

Κτίρια Χαμηλής και μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης με θερμομόνωση EPS

Ο Πανελλήνιος Σύνδεσμος Διογκωμένης Πολυστερίνης **ΠΑ.ΣΥ.ΔΙ.Π.** με αγγλικό τίτλο: HELLENIC ASSOCIATION OF EXPANDED POLYSTYRENE (**HEPSA**) ιδρύθηκε το 1996 με σκοπό την προώθηση των προϊόντων και των εφαρμογών από διογκωμένη πολυστερίνη (EPS), καθώς επίσης την ανάπτυξη τεχνογνωσίας σε νέες εφαρμογές.

Δραστηριοποιείται σε τρεις βασικούς τομείς:

- Εξοικονόμηση ενέργειας
- Κατασκευές και
- Συσσκευασία

Είναι μέλος του Ευρωπαϊκού Συνδέσμου Κατασκευαστών προϊόντων από Διογκωμένη Πολυστερίνη (EUMEPS) και του Συνδέσμου Ελληνικών Χημικών Βιομηχανιών (Σ.Ε.Χ.Β.) και συμμετέχει στα Δ.Σ. των Οργανισμών, με εκπρόσωπό του.

Τι είναι ο EUMEPS;

Ο Ευρωπαϊκός Σύνδεσμος Κατασκευαστών προϊόντων από Διογκωμένη Πολυστερίνη [European Manufacturers of Expanded Polystyrene (EUMEPS)], ιδρύθηκε το 1989 και στηρίζει και προωθεί την Ευρωπαϊκή βιομηχανία EPS σε Εθνικούς και Διεθνείς Οργανισμούς. Διαιρείται σε δυο κύριες ομάδες προϊόντων, οι οποίες αντικατοπτρίζουν και τις κύριες εφαρμογές της Διογκωμένης Πολυστερίνης:

- Συσσκευασία και
- Κτίρια & Κατασκευές

Στον EUMEPS μπορούν να γίνουν μέλη Εθνικοί Σύνδεσμοι, Παραγωγοί πρώτων υλών και κατασκευαστές προϊόντων από EPS.

Τμήμα Κτιρίων & Κατασκευών του ΠΑ.ΣΥ.ΔΙ.Π.

Το κοινό ενδιαφέρον μεταξύ των μελών είναι η πεποίθηση ότι το EPS είναι το πιο οικονομικό και αποτελεσματικό υλικό για μόνωση κτιρίων. Το EPS κατέχει το 60% της αγοράς υλικών μόνωσης στην Ελλάδα, ενώ στην παραγωγή και τις εφαρμογές προϊόντων και συστημάτων EPS απασχολούνται 1.200 εργαζόμενοι.

Ο δυναμικός και συντονιστικός ρόλος του **ΠΑ.ΣΥ.ΔΙ.Π.** είναι να εξασφαλίσει ότι ένα ευρύτερο κοινό θα ενημερωθεί για τα πλεονεκτήματα του EPS, προκειμένου να γίνουν κατανοητά τα οφέλη που προέρχονται από την εκτεταμένη χρήση του. Ο τρόπος για να επιτευχθεί αυτό περιλαμβάνει ανταλλαγή πληροφοριών προκειμένου να διεξαχθεί ένας διάλογος με κατασκευαστές, αρχιτέκτονες και αρμόδιους φορείς, σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Ο **ΠΑ.ΣΥ.ΔΙ.Π.** επίσης παρακολουθεί και συντονίζει τη διαδικασία συνεχούς βελτίωσης της ελληνικής βιομηχανίας EPS και της αντίστοιχης ποιότητας του προϊόντος και των εφαρμογών. Ο σκοπός είναι το EPS να κατέχει τη θέση που του αξίζει, προκειμένου να εξασφαλίσει ασφαλή, άνετα και

ενεργειακά επαρκή κτίρια, ενώ παράλληλα να συνεισφέρει στη μείωση των εκπομπών του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Όραμα: Η χρήση του EPS για ένα βιώσιμο μέλλον

Αποστολή: Το **Τμήμα Κτιρίων & Κατασκευών** του **ΠΑ.ΣΥ.ΔΙ.Π.** λειτουργεί σαν κινητήρια δύναμη προκειμένου η βιομηχανία του EPS να δημιουργήσει μια θετική αντίληψη για το EPS μεταξύ των μηχανικών, θέτοντας έτσι το EPS ως το προτιμώμενο υλικό για την επίτευξη εφικτών και επαρκών λύσεων στις κατασκευές.

Στόχοι:

1. Επιτυχής συντονισμός της βιομηχανίας EPS
2. Δημιουργία αξιοπιστίας, εμπιστοσύνης, σχέσεων και επιρροών εντός του ευρύτερου τομέα της βιομηχανίας κατασκευής κτιρίων.
3. Να είναι το κέντρο γνώσεων για την παραγωγή και τις εφαρμογές του EPS
4. Να είναι η δυναμική φωνή της βιομηχανίας EPS στην Ελλάδα και να εδραιωθούν θέσεις σε σημαντικούς τομείς (π.χ διάρκεια ζωής, απόδοση μόνωσης, επάρκεια ενέργειας, πυρασφάλεια, βιωσιμότητα, θέματα υγείας και ασφάλειας ΥΑΕ)
5. Δυναμική παρουσίαση των θέσεων των παραγωγών προϊόντων και συστημάτων EPS σε Εθνικό & Ευρωπαϊκό επίπεδο
6. Υποστήριξη του EPS σε σημαντικούς τομείς, προκειμένου να γνωρίζει η αγορά ότι το EPS προσφέρει αναμφισβήτητα πλεονεκτήματα.
7. Πληροφόρηση για το ανταγωνιστικό περιβάλλον και την ικανότητα αντίδρασης έγκαιρα σε οποιαδήποτε αρνητική επιρροή σχετικά με το EPS.
8. Ανάπτυξη του τμήματος κτιρίων & κατασκευών ταχύτερα από την υπόλοιπη αγορά μονωτικών υλικών.

Σημαντικές αξίες:

1. Υπεύθυνη υποστήριξη των θέσεων των μελών.
2. Στήριξη του συνόλου της βιομηχανίας μονωτικών υλικών, προωθώντας παράλληλα τα πλεονεκτήματα του EPS χωρίς παραποιημένη παρουσίαση των ανταγωνιστών.
3. Δέσμευση από όλους τους συμμετέχοντες να συνεισφέρουν με τις γνώσεις και τις εμπειρίες τους.
4. Ανοιχτή και ξεκάθαρη επικοινωνία.
5. Δίκαιη και ειλικρινή σύγκριση με τα υλικά των ανταγωνιστών, με βάση δεδομένα που προέρχονται από τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα και από τρίτους ανεξάρτητους φορείς.
6. Εκτίμηση της συνεισφοράς όλων των εταιρών

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	4
1. Ρυθμιστικό πλαίσιο.....	5
2. Κτίρια χαμηλής και μηδενικής ενεργειακής κατανάλωση.....	6
2.1. Ορισμός.....	6
2.2. Πλεονεκτήματα	6
2.3. Εμφάνιση.....	7
3. Πλεονεκτήματα κτιρίων υψηλών αποδόσεων	7
3.1. Περιβάλλον	7
3.2. Άνεση.....	9
3.3. Κοινωνικές επιπτώσεις και επιπτώσεις στην υγεία	10
3.4. Οικονομικά στοιχεία	10
3.5. Γεωγραφικές επιδράσεις	12
3.6. Ασφάλεια στην παροχή ενέργειας	12
3.7. Δημιουργία θέσεων εργασίας	13
4. Αρχές ολοκληρωμένου σχεδιασμού ενός κτιρίου υψηλής ενεργειακής απόδοσης.....	13
4.1. Το μοντέλο «trias energetica»	14
4.2. Το κέλυφος του κτιρίου	15
4.3. Προσανατολισμός του κτιρίου και φυσικός φωτισμός	18
4.4. Βιώσιμες πηγές ενέργειας.....	19
4.5. Συσκευές	19
4.6. Άλλα μέτρα	20
5. Ο ρόλος του EPS στα κτίρια υψηλής ενεργειακής απόδοσης.....	20
5.1. Η αξία της βέλτιστης μόνωσης.....	20
5.2. Σημαντικές ιδιότητες του μονωτικού υλικού EPS	21
5.3. Κατασκευή μια επαρκούς ενεργειακά κατασκευής με χρήση EPS.....	27

Εισαγωγή

Στην Ευρώπη αναμένεται αυξημένη δραστηριότητα στον τομέα της κατασκευής κτιρίων τις επόμενες δεκαετίες. Νέα κτίρια θα συνεχίσουν να εγείρονται, αλλά πιο σημαντικός θα είναι ο ρόλος των παλιών κτιρίων, τα οποία είτε θα χρειαστεί να κατεδαφιστούν είτε να ανακαινιστούν, προκειμένου να είναι σύμφωνα με τις απαιτούμενες προδιαγραφές. Στη Γερμανία, για παράδειγμα, ήδη το 70% όλων των δραστηριοτήτων που αφορούν στη μόνωση σχετίζονται με την ανακαίνιση και το ποσοστό αυτό αναμένεται να αυξηθεί εξαιτίας της ανάγκης για ενεργειακή αυτοδυναμία. Ο σχεδιασμός και η απόδοση των κτιρίων πρέπει να αλλάξουν καθώς αυξάνεται η ενημέρωση του κοινού και ο εκσυγχρονισμός της νομοθεσίας σχετικά με την ανάγκη για ενεργειακή απόδοση και μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου. Ο τομέας των κτιρίων θα παίξει σημαντικό ρόλο, αφού πάνω από το 40% της ενέργειας στην Ευρώπη και 60% στην Ελλάδα καταναλώνεται στα κτίρια. Επιστημονικές έρευνες και παρουσιάσεις έχουν δείξει πως χρησιμοποιώντας κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης ή παθητικά κτίρια, καθώς και ανακαινισμένα κτίρια, είναι τεχνικά και οικονομικά εφικτή μια σημαντική μείωση, της τάξης του 70-80%, της υφιστάμενης ενεργειακής κατανάλωσης.

Ο όρος «κτίριο χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης» αναφέρεται σε ένα τύπο κτιρίου με την μέγιστη άνεση για τους κατοίκους κατά τη διάρκεια του χειμώνα και του καλοκαιριού, με ελάχιστη ή μηδενική συμβατική θέρμανση και χωρίς ενεργή ψύξη. Τα παθητικά κτίρια έχουν καθορισμένη μέγιστη ενεργειακή κατανάλωση 15kw/m το χρόνο. Τα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης έχουν πλήρη αυτάρκεια. Και στις δυο περιπτώσεις απαιτείται πολύ καλή μόνωση με ελάχιστες θερμικές γέφυρες, που χρησιμοποιούν παθητικά συστήματα, είναι αεροστεγή και η ποιότητα του εσωτερικού αέρα είναι εγγυημένη από ένα σύστημα εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας.

Αυτό δεν είναι απλά μια ιδέα. Το σπίτι χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, χτίστηκε το 1989 και σήμερα υπάρχουν περίπου 10.000 παθητικά σπίτια σε όλο τον κόσμο. Τα σπίτια χαμηλής και μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης είναι μια ταχέως αναπτυσσόμενη, απλή, ώριμη και χαμηλού κόστους μέθοδος για την εξοικονόμηση ενέργειας και συμβολής στην αποφυγή της κλιματικής αλλαγής.

Το έγγραφο αυτό παρέχει μια περίληψη του ρυθμιστικού πλαισίου σε Ευρωπαϊκό επίπεδο σχετικά με τα κτίρια χαμηλής και μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Εξηγεί λεπτομερώς τις αρχές και τα οφέλη τέτοιων κατασκευών και τον σημαντικό ρόλο που μπορεί να παίξει η θερμική μόνωση με διογκωμένη πολυστερίνη (EPS).

1. Ρυθμιστικό πλαίσιο

Οι νόμοι που καθορίζουν τις ελάχιστες απαιτήσεις μόνωσης σε καινούρια, καθώς επίσης τις βελτιώσεις σε ανακαινισμένα παλιά σπίτια, ποικίλουν ανάλογα με τη χώρα και την εθνική νομοθεσία. Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα παρακάτω, οι κανονισμοί επιδέχονται ακόμη πολλές βελτιώσεις, εάν πραγματικά επιζητούμε να βελτιώσουμε την ενεργειακή απόδοση.

Η έννοια του Παθητικού Σπιτιού, ή όπως τώρα ονομάζεται στην Ε.Ε Κτίριο Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης, έχει γίνει μια πανευρωπαϊκώς αποδεκτή λύση για την επίτευξη σημαντικής μείωσης στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων. Το Δεκέμβριο του 2009, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή συμφώνησε με το κοινοβούλιο και το συμβούλιο να κατασκευάζονται όλα τα νέα κτίρια από το 2020 με μηδενική (ή περίπου μηδενική) ενεργειακή κατανάλωση, ενώ τα δημόσια κτίρια 2 χρόνια νωρίτερα [21]. Επιπλέον, μέχρι το 2050 όλα τα υπάρχοντα κτίρια πρέπει να είναι κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Είναι υποχρεωτικό για κάθε χώρα μέλος της Ε.Ε να εκδώσει Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Ενεργειακή Απόδοση (National Energy Efficiency Action Plans (NEEAP's)). Σε αυτά τα σχέδια, μεταξύ άλλων, πρέπει να υπάρχουν συγκεκριμένοι στόχοι σχετικά με το ποσοστό των κτιρίων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης και να καθορίζονται συγκεκριμένες ενέργειες σχετικά με το πώς θα επιτευχθεί αυτό, καθώς επίσης πώς θα παρακολουθείται η πρόοδος.

