

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



Πτυχιακή εργασία

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΝΕΟΔΜΗΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ
ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Μυροφόρα Χριστοδούλου

Λεμεσός 2016

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Πτυχιακή εργασία

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΝΕΟΔΜΗΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ
ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Μυροφόρα Χριστοδούλου

Σύμβουλος καθηγητής
Δρ. Διόφαντος Γλ. Χατζημιτσής

Λεμεσός 2016

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Μυροφόρα Χριστοδούλου, 2016

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Δρ. Κυριάκο Νεοκλέους Ερευνητικό Συνεργάτη του Τμήματος για την βοήθεια του κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας. Επίσης ευχαριστώ θερμά τον Καθηγητή και Πρόεδρο του Τμήματος Διόφαντο Γλ. Χατζημιτσή, για την εμπιστοσύνη που μου έχει δείξει με την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος. Επιπλέον οφείλω να ευχαριστήσω τον κύριο Δημήτρη Μονογιό από την εταιρεία MODECSOFT για την δωρεάν παροχή του λογισμικού eco-engine.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κτιριακός τομέας ευθύνεται για το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Λαμβάνοντας υπόψη τη διαρκή ανάπτυξη του τομέα αυτού αναμένεται αύξηση της απαίτησης σε ενέργεια για τα κτίρια στα επόμενα χρόνια. Η Οδηγία 2010/31 της Ευρωπαϊκής Ένωσης εκδόθηκε με σκοπό την μείωση της απαίτησης των κτιρίων σε ενέργεια. Η θερμομόνωση συνεισφέρει στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, περιορίζοντας τις ανάγκες ενός κτιρίου σε θέρμανση και ψύξη.

Η παρούσα εργασία ασχολείται με την επίδραση της θερμομόνωσης στη ενεργειακή απόδοση των κτιρίων στην Κύπρο και την αποδοτικότητα διαφορετικών σεναρίων θερμομόνωσης σε ένα κτίριο.

Στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφονται κάποια βασικά στοιχεία της θεωρίας της μεταφοράς θερμότητας και οι τρόποι μετάδοσης της. Στο δεύτερο κεφάλαιο αφού διευκρινιστούν οι αιτίες που προκαλούν τις θερμικές απώλειες σε ένα κτίριο περιγράφονται οι πιο διαδεδομένοι τρόποι θερμομόνωσης κτιρίου. Το τρίτο κεφάλαιο ασχολείται με τα κυριότερα θερμομονωτικά υλικά και τις ιδιότητες τους όπως επίσης και με υλικά νέας τεχνολογίας. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση. Παρουσιάζονται ορισμένα προγράμματα που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Επίσης παρουσιάζονται ορισμένα πρότυπα κτιρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης και τέλος παρουσιάζεται το διάταγμα περί ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων του 2015. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τρόποι υπολογισμού. Αναφέρθηκαν μόνο όσα στοιχεία ήταν απαραίτητα για τους σκοπούς της συγκεκριμένης εργασίας. Επίσης δίνονται κάποια βασικά σημεία που αφορούν την ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων. Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το πρόγραμμα eco- engine το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας και περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Με την βοήθεια του προγράμματος εξετάστηκαν διαφορετικά σενάρια θερμομόνωσης ως προς την απόδοσή τους. Στη συνέχεια γίνεται κοστολόγηση των αποδοτικότερων σεναρίων.

Λέξεις κλειδιά: Θερμομόνωση, Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίου

ABSTRACT

The building sector is responsible for 40 % of the total energy consumption in the European Union. Taking into consideration the continual development of the building sector, the needs for energy will increase in the near future. The purpose of the European Direct 2010/31 is to reduce the energy demand of buildings. Thermal insulation contributes to the decrease of the energy demand of buildings, reducing the demand of heating and cooling.

This graduation project deals with the impact of thermal insulation to the energy efficiency of buildings in Cyprus. The first chapter is mainly about the essentials of heat transfer theory and the mechanisms of heat transfer are described. In the second chapter the causes of thermal losses and the prevalent ways of thermal insulation are presented. The third chapter is about the major thermal insulation materials and their properties as well as the state-of-the-art materials. In the fourth chapter a bibliographic investigation is carried out. A number of specific software programs which are used for the estimation of energy of the buildings are presented. There is also a summary of some standards that exist for low energy consumption buildings. Furthermore, the regulating decree of thermal efficiency of buildings is represented. In the fifth chapter I indicate how to figure out the heat transfer coefficient, the effective heat capacity and the shading factor of windows. After that I show how the buildings are categorized according to their energy efficiency. In the sixth chapter I represent the eco- engine product which I used for the purposes of this project and the process of extracting the results. The program was used to investigate different hypothetical scenarios of thermal insulation according to their efficiency. Finally the cost estimation of the most efficient scenarios is performed.

Keywords: thermal insulation, energy efficiency of buildings

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Contents

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	5
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	6
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	11
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
Ο διαρκώς αναπτυσσόμενος κτιριακός τομέας προκαλεί την κατανάλωση του 40% της συνολικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση και η ζήτηση αυτή αναμένεται να αυξηθεί στο μέλλον. Προς το παρόν οι ουσιώδεις πηγές ενέργειας είναι το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και τα στερεά καύσιμα οι οποίες δεν είναι ανανεώσιμες και επιπρόσθετα αποτελούν τις κύριες πηγές εκπομπής του διοξειδίου του άνθρακα. Συνεπώς η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στον κτιριακό τομέα αποτελούν σημαντικά μέτρα που απαιτούνται για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Σε αυτό το πλαίσιο εκδόθηκε και η οδηγία 2010/31 της Ευρωπαϊκής Ένωσης.....	12
Ένα μέτρο που συνεισφέρει στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων είναι και η θερμομόνωση η οποία αποτελεί προϋπόθεση των διάφορων κανονισμών που έχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις συντελεστών θερμοπερατότητας και αποτελεσματικής θερμοχωρητικότητας για τα δομικά μέλη του κτιρίου	12
1 Μετάδοση θερμότητας	13
1.1 Θερμότητα και θερμικές επιστήμες.....	13
1.2 Μηχανισμοί μεταφοράς θερμότητας	13
1.2.1 Μεταφορά θερμότητας με αγωγή.....	13
1.2.2 Μεταφορά ενέργειας με συναγωγή.....	14
1.2.3 Μετάδοση θερμότητας με Ακτινοβολία	15

1.3	Ιδιότητες θερμικής ακτινοβολίας	16
1.3.1	Η ακτινοβολία στα διαφανή και αδιαφανή υλικά	16
1.3.2	Η έννοια του μέλανος σώματος.....	16
1.3.3	Ικανότητα εκπομπής.....	16
1.3.4	Απορροφητικότητα, Αντανακλαστικότητα και Περρατότητα	17
1.4	Ηλιακή Θερμική Ακτινοβολία.....	17
2	Θερμομόνωση.....	17
2.1	Το κλίμα της Κύπρου	17
2.2	Συνθήκες θερμικής άνεσης.....	18
2.3	Θερμικές απώλειες	18
2.3.1	Μεταφορά θερμότητας σε κτίρια	18
2.3.2	Παράγοντες που επηρεάζουν το μέγεθος των θερμικών απωλειών.....	19
2.3.3	Στοιχεία του κτιρίου ευαίσθητα στην θερμοδιαφυγή	20
2.4	Ο ρόλος της θερμομόνωσης	23
3	Θερμομόνωση Κτιρίου.....	25
3.1	Τρόποι θερμομόνωσης κτιρίου.....	25
3.1.1	Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας, υποστυλωμάτων και δοκών.....	25
3.1.2	Θερμομόνωση κουφωμάτων και ρόλος τους στην ενεργειακή απόδοση του κτιρίου	29
3.1.3	Θερμομόνωση επίπεδης ή κεκλιμένης οροφής από οπλισμένο σκυρόδεμα	30
3.2	Θερμομονωτικά υλικά	34
3.2.1	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας θερμομονωτικών υλικών.....	34
3.2.2	Κριτήρια επιλογής θερμομονωτικών υλικών	35
3.2.3	Κατηγοριοποίηση Θερμομονωτικών υλικών	37
	(Καρέκος 2001).....	38
3.2.4	Τα κυριότερα θερμομονωτικά υλικά	38

3.2.5	Υλικά νέας Τεχνολογίας.....	52
4	Βιβλιογραφική ανασκόπηση	56
4.1	Υπολογιστικά εργαλεία	56
4.1.1	SBEM (Simplified Building Energy Model).....	56
4.1.2	TEE-K.EN.A.K.	56
4.2	Πρότυπα Κτιρίων με υψηλή ενεργειακή απόδοση.....	57
4.2.1	Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας	57
4.2.2	Παθητικά Κτίρια.....	57
4.3	Κυπριακός Κανονισμός για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων	59
5	Υπολογισμοί.....	61
5.1	Συντελεστής θερμοπερατότητας (U).....	61
5.1.1	Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας U αδιάφανων δομικών στοιχείων σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.....	62
5.1.2	Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστών θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων σε επαφή με το έδαφος.....	63
5.1.3	Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων με τον σύντομο τρόπο	64
5.1.4	Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας τοίχων και στοιχείων της φέρουσας κατασκευής (κολώνες, δοκοί, τοιχώματα) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου.....	65
5.2	Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα	65
	Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα ζώνης κτιρίου	66
5.3	Υπολογισμός παράγοντα διορθώσεων σκίασης F_{sh} :.....	67
5.4	Ενεργειακή κατάταξη κτιρίων	67
6	Υπολογισμός ενεργειακής απόδοσης κτιρίου με το πρόγραμμα eco-engine	68
6.1	Πρόγραμμα eco-engine	68

6.2	Διαδικασία υπολογισμού Ενεργειακής απόδοσης με τη χρήση του προγράμματος eco-engine	69
6.3	Εισαγωγή μοντέλου κτιρίου	69
6.3.1	Πληροφορίες έργου	69
6.3.2	Εισαγωγή γεωμετρικών στοιχείων κτιρίου	71
6.3.3	Υπολογισμός παράγοντα σκίασης	74
6.3.4	Εισαγωγή υλικών κατασκευής των δομικών στοιχείων του κτιρίου και υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας και αποτελεσματικής θερμοχωρητικότητας. 74	
6.3.5	Αποτελέσματα	76
6.3.6	Σχολιασμός αποτελεσμάτων.....	77
6.3.7	Βελτίωση σεναρίων	77
6.3.8	Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκών στην οροφή.....	80
	BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	81
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	83
	A. Τεχνικά χαρακτηριστικά θερμομονωτικών υλικών.....	83
	B. Τιμές Αναφοράς επιφανειακών αντιστάσεων δομικών στοιχείων.....	88
	Γ. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας υαλοπίνακα	90
	Δ. Μερικοί Παράγοντες Διορθώσεων σκίασης	93
	Ε. Χαρακτηριστικά κτιρίου αναφοράς	94
	Συντελεστές θερμοπερατότητας και αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα δομικών στοιχείων:	95

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Απαιτήσεις Κυπριακού Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων	61
Πίνακας 2: Θερμική αγωγιμότητα και ειδική θερμότητα ανά όγκο εδαφικού υλικού.....	63
Πίνακας 3: Πίνακας μέγιστου πάχους για τον υπολογισμό της αποτελεσματικής θερμοχωρητικότητας.....	66
Πίνακας 4: Σενάρια που χρησιμοποιήθηκαν	75
Πίνακας 5: Ενεργειακή απόδοση διαφορετικών σεναρίων	76
Πίνακας 6: Ενεργειακή απόδοση βελτιωμένων σεναρίων	78
Πίνακας 7: Επιλεγόμενα Σενάρια.....	79
Πίνακας 8: Τιμές θερμομονωτικών υλικών.....	79
Πίνακας 9: Εμβαδόν εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας κελύφους κτιρίου	79
Πίνακας 10: Κόστος σεναρίων.....	80
Πίνακας 11: Τεχνικά Χαρακτηριστικά υαλοβάμβακα	83
Πίνακας 12: Τεχνικά Χαρακτηριστικά πετροβάμβακα	84
Πίνακας 13: Τεχνικά χαρακτηριστικά διογκωμένης πολυστερίνης	85
Πίνακας 14: Τεχνικά Χαρακτηριστικά εξηλασμένης πολυστερίνης.....	86
Πίνακας 15: Τεχνικά χαρακτηριστικά πολυουρεθάνης.....	87
Πίνακας 16: Τιμές αναφοράς επιφανειακών αντιστάσεων δομικών στοιχείων	88
Πίνακας 17: Συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοστασίων	90
Πίνακας 18: Ολικός συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοπινακα	91
Πίνακας 19: Μερικός παράγοντας σκίασης για πρόβολο	93
Πίνακας 20: Μερικός παράγοντας σκίασης για περύγιο	93
Πίνακας 21: Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου αναφοράς	94
Πίνακας 22: Ωφέλιμη θερμοχωρητικότητα κτιρίου αναφοράς	94

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Εξωτερικές επιδράσεις σε τοίχωμα.....	20
Διάγραμμα 2: Θερμογέφυρα θεμελίου.....	23
Διάγραμμα 3: Εσωτερική μόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας.....	26
Διάγραμμα 4: Εξωτερική Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας.....	27
Διάγραμμα 5: Θερμομόνωση οροφής κάτω από την πλάκα.....	31
Διάγραμμα 6: Θερμομόνωση δαπέδου εκτεθειμένου στο εξωτερικό περιβάλλον τοποθετημένη στην άνω πλευρά της πλάκας.....	33
Διάγραμμα 7: Θερμομόνωση δαπέδου εκτεθειμένου στο εξωτερικό περιβάλλον τοποθετημένη στην κάτω πλευρά της πλάκας.....	34
Διάγραμμα 8: Ευρωπαϊκή αγορά των θερμομονωτικών υλικών για το 2014.....	38
Διάγραμμα 9: Αεροπήκτωμα.....	53
Διάγραμμα 10: Πάνελ αερίου.....	54
Διάγραμμα 11: Συντελεστής Θερμοπερατότητας Κελύφους.....	62
Διάγραμμα 12: Γενικές Πληροφορίες έργου.....	70
Διάγραμμα 13: Κλιματικά δεδομένα.....	70
Διάγραμμα 14: Ορισμός εξωτερικού κελύφους του κτιρίου.....	71
Διάγραμμα 15: Διαχωρισμός κτιρίου σε ζώνες.....	72
Διάγραμμα 16 Τοποθέτηση σκιάστρων.....	73
Διάγραμμα 17: Συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος (για ξύλινα κουφώματα).....	92

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο διαρκώς αναπτυσσόμενος κτιριακός τομέας προκαλεί την κατανάλωση του 40% της συνολικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση και η ζήτηση αυτή αναμένεται να αυξηθεί στο μέλλον. Προς το παρόν οι ουσιώδεις πηγές ενέργειας είναι το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και τα στερεά καύσιμα οι οποίες δεν είναι ανανεώσιμες και επιπρόσθετα αποτελούν τις κύριες πηγές εκπομπής του διοξειδίου του άνθρακα. Συνεπώς η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στον κτιριακό τομέα αποτελούν σημαντικά μέτρα που απαιτούνται για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Σε αυτό το πλαίσιο εκδόθηκε και η οδηγία 2010/31 της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ένα μέτρο που συνεισφέρει στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων είναι και η θερμομόνωση η οποία αποτελεί προϋπόθεση των διάφορων κανονισμών που έχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις συντελεστών θερμοπερατότητας και αποτελεσματικής θερμοχωρητικότητας για τα δομικά μέλη του κτιρίου.

Η παρούσα εργασία ασχολείται με την επίδραση της θερμομόνωσης στη ενεργειακή απόδοση των κτιρίων στην Κύπρο και την αποδοτικότητα διαφορετικών σεναρίων θερμομόνωσης σε ένα κτίριο. Αρχικά μελετάται η θεωρία της θερμότητας ώστε να κατανοηθούν οι διάφοροι τρόποι με τους οποίους μεταδίδεται η θερμότητα στο κτιριακό κέλυφος. Ακολούθως εξετάζονται τα κυριότερα θερμομονωτικά υλικά και οι διάφοροι τρόποι με τους οποίους θερμομονώνονται τα κτίρια. Ακολούθως μελετάται το «περί ρύθμισης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων» διάταγμα του 2015 στο οποίο αναφέρονται οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Στην συνέχεια με τη βοήθεια του προγράμματος eco-engine αξιολογούνται διάφορα σενάρια θερμομόνωσης για ένα κτίριο. Τέλος, γίνεται κοστολόγηση των αποδοτικότερων σεναρίων.

1 Μετάδοση θερμότητας

1.1 Θερμότητα και θερμικές επιστήμες

Η θερμότητα είναι μια μορφή ενέργειας που μπορεί να μεταφερθεί από ένα σύστημα σε ένα άλλο, λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας. Η επιστήμη που ασχολείται με την ποσότητα της μεταφερόμενης θερμότητας όταν ένα σύστημα περνάει από μια κατάσταση ισορροπίας σε μια άλλη ονομάζεται θερμοδυναμική. Ο πρώτος νόμος της θερμοδυναμικής, γνωστός και ως αρχή της ενέργειας, δηλώνει ότι η ενέργεια δεν μπορεί να δημιουργηθεί ούτε να καταστραφεί αλλά μπορεί μόνο να αλλάζει μορφή. Επομένως, η καθαρή μεταβολή (αύξηση ή μείωση) της ολικής ενέργειας ενός συστήματος κατά τη διάρκεια μιας διεργασίας ισούται με τη διαφορά μεταξύ της ολικής ενέργειας που εισέρχεται και της ολικής ενέργειας που εξέρχεται από το σύστημα κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης διεργασίας. Σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής, η θερμότητα μεταφέρεται από το μέσο με την υψηλότερη θερμοκρασία προς το μέσο με τη χαμηλότερη και ποτέ το αντίθετο. Έτσι η μεταφορά θερμότητας παύει όταν τα δύο μέσα αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία. (Cengel 2005; Serway 1990)

Στην μηχανική συχνά μας ενδιαφέρει και ο ρυθμός μεταφοράς της θερμότητας. Ωστόσο η θερμοδυναμική καταπιάνεται μόνο με την ποσότητα της μεταφερόμενης θερμότητας, χωρίς να δηλώνει το χρόνο που απαιτείται για αυτή τη διεργασία. Η επιστήμη που ασχολείται με τον καθορισμό του ρυθμού μεταφοράς αυτής της ενέργειας ονομάζεται μεταφορά θερμότητας. (Cengel 2005)

1.2 Μηχανισμοί μεταφοράς θερμότητας

Η θερμότητα μπορεί να μεταφερθεί με τρεις τρόπους: αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία. Στην πραγματικότητα οι επιμέρους τρόποι μεταφοράς της θερμότητας συνυπάρχουν, συνδυάζονται και αλληλεπιδρούν.

1.2.1 Μεταφορά θερμότητας με αγωγή

Είναι η μεταφορά ενέργειας από τα πιο ενεργά σωματίδια μιας ουσίας προς τα γειτονικά λιγότερο ενεργά σωματίδια λόγω των αλληλεπιδράσεων μεταξύ τους. Η αγωγή πραγματοποιείται στα στερεά, στα υγρά και στα αέρια. Στα αέρια και στα υγρά, η αγωγή οφείλεται στις συγκρούσεις και στη διάχυση μεταξύ των μορίων κατά την τυχαία κίνηση

τους. Στα στερεά, οφείλεται στο συνδυασμό των ταλαντώσεων των μορίων σε μια δομή πλέγματος και στη μεταφορά ενέργειας από τα ελεύθερα ηλεκτρόνια. Για παράδειγμα, αν αφήσουμε ένα παγωμένο κουτί αναψυκτικό σε ένα θερμό δωμάτιο, θα ζεσταθεί λόγω της μεταφοράς θερμότητας από το δωμάτιο στο αναψυκτικό, διαμέσου του μεταλλικού κουτιού. (Cengel 2005; “The physics of foil: How Radiant Barrier Works: Heat Gain/ Loss in Buildings” 2014; Καρέκος 2001)

Ο ρυθμός αγωγής θερμότητας μέσα από ένα μέσο εξαρτάται από τη γεωμετρία του μέσου, το πάχος του, το υλικό του και από την διαφορά θερμοκρασίας στις δύο πλευρές του μέσου. Επίσης εξαρτάται από την πυκνότητα του. (Cengel 2005; “The physics of foil: How Radiant Barrier Works: Heat Gain/ Loss in Buildings” 2014; Καρέκος 2001)

1.2.2 Μεταφορά ενέργειας με συναγωγή

Είναι ο τρόπος μεταφοράς της ενέργειας μεταξύ μιας στερεάς επιφάνειας και του γειτονικού υγρού ή αερίου που βρίσκεται σε κίνηση, και περιλαμβάνει τη συνδυασμένη επίδραση της αγωγής και της κίνησης του ρευστού. Ουσιαστικά πρόκειται για αγωγή θερμότητας παρουσία κίνησης ρευστού.

Για παράδειγμα δίνεται η περίπτωση μιας θερμής πλάκας που ψύχεται με διοχέτευση ψυχρού αέρα στην άνω επιφάνεια της. Η ενέργεια αρχικά μεταφέρεται στο στρώμα αέρα που βρίσκεται δίπλα στην πλάκα με αγωγή. Στη συνέχεια αυτή η ενέργεια απομακρύνεται από την επιφάνεια με συναγωγή. Δηλαδή, με τις συνδυασμένες επιδράσεις της αγωγής μέσα στον αέρα που οφείλεται στην τυχαία κίνηση των μορίων του αέρα και της μαζικής ή της μακροσκοπικής κίνησης του αέρα, που απομακρύνει τον θερμό αέρα που βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια και τον αντικαθιστά με ψυχρότερο.

Η συναγωγή μπορεί να είναι ελεύθερη όταν η κίνηση του ρευστού οφείλεται στις ανυψωτικές δυνάμεις που επάγονται από τις διαφορές στην πυκνότητα του ρευστού λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας στο συγκεκριμένο ρευστό. Αντίθετα η συναγωγή ονομάζεται εξαναγκασμένη όταν το ρευστό αναγκάζεται να ρέει πάνω σε μια επιφάνεια με τη βοήθεια εξωτερικών μέσων όπως με έναν ανεμιστήρα, μια αντλία ή τον άνεμο. Όσο πιο γρήγορη είναι η κίνηση του ρευστού, τόσο μεγαλύτερη είναι η μεταφορά θερμότητας με συναγωγή. (Cengel 2005; “The physics of foil: How Radiant Barrier Works: Heat Gain/ Loss in Buildings” 2014; Καρέκος 2001)

1.2.3 Μετάδοση θερμότητας με Ακτινοβολία

Ακτινοβολία είναι η ενέργεια που εκπέμπει η ύλη με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (ή φωτονίων) λόγω των μεταβολών στην ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων ή των μορίων. (Cengel 2005; “The physics of foil: How Radiant Barrier Works: Heat Gain/ Loss in Buildings” 2014; Καρέκος 2001)

Στη μελέτη της μεταφοράς θερμότητας μας ενδιαφέρει η θερμική ακτινοβολία, η οποία αποτελεί τη μορφή ενέργειας που εκπέμπουν τα σώματα λόγω της θερμοκρασίας τους. Διαφέρει από τις άλλες μορφές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας όπως οι ακτίνες-X, οι ακτίνες γ , τα μικροκύματα, τα ραδιοκύματα, και τα τηλεοπτικά κύματα, τα οποία δεν σχετίζονται με τη θερμοκρασία. Το μήκος κύματος της θερμικής ακτινοβολίας εκτείνεται από 0,1 μm μέχρι 100 μm (περιοχή υπέρυθρης ακτινοβολίας ηλεκτρομαγνητικού φάσματος). Όλα τα σώματα με θερμοκρασία πάνω από το απόλυτο μηδέν ($-273.15\text{ }^\circ\text{C}$) εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία. (Cengel 2005; Καρέκος 2001)

Ο μηχανισμός της μετάδοσης της θερμότητας με ακτινοβολία αποτελείται από τρεις φάσεις. Αρχικά η θερμική ενέργεια της πηγής μετατρέπεται σε κινούμενα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Τα κύματα αυτά οδεύουν προς το σώμα-δέκτη των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Στους δέκτες των κυμάτων γίνεται απορρόφηση και επαναμετατροπή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε θερμότητα. (Καρέκος 2001)

Η μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία πραγματοποιείται στα στερεά, στα υγρά και στα αέρια. Ωστόσο, σε αντίθεση με την αγωγή και την συναγωγή, στη μεταφορά ενέργειας με ακτινοβολία η ύπαρξη κάποιου υλικού μέσου δεν είναι απαραίτητη. Μπορεί να διαδοθεί και στο κενό χωρίς να υφίσταται απώλειες με ταχύτητα ίση με την ταχύτητα του φωτός ($3 \times 10^8\text{ m/s}$). Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι η μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί μεταξύ δύο σωμάτων που διαχωρίζονται από ένα μέσο ψυχρότερο και από τα δύο σώματα. Για παράδειγμα, η ηλιακή ακτινοβολία φτάνει στην επιφάνεια της γης αφού διαπερνά πολύ κρύα στρώματα αέρα σε μεγάλα υψόμετρα. Επίσης, οι επιφάνειες που απορροφούν ακτινοβολία στο εσωτερικό ενός θερμοκηπίου φτάνουν σε υψηλές θερμοκρασίες ακόμη και όταν το πλαστικό ή γυάλινο κάλυμμα παραμένει σχετικά ψυχρό. (Cengel 2005; Καρέκος 2001)

Άλλα χαρακτηριστικά της θερμικής ακτινοβολίας είναι ότι μεταδίδεται ευθύγραμμα, παθαίνει ανάκλαση και διάθλαση και εξασθενίζει με την αύξηση της απόστασης μεταξύ των

δύο σωμάτων. Επίσης η ακτινοβολούμενη ενέργεια είναι ανάλογη της θερμοκρασίας του σώματος που την εκπέμπει. Στις τιμές θερμοκρασιών που συναντάμε στα δομικά στοιχεία κτιρίων και στις εφαρμογές θέρμανσης, η θερμική ακτινοβολία έχει μήκος κύματος από 0,3 μm μέχρι 100 μm . (Cengel 2005, Καρέκος 2001)

1.3 Ιδιότητες θερμικής ακτινοβολίας

1.3.1 Η ακτινοβολία στα διαφανή και αδιαφανή υλικά

Τα περισσότερα δομικά υλικά όπως τα μέταλλα, το ξύλο και τα τούβλα, είναι αδιαφανή στη θερμική ακτινοβολία. Γι' αυτά τα υλικά η ακτινοβολία θεωρείται επιφανειακό φαινόμενο. Δηλαδή η θερμική ακτινοβολία απορροφάται και επανεκπέμπεται σε μόλις μερικά μικρόμετρα από την επιφάνεια. Έτσι γίνεται λόγος για τις ιδιότητες ακτινοβολίας των επιφανειών αδιαφανών υλικών. Κάποια άλλα υλικά, όπως το γυαλί και το νερό, επιτρέπουν την διείσδυση της ορατής ακτινοβολίας σε αρκετό βάθος πριν την εμφάνιση σημαντικής απορρόφησης. Η ακτινοβολία διαμέσου τέτοιων ημιδιαφανών υλικών προφανώς δεν μπορεί να θεωρηθεί ως επιφανειακό φαινόμενο εφόσον ολόκληρος ο όγκος του υλικού αλληλεπιδρά με την ακτινοβολία. Από την άλλη, και το γυαλί και το νερό, είναι ουσιαστικά αδιαφανή στην υπέρυθη ακτινοβολία. Επομένως, τα υλικά παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά σε διαφορετικά μήκη κύματος, ενώ η εξάρτηση από το μήκος κύματος αποτελεί σημαντικό στοιχείο μελέτης των ιδιοτήτων της ακτινοβολίας, όπως η ικανότητα εκπομπής (emissivity), η απορροφητικότητα (absorptivity), η ανακλαστικότητα (reflectivity), και η περατότητα (transmissivity) των υλικών. (Cengel 2005)

1.3.2 Η έννοια του μέλανος σώματος

Για την περιγραφή των χαρακτηριστικών της ικανότητας εκπομπής και απορρόφησης των πραγματικών επιφανειών χρησιμοποιείται ως βολικό σημείο αναφοράς η έννοια του μέλανος σώματος. Το μέλαν σώμα ορίζεται ως ένα σώμα τέλει εκπομπής και απορρόφησης της ακτινοβολίας. Ένα μέλαν σώμα απορροφά όλη την προσπίπτουσα ενέργεια, ανεξάρτητα από το μήκος κύματος και τη διεύθυνση. Επίσης, ένα μέλαν σώμα εκπέμπει ενέργεια με ακτινοβολία προς όλες τις διευθύνσεις. (Cengel 2005; Καρέκος 2001)

1.3.3 Ικανότητα εκπομπής

Η ικανότητα εκπομπής μιας επιφάνειας ορίζεται ως ο λόγος της ακτινοβολίας που εκπέμπει η επιφάνεια αυτή προς την ακτινοβολία που εκπέμπει ένα μέλαν σώμα στην ίδια θερμοκρασία.

