



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του Αριστόδημου Τσιλιβάκου

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ
ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ

Επιβλέπουσα: Ειρήνη Κορωνάκη-Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2011

“ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ”

Σε αυτό το σημείο οφείλω να ευχαριστήσω τη Δρ. Ειρήνη Κορωνάκη, λέκτορα στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Ε.Μ.Π. , για την ανάθεση και την επίβλεψη αυτής της διπλωματικής εργασίας, καθώς και για την αμέριστη βοήθειά της καθ'όλη τη διάρκεια της εκπόνησής της. Η συγγραφή της διπλωματικής μου εργασίας θα ήταν ανέφικτη χωρίς τη συμπαράσταση και την καθοδήγησή της.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τους φίλους μου, οι οποίοι στάθηκαν δίπλα μου σε κάθε σημείο της πορείας που έχω ακολουθήσει ως σήμερα, και κυρίως την οικογένειά μου, Δημήτρη, Αναστασία, Εύη, Γιώργο, Ειρήνη, γιατί αποτέλεσαν και αποτελούν στήριγμά μου σε κάθε φάση της ζωής μου. Για εσάς, λοιπόν.

Αριστόδημος Δ. Τσιλιβάκος

Αθήνα, Οκτώβριος 2011

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια της εν λόγω διπλωματικής εργασίας ασχολούμαστε με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης που μπορεί να επιτευχθεί με την εγκατάσταση διαφορετικών θερμομονωτικών υλικών, αλλά και διαφορετικού πάχους μόνωσης σε μια τυπική ελληνική κατοικία, ανάγοντας την εν λόγω κατοικία σε όλες τις κλιματικές ζώνες της ελληνικής επικράτειας.

Για να γίνει όμως αυτή η μελέτη, ανατρέχουμε αρχικά στο νέο Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ), ο οποίος έχει τεθεί σε εφαρμογή από την 1^η Οκτωβρίου 2010 για όλα τα νεοαναγειρόμενα ή ανακαινιζόμενα κτίρια με συνολική επιφάνεια άνω των 50 m². Μελετούμε τις Τεχνικές Οδηγίες Τ.Ε.Ε. (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.), οι οποίες εγκρίθηκαν από το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής και εστιάζουμε σε όλα τα επιμέρους θέματα που αφορούν την κατοικία μας, όπως τα αδιαφανή δομικά στοιχεία, τα διαφανή δομικά στοιχεία, τα συστήματα θέρμανσης/ψύξης/παροχής ζεστού νερού χρήσης κ.α.

Εμβαθύνουμε αρκετά στην τεχνολογία και την εξέλιξη των θερμομονωτικών υλικών που χρησιμοποιούνται κυρίως στην Ελλάδα, αλλά και παγκοσμίως, δίνοντας ιδιαίτερη βάση στα παρακάτω:

- Υαλοβάμβακας
- Πετροβάμβακας
- Ξυλόμαλλο
- Διογκωμένη πολυστερίνη
- Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη.

Εισάγουμε το θεωρητικό υπόβαθρο του λογισμικού TEE- KENAK, μέσα από το οποίο θα λάβουμε όλα τα αποτελέσματα για την ενεργειακή απόδοση των θερμομονωτικών υλικών.

Κάνουμε μια μικρή αναφορά στην έννοια της επένδυσης, της χρονικής αξίας του χρήματος, της ισοδυναμίας ποσών σε διαφορετικές χρονικές περιόδους και καταλήγουμε στην έννοια του Κριτηρίου Καθαρής Παρούσας Αξίας.

Έπειτα, έχοντας ως βάση το υφιστάμενο κτίριο πραγματοποιούμε την ενεργειακή του ανάλυση μέσω του ειδικού λογισμικού TEE-KENAK και προσομοιώνουμε την επίδραση των επιμέρους θερμομονωτικών υλικών στην ενεργειακή του απόδοση. Οι προσομοιώσεις που κάνουμε έχουν ως άξονα διαφοροποίησης:

- i. την κλιματική ζώνη στην οποία βρίσκεται η τυπική κατοικία μας,
- ii. το δομικό στοιχείο που θερμομονώνεται (τοιχοποιία, οροφή, πυλωτή),

- iii. το θερμομονωτικό υλικό που χρησιμοποιείται και
- iv. το πάχος της θερμομόνωσης που επιλέγουμε να εγκαταστήσουμε.

Μέσα από αυτά τα σενάρια καταλήγουμε σε μια σειρά από αποτελέσματα που μας παρουσιάζουν πώς επηρεάζει ο κάθε παράγοντας την ενεργειακή κατανάλωση μιας τυπικής κατοικίας.

Τέλος, πραγματοποιείται οικονομοτεχνική μελέτη με βάση το Κριτήριο Καθαρής Παρούσας Αξίας για κάποια επιλεγμένα σενάρια που τρέξαμε. Έτσι, μελετάται η αποδοτικότητα της εγκατάστασης κάποιου υλικού ή συστήματος θερμομόνωσης υπό την οικονομική σκοπιά του θέματος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
1. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ	7
1.1. Κλιματικές ζώνες	8
1.2. Ορισμοί Βασικών Μεγεθών- Ελάχιστες Απαιτήσεις Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων	10
1.3. Κατηγορίες και Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων	13
1.4. Ελάχιστες Προδιαγραφές Κτιρίου- Τεχνικά Χαρακτηριστικά Κτιρίου Αναφοράς	14
1.4.1. Σχεδιασμός Κτιρίου	14
1.4.2. Κτιριακό Κέλυφος	14
1.4.2.1. Θερμικά Χαρακτηριστικά των Δομικών Στοιχείων του Κτιριακού Κελύφους	14
1.4.2.2. Συντελεστής Απορρόφησης Ηλιακής Ακτινοβολίας- Συντελεστής Εκπομπής στη Θερμική Ακτινοβολία	22
1.4.2.3. Συντελεστές Σκίασης	24
1.4.2.3.1. Συντελεστής Σκίασης Ορίζοντα F_{hor}	25
1.4.2.3.2. Συντελεστής Σκίασης Από Πλευρικές Προεξοχές F_{fin}	26
1.4.2.3.3. Συντελεστής Σκίασης από Προβόλους F_{ov}	28
1.4.2.4. Συντελεστής Ηλιακού Θερμικού Κέρδους Υαλοπινάκων και Κουφωμάτων	30
1.4.2.5. Αερισμός	31
1.4.2.6. Θερμοχωρητικότητα Δομικών Στοιχείων	36
1.4.3. Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις	38
1.4.3.1. Συστήματα Θέρμανσης Χώρων	38
1.4.3.2. Συστήματα Παραγωγής για την Ψύξη Χώρων	42
1.4.3.3. Τερματικές Μονάδες Εκπομπής (Απόδοσης)	43
1.4.3.3.1. Τερματικές Μονάδες Απόδοσης Θερμότητας	44
1.4.3.3.2. Τερματικές Μονάδες Απόδοσης Ψύξης	46
1.4.3.4. Εγκαταστάσεις Ζεστού Νερού Χρήσης	47
1.4.3.4.1. Απόδοση Μονάδας Παραγωγής Z.N.X.	49
2.ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	51
2.1. Ιστορική Αναδρομή	51
2.2. Σημερινή Κατάσταση	53
2.3. Οφέλη Θερμομόνωσης	55
2.4. Θεωρία Μετάδοσης Θερμότητας- Λειτουργία Θερμομόνωσης	56
2.4.1. Μηχανισμοί Μεταφοράς Θερμότητας	56
2.4.1.1. Μεταφορά Θερμότητας με Αγωγή	57
2.4.1.2. Μεταφορά Θερμότητας με Συναγωγή	58
2.4.1.3. Μεταφορά Θερμότητας με Ακτινοβολία	59
2.5. Ο Ρόλος της Θερμομόνωσης	60

2.6. Ιδιότητες Θερμομονωτικών Υλικών	61
2.6.1. Φυσικές Ιδιότητες	61
2.6.2. Περιβαλλοντικές Ιδιότητες	64
2.7. Ταξινόμηση Θερμομονωτικών Υλικών	65
2.8. Ιδιότητες των Σημαντικότερων Θερμομονωτικών Υλικών	66
2.8.1. Υαλοβάμβακας	66
2.8.2. Πετροβάμβακας	68
2.8.3. Διογκωμένη Πολυστερίνη	70
2.8.4. Αφρώδης Εξηλασμένη Πολυστερίνη	73
2.8.5. Ξυλόμαλλο	75
2.8.6. Άλλα Θερμομονωτικά Υλικά	77
2.8.6.1. Αφρός Πολουρεθάνης	77
2.8.6.2. Διογκωμένος Φελλός	77
2.8.6.3. Αφρώδες Γυαλί	78
2.8.6.4. Βαμβάκι	78
2.8.6.5. Μαλλί Προβάτου	78
3. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΤΕΕ-KENAK	79
3.1. ΤΕΕ-KENAK Ενεργειακή Μελέτη Κτιρίων	80
3.2. Μάσκα Εισαγωγής Δεδομένων	81
3.3. Εισαγωγή Δεδομένων	82
3.3.1. Δεδομένα Θερμικής Ζώνης	83
3.3.2. Δεδομένα μη-Θερμαινόμενου ή Ηλιακού Χώρου	85
3.4. Υπολογισμοί- Αποτελέσματα	86
3.4.1. Ενεργειακή Κατάταξη	86
3.4.2. Απαιτήσεις- Κατανάλωση	87
3.4.3. Οικονομοτεχνική Ανάλυση	88
4. ΘΕΩΡΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	89
4.1. Πρόβλημα Απόφασης	89
4.2. Διαχρονική Αξία Χρήματος	89
4.3. Ταμειακή Ροή και η Έννοια της Ισοδυναμίας	90
4.3.1. Ισοδυναμία Παρούσας Αξίας με Μελλοντική Αξία	90
4.3.2. Ισοδυναμία Παρούσας Αξίας και Μελλοντικής Αξίας με Ακολουθία Ποσών	91
4.4. Κριτήρια Οικονομικής Αξιολόγησης Δραστηριότητας	93
4.4.1. Κριτήριο Καθαρής Παρούσας Αξίας (Net Present Value)	93
5. ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	95
5.1. Εισαγωγή	95
5.2. Το μοντέλο	97
5.2.1. Γενικά Χαρακτηριστικά Κτιρίου	97
5.2.2. Θερμική Ζώνη	98
5.2.2.1. Γενικά Χαρακτηριστικά	98

5.2.2.2. Κέλυφος	99
5.2.2.3. Διαχωριστική Επιφάνεια	102
5.2.3. Συστήματα	103
5.2.3.1. Θέρμανση	103
5.2.3.2. Ψύξη	104
5.2.3.3. Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX)	104
5.2.4. Μη- Θερμαινόμενος Χώρος	105
5.3. Επιλογή Θερμομονωτικών Υλικών	106
5.3.1. Θερμομονωτικά Υλικά Τοιχοποιίας	106
5.3.2. Θερμομονωτικά Υλικά Οροφής	107
5.3.3. Θερμομονωτικά Υλικά Πυλωτής	108
5.4. Ολοκληρωμένα Συστήματα Εξωτερικής Θερμομόνωσης	109
5.4.1. Σύστημα 1- Σύστημα 2	110
5.4.2. Σύστημα 3	111
5.4.3. Σύστημα 4	112
5.4.4. Σύστημα 5	113
5.4.5. Σύστημα 6	114
5.4.6. Σύστημα 7	115
5.5. Αποτελέσματα- Ενεργειακές Καταναλώσεις	116
5.5.1. Κλιματικό Ζώνη Α- Χανιά	121
5.5.2. Κλιματική Ζώνη Β- Αθήνα (Ν. Φιλαδέλφεια)	127
5.5.3. Κλιματική Ζώνη Γ- Τρίκαλα (Ν. Θεσσαλίας)	133
5.5.4. Κλιματική Ζώνη Δ- Καστοριά	139
5.6. Οικονομοτεχνική Μελέτη	146
5.6.1. Κλιματικό Ζώνη Α- Χανιά	151
5.6.2. Κλιματική Ζώνη Β- Αθήνα (Ν. Φιλαδέλφεια)	157
5.6.3. Κλιματική Ζώνη Γ- Τρίκαλα (Ν. Θεσσαλίας)	163
5.6.4. Κλιματική Ζώνη Δ- Καστοριά	167
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	173
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	177

1. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

Ο Κ.Εν.Α.Κ. ήρθε να εκπληρώσει τις υποχρεώσεις της χώρας, τόσο ως προς τις επιταγές της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά και ως προς τους πολίτες της. Ενσωματώνει την έννοια του ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού στη μελέτη των κτιρίων, που θα συμβάλλει ιδιαίτερα στη βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης, στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Ένας νέος κανονισμός αποτελούσε μεγάλη ανάγκη, καθώς από την έκδοση του τελευταίου κανονισμού(Κανονισμός δια την θερμομόνωση των κτιρίων- Φ.Ε.Κ. 362/Δ' /4.7.1979) είχαν μεσολαβήσει περισσότερα από 30 χρόνια και είχαν αλλάξει τόσο οι ανάγκες, όσο και οι τεχνολογίες στην ελληνική αγορά.

Σκοπό του νέου Κανονισμού αποτελεί η μείωση της κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό, φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (Ζ.Ν.Χ.) με την ταυτόχρονη διασφάλιση συνθηκών άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων.

Πεδίο εφαρμογής του Κανονισμού αποτελούν όλα τα νέα κτίρια συνολικής επιφάνειας άνω των 50 m², όπως επίσης και όλα τα κτίρια που υπόκεινται σε ριζική ανακαίνιση, με τις παρακάτω χρήσεις:

- α) κατοικίες διαφόρων τύπων, όπως μονοκατοικίες, διαμερίσματα και συγκροτήματα αυτών,
- β) πολυκατοικίες,
- γ) γραφεία,
- δ) εκπαιδευτικά κτίρια,
- ε) νοσοκομεία,
- στ) ξενοδοχεία και εστιατόρια,
- ζ) αθλητικές εγκαταστάσεις,
- η) κτίρια υπηρεσιών χονδρικού και λιανικού εμπορίου,
- θ) κάθε άλλη κατηγορία κτιρίων που καταναλώνουν ενέργεια.

Καθώς η μελέτη μας αφορά σε κατοικία, θα επικεντρωθούμε στα σημεία εκείνα του κανονισμού που αφορούν τη συγκεκριμένη κατηγορία κτιρίων.

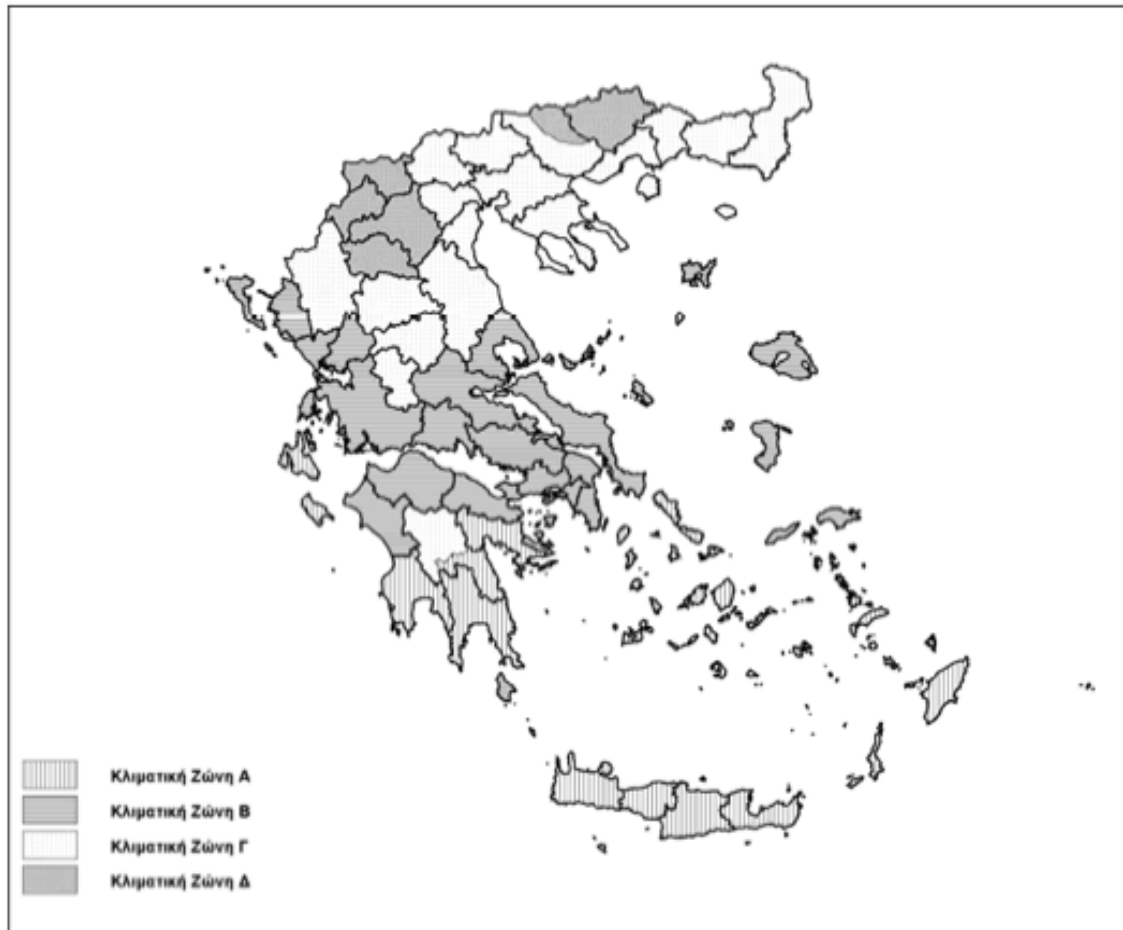
1.1. ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ

Για την εφαρμογή του νέου Κανονισμού η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες. Ο διαχωρισμός γίνεται με βάση τις βαθμοημέρες θέρμανσης¹ και παρακάτω παρουσιάζονται σε πίνακα αλλά και σε σχηματική απεικόνιση οι νομοί που απαρτίζουν κάθε ζώνη. Σημειώνεται ότι οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων εντάσσονται στην αμέσως ψυχρότερη κλιματική ζώνη από αυτή όπου κατατάσσεται ο νομός στον οποίο ανήκουν.

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

Πίνακας 1. 1. Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες κατά νομούς.

¹ Παράμετρος, η οποία προκύπτει από τη μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα εικοσιτετραώρου για τους θερινούς μήνες σε μια περιοχή και μια θερμοκρασία αναφοράς, η οποία συνήθως λαμβάνεται ίση με 18 οC.



Εικόνα 1. 1. Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας.

1.2. ΟΡΙΣΜΟΙ ΒΑΣΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ- ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

Βασικό στοιχείο στον Κ.Εν.Α.Κ. αποτελεί η έννοια του «κτιρίου αναφοράς». Πρόκειται για κτίριο με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο. Το κτίριο αναφοράς πληρεί τις ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στις Η/Μ εγκαταστάσεις που αφορούν τη ΘΨΚ των εσωτερικών χώρων (Θέρμανση- Ψύξη- Κλιματισμός), την παραγωγή ΖΝΧ(Ζεστό Νερό Χρήσης) και το φωτισμό.

Επίσης, σημαντικά είναι και τα παρακάτω μεγέθη, τα οποία ορίζονται ως εξής:

- Συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση κτιρίου: το άθροισμα των επιμέρους υπολογιζόμενων ενεργειακών καταναλώσεων ενός κτιρίου για ΘΨΚ, παραγωγή ΖΝΧ και φωτισμό, εκφραζόμενο σε ενέργεια ανά μονάδα μικτής επιφάνειας των θερμαινόμενων χώρων του κτιρίου ανά έτος ή $kWh/(m^2 \cdot \text{έτος})$. Ειδικά για τα κτίρια κατοικίας στη συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση δεν συνυπολογίζεται ο φωτισμός.
- Συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου: το άθροισμα των προαναφερόμενων επιμέρους ενεργειακών καταναλώσεων, μετά από την αναγωγή τους σε μεγέθη πρωτογενούς ενέργειας με τους κατάλληλους συντελεστές μετατροπής.
- Απόδοση συστήματος ή συντελεστής απόδοσης: ο λόγος της αποδιδόμενης ωφέλιμης ενέργειας του συστήματος προς την ενέργεια που χρησιμοποιεί και καταναλώνει το σύστημα για τη λειτουργία του.
- Εσωτερικά κέρδη: οι θερμικές πρόσοδοι ενός χώρου κτιρίου από εσωτερικές πηγές θερμότητας, όπως άνθρωποι, φωτιστικά σώματα, ηλεκτρικές συσκευές, εξοπλισμός γραφείου κ.α.
- Ηλιακά κέρδη: οι θερμικές πρόσοδοι εντός του κτιρίου μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας και της μετατροπής της σε θερμότητα. Διακρίνονται σε άμεσα κέρδη τα οποία οφείλονται στην ηλιακή ακτινοβολία που διέρχεται μέσω των παραθύρων και λοιπών ανοιγμάτων και σε έμμεσα κέρδη που προέρχονται από την ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται από αδιαφανή στοιχεία.
- Θερμική ζώνη κτιρίου: Σύνολο χώρων μέσα στο κτίριο με όμοιες απαιτούμενες εσωτερικές συνθήκες και χρήση. Οι θερμικές ζώνες καθορίζονται με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

1. Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων διαφέρει περισσότερο από 4 Κ για τη χειμερινή ή/και τη θερινή περίοδο.
 2. Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση / λειτουργία.
 3. Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που καλύπτονται με διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης ή/και κλιματισμού λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών.
 4. Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές εσωτερικών ή/και ηλιακών κερδών ή/και θερμικών απωλειών.
 5. Υπάρχουν χώροι όπου το σύστημα του μηχανικού αερισμού καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας κάτοψης του χώρου.
- Συντελεστής σκίασης: η ικανότητα ενός σκιάστρου να περιορίζει τη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 και 1. Όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής σκίασης, τόσο λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου ή/και προσπίπτει στα εξωτερικά δομικά στοιχεία.
 - COP: συντελεστής επίδοσης: ο συντελεστής συμπεριφοράς των αντλιών θερμότητας στις ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας (για θέρμανση), όπως δίνονται στις τεχνικές προδιαγραφές.
 - EER: λόγος ή δείκτης ενεργειακής αποδοτικότητας: ο συντελεστής συμπεριφοράς των ψυκτικών μονάδων στις ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας (για ψύξη), όπως δίδονται στις τεχνικές προδιαγραφές.
 - SPF: εποχιακός βαθμός απόδοσης: ο μέσος εποχιακός συντελεστής συμπεριφοράς των αντλιών θερμότητας στις μέσες συνθήκες λειτουργίας ψύξης/θέρμανσης, όπως δίδονται στις τεχνικές προδιαγραφές.
 - Αερισμός μέσω χαραμάδων: η ποσότητα αέρα που διέρχεται από τις χαραμάδες των κουφωμάτων.
 - Μελέτη ενεργειακής απόδοσης: Η μελέτη που αναλύει και αξιολογεί την απόδοση του ενεργειακού σχεδιασμού των κτιρίων.

Για να ικανοποιούνται οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης, πρέπει:

α. είτε η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου να είναι μικρότερη ή ίση με τη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς

β. είτε το εξεταζόμενο κτίριο να έχει τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά με το κτίριο αναφοράς, τόσο ως προς το κτιριακό κέλυφος, όσο και ως προς τις ηλεκτρομηχανολογικές τους εγκαταστάσεις στο σύνολό τους.

Οι συντελεστές μετατροπής της τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε πρωτογενή ενέργεια παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα, σε συνάρτηση με την πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται.

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΣΕ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ
Φυσικό αέριο	1,05
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10
Ηλεκτρική ενέργεια	2,90
Βιομάζα	1,00

Πίνακας 1. 2. Πίνακας συντελεστών μετατροπής καταναλισκόμενης ενέργειας σε πρωτογενή ενέργεια.

1.3. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

Η ενεργειακή κατηγορία, στην οποία κατατάσσεται το κάθε κτίριο, προκύπτει από το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου (EP) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς (RR). Ο λόγος αυτός ονομάζεται T και έτσι έχουμε τον παρακάτω πίνακα.

Κατηγορία	Όρια κατηγορίας	Όρια κατηγορίας
A+	$EP \leq 0,33R_R$	$T \leq 0,33$
A	$0,33R_R < EP \leq 0,50R_R$	$0,33 < T \leq 0,50$
B+	$0,50R_R < EP \leq 0,75R_R$	$0,50 < T \leq 0,75$
B	$0,75R_R < EP \leq 1,00R_R$	$0,75 < T \leq 1,00$
Γ	$1,00R_R < EP \leq 1,41R_R$	$1,00 < T \leq 1,41$
Δ	$1,41R_R < EP \leq 1,82R_R$	$1,41 < T \leq 1,82$
E	$1,82R_R < EP \leq 2,27R_R$	$1,82 < T \leq 2,27$
Z	$2,27R_R < EP \leq 2,73R_R$	$2,27 < T \leq 2,73$
H	$2,73R_R < EP$	$2,73 < T$

Πίνακας 1. 3. Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτιρίων.

Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης απεικονίζει την ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου. Στο ΠΕΑ αναφέρονται, μεταξύ άλλων, τα γενικά στοιχεία του κτιρίου, η υπολογιζόμενη ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς και του εξεταζόμενου κτιρίου, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή ενέργειας και τελική χρήση, η πραγματική ετήσια συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας, οι υπολογιζόμενες και πραγματικές ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, καθώς και συστάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

1.4. ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΤΙΡΙΩΝ- ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

1.4.1. Σχεδιασμός κτιρίου

Το κτίριο αναφοράς έχει, σύμφωνα με τον ορισμό του, τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το υπό εξέταση κτίριο. Εξαιρέση αποτελούν όλα τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα(ΠΗΣ), εκτός από τα συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους.

Στο υπό εξέταση κτίριο λαμβάνονται υπ' όψη οι εξής παράμετροι:

α. Σωστή χωροθέτηση και προσανατολισμός του κτιρίου για τη μέγιστη αξιοποίηση των τοπικών κλιματικών συνθηκών.

β. Βελτίωση του μικροκλίματος με τη διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου.

γ. Σχεδιασμός και χωροθέτηση των ανοιγμάτων, ανάλογα με τις ανάγκες σε ηλιασμό, φυσικό φωτισμό και αερισμό.

δ. Χωροθέτηση των λειτουργιών ανάλογα με τη χρήση και τις απαιτήσεις άνεσης.

ε. Ενσωμάτωση τουλάχιστον ενός ΠΗΣ, όπως άμεσου ηλιακού κέρδους, τοίχος μάζας, τοίχος Trombe, ηλιακός χώρος(θερμοκήπιο) κ.α.

στ. Ηλιοπροστασία.

ζ. Τεχνικές αερισμού με φυσικό τρόπο.

η. Οπτική άνεση με τεχνικές και συστήματα φυσικού φωτισμού.

1.4.2. Κτιριακό κέλυφος

1.4.2.1. Θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας(U) κατά κλιματική ζώνη και κατά δομικό στοιχείο. Τα επιμέρους δομικά στοιχεία οφείλουν να πληρούν τις προδιαγραφές αυτές.

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² K)]			
		Κλιματική ζώνη			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα(οροφές)	U_{V_D}	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U_{V_W}	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα(πυλωτή)	U_{V_DL}	0,50	0,45	0,40	0,35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη- θερμαινόμενους χώρους	U_{V_G}	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχοι σε επαφή με το έδαφος ή με μη-θερμαινόμενους χώρους	U_{V_WE}	1,50	1,00	0,80	0,70
Ανοίγματα(παράθυρα, μπαλκονόπορτες κ.α.)	U_{V_F}	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη-ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες	U_{V_GF}	2,20	2,00	1,80	1,80

Πίνακας 1. 4. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων.

Για τα δομικά στοιχεία που αποτελούν παθητικά ηλιακά συστήματα(και πάλι με εξαίρεση το σύστημα άμεσου ηλιακού κέρδους) δεν ισχύουν οι περιορισμοί του παραπάνω πίνακα.

Εκτός των επιμέρους δομικών στοιχείων, τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια οφείλουν να έχουν μια μέγιστη τιμή μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας (U_m) σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα, συναρτήσει του λόγου επιφάνειας-όγκου.

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

Πίνακας 1. 5. Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας $U_{m,max}$.

Η διαδικασία υπολογισμού των συντελεστών θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων, των θερμογεφυρών, καθώς και του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U_m παρουσιάζονται στις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 και Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010. Συνοπτικά, αναφέρεται πως ανάλογα με την περίοδο έκδοσης της οικοδομικής άδειας, έχουν δημιουργηθεί 3 κατηγορίες, οι οποίες αντιστοιχούν στις περιόδους έκδοσης της άδειας:

1. Πριν την 1η Ιανουαρίου 1980, οπότε άρχισε τυπικά να τίθεται σε εφαρμογή ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων, οπότε δεν υπάρχει καμιά απαίτηση για τη θερμομονωτική επάρκεια των κτιρίων
2. Από 1ης Ιανουαρίου 1980 ως την 1η Οκτωβρίου 2010, οπότε τίθεται σε εφαρμογή ο Κ.Εν.Α.Κ. Τα κτίρια οφείλουν να πληρούν τον Κ.Θ.Κ.
3. Από 1ης Οκτωβρίου 2010 και έπειτα, οπότε και εφαρμόζεται ο Κ.Εν.Α.Κ.

Επιπλέον, ανάλογα με την πρόνοια που έχει ληφθεί για τη θερμομονωτική προστασία του κτιρίου, η κάθε κατηγορία υποδιαιρέθηκε σε μικρότερες υποκατηγορίες:

- ✓ σε κτίρια χωρίς καμία πρόνοια θερμομονωτικής προστασίας,
- ✓ σε κτίρια με μερική ή πλημμελή θερμομονωτική προστασία,
- ✓ σε κτίρια με πλήρη θερμομονωτική προστασία σύμφωνα με τον Κ.Θ.Κ. ή τον Κ.Εν.Α.Κ.

Για τα κτίρια όπου δεν έχει ληφθεί καμία ή έχει ληφθεί μερική ή πλημμελής θερμομονωτική προστασία μπορούν να λειτουργήσουν προσεγγιστικά οι παρακάτω πίνακες, στους οποίους καταγράφονται τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας U των αδιαφανών δομικών στοιχείων.

Περιγραφή στοιχείου	Χωρίς θερμομονωτική προστασία			Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.		
	Σε επαφή με τον αέρα	Σε επαφή με μη-θερμαιν. χώρο	Σε επαφή με το έδαφος	Σε επαφή με τον αέρα	Σε επαφή με μη-θερμαινόμε. χώρο	Σε επαφή με το έδαφος
	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K
Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος(πάχους μικρότερου των 80 cm)						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις	3,65	2,75	4,30	1,00	0,90	1,05
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις	3,40	2,60	-	1,00	0,90	-
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή	2,45	2,00	2,90	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή	2,90	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες	3,50	2,05	4,00	1,00	0,90	1,05
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες	2,05	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
Οπτοπλινθοδομή, φέρουσα ή πλήρωσης (με ή χωρίς κλειστό διάκενο αέρος)						
<i>Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή</i>						
Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις	2,30	1,90	2,55	0,85	0,80	0,90
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις	2,20	1,85	-	0,85	0,60	-
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή	1,90	1,60	2,05	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένη με αργολιθοδομή	2,10	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες	2,25	1,85	2,45	0,85	0,80	0,85
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες	1,55	1,35	1,65	0,70	0,70	0,75

<i>Δρομική οπτοπλινθοδομή</i>						
Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις	3,25	2,50	3,75	0,95	0,90	1,00
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις	3,05	2,40	-	0,95	0,85	-
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή	2,50	2,00	2,75	0,85	0,80	0,90
Επενδεδυμένη με αργολιθοδομή	2,80	2,25	3,20	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες	3,10	2,40	3,55	0,95	0,85	1,00
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες	1,90	1,65	2,05	0,80	0,75	0,85
<i>Αργολιθοδομή</i>						
Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις	4,25	3,10	5,00	1,05	0,95	1,10
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις	3,85	2,85	-	1,00	0,95	-
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή	2,85	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες	4,10	3,00	4,95	1,00	0,95	1,05
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες	2,30	1,95	2,60	0,85	0,80	0,90

Πίνακας 1. 6. Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτίρια, η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κ.Θ.Κ.(1979).

Περιγραφή στοιχείου	Χωρίς θερμομονωτική προστασία			Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.		
	Σε επαφή με τον αέρα	Σε επαφή με μη-θερμαινόμενο χώρο	Σε επαφή με το έδαφος	Σε επαφή με τον αέρα	Σε επαφή με μη-θερμαινόμενο χώρο	Σε επαφή με το έδαφος
Κατακόρυφα δομικά στοιχεία	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K
Επιστεγάσεις (με ή χωρίς ψευδοροφή)						
Συμβατικού τύπου δώμα.	3,05	-	-	0,95	-	-
Αντεστραμμένου τύπου δώμα	-	-	-	0,95	-	-
Αεριζόμενο δώμα	-	3,70	-	1,00	-	-
Φυτεμένο δώμα	1,20	-	-	0,70	-	-
Οριζόντια οροφή κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη	3,70	-	-	1,00	-	-
Οροφή κάτω από μη θερμαινόμενο χώρο	-	2,90	-	-	0,90	-
Κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος	4,70	-	-	1,05	-	-
Κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης ξύλινης στέγης	4,25	-	-	1,00	-	-
Δάπεδα με επικάλυψη παντός τύπου (ξύλο, μάρμαρο, πλακάκι, μωσαϊκό κ.τ.λ.)						
Επάνω από ανοικτό υπόστυλο χώρο(πυλωτή)	2,75	-	-	0,90	-	-
Επί εδάφους	-	-	3,10	-	-	0,95
Επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο	-	2,00	-	-	0,80	-

Πίνακας 1. 7. Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτίρια, η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κ.Θ.Κ.(1979).

Όλα τα παραπάνω καταγράφονται στον πίνακα 1.8. Συγκεκριμένα, σ' αυτόν καταγράφονται κατά κατηγορία και υποκατηγορία κτιρίων ο τρόπος θεώρησης του συντελεστή θερμοπερατότητας U (ή του k σύμφωνα με τον Κ.Θ.Κ.).

Περίοδος έκδοσης οικοδομικής άδειας	Θερμομονωτική προστασία	Κτίριο μελέτης	Κτίριο αναφοράς
		Υπολογισμός τιμών U	Υπολογισμός τιμών U
Πριν από το 1979 (ανυπαρξία κανονισμού)	Χωρίς θερμομονωτική προστασία	Τιμές από πίνακες 1.6-1.7.	U_{max} κατά Κ.Εν.Α.Κ.
	Μερική πρόνοια θερμικής προστασίας (εξαρχής πρόνοια ή μετέπειτα επέμβαση)	Τιμές από πίνακες 1.6-1.7.	U_{max} κατά Κ.Εν.Α.Κ.
	Μετέπειτα επεμβάσεις που καλύπτουν τις απαιτήσεις του Κ.Θ.Κ.	Σύμφωνα με τη μελέτη ή με k_{max} Κ.Θ.Κ.	U_{max} κατά Κ.Εν.Α.Κ.
	Μετέπειτα επεμβάσεις που καλύπτουν τις απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ.	Σύμφωνα με τη μελέτη ή με U_{max} κατά Κ.Εν.Α.Κ.	U_{max} κατά Κ.Εν.Α.Κ.
Περίοδος 1979 - 2010 (ισχύς Κ.Θ.Κ.)	Χωρίς θερμομονωτική προστασία (μη εφαρμογή Κ.Θ.Κ.)	Τιμές από πίνακες 1.6-1.7.	U_{max} κατά Κ.Εν.Α.Κ.
	Πλημμελής εφαρμογή Κ.Θ.Κ.	Τιμές από πίνακες 1.6-1.7.	U_{max} κατά Κ.Εν.Α.Κ.
	Σύμφωνα με απαιτήσεις Κ.Θ.Κ.	Σύμφωνα με τη μελέτη ή με k_{max} κατά Κ.Θ.Κ.	U_{max} κατά Κ.Εν.Α.Κ.
	Κάλυψη των απαιτήσεων του Κ.Εν.Α.Κ. (εξαρχής πρόνοια ή μετέπειτα επέμβαση)	Σύμφωνα με τη μελέτη	U_{max} κατά Κ.Εν.Α.Κ.
Μετά το 2010 (ισχύς Κ.Εν.Α.Κ.)	Πλημμελής εφαρμογή Κ.Εν.Α.Κ.	Υποχρέωση βελτίωσης εντός έτους	U_{max} κατά Κ.Εν.Α.Κ.
	Πλήρης εφαρμογή Κ.Εν.Α.Κ.	Σύμφωνα με τη μελέτη ή με U_{max} κατά Κ.Εν.Α.Κ.	U_{max} κατά Κ.Εν.Α.Κ.

Πίνακας 1. 8. Συμβατικός τρόπος θεώρησης του συντελεστή θερμοπερατότητας ανά περίοδο έκδοσης οικονομικής άδειας.

Υπάρχει όμως και η επιλογή του υπολογισμού του συντελεστή U . Θα ξεχωρίσουμε τη γενική περίπτωση, κατά την οποία ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου n στρώσεων ορίζεται από τον τύπο:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_\delta + R_\alpha}, \quad \text{όπου:}$$

- U ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου σε W/m^2K ,
- n το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,
- d το πάχος της κάθε στρώσης του δομικού στοιχείου σε m ,
- λ ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης σε W/mK
- R_δ η θερμική αντίσταση στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου δεν επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος σε m^2K/W ,
- R_i η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο σε m^2K/W ,
- R_a η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον σε m^2K/W .

Οποιαδήποτε άλλη ειδική περίπτωση (κλειστό διάκενο αέρα ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, διάκενο με θερμοανακλαστική μόνωση) αναλύεται πλήρως στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010.

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτηρίου (U_m) προκύπτει από το συνυπολογισμό των συντελεστών όλων των επί μέρους δομικών στοιχείων του περιβλήματος του θερμαινόμενου χώρου του κτιρίου κατά την ποσοστιαία αναλογία των αντίστοιχων εμβαδών τους. Στον υπολογισμό του U_m θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι γραμμικές θερμογέφυρες που αναπτύσσονται στα δομικά στοιχεία, ιδίως στα όρια της περιμέτρου των δομικών στοιχείων.

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

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b + \sum_{i=1}^v l_i \cdot \Psi_i \cdot b}{\sum_{j=1}^n A_j}, \quad \text{όπου:}$$

- U_m ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κελύφους όλου του κτιρίου σε $W/m^2 \cdot K$,
- n το πλήθος των επί μέρους δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτιρίου,
- v το πλήθος των θερμογεφυρών που αναπτύσσονται στα εξωτερικά ή εσωτερικά όρια κάθε επιφάνειας A_j του κελύφους,
- A_j το εμβαδό επιφάνειας που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στη συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου σε m^2 ,
- U_j ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου j του κελύφους του κτιρίου σε $W/m^2 \cdot K$
- l_j το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου σε m ,
- Ψ_j ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου σε $W/m \cdot K$,
- b ένας μειωτικός συντελεστής

Όσο για το κτίριο αναφοράς, ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων του κτιρίου αναφοράς ορίζεται ίσος με το μέγιστο επιτρεπόμενο ανά δομικό στοιχείο και κλιματική ζώνη. Επίσης ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου αναφοράς U_m , δεν πρέπει να υπερβαίνει τα όρια που δίνονται στον πίνακα 1.5.

1.4.2.2. Συντελεστής απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας- Συντελεστής εκπομπής στη θερμική ακτινοβολία

Η ακτινοβολία που προσπίπτει σε μία αδιαφανή επιφάνεια μπορεί να ανακλαστεί ή να απορροφηθεί από αυτή. Το άθροισμα του ποσοστού της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται και του ποσοστού απορροφάται από μια επιφάνεια ισούται με τη μονάδα:

$$\rho + \alpha = 1, \text{ όπου:}$$

ρ ο συντελεστής ανακλαστικότητας της επιφάνειας στην ηλιακή ακτινοβολία και
 α ο συντελεστής απορροφητικότητας της επιφάνειας στην ηλιακή ακτινοβολία.

Στους πίνακες που ακολουθούν δίνονται τυπικές τιμές ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας για διάφορες επιφάνειες που συναντώνται ως τελικές επιστρώσεις των κατακόρυφων και οριζόντιων δομικών στοιχείων του περιβλήματος.

Περιγραφή επιφάνειας	Ανακλαστικότητα	Απορροφητικότητα
Κατακόρυφα δομικά στοιχεία		
Επίχρισμα λευκό, λεία επιφάνεια (σπατουλαριστό)	0,70	0,30
Επίχρισμα ανοιχτόχρωμο (π.χ. ανοιχτό γκρι, μπεζ, κίτρινο, ροζ ή γαλάζιο)	0,60	0,40
Επίχρισμα μέτριας απόχρωσης (π.χ. γκρι, μπεζ, σκούρη όχρα, σομόν)	0,40	0,60
Επίχρισμα σκουρόχρωμο (π.χ. σκούρο λαδί, καφέ, γκρι)	0,20	0,80
Εμφανής οπτοπλινθοδομή ή λιθοδομή	0,20	0,80
Εμφανής ανοιχτόχρωμη οπτοπλινθοδομή ή λιθοδομή	0,40	0,60
Στιλπνές μεταλλικές επιφάνειες (π.χ. φύλλα αλουμινίου)	0,80	0,20
Αδιαφανές τμήμα γυάλινης πρόσοψης (π.χ. πάνελ με επικάλυψη γυαλιού)	0,40	0,60
Οριζόντια δομικά στοιχεία (οροφές)		
Κόκκινο κεραμίδι	0,40	0,60
Πολύ σκούρες επιστρώσεις στεγών ή δωμάτων (ασφαλτόπανα)	0,10	0,90
Σκούρες επιστρώσεις στεγών ή δωμάτων (π.χ. επικάλυψη με σχιστολιθικές πλάκες, ασφαλτικά κεραμίδια)	0,20	0,80
Ανοιχτόχρωμες επιστρώσεις στεγών ή δωμάτων (π.χ. επικάλυψη με πλάκες πεζοδρομίου, ασφαλτόπανα με χαλαζιακή ψηφίδα)	0,35	0,65
Στιλπνές μεταλλικές επιφάνειες (π.χ. ανακλαστικές μεμβράνες)	0,80	0,20
Γαρμπίλι	0,70	0,30

Πίνακας 1. 9. Τυπικές τιμές ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία.

Ένα ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που έχει απορροφηθεί από μία εξωτερική επιφάνεια εκπέμπεται προς το περιβάλλον με τη μορφή θερμικής ακτινοβολίας. Η ικανότητα εκπομπής της θερμικής ακτινοβολίας διαφοροποιείται ανάλογα με το υλικό και τη διαμόρφωση της τελικής του επιφάνειας.

Για την ενεργειακή μελέτη και την ενεργειακή επιθεώρηση ο συντελεστής εκπομπής σε θερμική ακτινοβολία ϵ μπορεί να ληφθεί από τον πίνακα 1.10.

Περιγραφή επιφάνειας	Συντελεστής εκπομπής ϵ
Σύνηθες δομικό υλικό	0,80
Γυαλί	0,90
Στιλπνές μεταλλικές επιφάνειες	0,20
Γαρμπίλι	0,30

Πίνακας 1. 10. Τιμές του συντελεστή εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας.

Όσο για το κτίριο αναφοράς, στις εξωτερικές επιφάνειες λαμβάνονται συντελεστές απορροφητικότητας ηλιακής ακτινοβολίας (α) και εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας (ϵ), σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

ΑΔΙΑΦΑΝΕΣ ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ α	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ϵ
Τοιχοποιίες	0,40	0,80
Δώματα	0,40	0,80
Επικλινείς στέγες	0,60	0,80

Πίνακας 1. 11. Τυπικές τιμές των συντελεστών απορροφητικότητας και εκπομπής για το κτίριο αναφοράς.

1.4.2.3. Συντελεστές σκίασης

Τα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου μπορεί να σκιάζονται εξωτερικά λόγω ύπαρξης εξωτερικών εμποδίων αλλά και στοιχείων του ίδιου του κτιρίου, όπως προστεγάσματα, πλευρικά στοιχεία ή ακόμη και τμήματα της κατασκευής (π.χ. εσοχές).

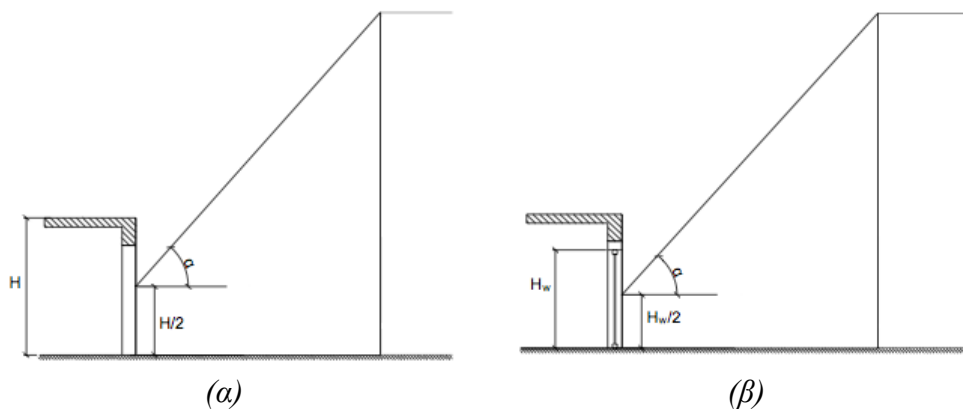
Στο υπό εξέταση κτίριο, οι συντελεστές σκίασης, καθορίζονται ανάλογα το είδος των σκιάστρον (οριζόντια, πλευρικά εξωτερικά εμπόδια και σκιάστρα) και την γεωμετρία τους. Επειδή ανάλογα με την εποχή οι συντελεστές σκίασης αλλάζουν, καθορίζονται για κάθε εξωτερική επιφάνεια με ορισμένο προσανατολισμό οι αντίστοιχοι μέσοι συντελεστές σκίασης, ένας για τη χειμερινή περίοδο και ένας για τη θερινή περίοδο, ανάλογα με το είδος σκιάστρου. Ο συνολικός σκιασμός δομικού στοιχείου προκύπτει ως το γινόμενο των τριών συντελεστών σκίασης:

- του συντελεστή σκίασης από εμπόδιο του περιβάλλοντος χώρου F_{hor} (γειτνιάζοντα κτίρια κ.τ.λ.),
- του συντελεστή σκίασης από πλευρικό εμπόδιο F_{fin} .
- και του συντελεστή σκίασης από οριζόντιο πρόβολο ή εξωτερικό σκιάστρο κατά περίπτωση F_{ov} .

1.4.2.3.1. Συντελεστής σκίασης ορίζοντα F_{hor}

Αυτός ο συντελεστής προσδιορίζει τη σκίαση που προκύπτει στις επιφάνειες του κτηρίου από την ύπαρξη φυσικών εμποδίων (π.χ. λόφων) ή τεχνητών (π.χ. υψηλών κτηρίων). Όταν ο ορίζοντας είναι ελεύθερος ο συντελεστής ισούται με τη μονάδα ($F_{hor}=1$), ενώ για πλήρη σκίαση παίρνει την τιμή μηδέν ($F_{hor}=0$).

Για τον προσδιορισμό του συντελεστή σκίασης ορίζοντα μιας επιφάνειας είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γωνίας θέασης α του εμποδίου, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 1. 2. Γραφική απεικόνιση της γωνίας θέασης α που σχηματίζουν τα εμπόδια για τον υπολογισμό της σκίασης που προκαλούν σε ένα κατακόρυφο αδιαφανές δομικό στοιχείο (α) και σε ένα διαφανές δομικό στοιχείο (β).

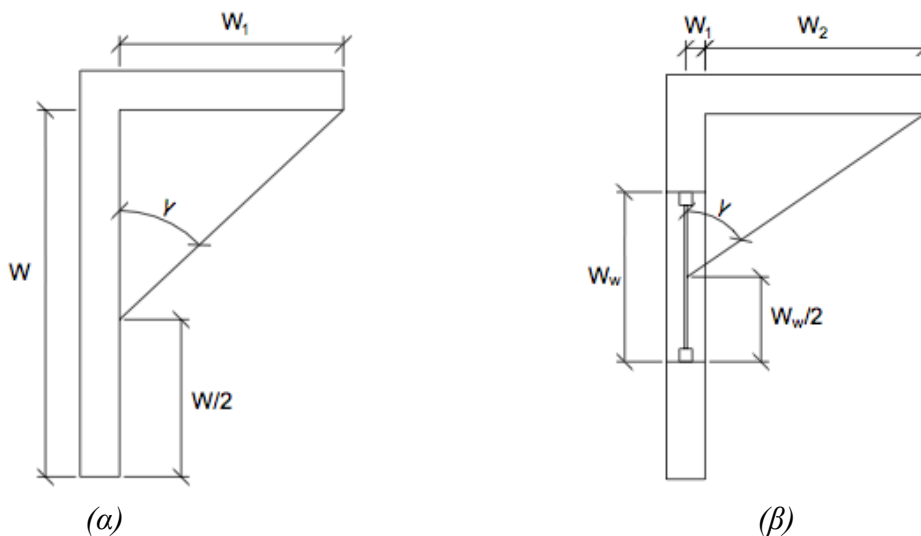
Γωνία β	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας				
		N	ΝΑ και ΝΔ	Α και Δ	ΒΑ και ΒΔ	Β
0°	θέρμανσης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	ψύξης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5°	θέρμανσης	0,98	0,97	0,96	0,98	1,00
	ψύξης	1,00	0,98	0,97	0,96	0,96
10°	θέρμανσης	0,96	0,95	0,93	0,95	1,00
	ψύξης	1,00	0,97	0,94	0,92	0,92
15°	θέρμανσης	0,91	0,89	0,86	0,92	1,00
	ψύξης	1,00	0,94	0,90	0,88	0,90
20°	θέρμανσης	0,86	0,84	0,80	0,89	1,00
	ψύξης	1,00	0,92	0,86	0,84	0,87
25°	θέρμανσης	0,73	0,73	0,72	0,87	1,00
	ψύξης	1,00	0,90	0,83	0,82	0,87
30°	θέρμανσης	0,61	0,62	0,65	0,85	1,00
	ψύξης	1,00	0,89	0,81	0,81	0,86
35°	θέρμανσης	0,53	0,54	0,61	0,84	1,00
	ψύξης	0,99	0,85	0,77	0,77	0,86
40°	θέρμανσης	0,44	0,47	0,57	0,83	1,00
	ψύξης	0,98	0,82	0,72	0,73	0,85
45°	θέρμανσης	0,40	0,44	0,55	0,82	1,00
	ψύξης	0,95	0,78	0,68	0,70	0,85
50°	θέρμανσης	0,36	0,40	0,53	0,81	1,00
	ψύξης	0,93	0,74	0,63	0,67	0,85
55°	θέρμανσης	0,34	0,38	0,52	0,81	1,00
	ψύξης	0,89	0,70	0,60	0,65	0,85
60°	θέρμανσης	0,32	0,37	0,51	0,81	1,00
	ψύξης	0,86	0,67	0,57	0,63	0,85
65°	θέρμανσης	0,32	0,36	0,50	0,81	1,00
	ψύξης	0,79	0,63	0,55	0,63	0,85
70°	θέρμανσης	0,31	0,36	0,50	0,81	1,00
	ψύξης	0,73	0,58	0,52	0,62	0,85

Πίνακας 1. 12. Συντελεστής σκίασης από οριζόντα F_{hor}

1.4.2.3.2. Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές F_{fin}

Ο συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές (F_{fin}) προσδιορίζει τη σκίαση των επιφανειών του κτιρίου λόγω ύπαρξης κατακόρυφων προεξοχών (πλευρικών προεξοχών, τμημάτων του ίδιου του κτηρίου, διπλανών κτιρίων). Στην περίπτωση που δεν υπάρχει πλευρική προεξοχή ο συντελεστής ισούται με μονάδα ($F_{fin} = 1$), ενώ όταν η σκίαση είναι πλήρης ο συντελεστής γίνεται ίσος με μηδέν ($F_{fin} = 0$).

Για την εκτίμηση του συντελεστή σκίασης από πλευρικές προεξοχές είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γωνίας γ της πλευρικής προεξοχής, όπως φαίνεται στο σχήμα:



Εικόνα 1. 3. Γραφική απεικόνιση της γωνίας γ που σχηματίζει η πλευρική προεξοχή για τον υπολογισμό της σκίασης που προκαλεί σε ένα κατακόρυφο αδιαφανές δομικό στοιχείο (α) και σε ένα διαφανές δομικό στοιχείο (β).

Γωνία γ	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας							
		N	NΔ	Δ	ΒΔ	B	ΒΑ	A	NA
0°	θέρμανσης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	ψύξης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	θέρμανσης	0,97	0,99	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	0,97
	ψύξης	0,97	0,97	1,00	1,00	0,97	0,96	0,99	0,99
20°	θέρμανσης	0,95	0,99	1,00	1,00	1,00	0,92	0,90	0,93
	ψύξης	0,95	0,94	0,99	1,00	0,95	0,93	0,98	0,99
30°	θέρμανσης	0,92	0,98	1,00	1,00	1,00	0,89	0,86	0,90
	ψύξης	0,93	0,90	0,99	1,00	0,93	0,89	0,96	0,98
40°	θέρμανσης	0,89	0,97	1,00	1,00	1,00	0,86	0,80	0,87
	ψύξης	0,91	0,86	0,98	1,00	0,92	0,84	0,95	0,97
50°	θέρμανσης	0,85	0,95	1,00	1,00	1,00	0,84	0,75	0,83
	ψύξης	0,89	0,81	0,97	1,00	0,92	0,79	0,93	0,96
60°	θέρμανσης	0,81	0,93	1,00	1,00	1,00	0,82	0,69	0,79
	ψύξης	0,88	0,76	0,96	1,00	0,92	0,73	0,91	0,96
70°	θέρμανσης	0,76	0,90	1,00	1,00	1,00	0,81	0,62	0,73
	ψύξης	0,86	0,71	0,94	1,00	0,92	0,66	0,88	0,95

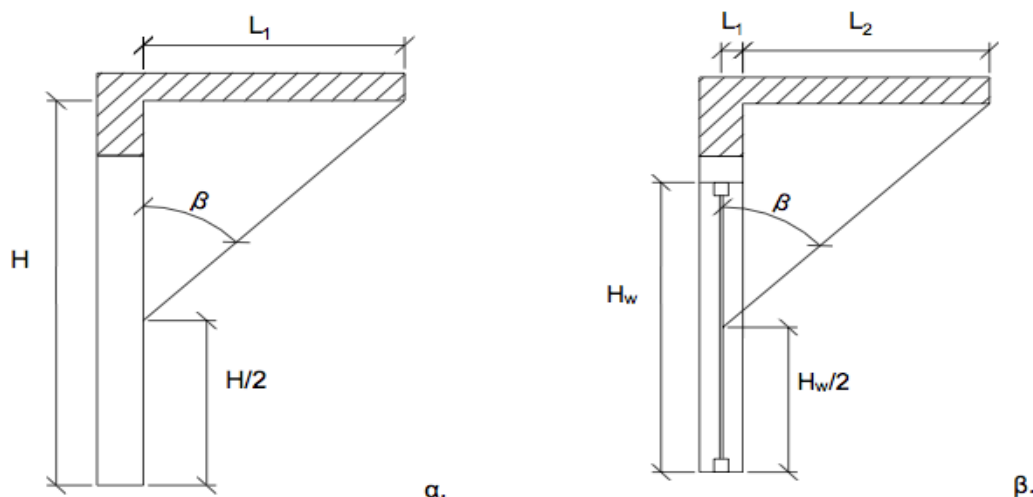
Πίνακας 1. 13. Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές F_{fin} από την αριστερή πλευρά..

Γωνία γ	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας							
		N	NA	Δ	B Δ	B	BA	A	NA
0°	θέρμανσης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	ψύξης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	θέρμανσης	0,97	0,97	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	0,99
	ψύξης	0,97	0,99	0,99	0,96	0,97	1,00	1,00	0,97
20°	θέρμανσης	0,95	0,93	0,90	0,92	1,00	1,00	1,00	0,99
	ψύξης	0,95	0,99	0,98	0,93	0,95	1,00	0,99	0,94
30°	θέρμανσης	0,92	0,90	0,86	0,89	1,00	1,00	1,00	0,98
	ψύξης	0,93	0,98	0,96	0,89	0,93	1,00	0,99	0,90
40°	θέρμανσης	0,89	0,87	0,80	0,86	1,00	1,00	1,00	0,97
	ψύξης	0,91	0,97	0,95	0,84	0,92	1,00	0,98	0,86
50°	θέρμανσης	0,85	0,83	0,75	0,84	1,00	1,00	1,00	0,95
	ψύξης	0,89	0,96	0,93	0,79	0,92	1,00	0,97	0,81
60°	θέρμανσης	0,81	0,79	0,69	0,82	1,00	1,00	1,00	0,93
	ψύξης	0,88	0,96	0,91	0,73	0,92	1,00	0,96	0,76
70°	θέρμανσης	0,76	0,73	0,62	0,81	1,00	1,00	1,00	0,90
	ψύξης	0,86	0,95	0,88	0,66	0,92	1,00	0,94	0,71

Πίνακας 1. 14. Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές F_{fin} από την δεξιά πλευρά.

1.4.2.3.3. Συντελεστής σκίασης από προβόλους F_{ov}

Ο συντελεστής σκίασης οριζόντιων προστεγασμάτων (F_{ov}) προσδιορίζει τη σκίαση των επιφανειών του κτιρίου λόγω ύπαρξης οριζόντιων προεξοχών (εξωστών, προστεγασμάτων, υπέρθρων ανοιγμάτων). Στην περίπτωση που δεν υπάρχει οριζόντια προεξοχή ο συντελεστής ισούται με την μονάδα ($F_{ov} = 1$), ενώ όταν η σκίαση είναι πλήρης ο συντελεστής γίνεται ίσος με μηδέν ($F_{ov} = 0$).



