

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ:
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΙ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ»

ΚΤΗΡΙΟ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ
& Η ΑΛΛΗΛΟΕΞΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥΣ



Αργυροπούλου Ανδρονίκη
Αρ. Μητρώου: 2007057108

Διδάσκων Καθηγητής:
Βασίλειος Γκέκας

ΧΑΝΙΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΚΤΗΡΙΟ ,ΕΝΕΡΓΕΙΑ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	4
1.1. Εισαγωγή	4
1.2.Η εξέλιξη του ενεργειακού σχεδιασμού των κτηρίων: τριάντα	5
χρόνια αναζήτησης	5
1.3. Επιπτώσεις των κτηρίων στο περιβάλλον	8
1.3. Δομικά Υλικά	11
1.4. Ενεργειακή κατανάλωση	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΤΗΡΙΟ	17
2.1. Εισαγωγή	17
2.2. Τα αίτια του προβλήματος.....	17
2.3. Θερμομόνωση κελύφους	18
2.4. Συστήματα θέρμανσης	20
2.5. Ηλεκτρικές συσκευές και εγκαταστάσεις	22
2.6. Κλιματισμός.....	23
2.7. Δυνατότητες παρέμβασης.....	24
2.8. Η συνολική θεώρηση του προβλήματος.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ3: ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ & 27	27
Κ.Ε.Ν.Α.Κ.....	27
3.1. Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια : ιστορική αναδρομή.....	27
3.2. Ελληνικός Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτηρίων	29
3.3. Κ.Ε.Ν.Α.Κ.. (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων)	31
3.4. Ενεργειακή πολιτική	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	43
4.1 Ορισμός	43
4.2 Χωροθέτηση	43
4.3. Προσανατολισμός	45
4.4 Σχεδιασμός κάτοψης.....	46
4.5 Σχεδιασμός ανοιγμάτων	47
4.6 Θερμική Άνεση.....	48
4.6.1. Υπολογισμός της θερμικής άνεσης	51

4.7. Οι θερμικές απώλειες και η προέλευση τους.....	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΣΩ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ	55
5.1. Η συμβολή της θερμομόνωσης.....	55
5.2. Οι βασικές αρχές της θερμομόνωσης	60
5.3. Συμβολή της θερμομόνωσης κατά την καλοκαιρινή περίοδο.	66
5.4. Θερμομόνωση και οικονομία.....	67
5.4.1. Επιλογή της κατάλληλης θερμομόνωσης.....	67
5.4.2. Κριτήρια επιλογής.....	68
5.4.3.Οικολογική θερμομόνωση.....	69
5.5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα διάφορων τεχνικών θερμομόνωσης	70
5.6. Θερμομόνωση των δομικών στοιχείων - Κατασκευαστικές λύσεις.....	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	77
6.1 Εισαγωγή.....	77
6.2. Ανάλυση κύκλου ζωής των υλικών	79
6.3. Οικολογική (περιβαλλοντική) προτίμηση.....	81
6.4. Ταξινόμηση των θερμομονωτικών υλικών	85
6.5. Βασικά χαρακτηριστικά θερμομονωτικών υλικών	86
6.5.1.Φυσικές ιδιότητες.....	86
6.5.2. Περιβαλλοντικές ιδιότητες.....	87
6.6. Θερμομονωτικά υλικά στην ελληνική αγορά.....	90
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	94
7.1. Διογκωμένη πολυστερίνη	94
7.1.1.Τρόπος παραγωγής Διογκωμένης πολυστερίνης	96
7.1.2.Απεριόριστες εφαρμογές	97
7.1.3. Σχέδια Ανακύκλωσης /Ανάκτησης	98
7.1.4. Ανάκτηση ενέργειας.....	98
7.1.5. Ο ρόλος του EUMEPS στη διαχείριση των απορριμμάτων	98
7.1.6.Υγιής οικοδόμηση με EPS	99
7.1.7. Αποτελέσματα της Αξιολόγησης του Κύκλου ζωής	100
7.2. Αφρώδες εξηλασμένη πολυστερίνη	102

7.2.1. Γενικά χαρακτηριστικά	102
7.2.2. Τρόπος παραγωγής αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης....	105
7.3. Διογκωμένη πολυστερίνη ή Αφρώδες εξηλασμένη πολυστερίνη	105
7.4. Πετροβάμβακας	107
7.5. Σύγκριση πετροβάμβακα και εξηλασμένης πολυστερίνης.....	109
7.5.1. Η εικόνα της αγοράς πετροβάμβακα και εξηλασμένης	109
πολυστερίνης.....	109
7.5.2 Βασικά χαρακτηριστικά των δυο θερμομονωτικών υλικών.....	111
7.5.3 Περιβαλλοντική αξιολόγηση των υπό μελέτη υλικών.....	114
7.5.3.1. Βασικές περιβαλλοντικές ιδιότητες θερμομονωτικών υλικών	114
7.5.3.2. Εφαρμογή της AKZ στα δύο υπό μελέτη θερμομονωτικά	115
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 :ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ	120
8.1. Περιβαλλοντική βαθμονόμηση των υπό μελέτη θερμομονωτικών.....	120
υλικών	120
8.2 Πρόταση Βαθμονόμησης των θερμομονωτικών υλικών	124
με τον πίνακα Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης.....	124
8.3. Συμπεράσματα.....	129
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	133

1.1. Εισαγωγή

Η ανάγκη για μια διαφορετική διαχείριση της ενέργειας, καθώς και η επιδείνωση του περιβάλλοντος πολλών αστικών κέντρων , έφεραν στην επικαιρότητα τη συζήτηση για μια αλλαγή στην τεχνολογία της δόμησης. Αυτή η αλλαγή συναρτάται με τις έννοιες της αειφορίας και του οικολογικού σχεδιασμού των κτηρίων και των πόλεων . Η νέα αρχιτεκτονική, δεν ενδιαφέρεται μόνο για τις μορφές των κτηρίων και τα λειτουργικά τους χαρακτηριστικά, αλλά εισάγει μια νέα πρόταση για την ποιότητα των κατασκευών. Αναφέρεται

- στο μικροπεριβάλλον ,
- στη σύσταση των υλικών,
- στη μείωση της παραγωγής ρύπων και αποβλήτων,
- στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Οι νέες προσεγγίσεις δεν αντιμετωπίζουν πια την ενέργεια ως ένα παράγοντα εξωτερικό, αλλά την κάνουν μέρος της ζωής και της δομής του κτηρίου.

Φυσικά δεν φτάνει η υιοθέτηση των νέων αρχών. Η αναβάθμιση του δομημένου χώρου απαιτεί μια συνολική και συλλογική προσπάθεια που ξεκινά από το χώρο της εκπαίδευσης και φθάνει στο πεδίο της αγοράς. Σ' αυτούς τους στίβους θα κριθεί τελικά το αν και κατά πόσο οι σύγχρονες κοινωνίες θα κινηθούν προς τα νέα πρότυπα και τις προτάσεις που σήμερα μόνο μερικοί πρωτοπόροι υιοθετούν. Η εκπαίδευση είναι απαραίτητη γιατί θα δώσει, μαζί με την ευαισθησία , τα εργαλεία στη νέα γενιά των μηχανικών. Η αγορά θα κρίνει το αποτέλεσμα της αναμέτρησης του παλιού με το καινούργιο. Θα κρίνει δηλαδή το αν οι προτεινόμενες λύσεις, τα υλικά και τα συστήματα, εκτός από τα περιβαλλοντικά τους χαρακτηριστικά μπορούν να παραχθούν από βιώσιμες επιχειρήσεις που σιγά-σιγά θα κατακτήσουν την εμπιστοσύνη των καταναλωτών.

Ήδη όμως τα δείγματα αυτής της αλλαγής είναι ορατά. Όχι τόσο στο επίπεδο των μεγάλων οικιστικών συνόλων αλλά των μεμονωμένων κυρίως εφαρμογών. Η πρόκληση όμως του μέλλοντος είναι να περάσουμε από τη μικρή στη μεγάλη κλίμακα, από σημειακή παρέμβαση στην ενεργό πολεοδομία των αναπλάσεων και των νέων οικισμών. Οι πόλεις του μέλλοντος πρέπει να είναι

αιεφόρες και αυτό δεν μπορεί να είναι ανεξάρτητο από την ποιότητα των κατασκευών.

Είναι βέβαιο γεγονός πως η οικολογική δόμηση είναι κυρίως το αποτέλεσμα μιας ολοκληρωμένης και πολύπλοκης σύνθεσης, που λαμβάνει υπόψιν της ένα μεγάλο σύνολο παραμέτρων:

- την τοπογραφία των οικοπέδων,
- το έδαφος,
- το μικροκλίμα,
- τον προσανατολισμό των κτηρίων,
- την σωστή επιλογή των ανοιγμάτων,
- την μελέτη του κελύφους,
- την επιλογή των κατάλληλων υλικών.
- την λειτουργική ενσωμάτωση στο κτήριο των συστημάτων παραγωγής ενέργειας, ενώ προτείνει σύγχρονα συστήματα για την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον.

Το κτήριο δεν είναι πλέον ένα άθροισμα ετερόκλητών στοιχείων, αλλά ένα ολοκληρωμένο κύτταρο για την πόλη και τον άνθρωπο.

Όμως αυτό δεν σημαίνει πως τα περιθώρια των παρεμβάσεων στα υφιστάμενα κτήρια είναι μικρά. Με σχετικές μικρές δαπάνες και φιλικές προς το χρήστη τεχνολογίες, μπορούμε να μειώσουμε σημαντικά τις απώλειες θερμότητας, να προστατεύσουμε τα σπίτια από την υπερθέρμανση τους καλοκαιρινούς μήνες, να χρησιμοποιήσουμε φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα για τις επισκευές, να βελτιώσουμε τις συνθήκες φυσικού φωτισμού, να ανεβάσουμε την απόδοση των μηχανικών συστημάτων. Οι δαπάνες, που μπορεί στην αρχή να φανούν ως υπερβολικές, θα αποσβεσθούν πολύ σύντομα από την μείωση του κόστους λειτουργίας και την δημιουργία καλύτερων όρων διαβίωσης. (Πηγή: ΔΙΠΕ –Οικολογική Δόμηση, 2000)

1.2. Η εξέλιξη του ενεργειακού σχεδιασμού των κτηρίων: τριάντα χρόνια αναζήτησης

Η δεκαετία του 1970 σημαδεύτηκε από την προσπάθεια απάντησης του επιστημονικού κόσμου στις δύο πετρελαϊκές κρίσεις, η οποία οδήγησε στην υιοθέτηση από τον πολιτικό κόσμο κανονιστικών ρυθμίσεων για τη μείωση της

κατανάλωσης ενέργειας για τη θέρμανση των κτηρίων. Στην προσπάθεια αυτήν περιλαμβάνονταν η θερμική προστασία του κτηριακού κελύφους, η μείωση των απωλειών ακούσιου αερισμού και ο περιορισμός του εκούσιου αερισμού στα απολύτως αναγκαία επίπεδα. Τα αποτελέσματα αυτής της προσέγγισης ήταν σε ποσοτικό επίπεδο ικανοποιητικά, άφηναν, όμως, σε ποιοτικό επίπεδο αρκετά θέματα ανοιχτά: ανεπαρκής φυσικός φωτισμός, οπτική αποξένωση από το φυσικό περιβάλλον, κακή ποιότητα αέρα και εμφάνιση προβλημάτων υγρασίας λόγω ανεπαρκούς αερισμού, ήταν μερικά από τα προβλήματα που διαπιστώθηκαν.

Η δεκαετία του 1980 αποτέλεσε μία περίοδο δημιουργικής ανησυχίας, καθώς η προσπάθεια υλοποίησης των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας συνοδεύτηκε από αναζήτηση λύσεων στα προβλήματα που ανέκυπταν από τα ίδια τα μέτρα. Έτσι, δόθηκε έμφαση στην προσέγγιση του κτηρίου «χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας», με κυριότερο μεθοδολογικό εργαλείο τον ενεργειακό βιοκλιματικό σχεδιασμό, που αξιοποιεί το φυσικό περιβάλλον, με τον ηλιασμό, την ηλιοπροστασία, τη θερμοχωρητικότητα και το φυσικό αερισμό, και δεν προσπαθεί να απομονώσει το κτήριο από αυτό. Είναι χαρακτηριστικές οι επιδεικτικές εφαρμογές μεγάλης κλίμακας σε αρκετές ευρωπαϊκές χώρες όπως τα σπίτια του Milton Keynes στην Αγγλία, το Ηλιακό Χωριό της Λυκόβρυσης και τα “ηλιακα σπίτια” στη Γερμανία. Οι εφαρμογές αυτές, άλλοτε περισσότερο κι άλλοτε λιγότερο επιτυχείς συνέβαλλαν στην καθιέρωση μίας ολιστικής, κι όχι μονοδιάστατης, προσέγγισης του ενεργειακού σχεδιασμού του κτηρίου. Παράλληλα, κι αυτό έχει σημασία για τις εξελίξεις που σήμερα βιώνουμε καθιερώθηκαν σε πολλά πανεπιστήμια και πολυτεχνεία ο ενεργειακός σχεδιασμός και η δομική φυσική, ως αυτόνομα, διακλαδικά γνωστικά αντικείμενα, ξεφεύγοντας από την διαχωριστική αντίληψη προηγούμενων δεκαετιών και επιτρέποντας τη συνεργειακή εκμετάλλευση της προόδου που συντελείται σε επιστημονικούς τομείς που, σε πρώτη θεώρηση, δεν σχετίζονται άμεσα με το κτήριο.

Στη δεκαετία του 1990 ο ενεργειακός σχεδιασμός χαρακτηρίστηκε από μία επιστημονική ωριμότητα. Διερευνήθηκε το θεωρητικό υπόβαθρο και αναπτύχθηκαν οι υπολογιστικές δυνατότητες, που επέτρεψαν τη μετάβαση από το εμπειρικό στο εμπειριστατωμένο επίπεδο. Με αυτά τα δεδομένα κατέστη δυνατή η ανάλυση των ιδιοτήτων των υλικών, η προσομοίωση της

δυναμικής συμπεριφορά ενός δομικού στοιχείου στο χρόνο και η αξιολόγηση της επιτυχίας της ένταξης μίας κατασκευής στο αστικό περιβάλλον, με ταχύτητα και ακρίβεια. Στην ίδια την κατασκευή η εξέλιξη, και εν συνεχεία καθιέρωση στην αγορά, νέων δομικών υλικών και ολοκληρωμένων κατασκευαστικών λύσεων επέτρεψαν την εκπλήρωση των ολοένα πιο αυστηρών ορίων που σταδιακά θεσμοθετήθηκαν. Ετσι στη Βόρεια και Κεντρική Ευρώπη είναι πλέον εφικτά επίπεδα κατανάλωσης, που είκοσι χρόνια νωρίτερα θεωρούνταν «ακαδημαϊκά», φτάνοντας στις μετά το 1996 γερμανικές κατασκευές τις 50 kWh/m². Στις αρχές του νέου αιώνα τα σύγχρονα κτήρια καταναλώνουν για θέρμανση το ένα έκτο της ενέργειας απ' ό,τι αυτά που κατασκευάστηκαν πριν το 1970, χωρίς να περιορίζουν τις επιλογές το αρχιτεκτονικού σχεδιασμού.

Υπήρξαν, ωστόσο, και αρνητικές εξελίξεις. Στις νότιες ευρωπαϊκές χώρες, αλλά όχι μόνο σε αυτές αναδείχθηκε το μείζον πρόβλημα της ραγδαίας αύξησης των φορτίων κλιματισμού. Η μεταβολή των μικροκλιματικών συνθηκών στα αστικά κέντρα, η υπερδιαστασιολόγηση των ανοιγμάτων ανεξαρτήτως του προσανατολισμού τους, αφού τα σύγχρονα κουφώματα επιτρέπουν εύκολα τη κάλυψη των απαιτήσεων θερμικής προστασίας το χειμώνα, και οι αυξημένες απαιτήσεις εσωκλιματικών συνθηκών από τους κατοίκους, αποτελούν τους βασικότερους παράγοντες. Η εξέλιξη αυτή υπενθυμίζει, ότι η ηλιοπροστασία, η αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας και η θερμομόνωση είναι αρετές ενός κτηρίου που πολύ δύσκολα υποκαθίστανται – και πάντως με υψηλό ενεργειακό κόστος και αμφίβολα αποτελέσματα σε ότι αφορά τη θερμική άνεση.

Υπό αυτήν την έννοια, ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτηρίων στη δεκαετία του 2000 θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από τρεις βασικές στόχους:

- Την κατοχύρωση ενός υψηλού επιπέδου θερμικής προστασίας του κτηριακού κελύφους, με χρήση περιβαλλοντικά φιλικών υλικών.
- Την αξιοποίηση των δυνατοτήτων που τα σύγχρονα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού παρέχουν, για την επίτευξη όχι μόνο καλών συνθηκών θερμικής άνεσης αλλά και καλής ποιότητας αέρα, με οικονομικό τρόπο.
- Την επανενσωμάτωση των παραδοσιακών αρχών της ηλιοπροστασίας και του αερισμού στο κτήριο, η οποία είναι πολύ πιο εφικτή αξιοποιώντας τα υπολογιστικά εργαλεία και τα προηγμένα, «έξυπνα»

δομικά υλικά που σήμερα είναι διαθέσιμα, ώστε το φορτίο που θα κληθούν να καλύψουν τα προαναφερθέντα συστήματα να είναι το ελάχιστο δυνατό.

(Πηγή : Θερμική προστασία κτηρίων: Σύγχρονα υλικά και προοπτικές της αγοράς, Άγις Παπαδόπουλος)

1.3. Επιπτώσεις των κτηρίων στο περιβάλλον

Ως κτήριο θεωρείται η κατασκευή , που αποτελείται από τεχνικά έργα και εγκαταστάσεις και προορίζεται για:

- Την παραμονή ανθρώπων ή ζώων , όπως η κατοικία και ο στάβλος
- Την εκτέλεση εργασίας, ή την άσκηση επαγγέλματος, όπως το κατάστημα και το εργοστάσιο
- Την αποθήκευση, ή τοποθέτηση πραγμάτων, όπως οι αποθήκες , ο χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων, το σιλό , η δεξαμενή υγρών,
- Την τοποθέτηση, ή λειτουργία μηχανημάτων, όπως το αντλιοστάσιο.

Κάθε κτήριο, ή εγκατάσταση πρέπει πέρα από την λειτουργικότητα του (της) :

- Να ικανοποιεί τις απαιτήσεις , τόσο ως μεμονωμένο κτήριο, ή εγκατάσταση, όσο και σε σχέση με το οικοδομικό τετράγωνο,
- Να εντάσσεται στο φυσικό και οικιστικό περιβάλλον, ώστε στα πλαίσια οικιστικής ανάπτυξης και της προστασίας του περιβάλλοντος να εξασφαλίζονται οι καλύτεροι δυνατοί όροι διαβίωσης.

Ο έλεγχος της τήρησης των προϋποθέσεων αυτών ασκείται από την Πολεοδομική Υπηρεσία με βάση τη μελέτη της άδειας οικοδομής, που συνοδεύεται από αιτιολογημένη έκθεση του μελετητή μηχανικού στο στάδιο θεώρησης των σχεδίων του προελέγχου αν ζητηθεί ή στο στάδιο της χορήγησης της άδειας οικοδομής.

Κάθε κτήριο σε όλα τα στάδια της ζωής του –από την κατασκευή, την χρήση , την συντήρηση, την ανακαίνιση ως την κατεδάφιση του- έχει σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και παίζει καθοριστικό ρόλο στην ποιότητα της ζωής και την υγεία, τόσο αυτών που κατοικούν όσο και των περιοίκων. Ο σχεδιασμός του επηρεάζει το ενεργειακό ισοζύγιο και την ποιότητα του εσωτερικού χώρου μέσω των ανταλλαγών με το εξωτερικό περιβάλλον.

Δεδομένου ότι ο κάτοικος των αστικών κυρίως κέντρων βιώνει το 80% της ζωής του στο εσωτερικό των κτηρίων, είναι προφανής η επίδραση της ποιότητας του εσωτερικού κλίματος τόσο στην υγεία και την άνεση όσο και την παραγωγικότητά του. Η κατά τα τελευταία χρόνια δραματική υποβάθμιση του ατμοσφαιρικού προβλήματος καθώς και χρήση υλικών και συσκευών μη φιλικών προς το περιβάλλον έχουν συντελέσει στην εμφάνιση σημαντικών, ποιοτικά και ποσοτικά, περιβαλλοντικών και ενεργειακών προβλημάτων στα κτήρια.

Ειδικότερα,

- η μεγάλη κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων φυσικών πόρων (αδρανή υλικά, ορυκτά, ξύλο και νερό) καθώς και ενέργεια. Το ξύλο , το τσιμέντο, ο χάλυβας, το αλουμίνιο, τα κεραμικά τα συνθετικά υλικά τα χρώματα, τα βερνίκια , οι οργανικοί διαλύτες και τα άλλα δομικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές , χρειάζονται μεγάλες ποσότητες πρώτων υλικών και ενέργειας για την παραγωγή τους , την μεταφορά τους και την ενσωμάτωση τους σε ένα κτήριο
- η θέρμανση, ο κλιματισμός, η παραγωγή ζεστού νερού, ο τεχνητός φωτισμός, απαιτούν μεγάλες ποσότητες ενέργειας και συνεπάγονται έμμεσες ή άμεσες εκπομπές ρύπων και διοξειδίου του άνθρακα.
- η ρύπανση του αέρα από τις ενεργειακές εκπομπές ενός κτηρίου έχει επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία (σε τοπικό επίπεδο) και επιδεινώνει τα αρνητικά φαινόμενα, όπως είναι η όξινη βροχή (σε περιφερειακό επίπεδο) και η αλλαγή του κλίματος που οφείλεται στην αύξηση των συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (σε πλανητικό επίπεδο).
- επίσης, πολλά από τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή , την συντήρηση και την ανακαίνιση των κτηρίων περιέχουν τοξικές ουσίες που ρυπαίνουν τον αέρα και τα νερά και προκαλούν βλάβες στην υγεία των ανθρώπων και στα φυσικά οικοσυστήματα. Οι ουσίες αυτές περιέχονται και στα υλικά κατεδαφίσεως που μαζί με τα δομικά κατάλοιπα συνιστούν ιδιαίτερη κατηγορία στερεών αποβλήτων.
- επιπλέον, η χωροθέτηση και η ανέγερση ενός κτηρίου επηρεάζουν τον χώρο και έχει επιπτώσεις στο περιβάλλον που αφορούν την διατάραξη του τοπίου, την μείωση των ελεύθερων χώρων, την αύξηση των απορριμμάτων ως και την εμφάνιση του φαινομένου της αστικής

χαράδρας που αφορά , την μεταβολή της κυκλοφορίας του αέρα ,την μείωση της ταχύτητας του, την αλλαγή της διεύθυνσης του ανέμου καθώς και την θερμοκρασιακή στρωμάτωση του αέρα στους δρόμους των πόλεων και την αλλαγή του τοπικού μικροκλίματος

- το κλίμα των πόλεων επηρεάζεται από το δομημένο περιβάλλον (το σύνολο του χώρου όπου έχουν αναπτυχθεί οι υποδομές και τα κτήρια που καλύπτουν τις ανάγκες διαμονής , εργασίας και αναψυχής των ανθρώπων) , το είδος και την ποιότητα των κτηρίων. Η πυκνή δόμηση και η βιομηχανοποίηση των υλικών, έχουν επιδεινώσει την ποιότητα του αστικού χώρου
- η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος στα μεγάλα αστικά κέντρα ,(φαινομένου της θερμικής νησίδας) , έχει συντελέσει στην δραματική αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για τον δροσισμό των κτηρίων κατά την καλοκαιρινή περίοδο. (Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η απαιτούμενη ενέργεια για τον δροσισμό ενός κτηρίου στο κέντρο της Αθήνας είναι σχεδόν διπλάσια από την απαιτούμενη στην περιφέρεια της πόλης.)
- η αύξηση των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και οι υψηλές εκπομπές μέρους των σύγχρονων δομικών υλικών συντελούν στην αύξηση της συγκέντρωσης ρυπαντών στο εσωτερικό των κτηρίων, με ιδιαίτερα σημαντικές συνέπειες τόσο στην υγεία όσο και την παραγωγικότητα των ενοίκων. (Μετρήσεις σε κτήρια γραφείων και νοσοκομείων στην ευρύτερη περιοχή Αθηνών έδειξαν ιδιαίτερα αυξημένες συγκεντρώσεις ρύπων στο εσωτερικό των κτηρίων καθώς και αυξημένα ποσοστά παθολογίας των ενοίκων.)
- Άλλο πρόβλημα αφορά τον κύκλο ζωής των δομικών υλικών, δεδομένου ότι τα δομικά υλικά αποτελούν «ζωντανό» τμήμα της κατασκευής , δηλαδή ότι έχουν και αυτά διάρκεια ζωής. Γι' αυτό ο κύκλος ζωής των υλικών να αποτελεί ένα ακόμη κριτήριο της επιλογής υλικών για να μην προκύπτουν άσκοπες ποσότητες κατασκευαστικών αποβλήτων.

Με βάση όλων αυτών των προαναφερθέντων προβλημάτων τις δύο τελευταίες δεκαετίες οι αντιλήψεις για τον σχεδιασμό των κτηρίων έχουν αρχίσει να αλλάζουν . Οι κατασκευαστές και οι χρήστες εκδηλώνουν ενδιαφέρον ολοένα και περισσότερο για κτήρια που ικανοποιούν σε μεγαλύτερο βαθμό τις ανάγκες των χρηστών, μειώνουν στο ελάχιστο τις επιπτώσεις στο περιβάλλον,

προστατεύουν την υγεία των ενοίκων και τα οικοσυστήματα. Οι στόχοι που αφορούν μια σύγχρονη κατοικία , εκτός από την χρηστικότητα και την αισθητική τους είναι:

- Η ελαχιστοποίηση σε φορτία θέρμανσης , ψύξης και στις καταναλώσεις των συσκευών.
- Η χρησιμοποίηση υλικών και δομικών στοιχείων που να έχουν αποδεκτή περιβαλλοντική συμπεριφορά.
- Η εξασφάλιση στην ποιότητα του αέρα
- Η επαρκής διερεύνηση στη φάση του σχεδιασμού

Τα παραπάνω καθορίζουν το πλαίσιο εξέτασης και ανάλυσης του όλου ενεργειακού και περιβαλλοντικού προβλήματος των κτηρίων. Η ενεργειακή συμπεριφορά των κτηρίων δεν θα πρέπει να αποσυνδέεται από τα προβλήματα περιβάλλοντος και θα πρέπει να μελετάται σαν μια ενότητα μαζί με το συγκεκριμένο εξωτερικό μικροκλίμα στον χώρο του κτηρίου, καθώς και το διαμορφούμενο εσωτερικό περιβάλλον. *(Πηγή ΔΙΠΕ –Οικολογική Δόμηση,2000)*

1.3. Δομικά Υλικά

Τα δομικά υλικά, όπως και κάθε άλλο υλικό έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά , τα οποία προσδιορίζουν γενικά τη φύση τους και ορισμένες ικανότητες , που τους επιτρέπουν να ανθίστανται στις εξωτερικές επιδράσεις. Τα χαρακτηριστικά και οι ικανότητες αυτές καλούνται ιδιότητες. Το βάρος, το χρώμα , η αντοχή στις εξωτερικές δυνάμεις, η θερμοαγωγιμότητα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η αντοχή στις χημικές επιρροές αποτελούν μερικές από τις ιδιότητες τους. Για την επιλογή των κατάλληλων υλικών ο κατασκευαστής πρέπει, εκτός από τις ιδιότητες των διαθέσιμων υλικών, να γνωρίζει τους εξωτερικούς παράγοντες που θα επηρεάσουν το έργο , καθώς και τις ιδιότητες που επιβάλλεται να έχουν τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν, ώστε να είναι ικανά να αντισταθούν αποτελεσματικά στις απαιτήσεις του έργου.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατά την κατασκευή επηρεάζουν την δομή , τη μορφή , την αισθητική , το κόστος , τη μέθοδο κατασκευής και το εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον, π.χ. οι θερμικές και οπτικές ιδιότητες παίζουν σημαντικό ρόλο στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτηρίου αλλά και του περιβάλλοντος

χώρου, ενώ η τοξικολογική τους δράση επηρεάζει την ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα. Τα κριτήρια που θα χρησιμοποιηθούν για την επιλογή των υλικών αφορούν το πόσο κατάλληλα είναι για το σκοπό που επιλέχθηκαν, το κόστος , τη μηχανική αντοχή, τη σταθερότητα , την ασφάλεια, και συμπεριλαμβάνουν τον αντίκτυπο στο περιβάλλον, τον κύκλο ζωής τους, την υγεία, άλλα και την αισθητική. Ο αντίκτυπος στο φυσικό περιβάλλον συμπεριλαμβάνει την περιβαλλοντική υποβάθμιση λόγω της εξαγωγής πρώτων υλών, της διαδικασίας κατασκευής , της μεταφοράς, συντήρησης και τελικής απόρριψης σαν απόβλητα τους και τις αντίστοιχες ενεργειακές δαπάνες.

Τα τελευταία χρόνια έχει σημειωθεί αλματώδης ανάπτυξη στον τομέα των δομικών υλικών διεθνώς. Η ανάπτυξη αυτή έχει επιτρέψει στους επιστήμονες να δημιουργούν πολλούς συνδυασμούς υλικών και στις επιχειρήσεις να οργανώνουν καλύτερα την παραγωγή. Οι κατασκευαστές και οι καταναλωτές αναζητούν καλύτερη ποιότητα υλικών και καλύτερες τιμές. Η επιλογή των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή και τον εξοπλισμό ενός κτηρίου , είναι ένα μικρό ποσοστό του συνολικού κόστους στην διάρκεια του κτηρίου. Αν η κατασκευή γίνει μετά από καλό σχεδιασμό και προσεκτική επιλογή υλικών οι ένοικοι θα επιβαρυνθούν πολύ λιγότερο για την μελλοντική του συντήρηση , θα γίνει εξοικονόμηση φυσικών πόρων και θα υποβαθμιστεί λιγότερο το περιβάλλον. Όσο πιο αποδοτικά και περιβαλλοντικά αποδεκτά κτήρια κατασκευάζονται , τόσο λιγότερες θα είναι οι επιπτώσεις στο οικοσύστημα.

Όμως για πολλούς ανθρώπους η κατοικία , από έκφραση πρωταρχικών αναγκών στέγασης , ασφάλειας , υγείας , έχει μετατραπεί σε καταναλωτικό προϊόν , διότι πολλοί ένοικοι ενδιαφέρονται μόνο για την αισθητική των κτηρίων και το μειωμένο κόστος . Αυτό οδηγεί στην κατασκευή κτηρίων , συχνά, ακατάλληλων. Επίσης υφίσταται αδιαφορία για το πώς εντάσσεται και εναρμονίζεται η αισθητική αυτή με τον περιβάλλοντα χώρο και συχνά υφίσταται άγνοια για το πώς επηρεάζεται από το κτήριο ο περιβάλλον χώρος. Αδιαφορία υφίσταται και για την φιλικότητα του κύκλου ζωής των δομικών υλικών που χρησιμοποιούνται .Ακόμη υπάρχει μειωμένο ενδιαφέρον για το πώς εντάσσεται και αλληλεπιδρά το κτήριο με το περιβάλλον.

Η παραπάνω τάση των ενοίκων οδηγεί στην αύξηση της κατανάλωσης των φυσικών πόρων και της ενέργειας .Για παράδειγμα το 40% της κατανάλωσης σε παγκόσμιο επίπεδο των ανόργανων υλικών άμμος , χαλίκι, άσβεστος και το

25% της δασικής ύλης αφορά κατασκευές κτηρίων και έργων υποδομής. Το μέγεθος της ενέργειας που καταναλώνεται στον τομέα των κτηρίων , είναι περίπου το 40% της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα. Τα μεγέθη στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι περίπου της ίδιας τάξης , δηλαδή 40%. Είναι προφανές π.χ. ότι είναι προτιμότερος ο σχεδιασμός του κτηρίου με μικρότερες απαιτήσεις σε θέρμανση από τη χρησιμοποίηση ηλεκτρικού ρεύματος για θέρμανση του κτηρίου. Οι μικρότερες απαιτήσεις για ενέργεια ενός κτηρίου , εξοικονομούν ενέργεια και έτσι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας πιθανόν να μπορούν να καλύψουν τις ελλείψεις. Ο σχεδιασμός για την βιωσιμότητα είναι , προτιμότερος από τον σχεδιασμό για επανάχρηση/ανακαίνιση διότι υπάρχουν περισσότερα οικονομικά οφέλη. (Πηγή: Υλικά-Κατοικία και Περιβάλλον, Πτυχιακή Μελέτη Βάκα Θεοδώρα, 2005)

1.4. Ενεργειακή κατανάλωση

Πριν από την πετρελαϊκή κρίση του 1973, η ενεργειακή απόδοση των επιμέρους τμημάτων του κελύφους των κτηρίων ποτέ δεν αποτέλεσε κρίσιμο και σημαντικό παράγοντα στο σχεδιασμό τους. Ωστόσο, η μέχρι το 1973 κατάσταση άλλαξε ριζικά με την ανάπτυξη και την εφαρμογή αρκετών προτύπων και κανονισμών, με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης διάφορων στοιχείων του κτηριακού κελύφους. Έτσι, η μέχρι πρότινος τακτική, το κέλυφος των κτηρίων να σχεδιάζεται από τους αρχιτέκτονες μηχανικούς με τέτοιο τρόπο ώστε να ανταποκρίνεται στην ικανοποίηση πολλών παραγόντων, κατασκευαστικών και αισθητικών, διαμορφώθηκε εκ νέου με τη βελτίωση ενεργειακής συμπεριφοράς του.

Η στροφή που παρατηρήθηκε στο σχεδιασμό των κτηρίων με την εστίαση της προσοχής και στο κέλυφός τους έλαβε χώρα και μετά την συνειδητοποίηση του αδιαμφισβήτητου πλέον γεγονότος ότι για τα περισσότερα κτήρια το κέλυφός τους διαδραματίζει σημαίνοντα ρόλο στην ενέργεια που καταναλώνεται για τον κλιματισμό τους. Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στον κτηριακό τομέα αποτελεί μία από τις σημαντικότερες προτεραιότητες της Ε.Ε., γεγονός που βρίσκεται και σε πλήρη συμφωνία με όλα τα εθνικά προγράμματα όσον αφορά στην ενεργειακή απόδοση των κτηρίων.

Η κατανάλωση ενέργειας το 2001 στην Ευρωπαϊκή Ένωση, στον κτηριακό τομέα, ανήλθε σε 385,6 Mtoe (toe= tone oil equivalent) ή περίπου το 40% της ετήσιας συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Η ενέργεια αυτή καταναλώνεται για την θέρμανση, τον δροσισμό, τον φωτισμό, το μαγείρεμα και τις λοιπές ηλεκτρικές χρήσεις στα κτήρια. Η πρόβλεψη για το έτος 2020 δίνει μια αύξηση στα 457 Mtoe. Μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων προϋποθέτει σαφή γνώση των χαρακτηριστικών στοιχείων της λειτουργίας των διαφόρων τύπων κτηρίων. Στον πίνακα 1.1. που ακολουθεί δίνεται συνοπτικά η ολική αλλά και η μερική ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων στην Ελλάδα,

Τύπος Κτηρίου	Δροσισμός (kWh/m ²)	Θέρμανση (kWh/m ²)	Φωτισμός (kWh/m ²)	Συσκευές (kWh/m ²)	Σύνολο (kWh/m ²)
Γραφεία	24	95	20	48	187
Εμπορικά	18	74	19	41	152
Σχολεία	2	66	16	8	92
Νοσοκομεία	3	299	52	53	407
Ξενοδοχεία	11	198	24	40	273

Πίνακας 1.1. Ολική και επιμέρους ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων στην Ελλάδα.

(Πηγή : http://www.buildings.gr/greek/aiforos/exikonomisi/m_santamouris.htm)

Το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας στα κτήρια μπορεί να διαχωριστεί σε δύο κατηγορίες:

- το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας, αν ληφθούν κατάλληλα μέτρα σε επίπεδο αστικού σχεδιασμού και
- το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας, αν εφαρμοσθούν μέτρα ενεργειακής απόδοσης στο κέλυφος και στα ενεργειακά συστήματα των κτηρίων.

Δεδομένου ότι το μεγαλύτερο μέρος κατανάλωσης ενέργειας σε ένα κτήριο αφορά στη θέρμανση και στην ψύξη του, γίνεται φανερό πως η εισαγωγή νέων ενεργειακά αποδοτικών θερμομονωτικών υλικών στο κέλυφος των κτηρίων, η οποία θα μειώσει σημαντικά τα θερμικά και ψυκτικά φορτία, οδηγεί σε μεγάλο ποσοστό στη μείωση της συνολικής ενέργειας που καταναλώνει ένα κτήριο. Ας σημειωθεί, πως σήμερα στην Ελλάδα ένα κτήριο που κατασκευάστηκε σύμφωνα με τον ισχύοντα Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτηρίων καταναλώνει από 100 έως

75 kWh/m²/έτος , ανάλογα με την κλιματική ζώνη, ενώ θα μπορούσε να καταναλώνει περίπου από 45 έως 60 kWh/m² /έτος αντίστοιχα.

Αυτή η ανάλυση δείχνει πως υπάρχει ένα σημαντικό δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας στο κτηριακό απόθεμα με την εισαγωγή νέων ενεργειακά αποδοτικών προϊόντων θερμομόνωσης.

Το ιδιαίτερα σημαντικό μερίδιο στην κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια οφείλεται στην ανάγκη κλιματισμού των χώρων, που με τη σειρά της καθορίζεται από τα θερμικά κέρδη ή τις θερμικές απώλειες είτε λόγω θερμικής αγωγιμότητας είτε λόγω διείσδυσης αέρα από τις επιφάνειες του κτηρίου. Είναι, επομένως, αξιοσημείωτα απαραίτητη η θερμική μόνωση του κελύφους του κτηρίου για την αποφυγή απωλειών ενέργειας. Ωστόσο, η θερμομόνωση δεν αποφέρει μόνο οικονομικά οφέλη λόγω της μειωμένης κατανάλωσης ενέργειας, αλλά και περιβαλλοντικά, καθώς η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας συνοδεύεται και από εξοικονόμηση των ενεργειακών πόρων και μειωμένες εκπομπές ρύπων που προέρχονται την παραγωγή ενέργειας.

Πιο συγκεκριμένα, η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στα κτήρια για τη θέρμανση και την ψύξη χώρων θα έχει θετικό αντίκτυπο στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. Επομένως, η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου για λόγους θέρμανσης χώρων μπορεί να αποτελέσει σημαντικό αποτέλεσμα για την μείωση των εκπομπών CO₂. Όσον αφορά στην ψύξη χώρων και εκεί υπάρχει δυναμικό περιορισμού των εκπομπών CO₂ από τη μείωση των ψυκτικών φορτίων στα κτήρια, αναλόγως του είδους του καυσίμου που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ψύξης. Επιπρόσθετα η θερμομόνωση επιδρά θετικά και στο εσωκλίμα, διότι βοηθάει στην διατήρηση ομοιόμορφης κατανομής της θερμοκρασίας σε όλο το κτήριο. Οι τοίχοι, οι οροφές και τα πατώματα καθίστανται θερμότερα κατά την περίοδο θέρμανσης και ψυχρότερα κατά την περίοδο δροσισμού. Ταυτόχρονα, ορισμένα θερμομονωτικά υλικά έχουν θετικές επιπτώσεις και όσον αφορά στην ηχομόνωση των κτηρίων, διότι λειτουργούν είτε ως φράγματα είτε ως απορροφητές του ήχου. Η θερμομόνωση δεν αφορά μόνο στα νεόδμητα κτήρια, αλλά και στα υφιστάμενα κτήρια, καθώς σε αυτά παρουσιάζονται μεγάλες απώλειες θερμότητας. Σήμερα γίνονται εκτεταμένες προσπάθειες για την ανεύρεση τρόπων διόρθωσης των στρεβλώσεων του παρελθόντος σχετικά με τον ενεργειακό σχεδιασμό των κτηρίων ή, τουλάχιστον, ελαχιστοποίησης των συνεπειών αυτών των στρεβλώσεων. Φυσικά, είναι σαφές

ότι άλλες δυνατότητες προστασίας προσφέρονται σε ένα νεοαναγειρόμενο κτήριο και άλλες σε ένα υφιστάμενο. (Πηγή: Προδιαγραφές ιδιοτήτων θερμομονωτικών υλικών, Άγις Παπαδόπουλος 2004)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΤΗΡΙΟ

2.1. Εισαγωγή

Το πρόβλημα της κατανάλωσης ενέργειας για την εξυπηρέτηση κτηρίων παραμένει ένα πολυσύνθετο τεχνικό και οικονομικό πρόβλημα, τη διάσταση του οποίου συνειδητοποιήσαμε για πρώτη φορά στη δεκαετία του 1970 με τις δύο πετρελαϊκές κρίσεις. Κι όμως, η μείωση του κόστους της ενέργειας κατά 30% σε πραγματικές τιμές στο διάστημα 1991-1999, μας έκανε να ξεχάσουμε όλες τις αρνητικές εμπειρίες που προηγήθηκαν. Αποτέλεσμα: τα τελευταία 8 χρόνια η αύξηση της κατανάλωσης ενέργεια στα σπίτια και τους χώρους εργασίας μας άγγιξε ρυθμούς της τάξης του 4% ετησίως, ακυρώνοντας ουσιαστικά τα αποτελέσματα των όποιων μέτρων εξοικονόμησης εφαρμόστηκαν στη δεκαετία του 1980. Έτσι, το 1980 τα κτήρια απορροφούσαν το 22% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης, ποσοστό που ως το 1996 είχε αυξηθεί στο 29,8%. Χρειάστηκε να διπλασιαστεί η τιμή του πετρελαίου μέσα στο 2000, για να θυμηθούμε ότι η προμηθεϊκή προσέγγιση στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτηρίων είναι αναγκαία. Τα κτήρια αποτελούν επενδύσεις εντάσεως κεφαλαίου, με υψηλό αρχικό κόστος και με μεγάλη διάρκεια ζωής. Υπό την έννοια αυτή δεσμευόμαστε να πληρώνουμε το αντίτιμο για κάθε παράλειψη, αμέλεια ή αστοχία του σχεδιασμού και της κατασκευής επί δεκαετίες ολόκληρες. Παραλείψεις και αμέλειες που, σε ό,τι αφορά τη διαχείριση ενέργειας μπορούσαν να έχουν αποφευχθεί.

