



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟΥ ΤΥΠΟΥ  
ΕΠΙΠΛΩΜΕΝΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΟ  
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ FineGreen**



Διπλωματική Εργασία

ΚΡΗΤΙΚΟΥ ΑΓΓΕΛΙΚΗ

Επιβλέπων: Τσουκαλάς Ελευθέριος, Καθηγητής ΠΘ

Βόλος 2019



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟΥ ΤΥΠΟΥ  
ΕΠΙΠΛΩΜΕΝΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΟ  
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ FineGreen**



Διπλωματική Εργασία

ΚΡΗΤΙΚΟΥ ΑΓΓΕΛΙΚΗ

Επιβλέπων: Τσουκαλάς Ελευθέριος, Καθηγητής ΠΘ

Βόλος 2019



**UNIVERSITY OF THESSALY**

**ENGINEERING SCHOOL**

**DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER  
ENGINEERING**

**ENERGY ANALYSIS OF A FURNISHED APARTMENTS  
COMPLEX/HOTEL USING FineGreen SOFTWARE**



Diploma Thesis

**KRITIKOU ANGELIKI**

Supervisor: Tsoukalas Eleftherios

Volos 2019

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Στην οικογένειά μου

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στα πλαίσια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Τσουκαλά Ελευθέριο για την καθοδήγησή του στις ακαδημαϊκές μου σπουδές και την εμπιστοσύνη του, καθώς και τον συνεπιβλέποντα καθηγητή κύριο Μπαργιώτα Δημήτριο, για τη συμβολή του.

Ευχαριστώ επίσης το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, υπεύθυνο για την αγορά του λογισμικού, ώστε να προβώ στη χρήση του.

Θερμές ευχαριστίες στον κύριο Ζημέρη Δημήτριο, για την καθοριστικής σημασίας βοήθειά του και τις πολύτιμες γνώσεις που μου προσέφερε απλόχερα σε όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας, τον άπλετο χρόνο που αφιέρωσε και την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου. Χωρίς εκείνον, πιθανότατα δε θα είχα την ευκαιρία να γνωρίσω το αντικείμενο των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και να ασχοληθώ με αυτό.

Τέλος, ευχαριστώ πολύ τους γονείς και τον αδερφό μου Κωνσταντίνο, για την αμέτρητη στήριξή τους, υλικά και ηθικά, σε κάθε βήμα της ζωής μου.

## ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ

«Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή/και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής».

Η Δηλούσα

(Υπογραφή)

Κρητικού Αγγελική

Ημερομηνία

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανθρώπινη διαβίωση ήταν ανέκαθεν άρρηκτα συνδεδεμένη με την κατανάλωση ενέργειας, πόσο μάλλον στην εποχή μας, που η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας, η αυτοματοποίηση της παραγωγής και ο σύγχρονος καταναλωτικός τρόπος ζωής, οδηγούν σε μία τρομερά αυξανόμενη ενεργειακή κατανάλωση στις αναπτυγμένες χώρες και στην όλο και μεγαλύτερη επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Βασικότερη, ίσως, συνεισφορά στην κατανάλωση αυτή, αποτελούν τα κτήρια και γενικότερα ο τομέας των εγκαταστάσεων. Έτσι, τα τελευταία χρόνια έχουν επιβληθεί συγκεκριμένες πανευρωπαϊκές προδιαγραφές για τις ενεργειακές μελέτες των κτηρίων με στόχο, όχι μόνο την εύρυθμη λειτουργία τους αλλά και το βιοκλιματικό τους σχεδιασμό.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, θα πραγματοποιήσουμε πλήρη ενεργειακή μελέτη μιας ήδη υπάρχουσας ξενοδοχειακής μονάδας με τη χρήση του λογισμικού FineGREEN της 4M, και θα εξετάσουμε ορισμένα εναλλακτικά σενάρια, προς αναζήτηση βέλτιστων συστημάτων λειτουργίας, επομένως και λιγότερης ενεργειακής κατανάλωσης. Η ενεργειακή μελέτη μιας κτηριακής εγκατάστασης αποτελεί την πιο καθοριστική διαδικασία, αφού στοχεύει στην ελάχιστη δυνατή ενεργειακή κατανάλωση, παράλληλα βέβαια, με την ορθή λειτουργία του εκάστοτε κτηρίου.



## **ABSTRACT**

Human living has always been inseparable with energy consumption, especially nowadays when the rapid evolution of technology, the automation of production and the modern lifestyle lead to a tremendously rising energy consumption in the developed countries and to the increasing burden on the environment. Perhaps, the most important contribution to this consumption are buildings and generally the sector of electrical installations. Thus, in the last few years, specific European regulations have been imposed on the energy studies of the buildings aiming, not only at their proper functioning, but also their bioclimatic design. In this diploma thesis, we will conduct a full energy study of an existing hotel unit using 4M FineGreen software, and we will consider some alternative scenarios to find optimal operating systems with lower energy consumption. The energy study of a building is the most decisive process, since it aims at minimum energy consumption, while, at the same time, the proper functioning of the building and the human well-being.

## Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	8
ABSTRACT .....	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	16
2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	17
3. ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ VALIS HOTEL.....	19
4. ΚΕΝΑΚ.....	20
4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ .....	20
4.2. ΚΤΗΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ - ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ - ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ .....	23
5. ASHRAE.....	26
5.1. ΠΡΟΤΥΠΑ 90.1 ΚΑΙ 62.....	27
5.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ .....	28
6. ΠΕΡΙ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	30
6.1. ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ.....	30
6.2. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ.....	32
6.3. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ.....	32
6.4. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ CoP (Coefficient of Performance).....	36
7. ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ.....	41
7.1. ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (HEAT RECOVERY) .....	46
7.2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ .....	47
7.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΟΝΟ ΜΕ ΑΕΡΑ.....	47
7.4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΟΝΟ ΜΕ ΝΕΡΟ .....	49
7.5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΑΕΡΑ – ΝΕΡΟΥ.....	49
7.6. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ VARIABLE REFRIGERANT FLOW (VRF) ΚΑΙ VARIABLE REFRIGERANT VOLUME (VRV) .....	51
7.7. ΔΙΜΕΡΕΙΣ ΜΟΝΑΔΕΣ (SPLIT-TYPE UNITS).....	54
7.8. ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (ΚΚΜ) .....	55
7.9. ΤΕΡΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ FAN-COIL UNITS (FCU) .....	59
7.10. ΑΕΡΟΨΥΚΤΟΣ ΨΥΚΤΗΣ (Air-cooled Chiller).....	61
7.11. ΛΕΒΗΤΑΣ (Boiler).....	63
7.12. ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ .....	64
8. ΦΩΤΙΣΜΟΣ .....	68

9. ΑΕΡΙΣΜΟΣ .....	72
9.1. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΝΩΠΟΥ ΑΕΡΑ .....	72
9.2. ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ.....	77
10. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΣ ΤΟ FINEGREEN ΤΗΣ 4Μ.....	79
10.1. NEAR ZERO ENERGY BUILDINGS (NZEB) .....	79
10.2. ENERGY PLUS .....	80
10.3. Η εταιρία 4Μ.....	80
10.4. ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ FineGREEN .....	80
10.5. ΟΡΙΣΜΟΣ ΝΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	81
10.6. ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ.....	83
10.7. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ .....	85
10.8. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ .....	93
10.9. ΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ .....	94
10.10. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	95
10.10.1. ACTIVITY DATA .....	96
10.10.2. LIGHTING .....	98
10.10.3. HVAC (HEATING, VENTILATION AND AIR CONDITIONING).....	100
10.10.4. DHW (DOMESTIC HOT WATER) .....	102
10.10.5. ZONE DATA .....	103
10.11. CALCULATIONS .....	103
10.11.1. HEATING DESIGN.....	105
10.11.2. COOLING DESIGN .....	108
10.11.3. SIMULATION .....	112
11. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	123
1° σενάριο: Φυσικός αερισμός κατά τη θερινή περίοδο λειτουργίας .....	123
2° σενάριο: Συστήματα κλιματισμού με ανάκτηση θερμότητας (heat recovery).....	126
3° σενάριο: FCU – αερόψυκτος ψύκτης - λέβητας αερίου (με ή χωρίς ανάκτηση θερμότητας) .....	127
4° σενάριο: Σύστημα γεωθερμίας.....	129
5° σενάριο: Αλλαγή HVAC operation schedule.....	130
6° σενάριο: Μηδενισμός εσωτερικών θερμικών κερδών και αερισμού .....	134
12. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	137
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	139



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Φωτογραφία από το ξενοδοχείο Valis .....	19
Εικόνα 2. Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά χώρα της ΕΕ (2015) .....	21
Εικόνα 3. Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που σχετίζονται με την οικιακή δραστηριότητα σε χιλιόγραμμα ανά κάτοικο, το 2012 (Πηγή eea.europa.eu) .....	22
Εικόνα 4. Ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τελική χρήση, για την Ελλάδα .....	22
Εικόνα 5. Energy Performance Certificate (1η σελίδα) .....	24
Εικόνα 6. Energy Performance Certificate (2η σελίδα) .....	25
Εικόνα 7. ASHRAE logo.....	29
Εικόνα 8. Κλιματικές ζώνες και οι νομοί που περιλαμβάνει καθεμία .....	30
Εικόνα 9. Κλιματικές ζώνες στο χάρτη.....	31
Εικόνα 10. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των επί μέρους δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση ανέγερσης νέου κτηρίου.....	34
Εικόνα 11. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ενός κτηρίου ανά κλιματική ζώνη συναρτήσει του λόγου της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτηρίου προς τον όγκο του σε περίπτωση ανέγερσης νέου .....	35
Εικόνα 12. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των επί μέρους δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση ριζικής ανακαίνισης υφιστάμενου κτηρίου .....	35
Εικόνα 13. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ενός κτηρίου ανά κλιματική ζώνη συναρτήσει του λόγου της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτηρίου προς τον όγκο του σε περίπτωση ριζικής ανακαίνισης υφιστάμενου κτηρίου .....	36
Εικόνα 14. Τύπος COP .....	37
Εικόνα 15. Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά συστήματος .....	39
Εικόνα 16. COP ψύξης και θέρμανσης διάφορων αντλιών.....	39
Εικόνα 17. Ψυκτικός κύκλος ρευστών .....	40
Εικόνα 18. Ψυκτικό φορτίο χώρου.....	43
Εικόνα 19. Μετατροπή θερμικού κέρδους σε ψυκτικό φορτίο .....	44
Εικόνα 20. Θερμικά κέρδη και αποθηκευμένη ακτινοβολία σε ένα κλιματιζόμενο χώρο .....	44
Εικόνα 21. Ποσοστό θερμότητας που θερμαίνει τον αέρα άμεσα (λόγω συναγωγής) και ποσοστό που αποθηκεύεται.....	45
Εικόνα 22. Σύστημα κλιματισμού μόνο με αέρα .....	48
Εικόνα 23. Σύστημα κλιματισμού με αέρα .....	48
Εικόνα 24. Σύστημα κλιματισμού μόνο με νερό.....	49
Εικόνα 25. Σύστημα κλιματισμού αέρα - νερού .....	50
Εικόνα 26. Λειτουργικό διάγραμμα συστήματος κλιματισμού αέρα - νερού .....	51
Εικόνα 27. Σχηματική απεικόνιση συστήματος VRV με ανάκτηση θερμότητας .....	52
Εικόνα 28. Σύστημα VRV.....	53
Εικόνα 29. Σχηματική απεικόνιση VRV, VRF .....	53
Εικόνα 30. Κλιματιστικό split unit.....	55
Εικόνα 31. Σχεδιάγραμμα λειτουργίας ΚΚΜ.....	56

Εικόνα 32. Επιμέρους τμήματα μιας ΚΚΜ.....	57
Εικόνα 33. ΚΚΜ σε προοπτικά σχήματα.....	58
Εικόνα 34. Βασική διαμόρφωση FCU .....	59
Εικόνα 35. Λειτουργικό διάγραμμα συστήματος με FCU .....	60
Εικόνα 36. Θερμοδυναμικός κύκλος ψυκτικών ρευστών .....	62
Εικόνα 37. Κατακόρυφα και οριζόντια γεωθερμικά συστήματα .....	65
Εικόνα 38. Γεωθερμικό σύστημα α) οριζόντιου εναλλάκτη, β) κατακόρυφου εναλλάκτη και γ) υδροσυλλέκτη.....	66
Εικόνα 39. Συγκριτικός πίνακας συστημάτων κλιματισμού .....	67
Εικόνα 40. Στάθμη γενικού (όχι ειδικού) φωτισμού κτηρίου αναφοράς ανά χρήση κτηρίου σύμφωνα με το EN 12464-1 2011 (KENAK πίνακας 2.4).....	70
Εικόνα 41. Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (W/m <sup>2</sup> ) κτηρίου αναφοράς ανάλογα της στάθμης φωτισμού για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.....	71
Εικόνα 42. Εναλλαγές αέρα ανά ώρα (εμπειρικοί πίνακες) .....	73
Εικόνα 43. Πίνακες απαιτούμενου νωπού αέρα ανά χρήση κτηρίου (για χώρους μη καπνιζόντων) για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης (KENAK πίνακας 2.3)....	76
Εικόνα 44. Μηχανικός αερισμός με ανάκτηση θερμότητας κατά τη χειμερινή περίοδο .....	78
Εικόνα 45. Έναρξη λογισμικού FineGREEN.....	82
Εικόνα 46. Επιλογή (ή ορισμός) νέας μελέτης.....	82
Εικόνα 47. Menu εντολής WBLOCK (Write Block) .....	83
Εικόνα 48. Ορισμός αρχιτεκτονικού σχεδίου.....	84
Εικόνα 49. Valis building definition .....	84
Εικόνα 50. Βιβλιοθήκη με τα (δομικά) χαρακτηριστικά του τοίχου.....	86
Εικόνα 51. Βιβλιοθήκη κολώνας.....	86
Εικόνα 52. Βιβλιοθήκη παραθύρου.....	87
Εικόνα 53. Βιβλιοθήκη πόρτας .....	87
Εικόνα 54. Βιβλιοθήκη δαπέδου .....	88
Εικόνα 55. Βιβλιοθήκη οροφής.....	88
Εικόνα 56. Επιλογή επιθυμητής βιβλιοθήκης για πόρτες.....	89
Εικόνα 57. Διαμόρφωση χαρακτηριστικών τοίχου .....	90
Εικόνα 58. Ορισμός δοκαριού.....	90
Εικόνα 59. Διαμόρφωση χαρακτηριστικών παραθύρου.....	92
Εικόνα 60. Στιγμιότυπο από τη σχεδίαση πόρτας, τοίχου και κολώνας.....	92
Εικόνα 61. 3D αναπαράσταση του κτηρίου μέσω της επιλογής ‘AutoBLD→ Axonometric’	93
Εικόνα 62. Ορισμός περιοχής και κλιματικών δεδομένων.....	94
Εικόνα 63. Ορισμός ονόματος ζώνης.....	95
Εικόνα 64. Ορισμός χαρακτηριστικών ζώνης.....	95
Εικόνα 65. Καρτέλα Activity Data.....	96
Εικόνα 66. Καρτέλα Lighting.....	99
Εικόνα 67. Καρτέλα HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning).....	100
Εικόνα 68. Καρτέλα DHW (Domestic Hot Water) .....	102
Εικόνα 69. Καρτέλα Zone Data.....	103
Εικόνα 70. Στοιχεία προσομοίωσης, όπως ότι θα γίνει για ένα ολόκληρο ημερολογιακό έτος (από 1 <sup>η</sup> Ιανουαρίου έως 31 <sup>η</sup> Δεκεμβρίου) ανά ώρα, κα.....	104

Εικόνα 71. Heating Design Charts .....	105
Εικόνα 72. Heating Design Results .....	106
Εικόνα 73. Cooling Design Charts .....	108
Εικόνα 74. Cooling Design Results.....	111
Εικόνα 75. Διακύμανση των διαφόρων θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της χειμερινής ημέρας .....	113
Εικόνα 76. Θερμικά κέρδη και απώλειες κατά τη διάρκεια της μέρας .....	114
Εικόνα 77. Απαιτούμενο φορτίο θέρμανσης στη διάρκεια της μέρας.....	114
Εικόνα 78. Επίπεδα υγρασίας εσωτερικού αέρα ως προς τη διάρκεια της μέρας .....	115
Εικόνα 79. Πίνακες αποτελεσμάτων προσομοίωσης χειμερινής ημέρας.....	117
Εικόνα 80. Διακύμανση των διαφόρων θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της θερινής ημέρας .....	118
Εικόνα 81. Θερμικά κέρδη και απώλειες κατά τη διάρκεια της μέρας .....	119
Εικόνα 82. Αισθητό και ολικό απαιτούμενο φορτίο ψύξης μέσα στη μέρα.....	119
Εικόνα 83. Επίπεδα υγρασίας εσωτερικού αέρα ως προς τη διάρκεια της μέρας .....	120
Εικόνα 84. Πίνακες αποτελεσμάτων προσομοίωσης θερινής ημέρας.....	122
Εικόνα 85. Αποτελέσματα προσομοίωσης σεναρίου με φυσικό αερισμό μία θερινή ημέρα λειτουργίας.....	125
Εικόνα 86. Αποτελέσματα σεναρίου με ανάκτηση θερμότητας (heat recovery) θερινής ημέρας .....	126
Εικόνα 87. Αποτελέσματα προσομοίωσης συστημάτων FCU θερινής ημέρας λειτουργίας. 127	
Εικόνα 88. Αποτελέσματα προσομοίωσης συστημάτων FCU με ποσοστό ανάκτησης θερμότητας μια θερινή ημέρα λειτουργίας.....	128
Εικόνα 89. Αποτελέσματα προσομοίωσης συστημάτων FCU με ποσοστό ανάκτησης θερμότητας μια χειμερινή ημέρα λειτουργίας.....	128
Εικόνα 90. Αποτελέσματα προσομοίωσης συστήματος γεωθεμίας θερινής ημέρας .....	129
Εικόνα 91. Αποτελέσματα προσομοίωσης συστήματος γεωθεμίας χειμερινής ημέρας .....	130
Εικόνα 92. Default βιβλιοθήκη HVAC για ξενοδοχεία .....	131
Εικόνα 93. Νεοδημιουργηθείσα βιβλιοθήκη HVAC για το Valis Hotel.....	131
Εικόνα 94. Αποτελέσματα προσομοίωσης με HVAC operation schedule (50%) θερινής ημέρας .....	131
Εικόνα 95. Αποτελέσματα προσομοίωσης με HVAC operation schedule (50%) χειμερινής ημέρας .....	132
Εικόνα 96. Αυξημένα εσωτερικά θερμικά κέρδη (σε σχέση με το βασικό σενάριο και τις περισσότερες περιπτώσεις που εξετάσαμε).....	133
Εικόνα 97. Αποτελέσματα προσομοίωσης με HVAC operation schedule (50%) χειμερινής ημέρας χωρίς εσωτερικά θερμικά κέρδη.....	133
Εικόνα 98. Αποτελέσματα προσομοίωσης με μηδενικά εσωτερικά θερμικά κέρδη και αερισμό μια χειμερινή ημέρα λειτουργίας.....	135
Εικόνα 99. Αποτελέσματα προσομοίωσης με μηδενικά εσωτερικά θερμικά κέρδη και αερισμό μια θερινή ημέρα λειτουργίας .....	136

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενέργεια παίζει το σημαντικότερο ρόλο σε κτήρια που φιλοξενούν κατοικίες, γραφεία και άλλους χώρους εργασίας, για την κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών και την ευημερία τους. Μάλιστα, ο τομέας των κτηριακών εγκαταστάσεων συνεισφέρει περίπου στο 40% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας σε πανευρωπαϊκό επίπεδο. Στα πλαίσια λοιπόν αυτά, η Ευρώπη έχει επιβάλει αυστηρούς κανονισμούς, τους οποίους πρέπει υποχρεωτικά να πληρούν όλα τα νεόδμητα κτήρια, και να προσαρμοστούν σε αυτούς τα ήδη υπάρχοντα. Οι κανονισμοί αυτοί, οδήγησαν με τη σειρά τους στο σχεδιασμό συγκεκριμένων προδιαγραφών, και έτσι όλα τα κτήρια της ελληνικής επικράτειας, θα πρέπει τώρα να τηρούν τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (KENAK), ο οποίος προσαρμόζει στα ελληνικά δεδομένα τις προδιαγραφές αυτές.

Έτσι, η επιλογή των υλικών για τη θερμομόνωση του κτηρίου και των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων για την ψύξη, τη θέρμανση, την παροχή ζεστού νερού χρήσης, το φωτισμό, καθώς και τον αερισμό του κτηρίου, είναι μερικές από τις αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν πολύ προσεκτικά, για μια σωστή και ταυτόχρονα αποδοτική μελέτη ηλεκτρολογικής εγκατάστασης. Σε μία τέτοια μελέτη λοιπόν, εμπλέκονται έννοιες σύνθετες, που για να κατανοήσει κανείς σε βάθος τη σύνδεσή τους και το πώς επηρεάζει η μία την άλλη, χρειάζεται ένα αξιόπιστο λογισμικό με αναλυτικά και ακριβή αποτελέσματα. Εδώ έρχεται να μας βοηθήσει το καινοτόμο λογισμικό FineGREEN από την εταιρεία 4M, με το οποίο μελετήσαμε την ενεργειακή απόδοση του ξενοδοχείου Valis Resort στην Αγριά Βόλου.

Πριν ξεκινήσουμε όμως, καλό θα ήταν να ακολουθήσει μια θεωρητική προσέγγιση μέσα από έγκυρες επιστημονικές πηγές, για να μπορέσει κάθε αναγνώστης να προσκομίσει το απαιτούμενο θεωρητικό υπόβαθρο που χρειάζεται και να κατανοήσει μια ενεργειακή μελέτη. Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν λεπτομερώς τα δεδομένα της μελέτης και πώς εισήχθησαν στο λογισμικό, μια ανάλυση των αποτελεσμάτων για τις δυσμενέστερες ημέρες του θερμικού (χειμώνα) και ψυκτικού φορτίου (καλοκαίρι) και τέλος, κάποια εναλλακτικά σενάρια που παρατηρήθηκαν και συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας του ξενοδοχείου, μετά από κατάλληλες προσομοιώσεις.

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας, είναι η εναρμόνιση με τα διεθνή πρότυπα εξοικονόμησης ενέργειας και γενικότερα με τη σύγχρονη ενεργειακή πολιτική, μέσα από την ποιοτική και συνάμα ποσοτική μελέτη των θερμικών κερδών του κτηρίου, των απωλειών και του γενικότερου φορτίου που πρέπει να καλύψει το σύστημα.



## 2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η εξέλιξη της ανθρωπότητας είναι απόλυτα συνυφασμένη με τη χρήση ενέργειας. Από τα πρώτα κιόλας χρόνια της ύπαρξής του, ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε τη φωτιά για να μαγειρέψει και να ζεστάνει τη σπηλιά - κατοικία του. Όταν οι άνθρωποι οργανώθηκαν στους πρώτους οικισμούς και άρχισαν να ασχολούνται με την αγροτική καλλιέργεια, πρακτικά είχαμε και την μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε τροφή. Λίγο αργότερα χρησιμοποιήθηκε αιολική ενέργεια για την κίνηση πλοίων, νερόμυλοι για την άλεση δημητριακών και παροχή πόσιμου νερού και δειλά δειλά εμφανιζόταν και η χρήση άνθρακα.

Τον 17<sup>ο</sup> αιώνα ξεκινάει ουσιαστικά η εκτεταμένη χρήση άνθρακα και τον 18<sup>ο</sup> ακολουθεί η ανακάλυψη της 1<sup>ης</sup> ατμομηχανής από τον Thomas Newcomen και η σημαντική της βελτίωση αργότερα από τον James Watt. Τώρα, χρησιμοποιείται η ατμομηχανή, όχι μόνο για την άντληση νερού, αλλά και για την κίνηση μηχανών. Παράλληλα, ο Alessandro Volta ανακαλύπτει την 1<sup>η</sup> μπαταρία.

Τον 19<sup>ο</sup> αιώνα, η χρησιμοποιούμενες ατμομηχανές αρκούσαν για να εξοπλίσουν τη βιομηχανία και να οδηγήσουν τη Βορειοδυτική Ευρώπη στη Βιομηχανική Επανάσταση. Οι ατμομηχανές άρχισαν να χρησιμοποιούνται και στα μέσα μεταφοράς, στο σιδηρόδρομο και τη ναυτιλία. Για πρώτη φορά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ενέργεια οπουδήποτε, οποιαδήποτε στιγμή σε οποιαδήποτε ποσότητα. Το 1850 κατασκευάζεται το πρώτο υδροηλεκτρικό φράγμα παραγωγής ενέργειας και σιγά σιγά επεκτείνεται η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, λοιπόν, με όλα αυτά, χτίζονται πολυκατοικίες και σταδιακά μεγαλουπόλεις και η ανάγκη για όσο το δυνατόν αποδοτικότερες (πάντα με βάση τα δεδομένα της εποχής) κατασκευαστικές μεθόδους, αλλά και μεθόδους θερμικής άνεσης, μεγαλώνει και αποτελεί πάντα καίριο ζήτημα.

Ερχόμαστε τώρα στον 20<sup>ο</sup> αιώνα, που η ανακάλυψη κοιτασμάτων πετρελαίου φέρνει τις πρώτες μηχανές εσωτερικής καύσης, έπειτα τα πρώτα αυτοκινούμενα οχήματα και τέλος, είναι εκείνη την εποχή που θέτεται σε λειτουργία το πρώτο πυρηνικό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ξαφνικά έχουμε μια τρομακτική αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας. Όσο αναφορά τον τομέα των κτηριακών εγκαταστάσεων, οι αρχικές προσπάθειες 'αποδοτικότερης συμπεριφοράς' των κτηρίων περιορίζονται από τη χρήση κουφωμάτων με τεράστιες απώλειες, την καλλιέργεια φυτών περιμετρικά των κτηρίων για λόγους θερμομόνωσης, την αξιοποίηση νερού και εδάφους για αποθήκευση ενέργειας και τη σημασία του μεσημβρινού προσανατολισμού. Η προστασία του περιβάλλοντος και η εξάντληση των ενεργειακών πόρων, δεν θα αργούσαν και τόσο να απασχολήσουν την ανθρωπότητα.

Μέσα από όλη αυτή την πορεία, λοιπόν, φτάνοντας στο σήμερα και μιλώντας για κτήρια και ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις, οι πηγές ενέργειας πλέον είναι άφθονες, ποικίλες και σε γενικές γραμμές φθηνές. Αυτό που πρέπει τώρα να μας απασχολεί, είναι

η 'εξυπνότερη' δυνατή χρήση των διαθέσιμων αυτών πηγών, διότι πια η δυνατότητα αξιοποίησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) σε συνδυασμό με την αλλαγή ενεργειακής συμπεριφοράς των χρηστών, μπορούν να μειώσουν δραστικά την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου στο περιβάλλον. Αυτές τις ανησυχίες καλείται να αντιμετωπίσει μια ενεργειακή μελέτη, ώστε να εξασφαλίσει λιγότερες ενεργειακές απαιτήσεις και να ωφελήσει, τόσο οικονομικά τον ιδιοκτήτη - χρήστη ενός κτηρίου, όσο και οικολογικά το κοινό καλό, ενισχύοντας πάντα τις προσπάθειες για την προστασία του περιβάλλοντος.

### 3. ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ VALIS HOTEL

Το κτήριο με το οποίο ασχολούμαστε στην παρούσα διπλωματική εργασία, είναι το Valis Resort Hotel. Το Valis είναι ένα παραθαλάσσιο πεντάστερο ξενοδοχείο στην Αγριά Βόλου, μόλις 4 χιλιόμετρα από την πόλη του Βόλου και όχι πολύ μακριά από το Πήλιο. Εκτίνεται σε περίπου 4 στρέμματα. Διαθέτει μεταξύ άλλων, πάνω από 100 δωμάτια, πολυτελή σουίτες, εσωτερικές και εξωτερικές πισίνες, εστιατόρια και μπαρ, παιδικό κινηματογράφο και αίθουσα για παιδιά, γυμναστήριο, SPA, μαγαζιά, τους μεγαλύτερους συνεδριακούς χώρους στη Μαγνησία και γενικά διάφορες εγκαταστάσεις, που καθιστούν την ενεργειακή μελέτη του καθόλου απλή υπόθεση.



Εικόνα 1. Φωτογραφία από το ξενοδοχείο Valis

## 4. KENAK

### 4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

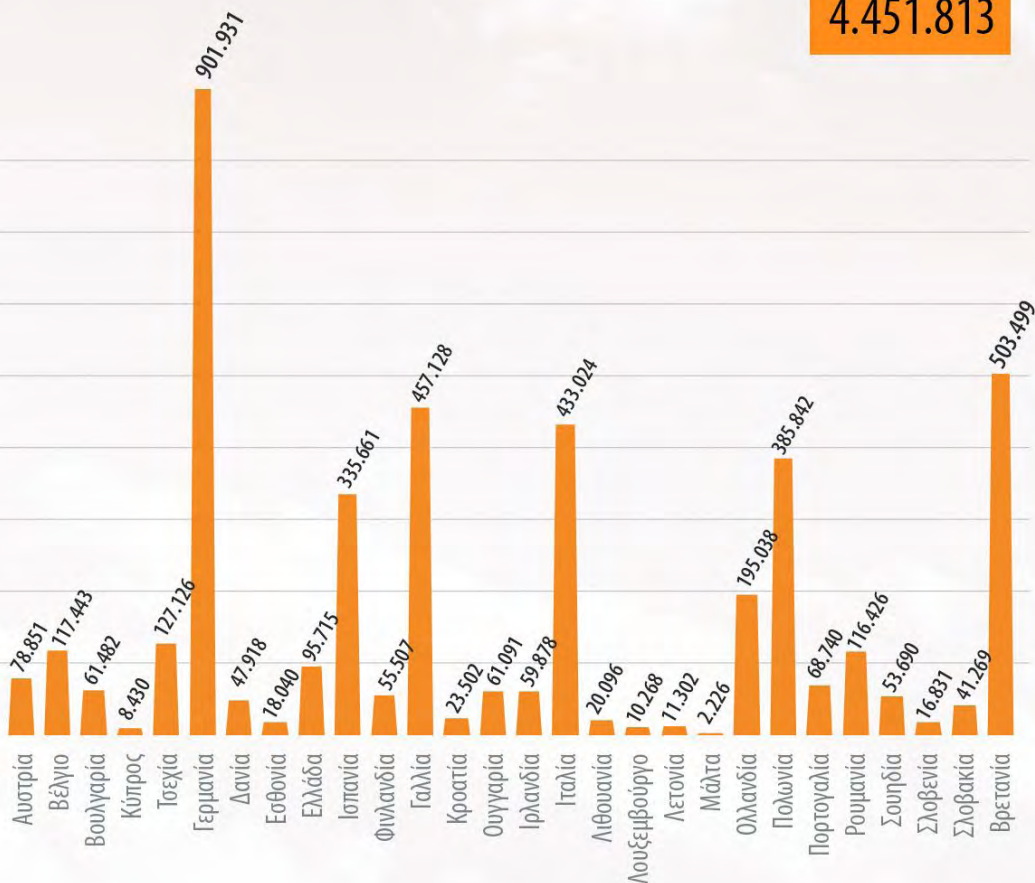
Με την αυξημένη παραγωγή και κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, όπως αναφέραμε και πιο πάνω, εκπέμπονται αυτόματα τεράστιες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου (πχ διοξειδίου του άνθρακα CO<sub>2</sub>, μεθανίου CH<sub>4</sub>, διοξειδίου του θείου SO<sub>2</sub>, κα), που απελευθερώνονται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Τα αέρια του θερμοκηπίου δρουν στην ατμόσφαιρα, όπως το γυαλί στο θερμοκηπίου (εξού και το όνομά τους). Απορροφούν δηλαδή, την ηλιακή ενέργεια και τη θερμότητα που εκπέμπει η γη και την εγκλωβίζουν, με αποτέλεσμα να μην μπορεί αυτή να διαφύγει στο διάστημα. Το επιπλέον ποσοστό αερίων στον πλανήτη μας, που προκύπτει από την ανθρώπινη δραστηριότητα, οδηγεί στην υπερθέρμανσή του. Η Ευρωπαϊκή Ένωση αποτελεί την 3<sup>η</sup> μεγαλύτερη πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον κόσμο. Το παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 2) δείχνει τις συνολικές εκπομπές ανά χώρα της ΕΕ για το 2015.

Για ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό αυτών των εκπομπών, ευθύνονται τα κτήρια, με τον σχεδιασμό, την κατασκευή, την ηλεκτρομηχανολογική τους εγκατάσταση και φυσικά την ενέργεια που καταναλώνεται καθημερινά σε αυτά [6]. Τα διαγράμματα που ακολουθούν (Εικόνες 3 και 4) δείχνουν αντίστοιχα, τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που σχετίζονται με την οικιακή δραστηριότητα σε χιλιόγραμμα ανά κάτοικο (το 2012), και με τη χώρα μας δυστυχώς να πρωταγωνιστεί, και μια ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τελική χρήση, για την χώρα μας. Είναι αλήθεια ότι τα ελληνικά σπίτια μοιάζουν ιδιαίτερα ενεργοβόρα, πολλές φορές λόγω έλλειψης σύγχρονης τεχνολογίας και φυσικά λόγω παλαιότητας (παλιά κουφώματα, έλλειψη θερμομόνωσης, κα). Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με έρευνα της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑ), κάθε νοικοκυριό καταναλώνει περίπου 14,000 kWh ετησίως κατά μέσο όρο, για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του, από τις οποίες μάλιστα, το 73.2% είναι θερμική και το 26.8% ηλεκτρική ενέργεια [12][13][14].

# Εκπομπές ρύπων ανά χώρα το 2015

(χιλιάδες τόνοι ισοδύναμου CO<sub>2</sub>)

Ευρωπαϊκή Ένωση  
4.451.813

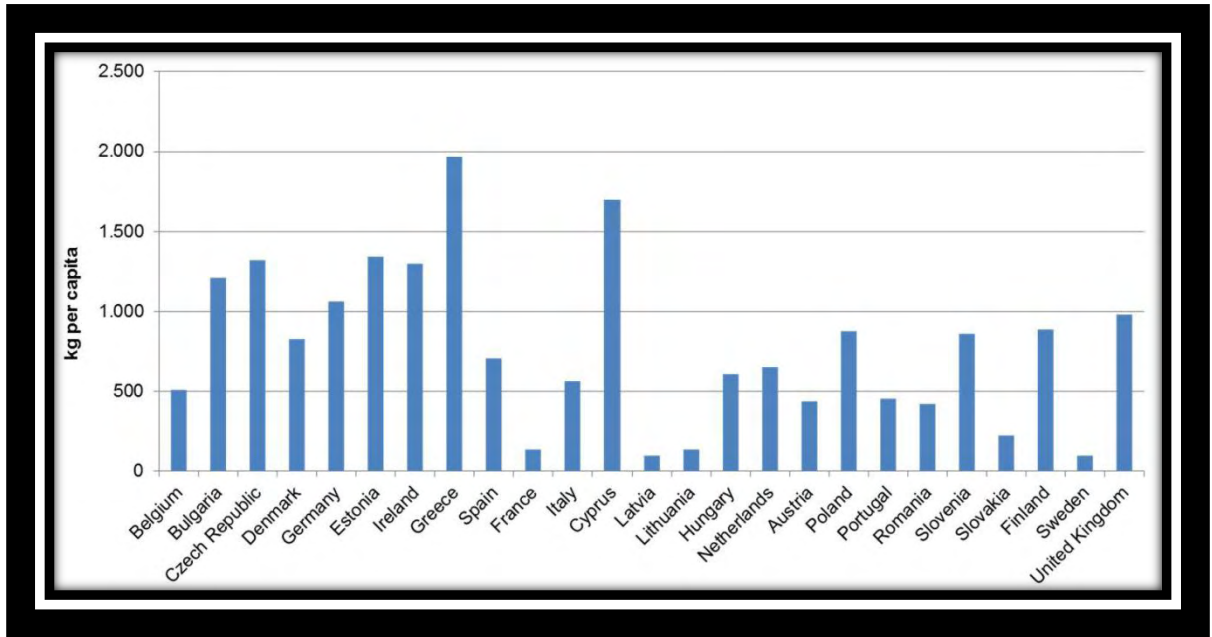


\*Όλοι οι τομείς εκτός από τη χρήση γης και τη δασοκομία (LULUCF)

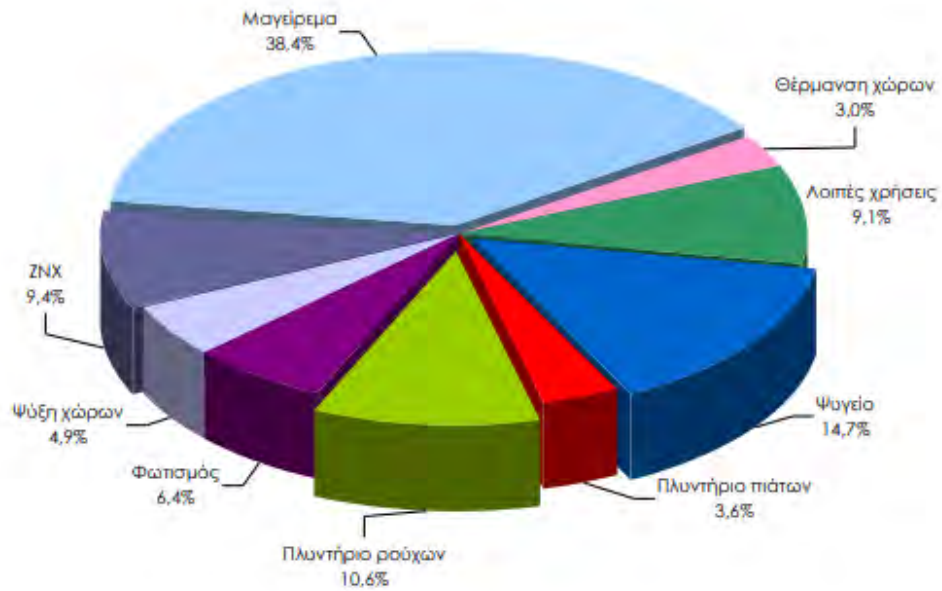
\*\* CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O σε ισοδύναμο CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> σε ισοδύναμο CO<sub>2</sub>, HFC σε ισοδύναμο CO<sub>2</sub>, PFC σε ισοδύναμο CO<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub> σε ισοδύναμο CO<sub>2</sub>, NF<sub>3</sub> σε ισοδύναμο CO<sub>2</sub>

Πηγή:  
Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (ΕΟΧ),  
Eurostat

Εικόνα 2. Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά χώρα της ΕΕ (2015)



Εικόνα 3. Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που σχετίζονται με την οικιακή δραστηριότητα σε χιλιόγραμμα ανά κάτοικο, το 2012 (Πηγή eea.europa.eu)



Εικόνα 4. Ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τελική χρήση, για την Ελλάδα




## 4.2. ΚΤΗΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ - ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ - ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Για τους παραπάνω λόγους , λοιπόν, καθώς και για το γεγονός ότι τα αέρια του θερμοκηπίου παραμένουν στην ατμόσφαιρα για περιόδους που κυμαίνονται από μερικά χρόνια έως και χιλιάδες χρόνια, οπότε έχουν παγκόσμιο αντίκτυπο ανεξάρτητα από τον αρχικό τόπο εκπομπής τους, ο κτηριακός τομέας σιγά σιγά προσπαθεί να μειώνει το μερίδιο ευθύνης του. Έχουν δημιουργηθεί πρότυπα ελέγχου παγκόσμιας εμβέλειας, που δε λύνουν οριστικά το πρόβλημα, αλλά αν μη τι άλλο δεν το επεκτείνουν.

Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (KENAK) είναι το θεσμοθετημένο εργαλείο που ελέγχει τις μελέτες των κτηρίων στην Ελλάδα και αποτελεί ένα ρυθμιστικό παράγοντα σε ό,τι έχει να κάνει με τις εγκαταστάσεις, με απώτερο σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος. Όλες οι απαραίτητες τεχνικές προδιαγραφές και πληροφορίες του KENAK είναι σύμφωνες με τα ευρωπαϊκά πρότυπα ενεργειακών επιβλέψεων και υποστηρίζονται επίσης, από ένα δικό του λογισμικό (TEE - KENAK) μελετητικού ενδιαφέροντος. Ο KENAK εισάγει τη χρήση ενός <<κτηρίου αναφοράς>> [1] για τη συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που έχουν να κάνουν με τη θέρμανση, ψύξη, τον αερισμό, την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και το φωτισμό του κτηρίου που υπόκειται σε μία μελέτη, και του <<κτηρίου αναφοράς>>. Το <<κτήριο αναφοράς>> καθορίζεται να είναι μια αναπαράσταση ουσιαστικά του κτηρίου, δηλαδή με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, ίδια γεωγραφική θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας. Και σύμφωνα με τον KENAK, κάθε νέο ή υφιστάμενο κτήριο που ανακαινίζεται ριζικά, θα πρέπει να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης. Οι ελάχιστες αυτές απαιτήσεις, αναφέρονται στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του κτηρίου, στα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κελύφους του και στα τεχνικά συστήματα.

Αφορμή για το λογισμικό αυτό, ήταν η καθιέρωση ενεργειακής επιθεώρησης στα κτήρια για έκδοση οικοδομικής άδειας ή πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης EPC (Energy Performance Certificate) (Εικόνες 5 και 6), που θεσμοθετήθηκε από το 2011 [1]. Σκοπό είχε την ελάχιστη δυνατή - σχεδόν μηδενική – κατανάλωση ενέργειας (Near Zero Energy Buildings (NZEB), στα οποία θα αναφερθούμε και αργότερα), η οποία ως επί το πλείστον θα πρέπει να καλύπτεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και με τη βοήθεια του κελύφους του κτηρίου (δομικά υλικά, προσανατολισμός, κλπ). Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) απεικονίζει την ενεργειακή κατάσταση του κτηρίου. Σε αυτό αναφέρονται, μεταξύ άλλων, τα γενικά στοιχεία του κτηρίου, η υπολογιζόμενη ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς και του εξεταζόμενου κτηρίου, η ετήσια κατανάλωση ανά πηγή ενέργειας και τελική χρήση, η πραγματική ετήσια συνολική κατανάλωση ενέργειας, οι

υπολογιζόμενες και πραγματικές ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), και τέλος συστάσεις στον ιδιοκτήτη - χρήστη για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου του. Το EPC εκδίδεται μετά την ολοκλήρωση του κτηρίου και έχει ισχύ για 10 χρόνια.

Α.Π.: ..... Α.Α.: .....		
ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	<b>ΧΡΗΣΗ:</b> ..... Κτίριο <input type="checkbox"/> Τμήμα κτιρίου <input type="checkbox"/> Αριθμός ιδιοκτησίας: ..... Κλιματική Ζώνη: ..... Διεύθυνση: ..... ..... Τ.Κ. .... Πόλη: ..... Έτος κατασκευής: ..... Συνολική επιφάνεια [m <sup>2</sup> ]: ..... Θερμαινόμενη επιφάνεια [m <sup>2</sup> ]: ..... Όνομα ιδιοκτήτη: .....	(Φωτογραφία κτιρίου)
	ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	
		ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ
	ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	
	$EP \leq 0,33 \cdot R_n$ <b>A+</b>	
	$0,33 \cdot R_n < EP \leq 0,5 \cdot R_n$ <b>A</b>	
	$0,5 \cdot R_n < EP \leq 0,75 \cdot R_n$ <b>B+</b>	
	$0,75 \cdot R_n < EP \leq 1,0 \cdot R_n$ <b>B</b>	
	$1,0 \cdot R_n < EP \leq 1,41 \cdot R_n$ <b>Γ</b>	
	$1,41 \cdot R_n < EP \leq 1,82 \cdot R_n$ <b>Δ</b>	
$1,82 \cdot R_n < EP \leq 2,27 \cdot R_n$ <b>E</b>		
$2,27 \cdot R_n < EP \leq 2,73 \cdot R_n$ <b>Z</b>		
$2,73 \cdot R_n < EP$ <b>H</b>		
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ		
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου αναφοράς [kWh/m <sup>2</sup> ): .....		
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m <sup>2</sup> ): .....		
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ): .....		
<b>Πραγματική ετήσια κατανάλωση ενέργειας &amp; Εκπομπές CO<sub>2</sub></b>		
Ηλεκτρική ενέργεια [kWh/m <sup>2</sup> ): ..... Καύσιμα [kWh/m <sup>2</sup> ): .....	Θερμική άνεση <input type="checkbox"/>	
Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m <sup>2</sup> ): .....	Οπτική άνεση <input type="checkbox"/>	
Συνολικές ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kg/m <sup>2</sup> ): .....	Ακουστική άνεση <input type="checkbox"/>	
	Ποιότητα αέρα <input type="checkbox"/>	

Εικόνα 5. Energy Performance Certificate (1η σελίδα)



Α.Π.: ..... Α.Α.: .....

**ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΤΕΛΙΚΗ ΧΡΗΣΗ**

Πηγή ενέργειας		Τελική χρήση			Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου (%)
Ηλεκτρική		Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZHX <input type="checkbox"/>	
		Φωτισμός <input type="checkbox"/>			
Ορυκτά καύσιμα	Πετρέλαιο	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZHX <input type="checkbox"/>	
	Φυσικό αέριο	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZHX <input type="checkbox"/>	
	Άλλο: .....	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZHX <input type="checkbox"/>	
ΑΠΕ	Ηλιακή	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZHX <input type="checkbox"/>	
		Φωτισμός <input type="checkbox"/>			
	Βιομάζα	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZHX <input type="checkbox"/>	
	Γεωθερμία	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZHX <input type="checkbox"/>	
	Άλλο: .....	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZHX <input type="checkbox"/>	
	Φωτισμός <input type="checkbox"/>				
Σύνολο					

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση [kWh/m<sup>2</sup>]

Θέρμανση: ..... Ψύξη: .....

Ζεστό Νερό Χρήσης (ZHX) : ..... Φωτισμός : .....

ΑΠΕ & ΣΗΘ : (-) .....

**ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ**

- .....
- .....
- .....

Αριθμός σύστασης	Εκτιμώμενο αρχικό κόστος επένδυσης (€)	Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και τιμή μονάδας*			Εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> * [kg/m <sup>2</sup> ]	Εκτιμώμενη περίοδος αποπληρωμής* [έτη]
		[kWh/m <sup>2</sup> ]	[%]	[€/kWh]		
1						
2						
3						

\* Η εξοικονόμηση ενέργειας και τιμή μονάδας αφορά την κάθε επιμέρους σύσταση και τα ποσά δεν αθροίζονται. Ομοίως για την ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και την περίοδο αποπληρωμής.

Ημερομηνία έκδοσης Π.Α.: .....	Σφραγίδα:
Όνοματεπώνυμο Επιθεωρητή: .....	
Α.Μ. Επιθεωρητή: .....	Υπογραφή:

Εικόνα 6. Energy Performance Certificate (2η σελίδα)

## 5. ASHRAE

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας, νομίζω θα άξιζε να αναφερθούμε λίγο στα πρότυπα υπολογισμών που χρησιμοποιήθηκαν από το λογισμικό της 4M (το FineGREEN), αυτά του αμερικανικού οργανισμού ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers). Η ASHRAE [7] είναι μια επαγγελματική ένωση παγκόσμιου βελινεκούς, που προωθεί την ανθρώπινη ευημερία σε ό,τι έχει να κάνει με τον τομέα των κτηρίων και των εγκαταστάσεων, μέσω βιώσιμης τεχνολογίας. Μέσα από ερευνητικά προγράμματα, επιστημονικές δημοσιεύσεις, έκδοση τεχνικών προτύπων και άλλων προγραμμάτων συνεχούς εκπαίδευσης, η ASHRAE επιδιώκει να εισάγει την καινοτομία στη βιομηχανία και να δώσει τις κατευθυντήριες γραμμές για τη σωστή σχεδίαση και κατασκευή συστημάτων θέρμανσης, εξαερισμού, κλιματισμού και ψύξης. Ιδρύθηκε το 1894 και διαθέτει περισσότερα από 50,000 μέλη παγκοσμίως, αποτελούμενα από μηχανικούς όλων των ειδών, αρχιτέκτονες, εργολάβους, ιδιοκτήτες κτηρίων, κατασκευαστές εξοπλισμού και πολλούς άλλους που σχετίζονται με την μηχανική των κτηρίων, τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, την ψύξη, τη θέρμανση και τη βιωσιμότητα του κλάδου. Συστήθηκε ως ASHRAE συγκεκριμένα το 1959, μετά τη συγχώνευση της Αμερικανικής Εταιρείας Μηχανικών Θέρμανσης και Κλιματισμού (ASHAE) που ιδρύθηκε το 1894 και της επίσης Αμερικανικής Εταιρείας Ψυκτικών Μηχανικών (ASRE) που ιδρύθηκε το 1904. Πρόκειται για ένα παγκόσμιο οργανισμό με έδρα σε ένα προάστιο της Ατλάντα στην Αμερική, αλλά με δράσεις και εκδηλώσεις σε ολόκληρο τον κόσμο.

Η ASHRAE εκδίδει επίσης, και τέσσερα εγχειρίδια - τόμους τόσο σε έντυπη όσο και σε ηλεκτρονική μορφή. Αυτά είναι οι Θεμελιώδεις Αρχές (Fundamentals), Εφαρμογές HVAC (HVAC Applications), Συστήματα και Εξοπλισμός HVAC (HVAC Systems and Equipment) και Ψύξη (Refrigeration). Κάθε χρόνο ενημερώνεται ένας από τους τέσσερις τόμους. Δημοσιεύει επίσης και ένα σύνολο από πρότυπα και κατευθυντήριες οδηγίες σχετικές με τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα προοριζόμενα σε συμβούλους μηχανικούς, εργολάβους μηχανικούς, αρχιτέκτονες ή κυβερνητικούς οργανισμούς. Τα πρότυπα αυτά επανεξετάζονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, αναθεωρούνται και αναδημοσιεύονται σε περιοδικά. Παρακάτω αναφέρονται μερικά από τα πιο δημοφιλή πρότυπα της ASHRAE [7]:

- Πρότυπο 34: Ονομασία και ταξινόμηση ασφαλείας των ψυκτικών μέσων
- Πρότυπο 55: Θερμικές περιβαλλοντικές συνθήκες για ανθρώπινη κατοχή
- Πρότυπο 62.1: Εξαερισμός για αποδεκτή ποιότητα εσωτερικού αέρα
- Πρότυπο 62.2: Εξαερισμός και αποδεκτή ποιότητα εσωτερικού αέρα σε οικιακά κτίρια
- Πρότυπο 90.1: Ενεργειακό πρότυπο για κτίρια

- Πρότυπο 135: Πρωτόκολλο επικοινωνίας δεδομένων για δίκτυα αυτοματισμού και ελέγχου κτιρίων
- Πρότυπο 189.1: Πρότυπο για το σχεδιασμό πράσινων κτιρίων υψηλής απόδοσης, εκτός από κτίρια κατοικιών χαμηλής κατανάλωσης (δηλ. με λίγους ορόφους)

Τέλος, η εταιρία εκδίδει επίσης, βιβλία και επιστημονικά περιοδικά με άρθρα αναφερόμενα μεταξύ άλλων, στη νέα τεχνολογία, σε επερχόμενες συναντήσεις και σε μελέτες κτηρίων με καλή ενεργειακή απόδοση που αξίζουν να σημειωθούν.

## 5.1. ΠΡΟΤΥΠΑ 90.1 ΚΑΙ 62

Ας αναφέρουμε τώρα δυο λόγια για τα δύο πιο σημαντικά πρότυπα που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας ενεργειακής μελέτης, το πρότυπο 90.1 που δημοσιεύτηκε το 1975, και το 62.1, το οποίο με τη σειρά του δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά το 1973 ως πρότυπο 62 [7].

Το 90.1 παρέχει τις ελάχιστες απαιτήσεις για ενεργειακά αποδοτικά σχέδια κτηρίων, εκτός από κτήρια χαμηλής κατανάλωσης (πχ μονοκατοικίες, πολυκατοικίες με λιγότερο από τέσσερις ορόφους, κινητά σπίτια, κλπ). Αυτές οι απαιτήσεις αφορούν το σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία και τη συντήρηση του κτηρίου, καθώς και την αξιοποίηση των ενεργειακών πόρων. Ισχύει για νέα κτήρια ή κομμάτια κτηρίων και τα συστήματά τους, όπως επίσης και για συστήματα νέα και εξοπλισμό σε ήδη υπάρχοντα κτήρια. Δεν ισχύει για κτήρια που δεν χρησιμοποιούν ούτε ηλεκτρική ενέργεια ούτε ορυκτά καύσιμα.