Εικόνα 1. 4. Γραφική απεικόνιση της γωνίας β , που σχηματίζει πρόβολος με την κατακόρυφη επιφάνεια, για τον υπολογισμό της σκίασης που προκαλεί σε ένα κατακόρυφο αδιαφανές δομικό στοιχείο (α) και σε ένα διαφανές δομικό στοιχείο (β).

Γωνία α	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας				
		N	ΝΑ και ΝΔ	Α και Δ	ΒΑ και ΒΔ	B
0°	θέρμανσης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	ψύξης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5°	θέρμανσης	0,97	0,97	0,97	0,97	0,96
	ψύξης	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97
10°	θέρμανσης	0,94	0,94	0,94	0,93	0,92
	ψύξης	0,89	0,91	0,93	0,93	0,94
15°	θέρμανσης	0,91	0,91	0,91	0,90	0,89
	ψύξης	0,84	0,86	0,89	0,90	0,90
20°	θέρμανσης	0,87	0,88	0,88	0,86	0,85
	ψύξης	0,78	0,82	0,85	0,87	0,87
25°	θέρμανσης	0,84	0,84	0,85	0,83	0,81
	ψύξης	0,73	0,77	0,81	0,83	0,84
30°	θέρμανσης	0,80	0,81	0,82	0,80	0,77
	ψύξης	1,00	0,89	0,81	0,81	0,86
35°	θέρμανσης	0,53	0,54	0,61	0,84	1,00
	ψύξης	0,61	0,67	0,72	0,76	0,77
40°	θέρμανσης	0,72	0,73	0,75	0,73	0,70
	ψύξης	0,56	0,62	0,68	0,72	0,74
45°	θέρμανσης	0,68	0,69	0,70	0,69	0,66
	ψύξης	0,51	0,57	0,63	0,68	0,70
50°	θέρμανσης	0,63	0,64	0,66	0,65	0,62
	ψύξης	0,46	0,52	0,58	0,64	0,67
55°	θέρμανσης	0,57	0,58	0,62	0,61	0,59
	ψύξης	0,42	0,48	0,53	0,59	0,63
60°	θέρμανσης	0,50	0,52	0,57	0,57	0,55
	ψύξης	0,39	0,43	0,48	0,55	0,60
65°	θέρμανσης	0,42	0,45	0,50	0,53	0,51
	ψύξης	0,36	0,39	0,43	0,49	0,56
70°	θέρμανσης	0,34	0,37	0,44	0,48	0,47
	ψύξης	0,33	0,34	0,38	0,44	0,52
80°	θέρμανσης	0,17	0,21	0,29	0,38	0,40
	ψύξης	0,28	0,26	0,27	0,32	0,41
90°	θέρμανσης	0,10	0,12	0,17	0,27	0,33
	ψύξης	0,24	0,19	0,18	0,22	0,30

Πίνακας 1. 15. Συντελεστής σκίασης από οριζόντιους προθόλους F_{ov}

Όσο για το κτίριο αναφοράς, τα ανοίγματα διαθέτουν τα απαραίτητα σταθερά εξωτερικά οριζόντια ή πλευρικά σκίαστρα (πρόβολους, εξωτερικές περσίδες, πέργκολες, μπαλκόνια κ.ά.), λόγω των οποίων ο μέσος συντελεστής σκίασής τους κατά τη θερινή περίοδο είναι:

- τουλάχιστον 0,70 για τις νότιες όψεις
- και 0,75 για τις όψεις με δυτικό και ανατολικό προσανατολισμό. Για τους ενδιάμεσους προσανατολισμούς ισχύουν οι συντελεστές:
 - 0,80 για βορειοανατολικό και βορειοδυτικό,
 - 0,73 για νοτιοανατολικό και νοτιοδυτικό
 - 1,00 για βόρειο.

Για τη χειμερινή περίοδο ο μέσος συντελεστής σκίασης προκύπτει ανάλογα με τον τύπο σκιάστρων. Τα εσωτερικά σκίαστρα (κουρτίνες, περσίδες) των ανοιγμάτων και τα εξωτερικά παραθυρόφυλλα, τα οποία επίσης δεν θεωρούνται σταθερά σκίαστρα, δεν λαμβάνονται υπόψη. Η σκίαση του κτιρίου αναφοράς λόγω εξωτερικών εμποδίων (κτηρίων, ανάγλυφου του εδάφους κ.ά.), δηλαδή ο συντελεστής σκίασης ορίζοντα, λαμβάνεται κατά τον ίδιο τρόπο που λαμβάνεται και στο εξεταζόμενο κτίριο. Επιπλέον, ο μέσος συντελεστής σκίασης των αδιαφανών κάθετων επιφανειών ορίζεται σε 0,90 για όλο το χρόνο.

1.4.2.4. Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους υαλοπινάκων και κουφωμάτων

Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του κουφώματος g_w εκφράζει τη μέση τιμή του λόγου της ηλιακής ακτινοβολίας που περνά από την επιφάνεια του κουφώματος προς την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτό. Η τιμή του εξαρτάται από το είδος του υαλοπίνακα και το ποσοστό του πλαισίου επί του κουφώματος. Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από το πλαίσιο και μεταδίδεται με τη μορφή θερμότητας στο εσωτερικό είναι πολύ μικρή συγκριτικά με αυτήν που διέρχεται από το διαφανές τμήμα του κουφώματος και γι' αυτό αγνοείται.

Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους g_w υπολογίζεται από τη σχέση $g_w = g_{gl}(1 - F_f)$, όπου:

F_f : το ποσοστό του πλαισίου στο κούφωμα

g_{gl} : ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του υαλοπίνακα

Επειδή όπως αναφέρθηκε η τιμή του g_w εξαρτάται από το ποσοστό του πλαισίου θα πρέπει να υπολογίζεται για κάθε τύπο κουφώματος ξεχωριστά.

Τύπος υαλοπίνακα	g_{gl}
Μονός υαλοπίνακας	0,77
Διπλός υαλοπίνακας	0,68
Διπλός υαλοπίνακας, με επιλεκτική, χαμηλής ικανότητας εκπομπής επίστρωση	0,60
Διπλό παράθυρο	0,68

Πίνακας 1. 16. Τυπικές τιμές της μέσης διαπερατότητας g_{gl} του υαλοπίνακα για διάφορους τύπους υαλοπίνακα.

Τύπος υαλοπίνακα	Ποσοστό πλαισίου F_f			
	10%	20%	30%	40%
Μονός υαλοπίνακας	0,69	0,62	0,54	0,46
Διπλός υαλοπίνακας	0,61	0,54	0,48	0,41
Διπλός υαλοπίνακας, με επιλεκτική, χαμηλής ικανότητας εκπομπής επίστρωση	0,54	0,48	0,42	0,36
Διπλό παράθυρο	0,61	0,54	0,48	0,41
Έγχρωμος ή ανακλαστικός υαλοπίνακας χωρίς δυνατότητα διαπίστωσης των ιδιοτήτων του	0,41	0,36	0,32	0,27

Πίνακας 1. 17. Τυπικές τιμές της συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας κουφωμάτων

Για το κτίριο αναφοράς ο συντελεστής διαπερατότητας των υαλοπινάκων στην ηλιακή ακτινοβολία είναι $g = 0,76$, για κάθετη πρόσπτωση. Η μέση διαπερατότητα g_{gl} του υαλοπίνακα θα είναι $0,9 \times 0,76 = 0,68$. Για το κτίριο αναφοράς λαμβάνεται ποσοστό πλαισίου 20%, οπότε η συνολική διαπερατότητα του κουφώματος θα λαμβάνεται 0,55.

1.4.2.5. Αερισμός

Για τον υπολογισμό του αερισμού του κτιρίου λαμβάνονται υπόψη ο αερισμός από τις διαφυγές αέρα λόγω αεροστεγανότητας του κτιρίου (διείσδυση αέρα από χαραμάδες κουφωμάτων κ.ά.), αλλά και η χρήση φυσικού αερισμού για την επίτευξη άνετων και υγιεινών συνθηκών διαβίωσης, όπως επίσης και η χρήση μηχανικού αερισμού στην περίπτωση που υπάρχει ανάλογη διάταξη.

Ο αερισμός λόγω αεροστεγανότητας του κτιρίου πραγματοποιείται μέσω των χαραμάδων των κουφωμάτων του κελύφους ή των θυρίδων αερισμού (για συσκευές φυσικού αερίου) ή των καμινάδων εστιών καύσης (τζάκι, θερμάστρα πετρελαίου ή ξύλων κ.ά.), καθώς επίσης και από τους αρμούς των δομικών αδιαφανών επιφανειών του κτιρίου.

Για τους υπολογισμούς του αερισμού λόγω αεροστεγανότητας, η διείσδυση αέρα μέσω των δομικών αδιαφανών εξωτερικών επιφανειών του κτιριακού κελύφους θεωρείται αμελητέα και λαμβάνεται ίση με μηδέν.

Ο αερισμός μέσω θυρίδων αερισμού ή καμινάδων εστιών καύσης (τζακιού, θερμάστρας ξύλων ή πετρελαίου κ.ά.), λαμβάνονται κατά περίπτωση και σύμφωνα με

το αριθμό των θυρίδων του υπό μελέτη ή προς επιθεώρηση κτιρίου. Στον πίνακα 1.18 δίνονται τυπικές τιμές για τη διείσδυση αέρα ανά θυρίδα αερισμού, που θα λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης κτιρίου, τόσο στο υπό μελέτη ή προς επιθεώρηση κτίριο, όσο και στο κτίριο αναφοράς.

Είδος θυρίδας	Διείσδυση αέρα(m ³ /h)
Καμινάδα τζακιού, καπνοδόχος θερμάστρας ξύλου ή πετρελαίου ή άλλης εστίας καύσης	20
Θυρίδες αερισμού, π.χ. για χρήση συσκευών φυσικού αερίου	10

Πίνακας 1. 18. Τυπικές τιμές για διείσδυση αέρα από θυρίδα αερισμού για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

Ο αερισμός λόγω ύπαρξης χαραμιάδων στα κουφώματα εξαρτάται από το μήκος των χαραμιάδων, την ποιότητα των χαραμιάδων (αεροστεγείς ή όχι), το αριθμό (και την επιφάνεια) των ανοιγμάτων στις εξωτερικές επιφάνειες του κτηρίου, καθώς και από την αναλογία εξωτερικών προς εσωτερικά ανοίγματα (εσωτερικές πόρτες) στο χώρο.

Για τον υπολογισμό του αερισμού λόγω της ύπαρξης χαραμιάδων (διείσδυση αέρα) χρησιμοποιείται η σχέση:

$$V_{inf} = \sum (l \cdot a) \cdot R \cdot H, \text{ όπου:}$$

- l το συνολικό μήκος των χαραμιάδων του ανοίγματος (πόρτα, παράθυρο κ.ά.) σε m,
- a ο συντελεστής αεροδιαπερατότητας από χαραμιάδες του ανοίγματος, ανάλογα με την ποιότητα του κουφώματος σε m³/h m
- R ο συντελεστής διεισδυτικότητας, που εξαρτάται από το λόγο επιφανείας των εξωτερικών προς τα εσωτερικά ανοίγματα
- H ο συντελεστής θέσης του ανοίγματος και ανεμόπτωσης

Στους παρακάτω πίνακες δίνονται οι τιμές για τα μεγέθη a , R και H .

Συντελεστής αεροδιαπερατότητας α		
Υλικό πλαισίου	Είδος ανοίγματος	α [$\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}$]
Ξύλο	Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό. Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, επάλληλα συρόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα και χωρίς αεροστεγανότητα.	3,0
	Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα, με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	2,5
	Ανοιγόμενο κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Αεροστεγές κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα, με πιστοποίηση	2,0
Μέταλλο ή Συνθετικό	Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό. Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, επάλληλα συρόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα και χωρίς αεροστεγανότητα.	1,5
	Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα, με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	1,4
	Ανοιγόμενο κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Αεροστεγές κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα, με πιστοποίηση	1,2

Πίνακας 1. 19. Συντελεστής αεροδιαπερατότητας από χαραμάδες ανοιγμάτων για τον υπολογισμό του αερισμού.

Συντελεστής διεισδυτικότητας R		
Εξωτερικό παράθυρο ή πόρτα	Λόγος εξωτερικών προς εσωτερικά ανοίγματα	Συντελεστής διεισδυτικότητας R
Κούφωμα με ξύλινο πλαίσιο	<3	0,9
	3÷9	0,7
Κούφωμα με μεταλλικό ή συνθετικό πλαίσιο	<6	0,9
	≥6	0,7

Πίνακας 1. 20. Συντελεστής διεισδυτικότητας R για τον υπολογισμό του αερισμού από χαραμάδες των κουφωμάτων.

Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης H			
Ανεμόπτωση	Θέση εξωτερικής επιφάνειας	Τρόπος δόμησης	
		Όψεις σε επαφή με όμορου	Ελεύθερες όψεις
Κανονική	Προστατευμένη	0,78	1,10
	Ελεύθερη	1,32	1,87
	Άκρως απροστάτευτη	1,94	2,71
Ισχυρή	Προστατευμένη	1,32	1,87
	Ελεύθερη	1,94	2,71
	Άκρως απροστάτευτη	2,65	3,65

Πίνακας 1. 21. Συντελεστής λόγω θέσης του ανοίγματος και ανεμόπτωση H για τον υπολογισμό του αερισμού από χαραμάδες των κουφωμάτων.

Τέλος, για κανονική ανεμόπτωση, ελεύθερη θέση και για ελεύθερες όψεις κτιρίου δίνεται ένας πίνακας τυπικών τιμών αερισμού λόγω ύπαρξης χαραμιάδων ανά μονάδα επιφάνειας κουφώματος.

Είδος ανοίγματος (υαλοστάσια, πόρτες κ.ά.)	Διείσδυση του αέρα	
	Πόρτα	Παράθυρο
	[m ³ /h·m ²]	[m ³ /h·m ²]
Κουφώματα με ξύλινο πλαίσιο		
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό ή συρόμενο.	11,8	15,1
Κούφωμα με δίδυμο υαλοπίνακα, συρόμενο επάλληλα ή μη, με ψήκτρες, αεροστεγές, με πιστοποίηση.	9,8	12,5
Ανοιγόμενο κούφωμα με δίδυμο υαλοπίνακα, αεροστεγές με πιστοποίηση. Κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση.	7,9	10,0
Κουφώματα με μεταλλικό ή συνθετικό πλαίσιο		
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές χωνευτό ή συρόμενο.	7,4	8,7
Κούφωμα με δίδυμο υαλοπίνακα, συρόμενο επάλληλα ή μη, με ψήκτρες, αεροστεγές, με πιστοποίηση.	5,3	6,8
Κούφωμα με δίδυμο υαλοπίνακα, συρόμενο επάλληλα ή μη, με ψήκτρες, αεροστεγές, με πιστοποίηση.	4,8	6,2
Γυάλινες προσόψεις		
Για τα μερικώς ανοιγόμενα κουφώματα των γυάλινων προσόψεων (π.χ. με προβαλλόμενα τμήματα) λαμβάνεται υπόψη μόνο το μη σταθερό τμήμα, ανάλογα προς τις παραπάνω κατηγορίες αυτού του πίνακα.		

Πίνακας 1. 22. Τυπικές τιμές αερισμού λόγω ύπαρξης χαραμάδων ανά μονάδα επιφάνειας κουφώματος.

Ο φυσικός αερισμός εφαρμόζεται μόνο στις κατοικίες μέσω της χρήσης των υφιστάμενων κουφωμάτων και καταγράφεται σε m³/s. Εάν ένα κτίριο δεν διαθέτει μηχανικό αερισμό (μέσω κλιματιστικής μονάδας διαχείρισης αέρα ή άλλου συστήματος αερισμού), ως φυσικός αερισμός λαμβάνονται τα απαιτούμενα όρια νωπού αέρα στο χώρο (βάσει κανονισμών). Σημειώνεται ότι για μονοκατοικίες και πολυκατοικίες τα όρια αυτά παρατίθενται παρακάτω. Όταν υπάρχει σύστημα μηχανικού αερισμού σε ένα χώρο, τότε ο φυσικός αερισμός θεωρείται μηδενικός κατά τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου.

Χρήση κτιρίου	Άτομα / 100 m ² επιφ. δαπέδου	Νωπός αέρας [m ³ /h·άτομο]	Νωπός αέρας [m ³ /h·m ²]
Μονοκατοικία- πολυκατοικία	5	15	0,75

Πίνακας 1. 23. Απαιτούμενος νωπός αέρας για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης μονοκατοικίας/ πολυκατοικίας.

Σχετικά με το κτίριο αναφοράς, θεωρούνται αεροστεγανά κουφώματα και ο αερισμός μέσω χαραμάδων ορίζεται σε $5,5 \text{ m}^3/\text{h}$ και ανά m^2 κουφώματος, για συνθήκες κανονικής ανεμόπτωσης και επιφάνεια ελεύθερη σε ελεύθερα δομημένο σύστημα. Ο αερισμός λόγω χαραμάδων από τα μη ανοιγόμενα τμήματα των κουφωμάτων και υαλοπετασμάτων θεωρείται αμελητέος και δεν λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς.

Ο αερισμός μέσω τυποποιημένων θυρίδων αερισμού για το κτίριο αναφοράς, λαμβάνεται όπως και στο υπό μελέτη ή προς επιθεώρηση κτήριο, ανάλογα με τον τύπο των θυρίδων (καμινάδα, εξαερισμό για συσκευές φυσικού αερίου) και τον αριθμό αυτών.

1.4.2.6. Θερμοχωρητικότητα δομικών στοιχείων

Η ανηγμένη θερμοχωρητικότητα $[\text{kJ}/(\text{m}^2\text{K})]$ θερμικής ζώνης υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$c_m = \frac{C_m}{A}, \text{ όπου:}$$

- C_m η εσωτερική θερμοχωρητικότητα θερμικής ζώνης σε kJ/K , η οποία προκύπτει από τον τύπο $C_m = \sum (k_j \cdot A_j)$, όπου:
 - ✓ A_j η εσωτερική επιφάνεια του δομικού στοιχείου σε m^2
 - ✓ k_j η εσωτερική θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα επιφάνειας του δομικού στοιχείου σε $\text{kJ}/\text{m}^2\text{K}$
- A η μεικτή επιφάνεια της ζώνης σε m^2 .

Εναλλακτικά, μπορεί να εκτιμηθεί προσεγγιστικά με βάση τον τύπο και τον τρόπο δόμησης, σύμφωνα με τον πίνακα που ακολουθεί.

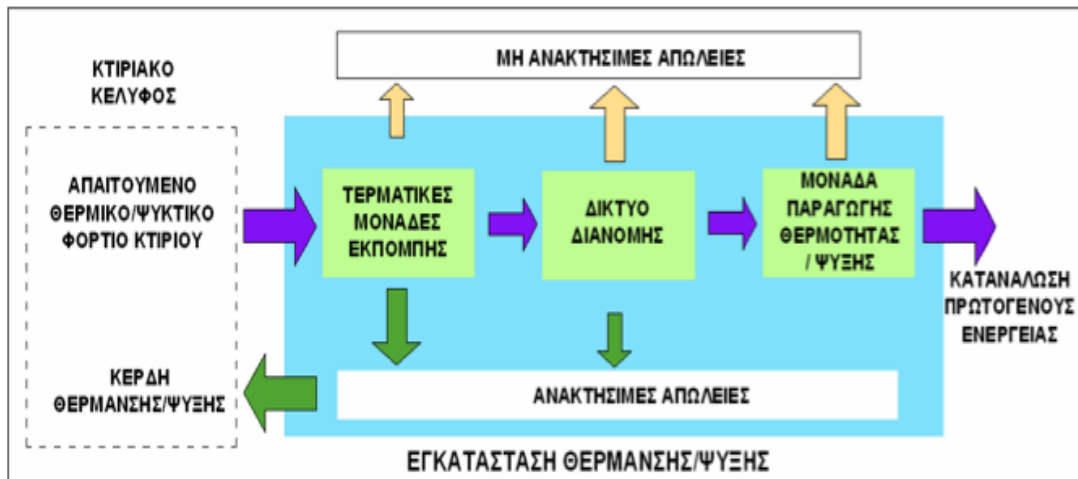
Κατηγορία	Περιγραφή	Ανηγγμένη θερμοχωρητικότητα σε $\text{kJ}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
1	Ελαφριά κατασκευή με ξύλινο σκελετό και στοιχεία πλήρωσης από γυψοσανίδα ή ξύλο και εσωτερική θερμομόνωση σε όλα τα δομικά στοιχεία (τοιχοποιία, οροφή, δάπεδο).	80
2	Φέρων οργανισμός από ελαφριά μεταλλική κατασκευή, πλήρωση από υαλοπετάσματα ή ελαφριά πετάσματα με θερμομόνωση.	110
3	Φέρων οργανισμός από σκυρόδεμα, στοιχεία πλήρωσης από ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθους ή γυψοσανίδα και ύπαρξη ψευδοροφών.	165
4	Φέρων οργανισμός από σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης από διάτρητες οπτόπλινθους.	260
5	Φέρων οργανισμός από σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης από βαριά υλικά, όπως πέτρα, συμπαγείς οπτόπλινθους, ωμόπλινθους ή σκυρόδεμα.	370

Πίνακας 1. 24. Ανηγγμένη θερμοχωρητικότητα για τυπικές κατασκευές ανά m^2 δαπέδου.

Όσο για το κτίριο αναφοράς, η ανηγμένη θερμοχωρητικότητα λαμβάνεται ίση με $250 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$.

1.4.3. Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις

1.4.3.1. Συστήματα θέρμανσης χώρων



Εικόνα 1. 5. Διάγραμμα διαδικασίας σχεδιασμού εγκατάστασης θέρμανσης/ ψύξης.

Τα συστήματα θέρμανσης που εγκαθίστανται στο υπό εξέταση κτίριο οφείλουν να καλύπτουν τις απαιτήσεις σε θέρμανση κατά τις δυσμενέστερες συνθήκες περιβάλλοντος της περιοχής(συνθήκες σχεδιασμού χειμώνα). Οι παράμετροι που πρέπει να καθοριστούν για το σύστημα θέρμανσης χώρων είναι οι αποδόσεις των μονάδων παραγωγής θερμότητας, του δικτύου διανομής και των τερματικών μονάδων εκπομπής (απόδοσης) θερμότητας

Οι κυρίαρχες μονάδες παραγωγής θερμότητας στην Ελλάδα είναι οι λέβητες θερμού νερού, πετρελαίου, φυσικού αερίου, σπανιότερα υγραερίου ή ηλεκτρικοί και ακόμα πιο σπάνια λέβητες βιομάζας. Επίσης, αρκετά συχνή είναι η χρήση ηλεκτρικών σωμάτων διαφόρων τύπων.

Το κτίριο αναφοράς διαθέτει κεντρικό σύστημα θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου σε λειτουργία υψηλής θερμοκρασίας. Εφόσον στην περιοχή οικοδόμησης του κτιρίου υπάρχει υποδομή για τηλεθέρμανση, τότε στο κτίριο αναφοράς θα λαμβάνονται υπόψη τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εναλλάκτη θερμότητας τηλεθέρμανσης. Τα γενικά χαρακτηριστικά του συστήματος κεντρικής θέρμανσης για το κτίριο αναφοράς είναι τα εξής:

α) Διασφαλίζεται ότι ο λέβητας έχει ελάχιστη θερμική απόδοση που αντιστοιχεί στο εύρος της ονομαστικής ισχύος που αποδίδει, σύμφωνα με τον πίνακα.

β) Η διαστασιολόγηση της εγκατάστασης θέρμανσης καθορίζεται με σχετικές Τ.Ο.Τ.Ε.Ε., ώστε να διασφαλίζεται η πλήρης κάλυψη των φορτίων, ακόμα και στις πιο δυσμενείς ημέρες του χειμώνα.

γ) Το κτίριο αναφοράς διαθέτει θερμοστατικό έλεγχο της θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου ανά ελεγχόμενη θερμική ζώνη του.

- δ) Το κτίριο αναφοράς διαθέτει σύστημα αντιστάθμισης.
 ε) Σε περίπτωση που το εξεταζόμενο κτίριο δε διαθέτει σύστημα θέρμανσης, τότε θεωρείται ότι θερμαίνεται όπως ακριβώς και το κτίριο αναφοράς.

Θερμική απόδοση (%) λέβητα - καυστήρα σε ονομαστική ισχύ P_n, και μέση θερμοκρασία νερού του λέβητα 70 °C για το κτίριο αναφοράς.							
Ονομαστική ισχύς (kW)	4 -25	25-50	50- 100	100-200	200-300	300-400	>400
Απόδοση λέβητα - καυστήρα	91,9	92,5	93,0	93,4	93,8	94,1	94,4

Πίνακας 1. 25. Θερμική απόδοση λέβητα- καυστήρα κτιρίου αναφοράς.

Απόδοση μονάδας θέρμανσης

Κάθε μονάδα παραγωγής θερμότητας έχει μια ονομαστική θερμική απόδοση σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κατασκευαστή. Η πραγματική όμως απόδοση λειτουργίας μιας μονάδας θέρμανσης διαφοροποιείται και εξαρτάται από την περίοδο θέρμανσης (ανάλογα με την κλιματική ζώνη), το χρόνο λειτουργίας του κτηρίου και κατ' επέκταση της μονάδας θέρμανσης, τις εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας των χώρων, τις διατάξεις αυτοματισμών (θερμοστάτες αντιστάθμισης), τη σωστή διαστασιολόγηση της μονάδας κ.ά.

Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου απαιτείται να προσδιοριστεί ο μέσος βαθμός απόδοσης της μονάδας παραγωγής θέρμανσης. Σε περίπτωση που το εξεταζόμενο κτίριο δεν διαθέτει σύστημα θέρμανσης, τότε θεωρείται ότι θερμαίνεται με λέβητα θερμού νερού με καυστήρα πετρελαίου σε λειτουργία υψηλής θερμοκρασίας (90 έως 70 °C) και θερμική απόδοση 93,5%. Αντίστοιχα, όταν το εξεταζόμενο κτίριο διαθέτει συστήματα θέρμανσης, τα οποία καλύπτουν τμήμα του κτιρίου ή της θερμικής ζώνης, τότε θεωρείται ότι και το υπόλοιπο τμήμα καλύπτεται με τα ίδια συστήματα και με την ίδια απόδοση.

Θα εξετάσουμε τους βαθμούς απόδοσης των μονάδων λέβητα-καυστήρα, αλλά και των ηλεκτρικών μονάδων, καθώς πρόκειται για τις εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στις ελληνικές κατοικίες, παλιότερες αλλά και πιο σύγχρονες.

Μονάδες Λέβητα- Καυστήρα

Για τον υπολογισμό της θερμικής απόδοσης της μονάδας λέβητα-καυστήρα, χρησιμοποιούνται οι παρακάτω σχέσεις, συναρτήσεσι της ονομαστικής ισχύος της μονάδας λέβητα- καυστήρα.

Τύπος λέβητα	Απαίτηση απόδοσης [%] σε ονομαστική ισχύ P_n (πλήρες φορτίο) και σε μέση θερμοκρασία του νερού του λέβητα 70°C
Συνήθεις λέβητες	$\geq 84 + 2 \cdot \log P_n$ (για P_n από 4 έως 400 kW)
Λέβητες χαμηλής θερμοκρασίας ή συμπύκνωσης υγρών καυσίμων	$\geq 87,5 + 1,5 \cdot \log P_n$ (για P_n από 4 έως 400 kW)
Λέβητες συμπύκνωσης αερίων καυσίμων	$\geq 91 + 1 \cdot \log P_n$ (για P_n από 4 έως 400 kW)

Πίνακας 1. 26. Απαίτηση βαθμού απόδοσης σε σχέση με ονομαστική ισχύ και τύπο λέβητα.

Ο πραγματικός βαθμός απόδοσης, όπως επίσης και η πραγματική θερμική ισχύς προσδιορίζονται με βάση την ανάλυση καυσαερίων. Έπειτα, πραγματοποιείται σύγκριση της πραγματικής θερμικής ισχύος με την υπολογιζόμενη θερμική ισχύ P_{gen} που προκύπτει από τον παρακάτω τύπο:

$$P_{gen} = A \cdot U_m \cdot \Delta T \cdot 1,8, \text{ όπου:}$$

- P_{gen} η υπολογιζόμενη μέγιστη απαιτούμενη θερμική ισχύς της μονάδας θέρμανσης του κτηρίου σε W
- A η συνολική πραγματική εξωτερική επιφάνεια του κτιριακού κελύφους (τοίχοι, οροφές, πυλωτή, ανοίγματα), που είναι εκτεθειμένη στον εξωτερικό αέρα, όπως λαμβάνονται υπόψη στο έλεγχο θερμομονωτικής επάρκειας σε m^2 .
- U_m ο μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας για το σύνολο της επιφάνειας A σε W/m^2K . Ανάλογα με την ηλικία του κτιρίου ο U_m λαμβάνεται ως εξής:
 - για κτίρια μετά την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων (έγκριση οικοδομικής άδειας μετά το 1980), καθώς και για κτίρια πριν από την ισχύ του κανονισμού, τα οποία πιστοποιημένα έχουν εφαρμόσει θερμομόνωση σε όλο το κτηριακό κέλυφος:
 - ✓ 2,5 $W/(m^2K)$, για κτήρια πριν την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης (οικοδομικές άδειες πριν από το 1979),
 - ✓ 1,55 $W/(m^2K)$ για την Α κλιματική ζώνη
 - ✓ 1,20 $W/(m^2K)$ για τη Β κλιματική ζώνη και
 - ✓ 0,95 $W/(m^2K)$ για τη Γ κλιματική ζώνη,
 - για κτίρια μετά τη εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ. σύμφωνα με την ενεργειακή μελέτη που πραγματοποιήθηκε.
- ΔT η διαφορά της θερμοκρασίας για τη διαστασιολόγηση του συστήματος:
 - ✓ 18°C για την Α κλιματική ζώνη,
 - ✓ 20°C για τη Β κλιματική ζώνη,
 - ✓ 23°C για τη Γ κλιματική ζώνη και
 - ✓ 28°C για τη Δ κλιματική ζώνη.

- 1,8 συντελεστής που περιλαμβάνει τα φορτία λόγω αερισμού και τους συντελεστές προσαύξησης λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας, απωλειών δικτύου διανομής κ.τ.λ.

Ο συνολικός βαθμός απόδοσης της μονάδας παραγωγής θέρμανσης (n_{gen}) υπολογίζεται ως εξής:

$$n_{gen} = n_{gm} \cdot n_{g1} \cdot n_{g2}, \text{ όπου:}$$

- n_{gm} ο πραγματικός βαθμός απόδοσης της μονάδας (ο οποίος μετριέται κατά την ανάλυση καυσαερίων,
- n_{g1} ο συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης και
- n_{g2} ο συντελεστής μόνωσης του λέβητα.

Οι τιμές των συντελεστών n_{g1} και n_{g2} δίνονται από τους πίνακες που ακολουθούν.

Σχέση πραγματικής προς υπολογιζόμενη ισχύ μονάδας θέρμανσης (P_m / P_{gen})	Συντελεστής βαρύτητας n_{g1}
Λέβητας με διπλάσια ισχύ από τη μέγιστη υπολογιζόμενη	0,75
Λέβητας με 50% μεγαλύτερη ισχύ από τη μέγιστη υπολογιζόμενη	0,85
Λέβητας με 25% μεγαλύτερη ισχύ από τη μέγιστη υπολογιζόμενη	0,95
Λέβητας με ίση ή μικρότερη ισχύ από τη μέγιστη υπολογιζόμενη	1,00

Πίνακας 1. 27. Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης n_{g1} μονάδας λέβητα - καυστήρα.

Ονομαστική ισχύς (kW)	20-100	100-200	200-300	300-400	≥ 400
Λέβητας με μόνωση σε καλή κατάσταση μόνωσης	1,0				
Λέβητας γυμνός ή με κατεστραμμένη μόνωση	0,936	0,949	0,948	0,51	0,952

Πίνακας 1. 28. Συντελεστής μόνωσης n_{g2} μονάδας λέβητα - καυστήρα.

Ηλεκτρικές Μονάδες

Οι ηλεκτρικές μονάδες παραγωγής θερμότητας έχουν θερμική ισχύ ίση με την ονομαστική ηλεκτρική τους ισχύ. Έχουν βαθμό απόδοσης $n=100\%$ και η απόδοσή τους δε μεταβάλλεται, εκτός αν υπάρχουν σοβαρές φθορές ή προβλήματα κακοσυντήρησης, οπότε και θεωρούμε $n=95\%$.

1.4.3.2. Συστήματα παραγωγής για την ψύξη χώρων

Όπως και για τα συστήματα θέρμανσης, έτσι και για τα συστήματα ψύξης η διαστασιολόγηση πρέπει να γίνεται με τέτοιον τρόπο, ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις ψύξης στις δυσμενέστερες συνθήκες περιβάλλοντος της περιοχής (συνθήκες σχεδιασμού θέρους). Οι παράμετροι που πρέπει να καθοριστούν για το σύστημα ψύξης των χώρων είναι η απόδοση των συστημάτων παραγωγής ψύξης, των εγκαταστάσεων διανομής και των τερματικών μονάδων εκπομπής (απόδοσης) ψύξης (μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου, κεντρικές μονάδες διαχείρισης αέρα - Κ.Κ.Μ. κ.ά.).

Οι μονάδες παραγωγής ψύξης που εφαρμόζονται στα ελληνικά κτίρια είναι κατά κανόνα ψύκτες ή αντλίες θερμότητας με χρήση κυρίως ηλεκτρικής ενέργειας και σπανιότερα με τη χρήση κινητήρων που καταναλώνουν φυσικό αέριο ή άλλο συμβατικό καύσιμο. Στα κτήρια κατοικιών χρησιμοποιούνται συνήθως τοπικά συστήματα αντλιών θερμότητας άμεσης εξάτμισης μικρής ψυκτικής ικανότητας. Αντίθετα σε πολλά και κυρίως νεόδμητα κτήρια του τριτογενούς τομέα χρησιμοποιούνται κεντρικά ή ημικεντρικά συστήματα ψύξης / κλιματισμού. Σε κτηριακές εγκαταστάσεις που διαθέτουν συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, ενδείκνυται να γίνεται και χρήση ψυκτών προσρόφησης ή/και απορρόφησης. Ωστόσο, αυτές οι εφαρμογές στην ελληνική πρακτική είναι εξαιρετικά περιορισμένες και συναντώνται μόνο σε μεγάλες και κατά το πλείστον βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Για το κτίριο αναφοράς, τα χαρακτηριστικά του συστήματος ψύξης ορίζονται ως εξής:

α) Σε περίπτωση που το εξεταζόμενο κτίριο δε διαθέτει σύστημα ψύξης/κλιματισμού, τότε θεωρείται ότι κλιματίζεται όπως ακριβώς και το κτίριο αναφοράς.

β) Το κτίριο αναφοράς για τις κατοικίες διαθέτει τοπικά συστήματα (αντλίες θερμότητας ενός ή πολλαπλών εσωτερικών στοιχείων) που καλύπτουν τμήμα των εσωτερικών χώρων της κατοικίας. Τα πρότυπα χαρακτηριστικά του συστήματος ψύξης για το κτίριο αναφοράς είναι τα εξής:

- Τοπικά συστήματα ψύξης με βαθμό ενεργειακής απόδοσης $EER = 3,0$.
- Διαστασιολόγηση της εγκατάστασης ψύξης σύμφωνα με σχετικές ΤΟΤΕΕ.
- Η ενεργειακή κατανάλωση του συστήματος ψύξης για το κτίριο αναφοράς λαμβάνεται ίση με το 50% της κατανάλωσης που υπολογίζεται με βάση την καθαρή συνολική επιφάνεια της κατοικίας.

Απόδοση μονάδας ψύξης

Κάθε μονάδα παραγωγής ψύξης έχει μια ονομαστική ψυκτική απόδοση EER σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά που δίνει ο κατασκευαστής από την πιστοποίηση της μονάδας. Η πραγματική όμως απόδοση λειτουργίας μιας μονάδας

ψύξης διαφοροποιείται και εξαρτάται από τη διάρκεια της περιόδου ψύξης (ανάλογα με την κλιματική ζώνη), το χρόνο λειτουργίας του κτηρίου και κατ' επέκταση του συστήματος ψύξης, τις εσωτερικές συνθήκες θερινής λειτουργίας των χώρων, τις διατάξεις αυτοματισμών (θερμοστάτες αντιστάθμισης), τη σωστή διαστασιολόγηση της μονάδας κ.ά. Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου απαιτείται να προσδιοριστεί ο μέσος (εποχικός) δείκτης ενεργειακής αποδοτικότητας SEER της μονάδας ψύξης.

Βαθμός απόδοσης αντλιών θερμότητας και ψυκτών

Για τους ψύκτες και τις αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούνται για την ψύξη χώρων η απόδοση καθορίζεται από τον ονομαστικό δείκτη ενεργειακής αποδοτικότητας (EER) στις ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας (για ψύξη), όπως δίνονται στις τεχνικές προδιαγραφές του κατασκευαστή.

Μια γενική σχέση εκτίμησης του εποχικού δείκτη ενεργειακής αποδοτικότητας SEER σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15243:2008 είναι η ακόλουθη:

$$SEER = \sum EER_n \cdot f_n \quad \text{όπου:}$$

- EER_n ο δείκτης ενεργειακής αποδοτικότητας σε πλήρες ή/και μερικό φορτίο (n)
- f_n το ποσοστό εμφάνισης του εκάστοτε EER_n , που αντιστοιχεί και στο ποσοστό εμφάνισης της θερμοκρασίας αέρα, στην οποία το σύστημα παρουσιάζει αυτή την ενεργειακή αποδοτικότητα EER_n .

1.4.3.3. Τερματικές Μονάδες Εκπομπής (Απόδοσης)

Οι τερματικές μονάδες εκπομπής είναι τα στοιχεία των κεντρικών εγκαταστάσεων θέρμανσης / ψύξης, τα οποία τελικά αποδίδουν τη θερμική ή/και ψυκτική ενέργεια στους χώρους. Είναι θερμαντικά σώματα ακτινοβολίας ή μονάδες επαγωγής (convectors), ενδοδαπέδια συστήματα θέρμανσης / δροσισμού, ενδοτοιχία συστήματα θέρμανσης / δροσισμού, μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου κ.ά. Η πραγματική απόδοση της απαιτούμενης θερμότητας / ψύξης από τις τερματικές μονάδες, εξαρτάται κυρίως από τις εξής παραμέτρους:

- από τον τύπο του συστήματος εκπομπής: άμεσης απόδοσης (π.χ. θερμοπομποί), ενσωματωμένα συστήματα (ενδοδαπέδιο, ενδοτοιχίο κ.ά.), μονάδες κυκλοφορίας αέρα (αερόθερμα, μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου - fan coils, κ.ά.,
- από τη θέση του συστήματος εκπομπής μέσα στο χώρο, ενσωματωμένο ή μη σε δομικό στοιχείο,
- από την ομοιομορφία διανομής της ενέργειας (θερμοκρασιακή και υδραυλική ισορροπία δικτύου),
- από το σύστημα ελέγχου της εσωτερικής θερμοκρασίας του χώρου θέρμανσης / ψύξης (δεν επηρεάζει την απόδοση της ίδιας της συσκευής αλλά εμμέσως τη συνολική απόδοση του συστήματος μεταφοράς της ενέργειας στους χώρους).

Σχετικά με το κτήριο αναφοράς, οφείλουμε να λάβουμε υπ' όψη τις παρακάτω παραμέτρους:

- Ο τύπος των τερματικών μονάδων, καθώς και η διάταξη και το μήκος των σωληνώσεων διανομής θέρμανσης και ψύξης των χώρων λαμβάνονται ίδια με αυτά του εξεταζόμενου κτιρίου.
- Για τις τερματικές μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου (fancoil) του κτηρίου αναφοράς, η ισχύς των ανεμιστήρων λαμβάνεται ίση με του εξεταζόμενου κτιρίου.

Σε περίπτωση που το υπό μελέτη ή προς επιθεώρηση κτήριο δεν διαθέτει σύστημα θέρμανσης ή/και ψύξης, για τους υπολογισμούς θεωρείται σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. ότι θερμαίνεται και ψύχεται. Σ' αυτήν την περίπτωση η απόδοση των τερματικών μονάδων λαμβάνεται ίση προς 95%.

Όταν το κτήριο διαθέτει μόνο κεντρικές κλιματιστικές μονάδες (ΚΚΜ) διαχείρισης αέρα για την κάλυψη του θερμικού ή ψυκτικού φορτίου, η απόδοση εκπομπής θερμικής ή ψυκτικής ενέργειας για το κτήριο αναφοράς είναι 100%.

1.4.3.3.1. Τερματικές μονάδες απόδοσης θερμότητας

Οι συνήθεις τερματικές μονάδες για εγκαταστάσεις θέρμανσης είναι: θερμαντικά σώματα άμεσης απόδοσης (καλοριφέρ), ενδοδαπέδια συστήματα θέρμανσης, ενδοτοιχία συστήματα και μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου (fancoil).

Ο βαθμός απόδοσης των τερματικών μονάδων υπολογίζεται από τον τύπο:

$$n_{em,t} = \frac{n_{em}}{f_{rad} \cdot f_{im} \cdot f_{hydr}}, \text{ όπου:}$$

- f_{rad} ο παράγοντας για την αποτελεσματικότητα της ακτινοβολίας των τερματικών μονάδων και εξαρτάται από το ύψος των χώρων που θερμαίνονται. Ισχύει μόνο για τις τερματικές μονάδες ακτινοβολίας, ενώ για όλα τα υπόλοιπα συστήματα λαμβάνεται ως 1.

Για τερματικές μονάδες θέρμανσης σε χώρους	f_{rad}
με ύψος μικρότερο από 4 m	1,00
με ύψος από 4 έως 6 m	0,95
με ύψος από 6 έως 10 m	0,90
με ύψος μεγαλύτερο από 10 m	0,85
με ανακυκλοφορία αέρα για μεγάλα ύψη	1,00

- f_{im} ο παράγοντας της διακοπτόμενης λειτουργίας με την έννοια της μείωσης (ρύθμισης) της θερμοκρασίας ανά χώρο του κτηρίου, που παίρνει τιμές από τον ακόλουθο πίνακα:

Για τερματικές μονάδες θέρμανσης με:	f_{im}
συνεχή λειτουργία	1,00
διακοπτόμενη λειτουργία	0,97

- f_{hydr} ο παράγοντας για την υδραυλική ισορροπία του δικτύου των τερματικών μονάδων, που παίρνει τιμές από τον ακόλουθο πίνακα:

Για τερματικές μονάδες με:	f_{hydr}
υδραυλικά εξισορροπημένο σύστημα	1,00
συστήματα εκτός ισορροπίας	1,03

- n_{em} η απόδοση εκπομπής μιας τερματικής μονάδας και εξαρτάται από:
 - ✓ την καθ' ύψος κατανομή θερμοκρασίας του αέρα,
 - ✓ τον τύπο τερματικής μονάδας (θερμαντικά σώματα ακτινοβολίας, μονάδες επαγωγής κ.ά.),
 - ✓ τη θέση, το ύψος τοποθέτησης,
 - ✓ τη μέση θερμοκρασία της μονάδας εκπομπής,
 - ✓ τον τύπο του συστήματος ελέγχου της θερμοκρασίας του χώρου
 - ✓ τις ειδικές απώλειες ανάλογα εάν η τερματική μονάδα είναι άμεσης απόδοσης (θερμαντικά σώματα ακτινοβολίας, μονάδες επαγωγής, μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου) ή έμμεσης απόδοσης (ενσωματωμένες τερματικές μονάδες σε δομικά στοιχεία, π.χ. ενδοδαπέδιο, ενδοτοιχίο κ.ά.).

Στον πίνακα 1.29. δίνεται η απόδοση εκπομπής n_{em} για διάφορους τύπους τερματικών μονάδων και ανάλογα με τη θερμοκρασία θερμαντικού μέσου. Στον πίνακα 1.30 δίνεται η απόδοση εκπομπής n_{em} για τοπικές ηλεκτρικές τερματικές μονάδες.

Απόδοση εκπομπής n_{em} τερματικών μονάδων θέρμανσης			
Τύπος τερματικής μονάδας	Θερμοκρασία μέσου T [°C]		
	90 - 70	70 - 50	50 - 35
Άμεσης απόδοσης σε εσωτερικό τοίχο	0,85	0,89	0,91
Άμεσης απόδοσης σε εξωτερικό τοίχο	0,89	0,93	0,95
Ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης	-	-	0,90
Ενδοτοίχιο σύστημα θέρμανσης	-	-	0,87
Σύστημα θέρμανσης οροφής	-	-	0,85

Πίνακας 1. 29. Απόδοση εκπομπής n_{em} τερματικών μονάδων θέρμανσης.

Τύπος τερματικής μονάδας	Απόδοση εκπομπής n_{em} ηλεκτρικών μονάδων
Τοπικές ηλεκτρικές μονάδες σε εσωτερικό τοίχο	0,91
Τοπικές ηλεκτρικές μονάδες σε εξωτερικό τοίχο	0,94

Πίνακας 1. 30. Απόδοση εκπομπής n_{em} ηλεκτρικών μονάδων.

Σε περίπτωση προφανών βλαβών και κακοσυντήρησης των τερματικών μονάδων (κατεστραμμένα τμήματα, διαβρώσεις, διαρροές κ.ά.), η απόδοση των τερματικών μονάδων εκπομπής λαμβάνεται μειωμένη κατά 10%.

Όταν το κτήριο διαθέτει μόνο κεντρικές κλιματιστικές μονάδες (ΚΚΜ) διαχείρισης αέρα για την κάλυψη του συνολικού θερμικού φορτίου, η απόδοση εκπομπής θερμικής ενέργειας λαμβάνεται 100%.

1.4.3.3.2. Τερματικές μονάδες απόδοσης ψύξης

Οι συνήθειες τερματικές μονάδες για εγκαταστάσεις ψύξης, είναι μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου (fancoil), εσωτερικές μονάδες συστημάτων άμεσης εξάτμισης, τερματικά στοιχεία αέρα (στόμια δικτύου αεραγωγών), ενδοδαπέδια και ενδοτοίχια συστήματα δροσισμού και ψυχόμενη οροφή.

Ο βαθμός απόδοσης ($n_{em,t}$) των τερματικών μονάδων ψύξης υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$n_{em,t} = \frac{n_{em}}{f_{im} \cdot f_{hydr}}, \text{κατά τα μεγέθη που ορίστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο.}$$

Ενδεικτικές τιμές για την απόδοση εκπομπής (n_{em}) δίνονται στον πίνακα 1.31.

Τύπος τερματικής μονάδας	Απόδοση εκπομπής η_{em} μονάδων ψύξης
Άμεσα συστήματα: π.χ. μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου (fan-coils), δαπέδου ή οροφής, εσωτερικές μονάδες τοπικών συστημάτων άμεσης εξάτμισης, τερματικά στοιχεία διανομής αέρα κ.ά.	0,93
Ενσωματωμένες τερματικές μονάδες: π.χ. ενδοτοιχίο, ενδοδαπέδιο, ψυχόμενες οροφές	0,90
Τοπικές αντλίες θερμότητας	0,93

Πίνακας 1. 31. Ενδεικτικές τιμές η_{em} για διάφορες τερματικές μονάδες.

Σε περίπτωση προφανών βλαβών και κακοσυντήρησης (κατεστραμμένα τμήματα, διαβρώσεις, διαρροές κ.ά.) των τερματικών μονάδων, η απόδοση τερματικών μονάδων εκπομπής λαμβάνεται μειωμένη κατά 10%.

Όταν το κτήριο διαθέτει μόνο κεντρικές κλιματιστικές μονάδες (ΚΚΜ) διαχείρισης αέρα για την κάλυψη του συνολικού ψυκτικού φορτίου, η απόδοση εκπομπής ψυκτικής ενέργειας λαμβάνεται 100%.

1.4.3.4. Εγκαταστάσεις Ζεστού Νερού Χρήσης

Ο αρχικός σχεδιασμός της εγκατάστασης ζεστού νερού χρήσης (Ζ.Ν.Χ.) θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να προβλέπεται η κάλυψη των μερικών φορτίων (π.χ. κατά τη θερινή περίοδο) ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου, το ωράριο λειτουργίας και την διακύμανση της ζήτησης Ζ.Ν.Χ. του κτηρίου χωρίς σπατάλη ενέργειας. Οι παράμετροι που πρέπει να καθοριστούν για την εγκατάσταση Ζ.Ν.Χ. είναι η απόδοση των μονάδων παραγωγής Ζ.Ν.Χ., οι απώλειες των δικτύων διανομής Ζ.Ν.Χ. και των τερματικών μονάδων (π.χ. θερμαντήρων με εναλλάκτες θερμότητας ή ηλεκτρικών αντιστάσεων κ.ά.).

Στις περιπτώσεις κτιρίων με μεγάλες απαιτήσεις σε Ζ.Ν.Χ., η παραγωγή θερμότητας για Ζ.Ν.Χ. συνιστάται να γίνεται μέσω κεντρικών μονάδων θέρμανσης, με χρήση πετρελαίου ή φυσικού αερίου, με παράλληλη χρήση ηλιακών συλλεκτών και εφεδρική ηλεκτρική αντίσταση. Γι' αυτή τη διάταξη απαιτείται εγκατάσταση θερμαντήρα (boiler) διπλής ή τριπλής ενέργειας. Οι θερμαντήρες του Ζ.Ν.Χ. μπορεί να είναι κεντρικοί (στο λεβητοστάσιο) ή κοντά στις τελικές χρήσεις, π.χ. δωμάτιο ξενοδοχείου, κατοικία, διαμέρισμα κ.τ.λ.

Στις μονοκατοικίες ο σχεδιασμός απλοποιείται αφού υπάρχει μόνον ένας τελικός χρήστης και μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί ένα συνδυασμένο σύστημα θερμαντήρα διπλής ή τριπλής ενέργειας. Για κτίρια πολυκατοικιών ο πιο αποδοτικός σχεδιασμός είναι η εγκατάσταση ενός κεντρικού λέβητα, ο οποίος θα τροφοδοτεί με Ζ.Ν.Χ. τους θερμαντήρες διπλής ή τριπλής ενέργειας των επι μέρους διαμερισμάτων με σύγχρονη καταγραφή (μέτρηση) της κατανάλωσης του Ζ.Ν.Χ. που αναλύσκεται σε κάθε θερμαντήρα με δυνατότητα επιλεκτικής λειτουργίας για κάθε διαμέρισμα. Ο λέβητας μπορεί να είναι κοινός και για τη θέρμανση με ξεχωριστή καταγραφή

(μέτρηση) των θερμικού φορτίου, το οποίο απορροφά κάθε διαμέρισμα για τη θέρμανση χώρου. Σε περίπτωση μη διαθέσιμου Z.N.X. από το λέβητα ή από τον ηλιακό συλλέκτη, ο χρήστης μπορεί να καλύψει τις ανάγκες του μέσω της ηλεκτρικής αντίστασης του ατομικού θερμαντήρα.

Στο μεγαλύτερο ποσοστό ελληνικών κατοικιών για την παραγωγή Z.N.X. χρησιμοποιούνται κατά το πλείστον ηλεκτρικοί και ηλιακοί θερμοσίφωνες (θερμαντήρες με ή χωρίς εγκατάσταση ηλιακού συλλέκτη), καταναλώνοντας ηλεκτρική ενέργεια, γεγονός που συνεπάγεται μεγάλη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και αντίστοιχα μεγάλη έκλυση ρύπων.

Αρκετά κτίρια, και κυρίως του τριτογενούς τομέα, στα οποία υπάρχει μεγάλη απαίτηση για ζεστό νερό χρήσης (νοσοκομεία, ξενοδοχεία κ.ά.), διαθέτουν κεντρικές μονάδες παραγωγής Z.N.X., που συνίσταται από λέβητες πετρελαίου ή φυσικού αερίου, και συστοιχίες ηλιακών συλλεκτών κ.ά. Σπανιότερα (κοντά σε μονάδες ηλεκτροπαραγωγής της Δ.Ε.Η.), συναντώνται στα ελληνικά κτίρια μονάδες τηλεθέρμανσης για Z.N.X. ή/και μονάδες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας / ψύξης - Σ.Η.Θ., κυρίως σε κτίρια του τριτογενούς τομέα.

Τα γενικά χαρακτηριστικά του συστήματος ζεστού νερού χρήσης για το κτίριο αναφοράς είναι τα εξής:

- Το κτίριο αναφοράς καλύπτει τις ανάγκες για Z.N.X. μέσω του κεντρικού λέβητα θέρμανσης χώρων ή ξεχωριστού συστήματος λέβητα (πετρελαίου ή τηλεθέρμανσης), με παράλληλη χρήση ηλιακών συλλεκτών και ηλεκτρικής αντίστασης για εφεδρεία.
- Το ποσοστό του ηλιακού μεριδίου σε ετήσια βάση λαμβάνεται 15% επί των αναγκών για Z.N.X.
- Ο κεντρικός λέβητας παραγωγής Z.N.X. είναι πιστοποιημένος με βαθμό θερμικής απόδοσης όπως καθορίζεται στον πίνακα 1.25.
- Τα δίκτυα διανομής Z.N.X. διαθέτουν θερμομόνωση σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις.
- Στο κτίριο αναφοράς επιτρέπεται η χρήση αποκεντρωμένων συστημάτων μόνο σε εμπορικά καταστήματα ή σε χώρους με παρόμοιες χρήσεις, με περιορισμένη κατανάλωση Z.N.X. μικρότερη από 10 lt/άτομο/ημέρα. Σ' αυτές τις περιπτώσεις η παραγωγή Z.N.X. μπορεί να γίνεται τοπικά με ταχυθερμοσίφωνα αερίου. Εάν το φυσικό αέριο δεν είναι διαθέσιμο, η παραγωγή Z.N.X. μπορεί να γίνεται με ηλεκτρικό θερμοσίφωνα, ή ταχυθερμοσίφωνα με συνολικό μήκος σωλήνων έως 6 m.
- Σε περίπτωση που το εξεταζόμενο κτίριο δεν διαθέτει σύστημα παραγωγής Z.N.X., θεωρείται ότι διαθέτει όπως ακριβώς και το κτίριο αναφοράς. Σ' αυτήν την περίπτωση για μεγάλες καταναλώσεις Z.N.X. η απόδοση του λέβητα -καυστήρα για το κτίριο αναφοράς είναι 93,5%, καθώς επίσης και στην περίπτωση που το εξεταζόμενο κτίριο διαθέτει οποιοδήποτε άλλο σύστημα παραγωγής Z.N.X. εκτός από κεντρικό λέβητα και τηλεθέρμανση. Στην περίπτωση κτιρίων με περιορισμένη κατανάλωση Z.N.X. η απόδοση για τα τοπικά συστήματα ροής (ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες ή ταχυθερμοσίφωνες) λαμβάνεται 100%.

Το υπό μελέτη νέο ή το ριζικώς ανακαινιζόμενο κτήριο έχει υποχρεωτική κάλυψη αναγκών για Ζ.Ν.Χ. από ηλιακά συστήματα κατά 60% και συγκρίνεται με το κτίριο αναφοράς που έχει αντίστοιχη κάλυψη 15%. Σε περίπτωση αδυναμίας εφαρμογής των ηλιακών συστημάτων, το νέο ή το ριζικώς ανακαινιζόμενο κτήριο θα υστερεί σε σχέση με το κτήριο αναφοράς και θα πρέπει να μειώσει την συνολική πρωτογενή ενέργεια σε κάποια άλλη τελική χρήση (θέρμανση χώρων, ψύξη χώρων κ.ά.).

1.4.3.4.1. Απόδοση μονάδας παραγωγής ζεστού νερού χρήσης

Για κάθε μονάδα (τοπική ή κεντρική) παραγωγής ζεστού νερού χρήσης (Ζ.Ν.Χ) καθορίζεται η ονομαστική ισχύς και η θερμική απόδοση σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κατασκευαστή. Η πραγματική όμως θερμική απόδοση λειτουργίας μονάδας παραγωγής Ζ.Ν.Χ. διαφοροποιείται και εξαρτάται από την εποχή (ανάλογα με την κλιματική ζώνη), από τα απαιτούμενα φορτία Ζ.Ν.Χ., από τις διατάξεις αυτοματισμών ελέγχου, από τη σωστή διαστασιολόγηση του συστήματος κ.ά. Για τους υπολογισμούς της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας για παραγωγή Ζ.Ν.Χ. απαιτείται να προσδιοριστεί ο μέσος βαθμός θερμικής απόδοσης της μονάδας παραγωγής Ζ.Ν.Χ.

Η θερμική ισχύς P_n , ενός τοπικού θερμαντήρα παραγωγής Ζ.Ν.Χ., συνήθως υπολογίζεται για μέσο χρόνο απόδοσης της συνολικής ημερήσια θερμικής ενέργειας σε 5 ώρες, όπως δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$P_n = \frac{Q_d}{5}$$

Για μονάδες με λέβητα/ες και κεντρικό δίκτυο διανομής θερμού νερού για την τροφοδότηση τοπικών θερμαντήρων Ζ.Ν.Χ., στην πιο πάνω σχέση λαμβάνεται για τον υπολογισμό της ονομαστικής θερμικής ισχύος προσαύξηση 20% (για την επιτάχυνση ενάρξεως λειτουργίας, την κάλυψη των θερμικών απωλειών του δικτύου διανομής κ.α.). Το ημερήσιο απαιτούμενο θερμικό φορτίο Q_d σε kWh/day για Ζ.Ν.Χ. δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Q_d = V_d \cdot c \cdot \rho \cdot \Delta T \cdot 3600, \text{ όπου:}$$

- V_d το ημερήσιο φορτίο σε lt/ημέρα,
- P η πυκνότητα του νερού σε kg/ lt,
- c η ειδική θερμότητα, $c = 4,18$ kJ/kg·K
- ΔT η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ νερού δικτύου και ζεστού νερού χρήσης (45 – 50 °C).