2.2. Τα αίτια του προβλήματος

Η συνεχής αύξηση που παρατηρείται στην κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια είναι τόσο ποσοτική, καθώς καταναλώνουμε περισσότερη ενέργεια σε απόλυτο μέγεθος, όσο και ποιοτική, επειδή χρησιμοποιούμε όλο και περισσότερο τον ηλεκτρισμό. Οι εκτιμήσεις για τις εξελίξεις της επόμενης δεκαετίας είναι δυστυχώς απαισιόδοξες, καθώς, ακόμη κι αν ληφθούν άμεσα ουσιαστικά μέτρα, θα απαιτηθούν αρκετά χρόνια για την αναστροφή αυτής της τάσης. Ποια είναι, όμως, τα αίτια αυτής της εξέλιξης:

- Η μεγάλη πλειοψηφία των κτηρίων που κατασκευάστηκαν πριν το 1980 (περίπου 80% του συνόλου), τα οποία δεν είναι θερμομονωμένα, και τα οποία απαιτούν πολύ μεγάλα ποσά ενέργειας για να εξασφαλίσουν τις με τα σημερινά επίπεδα αποδεκτές συνθήκες άνεσης το χειμώνα.
- Η μέτρια κατάσταση των συστημάτων θέρμανσης, που οδηγεί σε μειωμένους βαθμούς απόδοσης και επομένως αυξημένη κατανάλωση ενέργειας και περιβαλλοντική επιβάρυνση.
- Η συνεχής αύξηση, τόσο σε αριθμό όσο και σε εγκατεστημένη ισχύ, των συστημάτων και συσκευών που καταναλώνουν ηλεκτρική, κυρίως, ενέργεια. Αυτό αφορά τα κτήρια κατοικιών, κυρίως, όμως, τα κτήρια γραφείων, καταστημάτων και υπηρεσιών.
- Η ολοένα ισχυρότερη απαίτηση για βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και εργασίας, ιδίως σε ότι αφορά τη θερμική άνεση το καλοκαίρι, που σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους των συσκευών, οδήγησε στην εγκατάσταση πάνω από 1.000.000 κλιματιστικών μονάδων τα τελευταία 10 χρόνια.
- Η ελλιπής ή λανθασμένη ηλιοπροστασία των κτηρίων οδηγεί στην ανάγκη για επιπλέον ενέργεια (για ψύξη) προκειμένου να επιτευχθούν συνθήκες θερμικής άνεσης κατά τους θερινούς μήνες.

2.3. Θερμομόνωση κελύφους

Η καθιέρωση της θερμομόνωσης αποτέλεσε το μοναδικό ουσιαστικά μέτρο, που λήφθηκε από το 1979 έως σήμερα, κι είναι γεγονός ότι είχε θετική επίδραση στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτηρίων που κατασκευάστηκαν μετά το 1980. Παρ' όλ' αυτά εντοπίζονται δύο βασικά προβλήματα:

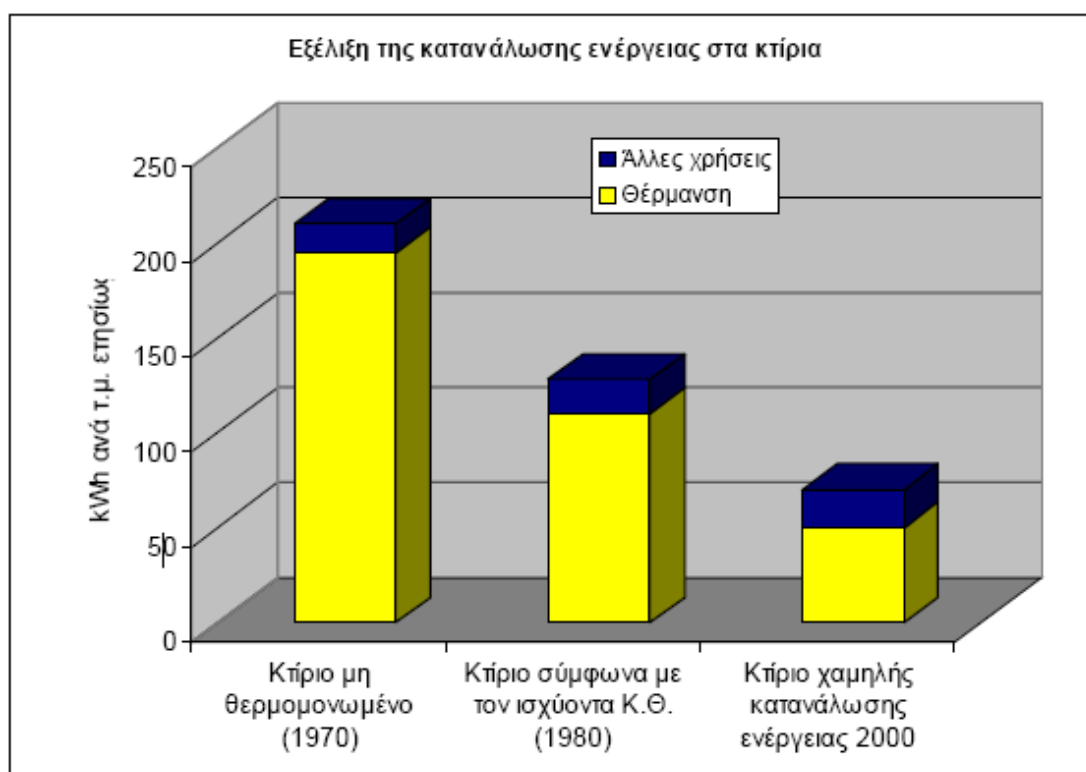
- Υπάρχει ο μεγάλος πληθυσμός των παλαιότερων κτηρίων που δεν είναι καθόλου μονωμένα
- και υπάρχουν και τα νεότερα κτήρια, στα οποία η εφαρμογή, της από τον κανονισμό και τη μελέτη προβλεπόμενης θερμομόνωσης, είναι ελλιπής.



Σχήμα 2.1. Ελλιπής –και αντιφατική- εφαρμογή θερμομόνωσης (1994): Τα δοκάρια και τα τοιχεία δεν μονώνονται. Αντίθετα, έχουν μονωθεί τα στηθαία του μπαλκονιού

Η ενεργειακή αναβάθμιση του κελύφους των υφιστάμενων κτηρίων αποτελεί, επομένως, ίσως το ουσιαστικότερο βήμα στην προσπάθεια εξορθολογισμού της κατανάλωσης ενέργειας στον τομέα της εξυπηρέτησης κτηρίων – κι αυτό ισχύει στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, όπου καταβάλλονται σημαντικές προσπάθειες βελτίωσης τους. Είναι χαρακτηριστικό ότι με την επανένωση της Γερμανίας ανέκυψε η ανάγκη αναβάθμισης περισσότερων από 4.000.000 κατοικιών, που δεν πληρούσαν τις απαιτήσεις του σύγχρονου κανονισμού θερμομόνωσης. Αντίστοιχα, έχει τεκμηριωθεί από έρευνες και στην Ελλάδα, ότι η μέση ετήσια ανηγμένη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση κυμαίνεται από 130 έως 180 kWh/m², ενώ θα ήταν από 80 έως 110 kWh/m², αν τα ελληνικά κτήρια διέθεταν τη, στοιχειώδη έστω, θερμομόνωση που προβλέπει ο σχετικός κανονισμός. Αξίζει να επισημανθεί ότι αν εφαρμόζαμε σε ένα κτήριο όλες τις λύσεις που μας παρέχει η σύγχρονη τεχνογνωσία και η τεχνολογία, η κατανάλωση δεν θα υπερέβαινε τις 50 kWh/m². Στην περίπτωση αυτή θα μιλούσαμε για ένα κτήριο χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, το κόστος

κατασκευής του οποίου αυξάνεται κατά 3 έως 5% σε σχέση με μία συμβατική κατασκευή – αύξηση μάλλον μικρή σε σχέση με το επιτυγχανόμενο όφελος.



Σχήμα 2.2. Εξέλιξη της ανηγμένης ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας στα κτήρια.

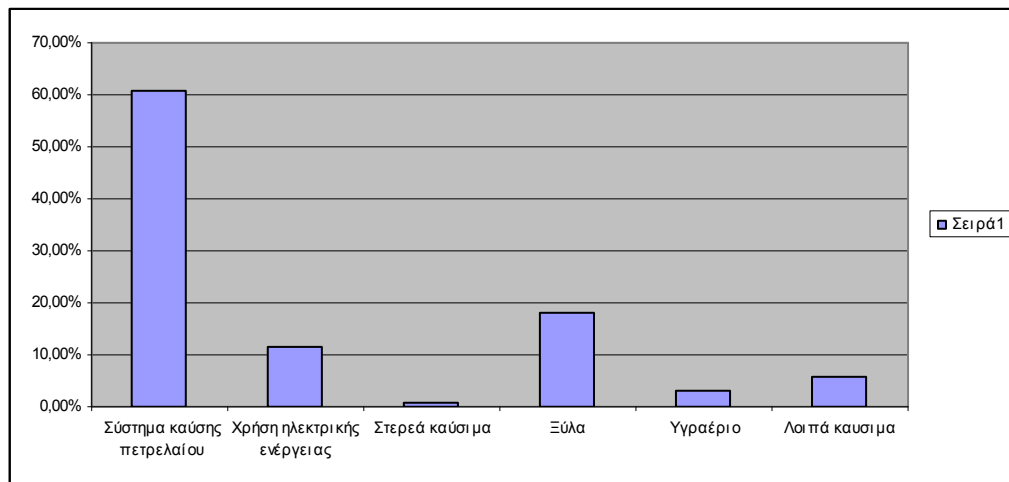
Πρακτικά, και με δεδομένη τη θερμογόννη ισχύ και τον μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης ενός συμβατικού συστήματος καυστήρα – λέβητα, τα κτήρια μας χρειάζονται περίπου 13 με 18 λίτρα πετρελαίου ανά τετραγωνικό μέτρο το χρόνο, ενώ θα μπορούσαν να θερμαίνονται με 8 έως 11 σε ένα συμβατικό κτήριο και με μόλις 5 λίτρα πετρελαίου σε ένα χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας.

2.4. Συστήματα θέρμανσης

Σύμφωνα με τα υπάρχοντα στοιχεία το σύνολο των κατοικιών στην Ελλάδα διαθέτει κάποια μορφής θέρμανση. Για τη θέρμανση των κτηρίων κατοικιών στην Ελλάδα, χρησιμοποιεί

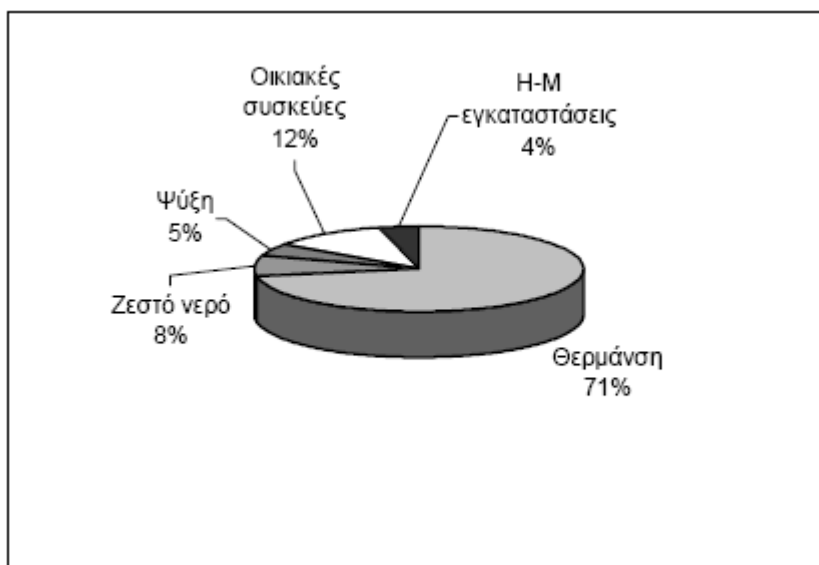
- το 60,8% σύστημα καύσης πετρελαίου,
- το 11,6% χρήση ηλεκτρικής ενέργειας,
- το 0,6% στερεά καύσιμα,

- το 18,2% ξύλα,
- το 3% υγραέριο,
- και το υπόλοιπο 5,7% λοιπά καύσιμα,



Σχήμα 2.3.:Μορφές θέρμανσης σε κτήρια κατοικιών στην Ελλάδα

όπου οι τρεις τελευταίες περιπτώσεις συναντώνται κυρίως στις αγροτικές περιοχές. Παρ' ό,τι η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση εξακολουθεί να διαδραματίζει το σημαντικότερο ρόλο στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτηρίου, όπως φαίνεται από τα στοιχεία του σχήματος 2.4, το λεβητοστάσιο παραμένει ένα από τα πιο σκοτεινά σημεία ενός κτηρίου. Σπανίως το επισκεπτόμαστε, άλλωστε, εκτός αν κάτι χαλάσει. Η υποχρέωση ετήσιας συντήρησης από εξουσιοδοτημένο συνεργείο, ώστε να επιτυγχάνεται ένας ελάχιστος βαθμός απόδοσης, είναι η μοναδική νομοθετική πρόνοια για την καλή λειτουργία του συστήματος θέρμανσης.



Σχήμα 2.4. Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας στο «τυπικό» κτήριο

Ωστόσο, τα αποτελέσματα αρκετών ερευνών τεκμηριώνουν ότι η συντήρηση κατά κανόνα δεν γίνεται σωστά –συχνά δεν γίνεται καθόλου- ή ότι τα συστήματα είναι τόσο παλιά, που όσο και αν συντηρηθούν, δεν μπορούν πλέον να αποδώσουν. Έτσι, αντί του επιθυμητού και προβλεπόμενου βαθμού απόδοσης 75%, έχουν μετρηθεί ποσοστά της τάξης του 65% ή και του 60%. Ακόμη, ενώ η νομοθεσία προβλέπει για κτήρια με περισσότερους από τρεις ορόφους, την ύπαρξη διατάξεων και αυτοματισμών που επιτυγχάνουν μείωση της κατανάλωσης, όπως η τρίοδη βάνα ανάμιξης, αυτές συνήθως δεν τοποθετούνται, προκειμένου να μειωθεί το κόστος κατασκευής

2.5. Ηλεκτρικές συσκευές και εγκαταστάσεις

Αν αναλογιστούμε λίγο πόσες ηλεκτρικές συσκευές είχε το τυπικό ελληνικό σπίτι το 1980 και πόσες έχει σήμερα γίνεται εύκολα αντιληπτό γιατί αυξάνεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στις κατοικίες. Εκεί, όμως, που η εξέλιξη είναι συγκλονιστική είναι στα κτήρια γραφείων. Ενώ το 1980 θεωρούσαμε ηλεκτρικά συστήματα ισχύος 1-2 W/τ.μ., σήμερα έχουμε ξεπεράσει τα 8 W και ως το 2005 θα είμαστε στα 20 ή και τα 25. Και το μέγεθος αυτό αφορά μόνο συσκευές γραφείου, όπως Η/Υ, φωτοαντιγραφικά, εκτυπωτές κτλ. Αυτό σημαίνει, ότι στα γραφεία μία επιχείρησης με εμβαδόν μόλις 100 τ.μ θα υπάρχουν συσκευές ισχύος 2- 2,5 kW.

2.6. Κλιματισμός

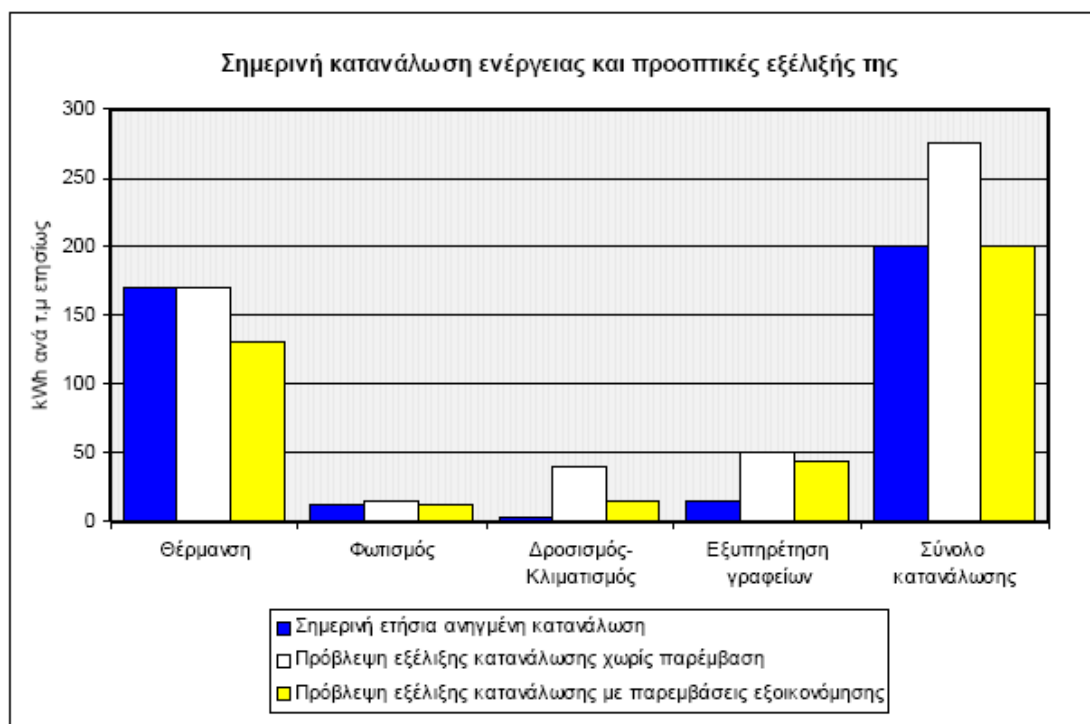
Αποτελεί το πλέον χαρακτηριστικό πρόβλημα κακής ενεργειακής και κτηριολογικής διαχείρισης. Αναπτύξαμε πόλεις χωρίς πράσινο και ακάλυπτους χώρους και τόσο πυκνά δομημένες, ώστε, αποδεδειγμένα πλέον, να παρουσιάζονται σε αυτές πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες, απ' ότι στις περιαστικές περιοχές. Σχεδιάσαμε και κατασκευάσαμε κτήρια που δεν είναι μονωμένα και δεν ηλιοπροστατεύονται – η κατάρα των γυάλινων πύργων και η πλήρης παράβλεψη κάθε κανόνα του ενεργειακού σχεδιασμού. Αποτέλεσμα, τα κτήρια μετατρέπονται σε θερμοκήπια για τους κατοίκους τους. Κι ερχόμαστε τώρα να τα ψύξουμε, προκειμένου οι άνθρωποι μέσα στα κτήρια να επιβιώσουν, με ένα τεράστιο ενεργειακό, αλλά και οικονομικό και περιβαλλοντικό, κόστος. Θεραπεύουμε προφανώς το σύμπτωμα κι όχι την πάθηση, τοποθετώντας κλιματιστικές συσκευές και καλώντας στη συνέχεια τη ΔΕΗ (την όποια ΔΕΗ, κρατική ή ιδιωτική) να βρει τρόπο να καλύψει τα απαιτούμενα φορτία. Είναι σαφές ότι η κατασκευή νέων μονάδων ηλεκτροπαραγωγής για να καλυφθούν φορτία αιχμής που παρουσιάζονται σε έναν ή δύο μήνες το χρόνο δεν μπορεί να είναι οικονομικά σκόπιμη, αν η τιμή πώλησης της κιλοβατώρας αιχμής δεν αυξηθεί δραματικά. Είναι ακόμη σαφές ότι τόσο μεγάλα φορτία δεν μπορεί να καλυφθούν με εισαγωγές ηλεκτρισμού, καθώς υπερβαίνουν τη δυνατότητα παραγωγής σε άλλες γειτονικές χώρες, αλλά και τη δυνατότητα μεταφοράς μέσω των νέων δικτύων που κατασκευάζονται. Επομένως ή θα πρέπει να αυξηθεί η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε όλη τη διάρκεια του χρόνου με χρήση των κλιματιστικών και το χειμώνα, ώστε να αξίζει τον κόπο να γίνουν νέες μονάδες παραγωγής, ή θα πρέπει να περιοριστεί η κατανάλωση αιχμής το καλοκαίρι. Η πρώτη λύση θα οδηγήσει το ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας σε μία νέα στρέβλωση και δεν θα επιτρέψει την επίτευξη των στόχων του Κυότο για τον περιορισμό εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η δεύτερη απαιτεί ουσιαστικές, και δύσκολες, παρεμβάσεις στα κτήρια μας.

2.7. Δυνατότητες παρέμβασης

Από τις προηγούμενες διαπιστώσεις προκύπτει σχετικά αβίαστα η ανάγκη άμεσης παρέμβασης, τόσο στο σχεδιασμό των νέων κτηρίων, όσο και στην αναβάθμιση των παλιών. Στα καινούρια κτήρια το ζήτημα είναι θεωρητικά απλό. Η μελέτη κτηρίων βάσει των αρχών του ενεργειακού σχεδιασμού, η κατασκευή τους σύμφωνα με τη μελέτη και η χρήση σύγχρονων υλικών και συστημάτων με προδιαγραφές που να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της μελέτης, οδηγούν σε κτήρια με ορθολογική ενεργειακή συμπεριφορά. Τα υφιστάμενα κτήρια, ωστόσο, αποτελούν και τον πυρήνα του προβλήματος.

2.8. Η συνολική θεώρηση του προβλήματος.

Η κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτήρια θα παρουσιάσει σημαντική αύξηση την προσεχή δεκαετία, εξαιτίας των ηλεκτρικών συσκευών και, κυρίως, του κλιματισμού, κι αυτό δύσκολα θα αναστραφεί. Προκύπτει επομένως επιτακτικά η ανάγκη να παρέμβει κανείς σήμερα, μειώνοντας την κατανάλωση στους τομείς όπου αυτό είναι δυνατό, κυρίως στη θέρμανση με την εφαρμογή θερμομόνωσης και την καλύτερη λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης, και εν συνεχεία στις ηλεκτρικές συσκευές, στο φωτισμό, στην ηλιοπροστασία και στον φυσικό και νυχτερινό δροσισμό. Όλα αυτά βεβαίως, χωρίς να υποβαθμιστούν οι συνθήκες διαβίωσης και εργασίας, αντίθετα μάλιστα επιδιώκοντας την αναβάθμισή τους.



Σχήμα 2.5. Προοπτικές και δυνατότητες εξέλιξης της κατανάλωσης ενέργειας

Με τον τρόπο αυτό θα δημιουργηθεί ένα «περιθώριο ασφαλείας», θα καταστεί επομένως δυνατόν να αντισταθμιστεί η επερχόμενη αύξηση της κατανάλωσης εξαιτίας της βελτίωσης του επιπέδου εξοπλισμού και της αύξησης των κλιματιζόμενων χώρων, ώστε η συνολική κατανάλωση να παραμείνει στα σημερινά επίπεδα, με τον τρόπο που φαίνεται στο σχήμα 2.5.

Στόχος μίας φιλόδοξης, αλλά ταυτόχρονα ρεαλιστικής πολιτικής, οφείλει να είναι η διατήρηση του ίδιου επιπέδου κατανάλωσης, με παράλληλη αναβάθμιση της ποιότητας των κτηρίων.

Προς αυτήν την κατεύθυνση, άλλωστε, κινείται και ο νέος ΚΕΝΑΚ (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων), που απέκτησε ισχύ με τον Νόμο 3661/08 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων ,ΦΕΚ 89/19 Μαΐου 2008, εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 «Για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων» (ΕΕ L1 της 4.1.2003).

Ο ΚΕΝΑΚ αποτελεί ένα σημαντικό βήμα προς την κατεύθυνση ενεργειακά πιο ορθολογικών κτηρίων και είναι η ανταπόκριση της ελληνικής πολιτείας στην οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στον τομέα της εξυπηρέτησης κτηρίων.

Αποτελεί έναν «δυναμικό» κανονισμό, αφού απαιτεί τον προσδιορισμό της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό και δεν αρκείται στον «στατικό» προσδιορισμό συντελεστών. Περιλαμβάνει στους υπολογισμούς αντικείμενα όπως:

- ενεργητικά ηλιακά συστήματα,
- παθητικά ηλιακά συστήματα,
- φωτοβολταϊκά στοιχεία,
- φυσικό αερισμό,
- ηλιοπροστασία,
- ΑΠΕ κτλ

ενώ προβλέπει τον έλεγχο του κτηρίου σε κατάσταση λειτουργίας. (Πηγή : *Οικονομική Ανάλυση Ενεργειακών Συστημάτων, Άγις Παπαδόπουλος, 2002*)

3.1. Εξοικονόμηση ενεργείας στα κτήρια : ιστορική αναδρομή

Το ζήτημα της ενεργειακής αναβάθμισης κτηρίων δεν είναι κάτι που έρχεται για πρώτη φορά στο προσκήνιο. Πολλές προσπάθειες γίνονται τα τελευταία χρόνια σε διεθνές, σε Ευρωπαϊκό και σε εθνικό επίπεδο.

Ήδη εδώ και 16 χρόνια από το 1992, στη Συνδιάσκεψη του Ρίο, η ανθρωπότητα, μπροστά στην απειλή μιας ολοκληρωτικής περιβαλλοντικής καταστροφής έκανε στροφή προς μια νέα κατεύθυνση ανάπτυξης, ορίζοντας στόχους, κατευθύνσεις και μέτρα για τη βιώσιμη ανάπτυξη, τη διασφάλιση της ποιότητας ζωής και την εξασφάλιση των απαιτούμενων πόρων επ' όφελος της ανθρωπότητας και για τις επόμενες γενεές.

Η διαχείριση της ενέργειας στις τελικές της χρήσεις αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες της βιώσιμης ανάπτυξης από περιβαλλοντική, οικονομική και αναπτυξιακή άποψη, σύμφωνα μάλιστα με την επίσημη πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης όπως αυτή έχει εκφραστεί α) με την Πράσινη Βίβλο για την Ασφάλεια του Ενεργειακού Εφοδιασμού (2000) αλλά και ειδικότερα β) με την Πράσινη Βίβλο για την Ενεργειακή Απόδοση (2005)

Στην Ευρώπη όπως προαναφέραμε το μεγαλύτερο μέρος της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης (περίπου 40%) οφείλεται στον κτηριακό τομέα και αυξάνεται ραγδαία, κάτι που είναι πλέον εμφανές και στην Ελλάδα, ιδιαίτερα με την εξέλιξη της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας τόσο στον τριτογενή τομέα όσο και στην κατοικία, τομέας που οποία παράλληλα εξαρτάται κατά πολύ από το πετρέλαιο θέρμανσης. Αυτή η τελική κατανάλωση στα κτήρια προκαλεί αντίστοιχου μεγέθους εκπομπές αερίων , όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το σημαντικότερο παράγοντα για την κλιματική αλλαγή που απειλεί τον πλανήτη με το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η σωστή και αποδοτική χρήση της ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας τόσο για την προστασία του περιβάλλοντος και του κλίματος, όσο και για τη διατήρηση των φυσικών πόρων. Αειφορία στην ενέργεια είναι μόνο δυνατή εάν οι ενεργειακές απαιτήσεις μπορούν να εξυπηρετηθούν με

μία δραστική μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα στα κτήρια.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, ήδη από το 1993, με την Οδηγία SAVE 93/76/ΕΟΚ έχει δώσει προτεραιότητα στην αύξηση της Ενεργειακής Απόδοσης των κτηρίων στα Κράτη Μέλη. Παράλληλα με το Πρωτόκολλο του Κυότο (1997) για την Κλιματική Αλλαγή, για την Ενέργεια και το Περιβάλλον, η Ευρωπαϊκή Ένωση δεσμεύτηκε να παρουσιάσει για την περίοδο 2008-2012 μείωση κατά 8% των εκπομπών των αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου σε σχέση με αυτές του 1990.

Το θέμα αυτό σήμερα, είναι επίκαιρο όσο ποτέ, καθώς στη χρονική αυτή συγκυρία συντρέχουν τρεις σημαντικοί παράγοντες:

- Η αυξομείωση των τιμών του πετρελαίου,
- η διεθνής οικονομική κρίση,
- η επερχόμενη ύφεση και η αστάθεια στην οικονομική ανάπτυξη, που επαναφέρει την οικονομική προτεραιότητα της απεξάρτησης από τα συμβατικά καύσιμα με εναλλακτικούς τρόπους, είτε μειώνοντας τις ενεργειακές απαιτήσεις, είτε αυξάνοντας τη συνεισφορά της χρήσης ΑΠΕ

Στην Ελλάδα, το μοντέλο της παραγωγής και της ανάπτυξης απαιτεί νέες μεθόδους αναβάθμισης του τρόπου και της ποιότητας δόμησης, καινοτομίες στον τρόπο κατασκευής και στα υλικά, νέες επενδυτικές προοπτικές που θα δημιουργήσουν νέες θέσεις εργασίας.

Η Εξοικονόμηση Ενέργειας αποτελεί, σήμερα παρά ποτέ, πρώτη προτεραιότητα και ρητή απαίτηση της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε σχέση με την αύξηση της ανταγωνιστικότητας της οικονομίας, την προστασία του περιβάλλοντος και την ποιότητα των κατασκευών.

Στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής πολιτικής για τη διαχείριση της ζήτησης ενέργειας στις τελικές της χρήσεις, εκδόθηκε η Οδηγία 2002/91/ΕΚ για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα των Κτηρίων (EPBD), η οποία έχει εφαρμοσθεί στις Ευρωπαϊκές χώρες ήδη από δύο ετών, μέσω των αναγκαίων νομοθετημάτων και κανονιστικών πράξεων συμμόρφωσης, σταδιακά, από την αρχές του 2006. Εν συνεχεία εκδόθηκε η Οδηγία 2006/32/ΕΚ, η οποία αφορά κυρίως το θεσμικό πλαίσιο χρηματοδότησης, κινήτρων και εργαλείων, για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

Στην Ελλάδα, η οποία όπως συνήθως καθυστέρησε αδικαιολόγητα (παρά τις προσπάθειες που είχαν αρχίσει ήδη το 2005) και έχει οδηγήσει την χώρα στα πρόθυρα της καταδίκης της για μία ακόμη φορά, η Οδηγία 2002/91/ΕΚ ενσωματώθηκε στο εθνικό δίκαιο με το Νόμο 3661 τον Μάιο του 2008. Σημειωτέον ότι η Οδηγία 2006/32/ΕΚ δεν έχει ακόμη ενσωματωθεί στο ελληνικό δίκαιο, παρόλο που το σχετικό ν/σ έχει ήδη κυκλοφορήσει. .

Θα πρέπει όμως να τονίσουμε εδώ ότι η εξοικονόμηση για να είναι αποτελεσματική απαιτεί συνδυασμό μέτρων και ενεργειακών λύσεων (π.χ. ΑΠΕ, ΣΗΘ, νέες τεχνολογίες) και βεβαίως την απαραίτητη κουλτούρα και συνείδηση των απαιτήσεων της εποχής μας για το περιβάλλον, την διαφύλαξη των πόρων την αειφορία αλλά και την οικονομία. (*Πηγη: Εξοικονομηση ενέργειας στα κτήρια: Ελληνική και Ευρωπαϊκή πραγματικότητα, Κων.Αλεξοπουλος,2009*)

3.2. Ελληνικός Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτηρίων

Το πρώτο μέτρο στη χώρα μας για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια ήταν ο κανονισμός θερμομόνωσης κτηρίων που εγκρίθηκε το 1979 (ΦΕΚ 362Δ/1979). Πρόκειται για ένα κανονισμό που εφαρμόζεται υποχρεωτικά από το 1979 μέχρι σήμερα, χωρίς καμία απολύτως τροποποίηση. Από τότε και μετά η θερμική προστασία των κατασκευών έγινε υποχρεωτική για μελετητές και κατασκευαστές και η μελέτη θερμομόνωσης αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα κάθε οικοδομικής άδειας.

Στα τριάντα αυτά χρόνια του κανονισμού οι έννοιες της θερμομόνωσης και της θερμοπροστασίας δείχνουν να έχουν γίνει τουλάχιστον στοιχειωδώς συνείδηση όχι μόνον στους κατασκευαστές ,αλλά και στους ιδιώτες, ιδιοκτήτες ή αγοραστές μίας κατοικίας, ενός γραφείου και γενικώς κάθε κτηρίου. Οι μελλοντικοί του ένοικοι απαιτούν από το μελετητή και τον κατασκευαστή την πρόβλεψη θερμικής προστασίας. Ωστόσο, δεν παύουν ακόμη και σήμερα να σημειώνονται συχνά παραλείψεις και παρατυπίες κατά την κατασκευή ενός κτηρίου, όπως για παράδειγμα απουσία θερμομόνωσης στα στοιχεία του φέροντα οργανισμού (υποστυλώματα και δοκάρια), τοποθέτηση απλών αντί διπλών υαλοπινάκων κ.τ.λ. Παραλείψεις, που μπορεί πολλές φορές να διευκολύνουν την κατασκευή ή να μειώνουν το εργολαβικό κόστος, αλλά

προκαλούν σημαντικές απώλειες και αυξάνουν τις απαιτήσεις ενεργειακής κατανάλωσης.

Το Προεδρικό διάταγμα 1-6/4-7/1979, με την ονομασία Κανονισμός Θερμομόνωσης, καθιστά υποχρεωτική την εφαρμογή μόνωσης σε κάθε νέα οικοδομή και καθορίζει με λεπτομέρεια τις ελάχιστες θερμομονωτικές απαιτήσεις των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους, καθώς και τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται για να εξασφαλίζεται η ικανοποιητική θερμομόνωση των κτηρίων.

Ο κανονισμός καθορίζει τις απαιτήσεις για την μόνωση των κτηρίων και περιλαμβάνει:

- τον ορισμό των τιμών της θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου και προτεινόμενες τιμές ανά είδος κτηρίου
- τα ανώτερα όρια του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας για τα διάφορα δομικά στοιχεία του κτηρίου (τοίχοι, δώμα, δάπεδο κλπ.)
- τα ανώτερα όρια θερμικών απωλειών λόγω αερισμού
- υποδείξεις για την βέλτιστη εφαρμογή της θερμομόνωσης, εξωτερικά των δομικών στοιχείων για εκμετάλλευση της θερμικής τους μάζας σε κτήρια που χρησιμοποιούνται συνεχώς, εσωτερικά των δομικών στοιχείων σε κτήρια που χρησιμοποιούνται προσωρινά και στα οποία η χρήση τους απαιτεί γρήγορη θέρμανση ή ψύξη του χώρου
- υποδείξεις για την αποφυγή σχηματισμού υδρατμών και υγρασίας στα δομικά στοιχεία (δηλ. για την αποφυγή θερμογεφυρών)

Ο κανονισμός θερμομόνωσης εφαρμόζεται για κάθε οικοδομή προοριζόμενη για κατοικία ή παραμονή ατόμων προς άσκηση οποιασδήποτε δραστηριότητας (δηλ. δεν απαιτείται σε χρήσεις όπως κτήρια αποθηκών κ.λ.π.).

Σκοπός του κανονισμού είναι, όπως και ο ίδιος αναφέρει στο πρώτο άρθρο του η εξασφάλιση:

- Υγιεινής και ευχάριστης διαμονής των ενοίκων
- Ορθολογικής κατανάλωσης και ενέργειας για τη θέρμανση και τον κλιματισμό των χώρων
- Οικονομίας στις δαπάνες κατασκευής της εγκατάστασης θέρμανσης
- Μικρότερης ρύπανσης του περιβάλλοντος από τα καυσαέρια

Είναι προφανές ότι όλες οι οικοδομές (και κυρίως οι ιδιωτικές καθόσον σε δημόσια κτήρια επιβάλλονταν κάποιες προδιαγραφές θερμομόνωσης) που έχουν κατασκευαστεί μέχρι και το έτος 1979 δεν έχουν την κατάλληλη θερμομόνωση που επιβάλλεται από τον κανονισμό και η μόνη πιθανότητα να έχει εφαρμοστεί κάποια μορφή θερμομόνωσης επαφίονταν στην τεχνογνωσία των μηχανικών και εργοληπτών που τις ανέγειραν και στις οικονομικές δυνατότητες των ιδιοκτητών εφόσον κάποια θερμομόνωση προτεινόταν να εφαρμοστεί από τους κατασκευαστές. Σήμερα οι διατάξεις του κανονισμού θερμομόνωσης είναι υποχρεωτικές. Σύμφωνα με τον κανονισμό θερμομόνωσης, η διαπίστωση πλημμελούς ή ελλιπούς εφαρμογής των διατάξεων του Κανονισμού συνεπάγεται την άμεση διακοπή όλων ανεξαιρέτως των οικοδομικών εργασιών. *(Πηγή : Ενεργειακή Συμπεριφορά Κτηρίων-Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας στα Υφιστάμενα Κτήρια, Ευφροσύνη Καράμπαμπα,2007)*

3.3. Κ.Ε.Ν.Α.Κ.(Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων)

Όπως αναφέραμε παραπάνω ο Νόμος 3661 ενσωματώνει όλες τις διατάξεις της Οδηγίας 2002/91/ΕΚ , προβλέπει την έκδοση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης των Κτηρίων και διακρίνει πέντε βασικές θεματικές ενότητες, οι οποίες αφορούν στον καθορισμό των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης και στη μέθοδο υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης (άρθρο 3) νέων και υφιστάμενων κτηρίων (άρθρα 4 και 5), στην έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (άρθρο 6), στις επιθεωρήσεις των λεβήτων και των εγκαταστάσεων κλιματισμού (άρθρα 7 και 8) και στην πρόβλεψη ειδικευμένων και διαπιστευμένων ενεργειακών επιθεωρητών (άρθρο 9). *(Πηγή :Νόμος 3661-Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων)*

Με το Νόμο αυτό επιβάλλεται εφεξής ο ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός σε κάθε νέα οικοδομή και στην ανακατασκευή κτηρίων, στη βάση ενός ρητά διατυπωμένου, στις διατάξεις της Οδηγίας, πλαισίου μεθοδολογίας υπολογισμών, ελάχιστων κανονιστικών απαιτήσεων και τυπικών δεικτών για την αποτίμηση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου. Επιπλέον, η λειτουργική ενεργειακή συμπεριφορά όλων των κτηρίων, νεοαναγειρόμενων και υφιστάμενων, θα πρέπει να αξιολογείται με αντικειμενική διαδικασία, από κατάλληλους ειδικούς και να πιστοποιείται με την έκδοση σχετικού ενεργειακού

πιστοποιητικού που θα αποτελεί την ενεργειακή ταυτότητα κάθε κτηρίου. Ειδικότερα θα πρέπει να επιθεωρούνται και αξιολογούνται από ανεξάρτητους ειδικούς τόσο οι εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης με λέβητες όσο και τα συστήματα κλιματισμού.

Μετά από αυτό ο Νόμος, ο οποίος ουσιαστικά αποτελεί πλαίσιο όπως και η Οδηγία, προβλέπει την έκδοση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (ΚΕΝΑΚ). Με τον κανονισμό καθορίζονται όλες οι λεπτομέρειες εφαρμογής, δηλαδή η μέθοδος υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, οι ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση τους, ο τύπος και το περιεχόμενο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, τα αρμόδια για την εκπόνηση της πρόσωπα, η διαδικασία και η συχνότητα διενέργειας ενεργειακών επιθεωρήσεων των κτηρίων, των λεβήτων, των εγκαταστάσεων θέρμανσης και των συστημάτων κλιματισμού, ο τύπος και το περιεχόμενο του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, η διαδικασία έκδοσης του, ο έλεγχος αυτής και τα προς τούτο αρμόδια όργανα, το ύψος της δαπάνης έκδοσης του και ο τρόπος υπολογισμού της, τυχόν πρόβλεψη κινήτρων για την εφαρμογή πρόσθετων μέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, και κάθε άλλο ειδικότερο θέμα ή αναγκαία λεπτομέρεια. (*Πηγή: Εξοικονόμηση Ενέργειας στα κτήρια :Ελληνική και Ευρωπαϊκή πραγματικότητα, Κων.Αλεξοπουλος,2009*)

Έτσι εκτός από τη ικανοποιητική θερμομόνωση των κτηρίων, προβλέπονται επιπλέον αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την υποκατάσταση της αντίστοιχης συμβατικής, αξιοποίηση θετικών παραμέτρων του κλίματος που συμβάλλουν στην υποκατάσταση συμβατικής ενέργειας (βιοκλιματικός σχεδιασμός) καθώς και η λήψη μέτρων για εξασφάλιση τόσο της ορθολογικής χρήσης όσο και εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια μέσω τεχνικών συστημάτων στο κέλυφος τους και στις Η/Μ εγκαταστάσεις τους.

Βασική παράμετρος της πιο πάνω απόφασης είναι η ενεργειακή επίδοση του κτηρίου, που είναι ο βαθμός της ενεργειακής απόδοσης του κατά τη λειτουργία του για την κάλυψη σε ετήσια βάση των συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση, ψύξη, αερισμό, φωτισμό, ζεστό νερό χρήσης και συσκευές, επιτυγχάνοντας τις αναγκαίες συνθήκες χρήσης.

