



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

2021

Τεχνική Έκθεση

Ενεργειακή Αναβάθμιση Κτηρίου

Κρυστάμτσης Νικόλαος, ΑΕΜ: 2542

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Ειδικά Θέματα Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων

THIS PAGE WAS LEFT BLANK INTENTIONALLY

Κρυστάμτσης Νικόλαος

Ενεργειακή Αναβάθμιση Κτηρίου Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Ειδικά θέματα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων

KEYWORDS

Αερισμός-εξαερισμός, αυτοματισμός, δομικά στοιχεία, ενεργειακή κατάταξη, θέρμανση, θερμογέφυρες, θερμομόνωση, κέλυφος, κουφώματα, σκιασμός, συστήματα, φωτισμός, φωτοβολταικά , ψύξη

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2. Ενεργειακή Αναβάθμιση Κτηρίου Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.....	1
2.1 Στόχος τεχνικής έκθεσης.....	1
2.2 Στοιχεία τεχνικής έκθεσης	2
3. Κέλυφος.....	2
3.1 Κέλυφος – Θερμομόνωση.....	2
3.2 Θερμογέφυρες	10
3.3 Υπολογισμός U_m	20
3.4 Συντελεστές Σκίασης.....	20
4. Συστήματα.....	27
4.1 Συστήματα Ισογείου	27
4.2 Συστήματα Α' Ορόφου	32
4.3 Συστήματα Β' Ορόφου	36
4.4 Ζ.Ν.Χ	40
4.5 Φωτοβολταϊκά.....	40
5. Αποτελέσματα	44
6. Συμπεράσματα	46

THIS PAGE WAS LEFT BLANK INTENTIONALLY

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ως εσωτερική ηλεκτρολογική εγκατάσταση θεωρούμε ένα εσωτερικό ηλεκτρολογικό δίκτυο, το οποίο έχει τη δυνατότητα να κατασκευάζει στο δικό του χώρο κάθε καταναλωτής σύμφωνα με τις δικές του απαιτήσεις. Η κάθε ηλεκτρολογική εγκατάσταση περιλαμβάνει ένα σύνολο ηλεκτρολογικών υλικών που έχουν κατάλληλα επιλεγμένα χαρακτηριστικά και συνδέονται κατάλληλα μεταξύ τους ώστε να επιτελέσουν ένα συγκεκριμένο σκοπό.

Οι εγκαταστάσεις διακρίνονται και πρέπει να σχεδιάζονται ανάλογα με τον χώρο ή την περιοχή που βρίσκονται και τον χρήστη τους. Κάθε ηλεκτρολογική εγκατάσταση θα πρέπει να είναι ασφαλής. Προκειμένου να εφαρμοστούν όλα τα παραπάνω, το κράτος έχει θεσπίσει πρότυπα και κανονισμούς για τις ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις. Οι μηχανικοί θα πρέπει να λειτουργούν με βάση τους κανονισμούς και ώστε να διασφαλισθεί η ποιότητα των υπηρεσιών και της παραγωγής.

Η ανάγκη για εξάλειψη των μη αποδοτικών κτηρίων είναι επιτακτική. Συγκεκριμένα στην Ελλάδα, το πρόβλημα είναι πιο έντονο σε σχέση με χώρες τις Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην έλλειψη υποχρεωτικών προδιαγραφών ενεργειακής σχεδίασης των κτηρίων σε περιόδους που παρουσίασαν υψηλά επίπεδα ανοικοδομήσεων (δεκαετίες 60', 70', 80'). Επίσης, η καθυστέρηση για προσαρμογή σε διατάξεις που θεσπίστηκαν οδήγησαν σε μία νέα γενιά ενεργοβόρων κτηρίων, από το 1990 έως το 2004 που στερούνται τα χαρακτηριστικά ενεργειακής σχεδίασης.

Τα οφέλη της ενεργειακής αναβάθμισης ενός κτηρίου είναι πολλαπλά, τόσο για τα άτομα όσο και για το περιβάλλον. Από όποια πλευρά και αν εξετασθεί το θέμα είναι προφανές ότι τα ενεργοβόρα κτήρια πρέπει να υπακούν σε ενεργειακά πρότυπα. Στα επόμενα χρόνια είναι πιθανή η επιβολή προστίμων σε κτήρια που δεν υπάγονται σε κάποιον κανονισμό από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

2. Ενεργειακή Αναβάθμιση Κτηρίου Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

2.1 Στόχος τεχνικής έκθεσης

Στην παρούσα τεχνική έκθεση θα γίνει η ενεργειακή μελέτη ενός κτηρίου δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Θα ληφθεί υπόψη η παραμετροποίηση στα στοιχεία κελύφους του κτηρίου και στις ηλεκτρομαγνητικές εγκαταστάσεις. Η μελέτη θα γίνει σύμφωνα με τη 2^η TOTEE του ΚΕΝΑΚ. Το κτήριο που εξετάζεται είναι υπό ανέγερση στο νομό Μαγνησίας και συγκεκριμένα στο Βόλο (Ζώνη Β).

2.2 Στοιχεία τεχνικής έκθεσης

Προκειμένου να θεωρείται πλήρης η τεχνική έκθεση θα περιλαμβάνει:

- Τους υπολογισμούς των συντελεστών θερμοπερατότητας και θερμογεφυρών των δομικών στοιχείων
- Τους βαθμούς απόδοσης των συστημάτων κλιματισμού

Κάθε όροφος θεωρείται από μια θερμική ζώνη. Γι' αυτό το λόγο το κτήριο αποτελείται από τρεις θερμικές ζώνες. Όλοι οι χώροι του κτηρίου θεωρούνται ως θερμαινόμενοι χώροι. Θα ληφθούν υπόψη στοιχεία λόγω της διείσδυσης του αέρα λόγω αεροστεγανότητας των κουφωμάτων και συστήματα αυτοματισμών. Επίσης, το κτήριο δε διαθέτει ανεμιστήρες οροφής, καμινάδες τζακιών ανοίγματα αερισμού και εξώθυρες.

3. Κέλυφος

Ως κέλυφος του κτηρίου ορίζονται τα ενσωματωμένα δομικά στοιχεία ενός κτηρίου ή μίας κτηριακής μονάδας που διαχωρίζουν το εσωτερικό από το εξωτερικό περιβάλλον.

3.1 Κέλυφος – Θερμομόνωση

Αρχικά, θα γίνει έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας του κτηρίου. Αρχικά, πρέπει να υπολογισθούν οι συντελεστές θερμοπερατότητας των αδιαφανών και διαφανών δομικών στοιχείων.

Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοιχοποιίας πλήρωσης (μπατικής):

	A	B	C	D	E	F
1	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ 27cm					
2	ΤΥΠΟΣ : ΜΠΑΤΙΚΗ ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΗ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ ΠΥΡΗΝΑ					
3						
4	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ R _Λ					
	A/ A	ΣΤΡΩΣΕΙΣ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ρ (Kg/m ³)	ΠΑΧΟΣ d (m)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ λ (W/m ² *K)	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ R=d/λ (m ² *K/W)
5						
6	1	ΑΣΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑ ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΗ ΜΕ ΔΙΑΤΡΗΤΕΣ	1.800,00	0,020	0,870	0,023
7	2	ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΥΣ ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗ	1.500,00	0,090	0,510	0,176
8	3	ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΗ ΜΕ ΔΙΑΤΡΗΤΕΣ		0,100	0,035	2,857
9	4	ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΥΣ	1.500,00	0,090	0,510	0,176
10	5	ΑΣΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑ	1.800,00	0,020	0,870	0,023
11			ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ	0,320	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ R _Λ	3,256

26	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ)	Ri (εσωτ.)	m ² *K/W	0,13
27	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ	Rλ	m ² *K/W	3,256
28	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ)	Ra (εξωτ.)	m ² *K/W	0,04
29	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ ΣΕ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ ΑΕΡΑ	Rδ	m ² *K/W	0
30			ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ Roλ	3,426
31				
32	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ U=1/Roλ		0,292	

$$U = 0.292 < 0.45$$

Η τιμή αυτή είναι δεκτή, αφού είναι μικρότερη από την τιμή του κτηρίου αναφοράς που ορίζεται από τον κανονισμό.

Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας σκυροδέματος:

1	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ 33cm					
2	ΤΥΠΟΣ : ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ					
3						
4	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ Rλ					
	A/ A	ΣΤΡΩΣΕΙΣ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ρ (Kg/m3)	ΠΑΧΟΣ d (m)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ λ (W/m²K)	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ R=d/λ (m²K/W)
5						
6	1	ΑΣΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑ	1.800,00	0,020	0,870	0,023
7	2	ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ		0,070	0,035	2,000
8	3	ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	2.400,00	0,250	2,500	0,100
9	4	ΑΣΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑ	1.800,00	0,020	0,870	0,023
10			ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ	0,360	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ Rλ	2,146

25	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ)	Ri (εσωτ.)	m ² *K/W	0,13
26	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ	Rλ	m ² *K/W	2,146
27	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ)	Ra (εξωτ.)	m ² *K/W	0,04
28	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ ΣΕ	Rδ	m ² *K/W	0
29			ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ Roλ	2,316
30				
31	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ U=1/Roλ		0,432	

$$U = 0.432 < 0.45$$

Η τιμή αυτή είναι δεκτή, αφού είναι μικρότερη από την τιμή του κτηρίου αναφοράς που ορίζεται από τον κανονισμό.

Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας πλάκα οροφής:

4	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ R_λ					
	A/ A	ΣΤΡΩΣΕΙΣ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ρ (Kg/m ³)	ΠΑΧΟΣ d (m)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ λ (W/m ² K)	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ R=d/λ (m ² K/W)
5						
6	1	ΠΛΑΚΑΚΙ		0,020	1,300	0,015
7	2	ΑΣΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑ	1.800,00	0,050	0,870	0,057
8	3	ΑΣΦΑΛΤΟΠΑΝΟ	1.200,00	0,002	0,190	0,011
9	4	ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ		0,080	0,035	2,286
10	5	ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	2.500,00	0,150	2,500	0,060
11	6	ΑΣΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑ	1.800,00	0,020	0,870	0,023
12			ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ	0,322	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ R_λ	2,452
27		ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ)		R _i (εσωτ.)	m ² K/W	0,17
28		ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ		R _λ	m ² K/W	2,452
29		ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ)		R _a (εξωτ.)	m ² K/W	0
30		ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ ΣΕ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ ΑΕΡΑ		R _δ	m ² K/W	0
31				ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ R_{oλ}		2,622
32						
33		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ U=1/R_{oλ}			0,381	

$$U = 0.381 < 0.40.$$

Η τιμή αυτή είναι δεκτή, αφού είναι μικρότερη από την τιμή του κτηρίου αναφοράς που ορίζεται από τον κανονισμό.

Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (λ) του ασφαλτόπανου επιλέχθηκε από τον κατάλογο:

Τύπος κατασκευής		Οριζόντια θερμομονωμένη πλάκα		
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική Αγωγιμότητα Υλικού λ (W/m K)	Θερμική Αντίσταση Υλικού R (m ² K/W)
1	Ασφαλτόπανο	0,004	0,190	0,02105

Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας δαπέδου σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο:

1	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΔΑΠΕΔΟΥ					
2	ΤΥΠΟΣ : ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ+ΠΛΑΚΑΚΙ					
3						
4	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ Rλ					
5	A/ A	ΣΤΡΩΣΕΙΣ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ρ (Kg/m3)	ΠΑΧΟΣ d (m)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ λ (W/m²K)	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ R=d/λ (m²K/W)
6	1	ΠΛΑΚΑΚΙ		0,020	1,300	0,015
7	2	ΑΣΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑ	1.800,00	0,050	0,870	0,057
8	3	ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	2.500,00	0,200	2,500	0,080
9	4	ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ		0,050	0,035	1,429
10						
11			ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ	0,320	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ Rλ	1,581
26		ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ)	Ri (εσωτ.)		m²K/W	0,17
27		ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ	Rλ		m²K/W	1,581
28		ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ)	Ra (εξωτ.)		m²K/W	0
29		ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ ΣΕ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ ΑΕΡΑ	Rδ		m²K/W	0
30			ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ Roλ			1,751
31						
32		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ U=1/Roλ			0,571	

$$U = 0.571 < 0.9.$$

Η τιμή αυτή είναι δεκτή, αφού είναι μικρότερη από την τιμή του κτηρίου αναφοράς που ορίζεται από τον κανονισμό.

Στο σημείο αυτό θα γίνει εμβαδομέτρηση του κτηρίου.

ΙΣΟΓΕΙΟ

<i>Δομικά Στοιχεία</i>	<i>Εμβαδό (m²)</i>
<i>Συνολικό εμβαδό εξωτερικής τοιχοποιίας</i>	<i>502,6</i>
<i>Οπλισμένο Σκυρόδεμα</i>	<i>178,7</i>
<i>Δοκάρια</i>	<i>28,8</i>
<i>Ανοίγματα</i>	<i>187,26</i>
<i>Οπτοπλινθοδομή</i>	<i>107,75</i>
<i>Πλάκα Ορόφου</i>	<i>780,9</i>

Α' ΟΡΟΦΟΣ

Δομικά Στοιχεία	Εμβαδό (m²)
Συνολικό εμβαδό εξωτερικής τοιχοποιίας	502,6
Οπλισμένο Σκυρόδεμα	175,76
Δοκάρια	30,94
Ανοίγματα	153,22
Οπτοπλινθοδομή	124,28
Πλάκα Ορόφου	780,9

Β' ΟΡΟΦΟΣ

Δομικά Στοιχεία	Εμβαδό (m²)
Συνολικό εμβαδό εξωτερικής τοιχοποιίας	502,6
Οπλισμένο Σκυρόδεμα	207,3
Δοκάρια	31,1
Ανοίγματα	153,94
Οπτοπλινθοδομή	125
Πλάκα Ορόφου	780,9
Πλάκα Οροφής	780,9

Συγκεντρωτικά, για τα δομικά στοιχεία του κτηρίου έχουμε:

Δομικά Στοιχεία	Εμβαδό(m²)	U (W/mK)	UxA (W/K)
Οπτοπλινθοδομή	375	0,292	104,3
Οπλισμένο Σκυρόδεμα	652,7	0,432	281,9
Πλάκα Ορόφου	1561,8	0,394	615,3
Πλάκα Οροφής	780,9	0,394	307,7
Δάπεδο Ισογείου	780,9	0,571	445,9
Συνολικά	4151,3		1755,1

Θα χρειαστεί να υπολογιστούν και οι συντελεστές θερμοπερατότητας των κουφωμάτων του κτηρίου. Σύμφωνα με την TOTEE 2017 για τα κτήρια της κλιματικής ζώνης Β', ο μέγιστος συντελεστής θερμοπερατότητας των κουφωμάτων σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα είναι $2,6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Χρησιμοποιώντας τα εξής χαρακτηριστικά, έχουμε:

1	ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ				
2					
3	ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ				
4	Τύπος πλαισίου	Ξύλινο πλαίσιο με θερμοδιακοπή			
5	U _f πλαισίου	2	W/(m ² K)		
6	Τύπος υαλοπίνακα	Υαλοπίνακας με διπλή υάλωση 4-16-4 με αέρα στο διάκενο χωρίς επίστρωση			
7	U _g υαλοπίνακα	2,7	W/(m ² K)		
8	g υαλοπίνακα	0,67			
9	g _{ai} υαλοπίνακα	0,6			
10	Γραμ. θερμοπερ. Ψ _g	0,06	W/(mK)		
11	Πλάτος πλαισίου	10			

