Θερμομόνωση κτηρίων
Συγκριτική Αξιολόγηση Συστημάτων Εσωτερικής και Εξωτερικής Θερμομόνωσης

Αννίτα Γκούντα
Διπλ. Αρχιτέκτων Μηχανικός ΑΠΘ, MBA
Τεχνική & εμπορική υποστήριξη
KNAUF ΓΥΨΟΠΟΙΙΑ ΑΒΕΕ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Θερμική άνεση - Ποιότητα μικροκλίματος εσωτερικού χώρου

Ιδανική θερμοκρασία εσωτερικού χώρου
19º - 22º C

Ιδανική διαφορά θερμοκρασίας τοίχου και αέρα
3º - 4º C

Μέτρα που απαιτείται να ληφθούν και λύσεις που πρέπει να εφαρμοστούν είναι:

- Πρόσθετη θερμομόνωση των εξωτερικών δομικών στοιχείων.
- Αλλαγή κουφωμάτων με νέα που προσφέρουν μεγαλύτερη θερμομόνωση.
- Βελτίωση της αεροστεγανότητας του κτιρίου.
- Μελετημένος μηχανισμός εξαερισμού του εσωτερικού χώρου.

Η θερμομόνωση των κτηρίων έχει τις παρακάτω βασικές επιδιώξεις:

1
- Τη διασφάλιση στους ενοίκους συνθηκών θερμικής άνεσης και καλής ποιότητας μικροκλίματος στο εσωτερικό ανεξάρτητα από τις επικρατούσες εξωτερικές καιρικές συνθήκες

2
- Τον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και δροσισμό, λαμβάνοντας σοβαρά υπόψη στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις

3
- Την μείωση του κόστους κατανάλωσης ενέργειας με παράλληλη προστασία του κτηρίου κατά τη διάρκεια της ζωής

4
- Την εφαρμογή των αρχών του ενεργειακού σχεδιασμού του ισχύοντα κανονισμού θερμομόνωσης και του προτύπου EN 14683 κατά την οδηγία 31/2010/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων

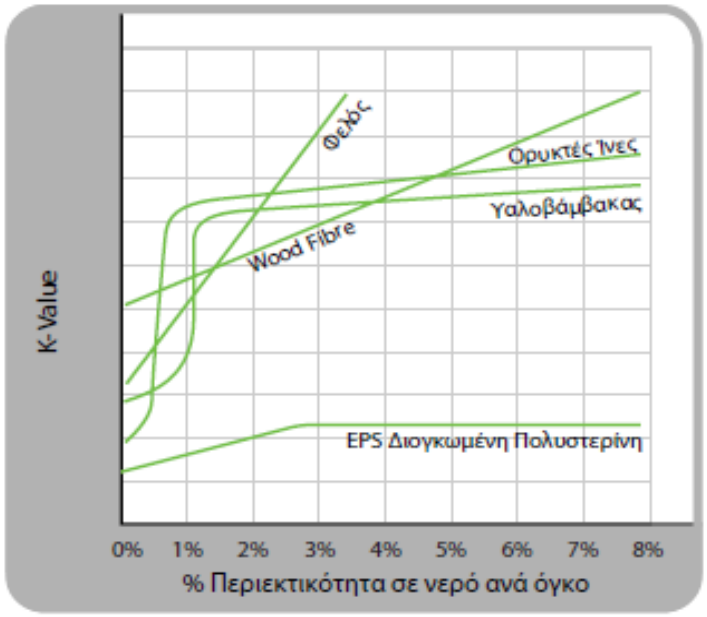
Βασικοί κανόνες για κτίρια ελάχιστης ενεργειακής κατανάλωσης ή σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας

- ✓ Αποτελεσματική θερμομόνωση του περιβλήματος του κτιρίου (τοίχοι, δάπεδα, στέγες/δώματα)
- ✓ Ελαχιστοποίηση θερμογεφυρών σε όλο το κέλυφος του κτιρίου (δοκάρια, προβόλοι, στέγες)
- ✓ Εξελιγμένη τεχνολογία κουφωμάτων & υάλωσης
  - Κουφώματα με μονωμένο πλαίσιο
  - Διπλή ή τριπλή υάλωση με ειδικά αέρια μεταξύ των επιστρώσεων (για θερμομόνωση) & ειδικές επιστρώσεις για τη διαπερατότητα θερμικής ακτινοβολίας
- ✓ Αεροστεγανότητα
- ✓ σωστά σχεδιασμένο σύστημα αερισμού

Συμπύκνωση υδρατμών

- Η συμπύκνωση των υδρατμών είναι μεγάλη απειλή για την δομή του κτηρίου. Στα ψυχρά κλίματα, το νερό απο τον ζεστό υγρό εσωτερικό αέρα μπορεί να διαχυθεί μέσα στους εξωτερικούς τοίχους και μπορεί να συμπυκνωθεί καθώς ψύχεται.

- Στα ζεστά κλίματα, συμβαίνει το αντίθετο. Το νερό απο τον ζεστό, υγρό εξωτερικό αέρα εισέρχεται στο κτήριο και καταλαμβάνει τις πιο κρύες περιοχές, όπου συμπυκνώνεται σε υγρό νερό. Στα θερμά κλίματα ιδιαίτερα αυτό συμβαίνει αφου τοποθετηθούν εκ των υστέρων κλιματιστικά



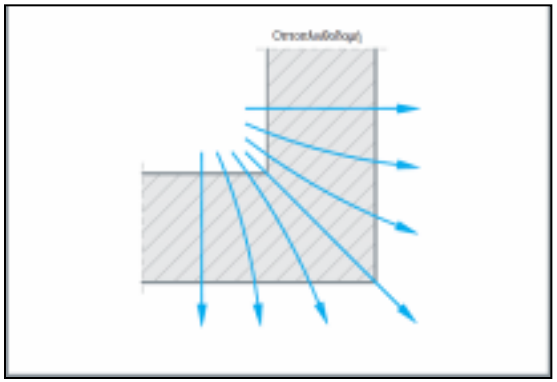
"The Effect of Moisture on Insulating Materials", [10] Τεχνικές πληροφορίες από το ASHRAE και το Διεθνές Ινστιτούτο για την Ψύξη, "The Effect of Moisture on Insulating Materials..."

Ο προσεκτικός σχεδιασμός είναι πολύ σημαντικός για την θερμική απόδοση των μονωτικών υλικών και την ακεραιότητα των δομικών στοιχείων. Πρέπει να περιλαμβάνει φράγματα υδρατμών, όπου χρειάζεται, για να αποτρέπουν τη συμπύκνωση η οποία μπορεί να συμβεί κάτω απο συγκεκριμένες συνθήκες ροής υδρατμού

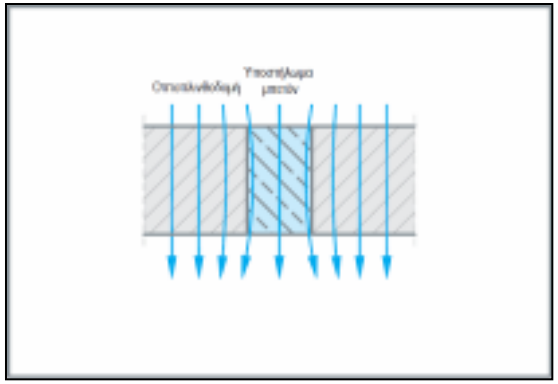
Συμπύκνωση Υδρατμών - Προστασία κτιρίων από την μούχλα

- Μερικοί πιστεύουν πως η θερμομόνωση μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα μούχλας. Στην πραγματικότητα συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο, τα καλά μονωμένα κτήρια αποτρέπουν την εμφάνιση μούχλας.
- Ο σχεδιασμός και η εκτέλεση των λεπτομερειών είναι κρίσιμοι παράγοντες προκειμένου να μη δημιουργηθούν θερμογέφυρες που θα οδηγήσουν σε απώλεια ενέργειας και σε συμπύκνωση σε κρύες επιφάνειες ή συμπύκνωση ενδιάμεσα στις επιφάνειες.
- Στις ενώσεις παραθύρου ή πόρτας με τον τοίχο, του τοίχου με το πάτωμα, του τοίχου με την οροφή σχηματίζονται θερμογέφυρες και αν δεν μονωθούν προσεκτικά παρέχουν τέλειες συνθήκες για την ανάπτυξη μούχλας.

