



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

Διπλωματική Εργασία

Ηλίας Μανιτάρης

Επιβλέπων: Δημήτριος Μπαργιώτας

Βόλος 2019



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

Διπλωματική Εργασία

Ηλίας Μανιτάρης

Επιβλέπων: Δημήτριος Μπαργιώτας

Βόλος 2019



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

ENERGY STUDY OF HEALTH AND CARE BUILDING

Diploma Thesis

Ilias Manitaris

Supervisor: Dimitrios Bargiotas

Volos 2019

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα αναπληρωτή καθηγητή κύριο Δημήτριο Μπαργιώτα για την πολύτιμη βοήθεια του καθώς και καθοδήγηση του τόσο για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, όσο και κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κύριο Δημήτριο Ζημέρη για τον χρόνο που αφιέρωσε και τις γνώσεις και καθοδήγηση που μου μετέδωσε κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, χάρη στον οποίο εμβάθυνα και ασχολήθηκα με το κομμάτι των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους τους καθηγητές του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την υποστήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια. Πάνω από όλα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που με στήριξε και με βοήθησε να φέρω εις πέρας τις σπουδές 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».

Ο Δηλών

(Υπογραφή)

Ηλίας Μανιτάρης

Οκτώβριος 2019

Περίληψη

Η ενεργειακή μελέτη κτιρίων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ένας μηχανικός προκειμένου να δημιουργήσει ένα κτίριο όσο πιο ενεργειακά αποδοτικό γίνεται εκπληρώνοντας παράλληλα όλες τις συνθήκες άνεσης προς τους χρήστες. Για την πραγματοποίηση αυτών των στόχων έχουν δημιουργηθεί αντίστοιχοι κανόνες με βάση τις κλιματικές συνθήκες της κάθε χώρας. Έτσι και στην Ελλάδα οι μηχανικοί βασίζονται στον Κανονισμό Ενεργειακής Ανάλυσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) κατά τη διάρκεια της μελέτης ή της επιθεώρησης ενός κτιρίου. Σύμφωνα με τις τελικές απαιτήσεις σε ενέργεια που προκύπτουν μετά τη μελέτη κατατάσσεται το εκάστοτε κτίριο στην αντίστοιχη κατηγορία ενεργειακής απόδοσης. Αντίστοιχα, στην παρούσα διπλωματική ασχοληθήκαμε με την ενεργειακή μελέτη ενός κτιρίου Υγείας και Πρόνοιας το οποίο βρίσκεται στην περιοχή Μαλάκι του νομού Μαγνησίας και λειτουργεί ως γηροκομείο. Αρχικά γίνεται μια εκτενής αναφορά στο θεωρητικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο λειτουργούν τόσο τα συστήματα όσο και τα δομικά μέρη του κτιρίου. Στο θεωρητικό μέρος δεν θα μπορούσαμε να παραλείψουμε και τους κανονισμούς πάνω στους οποίους βασίστηκε η μελέτη. Κανονισμοί όπως ο Κ.Εν.Α.Κ., που προαναφέραμε, και τα πρότυπα της ASHRAE χρησιμοποιούνται σε όλες τις ενεργειακές μελέτες που πραγματοποιούν οι μηχανικοί. Στο δεύτερο μέρος της διπλωματικής παρουσιάζεται το πρακτικό κομμάτι που πραγματοποιήθηκε πάνω στο πρόγραμμα ενεργειακής προσομοίωσης κτιρίων FineGreen-4M. Στο κτίριο αναλύθηκε και προσομοιώθηκε η λειτουργία του από το πρόγραμμα τόσο σύμφωνα με τα στοιχεία λειτουργίας που υπάρχουν στο υφιστάμενο κτίριο, όσο και σε διαφορετικά σενάρια με βάση τα οποία θα μπορούσε να βελτιωθεί η απόδοσή του. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν συγκρίθηκαν μεταξύ τους προκειμένου να βρεθεί το σύστημα ή ο συνδυασμός σύμφωνα με τον οποίο το κτίριο έχει τις μικρότερες απαιτήσεις σε ενέργεια και συνεπώς είναι πιο οικονομικό στη λειτουργία του.

Abstract

Energy-efficient building design is one of the most important steps an engineer must take to create a building as energy-efficient as possible while fulfilling all the conditions of comfort to the users. To achieve these goals, corresponding rules have been developed based on the climate of each country. In Greece engineers rely on the Energy Efficiency Building Regulation (KENAK) during the design or inspection of a building. According to the final energy requirements that arise after the study, the building is classified in the respective energy efficiency category. Correspondingly, in the present thesis we have dealt with the energy study of a Health and Welfare building located in the Malaki area of Magnesia prefecture and functions as a nursing home. Initially there is an extensive reference to the theoretical background on which both systems and components of the building operate. In the theoretical part we could not miss the rules on which the study was based. Regulations such as the KENAK, mentioned above, and ASHRAE standards are used in all energy studies carried out by engineers. The second part of the thesis presents the practical part of the FineGreen-4M building energy simulation program. The building was analyzed and simulated by the program both according to the operating elements of the existing building and different scenarios that could improve its performance. The results were compared with each other to find the system or combination according to which the building has the least energy requirements and is therefore more economical to operate.

Περιεχόμενα

Περίληψη	vi
Abstract.....	vii
Περιεχόμενα.....	ix
Περιεχόμενα εικόνων	xi
Περιεχόμενα πινάκων	xiii
1. Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.)	1
1.1 Θερμογέφυρες.....	2
1.2 Κλιματικές Ζώνες.....	5
1.3 Θερμικές Ζώνες.....	6
1.4 Κέλυφος Κτιρίου	7
1.5 Ενεργειακή Απόδοση και Κατάταξη Κτιρίου	8
1.6 Κτίριο Αναφοράς.....	10
1.7 Απαιτήσεις Εσωτερικών Χώρων	10
2. Κλιματισμός.....	12
3. ASHRAE	17
3.1 ASHRAE Standard 90.1	18
3.2 ASHRAE Standard 62.1	19
4. Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης	20
5. Building Energy Management Systems (BEMS)	22
6. Συντελεστής Απόδοσης - Coefficient of Performance (CoP).....	24
7. Κλιματιστικές Μονάδες - HVAC	27
7.1 Λέβητας (Boiler).....	28
7.2 Αντλίες Θερμότητας.....	29
7.2.1 Αερόψυκτη αντλία θερμότητας	30
7.2.2 Υδροψυκτη αντλία θερμότητας	31
7.2.3 Γεωθερμική αντλία θερμότητας	32
7.3 Fan Coil Unit - FCU	33
7.4 Variable Refrigerant Flow - VRF	34
7.5 Σύστημα “ψυχρών δοκών” (chilled beams)	35
7.6 Ανάκτηση Θερμότητας - Heat Recovery	36
7.7 Αερισμός	38
7.7.1 Φυσικός αερισμός	38
7.7.2 Μηχανικός αερισμός.....	39
8. FineGreen – Energy Plus.....	40
8.1 Το Κτίριο Μελέτης - Γηροκομείο Ερατώ	41

8.2 Ξεκινώντας	42
8.3 Κέλυφος Κτιρίου	43
8.4 Θερμικές Ζώνες	49
8.5 Σενάρια Λειτουργίας	50
8.6 Σενάριο 1 - Default	51
8.6.1 Χαρακτηριστικά του κτιρίου	52
8.6.2 Heating Design	58
8.6.3 Cooling Design.....	60
8.6.4 Simulation	62
8.7 Σενάριο 2 - Μειωμένα Φορτία	72
8.8 Σενάριο 3 - Heat Recovery	79
8.9 Σενάριο 4 - Διαφορετικά schedule.....	85
8.10 Σενάριο 5 - Φωτοβολταϊκά	92
8.11 Σενάριο 6 - Νέο σύστημα κλιματισμού	97
9. Συμπέρασμα	104
Βιβλιογραφία.....	106

Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1 Φθορές λόγω θερμογεφυρών	2
Εικόνα 2: Θερμική φωτογραφία θερμογεφυρών	3
Εικόνα 3 Αντιμετώπιση θερμογεφυρών	4
Εικόνα 4 Βέλτιστη αντιμετώπιση θερμογεφυρών	4
Εικόνα 5 Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της Ελλάδας.....	6
Εικόνα 6 Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης	10
Εικόνα 7 Ψυχομετρικός Χάρτης ASHRAE	13
Εικόνα 8 Σχηματική αναπαράσταση ψυχομετρικού χάρτη βάσει κατευθύνσεων.....	15
Εικόνα 9 Εσωτερικά φορτία χώρων	16
Εικόνα 10 Παράδειγμα στησίματος ενός BEMS.....	23
Εικόνα 11 COP βασικών τύπων αντλιών θερμότητας.....	26
Εικόνα 12 Κεντρική κλιματιστική μονάδα.....	27
Εικόνα 13 Λέβητας ατμού με πετρέλαιο	28
Εικόνα 14 Διάγραμμα αντλίας θερμότητας	30
Εικόνα 15 Αερόψυκτη αντλία θερμότητας.....	31
Εικόνα 16 Υδροψυκτη αντλία θερμότητας	32
Εικόνα 17 Κάθετος τύπος γεωθερμικής αντλίας με γεώτρηση	33
Εικόνα 18 Fan Coil Unit.....	34
Εικόνα 19 Σύστημα VRF με διαφορετικούς χώρους για θέρμανση και ψύξη.....	35
Εικόνα 20 Συστήματα ψυχρών δοκών	36
Εικόνα 21 Αναγεννητικός εναλλάκτης και θέση του στην ΚΚΜ	37
Εικόνα 22 Σύστημα μηχανικού αερισμού.....	39
Εικόνα 23 Το γηροκομείο Ερατώ.....	41
Εικόνα 24 Ορισμός ορόφων.....	42
Εικόνα 25 Προσανατολισμός κτιρίου	43
Εικόνα 26 Υλικά της τοιχοποιίας.....	44
Εικόνα 27 Υλικά φέροντος στοιχείου	45
Εικόνα 28 Παράμετροι εξωτερικής πόρτας	46
Εικόνα 29 Παράμετροι εξωτερικών παραθύρων.....	46
Εικόνα 30 Κάτοψη υπογείου	47
Εικόνα 31 Κάτοψη ισογείου.....	47
Εικόνα 32 Κάτοψη α' ορόφου.....	48
Εικόνα 33 3D view	49
Εικόνα 34 Θερμική ζώνη κτιρίου	50
Εικόνα 35 Διάγραμμα συστήματος λέβητα, αερόψυκτου ψύκτη, fcu	52
Εικόνα 36 Activity data a	53
Εικόνα 37 Activity data b.....	54
Εικόνα 38 Activity data c	54
Εικόνα 39 Lighting template	55
Εικόνα 40 HVAC template a.....	56
Εικόνα 41 HVAC template b.....	57
Εικόνα 42 DHW template	57
Εικόνα 43 Zone data	58
Εικόνα 44 Γράφημα αποτελεσμάτων heating design.....	59
Εικόνα 45 Cooling design temperature, heat losses/gains	60

Εικόνα 46 Cooling design cooling loads, relative humidity.....	61
Εικόνα 47 Simulation temperature, heat losses/gains	63
Εικόνα 48 Simulation heating - cooling loads, relative humidity.....	64
Εικόνα 49 Γράφημα καλοκαιρινού simulation	69
Εικόνα 50 Γράφημα καλοκαιρινού simulation	69
Εικόνα 51 Heat recovery template	79
Εικόνα 52 Schedule κλιματιστικής.....	86
Εικόνα 53 Template φωτοβολταϊκού	93
Εικόνα 54 Template inverter	93
Εικόνα 55 Καμπύλη χειμερινής παραγωγής φορτίου.....	95
Εικόνα 56 Καμπύλη καλοκαιρινής παραγωγής φορτίου	97

Περιεχόμενα πινάκων

Πίνακας 1 Διαχωρισμός των νομών ανάλογα με τις κλιματικές ζώνες.....	5
Πίνακας 2 Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτηρίων	9
Πίνακας 3 Grid αποτελεσμάτων heating design	59
Πίνακας 4. 1 Φορτία cooling design	62
Πίνακας 4. 2 Μέσες τιμές cooling design	62
Πίνακας 5. 1 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 1	65
Πίνακας 5. 2 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 1	66
Πίνακας 5. 3 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 1	66
Πίνακας 5. 4 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 1.....	67
Πίνακας 6 Report χειμερινής προσομοίωσης σενάριο 1	68
Πίνακας 7. 1 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 1.....	70
Πίνακας 7. 2 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 1.....	70
Πίνακας 7. 3 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 1.....	71
Πίνακας 7. 4 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 1.....	71
Πίνακας 8 Report καλοκαιρινής προσομοίωσης σενάριο 1.....	72
Πίνακας 9. 1 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 2.....	73
Πίνακας 9. 2 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 2.....	74
Πίνακας 9. 3 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 2.....	74
Πίνακας 9. 4 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 2.....	75
Πίνακας 10 Report χειμερινής προσομοίωσης σενάριο 2.....	75
Πίνακας 11. 1 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 2.....	76
Πίνακας 11. 2 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 2.....	77
Πίνακας 11. 3 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 2.....	77
Πίνακας 11. 4 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 2.....	78
Πίνακας 12 Report καλοκαιρινής προσομοίωσης σενάριο 2.....	78
Πίνακας 13. 1 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 3.....	80
Πίνακας 13. 2 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 3.....	80
Πίνακας 13. 3 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 3.....	81
Πίνακας 13. 4 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 3.....	81
Πίνακας 14 Report χειμερινής προσομοίωσης σενάριο 3.....	82
Πίνακας 15. 1 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 3.....	83
Πίνακας 15. 2 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 3.....	83
Πίνακας 15. 3 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 3.....	84
Πίνακας 15. 4 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 3.....	84
Πίνακας 16 Report καλοκαιρινής προσομοίωσης σενάριο 3.....	85
Πίνακας 17. 1 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 4.....	87
Πίνακας 17. 2 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 4.....	87
Πίνακας 17. 3 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 4.....	88
Πίνακας 17. 4 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 4.....	88
Πίνακας 18 Report χειμερινής προσομοίωσης σενάριο 4.....	89
Πίνακας 19. 1 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 4.....	90
Πίνακας 19. 2 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 4.....	90
Πίνακας 19. 3 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 4.....	91
Πίνακας 19. 4 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 4.....	91

Πίνακας 20	Report καλοκαιρινής προσομοίωσης σενάριο 4	92
Πίνακας 21	Χειμερινή παραγωγή ρεύματος.....	94
Πίνακας 22	Χειμερινό report σενάριο 5.....	95
Πίνακας 23	Καλοκαιρινή παραγωγή ρεύματος	96
Πίνακας 24	Καλοκαιρινό report σενάριο 5	96
Πίνακας 25. 1	Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 6	98
Πίνακας 25. 2	Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 6	99
Πίνακας 25. 3	Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 6	99
Πίνακας 25. 4	Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 6	100
Πίνακας 26	Report χειμερινής προσομοίωσης σενάριο 6.....	100
Πίνακας 27. 1	Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 6.....	101
Πίνακας 27. 2	Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 6.....	102
Πίνακας 27. 3	Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 6.....	102
Πίνακας 27. 4	Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 6.....	103
Πίνακας 28	Report καλοκαιρινής προσομοίωσης σενάριο 6	103

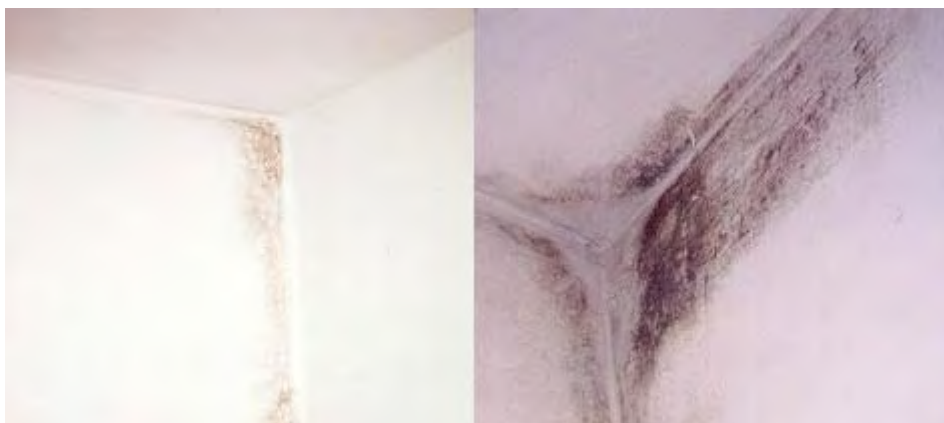
1. Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.)

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει κάποιους κανόνες όσον αφορά την ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων, οι οποίοι έχουν θεσμοθετηθεί στο πλαίσιο της ενεργειακής πολιτικής της ΕΕ, και στόχο έχουν τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης στον κτιριακό τομέα. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε στην Ελλάδα ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων. Με το πέρασμα των χρόνων οι απαιτήσεις των κτιρίων σε ενέργεια συνεχώς μεγαλώνουν λόγω της ανάπτυξης της τεχνολογίας, παράλληλα όμως μεγαλώνει και το αποτύπωμα των κτιρίων στο περιβάλλον. Συνεπώς, ο κτιριακός τομέας είναι αναγκαίο να αποκτήσει καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά μέσω της σωστής διαχείρισης, ώστε να ανταποκριθεί στις σύγχρονες απαιτήσεις διαβίωσης. Για το λόγο αυτό, οι μηχανικοί έχουν την υποχρέωση, εκτός από την ασφάλεια και την αισθητική, να ασχολούνται και με τη μέριμνα ώστε τα κτίρια να έχουν τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, διατηρώντας τις συνθήκες άνεσης στους χρήστες. Με τη σωστή διαχείριση ενέργειας έχουμε ως αποτέλεσμα την άμεση και έμμεση προστασία του περιβάλλοντος, την εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων και συνολική ανάπτυξη της οικονομίας για τους χρήστες του εκάστοτε κτιρίου και ως αποτέλεσμα για ολόκληρη τη χώρα.

Η αναθεωρημένη έκδοση του Κ.ΕΝ.Α.Κ. περιέχει πληροφορίες που σκοπό έχουν να βοηθούν τον μελετητή να συμμορφώνεται με βάση τους κανόνες για εξοικονόμηση ενέργειας και τον ενεργειακό επιθεωρητή να αναλύει αν το προς μελέτη κτίριο υπακούει στους υφιστάμενους κανόνες. Η μελέτη εκπονείται για κάθε νέο ή ριζικά ανακαινιζόμενο κτίριο το οποίο είναι άνω των 50 τ.μ., εκτός από μνημεία, προστατευόμενα κτίρια, χώροι λατρείας, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, βιοτεχνίες, εργαστήρια και προσωρινής χρήσης κτίρια. Η μελέτη βασίζεται σε μία συγκεκριμένη μεθοδολογία κατά την οποία το υπό μελέτη κτίριο πρέπει να εκπληρώνει τις ελάχιστες προδιαγραφές όσον αφορά το σχεδιασμό, το κέλυφος και τα λειτουργικά συστήματα και να συγκρίνεται σε κάθε φάση του με το αντίστοιχο κτίριο αναφοράς. Μετά το πέρας της ενεργειακής μελέτης, ο ενεργειακός επιθεωρητής εκδίδει το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης στο οποίο δηλώνεται η ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου, δηλαδή το πόσο ενεργειακά αποδοτικό είναι. Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης έχει τεθεί για εφαρμογή από τον Ιανουάριο του 2011, έχει ισχύ για 10 χρόνια και η έκδοση του απαιτείται: στην ολοκλήρωση κατασκευής νέου κτιρίου ή κτιριακής μονάδας, στην ολοκλήρωση ριζικής ανακαίνισης κτιρίου ή κτιριακής μονάδας, στην πώληση κτιρίου ή κτιριακής μονάδας, στη μίσθωση νέου ενοικιαστή κτιρίου ή κτιριακής μονάδας, σε κτίρια δημοσίου ή του ευρύτερου δημόσιου τομέα τα οποία επισκέπτεται συχνά το κοινό και η συνολική του επιφάνεια είναι άνω των 250 τ.μ. [1]

1.1 Θερμογέφυρες

Θερμογέφυρες είναι τα τμήματα ή σημεία του εξωτερικού κελύφους του κτιρίου, στα οποία η θερμική αντίσταση φαίνεται να υπολείπεται σημαντικά συγκριτικά με τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία του περιβλήματος. Στα σημεία όπου εμφανίζονται θερμογέφυρες η θερμομονωτική προστασία εμφανίζεται αισθητά μειωμένη και παρουσιάζονται ροές θερμότητας δυσανάλογες με το υπόλοιπο κέλυφος. Στον Κ.Εν.Α.Κ. οι θερμογέφυρες χαρακτηρίζονται ως τα “ασθενή” σημεία του κτιριακού κελύφους και πως επιβαρύνουν τη θερμική προστασία του κτιρίου. Υπάρχει μεγάλη επίδραση στην ενεργειακή συμπεριφορά και μειώνεται αισθητά η θερμική άνεση στο εσωτερικό του χώρου. Εκτός από τη μειωμένη άνεση, οι θερμογέφυρες, επιδρούν αρνητικά και στη φυσική υπόσταση του κτιρίου. Προκαλούν σημαντικές φθορές στο κτίσμα, λόγω της συσσώρευσης υδρατμών και υγρασίας στα δομικά στοιχεία στα οποία διαφεύγει η θερμότητα και πέφτει η επιφανειακή θερμοκρασία, όπως στην Εικόνα 1. Είναι τόσο μεγάλη η διαρροή θερμότητας ώστε στα σημεία μιας θερμογέφυρας η εσωτερική θερμοκρασία τείνει να είναι ίση με την εξωτερική.



Εικόνα 1 Φθορές λόγω θερμογεφυρών

Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για τους οποίους μπορεί να εμφανιστούν θερμογέφυρες, όπως μορφολογικά και γεωμετρικά στοιχεία του κτιρίου, κακά δομικά/μονωτικά υλικά, κακοτεχνίες και εξαιτίας του χρόνου. Οι κυριότερες περιπτώσεις εμφάνισης θερμογεφυρών είναι οι εξής:

- Κατασκευαστικοί λόγοι κατά τους οποίους δεν είναι εφικτή η ολική θερμομόνωση της κατασκευής
- Στη διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής προστασίας για κάποιο σημείο του περιβλήματος
- Στην απουσία θερμομόνωσης ή μείωσης του πάχους
- Στη δημιουργία γωνίας όπου η ολική θερμομονωτική προστασία δεν είναι εφικτή
- Στην αλλαγή της σύνθεσης ή των στρώσεων ενός δομικού στοιχείου

Κατά τη δημιουργία θερμογέφυρας παρατηρείται χαμηλότερη τιμή στην επιφανειακή θερμοκρασία ενός δομικού στοιχείου σε σχέση με την υπόλοιπη επιφάνεια. Το ποσοστό επίδρασης των απωλειών σε μία θερμογέφυρα υπολογίζεται με βάση τον συντελεστή θερμοπερατότητας U . Με τον U μετράμε την ποσότητα θερμότητας που διαπερνά ένα τετραγωνικό ενός δομικού στοιχείου, με πάχος d , κατά τη διάρκεια μίας ώρας, με τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα δύο στοιχεία να είναι 1 Κέλβιν. Μετράμε συνεπώς με πόση ευκολία η θερμότητα περνάει μέσα από ένα υλικό. Όσο μεγαλύτερο το U τόσο περισσότερες οι απώλειες.

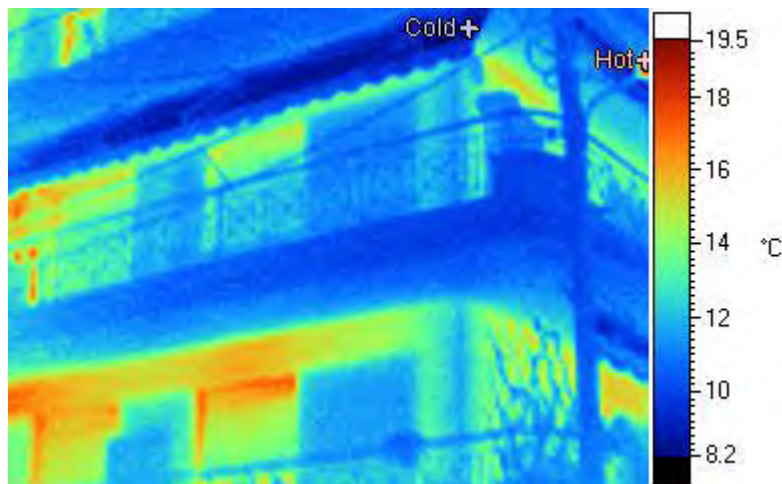
Ο ΚΕΝΑΚ διαχωρίζει τις θερμογέφυρες σε δύο κύριες κατηγορίες:

- Γραμμικές θερμογέφυρες οι οποίες προκαλούνται κατά το μήκος ενός δομικού στοιχείου για μία διάσταση
- Σημειακές θερμογέφυρες οι οποίες εκδηλώνονται στα σημεία ένωσης των γραμμικών θερμογεφυρών

Ωστόσο, λόγω της μορφής τους οι σημειακές θερμογέφυρες έχουν πολύ περιορισμένη έκταση και συνεπώς η επίδρασή τους στις απώλειες ενός κτιρίου είναι σχεδόν αμελητέα, όποτε ο ΚΕΝΑΚ δεν τις λαμβάνει υπόψη στους υπολογισμούς.

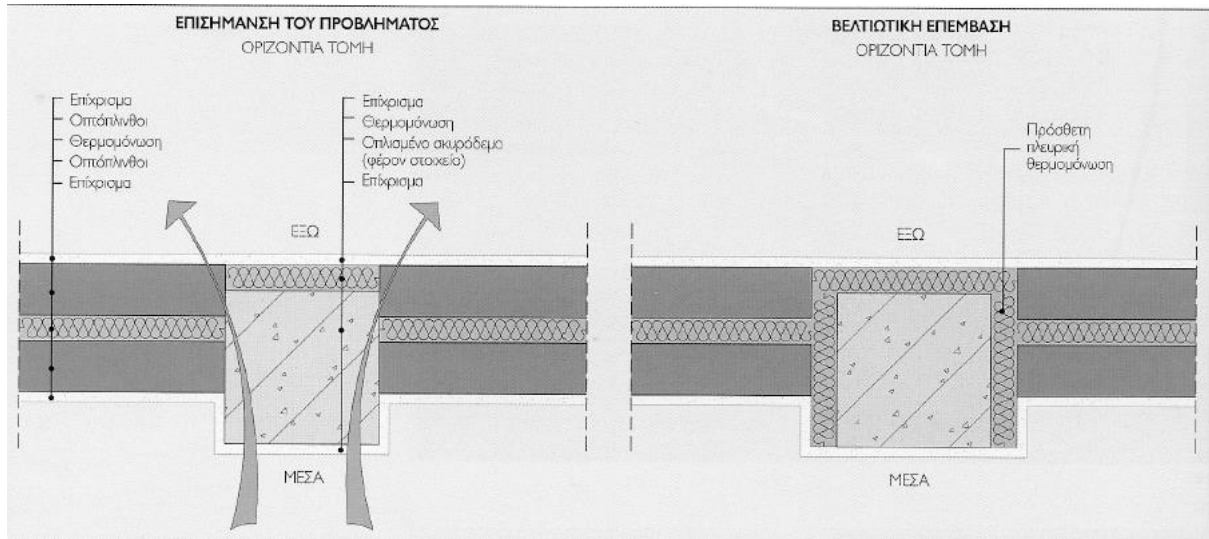
Οι γραμμικές αντιθέτως έχουν μεγάλη επίδραση στην ενεργειακή απόδοση ενός κτίσματος. Διακρίνονται σε 3 ακόμα υποκατηγορίες: τις οριζόντιες, τις κατακόρυφες και τις θερμογέφυρες κουφωμάτων, ανάλογα με τον τρόπο που εμφανίζονται πάνω στην τοιχοποιία. [2]

Στην Εικόνα 2 φαίνονται οι δύο τύποι θερμογεφυρών με αποτύπωση θερμικής φωτογραφίας.

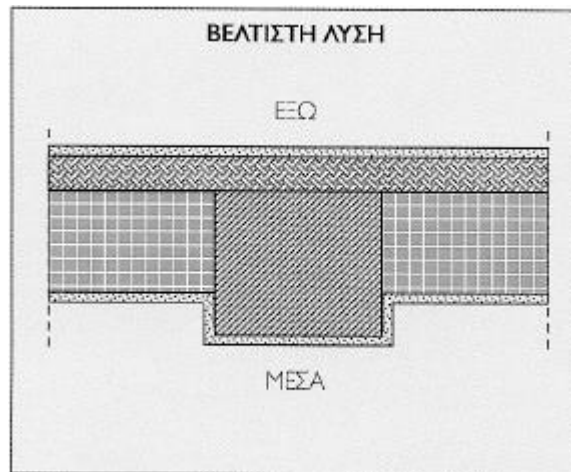


Εικόνα 2: Θερμική φωτογραφία θερμογεφυρών

Η καλύτερη λύση στην αντιμετώπιση των θερμογεφυρών είναι η πρόληψη πριν ακόμα χτιστεί το κτίριο, κατά τη διάρκεια της μελέτης. Αν, όμως, εμφανιστούν όσο το κτίριο είναι λειτουργικό, τότε θα πρέπει να μπει επιπλέον θερμομονωτική προστασία στα σημεία του φέροντος στοιχείου όπου υπάρχει διαρροή θερμότητας, όπως στην Εικόνα 3. Η βέλτιστη λύση είναι να τοποθετηθεί μόνωση στο εξωτερικό του τοίχου, όπου υπάρχει το πρόβλημα, ώστε να μην υπάρχει τρόπος διαρροής ενέργειας, εξωτερική θερμομόνωση, όπως παρατηρείται στην Εικόνα 4.



Εικόνα 3 Αντιμετώπιση θερμογεφυρών



Εικόνα 4 Βέλτιστη αντιμετώπιση θερμογεφυρών

Αξίζει να σημειωθεί πως είναι πρακτικά αδύνατο να υπάρξει κατασκευή στην οποία να μην εμφανιστεί θερμογέφυρα σε κάποιο σημείο του κελύφους.

1.2 Κλιματικές Ζώνες

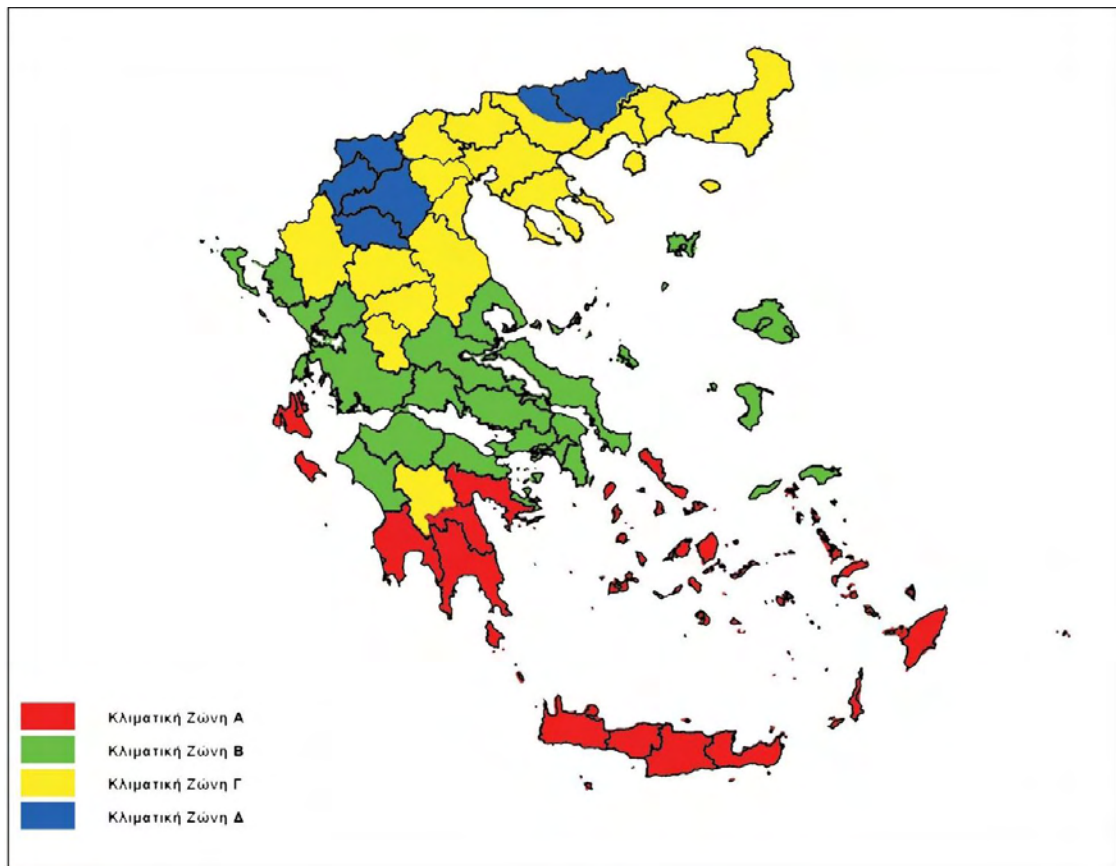
Κάθε περιοχή σε κάθε χώρα χρειάζεται διαφορετική αντιμετώπιση κατά τη διάρκεια μιας μελέτης από ένα μηχανικό. Με βάση την υγρασία, τις ακραίες θερμοκρασίες και τις δυσμενείς καιρικές συνθήκες, απαιτούνται διαφορετικές τεχνικές στο χτίσιμο των κτιρίων ώστε να διασφαλιστεί η αποδοτικότητα και η μακροζωία τους.

Οι κλιματικές ζώνες χωρίζονται με βάση δύο παραμέτρους: την υγρασία και τη θερμοκρασία, με το συνδυασμό των οποίων δημιουργούνται αντίστοιχοι χάρτες. Η Ελλάδα χωρίζεται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμοήμερες θέρμανσης. Ως βαθμοήμερες ουσιαστικά αναφερόμαστε στα δεδομένα της εξωτερικής θερμοκρασίας, τα οποία χρησιμοποιούμε ώστε να υπολογίσουμε αποδοτικά την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου.

Στον Πίνακα 1, παρουσιάζονται οι νομοί της Ελλάδας όπως χωρίζονται ανάλογα με την κλιματική τους ζώνη και ο υδροθερμικός χάρτης στην Εικόνα 5. Για κάθε νομό, τα κτίρια που βρίσκονται σε περιοχές άνω των 500 μέτρων εξετάζονται βάσει της επόμενης κατά σειρά κλιματικής ζώνης. [1]

Πίνακας 1 Διαχωρισμός των νομών ανάλογα με τις κλιματικές ζώνες

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 5 Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της Ελλάδας

1.3 Θερμικές Ζώνες

Κατά το στήσιμο του κελύφους είναι αποδοτικότερο ο μελετητής να διαιρέσει το κτήριο σε θερμικές ζώνες, ομαδοποίηση δηλαδή των χώρων που παρουσιάζουν παρόμοιες ιδιότητες και απαιτήσεις. Στους χώρους αυτούς επομένως, οι οποίοι έχουν ίδιο προφίλ λειτουργίας, τοποθετούνται συνήθως κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Δεν είναι απαραίτητο κάθε χώρος να είναι και μια διαφορετική θερμική ζώνη. Μια θερμική ζώνη μπορεί να περιλαμβάνει πολλούς χώρους, αλλά ένας χώρος μπορεί να ανήκει μόνο σε μια θερμική ζώνη. Μια θερμική ζώνη, λοιπόν, είναι ένας χώρος ή μια συλλογή χώρων όπου έχουν παρόμοιες απαιτήσεις κλιματισμού και βρίσκονται στις ίδιες ρυθμίσεις θέρμανσης και ψύξης. Τα βασικότερα κριτήρια διαχωρισμού των θερμικών ζωνών, με βάση τον ΚΕΝΑΚ, είναι δύο: η επιθυμητή θερμοκρασία στους χώρους να διαφέρει περισσότερο από 4°C κατά τους χειμερινούς είτε τους θερινούς μήνες και όταν υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση. Για παράδειγμα, για ένα νοσοκομείο υπάρχουν πολλοί χώροι με διαφορετική χρήση, όπως δωμάτια ασθενών, γραφεία, χειρουργεία, χώροι ιατρικών μηχανημάτων. Όλα αυτά μπορούν να αποτελούν και διαφορετικές θερμικές ζώνες, καθώς έχουν διαφορετικές απαιτήσεις θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας και νωπού αέρα. Μια άλλη περίπτωση είναι όταν υπάρχουν χώροι στο κτήριο οι οποίοι παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στα ενεργειακά κέρδη ή απώλειες. Για παράδειγμα, χώροι με νότιο ή ανατολικό προσανατολισμό παρουσιάζουν μεγαλύτερα ηλιακά κέρδη σε

σχέση με τους υπόλοιπους χώρους. Διαιρώντας ένα κτήριο σε θερμικές ζώνες επιφέρουμε την εξοικονόμηση ενέργειας κάνοντας αποδοτικότερη τη χρήση των HVAC συστημάτων, μειώνοντας το λειτουργικό τους κόστος.

1.4 Κέλυφος Κτιρίου

Το πρώτο πράγμα που χρειάζεται ένας μελετητής ώστε να εκτιμήσει την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου είναι τα αρχιτεκτονικά του σχέδια. Πάνω σε αυτά θα αναπαρασταθούν οι θερμικές ζώνες του κτιρίου και έπειτα θα εκτιμηθούν τα γεωμετρικά δεδομένα από τα διαφανή και αδιαφανή δομικά στοιχεία, τα οποία ορίζουν τις επιφάνειες κάθε θερμικής ζώνης. Ως αδιαφανή, ή αλλιώς σταθερά, ορίζονται τα δομικά στοιχεία τα οποία περικλείουν το κέλυφος (τοιχοποιίες, φέροντα στοιχεία κ.ο.κ.). Ενώ διαφανή ορίζονται τα ανοίγματα ενός κτιρίου, δηλαδή τα κουφώματα.

Ο μελετητής σχεδιάζει ένα κτίριο με στόχο τη βέλτιστη ενεργειακή λειτουργία του, λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνικές θωράκισης του κελύφους και μειώνοντας τις ροές θερμότητας. Έτσι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του ΚΕΝΑΚ, πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποιοι παράγοντες. Αρχικά, ο προσανατολισμός του κτιρίου και η τοποθέτησή του στο χώρο παίζουν το βασικότερο ρόλο στη συνέχεια της μελέτης, βοηθώντας στην όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αξιοποίηση των τοπικών κλιματικών συνθηκών. Βελτίωση του περιβάλλοντος χώρου μπορεί να βοηθήσει στην εξοικονόμηση ενέργειας, όπως η φύτευση κάποιων δέντρων ή ακόμα και κοπή τους. Τα ανοίγματα του κτιρίου αν μελετηθούν σωστά μπορούν να προσφέρουν μεγάλα οφέλη, όπως αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και αερισμού όσο περισσότερο είναι δυνατόν. Η καλύτερη τοποθέτηση συστημάτων φωτισμού και αερισμού ανάλογα με τη χρήση του κάθε χώρου και των απωλειών που έχει. Η αξιοποίηση του ήλιου με τη χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων (Π.Η.Σ.) βοηθάει στην αποθήκευση ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας για τη φυσική θέρμανση του χώρου, προστατεύοντας παράλληλα το κέλυφος από τον θερινό ήλιο και χωρίς να θυσιάζουμε το φυσικό φωτισμό κατά τη διάρκεια του έτους. Επίσης, ο φυσικό αερισμός βοηθάει στην συνεχή ανανέωση του αέρα στο χώρο και μειώνει τη δαπάνη ενέργειας από τη συνεχή χρήση συστημάτων αερισμού. Φυσικά το σημαντικότερο κομμάτι στην ανάλυση του κτιριακού κελύφους είναι η κατάλληλη επιλογή δομικών στοιχείων και κουφωμάτων. Για κάθε δομικό στοιχείο που διαχωρίζει μια θερμική ζώνη του κτιρίου με τον εξωτερικό αέρα, το έδαφος είτε με μη θερμαινόμενο χώρο θα πρέπει να υπολογίζονται οι θερμοφυσικές ιδιότητες που αποτελούν τις επιμέρους στρώσεις του, όσο και το σύνολο της διατομής του.

Για τη μέτρηση όλων αυτών των ιδιοτήτων των δομικών στοιχείων, στη μελέτη της ενεργειακής απόδοσης, υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας, U , για κάθε ένα από αυτά. Περισσότερες πληροφορίες περιέχονται στην αναθεωρημένη τεχνική οδηγία «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων».

1.5 Ενεργειακή Απόδοση και Κατάταξη Κτιρίου

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα από την αρχιτεκτονική και ηλεκτρομηχανολογική μελέτη έχουμε τη δυνατότητα να πιστοποιήσουμε και να κατηγοριοποιήσουμε το κτήριο σύμφωνα με την ενεργειακή του απόδοση. Οι μελετητές βασίζονται στα εγχειρίδια του ΚΕΝΑΚ 2017, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων και για τα κλιματικά δεδομένα, ώστε να εξάγουν τα αποτελέσματά τους.

Ο δείκτης που υποδηλώνει την κατηγορία στην οποία ανήκει το κάθε κτίριο είναι η συνολική κατανάλωση της πρωτογενούς ενέργειας που έχει. Η μεθοδολογία που ακολουθείται ώστε να κατηγοριοποιηθεί η κτιριακή μονάδα αποτελεί, αρχικά, την κύρια χρήση της, βάση της οποίας αναγνωρίζουμε τον αριθμό των χρηστών που θα βρίσκονται στο χώρο και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας ώστε να βρούμε τις επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμό). Εν συνεχεία, σημαντικό ρόλο παίζουν τα περιβαλλοντικά δεδομένα της τοπικής περιοχής (εναλλαγές θερμοκρασίας, σχετική υγρασία, ηλιοφάνεια), καθώς επίσης ο προσανατολισμός του κτηρίου και τα δομικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται, τα οποία επίσης βασίζονται στο κλίμα της περιοχής. Αφού τελειώσουμε με τη χωροθετική ανάλυση και την εξέταση του κελύφους, σειρά έχουν τα εσωτερικά συστήματα λειτουργίας του κτηρίου. Πιο συγκεκριμένα, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων θέρμανσης ψύξης κλιματισμού και του ζεστού νερού χρήσης (τύπος και απόδοση συστήματος, δίκτυο διανομής). Στη μελέτη συμπεριλαμβάνεται η συνολική εγκατάσταση φωτισμού, το σύστημα αυτομάτου ελέγχου και λειτουργίας αν υπάρχει, ο αερισμός του χώρου ο οποίος μπορεί να προέρχεται φυσικά από διαφορές οπές και μηχανικά μέσα από το σύστημα κλιματισμού. Σε πολλές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται παθητικά και υβριδικά ηλιακά συστήματα, προστασία από τις ακτίνες του ήλιου και σύστημα παθητικής θέρμανσης και δροσισμού, τα οποία μπορούν να βελτιώσουν τις εσωτερικές κλιματικές συνθήκες χωρίς δαπάνη ενέργειας. Τέλος, σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή ανάλυση έχουν τα εσωτερικά φορτία των χώρων τα οποία μπορεί να προέρχονται από τους ανθρώπους, τα φώτα και τις συσκευές που υπάρχουν, καθώς όλα τα παραπάνω εκπέμπουν ενέργεια.

Θετικά συμβάλλουν στην ενεργειακή απόδοση και κάποιοι παράγοντες όχι τόσο βασικοί στην ενεργειακή μελέτη. Τέτοια είναι συστήματα τα οποία βασίζονται στην ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές (ΑΠΕ), για τη λειτουργία θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) μπορούν να συμβάλλουν αισθητά στη μείωση του καταναλισκόμενου φορτίου, όπως ακόμα η τηλεθέρμανση και η τηλεψύξη. Τέλος, ωφέλιμος είναι και ο φυσικός φωτισμός όπου καθίσταται δυνατό.

Η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων χωρίζεται σε εννέα κατηγορίες βάσει της ενέργειας που καταναλώνουν, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2 Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτηρίων

Κατηγορία	Όρια κατηγορίας	Όρια κατηγορίας
A+	$EP < 0,33R_R$	$T < 0,33$
A	$0,33R_R << EP < 0,50R_R$	$0,33 < T < 0,50$
B+	$0,50R_R << EP < 0,75R_R$	$0,50 < T < 0,75$
B	$0,75R_R << EP < 1,00R_R$	$0,75 < T < 1,00$
Γ	$1,00R_R << EP < 1,41R_R$	$1,00 < T < 1,41$
Δ	$1,41R_R << EP < 1,82R_R$	$1,41 < T < 1,82$
E	$1,82R_R << EP < 2,27R_R$	$1,82 < T < 2,27$
Z	$2,27R_R << EP < 2,73R_R$	$2,27 < T < 2,73$
H	$2,73R_R < EP$	$2,73 < T$

Το κτήριο αναφοράς τοποθετείται στο άνω όριο ενεργειακής απόδοσης της κατηγορίας B σύμφωνα με την ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

Ο δείκτης (R_R) ισούται με την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας όπως υπολογίζεται στο κτήριο αναφοράς. Ως T θεωρείται το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτηρίου (EP) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς (R_R) και σύμφωνα με αυτόν τοποθετείται το εκάστοτε κτήριο στην αντίστοιχη κατηγορία ενεργειακής απόδοσης.

Στην Εικόνα 6 παρουσιάζεται το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης το οποίο χρησιμοποιούν οι μελετητές/επιθεωρητές ώστε να κατατάξουν την κάθε κτιριακή μονάδα στην αντίστοιχη ενεργειακή κατηγορία που ανήκει.

ΚΤΙ:		ΚΑ:
ΧΡΗΣΗ: Κτήριο <input type="checkbox"/> Τμήμα κτηρίου <input type="checkbox"/> Αριθμός ιδιοκτησίας: Κλιματική Ζώνη: Διεύθυνση: Γ.Κ.ε: Πόλη: Έτος κατασκευής: Συνολική επιφάνεια [m ²]: Οθρανόμορμη επιφάνεια [m ²]: Όνομα ιδιοκτήτη:		
ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ		
		ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ
ΜΗΔΕΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ		
EP ≤ 8,33·Ru		A+
8,33·Ru < EP ≤ 9,5·Ru		A
9,5·Ru < EP ≤ 10,75·Ru		B+
10,75·Ru < EP ≤ 12·Ru		B
12·Ru < EP ≤ 14,17·Ru		F
14,17·Ru < EP ≤ 17,02·Ru		Δ
17,02·Ru < EP ≤ 22,7·Ru		E
22,7·Ru < EP ≤ 27,7·Ru		Z
27,7·Ru < EP		H
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ		
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτηρίου αναφοράς [kWh/m ²]:		
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m ²]:		
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO ₂ [kgCO ₂ /m ²]:		
Πραγματική ετήσια κατανάλωση ενέργειας & Εκπομπές CO ₂		
Ηλεκτρική ενέργεια [kWh/m ²]:---	Καύσιμα [kWh/m ²]:---	Θερμική άντληση <input type="checkbox"/>
Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m ²]:---		Οπτική άντληση <input type="checkbox"/>
Συνολικές ετήσιες εκπομπές CO ₂ [kg/m ²]:---		Ακουστική άντληση <input type="checkbox"/>
		Ποιότητα αέρα <input type="checkbox"/>

Α.Π.		ΚΑ:		
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΤΕΛΙΚΗ ΧΡΗΣΗ				
Πηγή ενέργειας	Τελική χρήση	Συντεσφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτηρίου (%)		
Ηλεκτρική	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Φωτισμός <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/> ZHX <input type="checkbox"/>		
	Πετρέλαιο	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ZHX <input type="checkbox"/>		
Ορατά καύσιμα	Φυσικό αέριο	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ZHX <input type="checkbox"/>	0,0	
	Άλλο:	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ZHX <input type="checkbox"/>	0,0	
ΑΠΕ	Ηλιακή	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Φωτισμός <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/> ZHX <input type="checkbox"/>	0,0
	Θερμότητα	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ZHX <input type="checkbox"/>		0,0
	Γεωθερμία	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ZHX <input type="checkbox"/>		0,0
	Άλλο:	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ZHX <input type="checkbox"/>		0,0
	Σύνολο			0,0
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση [kWh/m ²]				
Θέρμανση:		Ψύξη:		
Ζεστό Νερό Χρήσης (ZHX):		Φωτισμός:		
ΑΠΕ & ΣΗΘ: (-)				
ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ				
1.				
2.				
3.				
Αριθμός συστάσης	Εκτιμώμενο αρχικό κόστος επένδυσης [€]	Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και θερμότητας* [kWh/m ²]	Εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών CO ₂ * [kg/m ²]	Εκτιμώμενη περίοδος αποπληρωμής* [έτη]
1				
2	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0
* Η εξοικονόμηση ενέργειας και της θερμότητας αφορά την κάθε επιμέρους σύνταξη και τα ποσά δεν αθροίζονται. Όμοια για την ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και την περίοδο αποπληρωμής.				
Ημερομηνία έκδοσης ΠΕΑ:		Υπογραφή:		
Όνοματεπώνυμο Επιδιωρητή:				
Α.Μ. Επιδιωρητή:		Υπογραφή:		

Εικόνα 6 Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης

1.6 Κτήριο Αναφοράς

Ως κτήριο αναφοράς, όπως υποδηλώνει και το όνομα, είναι ένα κτήριο το οποίο έχει τα ίδια χαρακτηριστικά και τις ίδιες συνθήκες λειτουργίας με το υπό μελέτη κτήριο. Επομένως, όλες οι συνθήκες λειτουργίας που αναφέρονται στον κανονισμό ενεργειακής επιθεώρησης ισχύουν τόσο για το κτήριο αναφοράς όσο και για το προς μελέτη ή επιθεώρηση κτήριο. Η μόνη περίπτωση να αλλάζουν τα δεδομένα είναι εάν για το προς μελέτη κτήριο να έχει καθοριστεί κάποια διαφορετική τιμή στις παραμέτρους των υποενοτήτων των συνθηκών λειτουργίας.

1.7 Απαιτήσεις Εσωτερικών Χώρων

Οι εσωτερικοί χώροι των κτιρίων έχουν διάφορες απαιτήσεις για το σωστό κλιματισμό των χώρων και την υγιεινή των χρηστών. Έτσι λοιπόν, πρέπει να ρυθμίζεται και να διατηρείται η σωστή θερμοκρασία στους εσωτερικούς χώρους, η σχετική υγρασία στα κατάλληλα επίπεδα και να καλύπτονται οι απαιτήσεις σε νωπό αέρα. Όλες αυτές οι τιμές ρυθμίζονται με βάση το πρότυπο του ΕΛΟΤ EN 15251:2007.