Για κάθε κτήριο νεοανεγειρόμενο ή υπάρχον θα υπάρχει το δελτίο ενεργειακής ταυτότητας (ΔΕΤΑ) (Σχήμα 3.1) που θα είναι ειδικό έντυπο, στο οποίο περιγράφεται το σύνολο των ενεργειακών χαρακτηριστικών κάθε κτηρίου και στην περίπτωση

νέου κτηρίου θα συντάσσεται σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ , με βάση τον οποίο θα μελετάται και θα κατασκευάζεται το νέο κτήριο ή με βάση τα αποτελέσματα ενεργειακού ελέγχου στις υπόλοιπες περιπτώσεις. Στο ίδιο έντυπο θα αναγράφεται ο βαθμός της ενεργειακής απόδοσης και η ενεργειακή κατηγορία στην οποία κατατάσσεται το κτήριο.

Αρ. Πρωτ.:		
ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	ΧΡΗΣΗ: ΓΡΑΦΕΙΟ Κτίριο ☐ Τμήμα κτιρίου ☐ Αριθμός ιδιοκτησίας (για τμήμα κτιρίου) Κλιματική Ζώνη: B Διεύθυνση: Τ.Κ. Πόλη: Έτος κατασκευής: Συνολική επιφάνεια (m ²): Όνομα ιδιοκτήτη:	(Φωτογραφία κτιρίου)
	ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	
	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ [kWh/(m²·έτος)]
	ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	
	A+ < 45	
	45 ≤ A < 70	
	70 ≤ B+ < 100	
	100 ≤ B < 135	←
	135 ≤ Γ < 155	
	155 ≤ Δ < 175	
175 ≤ E < 220		
220 ≤ Z < 265		
265 < H		
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ	B	
ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ανά m² κλιματιζόμενης επιφάνειας [kg/(m²·έτος)]		
.....		
ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΖΗΤΗΣΗ ανά m² κλιματιζόμενης επιφάνειας [kWh/(m²·έτος)]		
.....		
ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ανά m² κλιματιζόμενης επιφάνειας [kWh/(m²·έτος)] με βάση την αξιολόγηση της λειτουργίας		
.....		
ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ανά m² κλιματιζόμενης επιφάνειας [kg/(m²·έτος)] με βάση την αξιολόγηση της λειτουργίας		
.....		

Σχήμα 3.1 : Δελτίο Ενεργειακής Ταυτότητας Κτηρίων

Αρ. Πρωτ.:					
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση: Με βάση την μεθοδολογία υπολογισμού ☐ Με αξιολόγηση της λειτουργίας του κτιρίου ☐					
Πηγή ενέργειας		Τελική χρήση			Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου (%)
Ηλεκτρική		Θέρμανση ☐	Ψύξη ☐	ZNX ☐	
		Φωτισμός ☐	Αερισμός ☐		
Ορυκτά καύσιμα	Πετρέλαιο	Θέρμανση ☐	Ψύξη ☐	ZNX ☐	
	Φυσικό αέριο	Θέρμανση ☐	Ψύξη ☐	ZNX ☐	
	Άλλο (προσδιορίστε)	Θέρμανση ☐	Ψύξη ☐	ZNX ☐	
ΑΠΕ	Ηλιακή	Θέρμανση ☐	Ψύξη ☐	ZNX ☐	
	Βιομάζα	Θέρμανση ☐	Ψύξη ☐	ZNX ☐	
	Γεωθερμία	Θέρμανση ☐	Ψύξη ☐	ZNX ☐	
	Άλλο (προσδιορίστε)	Θέρμανση ☐	Ψύξη ☐	ZNX ☐	
		Φωτισμός ☐	Αερισμός ☐		
Σύνολο ΑΠΕ					
ΣΥΝΟΛΟ					
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας [kWh/(m ² *έτος)] ανά τελική χρήση: Με βάση την μεθοδολογία υπολογισμού ☐ Με αξιολόγηση της λειτουργίας του κτιρίου ☐					
Θέρμανση					
Ψύξη					
Αερισμός					
Φωτισμός					
Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX)					
Διαπιστώσεις / υποδείξεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης					
1.....					
2.....					
3.....					
A/A	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)	Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας*		Ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα [τόνοι/(m ² *έτος)]	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)
		[kWh/(m ² *έτος)]	(%)		
1					
2					
3					

Σχήμα 3.2 : Πιστοποιητικό Ενεργειακής Ταυτότητας Κτηρίων

Με βάση το έντυπο ΔΕΤΑ και την Ενεργειακή πιστοποίηση κατατάσσεται κάθε κτήριο στην αντίστοιχη κατηγορία ενεργειακής απόδοσης σύμφωνα με τα όρια που θα καθορίζονται από τον ΚΕΝΑΚ και των ειδικών ενεργειακών αποδόσεων ανά κατηγορία. Έτσι θα γίνεται η ενεργειακή βαθμονόμηση του κάθε κτηρίου.

Η ενεργειακή επιθεώρηση (ή ενεργειακός έλεγχος ή ενεργειακή διάγνωση) είναι η διαδικασία εκτίμησης και καταγραφής των πραγματικών καταναλώσεων ενέργειας, των παραγόντων που την επηρεάζουν καθώς και των δυνατοτήτων για εξοικονόμηση ενέργειας.

Η ενεργειακή πιστοποίηση κτηρίου είναι η διαδικασία ελέγχου και διάγνωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς κάθε κτηρίου και της πραγματοποιούμενης κατανάλωσης ενέργειας για την κάλυψη όλων των αναγκών του, καθώς και του βαθμού ενεργειακής απόδοσης του, στοιχεία που προκύπτουν μετά τη διενέργεια ενεργειακών επιθεωρήσεων.

Οι ενεργειακές επιθεωρήσεις για την πιστοποίηση του βαθμού ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων θα πραγματοποιείται από εξειδικευμένους επιστήμονες, τους ενεργειακούς επιθεωρητές ή ελεγκτές (όπως καθορίζονται από τον κανονισμό ενεργειακών επιθεωρήσεων και τις σχετικές υπουργικές Αποφάσεις που θα εκδίδονται από το Υπουργείο Ανάπτυξης).

Οι διατάξεις της ΚΥΑ αφορούν τόσο τα υφιστάμενα κτήρια όσο και τα νεοανεγειρόμενα κτήρια και εφαρμόζονται ανάλογα με την ταξινόμηση των κτηρίων σύμφωνα με τη χρήση τους (κατοικία, προσωρινή διαμονή, συνάθροιση κοινού, εκπαίδευση, υγεία και κοινωνική πρόνοια, σωφρονισμός, εμπόριο, γραφεία, βιομηχανία - βιοτεχνία).

Όσον αφορά τον ΚΕΝΑΚ θα έχει εφαρμογή σε όλα τα νεοανεγειρόμενα κτίσματα, καθώς και για τα υφιστάμενα για τη μελέτη των αναγκαίων μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής τους απόδοσης.

Ο ΚΕΝΑΚ θα επιβάλλει εκπόνηση μελετών όπως ενεργειακή μελέτη για την διαπίστωση του βαθμού ενεργειακής απόδοσης, την κατάταξη των κτηρίων στην αντίστοιχη ενεργειακή κατηγορία (βαθμονόμηση), στοιχεία που θα αναγράφονται στο ΔΕΤΑ που θα αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο της οικοδομικής άδειας του κτηρίου και θα είναι απαραίτητο σε όλες τις δικαιοπραξίες που θα καταρτίζονται για το ακίνητο.

Το περιεχόμενο του ΚΕΝΑΚ είναι πολύ πέραν των μέχρι σήμερα απαιτήσεων της θερμομόνωσης του κελύφους του κτηρίου, περιλαμβάνοντας παραμέτρους βιοκλιματικού σχεδιασμού, ηλιακών κερδών, φυσικής ψύξης του κτηρίου, υπολογισμός ενεργειακών αναγκών του κτηρίου, παράμετροι για τη συμπλήρωση της μελέτης Η/Μ εγκαταστάσεων, μέθοδο υπολογισμού απαιτήσεων φωτισμού κ.λ.π

Στο έντυπο ΔΕΤΑ θα αναγράφονται όλα τα αποτελέσματα των υπολογισμών και θα καταγράφεται ο σχεδιαζόμενος βαθμός ενεργειακής απόδοσης και η ενεργειακή κατηγορία του κτηρίου.

Επίσης θα περιέχει σύστημα και διαδικασία ενεργειακής πιστοποίησης και βαθμονόμησης κτηρίων, τρόπους διενέργειας περιοδικών ενεργειακών ελέγχων.

Η ενεργειακή πιστοποίηση των κτηρίων θα πραγματοποιείται από ενεργειακούς επιθεωρητές. Εάν το κτήριο έχει ανεγερθεί σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ, οι κύριοι του υποχρεούνται μετά ένα χρόνο από τη λειτουργία του κτηρίου και οπωσδήποτε όχι πέραν των 2 ετών από την αποπεράτωση του να προβούν σε διενέργεια ενεργειακής πιστοποίησης.

Εάν μετά τη διενέργεια της ενεργειακής επιθεώρησης πιστοποιηθεί ότι η πραγματική κατηγορία ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου είναι κατώτερη από αυτήν που αναγράφεται στο έντυπο ΔΕΤΑ του κτηρίου, τότε οι κύριοι ή συγκύριοι του κτηρίου ή, σε περίπτωση κατασκευής του κτηρίου με το σύστημα της «αντιπαροχής», υποχρεούνται όλοι οι κατασκευαστές να προβούν στις αναγκαίες επεμβάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου σε βαθμό που αυτή να εντάσσεται στην κατηγορία που προβλέπεται στο ΔΕΤΑ, αλλιώς υπόκεινται στις κυρώσεις που προβλέπει το άρθρο 17 του Ν1337/83 (προβλέπονται πρόστιμα, ποινές φυλάκισης, αφαίρεση άδειας ασκήσεως επαγγέλματος κλπ.).

Στις υφιστάμενες οικοδομές (δηλ. προ ΚΕΝΑΚ κτήρια) οι ενεργειακές επιθεωρήσεις διενεργούνται υποχρεωτικά με ευθύνη των εχόντων τη νομή η κυριότητα τους μέσα σε 6 το πολύ χρόνια από την ισχύ του ΚΕΝΑΚ προκειμένου να πιστοποιηθεί ο βαθμός της ενεργειακής του απόδοσης και να καταταγούν στην αντίστοιχη ενεργειακή κατηγορία, στοιχεία που θα αναγράφονται στο ΔΕΤΑ του κτηρίου.

Επίσης θεσπίζονται για επιχειρήσεις που έχουν ιδιαίτερα υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις, λόγω του μεγέθους και του όγκου τους, της λειτουργίας ή της χρήσης τους (νοσοκομεία, κάποιες βιομηχανίες, συγκροτήματα γραφείων, εμπορικών κέντρων, ξενοδοχειακά συγκροτήματα κλπ.) να διενεργούνται και περιοδικές ενεργειακές απαιτήσεις. Τέλος, θεσπίζονται διατάξεις για την ενεργειακή επιθεώρηση σε κεντρικές εγκαταστάσεις θέρμανσης άνω των 15kw, ψύξης άνω των 8kw και σε κεντρικά ηλιακά ή άλλα συστήματα παραγωγής ζεστού νερού. Αυτές διενεργούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα που δεν μπορεί να είναι μικρότερα των 6 μηνών και μεγαλύτερα της 5ετίας (θα καθοριστούν τα χρονικά διαστήματα με απόφαση του ΥΠΕΧΩΔΕ).

Η διενέργεια τους γίνεται με ευθύνη των εχόντων την κυριότητα ή τη νομή των ακινήτων ή οριζοντίων ιδιοκτησιών και μετά το πέρας της περιοδικής ενεργειακής επιθεώρησης πιστοποιείται από τον εκάστοτε αρμόδιο η καλή λειτουργία των κεντρικών εγκαταστάσεων, συμπληρώνεται ειδικό έντυπο - πιστοποιητικό όπου αναγράφεται το σύνολο των ενεργειακών χαρακτηριστικών.

Τα παραπάνω πιστοποιητικά κατατίθενται με ευθύνη των εχόντων την κυριότητα ή τη νομή ή τη χρήση των ακινήτων στις κατά τόπους αρμόδιες υπηρεσίες Περιβάλλοντος του ΥΠΕΧΩΔΕ ή σε άλλα προς τούτο όργανα που πρόκειται να εξουσιοδοτηθούν με απόφαση του Υπουργού ΠΕΧΩΔΕ. (Είναι προφανές ότι οι παραπάνω υποχρεώσεις είναι πέραν της ετήσιας υποχρεωτικής συντήρησης του συστήματος καυστήρα- λέβητα).

Η ουσιαστική υλοποίηση όλων αυτών των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, ιδιαίτερα στα υφιστάμενα κτήρια, είναι έργο άμεσης αναγκαιότητας, αλλά δυστυχώς και υψηλού κόστους. Αν λάβουμε δε υπόψη μας ότι τα περισσότερα μεγάλα κτήρια (πολυκατοικίες) ανήκουν σε πολλούς ιδιοκτήτες, πράγμα που σημαίνει μεγάλη δυσχέρεια στη λήψη αποφάσεων, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι αν η Ευρωπαϊκή Ένωση και τα κράτη-μέλη της επιδιώκουν πράγματι την υλοποίηση των μέτρων αυτών, θα πρέπει να τα εντάξουν σε κοινοτικά και εθνικά προγράμματα ενημέρωσης, τεχνικής καθοδήγησης αλλά και οικονομικής ενίσχυσης των ιδιοκτητών των υφισταμένων τουλάχιστον κτηρίων. (Πηγή : *Ενεργειακή Συμπεριφορά Κτηρίων-Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας στα Υφιστάμενα Κτήρια, Ευφροσύνη Καραμπάμπα, 2007*)

3.4. Ενεργειακή πολιτική

Η ενεργειακή πολιτική, όπως άλλωστε απαιτεί και η Ευρωπαϊκή Ένωση (Σχήμα 3.3.), πρέπει να στηρίζεται σε 2 πυλώνες :

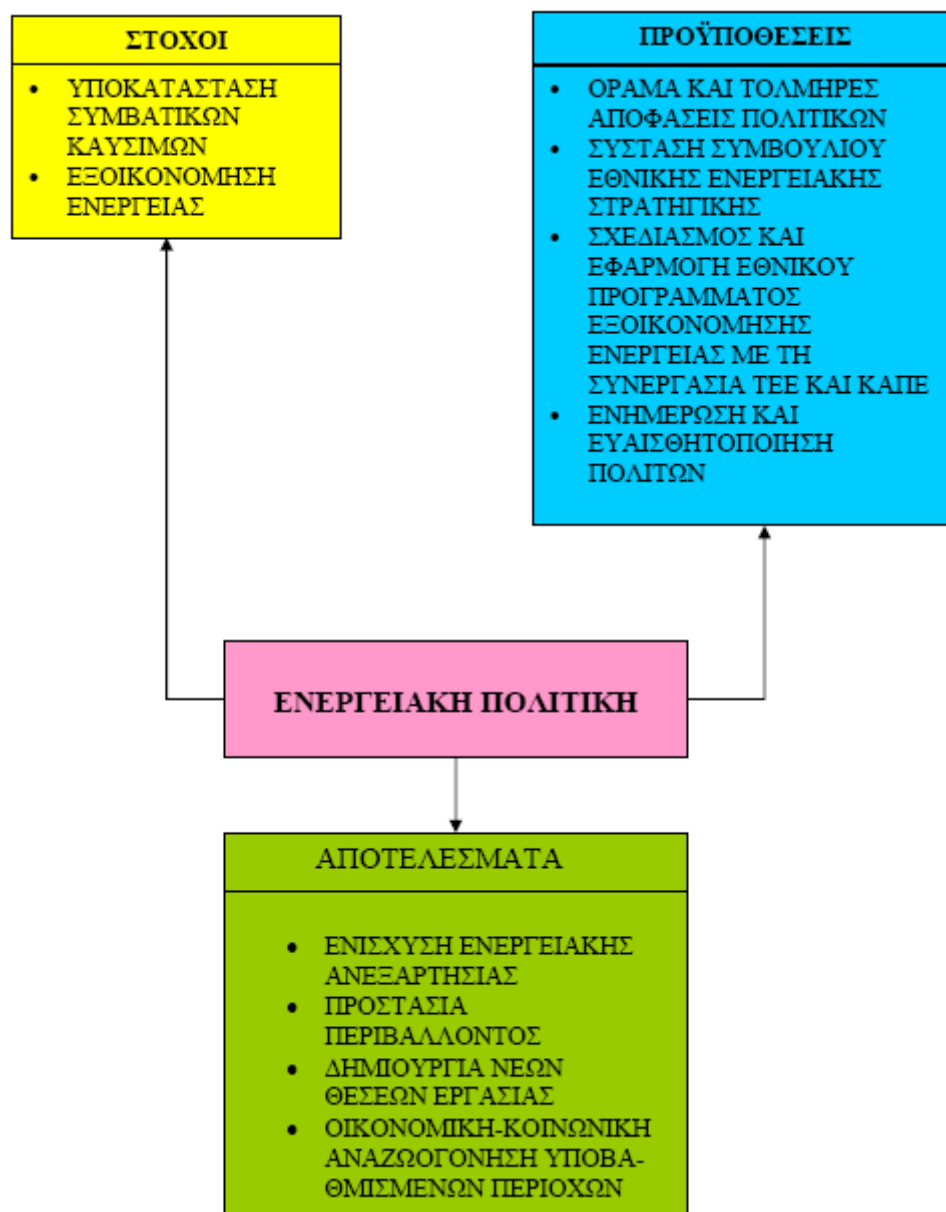
- Την εντατική υποκατάσταση των συμβατικών καυσίμων, ιδιαίτερα στην παραγωγή ηλεκτρισμού, από τις ΑΠΕ.
- Την συστηματική εξοικονόμηση ενέργειας.

Οι ΑΠΕ μπορούν να έχουν σημαντική συμβολή στη προσπάθεια μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, καθώς είναι οι μόνες πηγές ενέργειας που δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον με CO₂ . Τα οφέλη τους όμως δεν είναι

μόνο περιβαλλοντικά. Η μεγάλη διασπορά τους στο χώρο, τα ανεξάντλητα αποθέματα, η ευέλικτη διαχείριση και οι θετικές κοινωνικό-οικονομικές επιπτώσεις τους στην περιφερειακή και τοπική ανάπτυξη, είναι μερικά από τα πλεονεκτήματα που τις καθιστούν απαραίτητες. Σήμερα, το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού ή θερμότητας από ΑΠΕ είναι πολλές φορές υψηλότερο, σε σύγκριση με τη χρήση συμβατικών καυσίμων. Όμως, το κόστος των τεχνολογιών αυτών μειώνεται ραγδαία με την επέκταση της χρήσης τους και συνεπώς με τη μαζική παραγωγή τους. Ορισμένες τεχνολογίες είναι ήδη ανταγωνιστικές και το ίδιο θα συμβεί και με άλλες στο μέλλον.

Δεν πρέπει, φυσικά, να διαφεύγει της προσοχής ότι η παραγωγή και η χρήση της ενέργειας συνοδεύεται από σημαντικές επιπτώσεις στο φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον. Οι επιπτώσεις αυτές συνιστούν ένα **περιβαλλοντικό κόστος**, που δεν εντάσσεται στο σημερινό σύστημα αξιών. Τα τελευταία χρόνια οι επιστήμονες κατόρθωσαν να αποτιμήσουν το περιβαλλοντικό κόστος, παρά τις δυσκολίες που είχαν για να εκφράσουν σε χρηματικούς όρους μία σειρά μη εμπορεύσιμων αγαθών, όπως η ανθρώπινη ζωή, η βιοποικιλότητα, η εξαντλησιμότητα των φυσικών πόρων κλπ. Το κόστος αυτό είναι ιδιαίτερα υψηλό για τα συμβατικά καύσιμα σύμφωνα με την ακόλουθη σειρά: λιγνίτης – άνθρακας – μαζούτ – πετρέλαιο – φυσικό αέριο. Αν, λοιπόν, στο σημερινό σύστημα αξιών ενσωματώσουμε το περιβαλλοντικό κόστος, θα μεταβληθεί η σημερινή αντίληψη περί υψηλού κόστους παραγωγής των ΑΠΕ.

Η ενσωμάτωση του περιβαλλοντικού κόστους με τη μορφή ενός **ενεργειακού φόρου** θα διόρθωνε προς τα πάνω τις τιμές της ενέργειας, ώστε να λένε την **οικολογική αλήθεια**. Έτσι, η αυξημένη τιμή θα αποτελούσε αντிகίνητρο στην ενεργειακή σπατάλη και θα βοηθούσε στη μείωση των εκπομπών του CO₂.



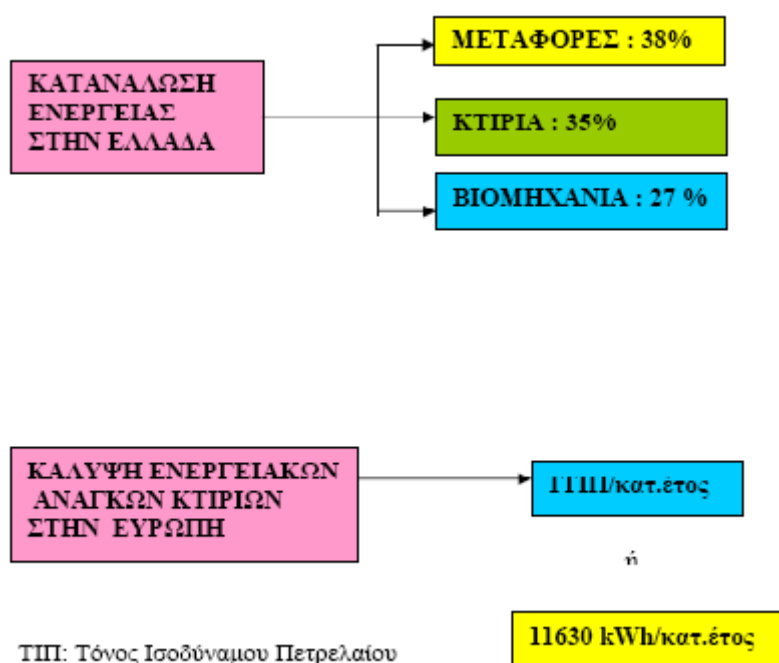
Σχήμα 3.3.: Ενεργειακή πολιτική

Η Εξοικονόμηση ενέργειας, ο δεύτερος πυλώνας της ενεργειακής πολιτικής, είναι ένα πλούσιο κοίτασμα ενέργειας οικονομικά και τεχνικά αξιοποιήσιμο. Θεωρείται η φθηνότερη εγχώρια ευγενής μορφή ενέργειας, είναι άμεσα εκμεταλλεύσιμη και μπορεί να πραγματοποιηθεί στον κτηριακό τομέα, τη βιομηχανία και τις μεταφορές, που απορροφούν το σύνολο της καταναλισκόμενης ενέργειας σε κάθε χώρα. Στην Ελλάδα ο κτηριακός τομέας ευθύνεται για το 35% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης και είναι εκείνος στον οποίο γίνεται η μεγαλύτερη σπατάλη ενέργειας (Σχήμα 3.4.) . Στην πρώτη

θέση βρίσκονται οι μεταφορές με ποσοστό 38% και στη τρίτη θέση η βιομηχανία με 27%.

Η εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται με 5 δράσεις:

- Αλλαγή ενεργειακής συμπεριφοράς καταναλωτών, που εξασφαλίζεται με συνεχή ενημέρωση.
- Τεχνολογική βελτίωση του κτηριακού κελύφους των κτηρίων.
- Τεχνολογική βελτίωση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων.
- Εισαγωγή νέων ενεργειακών τεχνολογιών και καυσίμων.
- Στροφή σε λιγότερο ενεργειοβόρα προϊόντα (π.χ. χρήση οικολογικών μονωτικών υλικών, ημικατεργασμένου χαρτιού για την παραγωγή τελικών προϊόντων κ.λπ.).



Σχήμα 3.4.: Κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα.

Η εφαρμογή της ενεργειακής πολιτικής απαιτεί 4 προϋποθέσεις:

1. Όραμα και τολμηρές αποφάσεις των πολιτικών μας, που δεν πρέπει να υποκύπτουν στις δυνάμεις της αδράνειας και των συμφερόντων.
2. Δημιουργία ενός ανεξάρτητου και ευέλικτου οργάνου, το οποίο θα συμβουλεύει το Υπουργείο Ανάπτυξης στην υιοθέτηση πολιτικών και παρεμβάσεων με μακροχρόνιο ορίζοντα. Έτσι χαράσσουν την πολιτική τους οι ανεπτυγμένες χώρες. Εθνικό Συμβούλιο Ενέργειας ιδρύθηκε τον Ιούλιο του 1975. Καταργήθηκε, δυστυχώς, τον Ιούνιο του 1989 με το

τελευταίο νομοθέτημα, που προωθήθηκε με Προεδρικό Διάταγμα πριν τις εκλογές. Τελικά, στις 14/2/2006 με τον Νόμο 3438 έγινε η σύσταση του Συμβουλίου Εθνικής Ενεργειακής Πολιτικής, δηλαδή, ύστερα από 17 χρόνια περίπου επανιδρύσαμε αυτό που τόσο απερίσκεπτα είχαμε καταργήσει. Σχεδιασμό και εφαρμογή ενός εθνικού προγράμματος εξοικονόμησης ενέργειας με τη συνεργασία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (Τ.Ε.Ε.) και του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

Ένα εθνικό πρόγραμμα εξοικονόμησης ενέργειας πρέπει να περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Άμεση εναρμόνιση των σχετικών Οδηγιών της Ε.Ε. στην Ελληνική Νομοθεσία.
 - Φορολογικά και οικονομικά κίνητρα για τη χρήση τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας στον κτηριακό, το μεταφορικό και το βιομηχανικό τομέα.
 - Αναδιάρθρωση των τιμολογίων ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό την αποθάρρυνση της αλόγιστης χρήσης της.
 - Αυξημένα τιμολογιακά κίνητρα για τη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε ζώνες αιχμής.
 - Οικονομικά κίνητρα για τη διεξαγωγή επιθεωρήσεων σε όλους τους τομείς της κατανάλωσης.
3. Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των πολιτών για να κατανικηθούν οι φοβίες και οι προκαταλήψεις απέναντι στο καινούργιο. Η ενημέρωση πρέπει να είναι συνεχής, συστηματική και τεκμηριωμένη και να αφορά όλες τις ηλικίες των πολιτών. Η ενεργειακή και περιβαλλοντική συνείδηση πρέπει να αρχίσουν να διαμορφώνονται από τις πρώτες τάξεις του Δημοτικού. Ο στόχος της ενημέρωσης επιτυγχάνεται με εκλαϊκευμένα ενημερωτικά έντυπα, άρθρα σε εφημερίδες, ομιλίες οργανωμένες από τους Δήμους, ειδικές εβδομαδιαίες θεματολογικές παρουσιάσεις στο ραδιόφωνο και την τηλεόραση. Οι πρακτικές αυτές χρησιμοποιούνται με μεγάλη επιτυχία σε όλες τις χώρες της Ε.Ε. την τελευταία εικοσαετία.

Η έγκυρη και συστηματική ενημέρωση αποτελεί το θεμέλιο πάνω στο οποίο στηρίζεται η ενεργειακή πολιτική. Γιατί το μεγάλο και μοναδικό της μειονέκτημα

είναι ότι εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την ενεργειακή συμπεριφορά των δισεκατομμυρίων καταναλωτών και όχι από τα διάφορα Νομοθετήματα. (Πηγή: *Ενεργειακή πιστοποίηση κτηρίων και Ενεργειακή Πολιτική, Σταμάτης Περδίδης, 2007*)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

4.1 Ορισμός

Με τον όρο βιοκλιματικός σχεδιασμός εννοούμε τον αρχιτεκτονικό και πολεοδομικό σχεδιασμό κτηρίων και οικιστικών συνόλων αντίστοιχα, που επιδιώκει την προσαρμογή του κτηρίου και του οικιστικού συνόλου στο τοπικό κλίμα και το φυσικό περιβάλλον και στοχεύει στην αξιοποίηση θετικών περιβαλλοντικών παραμέτρων ώστε να ελαχιστοποιεί τις ενεργειακές ανάγκες του όλο το χρόνο και να επιτυγχάνει περιορισμό στην κατανάλωση συμβατικής ενέργειας. Διαπιστώνουμε λοιπόν πως ο Βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός κτηρίου δεν έχει να κάνει μόνο με τη λογιστική διαχείριση των θερμικών απωλειών-κερδών, αλλά και με την λήψη κάποιων παραμέτρων και κριτηρίων σχεδιασμού του κτηρίου ως συμπληρώματος της αρχιτεκτονικής μελέτης και στοιχείου της ενεργειακής μελέτης αυτού. Έτσι λοιπόν παράγοντες όπως η χωροθέτηση του κτηρίου σε σχέση με τη μορφολογία, τον άνεμο κλπ ή τον προσανατολισμό του κτηρίου, την μορφή του, τη σχέση με άλλα κτήρια πρέπει να ληφθούν σοβαρά από τον αρχιτέκτονα κατά τις πρώτες φάσεις σύλληψης και κατόπιν υλοποίησης της ιδέας. Ας εξετάσουμε όμως πιο αναλυτικά τους παράγοντες αυτούς:

4.2 Χωροθέτηση

Η τοποθεσία ενός κτηρίου έχει πολύ σημαντική επίδραση στην λειτουργικότητα του κτηρίου. Για την επιλογή του οικοπέδου που θα κατασκευαστεί το κτήριο πρέπει να εξετάζονται

- ηλιοφάνεια και τα ηλιακά κέρδη που μπορούν να δημιουργηθούν,
- το φυσικό φως και η θέα,
- ο άνεμος,
- ο θόρυβος και
- η ποιότητα του αέρα.

Ο προσανατολισμός του κτηρίου είναι ένα ακόμη στοιχείο που παίζει σημαντικό ρόλο για την λειτουργικότητα του κτηρίου. Πρόκειται για μια επέκταση

της ενεργειακής αποδοτικότητας και ορίζει ότι όλα τα κτήρια θα πρέπει να έχουν κατεύθυνση τέτοια έτσι ώστε να επωφελούνται από την θέση του ήλιου και την ενεργειακή του δύναμη. Το καλύτερο είναι ένα κτήριο να έχει κατεύθυνση προς το νότο για να εκμεταλλεύεται τα θερμικά αλλά και οπτικά κέρδη που προσφέρει ο ήλιος.

Η μορφή που θα έχει ένα κτήριο πρέπει να εκμεταλλεύεται :

- Την ηλιακή ενέργεια και το φυσικό φως
- Να μειώνει την απώλεια θερμότητας μέσω του εξωτερικού περιβλήματος του κτηρίου
- Να ικανοποιεί τις ανάγκες εξαερισμού
- Να εξασφαλίζει ηχομόνωση
- Εάν είναι δυνατό να παρέχει θέα στους ένοικους

Ειδικότερα, θα πρέπει να γίνεται

1. Διάρθρωση των συνθηκών διαβίωσης, εργασίας, αναψυχής και των υπόλοιπων δραστηριοτήτων σε τοπικό επίπεδο ώστε να ελαχιστοποιηθεί η κατανάλωση ενέργειας στη διάρκεια της ημέρας.
2. Προσδιορισμός των περιοχών που παρέχουν αυξημένη ηλιακή πρόσβαση κατά τις περιόδους θέρμανσης. Πλαγιές με νότιο προσανατολισμό πυκνοδομούνται περισσότερο απ'ότι οι επίπεδες περιοχές. Η χαμηλότερη πυκνότητα ανάπτυξης εντοπίζεται σε πλαγιές με βόρειο προσανατολισμό. Στη Νότια Ευρώπη , οι πλαγιές με δυτικό προσανατολισμό είναι οι λιγότερο ευνοημένες όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση.
3. Τοποθέτηση των κτηρίων στο οικοπέδο χωρίς να εμποδίζουν την ηλιακή πρόσβαση στα γειτονικά κτήρια
4. Προστασία της ηλιακής πρόσβασης, όπου είναι δυνατό, έτσι ώστε κατά τις θερμές περιόδους η περιβάλλουσα βλάστηση και οι οικοδομές να μην σκιάζουν κάποιο τμήμα των περιοχών που συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια μεταξύ των παρακάτω γωνιών ανατολικά και δυτικά του νότου
5. Διαμόρφωση των οριογραμμών και των οδών έτσι ώστε να ταιριάζουν με την τοπογραφία του οικοπέδου χωρίς βέβαια να θυσιάζεται η καταλληλότερη θέση για το κτήριο.

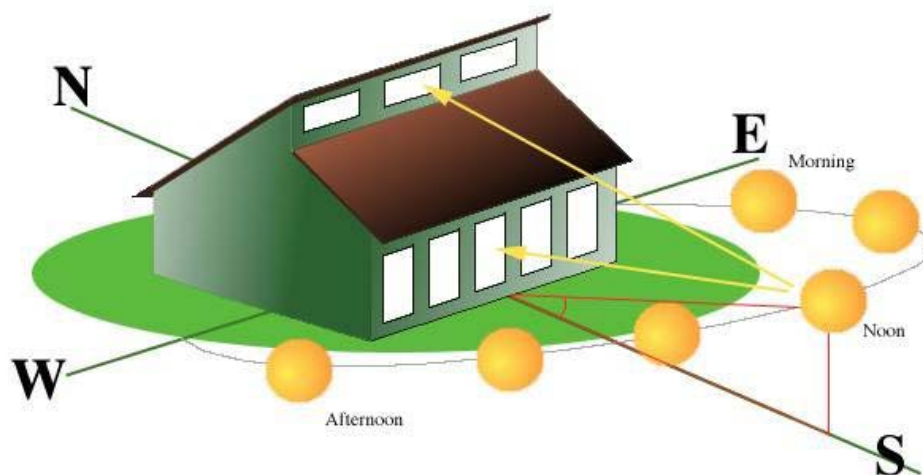
4.3. Προσανατολισμός

Για το μεσογειακό κλίμα πρέπει να υπάρχει στρατηγική ικανή να προσφέρει θέρμανση και δροσισμό. Η δράση της ηλιακής ακτινοβολίας στις επιφάνειες του κτηρίου είναι ιδιαίτερα σημαντική και από αυτήν εξαρτάται το θερμικό ισοζύγιο της κατασκευής. Για το λόγο αυτό ο μελετητής πρέπει να αποφασίσει ποιες από αυτές θα είναι εκτεθειμένες και ποιες θα προστατεύονται. Προκειμένου να υπολογιστεί η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται ένα κτήριο χρησιμοποιούνται προγράμματα με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή. Από τον παρακάτω πίνακα 4.1. φαίνεται ότι οι νότιες όψεις αποτελούν τους καλύτερους συλλέκτες το χειμώνα ενώ η δυτική και ανατολική όψη είναι επιβαρυντικές για το καλοκαίρι.

Προσανατολισμός ανοιγμάτων						
	Οριζόντια	Νότος	ΝΑ/ΝΔ	Α/Δ	ΒΑ/ΒΔ	Βορράς
Ιανουάριος	7,2	16,63	11,97	5,18	1,29	1,2
Φεβρουάριος	11,14	16,59	13,11	7,29	2,29	1,65
Μάρτιος	15,59	14,12	13,44	9,8	4,3	2,28
Απρίλιος	19,63	9,97	12,23	11,37	6,67	3,12
Μάιος	22,1	7,26	10,89	11,96	8,29	4,14
Ιούνιος	22,87	6,34	10,27	12,24	9,12	4,93
Ιούλιος	21,91	7,08	10,68	11,86	8,37	4,3
Αύγουστος	19,28	9,61	11,86	11,12	6,69	3,28
Σεπτέμβριος	15,06	13,71	12,91	9,38	4,24	2,36
Οκτώβριος	10,91	15,97	12,59	7,08	2,3	1,69
Νοέμβριος	7,2	16,28	11,74	5,14	1,34	1,24
Δεκέμβριος	5,75	15,12	11,26	4,38	1,05	1

Πίνακας 4.1. :Σχετικές τιμές του διατιθέμενου ηλιακού κέρδους σε 40⁰ βορείου πλάτους μέσω υαλοπινάκων με τον αναφερόμενο προσανατολισμό.(Πηγή:

Με βάση τον πίνακα φαίνεται ότι η καλύτερη δυνατή επιλογή για μεσογειακά κλίματα, όταν αυτή είναι εφικτή, είναι νότια προσανατολισμένα κτήρια με μέγιστη απόκλιση $\pm 22,5^{\circ}$ και επιφάνεια ανοίγματος της νότιας όψης της τάξης του 50%.



Σχήμα 4.1: Θερμικά κέρδη μέσω νότιων προσανατολισμένων ανοιγμάτων (Πηγή: Παθητικά ηλιακά συστήματα και η απόδοση τους στην Ελλάδα, Ξένακης Μενέλαος)

Τα νότια προσανατολισμένα κτήρια παρέχουν καλύτερη διανομή των ηλιακών κερδών και συντελούν στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας χωρίς να υπάρχει το ρίσκο της υπερθέρμανσης το καλοκαίρι όπως συμβαίνει με τον ανατολικό και τον δυτικό προσανατολισμό. Ο ανατολικός και ο δυτικός προσανατολισμός πρέπει να αποφεύγονται διότι παρουσιάζονται έντονα προβλήματα το καλοκαίρι λόγω αύξησης της θερμοκρασίας των εσωτερικών χώρων. Σε αντίθεση περίπτωση απαιτούνται ηλιοπροστατευτικές διατάξεις κατακόρυφα τοποθετημένες.

4.4 Σχεδιασμός κάτοψης

Σύμφωνα με όσα αναγράφονται στο «Εγχειρίδιο Σχεδιασμού» που δημοσιεύεται από το Κοινό Κέντρο Ερευνών η πιο ενδεδειγμένη αρχιτεκτονική λύση από άποψη ενεργειακή είναι αυτή στην οποία η κάτοψη έχει σχήμα

ορθογώνιο, έτσι ώστε να διασφαλίζεται ο φυσικός φωτισμός, με το μεγάλο άξονα στην κατεύθυνση ανατολής –δύσης, προκειμένου να μεγιστοποιούνται τα θερμικά οφέλη χωρίς αύξηση του ψυκτικού φορτίου. Ταυτόχρονα, όταν πρόκειται για κτήρια που απαρτίζονται από διαμερίσματα, λύσεις που περιλαμβάνουν εσωτερικούς διαδρόμους, πρέπει να αποφεύγονται διότι δεν εξασφαλίζουν τον διαμπερή αερισμό και φωτισμό.

Παράλληλα, σημαντικό παράγοντα αποτελεί η κατακόρυφη κατανομή των χώρων του κτηρίου. Το ηλιακό κέρδος είναι στενά συνδεδεμένο με το ύψος του κτηρίου. Η θερμική συμπεριφορά ενός κτηρίου εξαρτάται και από τον αριθμό των ορόφων που το αποτελούν. Ένα διώροφο κτήριο καταναλώνει λιγότερη ενέργεια από ένα μονώροφο με τα ίδια τετραγωνικά μέτρα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στον ίδιο όγκο αναλογεί μικρότερη επιφάνεια στέγης. Από την επιφάνεια της στέγης-ταράτσας εξαρτάται το θερμικό φορτίο που δέχεται το κτήριο το καλοκαίρι και οι θερμικές απώλειες που έχει το χειμώνα. Για το λόγο αυτό το θερμικό φορτίο στην περίπτωση του διώροφου κτηρίου είναι μικρότερο, ενώ επισημαίνεται ότι η διαχείριση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας είναι ευχερέστερη στις κατακόρυφες επιφάνειες.

Επίσης η πρόβλεψη για τη δημιουργία ενδιάμεσων χώρων π.χ βεράντες, αίθρια μπορούν να διαμορφώσουν το μικροκλίμα επηρεάζοντας σημαντικά την κατεύθυνση της ροής του ανέμου παρέχοντας εξίσου προστασία από τον ήλιο των παρακείμενων ανοιγμάτων και επιφανειών.

4.5 Σχεδιασμός ανοιγμάτων

Η ισορροπία μεταξύ θέρμανσης, ψύξης και φυσικού φωτισμού αποτελεί μία κρίσιμη θεώρηση για την επιλογή του προσανατολισμού και του μεγέθους των ανοιγμάτων. Η στρατηγική μελέτης περιλαμβάνει συνθήκες χειμώνα και καλοκαιριού, έτσι ώστε να ελέγχονται τα υπερβολικά ηλιακά κέρδη κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών, να επιτρέπεται ο απρόσκοπτος ηλιακός φωτισμός με αποφυγή της ανάγκης για χρήση τεχνητού φωτισμού με τα επακόλουθα φορτία ψύξης.

Προκειμένου, να συμβάλουμε στην δημιουργία κτηρίων με όσο το δυνατό λιγότερα ψυκτικά φορτία θα πρέπει να αποφεύγονται τα μεγάλα ανοίγματα σε ανατολή και δύση για αποφυγή υπερθέρμανσης, ενώ πρέπει να εξασφαλίζεται ο

διαμπερής αερισμός. Τα ανοίγματα στην ανατολική και νότια όψη του κτηρίου επιτρέπουν την είσοδο της άμεσης ακτινοβολίας τις μεσημβρινές ώρες και επηρεάζουν το ψυκτικό φορτίο των χώρων κατά τη θερινή περίοδο. Επιβάλλεται σε όλες τις περιπτώσεις με δυτικά ανοίγματα, η ύπαρξη κάθετων ηλιοπροστατευτικών διατάξεων, δέντρων και θάμνων για προστασία από τον ήλιο.

Είναι λοιπόν κατανοητό ότι η επιλογή κτηρίων με μεγάλα ανοίγματα σε ανατολικό ή δυτικό προσανατολισμό είναι λανθασμένη και δεν αποτελεί ενδεδειγμένη λύση για κτήρια χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας. Απαραίτητη είναι επίσης η χρήση φυλλοβόλων δέντρων στις όψεις αυτές, αλλά και στη νότια όψη, για αποφυγή της ηλιακής ακτινοβολίας τους καλοκαιρινούς μήνες.

