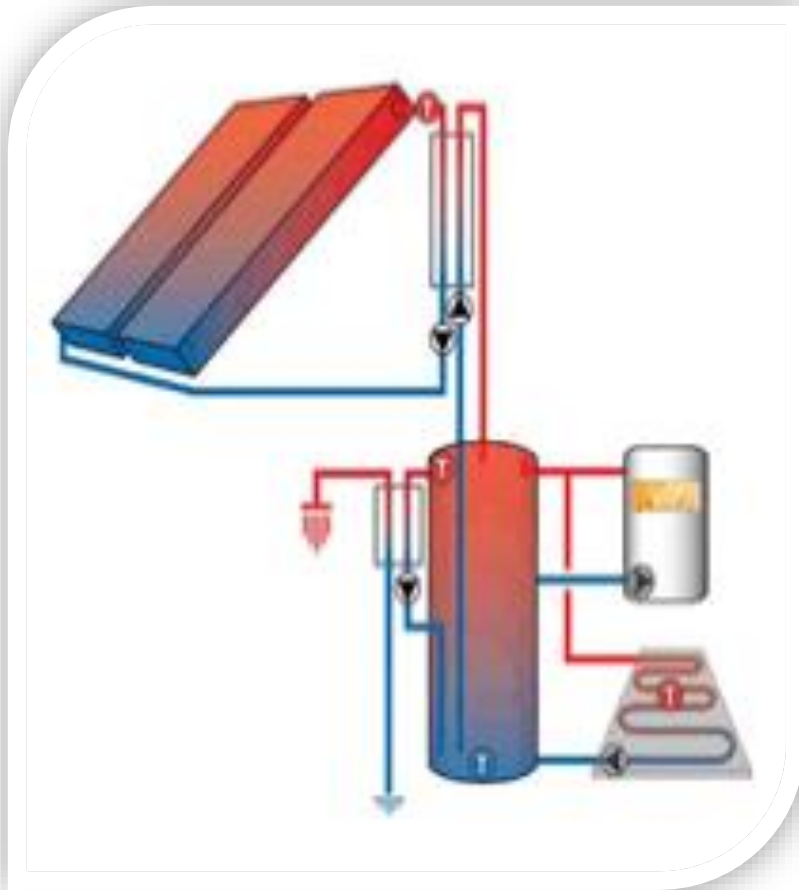




ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Διαστασιολόγηση ηλιακού πεδίου σε μονοκατοικία με σκοπό την υποβοήθηση της ενδοδαπέδιας θέρμανσης



Σπουδαστής: Ξυδάκης Ι. Ιωσήφ (Α.Μ.: 5785)

Υπεύθυνος καθηγητής: κ. Κατσαπρακάκης Δημήτρης



Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στα άτομα τα οποία με στήριξαν, ο καθένας με τον δικό του τρόπο, έτσι ώστε να υλοποιήσω την διπλωματική μου εργασία.

Κατα κύριο λόγο θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή της διπλωματικής εργασίας, κ. Δημήτρη Κατσαπρακάκη επίκουρο καθηγητή του Τ.Ε.Ι. Κρήτης όπου πρώτα απ' όλα με εμπιστεύτηκε για την υλοποίηση της συγκεκριμένης μελέτης αλλά και με στήριξε πλήρως όσον αφορά την θεωρητική καθοδήγηση για την αποπεράτωση της εργασίας.

Επιπλέον οφείλω να ευχαριστήσω την εταιρία Kretatherm Αφοί Α&Γ Ξυδάκης Ο.Ε. για την κάλυψη που μου παρείχε σε τεχνικές πληροφορίες και οδηγίες αλλά και σε θέματα που αφορούν τα προϊόντα του εμπορίου.

Τέλος, νιώθω υπόχρεος να ευχαριστήσω όλους εκείνους τους καθηγητές όπου κατά τη διάρκεια φοίτησής μου, στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Τ.Ε.Ι. Κρήτης, μου μετέδωσαν τουλάχιστον τις απαραίτητες γνώσεις για την υλοποίηση της διπλωματικής μου εργασίας.



Περίληψη

Είναι αδιαμφισβήτητο ότι η τεχνολογία τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται με ταχύτατους ρυθμούς προσδοκώντας την μέγιστη κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών σε βιοτικό ή μη επίπεδο.

Στα πλαίσια του στόχου αυτού παραμελείθηκε για πολλές δεκαετίες ο παράγοντας φύση και περιβάλλον πράγμα το οποίο έχει άμεσες επιπτώσεις στην καθημερινότητά μας. Έτσι λοιπόν, τα τελευταία χρόνια η Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και η Ελλάδα καταβάλει τεράστιες προσπάθειες να μετριάσει την συνεχή περιβαλλοντική καταστροφή που προέρχεται απο ρυπογόνες μηχανές και να επιβάλλει την χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) στην καθημερινότητά μας.

Με βάση τα παραπάνω γεγονότα αλλά και το γεγονός ότι η Ελλάδα έχει ιδιαίτερα υψηλή ηλιοφάνεια για μεγάλο ποσοστό του χρόνου, αξίζει να μελετηθεί ένα σύστημα παραγωγής θερμικής ενέργειας για την θέρμανση κατοικίας, εκμεταλλευόμενο την ηλιακή ενέργεια η οποία είναι ανεξάντλητη.

Πιο συγκεκριμένα, η παρούσα τεχνική μελέτη αφορά μια μονοκατοικία στο κέντρο της πόλης των Χανίων Κρήτης στην οποία πρόκειται να τοποθετηθούν επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες, θερμοδοχείο αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας, τα απαραίτητα όργανα και εξαρτήματα που θα κάνουν το σύστημα ρεαλιστικό και τέλος σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης για την μεταφορά θερμότητας απο το θερμοδοχείο στους χώρους του σπιτιού.

Επιπλέον, θα παρουσιαστούν αναλυτικά οι τρόποι υπολογισμού, της θερμομόνωσης του κτηριακού κελύφους αλλά και των θερμικών απωλειών του κτηρίου. Ωστόσο, εφ' όσον μελετάμε την ηλιακή ακτινοβολία, δεν θα μπορούσε να παραλειφθεί η μελέτη ηλιακής γεωμετρίας που σχετίζεται με την σχέση της θέσης των συλλεκτών και την θέση του ηλίου ανα ώρα.

Στη συνέχεια, κρίνεται απαραίτητο να μελετηθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά και οι αποδόσεις των ηλιακών συλλεκτών, του θερμοδοχείου, των εργαζόμενων μέσων και διάφορα άλλα που θα παρουσιαστούν στην συνέχεια.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι οι υπολογισμοί έγιναν με βάση τις ισχύουσες νομοθεσίες της Ε.Ε. και του Ελληνικού δικαίου.



Περιεχόμενα

Παρουσίαση της κατοικίας	5
Μελέτη θερμομόνωσης κτηριακού κελύφους	8
Αδιαφανή δομικά στοιχεία	8
Διαφανή δομικά στοιχεία	13
Συγκεντρωτικά χαρακτηριστικά θερμομόνωσης κτηρίου αναφοράς	16
Μελέτη θερμικών απωλειών κτηρίου αναφοράς	19
Παραδοχές και κανονισμοί υπολογισμών	19
Φύλλα υπολογισμού θερμικών απωλειών	22
Συνολικές θερμικές απώλειες κτηρίου αναφοράς	30
Ηλιακή γεωμετρία	31
Υπολογισμός γωνίας πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας στον ηλιακό συλλέκτη	31
Παράδειγμα υπολογισμού γωνίας Θ_i για την κατοικία αναφοράς	33
Παράδειγμα χειμερινού ηλιοστασίου (15 Ιανουαρίου)	34
Παράδειγμα ανοιξιάτικου ηλιοστασίου (15 Απριλίου)	35
Παράδειγμα καλοκαιρινού ηλιοστασίου (15 Ιουλίου)	36
Παράδειγμα φθινοπωρινού ηλιοστασίου (15 Οκτωβρίου)	37
Υπολογισμός θερμικής ισχύος επίπεδου ηλιακού συλλέκτη	38
Ωφέλιμη επιφάνεια συλλέκτη (A_c)	39
Συντελεστής θερμικής απολαβής του συλλέκτη (F_R)	39
Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας (U_L)	41
Γινόμενο διαπερατότητας – απορροφητικότητας ($\tau\alpha$)	44
Αποτελέσματα υπολογισμών	48
Υπολογισμός θερμικής επάρκειας θερμοδοχείου (Boiler)	50
Βιβλιογραφία	53



Παρουσίαση της κατοικίας

Η κατοικία στην οποία βασίζεται η μελέτη είναι το ισόγειο διόροφης μονοκατοικίας στο κέντρο της πόλης των Χανίων Κρήτης και συγκεκριμένα είναι η κατοικία οπού διαμένω.

Περιλαμβάνει τρία (3) υπνοδωμάτια και ένα WC στην βόρεια πλευρά, ένα σαλόνι – τραπεζαρία και την κουζίνα στην νότια πλευρά, ένα βοηθητικό χώρο στην νοτιοανατολική γωνία του κτηρίου και τέλος ένα διάδρομο (ή χωλ) που χωρίζει την βόρεια με την νότια όψη του κτηρίου. Επιπλέον, υπάρχει υπόγειο το οποίο θεωρείται Μη Θερμαινόμενος Χώρος (Μ.Θ.Χ) και ένας ακόμη θερμαινόμενος όροφος.

Το ύψος της κατοικίας ορίζεται στα 3.00 μέτρα και το εσωτερικό εμβαδό του κάθε χώρου – θερμικής ζώνης ως εξής:

✚ Υπνοδωμάτιο 1 (ΒΔ)	: 16,38 m ²
✚ Υπνοδωμάτιο 1 (Β)	: 8,51 m ²
✚ Μπάνιο (Β)	: 6,925 m ²
✚ Υπνοδωμάτιο 3 (ΒΑ)	: 17,50 m ²
✚ Χωλ	: 23,39 m ²
✚ Γραφείο (ΝΑ)	: 3,60 m ²
✚ Σαλόνι – Τραπεζαρία (Ν)	: 24,74 m ²
✚ Κουζίνα (ΝΔ)	: 14,10 m ²

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το εσωτερικό εμβαδό του κτηρίου είναι 115,15 m² ενώ το εξωτερικό εμβαδό (μαζί με τοιχοποιίες), το εμβαδό του δαπέδου και το εμβαδό της οροφής είναι 153,45 m² (απο κάτοψη κατοικίας).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι πλάγιες όψεις της κατοικίας καθώς και η κάτοψή της, με διαστάσεις και αναφορές σε διαφανείς επιφάνειες (κουφώματα), τοιχοποιίες (εξωτερικές-εσωτερικές), μπετόν και άλλες χρήσιμες πληροφορίες για την πλήρη κατανόηση των σχεδίων.

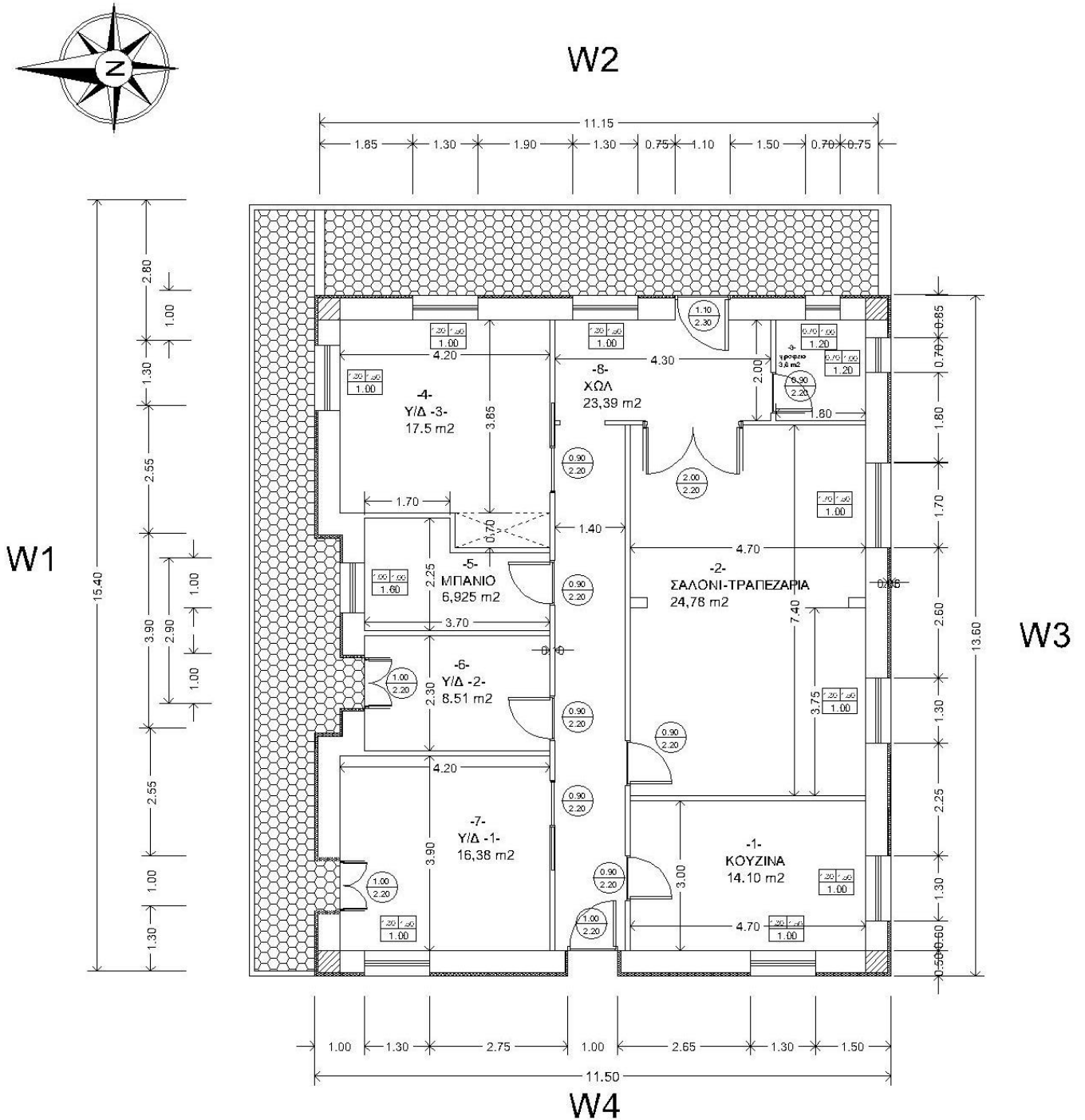


Figure 1: Κάτοψη κατοικίας

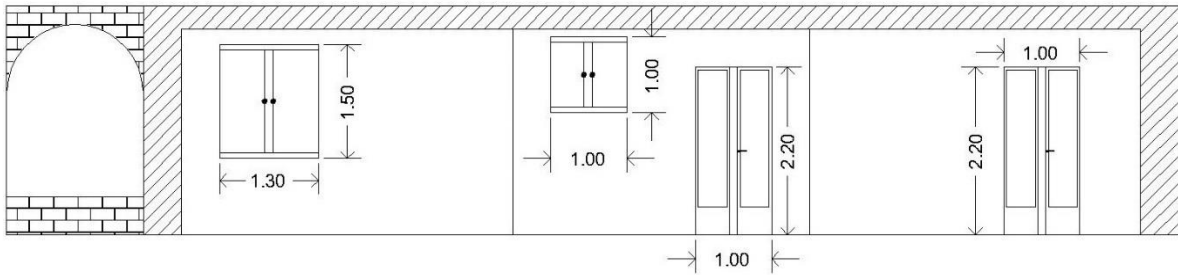


Figure 2: Βόρεια όψη κτηρίου (W1)

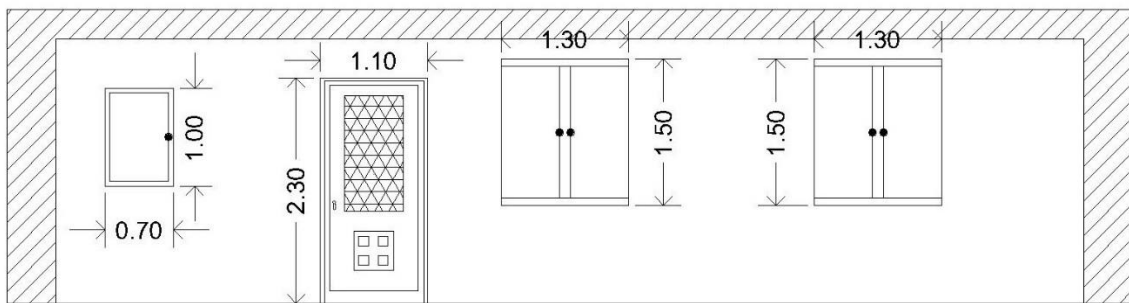


Figure 3: Ανατολική όψη κτηρίου (W2)

