασταυρώνονται πάνω στον εναλλάκτη. Μετά από την κατάλληλη τοποθέτηση των πλακών, στον εναλλάκτη χρησιμοποιούνται δύο δίοδοι αέρα, διαχωρισμένες μεταξύ τους. Ο απορριπτόμενος στο περιβάλλον αέρας, μέσω της επιφάνειας εναλλαγής θερμότητας η οποία δημιουργείται από τις λεπτές μεταλλικές πλάκες, εναλλάσσει τη θερμότητα του με τον εισερχόμενο στον χώρο αέρα. Με αυτόν τον τρόπο, ανακτάται μέρος της ενέργειας που έχει καταναλωθεί για τον κλιματισμό του απορριπτόμενου αέρα. Η τυπική απόδοση καινούργιων εναλλακτών είναι 55-85 %, αλλά με την πάροδο του χρόνου και ανάλογα με το ρυθμό ρύπανσης η απόδοση αυτή μειώνεται. Γι' αυτό προτάσσονται φίλτρα και στα δύο ρεύματα του αέρα, για τον περιορισμό της επικάλυψης σκόνης στις πλακοειδείς επιφάνειες εναλλαγής θερμότητας.

### 1.9.2 Οι τύπου περιστρεφόμενου τροχού εναλλάκτες

Οι περιστροφικοί εναλλάκτες χρησιμοποιούνται, κι αυτοί, για εξοικονόμηση ενέργειας, όπως ακριβώς και οι πλακοειδείς εναλλάκτες αέρος-αέρος. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε τον τρόπο λειτουργίας του περιστροφικού εναλλάκτη.





Εικόνα 12: Τρόπος λειτουργίας περιστροφικού εναλλάκτη

Στον περιστροφικό εναλλάκτη τα δύο ρεύματα αέρα οδεύουν παράλληλα και εναλλάσσουν θερμότητα μέσω μίας περιστρεφόμενης επιφάνειας εναλλαγής θερμότητας, η οποία επιτρέπει την ελεύθερη διέλευση του αέρα. Όταν ένα τμήμα της περιστρεφόμενης επιφάνειας βρίσκεται στο θερμό ρεύμα του αέρα, το ψύχει κατακρατώντας θερμότητα και υγρασία, η οποία επικάθεται πάνω στις μεταλλικές επιφάνειες εναλλαγής θερμότητας. Στη συνέχεια, όταν αυτό το τμήμα του περιστροφικού εναλλάκτη βρεθεί στο ρεύμα του ψυχρού αέρα, μέσω της διαδικασίας της περιστροφής, τότε, τη θερμότητα καθώς και την υγρασία τις οποίες είχε πάρει από το θερμό ρεύμα του αέρα, θα τις αποδώσει στο ψυχρό ρεύμα αέρα. Το υλικό των τροχών των περιστροφικών εναλλακτών είναι συνήθως από αλουμίνιο ή κάποιο συνθετικό υλικό. Δημιουργούνται οδοί διέλευσης πάνω στην επιφάνεια του τροχού (εξαγωνικές, τριγωνικές ή άλλες), οι οποίες συνήθως έχουν άνοιγμα 1,5-2 mm. Είναι απαραίτητο να προτάσσονται φίλτρα αέρα και στα δύο ρεύματα για να διατηρούνται οι δίοδοι του αέρα καθαρές.

Ο τυπικός βαθμός απόδοσης τους είναι 55-85 %, όπως ακριβώς συμβαίνει και με τους πλακοειδείς εναλλάκτες. Έχουν όμως το μειονέκτημα ότι χρειάζονται σοβαρή συντήρηση, σε αντίθεση με τους πλακοειδείς που δεν έχουν ανάγκη από καμία σχεδόν συντήρηση. Το μεγάλο πλεονέκτημα τους, έναντι των πλακοειδών εναλλακτών θερμότητας, είναι ότι μπορούν να εναλλάσσουν και την υγρασία που περιέχεται στο θερμότερο από τα δύο ρεύματα του αέρα.

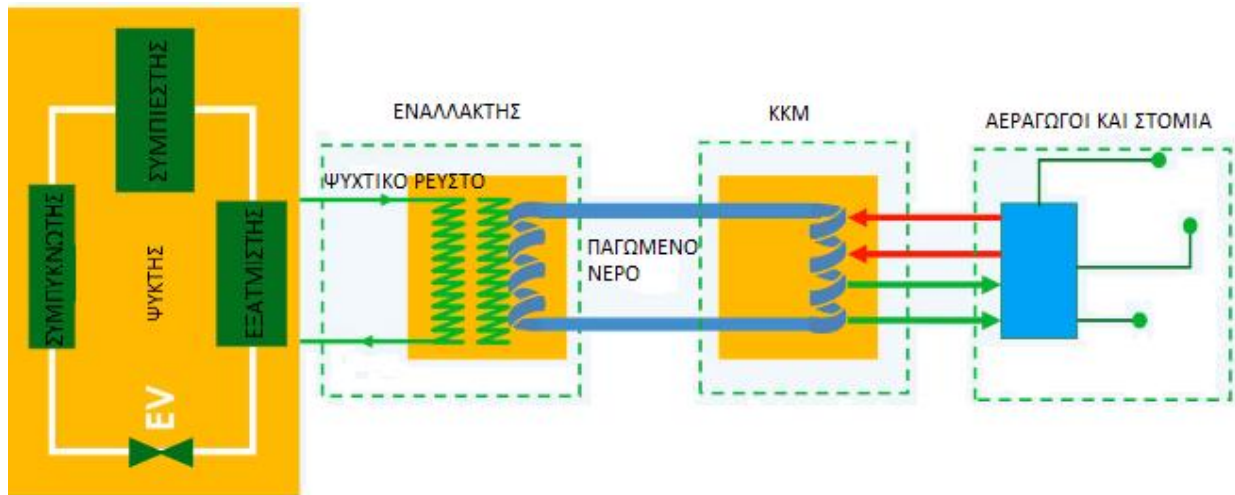
Η αφύγρανση του θερμού ρεύματος και η μεταφορά της αφαιρούμενης υγρασίας στο ψυχρό, γίνεται από μόνη της, αν η θερμοκρασία του ψυχρού ρεύματος αέρα είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία δρόσου του θερμού ρεύματος και δεν υπάρχει τρόπος για να την αποφύγουμε (αν τυχόν, για κάποιο λόγο, δε θέλουμε να γίνει). Η κατάσταση αυτή είναι η τυπική κατάσταση η οποία επικρατεί το χειμώνα. Όμως, αφύγρανση μπορεί να γίνεται πάντοτε, ακόμη και το καλοκαίρι, αν χρησιμοποιηθεί ο ειδικός υγροσκοπικός τροχός.

### 1.9.3 Οι εναλλάκτες αέρος-αέρος με τη συνεργασία δύο στοιχείων

Οι δύο τύποι εναλλακτών αέρος-αέρος (πλακοειδείς και περιστρεφόμενοι) έχουν πολύ καλές αποδόσεις, αλλά παρουσιάζουν το μειονέκτημα ότι θα πρέπει να φέρουμε τα δύο ρεύματα αέρα πολύ κοντά μεταξύ τους. Ο συνδυασμός των δύο στοιχείων για τη δημιουργία ενός εναλλάκτη αέρος-αέρος ονομάζεται στα αγγλικά “Run-Around Coils” και για συντομία γράφεται και RAC. Δεν υπάρχει αντίστοιχη επιτυχής απόδοση του όρου στα ελληνικά. Το ένα στοιχείο παραλαμβάνει τη θερμότητα από το θερμό ρεύμα του αέρα και την αποδίδει, μέσω ενός κλειστού κυκλώματος νερού, σε ένα άλλο στοιχείο το οποίο βρίσκεται στο ψυχρό ρεύμα του αέρα. Είναι προφανές ότι το σύστημα αυτό δεν μπορεί να παρακρατήσει υγρασία. Το σύστημα RAC είναι χαμηλού κόστους και θεωρείται ευέλικτο, αλλά έχει σχετικά χαμηλό βαθμό απόδοσης ο οποίος σπάνια υπερβαίνει το 55 %, τιμή την οποία συναντάμε όταν και τα δύο στοιχεία είναι καινούργια και καθαρά από σκόνες και σκουριές.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ψύκτες

Για την τροφοδοσία του στοιχείου με ζεστό ή κρύο νερό χρησιμοποιούνται αντλίες θερμότητας. Για το θερμό στοιχείο χρησιμοποιείται συνήθως καυστήρας, ενώ για το ψυχρό στοιχείο ψύκτης (chiller). Παρακάτω θα αναλύσουμε τα είδη των ψυκτών καθώς και τα τυπικά χαρακτηριστικά τους. Στο παρακάτω σχήμα, παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής για την τυπική λειτουργία ενός συστήματος ΚΚΜ με ψύκτη.



Εικόνα 13: Διάγραμμα ροής τυπικής λειτουργίας ΚΚΜ με ψύκτη

Ο συμπιεστής αναρροφά ψυκτικό αέριο πάντα με χαμηλή πίεση και θερμοκρασία. Αυτό το ψυκτικό αέριο στη συνέχεια το συμπιέζει, αυξάνοντας έτσι την πίεση και τη θερμοκρασία του. Έπειτα, το καταθλίβει προς τον συμπυκνωτή. Στο συμπυκνωτή το αέριο αποβάλλει ποσά θερμότητας προς το περιβάλλον και έτσι υγροποιείται. Στη συνέχεια, το ψυκτικό υγρό πλέον, κατευθύνεται προς την εκτονωτική βαλβίδα όπου μειώνεται η πίεση και η θερμοκρασία του, ύστερα οδηγείται στον εξατμιστή. Το ψυκτικό μέσο απορροφά ποσά θερμότητας από τον εναλλάκτη με αποτέλεσμα να μειωθεί η θερμοκρασία του και να μετατραπεί σε αέριο. Το παγωμένο νερό πηγαίνει στο ψυκτικό στοιχείο της ΚΚΜ όπου ψύχει τον αέρα ο οποίος το διαπερνάει. Αυτός ο αέρας μεταφέρεται μέσα από τους αεραγωγούς στον κλιματιζόμενο χώρο.

Υπάρχουν δυο τρόποι κατηγοριοποίησης των ψυκτών, ο πρώτος είναι ανάλογα με τον συμπιεστή τον οποίο έχουν και ο δεύτερος ανάλογα με τον τρόπο κατά τον οποίο γίνεται η συμπύκνωση. Στη δεύτερη περίπτωση, οι τύποι των συμπυκνωτών είναι:

- Αερόψυκτοι συμπυκνωτές
- Υδρόψυκτοι συμπυκνωτές

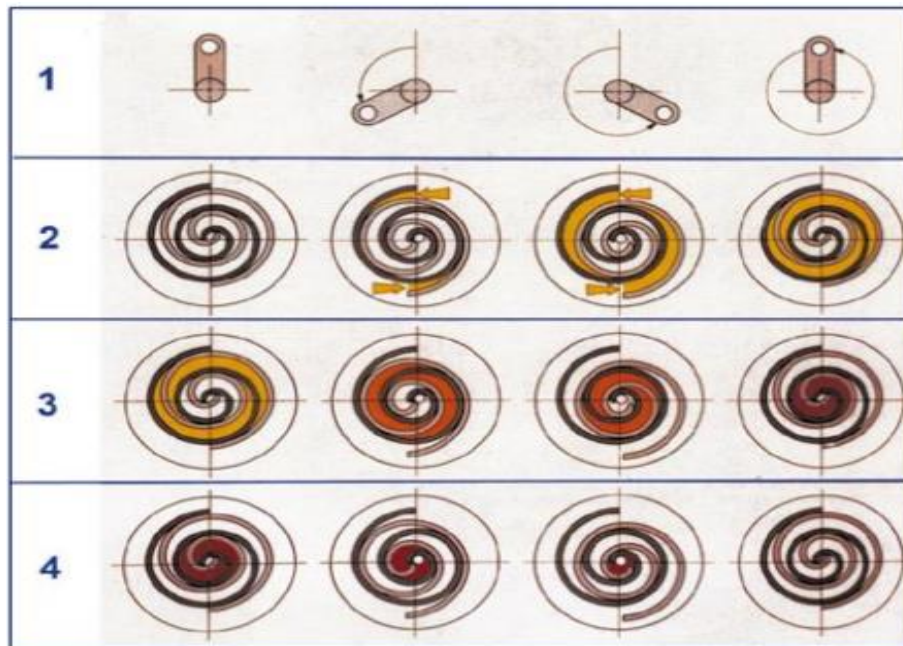
## 2.1 Τύποι συμπιεστών σε ψύκτες

Οι τύποι των συμπιεστών τους οποίους, συνήθως, συναντάμε σε ψύκτες είναι οι εξής:

- Σπειροειδείς συμπιεστές (scroll)
- Φυγοκεντρικοί συμπιεστές
- Παλινδρομικοί συμπιεστές
- Περιστροφικοί συμπιεστές

### 2.1.1 Σπειροειδείς συμπιεστές

Οι σπειροειδείς συμπιεστές αποτελούνται από δύο οριζόντιες πλάκες, οι οποίες φέρουν από μία τρισδιάστατη σπείρα προσαρμοσμένη η μία μέσα στην άλλη. Η πλάκα η οποία βρίσκεται από πάνω, με τη σπείρα της, είναι σταθερή, ενώ η πλάκα η οποία βρίσκεται από κάτω περιστρέφεται έκκεντρα (μέσα στη σταθερή), με πολύ μικρές ανοχές. Η περιστρεφόμενη σπείρα παίρνει κίνηση από τον άξονα του ηλεκτροκινητήρα. Μέσω ενός ειδικού εξαρτήματος έκκεντρου, το οποίο βρίσκεται μεταξύ του άξονα του ηλεκτροκινητήρα και της περιστρεφόμενης σπείρας, η κίνησή τους γίνεται εκκεντρικά. Η έκκεντρη αυτή κίνηση δημιουργεί χώρους, μέσα στους οποίους το εισερχόμενο ψυκτικό αέριο, εγκλωβίζεται, συμπιέζεται και οδηγείται στο κέντρο των δύο σπειρών, στο σημείο αυτό έχει τοποθετηθεί και η έξοδος του συμπιεζόμενου ψυκτικού αερίου.



Εικόνα 14: Λειτουργία σπειροειδή συμπιεστή

Τα χαρακτηριστικά αυτού του τύπου συμπιεστών είναι τα εξής:

- Έχουν μεγάλο εύρος πιέσεων
- Έχουν αθόρυβη λειτουργία, χωρίς κραδασμούς
- Έχουν λιγότερες φθορές και τριβές

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε την τυπική μορφή που έχουν οι ψύκτες του συγκεκριμένου τύπου.



Εικόνα 15: Σπειροειδής συμπιεστής

### 2.1.2 Φυγοκεντρικοί συμπιεστές

Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές είναι απλοί στην κατασκευή τους. Αποτελούνται, κατά βάση, από ένα ακίνητο κέλυφος και την περιστρεφόμενη φτερωτή. Η φτερωτή παίρνει κίνηση από ένα ηλεκτροκινητήρα, μέσω ενός συστήματος μετατροπής των στροφών με ελικοειδείς οδοντωτούς τροχούς. Η ταχύτητα περιστροφής στους φυγοκεντρικούς συμπιεστές είναι μεγαλύτερη από 3.000 rpm (στροφές) και μπορεί να φθάσει έως και 18.000 rpm. Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές, ανάλογα με το μέγεθος και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους, σχεδιάζονται με μία ή περισσότερες βαθμίδες συμπίεσης.

Τα χαρακτηριστικά των φυγοκεντρικών συμπιεστών είναι ότι:

- Έχουν υψηλότερη απόδοση
- Έχουν μεσαίο κόστος
- Έχουν μικρό εύρος λειτουργίας (20-1000 TR)

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε την τυπική μορφή που έχουν τέτοιου τύπου ψύκτες.



Εικόνα 16: Φυγοκεντρικός συμπιεστής

### 2.1.3 Παλινδρομικοί ή εμβολοφόροι συμπιεστές

Ένας παλινδρομικός ή εμβολοφόρος συμπιεστής είναι ο πιο κοινός τύπος συμπιεστή ψύξης. Παρουσιάζει απλότητα κατασκευής και σχετικά χαμηλό κόστος προμήθειας. Επίσης, τέτοιοι συμπιεστές έχουν μεγάλους λόγους συμπίεσης και αποδίδουν ικανοποιητικά και στις περιπτώσεις μεγάλων πιέσεων κατάθλιψης. Είναι μονοκύλινδροι ή πολυκύλινδροι, με διάταξη κυλίνδρων σε σειρά, διάταξη V, διάταξη W και διάταξη αστέρα. Η αρχή λειτουργίας τους είναι παρόμοια με αυτή των μηχανών εσωτερικής καύσης. Τους συναντάμε σε εγκαταστάσεις μικρής και μεσαίας ψυκτικής ισχύος, σε κλιματιστικές μονάδες και σε ψυκτικές εγκαταστάσεις πλοίων.

Οι ψύκτες παλινδρομικών συμπιεστών χαρακτηρίζονται από:

- Τη χαμηλότερη απόδοση τους
- Τους εντόνους κραδασμούς κατά τη λειτουργία τους
- Την ανάγκη για συχνή συντήρηση
- Το μικρό εύρος λειτουργίας (έως 200 TR)

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε την τυπική μορφή που έχουν τέτοιου τύπου ψύκτες.



*Εικόνα 17: Παλινδρομικός συμπιεστής*

#### 2.1.4 Περιστροφικοί συμπιεστές

Οι συμπιεστές περιστροφικού τύμπανου κατασκευάζονται τόσο με σταθερά πτερύγια όσο και με κινητά πτερύγια. Έτσι, έχουμε τους περιστροφικούς συμπιεστές έκκεντρου τύμπανου με σταθερό πτερύγιο και τους περιστροφικούς συμπιεστές έκκεντρου τύμπανου με κινητά πτερύγια.

Οι περιστροφικοί συμπιεστές έκκεντρου τύμπανου με σταθερά πτερύγια περιορίζονται σε οικιακές συσκευές ψύξης και κλιματισμού μικρής ψυκτικής ισχύος και δεν χρησιμοποιούνται σε ψύκτες ΚΚΜ.

Οι περιστροφικοί συμπιεστές έκκεντρου τύμπανου με κινητά πτερύγια περιλαμβάνουν έναν αριθμό πτερυγίων, τα οποία βρίσκονται μέσα σε ένα κυλινδρικό στροφείο το οποίο περιστρέφεται μέσα σε ένα τύμπανο. Το στροφείο σχεδόν εφάπτεται με το τύμπανο σε μια θέση, στην οποία η στεγανοποίηση επιτυγχάνεται από μια μεμβράνη λιπαντικού. Στα δύο άκρα του κυλίνδρου και του στροφείου υπάρχουν δύο καλύμματα, στα οποία περιλαμβάνονται τα έδρανα του στροφείου. Τα πτερύγια ολισθαίνουν μέσα σε οδηγούς και κινούνται προς την περιφέρεια του κυλίνδρου υπό την επίδραση φυγοκεντρικής δύναμης, η οποία αναπτύσσεται



κατά την περιστροφή τους. Ο ατμός του ψυκτικού υγρού εισέρχεται από τη θυρίδα αναρροφήσεως και εγκλωβίζεται ανάμεσα στο στροφέιο και στα δύο γειτονικά πτερύγια. Κατά τη διάρκεια της περιστροφής, ο χώρος μεταξύ των δύο πτερύγιων μειώνεται και ο ατμός συμπιέζεται, μέχρι και την εξαγωγή του από τη θυρίδα καταθλίψεως.

Οι ψύκτες περιστροφικών συμπιεστών χαρακτηρίζονται από:

- Τη μέτρια απόδοση
- Το υψηλό κόστος
- Και το μεγάλο εύρος λειτουργίας (100 έως 2000 TR)

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε την τυπική μορφή που έχουν τέτοιου τύπου ψύκτες.



Εικόνα 18: Περιστροφικός συμπιεστής

## 2.2 Τύποι συμπυκνωτών σε ψύκτες

Οι συμπυκνωτές στους ψύκτες χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο ψύξης του συμπυκνωτή.

- Αερόψυκτοι συμπυκνωτές
- Υδρόψυκτοι συμπυκνωτές

Το κάθε είδος συμπυκνωτή έχει τα δικά του πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Για το λόγο αυτό, σε κάθε ψυκτική μηχανή χρησιμοποιείται ο πιο κατάλληλος συμπυκνωτής, ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται η ψυκτική μηχανή.

### 2.2.1 Αερόψυκτοι συμπυκνωτές

Οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές ψύχονται με την κυκλοφορία του αέρα περιβάλλοντος. Δηλαδή ο αέρας απάγει τη θερμότητα και συμπυκνώνει το ψυκτικό μέσο. Αυτό συμβαίνει επειδή ο αέρας του περιβάλλοντος είναι ψυχρότερος και όταν κυκλοφορεί γύρω από το συμπυκνωτή του απάγει θερμότητα. Για να είναι επιτυχής αυτή η διαδικασία πρέπει ο αέρας ο οποίος κυκλοφορεί γύρω από το συμπυκνωτή, να έρχεται σε καλή επαφή με αυτόν. Επομένως, η επιφάνεια του συμπυκνωτή, με την οποία θα έρθει σε επαφή ο αέρας, πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη.

Η κατασκευή τέτοιων συμπυκνωτών περιλαμβάνει ένα πτερυγιοφόρο χαλκοσωλήνα και τουλάχιστον έναν ανεμιστήρα, ο οποίος θα φυσά τον αέρα μέσα από τα πτερύγια του συμπυκνωτή. Τα πτερύγια κατασκευάζονται από λεπτά φύλλα αλουμινίου ή χαλκού. Ο χαλκοσωλήνας έχει τη μορφή σερπαντίνας σε μία ή και περισσότερες στρώσεις (σειρές). Ο συμπυκνωτής στο σύνολό του τοποθετείται σε ένα κατάλληλο μεταλλικό πλαίσιο. Το πλαίσιο στερεώνεται σε μεταλλική βάση πάνω στην οποία τοποθετείται, συνήθως, και ο ανεμιστήρας.

Οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές χαρακτηρίζονται από:

- Μεγάλη επιφάνεια εγκατάστασης
- Απλή συντήρηση
- Χαμηλότερη απόδοση
- Υψηλότερο αρχικό κόστος
- Χαμηλότερο κόστος λειτουργίας



Εικόνα 19: Αερόψυκτος συμπυκνωτής

### 2.2.2 Υδρόψυκτοι συμπυκνωτές

Οι υδρόψυκτοι συμπυκνωτές ψύχονται με την κυκλοφορία του νερού. Το νερό απάγει τη θερμότητα και προκαλεί τη συμπύκνωση του ψυκτικού μέσου. Στις περιπτώσεις μικρών εγκαταστάσεων, με μικρές καταναλώσεις, το νερό ψύξης, μετά το συμπυκνωτή, μπορεί να οδηγηθεί στην αποχέτευση. Δηλαδή το νερό, αφού ψύξει το συμπυκνωτή, αποχετεύεται και τελικώς χάνεται. Σε μεγαλύτερες, όμως, εγκαταστάσεις, όπου οι καταναλώσεις είναι σημαντικές, αυτό είναι εξαιρετικά δαπανηρό και δεν επιτρέπεται. Στις περιπτώσεις αυτές, το νερό ψύξης ανακυκλώνεται, ξαναψύχεται και επαναχρησιμοποιείται. Αυτή η διαδικασία γίνεται στον πύργο ψύξης.

Οι υδρόψυκτοι συμπυκνωτές χαρακτηρίζονται από:

- Μικρότερη επιφάνεια εγκατάστασης
- Περιπλοκή συντήρηση
- Υψηλότερη απόδοση
- Χαμηλότερο αρχικό κόστος
- Μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας
- Μεγάλο εύρος λειτουργίας

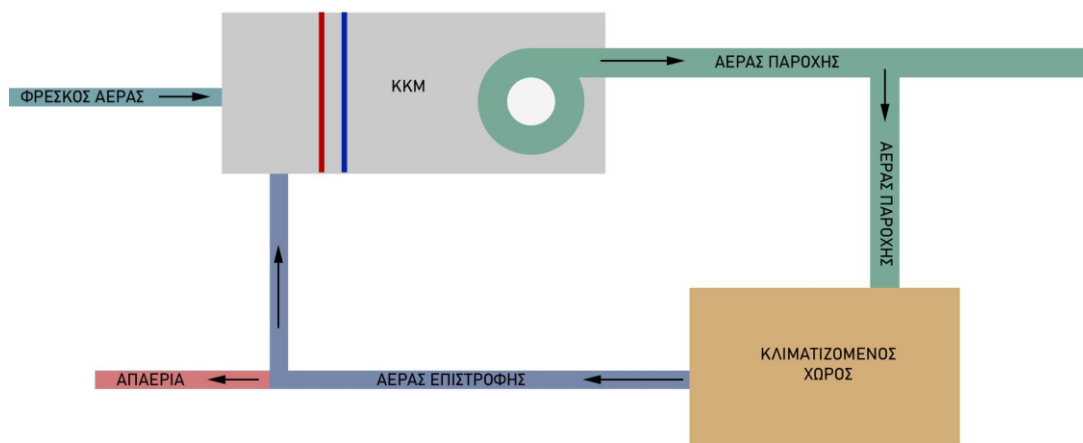


*Εικόνα 20: Υδρόψυκτος συμπυκνωτής*

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Αεραγωγοί και στόμια αέρα

Για να κλιματιστεί ένα χώρος θα πρέπει να τον τροφοδοτήσουμε με τη σωστή ποσότητα κλιματισμένου αέρα. Σημαντική, επίσης, είναι η διαμονή των ανθρώπων μέσα σε αυτόν το χώρο. Για να νιώθουμε ανετά, λοιπόν, σε ένα χώρο θα πρέπει ο αέρας να είναι στη σωστή ψυχομετρική κατάσταση και να έχει ταχύτητα στο χώρο παραμονής μικρότερη από 0,25 m/s (η ταχύτητα διαφέρει ανάλογα με την εργασία των ανθρώπων). Στον κλιματιζόμενο χώρο θα πρέπει η ποσότητα του προσαγομένου αέρα να αντικαθιστά τον προηγούμενο αέρα σε διάστημα 7 έως 12 λεπτών. Χρόνοι αλλαγών του αέρα μικρότεροι των 7 λεπτών δημιουργούν δυνατά ρεύματα αέρα, τα οποία ενδέχεται να βλάψουν τα άτομα που βρίσκονται στο χώρο. Αντιθέτως, χρόνοι αλλαγής μεγαλύτεροι των 12 λεπτών, δημιουργούν απλώς έλλειψη φρεσκάδας και ανανέωσης στο χώρο. Σε περίπτωση μη επαρκούς κάλυψης του ορίου, μπορούμε να μειώσουμε τα αισθητά ψυχτικά φορτία ή να ελαττώσουμε τη θερμοκρασία του χώρου. Ωστόσο, οι λύσεις αυτές προϋποθέτουν προσθετό αρχικό κόστος, πράγμα που δεν είναι εφικτό σε όλες τις εγκαταστάσεις, με αποτέλεσμα, σε πολλές περιπτώσεις κλιματιζόμενων χώρων, να μην έχουμε την απαιτούμενη άνεση στο χώρο. Για τη μεταφορά αέρα, προς και από το χώρο, χρησιμοποιούνται οι αεραγωγοί, οι οποίοι ταξινομούνται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες με βάση την εργασία την οποία επιτελούν. Έτσι, έχουμε αεραγωγούς:

- Παροχής αέρα, με τους οποίους μεταφέρεται κλιματιζόμενος αέρας στους χώρους
- Επιστροφής αέρα, με τους οποίους μεταφέρεται αέρας πίσω στην ΚΚΜ
- Φρέσκου αέρα, με τους οποίους μεταφέρεται φρέσκος αέρας
- Απαερίων, οι οποίοι αποβάλλουν μια ποσότητα του αέρα επιστροφής έξω από το κτίριο



### 3.1 Στοιχεία κατασκευής αεραγωγών

Οι αεραγωγοί κατασκευάζονται συνήθως από:

- Ανοξείδωτο χάλυβα

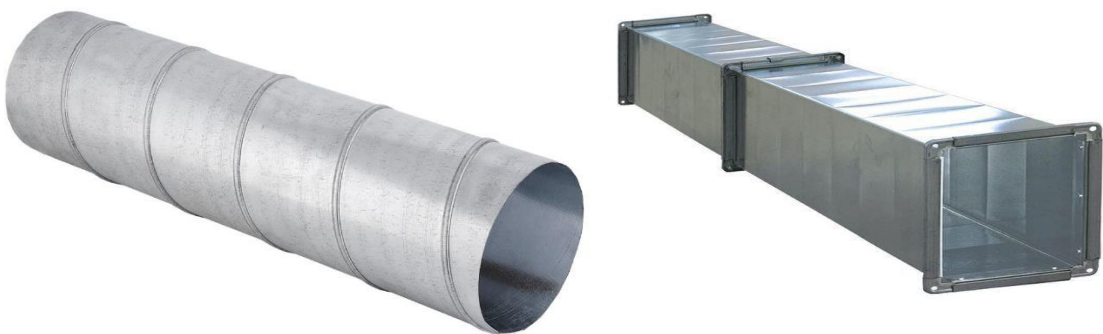
Αυτού του είδους οι αεραγωγοί είναι πιο ακριβοί από άλλες επιλογές, αλλά είναι και πιο ανθεκτικοί σε βακτήρια και για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται σε ειδικές εγκαταστάσεις, όπως είναι τα χειρουργεία.