Ικανότητα εκπομπής μιας επιφάνειας συμβολίζεται με ε και κυμαίνεται μεταξύ του μηδενός και της μονάδας, $0 \leq \varepsilon \leq 1$. Η ικανότητα εκπομπής μιας επιφάνειας δεν αποτελεί σταθερά. Αντίθετα, μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία της επιφάνειας καθώς και με το μήκος κύματος. (Cengel 2005; Καρέκος 2001)

1.3.4 Απορροφητικότητα, Αντανακλαστικότητα και Περαιτότητα

Όταν η ακτινοβολία προσπίπτει σε μια επιφάνεια, ένα μέρος της απορροφάται, ενώ το υπόλοιπο, αν υπάρχει, εκπέμπεται. Το τμήμα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας που απορροφάται ονομάζεται απορροφητικότητα ($0 \leq \alpha \leq 1$), το τμήμα που ανακλάται από την επιφάνεια ονομάζεται αντανακλαστικότητα ($0 \leq \rho \leq 1$) και το τμήμα που μεταδίδεται ονομάζεται περαιτότητα ($0 \leq \tau \leq 1$). (Cengel 2005)

1.4 Ηλιακή Θερμική Ακτινοβολία

Ο ήλιος αποτελεί την κύρια πηγή ενέργειας του πλανήτη μας. Η ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο ονομάζεται ηλιακή ενέργεια και φτάνει στη γη με την μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Μόνο το ένα δισεκατομμυριοστό αυτής της ενέργειας προσπίπτει στη γη. Η ηλιακή ενέργεια που φτάνει στη γη είναι ίση με 1353 W/m^2 και ονομάζεται ηλιακή σταθερά. Η ηλιακή σταθερά αντιπροσωπεύει το ρυθμό με τον οποίο η ηλιακή ενέργεια προσπίπτει σε μια επιφάνεια κάθετη στις ηλιακές ακτίνες στο εξωτερικό άκρο της ατμόσφαιρας όταν η γη βρίσκεται στη μέση απόσταση της από τον ήλιο. (Cengel 2005)

Στην επιφάνεια της γης φτάνει μόνο ένα ποσοστό της ηλιακής σταθεράς και αυτό γιατί ένα μέρος παθαίνει ανάκλαση, σκέδαση και απορρόφηση από τα διάφορα αέρια στρώματα της ατμόσφαιρας και τα αιωρούμενα σωματίδια. Η ηλιακή ενέργεια που φτάνει στη γη είναι περίπου 950 W/m^2 μια καθαρή μέρα και πολύ λιγότερο μια μέρα με συννεφιά ή νέφος. Το απορροφούμενο ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας μετατρέπεται σε θερμότητα. (Cengel 2005)

2 Θερμομόνωση

2.1 Το κλίμα της Κύπρου

Η Κύπρος περιβάλλεται από την ανατολική Μεσόγειο θάλασσα, στην οποία οφείλει το Μεσογειακό κλίμα της. Τα κύρια χαρακτηριστικά του μεσογειακού κλίματος της Κύπρου είναι το ζεστό και ξηρό καλοκαίρι από τα μέσα του Μάη ως τα μέσα του Σεπτεμβρίου, ο

βροχερός αλλά ήπιος χειμώνας από τα μέσα του Νοέμβρη ως τα μέσα του Μάρτη και οι δύο ενδιάμεσες μεταβατικές εποχές, το φθινόπωρο και η άνοιξη. Η Κύπρος διαθέτει πολύ υψηλό ηλιακό δυναμικό, με μέση ημερήσια ηλιοφάνεια 9,8 με 14,5 ώρες. Η μέση ημερήσια τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο είναι 5.2 kWh/m² (2.2 kWh/m² τον μήνα Δεκέμβριο και 8.12 kWh/m² τον Ιούνιο). Ο πιο κρύος μήνας του χρόνου είναι ο Ιανουάριος με μέση ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία 9 °C και ο πιο θερμός είναι ο Αύγουστος με μέση μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία 35 °C. Η μέση ετήσια βροχόπτωση για το σύνολο του νησιού είναι 503 χιλιοστά και κυμαίνεται από 290 χιλιοστά στα ανατολικά έως 1 190 mm στα βουνά του Τροόδους . Το μεγαλύτερο μέρος της βροχής πέφτει κατά τους χειμερινούς μήνες από το Δεκέμβριο μέχρι τον Φεβρουάριο. Στην οροσειρά του Τροόδους κατά τους χειμερινούς μήνες παρατηρούνται συχνά χιονοπτώσεις. Υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις των βροχοπτώσεων από έτος σε έτος. (Τμήμα Μετεωρολογίας Κύπρου 2014, Ίδρυμα Ενέργειας Κύπρου, “Cyprus-Geography, climate and population” 2014)

2.2 Συνθήκες θερμικής άνεσης

Η θερμική άνεση του ανθρώπινου σώματος εξαρτάται κυρίως από τρεις περιβαλλοντικούς παράγοντες: θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία και την κίνηση του αέρα. Άλλοι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η θερμική άνεση είναι η ενδυμασία, η ηλικία του ατόμου και το επίπεδο της ανθρώπινης δραστηριότητας. (Cengel 2005, Giannopoulou et al. 2014)

Οι μέσες ατμοσφαιρικές συνθήκες στις οποίες οι άνθρωποι αισθάνονται άνετα είναι σε θερμοκρασία αέρα μεταξύ 21 ° C και 27,5 ° C, σχετική υγρασία από 30-65% και ταχύτητα του αέρα μεγαλύτερη από 5 m/s. (Giannopoulou et al. 2014)

2.3 Θερμικές απώλειες

2.3.1 Μεταφορά θερμότητας σε κτίρια

Ανάμεσα στο κτήριο και το εξωτερικό περιβάλλον υπάρχει, τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι, σημαντική διαφορά θερμοκρασίας. Λόγω της διαφοράς θερμότητας μεταξύ του εξωτερικού περιβάλλοντος και του κτιρίου, προκαλείται συνεχής ροή θερμότητας από το θερμότερο στο ψυχρότερο. Έτσι, το χειμώνα η θερμότητα ενός θερμαινόμενου κτιρίου μεταφέρεται στο εξωτερικό περιβάλλον και το καλοκαίρι η θερμότητα από το εξωτερικό περιβάλλον μεταφέρεται στο κτίριο επηρεάζοντας τις συνθήκες θερμικής άνεσης. (Υπηρεσία Ενέργειας 2010; «Θερμομόνωση και Θερμική μάζα» 2013)

Η θερμική ενέργεια αποβάλλεται από το κτίριο ή εισέρχεται σε αυτό με συνδυασμό και των τριών μηχανισμών μεταφοράς θερμότητας. Η θερμότητα από τον ήλιο μεταφέρεται στο κτίριο με ακτινοβολία και απορροφάται από τις εξωτερικές επιφάνειες του. Ακόμη, η θερμική ακτινοβολία εισέρχεται στις εσωτερικές επιφάνειες του κτιρίου αφού διαπεράσει τα διαφανή μέρη των κουφωμάτων. Στη συνέχεια οι επιφάνειες του κτιρίου στις οποίες προσπίπτει και απορροφάται η θερμική ακτινοβολία θερμαίνονται. Οποιαδήποτε επιφάνεια του κτιρίου θερμανθεί, είτε αυτή βρίσκεται εσωτερικά ή εξωτερικά, εκπέμπει θερμική ακτινοβολία προς τις λιγότερο θερμές επιφάνειες. Επίσης η θερμότητα μεταφέρεται με αγωγή μέσω των τοίχων, του κατώτερου δαπέδου, της οροφής και των κουφωμάτων. Επίσης μεταφέρεται με συναγωγή από τον αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος στις εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου και από τις εσωτερικές επιφάνειες του κτιρίου προς τον εσωτερικό αέρα και αντιστροφα, αναλόγως με την περίπτωση. Επίσης πραγματοποιείται μεταφορά θερμότητας με συναγωγή όταν εισέλθει ρεύμα κρύου αέρα στο κτίριο. (Cengel 2005)

Αυτή η ροή θερμότητας είναι αδύνατο να εμποδιστεί τελείως και μπορεί, μόνο, να περιοριστεί ως προς την ένταση και τη διάρκειά της. Αυτό είναι κατορθωτό μόνο όταν υπάρχει έλεγχος των θερμικών απωλειών. Ο επιδιωκόμενος έλεγχος και περιορισμός των θερμικών απωλειών επιτυγχάνεται με τη θερμομόνωση του κελύφους, η οποία μειώνει το ρυθμό μετάδοσης της θερμότητας μέσω των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου. (Υπηρεσία Ενέργειας Κύπρου 2010)

2.3.2 Παράγοντες που επηρεάζουν το μέγεθος των θερμικών απωλειών

Μερικοί παράγοντες που σχετίζονται με τις θερμικές απώλειες είναι:

- Η τοποθεσία και ο προσανατολισμός του κτιρίου μέσα στον περιβάλλοντα χώρο που καθορίζει το πόσο εκτεθειμένο είναι ένα κτίριο στους ανέμους και στην ηλιακή ακτινοβολία.
- Το μέγεθος των επιφανειών του εξωτερικού περιβλήματος του κτιρίου που είναι άμεσα εκτεθειμένες στις καιρικές συνθήκες, σε συνάρτηση με τον όγκο του κτιρίου. Ένα ελεύθερο κτίριο παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερες απώλειες από ένα άλλο ενταγμένο σε ένα συνεχές σύστημα δόμησης.
- Το πόσο εκτεθειμένοι είναι οι διάφοροι χώροι του κτιρίου. Χώροι τελείως εσωτερικοί θεωρείται ότι δεν παρουσιάζουν καμία θερμική μεταβολή. Αντίθετα, Χώροι που

εκτείνονται σε δύο ή περισσότερους ορόφους, όπως για παράδειγμα κλιμακοστάσια, παρουσιάζουν μεγάλες θερμικές απώλειες.

- Το μέγεθος, ο αριθμός, η θέση των εξωτερικών κουφωμάτων στις όψεις του κτιρίου καθώς και ο προσανατολισμός τους.

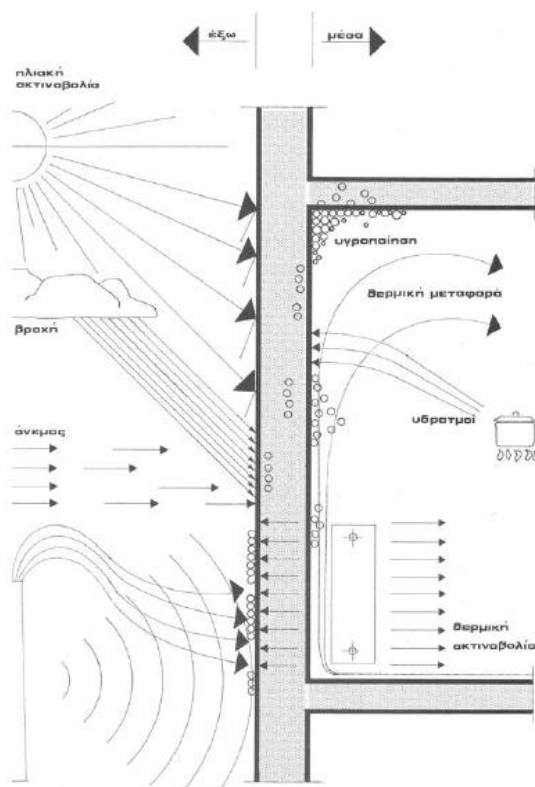
2.3.3 Στοιχεία του κτιρίου ευαίσθητα στην θερμοδιαφυγή

Ορισμένα στοιχεία του κτιρίου είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην θερμοδιαφυγή και πρέπει να δίνεται προσοχή στην θερμομόνωσή τους.

2.3.3.1 Οροφή επίπεδη ή κεκλιμένη και στέγη

Παρουσιάζουν μεγάλες θερμικές απώλειες αφού είναι τα μέρη του κτιρίου που δέχονται άμεσα όλες τις επιδράσεις των καιρικών συνθηκών.

2.3.3.2 Εξωτερικά τοιχώματα



Διάγραμμα 1: Εξωτερικές επιδράσεις σε τοίχωμα

Τα εξωτερικά τοιχώματα όπως και οι στέγες δέχονται άμεσα την επίδραση των εξωτερικών συνθηκών.

2.3.3.3 Ανοίγματα

Είναι από τα πιο ευάλωτα στοιχεία ενός κτιρίου.

2.3.3.4 Κατώτερο δάπεδο

Δεν χρειάζεται πάντα θερμική προστασία αλλά κυρίως όταν υπάρχει ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης. Η μόνωση του είναι απαραίτητη επίσης όταν το δάπεδο είναι εκτεθειμένο στο εξωτερικό περιβάλλον όπως στην περίπτωση της πυλωτής.

(Υπηρεσία Ενέργειας Κύπρου 2010)

2.3.3.5 Θερμογέφυρες

Ως θερμογέφυρες χαρακτηρίζονται τα επί μέρους τμήματα ή σημεία του εξωτερικού κελύφους του κτιρίου, η θερμική αντίσταση των οποίων είναι σημαντικά μειωμένη σε σύγκριση με τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία του περιβλήματος. Στις θέσεις των θερμογεφυρών παρουσιάζονται δυσανάλογα αυξημένες ροές θερμότητας σε σύγκριση με τις ροές θερμότητας στο υπόλοιπο κέλυφος. Με αυτό τον τρόπο επηρεάζουν την ενεργειακή συμπεριφορά και επιφέρουν μείωση της αίσθησης της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του χώρου. Μελέτες έχουν αποδείξει ότι οι θερμογέφυρες προσ αυξάνουν τις ενεργειακές απώλειες του κτιρίου σε σχέση με τις θεωρητικά υπολογιζόμενες, κατά ένα ποσοστό που κυμαίνεται μεταξύ 5% και 30%.

Η παρουσία μιας θερμογέφυρας μπορεί να οφείλεται σε ποικίλα και διαφορετικά αίτια, όπως γεωμετρικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, σε κατασκευαστικές αδυναμίες, κακοτεχνίες, αστοχίες, αμέλεια και παραλείψεις, άγνοια ή ακόμη και φθορές. Σε γενικές γραμμές, οι συνηθέστερες περιπτώσεις θερμογεφυρών οφείλονται:

- Σε κατασκευαστικούς λόγους που καθιστούν δύσκολη ή πρακτικά αδύνατη την πλήρη θερμομονωτική προστασία της κατασκευής.
- Στην αλλαγή της σύνθεσης ή των στρώσεων ενός φαινομενικά ενιαίου δομικού στοιχείου.
- Στη διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης σε κάποια θέση του εξωτερικού περιβλήματος.
- Στην απουσία θερμομονωτικής στρώσης ή στη μείωση του πάχους της.

- Σε ορισμένα σημεία συνάντησης δύο ή κάθετων μεταξύ τους στοιχείων, των οποίων η πλήρης θερμομονωτική προστασία είναι δυσχερής ή πρακτικά ανέφικτη.

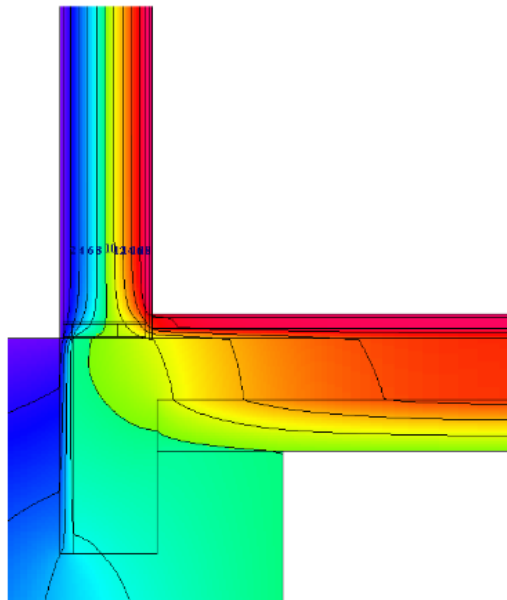
Μερικά παραδείγματα περιπτώσεων θερμογεφυρών είναι:

- Το σημείο σύνδεσης στοιχείων φέροντος οργανισμού και τοιχοποιίας πλήρωσης.
- Η απουσία θερμομόνωσης σε στοιχεία του φέροντος οργανισμού.
- Η διαφορά εμβαδού στις δύο όψεις των γωνιακών δομικών στοιχείων.
- Οι περιόδισμοι ενίσχυσης (σενάζ).
- Οι παραστάδες και τα υπέρθυρα των ανοιγμάτων.
- Οι απολήξεις των εξωτερικών δομικών στοιχείων.
- Οι θέσεις των δοκών στην οροφή υπογείου ή πιλοτής.
- Η προέκταση των φερόντων στοιχείων πέραν του κύριου όγκου του κτιρίου όπως για παράδειγμα οι πρόβολοι.
- Κατά την περίπτωση θερμομόνωσης του εξωτερικού κελύφους από την εσωτερική πλευρά. Η θερμομονωτική στρώση διακόπτεται από εσωτερικές τοιχοποιίες, μεμονωμένα δοκάρια ή τυχόν άλλα δομικά στοιχεία που συναντούν εγκάρσια το εξωτερικό κέλυφος.
- Τα σημεία διέλευσης των σωληνώσεων.
- Τα σημεία συναρμογής των κουφωμάτων με τις τοιχοποιίες.
- Τα κουτιά των περιελισσόμενων περσίδων των κουφωμάτων

Η εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία στη θέση της μιας θερμογέφυρας είναι χαμηλότερη των περιμετρικών της θέσεων και τείνει να πλησιάσει την εξωτερική θερμοκρασία. Λόγω της πτώσης της επιφανειακής θερμοκρασίας των δομικών στοιχείων προκαλείται επιφανειακή συμπύκνωση των υδρατμών σε αυτά τα σημεία. Η επιφανειακή συμπύκνωση των υδρατμών μπορεί να προκαλέσει σημαντικές φθορές στα δομικά στοιχεία που εκδηλώνονται με ποικίλες μορφές.

Ο καλύτερος τρόπος αντιμετώπισης των θερμογεφυρών είναι η εκ των προτέρων επισήμανση τους, δηλαδή η επισήμανση τους από το στάδιο ακόμη της μελέτης και όχι στη φάση της κατασκευής ή αργότερα κατά τη χρήση και λειτουργία του κτιρίου.

(«Οδηγός θερμομόνωσης και στεγανοποίησης» 2011)



Διάγραμμα 2: Θερμογέφυρα θεμελίου

2.4 Ο ρόλος της θερμομόνωσης

Η Θερμομόνωση είναι μία από τις βασικότερες παραμέτρους του σύγχρονου κτιριακού σχεδιασμού, αφού αποτελεί ένα από τα πιο αποτελεσματικά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας για ψύξη και θέρμανση σε κτίρια και έτσι συμβάλλει στην καλύτερη ενεργειακή απόδοση του κτιρίου.

Ο όρος θερμομόνωση περιλαμβάνει όλα τα κατασκευαστικά μέτρα που λαμβάνονται ώστε να μειωθεί η ροή της θερμότητας μέσα από τα τοιχώματα που χωρίζουν χώρους με διαφορετικές θερμοκρασίες. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται ο ρυθμός με τον οποίο χάνεται η ενέργεια από το κτίριο τον χειμώνα και εισάγεται σε αυτό το καλοκαίρι. (Κορωνάιος και Πουλάκος 2005; Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας Ελλάδος, 1999)

Για να γίνει αντιληπτή η συνεισφορά της θερμομόνωσης στην ενεργειακή απόδοση κτιρίων αξίζει να αναφέρουμε ότι σύμφωνα με το energy saving trust σε ένα μη θερμομονωμένο κτίριο η απώλεια θερμότητας μέσω της οροφής ή της σοφίτας μπορεί να φτάσει το 25%, μέσα από τα παράθυρα και τις πόρτες το 20%, μέσω μη μονωμένων τοίχων το 33% και μέσω μη μονωμένων συμπαγών τοίχων το 66%. (“Where does all the heat go?” n.d.)

Η θερμομόνωση πρέπει να εφαρμόζεται σε όλες τις εξωτερικές επιφάνειες ενός κτιρίου, κατακόρυφες και οριζόντιες, που περικλείουν κλιματιζόμενους χώρους από τους οποίους είναι δυνατό να διαφύγει θερμική ενέργεια, δηλαδή επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με ατμοσφαιρικό αέρα ή μη κλιματιζόμενους χώρους. (Υπηρεσία ενέργειας Κύπρου, 2010)

Για να είναι αποδοτική αλλά και οικονομική μια θερμομόνωση πρέπει να υπολογιστεί το βέλτιστο πάχος της. Η αύξηση του πάχους της θερμομόνωσης μειώνει τις θερμικές απώλειες αλλά ταυτόχρονα αυξάνει το κόστος της. (Bollaturk 2008)

Αξίζει να αναφερθεί ότι σε περιοχές με πολύ ζεστά καλοκαίρια και ψυχρούς χειμώνες η εφαρμογή θερμομόνωσης μεγάλου πάχους με σκοπό την μείωση των θερμικών απαιτήσεων τον χειμώνα μπορεί να επιφέρει αποτελέσματα αντίθετα από τα επιθυμητά το καλοκαίρι δηλαδή αύξηση της θερμοκρασίας και κατ' επέκταση των απαιτήσεων σε ψύξη. Για αποφόρτιση του ανεπιθύμητου θερμικού κέρδους το καλοκαίρι πρέπει να εξασφαλίζεται επαρκής αερισμός. Επίσης η επαρκής σκίαση είναι απαραίτητη για παρεμπόδιση της εισόδου της ηλιακής ακτινοβολίας στο κτίριο. (Bolattürk 2008; Larbi 2005)

Γενικά οι παράγοντες που επηρεάζουν το βέλτιστο πάχος της θερμομόνωσης είναι οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, το υλικό της θερμομόνωσης που θα χρησιμοποιηθεί και το κόστος του, ο προσανατολισμός του κάθε εξωτερικού τοίχου, το επίπεδο της επιθυμητής εσωτερικής θερμικής άνεσης, το είδος και η αποδοτικότητα των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης καθώς και το είδος του καυσίμου που χρησιμοποιούν και η διάρκεια ζωής του κτιρίου. (Achaopoulos et al 2014)

Το πρόβλημα της θερμομόνωσης δεν πρέπει να εξετάζεται μεμονωμένα αλλά σε συνδυασμό με άλλες απαιτήσεις προστασίας όπως για παράδειγμα η υγρασία. (Liisma 2015)

3 Θερμομόνωση Κτιρίου

3.1 Τρόποι θερμομόνωσης κτιρίου

Η θερμομόνωση πρέπει να εφαρμόζεται σε όλες τις εξωτερικές επιφάνειες ενός κτιρίου, κατακόρυφες και οριζόντιες, που περικλείουν κλιματιζόμενους χώρους από τους οποίους είναι δυνατόν να διαφύγει θερμική ενέργεια. Απαραίτητα είναι η θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων, των δοκών, των υποστυλωμάτων, των ανοιγμάτων και της οροφής ή της στέγης. Ο τρόπος θερμομόνωσης καθορίζεται από το είδος της εφαρμογής. Ακολούθως περιγράφονται οι τρόποι θερμομόνωσης των προαναφερόμενων στοιχείων του κτιρίου. (Υπηρεσία Ενέργειας 2010)

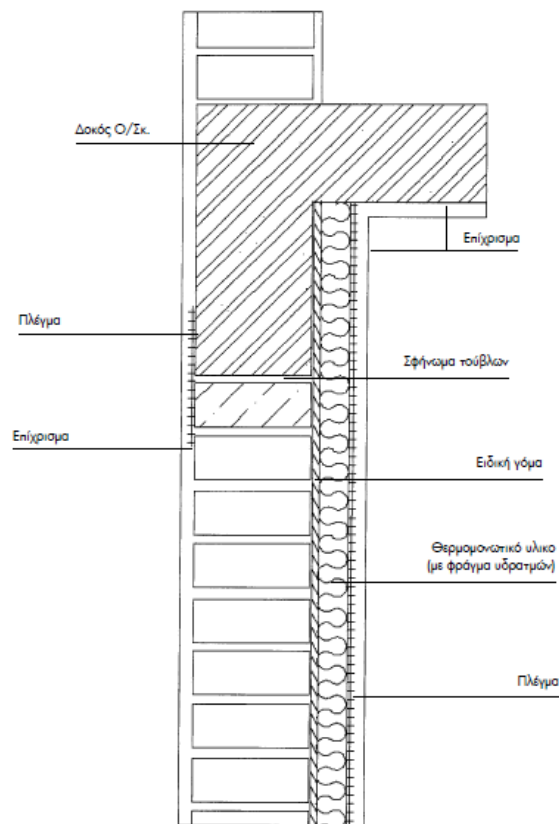
3.1.1 Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας, υποστυλωμάτων και δοκών

Η εξωτερική τοιχοποιία μπορεί να μονωθεί στην εξωτερική ή στην εσωτερική επιφάνεια, στον πυρήνα ή με τη χρήση θερμομονωτικών τούβλων. Οι δοκοί και τα υποστυλώματα μπορούν επίσης να θερμομονωθούν εσωτερικά ή εξωτερικά.

Σε κάθε περίπτωση η θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας πρέπει να παρέχει επαρκή θερμική αντίσταση και να πληρεί τις αντίστοιχες ελάχιστες απαιτήσεις του ισχύοντος κανονισμού. Το θερμομονωτικό στρώμα πρέπει να είναι συνεχές και να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες όπου αυτό είναι δυνατόν. Επίσης πρέπει η θερμομόνωση να προστατεύεται από την διείσδυση υγρασίας.

3.1.1.1 Εσωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας, δοκών και υποστυλωμάτων

Όταν η θερμομόνωση τοποθετείται εσωτερικά λειτουργεί ως φράγμα προστασίας. Η εσωτερική θερμομόνωση τοποθετείται σε κτίρια στα οποία μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης/ ψύξης χωρίς χρονική καθυστέρηση χωρίς να μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία μετά τη διακοπή του κλιματισμού όπως παραθεριστικές κατοικίες, σχολεία και κτίρια γραφείων ημερήσιας λειτουργίας.



Διάγραμμα 3: Εσωτερική μόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας

3.1.1.2 Πλεονεκτήματα εσωτερικής θερμομόνωσης τοιχοποιίας, δοκών και υποστρωμάτων

Η εσωτερική θερμομόνωση είναι απλή και γρήγορη κατασκευή και οικονομικότερη από την εσωτερική θερμομόνωση. Τα θερμομονωτικά υλικά είναι προστατευμένα από εξωτερικές επιδράσεις όπως άνεμο, υγρασία και ηλιακή ακτινοβολία και έτσι δεν χρειάζονται επιπλέον προστασία από αυτές.

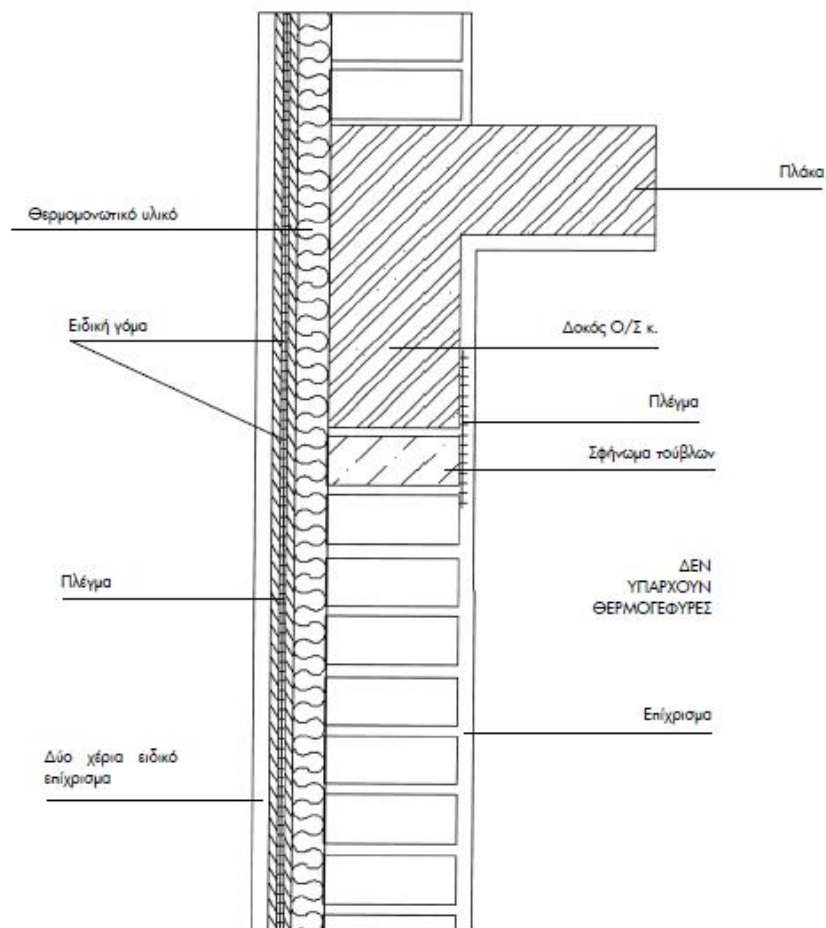
3.1.1.2.1 Μειονεκτήματα εσωτερικής θερμομόνωσης τοιχοποιίας, δοκών και υποστρωμάτων

Ένα σημαντικό μειονέκτημα της εσωτερικής θερμομόνωσης αφορά την απόδοσή του, αφού ο χώρος ψύχεται σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά τη διακοπή της θέρμανσης. Επίσης τα δομικά στοιχεία δεν προστατεύονται από τις συστολές και διαστολές που λόγω εξωτερικών θερμοκρασιακών μεταβολών. Ακόμη, με την εφαρμογή εσωτερικής θερμομόνωσης η δημιουργία θερμογεφυρών δεν μπορεί να αποφευχθεί. Επιπλέον υπάρχει περίπτωση δημιουργίας επιφανειακής υγρασίας από συμπύκνωση υδρατμών. Γι' αυτό το λόγο απαιτείται

η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών μπροστά από το μονωτικό υλικό και προς την κλιματιζόμενη πλευρά του χώρου. Σε περίπτωση που εφαρμοστεί σε υφιστάμενα κτίρια επηρεάζει την λειτουργία του εσωτερικού χώρου και μειώνει το ωφέλιμο εμβαδόν του.

3.1.1.3 Εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας, δοκών και υποστλωμάτων

Όταν η θερμομόνωση τοποθετείται εξωτερικά λειτουργεί ως συσσωρευτής θερμότητας. Σε αυτή την περίπτωση οι τοίχοι και οι οροφές συσσωρεύουν επί ένα μεγάλο χρονικό διάστημα τη θερμότητα, για να την αποβάλουν και πάλι στο κτίριο με ακτινοβολία. Με τη διαδικασία αυτή αυξάνεται η διάρκεια μεταβολής της θερμοκρασίας σε χώρους στους οποίους είναι απαραίτητο να δημιουργείται αίσθημα θερμικής άνεσης για περισσότερο χρονικό διάστημα όπως κατοικίες μόνιμης διαμονής και νοσοκομεία. Η χρήση της σε υφιστάμενα μη θερμομονωμένα κτίρια πρέπει να γίνεται με προσοχή, λόγω της δυσκολίας κατασκευής, υψηλού κόστους και αύξησης περιμέτρου του κτιρίου που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα συντελεστή δόμησης.



Διάγραμμα 4: Εξωτερική Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας

3.1.1.3.1 Πλεονεκτήματα εξωτερικής θερμομόνωσης τοιχοποιίας, δοκών και υποστυλωμάτων

Όταν η θερμομόνωση τοποθετηθεί εξωτερικά σε ένα κτίριο η θερμότητα στο εσωτερικό του διατηρείται για μεγάλο χρονικό διάστημα μετά τη διακοπή της θέρμανσης λόγω της θερμοχωρητικότητας των δομικών στοιχείων. Επίσης επιτυγχάνεται μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας λόγω μικρότερης χρονικά χρήσης του συστήματος θέρμανσης ή ψύξης εξαιτίας της αποθήκευσης ενέργειας στα νότια κυρίως δομικά στοιχεία από τον ήλιο. Για αυτό το σκοπό η τοιχοποιία, οι δοκοί και τα υποστύλωματα έχουν επαρκές πάχος ούτως ώστε να εξασφαλίζεται η επαρκής θερμοχωρητικότητα τους. Επιπλέον τα δομικά στοιχεία προστατεύονται από συστολές και διαστολές λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών και γενικά από την επίδραση των καιρικών συνθηκών. Ακόμη, όταν η θερμομόνωση τοποθετείται εξωτερικά δεν υπάρχει ανάγκη για διακοπή της συνέχειας της και με αυτό τον τρόπο ελαχιστοποιούνται οι θερμογέφυρες. Σε περίπτωση που τοποθετηθεί σε υφιστάμενο κτίριο δεν εμποδίζει τη λειτουργία του εσωτερικού χώρου και δεν μειώνει το ωφέλιμο εμβαδόν του.