31	ΙΣΟΓΕΙΟ														
32	a/a	Ονομ.	Πλάτος ανοίγματος	Υψος ανοίγματος	Αριθμός φύλλων	Πλάτος υαλοπίνακα	Υψος υαλοπίνακα	Εμβαδό κουφώματος A _w	Εμβαδό πλαισίου A _f	Εμβαδό υαλοπίνακα A _g	Ποσοστό πλαισίου [%]	Μήκος (περίμετρος υαλ/κα) l _g	U _w κουφώματος	g _w κουφώματος	U _{xA}
33		Παράθυρα	[m]	[m]		[m]	[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]		[m]	[W/(m ² K)]		[W/K]
34	1	P1(2)	3	1,8	3	2,8	1,6	5,40	0,92	4,48	17,04	8,8	2,68		28,93
35	2	P2(4)	1,6	1,8	2	1,4	1,6	2,88	0,64	2,24	22,2222222	6	2,66944444		30,752
36	3	P3(13)	3,2	1,8	3	3	1,6	5,76	0,96	4,8	16,6666667	9,2	2,67916667		200,616
37	4	P4(1)	1,5	1,8	2	1,3	1,6	2,7	0,62	2,08	22,962963	5,8	2,66814815		7,204
38	5	P5(4)	1,4	1,8	2	1,2	1,6	2,52	0,6	1,92	23,81	5,6	2,66666667		26,88
39		Πόρτες													
40	6	POR1(1)	1,1	2,8	2	0,8	1,5	3,08	1,88	1,20	61,04	4,6	2,36		7,28
41	2	POR2(2)	2	2,8	2	1,8	1,5	5,6	2,90	2,70	51,79	6,6	2,41		26,97
42	8	POR3(1)	7,2	2,8	4	6,2	1,5	20,16	10,86	9,30	53,87	15,4	2,37		47,75
43	9	POR4(1)	1,8	2,8	2	1,6	1,5	5,04	2,64	2,40	52,38	6,2	2,40714286		12,132
44	10														
45	11														
46	Σ							36,4							121,01

Γίνεται αντιληπτό ότι οι συντελεστές θερμοπερατότητας των παραθύρων υπερβαίνουν το όριο που τίθεται από την TOTEE 2017. Γι' αυτό, θα επιλεχθούν κουφώματα μαλακής ξυλείας μέσου πάχους-κάσας 10 cm με συντελεστή θερμοπερατότητας πλαισίου ίσο με $1,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Ξύλινο πλαίσιο	Σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 5 cm	2,4
	Μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 5 cm	2,0
	Σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 10 cm	1,7
	Μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου - κάσας 10 cm	1,5

Πλέον, τα χαρακτηριστικά των κουφωμάτων έχουν ως εξής:

1	ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ					
2						
3		ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ				
4	Τύπος πλαισίου	Ξύλινο πλαίσιο με θερμοδιακοπή				
5	U _f πλαισίου	1,5	W/(m ² K)			
6	Τύπος υαλοπίνακα	Υαλοπίνakas με διπλή υάλωση 4-16-4 με αέρα στο διάκενο χωρίς επίστρωση				
7	U _g υαλοπίνaka	2,7	W/(m ² K)			
8	g υαλοπίνaka	0,67				
9	g _{gl} υαλοπίνaka	0,6				
10	Γραμ. θερμωτ. Ψ _g	0,06	W/(mK)			
11	Πλάτος πλαισίου	10				

Για τους συντελεστές θερμοπερατότητας των κουφωμάτων, πλέον ισχύει ότι:

31	ΙΣΟΓΕΙΟ														
32	a/a	Ονομ.	Πλάτος ανοίγματος	Υψος ανοίγματος	Αριθμός φύλλων	Πλάτος υαλοπίνaka	Υψος υαλοπίνaka	Εμβαδό κουφώματος A _w	Εμβαδό πλαισίου A _f	Εμβαδό υαλοπίνaka A _g	Ποσοστό πλαισίου [%]	Μήκος (περίμετρος υαλ/κα) l _g	U _w κουφώματος	g _w κουφώματος	UxA
33		Παράθυρα	[m]	[m]		[m]	[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]		[m]	[W/(m ² K)]		[W/K]
34	1	P1(2)	3	1,8	3	2,8	1,6	5,40	0,92	4,48	17,04	8,8	2,59		28,01
35	2	P2(4)	1,6	1,8	2	1,4	1,6	2,88	0,64	2,24	22,222222	6	2,55833333		29,472
36	3	P3(13)	3,2	1,8	3	3	1,6	5,76	0,96	4,8	16,6666667	9,2	2,59583333		194,376
37	4	P4(1)	1,5	1,8	2	1,3	1,6	2,7	0,62	2,08	22,962963	5,8	2,55333333		6,894
38	5	P5(4)	1,4	1,8	2	1,2	1,6	2,52	0,6	1,92	23,81	5,6	2,54761905		25,68
39		Πόρτες													
40	6	POR1(1)	1,1	2,8	2	0,8	1,5	3,08	1,88	1,20	61,04	4,6	2,06		6,34
41	2	POR2(2)	2	2,8	2	1,8	1,5	5,6	2,90	2,70	51,79	6,6	2,15		24,07
42	8	POR3(1)	7,2	2,8	4	6,2	1,5	20,16	10,86	9,30	53,87	15,4	2,10		42,32
43	9	POR4(1)	1,8	2,8	2	1,6	1,5	5,04	2,64	2,40	52,38	6,2	2,1452381		10,812
44	10														
45	11														
49	Α' ΟΡΟΦΟΣ														
50	a/a	Ονομ.	Πλάτος ανοίγματος	Υψος ανοίγματος	Αριθμός φύλλων	Πλάτος υαλοπίνaka	Υψος υαλοπίνaka	Εμβαδό κουφώματος A _w	Εμβαδό πλαισίου A _f	Εμβαδό υαλοπίνaka A _g	Ποσοστό πλαισίου [%]	Μήκος (περίμετρος υαλ/κα) l _g	U _w κουφώματος	g _w κουφώματος	UxA
51		Παράθυρα	[m]	[m]		[m]	[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]		[m]	[W/(m ² K)]		[W/K]
52	1	P1(2)	3	1,8	3	2,8	1,6	5,40	0,92	4,48	17,04	8,8	2,59		28,01
53	2	P2(8)	1,4	1,8	2	1,2	1,6	2,52	0,6	1,92	23,8095238	5,6	2,54761905		51,36
54	3	P3(19)	3,2	1,8	3	3	1,6	5,76	0,96	4,8	16,6666667	9,2	2,59583333		284,088
55	4	P4(1)	1,6	1,8	2	1,4	1,6	2,88	0,64	2,24	22,222222	6	2,55833333		7,368
56	5	P3(2)	3,2	1,4	3	3	1,2	4,48	0,88	3,6	19,6428571	8,4	2,57678571		23,088
57		Πόρτες													
58	6	POR1(1)	3,2	2,8	1	3	1,5	8,96	4,46	4,50	49,78	9	2,16		19,38
59															
60															
61	9														

65	Β' ΟΡΟΦΟΣ														
66	α/α	Όνομ.	Πλάτος ανοίγματος	Ύψος ανοίγματος	Αριθμός φύλλων	Πλάτος υαλοπιάνα	Ύψος υαλοπιάνα	Εμβαδό κουφώματος A_w	Εμβαδό πλαισίου A_f	Εμβαδό υαλοπιάνα A_g	Ποσοστό πλαισίου [%]	Μήκος (περίμετρος υαλ/κα) l_g	U_w κουφώματος	g_w κουφώματος	UxA
67		Παράθυρα	[m]	[m]		[m]	[m]	[m ²]	[m ²]	[m ²]		[m]	[W/(m ² K)]		[W/K]
68	1	P1(2)	3	1,8	3	2,8	1,6	5,40	0,92	4,48	17,04	8,8	2,59		28,01
69	2	P2(8)	1,4	1,8	2	1,2	1,6	2,52	0,6	1,92	23,8095238	5,6	2,54761905		51,36
70	3	P3(19)	3,2	1,8	3	3	1,6	5,76	0,96	4,8	16,6666667	9,2	2,59583333		284,088
71	4	P4(1)	1,6	1,8	2	1,4	1,6	2,88	0,64	2,24	22,2222222	6	2,55833333		7,368
72	5	P3(2)	3,2	1,4	3	3	1,2	4,48	0,88	3,6	19,6428571	8,4	2,57678571		23,088
73		Πόρτες													
74	6														
75	7														
76	8														
77	9														

Για κάθε κούφωμα χρησιμοποιήθηκε η εξής κωδικοποίηση:

- ΠJ(K): Παράθυρα, όπου J: αριθμός για κάθε διαφορετικό τύπο παραθύρου και K: το πλήθος των ιδίων παραθύρων στον όροφο. Ο αριθμός K πολλαπλασιάστηκε με το γινόμενο της τελευταίας στήλης UxA.
- ΠΟJ(K): Πόρτες, όπου J: αριθμός για κάθε διαφορετικό τύπο πόρτας και K: το πλήθος των ιδίων πορτών στον όροφο. Ο αριθμός K πολλαπλασιάστηκε με το γινόμενο της τελευταίας στήλης UxA.

Για τους συντελεστές θερμοπερατότητας των κουφωμάτων είναι εμφανές ότι είναι όλοι αποδεκτοί, αφού είναι μικρότεροι από την τιμή 2,6 W/(m²K) που ορίζεται από την TOTEE 2017.

Συγκεντρωτικά, έχουμε:

Όροφος	Εμβαδό[m ²]		$\Sigma(UxA)[W/K]$
	Πόρτες	Παράθυρα	
Ισόγειο	41,96	145,3	413,9
A' Όροφος	9	144,26	489,2
B' Όροφος	0	154	397,8
Σύνολο	50,96	443,6	1301

Για τα συγκεντρωτικά στοιχεία αερισμού θ. ζώνης ισχύει ότι:

Όροφος	Εμβαδό[m ²]		Αερισμός Χαραμάδων[m ³ /h]
	Πόρτες	Παράθυρα	
Ισόγειο	41,96	145,3	2227,5
A' Όροφος	9	144,3	1891
B' Όροφος	0	154	1924,3
Σύνολο	50,96	443,6	6024,8

Από τον πίνακα 3.24 της TOTEE 2017, έγινε η επιλογή τυπικών τιμών διείσδυσης αέρα λόγω χαραμάδων ανά μονάδα επιφάνειας και είδος κουφώματος. Συγκεκριμένα,

επιλέχθηκαν οι τιμές, για κουφώματα με διπλό υαλοπίνακα (κουφώματα με ξύλινο πλαίσιο χωρίς πιστοποίηση) με τιμές:

- 9,8 m³/h/m² για πόρτες
- 12,5 m³/h/m² για παράθυρα

3.2 Θερμογέφυρες

Θερμογέφυρες ονομάζονται οι θέσεις στο κέλυφος ενός κτηρίου στις οποίες εμφανίζεται σε σχέση με τις γειτονικές τους διαφοροποίηση στη θερμική μόνωση των δομικών στοιχείων είτε λόγω ασυνέχειας της στρώσης θερμομόνωσης είτε λόγω διαφοροποίηση του υλικού κατά μήκος του δομικού στοιχείου είτε λόγω αλλαγής στη γεωμετρία της διατομής.

Ως προς τις αιτίες δημιουργίας τους οι θερμογέφυρες διακρίνονται σε:

- Κατασκευαστικές
- Γεωμετρικές
- Σε συνδυασμό των δύο παραπάνω

Ανάλογα με τη μορφή τους διακρίνονται σε:

- Γραμμικές
- Σημειακές

Οι σημειακές θερμογέφυρες δεν έχουν καμία διάσταση και για τα ελληνικά δεδομένα θεωρείται αμελητέα, γι' αυτό και δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς σύμφωνα με την Τ.ΟΤ.Ε.Ε 20701-2.

Ανάλογα με τη θέση εμφάνισης τους στο κτήριο, οι θερμογέφυρες διακρίνονται σε:

- Κατακόρυφες
- Οριζόντιες
- Θερμογέφυρες κουφωμάτων

Οι κατακόρυφες θερμογέφυρες διακρίνονται σε:

- Θερμογέφυρες εξωτερικών γωνιών
- Θερμογέφυρες εσωτερικών γωνιών
- Θερμογέφυρες ένωσης δομικών στοιχείων

Οι οριζόντιες θερμογέφυρες διακρίνονται σε:

- Θερμογέφυρες δώματος ή οροφής σε προεξοχή
- Θερμογέφυρες δαπέδου σε προεξοχή ή δαπέδου επάνω από πυλωτή
- Θερμογέφυρες οροφής σε εσοχή
- Θερμογέφυρες δαπέδου σε εσοχή
- Θερμογέφυρες ενδιάμεσου δαπέδου
- Θερμογέφυρες περιδέσμου ενίσχυσης
- Θερμογέφυρες δαπέδου που εδράζεται σε έδαφος

Επίσης, θερμογέφυρες εντοπίζονται και στις θέσεις συναρμογής των κουφωμάτων με τα συμπαγή δομικά στοιχεία. Διακρίνονται σε:

- Θερμογέφυρες στο ανωκάσι/κατωκάσι του κουφώματος
- Θερμογέφυρες στο λαμπά του κουφώματος

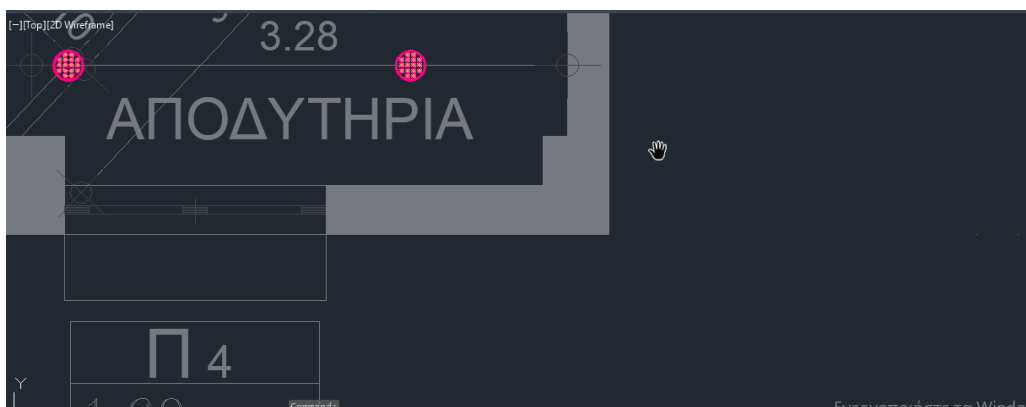
Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω η ανάγκη για εύρεση των θερμογεφυρών σε ένα κτήριο είναι επιτακτική. Γι' αυτό, ακολουθεί ο υπολογισμός των θερμογεφυρών για το κτήριο που μελετάται. Η μαθηματική σχέση για τον υπολογισμό μίας θερμογέφυρας είναι $\Psi \cdot l$, όπου:

- Ψ : Συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας
- l : Μήκος θερμογέφυρας

Ο συντελεστής Ψ υπολογίζεται σύμφωνα με τους παρακάτω πίνακες . Η κωδικοποίηση των θερμογεφυρών που χρησιμοποιείται στην παρούσα τεχνική έκθεση υιοθετεί τα πρότυπα των σελίδων 269-281 της 2^{ης} TOTEE του KENAK.

Θερμογέφυρες Ισογείου (Θερμική Ζώνη 1):

Αρχικά εντοπίζονται οι θερμογέφυρες εξωτερικών γωνιών. Ενδεικτικά:



A/A	Κωδικός ΘΓ	Ψ	l
ΙΣ-1	ΕΞΓ.12	+0,05	3.4
ΙΣ-2	ΕΞΓ.2	-0,1	3.4
ΙΣ-3	ΕΞΓ.2	-0,1	3.4
ΙΣ-4	ΕΞΓ.12	+0,05	3.4
ΙΣ-5	ΕΞΓ.12	-0,1	3.4
ΙΣ-6	ΕΞΓ.2	-0,1	3.4
ΙΣ-7	ΕΞΓ.2	-0,1	3.4
ΙΣ-8	ΕΞΓ.12	+0,05	3.4
ΙΣ-9	ΕΞΓ.12	0,05	3.4

Συνολικά, εξαιτίας των θερμογεφυρών έχουμε απώλειες: -1,53 W/K.

