



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**‘ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ
ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΚΑΙ ΕΥΡΕΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΓΙΑ ΨΕΥΔΟΑΔΙΑΒΑΤΙΚΟ
ΚΕΛΥΦΟΣ. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΤΥΠΙΚΟ ΜΗΝΑ ΜΑΡΤΙΟ ΣΤΗΝ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ.’**

Όνοματεπώνυμο: **ΧΑΡΑΛΑΜΠΙΑΚΗ ΙΛΙΣ**
Επιβλέπων Καθηγητής: **ΚΙΜΩΝ ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ**

ΑΘΗΝΑ 2011

Περιεχόμενα

ΜΕΡΟΣ 1^ο

Εισαγωγή

Κεφάλαιο 1^ο : ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ

1.1 Κλίμα στους χώρους των κτιρίων.....	11
1.2 Θέρμανση ενός χώρου.....	16
1.3 Θερμικό ισοζύγιο ενός χώρου.....	19
1.4 Κέλυφος κτιρίου	21

Κεφάλαιο 2^ο : ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

2.1 Βασικές έννοιες.....	25
2.2 Ορισμοί βασικών μεγεθών.....	27
2.3 Το κτίριο ως ηλιακός συλλέκτης.....	31
2.3.1 Η κατάλληλη χωροθέτηση.....	31
2.3.2 Η κλίση της επιφάνειας.....	31
2.3.3 Ο προσανατολισμός της επιφάνειας.....	33
2.3.4 Η ανακλαστικότητα του εδάφους.....	35

Κεφάλαιο 3^ο : ΡΟΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

3.1 Το κτίριο ως αποθήκη θερμότητας.....	37
3.2 Περιοδική ροή θερμότητας.....	38
3.3 Παράγοντες επιρροής της περιοδικής ροής θερμότητας.....	42
3.4 Διαδικασία υπολογισμού της ροής θερμότητας.....	44
3.5 Άλλες μέθοδοι υπολογισμού της ροής θερμότητας.....	47

Κεφάλαιο 4^ο : ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ

4.1 Ορισμός και βασικές ιδιότητες υαλοπινάκων.....	49
4.2 Θερμικός ισολογισμός υαλοπίνακα και θερμικό κέρδος χώρου.....	51
4.3 Παράγοντες επιρροής της διερχόμενης από τους υαλοπίνακες θερμοροής.....	55
4.3.1 Η κλίση, ο προσανατολισμός και το γεωγραφικό πλάτος του υαλοπίνακα....	55
4.3.2 Το είδος του υαλοπίνακα.....	56
4.3.3 Η εσωτερική σκίαση.....	57
4.3.4 Η εξωτερική σκίαση.....	58

Κεφάλαιο 5^ο : ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ-ΜΟΝΩΣΕΙΣ

5.1 Δομικά υλικά.....	60
5.2 Θερμομονωτικά υλικά.....	64
5.2.1 Ιδιότητες θερμομονωτικών υλικών.....	64
5.2.2 Είδη θερμομονωτικών υλικών.....	66
5.2.3 Τα πιο εξελιγμένα θερμομονωτικά υλικά σήμερα.....	72
5.3 Σύγκριση παραδοσιακών με σύγχρονα θερμομονωτικά υλικά.....	78

Κεφάλαιο 6^ο : ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

6.1 Εσωτερικό θερμικό κέρδος λόγω φωτισμού.....	81
6.1.1 Φωτισμός.....	81
6.1.2 Υπολογισμός του εσωτερικού κέρδους λόγω φωτισμού.....	82
6.2 Εσωτερικό θερμικό κέρδος λόγω ανθρώπινης παρουσίας.....	84
6.2.1 Παραγωγή θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα.....	84
6.2.2 Υπολογισμός του εσωτερικού κέρδους λόγω ανθρώπινης παρουσίας.....	85
6.3 Εσωτερικό θερμικό κέρδος λόγω λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών.....	86
6.4 Θερμικές απώλειες λόγω ανανέωσης και διείδυσης του αέρος.....	87
6.4.1 Διείδυση.....	87
6.4.2 Ανανέωση.....	88
6.4.3. Υπολογισμός των απωλειών λόγω ανανέωσης και διείδυσης του αέρος....	88

6.5 Τεχνικές μείωσης των απωλειών λόγω ανανέωσης και διείσδυσης του αέρα.....	90
---	----

Κεφάλαιο 7^ο : ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

7.1 Κ.ΕΝ.Α.Κ – Καθορισμός απαιτήσεων ενεργειακής αποδοτικότητας.....	91
7.1.1 Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας δομικών στοιχείων	91
7.1.2 Απαιτήσεις ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων.....	93
7.2 Τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.....	100
7.2.1 Θερμική άνεση στα κτίρια.....	100
7.2.2 Δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας στη θέρμανση κτιρίων.....	102

ΜΕΡΟΣ 2^ο

Εισαγωγή

Κεφάλαιο 8^ο : ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΙΣ 21 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ

8.1 Υπολογισμός προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας G_t	112
8.1.1 Υπολογισμός της στιγμιαίας άμεσου και διάχυτης ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου G_b και G_d	112
8.1.2 Υπολογισμός του λόγου της άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο οριζοντίου επιπέδου (R_b).....	116
8.2 Υπολογισμός θετικών φορτίων διαμέσου των υαλοπινάκων.....	128
8.2.1 Υπολογισμός εμβαδού υαλοπινάκων.....	128
8.3 Υπολογισμός αρνητικών φορτίων διαμέσου των υαλοπινάκων.....	133
8.3.1 Υπολογισμός διαφοράς θερμοκρασίας ($T_{in} - T_{out}$).....	133

8.4 Υπολογισμός διαφοράς θετικών και αρνητικών φορτίων που διέρχονται διαμέσου των υαλοπινάκων	137
8.5 Συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω των τοίχων.....	141
8.5.1 Υπολογισμός εμβαδού τοίχων.....	141
8.5.2 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοίχων.....	141
8.5.3 Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος.....	143
8.6 Συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω της οροφής.....	150
8.6.1 Υπολογισμός εμβαδού οροφής.....	150
8.6.2 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής.....	150
8.6.3 Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος.....	151
8.7 Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρα.....	155
8.7.1 Υπολογισμός παροχής εξωτερικού αέρα.....	156
8.7.2 Υπολογισμός διαφοράς ενθαλπίας εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρα...156	
8.8 Συνολικό φορτίο κελύφους για την 21 ^η Ιανουαρίου.....	159

Κεφάλαιο 9^ο : ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΤΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ w_i , k_i , U_f , P_f ΓΙΑ ΤΗΝ 21^η ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ

9.1 Διαγραμματική ανάλυση για σταθερές τις τιμές των U_f , P_f	163
9.2 Διαγραμματική ανάλυση για σταθερές τις τιμές των w_i , k_i	170

Κεφάλαιο 10^ο : ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ 21^η ΜΑΡΤΙΟΥ

10.1 Υπολογισμός προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας G_f	174
10.1.1 Υπολογισμός της στιγμιαίας άμεσου και διάχυτης ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου G_b και G_d	175

10.1.2 Υπολογισμός του λόγου της άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο οριζοντίου επιπέδου (R_b).....	180
10.2 Υπολογισμός θετικών φορτίων διαμέσου των υαλοπινάκων.....	186
10.2.1 Υπολογισμός εμβαδού υαλοπινάκων.....	186
10.3 Υπολογισμός αρνητικών φορτίων διαμέσου των υαλοπινάκων.....	191
10.3.1 Υπολογισμός διαφοράς θερμοκρασίας ($T_{in} - T_{out}$).....	191
10.4 Υπολογισμός διαφοράς θετικών και αρνητικών φορτίων που διέρχονται διαμέσου των υαλοπινάκων.....	196
10.5 Συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω των τοίχων.....	199
10.5.1 Υπολογισμός εμβαδού τοίχων.....	199
10.5.2 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοίχων.....	200
10.5.3 Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος.....	201
10.6 Συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω της οροφής.....	208
10.6.1 Υπολογισμός εμβαδού οροφής.....	208
10.6.2 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής.....	208
10.6.3 Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος.....	209
10.7 Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρα.....	213
10.7.1 Υπολογισμός παροχής εξωτερικού αέρα.....	214
10.7.2 Υπολογισμός διαφοράς ενθαλπίας εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρα.....	214
10.8 Συνολικό φορτίο κελύφους για την 21 ^η Μαρτίου.....	218

Κεφάλαιο 11^ο : ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΨΕΥΔΟΑΔΙΑΒΑΤΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ 21^η ΜΑΡΤΙΟΥ

11.1 Παραδοχές.....	221
11.2 Συνδυασμοί συντελεστών για προσέγγιση ψευδοαδιαβατικού κελύφους και διαγραμματική παρουσίαση των αποτελεσμάτων.....	222

Βιβλιογραφία

Εισαγωγή

Το κέλυφος ενός κτιρίου δέχεται την επίδραση ενός πλήθους εξωτερικών παραγόντων (θερμοκρασίας, υγρασίας, ηλιακής ακτινοβολίας, ανέμων, θορύβων κτλ.) και σκοπός του είναι να διασφαλίσει επαρκή προστασία έναντι αυτών, παίζοντας ένα ρυθμιστικό ρόλο στη διαμόρφωση του εσωκλίματος.

Το εσώκλιμα του κτιρίου, αποτελεί έναν από τους βασικότερους παράγοντες που καθορίζουν το αίσθημα της άνεσης ή της δυσφορίας στα άτομα που κατοικούν ή εργάζονται σε αυτό και αντίστοιχα η εξασφάλιση του αισθήματος της άνεσης αποτελεί την προϋπόθεση για τη διαμόρφωση συνθηκών ευχάριστης διαβίωσης και εργασίας. Σήμερα με την αλματώδη πρόοδο της τεχνολογίας, προσφέρεται σε ικανοποιητικό βαθμό αυτή η δυνατότητα, επιτρέποντας παράλληλα και την καλή ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου, επιτυγχάνεται δηλαδή η βέλτιστη ενεργειακή πρόσοδος με την μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας.

Η παρούσα διπλωματική εργασία χωρίζεται σε δύο μέρη και σα σκοπό έχει την παραμετρική μελέτη των χαρακτηριστικών του κτιριακού κελύφους και την εύρεση των συνθηκών για ψευδοαδιαβατικό κέλυφος.

Το πρώτο μέρος της εργασίας αποτελεί το θεωρητικό τμήμα της διπλωματικής. Εδώ, έχει γίνει περιγραφή των αναγκαίων εννοιών και έχουν δοθεί επαρκείς επεξηγήσεις φαινομένων και σχέσεων ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο κατανοητή η θεωρητική προσομοίωση που ακολουθεί στο δεύτερο μέρος. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι ενότητες 5.2.3, 5.3 καθώς και το κεφάλαιο 7. Στις ενότητες του πέμπτου κεφαλαίου έχει γίνει λεπτομερής αναφορά στα πιο σύγχρονα και τεχνολογικά πιο εξελιγμένα θερμομονωτικά υλικά καθώς και σύγκριση αυτών με τα παραδοσιακά θερμομονωτικά υλικά. Στο κεφάλαιο 7 από την άλλη, έχουν αναλυθεί οι απαιτήσεις ενεργειακής αποδοτικότητας βάσει του Κ.ΕΝ.Α.Κ., ενώ έχει γίνει πλήρης αναφορά στους τρόπους εξοικονόμησης της ενέργειας με την έννοια της βέλτιστης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

Στο δεύτερο μέρος της διπλωματικής εργασίας έχει γίνει, όπως προαναφέρθηκε, μία θεωρητική προσομοίωση των όσων αναλύθηκαν στο πρώτο μέρος. Η προσομοίωση αυτή έγινε για συγκεκριμένο κτίριο αναφοράς –το οποίο αναλύεται πλήρως στην εισαγωγή του

δεύτερου μέρους της εργασίας- και βάσει ορισμένων συνθηκών αλλά και παραδοχών που ελήφθησαν. Η θερμική ανάλυση του κτιρίου αναφοράς έγινε για τον τυπικό μήνα Ιανουάριο, ενώ προκειμένου να προσεγγίσουμε το επιθυμητό ψευδοαδιαβατικό κέλυφος ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία και για τον τυπικό μήνα Μάρτιο, μόνο που αυτή τη φορά χρησιμοποιήθηκε ένα ‘βελτιωμένο’ κτίριο αναφοράς. Ο λόγος που έγινε αυτό ήταν επειδή θελήσαμε να προσεγγίσουμε ψευδοαδιαβατικό κέλυφος για τον τυπικό μήνα Μάρτιο και χωρίς τη χρήση πεπερασμένων διαφορών ή κάποιου υπολογιστικού προγράμματος ίσως χρειαζόταν να ληφθούν ακραίες τιμές αν χρησιμοποιούνταν το προηγούμενο κτίριο αναφοράς. Η ουσιαστική διαφορά μεταξύ των δύο κτιρίων αναφοράς είναι ότι στο δεύτερο έχουμε πιο σωστό καταμερισμό του συντελεστή Pf (ποσοστό υαλοπινάκων) στους διάφορους προσανατολισμούς του κτιρίου. Στο τέλος αυτού του δεύτερου μέρους της διπλωματικής εργασίας έχουν εξαχθεί ορισμένα χρήσιμα συμπεράσματα που αναλύουν πλήρως τα αποτελέσματα της θεωρητικής προσομοίωσης που διεξήχθη.

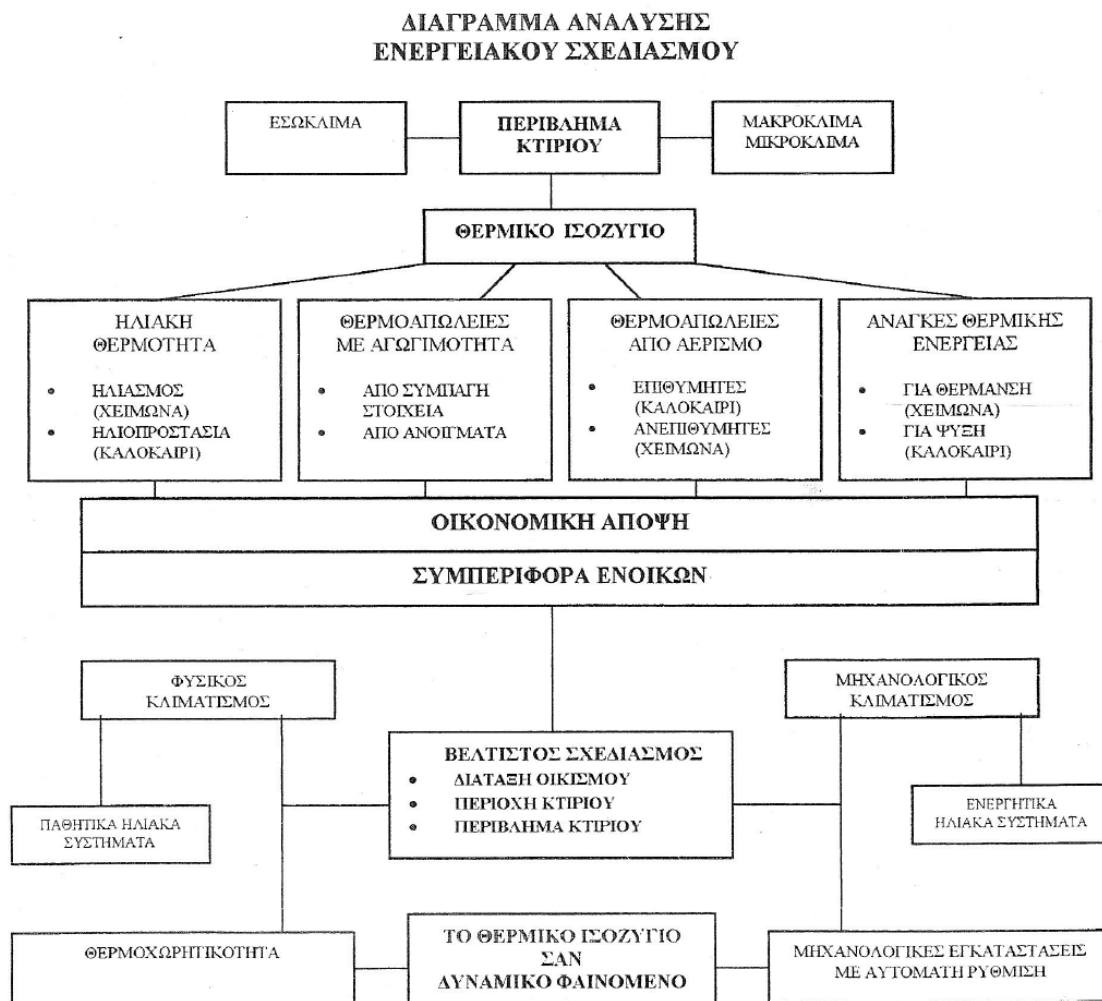
Κεφάλαιο 1^ο

ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ

1.1 Κλίμα στους χώρους των κτιρίων

Ένας από τους βασικούς στόχους του σωστού σχεδιασμού ενός κτιρίου είναι να διαμορφωθούν χώροι που να εξασφαλίζουν στον άνθρωπο το αίσθημα της άνεσης, δημιουργώντας ένα επιθυμητό εσωκλίμα, απαραίτητο στοιχείο για την υγιεινή διαμονή και την αποδοτική εργασία.

Στην προσπάθεια αυτή, δεδομένο είναι οι τοπικές κλιματικές συνθήκες και οι καθορισμένες απαιτήσεις άνεσης- υγιεινής του ανθρώπου από τον χώρο που ζει ή εργάζεται, ενώ μεταβλητές που πρόκειται να προσδιοριστούν είναι το κέλυφος του κτιρίου και ο μηχανολογικός εξοπλισμός (σχήμα 1.1.1).



Σχήμα 1.1.1 Διαγράμμα ανάλυσης Ενεργειακού Σχεδιασμού

Το ευχάριστο της παραμονής και η απόδοση της εργασίας του ανθρώπου σε ένα χώρο, χαρακτηρίζεται από τον "βαθμό άνεσης" που παρέχει κλιματικά ο συγκεκριμένος χώρος και ο οποίος εξαρτάται από την φυσική κατάσταση του αέρα (θερμοκρασία, ταχύτητα κινήσεως, σχετική υγρασία) στο περιβάλλον αυτό.

Για να είναι άνετος ένας χώρος, θα πρέπει οι παραπάνω μεταβλητές να ισορροπούν τα ερεθίσματα του περιβάλλοντος, ώστε το ανθρώπινο σώμα να μην προσλαμβάνει ή αποβάλλει μεγάλα ποσά θερμότητας, αλλά ούτε και να εκτίθεται σε υπερβολικές εντάσεις από δευτερεύουσες μεταβλητές όπως καπνός, οσμές κλπ. Έτσι ως άνεση μπορεί να θεωρηθεί και το αίσθημα του ανθρώπου που δημιουργείται σε ένα περιβάλλον, όταν οι ρυθμιστικές λειτουργίες στο ανθρώπινο σώμα εξαρτώνται από την ελάχιστη δαπάνη ενέργειας.

Οι εσωκλιματικοί παράγοντες που συντελούν στη διαμόρφωση του αισθήματος της άνεσης στον άνθρωπο είναι η θερμοκρασίας, η ταχύτητα κίνησης και η σχετική υγρασία του αέρα σε ένα εσωτερικό χώρο καθώς και η θερμοκρασία των επιφανειών που τον περιβάλλουν. Έτσι:

- Η θερμοκρασία και η κίνηση του αέρα συμβάλλουν στην ανταλλαγή θερμότητας με μεταφορά.
- Η επιφανειακή θερμοκρασία της περιβάλλουσας επιφάνειας (τοίχος, οροφή, δάπεδο) συμβάλλει στην ανταλλαγή θερμότητας με ακτινοβολία.
- Η σχετική υγρασία του αέρα, συμβάλλει στην αποβολή θερμότητας με εξάτμιση και στη διατήρηση σε καλή κατάσταση της βλεννογόνου της αναπνευστικής οδού.

Οι τέσσερις παράγοντες που προαναφέρθηκαν, καθώς και οι περιοχές που πρέπει να κινούνται, είναι καθοριστικοί στην εξασφάλιση της άνεσης και τη δημιουργία του εσωκλίματος. Τα υποκειμενικά δεδομένα όπως η ηλικία, γένος, ντύσιμο, εθισμός, κλπ επιδρούν σε μικρότερο βαθμό. Στις κατοικίες γίνεται αποδεκτό ότι η ταχύτητα κίνησης του αέρα μέσα σε αυτές δεν ξεπερνά κατά κανόνα τα $0,1 \frac{m}{sec}$ και η σχετική υγρασία κυμαίνεται πάντα στα όρια 30- 70%. Βρίσκονται δηλαδή και οι δύο αυτοί παράγοντες μέσα στα όρια άνεσης. Έτσι, απομένουν οι μεταβλητές της θερμοκρασίας του αέρα και

της θερμοκρασίας των επιφανειών ενός χώρου που προσδιορίζουν τις συνθήκες άνεσης στο χώρο αυτό.

Έρευνες έχουν δείξει ότι η “αισθητή” ή “πραγματική θερμοκρασία” που αισθάνεται ο άνθρωπος είναι το αθροιστικό θερμικό αποτέλεσμα της θερμοκρασίας του αέρα σε ένα χώρο και της θερμοκρασίας που ακτινοβολείται από τις περιβάλλουσες επιφάνειες του χώρου αυτού.

Σε μέση εσωτερική θερμοκρασία 20°C, με καθιστική εργασία και κανονική ενδυμασία, η αισθητή θερμοκρασία υπολογίζεται σαν τον αριθμητικό μέσο της θερμοκρασίας του αέρα (θ_L) και της με ακτινοβολία θερμοκρασίας (θ_m). Είναι δηλαδή:

$$\theta_e = \frac{\theta_L + \theta_m}{2}, \text{ όπου:}$$

θ_L : θερμοκρασία του αέρα- χώρου σε °C.

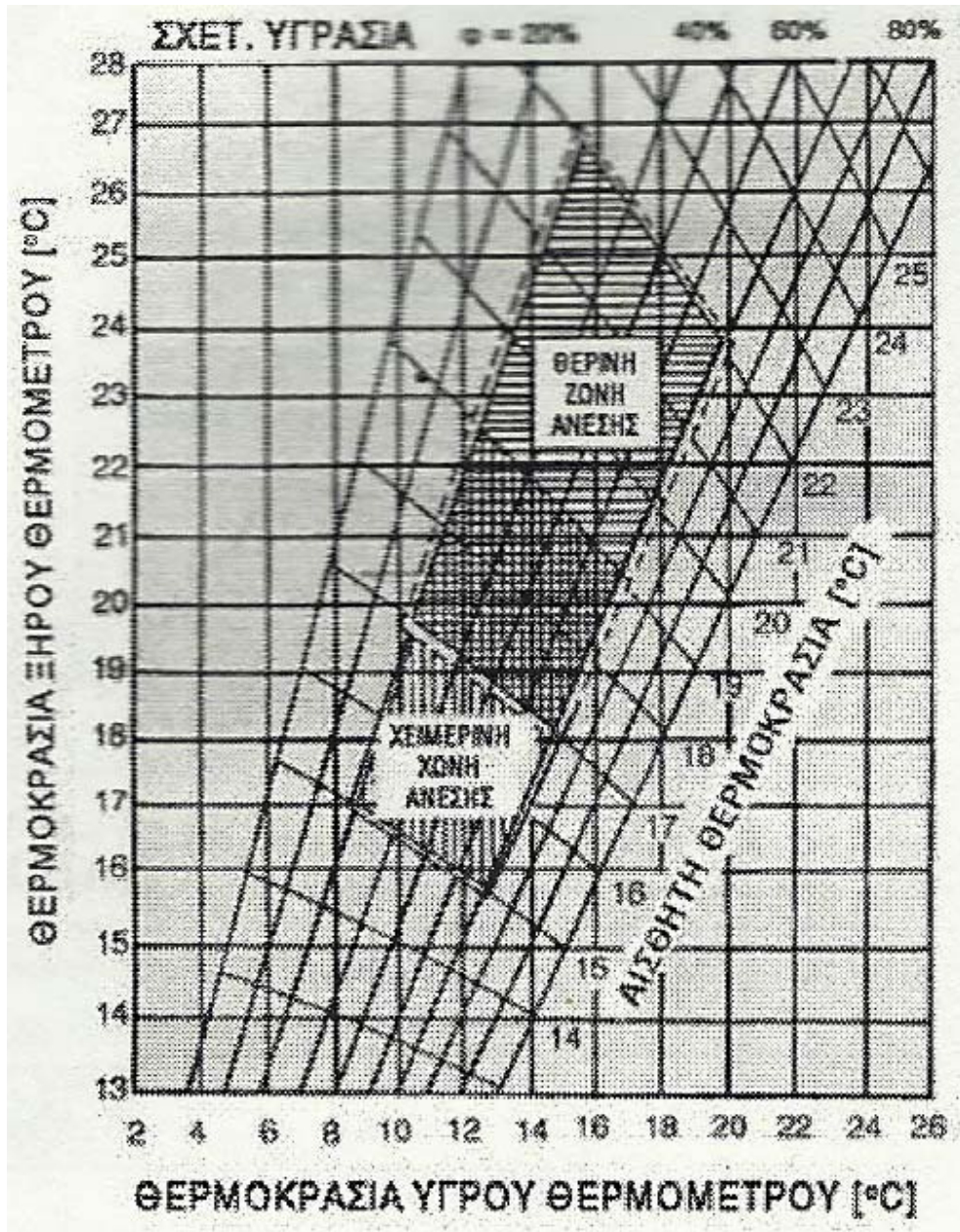
θ_m : μέση θερμοκρασία των περιβάλλουσων επιφανειών και των θερμαντικών σωμάτων σε °C που δίνεται από τη σχέση:

$$\theta_m = \frac{\sum (F_n \theta_n)}{\sum F_n}, \text{ όπου}$$

F_n : το εμβαδόν κάθε στοιχείου περιβάλλουσας επιφάνειας (τοιχών, οροφής, δαπέδου, παραθύρων, θερμαντικών σωμάτων).

θ_n : η θερμοκρασία τους σε °C.

Από την παραπάνω σχέση συμπεραίνουμε ότι αν μειωθεί ή αυξηθεί η θερμοκρασία του αέρα και αντίστοιχα αυξηθεί ή μειωθεί η θερμοκρασία των επιφανειών, τότε η αισθητή θερμοκρασία παραμένει αμετάβλητη. Διάφοροι επομένως συνδυασμοί των δύο θερμοκρασιών μπορεί να δώσουν τελικά τον ίδιο βαθμό άνεσης, που είναι σε συνάρτηση πάντα με το είδος της χρήσης κάθε χώρου και την εποχή (σχήμα 1.1.2).



Σχήμα 1.1.2 Διάγραμμα θερμικής άνεσης για χειμώνα και καλοκαίρι [1]

Έρευνες έχουν δείξει ότι ο μέσος όρος αλλά και οι θερμοκρασίες των περιβάλλοντων επιφανειών δεν πρέπει να διαφέρουν περισσότερο από 3-4°C. Διαφορά έως 3°C θεωρείται ότι καλύπτει τις απαιτήσεις της πλήρους άνεσης, από 3 έως 7°C

απλώς της άνεσης, ενώ μεγαλύτερη από 7°C θεωρείται δυσάρεστη και δεν καλύπτει τις απαιτήσεις άνεσης.

Για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω, γίνεται ουσιαστική συμμετοχή της θερμομόνωσης των δομικών στοιχείων.

Η σωστή προσαρμογή του κτιρίου στα τοπικά κλιματικά δεδομένα, βοηθά ανάλογα στην προστασία από αυτά ή την αξιοποίησή τους εξασφαλίζοντας για τον ένοικο άνετο εσωκλίμα με όσο το δυνατόν μικρότερη συνεισφορά του μηχανολογικού εξοπλισμού. Ο φυσικός αυτός κλιματισμός, σημαίνει σε ένα ποσοστό εξοικονόμηση ενέργειας και παρουσιάζει μεγάλες δυνατότητες εφαρμογής σε εύκρατα ή ζεστά κλίματα.

Καθοριστικός, όμως, είναι και ο σχεδιασμός σε πολεοδομική κλίμακα. Σωστές λύσεις σε διεύθυνση δρόμων σε σχέση με ανέμους που επικρατούν, συσχετισμό περιοχών βιομηχανίας- πρασίνου- κατοικίας, οικοδομικό σύστημα, ύψη κτιρίων, πλάτη δρόμων, αποτελούν προϋπόθεση για σωστές οικονομοτεχνικές λύσεις. Ορθός σχεδιασμός και επιτυχείς κατασκευαστικές λύσεις του κτιρίου, βοηθούν στην προσαρμογή του στο κλιματικό περιβάλλον.

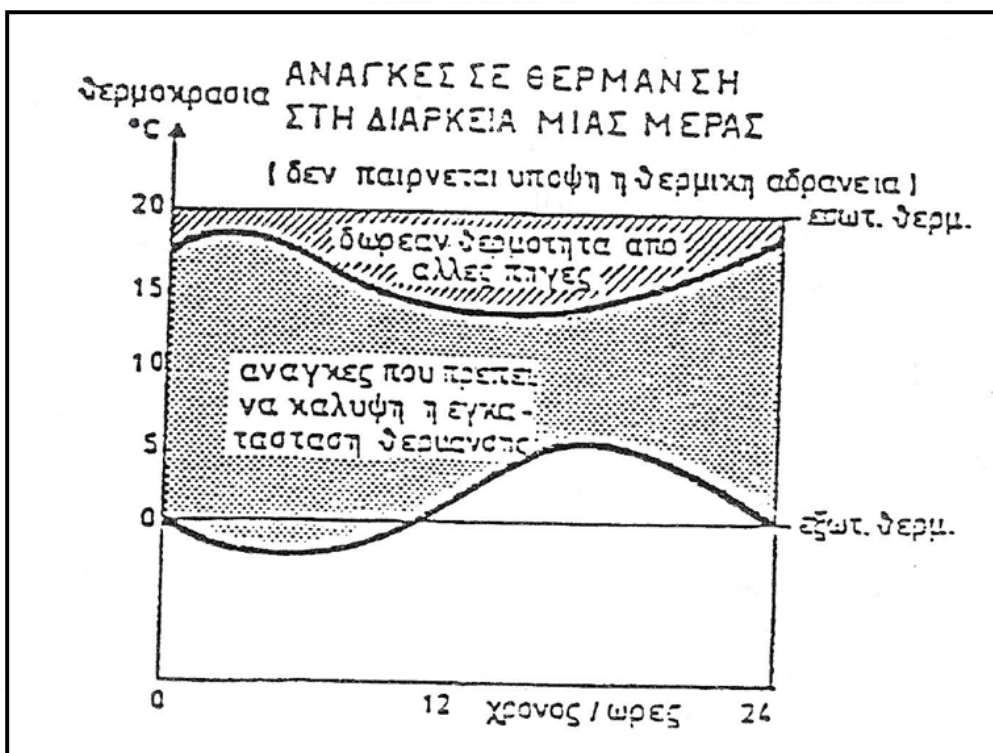
Οι κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν ιδιαίτερα το σχεδιασμό του κτιρίου και προσδιορίζουν τις θερμικές απώλειες και την απαιτούμενη θερμομόνωση είναι:

- Οι εξωτερικές θερμοκρασίες (μέσο ετήσιο ελάχιστο της θερμοκρασίας).
- Η ένταση και η διεύθυνση των ανέμων που επικρατούν στους ψυχρούς μήνες (Ιανουάριο & Φεβρουάριο).
- Το υψόμετρο της περιοχής.
- Η ηλιοφάνεια και ο πραγματικός ηλιασμός της περιοχής

1.2 Θέρμανση ενός χώρου

Κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης, σημειώνεται μια συνεχής ροή θερμότητας από τους τοίχους του κτιρίου που έχουν υψηλότερη θερμοκρασία προς την ατμόσφαιρα. Οι θερμικές αυτές απώλειες οφείλονται στην θερμοπερατότητα του κελύφους (αγωγιμότητα) και στο φυσικό ή εξαναγκασμένο αερισμό και αντισταθμίζονται από τον ηλιασμό του χώρου και την θερμότητα που εκλύουν οι ένοικοι και οι συσκευές.

Η εγκατάσταση θέρμανσης καλείται να καλύψει τις θερμικές απώλειες και να διατηρήσει την επιθυμητή θερμοκρασία του χώρου (σχήμα 1.2.1). Η εκλογή του τρόπου θέρμανσης εξαρτάται από το μέγεθος του κτιρίου, τη σπουδαιότητά του, τις ειδικές κλιματικές συνθήκες περιβάλλοντος, τις οικονομικές δυνατότητες, τα διατιθέμενα μέσα, το συγκριτικά οικονομικότερο καύσιμο στην περιοχή και τις δυνατότητες αποθήκευσής του.



Σχήμα 1.2.1 Ανάγκες σε θέρμανση στη διάρκεια μιας ημέρας [2]

Η εγκατάσταση θέρμανσης μπορεί να είναι ενιαία για όλο το κτίριο και τους χώρους του (κεντρική), ξεχωριστή για κάθε χώρο (τζάκια, σόμπες, συσσωρευτές), ή και ενιαία για ολόκληρη την πόλη σε κάθε κατοικία (αέριο εδάφους).

Η συνολική ωριαία θερμική απαίτηση που καλείται να καλύψει η θερμική εγκατάσταση σε κτίρια συνηθισμένης λειτουργίας, καθορίζεται από:

- Τις θερμικές απώλειες χωρίς προσαυξήσεις Q_0 που σημειώνονται στους περιβάλλοντες τοίχους και δίνονται από τη σχέση:

$$Q_0 = KF(t_i - t_a) \quad [W], \text{ όπου:}$$

F : επιφάνεια δομικού στοιχείου σε m^2 .

K : συντελεστής θερμοπερατότητας σε $\frac{W}{m^2 K}$

t_i : θερμοκρασία χώρου.

t_a : εξωτερική θερμοκρασία αέρα.

- Τις προσαυξήσεις απωλειών εξαιτίας ιδιαίτερων συνθηκών Q_r που δίνονται από τη σχέση:

$$Q_r = Q_0(1 + Z_D + Z_H), \text{ όπου:}$$

Z_D : Προσαύξηση λόγω διακοπής λειτουργίας και ψυχρών εσωτερικών τοίχων.

Z_H : Προσαύξηση λόγω επιδράσεων προσανατολισμού.

- Τις θερμικές απώλειες λόγω αερισμού Q_L που ορίζονται ως:

1. ελεγχόμενος αερισμός: $Q_L = Vcp(t_i - t_a) \quad [W]$

2. ελεύθερος αερισμός: $Q_L = aLRH(t_i - t_a)Z_E \quad [W], \text{ όπου:}$

V : ο εισερχόμενος όγκος αέρα σε $\frac{m^3}{\text{sec}}$

c : η ειδική θερμότητα του αέρα σε $\frac{KJ}{gK}$

ρ : η πυκνότητα του αέρα σε $\frac{Kg}{m^3}$

R: χαρακτηριστικό μέγεθος χώρου

H: χαρακτηριστικό μέγεθος οικίας

Z_E : προσαύξηση γωνιακού δωματίου

α : συντελεστής διείσδυσης

L: το μήκος αρμών (χαραμάδων) σε m.

Συνολικά οι ωριαίες απώλειες είναι: $Q_h = Q_r + Q_L = Q_0 (1 + Z_A + Z_H) + Q_L$

Η συνολική ποσότητα θερμότητας που απαιτεί ένα κτίριο είναι ουσιαστικά το άθροισμα του αναγκαίου ποσού θερμότητας για κάθε χώρο που να του εξασφαλίζει την ίδια θερμοκρασία ή σε αντίθετη περίπτωση την επιθυμητή διαφορετική θερμοκρασία.

Το είδος της θερμαντικής πηγής και η διάταξή της στο χώρο επηρεάζει την κίνηση του αέρα και την διανομή των θερμοκρασιών στα διάφορα ύψη του ωφέλιμου χώρου. Από τη σκοπιά της άνεσης, προτιμότερη είναι μια διανομή θερμοκρασίας στο χώρο που να εξασφαλίζει υψηλότερη θερμοκρασία στα πόδια παρά στο ύψος του κεφαλιού ενός όρθιου ανθρώπου.

Στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας συμβάλλουν αποφασιστικά και η δυνατότητα πλήρους ρύθμισης της εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης με υποχρεωτική τοποθέτηση στα λεβητοστάσια συσκευής αυτόματης ρύθμισης της παρεχόμενης θερμότητας, ανάλογα με την θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος, η ρύθμιση του καυστήρα, ο ετήσιος καθαρισμός του λέβητα, το όσο το δυνατόν μικρότερο μήκος γραμμών στο υπόγειο καθώς και η θερμομόνωσή τους.

1.3 Θερμικό ισοζύγιο ενός χώρου

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το θερμικό ισοζύγιο (θερμικό & ψυκτικό φορτίο) στους χώρους ενός κτιρίου είναι:

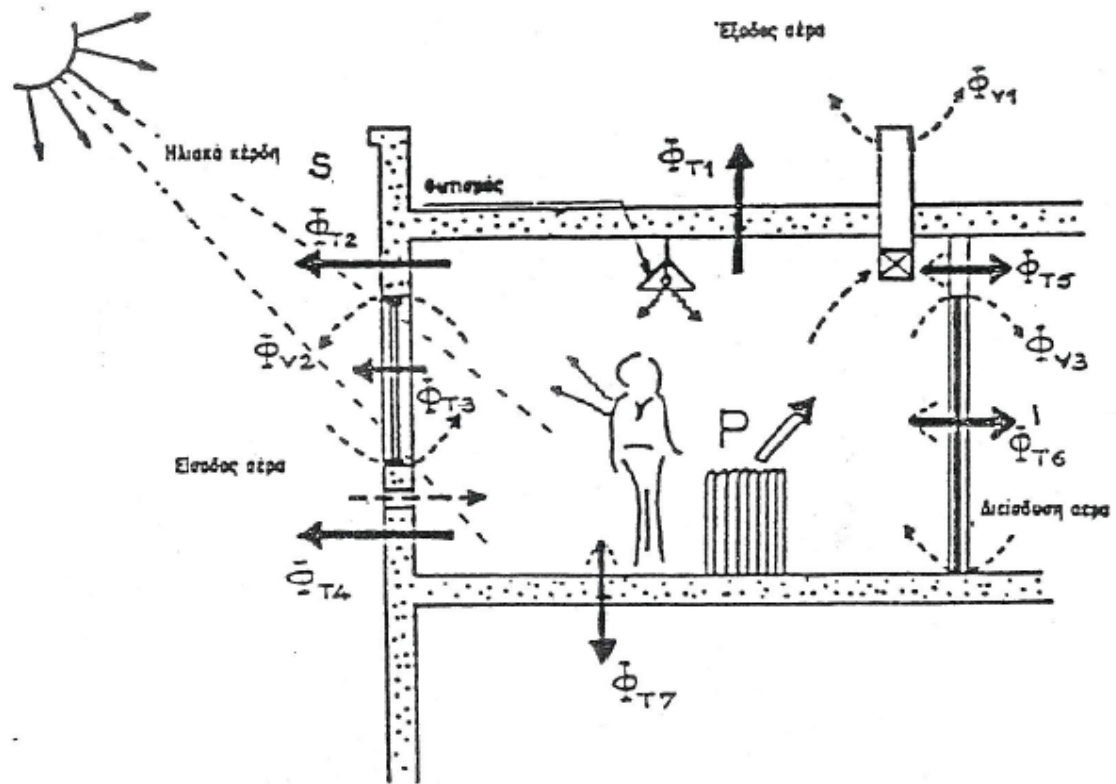
- Η μετάδοση θερμότητας με αγωγιμότητα μέσα από το κέλυφος του κτιρίου.
- Το πέρασμα του αέρα σε αυτό.
- Ο εξαερισμός του κτιρίου.
- Ο τεχνητός φωτισμός.
- Η ηλιακή ενέργεια.
- Η παρουσία και ο αριθμός των ενοίκων.

Το ισοζύγιο αυτό καθορίζεται από τις παρακάτω παραμέτρους:

- Τις θερμικές απώλειες με αγωγιμότητα από τις επιφάνειες που περικλείουν το χώρο. Πρέπει όμως να γίνει διάκριση ανάμεσα στις απώλειες από τις διαφανείς επιφάνειες του περιβλήματος E_F και τις απώλειες από τα συμπαγή στοιχεία E_W .
- Τις θερμικές απώλειες λόγω αερισμού E_L που προκύπτουν από τις εναλλαγές του αέρα στο χώρο.
- Τη θερμική πρόσοδο από την ηλιακή ακτινοβολία στις εξωτερικές επιφάνειες που διακρίνεται σε πρόσοδο από τις διαφανείς επιφάνειες W και από τις συμπαγείς W_W .
- Το θερμικό κέρδος από τις θερμαντικές πηγές του χώρου W_{QR} όπως π.χ. φωτισμό, οικιακές συσκευές, ενοίκους.
- Τις θερμαντικές ανάγκες του χώρου Q .

Οι παράμετροι που προαναφέρθηκαν συνδέονται με την παρακάτω σχέση που εκφράζει και το θερμικό ισοζύγιο ενός χώρου κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης (σχήμα 1.3.1).

$$Q = E_F + E_W + E_L - W_F - W_W - W_{QR}$$



Σχήμα 1.2.1 Το ισοζύγιο ενέργειας μιας μονοκατοικίας στη διάρκεια περιόδου θέρμανσης

1.4 Κέλυφος κτιρίου

Το κέλυφος του κτιρίου ασκεί ένα ρυθμιστικό ρόλο ανάμεσα στο χώρο αναπαύσεως ή εργασίας του ανθρώπου και στις επιδράσεις του κλίματος ή γενικότερα στις περιβαλλοντολογικές επιδράσεις.

Στο περίβλημα του κτιρίου επενεργούν:

α) Εξωτερικές επιδράσεις όπως βροχή, χαλάζι, χιόνι (υγρασία), άνεμοι (ξήρανση & ψύξη), ηλιακή ακτινοβολία (θέρμανση- διαστολή των εσωτερικών επιφανειών), σκόνη και κάπνα, διάφοροι θόρυβοι και δονήσεις εξαιτίας της κυκλοφορίας. Οι επιδράσεις της βροχής, του ανέμου και της ηλιακής ακτινοβολίας πάνω στο κέλυφος, είναι ανάλογες με τον προσανατολισμό της εκτιθέμενης επιφάνειας και τη θέση του κτιρίου.

β) Εσωτερικές επιδράσεις όπως είναι η ύπαρξη ανθρώπων και αντικειμένων (υγρασία-θερμότητα), η λειτουργία θέρμανσης (θερμότητα) και η λειτουργία κλιματισμού (ψύξη).

Για να μπορέσει να ανταποκριθεί το κέλυφος στο ρυθμιστικό του ρόλο, θα πρέπει να παρέχει σε ικανοποιητικό βαθμό θερμομόνωση, προστασία των χώρων το καλοκαίρι από την υπερθέρμανση, προστασία από εξωτερικούς θορύβους, πυρασφάλεια και δυνατότητα παραλαβής και απομόνωσης ή επαναπόδωσης της υγρασίας που δημιουργείται στον εξωτερικό χώρο χωρίς συμπύκνωση.

Η εκλογή των κατάλληλων δομικών υλικών, η σωστή διαστασιολόγηση και διαδοχή τους στη σύνθεση των δομικών στοιχείων και γενικά ο σωστός σχεδιασμός του κτιρίου σε σχέση με το περιβάλλον και τη λειτουργία του, αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για τη δημιουργία ενός σωστού κελύφους

Τα ασθενέστερα σημεία του κελύφους σε ένα κτίριο είναι τα παράθυρα και οι εξωτερικές πόρτες. Στη σημερινή αρχιτεκτονική, τα ανοίγματα αποτελούν ένα μεγάλο, αν όχι το μεγαλύτερο, μέρος του κτιριακού περιβλήματος. Κατά την περίοδο του καλοκαιριού επιτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στο κτίριο και παγιδεύουν την θερμότητα που συγκεντρώνεται στον εσωτερικό χώρο. Κατά την χειμερινή περίοδο

προκαλούν αυξημένες απώλειες θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον. Άρα η συμβολή των ανοιγμάτων πάνω στη θερμομόνωση και το εσώκλιμα του κτιρίου είναι σημαντική.

Άλλα ευπαθή τμήματα του περιβλήματος του κτιρίου είναι:

- Η εξωτερική τοιχοποιία όταν δεν παρουσιάζει επαρκή θερμομόνωση ή χρησιμοποιούνται για τη σύνθεσή της δομικά υλικά χωρίς σαφή γνώση των ιδιοτήτων τους.
- Το δώμα και η στέγη που παρουσιάζουν υψηλές θερμικές απώλειες και σημαντικές υπερθερμάνσεις το καλοκαίρι.
- Το δάπεδο ισογείου πάνω από τον ακάλυπτο χώρο διαβάσεως ή το δάπεδο πάνω σε υποστύλωμα (PILOTIS) που ενώ δε δέχεται ηλιακή ακτινοβολία, έχει συχνά πρόσθετη ψύξη λόγω ισχυρής κίνησης του ανέμου.
- Οι κοιλότητες της τοιχοποιίας όπου τοποθετούνται τα θερμαντικά σώματα. Σε αυτές τις θέσεις εξαιτίας των θερμαντικών σωμάτων και της μείωσης του πάχους των τοίχων σημειώνονται μεγάλες θερμικές απώλειες.
- Τα κιβώτια ρολών.
- Η οροφή υπογείων.
- Οι εξώστες και γενικά τα οριζόντια τμήματα της κατασκευής που οδηγούν από θερμαινόμενες ζώνες προς την ατμόσφαιρα, σχηματίζοντας ανεπιθύμητες θερμογέφυρες που εκτός από τις θερμικές απώλειες προκαλούν σχηματισμό δρόσου, λεκέδες και μούχλα.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το αίσθημα της πλήρους άνεσης επιτυγχάνεται με μικρές διακυμάνσεις των εσωτερικών θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια όλου του έτους. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα αυτό εξαρτάται από την πηγή θέρμανσης, τη θερμομόνωση του κελύφους και σε ένα ποσοστό από τη θερμική αδράνεια (θερμοχωρητικότητα). Το καλοκαίρι η θερμομόνωση εξακολουθεί να συμβάλλει σε αυτό ενώ ουσιαστικής σημασίας είναι και η θερμοχωρητικότητα της περιβάλλουσας επιφάνειας.

Συμπερασματικά, το κέλυφος του κτιρίου με τα δομικά στοιχεία επιδρά θετικά ή αρνητικά στο εσώκλιμα. Η σωστή επιλογή υλικών και δομικών στοιχείων του κελύφους μπορεί να εξασφαλίσει σε εύκρατα κλίματα όπως το δικό μας ευνοϊκές συνθήκες διαμονής το ίδιο άνετες με τις πολυδάπανες κλιματιστικές εγκαταστάσεις ενώ μπορεί να οδηγήσει και σε σημαντική μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας με θεαματικά αποτελέσματα στην μείωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

Κεφάλαιο 2^ο

ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

2.1 Βασικές έννοιες

Είναι γεγονός ότι επειδή η τροχιά της γης γύρω από τον ήλιο είναι ελλειπτική, η μεταξύ τους απόσταση μεταβάλλεται κατά $\pm 1,7\%$ περί τη μέση απόσταση μεταξύ γης και ήλιου, η οποία είναι $1,495 \times 10^{11}$ m. Η ενέργεια ανά μονάδα χρόνου και επιφάνειας που δέχεται εκτός ατμόσφαιρας επίπεδο κάθετο στη διεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας στις 21 Δεκεμβρίου όταν ο ήλιος βρίσκεται στο πλησιέστερο σημείο με τη γη είναι περίπου $445 \frac{Btu}{(hr)(ft^2)}$, ενώ στις 21 Ιουνίου όπου ο ήλιος βρίσκεται στο πιο μακρινό

σημείο από τη γη είναι περίπου $415 \frac{Btu}{(hr)(ft^2)}$.

Η ηλιακή, όμως, θερμότητα λόγω ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης είναι αισθητά μειωμένη κάτω από τα όρια αυτά, διότι η ακτινοβολία κατά τη διέλευσή της μέσα από την ατμόσφαιρα εξασθενίζει αφ' ενός λόγω σκέδασης εξαιτίας διαφόρων σωματιδίων, σκόνης και υδρατμού και αφ' ετέρου λόγω επιλεκτικής απορρόφησης, κατά ζώνες του φάσματος, από μόρια υδρατμού, όζοντος και CO_2 . Το μεγαλύτερο μέρος της υπερϊώδους ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από το όζον στα ανώτατα ατμοσφαιρικά στρώματα, ενώ ένα μέρος της περιοχής μικρού κύματος διασκορπίζεται από τα μόρια του αέρος δημιουργώντας το γαλάζιο χρώμα του ουρανού.