3.1.1.3.2 Μειονεκτήματα εξωτερικής θερμομόνωσης

Η εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι δύσκολη ή και αδύνατη σε κτίρια με έντονες εξωτερικές μορφολογικές όψεις. Η εξωτερική θερμομόνωση πρέπει να σχεδιάζεται προσεκτικά πριν την κατασκευή της ώστε να επιλεγούν τα κατάλληλα υλικά και να τοποθετηθούν με τον ορθό τρόπο γιατί σε διαφορετική περίπτωση μπορεί να δημιουργηθούν ρωγμές στις όψεις του κτιρίου. Ένα ακόμη μειονέκτημα της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι το αυξημένο κόστος της.

3.1.1.4 Θερμομόνωση πυρήνα εξωτερικής τοιχοποιίας

Η εξωτερική τοιχοποιία με διάκενο, συνήθως αποτελείται από δύο επιμέρους τοίχους που ενώνονται μεταξύ τους. Ο εξωτερικός, καθώς και ο εσωτερικός τοίχος είναι συνήθως κατασκευασμένοι και οι δύο από τούβλα, παρόλο που χρησιμοποιούνται και κατασκευές στις οποίες ο εξωτερικός τοίχος είναι από τούβλα και ο εσωτερικός από μπλοκ ή και οι δύο τοίχοι κατασκευασμένοι από μπλόκ. Για συμμόρφωση με τις ελάχιστες απαιτήσεις θερμομόνωσης που ισχύουν, θα πρέπει να τοποθετείται θερμική μόνωση στο διάκενο.

Ο εσωτερικός επιμέρους τοίχος από τούβλο θα απορροφήσει και θα συγκρατήσει την θερμική ενέργεια ενώ το κτίριο θερμαίνεται και στη συνέχεια, όταν το κτίριο δεν

θερμαίνεται, θα την επιστρέψει στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου, διατηρώντας έτσι μια πιο ομοιόμορφη εσωτερική θερμοκρασία.

Ο τοίχος από τούβλα είναι πορώδης. Σε μακρές περιόδους βροχοπτώσεων, το νερό της βροχής θα διεισδύσει από τον εξωτερικό τοίχο και μπορεί να τρέξει στο εσωτερικό μέτωπο του τοίχου αυτού. Για να αποφευχθεί το πέρασμα της υγρασίας από τον τοίχο στο θερμομονωτικό υλικό, θα πρέπει να υπάρχει ένα σαφές διάκενο μεταξύ του εξωτερικού τοίχου και των θερμομονωτικών πλακών. Ένα καθαρό κενό πλάτους 5 cm είναι κατάλληλο για κάθε περίπτωση ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις ένα καθαρό κενό των 2,5 είναι ικανοποιητικό.

Επίσης είναι σημαντικό το διάκενο αυτό να μην αερίζεται για σκοπούς πυροπροστασίας. Οι πλάκες του θερμομονωτικού υλικού είναι απίθανο να αναφλεγούν αν η φωτιά εισχωρήσει σε ένα κενό που δεν αερίζεται. Η εξάπλωση της φλόγας θα είναι ελάχιστη αφού θα υπάρχει αρκετός αέρας για να διατηρήσει την καύση.

3.1.1.5 Τοιχοποιία από θερμομονωτικά τούβλα

Σε αυτή την περίπτωση τα δομικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της τοιχοποιίας είναι ειδικά τούβλα με θερμομονωτικές ιδιότητες όπως τούβλα από κυψελωτό σκυρόδεμα ή τούβλα που περιλαμβάνουν στην εργοστασιακή κατασκευή τους θερμομονωτικά υλικά. Έτσι δεν τοποθετούνται επιπλέον θερμομονωτικά υλικά στην τοιχοποιία. Οι δοκοί και τα υποστύλωματα μονώνονται κανονικά στην εσωτερική ή στην εξωτερική τους πλευρά συνήθως με την χρήση θερμοσοβά.

3.1.2 Θερμομόνωση κουφωμάτων και ρόλος τους στην ενεργειακή απόδοση του κτιρίου

Τα κουφώματα είναι παρείς του κτιρίου και μέσα επαφής με το περιβάλλον, άρα στοιχεία από τα οποία μπορεί να διαφύγει ενέργεια. Επομένως, ο ρόλος τους στην ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη είναι σημαντικός. Το χειμώνα χάνεται θερμότητα από μέσα προς τα έξω ενώ το καλοκαίρι εισέρχεται θερμότητα στον εσωτερικό χώρο από το ζεστό εξωτερικό περιβάλλον. Η διαδικασία αυτή μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τη χρήση κατάλληλα κατασκευασμένων, ενεργειακά αποδοτικών κουφωμάτων. Τα κουφώματα αυτά θα πρέπει να έχουν υαλοπίνακες και σκελετούς με καλές θερμομονωτικές ιδιότητες και επί πλέον, θα πρέπει να είναι αεροστεγανά, ώστε να εμποδίζουν τη διαφύγη θερμότητας από χαραμάδες οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες απώλειες θερμότητας, όπως

παρατηρείται σε παλαιά κτίρια ή κτίρια κακής κατασκευής. Από ενεργειακής πλευράς καλό είναι να αποφεύγονται τα εσωτερικά σε τοίχο συρόμενα κουφώματα λόγω αυξημένων θερμικών απωλειών.

3.1.2.1 Πλαίσια

Από πλευράς υλικού κατασκευής των κουφωμάτων, τα πλαίσια αλουμινίου έχουν τις μεγαλύτερες θερμικές απώλειες, εκτός αν υπάρχει φράγμα ροής θερμότητας τοποθετημένο στον πυρήνα του προφίλ του αλουμινίου.

Τα ξύλινα και συνθετικά πλαίσια παρουσιάζουν χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας και ως εκ τούτου εμποδίζουν τη διαφυγή της θερμότητας.

3.1.2.2 Παντζούρια

Σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται παντζούρια στα παράθυρα αυτά μπορεί να είναι ξύλινα, αλουμινίου ή πλαστικά συνθετικά σε τυπολογίες όπως εξωτερικά ή εσωτερικά ανοιγόμενα, συρόμενα και ρολά. Τα κουτιά των ρολών καλό είναι να μονώνονται εσωτερικά και τα φύλλα των ρολών εάν είναι πλαστικά να έχουν γέμιση με μονωτικό αφρό. Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δίνεται στη θέση τους σε σχέση με το πάχος της τοιχοποιίας. Έτσι προτιμώνται παράθυρα τα οποία βρίσκονται σε συνέχεια με το θερμομονωτικό υλικό των τοίχων.

3.1.2.3 Υαλοστάσια

Η χρήση διπλών υαλοστασίων με ή χωρίς χαμηλό συντελεστή εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας ή και με θερμομονωτικό αέριο στο διάκενο, προσφέρουν εκτός από θερμομόνωση και ηχοπροστασία.

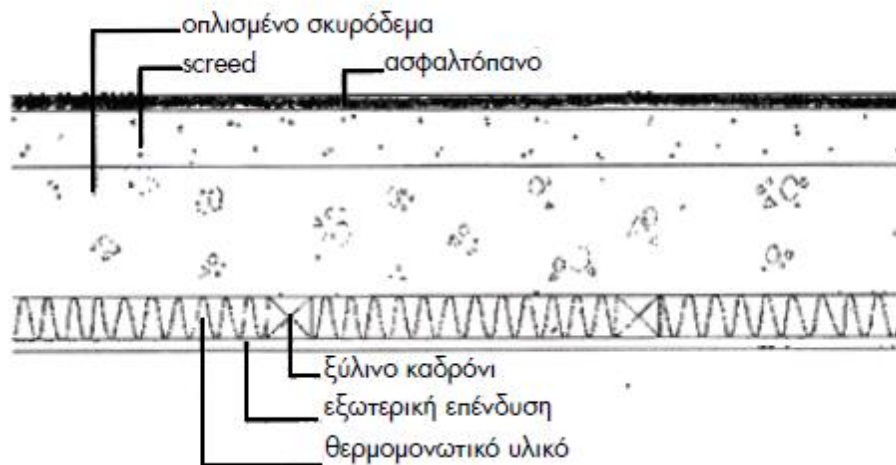
Πρέπει επιπλέον όμως να τονιστεί ότι η ορθολογική χρήση των κουφωμάτων και των παντζουριών από τους χρήστες μπορεί να συνεισφέρει πολλαπλάσια οφέλη στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, καθώς και στον δροσισμό τους σε συνδυασμό με διάφορα άλλα αρχιτεκτονικά στοιχεία του κτιρίου όπως πέργκολες και σκίαστρα.

3.1.3 Θερμομόνωση επίπεδης ή κεκλιμένης οροφής από οπλισμένο σκυρόδεμα

Οροφή θεωρείται η κατασκευή η οποία είναι κεκλιμένη ή οριζόντια. Το θερμομονωτικό υλικό μπορεί να τοποθετηθεί πάνω ή κάτω από την πλάκα.

3.1.3.1 Θερμομόνωση οροφής κάτω από την πλάκα.

Όπως και στην περίπτωση της θερμομόνωσης της εσωτερικής θερμομόνωσης τοιχοποιίας αυτός ο τρόπος θερμομόνωσης εφαρμόζεται σε περιπτώσεις κτιρίων που μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού. Το μονωτικό υλικό μπορεί να τοποθετηθεί πριν την σκυροδέτηση ή μετά. Καλύπτεται με συνδυασμό πλέγματος και επιχρίσματος ή με γυψοσανίδα ή με ψευδοροφή, εφόσον το επιτρέπει το ύψος του χώρου.



Διάγραμμα 5: Θερμομόνωση οροφής κάτω από την πλάκα

3.1.3.1.1 Πλεονεκτήματα

Με την εφαρμογή θερμομόνωσης κάτω από την πλάκα το σύστημα κλιματισμού έχει άμεση απόδοση. Επίσης τα μονωτικά υλικά δεν χρειάζονται προστασία από τις εξωτερικές επιδράσεις όπως τον άνεμο, την υγρασία και την ηλιακή ακτινοβολία.

3.1.3.1.2 Μειονεκτήματα

Ο χώρος ψύχεται γρήγορα μετά την διακοπή της θέρμανσης. Επιπρόσθετα, λόγω της συμπύκνωσης υδρατμών, υπάρχει πιθανότητα δημιουργίας υγρασίας και μούχλας στις γωνιές λόγω συμπύκνωσης υδρατμών.

3.1.3.2 Θερμομόνωση πάνω από την πλάκα

Η θερμομόνωση αυτή τοποθετείται σε κτίρια στα οποία δεν μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού ενώ μας ενδιαφέρει η απόδοση από τα δομικά στοιχεία και μετά τη διακοπή του κλιματισμού.

Σε αυτή την περίπτωση το θερμομονωτικό υλικό πρέπει να προστατευτεί από την επίδραση της υγρασίας. Ανάλογα με την συμπεριφορά του θερμομονωτικού υλικού στην υγρασία, η στεγάνωση μπορεί να τοποθετηθεί πάνω ή κάτω από το θερμομονωτικό υλικό. Στην πρώτη περίπτωση, όποιο θερμομονωτικό υλικό και να χρησιμοποιηθεί απαιτείται φράγμα υδρατμών πάνω από την πλάκα.

3.1.3.2.1 Πλεονεκτήματα

Λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας της πλάκας η θερμότητα διατηρείται στο χώρο και μετά τη διακοπή της θέρμανσης. Έτσι, το σύστημα κλιματισμού χρησιμοποιείται για μικρότερο χρονικό διάστημα και με αυτό τον τρόπο εξοικονομείται ενέργεια. Επίσης, η πλάκα προστατεύεται από συστολές και διαστολές λόγω εξωτερικών θερμοκρασιακών μεταβολών. Στην περίπτωση που εφαρμοστεί σε υφιστάμενα κτίρια δεν μειώνει το ωφέλιμο ύψος του και δεν εμποδίζει την λειτουργία του εσωτερικού χώρου.

3.1.3.2.2 Μειονεκτήματα

Απαιτείται προσοχή στην κατασκευή σε συνδυασμό με την στεγάνωση.

3.1.3.3 Θερμομόνωση στέγης

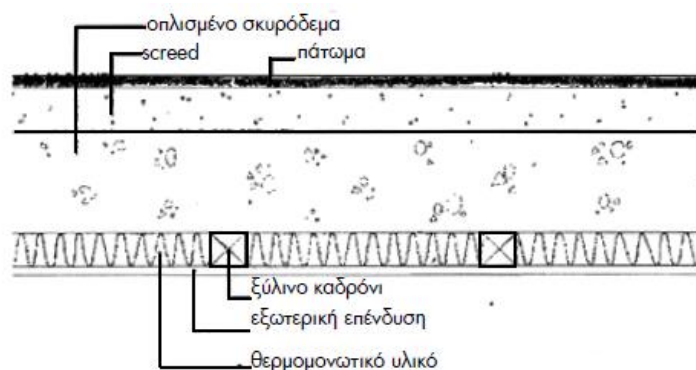
Στέγη θεωρείται μια κατασκευή η οποία συνδυάζει κεκλιμένη και οριζόντια οροφή. Οι στέγες κάτω από τις οποίες συνήθως κατοικούν ή εργάζονται άτομα θεωρούνται θερμές στέγες. Σε αυτή την περίπτωση η θερμομόνωση τοποθετείται εξωτερικά ή εσωτερικά στην κεκλιμένη επιφάνεια της στέγης. Η πρώτη περίπτωση προτιμάται κυρίως κατασκευαστικά ενώ η δεύτερη επισκευαστικά. Και στις δύο περιπτώσεις πρέπει να εξασφαλίζεται η ύπαρξη αερισμού για αποφυγή συμπύκνωσης υδρατμών.

Όταν ο χώρος μεταξύ της κεκλιμένης και οριζόντιας οροφής έχει περιορισμένη επισκεψιμότητα, τότε η στέγη χαρακτηρίζεται ως ψυχρή. Σε αυτή την περίπτωση η θερμομόνωση τοποθετείται επί της οριζόντιας πλάκας.

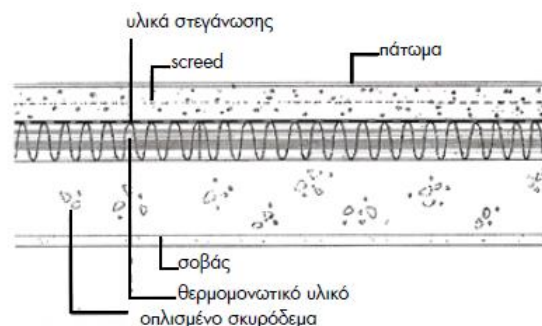
Τα θερμομονωτικά υλικά που επιλέγονται για θερμομόνωση στεγών θα πρέπει να έχουν χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ για να χρησιμοποιείται το μικρότερο δυνατό πάχος υλικού. Επίσης θα πρέπει να παρουσιάζουν αντίσταση στη διαπερατότητα υδρατμών για να μειώνεται ο κίνδυνος συμπύκνωσης υδρατμών στην περιοχή επαφής στοιχείου από σκυρόδεμα και μονωτικού υλικού, όταν η μόνωση τοποθετείται εσωτερικά. Το υλικό πρέπει να έχει υψηλή αντοχή, χαμηλό ειδικό βάρος και να μπορεί να στερεώνεται εύκολα. Ακόμη το υλικό θα πρέπει να κόβεται εύκολα και να διαμορφώνεται στα σχήματα των στοιχείων της στέγης. Πρέπει να υπάρχει δυνατότητα καλής συναρμογής των τεμαχίων του μονωτικού υλικού, για να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες και οι γραμμές συμπύκνωσης υδρατμών στους αρμούς του.

3.1.3.4 Θερμομόνωση δαπέδων εκτεθειμένων στο εξωτερικό περιβάλλον

Η θερμομόνωση σε ένα δάπεδο εκτεθειμένο στο εξωτερικό περιβάλλον μπορεί να τοποθετηθεί στην άνω ή στην κάτω πλευρά της πλάκας. Ο τρόπος θερμομόνωσης εξαρτάται από τη χρήση για την οποία προορίζεται το κτίριο. Ισχύουν όσα ισχύουν και στις υπόλοιπες περιπτώσεις θερμομόνωσης πλακών. (Υπηρεσία Ενέργειας 2010)



Διάγραμμα 6: Θερμομόνωση δαπέδου εκτεθειμένου στο εξωτερικό περιβάλλον τοποθετημένη στην άνω πλευρά της πλάκας



Διάγραμμα 7: Θερμομόνωση δαπέδου εκτεθειμένου στο εξωτερικό περιβάλλον τοποθετημένη στην κάτω πλευρά της πλάκας

3.2 Θερμομονωτικά υλικά

Τα θερμομονωτικά υλικά έχουν προορισμό να μειώσουν τον συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων με στόχο τη μείωση των θερμικών απωλειών το χειμώνα και τη μείωση της θερμικής προόδου το καλοκαίρι. (Καρέκος, 2001)

Η μετάδοση της θερμότητας μέσα από αδιαφανή δομικά στοιχεία και υλικά γίνεται στο μεγαλύτερο ποσοστό με αγωγιμότητα. Η ποσοτικοποίηση της αγωγιμότητας αυτής στα ομοιογενή και ισότροπα υλικά γίνεται στα με τη βοήθεια του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ ενώ στα σύνθετα δομικά στοιχεία γίνεται με τη βοήθεια του συντελεστή θερμοπερατότητας U . (Παπαδόπουλος 2010)

3.2.1 Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας θερμομονωτικών υλικών

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες που ρέει σε 1 ώρα μέσα από στρώμα υλικού που έχει επιφάνεια 1 m^2 και πάχος 1 m , όταν η πτώση της θερμοκρασίας προς την κατεύθυνση ροής της θερμότητας (διαφορά θερμοκρασίας των 2 επιφανειών) είναι ένας βαθμός Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση, δηλαδή η θερμοκρασία τοπικά παραμένει σταθερή με το χρόνο. Αποτελεί φυσική ιδιότητα κάθε υλικού και η τιμή του προσδιορίζεται πειραματικά. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας μετράται σε $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Όσο πιο μικρή είναι η τιμή του λ τόσο αποτελεσματικότερο είναι το υλικό ως θερμομονωτικό. (Καρέκος 2001; Κορωνάιος και Πουλάκος 2005). Την τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ επηρεάζουν η φύση και η δομή του υλικού (πορώδες, πυκνότητα), η θερμοκρασία, η πίεση και η περιεκτικότητά του σε υγρασία. (Καρέκος 2001)

Το κοινό χαρακτηριστικό όλων των θερμομονωτικών υλικών είναι η μικρή τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που οφείλεται στο ότι τμήμα της μάζας τους περιέχει αέριο (αέρα ή άλλο), αφού όπως είναι γνωστό τα αέρια έχουν χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Σε θεωρητικό επίπεδο η θερμική αγωγιμότητα ελαχιστοποιείται σε συνθήκες κενού, επειδή η έλλειψη μάζας καθιστά αδύνατη τη μεταφορά της θερμότητας με αγωγιμότητα. Στην πράξη, η μικρότερη δυνατή θερμική αγωγιμότητα επιτυγχάνεται όταν υπάρχει ακίνητος ξηρός αέρας. Τα θερμομονωτικά υλικά επιτυγχάνουν το σκοπό τους, ακριβώς επειδή διαθέτουν στην πορώδη μάζα τους πολλούς θύλακες ακίνητου αέρα, εγκλωβισμένου σε κυψέλες ή σε ένα πλέγμα ινών. Σε αυτή την ιδιότητά τους οφείλουν και το μικρό φαινόμενο βάρος τους. (Παπαδόπουλος, 2004).

Η θερμική αγωγιμότητα των θερμομονωτικών υλικών καθορίζεται πρωταρχικά από τον αριθμό και το μέγεθος των κυψελών που υπάρχουν στη μάζα του υλικού τους, οι οποίες περιέχουν τον ακίνητο, με θερμομονωτικές ιδιότητες, αέρα. Σε μικρότερο βαθμό επηρεάζεται από τη χημική σύσταση του υλικού, τη θερμοκρασία και την υγρασία στην οποία βρίσκονται. Η αύξηση της υγρασίας σημαίνει και αύξηση του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, κάτι το οποίο είναι ανεπιθύμητο για ένα θερμομονωτικό υλικό, καθώς το νερό που έχει πολύ μεγαλύτερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας από τον αέρα καταλαμβάνει την θέση του. Αξίζει να σημειωθεί ότι το νερό και ο πάγος έχουν περίπου 24 και 92 φορές αντίστοιχα μεγαλύτερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας από τον αέρα. Για το λόγο αυτό η υγρασία θεωρείται και το μεγαλύτερο αίτιο προβλημάτων της θερμομόνωσης σε μια κατασκευή. (Παπαδόπουλος 2004; Καρέκος 2001)

3.2.2 Κριτήρια επιλογής θερμομονωτικών υλικών

Η επιλογή ενός θερμομονωτικού υλικού για συγκεκριμένη χρήση, είναι συνάρτηση των φυσικοχημικών του ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών του, της μορφής και του κόστους αγοράς και εφαρμογής του.

3.2.2.1 Θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά

- Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ και η εξάρτηση του από την θερμοκρασία και την υγρασία.
- Η ειδική θερμότητα.

- Ο συντελεστής θερμικής διαστολής που όσο χαμηλότερη είναι η τιμή του τόσο απομακρύνεται ο κίνδυνος μικροζημιών ή καταστροφής των στεγανώσεων.

3.2.2.2 Τρόπος εφαρμογής

- Προκατασκευασμένα προϊόντα ή κατασκευή επί τόπου
- Απαιτούμενα προστατευτικά μέτρα για προστασία από μηχανικές βλάβες ή δυσμενείς περιβαλλοντικές επιδράσεις.
- Δυνατότητα ελέγχου κατά την κατασκευή

3.2.2.3 Μηχανικές Ιδιότητες

- Αντοχή σε θλίψη, κάμψη και δονήσεις.
- Αλλοιώσεις με το πέρασμα του χρόνου (γήρανση)
- Πυκνότητα
- Ελαστικότητα, ευθραυστότητα

3.2.2.4 Χημική συμπεριφορά και ανθεκτικότητα

- Αντίσταση στη διάβρωση, μικροοργανισμούς, έντομα.
- Συμπεριφορά στην υγρασία (τυχόν μεταβολή των διαστάσεων, διαπερατότητα στους υδρατμούς, απορροφητικότητα)
- Συμπεριφορά στη φωτιά και μέγιστες επιτρεπόμενες θερμοκρασίες λειτουργίας.
- Βαθμός ευαισθησίας σε υπεριώδη ακτινοβολία, σε διάφορα αέρια και σε διάφορους διαλύτες ή το θαλασσινό νερό.

3.2.2.5 Οικονομικά Στοιχεία

- Επιπρόσθετο κόστος προμήθειας και εγκατάστασης
- Χρόνος απόσβεσης δαπάνης
- Ποσοστό προστιθέμενης αξίας στο συνολικό κόστος την κατασκευής

(Υπηρεσία Ενέργειας 2010; Καρέκος 2001; Καλκάνης et al 2001)

3.2.3 Κατηγοριοποίηση Θερμομονωτικών υλικών

Τα θερμομονωτικά υλικά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με το κριτήριο που χρησιμοποιείται στην κατηγοριοποίησή τους. Για παράδειγμα, με βάση τη χημική σύνθεσή τους τα μονωτικά υλικά μπορούν να ταξινομηθούν σε οργανικά, ανόργανα ή σύνθετα που περιέχουν τόσο οργανικές, όσο και ανόργανες ενώσεις.

Με βάση την πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τους τα θερμομονωτικά υλικά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες και σε συνδυασμούς αυτών:

- Ορυκτά υλικά όπως η άμμος, ο βασάλτης, ο βωξίτης, ο δολομίτης και το γυαλί (καινούριο ή ανακυκλωμένο)
- Πετροχημικές πρώτες ύλες για αφρώδες πλαστικό, όπως το στυρόλιο, η ουρεθάνη και η φορμαλδεΐδη.
- Οργανικά φυσικά υλικά, όπως ο φελλός, το ξύλο, οι φυτικές ίνες, η κυτταρίνη, το μαλλί.

Με βάση τη δομή τους τα θερμομονωτικά υλικά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε

- Αφρώδη,
- Ινώδη και
- Κοκκώδη

(Παπαδόπουλος 2004)

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα. Η κατάταξη τους έγινε με βάση τη χημική δομή τους (ανόργανα- οργανικά) και της τεχνητής ή μη επέμβασης στην τελική διαμόρφωσή τους. Στα θερμομονωτικά υλικά εντάχθηκαν και τα θερμομονωτικά τζάμια.

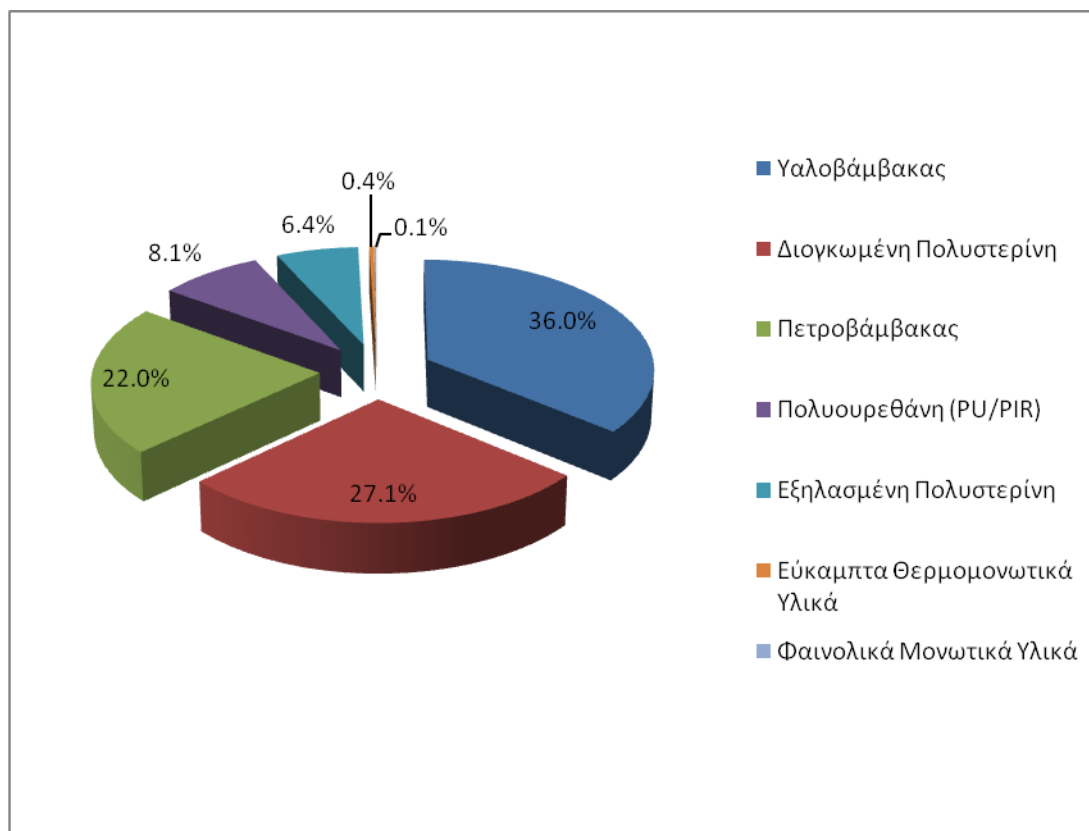
Ανόργανα		Οργανικά		Κονιοδέματα	
Φυσικά	Τεχνητά	Φυσικά	Τεχνητά	Φυσικά	Τεχνητά
Κίσηρις	Βερμικουλίτης	Φελλός	Επεξεργασμένος φελλός	Κίσηρόδεμα	Αερομπετόν
Αμίαντος	Υαλόμαλλο	Τύρφη	Ξυλόμαλλο	Σκωριόδεμα	Αερομπετόν

	Ορυκτοβάμβακας	Καλάμια	Καουτσούκ	Αμιαντόδεμα	Κυψελομεπετόν
	Πετροβάμβακας	Γιούτα	Συνθετικά Πλαστικά	Περλομεπετόν	
	Σκωριόμαλλο	Κάνναβη	Πολυστερίνη		
	Υαλοβάμβακας	Φύκια	Πολυουρεθάνη		
	Αφρώδες γυαλί	Άχυρο	PVC		
	Ορυκτές Ίνες	Ξύλο	Φαινολικά		
	Περλίτης	Πιλήματα	Πολυαιθανολικά		
	Μονωτικά Τούβλα				
	Τζάμια (πολλαπλά)				

(Καρέκος 2001)

3.2.4 Τα κυριότερα θερμομονωτικά υλικά

Στο ακόλουθο διάγραμμα παρουσιάζεται η κατανομή της ζήτησης των θερμομονωτικών υλικών στην Ευρωπαϊκή αγορά. (Galbraith 2014)



Διάγραμμα 8: Ευρωπαϊκή αγορά των θερμομονωτικών υλικών για το 2014

3.2.4.1 Υαλοβάμβακας

Ο υαλοβάμβακας αποτελείται από λεπτές ισοπαχείς και μεγάλου μήκους ίνες γυαλιού χρώματος περίπου λευκού. Το πάχος αυτών των ινών κυμαίνεται από 4 μέχρι 30 μm. Παράγεται από ορυκτές πρώτες ύλες ανόργανης προέλευσης όπως πυριτική άμμο, ανθρακική σόδα, αλουμίνα, ασβεστόλιθο, δολομίτη, ραζορίτη.

3.2.4.1.1 Παραγωγή υαλοβάμβακα

Ο υαλοβάμβακας παρασκευάζεται σε κλίβανο μέσω μιας διαδικασίας φυγοκέντρισης, κατά την οποία τα υλικά εξαιτίας της φυγόκεντρης δύναμης υπό την μορφή ινών παγιδεύουν αέρα.

Αρχικά, το μίγμα λειώνει στους 1100 °C σε ηλεκτρικό φούρνο. Το ρευστό γυαλί πλέον, διοχετεύεται με ταχύτητα σε στρεφόμενο δίσκο με σπές. Εξαιτίας της φυγόκεντρης δύναμης, δημιουργούνται λεπτότατες ίνες, που στην συνέχεια με την προσθήκη συνδετικών υλών συνενώνονται, δίνοντας το τελικό προϊόν, που διαμορφώνεται πλέον σε ρολά, πλάκες ή κοχύλια, χωρίς ή με επικάλυψη φύλλου αλουμινίου, υαλουφάσματος ή ασφαλτικού χαρτιού, σε διάφορες διαστάσεις και πυκνότητες (13-110 Kg/m³) με ποικίλες φυσικές και μηχανικές αντοχές. Ο αέρας που εγκλωβίζεται ανάμεσα στις ίνες, δίνει στο υλικό τις θερμομονωτικές και ηχοαπορροφητικές του ιδιότητες. Όσο μικρότερο είναι το πάχος των ινών, τόσο περισσότερες είναι οι ίνες και τόσο καλύτερο μονωτικό υλικό προκύπτει.