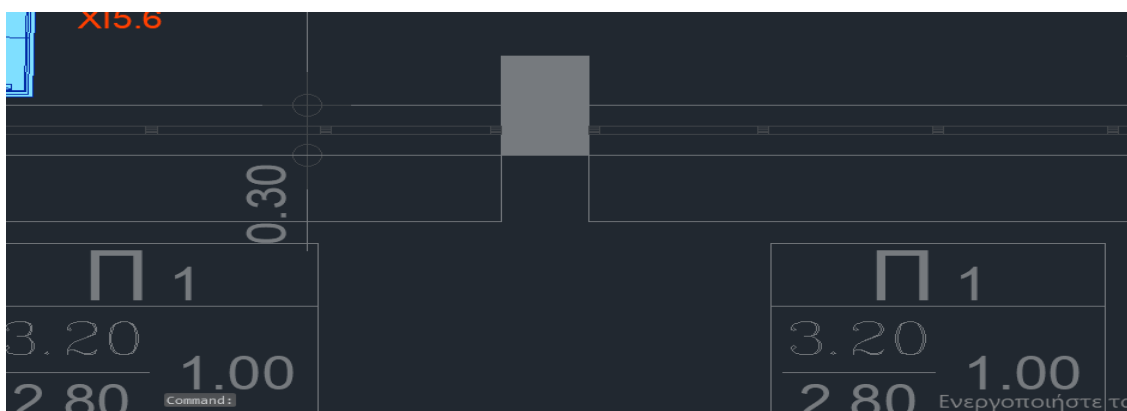
Στη συνέχεια, εντοπίζονται οι θερμογέφυρες εσωτερικών γωνιών. Ενδεικτικά:



A/A	Κωδικός ΘΓ	Ψ	l
IΣ-10	ΕΣΓ.2	+0,05	3.4
IΣ-11	ΕΣΓ.11	+0,1	3.4
IΣ-12	ΕΣΓ.10	+0,05	3.4
IΣ-13	ΕΣΓ.10	+0,1	3.4
IΣ-14	ΕΣΓ.2	+0,1	3.4

Συνολικά προκύπτουν απώλειες: +1,36W/K

Έπειτα, εντοπίζονται οι θερμογέφυρες από την ένωση των δομικών στοιχείων (μπατικής και σκυροδέματος). Ενδεικτικά:



A/A	Κωδικός ΘΓ	Ψ	l
IΣ-15	ΣΣ-3	+0,25	1,4
IΣ-16	ΣΣ-3	+0,25	1,4
IΣ-17	ΣΣ-3	+0,25	1,4
IΣ-18	ΣΣ-3	+0,25	1,4
IΣ-19	ΣΣ-3	+0,25	1,4
IΣ-20	ΣΣ-3	+0,25	1,4
IΣ-21	ΣΣ-3	+0,25	1,4
IΣ-22	ΣΣ-3	+0,25	1,4
IΣ-23	ΣΣ-3	+0,25	1,4
...
IΣ-74	ΣΣ-3	+0,25	1,4

Συνολικά, οι απώλειες ισογείου εξαιτίας των θερμογεφυρών από την ένωση των δομικών στοιχείων είναι: $\Theta\Gamma = 0,25 \cdot 1,4 \cdot 59 = 20,65 \text{ W/K}$.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να υπολογιστούν οι οριζόντιες θερμογέφυρες του ισογείου. Αρχικά, θερμογέφυρες εντοπίζονται στο δάπεδο του ισογείου που έρχεται σε επαφή με το

υπόγειο όπου υπάρχουν απώλειες στη θερμική ροή. Διακρίνονται δύο περιπτώσεις. Η κατακόρυφη τοιχοποιία να είναι είτε μπατική(ΕΔ-9) είτε σκυρόδεμα(ΕΔ-1). Στην περίπτωση της μπατικής (ΕΔ-9) ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας $\Psi = 0$, έτσι οι θερμογεφυρές αυτές δεν λαμβάνονται υπόψη.

<i>A/A</i>	<i>Κωδικός ΘΓ</i>	<i>Ψ</i>	<i>l</i>
<i>ΙΣ-75</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>7,6</i>
<i>ΙΣ-76</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>0,4</i>
<i>ΙΣ-77</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>2,0</i>
<i>ΙΣ-78</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>1,2</i>
<i>ΙΣ-79</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>2,0</i>
<i>ΙΣ-80</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>1,4</i>
<i>ΙΣ-81</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>1,4</i>
<i>ΙΣ-82</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>2,0</i>
<i>ΙΣ-83</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>0,4</i>
<i>ΙΣ-84</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>2</i>
<i>ΙΣ-85</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>0,4</i>
<i>ΙΣ-86</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>2</i>
<i>ΙΣ-87</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>11,2</i>
<i>ΙΣ-88</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>0,8</i>
<i>ΙΣ-89</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>4</i>
<i>ΙΣ-90</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>1,2</i>
<i>ΙΣ-91</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>5,4</i>
<i>ΙΣ-92</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>7,6</i>
<i>ΙΣ-93</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>1,2</i>
<i>ΙΣ-94</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>2</i>
<i>ΙΣ-95</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>0,8</i>
<i>ΙΣ-96</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>2</i>
<i>ΙΣ-97</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>0,8</i>
<i>ΙΣ-98</i>	<i>ΕΔ-9</i>	<i>+0,55</i>	<i>2</i>

Συνολικά οι απώλειες εξαιτίας των θερμογεφυρών που δημιουργούνται από την επαφή του δαπέδου με το υπόγειο είναι: $0,55 \cdot 34 = 17 \text{ W/K}$.

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι θερμογέφυρες που δημιουργούνται από ενδιάμεσο επίπεδο (Ισόγειο- Α' όροφος). Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση ΕΔ-1 ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας είναι ίσος με 0. Έτσι, θα ληφθεί υπόψη μόνο η περίπτωση ΕΔ-13:

<i>A/A</i>	<i>Κωδικός ΘΓ</i>	<i>Ψ</i>	<i>l</i>
<i>ΙΣ-99</i>	<i>ΕΔ-13</i>	<i>+1,25</i>	<i>13*3,2</i>
<i>ΙΣ-100</i>	<i>ΕΔ-13</i>	<i>+1,25</i>	<i>2*3,0</i>
<i>ΙΣ-101</i>	<i>ΕΔ-13</i>	<i>+1,25</i>	<i>5*1,6</i>
<i>ΙΣ-102</i>	<i>ΕΔ-13</i>	<i>+1,25</i>	<i>4*1,4</i>

Ο πρώτος όρος στο γινόμενο των μηκών δηλώνει πόσες φορές εντοπίστηκαν ίδιες θερμογέφυρες ενώ ο δεύτερος όρος δηλώνει το μήκος των θερμογεφυρών. Συνολικά οι απώλειες εξαιτίας των θερμογεφυρών που σχηματίζονται από το ενδιάμεσο επίπεδο είναι: 76,5 W/K.

Τέλος, θα υπολογιστούν οι θερμογέφυρες που οφείλονται στα κουφώματα.

Αρχικά, θα εξεταστούν οι θερμογέφυρες σε λαμπά κουφώματος. Τα ύψη των παραθύρων είναι 1,8 μέτρα.

<i>A/A</i>	<i>Κωδικός ΘΓ</i>	<i>Ψ</i>	<i>l</i>
<i>ΙΣ-103</i>	<i>ΛΠ-9</i>	<i>+0,6</i>	<i>48*1,8</i>
<i>ΙΣ-104</i>	<i>ΛΠ-9</i>	<i>+0,6</i>	<i>8*2,8</i>
<i>ΙΣ-105</i>	<i>ΛΠ-9</i>	<i>+0,6</i>	<i>4*0,8</i>
<i>ΙΣ-106</i>	<i>ΛΠ-9</i>	<i>+0,6</i>	<i>2*2,35</i>

Οι συνολικές απώλειες που οφείλονται σε θερμογέφυρες σε λαμπά κουφώματος είναι: 70 W/K.

Επιπλέον, θα εξεταστούν οι θερμογέφυρες στο ανωκάσι και κατωκάσι των κουφωμάτων.

<i>A/A</i>	<i>Κωδικός ΘΓ</i>	<i>Ψ</i>	<i>l</i>
<i>ΙΣ-107</i>	<i>ΥΠ-7</i>	<i>+0,55</i>	<i>4*3</i>
<i>ΙΣ-108</i>	<i>ΥΠ-7</i>	<i>+0,55</i>	<i>10*1,6</i>
<i>ΙΣ-109</i>	<i>ΥΠ-7</i>	<i>+0,55</i>	<i>26*3,2</i>
<i>ΙΣ-110</i>	<i>ΥΠ-7</i>	<i>+0,55</i>	<i>12*1,4</i>
<i>ΙΣ-111</i>	<i>ΥΠ-7</i>	<i>+0,55</i>	<i>4*2</i>
<i>ΙΣ-112</i>	<i>ΥΠ-2</i>	<i>+0,30</i>	<i>7,2</i>

Συνολικά, οι απώλειες που προκύπτουν από το ανωκάσι και το κατωκάσι των κουφωμάτων είναι: 76,4 W/K.

Συνοπτικά, οι απώλειες εξαιτίας των θερμογεφυρών στο ισόγειο είναι: **260,4 W/K**.

Η ίδια μεθοδολογία θα χρησιμοποιηθεί και για τον εντοπισμό των υπόλοιπων θερμογεφυρών στο κτήριο.

Θερμογέφυρες Α' Ορόφου (Θερμική Ζώνη 2):

Αρχικά εντοπίζονται οι θερμογέφυρες εξωτερικών γωνιών.

<i>A/A</i>	<i>Κωδικός ΘΓ</i>	<i>Ψ</i>	<i>l</i>
<i>AO-1</i>	<i>ΕΞΓ.12</i>	<i>+0,05</i>	<i>3.4</i>
<i>AO-2</i>	<i>ΕΞΓ.2</i>	<i>-0,1</i>	<i>3.4</i>
<i>AO-3</i>	<i>ΕΞΓ.2</i>	<i>-0,1</i>	<i>3.4</i>
<i>AO-4</i>	<i>ΕΞΓ.12</i>	<i>+0,05</i>	<i>3.4</i>
<i>AO-5</i>	<i>ΕΞΓ.12</i>	<i>+0,05</i>	<i>3.4</i>
<i>AO-6</i>	<i>ΕΞΓ.12</i>	<i>+0,05</i>	<i>3.4</i>

Οι απώλειες που οφείλονται σε θερμογέφυρες εξωτερικών γωνιών στον πρώτο όροφο είναι ίσες με μηδέν.

Στη συνέχεια εντοπίζονται οι θερμογέφυρες εσωτερικών γωνιών.

<i>A/A</i>	<i>Κωδικός ΘΓ</i>	<i>Ψ</i>	<i>l</i>
<i>AO-7</i>	<i>ΕΣΓ.2</i>	<i>+0,05</i>	<i>3.4</i>
<i>AO-8</i>	<i>ΕΣΓ.2</i>	<i>+0,05</i>	<i>3.4</i>

Οι απώλειες που οφείλονται σε θερμογέφυρες εσωτερικών γωνιών στον πρώτο όροφο είναι ίσες με 0,34 W/K.

Έπειτα υπολογίζονται οι θερμογέφυρες από τις ενώσεις δομικών στοιχείων.

<i>A/A</i>	<i>Κωδικός ΘΓ</i>	<i>Ψ</i>	<i>l</i>
<i>AO-9</i>	<i>ΣΣ-3</i>	<i>+0,25</i>	<i>1,4</i>
<i>AO-10</i>	<i>ΣΣ-3</i>	<i>+0,25</i>	<i>1,4</i>
<i>AO-11</i>	<i>ΣΣ-3</i>	<i>+0,25</i>	<i>1,4</i>
<i>AO-18</i>	<i>ΣΣ-3</i>	<i>+0,25</i>	<i>1,4</i>
<i>AO-12</i>	<i>ΣΣ-3</i>	<i>+0,25</i>	<i>1,4</i>
<i>AO-13</i>	<i>ΣΣ-3</i>	<i>+0,25</i>	<i>1,4</i>
<i>AO-14</i>	<i>ΣΣ-3</i>	<i>+0,25</i>	<i>1,4</i>
<i>AO-15</i>	<i>ΣΣ-3</i>	<i>+0,25</i>	<i>1,4</i>
<i>AO-16</i>	<i>ΣΣ-3</i>	<i>+0,25</i>	<i>1,4</i>
...
<i>AO-75</i>	<i>ΣΣ-3</i>	<i>+0,25</i>	<i>1,4</i>

Οι απώλειες που οφείλονται σε θερμογέφυρες επαφής δομικών στοιχείων στον πρώτο όροφο είναι ίσες με 23,1 W/K.

Ακολουθεί ο υπολογισμός των οριζόντιων θερμογεφυρών. Αρχικά, θα υπολογιστούν οι θερμογέφυρες που δημιουργούνται εξαιτίας του ενδιάμεσου δαπέδου(Α'-Β' όροφος). Συγκεκριμένα:

<i>A/A</i>	<i>Κωδικός ΘΓ</i>	<i>Ψ</i>	<i>l</i>
<i>AO-76</i>	<i>EA-13</i>	<i>+1,25</i>	<i>13*3,2</i>
<i>AO-77</i>	<i>EA-13</i>	<i>+1,25</i>	<i>2*3,0</i>
<i>AO-78</i>	<i>EA-13</i>	<i>+1,25</i>	<i>5*1,6</i>
<i>AO-79</i>	<i>EA-13</i>	<i>+1,25</i>	<i>4*1,4</i>

Συνολικά οι απώλειες λόγω των οριζόντιων θερμογεφυρών ενδιάμεσου ορόφου είναι ίσες με: 76,5 W/K.

Επίσης, θα εξετασθούν οι θερμογέφυρες στα κουφώματα. Αρχικά, σε λαμπά κουφώματος:

<i>A/A</i>	<i>Κωδικός ΘΓ</i>	<i>Ψ</i>	<i>l</i>
<i>AO-80</i>	<i>ΛΠ-9</i>	<i>+0,6</i>	<i>58*1,8</i>
<i>AO-81</i>	<i>ΛΠ-9</i>	<i>+0,6</i>	<i>2*2,8</i>
<i>AO-82</i>	<i>ΛΠ-9</i>	<i>+0,6</i>	<i>2*1,4</i>

Συνολικά οι απώλειες εξαιτίας των θερμογεφυρών σε λαμπά κουφώματος είναι ίσες με: 67,7 W/K.

Επιπλέον, θα εξεταστούν οι θερμογέφυρες στο ανωκάσι και κατωκάσι των κουφωμάτων.

<i>A/A</i>	<i>Κωδικός ΘΓ</i>	<i>Ψ</i>	<i>l</i>
<i>AO-83</i>	<i>ΥΠ-7</i>	<i>+0,55</i>	<i>4*3</i>
<i>AO-84</i>	<i>ΥΠ-7</i>	<i>+0,55</i>	<i>2*1,6</i>
<i>AO-85</i>	<i>ΥΠ-7</i>	<i>+0,55</i>	<i>41*3,2</i>
<i>AO-86</i>	<i>ΥΠ-7</i>	<i>+0,55</i>	<i>14*1,4</i>

Συνολικά οι απώλειες εξαιτίας των θερμογεφυρών στο ανωκάσι και κατωκάσι των κουφωμάτων είναι: 157,2 W/K.

Συνοπτικά, οι απώλειες εξαιτίας των θερμογεφυρών στον Α' όροφο είναι: **324,9 W/K**.

Θερμογέφυρες Β' Ορόφου (Θερμική Ζώνη 3):

Αρχικά εντοπίζονται οι θερμογέφυρες εξωτερικών γωνιών.

<i>A/A</i>	<i>Κωδικός ΘΓ</i>	<i>Ψ</i>	<i>l</i>
<i>BO-1</i>	<i>ΕΞΓ.12</i>	<i>+0,05</i>	<i>3.4</i>
<i>BO-2</i>	<i>ΕΞΓ.2</i>	<i>-0,1</i>	<i>3.4</i>
<i>BO-3</i>	<i>ΕΞΓ.2</i>	<i>-0,1</i>	<i>3.4</i>
<i>BO-4</i>	<i>ΕΞΓ.12</i>	<i>+0,05</i>	<i>3.4</i>
<i>BO-5</i>	<i>ΕΞΓ.12</i>	<i>+0,05</i>	<i>3.4</i>
<i>BO-6</i>	<i>ΕΞΓ.12</i>	<i>+0,05</i>	<i>3.4</i>

Οι απώλειες που οφείλονται σε θερμογέφυρες εξωτερικών γωνιών στον δεύτερο όροφο είναι ίσες με μηδέν.

Στη συνέχεια εντοπίζονται οι θερμογέφυρες εσωτερικών γωνιών.