Εικόνα 22: Αεραγωγοί ανοξείδωτου χάλυβα

- Γαλβανισμένου χάλυβα

Είναι ο πιο συνηθής τύπος αεραγωγού. Τέτοιοι αεραγωγοί είναι φθηνότεροι από τους αεραγωγούς ανοξείδωτου χάλυβα, ωστόσο και οι δύο έχουν τις ίδιες απώλειες.



Εικόνα 23: Αεραγωγοί γαλβανισμένου χάλυβα

- Αλουμίνιου

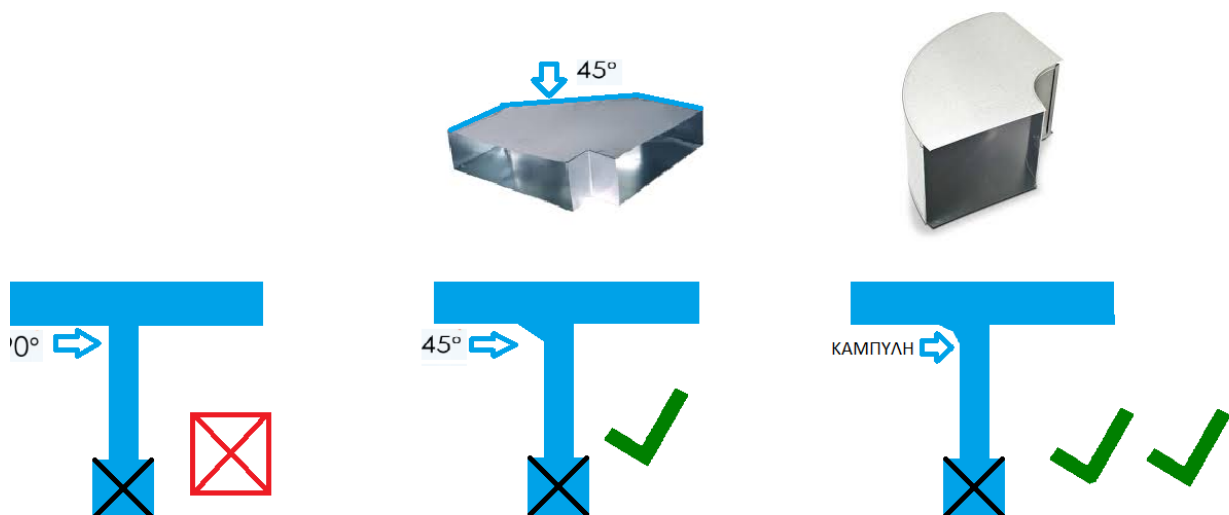
Αεραγωγοί γνωστοί για την εύκολη κάμψη τους. Επίσης, αεραγωγοί οι οποίοι έχουν μεγαλύτερη πτώση πίεσης.



*Εικόνα 24: Εύκαμπτοι αεραγωγοί αλουμινίου*

Σε σχέση με τους ορθογώνιους αεραγωγούς, οι αεραγωγοί κυκλικής διατομής κοστίζουν λιγότερο και έχουν μικρότερες αντιστάσεις ροής. Από τους ορθογώνιους αεραγωγούς ο τετράγωνος παρουσιάζει τις μικρότερες απώλειες τριβών. Όμως, όσο αυξάνεται ο λόγος των πλευρών του αεραγωγού, τόσο μεγαλώνουν οι απώλειες τριβών και παράλληλα αυξάνεται το κόστος. Ένας πρακτικός κανόνας είναι ότι ο λόγος πλευρών δεν πρέπει να υπερβαίνει το 4:1. Γενικά, τα δίκτυα των αεραγωγών αποτελούνται από τα ευθύγραμμα τμήματα και τα ειδικά εξαρτήματα, τα οποία συνδέονται με διάφορους τρόπους ώστε να δημιουργήσουν ένα ενιαίο σύνολο. Είναι σημαντικό οι συνδέσεις να είναι καλές ώστε να αποφευχθούν οι απώλειες στο δίκτυο. Είναι καλή πρακτική η τοποθέτηση σιλικόνης ή ειδικής ταινίας σε σημεία όπου υπάρχει σύνδεση για την ενίσχυση της στεγανότητας του δικτύου.

Πολλές φορές στην εγκατάσταση θα πρέπει ο αεραγωγός να αποκτήσει κλίση. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται ένα κομμάτι αεραγωγού το οποίο είτε σχηματίζει γωνιά, είτε είναι μια ενιαία καμπύλη. Το βέλτιστο των μοιρών που πρέπει να είναι αυτή η γωνία αεραγωγού είναι οι 45° και όχι οι 90°. Ακόμα πιο αποδοτική, για την ελαχιστοποίηση των απωλειών, είναι η χρήση της καμπύλης, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 25: Πρακτικές ελαχιστοποίησης απωλειών

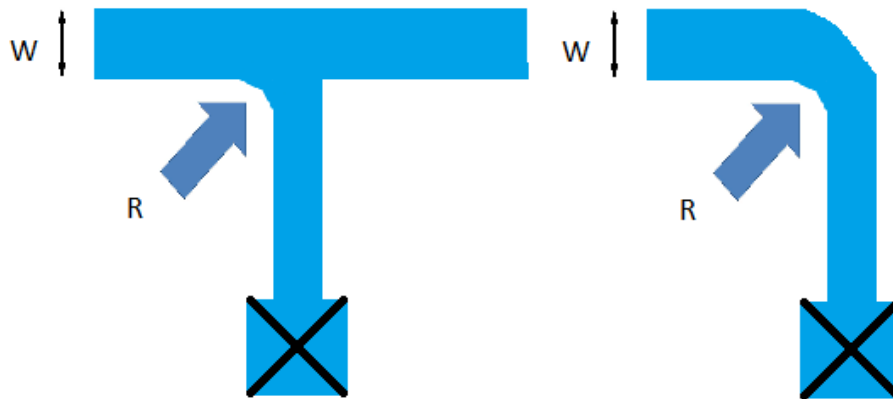
Για να βρούμε την ακτίνα του κύκλου της γωνίας, αν μετά από αυτήν ο αεραγωγός χωρίζεται σε δύο διαδρομές, τότε ακολουθούμε τον παρακάτω πίνακα:

Πλάτος αεραγωγού σε in (W)	Ακτίνα σε in (R)
$W \leq 14$	10
$16 \leq W \leq 24$	15
$24 \leq W \leq 32$	20
$W \geq 34$	25

Αν ο αεραγωγός δε χωρίζεται μετά τη γωνία, την οποία σχηματίζει, σε δύο διαδρομές τότε ακολουθούμε τον παρακάτω πίνακα:

Πλάτος αεραγωγού σε in (W)	Ακτίνα σε in (R)
$W \leq 18$	6
$W \leq 20$	10

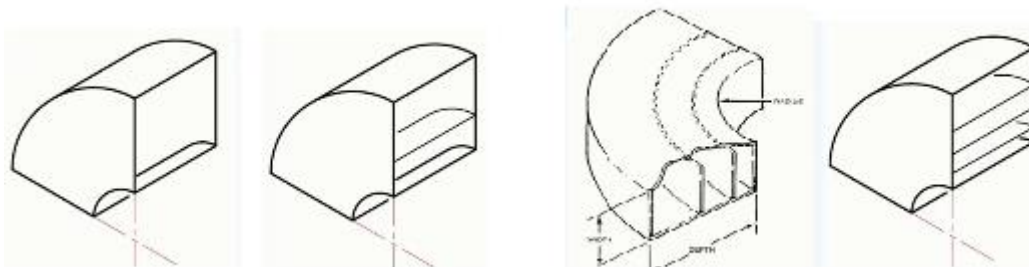




Εικόνα 26: Διαδρομές αεραγωγού

Μια ακόμα καλή πρακτική για την αποφυγή διαταραχών του αέρα στις γωνίες είναι η τοποθέτηση διαχωριστικών μέσα στους αεραγωγούς. Ο αριθμός των διαχωριστικών εξαρτάται από το πλάτος του αεραγωγού και φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

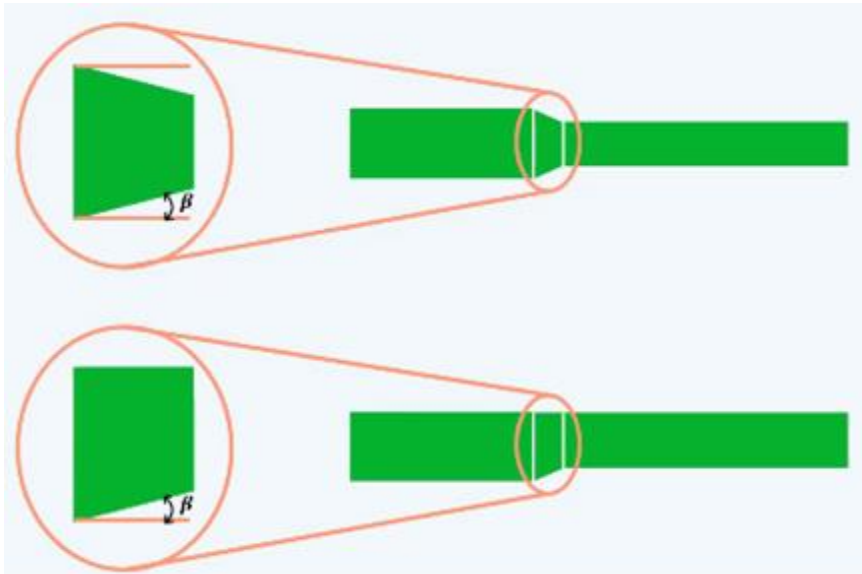
Πλάτος αεραγωγού σε in (W)	Αριθμός διαχωριστικών
$W \leq 10$	0
$12 \leq W \leq 16$	1
$18 \leq W \leq 24$	2
$26 \leq W \leq 30$	3



Εικόνα 27: Διαχωριστικά γωνιών αεραγωγών

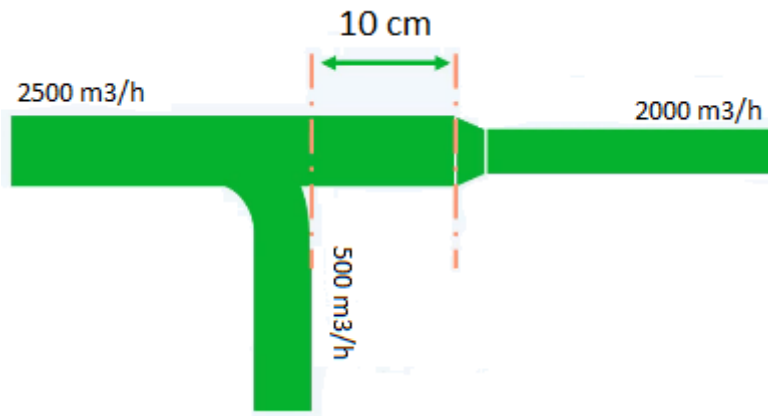
Όταν παράγουμε ένα ποσό αέρα από τον αεραγωγό τότε θα πρέπει να μειώσουμε και την επιφάνεια του αεραγωγού. Το εξάρτημα που μας το επιτρέπει αυτό είναι ο μειωτήρας. Αν ο

μειωτήρας έχει και από τις δύο πλευρές γωνία τότε όπως βλέπουμε στο παρακάτω σχήμα θα ισχύει  $\beta \leq 15^\circ$ , στην περίπτωση που έχει γωνία μόνο από τη μια πλευρά τότε θα ισχύει  $\beta \leq 30^\circ$ .



Εικόνα 28: Μειωτήρες αεραγωγών

Ο μειωτήρας πρέπει να έχει τουλάχιστον 10 εκατοστά απόσταση από την απαγωγή του αέρα, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 29: Σωστή χρήση μειωτήρα

Η ποσότητα του αέρα η οποία μεταφέρεται μέσα από τους αεραγωγούς ελέγχεται μέσα από διαφράγματα (τάμπερ). Υπάρχουν τρία βασικά είδη διαφραγμάτων κι είναι τα εξής:

- Διαφράγματα όγκου, τα οποία ελέγχουν τον όγκο του αέρα ο οποίος μεταφέρεται στον αεραγωγό
- Διαφράγματα πυρασφάλειας, τα οποία σε περίπτωση φωτιάς κλείνουν τη μεταφορά του αέρα προς τον αεραγωγό για να μη φτάσει έως εκεί η φωτιά
- Διαφράγματα καπνού, τα οποία κλείνουν τον αεραγωγό όταν εντοπίσουν καπνό

### 3.2 Διαστασιολόγηση αεραγωγών

Όπως αναφέρεται παραπάνω όταν αλλάζει η παροχή του αέρα μέσα στον αεραγωγό θα πρέπει να αλλάζουν και οι διαστάσεις του. Για τη διαστασιολόγηση χρησιμοποιούμε προγράμματα τα οποία μας βοηθούν να υπολογίσουμε στοιχεία του αέρα όπως η ταχύτητά του, η παροχή του, καθώς και οι απώλειές του, όταν διαπερνάει τον αεραγωγό. Ένα από τα προγράμματα τα οποία χρησιμοποιούνται είναι το Duct Sizer της McQuay. Παρακάτω θα περιγράψουμε αναλυτικά τον τρόπο διαστασιολογησης μέσα από ένα παράδειγμα.



Εικόνα 30: Παράδειγμα διαστασιολογησης αεραγωγών

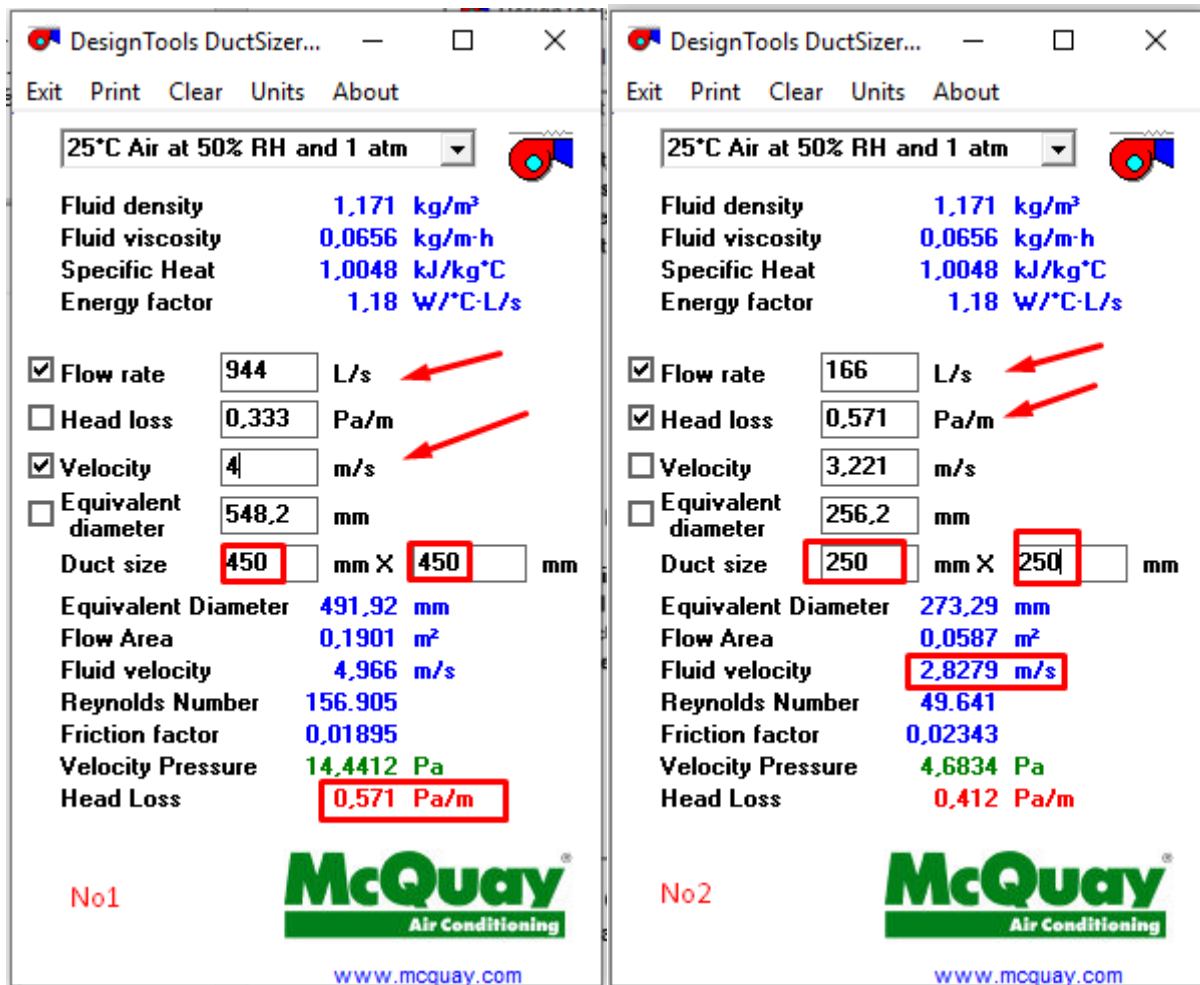
Από τον ανεμιστήρα που θα επιλέξουμε ξέρουμε από τον κατασκευαστή την ταχύτητα και την παροχή που θα υπάρχει στον αεραγωγό Νο1. Για τον κάθε αεραγωγό που καταλήγει σε δωμάτιο μπορούμε μέσα από τους πίνακες της ASHRAE, ανάλογα με το είδος του χώρου και

τα άτομα τα οποία υπάρχουν μέσα σε αυτόν, να υπολογίσουμε την επιθυμητή παροχή στο δωμάτιο. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να υπολογίσουμε σε κάθε σημείο του αεραγωγού την επιθυμητή παροχή.

Επίσης, ανάλογα με το χώρο τοποθέτησης του αεραγωγού, από τον παρακάτω πίνακα βρίσκουμε τη μέγιστη ταχύτητα αέρα μέσα σε αυτόν. Στο παράδειγμα μας θα θεωρήσουμε ότι η διαστασιολόγηση γίνεται σε μια κατοικία. Επειδή πρόκειται για αεραγωγό προσαγωγής θα πρέπει να έχουμε ταχύτητα μικρότερη των 5 m/s στο κομμάτι του κυρίου αεραγωγού (No1, No3, No5) και μικρότερη των 3 m/s στο υπόλοιπο δίκτυο (No2, No4, No6). Βάζοντας στο πρόγραμμα την παροχή και την ταχύτητα του ανεμιστήρα και αλλάζοντας τις τιμές του Size μπορούμε να δούμε την ταχύτητα, καθώς και τις απώλειες μέσα στον αεραγωγό των διαστάσεων που έχουμε ήδη δηλώσει.

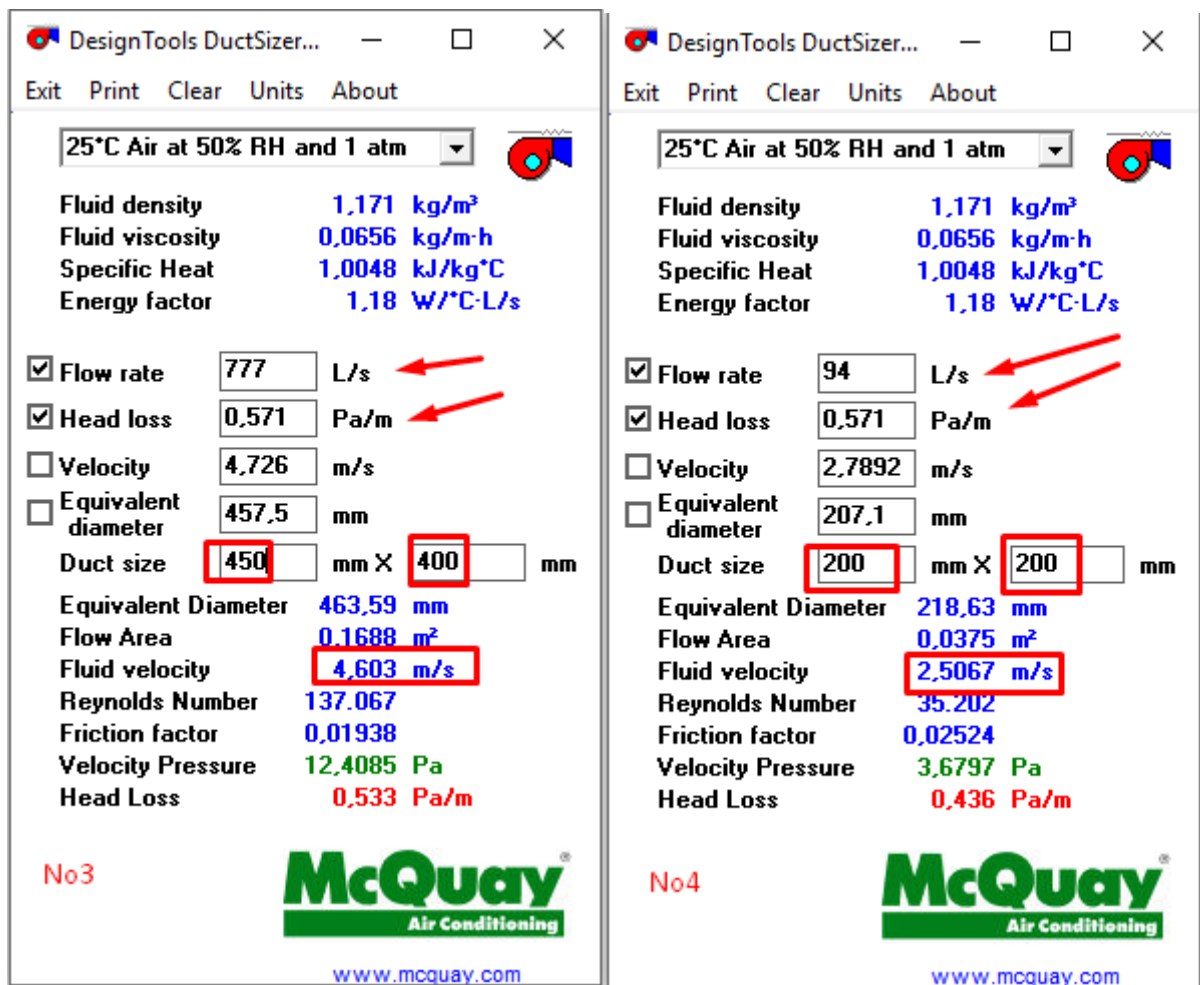
Είδος χώρου	Κύριος Αεραγωγός		Υπόλοιπο δίκτυο	
	Προσαγωγής	Επιστροφής	Προσαγωγής	Επιστροφής
Κατοικίες	5	4	3	3
Σχολεία-Αναγνωστήρια	5	4	4	3,5
Βιβλιοθήκες	8	7	4	6
Γραφεία (γενικά)	9	9	8	7
Γραφεία ιδιωτικά	8	7	7	6
Τράπεζες	9	9	8	7
Ξενοδοχεία	7,5	6,5	6	5,5
Εστιατόρια	9	9	8	7
Θέατρα-Αμφιθέατρα	7,5	5,5	5	4
Νοσοκομεία-κλινικές	7,5	6,5	6	5,5
Μεγάλα καταστήματα	9	9	8	7
Βιομηχανίες	12	9	10	7,5

Εικόνα 31:Επιτρεπόμενες ταχύτητες στους αεραγωγούς ανάλογα με τον τύπο κτηρίου.



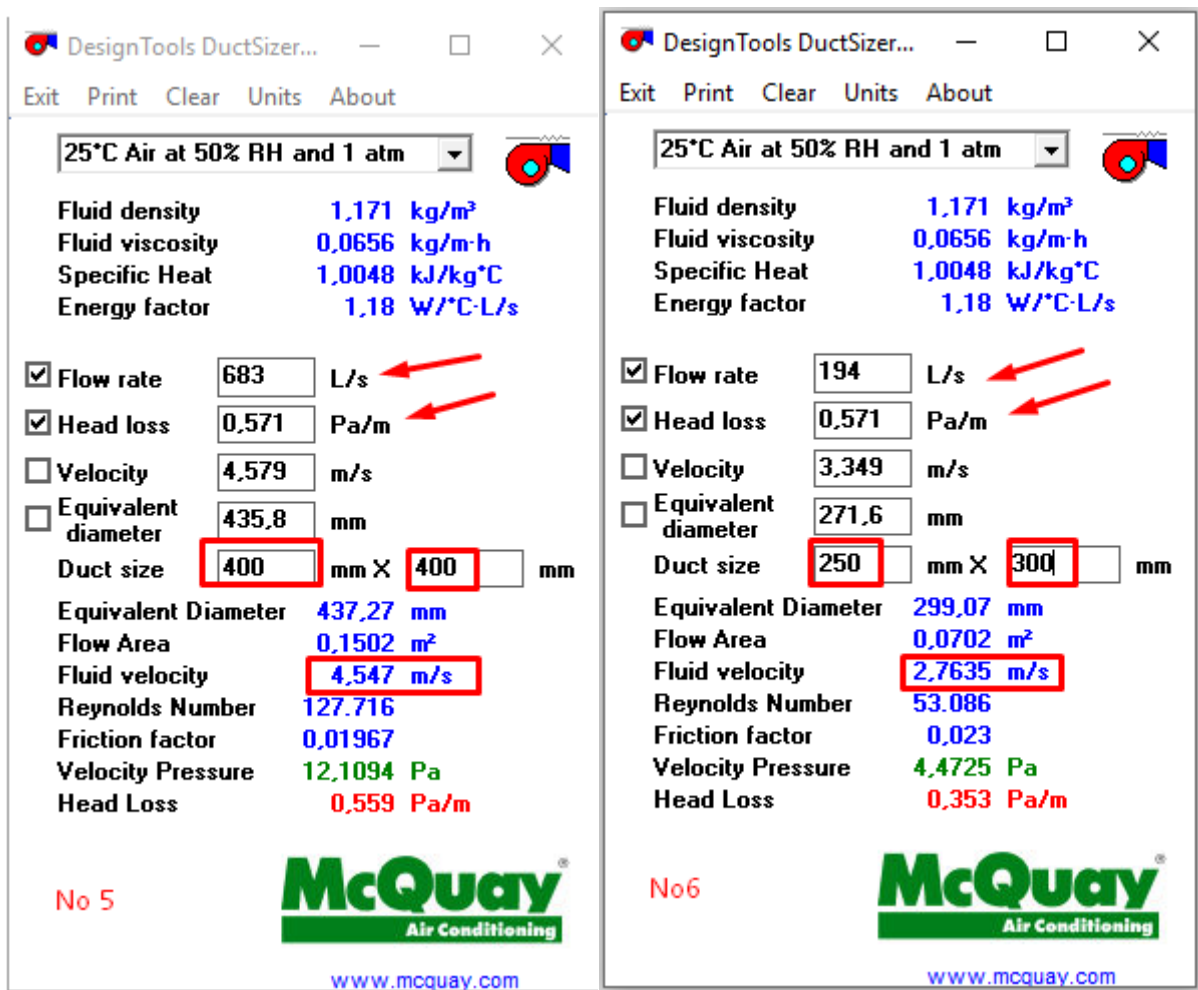
Εικόνα 32: Παράδειγμα υπολογισμού διαστάσεων αεραγωγών No1, No2

Για τον αεραγωγό No2 δεν ξέρουμε την ταχύτητα του ανεμιστήρα αλλά από το πρόγραμμα έχουμε την απώλεια πίεσης (Head loss), σύμφωνα με τις διαστάσεις που επιλέξαμε.