Παρατίθεται ο πίνακας μέσης ετήσιας θερμοκρασίας νερού δικτύου ανά κλιματική ζώνη.

Κλιματική ζώνη	A	B	Γ	Δ
Μέση ετήσια θερμοκρασία νερού δικτύου T(°C)	19,7	18,1	16,4	14,5

Πίνακας 1. 32. Μέση ετήσια θερμοκρασία νερού δικτύου ανά κλιματική ζώνη.

Βαθμός απόδοσης μονάδων λέβητα-καυστήρα για ζεστό νερό χρήσης

Ο μελετητής χρησιμοποιεί την ονομαστική ισχύ του λέβητα-καυστήρα που αναφέρεται στη σχετική μελέτη. Για τις υφιστάμενες μονάδες παραγωγής Z.N.X. λέβητα - καυστήρα ο πραγματικός βαθμός απόδοσης και η πραγματική θερμική ισχύς προσδιορίζονται κατά την ανάλυση καυσαερίων. Ο μελετητής ή ο επιθεωρητής λαμβάνει υπόψη του για τους υπολογισμούς τον πραγματικό βαθμό απόδοσης του λέβητα από την ανάλυση καυσαερίων.

Το κτίριο αναφοράς για τους υπολογισμούς λαμβάνει την τιμή θερμικής απόδοσης ανάλογα την θερμική ισχύ του από τον πίνακα 1.25.

Τερματικές μονάδες απόδοσης θερμότητας για ζεστό νερό χρήσης

Τερματικές μονάδες απόδοσης (εναλλάκτες) θερμότητας για το Z.N.X., είναι οι κεντρικές ή/και τοπικές δεξαμενές αποθήκευσης, δηλαδή οι θερμοαντήρες (boiler), οι οποίοι διαθέτουν είτε ηλεκτρική αντίσταση (ηλεκτρικός θερμοσίφωνας) είτε εναλλάκτη θερμότητας (σερπαντίνα).

Στους υπολογισμούς της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας, λαμβάνονται υπόψη και οι θερμικές απώλειες των θερμοαντήρων που σχετίζονται με:

- ✓ την απόδοση του στοιχείου συναλλαγής θερμότητας (ηλεκτρική αντίσταση ή/και εναλλάκτης θερμότητας - σερπαντίνα) των θερμοαντήρων,
- ✓ τις πλευρικές θερμικές απώλειες από το μεταλλικό μονωμένο τοίχωμα των θερμοαντήρων.

Οι θερμικές απώλειες λόγω του εναλλάκτη θερμότητας τοπικών ή κεντρικών θερμοαντήρων (boiler) λαμβάνονται κατά μέσο όρο 5% επί της συνολικής θερμικής ενέργειας για Z.N.X., ενώ για ηλεκτρικούς θερμοαντήρες (θερμοσίφωνα) λαμβάνονται μηδενικές. Οι πλευρικές θερμικές απώλειες των θερμοαντήρων είναι 2% επί της συνολικής θερμικής ενέργειας για Z.N.X. για τοποθέτηση σε εσωτερικό θερμαινόμενο ή μη χώρο και αντίστοιχα 7% θερμικές απώλειες για τοποθέτηση σε εξωτερικό χώρο. Ο συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών των θερμοαντήρων είναι το άθροισμα των δύο επί μέρους συντελεστών θερμικών απωλειών. Τα πιο πάνω ποσοστά ισχύουν για το σύνολο των θερμοαντήρων ενός συστήματος παραγωγής Z.N.X ανεξαρτήτου αριθμού.

Για το κτήριο αναφοράς ο συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών από τους τοπικούς θερμοαντήρες ηλεκτρικούς ή αερίου (ροής ή αποθήκευσης) λαμβάνεται 2% επί της συνολικής θερμικής ενέργειας για Z.N.X. και αντίστοιχα 7% για κεντρικές μονάδες με εναλλάκτη θερμότητας (σερπαντίνα).

2. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Το ανθρώπινο είδος κατά τη διάρκεια της ιστορίας και της εξέλιξής του, ανέπτυξε διάφορες στρατηγικές και τεχνικές για το ξεπέρασμα των δυσκολιών που δημιουργούσαν η ζέστη και το κρύο.

Από τους νομάδες στους χωρικούς - καλλιεργητές και τους αστούς ιδιοκτήτες διαμερισμάτων πιο μετά, μέχρι τις αρχές του αιώνα μας, οι άνθρωποι ακολουθούσαν την εξής στρατηγική για την αντιμετώπιση του κρύου, στα σπίτια - κελύφη που κατασκεύαζαν: θέρμαιναν μόνο έναν χώρο, με μια σόμπα ή ένα τζάκι. Εκεί περνούσαν τις περισσότερες ώρες τους και όταν ερχόταν η ώρα του ύπνου, όσοι δεν χωρούσαν να κοιμηθούν κοντά στην εστία ζέστης, χρησιμοποιούσαν διπλανά και μη θερμαινόμενα δωμάτια, στα οποία καλύπτονταν με βαριά μάλλινα ή δερμάτινα παπλώματα.

Οι αγρότες είχαν και μια συμπληρωματική στρατηγική: ενσωμάτωναν, συνήθως στη βορινή κάτοψη του σπιτιού τους, μια αποθήκη ή ένα στάβλο και έτσι δημιουργούσαν ένα χώρο ανάσχεσης σε επαφή με τον κύριο χώρο κατοικίας, που βοηθούσε στην επίτευξη καλύτερων συνθηκών θερμικής άνεσης. Οι τοίχοι των κτιρίων αυτών είχαν ικανοποιητικό πάχος (πολύ μεγαλύτερο των σημερινών), οπότε ο συντελεστής χρονικής υστέρησής τους, ήταν σαφώς καλύτερος από τους σημερινούς.

Η τακτική αντιμετώπισης της ζέστης ήταν περίπου αντίστοιχη και πετυχαινόταν και με τη χρήση ιδιοκατασκευών (αιολικές καμινάδες, κάλαφ, σκίαστρα, στέγαστρα, πέργκολες κ.λ.π.). Όλα όμως ανατράπηκαν, πρώτα μετά το 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο, που οδήγησε εκατομμύρια ανθρώπους να συρρεύσουν στα μεγάλα αστικά κέντρα (για λόγους ασφαλείας) και να αναζητήσουν στέγη σε πολυώροφα κτίρια και μετά, αμέσως μετά την πετρελαϊκή κρίση του 1973.

Η κρίση αυτή υπήρξε κυρίως η απαρχή για την ανάπτυξη όλου του κλάδου της θερμομόνωσης, καθώς έθεσε, για πρώτη φορά διλήμματα σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας και την εξάντληση των πλουτοπαραγωγικών πόρων της γης. Έτσι, η μέχρι πρότινος τακτική κατά την οποία το κέλυφος των κτιρίων σχεδiazόταν από τους αρχιτέκτονες μηχανικούς έτσι, ώστε να ανταποκρίνεται σε μια σειρά κατασκευαστικών και αισθητικών αναγκών διαμορφώθηκε εκ νέου με τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του.

Στα 1974 εμφανίζονται, λοιπόν και οι πρώτοι κανονισμοί θερμομόνωσης στις Ευρωπαϊκές χώρες (Γαλλία, Γερμανία) με στόχο μέσα από την σωστή θερμομόνωση κτιρίων την εξοικονόμησης ενέργειας. Στην Ελλάδα, η συζήτηση ξεκινάει το 1979 και στις 04/07/1979 (ΦΕΚ 362) επιβάλλεται η θερμομόνωση όλων των νέων κτιρίων. Σταδιακά όμως, στα μέσα της δεκαετίας του 1980, η Ευρώπη ανακαλύπτει και μια

άλλη συνιστώσα πέρα από την θερμομόνωση, που είναι η Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική.



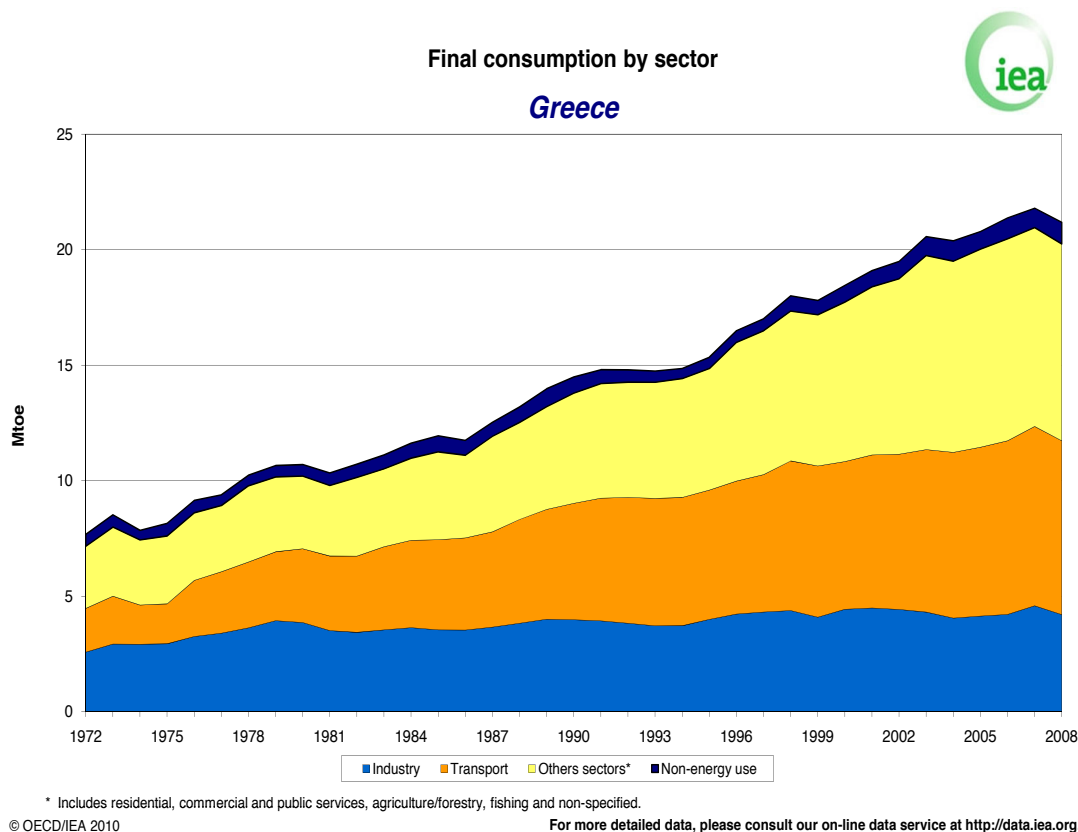
Εικόνα 2. 1. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός

Αυτή μας διδάσκει, όχι μόνο να θερμομονώνουμε τα σπίτια, αλλά και να τα προσανατολίζουμε σωστά σε σχέση με τον ήλιο (χειμωνιάτικο και καλοκαιρινό) αλλά και με τους επικρατούντες ανέμους, προκειμένου να εκμεταλλευόμαστε στο έπακρο τους φυσικούς τρόπους φωτισμού, θέρμανσης και ψύξης. Τέλος, στα τέλη της δεκαετίας του 1980, η Ευρώπη, βάζει και μian άλλη τελευταία συνιστώσα, την οικολογική δόμηση, εγείροντας το ζήτημα της ασφάλειας των υλικών που χρησιμοποιούνται ως θερμομονωτικά για την υγεία των χρηστών.

2.2 ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Η κατανάλωση ενέργειας το 2008 στον κτιριακό τομέα στην Ελλάδα έφτασε στα 8,6 Mtoe ή περίπου στο 45% της ετήσιας τελικής ενέργειας χρήσης σε ολόκληρη τη χώρα. Η κατανάλωση ενέργειας για οικιακή χρήση αντιπροσωπεύει περίπου το 70% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται στον κτιριακό τομέα, ενώ το υπόλοιπο 30% μοιράζεται στα εμπορικά και στα δημόσια κτίρια.

IEA Energy Statistics

Statistics on the Web: <http://www.iea.org/statist/index.htm>

Διάγραμμα 2. 1. Ενεργειακή κατανάλωση ανά τομέα στην Ελλάδα για το έτος 2008.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει όμως και το γεγονός ότι η θέρμανση χώρων αντιστοιχεί στο 57% της συνολικής ενέργειας στον οικιακό τομέα, ενώ για την ψύξη το ποσοστό αυτό ανέρχεται στο 4%.

Δεδομένου, λοιπόν, πως ποσοστό άνω του 60% κατανάλωσης ενέργειας αφιερώνεται στους τομείς της θέρμανση και της ψύξης, η εισαγωγή νέων θερμομονωτικών υλικών στο κέλυφος των κτιρίων θα μειώσει τα θερμικά και ψυκτικά φορτία και κατά συνέπεια τη συνολική ενέργεια που καταναλώνει ένα κτίριο.

ENERGY
COUNTRY ENERGY STATISTICS

2.6.9

Greece

Mtoe	1990	1995	2000	2005	2006
Production	9.16	9.74	10.01	10.32	10.06
Solid fuels	7.08	7.91	8.22	8.54	8.14
Oil	0.84	0.46	0.28	0.10	0.09
Gas	0.14	0.04	0.04	0.02	0.03
Nuclear					
Renewables	1.10	1.29	1.40	1.63	1.79
Industrial waste		0.04	0.06	0.02	0.01
Net Imports	15.47	18.27	22.07	23.45	24.85
Solid fuels	0.99	0.92	0.77	0.37	0.22
Oil	14.42	17.27	19.61	20.42	21.54
Gas			1.69	2.33	2.72
Electricity	0.06	0.07	0.00	0.33	0.36
Renewables					0.00
Derived heat					
Gross Inland Consumption	22.34	24.23	28.22	31.35	31.51
Solid fuels	8.09	8.78	9.04	8.95	8.39
Oil	12.94	14.01	16.01	18.06	18.21
Gas	0.14	0.04	1.70	2.35	2.75
Nuclear					
Renewables	1.10	1.29	1.40	1.63	1.80
Other (****)	0.06	0.11	0.06	0.35	0.37
Elec. Generation (TWh)	35.00	41.55	53.84	60.02	60.79
Coal (TWh)	25.17	28.70	34.31	35.54	32.26
Oil (TWh)	7.74	8.86	8.89	9.21	9.60
Gas (TWh)	0.09	0.08	5.92	8.17	10.61
Nuclear (TWh)					
Renewables (TWh) (*)	1.77	3.56	4.14	6.41	7.86
Other (TWh) (**)	0.23	0.36	0.58	0.69	0.45
Final Energy Consumption	14.54	15.84	18.56	20.80	21.45
by fuel/product					
Solid fuels	1.05	1.07	0.89	0.45	0.40
Oil	10.07	10.84	12.63	14.28	14.69
Gas	0.01	0.01	0.26	0.58	0.69
Electricity	2.45	2.93	3.71	4.38	4.52
Renewables	0.95	0.98	1.05	1.07	1.10
Derived heat & Industrial waste			0.03	0.05	0.06
by sector					
INDUSTRY	3.95	4.11	4.45	4.14	4.21
TRANSPORT	5.82	6.45	7.21	8.08	8.50
HOUSEHOLDS	3.06	3.33	4.49	5.49	5.49
AGRICULTURE	1.03	1.01	1.11	1.14	1.17
SERVICES, ETC.	0.69	0.94	1.31	1.94	2.07
Non-Energy Uses	0.67	0.46	0.72	0.76	0.91
CO₂ Emissions (Mt) (**)	93	101	118	122	122
Energy intensity (toe/M€ '00)	204	208	205	185	178
Carbon intensity	4.16	4.16	4.16	3.89	3.88
Import dependency, %	62.2	65.8	69.4	68.6	71.9
Energy per capita (kgoe/cap)	2 199	2 278	2 585	2 824	2 826
CO ₂ per capita (kg/cap)	9 146	9 486	10 764	10 984	10 973

Notes: (*) not including pumping; (**) Source: European Environment Agency, November 2008; including Bunkers; (***) Pumped Storage Plants and Other Power Stations; (****) Electrical Energy and Industrial Waste.

Πίνακας 2. 1. Πληροφορίες για παραγωγή, εισαγωγή και κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα για τα έτη 1990, 1995, 2000, 2005, 2006.

2.3 ΟΦΕΛΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Η θερμομόνωση σε ένα κτίριο, ουσιαστικά, παρέχει σε αυτό ένα «προστατευτικό περίβλημα» το οποίο μειώνει τη μετάδοση θερμότητας από και προς το εσωτερικό του. Το χειμώνα μειώνει το ρυθμό με τον οποίο η θερμότητα χάνεται από το κτίριο και το καλοκαίρι μειώνεται ο ρυθμός με τον οποίο η θερμότητα εισάγεται σε αυτό. Η μείωση των θερμικών διαφυγών από και προς τους εσωτερικούς χώρους ενός κτιρίου, έχει ως συνέπεια τη μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας με την οποία τροφοδοτούνται τα διάφορα τεχνητά συστήματα θέρμανσης-ψύξης. Η μείωση αυτή μπορεί να είναι σημαντική, αρκεί η θερμομόνωση να εφαρμόζεται ορθολογικά και σύμφωνα με τις απαιτήσεις του σχετικού διατάγματος που καθορίζει τους μέγιστους συντελεστές θερμοπερατότητας των επιμέρους δομικών στοιχείων του κελύφους.

Η θερμική μόνωση του κελύφους του κτιρίου δεν αποτελεί μόνο υποχρέωση βάσει του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων. Πάνω απ'όλα, αποτελεί ανάγκη, καθώς αποφέρει οφέλη σε αρκετούς άξονες.

Εκτός από την εξοικονόμηση χρημάτων, λόγω της της μειωμένης κατανάλωσης ενέργειας, η επαρκής θερμομόνωση προσθέτει μια σειρά από περιβαλλοντικά οφέλη, από τη στιγμή που εξοικονομούνται ενεργειακοί πόροι και εκπομπές ρύπων που προέρχονται από την παραγωγή ενέργειας.

Βασικότερη παράμετρος αποτελεί η μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου. Με δεδομένο ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μόνο από τα οικιακά κτίρια ανήλθαν για το έτος 2008 σε 8,3 εκατομμύρια τόνους, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 10% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην Ελλάδα, γίνεται αντιληπτό πως η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου για λόγους θέρμανσης και ψύξης μπορεί να μειώσει σε σημαντικό βαθμό και τις εν λόγω εκπομπές.

Επίσης, αξίζει να αναφερθεί η θετική επίδραση της θερμομόνωσης στο εσωκλίμα, καθώς βοηθάει στη διατήρηση ομοιόμορφης κατανομής της θερμοκρασίας σε ολόκληρο το κτίριο. Οι τοίχοι, οι οροφές και τα πατώματα καθίστανται θερμότερα κατά την περίοδο θέρμανσης και ψυχρότερα κατά την περίοδο δροσίσιμου. Ταυτόχρονα, ορισμένα υλικά θερμομόνωσης(π.χ. διογκωμένος φελλός) έχουν την τάση να επιδρούν θετικά και ως ηχομονωτικά υλικά, διότι λειτουργούν είτε ως φράγματα είτε ως απορροφητές του ήχου.

2.4 ΘΕΩΡΙΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

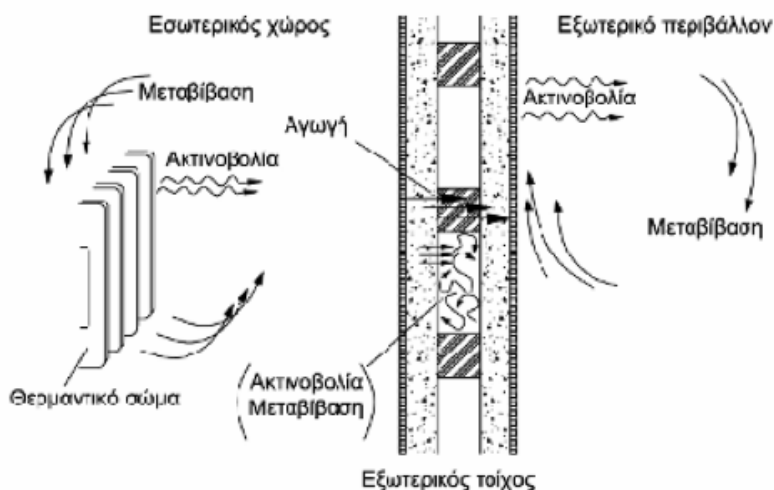
Είναι γνωστό από το δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα ότι η θερμότητα μεταφέρεται μόνη της από ένα σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας σε ένα σώμα χαμηλότερης και ποτέ προς την αντίθετη κατεύθυνση. Πρέπει να σημειωθεί, όμως, ότι το ίδιο το σύστημα δεν περιέχει θερμότητα. Η θερμότητα μπορεί να οριστεί μόνο στα όρια του συστήματος, κατά τη διαδικασία της μεταφοράς της από ένα σύστημα σε ένα άλλο και για όσο χρόνο διαρκεί η μεταφορά. Για παράδειγμα εάν ένα κομμάτι θερμού μετάλλου τοποθετηθεί μέσα σε κρύο νερό, το κομμάτι του μετάλλου ψύχεται ενώ το νερό θερμαίνεται, έως ότου και τα δύο αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία και στην περίπτωση αυτή τα δύο συστήματα του μετάλλου και του νερού δεν περιέχουν την ίδια θερμότητα. Αυτό που περιέχουν είναι φυσικά ενέργεια. Η θερμότητα εμφανίζεται (στα όρια των συστημάτων) μέχρι να επέλθει θερμοκρασιακή ισορροπία στα δύο συστήματα.

Εκείνο που είναι ενδιαφέρον είναι η διερεύνηση των μηχανισμών με τους οποίους η θερμότητα μεταδίδεται μεταξύ των σωμάτων και η ποσοτικοποίηση αυτής της συναλλαγής. Θα μπορούσε να διατυπωθεί ο παρακάτω ορισμός για τη μετάδοση θερμότητας: *Μετάδοση θερμότητας είναι η μεταφορά ενέργειας λόγω θερμοκρασιακής διαφοράς.* Έτσι, όταν υπάρχει θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ δύο εργαζόμενων μέσων ή δύο συστημάτων παρατηρείται μετάδοση θερμότητας από το θερμότερο προς το ψυχρότερο.

2.4.1 Μηχανισμοί μεταφοράς θερμότητας

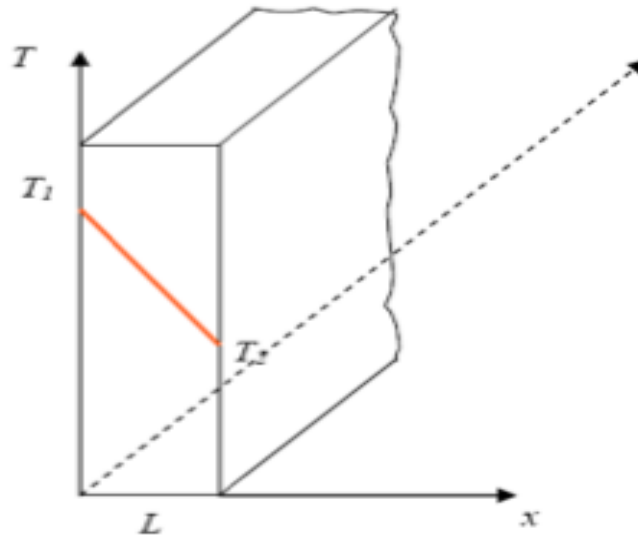
Η μεταφορά θερμότητας πραγματοποιείται με 3 βασικούς μηχανισμούς:

- με αγωγή
- με συναγωγή
- με ακτινοβολία



Εικόνα 2. 2. Μηχανισμοί μεταφοράς θερμότητας.

2.4.1.1 Μεταφορά θερμότητας με αγωγή



Εικόνα 2. 3. Μεταφορά θερμότητας με αγωγή.

Η μεταφορά θερμότητας με αγωγή οφείλεται κυρίως στη μεταφορά ενέργειας μεταξύ των ατόμων ή των μορίων ενός σώματος ανάλογα με την κατάσταση στην οποία βρίσκεται. Αυτή η μεταφορά (ή ροή) ονομάζεται θερμοροή, συμβολίζεται ως \dot{q} και εκφράζεται σε μονάδες W. Έτσι, έχουμε την εξής σχέση:

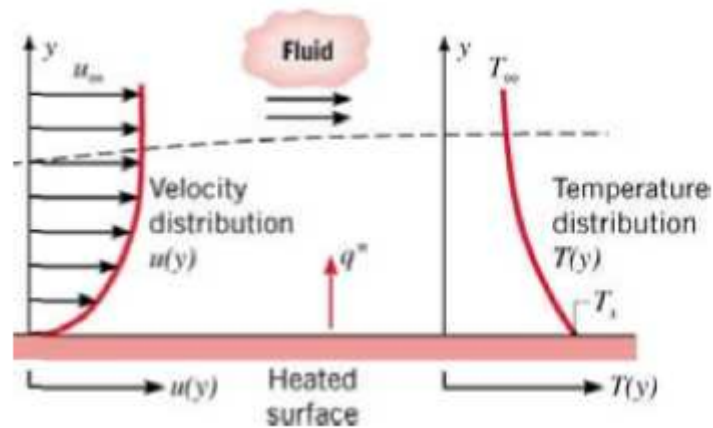
$$\dot{q} = \lambda \frac{\Delta T}{d} S$$

Το μέγεθός της υπολογίζεται από το νόμο Fourier και εξαρτάται από το πάχος του σώματος d (m), τη διαφοράς θερμοκρασίας ΔT (K), το συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/m·K) και το εμβαδό της επιφάνειας του υλικού S (m²).

Όπως γίνεται αντιληπτό, αυτό το φαινόμενο δημιουργεί προβλήματα απωλειών ενέργειας, ειδικά στον κτιριακό τομέα, τον οποίο και μελετούμε. Κατά τη χειμερινή περίοδο η θερμοροή κινείται από όλους τους θερμαινόμενους χώρους προς τους μη-θερμαινόμενους και το περιβάλλον, ενώ κατά τη θερινή περίοδο, η θερμότητα από το εξωτερικό περιβάλλον ρέει προς το εσωτερικό του κτιρίου.

2.4.1.2. Μεταφορά θερμότητας με συναγωγή

Στη μεταφορά θερμότητας με συναγωγή, εκτός από τις τυχαίες κινήσεις των μορίων, τη διάχυση, μεταφέρεται θερμική ενέργεια και με τη μακροσκοπική κίνηση του ρευστού, κατά την οποία μετακινείται συλλογικά μεγάλος αριθμός μορίων.



Εικόνα 2.4. Μετάδοση θερμότητας με συναγωγή.

Εδώ χρησιμοποιείται η σχέση Newton:

$$\dot{q} = h(T_s - T_\infty)S, \text{ όπου:}$$

h : ο συντελεστής ειδικής συναγωγιμότητας της μορφής $h=h(u, \lambda, \eta, \rho, c_p)$ σε $W/m^2 \cdot K$,
 με: u την ταχύτητα του ρευστού

λ το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας

η το δυναμικό ιξώδες

ρ την πυκνότητα του ρευστού

c_p την ειδική θερμοχωρητικότητα υπό σταθερή πίεση

T_s : η θερμοκρασία της επιφάνειας του υλικού σε βαθμούς Κέλβιν (K)

T_∞ : η μέση θερμοκρασία του αέρα σε κάποια απόσταση από την επιφάνεια του υλικού σε Κέλβιν (K)

S : το εμβαδό της επιφάνειας του υλικού σε m^2 .

2.4.1.3. Μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία

Μετάδοση με θερμική ακτινοβολία ονομάζεται η ανταλλαγή θερμότητας με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μεταξύ των επιφανειών στερεών σωμάτων με διαφορετική θερμοκρασία που απέχουν μεταξύ τους (διαχωρίζονται από αέρα).

Κατά αναλογία με τη συναγωγή, η ακτινοβολούμνη θερμορορή ακολουθεί τον τύπο $\dot{q} = h_r S (T_{s1} - T_{s2})$, όπου:

- $h_r = \varepsilon \sigma (T_{s1} + T_{s2})(T_{s1}^2 + T_{s2}^2)$ ο συντελεστής ακτινοβολίας, με:
ε το συντελεστή εκπομπής του πραγματικού σώματος
 $\sigma = 5,6697 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ τη σταθερά Stefan- Boltzmann
- T_{s1} η θερμοκρασία του θερμού σώματος σε K
- T_{s2} η θερμοκρασία του ψυχρού σώματος σε K
- S: το εμβαδό της επιφάνειας του υλικού σε m^2 .

Ο ένας μηχανισμός σπάνια συναντάται ανεξάρτητα από τον άλλον. Συνδυάζονται μεταξύ τους και αλληλοεπηρεάζονται. Συχνά όμως η επίδραση της ταυτόχρονης παρουσίας των τριών τρόπων μετάδοσης θερμότητας συγχωνεύεται στην μελέτη μόνο εκείνου που μπορεί με καλή προσέγγιση να θεωρηθεί σαν κυρίαρχος τρόπος μετάδοσης. Λόγου χάριν σε ένα μονωτικό με κλειστό πορώδες ,η μετάδοση της θερμότητας γίνεται λόγω αγωγής μέσω του αερίου μέσου και του στερεού. Το κλειστό πορώδες , εμποδίζει την κίνηση του αέρα με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η μετάδοση θερμότητας μέσω συναγωγής.

2.5 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Τα θερμομονωτικά υλικά έχουν ως προορισμό να μειώσουν το συντελεστή θερμοπερατότητας (U) των δομικών στοιχείων, με στόχο τη μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη χειμερινή περίοδο και την αποφυγή εισόδου της θερμορροής από το (θερμό) εξωτερικό περιβάλλον κατά την καλοκαιρινή περίοδο.

Με βάση το Εθνικό Σύστημα Διαπίστευσης, ως θερμομονωτικά χαρακτηρίζονται τα υλικά που έχουν θερμική αντίσταση R μεγαλύτερη από $0.1 \text{ m}^2\text{K/W}$ και πρακτικά έχουν μικρή θερμική αγωγιμότητα (συνήθως $\lambda < 0,1 \text{ W/mK}$), η οποία συνήθως αναφέρεται σε θερμοκρασίες φυσικού περιβάλλοντος και σε υλικό στεγνό (απαλλαγμένο υγρασίας).

Τα θερμομονωτικά υλικά οφείλουν τη μονωτική τους ιδιότητα, κατά κύριο λόγο, στο μεγάλο αριθμό πολύ μικρών πόρων (κυψελίδων) ή στο μεγάλο πλέγμα ινών, που περιέχουν παγιδευμένο αέρα. Ο ακίνητος αέρας παρουσιάζει τη μικρότερη γνωστή τιμή θερμικής αγωγιμότητας ($\lambda = 0,02 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}\cdot^\circ\text{C}$). Αποτέλεσμα της ύπαρξης θυλάκων ακίνητου αέρα, εγκλωβισμένου σε κυψέλες ή σε πλέγμα ινών είναι το κατά κανόνα μικρό φαινόμενο βάρους που παρουσιάζουν τα εν λόγω υλικά.

Σε θεωρητικό επίπεδο η θερμική αγωγιμότητα ελαχιστοποιείται σε συνθήκες κενού, επειδή η έλλειψη μάζας καθιστά αδύνατη τη μεταφορά θερμότητας με αγωγή. Στην πράξη, ο ακίνητος, ξηρός αέρας αποτελεί την καλύτερη δυνατή λύση.

2.6 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Οι ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών μπορούν να χωριστούν σε δυο βασικές κατηγορίες:

- τις φυσικές ιδιότητες, που περιγράφουν τη συμπεριφορά του υλικού υπό συγκεκριμένες συνθήκες και
- τις περιβαλλοντικές ιδιότητες, που περιγράφουν τον περιβαλλοντικό χαρακτήρα του υλικού.

2.6.1. Φυσικές ιδιότητες

- ❖ Πυκνότητα ρ : Ανάλογα με την απαίτηση της τελικής χρήσης και με τον τρόπο κατασκευής του, κάθε υλικό παράγεται για ένα εύρος πυκνοτήτων. Αποτελεί μια ιδιαίτερα χρήσιμη ιδιότητα, καθώς ακόμη και στην ίδια κατηγορία υλικών μπορεί ένα ελαφρότερο υλικό να έχει χειρότερες θερμομονωτικές ιδιότητες από βαρύτερο επειδή έχει μεγαλύτερες και πυκνότερες κυψέλες. Η πυκνότητα του υλικού επηρεάζει και την τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ .
- ❖ Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ : Είναι ο συντελεστής που περιγράφει το ποσό της θερμότητας που περνά ανά μονάδα επιφάνειας του υλικού και για διαφορά θερμοκρασίας μιας μονάδας μεταξύ των δυο όψεών του. Δεν είναι σταθερό μέγεθος αλλά μια γραμμική συνάρτηση που αυξάνεται σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία. Όσο χαμηλότερος είναι ο συντελεστής αυτός, τόσο καλύτερη είναι και η θερμομονωτική ικανότητα του υλικού.
- ❖ Εύρος χρήσης: Πρόκειται για το θερμοκρασιακό διάστημα, μέσα στο οποίο η χημική σύσταση, η θερμομονωτική ικανότητα και η μηχανική αντοχή είναι σε κατάλληλα επίπεδα, ώστε η απόδοση του υλικού να είναι ικανοποιητική.
- ❖ Αντοχή στην επίδραση της υγρασίας- συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών: Η υγρασία αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στην ομαλή απόδοση των θερμομονωτικών υλικών, τα οποία χάνουν την ικανότητά τους υπό την επίδρασή της. Μέτρο της αντοχής στο συγκεκριμένο παράγοντα είναι ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών μ . Ο συντελεστής αυτός είναι σχετικό μέγεθος αδιάστατο και δίνει κατά πόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση στη διάχυση υδρατμών ενός στρώματος του υλικού σε σχέση προς το στρώμα αέρα ίσου πάχους στις ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος. Όσο μικρότερος λοιπόν είναι ο συντελεστής αυτός τόσο πιο ευαίσθητο είναι ένα υλικό στην υγρασία. Η φυσική σημασία του συντελεστή, ο οποίος πρακτικά θεωρείται ανεξάρτητος από θερμοκρασία και πίεση, είναι ευκολία με την οποία διαπερνούν οι διαχεόμενοι υδρατμοί το θερμομονωτικό υλικό. Όσο

μεγαλύτερη η τιμή του, τόσο δυσκολότερα οι υδρατμοί διέρχονται μέσω της μάζας του.

- ❖ Αντίσταση στη φωτιά: Η συμπεριφορά των υλικών σε περίπτωση πυρκαγιάς προσδιορίζεται κατά το DIN 4102, σύμφωνα με το οποίο τα υλικά κατατάσσονται σε κλάσεις πυραντοχής, ανάλογα με το χρονικό διάστημα για το οποίο το υλικό διατηρεί τις βασικές του ιδιότητες κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς. Οι κλάσεις της πυραντοχής από την καλύτερη(μεγάλη διάρκεια αντοχής κατά την πυρκαγιά) είναι: A1/A2/A3/B1/B2/B3/C1/C2/C3. Πιο αναλυτικά:
 - τα μη εύφλεκτα δομικά υλικά τυποποιούνται ως A1 ή A2
 - τα υλικά που αντιστέκονται στη φωτιά ως B1
 - κανονικά υλικά ως B2
 - εύφλεκτα υλικά ως B3

Τα υλικά της κατηγορία A1 δεν επιτρέπεται να παρουσιάσουν καμιά ανάφλεξη, ενώ τα υλικά της κατηγορίας A2 μπορούν να αναφλεγούν για χρόνο ως 20 s. Τα μη αναφλέξιμα υλικά της κατηγορίας A, όπως επίσης και τα υλικά της κατηγορίας B1 που αντιστέκονται στη φωτιά χρειάζονται ένα πιστοποιητικό αποτελεσματικότητας σύμφωνα με το νέο γερμανικό νόμο ή άδεια από το DIBt. Για τα μη αναφλέξιμα υλικά και τους επιβραδυντές της φωτιάς της κλάσης A απαιτείται τα αέρια της καύσης να μην είναι τοξικά.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΥΡΑΝΤΟΧΗΣ	ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ
A1	Άκαυστο, μη αναφλέξιμο
A2	Ανάφλεξη για χρόνο μέχρι 20 s.
B1	Υλικό που αντιστέκεται στη φωτιά
B2	Κανονικό υλικό
B3	Ευφλεκτο υλικό

Πίνακας 2. 2. Κατηγορίες πυραντοχής.

Η συμπεριφορά των δομικών υλικών σε περίπτωση πυρκαγιάς προσδιορίζεται με βαθμούς «ανάφλεξης» από F30 ως F90, όπου ο αριθμός δείχνει τον ελάχιστο χρόνο σε λεπτά, που το δομικό υλικό αντέχει στη φωτιά ή αποτρέπει την εξάπλωσή της. Η μη-αναφλεξιμότητα χαρακτηρίζεται από το γράμμα A ή B, ενώ σε περίπτωση που σημαντικά συστατικά του υλικού δεν καίγονται, το υλικό χαρακτηρίζεται με τα γράμματα AB.

- ❖ Μηχανική αντοχή: Η μηχανική αντοχή που απαιτείται για μια κατασκευή προσδιορίζει το σύστημα θερμομόνωσης που θα χρησιμοποιηθεί. Έτσι υλικά με μεγάλη μηχανική αντοχή μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αυτοφερόμενα, αλλά με μικρότερη αντοχή μπορούν να μπουν σε ένα φέρον πλέγμα και άλλα

- με πολύ μικρή ως υλικά πλήρωσης. Η αντοχή σε συμπίεση είναι ένα καθοριστικό μέγεθος στις θερμομονώσεις δαπέδων. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι σε πολλές περιπτώσεις είναι χρήσιμη και η γνώση των ενδιάμεσων παραμορφώσεων μέχρι τη θραύση από μερικές φορτίσεις, που δεν καταστρέφουν το υλικό αλλά μπορούν να δημιουργήσουν υπερβολικές καταπονήσεις σε φέροντα στοιχεία ή επενδύσεις. Σε πολλές περιπτώσεις χρειάζονται πληροφορίες για την αντοχή των υλικών σε κάμψη ή σε εφελκυσμό. Αυτό απαιτείται ιδιαίτερα σε εσωτερικές θερμομονώσεις ορόφων με μεγάλα ανοίγματα ή σε αυτοφερόμενες κατασκευές που καταπονούνται από τις καιρικές συνθήκες. Σημειώνεται ότι τα οργανικά αφρώδη υλικά έχουν πολύ μεγαλύτερη αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις από τα ανόργανα ινώδη.
- ❖ Βαθμός απορρόφησης ήχου: Ηχομόνωση είναι η προσπάθεια προστασίας των χρηστών ενός χώρου από θορύβους, προερχόμενους είτε από το εξωτερικό περιβάλλον, είτε από το εσωτερικό περιβάλλον των κτιρίων. Αν και αποτελούν έναν εντελώς διαφορετικό τομέα από αυτόν της θερμομόνωσης, οι ηχομονωτικές ιδιότητες εξετάζονται και στα θερμομονωτικά υλικά. Οι απαιτήσεις βασίζονται σε προδιαγεγραμμένες τιμές ανεκτής στάθμης θορύβων, οι οποίες υπολογίζονται σε μονάδες της κλίμακας Decibel. Ο βαθμός απορρόφησης ήχου περιγράφει την ηχοαπορροφητικότητα του υλικού για διάφορες συχνότητες ήχου, ενώ όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής, τόσο καλύτερη είναι η ηχοαπορροφητικότητα του υλικού.
 - ❖ Η σταθερότητα στις διαστάσεις: Σε θερμομονωτικές πλάκες που κατασκευάζονται με θερμικές διεργασίες μπορούν να διαφοροποιηθούν οι ονομαστικές διαστάσεις κατά το στάδιο της ψύξης και η κατάσταση να επιδεινωθεί εξαιτίας της γήρανσης. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με τεχνική γήρανση κατά τη φάση της παραγωγής έτσι ώστε να σταθεροποιηθούν οι διαστάσεις. Μεγάλες θερμοκρασιακές μεταβολές έχουν ως αποτέλεσμα μια αξιόλογη γραμμική συρρίκνωση σε όλα τα στερεά μονωτικά υλικά. Τέλος ορισμένα θερμομονωτικά υλικά έχουν μεγάλους συντελεστές διαστολής, τους οποίους πρέπει να λάβει υπόψη του ο κατασκευαστής κατά την τοποθέτηση. Ακόμη πρέπει να ελέγχονται και οι ανοχές που μπορεί να εμφανίζουν οι διαστάσεις ώστε να ελέγχεται η συμπεριφορά τους.
 - ❖ Ευκολία κατεργασίας και τοποθέτησης: Όπως και η παραπάνω ιδιότητα, έτσι και αυτή είναι μια ποιοτική παράμετρος. Παρ'όλα αυτά, αποτελεί μια πολύ σημαντική ιδιότητα στην πράξη. Ένα ελαφρύ υλικό μεταφέρεται εύκολα στο εργοτάξιο ενός κτιριακού έργου, ένα μαλακό υλικό κόβεται εύκολα και προσαρμόζεται στις κατασκευαστικές απαιτήσεις που ανακύπτουν, ένα υλικό που ψεκάζεται με τη μορφή αφρού μπορεί να καλύψει μια επιφάνεια περίπλοκης γεωμετρίας κ.ο.κ.

2.6.2. Περιβαλλοντικές ιδιότητες

Τα θερμομονωτικά υλικά, όπως κάθε υλικό άλλωστε, επιβαρύνουν το περιβάλλον από την παραγωγή ως την τελική απόθεσή τους. Αυτή η περιβαλλοντική επιβάρυνση είναι είτε άμεση, είτε έμμεση. Η έμμεση περιβαλλοντική επιβάρυνση οφείλεται στο άθροισμα της «εσωτερικής» ενέργειας των υλικών και της ενέργειας που καταναλώθηκε για την παραγωγή τους. Όλη αυτή η ενσωματωμένη ενέργεια πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη, καθώς συνδέεται και τελικά μετατρέπεται σε ισοδύναμη εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου (CO_2) και όξινη βροχή (NO_x).

- ❖ Περιεχόμενη πρωτογενής ενέργεια: Εκφράζει το ποσό ενέργειας που απαιτείται, προκειμένου να παραχθεί μια μονάδα όγκου θερμομονωτικού υλικού. Γενικευμένο φαινόμενο των τελευταίων χρόνων αποτελεί η τάση για χρήση υλικών φιλικών προς το περιβάλλον. Επομένως, προτιμώνται υλικά με χαμηλή περιεχόμενη πρωτογενή ενέργεια.
- ❖ Αντοχή σε προσβολές από μικροοργανισμούς και έντομα: Το περιβάλλον στο οποίο είναι εκτεθειμένα τα θερμομονωτικά υλικά τα καθιστά ευαίσθητα σε αλλιώσεις από έντομα, σκώρο, τρωκτικά και μύκητες. Έτσι, προστίθενται σε αυτά πρόσθετες χημικές ουσίες με στόχο την προστασία των υλικών από βιολογικούς παράγοντες. Γενικά, πάντως, συνίσταται να αποφεύγεται η χρήση τέτοιων ουσιών, καθώς επιβαρύνει το περιβάλλον, και να αναζητούνται εναλλακτικοί τρόποι αντιμετώπισης επιθέσεων από μικροοργανισμούς. Η αντοχή σε τέτοιες προσβολές εκφράζεται ποιοτικά με το αν τα υλικά είναι ευπρόσβλητα ή όχι, έπειτα από εργαστηριακές δοκιμές γήρανσης των υλικών και πολυετείς παρατηρήσεις σε πραγματικές συνθήκες.

2.7 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Κάθε προσπάθεια ομαδοποίησης και ταξινόμησης ενός συνόλου εμπεριέχει αρκετή αυθαιρεσία, καθώς πρόκειται για μια υποκειμενική προσπάθεια διαχωρισμού των μονάδων του συνόλου αυτού ως προς διαφορετικούς άξονες.

Γενικά, λοιπόν, μπορούν να γίνουν διάφορες ομαδοποιήσεις των θερμομονωτικών υλικών με βάση κάποιες από τις ιδιότητες τους, όπως:

- Ανόργανα - οργανικά (ανάλογα με την προέλευση και σύσταση τους).
- Φυσικής προέλευσης-τεχνητά (ανάλογα με τον βαθμό επεξεργασίας που υφίστανται πριν διατεθούν στην κατανάλωση).
- Ανοικτών ή κλειστών κυψελών ή πόρων αέρα.
- Μεγάλου ή μικρού φαινομένου βάρους, δηλ. σε βαριά (π.χ. ελαφρό σκυρόδεμα πυκνότητας από 400 μέχρι 800kg/m³) και σε ελαφρά (π.χ. υαλοβάμβακας φαινομένου ειδικού βάρους 120 kg/m³).

Άλλος τρόπος ταξινόμησης μπορεί να γίνει με βάση τη δομή τους, όπου έχουμε τελικά 2 κατηγορίες:

- ✓ τα αφρώδη, στα οποία ο αέρας υπάρχει μέσα τους με μορφή φυσαλίδων και
- ✓ τα ινώδη, στα οποία ο αέρας εμπεριέχεται ανάμεσα στις ίνες τους, όπως ακριβώς συμβαίνει σε ένα μάλλινο ύφασμα.

2.8 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

2.8.1. Υαλοβάμβακας



Εικόνα 2. 4. Υαλοβάμβακας σε πάπλωμα και πλάκες

Ο υαλοβάμβακας είναι ένα ινώδες ανόργανο υλικό, το οποίο προέρχεται από ορυκτές πρώτες ύλες. Αποτελείται κυρίως από διοξείδιο του πυριτίου, δολομίτη, ασβεστόλιθο, ανθρακική σόδα και αλουμίνα.

Όλοι οι τύποι υαλοβάμβακα παρασκευάζονται σε κλίβανο και προέρχονται από ρευστό πυριτικό γυαλί που διοχετεύεται με ταχύτητα σε στρεφόμενο δίσκο. Εξαιτίας της φυγόκεντρης δύναμης εκσφενδονίζονται λεπτότατες ίνες γυαλιού, χρώματος περίπου λευκού, πάχους από 4 μέχρι 30 μm ($1\mu\text{m} = 10^{-3} \text{ mm}$). Οι ίνες αυτές παγιδεύουν αέρα και συνιστούν ένα υλικό υψηλής μονωτικής ικανότητας, φαινόμενης πυκνότητας από 13 μέχρι 110 kg / m^3 . Όσο μικρότερο είναι το πάχος των ινών, τόσο περισσότερες είναι οι ίνες (ανά kg) και τόσο καλύτερο μονωτικό υλικό προκύπτει.

Βασική προϋπόθεση για την επιλογή του υαλοβάμβακα ως θερμομονωτικού υλικού είναι η προστασία από τη διείσδυση της υγρασίας, καθώς επέρχεται αισθητή μείωση στην τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ . Έτσι, όταν χρησιμοποιείται σε κτίρια, είναι απαραίτητο να προστατεύεται με φράγμα υδρατμών στη θερμή όψη.

Σε γενικές γραμμές, ο υαλοβάμβακας παρουσιάζει καλή συμπεριφορά στην πυρκαγιά(ανήκει στις κατηγορίες πυραντοχής A1, A2 και B1), αρκεί να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα υλικά που προστίθενται για τη βελτίωση της συνοχής του(ρητίνες φαινοφορμαλδεϋδης, σιλικονόνες ή ορυκτέλαια).

Διαθέτει ανθεκτικότητα στη θερμοκρασία για ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών (-100 °C έως 500 °C), όπως επίσης και ικανοποιητικές τιμές αντοχής στον εφελκυσμό (0,005 N/mm²) και ορίου θραύσης (0,005 έως 0,015 N/mm²). Αξίζει να σημειωθεί ότι ο υαλοβάμβακας δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά, ούτε από χημικές ενώσεις, με εξαίρεση το υδροχλωρικό οξύ, ενώ η μέση περιεχόμενη πρωτογενής ενέργεια είναι 110 kWh/m³.

Ο υαλοβάμβακας συναντάται στο εμπόριο με τις παρακάτω μορφές:

1. σε μορφή παπλώματος, είτε σε ρολλά χωρίς επένδυση, είτε με επένδυση αλουμινίου, είτε με ενισχυμένο μεταλλικό πλέγμα
2. σε μορφή πλακών
3. σε μορφή ειδικά μορφοποιημένων κοχυλιών για τη μόνωση σωληνώσεων.

Ο υαλοβάμβακας τοποθετείται κυρίως σε τοίχους και οροφές, όπως επίσης και σε δάπεδα μέσης φόρτισης, ενώ η χρήση του αποφεύγεται για δάπεδα και δώματα με ισχυρές φορτίσεις λόγω της μικρής αντοχής του σε συμπίεση. Στους τοίχους τοποθετείται ενδιάμεσα (π.χ. ανάμεσα σε δυο σειρές τούβλα) ή εξωτερικά του τοιχώματος (και καλύπτεται με μάρμαρο ή άλλο οικοδομικό υλικό) ή εσωτερικά (οπότε πάλι καλύπτεται π.χ. με ξύλο ή γυψοσανίδες).

Υαλοβάμβακας με μικρή διάμετρο και μεγάλο μήκος ινών, χωρίς ξένες προσμίξεις και απουσία κόμβων φέρεται στο εμπόριο με την ονομασία υαλόμαλλο και προσφέρεται σαν υαλοβάμβακας αυξημένης θερμομονωτικής ικανότητας. Αποτελείται κυρίως από πυρίτιο σε μορφή SiO₂ και ποσοστό που ποικίλει αναλόγως του τύπου του υαλοβάμβακα. Ακόμη μπορεί να περιλαμβάνει οξειδία του νατρίου (Na₂O), του καλίου (K₂O), του ασβεστίου (CaO), του μαγνησίου (MgO), του μολύβδου (PbO), του βορίου (B₂O₃) και του αλουμινίου (Al₂O₃).

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	1	3/4/5/8/10/12/14/15	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 ¹	W/(mK)	0,030	0,0338	0,045
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-100	-	500
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	<1		1
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία		<0,1	0,2/0,5...1	1
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B1	A2	A1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-	0,1		0,79
στα 250Hz	-	0,26		0,79
στα 1000Hz	-	0,71		0,97
στα 4000Hz	-	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 2. 3. Τεχνικά χαρακτηριστικά υαλοβάμβακα.

2.8.2. Πετροβάμβακας



Εικόνα 2. 5. Πλάκες πετροβάμβακα

Ο πετροβάμβακας είναι ινώδους μορφής, καθώς αποτελείται από μια μάζα εξαιρετικά λεπτών ινών (διάμετρου < 4 ή 5μm) και παρασκευάζεται από μίγμα πετρωμάτων, όπως βασάλτη, μεταβασάλτη, διαβάση, αμφιβολίτη, ασβεστόλιθο, δολομίτη και βωξίτη.

Για την παραγωγή του ακολουθείται παρόμοια διαδικασία με τον υαλοβάμβακα, καθώς το μείγμα των πετρωμάτων θερμαίνεται και λιώνει μέσα σε υψικάμινο ή σε ηλεκτρικό φούρνο και εν συνεχεία διαμορφώνεται στην τελική ινώδη μορφή του με φυγοκέντριση. Η συγκόλληση των ινών πραγματοποιείται με συνθετική φαινολική ρητίνη και σιλικονέλαιο.

Στο εμπόριο συναντάται σε πάπλωμα χωρίς επένδυση ή με επένδυση μεταλλικού πλέγματος ή σκληρών πλακών, καθώς και σε μορφή κοχυλιών.

Ο πετροβάμβακας έχει υψηλή πυκνότητα (30 kg/m^3) και ιδιαίτερα καλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που κυμαίνεται από 0,033 ως 0,041 W/mK . Η υψηλή θερμομονωτική ικανότητά του επηρεάζεται σημαντικά από την υγρασία, και πρέπει να ληφθούν μέτρα προστασίας από την υγρασία, κατ'αντιστοιχία με τον υαλοβάμβακα. Επίσης, εμπόδιο αποτελεί και η αυξημένη παρουσία συμπαγών σφαιριδίων τήξης, τα οποία δημιουργούνται κατά την παραγωγή του υλικού.

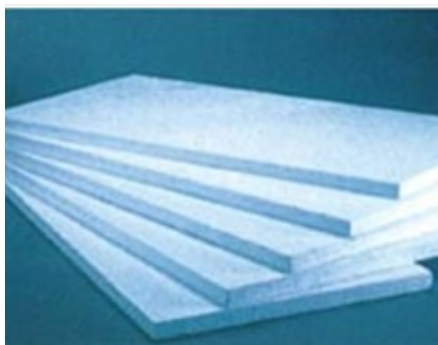
Ο πετροβάμβακας διαθέτει μεγάλη αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες ($750 \text{ }^\circ\text{C}$), λόγω των πρώτων υλών από τις οποίες παρασκευάζεται. Γι' αυτό βρίσκει εφαρμογή σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, στη μόνωση λεβήτων, σε πόρτες πυρασφάλειας, σε κατασκευές που αφορούν στην πυρασφάλεια σε πλοία, καθώς και στην τεχνολογία του εξαερισμού (αγωγοί εξαερισμού). Έχει πολύ καλή συμπεριφορά στην πυρκαγιά, καθώς ανήκει στις A1, A2 και B1 κατηγορίες πυραντοχής. Εμφανίζει μικρή αντοχή στον εφελκυσμό ($0,005 \text{ N/mm}^2$) και πολύ χαμηλό όριο θραύσης. Παρουσιάζει χαμηλό βαθμό απορρόφησης του ήχου σε σχέση με τον υαλοβάμβακα στις χαμηλές συχνότητες, αλλά στις υψηλές συχνότητες η ικανότητα της σε ηχομόνωση είναι πολύ ικανοποιητική. Δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά ούτε και από χημικές ενώσεις, ενώ η περιεχόμενη πρωτογενής ενέργειά του κυμαίνεται από 110 ως 660 kWh/m^3 .

Εδώ πρέπει να σημειωθεί 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 το μήκος τους, αλλά σπάνε κάθετα στη μάζα τους και σύμφωνα με το I.A.R.C. η επικινδυνότητά τους έγκειται στις διαστάσεις τους (μήκος ανώτερο των $5\mu\text{m}$ και διάμετρος μικρότερη των $3\mu\text{m}$). Στη Γερμανία έχει απαγορευτεί η χρήση τους σε δημόσια κτήρια και στα μικρότερα έργα επιτρέπεται μόνο όταν στεγανοποιηθούν απόλυτα. Ακόμη, οι συνδετικές ουσίες που χρησιμοποιούνται και που έχουν βάση τη φορμόλη και την ουρία, απελευθερώνουν μεγάλες ποσότητες τοξικής φορμαλδεΐδης.

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		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				
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 υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	<1		1
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία		<0,1	0,2	1,5
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2	A2	A1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-	0,05	0,14	0,19
στα 250Hz	-	0,34	0,37/0,55	0,88
στα 1000Hz	-	0,92	0,93/0,96	0,99
στα 4000Hz	-	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 2. 4. Τεχνικά χαρακτηριστικά πετροβάμβακα.

2.8.3. Διογκωμένη πολυστερίνη

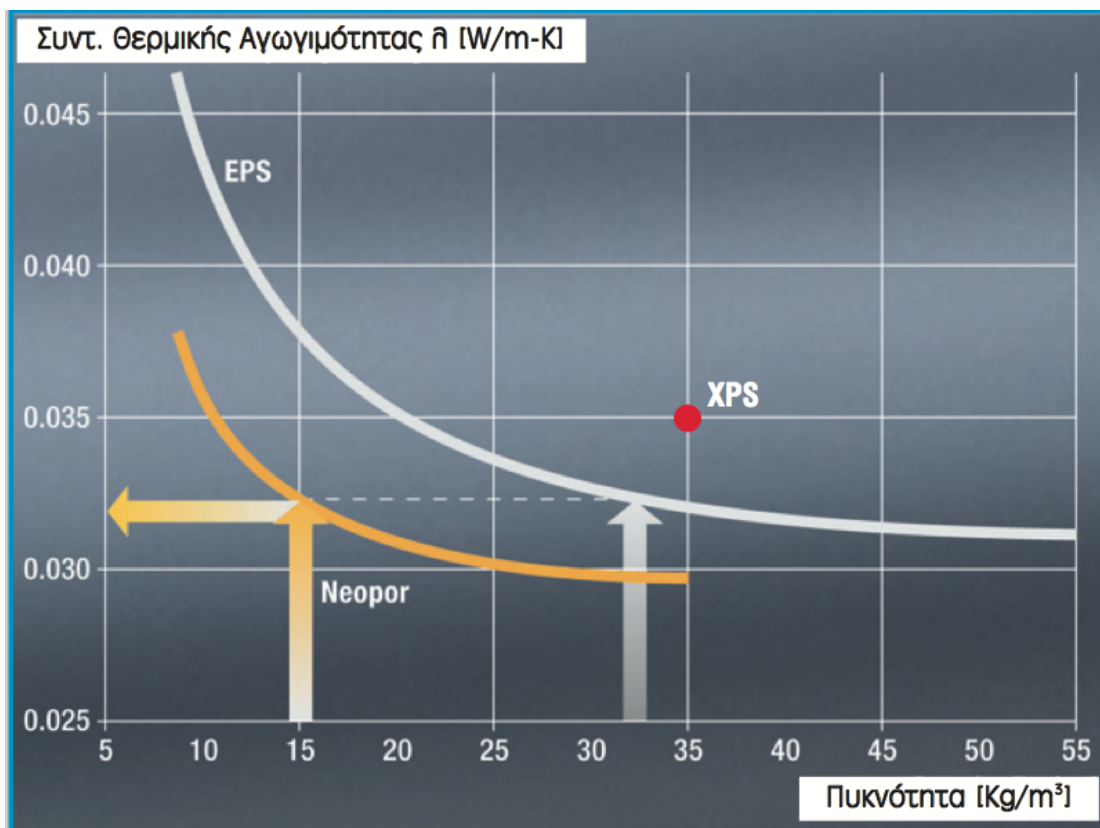


Εικόνα 2. 6. Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης

Η διογκωμένη πολυστερίνη ανήκει στα συνθετικά οργανικά υλικά κυψελωτής δομής. Παράγεται από διόγκωση πολυμερισμού στυρολίου και αποτελείται από 1,5-2% πολυστερίνη και 98-98,5% αέρα(ανάλογα με την πυκνότητα), ο οποίος βρίσκεται εγκλωβισμένος μέσα σε μεγάλο αριθμό κυψελίδων.