<i>A/A</i>	<i>Κωδικός ΘΓ</i>	<i>Ψ</i>	<i>l</i>
<i>BO-7</i>	<i>ΕΣΓ.2</i>	<i>+0,05</i>	<i>3.4</i>
<i>BO-8</i>	<i>ΕΣΓ.2</i>	<i>+0,05</i>	<i>3.4</i>

Οι απώλειες που οφείλονται σε θερμογέφυρες εσωτερικών γωνιών στον δεύτερο όροφο είναι ίσες με 0,34 W/K.

Έπειτα υπολογίζονται οι θερμογέφυρες από τις ενώσεις δομικών στοιχείων.

<i>A/A</i>	<i>Κωδικός ΘΓ</i>	<i>Ψ</i>	<i>l</i>
<i>BO-9</i>	<i>ΣΣ-3</i>	<i>+0,25</i>	<i>1,4</i>
<i>BO-10</i>	<i>ΣΣ-3</i>	<i>+0,25</i>	<i>1,4</i>
<i>BO-11</i>	<i>ΣΣ-3</i>	<i>+0,25</i>	<i>1,4</i>
<i>BO-18</i>	<i>ΣΣ-3</i>	<i>+0,25</i>	<i>1,4</i>
<i>BO-12</i>	<i>ΣΣ-3</i>	<i>+0,25</i>	<i>1,4</i>
<i>BO-13</i>	<i>ΣΣ-3</i>	<i>+0,25</i>	<i>1,4</i>
<i>BO-14</i>	<i>ΣΣ-3</i>	<i>+0,25</i>	<i>1,4</i>
<i>BO-15</i>	<i>ΣΣ-3</i>	<i>+0,25</i>	<i>1,4</i>
<i>BO-16</i>	<i>ΣΣ-3</i>	<i>+0,25</i>	<i>1,4</i>
...
<i>BO-75</i>	<i>ΣΣ-3</i>	<i>+0,25</i>	<i>1,4</i>

Οι απώλειες που οφείλονται σε θερμογέφυρες επαφής δομικών στοιχείων στον δεύτερο όροφο είναι ίσες με 23,1 W/K.

Ακολουθεί ο υπολογισμός των οριζόντιων θερμογεφυρών. Αρχικά, θα υπολογιστούν οι θερμογέφυρες οροφής σε προεξοχή. Συγκεκριμένα, σε όλη την περίμετρο του κτηρίου (157 μέτρα) έχουν τοποθετηθεί δοκάρια, τα οποία είναι κατασκευές από σκυρόδεμα, γι' αυτό θεωρούμε και ότι είναι εξωτερικά μονωμένα. Έτσι, σε όλη την περίμετρο του Β' ορόφου σχηματίζονται θερμογέφυρες οροφής σε προεξοχή. Ο συντελεστής γραμμικής αγωγιμότητας είναι ίσος με 0,45 (ΔΣ-14). Οι απώλειες εξαιτίας αυτών των θερμογεφυρών είναι ίσες με: $157 * 0,45 = 70,65 \text{ W/K}$.

Επίσης, θα εξετασθούν οι θερμογέφυρες στα κουφώματα. Αρχικά, σε λαμπά κουφώματος:

<i>A/A</i>	<i>Κωδικός ΘΓ</i>	<i>Ψ</i>	<i>l</i>
<i>BO-76</i>	<i>ΛΠ-9</i>	<i>+0,6</i>	<i>58*1,8</i>
<i>BO-77</i>	<i>ΛΠ-9</i>	<i>+0,6</i>	<i>2*2,8</i>
<i>BO-78</i>	<i>ΛΠ-9</i>	<i>+0,6</i>	<i>2*1,4</i>

Συνολικά οι απώλειες εξαιτίας των θερμογεφυρών σε λαμπά κουφώματος είναι ίσες με: $67,7 \text{ W/K}$.

Επιπλέον, θα εξεταστούν οι θερμογέφυρες στο ανωκάσι και κατωκάσι των κουφωμάτων.

<i>A/A</i>	<i>Κωδικός ΘΓ</i>	<i>Ψ</i>	<i>l</i>
<i>BO-79</i>	<i>ΥΠ-7</i>	<i>+0,55</i>	<i>4*3</i>
<i>BO-80</i>	<i>ΥΠ-7</i>	<i>+0,55</i>	<i>2*1,6</i>
<i>BO-81</i>	<i>ΥΠ-7</i>	<i>+0,55</i>	<i>41*3,2</i>
<i>BO-82</i>	<i>ΥΠ-7</i>	<i>+0,55</i>	<i>14*1,4</i>

Συνολικά οι απώλειες εξαιτίας των θερμογεφυρών στο ανωκάσι και κατωκάσι των κουφωμάτων είναι: $157,2 \text{ W/K}$.

Συνοπτικά, οι απώλειες εξαιτίας των θερμογεφυρών στον Β' όροφο είναι: **319 W/K**.

Συνολικά οι απώλειες θερμογεφυρών στο κτήριο είναι

<i>A/A</i>	<i>Ισόγειο</i>	<i>A' Όροφος</i>	<i>B' Όροφος</i>
<i>Απώλειες θερμογεφυρών (W/K)</i>	<i>260,4</i>	<i>324,9</i>	<i>319,9</i>
<i>Συνολικά</i>		<i>904,3</i>	

3.3 Υπολογισμός U_m

Στο σημείο αυτό θα υπολογιστεί ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτηρίου. Θα χρησιμοποιηθούν οι τιμές U του κάθε δομικού στοιχείου, το εμβαδό κάθε δομικού στοιχείου στο κέλυφος του κτηρίου και το άθροισμα των θερμογεφυρών.

Συγκεντρωτικά, στο κτήριο έχουμε:

	<i>Εμβαδό (m^2)</i>	<i>$\Sigma(bxUxA)$ [W/K]</i>
<i>Αδιαφανή Δομικά Στοιχεία</i>	<i>4151,3</i>	<i>1755,1</i>
<i>Διαφανή Δομικά Στοιχεία</i>	<i>494,6</i>	<i>1301</i>
<i>Θερμογέφυρες</i>	<i>-</i>	<i>904,3</i>
<i>Συνολικά</i>	<i>4645,9</i>	<i>3960,4</i>

Ο όγκος του κτηρίου είναι: $V = 780,9m^2 \times 3,4m \times 3 = 7965,2 m^3$.

Άρα, ο λόγος $A/V = 4645,9/7965,2 = 0,58 m^{-1}$. Από τον πίνακα 3.3β της TOTEE 2017, έχουμε ότι: $U_{max} = 0,89 W/K$.

Στο κτήριο προς μελέτη, ισχύει ότι: $U_m = 3960,4/4645,9 = 0,852 W/K$.

Δηλαδή, $U_m < U_{max}$.

3.4 Συντελεστές Σκίασης

Σε αυτό το σημείο θα υπολογισθούν οι συντελεστές σκίασης από μακρινά εμπόδια, οι οριζόντιοι και κατακόρυφοι πρόβολοι, σύμφωνα με τον κανονισμό του της TOTEE 2017.

Κατά τη διάρκεια του έτους, η ημερήσια κίνηση του ήλιου μεταβάλλεται. Η ύπαρξη μακρινών εμποδίων δημιουργεί σκίαση στις επιφάνειες. Οι συντελεστές σκίασης περιλαμβάνουν τρία ζευγάρια συντελεστών:

- Σκίαση λόγω μακρινών εμποδίων
- Σκίαση λόγω οριζόντιων προβόλων
- Σκίαση λόγω πλευρικών εμποδίων

Για κάθε έναν από αυτούς θα υπολογισθεί ένας συντελεστής για το χειμώνα και ένας για το καλοκαίρι.

Ισόγειο:

Οι υπολογισμοί θα γίνουν σε ένα φύλλο Excel και τα αποτελέσματα θα συγκεντρωθούν σε έναν πίνακα παρακάτω. Εξαιτίας του σχήματος που έχει το κτήριο, οι τοιχοποιίες και τα κουφώματα, θα κατηγοριοποιούνται και ανάλογα με την απόσταση που απέχουν από το γειτονικό κτήριο. Θα δοθούν ενδεικτικά οι υπολογισμοί εξαιτίας σκίασης ορίζοντα, οριζόντιων προβόλων και πλευρικών προεξοχών για μια τοιχοποιία και ένα κούφωμα.

Ενδεικτικά, για οριζόντια απόσταση τοιχοποιίας ίση με 10 μέτρα, ισχύει ότι:

1		ΣΚΙΑΣΜΟΣ ΟΨΕΩΝ			
2					
3		A.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΑΠΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΔΙΑΦΑΝΕΣ ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ			
4					
5		<u>Υπολογισμός γωνίας εμποδίου α</u>			
6					
7		H [m]	D [m]	Υ [m]	α [°]
8		Ύψος στοιχείου	Απόσταση από εμπόδιο	Ύψος εμποδίου	Γωνία εμποδίου
9		3,4	10	15	53,06

$$F_{hor,h} = 1,00$$

$$F_{hor,c} = 0,88$$

Ενδεικτικά, για ένα κούφωμα σε απόσταση 24,2 μέτρα ισχύει:

39		A.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΑΠΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΔΙΑΦΑΝΕΣ ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ (ΚΟΥΦΩΜΑ)			
40					
41		<u>Υπολογισμός γωνίας εμποδίου α</u>			
42					
43		Υ _π [m]	H [m]	D [m]	Υ [m]
44		Απόσταση ποδιάς από έδαφος	Ύψος κουφώματος	Απόσταση από εμπόδιο	Ύψος εμποδίου
45		2	0,8	24,2	15
					27,50

$$F_{hor,h} = 1,00$$

$$F_{hor,c} = 0,89$$

ΙΣΟΓΕΙΟ

ΟΨΗ: ΒΟΡΕΙΑ										
	L(m)	α [°]	Συντελεστής Σκίασης Ορίζοντα		β [°]	Οριζόντιοι Πρόβολοι		γ [°]	Πλευρικές Προεξοχές	
			$F_{hor,h}$	$F_{hor,c}$		$F_{ov,h}$	$F_{ov,c}$		$F_{fin,h}$	$F_{fin,c}$
T1	10	53,06	1,00	0,88	-	1,00	1,00	-	1,00	1,00
T2	24,2	28,79	1,00	0,89	-	1,00	1,00	85,2	1,00	0,94
T3	31,9	22,63	1,00	0,90	-	1,00	1,00	52,7	1,00	0,94
ΠΑ1 (1)	24,2	27,50	1,00	0,89	32,20	0,77	0,80	85,2	1,00	0,94
ΠΑ2 (3)	31,9	22,33	1,00	0,90	21,04	0,85	0,87	56,4	1	0,94

ΙΣΟΓΕΙΟ

ΟΨΗ: ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ										
	L(m)	α [°]	Συντελεστής Σκίασης Ορίζοντα		β [°]	Οριζόντιοι Πρόβολοι		γ [°]	Πλευρικές Προεξοχές	
			$F_{hor,h}$	$F_{hor,c}$		$F_{ov,h}$	$F_{ov,c}$		$F_{fin,h}$	$F_{fin,c}$
T1	10	39,69	0,57	0,69	-	1,00	1,00	-	1,00	1,00
ΠΑ1 (10)	10	39,01	0,57	0,69	21,04	0,85	0,87	-	1,00	1,00
ΠΟ1 (2)	10	40,70	0,56	0,68	15,52	0,90	0,89	-	1,00	1,00

ΙΣΟΓΕΙΟ

ΟΨΗ: ΝΟΤΙΑ										
	L(m)	α [°]	Συντελεστής Σκίασης Ορίζοντα		β [°]	Οριζόντιοι Πρόβολοι		γ [°]	Πλευρικές Προεξοχές	
			$F_{hor,h}$	$F_{hor,c}$		$F_{ov,h}$	$F_{ov,c}$		$F_{fin,h}$	$F_{fin,c}$
T1	11,5	32,41	0,57	0,92	-	1,00	1,00	-	1,00	1,00
T2	22,2	18,2	0,87	0,98	-	1,00	1,00	44,8	0,87	0,88
ΠΑ1 (1)	11,5	31,69	0,58	0,92	21,04	0,87	0,81	-	1,00	1,00
ΠΑ2 (6)	22,2	17,74	0,88	0,98	21,04	0,87	0,81	38,9	0,89	0,93

ΙΣΟΓΕΙΟ

Όψη: ΔΥΤΙΚΗ										
	L(m)	$\alpha [^\circ]$	Συντελεστής Σκίασης Ορίζοντα		$\beta [^\circ]$	Οριζόντιοι Πρόβολοι		$\gamma [^\circ]$	Πλευρικές Προεξοχές	
			$F_{hor,h}$	$F_{hor,c}$		$F_{ov,h}$	$F_{ov,c}$		$F_{fin,h}$	$F_{fin,c}$
<i>T1</i>	12	40,64	0,56	0,68	-	1,00	1,00	-	1,00	1,00
<i>T2</i>	26,5	21,24	0,78	0,84	-	1,00	1,00	87,2	0,62	0,82
<i>T3</i>	34,2	16,76	0,84	0,88	-	1,00	1,00	76,3	0,62	0,82
<i>T3</i>	34,2	16,76	0,84	0,88	53,53	0,62	0,56	63,2	0,69	0,86
<i>ΠΟ1</i> (1)	12	42,05	0,56	0,67	15,52	0,90	0,89	-	1,00	1,00
<i>ΠΟ2</i> (1)	34,2	17,22	0,83	0,87	50,19	0,66	0,60	76,3	0,62	0,82
<i>ΠΑ2</i> (1)	26,5	17,98	0,82	0,86	32,01	0,82	0,78	87,2	0,62	0,82
<i>ΠΑ3</i> (4)	34,2	16,45	0,85	0,87	21,04	0,87	0,85	84,2	0,62	0,82

Α' Όροφος:

Α' ΟΡΟΦΟΣ										
Όψη: ΒΟΡΕΙΑ										
	L(m)	$\alpha [^\circ]$	Συντελεστής Σκίασης Ορίζοντα		$\beta [^\circ]$	Οριζόντιοι Πρόβολοι		$\gamma [^\circ]$	Πλευρικές Προεξοχές	
			$F_{hor,h}$	$F_{hor,c}$		$F_{ov,h}$	$F_{ov,c}$		$F_{fin,h}$	$F_{fin,c}$
<i>T1</i>	10	49,24	1,00	0,88	-	1,00	1,00	-	1,00	1,00
<i>T3</i>	31,9	19,98	1,00	0,90	-	1,00	1,00	52,7	1,00	0,94
<i>ΠΟ1</i> (1)	31,9	17,73	1,00	0,92	74,74	0,43	0,46	85,2	1,00	0,94
<i>ΠΑ2</i> (3)	31,9	16,91	1,00	0,92	21,04	0,85	0,87	75,2	1,00	0,94
<i>ΠΑ3</i> (1)	31,9	16,91	1,00	0,92	53,43	0,58	0,62	*	*	*

Α' ΟΡΟΦΟΣ

ΟΨΗ: ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ										
	L(m)	α [°]	Συντελεστής Σκίασης Ορίζοντα		β [°]	Οριζόντιοι Πρόβολοι		γ [°]	Πλευρικές Προεξοχές	
			$F_{hor,h}$	$F_{hor,c}$		$F_{ov,h}$	$F_{ov,c}$		$F_{fin,h}$	$F_{fin,c}$
T1	10	33,42	0,63	0,75	-	1,00	1,00	-	1,00	1,00
ΠΑ1 (11)	10	25,17	0,72	0,81	21,04	0,85	0,87	-	1,00	1,00
ΠΑ2 (1)	10	22,3	0,76	0,83	15,52	0,91	0,90	-	1,00	1,00

Α' ΟΡΟΦΟΣ

ΟΨΗ: ΝΟΤΙΑ										
	L(m)	α [°]	Συντελεστής Σκίασης Ορίζοντα		β [°]	Οριζόντιοι Πρόβολοι		γ [°]	Πλευρικές Προεξοχές	
			$F_{hor,h}$	$F_{hor,c}$		$F_{ov,h}$	$F_{ov,c}$		$F_{fin,h}$	$F_{fin,c}$
T1	11,5	25,96	0,71	0,96	-	1,00	1,00	-	1,00	1,00
T2	22,2	14,16	0,92	0,99	-	1,00	1,00	44,8	0,87	0,88
ΠΑ1 (1)	11,5	17,84	0,88	0,98	21,04	0,87	0,81	-	1,00	1,00
ΠΑ2 (6)	22,2	9,46	0,96	1,00	21,04	0,87	0,81	*	*	*

