

Πανεπιστήμιο Πατρών: «Αειφορικός σχεδιασμός» - Α' εξάμηνο 2015-2016

Βιοκλιματικός σχεδιασμός και κτιριακό κέλυφος

Θερμικά κέρδη, απώλειες, τεχνικά χαρακτηριστικά κτιρίου

Ιφιγένεια Θεοδωρίδου
Dr. Αρχ. Μηχανικός T.U. Darmstadt
ifigeneia@e2architects.eu



1

Μετάδοση θερμότητας

2

Κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια

3

Ενεργειακό ισοζύγιο - απώλειες και κέρδη

4

Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός

5

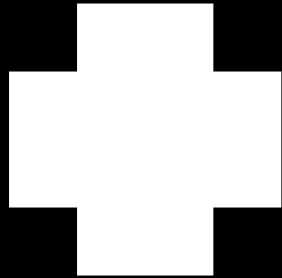
Ογκοπλασία κτιρίου

Μετάδοση Θερμότητας

Με τον όρο «Μετάδοση Θερμότητας» (Heat Transfer) ορίζουμε τον ρυθμό της μεταφερόμενης ποσότητας της θερμικής ενέργειας (θερμότητας).

Οι τρεις κύριοι μηχανισμοί Μετάδοσης Θερμότητας είναι:

- Η Συναγωγή (Convection)
- Η Ακτινοβολία (Radiation)
- Η Αγωγιμότητα (Conduction)



συναγωγή

Συναγωγή

Με τον όρο «συναγωγή» (convection) περιγράφεται ο μηχανισμός μεταφοράς θερμότητας μεταξύ μιας στερεής επιφάνειας και ενός παρακείμενου κινούμενου μέσου (υγρού ή αερίου).

Εκφράζει δηλαδή έναν συνδυασμό αγωγιμότητας και κίνησης του ρευστού.

Συναγωγή

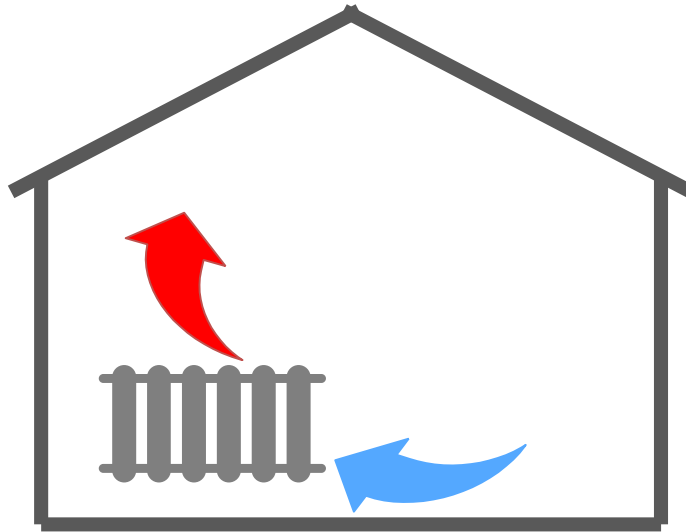
- Η μεταφορά θερμότητας με συναγωγή δεν εξαρτάται, μόνο από τη θερμοκρασιακή διαφορά.
- Η ροή θερμότητας διενεργείται μέσω αγωγιμότητας από μία στερεή επιφάνεια στα γειτονικά μόρια του ρευστού ή αερίου.
- Έτσι αυξάνεται η θερμοκρασία της εσωτερικής ενέργειας των μορίων του αερίου ή ρευστού μέσου.

Συναγωγή

- Τα μόρια αυτά κινούνται προς την περιοχή της χαμηλότερης θερμοκρασίας και αναμειγνύονται με το υπόλοιπο μέρος των μορίων του.
- Η θερμική ενέργεια, λοιπόν, αποθηκεύεται στα μόρια του ρευστού και μεταφέρεται, σαν αποτέλεσμα, στην κινούμενη μάζα του.
- Η διαδικασία αυτού του είδους της μεταφοράς θερμότητας, ορίζεται θερμική συναγωγή.

1

Μετάδοση θερμότητας



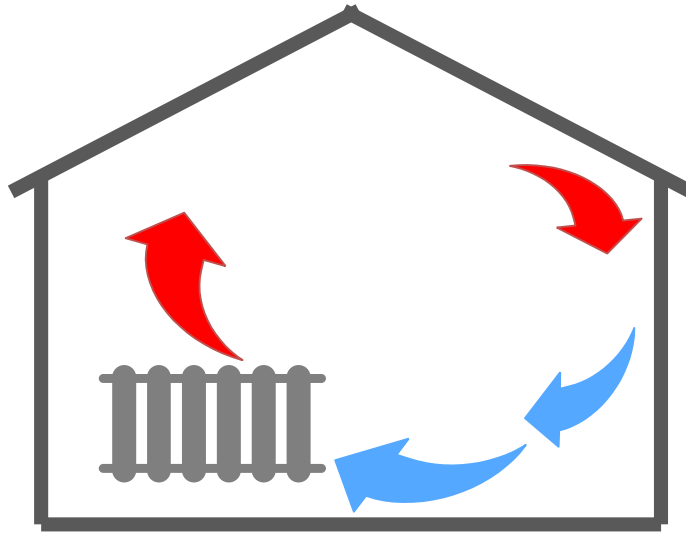
Ο ψυχρός αέρας
ζεσταίνεται από μία **πηγή θερμότητας**
και ανέρχεται



ελεύθερη συναγωγή

1

Μετάδοση θερμότητας



Ο θερμός αέρας

ψύχεται από **ψυχρότερες** επιφάνειες
και κατέρχεται



ελεύθερη συναγωγή

1

Μετάδοση θερμότητας



Κινούμενος αέρας εξαιτίας μίας δύναμης επιδρά στο δροσισμό στο εσωτερικό του κτιρίου



εξαναγκασμένη συναγωγή

1

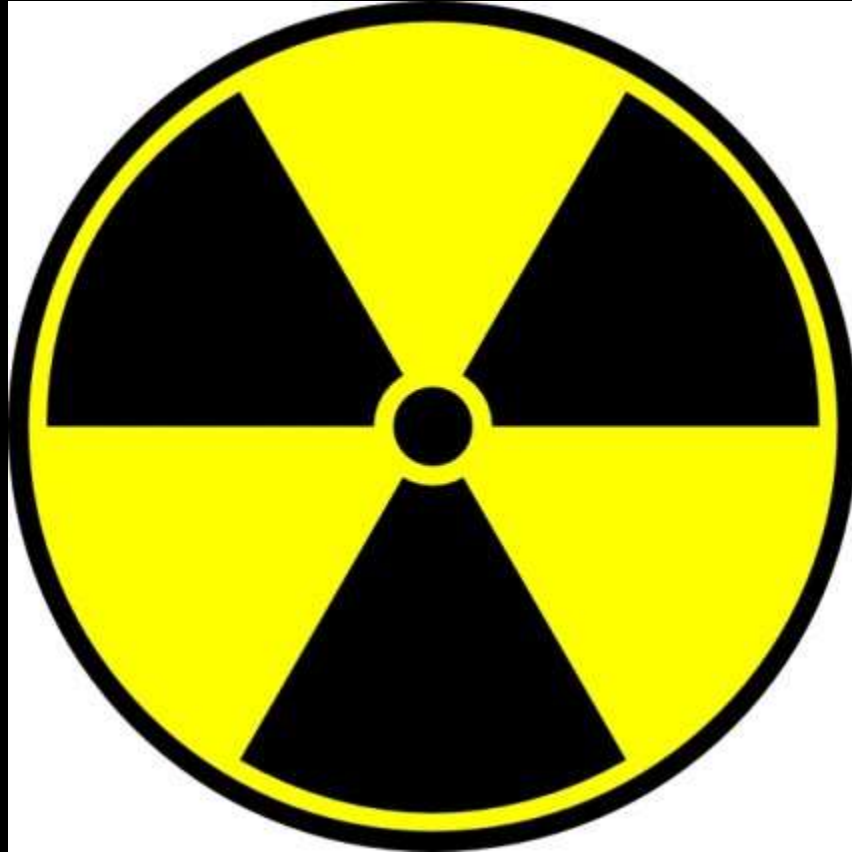
Μετάδοση θερμότητας



Κινούμενος αέρας εξαιτίας μίας δύναμης επιδρά στο δροσισμό του κτιρίου



εξαναγκασμένη συναγωγή



ακτινοβολία

Ακτινοβολία

Με τον όρο «ακτινοβολία» (radiation) περιγράφεται η ανταλλαγή ενέργειας μέσω ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και απορρόφησης.

- Η ποσότητα μεταφοράς ενέργειας μεταξύ δύο σωμάτων εξαρτάται τόσο από τη γεωμετρία όσο και από τον προσανατολισμό των σωμάτων.
- Όλα τα σώματα με θερμοκρασία πάνω από το απόλυτο μηδέν εκπέμπουν θερμική ενέργεια υπό μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Ακτινοβολία

- Η μεταφορά θερμότητας μέσω ακτινοβολίας μπορεί να περιλαμβάνει και απορρόφηση ακτινοβολίας (irradiation).
- Η ενέργεια που δεν απορροφάται, ανακλάται.

Ακτινοβολία

- Οποιοδήποτε αντικείμενο με θερμοκρασία μεγαλύτερη των 0K εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Η ακτινοβολία αυτή οφείλεται στην εσωτερική ενέργεια του υλικού η οποία, σε κατάσταση ισορροπίας, είναι ανάλογη με τη θερμοκρασία του υλικού (θερμική ακτινοβολία).
- Η μεταφορά θερμότητας μεταξύ σωμάτων η οποία συμβαίνει μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων καλείται μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία. Το δε μεγαλύτερο μέρος της θερμικής ακτινοβολίας εκπέμπεται σε περιορισμένο πεδίο του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, ανάμεσα στα 0,1 μm και 100 μm .

Μέλαν σώμα

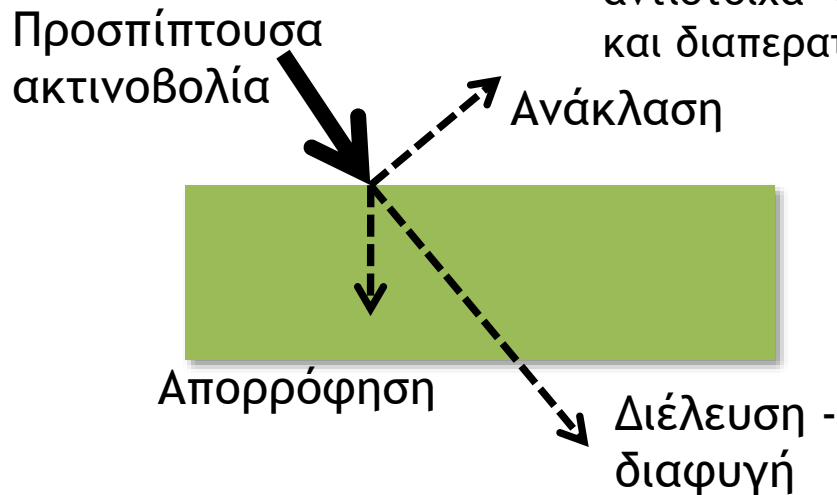
Ως μέλαν (μαύρο) σώμα ορίζεται ένα ιδανικό σώμα που απορροφά ολόκληρη την ποσότητα ακτινοβολίας που δέχεται για όλα τα μήκη κύματος και για όλες τις γωνίες πρόσπτωσης της ακτινοβολίας. Από τον ορισμό του, το μέλαν σώμα εκπέμπει και τη μέγιστη ενέργεια ακτινοβολίας σε κάθε μήκος κύματος.

Οι φυσικοί νόμοι περιγράφουν την εκπομπή του μαύρου σώματος οπότε η εκπομπή των πραγματικών σωμάτων υπολογίζεται αντίστοιχα με την εκπομπή του μαύρου σώματος κάτω από όμοιες συνθήκες με τη χρήση ενός συντελεστή, του επονομαζόμενου συντελεστή εκπομπής.

Ανακλαστικότητα

Ανακλαστικότητα, απορροφητικότητα, διαπερατότητα ακτινοβολούμενης θερμότητας.

Όταν ακτινοβολία προσπίπτει σε ένα σώμα, ένα ποσοστό της απορροφάται, ένα ποσοστό αντανακλάται και ένα ποσοστό το διαπερνά. Τα ποσοστά της απορροφούμενης, ανακλώμενης και διαπερατής ακτινοβολίας ονομάζονται αντίστοιχα απορροφητικότητα (α), ανακλαστικότητα (ρ) και διαπερατότητα (τ).



Ανακλαστικότητα

Ανακλαστικότητα, απορροφητικότητα, διαπερατότητα ακτινοβολούμενης θερμότητας.

Αυτές οι παράμετροι αυτές σχετίζονται μεταξύ τους με τη σχέση:

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

$$\alpha = \frac{\text{απορροφούμενη ακτινοβολία}}{\text{προσπίπτουσα ακτινοβολία}}$$

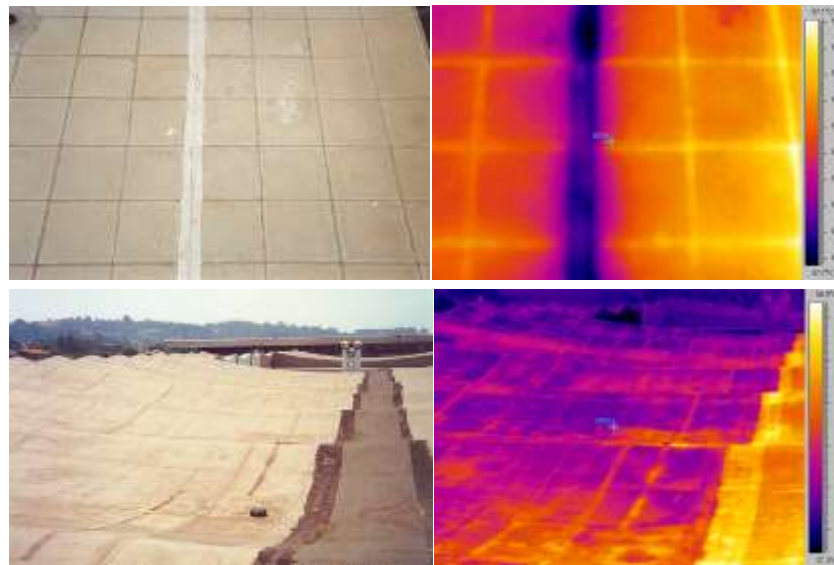
$$\rho = \frac{\text{ανακλόμενη ακτινοβολία}}{\text{προσπίπτουσα ακτινοβολία}}$$

$$\tau = \frac{\text{διαφυγόμενη ακτινοβολία}}{\text{προσπίπτουσα ακτινοβολία}}$$

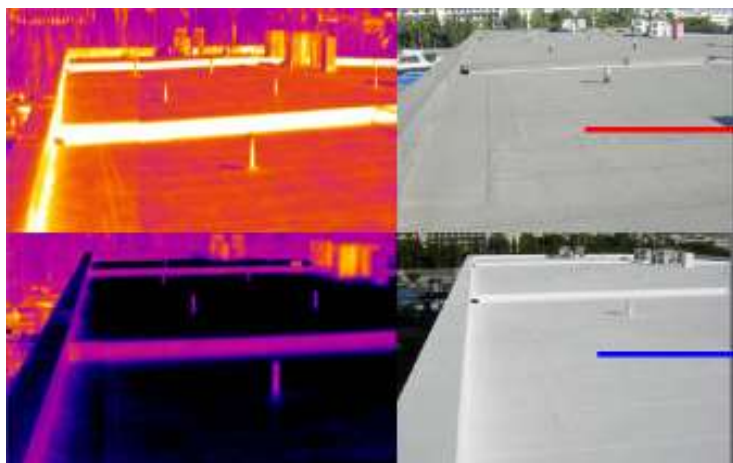
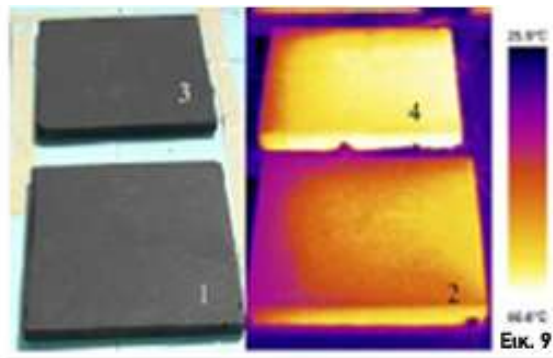
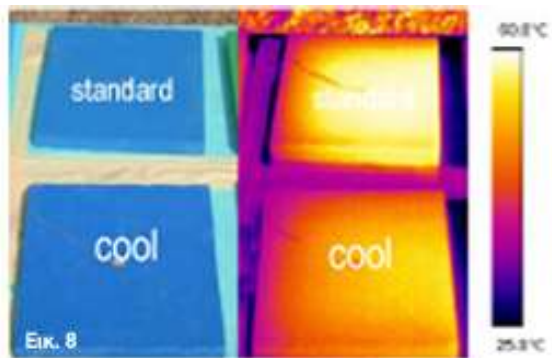
Ανακλαστικότητα

Ψυχρά υλικά

Υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία και υψηλό συντελεστή εκπομπής στο υπέρυθρο



1 Μετάδοση θερμότητας

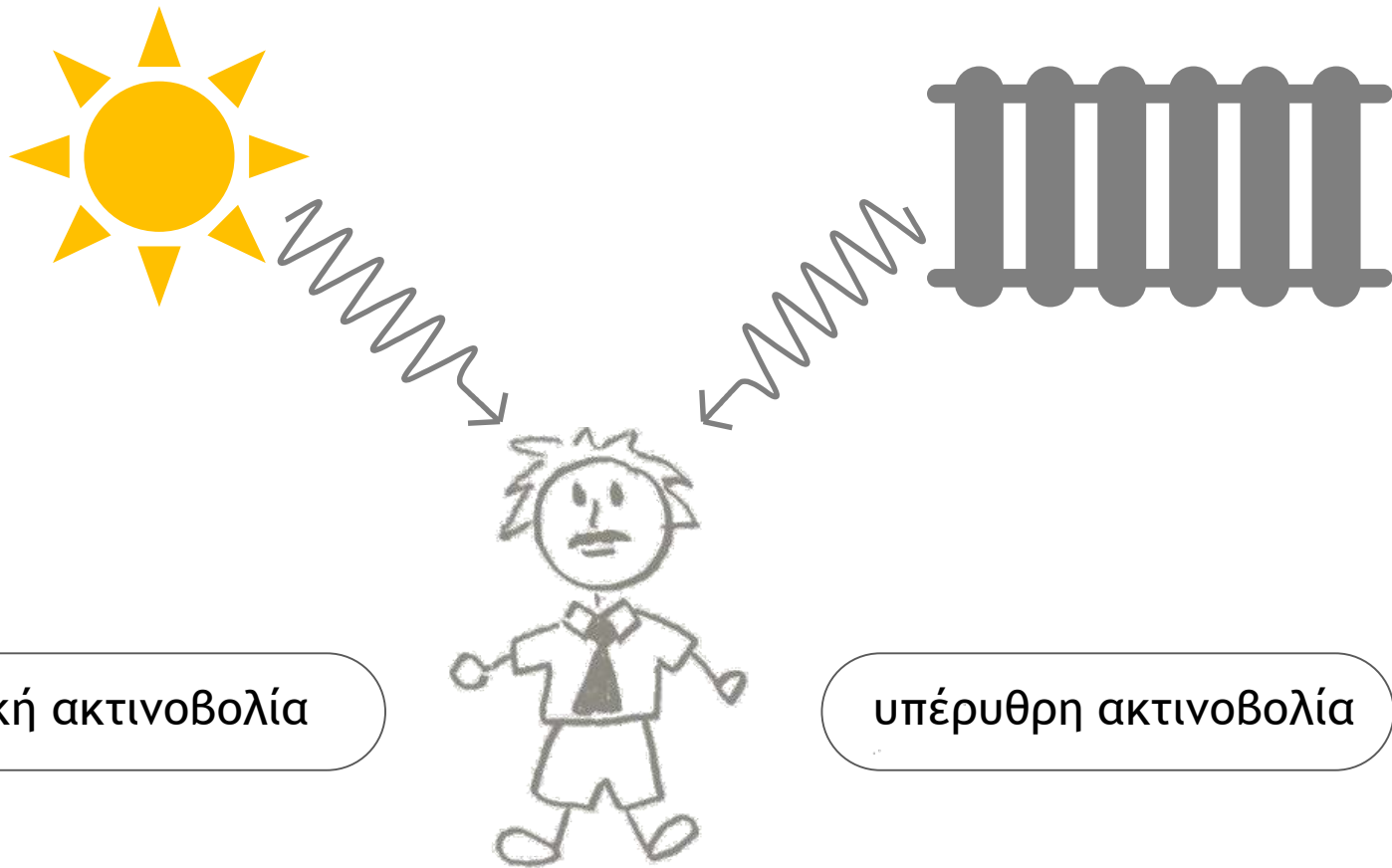


→ Συμβατικό υλικό:
ασφαλτόπανο με ψηφίδα

→ Ψυχρό υλικό:
επικάλυψη λευκού χρώματος

1

Μετάδοση θερμότητας



ηλιακή ακτινοβολία

υπέρυθρη ακτινοβολία

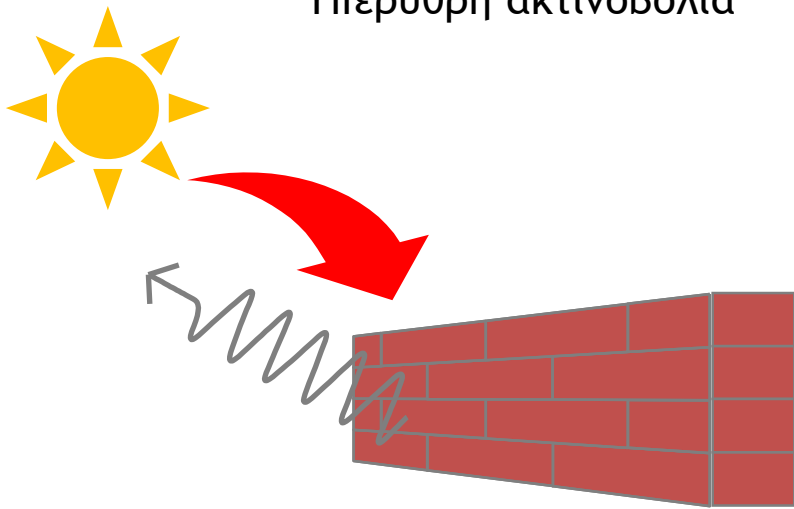
1

Μετάδοση θερμότητας

Εξωτερική επιφάνεια

Εξαναγκασμένη συναγωγή

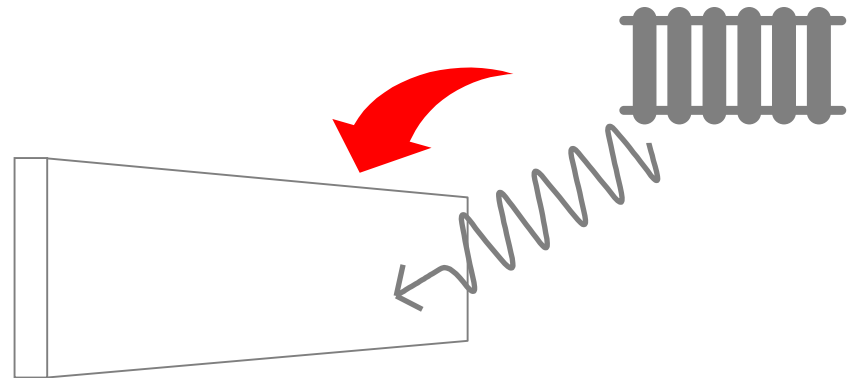
Υπέρυθρη ακτινοβολία



Εσωτερική επιφάνεια

Ελεύθερη συναγωγή

Υπέρυθρη ακτινοβολία





αγωγιμότητα

Αγωγιμότητα

Η «αγωγή θερμότητας» (heat conduction) αφορά τον μοριακό μηχανισμό μεταφοράς ενέργειας.

Η θερμότητα μεταδίδεται πάντοτε από μια θερμότερη προς μία ψυχρότερη περιοχή.

Αγωγιμότητα

Η ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται με αγωγή εξαρτάται από:

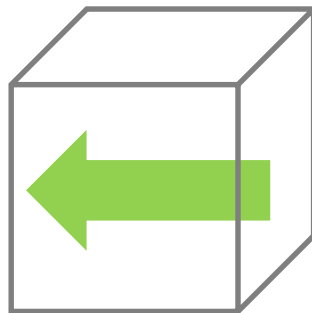
- Τη διατομή του δομικού στοιχείου
- Τη θερμική αγωγιμότητά του (συντελεστής λ)
- Το πάχος των υλικών
- Τη διαφορά θερμοκρασίας
- Το χρόνο μετάδοσης

Αγωγιμότητα

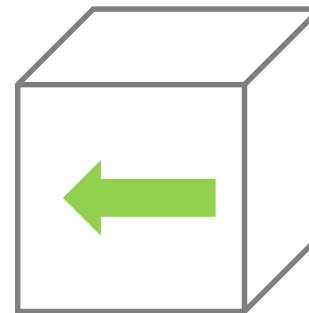
Η ικανότητα του υλικού να διέρχεται η θερμότητα μέσω αυτού λέγεται **θερμική αγωγιμότητα**.

λ [W/mK]

μεγάλο λ



μικρό λ



Αγωγιμότητα

Η ικανότητα του υλικού να διέρχεται η θερμότητα μέσω αυτού λέγεται **θερμική αγωγιμότητα**.

$$\lambda \text{ [W/mK]}$$

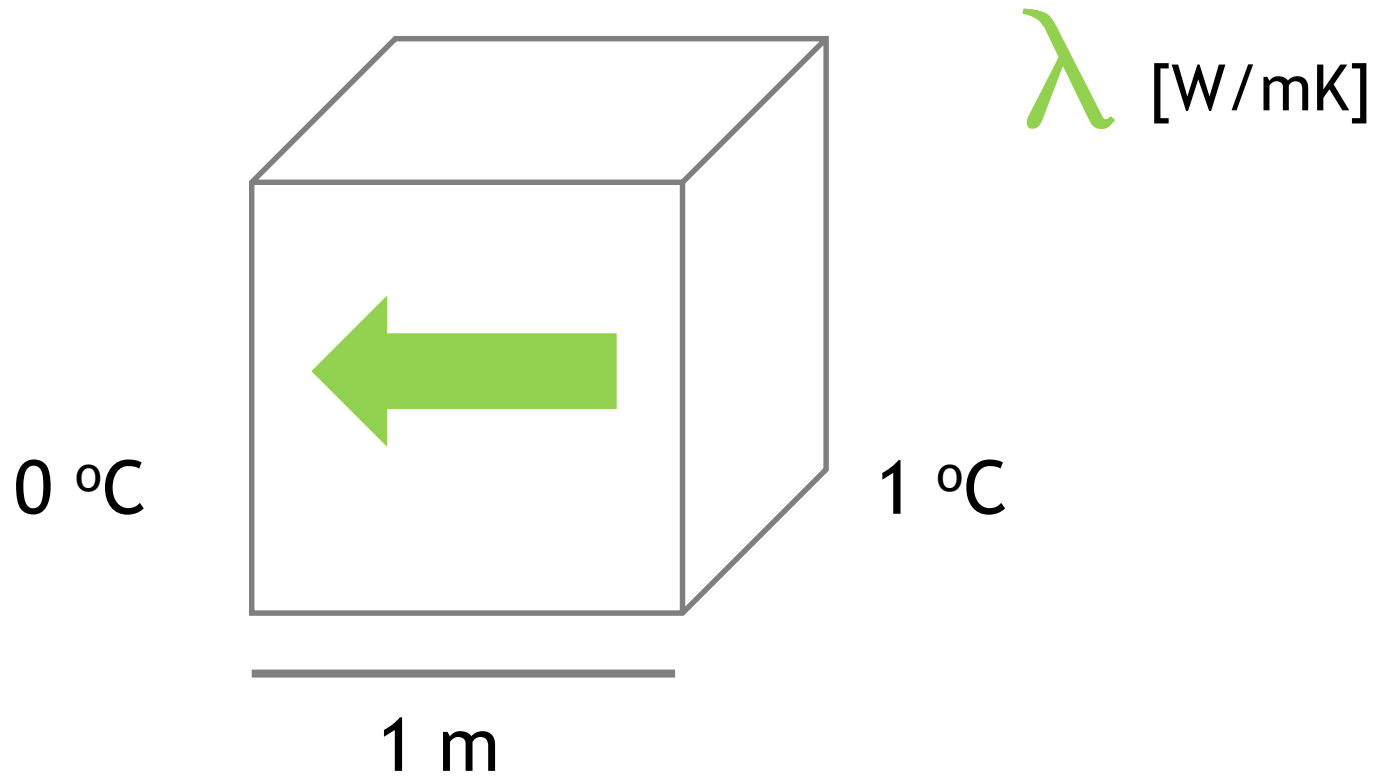
Watt

=Joule/second

= ενέργεια/χρόνο

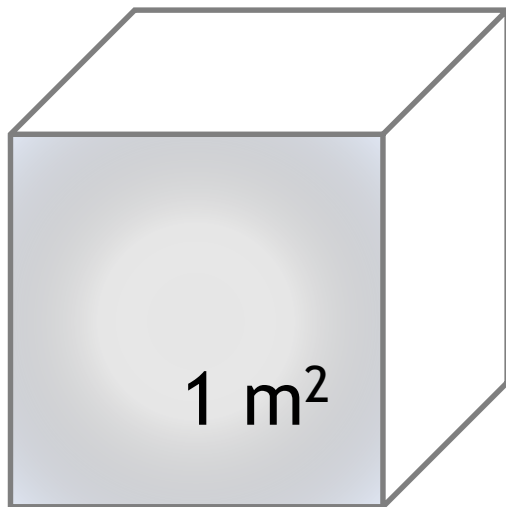
1

Μετάδοση θερμότητας



Αγωγιμότητα

Η μετάδοση θερμότητας μέσα από μία στρώση υλικού προσδιορίζεται από τη θερμική αγωγιμότητα λ και το πάχος d και εκφράζεται από τη θερμική αντίσταση R .



$$R = \frac{d \text{ [m]}}{\lambda \text{ [W/mK]}} \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

1

Μετάδοση θερμότητας

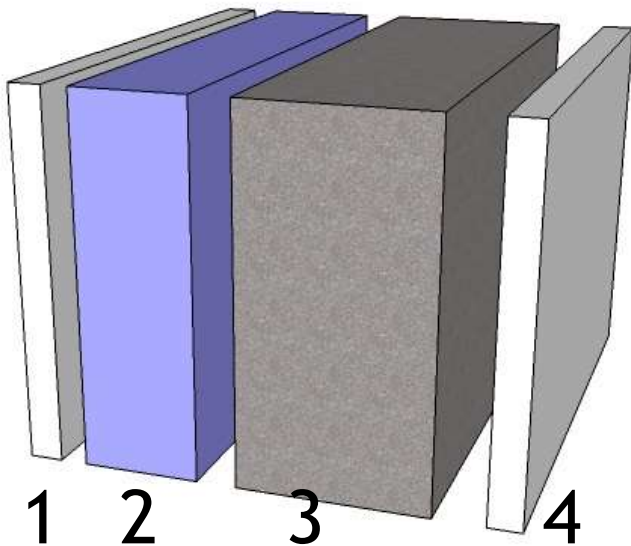
Αγωγιμότητα

Οι τοίχοι αποτελούνται από πολλαπλές στρώσεις

Θερμική αντίσταση τοίχου =

Άθροισμα των αντιστάσεων των στρώσεων

$$R_w = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$



	1	2	3	4	
d [m]	0.02	0.07	0.2	0.02	
λ [W/mK]	0.87	0.035	1.51	0.87	
R [m ² K/W]	0.023	2.000	0.132	0.023	2.18

1

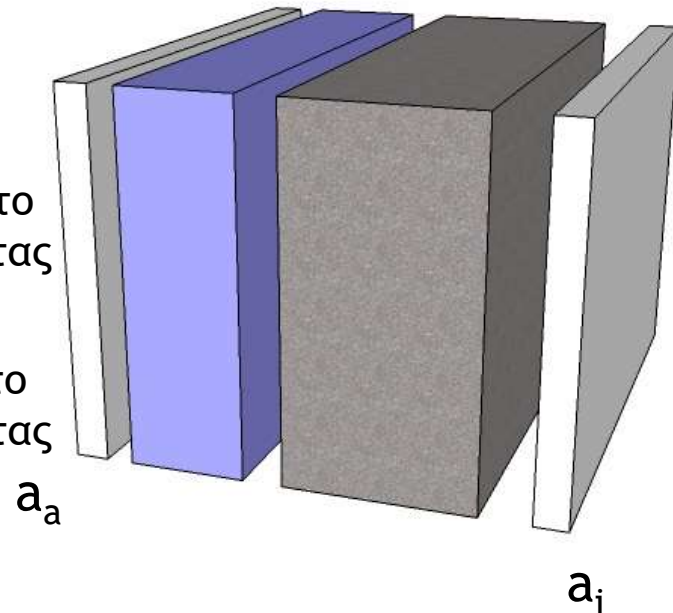
Μετάδοση θερμότητας

$$U = \frac{1}{R_a + R_w + R_i} = \frac{1}{1/a_a + \sum d_i / \lambda + 1/a_i} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

Όπου:

R_a = η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον.