Στο εμπόριο συναντάται σε πλάκες, αλλά και σε κόκκους, για εφαρμογές σε τοίχους, τοίχια, πλάκες σκυροδέματος και υπόγεια, ενώ κατά κύριο λόγο χρησιμοποιείται για τη θερμομόνωση δωματίων, τοίχων και πατωμάτων.

Η διογκωμένη πολυστερίνη εμφανίζει ανταγωνιστική θερμομονωτική ικανότητα με τιμές λ που κυμαίνονται στο διάστημα 0,030-0,038 W/m·K, ενώ προσφέρει το πλεονέκτημα της ευκολίας στην τοποθέτηση. Το θερμοκρασιακό εύρος χρήσης είναι περιορισμένο σε σχέση με τον υαλοβάμβακα και τον πετροβάμβακα (-70 °C – 90 °C), ενώ είναι χαμηλής κατάταξης, όσον αφορά στην πυραντοχή της (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, ενώ η μέση περιεχόμενη πρωτογενής ενέργειά της είναι 190 kWh/m³. Αξίζει να σημειωθεί πως τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί και εξελιχθεί ιδιαίτερα η παραγωγή διογκωμένης πολυστερίνης με γραφίτη. Το τελικό προϊόν ονομάζεται Neopor και εμφανίζει βελτιωμένες ιδιότητες, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



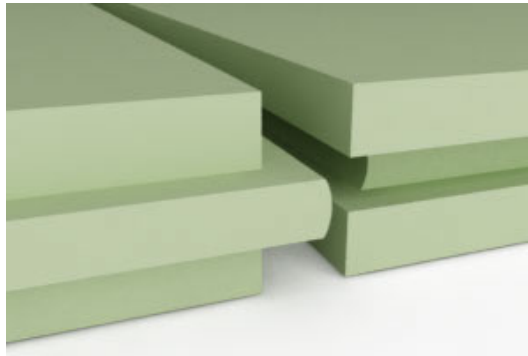
Διάγραμμα 2. 2. Γραφιτούχα διογκωμένη πολυστερίνη(Neopor).

Σε κάθε υλικό η θερμότητα μεταδίδεται μέσω αγωγής, συναγωγής και ακτινοβολίας. Στα υλικά κλειστών κυψελών όπως το Διογκωμένο Πολυστυρένιο (EPS) δεν μπορεί να υπάρξει κίνηση αέρα και με αυτό το τρόπο η μετάδοση θερμότητας με αγωγή ελαχιστοποιείται. Επομένως, στο συμβατικό Διογκωμένο Πολυστυρένιο η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται κυρίως με συναγωγή και ακτινοβολία. Στο Neopor τα μόρια γραφίτη που περιέχονται κατά 3% στη σύνθεσή του λειτουργούν σαν ανακλαστές που εμποδίζουν τη 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 Διογκωμένου Πολυστυρενίου (EPS).

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		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 ²	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 εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία			5	
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2		B1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-			
στα 250Hz	-			
στα 1000Hz	-			
στα 4000Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²			
Δυναμική ακαμνία	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 2.5. Τεχνικά χαρακτηριστικά διογκωμένης πολυστερίνης.

2.8.4. Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη



Εικόνα 2. 7. Πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης

Η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη ανήκει επίσης στα συνθετικά οργανικά υλικά κυψελωτής δομής και αποτελεί συγγενές θερμομονωτικό υλικό της διογκωμένης πολυστερίνης, καθώς έχει όμοια σύσταση, αλλά διαφέρει ως προς τη μέθοδο επεξεργασίας. Εδώ χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη η πολυστερίνη, ως προωθητικό αέριο το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) σε ποσοστό 3-7%, στοιχεία αύξησης της πυραντοχής 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 εταιρίας.

Κατά την παραγωγή της πραγματοποιούνται ταυτόχρονα αφρισμός και εξέλαση, ενώ η δομή της είναι ομοιόμορφη και στη μάζα της υπάρχουν κυψελίδες που της προσδίδουν το θερμομονωτικό της χαρακτήρα.

Παράγεται σε μορφή πλακών με εύρος πυκνοτήτων 30-40 kg/m^3 υπό συνήθεις κατασκευαστικές απαιτήσεις. Διαθέτει καλές θερμομονωτικές ιδιότητες με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας από 0,030 ως 0,038 $\text{W/m}\cdot\text{K}$. Όπως συμβαίνει και με τη διογκωμένη πολυστερίνη, οι τιμές αυτές του λ οφείλονται κατά κύριο λόγο στο μεγάλο ποσοστό του όγκου που αποτελεί το μίγμα αέρα και αερίων (περίπου 95%).

Σημείωση: Κατά την παραγωγή του, το εν λόγω υλικό έχει αισθητά μικρότερο λ , το οποίο αυξάνεται λόγω της εξισορρόπησης του R12 του αερίου μίγματος με τον εξωτερικό αέρα σταδιακά στο χρόνο.

Η εξηλασμένη πολυστερίνη διατηρεί τις μονωτικές της ιδιότητες στο θερμοκρασιακό εύρος από -60°C ως 80°C , ενώ η μέθοδος της εξέλασης που χρησιμοποιείται για την παραγωγή της προσφέρει μεγάλη αντοχή σε εφελκυσμό (0,30-0,35 N/mm^2), σε συμπίεση, σε διάχυση υδρατμών και σε απορρόφηση νερού. Οι τελευταίες 2 ιδιότητες οφείλονται στη δημιουργία κλειστών κυψελίδων κατά τη διαδικασία παραγωγής.

Παρά τη χρήση στοιχείων αύξησης της πυραντοχής, παραμένει χαμηλά στην κατάταξη πυραντοχής, αφού τοποθετείται στις κατηγορίες B1 και B2. Παρουσιάζει ευαισθησία στην προσβολή από τρωκτικά, έντομα, χημικούς διαλύτες και ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι, προτείνεται ο εγκλωβισμός της στο δομικό στοιχείο, ή, αν αυτό δεν είναι εφικτό (π.χ. βελτίωση ενεργειακής απόδοσης υφιστάμενου κτιρίου) η επικάλυψη με κάποιο επίχρισμα. Τέλος, δε διαθέτει αξιόπιστες ηχοαπορροφητικές ιδιότητες.

Σημείωση: Τόσο η διογκωμένη, όσο και η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη ευνοούν τη διαφυγή τοξικών πτητικών αερίων στο περιβάλλον, όπως CFC (χλωροφθοράνθρακες) και πεντανίου(καταστρέφουν τη στοιβάδα του όζοντος και ενισχύουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου). Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της παραγωγής πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα, ώστε να αποφεύγεται η διαρροή στυρενίου, μιας νευροτοξικής ουσίας. Τέλος, σε περίπτωση πυρκαγιάς εκλύονται βρωμιούχα αέρια λόγω των ουσιών που προστίθενται για την καθυστέρηση της φωτιάς.

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	2	2,5/3/4/5	12
Πυκνότητα	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	W/(mK)	0,025	0,032/0,33	0,035
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-60		75
Ιδιότητες υγροπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	80	100/160/200	200
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία			<1	
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2		B1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης				
στα 125Hz	-			
στα 250Hz	-			
στα 1000Hz	-			
στα 4000Hz	-			
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 2.6. Τεχνικά χαρακτηριστικά αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης.

2.8.5. Ξυλόμαλλο



Εικόνα 2. 7. Πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης

Πρόκειται για τεχνητό οργανικό υλικό με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0,15 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ περίπου, το οποίο μπορεί να μειωθεί περαιτέρω με ανόργανα συνδετικά πάχους $d > 25 \text{ mm}$. Παρασκευάζεται από ίνες ξύλου με συνδετικό υλικό τσιμέντο ή καυστική μαγνησία. Παρουσιάζει μεγάλη μηχανική αντοχή και μπορεί να αποτελέσει παραμένοντα ξυλότυπο, ενώ σοβατίζεται και απευθείας. Είναι άκαυστο και οι ιδιότητες του διατηρούνται με την άνοδο της θερμοκρασίας, αλλά είναι διαπερατό από την υγρασία κάτι που όμως δεν επηρεάζει πολύ τις ιδιότητες του. Πρέπει να προστατεύεται από το νερό, γι' αυτό δεν είναι κατάλληλο για λύσεις εξωτερικής θερμομόνωσης εκτός εάν λαμβάνονται μέτρα προστασίας. Στην περίπτωση όμως που χρησιμοποιείται ως παραμένον ξυλότυπος, δεν χρειάζεται προστασία από την υγρασία πέρα από το σοβάτισμα των επιφανειών που βρίσκονται σε εξωτερικό χώρο. Το ξυλόμαλλο φθείρεται αργά με το χρόνο, δεν επηρεάζεται από υδρογονάνθρακες, προσβάλλεται όμως από έντομα. Έχει πολύ καλές ηχομονωτικές ιδιότητες.

Βρίσκεται σε 3 εμπορικούς τύπους:

i. Ελαφρές πλάκες από ξυλόμαλλο (HWL)

Είναι γνωστές με την εμπορική ονομασία Heraklith. Πρόκειται για συμπαγείς ελαφρές πλάκες από ξυλόμαλλο και χρησιμοποιούνται ως θερμομονωτικό και ηχομονωτικό υλικό. Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιούνται μεγάλες ίνες ξυλόμαλλου από μη επεξεργασμένο ξύλο και τσιμέντο ή, αντί του τσιμέντου, καυστικό οξείδιο του μαγνησίου. Όταν χρησιμοποιείται το τσιμέντο ως συνδετικό υλικό, μπορεί να προστεθεί χλώριο μέχρι περιεκτικότητας 0,35%.

Όλα τα υλικά στα οποία ανήκει και το Heraklith δεν παρουσιάζουν προβλήματα για την υγεία των κατοίκων ενός κτηρίου. Καίγονται δύσκολα σε περίπτωση πυρκαγιάς και δεν απελευθερώνουν τοξικές ουσίες. Παρουσιάζουν μικρή, όμως αγωγιμότητα στα ηλεκτρικά πεδία, εξαιτίας του τσιμέντου.

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά στοιχεία		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	1,5	3/3,5/4/4,5/5	10
Πυκνότητα	kg/m ³	360		570
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²			
Όριο θραύσης	N/mm ²			
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²	0,15		0,2
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ_R στους 10°C ¹	W/(mK)	0,055		0,065
Εύρος χρήσεως Min/Max	°C			250
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών		5		10
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία			6	
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής			B1	
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz			0,17	
στα 250Hz			0,22	
στα 1000Hz			0,78	
στα 4000Hz			0,65	
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²			
Δυναμική ακαμνία	MN/m ³			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος		>75	
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες			ναι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/kg		65	

Πίνακας 2.7. Τεχνικά χαρακτηριστικά ξυλόμαλλου(Heraklith)

ii. Σύνθετες πλάκες από ξυλόμαλλο και διογκωμένη πολυστερίνη(HS-ML)

Με εμπορική ονομασία Heratekta, πρόκειται για σύνθετες πλάκες, οι οποίες αποτελούνται από τρεις στρώσεις. Οι δυο εξωτερικές είναι πλάκες από ξυλόμαλλο και η ενδιάμεση είναι διογκωμένη πολυστερίνη. Χρησιμοποιείται σε αυξημένες απαιτήσεις θερμομόνωσης.

iii. Σύνθετες πλάκες από ξυλόμαλλο και πετροβάμβακα(Min-ML)

Οι προκατασκευασμένες πολυστρωματικές πλάκες από ορυκτές ίνες κυκλοφορούν στο εμπόριο με την εμπορική ονομασία Tektalan και αποτελούνται από ένα στρώμα μονωτικού ορυκτοβάμβακα και δυο επιφάνειες από ορυκτό συνδετικό ξυλόμαλλο, τα οποία περιλαμβάνουν τον ορυκτοβάμβακα.

2.8.6. Άλλα θερμομονωτικά υλικά

Οι παραπάνω κατηγορίες θερμομονωτικών υλικών καταλαμβάνουν τη μερίδα του λέοντος στην ελληνική αγορά. Παρ'όλα αυτά, υπάρχει πληθώρα θερμομονωτικών υλικών, τα οποία αξίζει να αναφερθούν στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας.

2.8.6.1. Αφρός πολυουρεθάνης

Ανήκει στην κατηγορία των σκληρών αφρωδών θερμομονωτικών υλικών. Είναι τεχνητό οργανικό υλικό, το οποίο παρασκευάζεται με τη βοήθεια καταλυτών και προωθητικών μέσων, μέσω της χημικής αντίδρασης των πολυϊσοκυανικών ενώσεων και ακολούθως διογκώνεται. Η αντίδραση είναι ισχυρώς εξώθερμη και η παραγόμενη θερμότητα χρησιμοποιείται για την εξάτμιση ενός υγρού που αποτελεί το «μέσο διόγκωσης». Ο υδρογονάνθρακας που συνήθως χρησιμοποιείται σαν μέσο διόγκωσης, στην αέρια κατάσταση παρουσιάζει πολύ μικρή θερμική αγωγιμότητα και στην πυκνότητα αφρού των 30 - 40 kg/m³ που συνήθως είναι ο μονωτικός αφρός αποτελείται κατά 97% από αέριο. Έτσι εξηγείται και η υψηλή θερμομονωτική ικανότητα του εν λόγω υλικού.

Ο αφρός πολυουρεθάνης αποτελούσε το θερμομονωτικό υλικό με το χαμηλότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ($\lambda = 0,02 \text{ W/m}\cdot\text{K}$). Παρ'όλα αυτά, η δια νόμου αντικατάσταση του χλωροφθοράνθρακα FCKW με πεντάνιο ως προωθητικού μέσου από το 1995 και έπειτα αύξησε αυτή την τιμή του λ , το οποίο τώρα βρίσκεται στο εύρος 0,023-0,030 W/mK κατά την τοποθέτησή του στην οικοδομή και για πυκνότητα της τάξης των 40 kg/m³, ενώ με την πάροδο του χρόνου αυξάνεται στα επίπεδα των υπόλοιπων αφρωδών θερμομονωτικών υλικών αντίστοιχης πυκνότητας.

2.8.6.2. Διογκωμένος φελλός

Πρόκειται για φυσικό οργανικό υλικό που προέρχεται από τον φλοιό του φελλοδρύ (φύεται στην Πορτογαλία, Ιαπωνία, Αλγερία, κ.ά.). Ο φυσικός φελλός γίνεται μαλακός (και ελαστικός) με βρασμό. Χρησιμοποιείται διαμορφωμένος σε φύλλα, πλάκες ή σε κυλίνδρους. Είναι υλικό ελαφρύ, επιπλέει στο νερό, έχει μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, με τιμή $\lambda = 0,042 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ και παρουσιάζει σημαντική αντοχή στη σήψη. Δεν καίγεται αλλά απανθρακώνεται, είναι άφθαρτος από το χρόνο, προσβάλλεται από τρωκτικά αλλά όχι από έντομα, ενώ τέλος έχει άριστες ηχομονωτικές ιδιότητες. Τις μονωτικές του ιδιότητες ο φελλός τις οφείλει σε μικρούς πόρους (κύστες ή κυψελίδες) που αποτελούν κλειστούς χώρους αέρα, που έχουν πολύ στερεά τοιχώματα, δύσκολα διαπερατά από νερό και κυκλοφορούντα αέρα. Παρόλο που είναι αδιάβροχο, πρέπει να προστατεύεται από την υγρασία για την αποφυγή της σήψης. Έχει μεγάλη συμπιεστότητα και ελαστικότητα και μεγάλη αντοχή σε αραιά διαλύματα οξέων.

Με συμπίεση του φελλού παράγεται ο συμπιεσμένος φελλός, ο οποίος είναι τεχνητό οργανικό υλικό. Εξαιτίας της συμπίεσης αυξάνεται η μηχανική αντοχή καθώς και το ειδικό βάρος ενώ παράλληλα επιτυγχάνεται καλύτερη συμπεριφορά στην υγρασία, έναντι του κινδύνου σήψης. Ωστόσο μειώνεται η ικανότητα θερμομόνωσης σε σχέση με τον ασυμπιεστο φελλό, όπως φαίνεται και από την τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ($\lambda = 0,1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), καθώς επίσης και η ικανότητα ηχομονωτικής δράσης. Οι υπόλοιπες ιδιότητες του διατηρούνται σταθερές, ίδιες με τις ιδιότητες του ασυμπιεστού φελλού, ενώ τέλος στο εμπόριο προσφέρεται σε μορφή πλακών.

2.8.6.3. Αφρώδες γυαλί

Ανήκει στην κατηγορία των ανόργανων υλικών κυψελωτής δομής. Χρησιμοποιείται για εξειδικευμένες εφαρμογές, ενώ τα βασικά συστατικά του είναι φυσικά υλικά, όπως η άμμος, ο δολομίτης και το ανθρακικό νάτριο. Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας κυμαίνεται από 0,040 ως 0,052 $\text{W/m}\cdot\text{K}$.

Εκτός της θερμομόνωσης, χρησιμοποιείται και σε βιομηχανικές και τεχνικές εφαρμογές, όπως μόνωση υψηλής θερμοκρασίας και σωλήνων.

2.8.6.4. Βαμβάκι

Το βαμβακόμαλλο εντάσσεται στα υλικά φυτικής προέλευσης («οικολογικά»). Πρόκειται για ένα ινώδες μονωτικό υλικό από φυτικές ίνες, οι οποίες είναι βιοδιασπώμενες και απαιτείται η προσθήκη και άλλων ουσιών, έτσι ώστε να αυξηθεί η πυραντοχή τους. Κατά συνέπεια, η τελική σύσταση του υλικού είναι 97% ακατέργαστο βαμβακόμαλλο και 3% βορικό άλας, ενώ ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας κυμαίνεται στο 0,040 $\text{W/m}\cdot\text{K}$.

Διατίθεται σε πλάκες διαφόρων παχών, όπως επίσης και σε «μαλλί» για μόνωση σωλήνων. Κύρια εφαρμογή βρίσκει σε θερμομόνωση και ηχομόνωση οικιακών συσκευών, όπως επίσης και στην αυτοκινητοβιομηχανία.

2.8.6.5. Μαλλί προβάτου

Το μαλλί προβάτου ανήκει στα οργανικά ινώδη υλικά. Παράγεται με χρήση μαλλιού προβάτου και διατίθεται σε μορφή πλακών για τη μόνωση σωλήνων και ως ηχοαπορροφητικά πετάσματα για λόγους ηχομόνωσης.

3. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ TEE- KENAK

Το Λογισμικό TEE-KENAK αναπτύχθηκε από την Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας, του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στα πλαίσια του προγράμματος συνεργασίας με το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ). Αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο για τους μηχανικούς για την ενεργειακή μελέτη και πιστοποίηση των κτιρίων, την επιθεώρηση λεβήτων, εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού.

Το λογισμικό αυτό εφαρμόζει τους απαραίτητους αλγόριθμους για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων στην Ελλάδα, βασιζόμενο στην μεθοδολογία Ευρωπαϊκών προτύπων (ΕΛΟΤ EN ISO 13790, κ.α.) καθώς και στα σχετικά εθνικά πρότυπα και στις αντίστοιχες Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Ειδικά για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων, εφαρμόζεται η μέθοδος ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του Ευρωπαϊκού Προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790, και των υπολοίπων σχετικών προτύπων.

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 κτιρίου. Τα δεδομένα και τα αποτελέσματα των υπολογισμών, εκτυπώνονται σε αντίστοιχες αναφορές του λογισμικού.

Το λογισμικό TEE-KENAK χρησιμοποιείται για την διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης, προκειμένου για τον υπολογισμό ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξη των κτιρίων, με σκοπό την έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης - ΠΕΑ. Επίσης χρησιμοποιείται στο στάδιο σύνταξης και υποβολής Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης και μόνο για τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου, προκειμένου να υπάρχει κοινή μεθοδολογία και αντιστοιχία των αποτελεσμάτων της μελέτης με εκείνα της ενεργειακής επιθεώρησης μετά την ολοκλήρωση κατασκευής του κτιρίου.

Αξίζει να σημειωθεί πως αποτελείται από 5 επιμέρους λογισμικά, τα οποία έχουν παρεμφερείς μάσκες εισαγωγής δεδομένων και είναι δομημένα σε περιβάλλον παραθύρων:

1. Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίου
2. Ενεργειακή Μελέτη
3. Ενεργειακή Επιθεώρηση Λέβητα
4. Ενεργειακή Επιθεώρηση Εγκατάστασης Θέρμανσης
5. Ενεργειακή Επιθεώρηση Εγκατάστασης Κλιματισμού

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας θα χρησιμοποιηθεί το λογισμικό «ΤΕΕ-KENAK Ενεργειακή Μελέτη».

3.1 ΤΕΕ-KENAK ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

Το λογισμικό “ΤΕΕ-KENAK ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΩΝ” χρησιμοποιείται για τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. Καθοδηγεί το μελετητή με συγκεκριμένα βήματα, ζητώντας την καταχώρηση όλων των απαραίτητων παραμέτρων για το συνολικό υπολογισμό. Οι παράμετροι που ζητούνται χωρίζονται σε 2 βασικές κατηγορίες:

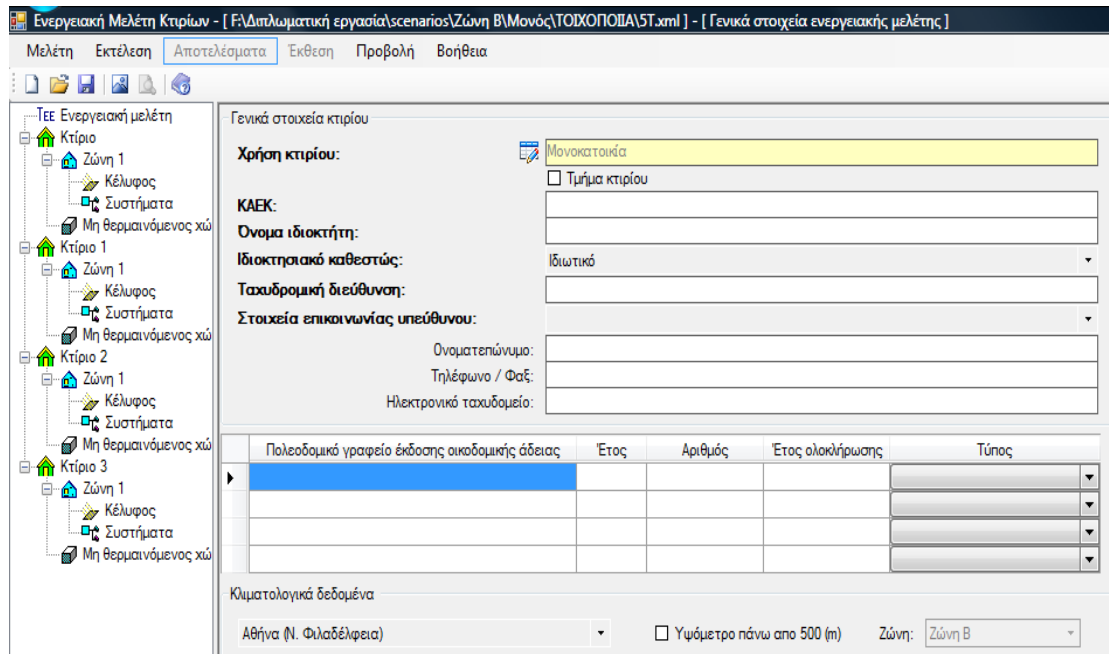
- i. αυτές που υπολογίζονται από τον ίδιο το μελετητή, είτε με μέτρηση, είτε μέσα από τύπους, είτε μέσα από πίνακες (π.χ. συντελεστές θερμοπερατότητας, συντελεστές σκίασης κ.α.)
- ii. αυτές που καταχωρούνται αυτόματα στο σύστημα με τον ορισμό της χρήσης της ζώνης (π.χ. εσωτερικές συνθήκες, συνθήκες περιβάλλοντος κ.λ.π.)

Με την ολοκλήρωση της εισαγωγής των δεδομένων και την εκτέλεση του προγράμματος δημιουργείται αυτόματα το κτίριο αναφοράς και γίνεται η σύγκριση με το υπό εξέταση κτίριο.

Σημείωση: Εκτός από το υπάρχον κτίριο, υπάρχει η δυνατότητα σχεδιασμού μέχρι και τριών ακόμη σεναρίων-κτιρίων, όπου μας δίνεται η δυνατότητα να εκτιμήσουμε τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και κατάταξης που μπορεί να έχουν συγκεκριμένες επεμβάσεις, όπως π.χ. εξωτερική θερμομόνωση (δηλαδή μείωση των συντελεστών θερμοπερατότητας), τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών κ.α.

3.2 ΜΑΣΚΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η μάσκα εισαγωγής δεδομένων χωρίζεται σε 2 μέρη.



Εικόνα 3. 1. Μάσκα εισαγωγής δεδομένων.

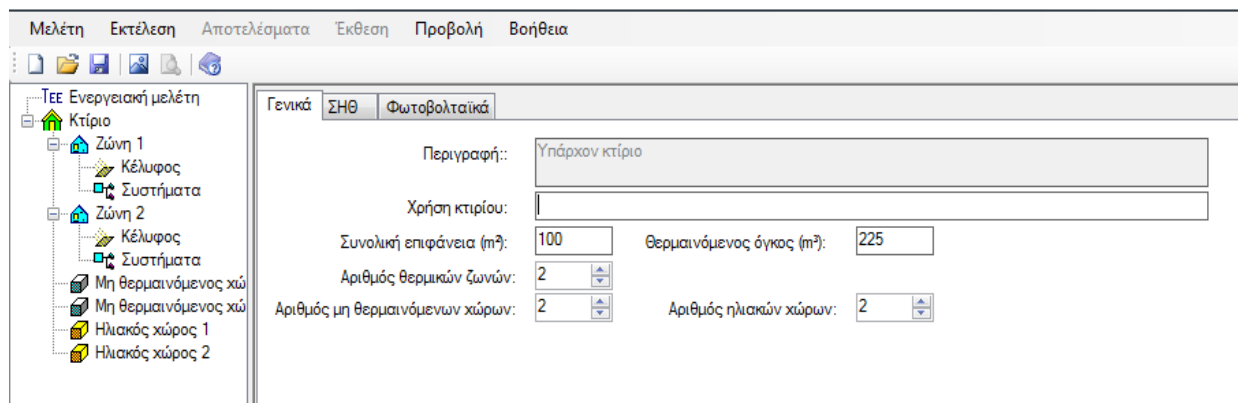
Στο αριστερό τμήμα της οθόνης βρίσκεται κάθε κτίριο, καθώς και οι επιμέρους ζώνες ή εν γένει τα τμήματα, στα οποία χωρίζεται. Τα τμήματα αυτά είναι το κέλυφος και τα συστήματα.

Στο δεξιό τμήμα, ανάλογα με το στοιχείο που επιλέχθηκε εμφανίζεται και η αντίστοιχη οθόνη, όπου καταχωρούνται όλες οι παράμετροι.

3.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στην οθόνη ΤΕΕ Ενεργειακή Μελέτη/Γενικά στοιχεία κτιρίου συμπληρώνεται η χρήση του κτιρίου, όπως επίσης και την περιοχή στην οποία βρίσκεται. Κατά αυτόν τον τρόπο αναγνωρίζονται οι εσωτερικές και εξωτερικές συνθήκες.

Στην οθόνη Κτίριο συμπληρώνονται κάποια βασικά δεδομένα, όπως φαίνονται στην παρακάτω εικόνα(συνολική επιφάνεια σε m^2 , αριθμός θερμικών ζωνών, αριθμός ηλιακών χώρων κ.α.). Έτσι, διαμορφώνεται το «δένδρο» του κτιρίου και κάθε επιμέρους στοιχείο του ζητά την καταγραφή των αντίστοιχων παραμέτρων.



Εικόνα 3. 2. Εισαγωγή δεδομένων- δένδρο κτιρίου.

Για κάθε κτίριο, ο χρήστης πρέπει να ορίσει:

1. Τουλάχιστον μία θερμική ζώνη.
2. Κανένα ή περισσότερους μη-θερμαινόμενους χώρους.
3. Κανένα ή περισσότερους ηλιακούς χώρους.
4. Κανένα ή περισσότερα συστήματα Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ).
5. Κανένα ή περισσότερα φωτοβολταϊκά συστήματα.

Για κάθε θερμική ζώνη ο χρήστης ορίζει τα εξής:

- Καμία ή περισσότερες εσωτερικές διαχωριστικές επιφάνειες.
- Ένα ή περισσότερα συστήματα θέρμανσης.
- Ένα ή περισσότερα συστήματα ψύξης.
- Ένα ή περισσότερα συστήματα ZNX.
- Μία ή περισσότερες ΚΚΜ (Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες) (για κτίρια του τριτογενή τομέα), καμία ή περισσότερες ΚΚΜ (για κτίρια του οικιακού τομέα).
- Ένα σύστημα φωτισμού (για κτίρια του τριτογενή τομέα).

Τέλος, για κάθε σύστημα θέρμανσης/ψύξης/ύγρανσης/ZNX που ορίζεται ανά θερμική ζώνη, θα πρέπει να οριστούν:

- Ένα ή περισσότερα συστήματα παραγωγής (π.χ. λέβητας, αντλία θερμότητας).

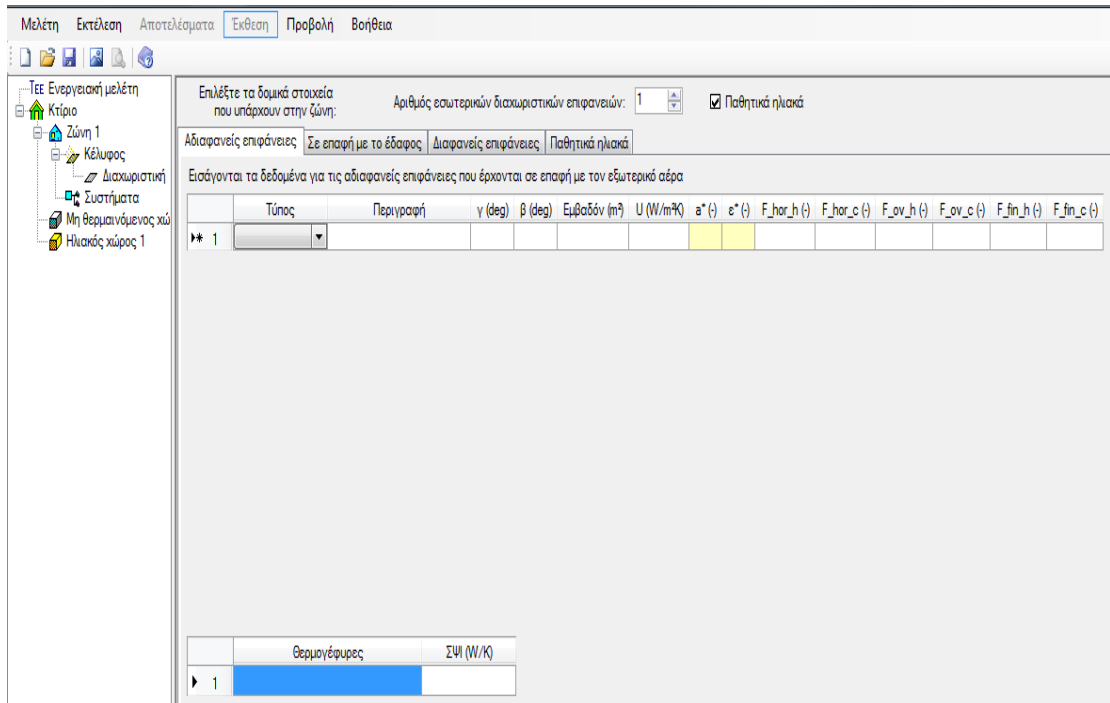
- Ένα σύστημα διανομής. Αν υπάρχουν περισσότερα συστήματα (κλάδοι διανομής) εισάγονται οι αντίστοιχοι σταθμισμένοι παράμετροι για το σύστημα διανομής.
- Ένα σύστημα εκπομπής. Αν υπάρχουν περισσότερα συστήματα εκπομπής (π.χ. σώματα καλοριφέρ ή στοιχεία μονάδας ανεμιστήρα), εισάγονται οι αντίστοιχοι σταθμισμένοι παράμετροι για το σύστημα εκπομπής.
- Ένα ή περισσότερα βοηθητικά συστήματα (π.χ. κυκλοφορητές, ανεμιστήρες, κ.α.).

3.3.1. Δεδομένα θερμικής ζώνης

Για να συμπληρωθούν τα στοιχεία της κάθε θερμικής ζώνης που έχει το κτίριο, ζητούνται κατ'αρχήν κάποια γενικά στοιχεία, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

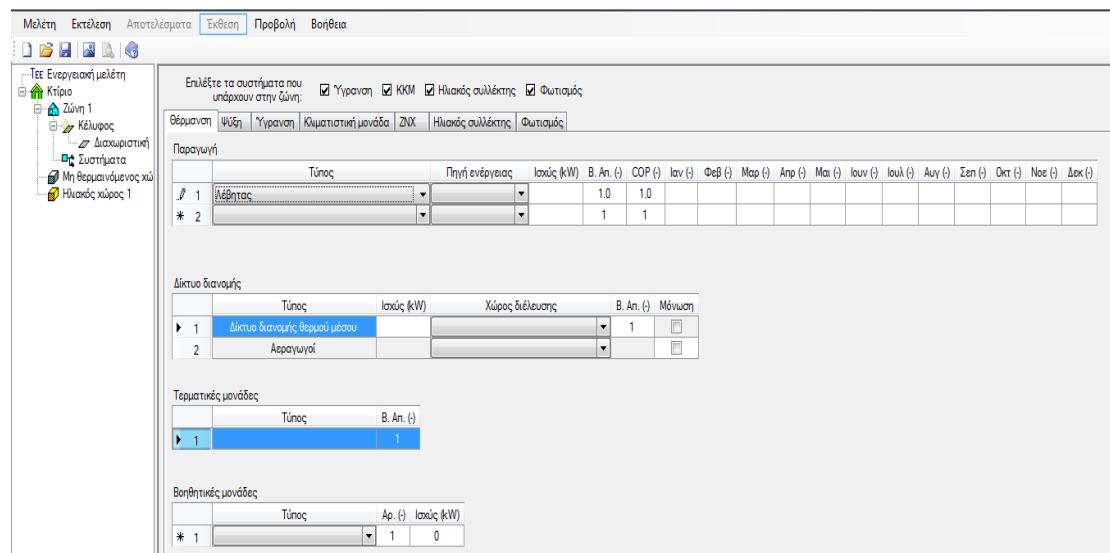
Εικόνα 3. 3. Γενικά στοιχεία θερμικής ζώνης.

Αναφορικά με το κέλυφος της, ζητούνται αναλυτικά τα δεδομένα που αφορούν όλες τις αδιαφανείς και διαφανείς επιφάνειες, αυτές που βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος, αλλά και τις διαχωριστικές. Επίσης, ορίζονται τα παθητικά ηλιακά συστήματα που υπάρχουν.



Εικόνα 3. 4. Οθόνη κελύφους θερμικής ζώνης.

Αναφορικά με τα συστήματα που υπάρχουν, ζητείται ο τύπος που υπάρχει για κάθε κατηγορία στην αντίστοιχη θερμική ζώνη(ψύξη, θέρμανση, ύγρανση, κλιματιστική μονάδα, ZNX) και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του καθενός (παραγωγή, δίκτυο διανομής κλπ.).



Εικόνα 3. 5. Οθόνη συστημάτων θερμικής ζώνης.

3.3.2. Δεδομένα μη- θερμαινόμενου ή ηλιακού χώρου

Για το μη- θερμαινόμενο, όπως επίσης και για τον ηλιακό χώρο ζητούνται- κατά αντιστοιχία με το κέλυφος- η συνολική επιφάνεια, η διεύθυνση αέρα, όπως επίσης και το σύνολο των αδιαφανών, των διαφανών και των επιφανειών σε επαφή με το έδαφος, με όλα τους τα τεχνικά χαρακτηριστικά.

Μελέτη Εκτύπωση Αποτελέσματα Εκτύπωση Προβολή Βοήθεια

Τε Εισαγωγή μελέτη

Κτίριο

Ζώνη 1

Κέλυφος

Διαχωριστική

Συστήματα

μη θερμαινόμενος χώρος

Ηλιακός χώρος 1

Γενικά

Συνολική επιφάνεια (m²): Διεύθυνση αέρα (m²/h):

Αδιαφανείς επιφάνειες

	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	U (W/m ² K)	α* (°)	ε* (°)	F _{hor,h} (h)	F _{hor,c} (h)	F _{ov,h} (h)	F _{ov,c} (h)	F _{fn,h} (h)	F _{fn,c} (h)
* 1														

Διαφανείς επιφάνειες

	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανόγματος	U (W/m ² K)	α _w (°)	F _{hor,h} (h)	F _{hor,c} (h)	F _{ov,h} (h)	F _{ov,c} (h)	F _{fn,h} (h)	F _{fn,c} (h)
* 1	Κούφωμα													

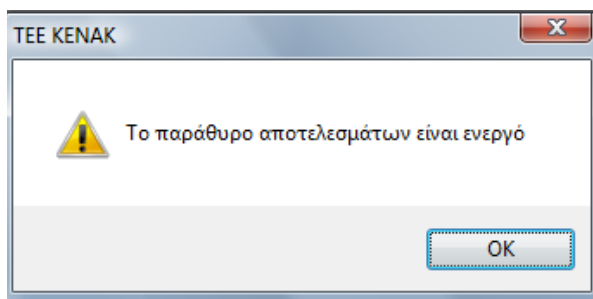
Σε επαφή με το έδαφος

	Τύπος	Περιγραφή	Εμβαδόν (m ²)	U (W/m ² K)	Κ. Βάθος (m)	Α. Βάθος (m)	Περίμετρος (m)
* 1							

Εικόνα 3. 6. Οθόνη μη-θερμαινόμενου ή ηλιακού χώρου.

3.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αφού συμπληρωθούν όλα τα παραπάνω δεδομένα, το λογισμικό είναι έτοιμο να εκτελέσει το πρόγραμμα με τη σχετική εντολή στον πίνακα εντολών του προγράμματος. Αν έχουν συμπληρωθεί όλες οι απαραίτητες παράμετροι, παρουσιάζεται το σχετικό μήνυμα:

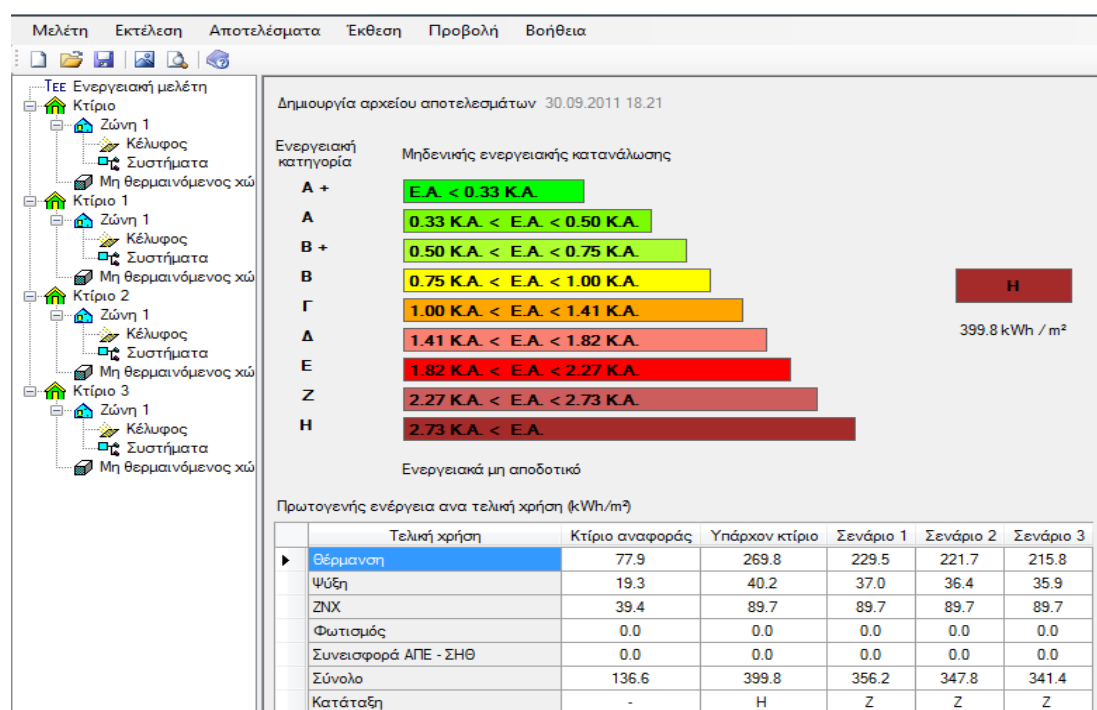


Εικόνα 3. 7. Παράθυρο επιτυχούς καταχώρησης δεδομένων.

Τα αποτελέσματα είναι διαθέσιμα στην εντολή “Αποτελέσματα” και μας δίνουν 3 κατηγορίες αποτελεσμάτων:

1. Ενεργειακή κατάταξη
2. Απαιτήσεις- Κατανάλωση
3. Οικονομοτεχνική ανάλυση

3.4.1. Ενεργειακή κατάταξη



Εικόνα 3. 8. Οθόνη ενεργειακής κατάταξης και πρωτογενούς ενέργειας.

Σε αυτήν την κατηγορία εμφανίζεται η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου ή των κτιρίων που προσομοιώθηκαν. Εκτός από αυτό, όμως, δίνεται και ένας αναλυτικός πίνακας με τις επιμέρους καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση (θέρμανση, ψύξη, ΖΝΧ, φωτισμός, Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ) όλα τα κτίρια, συμπεριλαμβανομένου και του κτιρίου αναφοράς.

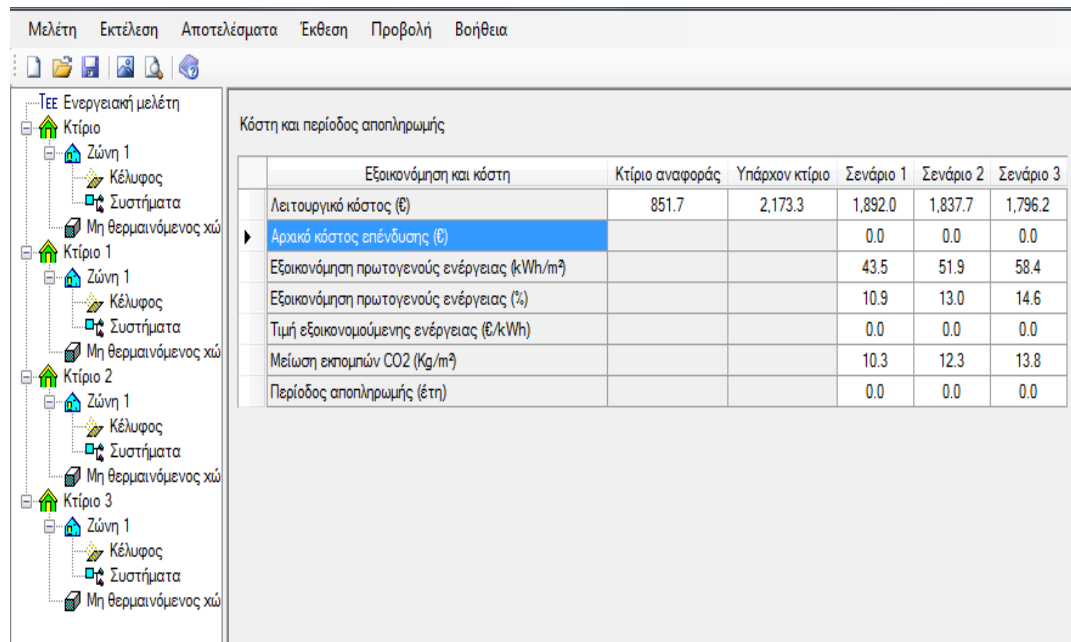
3.4.2. Απαιτήσεις- Κατανάλωση

Υπάρχον κτίριο													
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)													
	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
Θέρμανση	33.7	28.9	24.3	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.2	27.3	132.1
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	11.6	26.1	24.8	3.1	0.0	0.0	0.0	67.4
Υγρανση	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ZNX	2.9	2.6	2.9	2.8	2.9	2.8	2.9	2.9	2.8	2.9	2.8	2.9	33.7
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)													
	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
Θέρμανση	60.4	51.8	43.6	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.7	48.9	236.8
Ηλεκτρική ενέργεια για θέρμανση χώρων	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	2.4	5.4	5.1	0.3	0.0	0.0	0.0	13.3
ZNX	2.6	2.4	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	30.9
Ηλεκτρική ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο	63.1	54.2	46.2	11.0	2.8	4.9	8.0	7.7	2.9	2.6	26.3	51.5	281.1
Πηγή ενέργειας													
	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)		Εκπομπές CO2 (kg/m ²)										
Ηλεκτρισμός	43.4		42.9										
Πετρέλαιο	237.7		62.8										
Φυσικό αέριο	0.0		0.0										
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0.0		0.0										
Ηλιακή	0.0		0.0										
Βιομάζα	0.0		0.0										
Γεωθερμία	0.0		0.0										
Άλλο ΑΠΕ	0.0		0.0										
Σύνολο	281.1		105.7										

Εικόνα 3. 9. Οθόνη Απαιτήσεων- Κατανάλωσης.

Σε αυτή την οθόνη παρατίθενται αναλυτικά και για όλα τα κτίρια, μαζί με το κτίριο αναφοράς, οι ενεργειακές απαιτήσεις και η ενεργειακή κατανάλωση ανά τελική χρήση, αλλά και ανά μήνα, όπως επίσης και η κατανάλωση καυσίμου και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για κάθε πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται, αλλά και συνολικά.

3.4.3. Οικονομοτεχνική ανάλυση



Εικόνα 3. 10. Οθόνη Οικονομοτεχνικής Ανάλυσης.

Η οικονομοτεχνική ανάλυση στο λογισμικό TEE-KENAK βασίζεται στο μοντέλο της απλής περιόδου αποπληρωμής και μας δίνει τα λειτουργικά κόστη για το κτίριο αναφοράς και το υπάρχον κτίριο. Στην περίπτωση που έχουμε “τρέξει” εναλλακτικά σενάρια κτιρίων, υπολογίζεται η εξοικονόμηση ενέργειας, η μείωση εκπομπών CO₂ και η περίοδος αποπληρωμής των επεμβάσεων που έγιναν στα υπόλοιπα σενάρια μας.

4. ΘΕΩΡΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

4.1 ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΑΠΟΦΑΣΗΣ

Θεωρούμε ότι αντιμετωπίζουμε ένα πρόβλημα απόφασης όταν, από ένα σύνολο δυνατών εναλλακτικών προτάσεων καλούμαστε να επιλέξουμε μία, τη βέλτιστη. Ο χαρακτηρισμός της βέλτιστης προκύπτει από προκαθορισμένα κριτήρια. Ως απόφαση χαρακτηρίζουμε την τελική επιλογή, αν και συχνά οι εναλλακτικές λύσεις ή πορείες αναφέρονται και ως εναλλακτικές αποφάσεις.

4.2 ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΑΞΙΑ ΧΡΗΜΑΤΟΣ

Επένδυση ονομάζεται η μετατροπή του χρήματος σε πραγματικό κεφάλαιο. Παραδείγματα επένδυσης αποτελούν η κατασκευή ενός αυτοκινητοδρόμου, η κατασκευή μιας μονάδας επεξεργασίας αποβλήτων ή ακόμα και η τοποθέτηση θερμομόνωσης για εξοικονόμηση ενέργειας.

Στόχος κάθε επένδυσης είναι η μεγιστοποίηση των ωφελειών που θα προκύψουν από αυτή σε επόμενη χρονική περίοδο. Ως συμφέρουσα μπορεί να θεωρηθεί μια επένδυση, η οποία αποδίδει στον επενδυτή ένα όφελος ή μια ικανοποίηση τουλάχιστον ισοδύναμη με την ικανοποίηση που του προσφέρει η παρούσα χρήση του χρήματος. Βέβαια, το όφελος από μια επένδυση μπορεί να προκύψει μόνο μελλοντικά.

Γενικά, είναι αποδεκτό ότι μια μονάδα χρήματος έχει μεγαλύτερη αξία τώρα απ'ότι στο μέλλον. Δεδομένου ότι το χρήμα έχει ευκαιριακό κόστος, χρήματα τώρα αξίζουν περισσότερο από χρήματα αργότερα, ακόμα και όταν δεν υπάρχει πληθωρισμός. Προκειμένου, λοιπόν, να είναι δυνατή η σύγκριση ποσό που ανακύπτουν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, επιβάλλεται η χρήση ενός μηχανισμού, μέσω του οποίου θα γίνεται αναγωγή ενός ποσού από μια χρονική στιγμή σε μια άλλη. Η διαχρονική αυτή αναγωγή γίνεται με βάση απλές μαθηματικές εκφράσεις, τους τύπους αναγωγής ή τύπους επικαιροποίησης.

Βασική προϋπόθεση χρήσης αυτών των τύπων είναι η ύπαρξη ενός μέτρου της διαχρονικής αξίας του χρήματος. Το μέτρο αυτό ονομάζεται συντελεστής επικαιροποίησης (Σ.Ε) και εκφράζεται σε ποσοστό επί τοις εκατό(%) ανά χρονική περίοδο ανατοκισμού. Επιπλέον, μπορεί να αναφερθεί και ως επιτόκιο προεξόφλησης ή επιτόκιο αναγωγής.

4.3 ΤΑΜΕΙΑΚΗ ΡΟΗ ΚΑΙ Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑΣ

Κάθε οικονομική δραστηριότητα χαρακτηρίζεται από μια διαχρονική ακολουθία εσόδων και εξόδων, η οποία ονομάζεται ροή μετρητών (cash flow) ή ταμειακή ροή της δραστηριότητας.

Όπως ανφέρθηκε, συγκριτική αξιολόγηση δραστηριοτήτων απαιτεί τη μετατροπή χρηματικών ποσών που ανακύπτουν σε μια περίοδο σε ισοδύναμα ποσά άλλων περιόδων. Για αυτό το λόγο ορίζονται τα μεγέθη με σύμβολα P, F, R και r ως εξής: ένα χρηματικό ποσό P, το οποίο είναι τώρα διαθέσιμο προς επένδυση, ισοδυναμεί με ένα ποσό F, το οποίο ανακύπτει έπειτα από N περιόδους ανατοκισμού και με συντελεστή επικαιροποίησης r. Επιπλέον, το ποσό P είναι ισοδύναμο με μια σειρά από ποσά, καθένα από τα οποία είναι ίσο με R, που ανακύπτουν ένα-ένα στο τέλος καθεμιάς από τις περιόδους ανατοκισμού.

4.3.1. Ισοδυναμία παρούσας αξίας με μελλοντική αξία

Έστω ότι δίνεται στον παρόντα χρόνο ένα χρηματικό ποσό Π και ζητείται να υπολογιστεί το ισοδύναμο ποσό Φ έπειτα από N περιόδους ανατοκισμού, με συντελεστή επικαιροποίησης r% ανά περίοδο ανατοκισμού.

Τα ισοδύναμα ποσα στο τέλος κάθε περιόδου έχουν ως εξής:

Τέλος 1 ^{ης} περιόδου	$\Phi^1 = \Pi + \Pi r = \Pi(1+r)$
Τέλος 2 ^{ης} περιόδου	$\Phi^2 = \Pi(1+r) + [\Pi(1+r)]r = \Pi(1+r)^2$
Τέλος N ^{ης} περιόδου	$\Phi^N = \Pi(1+r)^N$

Ο συντελεστής $(1+r)^N$ ονομάζεται συντελεστής κεφαλαιοποίησης ή ανατοκισμού και συμβολίζεται με $(F/P)_r^N$. Έτσι, η τελική εξίσωση ισοδυναμίας δίνεται ως εξής:

$$\Phi = \Pi \times (F/P)_r^N$$

Αντίστροφα, ένα χρηματικό ποσό Φ που προκύπτει έπειτα από N περιόδους ανατοκισμού έχει παρούσα αξία Π, σύμφωνα με τον τύπο:

$$\Pi = \Phi \times \left(\frac{1}{1+r}\right)^N = \Phi \times (P/F)_r^N$$

4.3.2. Ισοδυναμία παρούσας αξίας και μελλοντικής αξίας με ακολουθία ποσών

Έστω ότι στο τέλος καθεμιάς από N περιόδους αποδίδεται από μια επένδυση ένα ποσό E . Το επιτόκιο αναγωγής είναι $r\%$ ανά περίοδο. Για να υπολογίσουμε το ποσό Φ που ισοδυναμεί με την ακολουθία των ποσών E ύστερα από N περιόδους ανατοκισμού, κάνουμε την παρακάτω ανάλυση:

Έστω ότι στο τέλος της $N^{\text{ης}}$ περιόδου η ισοδύναμη αξία του ποσού E που αποδίδεται στο τέλος της $k^{\text{ης}}$ περιόδου είναι Φ^k . Θα έχουμε λοιπόν τα παρακάτω ποσά:

$$\Phi^1 = E \times (1+r)^{N-1}$$

$$\Phi^2 = E \times (1+r)^{N-2}$$

.

.

.

.

$$\Phi^{N-1} = E \times (1+r)$$

$$\Phi^N = E$$

Άρα, το συνολικό ποσό Φ στο τέλος της N ης περιόδου θα είναι:

$$\Phi = \sum_{k=0}^{N-1} E \times (1+r)^k = E \times \left[\frac{(1+r)^N - 1}{r} \right] \Rightarrow$$

$$\Phi = E \times (F/R)_r^N$$

Ο συντελεστής $(F/R)_r^N$ ονομάζεται συντελεστής εξοφλητικού αποθέματος.

Κατ'αντιστοιχία με την προηγούμενη ενότητα, το ποσό E που πρέπει να αποδίδεται στο τέλος κάθε περιόδου, έτσι ώστε να συγκεντρωθεί έπειτα από N περιόδους το ποσό Φ είναι:

$$E = \Phi \times \left[\frac{r}{(1+r)^N - 1} \right] = \Phi \times (R/F)_r^N$$

Τέλος, για να συσχετιστούν τα περιοδικά ποσά E με ένα παρόν ποσό Π , όπως αυτό ορίστηκε προηγουμένως, θα χρησιμοποιηθεί ο παρακάτω αναγωγικός τύπος:

$$E = \Pi \times \left[\frac{r \times (1+r)^N}{(1+r)^N - 1} \right] \Rightarrow E = \Pi \times (R/P)_r^N$$

Ο συντελεστής $(R/P)_r^N$ ονομάζεται συντελεστής ανάκτησης κεφαλαίου ή συντελεστής τοκοχρεολυτικής απόδοσης, ενώ το περιοδικό ποσό E ονομάζεται τοκοχρεολύσιο.

Αντίστροφα, η παρούσα αξία Π μιας ακολουθίας N περιοδικών ποσών E είναι:

$$\Pi = E \times \left[\frac{(1+r)^N - 1}{r \times (1+r)^N} \right] \Rightarrow \Pi = E \times (P/R)_r^N$$

Σημείωση: Η εφαρμογή των παραπάνω σχέσεων προϋποθέτει τα εξής:

- Το E παρουσιάζεται στο τέλος καθεμιάς από τις N περιόδους ανατοκισμού.
- Ο συντελεστής επικαιροποίησης r αντιστοιχεί στην περίοδο ανατοκισμού και παραμένει σταθερός για όλες τις περιόδους.
- Τα ποσά E επανεπενδύονται στην ίδια δραστηριότητα (δηλ. δεσμεύονται) με το ίδιο r .

4.4 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Υπάρχουν πέντε βασικά κριτήρια αξιολόγησης:

1. Το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ ή NPV)
2. Το κριτήριο της Ισοδύναμης Ετήσιας Αξίας (IEA)
3. Το κριτήριο του Ενδογενούς Ποσοστού Απόδοσης (ΕΠΑ)
4. Το κριτήριο του Λόγου Ωφελειών προς Δαπάνες (Ω/Δ)
5. Το κριτήριο της περιόδου αποπληρωμής.

Το r που πρέπει να χρησιμοποιείται θα πρέπει να εκφράζει την επιθυμητή διαχρονική αξία του χρήματος. Ως ελάχιστη τιμή λαμβάνεται η απόδοση που θα είχαν τα χρήματα εάν δεν επενδύονταν στην εν λόγω δραστηριότητα.

Θα μελετήσουμε το Κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας, λαμβάνοντας υπ' όψη τις παρακάτω υποθέσεις:

- Η αγοραστική αξία του χρήματος παραμένει σταθερή (δηλ. δεν υπάρχει πληθωρισμός).
- Οι επιπτώσεις της φορολογίας εισοδήματος δε λαμβάνονται υπ' όψη.