Α' ΟΡΟΦΟΣ

ΟΨΗ: ΔΥΤΙΚΗ										
	L(m)	α [°]	Συντελεστής Σκίασης Ορίζοντα		β [°]	Οριζόντιοι Πρόβολοι		γ [°]	Πλευρικές Προεξοχές	
			$F_{hor,h}$	$F_{hor,c}$		$F_{ov,h}$	$F_{ov,c}$		$F_{fin,h}$	$F_{fin,c}$
T1	12	40,64	0,56	0,68	-	1,00	1,00	-	1,00	1,00
T3	34,2	16,76	0,84	0,88	-	1,00	1,00	76,3	0,62	0,82
T3	34,2	16,76	0,84	0,88	37	0,77	0,71	63,2	0,69	0,86
ΠΑ1 (1)	12	42,05	0,56	0,67	15,52	0,90	0,89	-	1,00	1,00
ΠΑ2 (1)	34,2	17,22	0,83	0,87	53,13	0,63	0,57	76,3	0,62	0,82
ΠΑ2 (2)	34,2	17,98	0,82	0,86	32,01	0,82	0,78	87,2	0,62	0,82

ΠΑ3 (4)	34,2	16,45	0,85	0,87	21,04	0,87	0,85	*	*	*
------------	------	-------	------	------	-------	------	------	---	---	---

Β' Όροφος:

Β' ΟΡΟΦΟΣ

<i>Όψη: ΒΟΡΕΙΑ</i>										
	L(m)	α[°]	Συντελεστής Σκίασης Ορίζοντα		β [°]	Οριζόντιοι Πρόβολοι		γ [°]	Πλευρικές Προεξοχές	
			F _{hor,h}	F _{hor,c}		F _{ov,h}	F _{ov,c}		F _{fin,h}	F _{fin,c}
T1	10	44,71	1,00	0,88	-	1,00	1,00	-	1,00	1,00
T3	31,9	17,24	1,00	0,91	-	1,00	1,00	52,7	1,00	0,94
ΠΑ1 (3)	31,9	11,86	1,00	0,93	21,04	0,85	0,87	65	0,5	0,54
ΠΑ2 (1)	31,9	11,86	1,00	0,93	74,22	0,37	0,34			
ΠΑ3 (1)	31,9	11,86	1,00	0,93	78	0,35	0,32			

Β' ΟΡΟΦΟΣ

<i>Όψη: ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ</i>										
	L(m)	α[°]	Συντελεστής Σκίασης Ορίζοντα		β [°]	Οριζόντιοι Πρόβολοι		γ [°]	Πλευρικές Προεξοχές	
			F _{hor,h}	F _{hor,c}		F _{ov,h}	F _{ov,c}		F _{fin,h}	F _{fin,c}
T1	10	26,10	0,70	0,81	-	1,00	1,00	-	1,00	1,00
ΠΑ1 (11)	10	9,65	0,93	0,94	21,04	0,85	0,87	-	1,00	1,00
ΠΑ2 (1)	10	5,14	0,97	0,97	15,52	0,90	0,89	-	1,00	1,00

Β' ΟΡΟΦΟΣ

ΟΨΗ: ΝΟΤΙΑ										
	L(m)	$\alpha [^\circ]$	Συντελεστής Σκίασης Ορίζοντα		$\beta [^\circ]$	Οριζόντιοι Πρόβολοι		$\gamma [^\circ]$	Πλευρικές Προεξοχές	
			$F_{hor,h}$	$F_{hor,c}$		$F_{ov,h}$	$F_{ov,c}$		$F_{fin,h}$	$F_{fin,c}$
<i>T1</i>	11,5	18,73	0,87	0,98	-	1,00	1,00	-	1,00	1,00
<i>T2</i>	22,2	10,05	0,96	1,00	-	1,00	1,00	44,8	0,87	0,88
<i>ΠΑ1</i> <i>(1)</i>	11,5	3,48	0,98	1,00	21,04	0,87	0,81	-	1,00	1,00
<i>ΠΑ2</i> <i>(6)</i>	22,2	1,81	1,00	1,00	21,04	0,87	0,81	*	*	*

Β' ΟΡΟΦΟΣ

ΟΨΗ: ΔΥΤΙΚΗ										
	L(m)	$\alpha [^\circ]$	Συντελεστής Σκίασης Ορίζοντα		$\beta [^\circ]$	Οριζόντιοι Πρόβολοι		$\gamma [^\circ]$	Πλευρικές Προεξοχές	
			$F_{hor,h}$	$F_{hor,c}$		$F_{ov,h}$	$F_{ov,c}$		$F_{fin,h}$	$F_{fin,c}$
<i>T1</i>	12	29,90	0,54	0,78	-	1,00	1,00	-	1,00	1,00
<i>T3</i>	34,2	11,41	0,93	0,94	-	1,00	1,00	76,3	0,62	0,82
<i>T3</i>	34,2	11,41	0,93	0,94	24,27	0,85	0,83	63,2	0,69	0,86
<i>ΠΑ1</i> <i>(1)</i>	12	13,59	0,93	0,94	15,52	0,90	0,89	-	1,00	1,00
<i>ΠΑ2</i> <i>(1)</i>	34,2	4,85	0,96	0,97	61,56	0,57	0,50	76,3	0,62	0,82
<i>ΠΑ3</i> <i>(6)</i>	34,2	4,85	0,96	0,97	21,04	0,87	0,85	*	*	*

4. Συστήματα

Στο σημείο αυτό θα εξετασθούν οι Η/Μ εγκαταστάσεις που συμμετέχουν στην κατανάλωση ενέργειας στο κτήριο και συγκεκριμένα:

- Θέρμανση
- Ψύξη
- Αερισμός-Εξαερισμός
- Ζ.Ν.Χ.
- Ηλιακοί συλλέκτες
- Φωτισμός
- Αυτοματισμός κτηρίου
- Φωτοβολταϊκά συστήματα

4.1 Συστήματα Ισογείου

Για τη θέρμανση του ισογείου θα χρησιμοποιηθεί ένας επιδαπέδιος λέβητας αερίου, ενώ για την ψύξη ένας αερόψυκτος ψύκτης. Ο αερισμός-εξαερισμός του κτηρίου θα γίνει με την χρήση ΚΚΜ, ενώ οι τερματικές μονάδες θα είναι FCU. Παράλληλα θα γίνουν υπολογισμοί για 4 κυκλοφορητές στο κτήριο.

4.1.1 Θέρμανση

ΛΕΒΗΤΑΣ:

Ισχύς Λέβητα = 60 kW

$$n_{sK\Theta} = \Sigma M\Theta\Delta (n_{sA\Theta} + 0.03)$$

- $\Sigma M\Theta\Delta = 1.11$ (φυσικό αέριο)
- $n_{sA\Theta} = 0.9$

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι: $n_{sK\Theta} = 1.0323$

$Y = Y_{\text{περδιαστασιολόγηση}} = 60\text{kW}/54\text{kW} = 1.11$ kW (έστω 125%).

$$n_{\text{gen}} = n_{g1} * n_{g2} * n_{sK\Theta}$$

- $Y = 125\% \Rightarrow n_{g1} = 0.97$
- $n_{g2} = aY + b = 0 * 1.25 + 1 = 1$
- $n_{sK\Theta} = 1.0323$

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι : $n_{\text{gen}} = 1.0323 * 0.97 * 1 = 1.001 = 1$

ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ:

$$\text{Βαθμός απόδοσης} = 1 - 0.055 = 0.945$$

ΤΕΡΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ:

$$N_{em,t} = n_{em} / (f_{rad} * f_{im} * f_{ydr})$$

- $f_{rad} = 1.00$
- $f_{im} = 0.97$
- $f_{ydr} = 1.00$
- $n_{em} = 0.89$

$$\text{Από τα παραπάνω προκύπτει ότι: } N_{em,t} = 0.917 = 0.92$$

ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ: Υπολογισμός κυκλοφορητών στο φύλλο Excel.

4.1.2 Ψύξη

ΨΥΚΤΗΣ:

5.2.2.1. Βαθμός απόδοσης αντλιών θερμότητας και ψυκτών

Heating & Cooling			EWYQ-CWN/CWP		016	021	025	032	040	050	064
Cooling capacity	Nom.		kW	16.8(1)/17.0(2)	21.0(1)/21.2(2)	25.3(1)/25.5(2)	31.6(1)/31.8(2)	42.1(1)/42.3(2)	50.5(1)/50.7(2)	63.2(1)/63.3(2)	
	Max.		kW	20.0(1)/20.2(2)	25.0(1)/25.2(2)	30.1(1)/30.3(2)	37.6(1)/37.8(2)	50.1(1)/50.3(2)	60.1(1)/60.3(2)	75.2(1)/75.3(2)	
Heating capacity	Nom.		kW	16.8(1)/16.6(2)	21.0(1)/20.8(2)	25.1(1)/24.9(2)	31.4(1)/31.2(2)	41.9(1)/41.7(2)	50.3(1)/50.1(2)	62.9(1)/62.7(2)	
Power input	Cooling	Nom.	kW	5.93(1)/5.81(2)	7.61(1)/7.47(2)	9.60(1)/9.45(2)	12.9(1)/12.7(2)	15.1	19.2(1)/19.0(2)	25.7(1)/25.5(2)	
	Heating	Nom.	kW	5.60(1)/5.49(2)	6.89(1)/6.76(2)	8.74(1)/8.58(2)	10.8(1)/10.6(2)	13.7	17.5(1)/17.4(2)	21.6(1)/21.4(2)	
Capacity control	Method			Inverter controlled							
	Minimum capacity		%	25							
EER				2.84(1)/2.93(2)	2.77(1)/2.84(2)	2.63(1)/2.70(2)	2.45(1)/2.50(2)	2.79(1)/2.80(2)	2.63(1)/2.67(2)	2.46(1)/2.48(2)	
COP				3.00(1)/3.02(2)	3.05(1)/3.07(2)	2.87(1)/2.91(2)	2.91(1)/2.93(2)	3.06(1)/3.03(2)	2.87(1)/2.88(2)	2.91(1)/2.93(2)	
ESEER				4.37(1)/4.85(2)	4.26(1)/4.70(2)	4.17(1)/4.57(2)	3.87(1)/4.10(2)	4.28(1)/4.40(2)	4.18(1)/4.36(2)	3.87(1)/4.05(2)	
Space heating	Average climate water outlet 35°C	General	η _s (Seasonal space heating efficiency)	%	147(1)/144(2)	148(1)/154(2)	138(1)/139(2)	135(1)/138(2)	149	139	135(1)/138(2)
			SCOP		3.75(1)/3.68(2)	3.78(1)/3.93(2)	3.53(1)/3.55(2)	3.45(1)/3.53(2)	3.80	3.55	3.45(1)/3.53(2)
			Seasonal space heating eff. class		A+	A++			A+		

(1) Underfloor program: cooling Ta 35°C - LWE 18°C (Dt: 5°C); heating Ta DB/WB 7°C/6°C - LWC 35°C (Dt: 5°C) (2) Fan coil program: cooling Ta 35°C - LWE 7°C (Dt: 5°C); heating Ta DB/WB 7°C/6°C - LWC 45°C (Dt: 5°C)

Η επιλογή του αερόψυκτου ψύκτη έγινε από τον παραπάνω κατάλογο. Τα ονομαστικά χαρακτηριστικά του ψύκτη είναι:

- Ψυκτική ισχύς = 42.1 kW
- EER = 2.79
- SEER = 4.28

Σύμφωνα με τη TOTEE 20701-1/2017 πρέπει να γίνει υπολογισμός του συντελεστή SEER.

$$SEER = EER * a * Y^b = 3.66$$

- EER = 2.79
- a = 1.313
- b = -0.997
- Y = 1 (ψυκτική ισχύς < 100 kW).

Θα χρησιμοποιηθούν 2 τέτοιοι ψύκτες για λόγους εφεδρείας.

ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ:

$$\text{Βαθμός απόδοσης} = 1 - 0.055 = 0.945$$

ΤΕΡΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ:

$$N_{em,t} = n_{em}/(f_{rad} \cdot f_{im} \cdot f_{ydr})$$

- $f_{rad} = 1.00$
- $f_{im} = 0.97$
- $f_{ydr} = 1.00$
- $n_{em} = 0.95$

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι: $N_{em,t} = 0.979 = 0.98$

ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ:

Υπολογισμός κυκλοφορητών – FCU στο φύλλο Excel.

4.1.3 Μηχανικός Αερισμός – Εξαερισμός

Από την παράγραφο 5.6 της TOTEE 20701-1/2017 η ειδική ηλεκτρική ισχύς του ανεμιστήρα είναι 2.5 kW. Η ΚΚΜ παρέχει 100% νωπού προκλιματισμένου αέρα, με δυνατότητα ανάκτησης, σύστημα ύγρανσης και ειδικά φίλτρα για την βέλτιστη ποιότητα αέρα. Η συνολική παροχή είναι ίση με 8272.2 m³/h, όπως φαίνεται και στο φύλλο Excel.

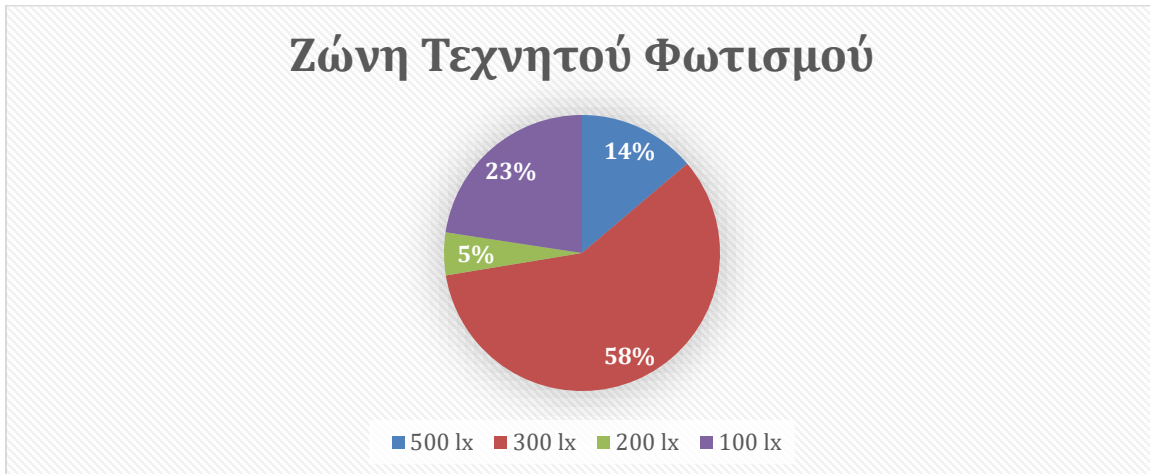
4.1.4 Φωτισμός

<i>Χώρος</i>	<i>Ισχύς(W)</i>	<i>Ζώνη(lx)</i>	<i>Αυτόματη Λειτουργία</i>
<i>XI.1</i>	<i>520.2</i>	<i>500</i>	<i>NAI</i>
<i>XI.4</i>	<i>460.8</i>	<i>300</i>	<i>NAI</i>
<i>XI.5</i>	<i>426.6</i>	<i>300</i>	<i>NAI</i>
<i>XI.6</i>	<i>426.6</i>	<i>300</i>	<i>-</i>
<i>XI.7</i>	<i>115.2</i>	<i>500</i>	<i>NAI</i>
<i>XI.11</i>	<i>58</i>	<i>200</i>	<i>NAI</i>
<i>XI.12</i>	<i>173.4</i>	<i>200</i>	<i>NAI</i>
<i>XI.13</i>	<i>1387.2</i>	<i>300</i>	<i>NAI</i>
<i>XI.10</i>	<i>71.1</i>	<i>100</i>	<i>-</i>
<i>XI.14</i>	<i>289</i>	<i>100</i>	<i>NAI</i>
<i>XI.15</i>	<i>231.2</i>	<i>100</i>	<i>NAI</i>
<i>XI.16</i>	<i>260</i>	<i>100</i>	<i>NAI</i>
<i>XI.17</i>	<i>95</i>	<i>100</i>	<i>-</i>
<i>XI.18</i>	<i>95</i>	<i>100</i>	<i>-</i>
<i>ΣΥΝΟΛΟ</i>	<i>4609.3</i>		

Εγκατεστημένη ισχύς = 4609.3 W

Εγκατεστημένη ισχύς που ελέγχεται μόνο με αισθητήρες παρουσίας = 3921.6 W

Περιοχή ΦΦ = 50%



4.1.5 Αυτοματισμός Εγκατάστασης

Η κατηγορία διατάξεων ελέγχου και αυτοματισμών της καρτέλας Ζώνη εξαρτάται από το είδος χρήσης της ζώνης. Ο έλεγχος γίνεται βάσει του πίνακα 5.5 της TOTEE 20701-1/2017.