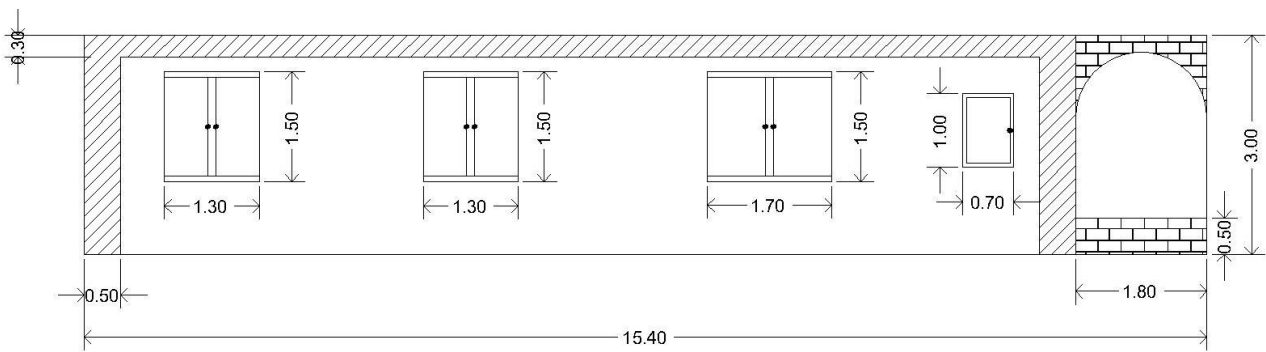


Figure 4: Νότια όψη κτηρίου (W3)

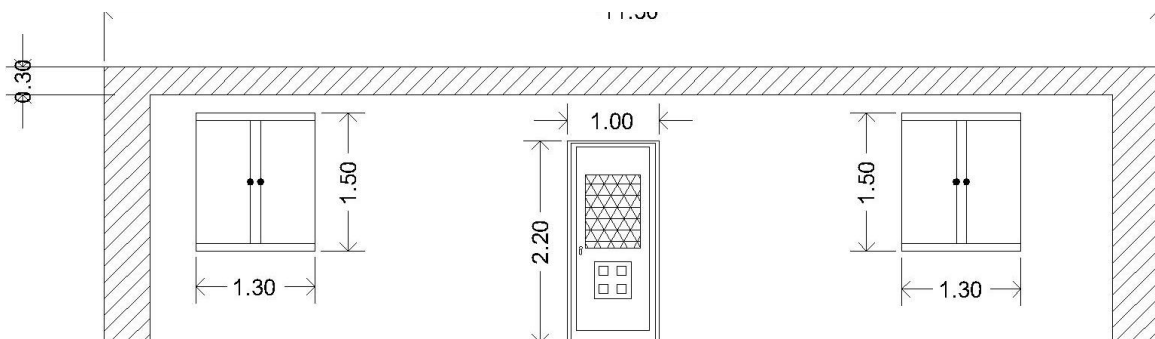


Figure 5: Δυτική όψη κτηρίου



Μελέτη Θερμομόνωσης Κτηριακού Κελύφους

Η θερμομονωτική επάρκεια ενός κτηρίου καθορίζει το πόσο «εύκολα» αποβάλλει το σπίτι θερμότητα προς το περιβάλλον (το χειμώνα) ή πόσο εκτεθειμένο είναι το σπίτι στον ήλιο και τις υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι.

Όπως είναι αντιληπτό, η θερμομόνωση του κελύφους είναι ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας διότι συνδέεται άμεσα με τη θερμότητα την οποία μεταφέρεται από το σύστημα κεντρικής θέρμανσης προς το σπίτι. Έτσι, αναλογικά όσο καλύτερη θερμομόνωση έχει το σπίτι τόσο μικρότερες είναι οι απώλειες προς το περιβάλλον, το χειμώνα άρα τόσο λιγότερες είναι οι απαιτήσεις που έχουμε από σύστημα θέρμανσης σε ισχύ.

Αν θεωρήσουμε ότι το κτήριο αναφοράς μας έχει ως πρωτεύων πηγή θέρμανσης το ηλιοθερμικό σύστημα και ως δευτερεύον μια άλλη πηγή θέρμανσης όπως π.χ. λέβητα στερεών καυσίμων, αντλία θερμότητας, λέβητα πετρελαίου κ.α. τότε πρέπει να μετριάσουμε όσο το δυνατόν πιο πολύ τις θερμικές απαιτήσεις του κτηρίου. Το αποτέλεσμα αυτό προέρχεται από το γεγονός ότι οι ηλιακοί συλλέκτες μπορούν να αποδώσουν αισθητά μικρότερη ισχύ σε σχέση με έναν λέβητα.

Έτσι λοιπόν, για να επιτύχουμε τα παραπάνω και για να έχει ουσία η μελέτη, θεωρούμε ότι το κτήριο αναφοράς είναι «καλά» μονωμένο από τις πλάγιες όψεις, ενώ από την οροφή δεν υπάρχουν θερμικές απώλειες λόγω του ότι στον επάνω όροφο υπάρχει θερμαινόμενο σπίτι άρα $\Delta\theta=0$. Επιπλέον, το δάπεδο έρχεται σε επαφή με το υπόγειο (Μ.Θ.Χ) αλλά λόγω της ενδοδαπέδιας θέρμανσης υπάρχει μορφόπλακα με μονωτικό EPS το οποίο καλύπτει τις απαιτήσεις της Τεχνικής Οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε) 20701-1/2010 όπως επίσης και τα υπόλοιπα δομικά διαφανή και αδιαφανή στοιχεία του κτηρίου.

Αδιαφανή δομικά στοιχεία

Ως αδιαφανή δομικά στοιχεία θεωρούμε τις επιφάνειες εσωτερικές ή εξωτερικές οι οποίες δεν περιλαμβάνουν υαλοπίνακα. Αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στο κτήριο αναφοράς και τις μελετάμε, είναι οι εξής:

- Εξωτερική τοιχοποιία / σκυρόδεμα με μόνωση (μονωμένο μπετόν)
- Εξωτερική τοιχοποιία / Οπτολινθοδομή με μόνωση (μονωμένο τούβλο)
- Δάπεδο σε επαφή με Μ.Θ.Χ. με μόνωση
- Εσωτερική τοιχοποιία / Οπτολινθοδομή χωρίς μόνωση



Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας U του κάθε αδιαφανούς στοιχείου δίνεται από την γενική σχέση:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{R_i} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{R_a}} \quad \text{Equation (1)}$$

Όπου:

- R_i Η εσωτερική θερμική αντίσταση του αέρα
- R_a Η εξωτερική θερμική αντίσταση του αέρα
- δ , το πάχος του κάθε επιμέρους δομικού υλικού
- λ , ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του κάθε επιμέρους δομικού υλικού

Με βάση την παραπάνω σχέση, υπολογίστηκαν και παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες τα φύλλα υπολογισμού των συντελεστών θερμοπερατότητας για κάθε αδιαφανή επιφάνεια.

Φ.Υ. 1				
Φύλλο υπολογισμού Σ.Θ. Αδιαφανούς Δομικού Στοιχείου (U_T)				
Εξωτερική τοιχοποιία / σκυρόδεμα με μόνωση				
A/A	ΥΛΙΚΟ	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ [$W/m^2 \cdot K$]	Πάχος d (cm)	d/λ
1	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα (1800 kg/m ³)	0,870	2	0,02
2	οπλισμένο σκυρόδεμα (>2% σίδηρος)	2,500	40	0,16
3	διογκωμένη πολυστερίνη	0,036	6	1,67
4	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα (1800 kg/m ³)	0,870	2	0,02
5				
6				
7				
		4,276	50	1,87
Εσωτερική θερμική αντίσταση		R_i	0,13	m ² k/w
Θερμική αντιστ. Διακ. Αερα διατομής		R_δ	1,87	m ² k/w
Εξωτερική θερμική αντίσταση		R_a	0,04	m ² k/w
Τελικός συντελεστής θερμοπερατότητας U ($W/m^2 \cdot K$)				0,490
Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής ζώνης U_{max} ($W/m^2 \cdot K$)				0,600



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Φ.Υ. 2				
Φύλλο υπολογισμού Σ.Θ. Αδιαφανούς Δομικού Στοιχείου (U_T)				
Εξωτερική τοιχοποιία / οπτοπλινθοδομή με μόνωση				
A/A	ΥΛΙΚΟ	Συντελεστής θερμικής Αγωγιμότητας λ [W/m^2K]	Πάχος d (cm)	d/λ
1	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα (1800 kg/m ³)	0,870	2,00	0,02
2	διάτρητη οπτοπλινθοδομή	0,500	40,00	0,80
3	διογκωμένη πολυστερίνη	0,036	6,00	1,67
4	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα (1800 kg/m ³)	0,870	2,00	0,02
5				
6				
7				
		2,276	50	2,51
Εσωτερική θερμική αντίσταση		Ri	0,13	m ² k/w
Θερμική αντιστ. Διακ. Αερα διατομής		Rδ	2,51	m ² k/w
Εξωτερική θερμική αντίσταση		Ra	0,04	m ² k/w
Τελικός συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,373
Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής ζώνης U_{max} (W/m^2K)				0,600

Φ.Υ. 3				
Φύλλο υπολογισμού Σ.Θ. Αδιαφανούς Επιφάνειας (U_{fb})				
Δάπεδο σε επαφή με ΜΘΧ με μόνωση				
A/A	ΥΛΙΚΟ	Συντελεστής θερμικής Αγωγιμότητας λ [W/m^2K]	Πάχος d (cm)	d/λ
1	κεραμικά πλακίδια δαπέδου	1,840	0,50	0,00
2	τσιμεντοκονίαμα (2000 kg/m ³)	1,400	4,00	0,03
3	σκυρόδεμα άοπλο (2000 kg/m ³)	1,350	6,00	0,04
4	θερμομόνωση EPS ενδοδαπέδιας	0,035	2,50	0,71
5	τσιμεντοκονίαμα (2000 kg/m ³)	1,400	4,00	0,03
6	οπλισμένο σκυρόδεμα (>2% σίδηρος)	2,500	18,00	0,07
7	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα (1800 kg/m ³)	0,870	2,00	0,02
		9,395	37,00	0,91
Εσωτερική θερμική αντίσταση		Ri	0,17	m ² k/w
Θερμική αντιστ. Διακ. Αερα διατομής		Rδ	0,91	m ² k/w
Εξωτερική θερμική αντίσταση		Ra	0,17	m ² k/w
Τελικός συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				0,798
Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής ζώνης U_{max} (W/m^2K)				1,200



Φ.Υ. 4				
Φύλλο υπολογισμού Σ.Θ. Αδιαφανούς Δομικού Στοιχείου (U _T)				
Εσωτερική τοιχοποιία / οπτοπλινθοδομη χωρίς μόνωση				
A/A	ΥΛΙΚΟ	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ [w/m²K]	Πάχος d (cm)	d/λ
1	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα (1800 kg/m³)	0,870	1,00	0,01
2	διάτρητη οπτοπλινθοδομή	0,500	8,00	0,16
3	ασβεστοτσιμεντοκονίαμα (1800 kg/m³)	0,870	1,00	0,01
4				
5				
6				
7				
		2,24	10	0,18
Εσωτερική θερμική αντίσταση		R _i	0,13	m² k/w
Θερμική αντισ. Διακ. Αερα διατομής		R _δ	0,18	m² k/w
Εξωτερική θερμική αντίσταση		R _a	0,04	m² k/w
Τελικός συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m²K)				2,833
Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής ζώνης U_{max} (W/m²K)				Δέν απαιτείται

Όπως φαίνεται στους παραπάνω πίνακες, για κάθε δομικό στοιχείο ορίζονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 και πρέπει να τηρούνται οι ίσες οι χαμηλότερες τιμές σε κάθε νεοδόμητη κατοικία.

Επιπλέον οι τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ όπως και οι τιμές των αντιστάσεων του αέρα αντλήθηκαν από το βιβλίο «Εφαρμογές μετάδοσης θερμότητας» του Μιχ. Κτενιαδάκη και από τεχνικά φυλλάδια.

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 τα Χανιά κατατάσσονται στην Α' κλιματική ζώνη.

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m².K)]			
		Κλιματική ζώνη			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές).	U _{v,D}	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.	U _{v,w}	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πυλωτή).	U _{v,DL}	0,50	0,45	0,40	0,35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους.	U _{v,G}	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχοι σε επαφή με το έδαφος ή με μη θερμαινόμενους χώρους.	U _{v,WE}	1,50	1,00	0,80	0,70
Ανοίγματα (παράθυρα, μπαλκονόπορτες κ.ά.)	U _{v,F}	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες.	U _{v,GF}	2,20	2,00	1,80	1,80

Figure 6: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.



Σε επόμενο βήμα πρέπει να προσδιορίσουμε συγκεκριμένα τις εξωτερικές τοιχοποιίες του κτηρίου αναφοράς.

Με βάση τα σκαριφήματα *Figure 2*, *Figure 3*, *Figure 4*, *Figure 5* (βλ. Σελίδα 7) προκύπτουν αντίστοιχα οι παρακάτω πίνακες:

W1 - Βορράς		
Μπετόν:	6,78	m ²
Εξωτερική Τοιχοποιία:	26,67	m ²
Ανοίγματα:	7,35	m ²
Σύνολο	40,8	m ²

W2 - Ανατολή		
Μπετόν:	6,15	m ²
Εξωτερική Τοιχοποιία:	21,22	m ²
Ανοίγματα:	7,13	m ²
Σύνολο	34,5	m ²

W3 - Νότος		
Μπετόν:	6,78	m ²
Εξωτερική Τοιχοποιία:	26,87	m ²
Ανοίγματα:	7,15	m ²
Σύνολο	40,8	m ²

W4 - Δύση		
Μπετόν:	6,15	m ²
Εξωτερική Τοιχοποιία:	22,25	m ²
Ανοίγματα:	6,1	m ²
Σύνολο	34,5	m ²



Διαφανή δομικά στοιχεία

Ως διαφανή δομικά στοιχεία (ή κουφώματα) θεωρούμε τις επιφάνειες οι οποίες αποτελούν κάποιο άνοιγμα της τοιχοποιίας όπως τα παράθυρα, τις πόρτες, τις μπαλκονόπορτες κ.α.

Εαν παρατηρήσουμε το κάθε είδος κουφώματος, βλέπουμε ότι έχουν τα ίδια επιμέρους στοιχεία. Το πλαίσιο και τον υαλοπίνακα. Έτσι λοιπόν για να μελετήσουμε τις θερμομονωτικές ιδιότητες του κουφώματος U_w [Watt/(m².°K)] πρέπει να γνωρίζουμε τον συντελεστή θερμοπερατότητας του πλαισίου U_f [Watt/(m².°K)] αλλά και του υαλοπίνακα U_g [Watt/(m².°K)]. Όπως είναι φυσικό, επειδή θέλουμε να υπολογίσουμε τον συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν το εμβαδό του πλαισίου A_f [m²], του υαλοπίνακα A_g [m²], και κατ' επέκταση όλου του κουφώματος A_w [m²].

Τέλος, δεν μπορούμε να παραλείψουμε την συναρμογή του πλαισίου με τον υαλοπίνακα διότι δεν εφαρμόζει πλήρως αλλά δημιουργεί μια θερμογέφυρα η οποία δεν είναι αμελητέα. Είναι απαραίτητο να ορίσουμε το μήκος της θερμογέφυρας I_g [m] (περίμετρος του υαλοπίνακα ή των υαλοπινάνων) και τον συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ_g [Watt/(m.°K)].

Με βάση τις παραπάνω παραμέτρους προκύπτει η γενική σχέση υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας των κουφωμάτων:

$$U_w = \frac{A_f * U_f + A_g * U_g + I_g * \Psi_g}{A_w} \quad \text{Equation (2)}$$

Στο κτήριο αναφοράς της μελέτης υπάρχουν 4 διαφορετικά είδη παραθύρων (Π1, Π2, Π3, Π4) ανάλογα τις διαστάσεις τους και τα χαρακτηριστικά τους. Υπάρχουν επιπλέον 2 είδη θυρών (Θ1, Θ2), μια στη δυτική όψη και μια στην ανατολική όψη και τέλος ένα είδος μπαλκονόπορτας (Μ1).