Καθώς εξελίσσονται οι κανονισμοί για τα κτίρια και αυξάνεται η ενημέρωση του κοινού σε θέματα αειφορίας, οι μελλοντικοί αγοραστές σπιτιών είναι βέβαιο ότι θα απαιτούν στοιχεία παθητικού σχεδιασμού. Είναι οικονομικά πιο συμφέρον να υπερβείς τις ελάχιστες απαιτήσεις και να αποκτήσεις ένα πιο επαρκές, πιο άνετο σπίτι με μικρότερους λογαριασμούς ρεύματος και πετρελαίου. Η τοποθέτηση ή η αναβάθμιση της θερμομόνωσης του κτιρίου είναι μια από τις καλύτερες επενδύσεις που μπορεί να γίνουν, από οικονομική αλλά και οικολογική άποψη.

Χώρα/έτος	2009	2010	2012	2013	2015	2016	2020
Δανία		-25% ¹⁾			-50% ¹⁾		-75% ¹⁾
Γαλλία			LEB				E+
Γερμανία	-30%		-30% ²⁾				NFFB
Ολλανδία		-25% ¹⁾			-50% ¹⁾		ENB ⁴⁾
Ηνωμένο Βασίλειο		-25% ¹⁾		-44% ¹⁾		NZEB ⁴⁾	

LEB = Low Energy Buildings (κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης) . E+ = Energy positive buildings (ενεργειακά-θετικά κτίρια). NFFB = κτίρια που λειτουργούν χωρίς φυσικά καύσιμα.

ENB = Energy Neutral Buildings (ενεργειακά ουδέτερα κτίρια). NZEB = 0 εκπομπές CO₂, συμπεριλαμβανόμενου της θέρμανσης, του φωτισμού, του οικιακού ζεστού νερού και όλων των συσκευών

1) ποσοστό του ελάχιστου επιπέδου του 2006. 2) Effinergie standard. 3) ποσοστό του ελάχιστου επιπέδου του 2009. 4) επίπεδο παθητικού σπιτιού

2. Κτίρια χαμηλής και μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

2.1 Ορισμός

Ο όρος «Παθητικό Κτίριο» αναφέρεται σε κτίρια με μέγιστη άνεση για τους κατοίκους κατά τη διάρκεια του χειμώνα και του καλοκαιριού, με ελάχιστη ή μηδενική συμβατική θέρμανση και χωρίς ενεργή ψύξη. Τυπικά αυτό περιλαμβάνει πολύ καλή θερμομόνωση με ελάχιστες θερμικές γέφυρες, χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων, αεροστεγανότητα, ενώ την ποιότητα του εσωτερικού αέρα εγγυάται ένα σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης με πολύ καλή διαπνοή (EPS), καθώς επίσης ένα σύστημα εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας.

Η βασική αρχή ενός παθητικού κτιρίου είναι η ελαχιστοποίηση των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη στο βαθμό που τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης/ψύξης δεν είναι πλέον απαραίτητα. Η συνολική ενεργειακή απαίτηση για τη θέρμανση και ψύξη του χώρου περιορίζεται σε 15 kWh/(m².ε) σε εμβαδόν δαπέδου. Λαμβάνοντας υπόψη την εξωτερική θερμοκρασία, τη θερμοχωρητικότητα του αέρα, και τη μέγιστη θερμοκρασία στην οποία ο αέρας πρέπει να θερμανθεί για να υπάρχει άνεση. Η συνολική πρωταρχική χρήση ενέργειας για οικιακό ζεστό νερό, θέρμανση και ψύξη χώρου και για όλες τις οικιακές συσκευές περιορίζεται στα 120 kWh/(m².ε).

Με τη μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων στο ελάχιστο, η παροχή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι επαρκής για να καλύψει τις ανάγκες. Ο στόχος είναι να αυξηθεί όσο το δυνατό η άνεση των ανθρώπων που ζούνε σε ένα σπίτι, ενώ παράλληλα να ελαχιστοποιηθεί η ενεργειακή κατανάλωση και οι άλλες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Αυτό περιλαμβάνει την εκμετάλλευση των δωρεάν, φυσικών πηγών ενέργειας, όπως ο ήλιος και ο αέρας, προκειμένου να εξασφαλιστεί θέρμανση, ψύξη, εξαερισμός και φωτισμός ενώ παράλληλα να συνεισφέρουμε στην υπεύθυνη χρήση ενέργειας.

Το κόστος της επένδυσης μπορεί να είναι υψηλότερο για ένα κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης σε σύγκριση με ένα συμβατικό κτίριο, αλλά το χαμηλό λειτουργικό κόστος καθιστά ένα τέτοιο κτίριο πιο οικονομικό, καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του.

2.2 Πλεονεκτήματα

Τα κύρια πλεονεκτήματα των παθητικών κτιρίων, χαμηλής και μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, είναι η μείωση του λειτουργικού κόστους και συνεπώς μια μικρότερη επίπτωση στο περιβάλλον. Αυτό έχει ως συνέπεια την ενεργειακή ασφάλεια και την περιβαλλοντική αειφορία. Σήμερα, η τάση παγκοσμίως είναι προς τα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης για όλες τις μελλοντικές κατασκευές.

Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου απαιτεί περισσότερες προσπάθειες και επενδύσεις στο σχεδιασμό και την κατασκευή του κτιρίου. Παρόλα αυτά, αν η ενεργειακή απόδοση βελτιωθεί με απλά, οικονομικά μέτρα μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα σημαντικά οφέλη. Παράλληλα μπορούν να μειωθούν οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ηλεκτρισμό, εναλλάκτες θερμότητας και εξοπλισμό θέρμανσης και συνεπώς να έχουν σαν αποτέλεσμα την εξοικονόμηση κόστους στον εξοπλισμό σε σχέση με τα συμβατικά κτίρια. Στα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης η εξοικονόμηση κόστους από τη συντήρηση των συστημάτων αυτών μπορεί να καλύψει μεγάλο μέρος από τα επιπλέον έξοδα του κτιρίου. Ακόμη και στα απλά κτίρια μπορεί τα έξοδα συντήρησης και τα τέλη σύνδεσης να μειωθούν με τη χρήση τέτοιων συστημάτων.

Η επιπλέον επένδυση στην τεχνολογία μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης εξαρτάται πολύ από τα σημερινά δεδομένα στον τομέα των κατασκευών, τη θερμική μόνωση, τον εξαερισμό και την τεχνολογία που χρησιμοποιείται στα κουφώματα. Η εμπειρία σε θέματα τεχνολογιών, για κτίρια χαμηλής και μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, επηρεάζει την προσπάθεια που πρέπει να καταβληθεί. Καθώς οι προμηθευτές κτιρίων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης αυξάνουν την εμπειρία τους και η αγορά για τέτοιου είδους κτίρια διευρύνεται, τα επιπλέον έξοδα θα μειώνονται. Σε κάθε περίπτωση, ένα κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης είναι μια οικονομική επένδυση, καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του, ανεξάρτητα από την τρέχουσα τεχνολογία στον τομέα των κατασκευών.

2.3 Εμφάνιση

Η εμφάνιση ενός κτιρίου χαμηλής ή μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης δεν διαφέρει από αυτή ενός συμβατικού σπιτιού. Η ζωή σε ένα τέτοιο σπίτι δεν απαιτεί ένα διαφορετικό τρόπο ζωής και τα κτίρια του είδους αυτού δεν απευθύνονται σε συγκεκριμένη κατηγορία ανθρώπων.

3. Πλεονεκτήματα κτιρίων υψηλών αποδόσεων

3.1 Περιβάλλον

Ο σχεδιασμός χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, ο οποίος περιλαμβάνει τη μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη με την τοποθέτηση ανώτερης ποιότητας θερμικής μόνωσης, είναι σημαντικό στοιχείο για ένα βιώσιμο κτίριο.

Η επιστημονική κοινότητα, ομόφωνα, συμφωνεί ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη και η κλιματική αλλαγή επηρεάζονται από την ανθρώπινη συμπεριφορά. Η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από την καύση ορυκτών καυσίμων, προκειμένου να ικανοποιήσουμε τις παρούσες ενεργειακές μας ανάγκες, είναι ο πιο σημαντικός λόγος. Η Διακυβερνητική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) έχει προβλέψει ότι τα αποτελέσματα θα έχουν μακροχρόνιες συνέπειες.

Ακόμη και αν οι εκπομπές CO₂ σταθεροποιηθούν σύντομα, η θερμοκρασία του πλανήτη και το επίπεδο της θάλασσας θα συνεχίσουν να αυξάνονται για εκατοντάδες ή χιλιάδες χρόνια.

Η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει την καθημερινότητα μας καθώς και τον τομέα των κτιριακών κατασκευών. Αναμένεται ότι κάποιες περιοχές της Ευρώπης θα γίνουν πιο ζεστές και ξηρές, ενώ άλλες πιο υγρές. Οι επιστήμονες προειδοποιούν πως οι μεγαλύτερες επιπτώσεις θα είναι: πιο ακραία και πιο συχνά καιρικά φαινόμενα όπως εκτεταμένες βροχοπτώσεις, πλημμύρες, ξηρασίες και καταιγίδες, παρά απλές αλλαγές στις μέσες καιρικές συνθήκες. Οι επιπτώσεις της υπερϊώδους ακτινοβολίας αναμένεται να αυξηθούν μέχρι το 2015 και αργότερα σταδιακά θα μειωθούν περίπου κατά 6-7% μέχρι το 2030, ενώ στη συνέχεια θα μειωθούν στο 10% από τα τωρινά επίπεδα μέχρι το 2070. Η υπερϊώδης ακτινοβολία είναι σημαντική αιτία του καρκίνου του δέρματος.

Οι αλλαγές θα επηρεάσουν και το σχεδιασμό των κατασκευών. Τα κτίρια θα πρέπει να είναι ανθεκτικά σε πιο έντονες βροχοπτώσεις, θα δίνεται μεγαλύτερη σημασία στα φράγματα, τα αποχετευτικά συστήματα και τις υδρορροές. Εναλλακτικά, ίσως χρειαστεί να σχεδιαστούν για θερμοκρασίες πιο υψηλές από τις σημερινές, και επίσης ίσως χρειαστεί να ληφθεί υπόψη το γεγονός πως οι καλοκαιρινές βροχοπτώσεις πιθανό να μειωθούν. Αναμένονται μεγαλύτερες περίοδοι ξηρασίας και συνεπώς θα δοθεί σημασία στα αποθέματα νερού των πόλεων. Οι αλλαγές αυτές θα επηρεάσουν τις απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη των κτιρίων. Αύξηση της υγρασίας μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της μούχλας και την εμφάνιση και άλλων προβλημάτων σχετικά με τον εσωτερικό αέρα.

Η κλιματική αλλαγή μπορεί να έχει και άλλα αποτελέσματα: για παράδειγμα στα ασφάλιστρα. Κάποια κτίρια μπορεί να κριθούν ακατάλληλα για ασφάλιση.

Στη σύνοδο των G8 τον Ιούλιο του 2009, τα πιο ισχυρά οικονομικά κράτη του κόσμου συμφώνησαν, για πρώτη φορά ανάμεσα τους και οι ΗΠΑ, ότι η θερμοκρασία του πλανήτη δεν πρέπει να αυξηθεί παραπάνω από 2 βαθμούς Κελσίου. Οι ηγέτες των G8 δεσμεύτηκαν να επιδιώξουν μείωση κατά 80% στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. Κάτι τέτοιο είναι εφικτό μόνο με μια γρήγορη και αυστηρή αλλαγή στον τρόπο που παράγουμε και καταναλώνουμε ενέργεια.

Εκτιμώντας τις πιθανότητες να μειώσουμε την κατανάλωση ενέργειας, το 40% της κατανάλωσης ενέργειας στην Ευρώπη (60% στην Ελλάδα) προέρχεται από τα κτίρια και στον τομέα αυτό βρίσκεται περίπου το μισό των δυνατοτήτων μας να μειώσουμε την κατανάλωση ενέργειας [14]. Συνολικά αυτό αντιστοιχεί σε 3,3 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου CO₂ το χρόνο: ισοδυναμεί με την απομάκρυνση 100 εκατομμύριων αυτοκινήτων από τους δρόμους μόνιμα.

Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση Ενός τυπικού σπιτιού μιας οικογένειας	225-200 Kwh/(m ² .a)	175-150 Kwh/(m ² .a)	125-100 Kwh/(m ² .a)	125-100 Kwh/(m ² .a)
Δεδομένα κτιρίου	Τυπικό σημερινό	WschVO 1995 ¹⁾	Χαμηλής ενεργειακής	Παθητικό σπίτι

			κατανάλωσης σπίτια	
	Τελείως ανεπαρκής θερμική μόνωση. Δομικά αμφισβητήσιμο, το κόστος της θέρμανσής δεν είναι πλέον οικονομικό (σύνηθες για αστικά σπίτια, μη ανακαινισμένα παλιά σπίτια)	Ανεπαρκής θερμική μόνωση. Αξίζει να γίνει θερμική ανακαίνιση (σύνηθες για κατοικήσιμα σπίτια που χτίστηκαν τις δεκαετίες '50-70 του τελευταίου αιώνα)	Χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης σπίτια	Πολύ χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης σπίτια (τα παθητικά σπίτια πρέπει να συμμορφωθούν με αυτή την παράμετρο ως μέρος του προφίλ τους)
Εκπομπές CO ₂ (m ² .a)	60kg	30kg	10kg	1,5kg
Κατανάλωση ενέργειας σε λίτρα πετρελαίου θέρμανσης ανά m ² και έτος	30-25 λίτρα	15-10 λίτρα	5-4 λίτρα	0,75 λίτρα
1) WschVO 1995 = Wärmeschutz Verordnung 1995 Γερμανικός κανονισμός για τα κτίρια				

3.2 Άνεση

Αποδεικνύεται πως ένα μεγάλο μέρος της άνεσης εξαρτάται από «την θερμική άνεση». Σύμφωνα με το ISO 7730 είναι σημαντικό:

- Ο αέρας να μην είναι πολύ υγρός.
- Η ταχύτητα του αέρα να παραμένει σε αποδεκτά επίπεδα (για ταχύτητα κάτω από 0,08 m/s, λιγότεροι από το 6% των ανθρώπων αισθάνονται «ρεύμα»).
- Η διαφορά μεταξύ της ακτινοβολίας θερμότητας και της θερμοκρασίας του αέρα να παραμένει μικρή.
- Η διαφορά της ακτινοβολίας θερμότητας προς διαφορετικές κατευθύνσεις να παραμένει μικρή (μικρότερη από 5° C, «ασυμμετρία ακτινοβολίας θερμότητας»)
- Η διαφορά της θερμοκρασίας δωματίου ανάμεσα στο κεφάλι και στα πόδια ενός καθιστού ανθρώπου, να είναι μικρότερη από 2°C.
- Η αντιληπτή θερμοκρασία να ποικίλει λιγότερο από 0,8°C μέσα στο χώρο διαμονής.