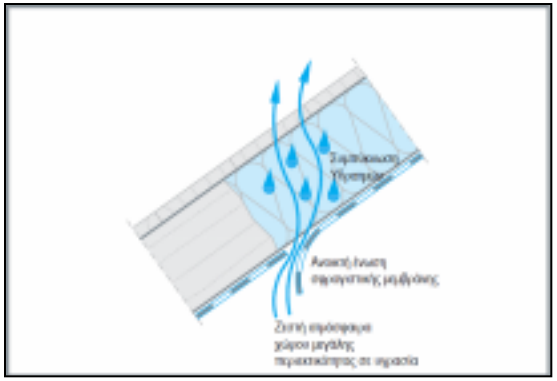
Είδη Θερμογεφυρών



Λόγω γεωμετρίας

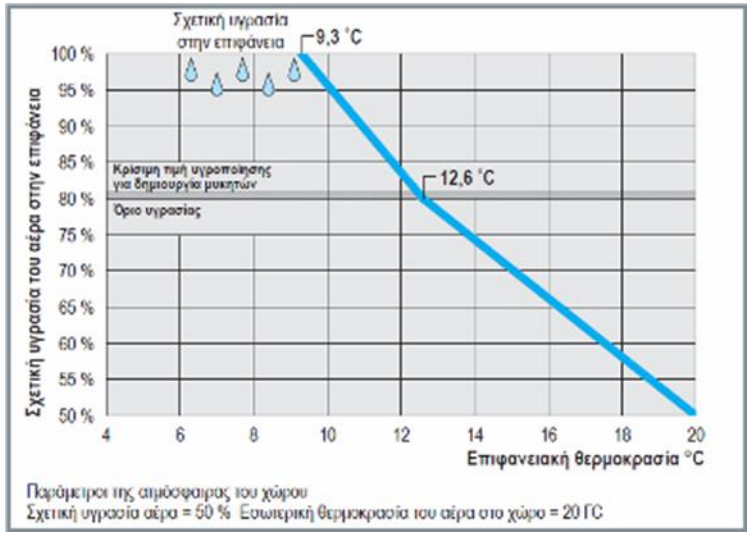


Λόγω υλικού

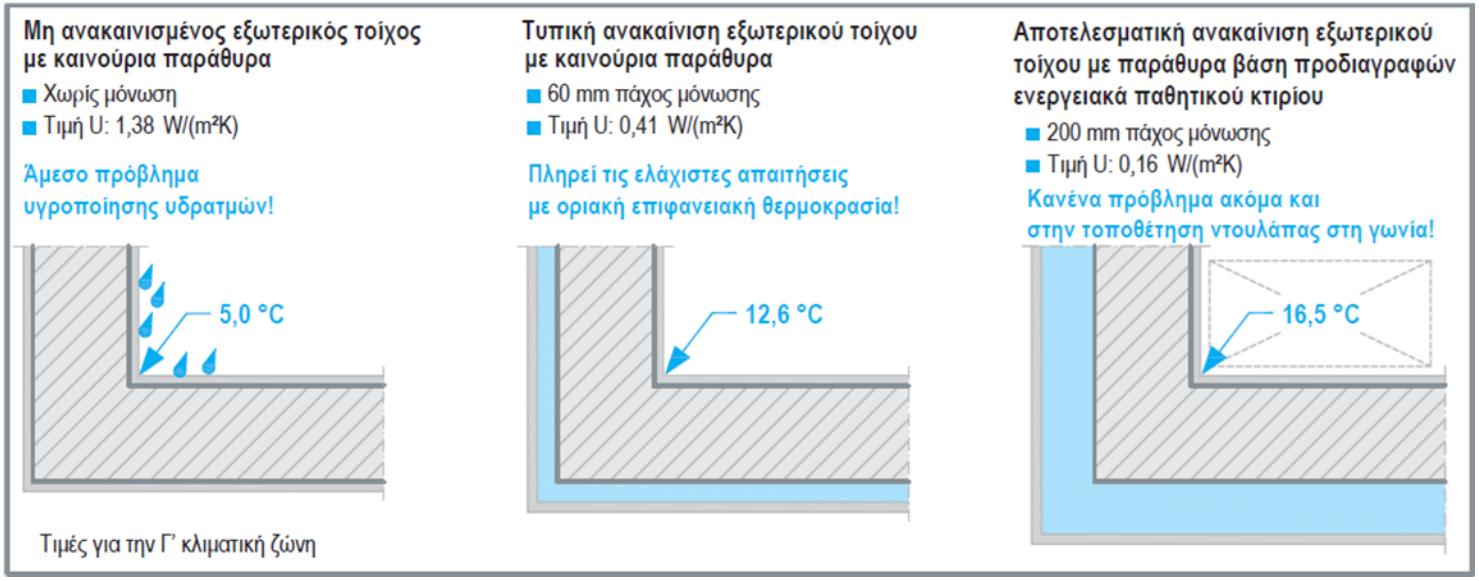


Λόγω διάχυσης

Προστασία κτιρίων από την μούχλα

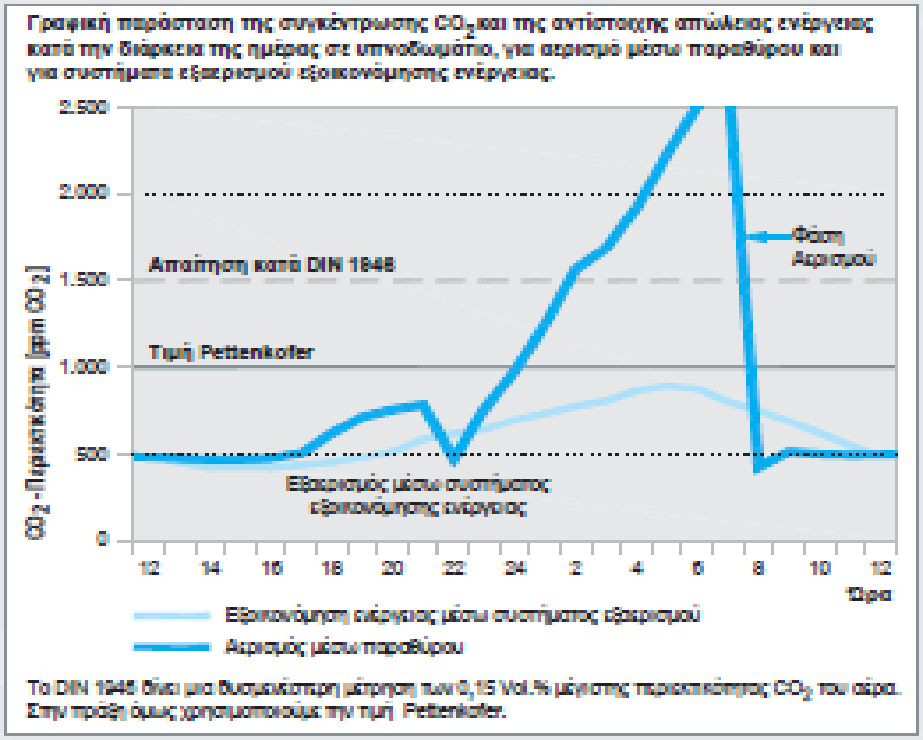


Για σίγουρη αποφυγή μούχλας σε διαπνέουσες επιφάνειες πρέπει η επιφανειακή θερμοκρασία του δομικού στοιχείου να ανέρχεται τουλάχιστον στους 12,6ºC.



Ποιότητα μικροκλίματος εσωτερικών χώρων και υγεία

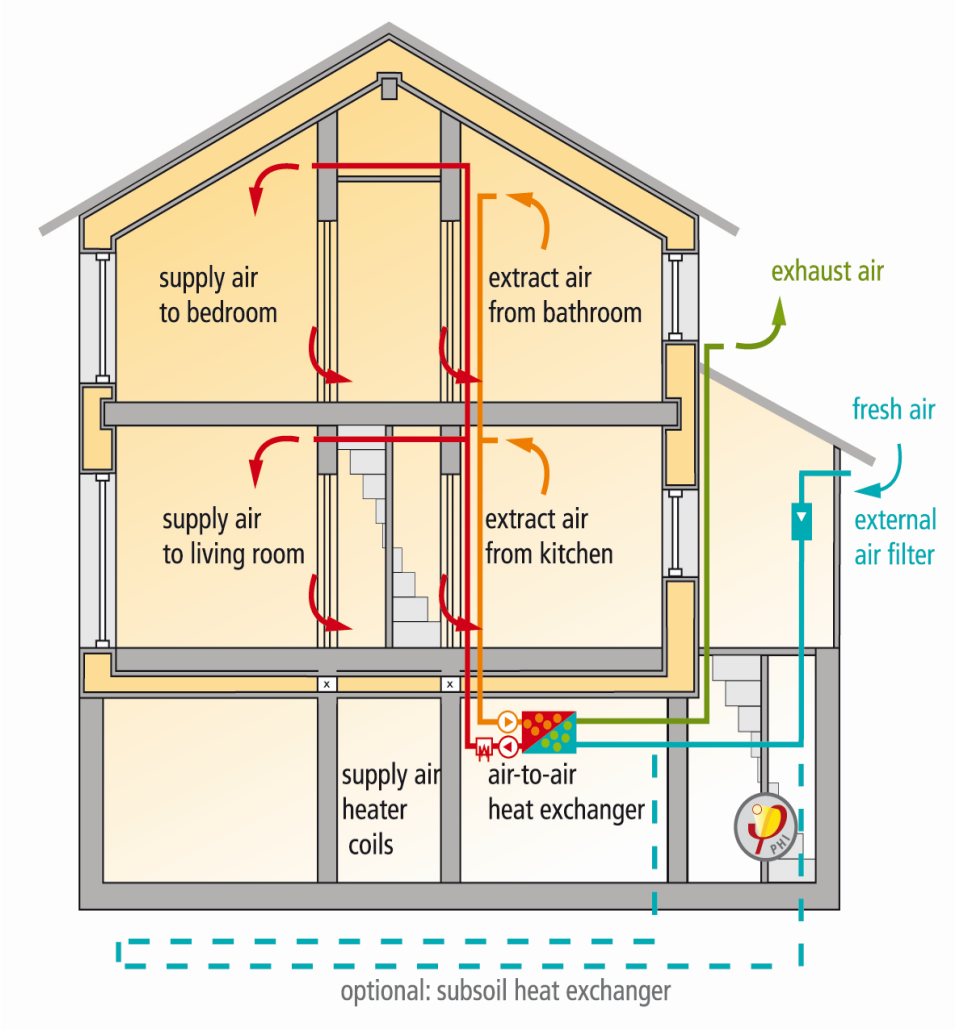
Η απόλυτη αεροστεγανότητα έχει άμεση και κακή επιρροή στην ποιότητα του αέρα του χώρου. Ατμός νερού, διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και διάφορες άλλες ρυπαντικές ουσίες του αέρα όπως σκόνες, άλλα αέρια και μικροοργανισμοί όταν δεν μπορούν να απομακρυνθούν ή να φιλτραρισθούν επηρεάζουν αρνητικά την υγιεινή του χώρου, με αποτέλεσμα το θέμα του εξαερισμού του εσωτερικού χώρου να έχει ιδιαίτερα μεγάλη σημασία στην ποιότητα διαβίωσης των ενοίκων.



Για να διασφαλισθεί καλός εξαερισμός ($30m^3$ / h / άτομο), θα πρέπει ο ένοικος ανά δίωρο, ακόμα και τη νύχτα, να αερίζει το χώρο. Αυτή η απαίτηση είναι από τον ένοικο σχεδόν αδύνατο να πραγματοποιηθεί και οι ποσότητες ενέργειας, οι οποίες θα χαθούν είναι τεράστιες. Με την χρήση όμως ενός συστήματος εξαερισμού μπορεί να γίνεται ο αναγκαίος εξαερισμός με παράλληλη εξοικονόμηση ενέργειας.

Ενεργειακός Κλιματισμός

Θερμομονωμένη αεροστεγανή κατασκευή, σωστός εξαερισμός



Η ενεργειακή απόδοση δεν μπορεί να θεωρηθεί δικαιολογία για να μειωθεί το ποσοστό του εξαερισμού. Ένα αεροστεγές κτήριο χρειάζεται και ένα σωστά σχεδιασμένο και διαστασιολογημένο σύστημα αερισμού, το οποίο θα παρέχει στο σπίτι 0.6 εναλλαγές νωπού αέρα την ώρα και θα έχει εναλλάκτη πιστοποιημένης πολύ υψηλής απόδοσης, αλλά και ανεμιστήρες πολύ χαμηλής κατανάλωσης.

Τεχνικές λύσεις στη θερμομόνωση κτηρίων

Εξωτερική θερμομόνωση

- Συστήματα EFIS ή ETICS

Εσωτερική θερμομόνωση

- Σύνθετα θερμομονωτικά πανέλα γυψοσανίδας
- Επενδύσεις ξηράς δόμησης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Γενικά για τα συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης

Τα συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης αναφέρονται στην Ευρωπαϊκή ορολογία ως EFIS (External Façade Insulation System) ή ως ETICS (External Thermal Insulation Composite System) και είναι κατάλληλα τόσο για νέες κατασκευές όσο και για παλαιά κτήρια προκειμένου να:

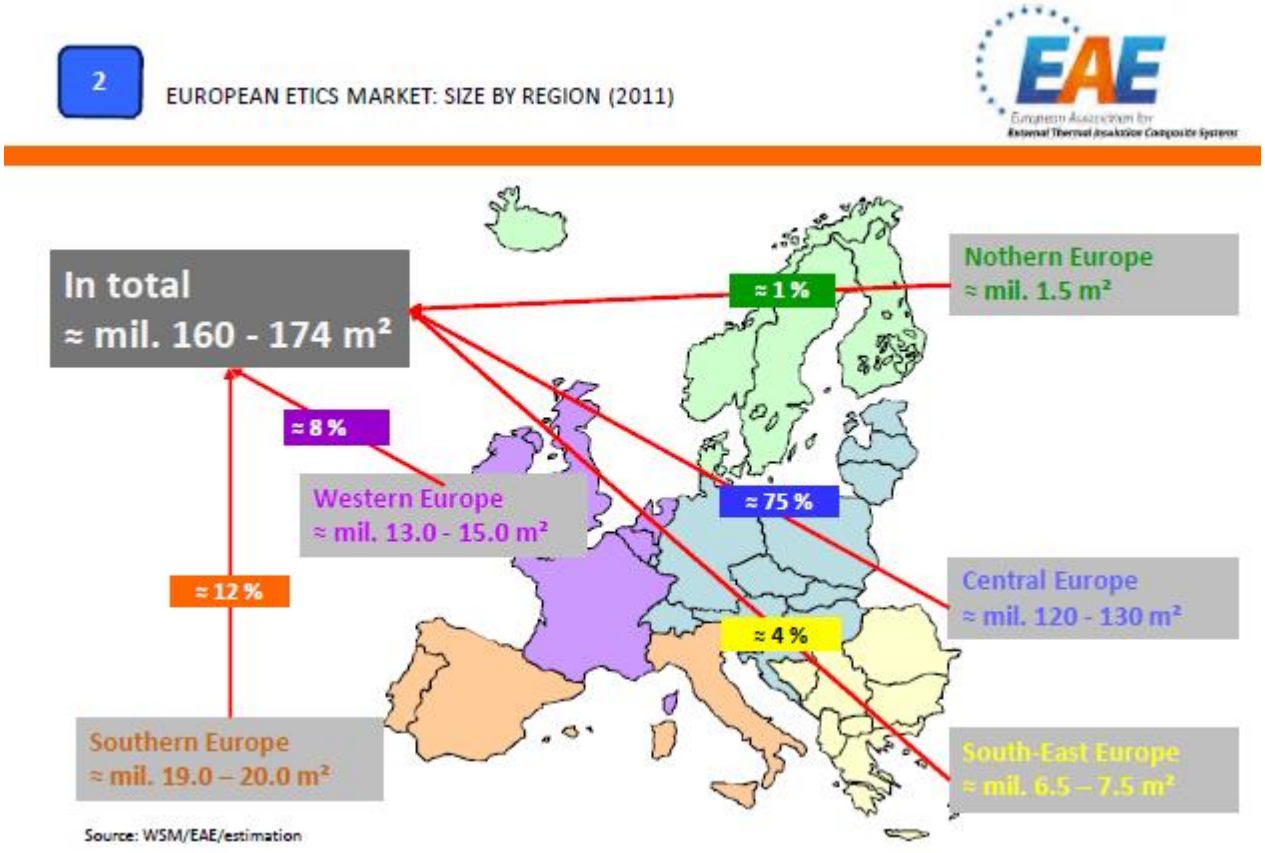
1) Βελτιωθεί η ενεργειακή τους απόδοση.
2) Λυθούν προβλήματα υγρασιών, συμπυκνωμάτων υδρατμών και εμφάνισης μούχλας στο εσωτερικό τους.
3) Κατασκευαστούν όψεις απαλλαγμένες από ρηγματώσεις στους σοβάδες και ξεφλουδίσματα στα χρώματα.