Για τις τιμές των U_f , U_g , Ψ_g χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 για κούφωμα που αφορά διπλό υαλοπίνακα με διάκενο 12mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπομπής ($\epsilon = 0,10$) για καλύτερη συμπεριφορά στην μετάδοση θερμότητας ενώ το πλαίσιο είναι μεταλλικό (αλουμινίου) με θερμοδιακοπή 24mm. Απο τα παραπάνω προκύπτει και ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας συναρμογής πλαισίου-υαλοπίνακα (Ψ_g).

Παρακάτω επισυνάπτονται οι σχετικοί πίνακες που αφορούν τον υπολογισμό των διαφανών δομικών στοιχείων του κτηρίου αναφοράς.



Τύπος υαλοπίνακα	U_g
	[W/(m ² .K)]
Μονός υαλοπίνακας	5,70
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 6 mm	3,30
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 12 mm	2,80
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 6mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας ($\epsilon = 0,10$)	2,60
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 12mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας ($\epsilon = 0,10$)	1,80
Υαλότουβλα	3,50

Figure 7: Τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας των κουφωμάτων.

Τύπος πλαισίου	Γραμμική θερμοπερατότητα για διάφορους τύπους υαλοπινάκων Ψ_g [W/(m.K)]	
	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	0,02	0,05
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή	0,08	0,11
Συνθετικό πλαίσιο	0,06	0,08
Ξύλινο πλαίσιο	0,06	0,08

Figure 9: Τυπικές τιμές γραμμής θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου-υαλοπίνακα

Τύπος πλαισίου	U_f [W/(m ² .K)]
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	7,00
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	3,50
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24 mm	2,80
Συνθετικό πλαίσιο	2,80
Ξύλινο πλαίσιο	2,20

Figure 8: Τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας του πλαισίου, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας των κουφωμάτων.



Καταγραφή χαρακτηριστικών εξωτερικών κουφωμάτων κατοικίας							
Κούφωμα	Π1	Π2	Π3	Π4	M1	Θ1	Θ2
Μήκος κουφώματος [m]	1,3	1	0,7	1,7	1	1,1	1
Πλάτος κουφώματος [m]	1,5	1	1	1,5	2,2	2,3	2,2
Εμβαδόν κουφώματος A_w [m²]	1,95	1	0,7	2,55	2,2	2,53	2,2
Μήκος υαλοπίνακα [m]	1,35	0,85	0,90	1,35	1,80	1,18	0,80
Πλάτος υαλοπίνακα [m]	0,48	0,34	0,60	0,68	0,38	0,60	0,60
Πλήθος υαλοπινάκων	2	2	1	2	2	1	1
Εμβαδόν υαλοπίνακα A_g [m²]	1,30	0,57	0,54	1,82	1,37	0,71	0,48
Περίμετρος υαλοπίνακα l_g [m]	7,31	4,74	6,00	8,09	8,72	7,11	5,60
Εμβαδόν πλαισίου A_f [m²] ($A_w - A_g$)	0,65	0,43	0,16	0,73	0,83	1,82	1,72
U_f [W/(m²*οΚ)]	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
U_g [W/(m²*οΚ)]	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Ψ_g [W/(m*οΚ)]	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφώματος U_w [W/(m²*οΚ)]	2,23	2,35	2,58	2,17	2,27	2,31	2,32



 Συγκεντρωτικά χαρακτηριστικά θερμομόνωσης κτηρίου αναφοράς

Αφού υπολογίσαμε τους συντελεστές θερμοπερατότητας για τα αδιαφανή και τα διαφανή δομικά στοιχεία του κτηρίου αναφοράς, μένει τα δεδομένα αυτά να συνδυαστούν έτσι ώστε να έχουμε τον συνολικό συντελεστή θερμοπερατότητας για την κάθε τοιχοποιία αλλά και για το κτήριο συνολικά, συμπεριλαμβάνοντας την οροφή και το δάπεδο.

Όπως φαίνεται στους πίνακες παρακάτω, για τους υπολογισμούς των συντελεστών θερμοπερατότητας χρησιμοποιήθηκε η γενική σχέση:

$$U_W = \frac{\sum(F*U)}{\sum F} \quad \text{Equation (3)}$$

Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν χαρακτηριστικά του κτηρίου που αφορούν τα τετραγωνικά και τα κυβικά μέτρα του κτηρίου όπως φαίνεται παρακάτω.

Επιφάνεια εξωτερικών τοίχων:	F_w	122,87	m^2
Επιφάνεια ανοιγμάτων (πόρτες - παράθυρα) :	F_f	27,73	m^2
Επιφάνεια οροφής/στέγης :		Κάτω απο θερμαινόμενο χώρο	
Επιφάνεια δαπέδου :	F_g	153,45	m^2
Ολική εξωτερική επιφάνεια κτηρίου:	F	304,05	m^2
Όγκος κτηρίου :	V	460,35	m^3
Λόγος	F/V	0,66	m^{-1}



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1	2	3	4	5	6	7
Τοίχος / (Συμβολισμός)	Τύπος κατασκευής	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/(m ² *°K))	Επιφάνεια F (m ²)	ΣF (m ²)	F * U (W/°K)	Σ (F*U) (W/°K)
W1	Μπετόν	0,490	6,78	Άθροισμα στήλης 4 ⌚	3,32	Άθροισμα στήλης 6 ⌚
	Τοιχοποιία	0,373	26,67		9,94	
	Άνοιγμα Π1	2,234	1,95		4,36	
	Άνοιγμα Π2	2,350	1,00		2,35	
	Άνοιγμα Θ1	2,269	2,20		4,99	
	Άνοιγμα Θ1	2,269	2,20		4,99	
					40,8	29,950
Συντελεστής θερμοπερατότητας τοιχου W1, U _{wf1} =					0,734	(W/(m ² *oK))
Συντελεστής θερμοπερατότητας τοιχου χωρίς τα ανοίγματα W1, U _{f1} =					0,396	(W/(m ² *oK))
W2	Μπετόν	0,490	6,15	Άθροισμα στήλης 4 ⌚	3,011	Άθροισμα στήλης 6 ⌚
	Τοιχοποιία	0,373	21,22		7,910	
	Άνοιγμα Π3	2,577	0,70		1,804	
	Άνοιγμα Θ2	2,313	2,53		5,852	
	Άνοιγμα Π1	2,234	1,95		4,356	
	Άνοιγμα Π1	2,234	1,95		4,356	
					34,5	27,289
Συντελεστής θερμοπερατότητας τοιχου W1, U _{wf1} =					0,791	(W/(m ² *oK))
Συντελεστής θερμοπερατότητας τοιχου χωρίς τα ανοίγματα W1, U _{f2} =					0,399	(W/(m ² *oK))
W3	Μπετόν	0,490	6,78	Άθροισμα στήλης 4 ⌚	3,319	Άθροισμα στήλης 6 ⌚
	Τοιχοποιία	0,373	26,87		10,016	
	Άνοιγμα Π1	2,234	1,95		4,356	
	Άνοιγμα Π1	2,234	1,95		4,356	
	Άνοιγμα Π4	2,168	2,55		5,529	
	Άνοιγμα Π3	2,577	0,70		1,804	
					40,8	29,380
Συντελεστής θερμοπερατότητας τοιχου W1, U _{wf1} =					0,720	(W/(m ² *oK))
Συντελεστής θερμοπερατότητας τοιχου χωρίς τα ανοίγματα W1, U _{f3} =					0,396	(W/(m ² *oK))
W4	Μπετόν	0,490	6,15	Άθροισμα στήλης 4 ⌚	3,011	Άθροισμα στήλης 6 ⌚
	Τοιχοποιία	0,373	22,25		8,294	
	Άνοιγμα Π1	2,234	1,95		4,356	
	Άνοιγμα Π1	2,234	1,95		4,356	
	Άνοιγμα Θ3	2,316	2,2		5,096	
					34,5	25,113
Συντελεστής θερμοπερατότητας τοιχου W1, U _{wf1} =					0,728	(W/(m ² *oK))
Συντελεστής θερμοπερατότητας τοιχου χωρίς τα ανοίγματα W1, U _{f4} =					0,490	(W/(m ² *oK))
Συντελεστής θερμοπερατότητας όλων των κάθετων δρομικών δομικών στοιχείων του κτηρίου U _{m(w-f)} [W/(m ² *oK)]:						0,742



1	2	3	4	5	6	7 = (5*6)
Στοιχείο	Συμβολισμός	Επιφάνεια F (m ²)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U _{m(w-f)} (W/(m ² *oK))	U _{m(w-f)} * F (W/(m ² *oK))	Παράγων	U _{m(w-f)} * F* Παράγων (W/(m ² *oK))
Συνολική εξωτερική τοιχοποιία	Ισόγειο	150,60	0,74	111,73	1,00	111,73
Δάπεδο - Οροφή υπογείου	G	153,45	0,80	122,41	0,50	61,20
	Σύνολο:	304,05	-	-	-	172,94
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_m κτηρίου αναφοράς (W/(m²*oK)) :						0,569

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 Πίνακα 3.3β, ο συντελεστής θερμοπερατότητας U_m του κτηρίου αναφοράς, είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων για την Α κλιματική ζώνη.

A/V (m ⁻¹)	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής (U _m) σε [W/m ² .K]			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
≤ 0,2	1,26	1,14	1,05	0,96
0,3	1,20	1,09	1,00	0,92
0,4	1,15	1,03	0,95	0,87
0,5	1,09	0,98	0,90	0,83
0,6	1,03	0,93	0,86	0,78
0,7	0,98	0,88	0,81	0,73
0,8	0,92	0,83	0,76	0,69
0,9	0,86	0,78	0,71	0,64
≥ 1,0	0,81	0,73	0,66	0,60

Figure 10: Μέγιστος επιτρεπόμενος Συντελεστής Θερμοπερατότητας U_m κτηρίου για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.



Μελέτη Θερμικών Απωλειών Κτηρίου Αναφοράς

Παραδοχές και κανονισμοί υπολογισμών

Οι θερμικές απώλειες ενός χώρου συνίστανται από:

- Απώλειες θερμοπερατότητας Q_o , που προέρχονται από τα περιβάλλοντα δομικά στοιχεία (τοιχοί, ανοίγματα, δάπεδα, οροφές κλπ).
- Απώλειες λόγω προσαυξήσεων.
- Απώλειες αερισμού χώρου Q_L .

A) Οι απώλειες θερμοπερατότητας υπολογίζονται από τη σχέση:

$$Q_o = U * F * (t_i - t_a) \quad \text{Equation (4)}$$

όπου:

- Q_o : Απώλειες θερμότητας.
 F : Επιφάνεια του δομικού τμήματος (m^2).
 U : Συντελεστής θερμοπερατότητας [$(W/m^2 \cdot K)$ ή $(Kcal/h/m^2) \cdot K$].
 $1/k$: Αντίσταση θερμοπερατότητας ($m^2 \cdot K/W$).
 t_i : Θερμοκρασία χώρου ($^{\circ}C$).
 t_a : Θερμοκρασία εξωτερικού αέρα ($^{\circ}C$).

B) Οι προσαυξήσεις υπολογίζονται % και διακρίνονται σε:

- Προσαύξηση Z_H λόγω επίδρασης του προσανατολισμού.

Προσαύξηση Z_H (%)	Προσανατολισμός
-5	Νότιος(N)
-5	Νοτιοδυτικός(ΝΔ)
-5	Νοτιοανατολικός(ΝΑ)
+5	Βορειος(B)
+5	Βορειοδυτικός(ΒΔ)
+5	Βορειοανατολικός(ΒΑ)
0	Δυτικός(Δ)
0	Ανατολικός(Α)



- Προσαύξηση Z_D διακοπής λειτουργίας. Η προσαύξηση Z_D προσδιορίζεται με βάση το : $D=Q_o/F*\Delta t$ (όπου F η συνολική επιφάνεια που περιβάλλει τον χώρο), και τις ώρες λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης, σύμφωνα με τον πίνακα:

<u>ZD (DIN 77)</u>	<u>ΤΙΜΗ D</u>		
<u>Τρόπος λειτουργίας</u>	<u>0.1-0.3</u>	<u>0.3-0.7</u>	<u>0.7-1.5</u>
<u>0 ώρες διακοπής</u>	<u>7</u>	<u>7</u>	<u>7</u>
<u>8-12 ώρες διακοπής</u>	<u>20</u>	<u>15</u>	<u>15</u>
<u>12-16 ώρες διακοπής</u>	<u>30</u>	<u>25</u>	<u>20</u>

- Προσαύξηση Z_o λόγω επίδρασης του ύψους του επιπέδου. Στην προσαύξηση Z_o τα πρώτα 4 m ύψους έχουν μηδενική προσαύξηση και για κάθε επόμενο μέτρο προστίθεται προσαύξηση 2%. Όμως η συνολική προσαύξηση λόγω ύψους δεν επιτρέπεται να υπερβεί το 20%.

Σαν ύψος ορίζω την απόσταση από το μέσο του ορόφου ως την επιφάνεια του εδάφους. Επομένως οι θερμικές απαιτήσεις μαζί με τις προσαυξήσεις είναι :

$$Q_T = Q_o * (1 + Z_D + Z_H + Z_o) \quad \text{Equation (5)}$$

Γ) Οι απώλειες αερισμού Q_L υπολογίζονται :

Από την σχέση υπολογισμού απωλειών λόγω χαραμάδων για κάθε κούφωμα (στην περίπτωση που δεν υπάρχει εξαερισμός) :

$$Q_L = \sum(a * l) * R * H * Z_E * (t_i - t_o) \quad \text{Equation (6)}$$

Οι παράμετροι της παραπάνω σχέσης είναι :

α	Συντελεστής διείσδυσης αέρα.
l	Συνολική περίμετρος ανοίγματος(m).
R	Συντελεστής διεισδυτικότητας
H	Συντελεστής προσβολής ανέμου
t	Διαφορά θερμοκρασίας(°C).
Z_E	Συντελεστής γωνιακών παραθύρων (στην περίπτωση γωνιακών παραθύρων παίρνει την τιμή 1.2 αντί της κανονικής 1).

Το τελικό σύνολο των θερμικών απωλειών δεν είναι παρά το άθροισμα των Q_T και Q_L .



Στοιχεία Κτιρίου	
Πόλη	Χανιά
Μέση Ελάχιστη Εξωτερική Θερμοκρασία (°C)	3,0
Επιθυμητή Εσωτερική Θερμοκρασία (°C)	20
Θερμοκρασία Μη Θερμαινόμενων Χώρων (°C)	10
Θερμοκρασία Εδάφους (°C)	10
Αριθμός Επιπέδων Κτιρίου	1

Σύμφωνα με την παραπάνω μεθοδολογία υπολογισμού θερμικών απωλειών (πρότυπο DIN 77) και για μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία της πόλης των Χανίων 3°C προκύπτουν οι θερμικές απώλειες του κτηρίου αναφοράς. Δηλαδή, σε περίπτωση που η εξωτερική θερμοκρασία είναι στους 3°C και η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία στους 20°C (εκτός του WC - 22°C) τότε το άθροισμα των θερμικών απωλειών της κατοικίας είναι το άθροισμα των θερμικών απωλειών του κάθε χώρου.

Όπως είναι προφανές, εάν μεταβληθεί το $\Delta\theta$ μεταξύ εσωτερικής επιθυμητής θερμοκρασίας και θερμοκρασίας περιβάλλοντος, θα μεταβληθούν αναλογικά και οι συνολικές θερμικές απώλειες της κατοικίας.

Με βάση τα παραπάνω και με δεδομένης της μέσης εξωτερικής θερμοκρασίας κάθε ώρας για ένα έτος προκύπτουν οι θερμικές ανάγκες της κατοικίας με ωριαίο βήμα. Δηλαδή, εάν αντί για 3°C εξωτερικής θερμοκρασίας (μέση ελάχιστη για τα Χανιά) βάλουμε την πραγματική για μια συγκεκριμένη ώρα τότε έχουμε για εκείνη την ώρα το φορτίο που θέλουμε να καλύψουμε.