4.4.1. Κριτήριο Καθαρής Παρούσας Αξίας (Net Present Value)

Μια οικονομική δραστηριότητα θεωρείται οικονομικά αποδεκτή αν, χρησιμοποιώντας ως συντελεστή επικαιροποίησης το ευκαιριακό κόστος των χρημάτων (δηλ. Την απόδοση που θα είχαν αν δεν επενδύονταν στην εν λόγω δραστηριότητα), ισχύει η σχέση:

$KPA = PA\Omega - PA\Delta \geq 0$, όπου:

- $PA\Omega$: Παρούσα Αξία όλων των ταμειακών εισροών (ωφελειών) που προκύπτουν από τη δραστηριότητα μέσα στο χρονικό ορίζοντα της οικονομικής ανάλυσης
- $PA\Delta$: Παρούσα Αξία όλων των εκροών (δαπανών) που είναι απαραίτητες για την υλοποίηση και τη λειτουργία της δραστηριότητας, καθώς και τυχόν ζημιών που ανακύπτουν μέσα στο χρονικό ορίζοντα της ανάλυσης.

Αν $KPA > 0$, αυτό σημαίνει ότι οι ωφέλειες έχουν μεγαλύτερη αξία από τις δαπάνες, δηλ. Η επένδυση αποδίδει περισσότερο από το συντελεστή επικαιροποίησης που χρησιμοποιήθηκε στους υπολογισμούς.

Η ισότητα $KPA=0$ δε σημαίνει, όμως, ότι η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα. Σημαίνει ότι, αν ο συντελεστής επικαιροποίησης που χρησιμοποιήθηκε εκφράζει την επιθυμητή διαχρονική αξία του χρήματος, τότε η αναμενόμενη ροή εισροών είναι ισοδύναμη με τη ροή εκροών.

Τονίζεται ο κομβικός ρόλος του συντελεστή επικαιροποίησης στα κριτήρια οικονομικής αξιολόγησης και εν προκειμένω στο Κριτήριο Καθαρής Παρούσας Αξίας. Όσο μεγαλύτερη τιμή έχει το r , τόσο μικρότερη αξία δίνεται στα μελλοντικά ποσά και κατά συνέπεια τόσο μεγαλύτερη αξία έχει το χρήμα στην παρούσα χρονική στιγμή.

5. ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ. αλλάζει πολύ την ελληνική πραγματικότητα ως προς τις ανάγκες θερμομόνωσης. Ειδικότερα, στα πλαίσια της τυπικής ελληνικής κατοικίας οι επεμβάσεις που πρέπει να πραγματοποιηθούν σε περίπτωση ανέγερσης νέου κτιρίου ή ανακαίνισης ήδη υπάρχοντος κτίσματος είναι μεγάλες.

Βασικό κομμάτι των επεμβάσεων αυτών είναι η προστασία από τις ανεπιθύμητες εξωτερικές συνθήκες και η διατήρηση της θερμικής άνεσης εντός του κτιρίου με τη μικρότερη δυνατή ενεργειακή κατανάλωση. Ο βασικότερος τρόπος να επιτευχθεί αυτός ο στόχος είναι η αποτελεσματική εγκατάσταση θερμομόνωσης στα αδιαφανή δομικά στοιχεία του κτιρίου. Για αυτό το λόγο, επιλέξαμε να πραγματοποιήσουμε, μέσω του ειδικού λογισμικού «ΤΕΕ- ΚΕΝΑΚ Ενεργειακή Μελέτη» κάποιες προσομοιώσεις εγκατάστασης συγκεκριμένων θερμομονωτικών υλικών σε δεδομένο κτίριο και έτσι να δούμε πώς αντιδρά ενεργειακά.

Θέλοντας να μελετήσουμε με τη μεγαλύτερη δυνατή αξιοπιστία τον τομέα αυτό, επιλέξαμε μια πραγματική κατοικία, η οποία βρίσκεται κοντά στο κέντρο της Αθήνας και αποτελεί αντιπροσωπευτικό παράδειγμα ενός ελληνικού νοικοκυριού. Για να δώσουμε, όμως, την απαραίτητη πληρότητα στη μελέτη μας, προχωρήσαμε σε «αναγωγή» του εν λόγω κτιρίου σε καθεμιά από τις τέσσερις κλιματολογικές ζώνες που απαρτίζουν την ελληνική επικράτεια βάσει του Κ.Εν.Α.Κ. Βέβαια, ήταν αδύνατο και άνευ πρακτικής σημασίας να μελετήσουμε κάθε νομό ξεχωριστά, οπότε επιλέξαμε μια αντιπροσωπευτική πόλη από κάθε κλιματολογική ζώνη, ως εξής:

ΖΩΝΗ Α	ΧΑΝΙΑ
ΖΩΝΗ Β	ΑΘΗΝΑ(Ν.ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ)
ΖΩΝΗ Γ	ΤΡΙΚΑΛΑ(Ν.ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ)
ΖΩΝΗ Δ	ΚΑΣΤΟΡΙΑ

Πίνακας 5. 1. Επιλεγμένη πόλη για κάθε κλιματική ζώνη.

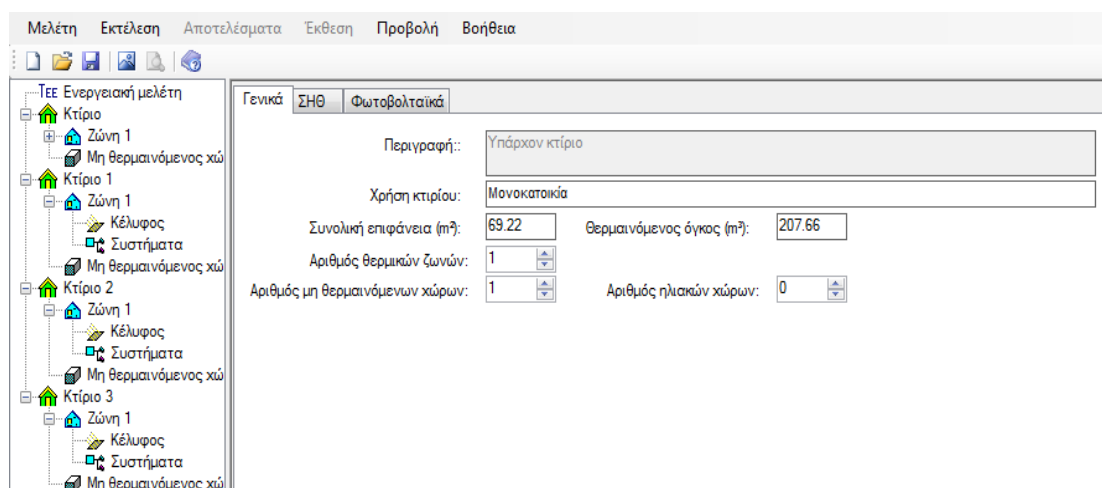
Παρακάτω παρατίθενται σε πίνακες τα βασικά μεγέθη εξωτερικού περιβάλλοντος για τις πόλεις αυτές.

	ΧΑΝΙΑ	ΑΘΗΝΑ	ΤΡΙΚΑΛΑ	ΚΑΣΤΟΡΙΑ
Γεωγρ. Μήκος	24° 07'	23° 40'	21° 46'	21° 17'
Γεωγρ. Πλάτος	35° 29'	38° 03'	39° 33'	40° 27'

Πίνακας 5. 2. Γεωγραφικό μήκος και πλάτος αντιπροσωπευτικών πόλεων.

ΜΕΓΕΘΟΣ	Πόλη	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση μηνιαία θερμοκρα- σία 24ώρου (°C)	Χανιά	11,6	11,8	13,2	16,3	20,1	24,5	26,5	26,1	23,3	19,4	16,1	13,1
	Αθήνα	10,3	10,6	12,3	16,0	20,7	25,4	28,1	28,0	24,3	19,6	15,4	12,0
	Τρίκαλα	5,4	6,9	10,6	15,0	20,6	25,6	27,4	26,1	22,6	16,4	10,2	6,4
	Καστοριά	2,2	3,4	6,9	11,5	16,4	21,4	24,0	23,2	18,9	13,4	7,2	3,0
Μέση μηνιαία σχετική υγρασία (%)	Χανιά	71,7	69,3	68,4	65,4	62,2	55,8	55,3	57,7	63,9	70,4	72,2	72,1
	Αθήνα	74,4	71,9	68,6	61,6	53,9	45,8	43,0	45,2	53,9	66,0	74,1	76,0
	Τρίκαλα	76,7	72,4	71,5	67,5	63,7	56,7	56,9	62,9	67,1	73,3	77,3	78,4
	Καστοριά	78,6	73,4	66,6	62,4	63,5	53,1	49,3	52,4	59,3	69,3	77,4	80,3
Βαθμομημέ- ρες θερ- μανσης με T_{av.}=18°C	Χανιά	198	174	149	51	-	-	-	-	-	-	57	152
	Αθήνα	239	207	177	60	-	-	-	-	-	-	78	186
	Τρίκαλα	391	311	229	90	-	-	-	-	-	50	234	360
	Καστοριά	490	409	344	195	50	-	-	-	-	143	324	465

Πίνακας 5. 3. Μέσες μηνιαίες τιμές κλιματολογικών δεδομένων αντιπροσωπευτικών πόλεων.



Εικόνα 5.2. Οθόνη γενικών χαρακτηριστικών κτιρίου- μοντέλου.

5.2.2. Θερμική ζώνη

Η θερμική ζώνη αποτελείται από τις παρακάτω οθόνες, οι οποίες θα αναλυθούν ξεχωριστά:

- Γενικά χαρακτηριστικά
- Κέλυφος
- Συστήματα

5.2.2.1. Γενικά χαρακτηριστικά

1. Η συνολική επιφάνεια που καλύπτει η θερμική ζώνη ανέρχεται σε 69,22 m².
2. Με παρατήρηση του κτιρίου προκύπτει ότι πρόκειται για πολύ ελαφριά κατασκευή, οπότε το λογισμικό μας προτρέπει να θέσουμε για την ανηγμένη θερμοχωρητικότητα την τιμή $C_m = 80 \text{ kJ/m}^2\text{K}$.
3. Από το πίνακα 2.5. της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 βρίσκουμε την τυπική κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης, όπως φαίνεται παρακάτω:

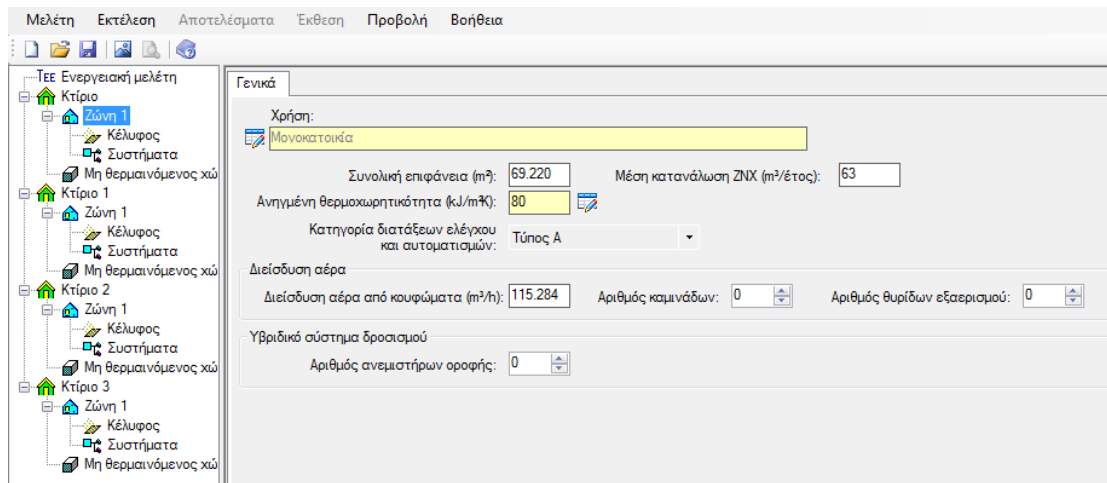
Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών	Ημερήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης	Ημερήσια κατανάλωση ανά δομημ. επιφάνεια	Ετήσια κατανάλωση ανά δομημ. επιφάνεια
Μονοκατοικία	50 lt/άτομο	2,50 lt/m ²	0,91 m ³ /m ²

Πίνακας 5. 4. Καταναλώσεις Ζ.Ν.Χ. για τυπική μονοκατοικία.

Συνεπώς, η μέση κατανάλωση ΖΝΧ είναι 63 m³/έτος.

4. Οι διατάξεις ελέγχου ανήκουν στην κατηγορία Α.

5. Η διείσδυση του αέρα από τα κουφώματα υπολογίζεται σύμφωνα με την παράγραφο που περιγράφηκε στο θεωρητικό μέρος και είναι $115,284 \text{ m}^3/\text{h}$, ενώ δεν υπάρχουν καμινάδες, θυρίδες εξαερισμού ή ανεμιστήρες οροφής.



Εικόνα 5.3. Οθόνη γενικών χαρακτηριστικών θερμικής ζώνης.

5.2.2.2. Κέλυφος

1. Ορίζεται ο αριθμός των εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών. Εδώ έχουμε μία διαχωριστική επιφάνεια, η οποία διαχωρίζει τη θερμική ζώνη από το μη-θερμαινόμενο χώρο. Επίσης, ο χρήστης ερωτάται για την ύπαρξη ΠΗΣ, και αν υπάρχουν ζητείται η πλήρης καταχώρησή τους.
2. Καταγράφονται όλες οι αδιαφανείς επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, μαζί με τα παρακάτω χαρακτηριστικά τους:
 - Τύπος(τοίχος, πόρτα, πυλωτή, οροφή)
 - Προσανατολισμός γ ($^{\circ}$)
 - Κλίση β ($^{\circ}$)
 - Εμβαδόν επιφάνειας(m^2)
 - Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$)
 - Συντελεστής απορροφητικότητας
 - Συντελεστής εκπομπής
 - Συντελεστές σκίασης

Παρατηρήσεις

Για τους συντελεστές θερμοπερατότητας θεωρήσαμε τις παρακάτω τυπικές μορφές τοιχοποιίας, οροφής και πυλωτής:

I. ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

Όνομασία υλικού	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Πάχος (cm)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση R (m ² K/W)
Θερμική αντίσταση R_i				0,13
Ασβεστοσιμεντοκονίαμα	1.800	3	0,87	0,50
Τούβλο	1.700	25	0,58	
Ασβεστοσιμεντοκονίαμα	1.800	3	0,87	
Θερμική αντίσταση R_a				0,04
Συνολική θερμική αντίσταση			$R_{total} =$	0,67
Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² K)			$U = \frac{1}{R_{total}} =$	1,49

II. ΟΡΟΦΗ

Όνομασία υλικού	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Πάχος (cm)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση R (m ² K/W)
Θερμική αντίσταση R_i				0,13
Εσωτερικό επίχρισμα	1.800	2	0,87	0,02
Οπλισμένο σκυρόδεμα	2.300	20	2,3	0,09
Ελαφροσκυρόδεμα	500	3	0,2	0,15
Θερμική αντίσταση R_a				0,10
Θερμική αντίσταση R_u				0,2
Συνολική θερμική αντίσταση			$R_{total} =$	0,66
Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² K)			$U = \frac{1}{R_{total}} =$	1,52

III. ΠΥΛΩΤΗ

Ονομασία υλικού	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Πάχος (cm)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/m·K)	Θερμική αντίσταση R (m ² ·K/W)
Θερμική αντίσταση R_i				0,17
Κεραμικά πλακίδια	2000	10	1,84	0,01
Ελαφροσκυρόδεμα	500	60	0,2	0,30
Συνθετικό εξωτερικό επίχρισμα	1800	20	0,87	0,02
Θερμική αντίσταση R_a				0,04
Συνολική θερμική αντίσταση			R_{total}	0,54
Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² ·K)			$U = \frac{1}{R_{total}} =$	1,86

Επιλέξτε τα δομικά στοιχεία που υπάρχουν στην ζώνη: Αριθμός εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών: 1 Παθητικά ηλιακά

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες

Εισάγονται τα δεδομένα για τις αδιαφανείς επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	U (W/m ² K)	a^* (°)	ϵ^* (°)	F_hor_h (°)	F_hor_c (°)	F_ov_h (°)	F_ov_c (°)	F_fin_h (°)	F_fin_c (°)
1	Ταίχος	T7	225	90,00	6.290	1,49	0,3	0,80	1.0000	1.0000	0.9353	0.9022	1.0000	1.0000
2	Πόρτα	A2	225	90,00	3.080	5,3	0,00	0,00	1.0000	1.0000	0.9321	0.8969	1.0000	1.0000
3	Ταίχος	T7	225	90,00	1.875	1,49	0,3	0,80	1.0000	1.0000	0.9224	0.8807	1.0000	1.0000
4	Ταίχος	T7	315	90,00	2.920	1,49	0,3	0,80	1.0000	1.0000	0.8178	0.8178	1.0000	1.0000
5	Ταίχος	T7	315	90,00	0.700	1,49	0,3	0,80	1.0000	1.0000	0.7873	0.7873	1.0000	1.0000
6	Ταίχος	T7	225	90,00	14.245	1,49	0,3	0,80	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
7	Ταίχος	T7	135	90,00	10.080	1,49	0,3	0,80	1.0000	1.0000	0.9308	0.8947	0.9949	0.9846
8	Πόρτα	A3	135	90,00	2.420	5,3	0,00	0,00	1.0000	1.0000	0.9279	0.8898	0.9752	0.8810
9	Πόρτα	A4	135	90,00	1.540	5,3	0,00	0,00	1.0000	1.0000	0.9279	0.8898	1.0000	1.0000
10	Ταίχος	T7	135	90,00	3.075	1,49	0,3	0,80	1.0000	1.0000	0.9171	0.8718	0.9949	0.9846
11	Ταίχος	T7	45	90,00	7.700	1,49	0,3	0,80	1.0000	1.0000	0.9276	0.9276	1.0000	1.0000
12	Πόρτα	A1	45	90,00	2.970	5,3	0,00	0,00	1.0000	1.0000	0.9243	0.9243	1.0000	1.0000
13	Πόρτα	A2	45	90,00	3.080	5,3	0,00	0,00	1.0000	1.0000	0.9243	0.9243	1.0000	1.0000
14	Ταίχος	T7	45	90,00	2.750	1,49	0,3	0,80	1.0000	1.0000	0.9151	0.9151	1.0000	1.0000
15	Ταίχος	T7	315	90,00	24.300	1,49	0,3	0,80	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Εικόνα 5.4. Οθόνη αδιαφανών επιφανειών κελύφους θερμικής ζώνης.

3. Καταγράφονται όλες οι επιφάνειες, οι οποίες βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος. Στο μοντέλο μας δεν υπάρχει καμιά τέτοια επιφάνεια.

Επιλέξτε τα δομικά στοιχεία που υπάρχουν στην ζώνη: Αριθμός εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών: 1 Παθητικά ηλιακά

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες

Εισάγονται τα δεδομένα για τις αδιαφανείς επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με το έδαφος

	Τύπος	Περιγραφή	Εμβαδόν (m ²)	U (W/m ² K)	Κ. Βάθος (m)	Α. Βάθος (m)	Περίμετρος (m)
▶ 1	Δάπεδο						
* 2							

Εικόνα 5.5. Οθόνη επιφανειών σε επαφή με το έδαφος.

4. Καταγράφονται όλες οι διαφανείς επιφάνειες της ζώνης. Στο μοντέλο μας υπάρχουν 2 τέτοιες επιφάνειες, οι οποίες καταγράφονται, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Επιλέξτε τα δομικά στοιχεία που υπάρχουν στην ζώνη: Αριθμός εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών: 1 Παθητικά ηλιακά

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες

Εισάγονται τα δεδομένα για τις διαφανείς επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον εσωτερικό αέρα

	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ² K)	g_w (t)	F_hor_h (t)	F_hor_e (t)	F_ov_h (t)	F_ov_e (t)	F_in_h (t)	F_in_e (t)
▶ 1	Ανοιγόμενο καύφωμα	A6	315	90.00	0.585	A6	5.3	0.2615	1.0000	1.0000	0.8098	0.8098	1.0000	1.0000
2	Ανοιγόμενο καύφωμα	A5	135	90.00	1.330	A5	5.3	0.3835	1.0000	1.0000	0.9212	0.8787	1.0000	1.0000
* 3														

Εικόνα 5.6. Οθόνη διαφανών επιφανειών θερμικής ζώνης

5.2.2.3. Διαχωριστική επιφάνεια

Κατά αντιστοιχία με το κέλυφος, ζητούνται όλες οι αδιαφανείς, όπως επίσης και οι διαφανείς επιφάνειες της διαχωριστικής επιφάνειας. Σε περίπτωση που έχουμε πάνω από μία διαχωριστική επιφάνεια, στο πάνω μέρος της οθόνης εμφανίζεται ο χώρος τον οποίο διαχωρίζει από τη θερμική ζώνη.

Γενικά

Διαχωρισμός με χώρο: Μη θερμαινόμενος χώρος 1 Κυκλοφορία αέρα (m³/h): 0.0

Αδιαφανείς επιφάνειες

	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	U (W/m ² K)	a* (t)	e* (t)	F_hor_h (t)	F_hor_e (t)	F_ov_h (t)	F_ov_e (t)	F_in_h (t)	F_in_e (t)
▶ 1	Ταύκος	E1	0	90.00	3.900	1.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Ταύκος	E1	0	90.00	8.700	1.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Ταύκος	E1	0	90.00	4.280	1.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
* 4														

Διαφανείς επιφάνειες

	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος	U (W/m ² K)	g_w (t)	F_hor_h (t)	F_hor_e (t)	F_ov_h (t)	F_ov_e (t)	F_in_h (t)	F_in_e (t)
* 1	Καύφωμα													

Εικόνα 5.7. Οθόνη διαχωριστικής επιφάνειας.

5.2.3. Συστήματα

Στο μοντέλο μας λαμβάνουμε υπ' όψη 3 συστήματα:

- ✓ Θέρμανση
- ✓ Ψύξη
- ✓ ZNX

Δεν έχουμε συστήματα ύγρανσης, ΚΚΜ, ούτε ηλιακό συλλέκτη, ενώ στις κατοικίες δε λαμβάνεται υπόψη ο φωτισμός.

5.2.3.1. Θέρμανση

Ζητούνται τα στοιχεία παραγωγής, δικτύου διανομής, τερματικών και βοηθητικών μονάδων. Έχουμε, λοιπόν, έναν λέβητα πετρελαίου συνολικής ισχύος $P=93,04 \text{ kW}$, $n=0,6173$, $COP=1$, με μέσο μηνιαίο ποσοστό κάλυψης φορτίου όπως φαίνεται από τον παρακάτω πίνακα.

ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
1,0	1,0	1,0	1,0	0	0	0	0	0	0	1,0	1,0

Πίνακας 5. 5. Μέσο μηνιαίο ποσοστό κάλυψης φορτίου λέβητα πετρελαίου κτιρίου- μοντέλου.

Για τη διανομή του θερμού μέσου έχουμε διέλευση από εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους σε ποσοστό ως 20%, ενώ ο βαθμός απόδοσης του δικτύου διανομής είναι 86% και δεν υπάρχει μόνωση.

Οι τερματικές μονάδες είναι σώματα καλοριφέρ με $n=85,08\%$

The screenshot shows the following configuration details:

- Heating Systems:**
 - System 1: Type: Boiler, Energy Source: Oil, Power: 93.0400 kW, Efficiency: 0.6173, COP: 1.
 - System 2: Type: Radiator, Energy Source: Oil, Power: 93.0400 kW, Efficiency: 0.6173, COP: 1.
- Distribution Network:**
 - System 1: Type: Thermal medium distribution network, Coverage: Indoor (up to 20%), Efficiency: 0.8600.
 - System 2: Type: Radiator, Coverage: Radiator, Efficiency: 0.8508.
- Terminal Units:**
 - System 1: Type: Radiator, Efficiency: 0.8508.
- Helping Units:**
 - System 1: Type: Radiator, Efficiency: 1, Power: 0 kW.

Εικόνα 5.8. Οθόνη συστημάτων θέρμανσης.

5.2.3.2. Ψύξη

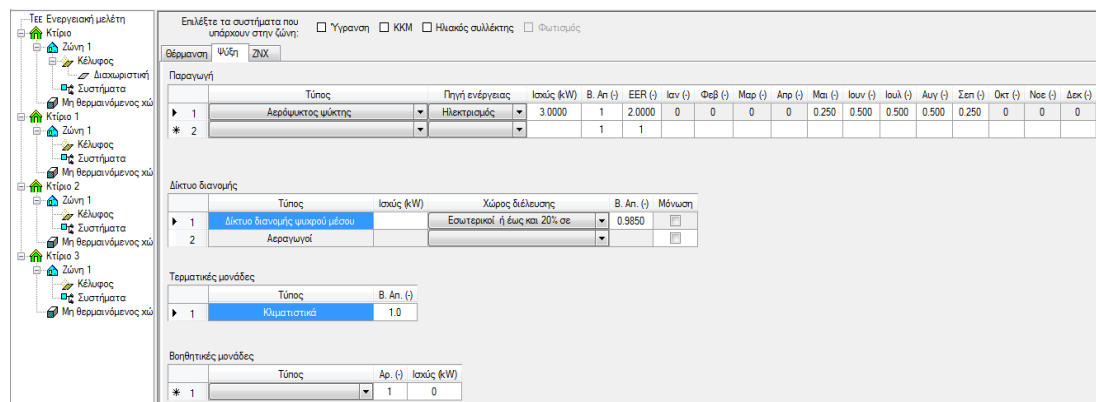
Η ψύξη της κατοικίας πραγματοποιείται με αερόψυκτο ψύκτη που τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα. Έχει ισχύ 3 kW, $n=100\%$ (βλ.σχετική Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.) και $EER= 2$. Το μέσο μηνιαίο ποσοστό κάλυψης φορτίου για κάθε μήνα έχει ως εξής:

ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
0	0	0	0	0,25	0,5	0,5	0,5	0,25	0	1,0	1,0

Πίνακας 5. 6. Μέσο μηνιαίο ποσοστό κάλυψης φορτίου αερόψυκτου ψύκτη κτιρίου- μοντέλου.

Το ψυχρό μέσο διέρχεται μέσα από εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους σε ποσοστό ως 20% με βαθμό απόδοσης 98,5%, χωρίς μόνωση.

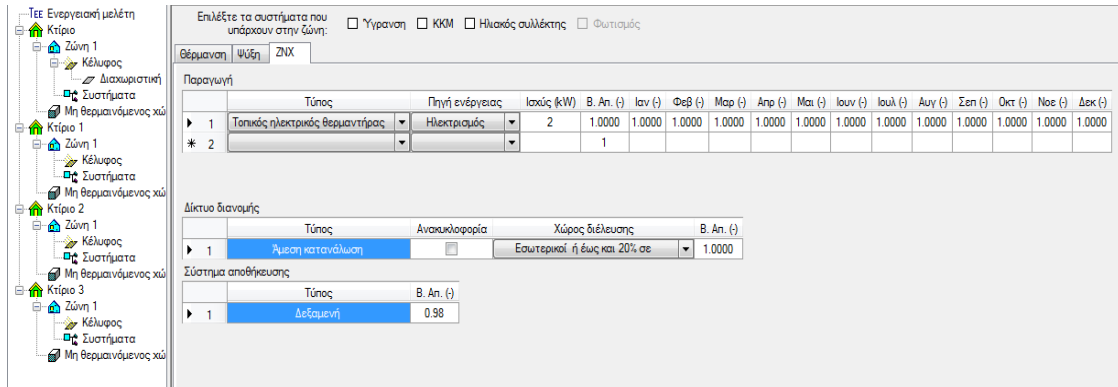
Τα κλιματιστικά που χρησιμοποιούνται ως τερματικές μονάδες έχουν βαθμό απόδοσης $n=100\%$.



Εικόνα 5.9. Οθόνη συστημάτων ψύξης.

5.2.3.3. Ζεστό Νερό Χρήσης(ZNX)

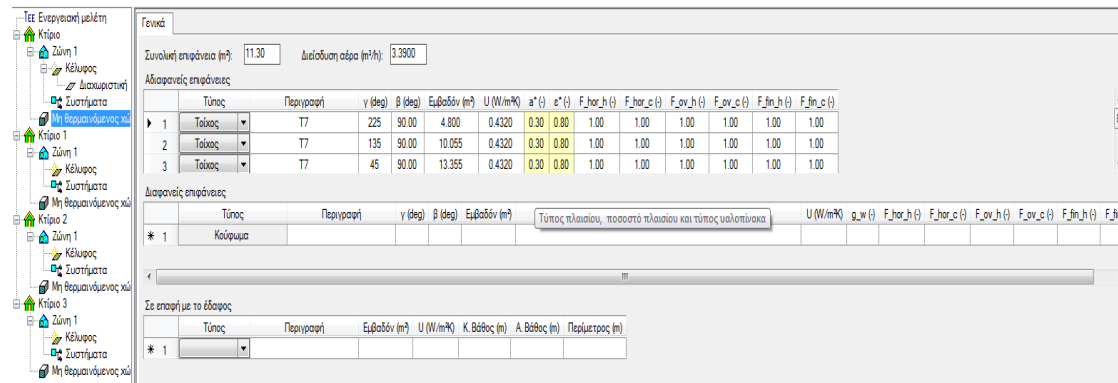
Η παραγωγή ZNX πραγματοποιείται με τη βοήθεια τοπικού ηλεκτρικού θερμαντήρα(ταχυθερμοσίφωνα), ισχύος 2 kW, $n=100\%$ και πλήρους κάλυψης φορτίου για όλο το έτος. Το δίκτυο διανομής διέρχεται μέσα από την κατοικία και δεν έχει απώλειες, ενώ για την αποθήκευση του ZNX χρησιμοποιείται δεξαμενή βαθμού απόδοσης $n= 98\%$.



Εικόνα 5.10. Οθόνη συστημάτων παροχής Ζεστού Νερού Χρήσης.

5.2.4. Μη- θερμαινόμενος χώρος

Εδώ καλούμαστε να συμπληρώσουμε τα ίδια μεγέθη που συμπληρώσαμε στο κέλυφος, δηλαδή τη συνολική επιφάνεια, τη διείσδυση του αέρα, όλες τις αδιαφανείς επιφάνειες μαζί με τα χαρακτηριστικά που περιγράφηκαν προηγουμένως. Ομοίως για τις διαφανείς επιφάνειες, αλλά και αυτές που βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος.



Εικόνα 5.11. Οθόνη μη- θερμαινόμενου χώρου.

5.3. ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Για τη μελέτη της επίδρασης των διαφόρων τύπων θερμομόνωσης, αποφασίσαμε να χρησιμοποιήσουμε θερμομονωτικά υλικά που κυριαρχούν στην ελληνική αγορά.

Για να φανεί η επίδραση του κάθε υλικού, έγινε προσομοίωση του κτιρίου για μόνωση ενός δομικού στοιχείου κάθε φορά, διατηρώντας αμόνωτα τα υπόλοιπα. Κάθε υλικό τοποθετείται σε πάχος 3, 5 και 8 cm, έτσι ώστε να διαπιστωθεί και η επίδραση του πάχους θερμομόνωσης και η βελτίωση της ενεργειακής του απόδοσης, ανάλογα και με την κλιματική ζώνη στην οποία βρισκόμαστε.

5.3.1. Θερμομονωτικά υλικά τοιχοποιίας

Υλικό	Πυκνότητα $\rho(\text{kg/m}^3)$	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	Ειδική θερμοχωρη- τικότητα c_p $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών μ
Πάπλωμα υαλοβάμβακα εταιρίας Α	13	0,0366	840	1
Ενισχυμένες οικοδομικές πλάκες υαλοβάμβακα εταιρίας Β	30	0,030	840	1,1
Πλάκες πετροβάμβακα εταιρίας Γ	40	0,035	840	1
Πλάκες ορυκτοβάμβα- κα εταιρίας Δ	-	0,037	840	-
Σύνθετες πλάκες από ξύλομαλλο και διογκωμένη πολυστερίνη εταιρίας Δ	-	0,048	1.470	-
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης εταιρίας Ε	19	0,037	1.500	30-70
Πλάκες γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης εταιρίας Ε	21	0,031	1.550	30-70
Πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης εταιρίας Γ		0,036	1.450	
Μαλλί προβάτου εταιρίας Ζ	78	0,0475	1.100	2

5.3.2. Θερμομονωτικά υλικά οροφής

Υλικό	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ W/(m·K)	Ειδική θερμοχωρη- τικότητα c_p J/(kg·K)	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών μ
Πάπλωμα υαλοβάμβακα εταιρίας Α	16	0,038	840	1
Πλάκες πετροβάμβακα εταιρίας Γ	175	0,035	840	1
Σύνθετες πλάκες από ξύλομαλλο και διογκωμένη πολυστερίνη εταιρίας Δ		0,048	1.470	
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης εταιρίας Ε	27	0,035	1.500	40-100
Πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης εταιρίας Γ		0,036	1.450	50-100
Μαλλί προβάτου εταιρίας Ζ	78	0,0475	1.100	2

5.3.3. Θερμομονωτικά υλικά πυλωτής

Υλικό	Πυκνότητα ρ (kg/m^3)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	Ειδική θερμοχωρη- τικότητα c_p $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών μ
Πλάκες πετροβάμβακα δαπέδων εταιρίας Δ		0,039	840	
Σύνθετες πλάκες από ξύλομαλλο και διογκωμένη πολυστερίνη εταιρίας Δ		0,048	1.470	
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης εταιρίας E	31	0,034	1.500	40-100
Πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης εταιρίας H		0,031	1.450	100-250
Μαλλί προβάτου εταιρίας Z	78	0,0475	1.100	2

5.4. ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

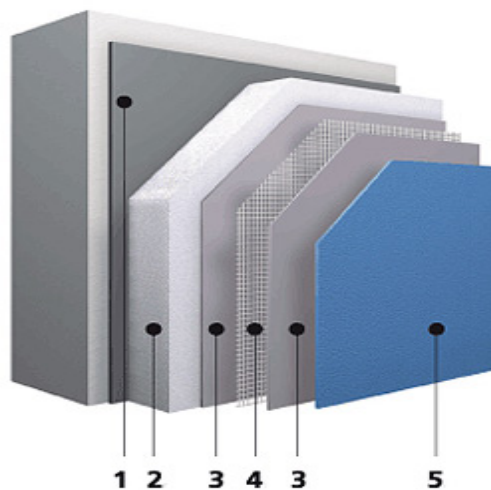


Εικόνα 5.12. Εφαρμογή συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης σε υφιστάμενο κτίριο.

Εκτός από τα επιμέρους θερμομονωτικά υλικά που βγαίνουν στο εμπόριο, πολλές εταιρίες παρέχουν ολοκληρωμένα συστήματα, τα οποία τοποθετούνται στην εξωτερική πλευρά της τοιχοποιίας ήδη υφιστάμενων κτιρίων και συμβάλλουν στη βελτίωση της ενεργειακής του συμπεριφοράς. Αυτά τα συστήματα είναι σχεδιασμένα έτσι, ώστε τα επιμέρους στοιχεία τους (θερμομονωτικό υλικό, κόλλες, σοβάδες) να αλληλεπιδρούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο και να προσφέρουν το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Για αυτούς τους λόγους αποφασίσαμε να συμπεριλάβουμε σε αυτό το κεφάλαιο μια σειρά από τέτοια συστήματα.

5.4.1. Σύστημα 1- Σύστημα 2

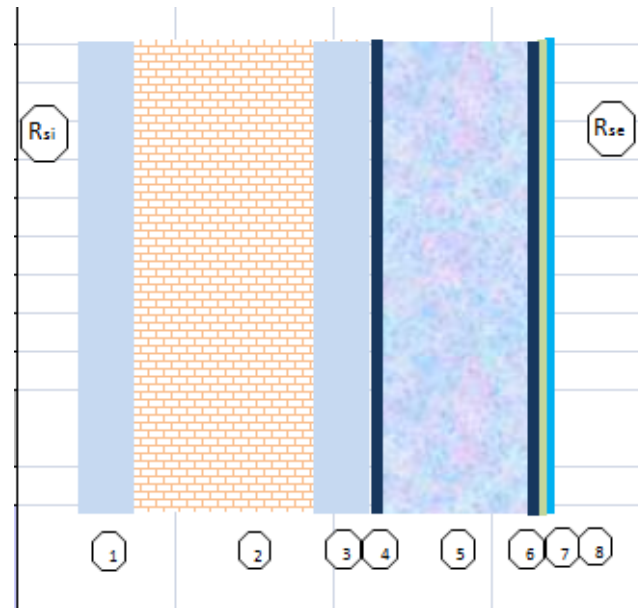


Εικόνα 5.12. Σχηματική απεικόνιση συστημάτων 1 και 2.

Πρόκειται για 2 συστήματα, τα οποία χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην ελληνική αγορά, έχουν πανομοιότυπη δομή και διαφέρουν μόνο στον πυρήνα του θερμομονωτικού υλικού.

1. Συγκολλητικά υλικά, χρήση ανάλογα με το υπόστρωμα, με ιδιαίτερα υψηλή συγκόλληση για μέγιστη ασφάλεια.
2. Διογκωμένη πολυστερίνη με $\lambda=0,036$ W/m·K για το σύστημα 1 και γραφιτούχα διογκωμένη πολυστερίνη με $\lambda=0,032$ W/m·K για το σύστημα 2.
3. Οργανικός, ελαστομερής, έτοιμος προς χρήση, ενισχυτικός σοβάς εμποτισμού υαλοπλέγματος.
4. Υαλόπλεγμα οπλισμού ιδιαίτερα υψηλών αντοχών ειδικά σχεδιασμένο για τα συστήματα αυτά, ανθεκτικό στα αλκάλια και την υγρασία.
5. Τελική επικάλυψη : Έτοιμοι προς χρήση διακοσμητικοί τελικοί σοβάδες.

5.4.2. Σύστημα 3

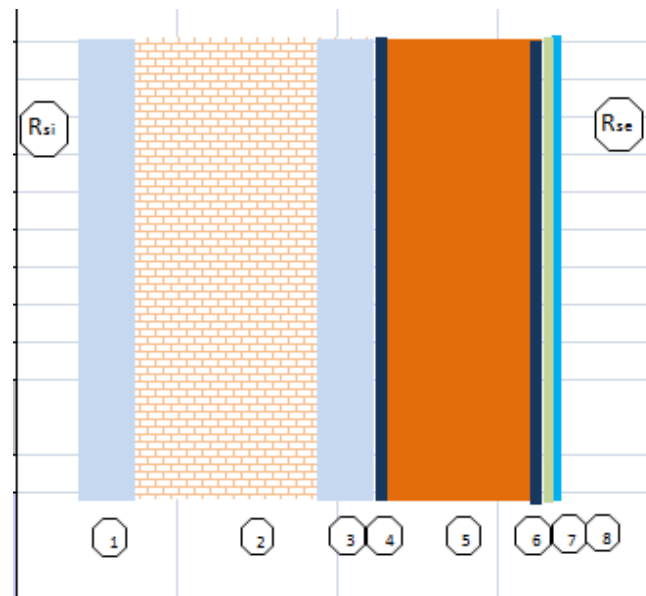


Εικόνα 5.13. Σχηματική απεικόνιση συστήματος 3.

Το συγκεκριμένο σύστημα έχει επίσης ως βάση του τη διογκωμένη πολυστερίνη και αποτελείται από τα εξής στρώματα:

1. Ασβεστοσιμεντοκονίαμα.
2. Τούβλο.
3. Ασβεστοσιμεντοκονίαμα.
4. Κόλλα για θερμομονωτικές πλάκες και επίχρισμα εξομάλυνσης/οπλισμού με υαλόπλεγμα.
5. Θερμομονωτική πλάκα διογκωμένης πολυστερίνης EPS με πιστοποιημένη τιμή συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$.
6. Κόλλα για θερμομονωτικές πλάκες και επίχρισμα εξομάλυνσης/οπλισμού με υαλόπλεγμα.
7. Αστάρι προεργασίας.
8. Τελικά επιχρίσματα.

5.4.3. Σύστημα 4

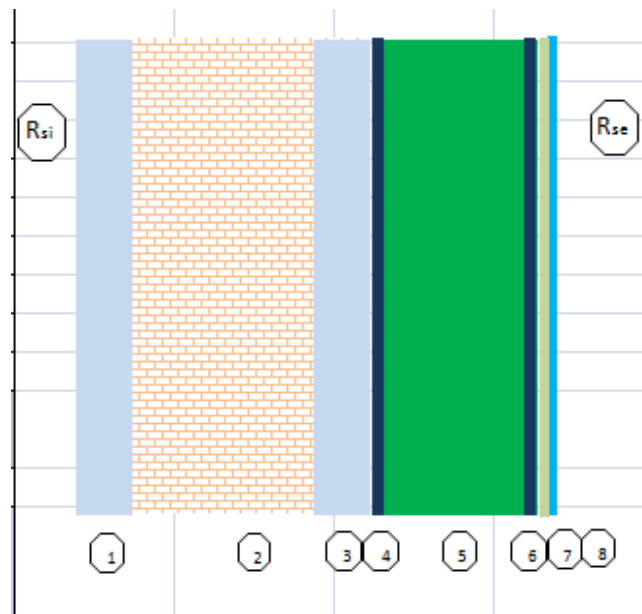


Εικόνα 5.14. Σχηματική απεικόνιση συστήματος 4.

Με βάση τον πετροβάμβακα, το εν λόγω σύστημα ακολουθεί περίπου την ίδια διαστρωμάτωση με το προηγούμενο σύστημα, με τη διαφορά ότι τοποθετείται πετροβάμβακας.

1. Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα.
2. Τούβλο.
3. Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα.
4. Κόλλα για θερμομονωτικές πλάκες και επίχρισμα εξομάλυνσης/οπλισμού με υαλόπλεγμα.
5. Θερμομονωτική πλάκα πετροβάμβακα με πιστοποιημένη τιμή συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0,040 \text{ W/m}\cdot\text{K}$.
6. Κόλλα για θερμομονωτικές πλάκες και επίχρισμα εξομάλυνσης/οπλισμού με υαλόπλεγμα.
7. Αστάρι προεργασίας.
8. Τελικά επιχρίσματα.

5.4.4. Σύστημα 5

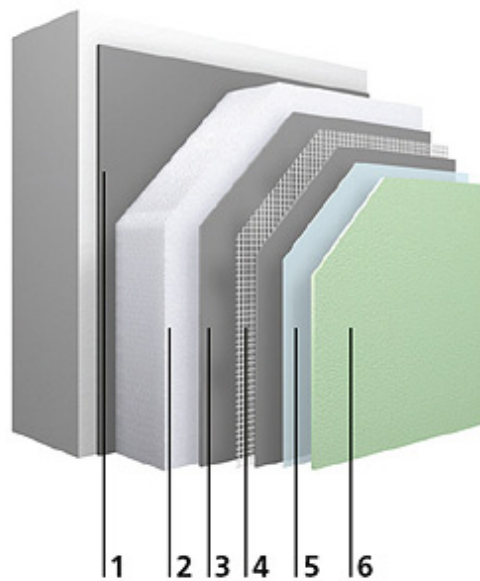


Εικόνα 5.15. Σχηματική απεικόνιση συστήματος 5.

Πρόκειται για ένα σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης με βάση την αφρώδη εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS).

1. Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα.
2. Τούβλο.
3. Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα.
4. Κόλλα για θερμομονωτικές πλάκες και επίχρισμα εξομάλυνσης/οπλισμού με υαλόπλεγμα.
5. Θερμομονωτική πλάκα αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης με πιστοποιημένη τιμή συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$.
6. Κόλλα για θερμομονωτικές πλάκες και επίχρισμα εξομάλυνσης/οπλισμού με υαλόπλεγμα.
7. Αστάρι προεργασίας
8. Τελικά επιχρίσματα.

5.4.5. Σύστημα 6



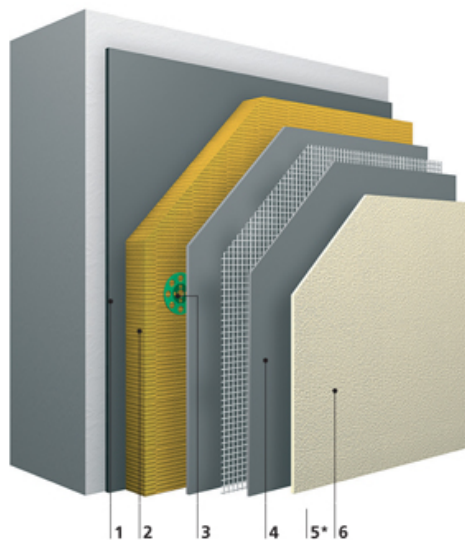
Εικόνα 5.16. Σχηματική απεικόνιση συστήματος 6.

Η επιλογή του συστήματος αυτού αποτελεί μια πιο οικονομική λύση, καθώς, ενώ ο θερμομονωτικός πυρήνας είναι πανομοιότυπος με τα συστήματα 1 και 2, τα υπόλοιπα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι ανόργανα επίχρισματα οπλισμού.

Αποτελείται από τα εξής στρώματα:

1. Συγκολλητικά υλικά, χρήση ανάλογα με το υπόστρωμα, με ιδιαίτερα υψηλή συγκόλληση για μέγιστη ασφάλεια.
2. Διογκωμένη πολυστερίνη με $\lambda=0,036 \text{ W/mK}$ ή γραφιτούχα διογκωμένη πολυστερίνη με $\lambda=0,032 \text{ W/mK}$.
3. Τσιμεντοειδής ελαστομερής ενισχυτικός σόβας εμποτισμού υαλοπλέγματος με υαλοΐνες και οργανικά πρόσθετα.
4. Υαλόπλεγμα οπλισμού ιδιαίτερα υψηλών αντοχών, ανθεκτικό στα αλκάλια και την υγρασία.
5. Αστάρια για οργανικά ή ανόργανα επιχρίσματα.
6. Τελική επικάλυψη : Έτοιμοι προς χρήση διακοσμητικοί τελικοί σοβάδες ή ανόργανης βάσης σοβάδες για χρήση ως τελικό επίχρισμα σε συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης.

5.4.6. Σύστημα 7



Εικόνα 5.17. Σχηματική απεικόνιση συστήματος 7.

Σε αυτό το σύστημα εκμεταλλευόμαστε τις ευεργετικές θερμομονωτικές ιδιότητες που πετροβάμβακα.

1. Συγκολλητικά υλικά, χρήση ανάλογα με το υπόστρωμα, με ιδιαίτερα υψηλή συγκόλληση για μέγιστη ασφάλεια.
2. Θερμομονωτική πλάκα πετροβάμβακα με $\lambda=0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$.
3. Ειδικά βύσματα για χρήση σε συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης. Επιλογή ανάλογα με το υπόστρωμα.
4. Τσιμεντοειδής ελαστομερής ενισχυτικός σόβας εμποτισμού υαλοπλέγματος με υαλοΐνες και οργανικά πρόσθετα.
5. Υαλόπλεγμα οπλισμού ιδιαίτερα υψηλών αντοχών, ανθεκτικό στα αλκάλια και την υγρασία.
6. Αστάρι για ανόργανα επιχρίσματα (η χρήση του εξαρτάται από την επιλογή τελικού σοβά).
7. Τελική επικάλυψη : Σοβάς υδργάλου ή ανόργανης βάσης σοβάδες για χρήση ως τελικό επίχρισμα σε συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης.

5.5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ

Όπως εξηγήθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, η μελέτη της επίδρασης της θερμομόνωσης στην ενεργειακή κατανάλωση γίνεται ως εξής: διατηρώντας αμόνωτο όλο το υπόλοιπο κτίριο, τοποθετούμε τα επιλεγμένα υλικά μας σε ένα από τα τρία είδη δομικών στοιχείων(τοιχοποιία, οροφή, πυλωτή) κάθε φορά. Ελέγχουμε την επίδραση των παχών $d= 3 \text{ cm}$, 5 cm και 8 cm και επαναλαμβάνουμε για κάθε ζώνη. Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες που περιγράφουν την τιμή της ολικής θερμικής διαπερατότητας του αντίστοιχου δομικού στοιχείου, έπειτα από την τοποθέτηση του αντίστοιχους πάχους συγκεκριμένου υλικού. Τα σενάρια τοιχοποιίας περιέχουν το γράμμα Κ, τα σενάρια οροφής το Ο και τα σενάρια πυλωτής το Π.

ΣΕΝΑΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΛΙΚΟΥ ΠΟΥ ΤΟΠΟΘΕΤΕΙΤΑΙ	ΠΑΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ $d(\text{cm})$	$U(\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K})$
ΑΜΟΝΩΤΟ	-	-	1,49
1T	Πάπλωμα ναλοβάμβακα εταιρίας Α	3	0,67
		5	0,49
		8	0,35
2T	Ενισχυμένες οικοδομικές πλάκες ναλοβάμβακα εταιρίας Β	3	0,6
		5	0,43
		8	0,3
3T	Πλάκες πετροβάμβακα εταιρίας Γ	3	0,65
		5	0,48
		8	0,34
4T	Πλάκες ορυκτοβάμβακα εταιρίας Δ	3	0,68
		5	0,49
		8	0,35
5T	Σύνθετες πλάκες από ξυλόμαλλο και διογκωμένη πολυστερίνη εταιρίας Δ	3	0,82
		5	0,58
		8	0,4
6T	Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης εταιρίας Ε	3	0,68
		5	0,49
		8	0,35
7T	Πλάκες γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης εταιρίας Ε	3	0,61
		5	0,44
		8	0,31
8T	Πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης εταιρίας Γ	3	0,64
		5	0,5
		8	0,36
9T	Μαλλί προβάτου εταιρίας Ζ	3	0,77
		5	0,58
		8	0,42

Πίνακας 5.7. Σενάρια τοιχοποιίας.

ΣΕΝΑΡΙΑ ΟΡΟΦΗΣ

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΛΙΚΟΥ ΠΟΥ ΤΟΠΟΘΕΤΕΙΤΑΙ	ΠΑΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ d(cm)	U(W/m ² ·K)
ΑΜΟΝΩΤΟ	-	-	1,52
10	Πάπλωμα ναλοβάμβακα εταιρίας Α	3	0,69
		5	0,51
		8	0,36
20	Πλάκες πετροβάμβακα εταιρίας Γ	3	0,66
		5	0,48
		8	0,34
30	Σύνθετες πλάκες από ξυλόμαλλο και διογκωμένη πολυστερίνη εταιρίας Δ	3	0,83
		5	0,58
		8	0,41
40	Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης εταιρίας Ε	3	0,66
		5	0,48
		8	0,34
50	Πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης εταιρίας Γ	3	0,64
		5	0,49
		8	0,36
60	Μαλλί προβάτου εταιρίας Ζ	3	0,77
		5	0,58
		8	0,43

Πίνακας 5.8. Σενάρια οροφής.

ΣΕΝΑΡΙΑ ΠΥΛΩΤΗΣ

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΛΙΚΟΥ ΠΟΥ ΤΟΠΟΘΕΤΕΙΤΑΙ	ΠΑΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ d(cm)	U(W/m ² ·K)
ΑΜΟΝΩΤΟ	-	-	1,86
1Π	Πλάκες πετροβάμβακα δαπέδων εταιρίας Δ	3	0,76
		5	0,55
		8	0,39
2Π	Σύνθετες πλάκες από ξυλόμαλλο και διογκωμένη πολυστερίνη εταιρίας Δ	3	0,92
		5	0,63
		8	0,43
3Π	Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης εταιρίας Ε	3	0,7
		5	0,5
		8	0,35
4Π	Πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης εταιρίας Η	3	0,66
		5	0,46
		8	0,32
5Π	Μαλλί προβάτου εταιρίας Ζ	3	0,85
		5	0,63
		8	0,45

Πίνακας 5.9. Σενάρια πυλωτής.

Σημείωση: Οι τιμές του U για κάθε δομικό στοιχείο έχουν υπολογιστεί με βάση την αντίστοιχη Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. και με τυπική μορφή κάθε δομικού στοιχείου αυτή που έχει περιγραφεί κατά την ανάλυση του κτιριακού μοντέλου μας. Στα πλαίσια της εξέτασης της επιρροής μεμονωμένων θερμομονωτικών υλικών στην ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου δεν έχουμε λάβει υπ' όψη τα υπόλοιπα έτοιμα επιχρίσματα, παρά μόνον τα συστατικά του αμόνωτου τοίχου και τη στρώση του θερμομονωτικού υλικού.

Μετά την επιμέρους παρουσίαση και μελέτη των παραπάνω υλικών, προχωρήσαμε και στην ταυτόχρονη προσομοίωση ενός συνδυασμού θερμομονωτικών υλικών σε κάθε δομικό στοιχείο της κατοικίας μας. Έτσι, κάναμε τους παρακάτω 7 συνδυασμούς.

ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΥΛΙΚΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ
ALL1(3T/1O/1Π)	Τοιχοποιία- Πλάκες πετροβάμβακα εταιρίας Γ. Οροφή- Πάπλωμα υαλοβάμβακα εταιρίας Α. Πυλωτή- Πλάκες πετροβάμβακα δαπέδων εταιρίας Δ.
ALL2(5T/3O/2Π)	Τοιχοποιία- Σύνθετες πλάκες από ξυλόμαλλο και διογκωμένη πολυστερίνη εταιρίας Δ. Οροφή- Σύνθετες πλάκες από ξυλόμαλλο και διογκωμένη πολυστερίνη εταιρίας Δ. Πυλωτή- Σύνθετες πλάκες από ξυλόμαλλο και διογκωμένη πολυστερίνη εταιρίας Δ.
ALL3(6T/4O/3Π)	Τοιχοποιία- Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης εταιρίας Ε. Οροφή- Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης εταιρίας Ε. Πυλωτή- Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης εταιρίας Ε.
ALL4(8T/5O/4Π)	Τοιχοποιία- Πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης εταιρίας Γ. Οροφή- Πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης εταιρίας Γ. Πυλωτή- Πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης εταιρίας Η.
ALL5(9T/6O/5Π)	Τοιχοποιία- Μαλλί προβάτου εταιρίας Ζ. Οροφή- Μαλλί προβάτου εταιρίας Ζ. Πυλωτή- Μαλλί προβάτου εταιρίας Ζ.
ALL6(2T/5O/3Π)	Τοιχοποιία- Ενισχυμένες οικοδομικές πλάκες υαλοβάμβακα εταιρίας Β. Οροφή- Πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης εταιρίας Γ. Πυλωτή- Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης εταιρίας Ε.
ALL7(7T/3O/1Π)	Τοιχοποιία- Πλάκες γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης εταιρίας Ε. Οροφή- Σύνθετες πλάκες από ξυλόμαλλο και διογκωμένη πολυστερίνη εταιρίας Δ. Πυλωτή- Πλάκες πετροβάμβακα δαπέδων εταιρίας Δ.

Πίνακας 5.10. Συνδυαστικά σενάρια.

Τέλος, έγινε ενεργειακή προσομοίωση των ολοκληρωμένων συστημάτων εξωτερικής θερμομόνωσης που παρουσιάστηκαν.

ΣΕΝΑΡΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΛΙΚΟΥ ΠΟΥ ΤΟΠΟΘΕΤΕΙΤΑΙ	ΠΑΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ d(cm)	U(W/m ² ·K)
ΑΜΟΝΩΤΟ	-	-	1,49
sys1	Σύστημα 1	3	0,65
		5	0,48
		8	0,34
sys2	Σύστημα 2	3	0,61
		5	0,44
		8	0,31
sys3	Σύστημα 3	3	0,67
		5	0,49
		8	0,35
sys4	Σύστημα 4	3	0,70
		5	0,52
		8	0,37
sys5	Σύστημα 5	3	0,66
		5	0,48
		8	0,34
sys6	Σύστημα 6	3	0,69
		5	0,51
		8	0,37
sys7	Σύστημα 7	3	0,66
		5	0,48
		8	0,37

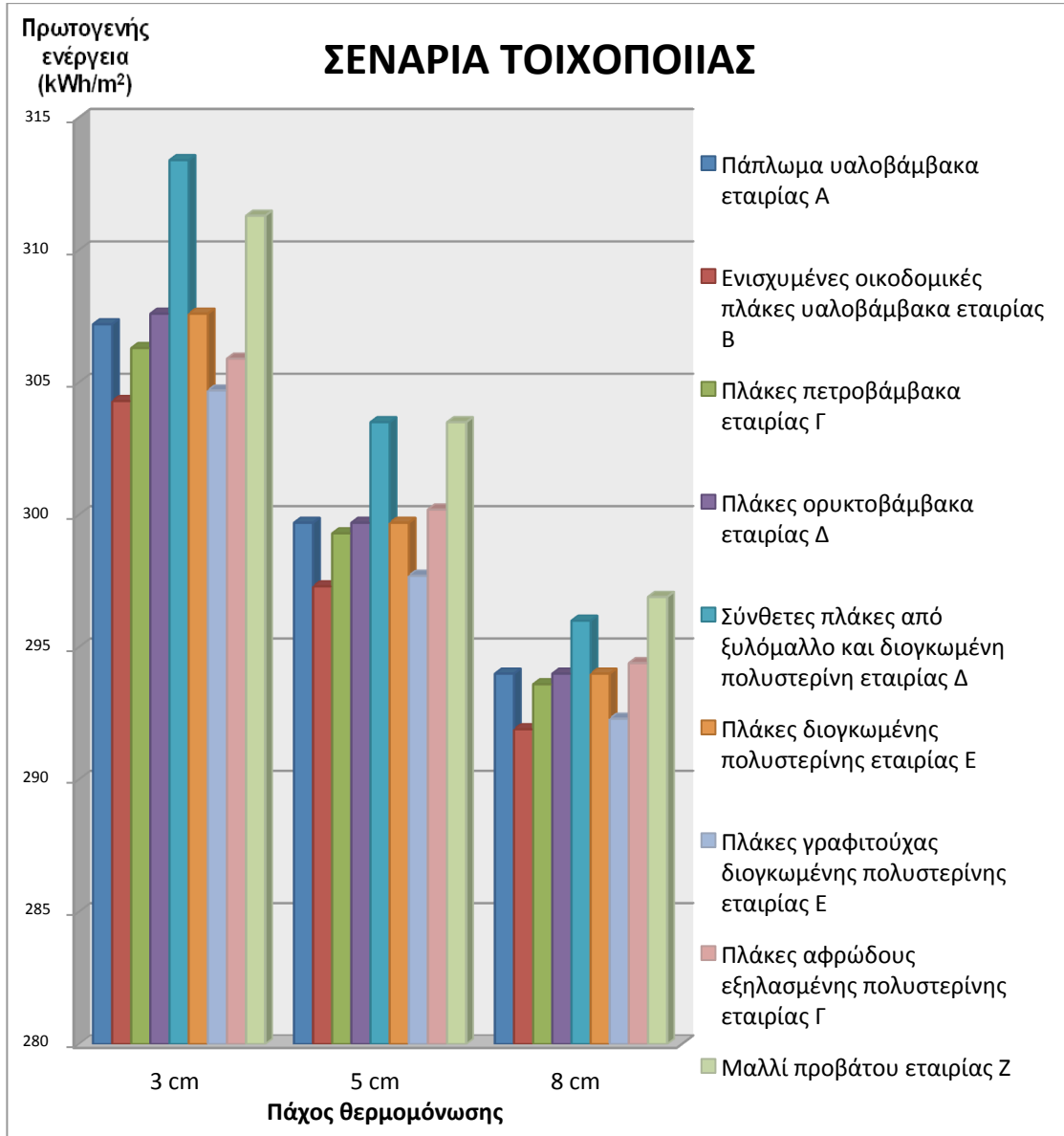
Πίνακας 5.11. Σενάρια συστημάτων εξωτερικής θερμομόνωσης.