Η σκεδαζόμενη ηλιακή ακτινοβολία ορίζεται ως διάχυτη ή ουράνια και διανέμεται κυρίως πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, ενώ, η ηλιακή ακτινοβολία που έρχεται άμεσα από τον ήλιο στη γη χωρίς να μεσολαβήσει διασκορπισμός μέσα στην ατμόσφαιρα ονομάζεται άμεση ακτινοβολία. Το άθροισμα της άμεση και της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας ονομάζεται ολική. Η διάχυτη ακτινοβολία, όμως, που προσπίπτει σε μια επιφάνεια προέρχεται αφ' ενός από ανακλάσεις στον ουρανό και αφ' ετέρου από ανάκλαση της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο έδαφος και σε γειτονικές επιφάνειες.

Η σχέση μεταξύ της ολικής, της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας σε κάθε σημείο της γης εξαρτάται από τους δύο παρακάτω παράγοντες:

- 1) Την απόσταση μεταξύ του σημείου εισόδου της ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα και του σημείου άφιξης στην επιφάνεια της γης.

2) Το ποσό της ομίχλης.

Καθώς αυξάνεται η διανυόμενη απόσταση ή η ομίχλη, αυξάνεται και η συνιστώσα της διάχυσης, ενώ η άμεση ακτινοβολία ελαττώνεται. Με την αύξηση της διάχυτης συνιστώσας μειώνεται η ολική ακτινοβολία, διότι με την αύξηση του φαινομένου της διάχυσης αυξάνεται ταυτόχρονα και το φαινόμενο της απορρόφησης.

2.2 Ορισμοί βασικών μεγεθών [3]

Στην παράγραφο αυτή δίνονται οι ορισμοί και οι σχέσεις υπολογισμού βασικών μεγεθών που αφ' ενός μεν χαρακτηρίζουν την ηλιακή ακτινοβολία και αφ' ετέρου δε χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε μια επιφάνεια – συλλέκτη. Τα βασικά αυτά μεγέθη είναι τα εξής:

Γωνία ζενίθ (θ_z)

Είναι η γωνία που σχηματίζεται από την κατακόρυφη και την ευθεία όρασης του ήλιου.

Ηλιακό ύψος ($90^\circ - \theta_z$)

Είναι η γωνία που σχηματίζεται από την ευθεία όρασης του ηλίου και την προβολή της στο οριζόντιο επίπεδο.

Αζιμούθιο επιφάνειας (γ)

Είναι η γωνία που σχηματίζεται από την προβολή της καθέτου στην επιφάνεια πάνω στο οριζόντιο επίπεδο και τη νότια κατεύθυνση. Για όλα τα σημεία του ορίζοντα ισχύει ότι $-180^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$ με $\gamma = 0^\circ$ στο νότο, $\gamma = 90^\circ$ στη δύση, $\gamma = 180^\circ$ στο βορρά και $\gamma = -90^\circ$ στην ανατολή.

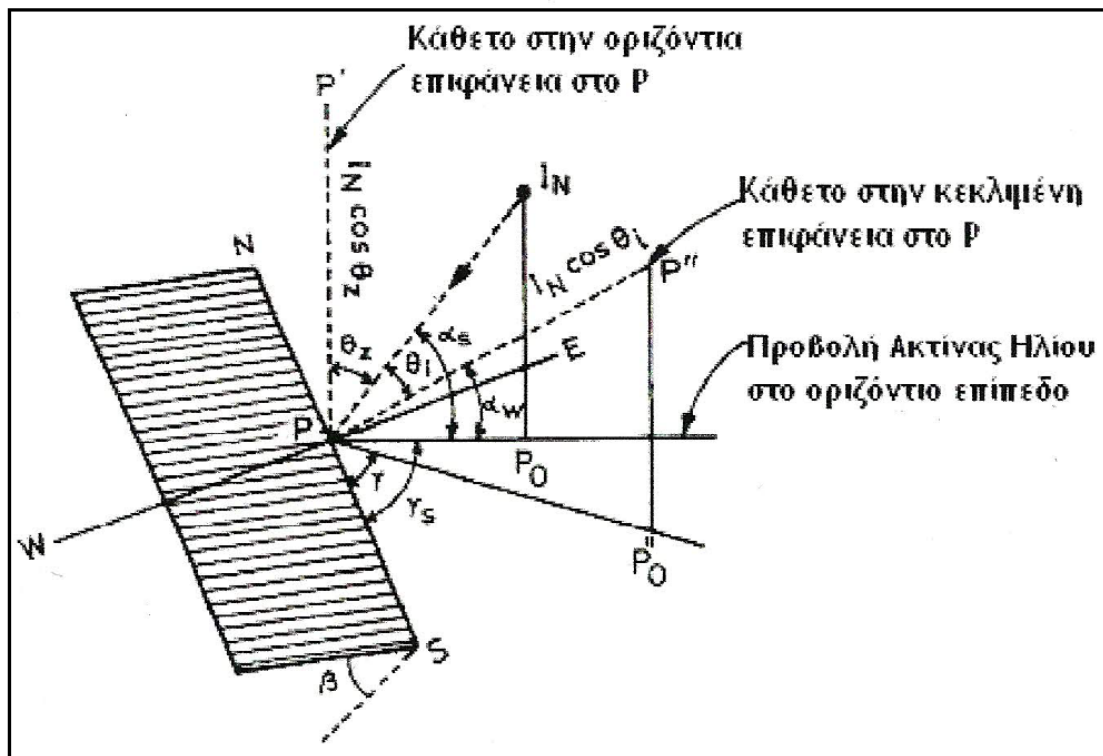
Αζιμούθιο ηλίου (γ_s)

Είναι η γωνία μεταξύ της προβολής της ευθείας όρασης του ηλίου στο οριζόντιο επίπεδο και της νότιας κατεύθυνσης.

Κλίση επιπέδου (β)

Είναι η γωνία που σχηματίζει μια επίπεδη επιφάνεια με το οριζόντιο επίπεδο. Ισχύει ότι $0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$. Για το οριζόντιο επίπεδο είναι $\beta = 0^\circ$, ενώ για το κατακόρυφο $\beta = 90^\circ$.

Όλα τα παραπάνω μεγέθη φαίνονται στο σχήμα 2.2.1 το οποίο ακολουθεί:



Σχήμα 2.2.1 Βασικά μεγέθη ηλιακής ακτινοβολίας

Ωριαία γωνία (ω)

Είναι η γωνιακή μετατόπιση του ηλίου ανατολικά ή δυτικά του τοπικού μεσημβρινού λόγω της περιστροφής της γης περί τον άξονά της με ρυθμό $\frac{15^\circ}{h}$ το οποίο ισοδυναμεί με

$\frac{0,25^\circ}{\text{min}}$. Υπολογίζεται δε από την παρακάτω σχέση:

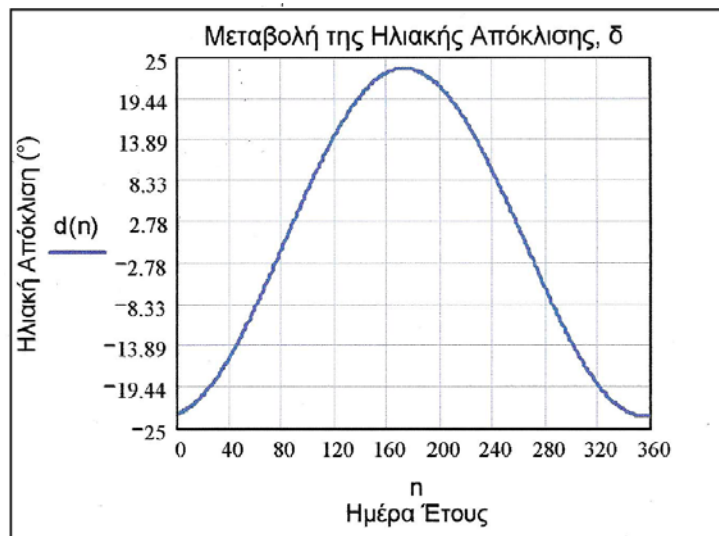
$$\omega = 0,25 \cdot (\text{min από το ηλιακό μεσημέρι})$$

Λαμβάνεται $\omega > 0$ για τις ώρες μετά το ηλιακό μεσημέρι και $\omega < 0$ για τις ώρες πριν το ηλιακό μεσημέρι.

Ηλιακή απόκλιση (δ)

Είναι η γωνιακή θέση του ηλίου κατά το ηλιακό μεσημέρι ως προς το επίπεδο του ισημερινού. Επειδή το επίπεδο αυτό είναι κεκλιμένο κατά $23,45^\circ$ ως προς το επίπεδο της

τροχιάς της γης περί τον ήλιο, η ηλιακή απόκλιση δ μεταβάλλεται συνεχώς κατά τη διάρκεια του έτους, μεταξύ των ορίων $-23,45 \leq \delta \leq 23,45$ με θετικές τιμές προς το βορρά. Η μεταβολή αυτή έχει σαν αποτέλεσμα την εναλλαγή των εποχών του έτους και την άνιση διάρκεια ημέρας και νύχτας. Στο σχήμα 2.2.2 που ακολουθεί φαίνεται η μεταβολή της ηλιακής απόκλισης κατά την διάρκεια του έτους.



Σχήμα 2.2.2 Μεταβολή της ηλιακής απόκλισης δ συναρτήσει των ημερών του έτους

Υπολογίζεται δε από τη σχέση:

$$\delta = 23,45 \sin\left(\frac{360(284+n)}{365}\right)$$

όπου ο παράγοντας n συμβολίζει τον αύξοντα αριθμό μιας οποιασδήποτε μέρας του έτους. Επομένως λοιπόν ο παράγοντας n δέχεται τιμές από $1 \div 365$. Στον Πίνακα 2.2.1 που ακολουθεί μπορούμε να δούμε τον αύξοντα αριθμό κάθε ημέρας του έτους, με τη μέση μέρα του μήνα και την αντίστοιχη τιμή της ηλιακής απόκλισης. Ως μέση ημέρα του μήνα έχει οριστεί η ημέρα κατά την οποία η ηλιακή ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας είναι περίπου ίση με τη μέση ημερήσια του μηνός.

Μήνες του χρόνου	Μέρα του χρόνου	Για τη μέση μέρα του μήνα		
		Ημερομηνία	n	Απόκλιση δ
Ιανουάριος	i	17	17	-20,9
Φεβρουάριος	31 + i	16	47	-13,0
Μάρτιος	59 + i	16	75	-2,4
Απρίλιος	90 + i	15	105	9,4
Μάιος	120 + i	15	135	18,8
Ιούνιος	151 + i	11	162	23,1
Ιούλιος	181 + i	17	198	21,2
Αύγουστος	212 + i	16	228	13,5
Σεπτέμβριος	243 + i	15	258	2,2
Οκτώβριος	273 + i	15	288	-9,6
Νοέμβριος	304 + i	14	318	-18,9
Δεκέμβριος	334 + i	10	344	-23,0

Πίνακας 2.2.1 Αριθμός ημέρας του έτους-Μέση μέρα του μήνα και η ηλιακή της απόκλιση

Γωνία πρόσπτωσης (θ)

Η γωνία πρόσπτωσης της αμέσου ακτινοβολίας πάνω σε μια επιφάνεια είναι η γωνία που δημιουργείται από τις προσπίπτουσες ηλιακές ακτίνες και την κάθετη επιφάνεια.

Υπολογίζεται από την εξής σχέση:

$$\cos \theta = \sin \delta \sin \varphi \cos \beta - \sin \delta \cos \varphi \sin \beta \cos \gamma + \cos \delta \cos \varphi \cos \beta \cos \omega + \\ + \cos \delta \sin \varphi \sin \beta \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega$$

Όπου φ είναι το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, το οποίο λαμβάνει τιμές μεταξύ $-90^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$. Για την Αθήνα ισχύει ότι $\varphi = 37,97^\circ$. Για οριζόντιες επιφάνειες ($\beta = 0^\circ$) η γωνία πρόσπτωσης ταυτίζεται με τη γωνία ζενίθ και άρα ισχύει ότι:

$$\cos \theta = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega$$

2.3 Το κτίριο ως ηλιακός συλλέκτης

Η λειτουργία ενός κτιρίου ως ηλιακού συλλέκτη αποσκοπεί στην μεγιστοποίηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε συγκεκριμένες, όμως, χρονικές στιγμές. Για το καθορισμό όμως της μεγιστοποίησης αυτής είναι αναγκαίος κατάλληλος σχεδιασμός, ο οποίος θα λαμβάνει υπόψη του σε όλες τις παραμέτρους που επηρεάζουν το ποσοστό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας πάνω σε ένα κτίριο ή σε μία επιφάνεια γενικότερα. Οι παράμετροι αυτοί είναι οι εξής:

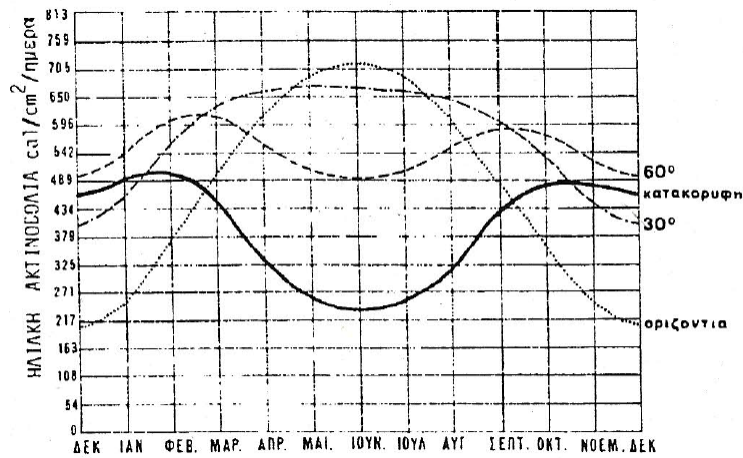
- 1) Η κατάλληλη χωροθέτηση
- 2) Η κλίση β της επιφάνεια
- 3) Ο προσανατολισμός της επιφάνειας
- 4) Η ανακλαστικότητα του εδάφους

2.3.1 Η κατάλληλη χωροθέτηση

Η κατάλληλη χωροθέτηση συνίσταται στον επαρκή ηλιασμό των επιφανειών του κτιρίου, και ιδιαίτερα κατά την περίοδο του χειμώνα. Είναι προφανές λοιπόν ότι το ανάγλυφο του περιβάλλοντος για οποιαδήποτε γεωγραφική περιοχή, δηλαδή η ύπαρξη δέντρων, λόφων, ή ακόμα και άλλων κτιρίων ή κατασκευών μειώνουν το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

2.3.2 Η κλίση β της επιφάνειας

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η κλίση της επιφάνειας β είναι η γωνία που σχηματίζει η επιφάνεια με το οριζόντιο επίπεδο. Στο σχήμα 2.3.2.1 φαίνεται η επίδραση της στην προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία νότια προσανατολισμένης επιφάνειας κατά της διάρκεια του έτους.



Σχήμα 2.3.2.1 Επίδραση της κλίσης στην προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία νότια προσανατολισμένης επιφάνειας [5].

Η επιλογή, όμως, της κλίσης της επιφάνειας εξαρτάται από την εκάστοτε εφαρμογή έτσι ώστε να έχουμε τη μέγιστη δυνατή προσπίπτουσα ακτινοβολία. Κατά συνέπεια λοιπόν ισχύουν σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία οι εξής περιπτώσεις:

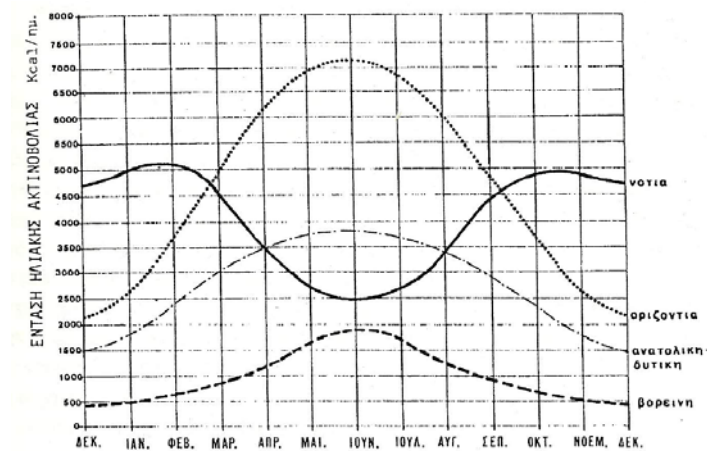
1. Για μέγιστη ετήσια ενέργεια απαιτείται κλίση επιφάνειας - συλλέκτη ίση με το γεωγραφικό πλάτος, $\beta = \varphi$
2. Για μέγιστη ενέργεια θέρους απαιτείται κλίση της επιφάνειας - συλλέκτη κατά 15° μικρότερη του γεωγραφικού πλάτους, $\beta = \varphi - 15^\circ$
3. Για μέγιστη ενέργεια χειμώνα απαιτείται κλίση της επιφάνειας - συλλέκτη κατά 15° μεγαλύτερη του γεωγραφικού πλάτους, $\beta = \varphi + 15^\circ$

Τυχόν αποκλίσεις μέχρι και 20° από τα παραπάνω όρια επιφέρουν μόνο μικρές μειώσεις της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

2.3.3 Ο προσανατολισμός της επιφάνειας

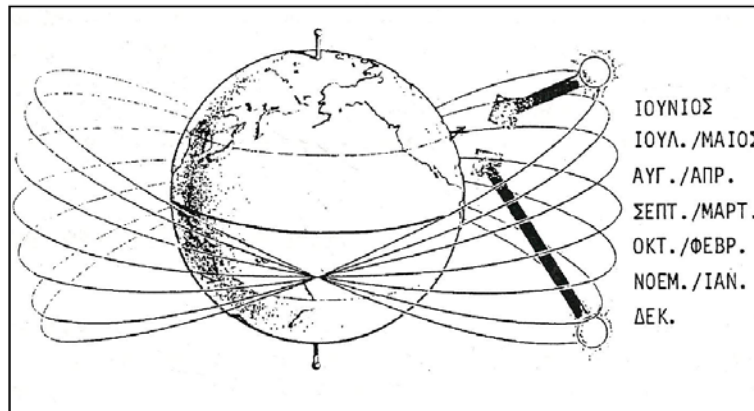
Ο προσανατολισμός μιας κεκλιμένης επιφάνειας ή αζιμούθιο γ είναι το χαρακτηριστικό με τη μεγαλύτερη επίδραση στην ποσότητα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε αυτή. Ο βέλτιστος προσανατολισμός μιας επιφάνειας – συλλέκτη έχει αποδειχτεί ότι είναι νότιος ($\gamma=0^\circ$) για το βόρειο ημισφαίριο και ο βόρειος ($\gamma=180^\circ$) για το νότιο ημισφαίριο, δηλαδή σε κάθε περίπτωση επιφάνεια – συλλέκτης πρέπει να είναι στραμμένη προς τον ισημερινό. Αποκλίσεις μέχρι και 20° από τα όρια αυτά προκαλούν πολύ μικρές μειώσεις της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

Στην περίπτωση της κάθετης ($\beta=90^\circ$) επιφάνειας – συλλέκτη, ο βέλτιστος προσανατολισμός έχει ως αποτέλεσμα το χειμώνα η προσπίπτουσα ακτινοβολία να είναι στο νότο υπερδιπλάσια σε σχέση με την ανατολή και τη δύση, ενώ κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού να είναι στο νότο πολύ πιο μειωμένη από ότι στην ανατολή και στη δύση όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.3.3.1.



Σχήμα 2.3.3.1 Ένταση της θερμικής ηλιακής ακτινοβολίας για διάφορους προσανατολισμούς καθέτου επιφανείας σε 40° Β.Γ.Π. [5].

Αυτό το φαινόμενο οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στις θέσεις που καταλαμβάνει ο ήλιος σε σχέση με τη γη στον ουράνιο θόλο κατά τη διάρκεια του έτους, όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.3.3.2.



Σχήμα 2.3.3.2 Οι τροχιές του ήλιου γύρω από τη γη κατά τη διάρκεια του έτους

Η εκάστοτε όμως αναλογία της προσπίπτουσας ακτινοβολίας μεταξύ του νότου και ανατολής – δύσης εξαρτάται μόνο από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Έτσι στην περίπτωση του σχήματος 2.3.3.1, για χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη οι νότιες επιφάνειες έχουν ακόμα μεγαλύτερα ηλιακά κέρδη τον χειμώνα, ενώ οι ανατολικές και οι δυτικές είναι ιδιαίτερα επιβαρυνμένες το καλοκαίρι.

Η μεγάλη επίδραση του προσανατολισμού στο ποσοστό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε μια επιφάνεια, επηρεάζει ως επακόλουθο και το σχήμα του οποιουδήποτε κτίσματος, το οποίο είναι συνάρτηση των αναγκών του για θέρμανση. Από έρευνες που έγιναν για τον προσδιορισμό του άριστου σχήματος του κτιρίου, σε διάφορα γεωγραφικά διαμερίσματα και διάφορες κλιματολογικές συνθήκες προέκυψε, ότι η άριστη μορφή για οποιοδήποτε κλιματολογικές συνθήκες είναι η επιμήκης κατά τον άξονα ανατολής – δύσης, αλλά με διαφορετικές αναλογίες στις διαστάσεις, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Ένα κτίσμα επιμήκης κατά τον άξονα ανατολής – δύσης προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο και άρα συλλέγει μεγάλα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Από συγκριτικές έρευνες προέκυψε επίσης ότι, για οποιοδήποτε γεωγραφικό διαμέρισμα το κτίριο – κύβος δεν είναι τόσο αποτελεσματικό όσο το επιμήκης κατά τον άξονα ανατολής – δύσης, ενώ το επιμήκης κατά τον άξονα βορρά – νότου είναι λιγότερο αποτελεσματικό και από το κτίριο κύβος.

Κατά την κατασκευή, όμως, ενός κτιρίου η επιλογή του προσανατολισμού είναι μια διαδικασία αρκετά σύνθετη, διότι επηρεάζεται και από παράγοντες όπως:

- 1) Η τοπογραφία της περιοχής

- 2) Το φυσικό τοπίο
- 3) Οι εκάστοτε απαιτήσεις ιδιωτικότητας
- 4) Η ελαχιστοποίηση του θορύβου

Είναι εμφανές λοιπόν ότι η εκάστοτε επιλογή του προσανατολισμού θα πρέπει να αντιπροσωπεύει τη χρυσή τομή όλων των παραπάνω παραμέτρων.

2.3.4 Η ανακλαστικότητα του εδάφους

Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε μια επιφάνεια αποτελείται από την άμεση συνιστώσα, τη διάχυτη συνιστώσα. Η διάχυτη προέρχεται από τον ουρανό και κατά ένα ποσοστό από την ανακλώμενη στο έδαφος και στις γειτονικές επιφάνειες ολική ακτινοβολία. Η ανακλαστικότητα του εδάφους δηλώνει στην ουσία το ποσοστό ανάκλασης της ολικής ακτινοβολίας στο έδαφος. Συμβολίζεται με ρ και δέχεται τιμές από 0,2 για συνηθισμένο έδαφος μέχρι και 0,7 για χιονισμένο έδαφος.

Κεφάλαιο 3^ο

ΡΟΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

3.1 Το κτίριο ως αποθήκη θερμότητας

Η κυριότερη παράμετρος για τη λειτουργία του κτιρίου ως αποθήκη θερμότητας είναι η αποθήκευση της θερμικής ενέργειας που προέρχεται από τη δεσμευμένη ηλιακή ενέργεια. Κατά τη λειτουργία του ως ηλιακός συλλέκτης, το κτίριο χρειάζεται ένα τρόπο για να συγκρατήσει την ενέργεια της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, να την αποθηκεύσει, με απώτερο σκοπό να την επαναποδώσει κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Το πιο αποτελεσματικό μέσο για την αποθήκευση αυτή είναι η ίδια η κατασκευή του κτιρίου, δηλαδή οι τοίχοι, τα δάπεδα και οι οροφές. Είναι γεγονός ότι η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε ένα τοίχο μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια η οποία θερμαίνει τα δομικά υλικά του. Τα δομικά υλικά όπως είναι γνωστό απορροφούν και αποθηκεύουν θερμότητα καθώς θερμαίνονται. Το μέγεθος όμως του φαινομένου της αποθήκευσης καθορίζεται κυρίως από τη θερμική χωρητικότητα των υλικών που περιβάλλουν το χώρο. Η θερμική χωρητικότητα ενός υλικού είναι το γινόμενο της μάζας του επί την ειδική θερμότητά του και άρα είναι άμεσα ανάλογη με το βάρος του υλικού. Επομένως τα βαριά υλικά έχουν μεγάλη πυκνότητα και κατά συνέπεια μεγάλη ικανότητα για θερμική αποθήκευση.

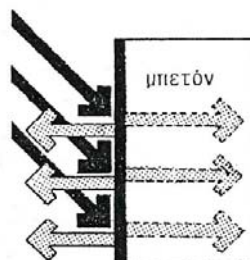
Πρέπει ωστόσο να τονιστεί ότι η διαδικασία επαναπόδοσης της θερμικής ενέργεια πραγματοποιείται χάρη στη βοήθεια του αέρα, ο οποίος θερμαίνεται γρηγορότερα, μεταφέροντας έτσι με την κίνησή του τη θερμότητα από τα δομικά υλικά στον εσωτερικό χώρο.

3.2 Περιοδική ροή θερμότητας [4]

Ως γνωστό η διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας προκαλεί ροή θερμότητας διαμέσου των τοίχων και των οροφών. Η ροή θερμότητας αυτή έχει συνημιτονοειδή μορφή με περίοδο 24 ώρες και κατεύθυνση από το περιβάλλον προς το κτίριο κατά τη διάρκεια της ημέρας, και από το κτίριο προς το περιβάλλον στη διάρκεια της νύχτας. Ο επαναλαμβανόμενος αυτός κύκλος, με διαφορετική όμως ένταση στη διάρκεια των εποχών του έτους χαρακτηρίζεται ως περιοδική ροή θερμότητας.

Η ροή αυτή θερμότητας, δηλαδή η διαδικασία αποθήκευσης και επαναπόδοσης της θερμότητας, οφείλεται καθαρά σε φαινόμενα μετάδοσης θερμότητας. Σύμφωνα με τη θεωρία της μετάδοσης θερμότητας, η θερμότητα ρέει από το ένα σημείο στο άλλο, όταν υπάρχει θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ των δύο σημείων, και με κατεύθυνση πάντα από το θερμότερο προς το ψυχρότερο σημείο.

Στην περίπτωση της ροής θερμότητας διαμέσου τοίχων ή οροφών το φαινόμενο εξελίσσεται ως εξής: Καθώς η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει πάνω στην επιφάνεια των τοίχων ή των οροφών, αυξάνεται η θερμοκρασία των επιφανειών αυτών καθώς και του περιβάλλοντος αέρα. Δηλαδή, μόνο ένα μέρος της θερμικής ενέργειας που προέρχεται από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία συλλαμβάνεται από τα δομικά υλικά. Κατόπιν, εξαιτίας της θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ των δύο πλευρών της επιφάνειας προκαλεί ροή θερμότητας μέσα στη μάζα των υλικών με αγωγιμότητα. Η εξέλιξη του φαινομένου αυτού φαίνεται και στο σχήμα 3.2.1 που ακολουθεί.



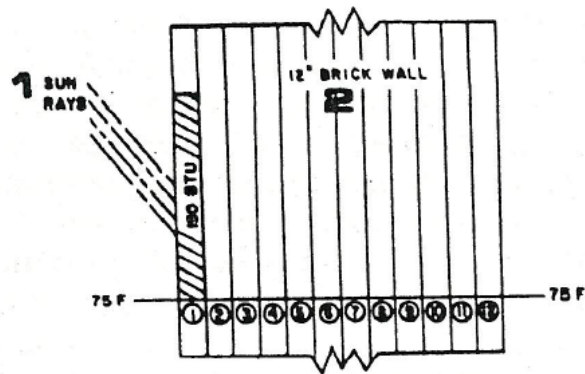
Σχήμα 3.2.1 Μετάδοση θερμότητας σε στοιχείο από μάζα μπετόν

Συνεχίζοντας την απορρόφηση θερμότητας, τα υλικά γίνονται θερμότερα και λιγότερα ικανά για αποθήκευση θερμότητας, μέχρις ότου η ικανότητά τους για θερμική αποθήκευση κορεστεί. Από το σημείο αυτό και έπειτα προκαλείται ροή θερμότητας από την εσωτερική πλευρά της επιφάνειας του τοίχου ή της οροφής προς τον αέρα του εσωτερικού χώρου με συναγωγή και ακτινοβολία. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα ότι η ολική θερμοροή διαμέσου ενός τοίχου ή μιας οροφής δεν οφείλεται αποκλειστικά στην προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, αλλά και στην διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εξωτερικού και του εσωτερικού αέρα, η οποία προκαλεί ροή θερμότητας με αγωγιμότητα διαμέσου των τοίχων και των οροφών. Κατά συνέπεια η ολική θερμοροή θα είναι το άθροισμα της θερμοροής λόγω ακτινοβολίας και της θερμοροής λόγω διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού αέρα δηλαδή λόγω αγωγής.

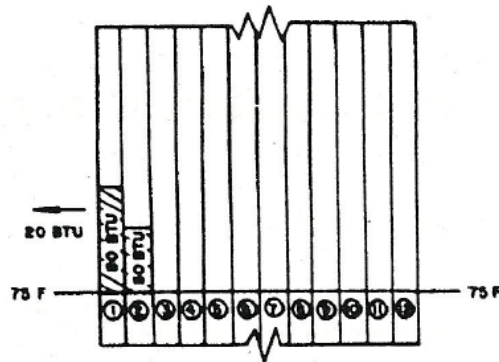
Η διαδικασία μετάβασης της θερμότητας στο εσωτερικό ενός τοίχου ή οροφής ακολουθεί τα παρακάτω στάδια, όπου για μεγαλύτερη κατανόηση της διαδικασίας έχει γίνει θεώρηση ότι ο τοίχος αποτελείται από διάφορα τμήματα. Όταν ο ήλιος βλέπει στον τοίχο, το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής θερμότητας απορροφάται στο πρώτο τμήμα όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.2.2 που ακολουθεί στην επόμενη σελίδα.

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ανύψωση της θερμοκρασίας του πρώτου τμήματος περισσότερο από αυτήν του δεύτερου τμήματος, προκαλώντας έτσι ροή θερμότητας προς το δεύτερο τμήμα, όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.2.3 που ακολουθεί στην επόμενη σελίδα.

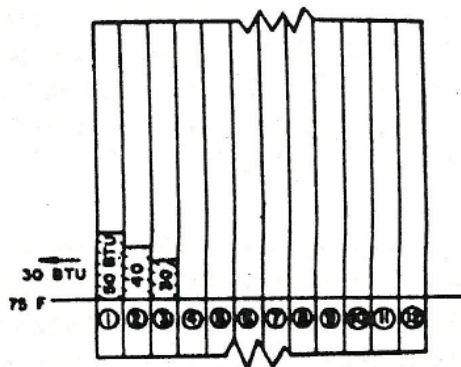
Η ροή αυτή θερμότητας από το πρώτο στο δεύτερο τμήμα, ανυψώνει τη θερμοκρασία του, προκαλώντας έτσι ροή θερμότητας προς το τρίτο τμήμα, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2.4 που ακολουθεί στην επόμενη σελίδα.



Σχήμα 3.2.2 Ηλιακή θερμότητα που απορροφάται στο πρώτο τμήμα



Σχήμα 3.2.3 Μετάδοση της απορροφούμενης ακτινοβολίας στο δεύτερο τμήμα



Σχήμα 3.2.4 Μετάδοση της απορροφούμενης ακτινοβολίας στο τρίτο τμήμα

Η διαδικασία συνεχίζεται με τον ίδιο τρόπο μέχρι η ροή θερμότητας να φτάσει στο τελευταίο τμήμα του τοίχου, από όπου, μετά τον κορεσμό της ικανότητάς του για θερμική αποθήκευση θα μεταδοθεί στον αέρα του εσωτερικού χώρου με συναγωγή. Η θερμική ενέργεια που φτάνει με αγωγιμότητα στην εσωτερική πλευρά του τοίχου ή της οροφής φτάνει με μειωμένη την αρχική ένταση λόγω του ότι κάθε τμήμα πρέπει να απορροφά λίγη θερμότητα πριν από τη διέλευσή της μέσα από αυτό και ταυτόχρονα παρουσιάζει και κάποια χρονική καθυστέρηση. Εντελώς παρόμοια είναι και η εξέλιξη του φαινομένου μεταβίβασης της θερμότητας λόγω αγωγής.

Η ήδη αναφερθείσα χρονική καθυστέρηση αποτελεί δίχως άλλο το κυριότερο χαρακτηριστικό της περιοδικής ροής θερμότητας στο κτίριο. Η χρονική αυτή καθυστέρηση προσδιορίζει τη χρονική διάρκεια, που μεσολαβεί, από τη στιγμή της μέγιστης αιχμής της εξωτερική θερμοκρασίας, μέχρι τη μέγιστη αιχμή της εισερχόμενης ροής θερμότητας στον εσωτερικό χώρο. Εξαρτάται από τη θερμοχωρητική ικανότητα των υλικών και τη θερμική αδράνεια του κτιρίου. Αποτελεί βασικό παράγοντα για τον προσδιορισμό της μάζας των υλικών, γιατί ρυθμίζει την ποσότητα της θερμικής αποθήκευσης και κατά συνέπεια του θερμικού κέρδους μέσα από συμπαγή στοιχεία, καθώς και το επίπεδο της θερμικής άνεσης στον εσωτερικό χώρο.

Η τελική επιλογή των δομικών στοιχείων για την κατασκευή ενός κτιρίου θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να διασφαλίζεται μια χρονική καθυστέρηση τέτοια, ώστε η απόδοση των μέγιστων θερμικών φορτίων να ξεκινήσει κατά την αρχή της νύχτας.

3.3 Παράγοντες επιρροής της περιοδικής ροής θερμότητας

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο της περιοδικής ροής θερμότητας είναι οι εξής:

- Το χρώμα των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου.

Αυτό γιατί το χρώμα των εξωτερικών δομικών στοιχείων του κτιρίου επηρεάζει την ποσότητα της θερμικής ενέργειας, που μπαίνει μέσα στο κτίριο, μια και τα σκούρα χρώματα απορροφούν περισσότερη ηλιακή θερμότητα από ότι τα ανοιχτά χρώματα. Το χρώμα αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό παράγοντα, όταν χρησιμοποιείται ελάχιστη ή καθόλου μόνωση. Για κλίματα ζεστά, οι εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων οι οποίες αντιμετωπίζουν της έντονη ηλιακή ακτινοβολία, πρέπει να βάφονται με χρώματα ανοιχτά. Για τα ψυχρά κλίματα αντιθέτως, ενδείκνυνται οι βαμμένες με σκούρο χρώμα επιφάνειες, γιατί έτσι απορροφούν μεγαλύτερα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας.

- Η θερμική αγωγιμότητα των δομικών υλικών, k .

Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ του υλικού κατασκευής, τόσο το πάχος του τοίχου πρέπει να αυξάνεται για το λόγο ότι η θερμότητα διαπερνά ταχύτερα την εκάστοτε επιφάνεια και άρα η απαιτούμενη χρονική καθυστέρηση μειώνεται.

- Η θερμοχωρητικότητα του υλικού, γ .

Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής θερμοχωρητικότητας γ του υλικού κατασκευής, τόσο αργότερα προχωρεί το εξωτερικό θερμικό φορτίο προς την εσωτερική επιφάνεια του δομικού στοιχείου, μιας και το κάθε μόριο του υλικού απορροφάει μεγάλη ποσότητα θερμότητας, πριν να μεταφέρει την επιπλέον θερμότητα σε άλλο μόριο και τελικά στον εσωτερικό χώρο.

- Η κλίση, β , και ο προσανατολισμός των επιφανειών, γ .

Οποιαδήποτε μεταβολή της κλίσης ή του προσανατολισμού μιας επιφάνειας, όπως έχει ήδη αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο, έχει ως άμεσο αποτέλεσμα τη μεταβολή του ποσοστού της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια αυτή και ενδεχομένως τη μεταβολή της εισερχόμενης θερμοροής.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ολική εισερχόμενη θερμοροή οφείλεται αφ' ενός στην προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και αφ' ετέρου στη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού χώρου. Πρέπει να τονιστεί ότι το χρώμα, η κλίση και ο προσανατολισμός της επιφάνειας επηρεάζουν το κομμάτι της ολικής θερμοροής το οποίο οφείλεται στην προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Αυτό διότι η θερμοροή λόγω αγωγής ως φαινόμενο είναι πάντα ανεξάρτητο αυτών των τριών παραγόντων και εξαρτώμενο μόνο από την εκάστοτε θερμοκρασιακή διαφορά. Οι υπόλοιποι παράγοντες πάντως επηρεάζουν την πορεία και των δύο φαινομένων.

Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε για τα δομικά στοιχεία ότι όσο αυξάνεται το πάχος και η θερμοχωρητικότητά τους με ταυτόχρονη μείωση της θερμικής αγωγιμότητάς τους, τόσο πιο μεγάλη είναι η θερμική αδράνεια της κατασκευής. Κατά συνέπεια το άμεσο θερμικό κέρδος είναι πιο μικρό.

Σε κάθε κατασκευή θα πρέπει ο τοίχος συλλέκτης – αποθήκη θερμότητας να χρησιμοποιείται ως μηχανισμός χρονικής μετάθεσης με βάση όλες τις παραπάνω παραμέτρους, έτσι ώστε το εσωτερικό περιβάλλον να επωφελείται του θερμικού κέρδους, όταν δεν υπάρχει αρκετός ηλιασμός, παρατείνοντας αποτελεσματικά τη χρήσιμη ηλιοφάνεια, για τη θέρμανση του χώρου χωρίς τη χρήση συμπληρωματικών πηγών ενέργειας.

3.4 Διαδικασία υπολογισμού της ροής θερμότητας

Στην παράγραφο αυτή αναπτύσσεται η διαδικασία υπολογισμού της ροής θερμότητας μέσα από τις εξωτερικές κατασκευές, όπως είναι οι τοίχοι και οι οροφές, στο θεωρητικό μοντέλο και δίνονται οι αντίστοιχες σχέσεις που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία αυτή, καθώς και διάφορες επεξηγήσεις. Η διαδικασία αυτή ακολουθεί τα εξής στάδια:

1. Υπολογισμός της ισοδύναμης θερμοκρασίας, T_e .

Ως γνωστόν η ροή θερμότητας μέσα από τις εξωτερικές κατασκευές προκαλείται μεν από την ηλιακή θερμότητα που απορροφάται στην εξωτερική επιφάνεια της κατασκευής, αλλά και από τη διαφορά θερμοκρασίας εξωτερικού και εσωτερικού αέρα. Και οι δύο πηγές θερμότητας όμως μεταβάλλονται αρκετά στη διάρκεια της ημέρας προκαλώντας έτσι μία μη μόνιμη ροή μέσα από τις εξωτερικές κατασκευές. Αυτή η μη μόνιμη ροή είναι δύσκολο να προσδιοριστεί με τις κλασικές μεθόδους της μετάδοσης θερμότητας. Έτσι ορίζεται η ισοδύναμη θερμοκρασία ή θερμοκρασία ήλιου – αέρος T_e , που είναι εκείνη η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα η οποία σε απουσία όλων των θερμικών συναλλαγών δια ακτινοβολίας, δίνει σε μια επιφάνεια την ίδια εισερχόμενη θερμοροή με αυτήν που προκύπτει με τον πραγματικό συνδυασμό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, με τη συναλλαγή θερμότητας δια ακτινοβολίας με τον ουρανό και τα πέριξ και με την συναλλαγή δια συναγωγής με τον εξωτερικό αέρα. Ο υπολογισμός της ισοδύναμης αυτής θερμοκρασίας γίνεται από τη σχέση:

$$T_e = T_0 + \frac{aGT}{h_o} - \frac{\varepsilon\Delta R}{h_o}$$

Όπου:

GT η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στην εκάστοτε επιφάνεια

$\frac{a}{h_o}$ ο λόγος της ηλιακής απορροφητικότητας προς τη συναγωγιμότητα ο οποίος λαμβάνει ίσος με $0,026 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$ για ανοιχτόχρωμες επιφάνειες και $0,052 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$ για σκουρόχρωμες επιφάνειες.

$\frac{\varepsilon \Delta R}{h_o}$ διορθωτικός όρος ο οποίος λαμβάνεται ίσος με $3,9 \text{ } ^\circ C$ για οριζόντιες επιφάνειες και $0 \text{ } ^\circ C$ για κατακόρυφες επιφάνειες.

2. Υπολογισμός της ολικής θερμοροής, q_e , διαμέσου μιας επιφάνειας.

Για τον υπολογισμό της θερμοροής αυτής, γίνεται χρήση της συνάρτησης μεταφοράς, η οποία λαμβάνει υπόψη τη θερμική συσσώρευση στις κατασκευές με κατάλληλους κάθε φορά συντελεστές για την εκάστοτε κατασκευή. Άλλο ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό της συνάρτησης μεταφοράς, είναι ότι για τον υπολογισμό της ροής θερμότητας q_e κατά τη χρονική στιγμή t , πρέπει να είναι γνωστή η ισοδύναμη θερμοκρασία T_e κατά την ίδια αλλά και κατά τις προηγούμενες χρονικές στιγμές, καθώς επίσης και η τιμή της ροής θερμότητας κατά τις προηγούμενες χρονικές στιγμές. Δηλαδή απαιτείται γνώση της θερμικής ιστορίας της εκάστοτε κατασκευής. Κατά την έναρξη των υπολογισμών οι άγνωστες τιμές της θερμικής ροής κατά τις προηγούμενες χρονικές στιγμές λαμβάνονται ίσες με το μηδέν. Η επίδραση της υπόθεσης αυτής εξαλείφεται ύστερα από μερικούς εικοσιτετράωρους διαδοχικούς κύκλους υπολογισμών. Η σχέση υπολογισμού της ολικής ροής θερμότητας είναι η εξής:

$$q_{et} = \sum_{n=0} b_n (T_{e,t} - n\Delta) - \sum_{n=0} d_n (q_{e,t} - n\Delta) - T_{in} \sum_{n=0} C_n$$

Όπου:

- t η χρονική στιγμή κατά την οποία υπολογίζουμε την ολική θερμοροή
- Δ το χρονικό βήμα(συνήθως 1 hr)
- n ο δείκτης άθροισης(κάθε άθροισμα έχει τόσους όρους, όσο είναι το πλήθος των μη μηδενικών συντελεστών)

T_{in} η θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα (°C)

$(T_{e,t} - n\Delta)$ οι τιμές της ισοδύναμης θερμοκρασίας κατά τις προηγούμενες χρονικές στιγμές (°C)

$(q_{e,t} - n\Delta)$ οι τιμές της ολικής ροής θερμότητας κατά τις προηγούμενες χρονικές στιγμές

b_n, d_n, C_n οι συντελεστές της συνάρτησης μεταφοράς, όπου οι b_n και C_n μετριούνται σε $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ ενώ ο d_n είναι αδιάστατος.

3. Υπολογισμός της θερμοροής λόγω αγωγής, q_o , διαμέσου μιας επιφάνειας.

Για τον υπολογισμό της θερμοροής αυτής χρησιμοποιούμε τη μέθοδο της συνάρτησης μεταφοράς, στην οποία αντί της ισοδύναμης θερμοκρασίας T_e χρησιμοποιούμε την θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα T_o . Η σχέση υπολογισμού θα είναι η εξής:

$$q_{ot} = \sum_{n=0} b_n (T_{o,t} - n\Delta) - \sum_{n=0} d_n (q_{o,t} - n\Delta) - T_{in} \sum_{n=0} C_n$$

όπου όλοι οι παράγοντες έχουν επεξηγηθεί παραπάνω.

4. Υπολογισμός της θερμοροής λόγω ακτινοβολίας, q_a , διαμέσου μιας επιφάνειας.

Γνωρίζοντας ότι η ολική θερμοροή είναι το άθροισμα της θερμοροής λόγω αγωγής και λόγω ακτινοβολίας, καταλήγουμε στην εξής σχέση υπολογισμού:

$$q_{at} = q_{et} - q_{ot}$$

από την οποία παίρνουμε τη θερμοροή λόγω ακτινοβολίας για κάθε χρονική στιγμή t .

3.5 Άλλες μέθοδοι υπολογισμού της ροής θερμότητας

Στην παράγραφο αυτή αναφέρονται άλλες μέθοδοι υπολογισμού της ροής θερμότητας διαμέσου μιας επιφάνειας. Οι μέθοδοι αυτοί βασίζονται κυρίως στην επίλυση συστήματος διαφορικών εξισώσεων οι οποίες εκφράζουν τα εκάστοτε φαινόμενα μεταφοράς, συμπεριλαμβανομένου και των τυχόν οριακών συνθηκών. Εντελώς αναφορικά και μόνο, αυτά τα συστήματα διαφορικών εξισώσεων επιλύονται με διάφορες αριθμητικές μεθόδους οι οποίες είναι οι εξής:

- α) Η μέθοδος των moments
- β) Η μέθοδος των υποπεριοχών
- γ) Η μέθοδος της ταξιθεσίας
- δ) Η μέθοδος Galerkin
- ε) Η μέθοδος Rayleigh-Ritz

Μια ακόμα σημαντική μέθοδος είναι η μέθοδος των πεπερασμένων διαφορών, σύμφωνα με την οποία η περιοχή επίλυσης χωρίζεται με τη βοήθεια πλέγματος γραμμών σε υποπεριοχές, σε κάθε μία από τις οποίες αντιστοιχεί και μία διαφορική εξίσωση. Με τη μέθοδο αυτή, κάθε διαφορική εξίσωση αντικαθίσταται από μία άλλη η οποία περιέχει αλγεβρικές διαφορές της εξαρτημένης μεταβλητής με τα γειτονικά της σημεία. Η επίλυση του συστήματος αυτού δίνει και τις λύσεις των αρχικών διαφορικών εξισώσεων στα διάφορα σημεία του υπολογιστικού πλέγματος.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί και η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων, κατά την οποία η περιοχή επίλυσης χωρίζεται σε στοιχεία απλού γεωμετρικού σχήματος, στο καθένα από τα οποία είναι δυνατόν να εφαρμοστούν με ευκολία οι μέθοδοι των μεταβολών, δηλαδή οι μέθοδοι κατάστρωσης των διαφορικών εξισώσεων. Η ιδιομορφία της μεθόδου αυτής είναι η δυνατότητα χρησιμοποίησης ανομοιόμορφου πλέγματος με πύκνωση των κόμβων στις περιοχές όπου αναμένεται μεγάλη μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής, παρέχοντας έτσι λύση πολύ μεγάλης ακρίβειας.

Περισσότερη ανάλυση των μεθόδων αυτών δεν κρίνεται σκόπιμη, διότι πλέον ξεφεύγει από τα όρια του παρόντος.

Κεφάλαιο 4^ο

ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ

4.1 Ορισμός και βασικές ιδιότητες υαλοπινάκων

Οι υαλοπίνακες προδιαγράφονται σαν κομμάτια κρυστάλλινου γυαλιού τα οποία έχουν συγκεκριμένο πάχος και είναι απλής ή διπλής αντοχής ανάλογα με τη χημική τους σύσταση και τη χρησιμότητά τους.

Η κυριότερη ιδιότητα των υαλοπινάκων είναι το ότι διαπερνώνται από την ηλιακή ακτινοβολία η οποία προσπίπτει στην επιφάνειά τους. Η ικανότητα αυτή της ηλιακής ακτινοβολίας εξαρτάται από το μήκος κύματος και τη γωνία πρόσπτωσης της καθώς και από τη χημική σύσταση και το πάχος των υαλοπινάκων. Όσον αφορά το μήκος κύματος της ακτινοβολίας είναι αποδεδειγμένο ότι όλα τα είδη αρχιτεκτονικής υάλου είναι εντελώς αδιαπέραστα από την ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος με αποτέλεσμα, την εμφάνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η ηλιακή ακτινοβολία που περνά κατά τη διάρκεια της ημέρας διαμέσου των υαλοπινάκων, στον εσωτερικό χώρο, παγιδεύεται και μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια η οποία απορροφάται από τα υλικά της κατασκευής και τα αντικείμενα του χώρου. Η διαδικασία αυτή της απορρόφησης συνεχίζεται μέχρι να κορεστεί η ικανότητα για θερμική αποθήκευση των υλικών και των αντικειμένων του εσωτερικού χώρου. Από το σημείο αυτό και έπειτα τα υλικά και τα αντικείμενα τα οποία έχουν αποκτήσει θερμοκρασία μεγαλύτερη από αυτή του εσωτερικού χώρου, αρχίζουν να εκπέμπουν τη θερμική ενέργεια που είχαν απορροφήσει, σε μεγάλο μήκος κύματος. Η εκπεμπόμενη αυτή ακτινοβολία δεν μπορεί να εξέλθει με άμεσο τρόπο από τους υαλοπίνακες λόγω του ότι έχει μεγάλο μήκος κύματος και έτσι ένα μέρος της απορροφάται από αυτούς ενώ το υπόλοιπο ανακλάται προς τον εσωτερικό χώρο. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί, ότι η διαδικασία αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας πραγματοποιείται με τον αέρα, που θερμαίνεται γρηγορότερα και με την κίνησή του μεταφέρει τη θερμότητα στα συμπαγή υλικά.