Έλεγχος τερματικών μονάδων – FCU: Κατηγορία Αυτοματισμού Β

Έλεγχος μηχανικού αερισμού – ΚΚΜ: Κατηγορία Αυτοματισμού Β

4.2 Συστήματα Α' Ορόφου

Η θέρμανση και η ψύξη του Α ορόφου γίνεται με χρήση αντλίας θερμότητας πολυδιαιρούμενου τύπου VRV, ενώ για τον αερισμό και τον εξαερισμό χρησιμοποιούνται τοπικοί εναλλάκτες. Οι τερματικές μονάδες είναι τύπου εσωτερικές μονάδες VRV.

4.2.1 Θέρμανση

ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΟΨΥΚΤΗ ΑΜΕΣΟΥ ΕΚΤΟΝΩΣΕΩΣ ΑΕΡΑ-ΑΕΡΑ:

ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΠΟΛΥΔΙΑΙΡΟΥΜΕΝΟΥ ΤΥΠΟΥ VRV ΤΥΠΟΥ ΑΕΡΑ-ΑΕΡΑ (ΑΜΕΣΟΥ ΕΚΤΟΝΩΣΕΩΣ)

5.1.2.2. Βαθμός απόδοσης αντλιών θερμότητας

Outdoor unit		REYQ	8T	10T	12T	14T	16T	18T	20T
Capacity range		HP	8	10	12	14	16	18	20
Cooling capacity	Prated,c	kW	22.4	28.0	33.5	40.0	45.0	50.4	52.0
Heating capacity	Prated,h	kW	13.7	16.0	18.4	20.6	23.2	27.9	31.0
	Max. 6°CWB	kW	25.0	31.5	37.5	45.0	50.0	56.5	63.0
ηs,c		%	212.4	222.0	216.9	226.6	216.8	216.2	210.3
ηs,h		%	146.8	152.3	155.5	138.4	138.9	149.1	148.1
SEER			5.4	5.6	5.5	5.7	5.5		5.3
SCOP			3.7	3.9	4.0		3.5		3.8

Outdoor unit system		REYQ	10T	13T	16T	18T	20T	22T	24T	26T	28T	30T	32T
System	Outdoor unit module 1		REMQ5T			REYQ8T			REYQ10T		REYQ12T		REYQ16T
	Outdoor unit module 2		REMQ5T		REYQ8T	REYQ10T	REYQ12T	REYQ16T	REYQ14T	REYQ16T	REYQ18T	REYQ16T	
Capacity range		HP	10	13	16	18	20	22	24	26	28	30	32
Cooling capacity	Prated,c	kW	28.0	36.4	44.8	50.4	55.9	61.5	67.4	73.5	78.5	83.9	90.0
Heating capacity	Prated,h	kW	16.0	21.7	23.2	27.9	31.0	34.4	36.9	37.1	39.7	44.4	46.4
	Max. 6°CWB	kW	32.0	41.0	50.0	56.5	62.5	69.0	75.0	82.5	87.5	94.0	100.0
ηs,c		%	224.2	229.3	223.9	222.9	215.0	213.5	215.3	222.0	216.8	216.2	216.8
ηs,h		%	156.4	148.9	147.4	150.8	152.3	155.7	147.5	151.0	150.9	152.9	138.9
SEER			5.7	5.8	5.7	5.6	5.5	5.4	5.5	5.6		5.5	
SCOP			4.0		3.8		3.9	4.0		3.8		3.9	3.5

Η επιλογή της αντλίας θερμότητας πολυδιαιρούμενου τύπου VRV έγινε από τον παραπάνω κατάλογο. Τα ονομαστικά χαρακτηριστικά της είναι:

- Ψυκτική ισχύς = 44.8 kW
- Θερμική ισχύς = 23.2 kW
- SEER = 5.7
- SCOP = 3.8

Θα χρησιμοποιηθούν δύο μονάδες για λόγους εφεδρείας.

ΤΕΡΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ:

$$N_{em,t} = n_{em}/(f_{rad} \cdot f_{im} \cdot f_{ydr})$$

- $f_{rad} = 1.00$
- $f_{im} = 0.97$
- $f_{ydr} = 1.00$
- $n_{em} = 0.95$

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι: $N_{em,t} = 0.979$

ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ:

Ανεμιστήρες τύπου FCU με παροχή και ισχύ, υπολογισμένοι στο φύλλο Excel.

ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ:

Βαθμός απόδοσης = $1 - 0.035 = 0.965$

4.2.2. Ψύξη

ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΟΨΥΚΤΗ ΑΜΕΣΟΥ ΕΚΤΟΝΩΣΕΩΣ ΑΕΡΑ-ΑΕΡΑ:

ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΠΟΛΥΔΙΑΙΡΟΥΜΕΝΟΥ ΤΥΠΟΥ VRV ΤΥΠΟΥ ΑΕΡΑ-ΑΕΡΑ (ΑΜΕΣΟΥ ΕΚΤΟΝΩΣΕΩΣ)

5.1.2.2. Βαθμός απόδοσης αντλιών θερμότητας

Outdoor unit		REYQ	8T	10T	12T	14T	16T	18T	20T
Capacity range		HP	8	10	12	14	16	18	20
Cooling capacity	Prated,c	kW	22.4	28.0	33.5	40.0	45.0	50.4	52.0
Heating capacity	Prated,h	kW	13.7	16.0	18.4	20.6	23.2	27.9	31.0
	Max. 6°CWB	kW	25.0	31.5	37.5	45.0	50.0	56.5	63.0
ηs,c		%	212.4	222.0	216.9	226.6	216.8	216.2	210.3
ηs,h		%	146.8	152.3	155.5	138.4	138.9	149.1	148.1
SEER			5.4	5.6	5.5	5.7	5.5		5.3
SCOP			3.7	3.9	4.0	3.5		3.8	

Outdoor unit system		REYQ	10T	13T	16T	18T	20T	22T	24T	26T	28T	30T	32T
System	Outdoor unit module 1		REMQST		REYQ8T		REYQ10T		REYQ8T		REYQ12T		REYQ16T
	Outdoor unit module 2		REMQST		REYQ8T		REYQ10T		REYQ12T		REYQ16T		REYQ14T
Capacity range		HP	10	13	16	18	20	22	24	26	28	30	32
Cooling capacity	Prated,c	kW	28.0	36.4	44.8	50.4	55.9	61.5	67.4	73.5	78.5	83.9	90.0
Heating capacity	Prated,h	kW	16.0	21.7	23.2	27.9	31.0	34.4	36.9	37.1	39.7	44.4	46.4
	Max. 6°CWB	kW	32.0	41.0	50.0	56.5	62.5	69.0	75.0	82.5	87.5	94.0	100.0
ηs,c		%	224.2	229.3	223.9	222.9	215.0	213.5	215.3	222.0	216.8	216.2	216.8
ηs,h		%	156.4	148.9	147.4	150.8	152.3	155.7	147.5	151.0	150.9	152.9	138.9
SEER			5.7	5.8	5.7	5.6	5.5	5.4	5.5	5.6	5.5		
SCOP			4.0		3.8		3.9	4.0	3.8			3.9	3.5

Η επιλογή της αντλίας θερμότητας πολυδισαιρούμενου τύπου VRV έγινε από τον παραπάνω κατάλογο. Τα ονομαστικά χαρακτηριστικά της είναι:

- Ψυκτική ισχύς = 44.8 kW
- Θερμική ισχύς = 23.2 kW
- SEER = 5.7
- SCOP = 3.8

Θα χρησιμοποιηθούν δύο μονάδες για λόγους εφεδρείας.

ΤΕΡΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ:

$$N_{em,t} = n_{em}/(f_{im} * f_{ydr})$$

- $f_{im} = 0.97$
- $f_{ydr} = 1.00$
- $n_{em} = 0.93$

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι: $N_{em,t} = 0.958$

ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ:

Ανεμιστήρες τύπου FCU με παροχή και ισχύ, υπολογισμένοι στο φύλλο Excel.

ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ:

$$\text{Βαθμός απόδοσης} = 1 - 0.02 = 0.98$$

4.2.3 Μηχανικός Αερισμός - Εξαερισμός

Για τον αερισμό – εξαερισμό του Α' ορόφου χρησιμοποιούνται τοπικοί εναλλάκτες αέρα-αέρα με δυνατότητα ανάκτησης 70% του φορτίου αερισμού. Οι υπολογισμοί παροχής και ηλεκτρικής ισχύος φαίνονται αναλυτικά στο φύλλο Excel.

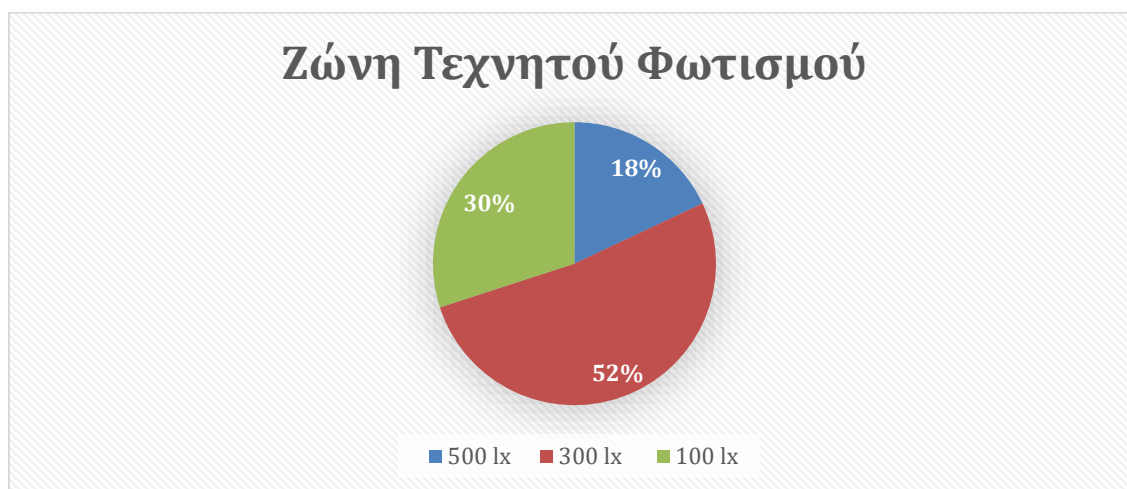
4.2.4 Φωτισμός

Χώρος	Ισχύς(W)	Ζώνη(lx)	Αυτόματη Λειτουργία
XA.1	426.6	300	NAI
XA.2	142.2	500	-
XA.3	57.8	500	-
XA.4	480	500	-
XA.5	284.4	300	NAI
XA.6	462	300	NAI
XA.7	426.6	300	NAI
XA.8	462.4	300	NAI
XA.9	284.4	300	NAI
XA.10	289	100	-
XA.11	231.2	100	-
XA.12	289	100	-
XA.13	231.2	100	-
XA.16	115.6	500	-
XA.17	115.6	500	-
XA.18	259.2	100	-
ΣΥΝΟΛΟ	4521.2		

Εγκατεστημένη ισχύς = 4521.2 W

Εγκατεστημένη ισχύς που ελέγχεται μόνο με αισθητήρες παρουσίας = 1884 W

Περιοχή ΦΦ = 50%



4.2.5 Αυτοματισμός Εγκατάστασης

Η κατηγορία διατάξεων ελέγχου και αυτοματισμών της καρτέλας Ζώνη εξαρτάται από το είδος χρήσης της ζώνης. Ο έλεγχος γίνεται βάσει του πίνακα 5.5 της TOTEE 20701-1/2017.

Έλεγχος τερματικών μονάδων – FCU: Κατηγορία Αυτοματισμού B

Έλεγχος μηχανικού αερισμού – Εναλλάκτες αέρα-αέρα: Κατηγορία Αυτοματισμού B

4.3 Συστήματα Β' Ορόφου

Η θέρμανση και η ψύξη του Β ορόφου γίνεται με χρήση αντλίας θερμότητας πολυδιαιρούμενου τύπου VRV, ενώ για τον αερισμό και τον εξαερισμό χρησιμοποιούνται τοπικοί εναλλάκτες. Οι τερματικές μονάδες είναι τύπου εσωτερικές μονάδες VRV.

4.3.1 Θέρμανση

ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΟΨΥΚΤΗ ΑΜΕΣΟΥ ΕΚΤΟΝΩΣΕΩΣ ΑΕΡΑ-ΑΕΡΑ:

ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΠΟΛΥΔΙΑΙΡΟΥΜΕΝΟΥ ΤΥΠΟΥ VRV ΤΥΠΟΥ ΑΕΡΑ-ΑΕΡΑ (ΑΜΕΣΟΥ ΕΚΤΟΝΩΣΕΩΣ)

5.1.2.2. Βαθμός απόδοσης αντλιών θερμότητας

Outdoor unit		REYQ	8T	10T	12T	14T	16T	18T	20T
Capacity range		HP	8	10	12	14	16	18	20
Cooling capacity	Prated,c	kW	22.4	28.0	33.5	40.0	45.0	50.4	52.0
Heating capacity	Prated,h	kW	13.7	16.0	18.4	20.6	23.2	27.9	31.0
	Max. 6°CWB	kW	25.0	31.5	37.5	45.0	50.0	56.5	63.0
ηs,c		%	212.4	222.0	216.9	226.6	216.8	216.2	210.3
ηs,h		%	146.8	152.3	155.5	138.4	138.9	149.1	148.1
SEER			5.4	5.6	5.5	5.7	5.5		5.3
SCOP			3.7	3.9	4.0		3.5		3.8

Outdoor unit system		REYQ	10T	13T	16T	18T	20T	22T	24T	26T	28T	30T	32T
System	Outdoor unit module 1		REMQ5T		REYQ8T		REYQ10T		REYQ8T	REYQ12T		REYQ12T	REYQ16T
	Outdoor unit module 2		REMQ5T	REYQ8T	REYQ10T	REYQ12T	REYQ16T	REYQ14T	REYQ16T	REYQ18T	REYQ16T		
Capacity range		HP	10	13	16	18	20	22	24	26	28	30	32
Cooling capacity	Prated,c	kW	28.0	36.4	44.8	50.4	55.9	61.5	67.4	73.5	78.5	83.9	90.0
Heating capacity	Prated,h	kW	16.0	21.7	23.2	27.9	31.0	34.4	36.9	37.1	39.7	44.4	46.4
	Max. 6°CWB	kW	32.0	41.0	50.0	56.5	62.5	69.0	75.0	82.5	87.5	94.0	100.0
ηs,c		%	224.2	229.3	223.9	222.9	215.0	213.5	215.3	222.0	216.8	216.2	216.8
ηs,h		%	156.4	148.9	147.4	150.8	152.3	155.7	147.5	151.0	150.9	152.9	138.9
SEER			5.7	5.8	5.7	5.6	5.5	5.4	5.5	5.6		5.5	
SCOP			4.0		3.8		3.9	4.0		3.8		3.9	3.5

Η επιλογή της αντλίας θερμότητας πολυδιαιρούμενου τύπου VRV έγινε από τον παραπάνω κατάλογο. Τα ονομαστικά χαρακτηριστικά της είναι:

- Ψυκτική ισχύς = 44.8 kW
- Θερμική ισχύς = 23.2 kW
- SEER = 5.7
- SCOP = 3.8

Θα χρησιμοποιηθούν δύο μονάδες για λόγους εφειδρείας.

ΤΕΡΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ:

$$N_{em,t} = n_{em}/(f_{rad} * f_{im} * f_{ydr})$$

- $f_{rad} = 1.00$
- $f_{im} = 0.97$
- $f_{ydr} = 1.00$
- $n_{em} = 0.95$

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι: $N_{em,t} = 0.979$

ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ:

Ανεμιστήρες τύπου FCU με παροχή και ισχύ, υπολογισμένοι στο φύλλο Excel.

ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ:

Βαθμός απόδοσης = $1 - 0.035 = 0.965$

4.3.2. Ψύξη

ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΟΨΥΚΤΗ ΑΜΕΣΟΥ ΕΚΤΟΝΩΣΕΩΣ ΑΕΡΑ-ΑΕΡΑ:

ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΠΟΛΥΔΙΑΙΡΟΥΜΕΝΟΥ ΤΥΠΟΥ VRV ΤΥΠΟΥ ΑΕΡΑ-ΑΕΡΑ (ΑΜΕΣΟΥ ΕΚΤΟΝΩΣΕΩΣ)

5.1.2.2. Βαθμός απόδοσης αντλιών θερμότητας

Outdoor unit	REYQ	8T	10T	12T	14T	16T	18T	20T
Capacity range	HP	8	10	12	14	16	18	20
Cooling capacity	Prated,c	kW	22.4	28.0	33.5	40.0	45.0	50.4
Heating capacity	Prated,h	kW	13.7	16.0	18.4	20.6	23.2	27.9
	Max. 6°CWB	kW	25.0	31.5	37.5	45.0	50.0	63.0
$\eta_{s,c}$	%	212.4	222.0	216.9	226.6	216.8	216.2	210.3
$\eta_{s,h}$	%	146.8	152.3	155.5	138.4	138.9	149.1	148.1
SEER		5.4	5.6	5.5	5.7		5.5	5.3
SCOP		3.7	3.9	4.0		3.5		3.8

Outdoor unit system	REYQ	10T	13T	16T	18T	20T	22T	24T	26T	28T	30T	32T
System		REMQST	REYQ8T	REYQ10T	REYQ12T	REYQ14T	REYQ16T	REYQ18T	REYQ20T	REYQ22T	REYQ24T	REYQ26T
Outdoor unit module 1		REMQST	REYQ8T	REYQ10T	REYQ12T	REYQ14T	REYQ16T	REYQ18T	REYQ20T	REYQ22T	REYQ24T	REYQ26T
Outdoor unit module 2		REMQST	REYQ8T	REYQ10T	REYQ12T	REYQ14T	REYQ16T	REYQ18T	REYQ20T	REYQ22T	REYQ24T	REYQ26T
Capacity range	HP	10	13	16	18	20	22	24	26	28	30	32
Cooling capacity	Prated,c	kW	28.0	36.4	44.8	50.4	55.9	61.5	67.4	73.5	78.5	83.9
Heating capacity	Prated,h	kW	16.0	21.7	23.2	27.9	31.0	34.4	36.9	37.1	39.7	44.4
	Max. 6°CWB	kW	32.0	41.0	50.0	56.5	62.5	69.0	75.0	82.5	87.5	100.0
$\eta_{s,c}$	%	224.2	229.3	223.9	222.9	215.0	213.5	215.3	222.0	216.8	216.2	216.8
$\eta_{s,h}$	%	156.4	148.9	147.4	150.8	152.3	155.7	147.5	151.0	150.9	152.9	138.9
SEER		5.7	5.8	5.7	5.6	5.5	5.4	5.5	5.6		5.5	
SCOP		4.0		3.8		3.9	4.0		3.8		3.9	3.5

Η επιλογή της αντλίας θερμότητας πολυδισαιρούμενου τύπου VRV έγινε από τον παραπάνω κατάλογο. Τα ονομαστικά χαρακτηριστικά της είναι:

- Ψυκτική ισχύς = 44.8 kW
- Θερμική ισχύς = 23.2 kW
- SEER = 5.7
- SCOP = 3.8

Θα χρησιμοποιηθούν δύο μονάδες για λόγους εφεδρείας.

Η ψυκτική ισχύς της εγκατάστασης είναι κάτω από 100 kW, επομένως δεν απαιτείται διόρθωση ως προς την υπερδιαστασιολόγηση.

ΤΕΡΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ:

$$N_{em,t} = n_{em}/(f_{im} \cdot f_{ydr})$$

- $f_{im} = 0.97$
- $f_{ydr} = 1.00$
- $n_{em} = 0.93$

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι: $N_{em,t} = 0.958$

ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ:

Ανεμιστήρες τύπου FCU με παροχή και ισχύ, υπολογισμένοι στο φύλλο Excel.

ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ:

$$\text{Βαθμός απόδοσης} = 1 - 0.02 = 0.98$$

4.3.3 Μηχανικός Αερισμός - Εξαερισμός

Για τον αερισμό – εξαερισμό του Α' ορόφου χρησιμοποιούνται τοπικοί εναλλάκτες αέρα-αέρα με δυνατότητα ανάκτησης 70% του φορτίου αερισμού. Οι υπολογισμοί παροχής και ηλεκτρικής ισχύος φαίνονται αναλυτικά στο φύλλο Excel.

4.3.4 Φωτισμός

<i>Χώρος</i>	<i>Ισχύς(W)</i>	<i>Ζώνη(lx)</i>	<i>Αυτόματη Λειτουργία</i>
<i>XB.1</i>	<i>284.4</i>	<i>300</i>	<i>NAI</i>
<i>XB.2</i>	<i>426.6</i>	<i>300</i>	<i>NAI</i>
<i>XB.3</i>	<i>426.6</i>	<i>300</i>	<i>NAI</i>
<i>XB.4</i>	<i>462.4</i>	<i>300</i>	<i>NAI</i>
<i>XB.5</i>	<i>639.9</i>	<i>300</i>	<i>NAI</i>
<i>XB.6</i>	<i>462.4</i>	<i>300</i>	<i>NAI</i>
<i>XB.7</i>	<i>426.6</i>	<i>300</i>	<i>NAI</i>
<i>XB.8</i>	<i>460.8</i>	<i>300</i>	<i>NAI</i>
<i>XB.9</i>	<i>213.3</i>	<i>100</i>	<i>-</i>
<i>XB.10</i>	<i>142.2</i>	<i>100</i>	<i>-</i>
<i>XB.11</i>	<i>213.3</i>	<i>100</i>	<i>-</i>
<i>XB.12</i>	<i>142.2</i>	<i>100</i>	<i>-</i>
<i>XB.13</i>	<i>201.6</i>	<i>500</i>	<i>-</i>
<i>XB.16</i>	<i>115.6</i>	<i>100</i>	<i>-</i>
<i>XB.17</i>	<i>115.6</i>	<i>100</i>	<i>-</i>
<i>ΣΥΝΟΛΟ</i>	<i>4733.5</i>		

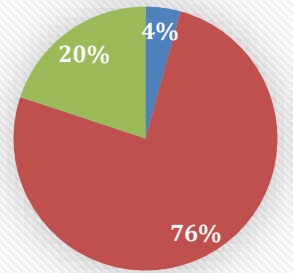
Εγκατεστημένη ισχύς = 4733.5 W

Εγκατεστημένη ισχύς που ελέγχεται μόνο με αισθητήρες παρουσίας = 2452.1 W

Εγκατεστημένη ισχύς που ελέγχεται με αισθητήρες φυσικού φωτισμού και παρουσίας = 1137.6 W

Περιοχή ΦΦ = 50%

Ζώνη Τεχνητού Φωτισμού



■ 500 lx ■ 300 lx ■ 100 lx

4.3.5 Αυτοματισμός Εγκατάστασης

Η κατηγορία διατάξεων ελέγχου και αυτοματισμών της καρτέλας Ζώνη εξαρτάται από το είδος χρήσης της ζώνης. Ο έλεγχος γίνεται βάσει του πίνακα 5.5 της TOTEE 20701-1/2017.

Έλεγχος τερματικών μονάδων – FCU: Κατηγορία Αυτοματισμού B

Έλεγχος μηχανικού αερισμού – Εναλλάκτες αέρα-αέρα: Κατηγορία Αυτοματισμού B

4.4 Z.N.X

Σύμφωνα με τον πίνακα 2.5 της TOTEE 20701-1/2017 δεν υπάρχει απαίτηση για Z.N.X σε κτήρια δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, οπότε δεν εξετάζεται τέτοια εγκατάσταση στο κτήριο. Το ίδιο ισχύει και για τους ηλιακούς συλλέκτες.

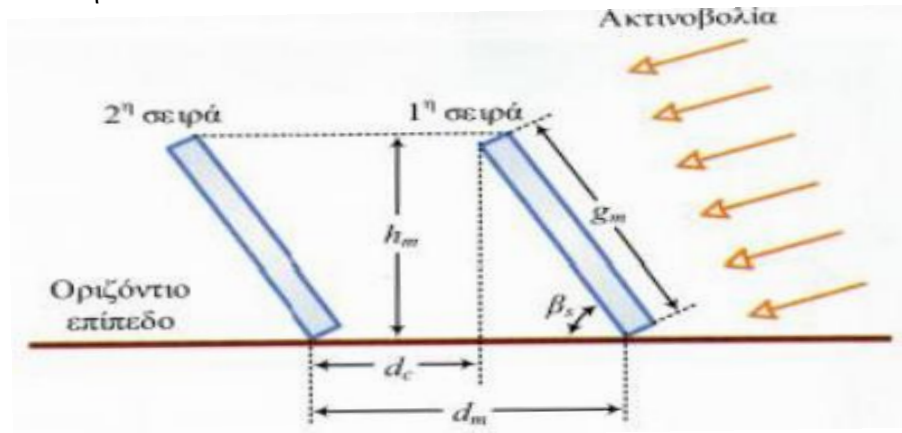
4.5 Φωτοβολταϊκά

Για την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση του κτηρίου θα χρησιμοποιηθούν μονοκρυσταλλικά πάνελ, με κλίση συλλεκτών (β) 15 μοίρες τοποθετημένα στη στέγη. Ο προσανατολισμός τους θα είναι Νότιος (γ). Η επιφάνεια που θα έχουν θα είναι ίση με 10 τετραγωνικά μέτρα. Στη φωτοβολταϊκή διάταξη, η σκίαση των μονάδων πρέπει να αποφεύγεται. Γι' αυτό το λόγο λαμβάνεται μέριμνα για τη σχετική θέση των μονάδων. Η ελάχιστη απόσταση που πρέπει να απέχουν τα φωτοβολταϊκά είναι

$$d_m = (d_c/h_m) \cdot h_m + g_m \cos \beta_s$$

όπου:

- d_c/h_m : Υπολογίζεται ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής
- g_m : Ύψος φωτοβολταϊκών πάνελ
- b_s : κλίση



Πρέπει να προσδιοριστεί ο μέγιστος αριθμός πάνελς που μπορούν να εγκατασταθούν στη διατιθέμενη έκταση. Για το λόγο αυτό θεωρείται ότι η οροφή αποτελείται από τρία ορθογώνια παραλληλόγραμμα συνολικής επιφάνειας 245, 245 και 145 τετραγωνικών μέτρων. Επίσης, θεωρείται ότι κάθε πάνελ έχει μήκος και πλάτος ίσο με 3 μέτρα. Τα πάνελς πρόκειται να τοποθετηθούν το ένα δίπλα στο άλλο σε συστοιχίες και έπειτα σε παράλληλες σειρές συστοιχιών προς τον άξονα Α-Δ, με κλίση 15 μοιρών προς το οριζόντιο επίπεδο.

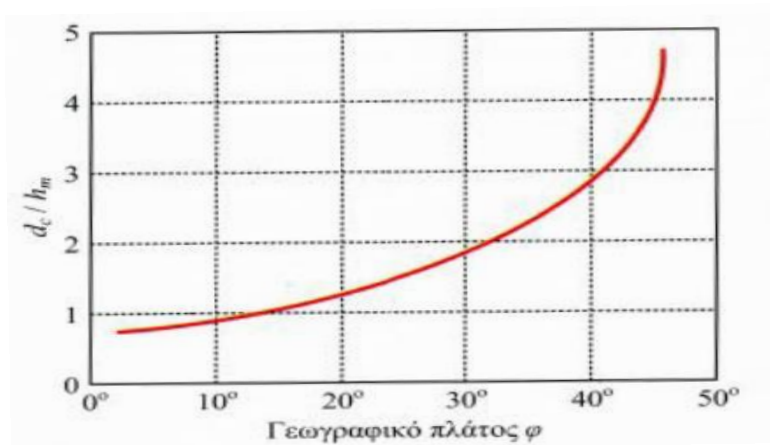
Τμήμα 1:

Η κάθε συστοιχία κατά τη διεύθυνση Α-Δ αποτελείται από:

$$M1 = \text{μήκος οροφής} / \text{πλάτος πάνελ} = 22 / 3.3 = 6 \text{ πάνελς}$$

Έπειτα, υπολογίζεται η ελάχιστη μεταξύ τους απόσταση:

$$d_m = (d_c/h_m) \cdot h_m + g_m \cos b_s$$



Η περιοχή του Βόλου βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος 40 μοιρών Βόρεια. Επομένως:

- $\varphi = 40$ μοίρες
- $d_c/h_m = 2.8$
- $g_m = 3m$
- $b_s = 15$ μοίρες
- $\cos b_s = 0.96$
- $h_m = g_m \cdot \sin b_s = 0,78$

Άρα, $d_m = 2.8 \cdot 0,78 + 3 \cdot 0.96 = 5$ μέτρα

Κατά τη διεύθυνση B-N μπορούν να τοποθετηθούν

$N_1 = 1 + 11/5 = 3$ σειρές πάνελ.

Συνολικά, η ισχύς που μπορεί να παραχθεί είναι ίση με $M_1 \cdot N_1 \cdot 1,5kW = 27$ kW

Τμήμα 2:

Η κάθε συστοιχία κατά τη διεύθυνση A-Δ αποτελείται από:

$M_2 = \text{μήκος οροφής} / \text{πλάτος πάνελ} = 10.8 / 3.3 = 3$ πάνελς

Έπειτα, υπολογίζεται η ελάχιστη μεταξύ τους απόσταση:

$$d_m = (d_c/h_m) \cdot h_m + g_m \cos b_s$$

Η περιοχή του Βόλου βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος 40 μοιρών Βόρεια. Επομένως:

- $\varphi = 40$ μοίρες
- $d_c/h_m = 2.8$
- $g_m = 3m$
- $b_s = 15$ μοίρες
- $\cos b_s = 0.96$
- $h_m = g_m \cdot \sin b_s = 0,78$

Άρα, $d_m = 2.8 \cdot 0,78 + 3 \cdot 0.96 = 5$ μέτρα

Κατά τη διεύθυνση B-N μπορούν να τοποθετηθούν

$N_2 = 1 + 22/5 = 5$ σειρές πάνελ.