Η εσωτερική θερμοκρασία αποτελεί τη βασικότερη παράμετρο στη διαμόρφωση της θερμικής άνεσης σε ένα χώρο. Είναι δεδομένο, βέβαια, ότι λόγω του είδους χρήσης του κάθε χώρου αλλά και των προσωπικών επιλογών του κάθε χρήστη, η εσωτερική θερμοκρασία του εκάστοτε χώρου μπορεί να ποικίλλει. Επειδή, όμως, είναι απαραίτητο να υπάρχει ένας πρότυπος τύπος που καθορίζει την εσωτερική θερμοκρασία, αυτό γίνεται με γνώμονα την επίτευξη της απαραίτητης θερμικής άνεσης με την κατανάλωση της όσο το δυνατόν λιγότερης ενέργειας.

Πέραν της θερμοκρασίας είναι αναγκαίο να ρυθμίζονται και τα επίπεδα της σχετικής υγρασίας στους χώρους. Με τη βοήθεια των κλιματιστικών μονάδων, εκτός από τη ρύθμιση της κατάλληλης θερμοκρασίας στους χώρους, ρυθμίζονται και τα επίπεδα της υγρασίας.

Για λόγους υγιεινής είναι απαραίτητο να ανανεώνεται ο κλιματιζόμενος αέρας μέσα από τους χώρους, με νωπό αέρα από το περιβάλλον. Κάθε κτήριο έχει διαφορετικές απαιτήσεις σε νωπό αέρα και αυτές καθορίζονται από τη χρήση του κτηρίου και πόσους ρύπους παράγει αυτό και από τον πληθυσμό των χρηστών που υπάρχουν. Συνεπώς, τα δύο κριτήρια που χρησιμοποιούνται ώστε να υπολογιστεί ο απαραίτητος νωπός αέρας είναι η εξασφάλιση των συνθηκών υγιεινής στους χρήστες και η ελάχιστη ανανέωση του αέρα με γνώμονα τον όγκο και τη χρήση του κτηρίου.

2. Κλιματισμός

Με τον όρο “κλιματισμός” εννοούμε τη ρύθμιση και τη διαχείριση της θερμοκρασίας, της υγρασίας, της κίνησης και του καθαρισμού του αέρα που υπάρχει σε ένα χώρο. Δεν χρησιμοποιείται μόνο για την ψύξη του χώρου όπως είναι ευρέως γνωστό, αλλά για όλες τις λειτουργίες που επιτελεί. Σε αυτές συμπεριλαμβάνονται η θέρμανση, η ψύξη, η ύγρανση, η αφύγρανση, η ανανέωση και ο καθαρισμός του αέρα. Κρατάει συνεπώς το χώρο σε υγιεινές και βολικές καταστάσεις για τους ενοίκους. Καταναλώνει συνήθως το 40% της συνολικής ενέργειας του κτιρίου και χρησιμοποιεί ως επί το πλείστον ηλεκτρισμό.

Σαν ιδανικές καταστάσεις ο κλιματισμός διατηρεί την εσωτερική θερμοκρασία του χώρου μεταξύ 20°C και 27°C και την σχετική υγρασία μεταξύ 35% και 65%. Υπάρχουν διάφορα συστήματα κλιματιστικών στο εμπόριο καλύπτοντας τις ανάγκες για όλους τους χώρους. Στις μικρές κατοικίες τοποθετούνται συνήθως τοπικά συστήματα, ενώ σε κτίρια τριτογενούς τομέα χρησιμοποιούνται κεντρικά συστήματα ώστε να υπάρχει επάρκεια.

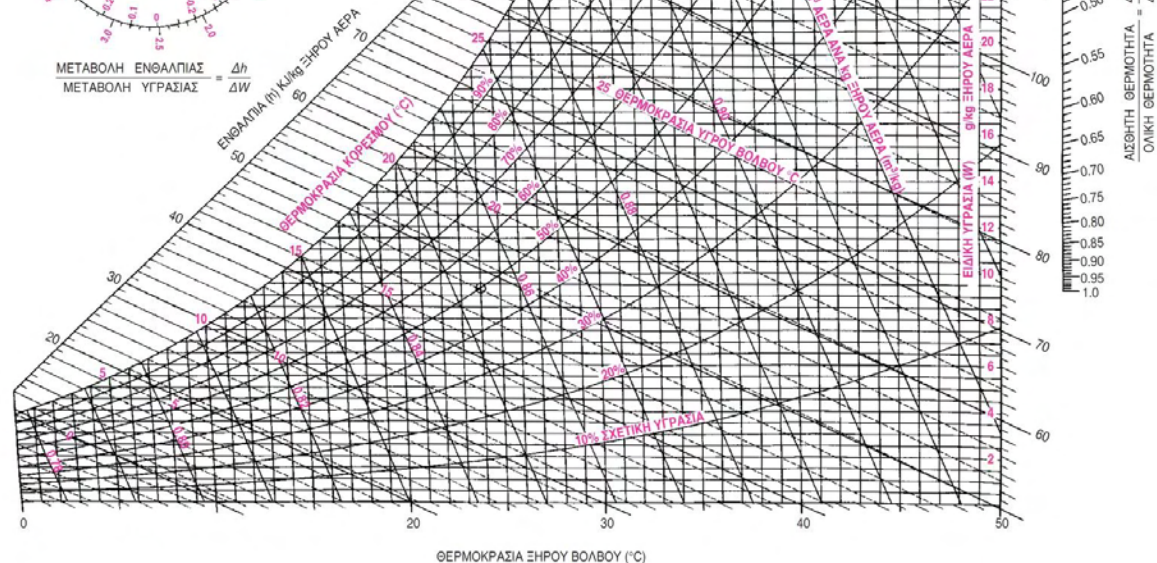
Σημαντικό παράγοντα στη σωστή λειτουργία της κάθε κλιματιστικής μονάδας παίζουν οι υδρατμοί που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα. Με τη μέτρηση της υγρασίας (υδρατμοί) που υπάρχει στον αέρα και της επίδρασης που έχει αυτή στα κτίρια και στα συστήματα κλιματισμού αυτών, ασχολείται η Ψυχομετρία. Προκειμένου να επικρατούν “συνθήκες θερμικής άνεσης” όπως και συνθήκες υγιεινής σε ένα χώρο, είναι απαραίτητο να ρυθμίζονται τα ποσοστά της υγρασίας μέσα σε αυτόν ώστε να είναι ανάμεσα στα επιτρεπτά όρια. Σε κλίματα τα οποία είναι θερμά και υγρά, είναι απαραίτητο μαζί με τη μείωση της θερμοκρασίας να γίνεται και η κατάλληλη αφύγρανση του χώρου. Αντίθετα, για κρύα και ξηρά κλίματα, πρέπει κατά τη διάρκεια της θέρμανσης να πραγματοποιείται και η κατάλληλη ύγρανση του χώρου από τις κλιματιστικές συσκευές. Πέρα από την ρύθμιση της υγρασίας για την άνεση των χρηστών του χώρου, βοηθάει επίσης στο να μην συσσωρεύεται υγρασία σε διάφορα σημεία των δομικών στοιχείων και δημιουργούνται φθορές.

Στην Εικόνα 7 παρουσιάζεται ο ψυχομετρικός χάρτης της ASHRAE σε μονάδες S.I. και με εύρος τιμών των θερμοκρασιών του ξηρού βολβού από 0°C έως 50°C.

ASHRAE ΨΥΧΡΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ NO. 1
ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ – ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΘΑΛΑΣΣΗΣ
ΒΑΡΟΜΕΤΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ 101.325 kPa
COPYRIGHT 1992



ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ = $\frac{\Delta h}{\Delta W}$
ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ = $\frac{\Delta W}{\Delta W}$



Εικόνα 7 Ψυχομετρικός Χάρτης ASHRAE

Ο αέρας που μας περιβάλλει αποτελείται από διάφορα αέρια και συνήθως περιέχει και υδατμούς. Ο αέρας που είναι απαλλαγμένος από αυτούς τους υδατμούς ονομάζεται “ξηρός ατμοσφαιρικός αέρας”. Στην κατά μάζα σύσταση του για κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες, ο αέρας αποτελείται από άζωτο (N_2) για ποσοστό 76%, οξυγόνο (O_2) 23% και από αργό (A) 1%. Ωστόσο στο μείγμα του περιλαμβάνονται, επίσης, διοξείδιο του άνθρακα όπως και ίχνη από τα αέρια ήλιο, υδρογόνο, ξένο, κρύπτο κ.α. Βέβαια ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει συνήθως στη σύστασή του, όπως προαναφέρθηκε, και κάποια ποσότητα υδατμών. Σε αυτή την περίπτωση ονομάζεται “υγρός ατμοσφαιρικός αέρας” και η υγρασία που εμπεριέχεται μπορεί να φτάσει σε ποσοστό μέχρι και 3% κατά μάζα. Παρόλο το μικρό αυτό ποσοστό η υγρασία μπορεί να έχει μεγάλες επιδράσεις στη διαβίωση, για αυτό και θεωρείται θεμελιώδες μέγεθος στον κλιματισμό.

Στην ψυχομετρία υπάρχουν μερικά βασικά μεγέθη τα οποία μας βοηθούν να μετρήσουμε τη θερμοκρασία και την υγρασία του αέρα για κάθε πιθανή περίπτωση. Αυτά είναι και τα μεγέθη από τα οποία αποτελείται ο ψυχομετρικός χάρτης και διαφαίνονται στην Εικόνα 8. Τα βασικότερα από αυτά τα μεγέθη είναι:

- **Θερμοκρασία Υγρού Βολβού (Wet Bulb Temperature T_{wb}):** Ονομάζεται η ελάχιστη θερμοκρασία που μπορεί να φτάσει η θερμοκρασία του υγρού αέρα λόγω της εξάτμισης του νερού. Μετριέται με τα συνήθη υδραργυρικά θερμόμετρα των οποίων ο βολβός έχει τυλιχτεί με μια ποτισμένη με νερό γάζα και να είναι εκτεθειμένο σε ρεύμα αέρα. Με αυτόν τον τρόπο μέτρησης δημιουργούνται συνθήκες ταχείας εξάτμισης του νερού, λόγω της οποίας κατεβαίνει η θερμοκρασία και φτάνει σε μια τελική ένδειξη ισορροπίας. Μετράμε, επομένως, τη θερμοκρασία του κορεσμένου αέρα ο οποίος έχει

έρθει σε θερμική ισορροπία με το νερό που περιέχει. Η θερμοκρασία υγρού βολβού περιγράφεται και ως αυτή που αισθανόμαστε όταν εκθέτουμε κάποιο σημείο μουσκεμένου ανθρωπίνου σώματος σε ρεύμα αέρα. Αναπαρίσταται με λοξές ευθείες πάνω στη διαγώνια καμπύλη κορεσμού του χάρτη.

- **Θερμοκρασία Ξηρού Βολβού (Dry Bulb Temperature T_{DB}):** Αντίθετα με την προηγούμενη, είναι η συνήθης θερμοκρασία υγρού αέρα που αισθανόμαστε στο περιβάλλον ενός χώρου. Μετριέται με τα συνήθη θερμόμετρα υδραργύρου στα οποία πρέπει ο βολβός να είναι απαλλαγμένος από υγρασία, δηλαδή ξηρός. Επίσης, δεν θα πρέπει να είναι εκτεθειμένος σε ακτινοβολία καθώς και στις δύο περιπτώσεις θα πάρουμε λανθασμένη ένδειξη.
- **Κορεσμός Υγρού Ατμοσφαιρικού Αέρα (Saturation):** Είναι η κατάσταση στην οποία μπορεί να βρεθεί ο υγρός ατμοσφαιρικός αέρας, κατά την οποία και η ελάχιστη ψύξη μπορεί να προκαλέσει υγρασία μέρους των υδρατμών που περιέχονται. Η έννοια του κορεσμού υποδηλώνει τη δυνατότητα που έχει ο αέρας να απορροφήσει υδρατμούς και να τους διατηρήσει στη μάζα του για αέρια μορφή.
- **Σχετική Υγρασία (Relative Humidity ϕ):** Είναι ο λόγος της πίεσης που προκαλούν οι υδρατμοί σε υγρό ατμοσφαιρικό αέρα ως προς την πίεση των υδρατμών σε αέρα ο οποίος βρίσκεται σε κατάσταση κορεσμού. Μετριέται σε ποσοστό επί τις εκατό (%) και παίζει σημαντικό ρόλο στη θερμική άνεση σε ένα χώρο. Οι κατάλληλες τιμές άνεσης στον άνθρωπο κυμαίνονται μεταξύ 35% και 60%. Φαίνεται στις καμπύλες του χάρτη από 0% έως 100%.
- **Ενθαλπία (H):** Ορίζεται ως η ενέργεια που προσφέρεται κατά τη θέρμανση ουσιών και εγκλωβίζεται στα μόριά τους, ιδίως για εκείνα των υδρατμών. Περιγράφεται έτσι το θερμικό περιεχόμενο κάθε συστήματος και μετριέται σε Joule (SI). Είναι το άθροισμα της εσωτερικής ενέργειας του σώματος ή συστήματος και του γινομένου της πίεσης επί τον όγκο που καταλαμβάνει:

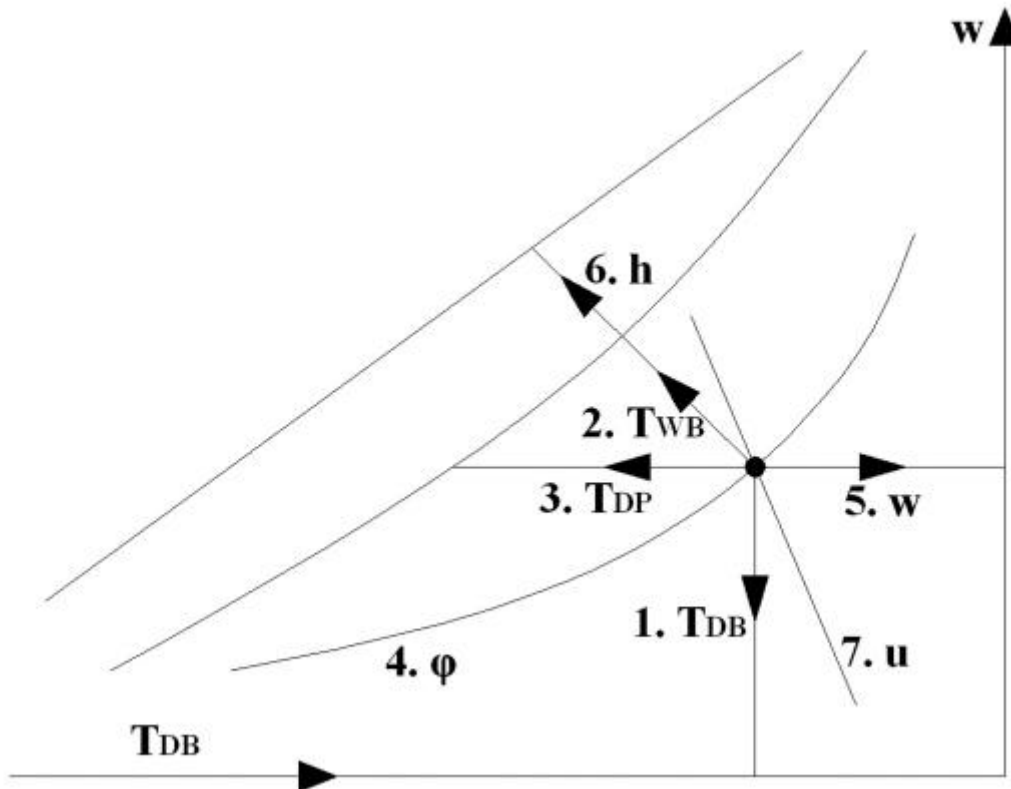
$$H = U + p * V$$

- **Ειδική Ενθαλπία Αέρα (h):** Είναι ο λόγος της ενθαλπίας του υγρού αέρα ως προς τη μάζα του ξηρού αέρα. Μετριέται για Joule προς kg.

$$h = h_{da} + w * h_g$$

Όπου h_{da} η ειδική ενθαλπία του ξηρού αέρα, w η ειδική υγρασία του και h_g η ειδική ενθαλπία των υδρατμών. Μετριέται στα αριστερά του χάρτη με τη διαγώνια κλίμακα.

- **Ειδική υγρασία (w):** Ονομάζεται ο λόγος της μάζας που έχουν οι υδρατμοί ως προς της συνολική μάζα του υγρού ατμοσφαιρικού αέρα. Αναφέρεται και ως λόγος υγρότητας ή περιεχόμενο υγρασίας. Βρίσκεται στα δεξιά στον κάθετο άξονα.
- **Ειδικός όγκος αέρα (u):** Ορίζεται ως ο όγκος του υγρού αέρα προς τη μάζα του ξηρού αέρα, μετριέται για m^3 προς kg. Οι ευθείες του ειδικού όγκου είναι παράλληλες μεταξύ τους και διαγώνιες ως προς τον οριζόντιο άξονα. [3]

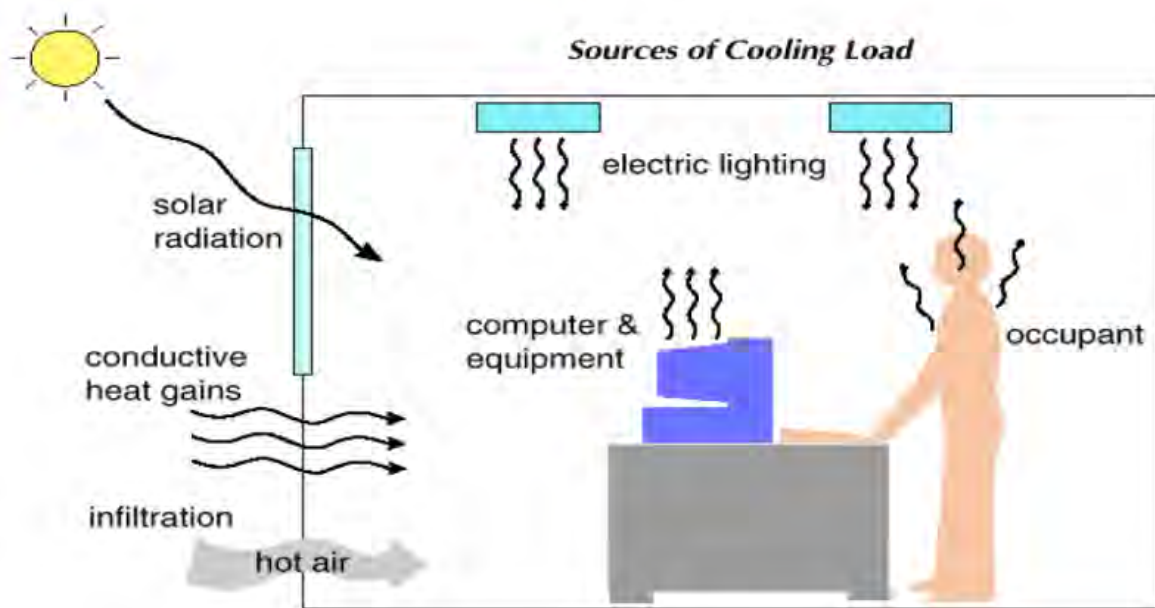


Εικόνα 8 Σχηματική αναπαράσταση ψυχομετρικού χάρτη βάσει κατευθύνσεων

Καθώς ο κλιματισμός είναι από τις πιο πολυέξοδες, σύνθετες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις που καταναλώνουν σχεδόν το 40% της συνολικής ενέργειας σε ένα κτίριο, η μελέτη του είναι αρκετά εκτεταμένη. Προκειμένου να μελετήσουμε τα φορτία του κλιματισμού που υπάρχουν σε ένα χώρο τα χωρίζουμε για τρεις κατηγορίες. Το αισθητό φορτίο, το λανθάνον φορτίο, το άθροισμα των οποίων αποτελεί το ολικό φορτίο ψύξης του χώρου και το φορτίο αερισμού.

- **Αισθητό φορτίο** ονομάζεται το φορτίο το οποίο προκύπτει κυρίως λόγω θερμοπερατότητας, δηλαδή οι απώλειες που έχει το κτίριο εξαιτίας του κελύφους. Συνδέεται με τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν το αισθητό φορτίο, είναι ο πληθυσμός των χρηστών του χώρου, οι συσκευές που υπάρχουν και τα φώτα.
- **Λανθάνον φορτίο** ονομάζεται το φορτίο το οποίο σχετίζεται με τη διαφορά υγρασίας που υπάρχει στον αέρα μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος. Δεν υπάρχει αλλαγή στην θερμοκρασία του χώρου. Στο λανθάνων φορτίο συμμετέχουν, όπως και προηγουμένως, οι χρήστες, οι συσκευές και ο φωτισμός.
- **Φορτίο αερισμού** είναι αυτό που απαιτείται για την ψύξη ή θέρμανση του εξωτερικού ατμοσφαιρικού αέρα, ο οποίος εισέρχεται μέσα στο χώρο και σκοπό έχει την ανανέωση του νωπού αέρα. Επίσης χωρίζεται σε αισθητό και λανθάνον φορτίο και είναι αναγκαίο για τον υπολογισμό του συνολικού ψυκτικού φορτίου στις κλιματιστικές μονάδες.

Στην Εικόνα 9 φαίνεται η εικονική αναπαράσταση των εσωτερικών φορτίων σε ένα χώρο οι απώλειες ή τα κέρδη του με το εξωτερικό περιβάλλον και το φορτίο του αερισμού που είναι υπεύθυνο για την ανανέωση του νωπού αέρα.



Εικόνα 9 Εσωτερικά φορτία χώρων

3. ASHRAE

Η ASHRAE είναι η Αμερικανική Εταιρεία Μηχανικών Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) και ο κύριος στόχος της είναι να παρέχει πρωτόκολλα στους μηχανικούς πάνω στα οποία θα συμμορφώνονται η κατασκευή των κτιρίων και ο σχεδιασμός των κλιματιστικών συστημάτων HVAC. Δημιουργήθηκε το 1959 από τη συγχώνευση δύο εταιρειών, της Αμερικανικής Εταιρείας Μηχανικών Θέρμανσης και Κλιματισμού (ASHAE) και της Αμερικανικής Εταιρείας Ψυκτικών Μηχανικών (ASRE). Αποτελείται ως επί το πλείστον από μηχανικούς και κατασκευαστές εξοπλισμών HVAC. Χρηματοδοτεί συνεχώς ερευνητικά προγράμματα, προσφέροντας παράλληλα αδιάκοπη εκπαίδευση και αναπτύσει και εκδίδει τεχνικά πρότυπα που στόχο έχουν τη βελτίωση της κατασκευής κτιρίων με στόχο την ενεργειακή αποδοτικότητα, την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και της βιώσιμης ανάπτυξης. Τα έντυπα της ASHRAE χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, το εγχειρίδιο και τα πρότυπα. Το εγχειρίδιο αποτελείται από 4 τόμους: τις Βασικές Αρχές, εφαρμογές HVAC, συστήματα και εφαρμογές HVAC και Ψύξη. Η ASHRAE επίσης εκδίδει και κάποια σετ από πρότυπα και οδηγίες τα οποία αφορούν τα συστήματα HVAC. Αποτελούν τις βασικές οδηγίες και μεθόδους για το χτίσιμο κτιρίων και χρησιμοποιούνται από συμβούλους μηχανικούς, μηχανικούς εφαρμογών, αρχιτέκτονες και από κυβερνητικές υπηρεσίες. [4]

Τα βασικότερα πρωτόκολλα που έχουν εκδώσει είναι τα:

- **Standard 34** – Designation and Safety Classification of Refrigerants
- **Standard 55** – Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy
- **Standard 62.1** – Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality
- **Standard 62.2** – Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings
- **Standard 90.1** – Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings
- **Standard 135** – BACnet - A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks
- **Standard 189.1** – Standard for the Design of High Performance, Green Buildings Except Low-Rise Residential Buildings

Τα πρότυπα αυτά αναθεωρούνται, ανανεώνονται και αναδημοσιεύονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

3.1 ASHRAE Standard 90.1

Το πρωτόκολλο 90.1 της ASHRAE (ASHRAE Standard 90.1) είναι ένα σημείο αναφοράς στην κατασκευή κτιρίων παγκοσμίως για πάνω από 35 χρόνια. Αυτό το πρότυπο παρέχει τις ελάχιστες απαιτήσεις για τον ενεργειακά αποδοτικό σχεδιασμό των περισσότερων κτιρίων, με εξαίρεση τα μικρά κτίρια κατοικίας (π.χ. μονοκατοικίες, οικογενειακές κατοικίες μικρότερες των τεσσάρων ορόφων, μετακινούμενα σπίτια, λυόμενα σπίτια). Παρέχει τις ελάχιστες απαιτήσεις για ενεργειακά αποδοτικό σχεδιασμό και κατασκευή νέων κτιρίων και των συστημάτων που τα αποτελούν, για νέα τμήματα κτιρίων με τα συστήματά τους, νέα συστήματα και εξοπλισμούς σε υπάρχοντα κτίρια, όπως επίσης και κριτήρια προκειμένου να προσδιοριστούν αυτές οι απαιτήσεις. Αποτελεί ένα βασικό καταστατικό για τους μηχανικούς αλλά και τους υπόλοιπους επαγγελματίες που ασχολούνται με το σχεδιασμό και την κατασκευή των κτιρίων και των συστημάτων τους.

Πρωτοεκδόθηκε το 1975 ως ASHRAE 90 και από τότε έχουν προστεθεί διάφορες νέες εκδόσεις. Το 1999 αποφασίστηκε πως πρέπει το πρότυπο να βρίσκεται σε συνεχή συντήρηση, βάσει των ραγδαίων εξελίξεων που συμβαίνουν στην τεχνολογία και τις τιμές της ενέργειας, κάτι που επιτρέπει στο πρότυπο να ανανεώνεται έως και αρκετές φορές μέσα σε ένα χρόνο. Το 2001 μετονομάστηκε σε ASHRAE Standard 90.1.

Υπάρχουν δύο βασικά μονοπάτια στο πρότυπο 90.1 τα οποία πρέπει να ακολουθούν οι σχεδιαστές ώστε να συμμορφώνονται με το πρότυπο:

- Τη **Συντακτική διαδρομή (Prescriptive path)**: Περιλαμβάνει όλες τις προδιαγραφές για το σύνολο της κατασκευής. Πιο συγκεκριμένα, τις ελάχιστες απαιτήσεις που απαιτούνται για το κέλυφος του κτιρίου (τοιχοποιία, μόνωση, ανοίγματα), τα συστήματα HVAC ώστε να καλύπτουν το κτίριο στις δεσμευέστερες καταστάσεις με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, στοιχεία που πρέπει να έχει το σύστημα ζεστού νερού χρήσης (συντελεστής αποδοτικότητας), η ηλεκτρική ενέργεια της εγκατάστασης (απόδοση μετασχηματιστή, αυτόματοι ελεγκτές), τα επίπεδα και οι στάθμες του φωτισμού ανάλογα με τον κάθε χώρο του κτιρίου και τέλος τις αποδόσεις των υπόλοιπων εξοπλισμών που υπάρχουν στο κτίριο (ανελκυστήρες, αντλίες πόσιμου νερού, διάφορες ηλεκτρικές μηχανές).
- Τη **Διαδρομή απόδοσης (Performance path)**: Στο δεύτερο αυτό κομμάτι του προτύπου 90.1 ο μηχανικός καλείται να κάνει μία ενεργειακή προσομοίωση του κτιρίου του με τη χρήση προγράμματος στον υπολογιστή. Ένα τέτοιο πρόγραμμα χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα διπλωματική, το FineGreen της 4M, για το οποίο θα αναφερθούμε εκτενέστερα στη συνέχεια. Στόχος του μελετητή είναι το κτίριο μετά την προσομοίωση να χρησιμοποιεί λιγότερη ή ίση ενέργεια σε σχέση με αυτή που χρησιμοποιεί το κτίριο αναφοράς, με τα ίδια χαρακτηριστικά και μέγεθος με το προς μελέτη κτίριο, το οποίο είναι κατασκευασμένο με βάση το πρότυπο ASHRAE 90.1. Στην έξοδο της προσομοίωσης φαίνονται οι καταναλώσεις και οι απώλειες του κτιρίου σε (kWatt) για ένα χρονικό διάστημα.

Το πρότυπο 90.1 της ASHRAE αποτελεί βασικό γνώμονα για κάθε μελετητή όταν σχεδιάζει ένα κτίριο προκειμένου να λειτουργήσει όσο πιο αποδοτικά γίνεται και χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα διπλωματική.[5]

3.2 ASHRAE Standard 62.1

Το πρότυπο 62.1 της ASHRAE πρωτοδημοσιεύθηκε το 1973, ως Standard 62, και ειδικεύεται στα ελάχιστα ποσοστά που απαιτούνται στον αερισμό νέων αλλά και ήδη υπαρχόντων κτιρίων, με σκοπό η παροχή του αέρα των εσωτερικών χώρων να είναι σε αποδεκτά επίπεδα για τους ανθρώπους ώστε να ελαχιστοποιούνται οι δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία. Εφαρμόζεται σε όλους τους χώρους οι οποίοι προορίζονται για ανθρώπινη χρήση, με εξαίρεση τις μονοκατοικίες, οικογενειακές κατοικίες μικρότερες των τεσσάρων ορόφων, οχήματα και αεροπλάνα. Όπως όλα τα πρότυπα της ASHRAE, έτσι και το ASHRAE Standard 62.1 ανανεώνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, είτε σε μορφή αναθεωρημένης έκδοσης ανά 18 μήνες, είτε σε μορφή νέας έκδοσης ανά 3 χρόνια. Το πρότυπο 62 δημιουργήθηκε λόγω της ανάγκης που υπήρχε ώστε να καταγραφούν συγκεντρωμένα οι κανόνες που υπάρχουν για τον αερισμό των χώρων με βάση την υγεία και την άνεση των χρηστών στα κτίρια, κανόνες οι οποίοι ξεκίνησαν να δημοσιεύονται ήδη από τον 19ο αιώνα.

Με βάση αυτό το πρότυπο ο μελετητής καθορίζει τις απαιτήσεις σχεδιασμού στον κλιματισμό και στα συστήματα καθαριότητας του αέρα, στην εγκατάσταση, στην ανάθεση, τη λειτουργία και τη συντήρηση των συστημάτων. Χρησιμοποιούνται τρεις βασικές διεργασίες για τη μέτρηση του αέρα στο κτίριο. Η εσωτερική ποιότητα αέρα - Indoor Air Quality procedure (IAQ) - η οποία υπολογίζει την απαραίτητη ποσότητα του εξωτερικού αέρα, που πρέπει να εισχωρεί στο κτίριο με σκοπό την ανανέωση του εσωτερικού αέρα, ώστε να διατηρηθούν τα επίπεδα ατμοσφαιρικών ρύπων στον εσωτερικό χώρο κάτω από τα συνιστώμενα επίπεδα. Το ποσοστό εξαερισμού - Ventilation Rate Procedure (VRP) - το οποίο καθορίζει την παροχή εξωτερικού αέρα με βάση τον τύπο του εσωτερικού χώρου και τη χρήση του, τον αριθμό των χρηστών και το μέγεθος του χώρου. Ο φυσικός αερισμός - Natural Ventilation Procedure - δείχνει την παροχή νωπού αέρα στο χώρο μέσω ανοιγμάτων στο κέλυφος του κτιρίου και λειτουργεί σε συνδυασμό με τον μηχανικό αερισμό. [6]

4. Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει κάποια πλαίσια με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, τη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, την εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού, την αύξηση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και τη μείωση του κόστους της ενέργειας ώστε η ευρωπαϊκή οικονομία να γίνει πιο ανταγωνιστική. Έτσι έχει θέσει ως στόχο για το 2020 τα κράτη μέλη να συμμετέχουν στην εξοικονόμηση του 20% της συνολικής ενέργειας. Πολύ μεγάλο ρόλο στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και στην κατανάλωση ενεργειακών πόρων έχουν τα κτίρια σε κάθε χώρα. Έτσι και στην Ελλάδα, ο κτιριακός τομέας ευθύνεται περίπου για το ένα τρίτο των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και για το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Προκειμένου να γίνει αυτό το βήμα προς την ενεργειακή απόδοση, στην Οδηγία 2010/31/ΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση των κτιρίων από την Ευρωπαϊκή Ένωση, υπάρχει αναφορά και στα κτίρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης (nearly Zero Energy Building - nZEB). Έτσι ορίζεται ένα κτίριο το οποίο διαθέτει πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση, δηλαδή το κτίριο απαιτεί σχεδόν μηδενικά ή πολύ χαμηλά ποσοστά ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών του, τα οποία ωστόσο πρέπει να καλύπτονται ως επί το πλείστον από ενέργεια που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, συμπεριλαμβανομένης και της ενέργειας που παράγεται επί τόπου ή κοντά στο κτίριο. Η Οδηγία ενσωματώθηκε στο Νόμο 4122/2013 και αναφέρει πως όλα τα νέα κτίρια δημοσίου τομέα πρέπει να πληρούν τα χαρακτηριστικά σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας από τις αρχές του 2019, ενώ τα ιδιόκτητα κτίρια από τις αρχές του 2021.[7]

Οι δύο βασικότερες απαιτήσεις ώστε να επιτύχουμε να κατασκευάσουμε ένα nZEB, είναι από τη μία μεριά, η εφαρμογή ενεργειακά αποδοτικών μέτρων, όσων αφορά το κέλυφος του κτιρίου, τα συστήματά του και τις εσωτερικές κλιματικές καταστάσεις και από την άλλη μεριά, η ενεργειακή αυτάρκεια βασιζόμενη σε ΑΠΕ. Προκειμένου το κτιριακό κέλυφος να συμβάλει στην επίτευξη αυτού του στόχου, πρέπει να μειώνει τις απώλειες ενέργειας κατά τους χειμερινούς μήνες και να ελαχιστοποιεί την υπερθέρμανση το καλοκαίρι. Στα κρύα-βόρεια κλίματα είναι αναγκαίο να τοποθετούνται υλικά, διαφανή και μη διαφανή, υψηλής θερμικής αποδοτικότητας στο εξωτερικό του κτιρίου. Σε αντίθεση, στις πιο ζεστές περιοχές η κατασκευή του κελύφους εξαρτάται από τις μικροκλιματικές συνθήκες, καθόλου ή μικρή μόνωση συνίσταται σε μέρη όπου η θερμική εναλλαγή μεταξύ μέρα και νύχτας είναι σημαντική, ώστε να υπάρχει εκμετάλλευση της ελεύθερης ψύξης που προσφέρεται. Σε ενδιάμεσα, ήπια κλίματα σημαντικά θερμικά αποτελέσματα επιφέρει η αξιοποίηση των ηλιακών ακτίνων μέσω των διαφανών στοιχείων του κελύφους, καθώς προσφέρουν θερμικά κέρδη και διασφαλίζουν τις εσωτερικές συνθήκες άνεσης, μεγιστοποιώντας την εισροή τους το χειμώνα και ελαττώνοντας την το καλοκαίρι. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση συστημάτων σκίασης, με το φυσικό φως επίσης ελαττώνεται και η χρήση λαμπτήρων φωτισμού. Η μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας προέρχεται από τα συμβατικά συστήματα HVAC, τα οποία ευθύνονται για σχεδόν το 50% της συνολικής κατανάλωσης του κτιρίου. Επικρατέστερη λύση, όσων αφορά τα κλιματιστικά συστήματα, αποτελεί η εφαρμογή τρόπων φυσικού αερισμού στο κτίριο εκμεταλλευόμενοι τις παροχές της φύσης ώστε να μειωθούν τα ψυκτικά φορτία και η ηλεκτρική κατανάλωση. Το αποδοτικότερο σύστημα ηλεκτρικής παροχής ενέργειας και συστημάτων κλιματισμού, έχει αποδειχθεί, πως είναι ο συνδυασμός γεωθερμικής αντλίας με φωτοβολταϊκά πάνελ, αφού εκμεταλλεύονται καθαρά το περιβάλλον για την παροχή της απαιτούμενης ενέργειας. Τέλος, ο αποδοτικότερος τρόπος ώστε να ελέγχεται η συνολική εγκατάσταση και να διατηρούνται οι συνθήκες άνεσης με τη μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, είναι η χρήση

συστήματος αυτοματισμού του κτιρίου - Building Energy Management System (BEMS). Ελέγχεται έτσι όλο το σύστημα HVAC, διατηρώντας τη θερμοκρασία σταθερή, όπως και την εναλλαγή αέρα στο χώρο.[8]

Πέρα από τα σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης κτίρια, υπάρχουν μελέτες και για κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης (Zero Energy Building - ZEB). Τέτοιο θεωρείται ένα κτίριο το οποίο παράγει αρκετή ενέργεια, από ανανεώσιμες πηγές που διαθέτει, ώστε να ανταποκρίνεται στις ετήσιες απαιτήσεις του για κατανάλωση ενέργειας, συνεπώς μηδενίζει την κατανάλωση ενέργειας από μη ανανεώσιμες πηγές. Εναλλακτικά, παίρνουν τη μισή ή περισσότερη από την ενέργεια που χρειάζονται από το δίκτυο την οποία όμως την επιστρέφουν κατά τη διάρκεια ενός χρόνου. Ορίζονται, ακόμα, και κτίρια τα οποία έχουν πλεονασμό ενέργειας λόγω των ανανεώσιμων πηγών που διαθέτουν (energy-plus buildings), την οποία είτε αποθηκεύουν για μελλοντική χρήση είτε την πουλάνε στο κεντρικό δίκτυο.

Τα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση κτιρίων μηδενικής ενέργειας είναι πολλά. Μακροπρόθεσμα μειώνεται το αρνητικό ενεργειακό αποτύπωμα στο περιβάλλον, το κόστος λειτουργίας και διατήρησης είναι χαμηλότερο, καλύτερη αντιμετώπιση διακοπών ρεύματος και φυσικών καταστροφών και βελτιωμένη ενεργειακή προστασία. Μπορούν να γίνουν πιο εύκολα, από τα συμβατικά κτίρια, μέρος ενός έξυπνου δικτύου. Ενσωματώνουν, όπως αναφέραμε παραπάνω, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως επίσης και ηλεκτρικά αυτοκίνητα τα οποία φορτίζονται μέσω του δικτύου ρεύματος και μπορούν να προσφέρουν πίσω ενέργεια όποτε χρειάζεται, τεχνολογία η οποία ονομάζεται vehicle-to-grid (V2G). Τέλος, εγκαθίστανται και χρησιμοποιούνται πιο αποδοτικά σενάρια και συσκευές μειωμένης κατανάλωσης και υψηλής απόδοσης στο εκάστοτε κτίριο. Καθώς τα μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης κτίρια έχουν τόσα πολλά πλεονεκτήματα, όλο και περισσότεροι ιδιοκτήτες ακινήτων τόσο στον ιδιωτικό τομέα όσο και στον δημόσιο, επιλέγουν να χτίσουν τις ιδιοκτησίες κατά αυτόν τον τρόπο. Όμως, οι κανόνες και οι απαιτήσεις διαφέρουν ανά τις χώρες και τις κυβερνήσεις, κάνοντας τον τομέα αυτόν λίγο μπερδεμένο. [9]

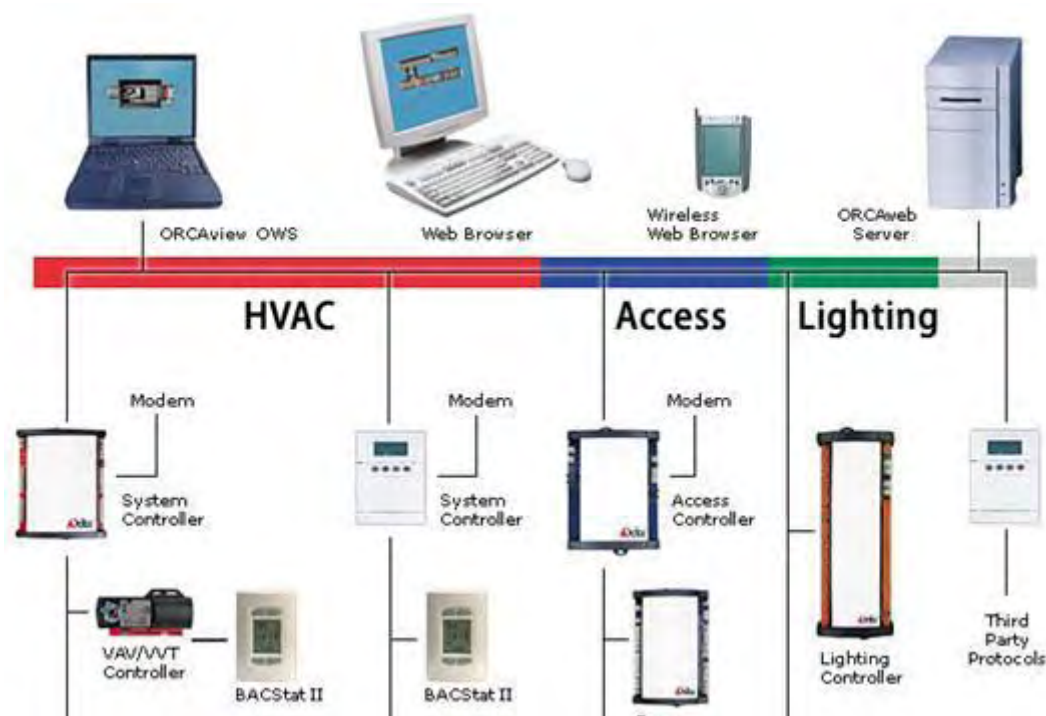
Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ως μακροπρόθεσμο στόχο έως το 2050 να μεταβεί προς το λεγόμενο Αειφόρο Κτιριακό Απόθεμα. Στόχος είναι, δηλαδή, η σταδιακή και συντονισμένη αναβάθμιση του αποθέματος των κτιρίων, ώστε μέχρι το 2050 όλα τα κτίρια να έχουν την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, ή ακόμα και μηδενική, συνδυάζοντάς τα με τη μέγιστη αξιοποίηση και ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ως κτιριακό απόθεμα θεωρείται το άθροισμα των κατοικήσιμων κτιρίων με τα κτίρια τριτογενούς τομέα, τα οποία στην Ελλάδα καταγράφονται ανά δέκα χρόνια.

5. Building Energy Management Systems (BEMS)

Τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας κτιρίων (BEMS), είναι υπολογιστικά συστήματα τα οποία ελέγχουν και επιβλέπουν τον μηχανολογικό και ηλεκτρολογικό εξοπλισμό των κτιρίων, όπως τον κλιματισμό, τη θέρμανση, το φωτισμό, τα συστήματα τροφοδοσίας κλπ. Πολλές φορές το συναντάμε και ως συστήματα διαχείρισης κτιρίων (Building Management Systems - BMS). Για ένα τέτοιο σύστημα διαχείρισης, όλος ο εξοπλισμός του κτιρίου συνδέεται σε έναν κεντρικό υπολογιστή ώστε, μέσω αυτού, να είναι δυνατός ο έλεγχος του χρόνου λειτουργίας των συστημάτων, των επιπέδων υγρασίας, της θερμοκρασίας κλπ. Η χρήση BEMS μπορεί να επιφέρει μεγάλη εξοικονόμηση στους ετήσιους λογαριασμούς ενώ παράλληλα αυξάνει την ευημερία μέσα στο κτίριο και διευκολύνει την ομαλή λειτουργία του. Για να έχει αυτά τα αποτελέσματα, ένα σύστημα διαχείρισης, τροφοδοτεί τον εξοπλισμό του κτιρίου μόνο όποτε είναι απαραίτητο. Συνεπώς, σε πολλές κτιριακές μονάδες υπάρχει μείωση στην σπατάλη ρεύματος και καυσίμου για φωτισμό, θέρμανση και ψύξη σε σημεία όπου δεν χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Με βελτιστοποίηση στα στοιχεία ελέγχου ενισχύονται τα μηχανολογικά συστήματα του κτιρίου και γίνεται ευκολότερος ο έλεγχος και η διατήρηση της ποιότητας του αέρα σε όλο το κτίριο. Καθώς ο εξοπλισμός του κτιρίου δεν δουλεύει ασταμάτητα, όπως στις συμβατικές κτιριακές μονάδες, τα συστήματα διαχείρισης μπορούν να επεκτείνουν το χρόνο ζωής του μηχανολογικού εξοπλισμού και των συστημάτων φωτισμού, μειώνοντας έτσι αισθητά το κόστος συντήρησης.

Το BEMS, όπως προαναφέρθηκε, είναι ένα σύστημα λογισμικού το οποίο παρέχει παρακολούθηση, συστήματα ελέγχου και συναγερμούς προκειμένου ο χρήστης να έχει τη δυνατότητα να βελτιστοποιεί την απόδοση του κτιρίου. Τα BEMS είναι κύρια κομμάτια προς την επίτευξη της καλύτερης ενεργειακής αποδοτικότητας σε όλους τους τύπους κτιρίων, αλλά κυρίως σε μεγάλες κτιριακές μονάδες και σε συγκροτήματα κτιρίων. Με τη βοήθεια ψηφιακών και αναλογικών σημάτων, μεταδίδονται στον κεντρικό υπολογιστή πληροφορίες για την κατάσταση της θερμοκρασίας και της υγρασίας που επικρατεί στο κτίριο. Μεταδίδονται, επίσης, πληροφορίες για το αν δουλεύουν σωστά τα συστήματα κλιματισμού, όπως οι ανεμιστήρες, οι αντλίες και ο λέβητας. Αντίθετης κατεύθυνσης σήματα μεταδίδονται από τον κεντρικό υπολογιστή προς τα συστήματα που υπάρχουν στο κτίριο, όπως αντλίες, βαλβίδες, ανεμιστήρες, και μεταφέρουν πληροφορίες που αφορούν την αλλαγή των ρυθμίσεων και την ενεργοποίηση ή όχι των συστημάτων, ώστε να επιτυγχάνονται οι συνθήκες άνεσης. Με τη χρήση BEMS μπορεί κανείς να ελέγχει σχεδόν τα πάντα μέσα στο κτίριο και είναι κυρίως διαδεδομένα για να ρυθμίζουν τα επίπεδα φωτισμού και κλιματισμού. Ανάμεσα στον κεντρικό υπολογιστή και τα επιμέρους συστήματα που είναι συνδεδεμένα στο BEMS βρίσκονται κάποια πάνελ με διακόπτες (outstations), τα οποία βοηθούν στο να διαδίδεται η πληροφορία προς την σωστή κατεύθυνση και στο κατάλληλο σύστημα. Προκειμένου ένα σύστημα BEMS να λειτουργεί αδιάκοπα στις ιδανικές ρυθμίσεις και να επιφέρει συνεχώς κέρδη, θα πρέπει να ελέγχεται και να συντηρείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Οι ρυθμίσεις πρέπει να επιβλέπονται κάθε ένα μήνα και να ελέγχεται αν ανταποκρίνονται στις πραγματικές απαιτήσεις του κτιρίου. Πέραν όμως του λογισμικού, πρέπει να εξετάζονται και τα επιμέρους όργανα του συστήματος αν λειτουργούν σωστά. Ένα BEMS αποτελείται από ένα εκτεταμένο σύστημα αναλογικών οργάνων, με αισθητήρες για τις κλιματικές συνθήκες, ενεργοποιητές οργάνων, πάνελ από όπου περνάνε και ελέγχονται τα σήματα και ένα μεγάλο τμήμα καλωδιώσεων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 10. Σχεδόν σε κάθε τερματικό σημείο του BEMS υπάρχουν ελεγκτές για να εφαρμόζονται οι απαραίτητες ρυθμίσεις που έρχονται από την κεντρική

κονσόλα, καθώς επίσης και σύστημα ή συστήματα καταγραφής δεδομένων ώστε να υπάρχει ιστορικό με τα προβλήματα που έχουν προκύψει, τυχόν αναβαθμίσεις του συστήματος ή συντηρήσεις του και αλλαγές στις καθορισμένες τιμές ή αλλαγή λειτουργίας.



Εικόνα 10 Παράδειγμα στησίματος ενός BEMS

Μοντέρνα συστήματα διαθέτουν τεχνολογία διεσπαρμένης τεχνητής νοημοσύνης στα πάνελ, επιτρέπουν την πολύπλευρη περισυλλογή δεδομένων και έχουν τη δυνατότητα να ελέγχονται από απόσταση μέσω του ασύρματου δικτύου, του δικτύου της τηλεφωνίας ή/και δορυφορικά. Όλο και περισσότερα επιτρέπουν τη σύνδεση με έξυπνες συσκευές όπως palmtop και smartphones τα οποία ειδοποιούν για πραγματικό χρόνο για το οποιοδήποτε πρόβλημα προκύπτει. Τα BEMS μπορούν να ενισχύσουν σημαντικά τη διαχείριση και την απόδοση του κτιρίου, προσφέροντας μια πολύπλευρη πρόσβαση στον έλεγχο και υποστηρίζοντας ανατροφοδότηση πληροφοριών από τον χειριστή. Με την εγκατάσταση BEMS μπορούν να εμφανιστούν ενεργειακά κέρδη της τάξεως του 10-20% συγκριτικά με την εγκατάσταση ελεγκτών σε κάθε επιμέρους σύστημα. [10]

6. Συντελεστής Απόδοσης - Coefficient of Performance (CoP)

Συντελεστής απόδοσης CoP μιας θερμικής αντλίας, ορίζεται ως ο λόγος της ενέργειας που εξέρχεται από την αντλία προς αυτής που εισέρχεται. Η εξερχόμενη ενέργεια εμφανίζεται ως θερμότητα σε θερμοκρασία μεγαλύτερη του περιβάλλοντος χώρου, ενώ εισερχόμενη είναι η ενέργεια που παρέχεται μέσω ηλεκτρισμού ή καύσης ορυκτών καυσίμων. Στις περισσότερες εγκαταστάσεις αντλιών θερμότητας ο συντελεστής CoP έχει τιμή μεγαλύτερη του 1, η τιμή 1 σημαίνει ότι το σύστημα μετατρέπει όλη την ενέργεια που καταναλώνει σε θερμότητα άρα είναι 100% αποδοτικό. Με άλλα λόγια, παραλαμβάνουμε περισσότερη ενέργεια για υψηλότερη θερμοκρασία από το σύστημα σε σχέση με την ενέργεια που του παρέχουμε ώστε να λειτουργήσει. Θεωρητικά είναι εφικτό ο συντελεστής CoP να φτάσει το 20, αλλά στην πράξη οι τιμές του συνήθως κυμαίνονται μεταξύ του 2 και του 4.

$$COP = \frac{\text{Heat Output}}{\text{Electrical Energy Input}}$$

Οι αερόψυκτες αντλίες θερμότητας έχουν συντελεστή με τιμή 2 έως 4, που σημαίνει ότι αποδίδουν 2 με 4 φορές περισσότερη ενέργεια από αυτή που καταναλώνουν. Υδροψυκτες και γεωθερμικές αντλίες θερμότητας αποδίδουν CoP της τάξης του 3 με 5. Το μειονέκτημα που έχουν οι αερόψυκτες αντλίες θερμότητας είναι το γεγονός πως ο συντελεστής τους μειώνεται όσο η εξωτερική θερμοκρασία πέφτει. Συνεπώς, για κάθε ένα σύστημα δίνονται δύο τιμές CoP: μία για 8.3°C και μία για -9.4°C. Όταν κάποιος συγκρίνει τις τιμές CoP δύο συστημάτων, πρέπει να είναι σίγουρος ότι αυτές δίνονται με βάση την ίδια εξωτερική θερμοκρασία ώστε να αποφεύγονται οι ανακρίβειες. Σε αντίθεση, οι υδροψυκτες και οι γεωθερμικές αντλίες δεν παρουσιάζουν τόσο μεγάλες αποκλίσεις καθώς τόσο στο νερό όσο και στο έδαφος δεν υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις στις θερμοκρασίες τους. Ένας παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την πραγματική τιμή του συντελεστή είναι η πτώση της εξωτερικής θερμοκρασίας κάτω από τους 4.4°C. Σε τέτοιες καταστάσεις είναι σύνηθες να εμφανίζεται πάγος στα συστήματα αποβολής του κρύου αέρα που βρίσκονται στο δώμα του κτιρίου, καθώς ο αέρας που αποβάλλουν έχει θερμοκρασία μικρότερη από τη θερμοκρασία πήξης. Τότε αναγκάζεται η αντλία θερμότητας να αντιστρέψει τη ροή του ζεστού αέρα προκειμένου να ξεπαγώσουν οι εξωτερικές μονάδες. Αυτή η διαδικασία μειώνει σημαντικά τη μέση τιμή του συντελεστή απόδοσης.