R_i = η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας προς το εσωτερικό περιβάλλον.



1

Μετάδοση θερμότητας

Με βάση τα παραπάνω, η αντίσταση που προβάλλει μία ομογενής στρώση ενός δομικού στοιχείου στη ροή θερμότητας υπολογίζεται από το γενικό τύπο:

$$R = d / \lambda \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

Όπου:

R = η αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας η συγκεκριμένη στρώση

d = το πάχος της στρώσης

λ = ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της στρώσης

1

Μετάδοση θερμότητας

Το σύνολο των θερμικών αντιστάσεων όλων των στρώσεων ενός πολυστρωματικού δομικού στοιχείου, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζει την αντίσταση θερμοδιαφυγής (R_{ss}) και προκύπτει από το άθροισμα των επί μέρους αντιστάσεων της κάθε στρώσης κατά τη γενικευμένη σχέση:

$$R_{\Lambda} = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} = \sum_j R_j \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K/W}]$$

1

Μετάδοση θερμότητας

Πίνακας 3α. Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης επιφανειακού στρώματος αέρα κατά ISO 6946 (πηγή: ISO 6946).

Α/Α	Κατεύθυνση θερμικής ροής	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		1/R _i	1/R _a	R _i	R _a
		W/(m ² K)	W/(m ² K)	(m ² K)/W	(m ² K)/W
1	Οριζόντια θερμική ροή	7,70	25,00	0,13	0,04
2	Κατακόρυφη θερμική ροή προς τα άνω	10,00	25,00	0,10	0,04
3	Κατακόρυφη θερμική ροή προς τα κάτω	5,88	25,00	0,17	0,04

Πίνακας 3β. Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης κατά το ISO 6946, εξειδικευμένες ανά δομικό στοιχείο (πηγή: πρωτότυπος πίνακας, επεξεργασμένος βάσει του ISO 6946).

Α/Α	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		1/R _i	1/R _a	R _i	R _a
		W/(m ² K)	W/(m ² K)	(m ² K)/W	(m ² K)/W
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	7,70	25,00	0,13	0,04
2	Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	7,70	7,70	0,13	0,13
3	Τοίχος σε επαφή με έδαφος	7,70	–	0,13	0,00
4	Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	25,00	0,10	0,04
5	Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	10,00	0,10	0,10
6	Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πυλωτή) (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	25,00	0,17	0,04
7	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	5,88	0,17	0,17
8	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	5,88	–	0,17	0,00

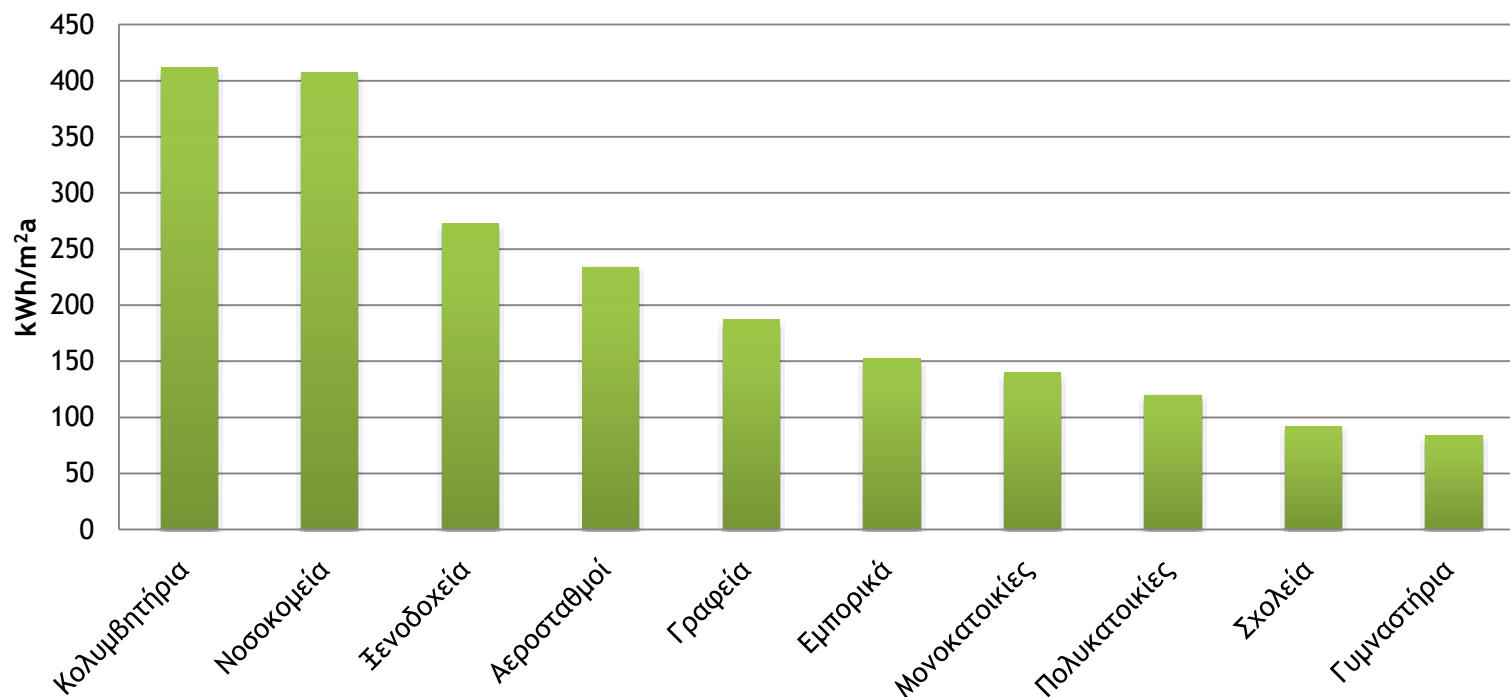


κατανάλωση ενέργειας

2 Κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια

Ανάλυση κτιριακού αποθέματος - Ελλάδα

Κατανάλωση Ενέργειας στα Ελληνικά Κτίρια

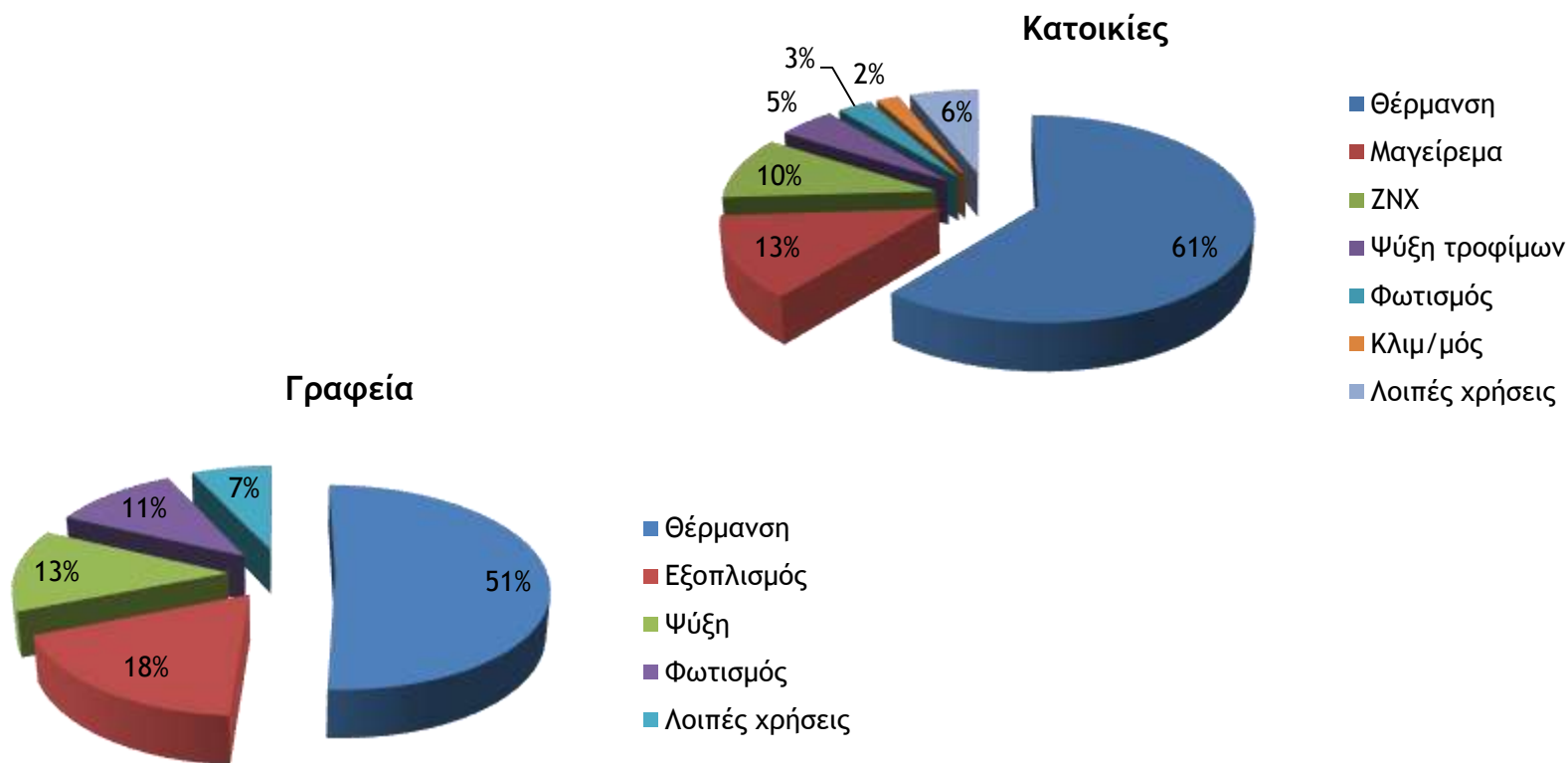


Προσοχή στην ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος “... πρέπει να συνεκτιμώνται οι γενικές απαιτήσεις εσωτερικών κλιματικών συνθηκών ...”

2 Κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια

Ανάλυση κτιριακού αποθέματος - Ελλάδα

Κατανάλωση Ενέργειας στα Ελληνικά Κτίρια



2 Κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια

Πίνακας 1.5. Ταξινόμηση των κτηρίων σύμφωνα με τη χρήση τους για τις ανάγκες της παρούσας τεχνικής οδηγίας.

Βασικές κατηγορίες κτηρίων	Χρήσεις κτηρίων που περιλαμβάνονται στις κατηγορίες
Κατοικίας	Μονοκατοικία, πολυκατοικία (κτήριο με περισσότερα του ενός ανεξάρτητα διαμερίσματα).
Προσωρινής διαμονής	Ξενοδοχείο, ξενώνας, οικτροφείο και κοπώνας.
Συνάθροισης κοινού	Χώρος συνεδρίων, χώρος εκθέσεων, μουσείο, χώρος συναυλιών, θέατρο, κινηματογράφος, αίθουσα δικαστηρίων, κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο, εστιατόριο, ζαχαροπλαστείο, καφενείο, τράπεζα, αίθουσα πολλαπλών χρήσεων.
Εκπαίδευσης	Νηπιαγωγείο, πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμια εκπαίδευση, τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας, φροντιστήριο.
Υγείας και κοινωνικής πρόνοιας	Νοσοκομείο, κλινική, αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο, ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομείο, βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός.
Σωφρονισμού	Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή.
Εμπορίου	Κατάστημα, εμπορικό κέντρο, αγοράς και υπεραγοράς, φαρμακείο, κουρείο και κομμωτήριο, ινστιτούτο γυμναστικής.
Γραφείων	Γραφείο, βιβλιοθήκη.
Βιομηχανίας και βιοτεχνίας	Συnergείο συντήρησης και επισκευής αυτοκινήτων, βαφείο, ξυλουργείο, παρασκευαστήριο τροφίμων, καθαριστήριο, σιδερωτήριο, οργανωμένο πλυντήριο ενδυμάτων, αυτοτελές κέντρο μηχανογράφησης.
Αποθήκευσης	Γενική αποθήκη, αποθήκη καταστήματος, αποθήκη μουσείου.
Στάθμευση αυτοκινήτων & πρατήρια υγρών καυσίμων	Στάθμευση αυτοκινήτων, δικύκλων ή τρικύκλων, πρατήριο υγρών καυσίμων, πλυντήριο αυτοκινήτων.

2 Κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια

Πίνακας 2.1. Τυπικό ωράριο λειτουργίας κτηρίων ανά χρήση.

Βασικές κατηγορίες κτηρίων	Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Ώρες λειτουργίας	Ημέρες λειτουργίας ανά εβδομάδα	Περίοδος λειτουργίας σε μήνες
Κατοικίας	Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	18	7	12
Προσωρινής διαμονής	Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	24	7	12
	θερινής λειτουργίας	24	7	7 (Απρ.-Οκτ.)
	χειμερινής λειτουργίας	24	7	8 (Σεπτ.-Απρ.)
	Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	24	7	12
	θερινής λειτουργίας	24	7	7 (Απρ.-Οκτ.)
	χειμερινής λειτουργίας	24	7	8 (Σεπτ.-Απρ.)
	Οικοτροφείο και κοιτώνας	24	7	12
	Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	12	7	ανά χρήση
	Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	24	7	ανά χρήση
Συνάθροισης κοινού	Εστιατόριο	12	7	12
	Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	15	7	12
	Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	6	4	12
	Θέατρο, κινηματογράφος	7	7	12
	Χώρος συναυλιών	6	7	12
	Χώρος εκθέσεων, μουσείο	6	7	12
	Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	6	5	12
	Τράπεζα	8	5	12

2 Κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια

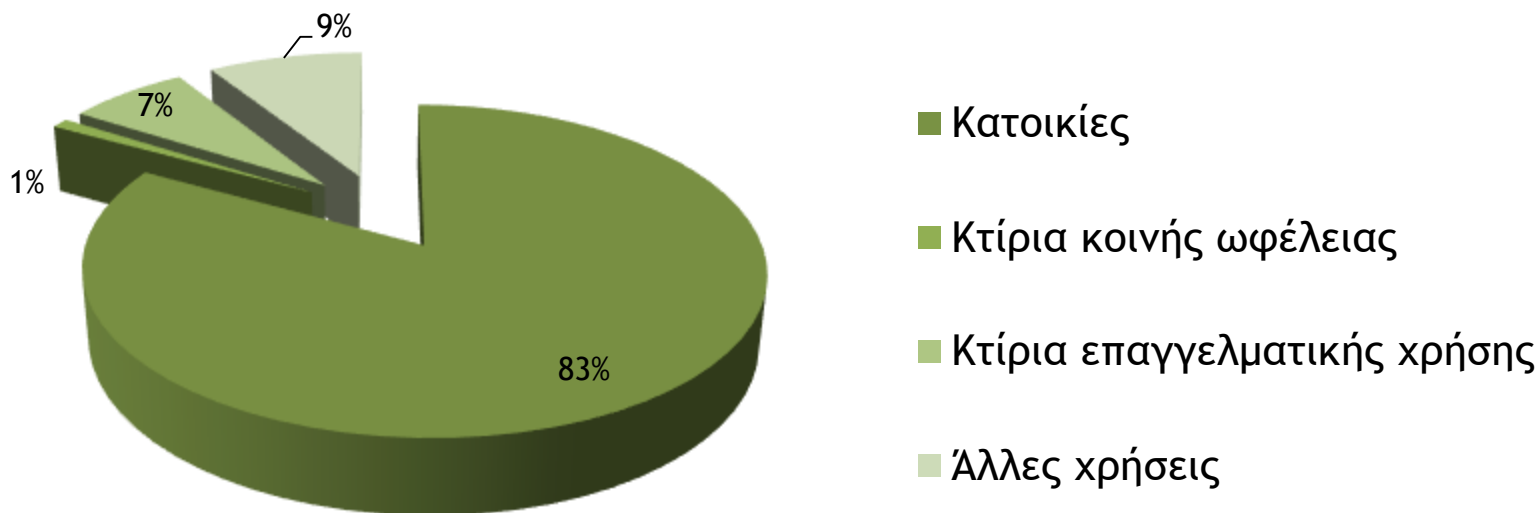
Πίνακας 2.1. Τυπικό ωράριο λειτουργίας κτηρίων ανά χρήση.

Βασικές κατηγορίες κτηρίων	Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Ώρες λειτουργίας	Ημέρες λειτουργίας ανά εβδομάδα	Περίοδος λειτουργίας σε μήνες
	Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	14	3	12
	Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	14	7	12
	Λουτρό (κοινόχρηστο)	14	7	12
Εκπαίδευσης	Νηπιαγωγείο	8	5	8 (Οκτ.-Μαΐ.)
	Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	8	5	9 (Σεπτ.-Μαΐ.)
	Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	13	5	10
	Φροντιστήριο, ωδείο	7	5	9 (Σεπτ.-Μαΐ.)
Υγείας και κοινωνικής πρόνοια	Νοσοκομείο, κλινική	24	7	12
	Αίθουσα ασθενών (δωμάτιο)	12	7	12
	Χειρουργείο (τακτικό)	8	5	12
	Εξωτερικών ιατρείων	8	5	12
	Αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο	12	5	12
	Ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομείο	24	7	12
	Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός	8	5	11
Σωφρονισμού	Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	24	7	12
	Αστυνομική διεύθυνση	24	7	12
Εμπορίου	Εμπορικό κέντρο, αγορά και υπεραγορά	12	6	12
	Κατάστημα, φαρμακείο	9	6	12
	Ινστιτούτο γυμναστικής, κουρείο, κομμωτήριο	12	6	12

2 Κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια

Ανάλυση κτιριακού αποθέματος - Ελλάδα

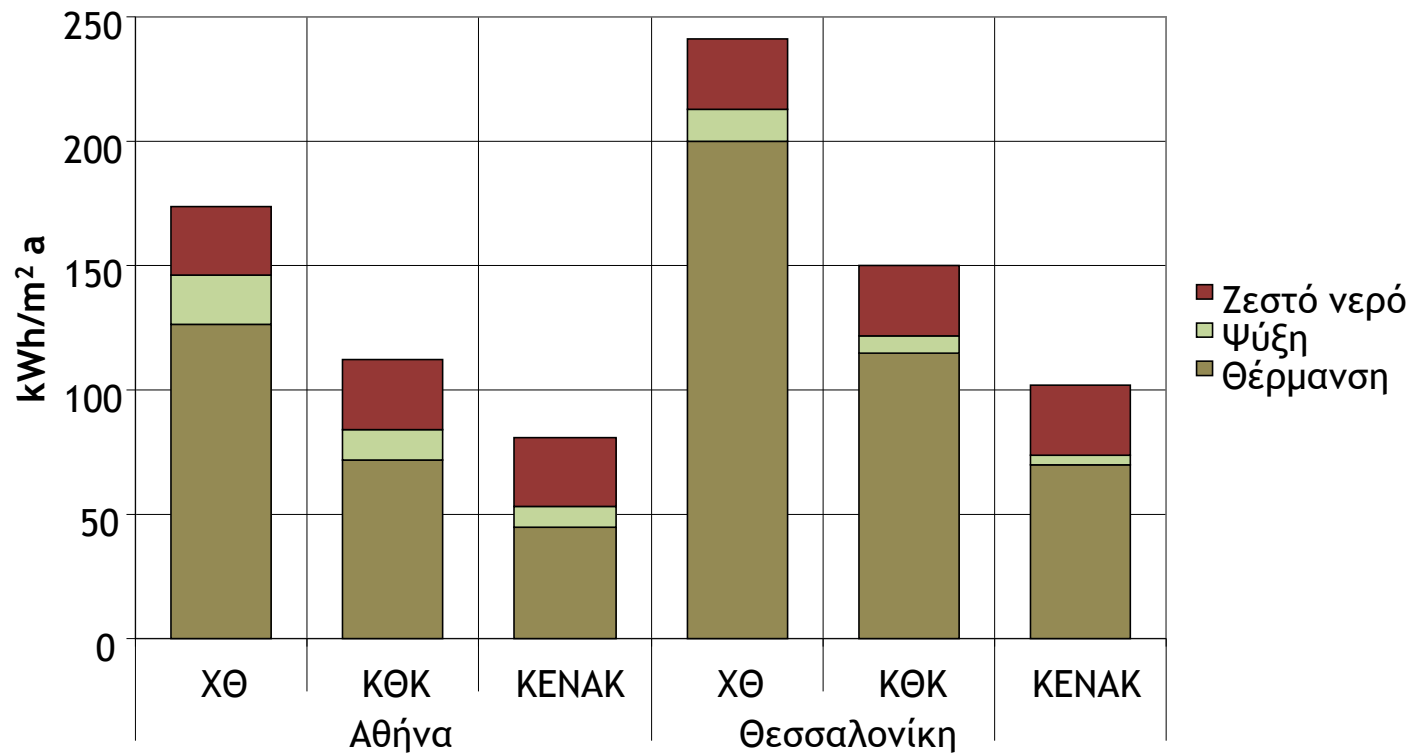
Στην Ελλάδα το 83% των κτιρίων είναι κατοικίες, ενώ το 67,5% των κατοικιών βρίσκονται σε πολυκατοικίες



2 Κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια

Ανάλυση κτιριακού αποθέματος - Ελλάδα

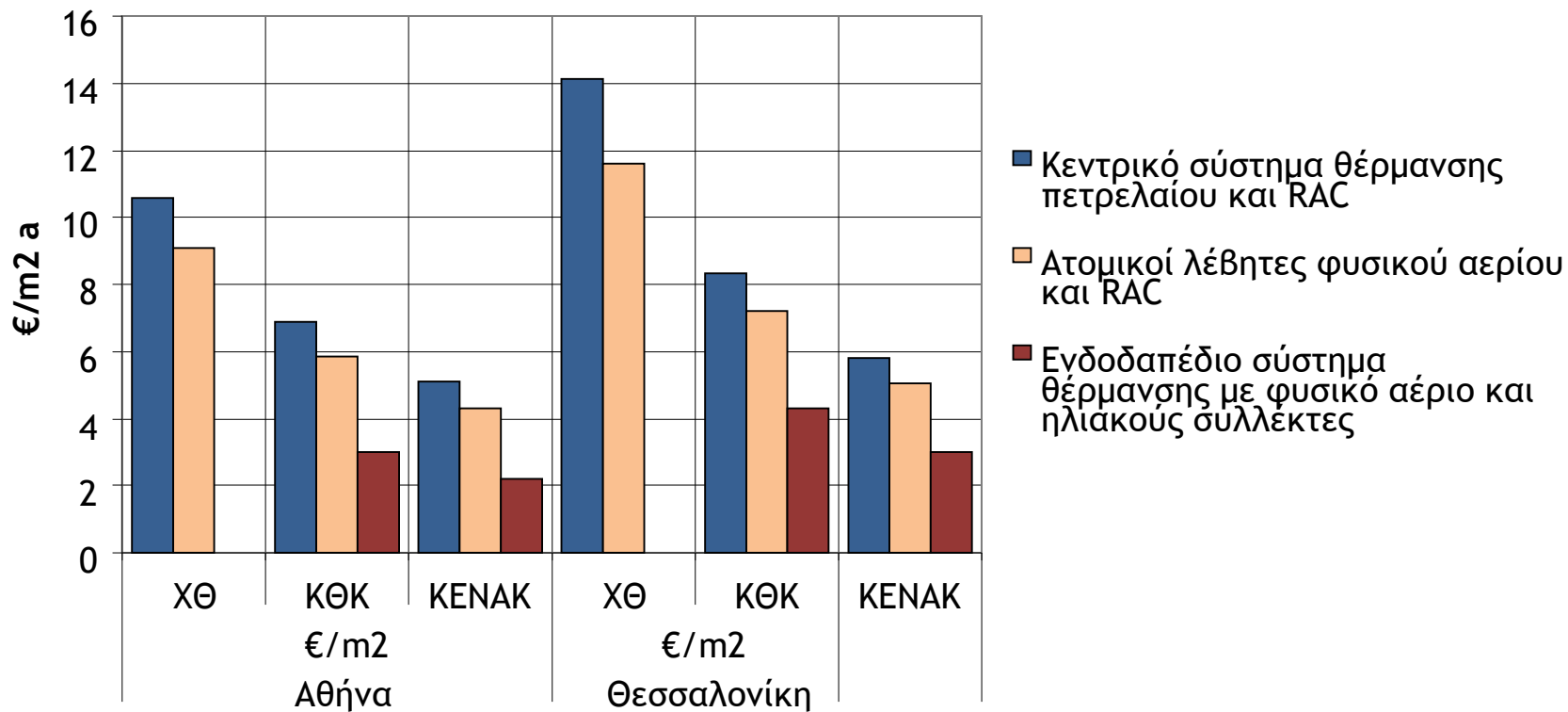
Κατανάλωση ενέργειας κτιρίου πολυκατοικίας



2 Κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια

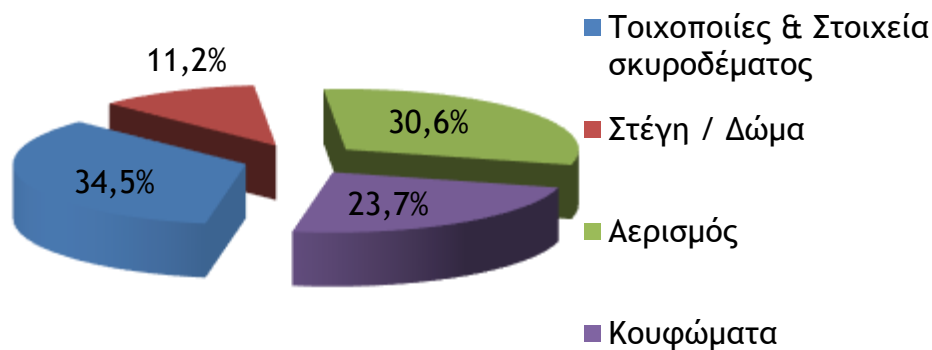
Ανάλυση κτιριακού αποθέματος - Ελλάδα

Δαπάνες ενέργειας κτιρίου πολυκατοικίας

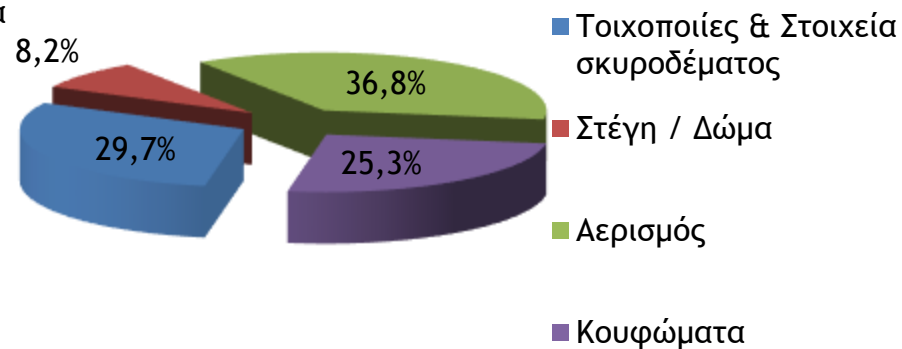


2 Κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια

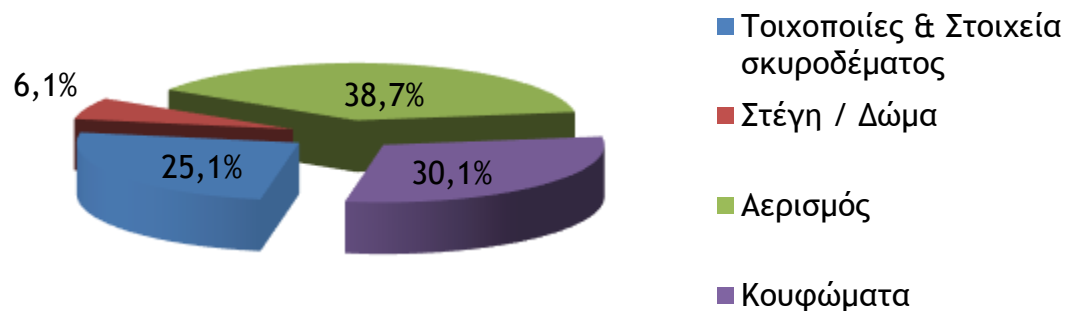
Θερμικές απώλειες σε κτίρια πολυκατοικιών 1945 -1980



Θερμικές απώλειες σε κτίρια πολυκατοικιών 1981 -1986



Θερμικές απώλειες σε κτίρια πολυκατοικιών 1986 - έως σήμερα





ενεργειακό ισοζύγιο

3 Ενεργειακό ισοζύγιο - απώλειες και κέρδη

Θερμικές Απώλειες

Μετάδοση Θερμότητας

Διαφανείς & αδιαφανείς επιφάνειες
Αγωγή, Μεταφορά, Ακτινοβολία

Αερισμός

Διείσδυση αέρα, φυσικός &
μηχανικός αερισμός



Θερμικά Κέρδη

Ηλιακά

Ανοίγματα, αδιαφανείς επιφάνειες, μη
θερμαινόμενοι χώροι, θερμοκήπια

Εσωτερικά

Φωτισμός, άτομα και συσκευές, ανακτήσιμες
θερμικές απώλειες από τα συστήματα

Ενεργειακό ισοζύγιο

Η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας στους εσωτερικούς χώρους πρέπει να είναι ελεγχόμενη :

- Το χειμώνα μειώνει το θερμικό φορτίο
- Το καλοκαίρι αυξάνει το ψυκτικό φορτίο

Τα εσωτερικά θερμικά κέρδη μειώνουν το θερμικό φορτίο και αυξάνουν το ψυκτικό φορτίο.

