



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ  
ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΝRV ΜΕ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗ  
ΑΠΟ ΑΠΕ ΣΕ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟ

Φοιτητές: Θεόδωρος Κανδρής (7143)

Βασίλειος Κωσταδήμας (7162)

Επιβλέπων: Ι. Δ. Καλογήρου



## Περιεχόμενα

1. Θεωρητικό Υπόβαθρο Θέρμανσης – Ψύξης – Κλιματισμού.....	10
1.1. Εισαγωγή στα θεμελιώδη αξιώματα Θερμοδυναμικής και Μετάδοσης Θερμότητας .....	10
1.2. Βασικές αρχές λειτουργίας συστημάτων ψύξης και αντλιών θερμότητας .....	13
2. Θερμικά και ψυκτικά φορτία.....	18
2.1. Βασικές έννοιες θερμικών και ψυκτικών φορτίων.....	19
2.2. Μελέτη θέρμανσης και κλιματισμού.....	21
2.2.1. Θερμικά φορτία .....	23
2.2.2. Ψυκτικά φορτία .....	43
3. Κλιματιστικό σύστημα με μέθοδο VRV .....	55
4. Μελέτη ζεστού νερού χρήσης (ZNX).....	65
4.1. Θέρμανση ZNX μέσω ανάκτησης θερμότητας από κλιματισμό .....	67
4.2. Θέρμανση ZNX μέσω ηλιακών συλλεκτών .....	72
5. Εξαερισμός.....	78
5.1. Σχεδιασμός συστήματος εξαερισμού .....	81
6. Σύγκριση με Λέβητες για θέρμανση χώρων και ZNX και κλιματισμό .....	96
6.1. Λέβητας πετρελαίου για θέρμανση-ZNX και VRV για κλιματισμό .....	96
6.2. Λέβητας υγραερίου για θέρμανση-ZNX και VRV για κλιματισμό .....	98
7. Συμπεράσματα.....	101
8. Βιβλιογραφία .....	102
9. Παράρτημα .....	0

Εικόνα 1-1 : Φυσική και εξαναγκασμένη συναγωγή .....	12
Εικόνα 1-2 : Αρχή λειτουργίας ψυγείου και αντλίας θερμότητας [1] .....	14
Εικόνα 1-3 : Στοιχεία κλιματιστικής συσκευής και ψυγείου .....	15
Εικόνα 1-4 : Διάγραμμα Πίεσης – Ενθαλπίας ιδανικού ψυκτικού κύκλου.....	16
Εικόνα 2-1: Κλιματικές Ζώνες της Ελληνικής Επικράτειας .....	22
Εικόνα 2-2:Σκαρίφημα ισογείου 1 .....	26
Εικόνα 2-3: Σκαρίφημα ισογείου 2.....	33
Εικόνα 2-4 :Σκαρίφημα ορόφου 1 .....	35
Εικόνα 2-5 :Σκαρίφημα ορόφου 2.....	39
Εικόνα 2-6 Πηγές και είδη θερμικών κερδών [3] .....	43
Εικόνα 2-7:Τιμές CLTD για εξωτερική τοιχοποιία [3] .....	44
Εικόνα 2-8:Διορθωτικός συντελεστής LM για γεωγραφικά μήκη και πλάτη [3].....	45
Εικόνα 2-9: CLTDglaz,t για ανοίγματα [3].....	46
Εικόνα 2-10: Ηλιοθερμικά για γεωγραφικά μήκη και πλάτη [3].....	46
Εικόνα 2-11: Συντελεστής ψυκτικού φορτίου CLF [3] .....	47
Εικόνα 3-1: Σχεδιάγραμμα της μεθόδου VRV [6] .....	55
Εικόνα 3-2: Σχεδιάγραμμα διαμοιρασμού του ψυκτικού σε συστήματα VRV (πηγή: Fujitsu)	56
Εικόνα 3-3: Τύποι εσωτερικών μονάδων.....	57
Εικόνα 3-4: Τεχνικά χαρακτηριστικά εξωτερικής μονάδας συστήματος VRV [10] .....	58
Εικόνα 3-5:Τεχνικά χαρακτηριστικά των εσωτερικών μονάδων συστήματος VRV [10] .....	61
Εικόνα 3-6:Τεχνικά χαρακτηριστικά των εσωτερικών μονάδων συστήματος VRV [10] .....	62
Εικόνα 4-1 : Σχεδιάγραμμα λειτουργίας θέρμανσης νερού με ανάκτηση θερμότητας [10] .....	68
Εικόνα 4-2 : Σύγκριση συμβατικής μονάδας (πάνω) με σύστημα ανάκτησης θερμότητας (κάτω) [10].....	68
Εικόνα 4-3 : Σχεδιάγραμμα εναλλάκτη νερού-ψυκτικού τύπου σερπαντίνας [12].....	69
Εικόνα 4-4: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	72
Εικόνα 4-5 : Σχεδιάγραμμα της στέγης του εξεταζόμενου κτιρίου και της αξιοποιήσιμης επιφάνειας για εγκατάσταση ηλιοθερμικού συστήματος .....	75
Εικόνα 4-6 : Γράφημα από το οποίο εξάγεται ο συντελεστής νεφοκάλυψης [13].....	76
Εικόνα 4-7 : Γράφημα της ενέργειας που εξοικονομείται για ZNX μέσω ανάκτησης και ηλιοθερμικού συστήματος.....	77
Εικόνα 5-1:Δίκτυο αεραγωγών ισογείου .....	85
Εικόνα 5-2:Διάγραμμα απωλειών τριβής λόγω τριβής και παροχής αέρα [20] .....	88
Εικόνα 5-3:Πτώση πίεσης διαφόρων εξαρτημάτων ενός συστήματος εξαερισμού [20].....	89
Εικόνα 5-4:Τυπικές τιμές ολικών συντελεστών μεταφοράς θερμότητας για διάφορους τύπους εναλλακτών [2].....	90
Εικόνα 5-5:Σχέσεις αποτελεσματικότητας ε για διάφορους τύπους εναλλακτών [2].....	90
Εικόνα 5-6:Δίκτυο αεραγωγών ορόφου .....	91
Εικόνα 6-1 : Τεχνικά χαρακτηριστικά λέβητα πετρελαίου θέρμανσης [15] .....	97
Εικόνα 7-1 : Συγκριτικό γράφημα ετήσιας κατανάλωσης .....	101
Εικόνα 9-1:Σκαρίφημα Ισογείου 1 .....	0
Εικόνα 9-2:Σκαρίφημα Ισογείου 2 .....	1
Εικόνα 9-3: Σκαρίφημα ορόφου 1 .....	2
Εικόνα 9-4: Σκαρίφημα ορόφου 2 .....	3
Εικόνα 9-5: Σχεδιάγραμμα της στέγης του εξεταζόμενου κτιρίου και της αξιοποιήσιμης επιφάνειας για εγκατάσταση ηλιοθερμικού συστήματος.....	4
Εικόνα 9-6: Δίκτυο αεραγωγών ισογείου .....	5
Εικόνα 9-7: Δίκτυο αεραγωγών ορόφου .....	6

Πίνακας 2-1: Ποσοστιαία (%) κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά τελική χρήση [8].....	18
Πίνακας 2-2: Παράμετροι θερμικής άνεσης [3] .....	19
Πίνακας 2-3: Στοιχεία Ξενοδοχειακής Μονάδας .....	24
Πίνακας 2-4: Δομικά στοιχεία και συντελεστές θερμοπερατότητας .....	25
Πίνακας 2-5: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:X.1 .....	26
Πίνακας 2-6 : Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:X.2 .....	28
Πίνακας 2-7: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:Δ.1 .....	28
Πίνακας 2-8: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:M.1.....	29
Πίνακας 2-9: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:M.2.....	29
Πίνακας 2-10 : Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:A.1 .....	29
Πίνακας 2-11: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:A.2 .....	30
Πίνακας 2-12: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:Γ.1 .....	30
Πίνακας 2-13: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:1.1 .....	31
Πίνακας 2-14: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:1.2 .....	31
Πίνακας 2-15: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:1.3 .....	32
Πίνακας 2-16: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:Σ.1 .....	32
Πίνακας 2-17: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I.14.....	33
Πίνακας 2-18: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I.15.....	34
Πίνακας 2-19: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I.16.....	34
Πίνακας 2-20: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I.21.....	35
Πίνακας 2-21: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου O.1.1 .....	36
Πίνακας 2-22: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου O.2.1 .....	36
Πίνακας 2-23: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου O.3.1 .....	37
Πίνακας 2-24: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου O.4.1 .....	37
Πίνακας 2-25: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου O.5.1 .....	38
Πίνακας 2-26: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου O.6.1 .....	38
Πίνακας 2-27: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου O.Δ.1 .....	39
Πίνακας 2-28: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου O.7.1 .....	40
Πίνακας 2-29: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου O.8.1 .....	40
Πίνακας 2-30: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου O.9.1 .....	41
Πίνακας 2-31: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου O.9.2 .....	41
Πίνακας 2-32: Συγκεντρωτικές απώλειες κάθε επιμέρους χώρου και σύνολο θερμικών απωλειών κτιρίου .....	42
Πίνακας 2-33: Βαθμομημέρες θέρμανσης DD (K*d) [21].....	43
Πίνακας 2-34: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:X.1 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	47
Πίνακας 2-35: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:Δ.1 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	47
Πίνακας 2-36: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:M.1 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	47
Πίνακας 2-37: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:M.2 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	48
Πίνακας 2-38: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:A.1 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	48

Πίνακας 2-39: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:A.2 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	48
Πίνακας 2-40: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:Γ.1 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	48
Πίνακας 2-41: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:1.1 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	49
Πίνακας 2-42: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:1.2 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	49
Πίνακας 2-43 : Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:1.3 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	49
Πίνακας 2-44: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:1.4 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	49
Πίνακας 2-45: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:1.5 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	50
Πίνακας 2-46: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:2.1 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	50
Πίνακας 2-47 : Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:X.2 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	50
Πίνακας 2-48: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:Σ.1 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	50
Πίνακας 2-49: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:1.6 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	51
Πίνακας 2-50: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου O:1.1 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	51
Πίνακας 2-51 : Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου O:2.1 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	51
Πίνακας 2-52: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου O:3.1 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	51
Πίνακας 2-53: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου O:4.1 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	52
Πίνακας 2-54: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου O:5.1 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	52
Πίνακας 2-55: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου O:6.1 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	52
Πίνακας 2-56: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου O:7.1 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	52
Πίνακας 2-57: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου O:8.1 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	53
Πίνακας 2-58: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου O:9.1 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	53
Πίνακας 2-59: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου O:9.2 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	53
Πίνακας 2-60 : Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου O:Δ.1 για διάφορες ώρες τις μέρας.....	53
Πίνακας 2-61: Συγκεντρωτικός πίνακας συνολικών φορτίων για κάθε ώρα.....	54
Πίνακας 2-62: Βαθμώρες ψύξης CDH (K*h) [21] .....	54
Πίνακας 3-1: Θερμικό και ψυκτικό φορτίο κάθε επιμέρους χώρου .....	60
Πίνακας 3-2: Εγκατεστημένες εσωτερικές μονάδες VRV ανά χώρο και κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τους.....	63

Πίνακας 4-1 : Καθορισμός κατανάλωσης ZNX [9].....	65
Πίνακας 4-2 : Μέση μηνιαία θερμοκρασία νερού δικτύου ανά κλιματική ζώνη [9].....	66
Πίνακας 4-3 : Τεχνικά χαρακτηριστικά εναλλάκτη ανάκτησης για ZNX [10].....	71
Πίνακας 4-4 : Βέλτιστη μηνιαία γωνία κλίσης ηλιακού συστήματος [11].....	73
Πίνακας 4-5: Μέση ετήσια ηλιακή ενέργεια (Hβ, kWh/m <sup>2</sup> /yr) για βέλτιστη ετήσια, χειμερινή, θερινή κλίση [11].....	73
Πίνακας 4-6 : Συντελεστής αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης [9].....	74
Πίνακας 5-1: Χαρακτηριστικά κάθε χώρου, απαιτούμενη παροχή νωπού αέρα και ανταλλαγή θερμότητας με τον εναλλάκτη για την χειμερινή περίοδο.....	83
Πίνακας 5-2: Χαρακτηριστικά κάθε χώρου, απαιτούμενη παροχή νωπού αέρα και ανταλλαγή θερμότητας με τον εναλλάκτη για την θερινή περίοδο.....	84
Πίνακας 5-3: Διαστάσεις αεραγωγών απώλειες ενέργειας λόγω τριβών για το δίκτυο εξαερισμού στο ισόγειο.....	87
Πίνακας 5-4: Διαστάσεις αεραγωγών απώλειες ενέργειας λόγω τριβών για το δίκτυο εξαερισμού στον όροφο.....	93
Πίνακας 5-5: Μοντέλα εναλλακτών εξαερισμού 1 [10] .....	94
Πίνακας 5-6: Μοντέλα εναλλακτών εξαερισμού 2 [10] .....	94
Πίνακας 6-1 : Τεχνικά χαρακτηριστικά λέβητα υγραερίου [19].....	99

# Πρόλογος

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. της σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών. Ορμώμενοι από το ενδιαφέρον μας για τον ενεργειακό αντικείμενο του τομέα ενασχόλησης του μηχανολόγου μηχανικού, ασχοληθήκαμε στην παρούσα πτυχιακή με την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων και πιο συγκεκριμένα μίας ξενοδοχειακή μονάδας. Στόχος της εργασίας είναι η εξοικείωση μας με τα αντικείμενα της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων η οποία μπορεί να αποφέρει την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας των κτιριακών μονάδων και να εξαλείψει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα τους. Ειδικά στην σημερινή εποχή που η στροφή στην πράσινη ενέργεια και η απομάκρυνση από την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων είναι επιτακτική για την διαφύλαξη του περιβάλλοντος, θεωρούμε ότι η ενασχόληση μας με το αντικείμενο των κτιριακών ενεργειακών μελετών, θα μας βοηθήσει αφενός στην διεύρυνση του γνωστικού αντικειμένου του μηχανολόγου μηχανικού και αφετέρου στην ανάπτυξη δεξιοτήτων και στην απόκτηση εμπειριών ούτως ώστε να γίνουμε πιο ανταγωνιστικοί στην απαιτητική αγορά εργασίας.

Τέλος θέλουμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή μας κ. Καλογήρου Ιωάννη για την καθοδήγησή του και το ακούραστο ενδιαφέρον του σε θέματα που άπτονταν του επιστημονικού αντικειμένου, καθώς και τις οικογένειες μας για την συμπαράσταση και την που μας έδειξαν καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας μας.



# Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητών

Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι Φοιτητές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Διπλωματικής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι Φοιτητές

(Ονοματεπώνυμο)

**Θεόδωρος Κανδρής**

.....  
(Υπογραφή)

(Ονοματεπώνυμο)

**Βασίλειος Κωσταδήμας**

.....  
(Υπογραφή)

# Εισαγωγή

Η κατανάλωση ενέργειας έχει αυξηθεί με ραγδαίους ρυθμούς λόγω της αύξησης των αναγκών του σύγχρονου ανθρώπου. Η ενέργεια είναι άμεσα συνδεδεμένη με την καθημερινή ζωή, αφού συνδέεται είτε με την οικιακή κατανάλωση είτε με την επαγγελματική δραστηριότητα που απαιτεί την κατανάλωση ενέργειας. Την κύρια πηγή ενέργειας τον 20<sup>ο</sup> αιώνα αποτελούσαν τα ορυκτά καύσιμα τα οποία όμως φάνηκε και με το πέρασμα του χρόνου, ότι εγκυμονούν περιβαλλοντικούς κινδύνους. Η επιστήμη επομένως έπρεπε να στραφεί σε εναλλακτικές μορφές ενέργειας με στόχο την ενεργειακή μετάβαση από την επιβλαβή για το περιβάλλον χρήση ορυκτών καυσίμων σε μία νέα οπτική για το ζήτημα της ενέργειας όπου η αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς και η ανάπτυξη τεχνολογιών δέσμευσης και αποθήκευσης ρύπων άνθρακα του θα είναι στο επίκεντρο. Πιο συγκεκριμένα η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει καθορίσει κάποιους ενεργειακούς στόχους έως το 2030, όπως η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου τουλάχιστον 40% σε σύγκριση με το 1990, η κάλυψη της κατανάλωσης ενέργειας από ΑΠΕ να φτάσει το 27% της συνολικής κατανάλωσης, η βελτίωση κατά 27% τουλάχιστον της ενεργειακής απόδοσης καθώς και η στήριξη της εσωτερικής αγοράς ενέργειας σε συνδυασμό με την ηλεκτρική διασύνδεση σε ποσοστό 15% έως το 2030.

Σύμφωνα με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Η ενέργεια αυτή, είτε θερμική είτε ηλεκτρική, εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση, τη λειτουργική διάταξη, τη χρήση συστημάτων HVAC (Heat Ventilation and Air Conditioning), του τύπου φωτισμού, του είδους μόνωσης, της συντήρησης του κτιρίου καθώς και πολλών ακόμα παραγόντων. Η ενέργεια που αφορά τον κτιριακό τομέα επιβαρύνει και αυτή την ατμόσφαιρα με ρύπους, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα CO<sub>2</sub> το οποίο ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Όσον αφορά επομένως τον κτιριακό τομέα στόχος είναι η επιδίωξη της σωστής διαχείρισης της καταναλισκόμενης ενέργειας σε συνδυασμό με την διαμόρφωση ικανοποιητικής ποιότητας ζωής για κάθε άτομο στο εσωτερικό κάθε κατοικίας. Ο κτιριακός τομέας ωστόσο δεν αφορά μόνο την οικιακή κατανάλωση ενέργειας αλλά και την κατανάλωση ενέργειας στον τριτογενή τομέα όπως αυτή διαμορφώνεται και στον τουριστικό τομέα. Ο τουριστικός τομέας στην Ελλάδα αποτελεί βασικό πυλώνα της εγχώριας οικονομίας αφού συνιστά βασική πηγή εισοδήματος για ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού και ως εκ τούτου έχει ιδιαίτερη σημασία η εξοικονόμηση της καταναλισκόμενης ενέργειας που αφορά τον συγκεκριμένο κλάδο με στόχο τη μείωση του κόστους λειτουργίας των εγκαταστάσεων και την ανάπτυξη κερδοφόρων επιχειρήσεων.

# 1. Θεωρητικό Υπόβαθρο Θέρμανσης – Ψύξης – Κλιματισμού

## 1.1. Εισαγωγή στα θεμελιώδη αξιώματα Θερμοδυναμικής και Μετάδοσης Θερμότητας

Αρχικά κρίνεται αναγκαία η ανάπτυξη του θεωρητικού υποβάθρου που αφορά τις επιστήμες της θερμοδυναμικής και της μετάδοσης θερμότητας καθώς στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι ο ορισμός κάποιων κρίσιμων μεγεθών και ιδιοτήτων, οι οποίες θα αποτελέσουν την βάση για τους υπολογισμούς που θα ακολουθήσουν στα επόμενα κεφάλαια και θα έχουν ως στόχο τον αποδοτικότερο σχεδιασμό ενός κλιματιστικού συστήματος VRV σε μία ξενοδοχειακή μονάδα.

Η Θερμοδυναμική συνιστά την επιστήμη που ασχολείται με την ενέργεια και πιο συγκεκριμένα με ποιους τρόπους μπορεί η ενέργεια να αξιοποιηθεί από τον άνθρωπο καθώς και πως μπορεί να μετατραπεί από μία μορφή σε μία άλλη. Η παραγωγή ισχύος, τα συστήματα ψύξης θέρμανσης και κλιματισμού, οι κινητήρες εσωτερικής καύσης καθώς και οι σχέσεις μεταξύ των ιδιοτήτων της ύλης αποτελούν μερικά παραδείγματα με τα οποία η επιστήμη της θερμοδυναμικής ασχολείται. Για την ανάλυση και τον σχεδιασμό ωστόσο των θερμοδυναμικών συστημάτων είναι επιτακτική η συμμόρφωση σε κάποιους φυσικούς νόμους χωρίς τους οποίους πολλά από τα θερμοδυναμικά παραδείγματα που αναφέρθηκαν παραπάνω δεν θα μπορούσαν να υλοποιηθούν. Τα δύο βασικά αξιώματα της θερμοδυναμικής είναι ο πρώτος και ο δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος. Ο πρώτος νόμος αποτελεί μία διατύπωση της αρχής διατήρησης της ενέργειας και υποστηρίζει ότι η ενέργεια είναι μία θερμοδυναμική ιδιότητα, ενώ ο δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος υποστηρίζει ότι η ενέργεια εκτός από ποσότητα έχει και ποιότητα και ότι οι πραγματικές διεργασίες λαμβάνουν χώρα προς την κατεύθυνση της ελάττωσης της ποιότητας της ενέργειας [1].

Η θερμοκρασία σαν έννοια είναι μία από τις βασικές θερμοδυναμικές ιδιότητες ενός θερμοδυναμικού συστήματος. Παίζει σημαντικό ρόλο στον σχεδιασμό των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού και βάση αυτής θα καθοριστούν και οι ενεργειακές απαιτήσεις της ξενοδοχειακής μονάδας στις διάφορες περιόδους λειτουργίας της. Η θερμοκρασία σαν θερμοδυναμική ιδιότητα συνοδεύεται από τον μηδενικό νόμο της θερμοδυναμικής σύμφωνα με τον οποίο δύο σώματα βρίσκονται σε θερμική ισορροπία όταν έχουν την ίδια θερμοκρασία, ακόμα και αν δεν βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους. Επιπλέον η πίεση είναι μία πολύ σημαντική ιδιότητα όπου σε συνδυασμό με την θερμοκρασία μπορούν να καθορίσουν τις συνθήκες λειτουργίας

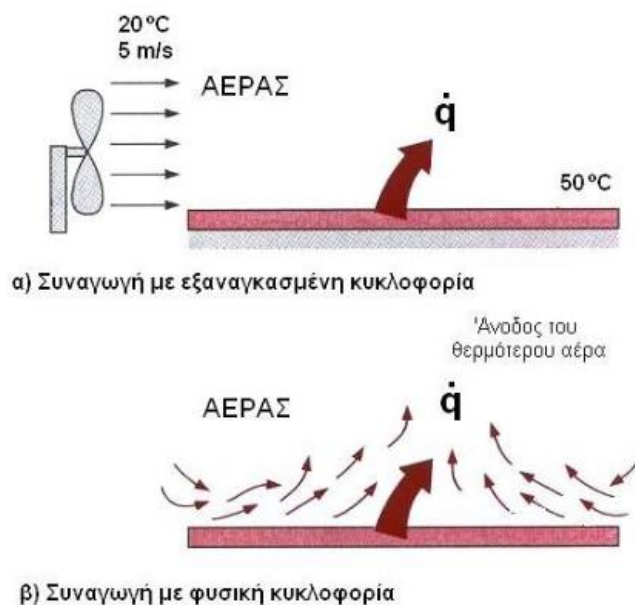
ενός θερμοδυναμικού συστήματος. Οι περισσότερες μηχανικές διατάξεις της καθημερινότητας λειτουργούν σε θερμοδυναμικούς κύκλους πράγμα το οποίο σημαίνει ότι μετά το πέρας των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στον θερμοδυναμικό κύκλο το σύστημα θα επιστρέψει στην αρχική του κατάσταση. Στην παραπάνω θεώρηση υπόκεινται οι ψυκτικές διατάξεις και οι αντλίες θερμότητας οι οποίες αποτελούν στοιχεία μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Ωστόσο πριν γίνει πιο λεπτομερής αναφορά στις αρχές λειτουργίας των ψυκτικών διατάξεων κρίνεται σκόπιμη η αναφορά κάποιων βασικών αρχών της μεταφοράς θερμότητας. Σαν θερμότητα ορίζεται η μορφή ενέργειας που μεταφέρεται μεταξύ δύο συστημάτων εξαιτίας της θερμοκρασιακής του διαφοράς [2]. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ δύο συστημάτων δεν υφίσταται θερμική αλληλεπίδραση, ενώ ισχύει ότι η μεταφορά θερμότητας πραγματοποιείται πάντα από το σώμα με την μεγαλύτερη θερμοκρασία στο σώμα με την μικρότερη. Οι κύριοι μηχανισμοί μεταφοράς θερμότητας είναι η αγωγή, η συναγωγή και η ακτινοβολία. Όσον αφορά τον σχεδιασμό των αντλιών θερμότητας η αγωγή και συναγωγή αποτελούν τους κύριους μηχανισμούς μεταφοράς ενώ επίσης η αλλαγή φάσης που υφίσταται το ρευστό λειτουργίας στους εναλλάκτες θερμότητας των ψυκτικών διατάξεων, εισαγάγει επιπλέον μηχανισμούς όπως η διφασική μεταφορά θερμότητας και η μεταφορά θερμότητας με εξάτμιση και συμπύκνωση. Η αγωγή λαμβάνει χώρα όταν υπάρχει μεταφορά ενέργειας από τα πιο ενεργά σωματίδια μίας ουσίας στα γειτονικά λιγότερο ενεργά λόγω των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων. Η αγωγή μπορεί να συμβεί στα στερεά στα υγρά και στα αέρια, ενώ μία χαρακτηριστική εξίσωση που αναφέρεται στον ρυθμό μεταφοράς θερμότητας με αγωγή είναι ο νόμος του Fourier που δίνεται από την παρακάτω σχέση :

$$\dot{Q}_{cond} = -kA \frac{dT}{dx} (W) \quad (1.1)$$

Ουσιαστικά η παραπάνω σχέση δηλώνει ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό αγωγής θερμότητας  $\dot{Q}_{cond}$  είναι η γεωμετρία το πάχος και το υλικό του μέσου καθώς και η θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στις δύο πλευρές του. Το υλικό του μέσου που επηρεάζει την ισχύ της θερμότητας που θα μεταφερθεί αντιπροσωπεύεται από την θερμική αγωγιμότητα (thermal conductivity) του υλικού και η φυσική του σημασία είναι η ικανότητα του υλικού να άγει θερμότητα, ενώ οι μονάδες μέτρησης του είναι τα W/(m K). Η θερμική αγωγιμότητα είναι ένα αρκετά κρίσιμο μέγεθος καθώς επηρεάζει τα μονωτικά υλικά κατασκευής που χρησιμοποιούνται για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως εκτός από την αγωγή, η συναγωγή είναι ο δεύτερος βασικός μηχανισμός μεταφοράς θερμότητας που θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν κατά τον σχεδιασμό της ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων. Η συναγωγή λαμβάνει χώρα μεταξύ μίας στερεής επιφάνειας και του γειτονικού ρευστού που την

περιβάλλει, όπου η μεταφορά θερμότητας σε αυτή την περίπτωση συμβαίνει εξαιτίας της αγωγής και της κίνησης του ρευστού. Η συναγωγή μπορεί να κατηγοριοποιηθεί στην φυσική (ελεύθερη) και στην εξαναγκασμένη συναγωγή ανάλογα με τον αν η κίνηση του ρευστού πάνω από την επιφάνεια οφείλεται σε εξωγενείς παράγοντες ή όχι. Στην περίπτωση της φυσικής συναγωγής η κίνηση του ρευστού υπάρχει εξαιτίας των ανωστικών δυνάμεων που προέρχονται από τις διαφορές της πυκνότητας λόγω της διαφοροποίησης της θερμοκρασίας, ενώ στην περίπτωση της εξαναγκασμένης συναγωγής υπάρχει κάποια εξωτερική επίδραση που αναγκάζει το ρευστό να κινείται όπως π.χ. ένας ανεμιστήρας. Στην παρακάτω εικόνα 1-1 φαίνονται παραστατικά οι διαφορές μεταξύ φυσικής και εξαναγκασμένης συναγωγής.



Εικόνα 1-1 : Φυσική και εξαναγκασμένη συναγωγή

Όπως και στην αγωγή με τον νόμο του Fourier έτσι και στην συναγωγή υπάρχει μία θεμελιώδης εξίσωση που περιγράφει τους μηχανισμούς μεταφοράς θερμότητας και είναι ο νόμος ψύξης του Newton ο οποίος ορίζεται σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$\dot{Q}_{conv} = hA(T_s - T_\infty) \text{ (W)} \quad (1.2)$$

Στην παραπάνω σχέση το  $h$  είναι ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας,  $A$  είναι το εμβαδόν της επιφάνειας από την οποία ρέει η θερμότητα και,  $T_s$  είναι η θερμοκρασία της επιφάνειας και  $T_\infty$  η θερμοκρασία του ρευστού μακριά από την επιφάνεια. Ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας δεν είναι ιδιότητα του ρευστού, ωστόσο είναι μία

αρκετά σημαντική παράμετρος η οποία μπορεί να δώσει μία αντιπροσωπευτική εικόνα σχετικά με την απόδοση της μεταφοράς θερμότητας σε συνδυασμό με την θερμοκρασία που αναπτύσσεται στην επιφάνεια.

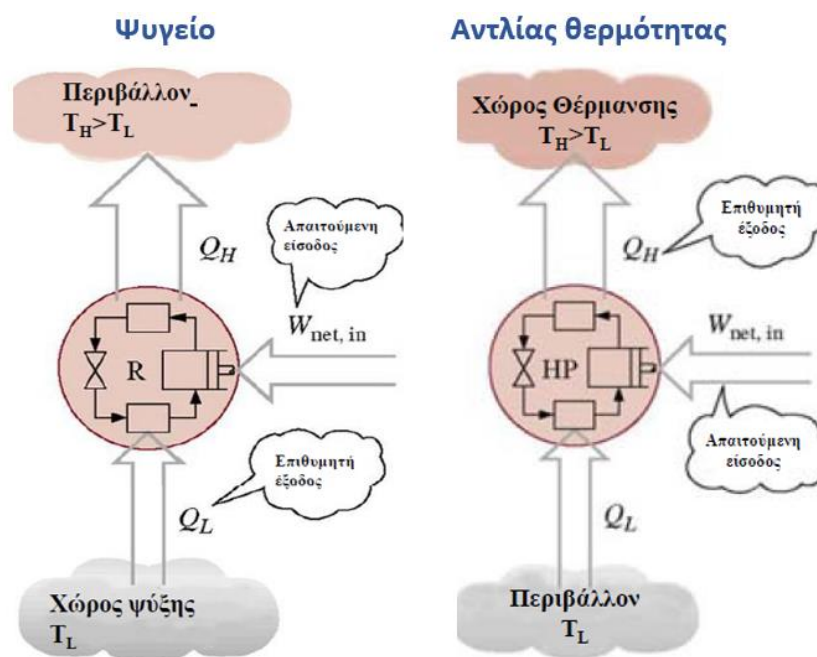
## 1.2. Βασικές αρχές λειτουργίας συστημάτων ψύξης και αντλιών θερμότητας

Οι ψυκτικές διατάξεις και οι αντλίες θερμότητας αποτελούν θερμικές μηχανές οι οποίες μεταφέρουν θερμότητα από ένα χώρο χαμηλής θερμοκρασίας προς ένα χώρο υψηλότερης θερμοκρασίας. Η αντλία θερμότητας μπορεί να προσφέρει θέρμανση αλλά και ψύξη σε ένα χώρο σε αντίθεση με τα κλασσικά ψυγεία. Τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα αντλιών θερμότητας είναι τα οικιακά κλιματιστικά τα οποία χρησιμοποιούνται τόσο το καλοκαίρι όσο και το χειμώνα για ψύξη και για θέρμανση αντίστοιχα. Παρόλο που η χρήση των σύγχρονων συσκευών ψύξης και κλιματισμού εντοπίζονται τα τελευταία εκατό χρόνια σε ευρεία κλίμακα, υπάρχουν ιστορικές πηγές που αποδεικνύουν ότι η ανάγκη του ανθρώπου για ψύξη και θέρμανση χρονολογείται εκατοντάδες χρόνια πριν. Ήδη από τα ρωμαϊκά χρόνια υπάρχουν πηγές που αναφέρουν ότι υπήρχαν συστήματα τα οποία διοχέτευαν νερό υδραγωγείου μέσα στους τοίχους για να ψύχουν τα τους σπίτια. Στην Κίνα αντίστοιχα ο κινέζος εφευρέτης Ding Huan επινόησε ένα περιστρεφόμενο ανεμιστήρα για κλιματισμό, με επτά χειροκίνητους τροχούς 3 μέτρων σε διάμετρο ενώ και μετέπειτα κατά τη διάρκεια της δυναστείας Song (960-1279), οι πηγές αναφέρουν τον περιστρεφόμενο ανεμιστήρα κλιματισμού ως ακόμη πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο.

Κατά τα μεσαιωνικά χρόνια τόσο οι Πέρσες όσο και οι Αιγύπτιοι είχαν αναπτύξει τεχνολογίες ψύξης, με τους πρώτους να χρησιμοποιούν στέρνες και αιολικούς πύργους για την ψύξη των κτιρίων κατά την θερινή περίοδο, ενώ οι δεύτεροι είχαν επινοήσει εξαεριστήρες τους οποίους χρησιμοποιούσαν στα σπίτια για να δροσίζονται σε μέρες όπου οι θερμοκρασίες ήταν αρκετά υψηλές. Κατά την περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης και πιο συγκεκριμένα το 1820 στην Βρετανία ο Michael Faraday ανακάλυψε ότι συμπιέζοντας και υγροποιώντας την αμμωνία μπορούσε να ψύξει τον αέρα, όταν η υγροποιημένη αμμωνία αφηνόταν να εξατμιστεί, ενώ για πρώτη φορά ο γιατρός John Gorrie οραματίστηκε την ιδέα του κλιματισμού των κτιρίων κάνοντας τα πρώτα βήματα προς αυτή την κατεύθυνση το 1842 όταν ανέπτυξε μία τεχνολογία συμπίεσης χρησιμοποιώντας πάγο τον οποίο χρησιμοποιούσε για να ψύχει τον αέρα στα δωμάτια του νοσοκομείου που εργαζόταν. Οι πρώτες εμπορικές

εφαρμογές εγκαταστάσεων κλιματισμού χρονολογούνται στις αρχές του 20ου αιώνα οι οποίες προορίζονταν για την ψύξη του αέρα περισσότερο στη βιομηχανία παρά για οικιακή χρήση, με το 1902 να αποτελεί σταθμό στη βιομηχανία της ψύξης κλιματισμού όταν ο Willis Haviland Carrier εφηύρε το πρώτο σύγχρονο ηλεκτρικό κλιματιστικό. Εκείνη την εποχή τα ψυκτικά ρευστά που χρησιμοποιούνταν ήταν η αμμωνία και το χλωριούχο μεθάνιο τα οποία ήταν τοξικά και εύφλεκτα με αποτέλεσμα να προκαλούνται θανατηφόρα ατυχήματα, γεγονός το οποίο οδήγησε τον Midgley Thomas το 1928 να δημιουργήσει ένα καινούργιο ψυκτικό ρευστό, το Freon (χλωροφθοριο-υδρογον-ανθρακικό αέριο) το οποίο ήταν πολύ πιο ασφαλές σε σχέση με τα έως τότε διαδεδομένα ψυκτικά μέσα. Τα τελευταία τριάντα χρόνια λόγω της υπαρκτού περιβαλλοντικού κινδύνου με το φαινόμενου του θερμοκηπίου η βιομηχανία της ψύξης θέρμανσης και κλιματισμού στράφηκε στην ανάπτυξη ψυκτικών ρευστών πιο φιλικών προς το περιβάλλον και αντικατάσταση των παλαιότερων, ενώ το 1992 για πρώτη φορά η παγκόσμια κοινότητα δεσμεύτηκε για τον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα.

Τα ψυγεία και αντλίες θερμότητας όντας θερμικές μηχανές ικανοποιούν τον πρώτο και τον δεύτερο θερμοδυναμικό νόμο. Η αντλία θερμότητας μπορεί να λειτουργήσει και για ψύξη αλλά και για θέρμανση σε αντιδιαστολή με το ψυγείο. Οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα καθώς και τα ποσά ενέργειας που μεταφέρονται και μετατρέπονται παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα 1-2.



Εικόνα 1-2 : Αρχή λειτουργίας ψυγείου και αντλίας θερμότητας [1]

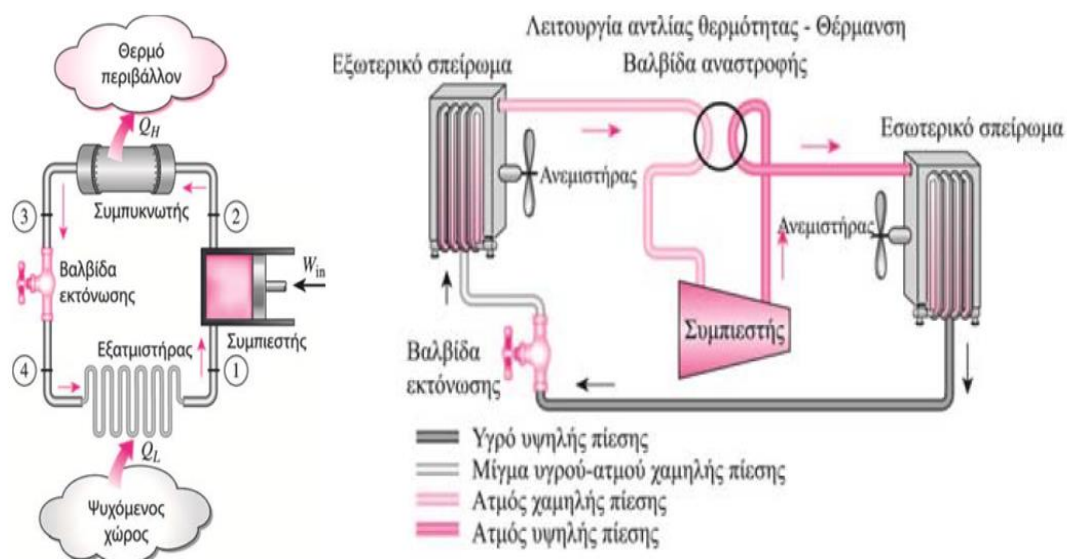
Στην περίπτωση του ψυγείου αλλά και της αντλίας θερμότητας όταν εργάζεται σε ψύξη, σκοπός της διάταξης είναι η απομάκρυνση θερμότητας  $Q_L$  από τον χώρο ψύξης. Στην αντίθετη περίπτωση της αντλίας θερμότητας όταν εργάζεται σε θέρμανση

σκοπός είναι η παροχή θερμότητας  $Q_H$  σ' ένα θερμότερο χώρο. Και στις δύο διατάξεις ο χρήστης για να μπορέσει να επωφεληθεί από την επιθυμητή έξοδο είτε σε θερμικό είτε σε ψυκτικό φορτίο, αναγκαία η απαίτηση σε μηχανικό έργο  $W_{net,in}$  το οποίο ουσιαστικά αντιπροσωπεύει την κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος από τον συμπιεστή. Εξίσου σημαντική παράμετρος ακόμα και για την αγορά μίας αντλίας θερμότητας ή ενός ψυγείου είναι ο συντελεστής λειτουργίας (Coefficient of Performance) ή αλλιώς η αποτελεσματικότητα της συσκευής. Ο συντελεστής λειτουργίας ορίζεται ως ο λόγος της επιθυμητής εξόδου προς την απαιτούμενη είσοδο, όπου στην περίπτωση του ψυγείου η επιθυμητή έξοδος είναι το ποσό θερμότητας  $Q_L$  που απάγεται, ενώ στην αντλία θερμότητας το ποσό θερμότητας  $Q_H$  που προσφέρεται και δίνονται από τις παρακάτω εξισώσεις [1]:

$$COP_R = \frac{Q_L}{W_{net,in}} \quad (1.3)$$

$$COP_{HP} = \frac{Q_H}{W_{net,in}} \quad (1.4)$$

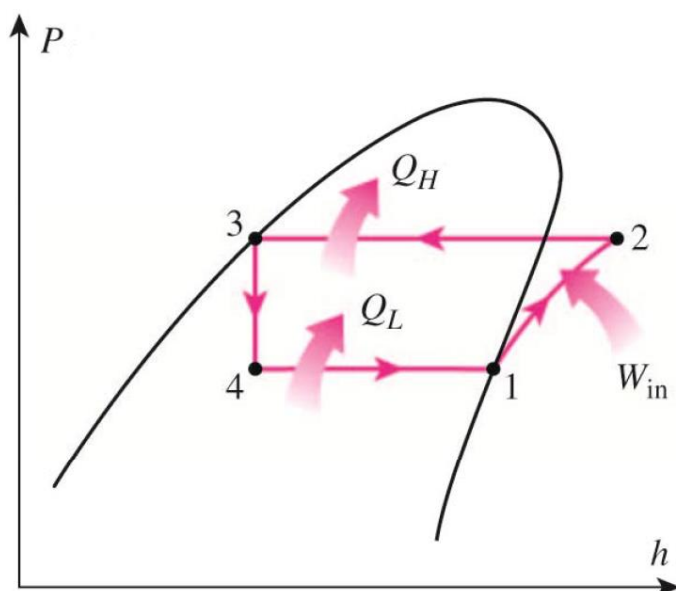
Οι διατάξεις ψύξης κλιματισμού βασίζονται στον ιδανικό ψυκτικό κύκλο συμπίεσης ατμών, ο οποίος αποτελείται από τέσσερα βασικά στοιχεία, τον συμπιεστή, τον συμπυκνωτή, τον εξατμιστή και την στραγγαλιστική βαλβίδα όπως φαίνονται και παρακάτω στην Εικόνα 1-3.