Το 62.1 πρότυπο καθορίζει τους ελάχιστους ρυθμούς εξαερισμού και βοηθάει στην παροχή αποδεκτής ποιότητας αέρα στους κατοίκους ενός κτηρίου, ώστε να μειώνονται οι πιθανότητες αυτός ο αέρας να αποτελέσει αιτία για δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία τους, και αυτοί να νιώθουν άνετα. Οι απαιτήσεις για τον εξαερισμό και το σύστημα καθαρισμού του αέρα ενός χώρου, καθώς επίσης και ο σχεδιασμός του, η εγκατάστασή του, η λειτουργία και η συντήρησή του καθορίζονται από το πρότυπο αυτό. Οι απαιτήσεις αυτές βασίζονται γενικά σε χημικούς, βιολογικούς και μολυσματικούς παράγοντες που μολύνουν συχνά την ποιότητα του αέρα σε ένα κτήριο [22].

## 5.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

Ο υπολογισμός των θερμικών και ψυκτικών φορτίων (ρυθμός εισαγωγής και αφαίρεσης θερμότητας, αντίστοιχα), αποτελεί τη βάση για το σχεδιασμό και τη διαστασιολόγηση των κατάλληλων συστημάτων κλιματισμού των κτηρίων, διότι η σωστή θερμοκρασία και υγρασία των χώρων είναι μείζονος σημασίας. Η κατανάλωση ενέργειας, το κόστος κατασκευής και το λειτουργικό κόστος του κτηρίου εξαρτώνται από τον υπολογισμό των θερμικών και ψυκτικών φορτίων, ο οποίος επηρεάζει και το μέγεθος των σωληνώσεων και τα εξαρτήματα των συστημάτων ψύξης και θέρμανσης (λέβητες, ψύκτες, ανεμιστήρες, συμπιεστές, κα). Υπάρχουν πολλές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων σχεδιασμού (μιας και είναι πάντα πολύ μεγαλύτερα από τα θερμικά), και έχουν κατά κανόνα ως κύριο στόχο τους την εύρεση των μέγιστων φορτίων για τη διαστασιολόγηση των συστημάτων ψύξης, οπότε λαμβάνονται υπόψη οι ακραίες συνθήκες λειτουργίας, στις οποίες πρέπει να ανταποκριθούν τα συστήματα αυτά (πχ. μια μέρα του καλοκαιριού - πιθανότατα τέλη Ιουλίου - με καύσωνα έξω). Βέβαια, η αξία μιας μεθόδου εντοπίζεται περισσότερο στην πληρότητά της από πλευράς αντιμετώπισης των διαφόρων παραγόντων που επηρεάζουν τα φορτία ψύξης, και λιγότερο από το αν είναι σε θέση να προσδιορίσει το προβλεπόμενο φορτίο (γιατί ουσιαστικά αυτό λίγο πολύ το κάνουν όλες). Ο ακριβός, λοιπόν, υπολογισμός είναι κατά κανόνα δύσκολος, και αυτό εξαιτίας των αστοχιών της κατασκευής, της απρόβλεπτης συμπεριφοράς των συντελεστών θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων και της αβεβαιότητας στον τρόπο που θα λειτουργήσει το προς μελέτη κτήριο [17][24][25].

Οι πιο γνωστές μέθοδοι υπολογισμού ψυκτικών φορτίων της ASHRAE είναι οι παρακάτω :

- η μέθοδος TETD (Total Equivalent Temperature Differential Method)
- η μέθοδος TFM (Transfer Function Method)
- η μέθοδος CLTD/CLF (Cooling Load Temperature Difference/ Cooling Load Factor)
- η μέθοδος HB (Heat Balance)
- η μέθοδος RTS (Radiant Time Series)

Η δομή υπολογισμού φορτίων όλων των μεθόδων είναι η εξής:

- a) υπολογισμός εξωτερικών φορτίων
- b) υπολογισμός εσωτερικών φορτίων
- c) υπολογισμός φορτίων αερισμού



Εικόνα 7. ASHRAE logo

## 6. ΠΕΡΙ ΜΕΛΕΤΗΣ

### 6.1. ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ

Πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση αυτής της μελέτης και δούμε σχολαστικά κάποια ενδιαφέροντα θέματα, ας ακολουθήσει πρώτα μια θεωρητική προσέγγιση, ώστε να μπορέσει ο αναγνώστης να κατανοήσει τις έννοιες και να παρακολουθήσει άνετα (όπως αναφέρθηκε και πρωτότερα) μια ενεργειακή μελέτη.

Αρχικά, σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ [3], η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμομέρες θέρμανσης, προκειμένου να μελετηθεί σωστά η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων. Στον παρακάτω πίνακα (Εικόνα 8) προσδιορίζονται οι νομοί που υπάγονται σε κάθε κλιματική ζώνη (από τη θερμότερη Α στην ψυχρότερη Δ) και ακολουθεί σχηματική απεικόνιση των ζωνών αυτών στο χάρτη της χώρας μας (Εικόνα 9).

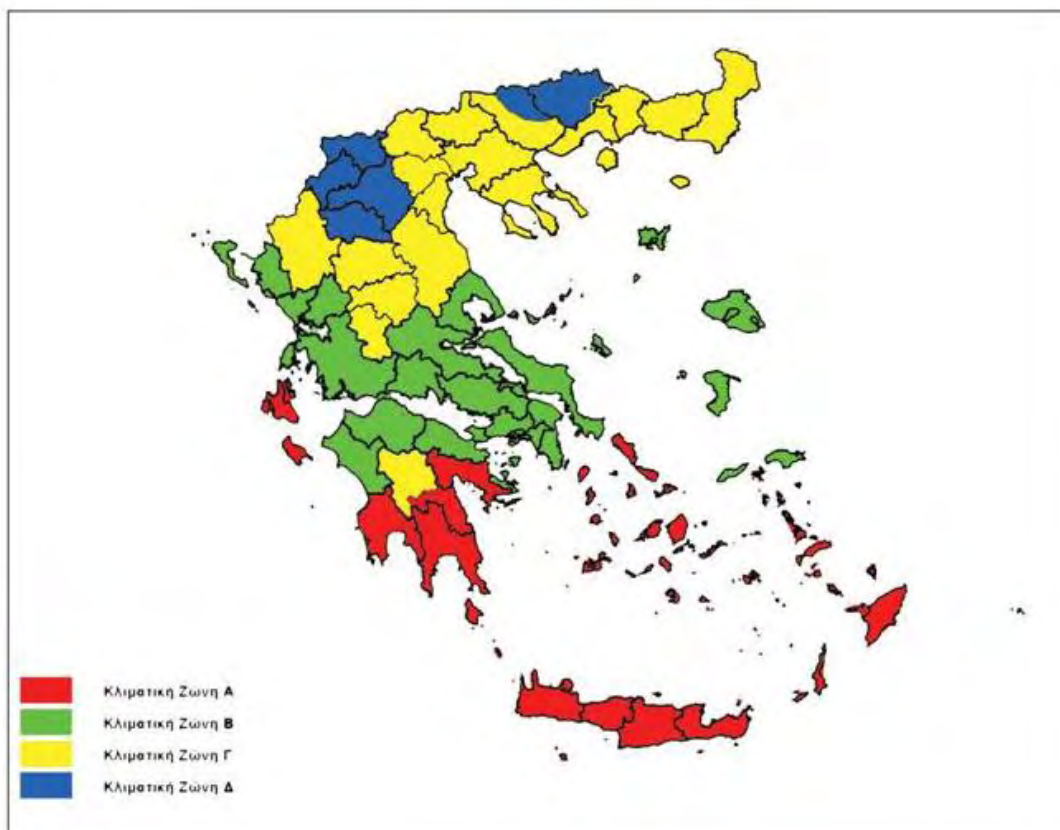
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή).
ΖΩΝΗ Β	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας.
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας.

Εικόνα 8. Κλιματικές ζώνες και οι νομοί που περιλαμβάνει καθεμία

Για κάθε νομό, τα κτήρια που βρίσκονται σε περιοχές με υψόμετρο άνω των 500 μέτρων, εξετάζονται βάσει των προδιαγραφών της επόμενης ψυχρότερης κλιματικής ζώνης από εκείνη στην οποία ανήκουν, εκτός φυσικά από την Δ ζώνη στην οποία περιέχονται όλες οι περιοχές που αναφέρονται, ανεξαρτήτως υψόμετρου. Για παράδειγμα, ένα κτήριο σε κάποιο ψηλό βουνό του Ηρακλείου Κρήτης (ζώνης Α), που



ξεπερνάει τα 500 μέτρα υψόμετρο, κατατάσσεται στη Β κλιματική ζώνη, όπως ακριβώς και ένα παραθαλάσσιο κτήριο του νομού Μαγνησίας.



Εικόνα 9. Κλιματικές ζώνες στο χάρτη

Αυτή η διαίρεση των νομών σε κλιματικές ζώνες, γίνεται για να ληφθούν κατάλληλα υπόψη οι κλιματικές διαφορές των περιοχών ανά την Ελλάδα και τα πραγματικά μετεωρολογικά δεδομένα, που επηρεάζουν τους υπολογισμούς της μελέτης και τα αποτελέσματά της. Διαφορετικά δεν είναι λογικό και κυρίως ρεαλιστικό ως προς την πραγματικότητα, να εξετάζεται με τα ίδια κριτήρια ένα κτήριο της Κρήτης, λόγω χάριν, με ένα άλλο της Φλώρινας ως προς τα ηλιακά κέρδη για παράδειγμα, ή τις απώλειες που μπορεί να έχουν κλπ, γιατί τότε δεν θα είναι αντιπροσωπευτικά τα αποτελέσματα. Το FineGREEN λαμβάνει από τον μελετητή αυτά τα δεδομένα κάθε περιοχής αυτόματα με την εισαγωγή ενός αρχείου (σε μορφή .erw), που ή θα βρει κάπου επίσημα, ή θα δημιουργήσει ο ίδιος.

## 6.2. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ

Η εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης και του υπολογισμού των φορτίων ψύξης και θέρμανσης ενός κτηρίου δημιουργεί την ανάγκη χωρισμού του σε μία ή περισσότερες θερμικές ζώνες, δηλ. χώρος με παρόμοια χρήση, προφίλ λειτουργίας και γενικότερα θερμική ζήτηση, οπότε πιθανότατα να χρειάζονται και παρόμοια ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Μία θερμική ζώνη μπορεί να περιέχει πολλούς χώρους, αλλά ένας χώρος δε μπορεί να ανήκει σε πολλές ζώνες. Δεν υπάρχουν κανόνες ή συγκεκριμένες προδιαγραφές από τον ΚΕΝΑΚ ή άλλο θεσμοθετημένο όργανο. Γενικά ο διαχωρισμός ενός κτηρίου σε θερμικές ζώνες είναι στην κρίση του μελετητή, ο οποίος δεν θα πρέπει να θεωρήσει κάθε δωμάτιο και ζώνη, αλλά να καταλήξει σε όσο το δυνατόν λιγότερες ζώνες, προσπαθώντας να ομαδοποιήσει τους χώρους ενός κτηρίου. Τμήματα του κτηρίου με όγκο κάτω από το 10% του συνολικού (άρα πιθανότατα με χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση), δεν πρέπει να θεωρούνται αυτόνομες ζώνες μόνα τους, αλλά να εντάσσονται σε άλλες παρόμοιων χώρων, ακόμα και αν οι συνθήκες λειτουργίας τους είναι τέτοιες, που θα δικαιολογούσαν τη θεώρησή τους ως ανεξάρτητες. Δευτερεύοντες βοηθητικοί μη θερμαινόμενοι χώροι λαμβάνονται και αυτοί μέσα στη ζώνη, όπως για παράδειγμα αποθήκες, εσωτερικά κλιμακοστάσια, διάδρομοι, κα. Συνήθως ένα σπίτι αποτελεί από μόνο του μία μοναδική ζώνη, ενώ ένα μεγάλο σύνθετο κτήριο (εταιρίες, γραφεία, ξενοδοχεία, αθλητικές εγκαταστάσεις, κλπ) έχει τουλάχιστον δύο ή τρεις ζώνες, επειδή είναι λογικό να περιλαμβάνει χώρους διαφορετικής λειτουργίας, με εντελώς διαφορετική θερμική ζήτηση, ανάγκες, προσανατολισμό και θερμικά κέρδη ή απώλειες.

Εύλογα, λοιπόν, προκύπτει το συμπέρασμα πως ο καθορισμός των θερμικών ζωνών σε ένα κτήριο, πρέπει να γίνει πολύ προσεκτικά από το μελετητή, μιας και αυτές θα αποτελέσουν ουσιαστικά τη βάση των υπολογισμών, για την τελική επιλογή των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων και το οικονομικό κόστος λειτουργίας του κτηρίου μελέτης.

## 6.3. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

Για κάθε δομικό στοιχείο (τοιχοποιίες, δάπεδα, οροφές, κλπ) που διαχωρίζει μία θερμική ζώνη από τον εξωτερικό αέρα, από το έδαφος, ή από άλλους μη θερμαινόμενους χώρους, θα πρέπει να προσδιορίζονται οι θερμοφυσικές ιδιότητες του δομικού αυτού στοιχείου και όλων όσων συνθέτουν το κτήριο μελέτης, αλλά βέβαια και τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά ολόκληρου του κτηρίου αυτού. Η θερμική συμπεριφορά των υλικών δόμησης εξαρτάται από τις φυσικές τους ιδιότητες, τις



συνθήκες του περιβάλλοντος και τους μηχανισμούς μετάδοσης θερμότητας. Οι τρόποι με τους οποίους μεταδίδεται η θερμότητα είναι α) με αγωγή, β) με μεταφορά ή συναγωγή και γ) με ακτινοβολία.

- **Αγωγή (Conduction):** μεταφορά ενέργειας εξαιτίας των αλληλεπιδράσεων (ταλαντώσεων ή ελαστικών κρούσεων) των μορίων των σωμάτων, που βρίσκονται σε επαφή και σε διαφορά θερμοκρασίας.
- **Μεταφορά/Συναγωγή (Convection):** συνδέεται με την κίνηση ενός ρευστού και κατά συνέπεια την μεταφορά μάζας, ενέργειας και ορμής.
- **Ακτινοβολία (Radiation):** ροή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που κινούνται με την ταχύτητα του φωτός (φωτονίων).

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ο συντελεστής που χαρακτηρίζει τη μετάδοση θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου (λόγω αγωγής και μετάβασης). Μετρά στην ουσία πόση θερμότητα μεταδίδεται μεταξύ δύο στρωμάτων αέρα που διαχωρίζονται από την επιφάνεια του δομικού στοιχείου (τοίχος, δάπεδο, οροφή) και παρατηρείται λόγω της διαφορετικής θερμοκρασίας των δύο αυτών στρωμάτων (αέρας εξωτερικού περιβάλλοντος - αέρας εσωτερικού χώρου). Ο συντελεστής αυτός χαρακτηρίζει δηλαδή, τη θερμομονωτική ικανότητα - όπως ονομάζεται - ενός δομικού στοιχείου και δηλώνει την ποσότητα θερμότητας (ενέργειας Wh) που μεταδίδεται σε 1 ώρα, σε μία επιφάνεια 1 τ.μ., όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο στρωμάτων του αέρα είναι 1K (ή 1°C). Με τη θερμομονωτική προστασία του κελύφους μιας κτηριακής μονάδας, επιδιώκεται ο περιορισμός των ανταλλαγών θερμότητας μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος στο ελάχιστο δυνατό, η επίτευξη ενός άνετου και ευχάριστου εσωκλίματος, καθώς επίσης και η αποφυγή φαινομένων υγρασίας (δρόσου) στους τοίχους του κτηρίου, σε συνδυασμό πάντα με τη χαμηλότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας. Έτσι, το χειμώνα περιορίζονται οι θερμικές απώλειες προς τα έξω, και την καλοκαιρινή περίοδο περιορίζεται η υπερθέρμανση του κτηρίου από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Για να ικανοποιεί, λοιπόν, ένα δομικό στοιχείο τις απαιτήσεις θερμομονωτικής προστασίας του κανονισμού [2], θα πρέπει η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητάς του U, να μην υπερβαίνει την τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου ορίου που ορίζει ο κανονισμός για κάθε κλιματική ζώνη και για κάθε κατηγορία δομικών στοιχείων (δηλ.  $U_{\text{ex}} \leq U_{\text{max}}$ ). Συντελεστής θερμοπερατότητας όμως, δεν ορίζεται μονάχα για ένα δομικό στοιχείο, αλλά και για ένα ολόκληρο κτήριο μελέτης ( $U_m$ ). Επομένως, θα πρέπει και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κτηρίου να είναι μικρότερος από αυτόν που οριοθετείται από τον αντίστοιχο κανονισμό, βάσει και πάλι της κλιματικής ζώνης στην οποία ανήκει (δηλ.  $U_m \leq U_{m,\text{max}}$ ). Ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας κτηρίου υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη το λόγο της συνολικής εξωτερικής περιμετρικής επιφάνειας του κτηρίου προς τον όγκο του (A/V). Παρακάτω παραθέτονται οι τιμές των επιτρεπόμενων συντελεστών θερμοπερατότητας δομικών

στοιχείων για νεόδμητα κτήρια (Εικόνες 10 και 11) και για ριζικά ανακαινιζόμενα (Εικόνες 12 και 13), αντίστοιχα, όπως αυτές ορίζονται στο άρθρο 8 του ΚΕΝΑΚ) [2].

Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	0,45	0,40	0,35	0,30
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0,55	0,45	0,40	0,35
Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή)	0,45	0,40	0,35	0,30
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,10	0,80	0,65	0,60
Τοίχος σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,30	0,90	0,70	0,65
Δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,10	0,80	0,65	0,60
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με το έδαφος	1,10	0,80	0,65	0,60
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	1,30	0,90	0,70	0,65
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	1,10	0,80	0,65	0,60
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80	2,60	2,40	2,20
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80	2,60	2,40	2,20
Γυάλινη πρόσοψη κτιρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,10	1,90	1,75	1,70

Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,00	4,60	4,30	4,00
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,00	4,60	4,30	4,00
Γυάλινη πρόσοψη κτιρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	3,80	3,40	3,00	2,80

Εικόνα 10. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των επί μέρους δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση ανέγερσης νέου κτηρίου

Λόγος AV [m <sup>-1</sup> ]	Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U <sub>m</sub> [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
≤ 0,2	1,25	1,13	1,04	0,95
0,3	1,17	1,05	0,96	0,88
0,4	1,10	0,99	0,91	0,83
0,5	1,04	0,93	0,86	0,78
0,6	0,98	0,89	0,81	0,73
0,7	0,92	0,83	0,76	0,68
0,8	0,86	0,77	0,71	0,63
0,9	0,80	0,73	0,65	0,59
≥ 1,0	0,77	0,69	0,62	0,55

Εικόνα 11. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ενός κτηρίου ανά κλιματική ζώνη συναρτήσει του λόγου της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτηρίου προς τον όγκο του σε περίπτωση ανέγερσης νέου

Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή)	0,50	0,45	0,40	0,35
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχος σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,20	0,90	0,75	0,70
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με το έδαφος	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	1,20	0,90	0,75	0,70
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	3,20	3,00	2,80	2,60
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινη πρόσοψη κτιρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς	2,20	2,00	1,80	1,80

ανοιγόμενη σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα				
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,70	5,20	4,80	4,40
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,70	5,20	4,80	4,40
Γυάλινη πρόσοψη κτιρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	4,00	3,60	3,10	2,90

Εικόνα 12. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των επί μέρους δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση ριζικής ανακαίνισης υφιστάμενου κτηρίου

Λόγος A/V [ m <sup>-1</sup> ]	Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U <sub>m</sub> [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
≤ 0,2	1,26	1,14	1,05	0,96
0,3	1,20	1,09	1,00	0,92
0,4	1,15	1,03	0,95	0,87
0,5	1,09	0,98	0,90	0,83
0,6	1,03	0,93	0,86	0,78
0,7	0,98	0,88	0,81	0,73
0,8	0,92	0,83	0,76	0,69
0,9	0,86	0,78	0,71	0,64
≥ 1,0	0,81	0,73	0,66	0,60

**Εικόνα 13.** Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ενός κτηρίου ανά κλιματική ζώνη συναρτήσει του λόγου της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτηρίου προς τον όγκο του σε περίπτωση ριζικής ανακαίνισης υφιστάμενου κτηρίου

Τέλος, υπάρχει περίπτωση τα δομικά στοιχεία ενός κτηρίου να τηρούν τα όρια του συντελεστή θερμοπερατότητάς τους, αλλά το κτήριο στο σύνολό του να ξεφεύγει από τις επιτρεπόμενες αντίστοιχες τιμές. Σε αυτή την περίπτωση, ο μηχανικός θα πρέπει να μειώσει κι άλλο τους συντελεστές κάποιων στοιχείων (συνήθως δάπεδα ή οροφές), ώστε να επαναπροσδιοριστεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κτηρίου U<sub>m</sub> και να γίνει τελικά αποδεκτός. Κλείνοντας, λοιπόν, αξίζει να σημειωθεί η πολύτιμη σημασία του συντελεστή θερμοπερατότητας, αφού σε αυτόν θα βασιστεί η οικονομική εκτίμηση της όλης διαδικασίας της μόνωσης μιας κτηριακής εγκατάστασης και φυσικά το κόστος λειτουργίας της.

## 6.4. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ CoP (Coefficient of Performance)

Ο συντελεστής απόδοσης ενός ψυκτικού συστήματος ή μιας αντλίας θερμότητας ορίζεται ως η αναλογία μεταξύ της καταναλισκόμενης ενέργειας του συμπιεστή και της ποσότητας χρήσιμης ψύξης στον εξαμιστή (εάν πρόκειται για ψύξη), ή χρήσιμης θερμότητας που εξάγεται από τον συμπυκνωτή (αν μιλάμε για θέρμανση). Είναι, με άλλα λόγια, το πηλίκο της ενέργειας που προσφέρει ένα σύστημα (αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύς) προς την ενέργεια που καταναλώνει (απορροφούμενη ηλεκτρική ισχύς), που απορροφά δηλαδή από το δίκτυο της ΔΕΗ για να παραγάγει συγκεκριμένο έργο. Έτσι, αν για παράδειγμα ο συντελεστής απόδοσης COP ενός συστήματος είναι

4, τότε χρησιμοποιεί 1kW ηλεκτρική ενέργεια για να απελευθερώσει 4kW θερμότητα στον συμπυκνωτή ή να εξαχθούν 4kW θερμότητα από τον εξατμιστή (αντλία θερμότητας -σύστημα ψύξης, αντίστοιχα). Όταν μιλάμε για θέρμανση το χειμώνα και συνεπώς για αντλία θερμότητας, αναφερόμαστε στον COP<sub>h</sub>. Το ζητούμενο, λοιπόν, κατά την επιλογή ενός συστήματος ψύξης και θέρμανσης είναι η ισχυρή απόδοση με τη χαμηλότερη δυνατή κατανάλωση και αυτό ακριβώς είναι το κριτήριο που καθορίζει αν ένα σύστημα είναι καλύτερο ή όχι από ένα άλλο. Ο συντελεστής απόδοσης είναι πάντα μεγαλύτερος της μονάδας και κυμαίνεται συνήθως σε τιμές από 2,5 έως 7,5. Οι ονομαστικές τιμές του COP αναφέρονται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 7°C και σε θερμοκρασία εξόδου νερού 35°C ή 45°C, οπότε στην πραγματικότητα είναι χαμηλότερος, αφού το νερό θερμαίνεται στους 55-70°C.

$$COP_h = \frac{Q_{\text{useful heat}}}{Q_{\text{electric}}} \approx \frac{Q_{\text{waste heat}}}{Q_{\text{electric}}} + 1$$

Εικόνα 14. Τύπος COP

Θερινή περίοδος

$$COP_{cool} = \frac{Q_{\text{αποδ,cool}}}{Q_{elec}}$$

όπου  $Q_{\text{αποδ,cool}}$  = αποδιδόμενη ψυκτική ισχύς στο κτίριο (KW)

$Q_{elec}$  = απορροφούμενη ηλεκτρική ισχύς από το δίκτυο (KW)

Χειμερινή περίοδος

$$COP_{heat} = \frac{Q_{\text{αποδ,heat}}}{Q_{elec}}$$

όπου  $Q_{\text{αποδ,heat}}$  = αποδιδόμενη θερμική ισχύς στο κτίριο (KW)

$Q_{elec}$  = απορροφούμενη ηλεκτρική ισχύς από το δίκτυο (KW)

Ο συντελεστής απόδοσης ενός συστήματος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, μερικοί από τους οποίους είναι:

- οι θερμοκρασιακές συνθήκες του περιβάλλοντος, γι 'αυτό και δεν είναι πάντα σταθερός. Πχ. Δύο ίδιες αντλίες θερμότητας, η μία στην Αθήνα η άλλη στη Θεσσαλονίκη, σε δύο ακριβώς ίδιες κατοικίες θα έχουν διαφορετικό ετήσιο συντελεστή απόδοσης, με χαμηλότερο εκείνον της Θεσσαλονίκης, λόγω δυσμενέστερων κλιματικών συνθηκών. Όσο μικρότερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εξωτερικού (θερμοκρασία εισόδου νερού - αέρα) και του εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία εξόδου νερού - αέρα), τόσο μεγαλώνει ο συντελεστής απόδοσης.
- το ψυκτικό που χρησιμοποιείται, δηλαδή το ρευστό για τη μεταφορά θερμότητας από μία δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας σε μία δεξαμενή υψηλής. Όσο αναφορά τη θέρμανση, μεγαλύτερος συντελεστής απόδοσης επιτυγχάνεται με υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος και χαμηλές θερμοκρασίες ψυκτικού μέσου, ενώ αντίθετα στην ψύξη, με χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος και υψηλές ψυκτικού μέσου, γιατί έτσι μόνο δαπανάται μικρότερο έργο (άρα μικρότερος παρανομαστής στο λόγο, επομένως και μεγαλύτερο COP).
- οι συχνοί έλεγχοι του συστήματος και η αποτελεσματικότητα των ανεμιστήρων. Φυσικά πρέπει να γίνονται συχνοί έλεγχοι και καθαρισμοί στα συστήματα, καθότι είναι λογικό η φθορά τους να μειώνει σε βάθος χρόνου και την απόδοσή τους.
- οι ιδιότητες του υγρού εργασίας, οι αναλογίες μείγματος, η πίεση αναρρόφησης και εκκένωσης, οι διαστάσεις των τριχοειδών σωλήνων και φυσικά, μην ξεχνάμε την ποσότητα του απαιτούμενου φορτίου κάλυψης.

Η απορροφούμενη ισχύς ενός συστήματος ψύξης - θέρμανσης από το δίκτυο καθορίζει την τελική απαίτηση σε επίπεδο ισχύος και κατανάλωσης του χρήστη. Όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής ισχύος, τόσο μεγαλώνει ο παρανομαστής του κλάσματος, δηλαδή τόσο μεγαλύτερη και η απαίτηση ισχύος από το δίκτυο, άρα πιθανότερη η χρήση υποσταθμού για την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών ενός κτηρίου. Συμβαίνει πολλές φορές, σε πολύ μεγάλα κτήρια να εγκαθίσταται ιδιωτικός υποσταθμός λόγω αδυναμίας, της ΔΕΗ να τροφοδοτήσει μεγάλες καταναλώσεις, στη χαμηλή τάση.

Όταν ο COP δεν αναφέρεται στα κατασκευαστικά στοιχεία κάποιου συστήματος (Εικόνα 15), τότε ο μηχανικός μπορεί να ελέγξει την αποδιδόμενη ισχύ (nominal cooling capacity) και την απορροφούμενη ισχύ (absorbed power). Ο λόγος των δύο τιμών θα είναι και ο συντελεστής απόδοσης COP αυτού του συστήματος.



Type		SPCA-001-1	SPCA-002-1	SPCA-002	SPCA-003	SPCA-004
Nominal cooling capacity	KW	5,8	6,9	6,9	8,1	12,2
	RT	1,6	2,0	2,0	2,3	3,5
	Btu/h	19.773	23.523	23.523	27.614	41.591
Construction	Material/Color	Galvanized steel/ Light grey-beige (RAL 9002)				
Compressor		SCROLL				
Quantity		1	1	1	1	1
Absorbed power	KW	2,00	2,40	2,32	2,70	4,02
Nominal operating current	A	9,40	11,10	4,40	5,00	7,80
Maximum operating current	A	14,80	17,30	5,60	7,00	11,00

Εικόνα 15. Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά συστήματος

Παρακάτω (Εικόνα 16) παραθέτονται οι συντελεστές απόδοσης ψύξης και θέρμανσης διαφόρων τύπων αντλιών θερμότητας.

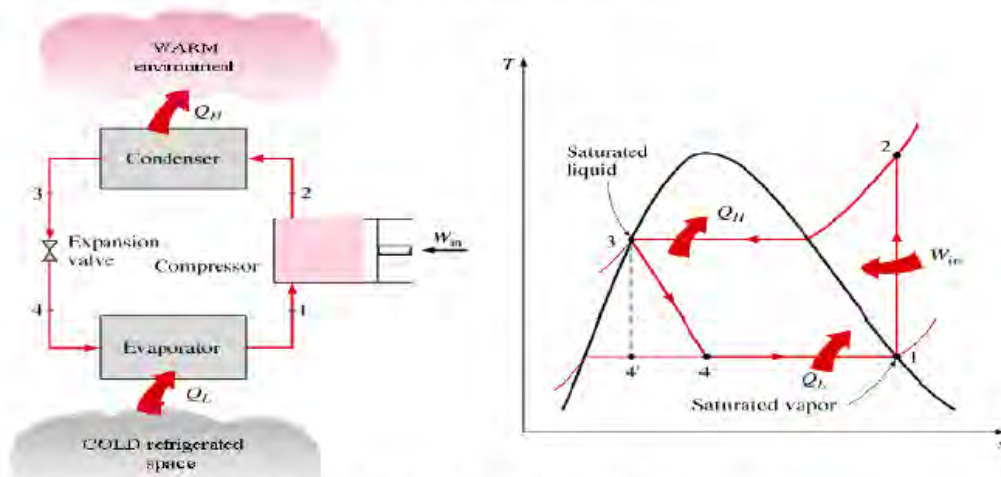
ΤΥΠΟΣ ΨΥΚΤΗ-ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΨΥΞΗ COP <sub>cool</sub> - EER
ΑΕΡΟΨΥΚΤΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΕΡΑ-ΝΕΡΟΥ	2.8 – 3.2
ΑΕΡΟΨΥΚΤΗ ΑΜΕΣΟΥ ΕΚΤΟΝΩΣΕΩΣ – SPLIT TYPE	3.00 – 3.80
ΑΕΡΟΨΥΚΤΗ ΑΜΕΣΟΥ ΕΚΤΟΝΩΣΕΩΝ ΤΥΠΟΥ VRV - VRF	3.10 – 4.30
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ	4.00 – 5.00
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΤΥΠΟΥ VRV	4.10 – 4.90
ΤΥΠΟΣ ΨΥΚΤΗ-ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ COP <sub>heat</sub>
ΑΕΡΟΨΥΚΤΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΕΡΑ-ΝΕΡΟΥ	2.8 – 3.2
ΑΕΡΟΨΥΚΤΗ ΑΜΕΣΟΥ ΕΚΤΟΝΩΣΕΩΣ – SPLIT TYPE	3.30 – 4.00
ΑΕΡΟΨΥΚΤΗ ΑΜΕΣΟΥ ΕΚΤΟΝΩΣΕΩΝ ΤΥΠΟΥ VRV - VRF	3.70 – 4.55
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ	4.30 – 5.50
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΤΥΠΟΥ VRV	5.10 – 5.80

Εικόνα 16. COP ψύξης και θέρμανσης διάφορων αντλιών

Για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων ενός κτηρίου ή μιας ζώνης, χρησιμοποιούνται ειδικά μοντέλα, τα οποία απαιτούν στην συντριπτική τους πλειοψηφία τη χρήση Η/Υ, μιας και είναι ιδιαίτερα σύνθετα και χρονοβόρα (όπως έχουμε αναφέρει και πιο πάνω). Αθροίζοντας τα φορτία των επιμέρους χώρων του κτηρίου ή της ζώνης, υπολογίζεται το συνολικό φορτίο, στο οποίο βασίζεται ο μηχανικός για τη διαστασιολόγηση και την επιλογή του συστήματος κλιματισμού. Μάλιστα, το φορτίο αυτό αντιστοιχεί στη δυσμενέστερη συνθήκη υπολογισμού, γιατί θεωρείται ότι τα επιμέρους φορτία είναι ταυτοχρονισμένα, πράγμα που δε συμβαίνει σχεδόν ποτέ σε ένα κτήριο. Έχοντας, λοιπόν, το συνολικό φορτίο που χρειάζεται να καλυφθεί, ο μηχανικός προχωράει στην εύρεση του κατάλληλου συστήματος. Και ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που καθορίζουν αυτή την επιλογή, είναι ο

συντελεστής απόδοσης του συστήματος, αφού με βάση αυτόν βρίσκεται η απορροφούμενη ηλεκτρική ισχύς από το δίκτυο της ΔΕΗ, η οποία αποτελεί το ζητούμενο τελικά του μηχανικού κατά τη μελέτη μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης. Από την ισχύ αυτή υπολογίζεται το καλώδιο τροφοδοσίας, το ρεύμα γραμμής και το μέσο προστασίας του συστήματος.

### ΨΥΚΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΡΕΥΣΤΩΝ (REFRIGERATION CYCLE)



$$COP_R = \frac{\text{Desired output}}{\text{Required input}} = \frac{\text{Cooling effect}}{\text{Work input}} = \frac{Q_L}{W_{\text{net, in}}}$$

$$COP_{HP} = \frac{\text{Desired output}}{\text{Required input}} = \frac{\text{Heating effect}}{\text{Work input}} = \frac{Q_H}{W_{\text{net, in}}}$$

Εικόνα 17. Ψυκτικός κύκλος ρευστών



## 7. ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ

Με τον όρο κλιματισμό εννοούμε τη διαδικασία αλλαγής των ιδιοτήτων του αέρα, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία, με στόχο τη δημιουργία ευνοϊκών και υγιεινών συνθηκών καθώς και κάποιας άνεσης στα άτομα ενός χώρου. Αποτελεί μακράν την πιο ενεργοβόρα και πολυέξοδη ηλεκτρική εγκατάσταση, γι' αυτό και η μελέτη της είναι ιδιαίτερα σύνθετη. Σύμφωνα με έρευνες, ο κλιματισμός σχετίζεται με το 40% της συνολικής κατανάλωσης σε ένα κτήριο και συνδέεται άρρηκτα με τον ηλεκτρισμό. Στα πλαίσια αυτά, η απόφαση του μελετητή είναι στρατηγικής σημασίας και για το κόστος της κατασκευής του συστήματος κλιματισμού, και για το κόστος της εγκατάστασης, αλλά και της ενεργειακής κατανάλωσης που θα φαίνεται στα ετήσια τιμολόγια της ΔΕΗ. Επομένως, λοιπόν, απαιτείται μέγιστη ακρίβεια και προσοχή

- 1) στην επιλογή συστήματος (ποιες τερματικές μονάδες θα χρησιμοποιηθούν)
- 2) στην επιλογή του μηχανολογικού εξοπλισμού των συστημάτων
- 3) στην επιλογή των συστημάτων διανομής του αέρα
- 4) και στο σχεδιασμό του συστήματος σωληνώσεων και αεραγωγών.

Οι κατοικίες συνήθως περιλαμβάνουν τοπικά συστήματα κλιματισμού, ενώ τα μεγάλα και πιο σύνθετα κτήρια κεντρικά συστήματα για λόγους επάρκειας. Ένα σύστημα κλιματισμού είναι υπεύθυνο για πολλές διεργασίες και εκεί ακριβώς έγκειται και η μεγάλη πολυπλοκότητά του. Πιο συγκεκριμένα:

- ρυθμίζει τη θερμοκρασία και την υγρασία στο εσωτερικό του κτηρίου (θερμοκρασία χειμώνα στους 20 °C και επίπεδο υγρασίας 35%, θερμοκρασία καλοκαιριού στους 27°C και επίπεδο υγρασίας 65%)
- μετακινεί τις αέριες μάζες
- προσάγει και απάγει αέρα
- επιδρά στην πίεση του κτηρίου
- δημιουργεί επιθυμητές συνθήκες διαβίωσης για τους χρήστες και κατάλληλες απαιτήσεις θερμικής άνεσης.

Είναι βασικό, το σύστημά μας να είναι επαρκώς και σωστά διαμορφωμένο και μελετημένο, για την αποφυγή πολλών προβλημάτων και σπατάλης ενέργειας. Για παράδειγμα, με την υποδιαστασιολόγηση ενός συστήματος, θα κλιματιστεί κατάλληλα το κτήριο ή ο χώρος πολύ αργά ή και ποτέ, παρόλο που θα λειτουργεί σχεδόν αδιάλειπτα, και άρα θα σπαταλήσει τεράστια ενέργεια, πέρα από την πολύ σύντομη φθορά. Από την άλλη μεριά πάλι, με την υπερδιαστασιολόγηση του συστήματος, ο χώρος θα κλιματιστεί πολύ γρήγορα από άποψη σωστής θερμοκρασίας, όμως δε θα μπορέσει να συμβεί το ίδιο και με την υγρασία (ξήρανση του χώρου). Το αποτέλεσμα είναι μια επαναλαμβανόμενη έναυση και σβέση του συστήματος, δηλαδή κλείσιμο και άνοιγμα σε πολύ τακτά χρονικά διαστήματα, που και αυτό πάλι οδηγεί σε αλόγιστη σπατάλη ενέργειας και καταπόνηση του ίδιου του συστήματος. Συνήθως η

υπερδιαστασιολόγηση, συμβαίνει επειδή η μελέτη έχει βασιστεί σε εμπειρικούς κανόνες εκτίμησης του φορτίου, ανάλογα με τον όγκο ή την επιφάνεια ενός χώρου, και όχι με τον προσανατολισμό, τα ωράρια λειτουργίας, το προφίλ χρήσης, κλπ, που αποτελούν βασικότερες παραμέτρους για τη διαστασιολόγηση ενός συστήματος κλιματισμού.

Πριν προχωρήσουμε στον υπολογισμό των ψυκτικών και θερμικών φορτίων και τους παράγοντες που επιδρούν στον υπολογισμό αυτό, ας διευκρινίσουμε λίγο καλύτερα κάποιους βασικούς όρους.

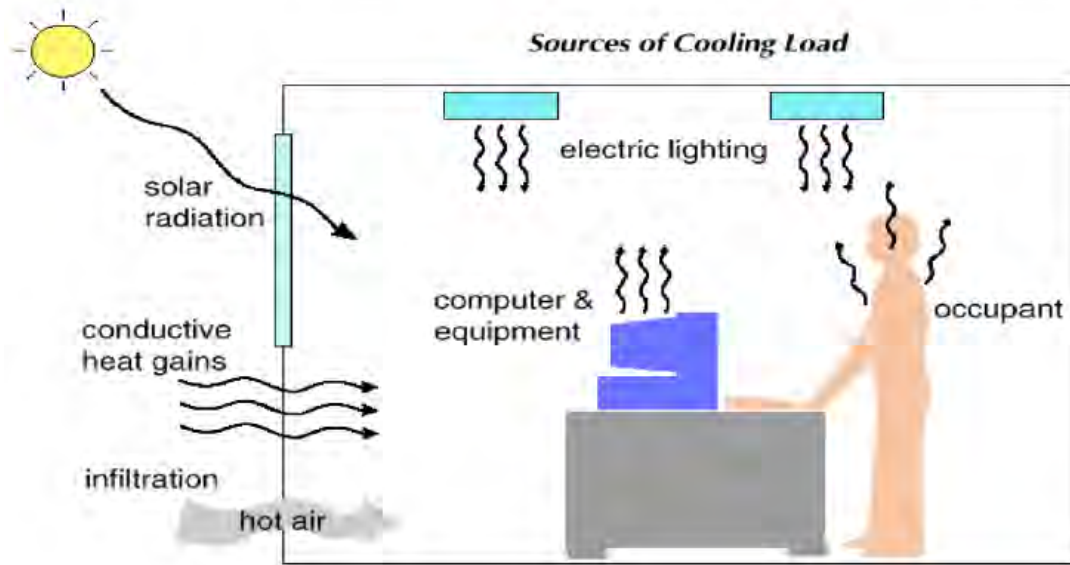
**Ψυκτικό φορτίο:** Το φορτίο που πρέπει να προστεθεί (το χειμώνα) ή να αφαιρεθεί (το καλοκαίρι) προς ή από ένα χώρο με σκοπό τη διατήρηση των συνθηκών άνεσης και υγιεινής σε αυτόν (θερμοκρασία και υγρασία) σύμφωνα πάντα με διεθνείς προδιαγραφές, όπως αυτές αναφέρονται στον KENAK.

**Θερμικές απώλειες:** Απώλειες το χειμώνα κυρίως λόγω κελύφους (ανοίγματα, χαραμάδες, κλπ).

**Θερμικά κέρδη:** Το σύνολο των θερμικών ροών ισχύων που εισέρχονται σε ένα χώρο (εξωτερικές) ή που δημιουργούνται σε αυτόν (εσωτερικές), συνήθως από τα άτομα, τις συσκευές, και το φωτισμό του χώρου.

**Φορτία αερισμού:** Φορτίο για την ψύξη ή τη θέρμανση του εξωτερικού νωπού αέρα που εισέρχεται σε ένα χώρο για να ανανεώσει τον ήδη υπάρχοντα αέρα (διακρίνεται και αυτό σε αισθητό και λανθάνον, όπως και το ολικό ψυκτικό φορτίο που αναφέρεται παρακάτω).

Το ψυκτικό φορτίο (Εικόνα 18) αποτελείται από τα εξωτερικά θερμικά κέρδη (δηλ. οι απώλειες λόγω κελύφους), τα εσωτερικά θερμικά κέρδη (άτομα, συσκευές, φωτισμός) και τον αερισμό (φυσικό και μηχανικό) [23].

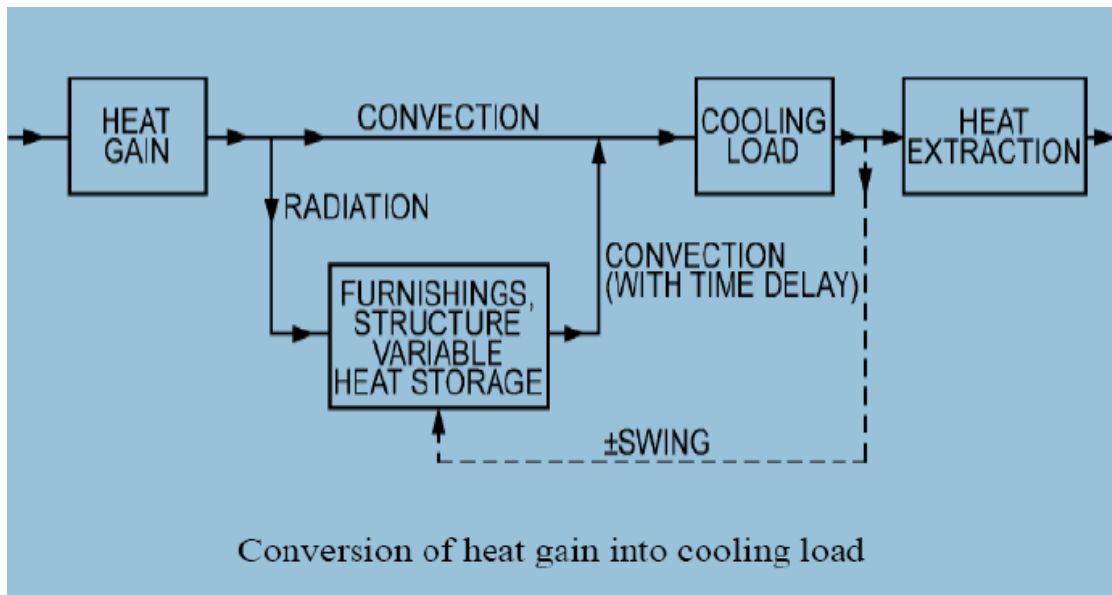


Εικόνα 18. Ψυκτικό φορτίο χώρου

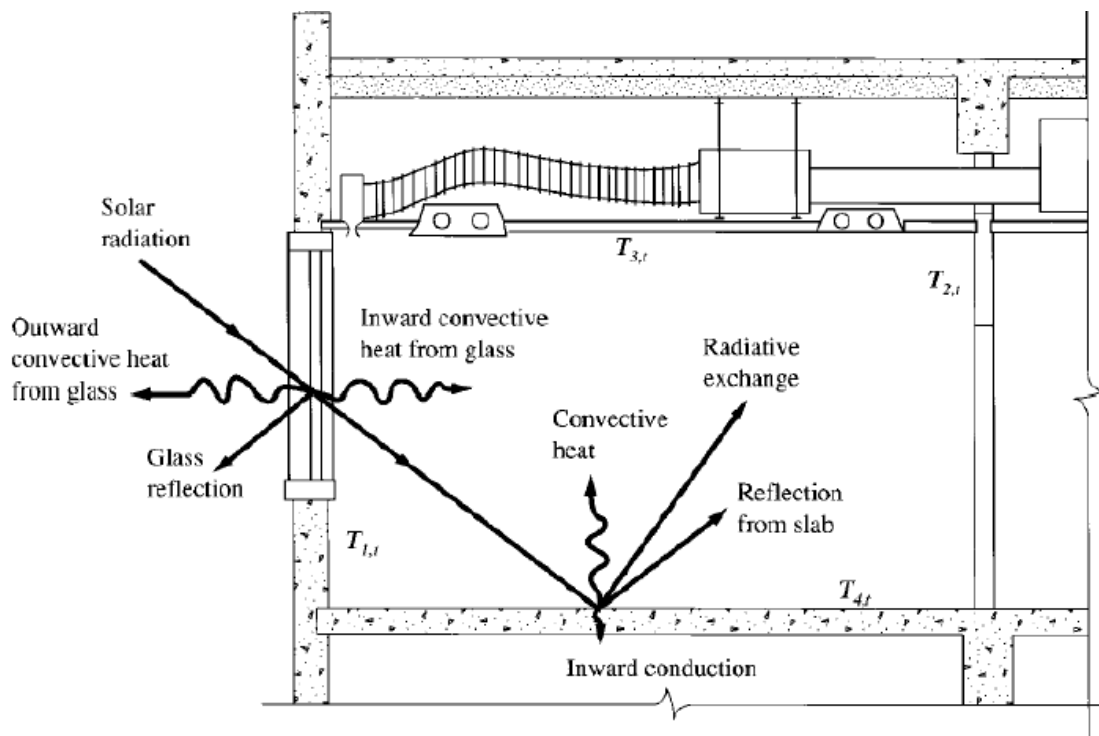
Το ολικό ψυκτικό φορτίο είναι το σύνολο του αισθητού ψυκτικού φορτίου και του λανθάνοντος. Το αισθητό προκύπτει από απώλειες λόγω θερμοπερατότητας του κελύφους και σχετίζεται με τη διαφορά θερμοκρασίας εξωτερικού και εσωτερικού αέρα. Το λανθάνον, από την άλλη, σχετίζεται με τη διαφορά υγρασίας εσωτερικού και εξωτερικού χώρου.

Πολλές φορές, εύκολα μπερδεύονται οι έννοιες αυτές μεταξύ τους, γι' αυτό θα ήταν καλό να αποσαφηνίσουμε μερικά πράγματα.

Όταν ένα ποσό θερμότητας εισέρχεται σε ένα χώρο μια χρονική στιγμή, μόνο ένα μέρος της θερμαίνει τον αέρα αμέσως (λόγω συναγωγής). Το υπόλοιπο απορροφάται από τη μάζα του κτηρίου, δηλαδή τους τοίχους, το πάτωμα, την οροφή ή τα έπιπλα, και πρέπει να περάσει κάποιος χρόνος (ο οποίος δεν είναι εύκολο να προσδιοριστεί ακριβώς) για να αρχίσουν αυτά να ακτινοβολούν τη θερμότητα που είχαν ουσιαστικά 'αποθηκεύσει' προηγουμένως. Το καλοκαίρι και συγκεκριμένα το μεσημέρι, ενώ τα στιγμιαία θερμικά κέρδη είναι τα υψηλότερα δυνατά στη διάρκεια της μέρας, το ψυκτικό φορτίο είναι χαμηλότερο από το θερμικό κέρδος. Αυτό οφείλεται ακριβώς σε αυτή τη θερμική αποθήκευση στη μάζα του κτηρίου και όχι απευθείας στον αέρα. Το ψυκτικό φορτίο αυξάνεται και γίνεται μεγαλύτερο από τα θερμικά κέρδη αργότερα μέσα στη μέρα, όταν η μάζα του κτηρίου απελευθερώσει τα αποθηκευμένα θερμικά κέρδη. Επομένως, το ψυκτικό φορτίο δεν ταυτίζεται με τα θερμικά κέρδη, αλλά προκύπτει από αυτά με τη βοήθεια του φαινομένου της θερμικής αποθήκευσης (Εικόνες 19,20 και 21).



Εικόνα 19. Μετατροπή θερμικού κέρδους σε ψυκτικό φορτίο



Convective and radiative heat in a conditioned space

Εικόνα 20. Θερμικά κέρδη και αποθηκευμένη ακτινοβολία σε ένα κλιματιζόμενο χώρο

Sensible heat gains	Convective (%)	Radiative (%)
Solar radiation with internal shading	42	58
Fluorescent lights	50	50
Occupants	67	33
External wall, inner surface	40	60

**Εικόνα 21. Ποσοστό θερμότητας που θερμαίνει τον αέρα άμεσα (λόγω συναγωγής) και ποσοστό που αποθηκεύεται**

Το ψυκτικό φορτίο χώρου χρησιμοποιείται για τη διαστασιολόγηση των εσωτερικών μονάδων και δικτύων κλιματισμού (τερματικές μονάδες FCU, ΚΚΜ, δίκτυα σωληνώσεων νερού, ψυκτικού ρευστού, αεραγωγών, στομίων, κλπ). Το ψυκτικό φορτίο της συσκευής του συστήματος κλιματισμού χρησιμοποιείται για τη διαστασιολόγηση των κεντρικών εξωτερικών μονάδων κλιματισμού (ψύκτες, αντλίες θερμότητας, κλπ). Συνεπώς, το ψυκτικό φορτίο χώρου είναι υποσύνολο του ψυκτικού φορτίου της συσκευής, γιατί στο δεύτερο συνυπολογίζονται και οι απώλειες στις σωληνώσεις, τους αεραγωγούς την ΚΚΜ, κ.α. και οι απαιτήσεις του μηχανικού αερισμού που επιβάλλονται για την άνεση και την υγιεινή ενός χώρου.

Στον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων συμμετέχουν διάφορες παράμετροι όπως:

- η γεωμετρία του κτηρίου (αρχιτεκτονικά σχέδια, ύψος της οροφής, διαστάσεις των χώρων, χρήση χώρων, κλπ)
- τα δομικά στοιχεία της κατασκευής (τοιχοί, δάπεδα, οροφές, υποστηλώματα, δοκάρια, ανοίγματα, συντελεστές θερμοπερατότητας των στοιχείων, κλπ)
- τη θέση του κτηρίου (τον προσανατολισμό, τη σκιάσή του από άλλα οικοδομήματα, δέντρα, ή άλλα εμπόδια, κλπ)
- τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτηρίου (ηλιακή ακτινοβολία, θερμοκρασία, επίπεδα υγρασίας, κλπ)
- τις απαιτήσεις ενός κτηρίου, βάσει της χρήσης και της λειτουργίας του και με γνώμονα πάντα τη νομοθεσία και τον Κανόνα Ενεργειακής Απόδοσης των Κτηρίων (θερμοκρασία, υγρασία, ποιότητα αέρα, κλπ)
- την επιλογή του μήνα, της ημέρας και της ώρας για τους υπολογισμούς
- και φυσικά, η εκτίμηση των εσωτερικών θερμικών κερδών του κτηρίου (συσκευές, φωτισμός, πληθυσμός και δραστηριότητα ατόμων, αερισμός, θερμική αποθήκευση, κα).

Να σημειωθεί εδώ άλλη μία φορά, ότι το συνολικό φορτίο που υπολογίζεται αφορά τις ακραίες συνθήκες, οι οποίες μάλλον δεν εμφανίζονται ποτέ και βάσει αυτού του φορτίου υπολογίζονται τα συστήματα κλιματισμού, για λόγους ασφαλείας και αποφυγής αστοχιών στο σχεδιασμό.