Εικόνα 33: Παράδειγμα υπολογισμού διαστάσεων αεραγωγών No3, No4

Αρά, για τον αεραγωγό No3 οι διαστάσεις θα πρέπει να είναι 450x400 και 150x150 για τον αεραγωγό No4, με ταχύτητες πάντα εντός των ορίων για το χώρο που διαθέτουμε.



Εικόνα 34: Παράδειγμα υπολογισμού διαστάσεων αεραγωγών Νο5, Νο6

Τέλος, για τον Νο5 θα έχουμε αεραγωγό διαστάσεων 400x400, ενώ για τον αεραγωγό Νο6 θα έχουμε διαστάσεις 250x300. Στα σημεία όπου μικραίνει ο αεραγωγός, όπως προαναφέραμε, χρησιμοποιείται κατάλληλων διαστάσεων μειωτήρας.

### 3.3 Στόμια προσαγωγής κλιματισμένου αέρα

Για την ομοιόμορφη κατανομή του κλιματισμένου αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο χρησιμοποιούνται τα στόμια προσαγωγής. Με τη σωστή τοποθέτηση των στομιών προσαγωγής στο χώρο, αφενός ελέγχεται η ποσότητα (ή η μάζα) του κλιματισμένου αέρα την οποία απαιτεί ο χώρος και αφετέρου ρυθμίζεται η ταχύτητα με την οποία ο αέρας φτάνει στο χώρο. Επίσης, ρυθμίζεται και η κατεύθυνση του κλιματισμένου αέρα, ώστε να επιτυγχάνεται

η καλύτερη δυνατή ισοκατανομή του αέρα στο χώρο και να αποφεύγεται έτσι η δημιουργία ζωνών, στις οποίες δεν φτάνει κλιματισμένος αέρας και επομένως δεν κλιματίζονται επαρκώς.

Η ταχύτητα με την οποία ο αέρας εξέρχεται από τα στόμια προσαγωγής, είναι ένα ακόμα πολύ σημαντικό στοιχείο για τη δημιουργία των συνθηκών άνεσης οι οποίες απαιτούνται σε κάθε εγκατάσταση κλιματισμού. Η ταχύτητα με την οποία ο κλιματισμένος αέρας εξέρχεται από τα στόμια θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε η ταχύτητά του στο επίπεδο παραμονής και εργασίας των ανθρώπων στον κλιματιζόμενο χώρο να μην υπερβαίνει τα 0,25 m/s. Ταχύτητες αέρα σε χώρο που ζουν άνθρωποι, μεγαλύτερες των 0,25 m/s, μπορεί να δημιουργήσουν ενοχλητικές καταστάσεις στους ανθρώπους. Επίσης, ταχύτητες αέρα στο χώρο, μικρότερες των 0,15 m/s, θα πρέπει να αποφεύγονται, καθώς δεν ικανοποιούνται οι συνθήκες άνεσης των ανθρώπων οι οποίοι βρίσκονται στο κλιματιζόμενο χώρο. Οι ταχύτητες μετριούνται στα 3/4 της απόστασης μεταξύ στομιού και τοίχου. Τα στόμια προσαγωγής τα οποία κυκλοφορούν στην αγορά είναι διαφόρων ειδών, ανάλογα με τα σημεία του χώρου όπου τοποθετούνται, καθώς και με το σχήμα και τα άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Έτσι έχουμε:

- Στόμια τοίχου
- Στόμια οροφής
- Στόμια δαπέδου
- Στόμια ειδικής κατασκευής ή ειδικών προδιαγραφών

Τα στόμια τοίχου και οροφής είναι εκείνα που χρησιμοποιούνται στις περισσότερες εγκαταστάσεις κλιματισμού. Τα στόμια δαπέδου καθώς και τα στόμια ειδικών προδιαγραφών και κατασκευών συναντώνται σπάνια και σε ειδικές περιπτώσεις κλιματισμού. Τα στόμια τοίχου ονομάζονται έτσι επειδή τοποθετούνται σε ορθογώνιους αεραγωγούς οι οποίοι στερεώνονται κατά μήκος του τοίχου μίας αίθουσας (στα ανώτατα σημεία του τοίχου). Κατασκευάζονται συνήθως από ανοδευμένο αλουμίνιο, αλλά και από ενισχυμένο πλαστικό υλικό (PVC ή ABS).





*Εικόνα 35: Τοπικό στόμιο τοίχου*

Τα στόμια τοίχου αποτελούνται:

- Από το μεταλλικό πλαίσιο στερέωσης
- Από το διάφραγμα ρύθμισης του όγκου του αέρα (τάμπερ)

Σελίδα 49/98

- Από τα πτερύγια κατεύθυνσης (οριζόντια και κάθετα)

Με το διάφραγμα μπορούμε, μέσω του ειδικού ρυθμιστή, να ρυθμίσουμε το ποσό του κλιματισμένου αέρα ο οποίος προσάγεται από κάθε στόμιο ή και να κλείσουμε τελείως τη δίοδο του αέρα από το στόμιο σε περιπτώσεις που, για κάποιο λόγο, θα πρέπει να καταργηθεί ένα στόμιο. Με τα οριζόντια πτερύγια έχουμε τη δυνατότητα να κατευθύνουμε τον αέρα προς τα πάνω ή προς τα κάτω, ώστε να πετυχαίνουμε την καλύτερη δυνατή κατανομή του αέρα στο χώρο. Με τα κάθετα πτερύγια, κατευθύνουμε τον αέρα προς τις επιθυμητές κατευθύνσεις (αριστερά-δεξιά), ώστε, σε συνδυασμό και με τα οριζόντια πτερύγια, να έχουμε άριστη κατανομή του κλιματισμένου αέρα στο χώρο και φυσικά τη δημιουργία καλύτερων συνθηκών άνεσης.

### 3.4 Επιλογή στομίων τοίχου

Η επιλογή των στομίων τοίχου γίνεται από τους πίνακες των κατασκευαστών. Για να επιλέξουμε το σωστό στόμιο, για κάθε περίπτωση κλιματιζόμενου χώρου, θα πρέπει να έχουμε τα ακόλουθα στοιχεία:

- Τη μορφή της αίθουσας την οποία θα κλιματίσουμε, την ανάπτυξη του δικτύου των αεραγωγών, καθώς και την ακριβή θέση των στομίων
- Την παροχή του στομίου σε L/s (λίτρα ανά δευτερόλεπτο)
- Το απαιτούμενο βεληνεκές του στομίου σε m
- Την πτώση του στομίου σε m
- Την επιτρεπόμενη ταχύτητα του αέρα κατά την έξοδό του από το στόμιο σε m/s

Η παροχή του στομίου θα πρέπει να είναι ανάλογη του ψυκτικού φορτίου, όπως αυτό έχει υπολογισθεί στη φάση υπολογισμού των ψυκτικών φορτίων. Το βεληνεκές ενός στομίου τοίχου είναι η οριζόντια απόσταση από το στόμιο έως το σημείο του χώρου, όπου η ταχύτητα του αέρα πέφτει στα 0,25 m/s. Το σημείο μέτρησης της ταχύτητας του αέρα των 0,25 m/s θα πρέπει να γίνεται σε απόσταση ίση με τα 3/4 της ολικής απόστασης από τον απέναντι τοίχο και σε ύψος περίπου 1,85 m από το δάπεδο. Πτώση ενός στομίου τοίχου, ονομάζουμε την κάθετη απόσταση από τον άξονα του στομίου μέχρι το σημείο της αίθουσας όπου η ταχύτητα του αέρα πέφτει στα 0,25 m/s. Το βεληνεκές και η πτώση ενός στομίου τοίχου δεν είναι σταθερά στοιχεία, η τιμή τους εξαρτάται από τη θέση των οριζόντιων πτερυγίων του στομίου. Το μεγαλύτερο βεληνεκές το πετυχαίνουμε όταν τα οριζόντια πτερύγια του στομίου είναι ρυθμισμένα σε γωνία 0°. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι όσο αυξάνεται το βεληνεκές, τόσο αυξάνεται και η πτώση των στομίων κι αντίστροφα.

Η στάθμη θορύβου είναι ένα άλλο ζητούμενο στοιχείο για τη σωστή επιλογή ενός στομίου. Η στάθμη θορύβου στα στόμια μετριέται σε db (ντεσιμπέλ) και εξαρτάται:

- Από την ταχύτητα με την οποία εξέρχεται ο αέρας από τα στόμια
- Από την ποιότητα της κατασκευής των στομίων

Για να ελέγχουμε και τη στάθμη θορύβου την οποία προξενεί η προσαγωγή του κλιματισμένου αέρα στο χώρο, χρησιμοποιούμε ειδικούς πίνακες που μας δίνουν την επιτρεπόμενη ταχύτητα του εξερχόμενου από τα στόμια αέρα για κάθε είδος χώρου. Ένας τέτοιος πίνακας είναι ο παρακάτω:

<b>Είδος χώρου</b>	<b>Επιτρεπόμενη ταχύτητα αέρα (m/s)</b>
Στούντιο ραδιοφωνίας - TV	2,5
Βιβλιοθήκες	2,5
Γραφεία	3,75
Κατοικίες	3,75
Νοσοκομεία - Ξενοδοχεία	3,75
Δημόσια κτίρια	5
Θέατρα	5
Εστιατόρια	5
Τράπεζες	5
Σχολεία	5
Εργοστάσια	7,5
Γυμναστήρια	7,5
Κουζίνες	7,5
Μεγάλα καταστήματα	7,5

Η στάθμη θορύβου η οποία επιτρέπεται σ' έναν κλιματιζόμενο χώρο, εξαρτάται από το είδος του χώρου. Άλλη στάθμη θορύβου επιτρέπεται στα στούντιο τηλεόρασης, άλλη στις κατοικίες, άλλη σε αίθουσες βιβλιοθηκών κ.λπ. Ο πίνακας που ακολουθεί μας δίνει τη μέγιστη επιτρεπόμενη στάθμη θορύβου για διάφορους χώρους.

<b>Είδος χώρου</b>	<b>Στάθμη θορύβου db (A)</b>
Στούντιο ραδιοφωνίας - TV	25-30
Θέατρα - Αίθουσα διαλέξεων	30-35
Εκκλησίες	30-40
Κατοικίες - Σχολεία - Κινηματογράφοι	35-40
Μουσεία - Βιβλιοθήκες	35-40
Νοσοκομεία	30-40
Γραφεία	40-50
Αποθήκες - Καταστήματα	40-50
Εστιατόρια - Ξενοδοχεία	40-50
Δημόσια κτίρια - Τράπεζες	45-55
Εστιατόρια - Bars	40-50
Εργοστάσια ελαφριάς βιομηχανίας	50-70
Εργοστάσια βαριάς βιομηχανίας	60-80

Αφού ορίσουμε την κατάλληλη στάθμη θορύβου για κάθε κλιματιζόμενο χώρο και την ταχύτητα του προσαγόμενου αέρα, χρησιμοποιώντας τους πίνακες των κατασκευαστών, μπορούμε να επιλέξουμε τις διαστάσεις του στομίου το οποίο ταιριάζει στην κάθε περίπτωση κλιματιζόμενου χώρου.

### 3.5 Επιλογή στομίων οροφής

Τα στόμια οροφής χρησιμοποιούνται κατά κανόνα σε κλιματιζόμενους χώρους μεγάλης έκτασης, με ψευδοροφές. Η χρήση τους είναι συνήθης σε χώρους οι οποίοι έχουν ανάγκη για θερινό κλιματισμό, δηλαδή για ψύξη. Το πλεονέκτημα των στομίων οροφής είναι ότι δημιουργούν γρήγορη και πλήρη ανάμιξη του αέρα προσαγωγής με τον αέρα του κλιματιζόμενου χώρου. Τα στόμια οροφής τα βρίσκουμε στο εμπόριο σε διάφορες μορφές. Ανάλογα με τις ανάγκες του κλιματιζόμενου χώρου της κάθε εγκατάστασης γίνεται και η επιλογή του στομίου το οποίο είναι κατάλληλο για κάθε περίπτωση. Οι τύποι στομίων οροφής τους οποίους βρίσκει κανείς στις εγκαταστάσεις κλιματισμού είναι:

- Τα κυκλικά στόμια οροφής
- Τα τετράγωνα ή ορθογώνια στόμια οροφής
- Τα ορθογώνια στόμια οροφής με καμπυλωτά πτερύγια διαφόρων κατευθύνσεων (δύο, τριών ή τεσσάρων)



Εικόνα 36: Τύποι στομίων οροφής

Το υλικό κατασκευής των στομίων οροφής, όπως και των στομίων τοίχου, είναι το ανοδειωμένο αλουμίνιο. Εκτός του συγκεκριμένου υλικού κατασκευής, στο εμπόριο κυκλοφορούν στόμια από σκληρό πλαστικό υλικό PVC ή ABS. Η επιλογή των στομίων οροφής γίνεται από καταλόγους κατασκευαστών ή από διαγράμματα. Επιπρόσθετα, όπως για την επιλογή των στομίων τοίχου, έτσι και για την επιλογή των στομίων οροφής, απαιτούνται τα εξής:

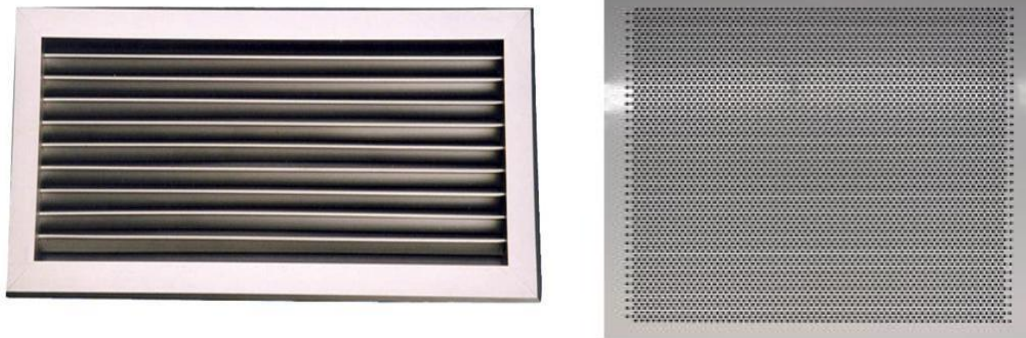
- Η παροχή του κλιματισμένου αέρα να είναι σε L/s
- Η ταχύτητα του αέρα κατά την έξοδό του από το στόμιο να είναι σε m/s
- Η μέγιστη ακτίνα διάχυσης να είναι σε m

Η μέγιστη ακτίνα διάχυσης ενός στομίου οροφής είναι αντίστοιχη με το βεληνεκές των στομίων τοίχου, ορίζεται ως η οριζόντια απόσταση μεταξύ του κέντρου του στομίου και του

σημείου όπου η ταχύτητα του αέρα πέφτει στο όριο των 0,17 έως 0,25 m/s. Η μέγιστη ακτίνα διάχυσης ενός στομίου δεν πρέπει να ξεπερνά τις διαστάσεις της κλιματιζόμενης αίθουσας, καθώς ενδέχεται να δημιουργήσει ενοχλήσεις όπως η απώλεια αίσθησης της άνεσης.

### 3.6 Στόμια επιστροφής

Σε μια εγκατάσταση κλιματισμού, εκτός των στομίων παροχής, υπάρχουν επίσης και τα στόμια επιστροφής τα οποία τοποθετούνται στο δίκτυο των αεραγωγών επιστροφής. Τα στόμια επιστροφής αναρροφούν αέρα από τον κλιματιζόμενο χώρο και τον οδηγούν στην αναρρόφηση της κλιματιστικής μονάδας ή τον απορρίπτουν στο περιβάλλον μέσω του δικτύου επιστροφής. Τα συγκεκριμένα στόμια κατασκευάζονται όπως και τα υπόλοιπα στόμια, από ανοδειωμένο αλουμίνιο ή πλαστικό και κυκλοφορούν στο εμπόριο σε μεγάλη ποικιλία διαστάσεων και χρωμάτων. Επίσης, κατασκευάζονται με ρυθμιστικό διάφραγμα ή χωρίς διάφραγμα. Η επιλογή τους γίνεται από καταλόγους κατασκευαστών, όταν έχουμε τον όγκο του αέρα, ο οποίος πρέπει να επιστρέφει από το συγκεκριμένο στόμιο, και την επιτρεπόμενη ταχύτητα του αέρα στην είσοδο του στομίου επιστροφής.



Εικόνα 37: Στόμια επιστροφής αέρα

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Αυτοματισμοί

Σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, με τον κλιματισμό εσωτερικών χώρων επιδιώκεται η δημιουργία και η εξασφάλιση συνθηκών άνεσης για τους ανθρώπους που ζουν ή/και εργάζονται σε ένα χώρο. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου. Ουσιαστικά, οι αυτοματισμοί ελέγχουν και θέτουν εντός συγκεκριμένων ορίων:

- Τη θερμοκρασία του χώρου
- Τη σχετική υγρασία στο χώρο
- Την ταχύτητα και την καθαρότητα του αέρα

Επιπρόσθετα, οι αυτοματισμοί συντείνουν στην ασφαλή αλλά και στην οικονομικά αποδοτικότερη λειτουργία των εγκαταστάσεων κλιματισμού. Έτσι, το κεντρικό σύστημα αυτοματισμού μίας εγκατάστασης κλιματισμού διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες:

1. Στα συστήματα αυτοματισμού τα οποία ελέγχουν την ψυχομετρική κατάσταση του κλιματιζόμενου χώρου
2. Στους αυτοματισμούς προστασίας, δηλαδή συστήματα αυτοματισμού τα οποία προστατεύουν την εγκατάσταση
3. Στα συστήματα αυτοματισμού τα οποία εξασφαλίζουν την οικονομική λειτουργία της εγκατάστασης

Στην πρώτη κατηγορία συστημάτων αυτοματισμού ανήκουν τα εξαρτήματα και οι συσκευές εκείνες τα οποία ελέγχουν τη θερμοκρασία, την υγρασία και την ποιότητα του αέρα μέσα στον κλιματιζόμενο χώρο. Οι αισθητήρες των μηχανισμών ελέγχου της ψυχομετρικής κατάστασης ενός κλιματιζόμενου χώρου βρίσκονται συνήθως μέσα στον κλιματιζόμενο χώρο, ενσωματωμένα σε θερμοστάτες, υγραστοτάτες ή σε άλλους μηχανισμούς ελέγχου της εγκατάστασης. Παρακολουθούν και επεξεργάζονται τις μεταβολές των στοιχείων του αέρα τις οποίες λαμβάνουν, ώστε να δώσουν τις απαραίτητες εντολές για να γίνουν οι απαιτούμενες αλλαγές. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα εξαρτήματα και οι συσκευές των οποίων στόχος είναι η προστασία των εγκαταστάσεων κλιματισμού από την ανάπτυξη ακραίων καταστάσεων πίεσης, θερμοκρασίας, έντασης ρεύματος κ.λπ. Οι πρεσοστάτες, τα θερμικά προστασίας και οι οριακοί διακόπτες είναι μερικά από αυτά τα εξαρτήματα. Τα συστήματα αυτοματισμού της τρίτης κατηγορίας, δηλαδή αυτά τα οποία τοποθετούνται στις εγκαταστάσεις κλιματισμού για την οικονομικότερη λειτουργία τους, είναι κυρίως μηχανισμοί εξοικονόμησης ενέργειας, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να ελέγχουν την ισχύ των συμπιεστών, την ποσότητα του κυκλοφορόντος νερού και την ποσότητα του αέρα προσαγωγής. Τα inverter ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία και είναι ηλεκτρονικά ελεγχόμενα συστήματα τα οποία μπορούν να μεταβάλλουν το μέγεθος της συχνότητας του ρεύματος και επομένως τις στροφές του ηλεκτροκινητήρα τον οποίο περιστρέφουν. Συστήματα inverter διαθέτουν οι σύγχρονοι

συμπιεστές, οι αντλίες και οι ανεμιστήρες. Με τη χρήση των inverter επιτυγχάνεται η αυξομείωση της ροής των ρευστών, τα οποία μετακινούν τα παραπάνω εξαρτήματα μίας κλιματιστικής εγκατάστασης (ψυκτικό ρευστό, νερό, αέρας) και μπορούν έτσι να ελέγχονται οι παράγοντες οι οποίοι εξασφαλίζουν άνεση στον κλιματιζόμενο χώρο.

#### 4.1 Έλεγχος θερμοκρασίας χώρου

Σε μια ΚΚΜ για να ελέγξουμε τη θερμοκρασία του χώρου θα πρέπει είτε να την αλλάξουμε εξ' ολοκλήρου, είτε να αλλάξουμε την ποσότητα του αέρα εισαγωγής. Για να πραγματοποιηθεί η πρώτη επιλογή θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε μια τρίοδη βάνα. Μια τρίοδη θερμοστατική βάνα ρυθμίζει τη θερμοκρασία του εισερχόμενου στο στοιχείο νερού. Συνδέεται με τους ελεγκτές (θερμοστάτη ή υγραστάτη) του κλιματιζόμενου χώρου και όταν η θερμοκρασία τού φτάσει σε ικανοποιητικά επίπεδα, τότε ο θερμοστάτης δίνει εντολή στην τρίοδη βάνα να κλείσει τη τροφοδοσία του στοιχείου. Η τροφοδότηση του στοιχείου θα επαναληφθεί όταν η θερμοκρασία ή η υγρασία του χώρου πέσει κάτω ενός συγκεκριμένου ορίου. Οι ενέργειες του ελεγκτή και της βάνας επαναλαμβάνονται συνεχώς με αποτέλεσμα τη διατήρηση των σταθερών συνθηκών στο χώρο.



Εικόνα 38: Θερμοστατική βάνα

Για να αλλάξουμε την ποσότητα του αέρα χρησιμοποιούνται μικροί ηλεκτροκινητήρες, οι οποίοι κινούν μεταλλικά διαφράγματα αέρα τα οποία είναι τοποθετημένα στους κλάδους των αεραγωγών ή στα στόμια προσαγωγής κλιματισμένου αέρα. Τα διαφράγματα κλείνουν και σταματά η παροχή αέρα προς τον κλιματιζόμενο χώρο, όταν ο θερμοστάτης εντοπίσει ικανοποιητική θερμοκρασία για το χώρο.





Εικόνα 39: Μεταλλικά διαφράγματα με ηλεκτροκινητήρα

#### 4.2 Έλεγχος υγρασίας χώρου

Το μεγάλο πρόβλημα με το χειμερινό κλιματισμό, δηλαδή τη θέρμανση, είναι ο έλεγχος της σχετικής υγρασίας του κλιματιζόμενου χώρου. Για να γίνει αυτός ο έλεγχος απαιτούνται τρία βασικά εξαρτήματα:

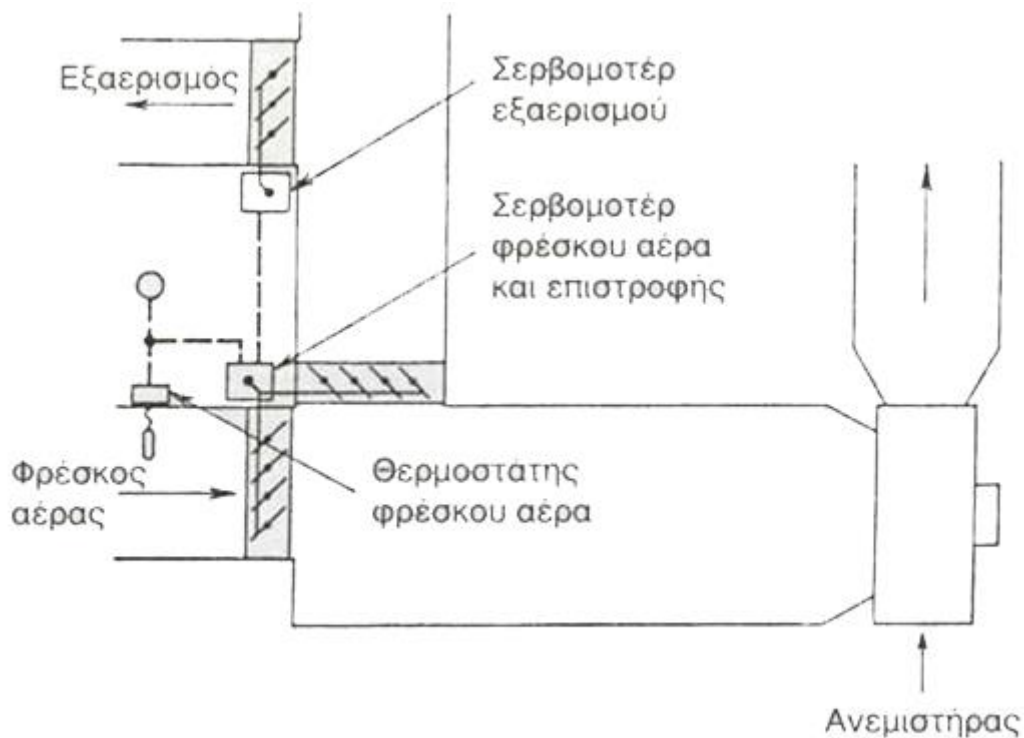
- Ένα αισθητήριο υγρασίας, το οποίο είναι συνήθως ενσωματωμένο πάνω στον υγραστάτη χώρου
- Ένας ρυθμιστής, ο οποίος πολλές φορές μπορεί να είναι ο μηχανισμός του υγραστάτη (διακόπτης)
- Μία ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα νερού ή ατμού, η οποία ελέγχει την παροχή νερού ή ατμού στον υγραντήρα (ελεγκτής)

Ο υγραστάτης χώρου μπορεί να είναι κλασσικού τύπου on-off ή ψηφιακός, ενώ η ηλεκτροβάννα μπορεί να είναι τύπου on-off ή προοδευτικής λειτουργίας. Όσο για τους υγραντήρες, κυκλοφορούν στο εμπόριο σε μεγάλη ποικιλία. Το αισθητήριο του υγραστάτη «αισθάνεται» και παρακολουθεί κάθε αλλαγή στην υγρασία του χώρου (σχετική υγρασία). Όταν η υγρασία του χώρου στον οποίο βρίσκεται το αισθητήριο του υγραστάτη «αισθανθεί» ότι η υγρασία στον κλιματιζόμενο χώρο έχει ξεπεράσει το κατώτατο όριο στο οποίο έχει ρυθμιστεί ο υγραστάτης, ενεργοποιεί το μηχανισμό ελέγχου του υγραστάτη και αυτός με τη σειρά του δίνει εντολή στην ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ελέγχου του νερού να ανοίξει και να τροφοδοτήσει με νερό τον υγραντήρα. Ο υγραντήρας με τη σειρά του αρχίζει να ψεκάζει με νερό το θερμαινόμενο αέρα. Η διαδικασία ύγρανσης του αέρα συνεχίζεται μέχρι ότου η σχετική υγρασία του χώρου να φθάσει στο επίπεδο στο οποίο έχει ρυθμιστεί ο υγραστάτης. Τότε αρχίζει η αντίστροφη διαδικασία, το αισθητήριο υγρασίας ενεργοποιεί το μηχανισμό ελέγχου του υγραστάτη, ο υγραστάτης με τη σειρά του δίνει εντολή στην ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα να σταματήσει την παροχή νερού προς τον υγραντήρα και ως εκ τούτου να σταματήσει έτσι η ύγρανση του αέρα.