<u>Σημεία – κλειδιά:</u>

- σωστός σχεδιασμός σε επίπεδο μελέτης
- άριστη ποιότητα των προϊόντων και πιστοποίηση ETAG και CE όχι μόνο των προϊόντων αλλά και του πλήρους συστήματος
- τεχνικώς άρτια εφαρμογή του πλήρους συστήματος

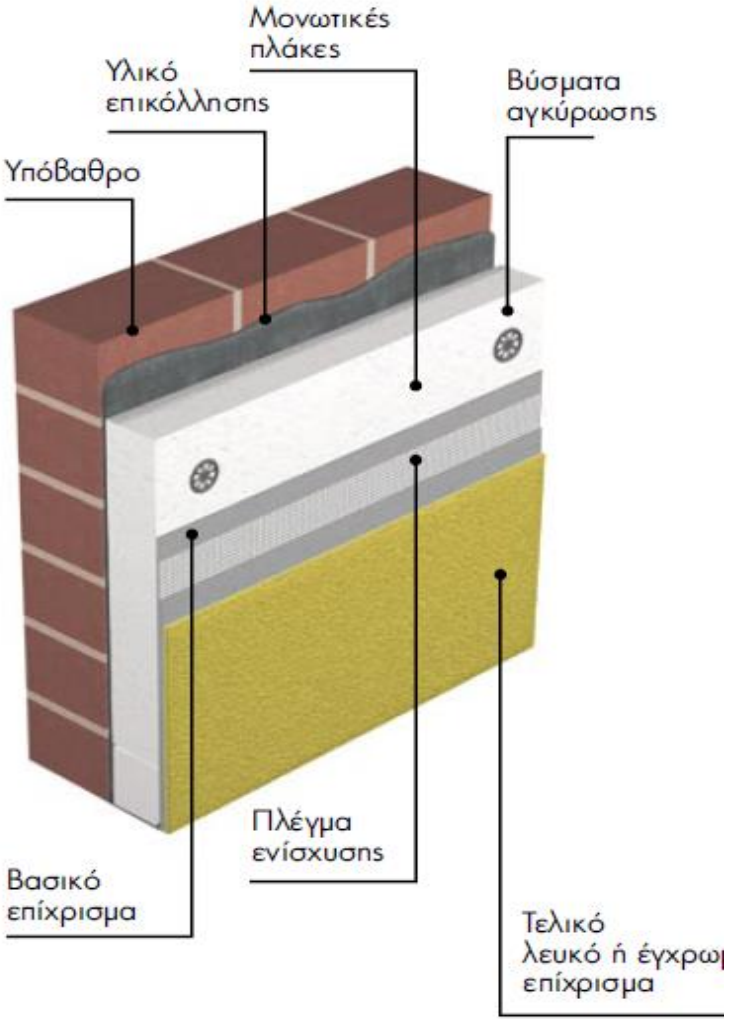
ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

Μέγεθος Ευρωπαϊκής αγοράς ETICS



ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

Το πλήρες σύστημα



Σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης σε υφιστάμενη τοιχοποιία

- <u>Υπόβαθρο:</u>
  Οποιαδήποτε στατικά επαρκής υφιστάμενη τοιχοποιία από τούβλο, μπετόν κλπ
- <u>Μονωτικό υλικό:</u>
  Θερμομονωτικές πλάκες αφρωδών πλαστικών (EPS ή XPS) ή ινωδών
- <u>Στερέωση:</u>
  Επικόλληση με κόλλα τσιμεντοειδούς βάσης και μηχανική στερέωση με βύσματα
- <u>Βασικό επίχρισμα:</u>
  Οργανικό ή ανόργανο οπλισμένο με πλέγμα σε όλη την επιφάνεια της τοιχοποιίας σε πάχος από 3mm έως 5mm
- <u>Τελικό επίχρισμα:</u>
  Οργανικό έγχρωμο επίχρισμα σε διάφορα χρώματα και τεχνοτροπίες ή ανόργανο επίχρισμα για λείες επιφάνειες έτοιμες για βάψιμο

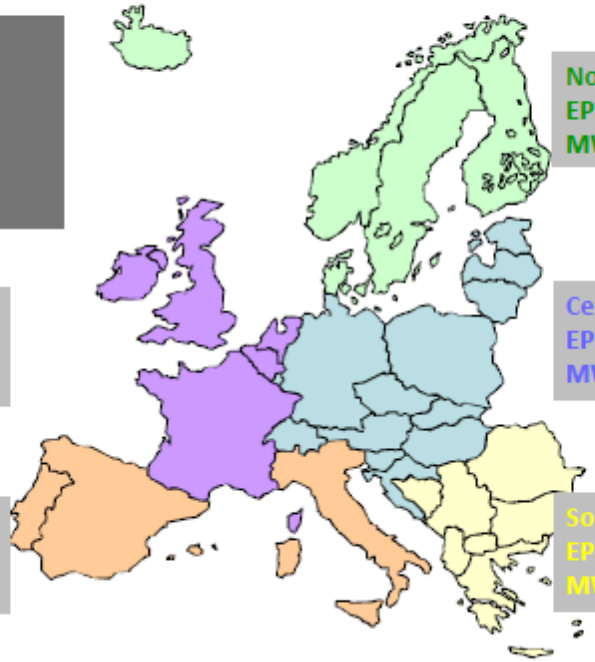
ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

Ευρωπαϊκή αγορά ETICS: Το μονωτικό υλικό του συστήματος

2 EUROPEAN ETICS MARKET: SHARE OF INSULATION MATERIALS (2011)

EAE European Association for External Thermal Insulation Composite Systems

In total
EPS ≈ 82 - 83%
MW ≈ 11 - 12%
Others* ≈ 5 - 7%
*PF, PU, CG, XPS, WF, WW, ...



Nothern Europe
EPS ≈ 70%
MW ≈ 23%

Western Europe
EPS ≈ 82%
MW ≈ 11%

Central Europe
EPS ≈ 84%
MW ≈ 12%

Southern Europe
EPS ≈ 88%
MW ≈ 9%

South-East Europe
EPS ≈ 60 %
MW ≈ 25 %

Source: WSM/EAE/estimation

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΑ

Πιστοποίηση ETA & CE του πλήρους συστήματος

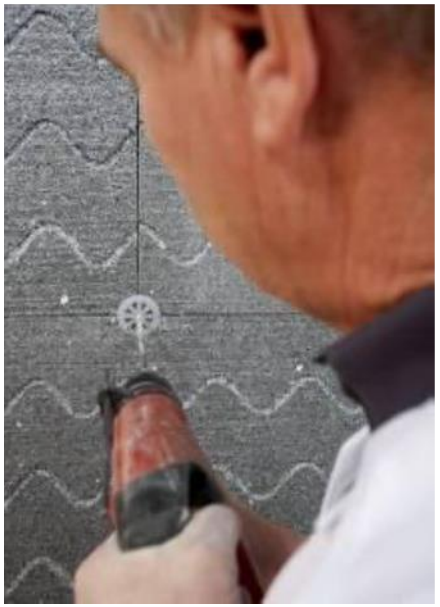
✓Η ETAG 004 περιλαμβάνει **19 σκληρές δοκιμές** για τα δοκίμια και πιστοποιεί την επάρκεια του συστήματος για τουλάχιστον 25 έτη.

✓Η βασική προϋπόθεση για την νόμιμη κυκλοφορία ενός συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης στην Ευρωπαϊκή αγορά είναι η σήμανση CE που πρέπει να φέρει το σύστημα.

Η σήμανση **CE** διασφαλίζει πως το προϊόν που διατίθεται στην αγορά είναι αντίστοιχο με αυτό που πιστοποίησε το εργαστήριο για την έκδοση της ETA (European Technical Approval). Η έλλειψη της σήμανσης CE για οποιοδήποτε **σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης** πρακτικά ακυρώνει την τυχόν έγκριση ETA!

Εφαρμογή συστήματος

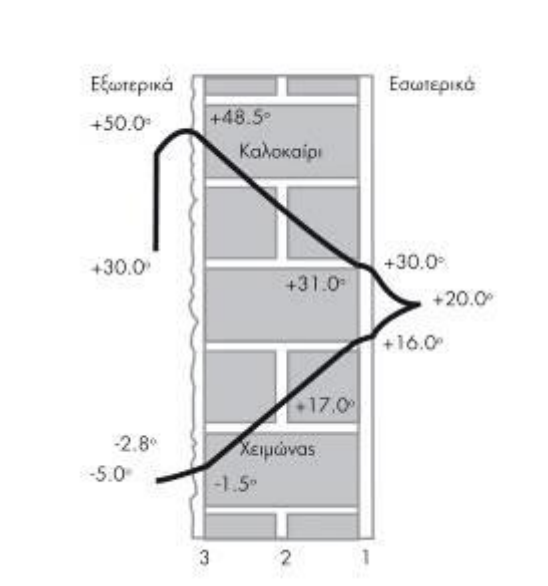
Εφαρμογή συστήματος

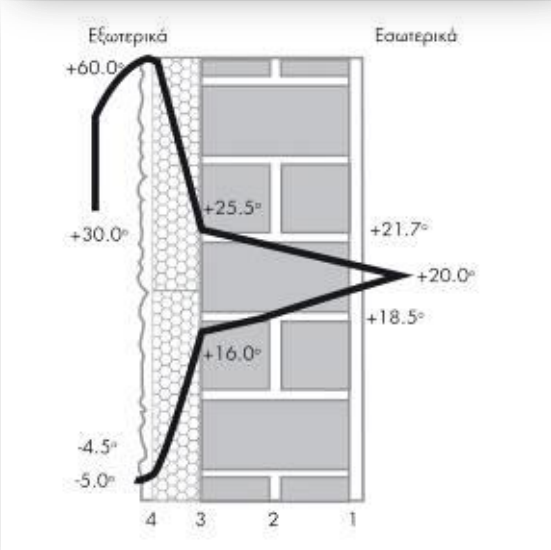


Παραδείγματα εφαρμογών

Παραδείγματα εφαρμογών

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ





- ✓Ιδανικός τρόπος αναπαλαίωσης και θερμομόνωσης υφιστάμενων κτηρίων
- ✓Εξοικονόμηση ενέργειας
- ✓Εξοικονόμηση ωφέλιμου χώρου
- ✓Κατάργηση θερμογεφυρών
- ✓Πλήρης στεγάνωση των προσόψεων
- ✓Προστασία φέροντος οργανισμού
- ✓Βέλτιστη ενεργειακή απόδοση
- ✓Αρχιτεκτονική ελευθερία
- ✓Προσθήκη αξίας στο ακίνητο