Η ύπαρξη βορινών ανοιγμάτων περιορισμένης έκτασης συμβάλλει σημαντικά στη παροχή καλύτερης ποιότητας φωτισμού, αφού αυτά δέχονται διάχυτο φως, ενώ εξασφαλίζουν και τον διαμπερή αερισμό. Η ενίσχυση του φυσικού φωτισμού ελαχιστοποιεί την ανάγκη για τεχνητό φωτισμό, ο οποίος επιβαρύνει την κατανάλωση ενέργειας και παράγει επιπλέον θερμότητα, αυξάνοντας το ψυκτικό φορτίο.

4.6 Θερμική Άνεση

Είναι γνωστό ότι το ανθρώπινο σώμα πρέπει να διατηρεί μια βασική θερμοκρασία κοντά στους 37°C. Ο άνθρωπος λειτουργεί καλύτερα σε αυτή την θερμοκρασία και διαφοροποιήσεις, είτε προς τα κάτω, είτε προς τα πάνω μπορεί να είναι επιζήμιες. Το ίδιο ισχύει και για την θερμοκρασία στους χώρους των κατοικιών. Κάθε ένοικος επιθυμεί η κατοικία του, να είναι άνετη και να μπορεί να διατηρείται σε μια κατάλληλη θερμοκρασία.

Ως θερμική άνεση ορίζονται οι συνθήκες στις οποίες ευρισκόμενο ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή. Όπως είναι προφανές η κατάσταση στην οποία ένα άτομο αισθάνεται θερμικά άνετα έχει υποκειμενικό χαρακτήρα. Έτσι στον ίδιο χώρο είναι δυνατόν κάποιο άτομο να εκφράζει την ικανοποίησή του για τις θερμικές συνθήκες, ενώ κάποιο άλλο άτομο τη δυσσαρέσκειά του. Η θερμική άνεση επιτυγχάνεται με φυσιολογικές και με τεχνητές λειτουργίες. Οι πρώτες είναι αυτές που κάνει ο ανθρώπινος οργανισμός ενώ στις τεχνητές

λειτουργίες ανήκουν οι συνθήκες θερμικής άνεσης που επιτυγχάνονται με τη χρήση κυρίως θερμαντικών και κλιματιστικών συστημάτων

Οι παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες άνεσης μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις γενικές κατηγορίες:

1.Φυσικές παράμετροι

- Θερμοκρασία του αέρα [$^{\circ}\text{C}$]
- Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών [$^{\circ}\text{C}$]
- Η σχετική υγρασία του αέρα [Pa]
- Η ταχύτητα του εσωτερικού αέρα [m/s]
- Χρώμα επιφανειών
- Οσμές
- Επίπεδα φωτισμού και θορύβου

2.Βιολογικές παράμετροι

- Το φύλο των χρηστών του χώρου
- Η ηλικία των χρηστών του χώρου
- Οι συνήθειες των χρηστών του χώρου

3.Εξωτερικές παράμετροι

- Το είδος των δραστηριοτήτων των χρηστών του χώρου [met] ($1 \text{ met}=58.15 \text{ W/m}^2$)
- τύπος του ρουχισμού των χρηστών του χώρου [clo] ($1 \text{ clo}=0.155 \text{ m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$)

(Πηγή: Θερμική άνεση στα κτήρια. Νέα πρότυπα και βελτίωση θερμικής άνεσης στα κτήρια. Άγις Παπαδόπουλος 2006)

Από τις παραπάνω παραμέτρους, οι πλέον σημαντικές είναι η θερμοκρασία του αέρα, η σχετική υγρασία, η ταχύτητα αέρα, η ατμοσφαιρική πίεση, ο ρουχισμός και το είδος των δραστηριοτήτων.

Η θερμική άνεση επιτυγχάνεται με πολλούς διαφορετικούς συνδυασμούς αυτών των παραμέτρων. Η θετική ή αρνητική επίδραση μιας παραμέτρου στην θερμική άνεση μπορεί να ενισχυθεί ή να εξασθενίσει από την αλλαγή μιας άλλης παραμέτρου.

Η θερμική ισορροπία του σώματος είναι μια δυναμική κατάσταση μεταξύ της παραγόμενης θερμότητας (ως αποτέλεσμα του ανθρώπινου μεταβολισμού) και της θερμότητας που μεταδίδεται με μεταφορά, αγωγή, ακτινοβολία και εξάτμιση από ή προς το περιβάλλον.

Το θερμικό ισοζύγιο ανάμεσα στο ανθρώπινο σώμα και το περιβάλλον ρυθμίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$Q_M = Q_{dif} + Q_{evap} + Q_{resp} + Q_r + Q_c$$

Όπου

Q_M =η θερμότητα που παράγεται μέσω του μεταβολισμού

Q_{dif} =η θερμότητα που διαχέεται μέσω του δέρματος

Q_{evap} =η θερμότητα που απάγεται χάρη στην εξάτμιση του ιδρώτα

Q_{resp} =η λανθάνουσα θερμότητα που απαιτείται για την εφίδρωση

Q_r =οι απώλειες θερμότητας με ακτινοβολία από την εξωτερική επιφάνεια ενός ντυμένου ατόμου προς το περιβάλλον

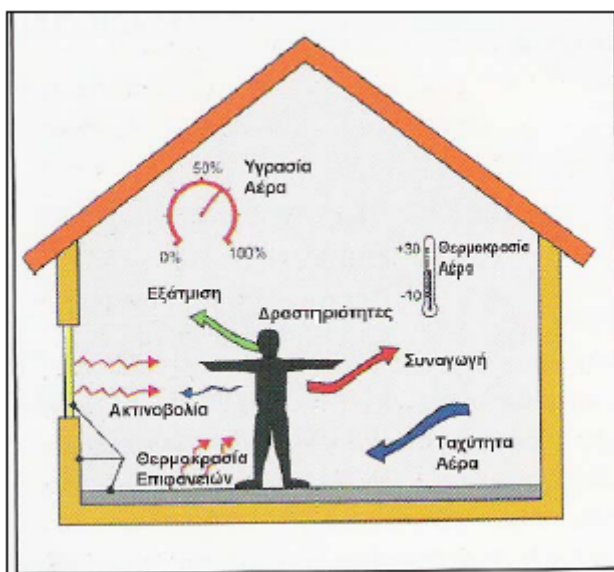
Q_c =μετάδοση θερμότητας με μεταφορά προς το περιβάλλον

Για να επιτευχθεί θερμική άνεση και να διατηρηθούν τα επιθυμητά επίπεδα ποιότητας αέρα, σε οποιοδήποτε περιβάλλον, απαιτείται συστηματικός αερισμός των χώρων. Τα συστήματα αερισμού εισάγουν τις απαραίτητες ποσότητες φρέσκου αέρα, ρυθμίζοντας ταυτόχρονα την ποιότητα, την θερμοκρασία και την υγρασία του.

Η ποσότητα του εξωτερικού αέρα που απαιτείται για κάθε εσωτερικό χώρο καθορίζεται από εθνικούς κανονισμούς και εξαρτάται από την λειτουργία του χώρου. Η διανομή του αέρα στους χώρους πρέπει να αντιμετωπίζεται με προσοχή, αφού η ταχύτητα του αέρα επηρεάζει άμεσα την θερμική άνεση. (Πηγή: ΔΙΠΕ-Οικολογική Δόμηση 2000)

Εκτός από τα παραπάνω σημαντικό ρόλο παίζει η σχέση που υπάρχει μεταξύ της ηλιακής ακτινοβολίας και των στοιχείων του κτηρίου. Ένα μέρος της ακτινοβολίας που προσπίπτει στα συμπαγή υλικά-στοιχεία του κελύφους ανακλάται και ένα μέρος απορροφάται, ανάλογα πάντα με το είδος του υλικού και το χρώμα του. Η εισερχόμενη ακτινοβολία απορροφάται από τους τοίχους, τα δάπεδα, τα έπιπλα και τα άλλα εσωτερικά στοιχεία του χώρου και μετατρέπεται σε θερμότητα.. Η θερμότητα αυτή είτε θα αποθηκευτεί, είτε θα επανεκπεμφθεί. Στην περίπτωση που τα στοιχεία του κτηρίου είναι διαφανή, η θερμική ακτινοβολία που εισέρχεται το κτήριο παγιδευεται στον εσωτερικό χώρο και δημιουργείται το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Όμως είναι αναγκαίο να υπάρχει ισορροπία μεταξύ της προσθήκης και της αφαίρεσης της θερμικής ενέργειας από

το εξωτερικό περιβάλλον. Πρέπει να ρυθμίζεται η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας και να ελέγχεται πάντα το επίπεδο θερμικών- απωλειών.



Σχήμα 4.2.: Παράγοντες που επηρεάζουν την θερμική άνεση (Πηγή: Υλικά-Κατοικία και Περιβάλλον, Πτυχιακή Μελέτη Βάκα Θεοδώρα, 2005)

4.6.1. Υπολογισμός της θερμικής άνεσης

Όπως ειπώθηκε, η θερμική άνεση είναι μια κατάσταση, η οποία εξαρτάται και επηρεάζεται από ένα μεγάλο αριθμό παραμέτρων και ως υποκειμενικό αίσθημα εκδηλώνεται διαφορετικά από άτομο σε άτομο. Παρόλα αυτά έχουν γίνει διάφορες προσπάθειες για να αναπτυχθούν ακριβείς μέθοδοι υπολογισμού της. Η επικρατέστερη είναι αυτή που βασίζεται στη θεωρία του PMV (Predicted Mean Vote) και του δείκτη δυσαρέσκειας των ανθρώπων PPD (Predicted Percent of Dissatisfied People). Το PMV είναι μία σύνθετη μαθηματική σχέση, στην οποία λαμβάνουν μέρος παράγοντες δραστηριότητας, ρουχισμού, καθώς και τέσσερις περιβαλλοντικές παράμετροι και έχει προσδιοριστεί πειραματικά. Η θερμοκρασία των επιφανειών του χώρου, η θερμοκρασία του αέρα, η σχετική υγρασία και η ταχύτητα του αποτελούν τα κλιματικά δεδομένα που υπεισέρχονται στην παραπάνω σχέση.

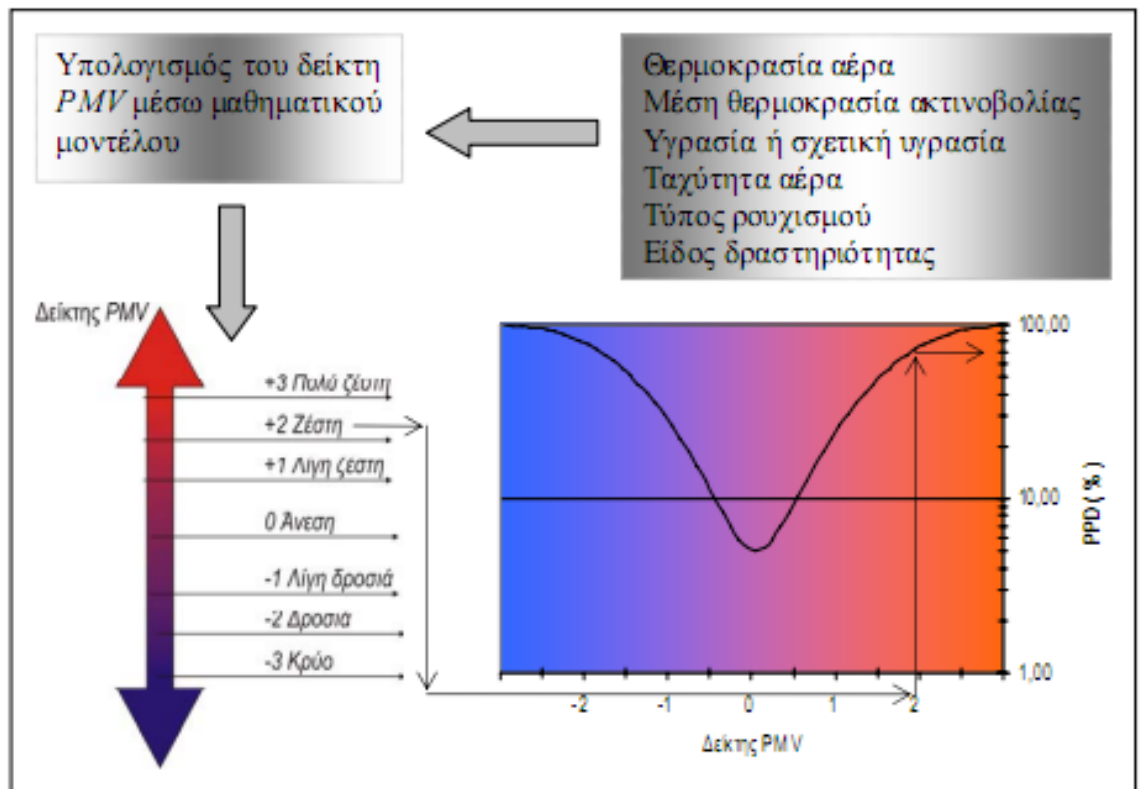
Κατά τον υπολογισμό του PMV υπό συγκεκριμένες συνθήκες, το υποκειμενικό αίσθημα της θερμικής άνεσης προσδιορίζεται με βάση την παρακάτω κλίμακα:

ΚΡΥΟ	ΔΡΟΣΙΑ	ΛΙΓΗ ΔΡΟΣΙΑ	ΑΝΕΣΗ	ΛΙΓΗ ΖΕΣΤΗ	ΖΕΣΤΗ	ΠΟΛΥ ΖΕΣΤΗ
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3

Πίνακας 4.2.: Κλίμακα του υποκειμενικού αισθήματος της θερμικής άνεσης(Πηγή:ΔΙΠΕ-ΥΠΕΧΩΔΕ 2000)

Η μηδενική τιμή αντιστοιχεί στις συνθήκες στις οποίες η πλειονότητα των ανθρώπων αισθάνεται άνετα, ενώ το εύρος τιμών -1 και $+1$ θεωρείται ικανοποιητικό αναφορικά με τη θερμική κατάσταση ενός χώρου.

Σε συνάρτηση με το δείκτη PMV υπολογίζεται και το ποσοστό δυσaráσκείας των ατόμων υπό τις δεδομένες συνθήκες, το οποίο εκφράζεται με το δείκτη PPD. Η συνάρτηση που εκφράζει τη σχέση μεταξύ των δύο δεικτών αποτελεί απόρροια των πειραμάτων του Fanger και αποδίδεται σχηματικά στην εικόνα. Παρατηρείται ότι ακόμη και για μηδενική τιμή του δείκτη PMV ένα ποσοστό των ατόμων της τάξης του 5% δεν αισθάνεται άνετα. Η μέθοδος του PMV για τον υπολογισμό της θερμικής άνεσης αποτελεί από το 1984 Διεθνές Πρότυπο ISO-7730.



Σχήμα 4.3.: Ολοκληρωμένο σχήμα υπολογισμού του ποσοστού των δυσαρεστημένων PPD. (Πηγή: *Θερμική άνεση στα κτήρια. Νέα πρότυπα και βελτίωση λανεσης στα κτήρια. Άγις Παπαδόπουλος 2006*)

4.7. Οι θερμικές απώλειες και η προέλευση τους

Θερμικές απώλειες προκαλούνται σε ένα κτήριο από τη μετάδοση της θερμότητας του αέρα ενός εσωτερικού χώρου προς την ατμόσφαιρα ή προς ψυχρότερους γειτονικούς χώρους ή και αντίστροφα. Είναι γνωστό ότι, ανάμεσα σε δύο σώματα με διαφορετικές θερμοκρασίες, προκαλείται μια συνεχής ροή θερμότητας από το θερμότερο προς το ψυχρότερο. Έτσι, οι θερμικές απώλειες δεν νοούνται μόνο για την απώλεια της ζέστης ενός χώρου το χειμώνα αλλά και της δροσιάς το καλοκαίρι, όταν ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι θερμότερος. Αυτή η ροή θερμότητας είναι αδύνατο να εμποδιστεί τελείως και μπορεί, μόνο, να περιοριστεί ως προς την ένταση και τη διάρκεια της. Αυτό είναι κατορθωτό μόνο όταν υπάρχει έλεγχος των θερμικών απωλειών.

Η μείωση των θερμικών απωλειών των εσωτερικών χώρων ενός κτηρίου, έχει ως συνέπεια τη μείωση της κατανάλωσης των καυσίμων που τροφοδοτούν τα διάφορα τεχνητά συστήματα θέρμανσης-ψύξης. Η μείωση αυτή

μπορεί να είναι σημαντική, αρκεί η θερμομόνωση να εφαρμόζεται με βάση μια σωστή μελέτη και τις ακριβείς προδιαγραφές που καθορίζουν τις ιδιότητες και τον τρόπο σύνθεσης των υλικών κατασκευής της. Στις περισσότερες χώρες με ψυχρότερα κλίματα τέτοιες προδιαγραφές ισχύουν εδώ και πολλά χρόνια.

Ένας κλειστός χώρος που θερμαίνεται ακτινοβολεί θερμότητα στο ψυχρότερο περιβάλλον που είναι γύρω του. Ταυτόχρονα η θερμότητα διαφεύγει από τις ατέλειες του περιβλήματος. Οι απώλειες αυτές πρέπει να αντιμετωπίζονται με τους διάφορους τρόπους μόνωσης. Πρέπει να τονιστεί ότι με το φράξιμο των χαραμάδων και τον περιορισμό της αθέλητης διείσδυσης αέρα δεν πρέπει να εμποδίζεται ο απαραίτητος αερισμός της κατοικίας. Για την υγεία των χρηστών, είναι απαραίτητο να ανανεώνεται ο αέρας που βρίσκεται στο εσωτερικό μιας κατοικίας.

Ο αερισμός των κατοικιών πρέπει να είναι γενικός και μόνιμος ακόμη και στην περίοδο που η εξωτερική θερμοκρασία υποχρεώνει να διατηρούνται κλειστά τα παράθυρα. Η κυκλοφορία του αέρα πρέπει να γίνεται ανεμπόδιστα, σε όλους τους χώρους διαβίωσης. Όλοι οι κύριοι χώροι πρέπει να έχουν ανοίγματα για την είσοδο του αέρα και όλοι οι χώροι υπηρεσίας εξαερισμούς. Μεταξύ των κυρίων χώρων υπηρεσίας πρέπει να υπάρχουν ελεύθερα περάσματα για κυκλοφορεί ο αέρας μεταξύ τους. Τόσο η εισαγωγή όσο και η απαγωγή του αέρα από το εσωτερικό των κατοικιών, μπορεί να γίνεται με τρόπο φυσικό ή μηχανικό ή με συνδυασμό των δύο μεθόδων. Τα ανοίγματα όμως που υπαγορεύει ο φυσικός αερισμός (παράθυρα, φεγγίτες, χαραμάδες κάτω από πόρτες), όσο και ο μηχανικός εξαερισμός (στόμια και συναρμογές σωληνώσεων, καμινάδες κλπ) πρέπει να προστατεύονται σωστά για να μη διαφεύγει άσκοπα θερμική ενέργεια από το κτήριο.

Ανάλογα προβλήματα δημιουργεί ο αερισμός και στον τομέα της ακουστικής άνεσης. Η σωστή θερμομόνωση σε συνδυασμό με ένα ικανοποιητικό σύστημα κλιματισμού, εξασφαλίζει την άνετη διαμονή μέσα στην κατοικία. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα προστατεύει τον εσωτερικό χώρο από το κρύο και κατά το καλοκαίρι από την υπερβολική ζέστη. Εξασφαλίζει οικονομία στην αρχική δαπάνη εγκατάστασης και στις δαπάνες λειτουργίας της θέρμανσης, μειώνοντας τις ανταλλαγές θερμοκρασίας με το εξωτερικό περιβάλλον ή με χώρους που έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες. Εξοικονομεί χρήματα από τα έξοδα συντήρησης και αυξάνει το χρόνο ζωής της κατοικίας, συμβάλλοντας στην προστασία της από

φθορές και βλάβες. Οι κατά καιρούς έρευνες απέδειξαν ότι μια σωστή θερμομόνωση, που απαιτεί περίπου το 2 - 5% του αρχικού κόστους κατασκευής του κτηρίου, μπορεί να εξοικονομήσει μέχρι και 50% του κόστους λειτουργίας της θέρμανσής του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΣΩ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

5.1. Η συμβολή της θερμομόνωσης

Με την πρόβλεψη θερμομόνωσης στις κτιριακές κατασκευές παίρνονται τα κατάλληλα μέτρα για την παρεμπόδιση της διαφυγής της θερμικής ενέργειας από ένα χώρο προς την ατμόσφαιρα ή ένα άλλο, ψυχρότερο γειτονικό χώρο. Η θερμομόνωση στόχο έχει να περιορίζει στο ελάχιστο τις ανταλλαγές θερμότητας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος και να επιτυγχάνει τη δημιουργία ενός ευχάριστου εσωκλίματος με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας και συνεπώς με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Παράλληλα όμως συμβάλλει:

- Στην αποταμίευση θερμότητας με την εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας των υλικών
- Στην διατήρηση υψηλών εσωτερικών επιφανειακών θερμοκρασιών και στην αποτροπή εμφάνισης δρόσου σ'αυτές

- Στη μείωση των πιθανοτήτων σχηματισμού εσωτερικής συμπύκνωσης λόγω διάχυσης των υδρατμών μέσω των δομικών στοιχείων των κατασκευών.
- Στην προστασία των δομικών στοιχείων του περιβλήματος του κτηρίου από τις έντονες θερμικές καταπονήσεις
- Στην μείωση των θερμικών απωλειών που επιτυγχάνεται, αφενός με τη μεγιστοποίηση των ηλιακών κερδών (το χειμώνα), την ηλιοπροστασία (το καλοκαίρι) και την κατάλληλη θερμομόνωση
- Στον περιορισμό του αρχικού κόστους κατασκευής του συστήματος κεντρικής θέρμανσης ή κλιματισμού
- Στην ταυτόχρονη προστασία από τους θορύβους, αφού τα περισσότερα από τα θερμομονωτικά υλικά είναι και ηχομονωτικά.

Η θερμομόνωση του κελύφους ενός κτηρίου επιτυγχάνεται με την επιλογή υλικών με μικρό συντελεστή θερμοπερατότητας (ή συντελεστή U-value, μετράται σε $W/m^2 \text{ } ^\circ C$). Τα υλικά αυτά, τοποθετημένα στα διάφορα στοιχεία του κελύφους (τοίχοι, δάπεδα, οροφή κτλ.) μπορούν να μειώσουν σημαντικά τις θερμικές απώλειες του κτηρίου κατά τη διάρκεια του χειμώνα, κατά ένα ποσοστό τα θερμικά κέρδη το καλοκαίρι και να περιορίσουν τα προβλήματα που σχετίζονται με τη θερμική δυσφορία που προκαλούν οι κρύες επιφάνειες

Μειώνοντας τα θερμικά φορτία μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας και η απαιτούμενη θερμική ισχύς. Με άλλα λόγια μπορεί να εγκατασταθεί ένα μικρότερο σύστημα θέρμανσης το οποίο κατά κανόνα λειτουργεί πιο αποδοτικά, με συνέπεια να καταναλώνεται λιγότερο καύσιμο ή ηλεκτρική ενέργεια και να εξοικονομούνται χρήματα κατά τη διάρκεια λειτουργίας. **Σε σωστά θερμομονωμένα κτήρια, η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να είναι 20-40% μικρότερη από την ενεργειακή κατανάλωση ενός κτηρίου χωρίς θερμομόνωση.**

Επιπλέον, η συμβολή της είναι σημαντική και στην προστασία του περιβάλλοντος, επειδή με την επιτυγχανόμενη εξοικονόμηση ενέργειας

- αφενός μειώνεται η κατανάλωση των διαθέσιμων ενεργειακών πόρων και
- αφετέρου μειώνεται η ρύπανση του περιβάλλοντος από την παραγωγή καυσαερίων

Στη χώρα μας, σύμφωνα με το ισχύον Π.Δ. 362/74/7/79, "Κανονισμός Θερμομόνωσης των Κτηρίων", με τον οποίο γίνεται προσπάθεια, με βάση τη

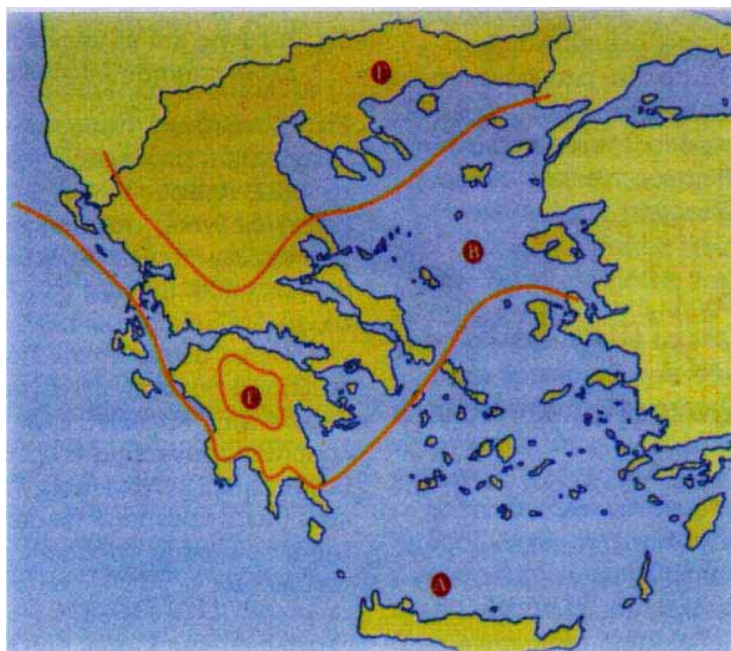
διεθνή πρακτική και τις κλιματολογικές συνθήκες της Ελλάδας, να καθοριστούν προδιαγραφές που να εξασφαλίζουν μία τεχνοοικονομικά σωστή θερμομόνωση. Τέτοια θεωρείται αυτή που για να γίνει δεν απαιτείται υπερβολικά μεγάλο αρχικό κόστος εγκατάστασης και που, ωστόσο, εξασφαλίζει μακροχρόνια οικονομία στη χρήση του κτηρίου και περιορισμό στην εφαρμογή ενεργοβόρων τεχνητών συστημάτων ελέγχου του εσωτερικού περιβάλλοντος.

Κάτω από συνθήκες οικονομικά προσιτές, μια καλή θερμική μόνωση πρέπει να εξασφαλίζει:

- Την υγιεινή, άνετη κι ευχάριστη διαβίωση, χωρίς να διαταράσσεται το θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος και να προκαλούνται σοβαρές θερμικές αλληλοεπιδράσεις κρύου ή ζέστης ανάμεσα σ' αυτό και στο χώρο που το περιβάλλει.
- Το θερμικό ισοζύγιο είναι αυτό που κυρίως καθορίζει το αίσθημα άνεσης του ανθρώπινου οργανισμού.
- Την οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας, με τον περιορισμό των θερμικών απωλειών των εσωτερικών χώρων.
- Τον περιορισμό του αρχικού κόστους κατασκευής της εγκατάστασης του συστήματος κεντρικής θέρμανσης ή κλιματισμού.
- Την αποφυγή των προβλημάτων που μπορεί να προκαλέσουν οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας, όπως είναι η διάρρηξη των σωληνώσεων του νερού από τον παγετό, η αποκόλληση κατασκευών από την επίδραση των υδρατμών κλπ.
- Την ταυτόχρονη προστασία από τους θορύβους, αφού τα περισσότερα από τα θερμομονωτικά υλικά είναι και ηχομονωτικά. Έτσι μία μελέτη θερμομόνωσης θεωρείται απόλυτα σωστή όταν η θερμική και ηχητική μόνωση συνδυάζονται σε μία και μόνη κατασκευή.
- Τη βελτίωση της προστασίας του περιβάλλοντος γενικότερα, αφού ελαττώνοντας την ποσότητα των εκλυόμενων καυσαερίων μειώνεται αντίστοιχα, η ρύπανση της ατμόσφαιρας.

Ο κανονισμός αυτός, διαιρεί την χώρα σε τρεις κλιματικές ζώνες (σχήμα 5.1.), με κριτήρια την θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα κατά την διάρκεια του χειμώνα και την διάρκεια της περιόδου θέρμανσης. Ορίζει δύο παραμέτρους βάσει των οποίων γίνεται ο υπολογισμός της ελάχιστης

θερμομόνωσης που απαιτείται σε κάθε περίπτωση, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η καλή ενεργειακή απόδοση του κτηρίου.



Σχήμα 5.1.: Οι κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα

Τα κριτήρια αυτά είναι:

- η κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει το κτήριο
- ο λόγος της εξωτερικής επιφάνειας του κτηρίου (F) προς τον όγκο του (V)

Στη συνέχεια ανάλογα με τις τιμές αυτών των δύο παραμέτρων καθορίζεται ο μέγιστος συντελεστής θερμικής διαπερατότητας (θερμικών απωλειών) k_m του κελύφους, βάσει του οποίου υπολογίζονται τόσο η ελάχιστη ποσότητα θερμομόνωσης όσο και το μέγεθος του συστήματος θέρμανσης που πρέπει να τοποθετηθούν στο κτήριο. (βλ. πίνακα 5.1.)

Ο μέσος συντελεστής θερμικής διαπερατότητας όλου του κτηρίου k_m υπολογίζεται από την σχέση

$$K_m = (k_w F_w + K_F F_F + 1.0 K_D F_D + 0.5 k_G F_G + K_{DL} F_{DL}) / F$$

Όπου:

F_w =επιφάνεια των εξωτερικών αδιαφανών ή των ημιδιαφανών στοιχείων

F_F =επιφάνεια των ανοιγμάτων (παράθυρα, πόρτες)

F_D =επιφάνεια δώματος

F_G =επιφάνεια δαπέδου σε επαφή με το έδαφος ή με μη θερμαινόμενο χώρο

F_{DL} =επιφάνεια δαπέδου σε επαφή με αέρα (οροφή πυλωτής)

$$F = F_W + F_F + F_D + F_G + F_{DL}$$

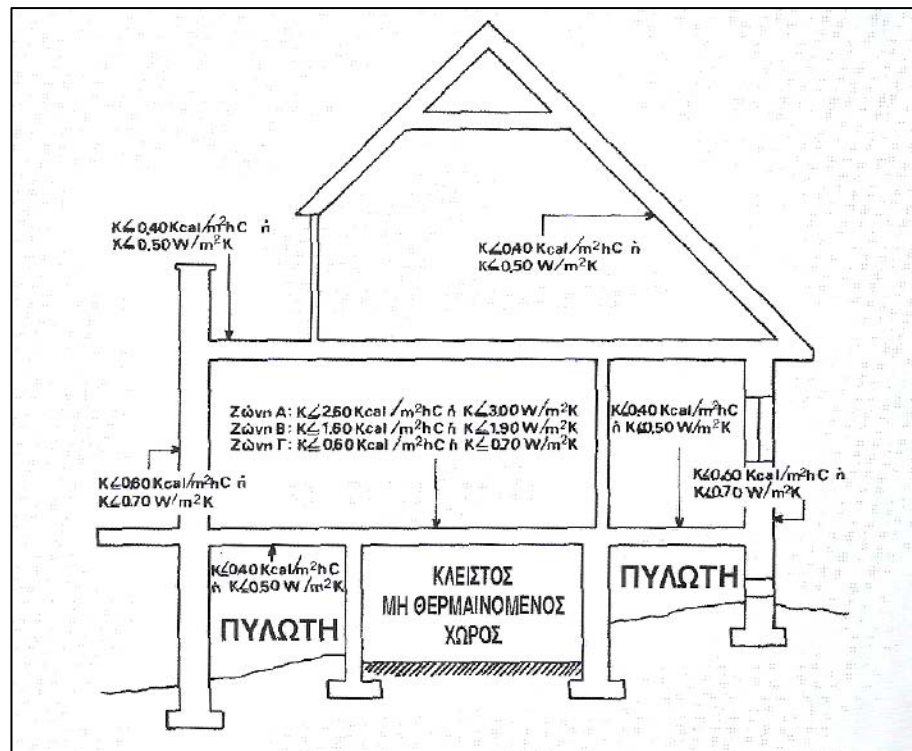
$k_w, k_F, k_D, k_G, k_{DL}$ =συντελεστές θερμικών απωλειών των αντίστοιχων δομικών στοιχείων

Στον ακόλουθο πίνακα δίνεται για κάθε συνδυασμό κλιματικής ζώνης και λόγου F/V η μέγιστη επιτρεπτή τιμή του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας του κελύφους (k_m). Όσο ο λόγος F/V αυξάνει τόσο μειώνεται η τιμή του επιτρεπόμενου μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας με οριακή τιμή η οποία παραμένει πλέον σταθερή στην τιμή του λόγου $F/V > 1$.

	k_m (σε $W/m^2 \text{ } ^\circ C$)		
F/V (m-1)	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ
≤ 0.2	1.553	1.180	0.938
0.3	1.448	1.111	0.884
0.4	1.349	1.043	0.831
0.5	1.270	0.983	0.785
0.6	1.198	0.924	0.738
0.7	1.145	0.872	0.698
0.8	1.101	0.834	0.669
0.9	1.078	0.808	0.640
/1.0	1.070	0.791	0.616

Πίνακας 5.1.:Μέγιστη επιτρεπτή τιμή του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας του κελύφους. (Πηγή:ΔΙΠΕ-Οικολογική δόμηση)

Επίσης, για κάθε δομικό στοιχείο του κτηρίου, ανάλογα με την θέση του στο κέλυφος, καθορίζονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας όπως δείχνονται στο σχήμα 5.2. Σε κάθε όροφο η μέση τιμή του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των εξωτερικών επιφανειών, συμπεριλαμβανομένων των ανοιγμάτων, δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή των $1,9 \text{ } W/m^2 \text{ } ^\circ C$. Όσο μικρότερος είναι ο επιτυγχανόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας για το κτήριο, τόσο μεγαλύτερη είναι και η εξοικονόμηση ενέργειας.(Πηγή: ΔΙΠΕ-Οικολογική Δόμηση 2000)



Σχήμα 5.2.: Ελάχιστες απαιτήσεις του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας για κάθε δομικό στοιχείο του κτηρίου. (Πηγή:ΔΙΠΕ-Οικολογική δόμηση)

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα μέγιστα όρια των θερμικών απωλειών στα δομικά στοιχεία, εκφρασμένα με το συντελεστή θερμοπερατότητάς τους.

ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ			k_{max}
		$\text{Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$	$\text{W/m}^2\text{K}$
Εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα		$k [0,6]$	$k [0,7]$
Οριζόντιες επιφάνειες και οροφές που χωρίζουν θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα, είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω		$k [0,4]$	$k [0,5]$
Δάπεδα πάνω στο έδαφος ή δάπεδα υπερκείμενα κλειστού μη θερμαινόμενου υπόγειου ή ημιυπόγειου χώρου	Ζώνη Α	$k [2,6]$	$k [3,0]$
	Ζώνη Β	$k [1,6]$	$k [1,9]$
	Ζώνη Γ	$k [0,6]$	$k [0,7]$
Διαχωριστικοί τοίχοι προς μη θερμαινόμενους κλειστούς χώρους	Ζώνη Α	$k [2,6]$	$k [3,0]$
	Ζώνη Β	$k [1,6]$	$k [1,9]$

	Ζώνη Γ	k [0,6	k [0,7
--	--------	--------	--------

Πίνακας 5.2 :Μέγιστα όρια θερμικών απωλειών στα δομικά στοιχεία (Πηγή : Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας, ΚΑΠΕ, 1999)

5.2. Οι βασικές αρχές της θερμομόνωσης

Οι βασικές αρχές της θερμομόνωσης, από τις οποίες εξαρτάται η μελέτη και η σωστή εφαρμογή της σε ένα κτηριακό έργο, είναι:

α. Η θερμομονωτική ικανότητα, δηλαδή η αντίσταση θερμοδιαφυγής ($1/\Lambda$) των στοιχείων κατασκευής. Αυτή εξαρτάται από τις ιδιότητες των βασικών υλικών που συνθέτουν μια κατασκευή θερμομόνωσης, δηλαδή:

- τη θερμική τους αγωγιμότητα (συντελεστής λ),
- την περιεκτικότητα τους σε υγρασία και
- το πάχος τους

β. Ο βαθμός διαπερατότητας του αέρα των στοιχείων κατασκευής, που εξαρτάται από:

- Το είδος της κατασκευής που διαμορφώνει το περίβλημα ενός χώρου. Τοίχοι και οροφές επενδυμένοι με επίχρισμα μαρμαροκονίας έχουν, γενικά, μικρή διαπερατότητα αέρα και, επομένως, μικρές απώλειες θερμότητας από θερμική μεταφορά.
- Την επιφάνεια των κουφωμάτων και τον τρόπο συναρμογής τους. Μεγάλες ποσότητες θερμότητας χάνονται από τις πόρτες και τα παράθυρα μιας όψης, ανάλογα με το μέγεθος των υαλοπινάκων και τον τρόπο κατασκευής τους. Έτσι, τα μεγάλα ανοίγματα με υαλοπίνακες μεγάλης θερμικής αγωγιμότητας παρουσιάζουν πολλές θερμικές απώλειες. Το ίδιο συμβαίνει με τους αρμούς επαφής μεταξύ των φύλλων και του πλαισίου ενός κουφώματος. Το γεγονός αυτό κάνει τα παράθυρα και τις πόρτες να εμφανίζουν υπερβολικά μεγάλο συντελεστή θερμοπερατότητας (k), γιατί οι θερμικές απώλειες, όπως αναφέρθηκε, προκαλούνται όχι μόνο από θερμική αγωγιμότητα αλλά και από θερμική μεταφορά.

γ. Η θερμοχωρητικότητα (Q) των στοιχείων της κατασκευής, που συμβάλλει στον περιορισμό της ταχύτητας μεταβολής της αρχικής κατάστασης της

θερμοκρασίας. Όταν οι τοίχοι και οι οροφές έχουν μεγάλη θερμοχωρητική ικανότητα, η θερμότητα που συγκεντρώνουν όσο λειτουργεί το σύστημα θέρμανσης αποβάλλεται όταν αυτό σταματήσει, με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η γρήγορη ψύξη των χώρων. Το αντίστοιχο συμβαίνει με την ψύξη το καλοκαίρι. Ανάλογα με τη θέση της μόνωσης (στην εξωτερική ή εσωτερική επιφάνεια) οι τοίχοι και οι οροφές ενεργούν ως:

- Συσσωρευτές θερμότητας, όταν η θερμική μόνωση τοποθετείται στην εξωτερική τους επιφάνεια. Στην περίπτωση αυτή, συσσωρεύουν επί ένα μεγάλο χρονικό διάστημα τη θερμότητα, για να την αποβάλλουν και πάλι με ακτινοβολία. Με τη διαδικασία αυτή αυξάνεται, αντίστοιχα, η διάρκεια μεταβολής των συνθηκών θερμοκρασίας σε χώρους στους οποίους είναι απαραίτητο να υφίσταται το αίσθημα της θερμικής άνεσης (κατοικίες, χώροι εργασίας κ.λπ.) και
- Φράγμα προστασίας, όταν η θερμική μόνωση τοποθετείται στην εσωτερική τους επιφάνεια, στις περιπτώσεις που δεν ενδιαφέρει η διάρκεια αποθέρμανσης ή απόψυξης των χώρων (θέατρα, εκκλησίες κ.λπ.) αλλά, αντίθετα η προστασία των κατασκευών από τη θερμότητα ή την ψύξη που αναπτύσσεται μέσα στους χώρους αυτούς.

δ. Οι τιμές των συντελεστών θερμικής αγωγιμότητας και αντίστασης θερμοδιαφυγής των διαφόρων υλικών που συγκροτούν μια κατασκευή. Οι τιμές αυτές είναι παγκόσμια αποδεκτές (Πίνακας 4.3.), όπως τις έχει καθορίσει ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO), και αφορούν:

- τη θερμική αγωγιμότητα (λ) των πιο συνηθισμένων οικοδομικών υλικών και
- την αντίσταση θερμοδιαφυγής ($1/\Lambda$) των στρωμάτων αέρος, ανάλογα με το πάχος τους.