Ακολουθεί παρουσίαση των ενεργειακών καταναλώσεων ανά κλιματική ζώνη. Τα διαγράμματα σχεδιάστηκαν, έτσι ώστε να παρουσιάζεται στον κατακόρυφο άξονα η πρωτογενής ενέργεια του κτιρίου σε kWh/m² για κάθε πάχος θερμομόνωσης που δίνεται στον οριζόντιο άξονα.

Εκτός όλων των προσομοιώσεων που απεικονίζονται στα διαγράμματα, για κάθε κλιματική ζώνη παρουσιάζεται και ένα συγκριτικό διάγραμμα με τα αποδοτικότερα σενάρια κάθε κατηγορίας θερμομόνωσης (τοιχοποιία, οροφή, πυλωτή, συστήματα, συνδυαστικά σενάρια).

5.5.1 Κλιματική ζώνη Α- Χανιά

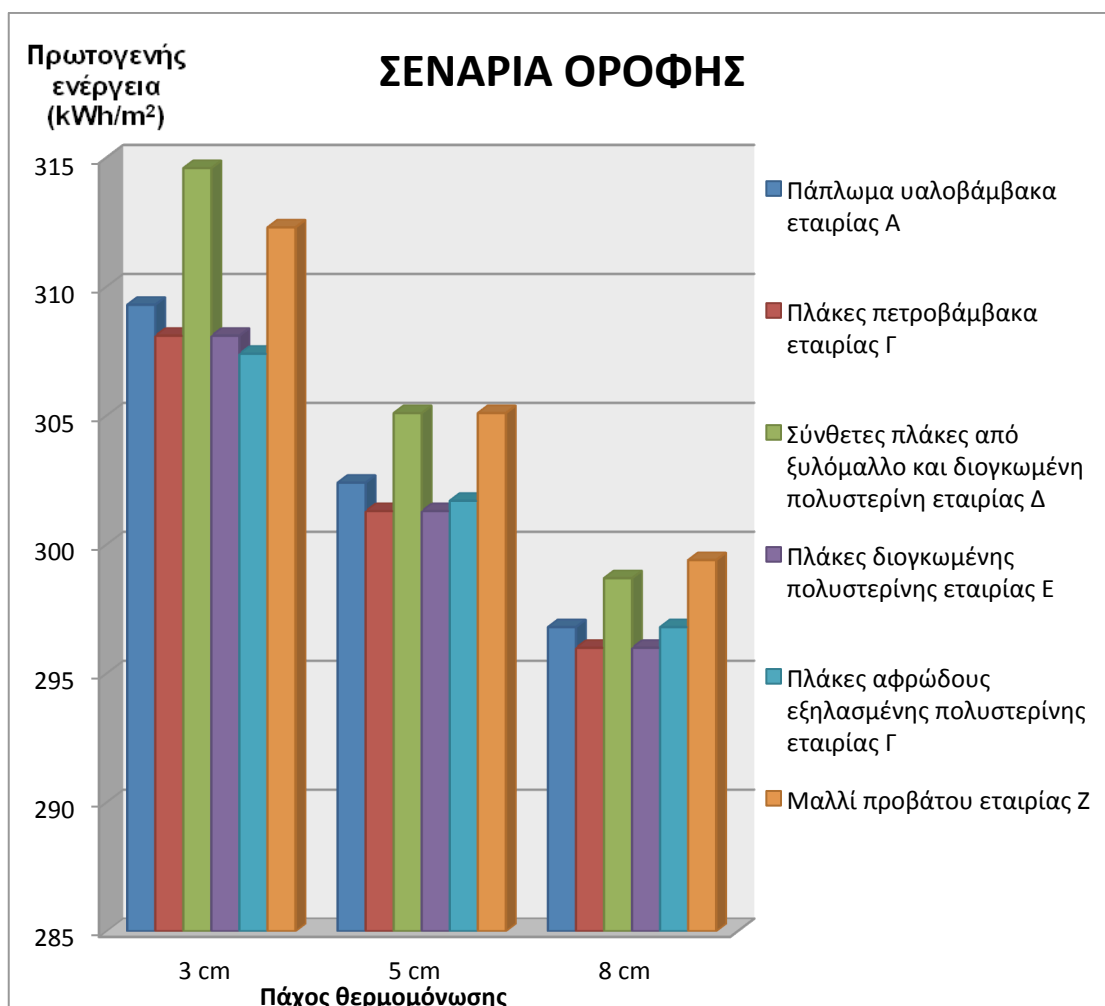
Με δεδομένο ότι η πρωτογενής ενέργεια του υπάρχοντος κτιρίου με τα εν λόγω κλιματικά δεδομένα ανέρχεται σε $E_{\text{πρ}}=341 \text{ kWh/m}^2$, έχουμε τα παρακάτω αποτελέσματα.



Πίνακας 5.12. Ενεργειακή απόδοση σεναρίων τοιχοποιίας Α' ζώνης.

Παρατηρούμε ότι η γραφιτούχα διογκωμένη πολυστερίνη, αλλά και ο ενισχυμένος υαλοβάμβακας παρουσιάζουν την καλύτερη συμπεριφορά, προκαλώντας μείωση της πρωτογενούς ενέργειας από περίπου 11% για πάχος θερμομόνωσης $d=3 \text{ cm}$ ως 14,5% για πάχος θερμομόνωσης $d=8 \text{ cm}$.

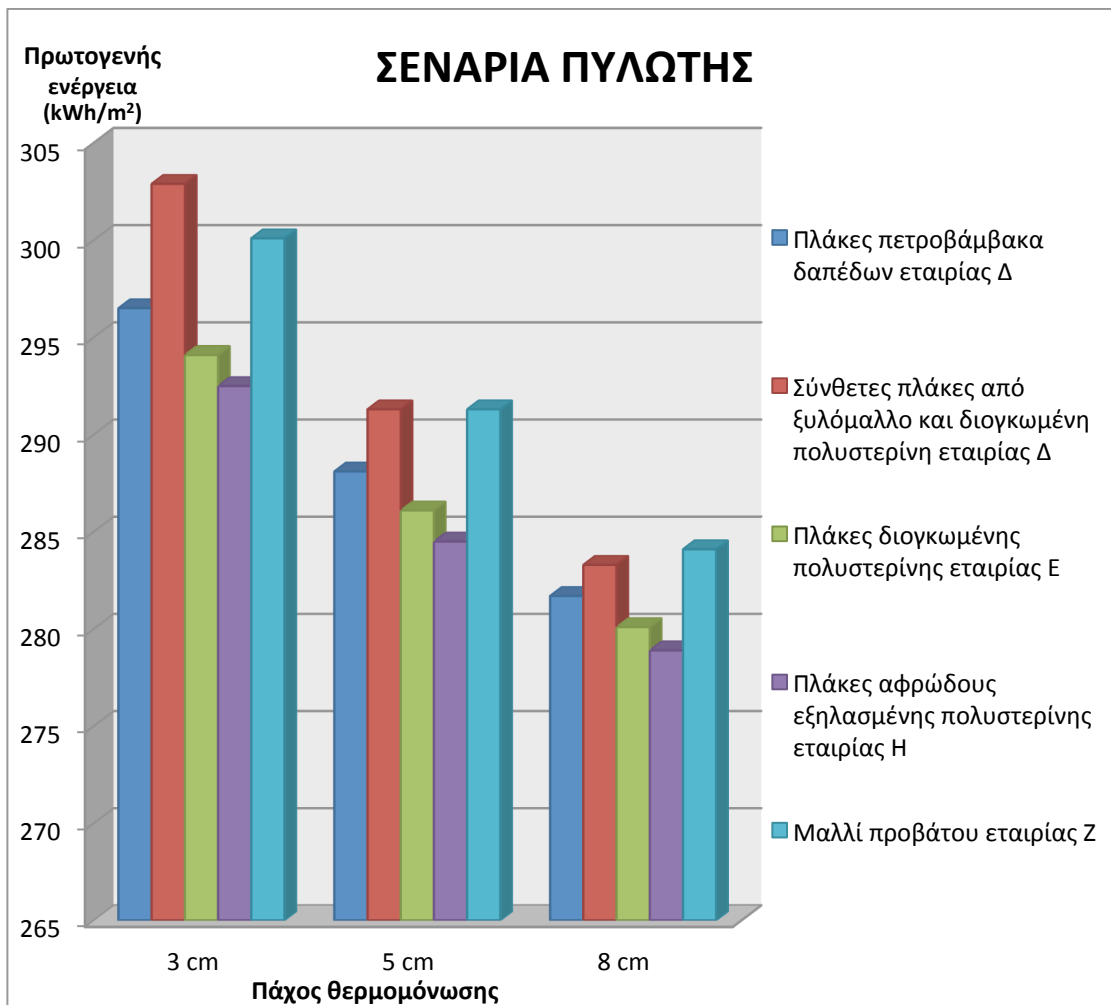
Από την άλλη πλευρά, τη μικρότερη απόδοση δείχνει να έχει το ξυλόμαλλο με βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης 8 - 13%, ανάλογα με το πάχος που επιλέγουμε.



Πίνακας 5.13. Ενεργειακή απόδοση σεναρίων οροφής Α' ζώνης.

Αξιοσημείωτη συμπεριφορά παρουσιάζει η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη για μικρά πάχη θερμομόνωσης, ενώ για μεγαλύτερα πάχη ενδείκνυται η τοποθέτηση πλακών πετροβάμβακα ή διογκωμένης πολυστερίνης, ανάλογα, πάντα, και με τους υπόλοιπους παράγοντες (περιοχή, περιβάλλον κ.λ.π.).

Στον αντίποδα βρίσκονται το ξυλόμαλλο, αλλά και το μαλλί προβάτου, τα οποία όμως έχουν το πλεονέκτημα ότι χαρακτηρίζονται ως «οικολογικά», γι' αυτό και χρησιμοποιούνται σε αρκετά μεγάλο βαθμό.

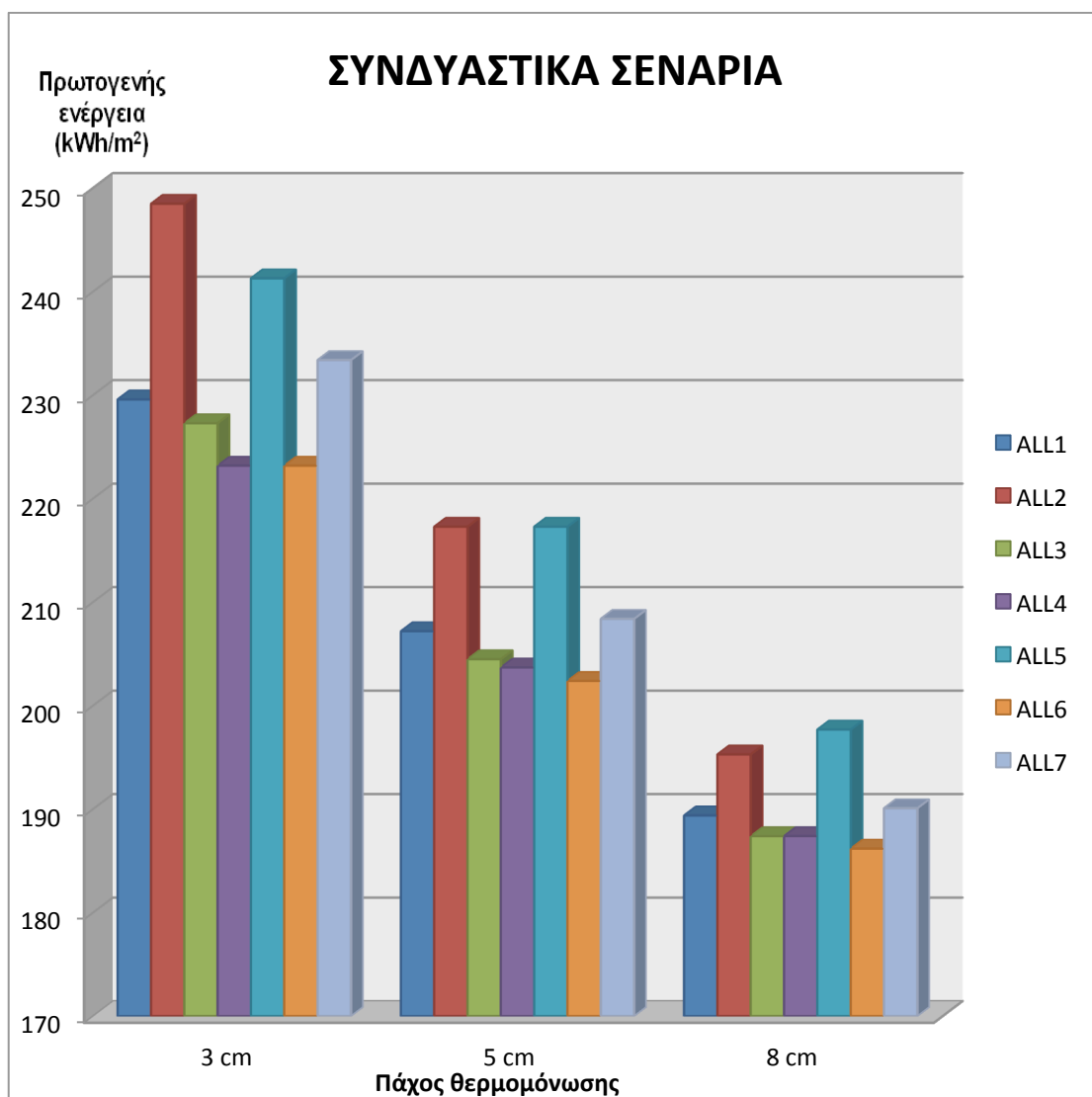


Πίνακας 5.14. Ενεργειακή απόδοση σεναρίων πυλωτής Α' ζώνης.

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα, η τοποθέτηση θερμομονωτικών υλικών στην πυλωτή εξοικονομεί στη Α' κλιματική ζώνη πρωτογενή ενέργεια της τάξης του:

- 15 - 18,5%, για την αφρώδη εξηλασμένη πολυστερίνη,
- 14 - 18% για τη διογκωμένη πολυστερίνη,
- 13,5 - 17,5% για τον πετροβάμβακα,
- 12 - 17% για το μαλλί προβάτου και
- 11,5- 17% για τις σύνθετες πλάκες από ξυλόμαλλο και διογκωμένη πολυστερίνη.

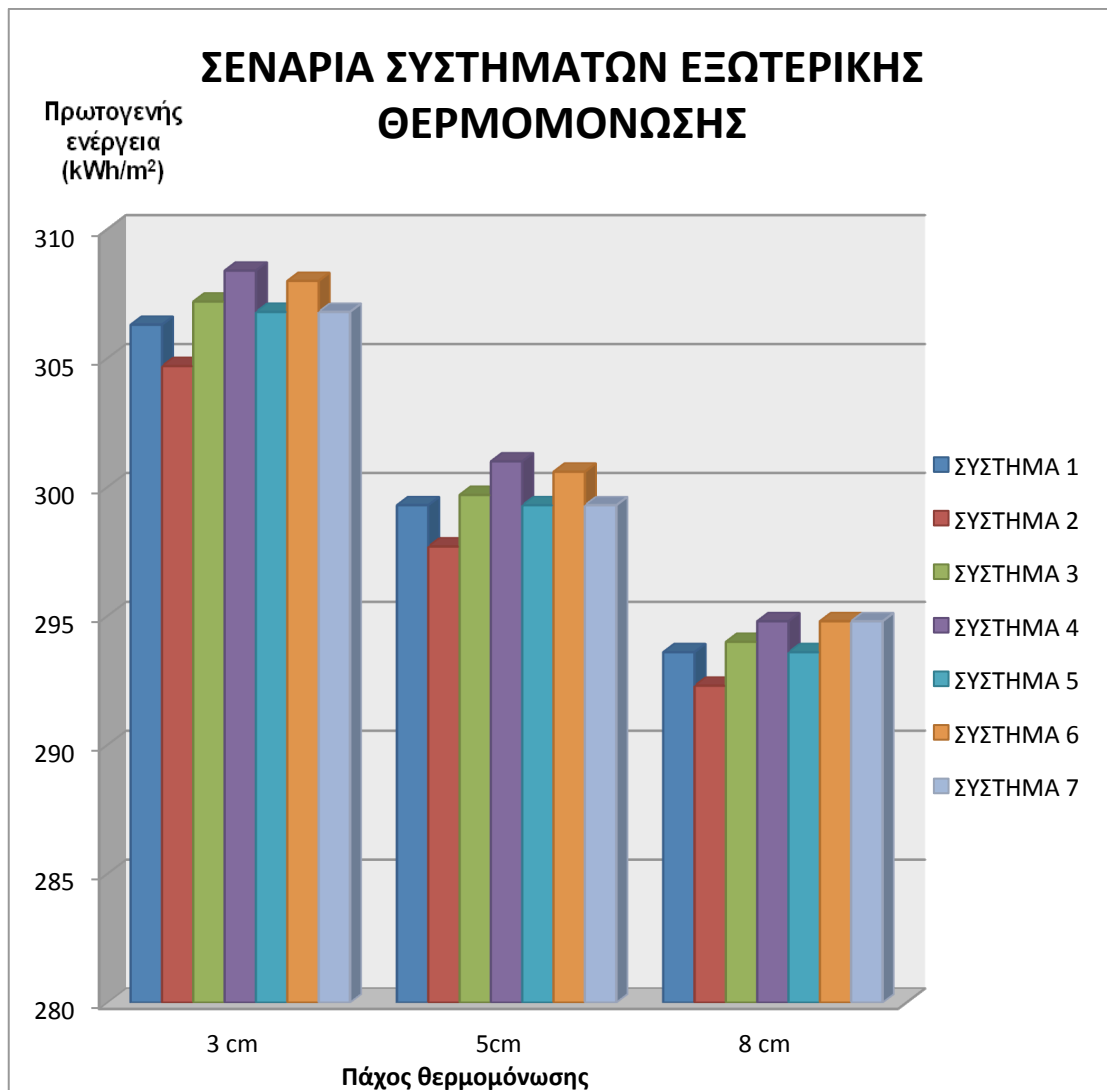
Τα παραπάνω εύρη τιμών αντιστοιχούν σε πάχος θερμομόνωσης 3-8 cm.



Πίνακας 5.15. Ενεργειακή απόδοση συνδυαστικών σεναρίων Α' ζώνης.

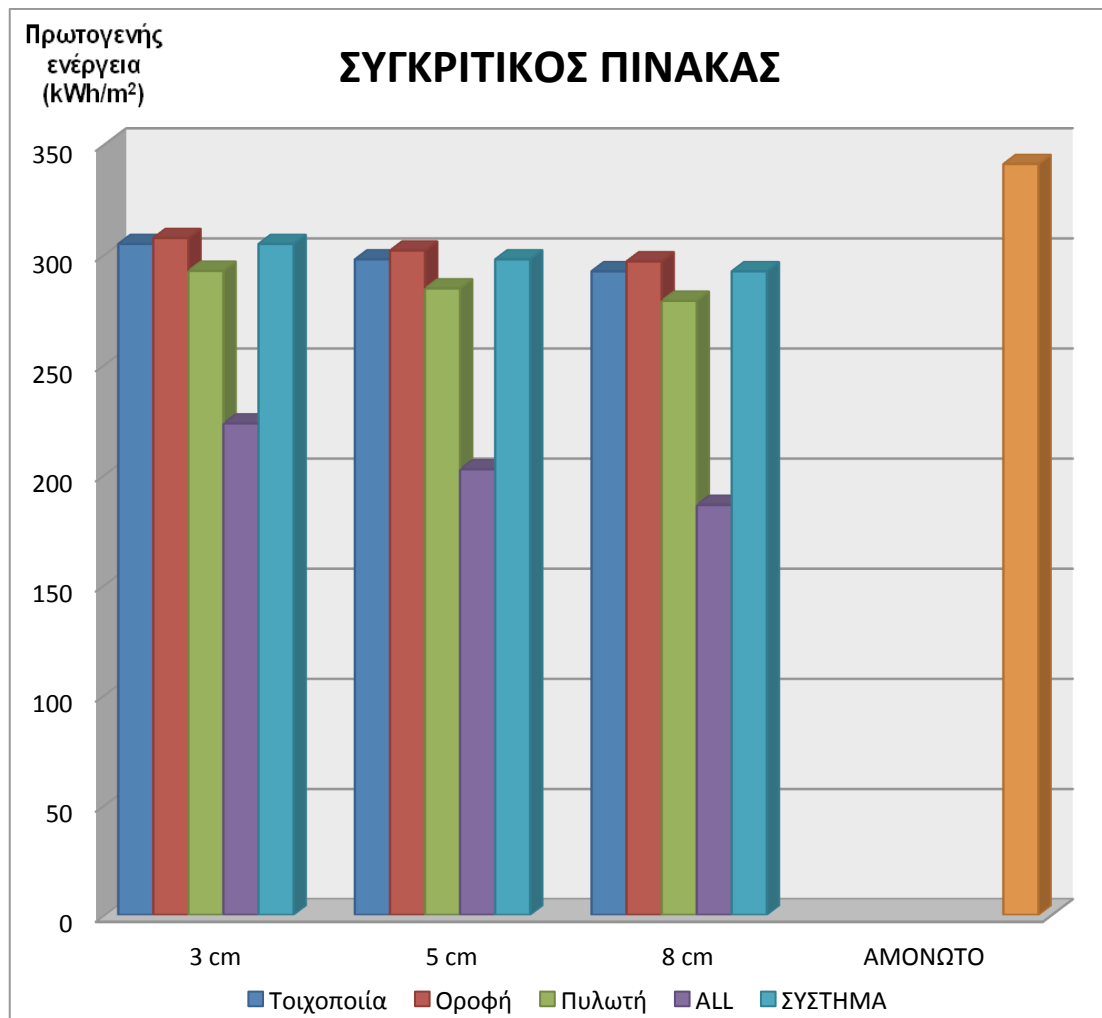
Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στα σενάριο ALL4 (αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε όλα τα δομικά στοιχεία) και ALL6 (ενισχυμένος υαλοβάμβακας στην τοιχοποιία, εξηλασμένη πολυστερίνη στην οροφή, διογκωμένη πολυστερίνη στην πυλωτή), καθώς, ακόμα και με χρήση μικρού πάχους θερμομονωτικού υλικού, προκαλούν μια μείωση στην πρωτογενή κατανάλωση της τάξης του 35%.

Βέβαια, δεν έχει νόημα να συγκρίνουμε αυτήν την κατηγορία με τις υπόλοιπες, αφού εδώ θερμομονώνουμε όλα τα αδιαφανή δομικά στοιχεία. Κατά συνέπεια, είναι πολύ λογικό να έχουμε και την αντίστοιχη εξοικονόμηση.



Πίνακας 5.16. Ενεργειακή απόδοση σεναρίων συστημάτων εξωτερικής θερμομόνωσης Α' ζώνης.

Τα συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης έχουν παρόμοια συμπεριφορά. Οριακά, την καλύτερη απόδοση παρουσιάζει το σύστημα 2, λόγω της γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης που περιέχει. Τα ποσοστά μείωσης της πρωτογενούς ενέργειας για όλα τα συστήματα κυμαίνονται από 9,7 - 11% για μικρά πάχη θερμομόνωσης ως 13,8 - 14,7% για μεγαλύτερα πάχη θερμομόνωσης.



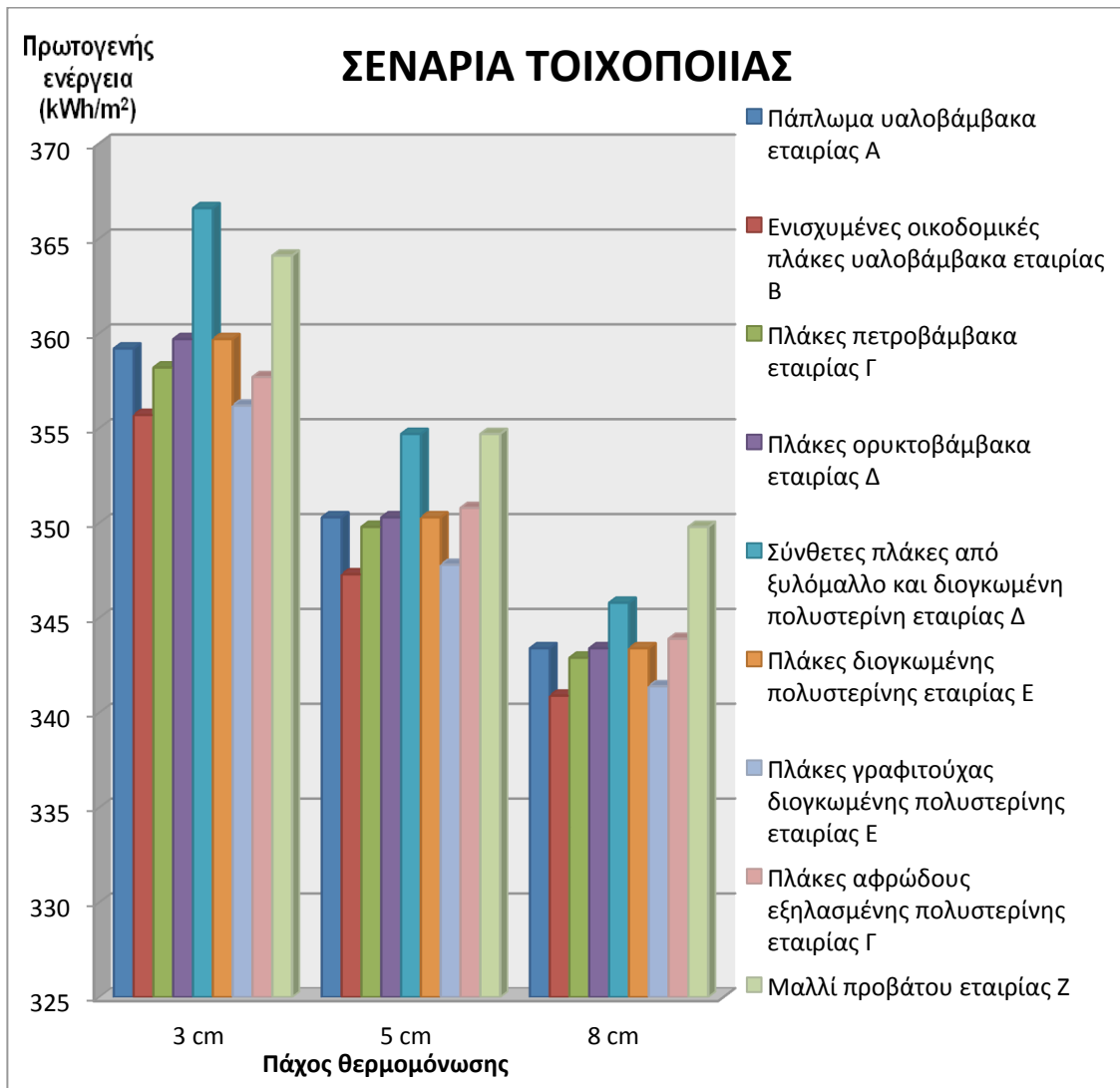
Πίνακας 5.17. Συγκριτικός πίνακας επιμέρους σεναρίων Α' ζώνης.

Συνοπτικά, με εξαίρεση τα συνδυαστικά σενάρια, οι υπόλοιπες κατηγορίες σεναρίων που «τρέξαμε» παρουσιάζουν παρόμοια βελτίωση στην ενεργειακή απόδοση του μοντέλου μας.

Ελαφρώς καλύτερη συμπεριφορά, πάντως, δείχνει η θερμομόνωση της πυλωτής.

5.5.2. Κλιματική ζώνη Β- Αθήνα (Ν.Φιλαδέλφεια)

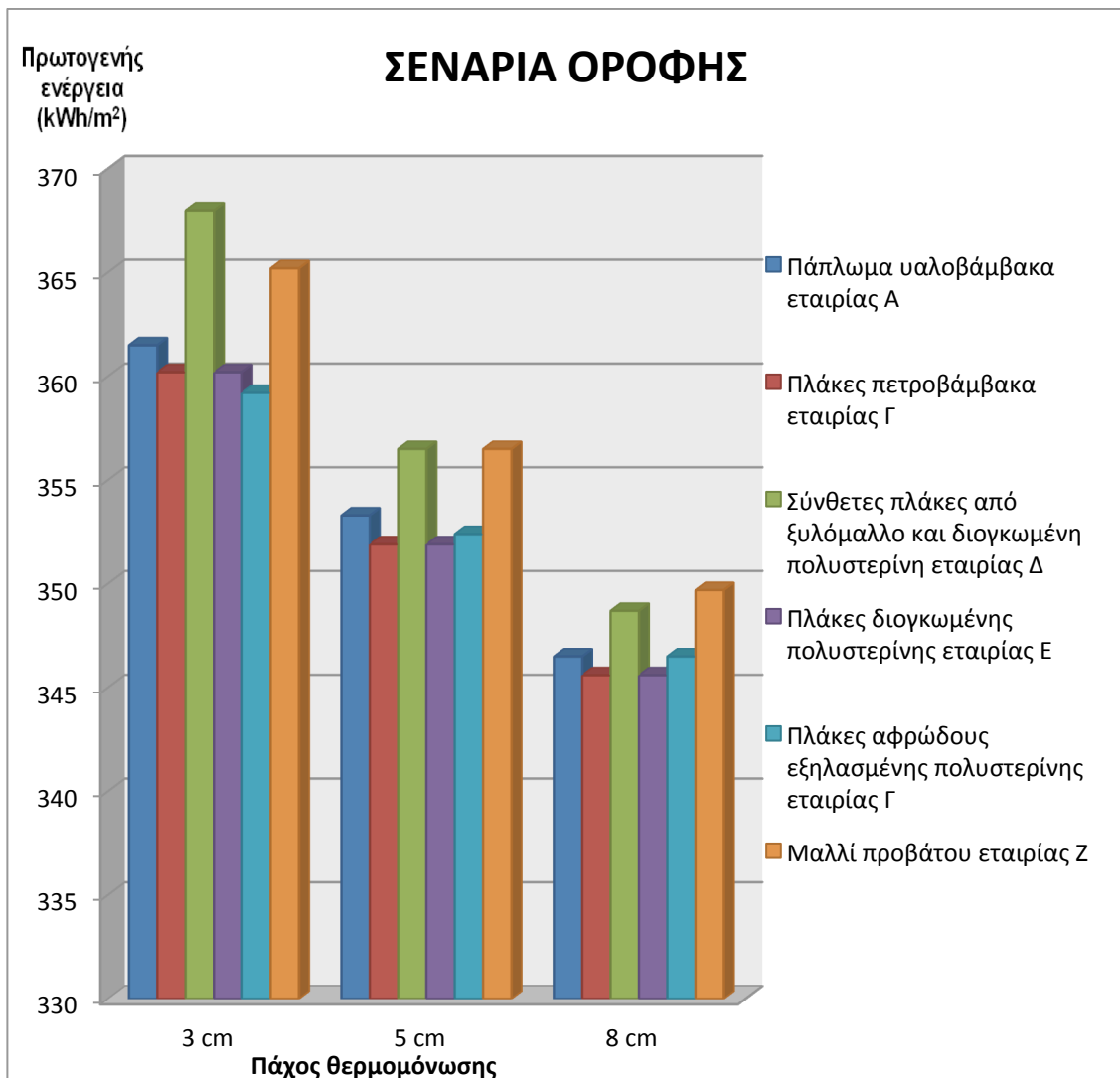
Η πρωτογενής ενέργεια του υπάρχοντος κτιρίου στην περιοχή της Αθήνας ανέρχεται σε $E_{pr}=399,8 \text{ kWh/m}^2$.



Πίνακας 5.18. Ενεργειακή απόδοση σεναρίων τοιχοποιίας Β' ζώνης.

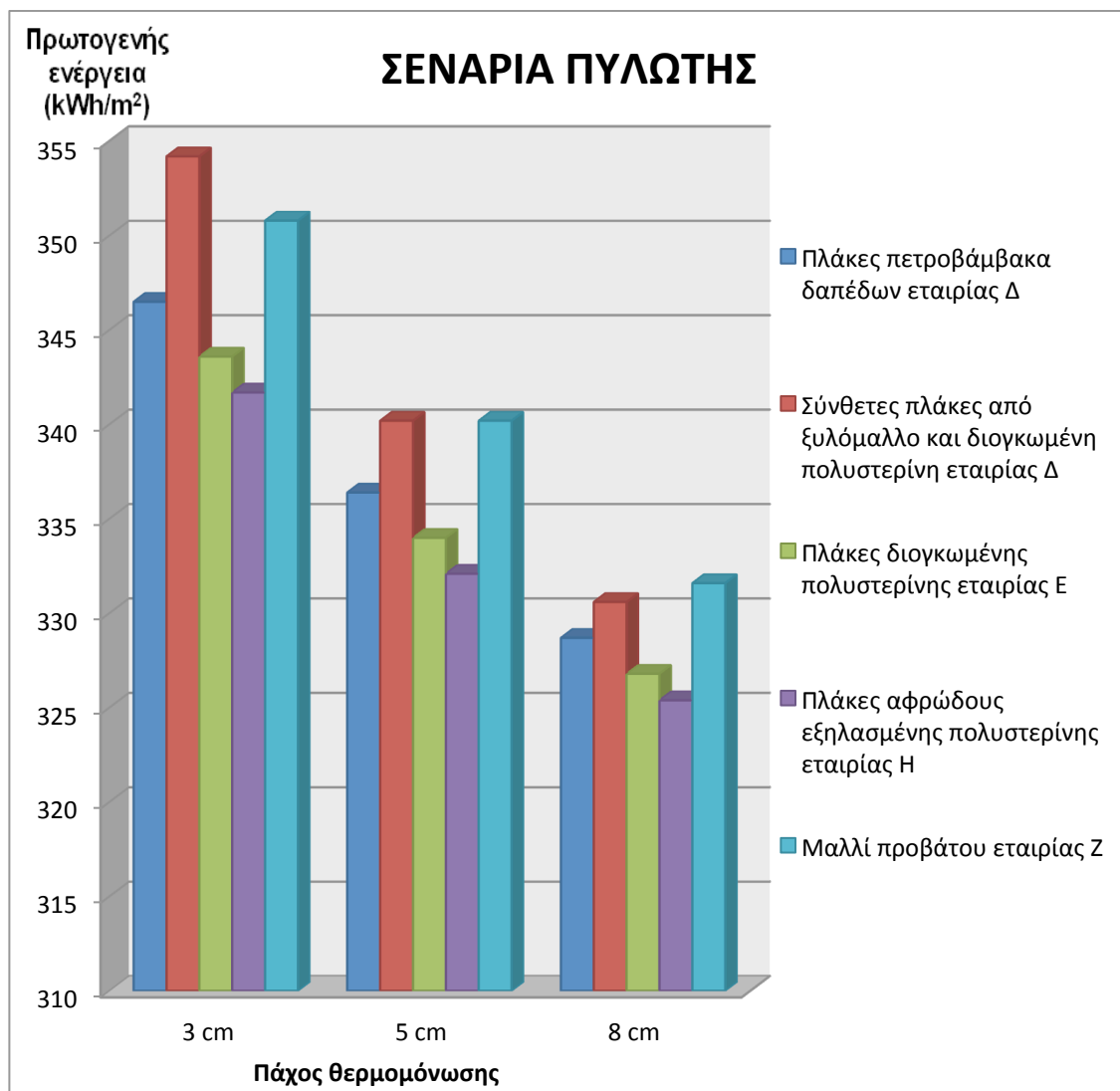
Παρατηρούμε ότι αποδοτικότερα συμπεριφέρονται ο ενισχυμένος υαλοβάμβακας και η γραφιτούχα διογκωμένη πολυστερίνη με μειώσεις πρωτογενούς ενέργειας της τάξης του 11,5 – 14,8% και 11 – 15%, αντίστοιχα.

Αξιοσημείωτη είναι, επίσης, και η συμπεριφορά του ξυλόμαλλου, το οποίο για μικρά πάχη θερμομόνωσης είναι ελάχιστα ανταγωνιστικό, ενώ όσο μεγαλώνει το πάχος θερμομόνωσης, η διαφορά του με τα υπόλοιπα θερμομονωτικά υλικά μειώνεται.



Πίνακας 5.19. Ενεργειακή απόδοση σεναρίων οροφής Β' ζώνης.

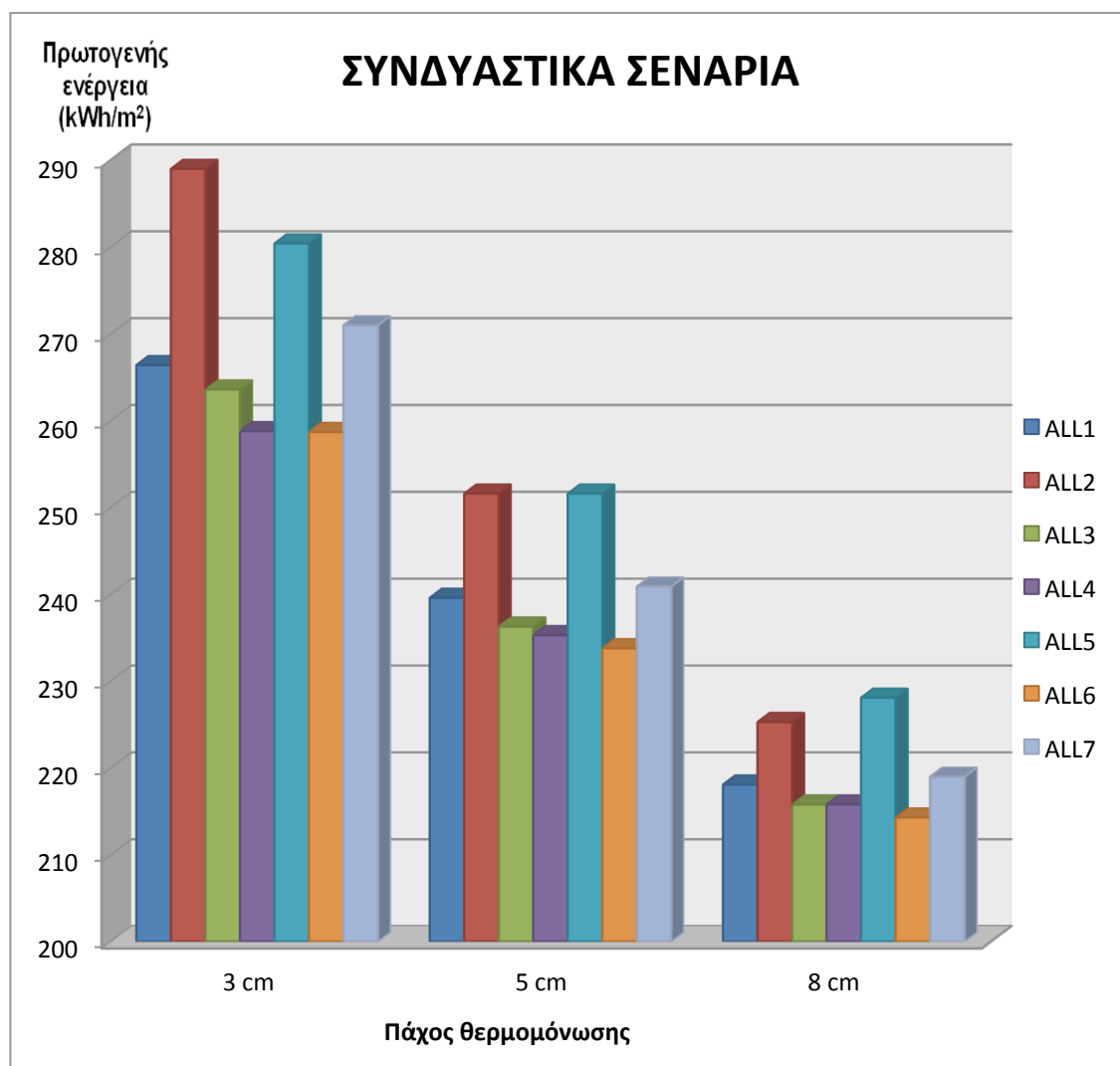
Ενώ σε πάχος θερμομόνωσης $d=3\text{cm}$ η επιλογή της εξηλασμένης πολυστερίνης είναι η καταλληλότερη (εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας σε ποσοστό 10,25%), σε μεγαλύτερα πάχη φαίνεται να έχει ελαφρώς αποδοτικότερη συμπεριφορά η επιλογή των πλακών πετροβάμβακα, καθώς και της διογκωμένης πολυστερίνης.



Πίνακας 5.20. Ενεργειακή απόδοση σεναρίων πυλωτής Β' ζώνης.

Όπως δείχνει ο παραπάνω πίνακας, φαίνεται να αυξάνεται η διασπορά των αποτελεσμάτων μας, καθώς για μικρό πάχος θερμομόνωσης οι τιμές πρωτογενούς ενέργειας κυμαίνονται από 340 έως 353 kWh/m² περίπου, ετησίως.

Σαφέστατα, πάντως, καλύτερη απόδοση στο σύστημά μας έχουν οι πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης.

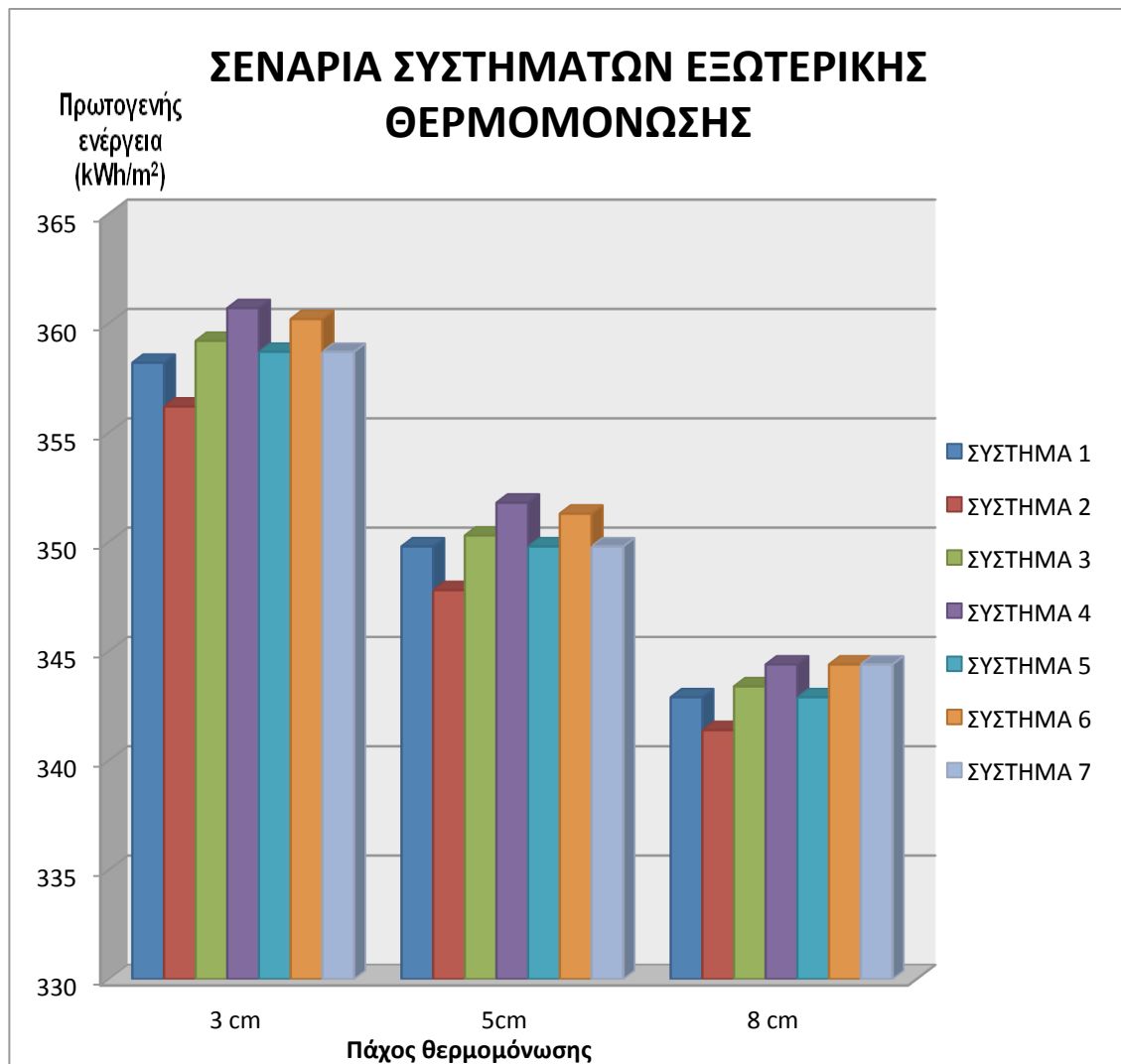


Πίνακας 5.21. Ενεργειακή απόδοση συνδυαστικών σεναρίων Β' ζώνης.

Στη Β' κλιματική ζώνη φαίνεται πως τα συνδυαστικά σενάκια αποδίδουν σε 2 ταχύτητες:

1. Τα σενάκια ALL4 και ALL6 πρωτίστως, και στη συνέχεια τα ALL3 και ALL1, παρουσιάζουν μεγάλη μείωση στην πρωτογενή ενέργεια του κτιρίου.
2. Κυρίως τα σενάκια ALL2 και ALL5, αλλά και το ALL7 σε μικρότερο βαθμό, δεν είναι εξίσου αποτελεσματικά.

Όπως σχολιάστηκε και σε προηγούμενο διάγραμμα, το σενάριο, στο οποίο θωρακίζεται η κατοικία μας με πλάκες ξυλόμαλλου και διογκωμένης πολυστερίνης (ALL2) παρουσιάζει χαμηλότερη απόδοση σε μικρό πάχος θερμομόνωσης, ενώ είναι εμφανώς βελτιωμένο για μεγαλύτερο πάχος.

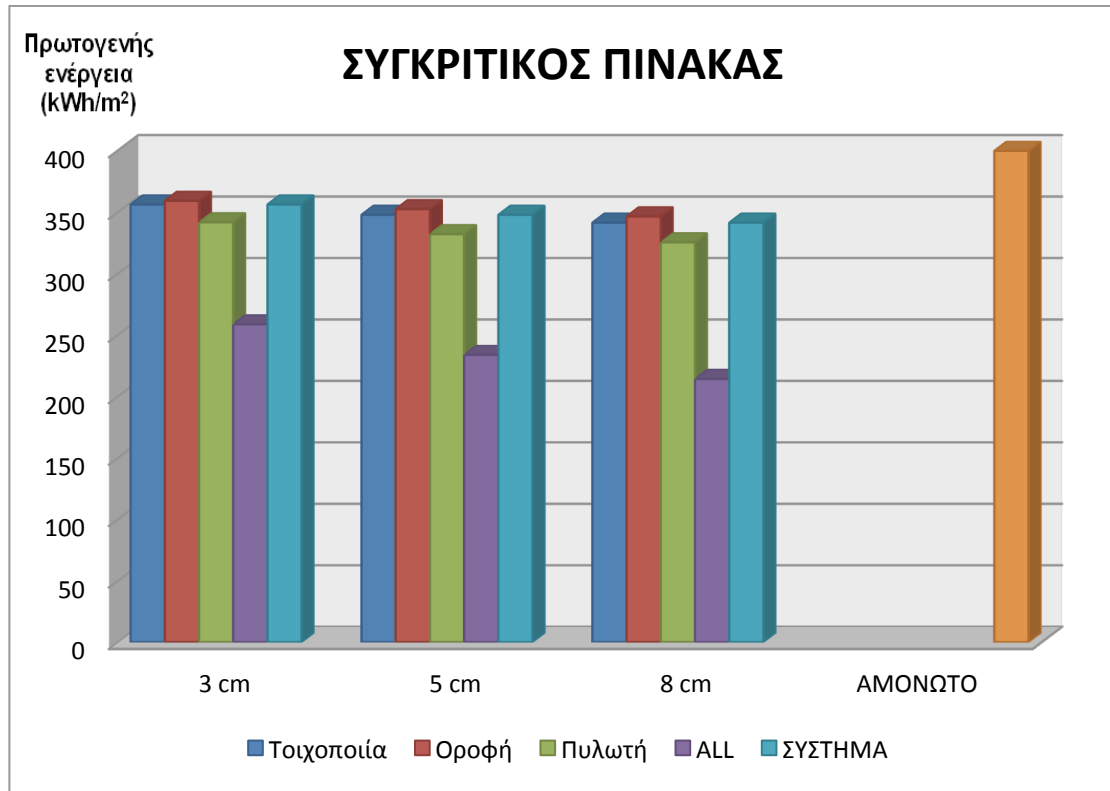


Πίνακας 5.22. Ενεργειακή απόδοση σεναρίων συστημάτων εξωτερικής θερμομόνωσης Β' ζώνης.

Η ανταγωνιστικότητα των συστημάτων εξωτερικής θερμομόνωσης είναι εμφανής, καθώς η απόδοση του μοντέλου υπό την επίδραση των παραπάνω συστημάτων κυμαίνεται μεταξύ πολύ μικρών ορίων:

- 355 - 360 kWh/m² για d= 3 cm,
- 347 - 351 kWh/m² για d= 5 cm,
- 341 - 344 kWh/m² για d= 8 cm.

Τη βέλτιστη, λύση, πάντως, δίνει το Σύστημα 2, κάτι πολύ λογικό, αν λάβουμε υπόψη πως ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του θερμομονωτικού πυρήνα του είναι $\lambda=0,032$ W/m·K.

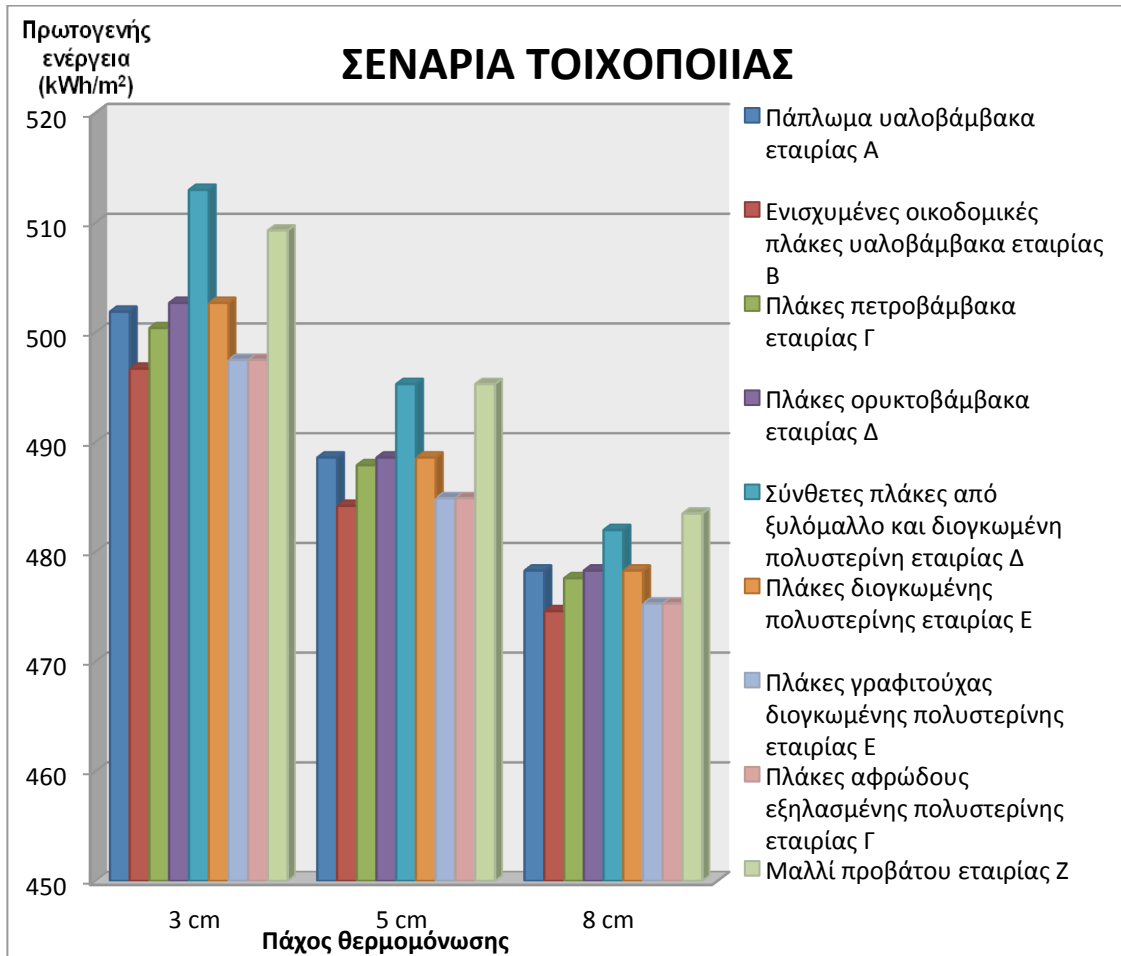


Πίνακας 5.23. Συγκριτικός πίνακας επιμέρους σεναρίων Β' ζώνης.

Σε αυτήν την κλιματική ζώνη γίνονται λίγο πιο αισθητές οι αποκλίσεις στη μείωση ενεργειακής κατανάλωσης που προσφέρει η θερμομόνωση κάθε τύπου. Έτσι, ενώ παραμένει μεγάλη η διαφορά του Συνδυαστικού σεναρίου από όλα τα υπόλοιπα, την αμέσως επόμενη θέση καταλαμβάνει η Πυλωτή, ενώ στα ίδια επίπεδα κυμαίνονται η Τοιχοποιία και τα Συστήματα Εξωτερικής Θερμομόνωσης και στο τέλος βρίσκεται η Οροφή.

5.5.3 Κλιματική ζώνη Γ- Τρίκαλα (Ν.Θεσσαλίας)

Στην πόλη των Τρικάλων, ένα κτίριο με τα χαρακτηριστικά του μοντέλου μας καταναλώνει πρωτογενή ενέργεια $E_{\text{πρ}} = 562,5 \text{ kWh/m}^2$.

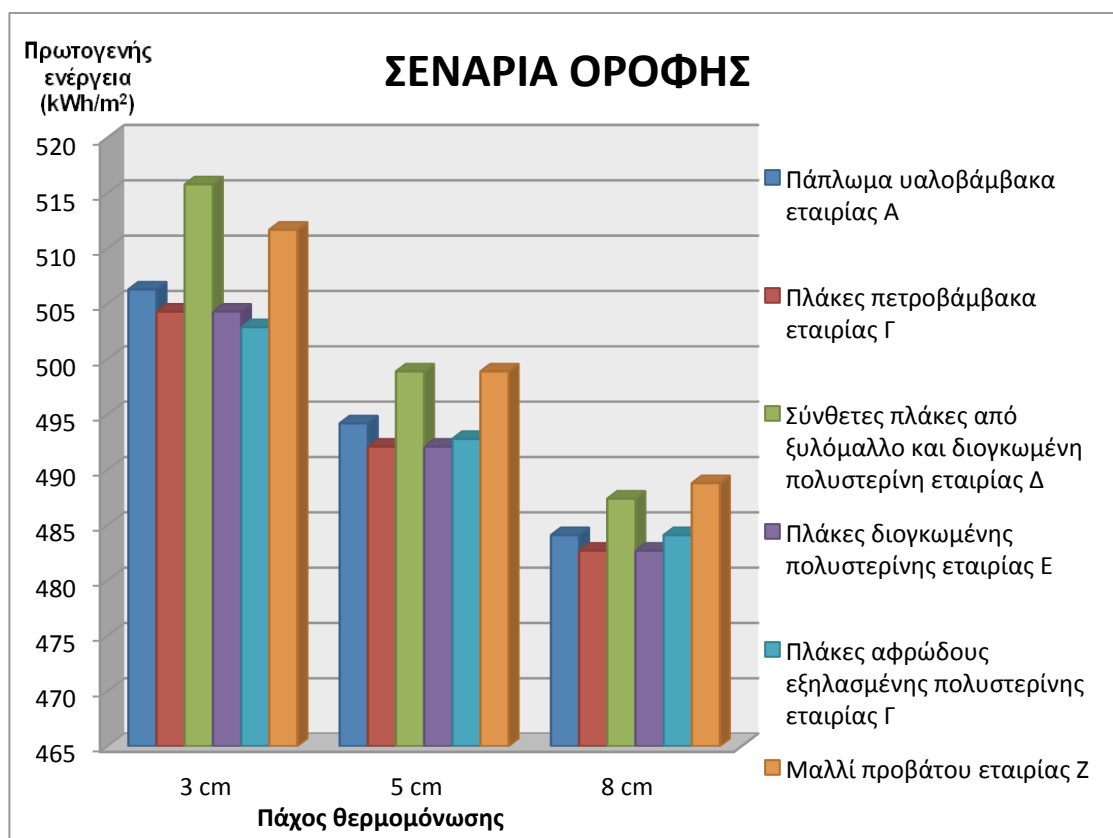


Πίνακας 5.24. Ενεργειακή απόδοση σεναρίων τοιχοποιίας Γ' ζώνης.