Ακόμα μια σημαντική ιδιότητα των υαλοπινάκων είναι ο κατακερματισμός της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει δε ένα υαλοπίνακα διασπάται σε τρία μέρη εκ των οποίων το ένα απορροφάται, δηλαδή αποθηκεύεται στα μόρια που απαρτίζουν τον υαλοπίνακα, το δεύτερο ανακλάται, δηλαδή αναπηδάει στην επιφάνεια του υαλοπίνακα αλλάζοντας την κατεύθυνσή του χωρίς όμως

να επέλθει αλλαγή στη συχνότητα της ακτινοβολίας, και το τελευταίο διαπερνάει την επιφάνεια του υαλοπίνακα και εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο. Οι τρεις παραπάνω συνιστώσες της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας διαιρεμένες με την ολική προσπίπτουσα ακτινοβολία ορίζουν αντίστοιχα τους συντελεστές απορροφητικότητας, ανακλαστικότητας και της οπτικής διαπερατότητας οι οποίοι συμβολίζονται ως εξής:

- τ = οπτική διαπερατότητα
- α = απορροφητικότητα
- ρ = ανακλαστικότητα

Οι τρεις παραπάνω συντελεστές αναφέρονται ως οπτικές ιδιότητες του υαλοπίνακα και εξαρτώνται από το πάχος και τις φυσικές ιδιότητες του υλικού, από το είδος της επιφανειακής επίστρωσης που ενδέχεται να υπάρχει και από τη γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Για οποιονδήποτε όμως υαλοπίνακα ισχύει ότι:

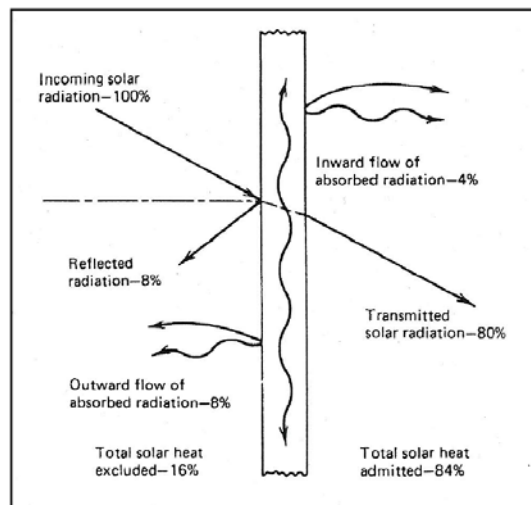
- $\alpha + \rho + \tau = 1$

Αυξανόμενης της γωνίας πρόσπτωσης θ , η διαπερατότητα μειώνεται, η ανακλαστικότητα αυξάνεται και η απορροφητικότητα αρχικά μεν αυξάνεται λόγω επιμήκυνσης της οπτικής διαδρομής, στη συνέχεια δε ελαττώνεται λόγω της έντονα αυξανόμενης ανάκλασης. Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι οι οπτικές ιδιότητες για διάχυτη ακτινοβολία μπορούν να θεωρηθούν κατά προσέγγιση ίσες προς τις αντίστοιχες τιμές που αναφέρονται σε άμεση ακτινοβολία με γωνία πρόσπτωσης $\theta = 60^\circ$.

4.2 Θερμικός ισολογισμός υαλοπίνακα και θερμικό κέρδος χώρου

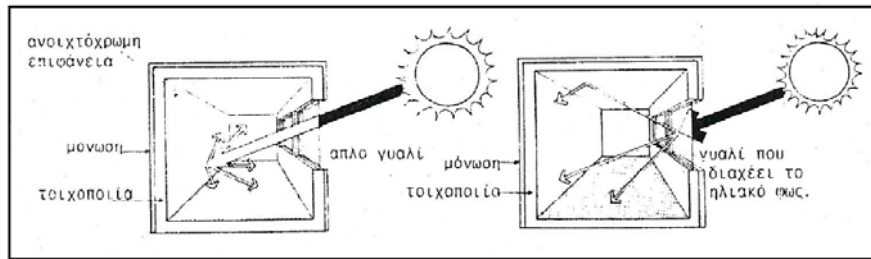
Ως γνωστόν η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε μια επιφάνεια έχει δύο συνιστώσες, την άμεση και τη διάχυτη. Η συνιστώσα της άμεσης ακτινοβολίας έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία θερμικού κέρδους στον εσωτερικό χώρο, ακόμα και όταν ο υαλοπίνακας δεν είναι εκτεθειμένος στον ήλιο.

Έχει ήδη αναφερθεί στην προηγούμενη ενότητα ότι ένα μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα υαλοπίνακα απορροφάται, ένα άλλο ανακλάται και το υπόλοιπο διαπερνάει την επιφάνειά του. Αυτό το οποίο δεν είχε αναφερθεί είναι ότι από τη συνολικά απορροφημένη ηλιακή ακτινοβολία, ένα μέρος της μεταδίδεται στον εσωτερικό χώρο και το άλλο μέρος της μεταδίδεται προς το περιβάλλον. Αυτό φαίνεται και στο σχήμα 4.2.1 που ακολουθεί.



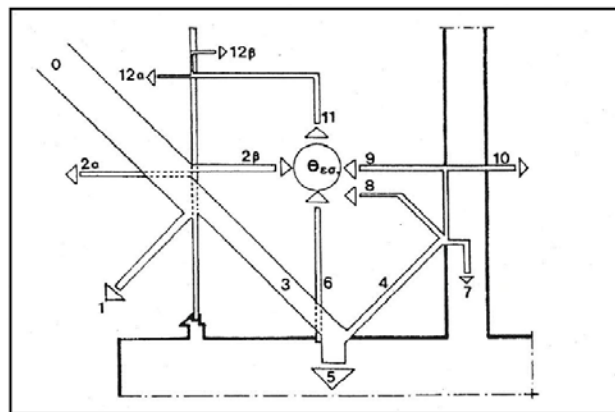
Σχήμα 4.2.1 Διανομή της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια ενός υαλοπίνακα [5].

Η ηλιακή ακτινοβολία όμως, μετά τη διέλευσή της από την επιφάνεια του υαλοπίνακα, προσπίπτει στις εσωτερικές επιφάνειες των τοίχων καθώς και στα διάφορα αντικείμενα του χώρου με αποτέλεσμα, όπως έχει ήδη αναφερθεί, ένα μέρος της να απορροφηθεί από αυτά και να αποδοθεί στη συνέχεια (σχήμα 4.2.2).



Σχήμα 4.2.2 Διανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στον εσωτερικό χώρο για δύο είδη υαλοπινάκων [5].

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω μπορούμε να δούμε την ολοκληρωτική πορεία που ακολουθεί η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε ένα υαλοπίνακα (σχήμα 4.2.3). Ακολουθεί περιγραφή της πορείας αμέσως μετά το σχήμα.



Σχήμα 4.2.3 Ανάλυση της πορείας της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα γυάλινο άνοιγμα, διανομή και αποθήκευση στον εσωτερικό χώρο [5].

0. Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία.
1. Ένα τμήμα της ακτινοβολίας ανακλάται.
2. Ένα τμήμα της ακτινοβολίας απορροφάται από τον υαλοπίνακα και αποδίδεται προς τα έξω (2α) και προς τα μέσα (2β).
3. Η ηλιακή ενέργεια, που μπαίνει μέσα, μετατρέπεται σε θερμότητα.
4. Ένα μέρος της θερμικής ενέργειας ανακλάται από το δάπεδο.
5. Η μεγαλύτερη ποσότητα απορροφάται και αποθηκεύεται στο δάπεδο.
6. Η αποθηκευμένη θερμότητα επαναποδίδεται σταδιακά στο χώρο.

7. Η θερμότητα, που ανακλάται από το δάπεδο, κατά ένα τμήμα της απορροφάται και αποθηκεύεται στον τοίχο.
8. Ένα άλλο τμήμα της ανακλάται από τον τοίχο προς τον χώρο.
9. Μια ποσότητα της θερμότητας, που απορροφήθηκε από τον τοίχο, μεταφέρεται στον χώρο.
10. Το υπόλοιπο της ποσότητας που απορροφήθηκε από τον τοίχο, μεταβιβάζεται προς άλλη κατεύθυνση, με χαμηλότερη θερμοκρασία.
11. Αποτελεί το ποσό θερμότητας που συγκεντρώνεται στον εσωτερικό χώρο.
12. Ένα μέρος της συνολικά συγκεντρωμένης θερμότητας στον εσωτερικό χώρο (12α) χάνεται μέσα από τον υαλοπίνακα με τη μορφή θερμικών απωλειών, ενώ το υπόλοιπο μέρος της (12β) παραμένει μέσα στο χώρο. Αυτό αποτελεί και το χρήσιμο ηλιακό κέρδος, που μετατρέπεται σε θερμότητα.

Σε αυτό ακριβώς το σημείο, που έχει ολοκληρωθεί η ανάλυση της ροής θερμότητας διαμέσου της επιφάνειας του υαλοπίνακα η οποία οφείλεται στην ηλιακή ακτινοβολία, αξίζει να αναφερθεί και ένας ακόμα παράγοντας ο οποίος προκαλεί ροή θερμότητας από την επιφάνεια του υαλοπίνακα. Ο παράγοντας αυτός είναι η θερμοκρασιακή διαφορά που υπάρχει μεταξύ των δύο πλευρών του υαλοπίνακα, και ως γνωστόν προκαλεί ροή θερμότητας λόγω αγωγής με κατεύθυνση πάντα από την πλευρά με την μεγαλύτερη θερμοκρασία προς την πλευρά με τη μικρότερη θερμοκρασία. Άρα μπορούμε να πούμε πως η ολική θερμοροή διαμέσου της επιφάνειας ενός υαλοπίνακα είναι το άθροισμα της θερμοροής λόγω ακτινοβολίας και της θερμοροής λόγω αγωγής. Επομένως ισχύει ότι:

$$q_t = q_a + q_o, \text{ όπου:}$$

q_t η ολική θερμοροή διαμέσου της επιφάνειας του υαλοπίνακα

q_a η θερμοροή λόγω ακτινοβολίας

q_o η θερμοροή λόγω αγωγής

Πρέπει να διευκρινιστεί ότι η θερμοροή λόγω ακτινοβολίας επηρεάζεται άμεσα από το αν υπάρχει ή όχι ηλιοφάνεια ενώ αντίθετα η θερμοροή λόγω αγωγής παραμένει

σταθερή και ανεξάρτητη του παραπάνω παράγοντα. Επίσης η θερμοροή λόγω αγωγής μπορεί να αποτελεί θερμικό κέρδος για τον εσωτερικό χώρο ή απώλειες αυτού, ανάλογα με το αν λαμβάνει θετικές ή αρνητικές τιμές αντίστοιχα.

4.3 Παράγοντες επιρροής της διερχόμενης από τους υαλοπίνακες θερμοροής

Στην παράγραφο αυτή αναφέρονται και μελετώνται όλες οι παράμετροι που έχουν άμεση επιρροή στην διερχόμενη από τους υαλοπίνακες θερμοροή. Ο καθορισμός και η μελέτη των παραμέτρων αυτών είναι απαραίτητο να γίνουν και να ληφθούν υπόψη, ώστε να προκύψει ο καταλληλότερος από ενεργειακής απόψεως συνδυασμός. Ο σχεδιασμός αυτός θα πρέπει να έχει ως απώτερο στόχο τη μεγιστοποίηση του ηλιασμού του εσωτερικού χώρου καθώς και του θερμικού κέρδους από τους υαλοπίνακες. Οι παράμετροι αυτοί είναι οι εξής:

1. Η κλίση και ο προσανατολισμός της επιφάνειας του υαλοπίνακα καθώς και το γεωγραφικό πλάτος στο οποίο βρίσκεται.
2. Το είδος του υαλοπίνακα.
3. Η εσωτερική σκίαση.
4. Η εξωτερική σκίαση.

Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί ότι η πρώτη παράμετρος επηρεάζει μόνο τη θερμοροή λόγω ακτινοβολίας ενώ οι υπόλοιπες τρεις επηρεάζουν τη θερμοροή λόγω ακτινοβολίας καθώς και τη θερμοροή λόγω αγωγής.

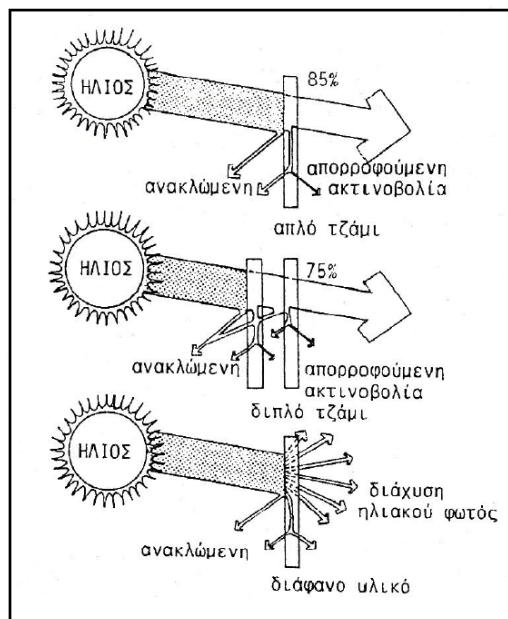
4.3.1 Η κλίση, ο προσανατολισμός και το γεωγραφικό πλάτος του υαλοπίνακα

Η κλίση β και ο προσανατολισμός γ του υαλοπίνακα καθώς και το γεωγραφικό πλάτος στο οποίο βρίσκεται επηρεάζουν άμεσα το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε αυτό. Αυτό συμβαίνει διότι η γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών στον υαλοπίνακα είναι ανάλογη των παραμέτρων αυτών. Μία οποιαδήποτε μεταβολή σε μία από αυτές τις παραμέτρους, προκαλεί μεταβολή της γωνίας πρόσπτωσης και μεταβολή του ποσοστού της ανακλώμενης, απορροφούμενης και διερχόμενης

ακτινοβολίας από τον υαλοπίνακα, όπως έχει ήδη αναφερθεί και παραπάνω. Η μεμονωμένη επίδραση κάθε μίας από τις παραπάνω παραμέτρους στο ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας έχει αναλυθεί εκτενώς σε προηγούμενο κεφάλαιο.

4.3.2 Το είδος του υαλοπίνακα

Το είδος του υαλοπίνακα καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το ποσοστό της ανακλώμενης, της διερχόμενης και της απορροφούμενης ακτινοβολίας. Συγκρινόμενοι οι απλοί με τους διπλούς υαλοπίνακες, παρατηρούμε ότι στους διπλούς υαλοπίνακες μειώνεται η διερχόμενη ακτινοβολία ενώ η απορροφούμενη και η ανακλώμενη αυξάνονται. Όλα τα παραπάνω φαίνονται στο σχήμα 4.3.2.1 που ακολουθεί.



Σχήμα 4.3.2.1 Ποσοστό του ηλιακού φωτός που διαπερνάει τρία είδη υαλοπινάκων [5]

Στην περίπτωση μάλιστα του νότια προσανατολισμένου διπλού υαλοπίνακα τα θερμικά του κέρδη είναι μεγαλύτερα από τις θερμικές του απώλειες. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι και οι τυχόν προσμίξεις υλικών στη μάζα του υαλοπίνακα μειώνουν τη διαπερατότητα του υαλοπίνακα, επιτρέποντας τη διέλευση μόνο μικρού ποσοστού της ολικής προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Έτσι, π.χ., η απορροφητικοί υαλοπίνακες

με καφέ, γκρι και πράσινη απόχρωση, πάχους 6mm, επιτρέπουν τη διέλευση μόνο του 45-50% της ολικής προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

Το μέγεθος της θερμοροής λόγω αγωγής επηρεάζεται και αυτό από το είδος του υαλοπίνακα. Αυτό διότι αν ο υαλοπίνακας είναι απλός ή διπλός, μονωτικός ή μη μονωτικός, με προσμίξεις ή χωρίς, έχει επίδραση στο συντελεστή ολικής θερμικής διαπερατότητας U από τον οποίο εξαρτάται άμεσα η θερμοροή λόγω αγωγής. Ο συντελεστής ολικής θερμικής διαπερατότητας αποτελεί ένα μέτρο της αντίστασης μετάδοσης θερμότητας και ορίζεται ως το αντίστροφο της συνολικής θερμικής αντίστασης της κατασκευής. Για να γίνουν περισσότερο κατανοητά τα παραπάνω θεωρούμε ότι κάθε συνιστώσα της κατασκευής του υαλοπίνακα καθώς και το φιλμ του εσωτερικού και του εξωτερικού αέρα έχουν θερμική αντίσταση r_i . Άρα η ολική θερμική αντίσταση θα δίνεται από την εξής σχέση:

$$R = r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_n$$

και άρα ο συντελεστής ολικής θερμικής διαπερατότητας θα δίνεται από τη σχέση:

$$U = \frac{1}{R}$$

4.3.3 Η εσωτερική σκίαση

Η αποτελεσματικότητα των μηχανισμών σκίασης εξαρτάται από την ικανότητά τους να διατηρούν την ηλιακή ενέργεια έξω από τον εσωτερικό χώρο. Όλοι οι μηχανισμοί σκίασης ανακλούν και απορροφούν το μεγαλύτερο τμήμα της ηλιακής ενέργειας και αφήνουν να τους διαπεράσει μόνο ένα μικρό τμήμα αυτής. Όσον αφορά τους μηχανισμούς εσωτερικής σκίασης, αυτοί αποβλέπουν και στην αισθητική του χώρου καθώς και στην απομόνωση από το εξωτερικό περιβάλλον. Στην εσωτερική σκίαση, η εισερχόμενη ακτινοβολία θα πρέπει να ανακλάται πάνω στην επιφάνεια του μηχανισμού σκίασης και να εξέρχεται τελικά από το χώρο δια μέσου του υαλοπίνακα, ο

οποίος φυσικά απορροφά ένα τμήμα της. Κατά αυτόν τον τρόπο δεν μετατρέπεται σε θερμότητα μέσα στο χώρο. Όπως είναι απόλυτα φυσικό το θερμικό κέρδος, λόγω ακτινοβολίας, του χώρου μειώνεται αισθητά ενώ υφίσταται μείωση και το θερμικό κέρδος λόγω αγωγής επειδή μειώνεται ο συντελεστής ολικής διαπερατότητας U.

4.3.4 Η εξωτερική σκίαση

Η εξωτερική σκίαση όπως ακριβώς και η εσωτερική έχει ως απώτερο σκοπό να διατηρήσει την ηλιακή ενέργεια έξω από τον εσωτερικό χώρο. Η εξωτερική σκίαση μπορεί να προέλθει από τις προβολές των υπερκείμενων κατασκευών, τις τέντες, τα μπαλκόνια και φυσικά από τα γειτονικά κτίρια. Η διαφορά της εξωτερικής σκίασης από την εσωτερική είναι ότι οι μηχανισμοί εξωτερικής σκίασης προκαλούν διακοπή της άμεσου ηλιακής ακτινοβολίας πριν αυτή φτάσει στον υαλοπίνακα. Δηλαδή η άμεση ακτινοβολία ανακλάται στην επιφάνεια του μηχανισμού σκίασης και στη συνέχεια διαχέεται στον εξωτερικό χώρο. Έτσι λοιπόν το σκιαζόμενο τμήμα του υαλοπίνακα μεταβιβάζει στον εσωτερικό χώρο μόνο τη διάχυτη ακτινοβολία, μειώνοντας κατά πολύ το ηλιακό θερμικό κέρδος του χώρου. Εξίσου σημαντική είναι η καλή κυκλοφορία του αέρα μεταξύ του υαλοπίνακα και του εξωτερικού μέσου σκίασης, ώστε να απάγεται η απορροφούμενη θερμότητα. Η εξωτερική σκίαση είναι ο πλέον αποτελεσματικός τρόπος μείωσης του ηλιακού θερμικού κέρδους. Με πλήρη εξωτερική σκίαση είναι δυνατόν να επέλθει μείωση του θερμικού ηλιακού κέρδους μέχρι και 80%, μιας και ο υαλοπίνακας δέχεται μόνο διάχυτη ακτινοβολία.

Κεφάλαιο 5^ο

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ-ΜΟΝΩΣΕΙΣ

5.1 Δομικά υλικά [5]

Τα δομικά υλικά που συγκροτούν ένα κτίριο παίζουν σημαντικό ρόλο στις θερμικές απώλειες του κτιρίου και παρουσιάζουν ορισμένα θερμικά χαρακτηριστικά που είναι αναγκαία στους θερμικούς υπολογισμούς. Αυτά είναι:

Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας (k)

Είναι η ιδιότητα κάθε υλικού η οποία καθορίζει το ποσό της θερμότητας που διαρρέει, μέσα σε 1h, μια επιφάνεια υλικού πάχους 1m, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο παράλληλων επιφανειών του υλικού είναι 1 °C. Οι μονάδες μέτρησης του συντελεστή k είναι $\frac{W}{mK}$.

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας είναι ένα μέγεθος με μεγάλη σημασία γιατί καθορίζει τη θερμομονωτική ικανότητα του υλικού. Δηλαδή, όσο πιο μικρός είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, τόσο πιο θερμομονωτικό είναι το υλικό στο οποίο αναφέρεται.

Θερμοχωρητικότητα (C)

Θερμοχωρητικότητα ενός υλικού ή ενός δομικού στοιχείου ονομάζεται η ικανότητά του να αποθηκεύει θερμότητα, που δέχεται από το περιβάλλον, μέσα στη μάζα του και να την αποδίδει βαθμιαία με σημαντική χρονική υστέρηση. Η θερμότητα που αποθηκεύει είναι ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας του υλικού, της θερμοκρασίας του αέρα που το περιβάλλει, της ειδικής θερμοχωρητικότητας του υλικού και της μάζας του. Οι μονάδες μέτρησης της θερμοχωρητικότητας είναι $\frac{J}{K}$.

Ειδική Θερμοχωρητικότητα (Cp)

Ειδική θερμοχωρητικότητα ενός υλικού καλείται το ποσό της ενέργειας που απαιτείται για να ανυψωθεί η θερμοκρασία 1kg από το υλικό κατά 1 °C και μετράται σε $\frac{kcal}{kg^{\circ}C}$.

Ποκνότητα (p)

Ποκνότητα του υλικού σε $\frac{kg}{m^3}$.

Πάχος (L)

Πάχος του υλικού σε m.

Επιλέγοντας ένα υλικό, όλα τα παραπάνω θερμικά χαρακτηριστικά είναι σταθερά εκτός από το πάχος που μπορεί να ποικίλλει. Αύξηση του πάχους οδηγεί σε αύξηση της θερμικής αντίστασης και επομένως αύξηση της θερμομονωτικής ικανότητας του υλικού (R):

$$R = \frac{T_1 - T_2}{q_x} = \frac{L}{kA}$$

Όπου:

- T_1 και T_2 : οι θερμοκρασίες στα δύο άκρα του υλικού
- q_x : το προσδιδόμενο ποσό θερμότητας
- k : ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας και
- A : η επιφάνεια συναλλαγής

Στην επόμενη σελίδα ακολουθούν πίνακες με τους τυπικούς εξωτερικούς τοίχους και τις οροφές που συναντώνται στα κτίρια του ελλαδικού χώρου, μαζί με τη σύνθεση και το πάχος των στρωμάτων τους.

Κωδικός τοίχου	Κωδικός Αριθμός Στρωμάτων	Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας U (W/m ² K)
G1	FL,B9,I4,B9,FL	0.66
G2	FL,B9,B9,FL	2.13
G3	G3,B9,A6,B9,FL	1.37
G4	FL,B6,I5,B6,FL	0.59
G5	FL,B6,A6,B6,FL	1.54
G6	FL,B9,I4,B6,FL	0.64
G7	FL,B9,A6,B6,FL	1.45
G8	DB,A2,I5,B9,FL	0.54
G9	DB,A2,B9,FL	1.83
G13	FL,C19,I5,FL	0.62
G14	FL,C19,FL	3.27
G15	FL,C25,I5,P	0.59
G16	FL,C19,I5,B6,FL	0.569
G17	FL,C19,B6,FL	2.57
G18	FL,M,FL	2.30

Πίνακας 5.1.1 Κωδικοί τοίχων και δομικά στοιχεία από τα οποία αποτελούνται

Κωδικός Οροφής	Κωδικός αριθμός στρωμάτων	Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας U (W/m ² K)
1	CG,WP,16,C7,CR,FL	0.461
2	CR,FL	3.793
3	CC,CP,CR,FL	1.442
4	RS,CL,CR,FL	3.350
5	CG,CP,CR,FL	2.933
6	WP,CP,CR,FL	1.747
7	RS,CL,WP,CP,CR,FL	1.647
8	RT,W,I8,CR,FL	0.376
9	RT,A8,CR,FL	1.499
10	CG,I6,CR,FL	0.534

Πίνακας 5.1.2 Κωδικοί οροφών και των στρωμάτων τους

Κωδικός Αριθμός Στρώματος	Περιγραφή	Πάχος d (m)	Πυκνότητα ρ (Kg/m ³)	Συντελεστής ειδικής θερμότητας C (J/kgK)	Θερμική Αγωγιμότητα k (W/mK)
A2,A6,A8	Air Space	0.02, 0.06, 0.08	1.1614	1007	0.23
B6,B9	Brick	0.06, 0.09	1920	840	0.72
C7,C19,C25	Concrete	0.07, 0.19, 0.25	2300	880	2.20
CC	Cellular Concrete	0.10	961	880	0.26
CG	Gravel Concrete	0.07	2300	880	2.20
CL	Lime-Concrete Mixture	0.02	1860	835	1.20
CP	Pumic Concrete	0.10	2300	880	2.20
CR	Reinforced Concrete	0.14	2300	880	2.20
DB	Decorative Concrete	0.09	2082	840	1.30
FL	Finishing Layer	0.015-0.020	1860	835	1.20
I4,I5,I6,I8	Insulation	0.04, 0.05, 0.06, 0.08	32	840	0.038
M	Masonry	0.60	2630	810	2.80
P	Plasterboard	0.0125	800	1215	0.17
RS	Roof Slates	0.04	2300	880	2.20
RT	Roofing Clay Tiles	0.04	1920	840	0.72
W	Wood frame	0.04	550	2400	0.17
WP	Waterproof Layer	0.01	32	840	0.038

Πίνακας 5.1.3 Κωδικοί, περιγραφή και πάχος δομικών στρωμάτων από τα οποία αποτελούνται οι συνήθεις τοίχοι και οροφές

5.2 Θερμομονωτικά υλικά

Θερμομονωτικά υλικά είναι τα υλικά εκείνα, που έχουν μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας k . Συνήθως $k < 0,1 \frac{W}{mK}$.

Τα θερμομονωτικά υλικά διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

Ανόργανα υλικά

Διογκωμένος περλίτης, υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας, ορυκτοβάμβακας, θερμομονωτικά τούβλα, μονωτικά σκυροδέματα, διογκωμένη άργιλος, κ.α.

Οργανικά υλικά

Ξυλόμαλλο, γη διατόμων, πολουρεθάνη, διογκωμένη πολυστερίνη, εξηλασμένη πολυστερίνη, πολυστυρόλη, φαινολική ρητίνη, διογκωμένος φελλός, κ.α.

5.2.1 Ιδιότητες θερμομονωτικών υλικών

Οι βασικές ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών είναι οι ακόλουθες:

Θερμοκρασία

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας αυξάνεται με τη θερμοκρασία, οπότε μειώνεται η θερμομονωτική ικανότητα του υλικού. Για θερμοκρασίες μέχρι 100 °C χρησιμοποιούνται συνήθως οργανικά υλικά. Από 100-500 °C χρησιμοποιούνται ανόργανα υλικά και από 500-800 °C χρησιμοποιούνται, κατά προτίμηση, μονωτικά υλικά από γη διατόμων. Τέλος, κατάλληλα υλικά για ψυκτικές εγκαταστάσεις είναι ο εμποτισμένος φελλός, οι αφρώδεις ρητίνες και ο πετροβάμβακας.

Υγρασία

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας αυξάνεται με την υγρασία, οπότε μειώνεται η θερμομονωτική ικανότητα του υλικού. Το φαινόμενο αυτό εξηγείται εύκολα αν σκεφτούμε ότι η θερμική αγωγιμότητα του νερού ($k = 0,57 \frac{W}{m^2}$) είναι 24 φορές μεγαλύτερη από αυτήν του ακίνητου αέρα ($k = 0,024 \frac{W}{m^2}$).

Τα ανόργανα ινώδη μονωτικά υλικά (υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας, σκωριοβάμβακας) επηρεάζονται από την υγρασία, ενώ τα οργανικά αφρώδη μονωτικά υλικά είναι αδιάβροχα.

Ηλιακή ακτινοβολία

Τα αφρώδη οργανικά μονωτικά υλικά κινδυνεύουν άμεσα από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, όταν παραμένουν επί μακρόν εκτεθειμένα σε αυτήν. Έχουμε σταδιακή αλλοίωση του υλικού, μείωση της αντοχής του και απώλεια των θερμομονωτικών ιδιοτήτων.

Μηχανική αντοχή

Η αντοχή των μονωτικών υλικών σε θλιπτικά ή εφελκυστικά φορτία είναι πολύ σημαντική όταν:

1. Η τοιχοποιία είναι φέρουσα και το μονωτικό υλικό ανήκει στα φέροντα στοιχεία της (π.χ. θερμομονωτικά τούβλα).
2. Το μονωτικό υλικό τοποθετηθεί σε ψευδοροφές με μεγάλα ανοίγματα.

Τα οργανικά αφρώδη μονωτικά υλικά έχουν μεγαλύτερη μηχανική αντοχή από τα ανόργανα ινώδη.

5.2.2 Είδη θερμομονωτικών υλικών

Τα σπουδαιότερα θερμομονωτικά υλικά είναι:

Διογκωμένος περλίτης

Παράγεται από τον περλίτη (ορυκτό ηφαιστειακής προέλευσης) με κατάλληλη θερμική επεξεργασία στους 900 °C, ο οποίος διογκώνεται κατά 10 – 25 φορές και θραύεται σε μικρούς κόκκους, που περιέχουν αέρα στο εσωτερικό τους. Δεν προσβάλλει τα μέταλλα, αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες, δεν προσβάλλεται από την υγρασία και τους μύκητες και χρησιμοποιείται στην παρασκευή μονωτικών επιχρισμάτων (περλιτικά επιχρίσματα). Ο φυσικός περλίτης χρησιμοποιείται σαν αδρανές υλικό ή υλικό πλήρωσης για την κατασκευή θερμομονωτικών τοιχωμάτων, δαπέδων και ταρατσών. Η εμπορική του ονομασία είναι Perlomin.

Υαλοβάμβακας

Παράγεται από την ινοποίηση ρευστού πυριτικού γυαλιού και είναι ινώδες μονωτικό υλικό. Προσβάλλεται από την υγρασία και το υδροχλωρικό οξύ και είναι άκαυστος. Έχει πολύ καλές ηχομονωτικές ιδιότητες και στο εμπόριο υπάρχει σε διάφορες μορφές (πάπλωμα με ή χωρίς επικάλυψη, πλάκες κοινές, πλάκες ενισχυμένες, πλάκες σκληρές, κ.τ.λ.). Χρησιμοποιείται στις οροφές, τα δάπεδα και τους τοίχους, καθώς και στη θερμομόνωση θερμοσίφωνων και ηλεκτρικών οικιακών συσκευών. Στους τοίχους τοποθετείται ανάμεσα σε δύο σειρές τούβλων, εξωτερικά (καλύπτεται με μάρμαρο ή άλλο οικοδομικό υλικό) ή εσωτερικά (καλύπτεται με ξύλο ή γυψοσανίδα).

Πετροβάμβακας

Παράγεται από μίγμα ασβεστόλιθων, δολομιτών και βωξιτών και είναι ινώδες μονωτικό υλικό. Προσβάλλεται από την υγρασία, είναι άκαυστος και έχει ηχομονωτικές

ιδιότητες. Στο εμπόριο υπάρχει σε διάφορες μορφές και χρησιμοποιείται σε μονώσεις σωληνώσεων, δοχείων και βιομηχανικών εγκαταστάσεων, με θερμοκρασία έως 1100 °C.

Ορυκτοβάμβακας

Παράγεται από ίνες ορυκτών υλικών και διατίθεται σε πλάκες απλές, πλάκες επενδεδυμένες με φύλλο αλουμινίου ή υαλοϋφασμα και χύμα. Χρησιμοποιείται σε οικοδομικές μονώσεις (θερμικές και ακουστικές), καθώς και σε μονώσεις σωληνώσεων, αεραγωγών και βιομηχανικών εγκαταστάσεων με θερμοκρασία έως 750 °C.

Θερμομονωτικά τούβλα

Τα θερμομονωτικά τούβλα είναι τούβλα στη μάζα των οποίων έχουν δημιουργηθεί μικρές σφαιρικές κοιλότητες με αέρα. Αυτό επιτυγχάνεται με την πρόσμιξη στην άργιλο, πριν ακόμα ψηθεί, κόκκων διογκωμένης πολυστερίνης. Κατά το ψήσιμο η πολυστερίνη καίγεται και αφήνει κυψέλες με αέρα στη μάζα της αργίλου. Κατασκευάζονται σε πολλές διαστάσεις, έχουν το χρώμα και τη μορφή των κοινών τούβλων και είναι ελαφρύτερα από τα κοινά διάτρητα τούβλα κατά 25 – 40%. Αντέχουν στον παγετό και στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες και παρά το γεγονός ότι απορροφούν υγρασία, έχουν τη δυνατότητα να την επαναποδώσουν εύκολα στην ατμόσφαιρα και να στεγνώσουν. Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή εξωτερικών τοίχων χωρίς τη χρήση άλλου θερμομονωτικού υλικού και επιχρίονται (εσωτερικά – εξωτερικά) με όλα τα επιχρίσματα που εφαρμόζονται στα κοινά τούβλα.

Τούβλα με ενσωματωμένη μόνωση

Τα τούβλα με ενσωματωμένη μόνωση είναι κοινά τούβλα σχεδιασμένα έτσι, ώστε στη διατομή τους να αφήνεται χώρος για την τοποθέτηση ενός θερμομονωτικού υλικού (κυρίως πολυουρεθάνης) μετά το ψήσιμο. Είναι άκαυστα, το βάρος τους διαφέρει ελάχιστα από αυτό των κοινών τούβλων και η συμπεριφορά τους στην υγρασία μοιάζει με εκείνη των θερμομονωτικών τούβλων.

Μονωτικά σκυροδέματα

Τα μονωτικά σκυροδέματα έχουν σαν συνδετική ύλη το τσιμέντο και ως αδρανή ειδικά υλικά, που εξασφαλίζουν την παρουσία φυσαλίδων αέρα και έτσι εμφανίζουν θερμομονωτικές ιδιότητες. Τα σπουδαιότερα μονωτικά σκυροδέματα είναι το κυψελωτό μπετόν ή ελαφρομπετόν, το περλομπετόν και το κισσηρομπετόν.

Ξυλόμαλλο

Το ξυλόμαλλο παράγεται από την ανάμειξη ινών ξύλου ή ροκανιδιών με τσιμέντο ή μαγνησίτη και το τελικό προϊόν είναι απλές συμπαγείς πλάκες ή πλάκες τύπου σάντουιτς, με εκατέρωθεν εξωτερικές στρώσεις ξυλόμαλλου και ενδιάμεση στρώση διογκωμένης πολυστερίνης, εξηλασμένης πολυστερίνης ή πετροβάμβακα. Οι πλάκες δεν κινδυνεύουν από σάπισμα, μύκητες ή άλλους μικροοργανισμούς, καίγονται δύσκολα, είναι εύκολες στη χρήση τους και συναντώνται στη θερμομόνωση μεγάλων οριζόντιων και κατακόρυφων επιφανειών, που πρέπει να σοβατιστούν και στη θερμομόνωση πλακών οροφής και δαπέδων. Η εμπορική ονομασία του είναι Heraklith.

Γη διατόμων

Παράγεται από το πέτρωμα που σχηματίζεται από τα κελύφη των διατομών (μονοκύτταρα φύκη), τα οποία καθιζάνουν στον πυθμένα των θαλασσών και των λιμνών. Έχει τη μορφή σκόνης, αντέχει σε θερμοκρασίες μέχρι 800 °C και χρησιμοποιείται για την παραγωγή πυρίμαχων τούβλων και την επένδυση σωληνώσεων στη βιομηχανία, αφού πρώτα αναμειχθεί με κατάλληλο συνδετικό υλικό.

Πολυουρεθάνη

Η πολυουρεθάνη είναι σκληρό αφρώδες μονωτικό υλικό και παράγεται από την ανάμειξη του ισοκυανικού και της πολυόλης. Με τη βοήθεια αντλιών τα δύο στοιχεία οδηγούνται με υψηλή πίεση και ταχύτητα σε ένα μικρό θάλαμο, όπου αναμειγνύονται

και, στη συνέχεια, εκτοξεύονται στην προς μόνωση επιφάνεια. Εκεί, σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, αρχίζει η χημική αντίδραση μεταξύ των στοιχείων και η μαλακή μάζα σκληρύνεται και γίνεται στερεά και ελαφρά. Στο εμπόριο βρίσκεται υπό μορφή πλακών και χρησιμοποιείται για τη θερμομόνωση κεκλιμένων δωματίων από μπετόν, οροφών pilotis, εξωτερικών τοίχων, σωληνώσεων, αεραγωγών, δεξαμενών κ.τ.λ.

Διογκωμένη πολυστερίνη (εμπορική ονομασία: Felizol)

Είναι αφρώδες μονωτικό υλικό και παράγεται από μονομερές στυρένιο με πολυμερισμό. Αποτελείται από μεγάλο αριθμό, ομοιόμορφα κατανομημένων, κλειστών κυψελίδων και στην τελική της μορφή, η πολυστερίνη, αποτελεί μόνο το 2 – 5% του συνολικού όγκου, ενώ ο υπόλοιπος όγκος καλύπτεται από αέρα. Δεν απορροφά υγρασία, αλλοιώνεται από οργανικούς διαλύτες, δεν έχει ηχομονωτικές ιδιότητες και δεν αντέχει σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 100 °C. Είναι φθινό υλικό και χρησιμοποιείται υπό μορφή πλακών για τη μόνωση τοίχων, δαπέδων, ταρατσών κ.τ.λ.

Εξηλασμένη πολυστερίνη

Είναι αφρώδες μονωτικό υλικό, συγγενές με τη διογκωμένη πολυστερίνη, αλλά με πολύ καλύτερες ιδιότητες από αυτήν. Οι κρύσταλλοι της πολυστερίνης αναμειγνύονται με ειδικά βελτιωμένα πρόσθετα και διογκωτικά αέρια, δημιουργώντας ένα παχύρρευστο μίγμα. Το μίγμα ομογενοποιείται υπό αυτόματες και απόλυτα ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης και διαμορφώνεται τελικά σε πλάκες επιθυμητών διαστάσεων, που χρησιμοποιούνται για τη μόνωση τοίχων, δαπέδων, δωματίων και ψυκτικών θαλάμων.

Έχει δομή μικρών κλειστών κυψελίδων διαμέτρου 0,05 – 0,5 mm και στην τελική της μορφή η πολυστερίνη αποτελεί μόνο το 3 – 4% του συνολικού όγκου, ενώ ο υπόλοιπος όγκος καλύπτεται από αέρα. Δεν επηρεάζεται από βροχή, χιόνι ή παγωνιά, δεν απορροφά υγρασία και δεν πρέπει να εκτίθεται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 75 °C.

Πολυστυρόλη

Η πολυστυρόλη είναι ένα μονωτικό υλικό που αποτελείται από πολύ μικρές ισομεγέθεις και ομοιόμορφα κατανεμημένες κυψελίδες, το οποίο παρουσιάζει μεγάλη αντίσταση στην απορρόφηση υγρασίας και έχει μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ($\lambda = 0,027 - 0,038 \frac{W}{mK}$). Παράγεται σε σκληρές πλάκες γαλάζιου χρώματος και χρησιμοποιείται στις οικοδομές (οροφές, τοίχοι, δάπεδα), τις αγροτικές εγκαταστάσεις και τη βιομηχανία.

Φαινολική ρητίνη

Η φαινολική ρητίνη είναι αφρώδες μονωτικό υλικό, που παράγεται με ειδικά μηχανήματα στην οικοδομή και μεταφέρεται με σωλήνες σε υγρή μορφή μέχρι το σημείο τοποθέτησης, όπου αφοροποιείται και στερεοποιείται σε χρόνο 60sec. Χρησιμοποιείται μεταξύ δομικών στοιχείων που παρουσιάζουν διάκενα και μπορεί να τοποθετηθεί ακόμα και σε κτίρια που κατοικούνται. Για την πλήρωση του διακένου ανοίγονται τρύπες διαμέτρου 2 cm σε απόσταση 1 m μεταξύ τους, στις οποίες διοχετεύεται το αφρώδες υλικό μέχρι να εμφανιστεί ο αφρός στις παραπλήσιες τρύπες.

Armaflex

Είναι εύκαμπτο μονωτικό υλικό, που χρησιμοποιείται στις σωληνώσεις των θερμοϋδραυλικών εγκαταστάσεων και του κλιματισμού. Διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία του κυκλοφορούντος υγρού, μειώνει τους θορύβους από τη ροή του νερού στις υδραυλικές εγκαταστάσεις και δεν επιτρέπει το σχηματισμό συμπυκνώσεων στην επιφάνεια των σωλήνων κρύου νερού και κλιματισμού.

Τέλος, υπάρχει μία ομάδα θερμομονωτικών υλικών, που ονομάζονται οικολογικά γιατί καλύπτουν τα παρακάτω κριτήρια:

1. Δεν απαιτούν μεγάλη ενέργεια για την παραγωγή τους.
2. Δεν μολύνουν το περιβάλλον κατά την παραγωγή τους.
3. Είναι ανακυκλώσιμα.
4. Δεν περιέχουν τοξικούς ή καρκινογόνους ρύπους.

Τα σπουδαιότερα οικολογικά υλικά είναι τα ακόλουθα:

Διογκωμένη άργιλος (εμπορική ονομασία: Lega)

Είναι ένα αδρανές υλικό, που παράγεται από την πύρωση της φτωχής σε ασβέστιο αργίλου. Η πύρωση γίνεται σε φυγοκεντρικούς φούρνους και σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, οπότε το υλικό διογκώνεται και σκάει. Χρησιμοποιείται για την παρασκευή μονωτικού σκυροδέματος (αργιλομπετόν), τσιμεντόλιθων και ελαφρών προκατασκευασμένων στοιχείων.

Διογκωμένος φελλός

Ο φυσικός φελλός παράγεται από το φλοιό του φελλοδρύ (φελλόδεντρο). Ο φελλός χρησιμοποιείται με τρεις τρόπους : α) Με τη μορφή φελλοψηφίδας (τριμμάτα φελλού), β) Με τη μορφή φελλάλευρου (άλεσμα τριμμάτων φελλού), γ) Με τη μορφή πλακών, που προκύπτουν από τη συμπίεση διογκωμένων τριμμάτων φελλού ή από την ανάμειξή τους με κατάλληλη συνδετική ύλη (π.χ. άργιλος, ρυτίνη). Η διόγκωση των τριμμάτων γίνεται με θέρμανσή τους στους 400 °C. Οι πλάκες διογκωμένου φελλού χρησιμοποιούνται για τη θερμομόνωση τοίχων, δαπέδων και ταρατσών, αλλά έχουν επίσης και εξαιρετικές ηχομονωτικές ικανότητες. Τέλος, χρησιμοποιούνται ακόμη στις ψυκτικές εγκαταστάσεις της βιομηχανίας και σε ψυκτικούς θαλάμους επαγγελματικής ή οικιακής χρήσης.

Λιναρόμαλλο

Παράγεται από λινάρι.

Ρολό από υπολείμματα βαμβακιού

Ρολό από ίνες κοκοφοίνικα

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι όλα τα μονωτικά υλικά γερνάνε, χωρίς να γνωρίζουμε με ακρίβεια τους μηχανισμούς γήρανσης. Σίγουρο όμως είναι ότι υπάρχει συνεχής μεταβολή της αρχικής ισορροπίας των στερεών και αέριων συστατικών τους, που σημαίνει ότι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας k αυξάνεται συνεχώς.

5.2.3 Τα πιο εξελιγμένα θερμομονωτικά υλικά σήμερα [6]

Σε αυτό το κεφάλαιο θα κάνουμε μια σύντομη περιγραφή των πιο πρόσφατων θερμομονωτικών υλικών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή σήμερα.

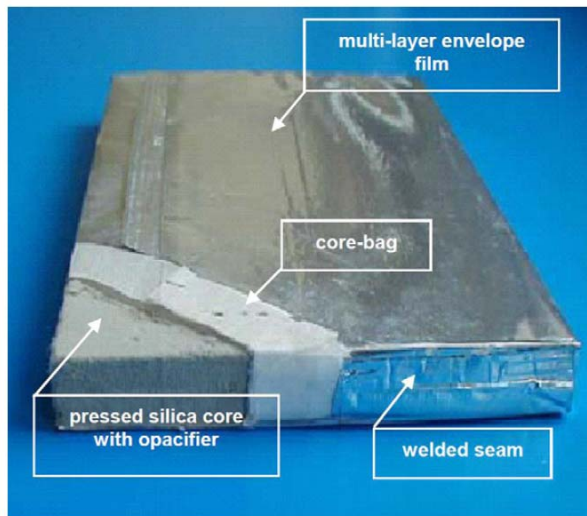
Vacuum insulation panel (VIP)

Το Vacuum insulation panel (VIP) αποτελείται από ένα ανοικτό πορώδη πυρήνα πυρογενούς πυριτίου, περικλειόμενο από πολλαπλά επίπεδα επιμεταλλωμένης πολυμερούς μεμβράνης (σχήματα 5.2.3.1, 5.2.3.2 και 5.2.3.3). Τα VIPs αντιπροσωπεύουν τα σημερινά πιο εξελιγμένα υλικά θερμομόνωσης, με την τιμή της θερμικής τους διαπερατότητας να κυμαίνεται μεταξύ 3 και $4 \frac{mW}{mK}$, όταν είναι σε καλή

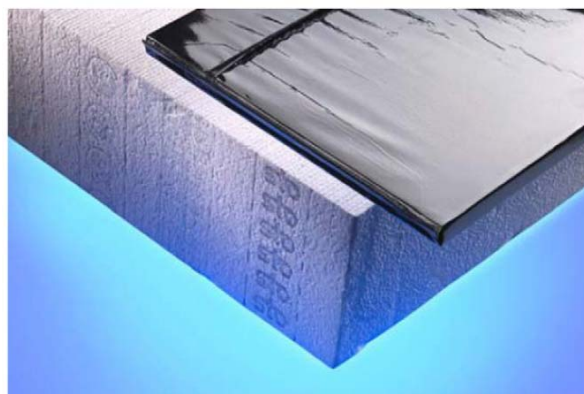
κατάσταση και περίπου

$8 \frac{mW}{mK}$) μετά από 25 χρόνια χρησιμοποίησης. Η πτώση αυτή στην απόδοση οφείλεται σε

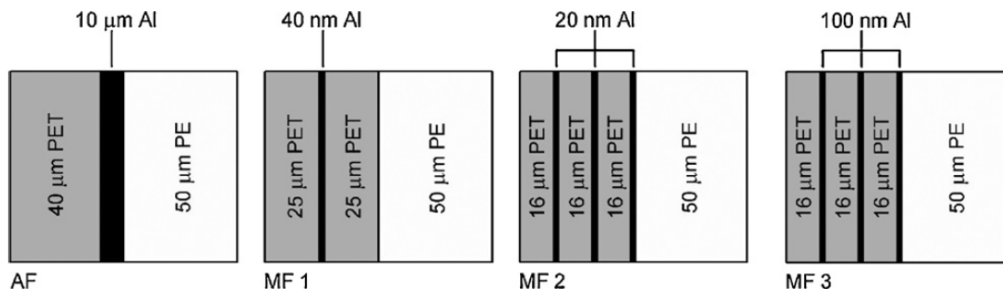
υδρατμούς και διείσδυση του αέρα μέσω του πορώδους πυρήνα του.