Ενεργειακό ισοζύγιο

Η μείωση των θερμικών φορτίων μπορεί να γίνει με τον περιορισμό των απωλειών θερμότητας (πχ θερμομόνωση τοίχων, διπλά τζάμια, αεροστεγάνωση). Τα ψυκτικά φορτία συνήθως παρουσιάζουν ανάλογη μείωση.

Ο εξωτερικός αέρας που εισέρχεται ή προσάγεται στους εσωτερικούς χώρους, αυξάνει τις ανάγκες για θέρμανση και ψύξη. Είναι όμως απαραίτητος για την εξασφάλιση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα.

Ενεργειακό ισοζύγιο

Το εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την θερμική του συμπεριφορά του κτιρίου.

Οι απώλειες και τα κέρδη θερμότητας μεταξύ του εσωτερικού των κτιρίων και του εξωτερικού περιβάλλοντος καθορίζονται από την κατασκευή του κελύφους (πχ εξωτερικής τοιχοποιίας, ανοιγμάτων, οροφής και πιλοτής ή δαπέδου) που επηρεάζουν τη διείσδυση του αέρα, και την ηλιοπροστασία (άμεσα ηλιακά κέρδη).

Για παράδειγμα, τα δομικά υλικά, η κατασκευή, η θέση και η επιφάνεια των ανοιγμάτων, το χρώμα των εξωτερικών και εσωτερικών επιφανειών, ηλιοπροστασία, επηρεάζουν τα θερμικά & ψυκτικά φορτία.

Η έννοια του φορτίου

Κάθε εσωτερικός χώρος κερδίζει θερμότητα (**θερμικό κέρδος**) και χάνει θερμότητα (**θερμική απώλεια**) ανάλογα με τις εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες.

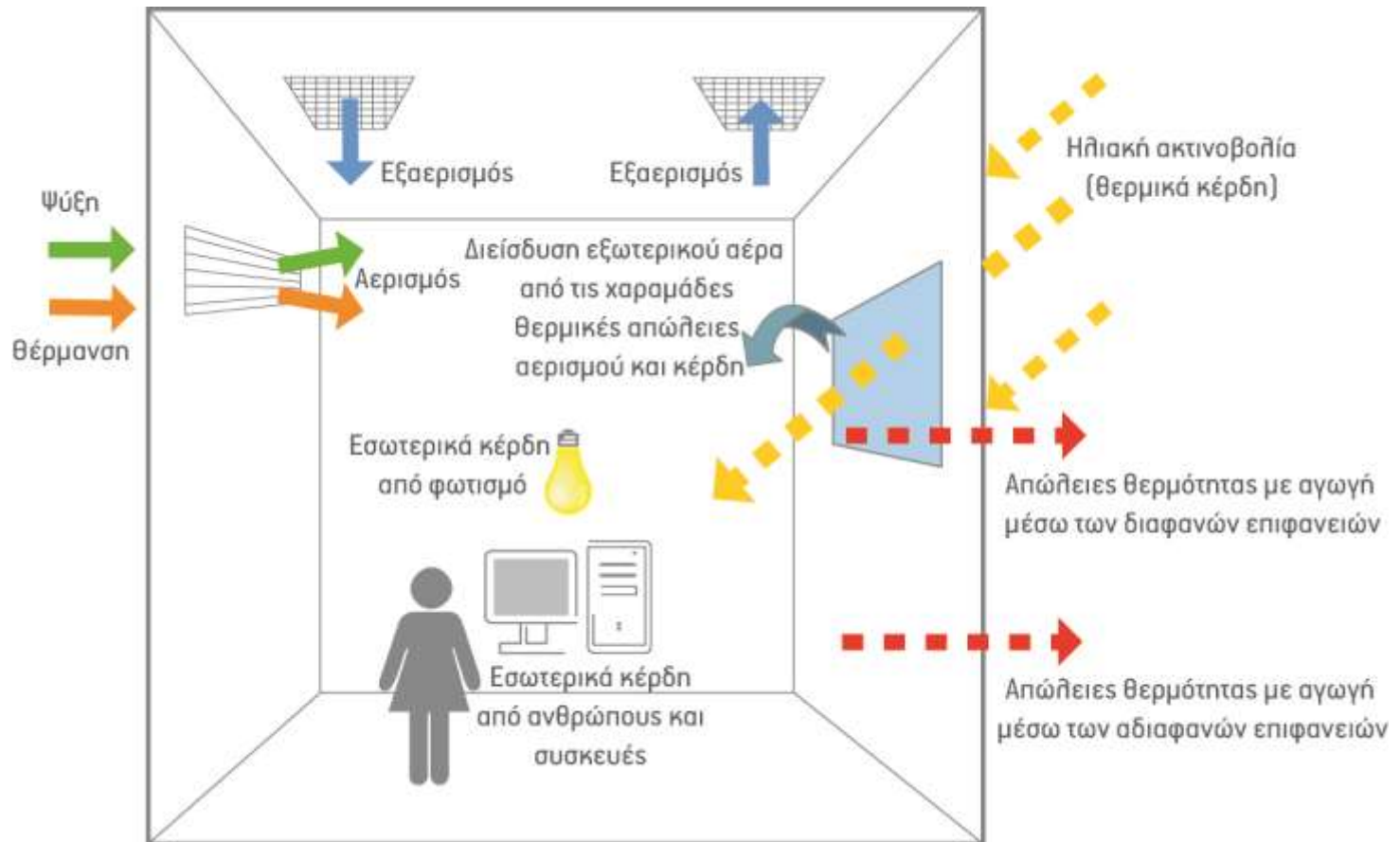
Το **αισθητό φορτίο**, δηλαδή η διαφορά των θερμικών κερδών και απωλειών καθορίζει την αύξηση ή τη μείωση της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα.

Το **φορτίο** είναι το ποσό της θερμότητας που κερδίζει ή χάνει ο εσωτερικός αέρας στη μονάδα του χρόνου.

Η έννοια του φορτίου

- Αισθητό ψυκτικό φορτίο
- Αισθητό θερμικό φορτίο
- Φορτία αερισμού

3 Ενεργειακό ισοζύγιο - απώλειες και κέρδη














1 Μετάδοση θερμότητας

Μεταβολική δραστηριότητα



Insulation for the entire clothing: $t_{cl} = \sum t_{clu}$

	0.19		0.28
+		+	
	0.04		0.25
+		+	
	0.11		0.04
+		+	
	0.02		0.25
+		+	
	0.02		0.06
		+	
			0.04
			<hr/>
	0.38		0.91

Πίνακας 2.7. Εκλυόμενη θερμότητα χρηστών ανά χρήση κτηρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Θερμική ισχύς ανά άτομο [W/άτομο]	Θερμική ισχύς ανά μονάδα δομημ. επιφάνειας [W/m ²]	Μέσος συντελεστής παρουσίας
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	80	4	0,75
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	75	11	1,00
θερινής λειτουργίας	75	11	0,58
χειμερινής λειτουργίας	75	11	0,66
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	75	11	1,00
θερινής λειτουργίας	75	11	0,58
χειμερινής λειτουργίας	75	11	0,66
Οικοτροφείο και κοιτώνας	75	8	1,00
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	60	5	0,50
Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	80	24	1,00
Εστιατόριο	75	60	0,50
Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	75	60	0,62
Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	75	75	0,14
Θέατρο, κινηματογράφος	75	75	0,29
Χώρος συναυλιών	75	75	0,25
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	90	72	0,25

Η έννοια του φορτίου

Εάν τα θερμικά κέρδη είναι μεγαλύτερα τότε αυξάνεται η θερμοκρασία του αέρα, ενώ εάν οι θερμικές απώλειες είναι μεγαλύτερες τότε μειώνεται η θερμοκρασία του αέρα.

Αισθητό φορτίο = Θερμικά κέρδη - Θερμικές απώλειες

- **Εξωτερικές πηγές** (πχ είσοδος ηλιακής ακτινοβολίας)
- **Εσωτερικές πηγές** (πχ από συσκευές, ανθρώπους και φωτισμό)

Η έννοια του φορτίου

Ο έλεγχος της υγρασίας του αέρα είναι επίσης απαραίτητος για να αισθανόμαστε άνετα.

Συνήθως,

- Αφύγραση το καλοκαίρι (λανθάνον ψυκτικό φορτίο)
- Ύγραση τον χειμώνα (λανθάνον θερμικό φορτίο).

Δροσισμός και ψύξη

ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ

χρήση τεχνικών ή παθητικών και υβριδικών συστημάτων

ΨΥΞΗ

χρήση μηχανικών συστημάτων που συνήθως καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια

Ο έλεγχος της υγρασίας (αφύγρανση) είναι επίσης ιδιαίτερα σημαντικός το καλοκαίρι και αντιπροσωπεύει ένα μεγάλο ποσοστό των ψυκτικών φορτίων.

Υγρασία

Η υψηλή υγρασία:

- επηρεάζει τις συνθήκες θερμικής άνεσης (περιορίζεται η εξάτμιση του ιδρώτα από το ανθρώπινο σώμα, με συνέπεια ο άνθρωπος να αισθάνεται δυσарέσκεια, ακόμη και εάν η θερμοκρασία του αέρα είναι σε ικανοποιητικά επίπεδα),
- περιορίζει την ανάπτυξη μικροοργανισμών (η μείωση της σχετικής υγρασίας, σε επίπεδα ασφαλείας, δηλαδή κάτω από 70%, περιορίζει την ανάπτυξη μικροοργανισμών και μυκήτων).

Κλιματισμός

Η διαδικασία ελέγχου και ρύθμισης στα επιθυμητά επίπεδα, της θερμοκρασίας του αέρα, της υγρασίας του αέρα, της ποιότητας του αέρα και της κυκλοφορίας του αέρα σε εσωτερικούς χώρους κτιρίων ή άλλων κλειστών χώρων (πχ μέσα μεταφοράς ή αποθήκευσης και συντήρησης προϊόντων κλπ), ανεξάρτητα από τις συνθήκες που επικρατούν στο εξωτερικό περιβάλλον.

Ενεργειακές ροές

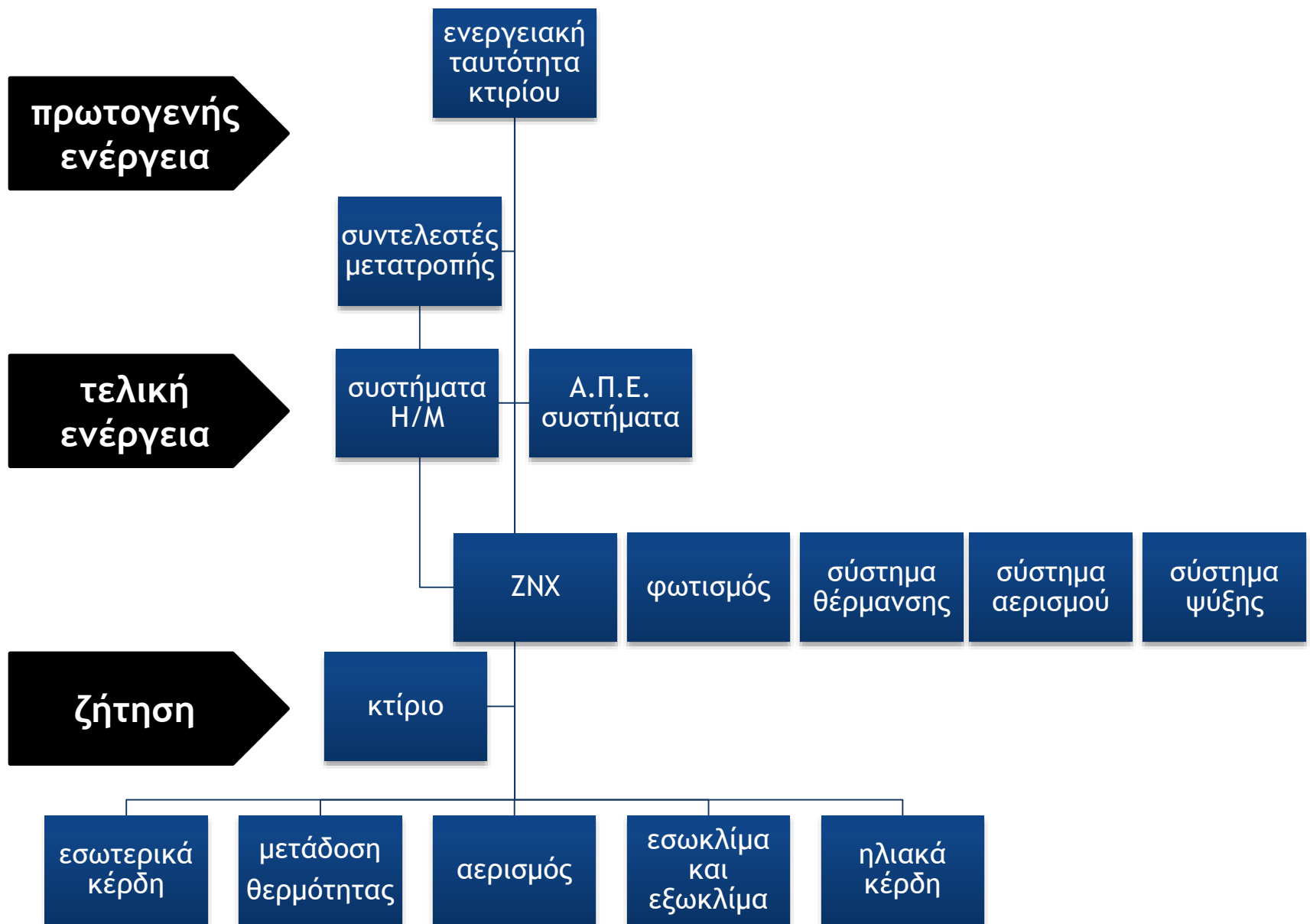
Η σχέση μεταξύ θερμικών κερδών και απωλειών καθορίζει τα φορτία ενός κτιρίου.

Τα φορτία ενός κτιρίου καθορίζουν τη ζήτησή του σε ενεργειακές καταναλώσεις.

Ο τρόπος με τον οποία καλύπτεται η ζήτηση αυτή καθορίζει την τελική ενέργεια.

Η πηγή ενέργειας την οποία καταναλώνει το κάθε σύστημα καθορίζει την πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου.

3 Ενεργειακό ισοζύγιο - απώλειες και κέρδη



3 Ενεργειακό ισοζύγιο - απώλειες και κέρδη

Συντελεστές μετατροπής

Πίνακας 1.2. Συντελεστής αναγωγής της κατανάλωσης ενέργειας του κτηρίου σε πρωτογενή ενέργεια.

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO ₂ /kWh)
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,90	0,989
Υγραέριο	1,05	0,238
Βιομάζα	1,00	---
Τηλεθέρμανση από Δ.Ε.Η.	0,70	0,347



θωράκιση κελύφους

Κέλυφος

Συνολικά η ενεργειακή συμπεριφορά του κελύφους καθορίζεται από τα εξής:

- Αδιαφανή οριζόντια και κατακόρυφα δομικά στοιχεία
- Διαφανή δομικά στοιχεία
- Θερμογέφυρες
- Παθητικά ηλιακά συστήματα



θερμομόνωση

Θερμομόνωση

Ως θερμομόνωση νοούνται τα κατασκευαστικά μέτρα που αποσκοπούν στη μείωση του ρυθμού της μετάδοσης θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου προς το περιβάλλον ή από ένα μέρος του κτιρίου σε ένα άλλο.

Θερμομόνωση

Οι κυριότερες ιδιότητες που θα πρέπει να λάβει υπόψη του ο μηχανικός κατά την επιλογή ενός θερμομονωτικού υλικού είναι

- τα ιδιαίτερα θερμοτεχνικά του χαρακτηριστικά,
- οι μηχανικές του ιδιότητες,
- η ανθεκτικότητά του στην επίδραση των διαφόρων περιβαλλοντικών παραγόντων,
- η φιλικότητα προς το περιβάλλον,
- οι δυνατότητες χρήσης και εφαρμογής του,
- η συνεργασιμότητά του με τα άλλα υλικά,
- το κόστος του

Θερμομόνωση - ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ

Η επίδραση της θερμοκρασίας

- Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας επηρεάζεται από τη θερμοκρασία.
- Άνοδος της θερμοκρασίας επιφέρει και άνοδο της τιμής του λ και άρα μείωση της θερμομονωτικής ικανότητας του υλικού.
- Για συνηθισμένες αυξομειώσεις της θερμοκρασίας η μεταβολή της τιμής του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας θεωρείται αμελητέα και δεν λαμβάνεται υπόψη.

Θερμομόνωση - ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ

Η επίδραση της θερμοκρασίας

- Ωστόσο, κάποια θερμομονωτικά υλικά είναι ευπαθή σε πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές τιμές της θερμοκρασίας, καθώς προκαλείται αλλοίωση της υφής τους και θραύση των κυψελών τους.
- Η άνοδος της θερμοκρασίας επιφέρει επιμήκυνση των διαστάσεων των υλικών σε βαθμό που εξαρτάται από το συντελεστή θερμοδιαστολής τους.

Θερμομόνωση - ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ

Η επίδραση της υγρασίας

- Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας επηρεάζεται άμεσα και από την υγρασία. Υλικά που έχουν εμποτισθεί με υγρασία μειώνουν ή ακόμη και χάνουν τις θερμομονωτικές τους ιδιότητες και αυξάνουν αντιστοίχως τη θερμική τους αγωγιμότητα.
- Όταν ένα υλικό εμποτισθεί από την υγρασία ουσιαστικά το νερό εκτοπίζει τον αέρα που βρίσκεται ανάμεσα στις ίνες του ή στις ανοικτές κυψελίδες του και καταλαμβάνει τη θέση του. Δεδομένου δε ότι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του νερού είναι περίπου 24 φορές μεγαλύτερος αυτού του αέρα, αυξάνεται η θερμική αγωγιμότητα του εμποτισμένου υλικού.

Θερμομόνωση - ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ

Η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας

- Τα αφρώδη οργανικά θερμομονωτικά υλικά και κυρίως τα πολυστερινικά και πολυουρεθανικά επηρεάζονται από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, όταν παραμένουν επί μακρόν εκτεθειμένα σ' αυτήν.
- Οι ακτίνες του ηλίου αλλοιώνουν σταδιακά το υλικό, μειώνοντας την αντοχή του και καθιστώντας το πιο εύθραυστο. Τα συμπτώματα εμφανίζονται συνήθως με ελαφρά απόχρωση της επιφάνειάς του και κατόπιν με θρυμματισμό του υλικού.

Θερμομόνωση - ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ

Η χημική συμπεριφορά

- Ορισμένα οργανικά θερμομονωτικά υλικά προσβάλλονται από ποικιλία χημικών διαλυτών, όπως είναι οι βενζίνες, το ασετόν, το βενζόλιο κ.ά. Επίσης τα περισσότερα αφρώδη οργανικά υλικά επηρεάζονται από την πίσσα και τη ρευστή άσφαλτο.
- Κατά τις κατασκευές των δωματίων οι ασφαλικές μεμβράνες δεν πρέπει να επικολλώνται επάνω σε πολυστερινικής προέλευσης υλικά, διότι υπάρχει κίνδυνος καταστροφής τους.
- Ορισμένες κόλλες και χημικοί διαλύτες μπορούν να καταστρέψουν θερμομονωτικά υλικά που έχουν ως πρώτη ύλη το ξύλο ή διάφορα άλλα είδη φυτών.

Θερμομόνωση - ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ

Αντίσταση στη φωτιά

- Όλα σχεδόν τα θερμομονωτικά υλικά ανόργανης προέλευσης παρουσιάζουν πολύ καλή συμπεριφορά απέναντι στη φωτιά. Τα περισσότερα από αυτά δεν αναφλέγονται και δεν συντηρούν τη φωτιά. Τέτοια είναι ο υαλοβάμβακας, ο πετροβάμβακας, το αφρώδες γυαλί, ο περλίτης κ.ά.

Θερμομόνωση - ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ

Αντίσταση στη φωτιά

- Αντιθέτως, τα περισσότερα θερμομονωτικά υλικά οργανικής προέλευσης, φυσικά ή τεχνητά, έχουν κακή συμπεριφορά στη φωτιά και κατατάσσονται στην κατηγορία των καυστών υλικών ή αναφλέγονται αν εκτεθούν απευθείας σε φλόγα και κατατάσσονται στην κατηγορία των καυστών ή αυτοσβεννόμενων υλικών. Σ' αυτήν την κατηγορία υπάγονται τα πολυστερινικά και πολυουρεθανικά υλικά και τα παράγωγα από ξύλα και φυτά (ξυλόμαλλο, φελλός, καλάμια, γιούτα).

Θερμομόνωση - ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ

Η μηχανική αντοχή

- Το θέμα της αντοχής των υλικών σε θλιπτικά ή εφελκυστικά φορτία άλλοτε είναι πολύ σημαντικό και άλλοτε όχι. Για παράδειγμα μικρή σημασία έχει η μηχανική αντοχή της θερμομονωτικής στρώσης στον πυρήνα μιας τοιχοποιίας πλήρωσης. Είναι όμως πρώτης σημασίας αν η τοιχοποιία είναι φέρουσα και το θερμομονωτικό υλικό ανήκει στα φέροντα στοιχεία της κατασκευής (π.χ. θερμομονωτικά τούβλα).

Θερμομόνωση - ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ

Η ηχομονωτική ικανότητα

- Η ικανότητα των υλικών να περιορίζουν τη μετάδοση του αερόφερτου ήχου και του κτυπογενούς καθορίζει την ηχομονωτική του συμπεριφορά. Ορισμένα θερμομονωτικά υλικά απορροφούν τον ήχο περιορίζοντας την επίδρασή του. Τέτοια υλικά είναι τα διάφορα ανόργανα ινώδη (υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας) ή οργανικά πορώδη ή ινώδη (φελλός, ξυλόμαλλο)

Θερμομόνωση

Η διογκωμένη πολυστερίνη

Προέρχεται από την πετροχημική βιομηχανία και ανήκει στην κατηγορία των αφρωδών συνθετικών υλικών. Διεθνώς είναι γνωστή ως EPS (expanded polystyrene). Πρόκειται για άοσμο υλικό κι έχει δομή κλειστών κυψελίδων. Η διογκωμένη πολυστερίνη που χρησιμοποιείται στη δόμηση κυκλοφορεί συνήθως σε δύο μορφές

- Σε κόκκους (χύμα)
- Σε ορθογωνισμένες πλάκες

Θερμομόνωση

Η διογκωμένη πολυστερίνη

- Τα πλέον συνηθισμένα πάχη είναι μεταξύ 2 cm και 10 cm
- Τα προϊόντα διογκωμένης πολυστερίνης κυκλοφορούν στο εμπόριο συνήθως σε χρώμα λευκό. Ωστόσο, μπορεί κανείς να τα συναντήσει και σε άλλα χρώματα, όπως απαλό κίτρινο ή ροζ
- Υπάρχει επίσης και η διογκωμένη πολυστερίνη με γραφίτη στη μάζα της. Το χρώμα της είναι συνήθως γκρι με απόκλιση προς το ασημί. Οι πλάκες με γραφίτη παρουσιάζουν καλύτερη τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.

Θερμομόνωση

Η διογκωμένη πολυστερίνη

Πίνακας 4.1. Οι φυσικές, θερμικές και μηχανικές ιδιότητες της διογκωμένης πολυστερίνης.

Μορφή	Σε πλάκες. Συνήθη πάχη 2 - 10 cm Σε μορφή κόκκων (χύμα)
Προσβολή από έντομα / πουλιά / τρωκτικά	Ναι
Προσβολή από χημικούς διαλύτες	Ναι: από ακετόνη (ασετόν), αιθέρα, βενζόλιο, βενζίνες, κετόνες, ρευστή άσφαλτο και υλικά που περιέχουν πίσσα
Προσβολή από την ηλιακή ακτινοβολία	Ναι
Συμπεριφορά στη θερμότητα	Αντοχή περίπου από -80°C έως +80°C
Θερμική αγωγιμότητα (σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010)	Σε κόκκους 0,033 - 0,038 W/(m·K) Σε πλάκες 0,033 - 0,038 W/(m·K) Με γραφίτη, σε πλάκες 0,030 - 0,032 W/(m·K)
Απορρόφηση νερού (σύμφωνα με το πρότυπο EN 13163/2009)	Μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό απορροφώμενου νερού μικρότερο από 2% έως 5% κατ' όγκο.
Αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών	Σε πλάκες $\mu = 20 - 100$ Με γραφίτη, σε πλάκες $\mu = 30 - 80$
Αντοχή στη συμπίεση	Ικανοποιητική
Μεταβολή διαστάσεων	Σχετική σταθερότητα. Σύμφωνα με το πρότυπο δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 1% σε συγκεκριμένες συνθήκες υπό παραμονή 48 ωρών.
Συμπεριφορά σε φωτιά	Εύφλεκτο και αυτοσβεννόμενο υλικό Με γραφίτη: άφλεκτο υλικό

Θερμομόνωση

Η εξηλασμένη πολυστερίνη

Αποτελεί συγγενές προϊόν της διογκωμένης πολυστερίνης και προέρχεται και αυτή από την πετροχημική βιομηχανία. Ανήκει στην κατηγορία των αφρωδών συνθετικών υλικών και είναι διεθνώς γνωστή ως XPS (extruded polystyrene). Είναι άοσμο υλικό κι έχει δομή κλειστών πολυεδρικών κυψελίδων.

Θερμομόνωση

Η εξηλασμένη πολυστερίνη

- Πάχη επίσης μεταξύ 2-10 cm
- Τα προϊόντα αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης απαντώνται στο εμπόριο συνήθως σε γαλάζιο ή ανοιχτό πράσινο χρώμα. Δεν αποκλείεται όμως και η παρουσία τους σε άλλα χρώματα, ανάλογα με τις επιλογές της παραγωγού εταιρείας

Θερμομόνωση

Η εξηλασμένη πολυστερίνη

Πίνακας 4.2. Οι φυσικές, θερμικές και μηχανικές ιδιότητες της αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης.

Μορφή	Πλάκες. Συνήθη πάχη 2 - 10 cm
Προσβολή από έντομα / πουλιά / τρωκτικά	Ναι
Προσβολή από χημικούς διαλύτες	Ναι: από ακετόνη (ασετόν), αιθέρας, βενζόλιο, βενζίνες, κετόνες, ρευστή άσφαλτος και υλικά που περιέχουν πίσσα
Προσβολή από την ηλιακή ακτινοβολία	ΝΑΙ
Συμπεριφορά στη θερμότητα	Αντοχή από -50°C ως +75°C
Θερμική αγωγιμότητα (σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010)	σε πλάκες: 0,031 - 0,038 W/(m·K) με άνθρακα σε πλάκες: 0,030 - 0,032 W/(m·K)
Απορρόφηση νερού (σύμφωνα με το πρότυπο EN 13163/2009)	Μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό απορροφώμενου νερού μικρότερο από 0,7% έως 3% κατ' όγκο.
Αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών	$\mu = 80 - 250$
Αντοχή στη συμπίεση	Ικανοποιητική
Μεταβολή διαστάσεων	Σχετική σταθερότητα. Σύμφωνα με το πρότυπο δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 2% σε συγκεκριμένες συνθήκες υπό παραμονή 48 ωρών.
Συμπεριφορά σε φωτιά	Εύφλεκτο και αυτοσβεννόμενο υλικό

Θερμομόνωση

Η πολυουρεθάνη

Η πολυουρεθάνη ανήκει στην κατηγορία των σκληρών αφρωδών μονωτικών υλικών κλειστής κυψελωτής δομής. Διεθνώς ο συντετμημένος όρος του άκαμπτου αφρού πολυουρεθάνης είναι PUR (polyurethane foam). Στο εμπόριο διατίθεται σε διάφορες μορφές:

- σε σκληρές πλάκες,
- σε αφρό σε φιάλες για ατομική χρήση ή σε κυλινδρικά κιβώτια για γενικό ψεκασμό,
- σε μορφή πετασμάτων τύπου σάντουιτς με εκατέρωθεν επικαλύψεις μεταλλικών φύλλων,
- σε πλάκες με επικάλυψη λεπτού φύλλου αλουμινίου επίπεδης ή τραπεζοειδούς μορφής.
- έχει χρώμα κίτρινο σε αποχρώσεις προς το λευκό έως το κιτρινοπορτοκαλί.

Θερμομόνωση

Η πολυουρεθάνη

Πίνακας 4.3. Οι φυσικές, θερμικές και μηχανικές ιδιότητες της πολυουρεθάνης

Προσβολή από έντομα / πουλιά / τρωκτικά	Ναι
Προσβολή από χημικούς διαλύτες	Ναι: από ακετόνη (ασετόν) και άλλοι ισχυροί διαλύτες Όχι: από βενζίνη και πετρελαιοειδή, οξέα και βάσεις
Προσβολή από την ηλιακή ακτινοβολία	Ναι
Συμπεριφορά στη θερμότητα	Αντοχή από -50°C έως +110°C
Θερμική αγωγιμότητα (σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010)	0,023 - 0,030 W/(m·K)
Απορρόφηση νερού	Όχι
Αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών	$\mu = 50 - 100$
Αντοχή στη συμπίεση	Ικανοποιητική
Μεταβολή διαστάσεων	Σχετική σταθερότητα. Σύμφωνα με το πρότυπο Για μικρότερη διάσταση των 1000 mm η ανοχή στην απόκλιση είναι ± 5 mm σε συγκεκριμένες συνθήκες.
Συμπεριφορά σε φωτιά	Αυτοσβεννόμενο υλικό

Θερμομόνωση

Ο υαλοβάμβακας

Ανήκει στην κατηγορία των ανόργανων ινωδών υλικών. Ο υαλοβάμβακας στο εμπόριο κυκλοφορεί σε διάφορες μορφές, ανάλογα με τη χρήση του, όπως:

- ως πάπλωμα σε ρολά,
- ως πάπλωμα προστατευμένο από τη μια του όψη με φύλλο αλουμινίου,
- ως πάπλωμα ενισχυμένο με μεταλλικό πλέγμα,
- ως απλές ή ενισχυμένες πλάκες,
- ως κογχύλια για θερμομονώσεις και ηχομονώσεις σωληνώσεων.