Υλικά	Φαινόμενη πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	
	kg/m ³	kcal/mh°C	W/mK
Δομικά υλικά			
Λίθοι			
Συμπαγείς λίθοι (ασβεστόλιθος, μάρμαρο, γρανίτης, βασάλτης κ.λπ.)		3,00	3,49
Πορώδεις λίθοι			
Ψαμμίτης		2,00	2,33
Πλάκες τύπου Μάλτας		0,90	1,05
Άμμος φυσικής προελεύσεως με φυσική υγρασία		1,20	1,40
Άργιλος			
Πλίνθοι συμπαγείς ωμοί		0,80	0,93
Πλίνθοι μετ' αχύρου ωμοί		0,80	0,70
Ξηρά υλικά πληρώσεως τοποθετούμενα χύδην εις διάκενα οροφών, τοίχων κ.λπ.			
Άμμος διαμέτρου κόκκου <5 mm		0,50	0,58
Ψηφίδες διαμέτρου κόκκου 5-10 mm συλλεκτές και θραυστές		0,70	0,81
Χονδρόκοκκος κίσηρις		0,16	0,19
Θραύσματα σπτολίνθων και κεράμων		0,35	0,41
Περλίτης διογκωμένος		0,055	0,064
Επιχρίσματα (εσωτερικά και εξωτερικά), συνδετική κονία αρμών από:			
Ασβεστοκονίαμα και ασβεστοτσιμεντοκονίαμα		0,75	0,87
Τσιμεντοκονίαμα		1,20	1,39
Σκυροδέματα και ελαφρά σκυροδέματα (σε κατασκευαστικά στοιχεία χωρίς αρμούς και σε μεγάλου μεγέθους πλάκες)			
Σκυρόδεμα δια συλλεκτών ή θραυστών αδρανών κλειστής δομής			
- Κατηγορία σκυροδέματος ≤B120		1,30	1,51
- Κατηγορία σκυροδέματος ≥B160		1,75	2,03
Γαρμπλοσκυρόδεμα	1500	0,55	0,64
	1700	0,70	0,81
	1900	0,95	1,10
Κίσηροδεμα	800	0,25	0,29
	1000	0,30	0,35
	1200	0,40	0,46
Κυψελωτό σκυρόδεμα σκληρυνθέν δι' ατμού	400	0,12	0,14
	500	0,16	0,19
	600	0,20	0,23
	800	0,25	0,29
	1000	0,30	0,35
Περλιτόδεμα [τσιμέντο / περλίτης (κατ' όγκο)]:	1:4	0,170	0,198
	1:5	0,140	0,163
	1:6	0,125	0,145
	1:7	0,115	0,134
	1:8	0,110	0,128
	1:20	0,070	0,081
Πλάκες εκ σκυροδέματος γύψου και αμιαντοτσιμέντου			
Πλάκες εκ κίσηροδέματος	800	0,25	0,29
Πλάκες εξ ελαφρού σκυροδέματος με ανάμικτα αδρανή	1400	0,50	0,58
Γυψοσανίδες	1200	0,50	0,58
Πλάκες εξ αμιαντοτσιμέντου	1800	0,30	0,35
Τοιχοποιία εκ τσιμεντοπλίνθων συμπεριλαμβανομένου και του κονιάματος των αρμών			
Τσιμεντόλιθοι πλήρεις με ασβεστολιθικά αδρανή	1600	0,68	0,79
	1800	0,85	0,99
	2000	0,95	1,10
Τσιμεντόλιθοι διάτρητοι με ασβεστολιθικά αδρανή	1200	0,48	0,56
	1400	0,60	0,70
	1600	0,68	0,79
Τσιμεντόλιθοι με διάκενα με ασβεστολιθικά αδρανή	1000	0,43	0,50
	1200	0,48	0,56

	Φαινόμενη πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	
	kg/m ³	kcal/mh°C	W/mK
Κισσηρόλιθοι πλήρεις	800	0,35	0,41
	1000	0,40	0,46
	1200	0,45	0,52
	1400	0,55	0,64
	1600	0,68	0,79
Κισσηρόλιθοι με διάκενα 2 διακένων	1000	0,38	0,44
	1200	0,42	0,49
	1400	0,48	0,56
Κισσηρόλιθοι με διάκενα 3 διακένων	1400	0,42	0,49
	1600	0,48	0,56
Πλίνθοι εκ κυψελωτού σκυροδέματος εσκληρυσμένοι δι' ατμού	600	0,30	0,35
	800	0,35	0,41
	1000	0,40	0,46
Πλίνθοι εκ κυψελωτού σκυροδέματος εσκληρυσμένοι στον αέρα	800	0,38	0,44
	1000	0,48	0,56
	1200	0,60	0,70
Τοιχοποιία εξ οπτολίνθων συμπεριλαμβανομένου και του κονιάματος των αρμών			
Οπτόλινθοι πλήρεις	1000	0,40	0,46
	1200	0,45	0,52
	1400	0,52	0,60
	1600	0,68	0,79
Οπτόλινθοι διάτρητοι	1000	0,40	0,46
	1200	0,45	0,52
	1400	0,52	0,60
Πλακίδια επιστρώσεως	2000	0,90	1,05
Ξύλα			
Δρυς		0,18	0,21
Οξύς		0,15	0,17
Κωνοφόρα (πεύκο, έλατο κ.λπ.)		0,12	0,14
Κόντρα πλακέ, πλακάτζ, κ.λπ.		0,12	0,14
Μορισσανίδες	900	0,15	0,17
Μέταλλα - Ύαλος			
Ύαλος		0,70	0,81
Χυτοσίδηρος και χάλυψ		50,00	53,15
Χαλκός		330,00	283,79
Ορείχαλκος		55,00	53,96
Αλουμίνιο		175,00	203,52
Συνθετικά και Ασφαλτικά υλικά επιστρώσεως			
Λινόλεουμ	1200	0,16	0,19
Ασφαλτικό σκυρόδεμα	2100	0,60	0,70
Ασφαλτος	1050	0,15	0,17
Ασφαλτόχαρτο	1100	0,16	0,19
Θερμομονωτικά υλικά			
Πλάκες εξ υαλοβάμβακος βακελπούχες και εκ λιθοβάμβακος (ορυκτοβάμβαξ)		0,035	0,041
Υαλοβάμβαξ μη μορφοποιημένος	50	0,035	0,041
Πλάκες ελαφρών κατασκευών εκ ξυλομάλλου μετά ανοργάνου συνδετικής κονίας πάχους			
15 mm	570	0,120	0,140
25 - 35 mm	460-415	0,080	0,093
50 mm και μεγαλύτερου	390s	0,070	0,081
Πλάκες εκ διογκωμένου φελλού	120	0,035	0,041
	160	0,038	0,044
	200	0,040	0,046
Πλακίδια εκ φελλού	450	0,055	0,064
Διογκωμένα συνθετικά υλικά		0,035	0,041
Σκληροί αφροί εκ συνθετικών υλικών		0,035	0,041

Πίνακας 5.3.: Συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας δομικών στοιχείων (Πηγή: Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας μέσω Θερμομόνωσης, ΚΑΠΕ, 1999)

ε. Οι απαιτήσεις θερμομόνωσης που επιβάλλει ο Κανονισμός Θερμομόνωσης.

Αυτές αφορούν τον καθορισμό:

- των ελάχιστων θερμοκρασιών χώρων, για τις οποίες εξασφαλίζονται άνετες συνθήκες διαβίωσης μέσα στους χώρους ενός κτηρίου, ανάλογα με τη χρήση τους (Πίνακας 5.4.),

Χώροι	°C
<i>Κατοικίες</i>	
Καθημερινό, υπνοδωμάτια, κουζίνες	+20
Προθάλαμοι, διάδρομοι, W.C.	+15
Κλιμακοστάσια	+10
Λουτρό	+22
<i>Καταστήματα και γραφεία</i>	
Καταστήματα, γραφεία, εστιατόρια, δωμάτια	+20
Κλιμακοστάσια, διάδρομοι, W.C.	+15
<i>Εκπαιδευτικά κτήρια</i>	
Αίθουσες διδασκαλίας	+20
Χώροι εργαστηρίων	+15~+18
Αμφιθέατρα	+18
Κλειστά γυμναστήρια	15
Αίθουσες λουτρών, αποδυτήρια	+22
Διάδρομοι, κλιμακοστάσια, κλειστές αίθουσες	+5~+10
Διάδρομοι, κλιμακοστάσια, W.C. νηπιαγωγείων	+15
Ιατρείο	+24
Χώροι διαφυλάξεως οργάνων και βεστιάρια	+15

Πίνακας 5.4: Θερμοκρασία για θερμική άνεση σε χώρους διαμονής (Πηγή: Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας μέσω Θερμομόνωσης, ΚΑΠΕ, 1999)

- των ορίων θερμικών απωλειών των στοιχείων κατασκευής, ώστε ο τελικός συντελεστής θερμοπερατότητας (k_m) να μην ξεπερνά ορισμένες τιμές (Πίνακας 5.2.),
- των ορίων των θερμικών απωλειών κτηρίων, ώστε ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας (k_m) να μην ξεπερνά τις τιμές που καθορίζει ο Κανονισμός, ανάλογα με τις ζώνες (Α, Β και Γ) θερμομονωτικών απαιτήσεων στις οποίες έχει διαιρεθεί η χώρα μας (Πίνακας 5.1.) και
- της οικονομικά βέλτιστης θερμομόνωσης, ώστε να μειώνονται σημαντικά οι δαπάνες θέρμανσης, αλλά και να αποφεύγονται άσκοπες δαπάνες υπερβολικής θερμικής προστασίας.

5.3. Συμβολή της θερμομόνωσης κατά την καλοκαιρινή περίοδο.

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής $1/\Lambda$ δεν αρκεί για την περιγραφή της θερμικής συμπεριφοράς ενός δομικού στοιχείου στην περίπτωση της επίδρασης της ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς τότε παίζει σημαντικό ρόλο και η θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου. Στη θερμική συμπεριφορά των υλικών επιδρούν- εκτός από το πάχος και τη θερμοαγωγιμότητά τους, το βάρος και η ειδική τους θερμότητα, η διαδοχή των στρώσεων, καθώς και η απορροφητικότητα των επιφανειών των δομικών στοιχείων. Η ηλιακή ακτινοβολία στο κτηριακό περίβλημα ποικίλει ανάλογα με την ώρα, την εποχή, τη νέφωση, τον προσανατολισμό και την κλίση της στέγης του κτηρίου.

Κατά την θερινή περίοδο, η θερμική προστασία επηρεάζεται από τις ιδιότητες των εξωτερικών δομικών στοιχείων, καθώς και από το μέγεθος των παραθύρων, τη σκίαση, τις θερμικές πηγές του κτηρίου, τη θερμοχωρητικότητα των εσωτερικών τοίχων και πατωμάτων και τον εξοπλισμό των χώρων. Όλα τα παραπάνω επιδρούν στη θερμική κατάσταση όσο διαρκεί η ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι, η οικονομική επιβάρυνση για την απομάκρυνση των θερμικών κερδών είναι σημαντική, καθώς η ψύξη κοστίζει δεκάδες φορές ακριβότερα από την θέρμανση. Αντίθετα, κατά τη χειμερινή περίοδο, η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία εξασφαλίζεται, χωρίς μεγάλες απώλειες ενέργειας, μέσω της ρύθμισης της εγκατάστασης για τη θέρμανση των χώρων και της ύπαρξης κατάλληλης μελέτης θερμομόνωσης.

Συμπερασματικά, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι:

- Η αποβολή της αποθηκευμένης θερμότητας από μη μονωμένο τοίχο, για να κατέβει η θερμοκρασία του τοίχου στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, διαρκεί 4 περίπου ώρες, ενώ από μονωμένο διαρκεί μία ώρα, σε μη κλιματιζόμενες οικοδομές.
- Στις κλιματιζόμενες οικοδομές, όπου απαιτείται η μόνωση, ο μη μονωμένος τοίχος έχει 2,5 φορές περισσότερες ψυκτικές απώλειες από το μονωμένο. Επομένως, λαμβάνοντας υπόψη και το κόστος της ψύξης σε σχέση με αυτό της θέρμανσης, η επιτυγχανόμενη εξοικονόμηση ενέργειας είναι σημαντική.

- Τέλος, μεγάλο ρόλο παίζει και η σκίαση για τον περιορισμό του ψυκτικού φορτίου που απαιτείται κατά τη θερινή περίοδο. Η σκίαση επιτυγχάνεται με μέσα όπως τέντες, ρολά, ειδικές κατασκευές, κινητές ή ακίνητες, με περσίδες ή και δέντρα.

Πηγή: (Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας μέσω θερμομόνωσης, ΚΑΠΕ 1999)

5.4. Θερμομόνωση και οικονομία

5.4.1. Επιλογή της κατάλληλης θερμομόνωσης

Κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου, οι θερμικές απώλειες από τον εσωτερικό προς τον ψυχρό εξωτερικό αέρα μπορούν μόνο να επιβραδυνθούν και όχι να αποκλειστούν, ενώ είναι απαραίτητη η αναπλήρωση τους με τεχνητή παραγωγή -προσαγωγή θερμότητας σε κάθε χώρο. Το αναγκαίο ποσό θερμότητας για τη θέρμανση του κτηρίου υπολογίζεται από το σύνολο όλων των απωλειών και καθορίζεται από:

- το κλίμα της περιοχής,
- τον προσανατολισμό του κτηρίου,
- την αναλογία μεταξύ όγκου και εξωτερικής κτηριακής επιφάνειας,
- τη θερμοπερατότητα των εξωτερικών δομικών στοιχείων, καθώς και
- τον τρόπο λειτουργίας και τη δυνατότητα ρύθμισης της εγκατάστασης θέρμανσης.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι αποφασιστικής σημασίας και παίζει σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό, ειδικά όταν η διαφορά θερμοκρασιών μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου είναι μεγάλη.

Η θερμομόνωση του εξωτερικού κτηριακού περιβλήματος ή η αύξηση της ήδη υπάρχουσας θερμομόνωσης έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους κατασκευής. Η αύξηση αυτή εξετάζεται κυρίως σε σύγκριση με τη μείωση του κόστους θέρμανσης που προκύπτει λόγω της θερμομόνωσης. Η αύξηση ή η ύπαρξη της θερμομόνωσης, για να συμφέρει οικονομικά, θα πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον τους τόκους και την απόσβεση της πρόσθετης κατασκευαστικής δαπάνης. Στην περίπτωση που το κόστος της θέρμανσης είναι μικρότερο μετά την απόσβεση της πρόσθετης δαπάνης, η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται είναι συνεχής. Στατιστικά, αναφέρεται ότι:

- ο αρχικό κόστος της εγκατάστασης ενός συστήματος θέρμανσης μειώνεται με τη θερμομόνωση. Σε μια πολυκατοικία είναι δυνατή εξοικονόμηση έως 17.5%.
- Σε συνηθισμένες πολυκατοικίες, με μια αύξηση 3% των κτηριακών δαπανών για θερμομόνωση, επιτυγχάνεται 30% εξοικονόμηση στα καύσιμα και ο χρόνος απόσβεσης της επιπλέον δαπάνης υπολογίζεται σε 4 έως 8 χρόνια.
- Η επιπλέον αυτή δαπάνη δεν πρέπει να είναι περισσότερο από το 5% της συνολικής και τα αποτελέσματα σε εξοικονόμηση ενέργειας είναι αξιόλογα, λαμβάνοντας υπόψη τα σημερινά οικονομικά δεδομένα. Μελλοντική αύξηση της τιμής των καυσίμων θα έχει ως αποτέλεσμα την υποχρεωτική αύξηση της επένδυσης για θερμομόνωση.
- Στην περίπτωση κτηρίου που δεν είναι καλά θερμομονωμένο, τα έξοδα της θέρμανσης υπερβαίνουν τα έξοδα κατασκευής, μετά την πάροδο μερικών δεκαετιών

5.4.2. Κριτήρια επιλογής

Το πρόβλημα επιλογής της θερμομόνωσης πρέπει να αντιμετωπιστεί κατ' αρχήν από τεχνικής άποψης. Μετά την επιλογή των κατασκευαστικών λύσεων που καλύπτουν τις τεχνικές προδιαγραφές του κτηρίου, γίνεται η επιλογή με οικονομικά κριτήρια της καλύτερης λύσης, κυρίως με βάση, το συνολικό οικονομικό αποτέλεσμα και το ετήσιο κόστος λειτουργίας - απόσβεσης. Χρήσιμα στοιχεία για την επιλογή αποτελούν ο χρόνος απόσβεσης και το βέλτιστο πάχος του θερμομονωτικού υλικού.

Για τη σύγκριση των διατιθέμενων λύσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι εκτιμήσεις:

- Του συνολικού οικονομικού αποτελέσματος, με παραδοχή ενός σταθερού επιτοκίου και ενός χρόνου ζωής του οικοδομικού έργου. Ο υπολογισμός γίνεται με τη μέθοδο της παρούσας αξίας, δηλαδή το ολικό οικονομικό αποτέλεσμα που προκύπτει στη διάρκεια της ζωής του κτηρίου, ανηγμένο σε σημερινή αξία.
- Του ετήσιου κόστους λειτουργίας-απόσβεσης του έργου, που προκύπτει εάν υπολογιστεί το τοκοχρεολύσιο της παρούσας

αξίας στα προηγούμενα αποτελέσματα.

- Του χρόνου απόσβεσης της επένδυσης της πρόσθετης δαπάνης. Αυτός αποτελεί μια ενδιαφέρουσα ένδειξη για τον επενδυτή.

Ως σημείο αναφοράς θεωρείται μια βασική κατασκευαστική λύση και ως ποσόν προς απόσβεση η επιπλέον δαπάνη πέρα από το κόστος της βασικής λύσης. Για να επιτευχθεί η εν λόγω απόσβεση απαιτείται μείωση του κόστους λειτουργίας της εγκατάστασης, υπό την παραδοχή ενός σταθερού επιτοκίου. Τέλος, το βέλτιστο πάχος του θερμομονωτικού υλικού αποτελεί απαραίτητο οικονομικό δείκτη, εφόσον η μελέτη έχει καταλήξει στη χρήση ενός συγκεκριμένου μονωτικού υλικού, και υπολογίζεται με την χρήση γραφημάτων ή πινάκων είτε αναλυτικά.

5.4.3.Οικολογική θερμομόνωση

Τα κριτήρια για να χαρακτηριστεί η θερμομόνωση οικολογική δεν είναι μονοσήμαντα. Η επιλογή της θερμομόνωσης που θα χρησιμοποιηθεί για την μείωση των θερμικών απωλειών εξαρτάται άμεσα από οικονομικές, περιβαλλοντικές και ενεργειακές παραμέτρους. Η διαδικασία παραγωγής της θερμομόνωσης, ο κύκλος ζωής και η τελική της διάθεση (απόρριψη) έχει σημαντικές επιπτώσεις στο γενικότερο περιβάλλον.

Στα νέα αναπτυσσόμενα θερμομονωτικά υλικά ,γίνεται προσπάθεια να μην έχουν αρνητική επίδραση στο περιβάλλον. Στόχος τους θα ήταν να έχουν ένα θετικό εποικοδομητικό ρόλο στο οικοσύστημα. Ειδικότερα ,θα πρέπει να ικανοποιούν ολικώς ή μερικώς τις παρακάτω παραμέτρους:

- Τη μικρή ενσωματωμένη ενέργεια των υλικών (εξαρτάται από την διαδικασία παραγωγής και μεταφοράς)
- Την ικανότητα του προϊόντος να ανακυκλώνεται (επαναχρησιμοποίηση του προϊόντος)
- Την επιλογή του χρόνου ζωής
- Τον έλεγχο της τοξικότητας
- Άλλες παραμέτρους που σχετίζονται με την οικολογική συμπεριφορά, όπως οι εκπομπές των υλικών σε CO₂ και NO_x κατά την διάρκεια παραγωγής τους.(Πηγή:www.ecodomisi.gr)

Καταρχάς οικολογικά θεωρούνται εκείνα τα θερμομονωτικά υλικά, που καλύπτουν τα εξής κριτήρια:

- α) Δεν απαιτούν μεγάλη ενέργεια για την παραγωγή τους.
- β) Είναι ανακυκλώσιμα
- γ) Δεν μολύνουν το περιβάλλον κατά τη διάρκεια παραγωγής τους.
- δ) Δεν περιέχουν τοξικούς / καρκινογόνους ρύπους, επικίνδυνους για την υγεία του ανθρώπου και δεν εκλύουν τέτοιους ρύπους κατά τη διάρκεια εφαρμογής τους και μέχρι την καταστροφή τους. (Πηγή: www.oikologos.gr)

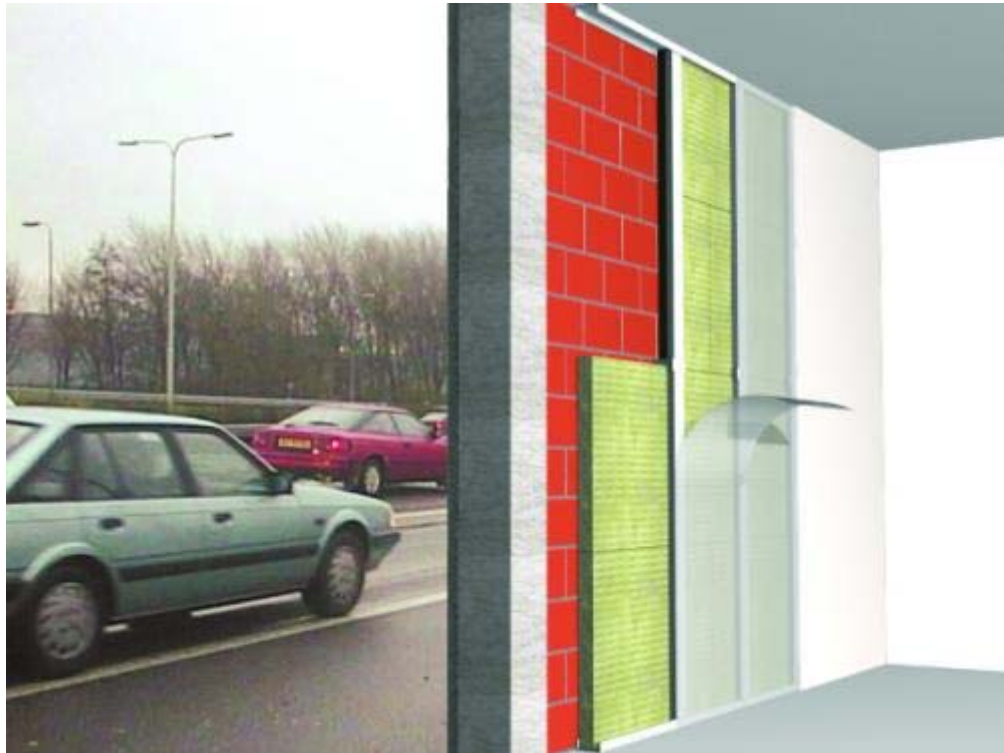
Είναι γνωστό ότι τα θερμομονωτικά υλικά αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα των κτηριακών εφαρμογών, γεγονός που επιβάλλεται και από τη νομοθεσία θερμομόνωσης. Πριν προχωρήσουμε στην ταξινόμηση των θερμομονωτικών υλικών καλό θα ήταν να γίνει αναφορά στις βασικές ιδιότητες των υλικών. Η γενικότερη ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας και ο περιορισμός της εξάρτησης από το πετρέλαιο έχει οδηγήσει στη χρήση θερμομονωτικών υλικών και σε βιομηχανικές εφαρμογές με ιδιαίτερες απαιτήσεις , όπως δεξαμενές υγρού οξυγόνου, διαστημικές εφαρμογές κ.α.

5.5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα διάφορων τεχνικών θερμομόνωσης

Οι τοίχοι μπορούν να μονωθούν με τέσσερις κυρίως τεχνικές:

α) Από το εσωτερικό μέρος τους.

Στην περίπτωση αυτή το μονωτικό υλικό τοποθετείται από την πλευρά του εσωτερικού χώρου και προστατεύεται από κάποιο στερεό δομικό υλικό που λειτουργεί όπως και το επίχρισμα.



Σχήμα 5.3.: Εσωτερική θερμομόνωση τοίχου

Ο τρόπος αυτός θερμομόνωσης έχει τα εξής αποτελέσματα:

Έχει περιορισμένο χρόνο κατασκευής

1. Αποτελεί φθηνότερη λύση σε σχέση με την εξωτερική θερμομόνωση
2. Δεν απαιτείται ιδιαίτερη προστασία των μονωτικών από τις εξωτερικές επιδράσεις.
3. Έχει απλή κατασκευή
4. Θερμαίνεται πολύ γρήγορα ο χώρος
5. Η κατασκευή μπορεί να γίνει ανεξάρτητα από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες.

Η θερμομόνωση των τοίχων από την εσωτερική πλευρά έχει τα ακόλουθα μειονεκτήματα:

- I. Περιορίζεται ο εσωτερικός χώρος
- II. Ο χώρος ψύχεται πολύ σύντομα. Μένει ανεκμετάλλευτη η θερμοχωρητικότητα του εξωτερικού τοίχου.
- III. Δε λύνεται το πρόβλημα των θερμογεφυρών.

- IV. Τα δομικά στοιχεία κινδυνεύουν από συστολές και διαστολές από τις θερμοκρασιακές μεταβολές. Κίνδυνος ρηγματώσεων και εισροής βρόχινου νερού.
- V. Υπάρχει μικρό πρόβλημα στην τακτοποίηση των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων.

β) Από το εξωτερικό μέρος τους.

Στην περίπτωση αυτή το μονωτικό τοποθετείται στο εξωτερικό μέρος του τοίχου. Με την κατασκευή αυτή εμφανίζονται τα εξής πλεονεκτήματα:

- 1. Ο χώρος διατηρεί τη θερμότητα και μετά τη διακοπή της θέρμανσης από τη θερμοχωρητικότητα των τοίχων.
- 2. Στους νότιους ειδικά χώρους των κτηρίων διατηρείται η θερμότητα από το ηλιακό θερμικό κέρδος γιατί αποθηκεύεται στους βαρείς εσωτερικούς τοίχους.
- 3. Δεν εμποδίζεται η ομαλή λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή της εξωτερικής θερμομόνωσης.
- 4. Δε μειώνεται ωφέλιμος κατοικήσιμος χώρος.
- 5. Οι εξωτερικές επιφάνειες των τοίχων προστατεύονται από τις συστολές και διαστολές.
- 6. Εξασφαλίζεται κάλυψη των θερμογεφυρών ιδιαίτερα στις πλάκες σκυροδέματος, στα δοκάρια και στις κολώνες.

Τα μειονεκτήματα αυτής της τεχνικής είναι:

- I. Η κατασκευή της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι ακριβότερη σε σχέση με τη θερμομόνωση της εσωτερικής πλευράς του τοίχου.
- II. Δεν είναι πολύ εύκολη η εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης στην περίπτωση που οι τοίχοι έχουν πολλές αρχιτεκτονικές προεξοχές.
- III. Υπάρχει αδυναμία εφαρμογής της εξωτερικής θερμομόνωσης σε κτήρια με έντονο εξωτερικό μορφολογικό ενδιαφέρον όψεων.
- IV. Απαιτούνται σκαλωσιές για τις εργασίες κατασκευής σε πολυώροφα κτήρια.

Χρειάζεται ειδική προστασία των υλικών διαφόρων στρώσεων για προστασία από τις εξωτερικές καιρικές επιδράσεις.



Σχήμα 5.4.: Εξωτερική θερμομόνωση τοίχου

γ) Θερμομόνωση με χρήση ειδικών τούβλων.

Στην περίπτωση αυτή ο τοίχος κτίζεται με ειδικά θερμομονωτικά τούβλα που με τον τρόπο κατασκευής τους, το σχήμα τους, τις διαστάσεις τους κλπ. πρέπει να εξασφαλίζουν τις τιμές του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας K που επιβάλλει ο κανονισμός θερμομόνωσης. Αν απαιτείται να αυξηθεί ο συντελεστής αυτός προστίθεται μονωτικό που σε ορισμένες περιπτώσεις είναι εκ κατασκευής ενσωματωμένο στο θερμομονωτικό τούβλο. Η κατασκευή αυτή εμφανίζει πολλά πλεονεκτήματα αλλά θα πρέπει να εξασφαλίζεται με σωστή κατασκευή των επιχρισμάτων, με σωστή στεγανότητα ώστε να μην υγραίνεται η μάζα των θερμομονωτικών τούβλων.



Σχήμα 5.5: Θερμομονωτικό τούβλο

δ) Θερμομόνωση στον πυρήνα μεταξύ δύο τοίχων

Αποτελεί μέθοδο τοποθέτησης θερμομόνωσης που χρησιμοποιείται πολύ στη χώρα μας. Συνήθως το μονωτικό υλικό τοποθετείται μεταξύ δύο δομικών τοίχων και αυτό ίσως αποτελεί το κύριο μειονέκτημα της μεθόδου. Εξασφαλίζεται δηλαδή η θερμομόνωση, αλλά δεν είναι βέβαιο ότι εξασφαλίζεται επαρκώς και η στατική αντοχή του συστήματος και ιδιαίτερα η αντοχή που απαιτείται από τον αντισεισμικό κανονισμό. Η κατασκευή αυτού του τύπου θερμομόνωσης έχει περιθώρια βελτίωσης έστω και αν δημιουργηθούν στη χειρότερη περίπτωση θερμογέφυρες από την κατασκευή των σενάζι. (Πηγή :www.oikologos.gr)



Σχήμα 5.6.: Θερμομόνωση στον πυρήνα

5.6. Θερμομόνωση των δομικών στοιχείων - Κατασκευαστικές λύσεις

Πριν καταφύγει κανείς σε οποιοσδήποτε βοηθητικές οικοδομικές κατασκευές για τον έλεγχο των θερμικών απωλειών πρέπει, κατά το σχεδιασμό, να έχει υπόψη του τους βασικότερους παράγοντες που τις προκαλούν κυρίως. Τέτοιοι παράγοντες είναι:

- Ο προσανατολισμός και η θέση του κτηρίου μέσα στον περιβάλλοντα χώρο. Έτσι όσο περισσότερο εκτεθειμένο είναι ένα κτήριο στους ανέμους τόσο μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας εμφανίζει. Επίσης όσο περισσότερο προσβάλλεται από την ηλιακή ακτινοβολία τόσο οι απώλειες ψύξης των εσωτερικών χώρων του είναι μεγαλύτερες.
- Το μέγεθος των επιφανειών του εξωτερικού περιβλήματος, του φλοιού δηλαδή του κτηρίου, που είναι άμεσα εκτεθειμένος στις καιρικές συνθήκες, σε συνάρτηση με τον όγκο του (V), καθορίζουν το συντελεστή θερμοπερατότητας (k_m) Ένα ελεύθερο στο χώρο κτήριο εμφανίζει πολύ μεγαλύτερες απώλειες από ένα άλλο που είναι ενταγμένο σε ένα συνεχές σύστημα δόμησης.
- Το πόσο εκτεθειμένοι στο ύπαιθρο είναι οι διάφοροι χώροι του κτηρίου. Χώροι τελείως εσωτερικοί θεωρείται ότι δεν παρουσιάζουν καμία θερμική μεταβολή. Αντίθετα, χώροι που εκτείνονται σε δύο ή περισσότερους ορόφους, όπως για παράδειγμα τα κλιμακοστάσια, παρουσιάζουν μεγάλες απώλειες.
- Τα εξωτερικά κουφώματα, τα οποία, ανάλογα με το μέγεθος, τον αριθμό και τη θέση τους στις όψεις ενός κτηρίου, επηρεάζουν τη ροή της θερμότητας. Τα μεγάλα παράθυρα αυξάνουν σημαντικά τις απώλειες, αφού η κακή προσαρμογή τόσο αυτών με τις υπόλοιπες κατασκευές, όσο και των στοιχείων που τα συγκροτούν (φύλλα, υαλοπίνακες) μεταξύ τους, επιτρέπει τη διείσδυση ρευμάτων αέρα με συνέπειες δυσάρεστες, που δύσκολα αντιμετωπίζονται (infiltration).

Η μελέτη θερμομόνωσης, αν και αρκετά απλή, είναι κυρίως αντικείμενο του μηχανολόγου-μηχανικού, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι ο πολιτικός μηχανικός και ο αρχιτέκτονας πρέπει να αγνοούν τις βασικές αρχές της θερμομόνωσης. Αντίθετα, μάλιστα, πρέπει να κατέχουν το θέμα αρκετά καλά, ώστε να είναι σε θέση να κατανοούν τη σκοπιμότητα του και την ανάγκη σωστής αντιμετώπισης του, τόσο κατά το σχεδιασμό ενός έργου, όσο και κατά την επίβλεψη της κατασκευής του. Άλλωστε, από τότε που άρχισε να εφαρμόζεται ο σχετικός κανονισμός, αυτό είναι και υποχρεωτικό, το ίδιο όπως συμβαίνει και για κάθε

άλλο κανονισμό που διέπει σήμερα τις κτιριακές κατασκευές στη χώρα μας (ΓΟΚ, Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος κ.λπ.).

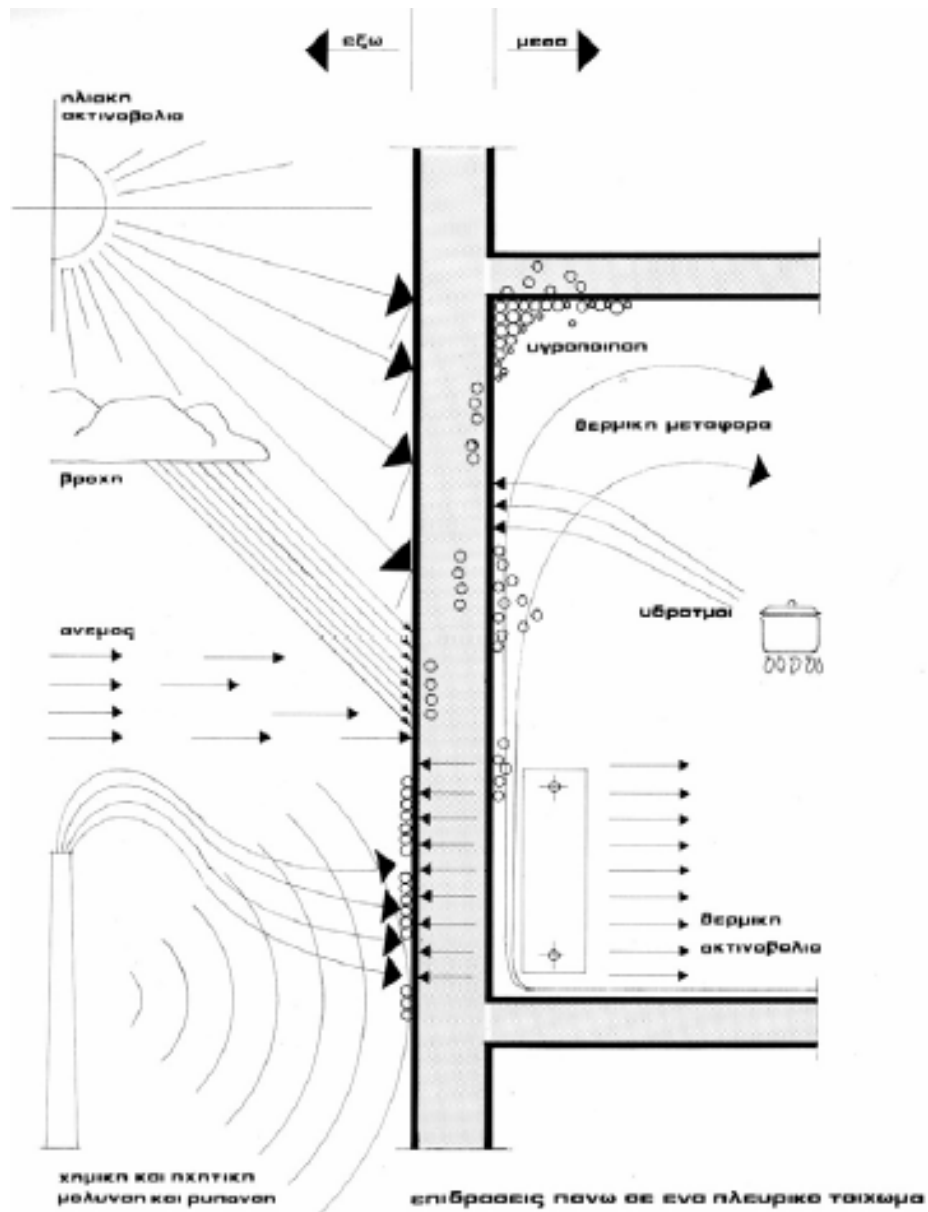
Η κατασκευή της θερμομόνωσης ενός κτηριακού έργου πρέπει να εκτελείται με ορισμένες προϋποθέσεις που τις καθορίζουν:

- η μελέτη θερμομόνωσης
- η θέση της επιφάνειας που πρόκειται να προστατευτεί και
- η θέση της μονωτικής στρώσης μέσα στο σύνθετο δομικό στοιχείο (εσωτερικά ή εξωτερικά).

Το θέμα της θερμομόνωσης, όμως, δεν πρέπει να εξετάζεται ανεξάρτητα από αυτό της υγραπροστασίας.

Τα περισσότερα ευπαθή σημεία ενός κτηριακού κελύφους, που έχουν ανάγκη από θερμική προστασία, είναι οι επικαλύψεις (δώματα και στέγες) στην εξωτερική τοιχοποιία, το δάπεδο του υπογείου, η οροφή της πιλοτής και, τέλος, τα εξωτερικά κουφώματα. Ακόμα μονώνονται οι εγκαταστάσεις και οι αγωγοί του κτηρίου.

Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 5.6) παρουσιάζονται οι κυριότερες επιδράσεις στις οποίες υπόκειται ένα πλευρικό τοίχωμα στο εξωτερικό και το εσωτερικό ενός κτηρίου. Στα σχήματα του Παραρτήματος Β παρουσιάζονται ενδεικτικά σχηματικά ή φωτογραφικά ορισμένες κατασκευαστικές λύσεις (διαδοχή στρώσεων και υλικών) θερμομόνωσης δομικών στοιχείων. (Πηγή: *Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας μέσω Θερμομόνωσης, ΚΑΠΕ, 1999*)



Σχήμα5.6.: Οι επιδράσεις που δέχεται ένα πλευρικό τοίχωμα εσωτερικά και εξωτερικά (Πηγή: Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας μέσω Θερμομόνωσης ,ΚΑΠΕ,1999)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

6.1 Εισαγωγή

Τα θερμομονωτικά υλικά αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα των κτηριακών εφαρμογών, γεγονός που επιβάλλεται και από τη νομοθεσία θερμομόνωσης. Σήμερα, ο μελετητής μηχανικός έχει στη διάθεσή του πληθώρα υλικών γεγονόσ που του δίνει τη δυνατότητα να επιλέξει το καταλληλότερο για την υπό μελέτη εφαρμογή – είτε κτηριακή, είτε βιομηχανική – λαμβάνοντας υπ’ όψη του μια σειρά παραμέτρων όπως: θερμομονωτικές απαιτήσεις, θερμοκρασίες λειτουργίας, επίπεδα υγρασίας, κόστος και αισθητική. Επομένως, για να χαρακτηριστεί κάποιο υλικό κρίνεται απαραίτητη η πολύπλευρη εξέταση του και όχι η επικέντρωση του ενδιαφέροντος σε ένα μόνο χαρακτηριστικό του. Δηλαδή, είναι εσφαλμένη η αντίληψη, πως ένα θερμομονωτικό υλικό είναι «καλό» επειδή έχει χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.

Αρχικά, δινόταν βάση στις φυσικές ιδιότητες καθώς και στις δυνατότητες εφαρμογής. Στη συνέχεια προστέθηκε μία νέα ομάδα χαρακτηριστικών, που σχετίζονται με την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων (τόσο κατά την παραγωγή, όσο και κατά την τοποθέτηση) και των χρηστών της, καθώς και με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του υλικού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο αμίαντος, ο οποίος ενώ είχε άριστες θερμομονωτικές ιδιότητες και μεγάλο εύρος εφαρμογών, απαγορεύτηκε όταν αποδείχτηκε πως η χρήση του σχετίζεται με καρκινογένεση.

Όσον αφορά στις περιβαλλοντικές ιδιότητες αρχικά το ενδιαφέρον εστιάζόταν στη διαχείριση του υλικού μετά το πέρας της διάρκειας ζωής του και «οικολογικό» χαρακτηριζόταν ένα υλικό που ήταν βιο-διασπώμενο ή ανακυκλώσιμο.

Η εκτόξευση της τιμής του πετρελαίου οδήγησε τη σύγχρονη αγορά στην εκμετάλλευση κάθε δυνατού τρόπου εξοικονόμησης ενέργειας με αποτέλεσμα να προωθηθεί η έρευνα των θερμομονωτικών υλικών σε μεγάλο βάθος. Πλέον, δεν λαμβάνεται υπ’ όψη μόνο η ενέργεια που εξοικονομείται με τη χρήση του υλικού, αλλά και η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή, τη μεταφορά και την τοποθέτηση του, γνωστή και ως περιεχόμενη ενέργεια. Σε

μερικές περιπτώσεις, όπου η διάρκεια ζωής είναι περιορισμένη (όπως στις βιομηχανικές εφαρμογές), εκτιμάται και η ενέργεια για τη διαχείριση του ως απόβλητο ή οι δυνατότητες ανάκτησης ενέργειας από αυτό. Για την εκτίμηση και την περιβαλλοντική αξιολόγηση των υλικών χρησιμοποιείται η μεθοδολογία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (Α.Κ.Ζ.). Η Α.Κ.Ζ. αποτελεί εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης και λήψης αποφάσεων που σκοπό έχει να αποτιμήσει τις επιπτώσεις από τη χρήση ενέργειας και την επεξεργασία υλικών, συμπεριλαμβανομένης της απόρριψης αποβλήτων στο περιβάλλον, και να εκτιμήσει τις δυνατότητες επίτευξης περιβαλλοντικών βελτιώσεων σε συνδυασμό με την ορθολογική χρήση πρώτων υλών και ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος ή μία διεργασίας.

(Πηγή: *Heleco TEE*,, Καραμάνος, Γιαμά, Χαδιαράκου, Παπαδόπουλος, 2005)

6.2. Ανάλυση κύκλου ζωής των υλικών

Πρόκειται για μια διαδικασία συγκριτικής ανάλυσης που αξιολογεί τις άμεσες και έμμεσες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις που συνδέονται με ένα προϊόν ,μια διαδικασία ή μια δραστηριότητα προσδιορίζοντας και ποσοτικοποιώντας την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται ,καθώς και τα απόβλητα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον, εκτιμώντας τις επιπτώσεις από τη χρήση της ενέργειας και των υλικών καθώς και των αποβλήτων και αναγνωρίζοντας και εκτιμώντας τις δυνατότητες περιβαλλοντικών βελτιώσεων. Η ανάλυση περιλαμβάνει ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος, της διεργασίας ή της δραστηριότητας:

- εξαγωγή και επεξεργασία πρώτων υλών
- κατασκευή
- μεταφορά και διαμονή
- χρήση
- συντήρηση
- επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση
- τελική απόρριψη

Πρόκειται δηλαδή για ένα εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης και λήψης αποφάσεων που σκοπό έχει να αποτιμήσει τις επιδράσεις από τη χρήση ενέργειας και την επεξεργασία υλικών, συμπεριλαμβανομένης της απόρριψης

αποβλήτων στο περιβάλλον και να εκτιμήσει τις δυνατότητες επίτευξης περιβαλλοντικών βελτιώσεων σε συνδυασμό με την ορθολογική χρήση πρώτων υλών και ενέργειας σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής ενός προϊόντος.