Σχήμα 5.2.3.1 Τυπική VIP δομή όπου φαίνονται τα κύρια συστατικά του.

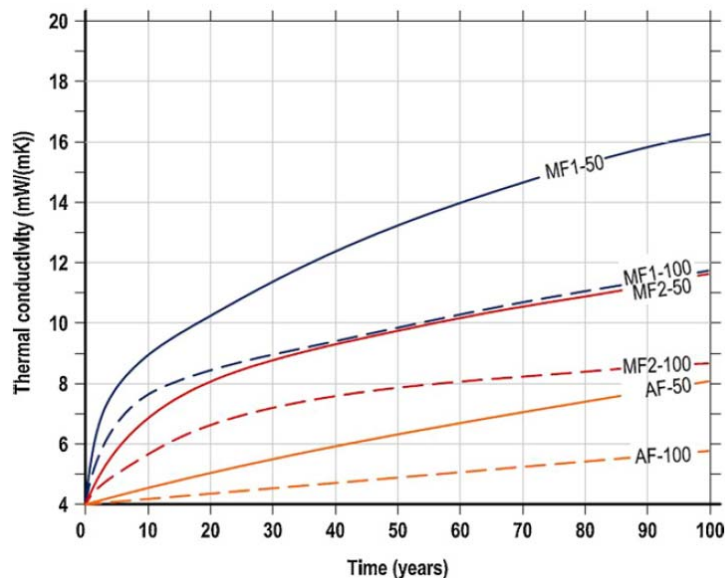


Σχήμα 5.2.3.2 Σύγκριση παχών μεταξύ παραδοσιακού θερμομονωτικού υλικού και VIP ιδίων θερμικών αντιστάσεων.



Σχήμα 5.2.3.3 Εγκάρσιες διατομές τυπικού κελύφους υλικών για VIPs: (α) μεταλλική ταινία, (β) μονού επιπέδου επιμεταλλωμένη ταινία και (γ και δ) τριπλού επιπέδου επιμεταλλωμένες ταινίες.

Ανάλογα με τον τύπο του VIP κελύφους, η τιμή της θερμικής διαπερατότητας μετά από 50 ή 100 χρόνια θα είναι περίπου ίδια ή σημαντικά υψηλότερη από αυτήν την τιμή (σχήμα 5.2.3.4). Αυτή η αναπόφευκτη αύξηση της θερμικής διαπερατότητας αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό μειονέκτημα της όλα VIPs. Το τρύπημα ενός VIP κελύφους, το οποίο μπορεί να προκληθεί από καρφιά ή κάτι παρόμοιο, προκαλεί μια αύξηση της θερμικής διαπερατότητας, με τελική τιμή περίπου $20 \frac{mW}{mK}$.



Σχήμα 5.2.3.4 Θερμική διαπερατότητα των VIPs για δύο διαφορετικών μεγεθών πάνελα ($50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ και $100 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$) και για τρία υλικά κελύφους.

Ως αποτέλεσμα, τα VIPs δεν είναι δυνατό να κοπούν για να προσαρμοστούν στην πλευρά του εκάστοτε κτιρίου ή να διατρυπηθούν, χωρίς να χαθεί ένα μεγάλο μέρος της θερμομονωτικής τους απόδοσης. Αυτό αποτελεί ακόμα ένα σημαντικό μειονέκτημα των VIPs.

Αρκετοί συγγραφείς έχουν αρχίσει να ασχολούνται με διάφορες πτυχές των VIPs, από αναλυτικά μοντέλα, θερμογέφυρες και θερμική διαπερατότητα, διείσδυση αέρα και υγρασίας, μέχρι γήρανση και ποιοτικό έλεγχο και πως όλα μπορούν να εισάγουν τα VIPs στην κατασκευή κτηρίων. Παρόλα τα μεγάλα μειονεκτήματα των VIPs, συμπεριλαμβανομένου και του σχετικά υψηλού κόστους, πραγματοποιούν ένα μεγάλο άλμα προς τα εμπρός όσον αφορά τη θερμομόνωση που εφαρμόζεται σε κτίρια. Θερμικές διαπερατότητες με τιμές 5 και 10 φορές -ανάλογα με το χρόνο γήρανσης – μικρότερες από τις τιμές των παραδοσιακών θερμομονωτικών υλικών, όπως πετροβάμβακας και προϊόντα πολυστυρολίου, θα είναι ιδιαίτερα σημαντικές στην προσπάθεια της επίτευξης των απαιτήσεων των παθητικών κατοικιών και των μη ενεργοβόρων ή αλλιώς πράσινων κτηρίων. Πάχος θερμομονωτικού υλικού που φτάνει 50 cm ή και παραπάνω, σε τοίχους και οροφές δεν είναι επιθυμητό (βλέπε σχήμα 5.2.3.2 για οπτική σύγκριση των παχών). Τα κτιριακά κελύφη με θερμομόνωση μεγάλου πάχους ενδέχεται να απαιτούν νέες τεχνικές κατασκευής και ιδιαίτερες δεξιότητες. Επομένως, η μεταφορά στοιχείων τέτοιων κτιρίων οδηγεί σε αύξηση του κόστους, ενώ ενδέχεται να υπάρξουν προβλήματα λόγω περιορισμών ύψους όσον αναφορά τη μετακίνηση μέσω διαφόρων γεφυρών και σηράγγων.

Κατασκευαστικοί περιορισμοί κατά τη διάρκεια επεμβάσεων σε υφιστάμενα κτίρια π.χ. από τις νόμιμες αρχές ή λόγω πρακτικών περιορισμών που αφορούν τους υαλοπίνακες και άλλα κατασκευαστικά κομμάτια μπορούν να απαιτούν θερμομονωτικά υλικά λεπτότερου πάχους και μεγάλης απόδοσης.

Έτσι, ακόμη και αν τα VIPs δεν είναι η τέλεια λύση για το μέλλον, μπορεί να είναι η καλύτερη λύση για πολλά κτιριακά κελύφη σήμερα και στο κοντινό μέλλον, τόσο όσον αφορά τη μείωση της θερμικής κατανάλωσης σήμερα, αλλά και από οικονομικής απόψεως.

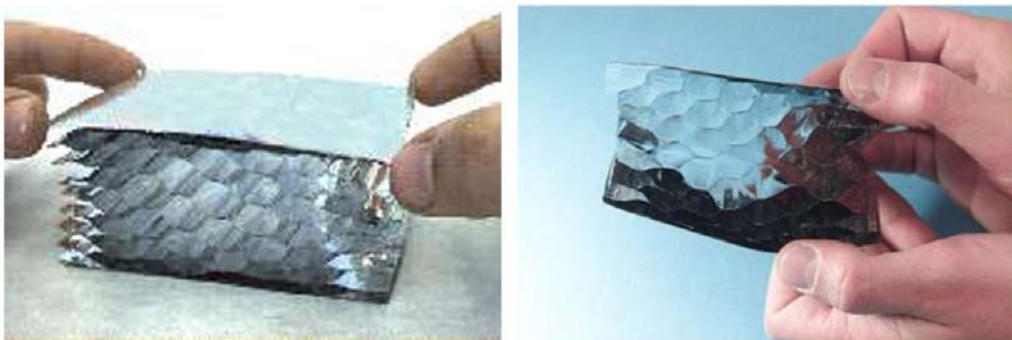
Gas-filled panels (GFP)

Κοντά στα VIPs ,όσον αναφορά τις αρχές τους, είναι η τεχνολογία των πανέλων με πλήρωση αερίου ή αλλιώς (GFP),η οποία μελετήθηκε από τους [22,23] και [36] μεταξύ άλλων.

Η πρόσφατη έρευνα των GFPs για εφαρμογή σε κτίριο έγινε από [7]. Το υλικό GFPs περιέχουν αέριο λιγότερο θερμικά αγωγίμο από τον αέρα, όπως π.χ. αργό , κρυπτό (Kr) και ξένο (Xe), αντί του κενού που χρησιμοποιείται στα VIPs. Η δομή των GFPs υλικών εμφανίζεται στο σχήμα 5.2.3.5.

Η διατήρηση της χαμηλής θερμοπερατότητας του αερίου στο εσωτερικό των GFPs και η αποφυγή διείσδυσης αέρα και υγρασίας μέσα σε αυτά έχουν ζωτική σημασία για την θερμική απόδοση των πανέλων αυτών.

Το κενό αποτελεί καλύτερο θερμομονωτικό υλικό από τα διάφορα αέρια τα οποία περιέχονται σε GFPs. Από την άλλη πλευρά, η δομή πλέγματος των GFPs δεν χρειάζεται να ανταπεξέλθει σε εσωτερικά διάκενα, όπως συμβαίνει με τα VIPs. Χαμηλής εκπομπής επιφάνειες στο εσωτερικό των GFPs μειώνουν τη μεταφορά θερμότητας λόγω ακτινοβολίας. Οι θερμικές διαπερατότητες για πρότυπο GFPs υπολογίζονται πολύ υψηλές (παίρνουν τιμές 40 mW/mK),ωστόσο πολύ χαμηλότερες είναι οι θεωρητικές τιμές που έχουν υπολογιστεί. Ως εκ τούτου, τα GFPs διατηρούν πολλά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των VIPs.Ωστόσο, το μέλλον των GFPs ως θερμομονωτικά υλικά μπορεί να αμφισβητηθεί, σε σύγκριση με τα VIPs υλικά τα οποία αποτελούν καλύτερη επιλογή τόσο για το σήμερα όσο και το αύριο.

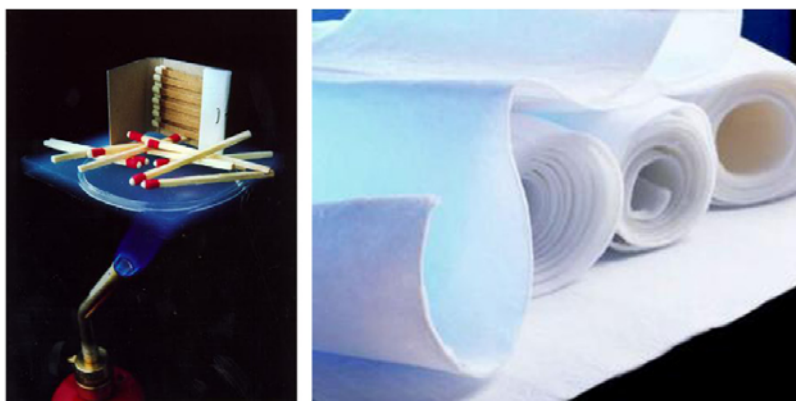


Σχήμα 5.2.3.5 Δομή ενός GFP.

Aerogels

Τα aerogels (σχήμα 5.2.3.6) αντιπροσωπεύουν μία τεχνολογία αιχμής όσον αφορά τα θερμομονωτικά υλικά και μπορεί να είναι η πλέον υποσχόμενη μεταξύ όλων των υφιστάμενων τεχνολογιών. Χρησιμοποιείται μαύρος άνθρακας προκειμένου να αποφευχθεί η μεταφορά θερμότητας λόγω ακτινοβολίας. Έχει τιμές θερμικής διαπερατότητας τόσο χαμηλές, που φτάνουν την τιμή των $4 \frac{mW}{mK}$ σε πίεση 50 mbar. Ωστόσο, τα aerogels που είναι διαθέσιμα στο εμπόριο έχει παρατηρηθεί ότι παρουσιάζουν θερμική διαπερατότητα μεταξύ 13 και $14 \frac{mW}{mK}$, σε πίεση περιβάλλοντος [2,3].

Το κόστος παραγωγής του aerogels θεωρείται ακόμη πολύ υψηλό. Τα aerogels έχουν μια σχετικά υψηλή αντοχή σε συμπίεση, αλλά είναι πολύ εύθραυστα λόγω της πολύ χαμηλής αντοχής σε εφελκυσμό. Η αντοχή σε εφελκυσμό μπορεί να αυξηθεί με την ενσωμάτωση μιας μήτρας ινών άνθρακα. Μια πολύ ενδιαφέρουσα πτυχή των aerogels είναι ότι μπορούν να παραχθούν είτε ως αδιαφανές, ημιδιαφανές ή διαφανές υλικά, επιτρέποντας ένα μεγάλο εύρος πιθανών εφαρμογών. Προκειμένου τα aerogels να διαδοθούν ως θερμομονωτικό υλικό για αδιαφανείς εφαρμογές, τα κόστη πρέπει να μειωθούν σημαντικά.



Σχήμα 5.2.3.6 (Αριστερά) Σπίρτα πάνω από Aerogel τα οποία προστατεύονται από τη φλόγα που βρίσκεται από κάτω-(Δεξιά) Παράδειγμα Aerogel ως υψηλής απόδοσης θερμομονωτικό υλικό.

5.3 Σύγκριση παραδοσιακών με σύγχρονα θερμομονωτικά υλικά [6]

Σύγκριση αδυναμιών και πλεονεκτημάτων

Συγκρίνοντας τη παραδοσιακή, τη τεχνολογικά προηγμένη και τη μελλοντική θερμομόνωση κτιρίων και τις λύσεις και τις προοπτικές που αυτά υπόσχονται, μπορούν να εξαχθούν ορισμένα χρήσιμα συμπεράσματα.

Η ευρωστία των παραδοσιακών θερμομονωτικών υλικών

Τα παραδοσιακά θερμομονωτικά υλικά είναι τα πιο ανθεκτικά, με σεβασμό σε ζητήματα διάρτησης ευπάθειας και ευελιξίας όπως π.χ. δυνατότητα να προσαρμόζονται στην εκάστοτε κατασκευή. Ωστόσο, τα παραδοσιακά θερμομονωτικά υλικά έχουν σχετικά υψηλές τιμές θερμικής διαπερατότητας, πράγμα το οποίο σε κρύα κλίματα ενδέχεται να απαιτούν κελύφη υπερβολικά μεγάλου πάχους προκειμένου να επιτύχουν τους στόχους των παθητικών σπιτιών ή των μη ενεργοβόρων κτιρίων. Επιπλέον, αυξάνεται σημαντικά η θερμική αγωγιμότητα με αποτέλεσμα την αύξηση και της υγρασίας όσον αφορά τα παραδοσιακά θερμομονωτικά υλικά, δηλαδή πρόκειται για θέμα ευπάθειας ως προς την πρόσληψη υγρασίας. Τα παραδοσιακά θερμομονωτικά υλικά με τη χαμηλότερη θερμική αγωγιμότητα είναι η πολυουρεθάνη (PUR), με τιμές κάτω από την τιμή των $20 \frac{mW}{mK}$ σε σύγκριση με τα υπόλοιπα παραδοσιακά υλικά τα οποία κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 30 και $40 \frac{mW}{mK}$. Ωστόσο, το τοξικό αέριο το οποίο αποδεσμεύεται από το PUR κατά τη διάρκεια πυρκαγιάς διεγείρει σοβαρά ζητήματα υγειονομικού κινδύνου.

Θερμική αγωγιμότητα των θερμομονωτικών υλικών αιχμής

Τα δύο πλέον υποσχόμενα θερμομονωτικά υλικά αιχμής είναι θερμομονωτικά πλαίσια (VIP) και τα aerogels, τα οποία παρουσιάζουν αισθητά χαμηλότερες τιμές

θερμικής αγωγιμότητας από τα παραδοσιακά υλικά. Το μέλλον των θερμομονωτικών πανέλων (GFP) θεωρείται αμφίβολο, αφού τα VIPs φαίνεται να είναι καλύτερη επιλογή αν σκεφτεί κανείς ότι μπορούν να επιτύχουν τις ίδιες χαμηλές τιμές θερμικής αγωγιμότητας με τα τελευταία όμως να είναι και πιο ανθεκτικά. Συγκρίνοντας μεταξύ τους τα διάφορα θερμομονωτικά υλικά, η λύση των VIP έχει αναμφίβολα τη χαμηλότερη τιμή θερμικής αγωγιμότητας από όλα, δηλαδή τυπική τιμή περίπου $4 \frac{mW}{mK}$, υπό την προϋπόθεση ότι δεν έχει υποστεί φθορά λόγω γήρανσης, ενώ αντίστοιχα για τα aerogel η τιμή είναι $3 \frac{mW}{mK}$. Ωστόσο, η θερμική αγωγιμότητα των VIP αυξάνεται με το πέρασμα του χρόνου λόγω στην υγρασία και τη διείσδυση του αέρα μέσω διάχυσης, με αποτέλεσμα την επίτευξη μιας τιμής της τάξης των $20 \frac{mW}{mK}$. Η αγωγιμότητα των aerogels από την άλλη πλευρά δεν θεωρείται ότι αυξάνεται σημαντικά με το χρόνο και δεν παρουσιάζει κανένα ιδιαίτερο πρόβλημα. Τόσο τα VIPs όσο και τα aerogels είναι πολύ δαπανηρά, αλλά έχει αποδειχθεί ότι τα VIPs μπορεί να είναι οικονομικά αποδοτικά, ενώ τα aerogels με τη διαφανή τους μορφή μπορούν να αποδειχθούν ιδιαίτερα χρήσιμα εφόσον κανείς είναι διατεθειμένος να δαπανήσει αρκετά χρήματα.

Κεφάλαιο 6^ο

ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

6.1 Εσωτερικό θερμικό κέρδος λόγω φωτισμού

Στις παραγράφους που ακολουθούν περιγράφεται η διαδικασία υπολογισμού των εσωτερικών θερμικών κερδών τα οποία οφείλονται στην ύπαρξη και λειτουργία του φωτισμού, στις ανθρώπινες δραστηριότητες καθώς και στη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών. Επίσης αναδύονται οι θερμικές απώλειες του κτιρίου, δίνονται οι ορισμοί της διείσδυσης και της ανανέωσης του αέρα, περιγράφεται η διαδικασία υπολογισμού των απωλειών του κτιρίου λόγω ανανέωσης και διείσδυσης του αέρα, αναφέρονται τρόποι μείωσης των παραπάνω απωλειών και τέλος γίνεται σχολιασμός των εξαγόμενων αποτελεσμάτων.

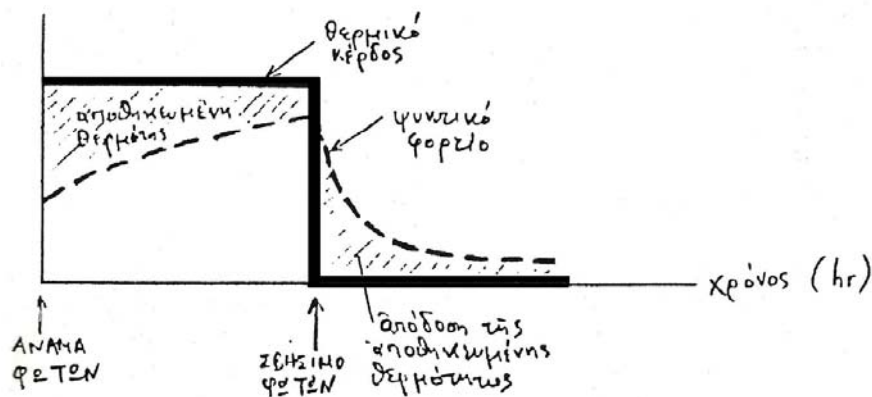
6.1.1 Φωτισμός

Από τη στιγμή που ο φωτισμός ενός χώρου αποτελεί έναν πολύ σημαντικό παράγοντα δημιουργίας του εσωτερικού θερμικού κέρδους, ο ακριβής του υπολογισμός θεωρείται επιτακτική ανάγκη. Ο φωτισμός δημιουργεί αισθητή θερμότητα με τη μετατροπή της ηλεκτρικής ισχύος σε φως και θερμότητα. Η θερμότητα αυτή μεταδίδεται με αγωγιμότητα στα προσκείμενα υλικά, με συναγωγή στον περιβάλλοντα αέρα και με ακτινοβολία στις γύρω επιφάνειες και τα αντικείμενα του χώρου. Το μέρος της θερμότητας που μεταδίδεται με ακτινοβολία απορροφάται από τα δομικά υλικά και τα αντικείμενα του χώρου με αποτέλεσμα την θέρμανση αυτών. Όταν η θερμοκρασία τους γίνει μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία αέρος του χώρου τότε μέρος της θερμότητάς τους μεταφέρεται με συναγωγή στον αέρα.

Η όλη αυτή διαδικασία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο με τον οποίο είναι τοποθετημένα τα φώτα, από την κυκλοφορία του αέρα και από την μάζα της κατασκευής. Είναι προφανές ότι εάν ο φωτισμός είναι τοποθετημένος μέσα σε κοίλωμα της τοιχοποιίας θα μεταφέρει το μεγαλύτερο ποσοστό της θερμότητας του στην περιβάλλουσα κατασκευή, ενώ αν ο φωτισμός είναι κρεμασμένος από την οροφή θα μεταφέρει περισσότερη θερμότητα απευθείας στον αέρα.

6.1.2 Υπολογισμός του εσωτερικού κέρδους λόγω φωτισμού

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, η θερμότητα που έχει απορροφηθεί από τα δομικά υλικά και τα αντικείμενα του χώρου, αποδίδεται με χρονική καθυστέρηση και άρα με την ίδια χρονική καθυστέρηση επιδρά και στο ψυκτικό φορτίο. Η επίδραση αυτή του φωτισμού στο ψυκτικό φορτίο υφίσταται και μετά τη διακοπή της λειτουργίας του. Αυτό φαίνεται και στο σχήμα 6.1.2.1 που ακολουθεί. Από το ίδιο σχήμα προκύπτει ότι εξαιτίας των σχετικά σταθερών φορτίων των φωτιστικών ένα μεγάλο μέρος του φορτίου αποθηκεύεται ακριβώς μετά το άναμμα των φώτων, το οποίο στη συνέχεια ελαττώνεται καθώς τα φώτα συνεχίζουν να είναι αναμμένα.



Σχήμα 5.2.3.4 Επίδραση της θερμικής συσσώρευσης στο ψυκτικό φορτίο [3].

Ακριβώς όπως και στην περίπτωση των υαλοπινάκων έτσι και εδώ αντί του στιγμιαίου θερμικού κέρδους, υπολογίζουμε το στιγμιαίο ψυκτικό φορτίο με τη θεώρηση ότι σε 24ωρη βάση αυτά είναι ίσα. Έτσι λοιπόν το ψυκτικό φορτίο λόγω ηλεκτροφωτισμού δίνεται από την εξής σχέση :

$$q = Pf_u f_s CLF$$

Όπου:

q το ψυκτικό φορτίο λόγω ηλεκτροφωτισμού

P η ηλεκτρική ισχύς όλων των εγκατεστημένων φωτιστικών

- f_u ο συντελεστής χρήσης, δηλαδή το κλάσμα των εγκατεστημένων φωτιστικών που είναι εν λειτουργία υπό τις συνθήκες υπολογισμού προς το σύνολο των εγκατεστημένων φωτιστικών
- f_s ειδικός συντελεστής που έχει εισαχθεί για τους λαμπτήρες φθορισμού και για ειδικούς τύπους φωτιστικών που απαιτούν περισσότερη ενέργεια από την ονομαστική. Λαμβάνει την τιμή 1 για λαμπτήρες πυρακτώσεως και 1,2 για λαμπτήρες φθορισμού.
- CLF ο παράγοντας ψυκτικού φορτίου ο οποίος λαμβάνεται από πίνακες συναρτήσει των ωρών λειτουργίας των φωτιστικών και των παραμέτρων a και b . Η παράμετρος a αντιπροσωπεύει διάφορους τύπους επιπλώσεων, φωτιστικών και αερισμού, ενώ η παράμετρος b αντιπροσωπεύει διάφορες κατασκευές περιβλήματος δωματίου και ρυθμούς κυκλοφορίας αέρος.

6.2 Εσωτερικό θερμικό κέρδος λόγω ανθρώπινης παρουσίας

6.2.1 Παραγωγή θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα

Η θερμότητα που δημιουργείται στον ανθρώπινο οργανισμό με την οξείδωση ονομάζεται μεταβολισμός. Ο ρυθμός μεταβολισμού ποικίλει ανάλογα με το άτομο, τη στάθμη της ενεργητικότητάς του, το είδος της ενδυμασίας του και τις συνθήκες περιβάλλοντος. Το ανθρώπινο σώμα έχει την ικανότητα να διατηρεί την θερμοκρασία του, έστω και αν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος μεταβάλλεται, διατηρώντας ή διαχέοντας τη θερμότητα που παράγεται μέσα σε αυτό.

Αυτή η θερμότητα που δημιουργείται στο εσωτερικό του σώματος μεταφέρεται στην επιφάνεια του με τα αιμοφόρα αγγεία και αποβάλλεται με τους τρεις παρακάτω τρόπους:

1. Ακτινοβολία από την επιφάνεια του σώματος προς το περιβάλλον.
2. Αγωγή και συναγωγή από την επιφάνεια του σώματος και από τα αναπνευστικά όργανα του ανθρώπου στον περιβάλλοντα αέρα.
3. Εξάτμιση της υγρασίας από την επιφάνεια του σώματος και από τα αναπνευστικά όργανα του ανθρώπου στον περιβάλλοντα αέρα.

Το ποσό της θερμότητας που μεταδίδεται με τους γνωστούς τρόπους δηλαδή ακτινοβολία, αγωγή και συναγωγή ονομάζεται αισθητό, προστίθεται άμεσα στο χώρο και προσδιορίζεται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του σώματος και του περιβάλλοντος. Η επιφανειακή θερμοκρασία του σώματος ρυθμίζεται από την ποσότητα του αίματος που αντλείται επιφάνεια. Όσο περισσότερο είναι το αίμα τόσο μεγαλύτερη είναι και η θερμοκρασία με ανώτατο όριο τους 96°F. Το ποσό της θερμότητας που οφείλεται στην προσθήκη υδρατμού στο χώρο ονομάζεται λανθάνον και προσδιορίζεται από τη διαφορά πίεσης του ατμού μεταξύ σώματος και αέρα.

Το λανθάνον θερμικό κέρδος θεωρείται ως στιγμιαίο ψυκτικό φορτίο. Αντίθετα το αισθητό θερμικό κέρδος δεν μετατρέπεται ολόκληρο αμέσως σε ψυκτικό φορτίο, διότι το μεγαλύτερο μέρος αυτού που αποδίδεται υπό τη μορφή ακτινοβολίας, απορροφάται πρώτα από το περίβλημα του χώρου και μεταφέρεται διά συναγωγής στον εσωτερικό

χώρο έπειτα από κάποιο χρονικό διάστημα. Εκτιμάται ότι το αισθητό θερμικό κέρδος λόγω ανθρώπινης παρουσίας μεταδίδεται κατά 70% περίπου με ακτινοβολία ενώ το υπόλοιπο 30% με αγωγή και συναγωγή.

6.2.2 Υπολογισμός του εσωτερικού κέρδους λόγω ανθρώπινης παρουσίας

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο το λανθάνον θερμικό κέρδος θεωρείται στιγμιαίο ψυκτικό φορτίο, ενώ το αισθητό θερμικό κέρδος αποδίδεται με χρονική καθυστέρηση και έτσι για τον υπολογισμό του αισθητού ψυκτικού φορτίου γίνεται και πάλι χρήση του παράγοντα ψυκτικού φορτίου. Άρα το ολικό ψυκτικό φορτίο θα δίνεται από την εξής σχέση:

$$q = N(HG)_l + N(HG)_s CLF$$

Όπου:

q το συνολικό ψυκτικό φορτίο

N το πλήθος των ατόμων στο χώρο

$(HG)_l$ το λανθάνον θερμικό κέρδος

$(HG)_s$ το αισθητό θερμικό κέρδος

CLF ο παράγοντας του ψυκτικού φορτίου, ο οποίος λαμβάνεται ίσος με 1 εάν ο χώρος έχει μεγάλη πυκνότητα ατόμων και εάν η κλιματιστική εγκατάσταση δεν λειτουργεί επί 24ώρου βάσεως.

6.3 Εσωτερικό κέρδος λόγω λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών

Στην περίπτωση των ηλεκτρικών συσκευών τα πράγματα είναι ακόμη πιο ρευστά και υποκειμενικά απ' ότι στην περίπτωση των ανθρώπων και του φωτισμού. Σε γενικές γραμμές πάντως μπορούμε να τονίσουμε ότι όπως και στην περίπτωση των φορτίων λόγω ανθρώπινης παρουσίας, το εσωτερικό κέρδος λόγω λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών χωρίζεται σε λανθάνον και αισθητό. Όσον αφορά το αισθητό κέρδος, όταν η ηλεκτρική συσκευή λειτουργεί με απορροφητήρα όπως π.χ. οι μαγειρικές συσκευές τότε το διά συναγωγής αποδιδόμενο θερμικό κέρδος θεωρείται αμελητέο. Το ίδιο ισχύει και για το λανθάνον θερμικό κέρδος. Επίσης το αισθητό θερμικό κέρδος που μεταδίδεται διά ακτινοβολίας καθυστερεί να επιδράσει στο ψυκτικό φορτίο και έτσι θεωρούμε προσεγγιστικά ότι το ψυκτικό φορτίο λόγω ηλεκτρικών συσκευών δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$q = PCLF$$

Όπου:

P η ισχύς που αποδίδει η ηλεκτρική μηχανή

CLF ο παράγοντας ψυκτικού φορτίου, ο οποίος λαμβάνεται από πίνακες συναρτήσεων των ωρών λειτουργίας της συσκευής και της ύπαρξης ή μη απορροφητήρα.

6.4 Θερμικές απώλειες λόγω διείσδυσης και ανανέωσης

Οι θερμικές απώλειες που οφείλονται στην διείσδυση του αέρα ή στην ανανέωση οφείλονται στη μεταφορά του ζεστού αέρα από το κτίριο προς το περιβάλλον μέσα από τα ανοίγματα και τους αρμούς των κουφωμάτων. Η εναλλαγή του αέρα στον εσωτερικό χώρο είναι αναγκαία για λόγους υγιεινής, για την ανανέωση της ποιότητάς του, για την απομάκρυνση των οσμών, του καπνού και άλλων παραγώγων που προέρχονται από τις δραστηριότητες των ενοίκων.

6.4.1 Διείσδυση

Ως διείσδυση ονομάζουμε την είσοδο του εξωτερικού αέρα από τα διάκενα των κενών και των παραθύρων. Αυτό μπορεί να αποτελέσει πηγή μεγάλων θερμικών κερδών κατά το καλοκαίρι όπου ο εξωτερικός αέρας είναι θερμότερος από τον εσωτερικό και πηγή μεγάλων θερμικών απωλειών κατά το χειμώνα όπου ο εξωτερικός αέρας είναι ψυχρότερος από τον εσωτερικό. Η ποσότητα του αέρα που διεισδύει ποικίλει ανάλογα με τη στεγανότητα των υαλοπινάκων και των θυρών, το πορώδες του κτιριακού σκελετού, το ύψος του κτιρίου, την κατεύθυνση και την ταχύτητα του ανέμου. Η διείσδυση του αέρα μπορεί να προκληθεί με δύο τρόπους:

1. Από την ταχύτητα του ανέμου η οποία προκαλεί πίεση στην προσήνεμη πλευρά του κτιρίου και ελαφρό κενό στην υπήνεμη πλευρά. Η εξωτερική πίεση που δημιουργείται προκαλεί διείσδυση του αέρα μέσω των ρωγμών και των σχισμών της κατασκευής γύρω από τους υαλοπίνακες και τις πόρτες. Αυτό προκαλεί και μία ελαφριά αύξηση της πίεσης εσωτερικά του κτιρίου, αναγκάζοντας ένα ίσο ποσό αέρα να απαχθεί από την υπήνεμη πλευρά.
2. Από το φαινόμενο της καπνοδόχου, σύμφωνα με το οποίο οι διαφορές στην θερμοκρασία και την υγρασία προκαλούν διαφορές πυκνότητας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού αέρα και συνεπώς διείσδυση αέρα με διαφορετική φορά όμως τον χειμώνα από το καλοκαίρι. Έτσι το καλοκαίρι έχουμε διείσδυση στο πάνω μέρος και απαγωγή στο κάτω, ενώ τον χειμώνα διείσδυση στο κάτω

μέρος και απαγωγή στο πάνω. Το ύψος του κτιρίου επηρεάζει κατά πολύ την εξέλιξη του φαινομένου αυτού.

Εάν η επικρατούσα υπερπίεση στον κλιματιζόμενο χώρο είναι επαρκής ώστε να αντισταθμίσει την πίεση του εξωτερικού αέρα στα διάκενα των κουφωμάτων, τότε η διείσδυση του αέρα μηδενίζεται.

6.4.2 Ανανέωση

Ως ανανέωση του αέρος ενός χώρου ορίζεται η ηθελημένη προσαγωγή εξωτερικού αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο, αμέσως ή μέσω της κλιματιστικής συσκευής. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η ανανέωση του αέρα είναι απαραίτητη για τη διάλυση και απομάκρυνση των οσμών και των άλλων βλαπτικών συστατικών του αέρα που δημιουργούνται από τα άτομα. Για αυτό το λόγο οι απαιτήσεις ανανέωσης αέρος ποικίλουν, ανάλογα με την περίπτωση ή την εφαρμογή. Στην περίπτωση της εισαγωγής του αέρα μέσω κλιματιστικής συσκευής, η εισερχόμενη ποσότητα αέρα θα πρέπει να ελεγχθεί ως προς την υγρασία που περιέχει και να ακολουθήσει αφύγρανσή της ή υγρανσή της κατά το καλοκαίρι ή τον χειμώνα αντίστοιχα.

6.4.3 Υπολογισμός των απωλειών λόγω ανανέωσης και διείσδυσης του αέρα

Η διαδικασία υπολογισμού των απωλειών λόγω ανανέωσης και διείσδυσης του αέρα γίνεται όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις με τον υπολογισμό του αντίστοιχου ψυκτικού φορτίου. Αυτό γίνεται διότι κατά την πρόσδοση (ή απαγωγή) θερμότητας σε ένα χώρο λόγω ανανέωσης ή διείσδυσης αέρα, το ψυκτικό φορτίο ταυτίζεται με το θερμικό κέρδος (ή απώλεια) επειδή η προσδιδόμενη (ή απαγόμενη) θερμότητα παραλαμβάνεται (ή απάγεται) απευθείας από τον αέρα του χώρου. Στην περίπτωση αυτή ενδιαφερόμαστε να υπολογίσουμε μόνο τις απώλειες και όχι τα θερμικά κέρδη λόγω ανανέωσης και διείσδυσης.

Το ψυκτικό φορτίο θα δίνεται από τη σχέση:

$$q = 1,23Q(\Delta t)$$

Όπου:

q το ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης και διείσδυσης του αέρα

Q η παροχή του εξωτερικού αέρος

Δt η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρα

6.5 Τεχνικές μείωσης των απωλειών λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρος

Οι θερμικές απώλειες λόγω διείσδυσης μπορούν να περιορισθούν, διασφαλίζοντας ωστόσο την απαραίτητη ανανέωση, για συνθήκες υγιεινής διαβίωσης με τους εξής τρεις τρόπους:

1. Με τη στεγανοποίηση των αρμών των κουφωμάτων.
2. Με τη μείωση των υαλοπινάκων σε πλευρές οι οποίες είναι εκτεθειμένες σε ψυχρούς ανέμους, όπως οι βορινές.
3. Με την τοποθέτηση δένδρων, η παρουσία των οποίων προκαλεί εκτροπή των ψυχρών ανέμων.

Κεφάλαιο 7^ο

ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

7.1 Κ.ΕΝ.Α.Κ. – Καθορισμός απαιτήσεων ενεργειακής αποδοτικότητας

7.1.1 Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας δομικών στοιχείων [7]

Στους πίνακες που ακολουθούν, δίνονται τα όρια των συντελεστών θερμικής διαπερατότητας δομικών διατάξεων του κτιριακού κελύφους, για κάθε κλιματική ζώνη και για κάθε δομική διάταξη (τοιχοποιία, οροφή, δάπεδο, ανοίγματα).

Τοιχοποιία	
	U_T ($Wm^{-2}K^{-1}$)
A κλιματική ζώνη	$\leq 0,7$
B κλιματική ζώνη	$\leq 0,6$
Γ κλιματική ζώνη	$\leq 0,5$
Δ κλιματική ζώνη	$\leq 0,4$

Πίνακας 7.1.1.1 Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας τοιχοποιίας για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες

Οροφή	
	U_o ($Wm^{-2}K^{-1}$)
A κλιματική ζώνη	$\leq 0,5$
B κλιματική ζώνη	$\leq 0,5$
Γ κλιματική ζώνη	$\leq 0,4$
Δ κλιματική ζώνη	$\leq 0,35$

Πίνακας 7.1.1.2 Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας οροφής για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες

Δάπεδο	
	U_{Δ} ($Wm^{-2}K^{-1}$)
A κλιματική ζώνη	$\leq 2,0$
B κλιματική ζώνη	$\leq 1,5$
Γ κλιματική ζώνη	$\leq 0,7$
Δ κλιματική ζώνη	$\leq 0,5$

Πίνακας 7.1.1.3 Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας δαπέδου και εσωτερικής τοιχοποιίας ή δαπέδου που διαχωρίζει κλιματιζόμενο με μη κλιματιζόμενο χώρο για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες

Ανοίγματα	
	U_{YA} ($Wm^{-2}K^{-1}$)
A κλιματική ζώνη	$U_{YA} \leq 3,8$
B κλιματική ζώνη	$U_{YA} \leq 3,2$
Γ κλιματική ζώνη	$U_{YA} \leq 2,8$
Δ κλιματική ζώνη	$U_{YA} \leq 2,8$

Πίνακας 7.1.1.4 Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας ανοιγμάτων για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες

7.1.2 Απαιτήσεις ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων [7]

Για τον καθορισμό των απαιτήσεων ενεργειακής κατανάλωσης για τα νέα και τα ανακαινιζόμενα κτίρια και των κατηγοριών για την κατάταξη των κτιρίων, βάσει της ενεργειακής τους κατανάλωσης, χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία που δίδεται στο πρότυπο prEN 15217:2006.

Σύμφωνα με το πρότυπο, βάσει της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου ("EK"), για θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης (ZNX) και φωτισμό, εκφρασμένης σε $\frac{kWh}{(m^2 \times \acute{\epsilon}τος)}$, ορίζονται κατηγορίες ενεργειακών ορίων, από το A έως το H, συναρτήσει:

α) του δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού αποθέματος (R_s), οποίος αντιστοιχεί στην ενεργειακή κατανάλωση του 50% του κτιριακού αποθέματος,

β) του δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς του κανονισμού (R_r), δηλαδή τη μέγιστη επιτρεπόμενη, από τον κανονισμό, ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων. Οι δείκτες R_r και R_s αφορούν στο σύνολο των ενεργειακών απαιτήσεων (θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης). Και οι δύο δείκτες είναι εκφρασμένοι σε $\frac{kWh}{(m^2 \times \acute{\epsilon}τος)}$.

Βάσει του προτύπου, το μέγιστο όριο της κατηγορίας B είναι ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς του κανονισμού (R_r), ενώ το μέγιστο όριο της κατηγορίας Δ είναι ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού αποθέματος (R_s). Για την περαιτέρω βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων που κατατάσσονται στις κατηγορίες A και B, θεσπίστηκαν οι κατηγορίες A+ και B+. Έτσι, τα όρια των ενεργειακών κατηγοριών που προκύπτουν, ακολουθούν στην επόμενη σελίδα και έχουν ως εξής:

Ενεργειακή Κατηγορία	Όρια κατηγορίας
A+	Για $EK \leq 0.33R_r$
A	Για $0.50R_r \leq EK \leq 0.33R_r$
B+	Για $0.50R_r \leq EK \leq 0.75R_r$
B	Για $0.75R_r \leq EK \leq R_r$
Γ	Για $R_r \leq EK \leq 0.50 (R_r + R_s)$
Δ	Για $0.50 (R_r + R_s) \leq EK < R_s$
E	Για $R_s \leq EK \leq 1.25 R_s$
Z	Για $1.25R_s \leq EK \leq 1.50R_s$
H	Για $1.50R_s \leq EK$

Πίνακας 7.1.2.1 Όρια ενεργειακών κατηγοριών Κ.ΕΝ.Α.Κ

Προκειμένου να ορισθούν τα όρια των ενεργειακών κατηγοριών (σε απόλυτες τιμές) ανά χρήση κτιρίου και ανά κλιματική ζώνη, συλλέχθηκαν στοιχεία από υπάρχουσες ενεργειακές μελέτες, επιθεωρήσεις και καταγραφές, από τις οποίες προέκυψε ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού αποθέματος (R_s) της χώρας, ανά χρήση κτιρίων και κλιματική ζώνη. Ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς του κανονισμού (R_r) λήφθηκε ως το 75% του R_s .

Οι κατηγορίες χρήσης κτιρίων που λήφθηκαν υπόψη, βάσει του Νόμου 3661, φαίνονται στον πίνακα 7.1.2.2 που ακολουθεί. Λαμβάνοντας υπόψη τις 4 κλιματικές ζώνες της χώρας, προέκυψαν όρια ενεργειακών κατηγοριών για 12 χρήσεις κτιρίων σε 4 κλιματικές ζώνες.

No	Χρήση κτιρίου
1	Γραφείο
2	Εκπαιδευτικό κτίριο Πρωτοβάθμιας ή/και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης
3	Εκπαιδευτικό κτίριο Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης
4	Νοσοκομείο - Κλινική
5	Διαγνωστικό κέντρο - Ιατρείο
6	Ξενοδοχείο
7	Εμπορικό κατάστημα
8	Αθλητική εγκατάσταση: Κλειστό γυμναστήριο
9	Αθλητική εγκατάσταση: Κλειστό κολυμβητήριο
10	Μονοκατοικία
11	Πολυκατοικία
12	Αεροδρόμιο

Πίνακας 7.1.2.1 Χρήσεις κτιρίων

Στους πίνακες που ακολουθούν, δίνεται η κλίμακα ενεργειακής βαθμολόγησης του κτιρίου, αναλόγως της ενεργειακής του κατανάλωσης, ανά κατηγορία χρήσης κτιρίου και ανά κλιματική ζώνη. Όλα τα νέα κτίρια, καθώς και τα υφιστάμενα άνω των 1000 τ.μ. που υφίστανται ριζική ανακαίνιση, θα πρέπει να βρίσκονται –κατ’ελάχιστον- εντός του εύρους ενεργειακής κατανάλωσης της κατηγορίας B.