Τα προϊόντα υαλοβάμβακα έχουν κίτρινο χρώμα, που το αποκτούν κατά την επεξεργασία των ινών του γυαλιού με τη θερμοσκληρυμμένη ρητίνη, ενώ ορισμένα προϊόντα του συναντώνται και σε λευκό χρώμα.

Θερμομόνωση

Ο υαλοβάμβακας

Πίνακας 4.4. Οι φυσικές, θερμικές και μηχανικές ιδιότητες του υαλοβάμβακα.

Προσβολή από έντομα / πουλιά / τρωκτικά	Όχι
Προσβολή από χημικούς διαλύτες	Όχι (προσβάλλεται όμως από το υδροχλωρικό οξύ)
Προσβολή από την ηλιακή ακτινοβολία	Όχι
Συμπεριφορά στη θερμότητα	Αντοχή έως 400°C
Θερμική αγωγιμότητα (σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010)	Παπλώματα 0,035 - 0,041 W/(m·K) Σκληρές πλάκες 0,033 - 0,041 W/(m·K)
Συγκράτηση νερού	Ναι
Αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών	$\mu = 1,0 - 1,5$
Αντοχή στη συμπίεση	Όχι (το πάπλωμα)
Μεταβολή διαστάσεων	Σταθερότητα (όταν δεν συμπιέζεται)
Συμπεριφορά σε φωτιά	Άκαυστο

Θερμομόνωση

Ο πετροβάμβακας

Ανήκει όπως και ο υαλοβάμβακας στην κατηγορία των ανόργανων ινωδών υλικών.

- παράγεται με την ίδια διαδικασία που παράγεται και ο υαλοβάμβακας με τη διαφορά ότι ως πρώτες ύλες χρησιμοποιούνται δολομίτης, ασβεστόλιθος, βωξίτης και πλουτώνια πετρώματα που δεν περιέχουν χαλαζία.

Στο εμπόριο κυκλοφορεί σε διάφορες μορφές, ανάλογα με τη χρήση του:

- ως πάπλωμα σε ρολό. απλό ή ενισχυμένο με μεταλλικό πλέγμα, ως απλές ή ενισχυμένες πλάκες,
- ως κογχύλια για θερμομονώσεις και ηχομονώσεις σωληνώσεων, σε ακανόνιστη μορφή.

Θερμομόνωση

Ο πετροβάμβακας

Τα προϊόντα πετροβάμβακα στο εμπόριο συναντώνται με ένα σκούρο κιτρινοπράσινο χρώμα. Για την παραγωγή του χρησιμοποιούνται φυσικά πετρώματα σε ποσοστό περίπου 80% χωρίς να αφήνει πολύ μεγάλες ποσότητες αποβλήτων, ενώ και οι ίνες του προϊόντος κατά την αποκομιδή τους σε βάθος χρόνου είναι βιοδιαλυτές. Ωστόσο, κατά τη διαδικασία παραγωγής του απαιτείται η κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας (υψηλή εμπεριεχόμενη ενέργεια).

Θερμομόνωση

Ο πετροβάμβακας

Πίνακας 4.5. Οι φυσικές, θερμικές και μηχανικές ιδιότητες του πετροβάμβακα.

Προσβολή από έντομα / πουλιά / τρωκτικά	Όχι						
Προσβολή από χημικούς διαλύτες	Όχι (προσβάλλεται όμως από το υδροχλωρικό οξύ)						
Προσβολή από την ηλιακή ακτινοβολία	Όχι						
Συμπεριφορά στη θερμότητα	Αντοχή έως 750°C						
Θερμική αγωγιμότητα (σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010)	<table> <tr> <td>Παπλώματα</td> <td>0,035 - 0,041 W/(m·K)</td> </tr> <tr> <td>Σκληρές πλάκες</td> <td>0,033 - 0,041 W/(m·K)</td> </tr> <tr> <td>Χύμα (κοκκώδης μορφή)</td> <td>0,058 W/(m·K)</td> </tr> </table>	Παπλώματα	0,035 - 0,041 W/(m·K)	Σκληρές πλάκες	0,033 - 0,041 W/(m·K)	Χύμα (κοκκώδης μορφή)	0,058 W/(m·K)
Παπλώματα	0,035 - 0,041 W/(m·K)						
Σκληρές πλάκες	0,033 - 0,041 W/(m·K)						
Χύμα (κοκκώδης μορφή)	0,058 W/(m·K)						
Συγκράτηση νερού	Ναι						
Αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών	$\mu = 1,0 - 1,5$						
Αντοχή στη συμπίεση	Όχι						
Μεταβολή διαστάσεων	Σταθερότητα (όταν δεν συμπίεζεται)						
Συμπεριφορά σε φωτιά	Άκαυστο, πυράντοχο						

Θερμομόνωση

Λοιπά θερμομονωτικά υλικά

- Αφρώδες γυαλί
- Ξυλόμαλλο
- Πορώδη θερμομονωτικά τούβλα
- Τσιμεντόλιθοι (ελαφροβαρείς)
- Φελλός
- Άλλα φυσικά θερμομονωτικά υλικά (μαλλί προβάτου, κάνναβη, λινάρι)

Θερμομόνωση

Ειδικότερα, οι κατηγορίες δομικών στοιχείων όπου τοποθετείται η θερμομόνωση είναι:

- Δάπεδα επί εδάφους
- Δάπεδα πάνω από pilotis
- Ενδιάμεσα δάπεδα ορόφων
- Υπόγεια τοιχία
- Τοιχοποιίες
- Υποστυλώματα - Δοκάρια - τοιχία
- Επίπεδα δώματα
- Επικλινείς στέγες

Θερμομόνωση

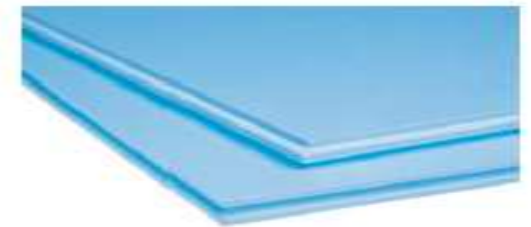
Πετροβάμβακας,
σε συμμόρφωση με το EN 13162



Διογκωμένη πολυστερίνη,
σε συμμόρφωση με το EN 13163



Εξηλασμένη πολυστερίνη,
σε συμμόρφωση με το EN 13164



4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός

	Θερμομόνωση	Ηχομόνωση	Αντοχή στην υγρασία	Πυραντοχή	Κόστος
Διογκωμένη πολυστερίνη	ⓘ ⓘ ⓘ			ⓘ	ⓘ ⓘ ⓘ
Εξηλασμένη πολυστερίνη	ⓘ ⓘ ⓘ		ⓘ ⓘ ⓘ	ⓘ	ⓘ ⓘ
Πετροβάμβακας	ⓘ ⓘ	ⓘ ⓘ ⓘ	ⓘ ⓘ	ⓘ ⓘ ⓘ	ⓘ ⓘ
Υαλοβάμβακας	ⓘ ⓘ	ⓘ ⓘ	ⓘ ⓘ	ⓘ ⓘ	ⓘ
Πολυουρεθάνη	ⓘ ⓘ ⓘ		ⓘ		ⓘ ⓘ
Ξυλόμαλλο	ⓘ	ⓘ ⓘ	ⓘ ⓘ	ⓘ ⓘ	ⓘ
Αφρώδες γυαλί	ⓘ ⓘ	ⓘ ⓘ ⓘ	ⓘ ⓘ ⓘ	ⓘ ⓘ ⓘ	

Θερμομόνωση

Η θέση της θερμομόνωσης μπορεί να είναι:

- Εξωτερική
- Εσωτερική
- Στον πυρήνα της κατασκευής
- Το ίδιο το δομικό στοιχείο ως θερμομονωτικό

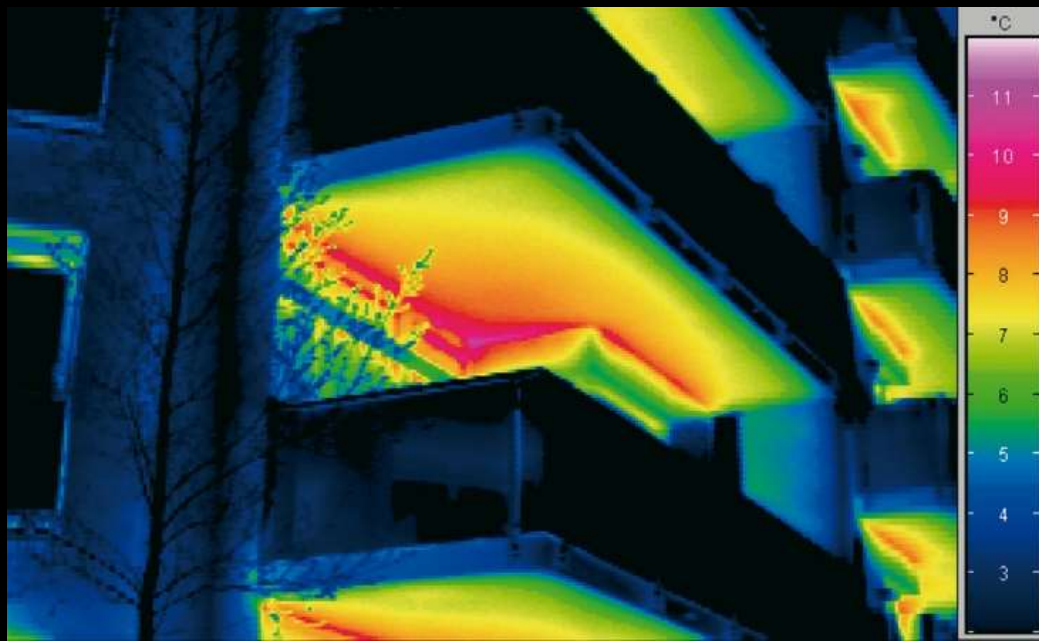
Θερμομόνωση

Κτίρια:

- Πριν το 1979: Απουσία Θερμομόνωσης
- 1980-1990: Μόνωση είτε στη φέρουσα κατασκευή
• είτε στην οροφή
- Μετά το 1990: Πλημμελώς θερμομονωμένα
- Μη επαρκές πάχος
- Απουσία θερμομόνωσης από δομικά στοιχεία

4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός





θερμογέφυρες

4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός



Θερμογέφυρες

Ανάλογα με την κατασκευή και λειτουργία του κτιρίου, τις εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες και την γενικότερη έκθεση του κελύφους, οι απώλειες από τις θερμογέφυρες μπορεί να αντιπροσωπεύει το 10-30% των συνολικών θερμικών απωλειών του κτιρίου.

Θερμογέφυρες

Ανάλογα με τη θέση εμφάνισής τους στο κτήριο, οι θερμογέφυρες απαντώνται:

- στη συναρμογή των κατακόρυφων δομικών στοιχείων (κατακόρυφες θερμογέφυρες)
- στη συναρμογή των οριζόντιων δομικών στοιχείων με τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία (οριζόντιες θερμογέφυρες)
- στη συναρμογή των κουφωμάτων με τα συμπαγή δομικά στοιχεία (θερμογέφυρες κουφωμάτων).

Θερμογέφυρες

Οι κατακόρυφες θερμογέφυρες εντοπίζονται στις κατόψεις του κτηρίου, Δεδομένου ότι η κύρια διάστασή τους αναπτύσσεται καθ' ύψος, το μήκος τους μετράται με βάση τα σχέδια των τομών. Διακρίνονται τρεις υποκατηγορίες :

- θερμογέφυρες εξωτερικών γωνιών (ΕΞΓ),
- θερμογέφυρες εσωτερικών γωνιών (ΕΣΓ),
- θερμογέφυρες ένωσης δομικών στοιχείων (ΕΔΣ).

Θερμογέφυρες

Οι οριζόντιες θερμογέφυρες εντοπίζονται στις τομές του κτηρίου. Δεδομένου ότι η κύρια διάστασή τους αναπτύσσεται κατά μήκος των δομικών στοιχείων, το μήκος τους μετράται με βάση τα σχέδια των κατόψεων. Διακρίνονται επτά υποκατηγορίες:

- θερμογέφυρες δώματος ή οροφής σε προεξοχή (Δ),
- θερμογέφυρες δαπέδου σε προεξοχή ή δαπέδου επάνω από πυλωτή (ΔΠ),
- θερμογέφυρες οροφής σε εσοχή (ΟΕ),
- θερμογέφυρες δαπέδου σε εσοχή (ΔΕ),
- θερμογέφυρες ενδιάμεσου δαπέδου (ΕΔΠ),
- θερμογέφυρες περίδεσμου ενίσχυσης (ΠΡ),
- θερμογέφυρες δαπέδου που εδράζεται σε έδαφος (ΕΔ).

Θερμογέφυρες

Οι θερμογέφυρες κουφωμάτων εντοπίζονται στις θέσεις συναρμογής των κουφωμάτων με τα συμπαγή δομικά στοιχεία. Το μήκος τους μετράται με βάση τις διαστάσεις των ανοιγμάτων. Διακρίνονται δύο υποκατηγορίες:

- θερμογέφυρες στο λαμπά του κουφώματος (Λ)
- θερμογέφυρες στο ανωκάσι/κατωκάσι του κουφώματος (ΑΚ).

Θερμογέφυρες

Το πρόβλημα της υγρασίας προκύπτει καθώς οι υδρατμοί του εσωτερικού αέρα έρχονται σε επαφή με τις κρύες επιφάνειες (λόγω ελλιπούς θερμομόνωσης) και υγροποιούνται όταν η θερμοκρασία της επιφάνειας είναι μικρότερη από το σημείο δρόσου του αέρα.

Συνέπεια αυτού του φαινομένου είναι να δημιουργούνται κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξη μυκήτων (μούχλας). Το πρόβλημα επιδεινώνεται όταν δεν υπάρχει καλός αερισμός και ανανέωση του εσωτερικού αέρα, ή σε χώρους που ο αέρας έχει υψηλή περιεκτικότητα σε υδρατμούς (πχ μπάνια).





Θερμογέφυρες

Σε δείγμα 105 κτιρίων που κτίστηκαν μετά το 2002, η προβλεπόμενη μελέτη θερμομόνωσης εφαρμόστηκε:

- στο σύνολό της σε 11 (10,5%)
- σε «ανεκτό» βαθμό, με εκπτώσεις στην ποιότητα και στο πάχος του υλικού σε 57 (54,3%)
- στα 37 (35,3%) υπήρχαν ουσιαστικές παραλείψεις

Θερμογέφυρες

Σε κάθε περίπτωση οι επιπτώσεις βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα είναι παρόμοιες και συνοψίζονται στις εξής:

- Οικονομική επιβάρυνση: Αύξηση της εξάρτησης από καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο) και υπερδιαστασιολόγηση του Η/Μ εξοπλισμού
- Περιβαλλοντική επιβάρυνση: αύξηση εκπεμπόμενων ρύπων

Θερμογέφυρες

Σε κάθε περίπτωση οι επιπτώσεις βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα είναι παρόμοιες και συνοψίζονται στις εξής:

- Μείωση αισθήματος θερμικής άνεσης και ποιότητας εσωτερικού αέρα
- Αυξημένα επίπεδα θορύβου
- Κίνδυνος εμφάνισης υγρασίας
- Πρόκληση βλαβών στα δομικά στοιχεία

Θερμογέφυρες

Στην βιβλιογραφία, παρουσιάζονται δύο βασικές κατηγορίες θερμογεφυρών (ISO 14683):

- οι γραμμικές θερμογέφυρες
- οι σημειακές θερμογέφυρες

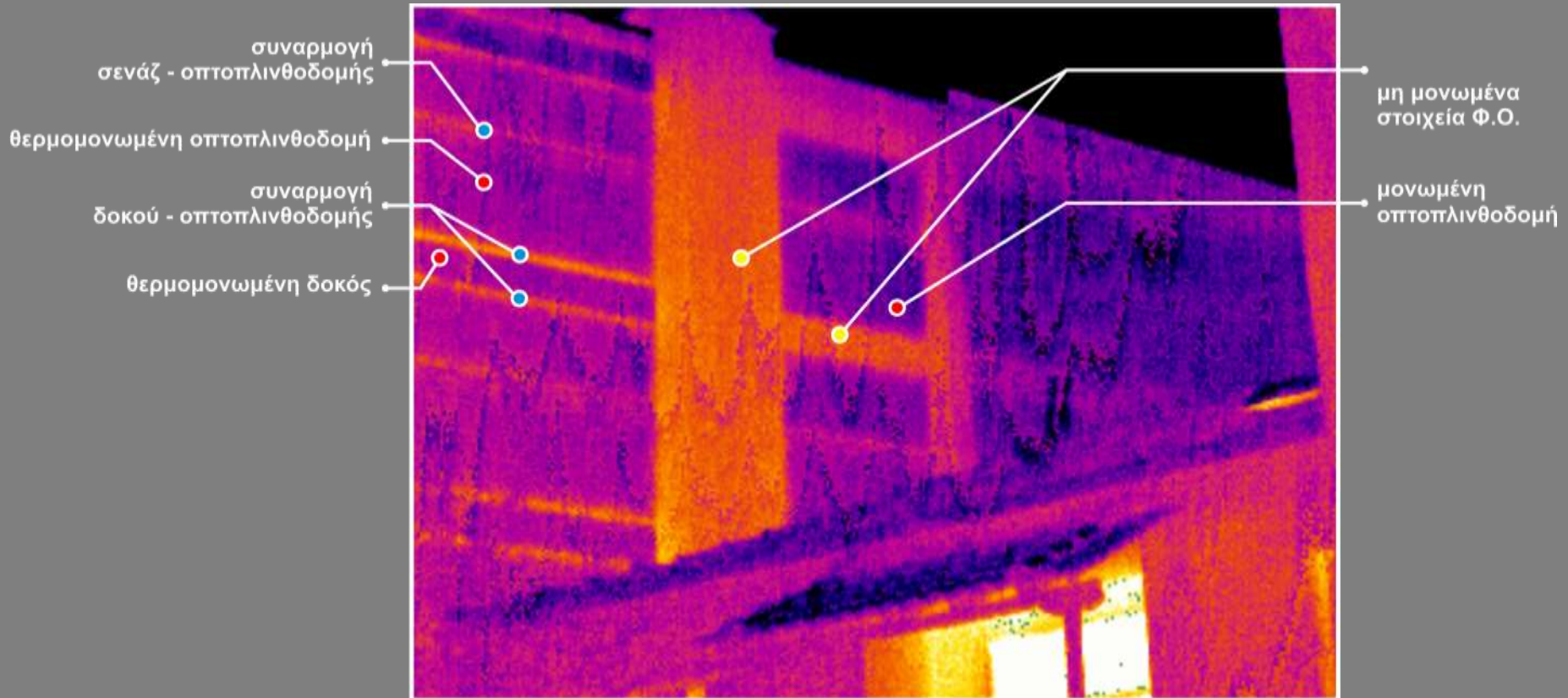
Θερμογέφυρες

Οι γραμμικές θερμογέφυρες, εμφανίζονται κατά μήκος μιας επιφάνειας, δηλαδή σε μια διεύθυνση, στην οποία συνενώνονται διάφορα δομικά στοιχεία ή ίδια διαφορετικού πάχους (διεπιφάνεια). Παραδείγματα τέτοιων θερμογεφυρών αποτελούν οι ενώσεις δαπέδων με κάθετα στοιχεία ή οι ενώσεις δοκών ή υποστυλωμάτων με οπτοπλινθοδομή.

Οι σημειακές θερμογέφυρες, εμφανίζονται τοπικά σε ένα σημείο, και δεν υπάρχει ομοιογενής ροή θερμότητας κατά μήκος μιας διεύθυνσης, όπως στις γραμμικές. Σημειακές θερμογέφυρες εμφανίζονται σε γωνιακές κατασκευές όπως για παράδειγμα στην ένωση δύο κάθετων τοιχοποιιών με δάπεδο.

4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός

Νεόδμητο κτίριο στην Κοζάνη



Θερμογράφιση

Με τη θερμογράφιση αποτυπώνονται «φωτογραφικά» οι ροές θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου.

Η φωτογραφική αποτύπωση επιτυγχάνεται με τη θερμοκάμερα, ένα μηχάνημα με ευαίσθητο αισθητήρα που ανιχνεύει την εκπεμπόμενη υπέρυθη ακτινοβολία από μια επιφάνεια.

Στη συνέχεια την καταγράφει και τη μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα όπου, ανάλογα με την ένταση του σήματος, την αποδίδει με χρώμα στην οθόνη. Έτσι λαμβάνουμε το λεγόμενο "θερμογράφημα" ή "θερμογράφιση".

Θερμογράφιση

Έχοντας ορίσει στη θερμοκάμερα, με ένα ευρύ φάσμα χρωμάτων, τις διαβαθμίσεις της καταγραφόμενης θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπει το σώμα, περιγράφεται η μορφή του με διαφορετικά χρώματα, ανάλογα με την εκπεμπόμενη θερμική ακτινοβολία από το κάθε σημείο της επιφάνειάς του.

Θερμογράφιση

Με τη θερμογράφιση είναι δυνατόν να επισημανθούν και να καταγραφούν οι ατέλειες, τα κατασκευαστικά λάθη και οι αβλεψίες σε μια κατασκευή, όταν αυτές σχετίζονται με τη θερμική της συμπεριφορά.

1. Μπορούν να καταγραφούν οι παντός τύπου **θερμογέφυρες** και γενικώς οι θέσεις ή οι ευρύτερες περιοχές μειωμένης θερμομονωτικής προστασίας.

Θερμογράφιση

2. Μπορούν επίσης να επισημανθούν προβλήματα υγρασίας που δεν είναι άμεσα ορατά ή ακόμη δεν έχουν εκδηλωθεί στις εξωτερικές επιφάνειες των δομικών στοιχείων, δεδομένου ότι στο προσβεβλημένο τμήμα ο εγκλωβισμένος αέρας στους πόρους του δομικού στοιχείου θα έχει παραχωρήσει τη θέση του στο νερό, το οποίο παρουσιάζει περίπου 24 φορές μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα από αυτήν του αέρα και άρα μεγαλύτερες ροές θερμότητας στην προσβεβλημένη περιοχή.

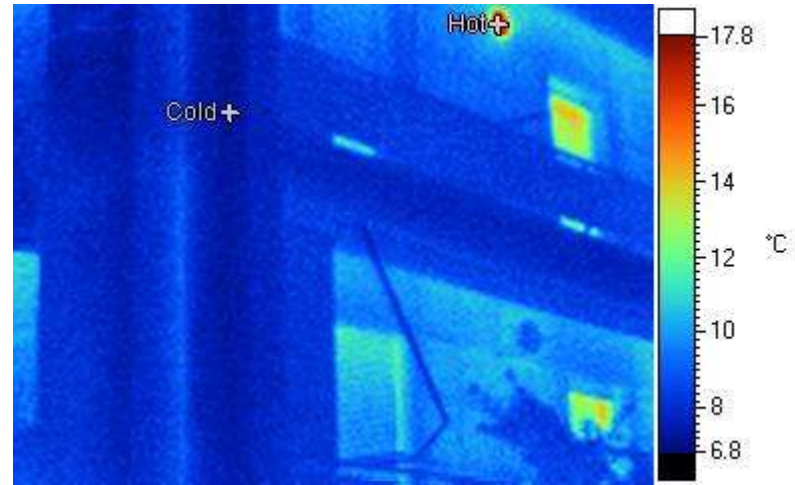
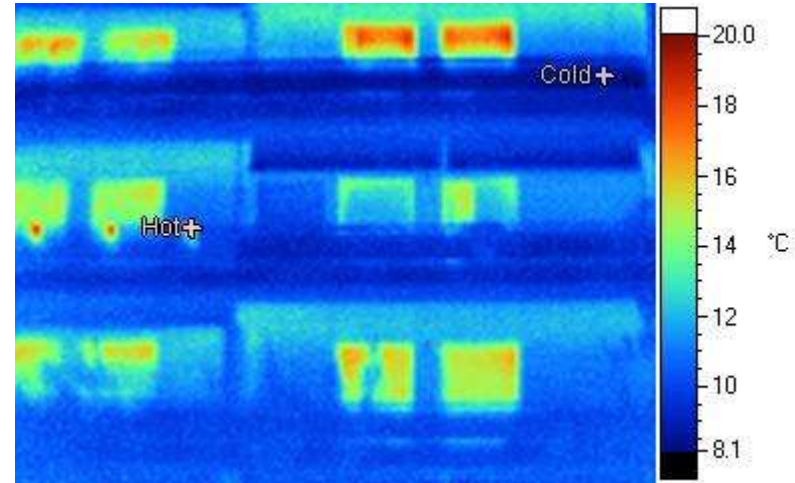
3. Επίσης μπορεί να εντοπιστεί απώλεια θερμοκρασίας μέσω χαραμάδων αερισμού από κουφώματα.

Θερμογράφιση

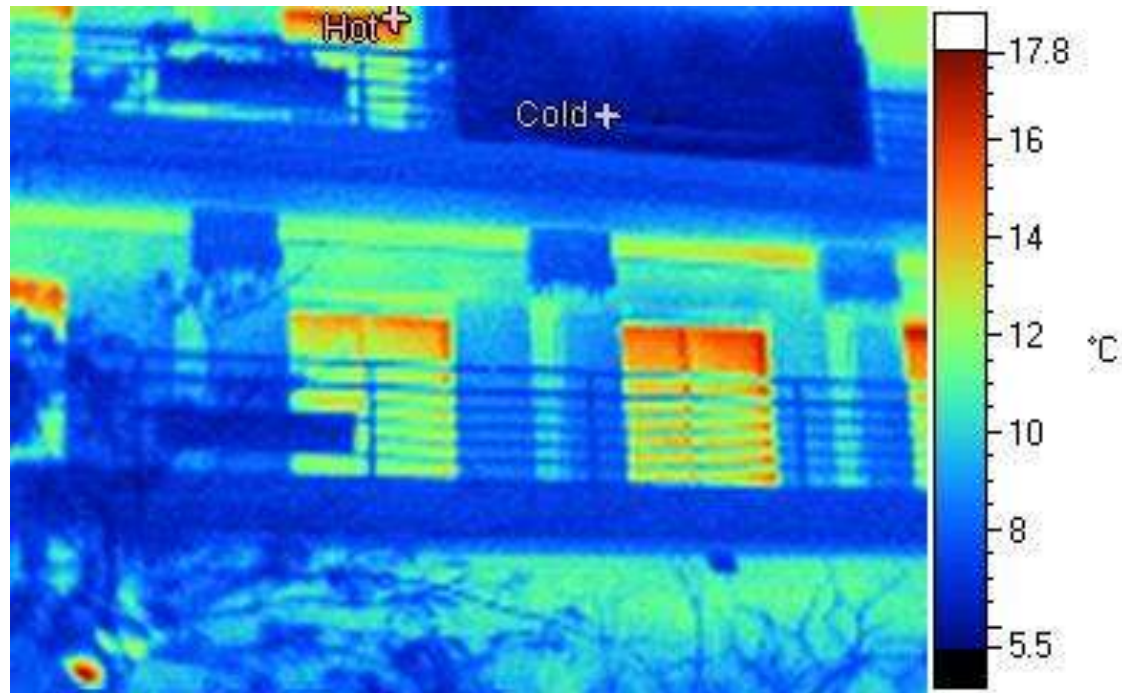
Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εξεταζόμενου σώματος και του περιβάλλοντός του, τόσο μεγαλύτερες είναι οι εκπεμπόμενες ροές θερμότητας και άρα τόσο πιο ευκρινείς οι χρωματικές διαφοροποιήσεις στο θερμογράφημα της θερμοκάμερας.

Για το λόγο αυτό οι θερμοφωτογραφήσεις είναι περισσότερο αποτελεσματικές, όταν διεξάγονται σε ψυχρή περίοδο και κατά τη διάρκεια της νύχτας.