3.2.4.1.2 Ιδιότητες Υαλοβάμβακα

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υαλοβάμβακα, εξαρτώμενος και από την πυκνότητα, παρουσιάζει αύξηση με τη θερμοκρασία.

Ο υαλοβάμβακας παρουσιάζει χημική ουδετερότητα (με εξαίρεση το υδροχλωρικό οξύ) και είναι άοσμος και άκαυστος. Σε ελεύθερη κατάσταση, λόγω της ινώδους μορφής του δεν απορροφά υγρασία. Επειδή όμως συχνά βρίσκεται κλεισμένος στα άλλα δομικά υλικά, η υγρασία που εγκλωβίζεται σε αυτά, προσβάλλει τον υαλοβάμβακα και εξαπλώνεται σε όλη την έκτασή του. Η προσβολή του από την υγρασία, έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της θερμομονωτικής του ικανότητας. Γι' αυτό το λόγο, η χρήση του για οικοδομικές μονώσεις επιβάλλει την τοποθέτηση φράγματος υδρατμών στη θερμή πλευρά.

Οι ιδιότητες του υαλοβάμβακα ως προς την πυραντοχή του είναι ικανοποιητικές, καθώς ανήκει στις A1, A2 και B1 κατηγορίες πυραντοχής. Ωστόσο απαιτείται προσοχή στα υλικά που προστίθενται για την βελτίωση της συνοχής (υδρίδιο του πυριτίου), στα συνδετικά

υλικά (ρητίνες φαινολοφορμαλδεΐδης), καθώς και στα υδαπωθητικά έλαια (σιλικόνες ή ορυκτέλαια), διότι αυτά τα υλικά δύναται να υποβαθμίσουν την αντοχή του υαλοβάμβακα σε περίπτωση πυρκαγιάς. Επίσης παρουσιάζει ανθεκτικότητα στην θερμοκρασία για ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών (από 100 μέχρι 500 °C).

Η αντοχή του σε εφελκυσμό (0,005 N/mm²) και το όριο θραύσης (0,005-0,015 N/mm²) κρίνονται ως ικανοποιητικές. Ωστόσο, εμφανίζει μικρή αντοχή σε συμπίεση και για αυτό το λόγο η χρήση του δεν προσφέρεται για δάπεδα και δώματα με ισχυρές φορτίσεις.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο υαλοβάμβακας έχει πολύ καλές ηχοαπορροφητικές ιδιότητες. Μια ακόμη σημαντική ιδιότητά του είναι ότι δεν προσβάλλεται από έντομα ή τρωκτικά.

Ο υαλοβάμβακας, όταν προστατευθεί επαρκώς, δεν φθείρεται με το πέρασμα του χρόνου, διατηρώντας παράλληλα όλες τις ιδιότητές του. Οι ιδιότητες του δεν επηρεάζονται από την ηλιακή ακτινοβολία.

3.2.4.1.3 Πλεονεκτήματα υαλοβάμβακα

Πέραν αυτών που έχουν ήδη αναφερθεί ο υαλοβάμβακας είναι ένα υλικό που μεταφέρεται και τοποθετείται εύκολα.

3.2.4.1.4 Μειονεκτήματα

Ο υαλοβάμβακας σε χαμηλές πυκνότητες δεν έχει μηχανικές αντοχές. Παρόλο που οι ιδιότητες του ως προς την πυραντίσταση είναι αρκετά καλές, σε σύγκριση με τον πετροβάμβακα υστερεί ως προς αυτή την ιδιότητα.

3.2.4.1.5 Αποθήκευση υαλοβάμβακα

Τα προϊόντα υαλοβάμβακα θερμοσυμπιέζονται και συσκευάζονται σε φιλμ πολυαιθυλενίου, προκειμένου να μειωθεί ο αρχικός όγκος για ευκολότερη μεταφορά και αποθήκευση. Αποθηκεύονται σε στεγασμένους χώρους για να προστατεύονται από τις καιρικές συνθήκες.

3.2.4.1.6 Εμπορικές μορφές υαλοβάμβακα και εφαρμογές

- Παπλώματα υαλοβάμβακα
 - Ενισχυμένο οικοδομικό πάπλωμα υαλοβάμβακα

Χρησιμοποιείται για θερμομόνωση και ηχομόνωση στεγών, ξύλινων δαπέδων και ψευδοροφών.

- Ενισχυμένο οικοδομικό πάπλωμα με υαλούφασμα

Χρησιμοποιείται για θερμομόνωση και ηχομόνωση διαχωριστικών τοίχων από γυψοσανίδες, ψευδοροφών, ξύλινων δαπέδων, στεγών.

- Πάπλωμα με ενίσχυση αλουμινίου

Χρησιμοποιείται για θερμομόνωση και ηχομόνωση κεκλιμένων στεγών, ψευδοροφών και αεραγωγών θερμανσης κλιματισμού.

- Βιομηχανικό Πάπλωμα ενισχυμένο με κοτετσόσυρμα

Χρησιμοποιείται για θερμομόνωση βιομηχανικών εγκαταστάσεων και μηχανολογικών εξοπλισμών μεγάλων θερμοκρασιών.

- Πλάκες Υαλοβάμβακα
- Ενισχυμένες οικοδομικές πλάκες

Χρησιμοποιούνται για θερμομόνωση και ηχομόνωση εξωτερικών και διαχωριστικών τοίχων και ψευδοροφών.

- Ενισχυμένες οικοδομικές πλάκες με υαλούφασμα

Χρησιμοποιούνται για θερμομόνωση και ηχομόνωση εξωτερικών και διαχωριστικών τοίχων και ψευδοροφών.

- Ενισχυμένες πλάκες με αλουμίνιο

Χρησιμοποιούνται για θερμομόνωση και ηχομόνωση στεγών, αεραγωγών, σωληνώσεων και δεξαμενών.

- Σκληρές οικοδομικές πλάκες

Χρησιμοποιούνται για θερμομόνωση και ηχομόνωση εξωτερικών τοίχων, δωματίων, στεγών και ψευδοροφών.

- Σκληρές πλάκες δαπέδων

Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή πλωτών (αντιθορυβικών) δαπέδων κάτω από οπλισμένη τσιμεντοκονία για κτιριακές εφαρμογές.

- Σκληρές πλάκες μεγάλων φορτίων

Χρησιμοποιούνται για θερμομόνωση και ηχομόνωση δαπέδων κάτω από οπλισμένη τσιμεντοκονία για δώματα, δάπεδα βαρειάς κυκλοφορίας και βιομηχανιών.

- Χύμα υαλοβάμβακας

Χρησιμοποιείται για θερμομόνωση σε θέσεις με υψηλές θερμοκρασίες, πλήρωση κοιλοτήτων και κενών σε εξοπλισμούς εργαστηρίων και οικιακές συσκευές.

- Κοχύλια υαλοβάμβακα

Χρησιμοποιούνται με σκοπό την θερμομόνωση και ηχομόνωση σωληνώσεων, δεξαμενών και συστημάτων κλιματισμού.

(Κουντούρης 2009; Χουστουλάκης 2013; Καρέκος 2001)

3.2.4.2 Πετροβάμβακας

Ο πετροβάμβακας είναι ένα μονωτικό υλικό ινώδους μορφής. Αποτελείται από μια μάζα εξαιρετικά λεπτών ινών με διάμετρο μικρότερη των 5 μm . Παρασκευάζεται από μίγμα ορυκτογενών πετρωμάτων που αφθονούν στη φύση όπως βασάλτη, μεταβασάλτη, διαβάση, αμφιβολίτη, ασβεστόλιθο, δολομίτη και βωξίτη. Οι κύριες χημικές ενώσεις που περιλαμβάνονται στη θέση των προαναφερθέντων υλικών είναι τα οξείδια του πυριτίου, αλουμίνιο, ασβέστιο, μαγνήσιο και σίδηρος.

3.2.4.2.1 Διαδικασία παραγωγής

Η διαδικασία παραγωγής που ακολουθείται είναι παρόμοια με τον υαλοβάμβακα, καθώς το μίγμα των πετρωμάτων θερμαίνεται και λειώνει μέσα σε υψικάμινο ή σε ηλεκτρικό φούρνο (σε θερμοκρασία 1300 °C) και στη συνέχεια διαμορφώνεται στην ινώδη μορφή του με φυγοκέντριση. Η συγκόλληση των ινών γίνεται με φαινολική ρητίνη και σιλικονέλαιο.

3.2.4.2.2 Ιδιότητες πετροβάμβακα

Ο πετροβάμβακας είναι ένα άοσμο, και άκαυστο υλικό. Έχει υψηλή πυκνότητα (30 Kg/m^3) και ιδιαίτερα καλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που κυμαίνεται από 0,033 ως 0,045 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Σε μεγάλες πυκνότητες έχει και υψηλές αντοχές.

Σε περίπτωση προσβολής του από την υγρασία, η θερμομονωτική ικανότητά του επηρεάζεται σημαντικά. Για αυτό το λόγο η λήψη μέτρων με σκοπό την προστασία του από την υγρασία είναι απαραίτητη. Η προστασία του από την υγρασία γίνεται είτε με την

προσθήκη οργανικών ενώσεων του πιριτίου (σιλάνια) είτε με την τοποθέτηση επικάλυψης φύλλων αλουμινίου ή γύψου.

Η θερμομονωτική ικανότητα του πετροβάμβακα επηρεάζεται αρνητικά επίσης και από την αυξημένη παρουσία συμπαγών σφαιριδίων τήξης, χρώματος καφέ ή μαύρου, που δημιουργούνται παράλληλα με τις επιθυμητές ίνες κατά τη διαδικασία παραγωγής τους.

Η αντοχή του πετροβάμβακα σε ψηλές θερμοκρασίες είναι ιδιαίτερα υψηλή. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι πρώτες ύλες και τα πρόσθετα στον πετροβάμβακα κατά την παραγωγή λιώνουν σε μεγάλες θερμοκρασίες. Η ανώτερη θερμοκρασία εφαρμογής, δηλαδή η θερμοκρασία μέχρι την οποία το υλικό διατηρεί τις ιδιότητες του είναι 750 °C. Ο πετροβάμβακας διαθέτει πολύ καλή συμπεριφορά στην πυρκαγιά καθώς ανήκει στις κατηγορίες πυραντοχής A1, A2 και B1. Υπερτερεί του υαλοβάμβακα σε πυροπροστασία καθώς οι ίνες του αντέχουν μέχρι και τους 1000 °C. Λόγω της αντοχής του σε υψηλές θερμοκρασίες και την ανθεκτικότητά του στη φωτιά ο υαλοβάμβακας χρησιμοποιείται σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, στη μόνωση λεβητών, σε πόρτες πυρασφάλειας, σε κατασκευές που αφορούν την πυρασφάλεια σε πλοία, καθώς και σε αγωγούς εξαερισμού.

Έχει χαμηλή αντοχή του σε εφελκυσμό 0,005N/mm² και χαμηλό όριο θραύσης από 0,00012 έως 0,0075 N/mm².

Όσον αφορά την ηχοπροστασία, παρουσιάζει χαμηλό βαθμό απορρόφησης του ήχου σε σχέση με τον υαλοβάμβακα στις χαμηλές συχνότητες, αλλά στις υψηλές θερμοκρασίες αλλά στις υψηλές συχνότητες η ικανότητα της σε ηχομόνωση είναι πολύ ικανοποιητική. Δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά ούτε από χημικές ενώσεις.

Οι ιδιότητες του πετροβάμβακα δεν επηρεάζονται από την ηλιακή ακτινοβολία. Επίσης δεν φθείρεται με το πέρασμα του χρόνου, διατηρώντας παράλληλα όλες τις ιδιότητες του και την σταθερότητα των διαστάσεων του.

Εδώ πρέπει να επισημανθεί πως ο υαλοβάμβακας αλλά και ο πετροβάμβακας έχουν χαρακτηριστεί από τον I.A.R.C. (διεθνές κέντρο για την έρευνα του καρκίνου) στα εν δυνάμει καρκινογόνα υλικά, τα οποία επιδρούν στον άνθρωπο μέσω της αναπνευστικής οδού. Οι ίνες των υλικών αυτών δεν διαχωρίζονται κατά μήκος τους, αλλά σπάνε κάθετα στην μάζα τους και σύμφωνα με τον I.A.R.C η επικινδυνότητα τους έγκειται στις διαστάσεις τους (μήκος ανώτερο των 5μm και διαμετρος μικρότερη των 3μm).

3.2.4.2.3 Εμπορικές μορφές του πετροβάμβακα και εφαρμογές τους:

- Παπλώματα πετροβάμβακα
- Μονωτικό ρολό πετροβάμβακα

Χρησιμοποιείται για θερμομόνωση και ηχομόνωση τοιχοποιίας και στεγών.

- Πάπλωμα πετροβάμβακα με κοτετσόσυρμα

Συναντάται στο εμπόριο κυρίως σε πυκνότητες 65, 80 και 100 Kg/m³. Χρησιμοποιείται κυρίως για βιομηχανικές εφαρμογές.

- Πλάκες πετροβάμβακα
- Πλάκες πετροβάμβακα με ή χωρίς επικάλυψη

Οι πλάκες πετροβάμβακα μπορούν να είναι ακάλυπτες ή επενδυμένες με διάφορες επικαλύψεις όπως φύλλο αλουμινίου, υαλοϋφασμα ,και άσπρο ή μαύρο χαρτί.

- Πλάκες πετροβάμβακα με ασφαλική στρώση

Χρησιμοποιούνται για θερμομόνωση και ηχομόνωση δαπέδων και δωματίων.

- Χύμα πετροβάμβακας

Εφαρμόζεται σε λέβητες και εμπορευματοκιβώτια

- Κοχύλια πετροβάμβακα

Τα κοχύλια πετροβάμβακα διατίθενται με ή χωρίς επικάλυψη αλουμινίου και χρησιμοποιούνται για θερμομόνωση και ηχομόνωση σωλήνων σε βιομηχανικές εφαρμογές όπου υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις προστασίας λόγω υψηλών θερμοκρασιών.

(Κουντούρης 2009; Χουστουλάκης 2013; Καρέκος 2001)

3.2.4.3 Διογκωμένη πολυστερίνη

Η διογκωμένη πολυστερίνη (γνωστή και ως φελιζόλ) ανήκει στα οργανικά τεχνητά υλικά κλειστής κυψελωτής δομής. Παράγεται από διόγκωση πολυμερισμένου στυρολίου ή αλλιώς πολυστυρένιου. Το πολυστυρένιο που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη είναι αρωματική ουσία της οικογένειας των βενζολίων. Η διογκωμένη πολυστερίνη αποτελείται από 1,5 έως 2% πολυστυρένιο και 98 με 98,5% αέρα, ανάλογα με την πυκνότητα. Ο αέρας βρίσκεται εγκλωβισμένος μέσα σε μεγάλο αριθμό κυψελίδων. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα τελευταία

χρόνια έχει αναπτυχθεί και εξελιχθεί η παραγωγή διογκωμένης πολυστερίνης με γραφίτη. Το προϊόν αυτό ονομάζεται Neopor και εμφανίζει βελτιωμένες ιδιότητες.

3.2.4.3.1 Παραγωγή διογκωμένης πολυστερίνης

Με ειδική επεξεργασία πολυμερισμού η πρώτη ύλη παίρνει τη μορφή μικρών κόκκων με σταθερή χημική σύσταση και θερμοπλαστικές ιδιότητες. Οι κόκκοι διογκώνονται και μετατρέπονται σε σφαιρίδια διαμέτρου 5-6 mm. Από εκεί και πέρα οδηγούνται σε ειδικές πρέσες για επιπλέον διόγκωση και συγκόλληση των σφαιριδίων. Υπάρχουν δύο τρόποι παραγωγής του τελικού προϊόντος. Με τον πρώτο τρόπο το προϊόν βγαίνει στην τελική του μορφή από το καλούπι με τυποποιημένες διαστάσεις και διαμορφωμένη επιφάνεια (η λεγόμενη καλουπωτή ή χυτή πολυστερίνη. Με τον δεύτερο τρόπο το προϊόν βγαίνει από την πρέσα σε μορφή μεγάλων blocks, τα οποία στην συνέχεια κόβονται σε κοπτικές μηχανές ή παντογράφους, δίνοντας πλάκες ή ειδικά κομμάτια διαφόρων σχημάτων και διαστάσεων. Η πυκνότητα της παραγόμενης πολυστερίνης κυμαίνεται από 10 μέχρι 40 Kg/m³.

Η διογκωμένη πολυστερίνη εμφανίζει ανταγωνιστική θερμομονωτική ικανότητα με τιμές λ που κυμαίνονται στο διάστημα 0,030-0,038W/(m.K). Ωστόσο απαιτείται προσοχή κατά την παραγωγή της, διότι αν σχηματιστούν κενά που δε διαμορφώνουν κλειστούς πόρους, είναι δυνατόν να εισχωρήσει νερό και να αυξηθεί σημαντικά ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ. Το θερμοκρασιακό εύρος χρήσης είναι περιορισμένο σε σχέση με τον υαλοβάμβακα και τον πετροβάμβακα (-70 μέχρι 90 °C). Όσον αφορά την πυραντοχή του είναι χαμηλής κατάταξης, (κατηγορίες B1 και B2). Είναι ευαίσθητη στις επιθέσεις από έντομα τρωκτικά, όπως επίσης και στην προσβολή από διάφορες κατηγορίες χημικών διαλυτών. Είναι ευαίσθητη στην ηλιακή ακτινοβολία, σε σημείο που αλλάζει χρώμα, σκληραίνεται και θρυμματίζεται. Δεν εμφανίζει καθόλου ηχομονωτικές ιδιότητες γι' αυτό δεν χρησιμοποιείται καθόλου για ηχομόνωση. Το χρώμα της είναι συνήθως λευκό. (Κουντούρης 2009; Χουστουλάκης 2013;)

Στα υλικά κλειστών κυψελών όπως το Διογκωμένο Πολυστυρένιο (EPS) δεν μπορεί να υπάρξει κίνηση αέρα και με αυτό τον τρόπο η μετάδοση θερμότητας με αγωγή ελαχιστοποιείται. Επομένως, στο συμβατικό Διογκωμένο Πολυστυρένιο η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται μόνο με συναγωγή και ακτινοβολία.

Οι ιδιότητες της διογκωμένης πολυστερίνης με γραφίτη Neopor είναι σαφώς βελτιωμένες σε σχέση με το κοινό διογκωμένο πολυστυρένιο. Τα μόρια γραφίτη που περιέχονται κατά 3%

στη σύνθεση του λειτουργούν σαν ανακλαστές που εμποδίζουν την μετάδοση θερμότητας μέσω ακτινοβολίας, επιτρέποντας μόνο στη συναγωγή να συμβάλλει στην απώλεια θερμότητας. Σαν αποτέλεσμα οι θερμομονωτικές πλάκες κατασκευασμένες από Neopor έχουν 15-20% καλύτερες θερμομονωτικές ιδιότητες από το συμβατικό λευκό Διογκωμένο Πολυστυρένιο (EPS). (Χουστουλάκης 2013)

3.2.4.3.2 Πλεονεκτήματα διογκωμένης πολυστερίνης

Εκτός αυτών που έχουν αναφερθεί η διογκωμένη πολυστερίνη είναι εύχρηστο υλικό καθώς κόβεται και μεταφέρεται εύκολα και έχει χαμηλό κόστος. Παρουσιάζει καλή συνεργασία με όλα τα οικοδομικά υλικά. Σε ορισμένες εφαρμογές που απαιτούνται ειδικές διαστάσεις και ειδικά σχήματα, ίσως αποτελεί και την μοναδική λύση.

3.2.4.3.3 Μειονεκτήματα

Εάν χρησιμοποιηθεί χωρίς να σταθεροποιηθεί, συρρικνώνεται και επίσης κρατά την υγρασία που εισχωρεί στη μάζα της. Στις χαμηλές πυκνότητες δεν έχει μηχανικές αντοχές. Τέλος είναι εύφλεκτη και στη φωτιά εκλύει αέρια.

- Εμπορικές μορφές διογκωμένης πολυστερίνης
- Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης

Ειδικά τεμάχια διογκωμένης πολυστερίνης διαφόρων σχημάτων (κυλινδρικά, καμπύλα) και διαστάσεων.

- Κορνίζες διογκωμένης πολυστερίνης

Χρησιμοποιούνται για μορφοποίηση σκυροδέματος.

- Εφαρμογές διογκωμένης πολυστερίνης

Η διογκωμένη πολυστερίνη είναι ένα από τα πρώτα θερμομονωτικά υλικά που εμφανίστηκαν και υπήρξε το πλέον χρησιμοποιούμενο θερμομονωτικό υλικό για πολλές δεκαετίες. Με την εμφάνιση της εξηλασμένης πολυστερίνης, που υπερτερεί ως υλικό σε όλες του τις ιδιότητες και με την εξάπλωση των συστημάτων ξηράς δόμησης η χρήση της έχει περιοριστεί. (Κουντούρης) Οι ενδεικτικές χρήσεις σε συνήθη οικοδομικά έργα είναι οι εξής:

- Περιμετρική υγρομόνωση και προστασία τοιχίων στα υπόγεια των κτιρίων
- Θερμομόνωση διπλής τοιχοποιίας με τοποθέτηση της ανάμεσα σε τούβλα

- Θερμομόνωση στοιχείων από σκυρόδεμα (κολώνες, δοκάρια)
- Θερμομόνωση οροφών κτιρίων
- Κατασκευή ανεστραμμένων μονώσεων σε οροφές κτιρίων
- Θερμομόνωση κάθε μορφής στεγών
- Θερμομόνωση συστημάτων ενδοδαπέδιας θέρμανσης
- Θερμομόνωση πλακών με δοκίδες
- Πλήρωση κενών μεγάλων αρμών διαστολής

(Πατενιώτης 2012, Κουντούρης 2009)

3.2.4.4 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη

Η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη ανήκει επίσης στα συνθετικά οργανικά υλικά κλειστής κυψελικής δομής και αποτελεί συγγενές υλικό της διογκωμένης πολυστερίνης καθώς έχει όμοια σύσταση, αλλά διαφέρει ως προς τη μέθοδο επεξεργασίας.

3.2.4.4.1 Παραγωγή εξηλασμένης πολυστερίνης

Κατά την παραγωγή της εξηλασμένης πολυστερίνης πραγματοποιούνται ταυτόχρονα αφρισμός και εξέλαση. Ως προωθητικό αέριο σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) σε ποσοστό 3-7%, στοιχεία αύξησης της πυρανοχής σε ποσοστό 1-6% και τέλος ως βοηθητικές ύλες το ταλκ και οι χρωστικές ουσίες, οι οποίες δίνουν στο τελικό προϊόν το χαρακτηριστικό χρώμα της κάθε εταιρείας. Η εξηλασμένη πολυστερίνη είναι συνήθως χρώματος μπλε. Παράγεται σε μορφή πλακών με εύρος πυκνοτήτων 30-40 Kg/m³ με επίπεδη ή ανάγλυφη επιφάνεια για την επίτευξη καλύτερης πρόσφυσης του κονιάματος ή του επιχρίσματος. Ακόμη παράγονται πλάκες με επικάλυψη τσιμεντοκονίας ή ψηφίδας στη μια τους πλευρά, για χρήση στο ανεστραμμένο δώμα.

(Χουστουλάκης 2013)

3.2.4.4.2 Ιδιότητες εξηλασμένης πολυστερίνης

Η εξηλασμένη πολυστερίνη διαθέτει καλές θερμομονωτικές ιδιότητες με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας από 0,025 ως 0,035 m/(K.W). Οι θερμομονωτικές ιδιότητες αυτές οφείλονται στο μεγάλο ποσοστό του όγκου που αποτελεί το μίγμα αέρα και αερίων, όπως

συμβαίνει και με τη διογκωμένη πολυστερίνη. Ας σημειωθεί ότι κατά τη παραγωγή του, το εν λόγω υλικό έχει αισθητά μικρότερο λ . Άμεσα όμως αρχίζει μια διαδικασία εξισορρόπησης του αέριου μίγματος των κυψελίδων με τον εξωτερικό αέρα μέσω των τοιχωμάτων των κυψελίδων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη σταδιακή μείωση της σύστασης του αέριου μίγματος των κυψελίδων σε R-12 με αποτέλεσμα την αύξηση του συντελεστή λ . Επειδή η τιμή διαπίδυσης του R-12 είναι πολύ μικρότερη αυτής του εισερχόμενου αέρα, η συγκέντρωση του αερίου των κυψελίδων σε R-12 υποδιπλασιάζεται κάθε 50 χρόνια. Τελικά, για τον χρόνο ζωής μιας οικοδομής το μονωτικό υλικό διατηρεί μια τιμή θερμικής αγωγιμότητας μικρότερη από 0,04 W/(m.K). (Καρέκος 2001)

Το θερμοκρασιακό εύρος χρήσης της (από -60 μέχρι 75 °C είναι σχετικά περιορισμένο. Ως προς την αντοχή της στη φωτιά, η εξηλασμένη πολυστερίνη, παρόλο που εμπλουτίζεται με επιβραδυντές καύσης, παραμένει ένα ελαφρώς εύφλεκτο υλικό.

Η εξηλασμένη πολυστερίνη είναι ένα υλικό με μεγάλη αντοχή σε εφελκυσμό, (0,30-0,35 N/mm²), σε συμπίεση, σε διάχυση υδρατμών και σε απορρόφηση νερού.

Η εξηλασμένη πολυστερίνη, όπως και η διογκωμένη πολυστερίνη, παρουσιάζει ευαισθησία στην προσβολή από τρωκτικά, έντομα, χημικούς διαλύτες και ηλιακή ακτινοβολία. Γι' αυτό συστήνεται ο εγκλωβισμός της πολυστερίνης στο δομικό στοιχείο ή η επικάλυψη της με κάποιο επίχρισμα.

Δεν διαθέτει ικανοποιητικές ηχοαπορροφητικές ιδιότητες και γι' αυτό δεν χρησιμοποιείται για σκοπούς ηχομόνωσης. (Χουστουλάκης 2013; Κουντούρης 2009)

Ας σημειωθεί ότι τόσο η διογκωμένη όσο και η εξηλασμένη πολυστερίνη ευνοούν την διαφυγή τοξικών πτητικών αερίων στο περιβάλλον, όπως CFC (χλωροφθοράνθρακες) και πεντανίου τα οποία καταστρέφουν την χλωρίδα του όζοντος και ενισχύουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επιπλέον, κατά την παραγωγή τους υπάρχει κίνδυνος διαρροής στυρενίου, μιας νευροτοξικής ουσίας. Γι' αυτό πρέπει να λαμβανονται τα κατάλληλα μέτρα. Τέλος, σε περίπτωση πυρκαγιάς εκλύονται βρωμιούχα αέρια λόγω των ουσιών που προστίθενται για την καθυστέρηση της φωτιάς. (Χουστουλάκης 2013)

3.2.4.4.3 Πλεονεκτήματα

Εκτός αυτών που αναφέρθηκαν, η εξηλασμένη πολυστερίνη δεν προσβάλλεται από μύκητες και βακτηρίδια. Επίσης έχει ομοιομορφία μάζας και σταθερότητα διαστάσεων. Έχει άριστη

συνεργασία με τα οικοδομικά υλικά (τσιμέντο, γύψο, ασβέστη, ανυδρίτη, άμμο). Επιπλέον μεταφέρεται και τοποθετείται εύκολα. Τέλος, οι ειδικές πλάκες με εγκοπές προσφέρουν άριστη πρόσφυση.

3.2.4.4.4 Εμπορικές μορφές εξηλασμένης πολυστερίνης και εφαρμογές

- Εξηλασμένη πολυστερίνη τοιχοποιίας

Εφαρμόζεται για θερμομόνωση διπλής εξωτερικής τοιχοποιίας

- Εξηλασμένη πολυστερίνη ξυλοτύπων

Εφαρμόζεται για θερμομόνωση στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος και γενικά όπου απαιτείται καλή πρόσφυση του υλικού με κονιοδέματα.

- Εξηλασμένη πολυστερίνη γκοφρέ

Εφαρμόζεται για κάθε τύπο θερμομόνωσης

- Εξηλασμένη πολυστερίνη δαπέδων

Εφαρμόζεται για θερμομόνωση δαπέδων με μεγάλα φορτία

- Ταρατσόπλακα

Η ταρατσόπλακα είναι βιομηχανική πλάκα σύνθετης διατομής τσιμεντοκονίας και εξηλασμένης πολυστερίνης και εφαρμόζεται για θερμομόνωση δωματίων

- Πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης Γίγας

Η εξηλασμένη πολυστερίνη Γίγας εφαρμόζεται για θερμομόνωση μεγάλων επιφανειών, ψευδοροφών, βιομηχανικών χώρων, κτηνοτροφικών μονάδων.

- Πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης με επικάλυψη γυψοσανίδας

- πάχους 9,5 mm

Χρησιμοποιούνται για θερμομόνωση τοίχων εξωτερικά και στοιχείων σκυροδέματος.

- πάχους 12,5 mm

Χρησιμοποιούνται για θερμομόνωση πλακών σκυροδέματος στην κάτω επιφάνεια.

- Εξηλασμένη πολυστερίνη ψυκτικών θαλάμων

Εφαρμόζεται για θερμομόνωση ψυκτικών θαλάμων.

- Πλακίδιο εξηλασμένης πολυστερίνης
- Σύνθετο πλακίδιο που αποτελείται από εξηλασμένη πολυστερίνη και τσιμεντοκονία.

Χρησιμοποιείται για την κατασκευή ανεστραμμένου βατού δώματος.

(Κουντούρης 2009)

3.2.4.5 Αφρός πολυουρεθάνης

Ο αφρός πολυουρεθάνης ανήκει στην κατηγορία των σκληρών αφρώδων θερμομονωτικών υλικών. Είναι τεχνητό οργανικό υλικό. Παρασκευάζεται με την ανάμιξη ισοκυανικών παραγώγων και πολυόλης με τη βοήθεια καταλύτη. Η αντίδραση που γίνεται είναι εξώθερμη και η παραγόμενη θερμότητα που παράγεται προκαλεί εξάτμιση του υγρού, το οποίο αποτελεί το μέσο διόγκωσης. Σαν μέσο διόγκωσης χρησιμοποιούνται υδρογονάνθρακες όπως το πεντάνιο, το διοξείδιο του άνθρακα ή το HFCKW. Ο παραγόμενος αφρός και τα προϊόντα του (πλάκες, κοχύλια) είναι δύο τύπων, ο κοινός αφρός πολυουρεθάνης και ο πολυισοκυανικός, ο οποίος είναι πιο πυρασφαλής. (Καρέκος 2001)

3.2.4.5.1 Ιδιότητες πολυουρεθάνης

Η θερμική αγωγιμότητα του αφρού πολυουρεθάνης οφείλεται στην πολύ χαμηλή πυκνότητά του (30-40 Kg/m³) καθώς αποτελείται από 97% αέριο σε μικρές κλειστές κυψελίδες.