Εικόνα 1-3 : Στοιχεία κλιματιστικής συσκευής και ψυγείου



Το ψυκτικό μέσο κατά την κυκλοφορία του μέσα στο κλειστό κύκλωμα υφίσταται τέσσερις βασικές διεργασίες σύμφωνα με τον ιδανικό ψυκτικό κύκλο. Η πρώτη διεργασία είναι αυτή της ισεντροπικής συμπίεσης όπου το ψυκτικό υγρό εισέρχεται στον συμπιεστή σε φάση ατμών και με τη βοήθεια μηχανικού έργου αυξάνεται η πίεση του ρευστού από μία χαμηλή στάθμη (αναρρόφηση) σε μία υψηλότερη (κατάθλιψη), ενώ και πάλι κατά την έξοδο του βρίσκεται σε αέρια φάση (σημείο 2). Η δεύτερη διεργασία είναι αυτή της ισοβαρούς συμπύκνωσης όπου το ψυκτικό εισερχόμενο στο συμπυκνωτή καθότι σε κατάσταση υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας σε αέρια φάση, αποβάλλει θερμότητα προς ένα μέσο χαμηλότερης θερμοκρασίας όπως ο αέρας του περιβάλλοντος ή το νερό το οποίο μπορεί να κυκλοφορεί σε ένα δευτερεύων κύκλωμα και τελικά εξέρχεται από τον συμπυκνωτή σε κατάσταση κορεσμένου υγρού (σημείο 3). Ακολουθεί η διεργασία της ισενθαλπικής εκτόνωσης κατά την οποία με την βοήθεια της στραγγαλιστικής βαλβίδας μειώνεται ακαριαία η πίεση του ρευστού λειτουργίας από την πίεση της κατάθλιψης στην πίεση της αναρρόφησης (σημείο 4). Η διεργασία αυτή ιδανικά δεν περιλαμβάνει ανταλλαγές θερμότητας και γι' αυτό θεωρείται αδιαβατική διεργασία. Τελευταία διεργασία είναι η διεργασία της εξάτμισης ή ατμοποίησης όπου στον ιδανικό ψυκτικό κύκλο θεωρείται όπως και η διεργασία της συμπύκνωσης ισοβαρής. Το ψυκτικό μέσο σε αυτή την περίπτωση εισέρχεται σε κατάσταση κορεσμού μέσα στο στοιχείο και απάγει θερμότητα από ένα χώρο χαμηλότερης θερμοκρασίας, γεγονός το οποίο οδηγεί στην εξάτμιση όλης της ποσότητας του κορεσμένου υγρού. Στην έξοδο του εξατμιστή επομένως το λειτουργών μέσο βρίσκεται σε κατάσταση κορεσμένου ατμού σε χαμηλή πίεση (σημείο 1).



Εικόνα 1-4 : Διάγραμμα Πίεσης – Ενθαλπίας ιδανικού ψυκτικού κύκλου

Ο πραγματικός ψυκτικός κύκλος διαφέρει από τον ιδανικό ψυκτικό κύκλο αφού οι θεωρήσεις που γίνονται στον ιδανικό δεν υφίστανται. Πιο συγκεκριμένα η συμπίεση δεν είναι ισεντροπική διεργασία αφού υπάρχουν απώλειες θερμότητας και τριβών, ενώ στις διεργασίες της συμπύκνωσης και της εξάτμισης παρατηρείται πτώση πίεσης μέσα στις σωληνώσεις της συσκευής, επομένως δεν είναι ισοβαρής οι διεργασίες αυτές. Επιπλέον τόσο στην έξοδο του συμπυκνωτή όσο και στην έξοδο του εξατμιστή το ψυκτικό ρευστό μπορεί να εξέρχεται και σε κατάσταση υπόψυκτου υγρού και υπέρθερμου ατμού αντίστοιχα.

## 2. Θερμικά και ψυκτικά φορτία

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται αναλυτικά η ενεργειακή μελέτη θερμικών και ψυκτικών φορτίων στο υπό μελέτη κτίριο, με βάση τους κανονισμούς (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων) του τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδος. Η Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.) αναφέρει πως η ενέργεια για θέρμανση και ψύξη χώρων αποτελούν το 63,7% και το 1,3% της συνολικής ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας αντίστοιχα σε ένα μέσο νοικοκυριό [8]. Η μεγάλη αυτή διαφορά έγκειται κυρίως στο ότι η ανάγκη για ψύξη χώρων στην Ελλάδα διαρκεί κατά μέσο όρο 2 με 3 μήνες ετησίως, σε σχέση με την ανάγκη θέρμανσής τους που διαρκεί 6 με 7 μήνες ετησίως. Επίσης μόνο το 60% των νοικοκυριών χρησιμοποιεί σύστημα ψύξης χώρου κατά τους θερινούς μήνες, ενώ το 98.9% χρησιμοποιεί κάποιο σύστημα θέρμανσης κατά τους χειμερινούς μήνες [8].

Θέρμανση χώρων	63,7
Παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX)	5,7
Μαγείρεμα	17,3
Ψύξη Χώρων	1,3
Φωτισμός	1,7
Συσκευές (ηλεκτρικές/ηλεκτρονικές)	10,2
Σύνολο	100,0

Πίνακας 2-1: Ποσοστιαία (%) κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά τελική χρήση [8]

## 2.1. Βασικές έννοιες θερμικών και ψυκτικών φορτίων

Κατά τον σχεδιασμό συστημάτων κλιματισμού πέρα από τις ενεργειακές καταναλώσεις των μηχανολογικών διατάξεων, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν και κάποια άλλα χαρακτηριστικά τα οποία αφορούν τους χρήστες. Κάποιες από τις πιο σημαντικές παραμέτρους που επηρεάζουν τις συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος είναι [3] :

- Θερμική άνεση
- Ποιότητα του αέρα
- Θόρυβος
- Φωτισμός

Η θερμική άνεση είναι μία από τις πιο σημαντικές παραμέτρους που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν κατά τον σχεδιασμό των συστημάτων θέρμανσης και ορίζεται σαν η κατάσταση του μυαλού κατά την οποία ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή του εσωτερικού περιβάλλοντος και εκφράζει ικανοποίηση με τις επικρατούσες θερμικές συνθήκες [3]. Ο ορισμός αυτός έχει εισαχθεί από την Αμερικανική Ένωση Μηχανικών Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού ενώ γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η θερμική άνεση που ένα άτομο αισθάνεται είναι υποκειμενική και διαφέρει από άτομο σε άτομο. Παρ' όλα αυτά, τα στοιχεία που επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο τα άτομα βιώνουν την θερμική άνεση μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στον παρακάτω πίνακα 2-1 [3].

Παράμετροι	Μονάδες
<b>Φυσικές παράμετροι</b>	
Θερμοκρασία του αέρα	°C
Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών	°C
Υγρασία ή σχετική υγρασία του αέρα	%
Ταχύτητα του εσωτερικού αέρα	m/s
Χωροταξική κατανομή των παραπάνω μεγεθών	
<b>Βιολογικές παράμετροι</b>	
Το φύλο των χρηστών του χώρου	
Η ηλικία των χρηστών του χώρου	
Οι συνήθειες των χρηστών του χώρου	
<b>Εξωτερικές παράμετροι</b>	
Το είδος των δραστηριοτήτων των χρηστών του χώρου	met (1met = 58,15W/m <sup>2</sup> )
Ο τύπος του ρουχισμού των χρηστών του χώρου	clo (1clo = 0,155m <sup>2</sup> ·K/W)

Πίνακας 2-2: Παράμετροι θερμικής άνεσης [3]

Όσον αφορά τον τρόπο υπολογισμού των θερμικών και ψυκτικών φορτίων υπάρχουν διάφορες τεχνικές υπολογισμού στις οποίες θα γίνει και αναφορά παρακάτω. Πρώτα ωστόσο θα πρέπει να γίνει εισαγωγή κάποιων εννοιών για την καλύτερη κατανόηση των βημάτων υπολογισμού των φορτίων. Με βάση τις ανάγκες σε ψύξη και θέρμανση θα γίνει ο κατάλληλος σχεδιασμός της εγκατάστασης. Οι ενεργειακές ανάγκες που υπάρχουν σε μία κατοικία ή σε ένα κτίριο του τριτογενή τομέα προκύπτουν από τον τρόπο και τα υλικά κατασκευής του κτιρίου και όχι από την αποδοτικότητα και την ισχύ των συσκευών που θα εγκατασταθούν. Επομένως πρώτα θα πρέπει να γίνει η μελέτη των παραμέτρων που θα καθορίσουν τις ανάγκες σε ψυκτικά και θερμικά φορτία και με βάση αυτή να επιλεγθεί η κατάλληλη συσκευή που θα καλύπτει αυτές τις ανάγκες. Τέτοιες παράμετροι είναι το μέγεθος των επιφανειών και των ανοιγμάτων του κτιρίου, τα υλικά κατασκευής των μονώσεων, ο προσανατολισμός και άλλα. Για την διευκόλυνση των μηχανικών σχεδιασμού των ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων στην Ελλάδα έχει δημιουργηθεί ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ. Εν. Α. Κ.) ο οποίος περιλαμβάνει οδηγίες και πρότυπα τα οποία θα πρέπει να ακολουθηθούν ούτως ώστε να επιτυγχάνονται οι ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Ο ΚΕΝΑΚ σε συνδυασμό και με τις τεχνικές οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΟΤΕΕ 20701/1,2,3,4) περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με τα θερμομονωτικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου (κέλυφος), με τις εγκαταστάσεις θέρμανσης/κλιματισμού και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τα στοιχεία παθητικής θέρμανσης και ψύξης, τη σκίαση, την ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων και τον επαρκή φυσικός Επιπλέον ο κανονισμός αυτός ορίζει και τις προδιαγραφές του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) το οποίο ουσιαστικά αποτελεί μία ενεργειακή ταυτότητα του κτιρίου με βάση την οποία το εκάστοτε κτίριο μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε μία ενεργειακή κλάση ανάλογα με την ενεργειακή απόδοσή του, ενώ στις περιπτώσεις που η ενεργειακή κλάση του κτιρίου χρήζει βελτίωσης ο ΚΕΝΑΚ προτείνει και μεθοδολογίες προς αυτή την κατεύθυνση.

Η φιλοσοφία πίσω από τον υπολογισμό των θερμικών φορτίων είναι ότι θα πρέπει να υπολογιστεί το σύνολο των θερμικών αναγκών όλων των χώρων του κτιρίου για τις δυσμενέστερες συνθήκες (π.χ. ακραίες τιμές εξωτερικής θερμοκρασίας περιβάλλοντος). Η εγκατάσταση θέρμανσης που θα επιλεγθεί θα πρέπει να έχει ονομαστικά την ικανότητα να καλύψει τις θερμικές απώλειες του κτιρίου οι οποίες ουσιαστικά ταυτίζονται και με τις θερμικές ανάγκες. Όσον αφορά τα ψυκτικά φορτία για την καλύτερη κατανόηση του τρόπου υπολογισμού τους θα πρέπει να ορισθούν κάποιες έννοιες, όπως το θερμικό κέρδος χώρου, το ψυκτικό φορτίο χώρου, η αφαιρούμενη θερμική ισχύς και το ψυκτικό φορτίο της συσκευής. Το θερμικό κέρδος χώρου αποτελεί το σύνολο των θερμικών ροών που εισέρχονται σε ένα χώρο σε μία δεδομένη στιγμή και σε αυτές μπορεί να συνεισφέρουν διάφορες πηγές θερμικής προέλευσης όπως ο φωτισμός, τα άτομα η ηλιακή ακτινοβολία μέσω των τζαμιών

κ.α.[3]. Το ψυκτικό φορτίο χώρου αποτελεί την θερμική ισχύ που πρέπει να αφαιρείται από ένα χώρο ούτως ώστε οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας του χώρου να παραμένουν σταθερές, ενώ η αφαιρούμενη θερμική ισχύς ταυτίζεται με το ψυκτικό φορτίο χώρου μόνο αν η θερμοκρασία του χώρου παραμένει σταθερή. Τέλος το ψυκτικό φορτίο της συσκευής ορίζεται σαν η θερμική ισχύς που αφαιρείται από τη κλιματιστική συσκευή και ισούται κάθε στιγμή με το άθροισμα των ψυκτικών φορτίων των χώρων που επιβαρύνουν την ψυκτική διάταξη.

Υπάρχουν διάφορες μεθοδολογίες υπολογισμού των θερμικών απωλειών που διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Οι πιο γνωστές μεθοδολογίες είναι κατά DIN, ASHRAE και ISO, ενώ στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται κυρίως οι Γερμανικοί κανονισμοί κατά DIN καθώς και τα πρότυπα κατά EN ISO 12831. Στην παρούσα εργασία η μεθοδολογία υπολογισμού των θερμικών και των ψυκτικών φορτίων έχει γίνει σύμφωνα με τα πρότυπα κατά ASHRAE καθώς και τις οδηγίες του TEE, TOEE 2421/86 και TOTEE2427/86.

## 2.2 Μελέτη θέρμανσης και κλιματισμού

Η ξενοδοχειακή μονάδα για την οποία πρόκειται να γίνει η μελέτη βρίσκεται στο Μεσολόγγι στην περιφερειακή ενότητα Δυτικής Ελλάδας. Αποτελείται από δύο επίπεδα το ισόγειο και τον όροφο. Ο όροφος και το ισόγειο καταλαμβάνουν συνολική επιφάνεια 223.31 m<sup>2</sup> και 209.34 m<sup>2</sup> αντίστοιχα, ενώ η συνολική επιφάνεια όλης της ξενοδοχειακής μονάδας ανέρχεται σε 432.65 m<sup>2</sup>. Αρχικά για την σωστή μελέτη θερμικών και ψυκτικών φορτίων θα πρέπει να γίνει ο ορισμός κάποιων παραμέτρων όπως οι μέσες ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες που αφορούν την περιοχή του Μεσολογγίου. Τέτοιες παράμετροι ορίζονται από τον κανονισμό ενεργειακής απόδοσης κτιρίων Κ.ΕΝ.Α.Κ. και τις τεχνικές οδηγίες του τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδος Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. σύμφωνα με τα οποία η ελληνική επικράτεια χωρίζεται σε κλιματικές ζώνες βάση των θερμοκρασιακών συνθηκών που επικρατούν σε κάθε νομό. Η χώρα χωρίζεται σε 4 κλιματικές ζώνες όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα με την περιοχή του Μεσολογγίου να κατατάσσεται στην ζώνη Β.

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

*Εικόνα 2-1: Κλιματικές Ζώνες της Ελληνικής Επικράτειας*

Για τον υπολογισμό των απαιτούμενων φορτίων χρησιμοποιήθηκε το ολοκληρωμένο λογισμικό 4M και πιο συγκεκριμένα το ενεργειακό λογισμικό 4M-KENAK. Το 4M-KENAK μπορεί να συνδυάσει τόσο την σχεδίαση όσο και τον διεξαγωγή υπολογισμών με στόχο την διεκπεραίωση οποιαδήποτε μελέτη ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής επιθεώρησης. Το εν λόγω λογισμικό συμβαδίζει με τα ισχύοντα ΦΕΚ (ΦΕΚ 2945B/3-11-14 για την τελευταία έκδοση) καθώς και με τις πρόσφατα ενημερωμένες TOTEE. Το 4M περιέχει πλούσιες βιβλιοθήκες ενεργειακών υλικών και μετεωρολογικών στοιχείων δίνει τη δυνατότητα στον μελετητή, εφόσον το επιθυμεί, σύγκρισης και αξιολόγησης εναλλακτικών σεναρίων βέλτιστου σχεδιασμού και προτάσεων για παρεμβάσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, τόσο σε νέα όσο και σε παλιά κτίρια [10]. Επιπλέον ο χρήστης μπορεί σε ελάχιστο χρόνο να ορίσει στην κάτοψη τις ζώνες (κέλυφος), τους προβόλους, τα τυχόν διπλανά κτίρια, παθητικά ηλιακά συστήματα, θερμοκήπια και άλλες παρεμβάσεις έτσι, ώστε να μεταφερθεί αυτόματα όλη η πληροφορία στο υπολογιστικό περιβάλλον, να πραγματοποιηθούν στη συνέχεια οι υπολογισμοί (με αυτόματη κλήση της μηχανής του TEE) και τέλος να παραχθεί και το πλήρες τεύχος της μελέτης με επίσης αυτόματη δημιουργία όλων των κειμένων, σχεδίων, διαγραμμάτων, σκαριφημάτων κλπ. [10]. Τέλος, το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα εξαγωγής των δεδομένων της μελέτης σε αρχείο .xml, για να μπορεί ο χρήστης να τρέξει την ίδια μελέτη και μέσα από το πρόγραμμα Ενεργειακών Μελετών του TEE, χωρίς να ξαναπεράσει τα δεδομένα από την αρχή. Η εξαγωγή αρχείου .xml είναι επίσης απαραίτητη και για την Ενεργειακή Επιθεώρηση, όπου ο χρήστης την καταθέτει απευθείας στη σελίδα του ΥΠΕΚΑ για έκδοση ενεργειακού πιστοποιητικού. Επομένως το λογισμικό 4M παρέχει πάρα πολλές δυνατότητες για την αποδοτικότερη διεξαγωγή ενεργειακών μελετών ενώ διευκολύνει τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών και των ψυκτικών φορτίων κτιρίων και ως εκ τούτου επιλέχθηκε σαν υπολογιστικό εργαλείο για την μελέτη της θέρμανσης και του κλιματισμού της υπό διερεύνησης ξενοδοχειακής μονάδας

### 2.2.1 Θερμικά φορτία

Για τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών έγιναν κατάλληλες παραδοχές ενώ οι υπολογισμοί των θερμικών φορτιών έγιναν σύμφωνα με τη μεθοδολογία ASHRAE Heat Balance (HB) καθώς και τους κανονισμούς της TOTEE οι οποίοι εμπεριέχονται στο ολοκληρωμένο υπολογιστικό πακέτο που προσφέρει το 4M-KENAK. Το σύνολο των θερμικών απωλειών μπορεί να εκφραστεί σαν το άθροισμα των απωλειών λόγω θερμοπερατότητας, προσαυξήσεων και αερισμού. Η σχέση που ορίζει τις θερμικές απώλειες λόγω θερμοπερατότητας δίνεται από τον παρακάτω τύπο :

$$Q_T = U \cdot A \cdot (t_i - t_o) \quad (2.1)$$

Στην σχέση 2.1 το  $U$  είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας,  $A$  είναι η επιφάνεια του δομικού στοιχείου, ενώ τα  $t_i$  και  $t_o$  είναι οι θερμοκρασίες του χώρου και του εξωτερικού αέρα αντίστοιχα. Όσον αφορά τις απώλειες αερισμού, οι οποίες μπορεί να οφείλονται στο ότι τα κουφώματα στις πόρτες και στα παράθυρα δεν στεγανοποιούν απολύτως τον θερμαινόμενο χώρο, η σχέση που περιγράφει από το ποσό απωλειών δίνεται από:

$$Q_s = 1.23 \cdot Q \cdot (t_{in} - t_{out}) \quad (2.2)$$

Στην παραπάνω σχέση το  $Q_s$  αντιπροσωπεύει το αισθητό φορτίο λόγω αερισμού, το  $Q$  τον όγκο του εξερχόμενου αέρα, ενώ τα  $t_{in}$  και  $t_{out}$  είναι η εσωτερική και εξωτερική θερμοκρασία του χώρου. Σε αυτό το σημείο είναι κρίσιμο να αναφερθεί ότι οι μονάδες μέτρησης των όρων που χρησιμοποιούνται στις εκάστοτε εξισώσεις βρίσκονται στο παράρτημα των συμβολισμών που υπάρχει στην αρχή της παρούσας εργασίας. Τέλος υπάρχει και ενώ ποσό ισχύος το οποίο  $Q_A$  το οποίο εκτιμάται από τον μελετητή. Επομένως το συνολικό ποσό θερμικών απωλειών μπορεί να ορισθεί από την παρακάτω έκφραση ως εξής :

$$Q_{ολ} = Q_T + Q_A + Q_s \quad (2.3)$$



Κρίνεται αναγκαίο να δοθούν κάποια χαρακτηριστικά που αφορούν το κτίριο τα οποία συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

<b>Πόλη</b>	<i>Μεσολόγγι</i>
<b>Μέση ελάχιστη Εξωτερική Θερμοκρασία (° C)</b>	-2
<b>Επιθυμητή Εσωτερική Θερμοκρασία (° C)</b>	20
<b>Θερμοκρασία Μη Θερμαινόμενων Χώρων (° C)</b>	9
<b>Θερμοκρασία Εδάφους (° C)</b>	9
<b>Αριθμός Επιπέδων Κτιρίου</b>	2
<b>Επίπεδο στη Στάθμη του Εδάφους</b>	1

*Πίνακας 2-3: Στοιχεία Ξενοδοχειακής Μονάδας*

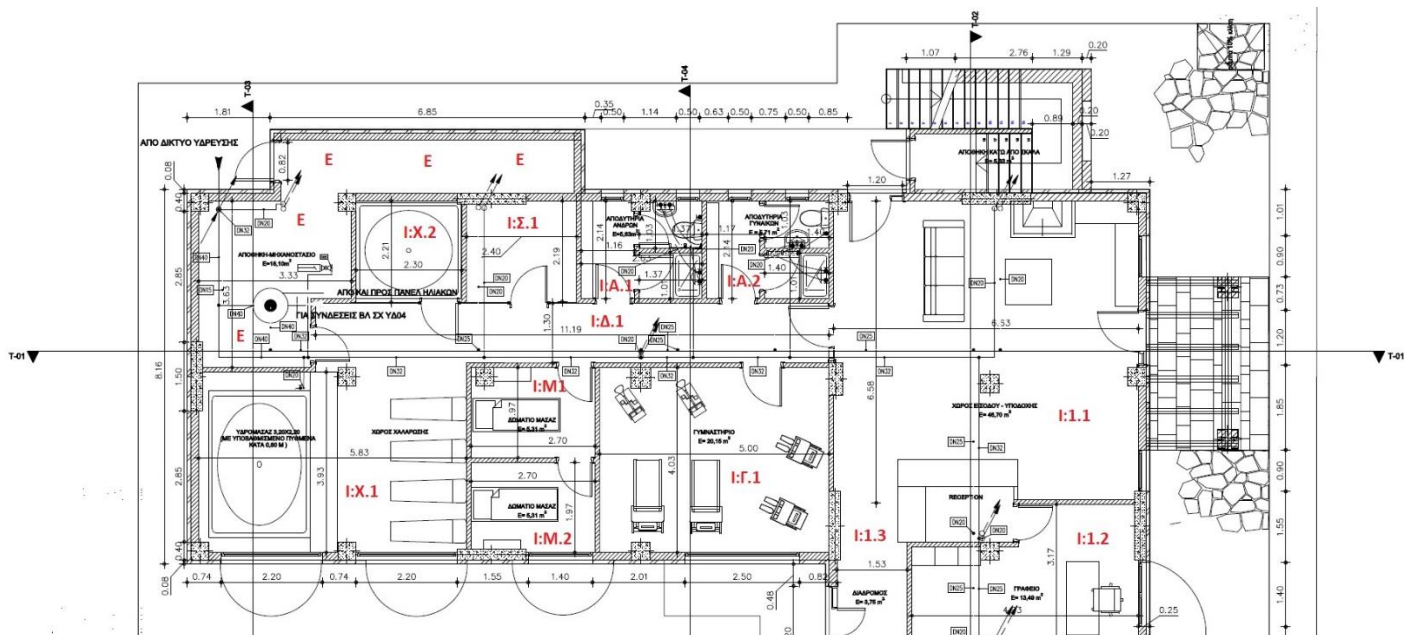
Οι επιθυμητές θερμοκρασίες των εσωτερικών χώρων καθώς και του εξωτερικού περιβάλλοντος λαμβάνονται από τον πίνακα 2-2 της παραγράφου 3.4.2 του ΤΟΤΕΕ\_20701-1\_2017 και των πινάκων 3.5 και 3.6 της ΤΟΤΕΕ 20701-3\_2010 . Επιπλέον πέρα των χαρακτηριστικών του κτιρίου που σχετίζονται με τις συνθήκες του περιβάλλοντος που είναι ανάλογες της γεωγραφικής του περιοχής και επισυνάπτονται στον παραπάνω πίνακα, είναι αναγκαία και η επισήμανση των χαρακτηριστικών του που σχετίζονται με το κτιριακό κέλυφος δηλαδή με το είδος των δομικών στοιχείων (τοιχοποιία και δάπεδα) και των ανοιγμάτων καθώς επίσης και του προσανατολισμού και των θερμικών ιδιοτήτων τους. Η θερμοπερατότητα που είναι ίσως η πιο κρίσιμη παράμετρος για τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών ορίζεται σαν την ποσότητα θερμότητας ανά μονάδα χρόνου που περνά μέσα από 1 m<sup>2</sup> στοιχείου κατασκευής με πάχος d (m), όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειών αυτών είναι ίση με 1 Kelvin. Η μονάδα μέτρησης της θερμοπερατότητας είναι W/K m<sup>2</sup>. Ουσιαστικά η θερμοπερατότητα εκφράζει το πόσο καλά μονωμένο είναι ένα τμήμα του κτιρίου. Τα τμήματα του κτιρίου με χαμηλή θερμοπερατότητα είναι καλά μονωμένα ενώ αυτά που δεν είναι καλά μονωμένα έχουν υψηλή θερμοπερατότητα. Για τον υπολογισμό της θερμοπερατότητας λαμβάνονται υπόψιν οι απώλειες οι οποίες οφείλονται στην θερμική ακτινοβολία και στην συναγωγή θερμότητας. Η θερμοπερατότητα των δομικών στοιχείων και των ανοιγμάτων μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας διαφόρων τύπων τυποποιήσεις κυρίως κατά ISO και πιο συγκεκριμένα η θερμοπερατότητα των τοίχων και των ορόφων μπορούν να υπολογιστούν σύμφωνα με τις τυποποιήσεις κατά ISO 6946 και ISO 13370, ενώ για τα παράθυρα και τα ανοίγματα η θερμοπερατότητά τους υπολογίζεται σύμφωνα με τις τυποποιήσεις ISO

10077 και ISO 15099. Στην παρούσα εργασία στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται το είδος των δομικών στοιχείων και των ανοιγμάτων καθώς και οι συντελεστές θερμοπερατότητάς τους σύμφωνα με τους οποίους έγιναν οι υπολογισμοί των θερμικών απωλειών της ξενοδοχειακής μονάδας.

<b>Είδος Δομικού στοιχείου ή Ανοίγματος</b>	<b>Συμβολισμός</b>	<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/K m<sup>2</sup>)</b>
<b>Εξωτερικοί Τοίχοι</b>	<i>T1</i>	0.5
<b>Εσωτερικοί Τοίχοι</b>	<i>E1</i>	2.21
<b>Οροφές</b>	<i>O1</i>	0.45
<b>Δάπεδα</b>	<i>Δ1</i>	0.9
<b>Ανοίγματα</b>	<i>A1</i>	3

*Πίνακας 2-4: Δομικά στοιχεία και συντελεστές θερμοπερατότητας*

Τα κατασκευαστικά σχέδια της ξενοδοχειακής μονάδας υπάρχουν στο παράρτημα της παρούσας εργασίας όπου παρουσιάζονται όλες οι διαστάσεις στις κατόψεις του ισόγειου του πρώτου ορόφου και της στέγης, ενώ επίσης υπάρχει και το υπόμνημα της ύδρευσης. Η μελέτη των θερμικών απωλειών όλου κτιρίου, για ευκολία του αναγνώστη, χωρίζεται σε μικρότερους χώρους οι οποίοι βρίσκονται στο ισόγειο και στον πρώτο όροφο. Ο κάθε χώρος συνοδεύεται από ένα πίνακα με τα γεωμετρικά και θερμικά χαρακτηριστικά του είδους των επιφανειών που τον αποτελούν καθώς και από το αντίστοιχο σκαρίφημα όπου δίνονται κατασκευαστικές πληροφορίες και επισημαίνεται σε ποιο σημείο βρίσκεται ο κάθε χώρος. Αρχικά γίνεται υπολογισμός των θερμικών απωλειών των χώρων που βρίσκεται στο επίπεδο του ισόγειου το οποίο έχει χωριστεί σε 17 αντίστοιχους χώρους οι οποίοι φαίνονται στα παρακάτω σκαριφήματα. Οι πίνακες που θα συνοδεύουν την υπολογιστική ανάλυση θερμικών απωλειών του κάθε χώρου περιέχουν χαρακτηριστικά που αφορούν το είδος του δομικού στοιχείου ή ανοίγματος καθώς τον αντίστοιχο συντελεστή θερμοπερατότητας του όπως αυτά δίνονται στον Πίνακα 2-4, ενώ περιέχουν ακόμα και τις επιφάνειες από τις οποίες υπάρχουν απώλειες θερμότητας καθώς και οι διαφορές θερμοκρασιών μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος. Τέλος σύμφωνα με την εξίσωση 2.1 μπορούν να υπολογιστούν τα απαιτούμενα ποσά θερμότητας τα οποία θα πρέπει να παρέχονται στον κάθε χώρο ούτως ώστε να επιτυγχάνεται η θερμική άνεση των ατόμων.



Εικόνα 2-2: Σκαρίφημα ισογείου 1

Ο πρώτος χώρος ονομάζεται ΙΧ.1 και απεικονίζεται στην Εικόνα 2-2 (παράρτημα Εικόνα 9-1), ενώ αντιστοιχεί όπως φαίνεται και από τα σχέδια σε χώρο χαλάρωσης και στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι αντίστοιχες πληροφορίες που τον αφορούν

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκ. (°C)	Απώλειες (Watt)
<b>T1</b>	E	2.94	3	1	8.82		0.5	11	48.51
<b>T1</b>	A	5.83	3	1	17.49	9.68	0.5	22	85.91
<b>A1</b>	A	2.2	2.2	1	4.84		3	22	319.4
<b>A1</b>	A	2.2	2.2	1	4.84		3	22	319.4
<b>T1</b>	N	3.93	3	1	11.79		0.5	22	129.7
<b>Δ1</b>	E	5.83	3.93	1	22.91		0.9	11	226.8
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b>									<b>1130</b>
<b>ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ</b>									<b>0.2</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ</b>									<b>1356</b>

Πίνακας 2-5: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου Ι:Χ.1

Θα υπολογιστούν οι απώλειες όπως προκύπτουν από το κάθε δομικό στοιχείο και στο τέλος θα γίνει το άθροισμα των απωλειών τους ούτως ώστε να επεξηγηθεί ο τρόπος

με τον οποίο υπολογίζονται τα θερμικά φορτία σε αυτό τον χώρο. Αρχικά όσον αφορά τους εξωτερικούς τοίχους του χώρου Ι:Χ.1 που συμβολίζονται με T1 στον πίνακα 2-5 το συνολικό μήκος του εξωτερικού τοίχου με εσωτερικό προσανατολισμό (E) όπως προκύπτει και από τα σχέδια του παραρτήματος, ισούται με  $2.2 (m^2) + 0.74 (m^2) = 2.94 (m^2)$ , ενώ το ύψος του τοίχου είναι 3 m. Να τονιστεί σε αυτό το σημείο ότι όσα δομικά στοιχεία, όπως τοίχοι, βρίσκονται σε εσωτερικό χώρο του κτιρίου και δεν έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον αλλά έρχονται σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους, θεωρούνται ότι έχουν εσωτερικό προσανατολισμό (E). Επομένως η συνολική επιφάνεια του πρώτου τοίχου T1 είναι  $2.94 (m) \cdot 3 (m) = 8.82 (m^2)$ . Η θερμοπερατότητα αυτού του δομικού στοιχείου T1 όπως προκύπτει και από τον Πίνακα 2-4 είναι  $U=0.5 \text{ Watt/K m}^2$ . Επιπλέον όσον αφορά την διαφορά θερμοκρασία  $\Delta T$  μεταξύ επιθυμητής θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου και θερμοκρασίας περιβάλλοντος θεωρούμε σύμφωνα και με τον πίνακα 2-3 επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  και εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος  $-2 \text{ }^\circ\text{C}$  και επομένως η διαφορά θερμοκρασίας σε αυτή την περίπτωση είναι  $\Delta T=22 \text{ }^\circ\text{C}$ . Στην περίπτωση όπου κάποια δομικά στοιχεία έρχονται σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους όπως είναι η αποθήκη μηχανοστάσιο (βλέπε Εικόνα 2-2) τότε η θερμοκρασία των μη θερμαινόμενων χώρων σύμφωνα με τον πίνακα 2-3 είναι  $9 \text{ }^\circ\text{C}$  και επομένως η διαφορά θερμοκρασίας είναι  $\Delta T=20 (^\circ\text{C}) - 9 (^\circ\text{C}) = 11 (^\circ\text{C})$ . Τελικά σύμφωνα με την εξίσωση 2.1 προκύπτουν οι θερμικές απώλειες του συγκεκριμένου δομικού στοιχείου οι οποίες είναι  $Q_T = 0.5 \left( \frac{\text{Watt}}{\text{K m}^2} \right) \cdot 8.82 (m^2) \cdot 11 (K) = 48.51 (Watt)$ . Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία. Σκόπιμο είναι να αναφερθεί και ο υπολογισμός του δεύτερου δομικού στοιχείου T1 με ανατολικό προσανατολισμό (A) κατά τον οποίο η επιφάνεια που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών σύμφωνα με την εξίσωση 2.1 είναι  $A=17.49-9.68=7.81 \text{ m}^2$ . Ουσιαστικά αφαιρείται από την συνολική επιφάνεια, η επιφάνεια του ανοίγματος η οποία είναι  $9.68 \text{ m}^2$  και κατά αυτό τον τρόπο η ωφέλιμη επιφάνεια που χρησιμοποιείται στη σχέση 2.1 είναι  $7.81 \text{ m}^2$  και έτσι προκύπτουν οι θερμικές απώλειες οι οποίες είναι  $85.51 \text{ Watt}$ . Αφού υπολογιστούν οι θερμικές απώλειες όλων των δομικών στοιχείων αθροίζονται ούτως ώστε να προκύψει το σύνολο απωλειών λόγω θερμοπερατότητας και στη συνέχεια αυτό το ποσό πολλαπλασιάζεται με το ποσοστό προσαύξησης λόγω απωλειών αερισμού (20%) που προέρχεται από τους αεραγωγούς του συστήματος και έτσι προκύπτει το σύνολο των θερμικών απωλειών το οποίο στην περίπτωση του χώρου ΙΧ.1 είναι  $1356 \text{ Watt}$ . Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι πίνακες με τα χαρακτηριστικά του κάθε χώρου καθώς και οι συνολικές θερμικές απώλειες τους. Ο υπολογισμός των απωλειών των υπόλοιπων χώρων γίνεται ακριβώς με τον ίδιο τρόπο που περιεγράφηκε παραπάνω για τον χώρο ΙΧ.1.