Συνολικά, η ισχύς που μπορεί να παραχθεί είναι ίση με $M_2 \cdot N_2 \cdot 1,5kW = 22.5$ kW

Τμήμα 3:

Η κάθε συστοιχία κατά τη διεύθυνση Α-Δ αποτελείται από:

$$M3 = \text{μήκος οροφής} / \text{πλάτος πάνελ} = 10.8 / 3 = 3 \text{ πάνελς}$$

Έπειτα, υπολογίζεται η ελάχιστη μεταξύ τους απόσταση:

$$d_m = (d_c/h_m) \cdot h_m + g_m \cos b_s$$

Η περιοχή του Βόλου βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος 40 μοιρών Βόρεια. Επομένως:

- $\varphi = 40$ μοίρες
- $d_c/h_m = 2.8$
- $g_m = 3\text{m}$
- $b_s = 15$ μοίρες
- $\cos b_s = 0.96$
- $h_m = g_m \cdot \sin b_s = 0.78$

$$\text{Άρα, } d_m = 2.8 \cdot 0.78 + 3 \cdot 0.96 = 5 \text{ μέτρα}$$

Κατά τη διεύθυνση Β-Ν μπορούν να τοποθετηθούν

$$N3 = 1 + 14/5 = 3 \text{ σειρές πάνελ.}$$

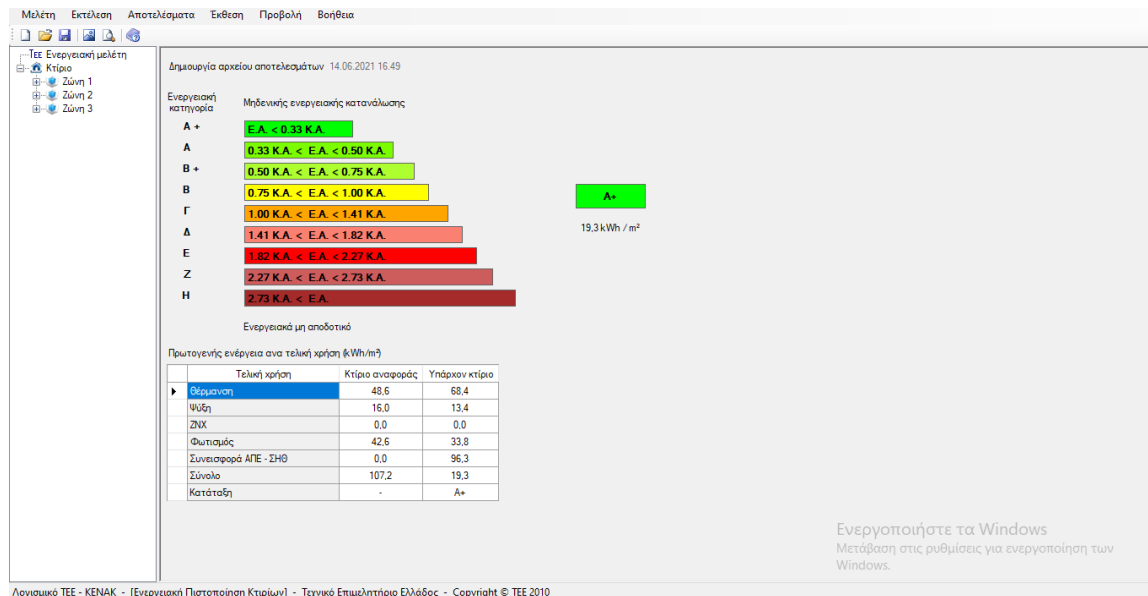
Συνολικά, η ισχύς που μπορεί να παραχθεί είναι ίση με $M3 \cdot N3 \cdot 1.5\text{kW} = 13.5 \text{ kW}$

Στην έκταση της οροφής που δε λήφθηκε υπόψη, θα τοποθετηθούν οι ΚΚΜ.

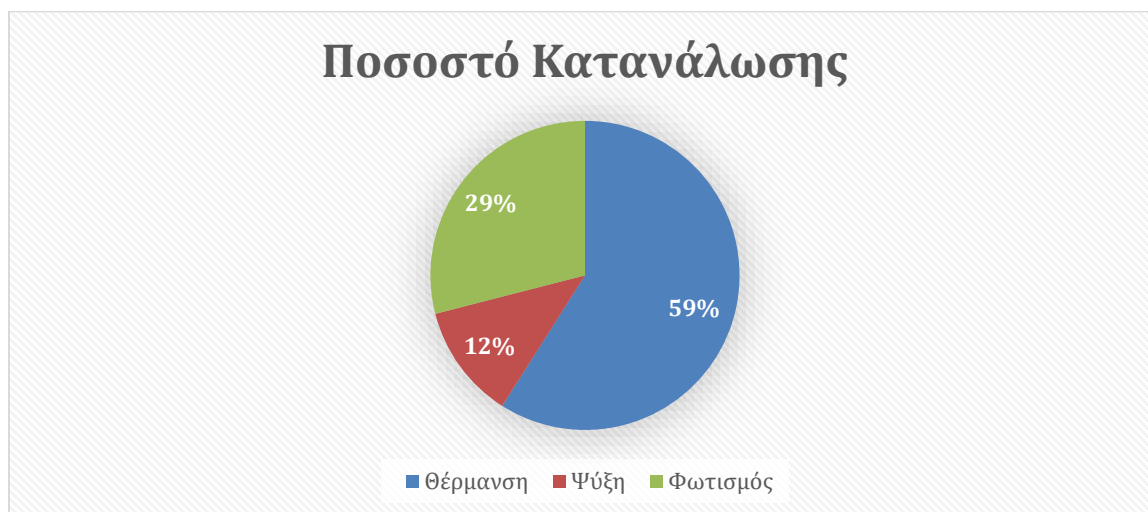
Συγκεντρωτικά, στην οροφή μπορούν να τοποθετηθούν 42 φωτοβολταικά πάνελ, συνολικής επιφάνειας 420 m^2 συνολικής ισχύος 63 kW.

5. Αποτελέσματα

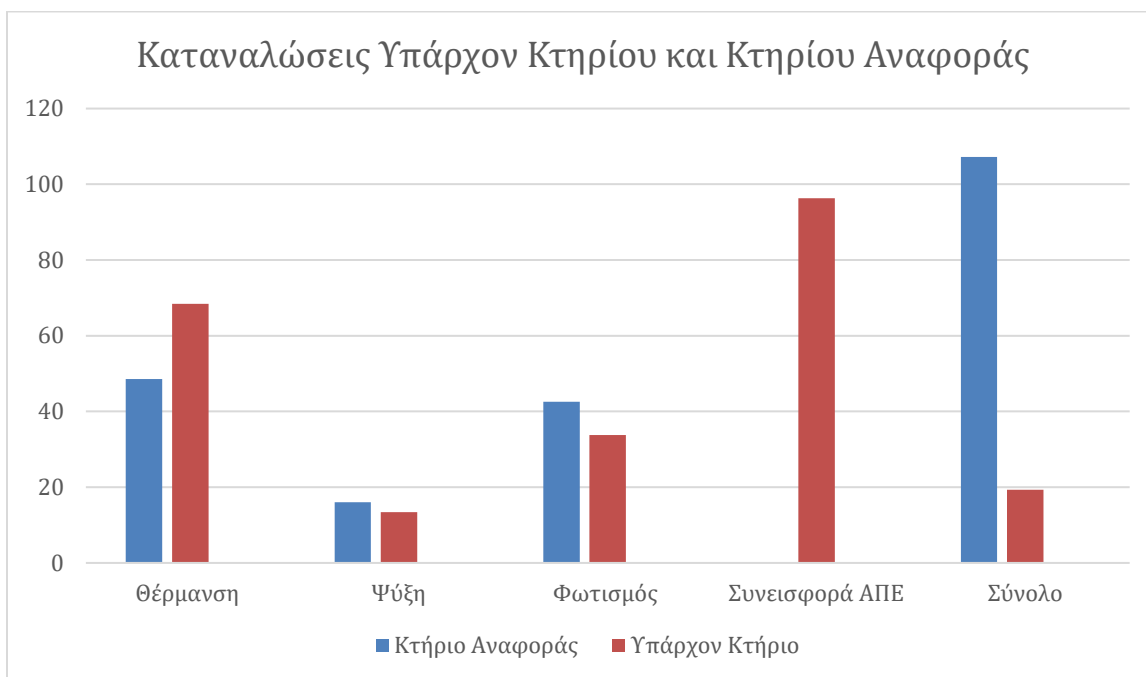
Έχοντας καταχωρήσει όλα τα στοιχεία στο λογισμικό του TEE KENAK το επόμενο βήμα είναι η εμφάνιση των αποτελεσμάτων. Σύμφωνα με το προφίλ χρήσης του, το κτήριο ανήκει στην κατηγορία A+. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω:



Ο επιμερισμός των καταναλώσεων του κτηρίου, δίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:

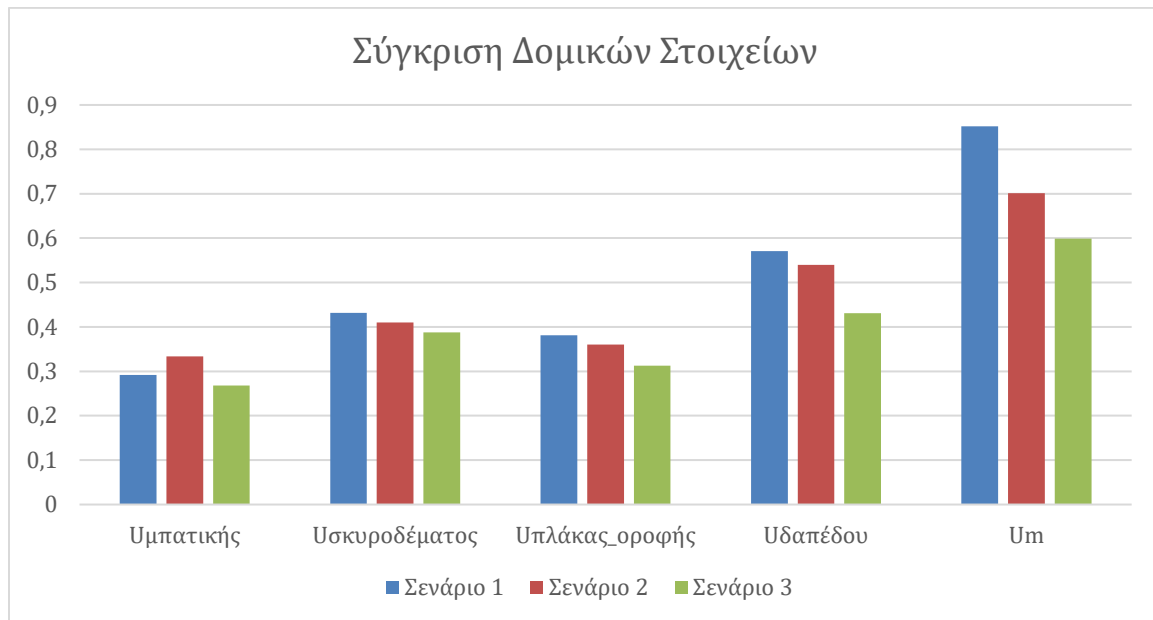


Παρακάτω δίνεται η ανάλυση των αποτελεσμάτων σε σχέση με το κτήριο αναφοράς:

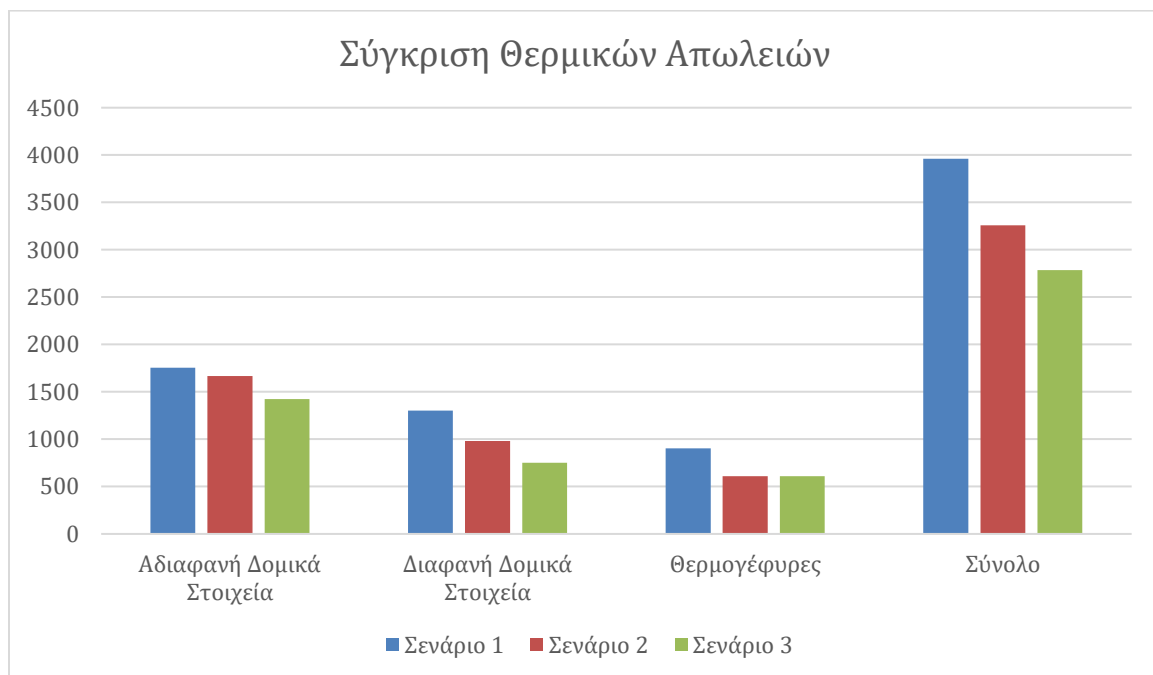


6. Συμπεράσματα

Αρχικά, θα γίνει η σύγκριση των δομικών στοιχείων στα διαφορετικά σενάρια προκειμένου να βρεθεί η βέλτιστη λύση στα στοιχεία κελύφους του κτηρίου.

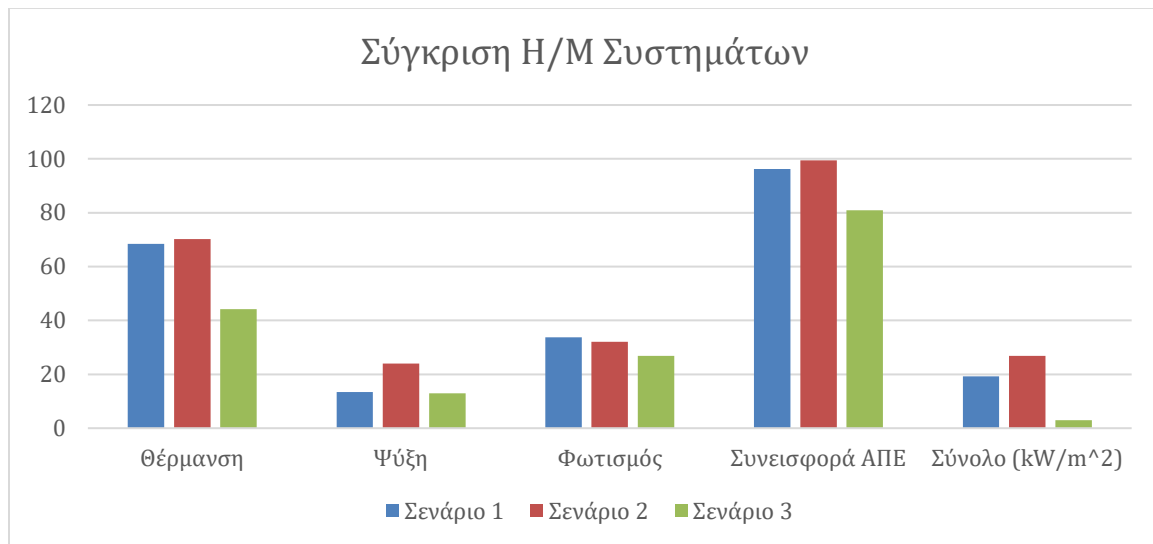


Γίνεται αντιληπτό, ότι η βέλτιστη λύση σε ότι έχει να κάνει με τα δομικά στοιχεία του κτηρίου είναι το τρίτο σενάριο, αφού έχει τους μικρότερους επιμέρους συντελεστές και τελικά το μικρότερο συντελεστή θερμοπερατότητας U_m .



Είναι εμφανές ότι στο σενάριο 3 εμφανίζονται οι λιγότερες θερμικές απώλειες στο υπάρχον κτήριο. Το γεγονός αυτό καθιστά το σενάριο 3 βέλτιστη λύση για το κέλυφος του κτηρίου. Αντίθετα, το σενάριο 1 είναι αυτό με τις περισσότερες θερμικές απώλειες και κατά συνέπεια, αποτελεί το χειρότερο σενάριο.

Επιπλέον, θα γίνει η σύγκριση των τριών σεναρίων για τις επιμέρους ενεργειακές καταναλώσεις των Η/Μ συστημάτων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα:



Μελετώντας το διάγραμμα, υπογραμμίζεται ότι η καλύτερη ΗΜ εγκατάσταση είναι αυτή που εφαρμόστηκε στο σενάριο 3. Παρόλο που η συνεισφορά των ΑΠΕ (φωτοβολταϊκών) δεν είναι η μέγιστη, συνολικά η εγκατάσταση του κτηρίου εμφανίζει τη χαμηλότερη τιμή σε kW/m². Χειρότερο σενάριο, αποδεικνύεται το σενάριο 2, χωρίς ωστόσο να είναι απαγορευτικό, αφού και στην περίπτωση αυτή το κτήριο καταλήγει να είναι ενεργειακής κλάσης A+, δηλαδή κτήριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.