ΓΡΑΦΕΙΟ												
Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης [(kWh/(m ² *έτος)]												
Κλιματική Ζώνη												
	Α		Β		Γ		Δ					
A+		EK <	40		EK <	45		EK <	50		EK <	55
A	40	≤ EK <	60	45	≤ EK <	70	50	≤ EK <	75	55	≤ EK <	85
B+	60	≤ EK <	90	70	≤ EK <	100	75	≤ EK <	110	85	≤ EK <	125
B	90	≤ EK <	120	100	≤ EK <	135	110	≤ EK <	145	125	≤ EK <	165
Γ	120	≤ EK <	140	135	≤ EK <	155	145	≤ EK <	170	165	≤ EK <	195
Δ	140	≤ EK <	160	155	≤ EK <	175	170	≤ EK <	195	195	≤ EK <	220
Ε	160	≤ EK <	200	175	≤ EK <	220	195	≤ EK <	240	220	≤ EK <	275
Ζ	200	≤ EK <	240	220	≤ EK <	265	240	≤ EK <	290	275	≤ EK <	330
Η	240	≤ EK		265	≤ EK		290	≤ EK		330	≤ EK	

Πίνακας 7.1.2.2 Όρια ενεργειακών κατηγοριών γραφείων για τις 4 κλιματικές ζώνες

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ / ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ												
Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης [(kWh/(m ² *έτος))]												
Κλιματική Ζώνη												
	Α			Β			Γ			Δ		
A+		EK <	15		EK <	20		EK <	25		EK <	35
A	15	≤ EK <	25	20	≤ EK <	30	25	≤ EK <	35	35	≤ EK <	55
B+	25	≤ EK <	40	30	≤ EK <	40	35	≤ EK <	50	55	≤ EK <	80
B	40	≤ EK <	50	40	≤ EK <	50	50	≤ EK <	70	80	≤ EK <	105
Γ	50	≤ EK <	60	50	≤ EK <	60	70	≤ EK <	80	105	≤ EK <	120
Δ	60	≤ EK <	65	60	≤ EK <	70	80	≤ EK <	90	120	≤ EK <	140
E	65	≤ EK <	85	70	≤ EK <	90	90	≤ EK <	115	140	≤ EK <	170
Z	85	≤ EK <	100	90	≤ EK <	105	115	≤ EK <	135	170	≤ EK <	205
H	100	≤ EK		105	≤ EK		135	≤ EK		205	≤ EK	

Πίνακας 7.1.2.3 Όρια ενεργειακών κατηγοριών εκπαιδευτικών κτιρίων πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τις 4 κλιματικές ζώνες

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ												
Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης [(kWh/(m ² *έτος))]												
Κλιματική Ζώνη												
	Α			Β			Γ			Δ		
A+		EK <	45		EK <	50		EK <	55		EK <	65
A	45	≤ EK <	65	50	≤ EK <	70	55	≤ EK <	85	65	≤ EK <	95
B+	65	≤ EK <	100	70	≤ EK <	105	85	≤ EK <	125	95	≤ EK <	140
B	100	≤ EK <	130	105	≤ EK <	140	125	≤ EK <	165	140	≤ EK <	185
Γ	130	≤ EK <	150	140	≤ EK <	165	165	≤ EK <	190	185	≤ EK <	215
Δ	150	≤ EK <	170	165	≤ EK <	185	190	≤ EK <	215	215	≤ EK <	245
E	170	≤ EK <	215	185	≤ EK <	235	215	≤ EK <	270	245	≤ EK <	310
Z	215	≤ EK <	255	235	≤ EK <	280	270	≤ EK <	325	310	≤ EK <	370
H	255	≤ EK		280	≤ EK		325	≤ EK		370	≤ EK	

Πίνακας 7.1.2.4 Όρια ενεργειακών κατηγοριών εκπαιδευτικών κτιρίων τριτοβάθμιας εκπαίδευσης για τις 4 κλιματικές ζώνες

ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ / ΚΛΙΝΙΚΗ												
Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης [(kWh/(m ² *έτος))]												
Κλιματική Ζώνη												
	Α			Β			Γ			Δ		
A+		EK <	70		EK <	85		EK <	110		EK <	120
A	70	≤ EK <	105	85	≤ EK <	130	110	≤ EK <	165	120	≤ EK <	180
B+	105	≤ EK <	155	130	≤ EK <	195	165	≤ EK <	250	180	≤ EK <	265
B	155	≤ EK <	205	195	≤ EK <	255	250	≤ EK <	330	265	≤ EK <	355
Γ	205	≤ EK <	240	255	≤ EK <	300	330	≤ EK <	385	355	≤ EK <	415
Δ	240	≤ EK <	270	300	≤ EK <	340	385	≤ EK <	440	415	≤ EK <	470
E	270	≤ EK <	340	340	≤ EK <	425	440	≤ EK <	550	470	≤ EK <	590
Z	340	≤ EK <	405	425	≤ EK <	510	550	≤ EK <	660	590	≤ EK <	705
H	405	≤ EK		510	≤ EK		660	≤ EK		705	≤ EK	

Πίνακας 7.1.2.5 Όρια ενεργειακών κατηγοριών νοσοκομείων και κλινικών για τις 4 κλιματικές ζώνες

ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ / ΙΑΤΡΕΙΟ												
Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης [(kWh/(m ² *έτος))]												
Κλιματική Ζώνη												
	Α			Β			Γ			Δ		
A+		EK <	45		EK <	60		EK <	75		EK <	80
A	45	≤ EK <	70	60	≤ EK <	85	75	≤ EK <	110	80	≤ EK <	120
B+	70	≤ EK <	105	85	≤ EK <	130	110	≤ EK <	165	120	≤ EK <	180
B	105	≤ EK <	135	130	≤ EK <	170	165	≤ EK <	220	180	≤ EK <	235
Γ	135	≤ EK <	160	170	≤ EK <	200	220	≤ EK <	260	235	≤ EK <	275
Δ	160	≤ EK <	180	200	≤ EK <	230	260	≤ EK <	295	275	≤ EK <	315
E	180	≤ EK <	225	230	≤ EK <	285	295	≤ EK <	365	315	≤ EK <	395
Z	225	≤ EK <	270	285	≤ EK <	340	365	≤ EK <	440	395	≤ EK <	470
H	270	≤ EK		340	≤ EK		440	≤ EK		470	≤ EK	

Πίνακας 7.1.2.6 Όρια ενεργειακών κατηγοριών διαγνωστικών κέντρων και ιατρείων για τις 4 κλιματικές ζώνες

ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟ												
Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης [(kWh/(m ² *έτος))]												
Κλιματική Ζώνη												
	Α			Β			Γ			Δ		
A+		EK <	55		EK <	65		EK <	75		EK <	85
A	55	≤ EK <	80	65	≤ EK <	95	75	≤ EK <	110	85	≤ EK <	125
B+	80	≤ EK <	120	95	≤ EK <	140	110	≤ EK <	165	125	≤ EK <	190
B	120	≤ EK <	160	140	≤ EK <	190	165	≤ EK <	220	190	≤ EK <	250
Γ	160	≤ EK <	210	190	≤ EK <	220	220	≤ EK <	255	250	≤ EK <	295
Δ	210	≤ EK <	265	220	≤ EK <	250	255	≤ EK <	290	295	≤ EK <	335
E	265	≤ EK <	330	250	≤ EK <	315	290	≤ EK <	365	335	≤ EK <	415
Z	330	≤ EK <	395	315	≤ EK <	375	365	≤ EK <	435	415	≤ EK <	500
H	395	≤ EK		375	≤ EK		435	≤ EK		500	≤ EK	

Πίνακας 7.1.2.7 Όρια ενεργειακών κατηγοριών ξενοδοχείων για τις 4 κλιματικές ζώνες

ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΗΜΑ												
Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης [(kWh/(m ² *έτος))]												
Κλιματική Ζώνη												
	Α			Β			Γ			Δ		
A+		EK <	60		EK <	65		EK <	70		EK <	75
A	60	≤ EK <	90	65	≤ EK <	100	70	≤ EK <	110	75	≤ EK <	115
B+	90	≤ EK <	135	100	≤ EK <	150	110	≤ EK <	165	115	≤ EK <	170
B	135	≤ EK <	180	150	≤ EK <	200	165	≤ EK <	215	170	≤ EK <	225
Γ	180	≤ EK <	210	200	≤ EK <	230	215	≤ EK <	255	225	≤ EK <	265
Δ	210	≤ EK <	240	230	≤ EK <	265	255	≤ EK <	290	265	≤ EK <	300
E	240	≤ EK <	300	265	≤ EK <	330	290	≤ EK <	360	300	≤ EK <	375
Z	300	≤ EK <	360	330	≤ EK <	395	360	≤ EK <	435	375	≤ EK <	450
H	360	≤ EK		395	≤ EK		435	≤ EK		450	≤ EK	

Πίνακας 7.1.2.8 Όρια ενεργειακών κατηγοριών εμπορικών καταστημάτων για τις 4 κλιματικές ζώνες

ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ: ΚΛΕΙΣΤΟ ΓΥΜΝΑΣΤΗΡΙΟ												
Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης [(kWh/(m ² *έτος))]												
Κλιματική Ζώνη												
	Α			Β			Γ			Δ		
A+		EK <	30		EK <	40		EK <	55		EK <	65
A	30	≤ EK <	45	40	≤ EK <	60	55	≤ EK <	80	65	≤ EK <	100
B+	45	≤ EK <	70	60	≤ EK <	85	80	≤ EK <	120	100	≤ EK <	150
B	70	≤ EK <	90	85	≤ EK <	115	120	≤ EK <	160	150	≤ EK <	195
Γ	90	≤ EK <	105	115	≤ EK <	130	160	≤ EK <	190	195	≤ EK <	230
Δ	105	≤ EK <	120	130	≤ EK <	150	190	≤ EK <	215	230	≤ EK <	260
E	120	≤ EK <	150	150	≤ EK <	185	215	≤ EK <	270	260	≤ EK <	325
Z	150	≤ EK <	180	185	≤ EK <	225	270	≤ EK <	320	325	≤ EK <	390
H	180	≤ EK		225	≤ EK		320	≤ EK		390	≤ EK	

Πίνακας 7.1.2.9 Όρια ενεργειακών κατηγοριών αθλητικών εγκαταστάσεων (κλειστών γυμναστηρίων) για τις 4 κλιματικές ζώνες

ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ: ΚΛΕΙΣΤΟ ΚΟΛΥΜΒΗΤΗΡΙΟ												
Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης [(kWh/(m ² *έτος))]												
Κλιματική Ζώνη												
	Α			Β			Γ			Δ		
A+		EK <	50		EK <	65		EK <	90		EK <	95
A	50	≤ EK <	75	65	≤ EK <	95	90	≤ EK <	135	95	≤ EK <	145
B+	75	≤ EK <	110	95	≤ EK <	145	135	≤ EK <	200	145	≤ EK <	215
B	110	≤ EK <	145	145	≤ EK <	190	200	≤ EK <	265	215	≤ EK <	285
Γ	145	≤ EK <	170	190	≤ EK <	220	265	≤ EK <	310	285	≤ EK <	335
Δ	170	≤ EK <	190	220	≤ EK <	255	310	≤ EK <	355	335	≤ EK <	380
E	190	≤ EK <	240	255	≤ EK <	315	355	≤ EK <	440	380	≤ EK <	475
Z	240	≤ EK <	285	315	≤ EK <	380	440	≤ EK <	530	475	≤ EK <	570
H	285	≤ EK		380	≤ EK		530	≤ EK		570	≤ EK	

Πίνακας 7.1.2.10 Όρια ενεργειακών κατηγοριών αθλητικών εγκαταστάσεων (κλειστών κολυμβητηρίων) για τις 4 κλιματικές ζώνες

ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ												
Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης [(kWh/(m ² *έτος))]												
Κλιματική Ζώνη												
	Α			Β			Γ			Δ		
A+		EK <	60		EK <	60		EK <	65		EK <	75
A	60	≤ EK <	80	60	≤ EK <	80	65	≤ EK <	90	75	≤ EK <	100
B+	80	≤ EK <	110	80	≤ EK <	115	90	≤ EK <	125	100	≤ EK <	140
B	110	≤ EK <	140	115	≤ EK <	145	125	≤ EK <	160	140	≤ EK <	180
Γ	140	≤ EK <	155	145	≤ EK <	165	160	≤ EK <	180	180	≤ EK <	205
Δ	155	≤ EK <	175	165	≤ EK <	185	180	≤ EK <	205	205	≤ EK <	230
E	175	≤ EK <	215	185	≤ EK <	225	205	≤ EK <	250	230	≤ EK <	285
Z	215	≤ EK <	255	225	≤ EK <	265	250	≤ EK <	300	285	≤ EK <	335
H	255	≤ EK		265	≤ EK		300	≤ EK		335	≤ EK	

Πίνακας 7.1.2.11 Όρια ενεργειακών κατηγοριών μονοκατοικιών για τις 4 κλιματικές ζώνες

ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΑ												
Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης [(kWh/(m ² *έτος))]												
Κλιματική Ζώνη												
	Α			Β			Γ			Δ		
A+		EK <	55		EK <	60		EK <	65		EK <	70
A	55	≤ EK <	70	60	≤ EK <	75	65	≤ EK <	80	70	≤ EK <	90
B+	70	≤ EK <	95	75	≤ EK <	105	80	≤ EK <	110	90	≤ EK <	125
B	95	≤ EK <	120	105	≤ EK <	130	110	≤ EK <	140	125	≤ EK <	160
Γ	120	≤ EK <	135	130	≤ EK <	150	140	≤ EK <	160	160	≤ EK <	185
Δ	135	≤ EK <	155	150	≤ EK <	165	160	≤ EK <	180	185	≤ EK <	205
Ε	155	≤ EK <	185	165	≤ EK <	200	180	≤ EK <	220	205	≤ EK <	255
Z	185	≤ EK <	220	200	≤ EK <	240	220	≤ EK <	260	255	≤ EK <	300
H	220	≤ EK		240	≤ EK		260	≤ EK		300	≤ EK	

Πίνακας 7.1.2.12 Όρια ενεργειακών κατηγοριών πολυκατοικιών για τις 4 κλιματικές ζώνες

ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ												
Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης [(kWh/(m ² *έτος))]												
Κλιματική Ζώνη												
	Α			Β			Γ			Δ		
A+		EK <	45		EK <	50		EK <	75		EK <	90
A	45	≤ EK <	65	50	≤ EK <	65	75	≤ EK <	115	90	≤ EK <	140
B+	65	≤ EK <	95	65	≤ EK <	100	115	≤ EK <	175	140	≤ EK <	205
B	95	≤ EK <	125	100	≤ EK <	130	175	≤ EK <	230	205	≤ EK <	275
Γ	125	≤ EK <	145	130	≤ EK <	155	230	≤ EK <	270	275	≤ EK <	320
Δ	145	≤ EK <	170	155	≤ EK <	175	270	≤ EK <	305	320	≤ EK <	365
Ε	170	≤ EK <	210	175	≤ EK <	220	305	≤ EK <	380	365	≤ EK <	460
Z	210	≤ EK <	250	220	≤ EK <	260	380	≤ EK <	460	460	≤ EK <	550
H	250	≤ EK		260	≤ EK		460	≤ EK		550	≤ EK	

Πίνακας 7.1.2.13 Όρια ενεργειακών κατηγοριών αεροδρομίων για τις 4 κλιματικές ζώνες

7.2 Τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων

7.2.1 Θερμική άνεση στα κτίρια

Ο ρόλος του κτιρίου είναι να προσφέρει το καλύτερο εσωτερικό περιβάλλον, ανάλογα με τη λειτουργία και το ρόλο του. Μόνο τότε μπορούν οι άνθρωποι που ζουν ή εργάζονται σε αυτά τα κτίρια να βελτιστοποιήσουν την απόδοσή τους ή να έχουν ευχάριστη διαμονή. Οι εσωτερικοί χώροι πρέπει να προσφέρουν τις απαιτούμενες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας, αερισμού και ποιότητας αέρα. Στόχος είναι η επίτευξη επιθυμητών επιπέδων για όλες τις παραπάνω παραμέτρους, έτσι ώστε ο χρήστης των χώρων αυτών να βρίσκεται σε πλήρη άνεση (θερμική, οπτική και ακουστική) μέσα σε ένα υγιεινό περιβάλλον.

Με τον όρο <<θερμική άνεση>> ορίζονται οι συνθήκες εκείνες στις οποίες ευρισκόμενο ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία αλλαγή, ούτε πιο κρύο ούτε πιο ζεστό περιβάλλον. Είναι ένα μέγεθος υποκειμενικό, το οποίο εξαρτάται και επηρεάζεται από ένα μεγάλο αριθμό παραμέτρων. Η επίτευξη των συνθηκών θερμικής άνεσης μπορεί να γίνει σχετικά εύκολα με την υπάρχουσα τεχνολογία των συστημάτων θέρμανσης, κλιματισμού και αερισμού. Αυτό που τα τελευταία χρόνια έχει αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία είναι η επίτευξη των επιθυμητών συνθηκών με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας.

Είναι φυσικό, τα standard του περιβάλλοντος που παρέχει το αίσθημα της θερμικής άνεσης να έχουν μεταβληθεί με το χρόνο και τις συνήθειές μας. Έτσι, αν ανατρέξουμε σε ένα παλιό τεχνικό βιβλίο θα δούμε ότι στις μελέτες συστημάτων θερμάνσεως ίσχυαν οι 18°C σαν θερμοκρασία αέρα των χώρων. Η ίδια θερμοκρασία σήμερα είναι 20°C με 21°C.

Οι παράμετροι που επηρεάζουν τη θερμική άνεση μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις γενικές κατηγορίες:

- Φυσικές παράμετροι, όπου περιλαμβάνονται:
Θερμοκρασία αέρα, μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών, σχετική υγρασία του αέρα, ταχύτητα του αέρα, ατμοσφαιρική πίεση.

- Οργανικές παράμετροι, όπου περιλαμβάνονται:
Ηλικία, φύλλο και εθνικά χαρακτηριστικά των ατόμων.
- Εξωτερικές παράμετροι, όπου περιλαμβάνονται:
Επίπεδα δραστηριοτήτων, τύπος ρουχισμού και κοινωνικές συνήθειες.

Από αυτές τις παραμέτρους οι πιο σημαντικές είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα του αέρα, ο ρουχισμός και η δραστηριότητα.

Είναι φανερό ότι η θερμική άνεση είναι μία παράμετρος που εξαρτάται και επηρεάζεται από ένα μεγάλο αριθμό συνθηκών και σαν αίσθημα εκδηλώνεται διαφορετικά από άτομο σε άτομο. Παρόλα αυτά, έχουν γίνει διάφορες προσπάθειες για να αναπτυχθούν κάποιες σχέσεις υπολογισμού της, με σκοπό να γίνει όσο το δυνατό πιο ακριβής και αντιπροσωπευτικός υπολογισμός της [8]. Ο πλέον επικρατέστερος τρόπος ποσοτικής συσχέτισης μεταξύ της θερμικής άνεσης και του θερμικού συναισθήματος ενός ατόμου είναι αυτός που βασίζεται στην θεωρία του PMV (Predicted Man Vote) και του δείκτη δυσαρέσκειας των ανθρώπων PPD (Predicted Percent of Dissatisfied people). Οι παράμετροι PMV και PPD πρωτοπαρουσιάστηκαν και εμπειρικά ορίστηκαν από τον P.O. Fanger στην δεκαετία του '70. Ειδικότερα, το PMV είναι μια σύνθετη μαθηματική σχέση μεταξύ των επιπέδων δραστηριότητας, ρουχισμού και άλλων τεσσάρων περιβαλλοντικών παραμέτρων. Πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι αυτή η μέθοδος υπολογισμού της θερμικής άνεσης, αποτελεί από το 1984 Διεθνές Πρότυπο ISO-7730, για χώρους με μέσες θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

Για τις ανάγκες της διπλωματικής εργασίας παρατίθεται πίνακας με ενδεικτικές τιμές θερμοκρασίας <άνεσης> για άτομα διαφόρων ηλικιών στις διάφορες ζώνες της χώρας μας [9].

Εποχή	Φύλο	Ηλικία ανθρώπων (H)	Επιθυμητή θερμοκρασία		
			Ζώνη Γ	Ζώνη Β	Ζώνη Α
Χειμώνας	Άνδρες – Γυναίκες	H = 40	20	20	21
	Άνδρες	H > 40	20	20	21
		H < 40	19	20	20
	Γυναίκες	H > 40	21	21	21
		H < 40	20	20	21
Καλοκαίρι	Άνδρες – Γυναίκες	H = 40	21	21	22
	Άνδρες	H > 40	21	21	22
		H < 40	20	21	21
	Γυναίκες	H > 40	22	22	23
		H < 40	21	21	22

Πίνακας 7.2.1 Ενδεικτικές τιμές θερμοκρασίας άνεσης για άτομα διαφόρων ηλικιών στις διάφορες περιοχές της χώρας μας

7.2.2 Δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας στη θέρμανση κτιρίων

Η μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται από το σύστημα θέρμανσης [10,11], μπορεί να πραγματοποιηθεί διατηρώντας τις εσωτερικές θερμοκρασίες σε χαμηλότερα επίπεδα, μειώνοντας τον ολικό συντελεστή απωλειών του κτιρίου (προσθέτοντας θερμομόνωση στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου ή χρησιμοποιώντας διπλά υαλοστάσια), ανακτώντας την αποβαλλόμενη θερμότητα από το σύστημα αερισμού, βελτιώνοντας την απόδοση του συστήματος παραγωγής και διανομής θερμότητας, ελέγχου λειτουργίας της κεντρικής μονάδας και των επιμέρους συστημάτων, σωστή αρχική επιλογή και συντήρηση των συστημάτων. Ιδιαίτερα σημαντική μείωση του θερμικού φορτίου μπορεί να γίνει με τον σωστό προσανατολισμό του κτιρίου, αυξάνοντας έτσι τα άμεσα ηλιακά κέρδη. Η σωστή διαστασιολόγηση και σχεδιασμός του συστήματος θέρμανσης προϋποθέτει τον σωστό υπολογισμό των θερμικών φορτίων.

Για την εξοικονόμηση ενέργειας στη θέρμανση πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη έμφαση και προτεραιότητα στον περιορισμό των απωλειών θερμότητας στο κτίριο. Η κατασκευή του κελύφους του κτιρίου πρέπει να γίνεται προσεκτικά μια και μέσα από αυτό διαφεύγει ένα σημαντικό ποσοστό θερμότητας, 10-20% του συνόλου της ενέργειας που

χρησιμοποιείται από τα περισσότερα κτίρια, ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες και της κατασκευής των δομικών υλικών. Η κατάλληλη επιλογή των δομικών και των θερμομονωτικών υλικών είναι απαραίτητη. Μερικές αντιπροσωπευτικές τιμές θερμικών αντιστάσεων του κτιριακού κελύφους, για αντίστοιχες βαθμομημέρες θέρμανσης δίνονται στον Πίνακα 7.2.2.

Βαθμομημέρες Θέρμανσης	Εξωτερικοί Τοίχοι	Οροφή	Εκτεθειμένη Οροφή	Δάπεδο	Δάπεδο σε Έδαφος
0 - 3000	2,16	0,68	0,91	-	-
3001 – 5000	1,93	0,57	0,79	0,74	1,48
5001 – 8000	1,70	0,34	0,57	0,57	1,14
8001 και πάνω	1,53	0,23	0,45	0,45	1,14

Πίνακας 7.2.2 Αντιπροσωπευτικές τιμές θερμικών αντιστάσεων του κτιριακού κελύφους για αντίστοιχες βαθμομημέρες θέρμανσης.

Για τα νέα κτίρια απαιτείται από την πολεοδομία η μελέτη θερμομόνωσης, που πρέπει να πληρεί κάποιους σχετικά χαμηλούς συντελεστές. Ο μελετητής θα πρέπει να εξετάσει, για το συγκεκριμένο κτίριο, το βέλτιστο πάχος μόνωσης για την ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας. Θα πρέπει όμως στο σημείο αυτό να επισημάνουμε ότι σε πολλές περιπτώσεις δεν γίνεται εφαρμογή των διατάξεων σχετικά με την θερμομόνωση. Ενώ δηλαδή είναι υποχρεωτική η σύνταξη της μελέτης, η τοποθέτηση της θερμομόνωσης δεν ελέγχεται, με αποτέλεσμα να την αγνοούν.

Για τα υπάρχοντα κτίρια χωρίς μόνωση, θα πρέπει να βρεθεί ο καλύτερος τρόπος για τη πρόσθεση της μόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους, δάπεδα που έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον, τη στέγη ή το δώμα και εσωτερικές επιφάνειες που συνορεύουν με χώρους που δεν θερμαίνονται. Για παράδειγμα, σε μονοκατοικίες με σοφίτα μπορούμε εύκολα να θερμομονώσουμε το δάπεδο της σοφίτας ή το εσωτερικό μέρος της στέγης με θερμομονωτικές σανίδες, πανέλα ή φύλλα. Η πρόσθεση μόνωσης στους τοίχους είναι πιο δύσκολη και πιθανώς θα απαιτήσει να γίνει μία νέα πρόσθετη κατασκευή προς την εσωτερική του πλευρά (πλάκες πολυουρεθάνης, πολυστερίνη,

πετροβάμβακα). Το δάπεδο συνήθως καλύπτεται με χαλιά ή μοκέτες, αλλά μπορεί και εδώ να γίνει μια νέα κατασκευή με ειδικά θερμομονωτικά πανώ.

Η θερμομόνωση δεν θα πρέπει να περιορίζει την λειτουργία της θερμικής μάζας, δηλαδή την θερμοχωρητικότητα των δομικών υλικών. Για το λόγο αυτό η θερμομόνωση σε νέες κατασκευές τοποθετείται προς την εξωτερική πλευρά της τοιχοποιίας, εκτός βέβαια και αν η λειτουργία του κτιρίου δεν επιτρέπει την εκμετάλλευση του ρόλου της θερμικής μάζας.

Άλλος ένας τρόπος διαφυγής θερμότητας είναι δια μέσω των παραθύρων και ιδιαίτερα από τα τζάμια. Οι απώλειες αυτές, ανάλογα με το πάχος και την επιφάνεια των παραθύρων, κυμαίνονται από 10 μέχρι 30%. Η κρύα επιφάνεια του τζαμιού δημιουργεί δυσάρεστα κρύα ρεύματα, τα οποία επιταχύνουν την διαφυγή θερμότητας. Εάν όμως χρησιμοποιηθούν διπλά τζάμια, τότε η διαφυγή θερμότητας μειώνεται σημαντικά και βελτιώνονται οι συνθήκες άνεσης μέσα στο χώρο, αφού το εσωτερικό τζάμι διατηρεί μεγαλύτερη θερμοκρασία.

Περιορισμός της αθέλητης διείσδυσης του κρύου εξωτερικού αέρα μέσα από χαραμάδες. Στην περίπτωση αυτή, το πρόβλημα είναι διπλό διότι όχι μόνο έχουμε απώλειες θερμού αέρα από το χώρο, αλλά και εισροή κρύου αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον, δημιουργώντας κρύα ρεύματα με αποτέλεσμα να αυξάνει σημαντικά το απαιτούμενο θερμικό φορτίο. Σε νέα κτίρια η προσεκτική κατασκευή περιορίζει τέτοιου είδους προβλήματα. Σε παλαιότερες κατασκευές κτιρίων όμως, θα πρέπει να γίνει η κατάλληλη επέμβαση και διόρθωση, χωρίς βεβαίως να εμποδιστεί ο απαραίτητος αερισμός των χώρων και προκληθεί πρόβλημα ποιότητας του εσωτερικού αέρα.

Τα πιο διαδεδομένα συμβατικά συστήματα θέρμανσης στα κτίρια είναι οι κεντρικές εγκαταστάσεις κυκλοφορίας θερμού νερού μέσα σε σώματα καλοριφέρ διαφόρων τύπων, τα οποία μεταδίδουν την θερμότητα στους χώρους. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται στη μείωση των θερμικών απωλειών του λέβητα και του συστήματος διανομής θερμού νερού, στην κατάλληλη επιλογή των κυρίως και επιμέρους συστημάτων, στην καλή εγκατάσταση του συστήματος, στην απαραίτητη θερμομόνωση και στην τακτική συντήρηση.

Επιβάλλεται η επιλογή των κατάλληλων νέων συστημάτων, με υψηλές αποδόσεις, όπως επίσης και η αντικατάσταση των παλαιών συστημάτων θέρμανσης, μιας και η

περίοδος απόσβεσης μιας τέτοιας επέμβασης είναι μικρή. Σε παλαιότερες έρευνες που έγιναν σχετικά με τον έλεγχο της απόδοσης των λεβητοστασιών, είχε βρεθεί ότι η μέση τιμή ήταν περίπου 62%, παρόλο που βαθμοί απόδοσης κάτω από 70% θα έπρεπε να είναι απαγορευτικοί για την παραπέρα λειτουργία των συστημάτων. Αποδόσεις πάνω από 80% είναι λογικές και ρεαλιστικές, μιας και συμφέρει και τον καταναλωτή αφού θα έχει μικρότερη κατανάλωση καυσίμων και χαμηλότερο κόστος λειτουργίας. Οι νέες τεχνολογίες καυστήρες (πετρελαίου/ αερίου) είναι εξοπλισμένοι με ηλεκτρονικούς ελεγκτές λειτουργίας υψηλού βαθμού απόδοσης έως 95% και έχουν μειωμένα ποσοστά καυσαερίων, περιορίζοντας έτσι τη μόλυνση του περιβάλλοντος. Τα καυσαέρια ελέγχονται κατά τη λειτουργία και προσφέρουν έτσι 30- 40% οικονομία καυσίμων.

Τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου μπορούν να εξασφαλίσουν την καλύτερη δυνατή λειτουργία, απόδοση και οικονομία του συστήματος θέρμανσης και συνδυασμό επιμέρους λειτουργιών. Χρησιμοποιούνται συνήθως για να ελέγχουν την λειτουργία του καυστήρα, λέβητα, την κυκλοφορία του ζεστού νερού και την διανομή θερμότητας από τα σώματα του καλοριφέρ.

Οι θερμοστάτες χώρου ρυθμίζουν την λειτουργία του συστήματος ανάλογα με την επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία. Οι εσωτερικοί χώροι δεν πρέπει να υπερθερμαίνονται. Πολλές φορές, οι εσωτερικές θερμοκρασίες χώρων κτιρίων διατηρούνται σε υψηλά επίπεδα (25°C) χωρίς αυτό να είναι αναγκαίο, αφού μπορούμε να επιτύχουμε συνθήκες θερμικής άνεσης σε θερμοκρασίες 19 – 20°C. Για παράδειγμα, η καταναλισκόμενη ενέργεια μειώνεται κατά 18 – 21% όταν η εσωτερική θερμοκρασία είναι στους 20°C σε σχέση με τους 21°C. Ο έλεγχος της εσωτερικής θερμοκρασίας και λειτουργίας τους συστήματος μπορεί να γίνει με απλούς αυτοματισμούς ή με εσωτερικά αισθητήρια ελέγχου της θερμοκρασίας. Προτείνεται μείωση της εσωτερικής θερμοκρασίας κατά 5° C κάτω από την θερμοκρασία σχεδιασμού κατά τη διάρκεια της νύχτας και του σαββατοκύριακο.

Ένας άλλος τρόπος εξοικονόμησης ενέργειας είναι μέσω του ελέγχου της θερμοκρασίας νερού του λέβητα. Συνήθως η θερμοκρασία νερού του λέβητα διατηρείται σταθερή στη μέγιστη θερμοκρασία, ώστε να είναι έτοιμος οποιαδήποτε στιγμή να μπορεί να δώσει τη μέγιστη θέρμανση. Κάτι τέτοιο βέβαια δεν είναι ούτε απαραίτητο, ούτε οικονομικό, διότι έτσι αυξάνονται οι θερμικές απώλειες από το λέβητα. Το σύστημα

μπορεί να βελτιστοποιηθεί ελέγχοντας τη θερμοκρασία του λέβητα ανάλογα με τις πραγματικές ανάγκες.

Ολοκληρωμένα συστήματα ρύθμισης και διαχείρισης ενέργειας (EMCS) μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεγαλύτερα κτίρια, όπου έχουμε μεγάλο αριθμό εγκατεστημένων συστημάτων και πολυσύνθετων λειτουργιών. Έτσι επιτυγχάνεται μείωση των ενεργειακών δαπανών, προγραμματισμένη έναρξη και διακοπή λειτουργίας, συστηματική συντήρηση ανάλογα με τον ακριβή αριθμό ωρών λειτουργίας του συστήματος, αύξηση της λειτουργικής ζωής των μηχανημάτων, άμεση συλλογή πληροφοριών για τις συνθήκες λειτουργίας του συστήματος, εύκολο έλεγχο των λειτουργιών, αλλά ακόμη και έλεγχο άλλων λειτουργιών και συστημάτων του κτιρίου (π.χ. συστήματος φωτισμού, πυρκαγιάς, ασφαλείας).

Ελέγχοντας την βαλβίδα αναμίξεως μπορούμε να ρυθμίσουμε την ποσότητα του κρύου νερού που επιστρέφει στον λέβητα, ώστε ένα μέρος του νερού να φθάνει στον λέβητα και να θερμαίνεται, ενώ το υπόλοιπο να ξαναγυρίζει στα σώματα. Θερμοστατικοί διακόπτες στα σώματα καλοριφέρ μπορούν να ελέγχουν αυτόματα τη ροή του ζεστού νερού μέσα στο κάθε σώμα ανάλογα με την επιθυμητή θερμοκρασία του χώρου. Αναγκαία είναι και η συστηματική συντήρηση και ρύθμιση των καυστήρων. Με την εποχιακή έναρξη λειτουργίας του συστήματος πρέπει να γίνεται ένας λεπτομερής έλεγχος και επιμέρους ρύθμιση του συστήματος, σύμφωνα με τις υποδείξεις και οδηγίες του κατασκευαστή.

Με βάση τις πληροφορίες που συλλέχτηκαν από τις ενεργειακές καταγραφές των 1200 κτιρίων στην Ελλάδα, έχουν γίνει μια σειρά από μελέτες για τον προσδιορισμό των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας σε διάφορου τύπου κτίρια. Μερικά αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα αναλύονται παρακάτω.

Αρχικά υπολογίστηκε ο συντελεστής απωλειών κάθε κτιρίου. Ένας σημαντικός αριθμός κτιρίων με θερμομόνωση παρουσιάζει ένα συντελεστή απωλειών μεγαλύτερο από αυτόν που προβλέπει ο κανονισμός θερμομόνωσης. Υπολογίστηκε ότι για αυτά τα κτίρια, η πρόσθεση της απαιτούμενης θερμομόνωσης θα είχε ως αποτέλεσμα την μείωση κατά 14-48% της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας. Σε ένα υπάρχον κτίριο, μία τέτοια επέμβαση θα απαιτούσε κατά μέσο όρο 6 έως 8 χρόνια για να αποσβεστεί. Η μείωση του συντελεστή απωλειών κατά 10% θα επέφερε εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 5 –

7%. Μία τέτοια μείωση θα μπορούσε να επιτευχθεί είτε με χρήση διπλών υαλοπινάκων, είτε με απλές επεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου. Ο μέσος χρόνος απόσβεσης μίας τέτοιας επέμβασης κυμαίνεται περίπου στα 4 – 7 χρόνια. Τέλος, αυξάνοντας την μέση απόδοση των συστημάτων παραγωγής και διανομής θερμότητας κατά 10% μπορεί να μειώσει κατά 9 – 17% την συνολική κατανάλωση ενέργειας. Αυτή η βελτίωση της απόδοσης μπορεί εύκολα να επιτευχθεί με τη σωστή λειτουργία και συντήρηση του συστήματος παραγωγής καθώς και με τη βελτιστοποίηση του συστήματος ελέγχου. Το κόστος μίας τέτοιας επέμβασης ουσιαστικά περιλαμβάνεται στο κόστος της ετήσιας συντήρησης.

Τα αναλυτικά αποτελέσματα αυτών των επεμβάσεων για κάθε τύπο κτιρίου δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 7.2.3).

Τύπος κτιρίου	Ποσοστό (%) Εξοικονόμησης Ενέργειας χρησιμοποιώντας :		
	Πρόσθετη Μόνωση	Διπλά Τζάμα	Συστήματα Υψηλής Απόδοσης
1. Γραφεία	17	5	9
2. Έμπορικά	38	3,7	17,1
3. Σχολεία	43,9	6,1	6,1
4. Νοσοκομεία	37	7	15,1
5. Ξενοδοχεία	48	6	12,5

Πίνακας 7.2.3 Εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση.

Εισαγωγή

Στο δεύτερο αυτό κομμάτι της διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκε ένα κτίριο αναφοράς προκειμένου να εξεταστεί η επίδραση των διαφόρων χαρακτηριστικών του κελύφους στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση και συμπεριφορά του συγκεκριμένου κτιρίου.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί στο θεωρητικό μέρος της παρούσας εργασίας, η μόνωση και οι υαλοπίνακες αποτελούν τους δύο σημαντικότερους κατασκευαστικούς παράγοντες που επιδρούν στην ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου, καθώς τα δύο αυτά στοιχεία παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη και τη μικρότερη, αντιστοίχως, θερμική αντίσταση. Γενικά μελετώντας το ενεργειακό ισοζύγιο συμπεραίνουμε ότι το θετικό πρόσημο στη συνολική θερμική ενέργεια οφείλεται κυρίως στην ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στους τοίχους καθώς και σε αυτήν που διαπερνάει τους υαλοπίνακες, ενώ στα αρνητικά συγκαταλέγονται οι θερμικές απώλειες λόγω διαφοράς της εξωτερικής με την εσωτερική θερμοκρασία στα δύο αυτά δομικά στοιχεία του κτιριακού κελύφους. Για την καλύτερη προσέγγιση και ανάλυση του παραπάνω προβλήματος χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις εξισώσεις (αναλύονται επαρκώς στη συνέχεια).

Το κτίριο αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε για τους πρώτους υπολογισμούς αφορά ένα κτίριο 100 m^2 , το οποίο μελετάται κατά τη διάρκεια της 21^{ης} Ιανουαρίου στην περιοχή της Αθήνας. Κάθε πλευρά του κτιρίου θα έχει επιφάνεια $10 \times 3 \text{ m}^2$, ενώ το ποσοστό των υαλοπινάκων που θα καλύπτει κάθε τοίχος θα ανέρχεται στο 25%. Στις παραδοχές αυτής της μελέτης συμπεριλαμβάνεται και το γεγονός ότι θεωρήσαμε αδιαβατικό δάπεδο, δηλαδή θεωρήσαμε ότι το κτίριο μας κείτεται επί εδάφους. Ακόμη, θεωρήσαμε μόνιμη κατάσταση καθώς οι τοίχοι και η οροφή αποδίδουν στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου τη θερμότητα που έχουν απορροφήσει μετά από κάποια υστέρηση, όμως κατά τη διάρκεια του 24ώρου ολόκληρη η θερμότητα που εισήλθε καταλήγει στον αέρα που υπάρχει στο χώρο που μελετάμε. Επιπλέον, καθώς διέρχεται η ηλιακή ακτινοβολία διαμέσου των υαλοπινάκων, θεωρήσαμε προσεγγιστικά ότι το 10% απορροφάται από τον αέρα ή χάνεται λόγω ανάκλασης και το υπόλοιπο 90% που απομένει, από τους τοίχους.

Στη συνέχεια αυτού του υπολογιστικού μέρους και αφού θα έχει αναλυθεί η θερμική συμπεριφορά του παραπάνω κτιρίου αναφοράς, θα ακολουθηθεί η ίδια διαδικασία προκειμένου να αναλυθεί η θερμική συμπεριφορά του ίδιου κτιρίου αναφοράς αλλά για διαφορετική ημερομηνία και συγκεκριμένα για τις 21 Μαρτίου. Αυτό θα γίνει προκειμένου να μπορέσουμε να προσεγγίσουμε καλύτερα -χωρίς να χρειαστεί να λάβουμε ακραίες τιμές- το λεγόμενο «ψευδοαδιαβατικό» κέλυφος, δηλαδή πειραματιζόμενοι με τα σημαντικότερα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά θα καταλήξουμε σε ένα κέλυφος στο οποίο ό,τι φορτία εισέρχονται, τα ίδια ακριβώς φορτία θα εξέρχονται (μηδενικά συνολικά φορτία). Οι σημαντικότεροι αυτοί συντελεστές οι οποίοι θα μας ορίσουν το ψευδοαδιαβατικό αυτό κέλυφος θα είναι το πάχος W_i της μόνωσης, η ειδική θερμική αγωγιμότητα K_i της μόνωσης, ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας U_f καθώς και το ποσοστό επιφανείας των υαλοπινάκων επί του κελύφους P_f .

Στο τέλος της εργασίας θα εξαχθούν αντίστοιχα συμπεράσματα, ούτως ώστε να γίνουν πιο κατανοητά τα αποτελέσματα της μελέτης που διεξήχθη.

Κεφάλαιο 8^ο

ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΙΣ 21 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ

8.1 Υπολογισμός προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας G_t [3]

Η προσπίπτουσα στιγμιαία ολική ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου (G_t) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$G_t = G_b R_b + G_d \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + (G_b + G_d) \rho \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \left[\frac{Kw}{m^2} \right] \quad (1)$$

Όπου:

- $G_b \left[\frac{Kw}{m^2} \right]$ η άμεση ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου,
- $G_d \left[\frac{Kw}{m^2} \right]$ η διάχυτη ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου,
- R_b (αδιάστατος αριθμός)
- $\rho = 0,2$ τυπική τιμή για ανακλαστικότητα εδάφους,
- $\beta = 90^\circ$ εφόσον οι υαλοπίνακες είναι κάθετοι στο οριζόντιο επίπεδο,
- $\left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right)$ και $\left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right)$ οι παράγοντες όρασης ουρανού και εδάφους αντιστοίχως για το κεκλιμένο επίπεδο.

8.1.1 Υπολογισμός της στιγμιαίας άμεσου και διάχυτης ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου G_b και G_d [3]

Για τον υπολογισμό των δύο παραπάνω συντελεστών χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες σχέσεις. Θεωρήσαμε ότι τις πολύ πρωινές ώρες (πριν τις 07:00) και τις βραδινές ώρες (μετά τις 18:00) η ηλιοφάνεια ήταν μηδενική.

$$G_b = M_t + A_t \sin\left(\frac{360}{365}D - P_t\right) \left[\frac{Kw}{m^2}\right] \quad (2)$$

$$G_d = m_t + a_t \sin\left(\frac{360}{365}D - p_t\right) \left[\frac{Kw}{m^2}\right] \quad (3)$$

Για την εφαρμογή των παραπάνω τύπων χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές των συντελεστών που εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα:

<i>Time</i> (h)	$M_t \left[\frac{Kw}{m^2}\right]$	$A_t \left[\frac{Kw}{m^2}\right]$	P_t [degrees]	$m_t \left[\frac{Kw}{m^2}\right]$	$a_t \left[\frac{Kw}{m^2}\right]$	p_t [degrees]
7	0,007	0,046	86,18	0,048	0,111	81,23
8	0,057	0,068	87,31	0,134	0,127	82,45
9	0,119	0,104	87,94	0,208	0,133	83,94
10	0,191	0,129	88,31	0,261	0,129	85,6
11	0,258	0,153	89,35	0,283	0,117	86,05
12	0,319	-0,181	-88,88	0,271	0,095	82,71
13	0,342	-0,194	-89,18	0,243	0,081	81,95
14	0,325	0,183	87,21	0,21	0,083	87,23
15	0,269	0,166	86,22	0,176	0,087	89,53
16	0,183	0,147	82,1	0,141	-0,085	-88,19
17	0,078	0,131	79,85	0,104	-0,079	-88,97
18	-0,025	0,114	77,36	0,051	0,091	86,79

Πίνακας 8.1.1 Τιμές των συντελεστών των εξισώσεων (2) και (3).

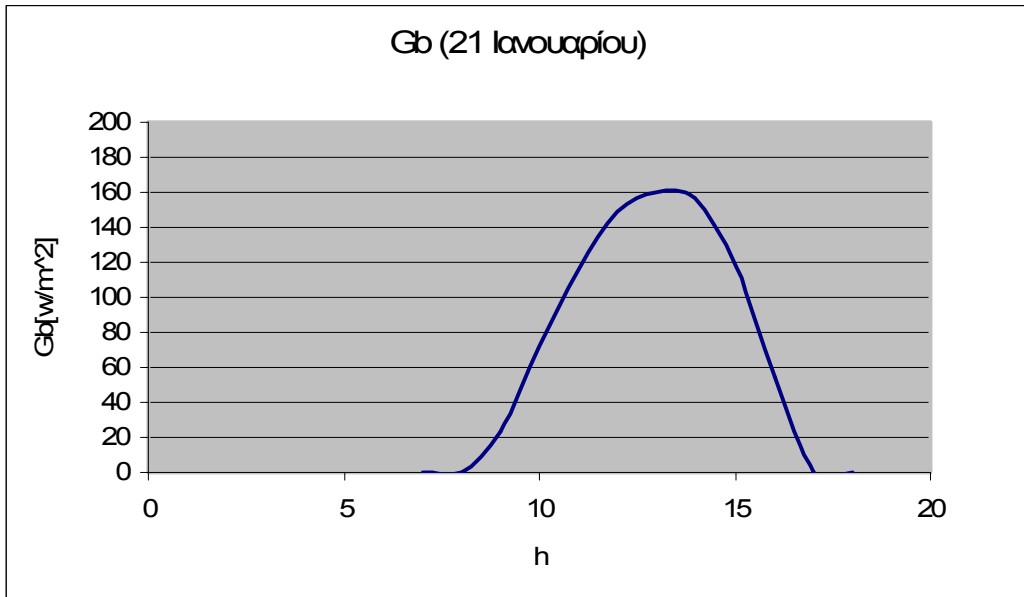
Για καλύτερη εποπτεία των τιμών, θα μετατρέψουμε τις μονάδες των συντελεστών G_b και G_d από Kw σε W και έτσι προκύπτουν οι παρακάτω τιμές:

<i>Time</i> (h)	$G_b \left[\frac{W}{m^2}\right]$	$G_d \left[\frac{W}{m^2}\right]$
7	0	0
8	0	22,14
9	23,107	89,257

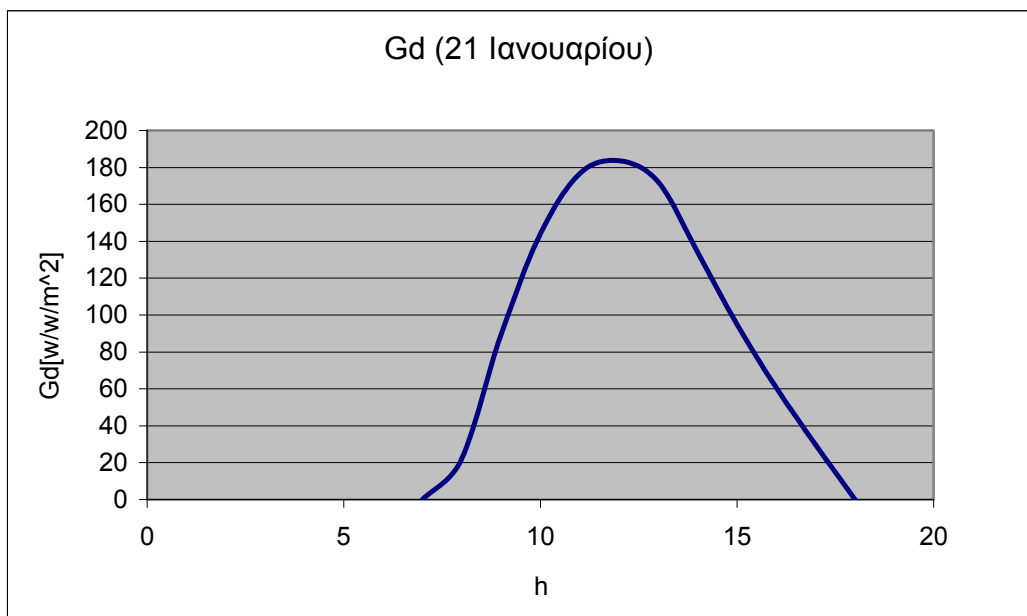
10	71,736	144,193
11	115,512	176,672
12	148,479	183,590
13	159,575	171,994
14	157,181	133,874
15	117,937	94,878
16	53,952	60,584
17	0	29,616
18	0	0

Πίνακας 8.1.2 Τιμές των συντελεστών G_b και G_d για την 21^η Ιανουαρίου.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται και διαγραμματικά στην επόμενη σελίδα:



Διάγραμμα 8.1.1 Διακύμανση της στιγμιαίας αμέσου ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου (G_b) ανά ώρα για την 21^η Ιανουαρίου.



Διάγραμμα 8.1.2 Διακύμανση της στιγμιαίας διάχυτης ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου (G_d) ανά ώρα για την 21^η Ιανουαρίου.

8.1.2 Υπολογισμός του λόγου της άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο οριζοντίου επιπέδου (R_b) [3]

Για τις ίδιες ώρες χρειάζεται να υπολογίσουμε και τις τιμές του συντελεστή R_b για τους διάφορους προσανατολισμούς.

Η σχέση που χρειαζόμαστε εδώ είναι η εξής:

$$R_b = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (4)$$

Ακόμα, για $\beta = 90^\circ$, ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις:

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega \quad (5)$$

$$\cos \theta = -\sin \delta \cos \varphi \cos \gamma + \cos \delta \sin \varphi \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \gamma \sin \omega \quad (6)$$

Όπου:

- θ η γωνία πρόσπτωσης,
- $\varphi=38^\circ$ το γεωγραφικό πλάτος της Αθήνας,
- ω η ωριαία γωνία (είναι $\omega>0$ για μ.μ. και $\omega<0$ για π.μ.),
- δ η ηλιακή απόκλιση, η οποία με τη σειρά της υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\delta = 23,45 \sin \left[\frac{360(284+n)}{365} \right] = -20,138, \text{ αφού } n = 21 \text{ (21}^{\text{η}} \text{ Ιανουαρίου)}$$

- γ αζιμούθιο επιφανείας

Με βάση τα παραπάνω προκύπτουν οι τιμές που παραθέτονται στις επόμενες σελίδες:

<i>Time(h)</i>	R_b (βορράς)
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0

Πίνακας 8.1.2.1 Τιμές του συντελεστή R_b για την 21^η Ιανουαρίου και προσανατολισμό το βορρά.

<i>Time(h)</i>	R_b (νότος)
7	0
8	3,540142
9	2,182271
10	1,798065
11	1,648506
12	1,607068
13	1,648506
14	1,798065
15	2,182271
16	3,540142
17	0

18	0
----	---

Πίνακας 8.1.2.2 Τιμές του συντελεστή R_b για την 21^η Ιανουαρίου και προσανατολισμό το νότο.

$Time(h)$	R_b (δύση)
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0,482998
14	1,093842
15	2,130972
16	5,137957
17	0
18	0

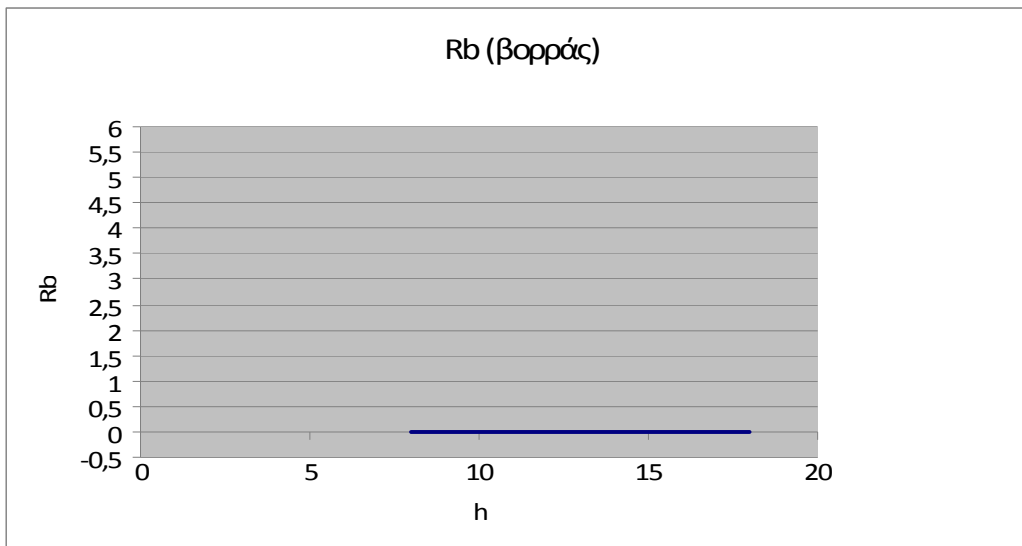
Πίνακας 8.1.2.3 Τιμές του συντελεστή R_b για την 21^η Ιανουαρίου και προσανατολισμό τη δύση.

$Time(h)$	R_b (ανατολή)
7	0
8	5,1379569
9	2,130723
10	1,0938422
11	0,4829983
12	0
13	0

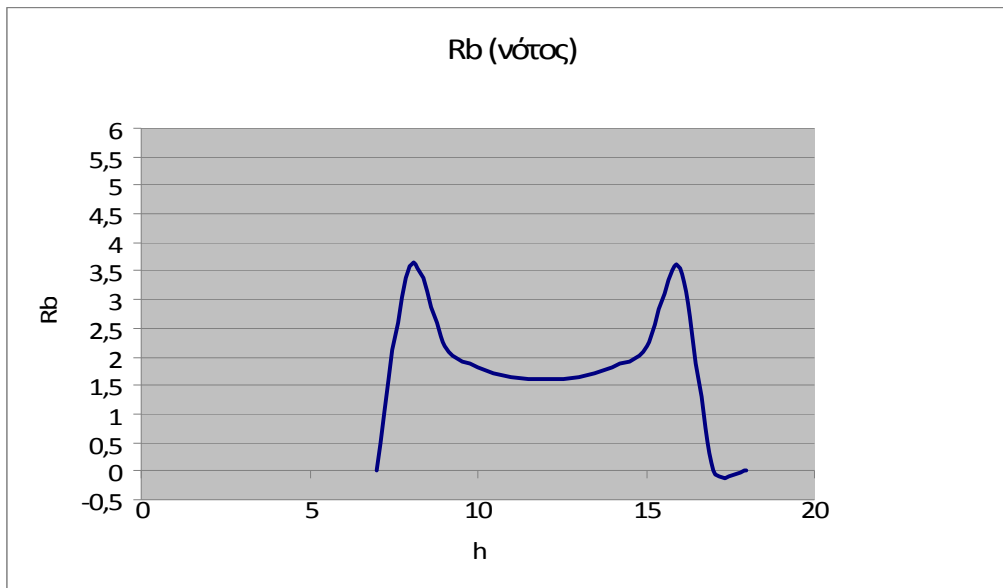
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0

Πίνακας 8.1.2.4 Τιμές του συντελεστή R_b για την 21^η Ιανουαρίου και προσανατολισμό την ανατολή.