Αναλυτικότερα ο όρος CoP χωρίζεται σε υποκατηγορίες ανάλογα με την κλιματιστική περίοδο. Έτσι έχουμε τον ετήσιο συντελεστή απόδοσης, Seasonal Coefficient of Performance, όπου η τιμή του υπολογίζεται για την πάροδο ενός χρόνου ώστε να χαρακτηρίζει την απόδοση της κλιματιστικής μονάδας συνολικά για τις 4 εποχές. Η τιμή επηρεάζεται σημαντικά από τα κλιματικά δεδομένα της εκάστοτε περιοχής, συνεπώς το CoP μιας κλιματιστικής μονάδας θα είναι διαφορετικό, για παράδειγμα, στην Ευρώπη σε σχέση με τη Μέση Ανατολή. Αντίστοιχα, για κάθε χρονική θερμική περίοδο υπάρχει και ο αντίστοιχος συντελεστής. Επομένως έχουμε τον CoP για τη θέρμανση, CoP_{heating} , και τον CoP για την ψύξη, CoP_{cooling} .

$$COP_{\text{heating}} = \frac{Q_h}{P_e}$$

Όπου:

- Q_h είναι η θερμότητα που παρέχεται από την αντλία, σε W
- P_e είναι η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται από την αντλία, σε W

$$COP_{cooling} = \frac{Q_c}{P_e}$$

Όπου:

- Q_c είναι η ψύξη που παρέχεται από την αντλία, σε W
- P_e είναι η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται από την αντλία, σε W

Εναλλακτικά, για τους θερινούς μήνες κατά τη διάρκεια των οποίων οι αντλίες θερμότητας λειτουργούν ως κεντρικές κλιματιστικές μονάδες, χρησιμοποιείται και ο συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας, Energy Efficient Ratio (EER), που είναι ανάλογος με τον CoP. Ο συντελεστής EER εκφράζεται σε Btu/h (British Thermal Unit per hour) και ισούται με τον αντίστοιχο $COP_{cooling}$ επί την τιμή 3.412, που είναι ο συντελεστής μεταβολής από Watt σε Btu/h.

$$COP_{cooling} = \frac{EER}{3.412}$$

Τόσο για τον CoP όσο και για τον EER, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή τους τόσο πιο αποδοτικές είναι οι κλιματιστικές συσκευές, αφού αποδίδουν μεγαλύτερη ενέργεια με τη μορφή ψύξης ή θέρμανσης σε σχέση με αυτή που καταναλώνουν.

Ενδεικτικά στην Εικόνα 11 παρατίθεται ένας πίνακας με τους συντελεστές απόδοσης που έχουν μερικές βασικές κλιματιστικές μονάδες.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

- ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟΝ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ COP διαφόρων τύπων αντλιών θερμότητας

ΤΥΠΟΣ ΨΥΚΤΗ-ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΨΥΞΗ COP _{cool} - 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

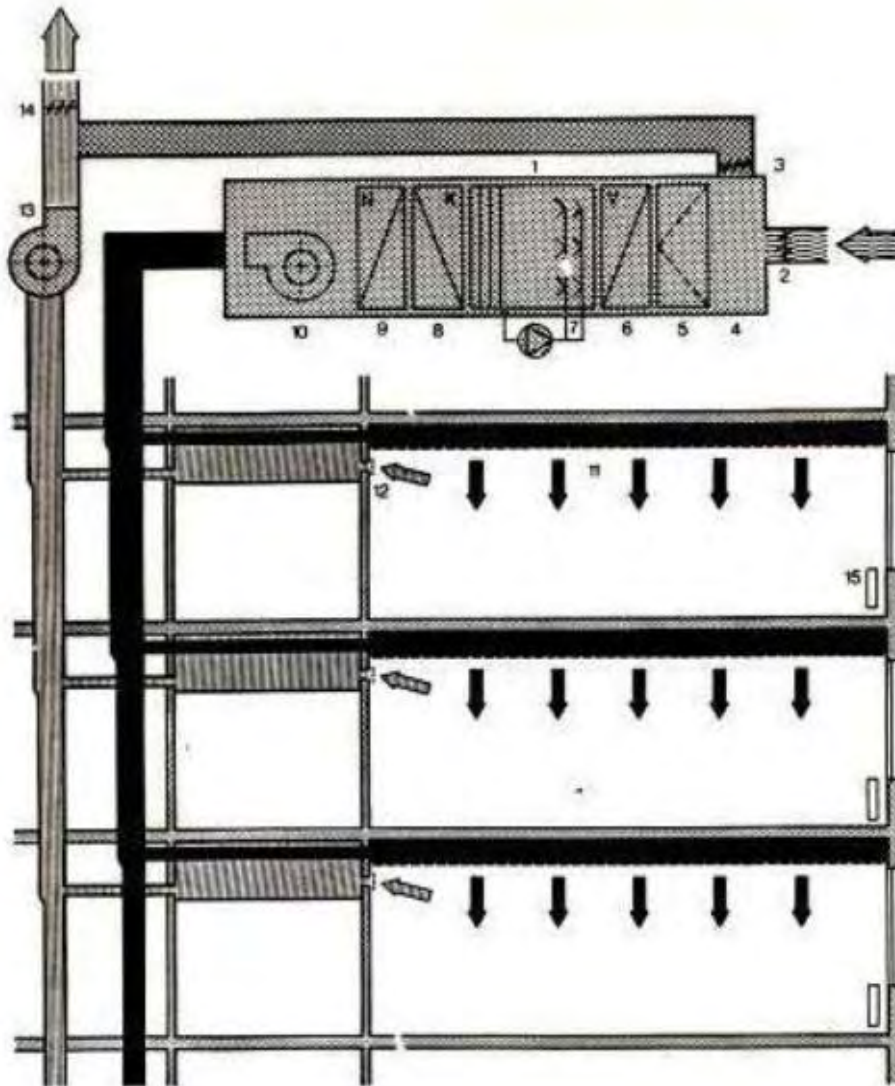
ΤΥΠΟΣ ΨΥΚΤΗ-ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ COP _{heat}
ΑΕΡΟΨΥΚΤΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΕΡΑ-ΝΕΡΟΥ	2.8 – 3.2
ΑΕΡΟΨΥΚΤΗ ΑΜΕΣΟΥ ΕΚΤΟΝΩΣΕΩΣ – SPLIT TYPE	3.30 – 4.00
ΑΕΡΟΨΥΚΤΗ ΑΜΕΣΟΥ ΕΚΤΟΝΩΣΕΩΝ ΤΥΠΟΥ VRV - VRF	3.70 – 4.55
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ	4.30 – 5.50
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΤΥΠΟΥ VRV	5.10 – 5.80

Εικόνα 11 COP βασικών τύπων αντλιών θερμότητας

7. Κλιματιστικές Μονάδες - HVAC

Ως HVAC (Heating, Ventilation & Air Conditioning) αναφέρονται τα συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού τα οποία χρησιμοποιούνται σε ένα κτίριο ώστε να διατηρούνται οι ιδανικές κλιματικές συνθήκες άνεσης για τους χρήστες. Στόχος τους είναι να παρέχουν συνθήκες θερμικής άνεσης και να διατηρούν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα, όπως επίσης και την τιμή της υγρασίας, στα αποδεκτά, υγιή όρια. Τα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού επιλέγονται από το μελετητή με βάση το μέγεθος, τη χρήση και τις ανάγκες της κτιριακής μονάδας και είναι υπεύθυνα για τη διατήρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας στα ιδανικά επίπεδα. Το σύστημα του εξαερισμού περιλαμβάνει τόσο την εναλλαγή του εσωτερικού αέρα με νωπό, όπως επίσης και τη σωστή κυκλοφορία του αέρα μέσα στο κτίριο. Είναι το σύστημα που διατηρεί την ποσότητα και την ποιότητα του αέρα στα επίπεδα αυτά που είναι απαραίτητα για την άνετη και υγιή διαβίωση των χρηστών.

Στην Εικόνα 12 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα τοποθέτησης μιας κεντρικής κλιματιστικής μονάδας στην οροφή ενός κτιρίου και πως οι σωληνώσεις μεταφέρουν τον αέρα στους χώρου του κάθε ορόφου.



Εικόνα 12 Κεντρική κλιματιστική μονάδα

7.1 Λέβητας (Boiler)

Ο λέβητας είναι ένα κλειστό δοχείο μέσα στο οποίο θερμαίνεται νερό σε κάποιες περιπτώσεις μέχρι το σημείο βρασμού, και στη συνέχεια διαχέεται στο κτίριο είτε ως ζεστό νερό είτε ως ατμός, ενδεικτικά παρουσιάζεται ένας τύπος λέβητα στην Εικόνα 13. Επομένως, υπάρχουν δύο τύποι λέβητα: λέβητας ζεστού νερού και λέβητας ατμού. Οι δύο τύποι συνεργάζονται με θερμοπομπούς, καλοριφέρ ή μέσω γυμνών σωλήνων μέσα στους τοίχους ή στο πάτωμα προκειμένου να μεταφερθεί η θερμότητα στον επιθυμητό χώρο. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι καύσης ώστε να ζεσταθεί το νερό, όπως πετρέλαιο, φυσικό αέριο, άνθρακα, ξύλο, πέλετ ή ακόμα και ηλεκτρισμό. Η διαδικασία θέρμανσης ξεκινάει από το θερμοστάτη, ο οποίος υποδεικνύει τότε η θερμοκρασία του χώρου έχει πέσει κάτω από την κατάλληλη τιμή και πρέπει να θερμανθεί. Τότε η αντλία μετάδοσης θερμότητας ανοίγει και επιτρέπει στο ζεστό νερό ή στον ατμό να κυκλοφορήσει ώστε να μεταφερθεί η θερμότητα από τους θερμοπομπούς. Το νερό σε κάθε τύπο λέβητα διατηρείται μονίμως στους 82°C περίπου, ώστε να είναι διαθέσιμο όποτε χρειάζεται θέρμανση. Βέβαια σε ένα λέβητα ατμού η θερμοκρασία ανεβαίνει μέχρι το σημείο βρασμού, 100°C, ώστε να δημιουργηθεί ατμός και να διοχετευτεί μέσα στο κτίριο. Τόσο τα συστήματα ζεστού νερού όσο και τα συστήματα ατμού είναι συνήθως κλειστά συστήματα. Το νερό, σε ένα λέβητα νερού, αφού περάσει από τους θερμοπομπούς και του αφαιρεθεί η θερμότητα επιστρέφει πίσω στο λέβητα προκειμένου να ξαναζεσταθεί και να συνεχιστεί ο κύκλος. Αντίστοιχα, σε ένα σύστημα ατμού, όταν αφαιρεθεί η θερμότητα από το θερμοπομπό ο ατμός μετατρέπεται σε συμπυκνωμένο υγρό το οποίο θα επιστρέψει στο λέβητα.[11]



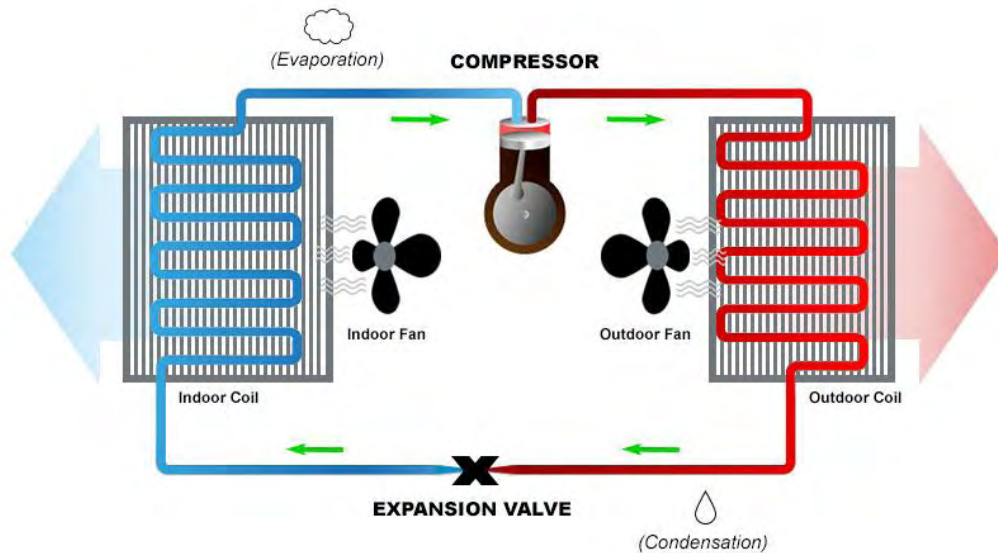
Εικόνα 13 Λέβητας ατμού με πετρέλαιο

7.2 Αντλίες Θερμότητας

Η χρήση αντλίας θερμότητας είναι αρκετά διαδεδομένη στις κτιριακές εγκαταστάσεις. Βασική αρχή της είναι η μεταφορά θερμότητας από ένα περιβάλλον με χαμηλή θερμοκρασία σε ένα το οποίο έχει υψηλότερη θερμοκρασία, η σχηματική αναπαράσταση φαίνεται στην Εικόνα 14. Κάτι το οποίο, βέβαια, αντιτίθεται στη βασική αρχή της ροής θερμότητας. Πέρα από τα κλιματιστικά, τον ίδιο τρόπο λειτουργίας της αντλίας θερμότητας χρησιμοποιούν και τα ψυγεία.

Αναλυτικότερα, ένα ψυκτικό υγρό, με μικρό σημείο βρασμού, διατρέχει την αντλία μέσα από το χαμηλότερης θερμοκρασίας περιβάλλον. Καθώς ο εξωτερικός αέρας και το υπέδαφος διαθέτουν πάντα κάποια ποσά θερμότητας, το υγρό απορροφά τη θερμότητα αυτή από το περιβάλλον και βράζει ακόμα και σε θερμοκρασίες μικρότερες του μηδέν, ωστόσο όσο μειώνεται η εξωτερική θερμοκρασία ανάλογα μειώνεται και το CoP του συστήματος. Στην πραγματικότητα, ο αέρας στους -18°C περιέχει ποσά θερμότητας ίσα με το 85% της θερμότητας που περιέχονται στον αέρα στους 21°C . Καθώς το υγρό βράζει παράγεται αέριο το οποίο στη συνέχεια συμπιέζεται, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται περεταίρω η θερμοκρασία του. Έπειτα, το αέριο περνάει μέσα από εναλλάκτες θερμότητας, όπου συμπυκνώνεται, απελευθερώνοντας έτσι τη λανθάνουσα θερμότητα του. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται. [12]

Οι αντλίες θερμότητας μπορούν, επίσης, να χρησιμοποιηθούν και για την ψύξη ενός χώρου. Η μόνη διαφορά που έχουν με τη διαδικασία θέρμανσης είναι ότι η διαδικασία αντιστρέφεται, απορροφούν θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο και τη διοχετεύουν στο εξωτερικό περιβάλλον. Μία αντλία θερμότητας είναι πολύ πιο αποδοτική στη θέρμανση από ότι ένας λέβητας υγρού καυσίμου καθώς η περισσότερη ενέργεια που απελευθερώνει προέρχεται από το εξωτερικό περιβάλλον και μόνο ένα μικρό κομμάτι προέρχεται από ενέργεια που καταναλώνεται ώστε να λειτουργήσει το σύστημα. Η πιο διαδεδομένες αντλίες λειτουργούν με βάση το ηλεκτρικό ρεύμα κάτι το οποίο μπορεί να αποδώσει θερμότητα 3 με 4 φορές μεγαλύτερη από την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώθηκε, έχει δηλαδή CoP της τάξης του 3-4 σε σχέση με το CoP 0,9 - 1 που διαθέτουν οι λέβητες. [13]



Εικόνα 14 Διάγραμμα αντλίας θερμότητας

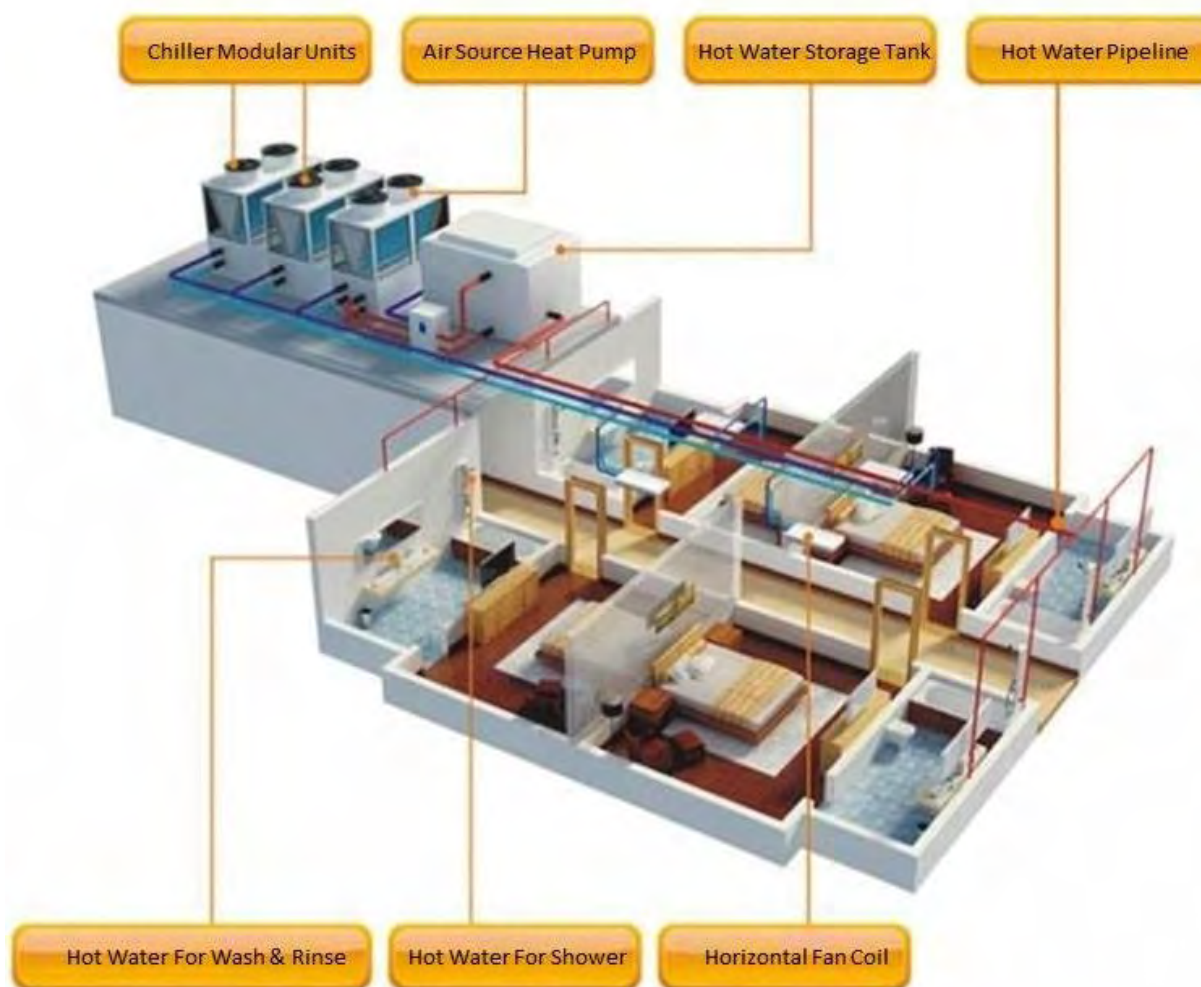
Οι κύριες κατηγορίες αντλιών θερμότητας είναι οι εξής:

- Αερόψυκτη αντλία θερμότητας
- Υδροψυκτη αντλία θερμότητας
- Γεωθερμική αντλία θερμότητας

7.2.1 Αερόψυκτη αντλία θερμότητας

Είναι η πιο διαδεδομένη αντλία θερμότητας η οποία χρησιμοποιεί τον εξωτερικό αέρα προκειμένου να κλιματίσει τον εσωτερικό χώρο. Υπάρχουν δύο κατηγορίες στις αερόψυκτες αντλίες: οι αντλίες αέρα-αέρα που παρέχουν ζεστό αέρα είτε κατευθείαν μέσα στο χώρο είτε τον διανέμουν με τη βοήθεια ανεμιστήρων σε όλο το κτίριο, οι αντλίες αέρα-νερού οι οποίες χρησιμοποιούνται για να παρέχουν θερμότητα με τη μορφή υγρού σε καλοριφέρ ή σωλήνες θέρμανσης κάτω από το πάτωμα και για να παρέχουν επίσης ζεστό νερό χρήσης. Οι αερόψυκτες αντλίες είναι οι πιο φθηνές και πιο εύκολες στην εγκατάσταση σε σχέση με τις υπόλοιπες, έχουν λίγες απαιτήσεις συντήρησης και δεν μολύνουν το περιβάλλον. Η σχηματική τοποθέτηση μιας αντλίας αέρα-αέρα παρουσιάζεται στην Εικόνα 15.

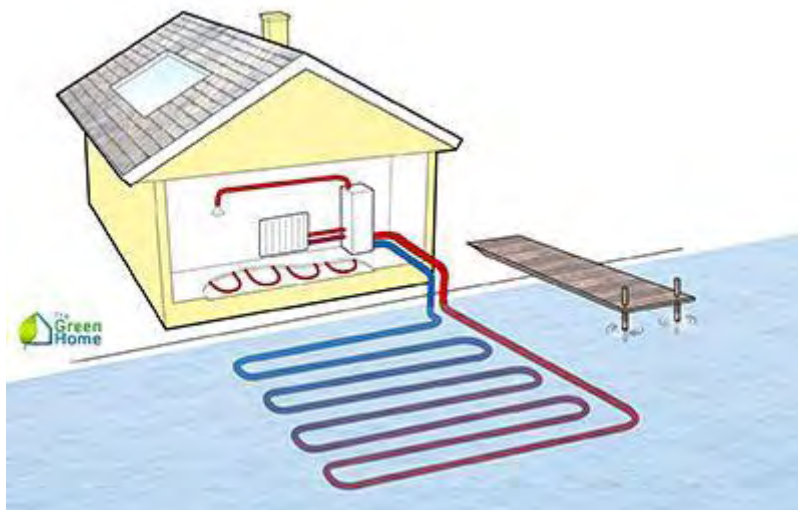
Commercial Air Source Heat Pump Hot Water System



Εικόνα 15 Αερόψυκτη αντλία θερμότητας

7.2.2 Υδροψυκτη αντλία θερμότητας

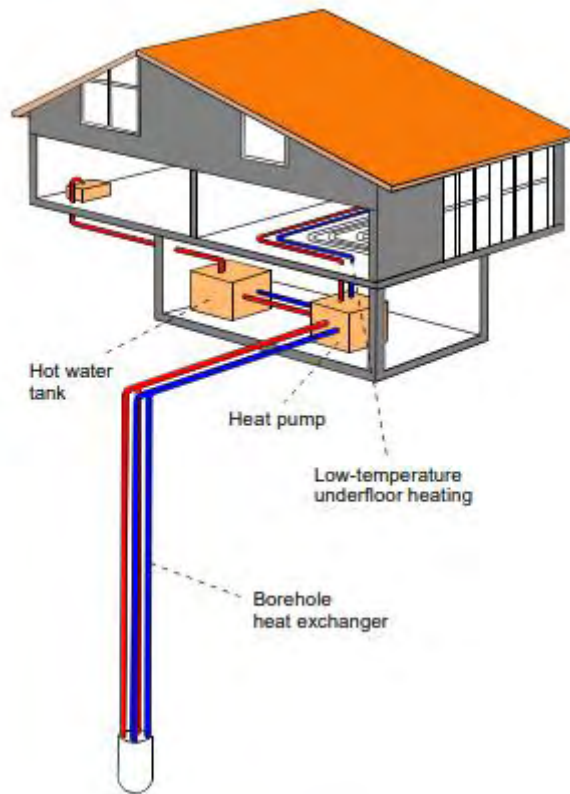
Οι υδροψυκτες αντλίες θερμότητας δεν εκμεταλλεύονται την εξωτερική θερμοκρασία του αέρα προκειμένου να ζεστάνουν το ψυκτικό υγρό αλλά διάφορες φυσικές πηγές νερού, όπως λίμνες, ποτάμια, πηγάδια, γεωτρήσεις κλπ, όπως παρατηρείται στην Εικόνα 16. Η εκμετάλλευση του νερού μπορεί να γίνει με δύο τρόπους, είτε κατευθείαν τοποθετώντας εναλλάκτες θερμότητας και σωληνώσεις με το ψυκτικό υγρό μέσα στην πηγή, είτε τραβώντας νερό και περνώντας το από την αντλία ώστε να γίνει η ανταλλαγή θερμότητας, το οποίο στη συνέχεια επιστρέφει πίσω. Οι υδροψυκτες αντλίες είναι αρκετά αποδοτικές, ήσυχες στη λειτουργία τους, με μικρή συντήρηση, χρειάζονται όμως εγγύηση πως θα έχουν συνεχή τροφοδότηση νερού, κίνδυνο καταστροφής αν βρίσκονται σε ποτάμι ή λίμνη και απαραίτητη άδεια λόγω της χρήσης δημόσιας πηγής νερού.



Εικόνα 16 Υδροψυκτική αντλία θερμότητας

7.2.3 Γεωθερμική αντλία θερμότητας

Θεωρείται η πλέον πιο αποδοτική και “πράσινη” αντλία θερμότητας, καθώς θεωρείται ένα είδος ανανεώσιμης ενέργειας. Χρησιμοποιεί το υπέδαφος ή υπόγειους υδάτινους πόρους όπου η θερμοκρασία παραμένει σταθερή όλη τη διάρκεια του χρόνου, προκειμένου να ανταλλάξει θερμότητα και να εκτελέσει τις λειτουργίες της θέρμανσης και της ψύξης όπως προαναφέραμε. Οι σωλήνες τοποθετούνται είτε οριζόντια στο υπέδαφος (1 με 2 μέτρα βάθος), είτε κάθετα (50 με 100 μέτρα βάθος), είτε σε κάποιο πηγάδι. Η οριζόντια τοποθέτηση χωρίζεται, επίσης, σε δύο τύπους: την ευθεία και τη σπειροειδή συστοιχία. Ο τύπος εξαρτάται από το έδαφος, το πέτρωμα, τον χώρο που διατίθεται, το πόσο εύκολο και οικονομικό είναι να πραγματοποιηθεί γεώτρηση και εάν υπάρχει κάποια φυσική πηγή νερού στην τριγύρω περιοχή. Ο συντελεστής απόδοσης CoP μιας γεωθερμικής αντλίας κυμαίνεται μεταξύ 3 και 4. Μια γεωθερμική αντλία με την εκμετάλλευση γεώτρησης παρατηρείται στην Εικόνα 17. [14]



Εικόνα 17 Κάθετος τύπος γεωθερμικής αντλίας με γεώτρηση

7.3 Fan Coil Unit - FCU

Οι μονάδες Fan Coil είναι το τελευταίο κομμάτι του συνολικού κλιματιστικού συστήματος (HVAC) και παρέχει, μεταφέρει και εξάγει τον αέρα από το κτίριο, η μορφή του παρατηρείται στην Εικόνα 18. Οι FCU συνδέονται συνήθως με ένα ψύκτη νερού, αντλία θερμότητας ή ένα λέβητα νερού ώστε να κλιματίσουν και να αερίσουν αποδοτικά το χώρο στις ιδανικές συνθήκες άνεσης. Μία μονάδα αποτελείται μόνο από ένα ανεμιστήρα και τοποθετείται μέσα στο χώρο που πρόκειται να λειτουργήσουν είτε κάθετα στην οροφή, είτε όρθια πάνω στον τοίχο. Η ενεργοποίηση της λειτουργίας τους ελέγχεται είτε τοπικά από ένα θερμοστάτη που υπάρχει στο χώρο, είτε όπως συνηθίζεται τα τελευταία χρόνια στις μεγάλες εγκαταστάσεις, από σύστημα BMS. Στα θερμά, νότια κλίματα και σε κτίρια που διαθέτουν πολύ καλή θερμομόνωση οι FCU συνδέονται με αερόψυκτο ή υδρόψυκτο ψύκτη μέσω συστήματος 2-αντλιών. Σε αυτή την περίπτωση ο ψύκτης έχει τη δυνατότητα να λειτουργήσει είτε για ψύξη του χώρου, είτε για θέρμανση λειτουργώντας ως αντλία θερμότητας. Για περιοχές με πιο δυσμενείς συνθήκες, οι FCU συνδέονται με σύστημα 4-αντλιών τόσο σε ένα ψύκτη αλλά και σε ένα λέβητα θερμότητας, προκειμένου ο κλιματισμός του κτιρίου να ανταποκρίνεται στις καταστάσεις αποδοτικότερα. Οι μονάδες Fan Coil είναι εύκολες στην τοποθέτησή τους καθώς δεν διαθέτουν πολλά εξαρτήματα και σχετικά οικονομικές. Χρειάζονται, ωστόσο, συνεχή συντήρηση λόγω της συμπύκνωσης του αέρα που ψύχουν και μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να είναι θορυβώδη λόγω του ανεμιστήρα.[15]



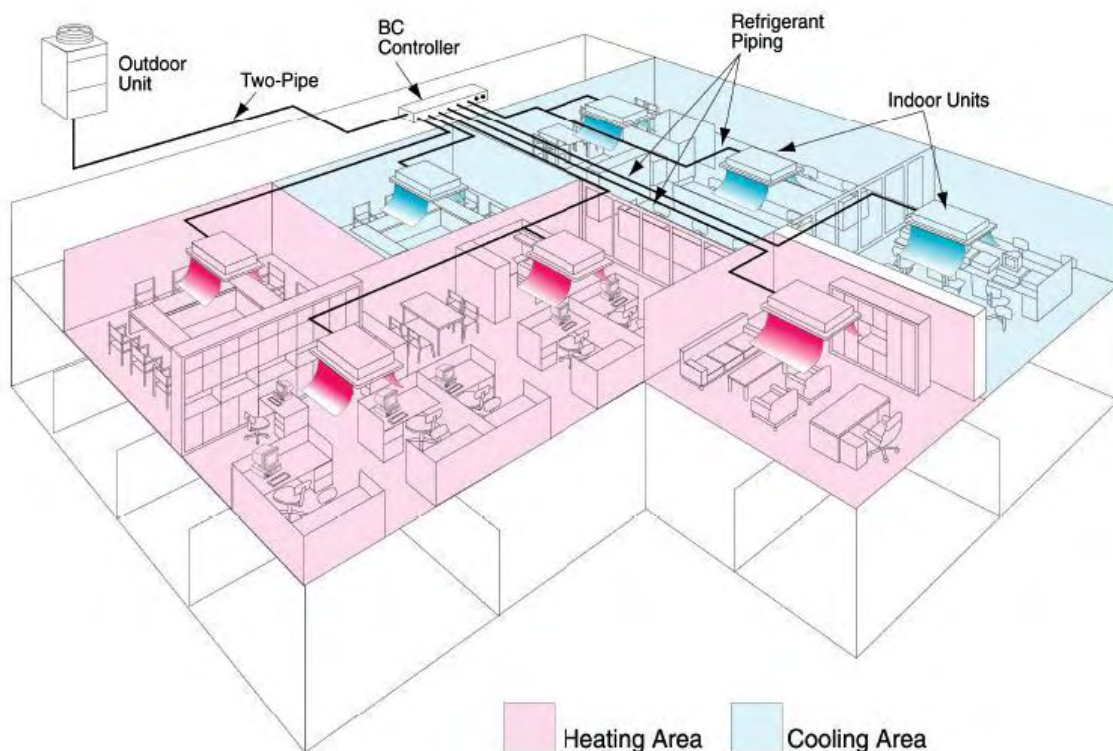
Εικόνα 18 Fan Coil Unit

7.4 Variable Refrigerant Flow - VRF

Η τεχνολογία VRF αναπτύχθηκε από την Ιαπωνική εταιρία παραγωγής συστημάτων HVAC Daikin, το 1982. Ωστόσο, είναι μια αρκετά εδραιωμένη τεχνολογία πάνω στην οποία παράγουν συστήματα αρκετές εταιρίες HVAC ανά τον κόσμο. Η Daikin για τα συστήματα της χρησιμοποιεί και τον όρο VRV (Variable Refrigerant Volume). Τα αρχικά VRF σημαίνουν Μεταβλητή ροή ψυκτικού υγρού κάτι που υποδηλώνει τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος. Μία μονάδα VRF αποτελείται από μία εξωτερική μονάδα συμπύκνωσης, ένα σύστημα αντλιών και τις τελικές εσωτερικές μονάδες εξαμισμού (συνήθως fan coil). Ένα ψυκτικό υγρό διατρέχει το σύστημα από την εξωτερική μονάδα προς τους εξαμιστές οι οποίοι συνήθως βρίσκονται σε διαφορετικές θερμικές ζώνες μέσα στο κτίριο. Αυτό το σύστημα παρέχει μεγάλη ελευθερία κινήσεων στον τρόπο λειτουργίας του κτιρίου, καθιστώντας το έτσι εξαιρετικά αποδοτικό. Ένα VRF μπορεί να λειτουργεί είτε ως σύστημα δύο αντλιών είτε ως σύστημα τριών αντλιών:

- Το σύστημα δύο αντλιών μπορεί να παρέχει ψύξη ή θέρμανση (ως αντλία θερμότητας) σε όλες τις θερμικές ζώνες του κτιρίου.
- Το σύστημα τριών αντλιών μπορεί να παρέχει ψύξη και θέρμανση ταυτόχρονα, θερμαίνοντας κάποιες ζώνες και ψύχοντας άλλες. Τη λειτουργία αυτή την επιτυγχάνει αξιοποιώντας την τεχνολογία ανάκτησης θερμότητας (heat recovery), δηλαδή, εξάγει θερμότητα από τις ζώνες που χρειάζονται ψύξη την οποία διαχέει στις ζώνες που απαιτούν θέρμανση. Παρόλο που η ανάκτηση θερμότητας έχει μεγαλύτερο αρχικό κόστος τοποθέτησης, είναι μια αρκετά ενεργειακά αποδοτική τεχνολογία με χαμηλό κόστος χρήσης.

Τα συστήματα VRF είναι κατάλληλα για κτίρια με πολλούς χώρους οι οποίοι χρειάζονται διαφορετική διαχείριση στον κλιματισμό τους, όπως τα ξενοδοχεία όπου μπορεί κάποια δωμάτια να είναι άδεια και να μην χρειάζονται κλιματισμό ενώ οι κοινόχρηστοι χώροι να απαιτούν μεγάλα φορτία. Επίσης, ο εξοπλισμός τους δεν καταλαμβάνει πολύ χώρο, κυρίως η μονάδα συμπύκνωσης στο δώμα, όπως παρουσιάζεται και στην Εικόνα 19.



Εικόνα 19 Σύστημα VRF με διαφορετικούς χώρους για θέρμανση και ψύξη

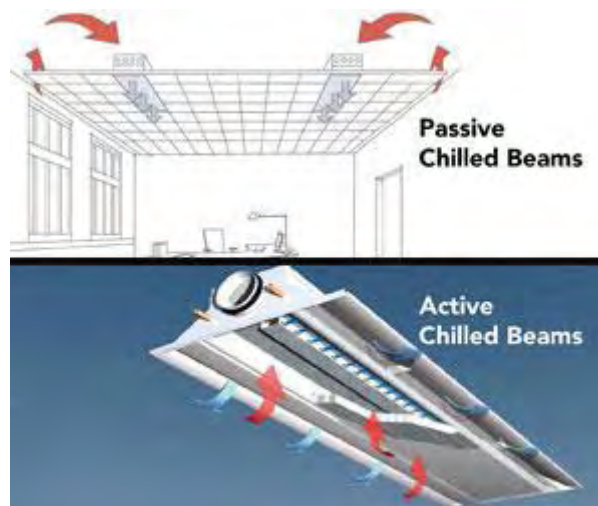
7.5 Σύστημα “ψυχρών δοκών” (chilled beams)

Το σύστημα “ψυχρών δοκών” (chilled beams) αποτελεί μία κατηγορία συστημάτων με νερό. Τοποθετείται στην οροφή του δωματίου και αποτελείται από δύο εναλλάκτες θερμότητας που είναι τοποθετημένοι μέσα σε ένα μεταλλικό πλαίσιο, όπως στην Εικόνα 20. Ο τρόπος λειτουργίας τους χωρίζεται σε δύο κατηγορίες: τα παθητικά και τα ενεργητικά συστήματα.

- Τα παθητικά λειτουργούν ανεξάρτητα από το κεντρικό σύστημα κλιματισμού και βασίζονται στη ροή του αέρα μέσα από τους εναλλάκτες. Καθώς ο αέρας του χώρου θερμαίνεται και γίνεται πιο ελαφρύς, ανεβαίνει σιγά σιγά προς την οροφή δωματίου, όπου μπαίνει στα συστήματα “ψυχρών δοκών” ψύχεται από τους εναλλάκτες και επιστρέφει στο χώρο με μικρότερη θερμοκρασία και συνεπώς βαρύτερος οπότε και πέφτει προς τα κάτω. Το παθητικό σύστημα δεν είναι ικανό να αερίσει με φρέσκο αέρα, να θερμάνει και να ρυθμίσει την υγρασία σε ένα χώρο, για αυτό και χρησιμοποιείται μόνο τους καλοκαιρινούς μήνες για τα φορτία ψύξης.

- Τα ενεργητικά συστήματα έχουν αντίστοιχη λειτουργία, ωστόσο αποτελούν μέρος του μηχανικού κλιματισμού του κτιρίου. Νωπός αέρας μεταδίδεται στο σύστημα μέσω του κεντρικού συστήματος κλιματισμού του κτιρίου, δημιουργείται υποπίεση στο πλαίσιο με αποτέλεσμα να απορροφάται ο αέρας του χώρου και να διέρχεται από τους εναλλάκτες. Το τελικό μίγμα των δύο ποσοτήτων αέρα, του νωπού και του χώρου, εξάγεται πίσω στο χώρο από τη βάση του πλαισίου. Το ενεργητικό σύστημα αποτελεί μέρος του συνολικού κλιματιστικού συστήματος έχοντας τη δυνατότητα πέρα από τον αερισμό και την ψύξη ακόμα και να προσφέρει φορτία θέρμανσης σε ένα χώρο. Σε πιο εξελιγμένα συστήματα μπορούν ακόμα να συμπεριληφθούν και φώτα, ηχεία, αισθητήρες και καλωδιώσεις.

Τα συστήματα “ψυχρών δοκών” θεωρούνται πιο αποδοτικά από τα κλασικά συστήματα κλιματισμού καθώς οι ψυκτικές αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούν έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης. Επίσης, έχουν λίγα ανεξάρτητα μέρη κάτι το οποίο κάνει τα συστήματα να είναι αθόρυβα και να χρειάζονται μικρή συντήρηση. Ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι ότι γίνονται κομμάτι της οροφής πράγμα που επιτρέπει στο σχεδιαστή να τα εναρμονίσει αισθητικά με το υπόλοιπο περιβάλλον του χώρου. Ωστόσο, τέτοια συστήματα είναι ακριβά και αρκετά περίπλοκα στην εγκατάσταση τους απαιτώντας αρκετό χώρο και δυνατή κατασκευή ψευδοροφής.



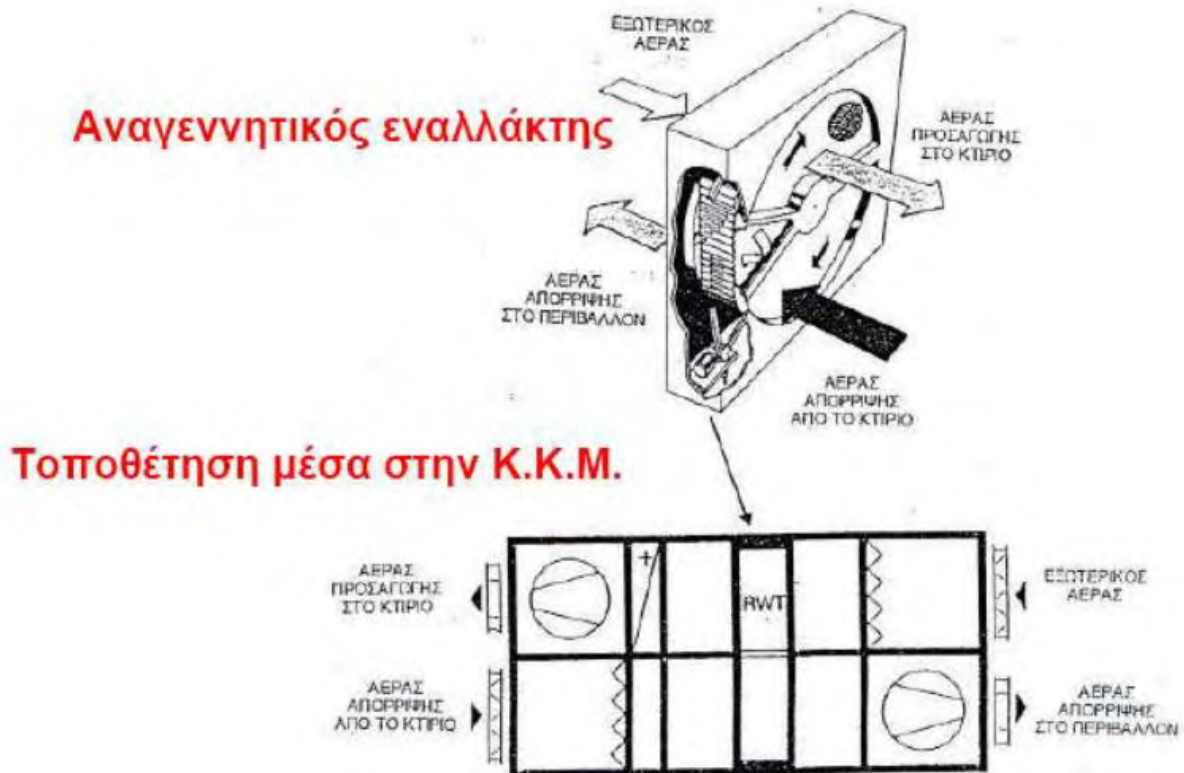
Εικόνα 20 Συστήματα ψυχρών δοκών

7.6 Ανάκτηση Θερμότητας - Heat Recovery

Ανάκτηση θερμότητας ονομάζεται η διαδικασία κατά την οποία συλλέγεται και επαναχρησιμοποιείται η θερμότητα που παράγεται από οποιαδήποτε λειτουργία η οποία σε διαφορετική περίπτωση θα χανόταν. Η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος σε ένα κτίριο μπορεί να μειώσει την συνολική κατανάλωση ενέργειας και ως αποτέλεσμα να μειώσει το κόστος λειτουργίας και την εκπομπή ρύπων. Το σύστημα ανάκτησης θερμότητας λειτουργεί ανάμεσα σε δύο χώρους στο κτίριο οι οποίοι έχουν θερμοκρασιακή διαφορά. Καθώς εισάγεται νωπός αέρας στο σύστημα προθερμαίνεται από την ανάκτηση που έχει προηγηθεί με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ενθαλπία του, προτού ο αέρας αυτός διοχετευτεί στον χώρο που απαιτεί θέρμανση ή στην κλιματιστική μονάδα που είναι υπεύθυνη για τη θέρμανση και την

ύγρανση του αέρα αυτού. Αντίστοιχα γίνεται και όταν απαιτείται ψύξη στο χώρο με αφαίρεση θερμότητας αυτή τη φορά. Ως αποτέλεσμα τα ποσά της ενέργειας που απαιτούνται για τη θέρμανση ή ψύξη του αέρα είναι μικρότερα καθώς η θερμοκρασία του εισαγόμενου αέρα είναι πιο κοντά στην επιθυμητή λόγω της προθέρμανσης του. Το ποσοστό θερμότητας που έχουν τη δυνατότητα να ανακτήσουν τέτοια συστήματα κυμαίνεται από 60% μέχρι 95%. Τα περισσότερα κτίρια που ξοδεύουν ενέργεια για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό ή για κάποιο άλλο βιομηχανικό σκοπό έχουν το πλεονέκτημα να επωφεληθούν από την εγκατάσταση κάποιου συστήματος ανάκτησης θερμότητας.[16]

Μια κατηγορία συστημάτων ανάκτησης θερμότητας των οποίων η χρήση έχει αυξηθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια είναι αυτή του αναγεννητικού εναλλάκτη (rotary wheel exchanger). Ο αναγεννητικός εναλλάκτης είναι ένας δίσκος ο οποίος περιστρέφεται με αρκετά αργό ρυθμό, 5 με 10 στροφές το λεπτό, αποτελείται από ένα κατάλληλο πορώδες υλικό το οποίο έχει την ικανότητα να κατακρατάει τη θερμότητα, σε πολλές περιπτώσεις και την υγρασία, ο αέρας που το διαπερνά προέρχεται από δύο κατευθύνσεις, από τη μία είναι ο αέρας που απορρίπτεται από το κτίριο και οδηγείται προς τον εξωτερικό χώρο και από την άλλη έρχεται ο νωπός αέρας από το εξωτερικό περιβάλλον. Το πλεονέκτημα του αναγεννητικού εναλλάκτη συγκριτικά με τα κλασικά συστήματα ανάκτησης θερμότητας, είναι πως το μέγεθος του είναι αρκετά μικρότερο και επιλέγεται σε κτίρια που δεν υπάρχει μεγάλη ευελιξία χώρου στην τοποθέτηση της κλιματιστικής μονάδας ή σε κλιματιστικές που είναι ήδη τοποθετημένες. Στην Εικόνα 21 φαίνεται ένας αναγεννητικός εναλλάκτης και ο τρόπος που τοποθετείται μέσα σε μια κεντρική κλιματιστική μονάδα.



Εικόνα 21 Αναγεννητικός εναλλάκτης και θέση του στην ΚΚΜ

7.7 Αερισμός

Ο αερισμός είναι ένα πολύ σημαντικό κομμάτι κατά τη σχεδίαση ενός κτιρίου. Αυτό που εννοούμε με τον όρο αερισμό είναι πολύ απλά η ανανέωση του εσωτερικού αέρα του κτιρίου με νωπό, φρέσκο αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον. Η διαδικασία αυτή βοηθά στη διατήρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας στα κατάλληλα επίπεδα, ανανεώνει το οξυγόνο στο χώρο, αποβάλλει τα οποιαδήποτε μόρια σκόνης, μυρωδιών και επιβλαβών αερίων έχουν συσσωρευτεί και τέλος βελτιώνει τις συνθήκες άνεσης για τους χρήστες. Η επίτευξη της ανανέωσης του αέρα πραγματοποιείται με δύο τρόπους, με το φυσικό αερισμό και με τον μηχανικό αερισμό. Με τη χρήση φυσικών μέσων η ανανέωση του αέρα είναι διαρκής ανεξαρτήτως ώρας μέσα στη μέρα, ενώ σε αντίθεση ο μηχανικός αερισμός λειτουργεί μόνο όταν στο κτίριο βρίσκονται μέσα άτομα, δηλαδή στις ώρες λειτουργίας του.

Με βάση τον Κ.Εν.Α.Κ. στη σχετική οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. οι απαιτήσεις σε νωπό αέρα για κάθε κατηγορία κτιρίου, ανάλογα με τη χρήση του, καθορίζονται ώστε να καλύπτουν τον ελάχιστο απαιτούμενο αερισμό ($m^3/h/άτομο$), αναλογικά με την πυκνότητα του πληθυσμού ($άτομα/m^2$) ανά χρήση κτιρίου. Παρακάτω ακολουθεί ο τύπος με βάση τον οποίο υπολογίζονται οι εναλλαγές αέρα που απαιτούνται σε ένα χώρο:

$$\text{εναλλαγές αέρα (ac/h)} = \frac{\text{νωπός αέρας ανά τετραγωνικό (m}^3\text{/h/m}^2\text{)} * \text{τετραγωνικά (m}^2\text{)}}{\text{όγκος κτιρίου (m}^3\text{)}}$$

7.7.1 Φυσικός αερισμός

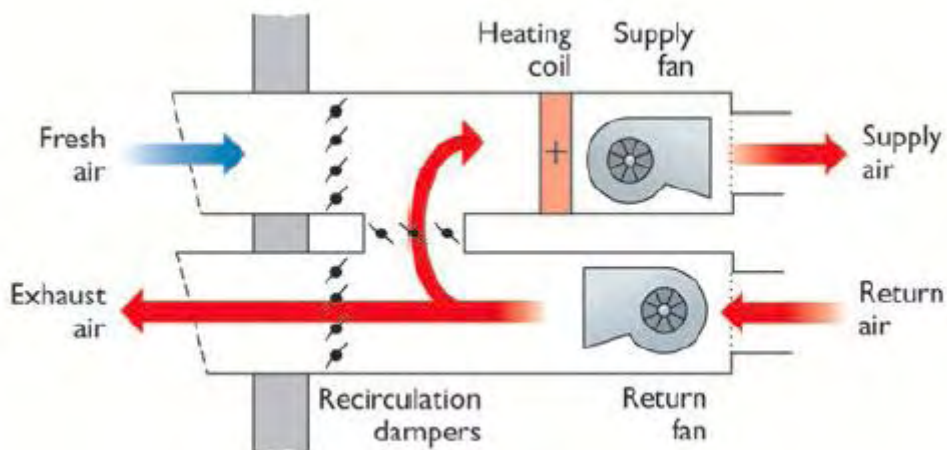
Ο αερισμός με φυσικά μέσα αξιοποιώντας τις περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής είναι η πρώτη και φθηνότερη επιλογή κατά τη διάρκεια της μελέτης του κτιρίου. Η επίτευξη του γίνεται είτε με τη χρήση των υφιστάμενων ανοιγμάτων (κουφώματα, πόρτες), είτε με τοποθέτηση ανοιγμάτων στο κέλυφος του κτιρίου καθαρά και μόνο για να επιτελούν τη λειτουργία του αερισμού. Ο φυσικός αερισμός χωρίζεται σε δύο κατηγορίες:

- Ο αέρας διατρέχει το κτίριο υποβοηθούμενος από τον άνεμο και βασιζόμενος στη διαφορά πίεσης μεταξύ της μιας πλευράς του κτιρίου, όπου η πίεση είναι μεγαλύτερη και εισέρχεται ο αέρας, όπου ύστερα βγαίνει από την πλευρά του κτιρίου όπου η πίεση είναι μικρότερη.
- Αέρας μικρής θερμοκρασίας εισέρχεται στο κτίριο από χαμηλούς ορόφους, εξαιτίας των φορτίων που υπάρχουν μέσα, εξοπλισμός, κάτοικοι, θερμαντικά σώματα, ο αέρας αυτός θερμαίνεται με αποτέλεσμα να γίνεται λιγότερο πυκνός άρα και πιο ελαφρύς και επομένως ανεβαίνει ψηλότερα στο κτίριο και αποβάλλεται από την οροφή.