	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
<b>T1</b>	<i>E</i>	2.3	3	1	6.9		0.5	11	37.95
<b>T1</b>	<i>E</i>	2.21	3	1	6.63		0.5	11	36.46
<b>Δ1</b>	<i>E</i>	2.21	2.3	1	5.08		0.9	11	50.29
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b>									<b>125</b>
<b>ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ</b>									<b>0.2</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ</b>									<b>150</b>

Πίνακας 2-6 : Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:X.2

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
<b>T1</b>	<i>E</i>	1.3	3	1	3.9		0.5	11	21.45
<b>T1</b>	<i>E</i>	1	3	1	3	1.1	0.5	11	10.45
<b>A1</b>	<i>E</i>	0.5	2.2	1	1.1		3	11	36.3
<b>Δ1</b>	<i>E</i>	11.19	1.3	1	14.55		0.9	11	144
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b>									<b>212</b>
<b>ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ</b>									<b>0.2</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ</b>									<b>254.4</b>

Πίνακας 2-7: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:Δ.1

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
<b>Δ1</b>	<b>Ε</b>	<b>1.97</b>	<b>2.7</b>	<b>1</b>	<b>5.32</b>		<b>0.9</b>	<b>11</b>	<b>52.67</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b>									<b>53</b>
<b>ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ</b>									<b>0.2</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ</b>									<b>63.6</b>

Πίνακας 2-8: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:M.1

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
<b>T1</b>	<b>Ε</b>	<b>2.7</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>8.1</b>	<b>3.08</b>	<b>0.5</b>	<b>11</b>	<b>27.61</b>
<b>A1</b>	<b>Ε</b>	<b>1.4</b>	<b>2.2</b>	<b>1</b>	<b>3.08</b>		<b>3</b>	<b>11</b>	<b>101.6</b>
<b>Δ1</b>	<b>Ε</b>	<b>2.7</b>	<b>1.97</b>	<b>1</b>	<b>5.32</b>		<b>0.9</b>	<b>11</b>	<b>52.67</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b>									<b>182</b>
<b>ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ</b>									<b>0.2</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ</b>									<b>218.4</b>

Πίνακας 2-9: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:M.2

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
<b>T1</b>	<b>Δ</b>	<b>2.63</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>7.89</b>	<b>1</b>	<b>0.5</b>	<b>22</b>	<b>75.79</b>
<b>A1</b>	<b>Δ</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0.5</b>		<b>3</b>	<b>22</b>	<b>33</b>
<b>A1</b>	<b>Δ</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0.5</b>		<b>3</b>	<b>22</b>	<b>33</b>
<b>Δ1</b>	<b>Ε</b>	<b>2.14</b>	<b>2.63</b>	<b>1</b>	<b>5,63</b>		<b>0.9</b>	<b>11</b>	<b>55.74</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b>									<b>198</b>
<b>ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ</b>									<b>0.2</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ</b>									<b>237.6</b>

Πίνακας 2-10 : Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:A.1

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
T1	Δ	2.63	3	1	7.89	1.5	0.5	22	70.29
A1	Δ	0.5	1.5	1	0.75		3	22	49.5
A1	Δ	0.5	1.5	1	0.75		3	22	49.5
Δ1	Ε	2.14	2.63	1	5.63		0.9	11	55.74
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b>									<b>225</b>
<b>ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ</b>									<b>0.2</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ</b>									<b>270</b>

Πίνακας 2-11: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:A.2

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
T1	A	5	3	1	15	5.5	0.5	22	104.5
A1	A	2.5	2.2	1	5.5		3	22	363
Δ1	Ε	5	4.03	1	20.15		0.9	11	199.5
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b>									<b>667</b>
<b>ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ</b>									<b>0.2</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ</b>									<b>800.4</b>

Πίνακας 2-12: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:Γ.1

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
T1	Δ	6.63	3	1	19.89	2.64	0.5	22	189.8
A1	Δ	1.2	2.2	1	2.64		3	22	174.2
T1	B	6.58	3	1	19.74	5.34	0.5	22	158.4
A1	B	0.9	1.5	1	1.35		3	22	89.1
A1	B	1.2	2.2	1	2.64		3	22	174.2
A1	B	0.9	1.5	1	1.35		3	22	89.1
Δ1	E	6.63	6.58	1	43.63		0.9	11	431.9
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ									<b>1307</b>
ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ									<b>0.2</b>
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ									<b>1568.4</b>

Πίνακας 2-13: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:1.1

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
T1	B	3.17	3	1	9.51	2.1	0.5	22	81.51
A1	B	1.4	1.5	1	2.1		3	22	138.6
Δ1	E	13.49	13.49	1	13.49		0.9	11	133.6
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ									<b>354</b>
ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ									<b>0.2</b>
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ									<b>424.8</b>

Πίνακας 2-14: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:1.2



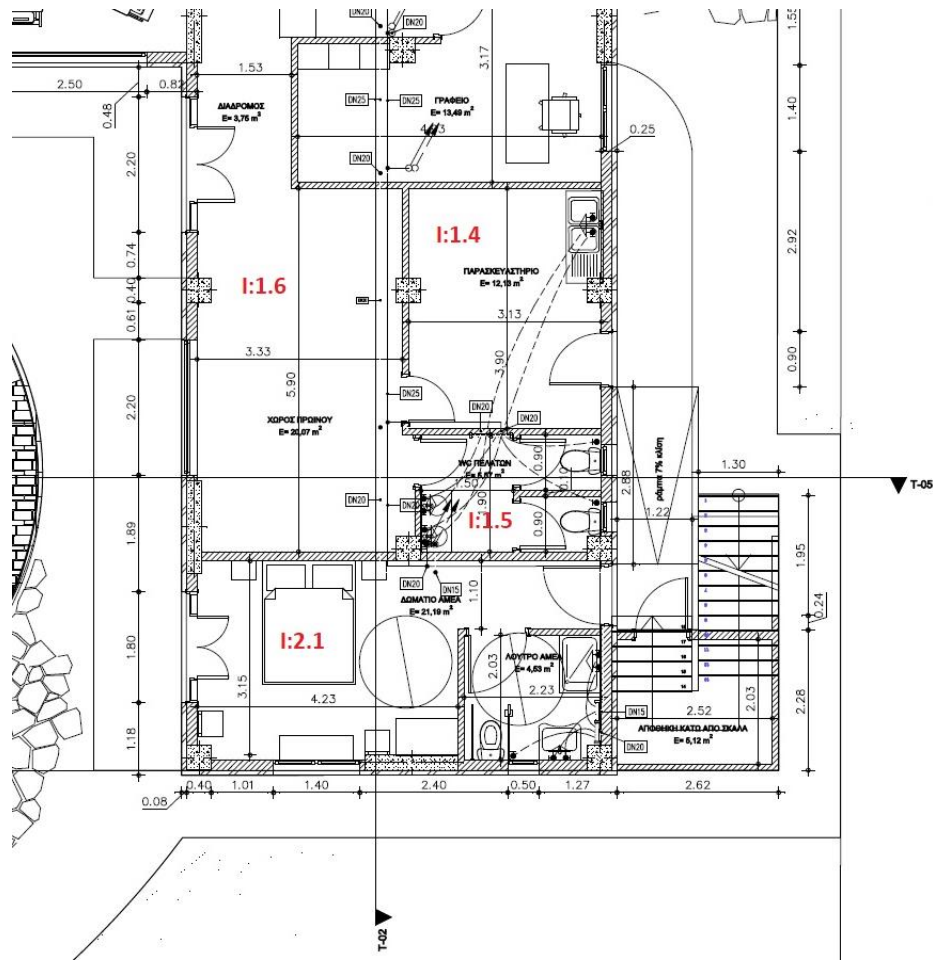
Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
T1	N	2.68	3	1	8.04	4.84	0.5	22	35.2
A1	N	2.2	2.2	1	4.84		3	22	319.4
Δ1	E	3.75	1	1	3.75		0.9	11	37.13
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b>									<b>392</b>
<b>ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ</b>									<b>0.2</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ</b>									<b>470.4</b>

Πίνακας 2-15: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:1.3

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
T1	E	2.4	3	1	7.2		0.5	11	39.6
Δ1	E	2.19	2.4	1	5.26		0.9	11	52.07
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b>									<b>92</b>
<b>ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ</b>									<b>0.2</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ</b>									<b>110.4</b>

Πίνακας 2-16: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I:Σ.1

Στο παρακάτω σκαρίφημα (παράρτημα Εικόνα 9-2) παρουσιάζονται οι χώροι I:1.4 - I.21 ενώ παρουσιάζονται και οι πίνακες που περιέχουν τα χαρακτηριστικά και τους υπολογισμούς των θερμικών απωλειών για τον κάθε χώρο αντίστοιχα.



Εικόνα 2-3: Σκαρίφημα ισογείου 2

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
T1	B	3.9	3	1	9.72	1.98	0.5	22	106.9
A1	B	0.9	2.2	1	1.98		3	22	130.7
Δ1	E	3.9	3.13	1	12.21		0.9	11	120.9
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b>									<b>359</b>
<b>ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ</b>									<b>0.2</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ</b>									<b>430.8</b>

Πίνακας 2-17: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I.14

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
T1	B	1.9	3	1	5.7	1	0.5	22	51.7
A1	B	0.5	1	1	0.5		3	22	33
A1	B	0.5	1	1	0.5		3	22	33
Δ1	E	5.57	1	1	5.57		0.9	11	55.14
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ									173
ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ									0.2
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ									207.6

Πίνακας 2-18: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I.15

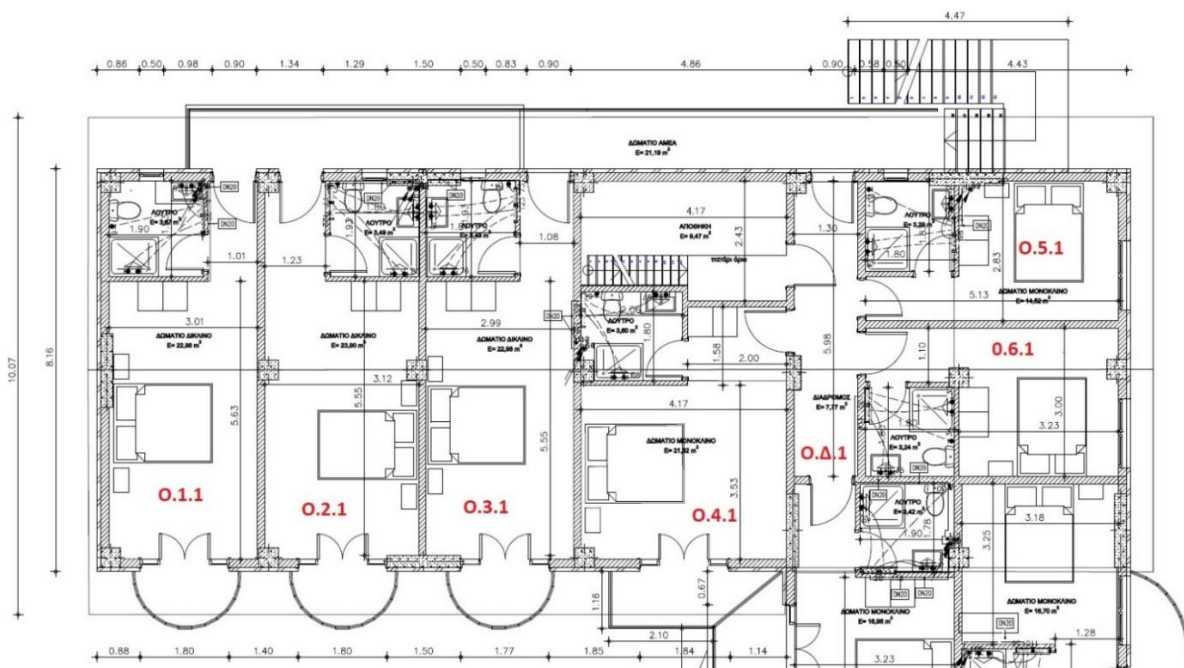
Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
T1	N	5.9	3	1	17.7	4.84	0.5	22	141.5
A1	N	2.2	2.2	1	4.84		3	22	319.4
Δ1	E	5.9	3.33	1	19.65		0.9	11	194.5
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ									655
ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ									0.2
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ									786

Πίνακας 2-19: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου I.16

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
T1	N	3.15	3	1	9.45	3.96	0.5	22	60.39
A1	N	1.8	2.2	1	3.96		3	22	261.4
T1	A	6.46	3	1	19.38	2.6	0.5	22	184.6
A1	A	1.4	1.5	1	2.1		3	22	138.6
A1	A	0.5	1	1	0.5		3	22	33
T1	B	3.15	3	1	9.45	2.42	0.5	22	77.33
A1	B	1.1	2.2	1	2.42		3	22	159.7
Δ1	E	21.19	1	1	21.19		0.9	11	209.8
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b>									<b>1125</b>
<b>ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ</b>									<b>0.2</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ</b>									<b>1350</b>

Πίνακας 2-20: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου 1.21

Έχουν ολοκληρωθεί οι υπολογισμοί των απωλειών του ισογείου και στην συνέχεια παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα (παράρτημα Εικόνα 9-3) το σκαρίφημα ενός μέρους του ορόφου που περιέχει τους χώρους Ο:1.1-Ο:6.1 καθώς και οι πίνακες με τους υπολογισμούς των θερμικών απωλειών των αντίστοιχων χώρων.



Εικόνα 2-4 :Σκαρίφημα ορόφου 1

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
T1	A	3.01	3	1	9.03	3.96	0.5	22	55.77
A1	A	1.8	2.2	1	3.96		3	22	261.4
T1	N	8.16	3	1	24.48		0.5	22	269.3
T1	Δ	1.85	3	1	5.55		0.5	22	61.05
T1	E	1.5	3	1	4.5		0.5	11	24.75
A1	Δ	0.5	0.8	1	0.4		3	22	26.4
A1	E	0.9	2.2	1	1.98		3	11	65.34
O1	O	22.98	1	1	22.98		0.45	22	227.5
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ									<b>991</b>
ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ									<b>0.2</b>
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ									<b>1190.4</b>

Πίνακας 2-21: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου O.1.1

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
T1	A	3.12	3	1	9.36	3.96	0.5	22	59.4
A1	A	1.8	2.2	1	3.96		3	22	261.4
T1	E	3.38	3	1	10.14	2.38	0.5	11	42.68
A1	E	0.9	2.2	1	1.98		3	11	65.34
A1	E	0.5	0.8	1	0.4		3	11	13.2
O1	O	23.9	1	1	23.9		0.45	22	236.6
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ									<b>679</b>
ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ									<b>0.2</b>
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ									<b>814.8</b>

Πίνακας 2-22: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου O.2.1

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
T1	A	2.99	3	1	8.97	3.89	0.5	22	55.88
A1	A	1.77	2.2	1	3.89		3	22	256.7
T1	E	2.99	3	1	8.97	2.38	0.5	11	36.24
A1	E	0.5	0.8	1	0.4		3	11	13.2
A1	E	0.9	2.2	1	1.98		3	11	65.34
O1	O	22.98	1	1	22.98		0.45	22	227.5
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ									<b>655</b>
ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ									<b>0.2</b>
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ									<b>786</b>

Πίνακας 2-23: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου O.3.1

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
T1	A	4.17	3	1	12.51	4.05	0.5	22	93.06
A1	A	1.84	2.2	1	4.05		3	22	267.3
O1	O	21.32	1	1	21.32		0.45	22	211.1
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ									<b>571</b>
ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ									<b>0.2</b>
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ									<b>685.2</b>

Πίνακας 2-24: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου O.4.1

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
T1	B	2.83	3	1	8.49	2.25	0.5	22	68.64
A1	B	1.5	1.5	1	2.25		3	22	148.5
T1	E	4.6	3	1	13.8		0.5	11	75.9
T1	B	0.63	3	1	1.89		0.5	22	20.79
A1	E	0.5	0.8	1	0.4		3	11	13.2
O1	O	14.52	1	1	14.52		0.45	22	143.7
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ									471
ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ									0.2
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ									565.2

Πίνακας 2-25: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου O.5.1

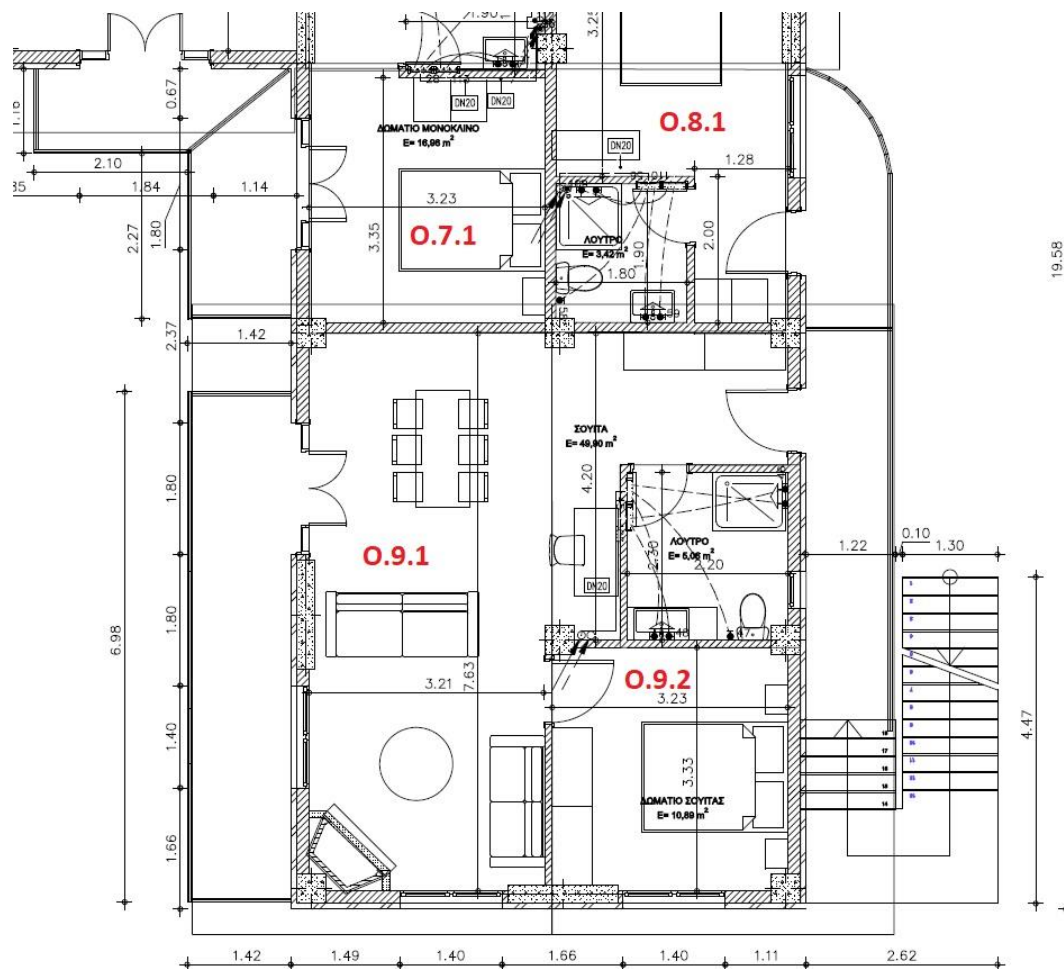
Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
T1	B	3	3	1	9	2.25	0.5	22	74.25
A1	B	1.5	1.5	1	2.25		3	22	148.5
O1	O	15.39	1	1	15.39		0.45	22	152.4
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ									375
ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ									0.2
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ									450

Πίνακας 2-26: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου O.6.1

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
T1	Δ	1.3	3	1	3.9	1.98	0.5	22	21.12
A1	Δ	0.9	2.2	1	1.98		3	22	130.7
O1	Ο	7.77	1	1	7.77		0.45	22	76.92
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b>									<b>229</b>
<b>ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ</b>									<b>0.2</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ</b>									<b>274.8</b>

Πίνακας 2-27: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου Ο.Δ.1

Στην παρακάτω εικόνα (παράρτημα Εικόνα 9-4) δίνεται το σκαρίφημα των υπόλοιπων χώρων του ορόφου.



Εικόνα 2-5 :Σκαρίφημα ορόφου 2



Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
T1	N	3.35	3	1	10.05	3.96	0.5	22	66.99
A1	N	1.8	2.2	1	3.96		3	22	261.4
O1	O	16.96	1	1	16.96		0.45	22	167.9
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ									<b>496</b>
ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ									<b>0.2</b>
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ									<b>595.2</b>

Πίνακας 2-28: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου O.7.1

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
T1	B	5.25	3	1	15.75	24.7	0.5	22	
A1	B	15	1.5	1	22.5		3	22	1485
A1	B	1	2.2	1	2.2		3	22	145.2
O1	O	16.7	1	1	16.7		0.45	22	165.3
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ									<b>1796</b>
ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ									<b>0.2</b>
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ									<b>2115.2</b>

Πίνακας 2-29: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου O.8.1

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
T1	B	4.2	3	1	12.6	2.6	0.5	22	110
A1	B	1	2.2	1	2.2		3	22	145.2
A1	B	0.5	0.8	1	0.4		3	22	26.4
T1	N	7.63	3	1	22.89	7.04	0.5	22	174.4
A1	N	1.8	2.2	1	3.96		3	22	261.4
A1	N	1.4	2.2	1	3.08		3	22	203.3
T1	A	3.21	3	1	9.63	2.1	0.5	22	82.83
A1	A	1.4	1.5	1	2.1		3	22	138.6
O1	O	49.9	1	1	49.9		0.45	22	494
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ									1636
ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ									0.2
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ									1963.2

Πίνακας 2-30: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου O.9.1

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Αριθμός Επιφανειών	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αναιρούμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής Θερμοπ. U (Watt/Km <sup>2</sup> )	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Απώλειες (Watt)
T1	A	3.23	3	1	9.69	2.1	0.5	22	83.49
A1	A	1.4	1.5	1	2.1		3	22	138.6
T1	B	3.33	3	1	9.99		0.5	22	109.9
O1	O	10.89	1	1	10.89		0.45	22	107.8
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ									440
ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΕΡΑΓΟΓΩΝ									0.2
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΩΛΕΙΩΝ									528

Πίνακας 2-31: Χαρακτηριστικά και απώλειες χώρου O.9.2

Αφού υπολογίστηκαν οι θερμικές απώλειες του κάθε χώρου ξεχωριστά, στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται το σύνολο των θερμικών απωλειών όλου του κτιρίου ως εξής:

Επίπεδο	Χώρος	Απώλειες (Watt)
ΙΣΟΓΕΙΟ	ΙΧ.1	1350
ΙΣΟΓΕΙΟ	ΙΧ.2	150
ΙΣΟΓΕΙΟ	ΙΔ.1	254.4
ΙΣΟΓΕΙΟ	ΙΜ.1	63.6
ΙΣΟΓΕΙΟ	ΙΜ.2	218.4
ΙΣΟΓΕΙΟ	ΙΑ.1	237.6
ΙΣΟΓΕΙΟ	ΙΑ.2	270
ΙΣΟΓΕΙΟ	ΙΓ.1	600.4
ΙΣΟΓΕΙΟ	Ι1.1	1508.4
ΙΣΟΓΕΙΟ	Ι1.2	424.8
ΙΣΟΓΕΙΟ	Ι1.3	470.4
ΙΣΟΓΕΙΟ	Ι1.4	430.8
ΙΣΟΓΕΙΟ	Ι1.5	207.6
ΙΣΟΓΕΙΟ	Ι1.6	786
ΙΣΟΓΕΙΟ	Ι2.1	1350
ΙΣΟΓΕΙΟ	ΙΣ.1	110.4
ΟΡΟΦΟΣ	Ο:1.1	1190.4
ΟΡΟΦΟΣ	Ο:2.1	614.8
ΟΡΟΦΟΣ	Ο:3.1	786
ΟΡΟΦΟΣ	Ο:4.1	665.2
ΟΡΟΦΟΣ	Ο:5.1	565.2
ΟΡΟΦΟΣ	Ο:6.1	450
ΟΡΟΦΟΣ	Ο:7.1	595.2
ΟΡΟΦΟΣ	Ο:8.1	2155.2
ΟΡΟΦΟΣ	Ο:9.1	1963.2
ΟΡΟΦΟΣ	Ο:9.2	528
ΟΡΟΦΟΣ	Ο:Δ.1	274.8
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΚΤΙΡΙΟΥ</b>		<b>18706.8</b>

Πίνακας 2-32: Συγκεντρωτικές απώλειες κάθε επιμέρους χώρου και σύνολο θερμικών απωλειών κτιρίου

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα το σύνολο των θερμικών απωλειών όλης της ξενοδοχειακής εγκατάστασης είναι 18,71 kW.

Περιοχή/μήνας	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Αθήνα (Ελληνικό)	239	207	177	60	-	-	-	-	-	-	78	186
Αθήνα (Φιλαδέλφεια)	288	244	211	78	-	-	-	-	-	-	126	239
Αγρίνιο	301	246	202	84	-	-	-	-	-	-	144	260

Πίνακας 2-33: Βαθμοημέρες θέρμανσης DD (K\*d) [21]

Για να εκτιμηθεί η ετήσια απαιτούμενη θερμότητα χρησιμοποιούνται οι βαθμοημέρες θέρμανσης. Από τον πίνακα 2-33 λαμβάνονται οι βαθμοημέρες θέρμανσης για τους μήνες θέρμανσης και προστίθενται υπολογίζοντας 1237 K·d.

$$Q [kWh] = \frac{\dot{Q}}{\Delta T} \cdot DD \cdot 24 \left[ \frac{h}{d} \right] \quad (2.4)$$

Οπότε η ετήσια ανάγκη θέρμανσης είναι 25244 kWh.

## 2.2.2 Ψυκτικά φορτία

Για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων θα πρέπει αρχικά να ορισθούν κάποιες βασικές έννοιες οι οποίες θα βοηθήσουν στην καλύτερη διερεύνηση της μελέτης ψύξης της ξενοδοχειακής μονάδας. Σκόπιμο είναι να ορισθεί το θερμικό κέρδους του χώρου που αποτελεί το σύνολο των θερμικών ροών που εισέρχονται σε ένα χώρο και δημιουργούνται σε αυτόν σε δεδομένη χρονική στιγμή [3]. Οι πηγές θερμικού κέρδους καθώς και το είδος τους φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.

Πηγή θερμικού κέρδους	Κατηγορία	Είδος
Αγωγιμότητα από εξωτερικά τοιχώματα	Εξωτερικά	Αισθητά
Αγωγιμότητα από εσωτερικά τοιχώματα	Εξωτερικά	Αισθητά
Ηλιακή ακτινοβολία μέσω τζαμιών	Εξωτερικά	Αισθητά
Φωτισμός	Εσωτερικά	Αισθητά
Άτομα	Εσωτερικά	Αισθητά και λανθάνοντα
Συσκευές & εξοπλισμός	Εσωτερικά	Αισθητά ή / και λανθάνοντα
Ηλεκτροκινητήρες	Εσωτερικά	Αισθητά
Εισαγωγή εξωτερικού αέρα	Εξωτερικά	Αισθητά και λανθάνοντα

Εικόνα 2-6 Πηγές και είδη θερμικών κερδών [3]

Η μεθοδολογία υπολογισμού των ψυκτικών φορτίων κατά την θερινή περίοδο είναι η CLTD/SCL/CLF. Το ψυκτικό φορτίο υπολογίζεται και πάλι με βάση τις επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον ή μη ψυχόμενο χώρο και είναι:

$$Q = U \cdot A \cdot CLTD_{cor} \quad (2.5)$$

όπου  $CLTD_{cor}$  είναι η διορθωμένη θερμοκρασιακή διαφορά η οποία διορθώνεται ως:

$$CLTD_{cor} = (CLTD + LM)K + (25.5^{\circ}\text{C} - \theta_i) + (\theta_{o,av} - 29.4^{\circ}\text{C}) \quad (2.6)$$

όπου LM διορθωτικός συντελεστής για το γεωγραφικό πλάτος και χρονική στιγμή της θέσης του κτιρίου, K συντελεστής χρώματος δομικού στοιχείου,  $\theta_i$  η θερμοκρασία του εσωτερικού του κτιρίου το καλοκαίρι ( $26^{\circ}\text{C}$ ) και  $\theta_{o,av}$  η μέση μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος ( $39^{\circ}\text{C}$ ).

Η τιμή του CLTD λαμβάνεται από πίνακες ανάλογα με την τοιχοποιία και η μέγιστη τιμή του αλλάζει μέσα στη μέρα. Άρα για την εξωτερική τοιχοποιία λαμβάνονται οι τιμές από τον πίνακα της παρακάτω εικόνας 2-7.

ΠΡΟΣ.	Ηλιακός χρόνος																								Ωρα μέγιστου CLTD	Ελάχιστο CLTD	Μέγιστο CLTD	Διαφορά μέγιστου - ελάχιστου CLTD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
B	8	8	7	7	6	6	5	4	4	4	4	4	4	5	6	7	7	8	8	9	9	9	9	9	22	4	9	6
BA	11	9	9	8	7	6	6	6	6	7	8	9	11	11	12	12	12	13	13	13	13	12	12	11	20	6	13	7
A	12	12	11	9	8	8	7	7	8	9	11	12	14	15	16	16	17	17	17	16	16	15	14	13	18	7	17	10
NA	12	12	11	9	8	8	7	7	7	7	9	11	12	13	14	16	16	16	16	16	16	15	14	13	19	7	16	9
N	12	11	10	9	8	7	7	6	5	5	5	6	6	8	9	11	12	13	14	14	14	14	13	12	20	5	14	9
NΔ	16	15	14	12	11	10	9	8	7	7	6	6	6	7	8	10	12	14	16	18	18	18	18	17	22	6	18	12
Δ	17	16	15	14	12	11	10	9	8	7	7	7	7	8	9	11	13	16	18	19	19	19	18	22	7	19	13	
BA	14	13	12	11	10	9	8	7	6	6	6	6	6	6	7	7	8	10	12	14	15	15	14	22	6	15	9	

Εικόνα 2-7: Τιμές CLTD για εξωτερική τοιχοποιία [3]

Ο διορθωτικός συντελεστής LM δίνεται κοντά στο γεωγραφικό πλάτος της περιοχής του Μεσολογγίου ( $38.36^{\circ}$ ), στον πίνακα της παρακάτω εικόνας 2-8 για γεωγραφικό πλάτος 40.

Γ.Π. (°)	Μήνας	B	BA / ΒΔ	A / Δ	NA / ΝΔ	N	Οριζόντιο
0	Δεκέμβριος	-1,7	-2,8	-1,1	1,7	5,0	-0,6
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-1,7	-2,2	-0,6	1,1	3,9	-0,6
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-1,7	-1,1	-0,6	0,0	0,0	0,0
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-1,7	0,6	-0,6	-1,7	-4,4	0,0
	Απρίλιος / Αύγουστος	2,8	1,7	-1,1	-3,3	-4,4	-1,1
	Μάιος / Ιούλιος	5,6	2,8	-1,7	-4,4	-4,4	-2,2
8	Ιούνιος	6,7	2,8	-1,7	-5,0	-4,4	-2,8
	Δεκέμβριος	-2,2	-3,3	-1,7	2,2	6,7	-2,8
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-1,7	-3,3	-1,1	1,7	5,6	-2,2
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-1,7	-1,7	-0,6	0,6	2,2	-0,6
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-1,7	-0,6	-0,6	-1,1	-2,2	0,0
	Απρίλιος / Αύγουστος	1,1	1,1	-0,6	-2,8	-3,9	-0,6
16	Μάιος / Ιούλιος	3,9	2,2	-1,1	-3,9	-3,9	-1,1
	Ιούνιος	5,0	2,2	-1,1	-4,4	-3,9	-1,1
	Δεκέμβριος	-2,2	-4,4	-2,2	2,2	7,2	-5,0
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-2,2	-3,9	-2,2	2,2	6,7	-3,9
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-1,7	-2,8	-1,1	1,1	3,9	-2,2
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-1,7	-1,1	-0,6	0,0	0,0	-0,6
24	Απρίλιος / Αύγουστος	-0,6	-0,6	-0,6	-1,7	-3,3	0,0
	Μάιος / Ιούλιος	2,2	1,7	-0,6	-2,8	-3,9	0,0
	Ιούνιος	3,3	2,2	-0,6	-3,3	0,0	-3,9
	Δεκέμβριος	-2,8	-5,0	-3,9	1,7	7,2	-7,2
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-2,2	-4,4	-3,3	5,0	7,2	-6,1
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-2,2	-3,3	-1,7	1,7	5,6	-3,9
32	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-1,7	-1,7	-0,6	0,6	2,2	-1,7
	Απρίλιος / Αύγουστος	-1,1	0,0	-0,6	-0,6	-1,7	0,0
	Μάιος / Ιούλιος	0,6	1,1	0,0	-1,7	-3,3	0,6
	Ιούνιος	1,7	1,7	0,0	-2,2	-3,3	0,6
	Δεκέμβριος	-2,8	-5,6	-4,4	1,1	6,7	-9,4
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-2,8	-5,0	-4,4	-2,2	5,0	6,7
40	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-2,2	-3,9	-2,2	2,2	6,1	-5,6
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-1,7	-2,2	-1,1	1,7	3,9	-2,8
	Απρίλιος / Αύγουστος	-1,1	-0,6	0,0	0,0	0,6	-0,6
	Μάιος / Ιούλιος	0,6	0,6	0,0	-0,6	-1,7	0,6
	Ιούνιος	0,6	1,1	0,0	-1,1	-2,2	1,1
	Δεκέμβριος	-3,3	-5,6	-5,6	0,0	5,6	-11,7
40	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-2,8	-5,6	-5,0	0,6	6,1	-10,6
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-2,8	-4,4	-3,3	1,7	6,7	-7,8
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-2,2	-2,8	-1,7	2,2	5,6	-4,4
	Απρίλιος / Αύγουστος	-1,1	-1,1	0,0	1,1	2,2	-1,7
	Μάιος / Ιούλιος	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6
	Ιούνιος	0,6	0,6	0,6	0,0	-0,6	1,1

Εικόνα 2-8: Διορθωτικός συντελεστής LM για γεωγραφικά μήκη και πλάτη [3]

Η αντίστοιχη  $CLTD_{glaz,t}$  για ανοίγματα υπολογίζεται με βάση τον πίνακα της παρακάτω εικόνας 2-9

Ηλιακός χρόνος	CLTD <sub>glaz</sub> (°C)	Ηλιακός χρόνος	CLTD <sub>glaz</sub> (°C)
1	1	13	7
2	0	14	7
3	-1	15	8
4	-1	16	8
5	-1	17	7
6	-1	18	7
7	-1	19	6
8	0	20	4
9	1	21	3
10	2	22	2
11	4	23	2
12	5	24	1

Εικόνα 2-9: CLTD<sub>glaz,t</sub> για ανοίγματα [3]

Υπάρχει επίσης θερμικό κέρδος λόγω της ακτινοβολίας του ήλιου, μέσω ανοιγμάτων και υπολογίζεται ως:

$$Q_{c,sol,t} = A \cdot SC \cdot SHGF_{max} \cdot CLF_t \quad (2.7)$$

Τα ηλιακά θερμικά κέρδη SHGF υπολογίζονται ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος, τον μήνα και τον προσανατολισμό του ανοίγματος όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

Γ.Π.	Μήνας	B	BA / ΒΔ	A / Δ	NA / ΝΔ	N	Οριζόντιο
24°	Μάρτιος	110	442	754	621	293	918
	Απρίλιος	123	543	716	473	142	912
	Μάιος	164	596	678	363	129	890
	Ιούνιος	208	612	653	312	129	874
	Ιούλιος	174	590	662	350	132	874
	Αύγουστος	129	530	691	451	145	890
	Σεπτέμβριος	114	423	716	603	293	890
	Οκτώβριος	104	300	703	710	473	852
	Νοέμβριος	95	174	650	779	618	776
	Δεκέμβριος	91	129	625	801	669	738
	Ιανουάριος	85	129	599	798	716	675
	Φεβρουάριος	95	252	694	767	606	785
32°	Μάρτιος	107	391	738	675	432	868
	Απρίλιος	117	502	719	533	237	893
	Μάιος	136	562	688	416	145	890
	Ιούνιος	174	580	669	369	136	880
	Ιούλιος	142	555	672	407	145	877
	Αύγουστος	120	492	694	511	227	874
	Σεπτέμβριος	110	375	700	650	423	839
	Οκτώβριος	98	249	666	741	590	770
	Νοέμβριος	85	132	590	785	707	672
	Δεκέμβριος	82	91	568	779	748	628
	Ιανουάριος	76	91	552	785	776	555
	Φεβρουάριος	85	205	647	782	697	685
40°	Μάρτιος	101	338	716	716	555	795
	Απρίλιος	114	461	716	590	363	855
	Μάιος	120	536	694	489	233	874
	Ιούνιος	139	555	675	438	189	871
	Ιούλιος	126	527	678	473	227	861
	Αύγουστος	117	445	691	571	350	836
	Σεπτέμβριος	104	325	678	688	539	770
	Οκτώβριος	88	199	615	754	678	672
	Νοέμβριος	76	91	546	773	767	552
	Δεκέμβριος	69	69	511	776	795	498
	Ιανουάριος	63	63	486	760	801	420
	Φεβρουάριος	76	158	587	776	760	568
Μάρτιος	91	293	688	744	650	703	
Απρίλιος	107	442	707	640	486	795	
Μάιος	117	521	694	552	356	836	
Ιούνιος	151	543	681	508	300	842	
Ιούλιος	120	514	681	536	344	827	
Αύγουστος	110	426	681	618	470	779	
Σεπτέμβριος	95	274	640	713	631	678	
Οκτώβριος	79	155	568	751	738	558	
Νοέμβριος	63	63	476	748	789	416	

Εικόνα 2-10: Ηλιοθερμικά για γεωγραφικά μήκη και πλάτη [3]

Ο συντελεστής ψυκτικού φορτίου CLF λαμβάνεται από τον πίνακα 34.

ΠΡΟΣ.	Ηλιακός χρόνος																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
B	0,08	0,07	0,06	0,06	0,07	0,73	0,66	0,65	0,73	0,80	0,86	0,89	0,89	0,86	0,82	0,75	0,78	0,91	0,24	0,18	0,15	0,13	0,11	0,10
BA	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,56	0,76	0,74	0,58	0,37	0,29	0,27	0,26	0,24	0,22	0,20	0,16	0,12	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03
A	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,47	0,72	0,80	0,76	0,62	0,41	0,27	0,24	0,22	0,20	0,17	0,14	0,11	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03
NA	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,30	0,57	0,74	0,81	0,79	0,68	0,49	0,33	0,28	0,25	0,22	0,18	0,13	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04
N	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,09	0,16	0,23	0,38	0,58	0,75	0,83	0,80	0,68	0,50	0,35	0,27	0,19	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05
NA	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,07	0,11	0,14	0,16	0,19	0,22	0,38	0,59	0,75	0,83	0,81	0,69	0,45	0,16	0,12	0,10	0,09	0,07	0,06
Δ	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,06	0,09	0,11	0,13	0,15	0,16	0,17	0,31	0,53	0,72	0,82	0,81	0,61	0,16	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06
BΔ	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,07	0,11	0,14	0,17	0,19	0,20	0,21	0,22	0,30	0,52	0,73	0,82	0,69	0,16	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06
Οριζόντιο	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,12	0,27	0,44	0,59	0,72	0,81	0,85	0,85	0,81	0,71	0,58	0,42	0,25	0,14	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06

Εικόνα 2-11: Συντελεστής ψυκτικού φορτίου CLF [3]

Για να γίνει ορθός υπολογισμός των ψυκτικών φορτίων εξετάστηκαν φορτία για 2 διαφορετικούς θερινούς μήνες: **Ιούλιο, και Αύγουστο**. Το αισθητό, το λανθάνον και το συνολικό ψυκτικό φορτίο του κτιρίου παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες για κάθε χώρο αντίστοιχα από τις 8 π.μ. το πρωί έως τις 8 μ.μ. το βράδυ.