Τέλος, αξίζει να τονιστεί ότι το πρότυπο που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών, το γεγονός ότι δεν ληφθησαν υπ' όψιν οι θερμογέφυρες αλλά και οι θερμικές απολαβές του κτηρίου από την ηλιακή ακτινοβολία (ηλιακά κέρδη) ΔΕΝ είναι σύμφωνα με την πλέον σύγχρονη μεθοδολογία (EN 12831) που επιβάλλει το Ελληνικό κράτος και η Ευρωπαϊκή Ένωση, εν γνώση μου. Ο λόγος που έγινε αυτό είναι η έλλειψη βιβλιογραφίας του τελευταίου προτύπου αλλά και το γεγονός ότι δεν αποτελεί κύριο θέμα της παρούσας μελέτης οι θερμικές απώλειες της κατοικίας.

Στην επόμενη ενότητα παρουσιάζονται τα φύλλα υπολογισμού θερμικών απωλειών των χώρων αναλυτικά.



Φύλλα υπολογισμού θερμικών απωλειών

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ												ΟΡΟΦΟΣ			ΦΥΛΛΟ / ΧΩΡΟΣ		
												ΙΣΟΓΕΙΟ			1 / ΚΟΥζίΝΑ		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ					ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (λόγω ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ) ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ Q _l	ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ				ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΟΥ Q _t	
		ΜΗΚΟΣ	ΠΛΑΤΟΣ Ή ΥΨΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝ.	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ U	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ		ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ Ζ _h	ΔΙΑΚΟΠΤΟΜΕΝΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ Ζ _o	ΛΟΓΩ ΥΨΟΥΣ Ζ _o	ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΩΝ (1+Z _h +Z _d +Z _o)		
		m	m	m ²	m ²	m ²	W / m ² .°K	°C	°C	°C	W	%	%	%		W	
T _ε (W4)	Δ	4,70	3,00	14,10	1,95	12,15	0,490	20	3,0	17,0	101,12	----	----	---	----	----	
T _ε (W3)	N	3,00	3,00	9,00	1,95	7,05	0,396	20	3,0	17,0	47,50	----	----	---	----	----	
Π _ε (Π1)	Δ	1,30	1,50	1,95		1,95	2,234	20	3,0	17,0	74,05	----	----	---	----	----	
Π _ε (Π1)	N	1,30	1,50	1,95		1,95	2,234	20	3,0	17,0	74,05	----	----	---	----	----	
Δ		3,50	5,20	18,20		18,20	0,798	20	10,0	10,0	145,18	----	----	---	----	----	
											441,90	- 5%	7%	0%	1,02	450,738	
Απώλειες Αερισμού χαραμάδων Q_l = α*(Σ l)*R*H*Z_ε*(ti - to)																382,752	
Συνολικές Απώλειες Χώρου (λόγω Αγωγιμότητας & Αερισμού χαραμάδων) Q = Q_t + Q_l																833,49	
α =		Συντελεστής διαπερατότητας (ή διεισδύσεως αέρα) λόγω ανοίγματος Πιν.3.23. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010											2,00				
Σl =		Συνολικό μήκος χαραμάδων των ανοιγμάτων του χώρου											14,62				
R =		Συντελεστής διεισδυτικότητας (ή χαρακτηριστικός αριθμός) Χώρου Πιν.3.24. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010											0,70				
H =		Συντελεστής προσβολής ανέμου (ή χαρακτηριστικός αριθμός) Κτιρίου Πιν.3.25. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010											1,10				
Z _ε =		Συντελεστής Γωνιακών Ανοιγμάτων (λαμβάνει την τιμή 1,2 όταν είναι γωνιακό, διαφορετικά Z _ε = 1)											1,00				
Δt =		Θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος											17,00				



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ												ΟΡΟΦΟΣ			ΦΥΛΛΟ / ΧΩΡΟΣ		
												ΙΣΟΓΕΙΟ			2/ ΣΑΛΟΝΙ- ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ					ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (λόγω ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ) ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ Q _α	ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ				ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΟΥ Q _τ	
		ΜΗΚΟΣ	ΠΛΑΤΟΣ Ή ΥΨΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝ.	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ U	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ		ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΖΗ	ΔΙΑΚΟΠΤΟΜΕΝΗ ΑΠΩΛΕΙΑ	ΛΟΓΩ ΥΨΟΥΣ Z _ο	ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΩΝ		
		m	m	m ²	m ²	m ²	W / m ² .°K	°C	°C	°C	W	%	%	%		W	
T _{εξ} (W3)	N	7,40	3,00	22,20	4,50	17,70	0,396	20	3,0	17,0	119,25	----	----	---	----	----	
Π _{εξ} (Π1)	N	1,30	1,50	1,95		1,95	2,234	20	3,0	17,0	74,05	----	----	---	----	----	
Π _{εξ} (Π4)	N	1,70	1,50	2,55		2,55	2,168	20	3,0	17,0	93,99	----	----	---	----	----	
Δ		7,40	4,70	34,78		34,78	0,798	20	10,0	10,0	277,45	----	----	---	----	----	
												----	----	---	----	----	
											564,73	- 5%	7%	0%	1,02	576,029	
Απώλειες Αερισμού χαραμάδων Q_ι = α*(Σ l)*R*H*Z_ε*(ti - to)																403,319	
Συνολικές Απώλειες Χώρου (λόγω Αγωγιμότητας & Αερισμού χαραμάδων) Q = Q_τ + Q_ι																979,35	
α =		Συντελεστής διαπερατότητας (ή διεισδύσεως αέρα) λόγω ανοίγματος Πιν.3.23. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010										2,00					
Σl =		Συνολικό μήκος χαραμάδων των ανοιγμάτων του χώρου										15,41					
R =		Συντελεστής διεισδυτικότητας (ή χαρακτηριστικός αριθμός) Χώρου Πιν.3.24. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010										0,70					
H =		Συντελεστής προσβολής ανέμου (ή χαρακτηριστικός αριθμός) Κτιρίου Πιν.3.25. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010										1,10					
Z _ε =		Συντελεστής Γωνιακών Ανοιγμάτων (λαμβάνει την τιμή 1,2 όταν είναι γωνιακό, διαφορετικά Z _ε = 1)										1,00					
Δt =		Θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος										17,00					



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ												ΟΡΟΦΟΣ			ΦΥΛΛΟ / ΧΩΡΟΣ		
												ΙΣΟΓΕΙΟ			3 / ΓΡΑΦΕΙΟ		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ					ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (λόγω ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ) ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ Q _α	ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ				ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΟΥ Q _τ	
		ΜΗΚΟΣ	ΠΛΑΤΟΣ Ή ΥΨΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝ.	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ U	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ		ΠΡΟΣΑΝΑΤΛΙΣΜΟΣ Ζη	ΔΙΑΚΟΠΤΟΜΕΝΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ Z _α	ΛΟΓΩ ΥΨΟΥΣ Z _ο	ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΩΝ		
		m	m	m ²	m ²	m ²	W / m ² .°K	°C	°C	°C	W	%	%	%		W	
T _{ε3} (W3)	N	2,00	3,00	6,00	0,70	5,30	0,396	20	3,0	17,0	35,71	----	----	---	----	----	
T _{ε2} (W2)	A	1,80	3,00	5,40	0,70	4,70	0,399	20	3,0	17,0	31,88	----	----	---	----	----	
Π _{ε3} (Π3)	N	0,70	1,00	0,70		0,70	2,577	20	3,0	17,0	30,67	----	----	---	----	----	
Π _{ε2} (Π3)	A	0,70	1,00	0,70		0,70	2,577	20	3,0	17,0	30,67	----	----	---	----	----	
Δ		1,80	2,00	3,60		3,60	0,798	20	10,0	10,0	28,72	----	----	---	----	----	
												----	----	---	----	----	
												----	----	---	----	----	
											157,64	- 5%	7%	0%	1,02	160,794	
Απώλειες Αερισμού χαραμάδων Q_ι = α*(Σ l)*R*H*Z_ε*(ti - to)																314,160	
Συνολικές Απώλειες Χώρου (λόγω Αγωγιμότητας & Αερισμού χαραμάδων) Q = Q_τ + Q_ι																474,95	
α =		Συντελεστής διαπερατότητας (ή διεισδύσεως αέρα) λόγω ανοίγματος Πιν.3.23. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010														2,00	
Σl =		Συνολικό μήκος χαραμάδων των ανοιγμάτων του χώρου														12,00	
R =		Συντελεστής διεισδυτικότητας (ή χαρακτηριστικός αριθμός) Χώρου Πιν.3.24. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010														0,70	
H =		Συντελεστής προσβολής ανέμου (ή χαρακτηριστικός αριθμός) Κτιρίου Πιν.3.25. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010														1,10	
Z _ε =		Συντελεστής Γωνιακών Ανοιγμάτων (λαμβάνει την τιμή 1,2 όταν είναι γωνιακό, διαφορετικά Z _ε = 1)														1,00	
Δt =		Θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος														17,00	



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ												ΟΡΟΦΟΣ			ΦΥΛΛΟ / ΧΩΡΟΣ		
												ΙΣΟΓΕΙΟ			4 / ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 3		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ					ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (λόγω ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ) ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ Q _o	ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ				ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΟΥ Q _T	
		ΜΗΚΟΣ	ΠΛΑΤΟΣ Ή ΥΨΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝ.	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ U	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ		ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΖΗ	ΔΙΑΚΟΠΤΟΜΕΝΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ Ζ _h	ΛΟΓΩ ΥΨΟΥΣ Ζ _o	ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΩΝ		
		m	m	m ²	m ²	m ²	W / m ² .°K	°C	°C	°C	W	%	%	%		W	
T _{EΞ} (W2)	A	4,20	3,00	12,60	1,95	10,65	0,399	20	3,0	17,0	72,24	---	---	---	---	---	
T _{EΞ} (W1)	B	3,85	3,00	11,55	1,95	9,60	0,396	20	3,0	17,0	64,70	---	---	---	---	---	
T _{EΣ} (WC)		3,70	3,00	11,10		11,10	2,833	20	22,0	-2,0	-62,89	---	---	---	---	---	
T _{EΣ} (WC)		0,70	3,00	2,10		2,10	2,833	20	22,0	-2,0	-11,90	---	---	---	---	---	
Π _{EΞ} (Π1)	A	1,30	1,50	1,95		1,95	2,234	20	3,0	17,0	74,05	---	---	---	---	---	
Π _{EΞ} (Π1)	A	1,30	1,50	1,95		1,95	2,234	20	3,0	17,0	74,05	---	---	---	---	---	
Δ		4,20	4,55	19,11	1,61	17,50	0,798	20	10,0	10,0	139,60	---	---	---	---	---	
											349,85	5%	7%	0%	1,12	391,833	
Απώλειες Αερισμού χαραμάδων Q_L = α*(Σ l)*R*H*Z_ε*(t_i - t_o)																383,003	
Συνολικές Απώλειες Χώρου (λόγω Αγωγιμότητας & Αερισμού χαραμάδων) Q = Q_T + Q_L																774,84	
α =		Συντελεστής διαπερατότητας (ή διεισδύσεως αέρα) λόγω ανοίγματος Πιν.3.23. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010										2,00					
Σl =		Συνολικό μήκος χαραμάδων των ανοιγμάτων του χώρου										14,63					
R =		Συντελεστής διεισδυτικότητας (ή χαρακτηριστικός αριθμός) Χώρου Πιν.3.24. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010										0,70					
H =		Συντελεστής προσβολής ανέμου (ή χαρακτηριστικός αριθμός) Κτιρίου Πιν.3.25. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010										1,10					
Z _ε =		Συντελεστής Γωνιακών Ανοιγμάτων (λαμβάνει την τιμή 1,2 όταν είναι γωνιακό, διαφορετικά Z _ε = 1)										1,00					
		Θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος										17,00					



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ												ΟΡΟΦΟΣ			ΦΥΛΛΟ / ΧΩΡΟΣ		
												ΙΣΟΓΕΙΟ			5 / ΜΠΑΝΙΟ		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ					ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (λόγω ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ) ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ Q _α	ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ				ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΟΥ Q _τ	
		ΜΗΚΟΣ	ΠΛΑΤΟΣ Ή ΥΨΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝ.	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ U	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ		ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΖΗ	ΔΙΑΚΟΠΤΟΜΕΝΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ Z _α	ΛΟΓΩ ΥΨΟΥΣ Z _ο	ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΩΝ		
		m	m	m ²	m ²	m ²	W / m ² .°K	°C	°C	°C	W	%	%	%		W	
T _{εΞ} (W1)	B	2,25	3,00	6,75	1,00	5,75	0,396	22	3,0	19,0	43,31	----	----	---	----	----	
T _{εΣ} (ΥΔ3)		3,70	3,00	11,10		11,10	2,833	22	20,0	2,0	62,89	----	----	---	----	----	
T _{εΣ} (ΥΔ3)		0,70	3,00	2,10		2,10	2,833	22	20,0	2,0	11,90	----	----	---	----	----	
T _{εΣ} (ΥΔ2)		3,70	3,00	11,10		11,10	2,833	22	20,0	2,0	62,89	----	----	---	----	----	
T _{εΣ} (ΧΩΛ)		1,55	3,00	4,65	1,98	2,67	2,833	22	20,0	2,0	15,13	----	----	---	----	----	
Θ _{εΣ} (ΧΩΛ)		0,90	2,20	1,98		1,98	3,200	22	20,0	2,0	12,67	----	----	---	----	----	
Δ		2,25	3,70	8,33	1,40	6,93	0,798	22	10,0	12,0	66,29	----	----	---	----	----	
											275,08	5%	7%	0%	1,12	308,093	
Απώλειες Αερισμού χαραμάδων Q_ι = α*(Σ l)*R*H*Z_ε*(ti - to)																138,657	
Συνολικές Απώλειες Χώρου (λόγω Αγωγιμότητας & Αερισμού χαραμάδων) Q = Q_τ + Q_ι																446,75	
α =		Συντελεστής διαπερατότητας (ή διεισδύσεως αέρα) λόγω ανοιγματος Πιν.3.23. TOTEE										2,00					
Σl =		Συνολικό μήκος χαραμάδων των ανοιγμάτων του χώρου										4,74					
R =		Συντελεστής διεισδυτικότητας (ή χαρακτηριστικός αριθμός) Χώρου Πιν.3.24. TOTEE										0,70					
H =		Συντελεστής προσβολής ανέμου (ή χαρακτηριστικός αριθμός) Κτιρίου Πιν.3.25. TOTEE										1,10					
Z _ε =		Συντελεστής Γωνιακών Ανοιγμάτων (λαμβάνει την τιμή 1,2 όταν είναι γωνιακό, διαφορετικά Z _ε = 1)										1,00					
Δt =		Θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος										19,00					



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ												ΟΡΟΦΟΣ			ΦΥΛΛΟ / ΧΩΡΟΣ		
												ΙΣΟΓΕΙΟ			6 / ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 2		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ					ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (λόγω ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ) ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ Q _α	ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ				ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΟΥ Q _τ	
		ΜΗΚΟΣ	ΠΛΑΤΟΣ Ή ΥΨΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝ.	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ U	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ		ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΖΗ	ΔΙΑΚΟΠΤΟΜΕΝΗ ΑΠΩΛΕΙΑ Q _α	ΛΟΓΩ ΥΨΟΥΣ Z _ο	ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΩΝ		
		m	m	m ²	m ²	m ²	W / m ² ,°K	°C	°C	°C	W	%	%	%		W	
T _{ΕΞ} (W1)	B	2,30	3,00	6,90	2,20	4,70	0,396	20	3,0	17,0	31,68	----	----	---	----	----	
T _{ΕΣ} (WC)		3,70	3,00	11,10		11,10	2,833	20	22,0	-2,0	-62,89	----	----	---	----	----	
M _{ΕΣ} (M1)	B	1,00	2,20	2,20		2,20	2,269	20	3,0	17,0	84,85	----	----	---	----	----	
Δ		2,30	3,70	8,51		8,51	0,798	20	10,0	10,0	67,89	----	----	---	----	----	
												----	----	---	----	----	
														---	----	----	
											121,52	5%	7%	0%	1,12	136,104	
Απώλειες Αερισμού χαραμάδων Q_λ = α*(Σ l)*R*H*Z_ε*(ti - to)																228,206	
Συνολικές Απώλειες Χώρου (λόγω Αγωγιμότητας & Αερισμού χαραμάδων) Q = Q_τ + Q_λ																364,31	
α =		Συντελεστής διαπερατότητας (ή διεισδύσεως αέρα) λόγω ανοίγματος Πιν.3.23. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010										2,00					
Σl =		Συνολικό μήκος χαραμάδων των ανοιγμάτων του χώρου										8,72					
R =		Συντελεστής διεισδυτικότητας (ή χαρακτηριστικός αριθμός) Χώρου Πιν.3.24. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010										0,70					
H =		Συντελεστής προσβολής ανέμου (ή χαρακτηριστικός αριθμός) Κτιρίου Πιν.3.25. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010										1,10					
Z _ε =		Συντελεστής Γωνιακών Ανοιγμάτων (λαμβάνει την τιμή 1,2 όταν είναι γωνιακό, διαφορετικά Z _ε = 1)										1,00					
Δt =		Θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος										17,00					