Σε αυτά και άλλα πολλά, είναι εύκολο να διακρίνει κανείς τους λόγους για τους οποίους ο υπολογισμός των ψυκτικών - θερμικών φορτίων ενός χώρου, είναι δύσκολος, πολύπλευρος, χρονοβόρος και απαιτεί τεράστια ακρίβεια, με αποτέλεσμα να χρήζει βοήθειας λογισμικού. Υπάρχουν πολλές μέθοδοι που υπολογίζουν ψυκτικά φορτία (όπως έχουμε αναφέρει και παραπάνω), αλλά σίγουρα εμπεριέχουν σύνθετα μαθηματικά μοντέλα. Όπως και να έχει όμως, η επιλογή, ο σχεδιασμός - διαστασιολόγηση, και η εγκατάσταση του κατάλληλου συστήματος κλιματισμού, είναι πρωταρχική απόφαση ηλεκτρολόγου μηχανικού, βάσει πάντα ορθολογικής μελέτης, ώστε σε τελική φάση να συνδυάζει την καλύτερη δυνατή απόδοση, με τη λιγότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας και την οικονομικότερη λύση στα συγκεκριμένα πλαίσια του εκάστοτε κτηρίου μελέτης.

## 7.1. ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (HEAT RECOVERY)

Πριν αναφερθούμε στις κατηγορίες συστημάτων κλιματισμού, ας εξηγήσουμε λίγο τι εννοούμε με τον όρο ανάκτηση θερμότητας, μιας και είναι ένας όρος που θα συναντήσουμε αρκετά στις επόμενες ενότητες.

Κατά τον κλιματισμό ενός χώρου, απορρίπτεται ένα ποσό αέρα από τον χώρο αυτό (σε θερμοκρασία διαφορετική φυσικά από αυτήν του αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος, αφού είναι κλιματισμένος), για να τον αντικαταστήσει ο καινούριος αέρας που θα έρθει φρέσκος από τη μονάδα κλιματισμού. Ο αέρας απορρίπτεται από το χώρο, γιατί περιέχει επιβλαβείς ουσίες (CO<sub>2</sub>, υγρασία, σκόνη, SO<sub>2</sub>, χλώριο, κα), που δημιουργούνται συνήθως από την παρουσία ατόμων στους χώρους, οπότε πρέπει να ανανεωθεί. Έτσι, όταν απορρίπτεται ο αέρας αυτός, για να μη χαθεί η ενέργειά του, μεταφέρεται στο νέο φρέσκο αέρα που θα έρθει και έχει υποστεί κατάλληλη επεξεργασία για να φτάσει τις επιθυμητές συνθήκες. Γι' αυτή τη μεταφορά ενέργειας, λοιπόν, είναι υπεύθυνοι οι εναλλάκτες θερμότητας και τα συστήματα ανάκτησης θερμότητας. Δηλαδή, το καλοκαίρι προψύχεται ο ζεστός νωπός αέρας (πχ. 35°C) που εισέρχεται στη μονάδα κλιματισμού με την ενέργεια του απορριπτόμενου (πχ. 27°C) και το χειμώνα θερμαίνεται ο νωπός αέρας (έστω στους 0°C) με την ενέργεια του απορριπτόμενου, (ο οποίος βρίσκεται πχ. στους 21°C). Μην ξεχνάμε, όμως, ότι οι ρυπογόνες ουσίες θα πρέπει να παραμείνουν στον αέρα απόρριψης και μόνο η

μετάδοση θερμότητας να επιτρέπεται από τα συστήματα ανάκτησης ενέργειας, όχι και η μετάδοση ρύπων.

Αξίζει να σημειωθεί πως η μετάδοση θερμότητας είναι τεχνολογία εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς αξιοποιεί την αποβαλλόμενη θερμότητα ενός χώρου μέσω του αέρα. Μια θερμότητα που αν δεν αξιοποιούνταν και κατέληγε στο περιβάλλον, θα χρειαζόταν σημαντική παραγωγή έργου από το σύστημα κλιματισμού, για να την προσδώσει στον φρέσκο νωπό αέρα, ώστε να καλύψει τις απαιτήσεις του χώρου. Σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ, τα συστήματα πρέπει να ανακτούν πλέον τουλάχιστον το 50% της θερμότητας που πρόκειται να απορριφθεί μαζί με τον αποβαλλόμενο αέρα.

## 7.2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

Σε κάθε σύστημα κλιματισμού διακρίνουμε τον αέρα που προσάγεται στο χώρο (αερισμός), τον αέρα που απάγεται από το χώρο (εξαερισμός), το ποσοστό του αέρα απαγωγής που επαναφέρεται στον κλιματιζόμενο χώρο (ανακυκλοφορία), τον αέρα που απορρίπτεται στο περιβάλλον και τέλος, τον αρχικό αέρα που εισάγεται από το περιβάλλον (εξωτερικός νωπός αέρας) [19]. Η κατάταξη των κλιματιστικών εγκαταστάσεων βασίζεται κυρίως σε τέσσερα κριτήρια:

- ✓ το σκοπό που εξυπηρετούν
- ✓ την εποχή που λειτουργούν
- ✓ πόσους χώρους εξυπηρετούν (καθώς και το μέγεθος αυτών)
- ✓ τη διαδικασία με την οποία κλιματίζουν ένα χώρο και το <<μέσο>> που χρησιμοποιούν.

Τα συστήματα κλιματισμού διακρίνονται σε:

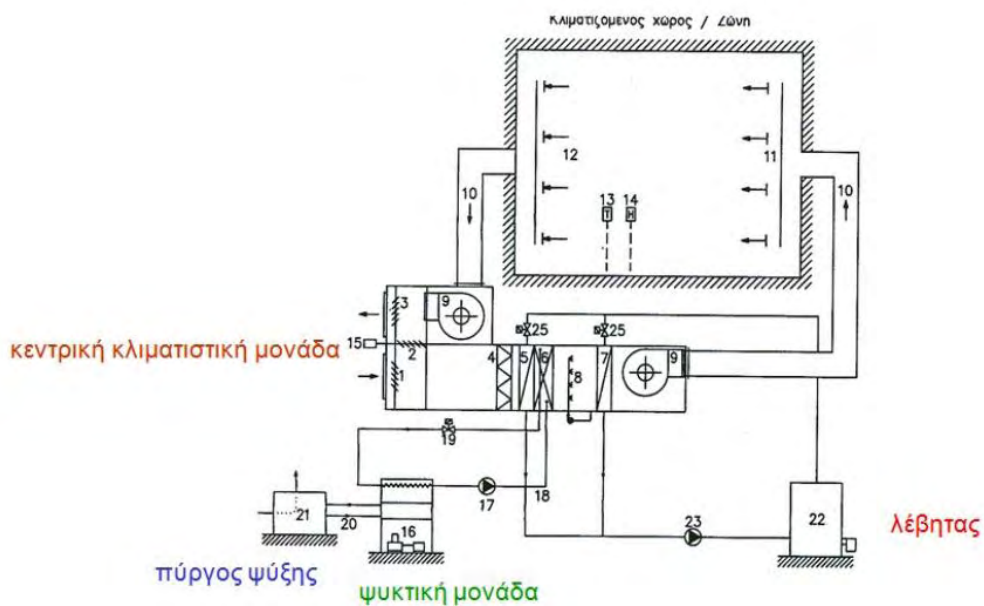
1. συστήματα κλιματισμού αέρα
2. συστήματα κλιματισμού νερού
3. συστήματα κλιματισμού αέρα - νερού.

## 7.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΟΝΟ ΜΕ ΑΕΡΑ

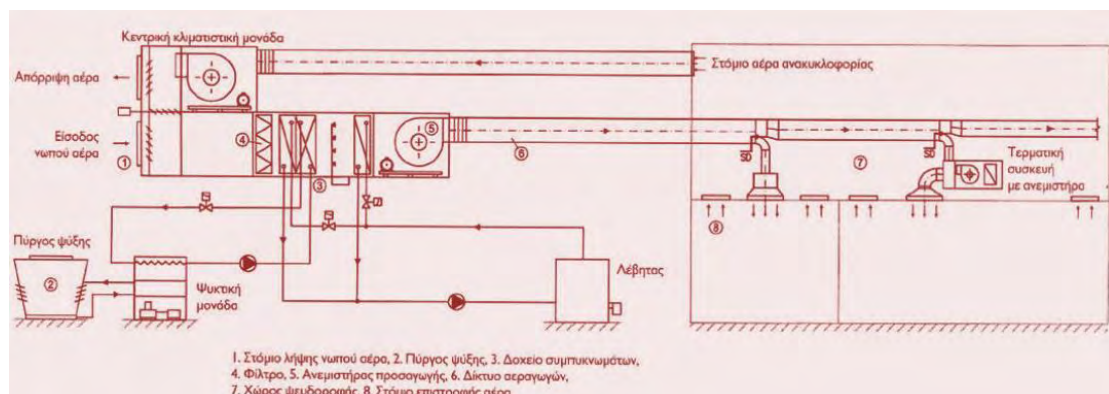
Στα συστήματα αυτά (Εικόνες 22 και 23) απορροφάται εξωτερικός νωπός αέρας από το περιβάλλον και στην κεντρική μονάδα κλιματισμού αναμιγνύεται στο θάλαμο μίξης με ένα τμήμα του αέρα που επιστρέφει από το εσωτερικό του κτηρίου και φιλτράρεται. Έπειτα, ο αέρας αυτός επεξεργάζεται για την κατάλληλη ψύξη ή θέρμανση, ύγρανση ή αφύγρανση, κλπ, ώστε να αποκτήσει τις επιθυμητές συνθήκες. Η ψύξη και η



αφύγρανση γίνονται με τη βοήθεια ψυχρού νερού που παρασκευάζεται στην ψυκτική μονάδα και οδηγείται μέσα στην κεντρική μονάδα κλιματισμού σε εναλλάκτες αέρα - νερού, που ονομάζονται και ψυκτικά στοιχεία. Η θέρμανση, αντίθετα, γίνεται με ζεστό νερό που παρασκευάζεται στο λέβητα και ακολουθεί μετά και αυτό με τη σειρά του την ίδια ακριβώς διαδικασία, όπως και στην ψύξη, περνώντας από τα αντίστοιχα θερμαντικά στοιχεία. Η ύγρανση, ωστόσο, του αέρα γίνεται από τους υγραντήρες, οι οποίοι είναι ειδικές συσκευές που διοχετεύουν νερό ή ατμό στην κεντρική μονάδα κλιματισμού. Έτσι, λοιπόν, όταν ο αέρας φτάσει τελικά στις επιθυμητές συνθήκες, διανέμεται μέσω ανεμιστήρων και αεραγωγών διανομής στους χώρους του κτηρίου [17].



Εικόνα 22. Σύστημα κλιματισμού μόνο με αέρα

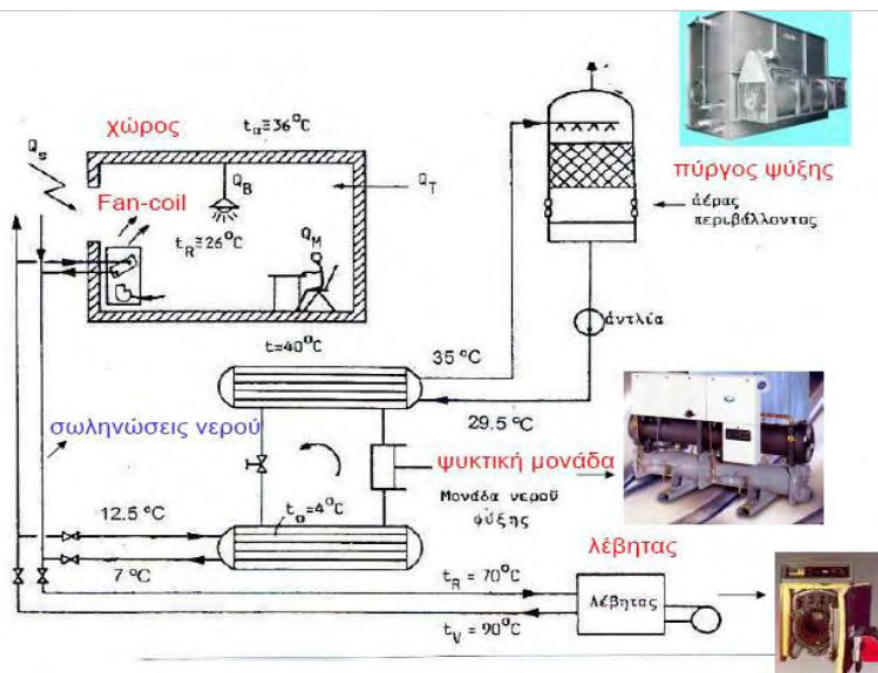


Εικόνα 23. Σύστημα κλιματισμού με αέρα



## 7.4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΟΝΟ ΜΕ ΝΕΡΟ

Στα συστήματα αυτά (Εικόνα 24) ο έλεγχος των συνθηκών του αέρα γίνεται με την κυκλοφορία του αέρα των χώρων μέσα από κατάλληλες τερματικές συσκευές, οι οποίες λειτουργούν με θερμό ή ψυχρό νερό (συνήθως Fan-coils) και είναι εγκατεστημένες στους χώρους του κτηρίου. (Για τα Fan-coils, ως πιο διαδεδομένα, θα μιλήσουμε γι' αυτά αναλυτικότερα παρακάτω). Το ψυχρό νερό παρασκευάζεται σε ψυκτικές μονάδες (υδρόψυκτες ή αερόψυκτες), ενώ το ζεστό σε λέβητες. Οι τερματικές αυτές συσκευές περιλαμβάνουν ψυκτικό - θερμαντικό στοιχείο και ανεμιστήρα για την εξαναγκασμένη κυκλοφορία του αέρα. Παροχή φρέσκου εξωτερικού αέρα και γενικότερα μηχανικού αερισμού δεν εξασφαλίζεται με τα συστήματα αυτά και είναι κάτι που θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ξεχωριστά (παρά μόνο κάποιος υποτυπώδης αερισμός, εάν τα Fan-coils είναι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα μέσω ανοίγματος) [17].



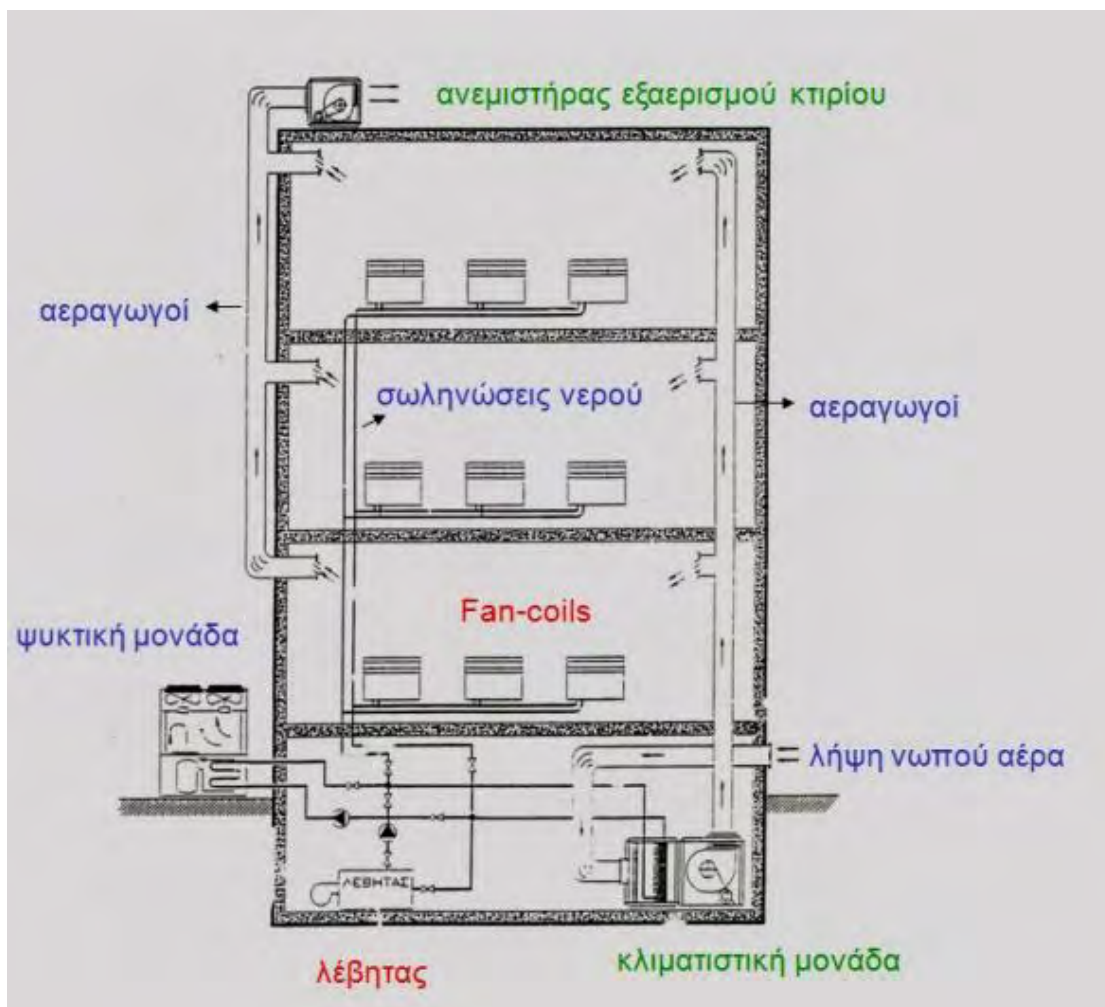
Εικόνα 24. Σύστημα κλιματισμού μόνο με νερό

## 7.5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΑΕΡΑ – ΝΕΡΟΥ

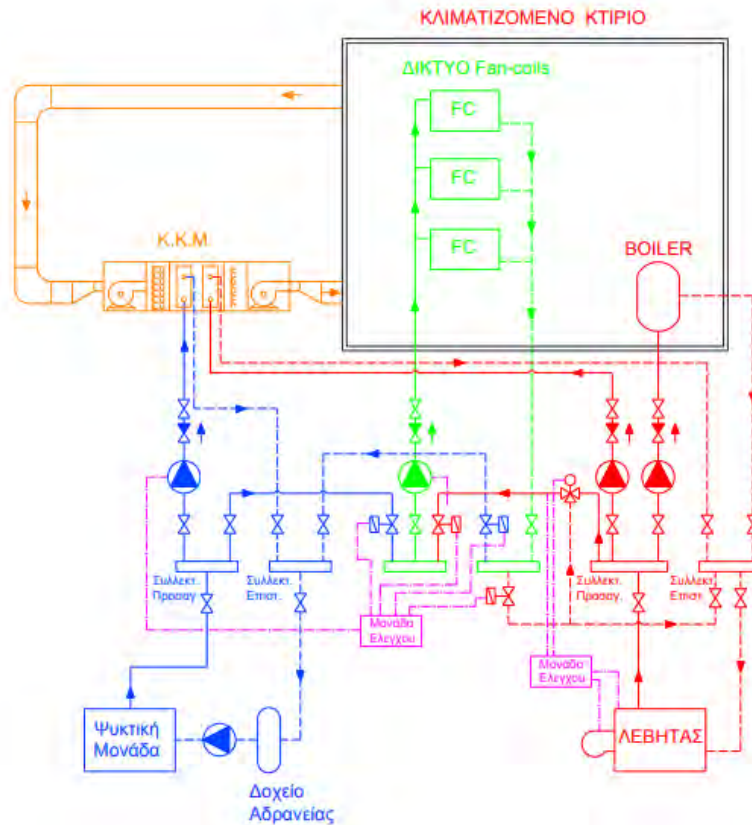
Τα συστήματα κλιματισμού αέρα – νερού (Εικόνα 25 και 26) είναι μικρά συστήματα που καλύπτουν τις ανάγκες ενός ή περισσότερων χώρων, με τη βοήθεια ενός δικτύου αεραγωγών και ενός δικτύου σωληνώσεων νερού. Συνήθως, το πρώτο καλύπτει τα φορτία αερισμού των χώρων και το δεύτερο αυτά της ψύξης ή της θέρμανσης. Και τα

δύο δίκτυα χρησιμοποιούν το νερό σαν ψυκτικό ρευστό και περιλαμβάνουν μονάδες, οι οποίες τροφοδοτούνται με νερό μέσω κεντρικής εξωτερικής ή εσωτερικής μονάδας παρασκευής του. Τα δίκτυα αέρα αναχωρούν από κεντρική κλιματιστική μονάδα (ΚΚΜ) ή τοπικές μονάδες αέρα (συνήθως τύπου Fan-coil) και καταλήγουν μέσω των αεραγωγών σε ειδικά στόμια μεταφοράς του αέρα. Από την άλλη μεριά, τα δίκτυα νερού καταλήγουν σε τοπικές μονάδες νερού (συνήθως τύπου Fan-coil) μέσω των σωληνώσεων νερού και σε βεβιασμένη κυκλοφορία μέσω αντλίας (κυκλοφορητή).

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα με τα συστήματα αέρα - νερού είναι ότι μπορούν να λειτουργούν με τη χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας, όπως τα ηλιακά συστήματα, τη γεωθερμία, τα συστήματα αποθήκευσης ψυχρού νερού ή πάγου, και πολλές άλλες, που τα καθιστούν τα πιο ενεργειακά αποδοτικά συστήματα και με χαμηλότερο κόστος λειτουργίας σε σχέση με όλα τα άλλα [17].



Εικόνα 25. Σύστημα κλιματισμού αέρα - νερού

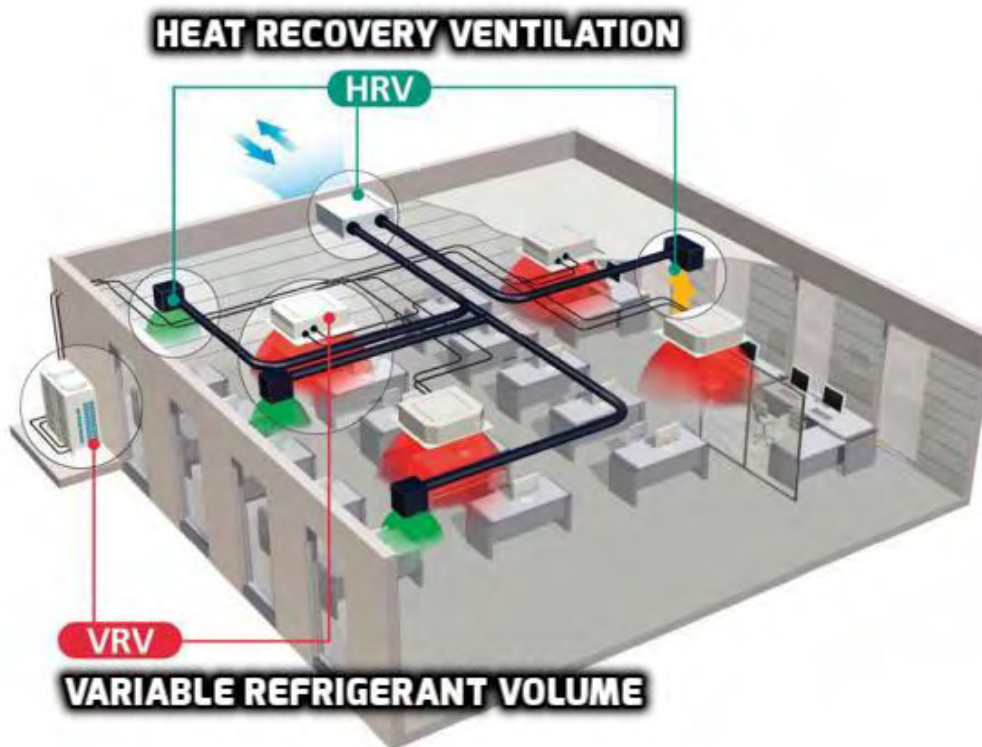


Εικόνα 26. Λειτουργικό διάγραμμα συστήματος κλιματισμού αέρα - νερού

## 7.6. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ VARIABLE REFRIGERANT FLOW (VRF) ΚΑΙ VARIABLE REFRIGERANT VOLUME (VRV)

Τα συστήματα VRF/VRV ανήκουν στην κατηγορία συστημάτων κλιματισμού αέρα - ψυκτικού ρευστού ή αμέσου εκτονώσεως (όπως αλλιώς ονομάζονται), παρόμοια με τα αέρα - νερού, μόνο που αντί για νερό, χρησιμοποιούν ψυκτικό ρευστό για την ψύξη ή τη θέρμανση του αέρα. Μία κεντρική εξωτερική μονάδα (ή και μία συστοιχία μονάδων), τύπου αντλίας θερμότητας (heat pump), εξυπηρετεί επιμέρους εσωτερικές μονάδες (τύπου ανεμιστήρα στοιχείου), στις οποίες ο αέρας ψύχεται ή θερμαίνεται απευθείας σε εναλλάκτες θερμότητας αέρα - ψυκτικού μέσου. Η εξαίμηση του ψυκτικού προκαλεί ψύξη και η συμπύκνωσή του θέρμανση. Η ονομασία των συστημάτων αυτών, προκύπτει από την ικανότητά τους να ελέγχουν την ποσότητα ροής του ψυκτικού μέσου στις εσωτερικές μονάδες (εξατμιστές), προκειμένου να προσαρμόζονται στις ανάγκες και τις απαιτήσεις ενός χώρου κάθε χρονική στιγμή. Αλλάζοντας την συχνότητα ηλεκτρικής τροφοδοσίας στον συμπιεστή της εξωτερικής μονάδας, αλλάζει και η ταχύτητά του, συνεπώς μεταβάλλεται και η ποσότητα ψυκτικού

που παρέχει ο συμπιεστής, γι' αυτό και σε οποιοδήποτε σημείο του συστήματος ρέει μεταβλητός όγκος ψυκτικού. Τα συστήματα VRF/VRV χρησιμοποιούνται για φορτία χώρου (ψύξη - θέρμανση) και αερισμού, αντίστοιχα (Εικόνα 27). Δεν απαιτούν υπολογισμό κυκλοφορητών, αφού οι κυκλοφορητές αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι των εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού συστημάτων που χρησιμοποιούν δίκτυα διανομής νερού. Στην κατηγορία αυτή, ανήκουν και τα γνωστά τοπικά κλιματιστικά τοίχου που χρησιμοποιούνται ευρέως στον οικιακό τομέα.

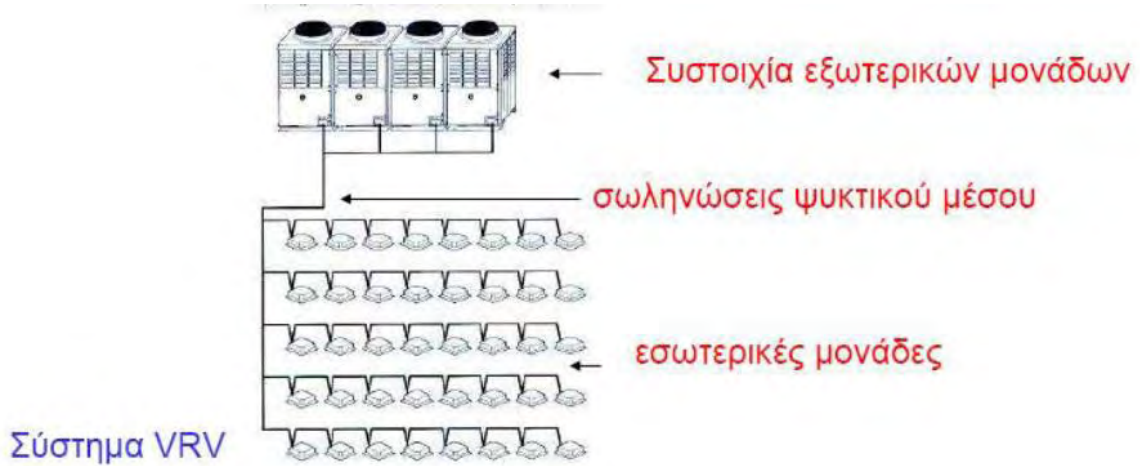


Εικόνα 27. Σχηματική απεικόνιση συστήματος VRV με ανάκτηση θερμότητας

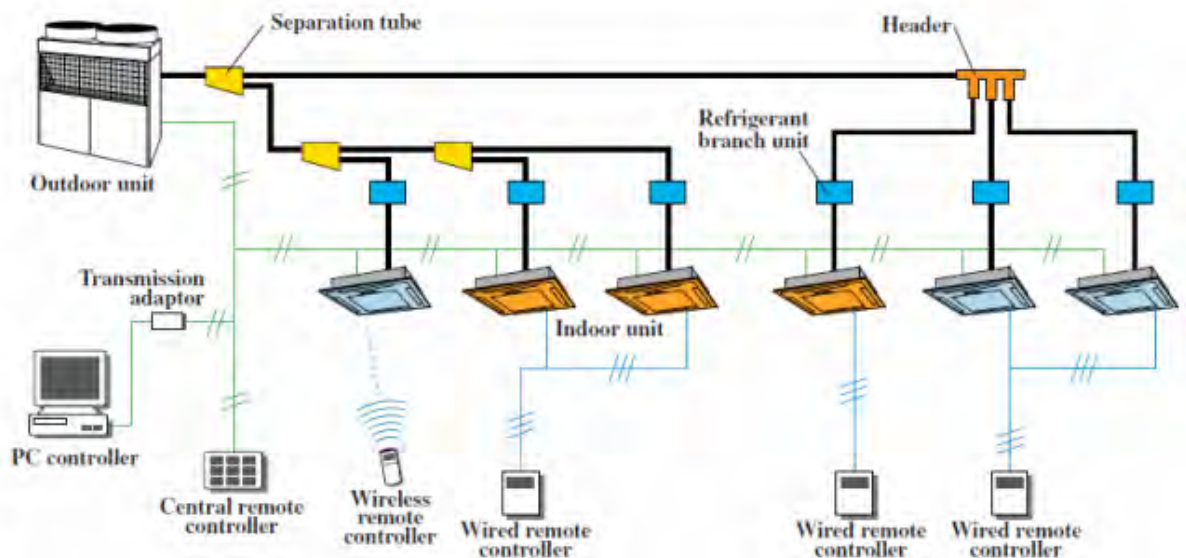
Τα πιο εξελιγμένα μοντέλα συστημάτων VRF/VRV μπορούν να συνδεθούν με εξωτερική μονάδα, που να εξυπηρετεί η ίδια και ψύξη και θέρμανση ταυτόχρονα. Προσφέρουν ευελιξία σχεδιασμού και αυτονομία στο χρήστη, έχουν εύκολη εγκατάσταση (χωρίς οι μονάδες να απαιτούν μεγάλο χώρο) και χαμηλό κόστος, τόσο εγκατάστασης, όσο και λειτουργίας. Το κυριότερο, όμως, πλεονέκτημά τους είναι ότι έχουν τη δυνατότητα να ανταποκρίνονται αυτόματα και μεμονωμένα στις διακυμάνσεις των φορτίων ενός χώρου και να εξοικονομούν ενέργεια, λόγω και των συμπιεστών inverter που διαθέτουν, αλλά και της δυνατότητας του χρήστη να ρυθμίζει απομακρυσμένα τη θερμοκρασία του χώρου και να ελέγχει τη ροή του ψυκτικού υγρού,



σύμφωνα με τις επιθυμητές ανάγκες. Τα VRF/VRV θεωρούνται η αιχμή της τεχνολογίας των αερόψυκτων συστημάτων κλιματισμού και στα συστήματα αυτά, μια εξωτερική μονάδα μπορεί υπό προϋποθέσεις να τροφοδοτήσει έως και 64 εσωτερικές μονάδες [16].



Εικόνα 28. Σύστημα VRV



Εικόνα 29. Σχηματική απεικόνιση VRV, VRF

## 7.7. ΔΙΜΕΡΕΙΣ ΜΟΝΑΔΕΣ (SPLIT-TYPE UNITS)

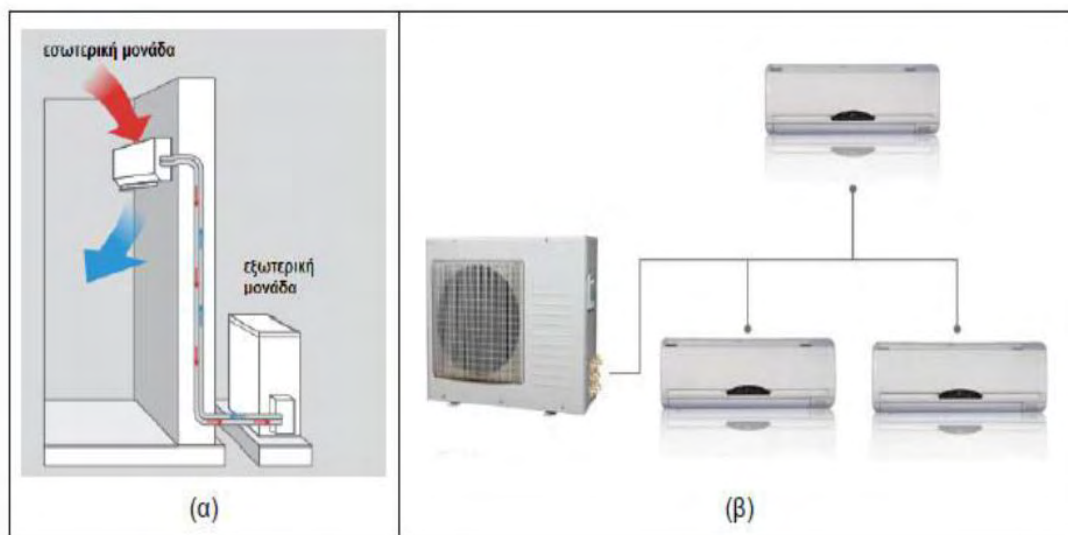
Τα συστήματα αυτά (Εικόνα 30), που αποκαλούνται αλλιώς και <<κλιματιστικά διαιρούμενου τύπου>>, αποτελούνται από δύο μέρη, την εξωτερική μονάδα και την εσωτερική, οι οποίες τοποθετούνται σε μικρή σχετικά απόσταση μεταξύ τους. Η εξωτερική περιλαμβάνει τον συμπιεστή και τον συμπυκνωτή, ενώ η εσωτερική τον εξατμιστή και τη βαλβίδα εκτόνωσης. Διαθέτουν:

- τη βαλβίδα αντεπιστροφής, η οποία επιτρέπει τη διέλευση του ψυκτικού μέσου προς μία κατεύθυνση
- το συλλέκτη του ψυκτικού υγρού, στον οποίο συγκεντρώνεται το ψυκτικό και σταθεροποιείται η πίεσή του
- την τετράοδη βάννα, που επιτρέπει την εναλλαγή λειτουργίας του κλιματιστικού από θέρμανση σε ψύξη
- σύστημα ύγρανσης και αφύγρανσης (κατά την ψύξη, η αφύγρανση πραγματοποιείται με την εκκίνηση του συστήματος όταν η θερμοκρασία του χώρου καταλήξει μεγαλύτερη από την επιθυμητή, ενώ κατά τη θέρμανση, το σύστημα ξεκινά να λειτουργεί όταν η θερμοκρασία του χώρου φτάσει μικρότερη από τη επιθυμητή)
- φίλτρο στην εσωτερική μονάδα, για να αποτρέπει τη διέλευση σκόνης στον κλιματιζόμενο χώρο (πρέπει να καθαρίζεται συχνά για τη σωστή και αθόρυβη λειτουργία του κλιματιστικού)
- θερμοστάτη χώρου, για τη δυνατότητα ρύθμισης της θερμοκρασίας του χώρου από το χρήστη, μέσω ειδικού τηλεχειριστηρίου.

Τα κλιματιστικά αυτά είναι αντλίες θερμότητας αέρα - αέρα και λειτουργούν με βάση τον ψυκτικό κύκλο, κατά τον οποίο το ψυκτικό μέσο (κοινώς φρέον) συμπιέζεται στον συμπιεστή της εξωτερικής μονάδας, συμπυκνώνεται και υγροποιείται. Έπειτα, εκτονώνεται στην ειδική βαλβίδα και αεριοποιείται πάλι στον εξατμιστή της εσωτερικής μονάδας. Το ψυκτικό που χρησιμοποιούν τα κλιματιστικά αέρα - αέρα είναι το R-22.

Πιο συγκεκριμένα, κατά τη λειτουργία του κλιματιστικού, ο αέρας του περιβάλλοντος οδηγείται στον εξατμιστή, μέσω ανεμιστήρα. Το ψυκτικό υγρό που διέρχεται από τον εξατμιστή απορροφά θερμότητα από τον αέρα αυτόν, κι έτσι μειώνεται η θερμοκρασία του, οπότε αρχίζει να αεριοποιείται. Μετά την αεριοποίησή του, οδηγείται στον συμπιεστή, όπου αυξάνεται η θερμοκρασία του και τελικά διέρχεται από το συμπυκνωτή και υγροποιείται, αποβάλλοντας έτσι τη θερμότητά του στο χώρο που πρέπει να κλιματιστεί. Τέλος, το ψυκτικό υγρό οδηγείται και πάλι στον εξατμιστή, για να αρχίσει εκ νέου αυτός ο κύκλος. Η εναλλαγή λειτουργίας της αντλίας από θέρμανση σε ψύξη, συμβαίνει με τη βοήθεια της τετράοδης βάννας, με την οποία

ουσιαστικά εναλλάσσεται ο εξατμιστής με τον συμπυκνωτή, που αποτελούν εναλλάκτες θερμότητας - ψυκτικού μέσου, κι έτσι αντί να αποβάλλεται η θερμότητα στο εσωτερικό του χώρου όπως πριν, απελευθερώνεται έξω στο περιβάλλον (που είναι τώρα από την πλευρά του συμπυκνωτή) [11].



Εικόνα 30. Κλιματιστικό split unit

## 7.8. ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (ΚΚΜ)

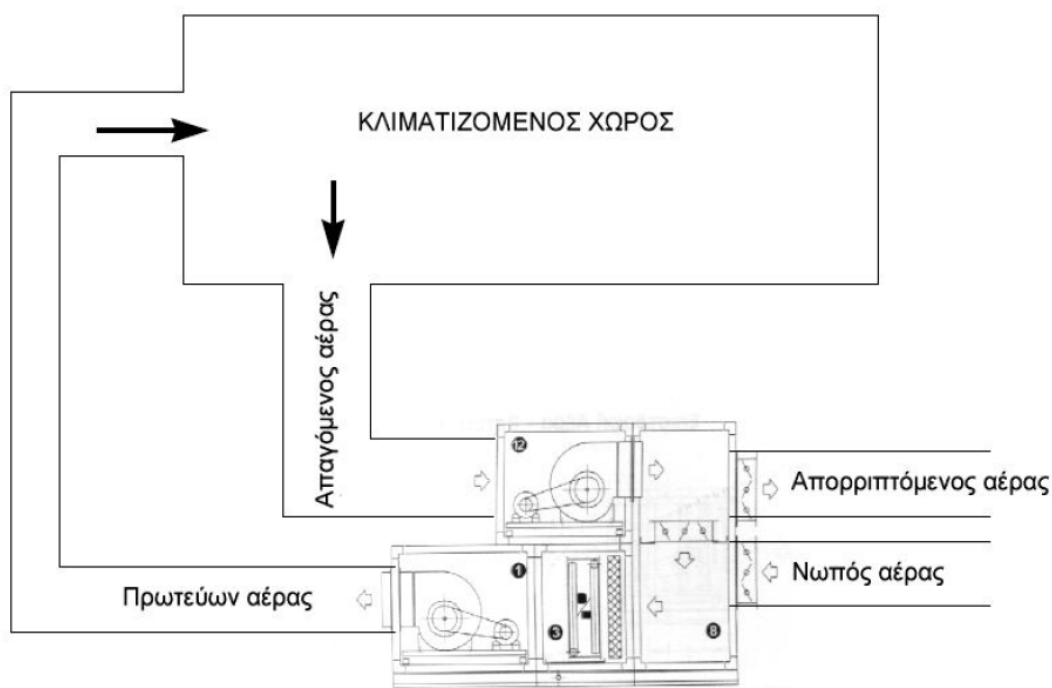
Η κεντρική κλιματιστική μονάδα αποτελεί το βασικό μηχανήμα σε ένα σύστημα κεντρικού κλιματισμού, αφού μέσα σε αυτήν γίνεται η επεξεργασία του κλιματιζόμενου αέρα, ώστε να καταμετρηθεί μετά σε όλο το κτήριο. Η ΚΚΜ επιτελούν ουσιαστικά τις παρακάτω βασικές λειτουργίες:

- θερμική επεξεργασία του αέρα (ψύξη - θέρμανση)
- καθαρισμός (φιλτράρισμα) του αέρα
- ύγρανση του αέρα το χειμώνα (πρόσδωση υγρασίας)
- αφύγρανση το καλοκαίρι (αφαίρεση υγρασίας)
- ανανέωση του αέρα (προσθήκη νωπού αέρα και απόρριψη).

Η ΚΚΜ χειρίζεται και κλιματίζει τον αέρα, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του χώρου και κάθε χρήστη, και στη συνέχεια τον διανέμει στους διάφορους χώρους. Ο αέρας που αποστέλλουν, λοιπόν, ονομάζεται <<πρωτεύων αέρας>>, ενώ ο αέρας που τροφοδοτεί το στοιχείο τους <<αέρας τροφοδοσίας>>, ο οποίος αποτελεί ουσιαστικά μίγμα του



νωπού αέρα που εισέρχεται από το εξωτερικό περιβάλλον στην ΚΚΜ, και του <<αέρα ανακυκλοφορίας>>, που προέρχεται από τον εσωτερικό κλιματιζόμενο χώρο. Ο αέρας ανακυκλοφορίας αποτελεί μέρος του <<απαγόμενου αέρα>>, αυτού δηλαδή που πρόκειται να απορριφθεί στο περιβάλλον για να εισέλθει νέος καθαρός νωπός αέρας. Το στοιχείο θέρμανσης συμβολίζεται με + και το στοιχείο ψύξης με -. Ο κλιματισμένος αέρας, με τη βοήθεια του ανεμιστήρα προσαγωγής, αποκτά δυναμική και στατική πίεση, που του επιτρέπει να κυκλοφορήσει μέσα από τους αεραγωγούς προσαγωγής και να καταλήξει στα στόμια του αέρα. Η θερμοκρασία του προσαγόμενου αέρα παραμένει σε προκαθορισμένα όρια, χάρις στο σύστημα αυτομάτου ελέγχου που διαθέτει κάθε ΚΚΜ (Εικόνες 31 και 32).

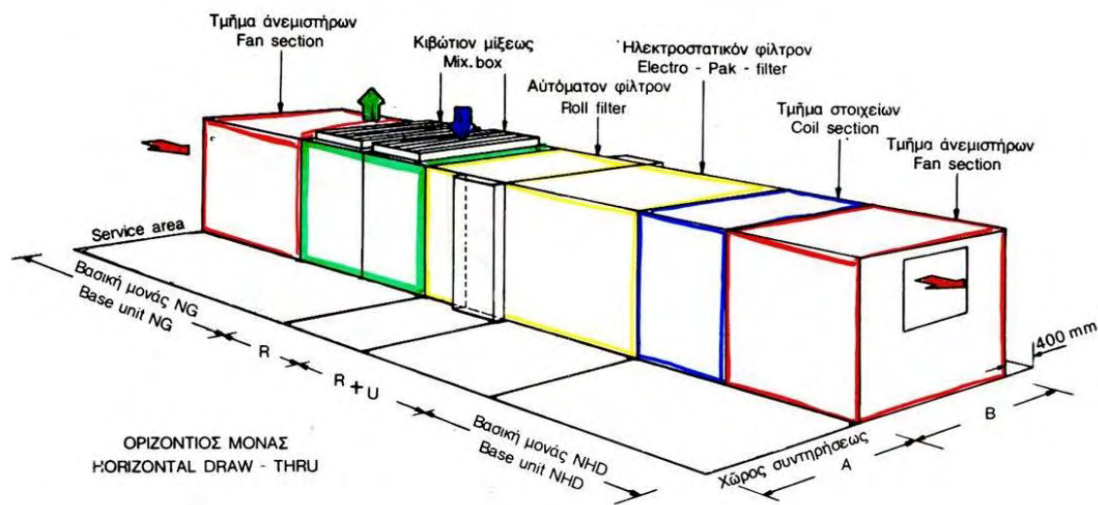


Εικόνα 31. Σχεδιάγραμμα λειτουργίας ΚΚΜ

Για να πραγματοποιείται, λοιπόν, όλη αυτή η λειτουργία των κεντρικών κλιματιστικών μονάδων, συγκροτούνται από διάφορα επιμέρους τμήματα, τα οποία συναρμολογούνται με κατάλληλο τρόπο που να ταιριάζει με τις ανάγκες κάθε μελέτης και κάθε πελάτη, και τα οποία είναι τα εξής:

- το τμήμα θερμικής επεξεργασίας και ρύθμισης του αέρα
- ένα ή περισσότερα τμήματα ανεμιστήρων
- το κιβώτιο μίξης
- το τμήμα φίλτρων

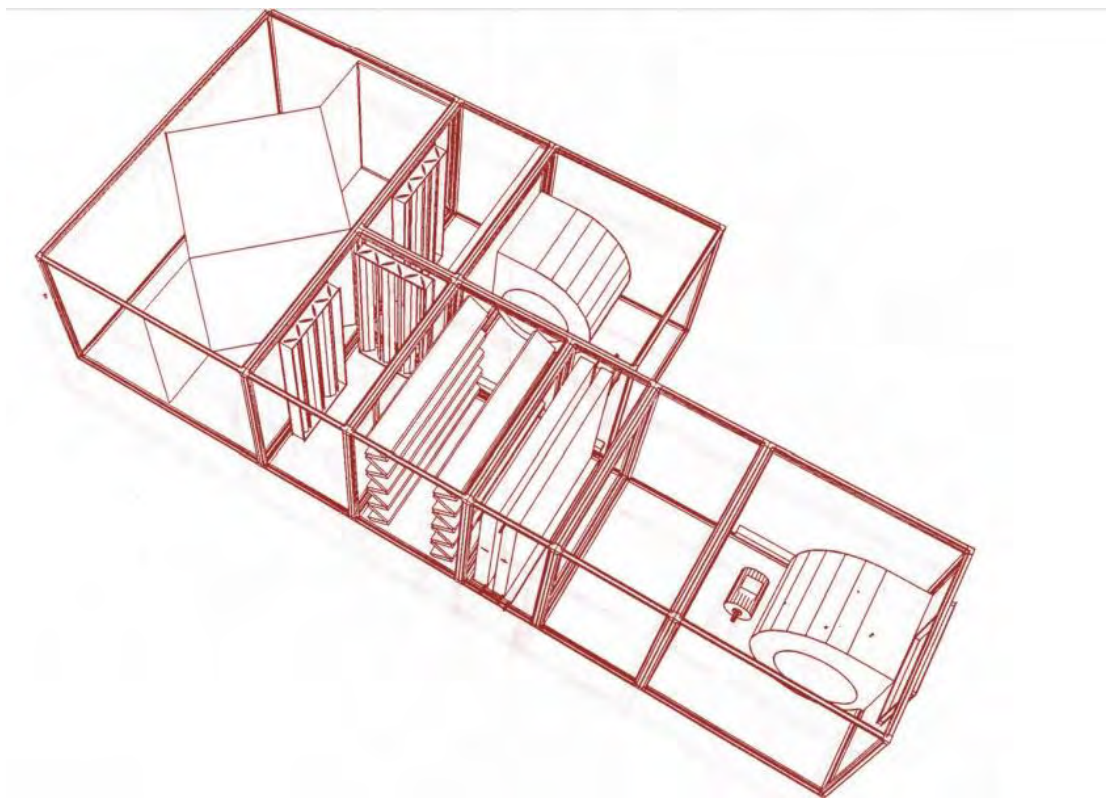
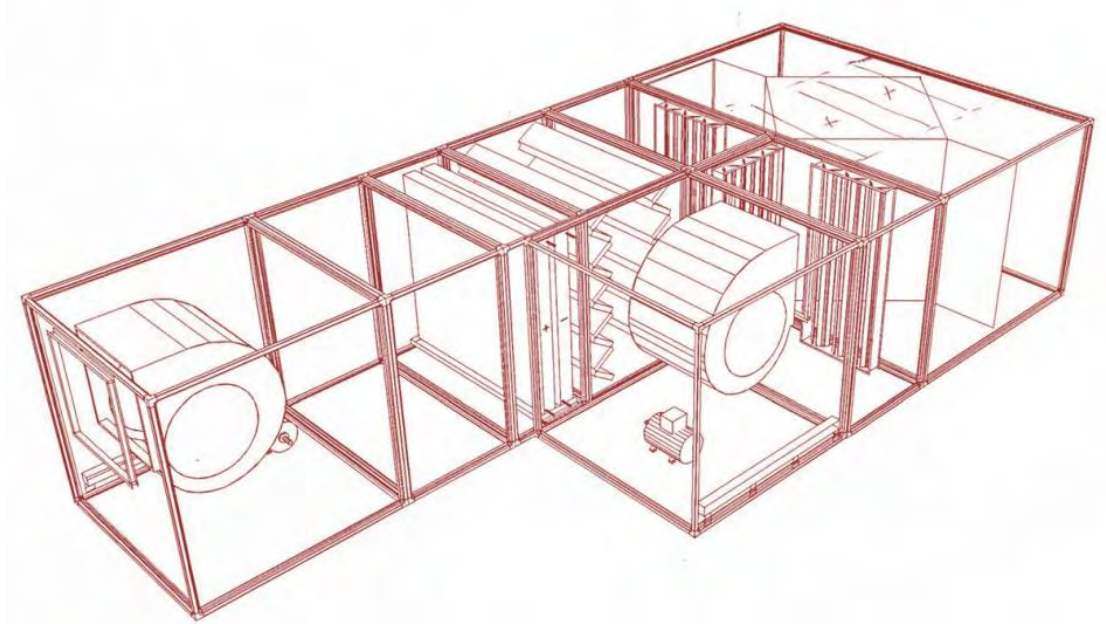
➤ και το τμήμα εξοικονόμησης ενέργειας.



Εικόνα 32. Επιμέρους τμήματα μιας ΚΚΜ

Η επιλογή του τύπου και της συγκρότησης μιας ΚΚΜ εξαρτάται από το προβλεπόμενο σύστημα κλιματισμού. Οι ΚΚΜ κατατάσσονται σε οριζόντιες και κατακόρυφες (Εικόνα 33), ανάλογα με την κατασκευή τους. Οι πρώτες χρειάζονται περισσότερο χώρο και στις δεύτερες ο ανεμιστήρας προσαγωγής βρίσκεται συνήθως πιο ψηλά από το στοιχείο και τα φίλτρα. Η επιλογή οριζόντιας ή κατακόρυφης μονάδας εξαρτάται από το διαθέσιμο για την εγκατάσταση χώρο και τη διαμόρφωση του δικτύου αεραγωγών. Η επιλογή του μεγέθους της ΚΚΜ προηγείται της επιλογής των στοιχείων της και γίνεται από τους καταλόγους των κατασκευαστών, με βάση α) της συνολικής παροχής αέρα στους κλιματιζόμενους χώρους και β) τη μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα στο ψυκτικό στοιχείο.