Οι παραπάνω διαδικασίες επαναλαμβάνονται συνεχώς καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας της κλιματιστικής μονάδας, ώστε η σχετική υγρασία του χώρου να διατηρείται πάντα μέσα στα επιθυμητά όρια.

#### 4.3 Έλεγχος ποιότητας αέρα

Η ανανέωση του αέρα ενός κλιματιζόμενου χώρου αλλά και ο παράλληλος εξαερισμός του είναι πρωτεύουσας σημασίας για την υγεία και την άνεση των ανθρώπων οι οποίοι υπάρχουν μέσα σε αυτόν. Όσο αυξάνεται το ποσό του φρέσκου αέρα, τόσο αυξάνεται και το ψυκτικό φορτίο και ακολούθως το κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ο κλιματιζόμενος χώρος απαιτεί εξ' ολοκλήρου φρέσκο αέρα (100%), ενώ σε άλλες περιπτώσεις οι ίδιες απαιτήσεις είναι ελάχιστες (20-25%). Αν οι παραπάνω απαιτήσεις δεν είναι μεταβαλλόμενες με το χρόνο, τότε κατά τη δοκιμαστική λειτουργία της εγκατάστασης υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης του ποσού φρέσκου αέρα που λαμβάνει, ώστε να λειτουργεί κατά αυτόν τον τρόπο σε μόνιμη βάση. Παρόλα αυτά, η παραπάνω επιλογή δεν είναι η ιδανικότερη για την κατοχύρωση του αισθήματος άνεσης στο χώρο αλλά και για την οικονομικότερη λειτουργία της εγκατάστασης, γι' αυτό πρέπει να είμαστε σε θέση να αυξομειώσουμε την ποσότητα φρέσκου αέρα και του εξαερισμού αυτόματα, αναλόγως με τις επικρατούσες συνθήκες στον κλιματιζόμενο χώρο (παρουσία CO<sub>2</sub>, καπνός, οσμές κ.λπ.) ή στο περιβάλλον.



Εικόνα 40: Αυτόματο σύστημα αυξομείωσης του ποσού φρέσκου αέρα σε ΚΚΜ

Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζεται σχηματικά η διάταξη ενός αυτόματου συστήματος αυξομείωσης της ποσότητας του φρέσκου αέρα σε μια ΚΚΜ, ανάλογα με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος που επικρατεί. Η παραπάνω διάταξη είναι δυνατόν να λειτουργήσει και για τον έλεγχο του CO<sub>2</sub> ή άλλων ανεπιθύμητων στοιχείων (καπνός, οσμές κ.λπ.) στον κλιματιζόμενο χώρο. Όμως, στη συγκεκριμένη περίπτωση, αντί του θερμοστάτη εξωτερικού φρέσκου αέρα, θα είχαμε αισθητήριο CO<sub>2</sub> στον κλιματιζόμενο χώρο, το οποίο θα ενεργοποιούσε το σερβομοτέρ (ηλεκτροκινητήρας) των τάμπερ, για αύξηση ή ελάττωση της ποσότητας του φρέσκου αέρα και ταυτόχρονη απαγωγή του αέρα από τον κλιματιζόμενο χώρο. Στο παραπάνω σύστημα περιλαμβάνονται:

- Ένα αισθητήριο θερμοκρασίας στον εισερχόμενο φρέσκο αέρα
- Ένας θερμοστάτη, ο οποίος ενεργοποιείται από το αισθητήριο
- Ένας ηλεκτροκινητήρας ή σερβομοτέρ, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με τους άξονες των διαφραγμάτων ανάμιξης φρέσκου αέρα και αέρα επιστροφής
- Τα διαφράγματα φρέσκου και επιστρέφοντος αέρα, τα οποία κινούνται αντίθετα (όσο ανοίγει το ένα, τόσο κλείνει το άλλο)

- Έναν ηλεκτροκινητήρα ή σερβομοτέρ εξαερισμού
- Ένα διάφραγμα αέρα απαγωγής (εξαερισμού)

Όταν η μονάδα λειτουργεί στη θερμοκρασία η οποία έχει υπολογιστεί μέσω των ψυκτικών φορτίων κατά την αρχική μελέτη, τότε δεν πρόκειται να υπάρξει ενεργοποίηση του συστήματος και η λειτουργία θα συνεχίσει να γίνεται με την αναλογία αέρα με την οποία είχε ρυθμιστεί αρχικά. Αν όμως προκύψουν διαφοροποιήσεις, όπως θερμοκρασία φρέσκου αέρα ίση με 40° C, τότε το διάφραγμα του φρέσκου αέρα θα κινηθεί προς μείωση αυτού, ενώ το διάφραγμα του επιστρέφοντος αέρα θα ανοίξει ανάλογα ώστε να τον αυξήσει. Παράλληλα, θα έχει δοθεί και εντολή στον ηλεκτροκινητήρα ελέγχου του εξαερισμού να ανοίξει το τάμπερ εξαερισμού σε ποσοστό ανάλογο με εκείνο του φρέσκου αέρα. Έτσι διατηρείται σχεδόν σταθερή η θερμοκρασία στον αέρα ανάμιξης. Στις περιπτώσεις όπου η θερμοκρασία φρέσκου αέρα πέφτει κάτω από τη θερμοκρασία την οποία αναμένουμε στον κλιματιζόμενο χώρο, σε συνεργασία και με το θερμοστάτη χώρου, η εγκατάσταση μπορεί να λειτουργήσει με φρέσκο αέρα σε ποσοστό 100%. Η λειτουργία του συστήματος ψύξης θα διακοπεί και έτσι ο κλιματισμός του χώρου θα πραγματοποιηθεί αποκλειστικά με το φρέσκο αέρα και συνεπώς με χαμηλό κόστος λειτουργίας.

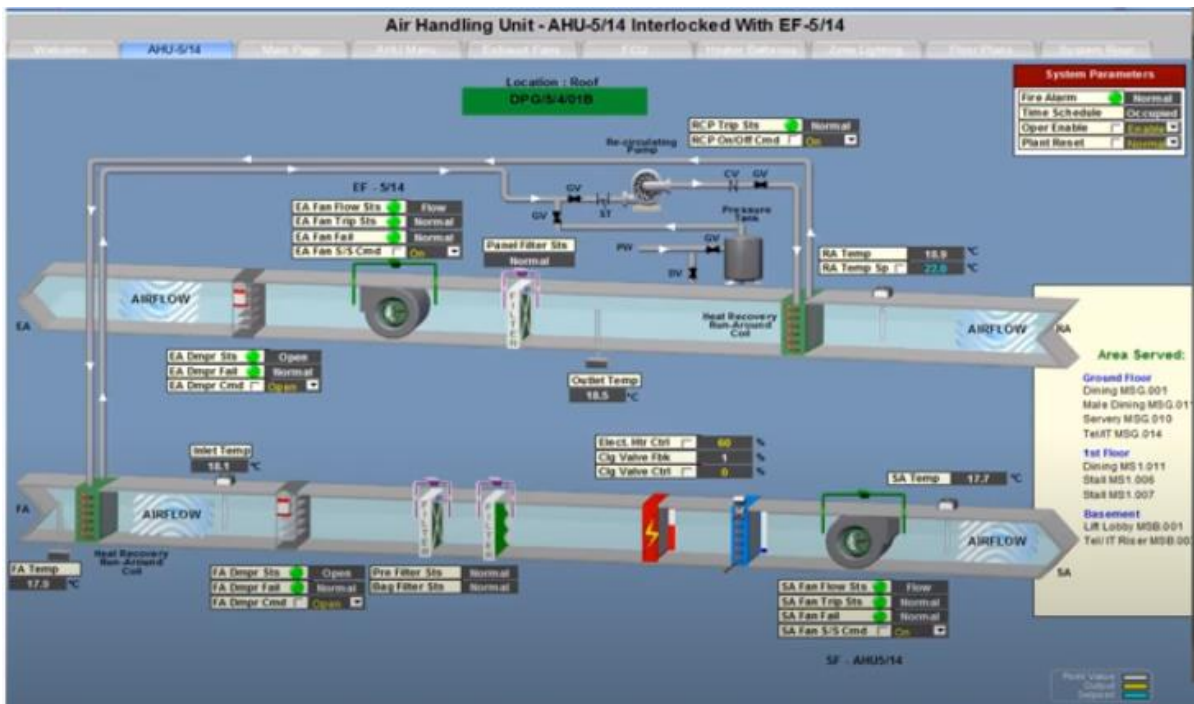
#### 4.4 Σύστημα διαχείρισης των κτιρίων σε εγκαταστάσεις ΚΚΜ

Στις σύγχρονες εγκαταστάσεις κλιματισμού έχουμε τη δυνατότητα να επεμβούμε σε πολλές παραμέτρους της μονάδας, μέσω της ψηφιακής τεχνολογίας. Κάποιες από αυτές τις παραμέτρους είναι:

- Η εξοικονόμηση ενέργειας
- Η καταγραφή ή αλλαγή της κατάστασης των στοιχείων λειτουργίας της εγκατάστασης, όπως αυτή των συμπιεστών (πιέσεις, θερμοκρασίες, κατανάλωση ενέργειας, εντοπισμός βλαβών κ.λπ.), των συμπυκνωτών (πιέσεις, θερμοκρασίες νερού και ψυκτικού), των ψυκτών νερού (πιέσεις, θερμοκρασίες νερού και ψυκτικού), των ανεμιστήρων (στροφές, στάθμη θορύβου, m<sup>3</sup>/s), των πύργων ψύξης (πιέσεις, θερμοκρασίες του νερού και του αέρα περιβάλλοντος, κατάσταση των ανεμιστήρων), και των αντλιών - κυκλοφορητών των κυκλωμάτων νερού (πύργου ψύξης και κλιματιστικών μονάδων)
- Το μηνιαίο και ετήσιο κόστος λειτουργίας κάθε καταναλωτικής μονάδας (συμπιεστών, αντλιών, ανεμιστήρων κ.λπ.).
- Τα προγράμματα συντήρησης των διαφόρων τμημάτων και εξαρτημάτων της εγκατάστασης ΚΚΜ

Τα αισθητήρια δέχονται ορισμένες πληροφορίες τις οποίες επεξεργάζεται ο ελεγκτής. Στη συνέχεια, στέλνονται εντολές στα ρυθμιστικά όργανα για τις αναγκαίες διορθώσεις, ώστε να

διατηρείται η καλύτερη δυνατή κατάσταση στον κλιματιζόμενο χώρο. Ολόκληρο το σύστημα ελέγχεται από υπολογιστή, με δυνατότητα ρύθμισης των παραπάνω παραμέτρων από τεχνικό, καθώς οι απαιτήσεις του κλιματιζόμενου χώρου μεταβάλλονται συνεχώς. Ο έλεγχος και η διαχείριση όλων των παραμέτρων της εγκατάστασης υποστηρίζεται από ένα λογισμικό, με το μπορούν να απεικονιστούν έγχρωμα όλα τα σημεία ελέγχου και οι αλλαγές οι οποίες προκύπτουν από το χρήστη. Το σύνολο των αυτοματισμών σε ένα κτίριο ονομάζεται σύστημα διαχείρισης κτηρίου. Οι σύγχρονες τάσεις κατασκευής, λειτουργίας και ελέγχου των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων των κτιρίων, συνέβαλαν στη δημιουργία των κεντρικών συστημάτων διαχείρισης κτιρίων (Building Management Systems), τα οποία αποτελούν έναν ξεχωριστό κλάδο της ηλεκτρονικής τεχνολογίας και της πληροφορικής.



Εικόνα 41: Παράδειγμα συστήματος BMS

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Τύποι ΚΚΜ

Στις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες πρέπει να πραγματοποιούνται κάποιες βασικές λειτουργίες, όπως έχει ήδη αναφερθεί και στο πρώτο κεφάλαιο. Οι πιο βασικές από αυτές τις λειτουργίες είναι οι εξής:

- Θερμική επεξεργασία του αέρα
- Καθαρισμός του αέρα
- Ύγρανση του αέρα
- Αφύγρανση του αέρα
- Ανανέωση του αέρα

Οι τύποι ΚΚΜ χωρίζονται με βάση δυο διαφορετικούς παράγοντες, οι οποίοι είναι:

- Η διάταξη του εξοπλισμού ο οποίος χρησιμοποιείται για την επίτευξη των βασικών λειτουργιών
- Ο τρόπος κατασκευής της κλιματιστικής μονάδας

### 5.1 Διατάξεις ΚΚΜ

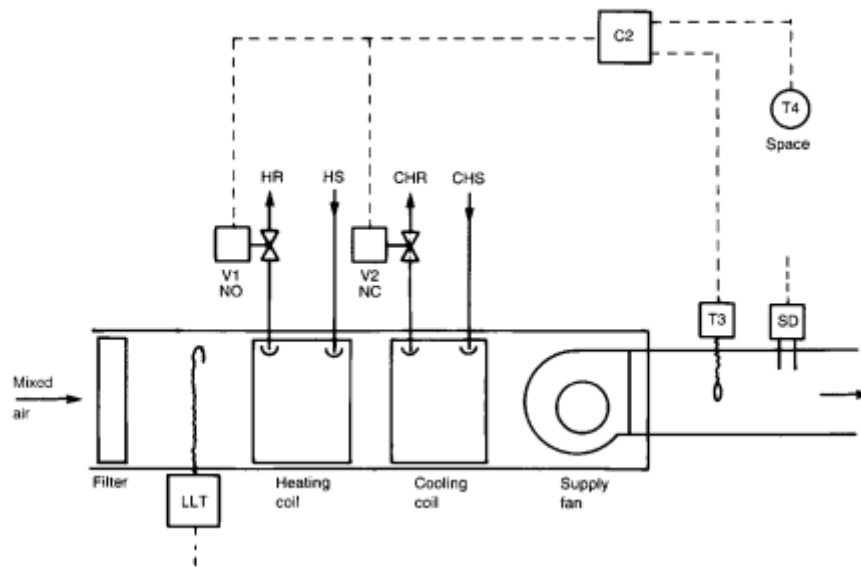
Στις περισσότερες ΚΚΜ συναντάμε τέσσερις βασικές διατάξεις με πολλές παραλλαγές μεταξύ τους. Οι βασικές συνδεσμολογίες στις ΚΚΜ είναι:

- Μονής ζώνης
- Πολλαπλών ζωνών
- Διπλού αγωγού
- Μεταβλητής παροχής αέρα ή μεταβλητού όγκου

Οι συνδεσμολογίες μονής ζώνης και μεταβλητού όγκου αέρα είναι πανομοιότυπες, αλλά χρησιμοποιούν διαφορετικές στρατηγικές ελέγχου. Οι πολλαπλών ζωνών και διπλού αγωγού είναι επίσης αρκετά παρόμοιες, αλλά έχουν αρκετές διαφορές ώστε να εξεταστούν και αυτές χωριστά.

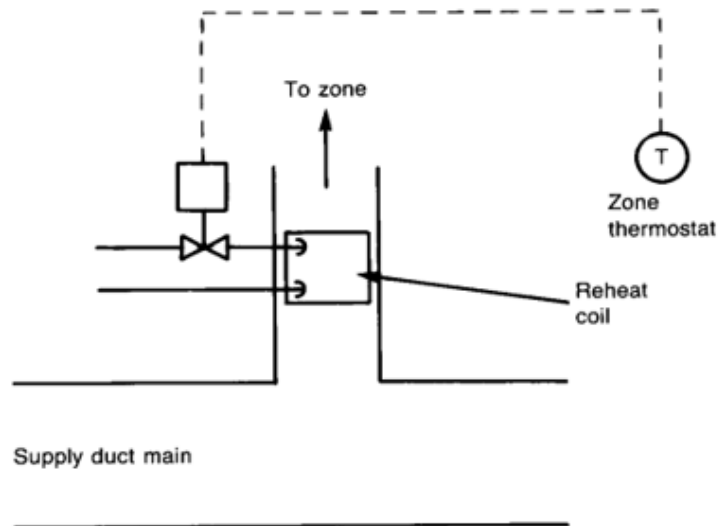
#### 5.1.1 ΚΚΜ μονής ζώνης

Μια ΚΚΜ μονής ζώνης προορίζεται να εξυπηρετεί μόνο ένα δωμάτιο ή μια ομάδα δωματίων με παρόμοια φορτία. Παρακάτω απεικονίζεται μια τυπική ΚΚΜ μιας ζώνης, η οποία αποτελείται από ένα στοιχείο θέρμανσης πριν το στοιχείο ψύξης με σκοπό την προθέρμανση του αέρα για την προστασία του ψυχρού στοιχείου. Η μέγιστη περιοχή την οποία μπορεί να εξυπηρετεί η ΚΚΜ μονής ζώνης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 930 m<sup>2</sup>.



Εικόνα 42: ΚΚΜ μόνης ζώνης

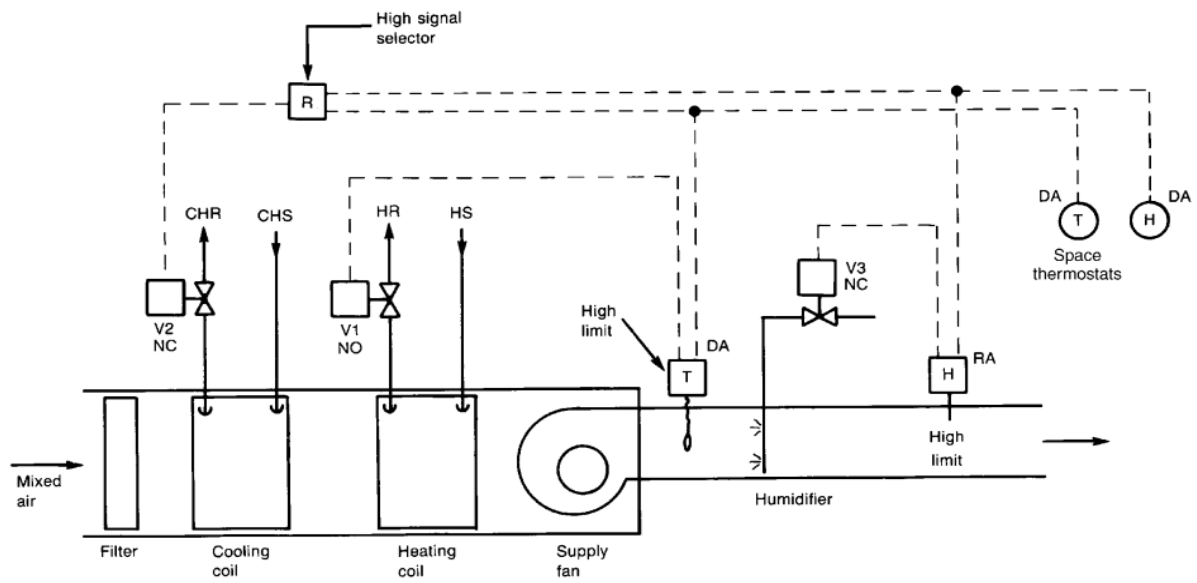
Ο έλεγχος της θερμοκρασίας σε μια τέτοια διάταξη, όπως η παραπάνω, γίνεται μέσα από έναν ελεγκτή (C2). Ο ελεγκτής (C2) ελέγχει τις βαλβίδες θέρμανσης (V1) και ψύξης (V2). Η βαλβίδα V1 είναι συνήθως ανοικτή (Normally open NO) και κλείνει όσο η τάση του ελεγκτή C2 αυξάνεται. Όταν η μια βαλβίδα είναι πλήρως ανοικτή τότε η άλλη είναι κλειστή. Όταν η βαλβίδα V2 είναι ανοικτή τότε η τάση την οποία στέλνει ο ελεγκτής είναι η μέγιστη και αντίθετα όταν η βαλβίδα V1 είναι ανοικτή τότε αυτή η τάση είναι η μικρότερη δυνατή. Η τάση του ελεγκτή εξαρτάται από τη θερμοκρασία την οποία μετράει το αισθητήριο θερμοκρασίας (T3). Το μέγιστο όριο θερμοκρασίας του ελεγκτή από το θερμοστάτη του χώρου (T4). Σε περίπτωση που υπάρχουν ένα ή περισσότερα δωμάτια τα οποία κλιματίζονται από μια ΚΚΜ και έχουν διαφορετικό φορτίο από τα άλλα δωμάτια, τότε θα πρέπει να γίνεται αναθέρμανση μέσα στον αεραγωγό. Παρακάτω παρουσιάζεται μια τέτοια περίπτωση. Όμως, επειδή η αναθέρμανση είναι συνήθως σπατάλη ενέργειας, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούμε διαφορετικό τύπο διάταξης.



Εικόνα 43: Αναθέρμανση αέρα σε αεραγωγό

Αν στην κλιματιστική εγκατάσταση χρειάζεται ρύθμιση της υγρασίας τότε τοποθετείται υγραντήρας μετά τον ανεμιστήρα της ΚΚΜ. Στην περίπτωση αυτή το στοιχείο ψύξης είναι πριν το στοιχείο θέρμανσης, δηλαδή στη θέση αναθέρμανσης. Η αλλαγή αυτή γίνεται επειδή ο έλεγχος της υγρασίας πάντα χρειάζεται περισσότερη ενέργεια, είτε γίνεται με αναθέρμανση του αέρα, είτε με κάποια άλλη μέθοδο. Η θέση της βαλβίδας του ψυκτικού στοιχείου (ανοικτή ή κλειστή) εξαρτάται από τις τιμές της θερμοκρασίας και της υγρασίας, ανάλογα με τη μεγαλύτερη ζήτηση της κάθε τιμής. Από την άλλη, η θέση της βαλβίδας του στοιχείου θέρμανσης εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία. Αν η υγρασία ελέγχει το στοιχείο ψύξης τότε η θερμοκρασία πέφτει με αποτέλεσμα να λειτουργεί το θερμαντικό στοιχείο για να αναθέρμανση.

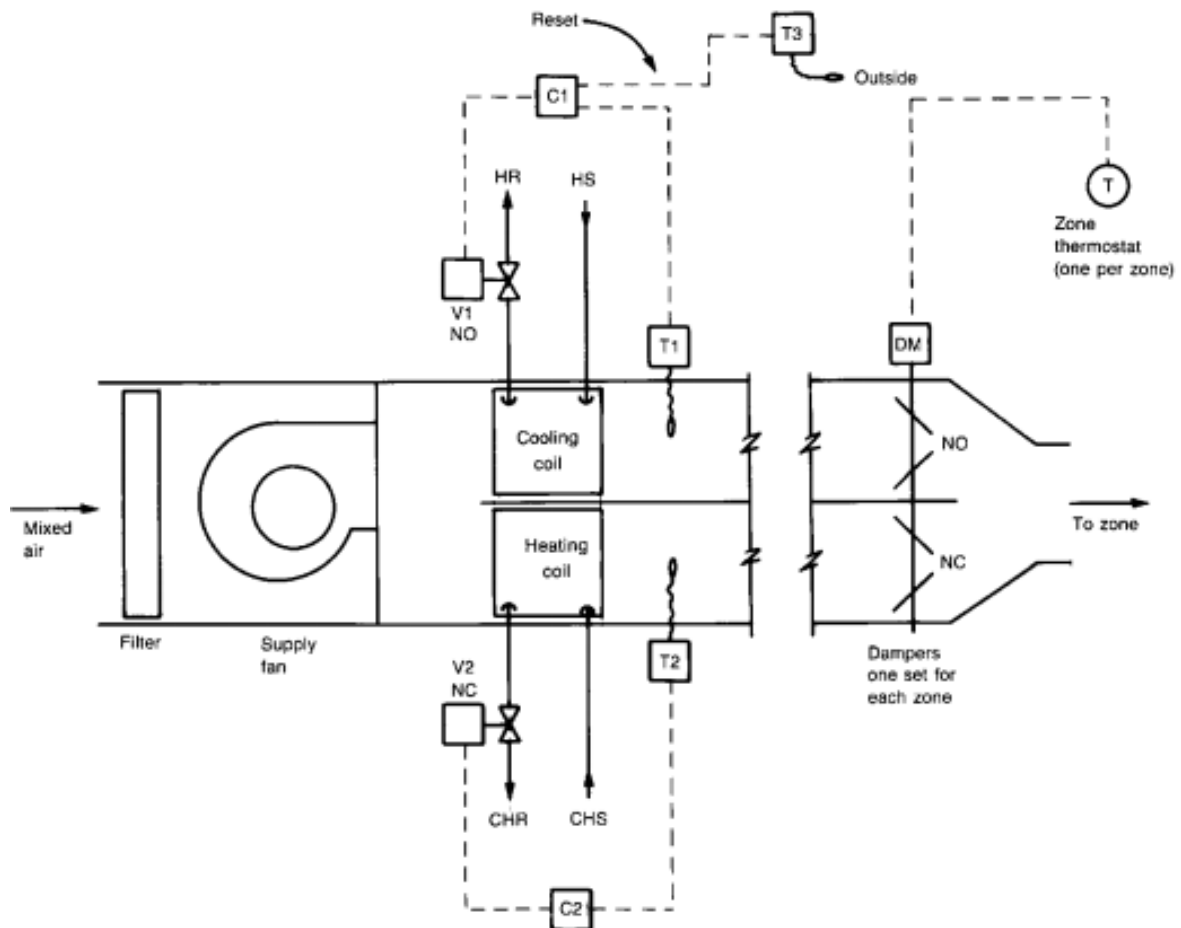




Εικόνα 44: ΚΚΜ μονής ζώνης με υγραντήρα

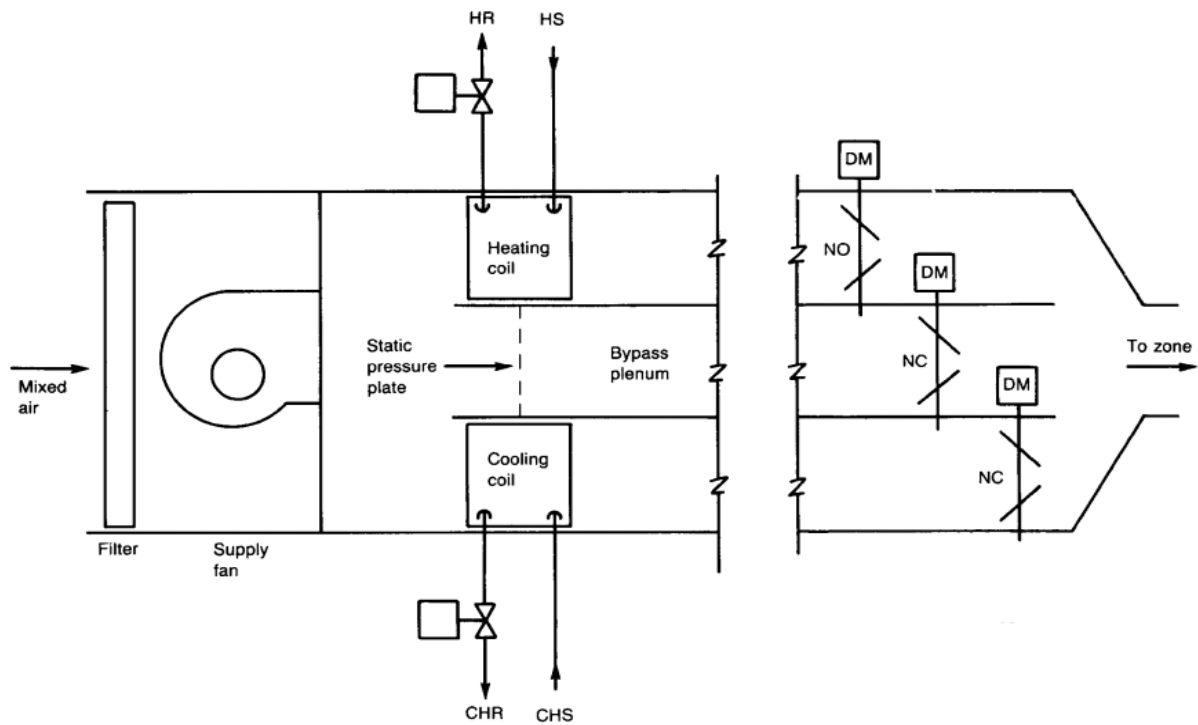
### 5.1.2 ΚΚΜ πολλαπλών ζωνών

Το σύστημα πολλαπλών ζωνών είναι ένα σύστημα σταθερής παροχής και μεταβαλλόμενης θερμοκρασίας. Μια τυπική ΚΚΜ πολλαπλών ζωνών απεικονίζεται παρακάτω. Κάθε ζώνη τροφοδοτείται από παράλληλες ροές ζεστού και κρύου αέρα. Σε κάθε ζώνη υπάρχουν κιβώτια μίξης μέσα στα οποία αναμιγνύονται τα δύο ρεύματα, ζεστού και κρύου αέρα. Με αυτόν τον τρόπο η μια ζώνη μπορεί να ψύχεται ενώ ταυτόχρονα μια άλλη θερμαίνεται. Το μεγαλύτερο ποσοστό τέτοιων μονάδων είναι προκατασκευασμένες (πακέτου).