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	5576	5104	3827	2292	1528	1599	1671	1670	1611	1516	1321	1124	1010
<b>Λανθάνον</b>	236	236	236	236	236	236	236	236	236	236	236	236	236
<b>Σύνολο</b>	5813	5340	4063	2528	1765	1835	1907	1906	1848	1752	1557	1360	1246

Πίνακας 2-34: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:X.1 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	237	266	295	325	354	378	402	412	402	389	376	351	325
<b>Λανθάνον</b>	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
<b>Σύνολο</b>	331	361	390	419	449	472	496	506	496	483	471	445	420

Πίνακας 2-35: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:Δ.1 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	327	334	342	349	356	362	368	371	368	365	362	355	349
<b>Λανθάνον</b>	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
<b>Σύνολο</b>	422	429	436	443	451	457	463	465	463	459	456	450	444

Πίνακας 2-36: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:M.1 για διάφορες ώρες τις μέρας



Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	254	279	304	329	354	375	395	404	395	384	374	352	330
<b>Λανθάνον</b>	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
<b>Σύνολο</b>	348	374	399	424	449	469	490	498	490	479	468	446	424

Πίνακας 2-37: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:M.2 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Λανθάνον</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Σύνολο</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 2-38: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:A.1 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Λανθάνον</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Σύνολο</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 2-39: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:A.2 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	4598	4358	3647	2768	2332	2351	2385	2383	2345	2294	2186	2075	2009
<b>Λανθάνον</b>	1985	1985	1985	1985	1985	1985	1985	1985	1985	1985	1985	1985	1985
<b>Σύνολο</b>	6582	6342	5631	4753	4317	4336	4369	4367	4330	4278	4171	4060	3993

Πίνακας 2-40: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:Γ.1 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	1762	1891	2020	2129	2238	2579	3132	3569	3718	3726	3529	2103	1894
<b>Λανθάνον</b>	473	473	473	473	473	473	473	473	473	473	473	473	473
<b>Σύνολο</b>	2235	2363	2492	2602	2710	3051	3604	4042	4190	4199	4002	2576	2366

Πίνακας 2-41: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:1.1 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	337	375	412	443	473	502	531	538	525	530	585	409	380
<b>Λανθάνον</b>	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
<b>Σύνολο</b>	432	469	507	537	567	596	625	632	620	624	679	504	475

Πίνακας 2-42: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:1.2 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	509	730	1028	1344	1468	1403	1147	888	686	628	537	438	413
<b>Λανθάνον</b>	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
<b>Σύνολο</b>	603	824	1123	1438	1563	1498	1242	982	781	723	632	533	507

Πίνακας 2-43 : Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:1.3 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	546	581	617	646	674	703	732	740	730	736	789	624	597
<b>Λανθάνον</b>	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252
<b>Σύνολο</b>	798	833	869	898	926	955	984	992	982	988	1041	876	849

Πίνακας 2-44: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:1.4 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Λανθάνον</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Σύνολο</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 2-45: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:1.5 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	1733	1893	1862	1739	1664	1619	1441	1231	1036	975	919	586	503
<b>Λανθάνον</b>	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
<b>Σύνολο</b>	1827	1988	1957	1833	1758	1713	1536	1326	1131	1070	1014	680	598

Πίνακας 2-46: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:2.1 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Λανθάνον</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Σύνολο</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 2-47 : Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:Χ.2 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Λανθάνον</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Σύνολο</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 2-48: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:Σ.1 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	1934	2179	2503	2860	3018	2990	2762	2514	2308	2235	2129	2000	1949
<b>Λανθάνον</b>	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840
<b>Σύνολο</b>	2774	3019	3343	3700	3858	3830	3602	3354	3148	3075	2969	2840	2789

Πίνακας 2-49: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου I:1.6 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	2221	2051	1555	999	747	881	1034	1132	1168	1130	991	729	519
<b>Λανθάνον</b>	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
<b>Σύνολο</b>	2316	2146	1649	1094	841	976	1128	1226	1263	1224	1086	823	614

Πίνακας 2-50: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου O:1.1 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	2241	2068	1565	959	678	725	782	803	797	765	686	593	430
<b>Λανθάνον</b>	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
<b>Σύνολο</b>	2335	2162	1660	1053	772	820	876	897	892	860	781	688	524

Πίνακας 2-51 : Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου O:2.1 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	2211	2039	1544	947	669	716	770	790	785	753	676	585	428
<b>Λανθάνον</b>	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
<b>Σύνολο</b>	2306	2133	1638	1042	764	810	864	885	879	848	770	680	522

Πίνακας 2-52: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου O:3.1 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	2356	2174	1647	1007	698	721	757	770	767	742	670	591	454
<b>Λανθάνον</b>	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
<b>Σύνολο</b>	2450	2269	1742	1102	792	816	852	864	862	837	764	686	548

Πίνακας 2-53: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου Ο:4.1 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	345	384	426	469	516	561	607	626	627	638	698	507	411
<b>Λανθάνον</b>	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
<b>Σύνολο</b>	440	478	520	564	610	656	701	720	722	732	793	602	505

Πίνακας 2-54: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου Ο:5.1 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	397	423	453	485	520	556	591	606	612	627	693	512	421
<b>Λανθάνον</b>	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
<b>Σύνολο</b>	492	518	548	580	614	650	685	700	706	722	787	606	516

Πίνακας 2-55: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου Ο:6.1 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	467	652	904	1186	1314	1287	1102	906	758	714	637	544	440
<b>Λανθάνον</b>	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
<b>Σύνολο</b>	562	746	998	1281	1408	1382	1196	1000	853	808	731	639	535

Πίνακας 2-56: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου Ο:7.1 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	1161	1365	1573	1706	1844	1958	2073	2043	1935	2058	2768	884	647
<b>Λανθάνον</b>	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
<b>Σύνολο</b>	1255	1459	1667	1801	1938	2053	2167	2138	2029	2152	2862	979	742

Πίνακας 2-57: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου Ο:8.1 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	1811	2087	2300	2508	2608	2606	2327	1996	1734	1657	1559	1143	824
<b>Λανθάνον</b>	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
<b>Σύνολο</b>	1952	2229	2442	2650	2750	2747	2469	2138	1876	1799	1700	1285	966

Πίνακας 2-58: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου Ο:9.1 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	1371	1295	1032	704	546	559	582	594	598	589	556	514	443
<b>Λανθάνον</b>	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
<b>Σύνολο</b>	1466	1390	1126	798	640	653	677	689	693	684	650	609	538

Πίνακας 2-59: Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου Ο:9.2 για διάφορες ώρες τις μέρας

Είδος Φορτίου	8 π.μ.	9 π.μ.	10 π.μ.	11 π.μ.	12 π.μ.	1 μ.μ.	2 μ.μ.	3 μ.μ.	4 μ.μ.	5 μ.μ.	6 μ.μ.	7 μ.μ.	8 μ.μ.
<b>Αισθητό</b>	767	786	807	827	849	1044	1400	1698	1826	1809	1545	811	752
<b>Λανθάνον</b>	189	189	189	189	189	189	189	189	189	189	189	189	189
<b>Σύνολο</b>	956	975	996	1016	1038	1233	1589	1887	2015	1998	1734	1000	941

Πίνακας 2-60 : Αισθητό, Λανθάνον και Συνολικό ψυκτικό φορτίο του χώρου Ο:Δ.1 για διάφορες ώρες τις μέρας

Συνολικό ψυκτικό φορτίο για κάθε ώρα (με αερισμό Watt)	38695	38847	36196	32556	30980	32008	32522	32214	31269	30794	30118	23367	21062
Ώρα	8 πμ	9 πμ	10 πμ	11 πμ	12 πμ	1 μμ	2 μμ	3 μμ	4 μμ	5 μμ	6 μμ	7 μμ	8 μμ

Πίνακας 2-61: Συγκεντρωτικός πίνακας συνολικών φορτίων για κάθε ώρα

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα **το μέγιστο συνολικό ψυκτικό φορτίο όλης της ξενοδοχειακής εγκατάστασης ανέρχεται σε 38,85 kW** για τις 9 π.μ. Αυτό το ποσό όπως αναμενόταν είναι αρκετά μεγαλύτερο από το αντίστοιχο ποσό των θερμικών φορτίων και αυτό οφείλεται κυρίως στην ύπαρξη υψηλών ηλιακών κερδών που εισέρχονται μέσω υαλοπινάκων κατά τη θερινή περίοδο και τα οποία κατά το σχεδιασμό του συστήματος ψύξης της ξενοδοχειακής μονάδας θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν.

Περιοχή/μήνας	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Αθήνα (Ελληνικό)	-	-	-	-	-	794	1901	1853	292	-	-	-
Αθήνα (Φιλαδέλφεια)	-	-	-	-	13	1209	2162	1787	363	-	-	-
Αγρίνιο	-	-	-	-	16	909	1535	1488	248	-	-	-

Πίνακας 2-62: Βαθμοώρες ψύξης CDH (K\*h) [21]

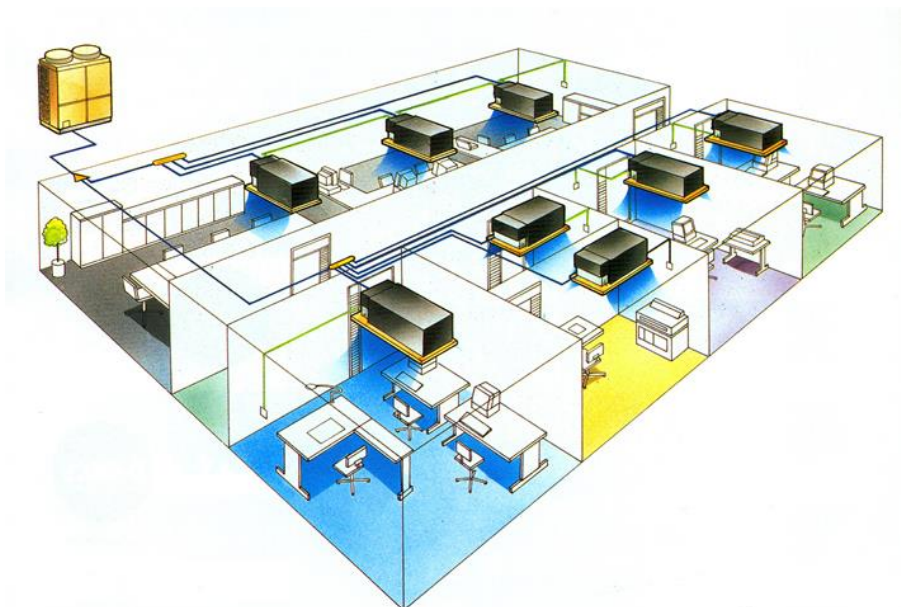
Για να εκτιμηθεί η ετήσια απαιτούμενη ψύξη χρησιμοποιούνται οι βαθμοώρες ψύξης. Από τον πίνακα 2-62 λαμβάνονται οι βαθμοώρες ψύξης για τους μήνες ψύξης και προστίθενται υπολογίζοντας 4196 K·h.

$$Q [kWh] = \frac{\dot{Q}}{\Delta T} \cdot CDH \quad (2.8)$$

Οπότε η ετήσια ανάγκη ψύξης είναι **16633 kWh**.

### 3. Κλιματιστικό σύστημα με μέθοδο VRV

Τα συστήματα **VRV** (Variable Refrigerant Volume) αποτελούν μία ευρέως διαδεδομένη τεχνική κλιματισμού πολλαπλών χώρων, γνωστή από το 1982. Άρχισαν τότε να χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην Ιαπωνία σχεδόν στο 50% των κτιρίων με γραφεία και εμπορικών χώρων. Έπειτα ξεκίνησαν να εδραιώνονται παγκοσμίως σε επίσης μεσαίες και μεγάλες κτιριακές μονάδες (ως 6500m<sup>2</sup> και άνω), ενώ κάποιες εταιρείες τα ονομάζουν και **VRF** (Variant Refrigerant Flow) συστήματα. Είναι κλιματιστικές μονάδες οι οποίες λειτουργούν με **μεταβλητή ρύθμιση της ροής** του ψυκτικού μέσου. Οι μονάδες αυτές κυκλοφορούν την ελάχιστη ποσότητα ψυκτικού, ανάλογα με τις **ενεργειακές απαιτήσεις** κάθε χώρου.



Εικόνα 3-1: Σχεδιάγραμμα της μεθόδου VRV [6]

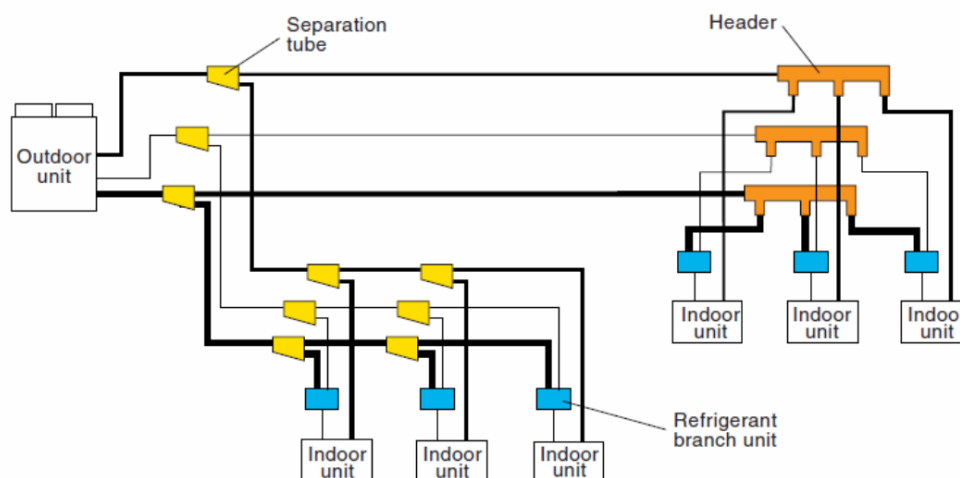
Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3-1, τα συστήματα VRV αποτελούνται από **πολυδαιρούμενα-πολυζωνικά συστήματα** κλιματισμού που βασίζονται σε έλεγχο του συμπιεστή σπειροειδούς τύπου (scroll type) μέσω συστήματος **inverter** ώστε να κυκλοφορεί η αναγκαία ποσότητα ψυκτικού ρευστού στο κύκλωμα ανάλογα με τη ζήτηση του φορτίου. Εν ολίγοις χρησιμοποιείται μία μεγάλη εξωτερική μονάδα (Outdoor Unit (**OU**)), πολλαπλές εσωτερικές μονάδες (Indoor Units (**IUs**)), ένα συμπιεστή μεταβλητών στροφών (inverter) καθώς και ηλεκτρονική εκτονωτική βαλβίδα (**EEV**) που ρυθμίζει την παροχή ψυκτικού ρευστού σε κάθε IU. Η ρύθμιση αυτή επιτυγχάνεται με την χρήση αισθητηρίων μέτρησης θερμοκρασίας τα οποία μετρούν τη θερμοκρασία του κάθε χώρου και στέλνουν σήμα στην βαλβίδα. Επίσης η ηλεκτρονική πλακέτα του κλιματιστικού συλλέγει όλες τις απαιτήσεις κάθε εσωτερικής



μονάδας και έτσι καθορίζει τις στροφές του συμπιεστή, άρα και την συνολική παροχή που θα πρέπει να κυκλοφορήσει ώστε να ανταποκριθεί σε όλες τις απαιτήσεις. Οι θερμικές απαιτήσεις μπορούν να φτάσουν μέχρι και τα 240,000 Btuh και να συνδεθούν 48 ή και περισσότερες εσωτερικές μονάδες με μία εξωτερική. Στα απλά συστήματα VRV (Heat Pump VRV) οι εσωτερικές μονάδες μπορούν είτε να θερμαίνουν όλες μαζί ή να ψύχουν όλες μαζί, ενώ τοποθετώντας διάταξη ανάκτησης θερμότητας (Heat Recovery VRV) δίνεται η δυνατότητα σε κάποιες μονάδες να θερμαίνουν τους χώρους και σε κάποιες άλλες να ψύχουν, ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε χώρου και του χρήστη. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν πολύπλοκο έλεγχο της κυκλοφορίας ψυκτικού και λαδιού μέσα από πολλές διακλαδώσεις και διαχωριστές.

Τα πλεονεκτήματα της τεχνικής VRV είναι πολλαπλά. Τα σημαντικότερα είναι:

- Μεγαλύτερος βαθμός απόδοσης έναντι των λεβήτων πετρελαίου για θέρμανση.
- Πολύ καλή ευελιξία στη λειτουργία κάθε ξεχωριστής εσωτερικής μονάδας καθώς ελέγχεται η κάθε μία ανεξάρτητα.
- Δεν χρειάζεται κάθε χώρος ένα ξεχωριστό κλιματιστικό σύστημα με έναν συμπυκνωτή, εξατμιστή, συμπιεστή, όπου θα απαιτούνταν υψηλότερο κόστος εργασιών και εξαρτημάτων και δεν είναι πάντα εφικτό αν δεν μεσολαβεί μεσοτοιχία με εξωτερικό χώρο. Αντί αυτού, τοποθετείται μια μεγάλη εξωτερική μονάδα και συμπιεστής για όλο το κτίριο και κάθε χώρος έχει απλά την δική του εσωτερική μονάδα, οπότε το κόστος και ο όγκος εξαρτημάτων μειώνεται κατά πολύ.
- Σύγχρονα συστήματα Heat Recovery VRV επιτρέπουν επίσης την θέρμανση ζεστού νερού χρήσης.
- Ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας.
- Ο θόρυβος που παράγεται στα συστήματα VRV μειώνεται κατά 5 dB@1m σε σχέση με τις κλασσικές μονάδες.



Εικόνα 3-2: Σχεδιάγραμμα διαμοίρασμού του ψυκτικού σε συστήματα VRV (πηγή: Fujitsu)

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3-2, η κυκλοφορία του ψυκτικού στα συστήματα VRV απαιτεί αρκετές διακλαδώσεις και επανενώσεις ώστε να πραγματοποιηθεί η επιθυμητή κατανομή θερμότητας μέσα στους χώρους του κτιρίου. Αυτό απαιτεί μεγάλα μήκη σωληνώσεων μεταξύ της εξωτερικής μονάδας και των εξωτερικών μονάδων, οι οποίες επιφέρουν απώλειες πίεσης στην γραμμή αναρρόφησης και αν δεν γίνει προσεκτικός σχεδιασμός, μπορεί να προκαλέσει αναποτελεσματική λειτουργία σε κάποιες εσωτερικές μονάδες. Τα μέγιστα επιτρεπόμενα μήκη διαφέρουν αναλόγως τον κατασκευαστή, όμως κάποιες γενικές οδηγίες αναφέρουν:

- Μέγιστη επιτρεπόμενη κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της εξωτερικής μονάδας και της μακρινότερης σε αυτή εσωτερικής μονάδας είναι 50 m.
- Μέγιστη επιτρεπόμενη κατακόρυφη απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών εσωτερικών μονάδων είναι 15 m.
- Το μέγιστο συνολικό μήκος σωληνώσεων ψυκτικού μεταξύ της εξωτερικής μονάδας και της μακρινότερης σε αυτή εσωτερικής μονάδας είναι 165m.

Υπάρχουν διάφορων τύπων εσωτερικές μονάδες όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3-3, μερικοί από αυτούς τοποθετούνται στο ταβάνι, στο πάτωμα ή στερεωμένοι σε τοίχο.



*Εικόνα 3-3: Τύποι εσωτερικών μονάδων*

Με βάση τους υπολογισμούς που έγιναν στο κεφάλαιο 2 για τα θερμικά και τα ψυκτικά φορτία θα γίνει και η επιλογή της κατάλληλης μονάδας αντλίας θερμότητας VRV, η οποία θα πρέπει να είναι σε θέση να καλύψει αυτά τα ποσά. Θα πρέπει δηλαδή να εγκατασταθεί ένα σύστημα VRV το οποίο θα μπορεί να καλύψει τις ανάγκες του κτιρίου σε θέρμανση και κλιματισμό τόσο κατά τους μήνες θέρμανσης όσο και τους αντίστοιχους μήνες ψύξης. Επιλέγεται το μοντέλο ARUM180LTES της εταιρείας LG

απόδοσης 18 hr ή αλλιώς 45799.80 BTU/hr, τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εξωτερικής μονάδας του οποίου φαίνονται στην παρακάτω εικόνα 3-4 πιο αναλυτικά. Ανατρέχοντας στο κεφάλαιο 2 τα θερμικά φορτία είναι 18.7 kW, ενώ τα ψυκτικά φορτία είναι 38.85 kW. Είναι χαρακτηριστικό ότι η δυνατότητα κάλυψης θερμικού φορτίου του εν λόγω συστήματος θέρμανσης όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα 3-4 είναι 50.4 kW (Rated Heating Capacity), ενώ οι θερμικές απώλειες της ξενοδοχειακής εγκατάστασης που θα πρέπει να καλυφθούν όπως υπολογίστηκαν προηγουμένως είναι 18.7 kW. Αυτό σημαίνει ότι η μονάδα ARUM180LTES καλύπτει πλήρως τις ανάγκες θέρμανσης και θα μπορούσε να θεωρηθεί η επιλογή της μονάδας είναι υπερδιαστασιολογημένη, ωστόσο επειδή η συγκεκριμένη μονάδα θα χρησιμοποιηθεί και για την κάλυψη του ψυκτικού φορτίου που όπως βλέπουμε και από το κεφάλαιο 2 είναι αρκετά μεγαλύτερο από το θερμικό που υπολογίστηκε σε αυτό το κεφάλαιο, γι' αυτό το λόγο επιλέχθηκε ένα σύστημα με τόσο μεγάλη ισχύ.

ARUM140LTE5

HP		14
Model Name	Combination Unit	ARUM140LTE5
	Independent Unit	ARUM140LTE5
Capacity	Cooling (Rated) kW	39.2
	Heating (Rated) kW	39.2
	Heating (Max) kW	44.1
Input	Cooling (Rated) kW	8.68
	Heating (Rated) kW	8.13
	Heating (Max) kW	9.72
EER		4.52
SEER		8.89
COP	Rated Capacity	4.82
	Max. Capacity	4.54
SCOP		4.63
Exterior	Color	Warm Gray / Dawn Gray
	RAL Code (Classic)	RAL 7044 / RAL 7037
Heat Exchanger	Type	Wide Louver Plus / Black Fin
Compressor	Type	Hermetically Sealed Scroll
	Combination x No.	(Inverter) x 1
	Motor Output x Number	W x No.
	Oil Type	FVC68D (PVE)
	Oil Charge	cc
Fan	Type	Propeller fan
	Motor Output x Number	W x No.
	Air Flow Rate (High)	m <sup>3</sup> /min x No.
	Drive	DC INVERTER
	Discharge	Side / Top

Εικόνα 3-4: Τεχνικά χαρακτηριστικά εξωτερικής μονάδας συστήματος VRV [10]

Στην συνέχεια θα υπολογιστεί η συνολική ηλεκτρική ισχύς της μονάδας η οποία προκύπτει με βάση το συνολικό θερμικό φορτίο του κτιρίου όπως αυτό έχει υπολογιστεί, το SCOP της μονάδας θέρμανσης που σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά της εικόνα 3-4 είναι SCOP=4.63, καθώς και ένα βαθμό απόδοσης  $N_{em,t}$ , ο οποίος ορίζεται στην παράγραφο 5.4.2 του TOTEE\_20701-1\_2017.

Αυτός ο βαθμός απόδοσης ορίζεται από την παρακάτω σχέση σαν τον λόγο της απόδοσης εκπομπής  $n_{em}$ , προς το γινόμενο κάποιων παραγόντων όπως ο

παράγοντας αποτελεσματικότητας ακτινοβολίας  $F_{rad}$ , ο παράγοντας της διακοπτόμενης λειτουργίας  $f_{im}$ , και ο παράγοντας για την υδραυλική ισορροπία του δικτύου  $f_{hydr}$ .

$$N_{em,t} = \frac{n_{em}}{F_{rad} \cdot f_{im} \cdot f_{hydr}} \quad (3.1)$$

Η απόδοση εκπομπής και οι παράγοντες που βρίσκονται στον παρονομαστή της εξίσωσης 2.4 λαμβάνονται σύμφωνα με την παράγραφο του 5.4.2 του ΤΟΤΕΕ\_20701-1\_2017 ως εξής :

$$N_{em,t} = 0.9$$

$$F_{rad} = 1$$

$$f_{im} = 1$$

$$f_{hydr} = 1$$

Χρησιμοποιώντας την εξίσωση 2.4 και του συντελεστές που φαίνονται παραπάνω προκύπτει για τον βαθμό από απόδοσης ότι  $N_{em,t} = 0.9$ . Οι ίδιοι συντελεστές θα χρησιμοποιηθούν και για τον υπολογισμό της συνολικής ηλεκτρικής ισχύος στην περίπτωση της ψύξης. Επομένως κατά αυτό τον τρόπο μπορεί να προκύψει και η συνολική ηλεκτρική ισχύς της μονάδας θέρμανσης αλλά και της ψύξης οι οποίες εκφράζονται από τις παρακάτω σχέσεις 2.5 και 2.6 αντίστοιχα:

$$\text{Συνολική Ηλεκτρική Ισχύς για θέρμανση} = \frac{\text{Συνολικό θερμικό φορτίο} \cdot N_{em,t}}{SCOP} \quad (3.2)$$

$$\text{Συνολική Ηλεκτρική Ισχύς για ψύξη} = \frac{\text{Συνολικό θερμικό φορτίο} \cdot N_{em,t}}{SEER} \quad (3.3)$$

Η συνολική ηλεκτρική ισχύς που προκύπτει στην περίπτωση της θέρμανσης είναι 4.98 kWatt ενώ στην περίπτωση της ψύξης είναι 4.92 kWatt. Θα πρέπει να υπολογιστούν οι συνολικές κιλοβατώρες ετησίως που απαιτούνται για την κάλυψη των θερμικών και ψυκτικών αναγκών του κτιρίου. Σύμφωνα με την παράγραφο 3.3 του ΤΟΤΕΕ\_20701-1\_2017 οι ώρες λειτουργίας ενός ξενοδοχείου είναι 24 ώρες ανά μέρα, ενώ οι μήνες θέρμανσης για την Β' κλιματική ζώνη που ανήκει η ξενοδοχειακή μονάδα είναι από 1 Νοεμβρίου έως 15 Απριλίου και έτσι προκύπτουν 5.5 μήνες θέρμανσης όλο το χρόνο. Αντίστοιχα η περίοδος ψύξης για τις ξενοδοχειακές μονάδες είναι από 15 Μαΐου έως 15 Σεπτεμβρίου πράγμα το οποίο σημαίνει 4 μήνες ψύξης. Άρα οι ώρες λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης του κτιρίου ετησίως είναι 3960 ώρες, ενώ οι ώρες λειτουργίας της μονάδας για ψύξη είναι 2880 ώρες. Για τον υπολογισμό της συνολικής ηλεκτρικής κατανάλωσης ισχύος που απαιτείται για την θέρμανση αλλά και για τη ψύξη

του κτιρίου, εκτός από την ηλεκτρική κατανάλωση ισχύος της εξωτερικής μονάδας που υπολογίστηκε προηγουμένως από τις σχέσεις 2.5 και 2.6, θα πρέπει να υπολογιστεί και η κατανάλωση ισχύος της κάθε εσωτερικής μονάδας που θα θερμαίνει και θα ψύξει τον κάθε χώρο του ξενοδοχείου ξεχωριστά. Για τον λόγο αυτό επιλέχθηκαν κάποιες

Επίπεδο	Χώρος	Θερμικό Φορτίο	Ψυκτικό Φορτίο
		(Watt)	(Watt)
ΙΣΟΓΕΙΟ	I:X.1	1356	5812.6
ΙΣΟΓΕΙΟ	I:X.2	150	0
ΙΣΟΓΕΙΟ	I:Δ.1	254.4	506.2
ΙΣΟΓΕΙΟ	I:M.1	63.6	465.1
ΙΣΟΓΕΙΟ	I:M.2	218.4	498.4
ΙΣΟΓΕΙΟ	I:A.1	237.6	0
ΙΣΟΓΕΙΟ	I:A.2	270	0
ΙΣΟΓΕΙΟ	I:Γ.1	800.4	6582
ΙΣΟΓΕΙΟ	I:1.1	1568.4	4198.8
ΙΣΟΓΕΙΟ	I:1.2	424.8	679
ΙΣΟΓΕΙΟ	I:1.3	470.4	1563
ΙΣΟΓΕΙΟ	I:1.4	430.8	1040.6
ΙΣΟΓΕΙΟ	I:1.5	207.6	0
ΙΣΟΓΕΙΟ	I:1.6	786	3858.4
ΙΣΟΓΕΙΟ	I:2.1	1350	1988
ΙΣΟΓΕΙΟ	I:Σ.1	110.4	0
ΟΡΟΦΟΣ	O:1.1	1190.4	2315.6
ΟΡΟΦΟΣ	O:2.1	814.8	2335.5
ΟΡΟΦΟΣ	O:3.1	786	2305.5
ΟΡΟΦΟΣ	O:4.1	685.2	2450.1
ΟΡΟΦΟΣ	O:5.1	565.2	793
ΟΡΟΦΟΣ	O:6.1	450	787.2
ΟΡΟΦΟΣ	O:7.1	595.2	1408.2
ΟΡΟΦΟΣ	O:8.1	2155.2	2862.1
ΟΡΟΦΟΣ	O:9.1	1963.2	2749.6
ΟΡΟΦΟΣ	O:9.2	528	1465.6
ΟΡΟΦΟΣ	O:Δ.1	274.8	2015.2

Πίνακας 3-1: Θερμικό και ψυκτικό φορτίο κάθε επιμέρους χώρου

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα γίνεται η επιλογή των εσωτερικών μονάδων VRV. Οι εσωτερικές μονάδες που επιλέγονται θα πρέπει η ονομαστική τους ισχύς να καλύπτει το θερμικού και ψυκτικού φορτίο. Παραδείγματος χάριν για τον χώρο I:X.1 που βρίσκεται στο ισόγειο το ψυκτικό φορτίο αντιστοιχεί σε 5812.6 Watt ενώ το θερμικό σε 1356 Watt και επομένως η εσωτερική μονάδα που θα επιλεγεί θα πρέπει να καλύπτει αυτά τα ποσά ισχύος. Οι εσωτερικές μονάδες που επιλέγονται είναι τα μοντέλα ARNU05GTRD4, ARNU07GTRD4, ARNU09GTRD4, ARNU12GTRD4, ARNU15GTQD4 και ARNU24GTPC4 της LG τα τεχνικά χαρακτηριστικά των οποίων διακρίνονται στις παρακάτω εικόνες.

Model		Unit	ARNU05GTRD4	ARNU07GTRD4	ARNU09GTRD4
Cooling Capacity		kW	1.6	2.2	2.8
Heating Capacity		kW	1.8	2.5	3.2
Power Input (H / M / L)	Nominal	W	13 / 12 / 11	13 / 12 / 11	14 / 13 / 12
	Body	mm	570 x 214 x 570	570 x 214 x 570	570 x 214 x 570
Dimensions (W x H x D)	Shipping	mm	667 x 285 x 646	667 x 285 x 646	667 x 285 x 646
	Type		Turbo Fan	Turbo Fan	Turbo Fan
Fan	Motor Output x Number	W	43 x 1	43 x 1	43 x 1
	Air Flow Rate (H / M / L)	m <sup>3</sup> /min	7.5 / 7.0 / 6.6	7.5 / 7.0 / 6.6	8.0 / 7.5 / 7.1
	Motor Type		BLDC	BLDC	BLDC
Air Filter			Pre Filter	Pre Filter	Pre Filter
Pipe Connections	Liquid Side	mm (inch)	Ø6.35 (1/4)	Ø6.35 (1/4)	Ø6.35 (1/4)
	Gas Side	mm (inch)	Ø12.7 (1/2)	Ø12.7 (1/2)	Ø12.7 (1/2)
	Drain Pipe (Internal Dia.)	mm (inch)	Ø25 (1)	Ø25 (1)	Ø25 (1)
Weight	Body	kg	12.6	12.6	13.7
Sound Pressure Levels (H / M / L)		dB(A)	29 / 27 / 26	29 / 27 / 26	30 / 29 / 27
Sound Power Levels (H / M / L)		dB(A)	45 / 43 / 42	45 / 43 / 42	46 / 43 / 42
Power Supply		Ø, V, Hz	1, 220 - 240, 50 1, 220, 60	1, 220 - 240, 50 1, 220, 60	1, 220 - 240, 50 1, 220, 60
Communication Cable		mm <sup>2</sup> x No.	1.0 - 1.5 x 2C	1.0 - 1.5 x 2C	1.0 - 1.5 x 2C
Decoration Panel (Accessory)	Model Name		PT-UQC PT-QCHW0	PT-UQC PT-QCHW0	PT-UQC PT-QCHW0
	Exterior Color		Morning Fog	Morning Fog	Morning Fog
	RAL Code		RAL 9001	RAL 9001	RAL 9001
	Net Dimensions (W x H x D)	mm	700 x 22 x 700 620 x 20 x 620	700 x 22 x 700 620 x 20 x 620	700 x 22 x 700 620 x 20 x 620
	Net Weight	kg	3.0 / 3.0	3.0 / 3.0	3.0 / 3.0

Εικόνα 3-5:Τεχνικά χαρακτηριστικά των εσωτερικών μονάδων συστήματος VRV [10]

Model		Unit	ARNU12GTRD4	ARNU15GTQD4	ARNU24GTPC4
Cooling Capacity		kW	3.6	4.5	7.1
Heating Capacity		kW	4.0	5.0	8.0
Power Input (H / M / L)	Nominal	W	17 / 15 / 13	24 / 21 / 18	31 / 26 / 23
	Body	mm	570 x 214 x 570	570 x 256 x 570	840 x 204 x 840
Dimensions (W x H x D)	Shipping	mm	667 x 285 x 646	667 x 327 x 646	922 x 276 x 917
	Type		Turbo Fan	Turbo Fan	Turbo Fan
Fan	Motor Output x Number	W	43 x 1	43 x 1	30 x 1
	Air Flow Rate (H / M / L)	m <sup>3</sup> /min	8.7 / 8.0 / 7.0	11.0 / 10.0 / 9.3	17.0 / 15.0 / 13.0
	Motor Type		BLDC	BLDC	BLDC
Air Filter			Pre Filter	Pre Filter	Pre Filter
Pipe Connections	Liquid Side	mm (inch)	Ø6.35 (1/4)	Ø6.35 (1/4)	Ø9.52 (3/8)
	Gas Side	mm (inch)	Ø12.7 (1/2)	Ø12.7 (1/2)	Ø15.88 (5/8)
	Drain Pipe (Internal Dia.)	mm (inch)	Ø25 (1)	Ø25 (1)	Ø25 (1)
Weight	Body	kg	13.7	15.0	20.8
Sound Pressure Levels (H / M / L)		dB(A)	32 / 30 / 27	36 / 34 / 32	36 / 34 / 31
Sound Power Levels (H / M / L)		dB(A)	48 / 46 / 43	50 / 48 / 46	46 / 44 / 43
Power Supply		Ø, V, Hz	1, 220 ~ 240, 50 1, 220, 60	1, 220 ~ 240, 50 1, 220, 60	1, 220 ~ 240, 50 1, 220, 60
Communication Cable		mm <sup>2</sup> x No.	1.0 ~ 1.5 x 2C	1.0 ~ 1.5 x 2C	1.0 ~ 1.5 x 2C
Decoration Panel (Accessory)	Model Name		PT-UQC PT-QCHW0	PT-UQC PT-QCHW0	PT-UMC1 PT-MCHW0
	Exterior Color		Morning Fog	Morning Fog	Morning Fog
	RAL Code		RAL 9001	RAL 9001	RAL 9001
	Net Dimensions (W x H x D)	mm	700 x 22 x 700 620 x 20 x 620	700 x 22 x 700 620 x 20 x 620	950 x 25 x 950 950 x 35 x 950
	Net Weight	kg	3.0 / 3.0	3.0 / 3.0	5.0 / 6.3

Εικόνα 3-6:Τεχνικά χαρακτηριστικά των εσωτερικών μονάδων συστήματος VRV [10]

Με βάση τον πίνακα 3-2 και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των εικόνων 3-5 και 3-6 μπορούν να επιλεγθούν οι εσωτερικές μονάδες που θα τοποθετηθούν στον κάθε επιμέρους χώρο της ξενοδοχειακής μονάδας.

Χώρος	Ψυκτικό φορτίο Εσωτερικής Μονάδας (IU) που εγκαθίσταται (kWatt)	Θερμικό φορτίο Εσωτερικής Μονάδας (IU) που εγκαθίσταται (kWatt)	Πλήθος Μονάδων	Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας IU (Watt)	Τύπος IU
<b>I:X.1</b>	7.1	8	1	31	Οροφής
<b>I:X.2</b>	-	1.8	1	13	Οροφής
<b>I:Δ.1</b>	1.6	1.8	1	13	Οροφής
<b>I:M.1</b>	1.6	1.8	1	13	Οροφής
<b>I:M.2</b>	1.6	1.8	1	13	Οροφής
<b>I:A.1</b>	-	1.8	1	13	Οροφής

I:A.2	-	1.8	1	13	Οροφής
I:Γ.1	7.1	8	1	31	Οροφής
I:1.1	4.5	5	1	24	Οροφής
I:1.2	1.6	1.8	1	13	Οροφής
I:1.3	1.6	1.8	1	13	Οροφής
I:1.4	1.6	1.8	1	13	Οροφής
I:1.5	-	1.8	1	13	Οροφής
I:1.6	4.5	5	1	24	Οροφής
I:2.1	2.2	2.5	1	13	Οροφής
I:Σ.1	-	1.8	1	13	Οροφής
O:1.1	2.8	3.2	1	14	Οροφής
O:2.1	2.8	3.2	1	14	Οροφής
O:3.1	2.8	3.2	1	14	Οροφής
O:4.1	2.8	3.2	1	14	Οροφής
O:5.1	1.6	1.8	1	13	Οροφής
O:6.1	1.6	1.8	1	13	Οροφής
O:7.1	1.6	1.8	1	13	Οροφής
O:8.1	3.6	4	1	17	Οροφής
O:9.1	2.8	3.2	1	14	Οροφής
O:9.2	1.6	1.8	1	13	Οροφής
O:Δ.1	2.2	2.5	1	13	Οροφής
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>27</b>	<b>418</b>	

Πίνακας 3-2: Εγκατεστημένες εσωτερικές μονάδες VRV ανά χώρο και κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τους

Αφού λοιπόν υπολογίστηκε και η κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος από τις εσωτερικές μονάδες του συστήματος VRV μπορούμε να υπολογίσουμε τις κιλοβατώρες ετησίως που θα καταναλώνει το κτίριο για λειτουργία θέρμανσης και ψύξης. Όσον αφορά την θέρμανση όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως η συνολική ετήσια ανάγκη θέρμανσης είναι 25244 kWh και οι ώρες λειτουργίας ετησίως για θέρμανση του συστήματος VRV είναι 3960 ώρες ενώ όπως βλέπουμε και από τον πίνακα 3-2 η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι 418 Watt. **Άρα για την λειτουργίας της**

**θέρμανσης προκύπτουν** 
$$\frac{[(418 (W)) \cdot 3960 (h/yr)]}{1000} + \frac{25244 (kWhr)}{SCOP \cdot N_{em,t}} =$$

**8382.4 kWhr ετησίως.** Όσον αφορά την περίπτωση της λειτουργίας της ψύξης η συνολική ετήσια ανάγκη ψύξης είναι 16633 kWh, οι ώρες λειτουργίας ετησίως για



ψύξη του συστήματος VRV είναι 2880 ώρες ενώ όπως βλέπουμε και από τον πίνακα 3-2 η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι 353 Watt και όχι 418 Watt όπως ήταν στην περίπτωση της θέρμανσης γιατί κάποιες εσωτερικές μονάδες δεν δουλεύουν κατά τη περίοδο ψύξης αφού δεν είναι όλοι οι χώροι ψυχόμενοι. **Επομένως η**

**κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη προκύπτει**  $\frac{[(353 (W)) * 2880 (h/yr)]}{1000} + \frac{16633 (kWhr)}{SEER \cdot N_{em,t}} = 3124.6 kWhr$  ετησίως. Παρατηρούμε ότι οι κιλοβατώρες που θα

καταναλώσει το κτίριο για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης είναι περισσότερες συγκριτικά με τις ανάγκες για την κάλυψη των αναγκών ψύξης αφού η περίοδος θέρμανσης για την ξενοδοχειακή μονάδα είναι κατά ένα και μισό μήνα παραπάνω από την αντίστοιχη περίοδο ψύξης, και ο SEER είναι πολύ μεγαλύτερος του SCOP. Τελικά προκύπτει **το σύνολο των κιλοβατώραν που θα καταναλώσει το σύστημα VRV για την κάλυψη των αναγκών ψύξης και θέρμανσης το οποίο ισούται με 11507 kWhr ετησίως.**

## 4. Μελέτη ζεστού νερού χρήσης (ZNX)

Το κεφάλαιο αυτό επικεντρώνεται στις ενεργειακές απαιτήσεις του ζεστού νερού χρήσης του κτιρίου. Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.) στα ελληνικά νοικοκυριά η ενέργεια για το ZNX αποτελεί κατά μέσο όρο το 5,7% της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας [8]. Για την κάλυψη λοιπόν αυτής της ενεργειακής απαίτησης πραγματοποιείται κατάλληλος σχεδιασμός μέσω ανάκτησης της αποβαλλόμενης θερμότητας από το κλιματιστικό σύστημα που μελετήθηκε στο κεφάλαιο 3, αλλά και μέσω ηλιακών συλλεκτών.

Οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου για ZNX καθορίζονται με βάση τα πρότυπα του ΤΟΤΕΕ ΚΕΝΑΚ. Αρχικά απαιτείται ο καθορισμός της κατανάλωσης ZNX, η οποία αναφέρεται στο πίνακα 2.5 στην Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 [9] (Πίνακας 4-1).

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Ημερήσια κατανάλωση Z.N.X.		Ετήσια κατανάλωση Z.N.X.	
	[ℓ/άτομο/ημέρα]	ανά δομημένη επιφάνεια [ℓ/m <sup>2</sup> /ημέρα]	ανά υπνοδωμάτιο [m <sup>3</sup> /υπν./έτος]	ανά δομημένη επιφάνεια [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /έτος]
Μονοκατοικία, πολυκατοικία	50	--	27,38	----
	[ℓ/άτομο/ημέρα]	[ℓ/m <sup>2</sup> /ημέρα]	ανά κλίνη [m <sup>3</sup> /κλίνη/έτος]	[m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /έτος]
Ξενοδοχείο ετήσιας	100	--	36,50	--
Λειτουργίας				
κατηγορίας Lux				
A' και B' κατηγορίας	80	--	29,20	--
Γ' κατηγορίας	60	--	21,90	--

Πίνακας 4-1 : Καθορισμός κατανάλωσης ZNX [9]

Επομένως για ξενοδοχείο A' και B' κατηγορίας η κατανάλωση ZNX είναι 29,2 m<sup>3</sup>/κλίνη/έτος, οπότε οι υπολογισμοί θα γίνουν με βάση αυτήν. Οι χώροι του κτιρίου που απαιτούν ZNX είναι 16, άρα η συνολική κατανάλωση ZNX εκτιμάται στα **V = 467,2 m<sup>3</sup>/έτος**. Για να βρεθεί το ημερήσιο απαιτούμενο θερμικό φορτίο Q<sub>d</sub> για ZNX σε kWh/μέρα η σχέση είναι:

$$Q_d = V_d \cdot \frac{c}{3600} \cdot \rho \cdot \Delta T \quad (4.1)$$

όπου:  $V_d$  [L/μέρα] η ημερήσια κατανάλωση ΖΝΧ

$\rho$  [kg/L] πυκνότητα νερού  $\rho = 1$  kg/L

$C$  [kJ/(kg. °C)] η ειδική θερμότητα του νερού  $C = 4,18$  kJ/(kg. °C)

$\Delta T$  [°C] η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της χαμηλότερης θερμοκρασίας του νερού δικτύου και της θερμοκρασίας του Ζ.Ν.Χ. (45 °C).

Η θερμοκρασία του νερού δικτύου φαίνεται στον Πίνακα 4-2.

Κλιματική Ζώνη	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
A	13,0	12,8	13,8	16,3	19,9	23,8	26,2	26,6	24,9	21,7	18,1	14,8
B	10,4	10,1	11,7	14,8	18,9	23,1	25,6	25,8	23,5	19,7	15,5	12,2
Γ	6,5	7,3	9,4	13,2	17,6	21,9	24,3	24,6	22,0	17,7	12,7	8,6
Δ	4,2	5,0	7,5	11,5	15,7	19,8	22,2	22,7	20,2	15,9	10,8	6,6

Πίνακας 4-2 : Μέση μηνιαία θερμοκρασία νερού δικτύου ανά κλιματική ζώνη [9]

Το εξεταζόμενο κτίριο ανήκει στη Β κλιματική ζώνη οπότε η χαμηλότερη θερμοκρασία τη χειμερινή περίοδο είναι 10,1 °C ενώ την θερινή περίοδο 18,9 °C. Άρα μπορεί να υπολογιστεί το απαιτούμενο θερμικό φορτίο την θερινή περίοδο και την υπόλοιπη περίοδο του έτους ως εξής:

$$Q_{\text{θερινή}} = V_d \cdot \frac{c}{3600} \cdot \rho \cdot (45^\circ\text{C} - 18,9^\circ\text{C}) \cdot (30 \text{ μέρες}) \cdot (4 \text{ μήνες}) \quad (4.2)$$

$$Q_{\text{υπόλοιπο έτος}} = V_d \cdot \frac{c}{3600} \cdot \rho \cdot (45^\circ\text{C} - 10,1^\circ\text{C}) \cdot (30 \text{ μέρες}) \cdot (8 \text{ μήνες}) \quad (4.3)$$

Η κατανάλωση ΖΝΧ ημερησίως είναι  $V_d = 1000 \cdot V / 365 = 1280$  L/μέρα, **επομένως το θερινό θερμικό φορτίο ΖΝΧ προκύπτει 4655 kWh και την υπόλοιπη περίοδο 12450 kWh.**

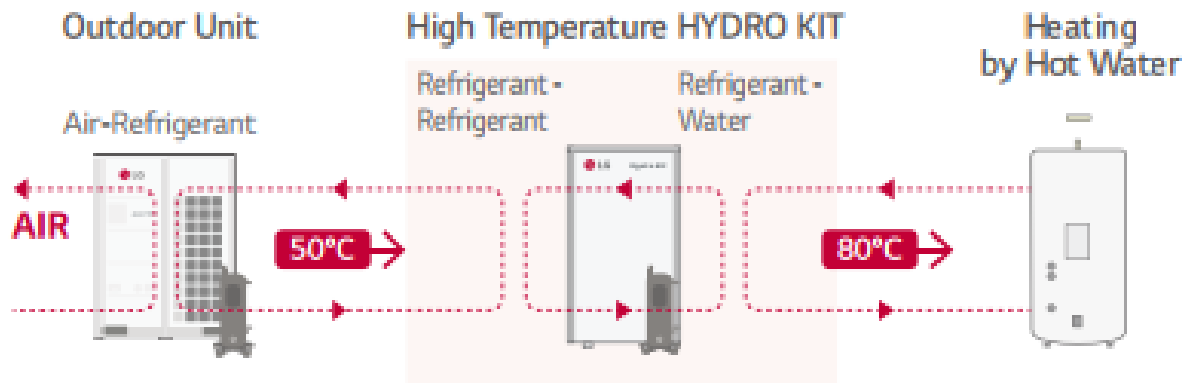
Μπορεί επίσης να υπολογιστεί η χωρητικότητα της δεξαμενής ΖΝΧ με βάση τη σχέση 4.4 [9]:

$$V_{store} = \frac{V_d}{5} \quad (4.4)$$

οπότε θα χρειαστεί **δεξαμενή (μπόιλερ) χωρητικότητας 300 L.**

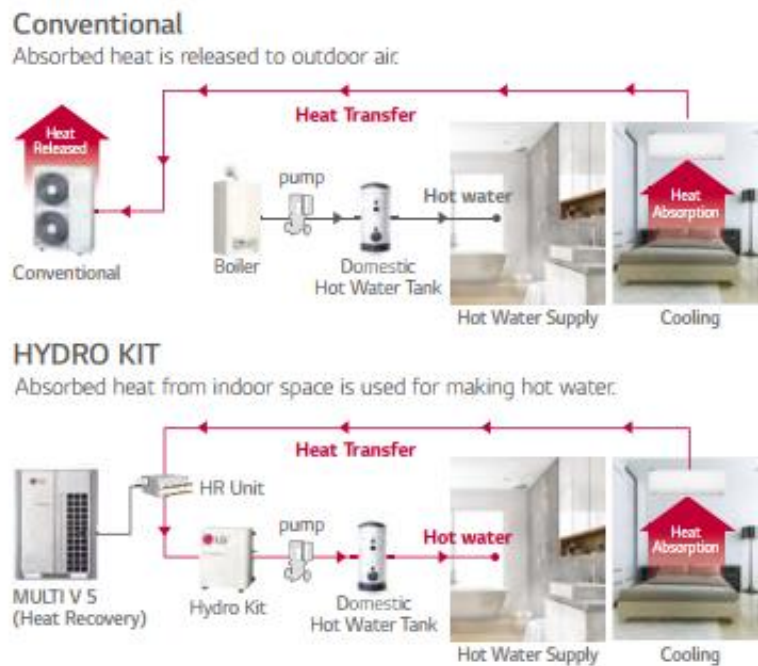
#### 4.1. Θέρμανση ΖΝΧ μέσω ανάκτησης θερμότητας από κλιματισμό

Μία σημαντική μέθοδος που εφαρμόζεται πλέον ευρέως για να ελαττώσουμε την άσκοπη κατανάλωση ενέργειας καθώς και τους ρύπους είναι η ανάκτηση και εκμετάλλευση της θερμότητας η οποία υπό τη συνήθη λειτουργία θα αποβαλλόταν στο περιβάλλον. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται π.χ. σε εργοστάσια αξιοποιώντας τα καυσαέρια υψηλής θερμοκρασίας για θέρμανση χώρων και ΖΝΧ μέσω εναλλακτών θερμότητας. Στη παρούσα εργασία μελετάται η εκμετάλλευση της θερμότητας που αποβάλλεται από την εξωτερική μονάδα του κλιματιστικού συστήματος που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 3 ώστε να θερμαίνει νερό με χρήση εναλλάκτη θερμότητας. Αυτό όπως γίνεται αντιληπτό μπορεί να γίνει μόνο τους θερινούς μήνες κατά τους οποίους οι εσωτερικές μονάδες λειτουργούν ψύχοντας τους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου (άρα η εξωτερική μονάδα λειτουργεί σαν συμπυκνωτής αποβάλλοντας θερμότητα), καθώς τη χειμερινή περίοδο κατά την οποία λειτουργούν σε θέρμανση, η εξωτερική μονάδα λειτουργεί σαν εξατμιστής οπότε απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον του εξωτερικού χώρου. Παρόλα αυτά θα μπορούσε και την χειμερινή περίοδο να θερμαίνεται νερό με χρήση ενός επιπλέον συμπυκνωτή. Αυτό βέβαια απαιτεί επιπλέον κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την λειτουργία της μονάδας, ενώ την θερινή περίοδο δεν απαιτεί καθώς εκμεταλλευόμαστε την θερμότητα της εξωτερικής μονάδας που ούτως ή άλλως θα αποβαλλόταν στο περιβάλλον του εξωτερικού χώρου και θα χανόταν. Όμως τα κλιματιστικά συστήματα όπως είναι γνωστό έχουν μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης στη θέρμανση (συντελεστής συμπεριφοράς SCOP ίσος με 3,2 για το κτίριο αναφοράς [9] ) από ένα ηλεκτρικό θερμαντικό στοιχείο το οποίο έχει μέγιστη ενεργειακή απόδοση ίση με 1, οπότε θα συνέφερε περισσότερο ενεργειακά και οικονομικά να πραγματοποιηθεί η θέρμανση του νερού μέσω αντλίας θερμότητας. Θα εξεταστεί όμως μόνο η περίπτωση ανάκτησης θερμότητας στη παρούσα εργασία.



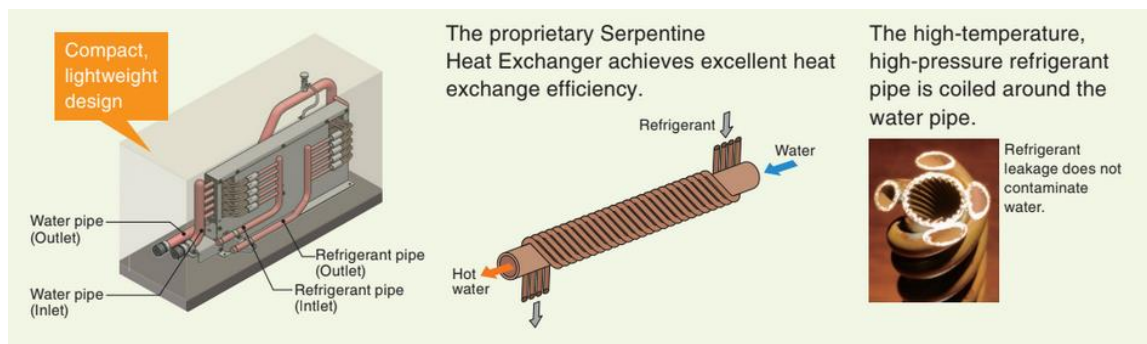
Εικόνα 4-1 : Σχεδιάγραμμα λειτουργίας θέρμανσης νερού με ανάκτηση θερμότητας [10]

Όπως μπορεί να φανεί και στην Εικόνα 4-1, η μέθοδος ανάκτησης θερμότητας για θέρμανση νερού αποτελείται από τα εξαρτήματα που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 3 στα πλαίσια του συστήματος VRV, δηλαδή μία εξωτερική μονάδα (συμπυκνωτής) εναλλαγής θερμότητας με το περιβάλλον, πολλαπλές εσωτερικές μονάδες (εξαμιστές) εναλλαγής θερμότητας με τους χώρους του κτιρίου, ρύθμιση της παροχής ψυκτικού κάθε εσωτερικής μονάδας με ηλεκτρομαγνητική εκτονωτική βαλβίδα και έναν συμπιεστή υψηλής ισχύος. Επιπλέον τοποθετείται παράλληλα στην εξωτερική μονάδα ο εναλλάκτης θερμότητας νερού-ψυκτικού ρευστού, ο οποίος μεταφέρει μέρος ή ολόκληρη την θερμότητα στο ZNX, αντί της εξωτερικής μονάδας (αέρα-ψυκτικού ρευστού) ανάλογα με τις απαιτήσεις (Εικόνα 4-2).



Εικόνα 4-2 : Σύγκριση συμβατικής μονάδας (πάνω) με σύστημα ανάκτησης θερμότητας (κάτω) [10]

Μέσω σύστημα ελέγχου που επεμβαίνει στη διάταξη VRV καθορίζεται πόση ποσότητα ψυκτικού θα διαπεράσει τον εναλλάκτη και πόση την εξωτερική μονάδα κλιματισμού, έχοντας την θερμοκρασία του νερού σαν ανάδραση με στόχο τους 45 °C. Αν το νερό είναι ψυχρό και είναι μακριά από τους 45 °C, περισσότερη ποσότητα ψυκτικού διαπερνά τον εναλλάκτη ανάκτησης θερμότητας, ενώ αν το νερό έχει 45 °C περισσότερη ποσότητα ψυκτικού διαπερνά την εξωτερική μονάδα του VRV. Ο εναλλάκτης επομένως μεταφέρει τη θερμότητα από το θερμό ψυκτικό αρχικής θερμοκρασίας περίπου 85 °C στο νερό, το οποίο βρίσκεται σε δεξαμενή αποθήκευσης κυκλοφορώντας με χρήση μίας αντλίας σε κατάλληλη παροχή. Εξασφαλίζεται επίσης πως το νερό σε καμία περίπτωση δεν θα έρθει σε επαφή με το ψυκτικό. Ένας τυπικός εναλλάκτης νερού -ψυκτικού τύπου σερπαντίνας φαίνεται στην Εικόνα 4-3. Είναι εμφανής η εσωτερική μορφολογία με ραβδώσεις του σωλήνα νερού για την επίτευξη μεγαλύτερου συντελεστή μεταφοράς θερμότητας.



Εικόνα 4-3 : Σχεδιάγραμμα εναλλάκτη νερού-ψυκτικού τύπου σερπαντίνας [12]

Για το εξεταζόμενο κτίριο η ανάγκη για ΖΝΧ τη θερινή περίοδο είναι 4655 kWh. Για να εξεταστεί αν καλύπτεται η ανάγκη αυτή θα πρέπει να εκτιμηθεί η θερμότητα που αποβάλλει η εξωτερική μονάδα την θερινή περίοδο. Το ψυκτικό φορτίο όλου του κτιρίου από το κεφάλαιο 3 έχει υπολογιστεί ως  $Q_c = 48,7 \text{ kW}$  με ένα συντελεστή  $SEER=8,2$ . Για τον  $SEER$  ισχύει:

$$SEER = \frac{Q_c}{P} \quad (4.5)$$

Όπου  $P_{tot}$  [kW] είναι η συνολική καταναλισκόμενη ηλεκτρική ισχύς η οποία στο κεφάλαιο 3 εκτιμήθηκε στα 6,2 kW. Από αυτήν την ισχύ το μεγαλύτερο ποσοστό καταναλώνει ο συμπιεστής. Ο συντελεστής απόδοσης ψύξης  $COP_R$  ορίζεται:

$$COP_R = \frac{Q_C}{W} \quad (4.6)$$

όπου  $W$  [kW] η ισχύς που αποδίδει ο συμπιεστής. Οπότε γίνεται αντιληπτό πως  $SEER < COP_R$ . Η εξωτερική μονάδα του επιλεγμένου VRV συστήματος έχει 2 ανεμιστήρες των 900 W ( $P_{OU} = 1800$  W) ονομαστική ισχύ και οι εσωτερικές μονάδες  $P_{IU}=420$  W συνολική ονομαστική ισχύ. Άρα το έργο του συμπιεστή εκτιμάται στα:

$$W = P_{tot} - P_{OU} - P_{IU} = 4 \text{ kW} \quad (4.7)$$

Οπότε ο αντίστοιχος  $COP_R = 12,3$ . Για να βρεθεί η θερμότητα  $Q_H$  [kW] που αποβάλλει η εξωτερική μονάδα την θερινή περίοδο, θα πρέπει να οριστεί και ο συντελεστής απόδοσης θέρμανσης  $COP_H$ :

$$COP_H = \frac{Q_H}{W} \quad (4.8)$$

Από την θερμοδυναμική είναι γνωστό ότι:

$$COP_H = COP_C + 1 \quad (4.9)$$

Άρα ο συντελεστής  $COP_H = 13.3$  , και διαιρώντας κατά μέλη τις εξισώσεις 4.6 και 4.7 προκύπτει ότι  $Q_H = 41.4$  kW . Επομένως η **ποσότητα της απορριπτόμενης ενέργειας την θερινή περίοδο** (με βάση τις βαθμώρες ψύξης) **είναι 17361.4 kWh**, η οποία υπερκαλύπτει τις ανάγκες για ZNX 4655 kWh την θερινή περίοδο κατά πολύ. Για ένα VRV σύστημα με ονομαστικό ψυκτικό φορτίο 41.4 kW [10] επιλέγεται ένας **εναλλάκτης ανάκτησης για ZNX τύπου σερπαντίνας δυνατότητας ανταλλαγής θερμότητας 13,8 kW** με σωλήνωση ψυκτικού ρευστού εισόδου και εξόδου Φ9.52mm και Φ15.88mm αντίστοιχα και σωλήνωση νερού αρσενικό PT 1 inch [10] με εσωτερικές ραβδώσεις. Τα πλήρη χαρακτηριστικά του φαίνονται στον πίνακα 4-3. Άρα, λαμβάνοντας υπόψιν και την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του εναλλάκτη (10W -> 28,8 kWh για 4 μήνες με λειτουργία 24 ώρες/μέρα) **η ενέργεια που εξοικονομείται μέσω ανάκτησης την θερινή περίοδο για ZNX είναι 4626 kWh.**

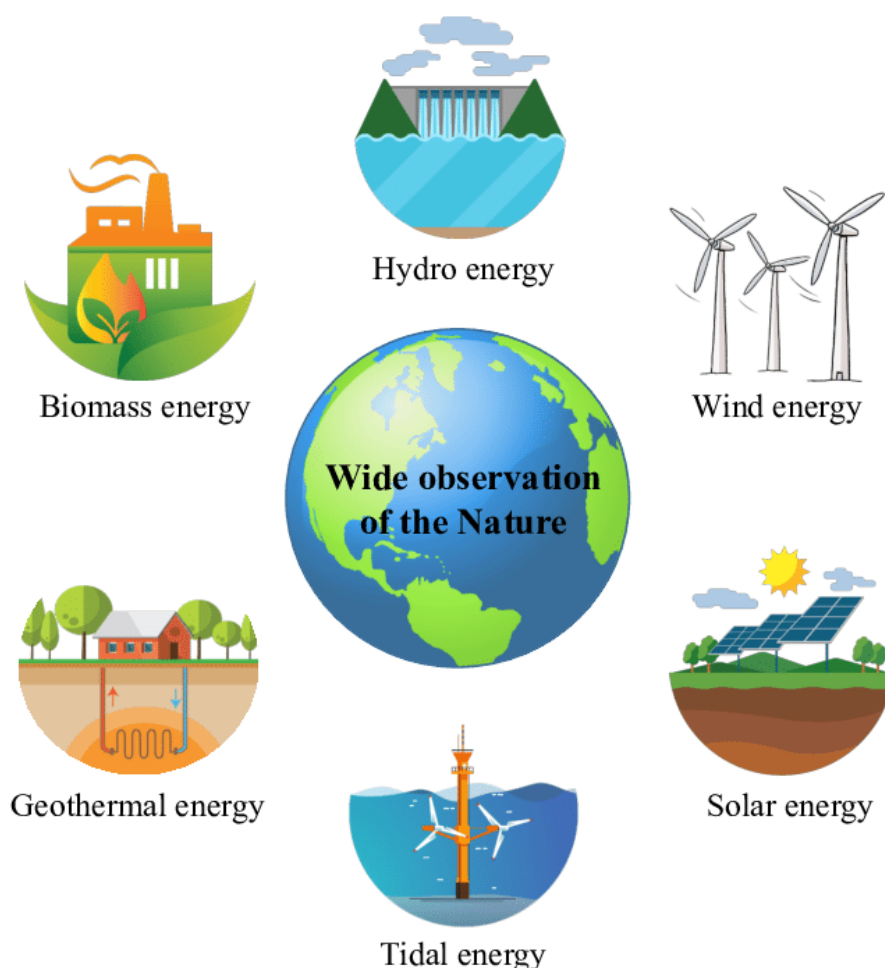
Model	Unit	ARNH04GK2A4	
Cooling Capacity	kW	12.3	
Heating Capacity	kW	13.8	
Power Input (H / M / L) Nominal	W	10	
Exterior Color		Morning Gray	
RAL Code		RAL 7030	
Dimensions (W x H x D)	Body	mm	520 x 631 x 330
	Shipping	mm	677 x 687 x 418
Pipe Connections	Liquid Side	mm (inch)	Ø9.52 (3/8)
	Gas Side	mm (inch)	Ø15.88 (5/8)
	Drain Pipe (Internal Dia.)	A (inch)	25A (Male PT 1)
Water Pipe Connections	Inlet	A (inch)	25A (Male PT 1)
	Outlet	A (inch)	25A (Male PT 1)
Weight	Body	kg	29.2
Sound Pressure Levels (H / M / L)		dB(A)	26
Power Supply		Ø, V, Hz	1, 220 - 240, 50
			1, 220, 60
Communication Cable		mm <sup>2</sup> x No.	1.0 - 1.5 x 2C

Πίνακας 4-3 : Τεχνικά χαρακτηριστικά εναλλάκτη ανάκτησης για ZNX [10]



## 4.2. Θέρμανση ΖΝΧ μέσω ηλιακών συλλεκτών

Τόσο για την προσπάθεια μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής όσο και για την ανάγκη ενεργειακής κάλυψης του όλο ένα αυξανόμενου πληθυσμού του πλανήτη έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι εκμετάλλευσης τόσο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όσο και της «άχρηστης» αποβαλλόμενης ενέργειας κατά την λειτουργία μίας μηχανής. Υπάρχουν πληθώρα συστημάτων και μονάδων είτε οικιακής ή/και βιομηχανικής κλίμακας ανά τον κόσμο τα οποία αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια (ηλιακοί συλλέκτες, φωτοβολταϊκά συστήματα, κ.α.), την αιολική ενέργεια (ανεμογεννήτριες διαφόρων τύπων), την υδροστατική ενέργεια (υδροηλεκτρικά εργοστάσια), την γεωθερμία, την ενέργεια της παλίρροιας καθώς και την θερμότητα καύσης των βιοκαυσίμων (Εικόνα 4-1).



Εικόνα 4-4: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Στην ενότητα αυτή θα πραγματοποιηθεί μελέτη εγκατάστασης ηλιοθερμικών συστημάτων για ΖΝΧ και θα εκτιμηθεί η εξοικονόμηση ενέργειας λόγω αυτής. Στην

προηγούμενη ενότητα παρουσιάστηκε η εξοικονόμηση ενέργειας λόγω ανάκτησης την θερινή περίοδο και διαπιστώθηκε πως καλύπτεται πλήρως από αυτή. Οπότε το ηλιοθερμικό σύστημα για ΖΝΧ θα στοχεύει στην βέλτιστη τοποθέτηση των ηλιακών πάνελ που αντιστοιχεί στην υπόλοιπη περίοδο του έτους (χειμερινή, φθινοπωρινή, εαρινή). Καταρχάς ο προσανατολισμός τους είναι πάντα νότιος, καθώς για τον προσανατολισμό αυτόν μεγιστοποιείται η συλλογή ηλιακής ενέργειας. Επίσης ένας άλλος σημαντικός παράγοντας για την μεγιστοποίηση της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας είναι η κλίση στην οποία θα τοποθετηθεί το πάνελ. Στον πίνακα 4-3 [11] παρουσιάζεται η βέλτιστη κλίση για την πλησιέστερη περιοχή (Αγρίνιο) από την οποία βρίσκεται το εξεταζόμενο κτίριο.

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
ΑΘΗΝΑ (ΕΛΛΗΝΙΚΟ)	60	50	35	20	5	0	0	15	30	50	60	65
ΑΘΗΝΑ (ΝΕΑ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ)	60	50	35	20	5	0	0	15	30	50	60	65
ΑΓΡΙΝΙΟ	60	50	35	20	5	0	0	15	30	50	60	65
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	65	50	35	20	5	0	0	15	30	50	60	65
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ	65	55	40	20	5	0	5	15	35	50	60	65
ΑΛΙΑΡΤΟΣ	60	50	35	20	5	0	0	15	30	50	60	65
ΑΝΔΡΑΒΙΔΑ	60	50	35	20	5	0	0	15	30	50	60	65
ΑΡΑΞΟΣ	60	50	35	20	5	0	0	15	30	50	60	65
ΑΡΓΟΣ	60	50	35	20	5	0	0	15	30	50	60	65
ΑΡΓΟΣΤΟΛΙ	60	50	35	20	5	0	0	15	30	50	60	65
ΑΡΤΑ	65	55	40	20	5	0	0	15	30	50	60	65

Πίνακας 4-4 : Βέλτιστη μηνιαία γωνία κλίσης ηλιακού συστήματος [11]

Λαμβάνοντας έναν μέσο όρο της γωνίας για όλο το έτος πλην των μηνών Ιουνίου, Ιουλίου και Αυγούστου στην περιοχή Αγρινίου προκύπτει πως **η βέλτιστη γωνία είναι 42°**. Η μέση ετήσια ηλιακή ενέργεια για βέλτιστη χειμερινή κλίση που προσπίπτει στη περιοχή 1675 kWh/m<sup>2</sup>/yr, όπως φαίνεται και στον πίνακα 4-5.

ΠΕΡΙΟΧΗ	Φ (°)	L (°)	A (m)	Βελτ. ετήσια κλίση	Βελτ. χειμερινή κλίση	Βελτ. θερινή κλίση
ΑΘΗΝΑ (ΕΛΛΗΝΙΚΟ)	37,9	23,8	10	1788	1665	1678
ΑΘΗΝΑ (ΝΕΑ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ)	38,1	23,7	136	1767	1650	1655
ΑΓΡΙΝΙΟ	38,6	21,4	24	1788	1675	1668
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	39,2	22,8	15	1727	1616	1614
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ	40,9	25,9	2	1664	1567	1588
ΑΛΙΑΡΤΟΣ	38,4	23,3	110	1737	1611	1639
ΑΝΔΡΑΒΙΔΑ	37,9	21,3	15	1874	1754	1747
ΑΡΑΞΟΣ	38,2	21,4	12	1781	1662	1667
ΑΡΓΟΣ	37,6	22,8	11	1870	1745	1749
ΑΡΓΟΣΤΟΛΙ	38,2	20,5	22	1841	1720	1721

Πίνακας 4-5: Μέση ετήσια ηλιακή ενέργεια (Ηβ, kWh/m<sup>2</sup>/yr) για βέλτιστη ετήσια, χειμερινή, θερινή κλίση [11]

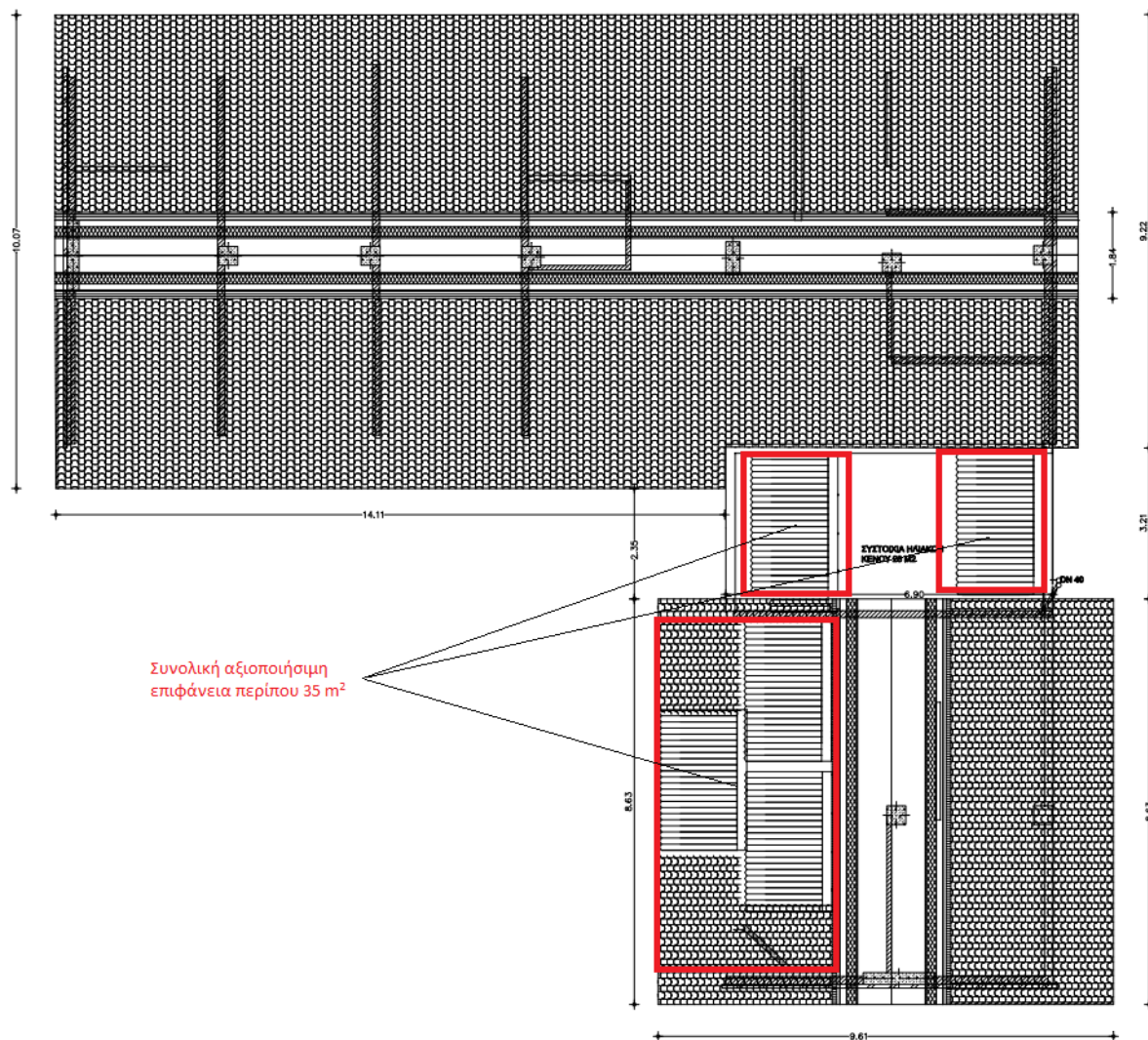
Στη παράγραφο 6.3.1.2 της Οδηγίας Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 [9] αναφέρει πως η συνήθης πρακτική είναι να τοποθετείται 1 m<sup>2</sup> απλού επιπέδου ηλιακού συλλέκτη για κάθε άτομο που διαμένει στο κτίριο. Στο εξεταζόμενο ξενοδοχείο μπορούν να φιλοξενηθούν 15 άτομα, όμως για την κάλυψη των αναγκών των αποδυτηρίων, WC και των πιθανών επιπλέον επισκεπτών **επιλέγονται να τοποθετηθούν 25 m<sup>2</sup> απλού επιπέδου ηλιακού συλλέκτη**. Επομένως η συνολική ετήσια προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια για χειμερινή βέλτιστη κλίση προκύπτει πολλαπλασιάζοντας 1675 kWh/m<sup>2</sup>/yr με τα 25 m<sup>2</sup> και είναι 41875 kWh/yr. **Για τους εξεταζόμενους μήνες (8 σε πλήθος) η προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια για χειμερινή βέλτιστη κλίση εκτιμάται στα 8/12 της μέσης ετήσιας, δηλαδή 27916,7 kWh**. Από τον πίνακα 4-6 φαίνεται πως **ο συντελεστής αξιοποίησης** ( ο οποίος ορίζεται σαν το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στο συλλέκτη που μετατρέπεται τελικά σε θερμική και αξιοποιείται τελικά για την παραγωγή ΖΝΧ) **είναι 0,342 για απλό συλλέκτη στις 45°** για την περιοχή της Πάτρας (πλησιέστερη αναγραφόμενη πόλη).

Πόλεις της Ελλάδας	Τύπος ηλιακού συλλέκτη								
	Απλός			Επιλεκτικός			Κενού		
	Γωνία κλίσης εγκατάστασης ηλιακών συλλεκτών (°)								
	15°	45°	65°	15°	45°	65°	15°	45°	65°
Αλεξαν/πολη	0,318	0,325	0,329	0,341	0,353	0,350	0,360	0,367	0,369
Αθήνα	0,338	0,344	0,351	0,359	0,369	0,369	0,374	0,381	0,383
Ηράκλειο	0,333	0,339	0,343	0,355	0,364	0,361	0,370	0,375	0,378
Καστοριά	0,307	0,314	0,316	0,333	0,344	0,340	0,356	0,363	0,363
Λάρισα	0,327	0,334	0,341	0,350	0,360	0,360	0,369	0,376	0,378
Λήμνος	0,319	0,327	0,331	0,343	0,354	0,352	0,360	0,368	0,370
Νάξος	0,332	0,340	0,344	0,355	0,365	0,363	0,372	0,378	0,381
Πάτρα	0,335	0,342	0,348	0,357	0,366	0,366	0,373	0,381	0,382
Θεσσαλονίκη	0,325	0,332	0,337	0,348	0,358	0,358	0,368	0,375	0,376
Τρίπολη	0,317	0,324	0,327	0,340	0,349	0,347	0,363	0,369	0,370
<b>Μέσος όρος</b>	<b>0,325</b>	<b>0,332</b>	<b>0,337</b>	<b>0,348</b>	<b>0,358</b>	<b>0,357</b>	<b>0,366</b>	<b>0,373</b>	<b>0,375</b>

Πίνακας 4-6 : Συντελεστής αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης [9]

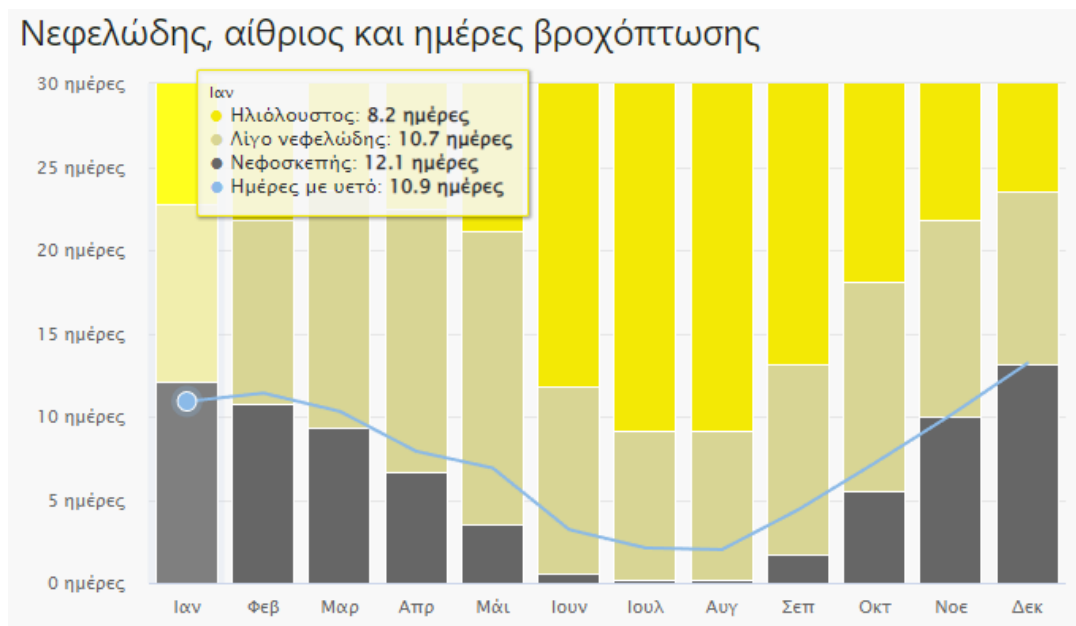
Οπότε πολλαπλασιάζοντας τον συντελεστή αξιοποίησης με τις 27916,7 kWh που υπολογίστηκαν πριν προκύπτουν πως η θερμότητα που τελικά θα προσδίδεται στο

ζεστό νερό χρήσης και εξοικονομείται, εκτιμάται στις 9547,5 kWh για την ετήσια περίοδο πλην της θερινής. Η απαιτούμενη ενέργεια για την περίοδο αυτή υπολογίστηκε στην αρχή του 4<sup>ου</sup> κεφαλαίου και είναι 12450 kWh, άρα δεν καλύπτεται πλήρως από το ηλιοθερμικό σύστημα. Αυξάνοντας βέβαια τα τετραγωνικά των συλλεκτών γίνεται αντιληπτό πως μπορούν να καλυφθούν οι απαιτήσεις πάνω από 100%, συγκεκριμένα τουλάχιστον 33 m<sup>2</sup>, το οποίο είναι εφικτό καθώς η επιφάνεια στην στέγη του κτιρίου με νότιο προσανατολισμό που είναι αξιοποιήσιμη είναι περίπου 35 m<sup>2</sup>, όπως φαίνεται στην Εικόνα 4-5 (παράρτημα Εικόνα 9-5).