Η χρήση αρχών σχεδιασμού χαμηλής ενέργειας, ειδικά καλής θερμομόνωσης αποφεύγοντας ψυχρές γέφυρες, θα έχει ως αποτέλεσμα την σταθερή θερμοκρασία χωρίς ψυχρές επιφάνειες μέσα στα δωμάτια. Αυτό ενισχύει το επίπεδο άνεσης εξαιτίας της έλλειψης σημαντικής κίνησης του αέρα. Η καλή θερμομόνωση θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των διαφορών θερμοκρασίας και των διακυμάνσεων καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, γεγονός το οποίο θα κάνει το σπίτι πιο ξηρό και πιο άνετο για διαβίωση, σε μια πιο χαμηλή κατά μέσο όρο θερμοκρασία.

Καλή μόνωση σε συνδυασμό με μια αποτελεσματική προστασία από τον ήλιο θα έχει ως αποτέλεσμα εξαιρετική προστασία από τη ζέστη κατά τη διάρκεια του

καλοκαιριού. Έρευνες σε κατοίκους τέτοιων σπιτιών, έδειξαν υψηλό επίπεδο ικανοποίησης για το εσωτερικό κλίμα, κατά τη διάρκεια του χειμώνα αλλά και του καλοκαιριού [6].

3.3 Κοινωνικές επιπτώσεις και επιπτώσεις στην υγεία

Καλλιέργειες μυκήτων μούχλας έχουν την τάση να εμφανίζονται σε περιβάλλον με υψηλή υγρασία. Η υγρασία είναι συνήθως αυξημένη σε νοικοκυριά με πολλά άτομα, επειδή οι άνθρωποι παράγουν υγρασία συνεχώς. Η εμφάνιση μούχλας και μυκήτων μπορεί να αποφευχθεί με καλή θερμομόνωση χωρίς ψυχρές γέφυρες. Ψυχρές, υγρές επιφάνειες, π.χ σε γωνίες και πίσω από τα έπιπλα, οδηγούν στην μη αποφυγή ανάπτυξης μούχλας, μυκήτων και άλλων προβλημάτων που σχετίζονται με την ποιότητα του εσωτερικού αέρα.

Εκτεταμένη έρευνα στη Νέα Ζηλανδία [7] έχει δείξει πως η διαβίωση σε ένα καλά μονωμένο σπίτι σε σχέση με ένα σπίτι χωρίς μόνωση έχει ως αποτέλεσμα:

- Επιπλέον εξοικονόμηση εισοδήματος εξαιτίας της μείωσης στο ενεργειακό κόστος κατά 34%
- Σημαντικές βελτιώσεις (10-11%) στην υγεία και την ποιότητα ζωής των κατοίκων
- Μείωση στη σχετική υγρασία, που σημαίνει μείωση της πιθανότητας εμφάνισης μούχλας και μυκήτων
- Μείωση των κρυολογημάτων και των αναπνευστικών προβλημάτων των κατοίκων (κατά 40-50%)
- Λιγότερες επισκέψεις σε γιατρούς και μείωση των εξόδων για νοσηλεία σχετιζόμενη με αναπνευστικά προβλήματα κατά 36%
- Μικρότερη πιθανότητα απουσίας των κατοίκων από την εργασία και το σχολείο τους (μείωση 40-50%)

3.4 Οικονομικά στοιχεία

Ένας μεγάλος αριθμός αποτελεσμάτων σχεδιασμού μπορεί να ενσωματωθεί στα καινούρια ή στα ανακαινισμένα κτίρια, με μικρό ή ελάχιστο κόστος. Τα μέτρα αυτά αφορούν στην αποτελεσματική χρήση δεδομένων που είναι κοινά για τα περισσότερα ή όλα τα σπίτια. Τα δεδομένα με καθόλου ή με μικρό επιπλέον κόστος είναι:

- Ο σωστός προσανατολισμός με βάση τον ήλιο, που μπορεί να παρέχει φυσική θέρμανση και φωτισμό.
- Το σχήμα του κτιρίου: τα συμπαγή κτίρια έχουν λιγότερη εξωτερική επιφάνεια τοίχου και συνεπώς μικρότερη απαίτηση για θέρμανση. Τα μακριά, λεπτά κτίρια είναι καλύτερα για φυσικό φωτισμό και διαμπερή εξαερισμό, χρησιμοποιώντας το φυσικό αεράκι για να δροσιστούν οι εσωτερικοί χώροι και για να υπάρχει φρέσκος αέρας.

- Σωστός σχεδιασμός των δωματίων και των δραστηριοτήτων των κατοίκων λαμβάνοντας υπόψη τις κινήσεις του ήλιου, το φυσικό φωτισμό και τους πιθανούς θορύβους.
- Χρησιμοποιώντας τη θερμική μάζα που είναι διαθέσιμη στα θεμέλια του κτιρίου (για παράδειγμα στο τσιμεντένιο δάπεδο) για να μετριαστούν οι θερμοκρασίες.
- Με την χρήση στεγάστρων σωστού μεγέθους και άλλων μορφών σκίασης για να μην υπάρχει ανεπιθύμητο φως και ζέστη.
- Προσεκτική μελέτη για την τοποθέτηση και το μέγεθος των κουφωμάτων και των τζαμιών.
- Καλή θερμική μόνωση του κελύφους του κτιρίου.
- Επιλογή των υλικών κατασκευής του κτιρίου.
- Προσοχή στη λεπτομέρεια και σωστή εκτέλεση - εφαρμογή, ώστε να δημιουργηθεί ένα αεροστεγές κτίριο.

Η αξία ενός κτιρίου με χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση θα διατηρείται σε χαμηλότερα επίπεδα από την αντίστοιχη αξία ενός κτιρίου με υψηλή ενεργειακή κατανάλωση.

Άλλα χαρακτηριστικά σχεδιασμού για κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης απαιτούν επιπλέον επενδύσεις, αλλά ισοσταθμίζονται από τη μείωση των οικιακών λογαριασμών. Παρέχουν επίσης σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως καλύτερη άνεση αφού το σπίτι είναι πιο ζεστό και/ή πιο δροσερό, πιο υγιεινό και πιο ξηρό. Τα χαρακτηριστικά αυτά περιλαμβάνουν:

- Υψηλά επίπεδα μόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου
- Εσωτερικούς τοίχους ή πατώματα με υψηλή θερμική μάζα, με καλή θερμομόνωση
- Κουφώματα με μόνωση και ενεργειακά τζάμια

Κάποιοι από τους εξοπλισμούς χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, όπως οι ηλιακοί θερμοσίφωνες, μπορεί να έχουν υψηλότερο κόστος από τις συμβατικές μεθόδους (αέριο ή ηλεκτρισμό). Για κάποια προϊόντα επίσης, όπως ηλιακοί θερμοσίφωνες, φωτοβολταϊκά και άλλοι τρόποι παραγωγής ενέργειας, προβλέπεται κρατική επιχορήγηση.

Η μειωμένη χρήση ενέργειας παρέχει κάποιου είδους ασφάλεια έναντι των συνεχώς αυξανόμενων λογαριασμών. Η εξέλιξη της τιμής της ενέργειας είναι πολύ δύσκολο να προβλεφθεί, αλλά η επίπτωση της στο μακροπρόθεσμο κόστος είναι σημαντική. Για παράδειγμα, για μια αύξηση τιμής 3% το χρόνο, το όφελος στο κόστος από τα μέτρα για ενεργειακή απόδοση, για μια περίοδο 40 χρόνων, θα είναι περίπου 150 €/m².

Οι οικονομικές συνέπειες της ευρείας κατασκευής κτιρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης θα είναι τεράστιες. Αν εφαρμόζονταν όλα τα μέτρα για την ενεργειακή απόδοση στα κτίρια στην Ευρώπη, θα εξοικονομούνταν 270 δισεκατομμύρια ετησίως!

Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο, πρέπει το κτίριο χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης να αποτελέσει πρότυπο. Είναι σχετικά εύκολο να γίνει κάτι τέτοιο για τα νέα κτίρια κατά τη φάση του σχεδιασμού. Για τα παλιά κτίρια όμως, η ενεργειακή ανακαίνιση συχνά συνδυάζεται με την αισθητική και τεχνική αναπαλαίωση και με την τακτική συντήρηση. Με το να περιμένει κάποιος μέχρι να είναι απαραίτητη η επόμενη ανακαίνιση, το κόστος των εργασιών (σκαλωσιές, χρώματα κλπ) αυξάνεται.

Σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις η εξοικονόμηση χρημάτων από τους λογαριασμούς εύκολα θα ισοσταθμίσει την επένδυση, μέσα στα πρώτα 20 χρόνια. Παρόλα αυτά, τα πλεονεκτήματα από το κόστος της χρήσης χαμηλής ενέργειας, από την βελτιωμένη μόνωση, θα διαρκέσουν για όλη τη ζωή του κτιρίου, καθιστώντας έτσι τα μέτρα αυτά εξαιρετικά οικονομικά. Σε πολλές χώρες τα μέτρα αυτά επιχορηγούνται από το κράτος.

	Επιπλέον κεφάλαιο (%)	Δεδομένα Θερμαντικών απαιτήσεων kWh/(m ² .a)	Απαιτήσεις θέρμανσης παθητικό σπίτι	Δεδομένα για τις απαιτήσεις ψύξης	Απαιτήσεις για ψύξη στο παθητικό σπίτι	Συνολική εξοικονόμηση ενέργειας (%)	Επιπλέον κόστος ανά kWh/(m ² .a) που εξοικονομείται το χρόνο (€)	Χρόνος απόσβεσης ανά έτος
Γαλλία	9,0	69	17	N.A	5	45	1,90	20
Γερμανία	6,7	90	15	0	0	50	1,3	19
Ιταλία	5,0	111	11	5	3	65	0,70	8
Ισπανία (Σεβίλλη)	2,9	59	9	23	8	41	0.60	5
Ηνωμένο Βασίλειο	5,5	59	15	0	0	26	1,80	19

3.5 Γεωγραφικές επιδράσεις

Η εφαρμογή της έννοιας του σχεδιασμού χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης δεν είναι μόνο χρήσιμη στην κρύα βόρεια Ευρώπη. Το βέλτιστο πάχος μόνωσης εξαρτάται από την τοποθεσία.

Συνεπώς, σε ζεστά κλίματα το επιπλέον κόστος που χρειάζεται για να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας σε ένα αποδεκτό επίπεδο, είναι χαμηλότερο. Παράλληλα όμως η ενέργεια που απαιτείται για την ψύξη είναι υψηλότερη. Η οικονομική ανάλυση για λογαριασμό της E.E από την Passiv-On έδειξε πως ο χρόνος απόσβεσης στα ζεστά κλίματα είναι πιο σύντομος από τα ψυχρά κλίματα, και συνεπώς είναι πιο λογικό να εφαρμοστούν οι αρχές της χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης και στη Νότια Ευρώπη επίσης.

3.6 Ασφάλεια στην παροχή ενέργειας

Καθώς, περίπου το 80% της ενέργειας της Ευρώπης σήμερα προέρχεται από τα ορυκτά καύσιμα, ένα σημαντικό πλεονέκτημα στη μείωση των συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων είναι η μείωση της εξάρτησης από τις χώρες που παρέχουν τα ορυκτά καύσιμα. Πολλές από αυτές τις χώρες είναι σε περιοχές με πολιτική αστάθεια, γεγονός το οποίο έχει δραματική επίδραση στη διαθεσιμότητα των

καυσίμων και στο κόστος τους τα τελευταία 40 χρόνια, και όπως φαίνεται αυτό θα συνεχιστεί και στο μέλλον.

Τα κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης είναι προετοιμασμένα για ελλείψεις στην ενέργεια ή για μπλακ άουτ, και παρέχουν σταθερότητα στη θερμοκρασία. Η συμπεριφορά των κτιρίων αυτών όσον αφορά στη θέρμανση και την ψύξη, σε περίπτωση μπλακ άουτ, μετριάζεται εξαιτίας των μικρών απωλειών θερμότητας με ηλιακές και εσωτερικές ανακτήσεις. Στην περίπτωση των κτιρίων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης ο έλεγχος της εσωτερικής θερμοκρασίας μπορεί να είναι τελείως ανεξάρτητος από την εξωτερική παροχή ενέργειας.

3.7 Δημιουργία θέσεων εργασίας

Η κατασκευή κτιρίων και η ανακαίνιση, είναι εργασίες που διεξάγονται επί τόπου, και συνεπώς απαιτούνται τοπικά εργατικά χέρια. Περίπου το 75% του κόστους πηγαίνει σε ντόπιους οικοδόμους, δημιουργώντας έτσι τοπική επιπρόσθετη αξία. Το υπολειπόμενο 25% προέρχεται από την αγορά υλικών, κυρίως από τοπικές αγορές, ειδικά σε περιπτώσεις υλικών μόνωσης με μεγάλο όγκο, επειδή το κόστος μεταφοράς, λόγω απόστασης, μπορεί να είναι τεράστιο. Το γεγονός πως δημιουργούνται θέσεις εργασίας σε τοπικό επίπεδο είναι σημαντικό πολιτικό πλεονέκτημα.