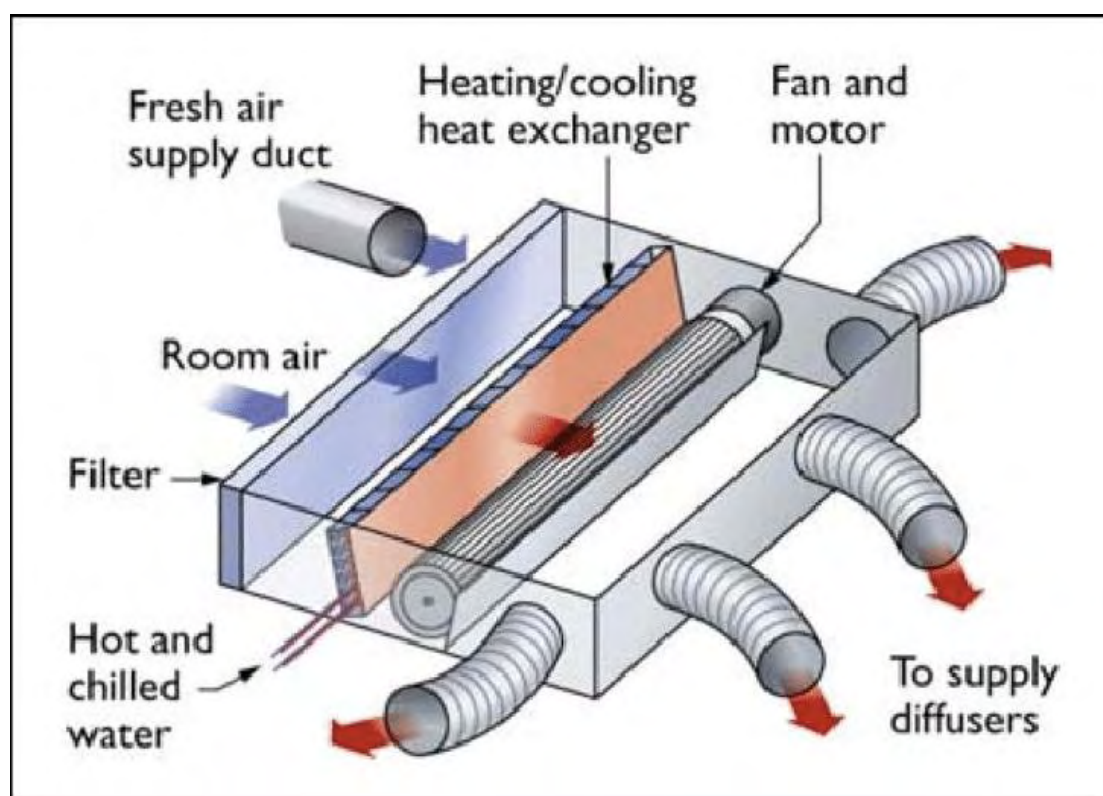
Μια ΚΚΜ τροφοδοτείται με ζεστό νερό από τον λέβητα και με κρύο από το κεντρικό συγκρότημα ψύξης. Η έξοδος της συνδέεται με το δίκτυο αεραγωγών της εγκατάστασης. Τοποθετείται συνήθως (αλλά όχι απαραίτητα) κοντά στην μονάδα παραγωγής ψυχρού νερού (ψύκτη) στο υπόγειο ή στο δώμα του κτηρίου.



Εικόνα 33. ΚΚΜ σε προοπτικά σχήματα

## 7.9. ΤΕΡΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ FAN-COIL UNITS (FCU)

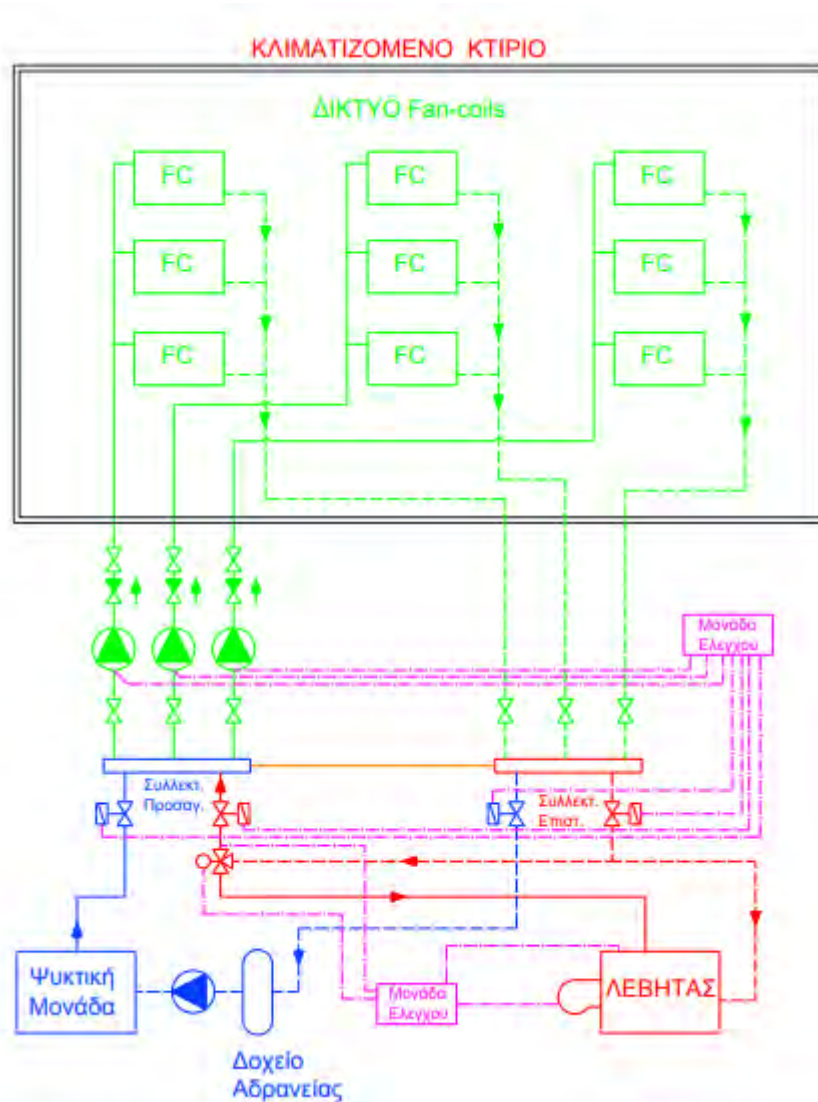
Οι τοπικές μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου Fan-coil είναι τα πιο διαδεδομένα συστήματα νερού στον τομέα των εγκαταστάσεων (Εικόνα 34). Η λειτουργία τους στηρίζεται στο ψυκτικό - θερμικό στοιχείο και τον ανεμιστήρα τους. Στο ψυκτικό - θερμικό στοιχείο, που αποτελείται από χάλκινους αγωγούς, καταλήγει το ψυχρό - θερμό νερό μέσω σωληνώσεων από την κεντρική μονάδα. Μέσω του στοιχείου επιτυγχάνεται η ψύξη με αφύγρανση ή η θέρμανση του ανακυκλοφορούντος αέρα. Ο ανεμιστήρας με βεβαιωμένη κυκλοφορία προωθεί τον αέρα στο χώρο, ο οποίος αέρας κυκλοφορώντας γύρω από το στοιχείο και ερχόμενος σε επαφή με αυτό, αποκτά τις ιδιότητές και τη θερμοκρασία του. Ο αέρας ανακυκλοφορίας παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη λειτουργία του Fan-coil, γιατί το Fan-coil πρέπει να 'αναπνέει' μέσα από τον χώρο όπου λειτουργεί. Τέλος, ένας υποτυπώδης αερισμός μπορεί να επιτευχθεί όταν το Fan-coil βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα μέσω ανοίγματος.



Εικόνα 34. Βασική διαμόρφωση FCU



Τα κυριότερα πλεονεκτήματα για τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως τα FCU στις εγκαταστάσεις είναι η ευελιξία που παρέχουν στο σχεδιασμό τους, ανάλογα φυσικά με τις απαιτήσεις κάθε χώρου, καθώς και η δυνατότητα αυτονομίας του κάθε χώρου, αφού ένα FCU ελέγχεται αυτόνομα από θερμοστάτη χώρου και κατάλληλη ηλεκτροβάννα. Επιπλέον, η εγκατάσταση των FCU είναι σχετικά εύκολη και το κόστος τους μικρότερο σε σχέση με άλλα κλιματιστικά συστήματα. Το σημαντικότερο, όμως, πρόβλημα που καλείται να αντιμετωπίσει ένας μηχανικός σε αυτά τα συστήματα, είναι η αδυναμία που παρουσιάζουν να παρέχουν μηχανικό αερισμό στους χώρους και ύγρανση του αέρα, ιδίως κατά τη χειμερινή περίοδο. Το πρόβλημα αυτό της ανανέωσης του αέρα αντιμετωπίζεται είτε με την τοποθέτηση εξαεριστήρων στους κλιματιζόμενους χώρους, ώστε να διεισδύει ο αέρας από τις χαραμάδες, είτε με την εισαγωγή νωπού αέρα μέσω των FCUs από ένα κεντρικό αεραγωγό προσαγωγής.



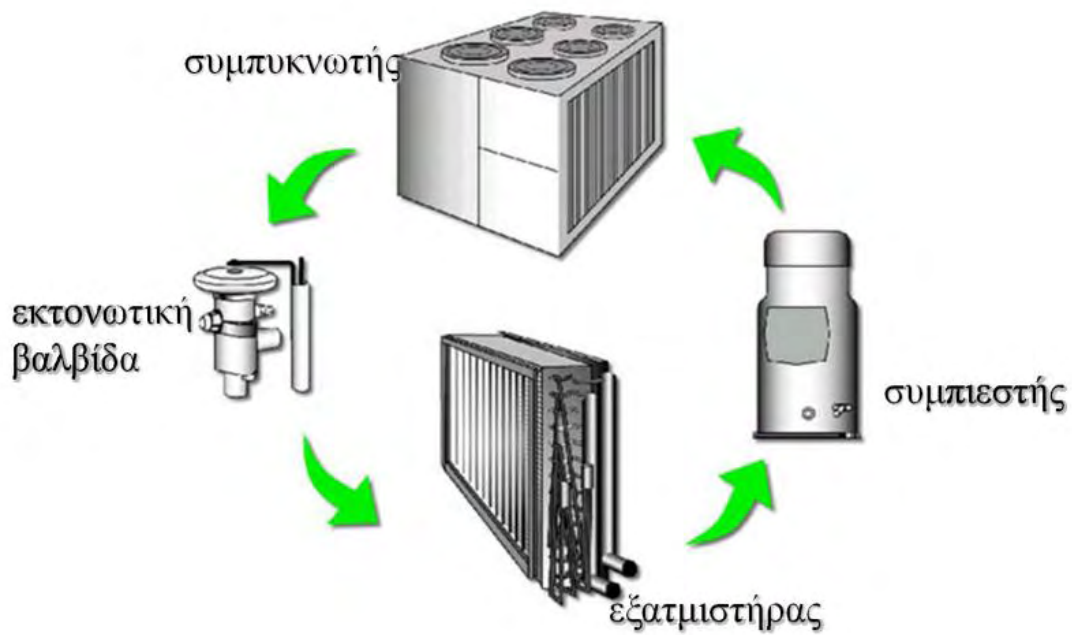
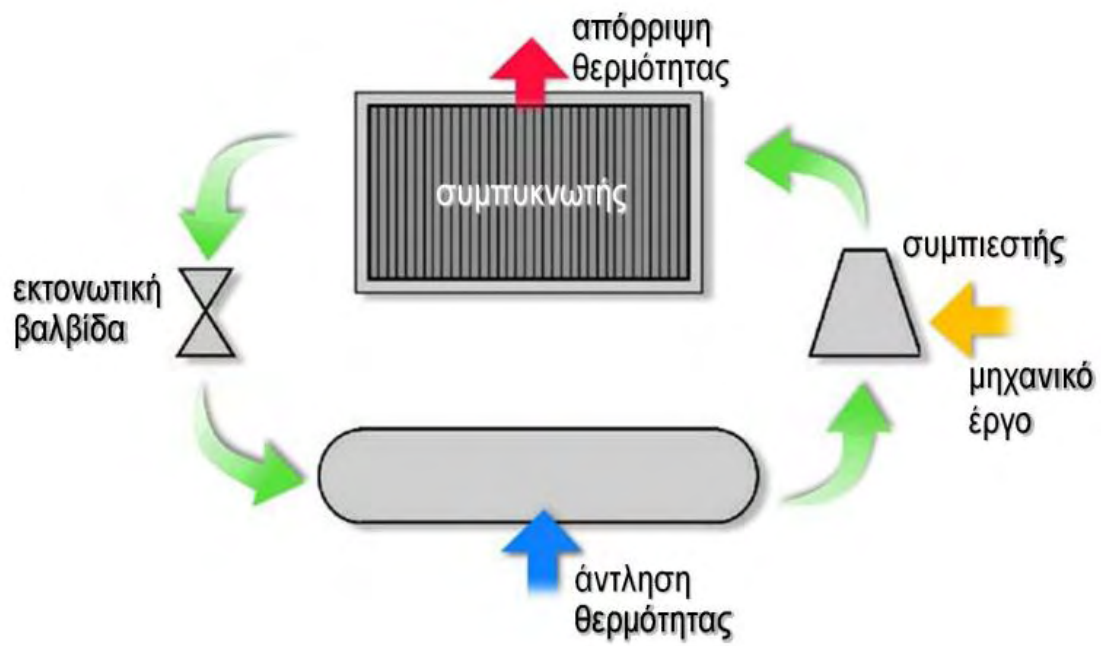
Εικόνα 35. Λειτουργικό διάγραμμα συστήματος με FCU

## 7.10. ΑΕΡΟΨΥΚΤΟΣ ΨΥΚΤΗΣ (Air-cooled Chiller)

Οι ψύκτες είναι ουσιαστικά αντλίες θερμότητας, συσκευές δηλαδή με την ικανότητα να απορροφούν (να αντλούν) θερμότητα από μια πηγή χαμηλής θερμοκρασίας και να τη μεταφέρουν σε έναν αποδέκτη υψηλότερης θερμοκρασίας. Οι αντλίες θερμότητας λειτουργούν γενικά είτε σε ψύξη και θέρμανση, είτε μόνο σε ψύξη. Αν έχουμε να κάνουμε με τη δεύτερη περίπτωση, τότε μιλάμε για ψύκτη (chiller). Ένας ψύκτης (όπως ακριβώς και μια αντλία θερμότητας) αποτελείται κατασκευαστικά κυρίως από 4 βασικά στοιχεία:

1. Εξατμιστή: εναλλάκτης θερμότητας, που βρίσκεται στο εσωτερικό του χώρου που θέλουμε να ψύξουμε. Σε αυτόν το ψυκτικό ρευστό σε χαμηλή πίεση και θερμοκρασία απορροφά θερμότητα και εξατμίζεται, γεγονός που συνεπάγεται τη μετατροπή του σε ατμό χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας.
2. Συμπιεστής: σε αυτόν οδηγείται το αεριοποιημένο πλέον ψυκτικό ρευστό από τον εξατμιστή, και συμπιέζεται (αναρροφούνται οι ατμοί του) ώστε να αυξήσει την πίεση και τη θερμοκρασία τους.
3. Συμπυκνωτής: εναλλάκτης θερμότητας στο εξωτερικό περιβάλλον αυτή τη φορά, όπου θέλουμε να απορρίψουμε τη θερμότητα. Σε αυτόν, οι υψηλής θερμοκρασίας (από τον συμπιεστή) ατμοί του ψυκτικού ρευστού ψύχονται και έπειτα συμπυκνώνονται, αποβάλλοντας τη θερμότητά τους στο περιβάλλον, με αποτέλεσμα το ψυκτικό ρευστό να μετατρέπεται από αέριο σε υγρό υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης.
4. Βαλβίδα εκτόνωσης: συσκευή για τη μείωση της πίεσης και της θερμοκρασίας του υγρού, που βγαίνει από τον συμπυκνωτή, για να εισέλθει και πάλι στον εξατμιστή και να αρχίσει επόμενος κύκλος.

Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στον θερμοδυναμικό κύκλο των ψυκτικών ρευστών να απορροφούν θερμότητα όταν εξατμίζονται και να αποβάλλουν θερμότητα όταν συμπυκνώνονται, και η οποία παρουσιάζεται σχεδιαγραμματικά παρακάτω (Εικόνα 36).



Εικόνα 36. Θερμοδυναμικός κύκλος ψυκτικών ρευστών

Το μηχανικό έργο που δαπανά ένας ψύκτης έγκειται στη μεταφορά μιας ποσότητας θερμότητας που ήδη υπάρχει σε μια πηγή ενέργειας υψηλότερης θερμοκρασίας και όχι για την παραγωγή θερμότητας. Η πηγή από την οποία παραλαμβάνεται η εναποτίθεται



η θερμότητα, μπορεί να είναι ο αέρας, το νερό ή το έδαφος, γι' αυτό και οι ψύκτες κατηγοριοποιούνται σε αερόψυκτους, υδρόψυκτους, γεωθερμικού, κα. Οι αερόψυκτοι, λοιπόν, ψύκτες (που θα συναντήσουμε και στην παρούσα μελέτη) αποτελούν στην πραγματικότητα την 'καρδιά' του συστήματος μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης, αφού αναλαμβάνουν την κάλυψη όλων των ψυκτικών φορτίων ενός κτηρίου (που είναι πάντα πολύ μεγαλύτερα από τα θερμικά) και συνεπώς χαρακτηρίζονται από μεγάλες τιμές αποδιδόμενης ισχύος και μεγάλες τιμές απαιτούμενης ηλεκτρικής ισχύος από το δίκτυο, αντίστοιχα. Επομένως, ο βαθμός απόδοσης (COP) ενός ψύκτη είναι μείζονος σημασίας. Εξαρτάται από τη θερμοκρασία της πηγής θερμότητας, δηλαδή στην περίπτωση μας του αέρα, γιατί όσο μεγαλύτερη είναι αυτή, τόσο υψηλότερη θα είναι και η απόδοση του ψύκτη. Συνήθως, ο COP στους ψύκτες κυμαίνεται από 2 έως 4, δηλαδή παρέχει 2 έως 4 φορές περισσότερη θερμότητα από την ηλεκτρική ενέργεια (kWh) που καταναλώνει.

## 7.11. ΛΕΒΗΤΑΣ (Boiler)

Για την εξασφάλιση της κεντρικής θέρμανσης μιας κτηριακής εγκατάστασης (συνήθως και της παραγωγής ζεστού νερού χρήσης), χρειάζεται ένας εναλλάκτης θερμότητας ή μία μονάδα λέβητα. Ο λέβητας είναι ένας ογκώδης εναλλάκτης θερμικής ενέργειας αέρα - νερού ή αέρα - αέρα ή αέρα - ατμού που λειτουργεί με ηλεκτρική ενέργεια και εκμεταλλεύεται την καύση κάποιου καυσίμου και την παραγόμενη από αυτή θερμότητα. Αποτελεί ουσιαστικά ένα δοχείο πίεσης, το οποίο μεταφέρει την παραγόμενη (από την καύση του χρησιμοποιούμενου καυσίμου) θερμότητα σε ένα υγρό, συνήθως νερό είτε σε υγρή μορφή, είτε σε μορφή ατμού. Γενικά στον ειδικό θάλαμο ενός λέβητα μπορεί να καίγεται ξύλο, άνθρακας ή φυσικό αέριο, με πιο συνηθισμένα στην ελληνική πραγματικότητα το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Απαιτείται οπωσδήποτε ένας ειδικός χώρος, το λεβητοστάσιο όπως ονομάζεται, για την αποθήκη του καυσίμου, την εγκατάσταση του λέβητα και του καυστήρα, καθώς επίσης και για ένα σύστημα προσαγωγής του αέρα (για την καύση), απαγωγής των καυσαερίων (καπνοδόχος), διανομής της ενέργειας και σύστημα ασφαλείας. Η παραγόμενη θερμότητα κυκλοφορεί, μέσω σωληνώσεων, στα θερμαντικά στοιχεία (πχ. καλοριφέρ) του χώρου που απαιτεί θέρμανση. Ένας λέβητας μπορεί να εξυπηρετεί διαφορετικές ζώνες ταυτόχρονα με ξεχωριστό θερμοστάτη για την καθεμία. Δύναται να χρησιμοποιηθεί και παράλληλα με άλλα συστήματα, τόσο ως πρωτεύων, όσο και σαν δευτερεύων μηχανισμός σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση. Τέλος, οι πιο κοινοί λέβητες κατασκευάζονται συνήθως από χυτοσίδηρο, άνθρακα ή ανοξείδωτο χάλυβα, αλουμίνιο ή χαλκό, παρουσιάζοντας διαφορές μεταξύ τους στη διάρκεια ζωής, στο κόστος, το βάρος, τον όγκο και φυσικά την απόδοσή τους, από υλικό σε υλικό [4].

## 7.12. ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

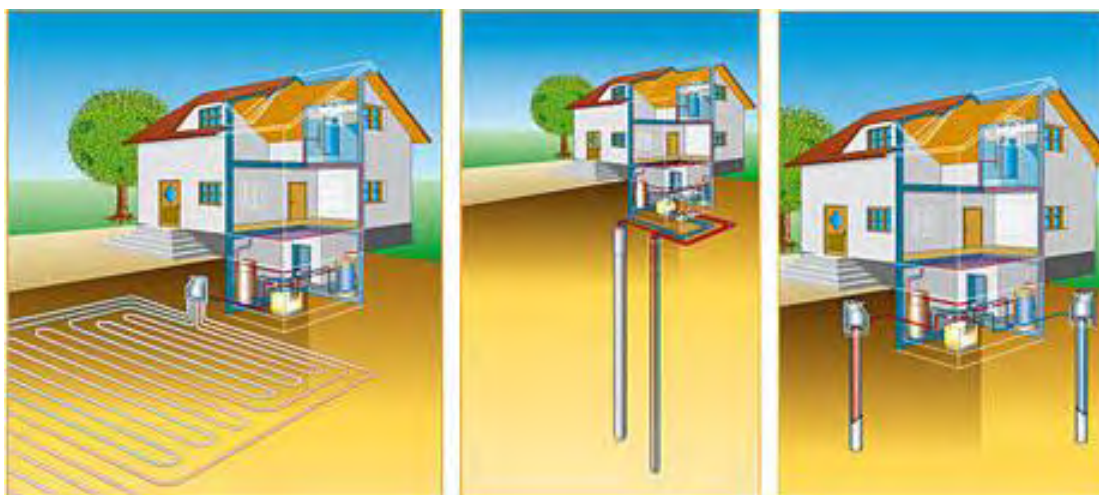
Με τον όρο γεωθερμία εννοούμε την ενέργεια που παίρνουμε, εκμεταλλευόμενοι τη θερμότητα της γης και του νερού του εδάφους (επιφανειακού και υπογείου). Είναι ικανή για ψύξη θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Τα γεωθερμικά συστήματα ανήκουν στην κατηγορία των υδρόψυκτων συστημάτων, αξιοποιώντας την ενέργεια που αποθηκεύει το έδαφος (θερμοχωρητικότητα), η οποία αποτελεί σχεδόν ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Το έδαφος παίζει το ρόλο που παίζει και ο αέρας στα αερόψυκτα συστήματα και αποτελεί το μέσο άντλησης (το χειμώνα) και εκτόνωσης (το καλοκαίρι) της θερμότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος.

Ένα γεωθερμικό σύστημα αποτελείται από έναν εναλλάκτη θερμότητας (δηλ. ένα δίκτυο σωλήνων που είναι θαμμένοι στο έδαφος) και μία αντλία. Το πρωτεύον κύκλωμα αποτελείται, λοιπόν, από έναν υδρόψυκτο εναλλάκτη (εξατμιστή/συμπυκνωτή), που αλληλεπιδρά μέσω νερού με τη θερμοχωρητικότητα του εδάφους, ώστε να απορροφήσει ή να απορρίψει με τον τρόπο αυτό θερμότητα. Το δευτερεύον κύκλωμα αποτελείται επίσης από υδρόψυκτο εναλλάκτη (εξατμιστή/συμπυκνωτή), που αλληλεπιδρά μέσω σωληνώσεων με τις τοπικές μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου (Fan-coil units) ή με κεντρική κλιματιστική μονάδα (KKM) και τις τροφοδοτούν με θερμό ή ψυχρό νερό (ανάλογα την εποχή). Για το πρωτεύον, κατασκευάζεται στο έδαφος κλειστό δίκτυο πλαστικών σωλήνων, που ονομάζεται γεωεναλλάκτης, και στο οποίο κυκλοφορεί αποσκληρυμένο νερό ή διάλυμα νερού (αντιπηκτικού). Οι γεωεναλλάκτες έχουν διάρκεια ζωής πάνω από 50 χρόνια. Τα συστήματα αυτού του τύπου ονομάζονται γεωθερμικά συστήματα κλειστού τύπου και διακρίνονται σε οριζόντια ή κατακόρυφα, ανάλογα με τη διάταξη του γεωεναλλάκτη. Ο εναλλάκτης θερμότητας μεταφέρει θερμική ενέργεια μεταξύ του εδάφους και του αέρα, μέσω του υγρού που κυκλοφορεί στις σωληνώσεις. Το χειμώνα η θερμική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στο σχετικά ζεστό έδαφος αυξάνει τη θερμοκρασία του υγρού, που εν συνεχεία μεταφέρει την ενέργεια αυτή στην αντλία θερμότητας, η οποία με τη σειρά της τη μεταφέρει στο εσωτερικό του κτηρίου. Αντίθετα το καλοκαίρι, θερμική ενέργεια από τον αέρα του κτηρίου μεταφέρεται στον εναλλάκτη θερμότητας, και από εκεί στο υγρό των σωληνώσεων, οπότε και στο έδαφος και τα υπόγεια ύδατα. Αξίζει να σημειωθεί πως για τη διαδικασία αυτή, το σύστημα καταναλώνει μόλις το ¼ της ενέργειας που θα κατανάλωνε κάποιο άλλο σύγχρονο σύστημα λέβητα, για παράδειγμα. Σε ένα γεωθερμικό σύστημα οι εσωτερικές μονάδες, που τροφοδοτούνται με δίκτυο νερού από την εξωτερική, έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά με αυτές των αερόψυκτων συστημάτων, συνεπώς ο σχεδιασμός των μονάδων (FCU, KKM, ενδοδαπέδιο ή ενδοτοιχείο, καλοριφέρ, κλπ), ο υπολογισμός των φορτίων τους και η διαστασιολόγηση δεν αλλάζουν. Η διαφορά έγκειται μόνο στα χαρακτηριστικά της εξωτερικής μονάδας, η οποία τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια, εξαιτίας του συμπιεστή που διαθέτει [15].



Εικόνα 37. Κατακόρυφα και οριζόντια γεωθερμικά συστήματα

Τα συστήματα γεωθερμίας που εκμεταλλεύονται την αβαθή γεωθερμική ενέργεια [9] διακρίνονται σε α) συστήματα κλειστού τύπου, στα οποία ανήκουν τα οριζόντια και τα κάθετα (όπως αναφέραμε και παραπάνω) (Εικόνα 37) και β) συστήματα ανοιχτού κυκλώματος. Οι γεωθερμικοί εναλλάκτες ανοιχτού κυκλώματος χρησιμοποιούν υπόγεια ύδατα (από υδρογεωτρήσεις) ή επιφανειακά (από λίμνη, πηγάδι, ποτάμι, ή τη θάλασσα), ως πηγή θερμότητας - ψύξης και χώρους απόθεσης ή επιστροφής του νερού. Τα συστήματα αυτά ενδείκνυνται σε περιοχές με ρηχό βάθος υδροφόρου ορίζοντα, ώστε να απαιτούνται μικρές γεωτρήσεις νερού. Απαιτούνται τουλάχιστον δύο γεωτρήσεις. Από τη μία γεώτρηση γίνεται άντληση νερού από τους υπόγειους υδροφόρους και διοχετεύεται στη γεωθερμική αντλία, όπου προσδίδει ή απορροφά ενέργεια στο σύστημα μας, πριν το νερό επιστρέψει στον ταμιευτήρα από τη δεύτερη γεώτρηση. Ο γεωθερμικός εναλλάκτης των οριζόντιων γεωθερμικών συστημάτων εκτίνεται παράλληλα με το έδαφος σε βάθος περίπου 1.20 έως 1.80 μέτρα σε μία ή περισσότερες στρώσεις σωλήνων. Στα κατακόρυφα συστήματα γεωθερμίας ο γεωθερμικός εναλλάκτης είναι τοποθετημένος κάθετα στην επιφάνεια του εδάφους, μέσα σε γεωτρήσεις ανοιγμένες από γεωτρήσιμο και σε βάθη που κυμαίνονται συνήθως από 50-150 μέτρα. Συγκριτικά ίσως θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα κατακόρυφα συστήματα πλεονεκτούν των οριζοντίων, γιατί δεσμεύουν μικρότερες ποσότητες επιφάνειας γης για την εγκατάστασή τους και είναι πιο σταθερά, διότι δεν επηρεάζονται σχεδόν καθόλου από τις εποχιακές μεταβολές, λόγω μεγαλύτερου βάρους εγκατάστασης.



Εικόνα 38. Γεωθερμικό σύστημα α) οριζόντιου εναλλάκτη, β) κατακόρυφου εναλλάκτη και γ) υδροσυλλέκτη

Μερικοί από τους παράγοντες που επηρεάζουν γενικά την απόδοση ενός συστήματος γεωθερμίας είναι οι εξής:

- η κλιματική ζώνη και η ποιότητα του εδάφους (υγρασία, σύνθεση, πυκνότητα, ομοιομορφία, κα)
- η μόνωση του κελύφους
- ο προσανατολισμός του κτηρίου
- οι θερμοκρασίες σχεδιασμού και λειτουργίας
- το σύστημα ψύξης και θέρμανσης εντός του κτηρίου
- το σύστημα απόληξης ή απόρριψης θερμότητας (η ποιότητα του δικτύου των σωληνώσεων, κλπ)
- η κατανάλωση βοηθητικού εξοπλισμού (κυκλοφορητές, υποβρύχιες αντλίες, κλπ).

Τα συστήματα γεωθερμίας είναι τα πιο αποδοτικά συστήματα με υψηλό συντελεστή απόδοσης COP, επειδή αξιοποιούν το νερό και τη θερμοκρασία (κοντά στην επιφάνεια) του εδάφους, η οποία παραμένει σταθερή (περίπου 17°C) όλο το χρόνο, ανεξάρτητα από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες που επικρατούν. Δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον και οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου είναι σχεδόν μηδενικές. Άλλωστε, μια γεωθερμική αντλία θερμότητας καταναλώνει συνήθως περίπου το 25% με 30% της ενέργειας που αποδίδει, συμβάλλοντας έτσι σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας. Συγκριτικά με τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης, τα γεωθερμικά αποδεικνύονται 50-70% αποτελεσματικότερα στη θέρμανση και 20-40% στην ψύξη. Αυτό με τη σειρά του, έχει σαν συνέπεια να έχουν χαμηλότερο κόστος λειτουργίας από εκείνα. Ενδεικτικά, τα γεωθερμικά συστήματα καθίστανται 30-70% οικονομικότερα από άλλα συμβατικά. Για παράδειγμα, μία ζεστή μέρα του καλοκαιριού με 40°C έξω, με χρήση γεωθερμίας οι 17°C του εδάφους καλούνται να γίνουν 26°C. Ενώ σε άλλη περίπτωση, η λογική θα ήταν οι 40°C του εξωτερικού



περιβάλλοντος να ψυχθούν στους 26°C. Μιλάμε, λοιπόν, για μία διαφορά 9°C στην πρώτη περίπτωση και 14°C στην άλλη, η οποία εξηγεί και τα προηγούμενα στατιστικά στοιχεία των γεωθερμικών συστημάτων έναντι άλλων συμβατικών. Τέλος, το κύκλωμα της γης και του κτηρίου είναι κλειστό, οπότε δεν παρουσιάζονται επικαθίσεις αλάτων, με συνέπεια οι απαιτήσεις συντήρησης να είναι πολύ μικρές.

Επειδή όμως το τέλειο σύστημα δεν υπάρχει πουθενά, εννοείται πως και στην περίπτωση των συστημάτων γεωθερμίας υπάρχουν κάποια αρνητικά, τα οποία συχνά προβληματίζουν τους ιδιοκτήτες ενός κτηρίου. Τα κυριότερα από αυτά είναι το γεγονός ότι απαιτείται κάποιος χώρος για την εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος (γεωεναλλάκτες, γεωτρήσεις, δίκτυο σωληνώσεων, κλπ), καθώς επίσης και το αρχικό κόστος εγκατάστασης, ειδικότερα της αντλίας, η οποία μειώνει την απόδοσή της όταν υπάρχει μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο εσωτερικό και το εξωτερικό περιβάλλον.

Κλείνοντας το κεφάλαιο του κλιματισμού, παραθέεται ένας ενδεικτικός συγκριτικός πίνακας συστημάτων κλιματισμού [17] (Εικόνα 39).

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ											
Τύπος συστήματος	Χαρακτηριστικά λειτουργίας								Απαιτήσεις χώρου		
	Ρύθμιση θερμοκρασίας	Ρύθμιση υγρασίας	Καθαρισμός αέρα (φιλτράρισμα)	Επίπεδο θορύβου στους χώρους	Ενεργειακή απόδοση	Διανομή αέρα	Κόστος επένδυσης	Συντήρηση	Κεντρική εγκατάσταση	Τετραπλικές μονάδες στους χώρους	Ψευδοροφή
Μόνο αέρα, σταθερής παροχής, μιας ζώνης	Πολύ καλή	Καλή	Καλός	Χαμηλό	Μέτρια έως καλή	Πολύ καλή	Υψηλό	Κεντρική	Υψηλή	Καθόλου	Υψηλή
Μόνο αέρα, σταθερής παροχής, με αναθέρμανση	Πολύ καλή	Πολύ καλή	Πολύ καλός έως εξαιρετικός	Χαμηλό	Μέτρια	Πολύ καλή	Υψηλό	Τοπική, κεντρική	Υψηλή	Καθόλου	Υψηλή
Μόνο αέρα, μεταβλητής παροχής	Πολύ καλή	Καλή	Καλός	Χαμηλό	Πολύ καλή	Πολύ καλή	Υψηλό	Τοπική, κεντρική	Υψηλή	Καθόλου	Υψηλή
Μόνο νερού (fan-coils)	Καλή	Μέτρια	Μέτριος	Μέτριο έως υψηλό	Καλή	Καλή	Μέτριο	Τοπική, κεντρική	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια ή καθόλου
Αέρα - νερού	Πολύ καλή	Μέτρια έως καλή	Καλός	Μέτριο έως υψηλό	Καλή	Καλή	Υψηλό	Τοπική, κεντρική	Μέτρια έως υψηλή	Χαμηλή	Μέτρια
Chilled beams με πρωτεύοντα αέρα	Καλή	Ελλιπής	Μέτριος	Χαμηλό	Πολύ καλή	Καλή	Μέτριο	Τοπική, κεντρική	Μέτρια έως υψηλή	Καθόλου	Υψηλή
Τοπικές αντλίες θερμότητας διαιρούμενου τύπου	Καλή	Καλή	Ελλιπής	Μέτριο έως υψηλό	Καλή	Μέτρια έως καλή	Χαμηλό	Τοπική	Καθόλου	Χαμηλή	Μέτρια ή καθόλου
Αυτόνομες κλιματιστικές συσκευές (roof top)	Καλή	Καλή	Καλός	Μέτριο	Καλή	Καλή	Χαμηλό	Κεντρική	Χαμηλή	Καθόλου	Χαμηλή
Συστήματα ψυκτικού ρευστού - αέρα (VRV, VRF)	Πολύ καλή	Μέτρια	Ελλιπής	Μέτριο	Καλή	Καλή	Μέτριο	Τοπική, κεντρική	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια ή χαμηλή

Εικόνα 39. Συγκριτικός πίνακας συστημάτων κλιματισμού

## 8. ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Στοχεύοντας στη δημιουργία ενός χώρου με οπτική άνεση και ευχάριστη διαμόρφωση, ο φωτισμός παίζει πολύ μεγάλο ρόλο, τόσο στην ποσότητα, όσο και στην ποιότητά του. Προκειμένου να γίνεται η άσκηση προβλεπόμενης δραστηριότητας στο χώρο ή το κτήριο, χωρίς οπτική δυσφορία ή κάποιο αίσθημα κόπωσης, θα πρέπει και το κομμάτι 'φωτισμός' να έχει προκύψει από μελέτη. Για τον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας σε επίπεδο φωτισμού, ο ΚΕΝΑΚ καθορίζει τα 60 (lm/W) ως ελάχιστη φωτεινή απόδοση για τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια του τριτογενούς τομέα, ενώ τα 55 (lm/W) για τα αντίστοιχα κτήρια αναφοράς. Οι τιμές για την εγκατεστημένη ισχύ φωτισμού ( $W/m^2$  ωφέλιμης επιφάνειας) του κτηρίου αναφοράς τριτογενούς τομέα και των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης κτηρίων, για τις οποίες η φωτεινή απόδοση καθορίστηκε στα 55 (lm/W) δίνονται στους παρακάτω πίνακες (Εικόνα 40) και είναι οι μέγιστες επιτρεπόμενες για την κάλυψη της μέσης ελάχιστης στάθμης (lx) γενικού φωτισμού. Στους πίνακες δίνονται επίσης ο μέγιστος βαθμός θάμβωσης (δείκτης UGR) και η ελάχιστη τιμή ομοιομορφίας ανά χρήση χώρου. Δεν περιλαμβάνονται φωτιστικά που χρησιμοποιούνται:

- για ειδικό φωτισμό ανάδειξης εμπορευμάτων, εκθεμάτων (σε μουσεία, κλπ), κα.
- για φωτισμό ασφαλείας
- για ειδικό φωτισμό χώρων ειδικής χρήσης (όπως χειρουργεία, θέατρα, κινηματογράφοι, κα).

Σε τέτοιες περιπτώσεις, ο μελετητής θα πρέπει να εξηγεί με σαφήνεια γιατί χρειάζεται ειδικός φωτισμός και να αναφέρει την εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ του.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Στάθμη φωτισμού [lx]	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης [m]	Δείκτης θάμβωσης UGR	Ομοιομορφία φωτισμού Uo (min/μέση τιμή)
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	200	0,8	-	-
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	300	0,8	22	0,6
θερινής λειτουργίας	300	0,8	22	0,6
χειμερινής λειτουργίας	300	0,8	22	0,6
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	300	0,8	22	0,6
θερινής λειτουργίας	300	0,8	22	0,6
χειμερινής λειτουργίας	300	0,8	22	0,6
Οικοτροφείο και κοιτώνας	300	0,8	22	0,6
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	250	0,8	-	-
Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου	100	0,5	28	0,4

Εστιατόριο	200	0,8	-	-
Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	250	0,8	-	-
Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	100	0,8	-	-
Θέατρο, κινηματογράφος	100	0,8	25	0,4
Χώρος συναυλιών	100	0,8	25	0,4
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	200	0,8	22	0,4
Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	500	0,8	19	0,6
Τράπεζα	500	0,8	19	0,6
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	300	0,8	19	0,6
Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	300	0,5	22	0,6
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	100	0	28	0,4
Λουτρό (κοινόχρηστο)	200	0,8	25	0,4



Νηπιαγωγείο	300	0,8	19	0,6
Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	300	0,8	19	0,6
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	500	0,8	19	0,6
Φροντιστήριο, ωδείο	500	0,8	19	0,6
Νοσοκομείο, κλινική	300	0,8	19	0,6
Αίθουσα ασθενών (δωμάτιο)	100	0,8	19	0,4
Χειρουργείο (τακτικό)	1000	0,8	19	0,6
Εξωτερικών Ιατρείων	500	0,8	19	0,6
Αίθουσες αναμονής	200	0,8	22	0,4

Αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο	500	0,8	19	0,6
Ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομεία	300	0,8	19	0,6
Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός	300	0,8	22	0,4
Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	300	0,8	22	0,4
Αστυνομική διεύθυνση	500	0,8	19	0,6
Εμπορικό κέντρο, αγορά και υπεραγορά	300	0,8	22	0,4
Κατάστημα, φαρμακείο,	500	0,8	19	0,6
Ινστιτούτο γυμναστικής	400	0,8	22	0,6
Κουρείο, κομμωτήριο	400	0,8	19	0,6
Γραφείο	500	0,8	19	0,6
Βιβλιοθήκη	500	0,8	19	0,6

Εικόνα 40. Στάθμη γενικού (όχι ειδικού) φωτισμού κτηρίου αναφοράς ανά χρήση κτηρίου σύμφωνα με το EN 12464-1 2011 (ΚΕΝΑΚ πίνακας 2.4)

Για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας, τα επίπεδα φωτισμού καθορίζονται από το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12464-1 και δεν επιτρέπεται υπέρβαση (προς τα πάνω) του ορίου της μέσης ελάχιστης στάθμης γενικού

φωτισμού (lx) περισσότερο από το 30% αυτής (Εικόνα 41). Για τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτιρίων η μέση ελάχιστη στάθμη γενικού φωτισμού (lx) δεν πρέπει να ξεπερνά περισσότερο από το 20% αυτής.

Ζώνες τεχνητού φωτισμού / Στάθμη φωτισμού [lx]	Ισχύς για κτήριο αναφοράς [W/m <sup>2</sup> ]	Ισχύς για ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτιρίων [W/m <sup>2</sup> ]
1000	32	28,0
500	16	14,0
400	12,8	11,2
300	9,6	8,4
250	8,0	7,0
200	6,4	5,6
100	3,2	2,8

**Εικόνα 41. Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (W/m<sup>2</sup>) κτηρίου αναφοράς ανάλογα της στάθμης φωτισμού για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης**

## 9. ΑΕΡΙΣΜΟΣ

### 9.1. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΝΩΠΟΥ ΑΕΡΑ

Σκοπός οποιουδήποτε κλιματιστικού συστήματος, όπως έχουμε αναφέρει και παραπάνω, είναι η παροχή πρωτίστως ενός κλίματος θερμικής άνεσης και υγιεινής. Η άνεση αυτή είναι μια σχετικά υποκειμενική κατάσταση, που επηρεάζεται από μια σειρά παραμέτρων και συνθηκών, οι κυριότερες από τις οποίες είναι:

- η θερμοκρασία του αέρα
- η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των περιβαλλουσών επιφανειών ενός χώρου, όπως αυτή διαμορφώνεται από τη θερμοκρασία των επιφανειών, τα υλικά τους, την εγκατεστημένη ενεργή ηλεκτρική ισχύ εξοπλισμού και τον πληθυσμό
- η σχετική υγρασία του αέρα
- η ένδυση των χρηστών
- η δραστηριότητα των χρηστών
- η ταχύτητα εσωτερικών ρευμάτων αέρα.

Όλες αυτές οι παράμετροι συνιστούν την ποιότητα αέρα ενός χώρου ή του ευρύτερου κτηρίου και καθιστούν επιτακτική την ανάγκη για ανανέωση του αέρα σε έναν χώρο με την προσθήκη εξωτερικού νωπού (φρέσκου) για την αποφυγή μόλυνσης του αέρα και ασθενειών στα άτομα του χώρου. Οι περισσότεροι άνθρωποι περνούν το 60-90% του χρόνου τους μέσα στα κτήρια, συνεπώς οι περισσότεροι εσωτερικοί ρύποι δεν προέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον, αλλά παράγονται μέσα στο ίδιο το κτήριο. Ο αέρας στο εσωτερικό του μπορεί να είναι μέχρι και 10 φορές περισσότερο μολυσμένος από τον αντίστοιχο έξω από το κτήριο.

Έτσι, λοιπόν, επιβάλλεται σε μία ενεργειακή μελέτη κτηρίου η αντικατάσταση μέρους του εσωτερικού αέρα από νωπό αέρα περιβάλλοντος, με συγκεκριμένες απαιτήσεις νωπού αέρα ανάλογα με τη χρήση κάθε κτηρίου (παραγωγή ρύπων, τι συσκευές και εξοπλισμός χρησιμοποιούνται, τι όγκο έχει το κτήριο, κλπ) και των πληθυσμό των ατόμων του. Η ελάχιστη ποσότητα νωπού αέρα δε θα πρέπει να είναι μικρότερη των  $27 \text{ m}^3/\text{h}$ , δηλαδή  $7.5 \text{ liters/sec}$ . Η διαδικασία αντικατάστασης και ανανέωσης μέρους του εσωτερικού αέρα του κτηρίου με εξωτερικό νωπό, ονομάζεται αερισμός του κτηρίου και μπορεί να επιτευχθεί θεωρητικά με τρεις διαφορετικούς τρόπους: α) από τις διαφυγές αέρα λόγω αεροστεγανότητας του κτηρίου (διείσδυση αέρα από χαραμάδες του κελύφους, όπως κουφώματα, αρμούς, κ.ά.), β) φυσικά από ανοίγματα του κτηρίου, όπως πόρτες, παράθυρα, κλπ (φυσικός αερισμός) και γ) μηχανικά μέσω μελετημένης διάταξης και κατάλληλου μηχανισμού (μηχανικός

αερισμός). Ο φυσικός αερισμός εφαρμόζεται μόνο στις κατοικίες, ενώ στα κτήρια του τριτογενούς τομέα η απαίτηση για νωπό αέρα καλύπτεται με σύστημα μηχανικού αερισμού [20].

Ο υπολογισμός της παροχής νωπού αέρα ανάλογα με τα άτομα σε ένα χώρο βασίζεται στις απαιτήσεις αέρα ανά περίπτωση δραστηριότητας [21], δηλαδή:

- ❖ 20-25 m<sup>3</sup>/h ανά άτομο με φυσιολογική δραστηριότητα
- ❖ 30-35 m<sup>3</sup>/h ανά άτομο σε χώρους που επιτρέπεται το κάπνισμα
- ❖ 45 m<sup>3</sup>/h ανά άτομο ελαφριά φυσική δραστηριότητα
- ❖ 60 m<sup>3</sup>/h ανά άτομο με έντονη φυσική δραστηριότητα.

Γενικά ισχύει ότι:

$$\text{Ροή νωπού αέρα (m}^3\text{/h)} = \text{όγκος χώρου (m}^3\text{)} * \text{εναλλαγές αέρα ανά ώρα (ac/h)}$$

Στους παρακάτω πίνακες (Εικόνα 42) αναφέρονται κάποιες ενδεικτικές τιμές απαιτήσεων εναλλαγών αέρα ανά ώρα για τις συνηθέστερες εφαρμογές εξαερισμού [10].

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ		ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ	
Χώροι Κουστέρων	20-30	Βοηθητικοί χώροι	4-8
Εργασιακοί χώροι	10-15	Φούρνοι	20-30
Μηχανοστάσια	20-30	Τράπεζες - γραφεία	16-10
Επαγγελματικά πλυντήρια	30-60	Καφετέριες - μπαρ	12-18
Βιομηχανίες χρωμάτων	30-60	Κινηματογράφοι - Θέατρα	10-20
Αποθηκευτικοί χώροι	3-6	Γκαράζ	6-8
Θερμοκήπια	30-60	Γυμναστήρια	6-12
Χοιροστάσια	25-60	Νοσοκομεία	4-6
ΟΙΚΙΑΚΟΙ ΧΩΡΟΙ		Επαγγελματικές κουζίνες	30-60
Τουαλέτες	15-20	Εκκλησίες	1-2
Υπνοδωμάτια	2-4	Εστιατόρια	6-10
Αποθήκες	4-8	Σχολεία	2-4
Parking	6-8	Καντίνες	5-10
Κουζίνες	10-15	Εργαστήρια	8-12
Σαλόني - Καθιστικό	4-8	Βιβλιοθήκες	3-5
		Εμφανιστήρια	10-15

Εικόνα 42. Εναλλαγές αέρα ανά ώρα (εμπειρικοί πίνακες)

Συνεπώς, οι εναλλαγές του αέρα ανά ώρα σε κάποιο χώρο υπολογίζονται διαιρώντας την απαιτούμενη (ανάλογα με τη χρήση) ροή νωπού αέρα του χώρου με τον όγκο του.

Λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις αερισμού όπως ορίζονται στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15251:2007, στο πρότυπο της ASHRAE 62.1-2010 και στην Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86, στον παρακάτω πίνακα (Εικόνα 43) καθορίζονται ο αριθμός ατόμων ανά 100m<sup>2</sup> μεικτής δομημένης επιφάνειας, ο ενδεικνυόμενος απαιτούμενος νωπός αέρας ανά άτομο (m<sup>3</sup>/h/άτομο) και ο ενδεικνυόμενος απαιτούμενος νωπός αέρας ανά μονάδα επιφάνειας δαπέδου (m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>) για κάθε χρήση κτηρίου ή/και χρήση θερμικής ζώνης. Αυτές οι τιμές αποτελούν μέσες τιμές των όσων καθορίζουν τα προαναφερθέντα πρότυπα και οδηγίες και χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης κτηρίου. Επισημαίνεται εδώ ότι στους υπολογισμούς αυτούς, ο μελετητής αγνοεί τις ιδιαίτερες απαιτήσεις αερισμού ειδικών εφαρμογών, όπως για παράδειγμα χώροι αποθήκευσης ή συντήρησης τροφίμων, μαγειρεία, ειδικά ιατρικά εργαστήρια, κα, οι οποίες εφαρμογές κατά βάση δεν εξυπηρετούν την κάλυψη των αναγκών αερισμού των χρηστών.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Άτομα / 100 m <sup>2</sup> επιφ. δαπέδου	Νωπός αέρας [m <sup>3</sup> /h/άτομο]	Νωπός αέρας [m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	5	15	0,75
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας*	15	20	3,00
θερινής λειτουργίας*	15	20	3,00
χειμερινής λειτουργίας*	15	20	3,00
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας*	15	20	3,00
θερινής λειτουργίας*	15	20	3,00

χειμερινής λειτουργίας*	15	20	3,00
Οικοτροφείο και κοιτώνας*	10	15	1,50
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	8	15	1,20
Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	25	25	6,25
Εστιατόριο	70	25	17,50
Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	80	25	20,00
Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	100	45	45,00
Θέατρο, κινηματογράφος	100	25	25,00
Χώρος συναυλιών	100	30	30,00
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	50	20	10,00
Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	110	25	27,50

Τράπεζα	20	30	6,00
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	75	30	22,50
Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	75	45	33,75
Διαδρόμοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	--	--	2,6
Λουτρό (κοινόχρηστο)	--	--	6,00
Νηπιαγωγείο**	50	22	11,00
Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης**	50	22	11,00
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας**	50	22	11,00
Φροντιστήριο, ωδείο**	55	22	12,10
Νοσοκομείο, κλινική*	30	35	10,50
Αίθουσα ασθενών (δωμάτιο)	22	25	5,50
Χειρουργείο (τακτικό)	20	150	30,00



Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	110	25	27,50
Τράπεζα	20	30	6,00
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	75	30	22,50
Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	75	45	33,75
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	--	--	2,6
Λουτρό (κοινόχρηστο)	--	--	6,00
Νηπιαγωγείο**	50	22	11,00
Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης**	50	22	11,00
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας**	50	22	11,00
Φροντιστήριο, ωδείο**	55	22	12,10
Νοσοκομείο, κλινική*	30	35	10,50
Αίθουσα ασθενών (δωμάτιο)	22	25	5,50
Χειρουργείο (τακτικό)	20	150	30,00
Εξωτερικά Ιατρεία	10	50	5,00

Αίθουσες αναμονής	55	45	24,75
Αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο	15	50	7,50
Ψυχιατρείο, ίδρυμα απόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρόνιως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομεία*	15	25	3,75
Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός	25	45	11,25
Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	20	22	4,40
Αστυνομική διεύθυνση	10	30	3,00
Εμπορικό κέντρο, αγορά και υπεραγορά	30	22	6,60
Κατάστημα, φαρμακείο,	14	22	3,08
Ινστιτούτο γυμναστικής,	15	45	6,75
Κουρείο, κομμωτήριο	15	30	4,50
Γραφείο	10	30	3,00
Βιβλιοθήκη	22	30	6,60

Εικόνα 43. Πίνακες απαιτούμενου νοπού αέρα ανά χρήση κτηρίου (για χώρους μη καπνιζόντων) για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης (ΚΕΝΑΚ πίνακας 2.3)



## 9.2. ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Μηχανικός αερισμός παροχής νωπού αέρα ή/και εξαερισμός είναι ένα σύστημα αερισμού που εφαρμόζεται συχνά σε κτήρια του τριτογενούς τομέα και κυρίως σε κτήρια με υψηλή πυκνότητα χρηστών. Ο εξαερισμός αυτός θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην διαταράσσει τις εσωτερικές συνθήκες θερμικής άνεσης των ατόμων του κτηρίου αποβάλλοντας θέρμανση ή ψύξη, όπως θα συνέβαινε με το άνοιγμα μιας πόρτας ή ενός παραθύρου (φυσικός αερισμός). Τα σύγχρονα συστήματα μηχανικού αερισμού παρέχουν φρέσκο και καθαρό αέρα με μέγιστη ενεργειακή απόδοση μέσω της δυνατότητας ανάκτησης της θερμότητας (του απορριπτόμενου αέρα) που διαθέτουν. Η ανάκτηση θερμότητας που μπορεί να επιτευχθεί στα σύγχρονα συστήματα φτάνει μέχρι και 90%, ενώ δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από 65-70%.