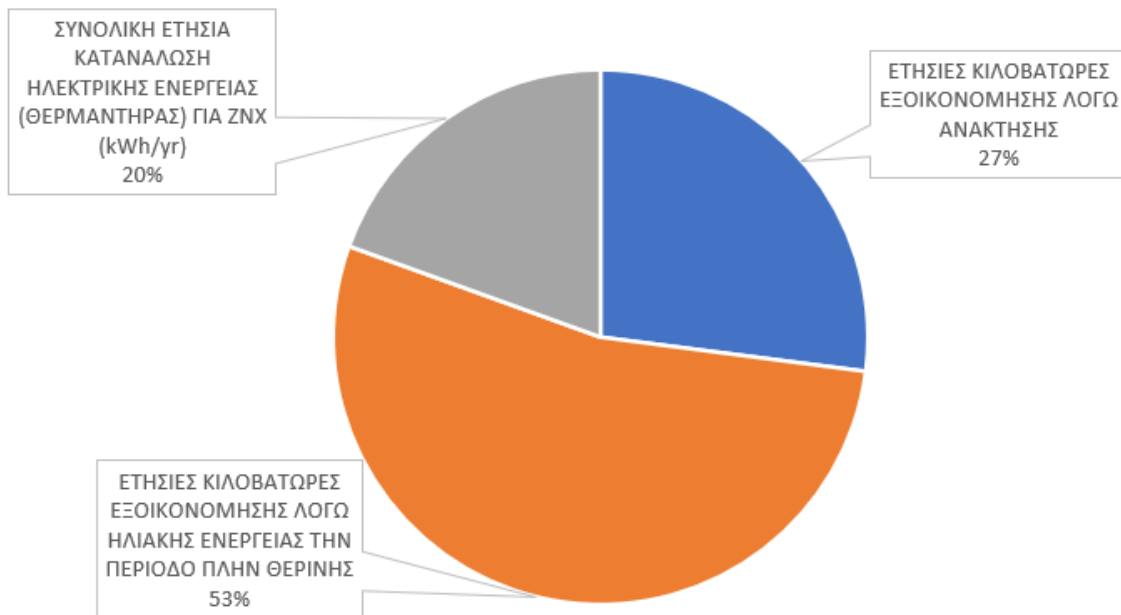
Εικόνα 4-5 : Σχεδιάγραμμα της στέγης του εξεταζόμενου κτιρίου και της αξιοποιήσιμης επιφάνειας για εγκατάσταση ηλιοθερμικού συστήματος

Άρα θα τοποθετηθούν **33 m<sup>2</sup> απλών επιπέδων ηλιακών συλλεκτών σε 42° γωνία κλίσης** εντός της κόκκινης περιοχής της Εικόνας 4-5. Οπότε καλύπτεται η απαιτούμενη θερμότητα ΖΝΧ και για την υπόλοιπη περίοδο του έτους πλην της θερινής. Όμως λαμβάνοντας ιστορικό πλήρους νεφοκάλυψης από κλιματικά δεδομένα [13] της περιοχής, μπορεί να εξαχθεί ένας συντελεστής νεφοκάλυψης. Η Εικόνα 4-6 δείχνει ένα γράφημα που περιλαμβάνει ένα μέσο όρο για τις ημέρες κατά τις οποίες ο καιρός είναι νεφοσκεπής και η ηλιακή ενέργεια δεν μπορεί να τροφοδοτήσει το ηλιοθερμικό σύστημα.



Εικόνα 4-6 : Γράφημα από το οποίο εξαγεται ο συντελεστής νεφοκάλυψης [13]

Στην ιστοσελίδα του παραπάνω γραφήματος, επιλέγοντας κάθε μήνα εμφανίζει τις αντίστοιχες νεφοσκεπείς ημέρες. Προσθέτοντας λοιπόν όλες τις ημέρες για τους μήνες πλην θέρους και διαιρώντας με τις 274 ημέρες του έτους πλην της θερινής περιόδου εκτιμάται ένα ποσοστό νεφοκάλυψης 26,5%. Επομένως **το μέγιστο ποσοστό που μπορεί να εξοικονομηθεί είναι το 73,5%** των απαιτούμενων 12450 kWh, **δηλαδή 9146 kWh**, άρα ακόμα κι αν αυξηθούν τα τετραγωνικά των ηλιακών συλλεκτών το όριο αυτό δεν θα ξεπεραστεί.



Εικόνα 4-7 : Γράφημα της ενέργειας που εξοικονομείται για ΖΝΧ μέσω ανάκτησης και ηλιοθερμικού συστήματος

Έχοντας λοιπόν πραγματοποιήσει τις μελέτες ΖΝΧ μέσω ανάκτησης και ηλιοθερμικών συστημάτων εκτιμάται πως μπορούν να εξοικονομηθούν συνολικά **13772 kWh/yr**, δηλαδή το **80.5%** των απαιτούμενων **17103 kWh/yr** για ΖΝΧ. Οπότε μόνο οι **3332 kWh/yr** θα χρειαστούν να καλυφθούν από ηλεκτρικό θερμοσίφωνα, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4-7.

## 5. Εξαερισμός

Ο εξαερισμός είναι η σκόπιμη εισαγωγή εξωτερικού αέρα σε έναν χώρο. Ο εξαερισμός χρησιμοποιείται κυρίως για τον έλεγχο της ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων με την αραίωση και την εκτόπιση των ρύπων εσωτερικών χώρων. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της εσωτερικής θερμοκρασίας, της υγρασίας και της κίνησης του αέρα για να ωφελήσει τη θερμική άνεση, την ικανοποίηση με άλλες πτυχές του εσωτερικού περιβάλλοντος ή άλλους στόχους.

Η σκόπιμη εισαγωγή του εξωτερικού αέρα κατηγοριοποιείται συνήθως είτε ως μηχανικός αερισμός, φυσικός αερισμός, ή αερισμός μικτού τρόπου λειτουργίας (υβριδικός αερισμός).

- Ο μηχανικός αερισμός είναι η σκόπιμη ροή εξωτερικού αέρα μέσα σε ένα κτίριο μέσω ανεμιστήρων. Τα συστήματα μηχανικού αερισμού μπορεί να περιλαμβάνουν ανεμιστήρες τροφοδοσίας (που ωθούν τον εξωτερικό αέρα σε ένα κτίριο), ανεμιστήρες εξαγωγής (που αντλούν αέρα από το κτίριο και έτσι προκαλούν ίση ροή αερισμού σε ένα κτίριο) ή συνδυασμό και των δύο. Ο μηχανικός αερισμός παρέχεται συχνά από εξοπλισμό που χρησιμοποιείται επίσης για τη θέρμανση και την ψύξη ενός χώρου.
- Φυσικός αερισμός είναι η σκόπιμη παθητική ροή εξωτερικού αέρα σε ένα κτίριο μέσω προγραμματισμένων ανοιγμάτων (όπως περσίδες, πόρτες και παράθυρα). Ο φυσικός αερισμός δεν απαιτεί μηχανικά συστήματα για τη μετακίνηση του εξωτερικού αέρα. Αντίθετα, βασίζεται εξ ολοκλήρου σε παθητικά φυσικά φαινόμενα, όπως η πίεση του ανέμου ή το φαινόμενο στοίβας. Τα φυσικά ανοίγματα αερισμού μπορούν να είναι σταθερά ή ρυθμιζόμενα. Τα ρυθμιζόμενα ανοίγματα μπορούν να ελέγχονται αυτόματα (αυτοματοποιημένα), να ελέγχονται από τους επιβάτες (λειτουργούν) ή με συνδυασμό και των δύο. Ο διασταυρούμενος αερισμός είναι ένα φαινόμενο φυσικού αερισμού.
- Τα συστήματα αερισμού μικτής λειτουργίας χρησιμοποιούν μηχανικές και φυσικές διαδικασίες. Τα μηχανικά και φυσικά εξαρτήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα ή σε διαφορετικές ώρες της ημέρας ή σε διαφορετικές εποχές του χρόνου. Δεδομένου ότι η ροή του φυσικού αερισμού εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, μπορεί να μην παρέχει πάντα την κατάλληλη ποσότητα αερισμού. Σε αυτή την περίπτωση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μηχανικά συστήματα για τη συμπλήρωση ή τη ρύθμιση της φυσικά οδηγούμενης ροής.

Ο αερισμός συνήθως περιγράφεται ως ξεχωριστός από τη διήθηση.

- Διήθηση είναι η περιστασιακή ροή αέρα από εξωτερικούς χώρους σε εσωτερικούς χώρους μέσω διαρροών (μη προγραμματισμένα ανοίγματα) σε ένα κέλυφος κτιρίου . Όταν ένας σχεδιασμός κτιρίου βασίζεται στη διείσδυση για τη διατήρηση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα, αυτή η ροή έχει αναφερθεί ως τυχαίος αερισμός.

Ο σχεδιασμός κτιρίων που προάγουν την υγεία και την ευημερία των επιβατών απαιτεί σαφή κατανόηση των τρόπων με τους οποίους η ροή αέρα εξαερισμού αλληλοεπιδρά, αραιώνει, εκτοπίζει ή εισάγει ρύπους στον κατειλημμένο χώρο. Αν και ο εξαερισμός είναι αναπόσπαστο στοιχείο για τη διατήρηση της καλής ποιότητας του εσωτερικού αέρα, μπορεί να μην είναι ικανοποιητικός από μόνος του. Σε σενάρια όπου η εξωτερική ρύπανση θα χειροτέρευε την ποιότητα του αέρα των εσωτερικών χώρων, ενδέχεται να απαιτούνται και άλλες συσκευές επεξεργασίας, όπως το φιλτράρισμα. Σε συστήματα εξαερισμού κουζίνας ή σε εργαστηριακούς απαγωγείς, ο σχεδιασμός της αποτελεσματικής δέσμευσης λυμάτων μπορεί να είναι πιο σημαντικός από τη μαζική ποσότητα αερισμού σε έναν χώρο. Γενικότερα, ο τρόπος με τον οποίο ένα σύστημα διανομής αέρα προκαλεί τη ροή του αερισμού μέσα και έξω από έναν χώρο επηρεάζει την ικανότητα ενός συγκεκριμένου ρυθμού αερισμού να απομακρύνει τους εσωτερικά παραγόμενους ρύπους. Η ικανότητα ενός συστήματος να μειώνει τη ρύπανση σε έναν χώρο περιγράφεται ως «αποτελεσματικότητα αερισμού». Ωστόσο, οι συνολικές επιπτώσεις του αερισμού στην ποιότητα του αέρα των εσωτερικών χώρων μπορεί να εξαρτώνται από πιο σύνθετους παράγοντες όπως οι πηγές ρύπανσης και οι τρόποι με τους οποίους οι δραστηριότητες και η ροή αέρα αλληλοεπιδρούν για να επηρεάσουν την έκθεση των επιβατών.

Μια σειρά παραγόντων που σχετίζονται με το σχεδιασμό και τη λειτουργία των συστημάτων εξαερισμού ρυθμίζονται από διάφορους κώδικες και πρότυπα. Τα πρότυπα που αφορούν το σχεδιασμό και τη λειτουργία συστημάτων εξαερισμού με σκοπό την επίτευξη αποδεκτής ποιότητας αέρα εσωτερικών χώρων περιλαμβάνουν: Πρότυπα ASHRAE 62.1 και 62.2, τον Διεθνή Κώδικα Κατοικίας, τον Διεθνή Μηχανικό Κώδικα και τους Οικοδομικούς Κανονισμούς του Ηνωμένου Βασιλείου Μέρος ΣΤ. Άλλα πρότυπα που επικεντρώνονται στην εξοικονόμηση ενέργειας επηρεάζουν επίσης το σχεδιασμό και τη λειτουργία των συστημάτων εξαερισμού, όπως: Πρότυπο ASHRAE 90.1 και ο Διεθνής Κώδικας Εξοικονόμησης Ενέργειας.

Σε πολλές περιπτώσεις, ο αερισμός για την ποιότητα του εσωτερικού αέρα είναι ταυτόχρονα ευεργετικός για τον έλεγχο της θερμικής άνεσης. Η αύξηση του αερισμού είναι απαραίτητη για τη βελτίωση της σωματικής υγείας των ανθρώπων. [6] Σε αυτές τις στιγμές, μπορεί να είναι χρήσιμο να αυξηθεί ο ρυθμός αερισμού πέρα από το ελάχιστο που απαιτείται για την ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Δύο παραδείγματα



περιλαμβάνουν την ψύξη του εξοικονομητή αέρα και την πρόψυξη αερισμού . Σε άλλες περιπτώσεις, ο εξαερισμός για την ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων συμβάλλει στην ανάγκη και στη χρήση ενέργειας από μηχανικό εξοπλισμό θέρμανσης και ψύξης. Σε ζεστά και υγρά κλίματα, η αφύγρανση του αέρα εξαερισμού μπορεί να είναι μια ιδιαίτερα ενεργοβόρα διαδικασία.

Ο εξαερισμός θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για τη σχέση του με τον "εξαερισμό" για οικιακές συσκευές και εξοπλισμό καύσης όπως θερμοσίφωνες , φούρνοι, λέβητες και ξυλόσομπες. Το πιο σημαντικό, ο σχεδιασμός του εξαερισμού του κτιρίου πρέπει να είναι προσεκτικός ώστε να αποφεύγεται η ανακυκλοφορία προϊόντων καύσης από συσκευές που αερίζονται με φυσικό τρόπο στον κατειλημμένο χώρο. Αυτό το ζήτημα έχει μεγαλύτερη σημασία για κτίρια με πιο αεροστεγή σχεδιασμό. Για να αποφευχθεί ο κίνδυνος, πολλές σύγχρονες συσκευές καύσης χρησιμοποιούν «άμεσο εξαερισμό» που αντλεί αέρα καύσης απευθείας από το εξωτερικό, αντί από το εσωτερικό περιβάλλον.

Ο ρυθμός αερισμού, για τα κτίρια, εκφράζεται συνήθως από την ογκομετρική παροχή του εξωτερικού αέρα που εισάγεται στο κτίριο. Οι τυπικές μονάδες που χρησιμοποιούνται είναι κυβικά πόδια ανά λεπτό (CFM) στο αγγλοσαξονικό σύστημα ή λίτρα ανά δευτερόλεπτο (L/s) στο μετρικό σύστημα (παρόλο που το κυβικό μέτρο ανά δευτερόλεπτο είναι η προτιμώμενη μονάδα για τον ογκομετρικό ρυθμό ροής στο σύστημα SI μονάδες). Ο ρυθμός αερισμού μπορεί επίσης να εκφραστεί ανά άτομο ή ανά μονάδα επιφάνειας δαπέδου.

Όσον αφορά τα πρότυπα για κτίρια κατοικιών, τα οποία βασίζονται κυρίως στη διεύθυνση για την κάλυψη των αναγκών αερισμού τους, ένα κοινό μέτρο ρυθμού αερισμού είναι ο ρυθμός αλλαγής αέρα (ή αλλαγές αέρα ανά ώρα ). Ο ωριαίος ρυθμός αερισμού διαιρεμένος με τον όγκο του χώρου. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, η ωριαίος ρυθμός αερισμού διαιρεμένος με τον όγκο του χώρου μπορεί να κυμαίνεται από 0,50 έως 0,41 σε ένα ερμητικά σφραγισμένο από αέρα σπίτι ενώ σε ένα σπίτι που δεν αποτρέπει την εισροή αέρα από 1,11 έως 1,47.

Η ASHRAE συνιστά τώρα ρυθμούς αερισμού που εξαρτώνται από την επιφάνεια του δαπέδου, όχι λιγότερο από 7,1 L/s/άτομο.

Η διαδικασία ρυθμού εξαερισμού ορίζει τον ρυθμό με τον οποίο πρέπει να διοχετεύεται ο αέρας εξαερισμού σε έναν χώρο και τα διάφορα μέσα με τα οποία μπορείς να επιτευχθεί η ρύθμιση αυτού του αέρα. Η ποιότητα του αέρα αξιολογείται (μέσω μέτρησης CO<sub>2</sub>). Η διαδικασία ελέγχου της ποιότητας εσωτερικού αέρα χρησιμοποιεί μία ή περισσότερες κατευθυντήριες γραμμές για τον καθορισμό αποδεκτών συγκεντρώσεων ορισμένων ρύπων στον αέρα εσωτερικών χώρων, αλλά δεν προβλέπει ρυθμούς αερισμού ή μεθόδους επεξεργασίας αέρα. Αυτό αφορά τόσο ποσοτικές όσο και υποκειμενικές αξιολογήσεις και βασίζεται στη διαδικασία ρυθμού αερισμού. Επίσης, λαμβάνει υπόψη πιθανούς ρύπους που μπορεί να μην έχουν μετρημένα όρια ή για τους οποίους δεν έχουν τεθεί όρια (όπως η εκπομπή φορμαλδεΐδης από τα χαλιά και τα έπιπλα).

## 5.1. Σχεδιασμός συστήματος εξαερισμού

Σε αυτό το σημείο θα γίνει προσπάθεια να σχεδιαστεί ένα σύστημα εξαερισμού το οποίο θα αποτελείται από το σύνολο των αεραγωγών κάθε ορόφου καθώς και τους εναλλάκτες θερμότητας οι οποίοι θα ανταλλάσσουν θερμότητα μεταξύ του ψυχρού και του θερμού κλάδου του συστήματος των αεραγωγών. Ο υπολογισμός της επιφάνειας των εναλλακτών θερμότητας καθώς και των διαστάσεων των αεραγωγών θα πραγματοποιηθεί τόσο για την θερινή όσο και για την χειμερινή περίοδο όπου οι συνθήκες θερμοκρασίας του εσωτερικού του κτιρίου και του περιβάλλοντος μεταβάλλονται. Όσον αφορά την θερινή περίοδο στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται τα χαρακτηριστικά του κάθε χώρου, η παροχή νωπού αέρα ανά τετραγωνικό η οποία προκύπτει σύμφωνα με τον πίνακα 2-3 της 3.4.3 του ΤΟΤΕΕ\_20701-1\_2017 καθώς και η ανταλλαγή θερμότητας στον εναλλάκτη μεταξύ του εισερχόμενου και του εξερχόμενου αέρα στον κάθε χώρο λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των εσωτερικών συνθηκών του κάθε χώρου και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος του εξωτερικού χώρου. Για τον υπολογισμό του ποσού ισχύος μεταφοράς θερμότητας στον εναλλάκτη χρησιμοποιείται η παρακάτω σχέση:

$$\dot{Q} = \dot{m}C_p\Delta T \quad (5.1)$$

όπου  $\dot{Q}$  και  $\dot{m}$  είναι το ποσό θερμότητας που μεταφέρεται στον εναλλάκτη και η παροχή μάζας του νωπού αέρα που εισέρχεται στο εκάστοτε χώρο, ενώ  $C_p$  και  $\Delta T$  είναι η θερμοχωρητικότητα του αέρα και  $\Delta T$  η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εξωτερικού περιβάλλοντος και του εκάστοτε εσωτερικού χώρου. Οι υπολογισμοί που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα για την ανταλλαγή θερμότητας στον εναλλάκτη έχουν γίνει θεωρώντας μέση πυκνότητα και θερμοχωρητικότητα αέρα για τις δύο θερμοκρασίες εξωτερικού χώρου περιβάλλοντος και εσωτερικών χώρων.

Εξαερισμός με εναλλάκτη θερμότητας κατά την χειμερινή περίοδο	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα Αέρα (kg/m <sup>3</sup> )		Θερμοχωρητικότητα (J/(kg*°C))
<i>Εξωτερικό Περιβάλλον</i>	-2	1.3		1005
<i>Εσωτερικοί Χώροι</i>	20	1.2		1006
<i>ΧΩΡΟΙ</i>	<i>ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΑ</i>	<i>ΠΑΡΟΧΗ ΝΩΠΟΥ ΑΕΡΑ ΑΝΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ [m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>](ΤΟΤΕΕ 20701- 1 ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3)</i>	<i>ΠΑΡΟΧΗ ΝΩΠΟΥ ΑΕΡΑ [m<sup>3</sup>/h]</i>	<i>ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ (W)</i>
<i>I:X.1</i>	22.91	6.25	143.19	1099.81
<i>I:Δ.1</i>	14.55	6.25	90.94	698.48
<i>I:M.1</i>	5.32	6.25	33.25	255.39
<i>I:M.2</i>	5.32	6.25	33.25	255.39
<i>I:A.1</i>	5.63	6.25	35.19	270.27
<i>I:A.2</i>	5.63	6.25	35.19	270.27
<i>I:Γ.1</i>	20.15	6.25	125.94	967.31
<i>I:1.1</i>	43.63	6.25	272.69	2094.49
<i>I:1.2</i>	13.49	1.2	16.19	124.34
<i>I:1.3</i>	3.75	6.25	23.44	180.02
<i>I:1.4</i>	12.21	6.25	76.31	586.15
<i>I:1.5</i>	5.57	6.25	34.81	267.39
<i>I:2.1</i>	21.19	1.2	25.43	195.31
<i>I:X.2</i>	5.08	6.25	31.75	243.87
<i>I:Σ.1</i>	5.26	6.25	32.88	252.51
<i>I:1.6</i>	19.65	6.25	122.81	943.31
<i>O:1.1</i>	22.98	1.2	27.58	211.81
<i>O:2.1</i>	23.9	1.2	28.68	220.29
<i>O:3.1</i>	22.98	1.2	27.58	211.81
<i>O:4.1</i>	21.32	1.2	25.58	196.51
<i>O:5.1</i>	14.52	1.2	17.42	133.83
<i>O:6.1</i>	15.39	1.2	18.47	141.85
<i>O:7.1</i>	16.96	1.2	20.35	156.32
<i>O:8.1</i>	16.7	1.2	20.04	153.93

<b>O:9.1</b>	49.9	1.2	59.88	459.93
<b>O:9.2</b>	10.89	1.2	13.07	100.37
<b>O:Δ.1</b>	7.77	6.25	48.56	373
<b>ΣΥΝΟΛΟ (Watt)</b>				<b>11064</b>

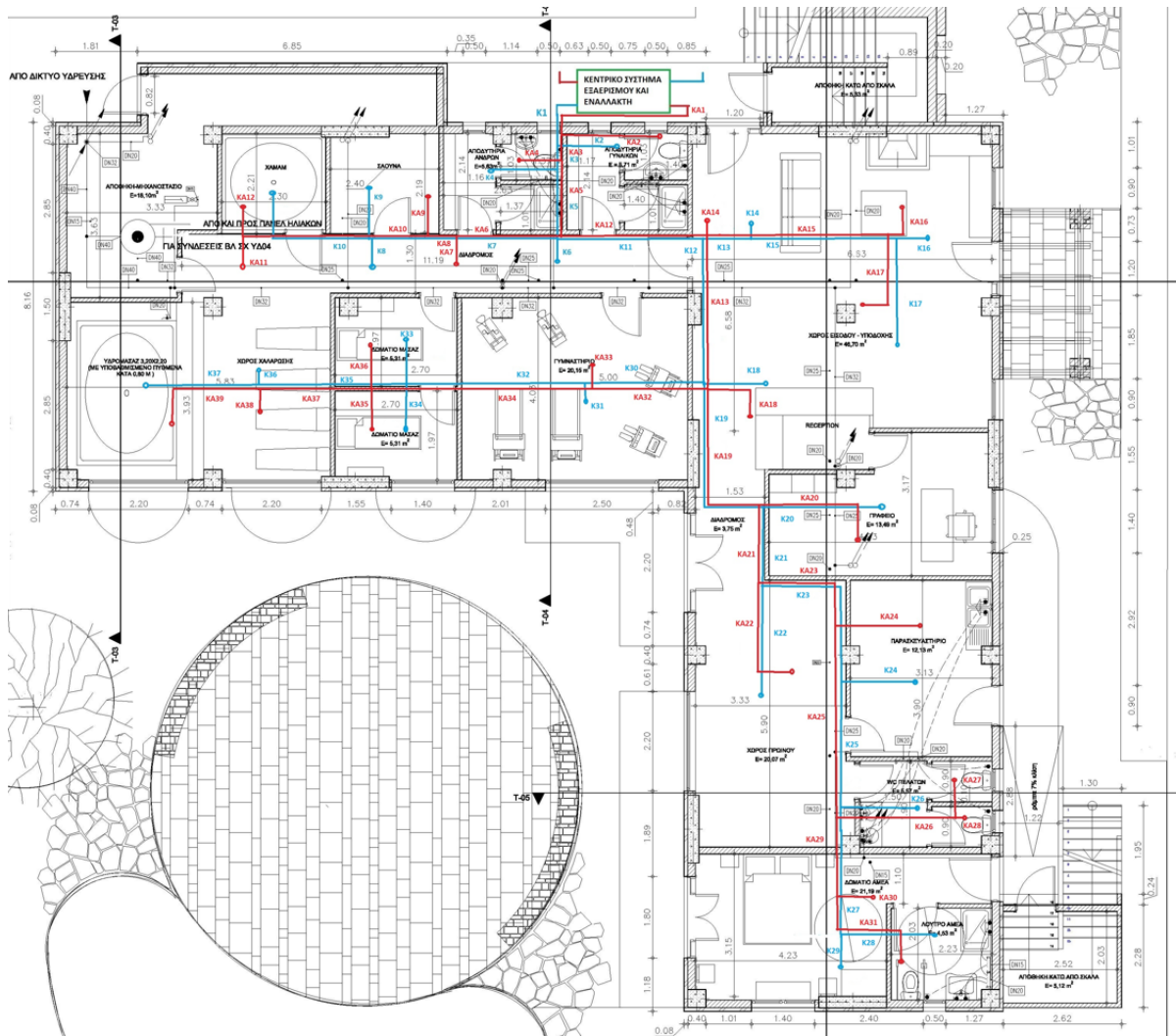
Πίνακας 5-1: Χαρακτηριστικά κάθε χώρου, απαιτούμενη παροχή νωπού αέρα και ανταλλαγή θερμότητας με τον εναλλάκτη για την χειμερινή περίοδο

Εξαερισμός με εναλλάκτη θερμότητας κατά την θερινή περίοδο	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα Αέρα (kg/m3)	Θερμοχωρητικότητα (J/(kg°C))	
<i>Εξωτερικό Περιβάλλον</i>	35.8	1.142	1006	
<i>Εσωτερικοί Χώροι</i>	26	1.18	1006	
<b>ΧΩΡΟΙ</b>	<b>ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΑ</b>	<b>ΠΑΡΟΧΗ ΝΩΠΟΥ ΑΕΡΑ ΑΝΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ [m3/h/m2](ΤΟΤΕΕ 20701- 1 ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3)</b>	<b>ΠΑΡΟΧΗ ΝΩΠΟΥ ΑΕΡΑ [m3/h]</b>	<b>ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ (W)</b>
<i>I:X.1</i>	22.91	6.25	143.19	455.26
<i>I:Δ.1</i>	14.55	6.25	90.94	289.13
<i>I:M.1</i>	5.32	6.25	33.25	105.72
<i>I:M.2</i>	5.32	6.25	33.25	105.72
<i>I:A.1</i>	5.63	6.25	35.19	111.88
<i>I:A.2</i>	5.63	6.25	35.19	111.88
<i>I:Γ.1</i>	20.15	6.25	125.94	400.41
<i>I:1.1</i>	43.63	6.25	272.69	867.00
<i>I:1.2</i>	13.49	1.2	16.19	51.47
<i>I:1.3</i>	3.75	6.25	23.44	74.52
<i>I:1.4</i>	12.21	6.25	76.31	242.63
<i>I:1.5</i>	5.57	6.25	34.81	110.69
<i>I:2.1</i>	21.19	1.2	25.43	80.85
<i>I:X.2</i>	5.08	6.25	31.75	100.95
<i>I:Σ.1</i>	5.26	6.25	32.88	104.52
<i>I:1.6</i>	19.65	6.25	122.81	390.48
<b>O:1.1</b>	22.98	1.2	27.58	87.68

<b>O:2.1</b>	23.9	1.2	28.68	91.19
<b>O:3.1</b>	22.98	1.2	27.58	87.68
<b>O:4.1</b>	21.32	1.2	25.58	81.34
<b>O:5.1</b>	14.52	1.2	17.42	55.40
<b>O:6.1</b>	15.39	1.2	18.47	58.72
<b>O:7.1</b>	16.96	1.2	20.35	64.71
<b>O:8.1</b>	16.7	1.2	20.04	63.72
<b>O:9.1</b>	49.9	1.2	59.88	190.39
<b>O:9.2</b>	10.89	1.2	13.07	41.55
<b>O:Δ.1</b>	7.77	6.25	48.56	154.40
<b>ΣΥΝΟΛΟ (Watt)</b>				<b>4579.86</b>

*Πίνακας 5-2: Χαρακτηριστικά κάθε χώρου, απαιτούμενη παροχή νωπού αέρα και ανταλλαγή θερμότητας με τον εναλλάκτη για την θερινή περίοδο*

Για τον υπολογισμό των διαστάσεων των αεραγωγών που χρειαστούν για την εγκατάσταση εξαερισμού θα πρέπει αρχικά να γίνει μία χάραξη των κλάδων των αεραγωγών στα κατασκευαστικά σχέδια του κτιρίου ούτως ώστε να μπορέσουν να υπολογιστούν οι πτώσεις πίεσης και οι απώλειες λόγω τριβών στις σωληνώσεις των αεραγωγών. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται ένα σκαρίφημα με το δίκτυο των σωληνώσεων των αεραγωγών στο ισόγειο.



Εικόνα 5-1: Δίκτυο αεραγωγών ισογείου

Όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα (παράρτημα Εικόνα 9-6) που υπάρχουν δύο κλάδοι σωληνώσεων ο κόκκινος αντιπροσωπεύει το θερμό κλάδο του αέρα ενώ ο γαλάζιος αντιπροσωπεύει τον ψυχρό κλάδο. Θεωρούμε πως το μήκος και η διατομή των σωληνώσεων και για τους δύο κλάδους είναι η ίδια τόσο για την προσαγωγή όσο και για την επιστροφή. Επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός της πτώσης πίεσης και των απωλειών λόγω τριβών που υπάρχει στο κάθε κλάδο. Για να γίνει αυτός ο υπολογισμός αρχικά θα πρέπει να οριστεί το μήκος του κάθε κλάδου πράγμα το οποίο προκύπτει από τα κατασκευαστικά σχέδια του κτιρίου. Επομένως μπορούμε για το κάθε κλάδο που καταλήγει στο κάθε χώρο της ξενοδοχειακής μονάδας μπορούμε να έχουμε μία εκτίμηση για το μήκος του θεωρώντας ότι το σύστημα εξαερισμού καταλήγει στο κέντρο του δωματίου.

Κλάδος	Μήκος (m)	Πτώση Πίεσης (Pa)	Παροχή νωπού αέρα (L/s)	Διάμετρος (cm)	Ταχύτητα αέρα (m/s)	Απώλειες ενέργειας λόγω τριβών (W)
K1	1.5	1.5	314.8	30.0	4.45	0.47
K2	2.2	2.2	9.8	9.0	1.54	0.02
K3	0.5	0.5	305.0	27.0	5.33	0.15
K4	1.2	1.2	9.8	9.0	1.54	0.01
K5	1.5	1.5	295.2	27.0	5.16	0.44
K6	0.7	0.7	12.6	10.0	1.61	0.01
K7	3.4	3.4	30.6	12.0	2.70	0.10
K8	0.7	0.7	12.6	10.0	1.61	0.01
K9	1.4	1.4	9.1	9.0	1.44	0.01
K10	3.4	3.4	8.8	9.0	1.39	0.03
K11	2.3	2.3	252.0	25.0	5.13	0.58
K12	2.5	2.5	176.3	23.0	4.24	0.44
K13	1.0	1.0	75.7	16.0	3.77	0.08
K14	0.2	0.2	25.2	11.0	2.66	0.01
K15	2.3	2.3	50.5	14.0	3.28	0.12
K16	0.2	0.2	25.2	11.0	2.66	0.01
K17	2.0	2.0	25.2	11.0	2.66	0.05
K18	1.0	1.0	6.5	8.0	1.30	0.01
K19	3.0	3.0	76.5	16.0	3.81	0.23
K20	2.0	2.0	4.5	8.0	0.89	0.01
K21	1.3	1.3	72.0	16.0	3.58	0.09
K22	2.0	2.0	34.1	12.0	3.02	0.07
K23	2.8	2.8	37.9	12.5	3.09	0.11
K24	1.3	1.3	21.2	11.0	2.23	0.03
K25	2.0	2.0	16.7	10.0	2.13	0.03
K26	1.3	1.3	9.7	9.0	1.52	0.01
K27	2.5	2.5	7.1	8.0	1.41	0.02
K28	2.0	2.0	3.5	8.0	0.70	0.01
K29	0.3	0.3	3.5	8.0	0.70	0.00
K30	1.6	1.6	93.2	18.0	3.66	0.15
K31	0.3	0.3	35.0	12.0	3.09	0.01

<b>K32</b>	3.2	3.2	58.2	15.0	3.30	0.19
<b>K33</b>	1.0	1.0	9.2	9.0	1.45	0.01
<b>K34</b>	1.0	1.0	9.2	9.0	1.45	0.01
<b>K35</b>	3.0	3.0	39.8	12.0	3.52	0.12
<b>K36</b>	0.3	0.3	19.9	11.0	2.09	0.01
<b>K37</b>	2.0	2.0	19.9	11.0	2.09	0.04

Πίνακας 5-3: Διαστάσεις αεραγωγών απώλειες ενέργειας λόγω τριβών για το δίκτυο εξαερισμού στο ισόγειο

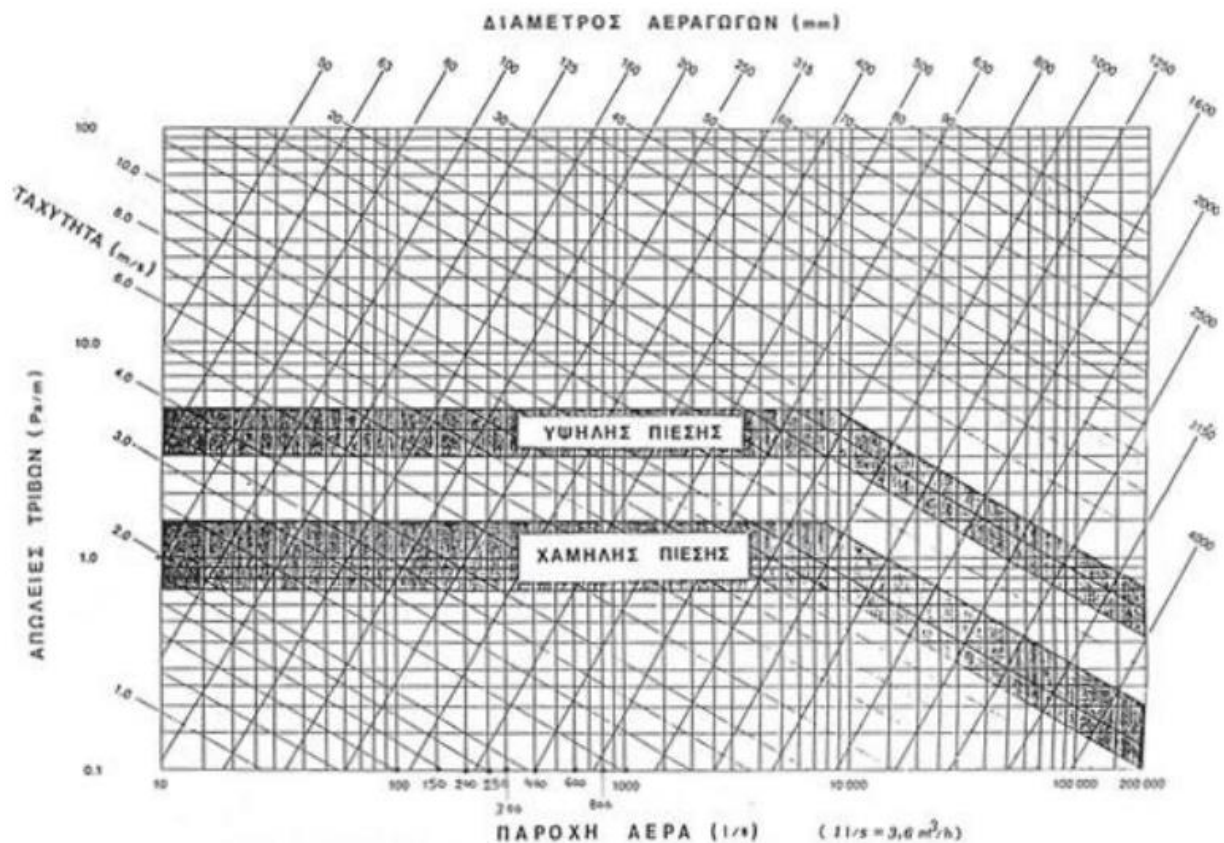
Όσον αφορά την πτώση πίεσης στο δίκτυο των αγωγών χρησιμοποιούμε την μέθοδο σταθερής πτώσης πίεσης όπου θεωρούμε ότι υπάρχει πτώση πίεσης 1Pa ανά 1 m μήκους αγωγού. Κατά αυτό τον τρόπο δικαιολογείται και ο υπολογισμός της πτώσης πίεσης στον παραπάνω πίνακα 5-3 όπου παρατηρείται ότι υπάρχει αναλογία του μήκους του κάθε κλάδου και της αντίστοιχης πτώσης πίεσης σε αυτόν. Στην συνέχεια για τον υπολογισμό της παροχής νωπού αέρα αρχικά θεωρούμε ότι ο κλάδος K1 όπως φαίνεται και από το σκαρίφημα της εικόνας 5-1 είναι ο κλάδος από τον οποίο περνάει το σύνολο της παροχής η οποία θα διαμοιραστεί στους επιμέρους κλάδους για να πραγματοποιηθεί ο εξαερισμός του ισογείου. Επομένως η παροχή του κλάδου K1 συνιστά το άθροισμα των παροχών όλων των χώρων του ισογείου πίνακα 5-1 και ισούται με 314.8 L/s. Ακολουθεί ο κλάδος K2 ο οποίος θα πρέπει να παροχετεύσει τα αποδυτήρια των γυναικών όπως φαίνεται και από την κάτοψη του ισογείου στην εικόνα 5-1 και επομένως η παροχή του συγκεκριμένου κλάδου θα είναι ίση με τη παροχή του χώρου I:A.2 από τον πίνακα 5-1 και ισούται με 9.8 L/s. Να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι στον πίνακα 5-1 η παροχή νωπού αέρα δίνεται σε m<sup>3</sup>/h ενώ στο πίνακα 5-3 σε L/s επομένως έχει πραγματοποιηθεί και η κατάλληλη μετατροπή μονάδων. Με αυτό τον τρόπο γίνεται ο υπολογισμός όλων των παροχών που θα πρέπει να φέρει ο κάθε κλάδος. Όσον αφορά τον υπολογισμό της διαμέτρου του κάθε κλάδου αυτός έχει γίνει με την βοήθεια του διαγράμματος της εικόνας όπου γνωρίζοντας την παροχή του αέρα και τις απώλειες τριβών λόγω της πτώσης πίεση μπορούμε να υπολογίσουμε και τη διατομή που θα έχει ο κάθε αεραγωγός. Επιπλέον μπορεί να υπολογιστεί και η αξονική ταχύτητα  $u$  που θα αναπτύσσει ο αέρας κατά μήκος του κάθε αγωγού η οποία μπορεί να υπολογιστεί από την παρακάτω σχέση εφόσον γνωρίζουμε την παροχή όγκου  $\dot{V}$  και την διατομή  $A$  του αγωγού:

$$u = \frac{\dot{V}}{A} \quad (5.2)$$

Τέλος για τον υπολογισμό των απωλειών ενέργειας λόγω των τριβών που προέρχονται από την πτώση πίεσης στο κάθε κλάδο του συστήματος εξαερισμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παρακάτω σχέση:

$$\text{Απώλειες ενέργειας λόγω τριβών} = \text{Πτώση Πίεσης} * \dot{V} \quad (5.3)$$





Εικόνα 5-2: Διάγραμμα απωλειών τριβής λόγω τριβής και παροχής αέρα [20]

Για την υλοποίηση του συστήματος εξαερισμού θα πρέπει να εγκατασταθούν δύο κεντρικοί ανεμιστήρες εισροής και εκροής αέρα αντίστοιχα και ένας εναλλάκτης διασταυρούμενης ροής όπως φαίνεται και στην εικόνα 5-1 στο σημείο όπου υπάρχει το κεντρικό σύστημα εξαερισμού και εναλλάκτη. Ο εναλλάκτης θερμότητας επιλέχθηκε σκοπίμως ο τύπος του να είναι διασταυρούμενης ροής γιατί στην αγορά συστημάτων εξαερισμού χρησιμοποιείται κατά κόρον γι' αυτού του τύπου τα συστήματα. Όσον αφορά την εκτίμηση της ισχύος των ανεμιστήρων του συστήματος εξαερισμού λαμβάνονται υπόψη η πτώση πίεσης κάποιων τυπικών εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται στα εν λόγω συστήματα όπως η πτώση πίεσης των φίλτρων, του εναλλάκτη αέρα-αέρα και η επιπλέον πτώση πίεσης του δικτύου. Δεδομένα για αυτά τα εξαρτήματα λαμβάνονται από την εικόνα 5-3 και πιο συγκεκριμένα για τα φίλτρα μία τυπική πτώση πίεσης είναι τα 30 Pa, για τον εναλλάκτη αέρα-αέρα είναι 150 Pa, ενώ για την πτώση πίεσης που οφείλεται στο δίκτυο των σωληνώσεων μία τυπική τιμή είναι τα 15 Pa. Επιπλέον μία τυπική ηλεκτρική απόδοση για τους συγκεκριμένους ανεμιστήρες είναι 80 %. Επομένως η ισχύς ισούται με το άθροισμα των απωλειών ενέργειας λόγω τριβών στον κάθε επιμέρους κλάδο που υπολογίστηκαν στον πίνακα 5-3 (τελευταία στήλη) συν το άθροισμα των απωλειών ενέργειας λόγω τριβών του φίλτρου, του εναλλάκτη αέρα-αέρα και των επιπλέον απωλειών του δικτύου διαιρεμένο με την ηλεκτρική απόδοση του ανεμιστήρα και δίνεται από την παρακάτω σχέση.

$$P_{fan} = \frac{\text{Συνολικές απώλειες ενέργειας λόγω τριβών}}{\text{απόδοση ανεμιστήρα}} \quad (5.4)$$

Τελικά η ισχύς προκύπτει 81.3 Watt.