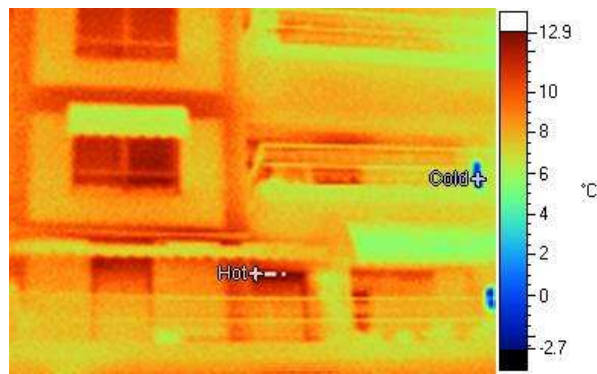
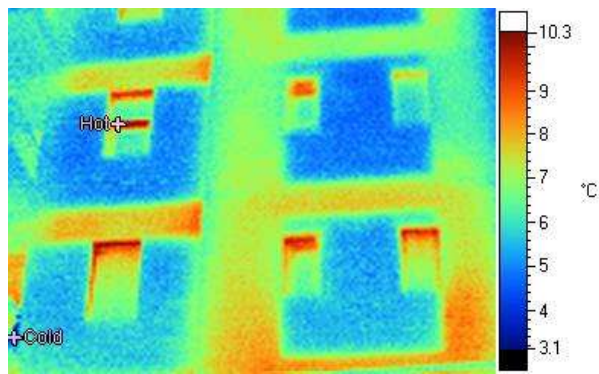
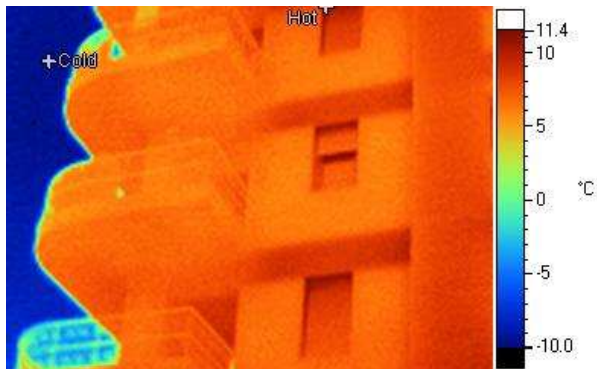
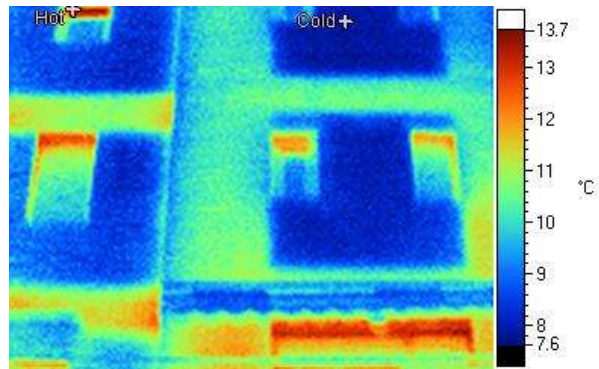
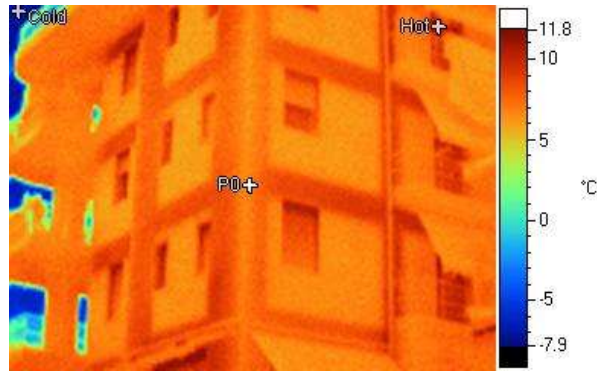
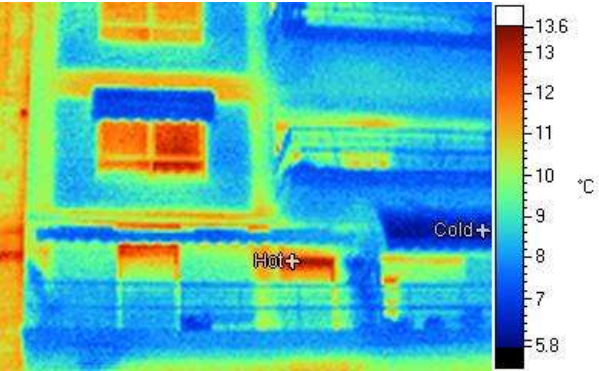
4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός



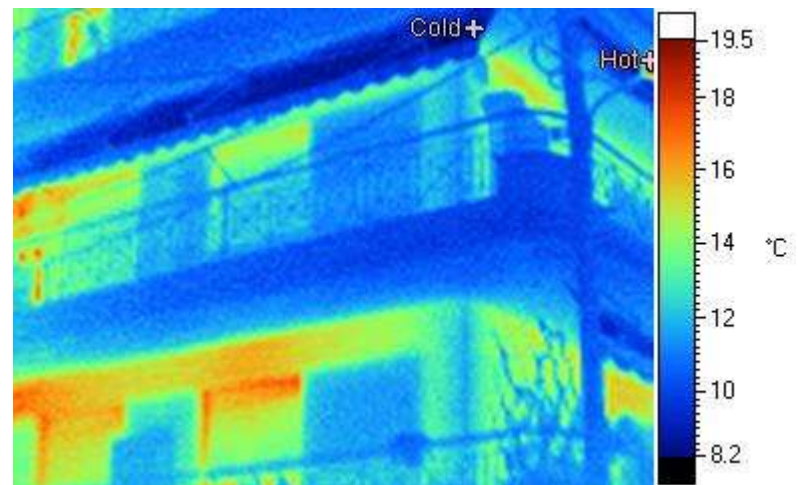
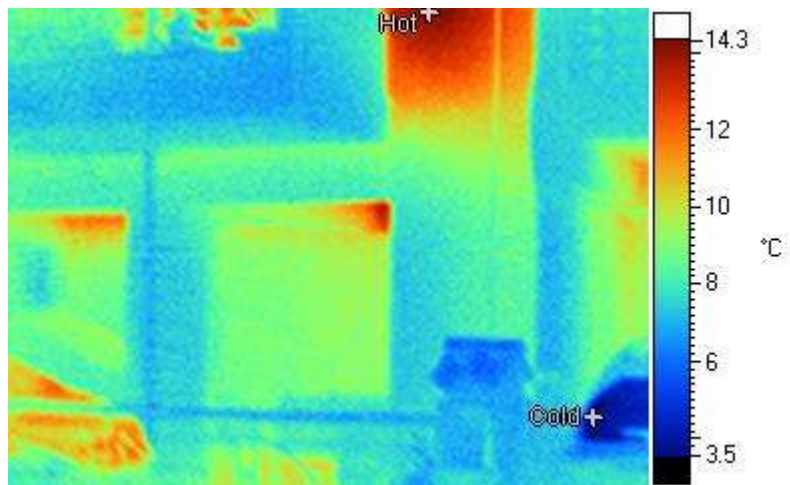
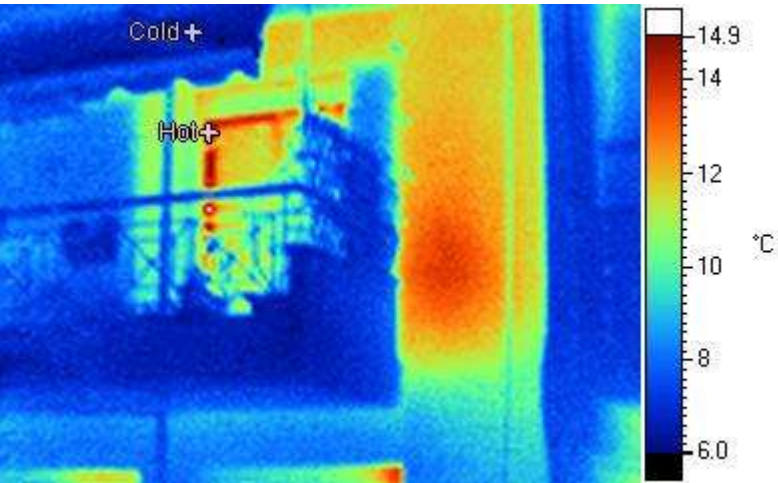
4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός



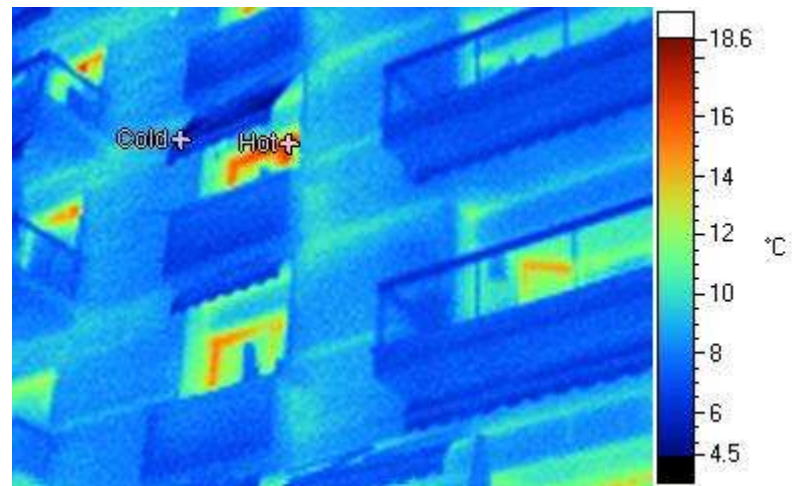
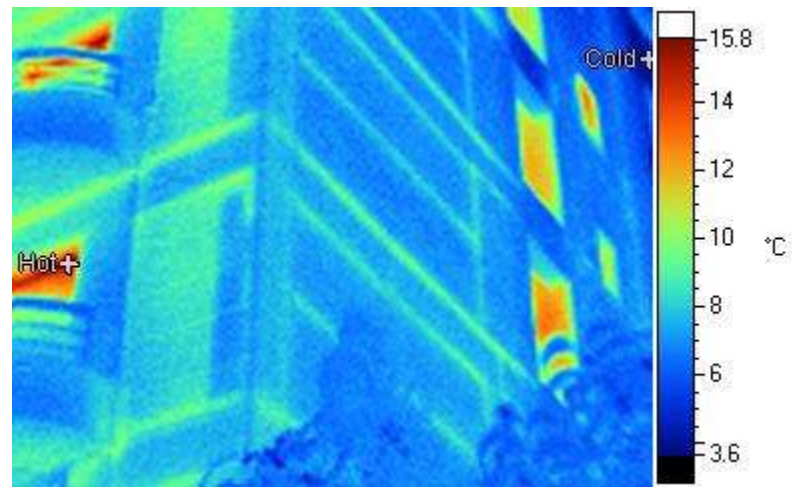
4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός



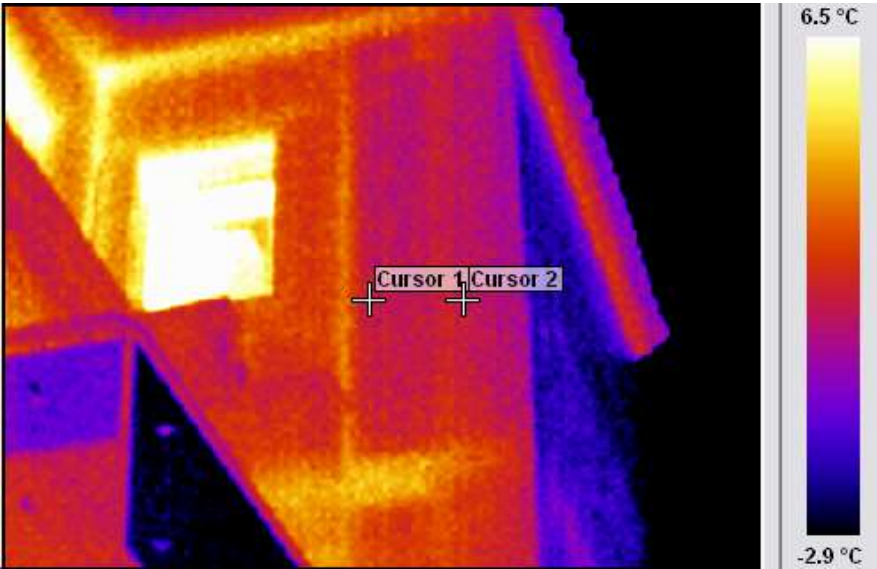
4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός



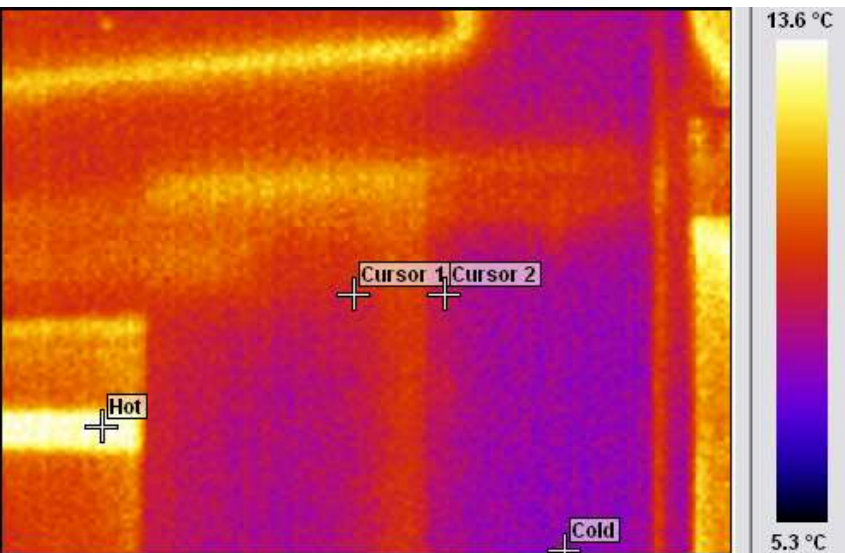
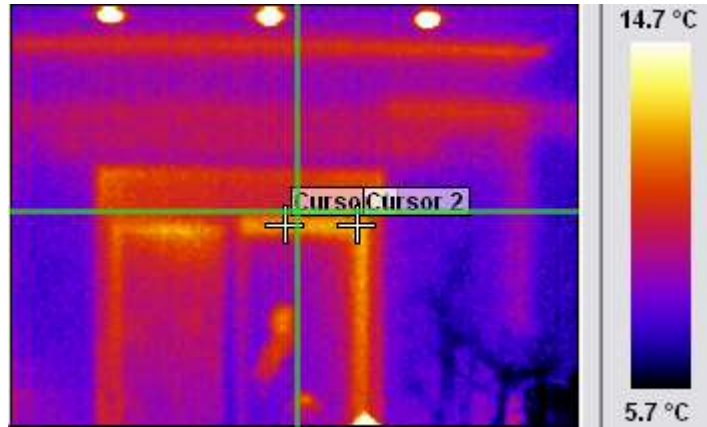
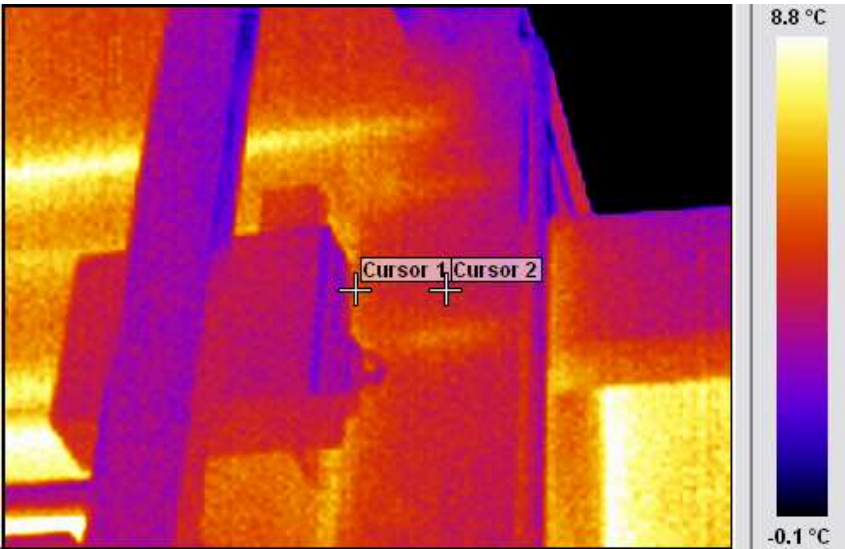
4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός



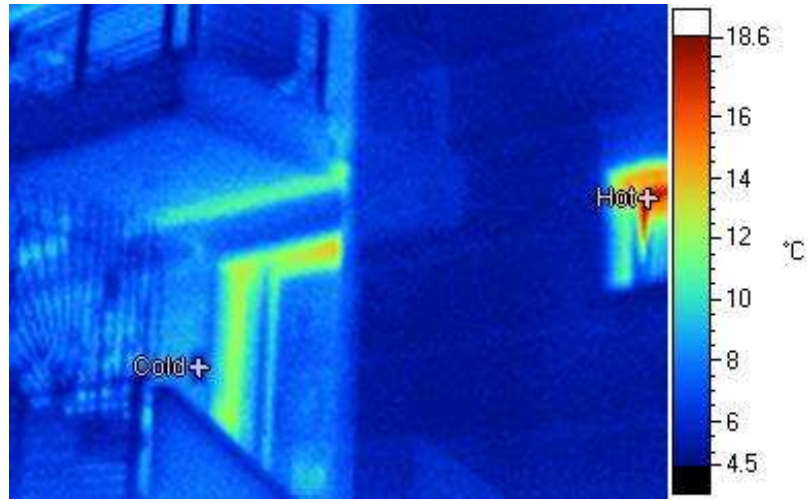
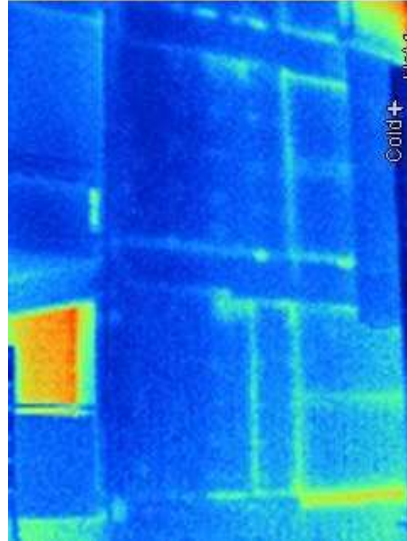
4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός



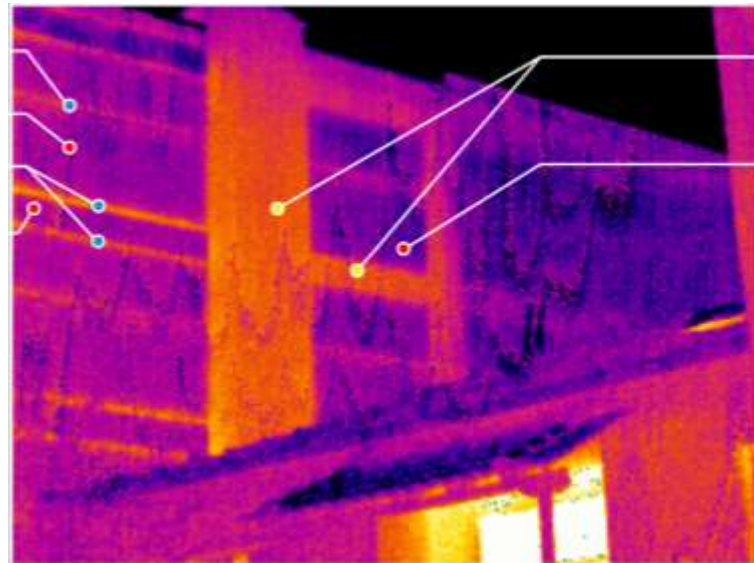
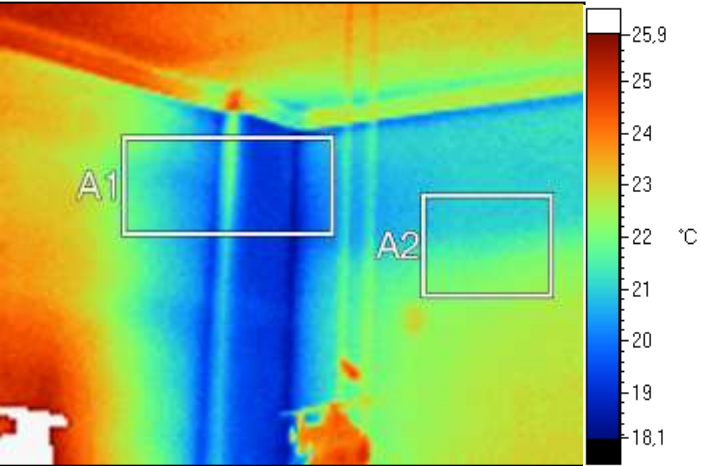
4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός



4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός



4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός



4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός

Θερμογέφυρες

Πριν τον Κ.Εν.Α.Κ. ίσχυε ότι:

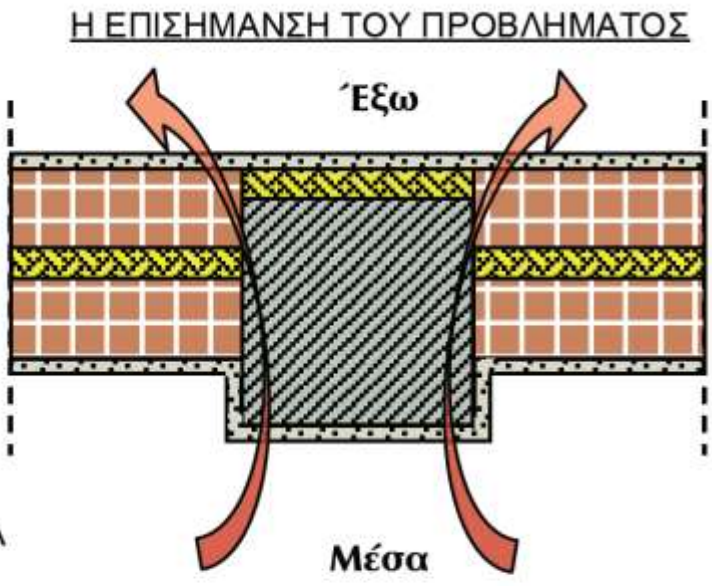
$$U_m = \sum F_i U_i$$

Πλέον ισχύει ότι:

$$U_m = \sum_i F_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k$$

Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14683

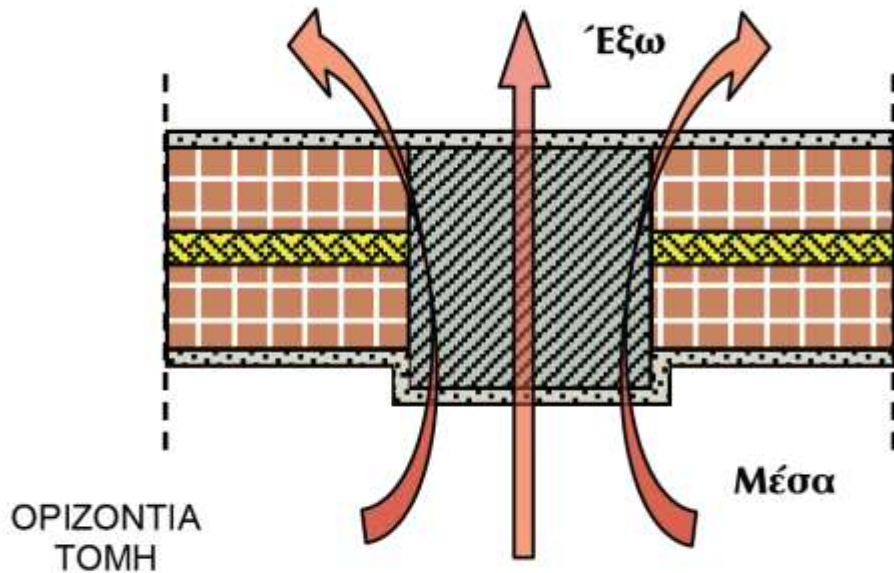
4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός



Σχήμα 5. Θερμογέφυρα στο σημείο σύνδεσης φέροντος οργανισμού και τοιχοποιίας πλήρωσης.

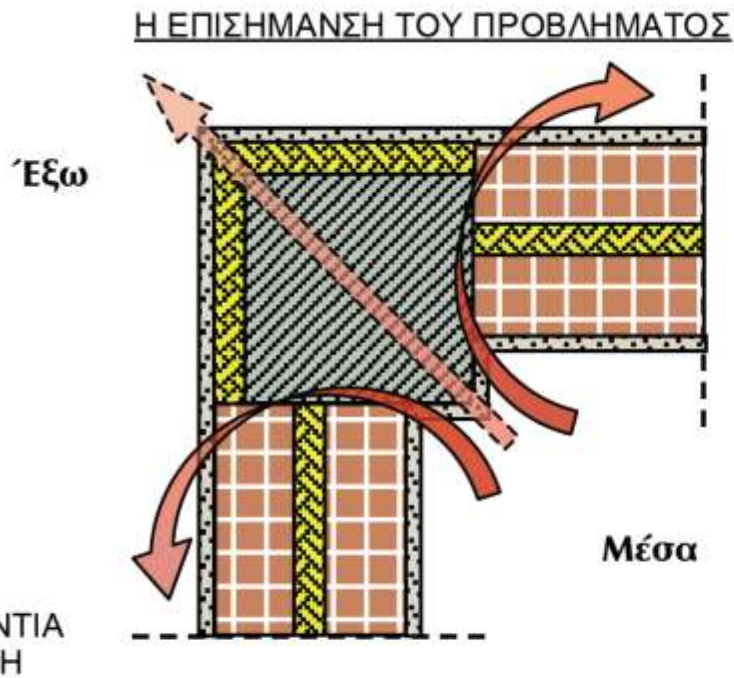
4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός

Η ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ



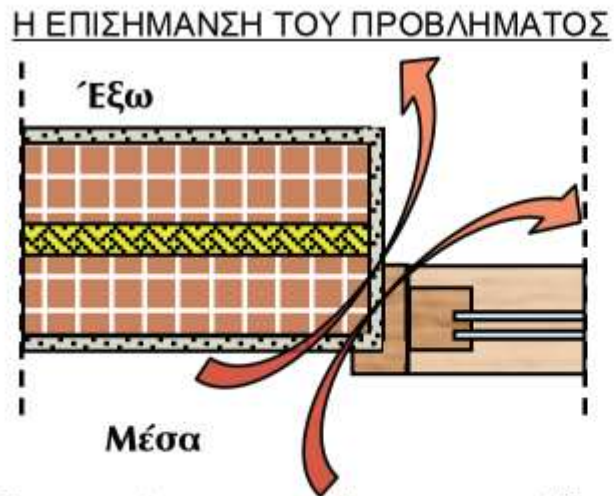
Σχήμα 6. Θερμογέφυρα λόγω απουσίας θερμομόνωσης σε στοιχείο του φέροντος οργανισμού.

4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός



Σχήμα 7. Θερμογέφυρα λόγω διαφοράς εμβαδού μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας ενός γωνιακού δομικού στοιχείου.

4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός

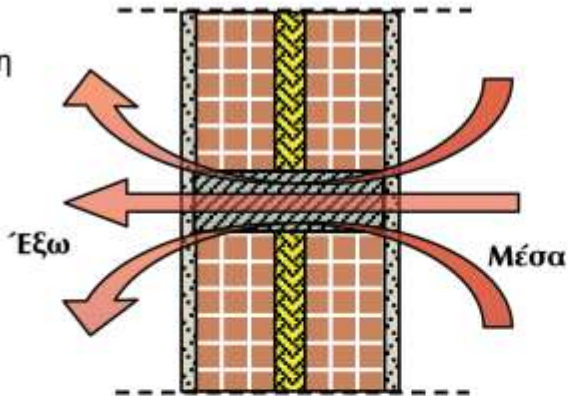


Σχήμα 8. Θερμογέφυρα στους παραστάδες των κουφωμάτων.

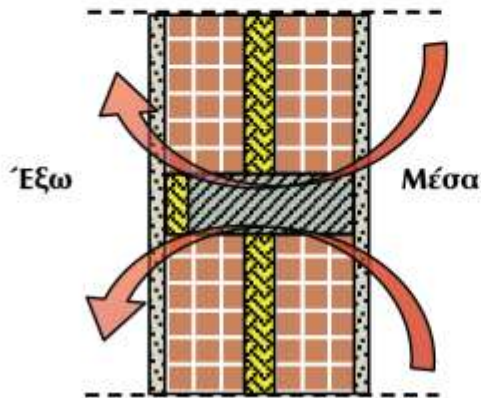
4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός

Η ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Α' ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ
Χωρίς θερμομόνωση
στον περίδεσμο
ενίσχυσης



Β' ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ
Με θερμομόνωση
στον περίδεσμο
ενίσχυσης

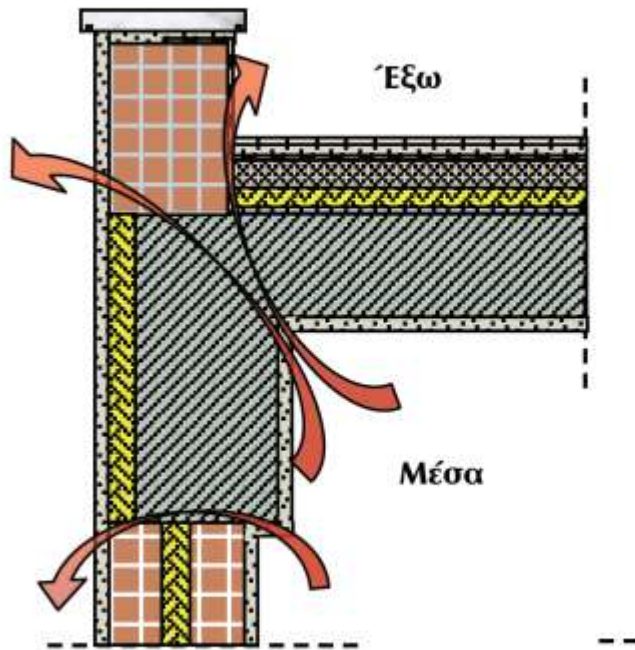


ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ
ΤΟΜΗ

Σχήμα 9. Θερμογέφυρα στον περίδεσμο ενίσχυσης (σενάζ).

4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός

Η ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

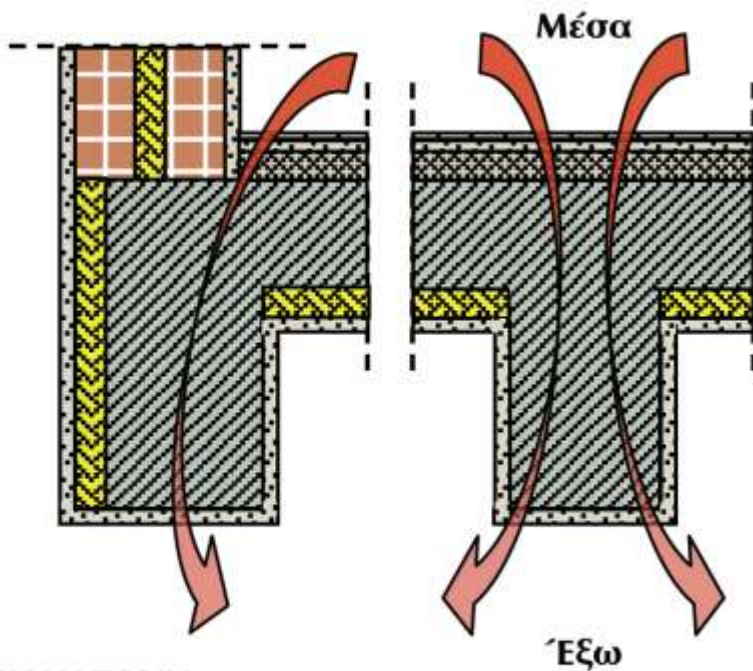


ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΤΟΜΗ

Σχήμα 10. Θερμογέφυρα στο στηθαίο δώματος με δύο προτεινόμενες βελτιωτικές επεμβάσεις.

4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός

Η ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

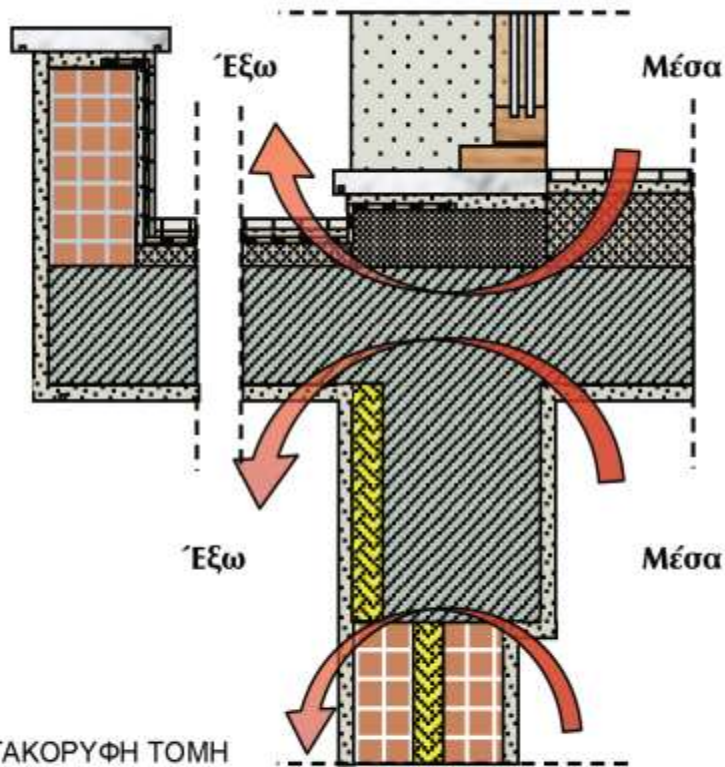


ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΤΟΜΗ

Σχήμα 12. Θερμογέφυρα στα περιμετρικά και ενδιάμεσα δοκάρια του υπογείου και της πιλοτής.