Έχουν γίνει πολλές μελέτες σχετικές με τα εργασιακά οφέλη της υιοθέτησης μιας πολιτικής σπιτιών με χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση. Η δημιουργία θέσεων εργασίας δεν θα προέρχεται μόνο από τον τομέα της δόμησης ή της ανακαίνισης, αλλά και από την επιπλέον εισροή χρήματος στην οικονομία εξαιτίας των ολοένα και χαμηλότερων εξόδων για κατανάλωση ενέργειας. Εκτιμάται ότι αν η Ευρώπη αποφασίσει να υιοθετήσει μια φιλόδοξη πολιτική για την ενεργειακή απόδοση, τότε θα δημιουργηθούν 1,7 εκατομμύρια θέσεις εργασίας στην Ε.Ε [22].

Η Ευρώπη μπορεί επίσης να ωφεληθεί και από την κυρίαρχη θέση που κατέχει στον τομέα της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Με το να διατηρήσει και να ενισχύσει τη θέση αυτή, θα έχει τη δυνατότητα να εξάγει την τεχνολογία αυτή μαζί με το ανάλογο εργατικό δυναμικό και τα οικονομικά οφέλη.

4. Αρχές ολοκληρωμένου σχεδιασμού ενός κτιρίου υψηλής ενεργειακής απόδοσης

Η άνεση των ανθρώπων εξαρτάται από τις εσωτερικές συνθήκες, οι οποίες περιλαμβάνουν θερμοκρασία, υγρασία, ποιότητα αέρα, φωτισμό και επίπεδα θορύβων. Όλα αυτά μπορεί να ελεγχθούν με προσεκτικό σχεδιασμό της ενεργειακής απόδοσης ενός καινούριου ή ανακαινισμένου κτιρίου. Οι σχεδιαστές πρέπει να ενσωματώσουν τα στοιχεία αυτά στους εθνικούς κώδικες δόμησης και αισθητικής, στις κλιματικές απαιτήσεις κλπ.

Όλοι οι τομείς του σχεδιασμού ενός κτιρίου αλληλοσυνδέονται και συνεπώς προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η ενεργειακή απόδοση, είναι σημαντικό να υιοθετηθεί μια πραγματικά ολοκληρωμένη διαδικασία σχεδιασμού. Συχνά αλλαγές σε ένα τομέα επηρεάζουν τους υπόλοιπους τομείς. Για παράδειγμα, ο καλός φυσικός φωτισμός πρέπει να εξισορροπείται έναντι πιθανής αυξημένης θερμότητας λόγω μεγάλων παραθύρων και ο φυσικός εξαερισμός μπορεί να συγκρούεται με τις προσπάθειες ελέγχου του εξωτερικού θορύβου. Κανένας παράγοντας δεν μπορεί να ληφθεί υπόψη χωρίς να συνυπολογιστούν και οι επιδράσεις σε όλους τους υπόλοιπους – μια ολιστική προσέγγιση είναι πολύ σημαντική.

4.1 Το μοντέλο «trias energetica»

Το ενεργειακά επαρκές κέλυφος του κτιρίου είναι το κλειδί στο σχεδιασμό κτιρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Αυτό εμπεριέχεται στις αρχές του μοντέλου «Trias Energetica», με ιδιαίτερη έμφαση στη μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων, προτού προστεθούν συστήματα παροχής ενέργειας. Με τον τρόπο αυτό προωθούνται οι σωστές λύσεις με τις λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι αποφάσεις στο πρώτο βήμα καθορίζουν το μέγεθος της θέρμανσης, της ψύξης, τις ανάγκες φωτισμού και τον καλό δομικό σχεδιασμό, τα οποία είναι σημαντικά για τη μείωση των εργασιών κατασκευής. Κακές αποφάσεις στο σημείο αυτό μπορεί εύκολα να διπλασιάσουν ή να τριπλασιάσουν το μέγεθος του μηχανολογικού εξοπλισμού που θα χρειαστεί τελικά. Είναι δυνατό να γίνουν τροποποιήσεις στο σχεδιασμό, σε αρχικό στάδιο, προκειμένου να μειωθεί η ποσότητα, το μέγεθος και η πολυπλοκότητα των εργασιών κατασκευής, γεγονός που μπορεί να μειώσει και το κόστος των εργασιών, χωρίς να χρειαστεί να αφαιρεθούν χαρακτηριστικά από το αρχικό σχέδιο.

Η κατασκευή κτιρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης αρχίζει, με το σχεδιασμό ενός κελύφους κτιρίου που να εμποδίζει την ανώφελη απώλεια ενέργειας. Οι σημαντικότεροι παράγοντες είναι η θερμική μόνωση και η αεροστεγανότητα του κτιρίου. Αφού ετοιμαστεί το κέλυφος του κτιρίου, τότε μόνο ξεκινά και η μελέτη των ανώτερων επιπέδων του τριγώνου. Δεν υπάρχει λόγος να ελεγχθεί η απόδοση της κεντρικής θέρμανσης σε ένα κτίριο με μηδενική ενεργειακή κατανάλωση!

Αυτή η ολοκληρωμένη στρατηγική σχεδιασμού περιλαμβάνει:

1. Μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων

Βελτιστοποίηση της μορφής του κτιρίου και του διαχωρισμού του σε ζώνες, εφαρμογή επαρκούς θερμομόνωσης και κατασκευή αεροστεγούς συμβατικού κελύφους, διασφάλιση πτώσεων χαμηλών πιέσεων στους αεραγωγούς, εφαρμογή απλών συσκευών για τη μείωση του θερμικού φορτίου κλπ. Εφαρμογή στοιχείων αλληλεπίδρασης του κτιρίου αν είναι απαραίτητο, συμπεριλαμβανομένων εξελιγμένων προσόψεων με βέλτιστο προσανατολισμό κουφωμάτων, εκμετάλλευση του φυσικού φωτός, σωστή χρήση των θερμικών μαζών, ανακατανομή της θερμότητας εντός του κτιρίου, δυναμική μόνωση κλπ. Εφαρμογή συστήματος φωτισμού με ενεργειακή απόδοση. Παροχή

έξυπνου ελέγχου των συστημάτων συμπεριλαμβανομένης και της απαίτησης ελέγχου της θέρμανσης, της ψύξης, του εξαερισμού, του φωτισμού και του εξοπλισμού.

2. Εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Παροχή βέλτιστης χρήσης της παθητικής ηλιακής ενέργειας για θέρμανση, φυσικό φωτισμό, φυσικό εξαερισμό, νυχτερινό αερισμό κλπ. Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών, ηλιακών κυψελών, αιολικής ενέργειας, γεωθερμικής ενέργειας, αποθήκευση υπόγειου νερού, βιομάζα κλπ. Βελτιστοποίηση της χρήσης ανανεώσιμης ενέργειας με εφαρμογή συστημάτων με μικρότερες ενεργειακές απαιτήσεις.

3. Αποτελεσματική χρήση των ορυκτών καυσίμων

Αν είναι απαραίτητη η χρήση βοηθητικής ενέργειας, πρέπει να χρησιμοποιηθούν τα λιγότερο βλαβερά ορυκτά καύσιμα με επαρκή τρόπο, π.χ αντλίες θερμότητας, μπόιλερ φυσικού αερίου με υψηλή απόδοση, μονάδες θέρμανσης και ρεύματος με φυσικό αέριο (CHP) κλπ. Εφαρμογή επαρκούς ανάκτησης θερμότητας του αέρα εξαερισμού κατά τη διάρκεια των θερμών περιόδων.

	θέρμανση	ψύξη	Φωτισμός	Εξαερισμός
Βήμα 1	συντήρηση	Αποφυγή θερμότητας	Φως ημέρας	Φυσικός εξαερισμός
Βασικός σχεδιασμός	1.Αναλογία επιφάνειας προς όγκο 2. Μόνωση 3. Φιλτράρισμα	1. Σκίαση 2. Εξωτερικά χρώματα 3. Μόνωση	1. Κουφώματα 2. Τζάμια 3. Εσωτερικά τελειώματα	1. Μορφή κτιρίου 2. Παράθυρα και ανοίγματα 3. Καπνοδόχοι
Βήμα 2	Παθητική ηλιακή ενέργεια	Παθητική ψύξη	Φως ημέρας	Φυσικός εξαερισμός
Κλιματολογικός σχεδιασμός	1. Άμεσο όφελος 2. Αποθήκευση θερμικής ενέργειας 3. Κλειστό αίθριο	1. Σύστημα εξάτμισης 2. Αντλία θερμότητας 3. Ψύξη με ακτινοβολία	1. Φεγγίτες 2. Ανακλαστικές επιφάνειες 3. Φωταγωγοί	1. Μονής όψης και διαμετρής αερισμός 2. Κατακόρυφος και διαμετρής αερισμός 3. Σύστημα αεραγωγών 4. Αυτόματος έλεγχος
Βήμα 3	Σύστημα θέρμανσης	Σύστημα ψύξης	Ηλεκτρικός φωτισμός	Μηχανικός αερισμός
Σχεδιασμός μηχανικών συστημάτων	1. Καλοριφέρ 2. Πανέλα ακτινοβολίας 3. Σύστημα θερμού αέρα	1. Ψυκτική συσκευή 2. Ψυχομένη οροφή 3. Σύστημα ψυχρού αέρα	1. Λάμπες 2. Εντοιχισμένες συσκευές 3. Θέση συσκευών	1. Μηχανική παροχή 2. Μηχανική εξαγωγή 3. Σύστημα ανάμιξης

4.2 Το κέλυφος του κτιρίου

Έχουν καθοριστεί αυστηρές προδιαγραφές απόδοσης για την κατασκευή του κτιριακού κελύφους, προκειμένου να περιοριστούν οι ενεργειακές και ηλεκτρικές απαιτήσεις, στη φάση του σχεδιασμού. Ο σχεδιαστής πρέπει να είναι σίγουρος για την απόδοση του κτιριακού κελύφους και συνεπώς η συνεργασία μεταξύ αυτών που το σχεδιάζουν αρχιτεκτονικά, ενεργειακά και δομικά, είναι απαραίτητη. Ο ακριβής υπολογισμός της μέγιστης απαίτησης είναι απαραίτητος για κάθε δωμάτιο. Τα υπερμεγέθη συστήματα θέρμανσης και ψύξης είναι πιο δύσκολο να ελεγχθούν, καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια και είναι μια ανούσια επιπρόσθετη δαπάνη και μια αρχιτεκτονική δυσκολία.

Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση τυπικής κατοικίας	225-200 kWh/(m ² .ε)	175-150 kWh/(m ² .ε)	125-100 kWh/(m ² .ε)	125-100 kWh/(m ² .ε)
Δεδομένα δόμησης	Μέσος όρος	Κανονισμός θερμομόνωσης	Σπίτι χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης	Παθητικό σπίτι
	Τελείως ανεπαρκής θερμική μόνωση. Δομικά αμφισβητήσιμο, το κόστος θέρμανσης υψηλό (σύνηθες για αστικά σπίτια, μη ανακαινισμένα παλιά κτίρια)	Ανεπαρκής θερμική μόνωση. Αξίζει τον κόπο να γίνει θερμική ανακαίνιση (σύνηθες για σπίτια που χτίστηκαν τις δεκαετίες '50-'70 του τελευταίου αιώνα)	Σπίτι χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης	Πολύ χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης σπίτια (τα παθητικά κτίρια πρέπει να συμμορφωθούν με αυτή την παράμετρο ως μέρος του προφίλ τους)
Στοιχεία κτιρίου	Τυπικές τιμές U και πάχους μόνωσης			
Εξωτερικοί τοίχοι (τοίχος πάχους 25cm) Πάχος μόνωσης	1,30 W/(m ² K) 0cm	0,40 W/(m ² K) 6cm	0,20 W/(m ² K) 16cm	0,13 W/(m ² K) 30cm
Πάχος μόνωσης της οροφής	1,90 W/(m ² K) 4cm	0,22 W/(m ² K) 22cm	0,15 W/(m ² K) 30cm	0,10 W/(m ² K) 40cm
Πάχος μόνωσης των δαπέδων	1,00 W/(m ² K) 0cm	0,40 W/(m ² K) 6cm	0,25 W/(m ² K) 10cm	0,15 W/(m ² K) 26cm
Κουφώματα	5,10 W/(m ² K) μονό τζάμι	2,80 W/(m ² K) διπλό τζάμι, τζάμι μόνωσης (με αέρα)	1,10 W/(m ² K) διπλό τζάμι, τζάμι με θερμική μόνωση	0,80 W/(m ² K) τριπλό τζάμι, θερμομονωτικό τζάμι, ειδικό κούφωμα
Εξαερισμός	Αρμύ με διαρροές	Ανοιχτά παράθυρα	Μονάδα εξαερισμού	Εξαερισμός άνεσης με ανάκτηση θερμότητας
Εκπομπές CO ₂ (m ² .a)	60kg	30kg	10kg	1,5kg
Ενεργειακή κατανάλωση σε λίτρα πετρελαίου θέρμανσης ανά m ² χώρου και έτος	30-25lt	15-10lt	5-4lt	0,75lt

Θερμική μόνωση

Η θερμική μόνωση στους τοίχους, τα δάπεδα, τα ταβάνια/στέγες, είναι σημαντικό στοιχείο στο σχεδιασμό του κτιρίου χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Βοηθά στην εξισορρόπηση των αλλαγών θερμοκρασίας, στο να είναι το σπίτι πιο ζεστό, πιο ξηρό και πιο επαρκές ενεργειακά. Γενικά, ο στόχος πρέπει να είναι πρακτικά η επίτευξη όσο το δυνατόν καλύτερης μόνωσης. Τα οφέλη, σταδιακά, θα ισοσταθμίσουν το αρχικό υψηλό κόστος. Οι εθνικές προδιαγραφές δόμησης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και να αποτελούν το ελάχιστο όριο συμμόρφωσης. **Αν η σωστή μόνωση δεν εγκατασταθεί στο αρχικό στάδιο κατασκευής, τότε είναι δύσκολο, πολλές φορές και αδύνατο, να γίνει διόρθωση μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής.** Η αντίσταση ενός υλικού στη ροή θερμότητας μετράται σύμφωνα με την τιμή U (ή αντίστοιχα με το R). Όσο χαμηλότερη είναι η τιμή U, τόσο καλύτερη είναι η μόνωση. Η τιμή U της κατασκευής προέρχεται από τις αντίστοιχες τιμές των ξεχωριστών στρωμάτων. Ένα κτίριο χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης έχει μικρές απώλειες θερμότητας και συνεπώς χαμηλή τιμή U. Για τα περισσότερα υλικά μόνωσης, οι τιμές αυτές παρέχονται για συγκεκριμένο πάχος του υλικού. Είναι πολύ σημαντικό το υλικό να τοποθετηθεί προσεκτικά χωρίς κενά. Η τοποθέτηση είναι λιγότερο σημαντική για πιο μεγάλο πάχος, αν τοποθετηθούν δυο στρώματα με αλληλοεπικάλυψη στα σημεία που γίνονται οι ενώσεις.