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

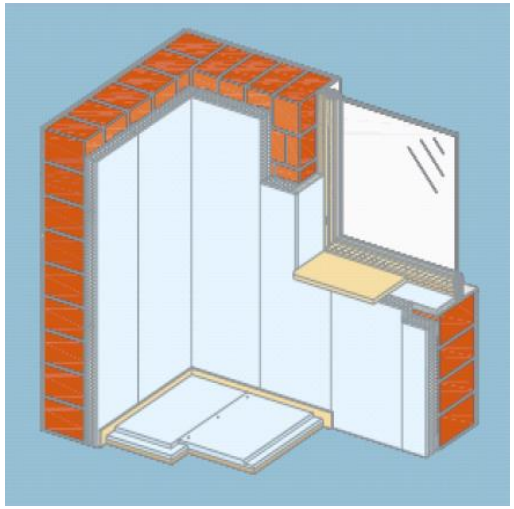
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

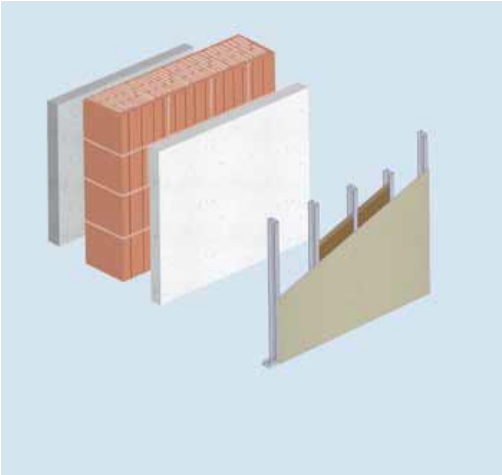
ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Γιατί εσωτερική μόνωση ;





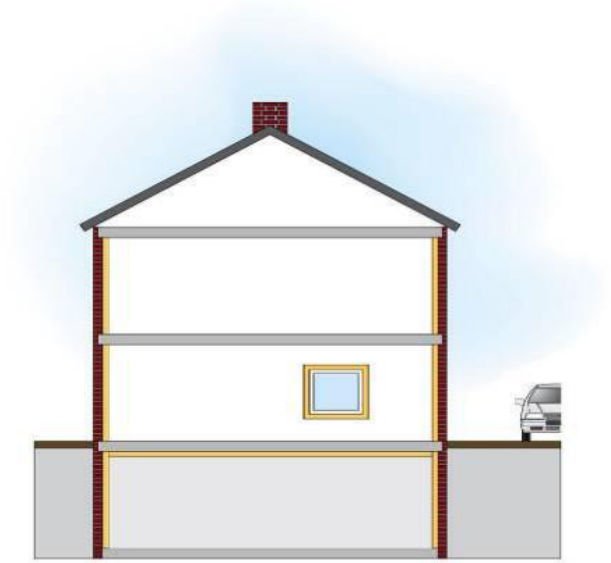
- **Διατηρητέα κτίρια**

Η πρόσοψη είναι διατηρητέα (παραδοσιακός οικισμός) ή αντίστοιχα όταν τα χαρακτηριστικά διαμόρφωσης πρέπει να διατηρηθούν (εμφανής οπτοπλινθοδομή, ξύλινος φέρων σκελετός, ξύλινη πρόσοψη, αεριζόμενη πρόσοψη).

- **Περιορισμένα όρια**

Εξαιτίας του παρακείμενου κτίσματος ή αντίστοιχα λόγω μικρής απόστασης από τα όρια δεν είναι πάντα εφικτή η εξωτερική μόνωση.

Γιατί εσωτερική μόνωση ;



- **Μεμονωμένοι χώροι**

Η εργασία μόνωσης μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο σε ένα διαμέρισμα ή αντίστοιχα δωμάτιο (οροφοδιαμερίσματα, κ.τ.λ.).

- **Εσωτερική ανακαίνιση**

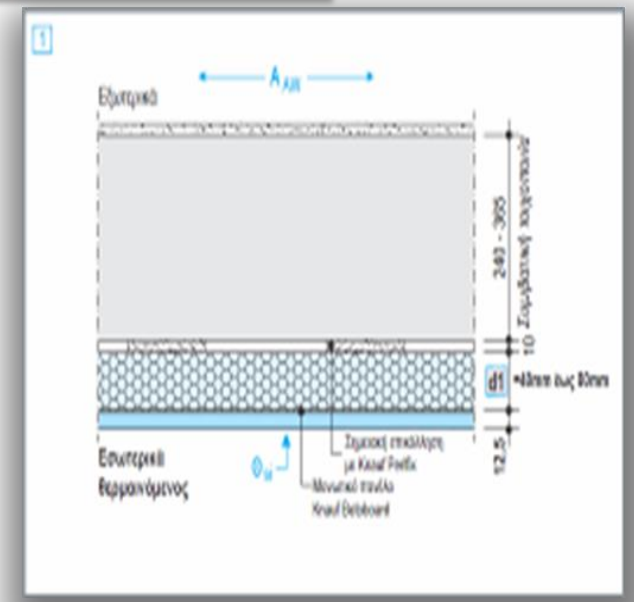
Εκτελείται αλλαγή χρήσης υπογείων αποθηκευτικών χώρων σε χώρους κατοικίας και κύριας χρήσης.

- **Κτίρια γραφείων - Εξοχικές κατοικίες**

Όταν ένα κτίριο δεν χρησιμοποιείται όλο το 24-ώρο (π.χ. κτίρια γραφείων, εξοχικές κατοικίες) ή αντίστοιχα θερμαίνεται παροδικά. Δωμάτια με εσωτερική μόνωση θερμαίνονται ταχύτερα γιατί δεν χρειάζεται να ζεσταθούν πρώτα τα συμπαγή δομικά στοιχεία της εξωτερικής τοιχοποιίας

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

Σύνθετο θερμομονωτικό πανέλο γυψοσανίδας



Ανθυγρή γυψοσανίδα και γραφιτούχο πολυστυρένιο Type H2 + EPS 80 3,5,8,10cm λ= 0,032W/mK

Επικόλληση θερμομονωτικού πανέλου

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

Σύνθετο θερμομονωτικό πανέλο γυψοσανίδας

Εφαρμογή κόλλας

Επικόλληση

Αλφάδιασμα

Σύστημα εσωτερικής θερμομόνωσης σε υφιστάμενη τοιχοποιία

Υπόβαθρο:

Οποιαδήποτε στατικά επαρκής υφιστάμενη τοιχοποιία από τούβλο, μπετόν κλπ

Στήριξη:

Επικόλληση θερμομονωτικού πανέλου με κατάλληλη γυψόκολλα ή τσιμεντόκολλα

Μονωτικό υλικό:

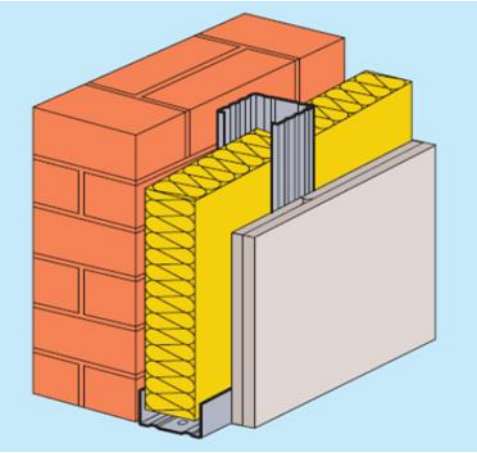
Πανέλο ανθυγρής γυψοσανίδας με θερμομονωτική πλάκα γραφιτούχου διογκωμένου πολυστηρένιου (EPS80 λ=0,032W/mK) στην πίσω όψη.

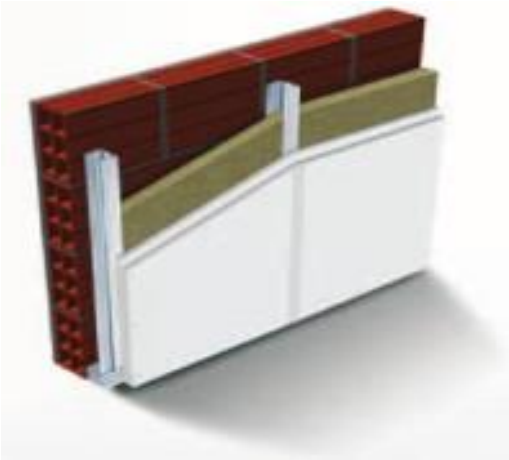
Τελική επιφάνεια:

Αρμολόγηση με χαρτοταινία και φινίρισμα σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

Επένδυση ξηράς δόμησης με γυψοσανίδα και ορυκτοβάμβακα





Σύστημα εσωτερικής θερμομόνωσης σε υφιστάμενη τοιχοποιία

Υπόβαθρο:

Οποιαδήποτε στατικά επαρκής υφιστάμενη τοιχοποιία από τούβλο, μπετόν κλπ

Στήριξη:

Μεταλλικός σκελετός από γαλβανισμένο χάλυβα στερεωμένος σε δάπεδο και οροφή με κατάλληλα βύσματα

Μονωτικό υλικό:

Ορυκτοβάμβακας για εξαιρετικά αποτελέσματα θερμομόνωσης, ηχομόνωσης κια πυροπροστασίας

Επένδυση:

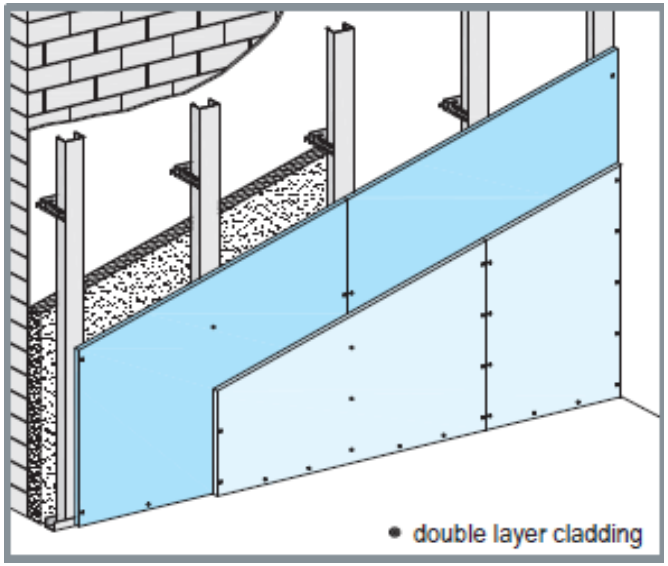
Στερέωση ανθυγρής γυψοσανίδας με επικολλημένο φύλλο αλουμινίου που λειτουργεί σαν φράγμα υδρτατμών και προστατεύει τον αμόνωτο τοίχο από την υγρασία εσωτερικής συμπύκνωσης

Τελική επιφάνεια:

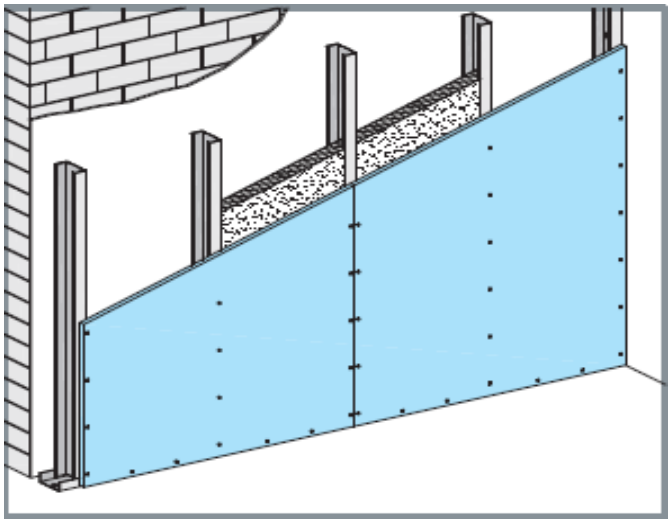
Αρμολόγηση με χαρτοταινία και φινίρισμα σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

Επένδυση ξηράς δόμησης με γυψοσανίδα και ορυκτοβάμβακα



Επένδυση με CD προφίλ + γυψ/δα



Επένδυση με CW προφίλ + γυψ/δα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μελέτη Ε.Μ.Π.