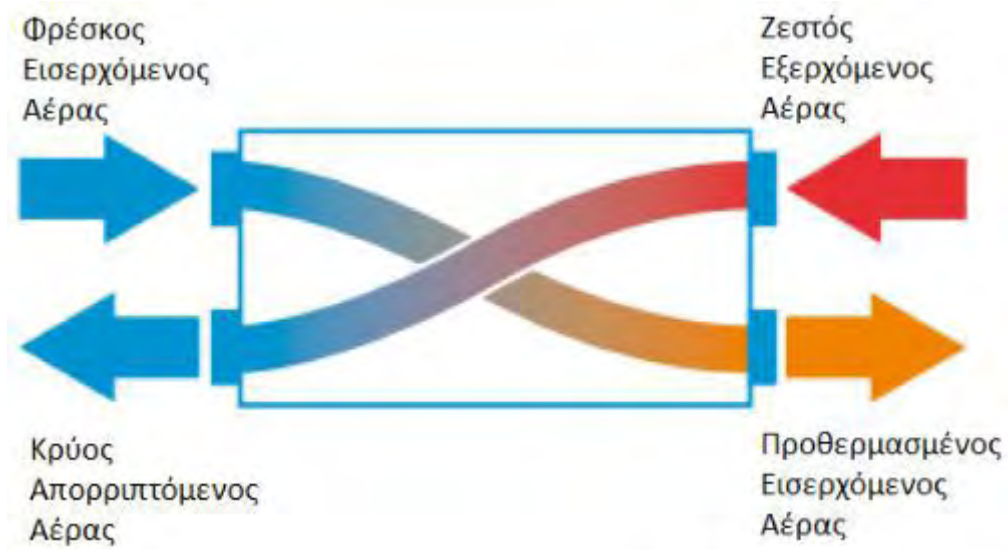
Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης κτηρίου, πρέπει να καθορίζεται από κάθε σύστημα μηχανικού αερισμού τα εξής χαρακτηριστικά:

- η παροχή του νωπού αέρα ( $m^3/h$ )
- η απαγωγή αέρα από τη θερμική ζώνη ( $m^3/h$ )
- η ειδική ηλεκτρική ισχύς του ανεμιστήρα προσαγωγής αέρα ( $W/m^3/s$ )
- η ειδική ηλεκτρική ισχύς του ανεμιστήρα απαγωγής αέρα ( $W/m^3/s$ )
- ο βαθμός απόδοσης του συστήματος ανάκτησης (%).

Η θερμοκρασία προσαγωγής του αέρα θεωρείται ίση με την εξωτερική θερμοκρασία της περιοχής, ενώ η θερμοκρασία απορριπτόμενου αέρα θεωρείται ίση με τη θερμοκρασία της θερμικής ζώνης.

Η μονάδα του μηχανικού αερισμού αποτελείται από τρία βασικά μέρη: α) τον ανεμιστήρα προσαγωγής φρέσκου αέρα, β) τον ανεμιστήρα απαγωγής αέρα και γ) έναν εναλλάκτη θερμότητας. Ο ανεμιστήρας προσαγωγής λαμβάνει νωπό αέρα από το περιβάλλον και τον διοχετεύει στο εσωτερικό του κτηρίου. Πριν καταλήξει ο αέρας στο κτήριο, υφίσταται κάποια επεξεργασία, κατά την οποία φιλτράρεται για να απαλλαγεί από σκόνη, γύρη, κλπ. Στη συνέχεια εισέρχεται στον εναλλάκτη θερμότητας, όπου προθερμαίνεται ή προψύχεται (ανάλογα με την περίοδο λειτουργίας), ώστε να μην μεταβάλει κατά την είσοδό του τις εσωτερικές συνθήκες του κτηρίου και χρειαστεί από τα κλιματιστικά σώματα να τις επαναφέρουν, κάνοντας χρήση άσκοπης ενέργειας. Ο ανεμιστήρας απαγωγής από τη μεριά του, απορρίπτει μέρος του εσωτερικού αέρα, ανακτώντας όμως το φορτίο που διαθέτει και προσδίδοντάς το στον εισερχόμενο φρέσκο αέρα, και πάλι για λόγους βελτιστοποίησης και εξοικονόμησης ενέργειας, διότι δεν θα χρειαστεί να καλυφθεί αυτό το φορτίο από τα συστήματα ψύξης - θέρμανσης. Έτσι, λοιπόν, επιτυγχάνεται ανανέωση του εσωτερικού αέρα από εξωτερικό καθαρό, διατηρώντας το ευχάριστο εσωκλίμα του

κτηρίου και πάντα σε πλαίσια μέγιστης ενεργειακής απόδοσης και χωρίς να αναμειγνύονται ο εισερχόμενος αέρας με τον εξερχόμενο (Εικόνα 44).



Εικόνα 44. Μηχανικός αερισμός με ανάκτηση θερμότητας κατά τη χειμερινή περίοδο

# 10. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΣ ΤΟ FINEGREEN ΤΗΣ 4M

## 10.1. NEAR ZERO ENERGY BUILDINGS (NZEB)

Η αυξανόμενη επιβάρυνση του περιβάλλοντος και η εξάντληση των ενεργειακών πόρων σε επίπεδο κτηρίων και εγκαταστάσεων οδήγησε τα τελευταία χρόνια στην σταδιακή θεσμοθέτηση των Near Zero Energy Buildings (NZEB) [18], των οποίων τα μοντέλα προσομοιώνονται και από το λογισμικό της FineGREEN e+ που χρησιμοποιείται στην παρούσα διπλωματική εργασία. Near Zero Energy Buildings ονομάζονται τα κτήρια, των οποίων η ενεργειακή κατανάλωση σε ετήσια βάση είναι σχεδόν μηδενική ή αυτά, που η συνολική ποσότητα ενέργειας που χρησιμοποιούν είναι περίπου ίση με την ποσότητα ανανεώσιμης ενέργειας που παράγεται σε αυτά. Οι νόμοι για την χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και το σωστό σχεδιασμό των εγκαταστάσεων γίνονται ολοένα και αυστηρότεροι, πάντα όμως σε πλαίσια βιωσιμότητας και υγείας, με την ελάχιστη αξιοποίηση των πόρων. Τα επόμενα χρόνια θα πρέπει όλα τα κτήρια και οι χρήστες να ακολουθούν τις ρυθμιστικές πιέσεις με απώτερο στόχο την παγκόσμια μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και τον πλήρη περιορισμό των εκπομπών άνθρακα και άλλων ατμοσφαιρικών ρύπων, τουλάχιστον σε ό,τι έχει να κάνει με τον κατασκευαστικό τομέα. Ήδη με οδηγία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής από τις 31 Δεκεμβρίου του 2020 όλα οι νέες οικίες που οικοδομούνται οφείλουν να ανήκουν στην κατηγορία των NZEB. Είναι ξεκάθαρο πάντως πως αυτό το νέο παγκόσμιο εγχείρημα, πέρα από τις οικονομικές προκλήσεις, δεν είναι εύκολο και σίγουρα απαιτεί χρόνο, ίσως και κάποια μορφή κατάλληλης παιδείας. Ειδικά οι χώρες της Νότιας Ευρώπης δεν είναι καλά προετοιμασμένες για τα NZEB και τον αντίστοιχο εκσυγχρονισμό των υφιστάμενων κτηρίων. Για το λόγο αυτό, διαμορφώνεται σιγά σιγά μια κοινή γραμμή και πολιτική ανάμεσα στις χώρες με επιδοτήσεις, προγράμματα ενημέρωσης, ευαισθητοποίησης και συμβουλευτικής, κατάρτιση, σχέδια επίδειξης και άλλες προσπάθειες. Είναι σημαντικό ένα χαμηλό ενεργειακά κτήριο να ικανοποιεί και τις ανθρώπινες ανάγκες των χρηστών, γιατί αν δεν το κάνει, η όλη προσπάθεια καθίσταται απλώς σπατάλη. Η λανθασμένη διαχείριση των εγκαταστάσεων σε συνδυασμό με την ανορθόδοξη συμπεριφορά των χρηστών του κτηρίου, οδηγούν ένα κτήριο χαμηλής ή σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης σε αναποτελεσματικό μοντέλο διαχείρισης.

## 10.2. ENERGY PLUS

Το energy plus αποτελεί μια διεθνώς αναγνωρισμένη υπολογιστική μηχανή ενεργειακής προσομοίωσης κτηρίων, που αναπτύχθηκε από το υπουργείο ενέργειας των ΗΠΑ με τη σφραγίδα του DOE. Χρησιμοποιείται από μηχανικούς, αρχιτέκτονες και ερευνητές για να μοντελοποιήσουν την κατανάλωση ενέργειας και τη χρήση νερού στα κτήρια. Το e+ μελετά αναλυτικά τη συμπεριφορά ενός κτηρίου και υπολογίζει ψυκτικά και θερμικά φορτία, με βάση την επιλογή των υλικών, τα χαρακτηριστικά της φυσικής κατασκευής του κτηρίου, τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα, καθώς και με άλλες λεπτομέρειες, για να εξακριβώσει ότι η προσομοίωση παρουσιάζει ακριβώς τα αποτελέσματα που θα παρουσίαζε και η λειτουργία του κτηρίου σε πραγματικό χρόνο [8].

## 10.3. Η εταιρία 4M

Η 4M πρωταγωνιστεί στο Τεχνικό Λογισμικό από το 1986, με τις πιο προηγμένες και επώνυμες λύσεις, που αποτελούν την κορυφαία επιλογή στον χώρο τους. Έχοντας μια ηγετικής θέση στην αγορά, τα προϊόντα της (FINE, IDEA, ERGA, ADEIA, STRAD, 4M-KENAK, FineGREEN, κα) βασίζονται στην πιο σύγχρονη τεχνολογία BIM (Building Information Modeling) και διαθέτουν πλήρη σχεδιαστική αυτονομία και συμπαγή ενοποίηση σχεδίασης και υπολογισμών. Η 4M είναι σταθερά πρώτη σε μέγεθος εταιρεία τεχνικού λογισμικού στην Ελλάδα, εξασφαλίζοντας στους Έλληνες μελετητές κορυφαίες λύσεις. Εξάγει τα προϊόντα της και στις πέντε ηπείρους και διαθέτει οργανωμένα κέντρα διανομής και υποστήριξης - εκπαίδευσης σε περισσότερες από 45 χώρες [5].

## 10.4. ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ FineGREEN

Το FineGREEN είναι ένα λογισμικό πλήρους ενεργειακής μελέτης και ανάλυσης κτηρίων, που ενσωματώνει την πιο πρόσφατη έκδοση του EnergyPlus μέσα σε ένα άψογα ολοκληρωμένο περιβάλλον προσομοίωσης BIM (Building Information Modeling). Αρκετά νέο στην ελληνική κοινότητα, ενσωματώνει διεθνώς αναγνωρισμένα πρότυπα και εργαλεία με στόχο την πραγματοποίηση πιστοποιημένων ενεργειακών μελετών σε παγκόσμιο επίπεδο. Το λογισμικό λαμβάνει στοιχεία που αφορούν το κέλυφος (δομικά υλικά, κλπ), τη θέση και τον προσανατολισμό του προς μελέτη κτηρίου, τη γεωμετρία του, τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής, σκιάσεις από γειτονικά κτήρια ή άλλα εμπόδια, τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα και πολλά

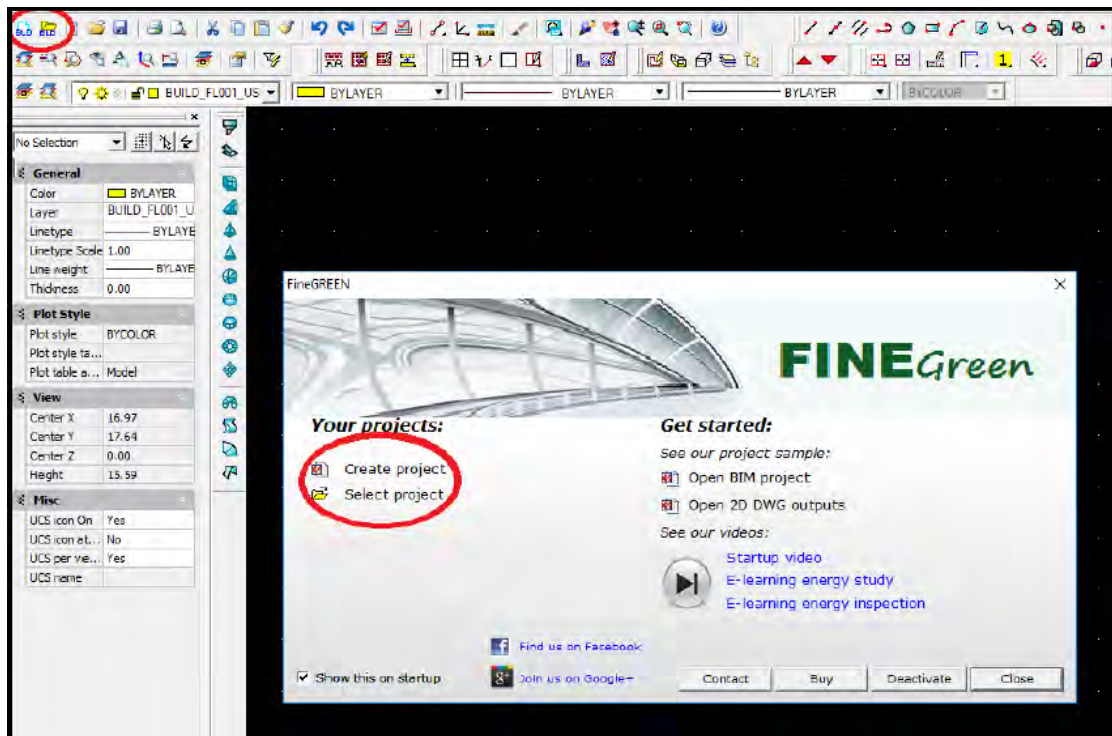
άλλα στοιχεία από τις θερμικές ζώνες του κτηρίου, όπως την πυκνότητα των χρηστών, τη χρήση της κάθε ζώνης, ακριβή χρονοδιαγράμματα λειτουργίας, εξοπλισμός που χρησιμοποιείται, κλπ. Διαθέτει πλούσιες βιβλιοθήκες με δεδομένα υλικών και δομικών στοιχείων σύμφωνα με το πρότυπο 90.1 της ASHRAE και διάφορα προφίλ λειτουργίας (activity data, schedules, lighting και HVAC systems) επίσης σύμφωνα με την ASHRAE. Επεξεργάζεται τα δεδομένα, λοιπόν, αυτά και εξάγει αναλυτικά και ακριβή αποτελέσματα καταναλώσεων του κτηρίου (σύμφωνα με το πρότυπο ενεργειακής αξιολόγησης LEED) για ψύξη και θέρμανση ξεχωριστά, όπως και για κάθε θερμική ζώνη ξεχωριστά, ώστε ο μελετητής να μπορεί ανά πάσα στιγμή να ελέγχει τις ενεργειακές απώλειες και εισροές του κτηρίου. Κατόπιν ολοκλήρωσης της κατασκευής του κελύφους, παρέχεται στον μελετητή η δυνατότητα τρισδιάστατης απεικόνισης του κτηρίου και φυσικά η δυνατότητα δημιουργίας και χρήσης δικών του βιβλιοθηκών ή επεξεργασίας των υφιστάμενων. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης (καταναλώσεις και κόστη σε καθημερινή ή ετήσια βάση) οργανώνονται σε λεπτομερείς πίνακες, διαγράμματα και γραφικές παραστάσεις, προκειμένου να γίνει η συγκριτική αξιολόγηση και να μελετηθούν εύκολα πολλά εναλλακτικά σενάρια λειτουργίας, για να δοκιμαστούν εναλλακτικές λύσεις και να βρεθεί έτσι η βέλτιστη για μία νέα κατασκευή ή η πιο ενδιαφέρουσα οικονομικά και ποιοτικά λύση για μια ανακαίνιση. Τέλος, το FineGREEN παρέχει ένα φιλικό περιβάλλον σχεδίασης (αρκετά όμοιο με περιβάλλον AutoCAD) και είναι συμβατό με όλη τη σειρά προγραμμάτων FINE/ADAPT, 4M KENAK, IDEA με αρχεία DWG και IFC [5].

## 10.5. ΟΡΙΣΜΟΣ ΝΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Και αφού ολοκληρώσαμε τη θεωρητική παρουσίαση των πιο βασικών αντικειμένων που πραγματεύεται μία μελέτη ηλεκτρικής εγκατάστασης, ας προχωρήσουμε στον ορισμό των διαφόρων στοιχείων στο λογισμικό, δείχνοντας και εξηγώντας το κάθε βήμα, μέχρι να φτάσουμε στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων και να εξετάσουμε πιθανές βελτιστοποιήσεις. Γενικά, όπως θα δούμε, το λογισμικό παρέχει ένα άριστο περιβάλλον εργασίας που δεν κουράζει το χρήστη και που σχεδόν όλες οι βασικές λειτουργίες υπάρχουν βοηθητικά και σαν συντομεύσεις στο κυρίως μενού, ώστε να εξασφαλίζεται ταχύτητα και αμεσότητα.

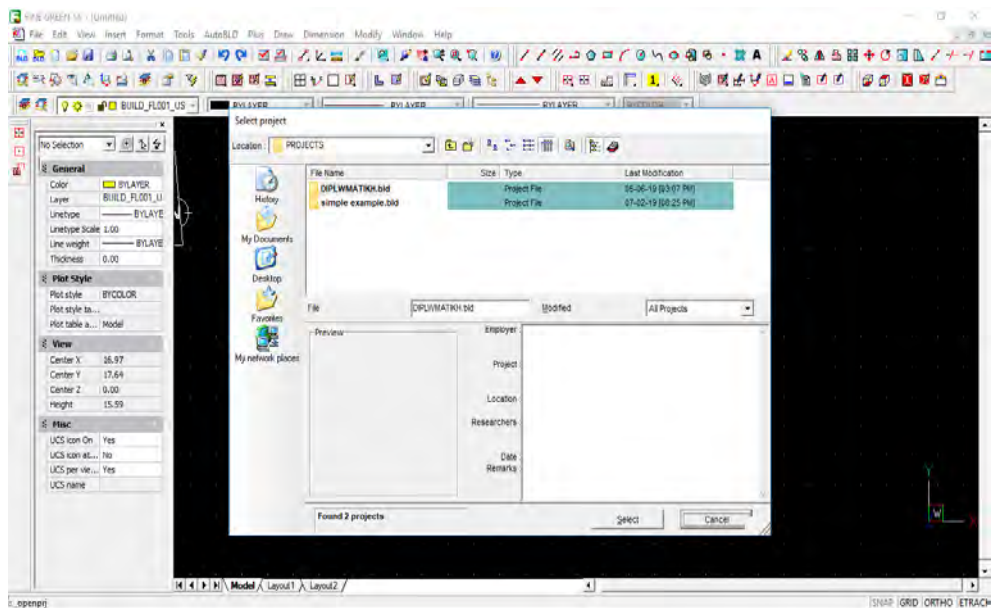
Κατόπιν εγκατάστασης του προγράμματος, το πρώτο πράγμα που κάνουμε κατά την έναρξή του, είναι η δημιουργία μιας νέας μελέτης και η αρχικοποίησή της. Το FineGREEN συνδυάζει το σχεδιαστικό κομμάτι μιας μελέτης με το υπολογιστικό στο ίδιο περιβάλλον εργασίας, επομένως η αρχικοποίηση της μελέτης οφείλει να γίνει απόλυτα προσεκτικά από τον μελετητή, διαλέγοντας μία από τις δύο επιλογές, όπως φαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί (Εικόνα 45).





Εικόνα 45. Έναρξη λογισμικού FineGREEN

Ορίζοντας, λοιπόν, το όνομα της μελέτης, δημιουργείται ένα BLD αρχείο με όνομα <όνομα\_μελέτης>.bld και παράλληλα, ένα <όνομα\_μελέτης>.dwg που δημιουργείται από το ίδιο το λογισμικό, για να γίνεται ο σχεδιασμός του κτηρίου και ανοίγει αυτόματα με κάθε έναρξη καινούριας μελέτης (Εικόνα 46). Έτσι μόνο είναι σε θέση το λογισμικό να γνωρίζει το σχέδιο, από το οποίο θα πάρει τα στοιχεία για να κάνει τους οποιουσδήποτε υπολογισμούς. Εάν η μελέτη υπάρχει ήδη, τότε επιλέγουμε ‘Select project’ και έπειτα την επιθυμητή μελέτη που θα φαίνεται όπως παρακάτω.

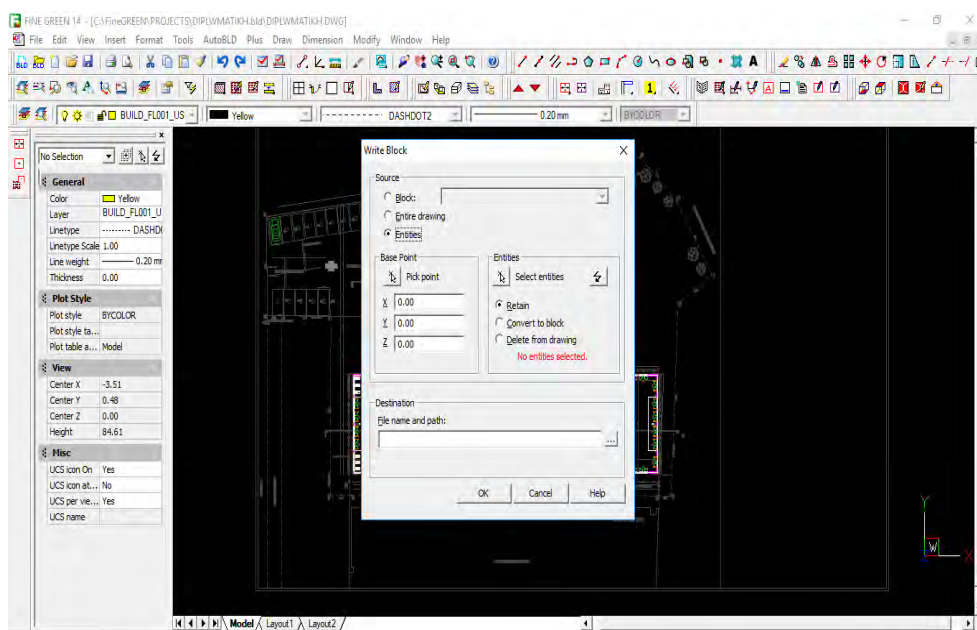


Εικόνα 46. Επιλογή (ή ορισμός) νέας μελέτης



## 10.6. ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ

Το επόμενο βήμα είναι η εισαγωγή των αρχιτεκτονικών σχεδίων στο φάκελο της μελέτης, ώστε να ξεκινήσει ο σχεδιασμός του κελύφους. Με την εντολή WBLOCK (Εικόνα 47) δίνεται στο χρήστη η δυνατότητα να επιλέξει ποια κάτοψη θέλει κάθε φορά να ‘περάσει’ στο φάκελο. Κάθε κάτοψη πρέπει οπωσδήποτε να είναι ολόκληρη ένα block (ίσως προετοιμασμένη από πριν στο AutoCAD) για να εισαχθεί στη μελέτη.

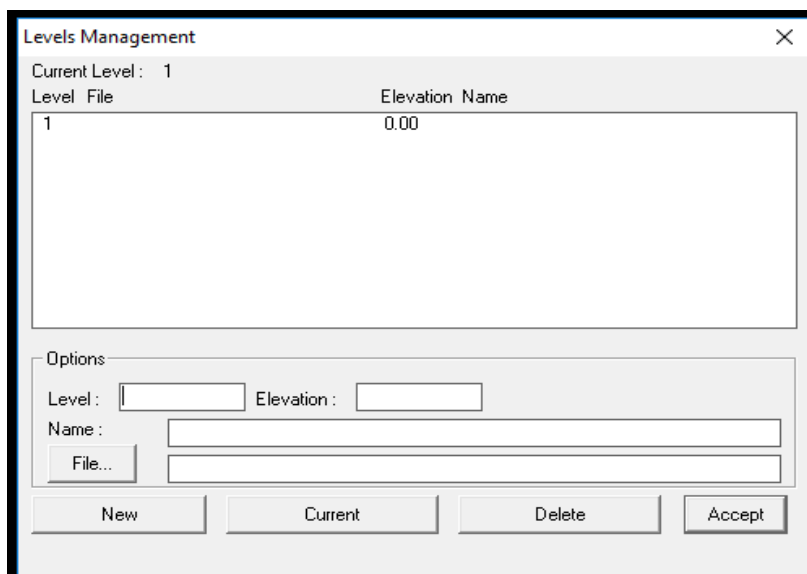


Εικόνα 47. Menu εντολής WBLOCK (Write Block)

Ο χρήστης επιλέγει το block (δηλ. την κάτοψη) που θέλει και ύστερα την αποθηκεύει με ένα όνομα της αρεσκείας του στο φάκελο που έχει δημιουργήσει για αυτή τη μελέτη, γράφοντας φυσικά το κατάλληλο path. Αξίζει να σημειωθεί εδώ, πως με την επιλογή ‘Pick Point’ στην WBLOCK, επιλέγεται από τον μελετητή ένα οποιοδήποτε σημείο της κάθε κάτοψης, το οποίο όμως σημείο θα πρέπει να είναι σταθερό και ίδιο σε όλους τους ορόφους του προς μελέτη κτηρίου (πχ. κάποιο σημείο κολώνας, ή σημείο στον τοίχο του ανελκυστήρα που αναγκαστικά θα υπάρχει σε όλους τους ορόφους, κλπ). Οφείλει να γίνει ιδιαίτερα προσεκτικά η επιλογή αυτού του σημείου, διότι αυτό θα είναι το σημείο στο οποίο θα περνάει ο άξονας του κτηρίου, θα ενώνονται δηλαδή όλοι οι ορόφοι κι έτσι θα ‘κλείνει’ με σιγουριά το κέλυφος.

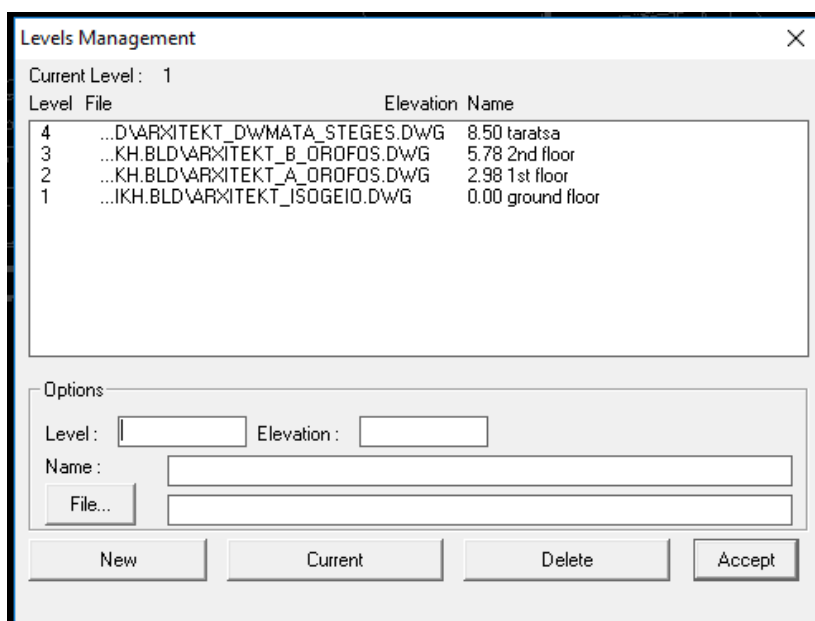
Αφού ολοκληρωθεί η επιλογή των κατόψεων των ορόφων του κτηρίου, στη γραμμή του μενού στην καρτέλα ‘AutoBLD’ → ‘Building Definition’ ανοίγει ένα παράθυρο,

στο οποίο εισάγονται στο <όνομα\_μελέτης>.dwg οι όροφοι του κτηρίου και τα αρχιτεκτονικά σχέδια κάθε ορόφου αντίστοιχα, σαν blocks (Εικόνα 48).



Εικόνα 48. Ορισμός αρχιτεκτονικού σχεδίου

Στην επιλογή 'Level' ορίζουμε τον αριθμό του ορόφου, στο πεδίο 'Elevation' τη στάθμη του, δηλαδή μέχρι ποιο ύψος (από το 0) φτάνει ο όροφος, στο 'Name' το επιθυμητό όνομα (πχ. 1<sup>st</sup> floor, 2<sup>nd</sup> floor, Ισογειο, κλπ) και τέλος, από το 'File' επιλέγουμε το αντίστοιχο αρχιτεκτονικό σχέδιο που μπορεί να είναι είτε σε μορφή dwg, είτε σε ifc. Πατώντας 'Accept' αποθηκεύουμε τις αλλαγές μας, διαφορετικά μπορούμε να περάσουμε στον επόμενο όροφο με την επιλογή 'New' (Εικόνα 49).



Εικόνα 49. Valis building definition

Κατά το σχεδιασμό του κελύφους, που θα εξηγήσουμε στην προσεχή ενότητα, η αλλαγή από όροφο σε όροφο και από κάτοψη σε κάτοψη, γίνεται μέσω αυτού του παραθύρου. Επιλέγουμε το επίπεδο, πάνω στο οποίο θέλουμε να σχεδιάσουμε, και πατάμε πρώτα ‘Current’ και έπειτα σε νέα εμφάνιση του παραθύρου ‘Accept’, ώστε να γίνει αυτό η τρέχουσα κάτοψη εργασίας στην οθόνη μας.

## 10.7. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Ο σχεδιασμός του κελύφους μια κτηριακής εγκατάστασης αποτελεί το πιο βασικό στάδιο μιας ενεργειακής μελέτης και οφείλει να γίνει σωστά και προσεκτικά. Εκεί θα βασιστούν όλοι οι υπολογισμοί και κάθε απόκλιση από την πραγματικότητα θα διαμορφώσει αναλόγως και το τελικό σφάλμα της μελέτης, αφού πλέον κάθε γραμμή που σχεδιάζεται έχει υπόσταση στο χώρο, άρα και τα δομικά της στοιχεία το ανάλογο αντίκτυπο στους υπολογισμούς. Στη μελέτη της παρούσας διπλωματικής εργασίας, στο κύκλωμα του κτηρίου λήφθηκαν υπόψη οι εξωτερικές τοιχοποιίες (δηλαδή μόνο αυτές ανάμεσα σε εξωτερικό μη θερμαινόμενο χώρο και εσωτερικό περιβάλλον), τα αντίστοιχα ανοίγματά τους (εξωτερικές πόρτες, παράθυρα, κουφώματα, κλπ), η θερμική μάζα που υπάρχει στους χώρους (άτομα, συσκευές, κλπ), τα δάπεδα και οι οροφές (και πάλι εδώ μόνο όσες σχετίζονται με εξωτερικούς χώρους) του κτηρίου (ως ένα είδος τοιχοποιίας).

Για τα δομικά στοιχεία του κελύφους υπάρχουν πολλές έτοιμες βιβλιοθήκες από το λογισμικό για να διαλέξει ένας μελετητής (κυρίως στα πρότυπα της ASHRAE), πατώντας ‘AutoBLD → Libraries → Constructions’ αλλά για την μελέτη αυτή φτιάχτηκαν και κάποιες νέες, επειδή ταίριαζαν καλύτερα στα κτήρια της ελληνικής πραγματικότητας και των διατάξεων του ΚΕΝΑΚ. Παρακάτω παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά όλων των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν είτε προήλθαν από έτοιμες βιβλιοθήκες, είτε από νέες (πατώντας ‘add’ στον επιθυμητό φάκελο και συμπληρώνοντας τα πεδία).

Στοιχεία τοίχου:

[-] General		
Name	ECE Wall	
Category	ASHRAE-Walls	
Type	Construction	▼
Source		
U factor	0.328	
[-] Layers		
Number of Layers	5	
[-] Outer Layer		
	Gypsum or plaster board	...
	0.0100	
[-] Layer 2		
	Brick	...
	0.1200	
[-] Layer 3		
	Insulation: Expanded polystyrene - molded beads -...	...
	0.0900	
[-] Layer 4		
	Brick	...
	0.1200	
[-] Inner Layer		
	Gypsum or plaster board	...
	0.0100	
[-] Air film resistance		
Inside air film resistance	0.130	...
Outside air film resistance	0.040	...

Εικόνα 50. Βιβλιοθήκη με τα (δομικά) χαρακτηριστικά του τοίχου

Στοιχεία κολώνας:

[-] General		
Name	ECE square column	
Category	ASHRAE-Walls	
Type	Construction	▼
Source		
U factor	0.385	
[-] Layers		
Number of Layers	4	
[-] Outer Layer		
	Gypsum or plaster board	...
	0.0100	
[-] Layer 2		
	Insulation: Expanded polystyrene - molded beads -...	...
	0.0800	
[-] Layer 3		
	4 in. Concrete at R-0.0625/in (NW 145 lb/ft3 solid ...	...
	0.2500	
[-] Inner Layer		
	Gypsum or plaster board	...
	0.0100	
[-] Air film resistance		
Inside air film resistance	0.130	...
Outside air film resistance	0.040	...

Εικόνα 51. Βιβλιοθήκη κολώνας

Στοιχεία παραθύρου:

General	
Name	Dbl LoE Elec Ref Bleached 6mm/13mm Arg
Category	e+-Opening (Double Glazing)
Type	Glazing
Definition method	Layered
Source	e+
U factor	1.323
Layers	
Number of Layers	3
Outer Layer	ECREF-2 BLEACHED 6MM 0.0060 <Using default>
Layer 2	ARGON 13MM 0.0130 <Using default>
Inner Layer	LoE SPEC SEL CLEAR 6MM Rev 0.0060 <Using default>

Εικόνα 52. Βιβλιοθήκη παραθύρου

Στοιχεία πόρτας:

General	
Name	external door
Category	FG-Door
Type	Construction
Source	FINEGREEN
U factor	0.969
Layers	
Number of Layers	2
Outer Layer	Metal surface 0.0020
Inner Layer	Insulation board 0.0254
Air film resistance	
Inside air film resistance	0.120
Outside air film resistance	0.030

Εικόνα 53. Βιβλιοθήκη πόρτας

### Στοιχεία δαπέδου:

General	
Name	ECE Floor to ground
Category	ASHRAE-Floors (ground)
Type	Ground floor
Definition method	Layered
Source	
U factor	0.562
Layers	
Number of Layers	4
Outer Layer	Insulation: Expanded polystyrene - molded beads - ... 0.0500
Layer 2	4 in. Concrete at R-0.0625/in (NW 145 lb/ft3 solid ... 0.2000
Layer 3	Concrete: Cement/lime - mortar - and stucco - 160... 0.0400
Inner Layer	Slate or tile 0.0200
Air film resistance	
Inside air film resistance	0.170
Outside air film resistance	0.000

Εικόνα 54. Βιβλιοθήκη δαπέδου

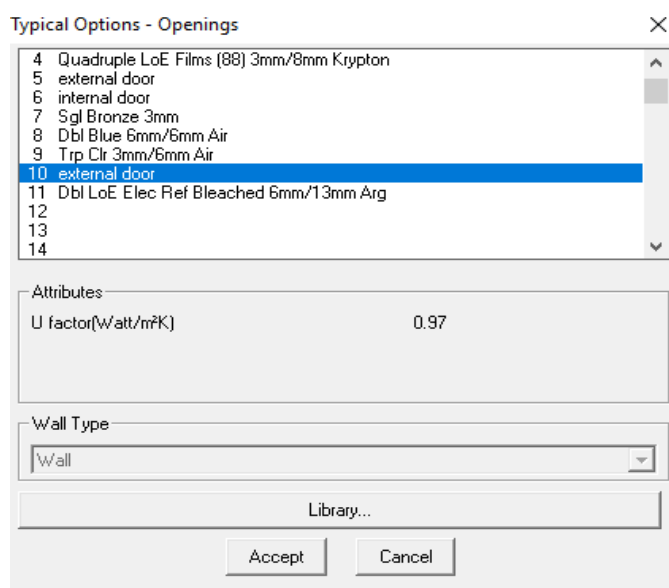
### Στοιχεία οροφής:

General	
Name	ECE Roof
Category	ASHRAE-Roofs
Type	Construction
Source	
U factor	0.394
Layers	
Number of Layers	5
Outer Layer	Gypsum or plaster board 0.0200
Layer 2	4 in. Concrete at R-0.0625/in (NW 145 lb/ft3 solid ... 0.1500
Layer 3	Insulation: Expanded polystyrene - molded beads - ... 0.0800
Layer 4	Concrete: Cement/lime - mortar - and stucco - 128... 0.0400
Inner Layer	Slate or tile 0.0200
Air film resistance	
Inside air film resistance	0.100
Outside air film resistance	0.040

Εικόνα 55. Βιβλιοθήκη οροφής



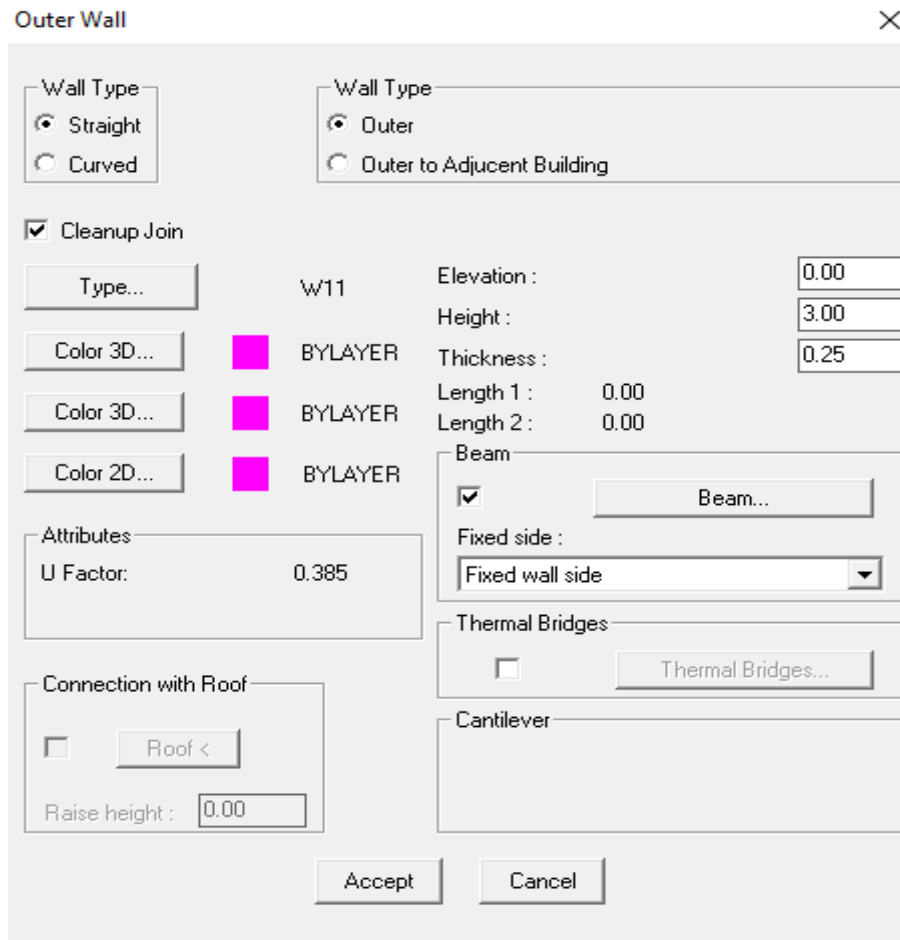
Στη συνέχεια επιλέγουμε ‘AutoBLD → Typical Data → Openings’ και στην γραμμή 10 (η πρώτη κενή γραμμή που συναντήσαμε) βάλαμε την (έτοιμη) βιβλιοθήκη ‘external door’ που θα χρησιμοποιήσουμε για τις πόρτες, πατώντας στο ‘Library’ (Εικόνα 56). Σε άλλη περίπτωση, θα μπορούσαμε να βάλουμε τη βιβλιοθήκη σε οποιαδήποτε άλλη γραμμή, παίρνοντας τη θέση μιας άλλης και αντικαθιστώντας τα στοιχεία που δομήθηκαν με εκείνη, με αυτά της νέας, αυτόματα από το λογισμικό, χωρίς να χρειαστεί κάποια άλλη κίνηση. Ομοίως, στη γραμμή 11, τοποθετήσαμε την επίσης έτοιμη βιβλιοθήκη των παραθύρων που θα χρησιμοποιήσουμε αντίστοιχα για το σχεδιασμό των παραθύρων, ως εξής:



Εικόνα 56. Επιλογή επιθυμητής βιβλιοθήκης για πόρτες

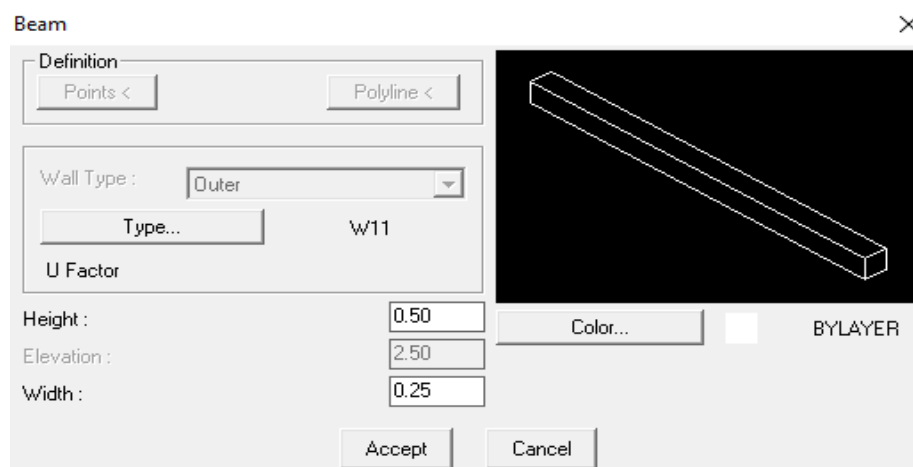
Την ίδια διαδικασία ακολουθούμε αντίστοιχα και για τους τοίχους, τις κολώνες, τα δάπεδα και τις οροφές. Έτσι έχουμε για τους τοίχους (‘AutoBLD → Typical Data → Outer Walls’) στη 10<sup>η</sup> και 11<sup>η</sup> γραμμή τις βιβλιοθήκες ‘ECE Wall’ και ‘ECE Square Column’ που δημιουργήσαμε για την τοιχοποιία του κτηρίου. Ακολούθως, για τα δάπεδα βάλαμε στην 6<sup>η</sup> γραμμή τη βιβλιοθήκη ‘ECE Floor to ground’ και για τις οροφές, την ‘ECE Roof’ επίσης στην ίδια γραμμή. Τώρα είμαστε έτοιμοι να ξεκινήσουμε να σχεδιάζουμε το κέλυφος στο κτήριο.

Με την επιλογή ‘AutoBLD → Wall → Outer Wall’ ή απλά πληκτρολογώντας ‘wall’ στη γραμμή εντολών του προγράμματος, ανοίγει το παράθυρο εργασίας (Εικόνα 57) που θα μας επιτρέψει μετά από λίγες ρυθμίσεις να σχεδιάσουμε τον πρώτο μας τοίχο. Στο πεδίο ‘Type’ επιλέγουμε τον τοίχο της 10<sup>η</sup> γραμμής που είχαμε εισάγει προηγουμένως.



Εικόνα 57. Διαμόρφωση χαρακτηριστικών τοίχου

Στο παράθυρο αυτό επιλέγονται τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του τοίχου, το ύψος, το πάχος, το είδος της τοιχοποιίας, η ύπαρξη ή μη δοκαριού και η θερμογέφυρα. Συγκεκριμένα, διαλέξαμε την ύπαρξη δοκαριού για κάθε περιμετρική τοιχοποιία, επομένως στο πεδίο 'Beam' ρυθμίσαμε στο 'Type' το W11 (Εικόνα 58).



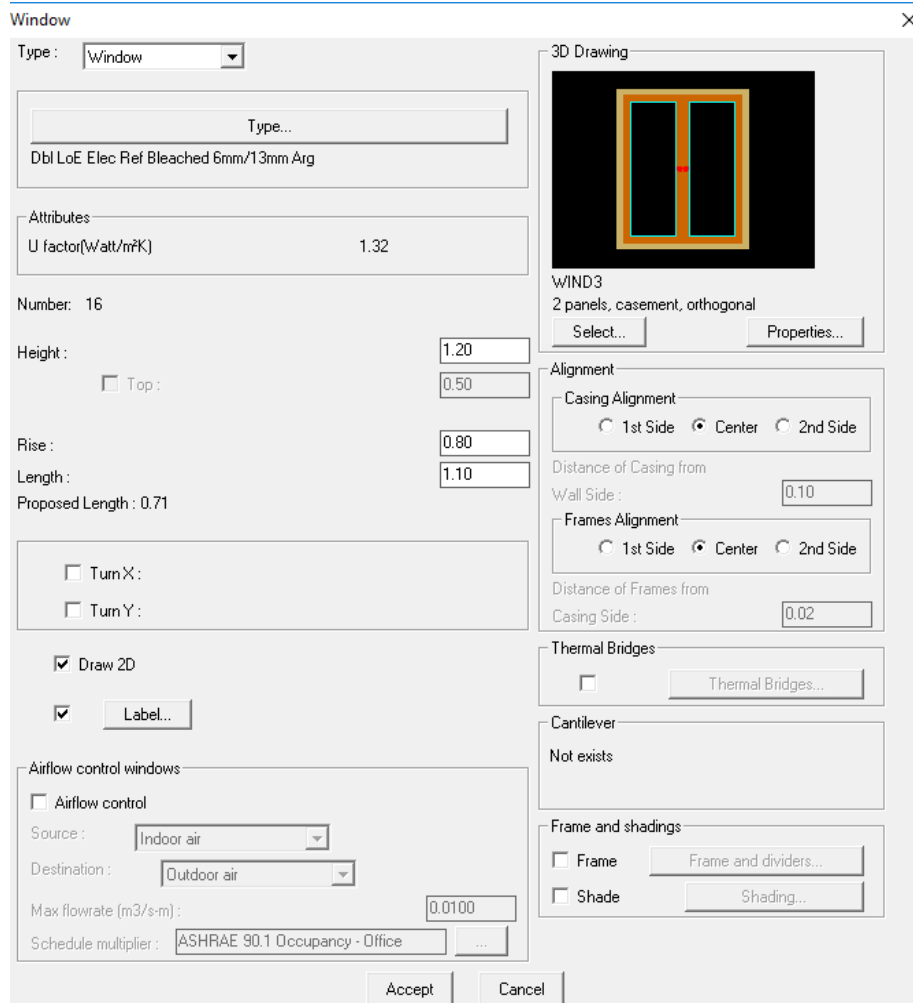
Εικόνα 58. Ορισμός δοκαριού

Σε περίπτωση που θέλουμε να σχεδιάσουμε κολώνα, αντί για τοίχο, κάνουμε ακριβώς την ίδια διαδικασία στο ίδιο παράθυρο που ανοίγει, απλά στο 'Type' επιλέγουμε τη βιβλιοθήκη της κολώνας (συγκεκριμένα W11). Κατά τη σχεδίαση τόσο του τοίχου, όσο και της κολώνας (όπως βέβαια και όλων των ανοιγμάτων), ακολουθούνται τρία μόνο βήματα: α) επιλογή σημείου εκκίνησης (που ξεκινά ουσιαστικά ο τοίχος ή η κολώνα), β) το σημείο που τελειώνει και γ) μία από τις δύο πλευρές του επιπέδου (που δηλώνει σε ποια πλευρά θα μπει ο τοίχος - κολώνα). Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να αναφέρουμε ένα λάθος που συμβαίνει συχνά και που θα ήταν καλό να δοθεί λίγη προσοχή. Όταν υπάρχουν δύο τοίχοι στη σειρά που ο ένας ξεκινάει εκεί που τελειώνει ο άλλος, ή συνηθέστερα ένας τοίχος ακριβώς δίπλα σε μια κολώνα, πρέπει προφανώς το σημείο εκκίνησης του ενός να ταυτίζεται ακριβώς με το σημείο τέλους του άλλου. Αν τα δύο σημεία δεν συμπίπτουν (αν δηλαδή δεν μιλάμε για το ίδιο σημείο), τότε θα υπάρξει χαραμάδα στο κτήριο και σίγουρα το κέλυφος δεν θα κλείνει στο τέλος, ώστε να δημιουργηθούν οι κατάλληλες θερμικές ζώνες και να γίνουν οι υπολογισμοί. Είναι προϋπόθεση αυτό να γίνει σε κάθε τέτοια περίπτωση, διαφορετικά είναι σαν να μιλάμε για κάποιο κτήριο που διαθέτει τρύπα και άρα οι απώλειές του θα είναι μεγάλες. Σε τέτοιες περιπτώσεις μας βοηθάνε κάποια εργαλεία που διαθέτει το πρόγραμμα και συγκεκριμένα το ESNAP και το ORTHO.

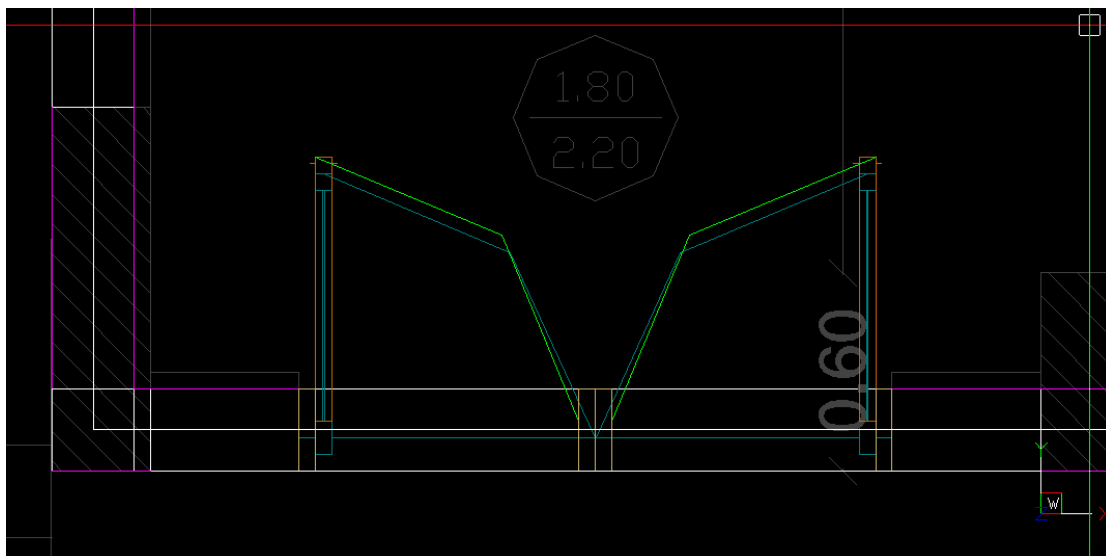
- ✓ **ESNAP:** η εντολή αυτή αναγκάζει τον κέρσορα να διαλέξει συγκεκριμένα γεωμετρικά σημεία ενός αντικειμένου, μιας γραμμής, μιας επιφάνειας, κλπ (πχ. την αρχή, το τέλος, και το μέσον) και σε καμία περίπτωση κάποιο γειτονικό σημείο. Η εντολή ESNAP μπορεί να ενεργοποιηθεί είτε κρατώντας πατημένο το 'shift' και πατώντας δεξί κλικ στο ποντίκι, είτε μέσω της πρόσθετης γραμμής εργαλείων.
- ✓ **ORTHO:** η λειτουργία αυτή περιορίζει τον κέρσορα μόνο σε οριζόντια ή κάθετη κίνηση, και όχι όπως θέλει ο χρήστης. Ενεργοποιείται πατώντας το αντίστοιχο εικονίδιο ή με F8.

Και οι δύο αυτές εντολές βοηθάνε στο να εκκινεί μια τοιχοποιία από εκεί ακριβώς που τελείωσε μια άλλη και χωρίς να λοξοδρομεί, εύκολα και γρήγορα, χωρίς την πιθανότητα λάθους.

Με τον ίδιο τρόπο και ακολουθώντας την ίδια διαδικασία, επιλέγονται τα χαρακτηριστικά των υπόλοιπων στοιχείων και σχεδιάζονται οι πόρτες, τα παράθυρα, τα δάπεδα και οι οροφές. Κατά τη σχεδίαση των δαπέδων και των οροφών, χρειάζεται να επιλεγεί ένα σύνολο σημείων που θα διαμορφώσουν τη ζητούμενη κλειστή επιφάνεια και να διευκρινιστεί εάν η τοιχοποιία αυτή αφορά δάπεδο ή οροφή προς θερμαινόμενο ή μη χώρο, προς το έδαφος, προς κάποια πιλοτή, κλπ.