Η ανάλυση του κάθε σταδίου της πορείας αυτής και των επιπτώσεών του στο περιβάλλον είναι απαραίτητη για τον προσδιορισμό της οικολογικής συμπεριφοράς του προϊόντος. Τόσο η χρονική διάρκεια, όσο και τα στάδια του κύκλου ζωής του ποικίλουν με αποτέλεσμα να είναι ιδιαίτερα δυσχερής η καθιέρωση μίας μεθοδολογίας ανάλυσης κοινής για όλα τα προϊόντα, τόσο τα ήδη παραγόμενα, όσο και αυτά που θα παράγονται στο άμεσο μέλλον. Συνεπώς είναι πρακτικά προς το παρόν αδύνατη η ενιαία εκτίμηση των επιπτώσεων των διαφόρων προϊόντων στο περιβάλλον και στους χρήστες.

Η διάρκεια ζωής των υλικών εξαρτάται σημαντικά από τη διάρκεια ζωής και τη χρήση του κτηρίου, αλλά και από τη θέση τους στο δομικό σύστημά του. Η φέρουσα κατασκευή αποτελεί γνώμονα της διάρκειας ζωής του κτηρίου. Η διάρκεια ζωής της προσδιορίζεται από τη διάρκεια ζωής των υλικών ,από τα οποία αποτελείται. Σε κάθε περίπτωση ως αφετηρία για την ανάλυση του κύκλου ζωής λαμβάνεται η παραγωγή των πρώτων υλών από το φυσικό περιβάλλον (εξόρυξη, υλοτόμηση ,άντληση κτλ).Στη δεύτερη περίπτωση όμως, στο στάδιο της παρασκευής στο εργοτάξιο, εμπλέκονται παράγοντες αστάθμητοι(καιρικές συνθήκες, ανθρώπινες ενέργειες, σύσταση υλικών και αναλογίες ανάμειξης κτλ)με αποτέλεσμα η εκτίμηση των επιπτώσεων του σταδίου αυτού με τρόπο όμοιο με τα άλλα στάδια να καθίσταται δυσχερής.

Συμπερασματικά , η ανάλυση κύκλου ζωής αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο, που επιτρέπει την αξιολόγηση δομικών υλικών και συστημάτων σε όλη τη διάρκεια ζωής τους. Για την εφαρμογή της απαιτείται η ύπαρξη εκτεταμένης σειράς δεδομένων για ένα ευρύ φάσμα υλικών και συστημάτων, ώστε να γίνει αξιολόγηση της περιβαλλοντικής τους επιβάρυνσης. Συγκρίνοντας τις συνολικές επιπτώσεις στο περιβάλλον ,την οικονομία και την κοινωνία, επιτυγχάνεται η επιλογή του προϊόντος ή της διαδικασίας με τη μικρότερη επιβάρυνση

6.3. Οικολογική (περιβαλλοντική) προτίμηση

Πάνω από 20.000 διαφορετικά δομικά υλικά και προϊόντα κυκλοφορούν σήμερα στην ευρωπαϊκή αγορά. Κάποια από αυτά έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον ή/και στη δημόσια υγεία. Μία μέθοδος που ακολουθούν τα τελευταία χρόνια πολλές ευρωπαϊκές χώρες που επιλέγουν και προωθούν την οικολογική δόμηση είναι αυτής της «Περιβαλλοντικής Προτίμησης». Στην Ολλανδία, για παράδειγμα, η πλειοψηφία των δημοσίων φορέων χρησιμοποιεί πλέον αυτή τη μέθοδο για τις χρηματοδοτούμενες και ελεγχόμενες απ' αυτούς κατασκευές.

Η Περιβαλλοντική Προτίμηση βασίζεται στην αξιολόγηση των υλικών κατασκευής με βάση το συνολικό κύκλο ζωής τους. Έτσι, προκειμένου να αξιολογηθεί και να βαθμονομηθεί ένα υλικό, λαμβάνονται υπ' όψιν, μεταξύ άλλων, τα εξής:

- Η οικολογική βλάβη κατά την εξόρυξη, ξύλευση ή παραγωγή των πρώτων υλών
- Η ενεργειακή κατανάλωση σε όλα τα στάδια (περιλαμβανομένης της επεξεργασίας και μεταφοράς του υλικού)
- Η κατανάλωση νερού
- Προβλήματα ηχορύπανσης και οσμών
- Οι εκπομπές επιβλαβών ρύπων κατά την παραγωγική διαδικασία, συμπεριλαμβανομένων των ρύπων που συμβάλλουν στην αλλαγή του κλίματος, στην καταστροφή του όζοντος και στην όξινη βροχή
- Η χρήση ή πιθανή έκλυση ουσιών που είναι επιβλαβείς για την ανθρώπινη υγεία
- Η χρήση ή πιθανή έκλυση ουσιών που είναι τοξικές, βιοσυσσωρεύσιμες και εμμένουσες στο περιβάλλον
- Η πιθανή διακινδύνευση και πρόκληση σοβαρού ατυχήματος καθ' όλην τον κύκλο ζωής ενός υλικού ή προϊόντος
- Η παραγωγή αποβλήτων
- Οι δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και επιδιόρθωσης
- Η χρήση ανανεώσιμων πόρων καθώς και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την παραγωγή ενός προϊόντος.

Στη συνέχεια και με βάση τις πληροφορίες αυτές, υπολογίζεται το 'οικολογικό αποτύπωμα' του προϊόντος και βαθμολογείται ανάλογα. Αν και διεθνώς έχουν παρουσιαστεί προσεγγίσεις με αρκετές διαφορές μεταξύ τους (για παράδειγμα, στο πως αξιολογούν τη συμβολή ενός προϊόντος στη υπερθέρμανση του πλανήτη σε σχέση π.χ. με την οικοτοξικότητά του, εν τούτοις όλες οι μεθοδολογίες μέχρι σήμερα παρουσιάζουν αξιοπρόσεκτη ομοιότητα ως προς την περιβαλλοντική κατάταξη των διαφόρων υλικών και προϊόντων, έτσι ώστε να διασφαλίζεται ο χρήστης ως προς την αντικειμενικότητα των αξιολογήσεων.

Η επιλογή των δομικών υλικών σχετίζεται πολλαπλώς με την αειφορική ή μη διάσταση των κατασκευών, αφού η χρήση δομικών υλικών που δεν πληρούν ορισμένα φιλοπεριβαλλοντικά κριτήρια μπορεί να επιφέρει:

- Κατασπατάληση φυσικών πόρων και ενέργειας.
- Διαταραχή του περιβάλλοντος από την εξόρυξη-ξύλευση των πρώτων υλών, την παραγωγή, μεταφορά και χρήση των δομικών υλικών.
- Επιδείνωση του εσωτερικού περιβάλλοντος των κατασκευών και ενίσχυση του «Συνδρόμου του άρρωστου κτηρίου», συνδρόμου που μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς την υγεία των ανθρώπων που ζουν ή εργάζονται σε ένα κτήριο.
- Πτώση της παραγωγικότητας των ανθρώπων που ζουν ή εργάζονται σε ένα κτήριο.
- Επιδείνωση του μικροκλίματος γύρω από ένα κτήριο.

Για ορισμένα δομικά υλικά παρέχεται σήμερα κάποιο είδος οικολογικής σήμανσης, η οποία δίνει στον καταναλωτή ορισμένα εχέγγυα για την περιβαλλοντική φερεγγυότητα του προϊόντος. Η σήμανση αυτή μπορεί να παρέχεται είτε από εθνικούς και διακρατικούς φορείς, είτε και από ανεξάρτητους μη κυβερνητικούς φορείς.

Τι γίνεται λοιπόν στην περίπτωση των προϊόντων που δεν διαθέτουν κάποια οικολογική σήμανση; Πώς επιλέγει κανείς τα καταλληλότερα απ' αυτά; Για την επιλογή των καταλληλότερων (από περιβαλλοντικής σκοπιάς) υλικών, μία δόκιμη μεθοδολογία που ακολουθείται τα τελευταία χρόνια είναι αυτή της «Περιβαλλοντικής Προτίμησης». Η μεθοδολογία αυτή εφαρμόζεται με επιτυχία σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες που επιλέγουν και προωθούν την οικολογική δόμηση.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΠΙΛΟΓΩΝ

ΣΕ ΔΟΜΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

Εφαρμογή	1 ^η προτίμηση	2 ^η προτίμηση	3 ^η προτίμηση	Δεν συνιστάται
Μόνωση τοίχων	Φελλός Κυτταρίνη Ξυλόμαλλο Biofiber (βιοπολυμερές από καλαμπόκι)	Πετροβάμβακας	Διογκωμένη πολυστερίνη (EPS) Υαλοβάμβακας	Εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS) Πολυουρεθάνη
Εσωτερικοί αγωγοί αποχέτευσης	Κεραμικοί σωλήνες	Πολυαιθυλένιο (PE) Πολυπροπυλένιο (PP)	-	PVC
Σωληνώσεις νερού	Πολυπροπυλένιο (PP)	Ανοξείδωτο ατσάλι	Χαλκός	PVC

	Πολυαιθυλένιο (PE)			
	Πολυβουτυλένιο			
Εξωτερικές πόρτες	Πιστοποιημένη ανθεκτική ξυλεία αιθοφορικής διαχείρισης	Ξυλεία κωνοφόρων με εμφυτεύματα βορικών αλάτων	Αλουμίνιο	Μη πιστοποιημένη τροπική ξυλεία
	Ξυλεία κωνοφόρων χωρίς συντηρητικά	Κόντρα πλακέ από ξυλεία αιθοφορικής διαχείρισης	Ξυλεία κωνοφόρων με συντηρητικά	PVC
Εσωτερικές πόρτες	Πιστοποιημένη ξυλεία αιθοφορικής διαχείρισης	Ευρωπαϊκή ξυλεία κωνοφόρων	Κόντρα πλακέ από ξυλεία αιθοφορικής διαχείρισης	Μη πιστοποιημένη τροπική ξυλεία
	Κυψελοειδής μοριοσανίδα		Νοβοπάν	
Πλακάκια & κάλυψη πατωμάτων	Λινόλαιο	Κεραμικά πλακάκια		PVC
	Πιστοποιημένη ανθεκτική ξυλεία αιθοφορικής διαχείρισης	(κατά προτίμηση με οικολογική σήμανση)	Καουτσούκ	Φελλός με επίστρωση PVC ή πολυουρεθάνης
		Ξυλεία		

	Φελλός	επεξεργασμένη με συντηρητικά		
Επιστέγαστρα Διαφανή συστήματα επικαλύψεων	Γυάλινα	Πολυανθρακικά	Ακρυλικά (Plexiglas)	PVC

Πίνακας 6.1.:Ενδεικτικός πίνακας επιλογών σε δομικά προϊόντα
(Πηγή:www.greenpeace.org)

6.4. Ταξινόμηση των θερμομονωτικών υλικών

Για την ταξινόμηση των θερμομονωτικών υλικών θα μπορούσε κανείς να επιλέξει πολλά κριτήρια, όπως για παράδειγμα την προέλευσή τους (οργανικά ή ανόργανα), τη δομή τους (ινώδη, κυψελώδη ή κοκκώδη) την παρασκευή τους (φυσικά ή τεχνητά), τις ιδιότητές τους (προσβαλλόμενα και μη προσβαλλόμενα από την υγρασία, ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες, κλπ). Κατατάσσονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες στα ελαφριά και στα βαριά θερμομονωτικά υλικά ή καλύτερα στα μικρού και μεγάλου ειδικού βάρους.

- Τα ελαφρά θερμομονωτικά υλικά χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικά στοιχεία σε μια κατασκευή και ο κατ'εξοχήν ρόλος τους είναι η θερμική προστασία, ενώ
- Τα βαριά θερμομονωτικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως κύρια δομικά υλικά και ενίοτε να συμμετέχουν στο φέροντα οργανισμό της κατασκευής παραλαμβάνοντας μέρος των φορτίων

Τα ελαφριά θερμομονωτικά υλικά μπορούν να διακριθούν ανάλογα με τη σύστασή τους σε

- ανόργανα ινώδη (υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας ή ορυκτοβάμβακας)

- οργανικά ινώδη (ξυλόμαλλο, μοριοσανίδες, υλικά φυτικών ή ζωικών ινών)
- κυψελώδη (διογκωμένη πολυστερίνη, αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη, πολυουρεθάνη, ουρική φορμαλδεύδη, φελλός)
- κοκκώδη (κίσσηρη ή ελαφρόπετρα, περλίτης, βερμικουλίτης, θηραϊκή γη, ελαφρόπετρα)

Στα βαριά θερμομονωτικά υλικά μπορούν να συμπεριληφθούν τα θερμομονωτικά τούβλα, τα θερμομονωτικά τσιμεντότουβλα, τα ελαφροσκυροδέματα και τα κυψελωτά σκυροδέματα. (Πηγή: Περιοδικό «Το κτήριο» (τεύχος 121))

6.5. Βασικά χαρακτηριστικά θερμομονωτικών υλικών

6.5.1. Φυσικές ιδιότητες

Οι βασικές φυσικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν ένα θερμομονωτικό υλικό και λαμβάνονται υπ' όψη πριν την εφαρμογή του είναι:

- Η θερμομονωτική του ικανότητα
- Το εύρος των θερμοκρασιών στο οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί
- Η αντοχή του στην υγρασία
- Η αντοχή του στη φωτιά
- Η ηχομονωτική του ικανότητα

Κάθε ένα από τα παραπάνω χαρακτηριστικά εκφράζεται με τα αντίστοιχα μεγέθη, που μετρώνται σύμφωνα με συγκεκριμένους κανονισμούς προτύπων και έχουν καθιερωθεί από σχετικούς οργανισμούς, όπως A.S.T.M. και D.I.N. Τα μεγέθη που εκφράζουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι, σε αντιστοιχία:

- **Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας** εκφράζει το πόσο εύκολα διαπερνά η θερμότητα το υλικό. Όσο χαμηλότερος είναι ο συντελεστής, τόσο μεγαλύτερη η θερμομονωτική ικανότητα του υλικού. Εκφράζεται σε μονάδες $W/(mK)$ και δείχνει τι ποσό θερμικής ενέργειας (σε Watt) διαπερνά ένα μέτρο πάχους του υλικού όταν η θερμοκρασιακή διαφορά είναι 1K.
- **Η μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας** εκφράζουν τα θερμοκρασιακά όρια μέσα στα οποία ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας μεταβάλλεται ανεπαίσθητα, το υλικό δηλαδή διατηρεί τη θερμομονωτική του ικανότητα. Τα όρια δίνονται σε βαθμούς $^{\circ}C$ ή K. Άλλη

ιδιότητα σχετική με τις θερμοκρασίες εφαρμογής είναι και η **θερμοκρασία τήξης** (προφανώς σε $^{\circ}\text{C}$ ή K). Βέβαια, η θερμοκρασία τήξης είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας (το υλικό έχει ήδη αχρηστευτεί εφόσον έχει ξεπεραστεί η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του), αλλά αναφέρεται γιατί η τήξη του υλικού δημιουργεί πλέον ζητήματα κινδύνου για τους ανθρώπους και το περιβάλλοντα χώρο, στον οποίο εφαρμόζεται.

- **Ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών** εκφράζει τη δυσκολία με την οποία διαχέονται υδρατμοί δια μέσου της μάζας του υλικού. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του, τόσο δυσκολότερα οι υδρατμοί διέρχονται μέσω της μάζας του υλικού. Πρόκειται για αδιάστατο μέγεθος. Άλλο σχετικό μέγεθος είναι η **ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης**, η οποία εκφράζει το ποσό της υγρασίας που απορροφήθηκε στο υλικό υπό ορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας περιβάλλοντος και σχετικής υγρασίας.
- **Η πυραντοχή** του υλικού προσδιορίζεται κατά το DIN 4102, σύμφωνα με το οποίο τα υλικά κατατάσσονται σε κλάσεις πυραντοχής. Οι κλάσεις της πυραντοχής από την καλύτερη (μεγάλη διάρκεια αντοχής κατά την πυρκαγιά) είναι A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2 και C3. Συνοπτικά, τα υλικά των κατηγοριών A1 και A2 δεν παρουσιάζουν καμία ανάφλεξη, τα υλικά των κατηγοριών A3 και B1 αντιστέκονται στη φωτιά και τέλος, τα υλικά των κατηγοριών B2 και κάτω δεν αντιστέκονται στη φωτιά ή ακόμη είναι εύφλεκτα.
- **Ο βαθμός απορρόφησης ήχου** περιγράφει την ηχοαπορροφητικότητα του υλικού για διάφορες συχνότητες ήχου. Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής, τόσο καλύτερη είναι η ηχοαπορροφητικότητα του υλικού.

6.5.2. Περιβαλλοντικές ιδιότητες

Τα θερμομονωτικά υλικά πέρα από τη σημαντική συνεισφορά τους στην προστασία του περιβάλλοντος που επιτυγχάνεται από τη μείωση των απωλειών θερμότητας με συνέπεια τη μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση, η οποία και οδηγεί στην ελάττωση της ποσότητας των εκπεμπόμενων αέριων ρύπων, δεν παύουν να επιβαρύνουν το περιβάλλον από την παραγωγή έως την τελική

απόθεσή τους, όπως άλλωστε και κάθε υλικό γενικότερα. Η περιβαλλοντική επιβάρυνση είναι είτε άμεση είτε έμμεση. Η έμμεση περιβαλλοντική επιβάρυνση οφείλεται στην ενσωματωμένη ενέργεια στα θερμομονωτικά υλικά που αποτελείται από το άθροισμα της “έσωτερικής” ενέργειας των υλικών και της ενέργειας που καταναλώθηκε για την παραγωγή τους. Η ενσωματωμένη ενέργεια των θερμομονωτικών υλικών συνδέεται και εντέλει μετατρέπεται σε ισοδύναμη εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου και της όξινης βροχής (διοξειδίου του άνθρακα και διοξειδίου του θείου αντίστοιχα).

- **Περιεχόμενη πρωτογενής ενέργεια:** Η περιεχόμενη πρωτογενής ενέργεια εκφράζει το ποσό ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή μιας μονάδας όγκου θερμομονωτικού υλικού, συνήθως σε μονάδες kWh/m³ ή kWh/kg. Τα τελευταία χρόνια διαπιστώνεται μία τάση για χρήση υλικών φιλικών προς το περιβάλλον, τάση που δεν περιορίζεται ασφαλώς μόνο στα θερμομονωτικά υλικά, αλλά γενικότερα στο σύνολο του πεδίου των κατασκευών. Επομένως, προτιμώνται υλικά με χαμηλή περιεχόμενη ενέργεια.
- **Η αντοχή σε προσβολές από μικροοργανισμούς και έντομα:** Τα θερμομονωτικά υλικά κινδυνεύουν από έντομα, σκώρο, τρωκτικά και μύκητες. Για το λόγο αυτό, προστίθενται σ’ αυτά διάφορες πρόσθετες χημικές ουσίες, που στόχο έχουν την προστασία των θερμομονωτικών υλικών από βιολογικούς παράγοντες. Επειδή οι ουσίες αυτές επιβαρύνουν το περιβάλλον συνιστάται να αποφεύγεται η χρήση τους και να αναζητούνται άλλοι τρόποι αντιμετώπισης επιθέσεων από μικροοργανισμούς. Η αντοχή σε προσβολές από μικροοργανισμούς και έντομα εκφράζεται ποιοτικά, με το αν ένα υλικό είναι ευπρόσβλητο ή όχι, μετά από εργαστηριακές δοκιμές γήρανσης των υλικών και από πολυετείς παρατηρήσεις σε πραγματικές συνθήκες.

Παρακάτω στον πίνακα 6.2 δίνονται συγκεντρωτικά οι σημαντικότερες ιδιότητες των περισσότερο συνηθισμένων θερμομονωτικών υλικών.

ΥΛΙΚΟ			ΥΑΛΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ	ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ	ΑΦΡΟΣ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ
Φυσικές Ιδιότητες	Πυκνότητα [kg/m ³]	min	13	30	20	8	30
		max	100	180	80	50	80
	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ [W/mK]	min	0,03	0,033	0,025	0,029	0,02
		max	0,045	0,045	0,035	0,041	0,027
	Εύρος χρήσης (°C)	min	-100	-100	-60	-80	-50
		max	500	750	75	80	120
	Συντελεστής αντίδρασης στη διάχυση υδρατμών	min	<1	<1	80	25	50
		max	1	1	200	200	>100
	Ποσότητα υγρασίας εξομοίωση στους 23°C/80%RH	min	<0,1	<0,1	<1*	5*	5*
		max	1	1,5			
	Κατηγορία πυραντοχής		A1	A1	B1	B1	B1
			A2	A2	B2	B2	B2
			B1	B2			
	Αντοχή στον εφελκυσμό [N/mm ²]	min	0,005*		0,3	0,15	
		max			0,35	0,52	
	Όριο Θραύσης [N/mm ²]	min	0,005	0,00012		0,09	
		max	0,015	0,0075		0,22	
	Βαθμός απορροφησης στα 125 Hz	min	0,1	0,05			
		max	0,79	0,19			
	Βαθμός απορρόφησης στα 1000 Hz	min	0,71	0,92			
		max	0,97	0,99			
Περιβαλλοντικές ιδιότητες	Πρόσθετα για προστασία από βιολογικούς παράγοντες		OXI	OXI	OXI	OXI	NAI
	Περιεχόμενης πρωτογενής ενέργεια [kgWh/m ³]	min	90	110	85	151	15,8
		max	430	660	114	269	36,1

* Μέση τιμή

Πίνακας 6.2.: Βασικές φυσικές και περιβαλλοντικές ιδιότητες των κυριότερων θερμομονωτικών υλικών. (Πηγή: Λειτουργία της Θερμομόνωσης, Άγις Παπαδόπουλος)

6.6. Θερμομονωτικά υλικά στην ελληνική αγορά

Στην Ελλάδα η θεσμοθέτηση του κανονισμού θερμομόνωσης οδήγησε στην ανάπτυξη ενός νέου βιομηχανικού κλάδου και μίας νέας αγοράς. Η αγορά θερμομονωτικών υλικών χαρακτηρίστηκε στη δεκαετία του 1980 από εξαιρετική ανάπτυξη, ενώ στη δεκαετία του 1990 πήρε σε μεγάλο βαθμό την μορφή που παρουσιάζει σήμερα, με την εγχώρια ζήτηση, ως συνάρτηση της οικοδομικής δραστηριότητας, να αποτελεί τον κύριο παράγοντα διαμόρφωσης της κατάστασης. Οι υπόλοιποι προσδιοριστικοί παράγοντες μίας αγοράς όπως η διαθέσιμη τεχνολογία, το ανθρώπινο δυναμικό και η κρατική πολιτική, δείχνουν μία σταθερότητα τα τελευταία χρόνια με σημαντικότερη εξέλιξη αυτήν της τεχνολογίας παραγωγής, που οδήγησε σε μείωση των τιμών συγκεκριμένων μονωτικών υλικών, όπως η εξηλασμένη πολυστερίνη, σε σχέση με τη δεκαετία του 1980. Παράλληλα, έγινε μία σημαντική προσπάθεια εμπέδωσης της αναγκαιότητας της θερμομόνωσης στους τελικούς καταναλωτές, με αρκετά επιτυχή αποτελέσματα.

Σε επίπεδο προϊόντων η αγορά θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σαν περίπτωση «μονοπωλιακού ανταγωνισμού» καθώς οι μεγαλύτερες επιχειρήσεις προσπαθούν να διαφοροποιηθούν προσφέροντας προϊόντα τα οποία έχουν διαφορετικές ιδιότητες αλλά είναι ανταγωνιστικά μεταξύ τους, ενώ σε συγκεκριμένες αγορές, όπως της διογκωμένης πολυστερίνης, η αγορά θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σαν ανταγωνιστική επειδή υπάρχουν πάρα πολλοί παραγωγοί που παράγουν το συγκεκριμένο προϊόν. Παρά το γεγονός ότι υπάρχει ένας πολύ μεγάλος αριθμός μονωτικών υλικών, τρία από αυτά μονοπωλούν την αγορά αφού καλύπτουν πάνω από το 90% της ζήτησης, ενώ σημειώνεται μία σχετική μετακίνηση των καταναλωτικών προτιμήσεων προς ακριβότερα υλικά τα τελευταία χρόνια. Στην ελληνική αγορά, κυριαρχούν η διογκωμένη, η εξηλασμένη πολυστερίνη, ενώ σε μικρό ποσοστό εμφανίζονται το ξυλόμαλλο, ο υαλοβάμβακας και η πολυουρεθάνη.

Μερικά από τα κυριότερα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται

παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΥΛΙΚΟΥ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΟΥ
Διογκωμένη πολυστερίνη	Είναι αδρανές υλικό και βρίσκεται σε μορφή πλακών. Αντέχει στις πιέσεις. Δεν μεταβάλλεται με τον χρόνο. Αλλοιώνεται από οργανικούς διαλύτες. Εφαρμόζεται εύκολα. Δεν έχει ηχοαπορροφητικές ιδιότητες. Απελευθερώνει πτητικά τοξικά αέρια.
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη	Αντέχει στις πιέσεις. Δεν απορρόφα νερό και διάχυτους υδρατμούς. Έχει περιορισμένες ηχοαπορροφητικές ιδιότητες
Πολυουρεθάνη	Είναι κυψελωτό υλικό και βρίσκεται σε μορφή πλακών. Αντέχει στις πιέσεις. Δεν προσβάλλεται από την υγρασία. Έχει μέτριες ηχοαπορροφητικές ιδιότητες. Απελευθερώνει τοξικές ουσίες
Ξυλόμαλλο με συνθέτικη κόνια	Είναι υλικό από ίνες ξύλου μαζί με υλικά όπως τσιμέντο ή καυστική μαγνησία. Είναι υλικό πρακτικά άκαυστο. Αντέχει στις πιέσεις. Δέχεται απ' ευθείας επιχρίσματα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε νέες οικοδομές. Προσβάλλεται από την υγρασία όταν έχει μορφή κόκκων. Έχει αξιόλογες ηχοαπορροφητικές ιδιότητες
Φελλός	Είναι κυψελωτό υλικό που σχηματίζει θύλακες με αέρα. Δεν μεταβάλλεται με τον χρόνο. Εφαρμόζεται εύκολα. Είναι εύκολα ανακυκλώσιμο. Έχει αξιόλογες ηχοαπορροφητικές ιδιότητες και καλή απορρόφηση κραδασμών
Υαλοβάμβακας	Είναι υλικό από ίνες γυαλιού και υπάρχει σε διάφορες μορφές στο εμπόριο. Είναι υλικό πρακτικά άκαυστο. Προσβάλλεται από την υγρασία και το νερό. Έχει αξιόλογες ηχοαπορροφητικές ιδιότητες. Προκαλεί ερεθισμό στο δέρμα. Απελευθερώνει ποσότητες φορμαλδεΐδης.
Πετροβάμβακας	Ανόργανο υλικό που παράγεται από ηφαιστιογενή πετρώματα. Είναι υλικό πρακτικά άκαυστο. Έχει αξιόλογες ηχοαπορροφητικές ιδιότητες. Απελευθερώνει ποσότητες φορμαλδεΐδης
Περλίτης	Είναι άκαυστο υλικό ηφαιστειακής προέλευσης. Προσβάλλεται από την υγρασία όταν έχει την μορφή κόκκων. Έχει αξιόλογες ηχοαπορροφητικές ιδιότητες
Ερακλίτ (Heraclith)	Είναι ξυλόμαλλο. Είναι οικολογικό και φθινό. Αποτελεί υποκατάστατο της εξηλασμένης πολυστερίνης. Είναι υλικό πρακτικά άκαυστο. Εύκολα ανακυκλώσιμο. Καλή θερμομονωτική ικανότητα.

Υπάρχουν και οικολογικά θερμομονωτικά υλικά τα οποία :

- Δεν απαιτούν μεγάλη ενέργεια για την παραγωγή τους
- Είναι ανακυκλώσιμα
- Δεν μολύνουν το περιβάλλον κατά την διάρκεια παραγωγής τους
- Δεν περιέχουν τοξικούς/καρκινογόνους ρύπους, επικίνδυνους για την υγεία του ανθρώπου και δεν εκλύουν τέτοιους ρύπους κατά την διάρκεια εφαρμογής τους και μέχρι την καταστροφή τους
- Είναι εξίσου ανθεκτικά και αποδοτικά

Τέτοιου είδους θερμομονωτικών υλικών αποτελούν:

- Το Λιναρόμαλλο
- Το Ρολό από ίνες κοκκοφοίνικα
- Το Μονωτικό ρολό από υπολείμματα βαμβακιού (τύπου ISO COTTON)
- Η Τζίβα (σε φύλλα και λωρίδες) και τέλος
- Το Διογκωμένο (σε κόκκους) άργιλο

Και τα πέντε παραπάνω υλικά, κοστίζουν ελάχιστα και 100% φιλικά προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Επίσης η Ελλάδα διαθέτει και λινάρι και βαμβάκι και άργιλο. Δεν διαθέτει όμως ακόμη την κατάλληλη αγορά και ακόμη χειρότερα οι διαμορφωτές της κοινής γνώμης οι έλληνες μηχανικοί αγνοούν, ακόμη τραγικά την διάσταση της οικολογίας στα υλικά που χρησιμοποιούν στις οικοδομές τους (Πηγή: www.buildings.gr)

Σήμερα, ο μελετητής μηχανικός έχει στη διάθεσή του πληθώρα υλικών που του δίνει τη δυνατότητα να επιλέξει το καταλληλότερο για την υπό μελέτη εφαρμογή- είτε κτηριακή, είτε βιομηχανική- λαμβάνοντας υπόψη του μια σειρά παραμέτρων όπως: θερμομονωτικές απαιτήσεις, θερμοκρασίες λειτουργίας, επίπεδα υγρασίας, κόστος και αισθητική. Επομένως για να χαρακτηριστεί κάποιο υλικό κρίνεται απαραίτητη η πολύπλευρη εξέταση και όχι η επικέντρωση του ενδιαφέροντος σε ένα μόνο χαρακτηριστικό του. Δηλαδή ,είναι εσφαλμένη η αντίληψη, πως ένα θερμομονωτικό υλικό είναι «καλό» επειδή έχει χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.

Αρχικά, δινόταν βάση στις φυσικές ιδιότητες καθώς και στις δυνατότητες εφαρμογής. Στη συνέχεια προστέθηκε μία νέα ομάδα χαρακτηριστικών, που σχετίζονται με την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων (τόσο κατά την παραγωγή, όσο και κατά την τοποθέτηση) και των χρηστών της, καθώς και με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του υλικού. Όσον αφορά στις περιβαλλοντικές

ιδιότητες αρχικά το ενδιαφέρον εστιαζόταν στη διαχείριση του υλικού μετά το πέρας της διάρκειας ζωής του και «οικολογικό» χαρακτηριζόταν ένα υλικό που ήταν βιο-διασπώμενο ή ανακυκλώσιμο.

Παρακάτω , θα γίνει λόγος για το πώς μπορεί ο μηχανικός να επιλέγει το κατάλληλο θερμομονωτικό υλικό, λαμβάνοντας υπόψη τις φυσικές και χημικές ιδιότητες καθώς και τις περιβαλλοντικές παραμέτρους. Συγκεκριμένα, θα γίνει σύγκριση της εξηλασμένης με τη διογκωμένη πολυστερίνη αλλά και της εξηλασμένης με τον πετροβάμβακα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

7.1. Διογκωμένη πολυστερίνη

Η διογκωμένη πολυστερίνη είναι παράγωγο του πετρελαίου και ανήκει στην κατηγορία των πλαστικών. Ανακαλύφθηκε το 1954 από την Γερμανική εταιρεία πλαστικών BASF. Παράγεται από τον πολυμερισμό του στυρενίου με την προσθήκη πεντανίου χωρίς την προσθήκη χημικών (HFCs, CFCs, HCFCs, CO₂) βλαβερών για την υγεία και το περιβάλλον. Το αποτέλεσμα είναι η παραγωγή κόκκων διογκωμένου πολυστυρένιου διαμέτρου 2-10 mm. Ο κάθε κόκκος αποτελείται από 98% αέρα και 2% πολυστερίνη. Είναι αδιαπέρατο από το νερό και την υγρασία και λόγω του παγιδευμένου αέρα που περιέχει, έχει άριστες θερμομονωτικές ιδιότητες.

Η διογκωμένη πολυστερίνη αποτελείται από χιλιάδες κόκκους διογκωμένου πολυστυρένιου και χαρακτηρίζεται για τις άριστες θερμικές της ιδιότητες, από τη μεγάλη αντοχή της στη συμπίεση, την αντοχή της στο χρόνο, την εξαιρετική απορρόφηση κραδασμού, το χαμηλό της βάρος και από την απόλυτη αντοχή της στην υγρασία. Η διογκωμένη πολυστερίνη μπορεί εύκολα να διαμορφωθεί και να πάρει όποιο σχήμα απαιτείται, με την ανάλογη διαδικασία παραγωγής. Στο εμπόριο συναντάται σε πλάκες για εφαρμογές σε τοίχους, τοιχία, πλάκες σκυροδέματος και υπόγεια. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής διογκωμένης πολυστερίνης χρησιμοποιείται σε εφαρμογές στα κτήρια ως θερμομόνωση δωματίων, τοίχων και πατωμάτων. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα είναι ο πολύ καλός συντελεστής απόδοσης τιμής που έχει και αυτό γίνεται εμφανές σε πολλές εφαρμογές της, καταρτίζοντάς την ως το καλύτερο και το οικονομικότερο μονωτικό υλικό και υλικό συσκευασίας στο κόσμο.

Ο πίνακας 7.1. παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγροπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) της διογκωμένης πολυστερίνης.

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά Χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη Τιμή	Μέση Τιμή	Μέγιστη Τιμή
Μηχανικές Ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	1,4	1,6/2/2,5/3/3,5	4
Πυκνότητα ¹	kg/m ³	8	13/15/20/30	50
Αντοχή σε εφελκυσμό	N/mm ²	0,15		0,52
Όριο θραύσης	N/mm ²	0,09		0,22
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²	0,07		0,26
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _R στους 10°C ²	W/(mK)	0,029		0,041
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-70		90
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών		25	30/40/50/60/70	200
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 230C και 80% σχ.υγρασία			5	
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής		B2		B1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz				
Βαθμός απορρόφησης στα 250Hz				
Βαθμός απορρόφησης στα 1000Hz				
Βαθμός απορρόφησης στα 4000Hz				
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²			
Δυμανική ακαμψία	MN/m ³	60		100
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	50		
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες			όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	151	190	269

1.Ο κανονισμός θερμομόνωσης επιβάλλει τη χρήση του υλικού με πυκνότητα ίση ή μεγαλύτερη των 20 kg/m³.

2.Σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,041 W/(mK) στους 10 °C

Πίνακας 7.1.:Τεχνικά χαρακτηριστικά διογκωμένης πολυστερίνης (Πηγή: Λειτουργία της θερμομόνωσης, Άγις Παπαδόπουλος,2004)

Γενικά η διογκωμένη πολυστερίνη έχει τις παρακάτω ιδιότητες:

- Εξαιρετικές θερμομονωτικές ιδιότητες

- Μεγάλη απορρόφηση κραδασμών και πολύ μικρό ποσοστό μετάδοσης του ήχου
- Ευκολία διαμόρφωσης
- Μεγάλες αντοχές στη πίεση
- Ανθεκτική στην υγρασία
- Πολύ χαμηλή υδροπερατότητα
- Ανθεκτική στο χρόνο
- Μεγάλη ευελιξία παραγωγής
- Ευέλικτες μηχανικές αντοχές
- Μεταφέρεται εύκολα
- Τοποθετείται εύκολα
- Καλύτερη απόδοση/τιμή στην αγορά
- Είναι βραδύκαυστο υλικό (νέα τεχνολογία)
- Απολύτως ασφαλής-αβλαβές για τον άνθρωπο
- Εύκολα ανακυκλώσιμο
- Οικολογικό υλικό

Τα χαρακτηριστικά της διογκωμένης πολυστερίνης εξαρτώνται από την ποιότητα και τις αντοχές της. Η Ευρωπαϊκή ένωση έχει θεσπίσει νέους νόμους για το διαχωρισμό της ποιότητας της διογκωμένης πολυστερίνης που ισχύουν και στην Ελλάδα από την 1/1/2006. Συγκεκριμένα η διογκωμένη πολυστερίνη δεν θα διαχωρίζεται με βάση το βάρος της ανά κυβικό(kg/m^3) όπως γινόταν, αλλά από τις αντοχές της στη πίεση.

Για παράδειγμα η διογκωμένη πολυστερίνη ποιότητας 20 kg/m^3 έχει αντοχές 100 Κρα για 10% παραμόρφωση, άρα θα ονομάζεται EPS100. Το ίδιο ισχύει και για τις άλλες ποιότητες.

7.1.1. Τρόπος παραγωγής Διογκωμένης πολυστερίνης

Στο πρώτο στάδιο παραγωγής της Διογκωμένης πολυστερίνης η πρώτη ύλη με τη μορφή κρυσταλιζέ κόκκων θερμαίνεται με τη βοήθεια ατμού σε θερμοκρασία 80-110⁰C και σε περίπου 0.20-0.50 ατμ. σε ειδικούς κλιβάνους που ονομάζονται διογκωτήρες. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας ο κόκκος μπορεί να διογκωθεί και μέχρι 60 φορές από το αρχικό του μέγεθος και το ειδικό

του βάρους μπορεί να κατέβει από 630 κιλ/κυβ μέχρι τα 10 κιλ/κυβ ανάλογα με το χρόνο διόγκωσης και την ποιότητα του υλικού.

Στη συνέχεια οι διογκωμένοι κόκκοι πρέπει να αποθηκευτούν σε σιλό για να αφυγρανθούν και να σταθεροποιηθούν ώστε να είναι έτοιμοι για περαιτέρω διεργασία. Στο τελικό στάδιο οι κόκκοι τοποθετούνται σε μεταλλικά καλούπια και ειδικές πρέσες. Εκεί προστίθεται ξανά ατμός ώστε να δημιουργηθεί περαιτέρω διόγκωση και λόγω του περιορισμένου χώρου να ενωθούν μεταξύ τους οι κόκκοι, παίρνοντας το σχήμα του καλουπιού. Η ευκολία αυτής της διαμόρφωσης της διογκωμένης πολυστερίνης της έχει δώσει απεριόριστες εφαρμογές στην κατασκευή, τη συσκευασία, στη διακόσμηση κ.α.

7.1.2.Απεριόριστες εφαρμογές

Λόγω των πολλών και άριστων ιδιοτήτων της, η διογκωμένη πολυστερίνη έχει απεριόριστες εφαρμογές που τις συναντάμε καθημερινά στην :

- Κατασκευή
- Οδοποιία
- Συσκευασία
- Γεωργία
- Διακόσμηση
- Διαφήμιση,κ.α

Και τα προϊόντα της μπορούν να διαχωριστούν σε πάνω από 50 κατηγορίες όπως:

- Όγκους για θεμελίωση
- Πλάκες για θερμομόνωση
- Υλικό γεμίσματος δαπέδων
- Συσκευασία ψαριών, φρούτων κ.α.
- Σπορεία για φύτευση
- Ποτήρια
- Διακοσμητικές κολώνες
- Συσκευασία ηλεκτρικών και άλλα πολλά

Σήμερα ο όρος διογκωμένη πολυστερίνη έχει ταυτιστεί με την εξοικονόμηση ενέργειας και χρήματος στον κατασκευαστικό τομέα. Όλα τα τέστ σε οργανισμούς και πανεπιστήμια που έχουν γίνει μέχρι σήμερα έχουν δείξει ότι

η διογκωμένη πολυστερίνη δεν αλλοιώνεται και δεν αποσυντίθεται στο χρόνο. Οι μηχανικές και φυσικές αντοχές της έχουν ελεγχθεί για διάρκεια 100 χρόνων και παραμένουν αναλλοίωτες σε αντίθεση με άλλα υλικά που λόγω της χρήσης αερίων και χημικών για την παραγωγή τους χάνουν τις ιδιότητές τους στο χρόνο.

7.1.3. Σχέδια Ανακύκλωσης /Ανάκτησης

Υπάρχουν διάφορες επιλογές για το πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα απορρίμματα από EPS των κτηρίων και των κατεδαφίσεων. Κάθε επιλογή με τις δικές της περιβαλλοντικές, τεχνικές και οικονομικές επιπτώσεις, οι οποίες πρέπει να ληφθούν υπόψη όταν επιλέγεται να τεθεί σε εφαρμογή η καλύτερη, σε οποιοδήποτε μέρος. Γενικά, η πιο ωφέλιμη είναι η άμεση επαναχρησιμοποίησή του με την άλεση καθαρού απορρίμματος EPS και με την πρόσθεσή του σε παρθένο υλικό κατά την παραγωγή. Αυτά τα απορρίμματα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση του εδάφους καθώς επίσης για την κατασκευή ελαφρομπετόν.

7.1.4. Ανάκτηση ενέργειας

Αυτό περιλαμβάνει την παραγωγή ενέργειας, συνήθως στη μορφή θερμότητας με καύση (πυρόλυση). Αυτό δίνει στα απορρίμματα του EPS μία γνήσια μετά- καταναλωτική χρήση. Η διαθέσιμη θερμιδική αξία του EPS είναι αρκετά μεγαλύτερη από αυτή του κάρβουνου ανά βάρος.