Συγκριτική Αξιολόγηση Συστημάτων Εσωτερικής και Εξωτερικής Αναδρομικής Θερμομόνωσης

- Πόσο αποτελεσματική είναι η εσωτερική και η εξωτερική αναδρομική θερμομόνωση σε υφιστάμενα κτήρια με έμφαση στις Ελληνικές Κλιματικές Συνθήκες;
- Ποιά η επίδραση στις ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης και δροσισμού;
- Ποιά η σημασία σε διαφορετικού τύπου κτήρια;

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών
Εργαστήριο Ετερογενών Μειγμάτων και Συστημάτων Καύσης, Τομέας Θερμότητας,
Δ. Κολάιτης, Δ. Κατσουρίνης, Δ. Κοντογεώργος, Ε. Μαλλιωτάκης, Ι. Μανδηλαράς,
Μ. Φούντη (Φεβρουάριος 2011)

Μελέτη Ε.Μ.Π.

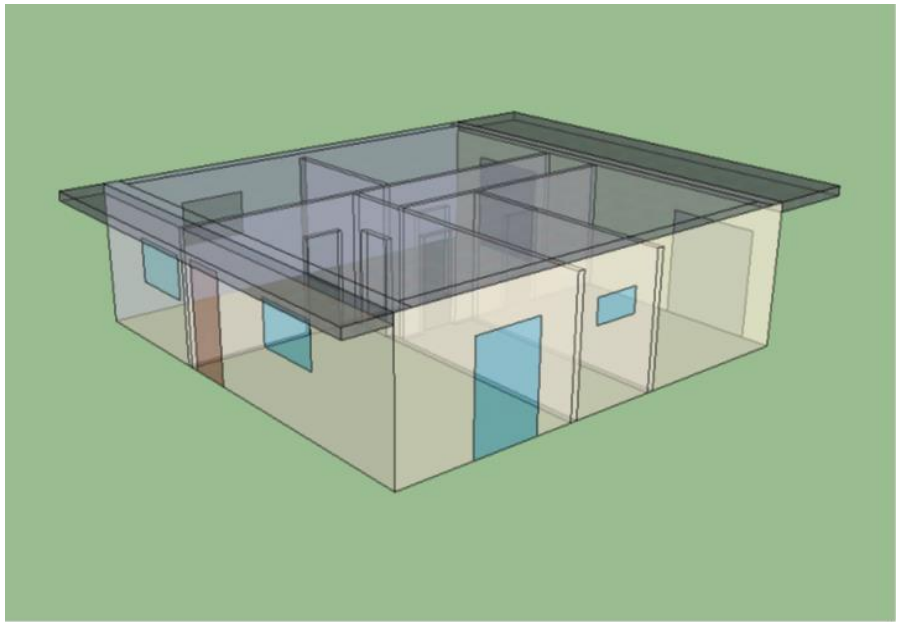
Συγκριτική Αξιολόγηση Συστημάτων Εσωτερικής και Εξωτερικής Αναδρομικής Θερμομόνωσης

- **Τυπικός τοίχος αυτόνομης ισόγεια ς κατοικίας**

  Μονωμένη οροφή με 100mm EPS 032

- Δύο κλιματικές ζώνες :
  - Ζώνη Β (Αθήνα)
  - Ζώνη Δ (Κοζάνη)

- Κατασκευή πρό του 1980
- Σύγχρονοι διπλοί υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής (low-e) και με θερμοδιακοπτόμενο πλαίσιο αλουμινίου (Ug=1,1 W/mK)



- Εσωτερικές θερμοκρασίες άνεσης 20°C και 26°C, χειμώνα και καλοκαίρι αντίστοιχα
- Διείσδυση αέρα απο επιλεγμένα ανοίγματα πόρτες και παράθυρα, σύμφωνα με απαιτήσεις ΚΕΝΑΚ, 2010

Μελέτη Ε.Μ.Π.

Θερμική συμπεριφορά τριών περιπτώσεων διάταξης τοίχων

Αμόνωτοι τοίχοι :
U-value = 1,262 W/m²K
Πάχος τοίχου = 250mm

Εξωτερική μόνωση :
80mm EPS 032 με 8mm επίχρισμα
U-value = 0,303 W/m²K
Πάχος τοίχου = 338mm

Εσωτερική μόνωση : 80mm EPS 032 με 12,5mm Γυψοσανίδα
U-value = 0,299 W/m²K
Πάχος τοίχου = 343mm

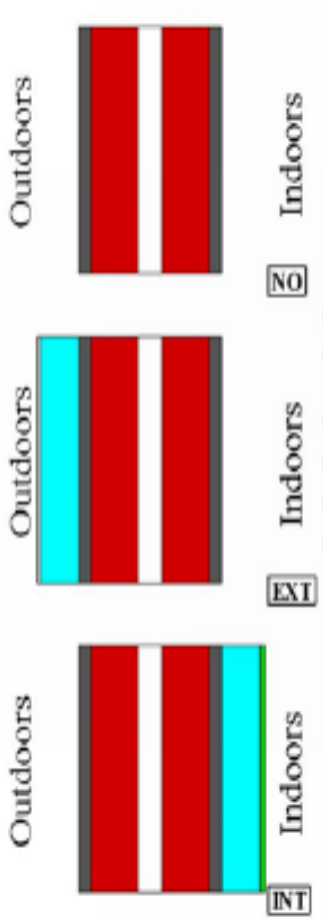
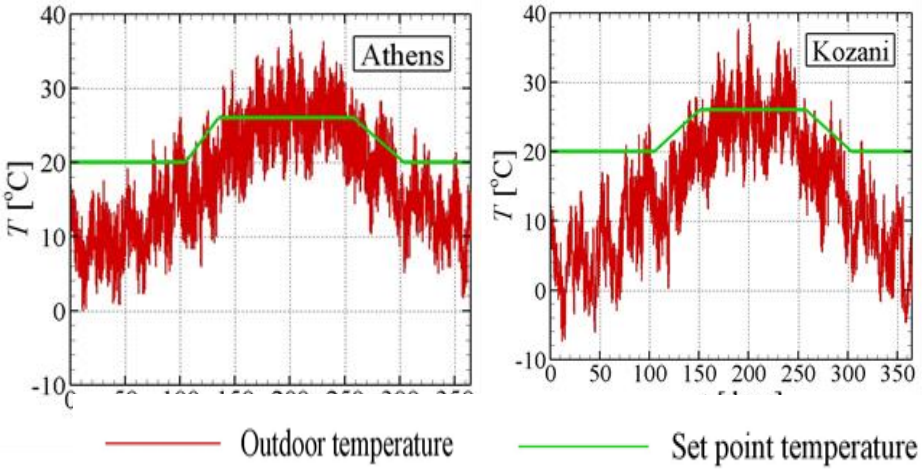


Table 3.3: Thermo-physical properties of Greek wall assembly building materials.

Material	k [W/m/K]	ρ [kg/m^3]	C_p [J/kg/K]	*Reference*
Mortar	1.00	1900	1100	KENAK (2010)
Cement-lime mortar	0.87	1900	1100	KENAK (2010)
Brick	0.51	1500	1000	KENAK (2010)
EPS 80	0.032	25	1500	KENAK (2010)
Gypsum plasterboard	0.25	760	1000	HMCS

Αξιολόγηση θερμικής συμπεριφοράς τοίχου
- Χρονική Υστέρηση (time lag)
- Συντελεστής απώλειας (decrement factor)



Μελέτη Ε.Μ.Π.

Θερμική συμπεριφορά τριών περιπτώσεων διάταξης τοίχων

Test Case	Wall	Time lag [h]	Improvement compared to NO	Decrement factor	Improvement compared to NO
Winter day	NO	11.5	-	0.0534	-
	INT	13.5	17.4%	0.0069	87.1%
	EXT	14.5	26.1%	0.0029	94.6%
Summer day	NO	11.5	-	0.0534	-
	INT	13.5	17.4%	0.0068	87.3%
	EXT	14.5	26.1%	0.0029	94.6%

- Όπως ήταν αναμενόμενο, η προσθήκη (εσωτερικής ή εξωτερικής) θερμομόνωσης προκαλεί σημαντική μείωση στο πλάτος των θερμικών ταλαντώσεων στην εσωτερική πλευρά του τοίχου, καθώς και στο μέτρο των θερμικών ροών διαμέσου αυτού, γεγονός το οποίο συνεπάγεται μικρότερη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και κλιματισμό.

- Οι παρατηρούμενες διαφορές μεταξύ των συστημάτων εσωτερικής και εξωτερικής μόνωσης είναι αμελητέες, καθιστώντας τα δύο συστήματα θερμικά ισοδύναμα, καθώς εμφανίζουν παραπλήσιες τιμές συντελεστή U και θερμικής μάζας.

Υπολογιστική προσομοίωση της υγρο-θερμικής συμπεριφοράς των εναλλακτικών συστημάτων μόνωσης

Κλιματική ζώνη Β (Αθήνα)

Για να εκτιμηθεί η συμπύκνωση υδρατμών στις εξετασθείσες διατάξεις τοίχων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος υπολογισμού του σημείου δρόσου (Dew Point Method ASHRAE, 1989). Συμπύκνωση συμβαίνει εάν η πίεση ατμών είναι υψηλότερη από την πίεση κορεσμού σε οποιοδήποτε σημείο εντός της διάταξης του τοίχου.
Εξετάζοντας την υγροθερμική συμπεριφορά των συστημάτων για χρονική περίοδο ενός χρόνου, η πιθανότητα εμφάνισης συμπυκνωμάτων είναι:

- Μηδενική για το σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης και
- για την εσωτερική θερμομόνωση έχουμε πιθανότητα εμφάνισης συμπυκνωμάτων μόνο για μία ήμέρα (15 Ιανουαρίου) και για χρονικό διάστημα 9 ωρών.

Μπορούμε με βεβαιότητα να πούμε, οτι και για τα δύο συστήματα μπορούν να εφαρμοσθούν στην κλιματική ζώνη Β χωρίς τον κίνδυνο συμπυκνώσεων.

Υπολογιστική προσομοίωση της υγρο-θερμικής συμπεριφοράς των εναλλακτικών συστημάτων μόνωσης

Κλιματική ζώνη Δ (Κοζάνη)

Στην περίπτωση των κλιματολογικών συνθηκών της Κοζάνης (κλιματική ζώνη Δ), οι οποίες χαρακτηρίζονται, κατά τη χειμερινή περίοδο, από χαμηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με υψηλή εξωτερική υγρασία, η πιθανότητα εμφάνισης συμπυκνωμάτων στην περίπτωση χρήσης συστήματος εσωτερικής μόνωσης είναι υψηλότερη της αντίστοιχης πιθανότητας στην περίπτωση χρήσης συστήματος εξωτερικής μόνωσης.

Στην εξωτερική θερμομόνωση για την κλιματική ζώνη Δ (Κοζάνη) δεν παρουσιάζεται καμμία πιθανότητα συμπύκνωσης υδρατμών.

Για την εσωτερική θερμομόνωση υπολογίστηκε το Μέγιστο Συνεχές Διάστημα για Συμπύκνωση Υδρατμών (MCTVC) σε όλες τις θέσεις της διατομής του τοίχου, για να εκτιμηθούν οι πιο δυσμενείς συνθήκες. Οι τιμές MCTVC στη περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης, δείχνουν οτι το μέγιστο χρονικό διάστημα είναι περίπου 7.5 ημέρες και εμφανίζεται στην διεπιφάνεια τοίχου/μόνωσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις στην εσωτερική θερμομόνωση, θα πρέπει να προβλεφθεί φράγμα υδρατμών.