Για την εκτίμηση της απαραίτητης εσωτερικής στατικής πίεσης των ανεμιστήρων κάθε κεντρικής κλιματιστικής μονάδας γίνονται οι εξής παραδοχές απωλειών στατικής πίεσης:

- Αναρρόφηση μέσω πολύφυλλου διαφράγματος	: 20 Pa
- Προφίλτρο αέρα	: 30 Pa
- Κιβώτιο μίξης	: 50 Pa
- Εναλλάκτης αέρα - αέρα	: 150 Pa (και στα δύο ρεύματα)
- Προθερμαντικό στοιχείο	: 50 Pa
- Θερμαντικό στοιχείο	: 100 Pa
- Ψυκτικό στοιχείο	: 200 Pa
- Μεταθερμαντικό στοιχείο	: 50 Pa
- Αυλοί υγραντήρα και σταγονοσυλλέκτης	: 20 Pa
- Σακκόφιλτρο	: 250 Pa
- Απόρριψη	: 40 Pa
- Πολύφυλλο διάφραγμα	: 10 Pa
- Σύνδεση μονάδας με κεντρικό αγωγό προσαγωγής ή επιστροφής	: 10 Pa
- Ηχοαπορροφητής	: 120 Pa
- Επιπλέον πτώση πίεσης στη μονάδα	: 20 - 30 Pa

Συνήθως η στατική πτώση πίεσης της Κ.Κ.Μ. χρεώνεται εν μέρει στον ανεμιστήρα προσαγωγής και εν μέρει στον ανεμιστήρα προσαγωγής.

Εικόνα 5-3: Πτώση πίεσης διαφόρων εξαρτημάτων ενός συστήματος εξαερισμού [20]

Σε αυτό το σημείο θα υπολογιστεί και η απαιτούμενη επιφάνεια του εναλλάκτη θερμότητας με την μέθοδο αποτελεσματικότητας της μεταφοράς θερμότητας. Ένας τυπικός ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας για έναν εναλλάκτη αέρα-αέρα σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα της εικόνας 5-4 είναι 25 (W/m<sup>2</sup> K).

Type of heat exchanger	$U, \text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}^*$
Water-to-water	850–1700
Water-to-oil	100–350
Water-to-gasoline or kerosene	300–1000
Feedwater heaters	1000–8500
Steam-to-light fuel oil	200–400
Steam-to-heavy fuel oil	50–200
Steam condenser	1000–6000
Freon condenser (water cooled)	300–1000
Ammonia condenser (water cooled)	800–1400
Alcohol condensers (water cooled)	250–700
Gas-to-gas	10–40
Water-to-air in finned tubes (water in tubes)	30–60 <sup>†</sup>
	400–850 <sup>†</sup>
Steam-to-air in finned tubes (steam in tubes)	30–300 <sup>†</sup>
	400–4000 <sup>†</sup>

Εικόνα 5-4:Τυπικές τιμές ολικών συντελεστών μεταφοράς θερμότητας για διάφορους τύπους εναλλακτών [2]

Όσον αφορά την αποτελεσματικότητα  $\varepsilon$  της μεταφοράς θερμότητας που ορίζεται σαν ο λόγος του πραγματικού ρυθμού μεταφοράς θερμότητας προς του μέγιστου δυνατού ρυθμού μεταφοράς θερμότητας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση μπορούμε να θεωρήσουμε ότι για τον διασταυρούμενο εναλλάκτη (cross-flow, both fluids unmixed) θα δεχθούμε την εκθετική σχέση για την αποτελεσματικότητα όπου τα δύο ρευστά είναι μη αναμίξιμα η οποία δίνεται στην παρακάτω εικόνα 5-5.

Heat exchanger type	Effectiveness relation
1 <i>Double pipe:</i> Parallel-flow	$\varepsilon = \frac{1 - \exp[-NTU(1 + c)]}{1 + c}$
Counter-flow	$\varepsilon = \frac{1 - \exp[-NTU(1 - c)]}{1 - c \exp[-NTU(1 - c)]}$
2 <i>Shell and tube:</i> One-shell pass 2, 4, . . . tube passes	$\varepsilon = 2 \left\{ 1 + c + \sqrt{1 + c^2} \frac{1 + \exp[-NTU\sqrt{1 + c^2}]}{1 - \exp[-NTU\sqrt{1 + c^2}]} \right\}^{-1}$
3 <i>Cross-flow (single-pass)</i> Both fluids unmixed	$\varepsilon = 1 - \exp \left\{ \frac{NTU^{0.22}}{c} [\exp(-c NTU^{0.78}) - 1] \right\}$
$C_{\max}$ mixed, $C_{\min}$ unmixed	$\varepsilon = \frac{1}{c} (1 - \exp\{1 - c[1 - \exp(-NTU)]\})$
$C_{\min}$ mixed, $C_{\max}$ unmixed	$\varepsilon = 1 - \exp \left\{ -\frac{1}{c} [1 - \exp(-c NTU)] \right\}$
4 <i>All heat exchangers with <math>c = 0</math></i>	$\varepsilon = 1 - \exp(-NTU)$

Εικόνα 5-5:Σχέσεις αποτελεσματικότητας  $\varepsilon$  για διάφορους τύπους εναλλακτών [2]

Στην εκθετική σχέση για την αποτελεσματικότητα το NTU δίνεται από την σχέση :

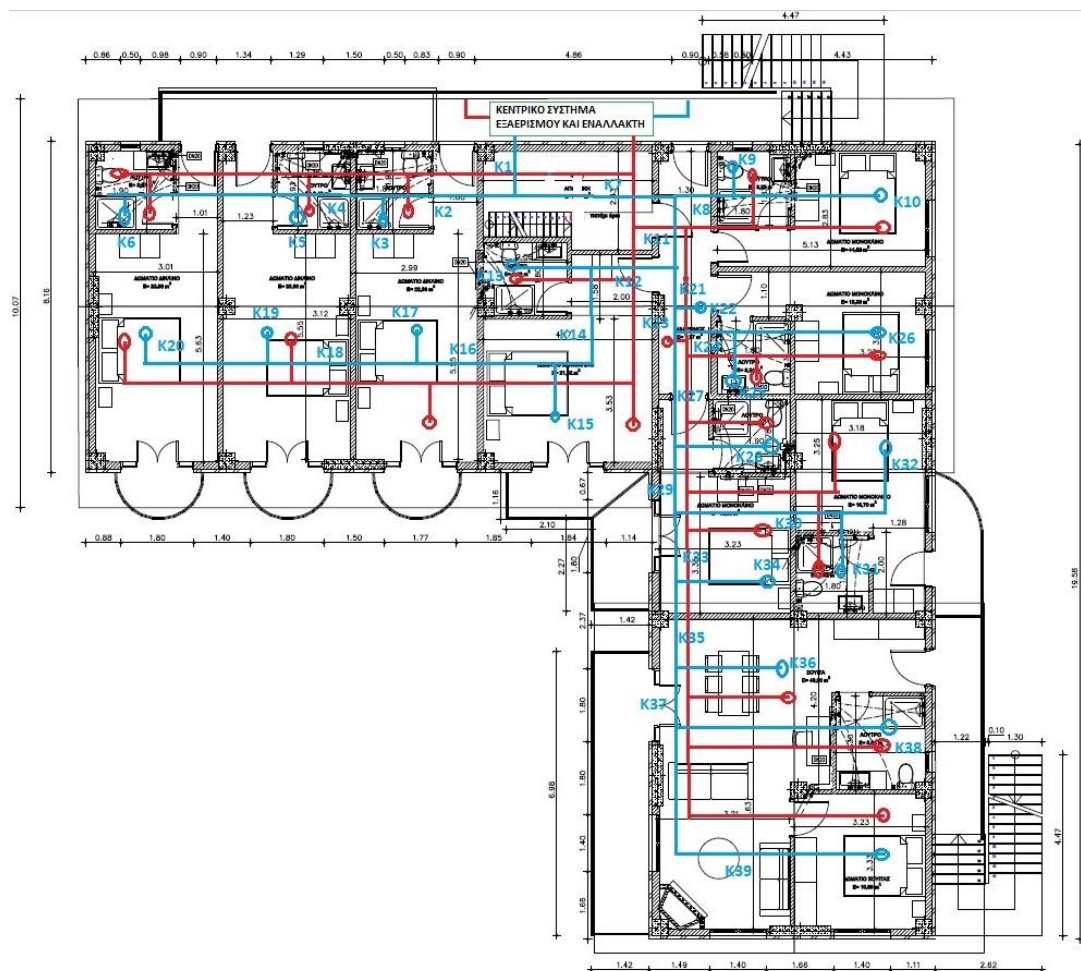
$$NTU = \frac{UA}{C_{min}} \quad (5.5)$$

Για να υπολογίσουμε την απαιτούμενη επιφάνεια του εναλλάκτη θα θεωρήσουμε γνωστό το NTU και ίσο με 7. Η αποτελεσματικότητα  $\epsilon$  προκύπτει 0.78. Επιπλέον το  $C_{min}$  μπορούμε να θεωρήσουμε ότι δίνεται από την σχέση:

$$C_{min} = 1.2 \cdot \dot{V} \cdot C_p \quad (5.6)$$

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει το  $C_{min}=380$  (Watt/K), ενώ το  $C_{min}/C_{max}$  μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ισούται με τη μονάδα. Τελικά χρησιμοποιώντας την εξίσωση 5.5 καταλήγουμε ότι **για το ισόγειο για το σύστημα εξαερισμού θα χρειαστεί ένας εναλλάκτης με επιφάνεια 106.4 m<sup>2</sup>.**

Ακριβώς ίδια διαδικασία που ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό του συστήματος εξαερισμού του ισόγειου θα ακολουθηθεί και για το αντίστοιχο σύστημα του ορόφου. Αρχικά στο παρακάτω σκαρίφημα απεικονίζεται το σύστημα των σωληνώσεων που σχεδιάστηκε για τον εξαερισμό του ορόφου (παράρτημα Εικόνα 9-7).



Εικόνα 5-6: Δίκτυο αεραγωγών ορόφου

Ο πίνακας 5-4 δίνει πληροφορίες για το μήκος, την πτώση πίεσης, την διάμετρο καθώς και τις απώλειες ενέργειας λόγω τριβών του κάθε κλάδου αεραγωγών για το σύστημα του ορόφου.

Κλάδος	Μήκος (m)	Πτώση Πίεσης (Pa)	Παροχή νωπού αέρα (L/s)	Διάμετρος (cm)	Ταχύτητα αέρα (m/s)	Απώλειες ενέργειας λόγω τριβών (W)
K1	1.0	1.0	85.3	18.0	3.35	0.09
K2	4.4	4.4	11.6	9.0	1.83	0.05
K3	0.5	0.5	3.8	8.0	0.76	0.00
K4	2.0	2.0	7.8	8.0	1.55	0.02
K5	0.5	0.5	4.0	8.0	0.79	0.00
K6	4.4	4.4	3.8	8.0	0.76	0.02
K7	3.0	3.0	73.7	16.0	3.67	0.22
K8	1.8	1.8	4.8	8.0	0.96	0.01
K9	0.5	0.5	2.4	8.0	0.48	0.00
K10	2.6	2.6	2.4	8.0	0.48	0.01
K11	2.4	2.4	68.9	16.0	3.42	0.17
K12	1.9	1.9	18.8	11.0	1.97	0.04
K13	2.1	2.1	3.6	8.0	0.71	0.01
K14	1.9	1.9	15.2	10.0	1.93	0.03
K15	1.0	1.0	3.6	8.0	0.71	0.00
K16	4.9	4.9	11.6	10.0	1.48	0.06
K17	1.0	1.0	3.8	8.0	0.76	0.00
K18	3.3	3.3	7.8	8.0	1.55	0.03
K19	1.0	1.0	4.0	8.0	0.79	0.00
K20	3.3	3.3	3.8	8.0	0.76	0.01
K21	1.0	1.0	50.1	16.0	2.49	0.05
K22	0.3	0.3	13.5	12.0	1.19	0.00
K23	1.0	1.0	36.6	12.5	2.98	0.04
K24	1.8	1.8	5.1	8.0	1.02	0.01
K25	0.5	0.5	2.6	8.0	0.51	0.00
K26	2.7	2.7	2.6	8.0	0.51	0.01
K27	1.7	1.7	31.5	8.0	6.26	0.05
K28	1.6	1.6	2.8	8.0	0.56	0.00

K29	1.8	1.8	28.7	8.0	5.70	0.05
K30	3.7	3.7	5.6	8.0	1.11	0.02
K31	1.5	1.5	2.8	8.0	0.55	0.00
K32	1.5	1.5	2.8	8.0	0.55	0.00
K33	1.0	1.0	23.1	9.0	3.63	0.02
K34	1.0	1.0	2.8	8.0	0.56	0.00
K35	3.5	3.5	20.3	12.0	1.79	0.07
K36	1.5	1.5	8.3	9.0	1.31	0.01
K37	1.5	1.5	11.9	11.0	1.26	0.02
K38	4.0	4.0	8.3	9.0	1.31	0.03
K39	2.0	2.0	3.6	8.0	0.72	0.01

Πίνακας 5-4: Διαστάσεις αεραγωγών απώλειες ενέργειας λόγω τριβών για το δίκτυο εξαερισμού στον όροφο

Πάλι θα υπολογιστεί η ισχύς των δύο ανεμιστήρων της εισροής και της εκροής του εξαερισμού που θα εγκατασταθούν στον όροφο. Όπως και στην περίπτωση του ισογείου έτσι και στον ορόφου θεωρούνται τυπικές τιμές πτώσης πίεσης για τα φίλτρα, τον εναλλάκτη αέρα-αέρα καθώς και τις επιπλέον πτώσεις πίεσης του δικτύου 30 Pa, 150 Pa και 15 Pa αντίστοιχα, ενώ η ηλεκτρική απόδοση των ανεμιστήρων και πάλι θεωρείται 80%. Τελικά η ισχύς των ανεμιστήρων προκύπτει  $P_{fan}= 22.3 \text{ Watt}$  και παρατηρούμε ότι είναι αρκετά μικρότερη αυτή η τιμή σε σχέση με την ισχύ των ανεμιστήρων του ισογείου. Αυτό οφείλεται κυρίως ότι στο ισόγειο η ανάγκη για παροχή νωπού αέρα είναι πολλή μικρότερη σε σχέση με του ορόφου. Έπειτα όσον αφορά τον υπολογισμό της επιφάνειας του εναλλάκτη του εξαερισμού του ορόφου και πάλι ο ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας θεωρείται  $25 \text{ (W/m}^2 \text{ K)}$  το  $C_{min}=380 \text{ (Watt/K)}$ , το  $C_{min}/C_{max}=1$ , η αποτελεσματικότητα  $\epsilon$  προκύπτει και πάλι από την εκθετική σχέση που υπάρχει στον πίνακα της εικόνας 5-4, με  $\epsilon=0.78$  και το  $NTU=7$ . **Τελικά για την περίπτωση του ορόφου ο εναλλάκτης που απαιτείται θα πρέπει να έχει εμβαδόν ανταλλαγής θερμότητας  $28.85 \text{ m}^2$**  το οποίο συγκριτικά με το εμβαδόν του εναλλάκτη του ισογείου είναι αρκετά μικρότερο πράγμα το οποίο οφείλεται στην αρκετά μικρότερη ανάγκη για παροχή νωπού αέρα στο σύστημα εξαερισμού του ορόφου.

Επομένως, το ισόγειο απαιτεί  $1133,24 \text{ m}^3/\text{h}$  και ο όροφος  $307,21 \text{ m}^3/\text{h}$ , οπότε από τους πίνακες 5-5 και 5-6 παρατηρούμε πως τα μοντέλα LZ-H150GBA5 και LZ-H050GBA5 [10] καλύπτουν τις ανάγκες του ισογείου και ορόφου αντίστοιχα. Πιο συγκεκριμένα όσον αφορά τους εναλλάκτες που επιλέγονται για το σύστημα εξαερισμού, για το ισόγειο το μοντέλο LZ-H150GBA5 από την εικόνα 5-5, έχει ονομαστική παροχή όγκου  $1200 \text{ m}^3/\text{h}$ , ηλεκτρική ισχύ  $290 \text{ Watt}$  και

αποτελεσματικότητα  $\epsilon=0.83$ , ενώ για το σύστημα εξαερισμού του ορόφου το μοντέλο LZ-H050GBA5 έχει ονομαστική παροχή όγκου 320 m<sup>3</sup>/h ηλεκτρική ισχύ 95 Watt και αποτελεσματικότητα  $\epsilon=0.82$ . Η ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση των εναλλακτών (θερινή και χειμερινή περίοδος) προκύπτει 2633,4 kWh/yr.

Model		Unit	LZ-H080GBA5	LZ-H100GBA5	LZ-H150GBA5	LZ-H200GBA5	
Dimensions (W x H x D)	Body	mm	1,101 x 405 x 1,230		1,353 x 815 x 1,230		
Weight	Body	kg	63		130		
Power Supply		Ø, V, Hz	1, 220-240, 50				
Normal Air flow		m <sup>3</sup> /h	800	1,000	1,500	2,000	
ERV Mode	Operating Step		Super-high / High / Low		Super-high / High / Low		
	Current	SH / H / L	A	2.13 / 1.75 / 1.00	2.92 / 2.38 / 1.40	4.26 / 3.50 / 2.00	5.92 / 4.76 / 2.80
	Power Input	SH / H / L	W	328 / 266 / 144	463 / 370 / 208	660 / 530 / 290	926 / 740 / 420
	Air Flow	SH / H / L	m <sup>3</sup> /h	800 / 800 / 660	1,000 / 1,000 / 800	1,500 / 1,500 / 1,200	2,000 / 2,000 / 1,600
	External Static Pressure	SH / H / L	Pa	160 / 100 / 50	160 / 100 / 50	160 / 100 / 50	160 / 100 / 50
	Temperature Exchange Efficiency	SH / H / L	%	82 / 82 / 83	80 / 80 / 81	82 / 82 / 83	80 / 80 / 81
	Enthalpy Exchange Efficiency	Heating (SH / H / L)	%	73 / 73 / 76	71 / 71 / 73	73 / 73 / 76	71 / 71 / 73
		Cooling (SH / H / L)	%	66 / 66 / 70	64 / 64 / 67	66 / 66 / 70	64 / 64 / 67
	Sound Pressure Level	SH / H / L	dB(A)	40 / 36 / 32	40 / 37 / 33	43 / 39 / 35	43 / 40 / 36
	Sound Power Level	SH / H / L	dB(A)	56 / 53 / 47	59 / 56 / 52	59 / 56 / 50	62 / 59 / 55
Bypass Mode	Operating Step		Super-high / High / Low		Super-high / High / Low		
	Current	SH / H / L	A	2.13 / 1.75 / 1.00	2.92 / 2.38 / 1.40	4.26 / 3.50 / 2.00	5.92 / 4.76 / 2.80
	Power Input	SH / H / L	W	328 / 266 / 144	463 / 370 / 208	660 / 530 / 290	926 / 740 / 420
	Air Flow	SH / H / L	m <sup>3</sup> /h	800 / 800 / 660	1,000 / 1,000 / 800	1,500 / 1,500 / 1,200	2,000 / 2,000 / 1,600
	External Static Pressure	SH / H / L	Pa	160 / 100 / 50	160 / 100 / 50	160 / 100 / 50	160 / 100 / 50
	Sound Pressure Level	SH / H / L	dB(A)	41 / 37 / 33	41 / 38 / 34	44 / 40 / 36	44 / 41 / 37
Duct Work	Qty	EA	4		4 + 2		
	Size (Ø)	mm	Ø250		Ø250 + Ø350		
Supply Air Fan	Qty	EA	1		2		
	Type		Direct-Drive Sirocco		Direct-Drive Sirocco		
Exhaust Air Fan	Qty	EA	1		2		
	Type		Direct-Drive Sirocco		Direct-Drive Sirocco		
Filters	Qty	EA	2		4		
	Type		Cleanable fibrous fleeces		Cleanable fibrous fleeces		
	Size (W x H x D)	mm	1,148 x 6 x 245		1,148 x 6 x 245		

Πίνακας 5-5: Μοντέλα εναλλακτών εξαερισμού 1 [10]

Model		Unit	LZ-H025GBA4	LZ-H035GBA5	LZ-H050GBA5	
Dimensions (W x H x D)	Body	mm	988 x 273 x 1,014			
Weight	Body	kg	44			
Power Supply		Ø, V, Hz	1, 220-240, 50			
Normal Air flow		m <sup>3</sup> /h	250	350	500	
ERV Mode	Operating Step		Super-high / High / Low			
	Current	SH / H / L	A	0.70 / 0.60 / 0.42	1.05 / 0.90 / 0.50	1.65 / 1.56 / 0.80
	Power Input	SH / H / L	W	97 / 87 / 52	150 / 125 / 60	247 / 230 / 95
	Air Flow	SH / H / L	m <sup>3</sup> /h	250 / 250 / 150	350 / 350 / 210	500 / 500 / 320
	External Static Pressure	SH / H / L	Pa	100 / 70 / 50	150 / 100 / 50	150 / 100 / 50
	Temperature Exchange Efficiency	SH / H / L	%	80 / 80 / 83	80 / 80 / 82	79 / 79 / 82
	Enthalpy Exchange Efficiency	Heating (SH / H / L)	%	70 / 70 / 72	75 / 75 / 80	75 / 75 / 78
		Cooling (SH / H / L)	%	66 / 66 / 68	71 / 71 / 75	68 / 68 / 75
	Sound Pressure Level	SH / H / L	dB(A)	29 / 28 / 24	35 / 32 / 26	37 / 36 / 28
	Sound Power Level	SH / H / L	dB(A)	50	53 / 50 / 42	57 / 56 / 46
Bypass Mode	Operating Step		Super-high / High / Low			
	Current	SH / H / L	A	0.70 / 0.60 / 0.42	1.05 / 0.90 / 0.50	1.65 / 1.56 / 0.80
	Power Input	SH / H / L	W	97 / 87 / 52	150 / 125 / 60	247 / 230 / 95
	Air Flow	SH / H / L	m <sup>3</sup> /h	250 / 250 / 150	350 / 350 / 210	500 / 500 / 320
	External Static Pressure	SH / H / L	Pa	100 / 70 / 50	150 / 100 / 50	150 / 100 / 50
	Sound Pressure Level	SH / H / L	dB(A)	29 / 29 / 25	35 / 33 / 26	37 / 37 / 28
Duct Work	Qty	EA	4			
	Size (Ø)	mm	Ø200			
Supply Air Fan	Qty	EA	1			
	Type		Direct-Drive Sirocco			
Exhaust Air Fan	Qty	EA	1			
	Type		Direct-Drive Sirocco			
Filters	Qty	EA	2			
	Type		Cleanable fibrous fleeces			
	Size (W x H x D)	mm	855 x 10 x 166			

Πίνακας 5-6: Μοντέλα εναλλακτών εξαερισμού 2 [10]

Επομένως η θερμοροή του κτιρίου που εξοικονομείται στο σύστημα εξαερισμού για την χειμερινή περίοδο προκύπτει από το γινόμενο της αποτελεσματικότητας των εναλλακτών θερμότητας (82.5 %) και του συνολικού ποσού μεταφοράς θερμότητας από τον πίνακα 5-1 και **ισούται με 9127.77 Watt**. Για την θερινή περίοδο το αντίστοιχο ποσό θερμότητας προκύπτει και πάλι από το γινόμενο της αποτελεσματικότητας των εναλλακτών θερμότητας (82.5 %) και του συνολικού ποσού μεταφοράς θερμότητας από τον πίνακα 5-2 και **ισούται 3778.38 Watt**. Οπότε αφαιρώντας αυτές τις θερμοροές εξοικονόμησης από το συνολικό θερμικό και ψυκτικό φορτίο (18,71 kW και 38,85 kW αντίστοιχα από το κεφάλαιο 2) προκύπτουν τα μειωμένα θερμικά και ψυκτικά φορτία 9,58 kW και 35 kW αντίστοιχα. Εφαρμόζοντας τους συντελεστές SCOP=4 και SEER=8,2 του συστήματος που επιλέχθηκε στο κεφάλαιο 2, προκύπτουν **οι μειωμένες ετήσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις του VRV 5510 kWh/yr** (από 8382.4 kWh/yr κεφάλαιο 2) και **2919.5 kWh/yr** (από 3124.6 kWh/yr κεφάλαιο 2) **για χειμερινή και θερινή περίοδο αντίστοιχα**. Παρατηρείται πως η εξοικονόμηση τον χειμώνα είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση το καλοκαίρι καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό των θερμικών κερδών προέρχονται από την ηλιακή ακτινοβολία μέσω υαλοπινάκων. Επομένως **οι συνολικές μειωμένες καταναλώσεις του συστήματος που προκύπτουν προσθέτοντας τις μειωμένες ετήσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις VRV συν την ηλεκτρική κατανάλωση των εναλλακτών είναι 11063 kWh/yr**, ενώ χωρίς το σύστημα εναλλάκτη είναι **3124.6 kWh/yr + 8382.4 kWh/yr = 11507 kWh/yr**. Άρα έχουμε **4% ποσοστό εξοικονόμησης ετησίως**.



## 6. Σύγκριση με Λέβητες για θέρμανση χώρων και ZNX και κλιματισμό

Για να μπορέσει να διαπιστωθεί αν ο σχεδιασμός που πραγματοποιήθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια 4 και 5 είναι όντως μία επένδυση που θα εξοικονομήσει περισσότερη ενέργεια και χρήματα σε σχέση με άλλα συστήματα, θα γίνει **σύγκριση με λέβητα πετρελαίου για ZNX - θέρμανση χώρων και VRV για κλιματισμό**, καθώς και **σύγκριση με λέβητα υγραερίου για ZNX - θέρμανση χώρων και VRV για κλιματισμό**.

### 6.1. Λέβητας πετρελαίου για θέρμανση-ZNX και VRV για κλιματισμό

Οι λέβητες πετρελαίου είναι ευρέως διαδεδομένοι στην αγορά καθώς το πετρέλαιο θέρμανσης είναι ένα ασφαλές καύσιμο (μη εύφλεκτο), σχετικά οικονομικό (**1,606 €/L** [14] ) και με αρκετά μεγάλη απόδοση θερμότητας κατά την καύση του (**36 MJ/L= 10 kWh/L**). Βέβαια πλέον με την αύξηση της θερμοκρασίας και την κλιματική αλλαγή πραγματοποιείται προσπάθεια να αντικατασταθούν τα ορυκτά καύσιμα με ηλεκτρική ενέργεια όσο γίνεται περισσότερο από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ώστε να μπορέσουν να ελαχιστοποιηθούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και οξειδίων αζώτου παγκοσμίως. Εκτός από το μειονέκτημα της συμβολής του στη κλιματική αλλαγή, το πετρέλαιο θέρμανσης κατά την καύση αφήνει στερεά κατάλοιπα (καθώς είναι δύσκολο να επιτευχθεί η τέλεια καύση του) τα οποία μειώνουν την απόδοση της καύσης στον λέβητα και αυξάνουν τον κίνδυνο αστοχίας του, οπότε απαιτείται συχνή συντήρησή του (αντικατάσταση μπεκ ψεκασμού, καθαρισμός θαλάμου καύσης, προστασία από οξειδωση, κ.α.).

Εφόσον ο λέβητας θα καλύπτει τόσο την θέρμανση χώρων όσο και το ZNX, για να βρεθεί ο κατάλληλος λέβητας θα πρέπει να υπολογιστεί η μέγιστη ισχύς του, δηλαδή όταν θα ζεσταίνει χώρους και ZNX ταυτόχρονα. Σύμφωνα με την σχέση 4.15 της Οδηγίας Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 [9] η απαιτούμενη ισχύς του λέβητα για ZNX είναι:

$$P_n = 1,2 \cdot Q_d / 5 \quad (6.1)$$

Από την σχέση 4.1 και λαμβάνοντας τη μέγιστη αναγκαία αύξηση της θερμοκρασίας του νερού 34,9 °C το ημερήσιο φορτίο προκύπτει 52 kWh/day. Άρα  $P_n = 12,45 \text{ kW}$ .

Για την θέρμανση η ελάχιστη απαιτούμενη ισχύς του λέβητα ισούται με το συνολικό θερμικό φορτίο που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 3 και είναι 18,71 kW. Άρα αθροίζοντας το θερμικό φορτίο και την ισχύ λέβητα για ZNX προκύπτει πως η ελάχιστη απαιτούμενη ονομαστική ισχύς του λέβητα πρέπει να είναι 31,16 kW. Στην Εικόνα 6-1 φαίνονται τα χαρακτηριστικά του λέβητα πετρελαίου θέρμανσης που επιλέγεται.

ΕΙΔΟΣ		ΜΟΝΑΔΑ	NEW TURBO
			CON. 30 - 35.9 KW
Απόδοση στη θέρμανση	Συμβατική λειτουργία	KW (Kcal/h)	33.8 (29.000)
	Λειτουργία συμπύκνωσης		35.9 (30.800)
Απόδοση στο ζεστό νερό		KW (Kcal/h)	33.8 (29.000)
Βαθμός απόδοσης θέρμανσης	Ονομαστικό φορτίο	%	97.63
	Μερικό φορτίο		104.16
Παροχή ζεστού νερού	$\Delta T=25^\circ\text{C}$	Lt/min	19.3
	$\Delta T=40^\circ\text{C}$		12.1
Διαστάσεις DELUXE/STANDARD		Π x Μ x Υ (mm)	483 X 750 X 1093
ΒΑΡΟΣ DELUXE/STANDARD		KG	80/75
Ενεργειακή κλάση θέρμανσης			A
Ενεργειακή κλάση ζεστού νερού			B

Παροχές θέρμανσης : 1" inch

Παροχές ζεστού νερού χρήσης : 3/4" inch

Παροχή αποχέτευσης : 1" inch

Καμινάδα : 77Φ

Παροχή ρεύματος : AC 230V/ 50Hz

Κατανάλωση ρεύματος : 115 W

Ρεύμα αναμονής (standby) : 5 W

Εικόνα 6-1 : Τεχνικά χαρακτηριστικά λέβητα πετρελαίου θέρμανσης [15]

Η απόδοση του συγκεκριμένου λέβητα είναι 97,63% με ονομαστική ισχύ 33,8 kW και 35,9 kW σε λειτουργία συμπύκνωσης. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος είναι 115 W. Επομένως ο λέβητας καλύπτει τις ανάγκες θέρμανσης και ZNX. Οι **ετήσιες απαιτούμενες kWh θέρμανσης και ZNX** είναι 25244 kWh/yr και 17103 kWh/yr αντίστοιχα, άρα **συνολικά 42347.4 kWh/yr**. Οπότε γνωρίζοντας τη θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου θέρμανσης και το κόστος του μπορεί να υπολογιστεί το ετήσιο κόστος κατανάλωσης πετρελαίου:

$$K_{\text{πετρ.}} = \frac{42347.4 \text{ kWh/yr}}{10 \frac{\text{kWh}}{\text{L}} \cdot 0,976} \cdot 1,606 \text{ €/L} = 6968.2 \text{ €/yr} \quad (6.2)$$

Η ηλεκτρική κατανάλωση του λέβητα ετησίως είναι  $0,115 \text{ kW} \cdot 24 \text{ hr/day} \cdot 365 \text{ day/yr} = 1007 \text{ kWh/yr}$ .












Για τον κλιματισμό των χώρων η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι 3124.6 kWh/yr, θεωρώντας πως χρησιμοποιείται VRV με ίδια χαρακτηριστικά ψύξης με αυτό που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 3. Γνωρίζοντας πως το κόστος ηλεκτρικής

ενέργειας είναι 0,236 €/ kWh οπότε ο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας του λέβητα και του κλιματισμού εκτιμάται 975.14 €/yr. Άρα **το συνολικό ετήσιο κόστος του συστήματος λέβητα πετρελαίου για θέρμανση-ZNX και κλιματισμό είναι 7943.4 €/yr.**

## 6.2. Λέβητας υγραερίου για θέρμανση-ZNX και VRV για κλιματισμό

Οι καυστήρες υγραερίου είναι ένας εναλλακτικός τρόπος θέρμανσης που εφαρμόζεται, καθώς το υγραέριο είναι ένα καύσιμο επίσης ευρέως διαδεδομένο. Είναι πιο φιλικό στο περιβάλλον σε σχέση με το πετρέλαιο καθώς η καύση του στους λέβητες αφήνει 15% μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα [17] σε σχέση με το πετρέλαιο θέρμανσης. Παρότι η θερμογόνος δύναμή του (**24,4 MJ/L= 6,78 kWh/L**) είναι μικρότερη του πετρελαίου και είναι πιο εύφλεκτο, είναι οικονομικότερο (**1,114 €/L** [18] ) και η συντήρησή του λέβητα αερίου είναι πολύ πιο οικονομική και δεν απαιτείται τόσο συχνά όσο στους λέβητες πετρελαίου, καθώς η καύση του είναι πιο καθαρή και δεν αφήνει στερεά κατάλοιπα, τα οποία μειώνουν την απόδοση του καυστήρα όπως εξηγήθηκε στην προηγούμενη ενότητα.

Για να υπολογιστεί το κόστος λειτουργίας του συστήματος λέβητα υγραερίου-κλιματισμού θα χρησιμοποιηθούν οι **ετήσιες απαιτούμενες kWh θέρμανσης και ZNX** που υπολογίστηκαν στην προηγούμενη ενότητα, δηλαδή **συνολικά 42347.4 kWh/yr**. Δηλαδή θα πραγματοποιηθούν παρόμοιοι υπολογισμοί με τον λέβητα πετρελαίου, όμως με διαφορετική απόδοση, θερμογόνος, κόστος ανά λίτρο και ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας. Στον πίνακα 6-1 φαίνονται τα χαρακτηριστικά του επιλεγμένου λέβητα αερίου.