Εικόνα 45: ΚΚΜ πολλαπλών ζωνών

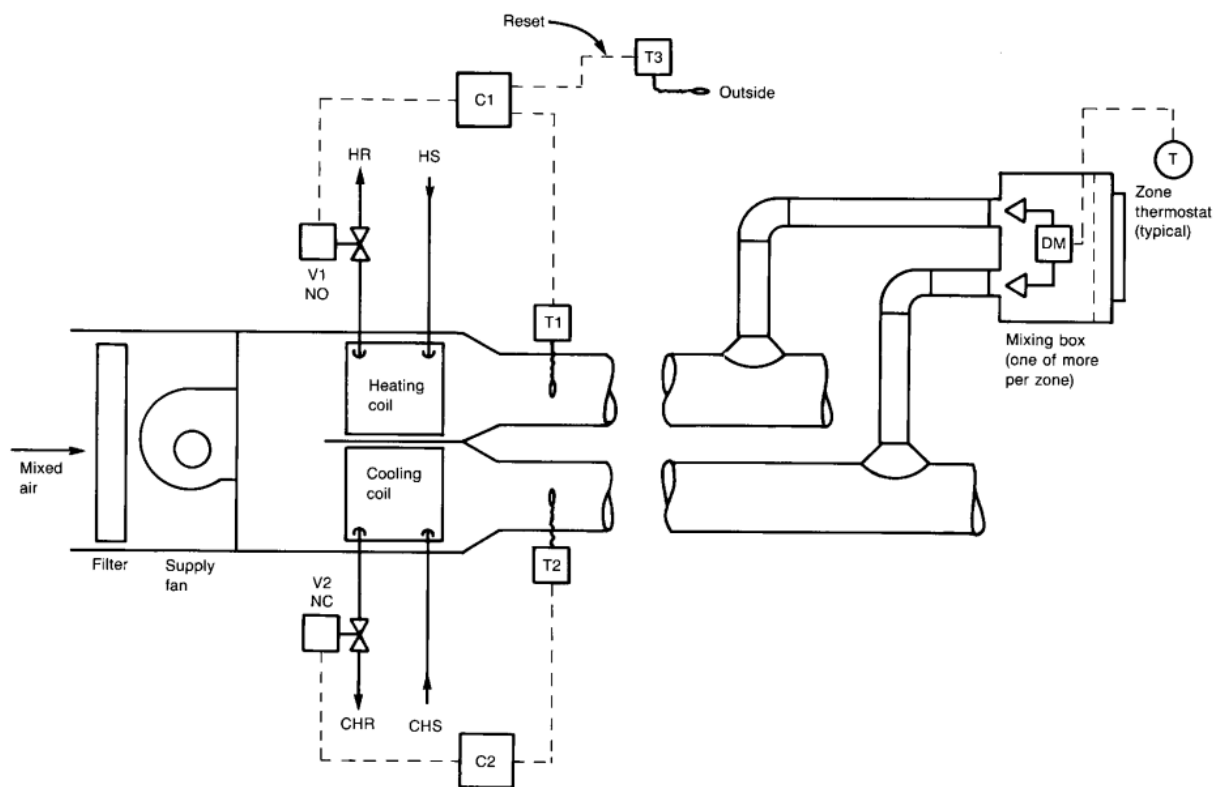
Από πλευράς ελέγχου του κλιματισμού η συμβατική πολυζωνική μονάδα δεν είναι ιδανική, καθώς ο έλεγχος της θερμοκρασίας γίνεται με αναθέρμανση, το οποίο συνεπάγεται ότι δαπανάται ενέργεια. Αυτή η σπάταλη ενέργεια μπορεί να εξαιρεθεί προσθέτοντας έναν αγωγό παράκαμψης (bypass), όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 46: Βελτιωμένη ΚΚΜ πολλαπλών ζωνών

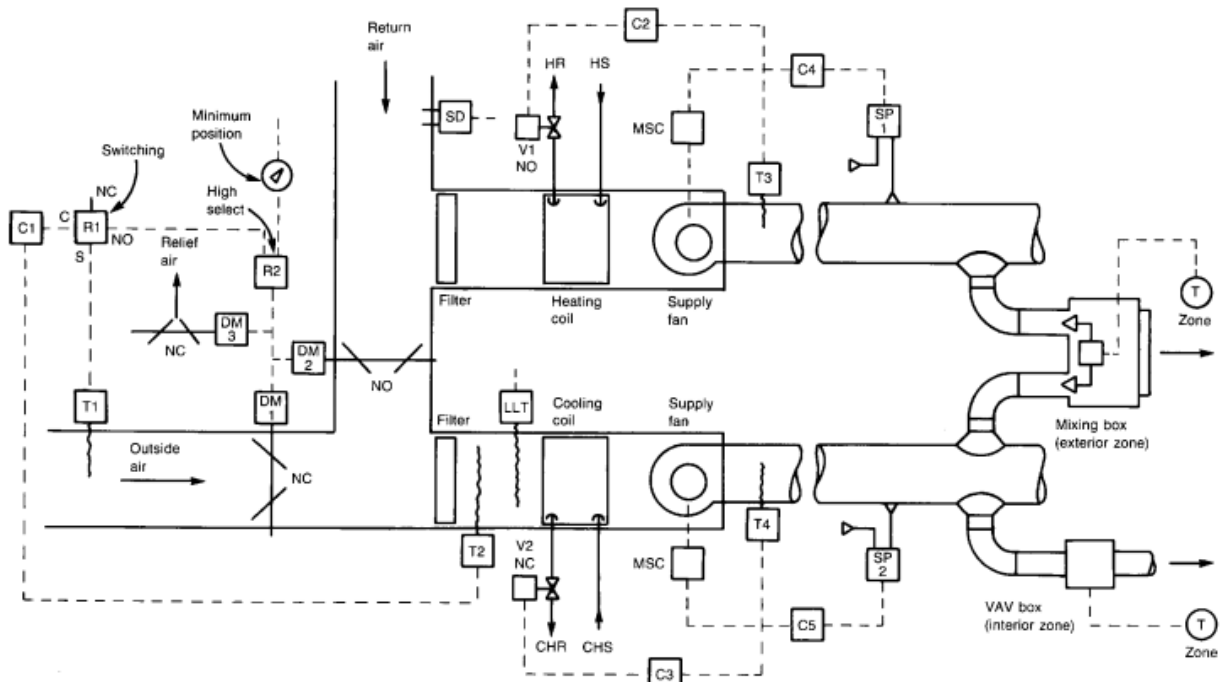
### 5.1.3 ΚΚΜ διπλού αγωγού

Η ΚΚΜ διπλού αγωγού έχει την ίδια αρχή λειτουργίας με την πολυζωνική. Ωστόσο, οι ζεστοί και κρύοι αγωγοί επεκτείνονται στο κτίριο με ένα κιβώτιο μίξης για κάθε ζώνη. Η ανάμιξη ελέγχεται από το θερμοστάτη χώρου της ζώνης. Από το κιβώτιο μίξης ο αέρας διανέμεται στο χώρο μέσα από τα στόμια προσαγωγής. Μια τυπική διάταξη διπλού αγωγού φαίνεται παρακάτω και είναι ένα σύστημα σταθερής παροχής. Σε κάθε κιβώτιο μίξης απαιτείται ένας ρυθμιστής σταθερής παροχής, ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος ύπαρξης μεταβολών στη στατική πίεση. Πολλά από τα παλιά συστήματα τα οποία εγκαταστάθηκαν ήταν σχεδιασμένα με αεραγωγούς υψηλής πίεσης για να μειωθεί η επιφάνεια του αεραγωγού. Επί του παρόντος, λόγω της αύξησης της τιμής του ρεύματος σε εγκαταστάσεις αυτού του είδους, το κόστος για την ενέργεια των ανεμιστήρων ενδέχεται να υπερβαίνει το κόστος θέρμανσης.



Εικόνα 47: Τυπική ΚΚΜ διπλού αγωγού

Παραλλαγή αυτού του βασικού συστήματος αποτελεί το σύστημα διπλού αγωγού μεταβλητής παροχής το οποίο προσφέρει ακόμα οικονομικότερη λειτουργία. Στο σύστημα αυτό ο έλεγχος της θερμοκρασίας κάθε ζώνης γίνεται με το συνδυασμό της μείωσης της παροχής του αέρα στη ζώνη και της ανάμιξης του ψυχρού και θερμού αέρα. Στα όρια του μέγιστου (πλήρους) φορτίου (π.χ. της ψύξης) το σύστημα λειτουργεί όπως λειτουργεί το αντίστοιχο σύστημα της σταθερής παροχής και διανέμει στο χώρο τη μέγιστη παροχή. Όσο ελαττώνεται το ψυκτικό φορτίο της ζώνης, και πριν ανοίξει η είσοδος θερμού αέρα στο κιβώτιο μίξης της ζώνης, ο ρυθμιστής παροχής μειώνει την παροχή ψυχρού αέρα μέχρι ένα ελάχιστο προκαθορισμένο όριο. Στη συνέχεια, ανοίγει η είσοδος θερμού αέρα ενώ ο ψυχρός αέρας συνεχίζει να μειώνεται, έτσι ώστε τελικά η συνολική παροχή αέρα στη ζώνη να μένει ίση με το ελάχιστο προκαθορισμένο όριο. Το σύστημα αυτό απαιτεί θαλάμους ανάμιξης διαφορετικής κατασκευής από εκείνους του βασικού συστήματος.



Εικόνα 48: ΚΚΜ διπλού αγωγού και διπλού ανεμιστήρα

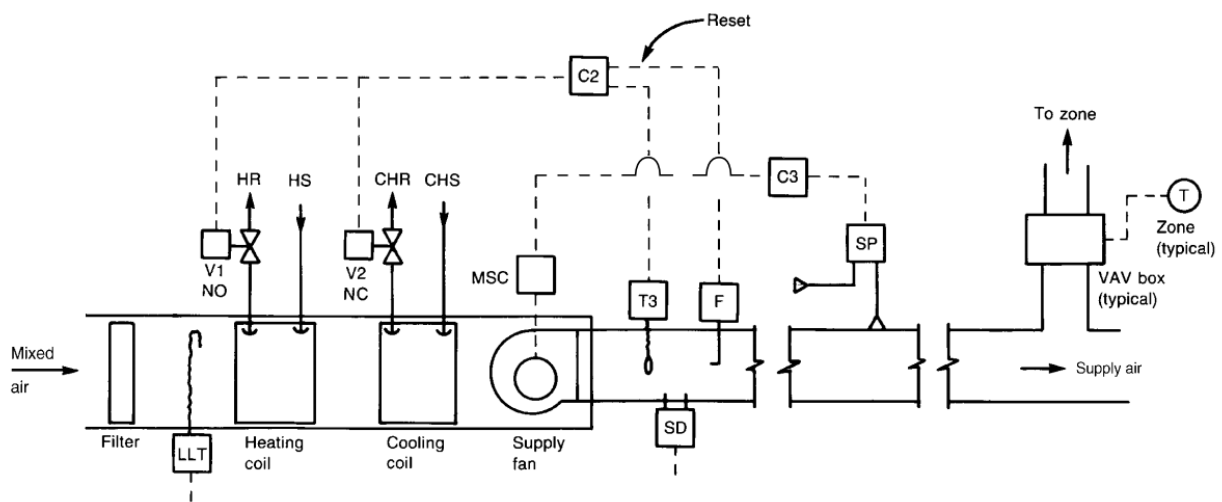
#### 5.1.4 ΚΚΜ μεταβλητής παροχής αέρα

Αντίθετα με όλες τις παραπάνω διατάξεις ΚΚΜ τα συστήματα μεταβλητής παροχής αέρα (ΜΠΑ) παρέχουν αέρα σε σταθερή θερμοκρασία και υγρασία, αλλά με μεταβαλλόμενη παροχή αέρα του συστήματος ανάλογα με τις διακυμάνσεις του φορτίου του χώρου. Η μεταβολή αυτή αφορά είτε τη συνολική παροχή του συστήματος, είτε την παροχή σε μία ή περισσότερες ζώνες, είτε την περίπτωση να συμβαίνουν και τα δύο ταυτόχρονα. Η μεταβολή της παροχής, ελεγχόμενη από ένα θερμοστάτη χώρου, μπορεί να επιτευχθεί μέσω τερματικών συσκευών ρύθμισης διανομής αέρα. Ανάλογα με το κόστος εγκατάστασης, τη θεωρητική ελάχιστη παροχή και τη δυνατότητα του συστήματος να ισοσταθμίζει το φορτίο, υπάρχει η επιλογή η μεταβολή της παροχής του αέρα να συνδυαστεί με ανεμιστήρα μεταβαλλόμενης παροχής. Για να μπορούν, όμως, να επιτευχθούν όλα τα πλεονεκτήματα ενός γνήσιου συστήματος ΜΠΑ και κυρίως το πλεονέκτημα της εξοικονόμησης ενέργειας και επομένως του λειτουργικού κόστους, απαιτείται:

- Να χρησιμοποιηθούν ειδικά στόμια και τερματικές συσκευές ρύθμισης - διανομής αέρα, τα οποία αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά τα προβλήματα του θορύβου, των ψυχρών ρευμάτων και της "άπνοιας" σε συνθήκες μερικού φορτίου

- Να χρησιμοποιηθεί μία κεντρική κλιματιστική μονάδα ΜΠΑ η οποία να είναι κατάλληλη για το σύστημα διανομής του αέρα, το οποίο έχει μελετηθεί

Το απλούστερο σύστημα ΜΠΑ είναι ένα σύστημα μονού αγωγού, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε περιπτώσεις όπου όλες οι ζώνες απαιτούν μόνο ψύξη ή μόνο θέρμανση. Ένα τέτοιο σύστημα βλέπουμε στην εικόνα 49. Παραλλαγή του απλού συστήματος ΜΠΑ είναι το σύστημα ΜΠΑ με αναθέρμανση. Το σύστημα αυτό μπορεί να εξυπηρετήσει τις ανάγκες θέρμανσης σε μία ή περισσότερες ζώνες τη στιγμή που οι άλλες ζώνες απαιτούν ψύξη. Αυτό επιτυγχάνεται με την πρόσθεση θερμαντικών στοιχείων στους κλάδους οι οποίοι τροφοδοτούν ορισμένες ζώνες. Όσο ελαττώνεται το ψυκτικό φορτίο τόσο η παροχή του αέρα μειώνεται, μέχρι ένα προκαθορισμένο ποσοστό της πλήρους παροχής, και στη συνέχεια ενεργοποιούνται τα θερμαντικά στοιχεία.



Εικόνα 49: ΚΚΜ μεταβλητής παροχής αέρα

## 5.2 Τύποι κατασκευής ΚΚΜ

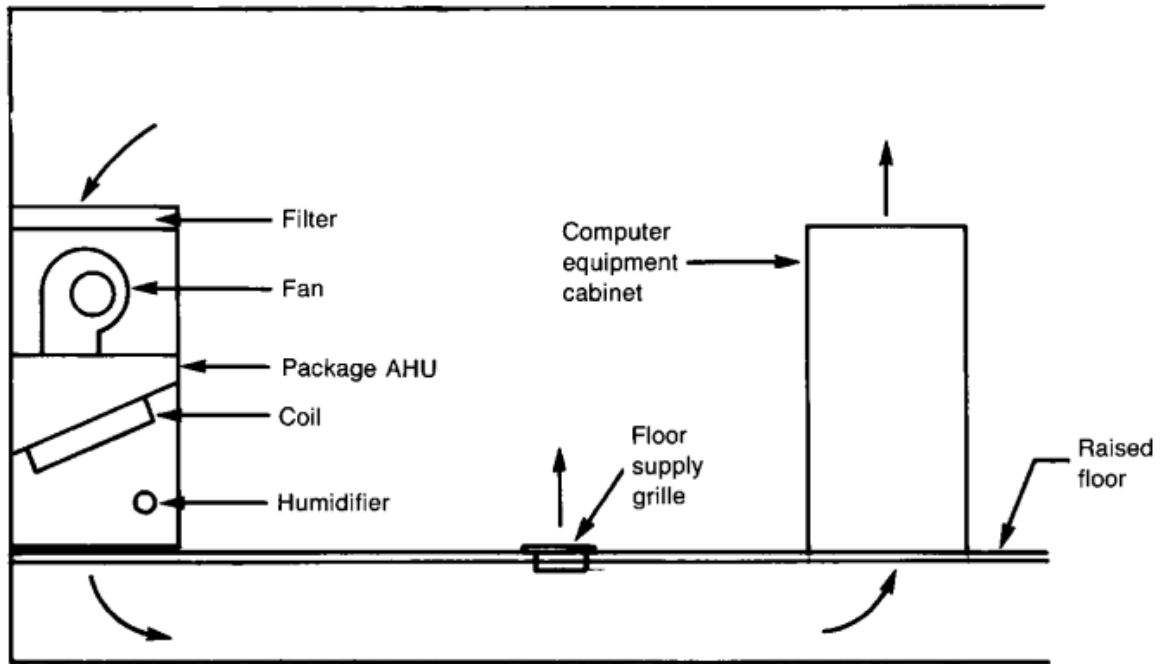
Οι ΚΚΜ χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες βάσει της κατάστασή τους κατά την αγορά τους από τον προμηθευτή. Οι κατηγορίες αυτές, όπως προαναφέραμε, είναι οι:

- Προκατασκευασμένες μονάδες (πακέτου), οι οποίες έρχονται από τον προμηθευτή ανά μεγάλα ή μικρά κομμάτια
- Μονάδες οι οποίες φτιάχνονται από μεμονωμένα εξαρτήματα, τα οποία έχει επιλέξει ο μελετητής στο σημείο της εγκατάστασης

### 5.2.1 Προκατασκευασμένες μονάδες ΚΚΜ

Μια προκατασκευασμένη μονάδα ΚΚΜ είναι έτοιμη για εγκατάσταση σε μικρά ή μεγάλα κομμάτια. Η δουλειά των τεχνικών όταν υπάρχει προκατασκευασμένη μονάδα είναι η εσωτερική σύνδεση των κομματιών, εφόσον αυτή χρειάζεται (καλώδια, σωλήνες), και η σύνδεση ρεύματος, σωληνώσεων καυσίμου, σωληνώσεων νερού συστήματος, αεραγωγών και αυτοματισμών. Τα θετικά τέτοιων μονάδων είναι η πιο εύκολη και γρήγορη εγκατάσταση τους, ενώ τα αρνητικά τους είναι ότι ενδέχεται να υπάρξει συμβιβασμός ή υπερτίμηση του εξοπλισμού. Επίσης, οι αποδόσεις των μονάδων αυτών μπορεί να είναι χαμηλότερες από τις βέλτιστες, επειδή ο περισσότερος εξοπλισμός συσκευασίας είναι κατασκευασμένος όσο το δυνατόν μικρότερος, επομένως, για τον ίδιο λόγο η συντήρηση μπορεί να είναι πιο δύσκολη. Οι προκατασκευασμένες μονάδες χωρίζονται σε τρία βασικά είδη:

- Οροφής, οι οποίες είναι συνήθως αυτόνομες, δηλαδή δε χρειάζονται εξωτερική πηγή για θέρμανση. Τα αυτόνομα συστήματα έχουν συνήθως ένα στοιχείο απευθείας εκτόνωσης (DX) για την ψύξη και έναν στοιχείο απευθείας θέρμανσης, είτε ηλεκτρικό, είτε με αέριο
- Οι μονάδες διαιρουμένου τύπου, στις οποίες το ένα κομμάτι έχει το συμπιεστή, το συμπυκνωτή και τον ανεμιστήρα του, ενώ το εσωτερικό κομμάτι έχει το στοιχείο ψύξης, το στοιχείο θέρμανσης, τον ανεμιστήρα παροχής και το φίλτρο αέρα
- Οι μονάδες με ελεγκτές υγρασίας, οι οποίες είναι κυρίως φτιαγμένες για τη λειτουργία τους σε δωμάτια διακομιστών (server room). Μια τυπική μονάδα αυτού του είδους συμπεριλαμβάνει έναν ανεμιστήρα παροχής, υψηλής αποδοτικότητας φίλτρα, υγραντήρα, ένα στοιχείο απευθείας εκτόνωσης, έναν ή πολλαπλούς συμπιεστές και έναν υδρόψυκτο συμπιεστή. Μια τέτοια μονάδα μπορούμε να δούμε στη συνέχεια.



Εικόνα 50: Χρήση ΚΚΜ σε δωμάτια διακομιστών

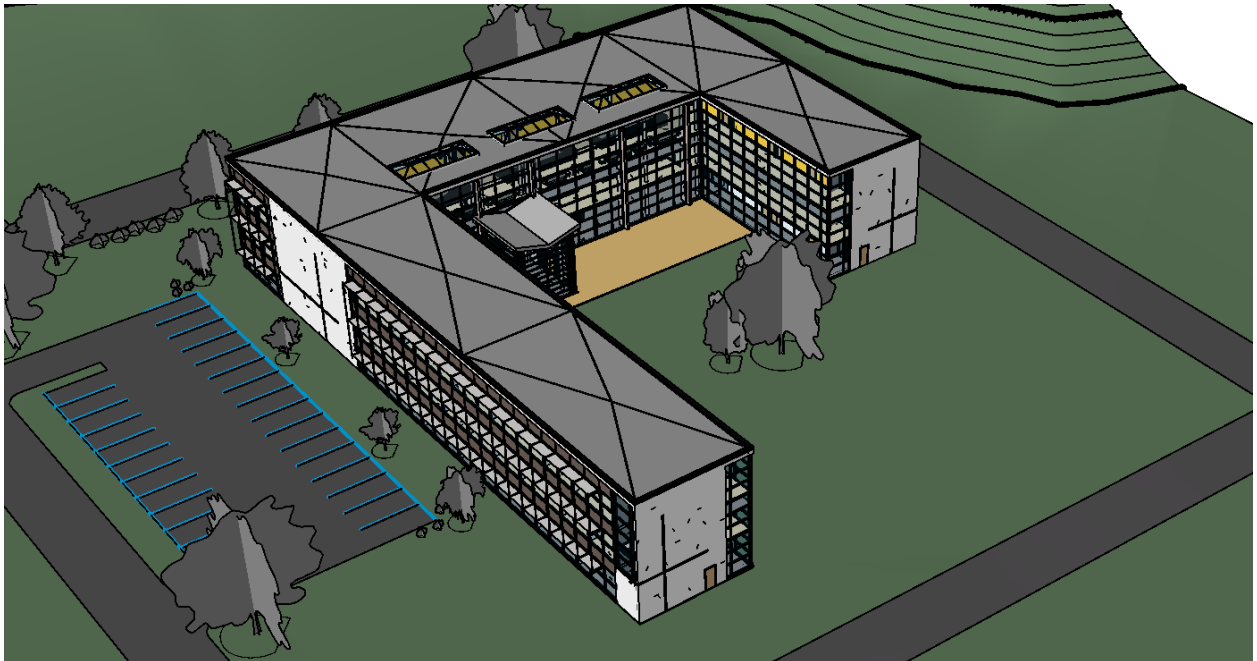
### 5.2.2 ΚΚΜ κατασκευασμένες στον τόπο εγκατάστασης

Οι ΚΚΜ οι οποίες κατασκευάζονται απευθείας στο μέρος όπου πρόκειται να εγκατασταθούν. Οι συγκεκριμένες μονάδες φτιάχνονται επιτόπου από μεμονωμένα εξαρτήματα και είναι σχεδιασμένες από το μελετητή της εγκατάστασης, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πλήρη ευελιξία στο μέγεθος και στη διάταξη τους. Μπορεί να έχουν υψηλότερο αρχικό κόστος, αλλά υπερτερούν στον τρόπο κατά τον οποίο είναι σχεδιασμένες, ο οποίος προσφέρει πιο αποτελεσματική και εύκολη συντήρηση. Ο μελετητής μπορεί να επιλέξει τον τύπο όλων των εξαρτημάτων τα οποία έχουν αναφερθεί στο πρώτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας. Τα κριτήρια επιλογής αυτών των εξαρτημάτων είναι το μέγεθος του συστήματος, ο προϋπολογισμός και ο διαθέσιμος χώρος για τον εξοπλισμό. Είναι επίσης σημαντικό και στις δυο περιπτώσεις ο μελετητής να έχει προνοήσει να λάβει τα κατάλληλα μέτρα για το θόρυβο και τη στεγανότητα των συνδέσεων της ΚΚΜ.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Παράδειγμα μελέτης κτηριακής εγκατάστασης

Το παράδειγμα της μελέτης μιας κτηριακής εγκατάστασης θα γίνει για ένα καινούργιο διώροφο σχολικό κτήριο. Στη μελέτη της εγκατάστασης περιλαμβάνεται ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών, ο σχεδιασμός του συστήματος αεραγωγών και η διαστασιολόγηση της ΚΚΜ. Στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Revit MEP της Autodesk για τον σχεδιασμό των αεραγωγών και το HAP για τον υπολογισμό απωλειών και την προσομοίωση της μονάδας. Μέσω του προγράμματος αυτού μπορούμε να δηλώσουμε τα οικοδομικά στοιχεία των δωματίων και των τρόπο χρήσης αυτών . Ακολουθεί μια τρισδιάστατη εκδοχή του κτηρίου μέσα από το Revit.