Η μείωση πρωτογενούς ενέργειας στο μοντέλο μας για κάθε τύπο θερμομονωτικού υλικού συνοψίζεται στον παρακάτω πίνακα:

Τύπος Υλικού	Μείωση πρωτογενούς ενέργειας		
	d= 3 cm	d=5 cm	d=8 cm
Υαλοβάμβακας	10,8%	13,1%	15,0%
Ενισχυμένος υαλοβάμβακας	11,7%	13,9%	15,6%
Πετροβάμβακας	11,0%	13,3%	15,1%
Ορυκτοβάμβακας	10,6%	13,1%	15,0%
Ξυλόμαλλο με διογκωμένη πολυστερίνη	8,8%	11,9%	14,3%
Διογκωμένη πολυστερίνη	10,6%	13,1%	15,0%
Γραφιτούχα διογκωμένη πολυστερίνη	11,6%	13,8%	15,5%
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη	11,6%	13,8%	15,5%
Μαλλί προβάτου	9,5%	11,9%	14,0%

Πίνακας 5.25. Ποσοστό μείωσης πρωτογενούς ενέργειας σεναρίων τοιχοποιίας Γ' ζώνης.

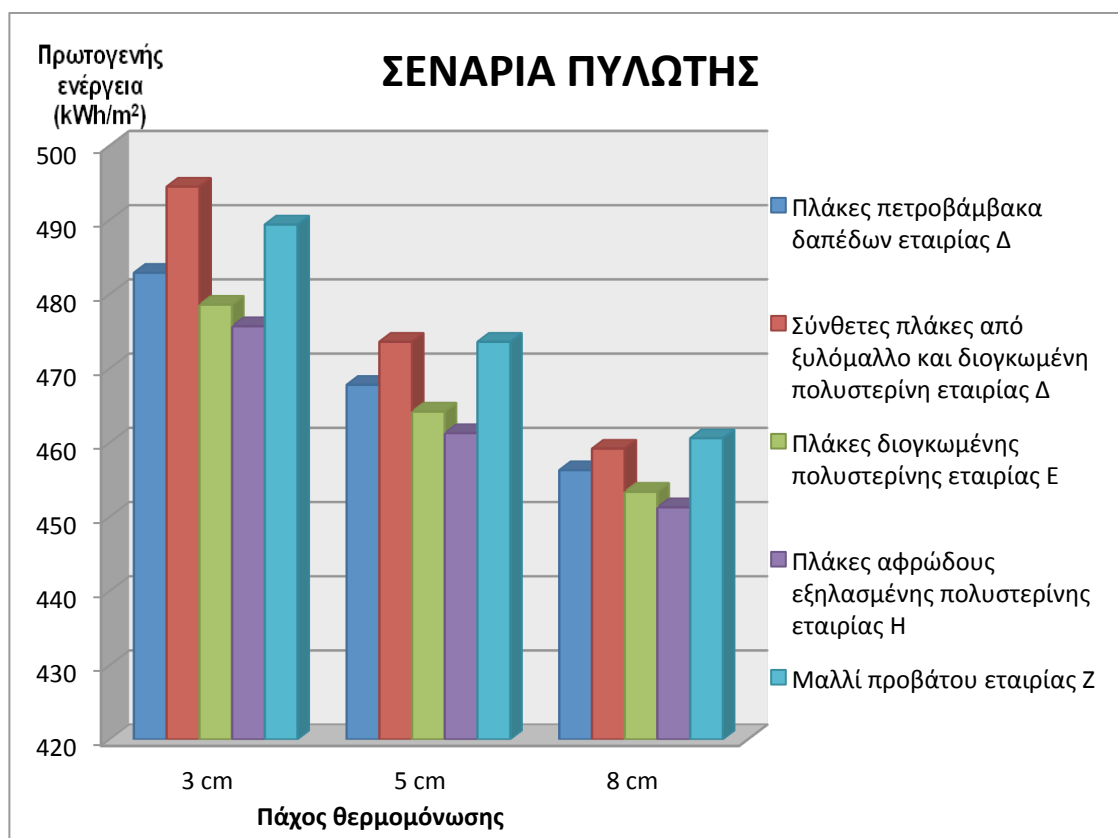


Πίνακας 5.26. Ενεργειακή απόδοση σεναρίων οροφής Γ' ζώνης.

Κατά τα προηγούμενα, το ποσοστό βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου συνοψίζεται ως εξής:

Τύπος Υλικού	Μείωση πρωτογενούς ενέργειας		
	d= 3 cm	d=5 cm	d=8 cm
Υαλοβάμβακας	10,0%	12,1%	13,9%
Πετροβάμβακας	10,3%	12,5%	14,2%
Ξυλόμαλλο με διογκωμένη πολυστερίνη	8,3%	11,3%	13,4%
Διογκωμένη πολυστερίνη	10,3%	12,5%	14,2%
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη	10,6%	12,4%	13,9%
Μαλλί προβάτου	9,0%	11,3%	13,1%

Πίνακας 5.27. Ποσοστό μείωσης πρωτογενούς ενέργειας σεναρίων οροφής Γ' ζώνης.

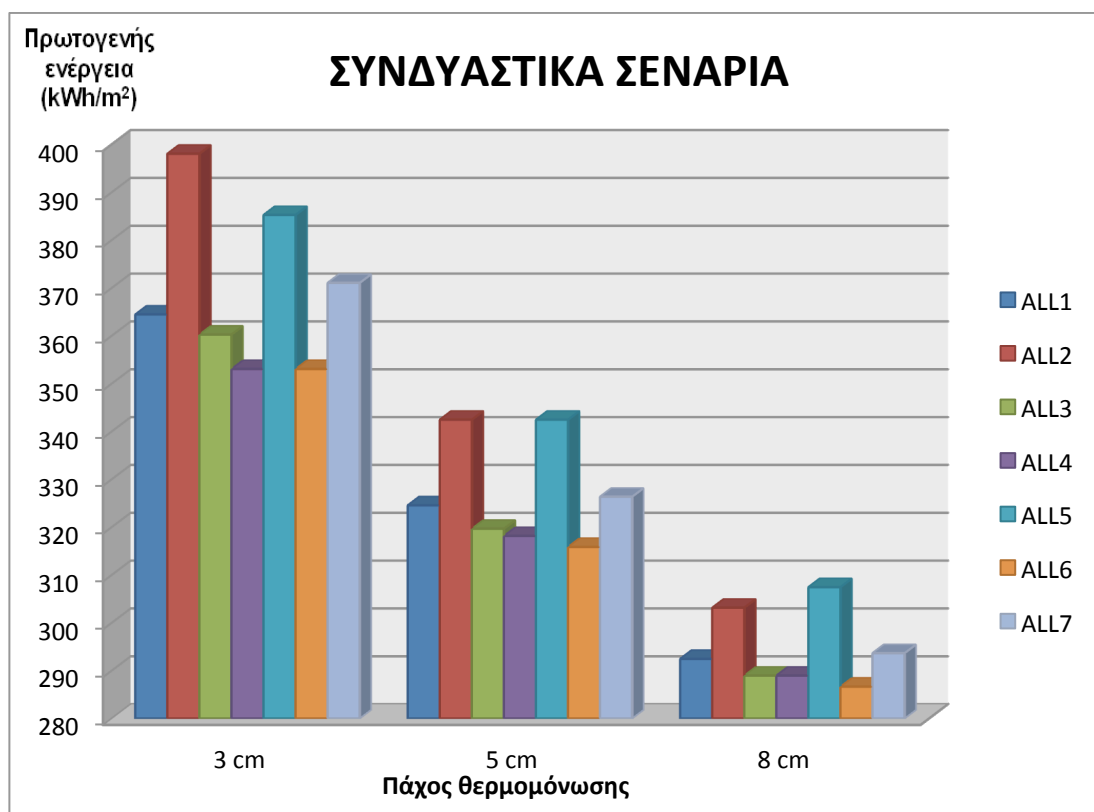


Πίνακας 5.28. Ενεργειακή απόδοση σεναρίων πυλωτής Γ' ζώνης.

Τα επιλεγμένα σενάρια πυλωτής προκαλούν την παρακάτω εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας:

Τύπος Υλικού	Μείωση πρωτογενούς ενέργειας		
	d= 3 cm	d=5 cm	d=8 cm
Πετροβάμβακας	14,2%	16,8%	18,9%
Ξυλόμαλλο με διογκωμένη πολυστερίνη	12,1%	15,8%	18,4%
Διογκωμένη πολυστερίνη	14,9%	17,5%	19,4%
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη	15,4%	18,0%	19,8%
Μαλλί προβάτου	13,0%	15,8%	18,1%

Πίνακας 5.29. Ποσοστό μείωσης πρωτογενούς ενέργειας σεναρίων πυλωτής Γ' ζώνης.

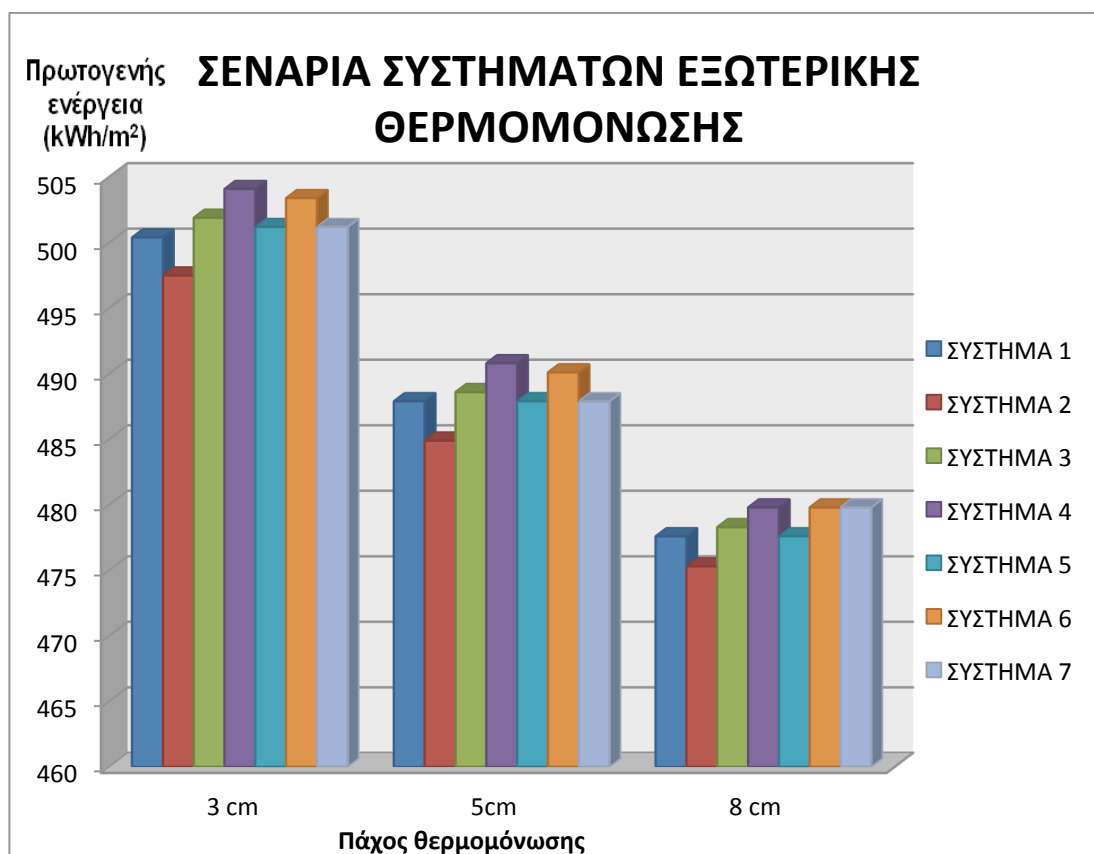


Πίνακας 5.30. Ενεργειακή απόδοση συνδυαστικών σεναρίων Γ' ζώνης.

Τα συνδυαστικά σενάρια μειώνουν την ενεργειακή πρωτογενή κατανάλωση μέχρι και στο μισό. Καλύτερα, όμως, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα στον παρακάτω πίνακα:

Τύπος Υλικού	Μείωση πρωτογενούς ενέργειας		
	d= 3 cm	d=5 cm	d=8 cm
ALL1	35,2%	42,3%	48,0%
ALL2	29,2%	39,1%	46,1%
ALL3	35,9%	43,2%	48,6%
ALL4	37,2%	43,4%	48,6%
ALL5	31,5%	39,1%	45,3%
ALL6	37,2%	43,8%	49,0%
ALL7	34,0%	42,0%	47,8%

Πίνακας 5.31. Ποσοστό μείωσης πρωτογενούς ενέργειας συνδυαστικών σεναρίων Γ' ζώνης.

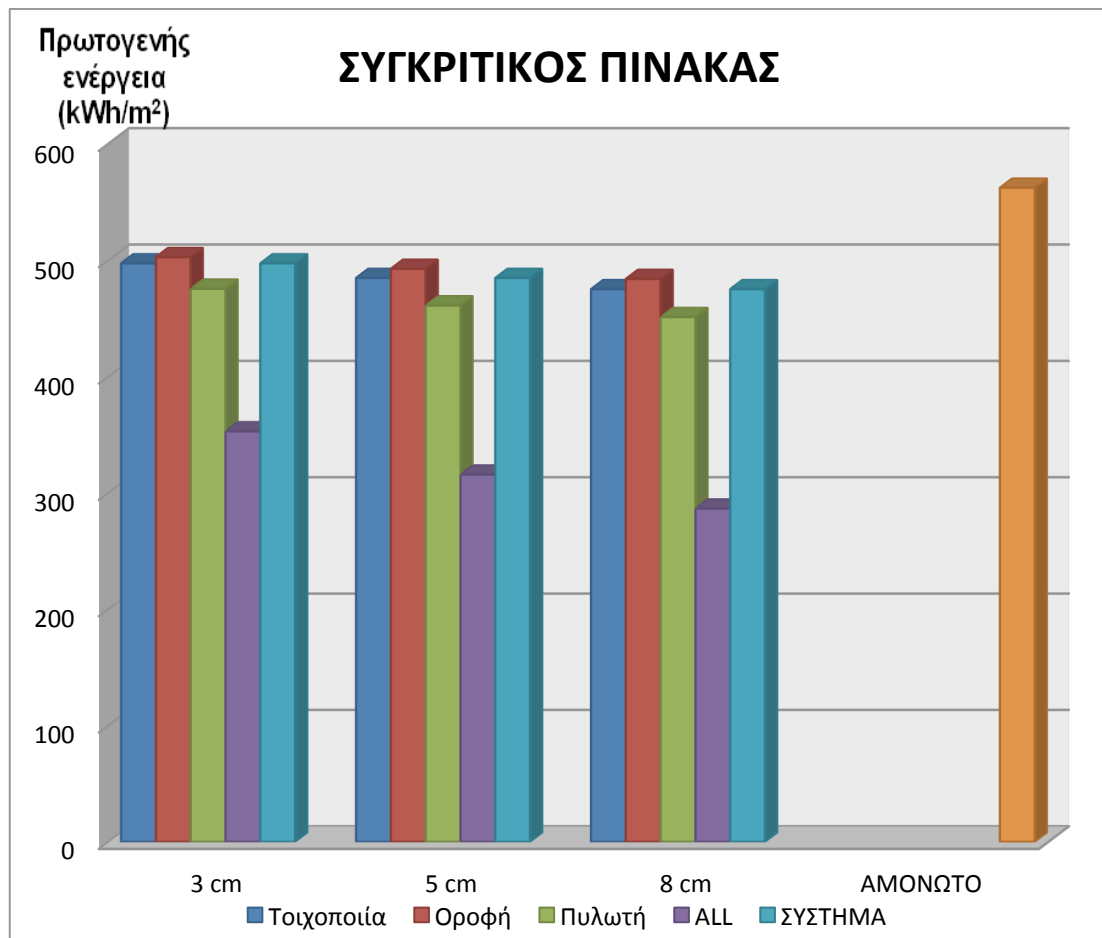


Πίνακας 5.32. Ενεργειακή απόδοση σεναρίων συστημάτων εξωτερικής θερμομόνωσης Γ' ζώνης.

Τέλος, τα συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης παρουσιάζουν την παρακάτω μείωση:

Τύπος Υλικού	Μείωση πρωτογενούς ενέργειας		
	d= 3 cm	d=5 cm	d=8 cm
ΣΥΣΤΗΜΑ 1	11,0%	13,3%	15,1%
ΣΥΣΤΗΜΑ 2	11,6%	13,8%	15,5%
ΣΥΣΤΗΜΑ 3	10,8%	13,1%	15,0%
ΣΥΣΤΗΜΑ 4	10,4%	12,7%	14,7%
ΣΥΣΤΗΜΑ 5	10,9%	13,3%	15,1%
ΣΥΣΤΗΜΑ 6	10,5%	12,9%	14,9%
ΣΥΣΤΗΜΑ 7	10,9%	13,3%	14,7%

Πίνακας 5.33. Ποσοστό μείωσης πρωτογενούς ενέργειας σεναρίων συστημάτων εξωτερικής θερμομόνωσης Γ' ζώνης.

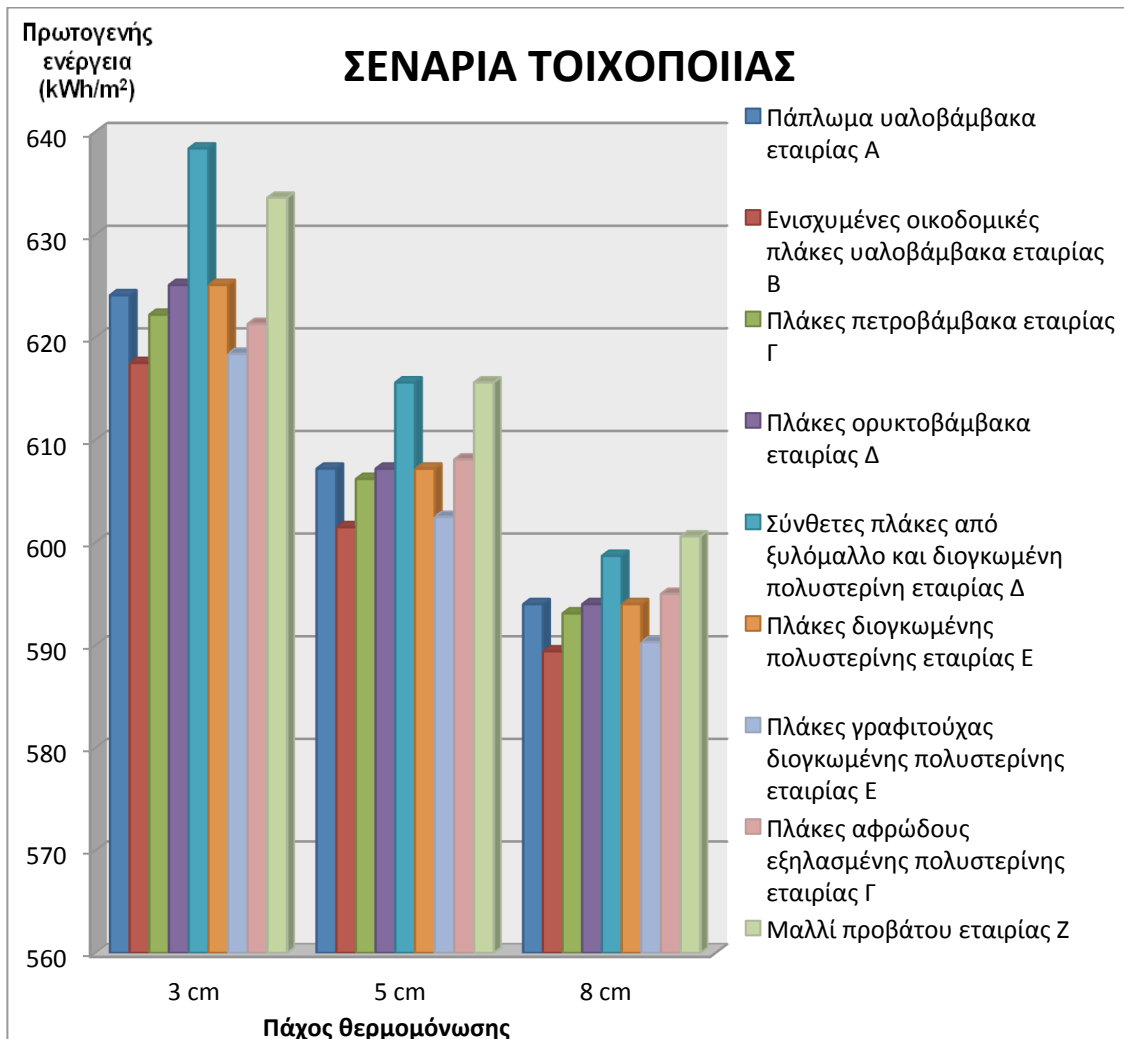


Πίνακας 5.34. Συγκριτικός πίνακας επιμέρους σεναρίων Γ' ζώνης.

Συνοπτικά, ο παραπάνω πίνακας παρουσιάζει τη μεγάλη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης που προκαλεί η τοποθέτηση θερμομόνωσης σε όλα τα δομικά στοιχεία (σενάρια ALL), ενώ φαίνεται η μικρή επιρροή των σεναρίων οροφής, όπως επίσης και η πανομοιότυπη επίδραση των σεναρίων τοιχοποιίας και των ολοκληρωμένων συστημάτων εξωτερικής θερμομόνωσης, αφού και τα δυο είδη προορίζονται για την εξωτερική πρόσοψη του μοντέλου.

5.5.4. Κλιματική ζώνη Δ- Καστοριά

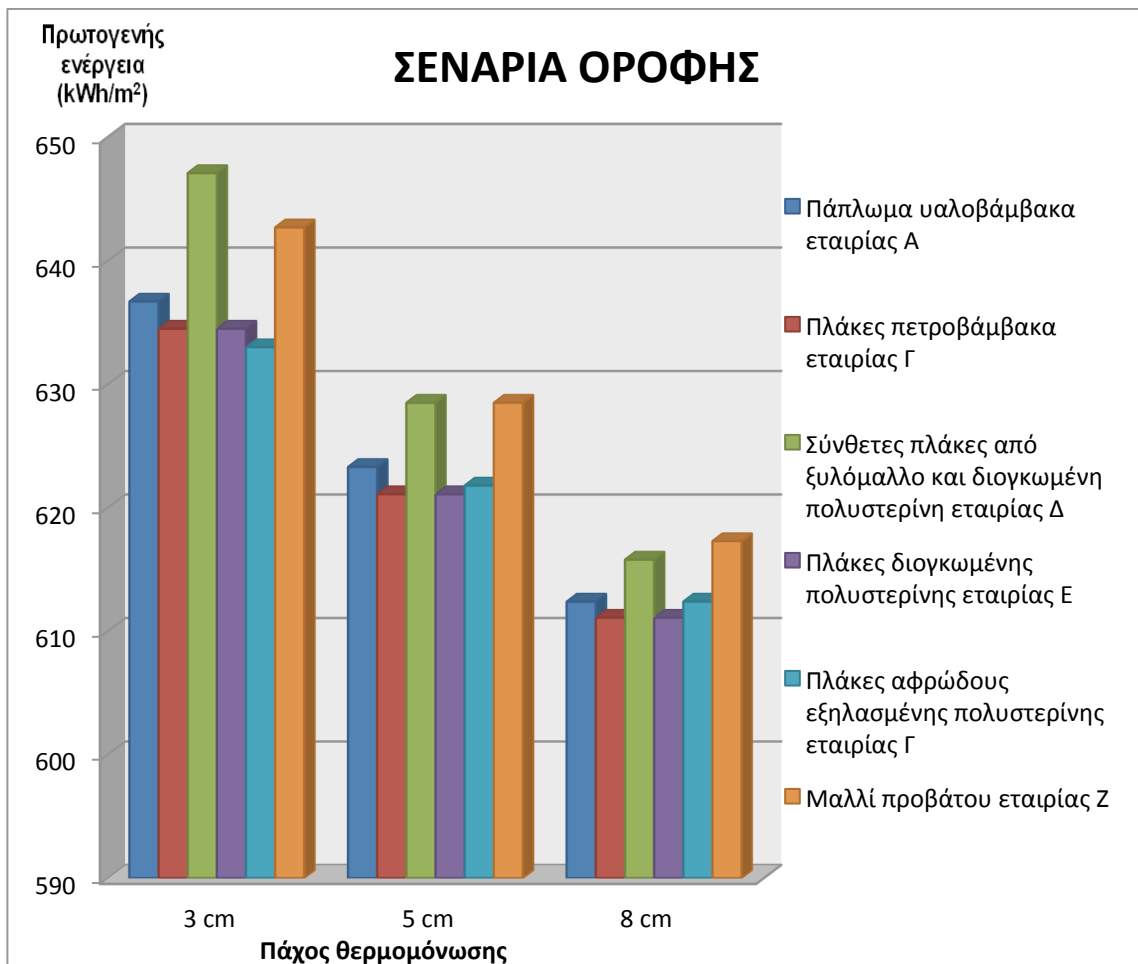
Για την κλιματική ζώνη με τις πιο σκληρές εξωτερικές συνθήκες, το μοντέλο μας καταναλώνει πρωτογενή ενέργεια $E_{pr} = 702,1 \text{ kWh/m}^2$.



Πίνακας 5.35. Ενεργειακή απόδοση σεναρίων τοιχοποιίας Δ' ζώνης.

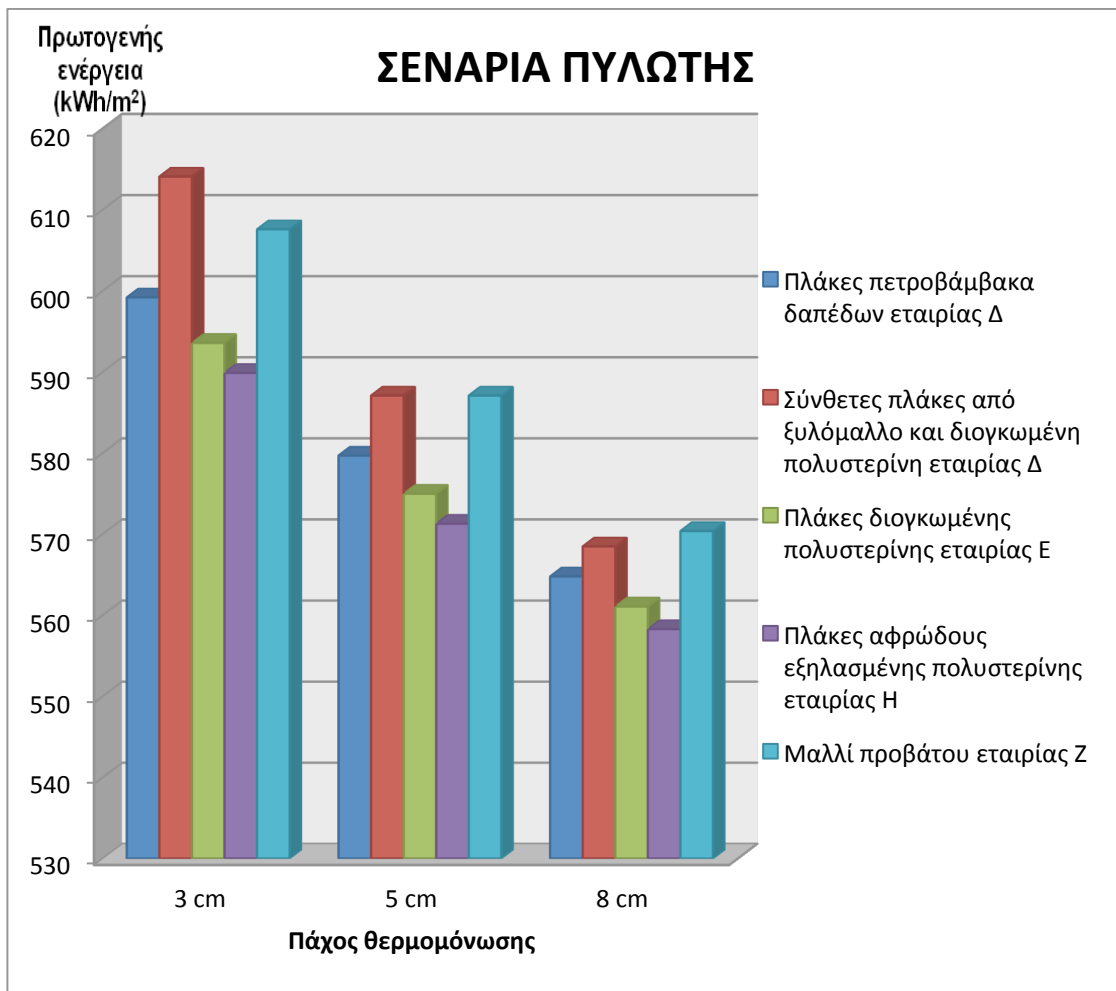
Ακόμα και σε αυτήν την κλιματική ζώνη, στα σενάρια τοιχοποιίας κυριαρχούν ο ενισχυμένος υαλοβάμβακας με μείωση της πρωτογενούς ενέργειας της τάξης του 12,1– 16,1 %, όπως επίσης και η γραφιτούχα διογκωμένη πολυστερίνη, με μείωση 12-16%.

Επίσης, μικρότερη απόδοση παρουσιάζουν το ξυλόμαλλο, αλλά και το μαλλί προβάτου, τα οποία όμως παράγονται και δρουν οικολογικά, γι' αυτό και σε πολλές περιπτώσεις προτιμώνται, παρά τη φτωχή απόδοσή τους.



Πίνακας 5.36. Ενεργειακή απόδοση σεναρίων οροφής Δ' ζώνης.

Οι πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης κυριαρχούν στο χαμηλό πάχος θερμομόνωσης, ενώ στα μεγαλύτερα πάχη τη σκυτάλη παίρνουν ο πετροβάμβακας και η διογκωμένη πολυστερίνη. Λαμβάνοντας υπόψη, λοιπόν, τις σκληρές εξωτερικές συνθήκες της εν λόγω κλιματικής ζώνης, τα υλικά που συμπεριφέρονται καλύτερα σε μεγάλα πάχη θερμομόνωσης φαίνεται να είναι προτιμότερα.

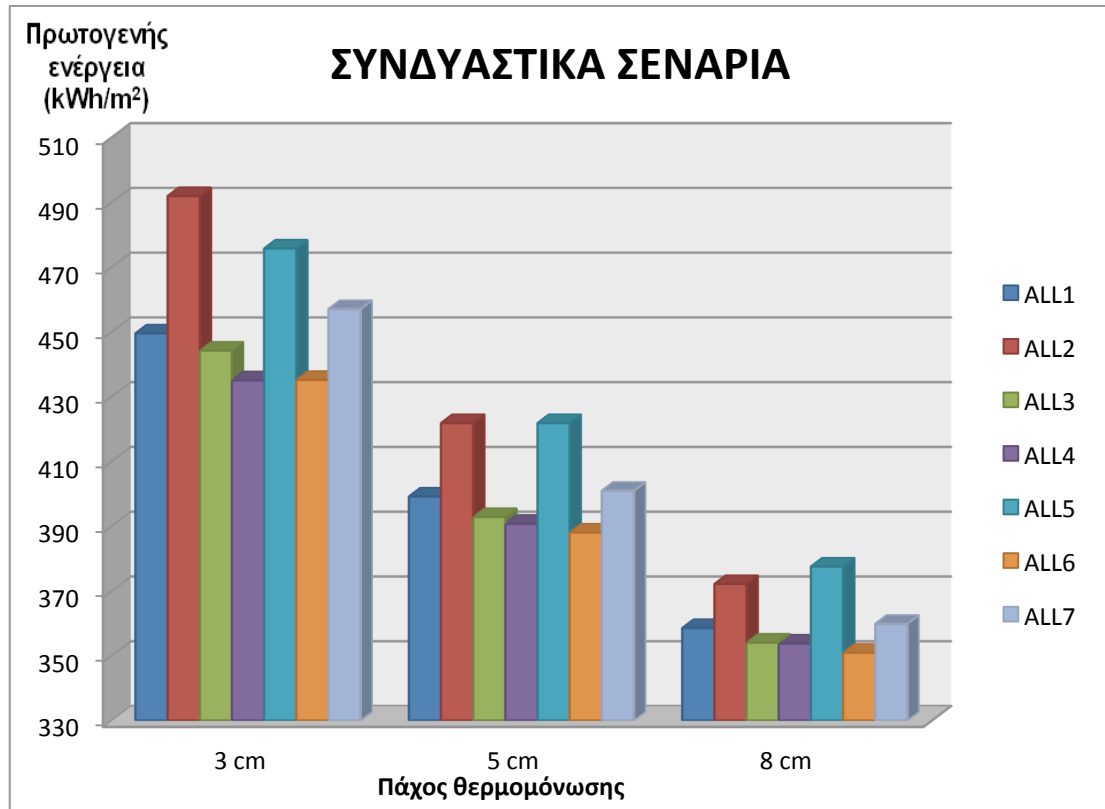


Πίνακας 5.37. Ενεργειακή απόδοση σεναρίων πυλωτής Δ' ζώνης.

Ακόμα και ο λιγότερο αποδοτικός τύπος θερμομόνωσης σε πάχος 8 cm, το μαλλί προβάτου, εξοικονομεί πάνω από 130 kWh/m² ετησίως. Ας δούμε, όμως, αναλυτικά και σε απόλυτους αριθμούς πόση ενέργεια εξοικονομείται για το εν λόγω πάχος θερμομόνωσης:

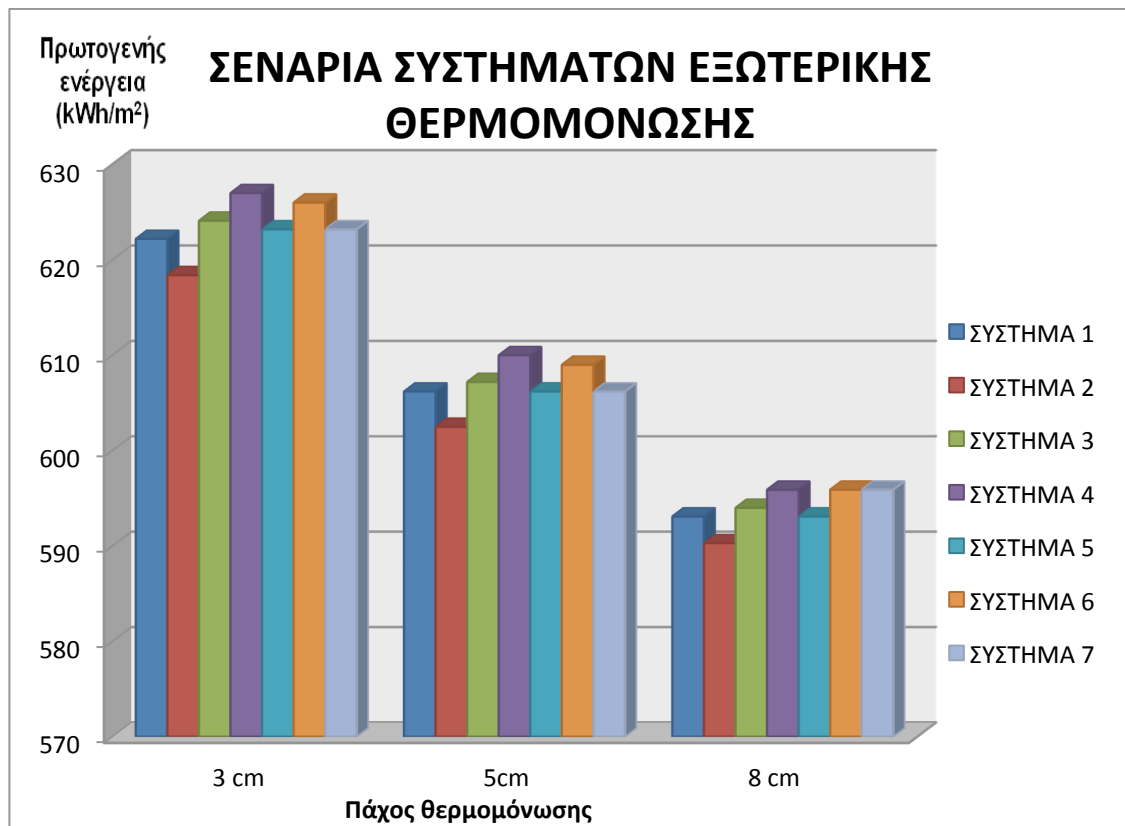
Τύπος Υλικού	Μείωση πρωτογενούς ενέργειας για πάχος θερμομόνωσης 8 cm (kWh/m ²)
Πετροβάμβακας	137,3
Ξυλόμαλλο με διογκωμένη πολυστερίνη	133,6
Διογκωμένη πολυστερίνη	141
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη	143,8
Μαλλί προβάτου	131,7

Πίνακας 5.38. Απόλυτη μείωση πρωτογενούς ενέργειας σεναρίων πυλωτής Γ' ζώνης για πάχος θερμομόνωσης 8 cm.



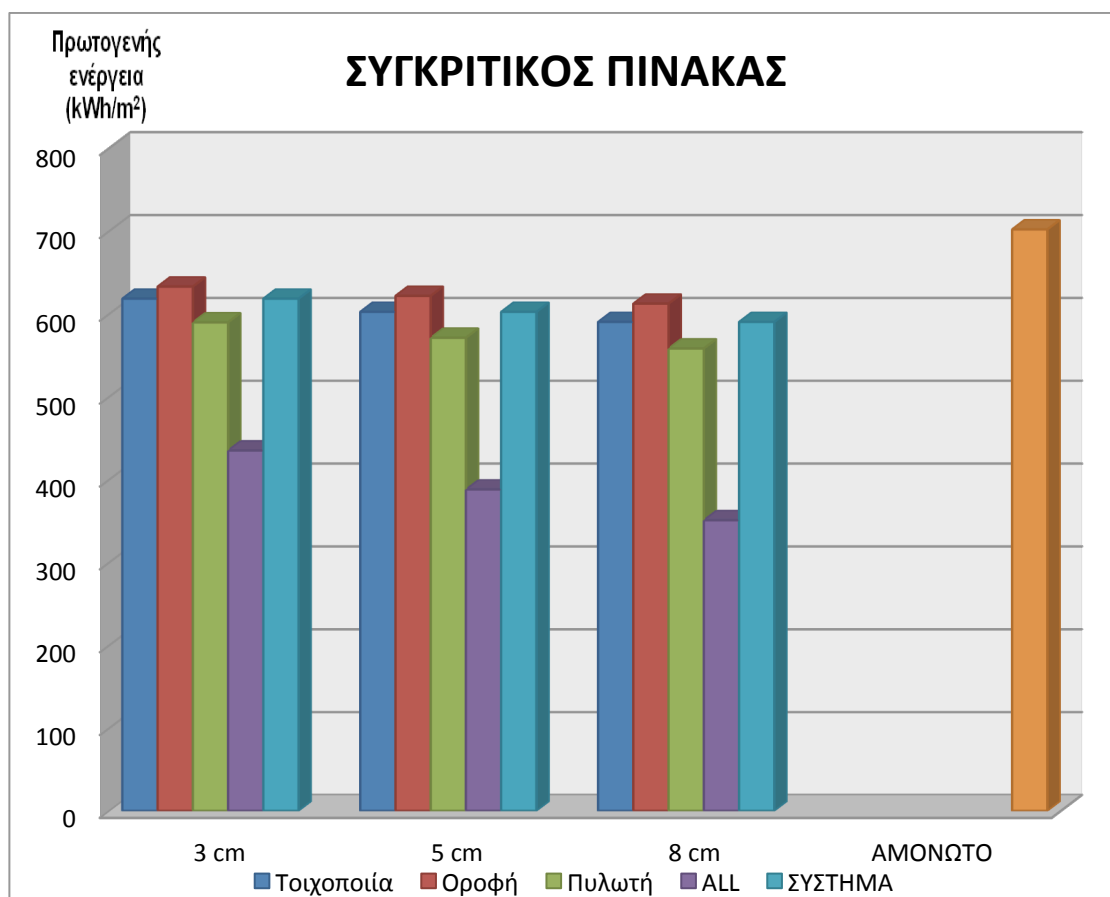
Πίνακας 5.39. Ενεργειακή απόδοση συνδυαστικών σεναρίων Δ' ζώνης.

Κατά αντιστοιχία με το προηγούμενο διάγραμμα, το λιγότερο αποδοτικό σενάριο για το μεγαλύτερο πάχος θερμομόνωσης (ALL5) μας οδηγεί σε μια μείωση της τάξης των 330 kWh/m² ετησίως, ενώ το πιο αποδοτικό σενάριο (ALL6) εξοικονομεί περίπου 350 kWh/m² κάθε χρόνο.



Πίνακας 5.40. Ενεργειακή απόδοση σεναρίων συστημάτων εξωτερικής θερμομόνωσης Δ' ζώνης.

Η εξωτερική θερμομόνωση με έτοιμα συστήματα για τη Δ' κλιματική ζώνη παρουσιάζεται στο παραπάνω διάγραμμα, και αυτό που μπορεί να διαπιστωθεί είναι η παρόμοια ενεργειακή απόδοση των συστημάτων, με εξαίρεση ίσως το Σύστημα 2, το οποίο δείχνει ελαφρώς ποιοτικότερο από τα υπόλοιπα, ως προς τον τομέα που μελετάται.



Πίνακας 5.41. Συγκριτικός πίνακας επιμέρους σεναρίων Δ' ζώνης.

ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Σε γενικές γραμμές, παρατηρούμε ότι τα συνδυαστικά σεναρία παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη βελτίωση στην ενεργειακή απόδοση, κάτι πολύ λογικό, αφού θωρακίζεται το σύνολο των αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου μας που βρίσκεται σε επαφή με το περιβάλλον. Ακολουθούν τα σεναρία θερμομόνωσης της πυλωτής, τα σεναρία τοιχοποιίας και εξωτερικών συστημάτων θερμομόνωσης, ενώ τη μικρότερη βελτίωση παρουσιάζουν τα σεναρία θερμομόνωσης οροφών.
2. Όσο πιο ακραίες γίνονται οι συνθήκες εξωτερικού περιβάλλοντος, τόσο πιο αποδοτικά (σε απόλυτες τιμές) συμπεριφέρονται τα θερμομονωτικά υλικά μας.
3. Γενικά, η απόδοση κάθε υλικού-σεναρίου σε σχέση με τα υπόλοιπα της κατηγορίας του δε μεταβάλλεται κατά τη «μεταφορά» του μοντέλου σε άλλη κλιματική ζώνη. Η κατάταξη, λοιπόν, από το αποδοτικότερο στο λιγότερο αποδοτικό, έχει ως εξής:

ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ	ΟΡΟΦΗ	ΠΥΛΩΤΗ	ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΑ	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
Ενισχυμένες οικοδομικές πλάκες υαλοβάμβακα εταιρίας Β	Πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης εταιρίας Γ	Πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης εταιρίας Η	ALL6	ΣΥΣΤΗΜΑ 2
Πλάκες γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης εταιρίας Ε	Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης εταιρίας Ε	Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης εταιρίας Ε	ALL4	ΣΥΣΤΗΜΑ 1
Πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης εταιρίας Γ	Πλάκες πετροβάμβακα εταιρίας Γ	Πλάκες πετροβάμβακα δαπέδων εταιρίας Δ	ALL3	ΣΥΣΤΗΜΑ 5
Πλάκες πετροβάμβακα εταιρίας Γ	Πάπλωμα υαλοβάμβακα εταιρίας Α	Μαλλί προβάτου εταιρίας Ζ	ALL1	ΣΥΣΤΗΜΑ 7
Πάπλωμα υαλοβάμβακα εταιρίας Α	Μαλλί προβάτου εταιρίας Ζ	Σύνθετες πλάκες από ξυλόμαλλο και διογκωμένη πολυστερίνη εταιρίας Δ	ALL7	ΣΥΣΤΗΜΑ 3
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης εταιρίας Ε	Σύνθετες πλάκες από ξυλόμαλλο και διογκωμένη πολυστερίνη εταιρίας Δ	-	ALL2	ΣΥΣΤΗΜΑ 6
Πλάκες ορυκτοβάμβακα εταιρίας Δ	-	-	ALL5	ΣΥΣΤΗΜΑ 4
Μαλλί προβάτου εταιρίας Ζ	-	-	--	-
Σύνθετες πλάκες από ξυλόμαλλο και διογκωμένη πολυστερίνη εταιρίας Δ	-	-	-	-

Πίνακας 5.42. Ενεργειακή κατάταξη θερμομονωτικών υλικών ανά κατηγορία σεναρίων.

5.6. ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Είναι απαραίτητο για κάθε επένδυση να εξετάζεται υπό πολλές σκοπιές. Βασικός τομέας της επιλογής της θερμομόνωσης, η οποία θα θωρακίσει ενεργειακά την κατοικία μας, όπως και κάθε άλλης αντίστοιχης επέμβασης, είναι το κατά πόσον είναι οικονομικά συμφέρουσα.

Οι οικονομικές επιστήμες έχουν ορίσει μια σειρά από κριτήρια, με βάση τα οποία μια επένδυση αντιμετωπίζεται ως συμφέρουσα ή ως ασύμφορη. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ενώ το λογισμικό TEE-KENAK μας δίνει την επιλογή της οικονομικής μελέτης, αυτή πραγματοποιείται με την μέθοδο της απλής περιόδου αποπληρωμής. Ουσιαστικά, αμελείται οποιαδήποτε χρονική αξία του χρήματος και όλα τα χρηματικά ποσά έχουν την ίδια αξία στην πορεία του χρόνου.

Μια τέτοια σκοπιά μπορεί να γίνει δεκτή στα πλαίσια μιας βραχυπρόθεσμης επένδυσης. Λαμβάνοντας όμως υπ' όψη ένα μακροπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα, αν δε ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι ένα χρηματικό ποσό έχει μεγαλύτερη αξία σήμερα από ότι στο μέλλον, κινδυνεύουμε να κάνουμε λάθος εκτίμηση της επένδυσής μας.

Για αυτό το λόγο επιλέξαμε να αξιολογήσουμε κάποια από τα σενάρια που «τρέξαμε» στα προηγούμενα κεφάλαια με το κριτήριο Καθαρής Παρούσας Αξίας, το οποίο παρουσιάστηκε λεπτομερώς στο θεωρητικό μέρος της εργασίας μας.

Το σκεπτικό της μελέτης μας έχει ως εξής: σε πόσα χρόνια έχουμε απόσβεση του κεφαλαίου που ξοδεύτηκε για την τοποθέτηση της θερμομόνωσης, λαμβάνοντας υπ' όψη το κεφάλαιο που εξοικονομείται ετησίως λόγω της μικρότερης κατανάλωσης ενέργειας;

ΚΟΣΤΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Το συνολικό κόστος της θερμομόνωσης χωρίζεται σε 2 βασικές κατηγορίες.

1. Στην πρώτη κατηγορία συμπεριλαμβάνονται τα κόστη όλων των υλικών που χρησιμοποιούνται για την ενεργειακή προστασία του κτιρίου, αλλά και για την ασφαλή τοποθέτηση του θερμομονωτικού υλικού και την προστασία του από εξωτερικούς παράγοντες. Αυτή η κατηγορία, λοιπόν, περιλαμβάνει το θερμομονωτικό υλικό, διάφορα συγκολλητικά υλικά (κόλλες), πλέγματα, αλλά και διάφορους τύπους σοβάδων, ενίσχυσης ή διακοσμητικούς. Η κοστολόγηση αυτών των υλικών είναι αρκετά ακριβής, καθώς συγκεκριμένα υλικά κοστολογούνται βάσει του τιμοκαταλόγου της εταιρίας.

2. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα εργατικά κόστη, όπως επίσης και τα κόστη ασφάλισης, αλλά και ο Φ.Π.Α. Αυτή η κατηγορία δεν είναι ιδιαίτερα ακριβής, καθώς ακόμα και για τον ίδιο εμπορικό τύπο υλικών, ακολουθείται ο κανόνας της αγοράς. Παρ' όλα αυτά, υπολογίζεται κατά ικανοποιητική προσέγγιση.

Η μελέτη μας έγινε ως εξής:

- ❖ Επικοινωνώντας με τις εταιρίες που εμπορεύονται τα υλικά που έχουμε χρησιμοποιήσει στα σενάρια μας, ζητήσαμε τα κόστη των υλικών.
- ❖ Με μια έρευνα αγοράς, καταλήξαμε σε ένα μεσοσταθμικό κόστος εργατικών περίπου στα $25 \text{ €/m}^2 + \text{Φ.Π.Α.}$
- ❖ Από το λογισμικό TEE-KENAK και για κάθε σενάριο ξεχωριστά, εντοπίσαμε τις καταναλώσεις του αμόνωτου κτιρίου, αλλά και του μονωμένου με το αντίστοιχο θερμομονωτικό υλικό. Φυσικά, λάβαμε υπόψη μας τις καθαρές καταναλώσεις και όχι την πρωτογενή ενέργεια.
- ❖ Ανάλογα με το είδος του καυσίμου(πετρέλαιο για θέρμανση, ηλ.ενέργεια για ψύξη και ZNX), μετατρέψαμε την ενέργεια που εξοικονομείται σε κεφάλαιο που εξοικονομείται. Έτσι, με χρήση του κριτηρίου Κ.Π.Α. (NPV) μελετήσαμε την οικονομικότητα του κάθε σεναρίου.

Ακολουθεί αναλυτική επεξήγηση για ένα από τα σενάρια.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Τοποθέτηση πλακών πετροβάμβακα εταιρίας Γ στην τοιχοποιία της κατοικίας για την κλιματική ζώνη Β(Αθήνα-Ν.Φιλαδέλφεια).

- Συνολική επιφάνεια τοιχοποιίας: $A=73,935 \text{ m}^2$
- Ετήσια κατανάλωση πετρελαίου αμόνωτου κτιρίου: $237,7 \text{ kWh/m}^2$
- Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αμόνωτου κτιρίου: $43,4 \text{ kWh/m}^2$
- Κόστος πετρελαίου: $0,90 \text{ €/lt}$
- Μέσο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας: $0,087 \text{ €/kWh}$
- Θερμογόνος ικανότητα πετρελαίου (κατά Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.): $\Theta_u=11,92 \text{ kWh/kg}$
- Βαθμός απόδοσης συστήματος θέρμανσης: $n= 61,73\%$
- Μέση πυκνότητα πετρελαίου: $\rho_{\text{μέσο}}= 0,89 \text{ kg/lt}$
- Βαθμός απόδοσης συστήματος ηλεκτροδότησης: $n=100\%$ (κατά Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.)

Πάχος θερμομόνωσης (cm)	3	5	8
Κόστος τοποθέτησης (€/m ²)	32,26	34,61	36,85
Κόστος θερμομόνωσης (€)	2.385	2.559	2.725
Εξοικονόμηση κατανάλωσης πετρελαίου (kWh/m ²)	33,7	40,5	46,1
Μείωση κατανάλωσης πετρελαίου(kg/m ²)	4,58	5,50	6,27
Μείωση κατανάλωσης πετρελαίου(kg)	317,0	381,0	433,7
Εξοικονόμηση χρημάτων από πετρέλαιο(€)	320,6	385,3	438,5
Εξοικονόμηση ηλ.ενέργειας (kWh/m ²)	1	1,2	1,3
Μείωση κατανάλωσης ηλ.ενέργειας(kWh)	69,22	83,06	89,99
Εξοικονόμηση χρημάτων από ηλ.ενέργεια(€)	6,0	7,2	7,8
Συνολική ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων(€)	326,6	392,5	446,3

Πίνακας 5.43. Παράδειγμα οικονομοτεχνικής ανάλυσης- μεθοδολογία.

Σημείωση: Είτε πριν, είτε μετά την εφαρμογή της θερμομόνωσης, η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση είναι πάρα πολύ μεγάλη, ενώ η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι αισθητά μικρότερη. Αυτό συμβαίνει, γιατί, αφ'ενός ο Κ.Εν.Α.Κ. δε λαμβάνει υπόψη του τις καταναλώσεις φωτισμού, όταν η χρήση του κτιρίου δεν ανήκει στον τριτογενή τομέα, αφ'ετέρου γιατί η μόνη πηγή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο παράδειγμά μας είναι το ZNX και η ψύξη, με χρήση ενός αερόψυκτου ψύκτη ισχύος P= 3 kW και ενός τοπικού ηλεκτρικού θερμαντήρα(ταχυθερμοσίφωνα) ισχύος P=2 kW, αντίστοιχα.

Με δεδομένο ότι ο συντελεστής επικαιροποίησης εκτιμάται σε $r=8\%$, οι πίνακες Καθαρής Παρούσας Αξίας στο τέλος κάθε έτους έχουν ως εξής:

ΠΑΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ	3 cm	5 cm	8 cm
Τέλος 1 ^{ου} έτους	-2,082.94 €	-2,195.63 €	-2,311.26 €
Τέλος 2 ^{ου} έτους	-1,802.93 €	-1,859.13 €	-1,928.56 €
Τέλος 3 ^{ου} έτους	-1,543.66 €	-1,547.55 €	-1,574.22 €
Τέλος 4 ^{ου} έτους	-1,303.60 €	-1,259.05 €	-1,246.12 €
Τέλος 5 ^{ου} έτους	-1,081.32 €	-991.92 €	-942.33 €
Τέλος 6 ^{ου} έτους	-875.50 €	-744.58 €	-661.04 €
Τέλος 7 ^{ου} έτους	-684.93 €	-515.56 €	-400.59 €
Τέλος 8 ^{ου} έτους	-508.47 €	-303.51 €	-159.42 €
Τέλος 9 ^{ου} έτους	-345.09 €	-107.16 €	63.87 €
Τέλος 10 ^{ου} έτους	-193.81 €	74.64 €	270.63 €
Τέλος 11 ^{ου} έτους	-53.73 €	242.97 €	462.07 €
Τέλος 12 ^{ου} έτους	75.97 €	398.84 €	639.33 €
Τέλος 13 ^{ου} έτους	196.06 €	543.16 €	803.46 €
Τέλος 14 ^{ου} έτους	307.26 €	676.79 €	955.43 €
Τέλος 15 ^{ου} έτους	410.22 €	800.52 €	1,096.15 €

Πίνακας 5.44. Παράδειγμα οικονομοτεχνικής ανάλυσης- NPV.

Η επένδυσή μας αποσβέννεται όταν ο NPV σταματήσει να παίρνει αρνητικές τιμές. Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι για το συγκεκριμένο υλικό και για τα πάχη θερμομόνωσης 3, 5 και 8 cm η απόσβεση της επένδυσής μας ολοκληρώθηκε στο 12^ο, στο 10^ο και στο 9^ο έτος αντίστοιχα.

Παρακάτω περιγράφονται τα σενάρια που μελετώνται και οι πίνακες Καθαρής Παρούσας Αξίας για καθένα από αυτά για κάθε ζώνη ξεχωριστά.

ΣΕΝΑΡΙΑ	ΠΑΧΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΩΝΤΑΙ			
	ΖΩΝΗ Α	ΖΩΝΗ Β	ΖΩΝΗ Γ	ΖΩΝΗ Δ
1Τ- Πάπλωμα υαλοβάμβακα εταιρίας Α	3 cm και 5 cm	5 cm και 8 cm		
3Τ- Πλάκες πετροβάμβακα εταιρίας Γ				
7Τ- Πλάκες γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης εταιρίας Ε				
8Τ- Πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης εταιρίας Γ				
3Ο- Σύνθετες πλάκες από ξυλόμαλλο και διογκωμένη πολυστερίνη εταιρίας Δ				
4Ο- Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης εταιρίας Ε				
1Π- Πλάκες πετροβάμβακα δαπέδων εταιρίας Δ				
4Π- Πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης εταιρίας Η				
ΑΛΛ2-- Σύνθετες πλάκες από ξυλόμαλλο και διογκωμένη πολυστερίνη εταιρίας Δ				
ΑΛΛ3--Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης εταιρίας Ε				
ΑΛΛ7-- Πλάκες γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης εταιρίας Ε - Σύνθετες πλάκες από ξυλόμαλλο και διογκωμένη πολυστερίνη εταιρίας Δ - Πλάκες πετροβάμβακα δαπέδων εταιρίας Δ				
Sys2- ΣΥΣΤΗΜΑ 2				
Sys7- ΣΥΣΤΗΜΑ 7				

Πίνακας 5.45. Σενάρια που ελέγχονται οικονομοτεχνικά.