«Συμπαγής κατασκευή, σωστός εξαερισμός»

Η ενεργειακή απόδοση δεν μπορεί να θεωρηθεί δικαιολογία για να μειωθεί το ποσοστό του εξαερισμού. Ένα αεροστεγές κτίριο χρειάζεται ένα σωστά σχεδιασμένο και διαστασιολογημένο σύστημα αερισμού, προκειμένου να υπάρχει καλή ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Συνεχής εξαερισμός και παροχή καθαρού αέρα εξασφαλίζουν ότι κάθε πιθανή ουσία ή αέριο, π.χ CO₂, μεταφέρεται έξω. Κάθε σωστό σύστημα εξαερισμού εξασφαλίζει μια καλή ποιότητα εσωτερικού αέρα. Με το σωστό εξοπλισμό και το σωστό σχεδιασμό των αεραγωγών θα διατηρηθεί ο θόρυβος, εξαιτίας του συστήματος εξαερισμού, σε ένα ανεκτό επίπεδο. Η καλή αεροστεγανότητα ενός κτιρίου χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης σημαίνει ότι οι απώλειες μέσω της διάχυσης του αέρα είναι μικρές. Η ανεξέλεγκτη διαρροή αέρα πρέπει να αποφεύγεται γιατί:

- Η αποτελεσματικότητα της μόνωσης επηρεάζεται: η τιμή U είναι χειρότερη από ότι έχει υπολογιστεί
- Υπάρχει εσωτερική συμπύκνωση εντός της κατασκευής. Ο ανεξέλεγκτος εξαερισμός μεταφέρει την εσωτερική υγρασία του αέρα στην κατασκευή. Ο βαθμός της συμπύκνωσης εξαιτίας της μεταφοράς θερμότητας είναι 100 φορές πιο υψηλός από τον αντίστοιχο με διάχυση.
- Η διαρροή αέρα προκαλεί ρεύματα, τα οποία μειώνουν την άνεση στο εσωτερικό
- Ένα ελεγχόμενο σύστημα αερισμού με ανάκτηση θερμότητας απαιτεί καλή αεροστεγανότητα προκειμένου να ο αέρας να κυκλοφορεί ελεγχόμενα.

Για να επιτευχθεί αυτό το υψηλό επίπεδο αεροστεγανότητας πρέπει να δημιουργηθεί ένα φράγμα αέρα. Το φράγμα αέρα πρέπει να είναι συνεχές σε ολόκληρο το κέλυφος του κτιρίου. Οι εργασίες εγκατάστασης των αεραγωγών εξαερισμού πρέπει να γίνουν μέσα στο φράγμα αέρα και μόνο ο καθαρός αέρας και οι αεραγωγοί εξαγωγής πρέπει να το διαπερνούν. Οι διελύσεις όλων των εγκαταστάσεων όπως θέρμανση, εξαερισμός, κλιματισμός, αποχέτευση, ηλεκτρικά, ύδρευση, αέριο κλπ πρέπει να σφραγιστούν με φλάντζες και να εκτελεστούν με υψηλής ποιότητας εργασία.

Η δημιουργία ενός φράγματος αέρα, για να ικανοποιείται η απαίτηση για μέγιστη διαπερατότητα $3 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ s Pa}$, συμπεριλαμβανομένου και των αρμών, απαιτεί υψηλή ακρίβεια και χρήση κατάλληλων υλικών. Υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως φράγματα αέρα είναι:

- Ίνες ξύλου, γύψος ή άλλο είδος σανίδας με σφραγισμένους αρμούς στο τελείωμα
- Σύνθετο σύστημα εξωτερικής μόνωσης με EPS
- Πιστοποιημένο αφρώδες, θερμομονωτικό EPS με σφραγισμένους αρμούς
- Κατασκευές με στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος με σφραγισμένους αρμούς, ή τοίχοι από τούβλα, χωρίς κενά αέρα μεταξύ της μόνωσης και του τοίχου.
- Ειδικές μεμβράνες φράγματος υδρατμών.

Ένας αυξανόμενος αριθμός κτιρίων επιβεβαιώνουν την ποιότητα της εργασίας, όσον αφορά στην αεροστεγανότητα με έλεγχο πίεσης (Blower Door Test) σε ένα στάδιο κατασκευής όπου είναι ακόμη εύκολο να διορθωθούν λάθη που έχουν γίνει [10].

Θερμικές γέφυρες και λεπτομέρειες

Μερικοί πιστεύουν πως η μόνωση μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα μούχλας. Στην πραγματικότητα συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο: τα καλά μονωμένα κτίρια αποτρέπουν την εμφάνιση μούχλας. Ο σχεδιασμός και η εκτέλεση των λεπτομερειών είναι κρίσιμοι παράγοντες προκειμένου να μη δημιουργηθούν θερμές γέφυρες που θα οδηγήσουν στην απώλεια ενέργειας και σε συμπύκνωση σε κρύες επιφάνειες. Η θερμική γέφυρα τυπικά είναι στοιχείο που διεισδύει στη θερμική μόνωση και έχει σημαντικά υψηλότερη θερμική αγωγιμότητα. Οι ενώσεις παραθύρου ή πόρτας με τον τοίχο, του τοίχου με το πάτωμα, του τοίχου με την οροφή, μπορεί να έχουν θερμικές γέφυρες και αυτές οι λεπτομέρειες πρέπει να σχεδιαστούν και να κατασκευαστούν προσεκτικά. Μια θερμική γέφυρα αυξάνει την απώλεια θερμότητας μέσα στην κατασκευή, και σε μερικές περιπτώσεις κάτι τέτοιο μπορεί να προκαλέσει συμπύκνωση σε επιφάνειες ή συμπύκνωση ενδιάμεσα στις επιφάνειες. Κρύες επιφάνειες, που έχουν γίνει υγρές λόγω της συμπύκνωσης, παρέχουν τέλειες συνθήκες για την ανάπτυξη μούχλας, ειδικά όταν υπάρχουν τα θρεπτικά συστατικά, όπως ταπετσάρια με κόλλα. Η ελαχιστοποίηση των θερμικών γεφυρών είναι σημαντική για την απόδοση του κτιρίου. Το σχετικό αποτέλεσμα μιας θερμικής γέφυρας αυξάνεται με την αύξηση του επιπέδου μόνωσης, αλλά σε μόνωση με μεγαλύτερο πάχος είναι πιο εύκολο να σχεδιαστούν σωστές κατασκευές που να αποτρέπουν τη δημιουργία θερμικών γεφυρών.

Υάλωση και τεχνολογία κουφωμάτων

Οι πόρτες και τα παράθυρα είναι απαραίτητα για την είσοδο σε ένα κτίριο καθώς και στο να επιτρέπουν τον φωτισμό στο εσωτερικό του. Οι τεχνικές υάλωσης και οι τεχνολογίες κουφωμάτων είναι πλέον πολύ εξελιγμένες: υπάρχουν επιστρώσεις υάλωσης που είναι σχεδιασμένες να επιτρέπουν ή όχι την είσοδο συγκεκριμένων τμημάτων του ορατού και υπέρυθρου φάσματος – τα κενά μεταξύ των επιστρώσεων του γυαλιού καλύπτονται με ειδικά αέρια. Παρόλα αυτά, τα στοιχεία αυτά παραμένουν το πιο αδύναμο σημείο του κελύφους του κτιρίου. Η προσοχή στη λεπτομέρεια, με σφράγισμα και από τις δυο πλευρές, είναι απαραίτητη προκειμένου να δημιουργηθεί μια αεροστεγής ένωση του κουφώματος με τον τοίχο και την θερμομόνωση.

4.3 Προσανατολισμός του κτιρίου και φυσικός φωτισμός

Η παθητική χρήση της ηλιακής ενέργειας μειώνει τις ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση. Ο νότιος προσανατολισμός ενός κτιρίου συνεισφέρει στη θερμική μάζα εξαιτίας της θέρμανσης από το άμεσο ηλιακό φως, για παράδειγμα πάνω σε ένα τσιμεντένιο πάτωμα ακριβώς δίπλα από ένα παράθυρο. Οι σχεδιαστικές απαιτήσεις για φυσικό φωτισμό πρέπει να εξισορροπούνται με τις απαιτήσεις για παθητική θέρμανση και ψύξη, θέα και προστασία της ιδιωτικής ζωής των κατοίκων. Ο φυσικός φωτισμός πρέπει να ενσωματώνεται στον τεχνητό φωτισμό προκειμένου να επιτευχθεί το σωστό επίπεδο φωτισμού και να υπάρχει ευελιξία. Το φυσικό φως της

ημέρας θα πρέπει να χρησιμοποιείται όσο το δυνατό περισσότερο, για να φωτιστεί ένα σπίτι και να έχει ενεργειακή απόδοση, καθώς και για την υγεία και την άνεση των κατοίκων. Όμως το άμεσο ηλιακό φως είναι πολύ ισχυρή πηγή θερμότητας και φωτός, και για το λόγο αυτό πρέπει να ελέγχεται για να αποφευχθεί δυσφορία στα μάτια, υπερθέρμανση, αντανάκλαση, καθώς και φθορά και ξεθώριασμα των χαλιών, των υφασμάτων και των συσκευών.

Πρακτικοί τρόποι για να μετριαστεί ή να ελεγχθεί το άμεσο ηλιακό φως και να υπάρξουν οφέλη όσον αφορά στη θερμότητα, είναι:

- Νυχτερινή ψύξη, και αυξημένος εξαερισμός
- Σωστός σχεδιασμός της θέσης των παραθύρων, του μεγέθους και του προσανατολισμού ώστε να εξισορροπηθεί το κέρδος/ απώλεια θερμότητας, να υπάρχει θέα και να είναι δυνατή η εκμετάλλευση της θερμικής μάζας.
- Σκίαση του άμεσου ηλιακού φωτός, ειδικά το καλοκαίρι, αν χρησιμοποιηθούν περσίδες ή γρίλιες που προσαρμίζονται εύκολα
- Με τη χρήση υαλοπινάκων ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας: με επίστρωση, με χρώμα, σε σκούρα απόχρωση ή με σχέδια
- Ενδοδαπέδια συστήματα, συστήματα αεραγωγών ή συστήματα νερού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ψύξη (όλα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και το χειμώνα για την προθέρμανση του αέρα)

4.4 Βιώσιμες πηγές ενέργειας

- Φωτοβολταϊκά και αιολική ενέργεια

Αν η χρήση ενέργειας μειωθεί στο ελάχιστο, τότε η υπόλοιπη απαιτούμενη ενέργεια μπορεί να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ο χρόνος απόσβεσης για τέτοια συστήματα μπορεί να είναι αρκετά μεγάλος, αλλά με τις κρατικές χρηματοδοτήσεις μπορεί να αποτελέσουν ελκυστική επιλογή.

- Ηλιακοί θερμοσίφωνες

Η απαιτούμενη ενέργεια για οικιακό ζεστό νερό μπορεί να παραχθεί με ηλιακούς θερμοσίφωνες.

- Γεωθερμία

Σε συνδυασμό με αντλίες θερμότητας νερού – εδάφους. Οι απαιτήσεις ενέργειας για μια τέτοια αντλία είναι 40-90 watt ανά λίτρο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης σε συνδυασμό με την θέρμανση του σπιτιού. Η αντλία θερμότητας μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για, ενεργειακά συμφέρουσα, ψύξη το καλοκαίρι. Τα πλυντήρια πιάτων και ρούχων πρέπει να συνδέονται με την παροχή ζεστού νερού για να εξοικονομείται η ενέργεια που χρειάζεται για θέρμανση.

4.5 Συσκευές

Οι ηλεκτρικές συσκευές χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης όπως ψυγεία, φούρνοι, καταψύκτες, λάμπες, πλυντήρια κλπ, παίζουν σημαντικό ρόλο στην

εξοικονόμηση ενέργειας του σπιτιού. Φυσικά, αυτό είναι κάτι που οι κάτοικοι μπορούν να το τακτοποιήσουν από μόνοι τους.

4.6 Άλλα μέτρα

- Θέρμανση

Η ικανότητα ενός συστήματος θέρμανσης σε ένα κτίριο χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, τυπικά, είναι μικρή, επειδή οι απώλειες θερμότητας είναι μικρές. Σε ένα κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης δεν υπάρχει η ανάγκη ενός συστήματος θέρμανσης, και συνεπώς δεν υπάρχει λόγος να γίνει μια τέτοια δαπάνη. Επιπλέον ενέργεια εισέρχεται στο κτίριο από τον αέρα του εξαερισμού. Σε περίπτωση που ένα σύστημα θέρμανσης είναι απαραίτητο, ο πιο άνετος και αποδοτικός τρόπος για τη θέρμανση των δωματίων είναι με τη χρήση ενδοδαπέδιας θέρμανσης χαμηλής θερμοκρασίας ή με συστήματα επιτοίχιας θέρμανσης. Η συνολική ενεργειακή απόδοση μπορεί επίσης να αυξηθεί με την εφαρμογή σταθερών συστημάτων συμπαραγωγής ενέργειας και θερμότητας [CHP(Combined Heat and Power)]. Όταν παράγεται θερμότητα, ταυτόχρονα παράγεται και ενέργεια. Η επιπλέον ενέργεια που παράγεται, εισάγεται απευθείας στο δημόσιο δίκτυο ηλεκτρισμού. Οι επιχορηγήσεις για την επιπλέον ενέργεια που εισάγεται στο δημόσιο δίκτυο, σε πολλές χώρες είναι μια ελκυστική επιλογή.