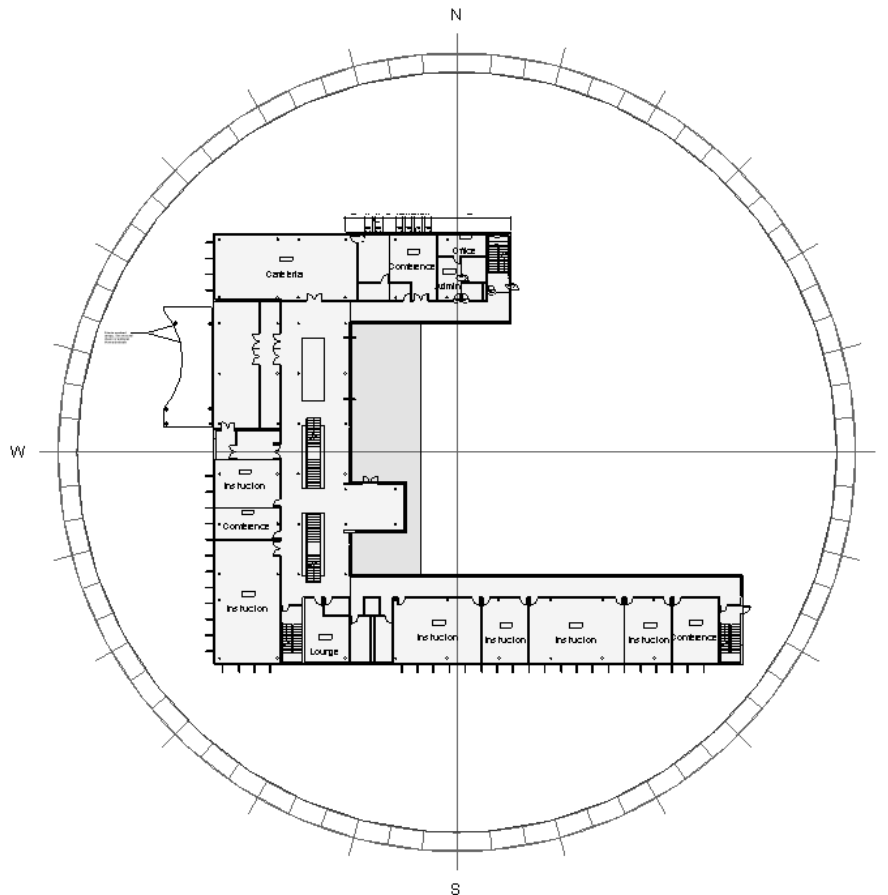


Εικόνα 51: Τρισδιάστατη εικόνα κτηρίου από το λογισμικό του Revit

### 6.1 Περιγραφή κτηριακής εγκατάστασης

Ο σκοπός της υποκείμενης μελέτης είναι ο σχεδιασμός ενός συστήματος κλιματισμού για τον κάθε όροφο του σχολικού κτηρίου που φαίνεται παραπάνω. Η κάτοψη του ισόγειου, καθώς και ο προσανατολισμός του κτηρίου αναπαρίστανται στην ακόλουθη εικόνα. Στο κτήριο καλούμαστε να κλιματίσουμε 47 δωμάτια των οποίων η χρήση φαίνεται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα. Για το ισόγειο τα δωμάτια 001-005 έχουν προσανατολισμό στο βορρά, τα

δωμάτια 006-008 δυτικό προσανατολισμό και τα δωμάτια 009-014 έχουν νότιο προσανατολισμό. Κάτι αντίστοιχο ισχύει και για τον πρώτο και δεύτερο όροφο. Για τον κάθε προσανατολισμό για αυτή την εγκατάσταση θα είναι υπεύθυνο ένα σύστημα ΚΚΜ. Η κάθε ΚΚΜ είναι υπεύθυνη για τρεις ζώνες όπου η κάθε μια από αυτές δέχεται κλιματιζόμενο αέρα από μια τερματική συσκευή ΜΠΑ. Ο κλιματιζόμενος αέρας τον οποίο θα δέχεται η τερματική συσκευή θα παρέχεται από την ΚΚΜ που θα είναι τοποθετημένη στην οροφή.



Εικόνα 52: Κάτοψη ισογείου και προσανατολισμός του κτηρίου

Τύπος και αριθμός	Αριθμός των Ανθρώπων	Ισχύς λαμπτήρων στον χώρο	Εμβαδόν
Γραφείο-001	1	176 W	16 m <sup>2</sup>
Γραφείο-002	1	165 W	15 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διασκέψεων-003	5	462 W	42 m <sup>2</sup>
Καφετέρια-004	60	1617 W	147 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διδασκαλίας-005	20	539 W	49 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διασκέψεων-006	5	352 W	32 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διδασκαλίας-007	50	1397 W	127 m <sup>2</sup>
Αίθουσα αναμονής-008	9	418 W	38 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διδασκαλίας-009	35	979 W	89 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διδασκαλίας-010	20	528 W	48 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διδασκαλίας-011	40	1067 W	97 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διδασκαλίας-012	20	528 W	48 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διασκέψεων-013	10	517 W	47 m <sup>2</sup>
Γραφείο-101	1	275 W	25 m <sup>2</sup>
Γραφείο-102	1	165 W	15 m <sup>2</sup>
Γραφείο-103	3	440 W	40 m <sup>2</sup>
Αίθουσα εκτύπωσης -104	0	132 W	12 m <sup>2</sup>
Καφετέρια-105	5	385 W	35 m <sup>2</sup>
Αίθουσα αναμονής-106	25	1463 W	133 m <sup>2</sup>
Εργαστήριο υπολογιστών -107	20	605 W	55 m <sup>2</sup>
Γραφείο-108	26	451 W	41 m <sup>2</sup>
Βιβλιοθήκη-109	20	1342 W	122 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διδασκαλίας-110	40	1034 W	94 m <sup>2</sup>
Αίθουσα αναμονής-111	7	418 W	38 m <sup>2</sup>
Εργαστήριο υπολογιστών -112	15	803 W	73 m <sup>2</sup>
Γραφείο-113	2	528 W	48 m <sup>2</sup>
Αίθουσα εκτύπωσης -114	1	352 W	32 m <sup>2</sup>
Αίθουσα αναμονής-115	5	352 W	32 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διδασκαλίας-116	10	352 W	32 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διδασκαλίας-117	20	198 W	48 m <sup>2</sup>
Εργαστήριο υπολογιστών -118	10	352 W	32 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διδασκαλίας-119	10	341 W	31 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διασκέψεων-201	5	660 W	60 m <sup>2</sup>
Αίθουσα αναμονής-202	5	550 W	50 m <sup>2</sup>
Γραφείο-203	5	649 W	59 m <sup>2</sup>
Ανοικτό γραφείο -204	15	1452 W	132 m <sup>2</sup>
Αίθουσα ανασκόπησης πολυμέσων-205	20	583 W	53 m <sup>2</sup>
Αίθουσα ανασκόπησης πολυμέσων-206	20	484 W	44 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διδασκαλίας-207	20	539 W	49 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διδασκαλίας-208	40	891 W	81 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διδασκαλίας-209	40	847 W	77 m <sup>2</sup>
Αίθουσα αναμονής-210	7	418 W	38 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διδασκαλίας-211	20	803 W	73 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διδασκαλίας-212	20	704 W	64 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διδασκαλίας-213	15	528 W	48 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διδασκαλίας-214	20	704 W	64 m <sup>2</sup>
Αίθουσα διδασκαλίας-215	30	880 W	80 m <sup>2</sup>

Εικόνα 53: Στοιχεία κλιματιζόμενων χώρων

## 6.2 Καιρικές συνθήκες

Για την εκπόνηση της μελέτης και τον υπολογισμό θερμικών και ψυκτικών φορτίων πρέπει να τροφοδοτήσουμε στο πρόγραμμα τις σωστές καιρικές συνθήκες. Η ελληνική επικράτεια

χωρίζεται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες. Για κάθε νομό, τα κτίρια σε περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 500 μέτρων εξετάζονται με τις προδιαγραφές της επομένης πιο ψυχρής ζώνης. Εκτός από την Δ ζώνη που όλες οι περιοχές της ανεξαρτήτως υψομέτρου παραμένουν στην Δ ζώνη .



Εικόνα 54:Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας (ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ,2017)

Η Αθηνά, στην οποία θα θεωρήσουμε ότι βρίσκεται το κτήριο, είναι στην Β κλιματική ζώνη παρόλα αυτά για την σύγκριση των αποτελεσμάτων μας θα μελετήσουμε όλες τις κλιματικές ζώνες της Ελλάδας. Έτσι θα πρέπει να περάσουμε τα μέσα ωριαία καιρικά φαινόμενα των πόλεων με τις οποίες θα ασχοληθούμε καθώς και ένα αρχείο ewr στο οποίο υπάρχουν οι συνθήκες προσομοίωσης. Παρακάτω φαίνονται οι πόλεις με τις οποίες θα ασχοληθούμε.

Πόλεις	Γεωγραφικό Πλάτος (°)	Γεωγραφικό Μήκος (°)	Υψόμετρο Σταθμού (m)	Κλιματική Ζώνη	Συνθήκες Σχεδιασμού Θέρους		Συνθήκες Σχεδιασμού Χειμώνα	
					DB	WB	DB	WB
Χάνια	35 29	24 7	150	A	33°C	21°C	6.8 °C	3.8 °C
Αθήνα	37 54	23 45	15	B	36°C	22°C	3°C	0.2°C
Θεσσαλονίκη	40 31	22 58	5	Γ	35°C	23°C	-2 °C	-4.3°C
Φλώρινα	40 48	21 26	617	Δ	33°C	22°C	-8 °C	-10 °C

Εικόνα 55: Συνθήκες σχεδιασμού ανά πόλη (ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ,2017)

Πέρα από τις συνθήκες σχεδιασμού το υψόμετρο και το γεωγραφικό μήκος και πλάτος. Πρέπει όπως αναφέραμε να προσθέσουμε τα μέσα ωριαία καιρικά φαινόμενα των πόλεων παρακάτω φαίνονται οι μέγιστες και οι ελάχιστες μέσες θερμοκρασίες ξηρού βολβού των πόλεων .

Μήνας	Χανιά		Αθήνα		Θεσσαλονίκη		Φλώρινα	
	max DB	min DB	max DB	min DB	max DB	min DB	max DB	min DB
Ιανουάριος	15.8°C	9.2°C	13.6°C	7°C	9.3°C	1.4°C	4.6°C	-3.5°C
Φεβρουάριος	16.5°C	9.2°C	14.2°C	7.2°C	11.0°C	2.3°C	7.3°C	-1.7°C
Μάρτιος	17.9°C	10.1°C	15.8°C	8.4°C	14.3°C	4.6°C	11.8°C	1.3°C
Απρίλιος	21°C	12.2°C	19.5°C	11.5°C	19.2°C	7.6°C	16.7°C	5.1°C
Μάιος	24.7°C	15.2°C	24.2°C	15.8°C	24.5°C	12.3°C	22.0°C	9.2°C
Ιούνιος	28.7°C	18.9°C	28.9°C	20.2°C	29.3°C	16.5°C	26.2°C	12.5°C
Ιούλιος	30.3°C	20.8°C	31.9°C	22.9°C	31.6°C	18.8°C	28.8°C	14.4°C
Αύγουστος	30°C	20.8°C	31.9°C	22.9°C	31.3°C	18.6°C	28.7°C	14.2°C
Σεπτέμβριος	27.7°C	18.7°C	28.3°C	19.7°C	27.2°C	15.1°C	25.2°C	11.2°C
Οκτώβριος	23.7°C	15.6°C	23.4°C	15.6°C	21.3°C	11.0°C	19.0°C	6.9°C
Νοέμβριος	20.9°C	13.1°C	18.8°C	12.1°C	15.4°C	6.9°C	12.1°C	2.5°C
Δεκέμβριος	17.8°C	10.8°C	15.2°C	8.8°C	10.9°C	3.0°C	6.3°C	-1.6°C

Εικόνα 56: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες ξηρού βολβού ανά πόλη (ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ,2017)

## 6.2 Εύρεση θερμικών και ψυκτικών φορτίων

Αφού έχουμε χωρίσει τους χώρους της εγκατάστασης σε ζώνες, το επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός των θερμικών και ψυκτικών φορτίων. Αυτό όπως προαναφέραμε θα γίνει μέσα από το HAP της Carrier . Οι πληροφορίες που πρέπει να προσθέσουμε στο HAP για να ξεκινήσει τους υπολογισμούς πέρα από τις καιρικές συνθήκες είναι:

- Δεδομένα δομικών υλικών για τοίχους, στέγες, παράθυρα, πόρτες, εξωτερικές συσκευές σκίασης και δάπεδα, και για εσωτερικά χωρίσματα μεταξύ κλιματιζόμενων και μη κλιματιζόμενων περιοχών.
- Στοιχεία μεγέθους και διάταξης κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων περιοχών τοίχου, οροφής, παραθύρου, πορτών και δαπέδου, προσανατολισμούς και χαρακτηριστικά εξωτερικής σκίασης.
- Εσωτερικά χαρακτηριστικά φορτία που καθορίζονται από επίπεδα και χρονοδιαγράμματα πληρότητας, συστήματα φωτισμού
- Δεδομένα σχετικά με τον εξοπλισμό ΚΚΜ, τα χειριστήρια και τα εξαρτήματα που θα χρησιμοποιηθούν.

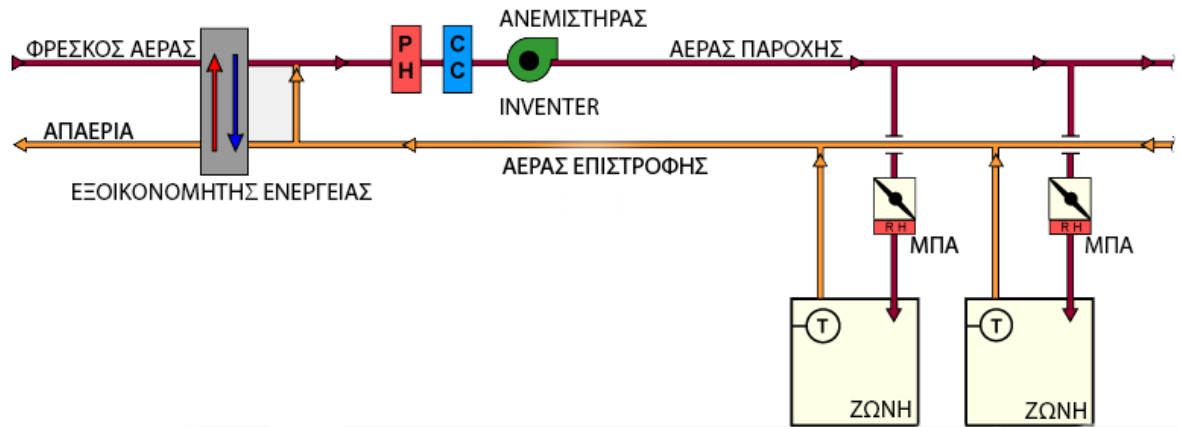
Τα δομικά υλικά που θα χρησιμοποιηθούν είναι αυτά που προτείνονται από το ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ 2017 για ένα καινούργιο κτήριο ανάλογα με την κλιματική ζώνη στο οποίο έχει κατασκευαστεί. Όσο αναφορά τα χαρακτηριστικά φορτία, όπως ο φωτισμός και η πληρότητα του χώρου, είναι τα τυπικά όσο αναφορά τον τύπο του δωματίου στον οποίο γίνεται ο υπολογισμός.

Κατηγορία	A	B	C	D
Εξωτερικοί τοίχοι	0,55	0,50	0,45	0,40
Εσωτερικοί τοίχοι	1,50	1,00	0,80	0,70
Οροφή	0,50	0,45	0,40	0,35
Πάτωμα	1,20	0,90	0,75	0,70
Εξωτερικά παράθυρα	2,20	2,00	1,80	1,80

Εικόνα 57: Προτεινόμενες τιμές  $U$  ( $W/m^2 \cdot K$ ) ανά κλιματική ζώνη (ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ, 2017)

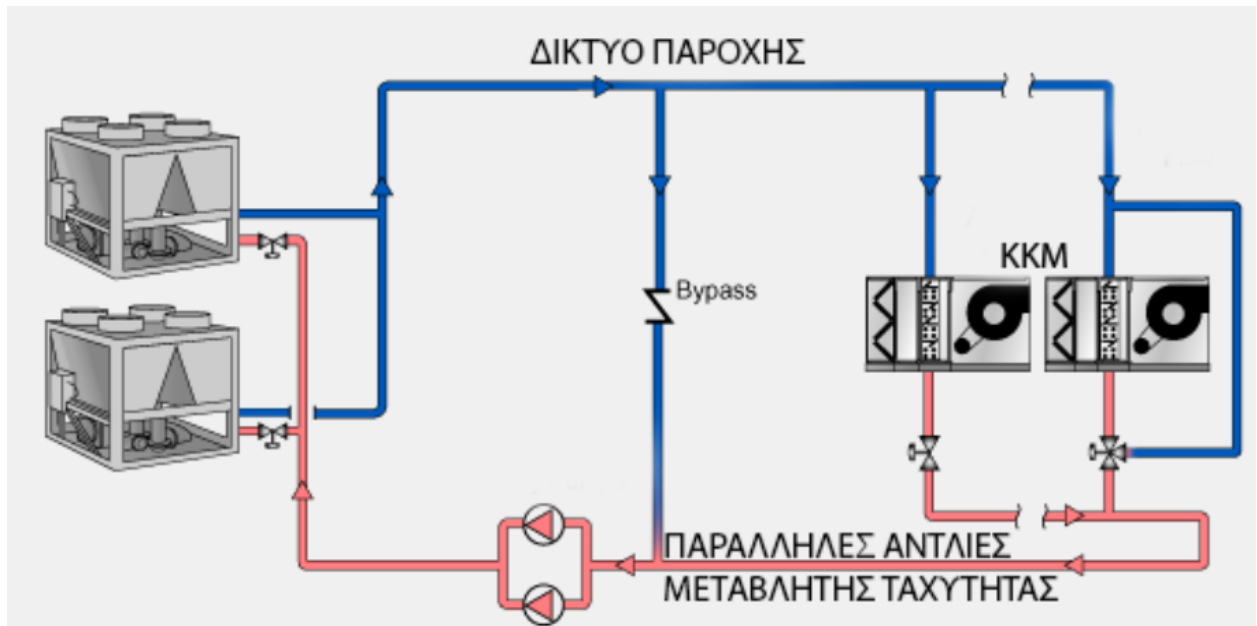
### 6.3 Σχεδιασμός και προσομοίωση ΚΚΜ

Στην συγκεκριμένη εγκατάσταση λόγω της μεγάλης επιφάνειας που καλούμαστε να κλιματίσουμε, θα επιλέξουμε τον χωρισμό των κλιματιζόμενων επιφανειών σε τρεις ΚΚΜ οι οποίες θα είναι υπεύθυνες η κάθε μια για ένα προσανατολισμό του κτηρίου. Στην πράξη πάντα προτιμάμε να έχουμε πάνω από μια ΚΚΜ ώστε σε περίπτωση βλάβης να μην μείνει όλο το κτήριο χωρίς κλιματισμό καθώς και για την αποφυγή μεγαλύτερου κόστους και πολυπλοκότητας της εγκατάστασης. Ο τύπος που θα αναλύσουμε είναι ένα σύστημα μεταβλητής παροχής αέρα. Η θέρμανση θα γίνεται στις τερματικές συσκευές με την χρήση στοιχείου αναθέρμανσης αφού πρώτα έχει προθερμαθεί από το στοιχείο της ΚΚΜ.



Εικόνα 58: Διάταξη ΚΚΜ

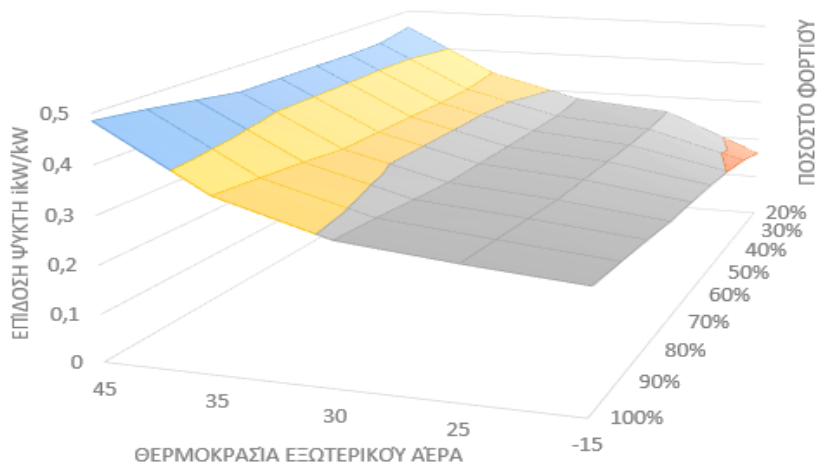
Για την ψύξη θα υπάρχουν δυο ψύκτες με Scroll συμπιεστή και αερόψυκτο συμπυκνωτή με αναλογία 60%-40%. Ενώ αντίστοιχα για την θέρμανση δυο καυστήρες με την ίδια αναλογία .



Εικόνα 59: Δίκτυο παροχής ψυκτών

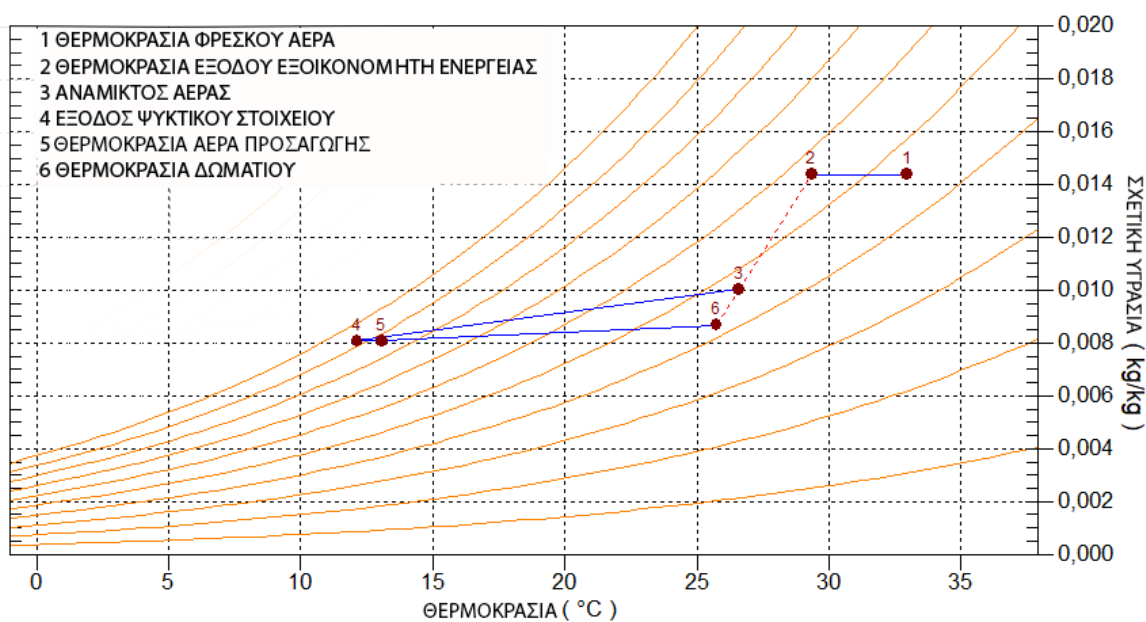
Οι ψύκτες της εγκατάστασης έχουν συντελεστή θερμικής απόδοσης (COP) ίσο με 2.8 σε μέγιστο φορτίο και 35 °C εξωτερικό αέρα και ακολουθούν το παρακάτω διάγραμμα, ενώ οι λέβητες της εγκατάστασης έχουν απόδοση 80%.

### Διάγραμμα επίδοσης ψύκτη



Εικόνα 60: Διάγραμμα επίδοσης ψύκτη

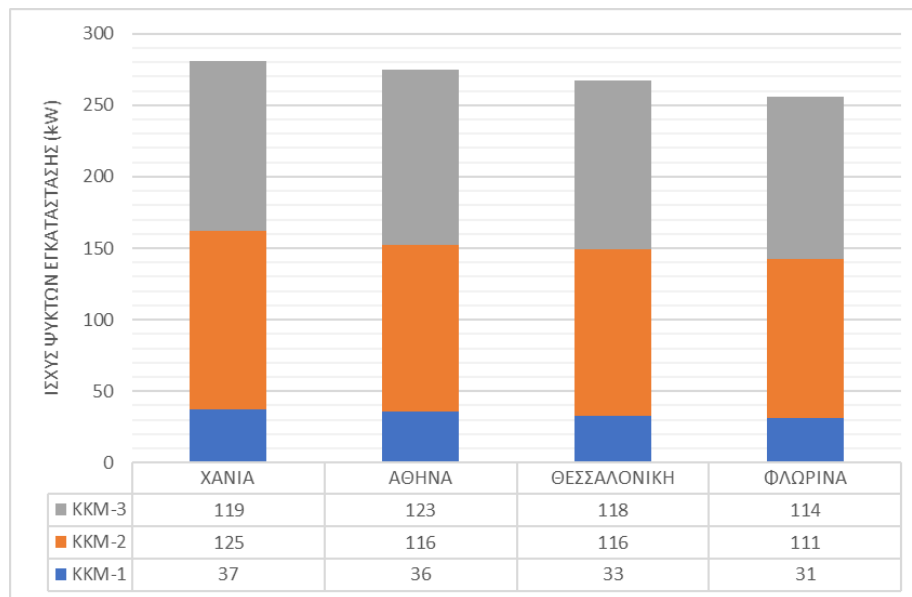
Οι θερμοστάτες της εγκατάστασης θα είναι 25 °C για την ψύξη και 21 °C για την θέρμανση, έτσι μέσα από την προσομοίωση του προγράμματος καταλήγουμε στο παρακάτω ψυχομετρικό χάρτη.