BLUEHELIX ALPHA		24 C	28 C	34 C
Κλάση ERP	 (Κλάση G - A <sup>+</sup> )			
	 (Κλάση G - A)	 	 	 
Μέγιστη / ελάχιστη θερμική παροχή θέρμανσης (Ht)	kW	22,9 / 4,7	27,2 / 5,3	34,1 / 5,5
Μέγιστη / ελάχιστη θερμική ισχύς θέρμανσης (80/60°C)	kW	20 / 4,1	24 / 4,7	30 / 4,8
Μέγιστη / ελάχιστη θερμική ισχύς θέρμανσης (50/30°C)	kW	21,8 / 4,5	26 / 5,0	31,9 / 5,4
Μέγιστη θερμική παροχή νερού οικιακής χρήσης (Ht)	kW	25	28,5	34,8
Ελάχιστη θερμική παροχή νερού οικιακής χρήσης (Ht)	kW	4,2	4,8	5,0
Μέγιστη / ελάχιστη θερμική ισχύς νερού οικιακής χρήσης	kW	24,3 / 4,1	28,0 / 4,7	34,0 / 4,8
Απόδοση P <sub>max</sub> (80-60°C) (Ht)	%	97,1	97,8	97,7
Απόδοση P <sub>min</sub> (80-60°C) (Ht)	%	97,0	97,6	97,2
Απόδοση P <sub>max</sub> (50-30°C) (Ht)	%	105,8	106,1	106,2
Απόδοση P <sub>min</sub> (50-30°C) (Ht)	%	106,9	107,3	107,1
Απόδοση 30%	%	108,8	109,7	109,7
Πίεση αερίου τροφοδοσίας G20	mbar	20	20	20
Μέγιστη παροχή αερίου G20	m <sup>3</sup> /h	2,65	3,02	3,68
Ελάχιστη παροχή αερίου G20	m <sup>3</sup> /h	0,44	0,51	0,53
CO <sub>2</sub> max / min G20	%	9,0 / 8,9	9,3 / 8,8	9,2 / 8,9
Πίεση αερίου τροφοδοσίας G31	mbar	37	37	37
Μέγιστη / ελάχιστη παροχή αερίου G31	kg/h	1,94 / 0,33	2,21 / 0,37	2,70 / 0,39
CO <sub>2</sub> max / min G31	%	10,4 / 9,6	10,1 / 9,8	9,8 / 9,6
Κλάση εκπομπής NOx (EN 15502-1)	-	6	6	6
Μέγιστη πίεση λειτουργίας θέρμανσης	bar	3	3	3
Ελάχιστη πίεση λειτουργίας θέρμανσης	bar	0,8	0,8	0,8
Μέγιστη θερμοκρασία θέρμανσης	°C	95	95	95
Περιεκτικότητα σε νερό θέρμανσης	λίτρα	2,9	2,9	4,3
Χωρητικότητα δοχείου διαστολής θέρμανσης	λίτρα	8	8	10
Πίεση προφόρτισης δοχείου διαστολής θέρμανσης	bar	0,8	0,8	0,8
Μέγιστη πίεση λειτουργίας νερού οικιακής χρήσης	bar	9	9	9
Ελάχιστη πίεση λειτουργίας νερού οικιακής χρήσης	bar	0,3	0,3	0,3
Παροχή νερού οικιακής χρήσης Δt 25°C	l/min	14	16,1	19,5
Παροχή νερού οικιακής χρήσης Δt 30°C	l/min	11,7	13,4	16,2
Βαθμός προστασίας (IEC 60529)	IP	IPX4D	IPX4D	IPX4D
Τάση τροφοδοσίας	V/Hz	230V / 50Hz	230V / 50Hz	230V / 50Hz
Απορροφούμενη ηλεκτρική ισχύς	W	73	82	99
Βάρος χωρίς φορτίο	kg	27	27	31

Πίνακας 6-1 : Τεχνικά χαρακτηριστικά λέβητα υγραερίου [19]

Ο επιλεγμένος λέβητας έχει 97,7 % απόδοση, ονομαστική ισχύ 34,1 kW και ηλεκτρική ισχύ 99 W. Οπότε γνωρίζοντας τη θερμογόνο δύναμη του υγραερίου και το κόστος του μπορεί να υπολογιστεί το ετήσιο κόστος κατανάλωσης υγραερίου:

$$K_{\text{υγραερ}} = \frac{42347.4 \text{ kWh/yr}}{6,78 \frac{\text{kWh}}{\text{L}} \cdot 0,977} \cdot 1,114 \text{ €/L} = 7124.1 \text{ €/yr} \quad (6.3)$$

Η ηλεκτρική κατανάλωση του λέβητα ετησίως είναι 0,099 kW· 24 hr/day· 365 day/yr = 867 kWh/yr.

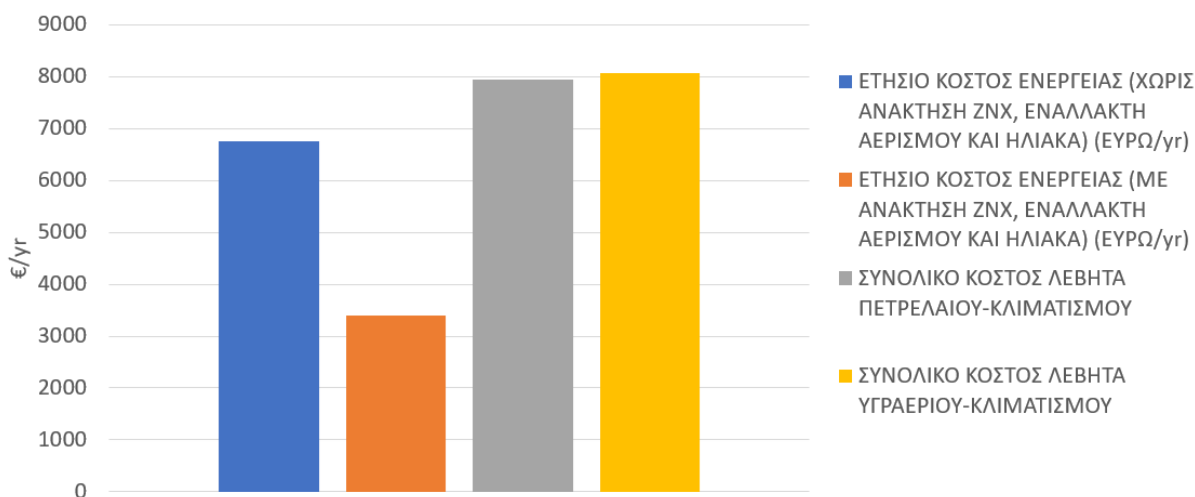
Για τον κλιματισμό των χώρων η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι 3124.6 kWh/yr. Γνωρίζοντας πως το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας είναι 0,236 €/ kWh οπότε ο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας του λέβητα και του κλιματισμού εκτιμάται 942 €/yr. Άρα

**το συνολικό ετήσιο κόστος του συστήματος λέβητα πετρελαίου για θέρμανση-ZNX και κλιματισμό είναι 8066 €/yr.**

Άρα το σύστημα αυτό φαίνεται να μην συμφέρει τόσο όσο του λέβητα πετρελαίου, όμως αν λάβουμε υπόψιν και τα κόστη συντήρησης που είναι περισσότερα για τον λέβητα πετρελαίου και την γρηγορότερη πτώση απόδοσής του σε σχέση με τον λέβητα αερίου, το ετήσιο κόστος του συστήματος πετρελαίου μπορεί να ξεπεράσει το αντίστοιχο κόστος συστήματος υγραερίου.

## 7. Συμπεράσματα

Στην Εικόνα 7-1 παρουσιάζεται γράφημα με τη σύγκριση των διαφορετικών ενεργειακών σχεδιασμών που πραγματοποιήθηκαν.



Εικόνα 7-1 : Συγκριτικό γράφημα ετήσιας κατανάλωσης

Επομένως, όπως φαίνεται από το παραπάνω γράφημα, το σύστημα VRV για θέρμανση-κλιματισμό, με ανάκτηση θερμότητας-ηλιακούς συλλέκτες για ΖΝΧ και εναλλάκτη θερμότητας εξαερισμού αποτελεί το οικονομικότερο (άρα και το λιγότερο ενεργοβόρο) από όσα εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία, καθώς μειώνει το ετήσιο κόστος ενός συμβατικού VRV συστήματος χωρίς ανάκτηση ΖΝΧ, ηλιακούς συλλέκτες και εναλλάκτη εξαερισμού από 6752 €/yr στα 3397 €/yr, άρα η **εξοικονόμηση χρημάτων εκτιμάται σχεδόν 3355€/yr (49.7% μείωση ετήσιου κόστους)**. Το σύστημα λέβητα πετρελαίου θέρμανσης για θέρμανση-ZNX και VRV για κλιματισμό καθώς και το σύστημα λέβητα υγραερίου για θέρμανση-ZNX και VRV για κλιματισμό όπως προκύπτει δεν αποτελούν οικονομικές εναλλακτικές του επιλεγμένου συστήματος, ακόμα κι αν δεν επιλέγονταν να εγκατασταθούν ανάκτηση ΖΝΧ από κλιματισμό, ηλιακοί συλλέκτες και εναλλάκτης εξαερισμού.

## 8. Βιβλιογραφία

- [1]: Çengel, Yunus A. (2008). "Thermodynamics : an engineering approach. Boston :McGraw-Hill Higher Education"
- [2]: Çengel, Yunus A. (2002). "Heat Transfer : a practical approach. Mcgraw-Hill"
- [3]: Κατσαπράκης Δημήτρης Α., Μονιάκης Μύρων. (2015) "Θέρμανση – Ψύξη – Κλιματισμός. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα"
- [4]: A. Bhatia "HVAC Variable Refrigerant Flow Systems".  
<https://www.seedengr.com/Variable%20Refrigerant%20Flow%20Systems.pdf>
- [5]: <https://www.aircoline.gr/polyzonika.el.aspx>
- [6]: <https://kftexniki.gr/ypiresies/klimatismos/systima-vrh/>
- [7]: Hanlong Wan et al. (2020) "A review of recent advancements of variable refrigerant flow air-conditioning systems"
- [8]: Ελληνική Στατιστική Αρχή "ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ, 2011-2012"
- [9]: Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017
- [10]: [https://www.lg.com/hr/klima-uredaji/2019-Multi-V-Catalogue\\_EU\\_0128\\_preview.pdf](https://www.lg.com/hr/klima-uredaji/2019-Multi-V-Catalogue_EU_0128_preview.pdf)
- [11]: Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-8/2021
- [12]: [https://www.daikin.com.sg/resources/ck/files/catalogue/VRV%20Heat%20Recovery%20Hot%20Water%20System\\_PCVMT1536.pdf](https://www.daikin.com.sg/resources/ck/files/catalogue/VRV%20Heat%20Recovery%20Hot%20Water%20System_PCVMT1536.pdf)
- [13]: [https://www.meteoblue.com/el/%CE%BA%CE%B1%CE%B9%CF%81%CF%8C%CF%82/storyclimate/climatemodelled/%ce%9c%ce%b5%cf%83%ce%bf%ce%bb%cf%8c%ce%b3%ce%b3%ce%b9\\_%ce%95%ce%bb%ce%bb%ce%ac%ce%b4%ce%b1\\_257186](https://www.meteoblue.com/el/%CE%BA%CE%B1%CE%B9%CF%81%CF%8C%CF%82/storyclimate/climatemodelled/%ce%9c%ce%b5%cf%83%ce%bf%ce%bb%cf%8c%ce%b3%ce%b3%ce%b9_%ce%95%ce%bb%ce%bb%ce%ac%ce%b4%ce%b1_257186)
- [14]: [https://www.globalpetrolprices.com/heating\\_oil\\_prices/](https://www.globalpetrolprices.com/heating_oil_prices/)
- [15]: <https://nova-ceramica.gr/products/kiturami-low-nox-new-turbo-condensing-30d-deluxe-%CE%BB%CE%AD%CE%B2%CE%B7%CF%84%CE%B1%CF%82-%CF%83%CF%85%CE%BC%CF%80%CF%8D%CE%BA%CE%BD%CF%89%CF%83%CE%B7%CF%82-%CF%80%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%B5%CE%BB%CE%B1%CE%AF%CE%BF%CF%85#tab-1>
- [16]: <https://www.rae.gr/map-graph/>
- [17]: Eric P. Johnson (2012) "Carbon footprints of heating oil and LPG heating systems"
- [18]: [https://www.globalpetrolprices.com/lpg\\_prices/](https://www.globalpetrolprices.com/lpg_prices/)

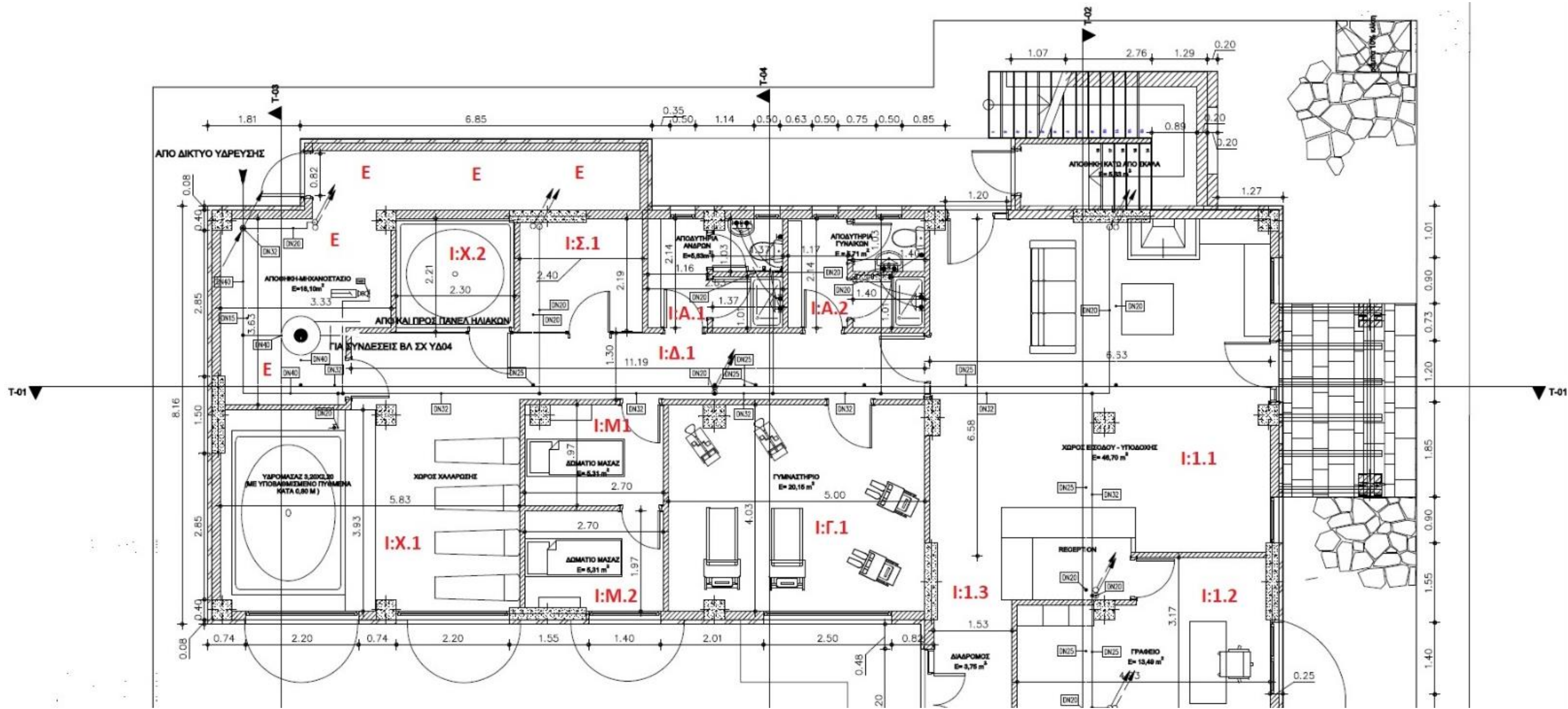
[19]: <https://www.luk.com.gr/product/4884/ferroli-bluehelix-alpha-34c-lebitas-aerioy-ygraerioy-sympyknomaton-34kw->

[20]:<https://opencourses.auth.gr/modules/document/file.php/OCRS470/%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/%CE%9A%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%8210.pdf>

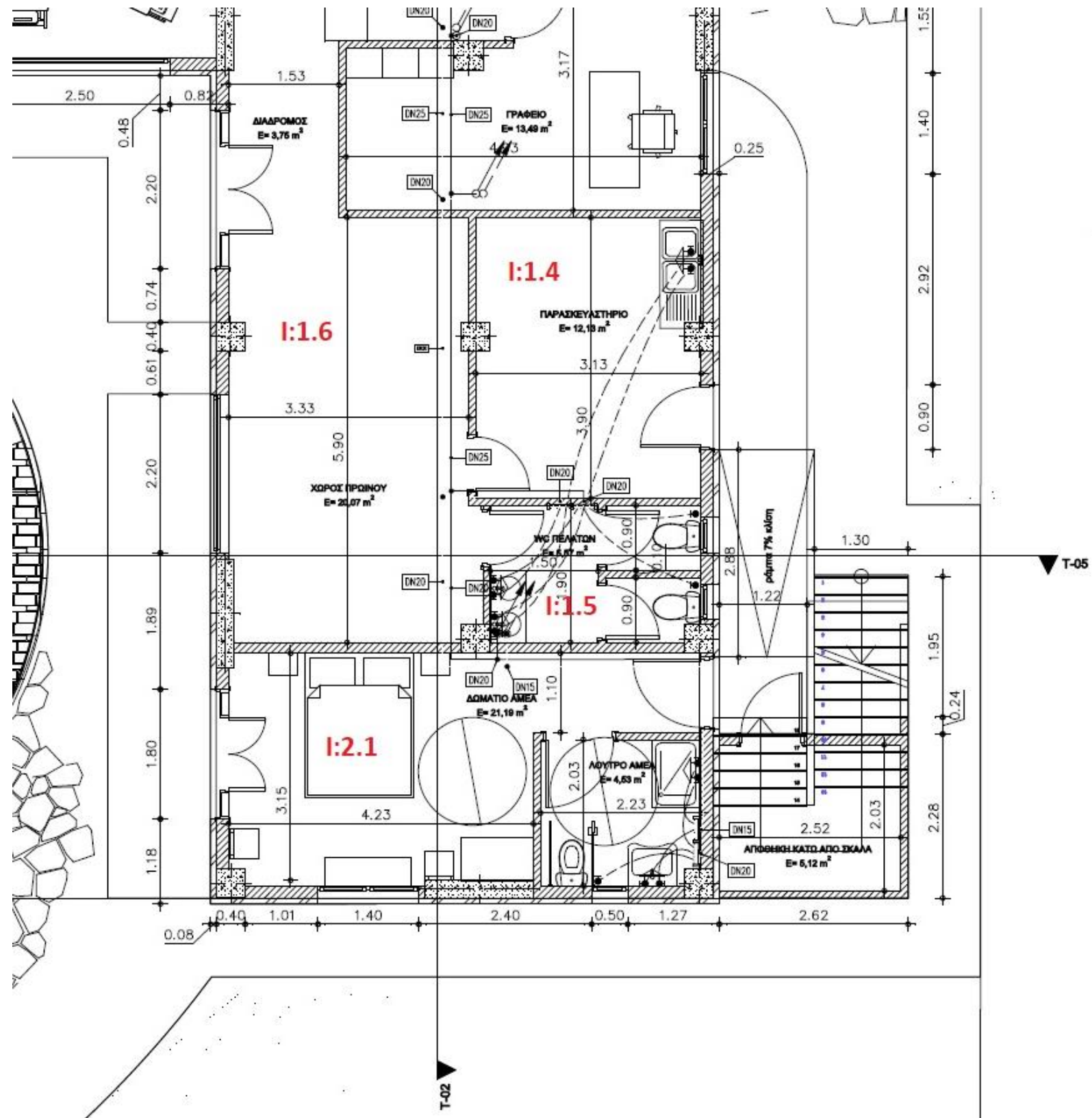
[21]: Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010



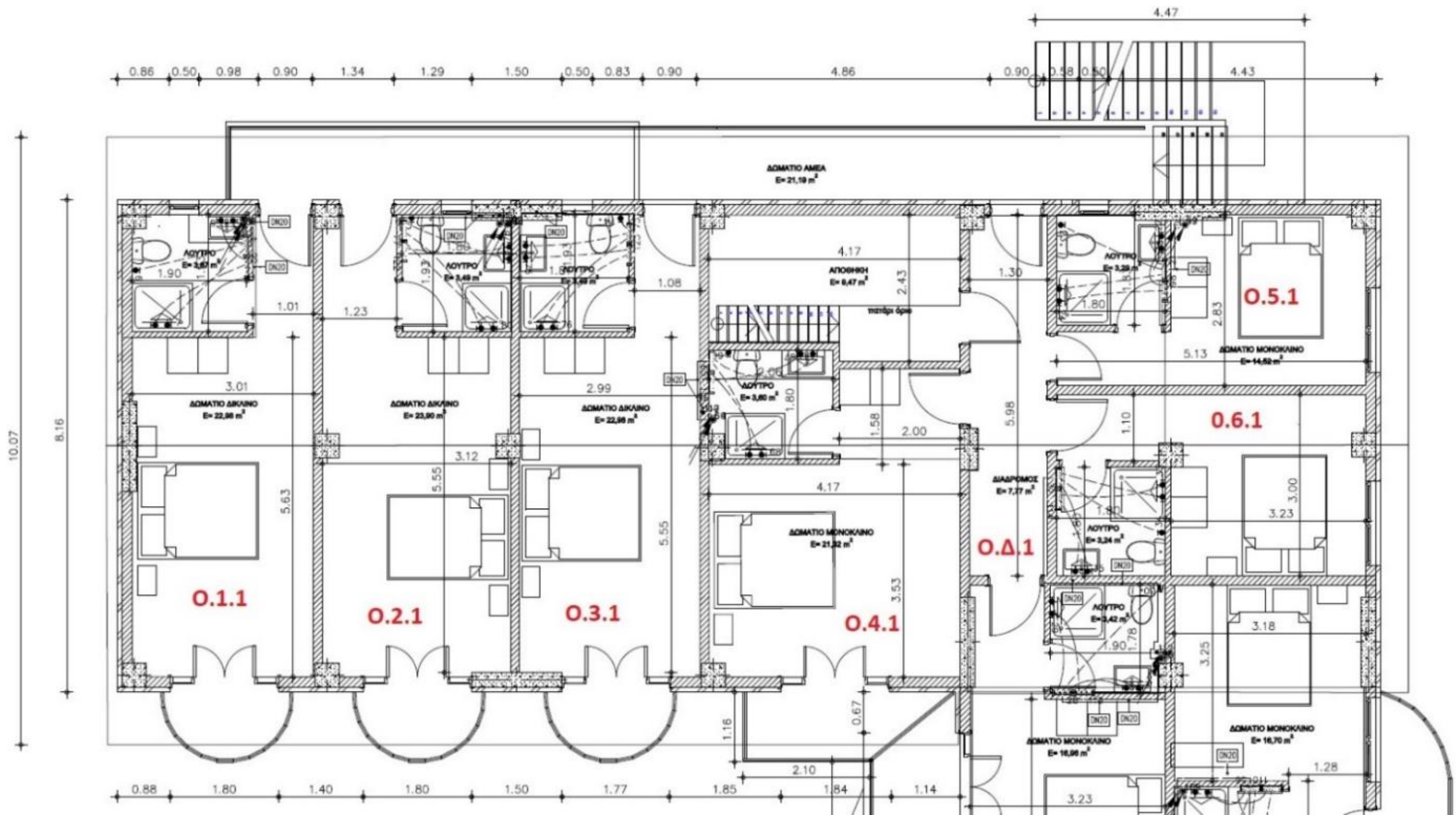
# 9. Παράρτημα



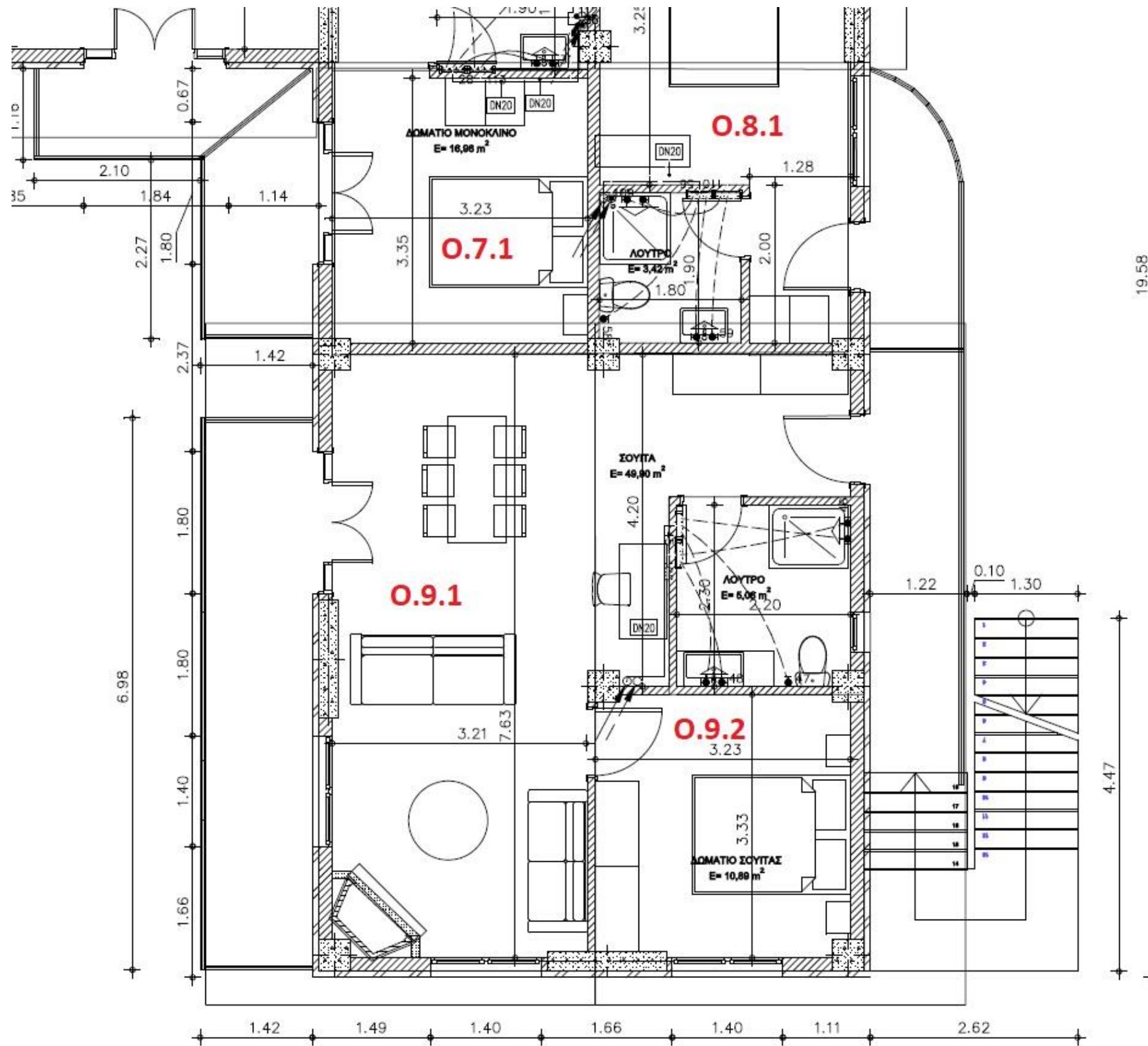
Εικόνα 9-1: Σκαρίφημα Ισογείου 1



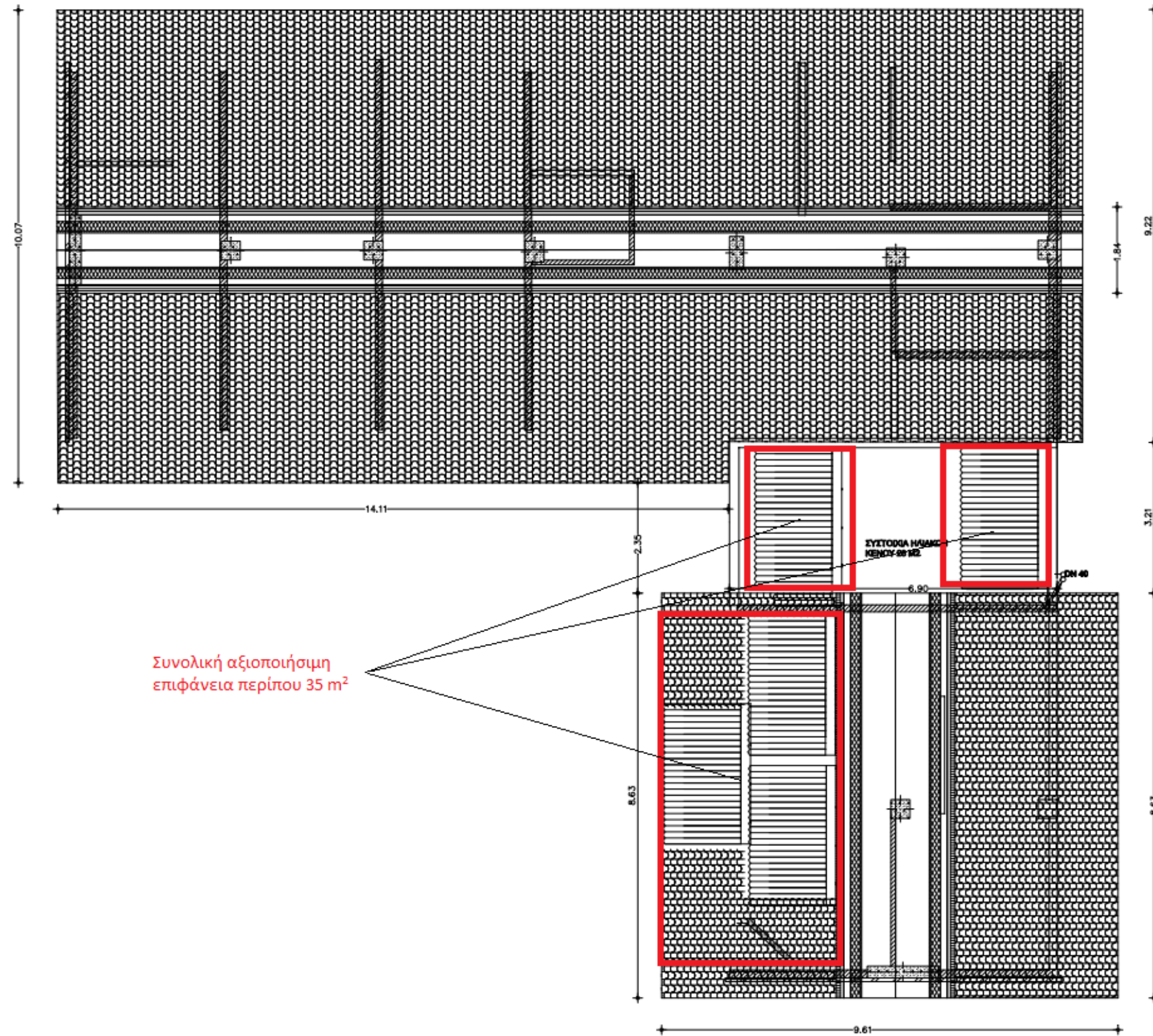
Εικόνα 9-2: Σκαρίφημα Ισογείου 2



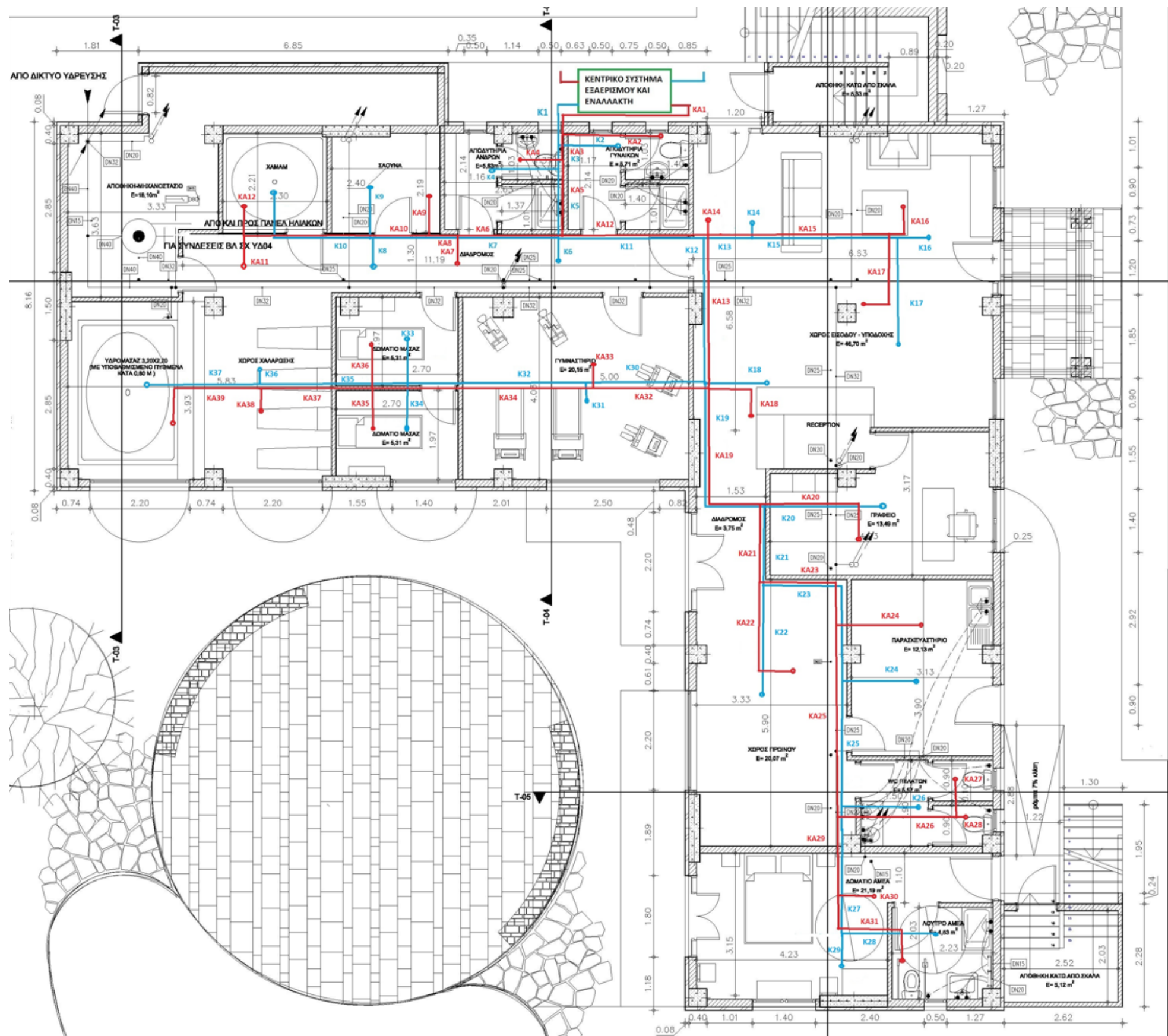
Εικόνα 9-3: Σκαρίφημα ορόφου 1



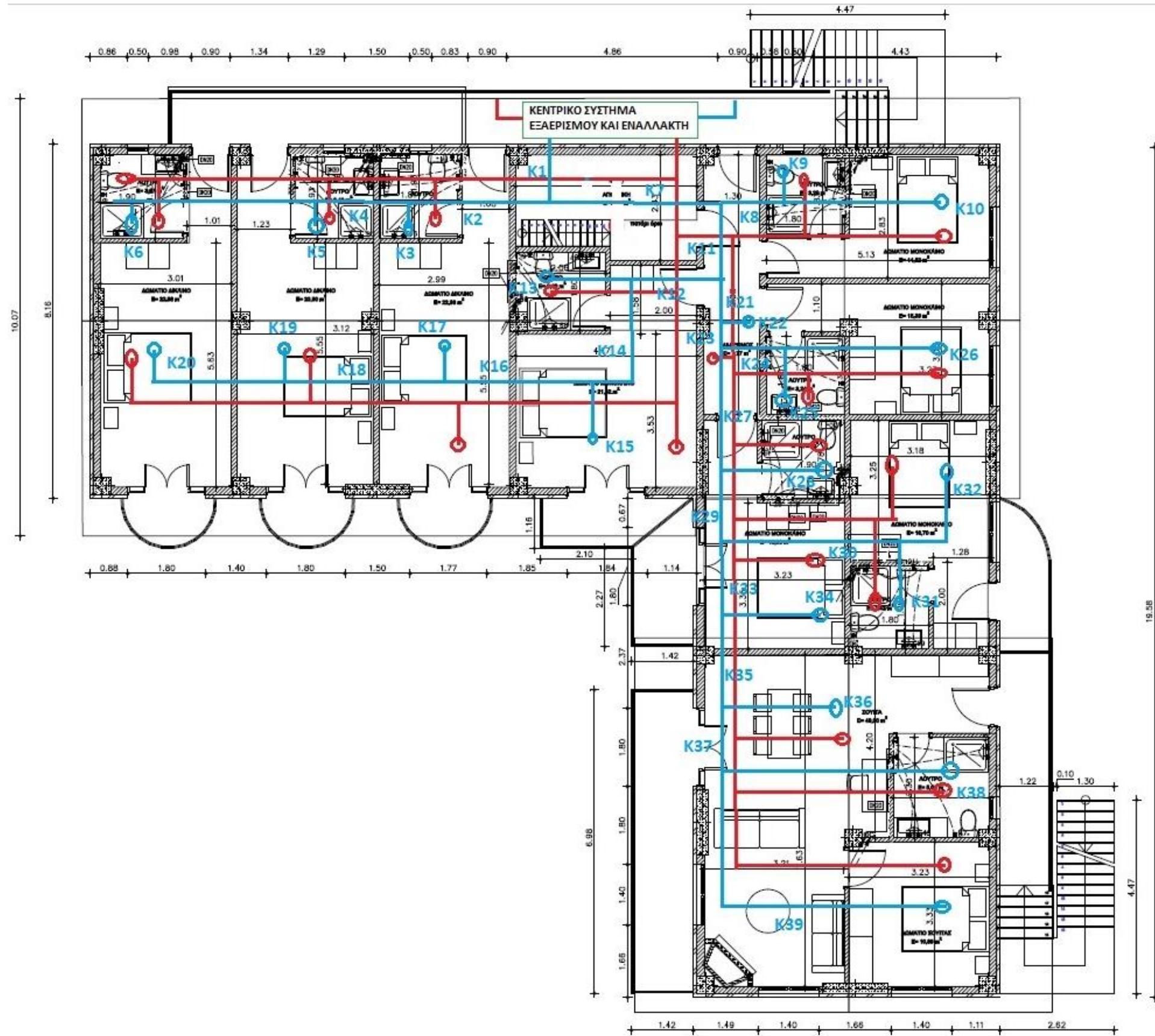
Εικόνα 9-4: Σκαρίφημα ορόφου 2



Εικόνα 9-5: Σχεδιάγραμμα της στέγης του εξεταζόμενου κτιρίου και της αξιοποιήσιμης επιφάνειας για εγκατάσταση ηλιοθερμικού συστήματος



Εικόνα 9-6: Δίκτυο αεραγωγών ισογείου



Εικόνα 9-7: Δίκτυο αεραγωγών ορόφου