5.6.1. Κλιματική Ζώνη Α- Χανιά

Τοιχοποιία

ΣΕΝΑΡΙΟ	1Τ		3Τ		7Τ		8Τ	
	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm
1 ^ο έτος	2,139 €	2,155 €	2,127 €	2,249 €	2,271 €	2,374 €	2,486 €	2,733 €
2 ^ο έτος	1,906 €	1,872 €	1,889 €	1,963 €	2,021 €	2,076 €	2,245 €	2,451 €
3 ^ο έτος	1,690 €	1,609 €	1,668 €	1,698 €	1,789 €	1,801 €	2,021 €	2,191 €
4 ^ο έτος	1,491 €	1,365 €	1,463 €	1,452 €	1,575 €	1,545 €	1,815 €	1,949 €
5 ^ο έτος	1,306 €	1,140 €	1,274 €	1,225 €	1,376 €	1,309 €	1,623 €	1,726 €
6 ^ο έτος	1,135 €	931 €	1,098 €	1,014 €	1,193 €	1,090 €	1,446 €	1,519 €
7 ^ο έτος	976 €	738 €	936 €	819 €	1,022 €	887 €	1,282 €	1,327 €
8 ^ο έτος	829 €	559 €	786 €	639 €	865 €	700 €	1,130 €	1,150 €
9 ^ο έτος	694 €	393 €	646 €	472 €	719 €	526 €	990 €	986 €
10 ^ο έτος	568 €	240 €	518 €	317 €	584 €	365 €	859 €	834 €
11 ^ο έτος	451 €	98 €	398 €	174 €	459 €	216 €	739 €	693 €
12 ^ο έτος	343 €	33 €	288 €	41 €	343 €	78 €	627 €	562 €
13 ^ο έτος	243 €	155 €	185 €	81 €	236 €	49 €	524 €	442 €
14 ^ο έτος	151 €	267 €	91 €	195 €	137 €	167 €	428 €	330 €
15 ^ο έτος	65 €	372 €	3 €	300 €	45 €	276 €	340 €	226 €
16 ^ο έτος	13 €	468 €	77 €	397 €	39 €	378 €	257 €	131 €
17 ^ο έτος	86 €	558 €	153 €	488 €	118 €	472 €	181 €	42 €
18 ^ο έτος	154 €	641 €	222 €	571 €	191 €	559 €	111 €	39 €
19 ^ο έτος	217 €	718 €	287 €	649 €	259 €	639 €	46 €	115 €
20 ^ο έτος	276 €	789 €	346 €	720 €	321 €	714 €	13 €	186 €

Πίνακας 5.46. Τιμές NPV σε ορίζοντα 20ετίας για τα σενάρια 1Τ, 3Τ, 7Τ, 8Τ στη ζώνη Α.

Αξιοσημείωτη είναι η διαφορά ανάμεσα στο τελευταίο σενάριο τοιχοποιίας και στα 3 πρώτα, καθώς τα σενάρια 1Τ, 3Τ και 7Τ φαίνεται να αποσβέννουνται περίπου στον ίδιο χρονικό ορίζοντα, ενώ το 8Τ καθυστερεί κατά 3-4 έτη.

Οροφή

ΣΕΝΑΡΙΟ	30		40	
ΠΑΧΟΣ	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm
1 ^ο έτος	2,567 €	3,112 €	2,135 €	2,211 €
2 ^ο έτος	2,413 €	2,904 €	1,944 €	1,980 €
3 ^ο έτος	2,271 €	2,711 €	1,767 €	1,766 €
4 ^ο έτος	2,139 €	2,532 €	1,603 €	1,568 €
5 ^ο έτος	2,017 €	2,367 €	1,451 €	1,385 €
6 ^ο έτος	1,904 €	2,213 €	1,311 €	1,215 €
7 ^ο έτος	1,799 €	2,071 €	1,181 €	1,058 €
8 ^ο έτος	1,702 €	1,940 €	1,060 €	913 €
9 ^ο έτος	1,612 €	1,818 €	949 €	778 €
10 ^ο έτος	1,529 €	1,706 €	845 €	653 €
11 ^ο έτος	1,452 €	1,602 €	750 €	538 €
12 ^ο έτος	1,381 €	1,505 €	661 €	431 €
13 ^ο έτος	1,315 €	1,416 €	579 €	332 €
14 ^ο έτος	1,254 €	1,333 €	503 €	240 €
15 ^ο έτος	1,198 €	1,256 €	433 €	155 €
16 ^ο έτος	1,145 €	1,185 €	368 €	76 €
17 ^ο έτος	1,097 €	1,119 €	308 €	4 €
18 ^ο έτος	1,052 €	1,059 €	252 €	64 €
19 ^ο έτος	1,010 €	1,002 €	200 €	126 €
20 ^ο έτος	972 €	950 €	152 €	184 €
21 ^ο έτος	936 €	902 €	108 €	238 €
22 ^ο έτος	903 €	857 €	67 €	287 €
23 ^ο έτος	873 €	816 €	29 €	333 €
24 ^ο έτος	844 €	777 €	6 €	375 €
25 ^ο έτος	818 €	742 €	38 €	415 €

Πίνακας 5.47. Τιμές NPV σε ορίζοντα 25ετίας για τα σενάρια 30 και 40 στη ζώνη Α.

Πυλωτή

ΣΕΝΑΡΙΟ	1Π		4Π	
	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm
1 ^ο έτος	2,126 €	2,283 €	2,794 €	3,055 €
2 ^ο έτος	1,802 €	1,897 €	2,440 €	2,643 €
3 ^ο έτος	1,502 €	1,540 €	2,113 €	2,261 €
4 ^ο έτος	1,224 €	1,210 €	1,810 €	1,908 €
5 ^ο έτος	967 €	904 €	1,529 €	1,581 €
6 ^ο έτος	729 €	621 €	1,269 €	1,279 €
7 ^ο έτος	509 €	358 €	1,028 €	998 €
8 ^ο έτος	305 €	116 €	806 €	739 €
9 ^ο έτος	115 €	109 €	599 €	499 €
10 ^ο έτος	60 €	318 €	408 €	276 €
11 ^ο έτος	222 €	510 €	231 €	70 €
12 ^ο έτος	372 €	689 €	68 €	121 €
13 ^ο έτος	511 €	854 €	84 €	297 €
14 ^ο έτος	639 €	1,007 €	225 €	461 €
15 ^ο έτος	758 €	1,149 €	355 €	612 €
16 ^ο έτος	869 €	1,280 €	475 €	752 €
17 ^ο έτος	971 €	1,402 €	586 €	882 €
18 ^ο έτος	1,065 €	1,514 €	690 €	1,002 €
19 ^ο έτος	1,153 €	1,618 €	785 €	1,114 €
20 ^ο έτος	1,234 €	1,715 €	874 €	1,217 €

Πίνακας 5.48. Τιμές NPV σε ορίζοντα 20ετίας για τα σενάρια 1Π και 4Π στη ζώνη Α.

Ενώ τα σενάρια οροφής είτε καθυστερούν πολύ να αποσβεθούν, είτε πρακτικά δεν αποσβέννυνται ποτε, τα σενάρια πυλωτής είναι πολύ πιο αποδοτικά οικονομικά, όπως φαίνεται από τους παραπάνω πίνακες.

Συνδυασμοί

ΣΕΝΑΡΙΟ	ALL2		ALL3		ALL7	
	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm
ΠΑΧΟΣ						
1 ^ο έτος	7,691 €	9,315 €	6,429 €	6,722 €	6,944 €	7,747 €
2 ^ο έτος	7,068 €	8,484 €	5,664 €	5,805 €	6,215 €	6,852 €
3 ^ο έτος	6,491 €	7,713 €	4,956 €	4,956 €	5,540 €	6,024 €
4 ^ο έτος	5,957 €	7,000 €	4,300 €	4,169 €	4,915 €	5,257 €
5 ^ο έτος	5,462 €	6,340 €	3,692 €	3,441 €	4,336 €	4,547 €
6 ^ο έτος	5,004 €	5,728 €	3,130 €	2,766 €	3,800 €	3,889 €
7 ^ο έτος	4,580 €	5,162 €	2,609 €	2,142 €	3,304 €	3,280 €
8 ^ο έτος	4,188 €	4,638 €	2,127 €	1,564 €	2,845 €	2,716 €
9 ^ο έτος	3,824 €	4,152 €	1,681 €	1,029 €	2,419 €	2,194 €
10 ^ο έτος	3,488 €	3,703 €	1,267 €	533 €	2,025 €	1,711 €
11 ^ο έτος	3,176 €	3,287 €	885 €	74 €	1,661 €	1,263 €
12 ^ο έτος	2,887 €	2,902 €	530 €	351 €	1,323 €	849 €
13 ^ο έτος	2,620 €	2,545 €	202 €	745 €	1,010 €	465 €
14 ^ο έτος	2,373 €	2,214 €	102 €	1,109 €	721 €	110 €
15 ^ο έτος	2,144 €	1,909 €	383 €	1,446 €	453 €	219 €
16 ^ο έτος	1,931 €	1,625 €	644 €	1,759 €	204 €	524 €
17 ^ο έτος	1,735 €	1,363 €	885 €	2,048 €	25 €	806 €
18 ^ο έτος	1,553 €	1,120 €	1,108 €	2,316 €	238 €	1,067 €
19 ^ο έτος	1,385 €	895 €	1,315 €	2,563 €	435 €	1,309 €
20 ^ο έτος	1,229 €	687 €	1,506 €	2,793 €	618 €	1,533 €
21 ^ο έτος	1,085 €	494 €	1,684 €	3,006 €	787 €	1,740 €
22 ^ο έτος	951 €	316 €	1,848 €	3,202 €	943 €	1,932 €
23 ^ο έτος	827 €	151 €	2,000 €	3,385 €	1,088 €	2,110 €
24 ^ο έτος	712 €	2 €	2,140 €	3,553 €	1,222 €	2,274 €
25 ^ο έτος	606 €	144 €	2,271 €	3,710 €	1,346 €	2,427 €

Πίνακας 5.49. Τιμές NPV σε ορίζοντα 25ετίας για τα σενάρια ALL2, ALL3 και ALL7 στη ζώνη Α.

Συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΣΥΣΤΗΜΑ 2		ΣΥΣΤΗΜΑ 7	
	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm
ΠΑΧΟΣ				
1 ^ο έτος	4,092 €	4,262 €	3,724 €	3,838 €
2 ^ο έτος	3,842 €	3,965 €	3,488 €	3,552 €
3 ^ο έτος	3,611 €	3,689 €	3,270 €	3,287 €
4 ^ο έτος	3,396 €	3,433 €	3,069 €	3,041 €
5 ^ο έτος	3,198 €	3,197 €	2,882 €	2,814 €
6 ^ο έτος	3,014 €	2,978 €	2,709 €	2,603 €
7 ^ο έτος	2,844 €	2,775 €	2,549 €	2,409 €
8 ^ο έτος	2,686 €	2,588 €	2,400 €	2,228 €
9 ^ο έτος	2,541 €	2,414 €	2,263 €	2,061 €
10 ^ο έτος	2,406 €	2,253 €	2,136 €	1,906 €
11 ^ο έτος	2,280 €	2,104 €	2,018 €	1,763 €
12 ^ο έτος	2,165 €	1,966 €	1,909 €	1,630 €
13 ^ο έτος	2,057 €	1,838 €	1,808 €	1,507 €
14 ^ο έτος	1,958 €	1,720 €	1,715 €	1,394 €
15 ^ο έτος	1,866 €	1,611 €	1,628 €	1,288 €
16 ^ο έτος	1,781 €	1,509 €	1,548 €	1,191 €
17 ^ο έτος	1,702 €	1,415 €	1,474 €	1,101 €
18 ^ο έτος	1,629 €	1,328 €	1,405 €	1,017 €
19 ^ο έτος	1,562 €	1,248 €	1,342 €	940 €
20 ^ο έτος	1,499 €	1,173 €	1,283 €	868 €
21 ^ο έτος	1,441 €	1,104 €	1,228 €	802 €
22 ^ο έτος	1,388 €	1,040 €	1,178 €	740 €
23 ^ο έτος	1,338 €	981 €	1,131 €	683 €
24 ^ο έτος	1,292 €	927 €	1,088 €	631 €
25 ^ο έτος	1,249 €	876 €	1,048 €	582 €

Πίνακας 5.50. Τιμές NPV σε ορίζοντα 25ετίας για τα σενάρια sys2 και sys7 στη ζώνη Α.

Σε γενικές γραμμές, τα σενάρια θερμομόνωσης στην Α' κλιματική ζώνη εμφανίζουν έναν αρκετά μεγάλο χρόνο απόσβεσης, καθώς, όπως είδαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, σε απόλυτους αριθμούς η εξοικονόμηση της κατανάλωσης είναι εμφανώς μικρότερη, οπότε η ετήσια εισροή είναι αντίστοιχα μειωμένη.

Έτσι, προκύπτει ο παρακάτω συνοπτικός πίνακας, ο οποίος παρουσιάζει το χρόνο απόσβεσης για κάθε σενάριο. Αν μετά το χρονικό ορίζοντα μελέτης δεν έχει υπάρξει απόσβεση, η επένδυση κρίνεται ασύμφορη και ο χρόνος απόσβεσης θεωρείται άπειρος.

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΠΑΧΟΣ (cm)	Χρόνος Απόσβεσης (έτη)
1Τ	3	16
	5	12
3Τ	3	16
	5	13
7Τ	3	16
	5	13
8Τ	3	20
	5	18
3Ο	3	∞
	5	∞
4Ο	3	24
	5	18
1Π	3	10
	5	9
4Π	3	13
	5	12
ALL2	3	∞
	5	24
ALL3	3	14
	5	12
ALL7	3	17
	5	15
ΣΥΣΤΗΜΑ 2	3	∞
	5	∞
ΣΥΣΤΗΜΑ 7	3	∞
	5	∞

Πίνακας 5.51. Χρόνος απόσβεσης των επενδύσεων των σεναρίων για την Α' ζώνη.

5.6.2. Κλιματική Ζώνη Β- Αθήνα(Ν. Φιλαδέλφεια)

Τοιχοποιία

ΣΕΝΑΡΙΟ	1Τ		3Τ		7Τ		8Τ	
	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm
1 ^ο έτος	2,096 €	2,103 €	2,083 €	2,196 €	2,225 €	2,319 €	2,440 €	2,682 €
2 ^ο έτος	1,823 €	1,771 €	1,803 €	1,859 €	1,932 €	1,969 €	2,157 €	2,352 €
3 ^ο έτος	1,570 €	1,463 €	1,544 €	1,548 €	1,660 €	1,646 €	1,895 €	2,047 €
4 ^ο έτος	1,336 €	1,177 €	1,304 €	1,259 €	1,409 €	1,346 €	1,652 €	1,765 €
5 ^ο έτος	1,120 €	913 €	1,081 €	992 €	1,176 €	1,069 €	1,427 €	1,503 €
6 ^ο έτος	919 €	669 €	875 €	745 €	961 €	812 €	1,219 €	1,261 €
7 ^ο έτος	733 €	442 €	685 €	516 €	761 €	574 €	1,026 €	1,037 €
8 ^ο έτος	561 €	232 €	508 €	304 €	577 €	353 €	848 €	829 €
9 ^ο έτος	402 €	38 €	345 €	107 €	406 €	149 €	682 €	637 €
10 ^ο έτος	254 €	141 €	194 €	75 €	247 €	39 €	529 €	459 €
11 ^ο έτος	118 €	308 €	54 €	243 €	101 €	214 €	388 €	294 €
12 ^ο έτος	9 €	462 €	76 €	399 €	35 €	376 €	256 €	141 €
13 ^ο έτος	126 €	605 €	196 €	543 €	161 €	526 €	135 €	0 €
14 ^ο έτος	234 €	737 €	307 €	677 €	277 €	665 €	22 €	131 €
15 ^ο έτος	334 €	859 €	410 €	801 €	385 €	793 €	82 €	252 €
16 ^ο έτος	427 €	972 €	506 €	915 €	484 €	912 €	178 €	364 €
17 ^ο έτος	513 €	1,077 €	594 €	1,021 €	577 €	1,023 €	268 €	468 €
18 ^ο έτος	593 €	1,174 €	676 €	1,119 €	662 €	1,125 €	350 €	564 €
19 ^ο έτος	667 €	1,264 €	751 €	1,210 €	742 €	1,219 €	427 €	653 €
20 ^ο έτος	735 €	1,348 €	821 €	1,295 €	815 €	1,307 €	498 €	736 €

Πίνακας 5.52. Τιμές NPV σε ορίζοντα 20ετίας για τα σενάρια 1Τ, 3Τ, 7Τ και 8Τ στη ζώνη Β.

Όπως φαίνεται, εδώ αρχίζει και επιδρά καλύτερα η θερμομόνωση, καθώς όλοι οι χρόνοι αποπληρωμής έχουν μετατοπιστεί κατά 2-3 έτη, λόγω της μεγαλύτερης διαφοράς στην κατανάλωση του αμόνωτου κτιρίου με το μονωμένο.

Οροφή

ΣΕΝΑΡΙΟ	30		40	
ΠΑΧΟΣ	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm
1 ^ο έτος	2,533 €	3,064 €	2,092 €	2,159 €
2 ^ο έτος	2,343 €	2,807 €	1,856 €	1,874 €
3 ^ο έτος	2,165 €	2,564 €	1,634 €	1,606 €
4 ^ο έτος	1,997 €	2,334 €	1,425 €	1,352 €
5 ^ο έτος	1,838 €	2,118 €	1,227 €	1,113 €
6 ^ο έτος	1,688 €	1,914 €	1,041 €	888 €
7 ^ο έτος	1,547 €	1,721 €	865 €	675 €
8 ^ο έτος	1,413 €	1,539 €	699 €	474 €
9 ^ο έτος	1,288 €	1,368 €	542 €	285 €
10 ^ο έτος	1,169 €	1,206 €	395 €	106 €
11 ^ο έτος	1,057 €	1,054 €	255 €	62 €
12 ^ο έτος	951 €	910 €	124 €	221 €
13 ^ο έτος	852 €	774 €	0 €	371 €
14 ^ο έτος	758 €	646 €	117 €	513 €
15 ^ο έτος	669 €	525 €	228 €	646 €
16 ^ο έτος	585 €	411 €	332 €	772 €
17 ^ο έτος	506 €	304 €	430 €	891 €
18 ^ο έτος	432 €	202 €	523 €	1,003 €
19 ^ο έτος	362 €	107 €	610 €	1,109 €
20 ^ο έτος	295 €	16 €	692 €	1,208 €
21 ^ο έτος	233 €	69 €	770 €	1,302 €
22 ^ο έτος	174 €	149 €	844 €	1,391 €
23 ^ο έτος	118 €	225 €	913 €	1,475 €
24 ^ο έτος	66 €	297 €	978 €	1,554 €
25 ^ο έτος	16 €	364 €	1,040 €	1,629 €
26 ^ο έτος	30 €	428 €	1,098 €	1,699 €
27 ^ο έτος	75 €	488 €	1,153 €	1,765 €
28 ^ο έτος	116 €	544 €	1,205 €	1,828 €
29 ^ο έτος	155 €	598 €	1,253 €	1,887 €
30 ^ο έτος	192 €	648 €	1,299 €	1,942 €

Πίνακας 5.53. Τιμές NPV σε ορίζοντα 30ετίας για τα σενάρια 30 και 40 στη ζώνη Β.

Πυλωτή

ΣΕΝΑΡΙΟ	1Π		4Π	
	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm
1 ^ο έτος	2,068 €	2,215 €	2,732 €	2,981 €
2 ^ο έτος	1,690 €	1,766 €	2,321 €	2,502 €
3 ^ο έτος	1,341 €	1,351 €	1,940 €	2,058 €
4 ^ο έτος	1,017 €	966 €	1,588 €	1,647 €
5 ^ο έτος	717 €	610 €	1,261 €	1,266 €
6 ^ο έτος	440 €	280 €	959 €	913 €
7 ^ο έτος	183 €	25 €	680 €	587 €
8 ^ο έτος	55 €	308 €	421 €	285 €
9 ^ο έτος	276 €	569 €	181 €	5 €
10 ^ο έτος	480 €	812 €	41 €	254 €
11 ^ο έτος	668 €	1,036 €	247 €	494 €
12 ^ο έτος	843 €	1,244 €	437 €	716 €
13 ^ο έτος	1,005 €	1,436 €	614 €	922 €
14 ^ο έτος	1,155 €	1,614 €	777 €	1,112 €
15 ^ο έτος	1,294 €	1,779 €	928 €	1,289 €
16 ^ο έτος	1,423 €	1,932 €	1,068 €	1,452 €
17 ^ο έτος	1,542 €	2,074 €	1,198 €	1,603 €
18 ^ο έτος	1,652 €	2,204 €	1,318 €	1,743 €
19 ^ο έτος	1,754 €	2,326 €	1,429 €	1,873 €
20 ^ο έτος	1,848 €	2,438 €	1,532 €	1,993 €

Πίνακας 5.54. Τιμές NPV σε ορίζοντα 20ετίας για τα σενάρια 1Π και 4Π στη ζώνη Β.

Η μειωμένη απόδοση των σεναρίων οροφής αποτυπώνεται στον υψηλό χρόνο απόσβεσής τους. Αντίθετα, τα σενάρια πυλωτής παρουσιάζουν πολύ ομαλότερη συμπεριφορά.

Συνδυασμοί

ΣΕΝΑΡΙΟ	ALL2		ALL3		ALL7	
	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm
ΠΑΧΟΣ						
1 ^ο έτος	7,572 €	9,156 €	6,282 €	6,546 €	6,805 €	7,575 €
2 ^ο έτος	6,839 €	8,177 €	5,381 €	5,466 €	5,948 €	6,521 €
3 ^ο έτος	6,160 €	7,270 €	4,546 €	4,465 €	5,154 €	5,546 €
4 ^ο έτος	5,531 €	6,431 €	3,773 €	3,539 €	4,419 €	4,642 €
5 ^ο έτος	4,949 €	5,653 €	3,058 €	2,681 €	3,738 €	3,806 €
6 ^ο έτος	4,410 €	4,933 €	2,395 €	1,887 €	3,108 €	3,031 €
7 ^ο έτος	3,911 €	4,267 €	1,782 €	1,151 €	2,524 €	2,314 €
8 ^ο έτος	3,448 €	3,650 €	1,213 €	470 €	1,984 €	1,650 €
9 ^ο έτος	3,021 €	3,078 €	688 €	160 €	1,483 €	1,035 €
10 ^ο έτος	2,624 €	2,549 €	201 €	744 €	1,020 €	466 €
11 ^ο έτος	2,258 €	2,059 €	250 €	1,285 €	591 €	61 €
12 ^ο έτος	1,918 €	1,606 €	668 €	1,785 €	194 €	549 €
13 ^ο έτος	1,603 €	1,186 €	1,054 €	2,248 €	174 €	1,001 €
14 ^ο έτος	1,312 €	797 €	1,412 €	2,678 €	514 €	1,420 €
15 ^ο έτος	1,042 €	437 €	1,744 €	3,075 €	830 €	1,807 €
16 ^ο έτος	793 €	103 €	2,051 €	3,443 €	1,122 €	2,166 €
17 ^ο έτος	562 €	205 €	2,335 €	3,783 €	1,392 €	2,498 €
18 ^ο έτος	348 €	491 €	2,598 €	4,099 €	1,642 €	2,806 €
19 ^ο έτος	149 €	756 €	2,842 €	4,391 €	1,874 €	3,090 €
20 ^ο έτος	34 €	1,001 €	3,067 €	4,661 €	2,089 €	3,354 €

Πίνακας 5.55. Τιμές NPV σε ορίζοντα 20ετίας για τα σενάρια ALL2, ALL3 και ALL7 στη ζώνη Β.

Το σενάριο ALL2 εμφανίζει ασυνήθιστα υψηλό χρόνο απόσβεσης, αν όμως λάβουμε υπ'όψη ότι πρόκειται για ένα σενάριο με χαμηλή σχετικά απόδοση, όπως επίσης και το γεγονός ότι έχει σχετικά υψηλό κόστος, είναι λογικός αυτός ο χρόνος απόσβεσης, ειδικά σε αυτήν την κλιματική ζώνη.

Συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΣΥΣΤΗΜΑ 2		ΣΥΣΤΗΜΑ 7	
	3 cm	5 cm	3 cm	5 cm
ΠΑΧΟΣ				
1 ^ο έτος	4,046 €	4,206 €	3,679 €	3,784 €
2 ^ο έτος	3,753 €	3,857 €	3,403 €	3,448 €
3 ^ο έτος	3,481 €	3,533 €	3,147 €	3,136 €
4 ^ο έτος	3,230 €	3,234 €	2,911 €	2,848 €
5 ^ο έτος	2,997 €	2,956 €	2,691 €	2,581 €
6 ^ο έτος	2,782 €	2,699 €	2,488 €	2,333 €
7 ^ο έτος	2,582 €	2,461 €	2,300 €	2,104 €
8 ^ο έτος	2,398 €	2,241 €	2,126 €	1,892 €
9 ^ο έτος	2,227 €	2,037 €	1,965 €	1,696 €
10 ^ο έτος	2,068 €	1,848 €	1,816 €	1,514 €
11 ^ο έτος	1,922 €	1,673 €	1,678 €	1,346 €
12 ^ο έτος	1,786 €	1,511 €	1,550 €	1,190 €
13 ^ο έτος	1,660 €	1,361 €	1,431 €	1,046 €
14 ^ο έτος	1,544 €	1,223 €	1,321 €	912 €
15 ^ο έτος	1,436 €	1,094 €	1,220 €	788 €
16 ^ο έτος	1,337 €	975 €	1,126 €	674 €
17 ^ο έτος	1,244 €	865 €	1,039 €	568 €
18 ^ο έτος	1,159 €	763 €	958 €	469 €
19 ^ο έτος	1,079 €	668 €	883 €	378 €
20 ^ο έτος	1,006 €	581 €	814 €	294 €
21 ^ο έτος	938 €	500 €	750 €	216 €
22 ^ο έτος	875 €	425 €	691 €	144 €
23 ^ο έτος	817 €	355 €	636 €	77 €
24 ^ο έτος	763 €	291 €	585 €	15 €
25 ^ο έτος	713 €	232 €	538 €	42 €
26 ^ο έτος	667 €	177 €	495 €	95 €
27 ^ο έτος	624 €	126 €	454 €	144 €
28 ^ο έτος	585 €	78 €	417 €	190 €
29 ^ο έτος	548 €	34 €	382 €	232 €
30 ^ο έτος	514 €	6 €	350 €	271 €

Πίνακας 5.56. Τιμές NPV σε ορίζοντα 30ετίας για τα σενάρια sys2 και sys7 στη ζώνη B.

Τα συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης δείχνουν, όπως και στην Α' κλιματική ζώνη, ασύμφορα.

Έτσι, λοιπόν, η οικονομικότητα των σεναρίων για την κλιματική ζώνη Β συνοψίζεται στον παρακάτω πίνακα:

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΠΑΧΟΣ (cm)	Χρόνος Απόσβεσης (έτη)
1Τ	3	12
	5	10
3Τ	3	12
	5	10
7Τ	3	12
	5	10
8Τ	3	15
	5	14
3Ο	3	26
	5	21
4Ο	3	13
	5	11
1Π	3	8
	5	7
4Π	3	10
	5	10
ALL2	3	20
	5	17
ALL3	3	11
	5	9
ALL7	3	13
	5	11
ΣΥΣΤΗΜΑ 2	3	∞
	5	30
ΣΥΣΤΗΜΑ 7	3	∞
	5	25

Πίνακας 5.57. Χρόνος απόσβεσης των επενδύσεων των σεναρίων για την Β' ζώνη.

5.6.3. Κλιματική Ζώνη Γ- Τρίκαλα (Ν.Θεσσαλίας)

Τοιχοποιία

ΣΕΝΑΡΙΟ	1Τ		3Τ		7Τ		8Τ	
	5 cm	8 cm	5 cm	8 cm	5 cm	8 cm	5 cm	8 cm
1 ^ο έτος	1,885 €	1,919 €	1,976 €	2,061 €	2,090 €	2,269 €	2,466 €	2,885 €
2 ^ο έτος	1,350 €	1,310 €	1,436 €	1,446 €	1,528 €	1,638 €	1,936 €	2,281 €
3 ^ο έτος	854 €	745 €	936 €	877 €	1,008 €	1,053 €	1,446 €	1,721 €
4 ^ο έτος	395 €	222 €	473 €	350 €	526 €	511 €	992 €	1,203 €
5 ^ο έτος	30 €	262 €	44 €	139 €	80 €	10 €	572 €	724 €
6 ^ο έτος	423 €	710 €	353 €	590 €	333 €	454 €	183 €	280 €
7 ^ο έτος	787 €	1,126 €	720 €	1,009 €	715 €	884 €	178 €	131 €
8 ^ο έτος	1,124 €	1,510 €	1,061 €	1,396 €	1,069 €	1,282 €	511 €	512 €
9 ^ο έτος	1,437 €	1,866 €	1,376 €	1,755 €	1,397 €	1,651 €	820 €	865 €
10 ^ο έτος	1,726 €	2,195 €	1,668 €	2,087 €	1,700 €	1,992 €	1,106 €	1,191 €

Πίνακας 5.58. Τιμές NPV σε ορίζοντα 10ετίας για τα σενάρια 1Τ, 3Τ, 7Τ και 8Τ στη ζώνη Γ.

Οροφή

ΣΕΝΑΡΙΟ	30		40	
	5 cm	8 cm	5 cm	8 cm
1 ^ο έτος	2,883 €	3,512 €	1,957 €	2,091 €
2 ^ο έτος	2,453 €	3,005 €	1,483 €	1,553 €
3 ^ο έτος	2,049 €	2,527 €	1,035 €	1,046 €
4 ^ο έτος	1,667 €	2,076 €	613 €	567 €
5 ^ο έτος	1,306 €	1,650 €	214 €	115 €
6 ^ο έτος	966 €	1,249 €	162 €	311 €
7 ^ο έτος	646 €	870 €	517 €	712 €
8 ^ο έτος	343 €	513 €	851 €	1,091 €
9 ^ο έτος	58 €	175 €	1,167 €	1,449 €
10 ^ο έτος	212 €	143 €	1,465 €	1,787 €

Πίνακας 5.59. Τιμές NPV σε ορίζοντα 10ετίας για τα σενάρια 30 και 40 στη ζώνη Γ.

Πυλωτή

ΣΕΝΑΡΙΟ	1Π		4Π	
ΠΑΧΟΣ	5 cm	8 cm	5 cm	8 cm
1 ^ο έτος	1,937 €	2,193 €	2,685 €	3,047 €
2 ^ο έτος	1,231 €	1,402 €	1,931 €	2,219 €
3 ^ο έτος	578 €	670 €	1,234 €	1,452 €
4 ^ο έτος	27 €	9 €	587 €	742 €
5 ^ο έτος	587 €	637 €	11 €	85 €
6 ^ο έτος	1,106 €	1,219 €	565 €	524 €
7 ^ο έτος	1,586 €	1,757 €	1,078 €	1,088 €
8 ^ο έτος	2,031 €	2,256 €	1,553 €	1,610 €
9 ^ο έτος	2,443 €	2,717 €	1,993 €	2,093 €
10 ^ο έτος	2,824 €	3,145 €	2,400 €	2,541 €

Πίνακας 5.60. Τιμές NPV σε ορίζοντα 10ετίας για τα σενάρια 1Π και 4Π στη ζώνη Γ.

Συνδυασμοί

ΣΕΝΑΡΙΟ	ALL2		ALL3		ALL7	
ΠΑΧΟΣ	5 cm	8 cm	5 cm	8 cm	5 cm	8 cm
1 ^ο έτος	8,515 €	10,391 €	5,839 €	6,320 €	6,887 €	7,951 €
2 ^ο έτος	6,943 €	8,539 €	4,104 €	4,366 €	5,197 €	6,028 €
3 ^ο έτος	5,487 €	6,823 €	2,497 €	2,557 €	3,632 €	4,248 €
4 ^ο έτος	4,139 €	5,235 €	1,009 €	882 €	2,182 €	2,600 €
5 ^ο έτος	2,890 €	3,764 €	368 €	669 €	840 €	1,074 €
6 ^ο έτος	1,734 €	2,402 €	1,644 €	2,105 €	402 €	339 €
7 ^ο έτος	664 €	1,141 €	2,825 €	3,434 €	1,553 €	1,647 €
8 ^ο έτος	327 €	26 €	3,918 €	4,666 €	2,618 €	2,859 €
9 ^ο έτος	1,244 €	1,107 €	4,931 €	5,806 €	3,605 €	3,981 €
10 ^ο έτος	2,094 €	2,108 €	5,868 €	6,861 €	4,518 €	5,019 €

Πίνακας 5.61. Τιμές NPV σε ορίζοντα 10ετίας για τα σενάρια ALL2, ALL3 και ALL7 στη ζώνη Γ.

Συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΣΥΣΤΗΜΑ 2		ΣΥΣΤΗΜΑ 7	
	5 cm	8 cm	5 cm	8 cm
1 ^ο έτος	3,977 €	4,205 €	3,565 €	3,767 €
2 ^ο έτος	3,415 €	3,573 €	3,024 €	3,167 €
3 ^ο έτος	2,895 €	2,989 €	2,524 €	2,613 €
4 ^ο έτος	2,414 €	2,447 €	2,061 €	2,099 €
5 ^ο έτος	1,968 €	1,946 €	1,633 €	1,623 €
6 ^ο έτος	1,555 €	1,481 €	1,236 €	1,183 €
7 ^ο έτος	1,173 €	1,052 €	868 €	775 €
8 ^ο έτος	819 €	654 €	528 €	397 €
9 ^ο έτος	491 €	285 €	213 €	47 €
10 ^ο έτος	187 €	56 €	79 €	276 €
11 ^ο έτος	94 €	372 €	349 €	576 €
12 ^ο έτος	354 €	665 €	599 €	854 €
13 ^ο έτος	595 €	936 €	831 €	1,111 €
14 ^ο έτος	818 €	1,186 €	1,045 €	1,349 €
15 ^ο έτος	1,025 €	1,419 €	1,244 €	1,569 €

Πίνακας 5.62. Τιμές NPV σε ορίζοντα 15ετίας για τα σενάρια sys2 και sys7 στη ζώνη Γ.

Παρατηρούμε ότι εδώ, η υψηλή (σε απόλυτους αριθμούς) μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης που προσφέρουν τα θερμομονωτικά υλικά τα καθιστά οικονομικά συμφέροντα, αφού όπως θα δούμε σε όλους τους πίνακες Καθαρής Παρούσας Αξίας, υπάρχει απόσβεση για όλα τα σενάρια σε χρονικό ορίζοντα δεκαετίας. Λαμβάνοντας, δε, υπόψη, ότι το μοντέλο μας είναι μια κατοικία με σχετικά μικρή επιφάνεια και κατά συνέπεια σχετικά μικρές καταναλώσεις, πρόκειται για έναν ιδιαίτερα ελκυστικό χρόνο απόσβεσης.

Καταλήγουμε, λοιπόν, στον παρακάτω πίνακα για τη ζώνη Γ:

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΠΑΧΟΣ (cm)	Χρόνος Απόσβεσης (έτη)
1Τ	5	5
	8	5
3Τ	5	6
	8	5
7Τ	5	6
	8	6
8Τ	5	7
	8	7
3Ο	5	10
	8	10
4Ο	5	6
	8	6
1Π	5	4
	8	4
4Π	5	5
	8	6
ALL2	5	8
	8	8
ALL3	5	5
	8	5
ALL7	5	6
	8	6
ΣΥΣΤΗΜΑ 2	5	11
	8	10
ΣΥΣΤΗΜΑ 7	5	10
	8	10

Πίνακας 5.63. Χρόνος απόσβεσης των επενδύσεων των σεναρίων για την Γ' ζώνη.

5.6.4. Κλιματική Ζώνη Δ- Καστοριά

Τοιχοποιία

ΣΕΝΑΡΙΟ	1Τ		3Τ		7Τ		8Τ	
	5 cm	8 cm	5 cm	8 cm	5 cm	8 cm	5 cm	8 cm
1 ^ο έτος	1,704 €	1,715 €	1,793 €	1,854 €	1,900 €	2,058 €	2,286 €	2,682 €
2 ^ο έτος	1,002 €	916 €	1,083 €	1,049 €	1,163 €	1,231 €	1,590 €	1,890 €
3 ^ο έτος	352 €	176 €	426 €	302 €	480 €	466 €	946 €	1,157 €
4 ^ο έτος	250 €	510 €	182 €	388 €	152 €	243 €	350 €	478 €
5 ^ο έτος	808 €	1,144 €	745 €	1,028 €	737 €	900 €	202 €	150 €
6 ^ο έτος	1,324 €	1,732 €	1,267 €	1,620 €	1,279 €	1,508 €	714 €	733 €
7 ^ο έτος	1,802 €	2,276 €	1,750 €	2,169 €	1,781 €	2,071 €	1,187 €	1,272 €
8 ^ο έτος	2,244 €	2,779 €	2,197 €	2,677 €	2,245 €	2,592 €	1,626 €	1,771 €
9 ^ο έτος	2,654 €	3,246 €	2,611 €	3,147 €	2,676 €	3,074 €	2,032 €	2,233 €
10 ^ο έτος	3,033 €	3,677 €	2,994 €	3,582 €	3,074 €	3,521 €	2,407 €	2,661 €

Πίνακας 5.64. Τιμές NPV σε ορίζοντα 10ετίας για τα σενάρια 1Τ, 3Τ, 7Τ και 8Τ στη ζώνη Δ.

Οροφή

ΣΕΝΑΡΙΟ	30		40	
	5 cm	8 cm	5 cm	8 cm
1 ^ο έτος	2,778 €	3,393 €	1,845 €	1,969 €
2 ^ο έτος	2,250 €	2,774 €	1,263 €	1,316 €
3 ^ο έτος	1,752 €	2,190 €	715 €	701 €
4 ^ο έτος	1,282 €	1,640 €	198 €	120 €
5 ^ο έτος	839 €	1,120 €	290 €	428 €
6 ^ο έτος	421 €	630 €	750 €	945 €
7 ^ο έτος	26 €	167 €	1,185 €	1,433 €
8 ^ο έτος	346 €	269 €	1,594 €	1,893 €
9 ^ο έτος	697 €	681 €	1,981 €	2,327 €
10 ^ο έτος	1,028 €	1,069 €	2,345 €	2,736 €

Πίνακας 5.65. Τιμές NPV σε ορίζοντα 10ετίας για τα σενάρια 30 και 40 στη ζώνη Δ.

Πυλωτή

ΣΕΝΑΡΙΟ	1Π		4Π	
ΠΑΧΟΣ	5 cm	8 cm	5 cm	8 cm
1 ^ο έτος	1,706 €	1,934 €	2,438 €	2,776 €
2 ^ο έτος	787 €	903 €	1,456 €	1,696 €
3 ^ο έτος	65 €	52 €	546 €	696 €
4 ^ο έτος	853 €	937 €	296 €	230 €
5 ^ο έτος	1,583 €	1,755 €	1,076 €	1,087 €
6 ^ο έτος	2,259 €	2,514 €	1,798 €	1,881 €
7 ^ο έτος	2,884 €	3,216 €	2,467 €	2,616 €
8 ^ο έτος	3,464 €	3,866 €	3,086 €	3,296 €
9 ^ο έτος	4,000 €	4,467 €	3,660 €	3,926 €
10 ^ο έτος	4,497 €	5,025 €	4,190 €	4,510 €

Πίνακας 5.66. Τιμές NPV σε ορίζοντα 10ετίας για τα σενάρια 1Π και 4Π στη ζώνη Δ.

Συνδυασμοί

ΣΕΝΑΡΙΟ	ALL2		ALL3		ALL7	
ΠΑΧΟΣ	5 cm	8 cm	5 cm	8 cm	5 cm	8 cm
1 ^ο έτος	7,990 €	9,774 €	5,260 €	5,669 €	6,322 €	7,311 €
2 ^ο έτος	5,930 €	7,350 €	2,988 €	3,112 €	4,109 €	4,795 €
3 ^ο έτος	4,024 €	5,105 €	884 €	745 €	2,059 €	2,466 €
4 ^ο έτος	2,258 €	3,027 €	1,064 €	1,447 €	161 €	310 €
5 ^ο έτος	623 €	1,103 €	2,867 €	3,477 €	1,596 €	1,687 €
6 ^ο έτος	890 €	679 €	4,537 €	5,356 €	3,224 €	3,536 €
7 ^ο έτος	2,292 €	2,329 €	6,083 €	7,096 €	4,730 €	5,248 €
8 ^ο έτος	3,589 €	3,856 €	7,515 €	8,708 €	6,125 €	6,833 €
9 ^ο έτος	4,791 €	5,271 €	8,840 €	10,199 €	7,417 €	8,301 €
10 ^ο έτος	5,904 €	6,580 €	10,068 €	11,581 €	8,613 €	9,660 €

Πίνακας 5.67. Τιμές NPV σε ορίζοντα 10ετίας για τα σενάρια ALL2, ALL3 και ALL7 στη ζώνη Δ.

Συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΣΥΣΤΗΜΑ 2		ΣΥΣΤΗΜΑ 7	
	5 cm	8 cm	5 cm	8 cm
1 ^ο έτος	3,788 €	3,994 €	3,381 €	3,566 €
2 ^ο έτος	3,050 €	3,167 €	2,672 €	2,780 €
3 ^ο έτος	2,368 €	2,401 €	2,015 €	2,053 €
4 ^ο έτος	1,736 €	1,692 €	1,407 €	1,380 €
5 ^ο έτος	1,150 €	1,036 €	843 €	756 €
6 ^ο έτος	608 €	428 €	322 €	179 €
7 ^ο έτος	107 €	135 €	161 €	356 €
8 ^ο έτος	358 €	656 €	608 €	851 €
9 ^ο έτος	788 €	1,139 €	1,022 €	1,309 €
10 ^ο έτος	1,186 €	1,585 €	1,406 €	1,733 €

Πίνακας 5.68. Τιμές NPV σε ορίζοντα 10ετίας για τα σενάρια sys2 και sys7 στη ζώνη Δ.

Σε αυτήν την κλιματική ζώνη, η θερμομονωτική προστασία, εκτός του ότι είναι απαραίτητη από ενεργειακής άποψης, δείχνει να είναι και ανέξοδη από επενδυτικής σκοπιάς, αφού η πολύ μεγάλη εξοικονόμηση σε ενέργεια που προσφέρουν πλέον τα υλικά και τα συστήματα θερμομόνωσης που έχουν επιλεχθεί οδηγούν σε χρόνους απόσβεσης έως 7 έτη, ακόμα και στα μη- αποδοτικά σενάρια της μελέτης μας.

Πιο αναλυτικά, ο πίνακας χρόνου απόσβεσης για την κλιματική ζώνη Δ έχει ως εξής:

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΠΑΧΟΣ (cm)	Χρόνος Απόσβεσης (έτη)
1Τ	5	4
	8	4
3Τ	5	4
	8	4
7Τ	5	4
	8	4
8Τ	5	5
	8	5
3Ο	5	8
	8	8
4Ο	5	5
	8	5
1Π	5	3
	8	3
4Π	5	4
	8	4
ALL2	5	6
	8	6
ALL3	5	4
	8	4
ALL7	5	5
	8	5
ΣΥΣΤΗΜΑ 2	5	8
	8	7
ΣΥΣΤΗΜΑ 7	5	7
	8	7

Πίνακας 5.69. Χρόνος απόσβεσης των επενδύσεων των σεναρίων για τη Δ' ζώνη.

ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Ο χρόνος απόσβεσης είναι άμεσα εξαρτώμενος από την απόδοση του συστήματος. Για αυτόν το λόγο, τα υλικά που παρουσιάζουν καλή θερμομονωτική συμπεριφορά αποσβέννυνται ταχύτερα από αυτά με λιγότερο καλή θερμομονωτική συμπεριφορά.
2. Στις κλιματικές ζώνες, όπου παρουσιάζονται πιο ακραίες καιρικές συνθήκες, η απόσβεση πραγματοποιείται πιο γρήγορα, καθώς είναι μεγαλύτερο το κεφάλαιο που εξοικονομείται κάθε έτος από τη μειωμένη κατανάλωση πετρελαίου και ηλεκτρικής ενέργειας.
3. Κάποια από τα σενάρια, όπως φαίνεται και από τους πίνακες, δεν είναι συμφέροντα, καθώς δεν αποσβέννυται ποτέ το κεφάλαιο που δαπανούμε για την εγκατάσταση του υλικού. Αυτό συμβαίνει κυρίως σε κλιματικές ζώνες, όπου επικρατούν ήπιες κλιματικές συνθήκες.
4. Η οικονομοτεχνική μελέτη που πραγματοποιήθηκε οφείλει να λαμβάνεται υπ' όψη πάντα σε συνάρτηση με τη μελέτη των αποτελεσμάτων και των ενεργειακών καταναλώσεων. Ένα οικονομικό υλικό ή σύστημα, το οποίο, όμως δεν είναι αποδοτικό, είναι εξίσου κακή επιλογή με ένα σύστημα, που ενώ είναι πολύ αποδοτικό, αργεί να αποσβεθεί λόγω ακρίβειας και τοποθέτησης σε κάποια ήπια κλιματική ζώνη.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία μας οδήγησε σε μια σειρά από χρήσιμα συμπεράσματα, σχετικά με τη συμπεριφορά των θερμομονωτικών υλικών και την επίδρασή τους σε μια τυπική κατοικία στον ελλαδικό χώρο.

1. Η λύση που θα επιλεγεί κάθε φορά για την ενεργειακή προστασία ενός κτιρίου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Εκτός της απόδοσης του κάθε υλικού, που είναι και το κυρίαρχο, οφείλουμε να λάβουμε υπ' όψη τις ανάγκες του κτιρίου, το οποίο θέλουμε να θωρακίσουμε. Μια κατοικία που βρίσκεται, π.χ. σε χαμηλό υψόμετρο στην περιοχή της Κρήτης (Α' κλιματική ζώνη) δεν επιβαρύνεται σημαντικά από τις εξωτερικές συνθήκες, οπότε δεν κρίνεται σημαντικό να εγκατασταθεί μεγάλος πάχος θερμομόνωσης.
2. Τα θερμομονωτικά υλικά που κυκλοφορούν στην ελληνική επικράτεια εξυπηρετούν σε μεγάλο βαθμό τις ανάγκες που εγείρει το περιβάλλον της χώρας, είναι όμως φανερή η έλλειψη οικολογικών θερμομονωτικών υλικών από την αγορά. Το μικρό μερίδιο που καταλαμβάνουν αυτά τα υλικά στην αγορά οφείλεται σε δυο βασικούς λόγους:
 - Δεν υπάρχει ακόμα η απαραίτητη ενημέρωση, αλλά και η αναγκαία ευαισθητοποίηση, η οποία θα οδηγήσει στη χρήση υλικών, τα οποία είναι μεν λιγότερο αποδοτικά, έχουν δε μικρότερες συνέπειες στο περιβάλλον κατά την παραγωγή τους (Γκρίζα Ενέργεια).
 - Απουσιάζει προς το παρόν η επαρκής τεχνογνωσία κατά την τοποθέτηση τέτοιων υλικών. Έτσι, σοβαρά λάθη κατά την εγκατάσταση οδηγούν σε κακή απόδοση του υλικού, κυρίως λόγω της υγρασίας που το διαρρέει στην πορεία του χρόνου.
3. Κάθε κατηγορία θερμομόνωσης (τοιχοποιία, οροφή, κ.λ.π.) παρουσιάζει διαφορετική συμπεριφορά, ανάλογα με τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν.

i. ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

Από τα διαγράμματά μας, είναι ξεκάθαρο ότι για όλες τις ζώνες και όλα τα εξεταζόμενα πάχη θερμομόνωσης, τα σενάρια 2T (ενισχυμένος υαλοβάμβακας) και 7T (γραφιτούχα διογκωμένη πολυστερίνη) είναι τα πιο αποδοτικά, καθώς μειώνουν στο μεγαλύτερο βαθμό την ενεργειακή κατανάλωση, και κατά συνέπεια την πρωτογενή ενέργεια του μοντέλου μας. Αμέσως ακολουθεί το σενάριο 8T (αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη). Φυσικά, το τελικό μας συμπέρασμα θα

προκύπτει και από την οικονομοτεχνική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε.

Εκεί, λοιπόν, φαίνεται ότι το σενάριο της γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης είναι αρκετά συμφέρον, καθώς για όλες τις κλιματικές ζώνες εμφανίζει καλό χρόνο απόσβεσης, και σε απόλυτους αριθμούς (πιν. 5.70.), αλλά και σε σύγκριση με τα υπόλοιπα σενάρια τοιχοποιίας που αναλύονται (1Τ, 3Τ και 8Τ). Από την άλλη πλευρά, το σενάριο της αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης υπολείπεται από 1 έτος (κλιματικές ζώνες Δ' και Γ') έως και 5 έτη (Α' κλιματική ζώνη) του σεναρίου 7Τ, ακόμα και αν είναι λιγότερο αποδοτικό.

Για αυτούς τους λόγους, πλέον της διάθεσής μας να αποφεύγουμε όπου είναι δυνατό τα ινώδη υλικά (υαλοβάμβακας), λόγω της επίδρασής τους με τον ανθρώπινο οργανισμό μέσω της αναπνευστικής οδού, οι πλάκες γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης κρίνονται ως η καταλληλότερη λύση για τη θερμομόνωση της τοιχοποιίας.

Υλικό	Χρόνος Απόσβεσης							
	Α' ζώνη		Β' ζώνη		Γ' ζώνη		Δ' ζώνη	
Γραφιτούχα Διογκωμένη Πολυστερίνη	16 έτη	13 έτη	12 έτη	10 έτη	6 έτη	6 έτη	4 έτη	4 έτη
Αφρώδης Εξηλασμένη Πολυστερίνη	20 έτη	18 έτη	15 έτη	14 έτη	7 έτη	7 έτη	5 έτη	5 έτη

Πίνακας 5.70. Χρόνος απόσβεσης για τα σενάρια τοιχοποιίας 7Τ και 8Τ.

ii. ΟΡΟΦΗ

Εδώ παρατηρείται διαφοροποίηση, ανάλογα με το πάχος της θερμομόνωσης. Για όλες τις κλιματικές ζώνες, ενώ σε μικρό πάχος θερμομόνωσης (3 cm) η εξηλασμένη πολυστερίνη είναι αποδοτικότερη, σε μεγαλύτερα πάχη (5 και 8 cm) οι πλάκες πετροβάμβακα, αλλά και οι πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης παρουσιάζουν καλύτερα αποτελέσματα.

Όσο για την οικονομοτεχνική ανάλυση, τα στοιχεία μας ήταν περιορισμένα και από τα παραπάνω υλικά, το μόνο που μπόρεσε να μελετηθεί εκτενώς ήταν η διογκωμένη πολυστερίνη, η οποία παρουσιάζει, όπως δείχνουν οι πίνακες της προηγούμενης παραγράφου, φτωχή απόσβεση (από 5 έτη στην Δ' κλιματική ζώνη για μεγάλο πάχος θερμομόνωσης έως και 24 έτη στην Α' κλιματική ζώνη για μικρό πάχος θερμομόνωσης).

Πάντως, είναι γεγονός πως στα πλαίσια της μελέτης μας, η επίδραση της θερμομόνωσης στην οροφή υπήρξε η λιγότερο σημαντική από όλα τα υπόλοιπα είδη.

iii. ΠΥΛΩΤΗ

Η επίδραση της ενεργειακής θωράκισης της πυλωτής παρουσιάζεται πολύ σημαντική μέσα από τη μελέτη που πραγματοποιήσαμε. Μετά τα συνδυαστικά σενάρια, τα οποία προκαλούν τη μεγαλύτερη βελτίωση στην ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, η θερμομόνωση του συγκεκριμένου δομικού στοιχείου είχε τα αμέσως καλύτερα αποτελέσματα.

Όπως δείχνουν και οι αντίστοιχοι πίνακες, εδώ η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη έχει ξεκάθαρα την καλύτερη συμπεριφορά, και μάλιστα ανεξαρτήτως ζώνης και πάχους θερμομονωτικού υλικού. Συνδυαζόμενη, δε, και με την οικονομοτεχνική μελέτη, φαντάζει αρκετά ελκυστική επιλογή.

Παρ' όλα αυτά, ανταγωνιστική δείχνει να είναι και η επιλογή του πετροβάμβακα δαπέδων, καθώς, ενώ η ενεργειακή αποτελεσματικότητά του είναι ελαφρώς χαμηλότερη από αυτήν της εξηλασμένης πολυστερίνης (από 2,4 έως 6,5 kWh/m² ετησίως, ανάλογα με την κλιματική ζώνη στην οποία βρισκόμαστε), η απόσβεσή της επένδυσης πραγματοποιείται 1-3 χρόνια ταχύτερα.

iv. ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ

Τα συνδυαστικά σενάρια αποτελούν μια ξεχωριστή κατηγορία στην εργασία μας και πρέπει να εξεταστούν ως προς την ενεργειακή τους συμπεριφορά μόνο μεταξύ τους, καθώς στα πλαίσια της μελέτης τους, μονώνεται μεγαλύτερη επιφάνεια και είναι λογικό να έχουμε πολλαπλάσια βελτίωση στην ενεργειακή κατανάλωση. Βέβαια, η μεγαλύτερη θερμομόνωση συνεπάγεται και μεγαλύτερο κόστος, οπότε στην οικονομοτεχνική ανάλυση μπορούν να συγκριθούν και με τα υπόλοιπα είδη θερμομόνωσης.

Παρατηρώντας τα ενεργειακά διαγράμματα για κάθε ζώνη, παρατηρείται μια συμπεριφορά 2 ταχυτήτων. Από τη μία πλευρά βρίσκονται τα σενάρια ALL3, ALL4 και ALL6 με αξιοσημείωτη ενεργειακή απόδοση και από την άλλη πρωτίστως τα ALL2 και ALL5, αλλά και τα ALL1 και ALL7, που παρέχουν χαμηλότερη προστασία.

Παρ' όλα αυτά, η οικονομοτεχνική μελέτη, η οποία υλοποιήθηκε για τα σενάρια ALL2, ALL3 και ALL7, καταδεικνύει ως πιο συμφέρον το σενάριο ALL3 (θωράκιση όλων των δομικών στοιχείων με πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης), ενώ ακολουθεί το ALL7 (γραφιτούχα διογκωμένη πολυστερίνη στην τοιχοποιία, σύνθετες πλάκες από ξυλόμαλλο και διογκωμένη πολυστερίνη στην οροφή, πλάκες πετροβάμβακα δαπέδων στην πυλωτή). Φαίνεται, λοιπόν, πως

στη συγκεκριμένη περίπτωση η ενεργειακή και η οικονομοτεχνική μελέτη που πραγματοποιήσαμε συμπίπτουν.

v. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Λόγω της φύσης της εξωτερικής θερμομόνωσης, θα περιμέναμε ότι, στην ενεργειακή μελέτη τουλάχιστον, τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου είδους θερμομόνωσης θα συνέπιπταν αρκετά με αυτά της τοιχοποιίας, και πράγματι αυτό συμβαίνει. Στην οικονομοτεχνική μελέτη, όμως, υπάρχει μια αρκετά μεγάλη διαφοροποίηση, καθώς τα συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης παρουσιάζονται αισθητά ακριβότερα από τα υπόλοιπα είδη επιμέρους θερμομόνωσης.

Μεταξύ τους, τα εν λόγω συστήματα έχουν παρόμοια συμπεριφορά, με εξαίρεση το Σύστημα 2, όπου ο πυρήνας γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης με $\lambda = 0,032 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ προσδίδει στο σύστημα βελτιωμένη απόδοση.

Σε οικονομοτεχνικό επίπεδο, τα εξεταζόμενα συστήματα ήταν το Σύστημα 2 και το Σύστημα 7. Όπως φαίνεται από τους πίνακες Καθαρής Παρούσας Αξίας που παρουσιάζονται αναλυτικά στην παράγραφο 5.6., κανένα από τα δυο συστήματα δεν είναι συμφέρον για τις κλιματικές ζώνες Α και Β. Αντίθετα, στις κλιματικές ζώνες Γ' και Δ' οι αποσβέσεις τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Υλικό	Χρόνος Απόσβεσης			
	Γ' ζώνη		Δ' ζώνη	
Σύστημα 2	11 έτη	10 έτη	8 έτη	7 έτη
Σύστημα 7	10 έτη	10 έτη	7 έτη	7 έτη

Πίνακας 5.71. Χρόνος απόσβεσης για τα συστήματα 2 και 7 στις κλιματικές ζώνες Γ' και Δ'.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. ΒΙΒΛΙΑ- ΑΡΘΡΑ-ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

1. Αντωνόπουλος, Κ.(2007). *Κλιματισμός* (Μέρος Πρώτο). Αθήνα: Ε.Μ.Π.
2. Απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής Δ6/Β/οικ. 5825/09-04-2010 (Φ.Ε.Κ. Β'407) «Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων(ΚΕΝΑΚ)».
3. European Comission, “EU Energy and Transport in figures, Statistical Pocketbook 2010”.
4. Κακάτσιος, Ξ.(2006). *Αρχές Μεταφοράς θερμότητας και Μάζης*. Αθήνα: Συμεών.
5. Παναγιωτακόπουλος, Δ.(2005). *Συστημική Μεθοδολογία και Τεχνική Οικονομική*. Θεσσαλονίκη: ΖΥΓΟΣ.
6. Σανταμούρης, Μ., Κλειτσίκας, Ν., Λαζαρίδη, Κ., Ευγενίου, Ε., Τσαγκρασούλης, Α., Γαβρήλ, Π., Τσαντίλης, Δ., Μοδινός, Μ.(2000). *Οικολογική Δόμηση*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
7. The Energy Research Group, School of Architecture, University College Dublin.(1996). *Ενέργεια στην Αρχιτεκτονική*(Ε. Τσίγκας, Μετάφ.). Θεσσαλονίκη: Μάλλιαρης Α.- Παιδεία Α.Ε.
8. Υ.Π.Ε.Κ.Α.(2010). Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και της έκδοσης του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης»(Α' έκδοση).
9. Υ.Π.Ε.Κ.Α.(2010). Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων»(Α' έκδοση).
10. Υ.Π.Ε.Κ.Α.(2010). Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών»(Α' έκδοση).
11. Υ.Π.Ε.Κ.Α.(2010). Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων & εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμών»(Α' έκδοση).

B. ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

1. www.tee.gr
2. www.cres.gr
3. www.ypeka.gr
4. www.statistics.gr
5. www.knaufinsulation.gr
6. www.stohellas.gr
7. www.rizakos.gr
8. www.fibran.gr
9. www.iea.org