5. Ο ρόλος του EPS στα κτίρια υψηλής ενεργειακής απόδοσης

5.1 Η αξία της βέλτιστης μόνωσης

Η εταιρεία Ecofys εξέτασε το κόστος της βέλτιστης μόνωσης [8]. Υπολογίστηκε το βέλτιστο πάχος μόνωσης για τον ιδιοκτήτη κάθε σπιτιού, που καθορίζεται από μια καμπύλη κόστους, η οποία σχηματίζεται αν από το όφελος που τελικά αποκομίζεται από την εξοικονόμηση ενέργειας αφαιρεθεί η δαπάνη για τη μόνωση.

Στην αξιολόγηση δεν συμπεριλήφθηκε το επιπλέον κέρδος από την πιθανή ανάγκη για μικρότερου μεγέθους μπόιλερ ή από την μειωμένη ανάγκη για κλιματισμό, αφού η απόδοση της μόνωσης θα είναι βελτιωμένη. Επιπλέον, δεν δόθηκε βάρος στην εξομάλυνση του κλίματος ή σε άλλα κοινωνικά οφέλη.

- Το συνολικό κόστος που εξοικονομείται, στην καλύτερη περίπτωση, είναι περίπου για μια τιμή U $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Οποιαδήποτε τιμή U στα δεξιά ή στα αριστερά σημαίνει πως ο ιδιοκτήτης θα εξοικονομεί λιγότερα χρήματα καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της επένδυσης.
- Από τη άλλη μεριά, αν συγκρίνουμε τη μόνωση με άλλες μεθόδους μείωσης CO_2 , μια καλύτερη προσέγγιση θα είναι η στόχευση σε ένα επίπεδο, τουλάχιστον ενεργειακά ουδέτερο, που ίσως να συνοδεύεται και από κρατική επιχορήγηση.

- Η μόνωση θα παρέχει μια σχεδόν βέλτιστη λύση. Η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου ακόμα και σε ανώτερα επίπεδα μόνωσης θα είναι συμφέρουσα οικονομικά. Οι μέθοδοι μείωσης του CO₂ που είναι απαραίτητες για να επιτευχθεί η επιθυμητή μείωση στις εκπομπές, προκειμένου να περιοριστεί η παγκόσμια υπερθέρμανση σε λιγότερο από 2° C, θα κοστίσει τουλάχιστον 40,- €/τόνο CO₂[23].

Το συνολικό κέρδος εξαρτάται από την τοποθεσία και από παράγοντες όπως το ενεργειακό κόστος, οι ώρες θέρμανσης, και το διαφορετικό κόστος των δομικών υλικών, των εργατικών χεριών και των μονωτικών υλικών ανά την Ευρώπη. Για τα νέα κτίρια στην Ευρώπη δεν υπάρχουν ακόμα σαφείς κανονισμοί και συνεπώς δεν υπάρχει μέριμνα για τα επίπεδα μόνωσης. Για τα υπάρχοντα κτίρια οι απαιτήσεις για βελτίωση είναι σε ακόμα χειρότερο επίπεδο.

Από άποψη οικονομική αλλά και ενεργειακή, η αύξηση του επιπέδου της μόνωσης στα κτίρια είναι απόλυτα λογική. Η βελτίωση των επιπέδων μόνωσης θα έχει μεγάλα οικονομικά και κοινωνικά οφέλη.

Ένα συχνό επιχείρημα ενάντια στην αύξηση της μόνωσης είναι η υψηλή ενεργειακή κατανάλωση που απαιτείται για την κατασκευή του μονωτικού υλικού. Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη χρήση του μονωτικού υλικού λέγεται πως δεν αντισταθμίζει την κατανάλωση ενέργειας κατά το στάδιο της κατασκευής του. Μελέτη από την εταιρεία Gesellschaft für umfassende Analysen GmbH [GUA,11] ανέλυσε την εξοικονόμηση ενέργειας από τη χρήση συνθετικών θερμομονωτικών πλακών που χρησιμοποιηθήκαν σε εξωτερικούς τοίχους κτιρίων στην Ευρώπη. Αποδείχθηκε πως η εξοικονόμηση ενέργειας από τη χρήση του μονωτικού υλικού, στη διάρκεια ζωής του κτιρίου, είναι 150 φορές μεγαλύτερη από την ενέργεια που καταναλώνεται κατά την παραγωγή του.

Από άποψη οικονομική αλλά και ενεργειακή, η αύξηση του επιπέδου της μόνωσης στα κτίρια είναι απόλυτα λογική.

5.2 Σημαντικές ιδιότητες του μονωτικού υλικού EPS

- Μικρό βάρος

Το EPS αποτελείται από 98% εγκλωβισμένο αέρα μέσα σε μια 2% κυψελωτή δομή και για το λόγο αυτό είναι πολύ ελαφρύ. Οι πυκνότητες μεταξύ 10 και 35 kg/m² επιτρέπουν ελαφριές και ασφαλείς κατασκευές και διευκολύνουν τη μεταφορά, επειδή, λόγω του μικρού βάρους, εξοικονομούνται καύσιμα κατά τη μεταφορά. Το μικρό βάρος του EPS καθιστά το υλικό εύκολο στη χρήση επί τόπου, αφού η ανύψωση μονωτικών υλικών με μεγάλο βάρος γίνεται ολοένα και πιο επικίνδυνη, από άποψη υγείας και ασφάλειας. Οι πλάκες EPS μπορούν να τοποθετηθούν γρήγορα και υπό οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες, αφού δεν επηρεάζονται από την υγρασία. Το εξαιρετικά χαμηλό βάρος του EPS είναι σημαντικό πλεονέκτημα, ιδιαίτερα στα κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης που απαιτείται πιο μεγάλο πάχος μόνωσης. Το δομικό φορτίο πρέπει να

λαμβάνεται σοβαρά υπόψη επειδή έχει σημαντικές επιπτώσεις σε όλη την κατασκευή. Για παράδειγμα, σε μικρού βάρους επίπεδες οροφές βιομηχανικών κτιρίων που στηρίζονται σε μεταλλικά προφίλ. Για τιμή U $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, μια διαφορά περίπου $40 \text{ kg}/\text{m}^2$ μεταξύ του EPS με ανώτερες ιδιότητες δυναμικής φόρτισης, και των πιθανών εναλλακτικών λύσεων πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη από τον κατασκευαστή του κτιρίου. Για άλλες εφαρμογές, όπως εξωτερική θερμομόνωση, το μικρό βάρος του EPS μπορεί να αποτρέψει προβλήματα που σχετίζονται με την ανεπαρκή ανθεκτικότητα των μηχανικών συναρμογήσεων.

Το EPS είναι ένα άριστο αδρανές για υλικά πλήρωσης και για σκυρόδεμα, επειδή μειώνει το φορτίο σε εργασίες που απαιτείται εξοικονόμηση χρόνου. Για τη δουλειά των πολιτικών μηχανικών, ο χρόνος σταθεροποίησης και το κόστος συντήρησης από τη συνεχή καθίζηση του εδάφους είναι κρίσιμος παράγοντας. Σε ολοένα και περισσότερες περιπτώσεις, ο συνδυασμός του μικρού βάρους με τη σημαντική και ανθεκτική δύναμη συμπίεσης, χρησιμοποιείται EPS για εφαρμογές σε κατασκευές με μεγάλο μηχανικό φορτίο.

- **Αντοχή, δομική σταθερότητα και αντοχή στην καταπόνηση (βατότητα)**
- **Σεισμική μόνωση (μείωση δυναμικών & στατικών φορτίων επιχωμάτων)**

Εκτός από το μικρό βάρος, η μοναδική δομή του EPS έχει το πλεονέκτημα της μεγάλης αντοχής σε θλίψη. Η διαβροχή του υλικού δεν θα έχει ως αποτέλεσμα την καθίζηση του ή την αλλοίωση άλλων χαρακτηριστικών του. Αυτό σημαίνει πως είναι κατάλληλο για πολλές κατασκευές και εφαρμογές πολιτικού μηχανικού, ιδιαίτερα ως υλικό πλήρωσης, για παράδειγμα στην οδοποιία, σε σιδηροδρομικές γραμμές και σε υποδομές για γέφυρες. Τεστ αντοχής στο EPS, για μετά από 30 περίπου χρόνια χρήσης κάτω από το έδαφος, έδειξαν πως συνεχώς υπερέβαινε το ελάχιστο απαιτούμενο όριο αντοχής 100 KPa . EPS που χρησιμοποιήθηκε στα θεμέλια γέφυρας και είχε υποστεί καταπονήσεις για 40 χρόνια, έδειξε μια παραμόρφωση λιγότερη από $1,3\%$: το μισό από όσο είχε προβλεφθεί αρχικά. Το πιο σημαντικό είναι πως η σταθερότητα του EPS δεν περιορίζεται με την πάροδο του χρόνου.

Το EPS έχει εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες, γεγονός που το καθιστά ιδανική επιλογή για επαναλαμβανόμενη καταπόνηση ως υλικό για μόνωση σκεπής, για υπόστρωμα σε πεζοδρόμια, για κατασκευές οδοποιίας και γενικά εφαρμογές μόνωσης με μεγάλη καταπόνηση. Με την ευέλικτη διαδικασία παραγωγής του, οι μηχανικές ιδιότητες του EPS μπορούν να προσαρμοστούν για κάθε συγκεκριμένη εφαρμογή.

Εκτεταμένες έρευνες, στα σημαντικότερα ερευνητικά κέντρα παγκοσμίως, απέδειξαν ότι η χρήση του EPS σε πάσης φύσεως τοίχους αντιστήριξης μειώνουν τις εδαφικές ωθήσεις σε ποσοστό άνω του 50% .

- **Οικονομία**

Το EPS είναι ένα δομικό υλικό που έχει εδραιωθεί στη βιομηχανία και προσφέρει σίγουρες και οικονομικές λύσεις που διευκολύνουν τους ειδικούς ώστε να διατηρούν το κόστος μιας κατασκευής εντός του αρχικού προϋπολογισμού. Στο θέμα τιμής ανά μονάδα απόδοσης θερμομόνωσης, το EPS είναι το πιο οικονομικό υλικό της αγοράς. Αυτό σε συνδυασμό με την ασφάλεια στη χρήση, το εύκολο κόψιμο, το μικρό βάρος, τις μακροπρόθεσμες ιδιότητες και το γεγονός ότι δεν επηρεάζεται από την υγρασία, κάνει το EPS να έχει την καλύτερη αναλογία τιμής /απόδοσης σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα μονωτικά υλικά, με επιπλέον εξοικονόμηση σε εργατικά χέρια και υλικά.

Ως αποδοτικό μονωτικό υλικό το EPS αποτρέπει την απώλεια ενέργειας και συνεπώς βοηθάει στην εξοικονόμηση χρημάτων με τη μείωση των λογαριασμών, στη διατήρηση των ορυκτών καυσίμων και στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που επηρεάζουν την υπερθέρμανση του πλανήτη.

- **Αντίσταση στην υγρασία**

Το EPS δεν απορροφά την υγρασία και οι μηχανικές και μονωτικές ιδιότητές του δεν μειώνονται εξαιτίας της παρουσίας νερού ή υγρασίας. Η συμπύκνωση των υδρατμών είναι μεγάλη απειλή για τη δομή του κτιρίου. Στα ψυχρά κλίματα, το νερό από τον ζεστό, υγρό εσωτερικό αέρα μπορεί να διαχυθεί μέσα στους εξωτερικούς τοίχους και στις σοφίτες και μπορεί να συμπυκνωθεί καθώς ψύχεται. Στα ζεστά κλίματα, συμβαίνει το αντίθετο. Το νερό από τον ζεστό, υγρό εξωτερικό αέρα εισέρχεται στο κτίριο και καταλαμβάνει τις πιο κρύες περιοχές, όπου συμπυκνώνεται σε υγρό νερό. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος που πολλά κτίρια, σε ψυχρά αλλά και θερμά κλίματα, έχουν προβλήματα με μούχλα και σάπια ξύλα. Στα θερμά κλίματα ιδιαίτερα αυτό συμβαίνει αφού τοποθετηθούν εκ των υστέρων κλιματιστικά.

Το EPS είναι ένα από τα πιο ανθεκτικά μονωτικά υλικά της αγοράς όσον αφορά την υγρασία. Η υγρασία που εξαπλώνεται μέσα στη κατασκευή ή μετά από τυχαία διαρροή θα επηρεάσει μόνο οριακά και πρόσκαιρα την θερμική απόδοση του EPS. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανθεκτικότητα του υλικού για όλη τη διάρκεια ζωής της κατασκευής. Παρόλα αυτά, ο προσεκτικός σχεδιασμός είναι πολύ σημαντικός και πρέπει να περιλαμβάνει φράγματα υδρατμού, όπου χρειάζεται, για να αποτρέπουν τη συμπύκνωση, η οποία μπορεί να συμβεί σε κάθε μονωτικό υλικό κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες ροής υδρατμού.

Ακόμη και 40 χρόνια κάτω από το έδαφος, δείγματα EPS που ανακτήθηκαν από σημεία με απόσταση μικρότερη από 200mm από το υπόγειο νερό, έδειξαν λιγότερο από 1% περιεχόμενο σε νερό, ενώ τούβλα που περιοδικά βυθίστηκαν, έδειξαν λιγότερο από 4% περιεχόμενο σε νερό – απόδοση σαφώς καλύτερη από άλλα αφρώδη υλικά. Το EPS χρησιμοποιείται επίσης για πλωτή βάση σε παραποτάμιους, παραθαλάσσιους ή λιμναίους οικισμούς.