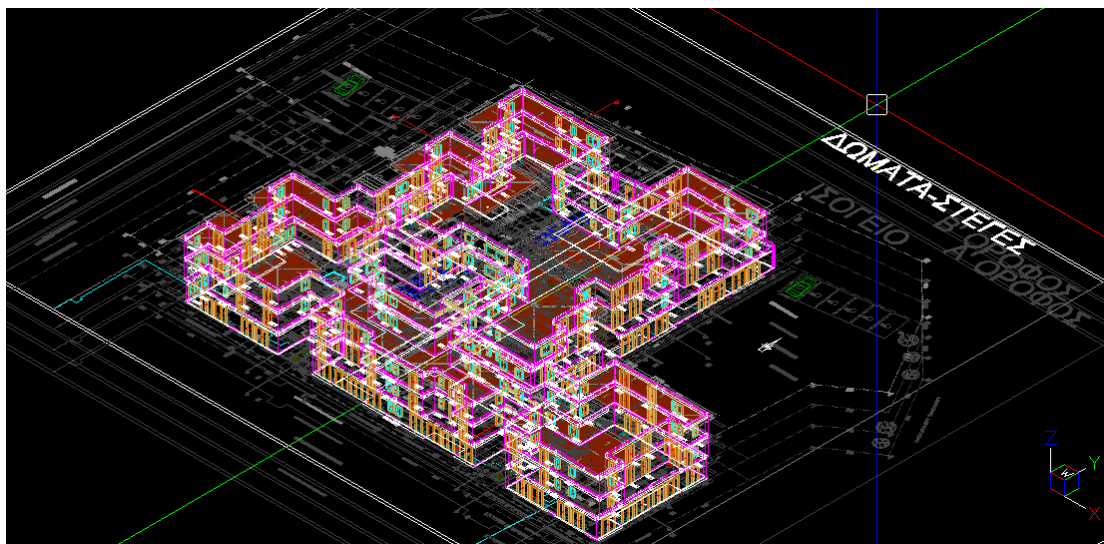


Εικόνα 59. Διαμόρφωση χαρακτηριστικών παραθύρου



Εικόνα 60. Στιγμιότυπο από τη σχεδίαση πόρτας, τοίχου και κολώνας

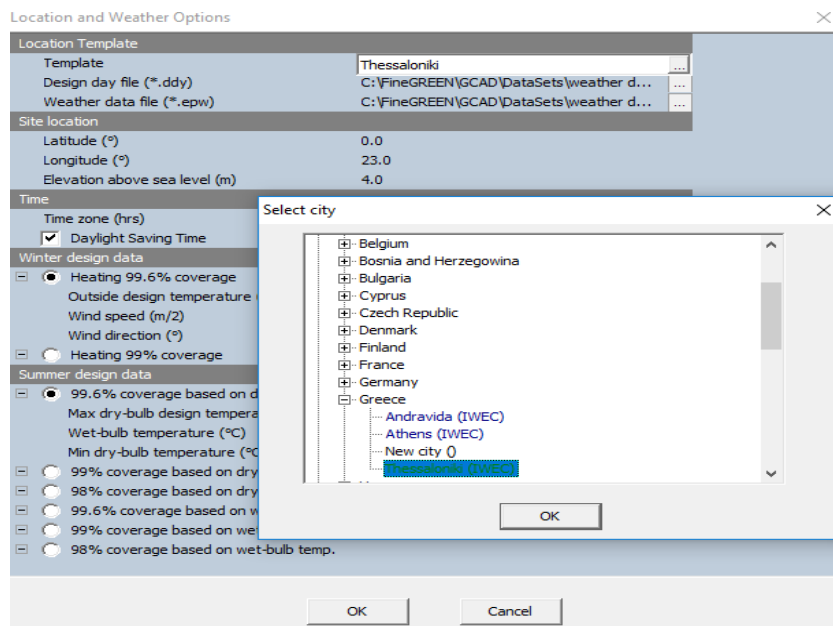
Έχοντας κλείσει πλήρως το κέλυφος του κτηρίου, θα ήταν ενδιαφέρον να δούμε μια τρισδιάστατη εκδοχή του κτηρίου μας. Γενικά, το FineGREEN δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να έχει τρισδιάστατη εικόνα (Εικόνα 61) του κτηρίου του ανά πάσα στιγμή αν το επιθυμήσει.



Εικόνα 61. 3D αναπαράσταση του κτηρίου μέσω της επιλογής ‘AutoBLD→ Axonometric’

## 10.8. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ

Με την ολοκλήρωση του σχεδιασμού του κελύφους, προκειμένου να προχωρήσουμε σε ηλεκτρομηχανολογικές αναλύσεις που θα συνθέσουν την τελική μορφή της μελέτης, μένει να σιγουρευτούμε πως το κέλυφος έχει όντως κλείσει και δεν υπάρχουν λάθη που να δημιουργήσαν χαραμάδες στο κτήριο (να ξεχάσαμε να βάλουμε κάποιο άνοιγμα, να μην μπήκε σωστά κάποιος τοίχος ή κολώνα, κλπ), καθώς και να εισάγουμε στο λογισμικό τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής και τον προσανατολισμό του κτηρίου. Επιλέγοντας ‘AutoBLD → Element Parameters → Other Functions → EnergyPlus location and weather’ και στο παράθυρο που ανοίγει μπορούμε να ρυθμίσουμε το ‘location template’ με τα κλιματικά δεδομένα όποιας περιοχής θέλουμε. Επιλέγουμε τη Θεσσαλονίκη γι’ αυτή τη μελέτη (Εικόνα 62), ως την πόλη με τα πιο αντιπροσωπευτικά για το Βόλο δεδομένα καιρού και κλίματος στην Ελλάδα, διαφορετικά θα μπορούσε και πάλι ο κάθε χρήστης να εισάγει δικά του. Μέσα από αυτή την καρτέλα, ρυθμίζονται και άλλα στοιχεία για την περιοχή του κτηρίου, όπως γεωγραφικό μήκος και πλάτος, ταχύτητα ανέμου, διάφορες τιμές υγρασίας και θερμοκρασίας και πολλά άλλα, που έχουν να κάνουν με την προσομοίωση και τον τρόπο εξαγωγής των αποτελεσμάτων. Στη συνέχεια, πατώντας ‘AutoBLD → North Direction’ εισάγουμε σε μία κάτοψη των σχεδίων (έστω στο ισόγειο) προς ποια κατεύθυνση δείχνει ο Βορράς.



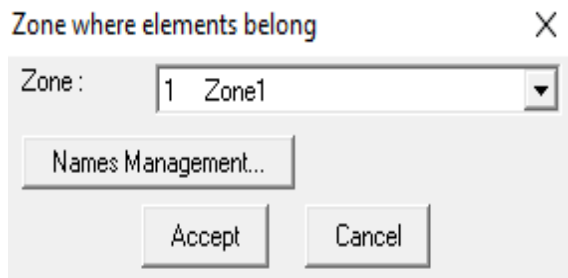
Εικόνα 62. Ορισμός περιοχής και κλιματικών δεδομένων

## 10.9. ΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ

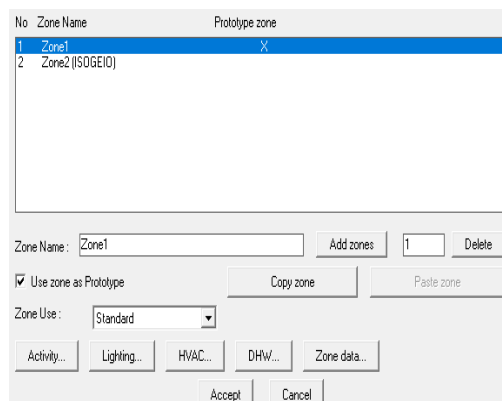
Το αν έχει κλείσει, λοιπόν, σωστά το κτήριο ή όχι, θα το διαπιστώσουμε ορίζοντας τις θερμικές ζώνες του κτηρίου. Αν επιλέξουμε στις κατόψεις ποιοι χώροι χρειάζεται να αποτελέσουν ενιαία θερμική ζώνη και εμφανιστούν τα τετραγωνικά μέτρα που ορίζονται συνολικά από την ζώνη αυτή και το όνομά της (που ο μελετητής έχει επίσης ορίσει), τότε σημαίνει πως το λογισμικό βρήκε κλειστή την επιφάνεια αυτή κι έτσι δεν υπάρχουν προβλήματα στο κέλυφος, διαφορετικά αν δεν εμφανίζονταν τα τετραγωνικά, η επιφάνεια αυτή κάπου δεν θα έκλεινε.

Μέσω του μονοπατιού ‘AutoBLD → Definition of Plan View Elements → Building Zone Definition’ ο μελετητής έχει τη δυνατότητα να ορίσει μία ζώνη με δύο τρόπους, όπως του είναι πιο βολικό σε κάθε περίπτωση: α) επιλέγοντας τους τοίχους που την περικλείουν (by Walls) και β) επιλέγοντας ένα οποιοδήποτε σημείο εσωτερικό της ζώνης και ένα άλλο εκτός αυτής (by Point). Κατόπιν, λοιπόν, εμφανίζεται ένα παράθυρο (όπως φαίνεται και στην Εικόνα 63), με το οποίο ορίζεται το όνομα της ζώνης (και πατώντας ‘Layer Management’) η χρήση της (Standard, Semi exterior unconditioned, Cavity, Plenum, Semiheated), καθώς και πολλά άλλα στοιχεία σχετικά με τη δραστηριότητα της ζώνης, τα ηλεκτρομηχανολογικά χαρακτηριστικά, το φωτισμό, το ζεστό νερό χρήσης και άλλα πολλά στοιχεία της ζώνης, με τα οποία θα ασχοληθούμε εκτενέστερα παρακάτω, μιας και σε αυτά εντοπίζεται το μεγαλύτερο ενδιαφέρον μιας κτηριακής εγκατάστασης (Εικόνα 64)





Εικόνα 63. Ορισμός ονόματος ζώνης



Εικόνα 64. Ορισμός χαρακτηριστικών ζώνης

Αν ο μελετητής κάνει κλικ στην επιλογή ‘Use zone as Prototype’, τότε κάθε ζώνη που υπάρχει και κάθε καινούρια που θα ορίζεται θα έχει τα χαρακτηριστικά της ζώνης αυτής, προκειμένου να μην ρυθμίζει ξανά όλα τα στοιχεία της ζώνης από την αρχή σε περίπτωση που θέλει να έχουν δύο ή περισσότερες ζώνες τα ίδια χαρακτηριστικά (Activity Data, Lighting, HVAC Systems, Domestic Hot Water και Zone Data). Για αυτή τη μελέτη, ορίσαμε δύο θερμικές ζώνες στο κτήριο. Μία ζώνη το ισόγειο, που περιλαμβάνει κυρίως τους χώρους υποδοχής, τα μαγαζιά, τα μπαρ, τα εστιατόρια, SPA και γυμναστήριο, και άλλη μία ο 1ος με τον 2ο όροφο, οι οποίοι περιέχουν τα υπνοδωμάτια.

## 10.10. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Ο σωστός ορισμός των θερμικών ζωνών αποτελεί βασική προϋπόθεση για την εν συνεχεία επιλογή των ηλεκτρομηχανολογικών δεδομένων των χώρων του κτηρίου, γιατί η εισαγωγή αυτών των δεδομένων θα γίνει με βάση την κάθε ζώνη ξεχωριστά, ανάλογα με τη χρήση και τις ανάγκες της. Από το μονοπάτι ‘AutoBLD → Element Parameters → Zones/Systems’ ανοίγει και πάλι το παράθυρο με όλες τις θερμικές ζώνες που διαθέτει το κτήριο μελέτης (το συγκεκριμένο δύο) και για καθεμία από αυτές, μπορούμε να εισάγουμε διαφορετικά δεδομένα στις πέντε καρτέλες:

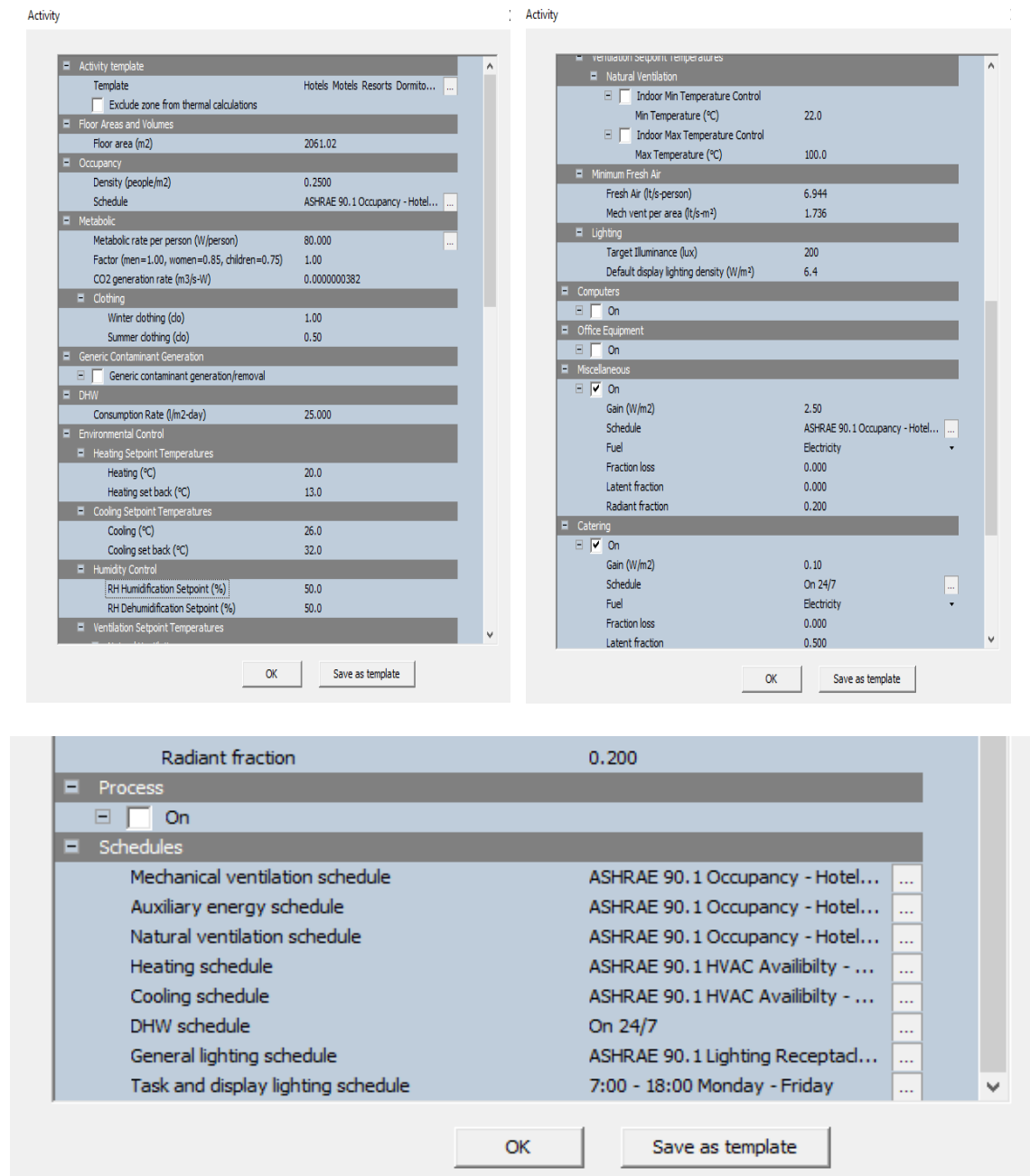
1. Activity Data
2. Lighting
3. HVAC (Heating, ventilation, and air conditioning)
4. DHW (Domestic Hot Water)
5. Zone Data

Κατά την παρουσίαση των καρτελών αυτών, τα δεδομένα που θα επιλέξουμε να εισάγουμε για την ώρα είναι τα πραγματικά για το κτήριο της παρούσας μελέτης, δηλαδή αυτά που ήδη υπάρχουν αυτή τη στιγμή στο ξενοδοχείο Valis Resort της

Αγριάς Βόλου, και αποτελούν το βασικό σενάριο λειτουργίας της μελέτης μας, με βάση το οποίο θα συγκρίνουμε και τα εναλλακτικά σενάρια που θα εξετάσουμε.

### 10.10.1. ACTIVITY DATA

Από αυτή την καρτέλα εισάγουμε όλα τα δεδομένα που έχουν να κάνουν με τη δραστηριότητα της συγκεκριμένης ζώνης (Εικόνα 65). Πιο συγκεκριμένα:



Εικόνα 65. Καρτέλα Activity Data

Πεδίο Activity Template: περιγράφεται η χρήση της ζώνης και όταν ο μελετητής επιλέξει κάποιο πρότυπο δραστηριότητας - χρήσης, ανάμεσα σε πάρα πολλές έτοιμες επιλογές που παρέχει το πρόγραμμα, τα επόμενα πεδία συμπληρώνονται αυτόματα με κάποιες ενδεικτικές τιμές αλλά φυσικά ο μελετητής μπορεί να επεξεργαστεί όσα πεδία κρίνει απαραίτητο. Για τη ζώνη του ισογείου επιλέξαμε το template 'Hotels Motels Resorts Dormitories – Multipurpose assembly'(όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα) και για τη ζώνη Α' και Β' ορόφου (υπνοδωμάτια) το 'Hotels Motels Resorts Dormitories – Bedroom/Living Room'.

Πεδίο Floor area (m<sup>2</sup>): σε αυτό συμπληρώνεται αυτόματα η συνολική επιφάνεια όλων των χώρων της συγκεκριμένης ζώνης.

Πεδίο Occupancy (Density και Schedule): στο Density εισάγουμε τον πληθυσμό των ατόμων της ζώνης ανά τετραγωνικό μέτρο (τιμή που επιλέγουμε με βάση τις προδιαγραφές του KENAK από ειδικούς πίνακες) και στο Schedule το χρονοπρόγραμμα λειτουργίας 'Occupancy – Hotel/Motel', ένα σενάριο δηλαδή που δείχνει το ποσοστό των ατόμων που βρίσκονται στο ξενοδοχείο κατά τις διάφορες ώρες της ημέρας, και κατ' επέκταση την ενεργειακή απαίτησή τους.

Πεδία Metabolic: στα πεδία αυτά επισημαίνεται με νούμερα το είδος της δραστηριότητας των ατόμων της ζώνης (αν ασκούνται, τρέχουν, περπατάνε, εργάζονται, κλπ).

Πεδία Clothing: επιλογή του ρουχισμού των ατόμων, ανάλογα με την εποχή.

Πεδίο Generic contaminant generation/Removal: γενική παραγωγή και αποβολή ρύπων στο χώρο.

Πεδίο DHW Consumption Rate (l/m<sup>2</sup> - day): προσδιορίζεται ο μέσος όρος l/m<sup>2</sup> ζεστού νερού χρήσης ανά ημέρα (και πάλι από πίνακες του KENAK).

Πεδία Heating και Cooling Setpoint Temperatures: προσδιορίζονται οι οριακές θερμοκρασίες (άνω και κάτω) για ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση θέρμανσης και ψύξης αντίστοιχα.

Πεδία Humidity Control: Κατώτατο όριο υγρασίας για ενεργοποίηση ύγρανσης και ανώτατο όριο υγρασίας για ενεργοποίηση αφύγρανσης.

Πεδία Natural Ventilation: στοιχεία που έχουν να κάνουν με τον φυσικό αερισμό.

Πεδία Minimum Fresh Air: προσδιορίζεται η ελάχιστη ποσότητα φυσικού αέρα που χρειάζεται ένα άτομο στο χώρο, όπως επίσης και ο μηχανικός αερισμός που χρειάζεται ένα τ.μ. χώρου (τα νούμερα που διαλέξαμε προέκυψαν για άλλη μια φορά με βάση τον KENAK).

Πεδία Lighting: καθορισμός φωτεινότητας (με βάση KENAK), ανάλογα με το είδος των περισσότερων, μεγαλύτερων αλλά και πιο χρήσιμων χώρων της ζώνης.

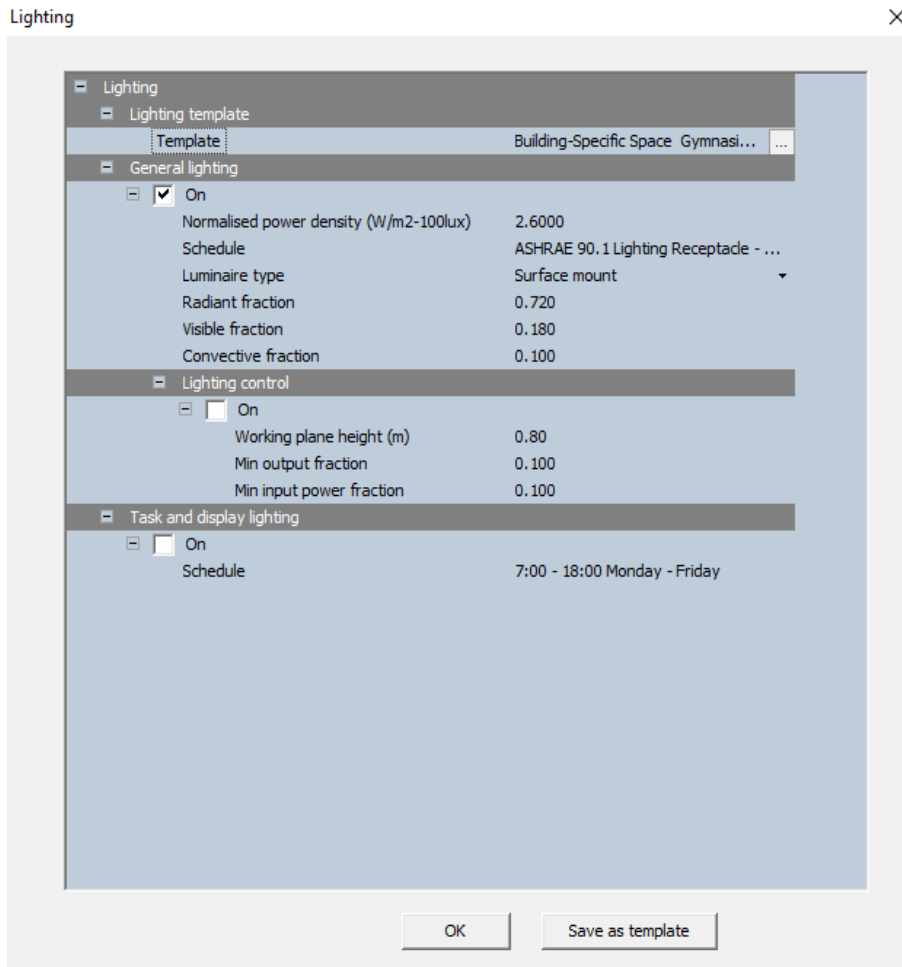
Πεδία Computers, Office Equipment, Miscellaneous, Catering και Process: στα πεδία αυτά εισάγονται πληροφορίες που αφορούν τις συσκευές, την κουζίνα και τον γενικότερο εξοπλισμό που χρησιμοποιείται στη ζώνη και τα αντίστοιχα χρονοπρογράμματα λειτουργίας τους (το Process συνήθως για βιομηχανικά κτήρια), έτσι ώστε να υπολογιστούν με ακρίβεια τα εσωτερικά θερμικά κέρδη και οι απαιτήσεις ψυκτικών και θερμικών φορτίων. (Για την παρούσα διπλωματική χρησιμοποιήσαμε μόνο τα πεδία Miscellaneous (διάφορες συσκευές) και Catering).

Πεδία Schedules: Τέλος, ακολουθούν τα διάφορα χρονοπρογράμματα λειτουργίας της ζώνης ανά περίπτωση (ψύξη, θέρμανση, αερισμός, ζεστό νερό χρήσης, φωτισμός), που φυσικά ρυθμίζουμε με τρόπο που να αρμόζουν στο προφίλ λειτουργίας ενός μεγάλου ξενοδοχείου (όπως άλλωστε και σε όλα τα schedules που συναντήσαμε παραπάνω).

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί για ακόμη μία φορά, πως οι τιμές που επιλέγονται δεν είναι τυχαίες και αναξιόπιστες, αλλά από θεσμοθετημένες διατάξεις του KENAK που αρμόζουν στα ελληνικά δεδομένα. Γενικότερα ο κάθε μελετητής οφείλει να βασιστεί σε εκείνους τους κανονισμούς και τις τιμές, που διέπουν την ορθή λειτουργία και ασφάλεια των κτηριακών εγκαταστάσεων της χώρας του και την περιβαλλοντική προστασία.

### **10.10.2. LIGHTING**

Στην ενότητα αυτή θα εισαχθούν τα δεδομένα φωτισμού κάθε ζώνης για να υπολογιστούν τα σχετικά φορτία και θερμικά κέρδη (Εικόνα 66). Δεν ορίζονται τα φωτιστικά των χώρων, μιας και το ενδιαφέρον της μελέτης εστιάζεται μόνο στα φορτία και τις καταναλώσεις. Πιο αναλυτικά:



Εικόνα 66. Καρτέλα Lighting

Πεδίο Template: Επιλέγεται το προφίλ λειτουργίας φωτισμού της ζώνης ‘Building – Specific Space Gymnasium/Fitness Center Fitness Area 7.8W/m<sup>2</sup> at 300 Lux’.

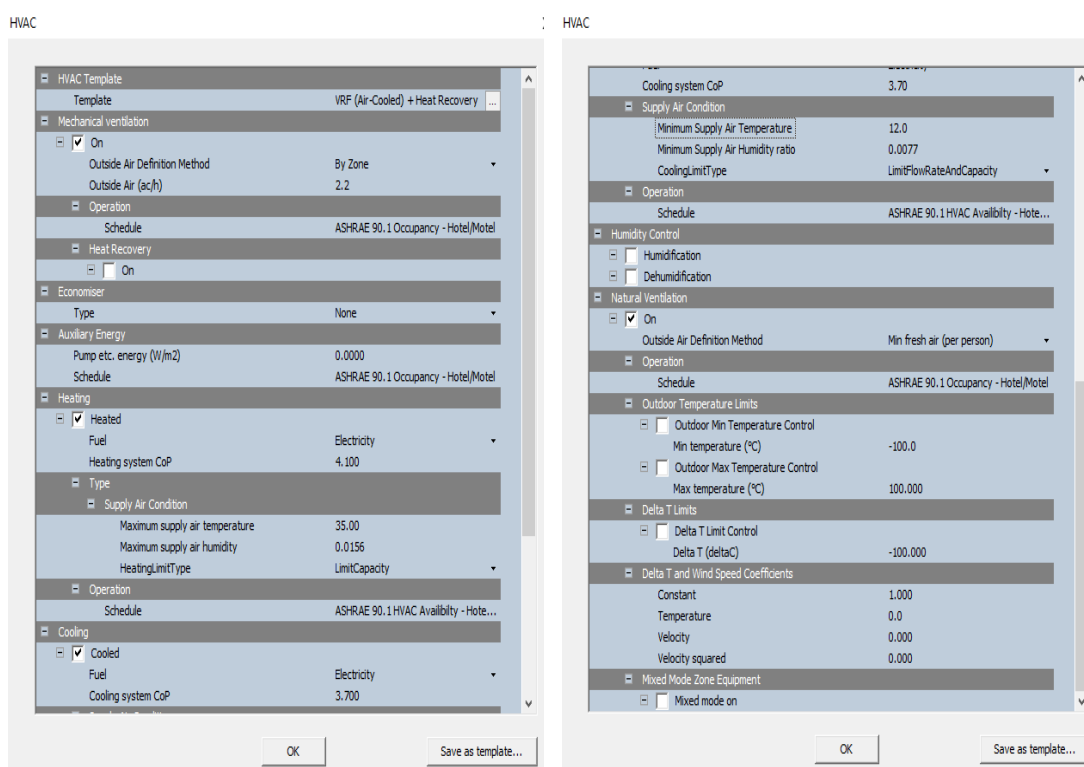
Πεδία General lighting: στα πεδία αυτά καθορίζονται οι διάφορες παράμετροι του φωτισμού όπως επιθυμεί κάθε μελετητής, ωστόσο δεν αλλάζει το schedule. Αυτό καθορίζεται από την καρτέλα Activity Data, για την οποία έγινε λόγος πριν, και μπορεί να τροποποιηθεί μόνο από εκεί, όπως άλλωστε και όλα τα schedules.

Πεδία Lighting control: εάν επιλεγεί, δίνεται η δυνατότητα αυτόματου ελέγχου του φωτισμού στη ζώνη με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας, με βάση για παράδειγμα τα επίπεδα ήλιου, την ώρα, το αν υπάρχουν ή όχι άτομα στο χώρο, κα. και επίσης, η δυνατότητα διαχωρισμού των περιοχών ελέγχου ανάμεσα στους χώρους της ζώνης.

Πεδίο Task and display lighting: χρονοπρογραμματισμός χρήσης φωτισμού στη ζώνη (συνέχεια ενεργός, Δευτέρα - Παρασκευή 7:00-15:00).

### 10.10.3. HVAC (HEATING, VENTILATION AND AIR CONDITIONING)

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της καθαρότητας του αέρα ενός χώρου συνθέτουν την έννοια του κλιματισμού (Εικόνα 67). Η βασική λειτουργία, λοιπόν, ενός κλιματιστικού συστήματος (όπως έχουμε αναφέρει και σε άλλα κεφάλαια) είναι η προσθήκη θερμότητας στον αέρα ενός χώρου όταν θέλει να τον θερμάνει, να ανεβάσει δηλαδή τη θερμοκρασία του ή να την κρατήσει στα επιτρεπτά όρια, και η αφαίρεση θερμότητας από αυτόν, όταν επιδιώκει να τον ψύξει (δηλαδή να κατεβάσει τη θερμοκρασία του, αντίστοιχα). Επομένως, πρόκειται για την πιο δαπανηρή και σύνθετη πτυχή μιας ενεργειακής μελέτης και αναμφισβήτητα αποτελεί το σημαντικότερο και μεγαλύτερο κομμάτι της. Στην καρτέλα αυτή είναι που εισάγονται όλα τα απαραίτητα δεδομένα και χαρακτηριστικά των συστημάτων ψύξης, θέρμανσης και αερισμού της ζώνης. Ας δούμε λίγο κι εδώ τα σημαντικότερα πεδία:



Εικόνα 67. Καρτέλα HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning)



Πεδίο Template: προσδιορίζεται το σύστημα ψύξης και θέρμανσης της εκάστοτε ζώνης. Στη συγκεκριμένη επιλέξαμε συστήματα VRV και συγκεκριμένα το template ‘VRF (Air-Cooled + Heat Recovery)’.

Πεδία Mechanical ventilation: εδώ εισάγονται στοιχεία σχετικά με τον μηχανικό αερισμό της ζώνης και ο τρόπος με τον οποίο θα αποφασιστεί η ποσότητα του αέρα που χρειάζεται ανανέωση. Αν στη μέθοδο ‘Outside air definition method’ επιλεγεί ‘By Zone’, τότε ο μελετητής εισάγει στο επόμενο πεδίο τις εναλλαγές αέρα ανά ώρα (ac/h) που χρειάζονται, σύμφωνα με τον πληθυσμό των ατόμων, τον όγκο του χώρου και φυσικά τη χρήση της ζώνης (έχουμε ήδη εξηγήσει σε άλλο κεφάλαιο πώς υπολογίζονται οι εναλλαγές αέρα). Άλλες διαθέσιμες επιλογές στη μέθοδο είναι ‘Min fresh air (per person)’ ή ‘Min fresh air (per area)’, κα. αν θέλει ο μελετητής να σχεδιάσει το σύστημα εξαερισμού καθαρά με βάση τα άτομα ή το μέγεθος της επιφάνειας της ζώνης, κλπ. Σε αυτά τα πεδία αναφέρεται επίσης, το χρονοπρόγραμμα λειτουργίας του συστήματος αερισμού (επιλεγμένο από το Activity Data) και η επιλογή ή όχι ανάκτησης θερμότητας (Heat Recovery).

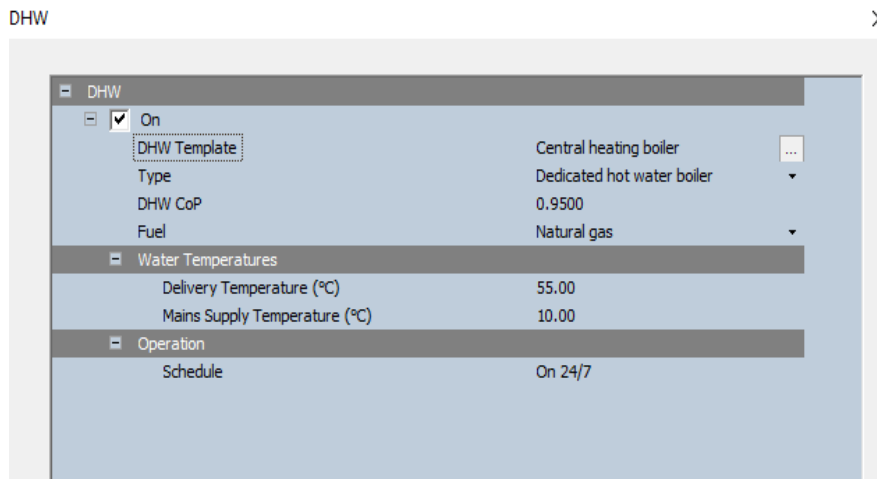
Πεδία Heating και Cooling: προσδιορίζονται οι συντελεστές απόδοσης COP των χρησιμοποιούμενων συστημάτων θέρμανσης και ψύξης αντίστοιχα (εδώ VRV), το καύσιμο που χρησιμοποιείται σε κάθε περίπτωση (electricity), τα χρονοπρογράμματα λειτουργία τους, καθώς και άλλες συμπληρωματικές λεπτομέρειες για τη μέγιστη θερμοκρασία και υγρασία του παραγόμενου αέρα, κλπ.

Πεδία Humidity Control: επιλογή ύγρανσης ή αφύγρανσης των χώρων της ζώνης.

Πεδία Natural Ventilation: στοιχεία που επιλέγονται και συμπληρώνονται σε περίπτωση που έχουμε και φυσικό αερισμό στη ζώνη, όπως το operation schedule του (όπως έχει οριστεί από την καρτέλα του Activity Data), κατώτατα και ανώτατα όρια θερμοκρασιών, δυνατότητα περιορισμού του φυσικού αερισμού αν η διαφορά θερμοκρασίας εξωτερικού και εσωτερικού αέρα είναι μεγάλη, στοιχεία ανέμου, κλπ. Για την ώρα, όμως, δεν επιλέγεται φυσικός αερισμός στο βασικό μας σενάριο. Η ανανέωση και η διατήρηση της καθαρότητας του αέρα σε ένα τόσο μεγάλο κτήριο γίνεται μηχανικά.

#### 10.10.4. DHW (DOMESTIC HOT WATER)

Στη συνέχεια, έρχεται η σειρά του ζεστού νερού χρήσης (Εικόνα 68), το οποίο αν χρησιμοποιείται σε ένα κτήριο, όπως στην περίπτωση μας, προσδίδει ιδιαίτερα μεγάλα φορτία στο σύστημα. Κάνουμε, λοιπόν, κλικ στην επιλογή 'on' και εμφανίζονται τα παρακάτω πεδία, όπως φαίνονται και στην εικόνα.



Εικόνα 68. Καρτέλα DHW (Domestic Hot Water)

Πεδίο Template: επιλέγουμε τι σύστημα θα παράγει το ζεστό νερό χρήσης (για το Valis κεντρικό λέβητα αερίου), τον τύπο του και στα πεδία DHW CoP και Fuel το συντελεστή απόδοσης του συγκεκριμένου συστήματος (εδώ 0.95) και το καύσιμο που καίγεται για να παραχθεί θερμό νερό (εδώ φυσικό αέριο).

Πεδία Water Temperatures: προσδιορίζεται η ζητούμενη για τη ζώνη θερμοκρασία του νερού (Delivery Temperature) καθώς και ο μέσος όρος θερμοκρασίας του νερού, όπως αυτό φτάνει από το δίκτυο της ύδρευσης (Mains Supply Temperature).

Πεδίο Operation: χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του ζεστού νερού. Επιλέγουμε να έχει ζεστό νερό το ξενοδοχείο μας κάθε στιγμή (δηλαδή 24 ώρες την ημέρα και 7 ημέρες την εβδομάδα).

### 10.10.5. ZONE DATA

Σε αυτή την καρτέλα εισάγονται διάφορα στοιχεία που έχουν να κάνουν με τη ζώνη, όσο αναφορά τη διήθηση αθέρλητης ποσότητας αέρα εξωτερικού περιβάλλοντος απευθείας στη ζώνη, ως αποτέλεσμα των απωλειών του κελύφους (χαραμάδες, κουφώματα, κλπ) ή από το συνεχές άνοιγμα και κλείσιμο των ανοιγμάτων (πόρτες, παράθυρα, κλπ) (Εικόνα 69). Εφόσον επιλεγεί, ο μελετητής εισάγει επίσης εναλλαγές αθέρλητου αέρα ανά ώρα, και ένα χρονοπρόγραμμα λειτουργίας. Η επίπτωση της αθέρλητης αυτής ροής αέρα υπολογίζεται από μία εξίσωση, η οποία αναφέρεται στο manual του λογισμικού και της οποίας οι συντελεστές ρυθμίζονται στα πεδία 'Delta T and wind speed coefficients'. Για την παρούσα μελέτη αγνοήσαμε την καρτέλα αυτή.

The image shows a software dialog box titled "Zone data" with a close button (X) in the top right corner. The dialog has a "General" tab. Under the "Model Infiltration" section, there is an unchecked checkbox, a "Constant rate (ac/h)" input field containing "0.500", and a "Schedule" dropdown menu showing "On 24/7". Below this is a section titled "Delta T and wind speed coefficients" which contains four input fields: "Constant" (1.000), "Temperature" (0.000), "Velocity" (0.000), and "Velocity squared" (0.000). At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancel" buttons.

Εικόνα 69. Καρτέλα Zone Data

### 10.11. CALCULATIONS

Και αφού εισάγαμε όλα τα απαραίτητα δεδομένα για την υλοποίηση του βασικού σεναρίου της μελέτης μας, αυτό το σενάριο που υφίσταται τώρα στην ξενοδοχειακή μονάδα, μπορούμε πλέον να προχωρήσουμε στην εξαγωγή όλων των αναλυτικών αποτελεσμάτων και στον υπολογισμό των ψυκτικών και θερμικών φορτίων, βάσει των οποίων πραγματοποιήθηκε η διαστασιολόγηση και ο σχεδιασμός των κλιματιστικών συστημάτων του κτηρίου όταν κατασκευάστηκε. Το πρόγραμμα παρέχει heating design, cooling design, και simulation μέσω του μονοπατιού 'AutoBLD → Calculations'. Στα heating και cooling design διαστασιολογούνται οι απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης των χώρων και στο simulation γίνεται προσομοίωση του κτηρίου

για ένα ολόκληρο έτος καθημερινά, προκειμένου να εξαχθούν αναλυτικά όλα τα δεδομένα που επιδρούν και επηρεάζουν τους υπολογισμούς μιας ενεργειακής μελέτης και να βρεθούν οι συνολικές ετήσιες καταναλώσεις του κτηρίου ή οποιαδήποτε άλλη πληροφορία σχετικά με τη συμπεριφορά και τη λειτουργία του κτηρίου. Τέλος, δίνεται η δυνατότητα στο μελετητή να προσομοιώσει το κτήριο μόνο όσες ή όποιες ημέρες επιθυμεί, όπως και τις ώρες που επιθυμεί, ώστε να καταλήξει σε πιο ξεκάθαρα και ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Η διαδικασία αυτή θα μας φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη, όπως θα διαπιστώσουμε στην πορεία. Όλες οι κατάλληλες ρυθμίσεις για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων είτε του heating design, είτε του cooling, είτε του simulation, πραγματοποιούνται στο παράθυρο 'AutoBLD → Element Parameters → Other Functions → EnergyPlus export settings' στις αντίστοιχες καρτέλες (Εικόνα 70).

Export Options

General Heating Cooling Simulation

Simulation start date 01/01

Simulation end date 31/12

Simulation interval for reporting Hourly

Time steps per hour 4

Solar distribution Full Exterior

Shadow calculation frequency 20

Shadow polygon clipping method SutherlandHodgman

Max figures in shadow overlap calculations 15000

Reporting tolerance for time heating setpoint not met 0.2

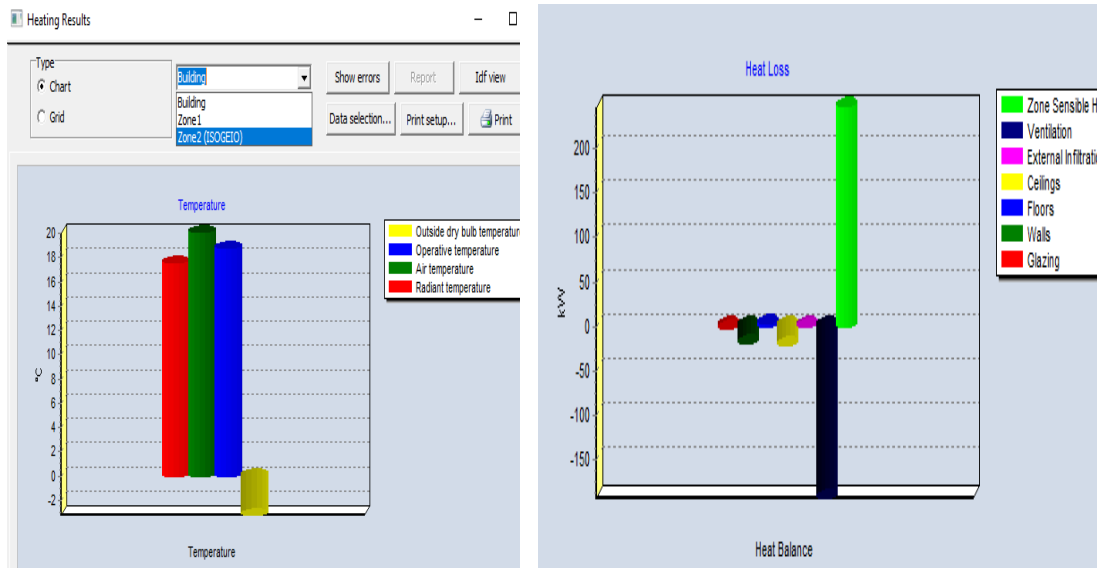
Reporting tolerance for time cooling setpoint not met 0.2

OK Cancel

**Εικόνα 70. Στοιχεία προσομοίωσης, όπως ότι θα γίνει για ένα ολόκληρο ημερολογιακό έτος (από 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου έως 31<sup>η</sup> Δεκεμβρίου) ανά ώρα, κα.**

### 10.11.1. HEATING DESIGN

Ας ξεκινήσουμε με τα αποτελέσματα από το heating design του βασικού μας σεναρίου για να σταθούμε σε κάποια σημεία. Μόλις τελειώσουν οι υπολογισμοί, εμφανίζεται στην οθόνη το παρακάτω παράθυρο (Εικόνα 71)



Εικόνα 71. Heating Design Charts

Σε αυτό (Chart) ο μελετητής μπορεί να δει με τη βοήθεια των διαγραμμάτων μια γενική εικόνα των συστημάτων, ολόκληρου του κτηρίου ή και κάθε ζώνης, και να παρατηρήσει ίσως ξεχωριστά τη συμπεριφορά κάποιων μεταβλητών πατώντας στο 'Data selection' για πιο ξεκάθαρη εικόνα, όμως και πάλι χωρίς μεγάλη λεπτομέρεια. Τέτοιες μεταβλητές μπορεί να είναι η συνολική απαίτηση θέρμανσης, οι διάφορες θερμοκρασίες (εντός και εκτός του κτηρίου), τα επίπεδα τιμών του εξαερισμού, οι απώλειες από τα κουφώματα, τα δάπεδα, τις οροφές και τους τοίχους, κα. Λεπτομέρειες και νούμερα για τη λειτουργία και την απαίτηση του κτηρίου σε θέρμανση, θα δει στους πίνακες (Grid), που φαίνονται παρακάτω στην Εικόνα 72 (και βέβαια, ακόμα περισσότερες στην προσομοίωση που θα δούμε παρακάτω).

Steady State						
<b>Comfort</b>						
<b>Zone</b>	<b>Air temperature (°C)</b>	<b>Radiant temperature (°C)</b>	<b>Operative temperature (°C)</b>	<b>Outside dry bulb temperature (°C)</b>	<b>Relative humidity (%)</b>	<b>Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)</b>
Zone1	20.000	16.94888	18.47444	-3.20000	20.0145725	1.06713
Zone2 (ISOGEIO)	20.000	17.92209	18.96104	-3.20000	20.0145727	2.34768
<b>Heat loss</b>						
<b>Zone</b>	<b>Glazing (kW)</b>	<b>Walls (kW)</b>	<b>Floors (kW)</b>	<b>Ceilings (kW)</b>	<b>External Infiltration (kW)</b>	<b>Ventilation (kW)</b>
Zone1	-2.4922405	-13.6397733	1.3294859	-17.3603236		-84.8971119
Zone2 (ISOGEIO)	-0.3929267	-5.3130839	-0.1232492	-4.8177188		-109.5124137
Building total	-2.8851673	-18.9528572	1.2062368	-22.1780424	0.0000000	-194.4095256
<b>Summary</b>	<b>Comfort temperature (°C)</b>	<b>Steady state heat loss (kW)</b>	<b>Design capacity (kW)</b>	<b>Design capacity (W/m²)</b>		
	18.717741	246.6654658	308.3318323	54.3588996		

Steady State	
<b>Comfort</b>	
<b>Zone</b>	
Zone1	
Zone2 (ISOGEIO)	
<b>Heat loss</b>	
<b>Zone</b>	<b>Zone sensible heating (kW)</b>
Zone1	121.0445674
Zone2 (ISOGEIO)	125.6208985
Building total	246.6654658
<b>Summary</b>	

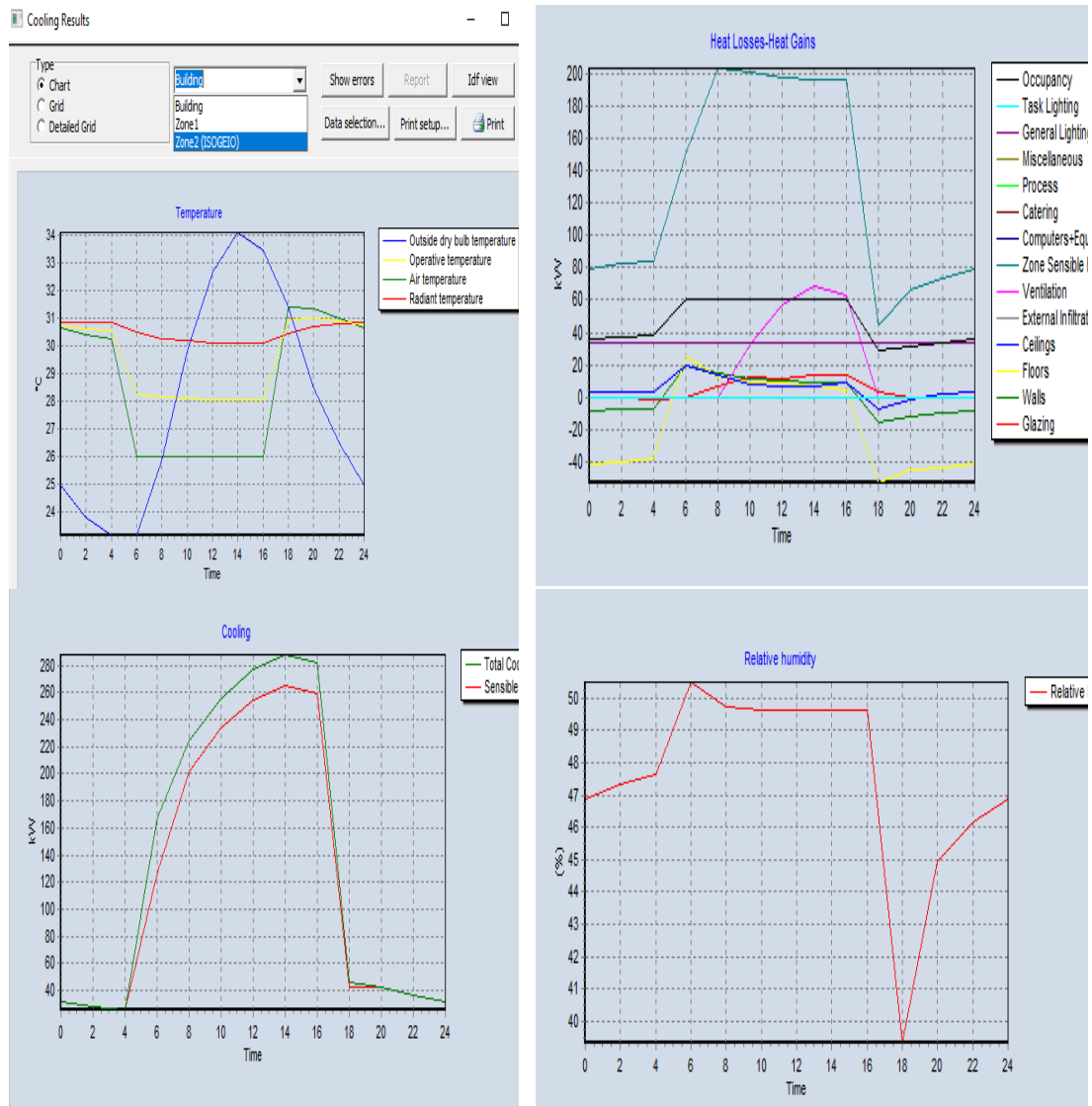
Εικόνα 72. Heating Design Results

Στους πίνακες λοιπόν αυτούς, μπορεί ένας μελετητής να βρει πληροφορίες για τη θερμοκρασία του αέρα μέσα στο θερμαινόμενο κτήριο, όπως αυτή έχει οριστεί από το Activity Data (Air temperature), την ακτινοβολούμενη θερμοκρασία (Radiant temperature), τη θερμοκρασία λειτουργίας (Operative temperature) που αποτελεί το μέσο όρο της θερμοκρασίας του αέρα και της ακτινοβολούμενης, την δυσμενέστερη εξωτερική θερμοκρασία του αέρα (Outside dry bulb temperature) για τα κλιματικά δεδομένα της Θεσσαλονίκης (-3.2° C), και άλλες που έχουν να κάνουν με την υγρασία, τις απώλειες από κουφώματα, τοίχους, δάπεδα και οροφές. Επιπλέον, αναφέρονται τα φορτία αερισμού, τα οποία είναι και τα μεγαλύτερα συνήθως σε κτήρια τριτογενούς τομέα, λόγω κυρίως χρήσης, μεγέθους και πληθυσμού ατόμων. Ακόμη, ας έχουμε υπόψη ότι στην παρούσα μελέτη μιλάμε για μια κτηριακή εγκατάσταση στη Θεσσαλονίκη και είναι γεγονός πως οι θερμοκρασιακές τιμές της βόρειας Ελλάδας είναι πολύ πιο βεβαρημένες το χειμώνα συγκριτικά με αυτές της νότιας. Αυτός είναι ουσιαστικά και ο κυριότερος λόγος άλλωστε, για τον οποίο τα φορτία του αερισμού είναι τόσο μεγάλα, αφού το χειμώνα χρειάζεται ένα σύστημα εξαερισμού, το οποίο παραλαμβάνει αέρα σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία, στους -3.2°C (ακραία τιμή) ή έστω στους 1-3°C (κατά μέσο όρο περίπου) και πρέπει να τον εισάγει μέσα στον θερμαινόμενο χώρο κοντά στους 20°C. Επομένως, κάνουμε λόγο για μια διαφορά θερμοκρασίας σχεδόν 20 βαθμών, ενώ το καλοκαίρι η διαφορά αυτή είναι πολύ λιγότερη (από 34°C (ακραία τιμή) έως περίπου 26°C). Να σημειωθεί επίσης, ότι τα φορτία αερισμού (Ventilation) της ζώνης 2 του ισογείου είναι μεγαλύτερα από αυτά της ζώνης 1, διότι η ζώνη 2 περιέχει τα μαγαζιά, τα εστιατόρια και μπαρ, τη ρεσεψιόν, διάφορους χώρους υποδοχής, κα., στους οποίους υπάρχει πολύς κόσμος και χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός, με αποτέλεσμα να έχει ανάγκη για περισσότερο αερισμό σε σχέση με τη ζώνη 1, που αποτελείται κυρίως από τα υπνοδωμάτια. Ωστόσο, δεν ισχύει το ίδιο για τις απώλειες ή τα κέρδη από στοιχεία του κελύφους (glazing, floors, ceilings και walls). Η ζώνη 1 παρουσιάζει μεγαλύτερα νούμερα σε αυτά τα πεδία, επειδή αποτελείται από δύο ορόφους (Α' και Β') και είναι σχεδόν διπλάσια σε επιφάνεια από τη ζώνη 2 του ισογείου. Γενικά, ας έχουμε υπόψη πως σε όλα τα αποτελέσματα ό,τι είναι θετικό, αποτελεί κέρδος για το κτήριο, ενώ ό,τι είναι αρνητικό, θερμική απώλεια. Πολύ καθοριστικό είναι το πεδίο Design capacity, το οποίο αποτελεί το συνολικό φορτίο θέρμανσης που απαιτείται στο κτήριο για μία ημέρα του χειμώνα, ως τη δυσμενέστερη περίπτωση του έτους, και το οποίο θα κρίνει ως επί το πλείστον την επιλογή, τη διαστασιολόγηση και το σχεδιασμό του συστήματος θέρμανσης. Τέλος, το φορτίο στη στήλη Zone sensible heating (kW) είναι το φορτίο που πρέπει να καλυφθεί από τις τερματικές μονάδες του συστήματος.