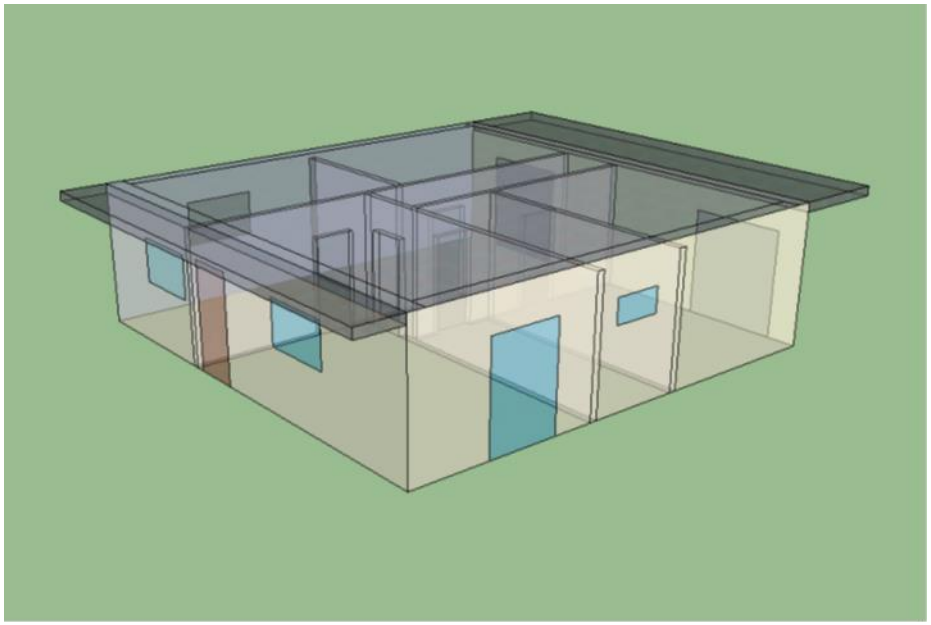
Μελέτη Ε.Μ.Π.

Συγκριτική Αξιολόγηση Συστημάτων Εσωτερικής και Εξωτερικής Αναδρομικής Θερμομόνωσης

- **Τυπικό διαμέρισμα μεσαίου ορόφου πολυκατοικίας**

  Αδιαβατικές επιφάνειες οροφής και δαπέδου

  Επιφάνεια : 99,6m² (2υ/δ, σαλόνι, κουζίνα και WC)
- Δύο κλιματικές ζώνες :
  - **Ζώνη Β (Αθήνα)**
  - **Ζώνη Δ (Κοζάνη)**
- Κατασκευή πρό του 1980
- Σύγχρονοι διπλοί υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής (low-e) και με θερμοδιακοπτόμενο πλαίσιο αλουμινίου (Ug=1,1 W/mK)



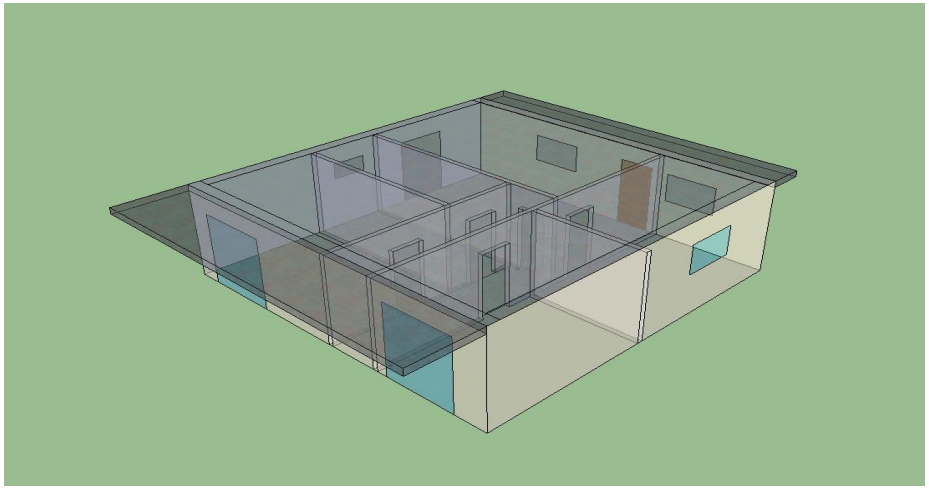
- Εσωτερικές θερμοκρασίες άνεσης 20°C και 26°C, χειμώνα και καλοκαίρι αντίστοιχα
- Διείσδυση αέρα απο επιλεγμένα ανοίγματα πόρτες και παράθυρα, σύμφωνα με απαιτήσεις ΚΕΝΑΚ, 2010

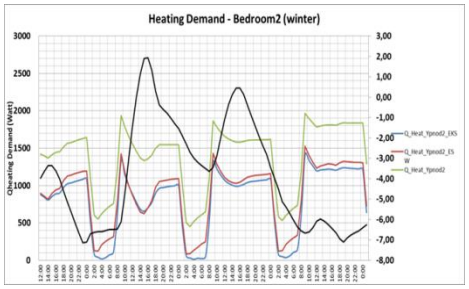
Μελέτη Ε.Μ.Π.

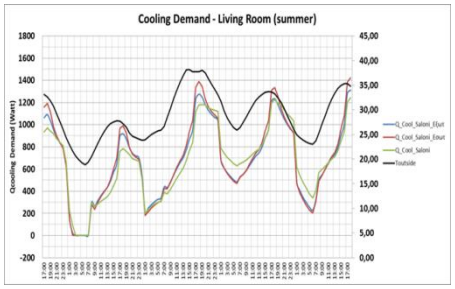
Επίδραση συμπεριφοράς ενοίκων (ενεργητική, παθητική)

- **PASS (Passive occupant behaviour):**
  - Όχι σταθερή ή πτυσσόμενη ηλιοπροστασία
  - Παράθυρα κλειστά όλη την διάρκεια του χρόνου
  - Όχι νυχτερινός εξαερισμός

- **ACT (Active occupant behaviour):**
  - Πρόβολοι σκίασης για σταθερή ηλιοπροστασία στη Νότια και Βορεινή όψη και προστασία απο βροχή
  - Πτυσσόμενη ηλιοπροστασία -τέντες στη δυτική και ανατολική όψη και σκίαστρα στα παράθυρα, όταν η εσωτερική θερμοκρασία ≥25°C
  - Νυχτερινός εξαερισμός το καλοκαίρι, στις περιπτώσεις που η εξωτερική θερμοκρασία ≥18°C και η εσωτερική θερμοκρασία είναι υψηλότερη της εξωτερικής

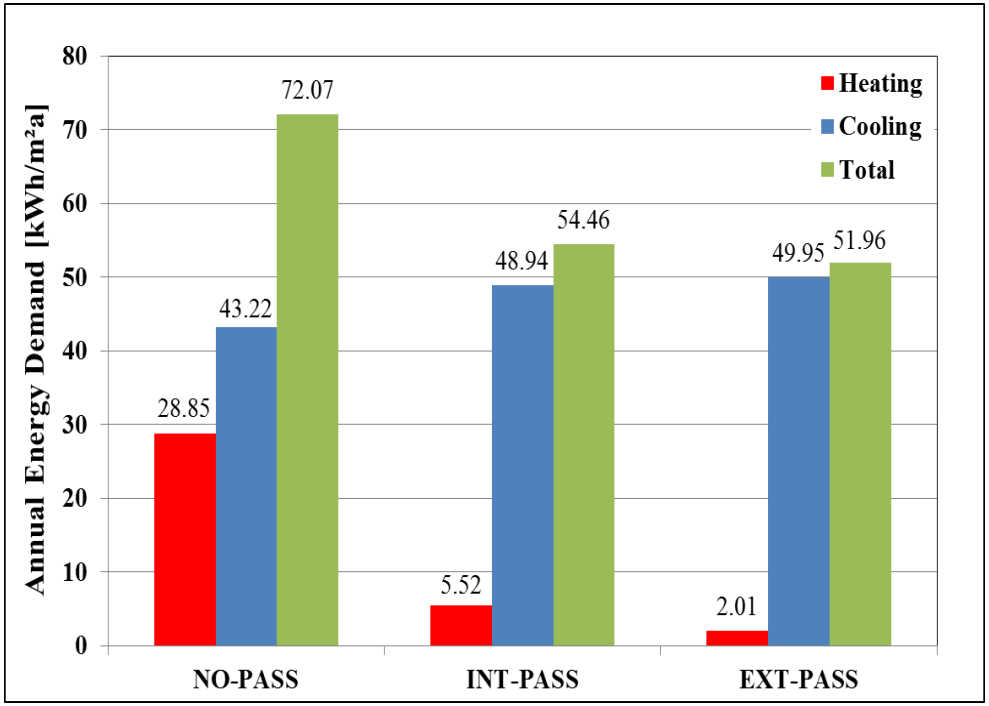




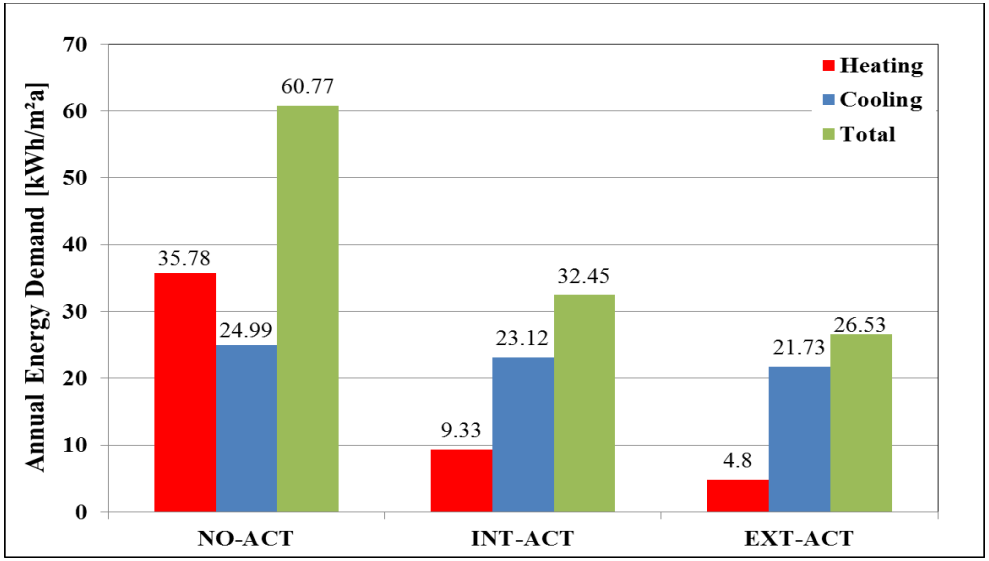


Ζώνη Β (Αθήνα): Ετήσιες ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση και δροσισμό και συνολικά

- «Παθητική» συμπεριφορά ενοίκου (PASS)
  - Ζήτηση θέρμανσης μειώνεται δραματικά , 28% έως 24% όταν εφαρμόζεται είτε εσωτερική είτε εξωτερική μόνωση αντίστοιχα. Σχετικά καλύτερη (4%) απόδοση στην θέρμανση με την εξωτερική θερμομόνωση.
  - Σε αντίθεση , η ετήσια ζήτηση ψύξης στις δύο διατάξεις με μόνωση βρέθηκε να αυξάνεται , περίπου 6% σε σύγκριση με το μη μονωμένο κτίριο.
  - Ωστόσο , η συνολική ετήσια ενεργειακή ζήτηση (17,6% έως 20,1%) είναι χαμηλότερη όταν εφαρμόζεται ένα στρώμα μόνωσης. Η διάταξη EXT δείχνει ένα μικρό πλεονέκτημα, περίπου 2,5% σε σχέση με την διάταξη INT.