Ωστόσο, παρόλα τα οφέλη του ο φυσικός αερισμός έχει κάποιες δυσκολίες στην εφαρμογή του. Όσο μεγαλύτερο είναι ένα κτίριο τόσο πιο περίπλοκη είναι η εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας, η πολύπλοκη γεωμετρία και η κατανομή των ανοιγμάτων παίζουν, επίσης, σημαντικό ρόλο.

7.7.2 Μηχανικός αερισμός

Σε περιπτώσεις κτιρίων, κυρίως τριτογενούς τομέα, όπου ο φυσικός αερισμός δεν είναι ικανός να καλύψει όλες τις ανάγκες ανανέωσης αέρα εγκαθίσταται και σύστημα μηχανικού αερισμού. Σημαντικός παράγοντας στην επιλογή τέτοιου αερισμού είναι ο εξωτερικός θόρυβος και η μόλυνση που μπορεί να έχει ο αέρας αν το κτίριο βρίσκεται μέσα σε μεγάλη πόλη ή δίπλα σε δρόμο, όπως επίσης και το θέμα ασφάλειας καθώς ο φυσικός αερισμός βασίζεται στο άνοιγμα των παραθύρων. Έτσι, λοιπόν, ο μηχανικός αερισμός χρησιμοποιεί ένα σύστημα αγωγών οι οποίοι διατρέχουν όλο το κτίριο και με τη βοήθεια ανεμιστήρων ανακυκλώνουν τον αέρα μέσα σε κάθε χώρο. Στην Εικόνα 22 φαίνεται η λειτουργία που επιτελεί το σύστημα του μηχανικού αερισμού όπως και ο τρόπος που ο αέρας κυκλοφορεί. Η τεχνολογία προσφέρει, επίσης, και κάποια φορτία θέρμανσης ή ψύξης μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας από τα κλιματιστικά. Τα συστήματα μηχανικού αερισμού εκμεταλλεύονται πολλές φορές και την τεχνολογία ανάκτησης θερμότητας. Απορροφούν τη θερμότητα από το ζεστό αέρα που ανακυκλώνουν και την μεταφέρουν στον χώρο που χρειάζεται φορτία θέρμανσης, κάνοντας έτσι το κτίριο πολύ πιο αποδοτικό.



Εικόνα 22 Σύστημα μηχανικού αερισμού

8. FineGreen – Energy Plus

Η εταιρεία 4M δημιουργήθηκε το 1986 και παρέχει Τεχνικό Λογισμικό αφοσιωμένο στην κτιριακή μελέτη τόσο στην εγχώρια όσο και στην παγκόσμια αγορά. Τα προγράμματα που παράγει είναι σχεδιασμένα πάνω στην τεχνολογία BIM (Building Information Modeling) με αποτέλεσμα να παρέχουν πλήρη σχεδιαστική αυτονομία και ενοποιημένο περιβάλλον σχεδίασης και υπολογισμών.

Πάνω στην ίδια φιλοσοφία δημιουργήθηκε και το πρόγραμμα FineGreen με το οποίο ασχολούμαστε στην παρούσα διπλωματική. Αποτελεί μια μηχανή ενεργειακής ανάλυσης και προσομοίωσης κτιρίων (GUI) βασισμένο πάνω στον κώδικα του EnergyPlus. Το FineGreen προσφέρει ένα συμβατικό περιβάλλον (interface) στο χρήστη όμοιο με παρόμοια αρχιτεκτονικά προγράμματα (AutoCAD) ώστε να είναι προσιτό στη χρήση του από την πρώτη στιγμή. Επιτρέπει το άνοιγμα αρχιτεκτονικών αρχείων τύπου DWG και IFC πηγαίνοντας, ωστόσο, ένα βήμα παραπέρα παρέχοντας τη δυνατότητα στον χρήστη να επεξεργαστεί σε 3D μοντέλο το κτίριο. Το πρόγραμμα διαθέτει ενημερωμένες βιβλιοθήκες δομικών στοιχείων με λεπτομερή υλικά τοιχοποιίας, μονώσεων και ανοιγμάτων βασισμένα στο πρότυπο ASHRAE 90.1. Αφού ο χρήστης δημιουργήσει το 3D μοντέλο του κτιρίου με τα κατάλληλα δομικά στοιχεία που επιθυμεί, στη συνέχεια έχει τη δυνατότητα να προσαρμόσει τον τρόπο με τον οποίο θα λειτουργεί το κτίριο στο διάστημα ενός χρόνου. Αναλυτικότερα, το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα για την εγκατάσταση στο κτίριο του επιθυμητού HVAC συστήματος, διαμόρφωση του τρόπου και του ωραρίου λειτουργίας τόσο του κτιρίου όσο και των εσωτερικών συστημάτων του διαλέγοντας το κατάλληλο schedule, προσαρμογή του φωτισμού και γενικότερα όλα τα φορτία που υπάρχουν και καταναλώνουν ενέργεια σε ένα κτίριο. Στόχος είναι μετά από την προσαρμογή όλων των παραμέτρων, ο χρήστης να προσομοιώνει τη λειτουργία του κτιρίου για διάστημα μέχρι ενός έτους. Έτσι, με βάση τους πίνακες και τα γραφήματα των αποτελεσμάτων που παράγονται με το πρότυπο ενεργειακής αξιολόγησης LEED, προσφέρεται μια σφαιρική αλλά λεπτομερής περιγραφή του τρόπου με τον οποίο θα λειτουργεί το κτίριο. Με βάση τις ενεργειακές καταναλώσεις και τις απώλειες που προκύπτουν από τις αναλύσεις έχει τη δυνατότητα ο χρήστης να τροποποιήσει το μοντέλο και να διαμορφώσει διάφορα σενάρια λειτουργίας προκειμένου να διαμορφώσει ένα βέλτιστο ενεργειακό σχεδιασμό βασισμένο στις ανάγκες του κτιρίου. Όλα αυτά διαμορφώνουν ένα απόλυτα ικανοποιητικό λογισμικό κατάλληλο για χρήση του από αρχάριους, πρωτοεισαγμένους στον κλάδο της ενεργειακής ανάλυσης μελετητές μέχρι επαγγελματίες, καταξιωμένους ενεργειακούς επιθεωρητές. Στη συνέχεια της παρούσας διπλωματικής γίνεται εκτενέστερη ανάλυση του προγράμματος με διαμόρφωση σεναρίων λειτουργίας.

Το Energy+ είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα λογισμικά ενεργειακής προσομοίωσης κτιρίων. Η δημιουργία του ξεκίνησε το 1996 από το τμήμα ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών (Department of Energy - DOE). Το Energy+ βασίστηκε πάνω σε δύο άλλα λογισμικά τα οποία κατασκευάζονταν στις ΗΠΑ εκείνη την περίοδο, το BLAST και το DOE-2, τα οποία ωστόσο δεν συνεχίστηκαν. Σκοπός του λογισμικού είναι να δημιουργήσει και να οργανώσει προγραμματιστικά εργαλεία σε ενότητες ώστε να είναι πιο εύκολη η χρήση τους. Το Energy+ είναι αποκλειστικά ο κώδικας πάνω στον οποίο πραγματοποιούνται οι προσομοιώσεις των κτιρίων και δεν διαθέτει γραφικό περιβάλλον. Συνεπώς, λογισμικά τρίτων εταιρειών χρησιμοποιούνται ώστε να είναι πιο φιλική προς το χρήστη η λειτουργία του, όπως FineGreen, Design Builder. Πρακτικά, το Energy+ είναι πρόγραμμα θερμικής προσομοίωσης το οποίο

επιτρέπει την ανάλυση της ενέργειας και των θερμικών φορτίων σε ένα κτίριο, χρησιμοποιείται από μηχανικούς, αρχιτέκτονες και μελετητές για να μετρήσουν τον τρόπο χρήσης της ενέργειας και του νερού στο κτίριο για μία χρονική διάρκεια. Οι προσομοιώσεις περιλαμβάνουν μοντέλα για τη θέρμανση, την ψύξη, το φωτισμό, τον αερισμό και λοιπές ροές ενέργειας και νερού.[17]

8.1 Το Κτίριο Μελέτης - Γηροκομείο Ερατώ

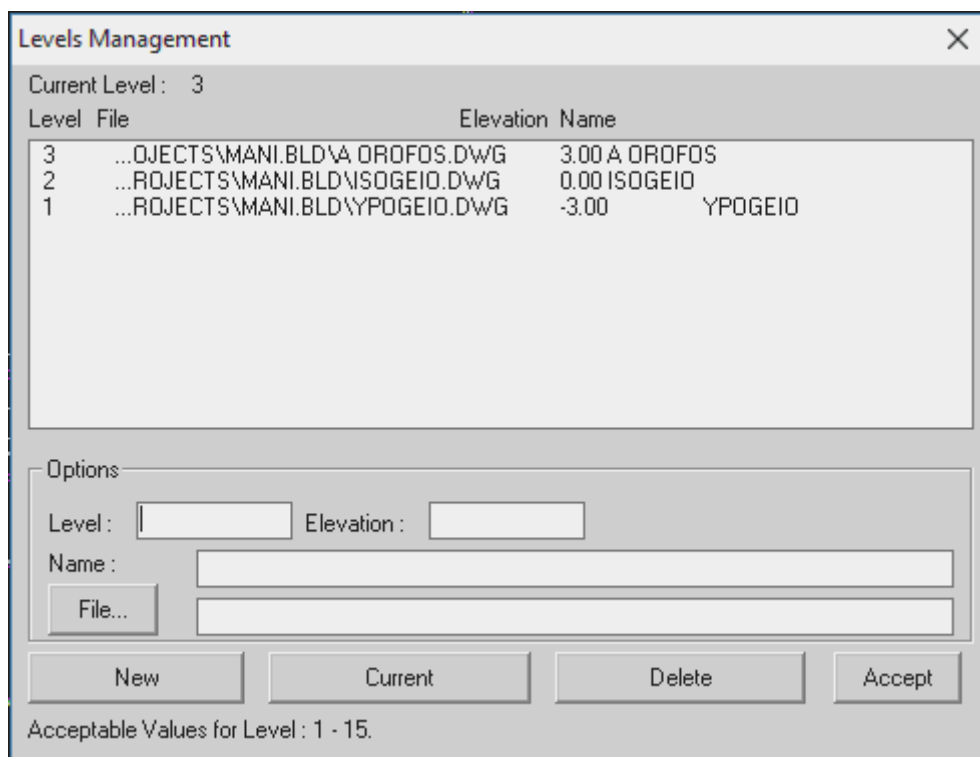
Το κτίριο πάνω στο οποίο βασίστηκε η μελέτη της παρούσας διπλωματικής είναι το κτίριο Υγείας και Φροντίδας ηλικιωμένων, Ερατώ. Βρίσκεται ανατολικά του Βόλου στην περιοχή Μαλάκι, Μαγνησίας, η πρόσοψη του φαίνεται στην Εικόνα 23. Είναι ένα σχετικά “νέο” κτίριο, το οποίο χτίστηκε και λειτουργεί ως γηροκομείο από το 2005. Βρίσκεται δίπλα στη θάλασσα με γεωγραφικό υψόμετρο όχι μεγαλύτερο των 11 μέτρων και αποτελείται από τρεις ορόφους (υπόγειο, ισόγειο, α' όροφος). Η έκτασή του κτιρίου καταλαμβάνει 3112,95 τετραγωνικά μέτρα.



Εικόνα 23 Το γηροκομείο Ερατώ

8.2 Ξεκινώντας

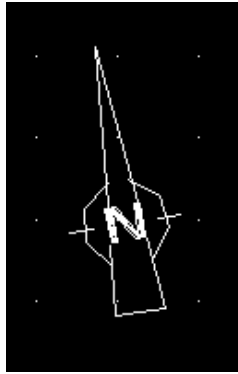
Η μελέτη του κτιρίου ξεκινάει από τα αρχιτεκτονικά σχέδια τα οποία έχουμε παραλάβει σε μορφή DWG. Σκοπός μας είναι να τα εισάγουμε στο FineGreen δημιουργώντας ένα νέο project. Πρώτο μας μέλημα είναι το να θέσουμε τα σωστά στοιχεία για τον κάθε όροφο. Συνεπώς, ορίζουμε τους ορόφους του κτιρίου μας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 24, το νούμερο που τους ορίζει από τον χαμηλότερο προς τον ψηλότερο (υπόγειο: level 1, ισόγειο: level 2, α' όροφος: level 3) και ανάλογα το ύψος τους σε σχέση με το έδαφος και μεταξύ τους (υπόγειο: elevation -3.00, ισόγειο: elevation 0.00, α' όροφος: elevation 3.00).



Εικόνα 24 Ορισμός ορόφων

Μετά το πέρας αυτής της διαδικασίας το πρόγραμμα έχει δημιουργήσει σε δισδιάστατη μορφή το κτίριο μας το οποίο εμείς στη συνέχεια καλούμαστε να το κάνουμε τρισδιάστατο. Πριν προχωρήσουμε, όμως, σε αυτό το βήμα πρέπει πρώτα να συμπληρώσουμε μερικά βασικά ορίσματα, καίρια για την απόδοση των τελικών προσομοιώσεων.

Πρώτα πρέπει να δηλώσουμε τον προσανατολισμό του κτιρίου, όπως στην Εικόνα 25, είτε με βάση αυτόν που υπάρχει στα αρχιτεκτονικά σχέδια, είτε με βάση τη γνώση-μελέτη που έχουμε για το κτίριο. Η δήλωση του προσανατολισμού είναι ένα από τα βασικότερα στάδια σε μία ενεργειακή ανάλυση, καθώς συμπεριφέρεται διαφορετικά η ανατολική πλευρά ενός κτιρίου όπου ο ήλιος το "χτυπάει" όλο το πρωί σε σχέση με τη βόρεια πλευρά όπου οι ακτίνες του ήλιου μπορεί να μην πέφτουν ποτέ πάνω της άμεσα. Το κτίριο μας έχει βόρειο και ελαφρώς δυτικό προσανατολισμό.



Εικόνα 25 Προσανατολισμός κτιρίου

Επόμενο βήμα είναι η δήλωση των τοπικών και συνεπώς καιρικών μεταβλητών για τη μελέτη μας. Καθώς το λογισμικό FineGreen χρησιμοποιεί τις βιβλιοθήκες του Energy+ αντίστοιχα και η τοποθεσία επιλέγεται μέσα από αυτές που υπάρχουν στη βιβλιοθήκη του προγράμματος. Στο πρόγραμμα, βέβαια, δεν υπάρχει σαν τοποθεσία το Μαλάκι, Μαγνησίας όπου βρίσκεται το υφιστάμενο κτίριο αλλά ούτε και η πόλη του Βόλου, που είναι η κοντινότερη μεγάλη πόλη στο κτίριο. Επομένως, σαν τοποθεσία επιλέχθηκε η Αθήνα, καθώς η Αττική βρίσκεται στην ίδια κλιματική ζώνη με τη Μαγνησία και ως αποτέλεσμα οι μετρήσεις μας θα είναι αρκετά αντιπροσωπευτικές με τις πραγματικές συνθήκες. Η επιλογή τοποθεσίας, επίσης, ορίζει και την αντίστοιχη ζώνη ώρας στην οποία βρισκόμαστε, διάρκεια ημέρας, ανατολή και δύση ηλίου, υψομετρική διαφορά από το επίπεδο της θάλασσας και τέλος απόσταση από τον Ισημερινό.

8.3 Κέλυφος Κτιρίου

Αφού θέσουμε τις βασικές παραμέτρους του κτιρίου επόμενο βήμα είναι η δημιουργία του κελύφους βάσει των αρχιτεκτονικών σχεδίων. Το λογισμικό παρέχει ένα μεγάλο εύρος διαφανών και αδιαφανών δομικών στοιχείων τα οποία μπορεί να χρησιμοποιήσει ο μελετητής προκειμένου να φτιάξει το ιδανικό κέλυφος με βάση τις συνθήκες της περιοχής. Στην παρούσα διπλωματική τα δομικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν επιλέχθηκαν με βάση αυτά που τοποθετήθηκαν στην πραγματικότητα στο υφιστάμενο κτίριο χωρίς να γίνουν κάποιες αλλαγές.

Η τοιχοποιία μας, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 26, αποτελείται από πέντε στρώματα δομικών υλικών. Από την εξωτερική πλευρά του τοίχου προς τα μέσα έχουμε:

1. Επικάλυψη σοβά ή γυψοσανίδας 2 εκατοστών
2. Τούβλο πάχους 9 εκατοστών
3. Μόνωση διογκωμένης πολυστερίνης (φελιζόλ), πυκνότητας 24kg/m^3 , πάχους 8 εκατοστών
4. Τούβλο πάχους 9 εκατοστών
5. Επικάλυψη σοβά ή γυψοσανίδας 2 εκατοστών

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U factor) υπολογίστηκε από το πρόγραμμα με βάση τις βιβλιοθήκες της ASHRAE για τα δομικά υλικά και ορίστηκε στην τιμή $0.369\text{ (W/m}^2\text{K)}$. Τέλος,

επιλέχθηκαν κάποιες τιμές για την αντίσταση του αέρα ως προς την διάδοση της θερμότητας μέσα από τα δομικά υλικά. Οι τιμές αυτές αναφέρονται και ως R-Value, όσο μεγαλύτερη είναι η R-Value τόσο μεγαλύτερο είναι το εμπόδιο στη διείσδυση της θερμότητας. Η τιμή εσωτερικά του τοίχου με βάση την ASHRAE επιλέχθηκε στο 0.110 (m^2K/W) και εξωτερικά του τοίχου στο 0.040 (m^2K/W), για μονάδες SI.

[-] General	
Name	TOIXOS
Category	ASHRAE-Walls
Type	Construction
Source	
U factor	0.369
[-] Layers	
Number of Layers	5
[-] Outer Layer	
	Gypsum or plaster board
	0.0200
[-] Layer 2	
	Brick
	0.0900
[-] Layer 3	
	Insulation: Expanded polystyrene - molded beads -...
	0.0800
[-] Layer 4	
	Brick
	0.0900
[-] Inner Layer	
	Gypsum or plaster board
	0.0200
[-] Air film resistance	
Inside air film resistance	0.110
Outside air film resistance	0.040

Εικόνα 26 Υλικά της τοιχοποιίας

Στη συνέχεια πρέπει να δηλώσουμε τα φέροντα στοιχεία του κτιρίου μας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 27. Σε αυτά συγκαταλέγονται οι κολώνες και τα δοκάρια Εικόνα 27. Το φέρον στοιχείο αποτελείται από:

1. Τσιμέντο πάχους 20,32 εκατοστών
2. Μόνωση πάχους 10,85 εκατοστών
3. Γυψοσανίδα πάχους 1,27 εκατοστά

Ως αποτέλεσμα στο φέρον στοιχείο προκύπτει συντελεστής θερμοπερατότητας (U factor) με τιμή 0,24 (W/m^2K). Οι τιμές αντίστασης αέρα στη διείσδυση θερμότητας R-Value διαμορφώνονται στις τιμές 0,120 (m^2K/W) εσωτερικά και 0,030 (m^2K/W) εξωτερικά. Όλες οι τιμές υπολογίζονται σύμφωνα με το πρότυπο 90,1 της ASHRAE και μετριοούνται σε μονάδες SI.

[-] General	
Name	Wall Mass R-22.0 (3.87) U-0.042 (0.24) no frame R-...
Category	ASHRAE-Walls
Type	Construction
Source	ASHRAE Standard 90.1 (Appendix A)
U factor	0.24
[-] Layers	
Number of Layers	3
[-] Outer Layer	8 in. Concrete (MW 115 lb/ft3 concrete Block-Partl... 0.2032
[-] Layer 2	Insulation board-Mass Walls 0.1085
[-] Inner Layer	Gypsum board 0.0127
[-] Air film resistance	
Inside air film resistance	0.120
Outside air film resistance	0.030

Εικόνα 27 Υλικά φέροντος στοιχείου

Εν συνεχεία, σειρά στην παραμετροποίηση έχουν τα ανοίγματα του υπό μελέτη κτιρίου, δηλαδή οι πόρτες και τα παράθυρα. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 28, για τις πόρτες επιλέχθηκε η κατηγορία FG-Door από τη βιβλιοθήκη του FineGreen με τις παρακάτω παραμέτρους:

1. Εξωτερικό layer μεταλλική επιφάνεια πάχους 2 χιλιοστών
2. Μόνωση πάχους 2.54 εκατοστών

Με βάση αυτά η πόρτα αποδίδει συντελεστή θερμοπερατότητας (U factor) με τιμή 0.969 (W/m²K). Οι τιμές αντίστασης αέρα στη διείσδυση θερμότητας R-Value διαμορφώνονται στις τιμές 0,120 (m²K/W) εσωτερικά και 0,030 (m²K/W) εξωτερικά.

Για τα παράθυρα ορίστηκε τύπος υαλού 6 χιλιοστών από τη βιβλιοθήκη του Energy+, όπως βλέπουμε και στην Εικόνα 29. Αποδίδει συντελεστή θερμοπερατότητας (U factor) με τιμή 5.778 (W/m²K).

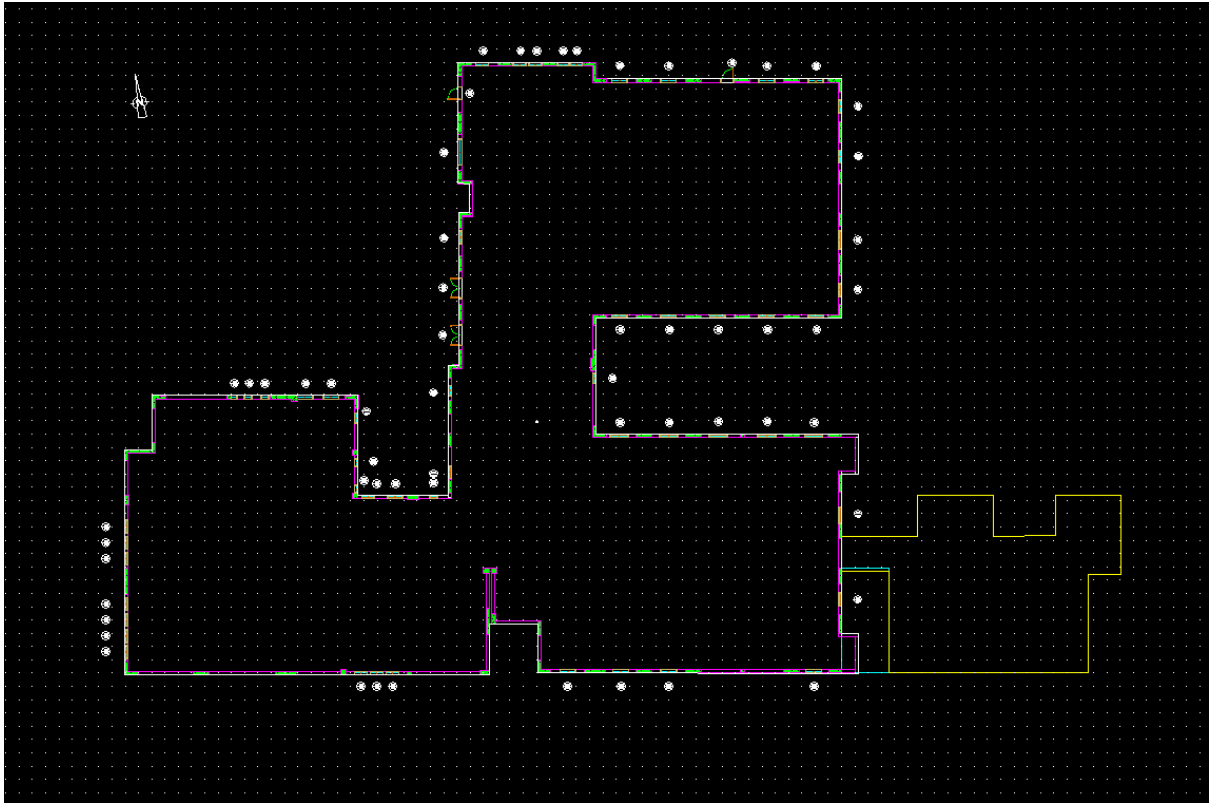
[-] General	
Name	external door
Category	FG-Door
Type	Construction
Source	FINEGREEN
U factor	0.969
[-] Layers	
Number of Layers	2
[-] Outer Layer	
	Metal surface
	0.0020
[-] Inner Layer	
	Insulation board
	0.0254
[-] Air film resistance	
Inside air film resistance	0.120
Outside air film resistance	0.030

Εικόνα 28 Παράμετροι εξωτερικής πόρτας

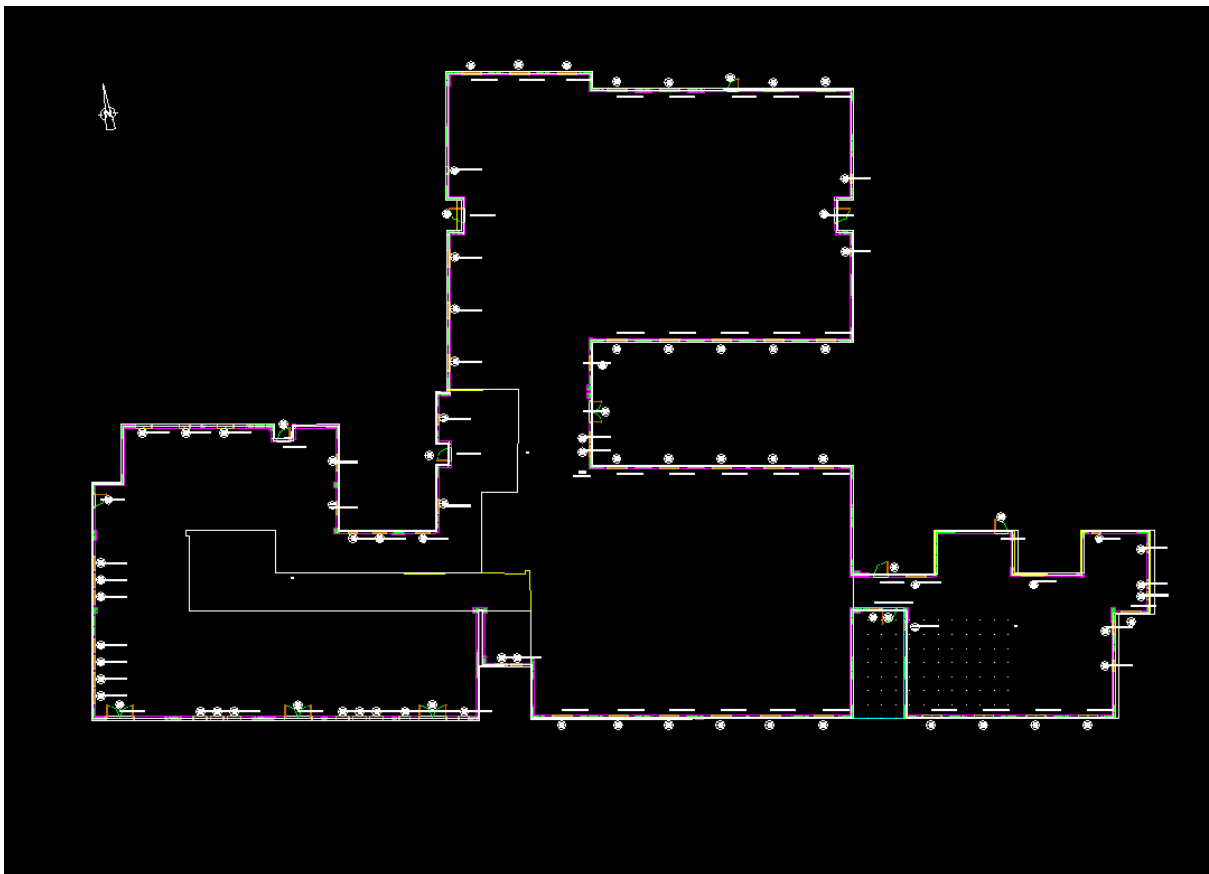
[-] General	
Name	Sgl Blue 6mm
Category	e+-Opening (Single Glazing)
Type	Glazing
Definition method	Layered
Source	e+
U factor	5.778
[-] Layers	
Number of Layers	1
[-] Single Layer	
	BLUE 6MM
	0.0060 <Using default>

Εικόνα 29 Παράμετροι εξωτερικών παραθύρων

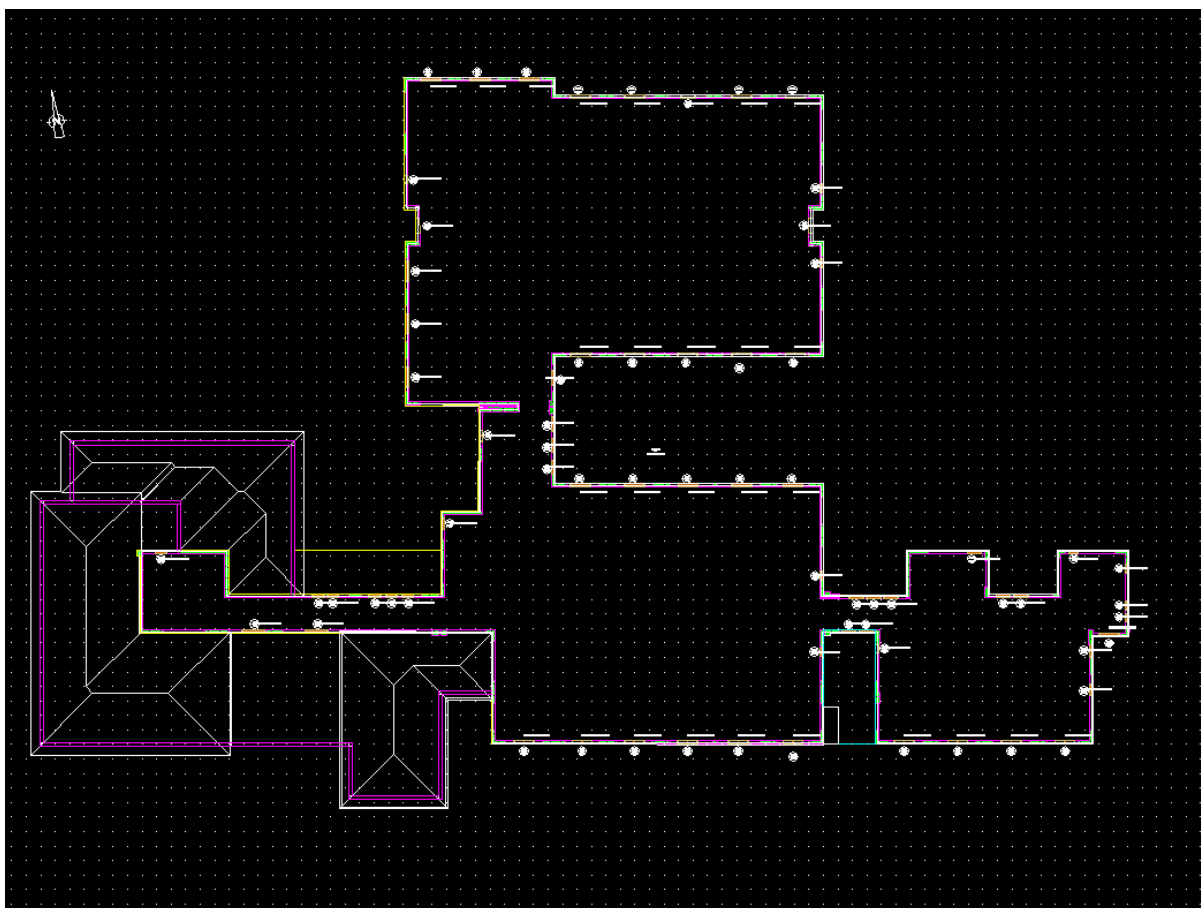
Αφού συμπληρωθούν οι παραπάνω παράμετροι και συμπληρωθούν κατάλληλα πάνω στο υπό μελέτη κτίριο με βάση τα αρχιτεκτονικά σχέδια, προκύπτουν οι νέες κατόψεις του κτιρίου όπως αυτές δημιουργούνται από το κέλυφος. Στις Εικόνες 30, 31 και 32 φαίνονται οι κατόψεις όπως αυτές δημιουργήθηκαν με βάση τις βιβλιοθήκες του FineGreen.



Εικόνα 30 Κάτοψη υπογείου

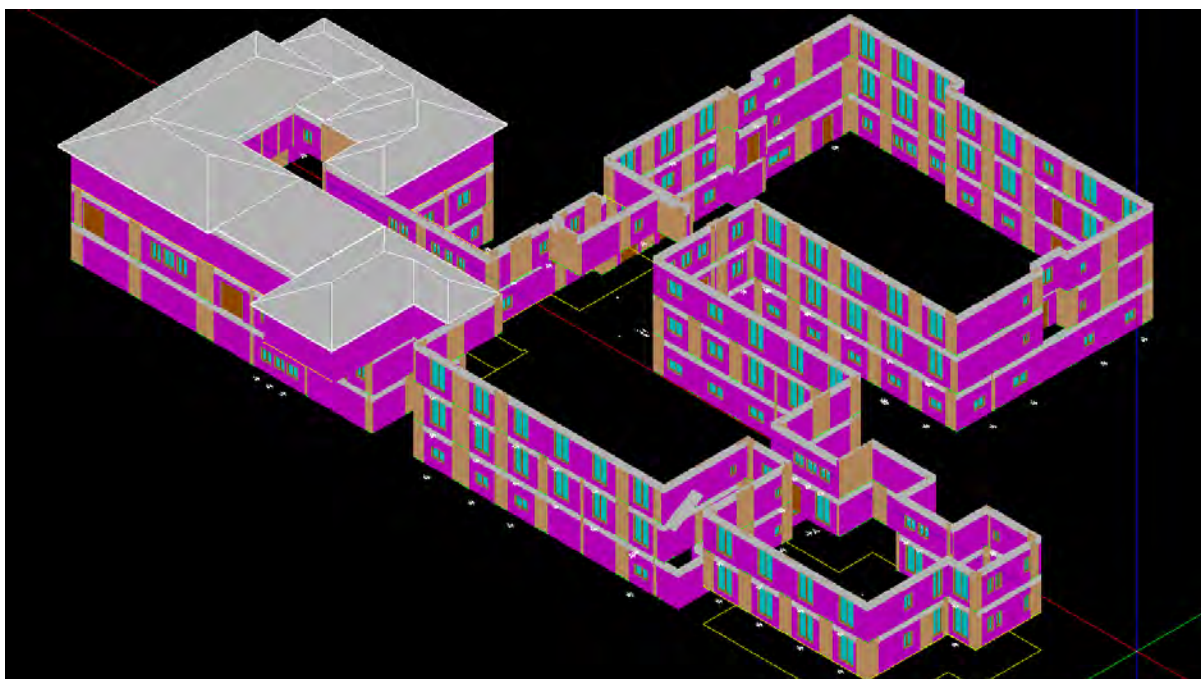


Εικόνα 31 Κάτοψη ισογείου



Εικόνα 32 Κάτοψη α' ορόφου

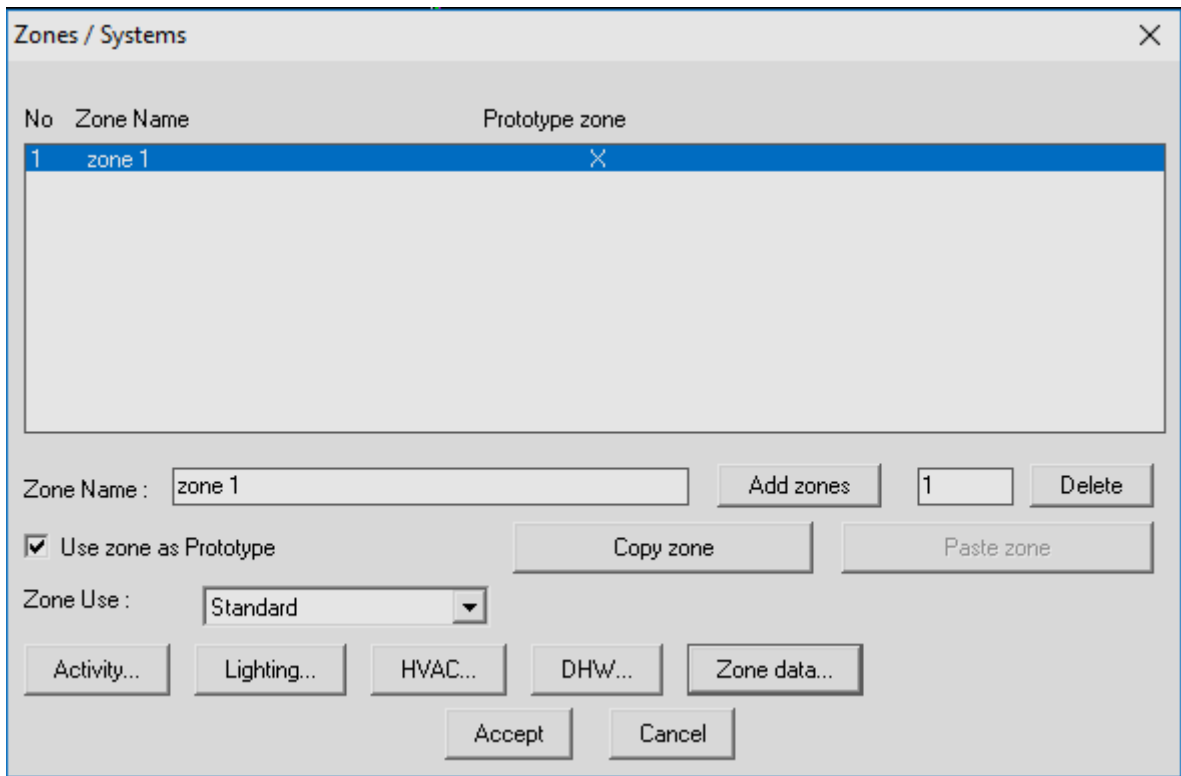
Έχοντας ολοκληρώσει επιτυχώς όλα τα προαναφερθέντα βήματα έχουμε πλέον τη δυνατότητα να δημιουργήσουμε την τρισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου μας. Στην Εικόνα 33 μπορούμε να δούμε πως θα είναι η τελική όψη του κτιρίου. Στα ανοιχτά σημεία του τελευταίου ορόφου έχει επιλεγεί οροφή για τις μελέτες ώστε το κέλυφος να κλείνει για κάθε σημείο του, η οποία ωστόσο παραλείπεται από την αρχιτεκτονική όψη.



Εικόνα 33 3D view

8.4 Θερμικές Ζώνες

Αφού ολοκληρώσουμε το χτίσιμο του κτιρίου σειρά έχει ο προσδιορισμός των θερμικών ζωνών του, όπως αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Η χρήση του υπό μελέτη κτιρίου απευθύνεται σε γηροκομείο στο οποίο η αξιοποίηση των επιμέρους χώρων του δεν έχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους. Υπάρχουν και στα τρία επίπεδα δωμάτια ενοίκων, γραφεία προσωπικού και λοιποί χώροι γενικής χρήσης. Επομένως, κάθε χώρος του κτιρίου έχει τις ίδιες ανάγκες σε κλιματισμό για κάθε ώρα της ημέρας. Θεωρήθηκε σκόπιμο με βάση αυτές τις παραμέτρους να δημιουργηθεί μία θερμική ζώνη με τα ίδια χαρακτηριστικά για όλη την κτιριακή έκταση, όπως λειτουργεί άλλωστε και στην πραγματικότητα, η είσοδος στο λογισμικό φαίνεται στην Εικόνα 34. Η θερμική ζώνη ονομάστηκε “zone 1”, ορίστηκε η χρήση της ως standard, δηλαδή να κλιματίζει όλο τον χώρο που της έχει οριστεί και περιλαμβάνει έκταση 3112.95 τετραγωνικών μέτρων, όση και η έκταση του κτιρίου.



Εικόνα 34 Θερμική ζώνη κτιρίου

8.5 Σενάρια Λειτουργίας

Σκοπός αυτής της διπλωματικής είναι η προσομοίωση της λειτουργίας του κτιρίου μέσα από διάφορα σενάρια και η ανάλυση των αποτελεσμάτων. Αυτό μας βοηθάει τόσο στο να αναγνωρίσουμε το υπό μελέτη κτίριο και πως αυτό συμπεριφέρεται κατά στη διάρκεια ενός έτους, όπως επίσης και πως αλλάζουν οι καταναλώσεις σε διάφορες αλλαγές που κάνουμε στις παραμέτρους λειτουργίας. Οι προσομοιώσεις ξεκινούν με τη βασική λειτουργία (default) η οποία και έχει εγκατασταθεί στο πραγματικό κτίριο. Στη συνέχεια οι αλλαγές που κάνουμε αφορούν τα συνολικά φορτία που επιφέρουν καταναλώσεις, όπως μείωση πληθυσμού, συσκευών, κατανάλωσης νερού, αλλαγή στην κλιματιστική μονάδα άρα και στον τρόπο που λειτουργεί το κτίριο και αλλαγή των χρονοδιαγραμμάτων (schedules) κατά τα οποία το κτίριο μας πρέπει να λειτουργεί ώστε να διατηρεί τις απαραίτητες συνθήκες άνεσης στους χρήστες του. Σε μερικές περιπτώσεις οι αλλαγές είναι αισθητές ενώ σε άλλες είναι πιο μικρές, πάντα όμως είναι σημαντική η καταγραφή τους καθώς στο τέλος ενός ημερολογιακού έτους η συνολική κατανάλωση φορτίου μπορεί να έχει σημαντικές διαφορές.

Οι μελέτες που πραγματοποιήθηκαν χωρίζονται σε τρία μέρη κάθε ένα εκφράζοντας τα δικά του αποτελέσματα.

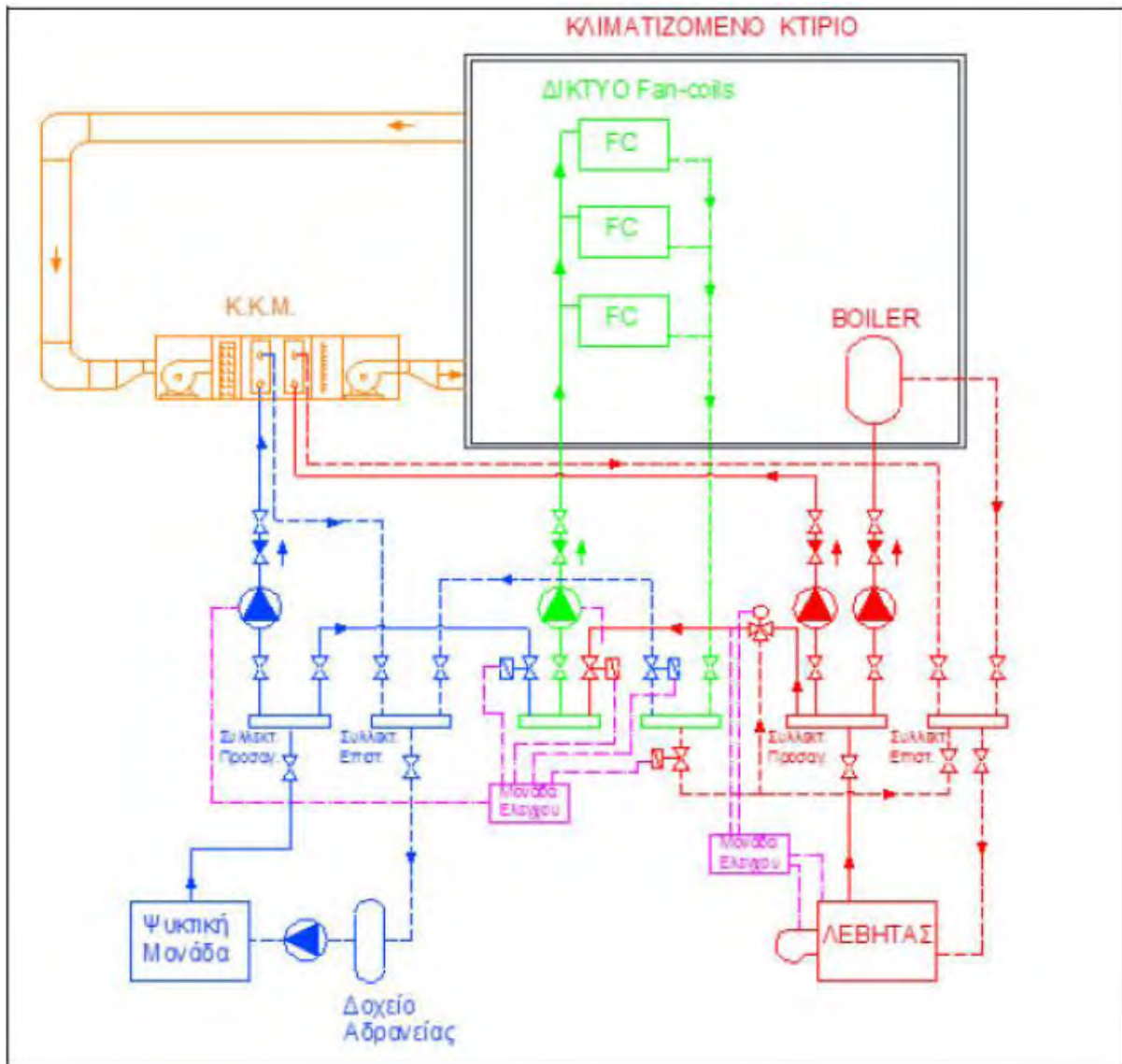
- Το *heating design* πραγματοποιείται για μία μέρα του χειμώνα αυτή με τις δυσμενέστερες καταστάσεις, η οποία επιλέγεται αυτόματα από το πρόγραμμα, και υποδηλώνει τις θερμικές απώλειες που θα έχει το κτίριο στη διάρκεια της ημέρας αυτής, απώλειες οι οποίες προέρχονται από το κέλυφος και τον αερισμό του κτιρίου

και οι οποίες πρέπει να καλυφθούν από το σύστημα θέρμανσης, μας δείχνει ακόμα τη θερμοκρασία εκείνης της ημέρας τόσο εκτός όσο και εντός κτιρίου.

- Το *cooling design* από την άλλη παίρνει μία θερινή ημέρα με τις υψηλότερες θερμοκρασίες σύμφωνα με το πρόγραμμα και αναλύει αντίστοιχα τα φορτία που θα υπάρχουν εκείνη την ημέρα. Μας υποδεικνύει τις απώλειες αν υπάρχουν και κυρίως τα κέρδη από το κέλυφος της ημέρας, τη διακύμανση της θερμοκρασίας, τα επίπεδα της υγρασίας και τέλος τη μέση κατανάλωση που πρέπει να έχει το σύστημα ψύξης ώστε να αντισταθμίσει τα φορτία αυτά με βάση τις συνθήκες άνεσης και υγείας.
- Το *simulation* είναι αυτό που δείχνει τα πιο αναλυτικά και αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα και πάνω στο οποίο βασιζόμαστε για τις όποιες αλλαγές θέλουμε να κάνουμε. Όπως υποδηλώνει και η ονομασία του είναι η προσομοίωση της λειτουργίας του κτιρίου για όποιο διάστημα επιθυμούμε, έχει τη δυνατότητα να προσομοιώσει ένα κτίριο για ένα ολόκληρο χρόνο. Στην παρούσα διπλωματική αποφασίστηκε να γίνει μια αντιπροσωπευτική προσομοίωση για μία μέρα του χειμώνα και για μία του καλοκαιριού, μέρες οι οποίες θα έχουν τις δυσμενέστερες καταστάσεις. Οι μέρες αυτές, ύστερα από σύγκριση αποτελεσμάτων, αποδείχθηκαν να είναι η 16 Φεβρουαρίου για τη χειμερινή ανάλυση και η 7 Αυγούστου για την καλοκαιρινή ανάλυση. Η προσομοίωση γίνεται με βήμα μίας ώρας για όλο το 24ωρο και μας παραθέτει όλες τις αναλύσεις σχετικά με τις καταναλώσεις που έχει το κτίριο, από το κέλυφος του μέχρι τις συσκευές που υπάρχουν.

8.6 Σενάριο 1 - Default

Το πρώτο σενάριο που χρησιμοποιήθηκε στο κτίριο είναι και το βασικό πάνω στο οποίο συγκρίθηκαν και οι υπόλοιπες μελέτες στη συνέχεια. Τα συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την περίπτωση είναι αντιπροσωπευτικά με αυτά που υπάρχουν και στο εν λειτουργία κτίριο, για αυτό και χρησιμοποιήθηκε ως υπόβαθρο για τις αναλύσεις μας. Ως σύστημα κλιματιστικής μονάδας χρησιμοποιήθηκε: Λέβητας Πετρελαίου για τη θέρμανση, Αερόψυκτος Ψύκτης για τα φορτία ψύξης και μονάδες Fan Coil για τη μετάδοση της θερμότητας στο κτίριο (Fan Coil Units, Boiler - Diesel, Air-Cooled Chiller). Στην Εικόνα 35 μπορούμε να δούμε τη γραφική απεικόνιση ενός τέτοιου συστήματος και πως ενώνονται τα επιμέρους στοιχεία.



Εικόνα 35 Διάγραμμα συστήματος λέβητα, αερόψυκτου ψύκτη, fcu

Αναλυτικότερα, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 34 παραπάνω, πρέπει να συμπληρώσουμε τις βασικές παραμέτρους του κτιρίου οι οποίες βρίσκονται στις καρτέλες: Activity data, Lighting, HVAC, DHW και Zone data.