Εικόνα 61: Ψυχομετρικός χάρτης εγκατάστασης (Αθήνα Ιούλιος 14:00)

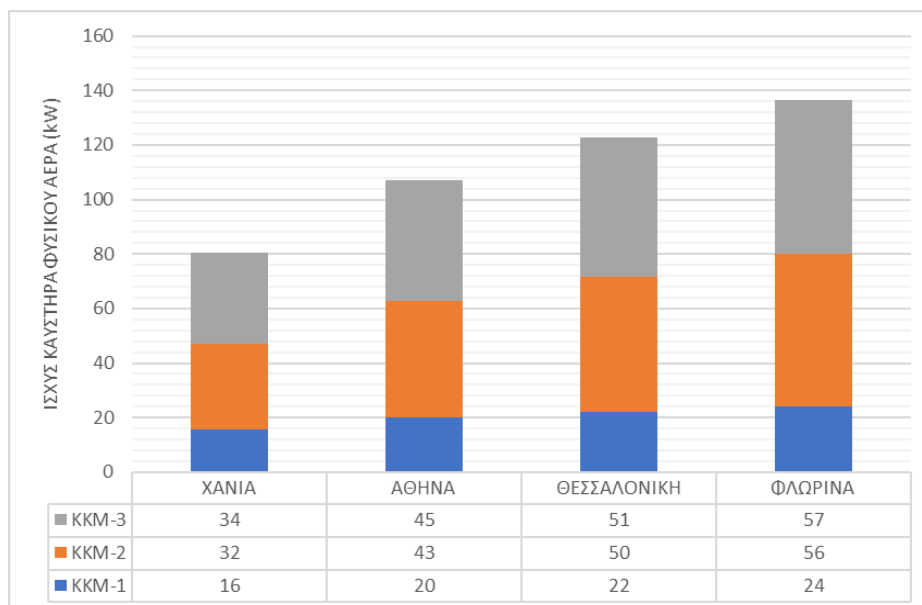


Αφού τροφοδοτήσουμε τα παραπάνω στο har μπορούμε πλέον να βρούμε την απαιτούμενη ισχύ που πρέπει να καλύπτουν οι ψύκτες για την διατήρηση των ορίων που έχουμε θέσει με τους θερμοστάτες.



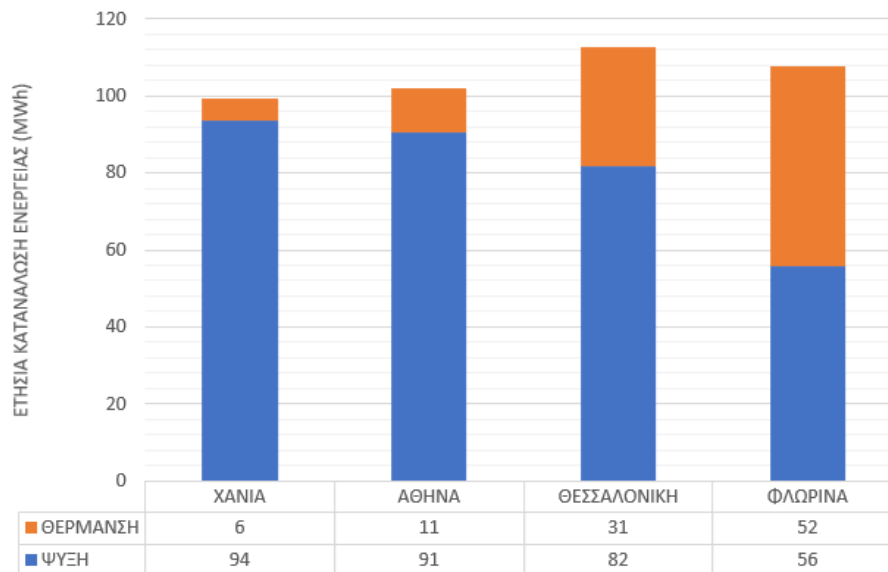
Εικόνα 62: Ισχύς ψυκτών εγκατάστασης

Έτσι αντίστοιχα μπορούμε να βρούμε την ισχύ που καλούνται να καλύψουν οι λέβητες φυσικού αερίου .



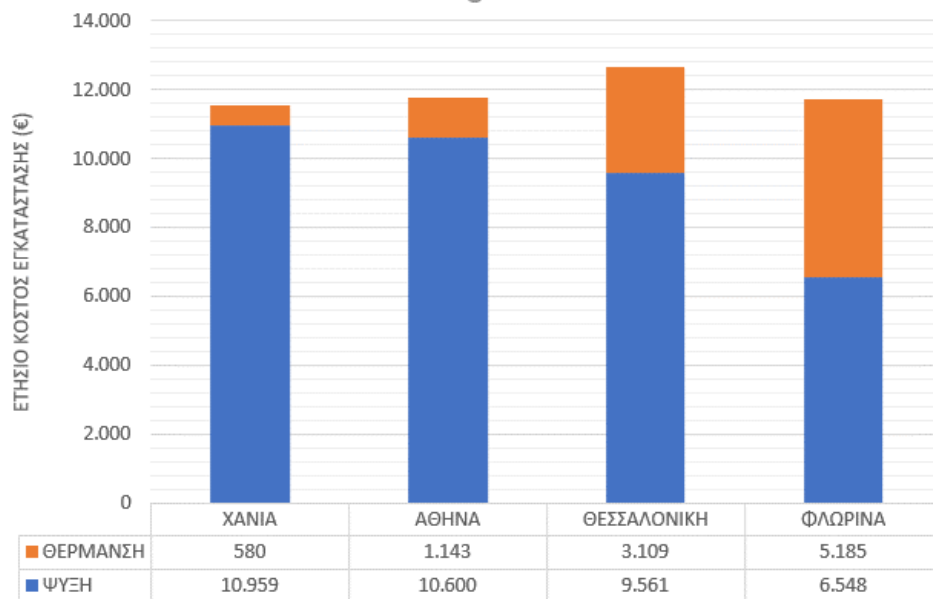
Εικόνα 63: Ισχύς καυστηρά φυσικού αερίου

Το επόμενο βήμα στην προσομοίωση για την εύρεση του ετήσιου κόστους λειτουργίας της εγκατάστασης είναι η δήλωση του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας, που στην μελέτη μας θα είναι 0.117 €/kWh καθώς και το κόστος του φυσικού αερίου θα είναι 0.1 €/kWh. Οι τιμές αυτές είναι αντιπροσωπευτικές των τιμών στο εμπόριο .



Εικόνα 64:Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (MWh)

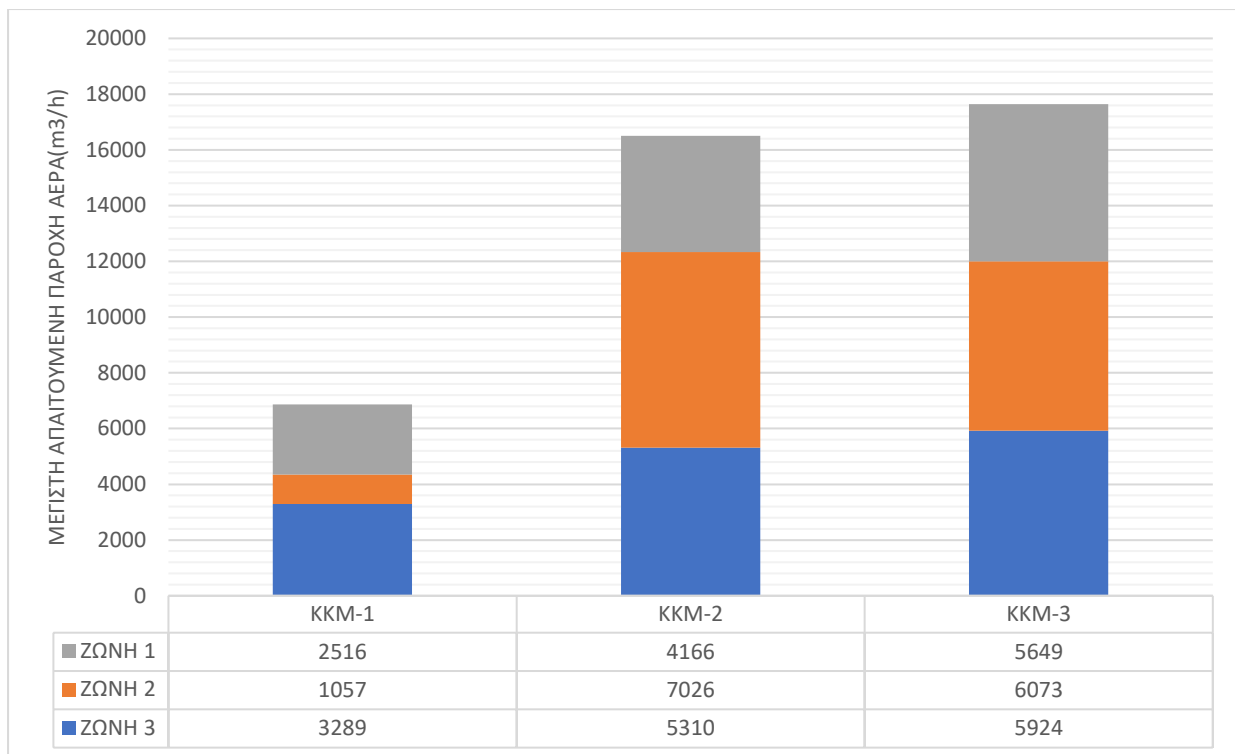
Αφού βρήκαμε την ετήσια κατανάλωση ενέργειας μέσα από την προσομοίωση του HAP μπορούμε πολύ ευκολά να βρούμε και το ετήσιο κόστος της ψύξης και θέρμανσης της εγκατάστασης χωρίς όμως να υπολογίσουμε το κόστος των ανεμιστήρων και αντλιών που υπάρχουν στην πραγματική εγκατάσταση.



Εικόνα 65:Ετήσιο κόστος εγκατάστασης

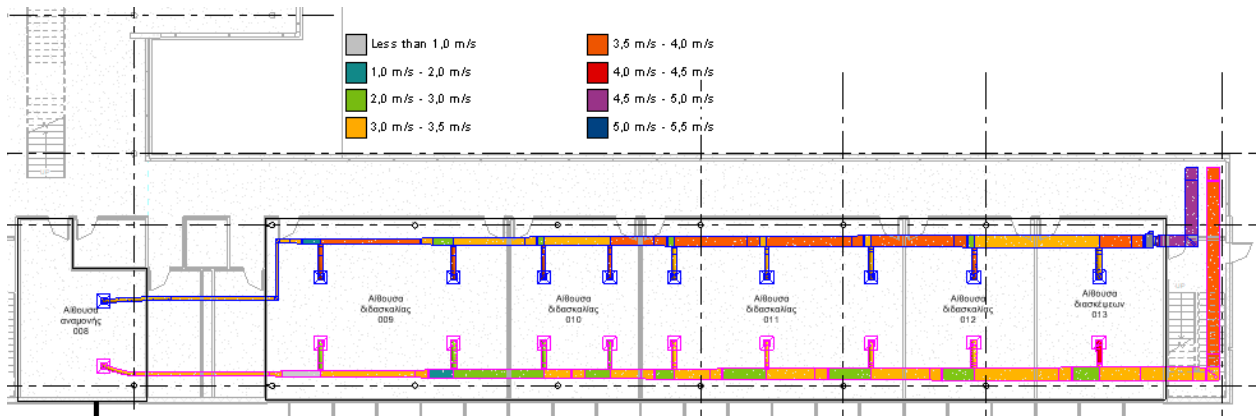
#### 6.4 Δημιουργία συστήματος αεραγωγών

Το κύκλωμα των αεραγωγών χωρίζεται, όπως έχουμε προαναφέρει, σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες, της παροχής, της επιστροφής και των απαερίων. Στην εγκατάσταση δεν κρίνεται απαραίτητο να σχεδιάσουμε τους αεραγωγούς απαερίων, καθώς αυτά διαχωρίζονται από την ΚΚΜ από τον αέρα επιστροφής. Σε κάθε χώρο θα υπάρχει ο ίδιος αριθμός στομίων επιστροφής και παροχής. Ο αριθμός αυτών των στομίων εξαρτάται από την επιθυμητή παροχή, τη διαρρύθμιση του δωματίου και τον τύπο του χώρου, καθώς αυτός προδιαγράφει το όριο θορύβου και ταχύτητας. Έτσι υπολογίζοντας μέσα από το HAP τις απαιτούμενες παροχές αέρα καταλήγουμε με το παρακάτω διάγραμμα .



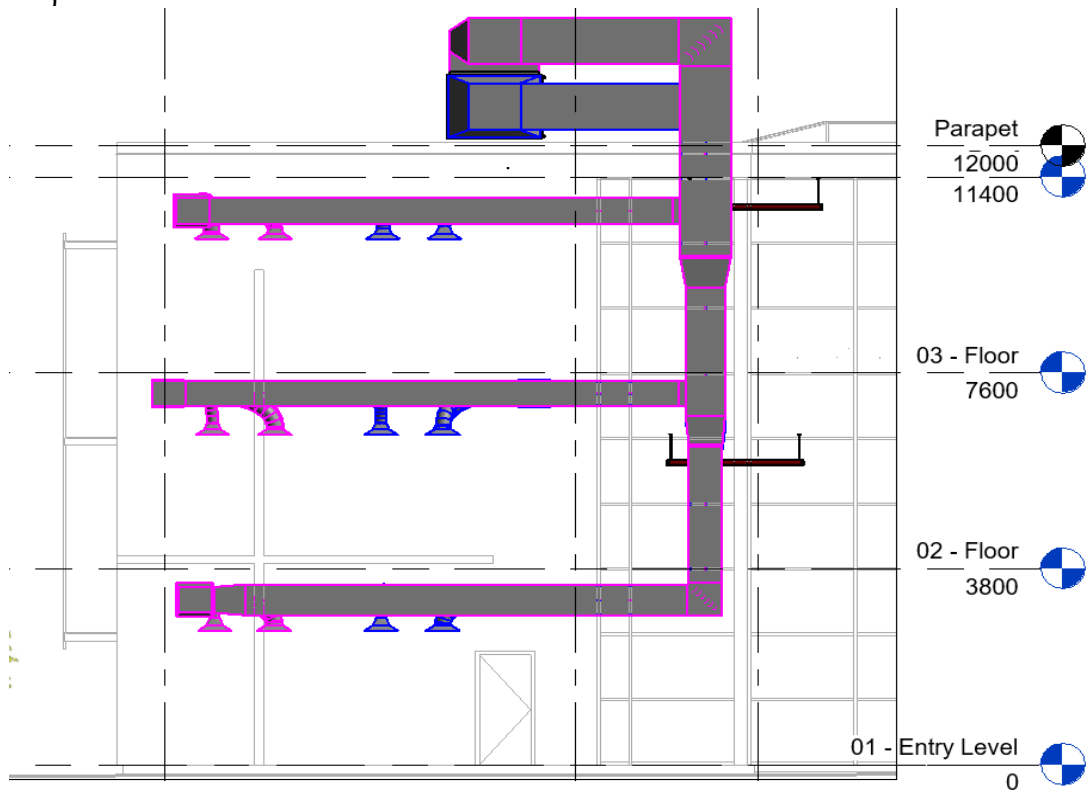
Εικόνα 66:Μέγιστη απαιτούμενη παροχή αέρα

Έτσι έχοντας την απαιτούμενη παροχή αέρα και ξέροντας την διάταξη του δωματίου αρχίζουμε να τοποθετούμε στο Revit τις θέσεις των στομιών που θεωρούμε απαραίτητα. Τα στόμια που θα χρησιμοποιηθούν για τον σχεδιασμό είναι τετράγωνα στόμια οροφής με διαστάσεις 600x600 και μέγιστη παροχή αέρα τα 200 L/s τα οποία θα τοποθετηθούν στην ψευδοροφή. Ο τύπος του αεραγωγού που θα χρησιμοποιήσουμε είναι τετραγωνικός και οι γωνίες του θα είναι με εσωτερικά διαχωριστικά. Για την σύνδεσή του με τα στόμια θα χρησιμοποιηθεί εύκαμπτος αεραγωγός αλουμίνιου. Η διαστασιολόγηση των αεραγωγών θα γίνει με σκοπό την διατήρηση της ταχύτητας 5 m/s στο κεντρικό αεραγωγό και 4 m/s στο υπόλοιπο δίκτυο για τον αεραγωγό παροχής, καθώς πρόκειται για σχολείο, ενώ για τον αεραγωγό επιστροφής 4 m/s και 3.5 m/s αντίστοιχα. Ο σχεδιασμός του συστήματος αεραγωγών σε μια από τις εννέα ζώνες καθώς και οι ταχύτητες που επικρατούν σε αυτόν φαίνονται παρακάτω.



Εικόνα 67: Κάτοψη συστήματος αεραγωγού Ζώνης-1 για την ΚΚΜ-3

Ο κεντρικός αεραγωγός παροχής και επιστροφής κατεβαίνει εσωτερικά του κτηρίου και φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 68: Πλαγιά όψη κεντρικών αεραγωγών της ΚΚΜ-3

Έχοντας πλέον σχεδιάσει το σύστημα αεραγωγών μπορούμε να βρούμε της πτώση πίεσης μέσα σε αυτούς και να υπολογίσουμε την απαιτούμενη ισχύ του ανεμιστήρα.

#### 6.4 Διαστασιολόγηση ανεμιστήρων

Για την σωστή διαστασιολόγηση των ανεμιστήρων της εγκατάστασης δεν χρειάζεται μόνο η πτώση πίεσης των αεραγωγών αλλά και των φίλτρων της εγκατάστασης. Στην δικιά μας περίπτωση χρειαζόμαστε τρία φίλτρα . Τα φίλτρα στο κομμάτι της προσαγωγής του αέρα θα είναι ένα προ φίλτρο και ένα φίλτρο αέρα παροχής. Για το κομμάτι της επιστροφής του αέρα θα υπάρχει ένα φίλτρο μόνο για την προστασία του εναλλάκτη .

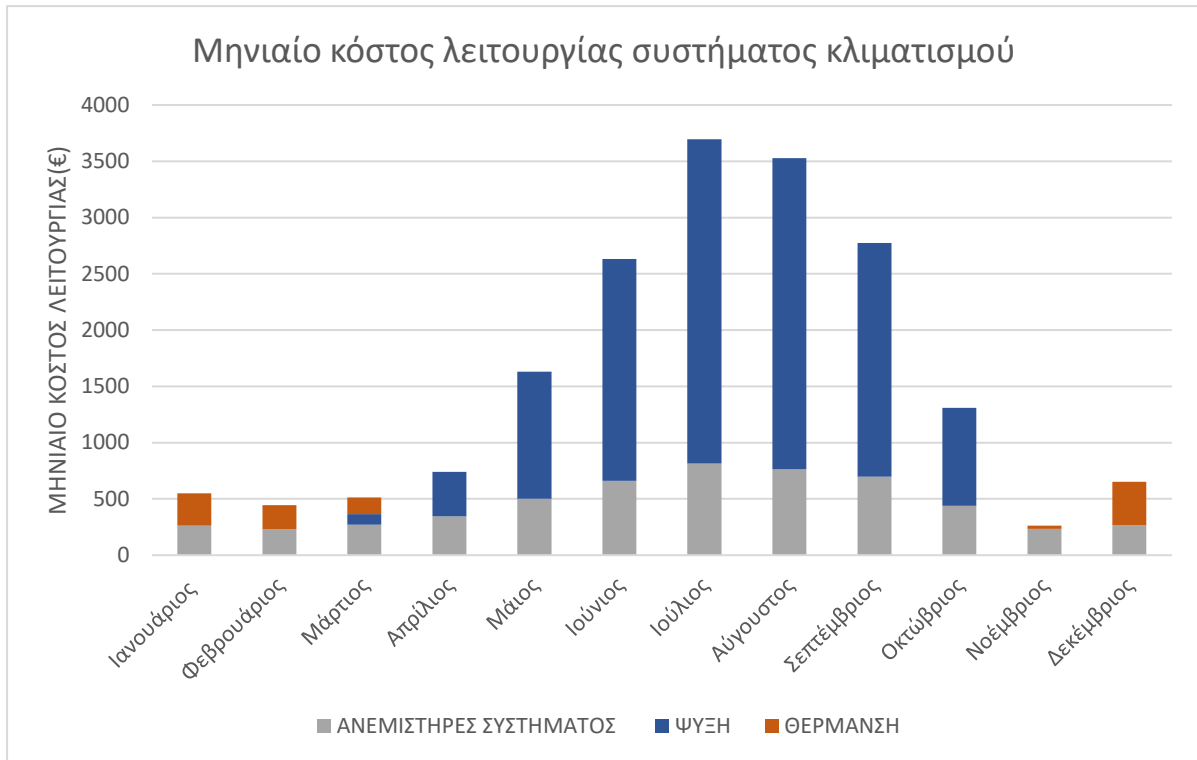
ΚΚΜ-1	Κλάση φίλτρου	Αρχική πτώση πίεσης (Pa)	Τελική πτώση πίεσης (Pa)
Προ-φίλτρο	Coarse 65% (G4)	50	100
Φίλτρο αέρα παροχής	ePM1 50% (F7)	56	156
Φίλτρο αέρα επαγωγής	ePM10 60% (F5)	28	84

ΚΚΜ-2	Κλάση φίλτρου	Αρχική πτώση πίεσης (Pa)	Τελική πτώση πίεσης (Pa)
Προ-φίλτρο	Coarse 65% (G4)	44	94
Φίλτρο αέρα παροχής	ePM1 50% (F7)	51	151
Φίλτρο αέρα επαγωγής	ePM10 60% (F5)	76	78

ΚΚΜ-2	Κλάση φίλτρου	Αρχική πτώση πίεσης (Pa)	Τελική πτώση πίεσης (Pa)
Προ-φίλτρο	Coarse 65% (G4)	66	116
Φίλτρο αέρα παροχής	ePM1 50% (F7)	68	168
Φίλτρο αέρα επαγωγής	ePM10 60% (F5)	34	102

Εικόνα 69:Επιλεγόμενα φίλτρα εγκατάστασης

Τοποθετώντας το σύνολο της πτώσης πίεσης στο HAP για κάθε ΚΚΜ για την Αθηνά καταλήγουμε σε ανεμιστήρα 4 kW για την ΚΚΜ-1, 8 kW για την ΚΚΜ-2 και 10 kW για την ΚΚΜ-3. Έχοντας τώρα την ισχύ των ανεμιστήρων μπορούμε να προσομοιώσουμε το μηνιαίο κόστος λειτουργίας ολόκληρης της εγκατάστασης.



Εικόνα 70: Μηνιαίο κόστος λειτουργίας συστήματος κλιματισμού

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Συντήρηση ΚΚΜ

### 7.1 Αρχική λειτουργία ΚΚΜ

Όσο πιο περίπλοκες είναι οι ΚΚΜ στην αρχή της λειτουργίας τους, τόσο πιο πιθανό είναι να παρουσιαστούν προβλήματα μετέπειτα στην εγκατάσταση, όσο καλά και αν έχει μελετηθεί. Τα προβλήματα τα οποία παρουσιάζονται στην αρχή της λειτουργίας μιας περίπλοκης εγκατάστασης λύνονται από τον ίδιο μελετητή ή εργολάβο που έχει αναλάβει την εγκατάσταση εξ αρχής. Αυτή η περίοδος αποτελεί ένα μεταβατικό στάδιο το οποίο χαρακτηρίζεται πολλές φορές και σαν περίοδος συντήρησης. Το κόστος και ο τρόπος συντήρησης δε σχετίζεται με την πραγματική συντήρηση, η οποία ξεκινάει όταν τελειώνει η μεταβατική περίοδος.

### 7.2 Είδη συντήρησης

Αφού περάσει η μεταβατική περίοδος κατά την οποία εμφανίζονται και λύνονται τα περισσότερα μικροπροβλήματα της εγκατάστασης, η εγκατάσταση τίθεται σε κανονικό ρυθμό λειτουργίας. Από εκείνη την στιγμή μπορούμε να πούμε ότι αρχίζει η περίοδος συντήρησης. Σαν συντήρηση ορίζονται όλες οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουμε για τη διατήρηση της ορθής και αποδοτικής λειτουργίας της κλιματιστικής εγκατάστασης. Ο στόχος μας με την πάροδο του χρόνου δυσχεραίνει, καθώς η απόδοση του εξοπλισμού μειώνεται όσο περνάει ο καιρός. Αυτή τη συνθήκη επιδιώκουμε να την περιορίσουμε όσο περισσότερο μπορούμε μέσα από τη συντήρηση, η οποία διακρίνεται σε δυο είδη:

- Στην προληπτική
- Στην επανορθωτική

Το κάθε είδος συντήρησης εκτελείται σε διαφορετικό χρόνο. Η προληπτική συντήρηση γίνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, τα οποία είναι συγκεκριμένα και μπορούμε να προβλέψουμε την διάρκεια τους. Στην επανορθωτική συντήρηση δε γνωρίζουμε ούτε τη στιγμή που μπορεί να χρειαστεί, ούτε το χρόνο που μπορεί να μας πάρει.

#### 7.2.1 Προληπτική συντήρηση

Στην προληπτική συντήρηση ο τεχνικός επεμβαίνει σε συγκεκριμένα σημεία και εκτελεί σε γενικές γραμμές τα εξής:

- Έλεγχο των σημείων που είναι γνωστά σαν εστίες βλαβών
- Πλένει ή αντικαθιστά τα φίλτρα, ανάλογα με τον τύπο τους και την κατάστασή τους
- Προβαίνει σε αντικατάσταση φθαρμένων εξαρτημάτων
- Αντικαθιστά τα αναλώσιμα είδη



Σκοπός της προληπτικής συντήρησης είναι η μείωση των πιθανοτήτων η εγκατάσταση να παρουσιάσει βλάβη, καθώς και η διατήρηση των υγιεινών συνθηκών στους κλιματιζόμενους χώρους. Συνήθως, το ετήσιο κόστος συντήρησης μιας ΚΚΜ είναι της τάξης του 6-7 % του αρχικού κόστους εγκατάστασης. Αρκετοί ιδιοκτήτες κτηρίων με κεντρικό κλιματισμό θεωρούν το συγκεκριμένο ποσό δαπάνη καθώς όντας μη ειδικοί δεν είναι σε θέση να γνωρίζουν τι είδους βλάβες ενδέχεται να παρουσιαστούν, καθώς και τις επιπτώσεις αυτών, χωρίς να γίνει η προληπτική συντήρηση. Οι κυριότεροι λόγοι για τους οποίους είναι απαραίτητη η προληπτική συντήρηση είναι οι εξής:

- Μπορεί να αποφευχθεί να τεθεί η εγκατάσταση εκτός λειτουργίας σε κρίσιμη στιγμή και για άγνωστο χρονικό διάστημα.
- Μπορεί να γίνει πρόβλεψη για την αντικατάσταση κάποιου εξαρτήματος και να αποφύγουμε μια πολλαπλάσιου κόστους βλάβη σε κάποιο άλλο μέρος της εγκατάστασης, καθώς και τη χρονοβόρα αντικατάστασή του.

### 7.2.2 Επανορθωτική συντήρηση

Το ότι θα γίνεται προληπτική συντήρηση δε σημαίνει ότι το μηχάνημα θα λειτουργεί επ' αόριστον. Είναι αυτονόητο ότι κάποιο μηχάνημα μπορεί να χαλάσει λόγω κάποιας αστοχίας ή φθοράς κάποιου εξαρτήματος, που δεν ήταν δυνατό να ελεγχτεί κατά τη διαδικασία της προληπτικής συντήρησης. Η συγκεκριμένη συντήρηση μειώνει τις βλάβες αλλά δεν τις εξαφανίζει. Από τη στιγμή που βεβαιωθεί ο τεχνικός για μια βλάβη τότε καλείται να προβεί σε εργασίες αποκατάστασης της απρόβλεπτης βλάβης.