Καθώς υπάρχει πολιτική πίεση για νέες δομήσιμες περιοχές σε όλη την Ευρώπη, σταδιακά επιτρέπεται και η επέμβαση σε κομμάτια γης που έχουν υποστεί καταστροφές από πλημμύρες. Η αποκατάσταση των κατεστραμμένων, από

πλημμύρες, κτιρίων είναι μια πιο γρήγορη, πιο πρακτική και λιγότερο δαπανηρή διαδικασία αν ο σκελετός το κτιρίου έχει μονωτικά υλικά που δεν απορροφούν το νερό.

Ένας σημαντικός παράγοντας για την ποιότητα του εσωτερικού αέρα είναι η παρεμπόδιση των αερομεταφερόμενων βακτηρίων, της μούχλας και άλλων μυκήτων να εισέλθουν στο σκελετό του κτιρίου, με σωστό σχεδιασμό που να εμποδίζει την εμφάνιση υγρασίας. Στις ΗΠΑ ο Σύνδεσμος EPS Molders Association (EPSMA) χρηματοδότησε ένα πρόγραμμα δοκιμών που επικεντρώνεται στο EPS και την ανθεκτικότητα του στη μούχλα, τον Ιανουάριο του 2004.

Ο EPSMA ανέθεσε στην SGS U.S. Testing Company να διεξάγει ελέγχους στο EPS εφαρμόζοντας το Πρότυπο ASTM C1338 «Πρότυπη Μέθοδος για καθορισμό της ανθεκτικότητας των μονωτικών υλικών και των προσόψεων κτιρίων στους μύκητες». Διεξήχθησαν ενδεικτικά τεστ για συνηθισμένα προϊόντα που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των περισσότερων κτιρίων. Το EPS υποβλήθηκε στην επιρροή πέντε συγκεκριμένων ειδών μυκήτων προκειμένου να ελεγχθεί η ανάπτυξη τους. Παρόλο που το EPS δεν είναι πλήρως αδιαπέραστο, έχει μεγάλο βαθμό ανθεκτικότητας στην απορρόφηση της υγρασίας. Έχει την ιδιότητα να ελέγχει την υγρασία και το φιλτράρισμα του αέρα, γεγονός το οποίο εμποδίζει την ανάπτυξη μούχλας.

- **Διαχείριση και εγκατάσταση**

Το EPS είναι ένα υλικό ελαφρύ, συμπαγές και όχι εύθραυστο. Είναι πρακτικό και εύκολο στη διαχείριση και την τοποθέτησή του. Η δυνατότητα διαμόρφωσης σε καλούπι επιτρέπει στο εργοστάσιο να δημιουργήσει σχήματα που να εφαρμόζουν σε όλες τις αρχιτεκτονικές και σχεδιαστικές απαιτήσεις. Η ευέλικτη διαδικασία παραγωγής επιτρέπει την παράδοση των προϊόντων στη ζητούμενη πυκνότητα, μόνωση και μηχανικές ιδιότητες, σχήμα και μέγεθος, γεγονός που σημαίνει τη δημιουργία λιγότερων απορριμμάτων στο εργοτάξιο. Είναι δυνατό να γίνουν και επί τόπου μετατροπές χωρίς την χρήση ειδικών εργαλείων κοπής. Μπορεί να κοπεί στο επιθυμητό μέγεθος με τη χρήση απλών εργαλείων όπως μαχαίρι ή πριόνι. Η διαχείριση του υλικού δεν παρουσιάζει κίνδυνους για την υγεία κατά τη διάρκεια της μεταφοράς, της εγκατάστασης, της χρήσης και της κατεδάφισης, καθώς δεν απελευθερώνεται ακτινοβολία, ίνες ή άλλες ουσίες. Μπορεί εύκολα να γίνει η διαχείριση και η επεξεργασία του EPS χωρίς να προκληθεί ερεθισμός, έκζεμα ή έγκαυμα στο δέρμα, στους πνεύμονες ή στα μάτια. Αυτό σημαίνει πως μάσκες, γυαλιά και άλλος προστατευτικός εξοπλισμός δεν είναι απαραίτητος για τη χρήση του EPS.

Το τσιμέντο, ο ασβέστης, ο γύψος, ανυδρίτης και κονίαμα, που έχουν τροποποιηθεί με διασπορά πλαστικού, δεν επηρεάζουν το EPS, και έτσι μπορεί άνετα να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με συμβατικούς τύπους κονιάματος, γύψου και τσιμέντου. Όλα αυτά το καθιστούν ένα υλικό απολύτως ασφαλές και πρακτικό στη χρήση για όλες τις εφαρμογές δόμησης ακόμη και για υπόγειες και θαλάσσιες κατασκευές.

- Συμπεριφορά σε περίπτωση φωτιάς

Το EPS, σε αντίθεση με τα περισσότερα οργανικά δομικά υλικά, είναι αυτοσβενύμενο. Σε θερμοκρασίες πάνω από 100°C το EPS αρχίζει να μαλακώνει, να διαστέλλεται και τελικά να λιώνει. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες τα αέρια από την καύση σχηματίζονται από την αποσύνθεση της μάζας του λιωμένου υλικού. Εύφλεκτα αέρια σχηματίζονται μόνο σε θερμοκρασίες πάνω από 350°C. Το EPS παράγεται, όπως και η πλειοψηφία των μονωτικών δομικών υλικών, ως «αυτοσβενύμενο» ['self extinguishing' (SE)], επειδή περιλαμβάνει στη μάζα του επιβραδυντικό φωτιάς. Η παρουσία επιβραδυντικών έχει ως αποτέλεσμα καλύτερη συμπεριφορά σε περίπτωση πυρκαγιάς. Τα υλικά με τους επιβραδυντές "SE" είναι πιο δύσκολο να αναφλεχθούν, μειώνουν σημαντικά την εξάπλωση της φωτιάς και συνεπώς δίνουν στους πυροσβέστες περισσότερο χρόνο να εκκενώσουν ένα φλεγόμενο κτίριο. Τα πρόσθετα αυτά προκαλούν αναστολή της πυρκαγιάς, έτσι ώστε όταν η πηγή φωτιάς απομακρυνθεί, το EPS θα σταματήσει να καίγεται. Το λιωμένο EPS-SE δεν μπορεί να αναφλεγεί από σπίθες, αποτσίγαρα ή άλλα μικρά αναμμένα αντικείμενα. Με τη παρουσία μεγάλων εστιών φωτιάς, που περιλαμβάνουν και άλλα υλικά, το EPS-SE σταδιακά θα καεί.

Η μόνωση με χρήση πλαστικών παλιότερα ήταν συνυφασμένη με τον αυξημένο κίνδυνο φωτιάς. Το συμπέρασμα αυτό προέκυψε από φωτιές σε μεγάλα αρχιτεκτονικά κτίρια όπου δεν χρησιμοποιήθηκε μόνωση με πρόσθετους επιβραδυντές. Στην πραγματικότητα η συμπεριφορά του EPS κατά τη διάρκεια φωτιάς εξαρτάται από τις συνθήκες κάτω από τις οποίες χρησιμοποιείται. Από τη βιομηχανία συστήνεται το EPS να χρησιμοποιείται μαζί με ένα υλικό επικάλυψης ή πίσω από τοίχο με τούβλα, τσιμέντο, γύψο κλπ.

Παρόλα αυτά ο καλύτερος τρόπος να αποφευχθεί η εξάπλωση φωτιάς είναι με τη σωστή προστασία της μόνωσης από κάθε πηγή ανάφλεξης. Κανένα μονωτικό υλικό δεν χρησιμοποιείται ακάλυπτο, όχι μόνο από άποψη κινδύνου φωτιάς αλλά και για καλύτερη διατήρηση των μηχανικών και μονωτικών ιδιοτήτων.

- **Ανακύκλωση**

Ήδη το EPS είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα ανακυκλώσιμα πλαστικά υλικά. Συλλέγεται σε όλη την Ευρώπη σε διάφορα σημεία ενός μεγάλου δικτύου. Σε αντίθεση με τα ανταγωνιστικά μονωτικά υλικά, η πολυστερίνη ανακυκλώνεται εύκολα. Οι κατασκευαστές EPS ανακυκλώνουν όχι μόνο τα απορρίμματα των εργοστασίων σε μονωτικές πλάκες, αλλά και τα απορρίμματα από τη συσκευασία, τα οποία συλλέγονται και χρησιμοποιούνται για εξοικονόμηση χρημάτων και για τη μείωση της ανάγκης για κατασκευή καινούριων συσκευασιών.

Η μόνωση με EPS έχει μεγάλη διάρκεια ζωής στα κτίρια και για το λόγο αυτό, προς το παρόν, υπάρχει μικρή ανάγκη για ανακύκλωση αυτού του μονωτικού υλικού, μιας και το EPS δεν αποσυντίθεται και δεν φθείρεται. Στο τέλος του κύκλου ζωής του μπορεί να ανακυκλωθεί με πολλούς τρόπους.

- **Ποιότητα εσωτερικού αέρα**

Στατιστικά, οι Ευρωπαίοι περνούν το 90% του χρόνου τους σε εσωτερικούς χώρους και συνεπώς η ποιότητα του εσωτερικού αέρα ενός κτιρίου παίζει σημαντικό ρόλο στην υγεία και την αποδοτικότητα των κατοίκων του. Η άνεση των κατοίκων, από άποψη θερμότητας αλλά και ακουστικής, είναι σημαντικό συστατικό της ποιότητας του εσωτερικού αέρα. Η μόνωση με EPS μπορεί να διατηρήσει μια ομοιόμορφη θερμοκρασία αέρα, παρέχοντας έτσι θερμική άνεση, και επίσης μπορεί να δράσει και ως εμπόδιο ήχου, παρεμποδίζοντας τη μεταφορά του ήχου μέσα από εσωτερικούς και εξωτερικούς τοίχους.

Το EPS κατασκευάζεται με πεντάνιο, έναν υδρογονάνθρακα που δρα ως διασταλτικός παράγοντας, ο οποίος δεν είναι επιβλαβής για τη στρατόσφαιρα και ο οποίος διαχέεται μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας καλουπώματος. Από τη στιγμή που ο διασταλτικός παράγοντας αντικαθίσταται από αέρα, η μόνωση που εγκαθίσταται δεν ελευθερώνει σημαντικές ποσότητες πεντανίου ή άλλων ουσιών που μπορεί να επηρεάσουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα [13,14].

Οι οδηγίες της Αμερικανικής Πνευμονολογικής Εταιρείας [American Lung Association's (ALA)] για την ποιότητα του εσωτερικού αέρα είναι από τις πιο αυστηρές στον κόσμο. Αναγνωρίζουν το EPS ως ασφαλές υλικό για τη μόνωση τοίχων και δαπέδων. Άλλα σπίτια που έχουν εγγραφεί στη ALA έχουν χρησιμοποιήσει τιμμεντένιες μονώσεις με σκοπό να ακολουθήσουν τις αυστηρές προδιαγραφές τους. Παρόλο που η ALA δεν προωθεί συγκεκριμένα υλικά ή προϊόντα, τονίζει πως τοίχοι που έχουν μονωθεί με EPS δεν απελευθερώνουν ίνες βλαβερές για τους πνεύμονες.

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, επειδή το EPS δεν περιέχει θρεπτικά συστατικά για τους μύκητες και δεν ευνοεί την ανάπτυξη της μούχλας και των μυκήτων, αυτό σημαίνει πως η ποιότητα του εσωτερικού αέρα δεν επηρεάζεται αρνητικά από την εμφάνιση τέτοιων μικροοργανισμών.

- **Πιστοποιημένη μονωτική ικανότητα**

Το μονωτικό υλικό EPS έχει μεγάλο και αποδεδειγμένο ιστορικό ποιότητας και παράγεται κάτω από τη σήμανση CE σύμφωνα με τα CEN στάνταρ της ΕΕ, π.χ. EN

13163. Σε πολλές χώρες, υπάρχουν επιπλέον σημάνσεις ποιότητας, εθελοντικά, προκειμένου να υπάρχει καλύτερη εφαρμογή του προϊόντος σε συγκεκριμένες κατασκευές. Αυτή είναι η εγγύηση για τον κατασκευαστή και τον ιδιοκτήτη του σπιτιού ότι το μονωτικό υλικό EPS ικανοποιεί πλήρως όλες τις νομικές προδιαγραφές. Οι εθνικοί Σύνδεσμοι EPS μπορούν να παρέχουν επιπλέον πληροφόρηση σχετικά με τις ποιοτικές προδιαγραφές που υπάρχουν κατά τόπους.

5.3 Κατασκευή μια επαρκούς ενεργειακά κατασκευής με χρήση EPS

- Μόνωση επικλινούς στέγης και ταβανιού

Ένα κτίριο με επικλινή στέγη χωρίς μόνωση χάνει περίπου το 42% της θερμικής της ενέργειας μέσω της σκεπής. Η μόνωση EPS μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις περισσότερες επικλινείς στέγες. Η θέση του μονωτικού EPS μπορεί να είναι πάνω ή κάτω από την κατασκευή της σκεπής. Για τη μόνωση με EPS ανάμεσα στα δοκάρια της οροφής, έχουν αναπτυχθεί ειδικές λεπτομέρειες για να είναι δυνατή η χρήση του ακόμη και με τις διαφοροποιήσεις στο πλάτος μεταξύ των δοκαριών. Για τέτοιου είδους κατασκευές υπάρχουν στην αγορά πολλές διαφορετικές λύσεις με EPS. Μια επιπλέον επιλογή για τη μόνωση είναι η μορφή των προκατασκευασμένων πάνελ π.χ. διαρθρωτικά μεμονωμένα πάνελ (SIPS) ή πάνελ sandwich. Ειδικά στην περίπτωση στέγης με μικρή κλίση, η επιλογή της μόνωσης του ταβανιού ή της σοφίτας είναι πολύ συχνό φαινόμενο. Η αντοχή σε θλίψη του EPS που χρησιμοποιείται για τη μόνωση σε σοφίτες, καθιστά δυνατή την πρόσβαση στην περιοχή αυτή. Όταν γίνεται συντήρηση ή ανακαίνιση που περιλαμβάνει αντικατάσταση πλακιδίων, μπορεί να προστεθεί επιπλέον μόνωση πάνω από την υποδομή της σκεπής, πριν τοποθετηθούν τα νέα πλακάκια. Η επίδραση στους κατοίκους θα είναι μικρή, αφού ο εσωτερικός χώρος δεν επηρεάζεται.