8.6.1 Χαρακτηριστικά του κτιρίου

Activity data:

Ξεκινώντας, στην καρτέλα Activity data τοποθετούνται οι βασικές τιμές για το κτίριο, όπως πληθυσμός, ωράρια λειτουργίας, θερμοκρασίες. Αρχικά, επειδή δεν υπάρχει πρότυπο σενάριο για ένα κτίριο υγείας, αυτό που αντιπροσωπεύει περισσότερο τη λειτουργία του κτιρίου μας αποφασίστηκε πως είναι αυτό ενός κτιρίου γραφείων, βέβαια με αρκετές τροποποιήσεις στη συνέχεια. Με βάση τον Πίνακα 2.3 του Κ.Εν.Α.Κ. ο πληθυσμός ορίστηκε στα 22 άτομα ανά 100 τετραγωνικά μέτρα με χρονοδιάγραμμα βασισμένο στην ASHRAE Standard 90.1 για κτίρια υγείας. Στην καρτέλα Metabolic rate τα φορτία κάθε ατόμου ορίστηκαν

στα 80 W/άτομο, ως μία μέση κατάσταση καταναλώσεων ύπνου και μικρής δραστηριότητας. Η κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης υπολογίστηκε σύμφωνα με τον πίνακα 2.5 του Κ.Εν.Α.Κ. στα 11 lt/m²-ημέρα. Στη συνέχεια πρέπει να ορίσουμε τις μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες προκειμένου να διατηρούνται οι συνθήκες θερμικής άνεσης στο χώρο. Οι κατάλληλες τιμές θερμικής άνεσης σύμφωνα με τον Πίνακα 2.2 του Κ.Εν.Α.Κ. για τους χειμερινούς μήνες ορίζεται στους 20°C με setback στους 13°C, για τους καλοκαιρινούς μήνες η κατάλληλη θερμοκρασία ορίζεται στους 26°C με set back τους 32°C. Ακόμα, ορίζονται και οι επιθυμητές τιμές υγρασίας του χώρου οι οποίες δηλώθηκαν από 40% έως 50%. Για τις απαιτήσεις του νωπού αέρα σύμφωνα με τον Πίνακα 2.3 του Κ.Εν.Α.Κ., ανά άτομο απαιτούνται 2.0 lt/sec και ο μηχανικός αερισμός παρέχει ανά τετραγωνικό 0.3 lt/sec. Για το φωτισμό των χώρων ο Πίνακας 2.4 του Κ.Εν.Α.Κ. υποδηλώνει πως τα φώτα πρέπει να παρέχουν στάθμη φωτισμού 300 lux με 8.4 W/m². Υπολογιστές και εξοπλισμός γραφείου αγνοήθηκαν, αλλά υπολογίστηκαν γενικές καταναλώσεις συσκευών 7.50 W/m² με χρονοδιάγραμμα γραφείου. Τέλος, ορίστηκαν τα χρονοδιαγράμματα που θα ακολουθεί το κτίριο σε κατάσταση λειτουργίας. Έτσι, επιλέχθηκαν προγράμματα κτιρίου υγείας για τον αερισμό των χώρων, θέρμανση, ψύξη και γενικός φωτισμός με βάση το μοντέλο της ASHRAE 90.1, αδιάκοπη παροχή ζεστού νερού χρήσης και φωτισμός γραφείου σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα κατοικίας. Παρακάτω παρέχονται εικόνες των υπολογισμών που έγιναν στο activity data, Εικόνες 36, 37 και 38.

Activity template	
Template	Office Buildings - Office space
<input type="checkbox"/> Exclude zone from thermal calculations	
Floor Areas and Volumes	
Floor area (m2)	3112.95
Occupancy	
Density (people/m2)	0.2200
Schedule	AU-NCC_2016 Lighting Recepta...
Metabolic	
Metabolic rate per person (W/person)	80.000
Factor (men=1.00, women=0.85, children=0.75)	0.90
CO2 generation rate (m3/s-W)	0.0000000000
Clothing	
Winter clothing (clo)	1.00
Summer clothing (clo)	0.50
Generic Contaminant Generation	
<input type="checkbox"/> Generic contaminant generation/removal	
Generation	
Design generation rate (m3/s)	0.0000000000
Schedule	Off 24/7
Removal	
Design generation rate (m3/s)	0.0000000000
Schedule	
DHW	
Consumption Rate (l/m2-day)	11.000
Environmental Control	
Heating Setpoint Temperatures	
Heating (°C)	20.0
Heating set back (°C)	13.0

Εικόνα 36 Activity data a

[-] Cooling Setpoint Temperatures		
Cooling (°C)	26.0	
Cooling set back (°C)	32.0	
[-] Humidity Control		
RH Humidification Setpoint (%)	40.0	
RH Dehumidification Setpoint (%)	50.0	
[-] Ventilation Setpoint Temperatures		
[-] Natural Ventilation		
<input type="checkbox"/> Indoor Min Temperature Control		
Min Temperature (°C)	22.0	
<input type="checkbox"/> Indoor Max Temperature Control		
Max Temperature (°C)	100.0	
[-] Minimum Fresh Air		
Fresh Air (lt/s-person)	2.000	
Mech vent per area (lt/s-m ²)	0.300	
[-] Lighting		
Target Illuminance (lux)	300	
Default display lighting density (W/m ²)	8.4	
[-] Computers		
<input type="checkbox"/> On		
[-] Office Equipment		
<input type="checkbox"/> On		
[-] Miscellaneous		
<input checked="" type="checkbox"/> On		
Gain (W/m ²)	7.50	
Schedule	ASHRAE 90.1 Occupancy - Office	...
Fuel	Electricity	▼
Fraction loss	0.000	
Latent fraction	0.000	
Radiant fraction	0.200	

Εικόνα 37 Activity data b

[-] Catering		
<input type="checkbox"/> On		
[-] Process		
<input type="checkbox"/> On		
[-] Schedules		
Mechanical ventilation schedule	ASHRAE 90.1 Occupancy - Health	...
Auxiliary energy schedule	ASHRAE 90.1 Occupancy - Health	...
Natural ventilation schedule	ASHRAE 90.1 Occupancy - Health	...
Heating schedule	ASHRAE 90.1 HVAC Availability -
Cooling schedule	ASHRAE 90.1 HVAC Availability -
DHW schedule	On 24/7	...
General lighting schedule	ASHRAE 90.1 Lighting Receptad...	...
Task and display lighting schedule	Residential Occupancy	...

Εικόνα 38 Activity data c

Lighting:

Σειρά έχει ο ορισμός του φωτισμού του κτιρίου, όπως στην Εικόνα 39. Σαν πρότυπο επιλέχθηκε αυτό κοιτώνων πυροσβεστικού σταθμού καθώς η κατανάλωση που έχει ανταποκρίνεται περισσότερο στις ανάγκες του κτιρίου μας. Να διευκρινιστεί πως δεν τοποθετούνται φυσικά φωτιστικά στοιχεία στο κτίριο καθώς το μόνο που μας ενδιαφέρει είναι τα θερμικά κέρδη που προέρχονται από αυτά τα στοιχεία. Το schedule του φωτισμού είναι αυτό που ορίσαμε στο activity data, ορίζουμε πως θα γίνεται ο έλεγχος του φωτισμού (lighting control), αν έχει οριστεί κάποιος, στη μελέτη μας έχουμε γραμμικό έλεγχο (linear). Στην καρτέλα glare μπορούμε να ορίσουμε τα επίπεδα αντηλίας που εισέρχονται στο κτίριο τα οποία είναι στο 20% και στα πεδία lighting area 1 και 2 τις περιοχές όπου θα ελέγχεται ο φωτισμός, στην προκειμένη περίπτωση ελέγχεται όλος ο χώρος από έναν έλεγχο.

Lighting	
Lighting template	
Template	Building-Specific Space Fire Stat... ...
General lighting	
<input checked="" type="checkbox"/> On	
Normalised power density (W/m2-100lux)	0.9000
Schedule	ASHRAE 90.1 Lighting Receptade - ...
Luminaire type	Surface mount ▾
Radiant fraction	0.720
Visible fraction	0.180
Convective fraction	0.100
Lighting control	
<input checked="" type="checkbox"/> On	
Working plane height (m)	0.80
Control type	Linear ▾
Min output fraction	0.100
Min input power fraction	0.100
Glare	
Maximum allowable glare index	20.0
View angle rel. to y-axis (°)	0.0
Lighting Area 1	
% Zone covered by Lighting ar...	100.0
Lighting Area 2	
<input checked="" type="checkbox"/> Second lighting area	
Target illuminance (lux)	300
% Zone covered by Lightin...	0.0
Task and display lighting	
<input type="checkbox"/> On	
Schedule	Residential Occupancy

Εικόνα 39 Lighting template

HVAC:

Σειρά έχει ο ορισμός των στοιχείων σχετικά με την κλιματιστική μονάδα – HVAC, Εικόνες 40 και 41. Όπως προαναφέραμε ο κλιματισμός του κτιρίου πραγματοποιείται από έναν λέβητα πετρελαίου, ένα αερόψυκτο ψύκτη και η μετάδοση γίνεται από μονάδες Fan Coil. Ο μηχανικός αερισμός πραγματοποιείται για ολόκληρη τη θερμική ζώνη με 4 εναλλαγές αέρα την ώρα. Τα schedule όπως είπαμε σημειώνονται στο activity data και δεν ορίζεται η ανάκτηση θερμότητας (heat recovery), επεξεργάζεται σε επόμενο σενάριο. Για τη διαδικασία της θέρμανσης ο λέβητας καίει πετρέλαιο κάτι που του επιφέρει COP της τάξης του 0.9. Από την άλλη ο ψύκτης δουλεύει με ηλεκτρισμό ο οποίος δίνει COP 3.5. Η υψηλότερη θερμοκρασία που μπορεί να δώσει το σύστημα ώστε να επιταχυνθεί η θέρμανση του χώρου σε περιόδους βαρύ χειμώνα έχει οριστεί στους 35°C και αντίστοιχα η μικρότερη θερμοκρασία για την ψύξη του χώρου είναι στους 12°C. Η ενεργοποίηση της ύγρανσης ή αφύγρανσης του χώρου σύμφωνα με τις τιμές που ορίστηκαν στο activity data, πραγματοποιείται με τη βοήθεια υγρόμετρου. Ο φυσικός αερισμός δεν επιφέρει αποδοτικά φορτία στο κτίριο οπότε και δεν εφαρμόστηκε.

[-] HVAC Template	
Template	Fan Coil Unit+Boiler - Diesel + A... ...
[-] Mechanical ventilation	
<input checked="" type="checkbox"/> On	
Outside Air Definition Method	By Zone ▼
Outside Air (ac/h)	4.0
[-] Operation	
Schedule	ASHRAE 90.1 Lighting Receptade - ...
[-] Heat Recovery	
<input type="checkbox"/> On	
[-] Economiser	
Type	None ▼
[-] Auxiliary Energy	
Pump etc. energy (W/m2)	0.0000
Schedule	ASHRAE 90.1 Occupancy - Health
[-] Heating	
<input checked="" type="checkbox"/> Heated	
Fuel	Oil ▼
Heating system CoP	0.900
[-] Type	
[-] Supply Air Condition	
Maximum supply air temperature	35.00
Maximum supply air humidity	0.0156
HeatingLimitType	LimitCapacity ▼
[-] Operation	
Schedule	ASHRAE 90.1 Occupancy - Laboratory
[-] Cooling	
<input checked="" type="checkbox"/> Cooled	
Fuel	Electricity ▼
Cooling system CoP	3.500

Εικόνα 40 HVAC template a

Supply Air Condition	
Minimum Supply Air Temperature	12.00
Minimum Supply Air Humidity ratio	0.0077
CoolingLimitType	LimitFlowRateAndCapacity
Operation	
Schedule	AU-NCC_2016 Appliances and equip...
Humidity Control	
<input checked="" type="checkbox"/> Humidification	
Humidification control type	Humidistat
<input checked="" type="checkbox"/> Dehumidification	
Dehumidification control type	Humidistat
Natural Ventilation	
<input type="checkbox"/> On	

Εικόνα 41 HVAC template b

DHW:

Έχοντας ορίσει το βαθμό κατανάλωσης ζεστού νερού από το activity data, όπως επίσης και τις ώρες λειτουργίας του, στην καρτέλα DHW ορίζουμε τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του, Εικόνα 42. Καθώς υπάρχει λέβητας πετρελαίου στο κτίριο για τη θέρμανση, μπορεί να επιτελεί και τη διαδικασία θέρμανσης του ζεστού νερού. Επομένως επιλέγεται το ζεστό νερό να προέρχεται από τον κεντρικό μας λέβητα με τα χαρακτηριστικά που αυτός έχει (COP, fuel). Η θερμοκρασία του ζεστού νερού χρήσης ορίζεται στους 65°C, ενώ η κεντρική παροχή του δικτύου είναι στους 10°C. Τέλος έχουμε ορίσει το ζεστό νερό χρήσης να είναι διαθέσιμο όλες τις ώρες της ημέρας.

DHW	
<input checked="" type="checkbox"/> On	
DHW Template	Central heating boiler
Type	Dedicated hot water boiler
DHW CoP	0.9000
Fuel	Oil
Water Temperatures	
Delivery Temperature (°C)	65.00
Mains Supply Temperature (°C)	10.00
Operation	
Schedule	On 24/7

Εικόνα 42 DHW template

Zone data:

Τελευταία στον ορισμό στοιχείων αποτελούν αυτά για τη γενική συμπεριφορά της θερμικής μας ζώνης, Εικόνα 43. Η πρώτη επιλογή (constant rate) αναφέρεται στη φυσική διήθηση αέρα (απώλειες από χαραμάδες κλπ). Οι απώλειες αυτές είναι πολύ λιγότερες συγκριτικά με τον αέρα που διαχέεται λόγω μηχανικού αερισμού, συγκεκριμένα το ένα όγδοο (1/8) αυτών. Προφανώς επειδή είναι απώλειες δεν έχουν ωράριο λειτουργίας και είναι συνεχόμενες. Ο συντελεστής constant ορίζεται στη μονάδα (1).

The image shows a software dialog box titled "Zone data" with a close button (X) in the top right corner. The "General" tab is selected. The settings are as follows:

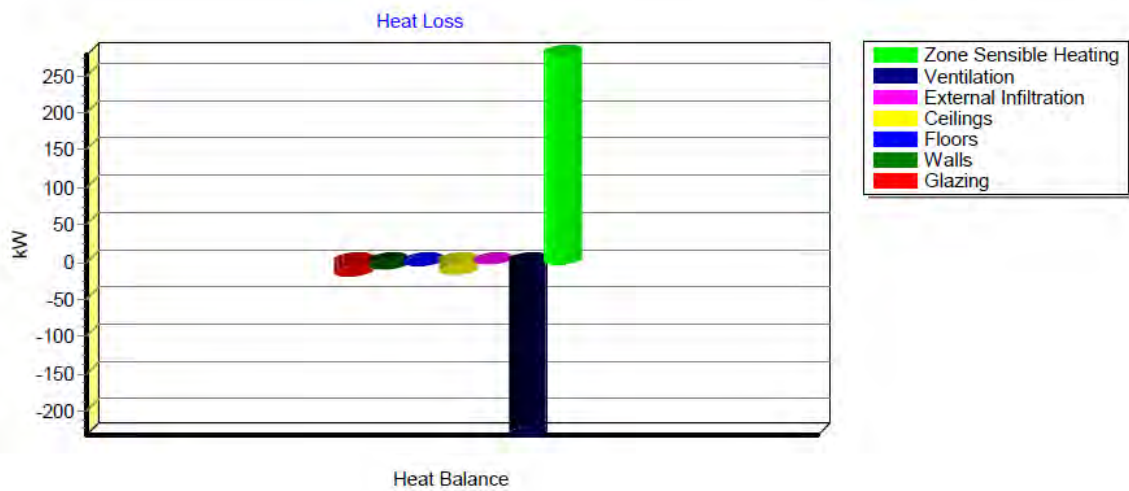
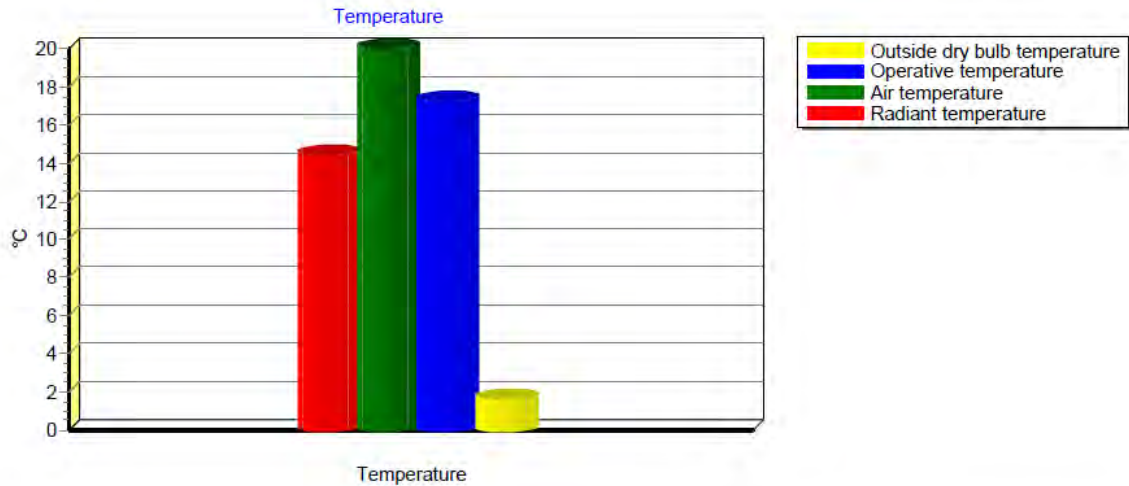
- Model Infiltration
- Constant rate (ac/h): 0.500
- Schedule: On 24/7
- Delta T and wind speed coefficients:
 - Constant: 1.000
 - Temperature: 0.000
 - Velocity: 0.000
 - Velocity squared: 0.000

At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancel" buttons.

Εικόνα 43 Zone data

8.6.2 Heating Design

Αφού πραγματοποιηθούν οι κατάλληλες παραμετροποιήσεις του συστήματος ήρθε η ώρα να εξάγουμε τα πρώτα αποτελέσματα της μελέτης. Εμφανίζοντας το heating design έχουμε τη δυνατότητα να αναλύσουμε τα αποτελέσματα τόσο σε μορφή γραφημάτων για να έχουμε μια γενική εντύπωση της λειτουργίας, αλλά και το αναλυτικότερο πίνακα με τις καταναλώσεις. Όπως διακρίνεται στις παρακάτω εικόνες, παρατηρούμε τις θερμοκρασίες που υφίστανται στο κτίριο τόσο λόγω του συστήματος λειτουργίας του όσο και της εξωτερικής θερμοκρασίας από μέτρηση ξηρού βολβού. Στο γράφημα θερμοκρασιών αναφέρονται οι μέσες τιμές θερμοκρασιών για τη διάρκεια μιας ημέρας, Εικόνα 44. Στο δεύτερο γράφημα εμφανίζονται τα μέσα θερμικά φορτία που υφίστανται στο κτίριο. Κάτω από τον άξονα του μηδέν διαφαίνονται οι απώλειες που πραγματοποιούνται πρώτον λόγω του κελύφους και δεύτερον λόγω του αερισμού και της εξωτερικής διήθησης αέρα. Από την πάνω μεριά του άξονα φαίνεται η ποσότητα των φορτίων που πρέπει να καλυφθεί από το σύστημα θέρμανσης στο χώρο προκειμένου να υπάρχει θερμική ισορροπία στο κτίριο (heat balance). Αναλυτικότερα τα ποσά ενέργειας φαίνονται στο πλέγμα του heating design (grid) στον Πίνακα 3.



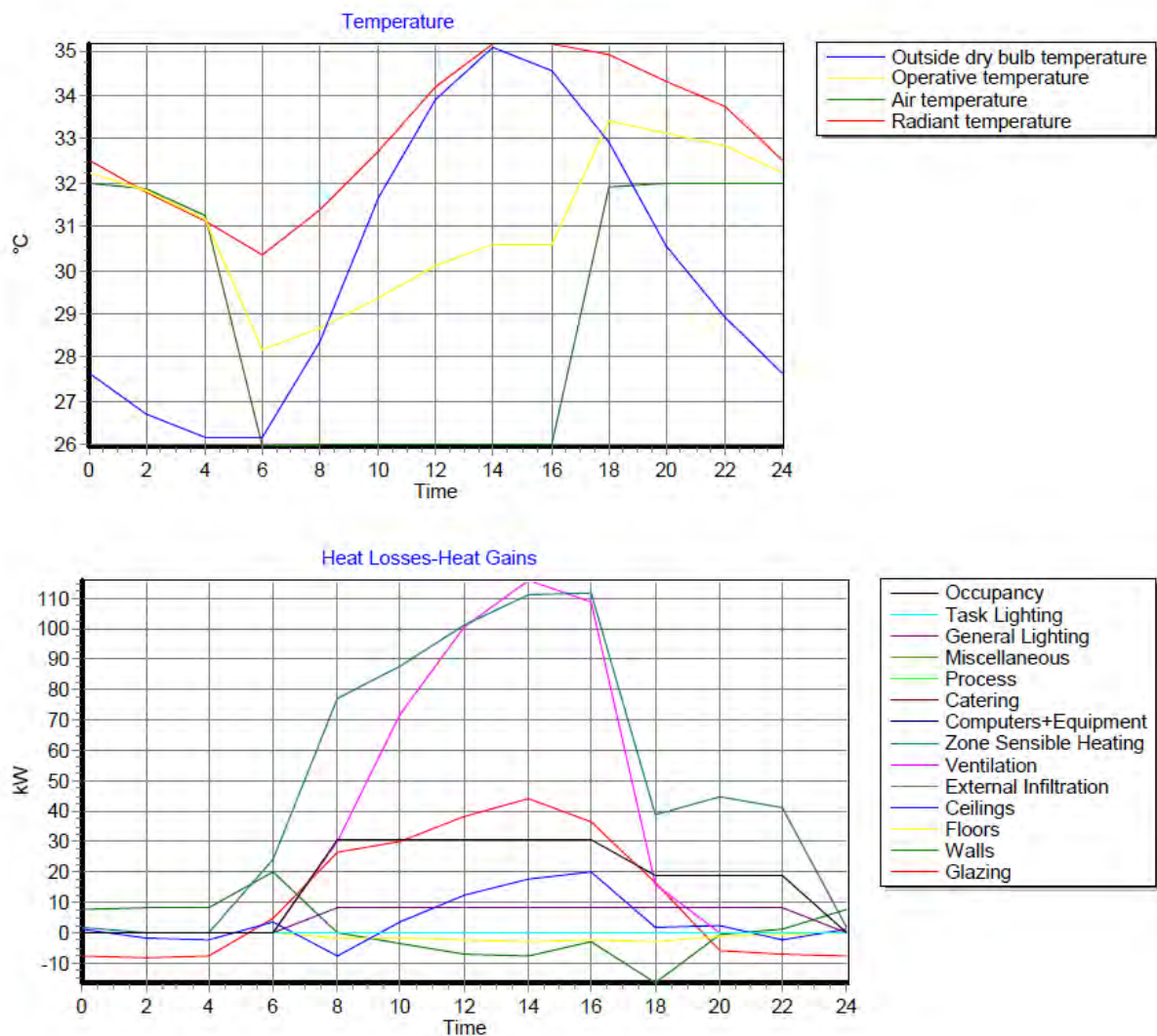
Εικόνα 44 Γράφημα αποτελεσμάτων heating design

Πίνακας 3 Grid αποτελεσμάτων heating design

Steady State						
Comfort						
Zone	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
zone 1	20.000	14.47316	17.23658	1.60000	29.3324189	4.27725
Heat loss						
Zone	Glazing (kW)	Walls (kW)	Floors (kW)	Ceilings (kW)	External Infiltration (kW)	Ventilation (kW)
zone 1	-16.8253729	-8.3097302	-4.4104969	-14.6344846		-232.4502628
Building total	-16.8253729	-8.3097302	-4.4104969	-14.6344846	0.0000000	-232.4502628
Summary						
	Comfort temperature (°C)	Steady state heat loss (kW)	Design capacity (kW)	Design capacity (W/m ²)		
	17.236581	277.1967342	346.4959178	111.3078969		

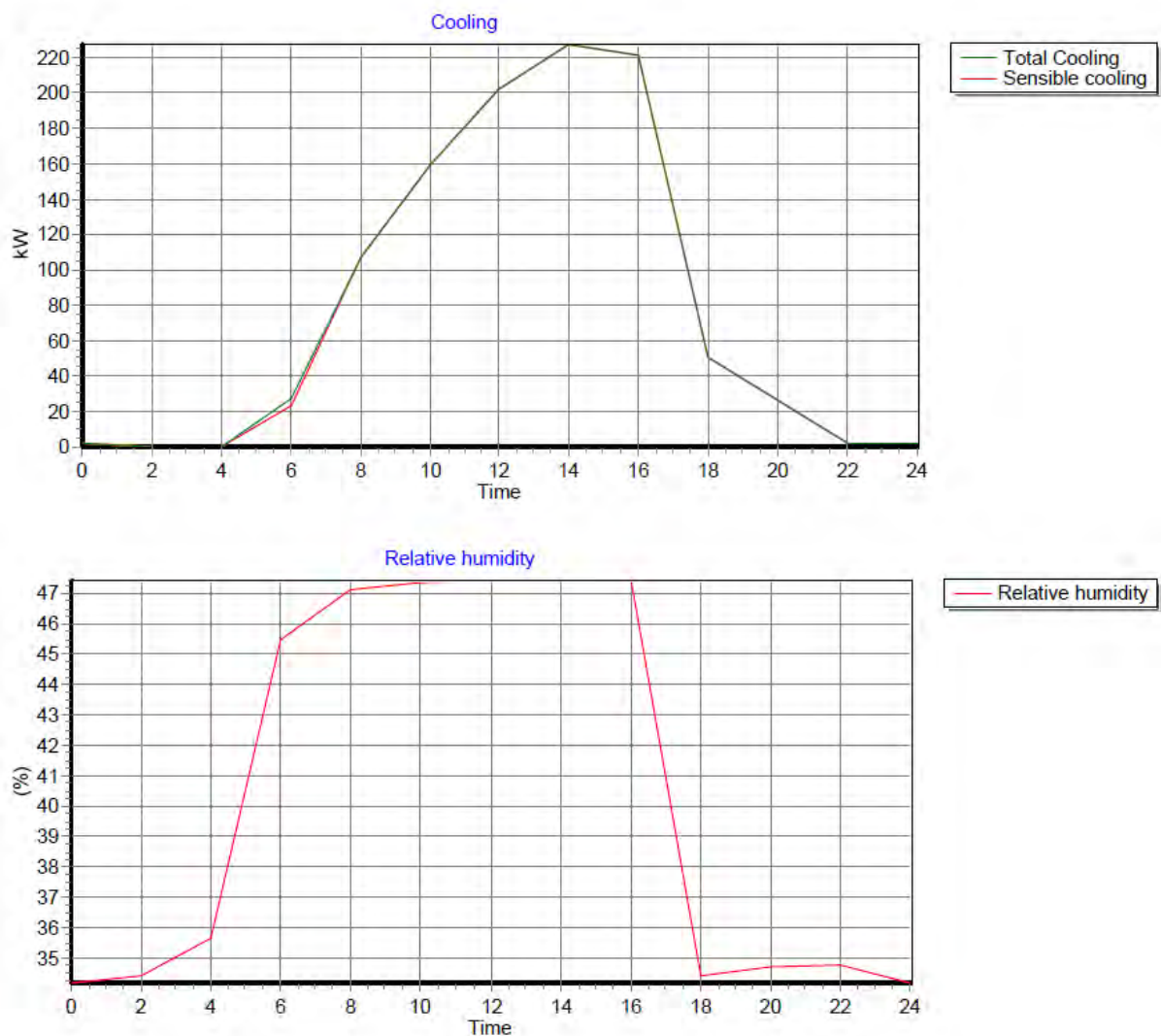
8.6.3 Cooling Design

Με τη σειρά του το cooling design προβάλλει στοιχεία σχετικά με τη λειτουργία της ψύξης του κτιρίου για μία μέρα του καλοκαιριού και με βήμα δύο ωρών, Εικόνα 45. Αναλυτικά στα γραφήματα του design μπορούμε να δούμε αρχικά τις διακυμάνσεις των θερμοκρασιών τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά του υφιστάμενου κτιρίου. Στη συνέχεια προβάλλονται τα θερμικά κέρδη και οι θερμικές απώλειες. Όπως παρατηρούμε στο διάστημα των 12 ωρών ανάμεσα στις 06:00 το πρωί μέχρι τις 18:00 το απόγευμα, οι περισσότερες από τις καμπύλες των φορτίων έχουν μια ανοδική πορεία και ύστερα ξαναπέφτουν στις χαμηλές τιμές. Αυτό συμβαίνει γιατί αυτό το διάστημα των 12 ωρών είναι το διάστημα κατά το οποίο το κτίριο βρίσκεται στο μεγαλύτερο μέρος της λειτουργίας του, με άνοδο των θερμικών φορτίων από τους χρήστες και τον εξοπλισμό όπως επίσης ανεβαίνει και η εξωτερική θερμοκρασία αισθητά, ειδικά τις μεσημβρινές ώρες.



Εικόνα 45 Cooling design temperature, heat losses/gains

Στα επόμενα γραφήματα εμφανίζονται η κατανάλωση ενέργειας λόγω του συστήματος ψύξης και η διακύμανση της υγρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας, Εικόνα 46. Όπως παρατηρούμε το σύστημα ψύξης ξεκινάει να δουλεύει στις 04:00 το πρωί, ανεβάζοντας το βαθμό λειτουργίας του από τις 06:00 και φτάνοντας στο μέγιστο βαθμό στις 14:00 όταν και η θερμοκρασία είναι στα υψηλότερα επίπεδα. Από αυτή την ώρα και έπειτα ο βαθμός λειτουργίας του μειώνεται σταδιακά μέχρι να σταματήσει εντελώς στις 22:00. Η υγρασία αντίστοιχα διατηρείται στα ποσά που έχουμε ρυθμίσει (40 - 50 %) τις ίδιες ώρες που λειτουργεί και η κλιματιστική μονάδα η οποία είναι υπεύθυνη και για την ύγρανση και αφύγρανση του χώρου. Τις υπόλοιπες ώρες, κυρίως τις νυχτερινές, πέφτει σε χαμηλότερα επίπεδα από αυτά που έχουν οριστεί, τα οποία βέβαια είναι και πάλι αποδεκτά καθώς η μικρότερη τιμή που φτάνει είναι στο 34% με τον Κ.Εν.Α.Κ. να θέτει σαν όριο το 30%



Εικόνα 46 Cooling design cooling loads, relative humidity

Στη συνέχεια εξάγουμε τον αναλυτικότερο πίνακα αποτελεσμάτων για τη δυσμενέστερη ημέρα ψύξης του κτιρίου, Πίνακας 4. Καθώς τα αποτελέσματα είναι πολλά για κάθε δύο ώρες λειτουργίας του κτιρίου (θερμοκρασίες, υγρασία, θερμικά φορτία κλπ.) παρακάτω παραθέτουμε τα συνολικά αποτελέσματα όπως αυτά βγαίνουν από το cooling design. Διαφαίνονται εκτενέστερα τα φορτία που καταναλώνονται και χρησιμοποιούνται από το κτίριο και τον εξοπλισμό. Όπως επίσης και η μέση αισθητή θερμοκρασία, η μέση θερμοκρασία λειτουργίας της κλιματιστικής μονάδας, η μέση τιμή υγρασίας και η ώρα κατά την οποία απαιτούνται τα περισσότερα φορτία από την κλιματιστική μονάδα.

Πίνακας 4. 1 Φορτία cooling design

Summary	Design capacity (kW)		Total cooling load (kW)	Sensible (kW)	Latent (kW)
zone 1	264.0588953		229.6164307	113.4476381	116.1687926
Building total	264.0588953		229.6164307	113.4476381	116.1687926

Πίνακας 4. 2 Μέσες τιμές cooling design

Summary	Air temperature (°C)	Humidity (%)	Time of max cooling	Maximum operative temperature in day (°C)
zone 1	26.00000	47.4342503	15:00	33.50593
Building total	26.00000	47.4342503	15:00	33.50593

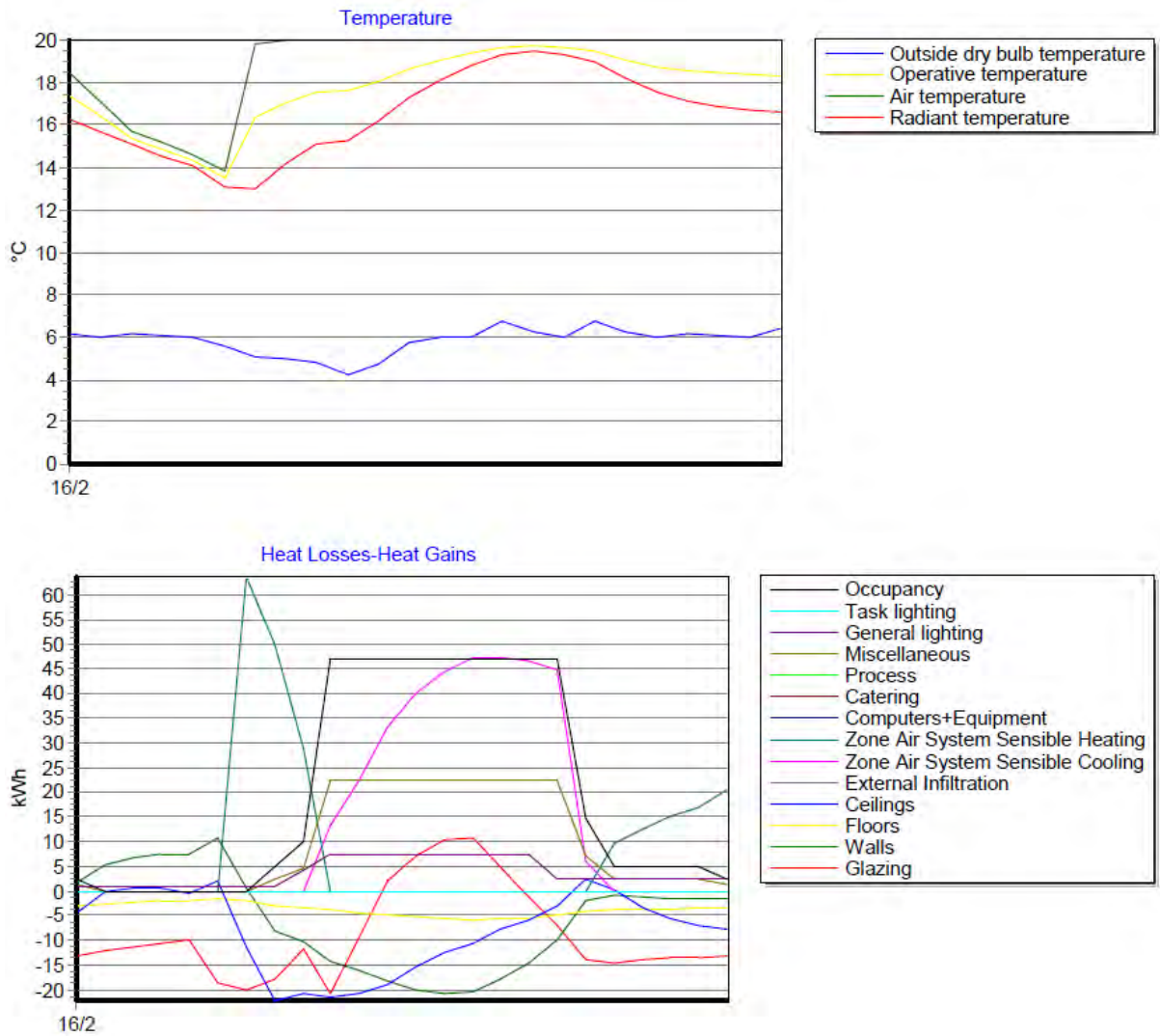
8.6.4 Simulation

Πάνω στην ίδια λογική με το cooling design προκύπτουν και τα αποτελέσματα από το simulation τόσο για το χειμώνα όσο και για το καλοκαίρι. Όπως προαναφέραμε, στο simulation έχουμε τη δυνατότητα να εξάγουμε αποτελέσματα για ένα ολόκληρο ημερολογιακό έτος. Ωστόσο στην παρούσα διπλωματική επιλέχθηκαν δύο ημερομηνίες που να αντιπροσωπεύουν τη λειτουργία στις πιο απαιτητικές καταστάσεις, αυτές είναι η 16^η Φεβρουαρίου και η 7^η του Αυγούστου. Οι ημερομηνίες αυτές κρατήθηκαν και στα επόμενα σενάρια προσομοιώσεων, όπως επίσης το υπό μελέτη σενάριο θεωρήθηκε ως το πρότυπο πάνω στο οποίο έγιναν οι οποιεσδήποτε αλλαγές ώστε να υπάρχει μέτρο σύγκρισης.

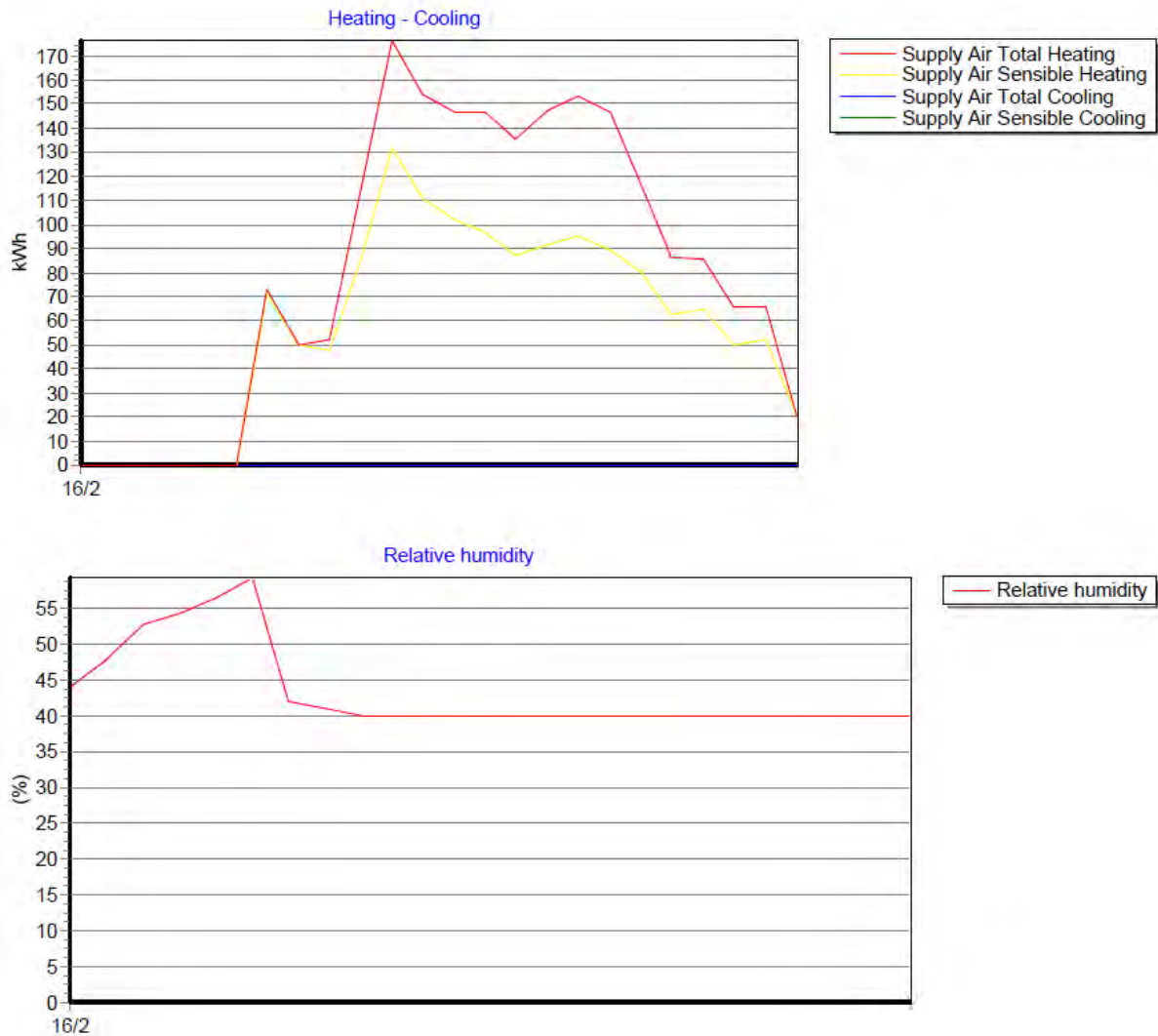
Χειμερινό simulation - 16/2

Αρχικά, θα παρουσιαστούν τα δεδομένα που υπολογίστηκαν για τη χειμερινή ημέρα λειτουργίας με βήμα μίας ώρας. Όπως και στα design, πρώτα θα παρουσιαστούν τα γραφήματα που προκύπτουν από το λογισμικό και ύστερα ο πίνακας αποτελεσμάτων, Εικόνα 47 και 48. Στα γραφήματα παρουσιάζονται με τη σειρά οι διακυμάνσεις των θερμοκρασιών τόσο εντός όσο και εκτός του κτιρίου για την ημέρα λειτουργίας, οι αλλαγές στις θερμικές απώλειες και στα κέρδη που έχει το κτίριο από το κέλυφος, τους χρήστες, τον εξοπλισμό και

τα συστήματα λειτουργίας, τα φορτία που παρουσιάζονται στο κτίριο από τα κλιματιστικά συστήματα και τον αερισμό και τέλος τα ποσά την υγρασίας που υπάρχουν κατά τη διάρκεια της ημέρας.



Εικόνα 47 Simulation temperature, heat losses/gains



Εικόνα 48 Simulation heating - cooling loads, relative humidity

Ένας μελετητής, βέβαια, δεν αρέσκειται μόνο στο να δει κάποια γραφήματα για τη λειτουργία του κτιρίου, είναι αναγκαίο να μπορεί να δει από που και πως προέρχονται τα γραφήματα αυτά όπως επίσης και τα αναλυτικά νούμερα. Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5, το simulation εξαγάγει αυτά τα αναλυτικά αποτελέσματα. Σε αυτά περιλαμβάνονται οι θερμοκρασιακές αλλαγές για κάθε μια ώρα που περνάει τόσο μέσα στο κτίριο όσο και εξωτερικά, μαζί πάντα με τα ποσοστά στα οποία μεταβάλλεται η σχετική υγρασία. Πολύ σημαντικό για ένα μηχανικό είναι να μπορεί να δει πως ανταποκρίνεται το κέλυφος του κτιρίου σε κατάσταση λειτουργίας. Αυτό φαίνεται αναλυτικά για κάθε μέρος του κτιριακού κελύφους (τοίχους, πάτωμα, οροφή) σε kilowatt ανά ώρα (kWh), με αρνητικό πρόσημο παρουσιάζονται οι απώλειες του κτιρίου. Στη στήλη Mech vent + nat vent + Infiltration μπορούμε να παρατηρήσουμε πόσες είναι οι εναλλαγές του αέρα ανά ώρα (ac/h) με βάση τα στοιχεία που δηλώσαμε παραπάνω. Τα σημαντικότερα νούμερα που μας απασχολούν σε κάθε τρέξιμο του simulation είναι αυτά που παράγονται στις στήλες που αφορούν τις κλιματιστικές μονάδες (heating, cooling). Παροχή ψύξης δεν υπάρχει στο κτίριο προφανώς καθώς αναλύουμε τη λειτουργία σε χειμερινή περίοδο, ωστόσο διαφαίνονται κάποια ποσά αισθητής ψύξης της ζώνης (Zone air system sensible cooling rate), τα οποία προκύπτουν από τον αερισμό του κτιρίου αλλά δεν επηρεάζουν ούτε την κατανάλωση ενέργειας ούτε τη θερμική άνεση. Η κλιματιστική μας

μονάδα προσφέρει ποσά θερμότητας, μέσω του λέβητα πετρελαίου, από τις 6 το πρωί μέχρι τις 12 το βράδυ. Τα υψηλότερα ποσά θερμότητας παρατηρούνται στις 10:00 και αγγίζουν τα 176.415 kWh. Σε αυτό το νούμερο προσμετράται εκτός από την προσφορά της κλιματιστικής μονάδας, που είναι στις 131.7 kWh, και τα θερμικά κέρδη που προέρχονται από τον εξοπλισμό, τους χρήστες και τυχόν κέρδη από το κέλυφος. Στις τελευταίες στήλες παρουσιάζονται τα φορτία που προκύπτουν από τον εξοπλισμό του κτιρίου, το φωτισμό και του χρήστες. Τα φορτία των χρηστών παρατηρούμε ότι παραμένουν μηδενικά στο διάστημα 01:00 μέχρι 05:00 καθώς υπολογίζεται από το schedule που έχουμε τοποθετήσει πως δεν υπάρχει κινητικότητα στο κτίριο κατά τις βραδινές ώρες.