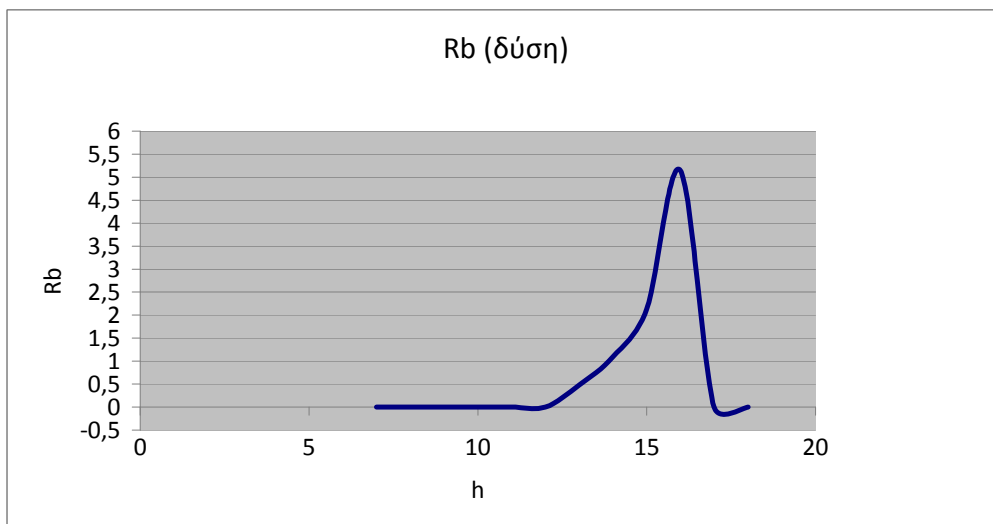
Τα αντίστοιχα διαγράμματα παρουσιάζονται παρακάτω:



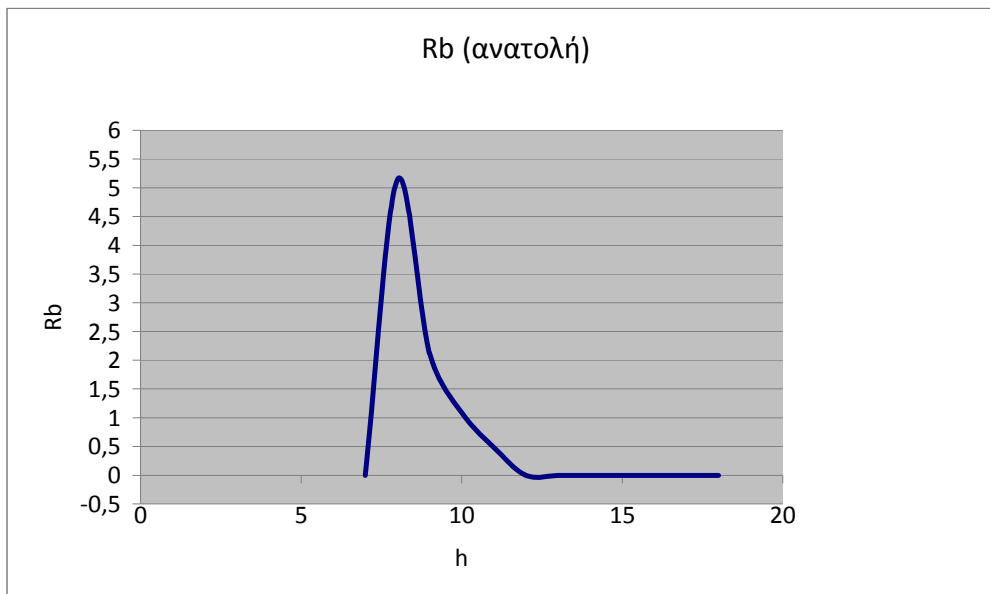
Διάγραμμα 8.1.2.1 Διακύμανση του λόγου της άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο οριζοντίου επιπέδου (R_b) ανά ώρα για την 21^η Ιανουαρίου και προσανατολισμό το βορρά.



Διάγραμμα 8.1.2.2 Διακύμανση του λόγου της άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο οριζοντίου επιπέδου (R_b) ανά ώρα για την 21^η Ιανουαρίου και προσανατολισμό το νότο.



Διάγραμμα 8.1.2.3 Διακύμανση του λόγου της άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο οριζοντίου επιπέδου (R_b) ανά ώρα για την 21^η Ιανουαρίου και προσανατολισμό τη δύση.



Διάγραμμα 8.1.2.4 Διακύμανση του λόγου της άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο οριζοντίου επιπέδου (R_b) ανά ώρα για την 21^η Ιανουαρίου και προσανατολισμό την ανατολή.

Με βάση όλα τα παραπάνω μπορούμε πλέον να υπολογίσουμε τη στιγμιαία ολική ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου σε $\left[\frac{W}{m^2} \right]$ βάσει της σχέσης (1) για κάθε έναν από τους τέσσερις προσανατολισμούς για τις ώρες από 07:00 έως 18:00. Οι τιμές φαίνονται παρακάτω:

<i>Time(h)</i>	G_t (βορράς) $\left[\frac{W}{m^2} \right]$
7	0
8	13,284
9	55,865
10	93,689
11	117,554
12	125,002
13	119,154
14	96,043
15	68,721
16	41,746
17	17,770
18	0

Πίνακας 8.1.2.5 Τιμές της στιγμιαίας ολικής ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου (G_t) για την 21^η Ιανουαρίου και προσανατολισμό το βορρά.

<i>Time(h)</i>	G_t (νότος) $\left[\frac{W}{m^2} \right]$
7	0
8	13,284
9	106,291
10	222,675
11	307,977
12	363,618
13	382,214
14	378,664
15	326,091
16	232,743

17	17,770
18	0

Πίνακας 8.1.2.6 Τιμές της στιγμιαίας ολικής ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου (G_t) για την 21^η Ιανουαρίου και προσανατολισμό το νότο.

$Time(h)$	G_t (δύση) $\left[\frac{W}{m^2} \right]$
7	0
8	13,284
9	55,865
10	93,689
11	117,554
12	125,002
13	196,228
14	267,974
15	320,041
16	318,949
17	17,770
18	0

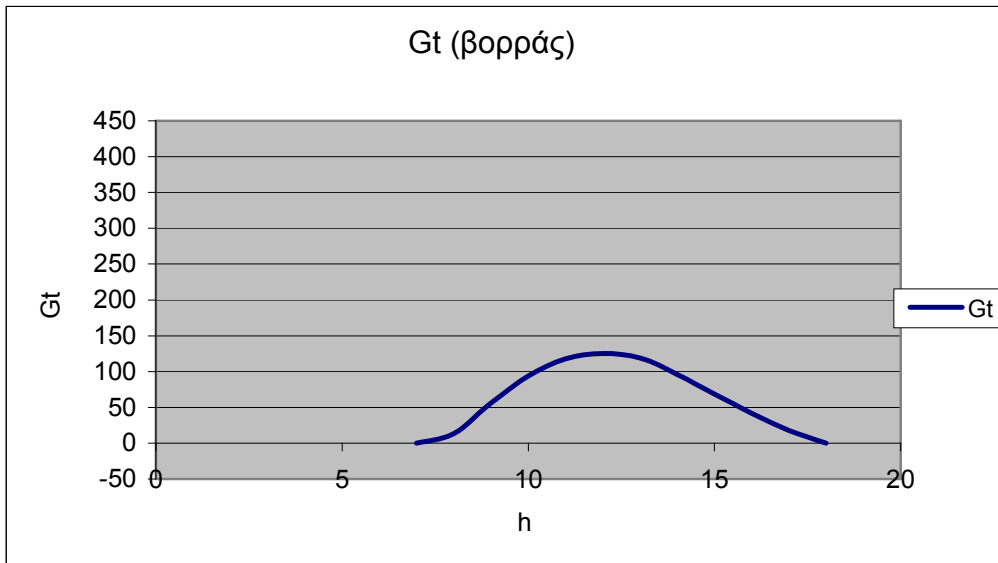
Πίνακας 8.1.2.7 Τιμές της στιγμιαίας ολικής ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου (G_t) για την 21^η Ιανουαρίου και προσανατολισμό τη δύση.

$Time(h)$	G_t (ανατολή) $\left[\frac{W}{m^2} \right]$
7	0
8	11,291
9	94,993
10	152,724

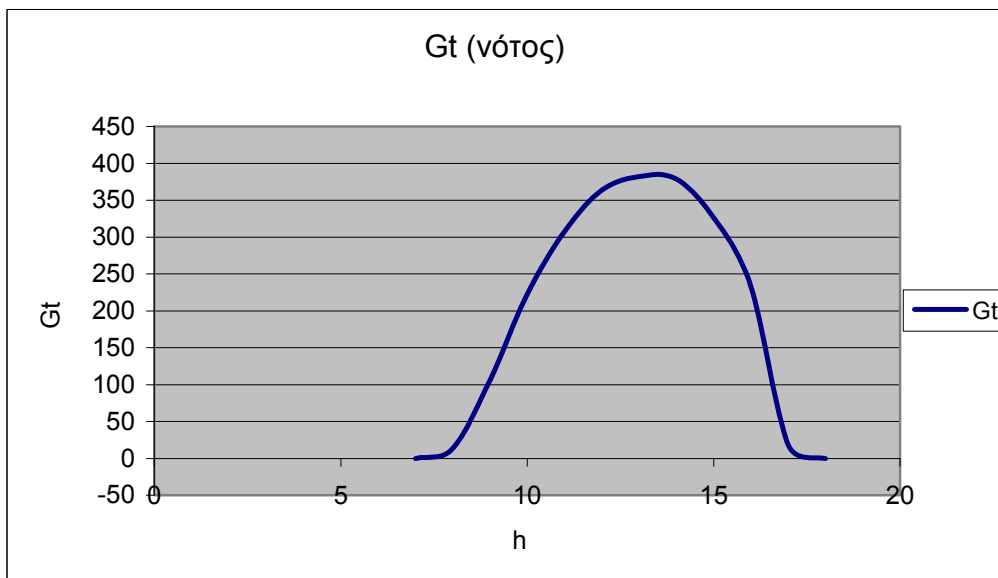
11	147,050
12	95,116
13	89,313
14	69,848
15	49,567
16	31,437
17	15,104
18	0

Πίνακας 8.1.2.8 Τιμές της στιγμιαίας ολικής ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου (G_t) για την 21^η Ιανουαρίου και προσανατολισμό την ανατολή.

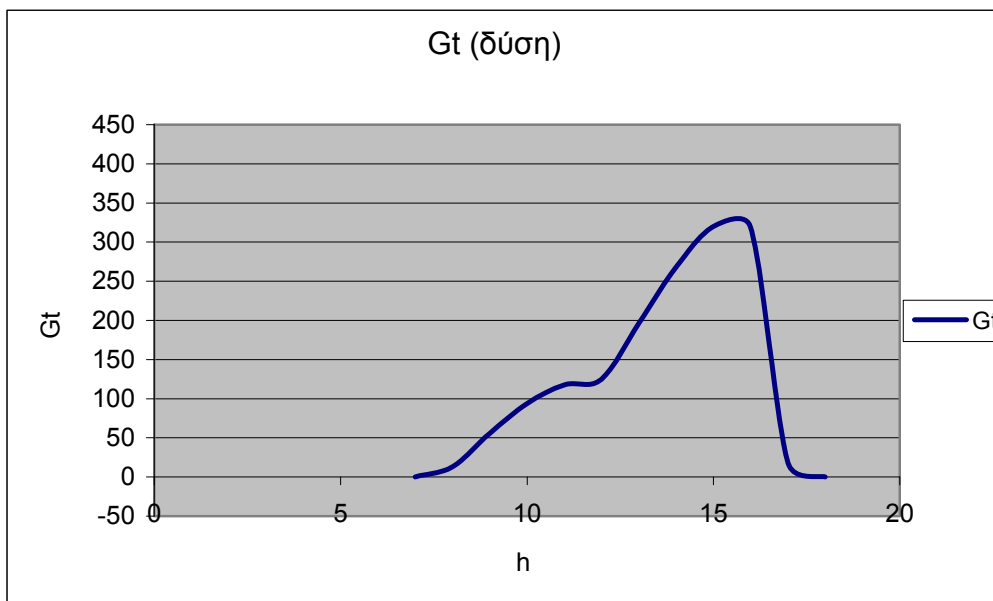
Τα παραπάνω αποτελέσματα παρουσιάζονται και διαγραμματικά στην επόμενη σελίδα:



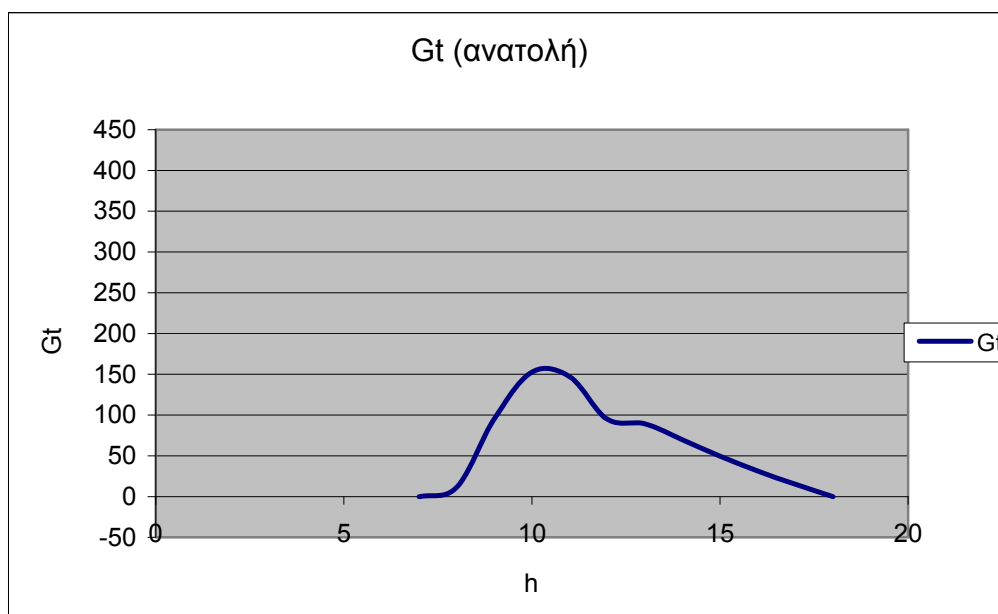
Διάγραμμα 8.1.2.5 Διακύμανση της στιγμιαίας ολικής ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου (G_t) ανά ώρα για την 21^η Ιανουαρίου και προσανατολισμό το βορρά.



Διάγραμμα 8.1.2.6 Διακύμανση της στιγμιαίας ολικής ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου (G_t) ανά ώρα για την 21^η Ιανουαρίου και προσανατολισμό το νότο.



Διάγραμμα 8.1.2.7 Διακόμανση της στιγμιαίας ολικής ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου (G_t) ανά ώρα για την 21^η Ιανουαρίου και προσανατολισμό τη δύση.



Διάγραμμα 8.1.2.8 Διακόμανση της στιγμιαίας ολικής ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου (G_t) ανά ώρα για την 21^η Ιανουαρίου και προσανατολισμό την ανατολή.

Παρατηρούμε ότι τα δύο τελευταία διαγράμματα παρουσιάζουν μια σχετική ανωμαλία γύρω στις 12:00 μ.μ.. Ελέγχθηκαν οι τιμές και δεν βρέθηκε κάποιο λάθος στους υπολογισμούς οπότε καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ευθύνεται η τιμή του R_b , η οποία μηδενίζεται στις 12:00μ.μ..

8.2 Υπολογισμός θετικών φορτίων διαμέσου των υαλοπινάκων [3,12]

Για τον υπολογισμό των θετικών φορτίων που προκύπτουν δια μέσου των υαλοπινάκων θα χρησιμοποιήσουμε την παρακάτω εξίσωση:

Κέρδος από υαλοπίνακες:

$$K_{\text{υαλ}} = 0,9 \cdot 3600 \cdot G_t \cdot A_f \left[\frac{J}{h} \right] \quad (7)$$

Όπου:

$G_t \left[\frac{W}{m^2} \right]$ η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στους υαλοπίνακες

$A_f \left[m^2 \right]$ το εμβαδόν του υαλοπίνακα

Σαν παρατήρηση αξίζει να αναφέρουμε ξανά ότι ο συντελεστής 0,9 της σχέσης (7) συμπεριλαμβάνει τις απώλειες λόγω ανάκλασης αλλά και τις απώλειες μέσω συναγωγής εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος.

8.2.1 Υπολογισμός εμβαδού υαλοπινάκων

Όπως ήδη έχει γίνει αναφορά στην εισαγωγή, οι υπολογισμοί έχουν γίνει σε ένα κτίριο αναφοράς, το οποίο είναι κτήριο τετραγωνικού δαπέδου επιφάνειας $10 \times 10 = 100 m^2$, με επιφάνεια κελύφους (πλην αδιαβατικού δαπέδου) $F = 220 m^2$ και όγκο κτηρίου $V = 300 m^3$. Οι τέσσερις πλευρές του κτηρίου είναι προσανατολισμένες προς τα τέσσερα κύρια σημεία του ορίζοντα. Κάθε μία από αυτές αποτελείται κατά ποσοστό 25% της επιφάνειας της από υαλοπίνακες, δηλαδή $P_f = 25\%$.

Επομένως το εμβαδό των υαλοπινάκων για κάθε πλευρά του κτηρίου θα είναι ίσο με:

$A_f = 30m^2 \times 0,25 = 7,5m^2$, ενώ το συνολικό εμβαδό θα είναι:

$$A_{tot} = 120m^2 \times 0,25 = 30m^2$$

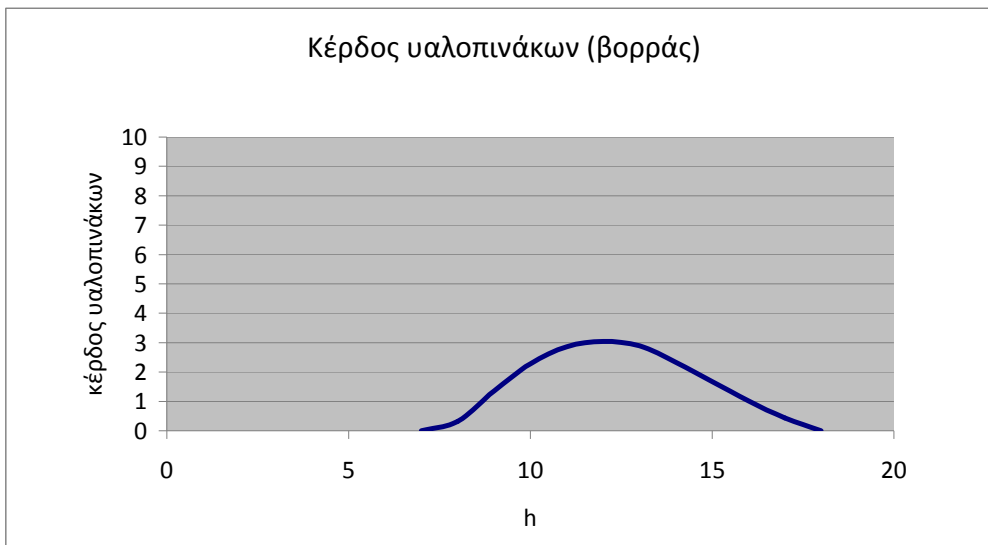
Με βάση όλα τα παραπάνω μπορεί να γίνει υπολογισμός των θετικών φορτίων των υαλοπινάκων για κάθε προσανατολισμό σύμφωνα με την εξίσωση (7) και υπολογίζεται για όλο το 24ωρο. Για λόγους καλύτερης εποπτείας θα μετατρέψουμε τις μονάδες από

$$\left[\frac{J}{h} \right] \text{ σε } \left[\frac{MJ}{h} \right].$$

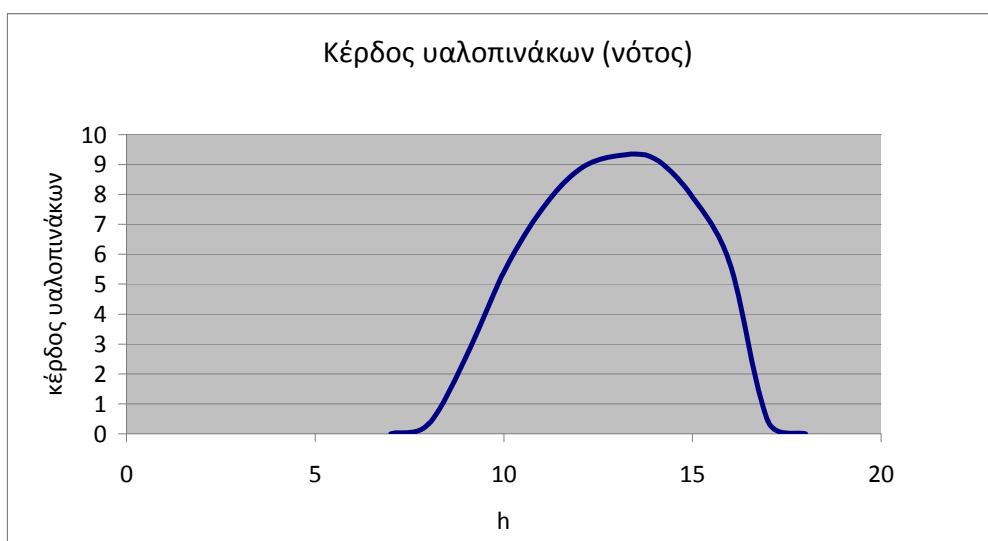
Ο αντίστοιχος πίνακας με τα αποτελέσματα αλλά και τα διαγράμματα ακολουθούν στην επόμενη σελίδα :

<i>Time</i>	ΒΟΡΡΑΣ	ΝΟΤΟΣ	ΔΥΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΗ
	$K_{\text{βαλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$	$K_{\text{βαλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$	$K_{\text{βαλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$	$K_{\text{βαλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0
04:00	0	0	0	0
05:00	0	0	0	0
06:00	0	0	0	0
07:00	0	0	0	0
08:00	0,3228	0,3228	0,3228	0,2744
09:00	1,3575	2,5829	1,3575	2,3083
10:00	2,2767	5,4110	2,2767	3,7112
11:00	2,8566	7,4838	2,8566	3,5733
12:00	3,0376	8,8359	3,0375	2,3113
13:00	2,8954	9,2878	4,7683	2,1703
14:00	2,3338	9,2015	6,5118	1,6973
15:00	1,6699	7,9240	7,7770	1,2045
16:00	1,0144	5,6557	7,7505	0,7639
17:00	0,4318	0,4318	0,4318	0,3670
18:00	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0
00:00	0	0	0	0

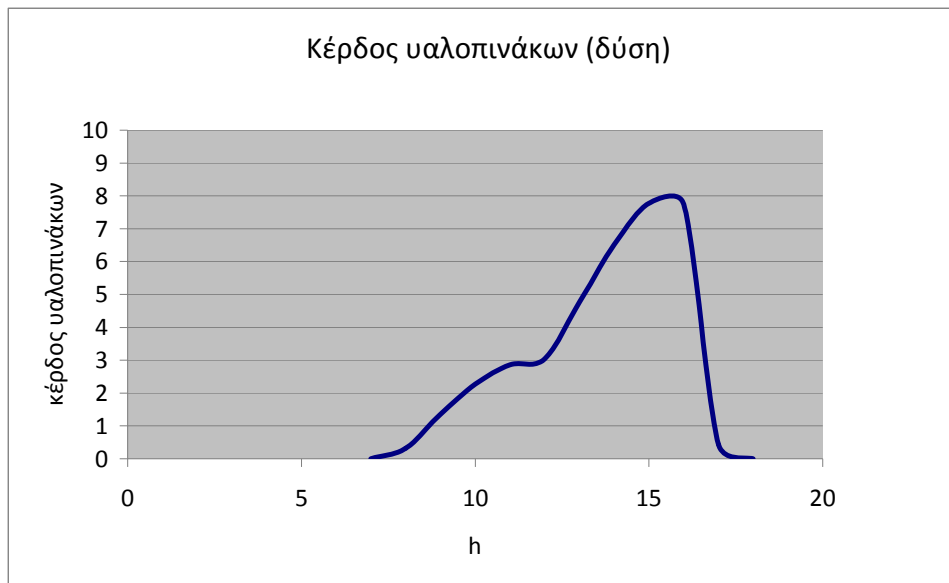
Πίνακας 8.2.1.1 Θετικά φορτία βαλοπινάκων ($K_{\text{βαλ}}$) για την 21^η Ιανουαρίου και για κάθε προσανατολισμό.



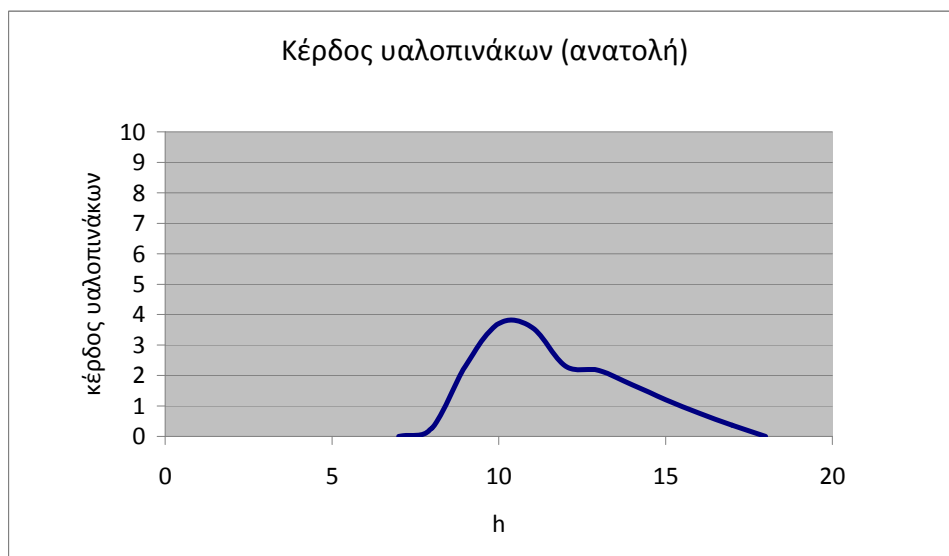
Διάγραμμα 8.2.1.1 Κέρδη υαλοπινάκων ($K_{\text{υαλ}}$) για την 21^η Ιανουαρίου και για προσανατολισμό το βορρά.



Διάγραμμα 8.2.1.2 Κέρδη υαλοπινάκων ($K_{\text{υαλ}}$) για την 21^η Ιανουαρίου και για προσανατολισμό το νότο.



Διάγραμμα 8.2.1.3 Κέρδη υαλοπινάκων ($K_{\text{υαλ}}$) για την 21^η Ιανουαρίου και για προσανατολισμό τη δύση.



Διάγραμμα 8.2.1.4 Κέρδη υαλοπινάκων ($K_{\text{υαλ}}$) για την 21^η Ιανουαρίου και για προσανατολισμό την ανατολή.

8.3 Υπολογισμός αρνητικών φορτίων διαμέσου των υαλοπινάκων [3,12]

Τα αρνητικά φορτία των υαλοπινάκων που προκύπτουν από αγωγή θερμότητας εξαιτίας θερμοκρασιακής διαφοράς, υπολογίζονται από την παρακάτω σχέση:

$$L_{\text{υαλ}} = -3600 A_f U_f (T_{in} - T_{out}) \quad (8)$$

Όπου:

- $A_f [m^2]$ το εμβαδόν των υαλοπινάκων,
- $U_f \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ ο ολικός συντελεστής θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων, ο οποίος σύμφωνα με το κτήριο αναφοράς ισούται με 3.5,
- $(T_{in} - T_{out})$ η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος

Στην παραπάνω σχέση δε χρησιμοποιήσαμε την ισοδύναμη θερμοκρασία T_e , η οποία περιέχει την ηλιακή ακτινοβολία, αφού εμείς την υπολογίζουμε ξεχωριστά.

8.3.1 Υπολογισμός διαφοράς θερμοκρασίας $(T_{in} - T_{out})$

Σύμφωνα με το κτίριο αναφοράς το οποίο χρησιμοποιούμε για τους υπολογισμούς μας, η εσωτερική θερμοκρασία είναι ίση με $22^\circ\text{C}=295\text{K}$. Ως θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος ελήφθησαν οι τιμές των Αθηνών, οι οποίες προέκυψαν με στατιστική επεξεργασία ωριαίων μετρήσεων 20 ετών της εξωτερικής θερμοκρασίας κατά την 21^η Ιανουαρίου, για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος. Η διαφορά θερμοκρασιών φαίνεται στον παρακάτω πίνακα και οι υπολογισμοί έχουν γίνει για όλο το 24ωρο:

<i>Time</i>	$T_{in} [K]$	$T_{out} [K]$	$(T_{in} - T_{out})$
01:00	295	281,3	13,7
02:00	295	281,1	13,9
03:00	295	280,7	14,3
04:00	295	280,3	14,7
05:00	295	280	15
06:00	295	279,9	15,1
07:00	295	280,1	14,9
08:00	295	280,6	14,4
09:00	295	281,3	13,7
10:00	295	282,3	12,7
11:00	295	283,4	11,6
12:00	295	284,4	10,6
13:00	295	285,1	9,9
14:00	295	285,5	9,5
15:00	295	285,4	9,6
16:00	295	285,1	9,9
17:00	295	284,5	10,5
18:00	295	283,8	11,2
19:00	295	283,1	11,9
20:00	295	282,5	12,5
21:00	295	282	13
22:00	295	281,8	13,2
23:00	295	281,6	13,4
00:00	295	281,5	13,5

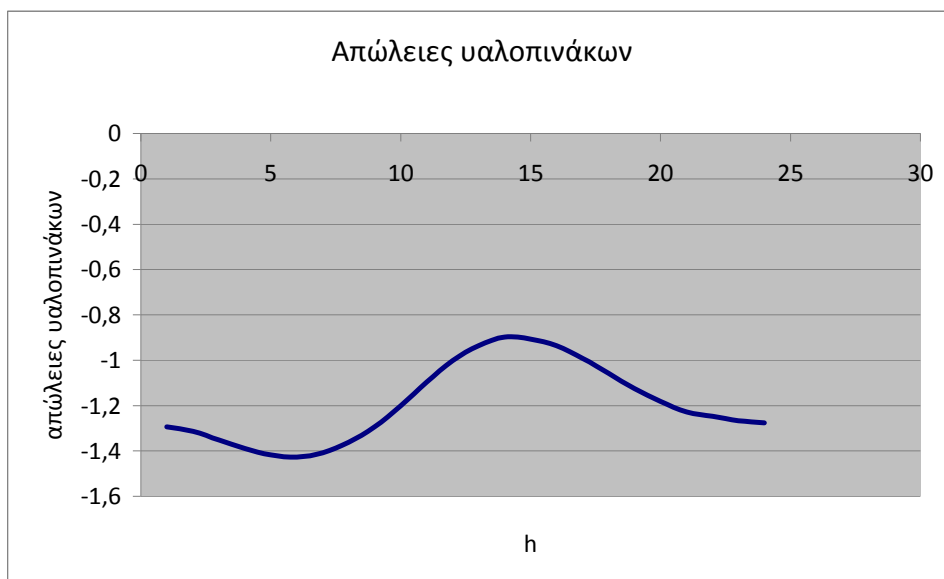
Πίνακας 8.3.1.1 Τιμές των διαφορών θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος ($T_{in}-T_{out}$) για την 21^η Ιανουαρίου και την περιοχή των Αθηνών.

Με βάση τα παραπάνω και με χρήση της εξίσωσης (8) θα υπολογίσουμε τις απώλειες των υαλοπινάκων σε $\left[\frac{J}{h} \right]$. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα, αφού έχουν μετατραπεί οι μονάδες σε $\left[\frac{MJ}{h} \right]$, ενώ παρατίθεται και το αντίστοιχο διάγραμμα:

Απώλειες υαλοπινάκων για όλους τους προσανατολισμούς	
<i>Time</i>	$L_{\text{υαλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-1,2947
02:00	-1,3136
03:00	-1,3514
04:00	-1,3892
05:00	-1,4175
06:00	-1,4270
07:00	-1,4081
08:00	-1,3608
09:00	-1,2947
10:00	-1,2002
11:00	-1,0962
12:00	-1,0017
13:00	-0,9356
14:00	-0,8978
15:00	-0,9072
16:00	-0,9356
17:00	-0,9923
18:00	-1,0584
19:00	-1,1246
20:00	-1,1813

21:00	-1,2285
22:00	-1,2474
23:00	-1,2663
00:00	-1,2758

Πίνακας 8.3.1.2 Διακύμανση των απωλειών των υαλοπινάκων ($L_{υαλ}$) για την 21^η Ιανουαρίου και για κάθε προσανατολισμό.



Διάγραμμα 8.3.1.1 Μεταβολή των απωλειών των υαλοπινάκων ($L_{υαλ}$) για την 21^η Ιανουαρίου ανά ώρα για κάθε προσανατολισμό

Παρατηρούμε ότι οι απώλειες σε αντίθεση με τα κέρδη θα είναι κοινές ανεξαρτήτου προσανατολισμού αφού εξαρτώνται από τη διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού με εξωτερικού περιβάλλοντος.

8.4 Υπολογισμός διαφοράς θετικών και αρνητικών φορτίων που διέρχονται διαμέσου των υαλοπινάκων

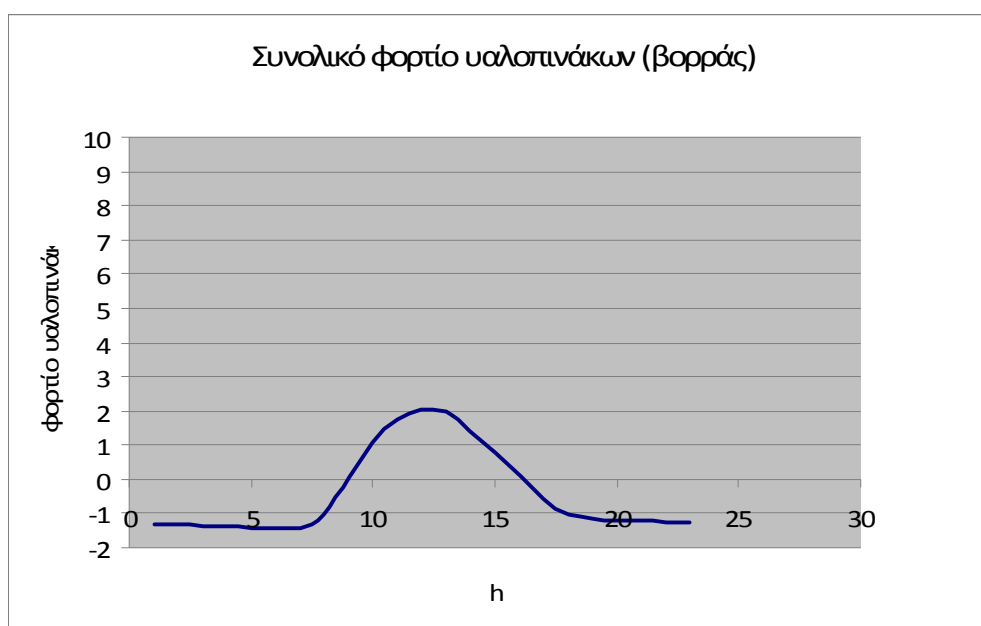
Με βάση τα αποτελέσματα των δύο προηγούμενων κεφαλαίων θα υπολογίσουμε τα συνολικά φορτία λόγω των υαλοπινάκων για να έχουμε καλύτερη εποπτεία των αποτελεσμάτων. Ακολουθεί συνοπτικός πίνακας:

<i>Time</i>	ΒΟΡΡΑΣ	ΝΟΤΟΣ	ΔΥΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΗ
	$(K_{\text{υαλ}} - L_{\text{υαλ}}) \left[\frac{MJ}{h} \right]$	$(K_{\text{υαλ}} - L_{\text{υαλ}}) \left[\frac{MJ}{h} \right]$	$(K_{\text{υαλ}} - L_{\text{υαλ}}) \left[\frac{MJ}{h} \right]$	$(K_{\text{υαλ}} - L_{\text{υαλ}}) \left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-1,2947	-1,2947	-1,2947	-1,2947
02:00	-1,3136	-1,3136	-1,3136	-1,3136
03:00	-1,3514	-1,3514	-1,3514	-1,3514
04:00	-1,3892	-1,3892	-1,3892	-1,3892
05:00	-1,4175	-1,4175	-1,4175	-1,4175
06:00	-1,4270	-1,4270	-1,4270	-1,4270
07:00	-1,4081	-1,4081	-1,4081	-1,4081
08:00	-1,0380	-1,0380	-1,0864	-1,0380
09:00	0,0629	1,2882	1,0137	0,0629
10:00	1,0766	4,2109	2,5110	1,0765
11:00	1,7604	6,3876	2,4771	1,7604
12:00	2,0359	7,8342	1,3096	2,0359
13:00	1,9600	8,3523	1,2347	3,8328
14:00	1,4361	8,3038	0,7996	5,6140
15:00	0,7627	7,0168	0,2973	6,8698
16:00	0,0789	4,7201	-0,1716	6,8149
17:00	-0,5604	-0,5604	-0,6252	-0,5604
18:00	-1,0584	-1,0584	-1,0584	-1,0584
19:00	-1,1246	-1,1246	-1,1246	-1,1246

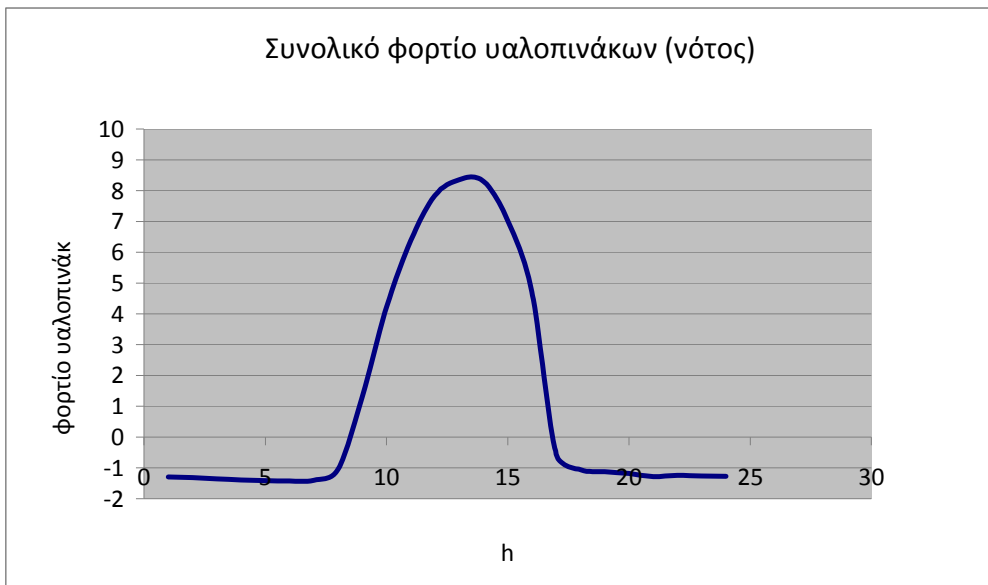
20:00	-1,1813	-1,1813	-1,1813	-1,1813
21:00	-1,2285	-1,2285	-1,2285	-1,2285
22:00	-1,2474	-1,2474	-1,2474	-1,2474
23:00	-1,2663	-1,2663	-1,2663	-1,2663
00:00	-1,2758	-1,2758	-1,2758	-1,2758

Πίνακας 8.4.1 Συνολικά φορτία υαλοπινάκων ($K_{υαλ}-L_{υαλ}$) ανά ώρα για την 21^η Ιανουαρίου και για κάθε προσανατολισμό.

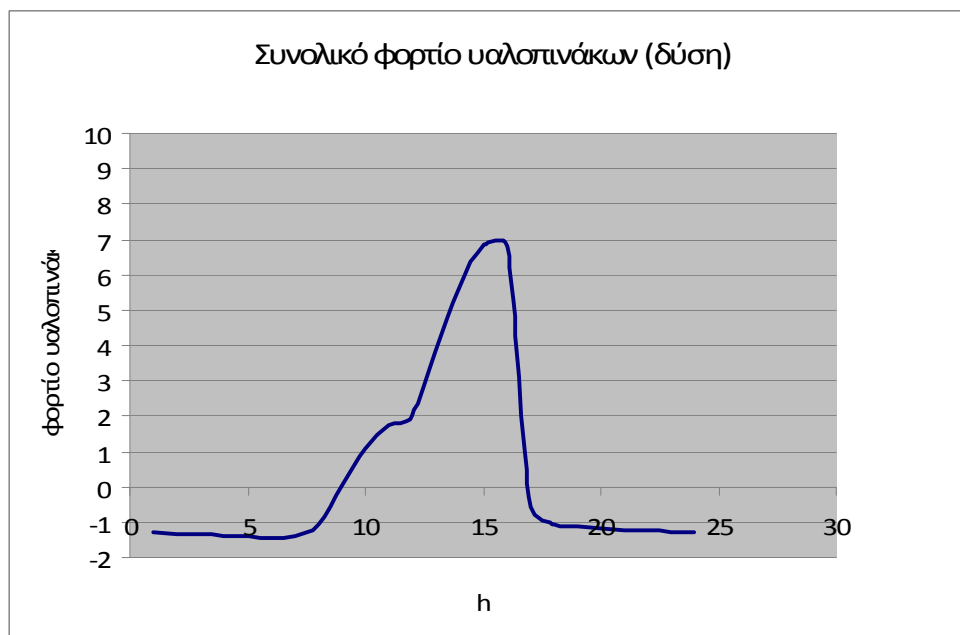
Τα αντίστοιχα διαγράμματα για τους τέσσερις προσανατολισμούς θα είναι:



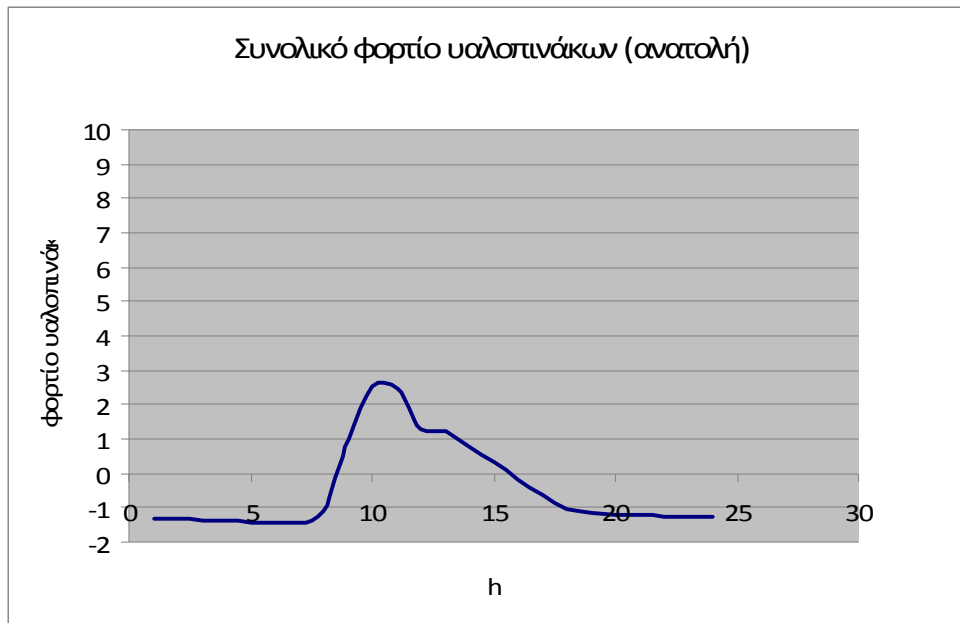
Διάγραμμα 8.4.1 Συνολικό φορτίο υαλοπινάκων ($K_{υαλ}-L_{υαλ}$) ανά ώρα για την 21^η Ιανουαρίου και για προσανατολισμό το βορρά.



Διάγραμμα 8.4.2 Συνολικό φορτίο υαλοπινάκων ($K_{\text{υαλ}}-L_{\text{υαλ}}$) ανά ώρα για την 21^η Ιανουαρίου και για προσανατολισμό το νότο.



Διάγραμμα 8.4.3 Συνολικό φορτίο υαλοπινάκων ($K_{\text{υαλ}}-L_{\text{υαλ}}$) ανά ώρα για την 21^η Ιανουαρίου και για προσανατολισμό τη δύση.



Διάγραμμα 8.4.4 Συνολικό φορτίο υαλοπινάκων ($K_{\text{υαλ}}$ - $L_{\text{υαλ}}$) ανά ώρα για την 21^η Ιανουαρίου και για προσανατολισμό την ανατολή.

8.5 Συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω των τοίχων [2,12]

Το συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω των τοίχων, δηλαδή το συνολικό κέρδος των τοίχων, υπολογίζεται με βάση την παρακάτω εξίσωση:

$$K_{\text{τοιχ}} = -3600 A_w U_w (T_{in} - T_e) \left[\frac{J}{h} \right] \quad (9)$$

Όπου:

- $A_w [m^2]$ το εμβαδόν του τοίχου,
- $U_w \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου,
- $(T_{in} - T_e)$ η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος

8.5.1 Υπολογισμός εμβαδού τοίχων

Σύμφωνα με την παράγραφο 8.2.1, το εμβαδό όλων των πλευρών του κτηρίου υπολογίστηκε $(220-100)=120 m^2$ και της κάθε πλευράς ξεχωριστά, $\frac{120}{4} = 30 m^2$. Το εμβαδό κάθε υαλοπίνακα είναι ίσο με $7.5 m^2$, επομένως το εμβαδό του κάθε τοίχου είναι ίσο με: $30 - 7,5 = 22,5 m^2$.

Άρα $A_w = 22,5 m^2$.

8.5.2 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοίχων

Στο κτίριο αναφοράς οι εξωτερικοί τοίχοι έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- εξωτερικό επίχρισμα πάχους 0.02 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $1.200 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- δρομική οπτοπλινθοδομή πάχους 0.09 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $0.720 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- μόνωση πάχους 0.040 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $0.038 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- δρομική οπτοπλινθοδομή πάχους 0.09 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $0.720 \left[\frac{w}{mK} \right]$ και
- εσωτερικό επίχρισμα πάχους 0.020 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $1.200 \left[\frac{w}{mK} \right]$.

Τέλος, ο εξωτερικός και εσωτερικός συντελεστής συναγωγής είναι $16 \left[\frac{w}{mK} \right]$ και $8 \left[\frac{w}{mK} \right]$ αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό του συνολικού συντελεστή διαπερατότητας του τοίχου, χρησιμοποιούμε τη σχέση:

$$\frac{1}{U_w} = \frac{1}{h_i} + \frac{w_1}{k_1} + \frac{w_2}{k_2} + \frac{w_3}{k_3} + \frac{w_4}{k_4} + \frac{w_5}{k_5} + \frac{1}{h_0} \quad \left[\frac{m^2 K}{w} \right] \quad (10)$$

Όπου:

- $U_w \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$ είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου,
- $h_i \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$ είναι ο εσωτερικός συντελεστής συναγωγής,

- $h_0 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ είναι ο εξωτερικός συντελεστής συναγωγής,
- $\frac{w_i}{k_i} \left[\frac{m^2 K}{w} \right]$ είναι ο λόγος του πάχους προς την αντίστοιχη ειδική

θερμική αγωγιμότητα του κάθε στρώματος του τοίχου.

Από την εξίσωση προκύπτει ο συνολικός συντελεστής διαπερατότητας του τοίχου ίσος με $U_w = 0,671067 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$.

8.5.3 Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος

Όπως είναι ήδη γνωστό, η εσωτερική θερμοκρασία του κτηρίου αναφοράς είναι ίση με $22 C^\circ = 295 K$.