Ο αφρός πολυουρεθάνης αποτελούσε το θερμομονωτικό υλικό με το χαμηλότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (0,02 W/(m.K)). Παρ' όλα αυτά η δια νόμου αντικατάσταση του χλωροφθοράνθρακα με πεντάνιο ως προωθητικό μέσο από το 1995 και έπειτα αύξησε τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας το οποίο τώρα έχει τιμές 0,023-0,030 W/m.K.

Η εφελκυστική αντοχή του αφρού πολυουρεθάνης κυμαίνεται από 20 N/cm μέχρι 30 N/cm. Παρουσιάζει πολύ μικρή απορρόφηση υγρασίας και ικανοποιητική αντίσταση στην διάχυση υδρατμών. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα αδιάβροχο υλικό λόγω της κλειστής δομής των κυψελίδων του.

Όσον αφορά το θερμοκρασιακό εύρος χρήσης του, είναι περιορισμένο σε σύγκριση με τον υαλοβάμβακα και τον πετροβάμβακα με κατώτερο όριο τους -50 °C και ανώτερο όριο τους 120 °C. (Κουντούρης 2009; Χουστουλάκης 2013)

Η αντίσταση του αφρού πολυουρεθάνης στη φωτιά δεν είναι ικανοποιητική, καθώς κατατάσσεται στις κατηγορίες αντοχής B1 και B2, παρόλο που προστίθενται σε αυτό μέσα

για την αύξηση της πυρανοτοχής του. Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την καύση του αφρού πολυουρεθάνης απελευθερώνονται τοξικά αέρια σε μικρές ποσότητες. Για τον λόγο αυτό απαγορεύεται να χρησιμοποιείται χωρίς επικάλυψη. (Καρέκος 2001)

Όταν ο αφρός πολυουρεθάνης μείνει εκτεθειμένος στην ηλιακή ακτινοβολία, οι επιφανειακές κυψέλες αδυνατίζουν και το υλικό θρυμματίζεται. Διαθέτει πολύ καλές συγκολλητικές ιδιότητες, αφού προσκολλάται στα έργα με εκτόξευση και ψεκασμό.

Η πολυουρεθάνη δεν έχει ικανοποιητικές ηχομονωτικές ιδιότητες και ως εκ τούτου δεν χρησιμοποιείται ως ηχομονωτικό υλικό.

Ο αφρός πολυουρεθάνης έχει ικανοποιητική αντοχή στις χημικές ουσίες, όμως προσβάλλεται από τρωκτικά.

3.2.4.5.2 Πλεονεκτήματα αφρού πολυουρεθάνης

Εκτός όσων έχουν ήδη αναφερθεί η πολυουρεθάνη μεταφέρεται και τοποθετείται εύκολα, έχει αντοχή στη σήψη και τη γήρανση, αντοχή στις θερμικές καταπονήσεις και σταθερότητα διαστάσεων.

(Κουντούρης 2009; Χουστουλάκης 2013)

3.2.4.5.3 Εμπορικές μορφές αφρού πολυουρεθάνης και εφαρμογές.

Το εύρος των εφαρμογών της πολυουρεθάνης είναι πολύ μεγάλο. Χρησιμοποιείται στα κτίρια, αλλά ακόμη περισσότερο στη βιομηχανία και στις εγκαταστάσεις, λόγω του ότι διατηρεί τις ιδιότητες του ακόμα και σε χαμηλές θερμοκρασίες.

- Πλάκες πολυουρεθάνης

Υπάρχουν διάφοροι τύποι πλακών πολυουρεθάνης

- Σκληρές πλάκες από αφρό πολυουρεθάνης
- Πλάκες πολυουρεθάνης με επίστρωση αδιαβροχοποιημένου χαρτιού
- Πλάκες πολυουρεθάνης πολλαπλών στρωμάτων (Χουστουλάκης)
- Πλάκες πολυουρεθάνης με επίστρωση φύλλων αλουμινίου ή χάλυβα

Οι πλάκες πολυουρεθάνης εφαρμόζονται στη θερμομόνωση:

- Εξωτερικής τοιχοποιίας

- Δωματίων, στεγών, δαπέδων.
- Ψυκτικών θαλάμων και αυτοκίνητων ψυγείων
- Αγροτικών κτιρίων.
- Κοχύλια πολυουρεθάνης

Εφαρμόζονται σε σωληνώσεις θέρμανσης, κλιματισμού, μεταφοράς αερίων, σωληνώσεις ψύξης.

- Ειδικά τεμάχια πολυουρεθάνης

Τα ειδικά τεμάχια που μπορεί να είναι καμπύλα, σε σχήμα σύνδεσης T ή μεταβαλλόμενης διαμέτρου εφαρμόζονται στις βιομηχανικές μονώσεις σε σωληνώσεις και εξαρτήματα δικτύων διανομής ρευστών. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μονώσεις δεξαμενών αποθήκευσης ρευστών.

- Αφρός πολυουρεθάνης σε φιαλίδιο

Είναι μια πολύ γνωστή μορφή πολυουρεθάνης που κυκλοφορεί ευρέως στο εμπόριο σε φιαλίδια. Ανήκει στα υλικά αρμών και χρησιμοποιείται για υλικά αρμών και συγκολλήσεις.

(Κουντούρης 2009)

3.2.5 Υλικά νέας Τεχνολογίας

3.2.5.1 Αεροπηκτώματα

Τα αεροπηκτώματα είναι τυπικά νανοδομημένα μεσοπορώδη υλικά με ανοικτούς πόρους. Παράγονται από την αποξήρανση υγρών πηκτωμάτων με τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρούν την πορώδη υφή της υγρής φάσης τους. Παρουσιάζουν μια σειρά από εξαιρετικές ιδιότητες που οφείλονται στην ασυνήθιστη φυσική και χημική δομή τους. Όλα τα αεροπηκτώματα είναι τα στερεά με την μικρότερη πυκνότητα που έχουν κατασκευαστεί μέχρι σήμερα με πυκνότητες που κυμαίνονται από 0.0011 μέχρι 0.5 g/cm³. Επίσης παρουσιάζουν πολύ μεγάλο πορώδες (90-99.8%).

Τα αεροπηκτώματα μπορεί να έχουν θερμική αγωγιμότητα μικρότερη από το αέριο που περιέχουν. Αυτό οφείλεται στο φαινόμενο του Knudsen. Σύμφωνα με το φαινόμενο αυτό, η μείωση της θερμικής αγωγιμότητας προκαλείται επειδή οι διαστάσεις του πόρου που περιέχει κάποιο αέριο γίνονται συγκρίσιμες με το μήκος της μέσης ελεύθερης διαδρομής των μορίων του αερίου, δηλαδή της μέσης απόστασης που διανύει ένα μόριο χωρίς να συγκρουστεί. Ο

πόρος περιορίζει την κίνηση των μορίων του αερίου μειώνοντας την μεταφορά ενέργειας με αγωγή καθώς και την μεταφορά ενέργειας με συναγωγή. Για παράδειγμα, η θερμική αγωγιμότητα του αέρα σε μεγάλο δοχείο είναι 25 mW/mK σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας (0 °C) και πίεσης (1 bar), όμως μειώνεται σε περίπου 5 mW/m·K σε ένα πόρο με διάμετρο 30 nm. (Μιχάλης 2011, Berge and Johanson 2012).

Η θερμική αγωγιμότητα τους μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 4 mW/(mK) σε πίεση 50 mbar. Ωστόσο τα εμπορικά διαθέσιμα αεροπηκτώματα έχουν αναφερθεί ότι έχουν θερμική αγωγιμότητα μεταξύ 13 και 14 mW/(mK) σε πίεση περιβάλλοντος. Τα αεροπηκτώματα έχουν σχετικά υψηλή θλιπτική αντοχή, αλλά είναι πολύ εύθραυστα λόγω της πολύ χαμηλής εφελκυστικής αντοχής τους. Η εφελκυστική αντοχή τους μπορεί να αυξηθεί με την ενσωμάτωση ενός πλέγματος από ίνες άνθρακα.

Επίσης, αξιοσημείωτο είναι ότι τα υλικά αυτά μπορούν να παραχθούν σε αδιαφανή, ημιδιαφανή και διαφανή μορφή, επιτρέποντας έτσι ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών σε κτίρια.

Τα αεροπηκτώματα έχουν πολύ υψηλό κόστος παραγωγής και γι' αυτό η χρήση τους δεν είναι ακόμη διαδεδομένη.(Jelle 2011, “ What is aerogel” n.d.)



Διάγραμμα 9: Αεροπήκτωμα

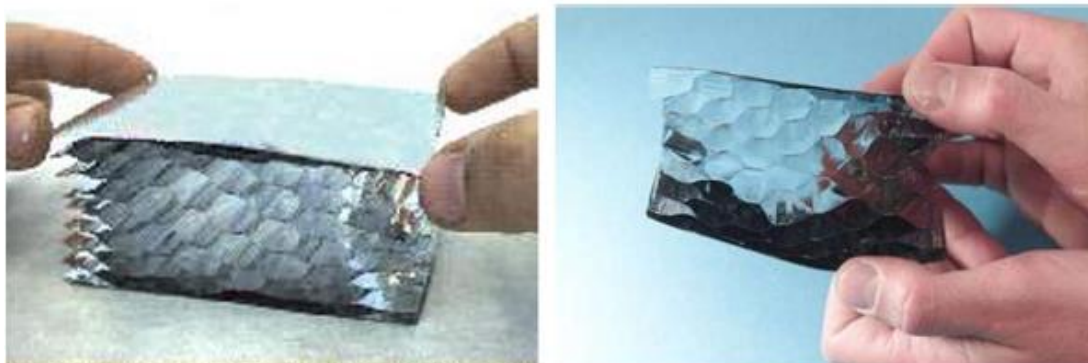
3.2.5.2 Πάνελ κενού

Τα VIP (Vacuum insulation panel) αποτελούνται από ένα πυρήνα ανοικτού πορώδους (fumed silica) ο οποίος περιβάλλεται από διάφορα στρώματα επιμεταλλωμένων φύλλων πολυμερούς. Έχουν θερμική αγωγιμότητα μεταξύ 3 και 4 mW/(mK) σε φρέσκια κατάσταση, που μπορεί να ανέλθει σε 8 mW/(mK) μετά από 25 χρόνια, λόγω της διάχυσης υδρατμών και αέρα διαμέσου του περιβλήματος τους στον πορώδη πυρήνα τους. Ανάλογα με τον τύπο του

περιβλήματος η θερμική αγωγιμότητα μετά από 50 και 100 χρόνια θα είναι κάπως ή σημαντικά ψηλότερη από αυτή την τιμή. Αυτή η αναπόφευκτη αύξηση της θερμικής αγωγιμότητας αποτελεί ένα σημαντικό μειονέκτημα των VIP. Για παράδειγμα τρυπώντας το περίβλημα του πάνελ με τα νύχια, θα μπορούσε να προκληθεί αύξηση της θερμικής αγωγιμότητας σε περίπου 20 mW/(mK). Σαν αποτέλεσμα τα υλικά αυτά δεν μπορούν να κοπούν για προσαρμογή στο εργοτάξιο ή να τρυπηθούν, το οποίο αποτελεί ένα ακόμη μειονέκτημα τους. (Jelle 2011).

3.2.5.3 Πάνελ αερίου

Η τεχνολογία των GFP (Gas Filled Panels) βασίζεται στις ίδιες αρχές με την τεχνολογία των VIP. Είναι πάνελ γεμισμένα με αέρια τα οποία έχουν θερμική αγωγιμότητα μικρότερη από αυτή του κοινού αέρα όπως για παράδειγμα το αργον (Ar), το κρύπτον (Kr) και το ξένο (Xe) αντί κενού που περιέχουν τα VIP. Το εξωτερικό περίβλημα του πάνελ αποτελείται από ένα λεπτό φύλλο με χαμηλή ικανότητα εκπομπής το οποίο μειώνει την μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία. Στο εσωτερικό τους εκτός από το αέριο υπάρχει ένα υλικό χαμηλής ικανότητας εκπομπής σε κυψελωτή δομή για να εμποδίζει την μετάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία και συναγωγή διαμέσου του αερίου. (Baetens et al). Η θερμοαγωγιμότητα των GFP είναι σχετικά υψηλή σε σχέση με των VIP λόγω του ότι το κενό είναι καλύτερος θερμικός μονωτής από οποιοδήποτε αέριο. Γι' αυτό το λόγο η μελλοντική χρήση τους ως θερμομονωτικά υλικά μπορεί να τεθεί υπό αμφισβήτηση.



Διάγραμμα 10: Πάνελ αερίου

3.2.5.4 Υλικά αλλαγής φάσης

Τα υλικά αλλαγής φάσης (Phase Change Materials) ονομάζονται τα υλικά που προσφέρονται για αξιοποίηση της λανθάνουσας θερμότητας που αποθηκεύουν ή αποδίδουν κατά την αλλαγή φάσης τους, δηλαδή κατά την μεταβολή τους από στερεό σε υγρό ή από υγρό σε αέριο. Για παράδειγμα, ας θεωρήσουμε ότι σε ένα κτίριο υπάρχουν ποσότητες PCM με θερμοκρασία αλλαγής φάσης τους 25 °C. Μόλις η θερμοκρασία του κτιρίου ξεπεράσει τους 25 °C τα PCM θα αρχίσουν να τήκονται απορροφώντας παράλληλα θερμική ενέργεια από το περιβάλλον. Η απορροφούμενη, στο στάδιο αυτό θερμότητα, είναι λανθάνουσα, δηλαδή δεν συνεπάγεται αύξηση της θερμοκρασίας του υλικού. Όμως, λόγω του ότι απορροφάται από το περιβάλλον, εμποδίζεται από το να προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας άλλων υλικών και του αέρα. Κατά την αντίστροφη διαδικασία, της ψύξης, όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από τους 25 °C τα PCM αρχίζουν να στερεοποιούνται και παράλληλα αποθηκεύουν την αποθηκευμένη λανθάνουσα θερμότητα στο περιβάλλον. Η απελευθερούμενη ποσότητα θερμικής ενέργειας συγκρατεί την πτώση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Το αποτέλεσμα είναι ποιοτικά παρόμοιο με αυτό που επιτυγχάνεται με συμβατικά υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας (και στις δύο περιπτώσεις έχουμε εξομάλυνση των θερμοκρασιακών μεταβολών στο εσωτερικό του κτιρίου). Η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι η λανθάνουσα θερμότητα των PCM είναι, γενικά, σημαντικά μεγαλύτερη από την ικανότητα αποθήκευσης αισθητής θερμότητας των συμβατικών δομικών υλικών. Ως αποτέλεσμα απαιτούνται μικρότερες ποσότητες PCM για το ίδιο αποτέλεσμα στον έλεγχο της εσωτερικής θερμοκρασίας σε ένα κτίριο.

Ένα πρόβλημα στις εφαρμογές των PCM είναι η δυσκολία ελέγχου της υγρής τους φάσης. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, Τα PCM βρίσκονται μέσα σε στεγανό περίβλημα. Τα περιβλήματα που χρησιμοποιούνται είναι διαφόρων μεγεθών και σχημάτων. Μια κατηγορία περιβλημάτων έχουν την μορφή σφαιριδίων πολύ μικρών διαστάσεων που δεν διακρίνονται με γυμνό μάτι (μικροκάψουλες). Οι μικροκάψουλες (με PCM στο εσωτερικό τους) μπορούν να αναμιχθούν στη μάζα συμβατικών δομικών υλικών. Ως αποτέλεσμα μπορούμε να έχουμε μπετόν με PCM, σοβάδες με PCM, γυψοσανίδες με PCM.

Τα PCM χρησιμοποιούνται σε κτίρια, ωστόσο η χρήση τους δεν είναι διαδεδομένη. (Παπαμανώλης 2014)

4 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

4.1 Υπολογιστικά εργαλεία

Ακολούθως παρουσιάζονται ορισμένα υπολογιστικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης των κτιρίων.

4.1.1 SBEM (Simplified Building Energy Model)

Το Απλουστευμένο Ενεργειακό Μοντέλο Κτιρίων είναι ένα λογισμικό εργαλείο που αναπτύχθηκε από το Ίδρυμα Ερευνών Κτιριακών εγκαταστάσεων του Ηνωμένου Βασιλείου.

Βασίζεται στην Εθνική Μέθοδο Υπολογισμού του Ηνωμένου Βασιλείου. Το SBEM υπολογίζει την μηνιαία ενεργειακή κατανάλωση και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για ένα κτίριο αφού εισαχθούν σε αυτό τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, τα υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένο, την χρήση συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, αερισμού και φωτισμού. Το SBEM δεν είναι εργαλείο σχεδιασμού και δεν συνίσταται να χρησιμοποιείται για αυτό το σκοπό. Χρησιμοποιείται για την έκδοση πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης με σκοπό τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς των χωρών του Ηνωμένου Βασιλείου. Η χρήση του προγράμματος γίνεται μέσω ενός περιβάλλοντος διεπαφής όπως το iSBEM. (UK NCM 2015, “What is a SBEM and when is it needed?” 2011)

Παραλλαγές του προγράμματος χρησιμοποιούνται στην Κύπρο, στο Γιβραλταρ και στη Δημοκρατία του Μαυρικίου. Η κυπριακή παραλλαγή του προγράμματος αυτού είναι και το πρόγραμμα SBEMcy. Για την χρήση του SBEMcy μπορεί να χρησιμοποιηθεί το περιβάλλον διεπαφής iSBEMcy το οποίο διατίθεται δωρεάν. Μία ακόμη εγκεκριμένη διεπαφή αλληλεπίδρασης του SBEMcy είναι και το πρόγραμμα eco – engine της κυπριακής εταιρείας MODECSOFT το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας.

4.1.2 TEE-K.EN.A.K.

Το ειδικό λογισμικό TEE-KENAK αναπτύχθηκε από την Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας, του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (IEΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ). Το λογισμικό αυτό εφαρμόζει τους απαραίτητους αλγόριθμους για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων στην Ελλάδα, βασιζόμενο στην μεθοδολογία Ευρωπαϊκών προτύπων καθώς και στα σχετικά εθνικά

πρότυπα. Στο λογισμικό εισάγονται δεδομένα σχετικά με τα γεωμετρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους (θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών στοιχείων, σκιάσεις κ.α.), καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των απαραίτητων Η/Μ εγκαταστάσεων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης / ενεργειακής κατάταξης του κτηρίου. Τα δεδομένα και τα αποτελέσματα των υπολογισμών, εκτυπώνονται σε αντίστοιχες αναφορές του λογισμικού.

Το λογισμικό δεν υποστηρίζει τις μελέτες σχεδιασμού του κτηρίου (π.χ. αρχιτεκτονική μελέτη, μελέτη θέρμανσης, κλιματισμού και λοιπών Η/Μ εγκαταστάσεων), που υποβάλλονται για τα νέα κτήρια και οι οποίες πρέπει να προηγηθούν και είναι απαραίτητες για τους υπολογισμούς της Ενεργειακής Απόδοσης του κτηρίου. («Το λογισμικό ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ» n. d.)

4.2 Πρότυπα Κτιρίων με υψηλή ενεργειακή απόδοση

4.2.1 Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας

Κτίρια με Σχεδόν Μηδενική Κατανάλωση Ενέργειας (ΚΣΜΚΕ) σημαίνει κτίριο με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση, προσδιορισμένη σύμφωνα με τη μεθοδολογία υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίου και του οποίου η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται, καλύπτεται σε πολύ μεγάλο βαθμό με ενέργεια που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές.

Έως την 31^η Δεκεμβρίου 2020 όλα τα νέα κτίρια πρέπει να αποτελούν ΚΣΜΚΕ, ενώ μετά την 31^η Δεκεμβρίου 2018 όλα τα νέα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησία τους, πρέπει να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση. (Υπηρεσία Ενέργειας Κύπρου, 2015)

4.2.2 Παθητικά Κτίρια

Παθητικό κτίριο είναι ένα πρότυπο κτιρίου το οποίο προσφέρει ταυτόχρονα υψηλή ενεργειακή απόδοση, άνεση, οικονομία και είναι φιλικό προς το περιβάλλον. Η εσωτερική θερμική άνεση σε ένα παθητικό κτίριο εξασφαλίζεται αποκλειστικά από προθέρμανση ή πρόψυξη της ποσότητας του νωπού αέρα, η οποία απαιτείται για την σωστή εσωτερική

ατμόσφαιρα, χωρίς τη χρήση επιπλέον ανακυκλοφορίας αέρα. Η λειτουργία ενός παθητικού κτιρίου βασίζεται σε 5 βασικές αρχές:

4.2.2.1 Θερμομόνωση:

Το κέλυφος ενός παθητικού κτιρίου πρέπει να είναι σωστά μονωμένο έτσι ώστε να αποφεύγονται οι θερμικές απώλειες τον χειμώνα και να εμποδίζεται η είσοδος θερμότητας το καλοκαίρι.

4.2.2.2 Παράθυρα

Τα κουφώματα ενός παθητικού κτιρίου πρέπει να είναι σωστά σχεδιασμένα και μονωμένα για να συμμετέχουν στην πλήρη αξιοποίηση των ηλιακών κερδών.

4.2.2.3 Αερισμός με ανάκτηση ενέργειας

Τα συστήματα αερισμού των Παθητικών Κτιρίων παρέχουν καθαρό αέρα, απαλλαγμένα από γύρη και σκόνη, με μέγιστη ενεργειακή απόδοση μέσω της ανάκτησης θερμότητας και με τον έλεγχο της υγρασίας.

4.2.2.4 Αεροστεγανότητα

Τα Παθητικά κτίρια είναι έτσι σχεδιασμένα ώστε να αποφεύγονται οι διαρροές αέρα στο κτιριακό κέλυφος με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ενεργειακή απόδοση και να εμποδίζεται η εμφάνιση ρευμάτων αέρα και φθορών από την υγρασία.

4.2.2.5 Ελαχιστοποίηση Θερμογέφυρών

Η ελαχιστοποίηση θερμογεφυρών και ασθενών σημείων στο κτιριακό κέλυφος, συνεισφέρει στη δημιουργία ευχάριστης και σταθερής θερμοκρασίας, ενώ εξαλείφει τις φθορές από την υγρασία, ενώ αυξάνει την ενεργειακή απόδοση.

Στην καλύτερη απόδοση των παθητικών κτιρίων στα μεσογειακά κλίματα συντελούν και η σκίαση, ο νυχτερινός φυσικός αερισμός, η ελαφρά γεωθερμία αέρα και ο σωστός σχεδιασμός της θερμικής μάζας.

(«Τι είναι το Παθητικό Κτίριο» 2016)

4.3 Κυπριακός Κανονισμός για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων

Το περί Ρύθμισης της Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων διάταγμα του 2015 (Απαιτήσεις Ελάχιστης Ενεργειακής Απόδοσης) ορίζει τις απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης που δίνονται στον πιο κάτω πίνακα οι οποίες ισχύουν για κάθε νέο κτίριο.

Κατηγορία ενεργειακής απόδοσης στο Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου	Ίση ή καλύτερη από B
Μέγιστος συντελεστής θερμοπερατότητας U τοίχων και στοιχείων της φέρουσας κατασκευής (κολώνες, δοκοί και τοιχία) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου. Επιτρέπεται η υπερκάλυψη του συντελεστή θερμοπερατότητας U για τοίχους θερμικής αποθήκευσης στις περιπτώσεις χρήσης παθητικών ηλιακών συστημάτων (π.χ. τοίχοι Trombe, τοίχοι μεγάλης ηλιακής αποθήκευσης)	0,72 W/(m ² K)
Μέγιστος συντελεστής θερμοπερατότητας U οριζόντιων δομικών στοιχείων (δάπεδα σε πυλωτή, δάπεδα σε πρόβολο, δώματα, στέγες) και οροφών που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου.	0,63 W/(m ² K)
Μέγιστος συντελεστής θερμοπερατότητας U για δάπεδα υπερκείμενα κλειστού μη θερμαινόμενου χώρου.	2,0 W/(m ² K)
Μέγιστος συντελεστής θερμοπερατότητας U κουφωμάτων (πόρτες, παράθυρα) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου. Εξαιρούνται οι προθήκες των καταστημάτων.	3,23 W/(m ² K)
Μέγιστος συντελεστής σκίασης σε κουφώματα (παράθυρα) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου. Εξαιρούνται οι προθήκες καταστημάτων.	0,63

<p>Μέγιστος συντελεστής θερμοπερατότητας U_{mean} των στοιχείων του κελύφους του κτιρίου εξαιρουμένων των οριζόντιων δομικών στοιχείων (δάπεδα σε πυλωτή, δάπεδα σε πρόβολο, δώματα, στέγες) και οροφών που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου:</p> <p>(α) για κτίρια που χρησιμοποιούνται ως κατοικίες</p> <p>(β) για κτίρια που δεν χρησιμοποιούνται ως κατοικίες.</p> <p>Νοείται ότι για κτίρια που μέρος τους χρησιμοποιείται ως κατοικία και μέρος τους δεν χρησιμοποιείται ως κατοικία, το μέρος του κτιρίου που χρησιμοποιείται ως κατοικία πρέπει να ικανοποιεί την απαίτηση (α) και το κτίριο στο σύνολο του να ικανοποιεί την απαίτηση Β.</p> <p>Στους υπολογισμούς του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U_{mean} κελύφους, πρέπει να συμπεριλαμβάνονται οι προθήκες των καταστημάτων.</p>	<p>(α) 1,3</p> <p>(β) 1.8</p>
<p>Στα νέα κτίρια πρέπει να υπάρχει πρόνοια για χρήση συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.)</p> <p>Η πρόνοια τοποθετείται σε συνεννόηση με τον προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας (Α.Η.Κ. ή άλλος) και να περιλαμβάνει:</p> <p>(α) Την τοποθέτηση στο κτίριο μεγαλύτερου κιβωτίου μετρητών ηλεκτρισμού ώστε να υπάρχει διαθέσιμος χώρος για εγκατάσταση του μετρητή Α.Π.Ε. και</p> <p>(β) Την τοποθέτηση κατάλληλης σωλήνωσης η οποία να ξεκινά από το κιβώτιο μετρητών και να καταλήγει στην πιθανή μελλοντική θέση εγκατάστασης του συστήματος Α.Π.Ε.</p>	
<p>Για κτίρια που χρησιμοποιούνται ως κατοικίες εγκαθίσταται ηλιακό σύστημα για ικανοποίηση των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης, σύμφωνα με τον Τεχνικό Οδηγό Ηλιακών Συστημάτων και σύμφωνα με τους όρους της αρμόδιας πολεοδομικής αρχής.</p> <p>Σε περίπτωση που η εγκατάσταση του ηλιακού συστήματος δεν είναι εφικτή, ο μελετητής ετοιμάζει τεχνοοικονομική ανάλυση που να τεκμηριώνει το Ενέργειας, Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού για έγκριση.</p>	

<p>Για κτίρια που δεν χρησιμοποιούνται ως κατοικίες τουλάχιστον το 3% της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας, όπως αυτή υπολογίζεται από την μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης κτιρίου προέρχεται από Α.Π.Ε.</p>	
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

<p>Σε περίπτωση που η κάλυψη τουλάχιστον του 3% της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας από Α.Π.Ε., όπως αυτή υπολογίζεται από τη μεθοδολογία υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης, δεν είναι εφικτή ο μελετητής ετοιμάζει τεχνοοικονομική ανάλυση που να τεκμηριώνει το γεγονός αυτό, την οποία αποστέλλει στην Υπηρεσία Ενέργειας του υπουργείου Ενέργειας, Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού για έγκριση.</p>	
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

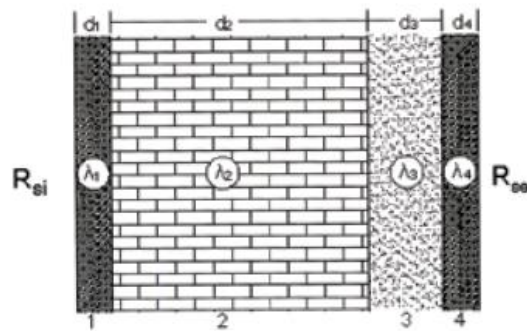
Πίνακας 1: Απαιτήσεις Κυπριακού Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων

(«Ο περί ρύθμισης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων νόμος» 2015)

5 Υπολογισμοί

5.1 Συντελεστής θερμοπερατότητας (U)

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U) καθορίζει την θερμομονωτική ικανότητα του στοιχείου κατασκευής και δίδει την ποσότητα της θερμότητας ανά μονάδα χρόνου η οποία μεταδίδεται σε σταθερή θερμική κατάσταση, από επιφάνεια 1m^2 του στοιχείου κατασκευής, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα που βρίσκεται σε επαφή με τις δύο πλευρές του στοιχείου είναι 1 βαθμός Κέλβιν. Ο συντελεστής αυτός εξαρτάται από την επιφάνεια της κατασκευής, το πάχος και το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ των οικοδομικών υλικών και η μονάδα μέτρησης του είναι $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$.



Διάγραμμα 11: Συντελεστής Θερμοπερατότητας Κελύφους

5.1.1 Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας U αδιάφανων δομικών στοιχείων σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας για διαφανές δομικό στοιχείο που αποτελείται από ομοιογενείς στρώσεις υλικών και διαχωρίζει το εσωτερικό από το εξωτερικό περιβάλλον, δίνεται από τη σχέση:

$$U_i = \frac{1}{R_{si} + R_{se} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i}}$$

Όπου

R_{si} : η εσωτερική επιφανειακή αντίσταση (ανάμεσα στο εσωτερικό περιβάλλον και στην εσωτερική επίπεδη επιφάνεια του στοιχείου. Έχει μονάδες μέτρησης $(m^2K)/W$.

R_{se} : η εξωτερική επιφανειακή αντίσταση (ανάμεσα στο εξωτερικό περιβάλλον και στην εξωτερική επίπεδη επιφάνεια του στοιχείου. Έχει μονάδες μέτρησης $(m^2K)/W$.

d_i : πάχος υλικού

λ_i : θερμική αγωγιμότητα υλικού

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας U ενός δομικού στοιχείου τα υλικά που λαμβάνονται υπόψη είναι μόνο αυτά που συμβάλλουν ουσιαστικά στη διαμόρφωση της θερμικής αντίστασης του δομικού στοιχείου. Υλικά με αμελητέα θερμική αντίσταση όπως μογιές και γόμες μπορούν να αγνοηθούν.

Οι επιφανειακές αντιστάσεις R_{si} και R_{se} επιλέγονται από τον πίνακα στο παράρτημα Β.

5.1.2 Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστών θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων σε επαφή με το έδαφος

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας πατωμάτων σε επαφή με το έδαφος υπολογίζονται σύμφωνα με το πρότυπο CYS EN ISO 13370: 1998.