Σε έναν σύγχρονο καυστήρα, το EPS απελευθερώνει την περισσότερη ενέργειά του ως θερμότητα, βοηθώντας στην καύση των αστικών απορριμμάτων και εκπέμποντας μόνο διοξείδιο του άνθρακα, υδρατμούς και ένα ίχνος μη-τοξικής στάχτης. Οι καπνοί είναι μη τοξικοί και δεν είναι επιβλαβείς για το περιβάλλον αφού δεν εκπέμπονται διοξίνες ή φουράνες. Η ενέργεια που εξοικονομείται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τηλεθέρμανση και παραγωγή ηλεκτρισμού.

7.1.5. Ο ρόλος του EUMEPS στη διαχείριση των απορριμμάτων

Ο EUMEPS(Ευρωπαίοι Παραγωγοί Διογκωμένης Πολυστερίνης) στο σύνολό του έχει αναλάβει την ευθύνη για τη μετέπειτα ζωή του EPS. Αναγνωρίζει την αναγκαιότητα να ελαχιστοποιηθεί η ποσότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται σε κάθε εφαρμογή με το να απορρίπτει την αναγκαία ποσότητα και να μειώνει την ποσότητα των απορριμμάτων από τα υπολείμματα. Ο EUMEPS προωθεί οποιαδήποτε ιδέα η οποία είναι περιβαλλοντικά, τεχνικά και οικονομικά ευνοϊκή.

Επίσης βλέπει την ενεργή διάρκεια ζωής ενός προϊόντος από τη στιγμή που ξεκινά με την παραγωγή των πρώτων υλών και καταλήγει πέρα μέχρι την απόρριψη. Για αυτόν τον λόγο, ο EUMEPS εργάζεται με τα αποτελέσματα των ανεξάρτητων μελετών οικο-ισορροπίας ή με τις αναλύσεις του κύκλου ζωής, οι οποίες μελετούν το περιβαλλοντικό αντίκτυπο ενός υλικού σε συνολικό επίπεδο, θέτοντας όλα τα στάδια της διάρκειας ζωής του προϊόντος υπό εξέταση. Στις μελέτες οικο-ισορροπίας , το EPS αποδίδει καλά με σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι εναλλακτικών υλικών. Αντιμετωπίζοντας τον κύκλο ζωής στο σύνολό του διώχνει μερικές από τις κοινές εσφαλμένες αντιλήψεις για το EPS. (Πηγή: www.fibran.gr)

7.1.6.Υγιής οικοδόμηση με EPS

Είναι γνωστό ότι η διογκωμένη πολυστερίνη (EPS) είναι ένα υλικό που χρησιμοποιείται ευρέως στην κατασκευαστική βιομηχανία από τα θεμέλια ως την οροφή, ενώ ταυτόχρονα αποτελεί μία φυσική επιλογή για λόγους συσκευασίας. Το EPS έχει πολλά θετικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα, ένα εκ των οποίων είναι ο αποδεδειγμένα υψηλός βαθμός ασφάλειας καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του- από την παραγωγή κα τη χρήση του, ως την επαναχρησιμοποίηση ή την ανακύκλωσή του.

Η υγεία και η ασφάλεια αποτελούν ζητήματα πολύ μεγάλης σημασίας στην καθημερινή ζωή. Συνεπώς ,δεν είναι παράξενο το γεγονός ότι ,στην κατασκευαστική βιομηχανία η υγεία και η ασφάλεια αποτελούν την ύψιστη προτεραιότητα. Επιπρόσθετα, η αξιολόγηση των οικοδομικών υλικών δεν πρέπει να εστιάζεται μόνο στις τεχνικές προδιαγραφές, αλλά και σε παράγοντες όπως η **συνολική περιβαλλοντική επίδραση**. Η αυξημένη ζήτηση για κτήρια τα οποία μπορούν να συντηρηθούν δείχνει ότι η κατασκευαστική βιομηχανία πρέπει να

κάνει μία αναθεώρηση σε ότι αφορά τα υλικά που χρησιμοποιεί, καθώς και στον τρόπο με τον οποίο τα χρησιμοποιεί.

Η μόνωση, φυσικά, είναι αναγκαία σε οποιοδήποτε κτήριο. Όμως τα περισσότερα υλικά που χρησιμοποιούνται για τη μόνωση δεν σχετίζονται απαραίτητα με την ασφάλεια και την καλή υγεία. Αυτό οφείλεται εν μέρει, στις ίνες που σχετίζονται με τον πετροβάμβακα, και τα σημαντικά προβλήματα που προκαλούν η ακτινοβολία , αλλά και σε αυτές που περιέχουν CO₂ και (H)CFCs. Επίσης το EPS δεν αποτελεί κίνδυνο για την υγεία στους χρήστες του κατά τη διάρκεια της παραγωγής και της εφαρμογής ή κατά τη διάρκεια των εργασιών κατεδάφισης και ανακαίνισης.

7.1.7. Αποτελέσματα της Αξιολόγησης του Κύκλου ζωής

Ένας αξιόπιστος τρόπος για να παρουσιάσει κανείς το περιβαλλοντικό αντίκτυπο του EPS αποδείχθηκε η προσέγγιση της Αξιολόγησης του Κύκλου Ζωής. (AKZ/ LCA). Αυτή η προσέγγιση ερευνά τις διαδικασίες που εμπεριέχονται στην παραγωγή, την χρήση και την διάθεση του προϊόντος ή του συστήματος καθ'όλη τη διάρκεια της ζωής του.

Τα νούμερα του παρακάτω πίνακα δείχνουν τον μετρημένο μέσο όρο των χαρακτηριστικών βαθμολογιών και των βαθμολογιών ομαλοποίησης για τον κύκλο ζωής ενός (1) κιλού υλικού από EPS. Η κατάλληλη σύγκριση με άλλα μονωτικά υλικά είναι δυνατή μόνο όταν χρησιμοποιείται η ίδια « λειτουργική μονάδα» στους υπολογισμούς π.χ ένα τετραγωνικό μέτρο μίας μονωμένης περιοχής με τις ίδιες θερμικές ιδιότητες.

Περιβαλλοντική επίδραση/άποψη	Συντομο-γραφία	Μονάδα	Χαρακτηριστικές Βαθμολογίες	Βαθμολογίες Ομαλοποίησης
Περιβαλλοντικό Αντίκτυπο				
Αβιοτική μείωση	ADP	-	0,83	1,04 ^E -11
Παγκόσμια άνοδος θερμ/σίας	GWP	Kgr	5,98	1,42 ^E -12
Μείωση όζοντος	ODP	Kgr	2,11 ^E -06	3,75 ^E -14
Ανθρώπινη τοξικότητα	HCT	Kgr	0,0357	9,06 ^E -13
Υδρόβια οικολογικότητα	ECA	m ³	101	2.29E-13
Smog	POCP	Kgr	0.0207	3.28E-12
Οξινοποίηση	AP	Kgr	0,0278	8,19 ^E -13
Τροφικότητα	NP	Kgr	0,00241	2,81 ^E -13

Χρήση γης	LU* _t	m ² .yr	0,00274	
Περιβαλλοντικός δείκτης				
Ζήτηση συσσωρευτικής ενέργειας(εξαιρούμε-νης της ενέργειας)	CED-	MJ(lhv)*	48,9	8,45 ^E -13
Ζήτηση συσσωρευτικής ενέργειας(συμπεριλαμβανόμενης της ενέργειας)	CED+	MJ(lhv)	93,1	1,61 ^E -12
Μη τοξικά τελικά απορρίμματα	W-NT	Kgr	0,0453	8,43 ^E -14
Τοξικά τελικά απορρίμματα	W-T	Kgr	0,0124	3,09 ^E -13
*lhv=χαμηλότερη θερμαντική αξία				

Πίνακας 7.2.:Χαρακτηριστικές βαθμολογίες από την ανάλυση του κύκλου ζωής ενός κιλού EPS (Πηγή:www.fibran.gr)

Με αυτό το LCA, έχουμε τώρα μία πλήρη εικόνα του EPS και μπορεί να υποστηρίξει τα έμφυτα πλεονεκτήματα με λεπτομερείς, ακριβείς πληροφορίες. Οι ακόλουθοι περιβαλλοντικοί αντίκτυποι και δείκτες δεν λήφθηκαν υπόψη στην έρευνα: το ενδεχόμενο βιολογικής μείωσης, η επίγεια τοξικότητα, ο θόρυβος, τα ατυχήματα, η ραδιενέργεια και η θερμότητα στο νερό.

Αναλυτικότερα, στην Προσέγγιση του Κύκλου Ζωής υπάρχουν τέσσερα βήματα.

- Ο Καθορισμός Στόχου και Πεδίου Δράσης,
- η Απογραφή,
- η Αξιολόγηση Αντίκτυπου,
- η Εκτίμηση και η Ανάλυση Βελτίωσης.

Στο βήμα του Καθορισμού του Στόχου, η μονάδα (σε αυτήν την περίπτωση 1 κιλό υλικού EPS) καθορίζεται, η συλλογή δεδομένων και οι διαδικασίες εγκυρότητας προσδιορίζονται, και το επίπεδο των λεπτομερειών των δεδομένων καθιερώνεται.

Στην Απογραφή ,αρχικά συντάσσεται μία απογραφή σχετικών συνεισφορών και αποδόσεων προς και από το περιβάλλον. Από αυτές τις πληροφορίες, γνωστές και ως Απογραφή του Κύκλου Ζωής (LCI), οποιοδήποτε πιθανό περιβαλλοντικό αντίκτυπο μπορεί να υπάρξει αξιολογείται και ερμηνεύεται. Η μελέτη είναι δυναμική και μπορεί να ανανεώνεται μόλις διατεθούν νέες πληροφορίες σχετικά με το EPS.

Στη συνέχεια ,προτού καθορίσουμε κάποια περιβαλλοντικά αποτελέσματα, πρέπει να αναφέρουμε τις κατηγορίες που τίθενται υπό εξέταση:

τις Κατηγορίες αντίκτυπου. Ένα παράδειγμα Κατηγορίας αντίκτυπου που χρησιμοποιείται στη μελέτη του EPS είναι η ανακυκλωσιμότητά του. Στη συνέχεια, για κάθε κατηγορία, δημιουργείται ένας αριθμός παραγόντων χαρακτηρισμού (κατηγορίες ανακυκλωσιμότητας) και η επιλογή των συμπεριλαμβανομένων παραγόντων ομαλοποίησης.

Στο τελευταίο στάδιο της μελέτης, δηλαδή στην διαδικασία Αξιολόγησης, αναλύονται όλες οι πληροφορίες που έχουν συλλεχθεί κατά τη διάρκεια της μελέτης. Υπάρχουν αρκετά ζητήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη: η ανάλυση ευαισθησίας, η ανάλυση αξιοπιστίας, η ποιοτική και ποσοτική ανάλυση και, τέλος, η αποτίμηση.

7.2. Αφρώδες εξηλασμένη πολυστερίνη

7.2.1.Γενικά χαρακτηριστικά

Η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη, συγγενές θερμομονωτικό υλικό της διογκωμένης πολυστερίνης, έχει όμοια σύσταση με αυτήν, αλλά διαφορετική μέθοδο επεξεργασίας. Για την παραγωγή αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη η πολυστερίνη, το CO₂ ως προωθητικό αέριο σε ποσοστό από 3 ως 7%, στοιχεία αύξησης της πυραντοχής σε ποσοστό από 1 ως 6% και ως βοηθητικές ύλες το ταλκ και χρωστικές ουσίες, που δίνουν το χαρακτηριστικό για κάθε εταιρία χρώμα στο τελικό προϊόν.

Παράγεται σε μορφή πλακών, διαφορετικής πυκνότητας ανάλογα με την εφαρμογή, με επίπεδη ή ανάγλυφη επιφάνεια, για την επίτευξη καλύτερης πρόσφυσης του κονιάματος του επιχρίσματος. Ακόμη παράγονται πλάκες με επικάλυψη τσιμεντοκονίας ή ψηφίδας, στη μία τους πλευρά, για χρήση στο αντεστραμμένο δώμα.

Η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη διαθέτει καλές θερμομονωτικές ιδιότητες με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που κυμαίνεται από 0,025 έως 0,035 W/(mK). Η τιμή του συντελεστή αυτού οφείλεται κατά κύριο λόγο στην θερμική αγωγιμότητα του μίγματος αέρα και αερίων που κατέχουν περίπου το 95% του όγκου του υλικού. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι οι παραπάνω τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αποτελούν τις τιμές κατά τη χρήση της εξηλασμένης πολυστερίνης. Στην πραγματικότητα κατά την παραγωγή της ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας είναι μικρότερος αλλά σταδιακά αυξάνεται,

γεγονός το οποίο οφείλεται στη διαδικασία εξισορρόπησης του R12 του αέριου μίγματος με τον εξωτερικό αέρα. Έχει υπολογιστεί μάλιστα πως το αέριο σε R12 υποδιπλασιάζεται κάθε 50 έτη, περίπου δηλαδή όσο και η διάρκεια ζωής ενός κτηρίου.

Το θερμοκρασιακό εύρος χρήσης της είναι σχετικά περιορισμένο, καθώς το κατώτερο σε -60°C και το ανώτερο όριο ανέρχεται σε 75°C . Ο τρόπος παραγωγής της εξηλασμένης πολυστερίνης, δηλαδή η κατεργασία της εξέλασης, αποτελεί τον κύριο υπεύθυνο για τη μεγάλη αντοχή που παρουσιάζει στον εφελκυσμό (0,30 ως 0,35 N/mm²) και στη συμπίεση, στην αυξημένη αντίσταση στη διάχυση υδρατμών (80 ως 200) και στην απορρόφηση νερού. Η μέγιστη απορροφητικότητα φθάνει το 0,1 με 0,2% του όγκου του υλικού.

Η εξηλασμένη πολυστερίνη έχει όμοια συμπεριφορά με την διογκωμένη πολυστερίνη σε ότι αφορά την προσβολή της από έντομα και τρωκτικά και την ευαισθησία της σε διαλύτες και στην ηλιακή ακτινοβολία, η οποία αποχρωματίζει την επιφάνειά της και καθιστά τις κυψέλες της εύθραυστες. Η τεχνική λύση για την αποφυγή της προσβολής από έντομα και τρωκτικά συστήνει τον εγκλωβισμό της εξηλασμένης πολυστερίνης στο δομικό στοιχείο ή την επικάλυψη με επίχρισμα. Η προστασία της από την ηλιακή ακτινοβολία επιτυγχάνεται επίσης με επικάλυψη με τσιμεντοσανίδες, πλάκες ορυκτών ινών και ψευδομωσαϊκού, γυψοσανίδες ή ξηρή χαλικόστρωση.

Παρά τη χρήση επιβραδυντών καύσης με τον εμπλουτισμό της εξηλασμένης πολυστερίνης με στοιχεία αύξησης της πυραντοχής σε ποσοστό από 1 έως 6% κατά τη διαδικασία παραγωγής της, παραμένει εύφλεκτο υλικό και κατατάσσεται στις B1 και B2 κατηγορίες πυραντοχής.

Τέλος, δεν χρησιμοποιείται ως ηχομονωτικό υλικό, καθώς δεν διαθέτει ικανοποιητικές ιδιότητες ηχοαπορρόφησης. Ο πίνακας 7.3. παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγροπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) της εξηλασμένης πολυστερίνης.

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά Χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη Τιμή	Μέση Τιμή	Μέγιστη Τιμή
Μηχανικές Ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	2	2,5/3/4/5	12
Πυκνότητα	kg/m ³	20	30/35/40/60	80
Αντοχή σε εφελκυσμό	N/mm ²	0,3	0,33/0,34	0,35
Όριο θραύσης	N/mm ²			
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²	0,15	0,20/0,25/0,30/0,5	0,7
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _R στους 10 ₀ C	W/(mK)	0,025	0,032/0,33	0,035
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-60		75
Ιδιότητες υγροπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών		80	100/160/200	200
Ποσότητα υγρασίας εξομείωσης στους 230C και 80% σχ.υγρασία			<1	
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής		B2		B1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz				
Βαθμός απορρόφησης στα 250Hz				
Βαθμός απορρόφησης στα 1000Hz				
Βαθμός απορρόφησης στα 4000Hz				
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²			
Δυμανική ακαμψία	MN/m ³			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος		50	
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες			όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	23	28	32

Πίνακας 7.3. Τεχνικά χαρακτηριστικά εξηλασμένης πολυστερίνης (Πηγή: Λειτουργία της Θερμομόνωσης, Άγις Παπαδόπουλος).

7.2.2. Τρόπος παραγωγής αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης

Η βάση της εξηλασμένης πολυστερίνης είναι ίδια με την διογκωμένη πολυστερίνη. Είναι δηλαδή μικροί κρυσταλιζέ κόκκοι. Οι κόκκοι αυτοί μαζί με άλλα χημικά πρόσθετα (CFCs, HCFCs, HFCs, CO₂), διογκωτικό υλικό και χρώμα, οδηγούνται, σε ένα μηχάνημα μεγάλης πίεσης για να εκθλιφθούν. Μέσα

εκεί το μίγμα συγχωνεύεται και λιώνει κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες μεγάλης θερμοκρασίας και πίεσης για να δημιουργηθεί ένα ημίρρευστο ,πηχτό πλαστικό υγρό. Το υγρό μετά οδηγείται σε μία συνεχόμενη κυλινδρική μήτρα. Καθώς βγαίνει από τη μήτρα διογκώνεται σε αφρό, παίρνει μορφή, κρυώνει και κόβεται σε πλάκες. Στη συνέχεια αφού οι πλάκες αποθηκευτούν για ένα χρονικό διάστημα περίπου 2-3 εβδομάδες είναι έτοιμες για χρήση. Λόγω της επίπονης διαδικασίας παραγωγής, της μορφής της εξηλασμένης πολυστερίνης καθώς και των χημικών που χρησιμοποιούνται, η εξηλασμένη πολυστερίνη περιορίζεται σε θερμομονωτικές πλάκες πάχους 2,5-10 εκ.

7.3. Διογκωμένη πολυστερίνη ή Αφρώδες εξηλασμένη πολυστερίνη

Όταν έρθει η ώρα της επιλογής μονωτικού υλικού για τη θερμομόνωση μιας κατασκευής ο μηχανικός βρίσκεται σε μεγάλο δίλημμα. Τι είδους μονωτικό υλικό να επιλέξει; Διογκωμένη ή εξηλασμένη πολυστερίνη;

Αυτά τα δύο υλικά έχουν καταλάβει πάνω από το 95% της θερμομόνωσης μίας κατασκευής σε όλο τον κόσμο. Λίγοι όμως γνωρίζουν πέρα από την ονομασία τους τι διαφορές έχουν, ποιο είναι το καταλληλότερο και πώς να εκμεταλλευτούν τα πλεονεκτήματα του καθενός.

Λόγω της ίδιας πρώτης ύλης (στυρένιο) που χρησιμοποιείται για την παραγωγή διογκωμένης και εξηλασμένης πολυστερίνης οι φυσικές ιδιότητες τους ,για την ίδια ποιότητα υλικού (XPS=EPS 200 ή 300kg/m³), είναι παρόμοιες. Η διογκωμένη πολυστερίνη όμως μπορεί να παραχθεί σε διάφορες ποιότητες με χαρακτηριστικά είτε καλύτερα είτε χειρότερα από την εξηλασμένη πολυστερίνη αναλόγως τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Στον παρακάτω συγκριτικό πίνακα αναφέρονται συγκριτικά οι ιδιότητες και των δύο υλικών.

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ			
		ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗ(EPS)			ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗ(XPS)
Τύπος		EPS60	EPS100	EPS200	
Πυκνότητα	Kgr/m ³	15	20	30	28-32
Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ στους 100 ⁰ C	W/mK	0.036-0.038	0.034-0.036	0.033-0.035	0.035-0.036

	Kcal/mh ⁰ C	0.031-0.033	0.028-0.031	0.027-0.030	0.028-0.030
Αντοχή στην πίεση (για 10% παραμόρφωση)	Kpa/m ³	70-110	110-160	200-250	200-250
Συνεχές φορτίο σχεδίασης (για 2% παραμόρφωση)	KP/m ³	25	40	70	70
Υδροαπορροφητικότητα	%κατά όγκο	0.5-3.0	0.5-2.5	0.5-1.5	0.5
Αντίσταση Υδροπερατότητας	μ	20-50	30-70	40-150	80-250
Όρια ελαχίστης μεγίστης θερμοκρασιακής εφαρμογής	⁰ C	-50/+75	-50/+75	-50/+75	-50/+75
Χημικά κατά την παράγωγη		Κανένα	Κανένα	Κανένα	CFCs, HCFCs, HFCs, CO ₂
Γήρανση υλικού		KAMIA	KAMIA	KAMIA	Έως και 28% μείωση λ (μακροχρόνια)
Αντίσταση στη φωτιά		Μη τοξικό	Μη τοξικό	Μη τοξικό	Τοξικό αναλόγως τα χημικά και τη ποσότητα υλικού
Κόστος/μ³		55€	68€	100€	200€

Πίνακας7.4.:Τιμές των ιδιοτήτων της διογκωμένης και αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης

Από τον παραπάνω πίνακα είναι φανερό ότι η διογκωμένη πολυστερίνη έχει περισσότερα πλεονεκτήματα από την εξηλασμένη. Εξαιτίας της περιεκτικότητας των χημικών ουσιών που περιέχει η εξηλασμένη έχει υψηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας($\lambda=0,036$) έναντι της διογκωμένης πολυστερίνης που κυμαίνεται από 0,045-0,032 για EPS300 και EPS200 αντίστοιχα. Όσον αφορά την γήρανση η εξηλασμένη πολυστερίνη έχει μείωση του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας μέχρι 28% λόγω των ποσοστών αερίων που διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα με την πάροδο του χρόνου σε αντίθεση με τη διογκωμένη που έχει αποθηκευμένο αέρα μέσα στους κόκκους. Επίσης αν ληφθεί υπόψη ο πίνακας της περιβαλλοντικής εκτίμησης των υλικών (βλέπε σελ.125)είναι φανερό ότι η διογκωμένη πολυστερίνη ($E_n=1,88$) εκτιμάται περισσότερο περιβαλλοντικά από την εξηλασμένη ($E_n=2$).

7.4. Πετροβάμβακας

Ο πετροβάμβακας είναι ινώδους μορφής, καθώς αποτελείται από μια μάζα εξαιρετικά λεπτών ινών (διάμετρος < 4 ή $5 \mu\text{m}$) και παρασκευάζεται από μίγμα ορυκτογενών πετρωμάτων, που αφθονούν στη φύση, όπως βασάλτη, μεταβασάλτη, διαβάση, αμφιβολίτη, ασβεστόλιθο, δολομίτη και βωξίτη.

Για την παραγωγή του πετροβάμβακα, το μίγμα των ορυκτογενών πετρωμάτων θερμαίνεται και λιώνει είτε μέσα σε υψικάμινο είτε σε ηλεκτρικό φούρνο (πιο σύγχρονη μέθοδος, καθώς επιτυγχάνει διαστασιακή ομοιομορφία στις παραγόμενες ίνες μέσω της σταθερά ελεγχόμενης θερμοκρασίας του τήγματος, καθώς και μηδαμινή μόλυνση του περιβάλλοντος). Στη συνέχεια και με τη βοήθεια της φυγοκέντρισης διαμορφώνεται στην τελική ινώδη μορφή. Η συγκόλληση των ινών μεταξύ τους επιτυγχάνεται με την προσθήκη συνθετικής φαινολικής ρητίνης καισιλικονέλαιου.

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

Ο πετροβάμβακας έχει υψηλή πυκνότητα (30 kg/m^3) και ιδιαίτερα καλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που κυμαίνεται από $0,033$ ως $0,045 \text{ W/(mK)}$. Η υψηλή θερμομονωτική ικανότητά του όμως επηρεάζεται σημαντικά στην περίπτωση προσβολής του από την υγρασία, έτσι ώστε να κρίνεται αναγκαία η λήψη μέτρων προστασίας από την υγρασία είτε με την προσθήκη οργανικών ενώσεων του πυριτίου (σιλάνια) είτε με την τοποθέτηση επικάλυψης φύλλων αλουμινίου ή γύψου. Η θερμομονωτική ικανότητα του πετροβάμβακα επηρεάζεται αρνητικά επίσης και από την αυξημένη παρουσία συμπαγών σφαιριδίων τήξης, χρώματος καφέ ή μαύρου, που δημιουργούνται παράλληλα με τις επιθυμητές ίνες στη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.

Ο πετροβάμβακας διαθέτει ιδιαίτερα υψηλή αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, κάτι που οφείλεται στο γεγονός ότι οι πρώτες ύλες και τα πρόσθετα στον πετροβάμβακα κατά την παραγωγή λιώνουν σε μεγάλες θερμοκρασίες. Η ανώτερη θερμοκρασία εφαρμογής (750°C) καθορίζει μέχρι ποια θερμοκρασία διατηρεί το μονωτικό υλικό τις ιδιότητές του. Για αυτό και ο πετροβάμβακας βρίσκει εφαρμογή σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, στη μόνωση λεβήτων, σε πόρτες πυρασφαλείας, σε κατασκευές που αφορούν στην πυρασφάλεια σε πλοία, καθώς και στην περιοχή της τεχνολογίας του εξαερισμού (αγωγοί εξαερισμού).

Ο πετροβάμβακας διαθέτει πολύ καλή συμπεριφορά στην πυρκαγιά, καθώς ανήκει στις A1, A2 και B1 κατηγορίες πυραντοχής. Αντίθετα, εμφανίζει μικρή αντοχή στον εφελκυσμό ($0,005 \text{ N/mm}^2$) και χαμηλό όριο θραύσης από $0,00012$ έως $0,0075 \text{ N/mm}^3$. Όσον αφορά στις ακουστικές ιδιότητές του παρουσιάζει χαμηλό βαθμό απορρόφησης του ήχου σε σχέση με τον υαλοβάμβακα στις χαμηλές συχνότητες, αλλά στις υψηλές συχνότητες εμφανίζει πολύ καλές. Δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά ούτε και από χημικές ενώσεις.

Ο πίνακας 7.5. παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ιδιότητες (μηχανικές, θερμικής προστασίας, υγροπροστασίας, πυρασφάλειας, ακουστικές και αντοχής στη χρήση) του πετροβάμβακα.

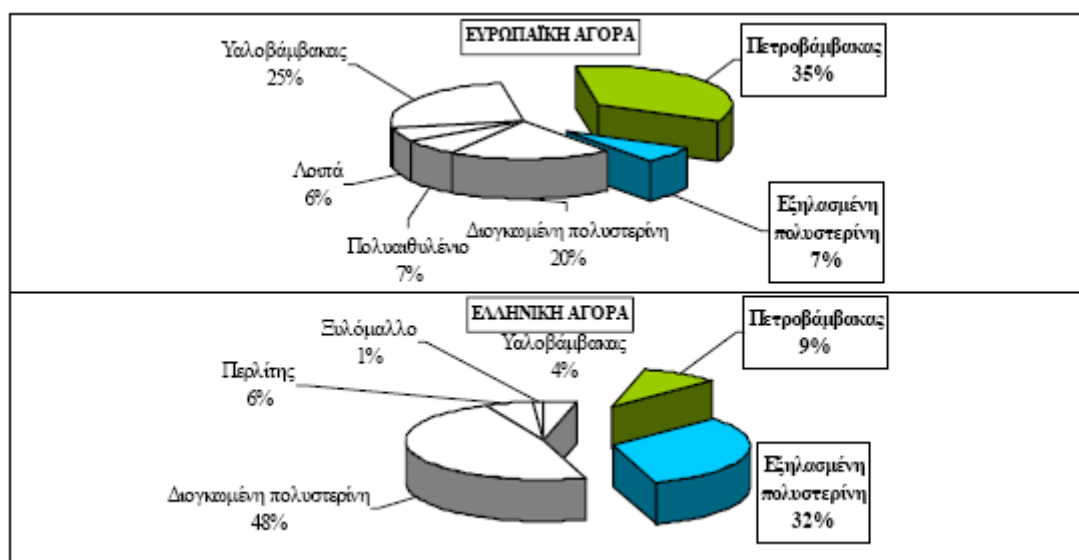
Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά Χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη Τιμή	Μέση Τιμή	Μέγιστη Τιμή
Μηχανικές Ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	2	3-6/8/10/11/16	18
Πυκνότητα	kg/m ³	30	30-40/55/90/100/130	180
Αντοχή σε εφελκυσμό	N/mm ²	0,00012	0,0003/0,002	0,0075
Όριο θραύσης	N/mm ²	0,005	0,02	0,05
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²	0,15		
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _R στους 10 ₀ C ¹	W/(mK)	0.033	0,0375	0,045
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-100		750
Ιδιότητες υγροπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών		<1		1
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 230C και 80% σχ.υγρασία		<0,1	0,2	1,5
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής		B2	A2	A1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz		0,05	0,14	0,19
Βαθμός απορρόφησης στα 250Hz		0,34	0,37/0,55	0,88
Βαθμός απορρόφησης στα 1000Hz		0,92	0,93/0,96	0,99
Βαθμός απορρόφησης στα 4000Hz		0,92	0,93	1,06
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²	5	11/12/15/30	70
Δυμανική ακαμψία	MN/m ³			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	30		
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες			όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	110	240/450/540/600	660

Πίνακας 7.5. Τεχνικά χαρακτηριστικά πετροβάμβακα (Πηγή : Λειτουργία της θερμομόνωσης, Άγις Παπαδόπουλος)

7.5. Σύγκριση πετροβάμβακα και εξηλασμένης πολυστερίνης

7.5.1. Η εικόνα της αγοράς πετροβάμβακα και εξηλασμένης πολυστερίνης

Στο σχήμα 7.1. απεικονίζεται η κατάσταση στην Ευρωπαϊκή αγορά. Γίνονται δύο βασικές διαπιστώσεις: στην Ευρώπη προτιμούνται τα ινώδη θερμομονωτικά υλικά, ενώ στην Ελλάδα, η διογκωμένη πολυστερίνη υπερτερεί σε πωλήσεις έναντι της εξηλασμένης.



Σχήμα 7.1: Μερίδια αγοράς θερμομονωτικών υλικών σε Ευρώπη και Ελλάδα
(Πηγή: www.library.tee.gr)

Οι λόγοι που οδήγησαν στην τάση αυτή είναι:

- Οι μεγαλύτεροι καταναλωτές θερμομονωτικών υλικών είναι οι χώρες της βόρειας και κεντρικής Ευρώπης. Οι τοπικοί κανονισμοί στις χώρες αυτές απαιτούν μεγαλύτερο πάχος θερμομόνωσης και έτσι προτιμάται ο πετροβάμβακας που έχει χαμηλότερο κόστος.
- Στους μεγαλύτερους καταναλωτές – χώρες επιβάλλονται αυστηροί κανονισμοί πυροπροστασίας στον κτηριακό τομέα. Αξιοσημείωτες είναι οι περιπτώσεις της Μεγάλης Βρετανίας και της Γερμανίας. Στην πρώτη, οι περισσότερες κατασκευές είναι ξύλινες, πράγμα που επιβάλλει αυστηρότερα μέτρα πυρασφάλειας. Στη δεύτερη, οι σχετικοί κανονισμοί έγιναν αυστηρότεροι μετά από σειρά ατυχημάτων από πυρκαγιές, με αποκορύφωμα την μεγάλη πυρκαγιά στο αεροδρόμιο του Ντύσεντολφ, που

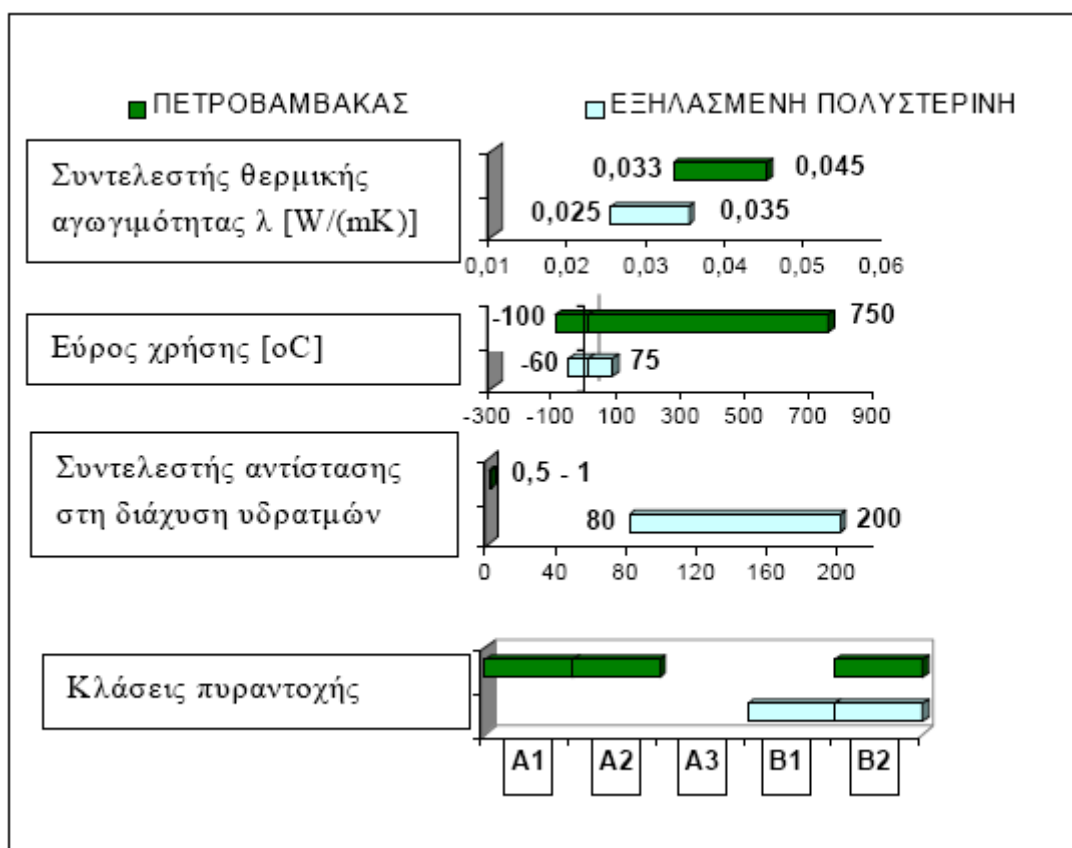
στοίχισε πολλές ανθρώπινες ζωές. Σε θέματα πυραντοχής, ο πετροβάμβακας υπερτερεί σαφώς έναντι της πολυστερίνης

- Τα οργανικά αφρώδη υλικά έχουν τη μορφή πλάκας και είναι ευκολότερα στην τοποθέτηση. Επιπλέον, δεν απαιτούνται μέτρα προστασίας κατά την εφαρμογή τους, γεγονός που τα έκανε προτιμότερα για τον ανειδίκευτο και ανεπαρκώς ενημερωμένο σε θέματα ασφάλειας Έλληνα εργάτη οικοδομής.

Η διογκωμένη πολυστερίνη προτιμάται έναντι της εξηλασμένης, λόγω του χαμηλού κόστους της. Επιπλέον, για την Ελλάδα, το κόστος αυτό είναι ακόμα πιο χαμηλό γεγονός που την κατέστησε ανταγωνιστική δίνοντάς της υψηλό μερίδιο αγοράς. Παρόλα αυτά, η θέσπιση αυστηρότερων κανονισμών θερμομόνωσης, πυρασφάλειας και οικολογικής δόμησης, οδηγούν σε αύξηση των πωλήσεων του πετροβάμβακα. Επιπλέον, η εξηλασμένη πολυστερίνη αρχίζει και προτιμάται λόγω της εξαιρετικής της αντοχής σε θλίψη και υγρασία, πράγμα που την καθιστά αναντικατάστατο υλικό σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως, για παράδειγμα στη θερμομόνωση στοιχείων σκυροδέματος. Εκτιμάται, ότι μελλοντικά το μερίδιο του πετροβάμβακα στην ελληνική αγορά θα συγκλίνει με αυτό της ευρωπαϊκής και τα ποσοστά πωλήσεων της εξηλασμένης πολυστερίνης θα αυξηθούν και στις δύο αγορές.

7.5.2. Βασικά χαρακτηριστικά των δυο θερμομονωτικών υλικών

Στο σχήμα 7.2. παρουσιάζονται οι τιμές των βασικών χαρακτηριστικών του πετροβάμβακα και της εξηλασμένης πολυστερίνης. Πρέπει, να σημειωθεί πως οι τιμές ποικίλουν ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής, τον τύπο και την πυκνότητα του κάθε προϊόντος. Γι αυτό δίνεται η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή σε κάθε ιδιότητα. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί, πως τιμές βαθμού απορρόφησης ήχου δεν έχουν καταχωρηθεί, αφού η εξηλασμένη πολυστερίνη δεν παρουσιάζει ηχοαπορροφητικότητα και δεν χρησιμοποιείται σε εφαρμογές ηχομόνωσης.



Σχήμα 7.2.: Συγκριτική αξιολόγηση των φυσικών ιδιοτήτων πετροβάμβακα & εξηλασμένης πολυστερίνης (Πηγή: www.library.tee.gr Καραμάνος Α, Γιαμά Ε., Χαδιαράκου Σ., Παπαδόπουλος Α.Μ, 2005)

Η θερμομονωτική ικανότητα των υλικών οφείλεται στον αέρα που περιέχεται στη μάζα τους. Και τα δύο υλικά περιέχουν αέρα μέσα στη μάζα τους και επομένως η θερμομονωτική τους ικανότητα είναι το ίδιο καλή. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας είναι ίδιας τάξης μεγέθους και εξαιρετικά χαμηλός. Η εξηλασμένη πολυστερίνη μπορεί να υπερέχει ελαφρά, αλλά σε πρακτική εφαρμογή και τα δύο υλικά παρέχουν την ίδια θερμική προστασία στην κατασκευή. Οι διαφορές οφείλονται στον τρόπο με τον οποίο έχει εγκλωβιστεί ο αέρας μέσα στη μάζα τους και γενικότερα στη φύση των δύο υλικών: Ο πετροβάμβακας ανήκει στα ανόργανα ινώδη υλικά. Αποτελείται από ίνες μέσης διαμέτρου 15μm, που συνδέονται με τη χρήση ειδικών συνδετικών ρητινών. Η εξηλασμένη πολυστερίνη ανήκει στα οργανικά αφρώδη υλικά και έχει τη μορφή ελαφράς πλάκας. Στην πρώτη περίπτωση ο αέρας είναι εγκλωβισμένος ανάμεσα στις ίνες και έχει άμεση επαφή με το περιβάλλον. Στη δεύτερη, βρίσκεται με τη μορφή μικρών φουσαλίδων μέσα στη μάζα του υλικού και έχουν ελάχιστη επαφή

με τον εξωτερικό αέρα. Είναι χαρακτηριστικό, πως αυτή η αντίθετη φύση τους σε συνδυασμό με τον τρόπο με τον οποίο περιέχεται ο αέρας μέσα στη μάζα τους διαφοροποιεί τις ιδιότητες των δύο υλικών.

Τα οργανικά πλαστικά υλικά καίγονται και τήκονται εύκολα, για το λόγο αυτό η εξηλασμένη πολυστερίνη έχει περιορισμένο εύρος θερμοκρασιών χρήσης. Αντίθετα, οι ανόργανες ίνες του πετροβάμβακα έχουν προέλευση ηφαιστειακών πετρωμάτων, με μεγάλη αντοχή στη θερμοκρασία. Έτσι, η πολυστερίνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε κτιριακές ή σε «ελαφρές» βιομηχανικές εφαρμογές (π.χ. δίκτυα θερμού νερού), αφού αντέχει μέχρι τους 75 °C. Αντίθετα, ο πετροβάμβακας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανικές εφαρμογές εξαιρετικά υψηλών θερμοκρασιών, όπως, δίκτυα υπέρθερμου ατμού και χυτήρια, ή ακόμα και σε διαστημικές εφαρμογές. Επιπλέον, η εύκαμπτη μορφή του πετροβάμβακα τον καθιστά ικανό να καλύπτει κυρτές και κυλινδρικές επιφάνειες. Η εξηλασμένη πολυστερίνη μπορεί να καλύψει τέτοιου είδους επιφάνειες μόνο εφόσον έχει παραχθεί σε μορφή κοχυλιών, γεγονός που συνεπάγεται υψηλό κόστος.

Η ανόργανη φύση του πετροβάμβακα τον καθιστά ως υλικό με μεγάλη αντίσταση στην πυρκαγιά, γι' αυτό και ορισμένοι τύποι του ταξινομούνται στην κλάση A1 της πυραντοχής. Αντίθετα, η εξηλασμένη πολυστερίνη τήκεται πολύ εύκολα, με αποτέλεσμα να γίνεται επικίνδυνη σε περιπτώσεις πυρκαγιάς, αφ' ενός μεν γιατί ορισμένοι τύποι της είναι εύφλεκτοι και αφ' ετέρου δε, γιατί κατά την καύση της παράγονται τοξικά αέρια.

Οι ανοιχτές κυψέλες αέρα στον πετροβάμβακα, τον καθιστούν ευάλωτο στη διάχυση υδρατμών, αφού οι τελευταίοι διαπερνούν σχετικά εύκολα τη μάζα του. Όσον αφορά την τοιχοποιία, το παραπάνω δεν αποτελεί πρόβλημα, αφού ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας των υδρατμών είναι ίσος με αυτόν του αέρα (σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, λ υδρατμών = 0,026 W/m²K). Σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η υγρασία διαπερνά την τοιχοποιία, η θερμική αγωγιμότητα παραμένει σταθερή, αφού οι υδρατμοί δεν συμπυκνώνονται. Αντίθετα, στα στοιχεία σκυροδέματος, η υγρασία διαπερνά μόνο τον πετροβάμβακα με αποτέλεσμα να δημιουργείται συμπύκνωση υδρατμών ανάμεσα στο μονωτικό και το δομικό υλικό. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του νερού είναι πολύ μεγαλύτερος από αυτόν του αέρα (σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, λ νερού = 0,6 W/m²K), με αποτέλεσμα να χάνεται η θερμομονωτική του ικανότητα και να

παρατηρούνται φθορές στο στοιχείο σκυροδέματος. Γι' αυτό το λόγο προτιμάται η εξηλασμένη πολυστερίνη στη μόνωση στοιχείων σκυροδέματος, καθώς παρουσιάζει εξαιρετική αντίσταση στη διάχυση υδρατμών. Στις βιομηχανικές εφαρμογές, όπου η χρήση της εξηλασμένης πολυστερίνης είναι αδύνατη, χρησιμοποιείται πετροβάμβακας ο οποίος έχει καλυφθεί εξωτερικά με στεγανωτική μεμβράνη.