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ												ΟΡΟΦΟΣ			ΦΥΛΛΟ / ΧΩΡΟΣ		
												ΙΣΟΓΕΙΟ			7 / ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 1		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ					ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (λόγω ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ) ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ Q _α	ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ				ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΟΥ Q _τ	
		ΜΗΚΟΣ	ΠΛΑΤΟΣ Ή ΥΨΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝ.	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ U	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ		ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΙΜΟΣ Ζ _η	ΔΙΑΚΟΠΤΟΜΕΝΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ Ζ _ο	ΛΟΙΩ ΨΥΧΟΣ Ζ _ο	ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΩΝ		
		m	m	m ²	m ²	m ²	W / m ² .°K	°C	°C	°C	W	%	%	%		W	
T _{ΕΞ} (W4)	Δ	4,20	3,00	12,60	1,95	10,65	0,490	20	3,0	17,0	88,64	----	----	---	----	----	
T _{ΕΞ} (W1)	B	3,90	3,00	11,70	2,20	9,50	0,396	20	3,0	17,0	64,03	----	----	---	----	----	
M _{ΕΣ} (M1)	B	1,00	2,20	2,20		2,20	2,269	20	3,0	17,0	84,85	----	----	---	----	----	
Π _{ΕΞ} (Π1)	Δ	1,30	1,50	1,95		1,95	2,234	20	3,0	17,0	74,05	----	----	---	----	----	
Δ		4,20	3,90	16,38		16,38	0,798	20	10,0	10,0	130,67	----	----	---	----	----	
												----	----	---	----	----	
												----	----	---	----	----	
											442,23	5%	7%	0%	1,12	495,296	
Απώλειες Αερισμού χαραμάδων Q_λ = α*(Σ l)*R*H*Z_ε*(ti - to)																419,707	
Συνολικές Απώλειες Χώρου (λόγω Αγωγιμότητας & Αερισμού χαραμάδων) Q = Q_τ + Q_λ																915,00	
α =		Συντελεστής διαπερατότητας (ή διεισδύσεως αέρα) λόγω ανοίγματος Πιν.3.23. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010										2,00					
Σl =		Συνολικό μήκος χαραμάδων των ανοιγμάτων του χώρου										16,03					
R =		Συντελεστής διεισδυτικότητας (ή χαρακτηριστικός αριθμός) Χώρου Πιν.3.24. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010										0,70					
H =		Συντελεστής προσβολής ανέμου (ή χαρακτηριστικός αριθμός) Κτιρίου Πιν.3.25. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010										1,10					
Z _ε =		Συντελεστής Γωνιακών Ανοιγμάτων (λαμβάνει την τιμή 1,2 όταν είναι γωνιακό, διαφορετικά Z _ε = 1)										1,00					
Δt =		Θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος										17,00					



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ												ΟΡΟΦΟΣ			ΦΥΛΛΟ / ΧΩΡΟΣ		
												ΙΣΟΓΕΙΟ			8 / ΧΩΛ		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	ΣΥΝΟΛΟ
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ					ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (λόγω ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ) ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ				ΣΥΝΟΛΟ	
		ΜΗΚΟΣ	ΠΛΑΤΟΣ Ή ΥΨΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝ.	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ		ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΔΙΑΚΟΠΤΟΜΕΝΗ ΑΠΩΛΕΙΑ	ΛΟΓΩ ΥΨΟΥΣ Ζ ₀	ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΩΝ		
		m	m	m ²	m ²	m ²	W / m ² .°K	°C	°C	°C	W	%	%	%		W	
T _{ΕΞ} (W4)	Δ	1,40	3,00	4,20	2,20	2,00	0,490	20	3,0	17,0	16,65	----	----	---	-----	----	
T _{ΕΞ} (W2)	Α	4,30	3,00	12,90	4,48	8,42	0,399	20	3,0	17,0	57,11	----	----	---	-----	----	
Θ _{ΕΞ} (Θ1)	Α	1,10	2,30	2,53		2,53	2,313	20	3,0	17,0	99,49	----	----	---	-----	----	
Π _{ΕΞ} (Π1)	Α	1,30	1,50	1,95		1,95	2,234	20	3,0	17,0	74,05	----	----	---	-----	----	
Θ _{ΕΞ} (Θ2)	Δ	1,00	2,20	2,20		2,20	2,316	20	3,0	17,0	86,63	----	----	---	-----	----	
Θ _{ΕΣ} (WC)		0,90	2,20	1,98		1,98	3,200	20	22,0	-2,0	-12,67						
T _{ΕΣ} (WC)		1,55	3,00	4,65	1,98	2,67	2,833	20	22,0	-2,0	-15,13						
Δ		12,60	6,20	78,12	54,73	23,39	0,798	20	10,0	10,0	186,59	----	----	---	-----	----	
											492,71	5%	7%	0%	1,12	551,84	0
Απώλειες Αερισμού χαραμάδων Q_l = α*(Σ l)*R*H*Z_ε*(ti - to)																	524,228
Συνολικές Απώλειες Χώρου (λόγω Αγωγιμότητας & Αερισμού χαραμάδων) Q = Q_T + Q_l																	1.076,07
α =		Συντελεστής διαπερατότητας (ή διεισδύσεως αέρα) λόγω ανοίγματος Πιν.3.23. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010														2,00	
Σl =		Συνολικό μήκος χαραμάδων των ανοιγμάτων του χώρου														20,02	
R =		Συντελεστής διεισδυτικότητας (ή χαρακτηριστικός αριθμός) Χώρου Πιν.3.24. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010														0,70	
H =		Συντελεστής προσβολής ανέμου (ή χαρακτηριστικός αριθμός) Κτιρίου Πιν.3.25. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010														1,10	
ε =		Συντελεστής Γωνιακών Ανοιγμάτων (λαμβάνει την τιμή 1,2 όταν είναι γωνιακό, διαφορετικά Z _ε = 1)														1,00	
Δt =		Θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος														17,00	



 Συνολικές θερμικές απώλειες κτηρίου αναφοράς

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι θερμικές ανάγκες του κτηρίου αναφοράς για κάθε χώρο-ζώνη του κτηρίου ξεχωριστά.

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΩΡΩΝ		
ΧΩΡΟΣ	Q _{ολ}	
ΚΟΥΖΙΝΑ	833	Watt
ΣΑΛΟΝΙ	979	Watt
ΓΡΑΦΕΙΟ	475	Watt
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 3	775	Watt
ΜΠΑΝΙΟ	447	Watt
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 2	364	Watt
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 1	915	Watt
ΧΩΛ	1076	Watt
Απώλειες Κτηρίου:	5865	Watt



Ηλιακή Γεωμετρία

Υπολογισμός γωνίας πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας στον ηλιακό συλλέκτη

Για τον υπολογισμό οποιουδήποτε συστήματος που έχει ως παράγοντα την ηλιακή ακτινοβολία, θα πρέπει αρχικά να μελετήσουμε το ηλιακό δυναμικό της τοποθεσίας αυτής για κάθε ώρα του έτους έτσι ώστε να δούμε εάν και κατά πόσο μας αρκούν τα αποτελέσματα της μελέτης.

Όσον αφορά την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στην πόλη των Χανίων, έχουν παρθεί από τοπικά εργαστήρια μετρήσεις σειράς ετών της έντασης ακτινοβολίας (σε W/m^2) με πυρανόμετρο σε κλίση 0° και έχει προκύψει μια χρονοσειρά 8760 ωρών που αντιπροσωπεύει επαρκώς τα ηλιακά δεδομένα στα Χανιά.

Έπειτα από αυτό το βήμα, θα πρέπει να εξετάσουμε την βέλτιστη κλίση του ηλιακού συλλέκτη στο συγκεκριμένο γεωγραφικό μήκος (30°) και γεωγραφικό πλάτος ($35,51^\circ$) που βρίσκεται το κτήριο αναφοράς.

Η γωνία μεταξύ του άξονα B-N και των ηλιακών ακτίνων ονομάζεται απόκλιση (δ) και μεταβάλλεται στη διάρκεια του έτους από $90 + 23.5 = 113.5^\circ$ έως $90 - 23.5 = 66.5^\circ$. Η απόκλιση του ηλίου για συγκεκριμένη ημέρα του έτους (n), σε μοίρες, δίνεται από την σχέση:

$$\delta = 23,45 * \sin \frac{360 * (n + 284)}{365} \quad \text{Equation (7)}$$

Στη συνέχεια χρειαζόμαστε την εξίσωση του χρόνου (E_t) όπου είναι η απόκλιση μεταξύ του πραγματικού ηλιακού χρόνου (365,2564 ημέρες) και του χρόνου του μέσου ήλιου (ένδειξη ρολογιού) και δίνεται από τη σχέση 8 (Equation (8)) και εκφράζεται σε λεπτά

$$E_t = 2.2918 * [0.0075 + 0.1868 * \cos \Gamma - 3,2077 * \sin \Gamma - 1,4615 * \cos(2\Gamma) - 4,089 * \sin(2\Gamma)]$$

$$\text{Όπου} \quad \Gamma = 360^\circ * \frac{n-1}{365} \quad \text{Equation (9)}$$

Και n η ημέρα του έτους (ακέραιος αριθμός).

Έχοντας ως δεδομένο τον χρόνο του μέσου ήλιου t_{std} μπορούμε να υπολογίσουμε τον πραγματικό ηλιακό χρόνο t_{sol}

$$t_{sol} = t_{std} + \frac{L_{loc} - L_{std}}{15^\circ/h} + \frac{E_t}{60/h} \quad \text{Equation (10)}$$

Όπου:

L_{loc} : το γεωγραφικό μήκος της θέσης της κατοικίας

L_{std} : η ζώνη ώρας της θέσης της κατοικίας (με θετικό πρόσημο ανατολικά του Greenwich)

E_t : Η εξίσωση του χρόνου



Αναγκαία είναι η ωριαία γωνία του ήλιου (ω), δηλαδή η γωνιακή απόσταση του ήλιου από την ηλιακή μεσημβρία λόγω περιστροφής της γης γύρω από τον άξονά της. Στην ηλιακή μεσημβρία $\omega=0^\circ$ και αυξάνεται κάθε ώρα κατά 15° . Τις πρωινές ώρες η ωριαία γωνία του ήλιου είναι αρνητική ενώ τις απογευματινές γίνεται θετική. Έαν θέλουμε να το εκφράσουμε με μαθηματική σχέση για κάθε χρονικό βήμα, τότε έχουμε:

$$\omega = (t_{sol} - 12) * 15^\circ \quad \text{Equation (11)}$$

Για τους υπολογισμούς μας χρήσιμο είναι το ηλιακό ύψος (β) το οποίο εκφράζεται σύμφωνα με την σχέση:

$$\sin(\beta) = \cos \lambda * \cos \delta * \cos \omega + \sin \lambda \sin \delta \quad \text{Equation (12)}$$

Στην παραπάνω σχέση είναι όλες οι παράμετροι γνωστοί από τους προηγούμενους υπολογισμούς. Το τελευταίο βήμα που λείπει για τους υπολογισμούς της γωνίας πρόσπτωσης στους ηλιακούς συλλέκτες είναι το αζιμούθιο του ήλιου (ϕ_s):

$$\sin(\phi_s) = \frac{\cos \delta * \sin \omega}{\cos \beta} \quad \text{Equation (13)}$$

Η γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας σε επιφάνεια (θ_i) δίνεται από την σχέση:

$$\cos(\theta_i) = \cos \beta * \cos \gamma * \sin \theta_p + \sin \beta \cos \theta_p \quad \text{Equation (14)}$$

Όπου:

θ_p : Η γωνία κλίσης της επιφάνειας προς το οριζόντιο επίπεδο

γ : $\phi_s - \phi_p$ (το αζιμούθιο ήλιου-επιφάνειας)

Πιο αναλυτικά οι γωνίες φαίνονται στο παρακάτω σχήμα

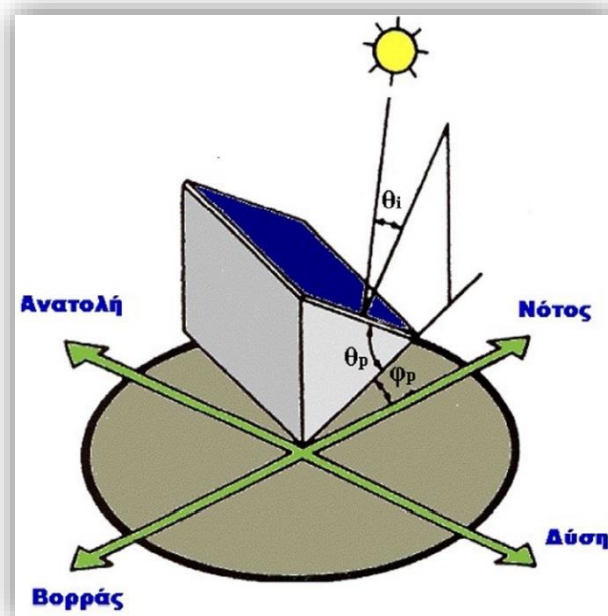


Figure 11: Γωνία πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας



 Παράδειγμα υπολογισμού γωνίας θ_i για την κατοικία αναφοράς

Γεωγραφικό πλάτος λ (Χανιά) :	35,51°
Γεωγραφικό μήκος L_{loc} (Χανιά):	24,03°
Ζώνη Ώρας:	30°
$\tan (\lambda)$:	0,7136
$\sin (\lambda)$:	0,5808
$\cos (\lambda)$:	0,8140
Φ_p :	0°

Όπως φαίνεται στους πίνακες παρακάτω, τους χειμερινούς μήνες όπου είναι και η ζήτηση του φορτίου μας, η κλίση των ηλιακών ακτινών κυμαίνεται στις 30-35 μοίρες κατα μέσο όρο απο το οριζόντιο επίπεδο πράγμα το οποίο μας δείχνει οτι ο ηλιακός συλλέκτης πρέπει να τοποθετηθεί με υψηλότερη κλίση απο αυτήν που συνήθως μπαίνει σε εγκαταστάσεις θερμοσιφωνικού ηλιακού για ζεστά νερά χρήσης (Z.N.X).

Συμπερασματικά, οι ηλιακοί συλλέκτες θα έχουν κλίση απο το οριζόντιο επίπεδο (έδαφος) 50° για την βέλτιστη απόδοση του συστήματος.