Αν οι θερμικές ιδιότητες του εδάφους δεν είναι διαθέσιμες χρησιμοποιούνται οι τιμές από τον πιο κάτω πίνακα:

Κατηγορία	Περιγραφή εδάφους	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/(mK))	Ειδική Θερμότητα ανά όγκο (J/(m ³ K))
1	Άργιλος- ιλύς	1.5	3.0
2	Άμμος- χαλίκι	2.0	2.0
3	Ομοιογενής βράχος	3.5	2.0

Πίνακας 2: Θερμική αγωγιμότητα και ειδική θερμότητα ανά όγκο εδαφικού υλικού

Σε περίπτωση που ο τύπος του εδάφους δεν είναι γνωστός τότε συστήνεται η θερμική αγωγιμότητα λ να θεωρείται ίση με 2.0 (W/(mK)) και η ειδική θερμότητα ανά όγκο ίση με 2.0 (J/(m³K)).

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U μη μονωμένου ή ελαφρώς μονωμένου πατώματος σε επαφή με το έδαφος δίνεται από τον τύπο:

$$U_0 = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t} \cdot \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1\right)$$

Όπου

λ : θερμική αγωγιμότητα εδάφους

$$B' = \frac{A}{0.5P}$$

A: το εμβαδόν πατώματος

P: Η περίμετρος του θερμαινόμενου κτιρίου που είναι εκτεθειμένη στο εξωτερικό περιβάλλον

$d_t : w + \lambda (R_{si} + R_f + R_{se})$, όπου d_t συνολικό ισοδύναμο πάχος πατώματος

w : το πάχος των εξωτερικών τοίχων

R_f : η θερμική αντίσταση των στρωμάτων του πατώματος από μονωτικό υλικό.

5.1.3 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων με τον σύντομο τρόπο

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας μπορεί να υπολογιστεί γρήγορα και απλά χρησιμοποιώντας τους πίνακες για συνηθισμένου τύπου εξαρτήματα διαχωρισμού ή τους πίνακες για τύπους εξαρτημάτων διαχωρισμού υαλοπινάκων βελτιωμένης θερμικής απόδοσης. Οι πίνακες ισχύουν για εξαρτήματα κουφώματα τα οποία είναι κάθετα και έχουν εμβαδόν πλαισίου 20-30% σε σχέση με το ολικό εμβαδόν του κουφώματος. Ο υπολογισμός του ολικού συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος με βάση αυτούς τους πίνακες γίνεται με την χρήση του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοστασίου του κουφώματος U_g και του συντελεστή θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος U_f .

Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοστασίου μπορεί να βρεθεί αν υπάρχουν διαθέσιμες οι ακόλουθες πληροφορίες:

Κατά πόσο το υαλοστάσιο είναι μονό, διπλό ή τριπλό.

Κατά πόσο υπάρχει ή όχι στρώση χαμηλής εκπομπής ακτινοβολίας (lower emissivity layer) στους υαλοπίνακες και σε πόσες επιφάνειες

Ο συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας ϵ του υαλοστασίου

Το πάχος των υαλοπινάκων και το διάκενο μεταξύ τους.

Το είδος του αερίου που υπάρχει στο διάκενο.

Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος U_f εξαρτάται από το υλικό του κουφώματος.

Σε περίπτωση που το υλικό κατασκευής του πλαισίου είναι μέταλλο, όπως το αλουμίνιο χωρίς φράγμα ροής θερμότητας τότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου ισούται με $7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Οι πίνακες που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων δίνονται στο παράρτημα Γ.

5.1.4 Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας τοίχων και στοιχείων της φέρουσας κατασκευής (κολώνες, δοκοί, τοιχώματα) που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου.

U_{mean}

$$= \frac{\sum U_j \text{ τοίχου} \cdot A_j \text{ τοίχου} + \sum U_k \text{ φέρουσας κατασκευής} \cdot A_k \text{ φέρουσας κατασκευής} + \sum U_l \text{ κουφώματος} \cdot A_l \text{ κουφώματος}}{\sum A_j \text{ τοίχου} + \sum A_k \text{ φέρουσας κατασκευής} + \sum A_l \text{ κουφώματος}}$$

Όπου

j: αύξοντας αριθμός ανά είδος τοίχου

k: αύξοντας αριθμός ανά είδος φέρουσας κατασκευής (κολώνες, δοκοί, τοιχώματα)

l: αύξοντας αριθμός ανά είδος κουφώματος

U_j, U_k, U_l ο συντελεστής θερμοπερατότητας του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου

A_j, A_k, A_l το εμβαδόν επιφάνειας του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου

Με το ίδιο τρόπο υπολογίζονται οι επιμέρους μέσοι συντελεστές θερμοπερατότητας τους οποίους ορίζει ο κανονισμός όπως για παράδειγμα ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας των τοίχων και των στοιχείων της φέρουσας κατασκευής.

5.2 Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα

Ως θερμοχωρητικότητα ορίζεται η ποσότητα της θερμότητας που αποβάλλεται ή απορροφάται από κάποιο σώμα όταν η θερμοκρασία του μεταβληθεί κατά μία μονάδα. Έτσι η θερμοχωρητικότητα ενός σώματος βρίσκεται αν πολλαπλασιασθεί η μάζα του επί την ειδική του θερμότητα. Έχει μονάδες KJ/(K) και για ένα δομικό στοιχείο πολλαπλών στρώσεων δίνεται από τον πιο κάτω τύπο:

$$C = A \cdot \sum (C_i \cdot d_i \cdot \rho_i)$$

Όπου:

A : Εμβαδόν επιφάνειας δομικού στοιχείου (m²)

ρ_i : Πυκνότητα της στρώσης του υλικού (Kg/m)

C_i : Ειδική Θερμότητα (J/(Kg.K))

d_i : Πάχος του υλικού της στρώσης i του στοιχείου

Ο υπολογισμός για κάθε δομικό στοιχείο γίνεται αρχίζοντας από την εσωτερική επιφάνεια του στοιχείου και σταματώντας όταν συμβαίνει ένα από τα πιο κάτω:

- Στο πρώτο στρώμα μόνωσης ($\lambda \leq 0.08$)
- Στο μέγιστο πάχος που δίνεται από τον πίνακα και εξαρτάται από το είδος του ελέγχου που πραγματοποιείται.
- Στο μέσο του δομικού στοιχείου.

Εφαρμογή	Μέγιστο πάχος m
Προσδιορισμός του παράγοντα χρήσης κέρδους ή απώλειας	0,10
Επίδραση στη διακοπτόμενη λειτουργία	0,03

Πίνακας 3: Πίνακας μέγιστου πάχους για τον υπολογισμό της αποτελεσματικής θερμοχωρητικότητας

Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα ζώνης κτιρίου

Η αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα της ζώνης του κτιρίου, C_m , προκύπτει από το άθροισμα της θερμικής χωρητικότητας όλων των στοιχείων που βρίσκονται σε άμεση θερμική επαφή με τον εσωτερικό αέρα της ζώνης υπό εξέταση:

$$C_m = \sum \chi_j A_j = \sum_j \sum_i \rho_{ij} C_{ij} d_{ij} A_{ij}$$

Όπου:

C_m : είναι η αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα σε kJ/K

χ_j : είναι η εσωτερική θερμοχωρητικότητα ανά εμβαδόν δομικού στοιχείου σε $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

A_j : είναι το εμβαδόν του στοιχείου j , σε m^2

ρ_{ij} : είναι η πυκνότητα του υλικού του στρώματος i στο στοιχείο j , σε kg/m^3 .

C_{ij} : είναι η ειδική θερμότητα του υλικού του στρώματος i στο στοιχείο j , σε $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$.

d_{ij} : είναι το πάχος του στρώματος i στο στοιχείο j , σε m .

5.3 Υπολογισμός παράγοντα διορθώσεων σκίασης F_{sh} :

Ο παράγοντας διορθώσεων σκίασης, αντιπροσωπεύει τη μείωση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας λόγω μόνιμης εξωτερικής σκίασης στο υπό εξέταση κούφωμα ως αποτέλεσμα του προβόλου και του περυγίου. Μπορεί να πάρει τιμές μεταξύ 0 και 1. Ο παράγοντας διορθώσεων σκίασης μπορεί να υπολογιστεί ως ακολούθως

$$F_{sh} = F_0 \cdot F_f$$

Όπου :

F_0 : είναι ο μερικός παράγοντας διορθώσεως για τον πρόβολο

F_f : είναι ο μερικός παράγοντας σκίασης για το περύγιο

Η σκίαση από πρόβολο ή περύγιο εξαρτάται από τη γωνία προβόλου ή περυγίου, το γεωγραφικό πλάτος, τον προσανατολισμό και την κλιματική τοποθεσία.

Οι σχετικοί πίνακες βρίσκονται στο παράρτημα Δ

(«Υπηρεσία Ενέργειας Κύπρου» 2010)

5.4 Ενεργειακή κατάταξη κτιρίων

Για να γίνει ενεργειακή κατάταξη ενός κτιρίου γίνεται σύγκριση ενεργειακής απαίτησης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου μελέτης με το αντίστοιχο κτίριο αναφοράς. Το κτίριο αναφοράς:

Έχει την ίδια γεωμετρία, προσανατολισμό και χρήση με το κτίριο που αξιολογείται

Τα ίδια τυποποιημένα χαρακτηριστικά λειτουργίας με το κτίριο που αξιολογείται και τα ίδια κλιματικά δεδομένα.

Κάθε ζώνη του κτιρίου αναφοράς έχει την ίδια χρήση με την αντίστοιχη ζώνη του κτιρίου μελέτης

Έχει προκαθορισμένα δομικά υλικά κελύφους, τύπους υαλοπινάκων, βαθμό αεροστεγανότητας, τύπους HVAC και συστήματα φωτισμού.

(«Υπηρεσία Ενέργειας Κύπρου» 2015)

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας και η ωφέλιμη θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων του κτιρίου αναφοράς δίνονται στο παράρτημα Ε.

6 Υπολογισμός ενεργειακής απόδοσης κτιρίου με το πρόγραμμα eco-engine

6.1 Πρόγραμμα eco-engine

Το eco-engine είναι ένα εύχρηστο εργαλείο σχεδιασμού τριών διαστάσεων (3-D) το οποίο υπολογίζει γρήγορα και με ακρίβεια τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και κατατάσσει ενεργειακά το κτίριο ελέγχοντας ταυτόχρονα αν ικανοποιούνται οι κανονισμοί ενεργειακής απόδοσης κτιρίου. Βασίζεται στην στη μηχανή υπολογισμού SBEMcy και όλα τα πρότυπα που βασίζονται στην Κύπρο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την έκδοση πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης.

Ο σχεδιασμός της γεωμετρίας του κτιρίου γίνεται με την βοήθεια ενός σχεδίου που εισάγεται από τον χρήστη στο πρόγραμμα το οποίο μπορεί να είναι της μορφής dwg/dxf. Ο χρήστης μπορεί να βλέπει το κτίριο σε τρισδιάστατη μορφή καθώς το σχεδιάζει. Τα σχέδια μπορούν να αλλάξουν επίπεδο για να είναι δυνατή η σχεδίαση περισσότερων ορόφων.

Ο χρήστης μπορεί να εισάγει τα δεδομένα που αφορούν το κτίριο όπως οι γενικές πληροφορίες που αφορούν το κτίριο, η τοποθεσία και ο προσανατολισμός του κτιρίου, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, το είδος και το πάχος της θερμομόνωσης και τα ηλεκτρομηχανολογικά στοιχεία του.

Η αλλαγή των παραμέτρων είναι εύκολη και γρήγορη και έτσι υπάρχει η δυνατότητα διερεύνησης διαφόρων σεναρίων.

Το eco engine έχει εγκριθεί από την Υπηρεσία Ενέργειας του Υπουργείου Ενέργειας, Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την έκδοση πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης.

Ακολούθως περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίου με τη χρήση του προγράμματος eco- engine.

6.2 Διαδικασία υπολογισμού Ενεργειακής απόδοσης με τη χρήση του προγράμματος eco-engine

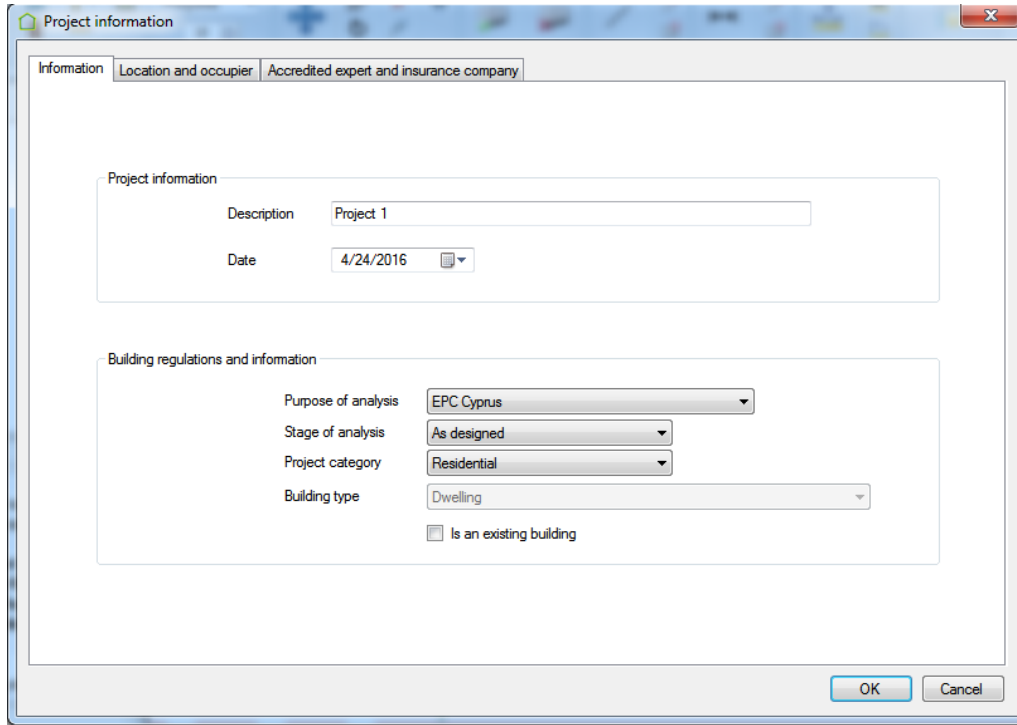
6.3 Εισαγωγή μοντέλου κτιρίου

Στην πρώτη καρτέλα του προγράμματος με όνομα building model δίνεται η περιγραφή του κτιρίου.

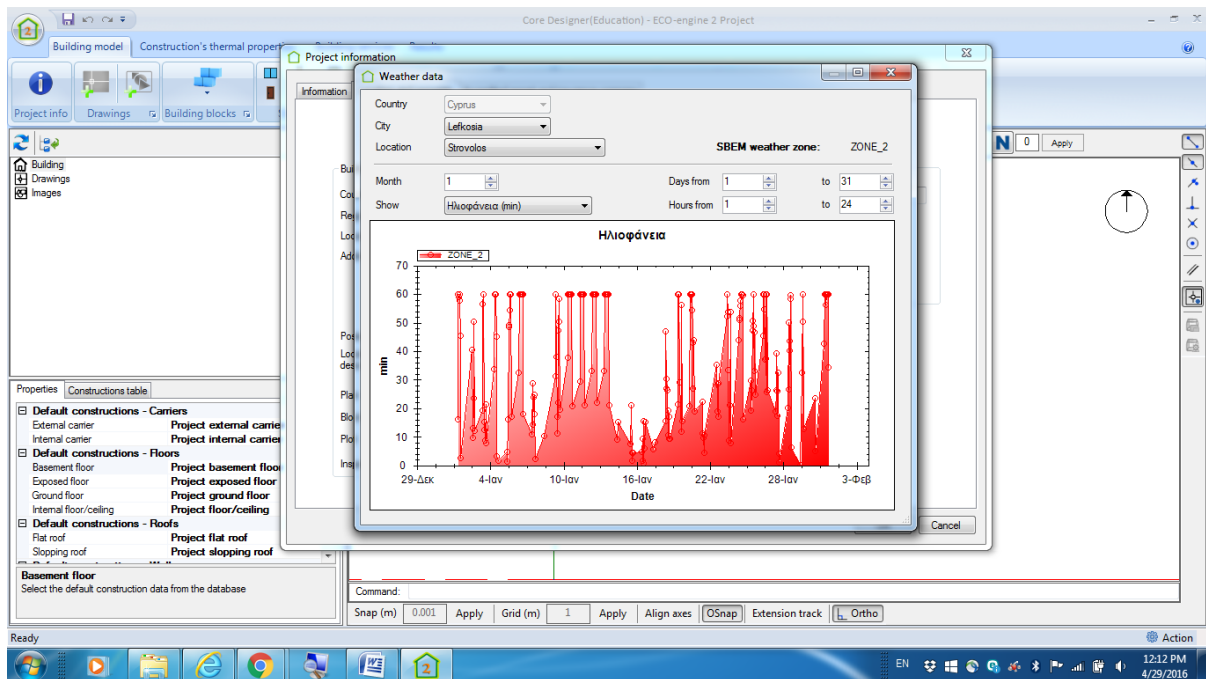
6.3.1 Πληροφορίες έργου

Αρχικά στο project info δίνονται κάποιες γενικές πληροφορίες που αφορούν το έργο όπως μια γενική περιγραφή, η ημερομηνία, ο σκοπός της ανάλυσης και αν το κτίριο χρησιμοποιείται ως κατοικία ή όχι.

Ακολούθως εισάγεται η τοποθεσία του έργου. Στο πρόγραμμα υπάρχουν καταχωρημένα καιρικά δεδομένα που αφορούν την συγκεκριμένη περιοχή για έναν χρόνο όπως η ηλιοφάνεια, μέση θερμοκρασία, μέσο RH, μέση πίεση και η φορά και η ταχύτητα του ανέμου. Επίσης εισάγονται τα στοιχεία του ιδιοκτήτη, του εξειδικευμένου εμπειρογνώμονα και της ασφάλειας.

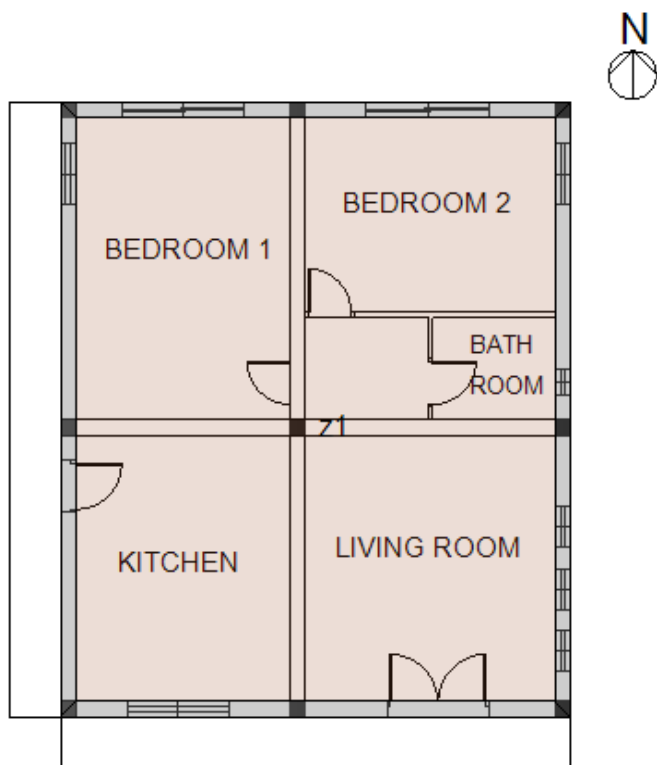


Διάγραμμα 12: Γενικές Πληροφορίες έργου



Διάγραμμα 13: Κλιματικά δεδομένα

6.3.2 Εισαγωγή γεωμετρικών στοιχείων κτιρίου



Διάγραμμα 14: Ορισμός εξωτερικού κελύφους του κτιρίου

Ακολουθώντας από το insert drawing εισάγεται το αρχιτεκτονικό σχέδιο της κάτοψης του κτιρίου. Προσδιορίζεται η κλίμακα του μέσω της εισαγωγής μιας γνωστής απόστασης μεταξύ δύο σημείων. Επίσης προσδιορίζεται ο προσανατολισμός του κτιρίου ορίζοντας μια γραμμή από τον βορρά στον νότο μεταξύ δύο γνωστών σημείων. Στην συνέχεια ορίζεται το εξωτερικό περίβλημα του κτιρίου σχηματίζοντας την εσωτερική παρειά του εξωτερικού τοίχου. Σε αυτό το σημείο εισάγουμε και το πάχος του εξωτερικού τοίχου, το πάχος της πλάκας και το ύψος του ορόφου. Με αυτό τον τρόπο ορίζεται και ο εσωτερικός χώρος του κτιρίου.

Στη συνέχεια ο εσωτερικός χώρος του κτιρίου χωρίζεται σε ενεργειακές ζώνες.

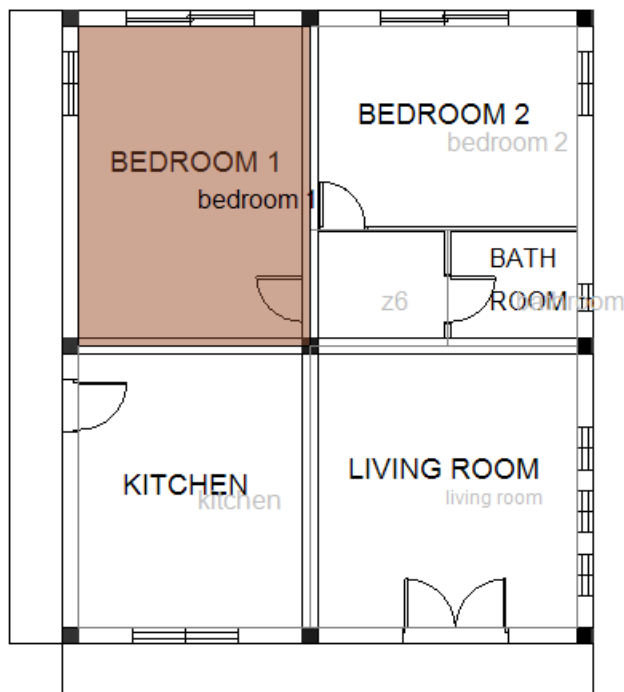
Ο τρόπος υποδιαίρεσης ενός κτιρίου σε ζώνες επηρεάζει την πρόβλεψη της ενεργειακής απόδοσης του. Η μεθοδολογία υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίου της Υπηρεσίας Ενέργειας Κύπρου καθορίζει κανόνες διαχωρισμού του κτιρίου σε ζώνες. Σύμφωνα με τη

μεθοδολογία αυτή κάθε ζώνη διαφέρει από τις παρακείμενες της σε ένα ή περισσότερα από τα ακόλουθα:

- Την δραστηριότητα την οποία διεξάγεται σε αυτή.
- Το σύστημα Θερμανσης-Ψύξης-Αερισμού (HVAC) που την εξυπηρετεί.
- Την ενσωματωμένο σύστημα τεχνητού φωτισμού.
- Την πρόσβαση φυσικού φωτισμού (μέσω παραθύρων και φεγγιτών).

Για κάθε ζώνη πρέπει να οριστεί η χρήση την οποία εξυπηρετεί. Επίσης πρέπει να προσδιοριστεί αν τα όρια μεταξύ των ζωνών είναι εικονικά ή όχι, δηλαδή αν οι ζώνες έχουν κάποιο εσωτερικό τοίχο ανάμεσα τους που να τις διαχωρίζει

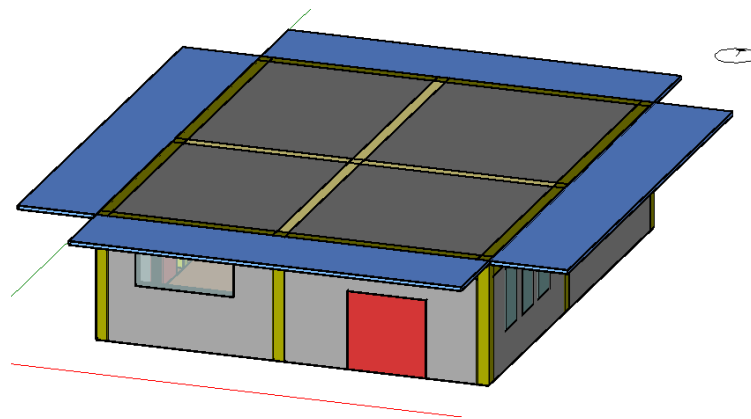
Το υπό μελέτη κτίριο χωρίστηκε σε ζώνες όπως φαίνεται πιο κάτω:



Διάγραμμα 15: Διαχωρισμός κτιρίου σε ζώνες

Στη συνέχεια σχηματίζουμε τα δομικά στοιχεία του κτιρίου. Αρχίζουμε πρώτα από τις κολώνες και συνεχίζουμε με τις δοκούς. Το πρόγραμμα αναγνωρίζει ποιες δοκοί και κολώνες είναι εσωτερικές και ποιες εξωτερικές και τις διαχωρίζει σε local internal carriers και local external carriers. Ακολούθως ορίζονται τα παράθυρα και οι πόρτες.

Ακολούθως σχηματίζονται τα σκίαστρα του κτιρίου αν υπάρχουν. Στο κτίριο μελέτης τοποθετήθηκαν σκίαστρα σε όλο το μήκος των τεσσάρων πλευρών του πλάτος δύο μέτρων.



Διάγραμμα 16 Τοποθέτηση σκίαστρων

6.3.3 Υπολογισμός παράγοντα σκίασης

Το πρόγραμμα υπολογίζει τους συντελεστές σκίασης και όταν αυτοί δεν πληρούν τις απαιτήσεις του κανονισμού εμφανίζει τα ανάλογα μηνύματα. Το σκίαστρο πλάτους 2 μέτρων που τοποθετήθηκε ικανοποιούσε τον κανονισμό.

6.3.4 Εισαγωγή υλικών κατασκευής των δομικών στοιχείων του κτιρίου και υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας και αποτελεσματικής θερμοχωρητικότητας.

Εισάγονται τα υλικά κατασκευής των δομικών στοιχείων του κτιρίου δηλαδή των εσωτερικών και εξωτερικών υποστυλωμάτων και δοκών, των εξωτερικών τοίχων, της οροφής, του δαπέδου, καθώς και των ανοιγμάτων. Για κάθε στοιχείο εισάγονται τα υλικά από τα οποία αποτελείται συμπεριλαμβάνοντας τα θερμομονωτικά υλικά, το πάχος της κάθε στρώσης υλικού, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του κάθε υλικού, η πυκνότητα και η ειδική θερμότητα και υπολογίζονται για κάθε μέλος ο συντελεστής θερμοπερατότητας και η ειδική θερμοχωρητικότητα.. Για να υπολογιστεί ο συντελεστής του πατώματος πρέπει να εισαχθούν τα χαρακτηριστικά του εδάφους αν αυτά είναι γνωστά. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το έδαφος που επιλέχθηκε ήταν άμμος και χαλίκια. Το πρόγραμμα ελέγχει αν οι τιμές αυτές πληρούν τις απαιτήσεις του κανονισμού και εμφανίζουν τα ανάλογα μηνύματα.

Στη συγκεκριμένη εργασία εφαρμόστηκαν διάφορα σενάρια θερμομόνωσης στην κατασκευή τα οποία παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί. Τα αποτελέσματα για τον συντελεστή θερμοπερατότητας και για την ειδική θερμοχωρητικότητα βρίσκονται στο παράρτημα.

Σενάρια	
A	Χωρίς Θερμομόνωση
B	Τοποθέτηση διογκωμένης πολυστερίνης 5 cm εξωτερικά.
Γ	Τοποθέτηση διογκωμένης πολυστερίνης 5 cm εσωτερικά.
Δ	Τοποθέτηση διογκωμένης πολυστερίνης 10 cm εξωτερικά.
E	Τοποθέτηση διογκωμένης πολυστερίνης 10 cm εσωτερικά.

Z	Τοποθέτηση εξηλασμένης πολυστερίνης 5 cm εξωτερικά.
H	Τοποθέτηση εξηλασμένης πολυστερίνης 5 cm εσωτερικά.
Θ	Τοποθέτηση εξηλασμένης πολυστερίνης 10 cm εξωτερικά.
I	Τοποθέτηση εξηλασμένης πολυστερίνης 10 cm εσωτερικά.
K	Τοποθέτηση διογκωμένης πολυστερίνης 5 cm εξωτερικά και 5 cm εσωτερικά.
Λ	Τοποθέτηση εξηλασμένης πολυστερίνης 5 cm εξωτερικά και 5 cm εσωτερικά.
M	Τοποθέτηση aerogel 2 cm εξωτερικά
N	Τοποθέτηση aerogel 2 cm εσωτερικά
Ξ	Τοποθέτηση aerogel 5 cm εξωτερικά
O	Τοποθέτηση aerogel 5 cm εσωτερικά
Π	Θερμομόνωση με θερμομονωτικά τούβλα και θερμοσοβά 3,5 cm εσωτερικά με περλομπετόν στην οροφή

Πίνακας 4: Σενάρια που χρησιμοποιήθηκαν

Τα πιο πάνω σενάρια εξετάστηκαν για θέρμανση και ψύξη με τοποθέτηση μονών και διπλών υαλοπινάκων. Οι μονοί υαλοπίνακες που επιλέγηκαν στην πρώτη περίπτωση είχαν συντελεστή θερμοπερατότητας $U_g = 5.7 \text{ W/m}^2\text{K}$. Οι διπλοί υαλοπίνακες που επιλέγηκαν στη δεύτερη περίπτωση ήταν συνήθεις χωρίς προστασία ($\epsilon = 0.89$) με κοινό αέρα στο ενδιάμεσο τους που μας δίνει σύμφωνα με τον πίνακα του παραρτήματος $U_g = 3.3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ο τύπος των κουφωμάτων που επιλέγηκε ήταν με εμβαδό πλαισίου 20% ως προς το συνολικό εμβαδόν του πλαισίου για συνηθισμένου τύπου εξαρτήματα διαχωρισμού υαλοπινάκων. Το υλικό των κουφωμάτων που επιλέγηκε είναι μαλακό ξύλο και το πάχος του κουφώματος 140 mm, το οποίο σύμφωνα με το διάγραμμα μας δίνει συντελεστή θερμοπερατότητας $U_f = 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Σύμφωνα με τα πιο πάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κουφώματος με μονό υαλοπίνακα έχει τιμή $U_w = 4.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ (δεν ικανοποιεί τον κανονισμό) και για διπλό υαλοπίνακα έχει τιμή $U_w = 3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Επίσης, εξετάστηκαν όλα τα σενάρια μόνο για θέρμανση και μόνο για ψύξη για μονούς υαλοπίνακες. Τα αποτελέσματα της ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου που προέκυψαν φαίνονται στον πιο κάτω πίνακα ενώ τα αποτελέσματα των συντελεστών θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων δίνονται στο παράρτημα Ζ.