4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός

Η ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ



Σχήμα 13. Θερμογέφυρα στον πρόβολο ως προέκταση της φέρουσας πλάκας.

Θερμογέφυρες



Αξιολόγηση εναλλακτικών θερμομονωτικών λύσεων:

- Υφιστάμενη μεθοδολογία (δίχως συνυπολογισμό θερμογεφυρών)
- Νέα πρότυπα

Αντικείμενο:

- Τυπικό ελληνικό κτίριο κατοικίας
- 3 όροφοι & pilotis
- κύριος άξονας : Α-Δ
- επιφάνεια ορόφου 250m²

Θερμογέφυρες



Μεθοδολογία:

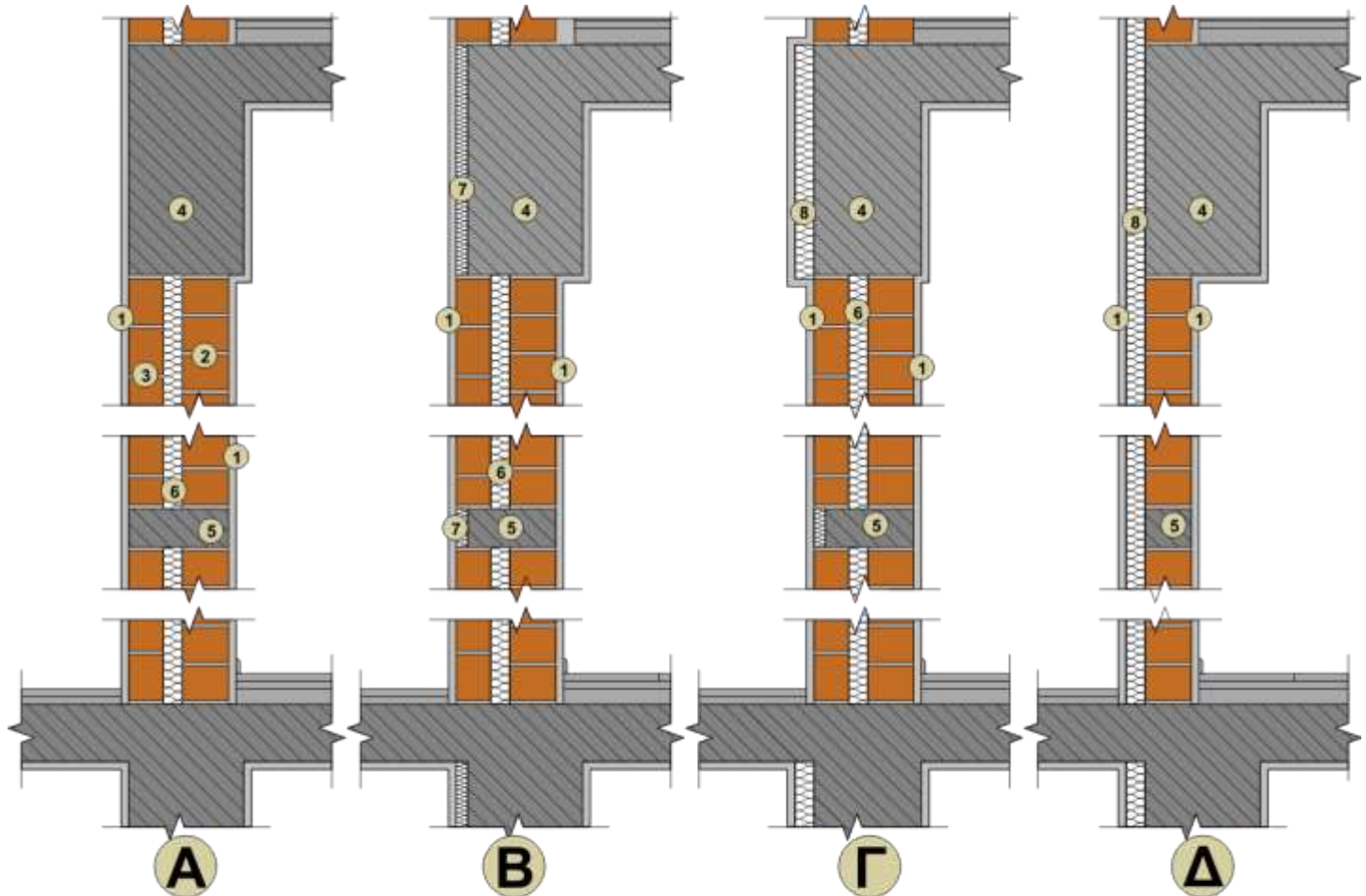
- Ενεργειακή προσομοίωση (TRNSYS 16.0 EnergyPlus)
- Ελέγχονται 4 κατασκευαστικές δυνατότητες με & χωρίς συνυπολογισμό θερμογεφυρών

Στόχος:

- Εκτίμηση σφαλμάτων υφιστάμενης μεθοδολογίας
- Αξιολόγηση διαφόρων τεχνικών θερμικής προστασίας
- Εκτίμηση του ρόλου των θερμογεφυρών

4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός

Σενάρια ελέγχου



Θερμομόνωση μόνο σε τοιχοποιία

Θερμομόνωση σε τοιχοποιία και ανεπαρκής (3cm) σε Φ.Δ.

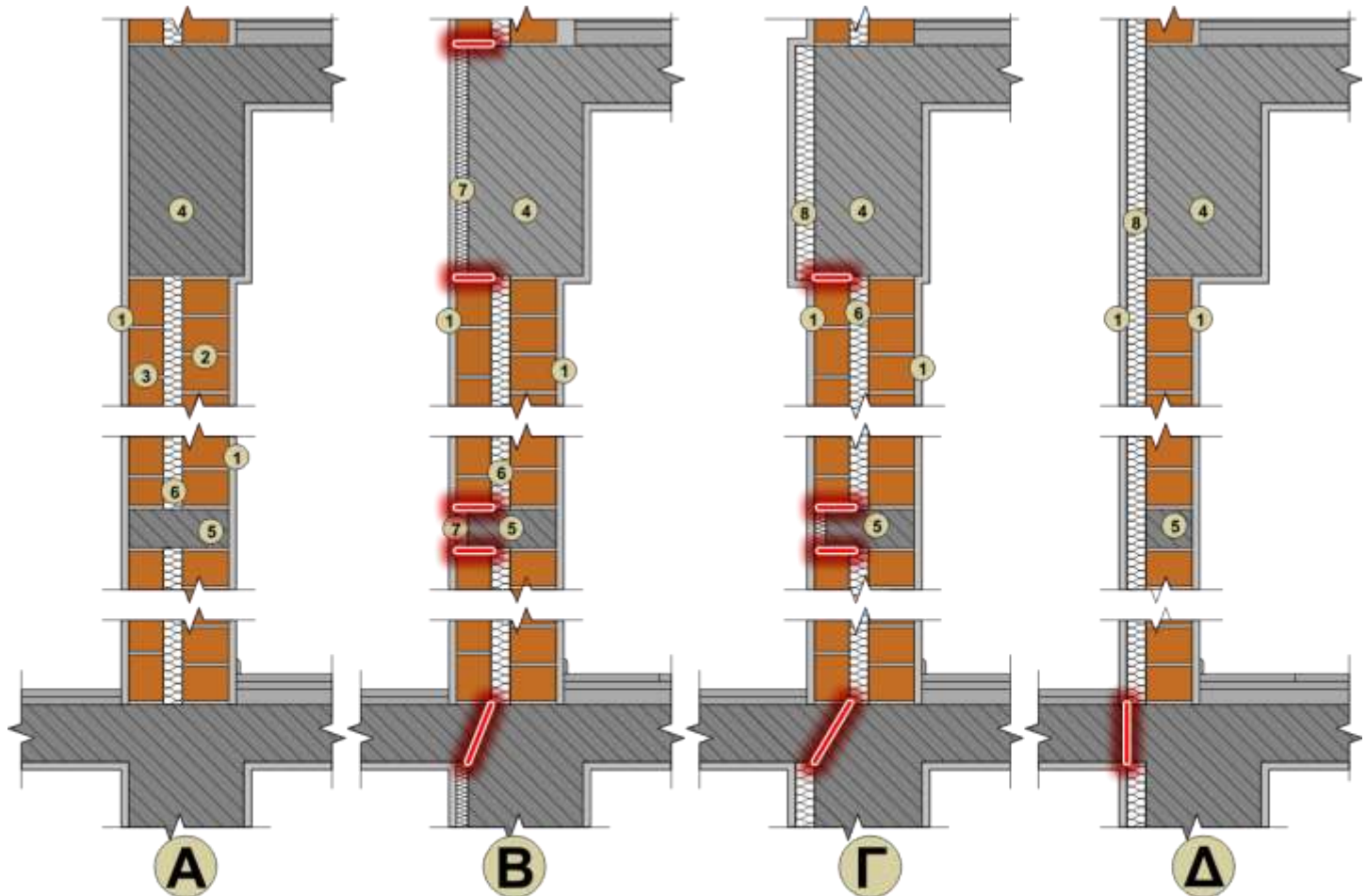
Επιλεκτική θερμομόνωση καλή στον κενό Κ.Δ. Κ.

Θερμομόνωση

- 1 σιφόνια
- 3 μονόαξονος βελ
- 5 κυψέλες
- 7 διαπεραυστική στρώση, 3cm
- 2 κλειστός 12cm
- 4 βελ
- 6 διαπεραυστική στρώση, 5cm
- 8 διαπεραυστική στρώση, 3cm

4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός

Σενάρια ελέγχου



Θερμομόνωση μόνο σε τοιχοποιία

Θερμομόνωση σε τοιχοποιία και ανεπαρκής (3cm) σε Φ.Δ.

Επαρκής θερμομόνωση κατόπιν Κ.Θ.Κ.

Θερμομόνωση

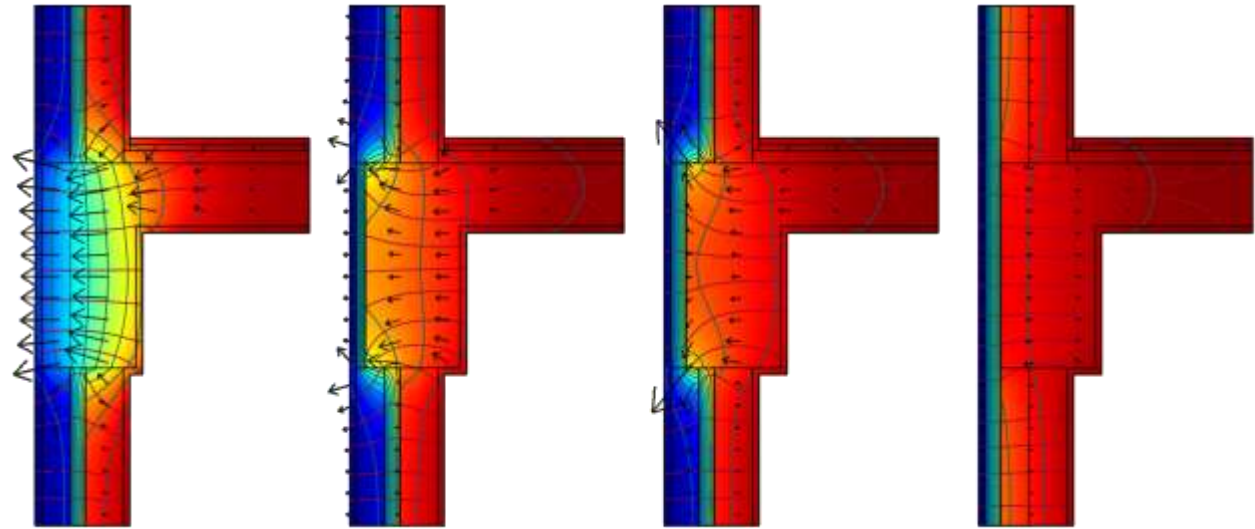
- ① σιγάλα
- ③ συνδέσιμος βελ
- ⑤ σκυρόδεμα
- ⑦ θερμομόνωση στούβας, βελ
- ② κλειστός ΠΣα
- ④ βελ
- ⑥ διαμορφωτική στούβας, βελ
- ⑧ διαμορφωτική στούβας, βελ

4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός

Επίδραση των θερμογεφυρών στη ροή θερμότητας και τις θερμοκρασίες υλικού

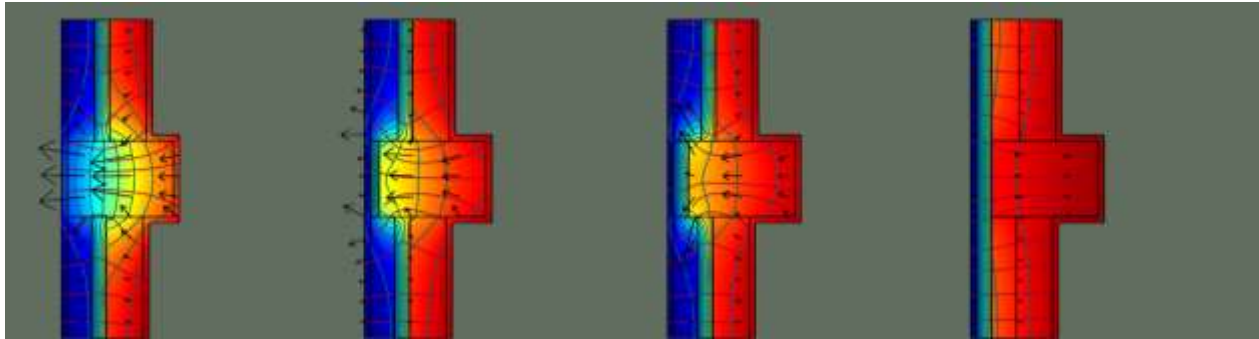
τομή στη θέση της εξωτερικής δοκού

εξεταζόμενο σενάριο



A μη μονωμένη δοκός μονωμένη τοιχοποιία
B θερμομόνωση κατά ΚΘΚ (3cm σε ΦΟ)
Γ θερμομόνωση κατά ΚΘΚ
Δ εξωτερική θερμομόνωση

οριζόντια τομή στη θέση του υποστυλώματος



4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός

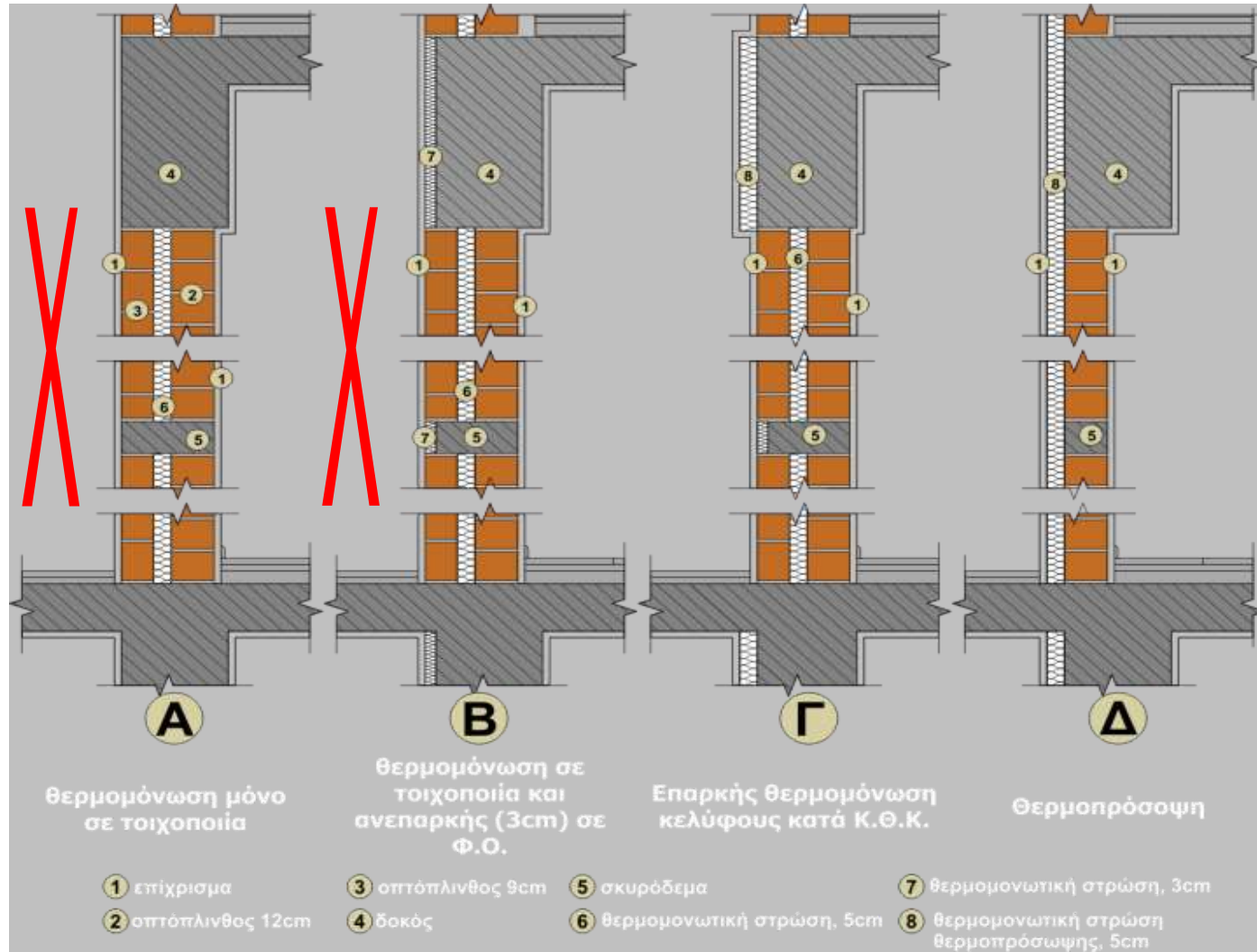
Αγνόηση επίδρασης θερμογεφυρών:

- Έως 25% υπο-εκτίμηση των θερμικών απωλειών
- ή 10% στην ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση



4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός

Μεγαλύτερα πάχη
θερμομόνωσης και
προσοχή στη
λεπτομέρεια



4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός

Εφαρμογή θερμοπροσώπων για την αποφυγή θερμογεφυρών και την αναδρομική θερμομόνωση υφιστάμενων κτιρίων





θερμοχωρητικότητα

Θερμοχωρητικότητα

Ως θερμοχωρητικότητα ενός υλικού, συστήματος ή δομικού στοιχείου καλείται η ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για αυξηθεί η θερμοκρασία του κατά 1 βαθμό K ή °C. Καταδεικνύει την ικανότητα του σώματος να αποθηκεύει θερμότητα και δίνεται από τη σχέση:

$$C = \frac{dQ}{dT}$$

όπου	C	[J/K]	η θερμοχωρητικότητα,
	dQ	[J]	η αποθηκευμένη θερμότητα,
	dT	[K]	η διαφορά θερμοκρασίας.

Θερμοχωρητικότητα

Ειδική θερμοχωρητικότητα c , καλείται η ανοιγμένη τιμή της θερμοχωρητικότητας του σώματος ανά μονάδα μάζας (σε $J/kg \cdot K$).

Η αποθηκευμένη θερμότητα αυξάνεται με την αύξηση της διαφοράς θερμοκρασίας καθώς επίσης με την αύξηση της θερμοχωρητικότητας και της μάζας του σώματος.

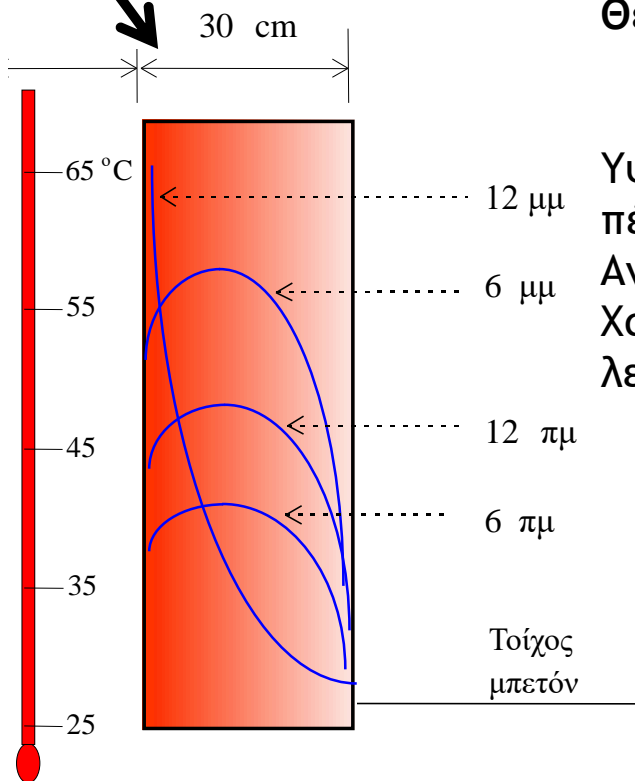
Η εσωτερική θερμοχωρητικότητα θερμικής ζώνης/κτηρίου, C_m , υπολογίζεται από τη σχέση:

$$C_m = \sum(k_j \cdot A_j) \quad (3.2.)$$

όπου	C_m	[kJ/K]	η εσωτερική θερμοχωρητικότητα της θερμικής ζώνης (kJ/K),
	k_j	[(kJ/(m ² ·K))]	η εσωτερική θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα επιφάνειας του δομικού στοιχείου j
	A_j	[m ²]	η εσωτερική επιφάνεια του δομικού στοιχείου j .

4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός

ακτινοβολία



Θερμοχωρητικότητα

Θερμική μάζα - Τοίχος αποθήκευσης

Υψηλή θερμοχωρητικότητα (πχ μπετόν $2150 \text{ kJ/m}^3\text{C}$, πέτρα $2280 \text{ kJ/m}^3\text{C}$, νερό $4177 \text{ kJ/m}^3\text{C}$),
Αντοχή σε θερμοκρασιακές μεταβολές,
Χαμηλό αρχικό κόστος αγοράς, εγκατάστασης και λειτουργίας (πχ μικρό κόστος συντήρησης)

Θερμοχωρητικότητα

Η σειρά των στρώσεων ενός δομικού στοιχείου πρακτικά δεν επηρεάζει τη ροή θερμότητας μέσω αυτού, επηρεάζει όμως την αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητάς τους.

Η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση πλησιέστερη προς την εσωτερική επιφάνεια περιορίζει τη θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου, δηλαδή την ικανότητά του να αποθηκεύει θερμότητα στη μάζα του.

Αντίθετα, η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση πλησιέστερη προς την εξωτερική επιφάνεια επαυξάνει τη θερμοχωρητικότητά του.

Θερμοχωρητικότητα

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., για το κτίριο αναφοράς η ανηγμένη θερμοχωρητικότητα κάθε θερμικής ζώνης λαμβάνεται ίση με $250 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$ θερμαινόμενης επιφάνειας κτιρίου.

Η εσωτερική θερμοχωρητικότητα προσδιορίζεται από τη θερμοχωρητικότητα των υλικών του δομικού στοιχείου που βρίσκονται μέχρι το «μέγιστο» ενεργό βάθος του δομικού στοιχείου. Και το ενεργό βάθος ορίζεται ως η μικρότερη τιμή που αντιστοιχεί στην απόσταση από την επιφάνεια του δομικού στοιχείου προς τον εσωτερικό χώρο μέχρι τη θέση της θερμομονωτικής στρώσης, το ήμισυ του πάχους του δομικού στοιχείου ή τα 10 cm.

Θερμοχωρητικότητα

Η ανηγμένη θερμοχωρητικότητα [$\text{kJ}/(\text{m}^2\text{K})$] θερμικής ζώνης ισούται με το λόγο της εσωτερικής θερμοχωρητικότητας της ζώνης προς τη μεικτή επιφάνεια της ζώνης A σε m^2 , σύμφωνα με τη σχέση:

$$C_m = C_m / A$$

Θερμοχωρητικότητα

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., για το κτίριο αναφοράς η ανηγμένη θερμοχωρητικότητα κάθε θερμικής ζώνης λαμβάνεται ίση με $250 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$ θερμαινόμενης επιφάνειας κτιρίου.



ανοίγματα

Ανοίγματα

Ως στοιχεία του εξωτερικού κτιριακού περιβλήματος πρέπει να ικανοποιούν τις εξής απαιτήσεις:

- Προστασία των εσωτερικών χώρων από τις εξωτερικές επιδράσεις (θερμοκρασιακές μεταβολές, βροχή, χιόνι, άνεμο, θόρυβο, σκόνη)
- Εξασφάλιση οπτικής, ακουστικής και θερμικής άνεσης
- Επικοινωνία και κίνηση ανάμεσα στο εσωτερικό των κτιρίων και στο εξωτερικό περιβάλλον
- Φυσικό φωτισμό, τον ηλιασμό και τον αερισμό των χώρων.
- Βέλτιστη ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου
- Ασφάλεια
- Τέλος, αποτελούν σημαντικό χαρακτηριστικό στοιχείο της αρχιτεκτονικής πρότασης του κτιρίου.

Ανοίγματα

Εξωτερικά κουφώματα :

- παράθυρα,
- μπαλκονόπορτες,
- εξώθυρες

Ανοίγματα

Υαλοπετάσματα εντάσσονται στα :

- μικρού βάρους,
- μη φέροντα,
- τοιχοπετάσματα στα οποία κυριαρχούν τα διαφανή στοιχεία πλήρωσης. Καταλαμβάνουν το ύψος μεταξύ τουλάχιστον δύο ορόφων, διαμορφώνοντας μεγάλα τμήματα όψεων ή και ολόκληρες όψεις.

Ανοίγματα

Γενικά, κάτω από το πρίσμα της εξοικονόμησης ενέργειας, τα κουφώματα & τα υαλοπετάσματα θα πρέπει:

- Σε κλιματικές συνθήκες που απαιτούν θέρμανση (δηλ. τη χειμερινή περίοδο) να συμβάλλουν στη μείωση των θερμικών απωλειών, με εξασφάλιση της δυνατότητας επαρκούς αερισμού των εσωτερικών χώρων και να μεγιστοποιούν τα ηλιακά κέρδη, ώστε να αντισταθμίζονται ή ακόμη και να υπερκαλύπτονται οι θερμικές τους απώλειες,
- Σε κλιματικές συνθήκες που απαιτούν ψύξη (δηλ. τη θερινή περίοδο) να συμβάλλουν στην ελαχιστοποίηση του θερμικού κέρδους και τη συνεπακόλουθη μείωση των ψυκτικών φορτίων,
- Να εξυπηρετούν την απομάκρυνση της θερμότητας μέσω φυσικού αερισμού και παθητικού δροσισμού.

Ανοίγματα

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες που προσδιορίζουν την ενεργειακή απόδοση των κουφωμάτων και υαλοπετασμάτων εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από τις τιμές δύο συντελεστών:

Του συντελεστή θερμοπερατότητας του στοιχείου (U_w [$W/(m^2 \cdot K)$] για τα κουφώματα / U_{cw} [$W/(m^2 \cdot K)$] για τα υαλοπετάσματα).

Του συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους του στοιχείου (g_w).

Ανοίγματα

Συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου U_w $W/(m^2 \cdot K)$
Μικρότερες τιμές του σημαίνουν αυξημένο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας.

Ο συντελεστής U_w αποτελεί στην ουσία ένα μέσο συντελεστή, που συντίθεται από τους επί μέρους συντελεστές U_f του πλαισίου και U_g του υαλοπίνακα, σε αναλογία που προσδιορίζεται από ποσοστό συμμετοχής της κάθε μιας από τις επιφάνειες πλαισίου και υαλοπινάκων στη συνολική επιφάνεια του στοιχείου.

Ανοίγματα

Στη συνολική απόδοση του στοιχείου θα πρέπει να συνυπολογίζεται και ο συντελεστής Ψ_g των γραμμικών απωλειών εξαιτίας θερμογεφυρών διά μέσου του περιγράμματος επαφής υαλοπίνακα - πλαισίου, ενώ για κάθε συγκεκριμένη εφαρμογή θα πρέπει να υπεισέρχεται και ο αντίστοιχος συντελεστής που χαρακτηρίζει τις απώλειες εξαιτίας θερμογεφυρών διά μέσου του περιγράμματος επαφής του ολοκληρωμένου στοιχείου με το οικοδομικό άνοιγμα.

Ανοίγματα

Συνεπώς ο συντελεστής θερμοπερατότητας μονού κουφώματος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_w}$$

Όπου:

U_w [W/m²K] ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος

U_f [W/m²K] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος

U_g [W/m²K] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος

A_f [m²] η επιφάνεια του υαλοπίνακα

l_g [m] το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος

Ψ_g [W/mK] ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα

A_w [m²] το εμβαδό επιφανείας του κουφώματος

Ανοίγματα

Μεγαλύτερες τιμές του σημαίνουν μεγαλύτερες ποσότητες αξιοποιήσιμων θερμικών ηλιακών κερδών που προσφέρει το κούφωμα ή το υαλοπέτασμα, με συνέπεια στοιχεία με μεγαλύτερες τιμές να είναι επιθυμητά σε κλιματικές συνθήκες που απαιτούν θέρμανση, ενώ αντίθετα για κλιματικές συνθήκες που κυριαρχούν απαιτήσεις ψύξης να προτιμώνται στοιχεία με μικρότερες τιμές, ώστε να μειώνονται οι απαιτήσεις των ψυκτικών φορτίων.

Ανοίγματα

Οι τιμές του συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους του κουφώματος g_w διαμορφώνονται καθοριστικά από το συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους g_{gl} των υαλοπινάκων, ενώ επηρεάζονται από το ποσοστό συμμετοχής της επιφάνειας του πλαισίου στη συνολική επιφάνεια του στοιχείου. Οι τιμές του συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους κυμαίνονται μεταξύ 0 και 1.

Ανοίγματα

Ο συντελεστής διαπερατότητας του στοιχείου στο φυσικό φως (TV).