Παράδειγμα χειμερινού ηλιοστασίου (15 Ιανουαρίου)

Ηλιακή απόκλιση δ	$\sin(\delta)$	$\cos(\delta)$	Γ	Εξίσωση του χρόνου E_t	Πραγματικός ηλιακός χρόνος t_{sol}	Ωριαία γωνία του ήλιου ω	$\sin(\beta)$	$\cos(\beta)$	$\sin(\phi_s)$	Γωνία πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας (μοίρες)
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	0,458	-173,128	-0,964	0,267	-0,418	0,0
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	1,458	-158,128	-0,915	0,404	-0,859	0,0
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	2,458	-143,128	-0,818	0,576	-0,971	0,0
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	3,458	-128,128	-0,679	0,734	-0,999	0,0
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	4,458	-113,128	-0,509	0,861	-0,995	0,0
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	5,458	-98,128	-0,318	0,948	-0,973	0,0
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	6,458	-83,128	-0,120	0,993	-0,932	0,0
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	7,458	-68,128	0,072	0,997	-0,867	65,5
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	8,458	-53,128	0,244	0,970	-0,769	53,8
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	9,458	-38,128	0,386	0,922	-0,624	44,1
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	10,458	-23,128	0,487	0,873	-0,419	37,3
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	11,458	-8,128	0,540	0,842	-0,157	33,6
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	12,458	6,872	0,542	0,840	0,133	33,5
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	13,458	21,872	0,493	0,870	0,399	36,8
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	14,458	36,872	0,396	0,918	0,609	43,4
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	15,458	51,872	0,258	0,966	0,759	52,9
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	16,458	66,872	0,087	0,996	0,860	64,5
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	17,458	81,872	-0,103	0,995	0,927	77,5
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	18,458	96,872	-0,301	0,953	0,970	0,0
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	19,458	111,872	-0,493	0,870	0,994	0,0
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	20,458	126,872	-0,666	0,746	0,999	0,0
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	21,458	141,872	-0,807	0,590	0,975	0,0
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	22,458	156,872	-0,908	0,418	0,875	0,0
-21,27	-0,36	0,93	13,81	-8,63	23,458	171,872	-0,962	0,274	0,480	0,0



Παράδειγμα ανοιξιάτικου ηλιοστασίου (15 Απριλίου)

Ηλιακή απόκλιση δ	$\sin(\delta)$	$\cos(\delta)$	Γ	Εξίσωση του χρόνου E_t	Πραγματικός ηλιακός χρόνος t_{sol}	Ωριαία γωνία του ήλιου ω	$\sin(\beta)$	$\cos(\beta)$	$\sin(\phi_s)$	Γωνία πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας (μοίρες)
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	0,598	-171,029	-0,698	0,716	-0,215	0,0
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	1,598	-156,029	-0,639	0,769	-0,521	0,0
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	2,598	-141,029	-0,529	0,848	-0,731	0,0
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	3,598	-126,029	-0,377	0,926	-0,862	0,0
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	4,598	-111,029	-0,193	0,981	-0,938	0,0
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	5,598	-96,029	0,011	1,000	-0,981	81,1
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	6,598	-81,029	0,220	0,975	-0,999	80,0
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	7,598	-66,029	0,421	0,907	-0,994	70,1
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	8,598	-51,029	0,600	0,800	-0,959	57,9
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	9,598	-36,029	0,744	0,668	-0,869	48,1
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	10,598	-21,029	0,845	0,535	-0,661	41,3
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	11,598	-6,029	0,894	0,449	-0,231	37,9
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	12,598	8,971	0,888	0,459	0,335	38,3
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	13,598	23,971	0,829	0,560	0,716	42,3
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	14,598	38,971	0,719	0,695	0,893	49,8
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	15,598	53,971	0,567	0,823	0,969	60,2
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	16,598	68,971	0,383	0,924	0,997	72,7
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	17,598	83,971	0,179	0,984	0,997	80,2
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	18,598	98,971	-0,030	1,000	0,975	81,3
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	19,598	113,971	-0,231	0,973	0,927	0,0
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	20,598	128,971	-0,410	0,912	0,841	0,0
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	21,598	143,971	-0,554	0,832	0,697	0,0
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	22,598	158,971	-0,655	0,756	0,468	0,0
9,41	0,16	0,99	102,58	-0,24	23,598	173,971	-0,704	0,711	0,146	0,0



Παράδειγμα καλοκαιρινού ηλιοστασίου (15 Ιουλίου)

Ηλιακή απόκλιση δ	$\sin(\delta)$	$\cos(\delta)$	Γ	Εξίσωση του χρόνου E_t	Πραγματικός ηλιακός χρόνος t_{sol}	Ωριαία γωνία του ήλιου ω	$\sin(\beta)$	$\cos(\beta)$	$\sin(\phi_s)$	Γωνία πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας (μοίρες)
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	0,506	-172,416	-0,538	0,843	-0,146	0,0
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	1,506	-157,416	-0,486	0,874	-0,409	0,0
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	2,506	-142,416	-0,387	0,922	-0,615	0,0
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	3,506	-127,416	-0,247	0,969	-0,763	0,0
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	4,506	-112,416	-0,076	0,997	-0,862	0,0
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	5,506	-97,416	0,115	0,993	-0,929	69,6
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	6,506	-82,416	0,313	0,950	-0,971	68,5
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	7,506	-67,416	0,504	0,864	-0,994	67,4
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	8,506	-52,416	0,675	0,738	-0,999	63,8
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	9,506	-37,416	0,815	0,580	-0,974	54,3
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	10,506	-22,416	0,913	0,408	-0,870	47,6
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	11,506	-7,416	0,964	0,266	-0,452	44,1
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	12,506	7,584	0,964	0,267	0,460	44,1
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	13,506	22,584	0,912	0,410	0,872	47,6
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	14,506	37,584	0,813	0,582	0,975	54,4
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	15,506	52,584	0,673	0,739	0,999	63,9
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	16,506	67,584	0,502	0,865	0,994	67,5
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	17,506	82,584	0,311	0,950	0,971	68,5
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	18,506	97,584	0,113	0,994	0,928	69,6
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	19,506	112,584	-0,078	0,997	0,862	70,7
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	20,506	127,584	-0,249	0,969	0,761	0,0
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	21,506	142,584	-0,388	0,921	0,613	0,0
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	22,506	157,584	-0,487	0,873	0,406	0,0
21,52	0,37	0,93	192,33	-5,79	23,506	172,584	-0,538	0,843	0,142	0,0



Παράδειγμα φθνιπωρινού ηλιοστασίου (15 Οκτωβρίου)

Ηλιακή απόκλιση δ	$\sin(\delta)$	$\cos(\delta)$	Γ	Εξίσωση του χρόνου E_t	Πραγματικός ηλιακός χρόνος t_{sol}	Ωριαία γωνία του ήλιου ω	$\sin(\beta)$	$\cos(\beta)$	$\sin(\phi_s)$	Γωνία πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας (μοίρες)
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	0,842	-167,367	-0,880	0,475	-0,454	0,0
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	1,842	-152,367	-0,808	0,589	-0,776	0,0
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	2,842	-137,367	-0,687	0,726	-0,919	0,0
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	3,842	-122,367	-0,527	0,850	-0,980	0,0
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	4,842	-107,367	-0,336	0,942	-0,999	0,0
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	5,842	-92,367	-0,130	0,992	-0,994	0,0
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	6,842	-77,367	0,079	0,997	-0,965	75,6
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	7,842	-62,367	0,275	0,961	-0,909	62,2
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	8,842	-47,367	0,447	0,895	-0,811	50,6
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	9,842	-32,367	0,581	0,814	-0,649	41,4
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	10,842	-17,367	0,669	0,743	-0,396	35,4
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	11,842	-2,367	0,705	0,709	-0,057	33,0
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	12,842	12,633	0,686	0,727	0,296	34,2
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	13,842	27,633	0,614	0,789	0,579	39,2
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	14,842	42,633	0,494	0,870	0,768	47,4
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	15,842	57,633	0,333	0,943	0,883	58,3
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	16,842	72,633	0,143	0,990	0,951	71,3
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	17,842	87,633	-0,064	0,998	0,987	85,3
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	18,842	102,633	-0,272	0,962	1,000	0,0
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	19,842	117,633	-0,469	0,883	0,989	0,0
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	20,842	132,633	-0,640	0,768	0,945	0,0
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	21,842	147,633	-0,775	0,632	0,835	0,0
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	22,842	162,633	-0,863	0,505	0,582	0,0
-9,60	-0,17	0,99	283,07	14,41	23,842	177,633	-0,899	0,438	0,093	0,0



Υπολογισμός Θερμικής Ίσχυος Επίπεδου ηλιακού συλλέκτη

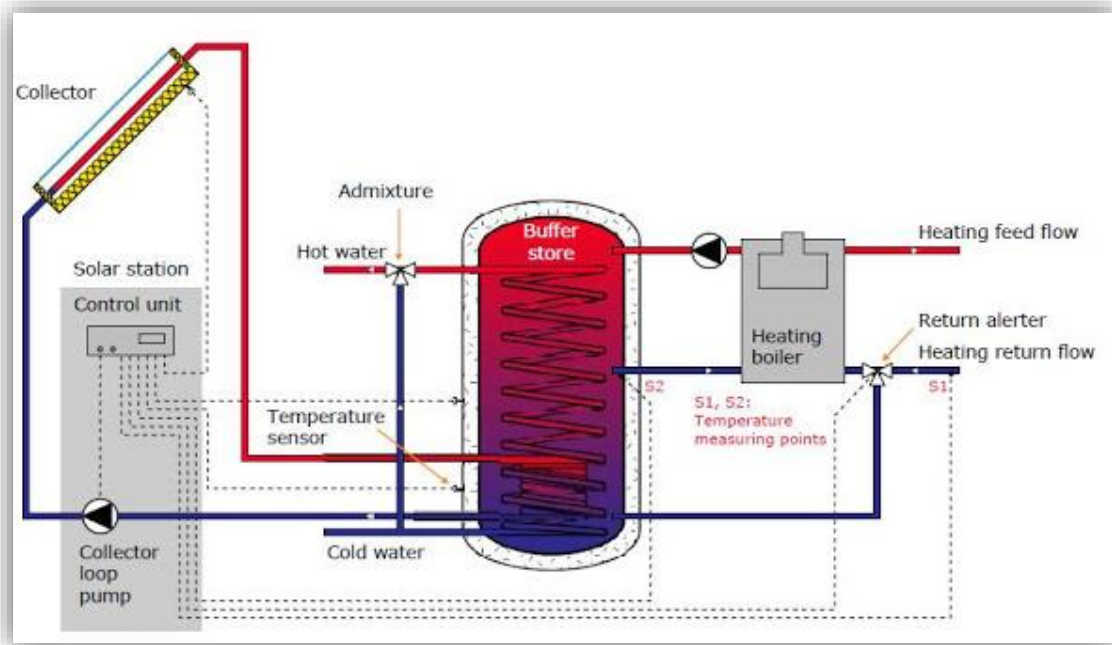


Figure 12: Σχεδιάγραμμα δικτύου εγκατάστασης

Το ωφέλιμο ενεργειακό κέρδος απο έναν επίπεδο ηλιακό συλλέκτη μια δεδομένη χρονική στιγμή είναι η διαφορά του ποσού της ηλιακής ενέργειας που απορροφάται απο τον απορροφητήρα και των απωλειών ενέργειας στο περιβάλλον. Ο υπολογισμός της ωφέλιμης θερμικής ισχύος δίνεται απο την σχέση:

$$Q = A_c * F_R * [G_t * (\tau\alpha)_n - U_L * (T_{fi} - T_a)] \quad \text{Equation (14)}$$

Όπου:

- Q : Ωφέλιμη συλλεγόμενη θερμική ισχύς (Watt)
- A_c : Ωφέλιμη επιφάνεια συλλέκτη (m^2)
- G_t : Ένταση της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του συλλέκτη
- F_R : Συντελεστής θερμικής απολαβής του συλλέκτη
- τ : Διαπερατότητα του διαφανούς καλύμματος του συλλέκτη στην ηλιακή ακτινοβολία
- α : Απορροφητικότητα του απορροφητήρα στην ηλιακή ακτινοβολία
- U_L : Συνολικός ισοδύναμος συντελεστής ενεργειακών απωλειών του συλλέκτη ($W/m^2/^\circ C$)
- T_{fi} : Θερμοκρασία εισόδου του ρευστού στην είσοδο του συλλέκτη ($^\circ C$)
- T_a : Θερμοκρασία περιβάλλοντος ($^\circ C$)

Παρακάτω αναλύονται οι παράμετροι για τον υπολογισμό της θερμικής ισχύος του συλλέκτη



✚ Ωφέλιμη επιφάνεια συλλέκτη (A_c)

Όσον αφορά την ωφέλιμη επιφάνεια του συλλέκτη, στην ουσία αυτό είναι το ζητούμενό μας, διότι η θερμική κάλυψη επιτυγχάνεται αυξάνοντας την επιφάνεια των συλλεκτών αλλά μια τέτοια εγκατάσταση μπορεί να γίνει ασύμφορη και να μην αποσβέσει. Άρα το ζητούμενο είναι, η ελαχιστοποίηση του κόστους εγκατάστασης (επιφάνεια συλλεκτών) σε συνδυασμό με την μέγιστη κάλυψη θερμικών αναγκών από το σύστημα. Οπότε, αφού γίνουν οι υπόλοιποι υπολογισμοί τότε θα δούμε πειραματικά την βέλτιστη λύση για την ωφέλιμη επιφάνεια των συλλεκτών.

✚ Συντελεστής θερμικής απολαβής του συλλέκτη (F_R)

Ο συντελεστής απωλειών θερμικής ισχύος ορίζεται ως ο λόγος της πραγματικής παραγωγής θερμικής ισχύος από τον ηλιακό συλλέκτη προς τη θερμική ισχύ που θα παραγόταν αν η θερμοκρασία του εργαζόμενου μέσου εντός του συλλέκτη ήταν σταθερή και ομοιόμορφη και ίση με τη θερμοκρασία εισόδου του σε αυτόν T_i . Η θερμοκρασία εισόδου του εργαζόμενου μέσου στον ηλιακό συλλέκτη εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά και τον τρόπο λειτουργίας του συνολικού συστήματος θέρμανσης και από τη ζήτηση θερμικής ισχύος. Ο συντελεστής απωλειών θερμικής ισχύος εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του ηλιακού συλλέκτη, τον τύπο και την παροχή του εργαζόμενου μέσου, σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$F_R = \frac{\dot{m} \cdot c_p}{A_c \cdot U_L} \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{A_c \cdot U_L \cdot F'}{\dot{m} \cdot c_p}\right) \right] \quad \text{Equation (15)}$$

Όπου:

- \dot{m} : η παροχή μάζας του εργαζόμενου μέσου εντός του συλλέκτη σε kg/s
- c_p : η ειδική θερμοχωρητικότητα του εργαζόμενου μέσου σε kJ/(kg·K)
- F' : ο συντελεστής απόδοσης του ηλιακού συλλέκτη (collector efficiency factor).

Για επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες, ο συντελεστής απόδοσης F' δίνεται από τη σχέση:

$$F' = \frac{1}{U_L} \cdot \frac{1}{W \cdot \left[\frac{1}{U_L \cdot [D + (W - D) \cdot F]} + \frac{1}{C_b} + \frac{1}{\pi \cdot D_i \cdot h_{fi}} \right]} \quad \text{Equation (16)}$$



Όπου:

- W : η απόσταση ανάμεσα σε δύο διαδοχικές σωληνώσεις του ηλιακού συλλέκτη σε m (βλέπε Figure 16)
- D : η εξωτερική διάμετρος των σωληνώσεων του συλλέκτη σε m (βλέπε Figure 16)
- D_i : η εσωτερική διάμετρος των σωληνώσεων του συλλέκτη σε m (βλέπε Figure 16)
- F : η απόδοση της απορροφητικής πλάκας (standard fin efficiency), η οποία θα οριστεί στη συνέχεια
- C_b : η αγωγιμότητα της σύνδεσης των σωληνώσεων του ηλιακού συλλέκτη στην απορροφητική επιφάνεια, η οποία θα παρουσιαστεί παρακάτω
- h_{fi} : ο συντελεστής συναγωγής μεταφοράς θερμότητας από το εργαζόμενο μέσο προς τις σωληνώσεις του ηλιακού συλλέκτη σε W/(m²·K).