Πίνακας 5. 1 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 1

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
16/2 00:00	18.46342	16.32149	17.39245	6.15000	44.0526639	0.00000
16/2 01:00	17.15991	15.68653	16.42322	6.00000	47.7730495	0.00000
16/2 02:00	15.66175	15.09725	15.37950	6.15000	52.5725833	0.00000
16/2 03:00	15.19411	14.54646	14.87028	6.05000	54.1764646	0.00000
16/2 04:00	14.59283	14.10803	14.35043	6.00000	56.3232071	0.00000
16/2 05:00	13.82820	13.10550	13.46685	5.55000	59.1842812	0.00000
16/2 06:00	19.80034	13.02622	16.41328	5.10000	41.8351297	0.00000
16/2 07:00	19.99974	14.17580	17.08777	5.00000	40.9567597	0.00000
16/2 08:00	20.00000	15.06380	17.53190	4.85000	40.0767003	0.39992
16/2 09:00	20.00000	15.29410	17.64705	4.20000	40.0043420	1.99958
16/2 10:00	20.00000	16.18359	18.09179	4.75000	40.0120217	3.19697
16/2 11:00	20.00000	17.33450	18.66725	5.75000	40.0047314	3.19617
16/2 12:00	20.00000	18.13630	19.06815	6.00000	40.0010262	3.19617
16/2 13:00	20.00000	18.81582	19.40791	6.00000	39.9889799	3.19853
16/2 14:00	20.00000	19.36044	19.68022	6.75000	39.9954822	3.19933
16/2 15:00	20.00000	19.47306	19.73653	6.25000	39.9990191	3.19933
16/2 16:00	20.00000	19.35072	19.67536	6.00000	39.9997870	3.19933
16/2 17:00	20.00000	19.02452	19.51226	6.75000	39.9999538	3.19933
16/2 18:00	20.00000	18.19192	19.09596	6.25000	39.9999930	1.99958
16/2 19:00	20.00000	17.53148	18.76574	6.00000	39.9999991	1.19975
16/2 20:00	20.00000	17.16422	18.58211	6.15000	40.0000002	1.19975
16/2 21:00	20.00000	16.91307	18.45653	6.05000	40.0000000	0.79983
16/2 22:00	20.00000	16.73281	18.36641	6.00000	40.0000000	0.79983
16/2 23:00	20.00000	16.61924	18.30962	6.45000	39.9999988	0.00000

Πίνακας 5. 2 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 1

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
16/2 00:00	-13.2031206	1.5568879	-3.1671844	-4.4257030	0.0000000	0.0000000
16/2 01:00	-12.2110265	5.3169496	-2.6944815	-0.1429517	0.0000000	0.0000000
16/2 02:00	-11.4560883	6.6645101	-2.3631025	0.7158091	0.0000000	0.0000000
16/2 03:00	-10.4627699	7.5537162	-2.0906086	0.7147600	0.0000000	0.0000000
16/2 04:00	-9.8984101	7.4491334	-1.9273493	-0.5160878	0.0000000	0.0000000
16/2 05:00	-18.4499390	10.9167371	-1.4787821	2.1250092	0.0000000	0.0000000
16/2 06:00	-20.1133555	0.6132060	-1.9219246	-11.2289701	0.0000000	63.6028472
16/2 07:00	-17.9677672	-8.1237479	-2.8365833	-22.1975112	0.0000000	49.8292326
16/2 08:00	-11.6650627	-10.1124086	-3.3197447	-20.8927617	0.0000000	28.7591041
16/2 09:00	-20.5976663	-14.2605325	-3.8830335	-21.6165091	0.0000000	0.0000000
16/2 10:00	-9.6096285	-15.8784889	-4.2828647	-20.8385823	0.0000000	0.0000000
16/2 11:00	1.9665587	-18.3197468	-4.7678648	-18.7816527	0.0000000	0.0000000
16/2 12:00	7.1746461	-19.8466520	-5.1839940	-15.3715347	0.0000000	0.0000000
16/2 13:00	10.2635702	-20.6782545	-5.5254024	-12.5726300	0.0000000	0.0000000
16/2 14:00	10.8706486	-20.5018179	-5.7531641	-10.5396058	0.0000000	0.0000000
16/2 15:00	4.9187038	-17.7207977	-5.6492928	-7.8667109	0.0000000	0.0000000
16/2 16:00	-1.3589230	-14.6390157	-5.4055816	-5.9819688	0.0000000	0.0000000
16/2 17:00	-7.0010572	-9.9641296	-4.9602078	-2.9526857	0.0000000	0.0000000
16/2 18:00	-14.0215946	-2.0575815	-4.1225778	2.5109703	0.0000000	0.0000000
16/2 19:00	-14.7087819	-0.8768727	-3.7770326	0.4133178	0.0000000	9.5064541
16/2 20:00	-13.8003560	-1.3386699	-3.6498000	-3.2149032	0.0000000	12.7295578
16/2 21:00	-13.6389016	-1.4560183	-3.5631009	-5.6140077	0.0000000	15.0492332
16/2 22:00	-13.6731892	-1.6091690	-3.5034905	-7.1593569	0.0000000	16.7661472
16/2 23:00	-13.1423818	-1.6431372	-3.4480677	-7.8382478	0.0000000	20.4819819

Πίνακας 5. 3 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 1

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)
16/2 00:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
16/2 01:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
16/2 02:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
16/2 03:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
16/2 04:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
16/2 05:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
16/2 06:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	70.5593310	72.7143505	0.0000000
16/2 07:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	49.8344848	49.8344848	0.0000000
16/2 08:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	47.8314303	52.2708758	0.0000000
16/2 09:00	13.3462198	0.0000000	0.0000000	86.4326558	115.9831362	0.0000000
16/2 10:00	22.4125985	0.0000000	0.0000000	131.7077880	176.4153145	0.0000000
16/2 11:00	33.3626264	0.0000000	0.0000000	110.7019321	154.2118358	0.0000000
16/2 12:00	39.9195546	0.0000000	0.0000000	101.6290832	146.5702100	0.0000000
16/2 13:00	44.5543269	0.0000000	0.0000000	96.9766355	146.6664526	0.0000000
16/2 14:00	47.2094890	0.0000000	0.0000000	86.7657670	135.1760824	0.0000000
16/2 15:00	47.2220503	0.0000000	0.0000000	91.7534172	147.5127000	0.0000000
16/2 16:00	46.4580411	0.0000000	0.0000000	95.0198380	153.4453902	0.0000000
16/2 17:00	44.6952204	0.0000000	0.0000000	89.2141631	146.4687230	0.0000000
16/2 18:00	6.1883422	0.0000000	0.0000000	80.5640157	116.9242405	0.0000000
16/2 19:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	62.4216479	86.5003866	0.0000000
16/2 20:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	65.1050520	85.8242612	0.0000000
16/2 21:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	50.1659221	65.8169117	0.0000000
16/2 22:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	52.0292508	65.8390858	0.0000000
16/2 23:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	20.4819819	20.4819819	0.0000000

Πίνακας 5. 4 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 1

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
16/2 00:00	0.000000	0.000000	1.1673557	0.8404961	0.000000	2.4654553
16/2 01:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
16/2 02:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
16/2 03:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
16/2 04:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
16/2 05:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
16/2 06:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
16/2 07:00	0.000000	0.000000	2.3347115	0.8404961	0.000000	4.9309106
16/2 08:00	0.000000	0.000000	4.6694230	4.2024806	0.000000	9.8618213
16/2 09:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	46.8436512
16/2 10:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	46.8436512
16/2 11:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	46.8436512
16/2 12:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	46.8436512
16/2 13:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	46.8436512
16/2 14:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	46.8436512
16/2 15:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	46.8436512
16/2 16:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	46.8436512
16/2 17:00	0.000000	0.000000	22.1797591	2.5214884	0.000000	46.8436512
16/2 18:00	0.000000	0.000000	7.0041344	2.5214884	0.000000	14.7927319
16/2 19:00	0.000000	0.000000	2.3347115	2.5214884	0.000000	4.9309106
16/2 20:00	0.000000	0.000000	2.3347115	2.5214884	0.000000	4.9309106
16/2 21:00	0.000000	0.000000	2.3347115	2.5214884	0.000000	4.9309106
16/2 22:00	0.000000	0.000000	2.3347115	2.5214884	0.000000	4.9309106
16/2 23:00	0.000000	0.000000	1.1673557	2.5214884	0.000000	2.4654553

Report: Κατόπιν της χειμερινής προσομοίωσης του κτιρίου έχουμε τη δυνατότητα να εξάγουμε το report λειτουργίας στο οποίο παρουσιάζονται οι αναλυτικές καταναλώσεις σε ηλεκτρική και πρωτογενή ενέργεια. Το report αυτό εξάγεται κατευθείαν από το energy+ και περιέχει πληροφορίες για όλα τα συστήματα τα οποία καταναλώνουν ενέργεια. Στην παρούσα διπλωματική, βέβαια, δεν θα επεκταθούμε περισσότερο από τις συνολικές καταναλώσεις που πραγματοποιούνται στο κτίριο και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Όπως παρατηρούμε στον Πίνακα 6 η ενέργεια χωρίζεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, Site και Source, οι οποίες χωρίζονται επίσης σε δύο επιμέρους κατηγορίες, Total και Net. Αρχικά, Source ή αλλιώς πρωτογενής ονομάζεται η συνολική ενέργεια που απαιτείται για να καλύψει τις απαιτήσεις του το κτίριο. Σε αυτή συγκαταλέγονται η τελική ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται, η ενέργεια από φυσικά καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο κλπ.), οι απώλειες κατά τη μετατροπή των φυσικών καυσίμων σε ηλεκτρική ενέργεια και οι απώλειες που υπάρχουν κατά τη μεταφορά τόσο των καυσίμων όσο και του ηλεκτρισμού. Η ενέργεια που περιέχεται στην κατηγορία Site είναι μόνο η ενέργεια η οποία αγοράζεται, είτε ηλεκτρισμός είτε ορυκτό καύσιμο, δηλαδή η καθαρή ενέργεια που πρέπει να αγοραστεί προκειμένου το κτίριο να εκτελέσει τις λειτουργίες του. Net Energy σε κάθε κατηγορία ονομάζεται η ενέργεια που καταλήγει στο κτίριο όπως αυτή προκύπτει ύστερα από απώλειες μεταφοράς. Στο κτίριο μας παρατηρούμε ότι οι απώλειες είναι σχετικά μικρές, περίπου 1 kWh για την Site ενέργεια και 4 kWh για τη Source. Συνεπώς, η συνολική ενέργεια που πρέπει να αγοραστεί από το κτίριο για μια μέρα είναι 3424.94 kWh η οποία αποδίδει εν τέλει, μαζί με τη μεταφορά και τη μετατροπή σε ηλεκτρική ενέργεια, 12235.11 kWh. Στις επόμενες δύο στήλες εμφανίζονται οι καταναλώσεις ανά τετραγωνικό μέτρο, για τις δύο προαναφερόμενες ενεργειακές κατηγορίες, τόσο στη συνολική κτιριακή επιφάνεια όσο και στην επιφάνεια η οποία θερμαίνεται. Στην προκειμένη περίπτωση που το κτίριο αποτελείται από μία θερμική ζώνη και δεν έχουν προσδιοριστεί εσωτερικοί χώροι

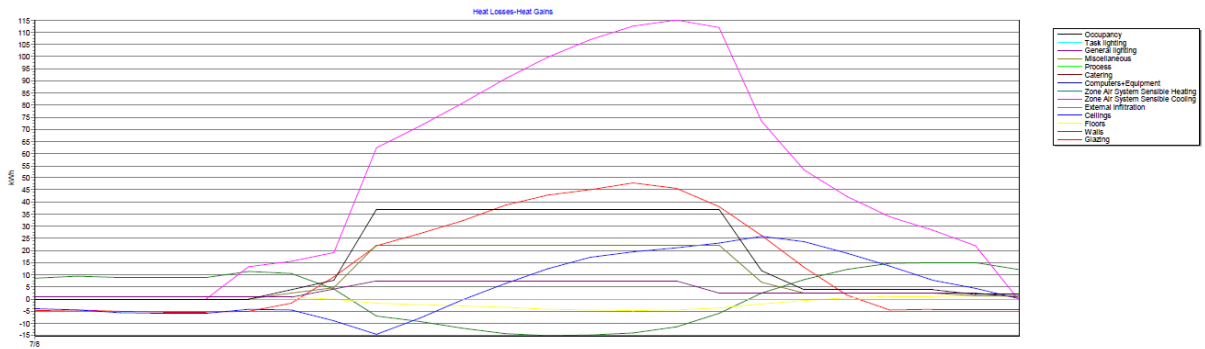
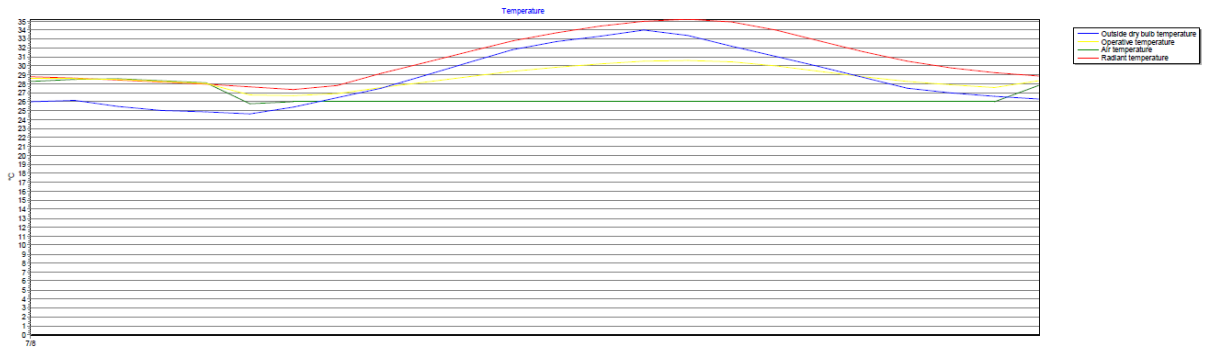
το λογισμικό θεωρεί ότι η συνολική επιφάνεια του κτιρίου θερμαίνεται, οπότε και οι δύο στήλες αποτελούνται από τα ίδια νούμερα. Συνεπώς, οι απαιτήσεις για αγορά ενέργειας αγγίζουν τις 1.10 kWh/m² και οι συνολικές απαιτήσεις σε ενέργεια είναι 3.93 kWh/m².

Πίνακας 6 Report χειμερινής προσομοίωσης σενάριο 1

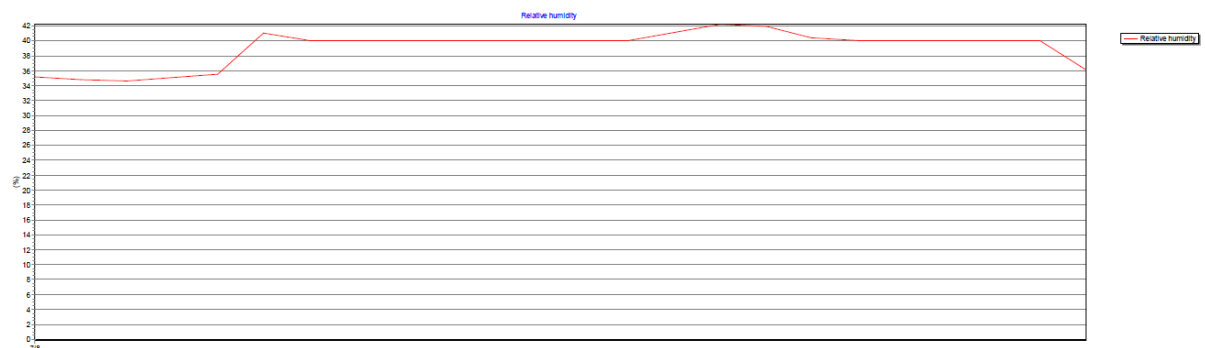
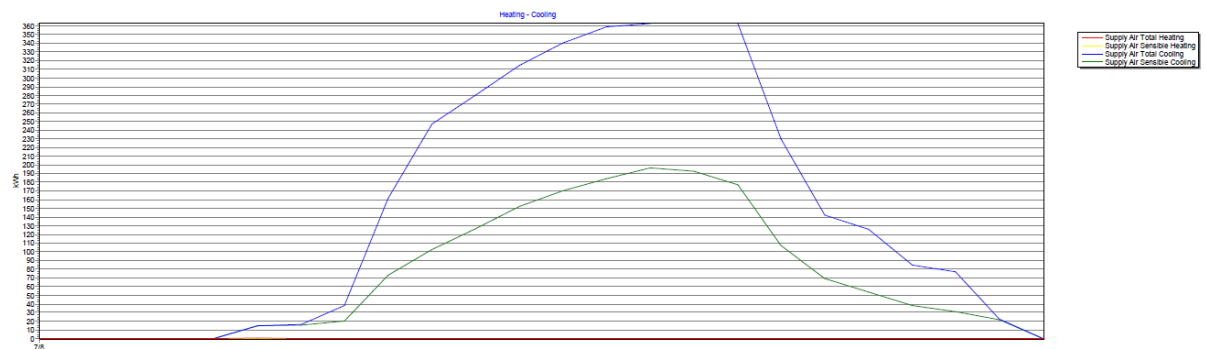
	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m ²]
Total Site Energy	3424.94	1.10	1.10
Net Site Energy	3423.74	1.10	1.10
Total Source Energy	12235.11	3.93	3.93
Net Source Energy	12231.33	3.93	3.93

Καλοκαιρινό simulation - 7/8

Παρόμοια με την προηγούμενη προσομοίωση, έτσι στην καλοκαιρινή μέρα παίρνουμε αντίστοιχα γραφήματα και τον πίνακα των αποτελεσμάτων, όπως παρουσιάζονται στις Εικόνες 49 και 50 και στον Πίνακα 7. Παρατηρούμε πως τα επίπεδα υγρασίας όταν δεν δουλεύει η κλιματιστική μονάδα είναι πιο χαμηλά σε σχέση με την χειμερινή προσομοίωση, απόλυτα λογικό καθώς οι καλοκαιρινοί μήνες είναι πιο ξηροί σε σχέση με τους χειμερινούς. Το κέλυφος του κτιρίου αντίστοιχα έχει περισσότερα θερμικά κέρδη από ότι απώλειες, καθώς η εξωτερική θερμοκρασία είναι σε υψηλότερα επίπεδα συγκριτικά με τους 26°C που απαιτούνται εσωτερικά του κτιρίου ώστε να υπάρχει θερμική άνεση. Εξαίρεση αποτελούν τα πατώματα και οι τοίχοι του υπογείου καθώς το υπέδαφος έχει χαμηλότερες θερμοκρασιακές τιμές οπότε και τα εσωτερικά κέρδη σε αυτά τα σημεία διαφεύγουν. Τα μεγαλύτερα συνολικά φορτία ψύξης παρατηρούνται στο διάστημα ωρών από τις 14:00 έως τις 16:00 και αγγίζουν τις 362.766 kWh. Τα ποσά αυτά είναι σχεδόν τα διπλάσια από αυτά που απαιτούνται προκειμένου να διατηρηθεί η ιδανική θερμοκρασία, που υπολογίζονται κατά μέσο όρο στις 188.334 kWh για το διάστημα των τριών αυτών ωρών, καθότι η κλιματιστική καλείται να αντιμετωπίσει και τα κέρδη που προέρχονται από τους χρήστες, τον εξοπλισμό και το κτιριακό κέλυφος. Ως αποτέλεσμα μπορούμε να παρατηρήσουμε πως η θερμότητα που εκλύεται από τους ενοίκους είναι μικρότερη στην παρούσα προσομοίωση σε σχέση με την προηγούμενη για την χειμερινή ημέρα, 37.138 kWh για το καλοκαίρι συγκριτικά με τις 46.843 kWh για το χειμώνα.



Εικόνα 49 Γράφημα καλοκαιρινού simulation



Εικόνα 50 Γράφημα καλοκαιρινού simulation

Πίνακας 7. 1 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 1

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
7/8 00:00	28.29910	28.81473	28.55691	25.97500	35.1433719	0.00000
7/8 01:00	28.45577	28.63682	28.54630	26.12500	34.7939836	0.00000
7/8 02:00	28.54370	28.44164	28.49267	25.45000	34.6217006	0.00000
7/8 03:00	28.32180	28.22244	28.27212	25.05000	35.0727584	0.00000
7/8 04:00	28.09002	27.99969	28.04486	24.85000	35.5490563	0.00000
7/8 05:00	25.78760	27.66670	26.72715	24.65000	41.0069727	0.00000
7/8 06:00	26.00000	27.37902	26.68951	25.42500	40.0213380	0.00000
7/8 07:00	26.00000	27.84507	26.92253	26.45000	40.0072893	0.41387
7/8 08:00	26.00000	29.17547	27.58774	27.52500	40.0087864	2.06780
7/8 09:00	26.00000	30.38033	28.19016	28.92500	40.0034601	3.30764
7/8 10:00	26.00000	31.57557	28.78778	30.35000	40.0007782	3.30764
7/8 11:00	26.00000	32.75932	29.37966	31.82500	40.0001750	3.30763
7/8 12:00	26.00000	33.72572	29.86286	32.72500	40.0000394	3.30763
7/8 13:00	26.00000	34.44515	30.22258	33.35000	40.0346397	3.31016
7/8 14:00	26.00000	35.00328	30.50164	34.02500	41.1130180	3.31219
7/8 15:00	26.00000	35.20171	30.60085	33.37500	42.2064164	3.31591
7/8 16:00	26.00000	34.88910	30.44455	32.20000	41.9075175	3.31641
7/8 17:00	26.00000	33.96451	29.98225	31.07500	40.4202674	2.07171
7/8 18:00	26.00000	32.78666	29.39333	29.90000	40.0365721	1.24287
7/8 19:00	26.00000	31.57036	28.78518	28.70000	40.0023435	1.24285
7/8 20:00	26.00000	30.51364	28.25682	27.50000	40.0001045	0.82857
7/8 21:00	26.00000	29.79442	27.89721	26.97500	40.0000038	0.82857
7/8 22:00	26.00000	29.22980	27.61490	26.60000	39.9999988	0.00000
7/8 23:00	27.82211	28.85907	28.34059	26.27500	36.1379486	0.00000

Πίνακας 7. 2 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 1

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
7/8 00:00	-4.8962621	8.6171763	0.6954294	-3.9113369	0.0000000	0.0000000
7/8 01:00	-4.4556715	9.3451670	0.6878161	-4.5339293	0.0000000	0.0000000
7/8 02:00	-5.1909741	8.7045042	0.6201777	-5.5541518	0.0000000	0.0000000
7/8 03:00	-5.4214028	8.7317632	0.6094980	-5.9358098	0.0000000	0.0000000
7/8 04:00	-5.3501226	8.7683708	0.6077960	-5.9161331	0.0000000	0.0000000
7/8 05:00	-5.0626206	11.2568787	0.7963938	-4.2353310	0.0000000	0.0111392
7/8 06:00	-1.7007245	10.5651989	0.7825537	-4.4691424	0.0000000	0.0000000
7/8 07:00	8.9973623	3.9541096	-0.0958697	-8.9664601	0.0000000	0.0000000
7/8 08:00	22.0852384	-6.9481056	-1.6857562	-14.5649823	0.0000000	0.0000000
7/8 09:00	26.9440015	-9.1820856	-2.2791063	-7.8012210	0.0000000	0.0000000
7/8 10:00	32.3136115	-12.0834976	-2.7793691	-0.3635022	0.0000000	0.0000000
7/8 11:00	38.7638215	-14.3657609	-3.5653178	6.3772509	0.0000000	0.0000000
7/8 12:00	42.8991489	-15.1612536	-4.2112777	12.4873348	0.0000000	0.0000000
7/8 13:00	45.1823376	-14.8422101	-4.5900018	17.1352860	0.0000000	0.0000000
7/8 14:00	47.8159610	-13.9970214	-4.8038344	19.5675189	0.0000000	0.0000000
7/8 15:00	45.5314709	-11.4364932	-4.6055133	21.1527797	0.0000000	0.0000000
7/8 16:00	38.1921068	-5.9590674	-3.6528096	23.1288023	0.0000000	0.0000000
7/8 17:00	26.0053054	2.5055776	-2.0791667	25.8775380	0.0000000	0.0000000
7/8 18:00	13.0966029	8.0343841	-0.5792613	23.5482466	0.0000000	0.0000000
7/8 19:00	1.6203122	12.2381671	0.4873227	18.9098099	0.0000000	0.0000000
7/8 20:00	-4.5057814	14.7414330	0.9818673	13.5081845	0.0000000	0.0000000
7/8 21:00	-4.3258782	14.8927696	1.1163897	7.7967668	0.0000000	0.0000000
7/8 22:00	-4.2174002	15.0444167	1.2051356	4.2357271	0.0000000	0.0000000
7/8 23:00	-4.3205353	12.2165793	1.0490121	0.2417042	0.0000000	0.0000000

Πίνακας 7. 3 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 1

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)
7/8 00:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 01:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 02:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 03:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 04:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 05:00	13.4137025	14.6943528	15.0901080	0.0000000	0.7911852	0.0000000
7/8 06:00	15.5264663	15.5264388	16.6536645	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 07:00	19.1792443	19.9236407	38.2244459	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 08:00	62.5087816	72.8738013	161.7071992	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 09:00	71.4277450	102.2001089	247.1169766	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 10:00	80.7525552	126.3509625	280.4136638	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 11:00	90.9358515	151.9136255	314.8094007	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 12:00	99.8832890	170.3155438	340.5220639	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 13:00	106.9200654	183.9441866	358.9217426	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 14:00	112.7294741	196.7568670	362.7664869	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 15:00	115.1425316	192.5344444	362.7664869	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 16:00	111.9467052	177.3233340	362.7664869	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 17:00	73.3274577	107.0508364	229.9661250	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 18:00	53.0634507	68.8780078	141.9881281	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 19:00	42.3977250	53.4310462	125.6944457	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 20:00	33.8658308	38.1791871	84.5248974	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 21:00	28.3396169	31.2182501	76.7661876	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 22:00	21.9683270	21.9683270	22.4739197	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 23:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

Πίνακας 7. 4 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 1

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
7/8 00:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	0.0000000
7/8 01:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	0.0000000
7/8 02:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	0.0000000
7/8 03:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	0.0000000
7/8 04:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	0.0000000
7/8 05:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	0.0000000
7/8 06:00	0.0000000	0.0000000	2.3347115	0.8404961	0.0000000	3.9093090
7/8 07:00	0.0000000	0.0000000	4.6694230	4.2024806	0.0000000	7.8186052
7/8 08:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	37.1383746
7/8 09:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	37.1383745
7/8 10:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	37.1383745
7/8 11:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	37.1383745
7/8 12:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	37.1383745
7/8 13:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	37.1383745
7/8 14:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	37.1383745
7/8 15:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	37.1383745
7/8 16:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	2.5214884	0.0000000	37.1383745
7/8 17:00	0.0000000	0.0000000	7.0041344	2.5214884	0.0000000	11.7279078
7/8 18:00	0.0000000	0.0000000	2.3347115	2.5214884	0.0000000	3.9093026
7/8 19:00	0.0000000	0.0000000	2.3347115	2.5214884	0.0000000	3.9093026
7/8 20:00	0.0000000	0.0000000	2.3347115	2.5214884	0.0000000	3.9093026
7/8 21:00	0.0000000	0.0000000	2.3347115	2.5214884	0.0000000	3.9093026
7/8 22:00	0.0000000	0.0000000	1.1673557	2.5214884	0.0000000	1.9546513
7/8 23:00	0.0000000	0.0000000	1.1673557	0.8404961	0.0000000	1.8070902

Report: Μετά την καλοκαιρινή προσομοίωση βγάζουμε τα παρακάτω αποτελέσματα σχετικά με τις καταναλώσεις σε συνολική ενέργεια που απαιτούνται από το κτίριο. Όπως ήδη γνωρίζουμε οι απαιτήσεις σε ενέργεια είναι μεγαλύτερες κατά την περίοδο που απαιτείται ψύξη στο κτίριο. Αυτό φαίνεται και στον Πίνακα 8 του report όπου παρατηρούμε ότι η αγορά ενέργειας έχει αυξηθεί σε σχέση με τη χειμερινή προσομοίωση, με τιμή που φτάνει τις 5671.37 kWh με απαίτηση ανά τετραγωνικό να είναι 1.82 kWh/m². Η συνολική κατανάλωση ενέργειας, ωστόσο, δεν έχει αλλάξει ιδιαίτερα με 12245.89 kWh και είναι μόνο 10 kWh αυξημένη, ενώ η ανάγκη ανά τετραγωνικό να παραμένει ίδια στις 3.93 kWh/m².

Πίνακας 8 Report καλοκαιρινής προσομοίωσης σενάριο 1

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m ²]
Total Site Energy	5671.37	1.82	1.82
Net Site Energy	5666.06	1.82	1.82
Total Source Energy	12245.89	3.93	3.93
Net Source Energy	12229.08	3.93	3.93

8.7 Σενάριο 2 - Μειωμένα Φορτία

Στο δεύτερο σενάριο λειτουργίας του κτιρίου επιλέχθηκε η μείωση των εσωτερικών φορτίων προκειμένου να αναλυθεί πως λειτουργούν τα συστήματα κλιματισμού όταν το κτίριο δεν χρησιμοποιείται πλήρως. Αναλυτικά για να το πετύχουμε αυτό αλλάξαμε τις εξής παραμέτρους:

1. Αρχικά υποθέσαμε ότι τα άτομα που βρίσκονται στο κτίριο είναι τα μισά από αυτά που δηλώνει ο Κ.Εν.Α.Κ. για έναν οίκο ευγηρίας. Επομένως, από 22 άτομα ανά 100 τετραγωνικά μέτρα η τιμή έπεσε στα 10 άτομα ανά 100 τ.μ. (density: 0.1 people/m²) Με βάση αυτή την αλλαγή και μόνο αντιλαμβανόμαστε ότι το θερμικό κέρδος από τον πληθυσμό θα μειωθεί αισθητά μέσα στο κτίριο. Επίσης, λόγω της μείωσης των χρηστών του κτιρίου θεωρούμε ότι πρέπει να μειωθούν και οι παρακάτω τιμές.
2. Καθώς λοιπόν τα άτομα που βρίσκονται στο κτίριο σε αυτό το σενάριο είναι λιγότερα, αναλογιζόμαστε ότι η χρήση του εξοπλισμού που χρησιμοποιούν θα μειωθεί συγκριτικά με το σενάριο 1. Άρα από 7.50 W/m² που ήταν η τιμή ηλεκτρικής κατανάλωσης από εξοπλισμό τη θέσαμε στα 4W/m² (miscellaneous: 4W/m²).
3. Αναλογικά και η χρήση του ζεστού νερού δεν θα είναι στα επίπεδα που ορίσαμε αρχικά. Την τιμή αυτή τη θέσαμε ακριβώς στο μισό της αρχικής (DHW: 5.5 lt/m² -day).
4. Τελευταία αλλαγή, αλλά εξίσου σημαντική, είναι αυτή των εναλλαγών του αέρα από τον μηχανικό αερισμό. Λιγότερα άτομα σημαίνει και λιγότερες απαιτήσεις νωπού αέρα ανά ώρα επομένως μικρότερη χρήση του μηχανικού αερισμού. Η τιμή αυτή ορίστηκε επίσης στο μισό της αρχικής (outside air: 2.0 ac/h).

Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες των αποτελεσμάτων όπως αυτοί προκύπτουν από τις προσομοιώσεις που έγιναν για την 16^η του Φεβρουαρίου και την 7^η του Αυγούστου.

Χειμερινό simulation - 16/2

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στον Πίνακα 9 τα φορτία που πηγάζουν από τους χρήστες του κτιρίου έχουν πέσει στα μισά από αυτά που είχαμε στο σενάριο 1, 21.292 kWh στο παρόν σενάριο συγκριτικά με το 46.843 kWh που είχαμε προηγουμένως. Αν παρατηρήσουμε πιο προσεκτικά θα δούμε πως ακόμα και οι θερμοκρασίες είναι λίγο πιο χαμηλές τις νυχτερινές ώρες που δεν δουλεύουν τα κλιματιστικά συστήματα, το οποίο είναι απόλυτα λογικό αφού και οι ίδιοι οι άνθρωποι εκπέμπουν κάποια ποσά θερμότητας στο χώρο. Ενδεικτικά στις 04:00 στο σενάριο 1 η θερμοκρασία έχει τιμή 14.592°C ενώ στο σενάριο 2 την ίδια ώρα η θερμοκρασία είναι 14.1°C. Αναλογικά, μικρότερη εκπομπή θερμότητας από τους χρήστες συνεπάγεται και σε μικρότερες απώλειες από το κτιριακό κέλυφος. Στο κομμάτι, τώρα, που αφορά την κατανάλωση της κλιματιστικής μονάδας οι διαφορές είναι αισθητές. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στα συνολικά φορτία που καταναλώνονται για τη θέρμανση του χώρου τις πρώτες ώρες λειτουργίας υπάρχει μία μικρή αύξηση σε σχέση με τα προηγούμενα αποτελέσματα. Αυτό, συμβαίνει επειδή όπως προαναφέραμε η θερμοκρασία έχει λίγο μικρότερες τιμές στην παρούσα λειτουργία. Στο default σενάριο καταναλώνονται 72.714 kWh στις 06:00 ενώ στα μειωμένα φορτία οι καταναλώσεις αγγίζουν τις 81.859 kWh. Βέβαια τα ποσά αυτά υπερκαλύπτονται όταν το σύστημα έχει πιάσει την απαιτούμενη θερμοκρασία λειτουργίας και καλείται να διατηρήσει τη θερμική άνεση μέσα στο κτίριο. Όπως μπορούμε να δούμε τη στιγμή μέσα στη μέρα που υπάρχουν οι μεγαλύτερες καταναλώσεις για τη θέρμανση του χώρου, στις 10:00 η ώρα, αρχικά οι καταναλώσεις μας έφταναν τις 176.415 kWh ενώ τώρα έχουμε 107.495 kWh. Οι μειωμένες αυτές καταναλώσεις συνεχίζουν για όλη την υπόλοιπη διάρκεια της ημέρας, όπως φαίνεται και στους παρακάτω πίνακες. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι το κτίριο έχει τη δυνατότητα να συμπεριφέρεται αποδοτικά και να προσαρμόζεται στις διαφορετικές απαιτήσεις που μπορεί να προκύψουν.

Πίνακας 9. 1 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 2

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
16/2 00:00	17.83299	16.07715	16.95507	6.15000	45.8831536	0.00000
16/2 01:00	16.55867	15.34676	15.95272	6.00000	49.6187023	0.00000
16/2 02:00	15.50270	14.78436	15.14353	6.15000	53.1030593	0.00000
16/2 03:00	14.91028	14.28143	14.59586	6.05000	55.1839893	0.00000
16/2 04:00	14.10000	13.80721	13.95361	6.00000	58.1436717	0.00000
16/2 05:00	13.28292	12.82880	13.05586	5.55000	61.3350484	0.00000
16/2 06:00	19.53252	12.76956	16.15104	5.10000	42.1188193	0.00000
16/2 07:00	20.00000	13.97984	16.98992	5.00000	40.5475763	0.00000
16/2 08:00	20.00000	14.86557	17.43279	4.85000	40.0541161	0.19996
16/2 09:00	20.00000	14.93506	17.46753	4.20000	40.0020030	0.99979
16/2 10:00	20.00000	15.70495	17.85248	4.75000	40.0069888	1.59848
16/2 11:00	20.00000	16.76436	18.38218	5.75000	40.0015461	1.59809
16/2 12:00	20.00000	17.49828	18.74914	6.00000	40.0001425	1.59809
16/2 13:00	20.00000	18.10930	19.05465	6.00000	39.9931649	1.59927
16/2 14:00	20.00000	18.57326	19.28663	6.75000	39.9984663	1.59966
16/2 15:00	20.00000	18.61325	19.30663	6.25000	39.9998585	1.59967
16/2 16:00	20.00000	18.43406	19.21703	6.00000	39.9999869	1.59967
16/2 17:00	20.00000	18.07485	19.03743	6.75000	39.9999992	1.59967
16/2 18:00	20.00000	17.43544	18.71772	6.25000	39.9999997	0.99979
16/2 19:00	20.00000	16.96731	18.48366	6.00000	40.0000013	0.59987
16/2 20:00	20.00000	16.72263	18.36132	6.15000	39.9999987	0.59987
16/2 21:00	20.00000	16.55165	18.27583	6.05000	40.0000000	0.39992
16/2 22:00	20.00000	16.42669	18.21334	6.00000	40.0000000	0.39992
16/2 23:00	20.00000	16.36438	18.18219	6.45000	40.0000000	0.00000

Πίνακας 9. 2 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 2

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
16/2 00:00	-12.9725029	0.8901043	-3.1442617	-4.2873922	0.0000000	0.0000000
16/2 01:00	-11.6788371	5.6784184	-2.5730390	1.3131551	0.0000000	0.0000000
16/2 02:00	-11.0743969	6.1132239	-2.3068225	0.7809057	0.0000000	0.0000000
16/2 03:00	-10.2107365	6.6862542	-2.0712791	0.3257185	0.0000000	0.0000000
16/2 04:00	-9.4846870	7.6560283	-1.8412224	0.1726353	0.0000000	0.0000000
16/2 05:00	-17.8966957	10.4599403	-1.4293138	2.1597854	0.0000000	0.0000000
16/2 06:00	-19.5393628	0.0076441	-1.8793768	-11.6313614	0.0000000	71.7594894
16/2 07:00	-17.7908573	-8.9905229	-2.8275858	-22.7660420	0.0000000	53.5868957
16/2 08:00	-11.5804848	-10.4699286	-3.2816311	-20.8193593	0.0000000	36.3213121
16/2 09:00	-20.3293147	-11.9421428	-3.6055860	-18.8752186	0.0000000	16.0928256
16/2 10:00	-9.4062742	-13.9852535	-3.9701147	-18.6888563	0.0000000	8.1203400
16/2 11:00	2.0069748	-16.4395589	-4.4231779	-16.9561892	0.0000000	0.0000000
16/2 12:00	7.2847676	-17.9293986	-4.8153142	-13.6927241	0.0000000	0.0000000
16/2 13:00	10.4498256	-18.6336584	-5.1317607	-10.8330401	0.0000000	0.0000000
16/2 14:00	11.1523403	-18.2759323	-5.3300512	-8.4518530	0.0000000	0.0000000
16/2 15:00	5.3141767	-15.5640136	-5.2036512	-5.6597419	0.0000000	0.0000000
16/2 16:00	-0.9028944	-12.5309689	-4.9461181	-4.1517854	0.0000000	0.0000000
16/2 17:00	-6.5403507	-8.0560158	-4.4985925	-1.7830593	0.0000000	0.0000000
16/2 18:00	-13.4392696	-3.3427373	-3.9046688	0.2461645	0.0000000	7.8083762
16/2 19:00	-14.2388128	-2.5636786	-3.6744450	-2.1875511	0.0000000	17.0334804
16/2 20:00	-13.4667344	-2.7842120	-3.5867242	-5.0543038	0.0000000	19.3852837
16/2 21:00	-13.3812036	-2.7981180	-3.5249726	-6.8363526	0.0000000	21.0582954
16/2 22:00	-13.4615485	-2.8630057	-3.4808600	-7.9465138	0.0000000	22.3015362
16/2 23:00	-12.9520328	-2.9926326	-3.4514664	-8.5176944	0.0000000	24.2030281

Πίνακας 9. 3 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 2

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)
16/2 00:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
16/2 01:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
16/2 02:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
16/2 03:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
16/2 04:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
16/2 05:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
16/2 06:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	80.4396154	81.8593237	0.0000000
16/2 07:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	53.5869173	53.5869173	0.0000000
16/2 08:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	45.8580149	47.8905227	0.0000000
16/2 09:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	65.9038395	80.7519258	0.0000000
16/2 10:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	85.1175086	107.4956225	0.0000000
16/2 11:00	2.3419280	0.0000000	0.0000000	69.6451512	91.4446266	0.0000000
16/2 12:00	8.8789700	0.0000000	0.0000000	61.8592650	84.3642450	0.0000000
16/2 13:00	13.8110436	0.0000000	0.0000000	56.9240532	81.8349012	0.0000000
16/2 14:00	17.1407505	0.0000000	0.0000000	49.8241941	74.0524855	0.0000000
16/2 15:00	17.3303128	0.0000000	0.0000000	52.1319996	80.0386953	0.0000000
16/2 16:00	16.1998837	0.0000000	0.0000000	54.5092785	83.7520735	0.0000000
16/2 17:00	13.5565974	0.0000000	0.0000000	53.3616155	82.0254145	0.0000000
16/2 18:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	51.1386683	69.3646700	0.0000000
16/2 19:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	43.4341599	55.5304394	0.0000000
16/2 20:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	45.5211985	55.9326434	0.0000000
16/2 21:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	38.5650025	46.4421341	0.0000000
16/2 22:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	39.8908527	46.8380067	0.0000000
16/2 23:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	24.2030281	24.2030281	0.0000000

Πίνακας 9. 4 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 2

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
16/2 00:00	0.000000	0.000000	0.6225897	0.8404961	0.0000000	1.1206615
16/2 01:00	0.000000	0.000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	0.0000000
16/2 02:00	0.000000	0.000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	0.0000000
16/2 03:00	0.000000	0.000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	0.0000000
16/2 04:00	0.000000	0.000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	0.0000000
16/2 05:00	0.000000	0.000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	0.0000000
16/2 06:00	0.000000	0.000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	0.0000000
16/2 07:00	0.000000	0.000000	1.2451795	0.8404961	0.0000000	2.2413230
16/2 08:00	0.000000	0.000000	2.4903589	4.2024806	0.0000000	4.4826460
16/2 09:00	0.000000	0.000000	11.8292049	7.5644652	0.0000000	21.2925687
16/2 10:00	0.000000	0.000000	11.8292049	7.5644652	0.0000000	21.2925687
16/2 11:00	0.000000	0.000000	11.8292049	7.5644652	0.0000000	21.2925687
16/2 12:00	0.000000	0.000000	11.8292049	7.5644652	0.0000000	21.2925687
16/2 13:00	0.000000	0.000000	11.8292049	7.5644652	0.0000000	21.2925687
16/2 14:00	0.000000	0.000000	11.8292049	7.5644652	0.0000000	21.2925687
16/2 15:00	0.000000	0.000000	11.8292049	7.5644652	0.0000000	21.2925687
16/2 16:00	0.000000	0.000000	11.8292049	7.5644652	0.0000000	21.2925687
16/2 17:00	0.000000	0.000000	11.8292049	2.5214884	0.0000000	21.2925687
16/2 18:00	0.000000	0.000000	3.7355384	2.5214884	0.0000000	6.7239691
16/2 19:00	0.000000	0.000000	1.2451795	2.5214884	0.0000000	2.2413230
16/2 20:00	0.000000	0.000000	1.2451795	2.5214884	0.0000000	2.2413230
16/2 21:00	0.000000	0.000000	1.2451795	2.5214884	0.0000000	2.2413230
16/2 22:00	0.000000	0.000000	1.2451795	2.5214884	0.0000000	2.2413230
16/2 23:00	0.000000	0.000000	0.6225897	2.5214884	0.0000000	1.1206615

Report: Η μείωση των φορτίων που κάναμε στο παρόν σενάριο φαίνεται, εκτός από τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων, και στην εξαγωγή των report του προγράμματος, Πίνακας 10. Η συνολική ενέργεια που απαιτείται να αγοραστεί είναι στη συγκεκριμένη περίπτωση μόνο 2573.03 kWh, δηλαδή μειωμένη κατά 851.91 kWh συγκριτικά με το σενάριο 1. Αντίστοιχα η ενέργεια ανά τετραγωνικό μειώθηκε κατά 0.27 kWh/m² και έφτασε τις 0.83 kWh/m². Η συνολική ενέργεια παρουσιάζει και αυτή μεγάλες μειώσεις με την τιμή της να φτάνει τις 9203.82 kWh και 2.96 kWh/m² ανά τετραγωνικό. Δηλαδή, 3031.29 kWh λιγότερη από το σενάριο και σχεδόν 1 kWh/m² λιγότερη σε απαίτηση για κάθε τετραγωνικό επιφάνειας.

Πίνακας 10 Report χειμερινής προσομοίωσης σενάριο 2

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m ²]
Total Site Energy	2573.03	0.83	0.83
Net Site Energy	2571.83	0.83	0.83
Total Source Energy	9203.82	2.96	2.96
Net Source Energy	9200.03	2.96	2.96

Καλοκαιρινό simulation - 7/8

Αρχικά θα αναλύσουμε τις καταναλώσεις των ατόμων στο χώρο όπως φαίνονται στον Πίνακα 11. Όπως και πριν τα φορτία που εκπέμπουν οι χρήστες είναι σχεδόν στα μισά από τα αρχικά, από 37.138 kWh που είχαμε στο σενάριο 1 αυτές έγιναν 16.881 kWh στο σενάριο 2. Οι

θερμοκρασίες, αντίστοιχα, είναι και αυτές μειωμένες από 28.09°C στις 04:00 στο αρχικό σενάριο η νέα τιμή παρατηρήθηκε στους 27.93°C. Κάτι το οποίο βέβαια δεν είναι πρόβλημα, αντίθετα μας βοηθάει στο να μην ανέβει πολύ η θερμοκρασία κατά τις ώρες τις οποίες οι κλιματιστική μονάδα είναι ανενεργή. Από την άλλη παρόλο που οι απώλειες που μπορεί να υπάρχουν στο κέλυφος, συνήθως προς στα σημεία που το κτίριο συνορεύει με το έδαφος, τα κέρδη από την τοιχοποιία είναι μεγαλύτερα τις ώρες τις οποίες οι εξωτερική θερμοκρασία είναι σε υψηλά επίπεδα. Αυτό είναι κάτι που ίσως επηρεάσει τα φορτία που πρέπει να παρέχει η κλιματιστική μονάδα. Ωστόσο τα νούμερα που προκύπτουν είναι πολύ μικρότερα από αυτά του πρώτου σεναρίου και όπως παρατηρούμε είναι για όλες τις ώρες που λειτουργεί το κλιματιστικό σύστημα, σε αντίθεση με τη χειμερινή προσομοίωση. Αναλυτικά, μπορούμε να διακρίνουμε πως στις 05:00 που ξεκινάει να δουλεύει το κλιματιστικό σύστημα η κατανάλωση είναι στις 14.39 kWh συγκριτικά με τις 15.09 που είχαμε στο αρχικό σενάριο. Η μεγάλη διαφορά, βέβαια, διακρίνεται στο διάστημα των τριών ωρών που έχουμε τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας που είναι από τις 14:00 έως τις 16:00. Όπως παρατηρούμε στο πρώτο σενάριο λειτουργίας οι καταναλώσεις αγγίζουν τις 362.766 kWh ενώ στο παρόν σενάριο αυτές είναι μόνο 195.894 kWh. Η τελευταία παρατήρηση που έχουμε να κάνουμε βάσει των αποτελεσμάτων είναι για τον αερισμό του χώρου όπου βλέπουμε ότι οι εναλλαγές του αέρα από 3.307 ac/h πέφτουν στις 1.655 ac/h. Αυτό συμβαίνει λόγω της μείωσης που κάναμε στον μηχανικό αερισμό, την οποία αναφέραμε παραπάνω, από 4.0 ac/h στις 2.0 ac/h.

Πίνακας 11. 1 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 2

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
7/8 00:00	28.09383	28.63104	28.36244	25.97500	35.4596813	0.00000
7/8 01:00	28.29832	28.46344	28.38088	26.12500	35.0408663	0.00000
7/8 02:00	28.37414	28.27502	28.32458	25.45000	34.8936237	0.00000
7/8 03:00	28.15570	28.06012	28.10791	25.05000	35.3406816	0.00000
7/8 04:00	27.93035	27.84226	27.88630	24.85000	35.8077139	0.00000
7/8 05:00	25.91171	27.52467	26.71819	24.65000	41.1806244	0.00000
7/8 06:00	25.99920	27.24105	26.62013	25.42500	40.0819670	0.00000
7/8 07:00	26.00000	27.68819	26.84410	26.45000	39.9998350	0.20693
7/8 08:00	26.00000	28.85526	27.42763	27.52500	40.0048246	1.03390
7/8 09:00	26.00000	29.95900	27.97950	28.92500	40.0010806	1.65382
7/8 10:00	26.00000	31.09731	28.54866	30.35000	40.0001044	1.65382
7/8 11:00	26.00000	32.24878	29.12439	31.82500	40.0000101	1.65382
7/8 12:00	26.00000	33.19602	29.59801	32.72500	40.0080953	1.65382
7/8 13:00	26.02655	33.90380	29.96517	33.35000	41.2843288	1.65596
7/8 14:00	26.20480	34.47579	30.34030	34.02500	43.3861384	1.65880
7/8 15:00	26.33147	34.72568	30.52858	33.37500	44.5852491	1.66162
7/8 16:00	26.29630	34.45022	30.37326	32.20000	44.8758574	1.66196
7/8 17:00	26.03204	33.63051	29.83127	31.07500	41.8967826	1.03651
7/8 18:00	26.00094	32.51279	29.25687	29.90000	40.1480168	0.62146
7/8 19:00	26.00002	31.33845	28.66924	28.70000	40.0071677	0.62143
7/8 20:00	26.00000	30.30811	28.15406	27.50000	40.0002245	0.41428
7/8 21:00	26.00000	29.60698	27.80349	26.97500	40.0000046	0.41428
7/8 22:00	26.00000	29.06541	27.53270	26.60000	40.0000001	0.00000
7/8 23:00	27.60813	28.69697	28.15255	26.27500	36.4955555	0.00000

Πίνακας 11. 2 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 2

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
7/8 00:00	-4.7043143	8.5552402	0.7548904	-3.6532824	0.0000000	0.0000000
7/8 01:00	-4.2973764	9.0343224	0.7288763	-4.4879311	0.0000000	0.0000000
7/8 02:00	-5.0452975	8.4521271	0.6596373	-5.5040758	0.0000000	0.0000000
7/8 03:00	-5.2774449	8.5179531	0.6488904	-5.8699502	0.0000000	0.0000000
7/8 04:00	-5.2116041	8.5647151	0.6457532	-5.8633939	0.0000000	0.0000000
7/8 05:00	-4.9484178	10.8135438	0.8151622	-4.3392160	0.0000000	0.0776737
7/8 06:00	-1.6387119	10.3811355	0.8112204	-4.3213790	0.0000000	0.0000000
7/8 07:00	9.0260950	4.0544479	-0.0467920	-8.5320713	0.0000000	0.0000000
7/8 08:00	21.9337610	-4.5804913	-1.4579518	-11.7794539	0.0000000	0.0000000
7/8 09:00	26.9091387	-7.3244525	-2.0342091	-5.6917127	0.0000000	0.0000000
7/8 10:00	32.3365334	-10.4235303	-2.5237258	1.1532122	0.0000000	0.0000000
7/8 11:00	38.8436429	-12.8689171	-3.3101394	7.4664020	0.0000000	0.0000000
7/8 12:00	43.0109582	-13.8116783	-3.9591133	13.3075125	0.0000000	0.0000000
7/8 13:00	45.3162729	-13.6292909	-4.3414150	17.8012430	0.0000000	0.0000000
7/8 14:00	47.9174924	-13.3020164	-4.5932935	19.8402968	0.0000000	0.0000000
7/8 15:00	45.5328503	-11.4039116	-4.4596963	20.9177755	0.0000000	0.0000000
7/8 16:00	38.1450259	-5.9523850	-3.5232514	22.9732560	0.0000000	0.0000000
7/8 17:00	26.1349287	1.3260010	-2.0318208	24.4460105	0.0000000	0.0000000
7/8 18:00	13.2913862	7.0391140	-0.5396344	22.4883280	0.0000000	0.0000000
7/8 19:00	1.7918622	11.3858326	0.5196847	18.2885052	0.0000000	0.0000000
7/8 20:00	-4.3627287	13.9792430	1.0093041	13.1613295	0.0000000	0.0000000
7/8 21:00	-4.2018628	14.2122835	1.1406688	7.6157484	0.0000000	0.0000000
7/8 22:00	-4.0944376	14.2894410	1.2157311	3.9919206	0.0000000	0.0000000
7/8 23:00	-4.1922059	11.9121479	1.0836023	0.3058414	0.0000000	0.0000000

Πίνακας 11. 3 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 2

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)
7/8 00:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 01:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 02:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 03:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 04:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 05:00	12.8486576	13.7196138	14.3904476	0.0000000	2.2253705	0.0000000
7/8 06:00	11.2291910	11.2165820	12.2642940	0.0000000	0.2491608	0.0000000
7/8 07:00	13.4909838	13.8632077	22.9571239	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 08:00	37.8808986	43.1239061	87.0909292	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 09:00	45.6757507	61.1591392	133.0735470	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 10:00	54.2631278	77.2069567	153.6480885	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 11:00	63.9186077	94.6114884	175.4057385	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 12:00	72.4904953	107.9496991	192.2881302	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 13:00	78.7703031	117.3256352	195.8945671	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 14:00	82.5320985	123.4700602	195.8945671	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 15:00	84.3409812	121.3151176	195.8945671	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 16:00	82.1467935	113.4042650	195.8945671	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 17:00	62.8773433	79.8769028	147.8697484	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 18:00	48.2481656	56.1684685	92.5455265	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 19:00	37.9627628	43.5549995	79.7404742	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 20:00	29.7547033	31.9228639	55.0509892	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 21:00	24.4586493	25.9449101	48.6254354	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 22:00	19.5091616	19.5091616	19.7389944	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 23:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

Πίνακας 11. 4 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 2

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
7/8 00:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
7/8 01:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
7/8 02:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
7/8 03:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
7/8 04:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
7/8 05:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
7/8 06:00	0.000000	0.000000	1.2451795	0.8404961	0.000000	1.7787969
7/8 07:00	0.000000	0.000000	2.4903589	4.2024806	0.000000	3.5539196
7/8 08:00	0.000000	0.000000	11.8292049	7.5644652	0.000000	16.8810795
7/8 09:00	0.000000	0.000000	11.8292049	7.5644652	0.000000	16.8810793
7/8 10:00	0.000000	0.000000	11.8292049	7.5644652	0.000000	16.8810793
7/8 11:00	0.000000	0.000000	11.8292049	7.5644652	0.000000	16.8810793
7/8 12:00	0.000000	0.000000	11.8292049	7.5644652	0.000000	16.8810793
7/8 13:00	0.000000	0.000000	11.8292049	7.5644652	0.000000	16.8810793
7/8 14:00	0.000000	0.000000	11.8292049	7.5644652	0.000000	16.7499244
7/8 15:00	0.000000	0.000000	11.8292049	7.5644652	0.000000	16.5125088
7/8 16:00	0.000000	0.000000	11.8292049	2.5214884	0.000000	16.4537641
7/8 17:00	0.000000	0.000000	3.7355384	2.5214884	0.000000	5.2658658
7/8 18:00	0.000000	0.000000	1.2451795	2.5214884	0.000000	1.7761812
7/8 19:00	0.000000	0.000000	1.2451795	2.5214884	0.000000	1.7769371
7/8 20:00	0.000000	0.000000	1.2451795	2.5214884	0.000000	1.7769554
7/8 21:00	0.000000	0.000000	1.2451795	2.5214884	0.000000	1.7769557
7/8 22:00	0.000000	0.000000	0.6225897	2.5214884	0.000000	0.8884779
7/8 23:00	0.000000	0.000000	0.6225897	0.8404961	0.000000	0.8296183

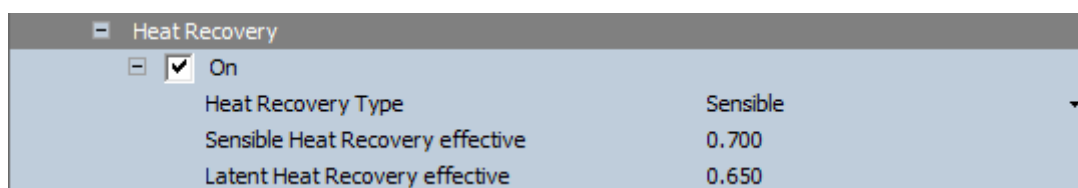
Report: Οι μειώσεις παρατηρούνται και από το report που εξάγεται από τον αλγόριθμο του energy+ πάνω στον οποίο τρέχει το πρόγραμμα, Πίνακας 12. Όπως παρατηρούμε οι μειώσεις αυτές είναι ακόμα μεγαλύτερες το καλοκαίρι σε σχέση με το χειμερινό simulation. Η πτώση της ενέργειας που πρέπει να αγοραστεί από το κτίριο σε μία μέρα είναι κατά 2360.93 kWh μικρότερη και φτάνει τις 3310.44 kWh στη συγκεκριμένη προσομοίωση. Η ενέργεια που απαιτείται στην ίδια κατηγορία ανά τετραγωνικό είναι 1.06 kWh/m² και είναι σχεδόν 0.8 μονάδες μικρότερη από ότι ήταν στο προηγούμενο σενάριο. Η συνολική ενέργεια που απαιτείται να καταναλωθεί στο κτίριο είναι σχεδόν η μισή συγκριτικά με το σενάριο 1. Πιο αναλυτικά στην παρούσα προσομοίωση η ενέργεια φτάνει τις 6739.55 kWh ενώ αυτή στο προηγούμενο σενάριο ήταν 12245.89 kWh. Αντίστοιχα η ενέργεια ανά τετραγωνικό πέφτει από τις 3.93 kWh/m² του σεναρίου 1 στις 2.17 kWh/m².