- αντιπροσωπεύει την ικανότητα του κουφώματος ή του υαλοπετάσματος να μεταφέρει το φυσικό ηλιακό φως στους εσωτερικούς χώρους.
- έμμεση επίπτωση στην ενεργειακή του απόδοση,
- όσο μεγαλύτερες είναι οι τιμές του τόσο μεγαλύτερες είναι και οι ποσότητες φυσικού φωτός και συνεπώς τόσο μικρότερη η ανάγκη για συμπληρωματικό τεχνητό φωτισμό.

Ανοίγματα

Πρόσθετο χαρακτηριστικό, που φανερώνει τη δυνατότητα ενός κουφώματος να προσφέρει ποσότητες φυσικού φωτός στο χώρο αποτελεί ο δείκτης DP (δυναμικό φυσικού φωτισμού - Daylight Potential κατά ISO 18292), και εξαρτάται:

- από το συντελεστή διαπερατότητας του στοιχείου στο φυσικό φως (TV),
- από τη σχέση του μεγέθους της επιφάνειας του υαλοπίνακα προς τη συνολική του κουφώματος και το συντελεστή θέασης ουρανού του υαλοπίνακα.

Ανοίγματα

Συνοπτικά, με βάση τα παραπάνω, σημειώνεται ότι:

- Για κτίρια στα οποία η θέρμανση αποτελεί προτεραιότητα, οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας U_w των κουφωμάτων και υαλοπετασμάτων θα πρέπει να είναι οι μικρότερες δυνατές και οι τιμές του συντελεστή θερμικού κέρδους ηλιακής ακτινοβολίας g οι υψηλότερες δυνατές.
- Για κτίρια στα οποία προτεραιότητα έχει η ψύξη, οι τιμές του συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους (g_w), θα πρέπει να είναι οι χαμηλότερες δυνατές, με πρόνοια για την εξασφάλιση ικανοποιητικών επιπέδων διαπερατότητας στο φυσικό φως.

Ανοίγματα

Συνοπτικά, με βάση τα παραπάνω, σημειώνεται ότι:

- Για κτίρια που απαιτούν και θέρμανση και ψύξη, η χρήση κουφωμάτων και υαλοπετασμάτων με χαμηλές τιμές τόσο του συντελεστή θερμοπερατότητας U_w , όσο και του συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους (g_w), εξοικονομούν ενέργεια. Στην ίδια περίπτωση, εφόσον χρησιμοποιηθούν στοιχεία σκίασης, θα πρέπει να επιλέγονται υψηλές τιμές του (g_w), σε συνδυασμό με χαμηλές τιμές του U_w .

Ανοίγματα

Σε πολλές περιπτώσεις η βέλτιστη λύση οδηγεί στην επιλογή στοιχείων με διάφορους συντελεστές για διαφορετικές θέσεις και προσανατολισμούς:

- Σε ψυχρά κλίματα, θα πρέπει να επιλέγεται η τοποθέτηση στοιχείων με χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας U_w στο βορρά και στοιχείων με υψηλό συντελεστή κέρδους ηλιακής ακτινοβολίας (g_w), στο νότο.
- Σε θερμά κλίματα, στα οποία η υπερθέρμανση αποτελεί σημαντικό και συνηθισμένο πρόβλημα, επιδιώκεται η επιλογή στοιχείων που εξασφαλίζουν υψηλή διαπερατότητα στην ορατή ακτινοβολία (που σημαίνει ανεμπόδιστο φυσικό φωτισμό), ενώ εμποδίζουν την είσοδο της ανεπιθύμητης, εκτός του ορατού φάσματος, θερμικής ακτινοβολίας.

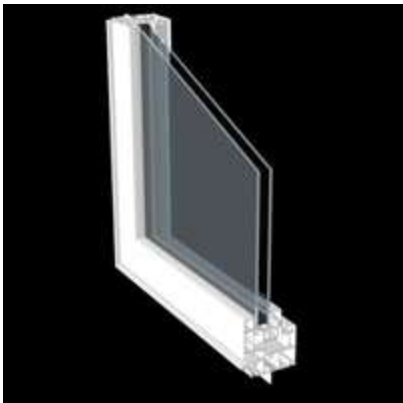
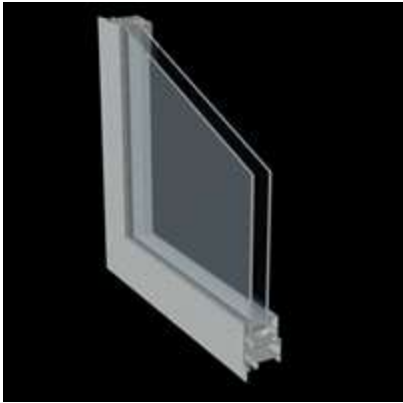
Ανοίγματα

Τα πλαίσια στα σύγχρονα κουφώματα και υαλοπετάσματα κατασκευάζονται από ξύλο, αλουμίνιο, χάλυβα, συνθετικά υλικά ή και συνδυασμούς αυτών των υλικών. Η θερμομονωτική ικανότητα του κάθε πλαισίου εξαρτάται τόσο από το υλικό κατασκευής, όσο και τη διαμόρφωση της διατομής του.

Οι υαλοπίνακες αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας των τυπικών κουφωμάτων και διαχωρίζονται:

- στους συμβατικούς υαλοπίνακες (απλούς διπλούς και τριπλούς),
- στους υαλοπίνακες ειδικών λειτουργιών και εφαρμογών (υαλοπίνακες θερμομονωτικούς, ενεργειακούς, ηχομονωτικούς, πυροπροστασίας, ασφαλείας κ.τ.λ.)
- στους υαλοπίνακες σύνθετων λειτουργιών (π.χ. υαλοπίνακες θερμομονωτικούς και ασφαλείας, ηχομονωτικούς και πυροπροστασίας κ.τ.λ.).

4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός



4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός



Ανοίγματα

Ενεργειακά αποδοτικότερες λύσεις

Θερμομονωτικοί - ενεργειακοί, διπλοί και τριπλοί υαλοπίνακες, στους οποίους ο ξηρός αέρας πλήρωσης των διακένων αντικαθίσταται από τα ευγενή, χαμηλής αγωγιμότητας αέρια αργό, κρυπτό και -σπανιότερα- ξένο. → επιτυγχάνονται χαμηλότερες τιμές στις θερμικές απώλειες και τις ενεργειακές καταναλώσεις και αύξηση των θερμοκρασιών στις εσωτερικές επιφάνειές τους, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό για τη θερμική άνεση σε περιπτώσεις με χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες.

Το ιδανικό πλάτος του διακένου μεταξύ 15 και 16 mm στους διπλούς και από 10 mm για το κάθε διάκενο στους τριπλούς.

Ανοίγματα

Ειδικοί υαλοπίνακες

- Στοχεύουν σε έλεγχο των ανεπιθύμητων θερμικών ηλιακών κερδών, χωρίς να παρεμποδίζεται η θέα και ο φυσικός φωτισμός των εσωτερικών χώρων.
- Οφείλουν τις ιδιότητές τους σε ειδικά υλικά (κυρίως μέταλλα και μεταλλικά οξειδία), τα οποία είτε αναμειγνύονται και ενσωματώνονται στη μάζα τους είτε εφαρμόζονται με επιστρώσεις στην επιφάνειά τους.

Ανοίγματα

Ειδικοί υαλοπίνακες

- Στοχεύουν σε έλεγχο των ανεπιθύμητων θερμικών ηλιακών κερδών, χωρίς να παρεμποδίζεται η θέα και ο φυσικός φωτισμός των εσωτερικών χώρων.
- Οφείλουν τις ιδιότητές τους σε ειδικά υλικά (κυρίως μέταλλα και μεταλλικά οξειδία), τα οποία είτε αναμειγνύονται και ενσωματώνονται στη μάζα τους είτε εφαρμόζονται με επιστρώσεις στην επιφάνειά τους.

Ανοίγματα

Ειδικοί υαλοπίνακες - Βασικές κατηγορίες

- Οι ηλεκτροχρωμικοί και οι θερμοχρωμικοί υαλοπίνακες χαρακτηρίζονται και ως υαλοπίνακες με μεταβαλλόμενες ιδιότητες - ρυθμίζουν και τροποποιούν βασικά χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς ανάλογα με την ηλιακή ακτινοβολία
- Οι έγχρωμοι υαλοπίνακες μια παραλλαγή των απλών υαλοπινάκων, στη μάζα των οποίων έχουν προστεθεί κατά την παραγωγή τους ειδικές χρωστικές ύλες, που αυξάνουν την απορροφητικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας και συμβάλλουν στη μείωση των ηλιακών θερμικών φορτίων.

Ανοίγματα

Ειδικό υαλοπίνακες - Βασικές κατηγορίες

- Οι ανακλαστικοί υαλοπίνακες με επιστρώσεις από υλικά με έντονες ανακλαστικές ιδιότητες, απομακρύνουν με ανάκλαση περί το 50% της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνειά τους. Χαρακτηρίζονται από ελαφρές χρωματικές αποχρώσεις, ενώ μειώνουν σε πολύ μικρό μόνο βαθμό το φυσικό φωτισμό των εσωτερικών χώρων.

Ανοίγματα

Ειδικοί υαλοπίνακες - Βασικές κατηγορίες

- Οι απορροφητικοί υαλοπίνακες περιορίζουν τη μετάδοση της υπέρυθρης ακτινοβολίας στους εσωτερικούς χώρους, ενώ μειώνουν κατ' ελάχιστον την ορατή. Η υπερθέρμανση που προκαλεί η απορρόφηση μπορεί να οδηγήσει σε θερμικές εντάσεις στους ίδιους τους υαλοπίνακες και γι' αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και να αντιμετωπίζεται με εφαρμογή κατάλληλων υλικών στερέωσής τους και κατάλληλες κατασκευαστικές λύσεις.

Ανοίγματα

Ειδικοί υαλοπίνακες - Βασικές κατηγορίες

- Οι ηλεκτροχρωμικοί υαλοπίνακες μεταβάλλουν τη διαπερατότητά τους στο ηλιακό φως με την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος χαμηλής τάσης. Το ρεύμα μεταφέρεται με μικροσκοπικούς λεπτότατους αγωγούς σε μία ηλεκτροχρωμική επίστρωση που ενεργοποιείται και αλλάζει το χρωματισμό της από ανοικτό σε σκούρο ή αντίστροφα και με αυτό τον τρόπο ελαττώνει ή αυξάνει ανάλογα τις ποσότητες της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στους εσωτερικούς χώρους. Η παροχή του ρεύματος πραγματοποιείται είτε με χειρισμούς και εντολές κατά τη βούληση του χρήστη ή με αυτοματισμούς που στηρίζονται στη λειτουργία ειδικών φωτοαισθητήρων. Με ανάλογο τρόπο λειτουργούν και οι υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων, που εφαρμόζονται όμως κυρίως σε διαχωριστικά στοιχεία εσωτερικών χώρων.

Ανοίγματα

Ειδικοί υαλοπίνακες - Βασικές κατηγορίες

- Οι θερμοχρωμικοί υαλοπίνακες μεταβάλλουν τη διαπερατότητά τους στο ηλιακό φως με αλλαγή του χρωματισμού τους από ανοικτό σε σκούρο, με παθητικό τρόπο, χωρίς δηλαδή τη δράση ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή ελαφρά χρωματισμένων θερμοχρωμικών μεμβρανών, που καθώς θερμαίνονται από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία μειώνουν τη διαπερατότητά τους και απορροφούν σημαντικό μέρος της ακτινοβολίας που κατευθύνεται προς το εσωτερικό. Οι θερμοχρωμικές μεμβράνες ενσωματώνονται μεταξύ δύο υαλοπινάκων, συνθέτοντας ένα ενιαίο φύλλο, το οποίο αποτελεί μέρος ενός συνθετότερου στοιχείου (π.χ. διπλού ή τριπλού υαλοπίνακα).

Ανοίγματα

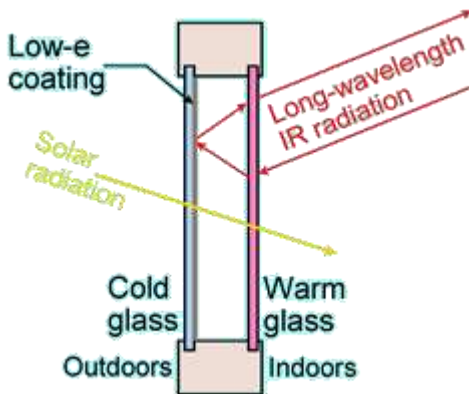
Ειδικοί υαλοπίνακες - Βασικές κατηγορίες

- Οι **θερμοχρωμικοί υαλοπίνακες** μεταβάλλουν τη διαπερατότητά τους στο ηλιακό φως με αλλαγή του χρωματισμού τους από ανοικτό σε σκούρο, με παθητικό τρόπο, χωρίς δηλαδή τη δράση ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή ελαφρά χρωματισμένων θερμοχρωμικών μεμβρανών, που καθώς θερμαίνονται από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία μειώνουν τη διαπερατότητά τους και απορροφούν σημαντικό μέρος της ακτινοβολίας που κατευθύνεται προς το εσωτερικό. Οι θερμοχρωμικές μεμβράνες ενσωματώνονται μεταξύ δύο υαλοπινάκων, συνθέτοντας ένα ενιαίο φύλλο, το οποίο αποτελεί μέρος ενός συνθετότερου στοιχείου (π.χ. διπλού ή τριπλού υαλοπίνακα).

Ανοίγματα

Ειδικό υαλοπίνακες - Βασικές κατηγορίες

- Οι υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (low-e) υαλοπίνακες εφαρμόζονται στις επιφάνειές τους λεπτότατες, πρακτικά μη ορατές, επιστρώσεις από μέταλλα ή οξειδία μετάλλων. Ο βασικός μηχανισμός μεταφοράς θερμικών φορτίων στους διπλούς και τριπλούς υαλοπίνακες είναι η ακτινοβολούμενη θερμότητα από ένα θερμό προς έναν ψυχρό υαλοπίνακα. Με την επικάλυψη της επιφάνειας του υαλοπίνακα που είναι στραμμένη προς το διάκενο με υλικό χαμηλής εκπομπής εμποδίζεται σημαντικό μέρος της ακτινοβολούμενης θερμότητας να διέλθει, με αποτέλεσμα τη μείωση της μετάδοσης θερμότητας μέσω του υαλοπίνακα (μειωμένος συντελεστής θερμοπερατότητας).



Ανοίγματα

Ειδικοί υαλοπίνακες - ενεργειακά οφέλη low-e

- Σε κλιματικές συνθήκες με απαιτήσεις θέρμανσης, οι επιστρώσεις χαμηλής εκπομπής εφαρμόζονται στην στραμμένη προς το διάκενο επιφάνεια του εσωτερικού υαλοπίνακα χωρίς να εμποδίζουν το φυσικό φωτισμό.
- Σε κλιματικές συνθήκες με απαιτήσεις ψύξης, οι επιστρώσεις τοποθετούνται στην στραμμένη προς το διάκενο επιφάνεια του εξωτερικού υαλοπίνακα, ώστε να μειώνουν τις ποσότητες των θερμικών φορτίων που μεταφέρει η ηλιακή ακτινοβολία προς τους εσωτερικούς χώρους (δηλαδή τα θερμικά ηλιακά κέρδη), επιτρέποντας όμως το μέγιστο φυσικό φωτισμό.

Ανοίγματα

Ειδικοί υαλοπίνακες - ενεργειακά οφέλη low-e

- **Συνδυασμοί** κατάλληλων επιστρώσεων με βελτιωμένους θερμομονωτικούς διπλούς και τριπλούς υαλοπίνακες (με ευγενή, χαμηλής αγωγιμότητας αέρια στα διάκενα) και με υψηλής απόδοσης πλαίσια.

Ανοίγματα

Ειδικοί υαλοπίνακες - ενεργειακά οφέλη low-e

Για τους βέλτιστους συνδυασμούς low-e επιστρώσεων και τιμών του συντελεστή θερμικού κέρδους ηλιακής ακτινοβολίας g σημειώνονται τα ακόλουθα:

- Για κτίρια στα οποία η θέρμανση αποτελεί προτεραιότητα, προτείνονται χαμηλής εκπομπής (low-e) υαλοπίνακες με υψηλές τιμές του συντελεστή θερμικού κέρδους ηλιακής ακτινοβολίας g. Αυτοί οι τύποι των υαλοπινάκων επιλέγονται για κτίρια που ακολουθούν τις αρχές του ηλιακού - παθητικού σχεδιασμού.
- Για κλιματικές συνθήκες που απαιτούν κυρίως ψύξη ιδανικοί θεωρούνται οι χαμηλής εκπομπής (low-e) υαλοπίνακες που προσφέρουν χαμηλές τιμές του συντελεστή θερμικού κέρδους ηλιακής ακτινοβολίας g.

Ανοίγματα

Ειδικοί υαλοπίνακες - ενεργειακά οφέλη low-e

Για τους βέλτιστους συνδυασμούς low-e επιστρώσεων και τιμών του συντελεστή θερμικού κέρδους ηλιακής ακτινοβολίας g σημειώνονται τα ακόλουθα:

- Για κλιματικές συνθήκες που απαιτούν και θέρμανση και ψύξη, η επιλογή low-e υαλοπινάκων συμβάλλει στη μείωση του συνολικού ετήσιου ενεργειακού κόστους, εφόσον συνδυαστούν με την επιλογή των κατάλληλων τιμών συντελεστή θερμικών ηλιακών κερδών (υψηλών, ενδιάμεσων ή χαμηλών τιμών του g).

Ανοίγματα

Ειδικοί υαλοπίνακες - ενεργειακά οφέλη low-e

Για τους βέλτιστους συνδυασμούς low-e επιστρώσεων και τιμών του συντελεστή θερμικού κέρδους ηλιακής ακτινοβολίας g σημειώνονται τα ακόλουθα:

- Η τεχνολογία των επιστρώσεων χαμηλής εκπομπής προσφέρει προϊόντα με ιδιαίτερα χαμηλές τιμές του συντελεστή θερμικών ηλιακών κερδών g , που χαρακτηρίζονται από σημαντική μείωση της διαπερατότητας ορατής ακτινοβολίας ή εμφανίζονται ως ελαφρά χρωματισμένα, γεγονός που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη για την επιλογή τους.

Ανοίγματα

Φύλλα ασφαλείας και σκίασης

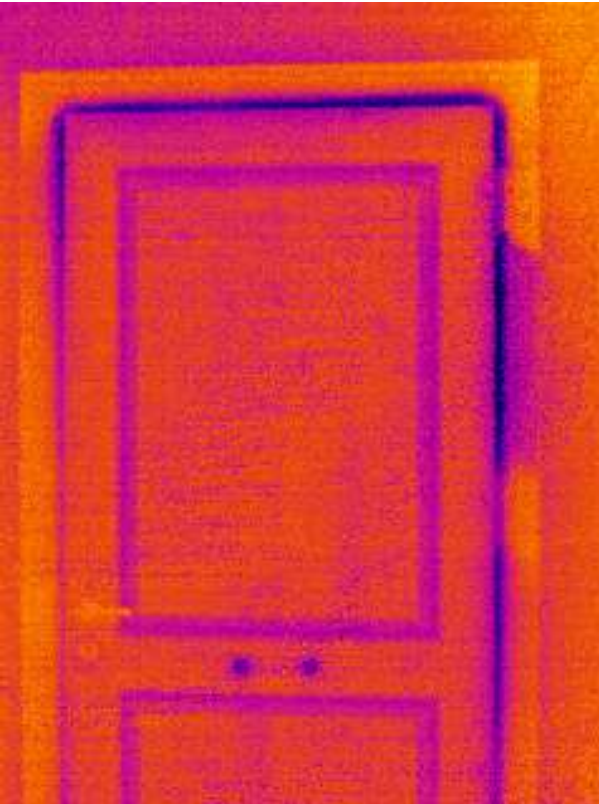
Καλύπτουν τις ανάγκες ασφαλείας, σκίασης, ηλιασμού, φωτισμού, ηχομόνωσης και θερμομόνωσης των εσωτερικών χώρων. Για τη στήριξή τους χρησιμοποιείται η κάσα του εξωτερικού κουφώματος, με κατάλληλη διαμόρφωσή της.

- Στα σύγχρονα κουφώματα το κουτί του ρολού ενσωματώνεται στο πλαίσιο του κουφώματος
- Με δεδομένο ότι το ποσοστό της επιφάνειας που καταλαμβάνει κυμαίνεται μεταξύ 10% και 20% της συνολικής επιφάνειας του κουφώματος, η συμμετοχή του στη θερμομονωτική απόδοση του συνολικού κουφώματος είναι σημαντική και ως εκ τούτου ο συντελεστής θερμοπερατότητάς του θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς.

Ανοίγματα

Ειδικοί τύποι κουφωμάτων:

- **Κουφώματα με διπλά υαλοστάσια.** Αποτελούνται από δύο σειρές παράλληλα τοποθετημένων υαλοστασίων (φύλλων)
- **Κουφώματα με διπλή κάσα** (διπλά ή δίδυμα και κιβωτιοειδή κουφώματα). Πρόκειται για δύο ανεξάρτητα απλά κουφώματα, με ανεξάρτητες κάσες, που τοποθετούνται κατά το βάθος του ανοίγματος με μεταξύ τους απόσταση 10 - 0 cm.
- **Διπλοκέλυφα παράθυρα - γυάλινες διπλοκέλυφες όψεις.**



Ανοίγματα

Θέση κουφώματος

εκτεθειμένα :

- στη βροχή
- σε ανεμοπιέσεις
- σε θερμικές επιδράσεις
- σε κραδασμούς
- σε συστολοδιαστολές και επιβαρύνσεις από τις λειτουργίες των φύλλων

με αποτέλεσμα οι περιοχές στερέωσης και επαφής να δέχονται σημαντικές καταπονήσεις.

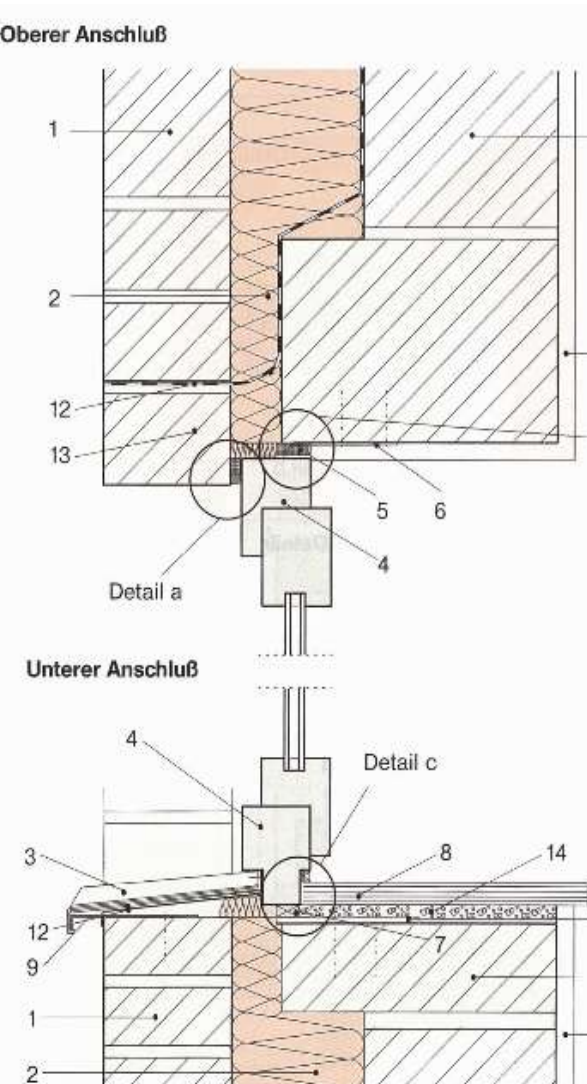
4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός

Ανοίγματα

Θέση κουφώματος

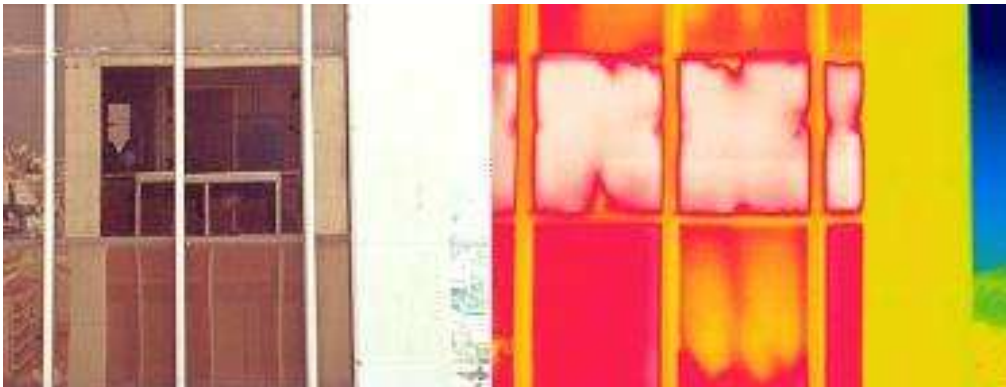
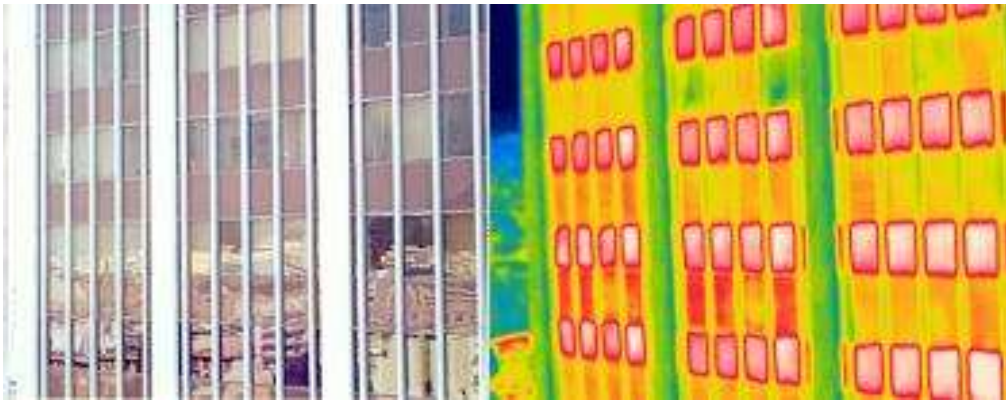
Αντιμετώπιση κινδύνων:

- κατάλληλη κατασκευαστική διαμόρφωση των οικοδομικών ανοιγμάτων
- ένταξη της κάσας στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο με εκείνο της θερμομόνωσης
- με εφαρμογή υλικών που αποκλείουν τις θερμογεφυρες (π.χ. θερμομονωτικές λωρίδες, αφροί)
- με εφαρμογή υλικών πλήρωσης και σφράγισης αρμών που εξασφαλίζουν υδατοστεγανότητα και αεροστεγανότητα
- με εφαρμογή τεχνικών που εξασφαλίζουν τη σταθεροποίηση του κουφώματος και επιτρέπουν τις μικρομετακινήσεις, τη σταθερότητα των διαστάσεων των αρμών και τη σταθερή στο χρόνο πρόσφυση των προστατευτικών υλικών



Ανοίγματα

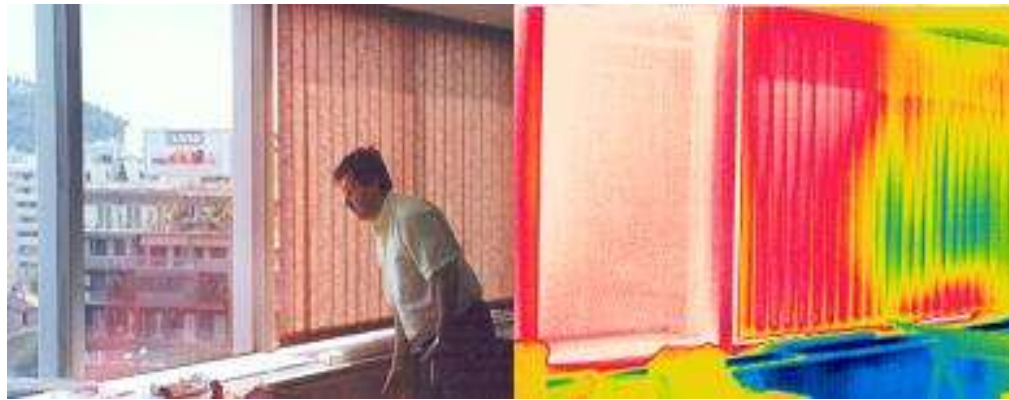
Θερμική άνεση



4 Θερμομόνωση - Θερμογέφυρες - Αερισμός

Ανοίγματα

Θερμική άνεση





συνοψίζοντας

Κέλυφος

Συνολικά η ενεργειακή συμπεριφορά του κελύφους καθορίζεται από τα εξής:

- Αδιαφανή οριζόντια και κατακόρυφα δομικά στοιχεία
- Διαφανή δομικά στοιχεία
- Θερμογέφυρες
- Παθητικά ηλιακά συστήματα

Αδιαφανή δομικά στοιχεία

Ως προς το κέλυφος ενός κτιρίου καταρχάς υπολογίζονται οι συντελεστές θερμοπερατότητας U διαφόρων δομικών στοιχείων:

- δομικού στοιχείου ερχόμενου σε επαφή με κλειστό θερμικό μη προστατευόμενο χώρο (μη θερμαινόμενο χώρο),
- δομικού στοιχείου ερχόμενου σε επαφή με το έδαφος (οριζόντιου και κατακόρυφου),
- οριζόντιας οροφής κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη,
- σύνθετου δομικού στοιχείου,
- δομικού στοιχείου αποτελούμενου από ανομοιογενείς στρώσεις.

Π.Η.Σ. (Παθητικά ηλιακά συστήματα)

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2 όλα τα δομικά στοιχεία των παθητικών ηλιακών συστημάτων -εκτός του άμεσου ηλιακού κέρδους- δεν ελέγχονται ως προς τη θερμομονωτική τους επάρκεια και δεν υποχρεώνονται να πληρούν τα όρια των μέγιστων επιτρεπόμενων τιμών U του κανονισμού.

Ειδικότερα, δεν ελέγχονται :

- ο τοίχος Trombe, ο τοίχος θερμικής μάζας και γενικώς οποιοσδήποτε τοίχος ή άλλο στοιχείο θερμικής συσσώρευσης,
- το διαχωριστικό δομικό στοιχείο μεταξύ του κυρίως χώρου του κτιρίου και του προσαρτημένου θερμοκηπίου.

Διαφανή δομικά στοιχεία

Στα διαφανή δομικά στοιχεία, δηλαδή στα κουφώματα, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος (U_w) μπορεί:

- είτε να υπολογισθεί αναλυτικά
- είτε να θεωρηθεί δεδομένη με αποδοχή της πιστοποιημένης τιμής που διαθέτει ο κατασκευαστής.