6.3.5 Αποτελέσματα

Σενάριο	Ενεργειακή κλάση			
	Θέρμανση και ψύξη		Μόνο Θέρμανση	Μόνο ψύξη
	Μονοί υαλοπίνακες	Διπλοί Υαλοπίνακες	Μονοί Υαλοπίνακες	Διπλοί Υαλοπίνακες
A	H 3.99	H 3.87	Γ 1.47	H 4.03
B	E 2.12	E 2.06	Γ 1.35	E 2.1
Γ	E 2.17	E 2.1	Γ 1.32	Γ 2.16
Δ	Δ 1.8	Δ 1.74	Γ 1.33	Δ 1.77
E	Δ 1.84	Δ 1.77	Γ 1.29	Δ 1.82
Z	Δ 1.96	Δ 1.9	Δ 1.34	Δ 1.93
H	E 2	Δ 1.94	Γ 1.3	Δ 1.99
Θ	Δ 1.73	Δ 1.66	Γ 1.33	Δ 1.69
I	Δ 1.73	Δ 1.67	Δ 1.29	Δ 1.71
K	Δ 1.84	Δ 1.77	Γ 1.29	Δ 1.82
Λ	Δ 1.73	Δ 1.67	Γ 1.29	Δ 1.71
M	Δ 1.99	Δ 1.93	Γ 1.34	Δ 1.97
N	E 2.1	E 2.04	Γ 1.31	E 2.09
Ξ	Δ 1.68	Δ 1.61	Γ 1.32	Δ 1.64
Ο	Δ 1.65	Δ 1.72	Γ 1.29	Δ 1.07
Π	E 2.29	E 2.22	Γ 1.36	E 2.27

Πίνακας 5: Ενεργειακή απόδοση διαφορετικών σεναρίων

6.3.6 Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας ικανοποιούνται στα περισσότερα σενάρια θερμομόνωσης. Δεν ικανοποιούνται μόνο στις περιπτώσεις μη εφαρμογής θερμομόνωσης και στην περίπτωση θερμομόνωσης με θερμομονωτικά τούβλα.

Η τοποθέτηση θερμομόνωσης βελτιώνει σημαντικά την ενεργειακή απόδοση αλλά η ενεργειακή κατάταξη εξακολουθεί να μην είναι ικανοποιητική.

Στα σενάρια για θέρμανση και ψύξη η ενεργειακή κατάταξη είναι αρκετά χαμηλή όπως και στην περίπτωση μόνο ψύξης. Στην περίπτωση μόνο θέρμανση παρατηρείται βελτίωση της ενεργειακής κατάταξης. Αυτό σημαίνει ότι οι ανάγκες σε ενέργεια για ψύξη είναι μεγαλύτερες απ' ότι για θέρμανση. Αυτό είναι λογικό και αναμενόμενο αφού στην Κύπρο ο χειμώνας έχει πολύ μικρή διάρκεια και γενικότερα το κλίμα είναι θερμό και όχι ψυχρό. Ωστόσο υπάρχουν ανάγκες τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι δύο περιπτώσεις υπόψη στον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης.

Η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου στην πραγματικότητα ενδέχεται να είναι καλύτερη από αυτή που υπολογίστηκε αφού στην πραγματικότητα υπάρχουν περίοδοι το φθινόπωρο και την άνοιξη που δεν χρησιμοποιούνται ούτε τα συστήματα ψύξης ούτε θέρμανσης ενώ το πρόγραμμα θεωρεί ότι όλες τις μέρες του χρόνου χρησιμοποιείται είτε θέρμανση, είτε κλιματισμός.

Η αύξηση του πάχους της θερμομόνωσης βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση σημαντικά όπως είναι αναμενόμενο.

Η τοποθέτηση της θερμομόνωσης εξωτερικά βελτιώνει ελαφρώς την ενεργειακή απόδοση αλλά όχι σημαντικά σε σχέση με την εσωτερική θερμομόνωση.

6.3.7 Βελτίωση σεναρίων

Για να βελτιώσουμε την ενεργειακή απόδοση για όλα τα πιθανά σενάρια αλλάζουμε τους διπλούς συνηθισμένους υαλοπίνακες και τοποθετούμε διπλούς υαλοπίνακες με χαμηλό συντελεστή εκπομπής ϵ . Οι νέοι υαλοπίνακες έχουν $\epsilon < 0.05$, πάχος 4 mm και το διάκενο πλάτους 20 mm είναι γεμισμένο με αργόν και έχουν $U_g = 1.2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας των πλαισίων είναι $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Για να ικανοποιεί τους κανονισμούς η θερμομόνωση με θερμομονωτικά τούβλα εφαρμόστηκε θερμοσοβάς πάχους 4 cm και στις δύο πλευρές των κολόνων και των δοκών. Επίσης τοποθετήθηκε 1,5 cm

θερμοσοβάς στην εσωτερική πλευρά της οροφής. Τα νέα αποτελέσματα φαίνονται στον πιο κάτω πίνακα.

Σενάριο	Ενεργειακή Κατάταξη
A	
B	E 2,06
Γ	E 2,11
Δ	Δ 1,74
E	Δ 1,78
Z	Δ 1,9
H	H 1,95
Θ	Δ 1,67
I	Δ 1,67
K	Δ 1,78
Λ	Δ 1,67
M	Δ 1,93
N	E 2,04
Ξ	Δ 1,61
O	Δ 1,66
Π (βελτιωμένο)	E 2,13

Πίνακας 6: Ενεργειακή απόδοση βελτιωμένων σεναρίων

Παρατηρείται ότι τα τζάμια χαμηλής εκπομπής που χρησιμοποιήθηκαν βελτιώνουν την ενεργειακή απόδοση αλλά και πάλι όχι σημαντικά.

Επιλογή των καλύτερων σεναρίων

Επιλέγονται τα 3 καλύτερα σενάρια. Αποκλείονται τα σενάρια με μονούς υαλοπίνακες και με διπλούς απλούς υαλοπίνακες και επιλέγονται οι υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής. Επίσης αποκλείονται τα σενάρια μόνο εσωτερικής θερμομόνωσης αφού πρόκειται για κατοικία και η θερμοχωρητικότητα των στοιχείων είναι χρήσιμη και επίσης για να αποφευχθεί η δημιουργία θερμογεφυρών. Το aerogel αποκλείεται παρόλο που δίνει την καλύτερη ενεργειακή απόδοση εξαιτίας του υψηλού κόστους του υλικού. Τα σενάρια που επιλέγονται τελικά είναι τα ακόλουθα:

Σενάριο	Ενεργειακή κλάση
Θ	Δ 1,67
Λ	Δ 1,67
Δ	Δ 1,74
Κ	Δ 1,78

Πίνακας 7: Επιλεγόμενα Σενάρια

Κοστολόγηση σεναρίων

Στον πιο κάτω πίνακα παρουσιάζεται το κόστος των θερμομονωτικών υλικών ανά τετραγωνικό μέτρο. (Κυριάκος Πογιατζής, ιδιοκτήτης καταστήματος οικοδομικών υλικών)

Πλάκα διογκωμένης πολυστερίνης πάχους 5 cm	6 €/m ²
Πλάκα εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους 5 cm	8 €/m ²

Πίνακας 8: Τιμές θερμομονωτικών υλικών

Στον πιο κάτω πίνακα δίνεται το εμβαδόν της εσωτερικής και της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου.

Εσωτερική επιφάνεια κτιρίου	200,12 m ²
Εξωτερική επιφάνεια κτιρίου	238,96 m ²

Πίνακας 9: Εμβαδόν εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας κελύφους κτιρίου

Κόστος των επιλεγόμενων σεναρίων

Σενάριο	Κόστος (€)
Θ	3823,36
Λ	3512,64
Δ	2867,52
Κ	2634,48

Πίνακας 10: Κόστος σεναρίων

Τελικά επιλέγεται το σενάριο Κ δηλαδή η τοποθέτηση εξηλασμένης πολυστερίνης 5 cm εσωτερικά και 5 cm εξωτερικά λόγω χαμηλότερου κόστους.

6.3.8 Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκών στην οροφή.

Τοποθετήθηκαν φωτοβολταϊκά στην οροφή ισχύος 3 KW. Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 12 πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά ισχύος 250 KW και εμβαδού 1,6 m² το κάθε ένα. Τοποθετήθηκαν με γωνία κλίσης 30° με νότιο προσανατολισμό. Έγινε διερεύνηση δύο διαφορετικών περιπτώσεων. Στην πρώτη περίπτωση τα φωτοβολταϊκά τοποθετήθηκαν σε μη θερμομονωμένο κτίριο και στη δεύτερη περίπτωση τα φωτοβολταϊκά συνδυάστηκαν με το επιλεγόμενο σενάριο. Και στις δύο περιπτώσεις η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου ήταν Α' τάξης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Axaopoulos, I., Axaopoulos, P., and Gelegenis, J. (2014). “Optimum insulation thickness for external walls on different orientations considering the speed and direction of the wind.” *Applied Energy*, 117, 167–175.

Baetens, R., Jelle, B. P., Gustavsen, A., and Grynning, S. (2010). “Gas-filled panels for building applications: A state-of-the-art review.” *Energy and Buildings*, 42(11), 1969–1975.

Bolattürk, A. (2008). “Optimum insulation thicknesses for building walls with respect to cooling and heating degree-hours in the warmest zone of Turkey.” *Building and Environment*, 43(6), 1055–1064.

Cengel, Y. A. (2005). *Μεταφορά θερμότητας : μια πρακτική προσέγγιση / Yunus A. Cengel ; επιμέλεια μετάφρασης Παναγιώτης Ε. Τσιακάρας*. Θεσσαλονίκη : Τζιόλας, c2005.

“Cyprus-Geography, climate and population.” (2014). Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/cyp/index.stm> (May 8, 2016).

Galbraith, C. (2014). *The european market for thermal insulation products*. London.

Giannopoulou, K., Livada, I., Santamouris, M., Saliari, M., Assimakopoulos, M., and Caouris, Y. (2014). “The influence of air temperature and humidity on human thermal comfort over the greater Athens area.” *Sustainable Cities and Society*, 10, 184–194.

Jelle, B. P. (2011). “Traditional, state-of-the-art and future thermal building insulation materials and solutions – Properties, requirements and possibilities.” *Energy and Buildings*, 43(10), 2549–2563.

Larbi, A. Ben. (2005). “Statistical modelling of heat transfer for thermal bridges of buildings.” *Energy and Buildings*, 37(9), 945–951.

“The physics of foil: How Radiant Barrier Works: Heat Gain/ Loss in Buildings.” (2014). *Innovative Insulation*, <<http://www.radiantbarrier.com/physics-of-foil.htm>> (Nov. 7, 2014).

“Where does all that heat go?” (n.d.). *National Insulation Association*, <<http://www.nia-uk.org/householder/>> (Nov. 8, 2014).

Yu, J., Yang, C., Tian, L., and Liao, D. (2009). “A study on optimum insulation thicknesses of external walls in hot summer and cold winter zone of China.” *Applied Energy*, 86(11), 2520–2529.

Καρέκος, Σ. Ι. (2001). *Μετάδοση θερμότητας, θερμομόνωση*. Αθήνα : Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, c2001.

Κουντούρης, Α. (2009). “Πειραματική μελέτη των μηχανικών ιδιοτήτων και των μορφών αστοχίας σύνθετων δομικών πάνελ υπο σύνθετη καταπόνηση.” Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Παπαμανώλης, Ν. (2014). “Εφαρμογές των υλικών αλλαγής φάσης στα κτίρια.” *Econ*, Θεσσαλονίκη.

Τμήμα Μετεωρολογίας Κύπρου. (2014). “Το κλίμα της Κύπρου.”
<http://www.moa.gov.cy/moa/ms/ms.nsf/DMLcyclimate_gr/DMLcyclimate_gr?OpenDocument> (Apr.1, 2016)

“Το λογισμικό TEE-KENAK.” (2015). *Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας*,
<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/tee_kenak> (May 1, 2016).

Υπηρεσία Ενέργειας. (2010). *Οδηγός Θερμομόνωσης κτιρίων*.

Υπηρεσία Ενέργειας. (2013). “Ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.” *Υπουργείο Ενέργειας Εμπορίου Βιομηχανίας και Τουρισμού*,
<http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/dmlperformance_gr/dmlperformance_gr?OpenDocument> (Mar. 16, 2016).

Υπηρεσία Ενέργειας. (2015). *Μεθοδολογία Υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης κτιρίου*.

Χουστουλάκης, Κ. (2013). “Θεωρητικός υπολογισμός και μοντελοποίηση θερμομονωτικής επάρκειας κτιρίου.” Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Α. Τεχνικά χαρακτηριστικά θερμομονωτικών υλικών

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά υαλοβάμβακα		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	1	3/4/5/8/10/12/14	18
Πυκνότητα	Kg/m ³	13	18/23/60/65/80	100
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²		0,005	
Όριο θραύσης	N/mm ²	0,005		0,015
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²		0,1	
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _R στους 10 °C	W/ (mK)	0,030	0,0338	0,045
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-100	-	500
Ιδιότητες υγροπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	<1		1
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωση στους 23 °C και 80% σχ. υγρασίας		<0,1	0,2/0,5...1	1
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B1	A2	A1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα	-	0,1		0,79
στα 250 Hz	-	0,26		0,79
στα 1000 Hz	-	0,71		0,97
στα 4000 Hz	-	0,96		0,95
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/ m ²	5	8/12/18	>35
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³	>25	17/13/10	<5
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	30		
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	90	110	430

Πίνακας 11: Τεχνικά Χαρακτηριστικά υαλοβάμβακα

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά πετροβάμβακα		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	2	3-6/8/10/11/16	18
Πυκνότητα	Kg/m ³	30	30-40/55/90/100/130	180
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²	0,00012	0,0003/0,002	0,0075
Όριο θραύσης	N/mm ²	0,005	0,02	0,05
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²			
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _R στους 10 °C	W/ (mK)	0,033	0,0375	0,045
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-100	-	750
Ιδιότητες υγροπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	<1		1
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωση στους 23 °C και 80% σχ. υγρασίας		<0,1	0,2	1,5
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2	A2	A1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125 Hz	-	0,05	0,14	0,19
στα 250 Hz	-	0,34	0,37/0,55	0,88
στα 1000 Hz	-	0,92	0,93/0,96	0,99
στα 4000 Hz	-	0,92	0,93	1,06
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/ m ²	5	11/12/15/30	70
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	30		
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	110	250/450/540/600	660

Πίνακας 12: Τεχνικά Χαρακτηριστικά πετροβάμβακα

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά διογκωμένης πολυστερίνης		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	1,4	1,6/2/2,5/3/3,5	4,0
Πυκνότητα ¹	Kg/m ³	8	13/15/20/30	50
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²	0,15		0,52
Όριο θραύσης	N/mm ²	0,09		0,22
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²	0,07		0,26
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _R στους 10 °C	W/ (mK)	0,029		0,041
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-70		90
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	25	30/40/50/60/70	200
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωση στους 23 °C και 80% σχ. υγρασίας			5	
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2		B1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125 Hz	-			
στα 250 Hz	-			
στα 1000 Hz	-			
στα 4000 Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/ m ²			
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³	60		100
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	50		
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	151	190	269

Πίνακας 13: Τεχνικά χαρακτηριστικά διογκωμένης πολυστερίνης

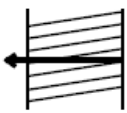

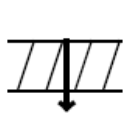
Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά εξηλασμένης πολυστερίνης		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	2	2,5/3/4/5	12
Πυκνότητα ¹	Kg/m ³	20	30/35/40/60	80
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²	0,30	0,33/0,34	0,35
Όριο θραύσης	N/mm ²			
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²	0,15	0,20/0,25/0,30/0,5	0,70
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _R στους 10 °C ²	W/ (mK)	0,025	0,032/0,033	0,035
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-60		75
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	80	100/160/200	200
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωση στους 23 °C και 80% σχ. υγρασίας			<1	
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2		B1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125 Hz	-			
στα 250 Hz	-			
στα 1000 Hz	-			
στα 4000 Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/ m ²			
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος		50	
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	23	28	32

Πίνακας 14: Τεχνικά Χαρακτηριστικά εξηλασμένης πολυστερίνης

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά πολυουρεθάνης		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm		2-20	
Πυκνότητα ¹	Kg/m ³	30	31-35	80
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²			
Όριο θραύσης	N/mm ²			
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²	10		>15
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _R στους 10 °C ²	W/ (mK)	0,02		0,027
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-50	-50/-40/100	120
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	50	65	>100
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωση στους 23 °C και 80% σχ. υγρασίας			5	
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2		B1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125 Hz	-			
στα 250 Hz	-			
στα 1000 Hz	-			
στα 4000 Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/ m ²			
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	30	50	50
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		ναι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	16	28/33	36

Πίνακας 15: Τεχνικά χαρακτηριστικά πολυουρεθάνης

Β. Τιμές Αναφοράς επιφανειακών αντιστάσεων δομικών στοιχείων

R_{si} (m ² K / W)			R_{se} (m ² K / W)
Διεύθυνση ροής θερμότητας			
			
0.13	0.10	0.17	0.04
ΣΗΜ. 1	Οριζόντια επίπεδη επιφάνεια ορίζεται η επιφάνεια με κλίση μέχρι και $\pm 30^\circ$ από το οριζόντιο επίπεδο.		
ΣΗΜ. 2	Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας για επίπεδα αδιαφανή δομικά στοιχεία του κτιρίου όπου δεν ορίζεται η ροή θερμότητας, τότε θα πρέπει να χρησιμοποιούνται οι τιμές για οριζόντια ροή θερμότητας.		
ΣΗΜ.3	Οι πιο πάνω τιμές για τις επιφανειακές αντιστάσεις υπολογίζονται με: $\epsilon=0,9$, το h_{∞} υπολογισμένο για θερμοκρασία 10 °C, και ταχύτητα αέρα $v=4\text{m/s}$.		
ΣΗΜ. 4	Για συνθήκες που δεν ανταποκρίνονται στις πιο πάνω απαιτήσεις τότε οι συντελεστές R_{si} και R_{se} θα πρέπει να υπολογίζονται με τη μέθοδο που περιγράφεται στο Πρότυπο CYS EN ISO 6946:2007.		

Πίνακας 16: Τιμές αναφοράς επιφανειακών αντιστάσεων δομικών στοιχείων

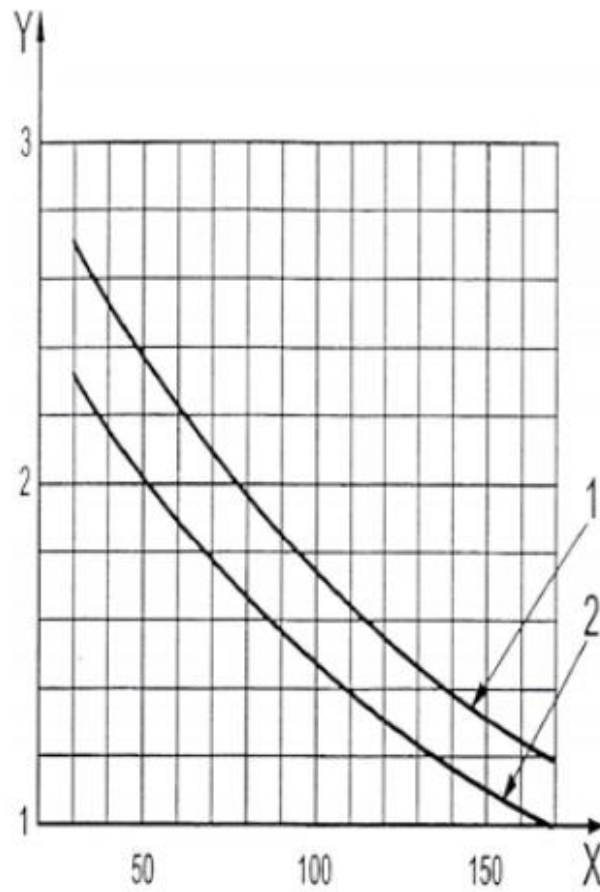
Γ. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας υαλοπίνακα

Υαλοστάσια			Συντελεστής Θερμοπερατότητας για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο ^a U_g					
Τύπος	Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας(ε)	Διαστάσεις mm	Αέρας (Air)	Αργό (Argon)	Κρυπτόν (Krypton)	SF ₆ b	Ξένο (Xenon)
Διπλά Υαλοστάσια	Χωρίς προστασία (συνήθεις υαλοπίνακες)	0.89	4-6-4	3.3	3.0	2.8	3.0	2.6
			4-8-4	3.1	2.9	2.7	3.1	2.6
			4-12-4	2.8	2.7	2.6	3.1	2.6
			4-16-4	2.7	2.6	2.6	3.1	2.6
			4-20-4	2.7	2.6	2.6	3.1	2.6
	Με προστασία στη μία πλευρά	≤0.2	4-6-4	2.7	2.3	1.9	2.3	1.6
			4-8-4	2.4	2.1	1.7	2.4	1.6
			4-12-4	2.0	1.8	1.6	2.4	1.6
			4-16-4	1.8	1.6	1.6	2.5	1.6
			4-20-4	1.8	1.7	1.6	2.5	1.7
	Με προστασία στη μια πλευρά	≤0.15	4-6-4	2.6	2.3	1.8	2.2	1.5
			4-8-4	2.3	2.0	1.6	2.3	1.4
			4-12-4	1.9	1.6	1.5	2.3	1.5
			4-16-4	1.7	1.5	1.5	2.4	1.5
			4-20-4	1.7	1.5	1.5	2.4	1.5
	Με προστασία στη μια πλευρά	≤0.1	4-6-4	2.6	2.2	1.7	2.1	1.4
			4-8-4	2.2	1.9	1.4	2.2	1.3
			4-12-4	1.8	1.5	1.3	2.3	1.3
			4-16-4	1.6	1.4	1.3	2.3	1.4
			4-20-4	1.6	1.4	1.4	2.3	1.4
Με προστασία στη μια πλευρά	≤0.05	4-6-4	2.5	2.1	1.5	2.0	1.2	
		4-8-4	2.1	1.7	1.3	2.1	1.1	
		4-12-4	1.7	1.3	1.1	2.1	1.2	
		4-16-4	1.4	1.2	1.2	2.2	1.2	
		4-20-4	1.5	1.2	1.2	2.2	1.2	
Τριπλά Υαλοστάσια	Χωρίς προστασία (συνήθεις υαλοπίνακες)	0.89	4-6-4-6-4	2.3	2.1	1.8	1.9	1.7
			4-8-4-8-4	2.1	1.9	1.7	1.9	1.6
			4-12-4-12-4	1.9	1.8	1.6	2.0	1.6
	Με προστασία σε δύο πλευρές	≤0.2	4-6-4-6-4	1.8	1.5	1.1	1.3	0.9
			4-8-4-8-4	1.5	1.3	1.0	1.3	0.8
			4-12-4-12-4	1.2	1.0	0.8	1.3	0.8
	Με προστασία σε δύο πλευρές	≤0.15	4-6-4-6-4	1.7	1.4	1.1	1.2	0.9
			4-8-4-8-4	1.5	1.2	0.9	1.2	0.8
			4-12-4-12-4	1.2	1.0	0.7	1.3	0.7
	Με προστασία σε δύο πλευρές	≤0.1	4-6-4-6-4	1.7	1.3	1.0	1.1	0.8
			4-8-4-8-4	1.4	1.1	0.8	1.1	0.7
			4-12-4-12-4	1.1	0.9	0.6	1.2	0.6
	Με προστασία σε δύο πλευρές	≤0.05	4-6-4-6-4	1.6	1.2	0.9	1.1	0.7
			4-8-4-8-4	1.3	1.0	0.7	1.1	0.5
			4-12-4-12-4	1.0	0.8	0.5	1.1	0.5

Πίνακας 17: Συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοστασίων

Τύπος Υαλοστασίου	U _g W/(m ² .K)	Συντελεστές θερμοπερατότητας για συνηθισμένου τύπου εξαρτήματα διαχωρισμού υαλοπινάκων (spacer bars) U _f W/(m ² .K)												
		0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	7.0
Μονό	5.7	4.7	4.8	4.8	4.8	4.9	4.9	5.0	5.0	5.1	5.2	5.2	5.3	6.0
Διπλό ή Τριπλό	3.3	3.0	3.0	3.0	3.1	3.1	3.2	3.2	3.3	3.4	3.5	3.5	3.6	4.1
	3.2	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.1	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.5	4.0
	3.1	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.9
	3.0	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.1	3.1	3.2	3.3	3.4	3.9
	2.9	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	3.0	3.1	3.1	3.2	3.3	3.8
	2.8	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	3.0	3.1	3.1	3.2	3.7
	2.7	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.1	3.6
	2.6	2.4	2.4	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7	2.6	2.9	3.0	3.1	3.5
	2.5	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.6	2.7	2.5	2.8	2.9	3.0	3.5
	2.4	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.6	2.4	2.7	2.8	2.9	3.4
	2.3	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.4	2.7	2.7	2.8	3.3
	2.2	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.3	2.6	2.7	2.7	3.2
	2.1	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2	2.5	2.6	2.7	3.1
	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	3.1
	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6	3.1
	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	3.0
	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.9
	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.8
	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.7
	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.7
1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.6	
1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.5	
1.1	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.4	
1.0	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.3	
0.9	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	2.3	
0.8	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	2.2	
0.7	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	2.1	
0.6	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	2.0	
0.5	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.9	

Πίνακας 18: Ολικός συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοπινάκων



- X είναι το πάχος του πλαισίου d_f σε mm
 Y είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου U_f σε $W/(m^2 \cdot K)$
 1 για σκληρό ξύλο (πυκνότητα $700Kg/m^3$). $\lambda=0.18 W/(m \cdot K)$
 2 για μαλακό ξύλο (πυκνότητα $500Kg/m^3$). $\lambda=0.13 W/(m \cdot K)$

Διάγραμμα 17: Συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος (για ξύλινα κουφώματα)

Δ. Μερικοί Παράγοντες Διορθώσεων σκίασης

Γωνία α	Προσανατολισμός επιφάνειας				
	N	NA και ΝΔ	A και Δ	BA και ΒΔ	B
0°	1	1	1	1	1
5°	0.96	0.96	0.96	0.97	0.96
10°	0.91	0.91	0.92	0.93	0.93
15°	0.87	0.88	0.90	0.90	0.89
20°	0.82	0.85	0.86	0.86	0.86
25°	0.78	0.80	0.83	0.83	0.82
30°	0.73	0.76	0.79	0.80	0.78
35°	0.68	0.72	0.75	0.76	0.75
40°	0.64	0.67	0.71	0.72	0.72
45°	0.59	0.63	0.66	0.68	0.68
50°	0.54	0.58	0.62	0.64	0.64
55°	0.49	0.53	0.57	0.60	0.61
60°	0.44	0.47	0.52	0.56	0.57
65°	0.39	0.42	0.46	0.51	0.53
70°	0.33	0.35	0.41	0.46	0.49
80°	0.22	0.23	0.28	0.35	0.40

Πίνακας 19: Μερικός παράγοντας σκίασης για πρόβολο

Γωνία β	N	ΝΔ	Δ	ΒΔ	B	BA	A	NA
0°	1	1	1	1	1	1	1	1
10°	0.97	0.98	0.97	0.96	1	0.96	0.97	0.98
20°	0.95	0.96	0.94	0.93	1	0.93	0.94	0.96
30°	0.93	0.94	0.91	0.89	1	0.89	0.91	0.94
40°	0.90	0.92	0.88	0.85	1	0.85	0.88	0.92
50°	0.87	0.90	0.84	0.82	1	0.82	0.84	0.90
60°	0.85	0.88	0.80	0.78	1	0.78	0.80	0.88
70°	0.81	0.84	0.75	0.74	1	0.74	0.75	0.84

Πίνακας 20: Μερικός παράγοντας σκίασης για πτερύγιο

Ε. Χαρακτηριστικά κτιρίου αναφοράς

Εκτεθειμένο στοιχείο	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² k) (Κατοικίες)	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² k) (Μη Κατοικίες)
Οροφή ¹ (κεκλιμένη ή μη)	0.6375	0.6375
Τοίχος Εξωτερικός	0.7225	0.7225
Τοίχος Εσωτερικός	Ίσο με του πραγματικού κτιρίου	Ίσο με του πραγματικού κτιρίου
Δάπεδο σε επαφή με κλειστό παρακείμενο χώρο	Ίσο με του πραγματικού κτιρίου	Ίσο με του πραγματικού κτιρίου
Δάπεδο σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	0.6375	0.6375
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	1.6	1.6
Παράθυρα, παράθυρα οροφής, φεγγίτες, θύρες προσωπικού	3.23	3.23
Πόρτες πρόσβασης οχημάτων ή παρόμοιες μεγάλες θύρες	Ίσος με του πραγματικού κτιρίου	Ίσος με του πραγματικού κτιρίου
¹ Αν κάποιο στοιχείο της οροφής έχει κλίση ίση ή μεγαλύτερη με 70 ⁰ τότε θεωρείται τοίχος		

Πίνακας 21: Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου αναφοράς

Στοιχείο	κατοικία	μη κατοικία
Εξωτερικός τοίχος	94	94
Οροφή (κεκλιμένη ή μη)	188	188
Δάπεδο	232	232
Εσωτερικός τοίχος	94	94
Εσωτερικό πάτωμα	232	232
Εσωτερικό ταβάνι	232	232

Πίνακας 22: Ωφέλιμη θερμοχωρητικότητα κτιρίου αναφοράς

Ζ. Συντελεστές θερμοπερατότητας και αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα δομικών στοιχείων:

Σενάριο Α : Χωρίς Θερμομόνωση

Εσωτερικές κολώνες και δοκοί

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.37m
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	
2	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 1% κάλυβα	0.3	2.3	2300	1	0.13	690	
3	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.13	2.172 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1,2} Cm (kJ/m ² K)			212.5 <input type="button" value="Apply result"/>

Εξωτερικές κολώνες και δοκοί

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.37m
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	
2	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 1% κάλυβα	0.3	2.3	2300	1	0.13	690	
3	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	2.7 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1,2} Cm (kJ/m ² K)			212.5 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: ΔΕΝ ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Εσωτερικοί τοίχοι

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.17m
1	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	
2	Τούβλο αργιλικό τρυπητό	0.1	0.4	1000	1	0.25	100	
3	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.13	1.724 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1,2} Cm (kJ/m ² K)			113 <input type="button" value="Apply result"/>

Εξωτερικοί τοίχοι

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.32m
1	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	
2	Τούβλο αργιλικό τρυπητό	0.25	0.4	1000	1	0.625	250	
3	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	1.156 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1,2} Cm (kJ/m ² K)			128 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: ΔΕΝ ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Οροφή

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.35m
1	Ασφαλτόπανο	0.04	0.23	1100	1.4	0.174	61.6	
2	Screed Ρύσεων (Σκυρόδεμα Μέσης πυκνότητας 2)	0.1	1.35	2000	1	0.074	200	
3	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 2% χάλυβα	0.2	2.5	2400	1	0.08	480	
4	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.01	1	1800	1	0.01	18	

[Load image](#)

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Προς τα πάνω	0.1	0.04	2.092 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {4.3} Cm (kJ/m ² K)			234 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: ΔΕΝ ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.63$

Σενάριο Β : Τοποθέτηση διογκωμένης πολυστερίνης 5 cm εξωτερικά.