## 10.11.2. COOLING DESIGN

Συνεχίζουμε με το cooling design, το οποίο δε διαφέρει σε λογική από το heating και έτσι, μετά το πέρας των υπολογισμών εμφανίζεται στην οθόνη το παρακάτω παράθυρο (Εικόνα 73):



Εικόνα 73. Cooling Design Charts

Και πάλι μέσα από τις γραφικές παραστάσεις του Chart, παρακολουθεί κανείς τις καμπύλες (ως προς το χρόνο) σχετικά με τις θερμοκρασίες που αναφέραμε και στο heating design, το φωτισμό, τα άτομα, άλλα εσωτερικά θερμικά κέρδη (πχ. Catering, Computers, Miscellaneous, κλπ), τις απώλειες από το κέλυφος, τον αερισμό, το ολικό φορτίο ψύξης και την υγρασία. Και πάλι δίνεται η δυνατότητα στο μελετητή να

εξετάσει αυτές τις καμπύλες, τόσο συνολικά για το κτήριο, όσο και ξεχωριστά για κάθε θερμική ζώνη του κτηρίου, όπως επίσης και να δει μεμονωμένα τη συμπεριφορά κάποιων καμπυλών για πιο ξεκάθαρα συμπεράσματα, μέσω του Data selection. Οι πίνακες του Grid, που οδηγούν αντίστοιχα στην επιλογή, τη διαστασιολόγηση και το σχεδιασμό των συστημάτων ψύξης αυτή τη φορά, φαίνονται παρακάτω (Εικόνα 74):

Comfort	2:00	4:00	6:00	8:00	10:00
Air temperature (°C)	30.37866	30.22331	26.00000	26.00000	26.00000
Radiant temperature (°C)	30.83929	30.84372	30.49048	30.26180	30.18571
Operative temperature (°C)	30.60898	30.53351	28.24524	28.13090	28.09285
Outside dry bulb temperature (°C)	23.79600	23.12400	23.12400	25.81200	29.84400
Relative humidity (%)	47.3561321	47.6614338	50.4911043	49.7137831	49.6202955
Mech vent + nat vent + infiltration	3.37449	3.37182	3.32351	3.32344	3.32337
Fabric and ventilation, Gains					
Glazing (kW)	-0.8312865	-0.9186950	-0.6741402	6.9552734	12.0566178
Walls (kW)	-7.9193149	-7.2085530	19.5614417	14.3862825	11.8256587
Floors (kW)	-39.5951175	-37.9869551	25.1354183	12.8163820	8.9924577
Ceilings (kW)	3.3162665	2.8121217	20.1222197	13.5290920	8.4233183
External Infiltration (kW)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Ventilation (kW)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	32.6705114
Zone sensible cooling (kW)	82.2496172	84.4507657	150.3278077	203.3210850	200.8696661
Sensible cooling (kW)	27.7297791	25.7011660	125.8376690	201.8527446	233.6932110

Total cooling (kW)	27.7297791	25.7011660	166.8859137	224.4261310	256.1361625
Computers+Equipment (kW)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Catering (kW)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Process (kW)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Miscellaneous (kW)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
General Lighting (kW)	34.1896240	34.1896240	34.1896240	34.1896240	34.1896240
Task Lighting (kW)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Occupancy (kW)	37.1164932	37.9733519	60.3249072	60.3249072	60.3249072
Summary	Design capacity (kW)		Total cooling load (kW)	Sensible (kW)	Latent (kW)
Zone1	231.9556401		201.7005566	148.9208782	52.7796784
Zone2 (ISOGEO)	99.3864169		86.4229712	47.6984046	38.7245666
Building total	331.3420569		288.1235278	196.6192828	91.5042450

Comfort	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00
Air temperature (°C)	26.00000	26.00000	26.00000	31.41372	31.34714
Radiant temperature (°C)	30.08955	30.07307	30.07663	30.46492	30.68411
Operative temperature (°C)	28.04477	28.03654	28.03831	30.93932	31.01563
Outside dry bulb temperature	32.64400	34.10000	33.42800	31.41200	28.50000
Relative humidity (%)	49.6324503	49.6340271	49.6344286	39.3316626	44.9140384
Mech vent + nat vent + infiltration	3.32338	3.32338	3.32338	3.35809	3.39048
Fabric and ventilation, Gains					
Glazing (kW)	11.3131118	13.7341010	14.2125022	3.7024754	-0.2222805
Walls (kW)	10.7829093	9.6149371	9.1241641	-15.5566798	-11.6219183
Floors (kW)	9.3010853	6.2009275	3.8304569	-53.0003226	-45.2465259
Ceilings (kW)	6.7994810	6.7579877	8.7123547	-6.7944755	-1.1735662
External Infiltration (kW)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Ventilation (kW)	56.4682791	68.8430560	63.1316404	0.0919024	0.0000000
Zone sensible cooling (kW)	197.5612602	196.4999413	196.2304090	44.7170332	66.4669692
Sensible cooling (kW)	254.2011501	265.5238975	259.5381110	42.9501862	42.7836379
Total cooling (kW)	276.6837248	288.0045096	282.0151540	46.0374484	42.7836379
Computers+Equipment (kW)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Catering (kW)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Process (kW)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Miscellaneous (kW)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
General Lighting (kW)	34.1896240	34.1896240	34.1896240	34.1896240	34.1896240
Task Lighting (kW)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
Occupancy (kW)	60.3249072	60.3249072	60.3249072	29.1094771	31.3871010
Summary	Air temperature (°C)	Humidity (%)	Time of max cooling	Maximum operative temperature in day (°C)	
Zone1	26.00000	42.0422801	15:00	31.90738	
Zone2 (ISOGEIO)	26.00000	57.2259475	15:00	30.18998	
Building total	26.00000	49.6341138	15:00	31.04868	

Comfort	
	24:00
Air temperature (°C)	30.63041
Radiant temperature (°C)	30.84604
Operative temperature (°C)	30.73822
Outside dry bulb temperature	24.91600
Relative humidity (%)	46.8802486
Mech vent + nat vent + Infiltration	3.37884
Fabric and ventilation, Gains	
Glazing (kW)	-0.6911306
Walls (kW)	-8.9771524
Floors (kW)	-41.2558475
Ceilings (kW)	3.0137393
External Infiltration (kW)	0.0000000
Ventilation (kW)	0.0000000
Zone sensible cooling (kW)	78.8482588
Sensible cooling (kW)	31.4481469

Total cooling (kW)	31.4481469
Computers+Equipment (kW)	0.0000000
Catering (kW)	0.0000000
Process (kW)	0.0000000
Miscellaneous (kW)	0.0000000
General Lighting (kW)	34.1896240
Task Lighting (kW)	0.0000000
Occupancy (kW)	35.5589260
<b>Summary</b>	
Zone1	
Zone2 (ISOGEIO)	
Building total	

**Εικόνα 74. Cooling Design Results**

Στους πίνακες αυτούς, φαίνονται αντίστοιχα οι ίδιες μεταβλητές που αναφέραμε και πριν στο heating design ανά δύο ώρες κατά τη διάρκεια της δυσκολότερης θερινής ημέρας, ώστε να υπολογιστούν τα φορτία ψύξης και τελικά το συνολικό φορτίο ψύξης που απαιτείται και πάλι στη δυσμενέστερη κατάσταση, το οποίο φαίνεται για ολόκληρο το κτήριο ή για κάθε ζώνη ξεχωριστά στο πεδίο Design capacity (kW). Το φορτίο αυτό είναι το Total cooling load (kW) της διπλανής στήλης πολλαπλασιασμένο με ένα συντελεστή προσαύξησης (design margin 1.15), που έχει οριστεί στην καρτέλα cooling

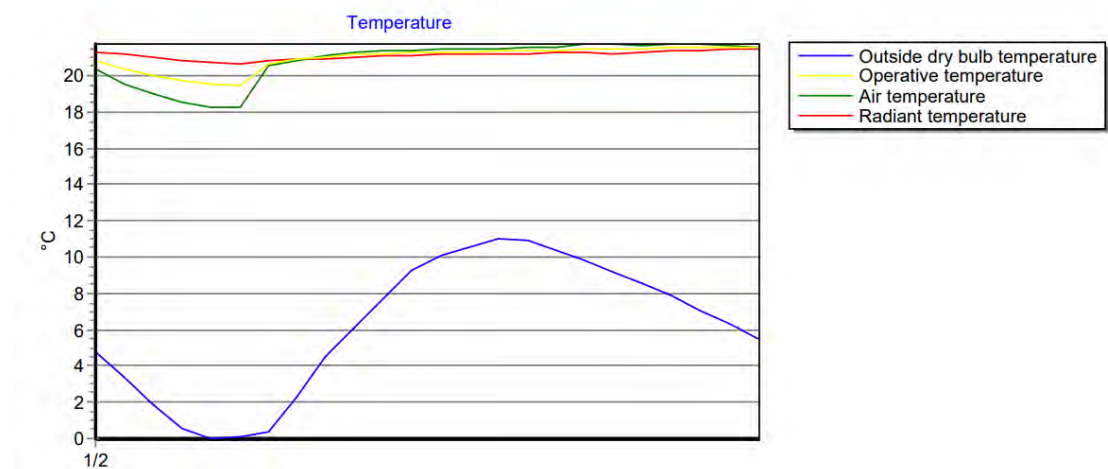
στα export settings. Ο μελετητής μπορεί να δει ακόμα πιο αναλυτική πληροφορία στους πίνακες του Detailed Grid, όπου οι μεταβλητές αναφέρονται ανά μισή ώρα και είναι πιο ευνοϊκό να παρακολουθήσει κανείς τη συμπεριφορά τους. Γενικά, στα αποτελέσματα του cooling design σίγουρα παίζουν μεγάλο ρόλο η ηλιακή ακτινοβολία από τα παράθυρα, η εξωτερική και εσωτερική διαφορά θερμοκρασίας, τα εσωτερικά θερμικά κέρδη από συσκευές, άτομα και φωτισμό και φυσικά τα φορτία αερισμού και εδώ. Τα εσωτερικά θερμικά κέρδη είναι σημαντικά, γιατί αυξάνουν το συνολικό φορτίο που πρέπει να καλυφθεί από τις κλιματιστικές μονάδες, ενώ προηγουμένως στη θέρμανση βοηθούσαν το σύστημα, αφού ένα μέρος της απαιτούμενης θερμότητας για το κτήριο, το κάλυπταν αυτόματα αυτά. Γι' αυτό το λόγο κιόλας, δεν αναγράφονται στα αποτελέσματα του heating design αναλυτικά σε στήλες τα εσωτερικά θερμικά κέρδη, όπως στο cooling design. Αξίζει να σημειωθεί εδώ, πως υπάρχουν και περιπτώσεις κτηρίων (πολύ σπάνια βέβαια), όπου σε δεδομένες χρονικές περιόδους τα εσωτερικά θερμικά κέρδη από χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό, φώτα, πληθυσμό, κλπ είναι τόσο μεγάλα, που υπερκαλύπτουν το συνολικό απαιτούμενο φορτίο θέρμανσης, ώστε το κτήριο κάποια ή κάποιες ημέρες στην καρδιά του χειμώνα, παραδόξως να χρειάζεται τελικά ψύξη αντί για θέρμανση. Επίσης, παρατηρούμε πως οι γραμμές Miscellaneous και Catering είναι μονίμως μηδενικές, ενώ περιμέναμε να έχουν τιμές σύμφωνα με τα στοιχεία που έχουμε εισάγει νωρίτερα στην καρτέλα του Activity Data. Πρόκειται για ένα 'bug' του λογισμικού, για το οποίο ενημέρωσα την εταιρεία της 4M, και σκοπεύουν φυσικά να το διορθώσουν σε επόμενη έκδοση του λογισμικού αυτού μαζί με κάποιες προτάσεις βελτιστοποίησής του, γιατί μην ξεχνάμε ότι είναι ένα νέο λογισμικό χρήσης, πολύ φρέσκο και για τα ελληνικά δεδομένα. Αυτό που έχει μεγάλη σημασία πάντως, και που μας διαβεβαίωσαν με σιγουριά οι αρμόδιοι της 4M, είναι πως οι τιμές του Miscellaneous και Catering συνυπολογίζονται στα αποτελέσματα του simulation και οπωσδήποτε μπορεί ο κάθε μελετητής να δει εκεί την επίδρασή τους στα συστήματα της μελέτης. Το ίδιο συμβαίνει και με τις γραμμές Computer+Equipment και Process, που όμως στην παρούσα μελέτη αγνοήθηκαν και έλαβαν έτσι κι αλλιώς μηδενικές τιμές.

### 10.11.3. SIMULATION

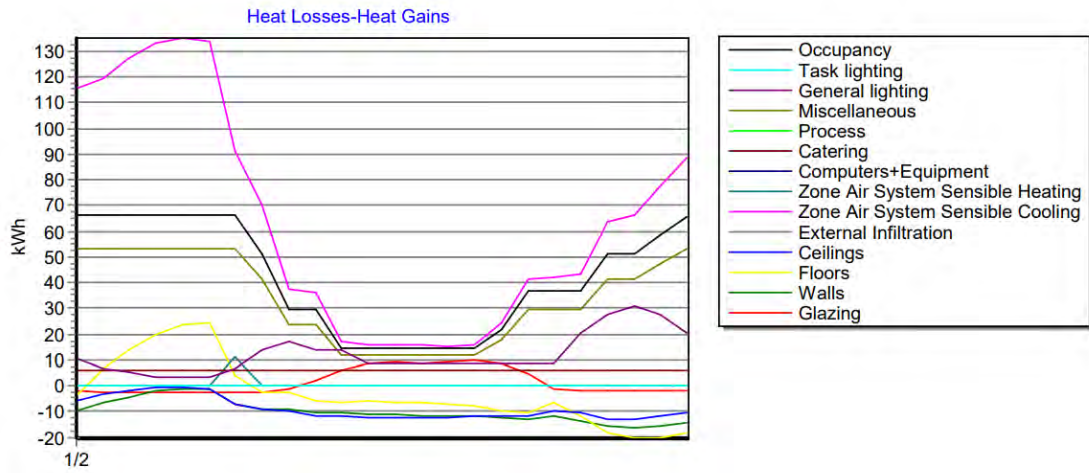
Και αφού θεωρητικά έχουμε καταλήξει στο ποια συστήματα ψύξης και θέρμανσης θα χρησιμοποιηθούν στη μελέτη, καθώς και στη διαστασιολόγησή τους, είμαστε έτοιμοι να προχωρήσουμε στην προσομοίωση του κτηρίου, στην οποία συνυπολογίζονται όλα τα δεδομένα που έχουν εισαχθεί από την αρχή και στην οποία θα φανεί πλήρως και μαθηματικά η ενεργειακή απόδοση του κτηρίου χειμώνα - καλοκαίρι, οι καταναλώσεις και ενδεχομένως ποιες παράμετροι μπορούν να τροποποιηθούν για να βελτιωθούν αυτές. Η προσομοίωση διαφέρει από τα cooling και

heating designs στο ότι δεν αναφέρεται στη δυσμενέστερη ημέρα, αλλά σε ένα ολόκληρο ημερολογιακό έτος ή στη χρονική περίοδο που ορίζει ο μελετητής. Κατά συνέπεια, είναι δύσκολο έως ακατόρθωτο να επιτευχθούν ακραίες συνθήκες παρόμοιες με αυτές του cooling και heating design, τα οποία άλλωστε βοηθούν στη διαστασιολόγηση του συστήματος, για την οποία είναι λογικό να λαμβάνεται υπόψη η δυσμενέστερη περίπτωση, για λόγους πληρότητας και ασφάλειας. Για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων και το σχολιασμό τους, θα προσομοιώσουμε το κτήριο, όχι για ένα ολόκληρο ημερολογιακό έτος, αλλά μόνο για μία ημέρα στην καρδιά του χειμώνα (1 Φεβρουαρίου) και μία του καλοκαιριού (30 Ιουλίου), ώστε να μην χαθούμε σε εκτενείς πίνακες και νούμερα και τα συμπεράσματά μας να είναι πιο καθαρά, σαφή και ουσιαστικά για την ευκολότερη εύρεση βελτιστοποιήσεων.

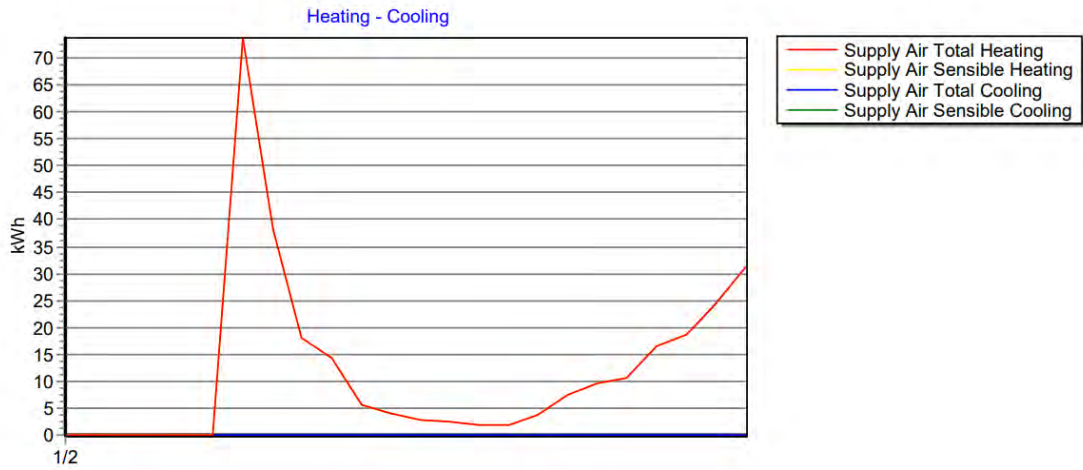
Με το πέρας των υπολογισμών, εμφανίζεται παράθυρο αντίστοιχο με τα cooling και heating design στην οθόνη, όπου στο Chart διατίθενται οι γραφικές παραστάσεις και στο Detailed Grid αναλυτικά αποτελέσματα σε μορφή πινάκων, τόσο για ολόκληρο το κτήριο, όσο και για κάθε ζώνη ξεχωριστά. Έτσι, για τη χειμερινή ημέρα προσομοίωσης έχουμε ποιοτικά:



Εικόνα 75. Διακύμανση των διαφόρων θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της χειμερινής ημέρας

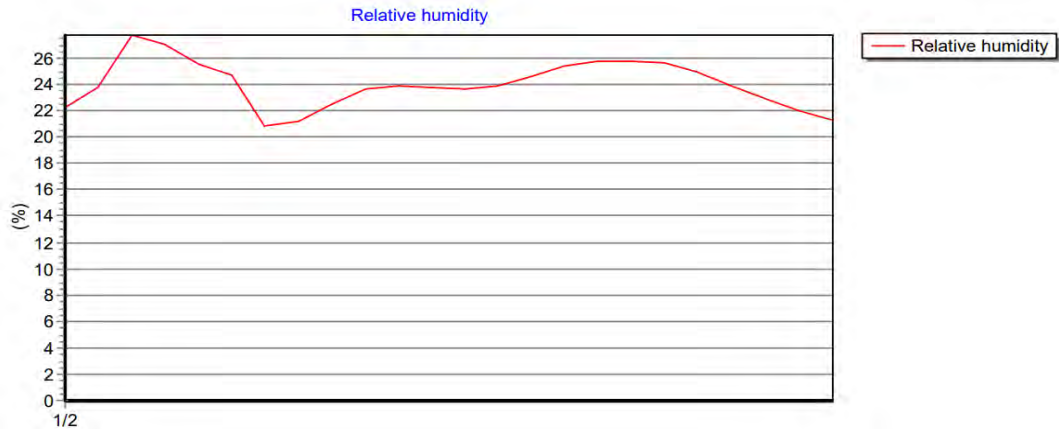


Εικόνα 76. Θερμικά κέρδη και απώλειες κατά τη διάρκεια της μέρας



Εικόνα 77. Απαιτούμενο φορτίο θέρμανσης στη διάρκεια της μέρας





Εικόνα 78. Επίπεδα υγρασίας εσωτερικού αέρα ως προς τη διάρκεια της μέρας

Ο μελετητής γι' ακόμη μια φορά έχει την επιλογή (μέσω Data selection) της απομόνωσης κάποιων καμπυλών για ευκολότερη ανάγνωση.

Ποσοτικά τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζονται στους εξής πίνακες (Εικόνα 79):

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
1/2 00:00	20.36550	21.31761	20.84156	4.76250	22.2350761	2.85539
1/2 01:00	19.58482	21.16927	20.37704	3.43750	23.7942782	2.85397
1/2 02:00	19.00300	21.00691	20.00495	1.80000	27.7474435	2.85118
1/2 03:00	18.55516	20.84293	19.69905	0.57500	27.0491003	2.84280
1/2 04:00	18.29770	20.70476	19.50123	0.01250	25.5681183	2.83793
1/2 05:00	18.21882	20.59859	19.40870	0.08750	24.6551499	2.83650
1/2 06:00	20.57235	20.78691	20.67963	0.38750	20.8483208	2.86519
1/2 07:00	20.86768	20.93515	20.90142	2.25000	21.1799746	2.23309
1/2 08:00	21.14150	20.95935	21.05042	4.48750	22.4871141	1.27734
1/2 09:00	21.28880	21.03966	21.16423	6.13750	23.6103926	1.27817
1/2 10:00	21.35596	21.10169	21.22883	7.70000	23.9421275	0.63924
1/2 11:00	21.40797	21.13510	21.27154	9.23750	23.7918443	0.63929
1/2 12:00	21.45622	21.15329	21.30475	10.11250	23.6035597	0.63972
1/2 13:00	21.48187	21.15893	21.32040	10.55000	23.8992693	0.64004
1/2 14:00	21.51253	21.18540	21.34897	11.01250	24.5816568	0.64021
1/2 15:00	21.53470	21.21570	21.37520	10.88750	25.3751291	0.64077
1/2 16:00	21.59528	21.24575	21.42051	10.32500	25.7731771	0.96175
1/2 17:00	21.71047	21.26536	21.48791	9.78750	25.7799958	1.60336
1/2 18:00	21.69763	21.20506	21.45134	9.16250	25.5854219	1.60321
1/2 19:00	21.67530	21.24457	21.45993	8.52500	24.9857840	1.60186
1/2 20:00	21.74285	21.34987	21.54636	7.86250	23.9405320	2.24153
1/2 21:00	21.73650	21.42024	21.57837	7.10000	22.8998040	2.24089
1/2 22:00	21.67963	21.46441	21.57202	6.30000	22.0455018	2.55854
1/2 23:00	21.57778	21.47892	21.52835	5.50000	21.3366673	2.87608

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
1/2 00:00	-2.0782400	-9.7126592	-3.9266971	-5.4871700	0.0000000	0.0000000
1/2 01:00	-2.2280123	-6.4774526	6.5001911	-3.0458567	0.0000000	0.0000000
1/2 02:00	-2.4020890	-4.2450355	13.5355299	-1.7167798	0.0000000	0.0000000
1/2 03:00	-2.5332806	-2.1366924	19.9925392	-0.6435041	0.0000000	0.0000000
1/2 04:00	-2.5634165	-1.1289255	23.3601056	-0.6022691	0.0000000	0.0000000
1/2 05:00	-2.5195107	-0.9955027	24.2931279	-1.2399725	0.0000000	0.0000000
1/2 06:00	-2.5028374	-6.8823206	4.0641602	-7.1016669	0.0000000	11.3893611
1/2 07:00	-2.3326697	-9.1576135	-2.6823845	-9.3091277	0.0000000	0.0000000
1/2 08:00	-1.5383868	-9.3024274	-2.7405196	-9.5543467	0.0000000	0.0000000
1/2 09:00	1.9878945	-10.4359858	-5.5712175	-11.4000444	0.0000000	0.0000000
1/2 10:00	6.3022678	-10.7024850	-6.3050508	-11.9923985	0.0000000	0.0000000
1/2 11:00	8.4434775	-10.7380532	-5.9230394	-12.1132062	0.0000000	0.0000000
1/2 12:00	8.9500588	-11.2983964	-6.4415426	-12.6239741	0.0000000	0.0000000
1/2 13:00	8.6103788	-11.4531414	-6.3466890	-12.4863387	0.0000000	0.0000000
1/2 14:00	9.2918246	-11.6713305	-7.1783288	-12.2590554	0.0000000	0.0000000
1/2 15:00	9.7850167	-11.7592015	-8.0744030	-11.7272415	0.0000000	0.0000000
1/2 16:00	8.6241154	-12.2715843	-9.5166988	-11.5406887	0.0000000	0.0000000
1/2 17:00	4.6603559	-13.2388757	-10.7092475	-11.7964243	0.0000000	0.0000000
1/2 18:00	-0.9156373	-11.9371278	-6.7081510	-9.5920982	0.0000000	0.0000000
1/2 19:00	-1.6388168	-13.3884914	-11.5022374	-10.5498151	0.0000000	0.0000000
1/2 20:00	-1.6393312	-15.9491242	-18.5008297	-12.8306924	0.0000000	0.0000000
1/2 21:00	-1.7263769	-16.3341427	-20.2166524	-12.7447136	0.0000000	0.0000000
1/2 22:00	-1.8270884	-15.8194811	-20.0752836	-11.7492029	0.0000000	0.0000000
1/2 23:00	-1.9423896	-14.5703963	-18.1795142	-10.1633314	0.0000000	0.0000000

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
1/2 00:00	115.3176442	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 01:00	119.0599954	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 02:00	127.0703144	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 03:00	132.8633472	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 04:00	135.0622120	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 05:00	133.8413808	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 06:00	91.3441722	0.0000000	0.0000000	73.7665374	73.7665374	0.0000000
1/2 07:00	70.4440983	0.0000000	0.0000000	38.1833795	38.1833795	0.0000000
1/2 08:00	37.3141098	0.0000000	0.0000000	18.0839723	18.0839723	0.0000000
1/2 09:00	35.9783046	0.0000000	0.0000000	14.3293629	14.3293629	0.0000000
1/2 10:00	16.9169018	0.0000000	0.0000000	5.7146012	5.7146012	0.0000000
1/2 11:00	16.1251238	0.0000000	0.0000000	4.0014032	4.0014032	0.0000000
1/2 12:00	15.7734200	0.0000000	0.0000000	2.9556670	2.9556670	0.0000000
1/2 13:00	15.5293689	0.0000000	0.0000000	2.5052948	2.5052948	0.0000000
1/2 14:00	15.3726706	0.0000000	0.0000000	1.9341559	1.9341559	0.0000000
1/2 15:00	15.6630512	0.0000000	0.0000000	1.8899800	1.8899800	0.0000000
1/2 16:00	24.2530499	0.0000000	0.0000000	3.6302052	3.6302052	0.0000000
1/2 17:00	41.5581757	0.0000000	0.0000000	7.5955776	7.5955776	0.0000000
1/2 18:00	42.0731031	0.0000000	0.0000000	9.6548027	9.6548027	0.0000000
1/2 19:00	43.6113532	0.0000000	0.0000000	10.7017291	10.7017291	0.0000000
1/2 20:00	63.8233283	0.0000000	0.0000000	16.4347984	16.4347984	0.0000000
1/2 21:00	66.1354947	0.0000000	0.0000000	18.5444924	18.5444924	0.0000000
1/2 22:00	77.4576724	0.0000000	0.0000000	24.3282406	24.3282406	0.0000000
1/2 23:00	88.7619750	0.0000000	0.0000000	31.0861790	31.0861790	0.0000000



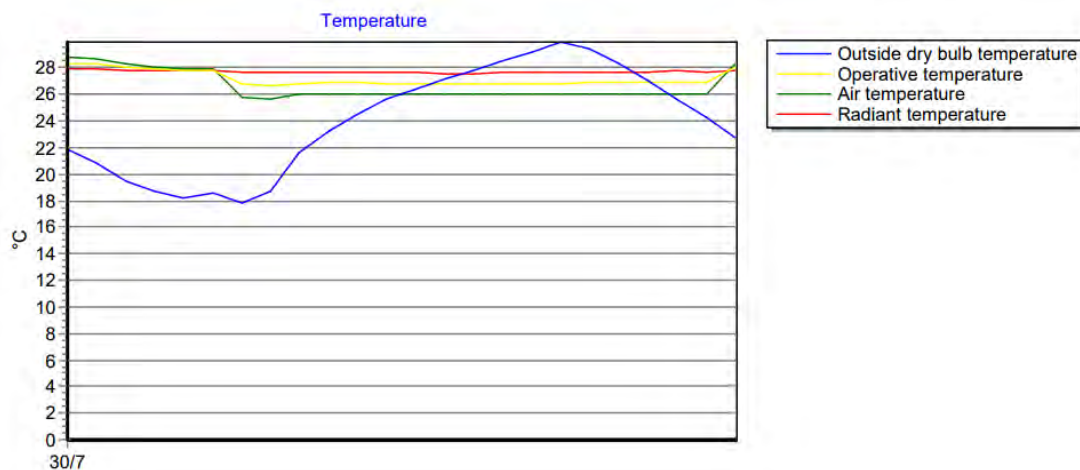
Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
1/2 00:00	5.6721450	0.0000000	53.3875392	10.2568872	0.0000000	66.2408832
1/2 01:00	5.6721450	0.0000000	53.3875392	6.8379248	0.0000000	66.3484265
1/2 02:00	5.6721450	0.0000000	53.3875392	5.1284436	0.0000000	66.3484265
1/2 03:00	5.6721450	0.0000000	53.3875392	3.4189624	0.0000000	66.3484265
1/2 04:00	5.6721450	0.0000000	53.3875392	3.4189624	0.0000000	66.3484265
1/2 05:00	5.6721450	0.0000000	53.3875392	3.4189624	0.0000000	66.3484265
1/2 06:00	5.6721450	0.0000000	53.3875392	6.8379248	0.0000000	66.0259189
1/2 07:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	13.6758496	0.0000000	51.2697556
1/2 08:00	5.6721450	0.0000000	23.7277952	17.0948120	0.0000000	29.2970015
1/2 09:00	5.6721450	0.0000000	23.7277952	13.6758496	0.0000000	29.2970015
1/2 10:00	5.6721450	0.0000000	11.8638976	13.6758496	0.0000000	14.6485008
1/2 11:00	5.6721450	0.0000000	11.8638976	8.5474060	0.0000000	14.6485008
1/2 12:00	5.6721450	0.0000000	11.8638976	8.5474060	0.0000000	14.6485008
1/2 13:00	5.6721450	0.0000000	11.8638976	8.5474060	0.0000000	14.6485008
1/2 14:00	5.6721450	0.0000000	11.8638976	8.5474060	0.0000000	14.6485008
1/2 15:00	5.6721450	0.0000000	11.8638976	8.5474060	0.0000000	14.6485008
1/2 16:00	5.6721450	0.0000000	17.7958464	8.5474060	0.0000000	21.9727511
1/2 17:00	5.6721450	0.0000000	29.6597440	8.5474060	0.0000000	36.6212519
1/2 18:00	5.6721450	0.0000000	29.6597440	8.5474060	0.0000000	36.6212519
1/2 19:00	5.6721450	0.0000000	29.6597440	20.5137744	0.0000000	36.6212519
1/2 20:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	27.3516992	0.0000000	51.2697527
1/2 21:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	30.7706616	0.0000000	51.2697527
1/2 22:00	5.6721450	0.0000000	47.4555904	27.3516992	0.0000000	58.5940031
1/2 23:00	5.6721450	0.0000000	53.3875392	20.5137744	0.0000000	65.9182534

Εικόνα 79. Πίνακες αποτελεσμάτων προσομοίωσης χειμερινής ημέρας

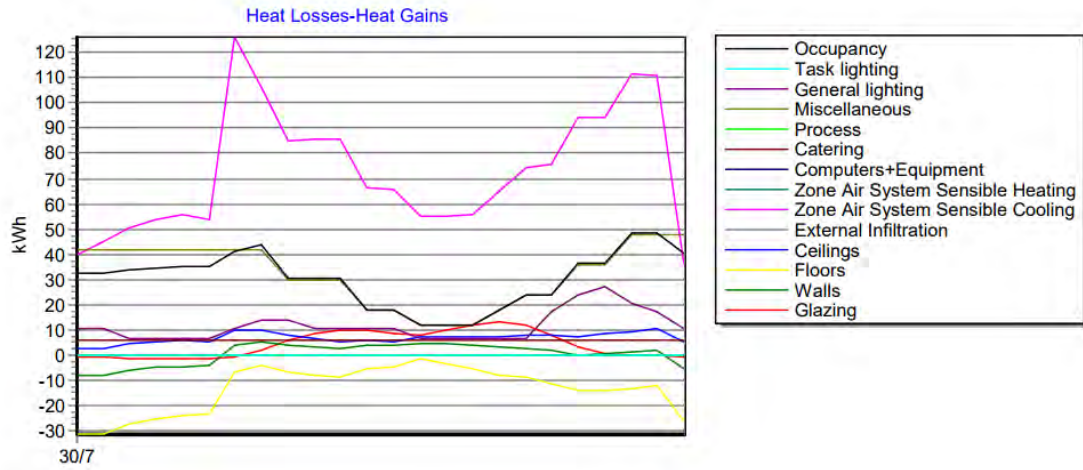
Η θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων κυμαίνεται περίπου από 18°C έως λίγο πιο κάτω από τους 22°C, όπου και σταθεροποιείται τις ώρες αιχμής ως η επιθυμητή κατάσταση, ενώ η εξωτερική θερμοκρασία γι' αυτή την κρύα μέρα κυμαίνεται από 0°C έως 11°C. Στους πίνακες φαίνονται και πάλι όλα τα θερμικά κέρδη και οι απώλειες του κτηρίου, όπως και στα cooling και heating design και παρατηρούμε ότι οι μεταβλητές αυτές εναλλάσσονται από κέρδη (+) σε απώλειες (-). Για παράδειγμα, ρίχνοντας μια ματιά στη στήλη του Glazing (δηλαδή τα κέρδη ή τις απώλειες των τζαμιών και κουφωμάτων), θα δούμε ότι από τα ξημερώματα μέχρι τις πρώτες πρωινές ώρες (περίπου 8.00) που είναι νύχτα και η θερμοκρασία έξω πολύ χαμηλή, τα τζάμια αποτελούν, όπως είναι λογικό απώλεια για το κτήριο, δηλαδή χάνει το κτήριο θερμότητα από αυτά. Στη συνέχεια όμως της ημέρας, από τις 9.00 μέχρι και τις 17.00, βλέπουμε πως τα τζάμια αποτελούν κέρδος και ειδικά τις μεσημεριανές ώρες (12.00-15.00), όπου η ηλιακή ακτινοβολία και η θερμοκρασία πιθανότατα είναι μέγιστες. Στις 18.00 που έχει πέσει πλέον ο ήλιος για τα καλά, αρχίζουν να συμπεριφέρονται τα τζάμια και πάλι ως απώλεια. Βεβαίως, αν θεωρούσαμε μια άλλη ημέρα του χειμώνα, ίσως τα αποτελέσματα να μην ήταν έτσι ακριβώς, αλλά πιθανότατα παρόμοια, γιατί το πότε όλα αυτές οι τιμές εναλλάσσονται οριακά από θετικές σε αρνητικές και τι τιμές θα αγγίξουν, οπωσδήποτε σχετίζεται με τα κλιματικά δεδομένα μιας περιοχής (αν είμαστε στη βόρεια ή στη νότια Ελλάδα ή Ευρώπη φυσικά αλλάζουν δραματικά), και σίγουρα με τη θέση και τον προσανατολισμό του κτηρίου, διότι παίζει μεγάλο ρόλο από ποια πλευρά είναι τοποθετημένα αυτά τα τζάμια για τα οποία κάνουμε λόγο, ώστε

να ξέρουμε πόσο τα <<χτυπάει>> ο ήλιος και πότε. Τα ίδια πράγματα, βέβαια, λίγο πολύ ισχύουν και για τις υπόλοιπες μεταβλητές που φαίνονται στους πίνακες (δάπεδα, οροφές, τοίχοι, καθώς και τα υπόλοιπα εσωτερικά θερμικά κέρδη που είναι πάντα θετικά, όπως ο πληθυσμός των ατόμων, ο χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός, η κουζίνα, ο φωτισμός, κλπ). Τα μεγαλύτερα εσωτερικά θερμικά κέρδη γι αυτή τη μελέτη, βλέπουμε πως είναι κατά κύριο λόγο τα άτομα και έπειτα οι διάφορες συσκευές (Occupancy & Miscellaneous). Στις στήλες Supply air sensible cooling και Supply air total cooling παρατηρούμε μηδενικές γραμμές, αφού δεν απαιτείται ψύξη στο κτήριο. Ωστόσο, παρατηρείται ένα Zone air system sensible cooling rate στο κτήριο, το οποίο δηλώνει ένα ψυκτικό φορτίο που υπάρχει στους χώρους, λόγω του ψυχρού αέρα που μπορεί να μπαίνει μέσα, είτε από τον αερισμό, είτε από τις χαραμάδες, είτε γενικότερα από οποιαδήποτε μορφή δροσισμού του κτηρίου. Δεν μας προβληματίζει, γιατί δεν σημαίνει απαραίτητα ότι αποτελεί κατανάλωση για το κτήριο, αφού μπορεί κάλλιστα να υπάρχει ακόμα και όταν όλα τα συστήματα και οι τερματικές μονάδες είναι κλειστές. Τέλος, το Supply air total heating, που αντιπροσωπεύει το ολικό απαιτούμενο φορτίο ψύξης από το σύστημα, παρουσιάζει τις μικρότερες τιμές κατά τις μεσημεριανές ώρες (περίπου 11.00 – 17.00), αφού τότε επικρατεί έξω η υψηλότερη θερμοκρασία, άρα η ζήτηση είναι λιγότερη συγκριτικά με άλλες ώρες της ημέρας.

Αντίστοιχα, για μία θερινή ημέρα προσομοίωσης βλέπουμε ποιοτικά κάποια αποτελέσματα και γραφικές, όπως και ποσοτικά τους αναλυτικούς πίνακες ακριβώς παρακάτω:



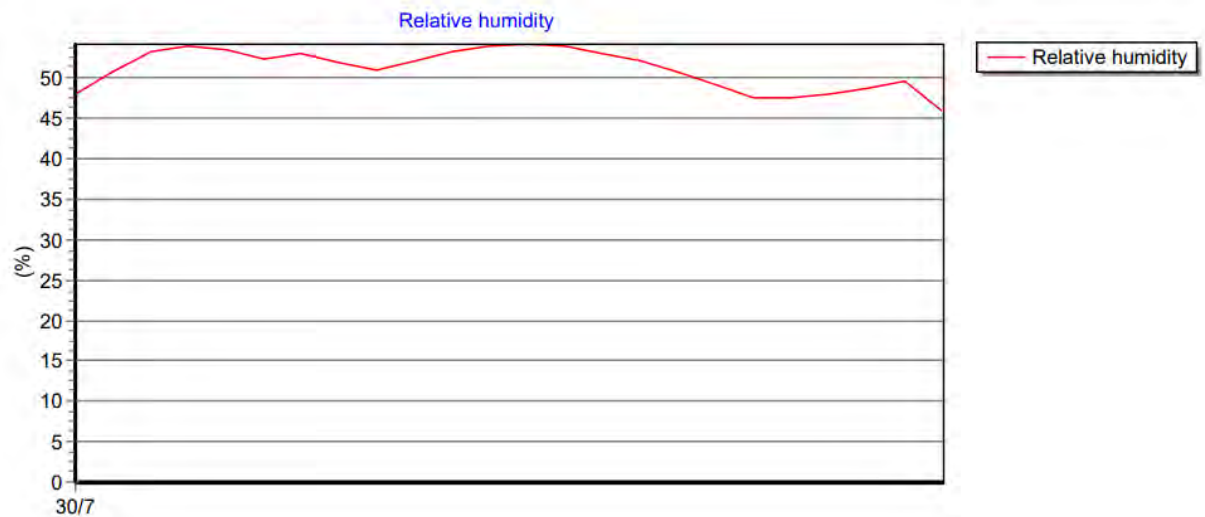
Εικόνα 80. Διακύμανση των διαφόρων θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της θερινής ημέρας



Εικόνα 81. Θερμικά κέρδη και απώλειες κατά τη διάρκεια της μέρας



Εικόνα 82. Αισθητό και ολικό απαιτούμενο φορτίο ψύξης μέσα στη μέρα



Εικόνα 83. Επίπεδα υγρασίας εσωτερικού αέρα ως προς τη διάρκεια της μέρας

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
30/7 00:00	28.82668	27.86290	28.34479	21.88750	47.9708964	2.33104
30/7 01:00	28.63994	27.85984	28.24989	20.82500	50.7274748	2.33068
30/7 02:00	28.25916	27.83572	28.04744	19.48750	53.2320861	2.32816
30/7 03:00	27.99724	27.80421	27.90072	18.68750	53.9956038	2.32559
30/7 04:00	27.86548	27.78047	27.82297	18.18750	53.4850717	2.32352
30/7 05:00	27.90456	27.76603	27.83530	18.62500	52.2596127	2.32282
30/7 06:00	25.77491	27.69320	26.73405	17.75000	53.0929391	2.29887
30/7 07:00	25.64028	27.63135	26.63581	18.75000	51.8028183	2.30625
30/7 08:00	25.98427	27.67723	26.83075	21.55000	51.0471126	1.65053
30/7 09:00	26.00000	27.69838	26.84919	23.28750	52.2216340	1.65165
30/7 10:00	26.00000	27.70499	26.85249	24.45000	53.1921504	1.65241
30/7 11:00	26.00000	27.66578	26.83289	25.58750	53.9147979	0.99116
30/7 12:00	26.00000	27.63418	26.81709	26.43750	54.1817505	0.99154
30/7 13:00	26.00000	27.57987	26.78993	27.13750	53.8448190	0.66117
30/7 14:00	26.00000	27.58889	26.79445	27.83750	53.1330583	0.66096
30/7 15:00	26.00000	27.61407	26.80704	28.53750	52.1068010	0.66106
30/7 16:00	26.00000	27.64818	26.82409	29.23750	50.7695564	0.99134
30/7 17:00	26.00000	27.67125	26.83563	29.93750	49.0406805	1.32072
30/7 18:00	26.00000	27.69936	26.84968	29.45000	47.6585148	1.32069
30/7 19:00	26.00000	27.72654	26.86327	28.25000	47.4903812	1.98162
30/7 20:00	26.00000	27.72525	26.86262	27.05000	47.9579715	1.98204
30/7 21:00	26.00000	27.72822	26.86411	25.66250	48.7986812	2.64209
30/7 22:00	26.00000	27.71357	26.85679	24.22500	49.5084936	2.64196
30/7 23:00	28.30929	27.77448	28.04189	22.76250	46.0269459	2.64468



Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
30/7 00:00	-0.9485141	-8.3890838	-31.3353372	2.5733226	0.0000000	0.0000000
30/7 01:00	-1.0797458	-8.3006599	-31.2944174	2.7297477	0.0000000	0.0000000
30/7 02:00	-1.2550608	-6.2425829	-27.3875949	4.7313152	0.0000000	0.0000000
30/7 03:00	-1.3396320	-5.0591670	-25.1609854	5.5364985	0.0000000	0.0000000
30/7 04:00	-1.3930209	-4.4951606	-23.7544324	5.5762298	0.0000000	0.0000000
30/7 05:00	-1.3377089	-4.3539704	-23.1219136	5.1053702	0.0000000	0.0000000
30/7 06:00	-0.8093339	3.8534541	-6.5983492	10.1898793	0.0000000	0.0000000
30/7 07:00	1.8437423	5.0836049	-4.1901508	9.9761158	0.0000000	0.0000000
30/7 08:00	5.7983770	4.0023036	-6.9252662	7.9926290	0.0000000	0.0000000
30/7 09:00	8.7095292	3.4350787	-7.8615586	6.4040044	0.0000000	0.0000000
30/7 10:00	10.0301382	2.7815001	-8.5664830	4.9673391	0.0000000	0.0000000
30/7 11:00	9.7464525	3.7449045	-5.2109805	5.6171061	0.0000000	0.0000000
30/7 12:00	8.6635702	3.6806304	-4.5033119	5.4794857	0.0000000	0.0000000
30/7 13:00	8.0886911	4.8795674	-1.3606767	6.9878770	0.0000000	0.0000000
30/7 14:00	9.8568610	4.3731305	-3.1243122	6.8878428	0.0000000	0.0000000
30/7 15:00	11.9391119	3.9697524	-5.1846919	7.2044305	0.0000000	0.0000000
30/7 16:00	12.9727304	3.1739423	-7.8693133	7.3399804	0.0000000	0.0000000
30/7 17:00	11.7841358	2.7831129	-8.9455021	8.0322085	0.0000000	0.0000000
30/7 18:00	8.1325728	1.5803372	-11.3634756	7.8465801	0.0000000	0.0000000
30/7 19:00	3.3221971	0.2091251	-14.2753843	7.3883419	0.0000000	0.0000000
30/7 20:00	0.2870224	0.5575800	-13.8265280	8.5477451	0.0000000	0.0000000
30/7 21:00	-0.1963457	1.0367384	-13.4816215	9.4676263	0.0000000	0.0000000
30/7 22:00	-0.4100800	1.9687803	-11.8546040	10.5280299	0.0000000	0.0000000
30/7 23:00	-0.7558912	-5.3933722	-26.1409034	5.0612663	0.0000000	0.0000000

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
30/7 00:00	39.7457995	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 01:00	44.8999267	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 02:00	50.5142507	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 03:00	53.6594409	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 04:00	55.7999094	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 05:00	53.4101632	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 06:00	126.1829190	80.6242279	123.1702527	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 07:00	106.3443471	65.6892315	88.5037345	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 08:00	85.1398261	66.3984012	83.0615949	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 09:00	85.4500233	74.0471288	92.2834611	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 10:00	85.5082053	79.0710642	98.6863796	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 11:00	66.6544461	65.7094087	78.4709742	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 12:00	65.6474340	66.8644537	78.8522308	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 13:00	55.0627870	57.0480749	64.0660413	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 14:00	55.1387305	58.2951927	64.0762310	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 15:00	55.6343007	59.9637703	64.6353815	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 16:00	65.1422827	73.4019347	78.7090294	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 17:00	74.3137428	87.6717920	92.3897990	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 18:00	75.3813385	87.0985517	91.7758966	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 19:00	93.9661796	105.4748691	113.9553080	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 20:00	94.0794264	99.5038427	109.9603898	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 21:00	111.3316283	109.1581294	125.4056552	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 22:00	110.7235756	98.7831551	116.8423173	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 23:00	36.4754216	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000



Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
30/7 00:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	10.2568872	0.0000000	32.2674681
30/7 01:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	10.2568872	0.0000000	32.3822081
30/7 02:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	6.8379248	0.0000000	33.6562439
30/7 03:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	6.8379248	0.0000000	34.7440417
30/7 04:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	6.8379248	0.0000000	35.2200416
30/7 05:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	6.8379248	0.0000000	35.3535170
30/7 06:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	10.2568872	0.0000000	41.2879831
30/7 07:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	13.6758496	0.0000000	43.6041437
30/7 08:00	5.6721450	0.0000000	29.6597440	13.6758496	0.0000000	30.3011708
30/7 09:00	5.6721450	0.0000000	29.6597440	10.2568872	0.0000000	30.1625055
30/7 10:00	5.6721450	0.0000000	29.6597440	10.2568872	0.0000000	30.1624536
30/7 11:00	5.6721450	0.0000000	17.7958464	10.2568872	0.0000000	18.0974722
30/7 12:00	5.6721450	0.0000000	17.7958464	10.2568872	0.0000000	18.0974722
30/7 13:00	5.6721450	0.0000000	11.8638976	6.8379248	0.0000000	12.0649814
30/7 14:00	5.6721450	0.0000000	11.8638976	6.8379248	0.0000000	12.0649814
30/7 15:00	5.6721450	0.0000000	11.8638976	6.8379248	0.0000000	12.0649814
30/7 16:00	5.6721450	0.0000000	17.7958464	6.8379248	0.0000000	18.0974722
30/7 17:00	5.6721450	0.0000000	23.7277952	6.8379248	0.0000000	24.1299629
30/7 18:00	5.6721450	0.0000000	23.7277952	17.0948120	0.0000000	24.1299629
30/7 19:00	5.6721450	0.0000000	35.5916928	23.9327368	0.0000000	36.1949443
30/7 20:00	5.6721450	0.0000000	35.5916928	27.3516992	0.0000000	36.1949443
30/7 21:00	5.6721450	0.0000000	47.4555904	20.5137744	0.0000000	48.2599257
30/7 22:00	5.6721450	0.0000000	47.4555904	17.0948120	0.0000000	48.2599257
30/7 23:00	5.6721450	0.0000000	47.4555904	10.2568872	0.0000000	40.3519416

Εικόνα 84. Πίνακες αποτελεσμάτων προσομοίωσης θερινής ημέρας

Η εσωτερική θερμοκρασία του κτηρίου μια θερινή ημέρα λειτουργίας κυμαίνεται από 29°C έως 26°C, όπου σταθεροποιείται τις ώρες αιχμής, όπως είναι επιθυμητό σε αυτή τη μελέτη. Παράλληλα, η εξωτερική θερμοκρασία κυμαίνεται περίπου από 17.5°C έως 30°C, τη συγκεκριμένη ημέρα στην πόλη της Θεσσαλονίκης. Και πάλι μπορεί να δει κανείς τα κέρδη και τις απώλειες και πώς αυτά εναλλάσσονται, εξετάζοντας και μεμονωμένα όποιο επιθυμεί. Συγκεκριμένα οι οροφές (Ceilings) είναι μονίμως θετικές αυτή τη μέρα, ενώ τα δάπεδα αρνητικά, πράγμα που ως ένα βαθμό είναι λογικό, αφού το έδαφος χειμώνα - καλοκαίρι έχει σχεδόν σταθερή θερμοκρασία και προσδίδει δροσιά στο κτήριο το καλοκαίρι και θερμότητα το χειμώνα. Επίσης, και εδώ παρατηρούμε στο Glazing το ίδιο φαινόμενο που παρατηρήσαμε και κατά τη χειμερινή ημέρα, Όλα αυτά, βέβαια, δεν είναι καινούρια πράγματα, ούτε τίποτα εξειδικευμένο, απλά καλό είναι να μπορούμε να καταλαβαίνουμε ποιοτικά τους πίνακες του λογισμικού, να είμαστε σε θέση να δώσουμε μια διαισθητική εξήγηση για κάθε αποτέλεσμα και να κατανοούμε την ουσία πίσω από οποιαδήποτε επίδραση ή συμπεριφορά μιας μεταβλητής. Ομοίως κι εδώ, δεν βλέπουμε κάποιο ζητούμενο φορτίο θέρμανσης (Supply air total heating = 0), αφού μιλάμε για μία ημέρα λειτουργίας στην ‘καρδιά’ του καλοκαιριού. Το Supply air total cooling, το οποίο είναι το συνολικό απαιτούμενο φορτίο ψύξης για το κτήριο και αποτελείται από το αισθητό (Supply air sensible cooling) φορτίο ψύξης και το λανθάνον (Latent). Τα μεγαλύτερα φορτία για το κτήριο, που προκύπτουν από εσωτερικά θερμικά κέρδη, αποτελούν και πάλι τα άτομα και οι διάφορες χρησιμοποιούμενες συσκευές (Occupancy & Miscellaneous).

## 11. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Γνωρίζοντας πια τις καταναλώσεις και τα απαιτούμενα φορτία ψύξης και θέρμανσης του κτηρίου και έχοντας μια πιο σαφή εικόνα για το πώς λειτουργεί ένα τέτοιο κτήριο και τι ενεργειακές ανάγκες έχει, ήρθε η ώρα να παρουσιάσουμε μερικές παραλλαγές που κάναμε σε δεδομένα της παρούσας μελέτης κτηρίου και μας βοήθησαν, είτε να βγάλουμε κάποια ενδιαφέροντα πορίσματα για το λογισμικό, είτε να καταλήξουμε σε μια πιο βελτιωμένη, όσο αναφορά την ενεργειακή κατανάλωση - σύμφωνα πάντα με τα νούμερα και τους πίνακες - εκδοχή του κτηρίου, ώστε τελικά να γίνει πιο αποδοτικό ενεργειακά, χωρίς αυτό να προσκρούει φυσικά στην άνεση των χρηστών του.