Στην περίπτωση που ο μελετητής επιλέξει να χρησιμοποιήσει την τιμή θερμοπερατότητας του κουφώματος που δίνει ο κατασκευαστής του, θα πρέπει στη μελέτη να συνυποβάλει και το σχετικό πιστοποιητικό ελέγχου από διαπιστευμένο εργαστήριο βάσει του προτύπου προδιαγραφών του υλικού για σήμανση CE.

Διαφανή δομικά στοιχεία

Ο αναλυτικός υπολογισμός του συντελεστή U_w ενός κουφώματος όπως ορίζεται στην ενότητα 2.2. της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2 δίνεται από τον τύπο:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_f + A_g} \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

Όπου:

- U_w [$W/(m^2 \cdot K)$] ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος,
- U_f [$W/(m^2 \cdot K)$] ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος,
- U_g [$W/(m^2 \cdot K)$] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (μονού, διπλού ή περισσότερων φύλλων),
- A_f [m^2] το εμβαδό επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος,
- A_g [m^2] το εμβαδό επιφάνειας του υαλοπίνακα του κουφώματος,
- l_g [m] το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (το μήκος συναρμογής πλαισίου - υαλοπίνακα, δηλαδή η περίμετρος του υαλοπίνακα),
- Ψ_g [$W/(m \cdot K)$] ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος.

Θερμογέφυρες

Οι γραμμικές θερμογέφυρες έχουν σημαντικά μεγαλύτερη επίδραση στη θερμική συμπεριφορά του κελύφους και γι' αυτό λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό κατά τη μαθηματική σχέση:

$$\Psi \cdot l \text{ [W/K]}$$

Όπου:

- Ψ [W/(m·K)] ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας και
- l [m] το συνολικό μήκος της θερμογέφυρας, που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου.

Συμπερασματικά

Κατά την επιλογή των κουφωμάτων πρέπει να προσεχθούν τα εξής:

- Η επιλογή των κουφωμάτων, ως προς τον τρόπο λειτουργίας (ανοιγόμενα, συρόμενα) και το υλικό (αλουμίνιο, συνθετικά υλικά, ξύλο), σχετίζεται με κριτήρια αρχιτεκτονικής, λειτουργικότητας και κόστους.
- Η ύπαρξη πιστοποίησης των θερμομονωτικών και ηχομονωτικών ιδιοτήτων τους είναι αναγκαία.
- Για τη μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας προτείνεται η εγκατάσταση ανοιγόμενων πλαισίων με θερμοδιακοπή και διπλούς υαλοπίνακες.

Συμπερασματικά

Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας

Για να πληρούνται οι προϋποθέσεις του Κ.Εν.Α.Κ. καταρχήν γίνεται έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας των επιμέρους δομικών στοιχείων :

$$U_{\text{εξεταζ.}} \leq U_{\text{max}} [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

Στη συνέχεια ελέγχεται η θερμική επάρκεια του συνόλου του κτηρίου:

$$U_m \leq U_{m, \text{max}} [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

Συμπερασματικά

Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας

Η αντίσταση που προβάλλει ένα μονοστρωματικό δομικό στοιχείο στη ροή θερμότητας είναι ίση με:

$$R = d/\lambda \text{ [m}^2\cdot\text{K/W]}$$

Το σύνολο των θερμικών αντιστάσεων όλων των στρώσεων ενός πολυστρωματικού δομικού στοιχείου, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζει την αντίσταση θερμοδιαφυγής (R_{ss}) και προκύπτει από το άθροισμα των επί μέρους αντιστάσεων της κάθε στρώσης κατά τη γενικευμένη σχέση:

$$R_{\Lambda} = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} = \sum_j R_j \quad \text{[m}^2\cdot\text{K/W]}$$

Συμπερασματικά

Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας

Η συνολική θερμική αντίσταση που προβάλλει ένα πολυστρωματικό δομικό στοιχείο, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζεται από το άθροισμα των αντιστάσεων των επί μέρους στρώσεων και των αντιστάσεων του στρώματος αέρα εκατέρωθεν των όψεών του κατά την εξίσωση:

$$R_{o\lambda} = R_i + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_a \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]}$$

Οι θερμικές απώλειες μέσω ενός δομικού στοιχείου ορίζονται από το συντελεστή θερμοπερατότητας (U). Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου ορίζεται από τη σχέση:

$$U = 1 / R_{o\lambda} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Συμπερασματικά

Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας
ή σύμφωνα στη γενική της έκφραση είναι:

$$\frac{1}{U} = R_i + \sum_{j=1}^n R_j + R_a \quad [m^2 \cdot K/W]$$

όπου:

- $U [W/(m^2 \cdot K)]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου,
- $n [-]$ το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,
- $R_i [m^2 \cdot K/W]$ η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,
- $R_a [m^2 \cdot K/W]$ η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον



ογκοπλασία

Ογκοπλασία κτιρίου

Για την εύρεση του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου (U_m) και τον έλεγχο της θερμικής του επάρκειας είναι απαραίτητος ο υπολογισμός ορισμένων γεωμετρικών μεγεθών του κτηρίου και συγκεκριμένα:

- Ο υπολογισμός των εμβαδών όλων των επί μέρους δομικών στοιχείων.
- Ο υπολογισμός των μηκών των γραμμικών θερμογεφυρών.
- Ο όγκος του κτιρίου.

Ογκοπλασία κτιρίου

Από τη μαθηματική σχέση F/V , που ορίζει το λόγο του εμβαδού των επιφανειών όλου του εξωτερικού κελύφους του κτιρίου (F) προς τον όγκο που αυτό περικλείει (V), προκύπτει ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας $U_{m,max}$, από την τιμή του οποίου ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας U_m του κτηρίου δεν επιτρέπεται να είναι μεγαλύτερος.

Το εμβαδό F αποτελεί το σύνολο των εξωτερικών επιφανειών του κελύφους στο σύνολό τους και με τις εξωτερικές τους διαστάσεις, παρακολουθώντας απόλυτα τη γεωμετρία του κτιρίου.

Αντίστοιχα, ο όγκος V είναι ο όγκος του κτιρίου που περικλείεται από όλες αυτές τις επιφάνειες.

.

Ογκοπλασία κτιρίου

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου (U_m) προκύπτει από το συνυπολογισμό των συντελεστών όλων των επί μέρους δομικών στοιχείων του περιβλήματος του θερμαινόμενου χώρου του κτιρίου κατά την ποσοστιαία αναλογία των αντίστοιχων εμβαδών τους.

Στον υπολογισμό του U_m θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι γραμμικές θερμογέφυρες που αναπτύσσονται στα δομικά στοιχεία, ιδίως στα όρια της περιμέτρου των δομικών στοιχείων.

Στη γενική του έκφραση ο υπολογισμός του U_m προκύπτει από τον τύπο:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b + \sum_{i=1}^v l_i \cdot \Psi_i \cdot b}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

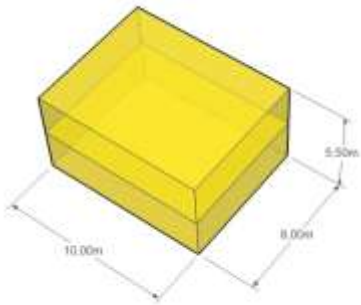
Ογκοπλασία κτιρίου

Ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου U_m συγκρίνεται με αυτό που ορίζεται ως μέγιστο επιτρεπόμενο $U_{m,max}$ από το λόγο F/V για κάθε κλιματική ζώνη.

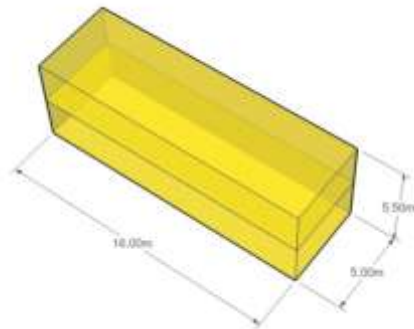
Πρέπει πάντα να ισχύει:

$$U_m \leq U_{m,max}$$

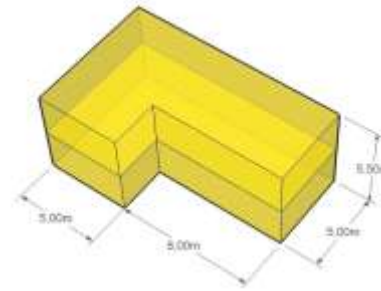
Ογκοπλασία κτιρίου



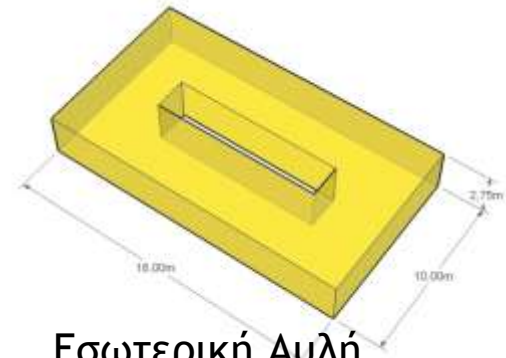
Συμπαγής
μορφή
10 x 8 x 5,50



Επιμήκης μορφή
16 x 5 x 5,50

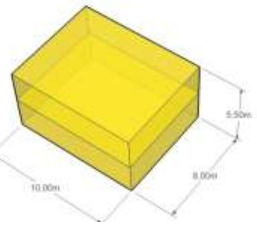


Μορφή L
13 x 5 x 5,50



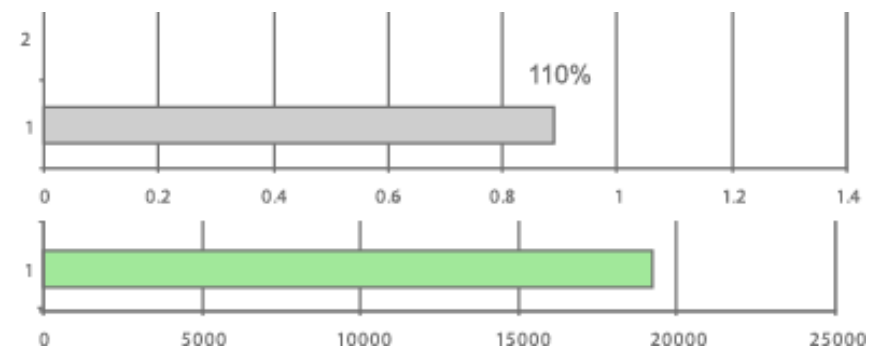
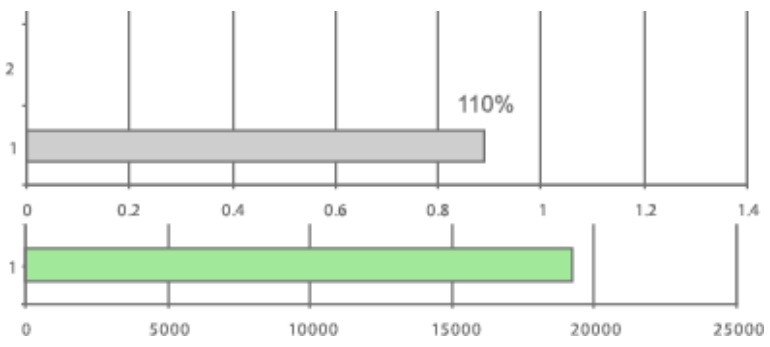
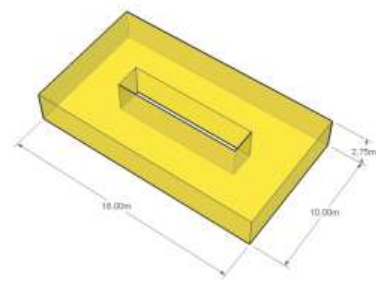
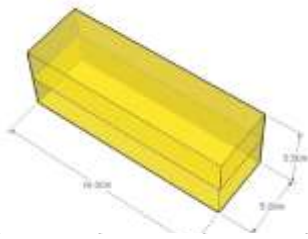
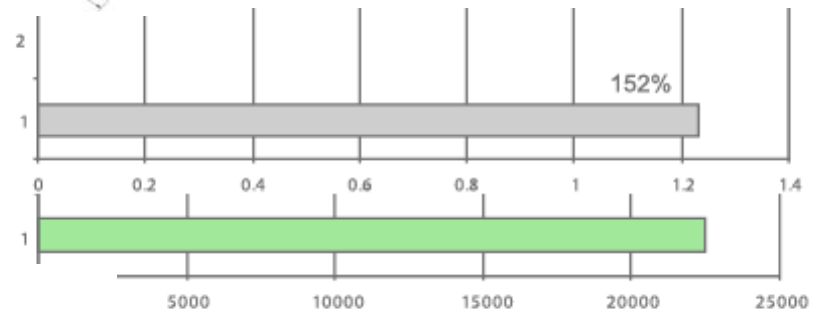
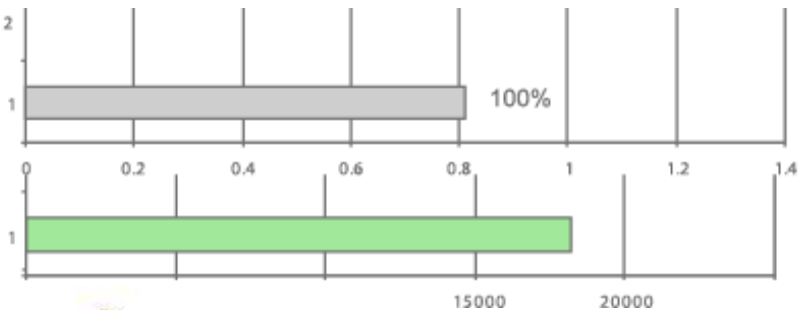
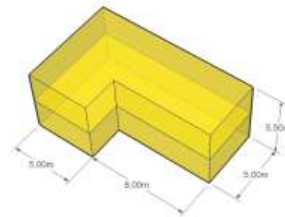
Εσωτερική Αυλή
18 x 10 x 2,75

5 Ογκοπλασία κτιρίου

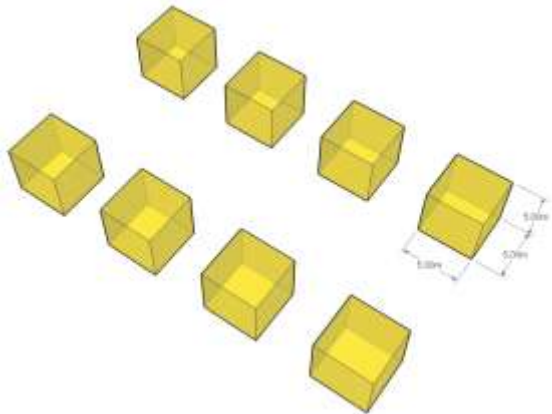


A/V ratio

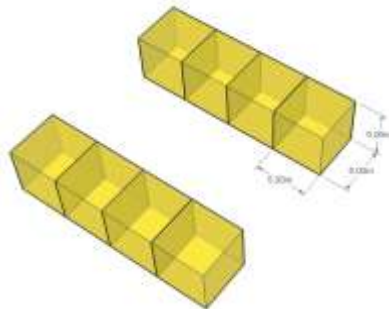
Κατανάλωση ενέργειας



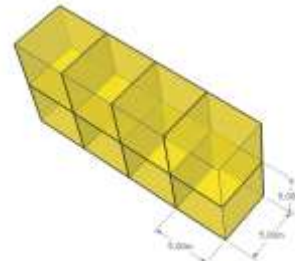
5 Ογκοπλασία κτιρίου



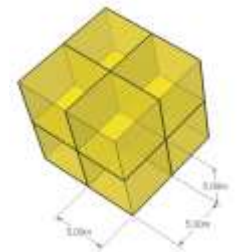
48 επιφάνειες



36 επιφάνειες

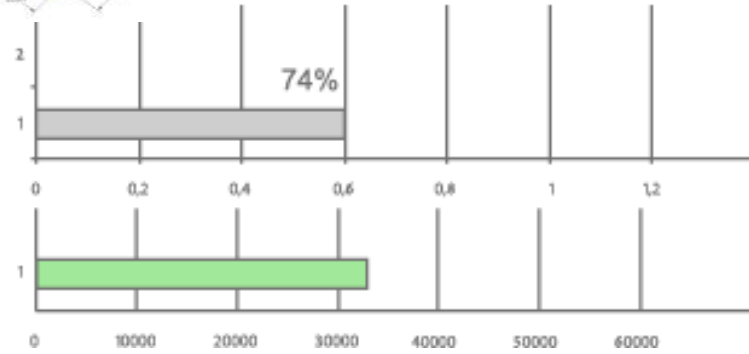
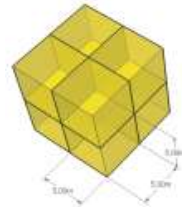
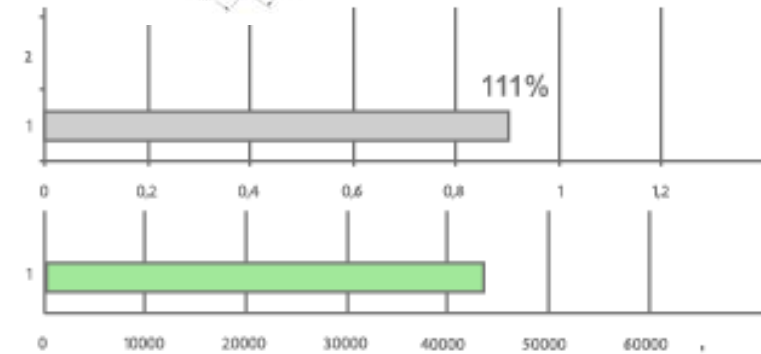
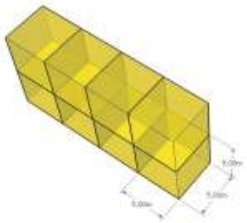
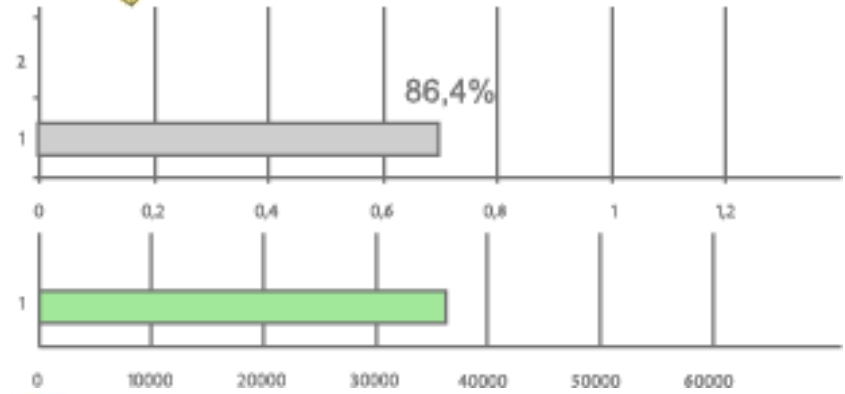
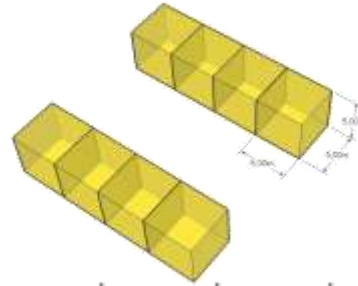
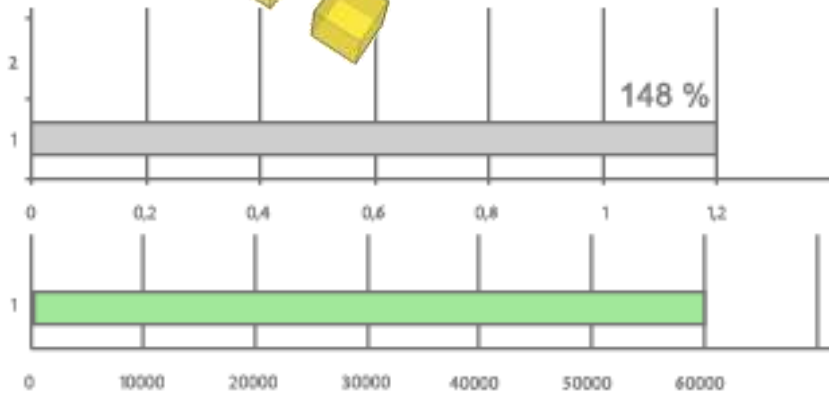
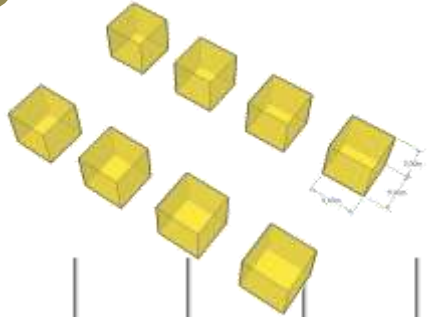


28 επιφάνειες



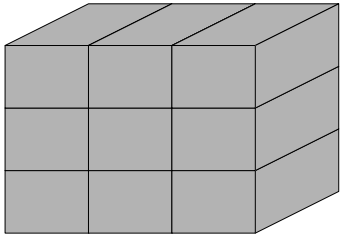
24 επιφάνειες

5 Ογκοπλασία κτιρίου

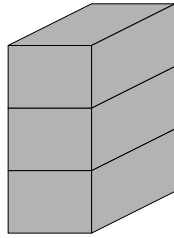


5 Ογκοπλασία κτιρίου

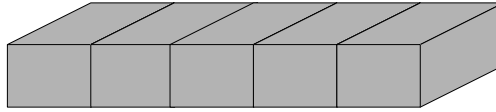
1. $F/V = 0.472$
 $F = 1276 \text{ m}$



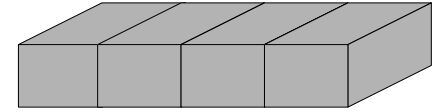
2. $F/V = 0.627$
 $F = 594 \text{ m}$



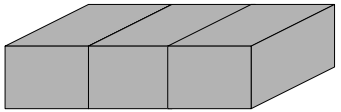
3. $F/V = 0.870$
 $F = 1409.4 \text{ m}$



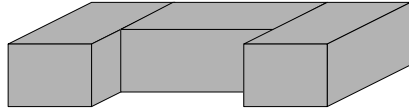
4. $F/V = 0.882$
 $F = 1143.07 \text{ m}$



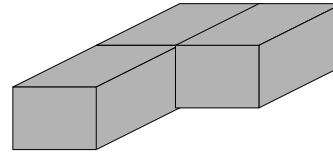
5. $F/V = 0.902$
 $F = 876.74 \text{ m}$



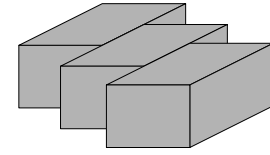
6. $F/V = 0.946$
 $F = 919.51 \text{ m}$



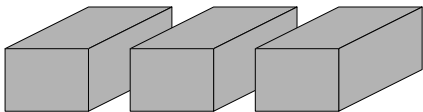
7. $F/V = 0.944$
 $F = 917.56 \text{ m}$



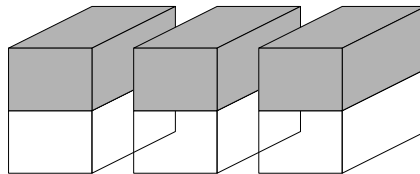
8. $F/V = 0.985$
 $F = 957.42 \text{ m}$



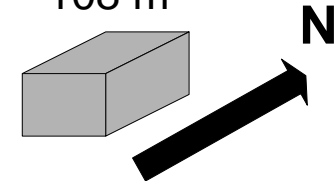
9. $F/V = 1.067$
 $F = 1037.12 \text{ m}$



10. $F/V = 1.067$
 $F = 1037.12 \text{ m}$

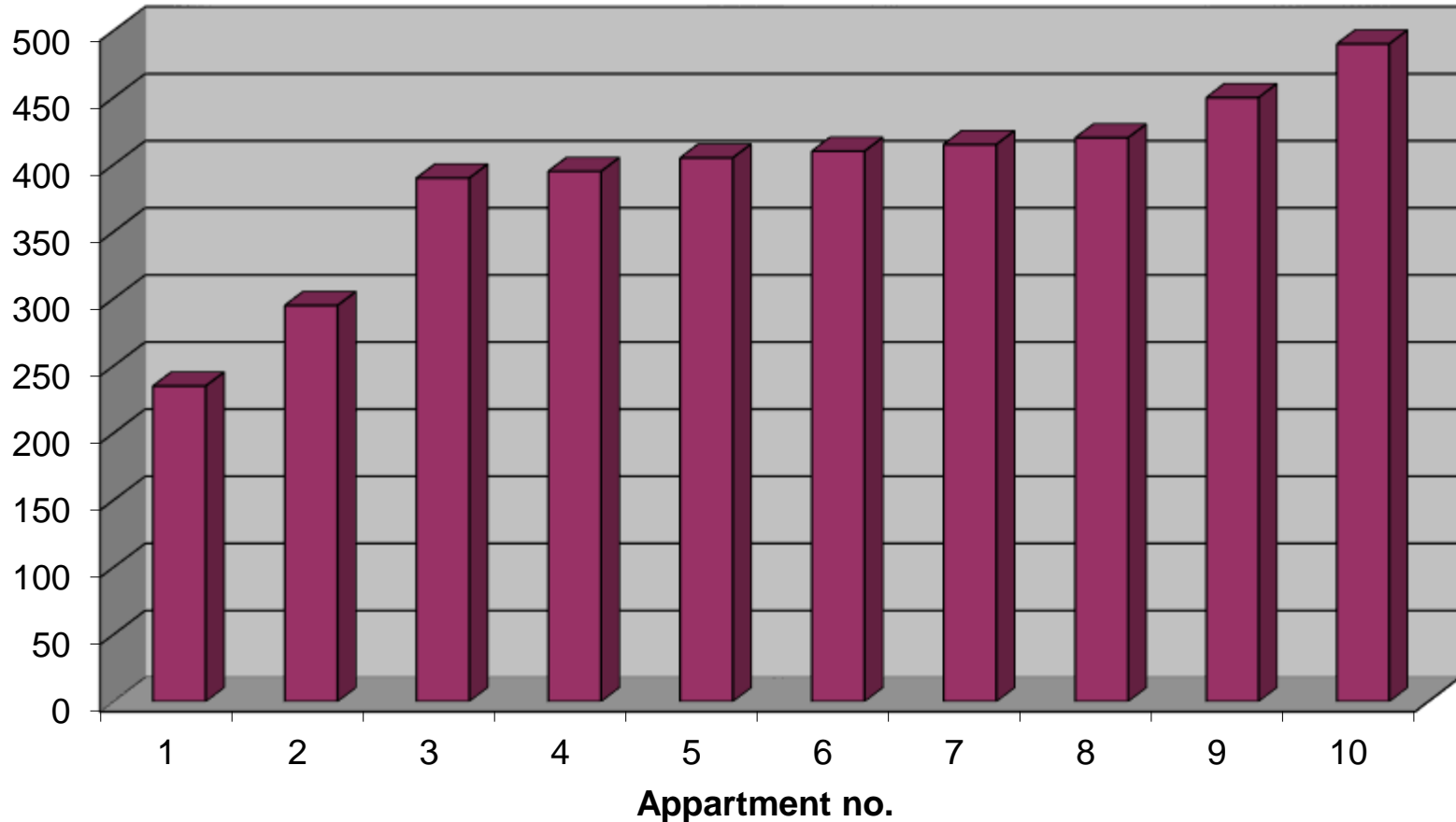


Apartment
 108 m^2



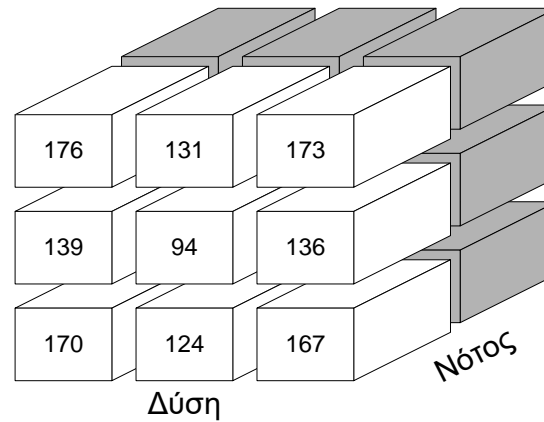
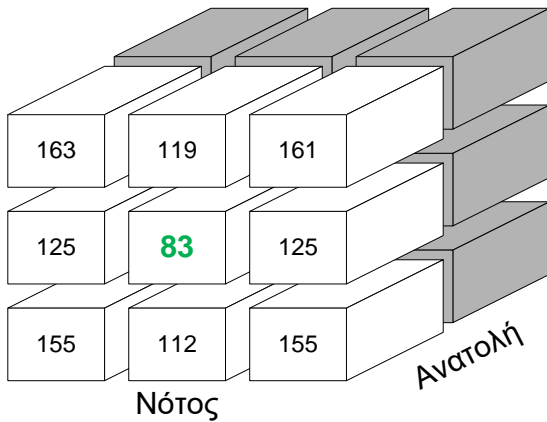
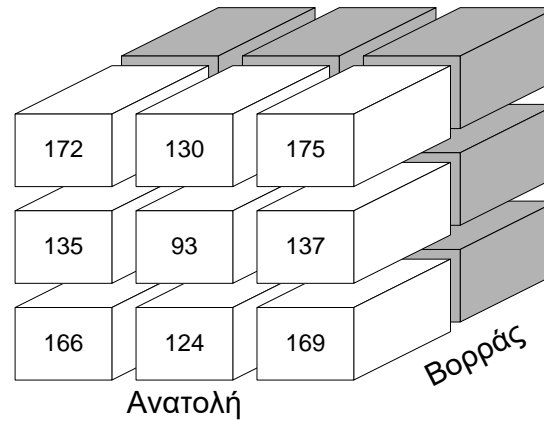
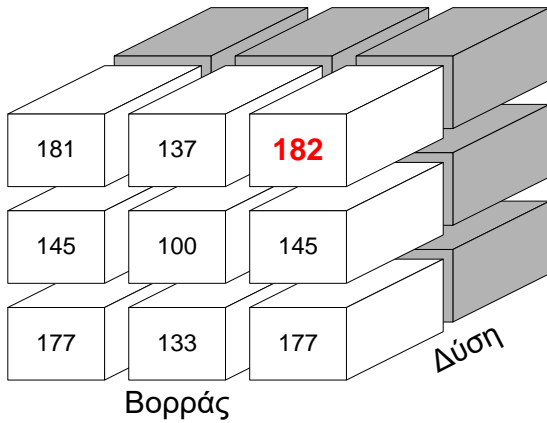
Ο λόγος F/V


Energy consumption for heating in kWh/sm



5 Ογκοπλασία κτιρίου

Ο λόγος F/V



A photograph of a modern, two-story building with a dark facade and large glass windows. The interior lights are on, and the sky is a deep blue. The building is situated near a body of water, which is visible in the reflection of the lower glass section.

**Ευχαριστώ
για την
προσοχή σας**

Lake House - Low energy building
Maximilian Eisenköck

Αειφορικός σχεδιασμός - Α' εξάμηνο - 2015-2016