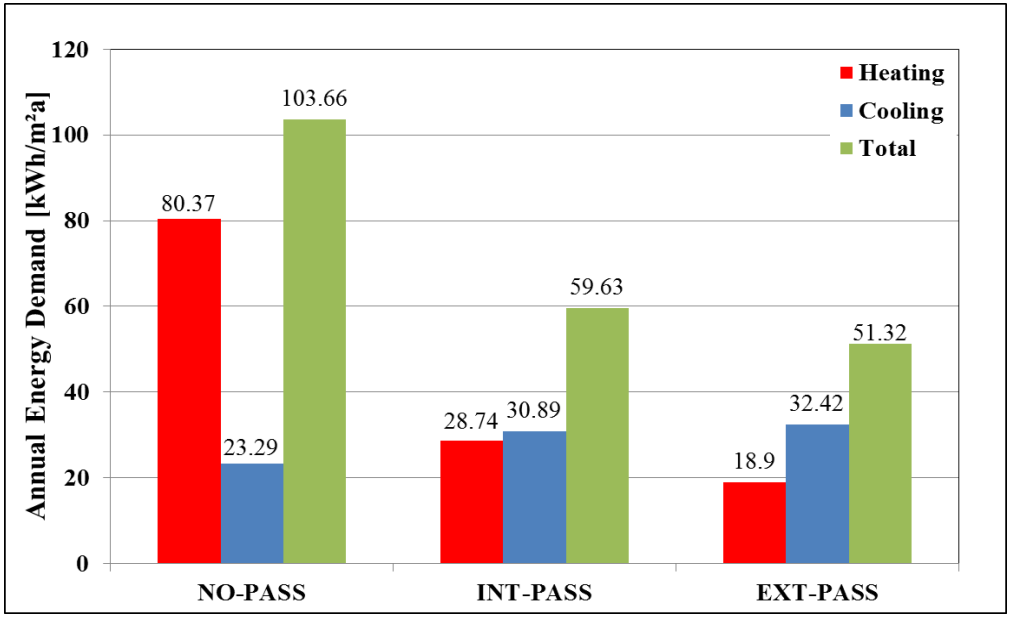
- «Ενεργητική» συμπεριφορά ενοίκου (ACT)
  - Ζήτηση θέρμανσης αυξάνεται οριακά, 2% έως 3% σε σύγκριση με την παθητική συμπεριφορά ενοίκου.
  - Η ετήσια ζήτηση ψύξης οριακά μειώνεται, 2% έως 3% σε σύγκριση με το μη μονωμένο κτίριο.
  - Η «ενεργητική» συμπεριφορά ενοίκου σε συνδιασμό με την μόνωση μειώνει εντυπωσιακά την συνολική ετήσια ενεργειακή ζήτηση. Προσφέρει ένα σημαντικό 45,5% σε εξοικονόμηση ενέργειας σε σύγκριση με την «παθητική» συμπεριφορά ενοίκου ενός μη μονωμένου κτιρίου.

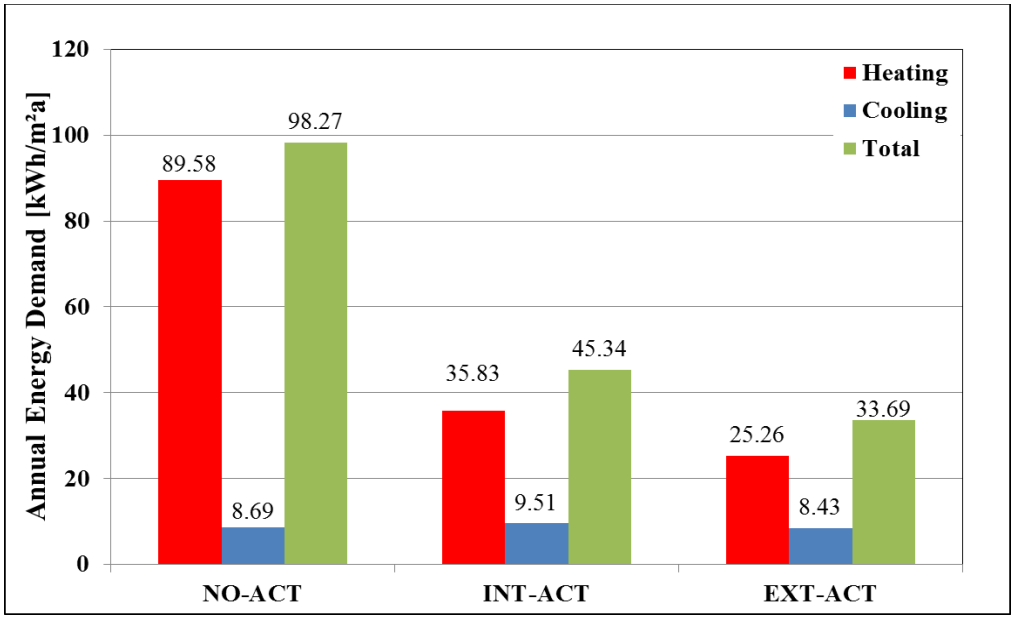


Ζώνη Δ (Κοζάνη) : Ετήσιες ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση και δροσισμό και συνολικά

- «Παθητική» συμπεριφορά ενοίκου (PASS)
  - Όπως ήταν αναμενόμενο , η ζήτηση θέρμανσης μειώνεται δραματικά όταν εφαρμόζεται είτε εσωτερική είτε εξωτερική μόνωση. Η ετήσια ενεργειακή ζήτηση θέρμανσης χρησιμοποιώντας τη διάταξη εξωτερικής μόνωσης είναι χαμηλότερη από την αντίστοιχη τιμή της εσωτερικής κατά 12 %
  - Παρόμοια με την περίπτωση PASS που αντιστοιχεί στην πόλη της Αθήνας , η απαιτούμενη ετήσια ενέργεια ψύξης είναι υψηλότερη στις μονωμένες περιπτώσεις σε σύγκριση με την περίπτωση μη μονωμένες . Η αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για την ψύξη είναι χαμηλότερη από ό, τι στην πόλη της Αθήνας , λόγω των χαμηλότερων εξωτερικών θερμοκρασιών τη νύχτα που ενισχύουν τη φυσική ψύξη του κελύφους του αμόνωτου κτιρίου.

- «Ενεργητική» συμπεριφορά ενοίκου (ACT)
  - Επίσης, στην περίπτωση αυτή , υπάρχει μια δραματική βελτίωση των ενεργειακών απαιτήσεων θέρμανσης όταν εφαρμόζεται ένα στρώμα μόνωσης.
  - Η ζήτηση για ψύξη στις περιπτώσεις INT είναι , οριακά 1% πάνω από την αντίστοιχη υπόθεση NO Ωστόσο , η υπόθεση EXT με σκίαση και νυχτερινό αερισμό δίνει τις ελάχιστες ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης





Μελέτη Ε.Μ.Π.

Συγκριτική Αξιολόγηση Συστημάτων Εσωτερικής και Εξωτερικής Αναδρομικής Θερμομόνωσης

Κλιματική Ζώνη	Τύπος Θερμομόνωσης	Συμπεριφορά Ενοίκων	Θερμικά Φορτία (% μείωση σε σύγκριση με το αμόνωτο κτίριο)	Ψυκτικά Φορτία (% σε σύγκριση με το αμόνωτο κτίριο) (-: αύξηση)	Συνολική Ενέργεια (% μείωση σε σύγκριση με το αμόνωτο κτίριο)
Β	**INT**	**PASS**	81	-13	24
	EXT	**PASS**	93	-16	28
	INT	**ACT**	74	8	47
	EXT	**ACT**	86	13	56
Δ	**INT**	**PASS**	64	-32	43
	EXT	**PASS**	77	-39	51
	INT	**ACT**	60	-10	54
	EXT	**ACT**	72	3	66

Όπως ήταν αναμενόμενο , η προσθήκη θερμομόνωσης δείχνει ένα μεγάλο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας , απο 24% έως 66%.

Η αναδρομική θερμομόνωση σε συνδιασμό με την «παθητική» συμπεριφορά του ενοίκου, ανεπαρκή εξαερισμό σπίτια ή / και με ανεπαρκή σκίαση (σενάριο PASS), αυξάνει τη ζήτηση για ψύξη. Ωστόσο το συνολικό αποτέλεσμα με τη συνολική ετήσια ενεργειακή απαίτηση έχει βρεθεί να είναι ευνοϊκό.

Σε όλες τις περιπτώσεις , οι ένοικοι με «ενεργητική» συμπεριφορά, λόγω νυχτερινού αερισμού και σκίασης παραθύρων μειώνουν λίγο έως οριακά τις απαιτήσεις ενέργειας για την ψύξη (εξαίρεση η INT /ACT στη ζώνη Δ) και έχουν ελαφρώς υψηλότερες απαιτήσεις θέρμανσης (λόγω της μείωσης των ηλιακών κερδών που οφείλονται σε σκίαση των παραθύρων.

Η διάταξη της εξωτερική μόνωσης αποδίδει καλύτερα από την εσωτερική μόνωση. Ωστόσο, οι παρατηρούμενες διαφορές βρέθηκαν να είναι μάλλον μικρές σε σύγκριση με τα αμόνωτα κτίρια.

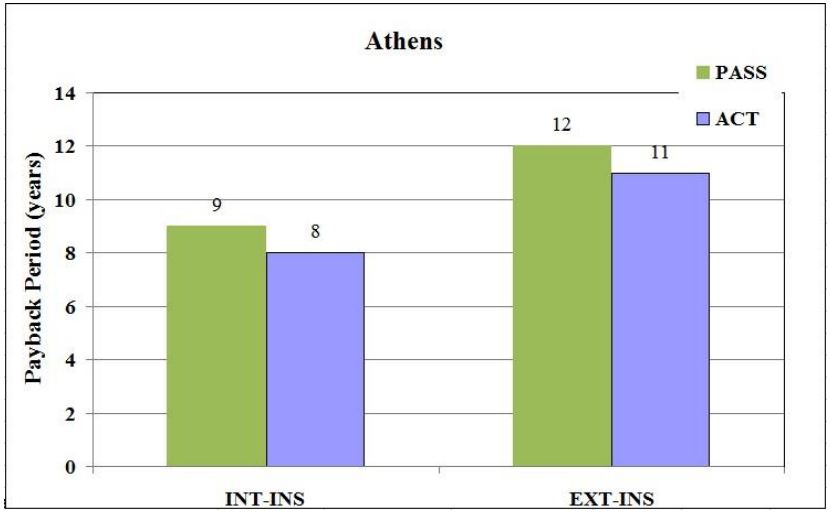
Μελέτη Ε.Μ.Π.

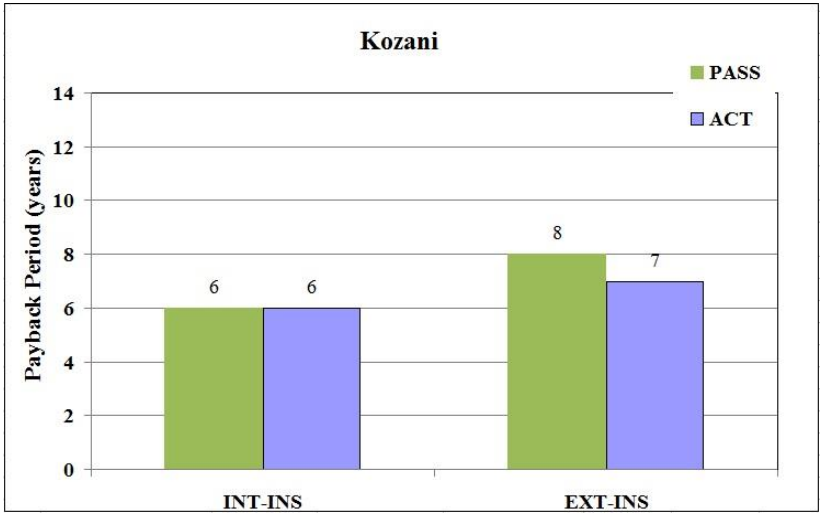
Απόσβεση κόστους Συστημάτων Εσωτερικής και Εξωτερικής Αναδρομικής Θερμομόνωσης

Η περίοδος αποπληρωμής κυμαίνεται από 6 έως 12 έτη

- Η εσωτερική θερμομόνωση παρουσιάζει μικρότερη περίοδο αποπληρωμής (μεταξύ 6 - 9 έτη) σε σύγκριση με την αντίστοιχη εξωτερική μόνωση (8 - 12 χρονών εύρος). Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο σημαντικά χαμηλότερο κόστος της εσωτερικής μόνωσης το οποίο ξεπερνάει τη συνολική σχετικώς καλύτερη θερμική συμπεριφορά των εξωτερικών περιπτώσεων μόνωσης.
- Όπως ήταν αναμενόμενο , η περίοδος αποπληρωμής είναι αισθητά υψηλότερη στηΖώνη Β (Αθήνα) σε σύγκριση με τη ζώνη Δ (Κοζάνη) . Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του χειμώνα στη Κοζάνη εξασφαλίζουν αυξημένες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας με την εφαρμογή της μόνωσης.
- Η περίοδος αποπληρωμής μειώνεται κατά περίπου ένα χρόνο, όταν υιοθετείται απο τον ένοικο η «Ενεργητική» συμπεριφορά (ACT).