### 1<sup>ο</sup> σενάριο: Φυσικός αερισμός κατά τη θερινή περίοδο λειτουργίας

Αρχικά, δοκιμάσαμε να βάλουμε φυσικό αερισμό στο κτήριο (παράλληλα βεβαίως με τον μηχανικό) κατά τη θερινή περίοδο λειτουργίας του, μήπως και εξοικονομηθεί ένα ποσό ενέργειας. Φυσικά για το χειμώνα κάτι τέτοιο θα ήταν σχεδόν ακατόρθωτο, αφού τέτοια κτήρια έχουν μεγάλη απαίτηση σε φορτία αερισμού και επιπλέον, ο εισερχόμενος αέρας από το εξωτερικό περιβάλλον είναι σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία με βάση τα κλιματικά δεδομένα της Θεσσαλονίκης και κατά συνέπεια, πολύ δύσκολα θα συνέφερε το σύστημα να πρέπει να επαναφέρει τις εσωτερικές συνθήκες των χώρων και να τους αναθερμάνει σε κάθε νέα εισβολή ποσότητας αέρα με φυσικό τρόπο. Ας δούμε, λοιπόν, τα αποτελέσματα που πήραμε από την προσομοίωση της 30<sup>ης</sup> ημέρας του Ιουλίου (Εικόνα 85):

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
30/7 00:00	27.49106	27.41046	27.45076	21.88750	50.8409466	4.29396
30/7 01:00	27.12675	27.32434	27.22554	20.82500	53.4855047	4.29600
30/7 02:00	26.55478	27.25774	26.90626	19.48750	56.1768820	4.29695
30/7 03:00	26.14571	27.18670	26.66620	18.68750	56.7405382	4.29567
30/7 04:00	25.92214	27.12903	26.52558	18.18750	56.1646700	4.29481
30/7 05:00	25.98116	27.08826	26.53471	18.62500	54.3275523	4.29129
30/7 06:00	24.67053	27.03146	25.85099	17.75000	55.2951888	4.27843
30/7 07:00	24.74935	26.98466	25.86700	18.75000	55.5392383	4.27294
30/7 08:00	25.41745	27.07931	26.24838	21.55000	53.9414887	3.04586
30/7 09:00	25.91675	27.17418	26.54547	23.28750	53.8132822	3.05245
30/7 10:00	25.99992	27.22235	26.61114	24.45000	54.6468182	3.04899
30/7 11:00	26.00000	27.20409	26.60205	25.58750	55.2811686	1.82591
30/7 12:00	26.00000	27.18894	26.59447	26.43750	55.2322644	1.82377
30/7 13:00	26.00000	27.14762	26.57381	27.13750	54.2410677	1.21450
30/7 14:00	26.00000	27.16924	26.58462	27.83750	52.8284278	1.21280
30/7 15:00	26.00000	27.20617	26.60308	28.53750	51.2093301	1.21147
30/7 16:00	26.00000	27.25135	26.62567	29.23750	49.4991239	1.81491
30/7 17:00	26.00000	27.28462	26.64231	29.93750	47.5738952	2.41620
30/7 18:00	26.00000	27.32264	26.66132	29.45000	46.3664652	2.41819
30/7 19:00	26.00000	27.35913	26.67957	28.25000	46.9158180	3.63508
30/7 20:00	26.00000	27.36584	26.68292	27.05000	47.8613488	3.64248
30/7 21:00	26.00000	27.37627	26.68814	25.66250	49.0611202	4.86654
30/7 22:00	26.00000	27.36852	26.68426	24.22500	49.9682768	4.87725
30/7 23:00	27.40036	27.38735	27.39385	22.76250	48.7110053	4.89025

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
30/7 00:00	-0.8639805	-5.2312664	-27.3911044	6.0903776	0.0000000	0.0000000
30/7 01:00	-0.9781327	-4.6334514	-26.4943995	6.4434395	0.0000000	0.0000000
30/7 02:00	-1.1402011	-2.0832998	-20.5399912	8.1439913	0.0000000	0.0000000
30/7 03:00	-1.2134661	-0.7232139	-16.9321943	8.8967613	0.0000000	0.0000000
30/7 04:00	-1.2587879	0.0076528	-14.8512503	8.8895261	0.0000000	0.0000000
30/7 05:00	-1.1974001	0.1025167	-14.0781451	8.2197336	0.0000000	0.0000000
30/7 06:00	-0.7273953	4.4951378	-4.0639087	10.3119918	0.0000000	0.0000000
30/7 07:00	1.8992906	4.8033323	-2.9697979	9.3049903	0.0000000	0.0000000
30/7 08:00	5.8451419	2.9060678	-8.9807443	6.8859981	0.0000000	0.0000000
30/7 09:00	8.7475818	1.3950334	-12.3090380	4.7563471	0.0000000	0.0000000
30/7 10:00	10.0643458	0.6115918	-13.6088425	3.4032705	0.0000000	0.0000000
30/7 11:00	9.7794002	1.6475928	-10.1768212	4.3024361	0.0000000	0.0000000
30/7 12:00	8.6954576	1.6489677	-9.4309249	4.3751532	0.0000000	0.0000000
30/7 13:00	8.1196894	2.9254183	-6.2485931	6.0693260	0.0000000	0.0000000
30/7 14:00	9.8865570	2.4783135	-7.9972711	6.1065686	0.0000000	0.0000000
30/7 15:00	11.9677692	2.1262642	-10.0403975	6.5293895	0.0000000	0.0000000
30/7 16:00	13.0006088	1.3747889	-12.7017014	6.7476691	0.0000000	0.0000000
30/7 17:00	11.8114590	1.0275021	-13.7417754	7.5100371	0.0000000	0.0000000
30/7 18:00	8.1595582	-0.1410452	-16.1221983	7.3787927	0.0000000	0.0000000
30/7 19:00	3.3490457	-1.4780221	-18.9849333	6.9672292	0.0000000	0.0000000
30/7 20:00	0.3141169	-1.0797486	-18.4681600	8.1780469	0.0000000	0.0000000
30/7 21:00	-0.1696717	-0.5460701	-18.0541447	9.1456932	0.0000000	0.0000000
30/7 22:00	-0.3841555	0.4452854	-16.3552093	10.2525242	0.0000000	0.0000000
30/7 23:00	-0.7002597	-4.2688914	-25.5177220	7.0056764	0.0000000	0.0000000



Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
30/7 00:00	31.7350505	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 01:00	35.8135749	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 02:00	40.3380674	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 03:00	42.6604309	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 04:00	44.2649198	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 05:00	42.0095136	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 06:00	76.8000826	37.5637501	55.9445705	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 07:00	78.8123091	44.1183821	67.1629365	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 08:00	65.8821670	49.8342405	70.3512382	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 09:00	67.1266578	56.0944480	79.1983556	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 10:00	71.3671223	64.8989953	90.1149943	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 11:00	57.5442947	56.5810236	74.7957878	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 12:00	58.6299354	59.8319943	76.8453556	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 13:00	49.0211322	51.0016046	62.1766662	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 14:00	50.2702184	53.4260413	62.5654805	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 15:00	51.8973358	56.2294397	63.6244111	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 16:00	64.7355383	72.9971007	80.7067448	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 17:00	78.1857810	91.5445731	98.3700443	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 18:00	78.0457296	89.7705208	95.9922094	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 19:00	96.5716368	108.0831074	118.4351001	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 20:00	91.8909978	97.3102418	110.1661169	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 21:00	103.0357354	100.8462086	120.2612264	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 22:00	94.5250806	82.5640944	104.2799021	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 23:00	30.2146291	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
30/7 00:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	10.2568872	0.0000000	36.8930076
30/7 01:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	10.2568872	0.0000000	37.6142059
30/7 02:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	6.8379248	0.0000000	39.4720301
30/7 03:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	6.8379248	0.0000000	41.0314978
30/7 04:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	6.8379248	0.0000000	41.7997164
30/7 05:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	6.8379248	0.0000000	42.0003662
30/7 06:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	10.2568872	0.0000000	44.8668193
30/7 07:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	13.6758496	0.0000000	46.1973819
30/7 08:00	5.6721450	0.0000000	29.6597440	13.6758496	0.0000000	31.7123724
30/7 09:00	5.6721450	0.0000000	29.6597440	10.2568872	0.0000000	30.5124829
30/7 10:00	5.6721450	0.0000000	29.6597440	10.2568872	0.0000000	30.1641295
30/7 11:00	5.6721450	0.0000000	17.7958464	10.2568872	0.0000000	18.0974723
30/7 12:00	5.6721450	0.0000000	17.7958464	10.2568872	0.0000000	18.0974722
30/7 13:00	5.6721450	0.0000000	11.8638976	6.8379248	0.0000000	12.0649814
30/7 14:00	5.6721450	0.0000000	11.8638976	6.8379248	0.0000000	12.0649814
30/7 15:00	5.6721450	0.0000000	11.8638976	6.8379248	0.0000000	12.0649814
30/7 16:00	5.6721450	0.0000000	17.7958464	6.8379248	0.0000000	18.0974722
30/7 17:00	5.6721450	0.0000000	23.7277952	6.8379248	0.0000000	24.1299629
30/7 18:00	5.6721450	0.0000000	23.7277952	17.0948120	0.0000000	24.1299629
30/7 19:00	5.6721450	0.0000000	35.5916928	23.9327368	0.0000000	36.1949443
30/7 20:00	5.6721450	0.0000000	35.5916928	27.3516992	0.0000000	36.1949443
30/7 21:00	5.6721450	0.0000000	47.4555904	20.5137744	0.0000000	48.2599257
30/7 22:00	5.6721450	0.0000000	47.4555904	17.0948120	0.0000000	48.2599257
30/7 23:00	5.6721450	0.0000000	47.4555904	10.2568872	0.0000000	43.4360014

Εικόνα 85. Αποτελέσματα προσομοίωσης σεναρίου με φυσικό αερισμό μία θερινή ημέρα λειτουργίας

Αρκεί μία μόνο ματιά κυρίως στη στήλη του Supply air total cooling (kWh) για να μας πείσει ότι συμφέρει να χρησιμοποιείται και φυσικός αερισμός στο κτήριο τους θερινούς μήνες, πράγμα απόλυτα λογικό αν σκεφτεί κανείς ότι η εξωτερική θερμοκρασία εκείνης της μέρας, αλλά και των περισσότερων ημερών του καλοκαιριού στη Θεσσαλονίκη, αγγίζει περίπου τους 30°C και όχι υπερβολικά υψηλές θερμοκρασίες, όπως για παράδειγμα σε άλλα μέρη της νότιας Ελλάδας.

## 2<sup>ο</sup> σενάριο: Συστήματα κλιματισμού με ανάκτηση θερμότητας (heat recovery)

Έχουμε εξηγήσει σε προηγούμενο κεφάλαιο τη σημαίνει ανάκτηση θερμότητας του απορριπτόμενου αέρα ενός χώρου από ένα σύστημα κλιματισμού και γιατί αυτή είναι χρήσιμη. Η βασική ιδέα είναι ότι το σύστημα στην προσπάθεια ανανέωσης του εσωτερικού αέρα, λαμβάνει ένα ποσοστό της ενέργειας και του φορτίου του αέρα που πρόκειται να απορριφθεί στο περιβάλλον (γιατί περιέχει επιβλαβείς ουσίες) και την προσδίδει στον νέο νωπό αέρα που πρόκειται να επεξεργαστεί και να εισάγει φρέσκο στο κτήριο. Αν υλοποιήσουμε, λοιπόν, αυτό το σενάριο στα υπάρχοντα συστήματα κλιματισμού VRV του Valis hotel, έστω για παράδειγμα, τους θερινούς μήνες λειτουργίας, θα δούμε ότι μπορεί τις πρώτες ώρες λειτουργίας του κλιματισμού οι διαφορές στην στήλη του Supply air total cooling (kWh) (Εικόνα 86) να μην είναι αισθητά βελτιωμένες (αφού διαφέρουν μόνο στο 4<sup>ο</sup> δεκαδικό ψηφίο), όμως από τις 12.00 και μετά αρχίζουν να γίνονται έντονες. (Παραθέτονται στο εξής μόνο οι πίνακες που αφορούν το συνολικό απαιτούμενο φορτίο ψύξης ή θέρμανσης αντίστοιχα σε κάθε περίπτωση, και όχι αυτοί των διαφόρων θερμοκρασιών, εσωτερικών θερμικών κερδών, απωλειών, κλπ. για λόγους έκτασης και αποφυγής πλήξης).

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
30/7 00:00	39.7457298	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 01:00	44.8998217	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 02:00	50.5141501	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 03:00	53.6593204	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 04:00	55.7997862	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 05:00	53.4100412	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 06:00	126.1826585	80.6240685	123.1700632	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 07:00	106.3440934	65.6890806	88.5035795	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 08:00	85.1394791	66.3980728	83.0612671	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 09:00	85.4496898	74.0467955	92.2831280	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 10:00	85.5078815	79.0707406	98.6860556	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 11:00	66.6541309	65.7090938	78.4706586	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 12:00	65.6471257	66.0802367	78.0680134	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 13:00	55.0624859	55.6903437	62.7083098	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 14:00	55.1384337	56.1047223	61.8857604	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 15:00	55.6340084	56.9420805	61.6136916	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 16:00	65.1419951	67.6251645	72.9322591	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 17:00	74.3134605	78.3149325	83.0329391	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 18:00	75.3810613	78.9003217	83.5776661	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 19:00	93.9659086	97.4504758	105.9309142	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 20:00	94.0791633	95.7567919	106.2133383	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 21:00	111.3313724	108.8901210	125.1376460	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 22:00	110.7233266	98.7829063	116.8420676	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 23:00	36.4753611	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

Εικόνα 86. Αποτελέσματα σεναρίου με ανάκτηση θερμότητας (heat recovery) θερινής ημέρας



### 3<sup>ο</sup> σενάριο: FCU – αερόψυκτος ψύκτης - λέβητας αερίου (με ή χωρίς ανάκτηση θερμότητας)

Ας δοκιμάσουμε τώρα ένα διαφορετικό από τα VRV σύστημα ψύξης και θέρμανσης, συστήματα Fan-coil συνδεδεμένα με αερόψυκτο ψύκτη και λέβητα αερίου. Οι πίνακες που προκύπτουν (Εικόνα 87) από την προσομοίωση μιας θερινής ημέρας παρουσιάζονται ευθύς αμέσως.

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
30/7 00:00	76.5828862	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 01:00	86.2961302	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 02:00	98.2631350	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 03:00	104.8640478	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 04:00	109.1823395	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 05:00	103.1442535	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 06:00	113.7864123	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 07:00	100.4166533	0.5567022	0.5567022	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 08:00	69.5751219	21.8976535	21.8976535	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 09:00	67.8610746	36.4347921	36.4347921	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 10:00	68.8461237	50.5391383	50.5391383	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 11:00	50.8492535	47.9610269	65.0155354	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 12:00	50.4844026	53.6517938	67.4826920	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 13:00	40.5058289	45.9239063	63.0854471	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 14:00	41.0253588	49.7463813	62.6212833	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 15:00	41.8899715	53.8908338	63.3987954	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 16:00	51.7149508	74.5843741	74.5843741	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 17:00	61.1942440	98.1708411	98.1708411	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 18:00	62.5315945	94.9644340	94.9644340	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 19:00	81.3784326	113.1459085	113.1459085	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 20:00	81.8062578	96.6499748	96.6499748	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 21:00	99.3776116	93.0217143	93.0217143	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 22:00	99.0996273	65.6273674	65.6273674	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 23:00	74.2194759	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

Εικόνα 87. Αποτελέσματα προσομοίωσης συστημάτων FCU θερινής ημέρας λειτουργίας

Διαπιστώνουμε πως τα αποτελέσματα παρουσιάζονται βελτιωμένα σε όλες τις ώρες της ημέρας, εκτός 16.00 - 17.00. Κάτι τέτοιο δεν συνέβη, όμως, για την χειμερινή ημέρα προσομοίωσης (1 Φεβρουαρίου), γι' αυτό και δεν παραθέτεται ο αντίστοιχος πίνακας. Δοκιμάζουμε, όμως, να προσθέσουμε στο σύστημα ποσοστό ανάκτησης θερμότητας κι έτσι έχουμε για καλοκαίρι (Εικόνα 88) και χειμώνα (Εικόνα 89), αντίστοιχα:



Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
30/7 00:00	76.5819318	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 01:00	86.2944654	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 02:00	98.2613183	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 03:00	104.8621836	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 04:00	109.1804760	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 05:00	103.1424226	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 06:00	113.7846024	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 07:00	100.4143944	0.5561861	0.5561861	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 08:00	69.5729428	21.8962163	21.8962163	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 09:00	67.8584562	36.4325119	36.4325119	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 10:00	68.8433207	50.5363368	50.5363368	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 11:00	50.8465901	47.9583579	65.0101755	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 12:00	50.4818085	51.4769997	65.3052403	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 13:00	40.5033217	42.1599917	59.3192845	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 14:00	41.0228888	43.6749984	56.5477050	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 15:00	41.8875278	45.5161844	55.0220091	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 16:00	51.7125160	58.5754933	58.5754933	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 17:00	61.1918367	72.2416852	72.2416852	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 18:00	62.5292009	72.2458019	72.2458019	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 19:00	81.3760358	90.9089518	90.9089518	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 20:00	81.8039012	86.2654016	86.2654016	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 21:00	99.3753071	92.2774770	92.2774770	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 22:00	99.0973597	65.6251005	65.6251005	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 23:00	74.2186909	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

Εικόνα 88. Αποτελέσματα προσομοίωσης συστημάτων FCU με ποσοστό ανάκτησης θερμότητας μια θερινή ημέρα λειτουργίας

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
1/2 00:00	220.0328813	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 01:00	208.6624733	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 02:00	224.7761114	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 03:00	235.8881311	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 04:00	239.0288201	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 05:00	234.7009443	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 06:00	39.2894561	0.0000000	0.0000000	171.3465120	171.3465120	0.0000000
1/2 07:00	31.5846889	0.0000000	0.0000000	55.0298510	55.0298510	0.0000000
1/2 08:00	5.5942478	0.0000000	0.0000000	37.6965703	37.6965703	0.0000000
1/2 09:00	8.9019168	0.0000000	0.0000000	29.7907955	29.7907955	0.0000000
1/2 10:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	25.2278275	25.2278275	0.0000000
1/2 11:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	21.6025534	21.6025534	0.0000000
1/2 12:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	18.9655349	18.9655349	0.0000000
1/2 13:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	17.3107813	17.3107813	0.0000000
1/2 14:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	15.4158927	15.4158927	0.0000000
1/2 15:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	14.3938555	14.3938555	0.0000000
1/2 16:00	9.2320486	0.0000000	0.0000000	11.0335041	11.0335041	0.0000000
1/2 17:00	29.6140444	0.0000000	0.0000000	6.0363299	6.0363299	0.0000000
1/2 18:00	28.9337274	0.0000000	0.0000000	8.8909446	8.8909446	0.0000000
1/2 19:00	31.1457759	0.0000000	0.0000000	8.8924272	8.8924272	0.0000000
1/2 20:00	53.7964442	0.0000000	0.0000000	5.4762864	5.4762864	0.0000000
1/2 21:00	55.7240300	0.0000000	0.0000000	7.2520324	7.2520324	0.0000000
1/2 22:00	66.3558176	0.0000000	0.0000000	10.0608168	10.0608168	0.0000000
1/2 23:00	76.1496582	0.0000000	0.0000000	14.8191512	14.8191512	0.0000000

Εικόνα 89. Αποτελέσματα προσομοίωσης συστημάτων FCU με ποσοστό ανάκτησης θερμότητας μια χειμερινή ημέρα λειτουργίας

Παρατηρείται πως το καλοκαίρι συμφέρει απόλυτα το σύστημα των Fan-coils με heat recovery σε σχέση με τα VRV, ενώ το χειμώνα μόνο από το απόγευμα και μετά, και συγκεκριμένα τις ώρες 17.00 – 23.00.

## 4<sup>ο</sup> σενάριο: Σύστημα γεωθερμίας

Ένα άλλο σύστημα για ψύξη και θέρμανση του κτηρίου, αναμφισβήτητα θα μπορούσε να είναι αυτό της γεωθερμίας (Εικόνα 90).

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
30/7 00:00	76.5828862	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 01:00	86.2961302	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 02:00	98.2631350	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 03:00	104.8640478	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 04:00	109.1823395	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 05:00	103.1442535	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 06:00	113.7864123	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 07:00	100.4166533	0.5567022	0.5567022	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 08:00	69.5751219	21.8976535	21.8976535	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 09:00	67.8610746	36.4347921	36.4347921	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 10:00	68.8461237	50.5391383	50.5391383	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 11:00	50.8492535	47.9610269	65.0155354	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 12:00	50.4844026	53.6517938	67.4826920	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 13:00	40.5058289	45.9239063	63.0854471	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 14:00	41.0253588	49.7463813	62.6212833	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 15:00	41.8899715	53.8908338	63.3987954	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 16:00	51.7149508	74.5843741	74.5843741	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 17:00	61.1942440	98.1708411	98.1708411	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 18:00	62.5315945	94.9644340	94.9644340	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 19:00	81.3784326	113.1459085	113.1459085	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 20:00	81.8062578	96.6499748	96.6499748	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 21:00	99.3776116	93.0217143	93.0217143	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 22:00	99.0996273	65.6273674	65.6273674	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 23:00	74.2194759	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

Εικόνα 90. Αποτελέσματα προσομοίωσης συστήματος γεωθερμίας θερινής ημέρας

Το καλοκαίρι βλέπουμε πως έχει καλή απόδοση, εκτός από τις ώρες 16.00 με 18.00, αφού σε αυτές τις ώρες φαίνεται να είναι λίγο πιο ανεβασμένες οι τιμές του συστήματος γεωθερμίας σε σχέση με το ήδη χρησιμοποιούμενο των VRV. Για το χειμώνα από την άλλη (Εικόνα 91), αν δοκιμάσουμε να προσθέσουμε και ανάκτηση θερμότητας στο σύστημα, θα δούμε ότι δεν εντοπίζονται και τόσο καλές τιμές, με εξαίρεση τις ώρες από το απόγευμα και μετά (17.00 – 23.00), στις οποίες είναι πιο αποδοτικό το γεωθερμικό σύστημα.

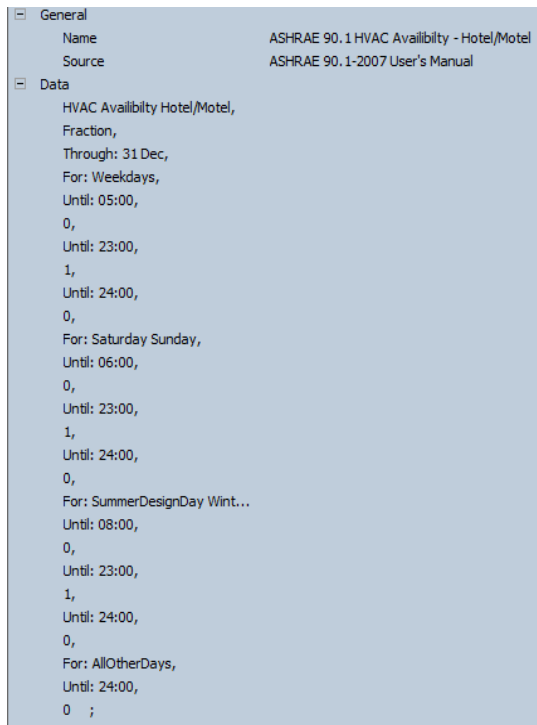
Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
1/2 00:00	220.0328813	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 01:00	208.6624733	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 02:00	224.7761114	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 03:00	235.8881311	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 04:00	239.0288201	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 05:00	234.7009443	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 06:00	39.2894561	0.0000000	0.0000000	171.3465120	171.3465120	0.0000000
1/2 07:00	31.5846889	0.0000000	0.0000000	55.0298510	55.0298510	0.0000000
1/2 08:00	5.5942478	0.0000000	0.0000000	37.6965703	37.6965703	0.0000000
1/2 09:00	8.9019168	0.0000000	0.0000000	29.7907955	29.7907955	0.0000000
1/2 10:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	25.2278275	25.2278275	0.0000000
1/2 11:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	21.6025534	21.6025534	0.0000000
1/2 12:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	18.9655349	18.9655349	0.0000000
1/2 13:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	17.3107813	17.3107813	0.0000000
1/2 14:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	15.4158927	15.4158927	0.0000000
1/2 15:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	14.3938555	14.3938555	0.0000000
1/2 16:00	9.2320486	0.0000000	0.0000000	11.0335041	11.0335041	0.0000000
1/2 17:00	29.6140444	0.0000000	0.0000000	6.0363299	6.0363299	0.0000000
1/2 18:00	28.9337274	0.0000000	0.0000000	8.8909446	8.8909446	0.0000000
1/2 19:00	31.1457759	0.0000000	0.0000000	8.8924272	8.8924272	0.0000000
1/2 20:00	53.7964442	0.0000000	0.0000000	5.4762864	5.4762864	0.0000000
1/2 21:00	55.7240300	0.0000000	0.0000000	7.2520324	7.2520324	0.0000000
1/2 22:00	66.3558176	0.0000000	0.0000000	10.0608168	10.0608168	0.0000000
1/2 23:00	76.1496582	0.0000000	0.0000000	14.8191512	14.8191512	0.0000000

Εικόνα 91. Αποτελέσματα προσομοίωσης συστήματος γεωθερμίας χειμερινής ημέρας

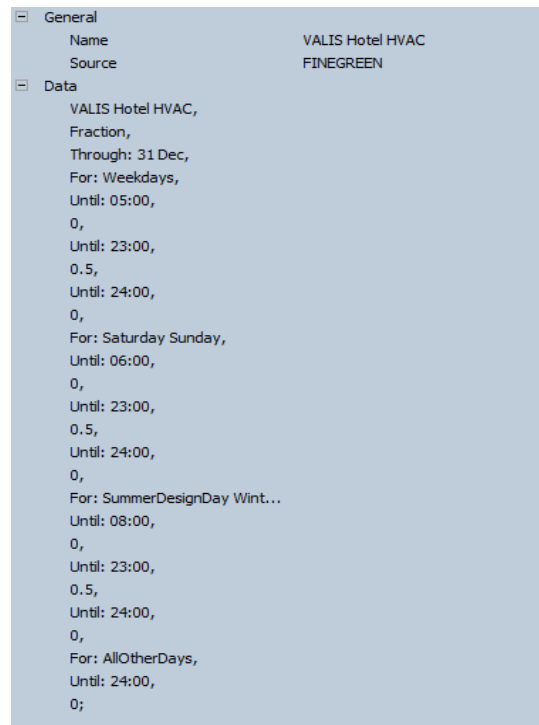
## 5<sup>ο</sup> σενάριο: Αλλαγή HVAC operation schedule

Ας εξετάσουμε μια άλλη συνθήκη τώρα, αυτή της μείωσης της λειτουργίας έστω για παράδειγμα του κλιματισμού (ψύξης και θέρμανσης). Δημιουργούμε μια δική μας βιβλιοθήκη, η οποία είναι ίδια με αυτή που είχε το κτήριο πριν (Εικόνα 92), με τη μόνη διαφορά ότι τις ώρες που δούλευε 100% το σύστημα, τώρα θα δουλεύει 50%, δηλαδή στο μισό (Εικόνα 93).





Εικόνα 92. Default βιβλιοθήκη HVAC για ξενοδοχεία



Εικόνα 93. Νεοδημιουργηθείσα βιβλιοθήκη HVAC για το Valis Hotel

Τα προσεχή αποτελέσματα (για καλοκαίρι) και πάλι στο Supply air total cooling (kWh) έδειξαν ότι οι καταναλώσεις είναι εμφανώς πιο μικρές (Εικόνα 94).

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
30/7 00:00	51.3056109	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 01:00	56.3225982	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 02:00	61.7847940	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 03:00	64.8298011	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 04:00	66.8481088	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 05:00	64.3183361	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 06:00	82.9581845	17.8782619	30.4435200	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 07:00	78.7696482	18.5082969	36.4887906	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 08:00	57.1212998	23.8055556	40.8606010	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 09:00	54.9258437	27.3347014	46.3828949	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 10:00	53.3583613	29.7074085	50.1743339	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 11:00	37.2096391	25.5166091	39.9333640	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 12:00	35.8058769	26.0136448	39.4767568	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 13:00	27.8109110	22.4546281	31.1254698	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 14:00	27.3997666	23.1426498	30.4765086	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 15:00	27.2928791	24.0621171	30.2681390	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 16:00	32.8803545	29.3309102	35.8257428	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 17:00	38.0714140	34.8959474	40.4825545	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 18:00	39.9382067	35.0132107	40.7587226	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 19:00	55.1780042	41.7326066	50.6258376	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 20:00	58.1408467	39.3969601	50.3382931	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 21:00	74.7950544	41.9878159	57.7351435	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 22:00	77.7899766	37.4401396	54.9284729	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 23:00	53.0316570	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

Εικόνα 94. Αποτελέσματα προσομοίωσης με HVAC operation schedule (50%) θερινής ημέρας

Το χειμώνα, από την άλλη μεριά, διαπιστώνεται ότι το σύστημα δεν δίνει θέρμανση καθόλου (στη στήλη Supply air total heating όλες οι γραμμές μηδενικές) (Εικόνα 95). Μια πιθανή εξήγηση σε αυτό, ίσως να ήταν ότι τα εσωτερικά θερμικά κέρδη του κτηρίου (που φαίνονται στους πίνακες αρκετά μεγάλα) από άτομα, φωτισμό και συσκευές - εξοπλισμό είναι τόσο μεγάλα που καλύπτουν τα φορτία θέρμανσης που θα έδινε το σύστημα αν λειτουργούσε στο 50% της αρχικής του λειτουργίας. Με άλλα λόγια δηλαδή, καλύπτουν τα εσωτερικά θερμικά κέρδη τη θέρμανση του κτηρίου.

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
1/2 00:00	107.7284793	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 01:00	115.1497896	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 02:00	123.3782143	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 03:00	129.2630188	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 04:00	131.5442298	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 05:00	130.4020664	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 06:00	128.4285943	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 07:00	92.6101029	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 08:00	48.4420029	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 09:00	44.4401994	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 10:00	20.3509665	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 11:00	18.2361777	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 12:00	17.0575400	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 13:00	16.4737087	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 14:00	15.8545698	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 15:00	16.1850170	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 16:00	25.6792146	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 17:00	44.8094702	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 18:00	46.7247496	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 19:00	48.9063789	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 20:00	71.7323706	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 21:00	75.4268846	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 22:00	89.8591775	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 23:00	104.6167113	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

Εικόνα 95. Αποτελέσματα προσομοίωσης με HVAC operation schedule (50%) χειμερινής ημέρας

Παρατηρούμε ακόμη, ότι τα εσωτερικά θερμικά κέρδη του κτηρίου σε αυτό το σενάριο δείχνουν όντως αρκετά μεγάλα (Εικόνα 96), χωρίς να είναι, βέβαια, αυτό δείγμα απόδειξης ότι η θεωρία αυτή όντως ισχύει.

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
1/2 00:00	5.6721450	0.0000000	53.3875392	10.2568872	0.0000000	66.3484265
1/2 01:00	5.6721450	0.0000000	53.3875392	6.8379248	0.0000000	66.3484265
1/2 02:00	5.6721450	0.0000000	53.3875392	5.1284436	0.0000000	66.3484265
1/2 03:00	5.6721450	0.0000000	53.3875392	3.4189624	0.0000000	66.3484265
1/2 04:00	5.6721450	0.0000000	53.3875392	3.4189624	0.0000000	66.3484265
1/2 05:00	5.6721450	0.0000000	53.3875392	3.4189624	0.0000000	66.3484265
1/2 06:00	5.6721450	0.0000000	53.3875392	6.8379248	0.0000000	66.3484265
1/2 07:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	13.6758496	0.0000000	51.6043317
1/2 08:00	5.6721450	0.0000000	23.7277952	17.0948120	0.0000000	29.4881895
1/2 09:00	5.6721450	0.0000000	23.7277952	13.6758496	0.0000000	29.4881895
1/2 10:00	5.6721450	0.0000000	11.8638976	13.6758496	0.0000000	14.7440948
1/2 11:00	5.6721450	0.0000000	11.8638976	8.5474060	0.0000000	14.7440948
1/2 12:00	5.6721450	0.0000000	11.8638976	8.5474060	0.0000000	14.7440948
1/2 13:00	5.6721450	0.0000000	11.8638976	8.5474060	0.0000000	14.7440948
1/2 14:00	5.6721450	0.0000000	11.8638976	8.5474060	0.0000000	14.7440948
1/2 15:00	5.6721450	0.0000000	11.8638976	8.5474060	0.0000000	14.7440948
1/2 16:00	5.6721450	0.0000000	17.7958464	8.5474060	0.0000000	22.1161422
1/2 17:00	5.6721450	0.0000000	29.6597440	8.5474060	0.0000000	36.8602369
1/2 18:00	5.6721450	0.0000000	29.6597440	8.5474060	0.0000000	36.8602369
1/2 19:00	5.6721450	0.0000000	29.6597440	20.5137744	0.0000000	36.8602369
1/2 20:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	27.3516992	0.0000000	51.6043317
1/2 21:00	5.6721450	0.0000000	41.5236416	30.7706616	0.0000000	51.6043317
1/2 22:00	5.6721450	0.0000000	47.4555904	27.3516992	0.0000000	58.9763791

**Εικόνα 96. Αυξημένα εσωτερικά θερμικά κέρδη (σε σχέση με το βασικό σενάριο και τις περισσότερες περιπτώσεις που εξετάσαμε)**

Θέλοντας να επαληθεύσουμε την υπόθεση αυτή, πειραματιστήκαμε μηδενίζοντας τα εσωτερικά θερμικά κέρδη και κρατώντας σταθερή τη χρήση του συγκεκριμένου χρονοπρογράμματος λειτουργίας κλιματισμού. Στον επόμενο πίνακα (Εικόνα 97) φαίνεται ότι αυτή τη φορά οι τιμές στο Supply δεν είναι μηδενικές, πράγμα που αποδεικνύει πως, αφού τώρα τα εσωτερικά θερμικά κέρδη δεν υπάρχουν κι έτσι δεν προσδίδουν θερμότητα στο κτήριο, το σύστημα λειτουργώντας στο 50% θα δώσει κάποια θέρμανση για να καλύψει τις επιθυμητές ανάγκες (που πριν του τις κάλυπταν αυτά).

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
1/2 00:00	37.8784350	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 01:00	44.6204158	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 02:00	53.1280386	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 03:00	59.1764721	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 04:00	61.4415144	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 05:00	60.1674065	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 06:00	57.8776370	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 07:00	4.3765930	0.0000000	0.0000000	131.9381919	131.9381919	0.0000000
1/2 08:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	54.0102856	54.0102856	0.0000000
1/2 09:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	44.9909548	44.9909548	0.0000000
1/2 10:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	27.7512636	27.7512636	0.0000000
1/2 11:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	22.8035191	22.8035191	0.0000000
1/2 12:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	19.9557446	19.9557446	0.0000000
1/2 13:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	18.2904496	18.2904496	0.0000000
1/2 14:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	16.3604872	16.3604872	0.0000000
1/2 15:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	15.4728298	15.4728298	0.0000000
1/2 16:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	18.0992611	18.0992611	0.0000000
1/2 17:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	25.2575005	25.2575005	0.0000000
1/2 18:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	29.0874812	29.0874812	0.0000000
1/2 19:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	31.9716037	31.9716037	0.0000000
1/2 20:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	43.1195998	43.1195998	0.0000000
1/2 21:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	47.4030480	47.4030480	0.0000000
1/2 22:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	57.6135260	57.6135260	0.0000000
1/2 23:00	39.8585682	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

**Εικόνα 97. Αποτελέσματα προσομοίωσης με HVAC operation schedule (50%) χειμερινής ημέρας χωρίς εσωτερικά θερμικά κέρδη**



## 6<sup>ο</sup> σενάριο: Μηδενισμός εσωτερικών θερμικών κερδών και αερισμού

Ένα άλλο σενάριο καθόλου ρεαλιστικό και εντελώς θεωρητικό για ένα κτήριο, είναι να μηδενίσουμε οποιοδήποτε εσωτερικό θερμικό κέρδος και παράλληλα να δούμε πώς λειτουργεί χωρίς την ανάγκη αερισμού. Είναι ενδιαφέρον να δούμε έτσι πώς λειτουργεί το λογισμικό και πόσο τα θερμικά κέρδη και ο αερισμός διαμορφώνουν τα τελικά αποτελέσματα προσομοιώνοντας μια χειμερινή ημέρα (Εικόνα 98).

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
1/2 00:00	19.03136	18.50308	18.76722	4.76250	23.5080076	0.00000
1/2 01:00	18.42858	18.39286	18.41072	3.43750	24.3736941	0.00000
1/2 02:00	18.27630	18.31008	18.29319	1.80000	24.6045189	0.00000
1/2 03:00	18.19101	18.23920	18.21510	0.57500	24.7608507	0.00000
1/2 04:00	18.12209	18.17636	18.14923	0.01250	24.8774248	0.00000
1/2 05:00	18.06432	18.12040	18.09236	0.08750	24.9679569	0.00000
1/2 06:00	19.92189	18.22036	19.07113	0.38750	22.2398992	0.00000
1/2 07:00	20.00000	18.29761	19.14881	2.25000	22.1266334	0.00000
1/2 08:00	20.00000	18.33515	19.16757	4.48750	22.1266354	0.00000
1/2 09:00	20.00000	18.42049	19.21024	6.13750	22.1266360	0.00000
1/2 10:00	20.00000	18.52015	19.26007	7.70000	22.1266360	0.00000
1/2 11:00	20.00000	18.59173	19.29587	9.23750	22.1266365	0.00000
1/2 12:00	20.00000	18.62682	19.31341	10.11250	22.1131171	0.00000
1/2 13:00	20.00000	18.64472	19.32236	10.55000	22.1050067	0.00000
1/2 14:00	20.00000	18.68036	19.34018	11.01250	22.1050072	0.00000
1/2 15:00	20.00000	18.71735	19.35868	10.88750	22.0914890	0.00000
1/2 16:00	20.00000	18.73210	19.36605	10.32500	22.0833779	0.00000
1/2 17:00	20.00000	18.70295	19.35147	9.78750	22.0833775	0.00000
1/2 18:00	20.00000	18.62241	19.31121	9.16250	22.0833775	0.00000
1/2 19:00	20.00000	18.59822	19.29911	8.52500	22.0968959	0.00000
1/2 20:00	20.00000	18.59731	19.29866	7.86250	22.1050065	0.00000
1/2 21:00	20.00000	18.59530	19.29765	7.10000	22.1050070	0.00000
1/2 22:00	20.00000	18.59051	19.29525	6.30000	22.1185253	0.00000
1/2 23:00	20.00000	18.58320	19.29160	5.50000	22.1266359	0.00000

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
1/2 00:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 01:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 02:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 03:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 04:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 05:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 06:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	44.6370065	44.6370065	0.0000000
1/2 07:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	29.7079791	29.7079791	0.0000000
1/2 08:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	28.8640318	28.8640318	0.0000000
1/2 09:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	26.8301126	26.8301126	0.0000000
1/2 10:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	24.6923706	24.6923706	0.0000000
1/2 11:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	23.0373481	23.0373481	0.0000000
1/2 12:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	22.1059524	22.1059524	0.0000000
1/2 13:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	21.5454745	21.5454745	0.0000000
1/2 14:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	20.7445115	20.7445115	0.0000000
1/2 15:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	19.9633032	19.9633032	0.0000000
1/2 16:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	19.6576309	19.6576309	0.0000000
1/2 17:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	20.1893314	20.1893314	0.0000000
1/2 18:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	21.6558629	21.6558629	0.0000000
1/2 19:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	22.2104651	22.2104651	0.0000000
1/2 20:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	22.1971241	22.1971241	0.0000000
1/2 21:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	22.2378567	22.2378567	0.0000000
1/2 22:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	22.3668088	22.3668088	0.0000000
1/2 23:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	22.5689933	22.5689933	0.0000000

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
1/2 00:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 01:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 02:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 03:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 04:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 05:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 06:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 07:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 08:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 09:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 10:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 11:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 12:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 13:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 14:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 15:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 16:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 17:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 18:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 19:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 20:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 21:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 22:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
1/2 23:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

Εικόνα 98. Αποτελέσματα προσομοίωσης με μηδενικά εσωτερικά θερμικά κέρδη και αερισμό μια χειμερινή ημέρα λειτουργίας

Διαπιστώνουμε ότι οι τιμές στο Supply air total heating παρουσιάζονται μεγαλύτερες από αυτές όταν είχαμε εσωτερικά θερμικά κέρδη και αερισμό στο βασικό μας σενάριο, και αυτό γιατί το λογισμικό σε αυτή τη στήλη μας λέει τι θα δώσει το σύστημα για να καλύψει το φορτίο που απαιτείται για τη θέρμανση των χώρων στους 20°C (η ζητούμενη θερμοκρασία που είχαμε εισάγει στο Activity Data). Επίσης, η στήλη Zone air system sensible cooling rate είναι μηδενική, πιθανότατα λόγω έλλειψης αερισμού,

άρα και οποιουδήποτε δημιουργούμενου <<ψυχρού>> φορτίου. Τέλος, οι εναλλαγές αέρα ανά ώρα, είτε μηχανικά, είτε φυσικά, είτε από διείσδυση εξωτερικού αέρα (Mech vent + nat vent + Infiltration) είναι επίσης μηδέν, ακριβώς επειδή δεν υπάρχει η ανάγκη αερισμού του κτηρίου.

Σε αυτή την περίπτωση λείπουν τα εσωτερικά θερμικά κέρδη, τα οποία ευνοούν τη θέρμανση ενός χώρου, οπότε όσο μεγαλύτερα είναι, τόσο λιγότερη θέρμανση θα χρειαστεί να προσφέρει το σύστημα το χειμώνα, γι' αυτό και οι τιμές του Supply είναι μεγαλύτερες σε αυτό το σενάριο. Για να σιγουρευτούμε, βέβαια, δοκιμάσαμε το ίδιο σενάριο και το καλοκαίρι, περιμένοντας να δούμε μικρότερες τιμές στο Supply, επειδή το καλοκαίρι - αντίθετα με το χειμώνα - τα θερμικά κέρδη <<δυσκολεύουν>> το σύστημα, οπότε αν λείψουν, θεωρητικά το σύστημα θα πρέπει να παράξει μικρότερο έργο. Πράγματι οι τιμές για το καλοκαίρι (Εικόνα 99) αποδεικνύουν την εξήγηση αυτή, όπως φαίνεται στα αποτελέσματα της προσομοίωσης, αφού φαίνονται μικρότερες από εκείνες που είχαμε στο βασικό σενάριο του καλοκαιριού με εσωτερικά θερμικά κέρδη και αερισμό.

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
30/7 00:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 01:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 02:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 03:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 04:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 05:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 06:00	9.0841422	9.2038517	9.2038517	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 07:00	8.2095146	8.2095146	8.2095146	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 08:00	8.8491721	8.8491721	8.8491721	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 09:00	9.6366058	9.6366058	9.6366058	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 10:00	10.0193189	10.0193189	10.0193189	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 11:00	10.0274250	10.0274250	10.0324884	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 12:00	9.8332015	9.8332015	9.8352254	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 13:00	9.7310108	9.7310108	9.7310108	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 14:00	10.2505237	10.2505237	10.2505237	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 15:00	10.8985748	10.8985748	10.8985748	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 16:00	11.4126843	11.4126843	11.4126843	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 17:00	11.6254356	11.6254356	11.6254356	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 18:00	11.3830176	11.3830176	11.3830176	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 19:00	10.7395441	10.7395441	10.7395441	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 20:00	10.1989446	10.1989446	10.1989446	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 21:00	9.9754351	9.9754351	9.9754351	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 22:00	9.8064978	9.8064978	9.8064978	0.0000000	0.0000000	0.0000000
30/7 23:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

Εικόνα 99. Αποτελέσματα προσομοίωσης με μηδενικά εσωτερικά θερμικά κέρδη και αερισμό μια θερινή ημέρα λειτουργίας



## 12. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Κλείνοντας μετά από μια ολόκληρη ενεργειακή ανάλυση ξενοδοχειακής μονάδας, στα πλαίσια διπλωματικής εργασίας, αυτό που αναμφίβολα μένει και γίνεται ξεκάθαρο, είναι πως μία τέτοια μελέτη είναι απαραίτητη για ένα νεόδμητο κτήριο, προκειμένου να λειτουργεί σωστά, ενεργειακά βέλτιστα με πλήρη αξιοποίηση των ενεργειακών πόρων και όχι τη σπατάλη τους, και σίγουρα παρέχοντας στους ενοίκους του ένα απόλυτα άνετο και ευχάριστο περιβάλλον. Αλλά παράλληλα, η μελέτη αυτή κρίνεται πολύ σημαντική και για την ενεργειακή αναβάθμιση των υφιστάμενων κτηρίων, μετά από μια ριζική ανακαίνιση, εάν είναι απαραίτητο και εφόσον πληρούν κάποιες προδιαγραφές. Η ενεργειακή απόδοση, λοιπόν, ενός οποιουδήποτε κτηρίου, εξαρτάται από μία σειρά πολλών παραμέτρων. Επηρεάζεται από τη θέση και τον προσανατολισμό του κτηρίου, από τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής όπου βρίσκεται, το κέλυφος, τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του. Τα κουφώματα, οι τοίχοι, τα δάπεδα, οι οροφές και η διείσδυση του εξωτερικού αέρα παίζουν τεράστιο ρόλο στη μεταφορά θερμότητας από το εσωτερικό του κτηρίου στο εξωτερικό και αντίστροφα. Τον μεγαλύτερο, ίσως, ρόλο στην ενεργειακή απόδοση τον έχουν τα συστήματα ψύξης, θέρμανσης, και αερισμού. Φυσικά, και τα εσωτερικά θερμικά κέρδη από άτομα, συσκευές και φωτισμό, καθώς και τα χρονοπρογράμματα λειτουργίας διαμορφώνουν σε μεγάλο βαθμό το τελικό φορτίο ψύξης - θέρμανσης.

Τέλος, όσο αναφορά το ξενοδοχείο Valis Resort Hotel στην Αγριά Βόλου, αλλά πιθανότατα και τα περισσότερα αντίστοιχα κτήρια τριτογενούς τομές, προτείνονται χρήση μηχανικού (όλο το χρόνο) αλλά και φυσικού αερισμού κατά τους θερινούς μήνες λειτουργίας του, όπως επίσης και η εγκατάσταση, είτε των συστημάτων VRV που ήδη υπάρχουν στο Valis (COP<sub>cool</sub>: 3.70, COP<sub>heat</sub>: 4.10), είτε FCU με αερόψυκτο ψύκτη και λέβητα φυσικού αερίου (COP<sub>cool</sub>: 3.00, COP<sub>heat</sub>: 0.95), είτε σύστημα γεωθερμίας (COP<sub>cool</sub>: 4.50, COP<sub>heat</sub>: 4.90), που να λειτουργούν οπωσδήποτε με κάποιο ποσοστό ανάκτησης θερμότητας (heat recovery). Επιπλέον, ένα πιο οικονομικό χρονοπρόγραμμα λειτουργίας των κλιματιστικών συστημάτων ή του συστήματος παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, έστω τις περιόδους που δεν έχει πολύ κόσμος και δεν υπάρχουν λόγοι να λειτουργεί σε φυσιολογικούς, ή κάποια οικονομία στον φωτισμό των χώρων μέσω αισθητήρων ελέγχου (πχ. του πληθυσμού των ατόμων στο χώρο, έτσι ώστε να κλείνουν αυτόματα τα φώτα όταν ο χώρος αδειάσει, των επιπέδων ηλιακής ακτινοβολίας, ώστε να μην χρησιμοποιούνται άσκοπα φώτα, κα.) δείχνουν πιθανώς ότι θα μπορούσαν να βοηθήσουν αρκετά στην κατανάλωση λιγότερης ενέργειας.

Σε κάθε περίπτωση πάντως, πρέπει να γίνει ξεκάθαρο πως όλα αυτά είναι εναλλακτικά σενάρια που δοκιμάζουμε και προσπαθούμε να δώσουμε μια πιθανή εξήγηση (με τη Φυσική) στα αποτελέσματα που προκύπτουν. Δεν μπορούμε, όμως σε καμία απολύτως περίπτωση, να γνωρίζουμε όλα τα μοντέλα που κρύβονται πίσω από τους υπολογισμούς του λογισμικού ή πίσω από ολόκληρο το EnergyPlus και να μπούμε

στο μυαλό των προγραμματιστών τους. Είναι τόσο σύνθετα όλα αυτά, που θα χρειαζόμασταν τουλάχιστον μία ακόμα διπλωματική εργασία. Επομένως, δε μπορούμε και να δίνουμε πάντα μια εξήγηση για όλα τα νούμερα ή όλα τα φαινόμενα, χώρια που οι μελέτες σε τέτοια λογισμικά πάντα εγκυμονούν ένα περιθώριο σφάλματος. Έτσι, όλα αυτά συνιστούν απλά προτάσεις και πιθανές εξηγήσεις, και σε καμία περίπτωση δεν αποτελούν εντελώς ασφαλή συμπεράσματα. Απομένει, λοιπόν, να εφαρμοστούν και να τα δούμε στην πράξη...

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης»
- [2] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010, «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων»
- [3] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, «Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών»
- [4] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-4/2010, «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτηρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού»
- [5] 4M company, <https://www.4m.gr> Accessed: 2019-02-10  
FineGREEN, [https://www.4m.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=103&Itemid=200&lang=el](https://www.4m.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=200&lang=el) Accessed: 2019-02-10  
*FineGreen Quick Start Guide*, FineGREEN HELP
- [6] <https://ec.europa.eu> European Environment Agency, «Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά χώρα και τομέα» Accessed: 2019-05-7
- [7] <https://www.ashrae.org> «About ASHRAE», «Standards for Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality (62.1 & 62.2)», «Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Building (standard 90.1)»
- [8] EnergyPlus Version 8.5 Documentation «Input Output Reference» U.S. Department of Energy
- [9] [http://www.gaiadrill.gr/el/CNT/shallow\\_geothermal\\_energy.aspx](http://www.gaiadrill.gr/el/CNT/shallow_geothermal_energy.aspx) «Σύστημα Αβαθούς Γεωθερμίας» Accessed: 2019-06-13
- [10] <https://www.kaffe.gr/content/346/basikes-arxes-eksaerismoy-> «Βασικές Αρχές Εξαερισμού» Accessed: 2019-06-11
- [11] <http://airconditioninverter.gr/articles/%CF%84%CE%B9-%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%B1-%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%8>



[3%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC-multi-split](#) «Κλιματιστικά Multi - split» Accessed: 2019-07-1

- [12] <http://www.indeepanalysis.gr/perivallon/energeiakh-katanalwsh-sta-ellhnika-kthria> «Ενεργειακή κατανάλωση στα ελληνικά κτήρια» Accessed: 2019-05-15
- [13] Ελληνική Στατιστική Αρχή, «Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά, 2011-2012» Accessed: 2019-05-15
- [14] <http://energy.reporter.com.cy/electricity/article/73846/posi-energia-xodevoyn-ta> «Πόση ενέργεια ζοδεύουν τα νοικοκυριά στην Ελλάδα; (2016)» Accessed: 2019-05-9
- [15] Andrew D. Chiasson «*GEOHERMAL HEAT PUMP AND HEAT ENGINE SYSTEMS THEORY AND PRACTICE*», India 2016
- [16] Κατάλογος DAIKIN VRV IV, 2013
- [17] Κωνσταντίνος Παπακώστας, "Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης," [Online] «Συστήματα Κλιματισμού», «Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων», «Υπολογισμός- επιλογή συσκευών κλιματισμού»
- [18] Marta J.N. Oliveira Panão, Miguel P. Rebelo, Susana M.L. Camelo «*How low should be the energy required by a nearly Zero-Energy Building? The load/generation energy balance of Mediterranean housing*», 2013
- [19] Πέτρος Ντοκόπουλος «*Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών*», Θεσσαλονίκη Ιανουάριος 2005
- [20] Hazim Awbi «*Ventilation of Buildings*», 2003 2<sup>nd</sup> edition
- [21] Essam E. Khalil «*Air distribution in buildings*», 2013
- [22] ASHRAE handbook of «*FUNDAMENTALS*», 2013
- [23] ASHRAE handbook of «*HVAC SYSTEMS & EQUIPMENTS*», 2012
- [24] ASHRAE handbook of «*APPLICATIONS*», 2011
- [25] Marjana Šijanec Zavrl, Gašper Stegnar, Henrik Gjerkeš, «*Demonstration of the nearly zero energy building concept*», University of Nova Gorica 2015