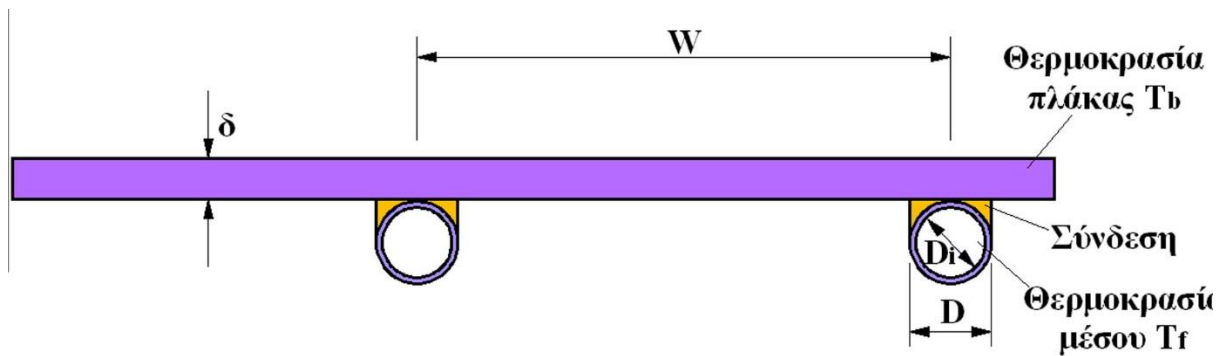


Figure 13: Εσωτερική κατασκευαστική δομή επίπεδου ηλιακού συλλέκτη

Η απόδοση απορροφητικής πλάκας F δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$F = \frac{\tanh\left[\frac{m \cdot (W - D)}{2}\right]}{\frac{m \cdot (W - D)}{2}} \quad \text{Equation (17)}$$

όπου η παράμετρος m ορίζεται συναρτήσει του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας k και του πάχους της πλάκας δ από τη σχέση:

$$m = \sqrt{\frac{U_L}{k \cdot \delta}} \quad \text{Equation (18)}$$



Η αγωγιμότητα της σύνδεσης των σωληνώσεων του συλλέκτη με την απορροφητική πλάκα μπορεί να εκτιμηθεί από τη σχέση:

$$C_b = \frac{k_b \cdot b}{\gamma} \quad \text{Equation (19)}$$

Όπου:

- k_b : ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της σύνδεσης σε $W/(m \cdot K)$
- b : το πλάτος της σύνδεσης σε m
- γ : το πάχος της σύνδεσης σε m

Όσον αφορά τις παραπάνω τιμές των παραμέτρων έχουμε απο αυθαίρετες επιλογές και απο φυλλάδια κατασκευαστών:

- $\dot{m} = 0,02 \text{ kg}/(s \cdot m^2)$
- $C_p = 4184 \text{ J}/(Kgr \cdot ^\circ K)$
- $W = 0.215 \text{ m}$
- $D = 0.115 \text{ m}$
- $D_i = 0.1 \text{ m}$
- $h_{fi} = 3000 \text{ W}/(m^2 \cdot ^\circ K)$
- $K_b = 1000 \text{ W}/(m \cdot ^\circ K)$
- $b = 0.115 \text{ m}$
- $\gamma = 0.0575 \text{ m}$
- $\delta = 0.000135 \text{ m}$
- $C_b = 2000 \text{ W}/(m \cdot ^\circ K)$

Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας (U_L)

Στην περίπτωση των επίπεδων ηλιακών ο συνολικός συντελεστής θερμικής διαπερατότητας U_L αποτελεί σύνθετη συνάρτηση των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών στοιχείων του συλλέκτη και των συνθηκών λειτουργίας του. Στη γενική περίπτωση δίνεται από τη σχέση:

$$U_L = U_t + U_b + U_e \quad \text{Equation (20)}$$

όπου οι δείκτες t , b και e υποδηλώνουν απώλειες θερμικής ισχύος από την κορυφή του συλλέκτη μέσω του διαφανούς καλύμματος, από τη βάση και από τις πλάγιες επιφάνειες αντίστοιχα (t – top, b – bottom, e – edges thermal loss).



Ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας από την κορυφή του ηλιακού συλλέκτη δίνεται από τη σχέση:

$$U_t = \frac{1}{\frac{N}{\frac{C}{T_b} \cdot \left(\frac{T_{pm} - T_a}{N + f} \right)^e + \frac{1}{h_t}} + \frac{\sigma \cdot (T_{pm} + T_a) \cdot (T_{pm}^2 + T_a^2)}{\frac{1}{\varepsilon_p + 0,00591 \cdot N \cdot h_t} + \frac{2 \cdot N + f - 1 + 0,133 \cdot \varepsilon_p - N}{\varepsilon_g}} \quad \text{Equation (21)}$$

Όπου:

- N : ο αριθμός των προστατευτικών διαφανών καλυμμάτων του ηλιακού συλλέκτη
- h_t : ο συντελεστής θερμικής μετάβασης του αέρα από την κορυφή του συλλέκτη σε $W/(m^2 \cdot K)$
- T_{pm} : η μέση θερμοκρασία της απορροφητικής πλάκας σε K
- T_a : η μέση θερμοκρασία του αέρα περιβάλλοντος σε K
- ε_g : ο συντελεστής εκπομπής ακτινοβολίας του υλικού του διαφανούς καλύμματος του ηλιακού συλλέκτη
- ε_p : ο συντελεστής εκπομπής ακτινοβολίας του υλικού της απορροφητικής πλάκας του ηλιακού συλλέκτη
- C, f, e : εμπειρικές παράμετροι που παρουσιάζονται παρακάτω.

Η παράμετρος C δίνεται από τη σχέση:

$$C = 520 \cdot (1 - 0,000051 \cdot \beta^2) \quad \text{Equation (22)}$$

όπου β η κλίση εγκατάστασης του ηλιακού συλλέκτη. Η ανωτέρω σχέση ισχύει για τιμές κλίσεις εγκατάστασης από 0° έως 70° . Στην περίπτωση που η κλίση εγκατάστασης του ηλιακού συλλέκτη είναι μεγαλύτερη από τις 70° , τότε η τιμή της παραμέτρου C προκύπτει από την ανωτέρω σχέση για $\beta = 70^\circ$.

Η παράμετρος f δίνεται από τη σχέση:

$$f = (1 + 0,089 \cdot h_t - 0,1166 \cdot h_t \cdot \varepsilon_p) \cdot (1 + 0,07866 \cdot N). \quad \text{Equation (23)}$$



Η παράμετρος e δίνεται από τη σχέση:

$$e = 0,430 \cdot \left(1 - \frac{100}{T_{pm}} \right) \quad \text{Equation (24)}$$

Στην ανωτέρω σχέση υπολογισμού του συντελεστή U_t εμφανίζεται η μέση θερμοκρασία της απορροφητικής πλάκα T_{pm} σε βαθμούς Κ. Η θερμοκρασία αυτή μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$T_{pm} = T_{fi} + \frac{\dot{Q}/A_c}{F_R \cdot U_L} \cdot (1 - F_R). \quad \text{Equation (25)}$$

όπου T_{fi} η θερμοκρασία εισόδου του εργαζόμενου μέσου στον ηλιακό συλλέκτη.

Οι συντελεστές θερμικής διαπερατότητας από τη βάση και τις πλάγιες επιφάνειες του ηλιακού συλλέκτη δίνονται μέσω των κλασικών σχέσεων μεταφοράς θερμότητας με αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία. Στη γενική περίπτωση μπορούν να θεωρηθούν σταθερές και ίσες με (οι δείκτες e και b στη σχέση υποδηλώνουν την ισχύ της σχέσης για μεταφορά θερμότητας αντίστοιχα μέσω πλαγίων επιφανειών και βάσης συλλέκτη):

$$U_{e,b} = \frac{1}{\frac{t_{e,b}}{k_{e,b}} + \frac{1}{h_{e,b}}}. \quad \text{Equation (26)}$$

Όπου:

$t_{e,b}$: το πάχος της μόνωσης στις πλάγιες επιφάνειες και στη βάση του συλλέκτη σε m

$k_{e,b}$: ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης σε W/(m·K)

$h_{e,b}$: ο συντελεστής θερμικής μετάβασης της μόνωσης σε W/(m²·K).

Λόγω της θερμομόνωσης του ηλιακού συλλέκτη στις πλάγιες επιφάνειες και στη βάση του, οι απώλειες θερμικής ισχύος από τις επιφάνειες αυτές αντιστοιχούν περίπου στο 10% των συνολικών απωλειών θερμότητας από τον ηλιακό συλλέκτη προς το περιβάλλον.

Από τις ανωτέρω σχέσεις φαίνεται ότι για τον υπολογισμό διαφόρων μεγεθών που απαιτούνται για τον υπολογισμό του συντελεστή F_R είναι απαραίτητη η γνώση μεγεθών που αναμένονται ως αποτελέσματα από την παραπάνω διαδικασία. Για παράδειγμα, για τον υπολογισμό της ωφέλιμης θερμικής ισχύος \dot{Q} του ηλιακού συλλέκτη απαιτείται ο υπολογισμός της μέσης θερμοκρασίας της απορροφητικής πλάκας T_{pm} . Όμως στη σχέση υπολογισμού της T_{pm} η απολαμβανόμενη θερμική ισχύς από το συλλέκτη απαιτείται ως δεδομένο. Είναι προφανές ότι σε αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να εκτελεσθεί επαναληπτική διαδικασία επίλυσης του προβλήματος, κάνοντας αρχικές υποθέσεις για κάποια από τα εμπλεκόμενα μεγέθη και επαληθεύοντάς τις κατά τον επαναληπτικό υπολογισμό.



Όσον αφορά τις παραπάνω τιμές των παραμέτρων έχουμε απο αυθαίρετες επιλογές και απο φυλλάδια κατασκευαστών:

N	=	1
C	=	453.7
T _b	=	299 °K
T _{pm}	=	320 °K
T _a	=	289 °K
f	=	0.844
h _t	=	10 W/(m ² *°K)
e	=	0.296
σ	=	5.67*10 ⁻⁸ W/(m ² *K ⁴)
ε _p	=	0.95
ε _g	=	0.88
β	=	50°
t _{e,b}	=	0.0055 m
k _{e,b}	=	0.0375 W/(m*°K)
h _{e,b}	=	10 W/(m ² *°K)
U _{b,e}	=	4.054 W/(m ² *°K)

Γινόμενο διαπερατότητας – απορροφητικότητας (τα)

Ο τελευταίος παράγοντας που απαιτείται για τον υπολογισμό της τελικής παραγωγής θερμικής ισχύος από τον ηλιακό συλλέκτη είναι το γινόμενο $G_t \cdot (\tau \cdot \alpha)$, το οποίο περιγράφει την τελική, καθαρή απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από το συλλέκτη, σε W/m². Ο όρος G_t αναφέρεται στην ολική προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στον ηλιακό συλλέκτη. Ο όρος αυτός αποτελεί το αποτέλεσμα της ολικής διαθέσιμης ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο και στη θέση εγκατάστασης, η οποία μετριέται με πυρανόμετρα, της καθαρότητας της ατμόσφαιρας, του τύπου των περιβαλλουσών επιφανειών την υπό μελέτη επιφάνεια, της θέσης και του προσανατολισμού εγκατάστασης του ηλιακού συλλέκτη. Δύναται να υπολογιστεί με ακρίβεια ακολουθώντας την αναλυτική μεθοδολογία που βασίζεται σε έννοιες ηλιακής γεωμετρίας και ακτινοβολίας, η οποία περιγράφεται στο Σύγγραμμα «Θέρμανση – Ψύξη – Κλιματισμός» των Ακαδημαϊκών Συγγραμμάτων «Κάλλιπος».

Το γινόμενο των συντελεστών διαπερατότητας και απορροφητικότητας του ηλιακού συλλέκτη θα πρέπει να λαμβάνεται ως ένα αδιαίρετο μέγεθος, που αναφέρεται στο συνδυασμό καλύμματος και απορροφητικής πλάκας συλλέκτη, και όχι ως το γινόμενο δύο διαφορετικών ιδιοτήτων. Αν θεωρήσουμε ότι το διαφανές κάλυμμα του ηλιακού συλλέκτη έχει συντελεστή διαπερατότητας τ σε συγκεκριμένη γωνία πρόσπτωσης και η απορροφητική πλάκα έχει συντελεστή απορροφητικότητας α , τότε από την ολική προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία G_t στο συλλέκτη, ένα μέρος αυτής ίσο με $G_t \cdot \tau$ διαπερνάει το διαφανές κάλυμμα, και ένα μέρος από την ακτινοβολία που διαπερνάει το κάλυμμα απορροφάται από την πλάκα, το οποίο εκτιμάται σε $G_t \cdot \tau \cdot \alpha$.

Η διαπερατότητα του διαφανούς καλύμματος και η απορροφητικότητα της απορροφητικής πλάκας ενός ηλιακού συλλέκτη δεν είναι μεγέθη σταθερά. Η βασική παράμετρος από την οποία εξαρτώνται είναι η γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Η γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας υπολογίζεται ως προς την κάθετη στην επιφάνεια του ηλιακού συλλέκτη

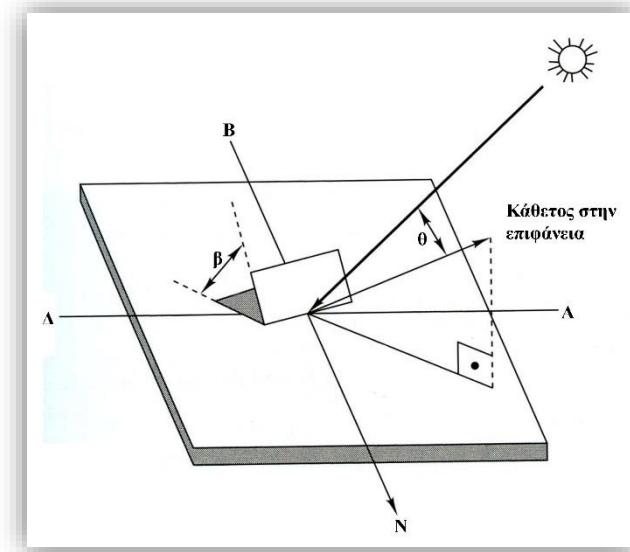


Figure 14: Γωνία πρόσπτωσης θ ηλιακής ακτινοβολίας σε επιφάνεια υπό κλίση β ως προς το οριζόντιο επίπεδο.



Η διακύμανση του γινομένου ($\tau\alpha$) ενός ηλιακού συλλέκτη συναρτήσει της γωνίας πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας σε αυτό δίνεται στο Figure 14. Στο σχήμα αυτό η διακύμανση παρουσιάζεται ανηγμένη ως προς το γινόμενο ($\tau\alpha$)_n που προκύπτει για γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας στον ηλιακό συλλέκτη ίση με 0°. Οι τιμές της διαπερατότητας και της απορροφητικότητας του ηλιακού συλλέκτη στο ηλιακό φάσμα για μηδενική γωνία πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας (κάθετη πρόσπτωση) δίνονται από τον κατασκευαστή του ηλιακού συλλέκτη.

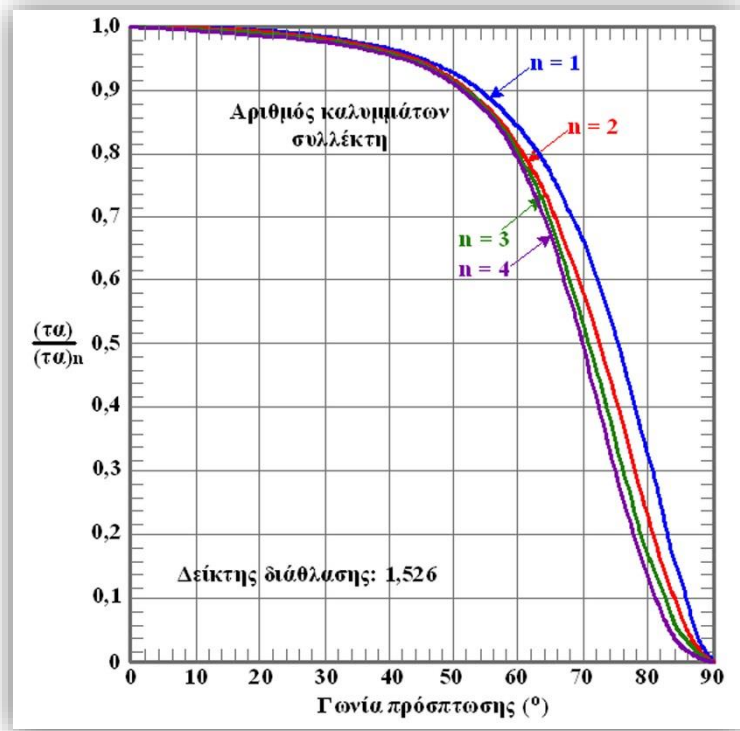


Figure 15: Διακύμανση γινομένου διαπερατότητας – απορροφητικότητας ηλιακού συλλέκτη για διαφορετικούς αριθμούς καλυμμάτων συλλέκτη συναρτήσει της γωνίας πρόσπτωσης θ ηλιακής ακτινοβολίας.

Επιπλέον, οι καμπύλες του σχήματος ισχύουν για καθαρό γυαλί ως υλικό του καλύμματος του ηλιακού συλλέκτη, με δείκτη διάθλασης 1,526 στο ηλιακό φάσμα. Ωστόσο, έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι οι καμπύλες του Figure 15 ισχύουν για όλα τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του καλύμματος του ηλιακού συλλέκτη, με δείκτη διάθλασης κοντά σε αυτόν του γυαλιού. Στον πίνακα 5.1 παρουσιάζονται τυπικοί δείκτες διάθλασης στο ηλιακό φάσμα για μερικά χαρακτηριστικά υλικά κατασκευής καλύμματος ηλιακών συλλεκτών.