Τέλος, μόνο ο πετροβάμβακας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ηχομόνωση, αφού η εξηλασμένη πολυστερίνη δεν παρουσιάζει ηχοαπορροφητικότητα.

7.5.3 Περιβαλλοντική αξιολόγηση των υπό μελέτη υλικών

7.5.3.1. Βασικές περιβαλλοντικές ιδιότητες θερμομονωτικών υλικών

Παρόλο που τα θερμομονωτικά υλικά αποτελούν ένα από τα βασικότερα εργαλεία για την εξοικονόμηση ενέργειας και συνεπώς, για τη μείωση των εκπομπών των επικίνδυνων ρύπων, υπάρχουν ενεργειακοί και περιβαλλοντικοί περιορισμοί κατά την παραγωγή τους. Η πολιτική αυτή υιοθετείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση η οποία υποχρεώνει τους κατασκευαστές να φέρουν περιβαλλοντική πιστοποίηση στα προϊόντα τους.

Στα θερμομονωτικά υλικά, τα κρισιμότερα μεγέθη που πιστοποιούν την περιβαλλοντική φύση του υλικού είναι:

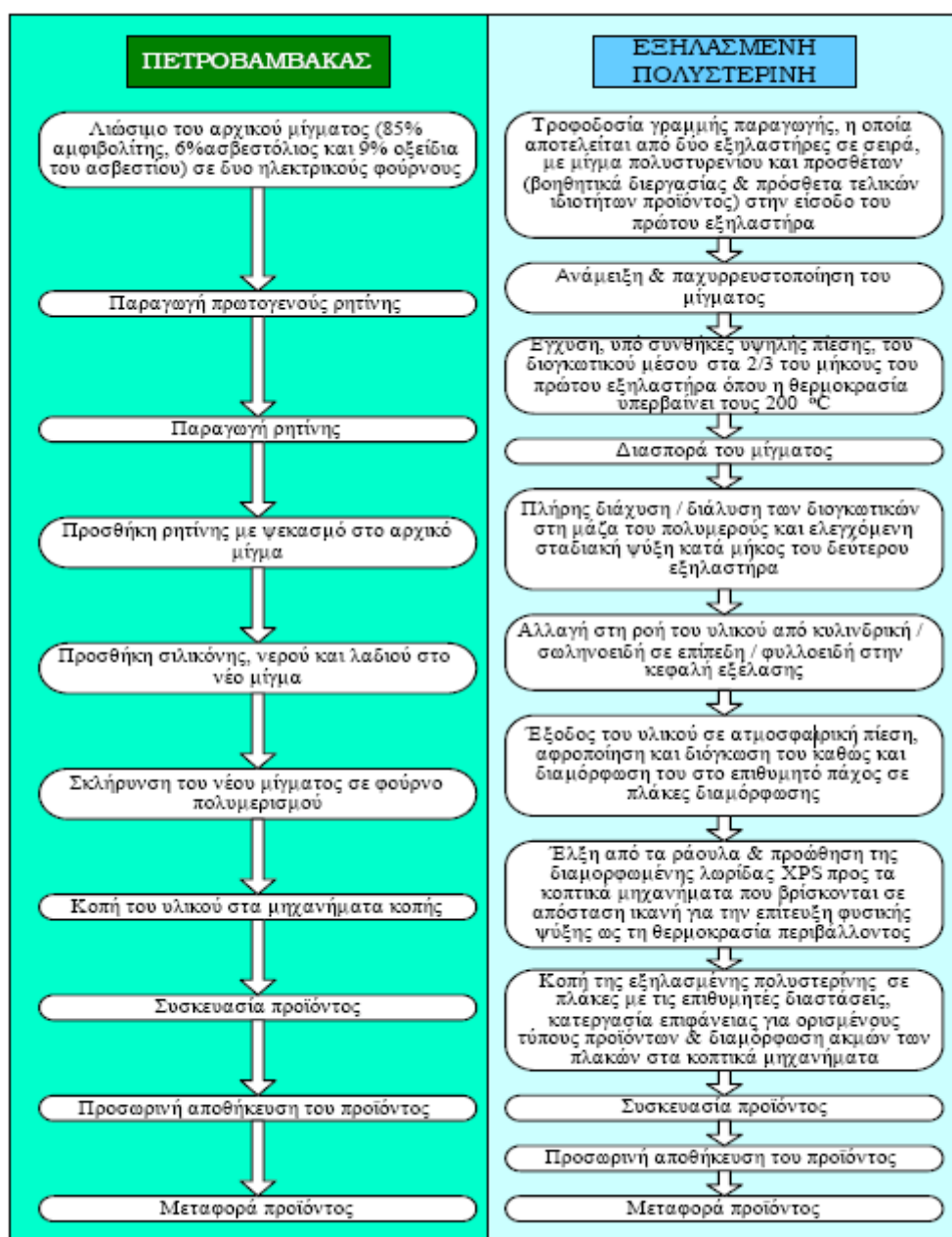
- i. Η **περιεχόμενη ενέργεια**: Είναι η χρησιμοποιούμενη ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή μονάδας μάζας του υλικού. Περιλαμβάνει την ενέργεια για κάθε μια από τις διεργασίες από την εξόρυξη των πρώτων υλών μέχρι και την τελική τοποθέτηση του υλικού στο κτήριο. Εκφράζεται σε kWh/kg υλικού. Εναλλακτικά, πολλές φορές υπολογίζεται η *ανηγμένη στο εμβαδόν περιεχόμενη ενέργεια*: Είναι η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή και την τοποθέτηση ποσότητας θερμομονωτικού υλικού, ικανής να μονώσει μια μονάδα επιφάνειας, έτσι ώστε να επιτευχθεί ο κατάλληλος συντελεστής θερμοπερατότητας. Για να βρίσκεται ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου μέσα στα όρια που ορίζει ο Ελληνικός Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτηρίων, πρέπει ο συντελεστής θερμοπερατότητας του μονωτικού υλικού να είναι περίπου $0,8\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$.
- ii. Οι εκπομπές ρύπων στη διάρκεια ζωής του θερμομονωτικού υλικού. Πρόκειται για τους επικίνδυνους ρύπους που εκπέμπονται, κυρίως, κατά την παραγωγή

του υλικού. Κυριότεροι θεωρούνται το CO, που είναι τοξικό και το CO₂, που αποτελεί το βασικότερο θερμοκηπτικό αέριο.

Στη φάση αυτή παρουσιάζεται αναλυτικά η περιγραφή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν από την παραγωγική διαδικασία του πετροβάμβακα και της εξηλασμένης πολυστερίνης. Η περιβαλλοντική αξιολόγηση θα γίνει με εφαρμογή της μεθοδολογίας Ανάλυσης Κύκλου Ζωής με τη χρήση του υπολογιστικού λογισμικού GEMIS. Αναλυτικότερα, στη συνέχεια ακολουθούν σύντομη περιγραφή της μεθοδολογίας A.K.Z. που αναπτύχθηκε στα υπό μελέτη συστήματα παραγωγής με χρήση του μοντέλου GEMIS.

7.5.3.2. Εφαρμογή της AKZ στα δύο υπό μελέτη θερμομονωτικά

Αρχικά, ορίζονται τα υπό μελέτη συστήματα για τα οποία θα υπολογιστούν με λεπτομέρεια οι εισροές πρώτων υλών και ενέργειας καθώς και οι εκροές που αφορούν στις αέριες εκπομπές, στα υγρά και στερεά απόβλητα. Η μελέτη εστιάζεται κυρίως στην παραγωγική διαδικασία των δύο υλικών καθώς έχει διαπιστωθεί από ποιοτική περιβαλλοντική αξιολόγηση πως οι σημαντικότερες επιπτώσεις προκύπτουν κατά την παραγωγική διαδικασία των υλικών. Δηλαδή, η παραγωγή των δύο υλικών συνεισφέρει πρακτικά σε όλη την περιεχόμενη ενέργεια. Η παραγωγική διαδικασία του πετροβάμβακα και της εξηλασμένης πολυστερίνης αναλύεται στις διεργασίες που απεικονίζονται στο σχήμα 7.3



Σχήμα 7.3: Παραγωγική διαδικασία πετροβάμβακα και εξηλασμένης πολυστερίνης (Πηγή: www.library.tee.gr Καραμάνος Α, Γιαμά Ε., Χαδιαράκου Σ., Παπαδόπουλος Α.Μ, 2005)

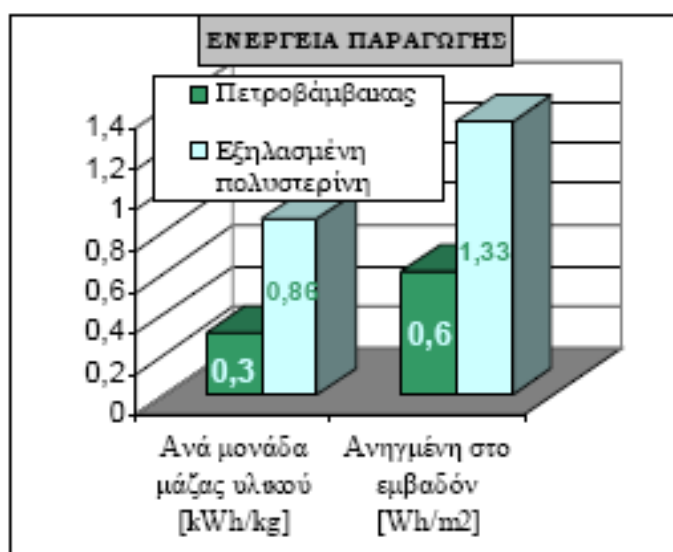
Στον πίνακα 7.6 καταγράφονται τα δεδομένα εισροών ενέργειας και πρώτων υλών για τα υπό μελέτη συστήματα.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΡΟΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ		ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΡΟΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗΣ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗΣ	
ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh/kgρ προϊόντος)			
Ηλεκτρική ενέργεια(kWh/kgρ προϊόντος)	0,3	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh/kgρ προϊόντος)	0,9
Θέρμανση(lt/tn προϊόντος)	33,3		
ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ (tn/tn προϊόντος)			
Μίγμα ορυκτών		Πολυστυρένιο	0,62
Αμφιβολίτης	0,03	Διογκωτικά μέσα πρόσθετα	0,06
Ασβεστόλιθος	0,01		0,015
Βωξίτης	0,004		
Παραγωγή ρητίνης(tn/tn προϊόντος)			
Φορμαλδεϋδη	0,04		
Φαινόλη	0,01		
Ουρία	0,02		
Σιλάνιο	3,64		
Θειική αμμωνία	0,0004		
Αμμωνία	0,001		
Καυστική σόδα	0,002		
Θειικό οξύ	0,0007		
Βοηθητικά υλικά(tn/tn προϊόντος)			
Σιλικόνη	0,001		
Ορυκτέλαιο	0,002		
Υλικό επικάλυψης(tn/tn προϊόντος)			
Αλουμίνιο	0,4		
Αλουμινόχαρτο	0,4		
Χαρτί	0,003		
Υαλούφασμα	0,002		
Υλικό συσκευασίας (tn/tn προϊόντος)			
LDPE	0,0125	LDPE	0,018

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.6.: Στοιχεία για τις πρώτες ύλες και τις ενεργειακές καταναλώσεις των επιμέρους διεργασιών κατά την παραγωγή πετροβάμβακα και εξηλασμένης πολυστερίνης(Πηγή: *Heleco '05, TEE,)*

Επιπλέον, υπολογίζεται η απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή μονάδας βάρους από το κάθε υλικό. Η τιμή που υπολογίζεται είναι ουσιαστικά η περιεχόμενη ενέργεια του υλικού. Επίσης, υπολογίστηκε η ανηγμένη στο εμβαδόν περιεχόμενη ενέργεια. Επιλέχθηκε η ποσότητα υλικού που απαιτείται για τη θερμομόνωση ενός τετραγωνικού μέτρου επιφάνειας και ο συντελεστής θερμικής θερμοπερατότητας για το μονωτικό υλικό που επιτυγχάνεται να είναι $k = 0,8W(m^2K)$. Οι ποσότητες πετροβάμβακα και εξηλασμένης πολυστερίνης που απαιτούνται για αυτή τη δεδομένη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας είναι 2 και 1,55kg αντίστοιχα. Αναμενόμενο, αφού η εξηλασμένη πολυστερίνη έχει ελαφρά μικρότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και επιπλέον μικρότερη πυκνότητα. Στο σχήμα 7.4., δίνεται η περιεχόμενη και η ανηγμένη στο εμβαδόν περιεχόμενη ενέργεια. Στον πίνακα 7.7, δίνονται οι εκπομπές κατά την παραγωγή του κάθε υλικού.

Είναι σαφές πως ο πετροβάμβακας πλεονεκτεί έναντι της εξηλασμένης πολυστερίνης, ως προς την ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή του, καθώς και για τις μικρότερες εκπομπές CO και CO₂, που συνεισφέρουν σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.



Σχήμα 7.4:Περιεχόμενη και ανηγμένη περιεχόμενη ενέργεια πετροβάμβακα και εξηλασμένης πολυστερίνης (Πηγή: *Heleco '05, ΤΕΕ, Καραμάνος, Γιάμα, Χαδιαράκου, Παπαδόπουλος, 2005*)

Ρύποι (kg ρύπου/kg υλικού)	Πετροβάμβακας	Εξηλασμένη Πολυστερίνη
CO ₂	0,700	0,900
CO	0,070	0,080
SO ₂	0,010	0,002
Υγρά Απόβλητα	0,100	0,001
Τέφρα	0,040	0,040
Λοιπά στερεά απόβλητα	0,050	0,040

Πίνακας 7.7:Εκπομπές κατά την παραγωγή πετροβάμβακα & εξηλασμένης πολυστερίνης(Πηγή: *Heleco '05, ΤΕΕ, Καραμάνος, Γιάμα, Χαδιαράκου, Παπαδόπουλος, 2005*)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 :ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ

8.1. Περιβαλλοντική βαθμονόμηση των υπό μελέτη θερμομονωτικών υλικών

Ας μην ξεχνάμε ότι το αποτέλεσμα του κάθε ανθρωπογενούς κατασκευασμένου στοιχείου του περιβάλλοντος ικανοποιεί τρεις παράγοντες:

- Περιβαλλοντική Αξία, E_v
- Λειτουργική Αξία, F_v
- Αισθητική Αξία, A_{ev}

Ως προς την **Αισθητική Αξία** απλά και μόνο υπογραμμίζουμε ότι έχουμε να λάβουμε υπόψη μας και να προσεγγίσουμε:

- την ικανοποίηση των κυρίως χρηστών
- την ικανοποίηση των συχνών επισκεπτών
- την ικανοποίηση των όσων έρχονται σε οπτική επαφή
- την ικανοποίηση του κοινωνικού περιγύρου (social context)
- την ικανοποίηση σε ευρύτερο επίπεδο(μέσω φωτογραφιών,TV,κλπ)

Αυτοί οι παράγοντες θα μας δώσουν έναν συντελεστή **A_{ev}** .

Ως προς την **Λειτουργική Αξία** του έργου ,την οποία διερευνούν ειδικές επιστήμες από την εργονομία, την αρχιτεκτονική εσωτερικών χώρων, την περιβαλλοντική ψυχολογία κ.α, πολύ γενικευμένα, πρέπει να λάβουμε υπ' όψη μας και να προσμετρήσουμε:

- την ικανοποίηση των αναγκών των κυρίως χρηστών
- την ικανοποίηση των αναγκών των συγκυριακών χρηστών
- την ικανοποίηση των αναγκών των επισκεπτών
- την μη παρεμπόδιση ικανοποίησης των αναγκών άλλων ανθρώπων, έστω και αν δεν είναι οι κύριοι χρήστες

Αυτοί οι παράγοντες θα μας δώσουν έναν συντελεστή **F_v** .

Ως προς την **Περιβαλλοντική Αξία**, προσεγγίζοντας κάθε μελέτη ή έργο πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη ότι διαπιστώνεται η ακόλουθη ροή:

ΕΙΣΟΔΟΣ→ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ→ΕΞΟΔΟΣ

Κατά συνέπεια, η αξιολόγηση πρέπει να περιλαμβάνει εκτίμηση παραγόντων που αφορούν όλη τη διαχρονία της μελετοκατασκευής και στις τρεις φάσεις.

α) Φάση Μελέτης/ Κατασκευής αξιολογούνται:

- Μικρή αλλοίωση/ επέμβαση στο τοπικό περιβάλλον
- Επιλογή πρώτων υλών
- Ενέργεια για την παραγωγή των δομικών υλικών
- Μεταφορές υλικών
- Ενέργεια για την κατασκευή
- Επανάχρηση προϋπάρχοντος κελύφους
- Χρήση ανακυκλωμένων υλικών
- Χρήση συμβατικών υλικών
- Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου
- Χρήση υπερακριβών υλικών
- Δηλητηριώδεις εκπομπές/ απορρίψεις υλικών

β) Φάση Λειτουργίας αξιολογούνται

- Πλήρης αυτονομία, προερχόμενη από τον σχεδιασμό και την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- Μερική χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- Χρήση τοπικών εν αφθονία ορυκτών καυσίμων
- Χρήση ηλεκτρισμού από μέσες υδατοπτώσεις
- Διατήρηση περιβάλλοντος χώρου (φυτεύσεις κλπ.)
- Χρήση ενέργειας από πηγές που εξαντλούνται, που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση, που ρυπαίνουν και στην παραγωγή και/η στην κατανάλωσή τους
- Χρήση ηλεκτρισμού από τεράστια φράγματα ή από ρυπογόνα καύση
- Διάρκεια ζωής του κελύφους και δυνατότητα επανάχρησής του διαχρονικά, χωρίς τεράστιο κόστος
- Δηλητηριώδεις εκπομπές/ απορρίψεις (απορρίμματα, απόβλητα, λύματα, καυσαέρια κλπ)

γ) Φάση παύσης χρηστικότητας (ερήμωση ή καταστροφή ή κατεδάφιση)

αξιολογούνται:

- Δυνατότητα επανένωσης των υλικών/ στοιχείων στο φυσικό περιβάλλον (χρόνος)
- Δυνατότητα επανάχρησης των υλικών
- Δυνατότητα ανακύκλωσης των υλικών με μικρό κόστος
- Πλήρης παύση δηλητηριωδών εκπομπών/ απορρίψεων. (Είναι προφανές ότι σε αυτήν την φάση μεγάλη αξία έχει η αρχική πρόβλεψη για την δυνατότητα επανάχρησης/ αλλαγής χρήσης του κελύφους).

Συμπερασματικά, η προσέγγισή μας πρέπει να περιλαμβάνει την περιβαλλοντική εκτίμηση Εν:

$$\text{Εν} = \text{Κατασκευή} + \text{Λειτουργία} + \text{Έξοδος}$$

Περιβαλλοντική εκτίμηση (Environmental Value)E _v			Λειτουργική Εκτίμηση Functional Value F _v	Αισθητική εκτίμηση Aesthetic Value A _{ev}
Φάση μελέτης	Φάση Λειτουργίας	Φάση Παύσης Χρήσης		
Μικρή αλλοίωση/επέμβαση στο τοπικό περιβάλλον Επιλογή πρώτων υλών Ενέργεια για την παραγωγή των δομικών υλικών Μεταφορές υλικών Ενέργεια για την κατασκευή Επανάχρηση προϋπάρχοντος κελύφους. Χρήση ανακυκλωμένων υλικών Χρήση συμβατικών υλικών Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου Χρήση υπερακριβών υλικών Δηλητηριώδεις εκπομπές/απορρίψεις υλικών	Πλήρης αυτονομία, από τον σχεδιασμό και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Μερική χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας Χρήση τοπικών εν αφθονία ορυκτών καυσίμων Χρήση ηλεκτρισμού από μέσες υδατοπτώσεις Διατήρηση περιβάλλοντος χώρου(φυτεύσεις) Χρήση ενέργειας από πηγές που εξαντλούνται, ρυπαίνουν Χρήση ηλεκτρισμού από τεράστια φράγματα ή από ρυπογόνα καύση Διάρκεια ζωής του κελύφους, δυνατότητα επανάχρησης Δηλητηριώδεις εκπομπές/απορρίψεις	Δυνατότητα επανένωσης των υλικών στο περιβάλλον Δυνατότητα επανάχρησης των υλικών Δυνατότητα ανακύκλωσης των υλικών με μικρό κόστος Πλήρης παύση δηλητηριωδών εκπομπών/ απορρίψεων	Ικανοποίηση των αναγκών των κυρίως χρηστών Ικανοποίηση των αναγκών των συγκυριακών χρηστών Ικανοποίηση των αναγκών των επισκεπτών Την μη παρεμπόδιση ικανοποίησης αναγκών άλλων ανθρώπων, έστω και μη χρηστών	Αισθητική ικανοποίηση κυρίως αποδεκτών Αισθητική ικανοποίηση χρηστών/επισκεπτών Αισθητική ικανοποίηση στη θέαση Ικανοποίηση του κοινωνικού περίγυρου Αισθητική ικανοποίηση σε ευρύτερο επίπεδο (φωτογραφίες, Τ.Β., κλπ)
E _v			F _v	A _{ev}

(Πηγή : Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός, Κοσμόπουλος Πάνος)

8.2 Πρόταση Βαθμονόμησης των θερμομονωτικών υλικών με τον πίνακα Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης

Παρακάτω γίνεται μια προσπάθεια να αξιολογηθούν τα θερμομονωτικά υλικά, όσον αφορά τη Περιβαλλοντική Εκτίμησή τους με βάση τον πίνακα Εκτίμησης Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού . Σαν κύρια δεδομένα για την αξιολόγηση των υλικών χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία της ενσωματωμένης ενέργειας και τοξικότητας των υλικών.

1.Εξηλασμένη πολυστερίνη

Περιβαλλοντική Εκτίμηση (Environmental Value) Εν					
Φάση Μελέτης		Φάση Λειτουργίας		Φάση Παύσης Χρήσης	
Μικρή αλλοίωση/ επέμβαση στο τοπικό περιβάλλον	2	Πλήρης αυτονομία από τον σχεδιασμό και την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	0	Δυνατότητα επανένωσης των υλικών στο περιβάλλον	4
Επιλογή πρώτων υλών	3	Μερική χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	0	Δυνατότητα επανάχρησης των υλικών	2
Ενέργεια για την παραγωγή των δομικών υλικών	3	Χρήση τοπικών φυσικών εν αφθονία καυσίμων	0	Δυνατότητα ανακύκλωσης των υλικών με μικρό κόστος	2
Μεταφορές υλικών	1	Χρήση τοπικών εν αφθονία ορυκτών καυσίμων	0	Πλήρης παύση δηλητηριωδών εκπομπών/απορρίψεων	2
Ενέργεια για την κατασκευή	2	Χρήση ηλεκτρισμού από μέσες	0		

		υδατοπτώσεις			
Επανάχρηση προϋπάρχοντος κελύφους	1	Κόστος συντήρησης	1		
Χρήση ανακυκλωμένων υλικών	1	Διατήρηση περιβάλλοντος χώρου(φυτεύσεις)	0		
Χρήση συμβατικών υλικών	2	Χρήση ενέργειας από πηγές που εξαντλούνται, ρυπαίνουν κλπ.	0		
Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου	0	Χρήση ηλεκτρισμού από τεράστια φράγματα ή από ρυπογόνα καύση	0		
Χρήση υπερακριβών υλικών	3	Διάρκεια ζωής του κελύφους δυνατότητα επανάχρησης	1		
Δηλητηριώδεις εκπομπές/απορρί- ψεις υλικών	3	Δηλητηριώδεις εκπομπές/απορ- ρίψεις	1		

Για την εξηλασμένη πολυστερίνη προκύπτει ο συντελεστής περιβαλλοντικής εκτίμησης:

$$E_{\text{ν εξη.πολυστ.}} = (2+3+3+1+2+1+1+2+3+3+1+1+1+4+2+2+2)/17 = 34/17 = 2$$

2.Διογκωμένη πολυστερίνη

Περιβαλλοντική Εκτίμηση (Environmental Value) Εν					
Φάση Μελέτης		Φάση Λειτουργίας		Φάση Παύσης Χρήσης	
Μικρή αλλοίωση/ επέμβαση στο τοπικό περιβάλλον	2	Πλήρης αυτονομία από τον σχεδιασμό και την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	0	Δυνατότητα επανένωσης των υλικών στο περιβάλλον	3
Επιλογή πρώτων υλών	2	Μερική χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	0	Δυνατότητα επανάχρησης των υλικών	2
Ενέργεια για την παραγωγή των δομικών υλικών	3	Χρήση τοπικών φυσικών εν αφθονία καυσίμων	0	Δυνατότητα ανακύκλωσης των υλικών με μικρό κόστος	2
Μεταφορές υλικών	1	Χρήση τοπικών εν αφθονία ορυκτών καυσίμων	0	Πλήρης παύση δηλητηριωδών εκπομπών/απορρίψεων	2
Ενέργεια για την κατασκευή	2	Χρήση ηλεκτρισμού από μέσες υδατοπτώσεις	0		
Επανάχρηση προϋπάρχοντος κελύφους	1	Κόστος συντήρησης	1		
Χρήση ανακυκλωμένων υλικών	1	Διατήρηση περιβάλλοντος χώρου(φυτεύσεις	0		
Χρήση	2	Χρήση ενέργειας	0		

συμβατικών υλικών		από πηγές που εξαντλούνται, ρυπαίνουν κλπ.			
Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου	0	Χρήση ηλεκτρισμού από τεράστια φράγματα ή από ρυπογόνα καύση	0		
Χρήση υπερακριβών υλικών	3	Διάρκεια ζωής του κελύφους δυνατότητα επανάχρησης	1		
Δηλητηριώδεις εκπομπές/απορρίψεις υλικών	2	Δηλητηριώδεις εκπομπές/απορρίψεις	2		

$$E_{\text{νδιог.πολύ.}} = (2+2+3+1+2+1+1+2+3+2+1+1+2+3+2+2+2)/17 = 1,88$$

3.Πετροβάμβακας

Περιβαλλοντική Εκτίμηση (Environmental Value) Εν					
Φάση Μελέτης		Φάση Λειτουργίας		Φάση Παύσης Χρήσης	
Μικρή αλλοίωση/ επέμβαση στο τοπικό περιβάλλον	2	Πλήρης αυτονομία από τον σχεδιασμό και την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	0	Δυνατότητα επανένωσης των υλικών στο περιβάλλον	2
Επιλογή πρώτων υλών	2	Μερική χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	0	Δυνατότητα επανάχρησης των υλικών	1

Ενέργεια για την παραγωγή των δομικών υλικών	2	Χρήση τοπικών φυσικών εν αφθονία καυσίμων		Δυνατότητα ανακύκλωσης των υλικών με μικρό κόστος	2
Μεταφορές υλικών	1	Χρήση τοπικών εν αφθονία ορυκτών καυσίμων	0	Πλήρης παύση δηλητηριωδών εκπομπών/απ ορρίψεων	1
Ενέργεια για την κατασκευή	2	Χρήση ηλεκτρισμού από μέσες υδατοπτώσεις	0		
Επανάχρηση προϋπάρχοντος κελύφους	0	Κόστος συντήρησης	1		
Χρήση ανακυκλωμένων υλικών	1	Διατήρηση περιβάλλοντος χώρου(φυτεύσεις)	0		
Χρήση συμβατικών υλικών	1	Χρήση ενέργειας από πηγές που εξαντλούνται, ρυπαίνουν κλπ.	0		
Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου	0	Χρήση ηλεκτρισμού από τεράστια φράγματα ή από ρυπογόνα καύση	0		
Χρήση υπερακριβών υλικών	2	Διάρκεια ζωής του κελύφους δυνατότητα επανάχρησης	1		
Δηλητηριώδεις	2	Δηλητηριώδεις	1		

εκπομπές/απορρ ί-ψεις υλικών		εκπομπές/απορρί -ψεις			
---------------------------------	--	--------------------------	--	--	--

$$E_{\nu \text{ πετροβ}} = (2+2+2+1+2+1+1+2+2+1+1+1+2+1+2+1)/16 = 25/16 = 1,5$$

8.3. Συμπεράσματα

Μία μικρή συμβολή προκειμένου να αξιολογηθεί με περιβαλλοντικά κριτήρια η θερμομόνωση και να διατηρηθούν χαμηλά τα επίπεδα της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση στον κτηριακό τομέα αποτέλεσε και η παρούσα εργασία. Η αιτία για να δημιουργηθούν κτήρια χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας αλλά και για να προστατευθεί το περιβάλλον ήταν οι δύο πετρελαϊκές κρίσεις τη δεκαετία του 1973.

Αναλύθηκαν, οι βασικότεροι παράμετροι που επηρεάζουν το θερμικό ισοζύγιο της κατασκευής και τις οποίες θα πρέπει να λαμβάνει σοβαρά υπόψη ο μελετητής, στο στάδιο του σχεδιασμού. Οι σημαντικότεροι παράγοντες, ώστε να γίνει όσο το δυνατόν καλύτερη χρήση των φυσικών πηγών ενέργειας, με στόχο τη κατασκευή κτηρίων με χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις είναι :

- ο περιβάλλον εξωτερικός χώρος (χωροταξία, φύτευση, υδάτινες επιφάνειες)
- η μορφή του κτηρίου (προσανατολισμός, σχεδιασμός κάτοψης και ανοιγμάτων)
- ο ηλιακός έλεγχος (ηλιοπροστασία ανοιγμάτων)
- η σωστή θερμομόνωση των εξωτερικών επιφανειών, καθώς
- και τα εσωτερικά θερμικά οφέλη του κτηρίου (ηλεκτρικές συσκευές, τεχνητός φωτισμός)

Από όλες τις παραπάνω παραμέτρους και με δεδομένο το αντικείμενο της εργασίας, ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην επιλογή θερμομόνωσης με περιβαλλοντικά κριτήρια. Οι βασικές απαιτήσεις για την υγιεινή ,ασφάλεια και περιβάλλον λαμβάνουν κυρίως υπόψη την περιβαλλοντική επίδραση της θερμομόνωσης σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής της:

- Πρώτες ύλες
- Παρασκευή

- Κατασκευή
- Χρήση
- Κατεδάφιση
- Τελική διάθεση
- Επανάχρηση

Συγκεκριμένα, αναφέρθηκαν και αξιολογήθηκαν περιβαλλοντικά η διογκωμένη πολυστερίνη ,εξηλασμένη πολυστερίνη και ο πετροβάμβακας. Έγινε αναφορά για τις φυσικές και περιβαλλοντικές ιδιότητες των υλικών και εφαρμόστηκε η Α.Κ.Ζ στα υπό μελέτη θερμομονωτικά . Από την πρόταση περιβαλλοντικής εκτίμησης των υλικών που παρουσιάζεται στο τέλος αυτής της διατριβής, προκύπτει μία ολοκληρωμένη εικόνα όσο αφορά τον προσδιορισμό της «περιβαλλοντικής ταυτότητας» των υλικών. Έτσι από την ανάλυση αυτή προκύπτει ότι τα θερμομονωτικά υλικά με την ελαφρύτερη συνολικά περιβαλλοντική επιβάρυνση είναι ο πετροβάμβακας με $En=1,5$, χωρίς βέβαια αυτό να σημαίνει ότι αποκλείουμε την διογκωμένη και εξηλασμένη πολυστερίνη. Απλώς για την επιλογή του θερμομονωτικού υλικού, θα πρέπει κανείς να ασκεί μία κριτική προσέγγιση της περιβαλλοντικής εκτίμησης του υλικού.

Επίσης, είναι σκόπιμο να αναφερθεί ότι ο κατασκευαστικός τομέας γενικά κινείται σε ένα «περιβάλλον» που προσδιορίζεται από νομικά, οικονομικά, κοινωνικά και πολιτικά δεδομένα.

Σε αυτά τα συγκεκριμένα πλαίσια, ο κατασκευαστικός τομέας πρέπει να θέσει συγκεκριμένους γενικότερους σκοπούς για το βιώσιμο μέλλον του (future environment-vision) όπως:

1. Να υιοθετήσει γενικότερα ηθικότερες πολιτικές όπως και πολιτικές που θα σέβονται τα ανθρώπινα δικαιώματα
2. Να υιοθετήσει και να εφαρμόσει καλύτερα περιβαλλοντικά κριτήρια μέσα από την εφαρμογή κατάλληλων συστημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης
3. Να εφαρμόσει από το αρχικό ακόμα στάδιο του σχεδιασμού περιβαλλοντικές αρχές με σκοπό την βιωσιμότητα των κατασκευών που πρόκειται να γίνουν στο μέλλον.

Οι παραπάνω γενικές αρχές-σκοποί μεταφράζονται σε συγκεκριμένες δράσεις που πρέπει να αναλάβει ο κατασκευαστικός τομέας. Αυτές είναι:

1. **Στο στάδιο του σχεδιασμού:** Επιβάλλεται να υπάρξει ανάπτυξη προηγμένων σχεδιαστικών εργαλείων στα οποία να συμμετέχουν σχεδιαστές, μηχανικοί και κατασκευαστές. Τα εργαλεία αυτά θα επιτρέπουν αφενός τον βέλτιστο σχεδιασμό ενός έργου (με βάση συγκεκριμένα περιβαλλοντικά και άλλα κριτήρια) και αφετέρου την αποτελεσματική παρακολούθηση όλων των φάσεων του έργου με την συνεχή ανταλλαγή πληροφορίας και αναδράσεων.
Πληροφορίες που αφορούν την ποιότητα των υλικών όπως και την περιβαλλοντική επίδοση των κτηρίων μπορούν να χρησιμεύσουν στο σχεδιασμό κτηρίων με φιλικό περιβαλλοντικό προφίλ.
2. **Στο στάδιο της κατασκευής:** Η εφαρμογή περιβαλλοντικών προτύπων από τον κατασκευαστικό τομέα στο στάδιο της κατασκευής παρουσιάζει μεγαλύτερες δυσκολίες σε σχέση με άλλους βιομηχανικούς κλάδους διότι υπάρχει πολυδιάσπαση και ποικιλία δραστηριοτήτων. Μια προκαταρκτική αξιολόγηση των σημαντικότερων προβλημάτων κατά περίπτωση μπορεί να βοηθήσει στην εφαρμογή βιώσιμότερων λύσεων σ' αυτό το επίπεδο.
Στο στάδιο της κατασκευής οι βιώσιμες παρεμβάσεις μπορούν να αφορούν την βελτίωση της ίδιας της διαδικασίας της κατασκευής με την εμφάνιση νέων πεδίων δραστηριοποίησης όπως καλύτερη ανακύκλωση των υλικών, επισκευές παλαιών κτηρίων, την εισαγωγή νέων τεχνολογιών και την ανάπτυξη νέων προϊόντων κλπ.
3. Σε ότι αφορά το **ανθρώπινο δυναμικό**, η εφαρμογή των παραπάνω απαιτεί νέες τεχνικές ειδικότητες εφόσον η κατασκευαστική διαδικασία αναμένεται να γίνει πιο πολύπλοκη. Συγχρόνως θα απαιτείται καλύτερο μάνατζμεντ όλων των διαδικασιών, όπως και όλων των σταδίων ενός έργου (life cycle thinking). Παράλληλα, οι συγκεκριμένες ειδικότητες αναμένεται να αντικατασταθούν από αυτόνομες ομάδες με πολλές δεξιότητες, ενώ η διαχείριση κινδύνου αναμένεται να αποκτήσει μεγάλη σημασία.
4. Οι **διαδικασίες λήψης αποφάσεων** θα γίνουν πιο σύνθετες στην εφαρμογή της βιωσιμότητας στον κατασκευαστικό τομέα, εφόσον προβλέπεται η συμμετοχή του κοινού στις ομάδες λήψης αποφάσεων. Αυτό σημαίνει ότι θα απαιτηθεί η χρήση νέων εργαλείων που να υποστηρίζουν τη λήψη αποφάσεων, όπως είναι οι τεχνολογίες της πληροφορίας και διάφορες τεχνικές διαπραγμάτευσης.

5. **Η διεπιστημονική εκπαίδευση** των μηχανικών που ασχολούνται με την μελέτη και την κατασκευή, σε εξειδικευμένα περιβαλλοντικά προβλήματα που αφορούν τον κατασκευαστικό τομέα είναι απαραίτητη. Ανάλογη εκπαίδευση-ενημέρωση απαιτείται να γίνει και στα άλλα ενδιαφερόμενα μέρη, όπως οι ιδιοκτήτες οι συντηρητές και οι διαχειριστές των κτηρίων.
6. **Η ενημέρωση του κοινού** είναι, επίσης, απαραίτητη για να γίνουν ευρύτερα αποδεκτές οι αρχές των βιώσιμων κατασκευών.
7. **Η θέσπιση περιβαλλοντικών προτύπων και κανονισμών** όπως η Οικολογική Σήμανση και η Πιστοποίηση θεωρούνται απαραίτητα εργαλεία για την προώθηση των βιώσιμων κατασκευών. Για να ποσοτικοποιηθεί η περιβαλλοντική επίδοση και να διευκολυνθεί η πιστοποίηση πρέπει να ενσωματωθούν διάφορα περιβαλλοντικά πρότυπα βασισμένα στον Κύκλο Ζωής των κατασκευών και να ενσωματωθούν στους κατασκευαστικούς κώδικες.
8. **Η έρευνα και η ανάπτυξη** για την κατανόηση και προώθηση των βιώσιμων κατασκευών μπορεί να εκτείνεται σε πολλούς τομείς. Ο τρόπος που επιδρούν οι κατασκευές στο δομημένο περιβάλλον και στα οικοσυστήματα, η ανάπτυξη περιβαλλοντικών προτύπων για δομικά υλικά και κτήρια, η βελτίωση της ποιότητας του αέρα μέσα στα κτήρια, η ελαχιστοποίηση των αποβλήτων με τεχνικές ανακύκλωσης, η ανάπτυξη μεθόδων για εξοικονόμηση και ανακύκλωση των δομικών υλικών αποτελούν μερικά μόνο παραδείγματα ερευνητικών πεδίων για τις βιώσιμες κατασκευές.

Ωστόσο, φαίνεται ότι η πρόοδος στα θέματα που αφορούν το μάνατζμεντ και την οργάνωση του κατασκευαστικού τομέα σε μια πορεία προς περισσότερο βιώσιμες κατασκευές συναντά ποικίλα εμπόδια. Ενδεικτικά αναφέρονται η έλλειψη κατανόησης του προβλήματος από τους μηχανικούς και τους κατασκευαστές, η έλλειψη ή η ελλιπής συμμετοχή των ενδιαφερομένων μερών, η έλλειψη σχετικών στοιχείων, η αδράνεια των επαγγελματικών και κρατικών φορέων που τείνουν στη διατήρηση ενός αμφιλεγόμενου status quo, η έλλειψη ή η ελλιπής ενημέρωση του αγοραστικού κοινού για βιώσιμες κατασκευές, το πολιτικό κλίμα που συνήθως οδηγεί σε βραχυπρόθεσμες, μη-βιώσιμες πρακτικές τις πολιτικές ηγεσίες κλπ. (Πηγή : www.diocles.civil.duth.gr)

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΔΙΠΕ –Οικολογική Δόμηση, 2000
2. Θερμική προστασία κτηρίων: Σύγχρονα υλικά και προοπτικές της αγοράς, Άγις Παπαδόπουλος
3. Υλικά-Κατοικία και Περιβάλλον, Πτυχιακή Μελέτη Βάκα Θεοδώρα, 2005
4. Προδιαγραφές ιδιοτήτων θερμομονωτικών υλικών, Άγις Παπαδόπουλος 2004
5. Οικονομική Ανάλυση Ενεργειακών Συστημάτων, Άγις Παπαδόπουλος, 2002
6. Εξοικονομηση ενέργειας στα κτήρια: Ελληνική και Ευρωπαϊκή πραγματικότητα, Κων.Αλεξοπουλος, 2009
7. Ενεργειακή Συμπεριφορά Κτηρίων-Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας στα Υφιστάμενα Κτήρια, Ευφροσύνη Καραμπάμπα, 2007
8. Νόμος 3661-Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων
9. Ενεργειακή πιστοποίηση κτηρίων και Ενεργειακή Πολιτική, Σταμάτης Περδίδης, 2007
10. Παθητική ηλιακή αρχιτεκτονική για την περιοχή της Μεσογείου, Κοινό κέντρο Ερευνών, Ευρωπαϊκή Επιτροπή
11. Παθητικά ηλιακά συστήματα και η απόδοση τους στην Ελλάδα, Ξένακης Μενέλαος
12. Θερμική άνεση στα κτήρια. Νέα πρότυπα και βελτίωση θερμικής άνεσης στα κτήρια. Άγις Παπαδόπουλος 2006
13. Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας μέσω Θερμομόνωσης, ΚΑΠΕ, 1999
14. Heleco TEE,, Καραμάνος, Γιαμά, Χαδιαράκου, Παπαδόπουλος, 2005
15. Περιοδικό «Το κτήριο» (τεύχος 121)
16. Λειτουργία της Θερμομόνωσης, Άγις Παπαδόπουλος
17. Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός, Κοσμόπουλος Πάνος
18. www.ecodomisi.gr
19. http://www.buildings.gr/greek/aiforos/exikonomisi/m_santamouris.htm
20. www.oikologos.gr
21. www.greenpeace.org
22. www.buildings.gr
23. www.fibran.gr
24. www.library.tee.gr
25. www.diocles.civil.duth.gr