Επικλινής στέγη	Νέα κατασκευή	Ανακαίνιση	Συνιστώμενη τιμή-U kWh/(m ² .a)	Συνιστώμενο πάχος (mm)
Πλάκες εξωτερικής μόνωσης	✓	✓	5,7-8,9	200-310
Πάνελ εξωτερικής μόνωσης	✓	✓	5,7-8,9	200-310
Σάντουιτς πάνελ και SIPS (διαρθρωτικά μεμονωμένα πάνελ)	✓	✓	5,7-8,9	200-310
Πλάκες /πάνελ κάτω από δοκάρια	✓	✓	5,5	200
Πλάκες ανάμεσα σε δοκάρια	✓	✓	5,5	200
Μόνωση ταβανιού ή σοφίτας με EPS	✓	✓	6,5-7,9	225-375

Οι συνιστώμενες τιμές βασίζονται σε ανάλυση από το ινστιτούτο *Passivhaus Institut*[15]

- Επίπεδη σκεπή

Όπως και ένα κτίριο με επικλινή σκεπή, έτσι και ένα κτίριο με επίπεδη σκεπή χάνει το 42% της θερμικής του ενέργειας μέσω της σκεπής. Η μόνωση με EPS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις περισσότερες κατασκευές είτε το υλικό υποστήριξης είναι ξύλο, είτε μέταλλο, είτε τσιμέντο. Η συντήρηση ή η ανακαίνιση μιας επίπεδης σκεπής είναι συχνά απαραίτητη εξαιτίας διαρροής μέσω της αδιάβροχης μεμβράνης.

Η ήδη υπάρχουσα μόνωση EPS μπορεί να μείνει ως έχει, αφού δεν επηρεάζεται από την υγρασία και δεν θα σαπίσει ή θα επηρεαστεί από τη μούχλα. Μπορεί να προστεθεί επιπλέον μόνωση για να βελτιωθεί η θερμική απόδοση.

Το «EPS Cut-to-falls» χρησιμοποιείται για τη θερμική μόνωση νέων και ανακατασκευασμένων επίπεδων σκεπών. Με το πρόγραμμα CAD μπορούν να σχεδιαστούν συστήματα «cut-to-falls» που να εξασφαλίζουν την καλή αποστράγγιση των επίπεδων σκεπών. Μετά το σχεδιασμό και το κόψιμο με το πρόγραμμα CAD, πλάκες με σήμανση μπορούν να παραδοθούν στο σημείο κατασκευής και να συνοδεύονται από ένα σχέδιο κατασκευής για αυτόν που θα κάνει την εγκατάσταση.

Επίπεδη οροφή	Νέα κατασκευή	Ανακαίνιση	Συνιστώμενη τιμή-U kWh/(m ² .a)	Συνιστώμενο πάχος (mm)
Επίπεδες πλάκες εξωτερικής μόνωσης	✓	✓	4,6-7,1	160-250
Πλάκες εξωτερικής μόνωσης cut-to-falls	✓	✓	4,6-7,1	160-250

Οι συνιστώμενες τιμές βασίζονται σε ανάλυση από το ινστιτούτο *Passivhaus Institut*[15]

- Μόνωση τοίχου

Περίπου το 24% της θερμότητας ενός σπιτιού χωρίς μόνωση, χάνεται μέσω των τοίχων του. Ανάλογα με τις πρακτικές δόμησης που χρησιμοποιούνται κατά τόπους, η μόνωση του τοίχου μπορεί να είναι έξω ή μέσα στον εξωτερικό τοίχο ή στο κενό ανάμεσα στον εξωτερικό και εσωτερικό τοίχο. Τυπικά αν χρησιμοποιείται τσιμέντο ή κάτι παρόμοιο για την κατασκευή, η μόνωση τοποθετείται στο εξωτερικό μέρος του τοίχου. Μόνωση τοίχου μπορεί να τοποθετηθεί σε ήδη υπάρχοντα σπίτια με:

- Τοποθέτηση πάνελ EPS στον εξωτερικό τοίχο και μετά εφαρμόζοντας γύψο ή άλλο διακοσμητικό τελείωμα από πάνω (ETICS)
- Τοποθέτηση πάνελ EPS κάτω από το έδαφος (περιμετρικές πλάκες) με την ανάλογη αδιαβροχοποίηση
- Εισαγωγή μεγάλης ποσότητας EPS χαλαρής πλήρωσης, μαζί με ένα κολλώδες μίγμα, στο πάνω μέρος της κοιλότητας του τοίχου ή μέσα από τρύπες στο πάνω μέρος του εξωτερικού τοίχου και επιτρέποντας στον αφρό να κυλήσει μέσα στην κοιλότητα και να την γεμίσει.

- Προσκολλώντας πλάκες EPS με ενσωματωμένο τελείωμα από γύψο στην μια πρόσοψη (doublage) στο εσωτερικό του τοίχου
- Κατασκευή συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης με EPS

Τα καινούρια κτίρια χρησιμοποιούν άλλες τεχνικές για να διασφαλίσουν την ολοκληρωμένη σωστή μόνωση των τοίχων. Αυτό γίνεται με τους εξής τρόπους:

- Προκατασκευασμένα, αυτό-στηριζόμενα πάνελ με ενσωματωμένη μόνωση (SIPS)
- Μονωμένα καλούπια σκυροδέματος [Insulated Concrete Forms (ICFs)]: κατασκευάζεται ένα «σκελετός» από EPS με ένα κενό μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού τοίχου το οποίο γεμίζεται με τσιμέντο. Η κατασκευή αυτή επιτρέπει την γρήγορη και αποτελεσματική δόμηση όπου η μόνωση αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του κτιρίου και εξασφαλίζει άριστες μονωτικές ιδιότητες.
- Κατασκευή συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης με EPS

Με τη μεγάλη ευελιξία σχεδιασμού που προσφέρει το EPS, υπάρχει ακόμη και η δυνατότητα να διατηρηθεί η όψη τούβλου, σε περίπτωση ανακαίνισης.

Μόνωση τοίχου	Νέα κατασκευή	ανακαίνιση	Συνιστώμενη τιμή-U kWh/(m ² .a)	Συνιστώμενο πάχος (mm)
ETICS	✓	✓	5,2-7,3	180-255
Περιμετρικά	✓	✓	3,0	100
Αυτοστηριζόμενα πάνελ με ενσωματωμένη μόνωση (SIPS)	✓	✓	5,2-7,3	180-255
Χαλαρή πλήρωση	✓	✓	-	Τελείως γεμάτο
Μονωμένα καλούπια σκυροδέματος (ICF)	✓	✓	5,2-7,3	180-255

Οι συνιστώμενες τιμές βασίζονται σε ανάλυση από το ινστιτούτο *Passivhaus Institut*[15]

Μόνωση πατωμάτων και θεμελίωση

Απώλειες θερμότητας μέχρι 20% μπορεί να υπάρχουν μέσω του πατώματος ενός μη μονωμένου κτιρίου.

- Εξαιτίας της μεγάλης θλιπτικής αντοχής και της μικρής απορρόφησης υγρασίας, μια από τις πιο διαδεδομένες εφαρμογές του EPS είναι μόνωση πατώματος με πλάκες επί εδάφους. Μια ακόμα συνηθισμένη εφαρμογή με χρήση EPS είναι τα μονωμένα τσιμεντένια πατώματα, είτε προκατασκευασμένα είτε κατασκευάζονται επί τόπου ως σύστημα δοκών ή τούβλων. Στα κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης η μόνωση τοποθετείται όχι μόνο στα πατώματα αλλά και στα θεμέλια. Σε πολλές περιπτώσεις το EPS χρησιμοποιείται ως «κρυφή» μορφή τσιμέντου για τα θεμέλια.

Μόνωση πατώματος	Νέα κατασκευή	Ανακαίνιση	Συνιστώμενη τιμή U kWh/(m ² .a)	Συνιστώμενο πάχος (mm)
Μόνωση υπογείου στην κάτω πλευρά ξύλινου ή τσιμεντένιου πατώματος	✓	✓	3,0	105
Προκατασκευασμένα τσιμεντένια πατώματα με μόνωση EPS	✓	✓	4,0-6,5	140-230
Μόνωση πατώματος με EPS με στρώσιμο χαλικιού	✓	✓	4,0-6,5	140-230
Μόνωση σε θεμέλια	✓	✓	4,0-6,5	140-230
Μορφή «κρυφής» μόνωσης για τα θεμέλια	✓	✓	3,0	105

Οι συνιστώμενες τιμές βασίζονται σε ανάλυση από το ινστιτούτο *Passivhaus Institut*[15]

Βιβλιογραφία

[1] *Towards very low energy buildings energy saving and CO2 emission reduction by changing European building regulations to very low energy standards*, Ole Michael Jensen ea, EuroACE, 2009

[2] *The Passivhaus standard in European warm climates: design guidelines for comfortable low energy homes. Part 1. A review of comfortable low energy homes. Report from EC funded project Passive-on, 'Marketable Passive Homes for Winter and Summer Comfort' EIE/04/091/S07.38644, 2004-'07.*

[3] *First Steps: What Can be a Passive House in Your Region with Your Climate?*, Passiv Haus Institut, 2004

[4] *IPPC Climate Change Synthesis Report*, 2007

[5] *Altbau moernisierng*, Passiv.de_

[6] *EU CEPHEUS project final report*, 2001

[7] *Retrofitting houses with insulation to reduce health inequalities*, University of Otago, 2005

[8] *U-Values for Better Energy Performance of Buildings*, Ecofys, 2007

[9] *The Passivhaus standard in European warm climates: design guidelines for comfortable low energy homes. Part 1. A review of comfortable low energy homes. Passive-on, 2007`*

[10] *Luftdicht ist Pflicht*, Passivhaus Kompendium, 2007

[11] *Energy Savings by Plastics Insulation*, GUA, 2006

[12] *Ref: EPS Insulation Mold Resistance (PDF request for at USA Ass`, to be added)*

[13] *Emission von Flammschutzmitteln*, BAM, 2003

- [14] *Emission tests on thermal insulation products with the intention to implement these tests into EN standards*, BAM, FIW, 2005
- [15] *Wirtschaftlichkeit van Wärmedämm-Massnahmen im Gebäudebestand*, Passivhaus Institut, GDI, 2005
- [16] *Mithubishi airconditioners*, brochure 2009
- [17] *Insulation and thermal bridges*, CESR TREES project presentation, 2005
- [18] *European Embedding of Passive Houses*, PEP, 2008
- [19] *Passiefhuizen in Nederland*, Builddesk, 2007
- [20] *Niedrigenergiehäuser unter Verwendung des Dämmstoffes Styropor*, Fraunhofer, 1997
- [21] *Compromise on the recast of the EPBD (Energy Performance of Buildings Directive)*, EU commission, November 2009
- [22] *7 measures for two million jobs*, report from the commission to the council and EU parliament, EU commission, October 2009
- [23] *Climate map by Mc Kinsey*, Vattenval, 2007
- [24] *Integrated Building design*, Per Heiselberg, Aalborg University, 2007

Η μόνωση είναι ελκυστική

Η απλή ενέργεια της ανακατασκευής ενός κτιρίου προκειμένου να γίνει πιο επαρκές ενεργειακά: με την εγκατάσταση νέων παραθύρων και θυρών, θερμομόνωσης, σφράγισμα διαρροών, εκσυγχρονισμό του συστήματος θέρμανσης και ψύξης, είναι ένα από τα πιο γρήγορα, πιο εύκολα και πιο οικονομικά πράγματα που μπορούμε να κάνουμε προκειμένου να ξαναδώσουμε δουλειά στους Αμερικανούς, ενώ παράλληλα θα εξοικονομούμε χρήματα και θα μειώνουμε τις εκπομπές επικίνδυνων αερίων.

Το ξέρω πως η ιδέα μπορεί να μην είναι ιδιαίτερα ελκυστική, παρόλο που εγώ πραγματικά ενθουσιάζομαι για κάτι τέτοιο. Δείτε λοιπόν τι είναι ελκυστικό σε όλο αυτό το σκεπτικό: η εξοικονόμηση χρημάτων. Σκεφτείτε το ως εξής: αν δεν έχετε αναβαθμίσει ακόμα το σπίτι σας, δεν έχετε απώλειες μόνο σε θερμό ή κρύο αέρα, αλλά και σε χρήματα και ενέργεια. Αν βλέπατε 20\$ να φεύγουν από το παράθυρο και να χάνονται στην ατμόσφαιρα, θα προσπαθούσατε να βρείτε τρόπο να τα συγκρατήσετε. Αυτό ακριβώς συμβαίνει εξαιτίας της έλλειψης ενεργειακής απόδοσης στα κτίρια μας.

Μέσα στα επόμενα χρόνια οι άνθρωποι θα συνειδητοποιήσουν πόσο εξαιρετική είναι αυτή η ευκαιρία και αυτό θα βοηθήσει την Αμερική να αναθεωρήσει τις απόψεις της όσον αφορά στη χρήση ενέργειας. Είμαι ενθουσιασμένος για αυτό και ελπίζω και εσείς να αισθάνεστε το ίδιο. Σας το είπα πως η μόνωση είναι ελκυστική!

Προέδρος Ομπάμα, ομιλία στο Αμερικανικό κοινοβούλιο

15^η Δεκεμβρίου 2009