Πίνακας 12 Report καλοκαιρινής προσομοίωσης σενάριο 2

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	3310.44	1.06	1.06
Net Site Energy	3305.14	1.06	1.06
Total Source Energy	6739.55	2.17	2.17
Net Source Energy	6722.75	2.16	2.16

8.8 Σενάριο 3 - Heat Recovery

Στο τρίτο σενάριο λειτουργίας του κτιρίου μας επιλέχθηκε η εφαρμογή συστήματος ανάκτησης θερμότητας, αποτύπωση του λογισμικού παρουσιάζεται στην Εικόνα 51, πάνω στο βασικό σενάριο λειτουργίας του κτιρίου (σενάριο 1). Όπως έχουμε αναφέρει και σε προηγούμενο κεφάλαιο, το σύστημα heat recovery απορροφά τη θερμότητα που απορρίπτεται από τους χώρους του κτιρίου προκειμένου να την “ανακυκλώσει” και να θερμάνει τους χώρους που απαιτούν φορτία θερμότητας. Στο FineGreen επιλέγεται η λειτουργία του συστήματος από την καρτέλα HVAC με τις αντίστοιχες παραμέτρους, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Υπάρχουν δύο τύποι λειτουργίας του συστήματος, ο πρώτος είναι βάσει αισθητήρων να ενεργοποιούνται όταν απαιτούνται φορτία κλιματισμού, το οποίο και επιλέχθηκε, και ο δεύτερος είναι η ενεργοποίηση να βασίζεται στις διακυμάνσεις της ενθαλπίας των χώρων. Οι τιμές για την αισθητή και τη λανθάνουσα ανάκτηση θερμότητας ορίστηκαν με βάση τις βιβλιοθήκες του λογισμικού στο 0.7 και 0.65 αντίστοιχα. Παρακάτω παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα από τις δύο προσομοιώσεις του κτιρίου για την καλοκαιρινή και χειμερινή μέρα.



Εικόνα 51 Heat recovery template

Χειμερινό simulation - 16/2

Για το χειμερινό simulation παρατίθενται τα αποτελέσματα στον Πίνακα 13. Όπως μπορούμε να διακρίνουμε υπάρχουν αλλαγές στα νούμερα τόσο σε αυτά των θερμοκρασιών όσο και στις απώλειες του κελύφους, τα οποία ωστόσο θεωρούνται σχεδόν αμελητέα καθώς οι αλλαγές είναι μετά το δεύτερο ψηφίο μετά την υποδιαστολή. Οπότε επικεντρώνουμε την προσοχή μας στις αλλαγές που υπάρχουν στις καταναλώσεις των κλιματιστικών μονάδων. Όπως παρατηρούμε η ενεργοποίηση του κλιματισμού καταναλώνει λίγο περισσότερη ενέργεια την ώρα που ξεκινάει η λειτουργίας της στις 06:00, 76.341 kWh στο παρόν σενάριο συγκριτικά με τις 72.714 kWh στο σενάριο 1. Ωστόσο η κατανάλωση αυτή εξισορροπείται από την τρίτη μόλις ώρα λειτουργίας των συστημάτων κλιματισμού, όπου το κτίριο μας καταναλώνει ήδη 15 kWh περίπου λιγότερες, 37.972 kWh στο σενάριο 3, 52.27 kWh στο default σενάριο. Βέβαια, η μεγάλη διαφορά που επιφέρει το σύστημα ανάκτησης θερμότητας παρατηρείται την ώρα που έχουμε τα μεγαλύτερα φορτία για τον κλιματισμό του χώρου στις 10:00. Όπως έχουμε προαναφέρει το κτίριο καταναλώνει 176.415 kWh την ώρα αυτή στη βασική του λειτουργία. Η κατανάλωση με τη χρήση heat recovery είναι σε μικρότερο από το μισό της τιμής αυτής και ορίζεται στις 68.531 kWh. Ανάλογα μειωμένες παρατηρούνται οι καταναλώσεις και τις υπόλοιπες ώρες λειτουργίας της κλιματιστικής μονάδας. Τα ποσά αυτά είναι μικρότερα και από τις καταναλώσεις που έχει το κτίριο στο σενάριο 2 όπου είχαμε ορίσει μικρότερα φορτία κατανάλωσης και πληθυσμού. Αντιλαμβανόμαστε, λοιπόν, ότι η εφαρμογή ενός συστήματος ανάκτησης θερμότητας επιφέρει πολύ αποδοτικά αποτελέσματα στη λειτουργία του κτιρίου

κατά τους χειμερινούς μήνες. Τέλος, τα ποσά των φορτίων που εκπέμπουν ο εξοπλισμός, ο φωτισμός και ο πληθυσμός του κτιρίου παραμένουν ίδια με αυτά του βασικού σεναρίου, καθώς δεν επηρεάζονται.

Πίνακας 13. 1 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 3

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
16/2 00:00	18.48265	16.35760	17.42013	6.15000	43.9988719	0.00000
16/2 01:00	16.91736	15.72852	16.32294	6.00000	48.5360145	0.00000
16/2 02:00	15.68612	15.08651	15.38631	6.15000	52.4792692	0.00000
16/2 03:00	15.25544	14.58778	14.92161	6.05000	53.9643440	0.00000
16/2 04:00	14.46377	14.12381	14.29379	6.00000	56.7910761	0.00000
16/2 05:00	13.47332	13.11348	13.29340	5.55000	60.5751770	0.00000
16/2 06:00	19.80546	13.01219	16.40882	5.10000	42.9554682	0.00000
16/2 07:00	19.99976	14.17651	17.08814	5.00000	41.8029491	0.00000
16/2 08:00	20.00000	15.06749	17.53374	4.85000	40.1846166	0.39993
16/2 09:00	20.00000	15.29875	17.64937	4.20000	40.0104450	1.99959
16/2 10:00	20.00000	16.18860	18.09430	4.75000	40.0131094	3.19697
16/2 11:00	20.00000	17.33963	18.66982	5.75000	40.0049674	3.19617
16/2 12:00	20.00000	18.14138	19.07069	6.00000	40.0010774	3.19617
16/2 13:00	20.09751	18.82295	19.46023	6.00000	39.7766730	3.19962
16/2 14:00	20.49626	19.39424	19.94525	6.75000	39.1846487	3.20505
16/2 15:00	20.75979	19.57895	20.16937	6.25000	39.4457881	3.20862
16/2 16:00	20.67383	19.50818	20.09100	6.00000	40.0453843	3.20798
16/2 17:00	20.64498	19.20452	19.92475	6.75000	40.0369259	3.20760
16/2 18:00	20.03936	18.38202	19.21069	6.25000	40.2643410	1.99770
16/2 19:00	20.00070	17.65068	18.82569	6.00000	40.0336165	1.19976
16/2 20:00	20.00002	17.24956	18.62479	6.15000	40.0026523	1.19975
16/2 21:00	20.00000	16.97745	18.48873	6.05000	40.0001271	0.79983
16/2 22:00	20.00000	16.78315	18.39158	6.00000	40.0000041	0.79983
16/2 23:00	20.00000	16.65993	18.32996	6.45000	40.0000042	0.00000

Πίνακας 13. 2 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 3

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
16/2 00:00	-13.2358603	1.7371483	-3.1685449	-4.3810188	0.0000000	0.0000000
16/2 01:00	-12.2643175	5.3549053	-2.7056095	-0.2718175	0.0000000	0.0000000
16/2 02:00	-11.3451952	7.4582512	-2.3117496	1.4548179	0.0000000	0.0000000
16/2 03:00	-10.5758447	7.0987183	-2.1246886	0.0639070	0.0000000	0.0000000
16/2 04:00	-9.8722430	7.9356298	-1.9072006	-0.1978834	0.0000000	0.0000000
16/2 05:00	-18.4135211	11.1440195	-1.4656265	2.1630253	0.0000000	0.0000000
16/2 06:00	-19.9346290	1.1147713	-1.8847025	-10.9962079	0.0000000	64.3646432
16/2 07:00	-17.9649220	-8.0712064	-2.8289310	-22.2673612	0.0000000	50.4172752
16/2 08:00	-11.6668693	-10.0397685	-3.3134854	-20.9382973	0.0000000	28.7283547
16/2 09:00	-20.6032794	-14.1920290	-3.8775503	-21.6437114	0.0000000	0.0000000
16/2 10:00	-9.6152765	-15.8180228	-4.2779810	-20.8551221	0.0000000	0.0000000
16/2 11:00	1.9613180	-18.2672232	-4.7634773	-18.7922128	0.0000000	0.0000000
16/2 12:00	7.1686346	-19.8012691	-5.1800173	-15.3789618	0.0000000	0.0000000
16/2 13:00	10.2502325	-20.6876942	-5.5253439	-12.6260957	0.0000000	0.0000000
16/2 14:00	10.7668849	-21.0245688	-5.7920822	-10.8768019	0.0000000	0.0000000
16/2 15:00	4.5815186	-19.1064828	-5.7678408	-8.7085956	0.0000000	0.0000000
16/2 16:00	-1.7796898	-15.8445942	-5.5429744	-6.7925300	0.0000000	0.0000000
16/2 17:00	-7.4056339	-10.8417520	-5.0945373	-3.7043478	0.0000000	0.0000000
16/2 18:00	-14.3237665	-2.4270202	-4.2199776	2.2105689	0.0000000	0.0000000
16/2 19:00	-14.8203950	-0.4732305	-3.8040423	1.0480359	0.0000000	8.0978806
16/2 20:00	-13.8742994	-1.0212144	-3.6645253	-2.7264413	0.0000000	11.9901945
16/2 21:00	-13.6925819	-1.1692129	-3.5707835	-5.2784062	0.0000000	14.4767884
16/2 22:00	-13.7146510	-1.3387501	-3.5065758	-6.9348597	0.0000000	16.3126593
16/2 23:00	-13.1758898	-1.3924288	-3.4484427	-7.6927311	0.0000000	20.1141431

Πίνακας 13. 3 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 3

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)
16/2 00:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
16/2 01:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
16/2 02:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
16/2 03:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
16/2 04:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
16/2 05:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
16/2 06:00	0.0016586	0.000000	0.000000	72.3739478	76.3410128	0.000000
16/2 07:00	0.000000	0.000000	0.000000	50.4220236	50.4220236	0.000000
16/2 08:00	0.000000	0.000000	0.000000	34.4049156	37.9720004	0.000000
16/2 09:00	13.3902869	0.000000	0.000000	16.5760020	46.0368885	0.000000
16/2 10:00	22.4628268	0.000000	0.000000	23.8237945	68.5314337	0.000000
16/2 11:00	33.4134172	0.000000	0.000000	9.8798011	53.3898727	0.000000
16/2 12:00	39.9695577	0.000000	0.000000	2.5862577	47.5272927	0.000000
16/2 13:00	43.4003884	0.000000	0.000000	0.000000	49.9209100	0.000000
16/2 14:00	43.4884138	0.000000	0.000000	0.000000	50.7816857	0.000000
16/2 15:00	44.5551219	0.000000	0.000000	0.000000	61.7656710	0.000000
16/2 16:00	44.2687362	0.000000	0.000000	0.000000	64.8235902	0.000000
16/2 17:00	42.2982652	0.000000	0.000000	0.000000	63.2965133	0.000000
16/2 18:00	6.4363614	0.000000	0.000000	18.9484002	55.3945683	0.000000
16/2 19:00	0.000000	0.000000	0.000000	23.9403439	47.8323518	0.000000
16/2 20:00	0.000000	0.000000	0.000000	27.6701396	48.3664714	0.000000
16/2 21:00	0.000000	0.000000	0.000000	24.9668101	40.6128967	0.000000
16/2 22:00	0.000000	0.000000	0.000000	26.8468373	40.6546526	0.000000
16/2 23:00	0.000000	0.000000	0.000000	20.1141431	20.1141431	0.000000

Πίνακας 13. 4 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 3

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
16/2 00:00	0.000000	0.000000	1.1673557	0.8404961	0.000000	2.4654553
16/2 01:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
16/2 02:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
16/2 03:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
16/2 04:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
16/2 05:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
16/2 06:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
16/2 07:00	0.000000	0.000000	2.3347115	0.8404961	0.000000	4.9309106
16/2 08:00	0.000000	0.000000	4.6694230	4.2024806	0.000000	9.8618213
16/2 09:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	46.8436512
16/2 10:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	46.8436512
16/2 11:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	46.8436512
16/2 12:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	46.8436512
16/2 13:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	46.8436512
16/2 14:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	46.8436512
16/2 15:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	46.8436512
16/2 16:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	46.8436512
16/2 17:00	0.000000	0.000000	22.1797591	2.5214884	0.000000	46.8436512
16/2 18:00	0.000000	0.000000	7.0041344	2.5214884	0.000000	14.7927319
16/2 19:00	0.000000	0.000000	2.3347115	2.5214884	0.000000	4.9309106
16/2 20:00	0.000000	0.000000	2.3347115	2.5214884	0.000000	4.9309106
16/2 21:00	0.000000	0.000000	2.3347115	2.5214884	0.000000	4.9309106
16/2 22:00	0.000000	0.000000	2.3347115	2.5214884	0.000000	4.9309106
16/2 23:00	0.000000	0.000000	1.1673557	2.5214884	0.000000	2.4654553

Report: Παρόλο που κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης του κτιρίου μας με τη χρήση ανάκτησης θερμότητας παρατηρήσαμε σημαντικές μειώσεις στην κατανάλωση των φορτίων, αυτό δεν παρατηρείται και στην εξαγωγή του report, Πίνακας 14. Τα νούμερα που προκύπτουν στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι σχεδόν όμοια με αυτά που παρατηρήθηκαν στην προσομοίωση του σεναρίου 1. Η συνολική ενέργεια που απαιτείται για αγορά αγγίζει τις 3438.90 kWh και η συνολική πρωτογενής και δευτερογενής ενέργεια που

απαιτείται για κατανάλωση αγγίζει τις 12285.55 kWh. Στην πραγματικότητα οι μειωμένες καταναλώσεις στα φορτία, όπως αυτές παρατηρήθηκαν από τα ωριαία αποτελέσματα των προσομοιώσεων, θα έπρεπε να διαφαίνονται και στο report του λογισμικού. Ωστόσο, λόγω ατελειών του πρώιμου σταδίου στο οποίο βρίσκεται το πρόγραμμα οι καταναλώσεις υπολογίζονται με βάσει τους συντελεστές απόδοσης των κλιματιστικών και της πρωτογενής ενέργειας που χρησιμοποιείται. Για αυτό το λόγο οι συνολικές καταναλώσεις σε φορτίο ηλεκτρισμού βγαίνουν όμοιες με αυτές του πρώτου σεναρίου.

Πίνακας 14 Report χειμερινής προσομοίωσης σενάριο 3

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m ²]
Total Site Energy	3438.90	1.10	1.10
Net Site Energy	3437.70	1.10	1.10
Total Source Energy	12285.55	3.95	3.95
Net Source Energy	12281.77	3.95	3.95

Καλοκαιρινό simulation - 7/8

Όπως το χειμώνα έτσι και τώρα έχουμε κάποιες μικρές διαφορές στις θερμοκρασίες του χώρου και τις θερμικές απώλειες του κελύφους οι οποίες όμως είναι αρκετά μικρές ώστε να θεωρούνται αμελητέες, Πίνακας 15. Οι μεγάλες διαφορές παρατηρούνται στα φορτία που καταναλώνονται για τη λειτουργία της κλιματιστικής μονάδας και την ψύξη του χώρου. Οι καταναλώσεις των φορτίων στο ξεκίνημα λειτουργίας της ψύξης του χώρου στις 06:00 είναι όμοιες και κυμαίνονται στις 15 kWh. Μεγάλη διαφορά έχουμε στις 16:00 όπου είναι η μεγαλύτερη κατανάλωση φορτίου και για τα δύο σενάρια λειτουργίας. Στο σενάριο 1 η κατανάλωση αυτή φαίνεται να είναι στις 362.766 kWh και παρατηρείται μία διαφορά της τάξης των 35 kWh με το σενάριο 3 όπου η κατανάλωση είναι 327.196 kWh. Ανάλογη είναι η διαφορά και για τις υπόλοιπες ώρες λειτουργίας του κλιματιστικού συστήματος. Μπορεί η βελτίωση στα καταναλισκόμενα φορτία να μην είναι αντίστοιχη με αυτή που είχαμε για τη χειμερινή προσομοίωση, όπου η ανάκτηση θερμότητας επέφερε βελτίωση μεγαλύτερη των 100 kWh, όμως και πάλι η βελτίωση στο σύστημα είναι αισθητή. Επίσης, είναι λογικό το σύστημα heat recovery να είναι πιο αποδοτικό το χειμώνα αφού η θερμότητα είναι αυτή που υπερέχει σε ένα χώρο και ανακυκλώνεται σε αντίθεση με την ψύξη. Εν ολίγοις, όμως, η εγκατάσταση ενός συστήματος ανάκτησης θερμότητας επιφέρει θετικά αποτελέσματα σε κάθε σενάριο που εγκαθίσταται και κάνει το κτίριο μας πιο αποδοτικό.

Πίνακας 15. 1 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 3

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
7/8 00:00	28.29845	28.81390	28.55617	25.97500	35.1446857	0.00000
7/8 01:00	28.45496	28.63593	28.54545	26.12500	34.7956177	0.00000
7/8 02:00	28.54284	28.44069	28.49176	25.45000	34.6234305	0.00000
7/8 03:00	28.32092	28.22146	28.27119	25.05000	35.0745429	0.00000
7/8 04:00	28.08912	27.99870	28.04391	24.85000	35.5509283	0.00000
7/8 05:00	25.78758	27.66576	26.72667	24.65000	41.0065512	0.00000
7/8 06:00	26.00000	27.37825	26.68912	25.42500	40.0213119	0.00000
7/8 07:00	26.00000	27.84437	26.92219	26.45000	40.0073090	0.41387
7/8 08:00	26.00000	29.17486	27.58743	27.52500	40.0087873	2.06780
7/8 09:00	26.00000	30.37979	28.18990	28.92500	40.0034602	3.30764
7/8 10:00	26.00000	31.57480	28.78740	30.35000	40.0007783	3.30764
7/8 11:00	26.00000	32.75900	29.37950	31.82500	40.0001751	3.30763
7/8 12:00	26.00000	33.72565	29.86283	32.72500	40.0000394	3.30763
7/8 13:00	26.00000	34.44530	30.22265	33.35000	39.9884053	3.31011
7/8 14:00	26.00000	35.00358	30.50179	34.02500	39.9951639	3.31094
7/8 15:00	26.00000	35.20210	30.60105	33.37500	39.9872908	3.31343
7/8 16:00	26.00000	34.88955	30.44478	32.20000	39.9949055	3.31427
7/8 17:00	26.00000	33.96368	29.98184	31.07500	39.9991958	2.07142
7/8 18:00	26.00000	32.78553	29.39276	29.90000	39.9999289	1.24285
7/8 19:00	26.00000	31.56986	28.78493	28.70000	39.9999952	1.24285
7/8 20:00	26.00000	30.51308	28.25654	27.50000	39.9999998	0.82857
7/8 21:00	26.00000	29.79381	27.89690	26.97500	40.0000011	0.82857
7/8 22:00	26.00000	29.22915	27.61458	26.60000	39.9999990	0.00000
7/8 23:00	27.82168	28.85837	28.34002	26.27500	36.1388408	0.00000

Πίνακας 15. 2 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 3

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
7/8 00:00	-4.8950305	8.6126854	0.6957324	-3.9092461	0.0000000	0.0000000
7/8 01:00	-4.4544152	9.3408673	0.6881505	-4.5321494	0.0000000	0.0000000
7/8 02:00	-5.1895895	8.7008897	0.6205408	-5.5524350	0.0000000	0.0000000
7/8 03:00	-5.4199753	8.7284127	0.6098682	-5.9344256	0.0000000	0.0000000
7/8 04:00	-5.3486902	8.7652918	0.6081685	-5.9150050	0.0000000	0.0000000
7/8 05:00	-5.0612704	11.2529706	0.7966977	-4.2350162	0.0000000	0.0110791
7/8 06:00	-1.6998041	10.5602569	0.7827023	-4.4700128	0.0000000	0.0000000
7/8 07:00	8.9972743	3.9498779	-0.0957481	-8.9671662	0.0000000	0.0000000
7/8 08:00	22.0845039	-6.9522323	-1.6856783	-14.5658837	0.0000000	0.0000000
7/8 09:00	26.9430348	-9.1859004	-2.2790525	-7.8020878	0.0000000	0.0000000
7/8 10:00	32.3039284	-12.0855807	-2.7786744	-0.3625178	0.0000000	0.0000000
7/8 11:00	38.7634199	-14.3717123	-3.5654885	6.3737831	0.0000000	0.0000000
7/8 12:00	42.8989329	-15.1680128	-4.2115758	12.4831521	0.0000000	0.0000000
7/8 13:00	45.1821080	-14.8498902	-4.5904026	17.1311779	0.0000000	0.0000000
7/8 14:00	47.8156632	-14.0053671	-4.8042929	19.5640232	0.0000000	0.0000000
7/8 15:00	45.5315490	-11.4448921	-4.6059878	21.1501751	0.0000000	0.0000000
7/8 16:00	38.1919888	-5.9670310	-3.6532739	23.1270748	0.0000000	0.0000000
7/8 17:00	25.9658329	2.5085082	-2.0760585	25.8879731	0.0000000	0.0000000
7/8 18:00	13.0721277	8.0318699	-0.5783112	23.5541454	0.0000000	0.0000000
7/8 19:00	1.6206773	12.2312913	0.4872878	18.9094082	0.0000000	0.0000000
7/8 20:00	-4.5048741	14.7345342	0.9819224	13.5088539	0.0000000	0.0000000
7/8 21:00	-4.3249300	14.8854320	1.1164826	7.7976423	0.0000000	0.0000000
7/8 22:00	-4.2164246	15.0370773	1.2052466	4.2365526	0.0000000	0.0000000
7/8 23:00	-4.3194955	12.2105338	1.0491960	0.2429773	0.0000000	0.0000000

Πίνακας 15. 3 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 3

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)
7/8 00:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 01:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 02:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 03:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 04:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 05:00	13.4067859	14.6864194	15.0817508	0.0000000	0.7899699	0.0000000
7/8 06:00	15.5209597	15.5209322	16.6481969	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 07:00	19.1765359	19.5162505	37.8169978	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 08:00	62.5087437	66.0176042	154.8509407	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 09:00	71.4281796	81.1469048	226.0637678	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 10:00	80.7577272	95.0254948	249.0881381	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 11:00	90.9620481	109.9590874	272.8545541	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 12:00	99.9286848	121.8687938	292.0747561	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 13:00	106.9806941	130.9852694	306.4847529	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 14:00	112.8003760	138.9575293	314.0844141	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 15:00	115.2181816	139.4676044	321.7796972	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 16:00	112.0204605	132.7091346	327.1964894	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 17:00	73.3794845	84.2154066	206.6359598	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 18:00	53.0891315	58.3370095	131.1485635	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 19:00	42.4025383	46.1195540	118.3372652	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 20:00	33.8613760	35.4663655	81.8088298	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 21:00	28.3343077	29.4529653	75.0007035	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 22:00	21.9629946	21.9629946	22.4685877	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 23:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

Πίνακας 15. 4 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 3

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
7/8 00:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	0.0000000
7/8 01:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	0.0000000
7/8 02:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	0.0000000
7/8 03:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	0.0000000
7/8 04:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	0.0000000
7/8 05:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	0.0000000
7/8 06:00	0.0000000	0.0000000	2.3347115	0.8404961	0.0000000	3.9093090
7/8 07:00	0.0000000	0.0000000	4.6694230	4.2024806	0.0000000	7.8186052
7/8 08:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	37.1383746
7/8 09:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	37.1383745
7/8 10:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	37.1383745
7/8 11:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	37.1383745
7/8 12:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	37.1383745
7/8 13:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	37.1383745
7/8 14:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	37.1383745
7/8 15:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	37.1383745
7/8 16:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	2.5214884	0.0000000	37.1383745
7/8 17:00	0.0000000	0.0000000	7.0041344	2.5214884	0.0000000	11.7279078
7/8 18:00	0.0000000	0.0000000	2.3347115	2.5214884	0.0000000	3.9093026
7/8 19:00	0.0000000	0.0000000	2.3347115	2.5214884	0.0000000	3.9093026
7/8 20:00	0.0000000	0.0000000	2.3347115	2.5214884	0.0000000	3.9093026
7/8 21:00	0.0000000	0.0000000	2.3347115	2.5214884	0.0000000	3.9093026
7/8 22:00	0.0000000	0.0000000	1.1673557	2.5214884	0.0000000	1.9546513
7/8 23:00	0.0000000	0.0000000	1.1673557	0.8404961	0.0000000	1.8071282

Report: Αντίστοιχα με τα αποτελέσματα του χειμερινού σεναρίου έτσι και στο καλοκαιρινό οι συνολικές καταναλώσεις σε ηλεκτρική ενέργεια προκύπτουν σχεδόν όμοιες με αυτές του σεναρίου 1, ενώ κανονικά θα έπρεπε να παρουσιάζονται μικρότερες όπως αυτό φαίνεται στον Πίνακα 16 του simulation.

Πίνακας 16 Report καλοκαιρινής προσομοίωσης σενάριο 3

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m ²]
Total Site Energy	5620.54	1.81	1.81
Net Site Energy	5615.23	1.80	1.80
Total Source Energy	12193.92	3.92	3.92
Net Source Energy	12177.12	3.91	3.91

8.9 Σενάριο 4 - Διαφορετικά schedule

Στο τέταρτο σενάριο λειτουργίας του κτιρίου αποφασίστηκε η αλλαγή των χρονοδιαγραμμάτων του κτιρίου ώστε να προσομοιώσουμε μια πιο εξειδικευμένη λειτουργία. Πιο συγκεκριμένα, στο schedule του πληθυσμού (occupancy) που ήταν με βάση το πρόγραμμα υγείας που περιλαμβάνει το λογισμικό, όπως και τα υπόλοιπα χρονοδιαγράμματα που έχουμε ορίσει, αντικαταστάθηκε από πρόγραμμα πληθυσμού για ένα ξενοδοχείο. Σκοπός αυτής της αλλαγής ήταν να περιλαμβάνεται κόσμος στο κτίριο και τις νυχτερινές ώρες λειτουργίας κάτι που δεν είχαμε με τα προηγούμενα χρονοδιαγράμματα. Αντίστοιχα, μεταβλήθηκε και το ωράριο λειτουργίας της παροχής μηχανικού αερισμού προκειμένου να καλυφθούν οι νέες ανάγκες σε νωπό αέρα όπως αυτές προκύπτουν με τις αλλαγές στον πληθυσμό. Ύστερα από αυτές τις αλλαγές δημιουργείται η ανάγκη και για νέα δεδομένα στη λειτουργία των κλιματιστικών μας μονάδων. Καθώς πλέον ο πληθυσμός στο κτίριο είναι αυξημένος και τις νυχτερινές ώρες πρέπει να διατηρούνται και οι αντίστοιχες ιδανικές θερμοκρασίες στους χώρους. Δοκιμάζοντας το χρονοδιάγραμμα που διαθέτει το λογισμικό για τη λειτουργία HVAC σε ένα ξενοδοχείο παρατηρούμε ότι και πάλι δεν καλύπτονται τα θερμικά φορτία το βράδυ. Επομένως δημιουργήσαμε ένα χρονοδιάγραμμα ώστε να καλύψουμε τα επιθυμητά φορτία λειτουργίας. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε και στην παρακάτω Εικόνα 52 οι κλιματιστικές μονάδες ορίστηκαν να λειτουργούν στο 55% της συνολικής τους απόδοσης από τις 24:00 έως τις 06:00, δηλαδή τις νυχτερινές ώρες. Με τον τρόπο μπορούμε να διατηρήσουμε τις απαραίτητες θερμοκρασιακές καταστάσεις ακόμα και τις ώρες που οι χρήστες του κτιρίου κοιμούνται. Στη συνέχεια, για το διάστημα των 12 ωρών που υπάρχουν οι μεγαλύτερες απαιτήσεις στο κτίριο, λόγω πληθυσμού και κλιματικών συνθηκών, οι κλιματιστικές δουλεύουν στο 100% της απόδοσης τους. Τέλος, από τις 18:00 όπου αρχίζουν να χαλαρώνουν οι χρήστες και δεν εκπέμπουν μεγάλα ποσά ενέργειας έως τις 24:00 που είναι η ώρα που πέφτουν για ύπνο, οι θερμοκρασιακές συνθήκες διατηρούνται από τη λειτουργία των κλιματιστικών στο 80% της συνολικής τους απόδοσης. Στη συνέχεια θα παρατηρήσουμε πιο αναλυτικά τα φορτία που καταναλώνει το κτίριο μας με βάση τα νέα schedules που ορίσαμε, τόσο για μια χειμερινή ημέρα λειτουργίας όσο και για μια καλοκαιρινή.

General	
Name	Daycare HVAC
Source	FINEGREEN
Data	
Occupancy Residential,	
Fraction,	
Through: 31 Dec,	
For: Weekdays,	
Until: 06:00,	
0.55,	
Until: 18:00,	
1.00,	
Until: 24:00,	
0.8,	

Εικόνα 52 Schedule κλιματιστικής

Χειμερινό simulation - 16/2

Ξεκινώντας με το χειμερινό simulation παρουσιάζεται ο Πίνακας 17 με τα αποτελέσματα παρακάτω. Το πρώτο πράγμα που παρατηρούμε είναι πως οι θερμοκρασίες του κτιρίου παραμένουν σταθερές για όλες τις ώρες της ημέρας στο ιδανικό και επιθυμητό επίπεδο των 20°C. Με αντίστοιχο τρόπο δουλεύει και ο μηχανικός αερισμός όλη τη διάρκεια της ημέρας, με διακυμάνσεις στις τιμές των εναλλαγών του αέρα ανά ώρα, βέβαια, οι οποίες είναι ανάλογες με τις διακυμάνσεις του πληθυσμού, όπως θα δούμε παρακάτω. Εάν παρατηρήσουμε την τελευταία στήλη μπορούμε να δούμε πως τα μεγάλα φορτία του πληθυσμού προέρχονται από τις νυχτερινές ώρες ενώ υπάρχει μια σημαντική πτώση κατά τις μεσημεριανές. Μπορούμε να συμπεράνουμε λοιπόν, πως στο συγκεκριμένο schedule το ποσοστό των χρηστών του κτιρίου βρίσκεται στο μέγιστο ποσοστό του κατά τη διάρκεια της νύχτας και πέφτει σταδιακά κατά τη διάρκεια της ημέρας. Πάνω σε αυτό βασίζονται και οι διακυμάνσεις των εναλλαγών του αέρα στο μηχανικό αερισμό, αλλά και οι διακυμάνσεις στα φορτία θέρμανσης. Μπορούμε να διακρίνουμε πως τα μεγαλύτερα φορτία θέρμανσης υπάρχουν τις νυχτερινές ώρες (24:00 έως 06:00) και οι τιμές τους είναι μεγαλύτερες από 200 kWh. Συγκεκριμένα η μέγιστη τιμή παρατηρείται στις 06:00 και αγγίζει τις 230.5 kWh. Από αυτή την ώρα και στη συνέχεια υπάρχει μια σταδιακή πτώση μέχρι τις 14:00 όταν και παρατηρούμε τη χαμηλότερη τιμή φορτίου θέρμανσης, 25.18 kWh. Από τις 15:00 και ύστερα τα φορτία αρχίζουν πάλι να αυξάνονται μέχρι τις 23:00.

Πίνακας 17. 1 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 4

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
16/2 00:00	20.00000	17.19931	18.59966	6.15000	40.000018	3.59925
16/2 01:00	20.00000	17.14072	18.57036	6.00000	39.9878884	3.60191
16/2 02:00	20.00000	17.09155	18.54578	6.15000	40.0067350	3.60014
16/2 03:00	20.00000	17.07925	18.53962	6.05000	40.0040574	3.59925
16/2 04:00	20.00000	17.06133	18.53066	6.00000	40.0009956	3.59925
16/2 05:00	20.00000	16.34421	18.17211	5.55000	40.0002443	3.59925
16/2 06:00	20.00000	16.16298	18.08149	5.10000	40.0000599	3.59925
16/2 07:00	20.00000	16.28844	18.14422	5.00000	40.0000123	2.79941
16/2 08:00	20.00000	16.59536	18.29768	4.85000	40.0000030	1.59967
16/2 09:00	20.00000	16.19850	18.09925	4.20000	39.9999999	1.59967
16/2 10:00	20.00000	16.65113	18.32557	4.75000	40.0038175	0.79924
16/2 11:00	20.00000	17.51726	18.75863	5.75000	40.0004357	0.79904
16/2 12:00	20.00000	18.11786	19.05893	6.00000	40.0000151	0.79904
16/2 13:00	20.00000	18.63705	19.31852	6.00000	39.9961813	0.79963
16/2 14:00	20.00000	19.03529	19.51765	6.75000	39.9995637	0.79983
16/2 15:00	20.00000	19.02303	19.51152	6.25000	39.9999872	0.79983
16/2 16:00	20.00000	18.83126	19.41563	6.00000	39.9999994	1.19975
16/2 17:00	20.00000	18.52143	19.26071	6.75000	40.0000000	1.99958
16/2 18:00	20.00000	17.96935	18.98467	6.25000	39.9999992	1.99958
16/2 19:00	20.00000	17.56239	18.78120	6.00000	39.9999995	1.99958
16/2 20:00	20.00000	17.41809	18.70904	6.15000	40.0000011	2.79941
16/2 21:00	20.00000	17.30497	18.65249	6.05000	39.9999990	2.79941
16/2 22:00	20.00000	17.24552	18.62276	6.00000	39.9999998	3.19933
16/2 23:00	20.00000	17.26453	18.63227	6.45000	40.0000000	3.59925

Πίνακας 17. 2 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 4

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
16/2 00:00	-13.7760613	-4.0354207	-3.8032458	-9.8034795	0.0000000	0.0000000
16/2 01:00	-13.8751384	-4.1336386	-3.7767084	-9.8865739	0.0000000	0.0000000
16/2 02:00	-14.1570282	-4.2668684	-3.7613590	-9.9402320	0.0000000	0.0000000
16/2 03:00	-13.8230423	-4.5181019	-3.7614273	-10.0838951	0.0000000	0.0000000
16/2 04:00	-13.6525773	-4.6608942	-3.7583909	-10.2698273	0.0000000	0.0000000
16/2 05:00	-26.6873830	-1.9805776	-3.4850771	-7.6392958	0.0000000	0.0000000
16/2 06:00	-26.6202021	-2.4738289	-3.4423591	-8.7298879	0.0000000	0.0000000
16/2 07:00	-20.2084240	-3.2954344	-3.4663587	-10.1806471	0.0000000	1.8995960
16/2 08:00	-12.9491267	-4.9276567	-3.6194083	-11.7410802	0.0000000	6.0042936
16/2 09:00	-22.0908870	-5.9381324	-3.7171237	-12.0991754	0.0000000	0.0000000
16/2 10:00	-10.4780975	-7.7753651	-3.9223147	-13.6039454	0.0000000	1.4400042
16/2 11:00	1.3820685	-11.0480060	-4.3311964	-13.8888357	0.0000000	0.0000000
16/2 12:00	6.7639729	-13.1010941	-4.6965214	-11.8420594	0.0000000	0.0000000
16/2 13:00	9.9960272	-14.3129491	-4.9994165	-9.7278751	0.0000000	0.0000000
16/2 14:00	10.7418002	-14.4216414	-5.1919818	-7.8098540	0.0000000	0.0000000
16/2 15:00	4.9338653	-12.0792654	-5.0622332	-5.2322385	0.0000000	0.0000000
16/2 16:00	-1.2160741	-9.8857892	-4.8495588	-4.2835789	0.0000000	0.0000000
16/2 17:00	-6.7743219	-6.6481281	-4.5010520	-2.8700641	0.0000000	0.0000000
16/2 18:00	-13.6268954	-2.9532575	-4.0138808	-1.5281930	0.0000000	0.0000000
16/2 19:00	-14.4593443	-2.3588652	-3.8294996	-3.7168991	0.0000000	0.0000000
16/2 20:00	-13.6290723	-3.6479166	-3.8519579	-7.2063305	0.0000000	0.0000000
16/2 21:00	-13.6045539	-3.4817815	-3.8105563	-8.4342919	0.0000000	0.0000000
16/2 22:00	-13.6940474	-4.0415657	-3.8263662	-9.6945519	0.0000000	0.0000000
16/2 23:00	-13.1885905	-4.6728675	-3.8658242	-10.5170046	0.0000000	0.0000000

Πίνακας 17. 3 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 4

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)
16/2 00:00	13.5631966	0.0000000	0.0000000	143.6919119	213.9084680	0.0000000
16/2 01:00	12.1197923	0.0000000	0.0000000	146.7956594	220.9358651	0.0000000
16/2 02:00	11.6716259	0.0000000	0.0000000	145.6533046	207.6212429	0.0000000
16/2 03:00	11.5794164	0.0000000	0.0000000	146.8035326	216.8916392	0.0000000
16/2 04:00	11.4429145	0.0000000	0.0000000	147.4686748	221.5704394	0.0000000
16/2 05:00	4.2841307	0.0000000	0.0000000	159.8062156	223.6327925	0.0000000
16/2 06:00	2.4969876	0.0000000	0.0000000	166.6952745	230.5010756	0.0000000
16/2 07:00	0.8716549	0.0000000	0.0000000	133.4836001	183.9678738	0.0000000
16/2 08:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	82.5187575	103.7617103	0.0000000
16/2 09:00	3.7271322	0.0000000	0.0000000	76.0717325	99.8902047	0.0000000
16/2 10:00	2.7742554	0.0000000	0.0000000	37.1815527	48.3236716	0.0000000
16/2 11:00	9.3765450	0.0000000	0.0000000	26.6428672	37.5217604	0.0000000
16/2 12:00	14.2338502	0.0000000	0.0000000	21.1671789	32.3874057	0.0000000
16/2 13:00	17.9762083	0.0000000	0.0000000	17.4311910	29.8775801	0.0000000
16/2 14:00	20.4114283	0.0000000	0.0000000	13.1126197	25.1802313	0.0000000
16/2 15:00	20.0515478	0.0000000	0.0000000	14.7256068	28.6333143	0.0000000
16/2 16:00	22.3364797	0.0000000	0.0000000	30.7385489	52.6274497	0.0000000
16/2 17:00	27.0765111	0.0000000	0.0000000	56.6133011	92.4009973	0.0000000
16/2 18:00	11.1944427	0.0000000	0.0000000	75.5789916	111.9181297	0.0000000
16/2 19:00	4.2103402	0.0000000	0.0000000	84.0746877	124.1128725	0.0000000
16/2 20:00	9.7281028	0.0000000	0.0000000	112.6381188	160.8262186	0.0000000
16/2 21:00	8.7438580	0.0000000	0.0000000	114.4416125	168.9430226	0.0000000
16/2 22:00	11.5873424	0.0000000	0.0000000	129.7772004	184.7044192	0.0000000
16/2 23:00	14.2239605	0.0000000	0.0000000	139.7386130	197.8755484	0.0000000

Πίνακας 17. 4 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 4

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
16/2 00:00	0.0000000	0.0000000	1.1673557	0.8404961	0.0000000	44.3781958
16/2 01:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	44.3781958
16/2 02:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	44.3781958
16/2 03:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	44.3781958
16/2 04:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	44.3781958
16/2 05:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	44.3781958
16/2 06:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	44.3781958
16/2 07:00	0.0000000	0.0000000	2.3347115	0.8404961	0.0000000	34.5163745
16/2 08:00	0.0000000	0.0000000	4.6694230	4.2024806	0.0000000	19.7236426
16/2 09:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	19.7236426
16/2 10:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	9.8618213
16/2 11:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	9.8618213
16/2 12:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	9.8618213
16/2 13:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	9.8618213
16/2 14:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	9.8618213
16/2 15:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	9.8618213
16/2 16:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	14.7927319
16/2 17:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	2.5214884	0.0000000	24.6545532
16/2 18:00	0.0000000	0.0000000	7.0041344	2.5214884	0.0000000	24.6545532
16/2 19:00	0.0000000	0.0000000	2.3347115	2.5214884	0.0000000	24.6545532
16/2 20:00	0.0000000	0.0000000	2.3347115	2.5214884	0.0000000	34.5163745
16/2 21:00	0.0000000	0.0000000	2.3347115	2.5214884	0.0000000	34.5163745
16/2 22:00	0.0000000	0.0000000	2.3347115	2.5214884	0.0000000	39.4472852
16/2 23:00	0.0000000	0.0000000	1.1673557	2.5214884	0.0000000	44.3781958

Report: Οι διαφορές του συγκεκριμένου σεναρίου με το σενάριο 1 παρατηρούνται αρκετά εμφανώς μετά την εξαγωγή του report της προσομοίωσης, Πίνακας 18. Καθώς στην περίπτωση που δοκιμάζουμε στο παρόν σενάριο το κτίριο απαιτεί φορτία θέρμανσης καθόλη τη διάρκεια της ημέρας είναι λογικό οι συνολικές απαιτήσεις σε ενέργεια να είναι αρκετά αυξημένες. Πράγματι όπως παρατηρούμε στον επόμενο πίνακα η ενέργεια που απαιτείται να αγοραστεί έχει ανέβει από τις 3424.94 kWh που ήταν στο σενάριο 1 στις 5719.17 kWh. Όμοια η απαίτηση σε ενέργεια ανά τετραγωνικό ανέβηκε από το 1.10 kWh/m² στο 1.84 kWh/m². Αντίστοιχα οι συνολικές απαιτήσεις του κτιρίου σε ενέργεια έχουν μία αύξηση κατά περίπου 6000 kWh. Από τις 12235.11 kWh φτάνουν τις 20524.93 kWh, με την ενέργεια ανά τετραγωνικό να ανεβαίνει από τις 3.93 kWh/m² στις 6.59 kWh/m².

Πίνακας 18_ Report χειμερινής προσομοίωσης σενάριο 4

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m ²]
Total Site Energy	5719.17	1.84	1.84
Net Site Energy	5717.97	1.84	1.84
Total Source Energy	20524.93	6.59	6.59
Net Source Energy	20521.15	6.59	6.59

Καλοκαιρινό simulation - 7/8

Αντίστοιχα με την προηγούμενη προσομοίωση έτσι και στην καλοκαιρινή έχουμε καταφέρει να διατηρήσουμε τη θερμοκρασία στο κτίριο σταθερή στους 26°C για όλες τις ώρες της ημέρας, Πίνακας 19. Οι διακυμάνσεις στις εναλλαγές του αέρα είναι αντίστοιχες και αυτές με τη χειμερινή προσομοίωση, με τις τιμές να παρουσιάζονται μεγαλύτερες τις νυχτερινές ώρες και να πέφτουν κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα παραπάνω ευθύνονται, όπως προαναφέραμε, στη μεταβολή που υπάρχει στον πληθυσμό του κτιρίου ο οποίος είναι μεγαλύτερος τις νυχτερινές ώρες συγκριτικά με την υπόλοιπη ημέρα. Αν παρατηρήσουμε τις καταναλώσεις των φορτίων ψύξης έχουμε και εδώ πτώσεις στα φορτία αλλά όχι τόσο αισθητές όσο στη χειμερινή προσομοίωση. Πιο αναλυτικά, οι μεγάλες καταναλώσεις παρατηρούνται τις απογευματινές και βραδινές ώρες (από 16:00 έως 01:00) όπου οι kWh ξεπερνούν τις 200. Μέγιστη τιμή κατανάλωσης φορτίου για ψύξη έχουμε στις 22:00 με τιμή 262.974 kWh. Αντιθέτως η μεγαλύτερη πτώση παρατηρείται στις 09:00 με την τιμή να φτάνει 92.714 kWh, από αυτή την ώρα και στη συνέχεια οι καταναλώσεις αυξάνονται διαρκώς. Παρόλο που ο πληθυσμός είναι μειωμένος οι καταναλώσεις παραμένουν σε υψηλά επίπεδα την καλοκαιρινή περίοδο καθώς τα φορτία που θερμαίνουν ένα χώρο είναι αρκετά, όπως έχουμε προαναφέρει, και πρέπει να αντιμετωπιστούν από το σύστημα ψύξης. Μπορεί τα φορτία θερμότητας από τους χρήστες να είναι λιγότερα κατά τη διάρκεια της ημέρας και σε αυτό ευθύνεται και η μείωση που έχουμε στην κλιματιστική μονάδα, όμως τα φορτία θερμότητας που προέρχονται από συσκευές, φωτισμό και το κέλυφος παραμένουν ίδια και συνεισφέρουν και αυτά σημαντικά στη θέρμανση ενός χώρου. Τέλος, συγκριτικά με το σενάριο 1 η μέγιστη κατανάλωση έχει μειωθεί κατά 100 kWh, από 362.766 kWh όπως ήταν στην πρώτη προσομοίωση τώρα έχουμε 262.974 kWh.

Πίνακας 19. 1 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 4

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
7/8 00:00	26.00000	28.91092	27.45546	25.97500	39.9999989	3.72856
7/8 01:00	26.00000	28.65096	27.32548	26.12500	40.0124923	3.72577
7/8 02:00	26.00000	28.36914	27.18457	25.45000	40.0056873	3.72483
7/8 03:00	26.00000	28.10839	27.05420	25.05000	40.0014449	3.72482
7/8 04:00	26.00000	27.89455	26.94727	24.85000	40.0003669	3.72482
7/8 05:00	26.00000	27.70753	26.85376	24.65000	40.0000921	3.72482
7/8 06:00	26.00000	27.62823	26.81412	25.42500	40.0000196	2.89708
7/8 07:00	26.00000	28.06617	27.03309	26.45000	40.0000021	1.65548
7/8 08:00	26.00000	29.15877	27.57938	27.52500	40.0071055	1.65424
7/8 09:00	26.00000	30.15884	28.07942	28.92500	40.0011583	0.82691
7/8 10:00	26.00000	31.22924	28.61462	30.35000	40.0000746	0.82691
7/8 11:00	26.00000	32.33628	29.16814	31.82500	40.0000072	0.82691
7/8 12:00	26.00000	33.25288	29.62644	32.72500	40.0000011	0.82691
7/8 13:00	26.00000	33.93905	29.96952	33.35000	39.9921221	0.82753
7/8 14:00	26.00000	34.47443	30.23721	34.02500	39.9978202	0.82774
7/8 15:00	26.00000	34.68180	30.34090	33.37500	39.9910672	1.24254
7/8 16:00	26.00000	34.42255	30.21128	32.20000	39.9973602	2.07142
7/8 17:00	26.00000	33.69480	29.84740	31.07500	39.9996476	2.07142
7/8 18:00	26.00000	32.69210	29.34605	29.90000	39.9999545	2.07142
7/8 19:00	26.00000	31.64067	28.82034	28.70000	39.9999918	2.89999
7/8 20:00	26.00000	30.69636	28.34818	27.50000	40.0000000	2.89999
7/8 21:00	26.00000	30.08640	28.04320	26.97500	40.0000000	3.31427
7/8 22:00	26.00000	29.64716	27.82358	26.60000	40.0000000	3.72856
7/8 23:00	26.00000	29.25158	27.62579	26.27500	40.0000000	3.72856

Πίνακας 19. 2 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 4

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
7/8 00:00	-4.1334451	11.6378472	0.8932218	-1.7469312	0.0000000	0.0000000
7/8 01:00	-3.6537383	10.9319860	0.8533691	-3.2684631	0.0000000	0.0000000
7/8 02:00	-4.2315870	10.5452571	0.8300006	-4.1215572	0.0000000	0.0000000
7/8 03:00	-4.4063906	10.0291810	0.7979297	-5.0336001	0.0000000	0.0000000
7/8 04:00	-4.3766883	9.3864226	0.7450981	-5.7356428	0.0000000	0.0000000
7/8 05:00	-4.3687388	8.7314537	0.6828556	-6.2127277	0.0000000	0.0000000
7/8 06:00	-1.5664256	7.7614024	0.5336533	-6.6284590	0.0000000	0.0000000
7/8 07:00	8.9209401	3.2352054	-0.2251546	-8.9155901	0.0000000	0.0000000
7/8 08:00	21.7428425	-4.5334875	-1.5547214	-11.0236291	0.0000000	0.0000000
7/8 09:00	26.7004104	-6.5268028	-2.0510315	-4.1597147	0.0000000	0.0000000
7/8 10:00	32.1933006	-9.7717730	-2.5222354	2.3053984	0.0000000	0.0000000
7/8 11:00	38.7389932	-12.2416849	-3.2959111	8.2847532	0.0000000	0.0000000
7/8 12:00	42.9336591	-13.2054654	-3.9370651	13.8758851	0.0000000	0.0000000
7/8 13:00	45.2588250	-13.0538938	-4.3147395	18.1948986	0.0000000	0.0000000
7/8 14:00	47.9239113	-12.3737745	-4.5298275	20.4292822	0.0000000	0.0000000
7/8 15:00	45.6978547	-10.3631182	-4.3619649	21.4838542	0.0000000	0.0000000
7/8 16:00	38.4223344	-5.7177853	-3.4693664	22.6830163	0.0000000	0.0000000
7/8 17:00	26.3605521	0.2562987	-2.0930119	22.9785466	0.0000000	0.0000000
7/8 18:00	13.3744686	5.5114751	-0.6852625	20.6854757	0.0000000	0.0000000
7/8 19:00	1.8653056	9.2111743	0.2869788	15.9977029	0.0000000	0.0000000
7/8 20:00	-4.3739803	12.0246738	0.7519630	11.3102105	0.0000000	0.0000000
7/8 21:00	-4.2321787	11.9334125	0.8330801	5.6152768	0.0000000	0.0000000
7/8 22:00	-4.1496528	11.6837277	0.8523067	1.7592498	0.0000000	0.0000000
7/8 23:00	-4.1478217	12.0399339	0.8983618	-0.0250824	0.0000000	0.0000000

Πίνακας 19. 3 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 4

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)
7/8 00:00	41.9467644	42.1767985	245.5721746	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 01:00	40.0997964	41.9733330	217.9554043	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 02:00	38.2897146	32.2408279	163.7574568	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 03:00	36.5983141	25.9128664	155.9124901	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 04:00	35.2024504	22.2214553	169.4308153	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 05:00	33.9965619	18.7100754	179.8507918	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 06:00	29.7327353	24.8491484	150.8899366	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 07:00	25.9983270	28.5532905	97.5540954	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 08:00	47.4289757	55.6974857	123.1737204	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 09:00	49.1834405	57.0495801	92.7140443	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 10:00	57.3014981	68.8617533	106.8294104	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 11:00	66.6371805	82.0241075	122.2176242	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 12:00	74.9654937	92.6970712	134.7386154	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 13:00	81.5538423	100.9165612	144.2170059	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 14:00	87.0335360	108.1337651	151.4356022	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 15:00	92.1915658	121.3732254	188.9630633	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 16:00	94.9956226	136.1719197	256.5057236	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 17:00	76.0778666	109.8733556	234.2812024	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 18:00	63.0676295	89.1070415	214.1690115	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 19:00	59.3366071	84.5385139	258.3418266	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 20:00	51.7139384	65.9338392	232.5892085	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 21:00	49.6845813	60.3801741	247.4803276	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 22:00	48.2399442	55.8106478	262.9748072	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 23:00	45.2600664	49.0157913	254.0140995	0.0000000	0.0000000	0.0000000

Πίνακας 19. 4 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 4

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
7/8 00:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	35.1837233
7/8 01:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	35.1837233
7/8 02:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	35.1837233
7/8 03:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	35.1837233
7/8 04:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	35.1837233
7/8 05:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.8404961	0.0000000	35.1837233
7/8 06:00	0.0000000	0.0000000	2.3347115	0.8404961	0.0000000	27.3651181
7/8 07:00	0.0000000	0.0000000	4.6694230	4.2024806	0.0000000	15.6372103
7/8 08:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	15.6372103
7/8 09:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	7.8186052
7/8 10:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	7.8186052
7/8 11:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	7.8186052
7/8 12:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	7.8186052
7/8 13:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	7.8186052
7/8 14:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	7.8186052
7/8 15:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	7.5644652	0.0000000	11.7279078
7/8 16:00	0.0000000	0.0000000	22.1797591	2.5214884	0.0000000	19.5465129
7/8 17:00	0.0000000	0.0000000	7.0041344	2.5214884	0.0000000	19.5465129
7/8 18:00	0.0000000	0.0000000	2.3347115	2.5214884	0.0000000	19.5465129
7/8 19:00	0.0000000	0.0000000	2.3347115	2.5214884	0.0000000	27.3651181
7/8 20:00	0.0000000	0.0000000	2.3347115	2.5214884	0.0000000	27.3651181
7/8 21:00	0.0000000	0.0000000	2.3347115	2.5214884	0.0000000	31.2744207
7/8 22:00	0.0000000	0.0000000	1.1673557	2.5214884	0.0000000	35.1837233
7/8 23:00	0.0000000	0.0000000	1.1673557	0.8404961	0.0000000	35.1837233

Report: Αυξήσεις στα νούμερα των συνολικών καταναλώσεων παρατηρούνται και στην καλοκαιρινή προσομοίωση αλλά σε πολύ μικρότερη κλίμακα από ότι στη χειμερινή προσομοίωση, Πίνακας 20. Ο λόγος είναι ότι οι καταναλώσεις των φορτίων δεν είναι τόσο

μεγάλες όσο στο σενάριο 1, όπως αναφέραμε και προηγουμένως. Αναλυτικότερα, η ενέργεια προς αγορά φτάνει τις 6906.72 kWh από τις 5671.37 kWh που ήταν στο πρώτο σενάριο, με την ενέργεια ανά τετραγωνικό να ανεβαίνει από τις 1.82 kWh/m² στις 2.22 kWh/m². Αντίστοιχα η συνολική απαίτηση σε ενέργεια αυξάνεται από τις 12245.89 kWh στις 13547.99 kWh και η ανά τετραγωνικό ενέργεια από τις 3.93 kWh/m² στις 4.35 kWh/m².