### 7.3 Εργασίες προληπτικής συντήρησης

Οι εργασίες οι οποίες πρέπει να γίνονται στην προληπτική συντήρηση εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από τον τύπο της εγκατάστασης. Οι εργασίες οι οποίες αφορούν το κύκλωμα διανομής ψύξης είναι συνήθως κοινές για τις περισσότερες κεντρικές κλιματιστικές εγκαταστάσεις. Οι μεγάλες διαφορές στον τρόπο συντήρησης μεταξύ των κλιματιστικών εγκαταστάσεων προκύπτουν από τον τύπο τους, πιο συγκεκριμένα αν αυτές είναι υδρόψυκτες ή αερόψυκτες. Για να δημιουργηθεί ένα πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης εκτός από τον τρόπο ψύξης της κλιματιστικής εγκατάστασης θα πρέπει ο τεχνικός να λάβει υπόψιν:

- Το χρόνο λειτουργίας της εγκατάστασης
- Την ηλικία του εξοπλισμού, καθώς αν ο εξοπλισμός είναι παλιός μπορεί να χρειάζεται συχνότερη συντήρηση
- Την αξιοπιστία του εξοπλισμού και της εγκατάστασης
- Το χώρο που κλιματίζει η κλιματιστική μονάδα, καθώς για παράδειγμα ένα νοσοκομείο λαμβάνει διαφορετική διαχείριση από ότι ένα γραφείο.

Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας στον προγραμματισμό θα πρέπει να είναι και οι ώρες κατά τις οποίες δουλεύει η εγκατάσταση, και αν υπάρχει εναλλακτική μέθοδος κλιματισμού γι' αυτήν. Για παράδειγμα, μια διακοπή στον κλιματισμό ενός server room μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα, ενώ σε ένα γραφείο δε θα δημιουργούσε ιδιαίτερο πρόβλημα. Για αυτό το λόγο σε εγκαταστάσεις στις οποίες μια διακοπή μπορεί να δημιουργήσει σημαντικό πρόβλημα στη λειτουργία της υπάρχει εναλλακτική μέθοδος κλιματισμού, η οποία μπορεί να είναι σε μορφή ενός δεύτερου ψύκτη ή κάποιας τοπικής μονάδας κλιματισμού. Σε σύγχρονες εγκαταστάσεις πολλές από τις παρακάτω εργασίες μπορούν να γίνουν μέσω ενός BMS.

### 7.3.1 Συντήρηση ψυκτών νερού

Η συντήρηση στους ψύκτες χωρίζεται σε κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο ψύξης του συμπυκνωτή. Σε όλους τους ψύκτες πρέπει να γίνεται έλεγχος:

- Της πίεσης των συμπιεστών, καθώς και καταγραφή αυτών σε αρχείο για τον εντοπισμό βλαβών, τουλάχιστον μια φορά το μήνα. Σε σύγχρονες εγκαταστάσεις ΚΚΜ αυτό γίνεται μέσα από σύστημα BMS και καταγράφεται καθημερινώς.
- Των πρεσοστάτων και θερμοστατών όλου του συστήματος στην αρχή της κάθε περιόδου.
- Του ψυκτέλαιου, για την αποφυγή καταστροφής των σωληνώσεων και την αντικατάσταση αυτού, αν χρειαστεί, συνήθως κάθε δύο χρόνια.
- Του φίλτρου του ψυκτικού υγρού, για την αντικατάσταση αυτού, αν χρειαστεί, συνήθως αυτό γίνεται κάθε δύο χρόνια.
- Της πτώσης πίεσης του νερού στον εξατμιστή στην αρχή της κάθε περιόδου.

Αν ο ψύκτης έχει αερόψυκτο συμπυκνωτή θα πρέπει να γίνεται:

- Καθαρισμός του στοιχείου του συμπυκνωτή με αντιμικροβιακό χημικό καθαριστικό και νερό υπό πίεση.
- Έλεγχος λειτουργίας ανεμιστήρων και αισθητήριων κάθε 2 με 6 μήνες και κάθε αρχή περιόδου αντίστοιχα.

Όταν υπάρχει υδρόψυκτος συμπυκνωτής τότε θα πρέπει να γίνεται:

- Χημικός καθαρισμός του συμπυκνωτή κάθε 2-4 μήνες με καυστικό υγρό το οποίο δεν προσβάλλει τους χαλκοσωλήνες. Αυτό γίνεται απομονώνοντας το συμπυκνωτή με βάνες και δημιουργώντας κλειστό σύστημα στο οποίο το χημικό ρευστό ρέει μέσα στον συμπυκνωτή με τη βοήθεια ειδικής αντλίας.

- Άνοιγμα των καθρεπτών του συμπυκνωτή και καθαρισμός των αυλών κάθε 4 με 12 μήνες. Οι αυλοί καθαρίζονται με τη χρήση ειδικών βουρτσών αφαιρώντας μεγάλα σώματα και λάσπες από τους καθρέπτες. Κάθε φορά που ανοίγεται ο συμπυκνωτής θα πρέπει να ελέγχονται επίσης οι φλάντζες και να αλλάζονται εφόσον χρειάζεται.

Όταν υπάρχει πύργος ψύξης θα πρέπει επίσης να γίνεται:

- Εξαγωγή και πλύσιμο των φίλτρων νερού κάθε 15 ημέρες, καθώς πολύ συχνά βουλώνει λόγω της ποιότητάς του. Σε μεγάλες εγκαταστάσεις για να αποφύγουμε τις βλάβες και τη συχνότερη συντήρηση λόγω της ποιότητας του νερού, τοποθετούνται συστήματα επεξεργασίας του, όπως αυτό της αφαλάτωσης.
- Καθαρισμός της λεκάνης πύργου και των ακροφύσιων ψεκασμού.
- Έλεγχος του φλοτέρ κάθε 3 μήνες.
- Έλεγχος της κατάστασης του ανεμιστήρα και λίπανση των ρουλεμάν.

Μια πολύ σημαντική εργασία είναι να αδειάζουμε τον ψύκτη από το νερό στο τέλος της κάθε περιόδου ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία πάγου. Όλα τα παραπάνω ισχύουν σε εγκαταστάσεις στις οποίες δεν υπάρχει επεξεργασία του νερού. Στις εγκαταστάσεις με σύστημα επεξεργασίας νερού οι προαναφερθείσες ενέργειες μειώνονται σημαντικά, έως και εξαλείφονται.

### 7.3.2 Συντήρηση αντλιών νερού και δικτύου σωληνώσεων

Οι αντλίες νερού είναι από τα πιο σημαντικά κομμάτια της εγκατάστασης και κρίνεται απαραίτητο να γίνονται έλεγχοι και στις αντλίες αλλά και στο δίκτυο σωληνώσεων. Οι εργασίες για τις αντλίες λαμβάνουν χώρα κάθε 3 με 6 μήνες και συνήθως περιλαμβάνουν:

- Έλεγχο και αποκατάσταση στεγανότητας
- Λίπανση
- Έλεγχο και σύσφιξη κοχλιών και περικοχλίων
- Σφίξιμο ακροδεκτών κινητήρα
- Αμπερομέτρηση

Ενώ για το δίκτυο σωληνώσεων θα πρέπει να γίνεται:

- Έλεγχος της λειτουργίας όλων των βανών και των θερμομέτρων - μανομέτρων της εγκατάστασης κάθε αρχή περιόδου
- Εξαέρωση του δικτύου κάθε αρχή περιόδου
- Καθαρισμός των φίλτρων νερού τουλάχιστον μια φορά το μήνα

### 7.3.3 Συντήρηση ΚΚΜ και δικτύου αεραγωγών

Η συντήρηση της ΚΚΜ δεν έχει σκοπό μόνο τη σωστή λειτουργία της, αλλά και τη διατήρηση της καθαρότητας του αέρα. Οι εργασίες τις οποίες καλείται να εκτελεί ο τεχνικός για τη συντήρηση των ΚΚΜ είναι οι εξής:

- Καθαρισμός των φίλτρων, ο οποίος θα πρέπει να γίνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, συνήθως κάθε έξι μήνες. Ανάλογα με τον τύπο του φίλτρου θα πρέπει να γίνεται αντικατάστασή του, σύμφωνα πάντα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Τα βρώμικα φίλτρα έχουν αυξημένη αντίσταση στον αέρα και μπορούν να προκαλέσουν αυξημένο κόστος λειτουργίας ανεμιστήρα ή πιθανή αδυναμία κάλυψης της απαιτούμενης ροής αέρα στους χώρους. Σε σύγχρονα συστήματα κλιματισμού τοποθετείται ένα διαφορικό πίεσης πριν και μετρά το φίλτρο το οποίο είναι συνδεδεμένο με BMS ώστε να μπορούμε πάντα να ελέγξουμε την κατάσταση τους.
- Καθαρισμός των στοιχείων, ο οποίος γίνεται κάθε χρόνο, χρησιμοποιώντας ειδικά χημικά. Σε περίπτωση που δε γίνεται σωστός καθαρισμός στα στοιχεία, ενδέχεται να προκληθούν τα ίδια προβλήματα που δημιουργεί κι ένα βρώμικο φίλτρο.
- Έλεγχος τάνυσης και κατάστασης ιμάντων του ανεμιστήρα καθώς και της ευθυγράμμισης αυτού. Αυτό θα πρέπει να γίνεται κάθε 6 μήνες με σκοπό τη μείωση των απωλειών τριβής και τη σωστή λειτουργία του. Σε σύγχρονα συστήματα αυτόν δεν είναι απαραίτητο.
- Έλεγχος και καθαρισμός του υγραντήρα, εφόσον αυτός υπάρχει, κάθε 2 μήνες.
- Έλεγχος των θερμοστατών κάθε αρχή περιόδου. Πιο συγκεκριμένα, ελέγχουμε τη βαθμονόμηση του αισθητήρα για την αποφυγή αυξημένης κατανάλωσης ενέργειας.
- Έλεγχος της λειτουργίας των ηλεκτρικών αντιστάσεων, για τη σωστή λειτουργία τους, ο οποίος πρέπει να γίνεται κάθε 3 μήνες εφόσον αυτές υπάρχουν στην εγκατάσταση.
- Καθαρισμός της αποχέτευσης της ΚΚΜ και εξασφάλιση σωστής ροής σε αυτή.

Όσον αφορά τη συντήρηση του δικτύου αεραγωγών θα πρέπει να ελέγχεται η κατάσταση των εύκαμπτων συνδέσεων και των μονώσεων κάθε χρόνο. Επίσης, πρέπει να γίνεται κάθε 2 χρόνια αφαίρεση και καθαρισμός όλων των στομιών για την αποφυγή συγκέντρωσης σκόνης.

### 7.4 Εργασίες επανορθωτικής συντήρησης

Οι βλάβες στις κλιματιστικές εγκαταστάσεις δεν είναι πάντα εύκολο να εντοπιστούν λόγω της πολυπλοκότητας των μονάδων. Τα συμπτώματα μιας βλάβης έχουν πολλές πιθανές αιτίες. Για τη διευκόλυνση του τεχνικού πολλά σύγχρονα συστήματα εμφανίζουν τον κωδικό της βλάβης μέσα από τον οποίο μπορεί ο τεχνικός να βρει κάποιες πιθανές λύσεις. Σύστημα εντοπισμού βλάβης υπάρχει συνήθως σε ψύκτες, αντλίες θερμότητας και συγχρόνους λέβητες. Σε παλιές

εγκαταστάσεις ο τεχνικός καλείται να διαβάσει τον πίνακα συμπτωμάτων βλαβών της εγκατάστασης που συνήθως έχει χαθεί. Τέτοια συστήματα σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να αντικαταστήσουν έναν έμπειρο τεχνικό για τον εντοπισμό μιας βλάβης, αλλά μπορούν να επιταχύνουν την αποκατάσταση και τον εντοπισμό της βλάβης και είναι αρκετά χρήσιμα όταν το πρόβλημα δεν είναι μηχανολογικό αλλά ηλεκτρονικό. Παρακάτω θα αναλύσουμε κάποια συμπτώματα και τις πιθανές αιτίες αυτών.

1. Όταν προέρχεται θόρυβος από το ψυκτικό συγκρότημα αλλά αυτό συνεχίζει να δουλεύει τότε αρχικά θα πρέπει να ελέγχεται ο τρόπος στερέωσης του συμπιεστή, αν οι βίδες στερέωσης αυτού δεν είναι βιδωμένες τότε πρέπει να γίνεται σφίξιμο αυτών. Αν το πρόβλημα δε λυθεί τότε υπάρχει περίπτωση σοβαρής βλάβης στο ρουλεμάν του συμπιεστή ή μπορεί να χρήζουν αντικατάστασης οι βαλβίδες του. Πριν προβούμε σε οποιαδήποτε ενέργεια αντικατάστασης θα πρέπει να επιβεβαιώσουμε ότι δεν υπάρχει διαρροή ψυκτικού υγρού η οποία μπορεί να προκαλεί το θόρυβο. Αν ο συμπιεστής κάνει ένα δυνατό θόρυβο στην εκκίνηση και σταματήσει τη λειτουργία τότε μπορεί να χρειάζεται αλλαγή φάσης.
2. Μειωμένη ποσότητα αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο μπορεί να έχουμε όταν η εγκατάσταση συναντάει μεγάλες αντιστάσεις. Η πιο πιθανή αιτία είναι τα φίλτρα του αέρα ή τα στόμια να χρειάζονται καθαρίσμα. Αφού καθαρίσουμε τα παραπάνω ελέγχουμε τους μάντες του ανεμιστήρα καθώς μπορεί λόγω κακής ευθυγράμμισης ή τάνυσης να έχουν αυξηθεί οι αντιστάσεις τριβής.
3. Μειωμένη ψύξη στους κλιματιζόμενους χώρους. Το πρώτο βήμα όταν ένας τεχνικός παρατηρήσει μειωμένη ψύξη στους χώρους είναι ο έλεγχος και ο καθαρισμός των φίλτρων, των στομιών και του ψυκτικού στοιχείου. Αφού έχει κάνει τα παραπάνω και συνεχίζει να υπάρχει ανεπαρκής ψύξη τότε θα πρέπει να γίνει έλεγχος του ψυκτικού υγρού ώστε να βεβαιωθεί ότι δεν υπάρχει έλλειψη αυτού. Αν σε αυτό το σημείο δεν έχει λυθεί το πρόβλημα το μόνο που μένει είναι να ελέγξει αν υπάρχει πρόβλημα στην αντλία νερού του ψύκτη ή αν υπάρχει αέρας στο δίκτυο. Οι ενέργειες στις οποίες θα προβεί ο τεχνικός σε αυτήν την περίπτωση είναι ο καθαρισμός των φίλτρων νερού και η εξαέρωση του δικτύου.
4. Ο ψύκτης νερού δεν εκκινεί, σε αυτή την περίπτωση ο τεχνικός θα πρέπει να ελέγξει αρχικά αν έχει ενεργοποιηθεί κάποιο ασφαλιστικό σύστημα και να τα επαναφέρει αν αυτά έχουν ενεργοποιηθεί. Το πιο σύνηθες πρόβλημα όταν δεν εκκινεί ο ψύκτης είναι βλάβη στον ελεγκτή ροής η οποία μπορεί να διορθωθεί με καθαρισμό ή με την αντικατάσταση του.
5. Υψηλή πίεση στο συμπιεστή συμβαίνει λόγω κακής λειτουργίας του συμπυκνωτή. Ανάλογα με τον τρόπο ψύξης του συμπυκνωτή υπάρχουν διαφορετικά βήματα στα οποία θα πρέπει να προβεί ο τεχνικός για την επίλυση του προβλήματος. Το πρώτο βήμα που πρέπει να ακολουθήσει ο τεχνικός είναι ο έλεγχος της ποσότητας του ψυκτικού υγρού, καθώς αν έχει γίνει υπερβολική πλήρωση αυτού τότε ο συμπιεστής

δε θα μπορέσει να ανταπεξέλθει και έτσι θα ανεβάσει την πίεση. Σε περίπτωση που έχουμε αερόψυκτο σύστημα τότε ο τεχνικός θα πρέπει να βεβαιωθεί ότι το στοιχείο του συμπυκνωτή είναι καθαρό και ότι ο ανεμιστήρας δουλεύει κανονικά. Σε περίπτωση που έχουμε υδρόψυκτο σύστημα ουσιαστικά θα πρέπει να επαναληφθούν οι ενέργειες της προληπτικής συντήρησης υδρόψυκτου συμπυκνωτή για να βεβαιωθεί ο τεχνικός ότι το σύστημα παροχής νερού δουλεύει κανονικά.

6. Χαμηλή πίεση ψυκτικού υγρού συνήθως εάν υπάρχει απώλεια ψυκτικού υγρού ή πρόβλημα στην αναρρόφηση π.χ. κλειστή βάνα συμπιεστή ή χαλασμένη βαλβίδα συμπιεστή.

### 7.5 Διαδικασίες λειτουργικής παραλαβής κλιματιστικών συστημάτων

Οι διαδικασίες λειτουργικής παραλαβής συστημάτων (ΔΛΠΣ) ή αλλιώς commissioning, ο οποίος είναι ο διεθνής ορός τους, είναι διαδικασίες οι οποίες γίνονται στον κτηριακό τομέα, για την εξασφάλιση της σωστής λειτουργίας των μηχανημάτων ενός κτηρίου, με το πιο χαμηλό κόστος. Ο σκοπός των ΔΛΠΣ είναι η αποφυγή προβλημάτων στην εγκατάσταση και η διαδικασία περιλαμβάνει την προληπτική και την επανορθωτική συντήρηση. Αφού γίνει μια εγκατάσταση ΚΚΜ αν ο εγκαταστάτης δεν αναλαμβάνει τη συντήρηση των μηχανημάτων, τότε υπάρχουν οι ΔΛΠΣ οι οποίες βοηθούν τον ιδιοκτήτη ώστε ένα εξασφαλίσει τη σωστή οικονομική λειτουργία του συστήματος. Στην Ελλάδα η έννοια των ΔΛΠΣ είναι σχετικά καινούργια, έχει αρχίσει να γίνεται γνωστή την τελευταία δεκαετία, ενώ στο εξωτερικό έχει εδραιωθεί την τελευταία εικοσαετία. Παρόλα αυτά, πολλοί ιδιοκτήτες επιλέγουν να μην τη χρησιμοποιούν από την αρχή μιας εγκατάστασης ή και καθόλου, καθώς λανθασμένα πιστεύουν ότι η σωστή συντήρηση είτε είναι ακριβή, είτε δεν είναι χρήσιμη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μελλοντικών προβλημάτων με πολλαπλάσιο κόστος. Οι ΔΛΠΣ περιλαμβάνουν τα εξής:

- Στον αρχικό έλεγχο ο οποίος θα πρέπει να είναι εξονυχιστικός πρέπει να επιβεβαιώσουμε την ορθότητα της εγκατάστασης του εξοπλισμού. Ένα τέτοιος έλεγχος περιλαμβάνει την επαλήθευση του εξοπλισμού που έχει επιλεγεί, καθώς και των υλικών που έχουν χρησιμοποιηθεί για την εγκατάσταση του. Δίνεται μεγάλη σημασία στον τρόπο εγκατάστασης και στην τοποθεσία του εξοπλισμού. Αφού γίνουν οι παραπάνω ενέργειες θα πρέπει να γίνει αναλυτική καταγραφή των προδιαγραφών του εξοπλισμού.
- Αφού γίνει ο παραπάνω έλεγχος τότε βάζουμε το κλιματιστικό σύστημα σε λειτουργία για να ελέγξουμε τη σωστή εκκίνηση και τον τερματισμό της λειτουργίας του.
- Αφού επιβεβαιώσουμε την ορθότητα του εξοπλισμού τότε το επόμενο βήμα είναι το τρίπτυχο του commissioning του κλιματισμού το οποίο είναι το TAB (Testing, Adjusting, Balancing). Το Testing αναφέρεται στη μέτρηση των θερμοκρασιών,

πιέσεων, ταχυτήτων περιστροφής, ηλεκτρικών χαρακτηριστικών, ταχυτήτων και της παροχής αέρα και νερού με τη χρήση ειδικών και ορθά βαθμονομημένων εργαλείων. Το Adjusting είναι η διαδικασία αλλαγής των ρυθμίσεων με σκοπό τη μέγιστη απόδοση της εγκατάστασης. Η ρύθμιση γίνεται σε εξοπλισμό όπως τα τάμπερ, οι βάνες, η ταχύτητα του ανεμιστήρα και λοιποί αυτοματισμοί. Τέλος, το Balancing αναφέρεται στη μεθοδική διαδικασία όπου μέσα από την αλλαγή της παροχής των ρευστών (αέρας ή υγρό) προσπαθούμε να έχουμε σαν πραγματική παροχή αυτήν που έχουμε υπολογίσει αρχικά στη μελέτη.

Το κόστος για να αναλάβει μια εταιρεία μια κεντρική κλιματιστική εγκατάσταση είναι συνήθως το 6-10 % της αρχικής επένδυσης για κάθε χρόνο. Τα οφέλη όμως της εφαρμογής ΔΛΠΣ είναι αρκετά και περιλαμβάνουν:

#### 1. Μειωμένο κόστος λειτουργίας και συντήρησης

Λόγω της πολυπλοκότητας της διασύνδεσης των εξαρτημάτων, τα μηχανήματα μιας ΚΚΜ έχουν πολλές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας αν η συνεργασία αυτών είναι σωστή. Οι σωστές ΔΛΠΣ εξασφαλίζουν ότι τα υποσύνολα των συστημάτων συνεργάζονται σωστά και δεν υπολειπονται. Επίσης, φροντίζει ώστε οι χρήστες να είναι σωστά ενημερωμένοι για τις δυνατότητες της χρήσης του συστήματος. Ενώ, τέλος, το κόστος συντήρησης μειώνεται σημαντικά καθώς το σύστημα θα λειτουργεί σωστά και τα εξαρτήματα είναι αναγνωρισμένα, ρυθμισμένα και καταγεγραμμένα ώστε να διευκολύνουν τους συντηρητές της εγκατάστασης.

#### 2. Βελτίωση των συνθηκών αερισμού και άνεσης στους κλιματιζόμενους χώρους

Μέσα από έλεγχο των παροχών αέρα και τη ρύθμιση αυτών, επιτυγχάνονται οι απαιτούμενες συνθήκες άνεσης στους κλιματιζόμενους χώρους, όπως ο ελάχιστος αριθμός εναλλαγών.

#### 3. Επέκταση ζωής των μηχανημάτων

Οι ενέργειες διασφάλισης του σωστού σχεδιασμού, της τοποθέτησης και της εγκατάστασης των εξαρτημάτων εξασφαλίζουν την εξάλειψη ανωμαλιών στα συστήματα, μειώνοντας σημαντικά την περίπτωση βλάβης.

#### 4. Επιβεβαίωση και πλήρης καταγραφή της σωστής λειτουργίας του συστήματος

Καθ' όλη την διάρκεια του ΔΛΠΣ πρέπει να γίνεται καταγραφή των εργασιών και των μετρήσεων για την δημιουργία αναφορών για τον ιδιοκτήτη της εγκατάστασης που μόνο έτσι μπορεί να επιβεβαιώνεται για την σωστή λειτουργία της εγκατάστασης και την αξιοποίηση των χρημάτων που έδωσε. Οι αναφορές παραδίδονται κατά την ολοκλήρωση της ΔΛΠΣ και περιλαμβάνουν:

- Τις τιμές που είχε υπολογίσει ο μελετητής για την εγκατάσταση
- Τις εργασίες που εκτελεστήκαν για να γίνουν οι δοκιμές και οι απαιτούμενες μετρήσεις

- Τα αποτελέσματα των ελέγχων και των δοκίμων, καθώς και τις τελικές μετρήσεις μεγεθών
- Τις διαφορές των μελετημένων και μετρούμενων τιμών
- Τις αλλαγές που έγιναν για να έχουμε τα απαιτούμενα αποτελέσματα
- Τη θέση και τη ρύθμιση όλων των ρυθμιστικών οργάνων

Όσο πιο νωρίς στο στάδιο του σχεδιασμού και της κατασκευής ξεκινήσει αυτή η διαδικασία τόσο το καλύτερο, καθώς μεγιστοποιείται το όφελος του ιδιοκτήτη. Η σύντομη ανάμιξη της ΔΛΠΣ εξασφαλίζει ότι υπάρχουν οι κατάλληλες ρυθμικές και μετρητικές διατάξεις και ότι το BMS μπορεί να εξυπηρετήσει τις διαδικασίες.



## Επίλογος

Στη παρούσα διπλωματική ασχοληθήκαμε με την μελέτη – εγκατάσταση και συντήρηση κεντρικών κλιματιστικών μονάδων . Αρχικά περιγράψαμε αναλυτικά τη δομή των επιμέτρων εξαρτημάτων μιας ΚΚΜ . Έπειτα αναλύσαμε τον τρόπο με τον οποίο τροφοδοτούνται τα στοιχεία της εγκατάστασης, τον τρόπο που επιλέγουμε αεραγωγούς και στόμια αέρα καθώς και τα τυπικά συστήματα αυτοματισμού που βλέπουμε σε τέτοιες εγκαταστάσεις.

Έχοντας κατανοήσει την δομή και τα υποσυστήματα της ΚΚΜ παρουσιάζουμε τις τυπικές διατάξεις συστημάτων και έπειτα κάνουμε μια μελέτη για την δημιουργία ενός τέτοιου συστήματος σε ένα σχολικό κτήριο. Στη μελέτη της εγκατάστασης περιλαμβάνεται ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών, ο σχεδιασμός του συστήματος αεραγωγών και η διαστασιολόγηση της ΚΚΜ.

Στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Revit MEP της Autodesk για τον σχεδιασμό των αεραγωγών και το HAP της CARRIER για τον υπολογισμό απωλειών και την προσομοίωση της μονάδας. Τροφοδοτώντας το HAP με τις καιρικές συνθήκες ανά κλιματική ζώνη των πόλεων μας και τα οικοδομικά στοιχεία βρίσκουμε την κατάλληλη ισχύ του εξοπλισμού για κάθε ζώνη. Αφού βρούμε την ισχύ των μηχανήματος το επόμενο βήμα είναι η προσομοίωση και εύρεση της ετήσιας ενέργειας κατανάλωσης καθώς και το κόστος της εγκαταστάσεις.

Αφού τελειώσαμε με την μελέτη αναλύουμε τους τρόπους και τα είδη συντήρησης καθώς και έννοιες όπως Commissioning για την διατήρηση της οικονομικής και λειτουργικής λειτουργίας των κτηρίων .

Βασιζόμενοι στην παρούσα εργασία και τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων που εκτελέσαμε, μπορούμε πλέον να προτείνουμε μερικές ιδέες για μελλοντική έρευνα και περαιτέρω ανάπτυξη.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα είχε η προσομοίωση των διατάξεων που αναλύσαμε στο πέμπτο κεφάλαιο και η σύγκριση μεταξύ τους για την εύρεση της καλύτερης διάταξης.

Μια ακόμα προσέγγιση που θα είχε ενδιαφέρον θα ήταν η προσομοίωση μια ήδη εγκατεστημένης εγκατάστασης και η σύγκριση των αποτελεσμάτων. Η πληροφορίες της εγκατάστασης θα ήταν εύκολο να συγκεντρωθούν μέσα από ένα bems .

## Βιβλιογραφία

Courtesy, S. Y. L. V. A. I. N. (2017). Definition of filtration performance—from EN 779 to ISO 16890. REHVA Journal—February, 16-19.

Schroth, T. (1996). New HEPA/ULPA filters for clean-room technology. Filtration & separation, 33(3), 245-244.

Stanford III, H. W. (2011). HVAC water chillers and cooling towers: fundamentals, application, and operation. CRC press.

Haines, R. W., & Myers, M. E. (2010). HVAC systems design handbook. McGraw-Hill Education.

Ελλάδος, Τ. Ε. (2010). Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης. Α΄ έκδοση, Αθήνα, Ιούνιος.

Hashmi, S. A., Baig, M. M., Kabeer, M. A., Abdullah, S. F., & Saber, M. (2017). Chiller and AHU Design for A commercial Usage.