Τυπικοί δείκτες διάθλασης στο ηλιακό φάσμα για χαρακτηριστικά υλικά κατασκευής καλύμματος ηλιακών συλλεκτών.

Υλικό κατασκευής καλύμματος	Δείκτης διάθλασης
Γυαλί	1,526
Πολυμεθυλομεθακρυλικό πολυμερές (polymethyl methacrylate)	1,49
Πολυφθοριούχο βινύλιο (polyvinyl fluoride)	1,45
Πολυφθοριούχο αιθυλένιο – προπυλένιο (polyfluorinated ethylene propylene)	1,34
Πολυτετραφθοροαιθυλένιο (polytetrafluoroethylene)	1,37
Πολυανθρακικό πολυμερές (polycarbonate)	1,60

Θα πρέπει να τονιστεί ότι η ανάπτυξη των σχέσεων για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας βασίστηκε στην παραδοχή ότι το διαφανές κάλυμμα δεν απορροφά καθόλου ηλιακή ακτινοβολία. Στην πραγματικότητα τούτο δεν είναι απόλυτα αληθές, αφού πάντα υπάρχει ένα μικρό ποσοστό απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας και από το κάλυμμα του ηλιακού συλλέκτη. Για να διορθωθεί αυτό το σφάλμα, εισάγεται το μέγεθος του ενεργού γινομένου διαπερατότητας – απορροφητικότητα (effective transmittance – absorptance product), το οποίο θα υποδεικνύεται με το δείκτη e , δηλαδή $(\tau\alpha)_e$. Η απορροφούμενη ηλιακή ακτινοβολία από το κάλυμμα του ηλιακού συλλέκτη δεν χάνεται. Αντιθέτως η ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται από το κάλυμμα αποδίδεται εν μέρει αργότερα στην απορροφητική πλάκα. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ότι το ενεργό γινόμενο διαπερατότητας – απορροφητικότητας εμφανίζεται ελαφρώς αυξημένο, κατά περίπου 1 – 2%, σε σχέση με το θεωρητικό γινόμενο που ορίσαμε ανωτέρω. Για τον ακριβή υπολογισμό του $(\tau\alpha)_e$ έχει αναπτυχθεί εμπειρική μέθοδος, η παρουσίαση της οποίας όμως δεν εμπίπτει στο αντικείμενο της εργασίας. Άλλωστε η διαφορά στο τελικό αριθμητικό αποτέλεσμα είναι μικρή. Καταληκτικά, για τον υπολογισμό της ωφέλιμης θερμικής ισχύος του ηλιακού συλλέκτη θα πρέπει να χρησιμοποιείται το ενεργό γινόμενο διαπερατότητας – απορροφητικότητας, το οποίο μπορεί να λαμβάνεται ως:

$$(\tau\alpha)_e \cong 1,02 \cdot (\tau\alpha)$$

για ηλιακούς συλλέκτες με κάλυμμα από συνηθισμένο γυαλί (υψηλότερη απορροφητικότητα)

$$(\tau\alpha)_e \cong 1,01 \cdot (\tau\alpha)$$

για ηλιακούς συλλέκτες με κάλυμμα από υλικά με χαμηλή απορροφητικότητα.



✚ Αποτελέσματα υπολογισμών

Μήνας	Σύνολο μηνιαίου φορτίου (kW)	Μέση μηνιαία προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία Gt (Watt/m ²)	Μέση μηνιαία θερμοκρασία περιβάλλοντος T _a (oC)	Μέσες μηνιαίες Απώλειες θερμικής ισχύος από την κορυφή του συλλέκτη U _t (W/(m ² *oK))	Μέσος μηνιαίος Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας U _L (W/(m ² *oK))	Μέσος μηνιαίος συντελεστής m	Μέση μηνιαία Απόδοση απορροφητικής πλάκας F	Μέσος μηνιαίος συντελεστής απόδοσης F'	Μέσος μηνιαίος Συντελεστής θερμικής απολαβής του συλλέκτη FR
Ιανουάριος	450,16	161,39	11,02	5,35	13,46	16,14	0,83	0,92	0,37
Φεβρουάριος	379,39	251,90	11,64	5,35	13,46	16,14	0,83	0,92	0,37
Μάρτιος	254,56	295,60	13,76	5,35	13,45	16,13	0,83	0,92	0,37
Απρίλιος	101,84	362,44	17,13	5,33	13,44	16,12	0,83	0,92	0,37
Μάιος	23,08	370,82	21,20	5,31	13,42	16,11	0,83	0,92	0,37
Ιούνιος	0,00	382,08	24,84	5,28	13,39	16,09	0,83	0,92	0,37
Ιούλιος	0,00	426,07	26,75	5,26	13,37	16,08	0,83	0,92	0,37
Αύγουστος	0,00	393,31	26,19	5,27	13,37	16,08	0,83	0,92	0,37
Σεπτέμβριος	1,45	341,33	22,86	5,30	13,41	16,10	0,83	0,92	0,37
Οκτώβριος	83,48	208,88	19,53	5,32	13,43	16,12	0,83	0,92	0,37
Νοέμβριος	265,12	213,35	15,81	5,34	13,45	16,13	0,83	0,92	0,37
Δεκέμβριος	409,29	160,44	12,94	5,35	13,46	16,13	0,83	0,92	0,37



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μήνας	Μέσος μηνιαίος διορθωτικός συντελεστής λόγω θέσης συλλέκτη και εποχής του έτους(τα)/(τα) _n	Διορθωτικός συντελεστής (τα) _e	Παραγόμενη Θερμική ισχύς απο τους συλλέκτες (Watt)	Παραγόμενη Θερμική Ενέργεια απο τους συλλέκτες (kWh)	Μέση μηνιαία θερμοκρασία εισόδου εργαζόμενου μέσου στο συλλέκτη T _{fi} (οC)	Μέση μηνιαία θερμοκρασία απορροφητικής πλάκας T _{pm} (οC)
Ιανουάριος	0,39	0,33	318,84	11007,12	338,78	341,48
Φεβρουάριος	0,39	0,33	512,15	33632,88	364,99	369,32
Μάρτιος	0,38	0,33	704,79	54179,51	366,60	372,56
Απρίλιος	0,40	0,34	976,46	76927,56	367,04	375,31
Μάιος	0,46	0,40	1215,23	98941,81	367,32	377,60
Ιούνιος	0,46	0,42	1416,15	121689,86	367,37	379,35
Ιούλιος	0,48	0,41	1612,31	143704,11	367,37	381,00
Αύγουστος	0,42	0,36	1453,62	166452,16	367,32	379,62
Σεπτέμβριος	0,38	0,32	1114,25	189200,22	367,12	376,55
Οκτώβριος	0,39	0,33	628,80	211214,47	366,78	372,10
Νοέμβριος	0,39	0,34	503,85	233962,52	366,22	370,49
Δεκέμβριος	0,38	0,33	318,52	255976,77	363,13	365,83



Υπολογισμός Θερμικής Επάρκειας Θερμοδοχείου (Boiler)

Όπως έχει προαναφερθεί, οι ηλιακοί συλλέκτες θα συσσωρεύουν το θερμό νερό που απορροφούν σε ένα καλά μονωμένο δοχείο με βεβαιωμένη κυκλοφορία (πρωτεύον κύκλωμα) και στη συνέχεια όταν ζητηθεί θερμό νερό από το δευτερεύον κύκλωμα, της ενδοδαπέδιας, θα αντλεί από το θερμοδοχείο.

Και στα δυο κυκλώματα, θα υπάρχει διαφορικός έλεγχος από ειδικό ελεγκτή ο οποίος θα διαβάσει τις θερμοκρασίες εξόδου του νερού από το συλλέκτη, θερμοδοχείου, δευτερεύοντος κυκλώματος και ανάλογα τις τιμές αυτές θα ελέγχει τους κυκλοφορητές και διάφορα άλλα ρελέ.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του θερμοδοχείου αντλήθηκαν από γνωστό κατασκευαστή που τηρεί όλες τις αυστηρές Ευρωπαϊκές και διεθνής πιστοποιήσεις, Αυστριακής κατασκευής και μάλιστα δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στο πάχος της μόνωσης του δοχείου λόγω του ότι ο σκοπός του θερμοδοχείου είναι να διατηρεί υψηλά την θερμοκρασία για πολλή ώρα ακόμα και όταν πάψει να υπάρχει ηλιοφάνεια.

Όσον αφορά τον όγκο του δοχείου, επίσης πολύ σημαντική παράμετρος, προκύπτει μετά από δοκιμές με τιμές χωρητικότητας από τον κατασκευαστή (από διάφορα μοντέλα). Πιο συγκεκριμένα, αφού έχουμε κάνει τους υπολογισμούς για την ισχύ του νερού του δοχείου ανά ώρα τότε κάνουμε δοκιμή με τον όγκο και από διάγραμμα που φαίνεται παρακάτω προκύπτει η κατάλληλη τιμή.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό της θερμικής ισχύος του θερμοδοχείου με ωριαίο βήμα είναι η μετατροπή της παροχής και της θερμοκρασίας του νερού από το πρωτεύον κύκλωμα σε ισχύ (kW) από την οποία αφαιρούμε την ζήτηση θερμικής ισχύος του δευτερεύον κυκλώματος (ενδοδαπέδια θέρμανση κατοικίας) και στη συνέχεια, το ζητούμενο είναι το νερό που βρίσκεται στο θερμοδοχείο κάθε ώρα να είναι για όσο το δυνατόν πιο περιορισμένο ποσοστό του χειμώνα κάτω από ένα όριο θερμοκρασίας.

Λόγω μη εξειδίκευσης του MS Excel ορίσθηκε ως κατώτατο όριο οι 20°C και ως ανώτατο όριο θερμοκρασίας του θερμοδοχείου οι 95°C.

Η σχέση υπολογισμού της θερμοκρασίας του θερμοδοχείου κάθε χρονική στιγμή i υπολογίζεται σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο σε (oC):

$$T_2(i) = \frac{\dot{Q}_2 - \dot{Q}_d - U_s \cdot A_s \cdot (T_2(i-1) - T_2)}{\dot{m} \cdot C_p} + T_2(i-1)$$

Όσον αφορά τις παραπάνω τιμές των παραμέτρων έχουμε απο αυθαίρετες επιλογές και απο φυλλάδια κατασκευαστών:



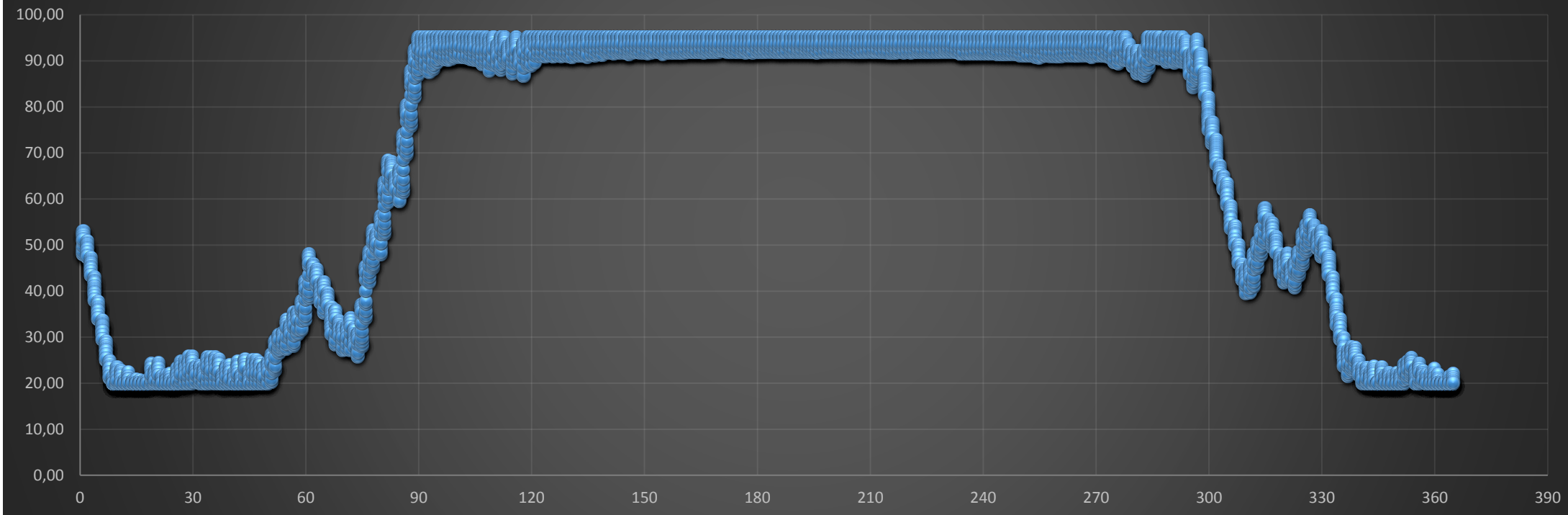
Χωρητικότητα θερμοδοχείου V :	1500	lt
συντελεστής θερ. Αγωγιμότητας επισμαλτωμένου χάλυβα θερμοδοχείου $\lambda_{\text{χαλ}}$:	50	W/(m·K)
συντελεστής θερ. Αγωγιμότητας πετροβάμβακα θερμοδοχείου $\lambda_{\text{πετ}}$:	0,04	W/(m·K)
Εσωτερική διάμετρος θερμοδοχείου d_i :	0,896	m
πάχος επισμαλτωμένου χάλυβα θερμοδοχείου $d_{\text{χαλ}}$:	0,005	m
πάχος πετροβάμβακα θερμοδοχείου $d_{\text{πετ}}$:	0,07	m
Εξωτερική διάμετρος θερμοδοχείου d_o :	1,046	m
Ύψος θερμοδοχείου l_{th}	2,38	m
Θερμορροή δοχείου ανα μονάδα θερμοκρασίας $Us \cdot As$:	7,94	W/K

 Αποτελέσματα

Μήνας	Μέση μηνιαία θερμοκρασία θερμοδοχείου (οC)	Μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία θερμοδοχείου (οC)	Ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία θερμοδοχείου (οC)
Ιανουάριος	25,3	53,0	20,0
Φεβρουάριος	26,0	48,0	20,0
Μάρτιος	48,9	95,0	25,8
Απρίλιος	92,3	95,0	86,8
Μάιος	93,6	95,0	89,7
Ιούνιος	93,9	95,0	91,5
Ιούλιος	94,0	95,0	91,8
Αύγουστος	93,8	95,0	91,6
Σεπτέμβριος	93,5	95,0	90,7
Οκτώβριος	87,9	95,0	62,2
Νοέμβριος	47,7	63,3	29,6
Δεκέμβριος	21,9	33,9	20,0



Διάγραμμα Θερμοκρασίας Boiler - Χρόνου





Βιβλιογραφία

- [1]: «Σύνθεση ενεργειακών συστημάτων» (Κεφάλαιο 5), Δημ.Αλ.Κατσαπρακάκης
- [2]: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010
- [3]: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010
- [4]: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010
- [5]: Τεχνολογίες Α.Π.Ε. (κατάρτιση ενεργειακών επιθεωρητών – εκπαιδευτικό υλικό) Θ.Ε.: ΔΕ4 Α' έκδοση, Ιούνιος 2011
- [6]: Austria Email Boiler Technical Specs
- [7]: Πτυχιακή εργασία «Βελτίωση βαθμού απόδοσης ηλιακού συλλέκτη», Νικήτας Πέτρος-Πετρίδης Δημοσθένης
- [8]: «Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτηρίων», ΦΕΚ 4/7/1979
- [9]: Buderus Solar Panel Technical Specs
- [10]: Heating systems in buildings — Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies — Part 4-3 Space heating generation systems, thermal solar systems (European Standard)
- [11]: Εφαρμογές Μετάδοσης Θερμότητας, Μιχ.Κτενιαδάκης
- [12]: Μετάδοση θερμότητας, Κωνσταντίνος Πασπαλάς
- [13]: Θέρμανση – Κλιματισμός, Σελλούντος
- [14]: Θερμοδυναμική για μηχανικούς, Michael Boles-Yunus Cengel
- [15]: Σημειώσεις μαθήματος «Θέρμανση Ψύξη Κλιματισμός Ι», Μύρον Μονιάκης
- [16]: Σημειώσεις μαθήματος «Ανανεώσιμες Πηγές ενέργειας», Δημ. Αλ. Κατσαπρακάκης
- [17]: Cosmosolar Solar Panel Technical Specs