Ως θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος ελήφθησαν οι τιμές της ισοδύναμης θερμοκρασίας των Αθηνών κατά την 21^η Ιανουαρίου, για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού, για κάθε προσανατολισμό:

Time	$T_{in} [K]$	ΒΟΡΡΑΣ	ΝΟΤΟΣ	ΔΥΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΗ
		$T_e [K]$	$T_e [K]$	$T_e [K]$	$T_e [K]$
01:00	295	281,3	281,3	281,3	281,3
02:00	295	281,1	281,1	281,1	281,1
03:00	295	280,7	280,7	280,7	280,7
04:00	295	280,3	280,3	280,3	280,3

05:00	295	280	280	280	280
06:00	295	279,9	279,9	279,9	279,9
07:00	295	280,1	280,1	280,1	280,1
08:00	295	281,5	289	281,5	292,5
09:00	295	283	296,3	283	296
10:00	295	284,5	301,2	284,5	294,7
11:00	295	285,8	304,5	285,8	291,3
12:00	295	286,9	306,2	286,9	286,9
13:00	295	287,5	306,2	293	287,5
14:00	295	287,6	304,3	297,8	287,6
15:00	295	287,2	300,4	300,1	287,2
16:00	295	286,1	293,6	297	286,1
17:00	295	284,5	284,5	284,5	284,5
18:00	295	283,8	283,8	283,8	283,8
19:00	295	283,1	283,1	283,1	283,1
20:00	295	282,5	282,5	282,5	282,5
21:00	295	282	282	282	282
22:00	295	281,8	281,8	281,8	281,8
23:00	295	281,6	281,6	281,6	281,6
00:00	295	281,5	281,5	281,5	281,5

Πίνακας 8.5.3.1 Τιμές της ισοδύναμης θερμοκρασίας των Αθηνών κατά την 21^η

Ιανουαρίου, για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος και για κάθε προσανατολισμό.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, προκύπτει ο πίνακας της διαφοράς θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος, για κάθε προσανατολισμό:

	ΒΟΡΡΑΣ	ΝΟΤΟΣ	ΔΥΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΗ
<i>Time</i>	$T_{in} - T_e [K]$	$T_{in} - T_e [K]$	$T_{in} - T_e [K]$	$T_{in} - T_e [K]$
01:00	13,7	13,7	13,7	13,7
02:00	13,9	13,9	13,9	13,9
03:00	14,3	14,3	14,3	14,3
04:00	14,7	14,7	14,7	14,7
05:00	15	15	15	15
06:00	15,1	15,1	15,1	15,1
07:00	14,9	14,9	14,9	14,9
08:00	13,5	6	13,5	2,5
09:00	12	-1,3	12	-1
10:00	10,5	-6,2	10,5	0,3
11:00	9,2	-9,5	9,2	3,7
12:00	8,1	-11	8,1	8,1
13:00	7,5	-11,2	2	7,5
14:00	7,4	-9,3	-2,8	7,4
15:00	7,8	-5,4	-5,1	7,8
16:00	8,9	1,4	-2	8,9
17:00	10,5	10,5	10,5	10,5
18:00	11,2	11,2	11,2	11,2
19:00	11,9	11,9	11,9	11,9
20:00	12,5	12,5	12,5	12,5
21:00	13	13	13	13
22:00	13,2	13,2	13,2	13,2
23:00	13,4	13,4	13,4	13,4
00:00	13,5	13,5	13,5	13,5

Πίνακας 8.5.3.2 Τιμές της διαφοράς θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος των Αθηνών κατά την 21^η Ιανουαρίου, για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος και για κάθε προσανατολισμό.

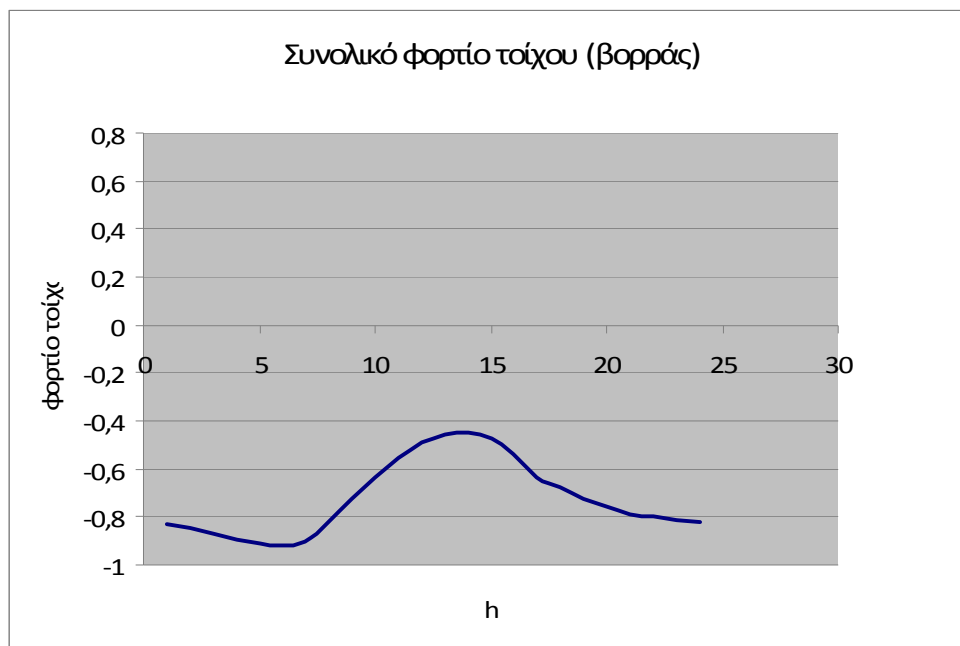
Με δεδομένα όλα τα παραπάνω , χρησιμοποιώντας τη σχέση (9), μπορούμε να υπολογίσουμε το συνολικό φορτίο των τοίχων, για κάθε προσανατολισμό. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στη συνέχεια. Για καλύτερη εποπτεία των αποτελεσμάτων μετατρέψαμε τις μονάδες από $\left[\frac{J}{h} \right]$ σε $\left[\frac{MJ}{h} \right]$.

<i>Time</i>	ΒΟΡΡΑΣ	ΝΟΤΟΣ	ΔΥΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΗ
	Συνολικό φορτίο $\left[\frac{MJ}{h} \right]$	Συνολικό φορτίο $\left[\frac{MJ}{h} \right]$	Συνολικό φορτίο $\left[\frac{MJ}{h} \right]$	Συνολικό φορτίο $\left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-0,8302	-0,8302	-0,8302	-0,8302
02:00	-0,8423	-0,8423	-0,8423	-0,8423
03:00	-0,8666	-0,8667	-0,8666	-0,8666
04:00	-0,8908	-0,8908	-0,8908	-0,8908
05:00	-0,9090	-0,9090	-0,9090	-0,9090
06:00	-0,9150	-0,9150	-0,9150	-0,9150
07:00	-0,9029	-0,9029	-0,9029	-0,9029
08:00	-0,8181	-0,3636	-0,8181	-0,1515
09:00	-0,7272	0,0788	-0,7272	0,0606
10:00	-0,6363	0,3757	-0,6363	-0,0182
11:00	-0,5575	0,5757	-0,5575	-0,2242
12:00	-0,4909	0,6787	-0,4909	-0,4909
13:00	-0,4545	0,6787	-0,1212	-0,4545
14:00	-0,4484	0,5636	0,1697	-0,4484
15:00	-0,4727	0,3272	0,3091	-0,4727
16:00	-0,5393	-0,0848	0,1212	-0,5393
17:00	-0,6363	-0,6363	-0,6363	-0,6363
18:00	-0,6787	-0,6787	-0,6787	-0,6787
19:00	-0,7211	-0,7211	-0,7211	-0,7211

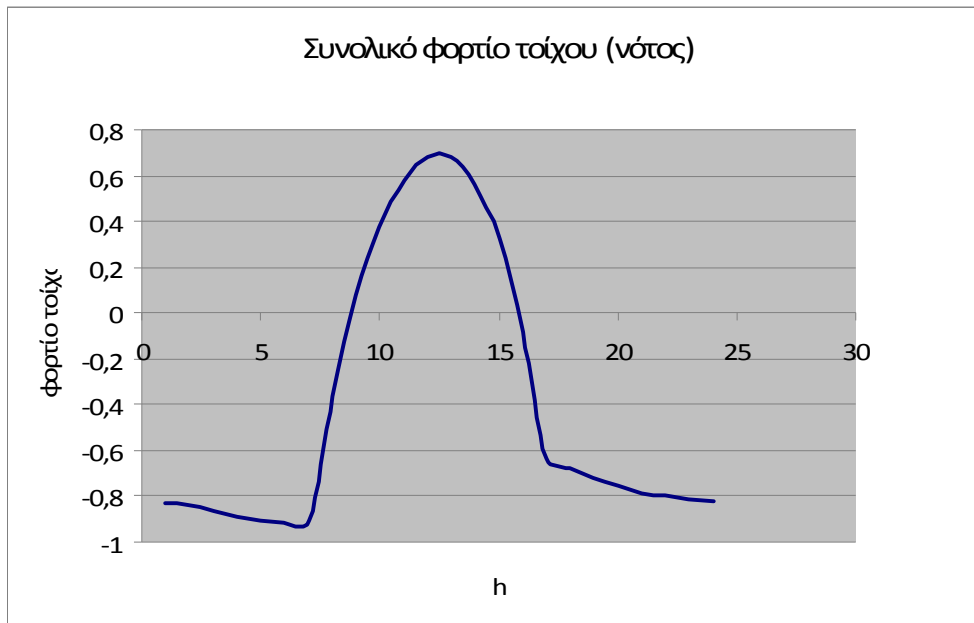
20:00	-0,7575	-0,7575	-0,7575	-0,7575
21:00	-0,7878	-0,7878	-0,7878	-0,7878
22:00	-0,8000	-0,8000	-0,8000	-0,8000
23:00	-0,8120	-0,8120	-0,8120	-0,8120
00:00	-0,8181	-0,8181	-0,8181	-0,8181

Πίνακας 8.5.3.3 Συνολικά φορτία τοίχων για την 21^η Ιανουαρίου και για κάθε προσανατολισμό.

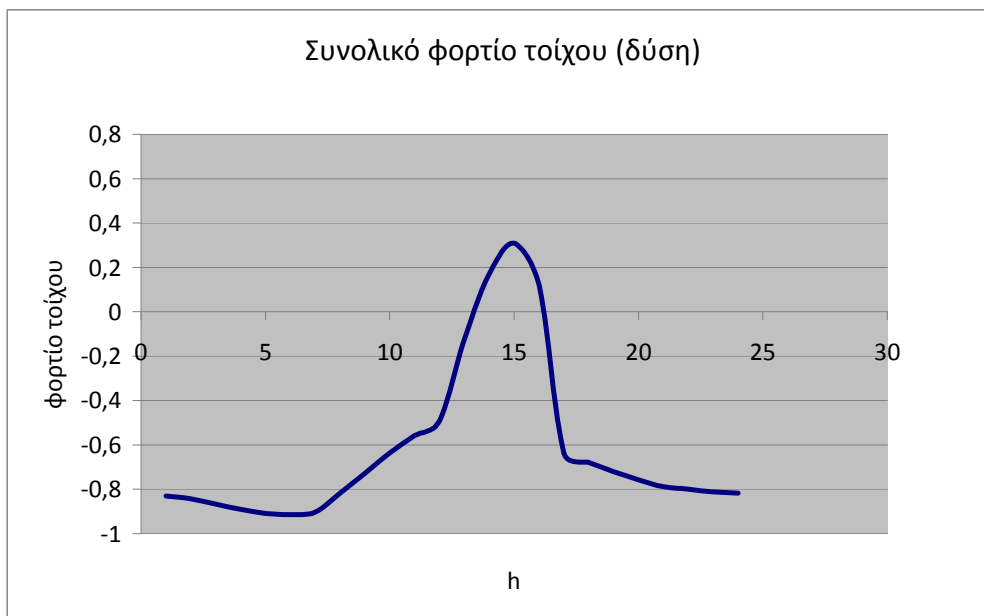
Επομένως προκύπτουν για κάθε προσανατολισμό τα εξής διαγράμματα :



Διάγραμμα 8.5.3.1 Συνολικό φορτίο τοίχων ($K_{τοιγ}$) ανά ώρα για την 21^η Ιανουαρίου και για προσανατολισμό το βορρά.



Διάγραμμα 8.5.3.2 Συνολικό φορτίο τοίχων ($K_{\text{τοιχ}}$) ανά ώρα για την 21^η Ιανουαρίου και για προσανατολισμό το νότο.



Διάγραμμα 8.5.3.3 Συνολικό φορτίο τοίχων ($K_{\text{τοιχ}}$) ανά ώρα για την 21^η Ιανουαρίου και για προσανατολισμό τη δύση.



Διάγραμμα 8.5.3.4 Συνολικό φορτίο τοίχων ($K_{τοιχ}$) ανά ώρα για την 21^η Ιανουαρίου και για προσανατολισμό την ανατολή.

8.6 Συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω της οροφής [2,12]

8.6.1 Υπολογισμός εμβαδού οροφής

Στο κτήριο αναφοράς το εμβαδόν της οροφής είναι $A_{hor} = 100m^2$.

8.6.2 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής

Η οροφή αποτελείται από τα παρακάτω διαδοχικά στρώματα:

- γαρμπιλόδεμα $0.07 m$ και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $2.200 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- στεγανωτική στρώση $0.01 m$ και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $0.038 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- μόνωση πάχους $0.060 m$ και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $0.038 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- σκυρόδεμα πάχους $0.07 m$ και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $2.200 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους $0.14 m$ και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $2.200 \left[\frac{w}{mK} \right]$ και
- επίχρισμα πάχους $0.015 m$ και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $1.2 \left[\frac{w}{mK} \right]$.

Ο εξωτερικός και εσωτερικός συντελεστής συναγωγής είναι $16 \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$ και

$8 \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$ αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό του συνολικού συντελεστή διαπερατότητας της οροφής, χρησιμοποιούμε τη σχέση:

$$\frac{1}{U_{hor}} = \frac{1}{h_i} + \frac{w_1}{k_1} + \frac{w_2}{k_2} + \frac{w_3}{k_3} + \frac{w_4}{k_4} + \frac{w_5}{k_5} + \frac{w_6}{k_6} + \frac{1}{h_0} \left[\frac{m^2 K}{w} \right] \quad (11)$$

Όπου:

- U_{hor} [W/m²K] είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής,
- h_i [W/m²K] είναι ο εσωτερικός συντελεστής συναγωγής,
- h_0 [W/m²K] είναι ο εξωτερικός συντελεστής συναγωγής,
- $\frac{w_i}{k_i} \left[\frac{m^2 K}{w} \right]$ είναι ο λόγος του πάχους προς την αντίστοιχη ειδική θερμική αγωγιμότητα του κάθε στρώματος της οροφής.

Εφαρμόζοντας την εξίσωση προκύπτει $U_{hor} = 0,489660 \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$.

8.6.3 Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος

Όπως είναι ήδη γνωστό η εσωτερική θερμοκρασία είναι ίση με 22°C. Ως θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος ελήφθησαν οι τιμές της ισοδύναμης θερμοκρασίας των Αθηνών κατά την 21^η Ιανουαρίου, για οριζόντιες επιφάνειες και με επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος.

Η διαφορά θερμοκρασιών όλο το 24ωρο φαίνεται στον πίνακα της επόμενης σελίδας:

<i>Time</i>	$T_{in} [K]$	$T_{hor} [K]$	$T_{in} - T_{hor} [K]$
01:00	295	281,3	13,7
02:00	295	281,1	13,9
03:00	295	280,7	14,3
04:00	295	280,3	14,7
05:00	295	280	15
06:00	295	279,9	15,1
07:00	295	280,1	14,9
08:00	295	280,1	14,9
09:00	295	285,4	10,4
10:00	295	289,9	5,1
11:00	295	293,1	1,9
12:00	295	294,8	0,2
13:00	295	294,8	0,2
14:00	295	293	2
15:00	295	289,5	6,5
16:00	295	284,6	10,4
17:00	295	284,5	10,5
18:00	295	283,8	11,2
19:00	295	283,1	11,9
20:00	295	282,5	12,5
21:00	295	282	13
22:00	295	281,8	13,2
23:00	295	281,6	13,4
00:00	295	281,5	13,5

Πίνακας 8.6.3.1 Τιμές της διαφοράς θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος των Αθηνών κατά την 21^η Ιανουαρίου, για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος και για την οροφή.

Στη συνέχεια φαίνεται ο πίνακας με τις τιμές του συνολικού φορτίου της οροφής για την κάθε ώρα του 24ώρου και σε $\left[\frac{MJ}{h} \right]$:

<i>Time</i>	Συνολικό φορτίο οροφής $\left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-2,4877
02:00	-2,5240
03:00	-2,5966
04:00	-2,6693
05:00	-2,7238
06:00	-2,7419
07:00	-2,7056
08:00	-2,7056
09:00	-1,8885
10:00	-0,9261
11:00	-0,3450
12:00	-0,0363
13:00	-0,0363
14:00	-0,3632
15:00	-1,1803
16:00	-1,8885
17:00	-1,9066
18:00	-2,0337
19:00	-2,1608
20:00	-2,2698
21:00	-2,3606
22:00	-2,3969
23:00	-2,4332
00:00	-2,4514

Πίνακας 8.6.3.2 Τιμές του συνολικού φορτίου οροφής για την 21^η Ιανουαρίου.

Και ακολούθως το αντίστοιχο διάγραμμα:



Διάγραμμα 8.6.3.1 Συνολικό φορτίο οροφής για την 21^η Ιανουαρίου.

Σαν παρατήρηση για τα διαγράμματα των τοίχων και της οροφής που προηγήθηκαν, οφείλουμε να σχολιάσουμε ότι οι μικροανωμαλίες που παρατηρούνται αφείρονται καθαρά στις αυξομειώσεις των θερμοκρασιών, τιμές που λήφθηκαν σαν δεδομένα από μετρήσεις και που προφανώς περιέχουν σφάλματα.

8.7 Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρα [2,12]

Ανανέωση του αέρα ενός χώρου είναι η ηθελημένη προσαγωγή αέρος εξωτερικού περιβάλλοντος στον κλιματιζόμενο, απευθείας ή μέσω κλιματιστικής συσκευής.

Αντίθετα η διείσδυση είναι η είσοδος του εξωτερικού αέρα από τα διάκενα των θυρών και παραθύρων ή η είσοδος του εξωτερικού αέρα κατά το άνοιγμα των θυρών.

Το ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρα (απευθείας όχι μέσω κλιματιστικής συσκευής), υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$Q_i = 1,2Q(\Delta h)3600 \left[\frac{J}{h} \right] \quad (12)$$

Όπου:

- Q_i είναι το ολικό ψυκτικό φορτίο $\left[\frac{J}{h} \right]$,
- Q είναι η παροχή εξωτερικού αέρος $\left[\frac{L}{s} \right]$,
- Δh είναι η διαφορά ενθαλπίας μεταξύ εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρος $\left[\frac{KJ}{Kg} \xi.α. \right]$.

Παρατήρηση: Για την εφαρμογή αυτού του τύπου θεωρούμε ότι το κτήριο αναφοράς βρίσκεται υπό συνήθεις συνθήκες και κανονική ατμοσφαιρική πίεση, δηλαδή 101,325 kPa και υψόμετρο 0 m.

8.7.1 Υπολογισμός παροχής εξωτερικού αέρα

Η συνήθης παροχή εξωτερικού αέρα είναι $2 \frac{L}{s} \forall m^2$ επιφάνειας δαπέδου, σε θερμοκρασία πραγματικού περιβάλλοντος.

Επομένως η παροχή εξωτερικού αέρα στο κτήριο αναφοράς είναι:

$$Q = 2 \cdot 100 = 200 \left[\frac{L}{s} \right]$$

8.7.2 Υπολογισμός διαφοράς ενθαλπίας εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρα

Η ενθαλπία ,είτε του εισερχόμενου είτε του εξερχόμενου αέρα ,υπολογίζεται από τον ψυχομετρικό χάρτη, συναρτήσει της σταθερής θερμοκρασίας ξηρής σφαίρας Tdb (Dry Bulb Temperature) και της σχετικής υγρασίας φ.

Συγκεκριμένα, η ενθαλπία του εισερχόμενου αέρα υπολογίζεται από τον ψυχομετρικό χάρτη για θερμοκρασία ξηρής σφαίρας Tdb = 22°C (θερμοκρασία εσωτερικού περιβάλλοντος) και σχετική υγρασία φ=50% και είναι ίση με $45 \left[\frac{KJ}{Kg} \xi.α. \right]$.

Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε την ενθαλπία του εξερχόμενου αέρα, με Tdb(θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος) τις τιμές των Αθηνών ,οι οποίες προέκυψαν με στατιστική επεξεργασία ωριαίων μετρήσεων 20 ετών κατά την 21^η Ιανουαρίου(για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος) και σχετικές υγρασίες που προκύπτουν από τον τύπο:

$$\varphi_0(H) = m \sum_{i=1}^2 c_i \cos \left[i \frac{360}{24} (H - 0,5) \right] + \sum_{i=1}^2 s_i \sin \left[i \frac{360}{24} (H - 0,5) \right] \quad (13)$$

Όπου:

- Η είναι η ώρα της ημέρας 1÷24,
- m, c_1, s_1 , είναι οι συντελεστές που δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

<i>day</i>	<i>m</i>	c_1	c_2	s_1	s_2
21 Jan .	70.132	8.1020	-2.7170	3.8240	-4.1640

Πίνακας 8.7.2.1 Τιμές των συντελεστών της συνάρτησης (13) για την 21^η Ιανουαρίου.

Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω στοιχεία προκύπτουν οι παρακάτω τιμές σχετικής υγρασίας για κάθε ώρα, η αντίστοιχη ενθαλπία εξερχόμενου αέρα, καθώς και η αντίστοιχη διαφορά ενθαλπίας:

<i>Time</i>	T_{out}	φ_0	$h_{out} \left[\frac{KJ}{Kg} \xi.α. \right]$	Δh
01:00	8,3	74,96168	22	23
02:00	8,1	74,21505	21	24
03:00	7,7	74,16233	20	25
04:00	7,3	74,77906	19	26
05:00	7	75,74223	18	27
06:00	6,9	76,52751	17,9	27,1
07:00	7,1	76,5679	19	26
08:00	7,6	75,43002	19	26
09:00	8,3	72,95892	21	24
10:00	9,3	69,35106	22	23
11:00	10,4	65,13329	22,5	22,5
12:00	11,4	61,05175	25	20
13:00	12,1	57,89804	25	20
14:00	12,5	56,31774	26	19
15:00	12,4	56,65102	26	19
16:00	12,1	58,84713	25	20
17:00	11,5	62,4754	23	22
18:00	10,8	66,82989	25	20
19:00	10,1	71,10038	24	21
20:00	9,5	74,56519	24	21
21:00	9	76,75573	23	22
22:00	8,8	77,55075	23	22
23:00	8,6	77,17707	21	24
00:00	8,5	76,11886	21,5	23,5

Πίνακας 8.7.2.2 Τιμές σχετικής υγρασίας για κάθε ώρα, η αντίστοιχη ενθαλπία εξερχόμενου αέρα, καθώς και η αντίστοιχη διαφορά ενθαλπίας για την 21^η Ιανουαρίου.

Τέλος, χρησιμοποιώντας την εξίσωση (12), μπορούμε να υπολογίσουμε το ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρα, όπως φαίνεται παρακάτω:

<i>Time</i>	$Q_i \left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-19,8720
02:00	-20,7360
03:00	-21,6000
04:00	-22,4640
05:00	-23,3280
06:00	-23,4144
07:00	-22,4640
08:00	-22,4640
09:00	-20,7360
10:00	-19,8720
11:00	-19,4400
12:00	-17,2800
13:00	-17,2800
14:00	-16,4160
15:00	-16,4160
16:00	-17,2800
17:00	-19,0080
18:00	-17,2800
19:00	-18,1440
20:00	-18,1440
21:00	-19,0080
22:00	-19,0080
23:00	-20,7360
00:00	-20,3040

Πίνακας 8.7.2.3 Ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρα για την 21^η Ιανουαρίου.

8.8 Συνολικό φορτίο κελύφους για την 21^η Ιανουαρίου

Μέχρι τώρα υπολογίσαμε, για κάθε ώρα της 21^{ης} Ιανουαρίου, για δεδομένο κτήριο αναφοράς στην περιοχή της Αθήνας, τα θετικά φορτία που διέρχονται στο εσωτερικό του κτηρίου δια μέσου των υαλοπινάκων και αντίστοιχα και τα αρνητικά φορτία αυτών. Ακόμα, υπολογίσαμε το συνολικό φορτίο που διέρχεται δια μέσου των τοίχων και της οροφής και τέλος το ψυκτικό φορτίο λόγω διείσδυσης και ανανέωσης αέρα.

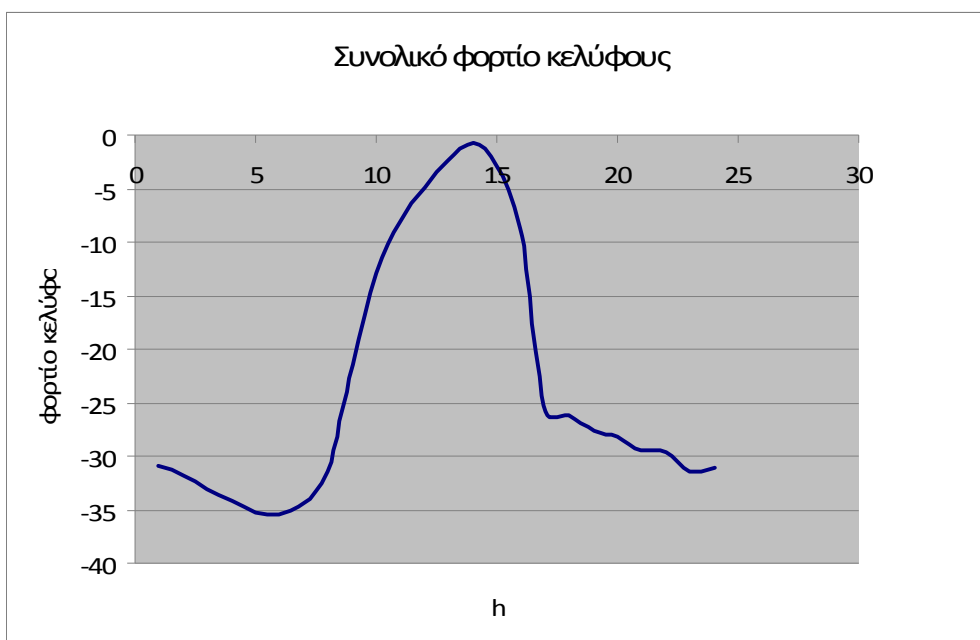
Για να καταλήξουμε σε πιο ολοκληρωμένα συμπεράσματα, χρειάζεται να υπολογίσουμε το συνολικό φορτίο του κελύφους που διέρχεται στο εσωτερικό του κτηρίου, για κάθε ώρα της 21^{ης} Ιανουαρίου. Αυτό επιτυγχάνεται αν αθροίσουμε αλγεβρικά τα θετικά φορτία που διέρχονται στο εσωτερικό του κτηρίου δια μέσου των υαλοπινάκων, τα αρνητικά φορτία που διέρχονται στο εσωτερικό του κτηρίου δια μέσου των υαλοπινάκων, το συνολικό φορτίο που διέρχεται δια μέσου των τοίχων και της οροφής και τέλος το ψυκτικό φορτίο που διέρχεται λόγω διείσδυσης και ανανέωσης αέρα. Το συνολικό φορτίο του κελύφους που διέρχεται στο εσωτερικό του κτηρίου για κάθε ώρα της 21^{ης} Ιανουαρίου φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

<i>Time</i>	Συνολικό φορτίο κελύφους $\left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-30,8591
02:00	-31,8835
03:00	-33,0683
04:00	-34,2531
05:00	-35,3577
06:00	-35,5243
07:00	-34,4135
08:00	-31,5213
09:00	-21,3666
10:00	-12,8382
11:00	-8,1631

12:00	-4,8947
13:00	-2,2881
14:00	-0,7896
15:00	-2,7772
16:00	-8,7685
17:00	-2,5764
18:00	-26,2622
19:00	-27,6876
20:00	-28,1687
21:00	-29,4337
22:00	-29,5941
23:00	-31,4825
00:00	-31,1307

Πίνακας 8.8.1 Τιμές του συνολικού φορτίου κελύφους για την 21^η Ιανουαρίου.

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει και το αντίστοιχο διάγραμμα:



Διάγραμμα 8.8.1 Συνολικό φορτίο κελύφους για την 21^η Ιανουαρίου.

Αν προσθέσουμε τις τιμές για κάθε ώρα, βρίσκουμε τις συνολικές απώλειες του κελύφους για όλο το 24ωρο, που είναι ίσες με $- 558,568 \text{ MJ}$.

Από το διάγραμμα είναι εμφανές ότι έχουμε μόνο απώλειες (αρνητικές τιμές) κελύφους για την 21^η Ιανουαρίου και για τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της μόνωσης (πάχος 0.04 m και ειδική θερμική αγωγιμότητα 0.038 m) και των υαλοπινάκων(ποσοστό επιφάνειας υαλοπινάκων επί του κελύφους $P_f = 25\%$ και συντελεστή θερμοπερατότητας

$$U_f = 3,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \text{ του κτιρίου αναφοράς.}$$

Οφείλουμε οπωσδήποτε να αναφέρουμε ότι δεν έχει ληφθεί υπόψη η χρονική υστέρηση και αυτό γιατί δεν ενδιαφερόμαστε για ωριαίες τιμές αλλά για ημερήσιες και μέσα στη διάρκεια της ημέρας η χρονική υστέρηση αφομοιώνεται.

Τις ελάχιστες απώλειες τις έχουμε κατά τις μεσημεριανές ώρες όπου το κέρδος των υαλοπινάκων είναι μεγάλο, σε σχέση με τις συνολικές απώλειες, αλλά και πάλι οι συνολικές απώλειες (υαλοπινάκων, τοίχων, οροφής, λόγω διείσδυσης και ανανέωσης αέρα) υπερσχύουν.

Κεφάλαιο 9^ο

ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΟΥ
ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΤΩΝ
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ w_i , k_i , U_f , P_f ΓΙΑ ΤΗΝ 21^η ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ

9.1 Διαγραμματική ανάλυση για σταθερές τις τιμές των U_f , P_f

Στην ενότητα αυτή, καθώς και σε αυτήν που ακολουθεί, έχει γίνει προσπάθεια ανάλυσης της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου αναφοράς για τον τυπικό μήνα Ιανουάριο μέσω διαγραμμάτων που μας δείχνουν τη μεταβολή της ημερήσιας κατανάλωσης βάσει των μεταβολών των χαρακτηριστικών του κελύφους.

Τα διαγράμματα της παραγράφου αυτής έχουν γίνει κρατώντας σταθερές τις τιμές των P_f και U_f και μεταβάλλοντας τους άλλους δύο σημαντικούς συντελεστές που δεν είναι άλλοι από τους k_i και w_i .

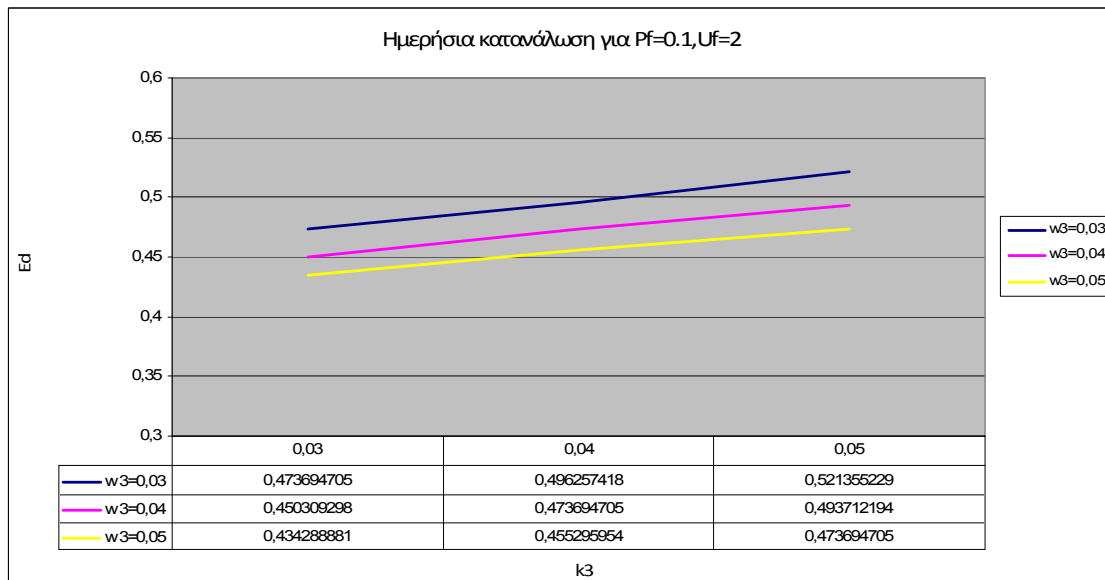
Οι συνδυασμοί των συντελεστών έχουν γίνει βάσει των εξής πειραματικών τιμών:

P_f : 10%, 20%, 30%

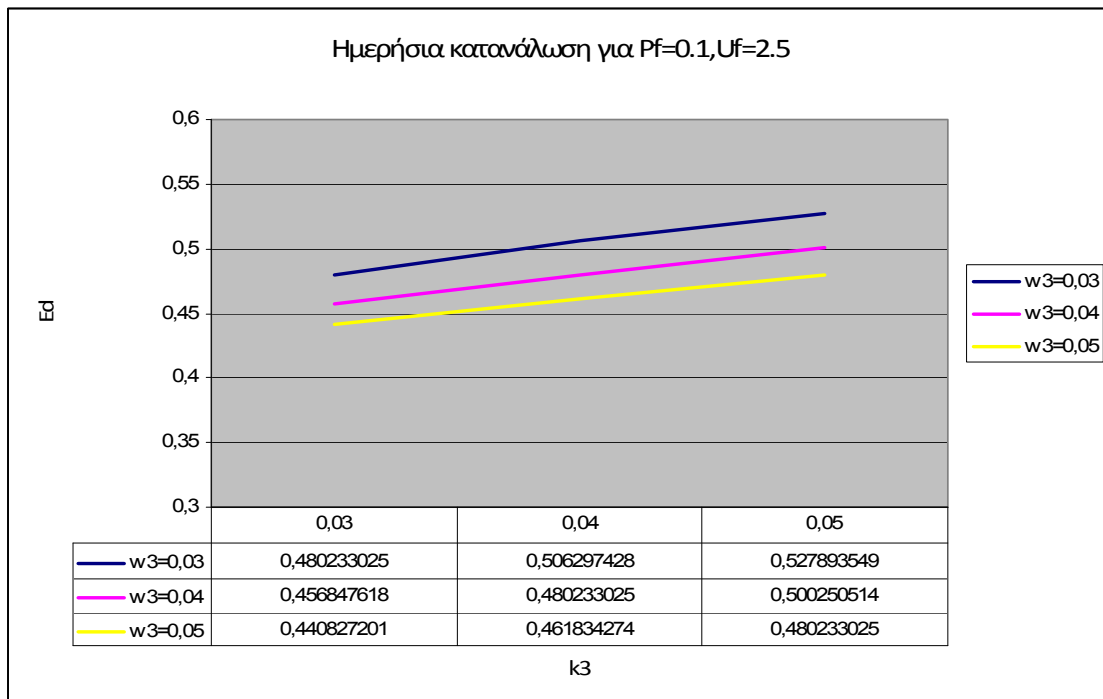
U_f : 2, 2.5, 3, 3.5 $\left[\frac{w}{m^2 K} \right]$

k_i : 0.03, 0.04, 0.05 $\left[\frac{w}{mK} \right]$

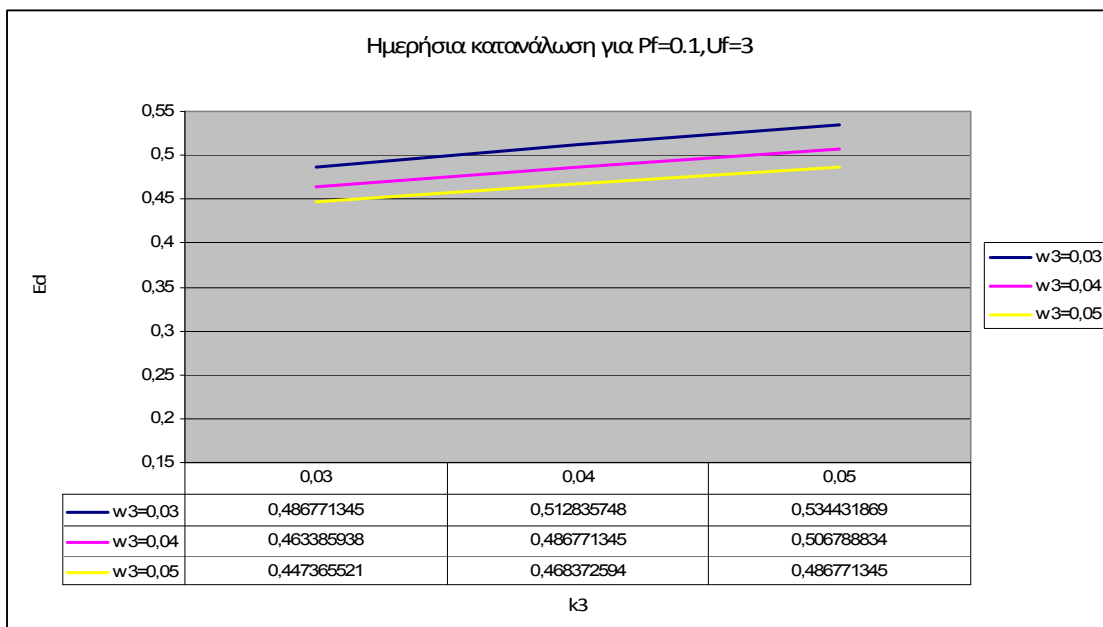
w_i : 0.03, 0.04, 0.05 m



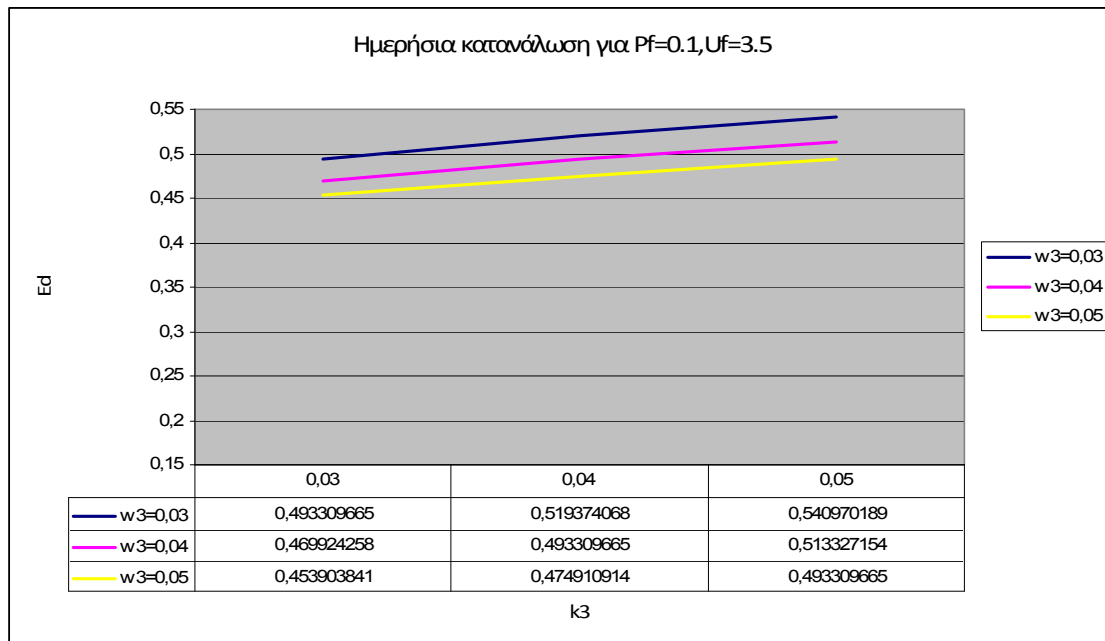
Διάγραμμα 9.1.1 Διακόμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για $P_f=0.1$, $U_f=2$ $w/(m^2 K)$ και μεταβολή των συντελεστών k_3 και w_3 .



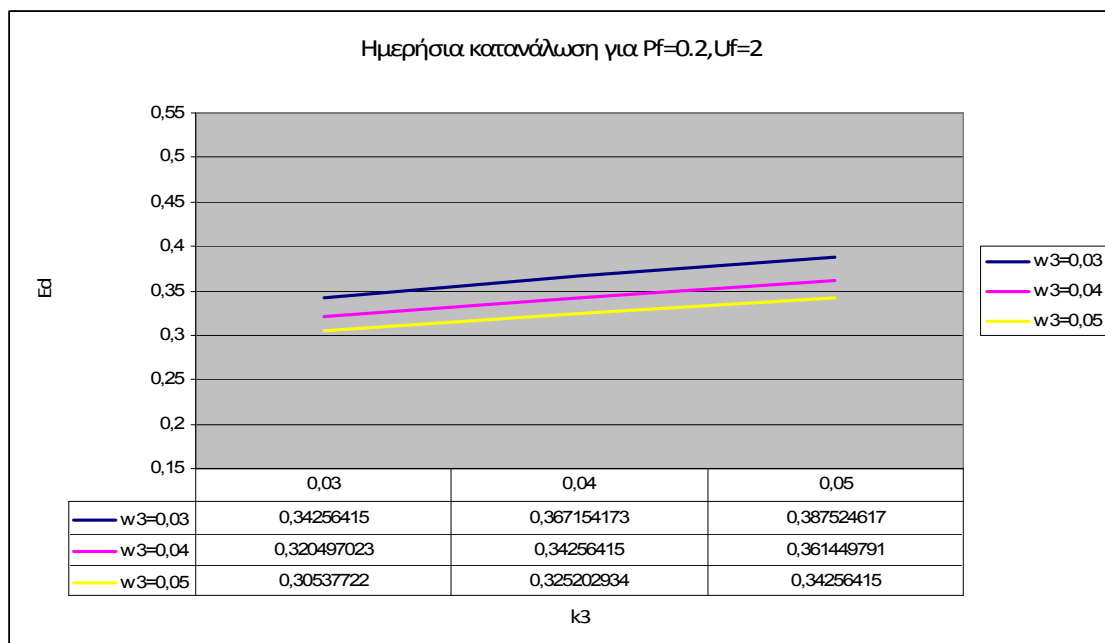
*Διάγραμμα 9.1.2 Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για $P_f=0.1, U_f=2.5$
 $w/(m^2K)$ και μεταβολή των συντελεστών k_3 και w_3 .*



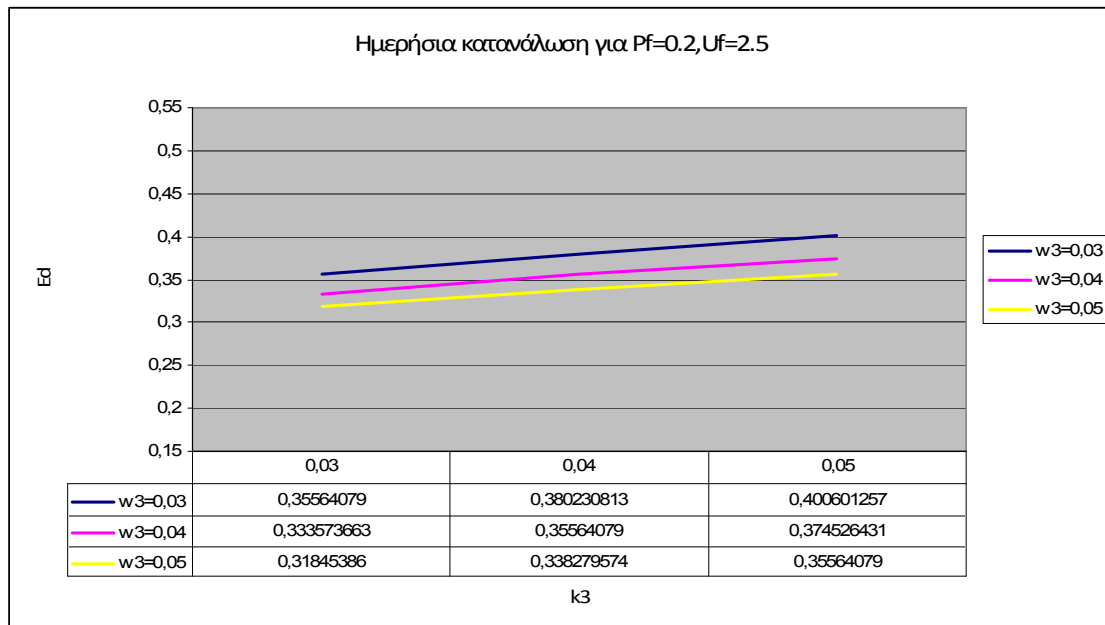
*Διάγραμμα 9.1.3 Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για $P_f=0.1, U_f=3$
 $w/(m^2K)$ και μεταβολή των συντελεστών k_3 και w_3 .*



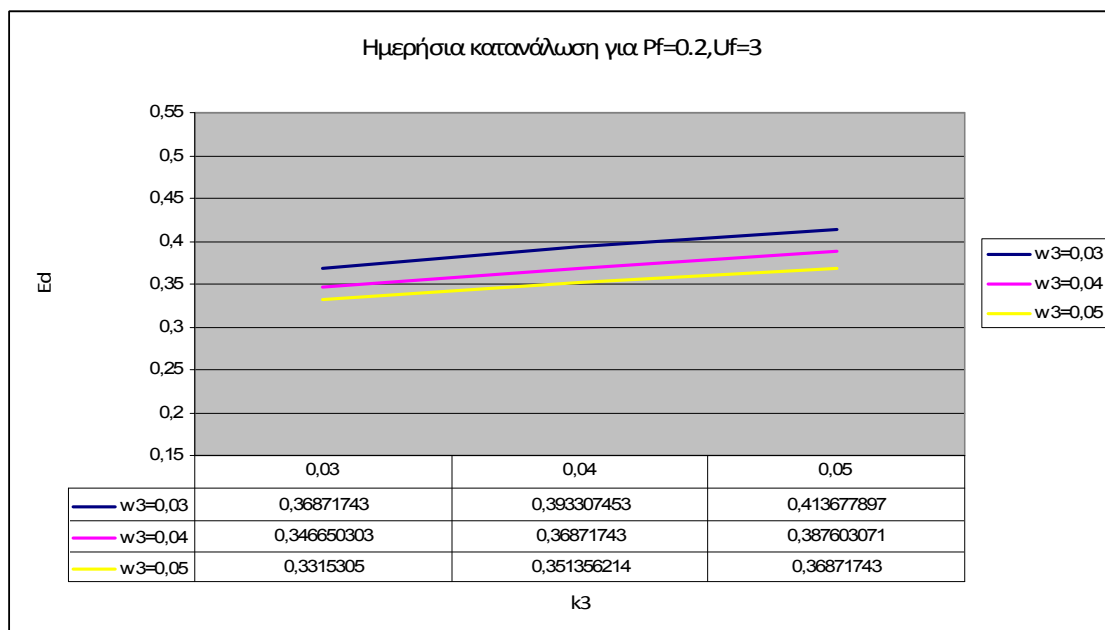
Διάγραμμα 9.1.4 Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για $P_f=0.1, U_f=2 \text{ w}/(\text{m}^2\text{K})$ και μεταβολή των συντελεστών k_3 και w_3 .



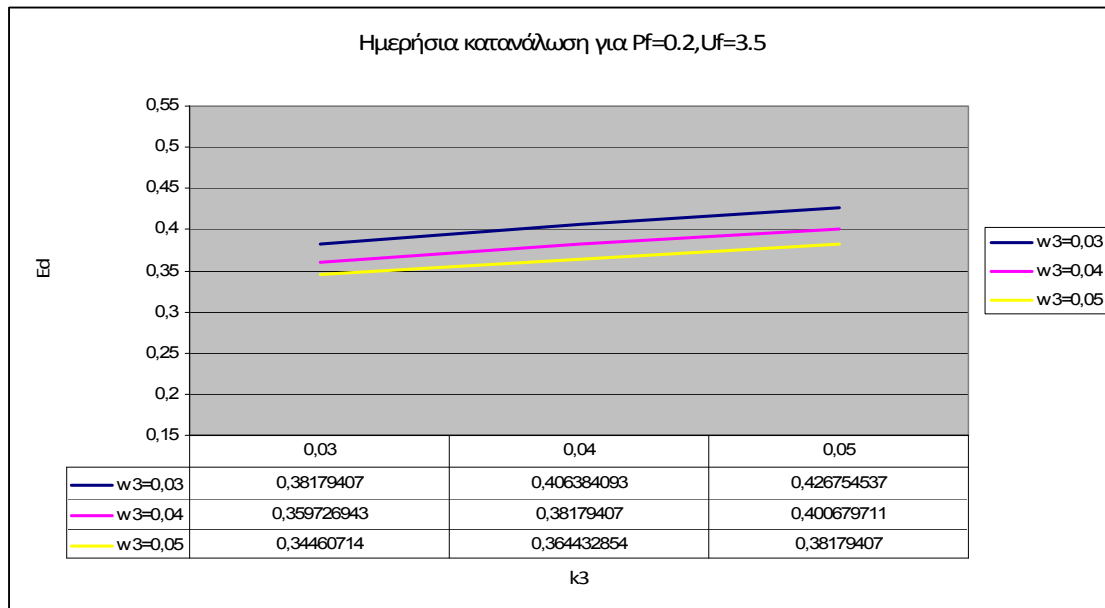
Διάγραμμα 9.1.5 Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για $P_f=0.2, U_f=2 \text{ w}/(\text{m}^2\text{K})$ και μεταβολή των συντελεστών k_3 και w_3 .