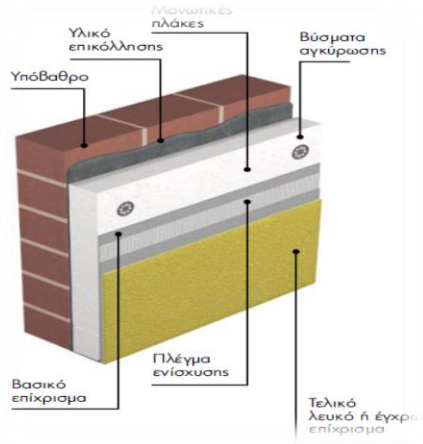
Internal Insulation Costs – Insulated area: 96 m² (Euros)	External Insulation Costs – Insulated area: 96 m² (Euros)
3652.80	7871.04

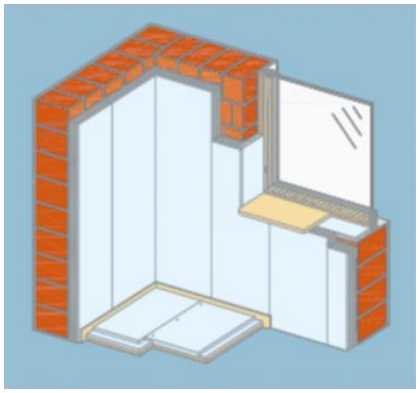




ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

Σύγκριση εξωτερικής και εσωτερικής θερμομόνωσης





- ✓Βέλτιστη ενεργειακή απόδοση
- ✓Κατάργηση θερμογερφυρών
- ✓Καλή θερμοχωρητικότητα
- ✓Παράλληλη εξωτερική ανακαίνιση
- ✓Τέλειο εξωτερικό φινίρισμα
- ✓Προστασία του φέροντος οργανισμού

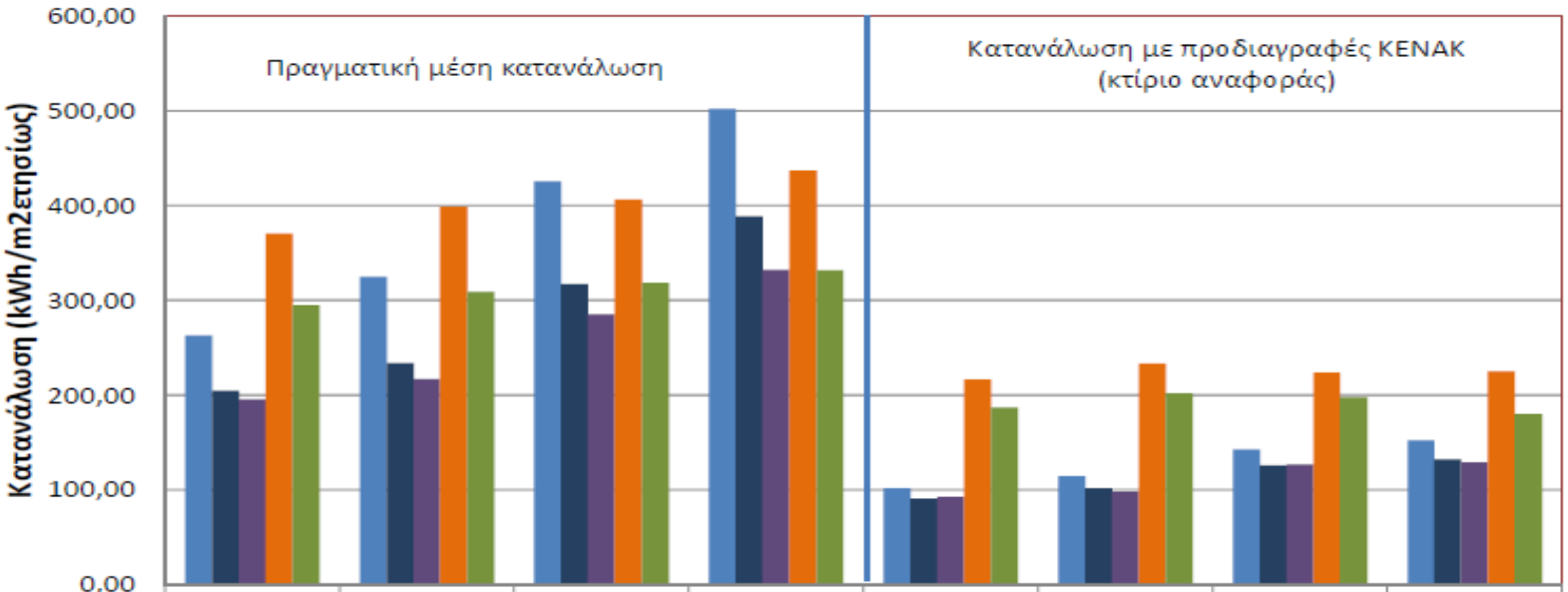
- ✓Μοναδική εναλλακτική λύση θερμομόνωσης σε περιπτώσεις αδυναμίας εφαρμογής εξωτερικής θρμομόνωσης
- ✓Βέλτιστη τεχνική λύση στις περιπτώσεις κτηρίων μη συνεχούς χρήσης
- ✓Παράλληλη εσωτερική ανακαίνιση
- ✓Βελτίωση ηχομόνωσης
- ✓Καλή ενεργειακή απόδοση
- ✓Οικονομική λύση

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπεράσματα απο στατιστικά στοιχεία ΥΠΕΚΑ

ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Πραγματική μέση κατανάλωση και κατανάλωση με προδιαγραφές ΚΕΝΑΚ για τις πιο συνήθεις χρήσεις κτιρίου ανά θερμική ζώνη (Α έως Δ)



	Α	Β	Γ	Δ	Α	Β	Γ	Δ
Μονοκατοικία	262,81	324,56	425,28	502,11	101,49	114,09	142,63	151,97
Πολυκατοικία	204,74	233,69	316,98	388,56	90,86	101,38	125,71	131,88
Διαμέρισμα	195,31	216,77	285,14	332,11	92,31	97,85	126,59	129,03
Κατάστημα	370,32	398,45	406,32	436,75	216,18	233,40	223,43	224,84
Γραφείο	294,54	308,56	318,11	331,36	186,80	201,52	197,70	179,96

(*) Στοιχεία απο 509.000 εκδοθέντα Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης (2011 -2013).Τα εκδοθέντα ΠΕΑ αφορούν κυρίως (σε ποσοστό 79%) κτίρια που κατασκευάστηκαν την περίοδο 1950-2009.

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπεράσματα απο στατιστικά στοιχεία ΥΠΕΚΑ

ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τρία χρόνια εφαρμογής του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ).

- Βασικό συμπέρασμα: το 30% των κτιρίων στην Ελλάδα είναι «τρύπιο» ενεργειακά καθώς κατατάσσεται στις τελευταίες ενεργειακές κλάσεις, Η και Ζ

Όπως προκύπτει από το διάγραμμα:

- Οι μονοκατοικίες είναι οι περισσότερο ενεργοβόρες κατασκευές (σε σχέση με τις πολυκατοικίες ή τα διαμερίσματα), ενώ τα καταστήματα περισσότερο ενεργοβόρα από τα γραφεία.

- Επίσης προκύπτει ότι το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας είναι μεγάλο, ιδίως στην κλιματική ζώνη Δ.

Σύμφωνα με το αποτυπωμένο κτιριακό απόθεμα (αφορά σε 31.062.000m^2 για 274.000 κτίρια όλων των χρήσεων), η μέση υπολογιζόμενη κατανάλωση ενέργειας είναι 293 kWh/m^2 ετησίως, ενώ, αν αυτά τα κτίρια ήταν κατασκευασμένα με προδιαγραφές ΚΕΝΑΚ θα κατανάλωναν κατά μέσο όρο 141 kWh/m^2 ετησίως (ποσοστό εξοικονόμησης 48%).

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Γενικά, η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας η οποία επιτυγχάνεται με τη χρήση εσωτερικής ή εξωτερικής μόνωσης, σε σύγκριση με την περίπτωση της αμόνωτης κατοικίας, είναι της τάξης του 24%-65%

Ιδιαίτερα δε ως προς την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, η επιτυγχανόμενη εξοικονόμηση είναι της τάξης του 60%-93%

Η διάταξη εξωτερικής μόνωσης οδηγεί γενικά σε μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας (κατά 4% - 9%) σε σχέση με τη διάταξη εσωτερικής μόνωσης

Με χρήση τυπικών αγοραίων τιμών, η επένδυση για την τοποθέτηση εσωτερικής μόνωσης υπολογίζεται ότι είναι κατά 50% μικρότερη από την αντίστοιχη επένδυση για την τοποθέτηση εξωτερικής μόνωσης. Περιόδος αποπληρωμής 6-9 έτη έναντι 8-12 ετών.

Αναμφισβήτητα η κάθε λύση έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, αλλά είναι προφανές οτι όσες περισσότερες εναλλακτικές επιλογές έχει να προτείνει ο Ενεργειακός Επιθεωρητής στον ιδιοκτήτη ενός κτιρίου, τόσο πιο εύκολη θα είναι η επιλογή που θα οδηγεί στην μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας ανά μονάδα κόστους

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η νομοθεσία για την εξοικονόμηση ενέργειας απαιτεί την ουσιαστική βελτίωση της θερμομόνωσης των εξωτερικών τοίχων στα κτίρια. Υπάρχουν διάφορες κατασκευαστικές λύσεις για να επιτευχθεί αυτό και η επιλογή της καλύτερης πρέπει να γίνει με τεχνικά, οικονομικά αλλά και νομικά κριτήρια.

Τεχνικά

- Τεχνικά, γιατί στα παλαιά κτίρια υπάρχουν κατασκευαστικές δυσκολίες.

Οικονομικά

- Οικονομικά, γιατί τα ποσά που απαιτούνται είναι δυσεύρετα στη σημερινή οικονομική κρίση.

Νομικά

- Νομικά, γιατι τα περισσότερα κτίρια ανήκουν σε πληθώρα συνιδιοκτητών, που σπάνια και κατ΄εξαίρεση μόνον μπορεί να συναποφασίσουν για να εκτελέσουν επεμβάσεις

Στις περισσότερες περιπτώσεις κτιρίων μέσα σε πόλεις, όπου επικρατεί το συνεχές σύστημα και υπάρχουν πολλές τεχνικές δυσκολίες (όρια οικοπέδων, οικοδομικές γραμμές, στήσιμο σκαλωσιάς κ.λ.π.), θα ακολουθηθεί υποχρεωτικά ένα μικτό σύστημα συνδυασμού εσωτερικής και εξωτερικής θερμομόνωσης

ΣΑΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