Πίνακας 20 Report καλοκαιρινής προσομοίωσης σενάριο 4

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m ²]
Total Site Energy	6906.72	2.22	2.22
Net Site Energy	6901.42	2.22	2.22
Total Source Energy	13547.99	4.35	4.35
Net Source Energy	13531.18	4.35	4.35

8.10 Σενάριο 5 - Φωτοβολταϊκά

Στο σενάριο 5 έγινε εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων στην οροφή του κτιρίου. Στο σενάριο αυτό δεν έγινε μελέτη πάνω στην κατανάλωση των επιμέρους φορτίων του κτιρίου όπως στα προηγούμενα, αλλά στο πόση από την ενέργεια που ξοδεύει το κτίριο μπορεί να καλυφθεί από τοπικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα, όπως είναι γνωστό, συλλέγουν τις ακτίνες του ήλιου και μετατρέπουν την ενέργεια αυτή σε ηλεκτρισμό. Αυτό προσδίδεται και στην ίδια ετυμολογία της λέξης φωτο-βολταϊκά, το φως μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό (volt). Πιο αναλυτικά, τα εσωτερικά κελιά των φωτοβολταϊκών, τα οποία είναι υπεύθυνα για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας, είναι ως επί το πλείστον κατασκευασμένα από σιλικόνη και το μέγεθος τους φτάνει συνήθως τα 150 τετραγωνικά χιλιοστά. Ένα τέτοιο κελί είναι υπεύθυνο για την παραγωγή ηλεκτρισμού που δεν ξεπερνά τα 0.5 volts. Επομένως, για να αυξήσουμε την παραγωγή ενέργειας πρέπει να τοποθετηθούν κατά σειρά περισσότερα φωτοβολταϊκά κελιά, συνήθως 36 ή 72, έτσι ώστε να δημιουργήσουμε ένα φωτοβολταϊκό πάνελ. Στη συνέχεια ενώνουμε τα πάνελ μεταξύ τους ώστε να δημιουργηθεί μία φωτοβολταϊκή συστοιχία η οποία θα μας επιφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Τυπικά μια συστοιχία αποτελείται από 10 πάνελ σε μία οικιακή εγκατάσταση. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα βρίσκονται στην κορυφή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς μία μονάδα έχει προσδόκιμο ζωής περίπου στα 30 χρόνια με την απόδοσή της να μην πέφτει κάτω από το 80% της αρχικής τιμής. Το ενεργειακό αποτύπωμα από την παραγωγή ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι, επίσης, σε χαμηλά επίπεδα. Ειδικά οι επιπτώσεις από την παραγωγή έχουν μειωθεί στο μισό από αυτό που ήταν 10 χρόνια πριν, λόγω των βελτιωμένων αποδόσεων τόσο των συστημάτων όσο και της παραγωγής τους από τη βελτίωση της τεχνολογίας και της χρήσης όσο το δυνατόν λιγότερων πρώτων υλών και αντικατάσταση τους με ανακυκλώσιμες.[18]

Τα χαρακτηριστικά των ηλιακών πάνελ που εγκαταστάθηκαν στο κτίριο φαίνονται στην Εικόνα 53. Ορίστηκαν 2 σειρές φωτοβολταϊκών με συνολικά 10 πάνελ στην κάθε σειρά. Οι διαστάσεις της συστοιχίας αγγίζουν τα 17.50 επί 22.65 μέτρα και έχει κλίση 30°. Το κάθε φωτοβολταϊκό έχει πάχος 5 εκατοστά. Η ονομαστική ισχύς του συστήματός μας φτάνει τις 5000 Wh. Στην Εικόνα 54 ορίζονται οι παράμετροι για το κέντρο ηλεκτρικού φορτίου όπου κατευθύνεται η

ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά. Είναι ουσιαστικά ο inverter του συστήματος μας, που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα (DC) που προκύπτει από την ενέργεια του ήλιου σε εναλλασσόμενο (AC). Στη συνέχεια αναπτύσσονται οι αναλύσεις σχετικά με τις προσομοιώσεις που έγιναν για τις αντίστοιχες μέρες του χειμώνα και του καλοκαιριού.

Εικόνα 53 Template φωτοβολταϊκού

Εικόνα 54 Template inverter

Χειμερινό simulation - 16/2

Ενδεικτικά μπορούμε να παρατηρήσουμε παρακάτω στον Πίνακα 21 πως ένα σύστημα ηλιακών πάνελ παράγει ενέργεια κατά τη χειμερινή περίοδο. Το διάστημα λειτουργίας του είναι από τις 08:00 μέχρι τις 18:00 κάτι που συμπίπτει με τη διάρκεια της χειμερινής ημέρας, αν αναλογιστούμε ότι το χειμώνα ο ήλιος διαρκεί λιγότερες ώρες. Η συνολική ενέργεια που παράγεται σε μία ημέρα λειτουργίας αγγίζει τις 1329 Wh. Το μέγιστο φορτίο παρατηρείται στις 14:00 με παραγωγή που φτάνει τις περίπου 209 Wh. Με τη συνολική απαίτηση σε ενέργεια στο κτίριο να φτάνει τις 12235 kWh, όπως φαίνεται στον Πίνακα 22, η ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά καλύπτει μόνο ένα μικρό ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης της τάξης του 0.42%. Το οποίο, ωστόσο, θα επιφέρει θετικά αποτελέσματα παρόλο που είναι ελάχιστο το ποσοστό μπροστά στη συνολική κατανάλωση, είναι και αυτό μια μακροπρόθεσμη μέθοδος εξοικονόμησης ενέργειας. Κάτι το οποίο σημαίνει λιγότερη κατανάλωση ηλεκτρισμού από το δίκτυο άρα συνεπώς πιο μειωμένος μηνιαίος λογαριασμός.

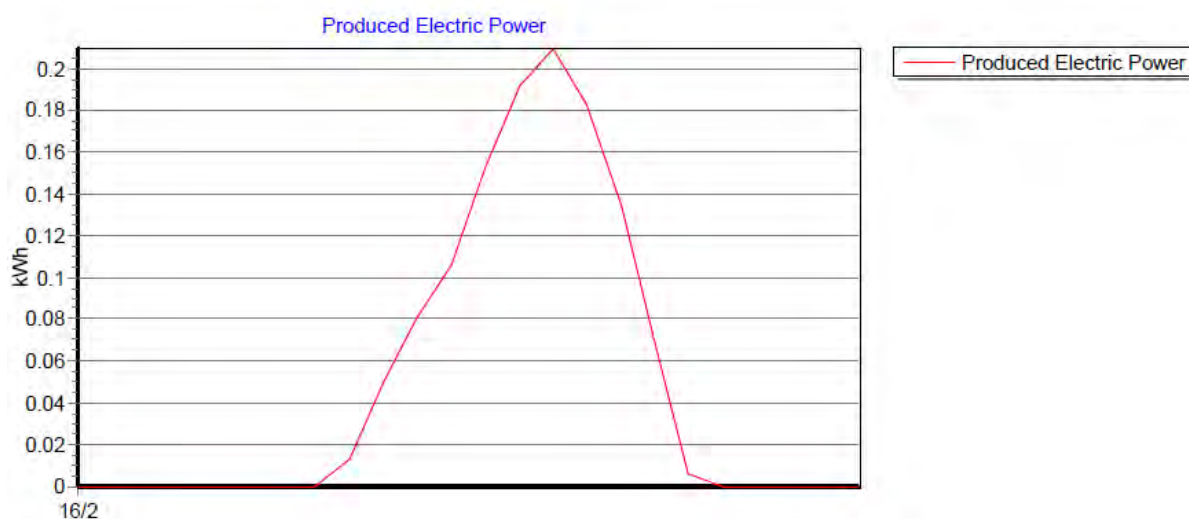
Πίνακας 21 Χειμερινή παραγωγή ρεύματος

Time	Produced Electric Power (kWh)
16/2 00:00	0.0000000
16/2 01:00	0.0000000
16/2 02:00	0.0000000
16/2 03:00	0.0000000
16/2 04:00	0.0000000
16/2 05:00	0.0000000
16/2 06:00	0.0000000
16/2 07:00	0.0000000
16/2 08:00	0.0129399
16/2 09:00	0.0498838
16/2 10:00	0.0806628
16/2 11:00	0.1060054
16/2 12:00	0.1523964
16/2 13:00	0.1921256
16/2 14:00	0.2094265
16/2 15:00	0.1832107
16/2 16:00	0.1344362
16/2 17:00	0.0686568
16/2 18:00	0.0059737
16/2 19:00	0.0000000
16/2 20:00	0.0000000
16/2 21:00	0.0000000
16/2 22:00	0.0000000
16/2 23:00	0.0000000

Πίνακας 22 Χειμερινό report σενάριο 5

	Total Energy [kWh]
Total Site Energy	3424.94
Net Site Energy	3423.74
Total Source Energy	12235.11
Net Source Energy	12231.33

Στην Εικόνα 55 μπορούμε να δούμε το διάγραμμα της ημερήσιας παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα στην οροφή του υπό μελέτη κτιρίου.



Εικόνα 55 Καμπύλη χειμερινής παραγωγής φορτίου

Καλοκαιρινό simulation - 7/8

Στον Πίνακα 23 παρατηρούμε, όπως και στο χειμερινό simulation, την ημερήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα ηλιακά πάνελ με βήμα μίας ώρας. Η διάρκεια του ήλιου στον καλοκαιρινό ουρανό, όπως είναι γνωστό, διαρκεί περισσότερο και αυτό φαίνεται και στην προσομοίωση. Η παραγωγή ενέργειας ξεκινάει 2 ώρες νωρίτερα συγκριτικά με τον χειμώνα και λήγει 1 ώρα αργότερα. Αναλυτικά, τα πρώτα ποσά ενέργειας φαίνονται στις 06:00 και τα τελευταία στις 19:00. Συνολικά 13 ώρες παραγωγής ενέργειας με κορύφωση στις 15:00 όταν και η παραγωγή αγγίζει το ποσό των 789 Wh, σχεδόν 4 φορές μεγαλύτερο από το χειμώνα. Αντιλαμβανόμαστε ότι το καλοκαίρι ένα φωτοβολταϊκό σύστημα είναι πολύ αποδοτικότερο με τη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας να φτάνει τις 5895 Wh. Με τη συνολική απαίτηση

ενέργειας στο κτίριο να διαμορφώνεται στις 12229 kWh, όπως φαίνεται στον Πίνακα 24, συμπεραίνουμε ότι ένα τέτοιο ηλιακό σύστημα μπορεί να καλύψει το 1.88% της συνολικής ενέργειας που απαιτείται στο κτίριο. Όπως και πριν, έτσι και στη συγκεκριμένη προσομοίωση το ποσοστό είναι αρκετά πιο μικρό σε σχέση με τη συνολική κατανάλωση. Ωστόσο η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο είναι 4.5 φορές μεγαλύτερη το καλοκαίρι συγκριτικά με το χειμώνα. Κάτι το οποίο θα επιφέρει με τη σειρά του θετικά αποτελέσματα και μεγαλύτερη εξοικονόμηση στη συνολική λειτουργία του κτιρίου μας. Συνεπώς, ένα φωτοβολταϊκό σύστημα το καλοκαίρι είναι πάρα πολύ αποδοτικό.

Πίνακας 23 Καλοκαιρινή παραγωγή ρεύματος

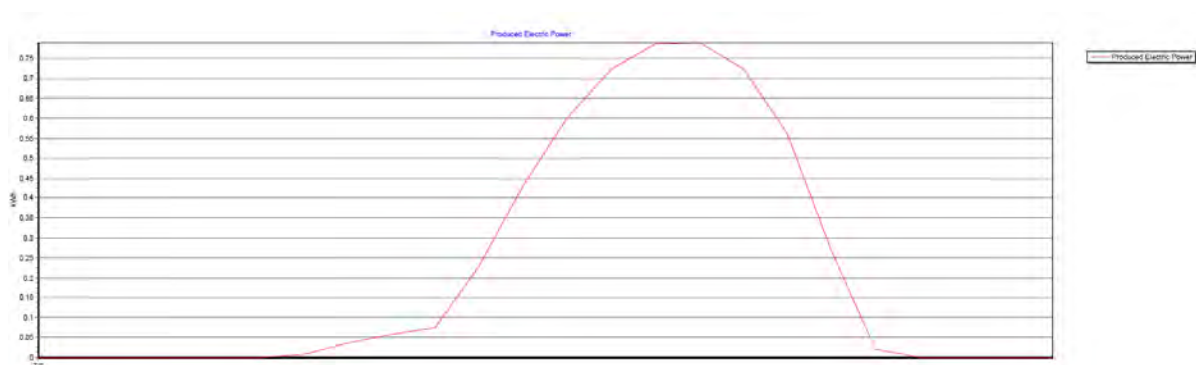
Time	Produced Electric Power (kWh)
7/8 00:00	0.0000000
7/8 01:00	0.0000000
7/8 02:00	0.0000000
7/8 03:00	0.0000000
7/8 04:00	0.0000000
7/8 05:00	0.0000000
7/8 06:00	0.0062460
7/8 07:00	0.0350615
7/8 08:00	0.0571054
7/8 09:00	0.0746965
7/8 10:00	0.2286424
7/8 11:00	0.4316238
7/8 12:00	0.5997586
7/8 13:00	0.7232019
7/8 14:00	0.7870105
7/8 15:00	0.7896770
7/8 16:00	0.7238706
7/8 17:00	0.5621803
7/8 18:00	0.2655915
7/8 19:00	0.0207282
7/8 20:00	0.0000000
7/8 21:00	0.0000000
7/8 22:00	0.0000000
7/8 23:00	0.0000000

Πίνακας 24 Καλοκαιρινό report σενάριο 5

Πίνακας 24 Καλοκαιρινό report σενάριο 5

	Total Energy [kWh]
Total Site Energy	5671.37
Net Site Energy	5666.06
Total Source Energy	12245.89
Net Source Energy	12229.08

Στην Εικόνα 56 μπορούμε να δούμε το διάγραμμα της ημερήσιας παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα στην οροφή του υπό μελέτη κτιρίου.



Εικόνα 56 Καμπύλη καλοκαιρινής παραγωγής φορτίου

8.11 Σενάριο 6 - Νέο σύστημα κλιματισμού

Στο τελευταίο σενάριο λειτουργίας του κτιρίου επιλέχθηκε η εγκατάσταση μιας νέας κλιματιστικής μονάδας. Το σύστημα αποτελείται από την κεντρική γεωθερμική αντλία θερμότητας, η θέρμανση μεταφέρεται στο χώρο μέσω ενδοδαπέδιου συστήματος σωλήνων για τους χειμερινούς μήνες, ενώ το καλοκαίρι η ψύξη μεταδίδεται με το σύστημα των “ψυχρών δοκών” (chilled beams). Τέλος στο σενάριο αυτό δεν επιλέχθηκε μηχανικός αερισμός αλλά αερισμός με φυσικά μέσα. Παρόλο που ένας τέτοιος συνδυασμός συστημάτων μπορεί να είναι αρκετά δαπανηρός και πολύπλοκος στην εγκατάσταση του, αποτελεί ένα αρκετά ενεργειακά αποδοτικό σύστημα στη χρήση του. Τόσο η γεωθερμία όσο και το σύστημα “ψυχρών δοκών”, όπως έχουμε προαναφέρει, αποτελούν από τα πιο δαπανηρά συστήματα στην αρχική εγκατάσταση, το τελικό αποτέλεσμα όμως επιφέρει πολλά κέρδη και διαθέτει μεγάλο συντελεστή απόδοσης. Πιο συγκεκριμένα το COP υπολογίστηκε και ορίστηκε στο 5.0 για τη λειτουργία της θέρμανσης και στο 4.5 για την ψύξη. Το ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης είναι και αυτό πιο δαπανηρό και δύσκολο στην εγκατάσταση του συγκριτικά με κάποιους συμβατικούς θερμοπομπούς ή καλοριφέρ. Όμως, στην χρήση του η θερμότητα διαχέεται αρκετά πιο ομοιόμορφα σε ολόκληρο το χώρο σε σχέση με τα απλά σώματα. Συνεπώς, αποτελεί και αυτό ένα πιο αποδοτικό σύστημα θέρμανσης. Για να γίνει αλλαγή και στον τρόπο που διατίθεται νωπός αέρας στο κτίριο, επιλέχθηκε στο συγκεκριμένο σενάριο η χρήση καθαρά φυσικού αερισμού χωρίς να είναι υποβοηθούμενο από κάποιο σύστημα.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες με τα αποτελέσματα προσομοιώσεων για τα συστήματα που προαναφέρθηκαν για δύο μέρες λειτουργίας του κτιρίου, μια για χειμώνα και μια για καλοκαίρι.

Χειμερινό simulation - 16/2

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε από τον παρακάτω Πίνακα 25, η θερμοκρασία διατηρείται στα επίπεδα που ζητάμε και δεν πέφτει χαμηλότερα τις νυχτερινές ώρες που δεν λειτουργεί το σύστημα συγκριτικά με το σενάριο 1. Ωστόσο, τις μεσημβρινές ώρες (12:00 - 18:00) υπάρχει μία μικρή αύξηση της θερμοκρασίας της τάξεως των 3.38 βαθμών στη μέγιστη τιμή. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί και στη στήλη που φαίνονται τα συνολικά φορτία θέρμανσης του κτιρίου (Supply air total heating), όπου ενώ είχαμε αύξηση των θερμοκρασιών τις μεσημεριανές ώρες της ημέρας στο συγκεκριμένο σενάριο έχουμε αισθητή μείωση των φορτίων. Το μεγαλύτερο φορτίο της ημέρας είναι όταν ξεκινάει να λειτουργεί το σύστημα στις 06:00 και αγγίζει τις 74.789 kWh. Στη συνέχεια υπάρχει μια σταδιακή μείωση στα φορτία μέχρι τις 18:00 και 19:00 όπου τα φορτία που καταναλώνονται είναι της τάξης των 153 και 570 Wh αντίστοιχα. Ως συμπέρασμα, έχουμε ότι ένα τέτοιο σύστημα είναι πολύ πιο αποδοτικό από το default σενάριο, με το βασικό μειονέκτημα όμως ότι η θερμοκρασία δεν διατηρείται σταθερή στα επίπεδα που επιθυμούμε. Στη στήλη του αερισμού, τώρα, παρατηρούμε πως και εδώ τα φορτία είναι αρκετά μειωμένα συγκριτικά με το πρώτο σενάριο. Από 3.199 ac/h που έχουμε στο σενάριο 1 οι εναλλαγές πέφτουν στις περίπου 0.445 ac/h. Αυτό, όμως, δεν είναι τόσο θετικό όπως τα προηγούμενα αποτελέσματα καθώς, όπως είχαμε θέσει και στα προηγούμενα σενάρια, οι εναλλαγές του αέρα πρέπει να είναι γύρω στις 4 για κάθε ώρα σε ένα τέτοιο κτίριο με αρκετό πληθυσμό. Κάτι στο οποίο δεν ανταποκρίνεται ο φυσικός αερισμός που θέσαμε.

Πίνακας 25. 1 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 6

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
16/2 00:00	18.52471	16.65758	17.59115	6.15000	43.8829530	0.00000
16/2 01:00	17.08743	16.01243	16.54993	6.00000	48.0083954	0.00000
16/2 02:00	15.94928	15.37803	15.66365	6.15000	51.6031469	0.00000
16/2 03:00	15.52457	14.88037	15.20247	6.05000	53.0400853	0.00000
16/2 04:00	14.75304	14.41470	14.58387	6.00000	55.7399519	0.00000
16/2 05:00	13.75833	13.39003	13.57418	5.55000	59.4622938	0.00000
16/2 06:00	19.09608	13.25412	16.17510	5.10000	42.8452048	0.00000
16/2 07:00	20.00000	14.32036	17.16018	5.00000	40.1864107	0.00000
16/2 08:00	20.00000	15.15752	17.57876	4.85000	40.0171291	0.05566
16/2 09:00	20.00000	15.24118	17.62059	4.20000	40.0002071	0.27893
16/2 10:00	20.01676	16.12848	18.07262	4.75000	39.8948262	0.44544
16/2 11:00	20.46874	17.30111	18.88493	5.75000	39.6649804	0.44460
16/2 12:00	21.43413	18.28016	19.85714	6.00000	39.8834828	0.44570
16/2 13:00	22.25930	19.22433	20.74182	6.00000	39.8658450	0.44690
16/2 14:00	23.01229	20.02647	21.51938	6.75000	39.8815694	0.44682
16/2 15:00	23.38583	20.38390	21.88486	6.25000	39.8273367	0.44796
16/2 16:00	23.38561	20.43505	21.91033	6.00000	40.0181816	0.44834
16/2 17:00	23.35127	20.25126	21.80127	6.75000	40.0522296	0.44710
16/2 18:00	22.19905	19.62269	20.91087	6.25000	41.2035359	0.27902
16/2 19:00	20.68686	18.80180	19.74433	6.00000	42.9376464	0.16670
16/2 20:00	20.00001	18.11858	19.05930	6.15000	41.3396850	0.16617
16/2 21:00	20.00000	17.63889	18.81945	6.05000	40.0159823	0.11082
16/2 22:00	20.00000	17.31093	18.65547	6.00000	40.0000625	0.11084
16/2 23:00	20.00000	17.04571	18.52286	6.45000	40.0002889	0.00000

Πίνακας 25. 2 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 6

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
16/2 00:00	-13.5215585	3.5477630	-3.1584182	-3.1615067	0.0000000	0.0000000
16/2 01:00	-12.5139148	6.3733774	-2.7230531	-0.0380267	0.0000000	0.0000000
16/2 02:00	-11.6776046	8.2970282	-2.3554729	1.2109613	0.0000000	0.0000000
16/2 03:00	-10.9023690	7.8752638	-2.1723527	-0.2099592	0.0000000	0.0000000
16/2 04:00	-10.1959433	8.6181713	-1.9585696	-0.4577798	0.0000000	0.0000000
16/2 05:00	-18.9555587	11.8084237	-1.5142473	2.0028925	0.0000000	0.0000000
16/2 06:00	-20.3478250	2.2896189	-1.8999914	-10.5197084	0.0000000	66.1681938
16/2 07:00	-18.1705222	-6.2003893	-2.7611133	-21.0243980	0.0000000	47.9458105
16/2 08:00	-11.7936996	-8.4806584	-3.2343323	-20.1303259	0.0000000	34.0379524
16/2 09:00	-20.6589840	-10.9901418	-3.6308749	-19.3272382	0.0000000	16.4625142
16/2 10:00	-9.5823258	-14.6730847	-4.1477850	-20.6885802	0.0000000	5.2097169
16/2 11:00	1.8744479	-17.5435845	-4.6668094	-19.1895219	0.0000000	0.0000000
16/2 12:00	6.7099188	-21.6793505	-5.2755127	-18.4123246	0.0000000	0.0000000
16/2 13:00	9.3060395	-24.4102932	-5.8252117	-17.0196189	0.0000000	0.0000000
16/2 14:00	9.3838213	-25.4271871	-6.2307196	-15.1230679	0.0000000	0.0000000
16/2 15:00	2.8147279	-23.4786188	-6.2770220	-12.2606251	0.0000000	0.0000000
16/2 16:00	-3.7481991	-19.9519890	-6.0956355	-9.6927979	0.0000000	0.0037797
16/2 17:00	-9.4669474	-15.0347263	-5.6966831	-6.5528549	0.0000000	0.0099935
16/2 18:00	-16.1598440	-7.3377373	-4.9620596	-1.3628860	0.0000000	0.0038095
16/2 19:00	-16.1842367	-1.7034797	-4.3346337	1.3143316	0.0000000	0.5750393
16/2 20:00	-14.5286966	0.5121606	-3.9270932	0.5459345	0.0000000	7.1783210
16/2 21:00	-14.2062567	0.6107927	-3.7245896	-2.3189424	0.0000000	10.1887798
16/2 22:00	-14.1054196	0.2635275	-3.6149994	-4.9094640	0.0000000	13.2140901
16/2 23:00	-13.5383722	0.9391031	-3.4557874	-5.5672075	0.0000000	18.3566777

Πίνακας 25. 3 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 6

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)
16/2 00:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
16/2 01:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
16/2 02:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
16/2 03:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
16/2 04:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
16/2 05:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
16/2 06:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	74.0110793	74.7893882	0.0000000
16/2 07:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	47.9458108	47.9458108	0.0000000
16/2 08:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	34.0379524	34.5491416	0.0000000
16/2 09:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	16.4625142	20.6408873	0.0000000
16/2 10:00	0.0040308	0.0000000	0.0000000	5.2097169	11.1331176	0.0000000
16/2 11:00	0.0847363	0.0000000	0.0000000	0.0000000	8.7594467	0.0000000
16/2 12:00	0.1761604	0.0000000	0.0000000	0.0000000	10.8981726	0.0000000
16/2 13:00	0.1613440	0.0000000	0.0000000	0.0000000	12.2015710	0.0000000
16/2 14:00	0.1548525	0.0000000	0.0000000	0.0000000	12.2255143	0.0000000
16/2 15:00	0.0300024	0.0000000	0.0000000	0.0000000	10.4266168	0.0000000
16/2 16:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	10.1913685	0.0000000
16/2 17:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	10.0701427	0.0000000
16/2 18:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.1539908	0.0000000
16/2 19:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.5705239	0.5705239	0.0000000
16/2 20:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	7.1781270	7.1781270	0.0000000
16/2 21:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	10.1887796	12.4816926	0.0000000
16/2 22:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	13.2140901	14.9439492	0.0000000
16/2 23:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	18.3566777	18.3566777	0.0000000

Πίνακας 25. 4 Αποτελέσματα χειμερινού simulation σενάριο 6

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
16/2 00:00	0.000000	0.000000	1.1673557	0.8404961	0.000000	0.000000
16/2 01:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
16/2 02:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
16/2 03:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
16/2 04:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
16/2 05:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
16/2 06:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
16/2 07:00	0.000000	0.000000	2.3347115	0.8404961	0.000000	0.000000
16/2 08:00	0.000000	0.000000	4.6694230	4.2024806	0.000000	4.9309106
16/2 09:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	24.6545532
16/2 10:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	39.4472852
16/2 11:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	39.4472852
16/2 12:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	39.4472852
16/2 13:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	39.3068295
16/2 14:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	38.1277779
16/2 15:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	37.0217558
16/2 16:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	36.8767655
16/2 17:00	0.000000	0.000000	22.1797591	2.5214884	0.000000	36.9178883
16/2 18:00	0.000000	0.000000	7.0041344	2.5214884	0.000000	23.8839478
16/2 19:00	0.000000	0.000000	2.3347115	2.5214884	0.000000	14.7927319
16/2 20:00	0.000000	0.000000	2.3347115	2.5214884	0.000000	14.7927319
16/2 21:00	0.000000	0.000000	2.3347115	2.5214884	0.000000	9.8618213
16/2 22:00	0.000000	0.000000	2.3347115	2.5214884	0.000000	9.8618213
16/2 23:00	0.000000	0.000000	1.1673557	2.5214884	0.000000	0.000000

Report: Οι διαφορές στις συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις στο παρόν σενάριο είναι αισθητές σε σχέση με το βασικό. Όπως φαίνεται παρακάτω στον Πίνακα 26, από το πρώτο νούμερο που παρατηρούμε η ενέργεια που καλείται να αγοραστεί από το κτίριο από 3424.94 kWh με 1.10 kWh/m² έχει πέσει στις 2818.67 kWh με 0.91 kWh/m². Αντίστοιχα έχει μειωθεί και η συνολική ενέργεια που απαιτείται προκειμένου να λειτουργήσει το κτίριο. Συγκεκριμένα στο σενάριο 1 είχαμε 12235.11 kWh και 3.93 kWh/m², ενώ στο παρόν σενάριο οι καταναλώσεις έχουν οριστεί στις 10044.47 kWh και 3.23 kWh/m².

Πίνακας 26_ Report χειμερινής προσομοίωσης σενάριο 6

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m ²]
Total Site Energy	2818.67	0.91	0.91
Net Site Energy	2817.47	0.91	0.91
Total Source Energy	10044.47	3.23	3.23
Net Source Energy	10040.68	3.23	3.23

Καλοκαιρινό simulation - 7/8

Σε αντίθεση με τη χειμερινή προσομοίωση, το καλοκαίρι τα αποτελέσματα είναι πιο φυσιολογικά και αποδεκτά, Πίνακας 27. Αρχικά οι θερμοκρασίες διατηρούνται στα επίπεδα που έχουμε θέσει (26°C) κατά τη διάρκεια της ημέρας και η άνοδος κατά τις βραδινές ώρες είναι αρκετά μικρή όπως και στο σενάριο 1. Αν στρέψουμε την προσοχή μας στα φορτία ψύξης θα διακρίνουμε τις μεγάλες διαφορές στα δύο σενάρια. Τα φορτία ξεκινάνε περίπου ίδια στις 05:00 που αρχίζουν να δουλεύουν οι κλιματιστικές, στις περίπου 15 kWh, ωστόσο στη συνέχεια η άνοδος τους είναι αρκετά διαφορετική. Ενώ στο σενάριο 1, όπως έχουμε προαναφέρει, τα φορτία αυξάνονται αισθητά με αποκορύφωμα το διάστημα 14:00 έως 16:00 όπου η κατανάλωση αγγίζει τις 362.766 kWh για κάθε ώρα, στο σενάριο 6 η αύξηση είναι πολύ μικρότερη με μέγιστη τιμή τις 146.139 kWh στις 15:00. Αντιλαμβανόμαστε, επομένως, ότι μία γεωθερμική αντλία σε συνδυασμό με ένα σύστημα chilled beams είναι πολύ πιο αποδοτικό σύστημα για την περίοδο της ψύξης σε σχέση με ένα σύστημα αερόψυκτου ψύκτη με fan coils. Τέλος, ο αερισμός του χώρου είναι στα αντίστοιχα επίπεδα με το χειμώνα, περίπου 0.414 ac/h, και αρκετά μικρότερος από αυτόν που έχουμε στο σενάριο 1, περίπου 3.31 ac/h.

Πίνακας 27. 1 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 6

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
7/8 00:00	28.28842	28.78892	28.53867	25.97500	35.8347804	0.00000
7/8 01:00	28.48604	28.62578	28.55591	26.12500	35.4504936	0.00000
7/8 02:00	28.53495	28.43388	28.48442	25.45000	35.3584858	0.00000
7/8 03:00	28.31061	28.21299	28.26180	25.05000	35.8224965	0.00000
7/8 04:00	28.08114	27.99002	28.03558	24.85000	36.3039679	0.00000
7/8 05:00	25.78653	27.65746	26.72200	24.65000	41.2923358	0.00000
7/8 06:00	26.00000	27.34170	26.67085	25.42500	40.1354963	0.00000
7/8 07:00	26.00000	27.78812	26.89406	26.45000	40.2489783	0.05279
7/8 08:00	26.00000	29.00821	27.50411	27.52500	42.0537446	0.26296
7/8 09:00	26.00000	30.22635	28.11318	28.92500	44.2035691	0.41877
7/8 10:00	26.00000	31.43327	28.71663	30.35000	44.6381877	0.41683
7/8 11:00	26.00000	32.62321	29.31161	31.82500	44.0433306	0.41486
7/8 12:00	26.00000	33.59363	29.79681	32.72500	43.5575792	0.41367
7/8 13:00	26.00000	34.31589	30.15795	33.35000	43.2161687	0.41286
7/8 14:00	26.00000	34.87604	30.43802	34.02500	42.8994513	0.41195
7/8 15:00	26.00000	35.07562	30.53781	33.37500	42.7921593	0.41286
7/8 16:00	26.00000	34.76317	30.38159	32.20000	43.1902130	0.41448
7/8 17:00	26.00000	33.92802	29.96401	31.07500	43.0458608	0.26003
7/8 18:00	26.00000	32.80791	29.40395	29.90000	42.3160039	0.15663
7/8 19:00	26.00000	31.62895	28.81448	28.70000	42.2890065	0.15725
7/8 20:00	26.00000	30.57172	28.28586	27.50000	42.3620433	0.10524
7/8 21:00	26.00000	29.85492	27.92746	26.97500	42.3663341	0.10542
7/8 22:00	26.00000	29.25288	27.62644	26.60000	41.3347530	0.00000
7/8 23:00	27.68885	28.85126	28.27005	26.27500	37.1453816	0.00000

Πίνακας 27. 2 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 6

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
7/8 00:00	-4.8488291	8.7427175	0.7151549	-3.6397898	0.0000000	0.0000000
7/8 01:00	-4.4510057	9.1630192	0.6807816	-4.5783389	0.0000000	0.0000000
7/8 02:00	-5.1868953	8.6465604	0.6174653	-5.5780332	0.0000000	0.0000000
7/8 03:00	-5.4123648	8.7155014	0.6099175	-5.9118288	0.0000000	0.0000000
7/8 04:00	-5.3412136	8.7461855	0.6081458	-5.9044065	0.0000000	0.0000000
7/8 05:00	-5.0545746	11.2284945	0.7963367	-4.2316178	0.0000000	0.0000000
7/8 06:00	-1.7314770	10.9614869	0.8163649	-4.0123315	0.0000000	0.0000000
7/8 07:00	8.9839070	4.2803199	-0.0579728	-8.5860007	0.0000000	0.0000000
7/8 08:00	21.9572090	-5.1700033	-1.5317059	-12.6977453	0.0000000	0.0000000
7/8 09:00	27.0035202	-9.0065225	-2.2098751	-7.7161464	0.0000000	0.0000000
7/8 10:00	32.3461915	-11.7836991	-2.7122636	-0.3510714	0.0000000	0.0000000
7/8 11:00	38.8037830	-14.0860601	-3.5032187	6.3839781	0.0000000	0.0000000
7/8 12:00	42.9388117	-14.9167350	-4.1525705	12.5090416	0.0000000	0.0000000
7/8 13:00	45.2219727	-14.6311277	-4.5338472	17.1760400	0.0000000	0.0000000
7/8 14:00	47.8559602	-13.8146008	-4.7496627	19.6264916	0.0000000	0.0000000
7/8 15:00	45.5730586	-11.2754730	-4.5525192	21.2292496	0.0000000	0.0000000
7/8 16:00	38.2352536	-5.8103203	-3.5997323	23.2241716	0.0000000	0.0000000
7/8 17:00	26.1178973	1.2554689	-2.1272654	24.5156881	0.0000000	0.0000000
7/8 18:00	13.1522060	7.0638991	-0.6429807	22.5543844	0.0000000	0.0000000
7/8 19:00	1.6649840	11.3463882	0.4121609	18.1740619	0.0000000	0.0000000
7/8 20:00	-4.5153272	14.3159477	0.9322064	13.3732134	0.0000000	0.0000000
7/8 21:00	-4.3321974	14.4391405	1.0664246	7.6720182	0.0000000	0.0000000
7/8 22:00	-4.2731104	15.2460298	1.2049918	4.7752634	0.0000000	0.0000000
7/8 23:00	-4.3305269	12.5083449	1.0694795	0.7412883	0.0000000	0.0000000

Πίνακας 27. 3 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 6

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)
7/8 00:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 01:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 02:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 03:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 04:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 05:00	13.3428454	14.6136104	15.3999590	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 06:00	12.5850844	12.5850608	13.8442086	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 07:00	16.1736604	16.1736604	18.1859314	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 08:00	50.3000474	50.3000474	58.2012524	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 09:00	69.8152722	69.8152722	86.6486386	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 10:00	81.0053184	81.0053184	104.8894305	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 11:00	93.0462729	93.0462729	119.3927016	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 12:00	103.1167197	103.1167197	130.0367578	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 13:00	110.9238123	110.9238123	138.3099611	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 14:00	117.5645134	117.5645134	145.3319067	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 15:00	119.1676143	119.1676143	146.1390320	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 16:00	114.5152770	114.5152770	141.2015976	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 17:00	82.4612914	82.4612914	102.6221579	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 18:00	60.6145975	60.6145975	74.2771685	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 19:00	49.6689452	49.6689452	59.7926498	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 20:00	37.5548667	37.5548667	45.5756925	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 21:00	31.8352153	31.8352153	38.5098643	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 22:00	20.7755522	20.7755522	24.9896830	0.0000000	0.0000000	0.0000000
7/8 23:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000

Πίνακας 27. 4 Αποτελέσματα καλοκαιρινού simulation σενάριο 6

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
7/8 00:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
7/8 01:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
7/8 02:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
7/8 03:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
7/8 04:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
7/8 05:00	0.000000	0.000000	0.000000	0.8404961	0.000000	0.000000
7/8 06:00	0.000000	0.000000	2.3347115	0.8404961	0.000000	0.000000
7/8 07:00	0.000000	0.000000	4.6694230	4.2024806	0.000000	3.9093026
7/8 08:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	19.5465129
7/8 09:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	31.2744207
7/8 10:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	31.2744207
7/8 11:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	31.2744207
7/8 12:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	31.2744207
7/8 13:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	31.2744207
7/8 14:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	31.2744207
7/8 15:00	0.000000	0.000000	22.1797591	7.5644652	0.000000	31.2744207
7/8 16:00	0.000000	0.000000	22.1797591	2.5214884	0.000000	31.2744207
7/8 17:00	0.000000	0.000000	7.0041344	2.5214884	0.000000	19.5465129
7/8 18:00	0.000000	0.000000	2.3347115	2.5214884	0.000000	11.7279078
7/8 19:00	0.000000	0.000000	2.3347115	2.5214884	0.000000	11.7279078
7/8 20:00	0.000000	0.000000	2.3347115	2.5214884	0.000000	7.8186052
7/8 21:00	0.000000	0.000000	2.3347115	2.5214884	0.000000	7.8186052
7/8 22:00	0.000000	0.000000	1.1673557	2.5214884	0.000000	0.000000
7/8 23:00	0.000000	0.000000	1.1673557	0.8404961	0.000000	0.000000

Report: Όπως οι μειώσεις στην καταναλισκόμενη ενέργεια ήταν αισθητές στη χειμερινή προσομοίωση, αντίστοιχα είναι τα πράγματα και την καλοκαιρινή ημέρα, Πίνακας 28. Πιο συγκεκριμένα η ενέργεια που απαιτείται να αγοραστεί τώρα αγγίζει τις 3964.50 kWh και 1.27 kWh/m², ενώ στο σενάριο 1 τα νούμερα ήταν 5671.37 kWh και 1.82 kWh/m² αντίστοιχα. Ανάλογες είναι οι μειώσεις και στην ολική ενέργεια που απαιτείται. Στο παρόν σενάριο έχουμε 10441.98 kWh και 3.35 kWh/m² συγκριτικά με το σενάριο 1 όπου οι τιμές ορίζονταν στις 12245.89 kWh και 3.93 kWh/m².

Πίνακας 28 Report καλοκαιρινής προσομοίωσης σενάριο 6

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m ²]
Total Site Energy	3964.50	1.27	1.27
Net Site Energy	3959.20	1.27	1.27
Total Source Energy	10441.98	3.35	3.35
Net Source Energy	10425.18	3.35	3.35

9. Συμπέρασμα

Κλείνοντας αυτή την εκτενή ενεργειακή μελέτη του κτιρίου Υγείας και Πρόνοιας συμπεραίνουμε πως η λειτουργία μιας τέτοιας κτιριακής εγκατάστασης τριτογενούς τομέα εξαρτάται από αρκετούς και διάφορους παράγοντες. Προκειμένου οι τελικοί ένοικοι και χρήστες ενός τέτοιου κτιρίου να απολαμβάνουν τις κατάλληλες συνθήκες θερμικής άνεσης και υγιεινής, η συνεργασία πολλών διαφορετικών μηχανικών είναι απαραίτητη. Από τη γεωγραφική θέση και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής μέχρι τον προσανατολισμό που θα έχει η κτιριακή μονάδα οι μηχανικοί επιλέγουν τα κατάλληλα δομικά υλικά, παράθυρα και πόρτες τα οποία θα δημιουργήσουν ένα ικανό κέλυφος το οποίο θα ελαχιστοποιεί τις θερμικές ανταλλαγές με το περιβάλλον διατηρώντας τις θερμοκρασιακές συνθήκες. Πέρα όμως από το περιβλήμα του κτιρίου τη μεγαλύτερη ευθύνη στην καλύτερη ενεργειακή απόδοση την έχουν τα συστήματα κλιματισμού τα οποία απαιτούν και τα μεγαλύτερα φορτία ηλεκτρισμού προκειμένου να λειτουργήσουν ικανοποιητικά. Η ανάλυση των συστημάτων αυτών βασίζεται σε αρκετές παραμέτρους όπως τα εσωτερικά θερμικά κέρδη που προσδίδουν επιπλέον θερμότητα στο χώρο, αλλά και η απόδοση και κατανάλωση του κάθε διαφορετικού συστήματος. Ένας μελετητής δεν πρέπει, επίσης, να παραμελεί τα συστήματα φωτισμού, σκιάσεων και αυτοματισμού τα οποία μπορούν και αυτά να μειώσουν αρκετά τις καταναλώσεις.

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα λειτουργίας το οποίο διαθέτει Λέβητα πετρελαίου, Αερόψυκτο ψύκτη και τερματικές μονάδες FCU ως σύστημα αναφοράς πάνω στο οποίο έγιναν όλες οι συγκρίσεις των διαφορετικών σεναρίων. Παρατηρήθηκε πως από τα διαφορετικά σενάρια λειτουργίας που δοκιμάστηκαν είχαμε κάποιες ικανοποιητικές βελτιώσεις. Το σύστημα δοκιμάστηκε στην περίπτωση που τα φορτία ήταν μικρότερα από την πλήρη λειτουργία του και αναμενόμενα οι καταναλώσεις ήταν μικρότερες. Παρόμοιες καταναλώσεις, βέβαια, παρατηρήθηκαν και με την ενεργοποίηση συστήματος ανάκτησης θερμότητας στην κανονική λειτουργία του κτιρίου κάτι που μας αποδεικνύει ότι ένα τέτοιο σύστημα είναι αρκετά αποδοτικό όταν χρησιμοποιείται. Στο τέταρτο σενάριο διαφοροποιήσαμε το χρονοπρόγραμμα λειτουργίας των συστημάτων έτσι ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις σε θέρμανση και ψύξη όλη διάρκεια της ημέρας χωρίς να σταματάει ποτέ το σύστημα να λειτουργεί. Αναμενόμενα οι καταναλώσεις ήταν αυξημένες συγκριτικά με τις προηγούμενες αναλύσεις αλλά οι θερμικές συνθήκες παρέμειναν ιδανικές για όλες τις ώρες της ημέρας. Η εγκατάσταση ενός διαφορετικού κλιματιστικού συστήματος, όπως πραγματοποιήθηκε στο έκτο σενάριο, απέδειξε πως κάποια συστήματα μπορούν να βελτιώσουν τις καταναλώσεις αλλά όχι στα ικανοποιητικά επίπεδα που επιθυμούμε και σε όλες τις εποχές του χρόνου. Όπως παρατηρήσαμε η γεωθερμική αντλία λειτούργησε ικανοποιητικά με το σύστημα ψυχρών δοκών τους καλοκαιρινούς μήνες, αλλά με ανεπιθύμητες διακυμάνσεις στη θερμοκρασία με την ενδοδαπέδια θέρμανση το χειμώνα. Επίσης, σε ενός τέτοιου επιπέδου κτίριο ο φυσικός αερισμός δεν είναι ικανός να καλύψει όλα τα φορτία από μόνος του και συστήνεται πάντα να λειτουργεί σε συνδυασμό με ένα σύστημα μηχανικού αερισμού. Τέλος, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ είναι κάτι που σίγουρα θα επιφέρει οφέλη σε ένα κτίριο και θα βοηθήσει στη μείωση των εξόδων κατανάλωσης.

Συνολικά, στο κτίριο που ενεργήσαμε τη μελέτη, το σύστημα Λέβητα και Αερόψυκτου ψύκτη λειτούργησε στον πιο αποδοτικό βαθμό από όλα. Εάν, λοιπόν, συνδυάσουμε το σύστημα αυτό με έναν εναλλάκτη θερμότητας, δημιουργία ενός κατάλληλου χρονοπρογράμματος λειτουργίας και εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ μπορούμε να έχουμε μια ιδανική

λειτουργία όλη τη διάρκεια του χρόνου βάζοντας το κτίριο μας όσο ψηλότερα γίνεται στον πίνακα ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. Οι συνδυασμοί συστημάτων και οι προσομοιώσεις κτιρίου που μπορούν να γίνουν είναι πολλές ώστε κάποιος να βγάλει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Ωστόσο, λόγω χρόνου, όγκου και ευελιξία του λογισμικού στην παρούσα διπλωματική επιλέχθηκαν ενδεικτικά τα παραπάνω σενάρια ώστε να βγει μια ολική εικόνα μιας ενεργειακής μελέτης κτιρίου.

Βιβλιογραφία

1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ ΤΟΥ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ, 2017
2. ΚΕΝΑΚ ΟΔΗΓΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ & ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ, 2017
3. Ψυχομετρία, Θέρμανση - Ψύξη - Κλιματισμός, Κατσαπρακάκης Δημήτρης, ΤΕΙ Κρήτης, 2015
4. <https://www.ashrae.org>
5. ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2016 -- Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings
6. ASHRAE Standard 62.1-2013, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality
7. ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ, Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ, Αρ. Φύλλου 2367, 12 Ιουλίου 2017
8. A Common Definition for Zero Energy Buildings, U.S. Department of Energy, September 2015
9. Journal of Building Engineering, "A review of performance of zero energy buildings and energy efficiency solutions", Lorenzo Belussi, Benedetta Barozzi, Alice Bellazzi, Ludovico Danza, Anna Devitofrancesco, Carlo Fanciulli, Matteo Ghellere, Giulia Guazzi, Italo Meroni, Francesco Salamone, Fabio Scamoni, Chiara Scrosati, 2019
10. Building Energy Management Systems (BEMS), Khairy Sayed and Hossam A. Gabbar, 2018
11. The bottom of the barrel: How the dirtiest heating oil pollutes our air and harms our health, M.J. Bradley & Associates LLC, 2009
12. Vapour Compression - Based Heat Pump Systems, Ioan Sarbu, Calin Sebarchievici, in Ground-Source Heat Pumps, 2016
13. Exergy Analysis of Heat Pump Systems, Ibrahim Dincer, Mark A. Rosen, in Exergy (Second Edition), 2013
14. GEOTHERMAL (GROUND-SOURCE) HEAT PUMPS A WORLD OVERVIEW, J. Lund¹, B. Sanner², L. Rybach³, R. Curtis⁴, G. Hellström⁵, 2018
15. Daikin, Fan Coil Units Catalogue, 2019
16. The Carbon Trust, Heat Recovery Overview, 2011
17. Energy Simulation Software for Buildings: Review and Comparison, Joana Sousa, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012
18. SPACE HEATING APPLICATIONS HISTORY AND ACTIVE SYSTEMS, J. C. McVEIGH in Sun Power (Second Edition), 1983