Εξωτερικές κολώνες και δοκοί

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.42m
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	
2	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 1% χάλυβα	0.3	2.3	2300	1	0.13	690	
3	Διογκωμένη πολυστερίνη	0.05	0.041	20	0.1	1.22	0.1	
4	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	

[Load image](#)

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.629 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1,2} Cm (kJ/m ² K)			212.5 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Εξωτερικοί τοίχοι

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² /W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.37m
1	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	
2	Τούβλο αργιλικό τρυπητό	0.25	0.4	1000	1	0.625	250	
3	Διογκωμένη πολυστερίνη	0.05	0.041	20	0.1	1.22	0.1	
4	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.48 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1,2} Cm (kJ/m ² K)			128 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Οροφή

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² /W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.4m
1	Ασφαλτόπανο	0.04	0.23	1100	1.4	0.174	61.6	
2	Screed Ρύσεων (Σκυρόδεμα Μέσης πυκνότητας 2)	0.1	1.35	2000	1	0.074	200	
3	Διογκωμένη πολυστερίνη	0.05	0.041	20	0.1	1.22	0.1	
4	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 2% χάλυβα	0.2	2.5	2400	1	0.08	480	
5	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.01	1	1800	1	0.01	18	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Προς τα πάνω	0.1	0.04	0.589 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {5,4} Cm (kJ/m ² K)			234 <input type="button" value="Apply result"/>

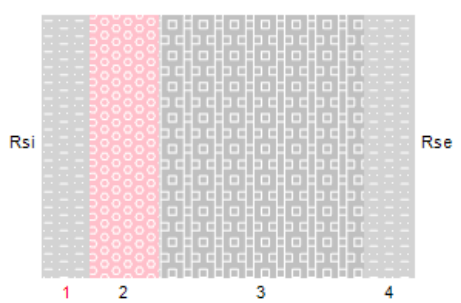
Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.63$

Σενάριο Γ : Τοποθέτηση διογκωμένης πολυστερίνης 5 cm εσωτερικά.

Εξωτερικές κολώνες και δοκοί

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	Cm kJ/m ² K
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63
2	Διογκωμένη πολυστερίνη	0.05	0.041	20	0.1	1.22	0.1
3	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 1% κάλυβα	0.3	2.3	2300	1	0.13	690
4	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63

Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.42m



[Load image](#)

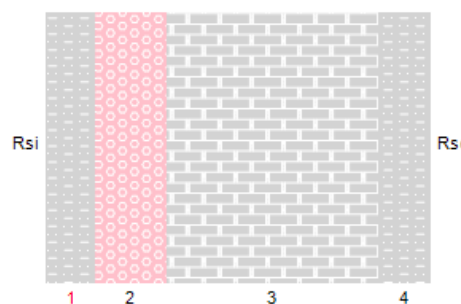
Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.629 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1} Cm (kJ/m ² K)			63 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Εξωτερικοί τοίχοι

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	Cm kJ/m ² K
1	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63
2	Διογκωμένη πολυστερίνη	0.05	0.041	20	0.1	1.22	0.1
3	Τούβλο αργιλικό τρυπητό	0.25	0.4	1000	1	0.625	250
4	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63

Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.37m



[Load image](#)

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.48 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1} Cm (kJ/m ² K)			63 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Οροφή

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.415m
1	Ασφαλτόπανο	0.04	0.23	1100	1.4	0.174	61.6	
2	Screed Ρύσεων (Σκυρόδεμα Μέσης πυκνότητας 2)	0.1	1.35	2000	1	0.074	200	
3	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 2% κάλυβα	0.2	2.5	2400	1	0.08	480	
4	Διογκωμένη πολυστερίνη	0.05	0.041	20	0.1	1.22	0.1	
5	Γυψοσανίδα από γύψο β π. 700	0.015	0.21	700	1	0.071	10.5	
6	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.01	1	1800	1	0.01	18	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Προς τα πάνω	0.1	0.04	0.565 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {6.5} Cm (kJ/m ² K)			28.5 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.63$

Σενάριο Δ : Τοποθέτηση διογκωμένης πολυστερίνης 10 cm εξωτερικά.

Εξωτερικές κολώνες και δοκοί

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.47m
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	
2	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 1% κάλυβα	0.3	2.3	2300	1	0.13	690	
3	Διογκωμένη πολυστερίνη	0.1	0.041	20	0.1	2.439	0.2	
4	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.356 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1.2} Cm (kJ/m ² K)			212.5 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Εξωτερικοί τοίχοι

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² /W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.42m
1	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	
2	Τούβλο αργιλικό τριπητό	0.25	0.4	1000	1	0.625	250	
3	Διογκωμένη πολυστερίνη	0.1	0.041	20	0.1	2.439	0.2	
4	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	

[Load image](#)

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.303 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1,2} Cm (kJ/m ² K)			128 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Οροφή

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² /W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.45m
1	Ασφαλτόπανο	0.04	0.23	1100	1.4	0.174	61.6	
2	Screed Ρύσεων (Σκυρόδεμα Μέσης πυκνότητας 2)	0.1	1.35	2000	1	0.074	200	
3	Διογκωμένη πολυστερίνη	0.1	0.041	20	0.1	2.439	0.2	
4	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 2% χάλυβα	0.2	2.5	2400	1	0.08	480	
5	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.01	1	1800	1	0.01	18	

[Load image](#)

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Προς τα πάνω	0.1	0.04	0.343 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {5,4} Cm (kJ/m ² K)			234 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.63$

Σενάριο Ε : Τοποθέτηση διογκωμένης πολυστερίνης 10 cm εσωτερικά.

Εξωτερικές κολώνες και δοκοί

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.47m
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	<p>Rsi</p> <p>Rse</p> <p>1 2 3 4</p> <p>Load image</p>
2	Διογκωμένη πολυστερίνη	0.1	0.041	20	0.1	2.439	0.2	
3	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 1% κάλυβα	0.3	2.3	2300	1	0.13	690	
4	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.356 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1} C_m (kJ/m ² K)			63 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Εξωτερικοί τοίχοι

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.42m
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	<p>Rsi</p> <p>Rse</p> <p>1 2 3 4</p> <p>Load image</p>
2	Διογκωμένη πολυστερίνη	0.1	0.041	20	0.1	2.439	0.2	
3	Τούβλο αργιλικό τρυπητό	0.25	0.4	1000	1	0.625	250	
4	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.303 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1} C_m (kJ/m ² K)			63 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Οροφή

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	Cp kJ/(kgK)	R m ² /W	Cm kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.465m
1	Ασφαλτόπανο	0.04	0.23	1100	1.4	0.174	61.6	
2	Screed Ρύσεων (Σκυρόδεμα Μέσης πυκνότητας 2)	0.1	1.35	2000	1	0.074	200	
3	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 2% χάλυβα	0.2	2.5	2400	1	0.08	480	
4	Διογκωμένη πολυστερίνη	0.1	0.041	20	0.1	2.439	0.2	
5	Γυψοσανίδα από γύψο β π. 700	0.015	0.21	700	1	0.071	10.5	
6	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.01	1	1800	1	0.01	18	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Προς τα πάνω	0.1	0.04	0.335 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {6.5} Cm (kJ/m ² K)			28.5 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.63$

Σενάριο Z : Τοποθέτηση εξηλασμένης πολυστερίνης 5 cm εξωτερικά.

Εξωτερικές κολώνες και δοκοί

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	Cp kJ/(kgK)	R m ² /W	Cm kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.42m
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	
2	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 1% χάλυβα	0.3	2.3	2300	1	0.13	690	
3	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0.05	0.03	20	0.1	1.667	0.1	
4	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	

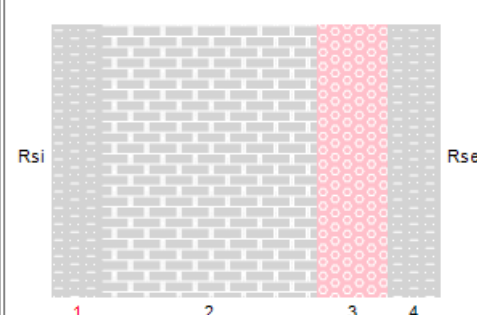
Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.491 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1.2} Cm (kJ/m ² K)			212.5 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Εξωτερικοί τοίχοι

...	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K
1	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63
2	Τούβλο αργιλικό τριπητό	0.25	0.4	1000	1	0.625	250
3	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0.05	0.03	20	0.1	1.667	0.1
4	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63

Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.37m



[Load image](#)

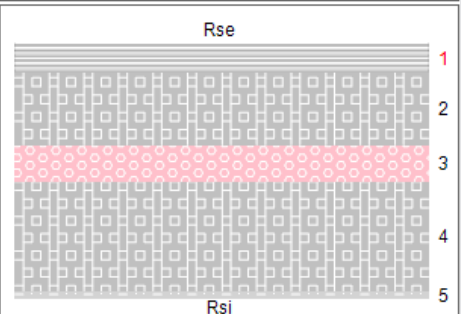
Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.395 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1,2} Cm (kJ/m²K)			128 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Οροφή

...	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K
1	Ασφαλτόπανο	0.04	0.23	1100	1.4	0.174	61.6
2	Screed Ρύσεων (Σκυρόδεμα Μέσης πυκνότητας 2)	0.1	1.35	2000	1	0.074	200
3	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0.05	0.03	20	0.1	1.667	0.1
4	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 2% κάλυβα	0.2	2.5	2400	1	0.08	480
5	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.01	1	1800	1	0.01	18

Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.4m



[Load image](#)

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Προς τα πάνω	0.1	0.04	0.466 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {5,4} Cm (kJ/m²K)			234 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.63$

Σενάριο Η : Τοποθέτηση εξηλασμένης πολυστερίνης 5 cm εσωτερικά.

Εξωτερικές κολώνες και δοκοί

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.42m
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	<p>Load image</p>
2	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0.05	0.03	20	0.1	1.667	0.1	
3	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 1% χάλυβα	0.3	2.3	2300	1	0.13	690	
4	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.491 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1} C_m (kJ/m ² K)			63 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Εξωτερικοί Τοίχοι

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.37m
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	<p>Load image</p>
2	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0.05	0.03	20	0.1	1.667	0.1	
3	Τούβλο αργιλικό τριπητό	0.25	0.4	1000	1	0.625	250	
4	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.395 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1} C_m (kJ/m ² K)			63 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Οροφή

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² /W	Cm kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.415m
1	Ασφαλτόπανο	0.04	0.23	1100	1.4	0.174	61.6	
2	Screed Ρύσεων (Σκυρόδεμα Μέσης πυκνότητας 2)	0.1	1.35	2000	1	0.074	200	
3	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 2% κάλυβα	0.2	2.5	2400	1	0.08	480	
4	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0.05	0.03	20	0.1	1.667	0.1	
5	Γυψοσανίδα από γύψο β.π. 700	0.015	0.21	700	1	0.071	10.5	
6	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.01	1	1800	1	0.01	18	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Προς τα πάνω	0.1	0.04	0.451 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {6.5} Cm (kJ/m ² K)			28.5 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.63$

Σενάριο Θ : Τοποθέτηση εξηλασμένης πολυστερίνης 10 cm εξωτερικά.

Εξωτερικές κολώνες και δοκοί

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² /W	Cm kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.47m
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	
2	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 1% κάλυβα	0.3	2.3	2300	1	0.13	690	
3	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0.1	0.03	20	0.1	3.333	0.2	
4	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.27 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1,2} Cm (kJ/m ² K)			212.5 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Εξωτερικοί τοίχοι

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.42m
1	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	
2	Τούβλο αργιλικό τρυπητό	0.25	0.4	1000	1	0.625	250	
3	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0.1	0.03	20	0.1	3.333	0.2	
4	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.238 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1,2} Cm (kJ/m ² K)			128 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Οροφή

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.45m
1	Ασφαλτόπανο	0.04	0.23	1100	1.4	0.174	61.6	
2	Screed Ρύσεων (Σκυρόδεμα Μέσης πυκνότητας 2)	0.1	1.35	2000	1	0.074	200	
3	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0.1	0.03	20	0.1	3.333	0.2	
4	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 2% χάλυβα	0.2	2.5	2400	1	0.08	480	
5	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.01	1	1800	1	0.01	18	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Προς τα πάνω	0.1	0.04	0.262 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {5,4} Cm (kJ/m ² K)			234 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.63$

Σενάριο I : Τοποθέτηση εξηλασμένης πολυστερίνης 10 cm εσωτερικά.

Εξωτερικές κολώνες και δοκοί

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	Cm kJ/m ² K
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63
2	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0.1	0.03	20	0.1	3.333	0.2
3	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 1% χάλυβα	0.3	2.3	2300	1	0.13	690
4	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63

Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.47m

[Load image](#)

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.27 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1} Cm (kJ/m ² K)			63 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Εξωτερικοί τοίχοι

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	Cm kJ/m ² K
1	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63
2	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0.1	0.03	20	0.1	3.333	0.2
3	Τούβλο αργιλικό τρυπητό	0.25	0.4	1000	1	0.625	250
4	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63

Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.42m

[Load image](#)

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.238 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1} Cm (kJ/m ² K)			63 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Οροφή

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.465m
1	Ασφαλτόπανο	0.04	0.23	1100	1.4	0.174	61.6	
2	Screed Ρύσεων (Σκυρόδεμα Μέσης πυκνότητας 2)	0.1	1.35	2000	1	0.074	200	
3	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 2% χάλυβα	0.2	2.5	2400	1	0.08	480	
4	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0.1	0.03	20	0.1	3.333	0.2	
5	Γυψοσανίδα από γύψο β π. 700	0.015	0.21	700	1	0.071	10.5	
6	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.01	1	1800	1	0.01	18	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Προς τα πάνω	0.1	0.04	0.258 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {6.5} Cm (kJ/m ² K)			28.5 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.63$

Σενάριο K : Τοποθέτηση διογκωμένης πολυστερίνης 5 cm εξωτερικά και 5 cm εσωτερικά.

Εξωτερικές κολώνες και δοκοί

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.47m
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	
2	Διογκωμένη πολυστερίνη	0.05	0.041	20	0.1	1.22	0.1	
3	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 1% χάλυβα	0.3	2.3	2300	1	0.13	690	
4	Διογκωμένη πολυστερίνη	0.05	0.041	20	0.1	1.22	0.1	
5	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.356 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1} Cm (kJ/m ² K)			63 <input type="button" value="Apply result"/>

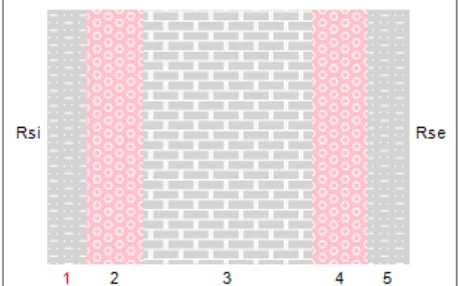
Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Εξωτερικοί τοίχοι

Construction materials - U value and Cm calculation

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	Cm kJ/m ² K
1	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63
2	Διογκωμένη πολυστερίνη	0.05	0.041	20	0.1	1.22	0.1
3	Τούβλο αργιλικό τριητητό	0.25	0.4	1000	1	0.625	250
4	Διογκωμένη πολυστερίνη	0.05	0.041	20	0.1	1.22	0.1
5	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63

Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.42m



[Load image](#)

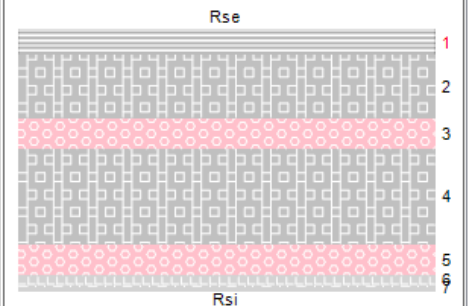
Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.303 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1} Cm (kJ/m ² K)			63 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Οροφή

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	Cm kJ/m ² K
1	Ασφαλτόπανο	0.04	0.23	1100	1.4	0.174	61.6
2	Screed Ρύσεων (Σκυρόδεμα Μέσης πυκνότητας 2)	0.1	1.35	2000	1	0.074	200
3	Διογκωμένη πολυστερίνη	0.05	0.041	20	0.1	1.22	0.1
4	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 2% κάλυβα	0.2	2.5	2400	1	0.08	480
5	Διογκωμένη πολυστερίνη	0.05	0.041	20	0.1	1.22	0.1
6	Γυψοσανίδα από γύψο β.π. 700	0.015	0.21	700	1	0.071	10.5
7	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.01	1	1800	1	0.01	18

Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.465m



[Load image](#)

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Προς τα πάνω	0.1	0.04	0.335 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {7.6} Cm (kJ/m ² K)			28.5 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.63$

Σενάριο Λ : Τοποθέτηση εξηλασμένης πολυστερίνης 5 cm εξωτερικά και 5 cm εσωτερικά.

Εξωτερικές δοκοί και κολώνες

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.465m
1	Ασφαλτόπανο	0.04	0.23	1100	1.4	0.174	61.6	
2	Screed Ρύσεων (Σκυρόδεμα Μέσης πυκνότητας 2)	0.1	1.35	2000	1	0.074	200	
3	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0.05	0.03	20	0.1	1.667	0.1	
4	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 2% χάλυβα	0.2	2.5	2400	1	0.08	480	
5	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0.05	0.03	20	0.1	1.667	0.1	
6	Γυψοσανίδα από γύψο β η. 700	0.015	0.21	700	1	0.071	10.5	
7	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.01	1	1800	1	0.01	18	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Προς τα πάνω	0.1	0.04	0.258 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {7.6} Cm (kJ/m ² K)			28.5 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.63$

Εξωτερικοί τοίχοι

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.17m
1	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	
2	Τούβλο αργιλικό τρυπητό	0.1	0.4	1000	1	0.25	100	
3	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.13	1.724 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1.2} Cm (kJ/m ² K)			113 <input type="button" value="Apply result"/>

Οροφή

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	Cm kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.465m
1	Ασφαλτόπανο	0.04	0.23	1100	1.4	0.174	61.6	
2	Screed Ρύσεων (Σκυρόδεμα Μέσης πυκνότητας 2)	0.1	1.35	2000	1	0.074	200	
3	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0.05	0.03	20	0.1	1.667	0.1	
4	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 2% χάλυβα	0.2	2.5	2400	1	0.08	480	
5	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0.05	0.03	20	0.1	1.667	0.1	
6	Γυψοσανίδα από γύψο β.π. 700	0.015	0.21	700	1	0.071	10.5	
7	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.01	1	1800	1	0.01	18	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Προς τα πάνω	0.1	0.04	0.258 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {7.6} Cm (kJ/m ² K)			28.5 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.63$

Σενάριο M:

Εξωτερικές κολώνες και δοκοί

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	Cm kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.39m
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	
2	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 1% χάλυβα	0.3	2.3	2300	1	0.13	690	
3	Aerogel	0.02	0.014	150	1	1.429	3	
4	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.556 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1,2} Cm (kJ/m ² K)			212.5 <input type="button" value="Apply result"/>

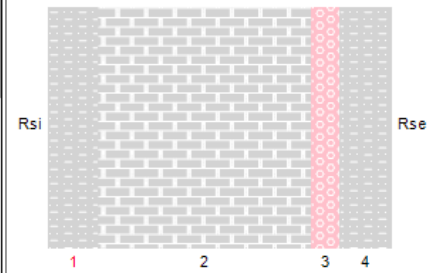
Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Εξωτερικοί τοίχοι

Construction materials - U value and Cm calculation

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² /W	Cm kJ/m ² K
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63
2	Τούβλο αργιλικό τριπητό	0.25	0.4	1000	1	0.625	250
3	Aerogel	0.02	0.014	150	1	1.429	3
4	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63

Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.34m



[Load image](#)

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.436 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1,2} Cm (kJ/m ² K)			128 <input type="button" value="Apply result"/>

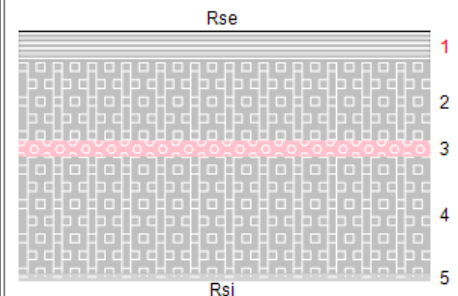
Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Οροφή

Construction materials - U value and Cm calculation

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² /W	Cm kJ/m ² K
1	Ασφαλτόπανο	0.04	0.23	1100	1.4	0.174	61.6
2	Screed Ρύσεων (Σκυρόδεμα Μέσης πυκνότητας 2)	0.1	1.35	2000	1	0.074	200
3	Aerogel	0.02	0.014	150	1	1.429	3
4	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 2% χάλυβα	0.2	2.5	2400	1	0.08	480
5	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.01	1	1800	1	0.01	18

Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.37m

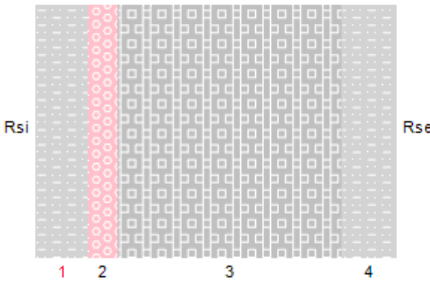


[Load image](#)

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Προς τα πάνω	0.1	0.04	0.525 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {5,4} Cm (kJ/m ² K)			234 <input type="button" value="Apply result"/>

Σενάριο N:

Εξωτερικές κολώνες και δοκοί

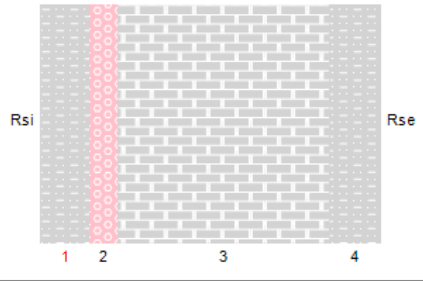
..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.39m
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	
2	Aerogel	0.02	0.014	150	1	1.429	3	
3	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 1% χάλυβα	0.3	2.3	2300	1	0.13	690	
4	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	

[Load image](#)

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.556 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1} Cm (kJ/m ² K)			63 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Εξωτερικοί τοίχοι

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.34m
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	
2	Aerogel	0.02	0.014	150	1	1.429	3	
3	Τούβλο αργιλικό τρυπητό	0.25	0.4	1000	1	0.625	250	
4	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	

[Load image](#)

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.436 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1} Cm (kJ/m ² K)			63 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Οροφή

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	Cp kJ/(kgK)	R m ² K/W	Cm kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.37m
1	Ασφαλτόπανο	0.04	0.23	1100	1.4	0.174	61.6	<p>Load image</p>
2	Screed Ρύσεων (Σκυρόδεμα Μέσης πυκνότητας 2)	0.1	1.35	2000	1	0.074	200	
3	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 2% χάλυβα	0.2	2.5	2400	1	0.08	480	
4	Aerogel	0.02	0.014	150	0.1	1.429	0.3	
5	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.01	1	1800	1	0.01	18	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Προς τα πάνω	0.1	0.04	0.525 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {5} Cm (kJ/m ² K)			18 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.63$

Σενάριο Ξ

Εξωτερικές κολώνες και δοκοί

Construction materials - U value and Cm calculation								Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.42m
..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	Cp kJ/(kgK)	R m ² K/W	Cm kJ/m ² K	<p>Load image</p>
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	
2	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 1% χάλυβα	0.3	2.3	2300	1	0.13	690	
3	Aerogel	0.05	0.014	150	1	3.571	7.5	
4	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	

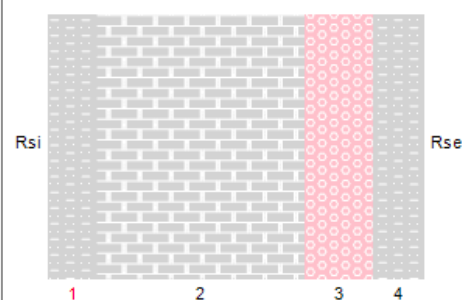
Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.254 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1,2} Cm (kJ/m ² K)			212.5 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Εξωτερικοί τοίχοι

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K
1	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63
2	Τούβλο αργιλικό τρυπητό	0.25	0.4	1000	1	0.625	250
3	Aerogel	0.05	0.014	150	1	3.571	7.5
4	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63

Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.37m



[Load image](#)

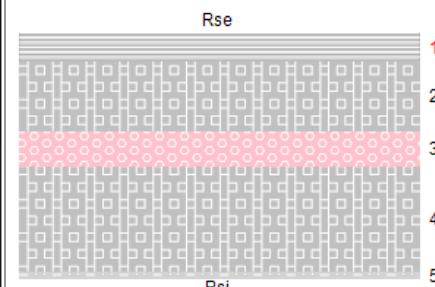
Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.225 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1,2} Cm (kJ/m ² K)			128 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Οροφή

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K
1	Ασφαλτόπανο	0.04	0.23	1100	1.4	0.174	61.6
2	Screed Ρύσεων (Σκυρόδεμα Μέσης πυκνότητας 2)	0.1	1.35	2000	1	0.074	200
3	Aerogel	0.05	0.014	150	1	3.571	7.5
4	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 2% κάλυβα	0.2	2.5	2400	1	0.08	480
5	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.01	1	1800	1	0.01	18

Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.4m



[Load image](#)

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Προς τα πάνω	0.1	0.04	0.247 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {5,4} Cm (kJ/m ² K)			234 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.63$

Σενάριο Ο:

Εξωτερικές κολώνες και δοκοί

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	Cp kJ/(kgK)	R m ² K/W	Cm kJ/m ² K
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63
2	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 1% χάλυβα	0.3	2.3	2300	1	0.13	690
3	Aerogel	0.05	0.014	150	1	3.571	7.5
4	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63

Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.42m

[Load image](#)

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.254 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1.2} Cm (kJ/m ² K)			212.5 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Εξωτερικοί τοίχοι

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	Cp kJ/(kgK)	R m ² K/W	Cm kJ/m ² K
1	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63
2	Τούβλο αργιλικό τριητητό	0.25	0.4	1000	1	0.625	250
3	Aerogel	0.05	0.014	150	1	3.571	7.5
4	Επίχρισμα (Τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63

Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.37m

[Load image](#)

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.225 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1.2} Cm (kJ/m ² K)			128 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Οροφή

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K
1	Ασφαλτόπανο	0.04	0.23	1100	1.4	0.174	61.6
2	Screed Ρύσεων (Σκυρόδεμα Μέσης πυκνότητας 2)	0.1	1.35	2000	1	0.074	200
3	Aerogel	0.05	0.014	150	1	3.571	7.5
4	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 2% χάλυβα	0.2	2.5	2400	1	0.08	480
5	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.01	1	1800	1	0.01	18

Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.4m

[Load image](#)

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Προς τα πάνω	0.1	0.04	0.247 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {5,4} Cm (kJ/m ² K)			234 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.63$

Σενάριο Π

Εξωτερικές Κολώνες και δοκοί

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63
2	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 1% χάλυβα	0.3	2.3	2300	1	0.13	690
3	Επίχρισμα από γύψο, Μονωτικό	0.035	0.07	600	1	0.5	21

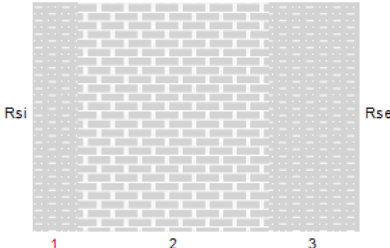
Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.37m

[Load image](#)

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	1.197 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1,2} Cm (kJ/m ² K)			212.5 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: ΔΕΝ ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

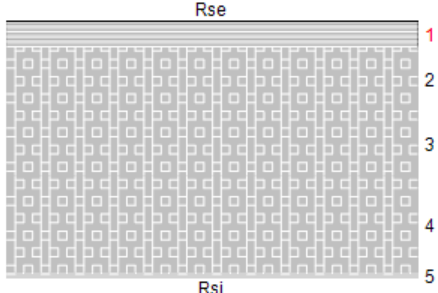
Εξωτερικός Τοίχος

...	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² /W	Cm kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.355m 
1	Επίχρισμα (τσιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	
2	Θερμομονωτικό Τούβλο 200 x 250 x 300	0.25	0.182	1000	1	1.374	250	
3	Επίχρισμα από γύψο, Μονωτικό	0.07	0.18	600	1	0.389	42	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.508 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1,2} Cm (kJ/m ² K)			128 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Οροφή

...	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² /W	Cm kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.45m 
1	Ασφαλτόπανο	0.04	0.23	1100	1.4	0.174	61.6	
2	Screed Ρύσεων (Σκυρόδεμα Μέσης πυκνότητας 2)	0.1	1.35	2000	1	0.074	200	
3	Περλομετόν	0.1	0.1	1000	1	1	100	
4	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 2% κάλυβα	0.2	2.5	2400	1	0.08	480	
5	Επίχρισμα (τσιμεντοκονίαμα)	0.01	1	1800	1	0.01	18	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Προς τα πάνω	0.1	0.04	0.677 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {5,4} Cm (kJ/m ² K)			234 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: ΔΕΝ ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.63$

Σενάριο Π (βελτιωμένο)

Εξωτερικές Κολώνες και δοκοί

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² /W	Cm kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.38m
1	Επίχρισμα από γύψο, Μονωτικό	0.04	0.07	600	1	0.571	24	
2	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 1% χάλυβα	0.3	2.3	2300	1	0.13	690	
3	Επίχρισμα από γύψο, Μονωτικό	0.04	0.07	600	1	0.571	24	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.693 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {Καμία} Cm (kJ/m ² K)			0 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Εξωτερικοί τοίχοι

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² /W	Cm kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.355m
1	Επίχρισμα (Γαιμεντοκονία)	0.035	1	1800	1	0.035	63	
2	Θερμομονωτικό Τούβλο 200 x 250 x 300	0.25	0.182	1000	1	1.374	250	
3	Επίχρισμα από γύψο, Μονωτικό	0.07	0.18	600	1	0.389	42	

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Οριζόντια	0.13	0.04	0.508 <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {1,2} Cm (kJ/m ² K)			128 <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.72$

Οροφή

..	Περιγραφή υλικού	Πάχος d (m)	λ W/(mK)	ρ kg/m ³	C_p kJ/(kgK)	R m ² K/W	C_m kJ/m ² K	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια - 0.455m
1	Ασφαλτόπανο	0.04	0.23	1100	1.4	0.174	61.6	
2	Screed Ρύσεων (Σκυρόδεμα Μέσης πυκνότητας 2)	0.1	1.35	2000	1	0.074	200	
3	Περλοπετόν	0.1	0.1	1000	1	1	100	
4	Σκυρόδεμα Οπλισμένο με 2% χάλυβα	0.2	2.5	2400	1	0.08	480	
5	Επίχρισμα από γύψο, Μονωτικό	0.015	0.07	600	1	0.214	9	

[Load image](#)

Ροή θερμότητας	Rsi (m ² K/W)	Rse (m ² K/W)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Προς τα πάνω	0.1	0.04	<input type="text" value="0.594"/> <input type="button" value="Apply result"/>
Αποτελεσματική θερμοχωρητικότητα κατασκευής - Στρώσεις {Καμία} Cm (kJ/m ² K)			<input type="text" value="0"/> <input type="button" value="Apply result"/>

Σημείωση για το U value: Ικανοποιείται η απαίτηση του διατάγματος που είναι $U \leq 0.63$