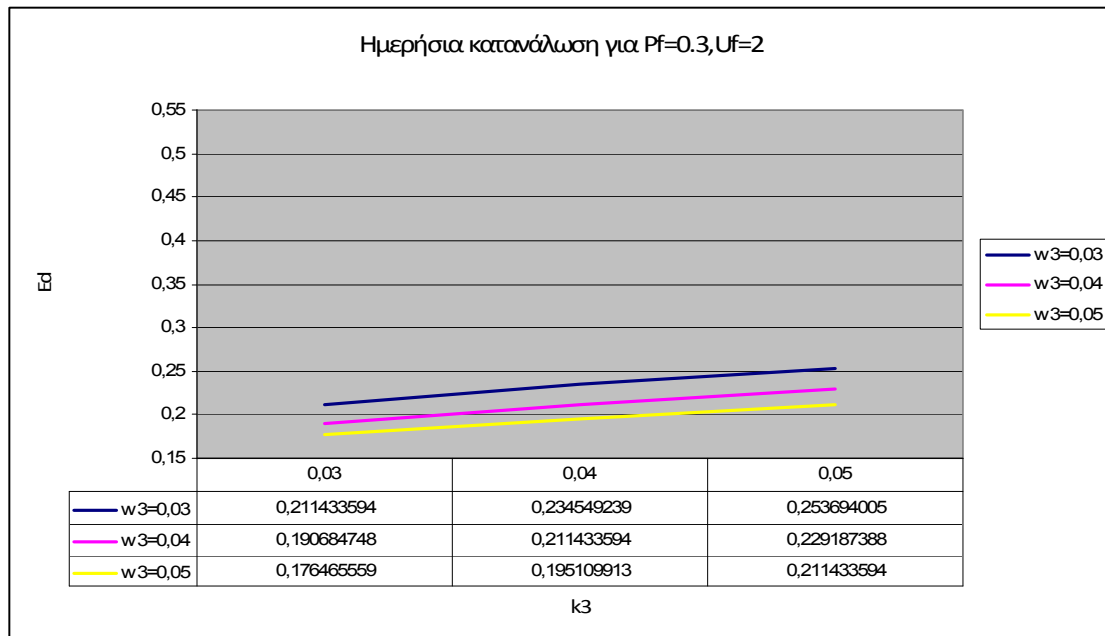
*Διάγραμμα 9.1.6 Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για $P_f=0.2, U_f=2.5$
 $w/(m^2K)$ και μεταβολή των συντελεστών k_3 και w_3 .*



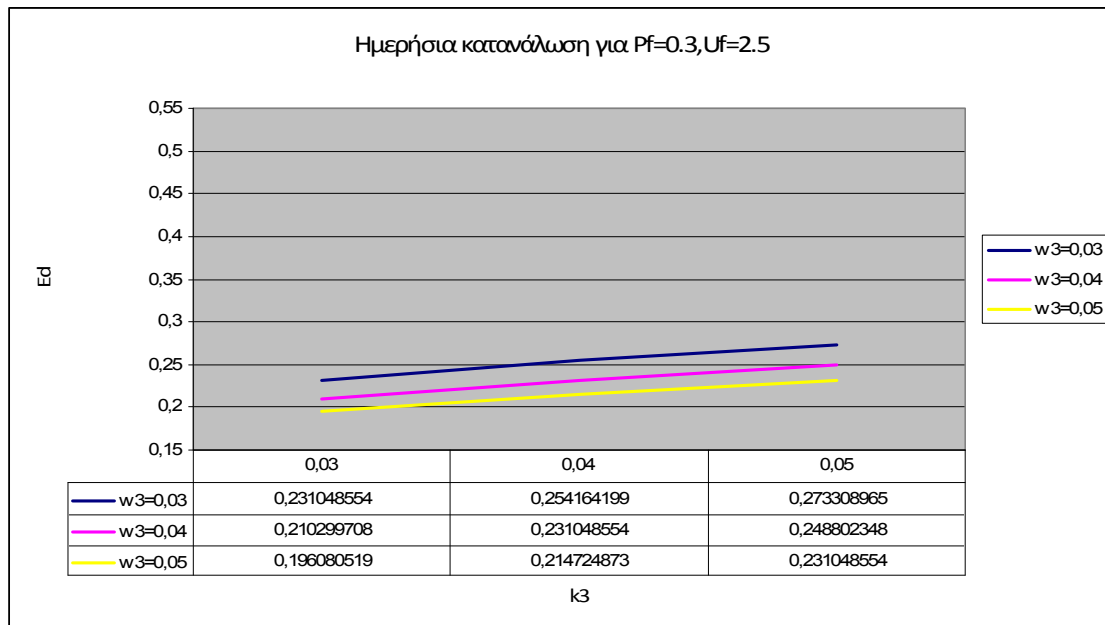
*Διάγραμμα 9.1.7 Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για $P_f=0.2, U_f=3$ $w/(m^2K)$
και μεταβολή των συντελεστών k_3 και w_3 .*



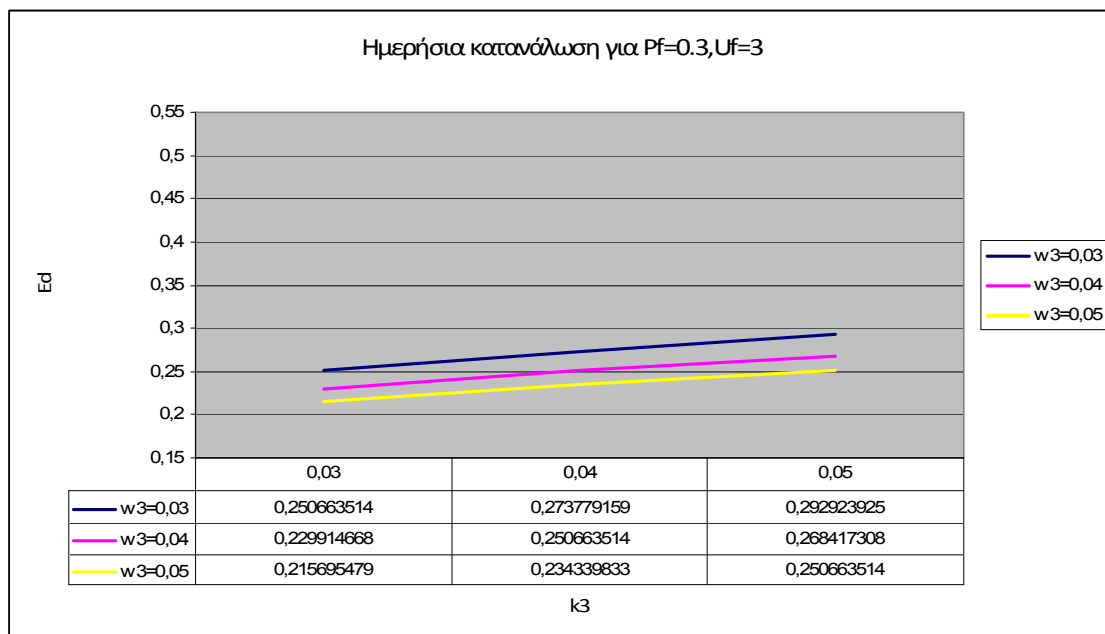
*Διάγραμμα 9.1.8 Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για $P_f=0.2, U_f=3.5$
 $w/(m^2K)$ και μεταβολή των συντελεστών k_3 και w_3 .*



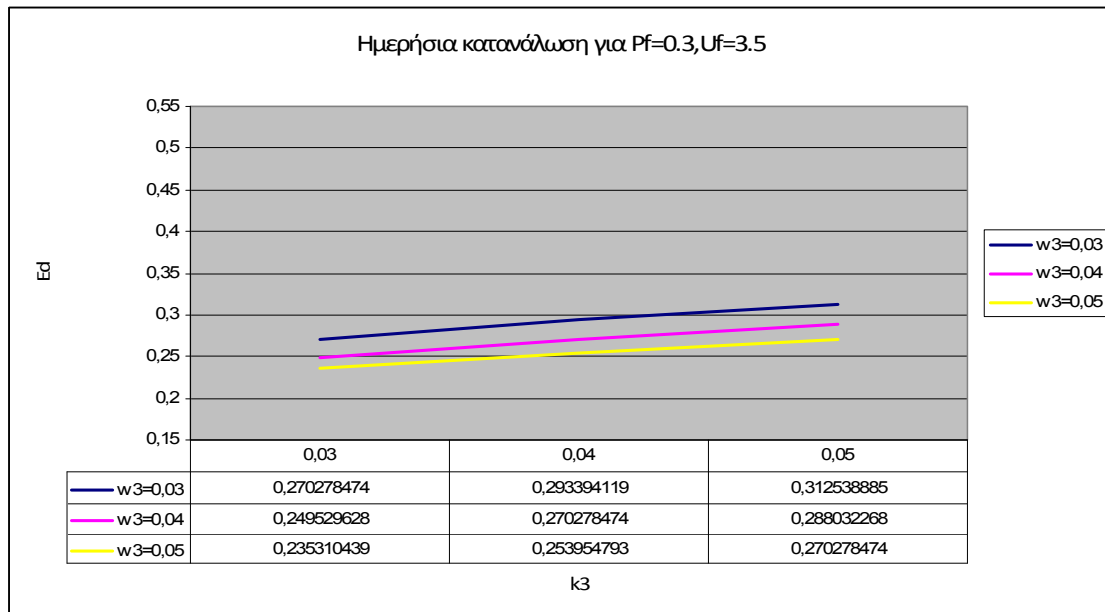
*Διάγραμμα 9.1.9 Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για $P_f=0.3, U_f=2$ $w/(m^2K)$
και μεταβολή των συντελεστών k_3 και w_3 .*



Διάγραμμα 9.1.10 Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για $P_f=0.3, U_f=2.5 \text{ w}/(\text{m}^2\text{K})$ και μεταβολή των συντελεστών k_3 και w_3 .



Διάγραμμα 9.1.11 Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για $P_f=0.3, U_f=3 \text{ w}/(\text{m}^2\text{K})$ και μεταβολή των συντελεστών k_3 και w_3 .



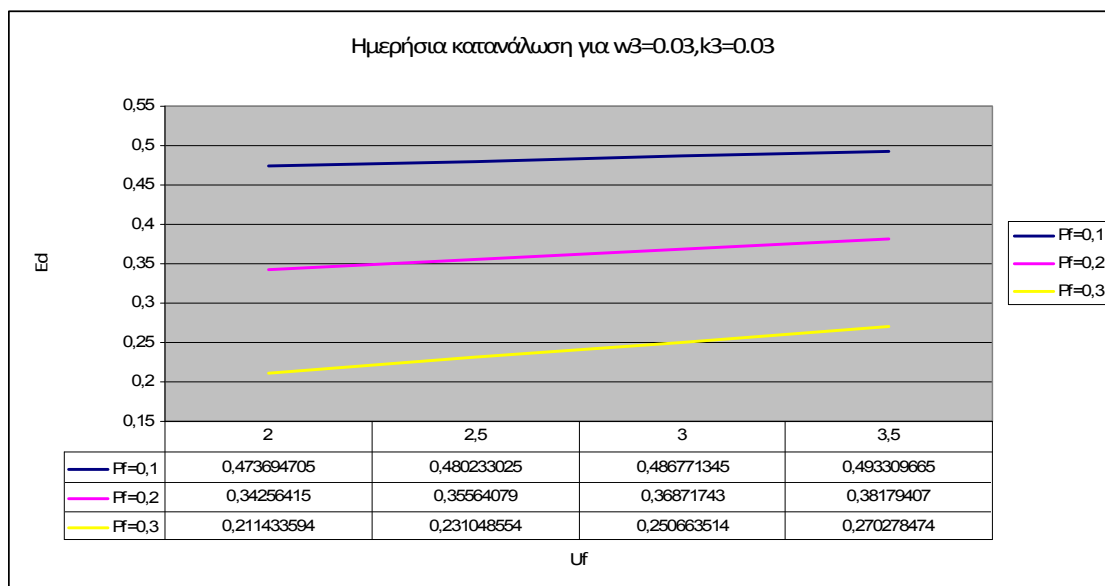
*Διάγραμμα 9.1.12 Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για $P_f=0.3, U_f=3.5$
 $w/(m^2K)$ και μεταβολή των συντελεστών k_3 και w_3 .*

9.2 Διαγραμματική ανάλυση για σταθερές τις τιμές των w_i , k_i

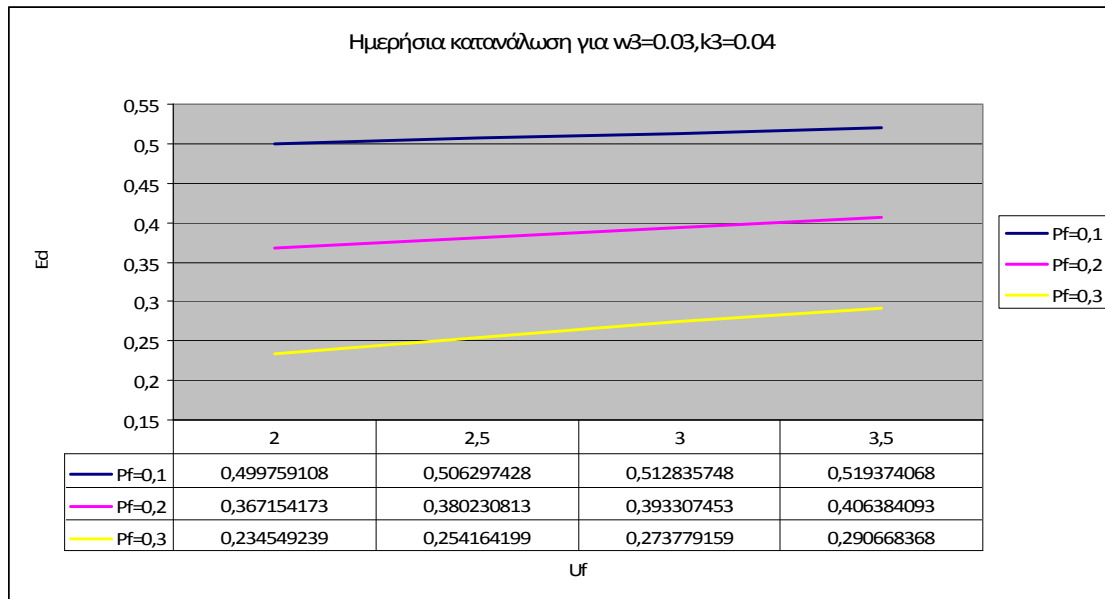
Τα διαγράμματα της παραγράφου αυτής έχουν γίνει κρατώντας σταθερές τις τιμές των k_i και w_i και μεταβάλλοντας τις τιμές των άλλων δύο σημαντικών συντελεστών, δηλαδή των συντελεστών P_f και U_f .

Σαν παρατήρηση αξίζει να αναφερθεί οι μεταβολές στους συντελεστές P_f και U_f , έχουν σαν αποτέλεσμα πολύ πιο έντονες διαφοροποιήσεις στη συνολική ημερήσια κατανάλωση σε σχέση με τις διαφοροποιήσεις που προκύπτουν λόγω των μεταβολών των k_i και w_i .

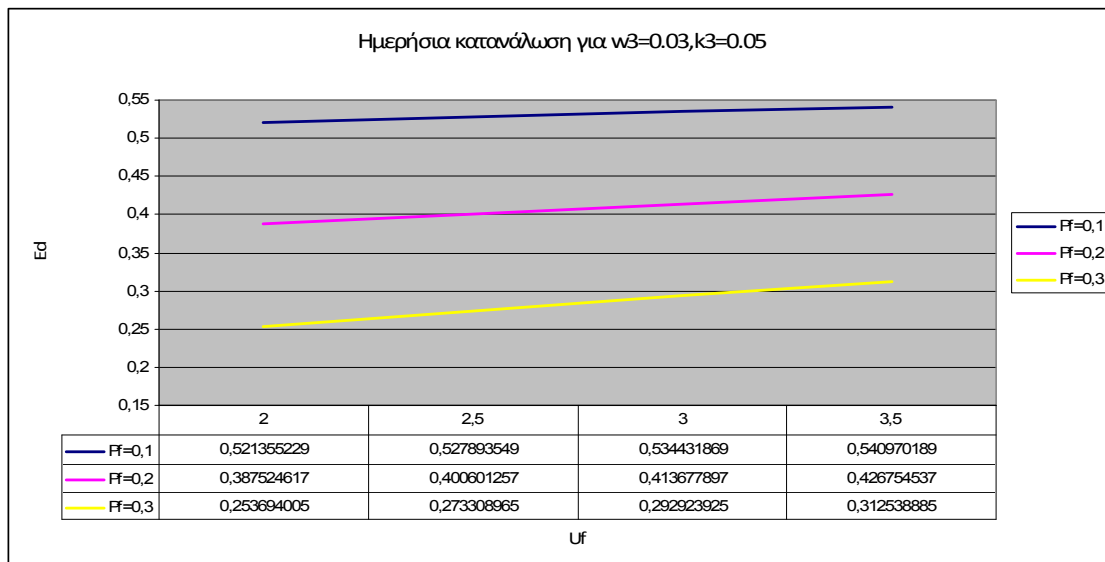
Οι τιμές των συντελεστών που χρησιμοποιήθηκαν είναι ίδιες με αυτές της ενότητας 9.1.



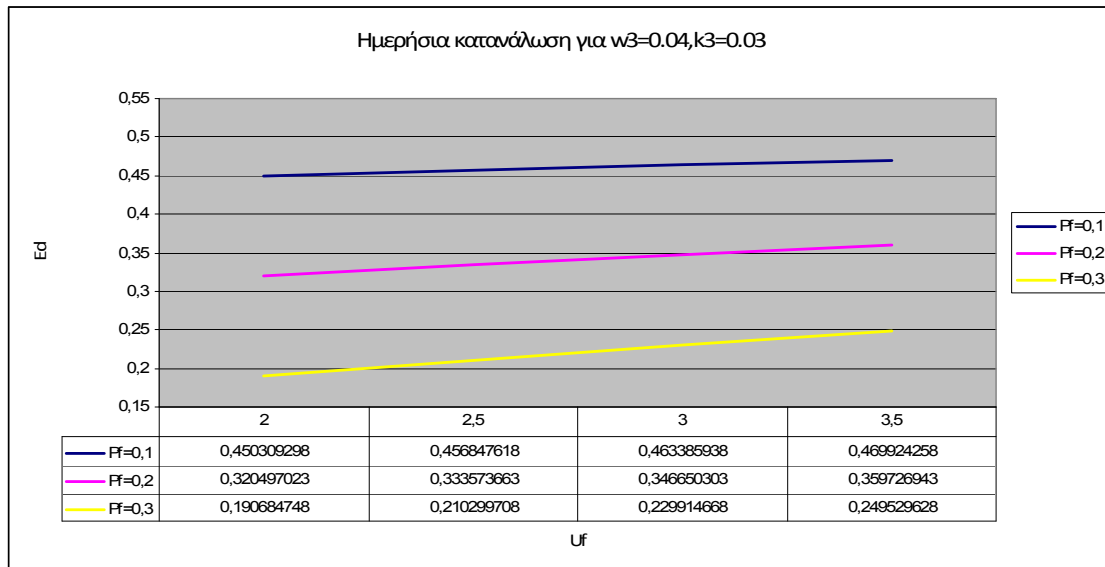
Διάγραμμα 9.2.1 Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για $w_3=0.03$, $k_3=0.03$ $w/(mK)$ και μεταβολή των συντελεστών P_f και U_f .



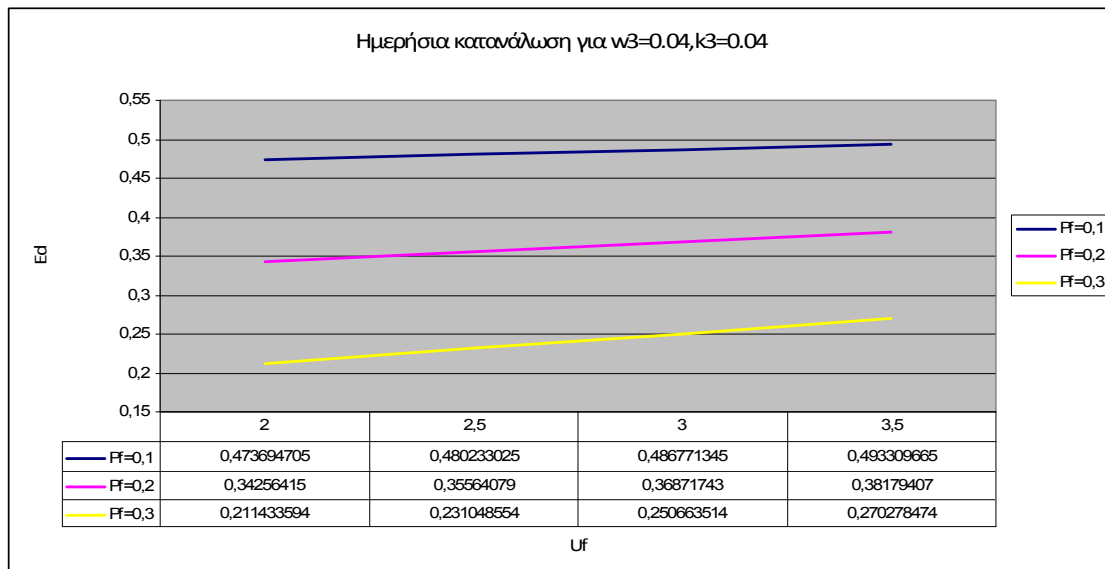
*Διάγραμμα 9.2.2 Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για $w_3=0.03, k_3=0.04$
 $w/(mK)$ και μεταβολή των συντελεστών P_f και U_f .*



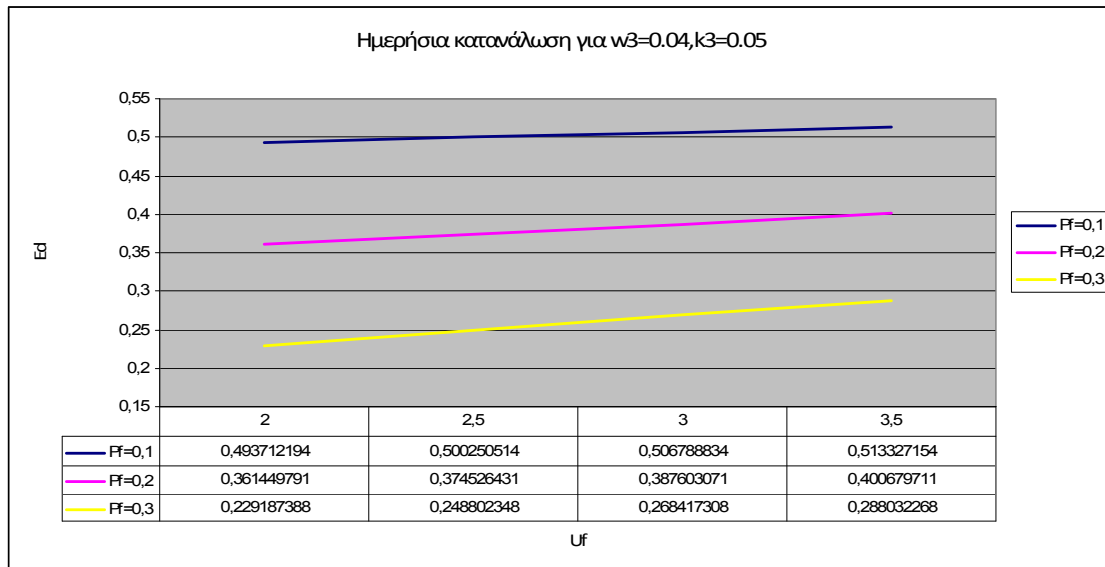
*Διάγραμμα 9.2.3 Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για $w_3=0.03, k_3=0.05$
 $w/(mK)$ και μεταβολή των συντελεστών P_f και U_f .*



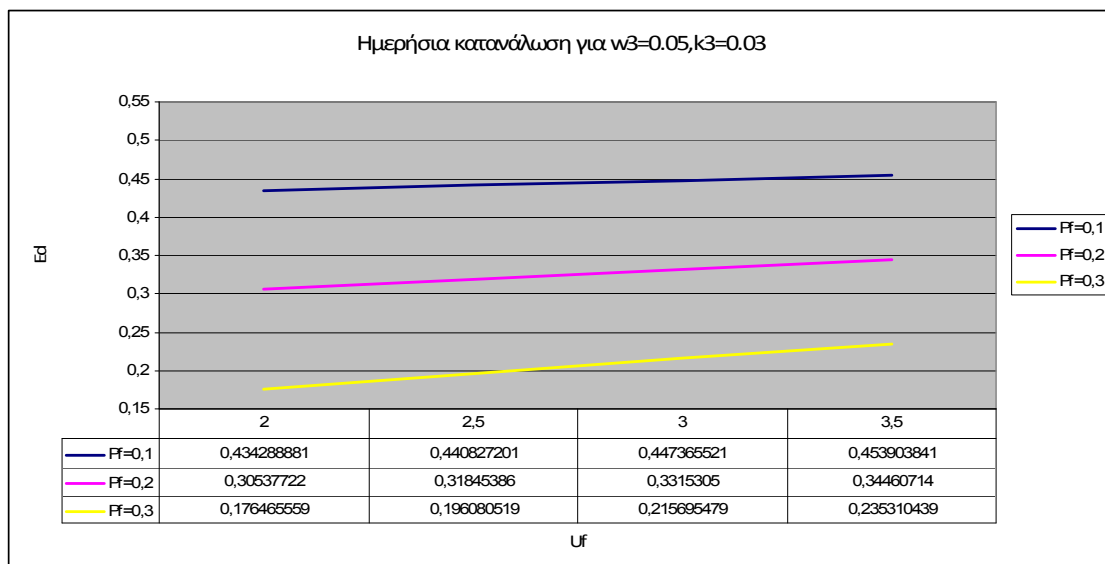
*Διάγραμμα 9.2.4 Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για $w_3=0.04, k_3=0.03$
 $w/(mK)$ και μεταβολή των συντελεστών P_f και U_f .*



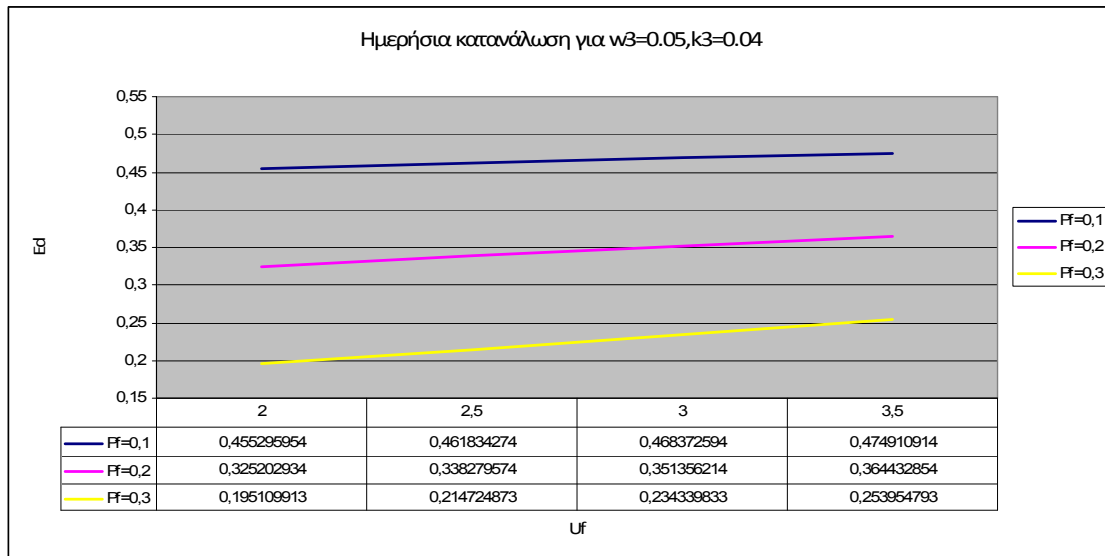
*Διάγραμμα 9.2.5 Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για $w_3=0.43, k_3=0.04$
 $w/(mK)$ και μεταβολή των συντελεστών P_f και U_f .*



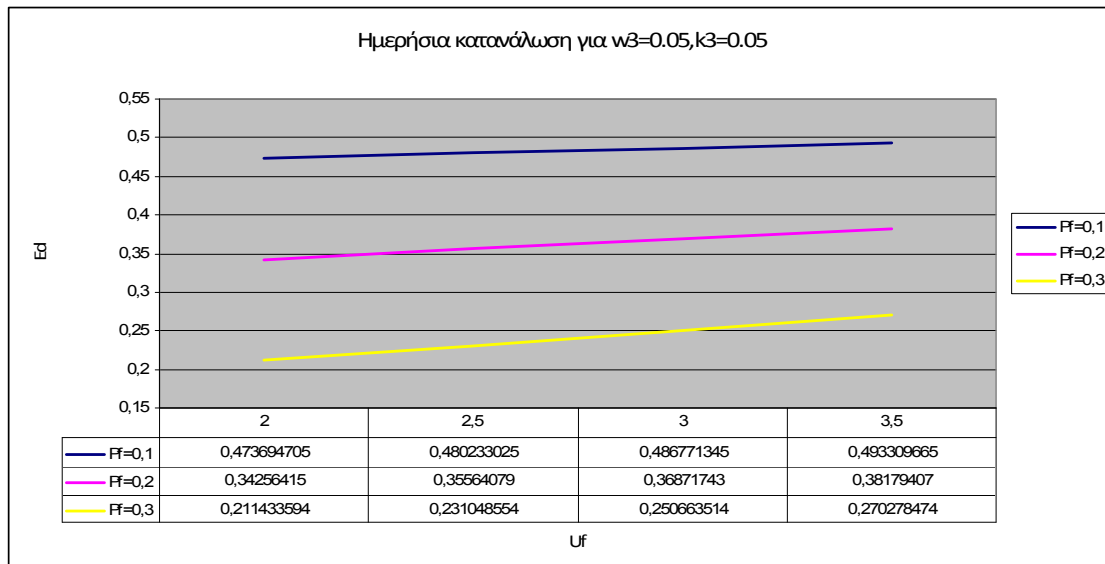
*Διάγραμμα 9.2.6 Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για $w_3=0.04, k_3=0.05$
 $w/(mK)$ και μεταβολή των συντελεστών P_f και U_f .*



*Διάγραμμα 9.2.7 Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για $w_3=0.05, k_3=0.03$
 $w/(mK)$ και μεταβολή των συντελεστών P_f και U_f .*



*Διάγραμμα 9.2.8 Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για $w_3=0.05, k_3=0.04$
 $w/(mK)$ και μεταβολή των συντελεστών P_f και U_f .*



*Διάγραμμα 9.2.9 Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης για $w_3=0.05, k_3=0.05$
 $w/(mK)$ και μεταβολή των συντελεστών P_f και U_f .*

Κεφάλαιο 10^ο

ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ 21^η ΜΑΡΤΙΟΥ

10.1 Υπολογισμός προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας G_t [3]

Η προσπίπτουσα στιγμιαία ολική ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου (G_t), όπως ήδη έχει αναφερθεί υπολογίζεται από τη σχέση:

$$G_t = G_b R_b + G_d \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + (G_b + G_d) \rho \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \left[\frac{K_w}{m^2} \right] \quad (1)$$

Όπου:

- $G_b \left[\frac{K_w}{m^2} \right]$ η άμεση ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου,
- $G_d \left[\frac{K_w}{m^2} \right]$ η διάχυτη ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου,
- R_b (αδιάστατος αριθμός)
- $\rho = 0,2$ τυπική τιμή για ανακλαστικότητα εδάφους,
- $\beta = 90^\circ$ εφόσον οι υαλοπίνακες είναι κάθετοι στο οριζόντιο επίπεδο,
- $\left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right)$ και $\left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right)$ οι παράγοντες όρασης ουρανού και εδάφους αντιστοίχως για το κεκλιμένο επίπεδο.

10.1.1 Υπολογισμός της στιγμιαίας άμεσου και διάχυτης ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου G_b και G_d

Για τον υπολογισμό των δύο παραπάνω συντελεστών χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες σχέσεις:

$$G_b = M_t + A_t \sin\left(\frac{360}{365}D - P_t\right) \left[\frac{Kw}{m^2}\right] \quad (2)$$

$$G_d = m_t + a_t \sin\left(\frac{360}{365}D - p_t\right) \left[\frac{Kw}{m^2}\right] \quad (3)$$

Με βάση τις ίδιες παραδοχές που έγιναν και στο κεφάλαιο 8 και τις τιμές των συντελεστών του πίνακα που ακολουθεί προκύπτουν οι τιμές για τη στιγμιαία άμεσο και διάχυτη ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου.

$Time(h)$	$M_t \left[\frac{Kw}{m^2}\right]$	$A_t \left[\frac{Kw}{m^2}\right]$	$P_t [degrees]$	$m_t \left[\frac{Kw}{m^2}\right]$	$a_t \left[\frac{Kw}{m^2}\right]$	$p_t [degrees]$
7	0,007	0,046	86,18	0,048	0,111	81,23
8	0,057	0,068	87,31	0,134	0,127	82,45
9	0,119	0,104	87,94	0,208	0,133	83,94
10	0,191	0,129	88,31	0,261	0,129	85,6
11	0,258	0,153	89,35	0,283	0,117	86,05
12	0,319	-0,181	-88,88	0,271	0,095	82,71
13	0,342	-0,194	-89,18	0,243	0,081	81,95
14	0,325	0,183	87,21	0,21	0,083	87,23
15	0,269	0,166	86,22	0,176	0,087	89,53
16	0,183	0,147	82,1	0,141	-0,085	-88,19
17	0,078	0,131	79,85	0,104	-0,079	-88,97
18	-0,025	0,114	77,36	0,051	0,091	86,79

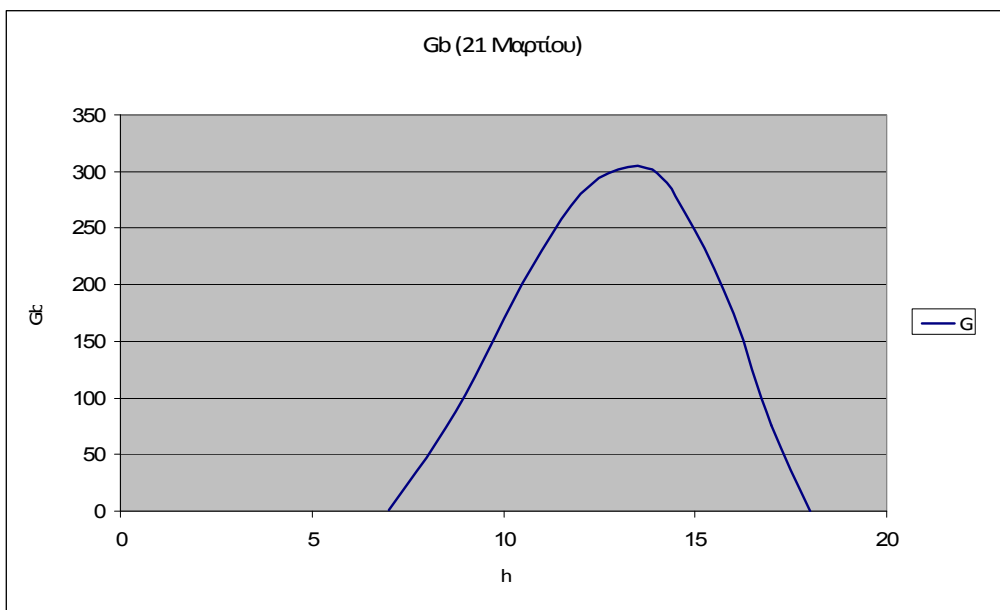
Πίνακας 10.1.1 Τιμές των συντελεστών των εξισώσεων (2) και (3).

Για καλύτερη εποπτεία των τιμών, θα μετατρέψουμε τις μονάδες των συντελεστών G_b και G_d από Kw σε W και έτσι προκύπτουν οι παρακάτω τιμές:

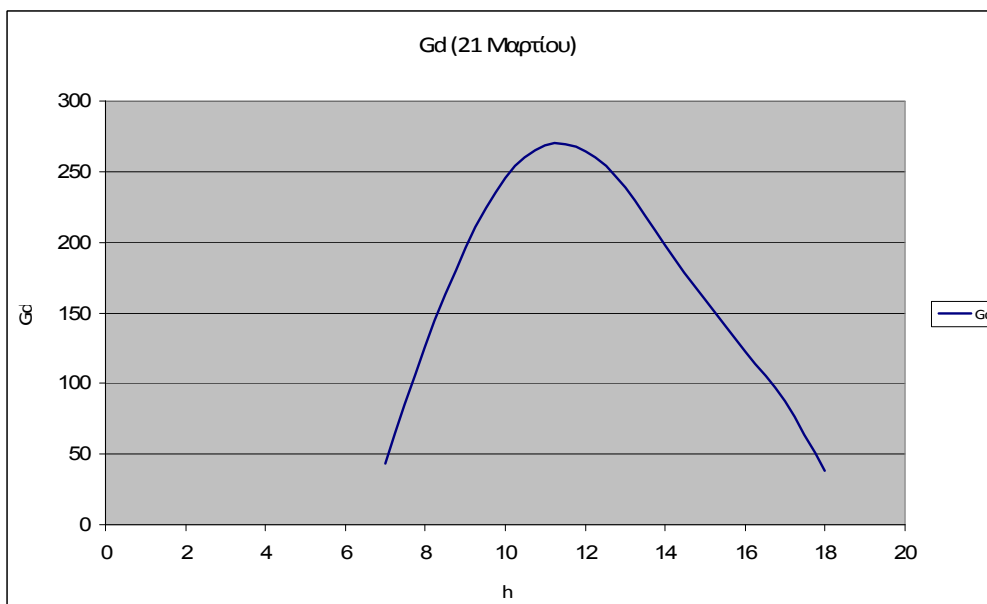
<i>Time</i> (h)	$G_b \left[\frac{W}{m^2} \right]$	$G_d \left[\frac{W}{m^2} \right]$
7	1,174	43,495
8	47,059	126,145
9	102,667	196,325
10	169,918	245,959
11	230,260	268,446
12	280,701	264,429
13	301,944	238,696
14	298,564	197,981
15	247,862	159,958
16	174,805	122,015
17	75,837	87,405
18	0	38,515

Πίνακας 10.1.2 Τιμές των συντελεστών G_b και G_d για την 21^η Μαρτίου.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται και διαγραμματικά στην επόμενη σελίδα:



Διάγραμμα 10.1.1 Διακύμανση της στιγμιαίας αμέσου ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου (G_b) ανά ώρα για την 21^η Μαρτίου.



Διάγραμμα 10.1.2 Διακύμανση της στιγμιαίας διάχυτης ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου (G_d) ανά ώρα για την 21^η Μαρτίου.

10.1.2 Υπολογισμός του λόγου της άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο οριζοντίου επιπέδου (R_b) [3]

Για τις ίδιες ώρες χρειάζεται να υπολογίσουμε και τις τιμές του συντελεστή R_b για τους διάφορους προσανατολισμούς.

Η σχέση που θα χρησιμοποιήσουμε είναι και πάλι η εξής:

$$R_b = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (4)$$

Ακόμα, για $\beta = 90^\circ$, ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις:

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega \quad (5)$$

$$\cos \theta = -\sin \delta \cos \varphi \cos \gamma + \cos \delta \sin \varphi \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \gamma \sin \omega \quad (6)$$

Όπου:

- θ η γωνία πρόσπτωσης,
- $\varphi=38^\circ$ το γεωγραφικό πλάτος της Αθήνας,
- ω η ωριαία γωνία (είναι $\omega>0$ για μ.μ. και $\omega<0$ για π.μ.),
- δ η ηλιακή απόκλιση, η οποία με τη σειρά της υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\delta = 23,45 \sin \left[\frac{360(284+n)}{365} \right] = -20,138, \text{ αφού } n = 21 \text{ (21}^\eta \text{ Ιανουαρίου)}$$

- γ αζιμούθιο επιφανείας

Με βάση τα παραπάνω προκύπτουν οι τιμές:

<i>Time(h)</i>	R_b (βορράς)
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0

Πίνακας 10.1.2.1 Τιμές του συντελεστή R_b για την 21^η Μαρτίου και προσανατολισμό το βορρά.

<i>Time(h)</i>	R_b (νότος)
7	0,825194
8	0,803368
9	0,796600
10	0,793617
11	0,792246
12	0,791842
13	0,792246
14	0,793617
15	0,796600
16	0,803368
17	0,825194
18	0

Πίνακας 10.1.2.2 Τιμές του συντελεστή R_b για την 21^η Μαρτίου και προσανατολισμό το νότο.

$Time(h)$	R_b (δύση)
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0,341839
14	0,737048
15	1,278440
16	2,221535
17	4,836859
18	0

Πίνακας 10.1.2.3 Τιμές του συντελεστή R_b για την 21^η Μαρτίου και προσανατολισμό τη δύση.

$Time(h)$	R_b (ανατολή)
7	4,836859
8	2,221535
9	1,278441
10	0,737048
11	0,341839
12	0
13	0

14	0
15	0
16	0
17	0
18	0

Πίνακας 10.1.2.4 Τιμές του συντελεστή R_b για την 21^η Μαρτίου και προσανατολισμό την ανατολή.

Με βάση όλα τα παραπάνω είμαστε πλέον σε θέση να υπολογίσουμε τη στιγμιαία ολική ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου σε $\left[\frac{W}{m^2} \right]$ βάσει της σχέσης (1) για κάθε έναν από τους τρεις προσανατολισμούς (στο βελτιωμένο πλέον κτίριο αναφοράς που χρησιμοποιώ δεν υπάρχουν παράθυρα στο βορρά, επομένως δε θα χρειαστεί να υπολογίσω φορτίο υαλοπινάκων και άρα G_i) για τις ώρες από 07:00 έως 18:00. Οι τιμές φαίνονται παρακάτω:

$Time(h)$	G_i (νότος) $\left[\frac{W}{m^2} \right]$
7	27,184
8	118,199
9	209,846
10	299,417
11	365,516
12	408,998
13	412,626
14	385,591
15	318,207
16	231,122
17	122,607

18	23,109
----	--------

Πίνακας 10.1.2.5 Τιμές της στιγμιαίας ολικής ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου (G_t) για την 21^η Μαρτίου και προσανατολισμό το νότο.

$Time(h)$	G_t (δύση) $\left[\frac{W}{m^2} \right]$
7	26,215
8	80,393
9	128,062
10	164,567
11	184,093
12	186,727
13	276,628
14	368,701
15	437,637
16	479,025
17	426,842
18	23,109

Πίνακας 10.1.2.6 Τιμές της στιγμιαίας ολικής ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου (G_t) για την 21^η Μαρτίου και προσανατολισμό τη δύση.

$Time(h)$	G_t (ανατολή) $\left[\frac{W}{m^2} \right]$
7	27,874
8	169,349
9	232,406
10	252,376
11	217,922

12	137,666
13	124,754
14	103,956
15	84,057
16	63,976
17	45,335
18	19,643

Πίνακας 8.1.2.7 Τιμές της στιγμιαίας ολικής ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου (G_t) για την 21^η Μαρτίου και προσανατολισμό την ανατολή.

10.2 Υπολογισμός θετικών φορτίων διαμέσου των υαλοπινάκων [3,12]

Για τον υπολογισμό των θετικών φορτίων που προκύπτουν δια μέσου των υαλοπινάκων θα χρησιμοποιήσουμε εκ νέου την εξίσωση:

Κέρδος από υαλοπίνακες:

$$K_{\text{υαλ}} = 0,9 \cdot 3600 \cdot G_t A_f \left[\frac{J}{h} \right] \quad (7)$$

$G_t \left[\frac{W}{m^2} \right]$ η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στους υαλοπίνακες

$A_f \left[m^2 \right]$ το εμβαδόν του υαλοπίνακα

Σαν παρατήρηση αξίζει να αναφέρουμε ξανά ότι ο συντελεστής 0,9 της σχέσης (7) συμπεριλαμβάνει τις απώλειες λόγω ανάκλασης αλλά και τις απώλειες μέσω συναγωγής εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος.

10.2.1 Υπολογισμός εμβαδού υαλοπινάκων

Οι υπολογισμοί εδώ έχουν γίνει σε ένα βελτιωμένο κτίριο αναφοράς, το οποίο είναι κτίριο τετραγωνικού δαπέδου επιφανείας $10 \times 10 = 100m^2$, με επιφάνεια κελύφους (πλην αδιαβατικού δαπέδου) $F=220m^2$ και όγκο κτηρίου $V=300m^3$. Οι τέσσερις πλευρές του κτηρίου είναι προσανατολισμένες προς τα τέσσερα κύρια σημεία του ορίζοντα. Θα θεωρήσουμε και πάλι $Pf=25\%$, ωστόσο όσον αφορά τον επιμέρους καταμερισμό του συνολικού Pf στους τέσσερις προσανατολισμούς υπάρχει μια διαφοροποίηση. Για τους προσανατολισμούς της ανατολής και της δύσης θα θεωρήσουμε το 25% του συνολικού

Pf, για το νότο θα θεωρήσουμε το υπόλοιπο 50% του συνολικού Pf, δηλαδή στο βορρά δε θα έχουμε καθόλου υαλοπίνακες.

Επομένως το εμβαδό των υαλοπινάκων του νότου θα είναι:

$$A_f = 120m^2 \times 0,25 \times 0,50 = 15m^2$$

Το εμβαδό των υαλοπινάκων για τις πλευρές της ανατολής και της δύσης θα είναι:

$$A_f = 120m^2 \times 0,25 \times 0,25 = 7,5m^2$$

Ενώ το συνολικό εμβαδό παραμένει:

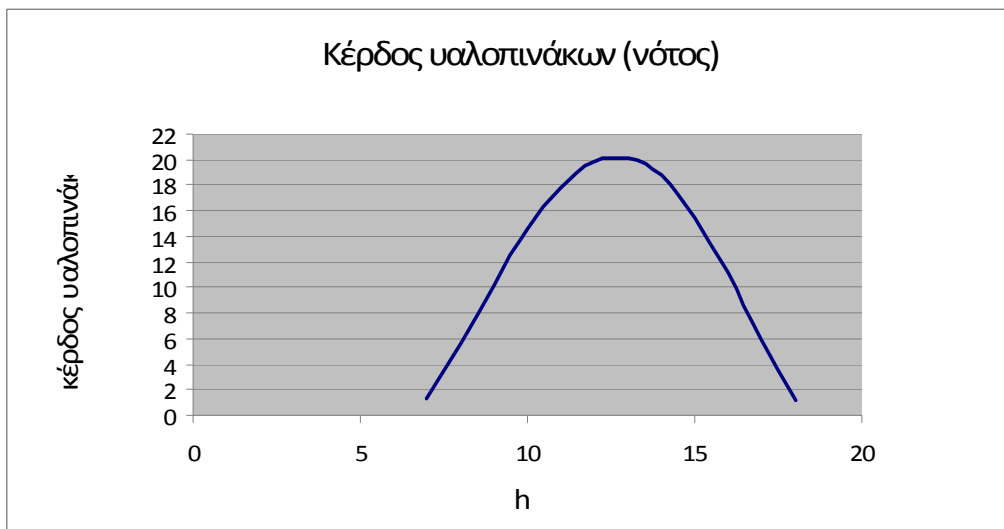
$$A_{tot} = 120m^2 \times 0,25 = 30m^2$$

Με βάση όλα τα παραπάνω μπορεί να γίνει υπολογισμός των θετικών φορτίων των υαλοπινάκων για τους τρεις προσανατολισμούς σύμφωνα με την εξίσωση (7) και υπολογίζεται για όλο το 24ωρο. Για λόγους καλύτερης εποπτείας θα μετατρέψουμε τις μονάδες από $\left[\frac{J}{h} \right]$ σε $\left[\frac{MJ}{h} \right]$.

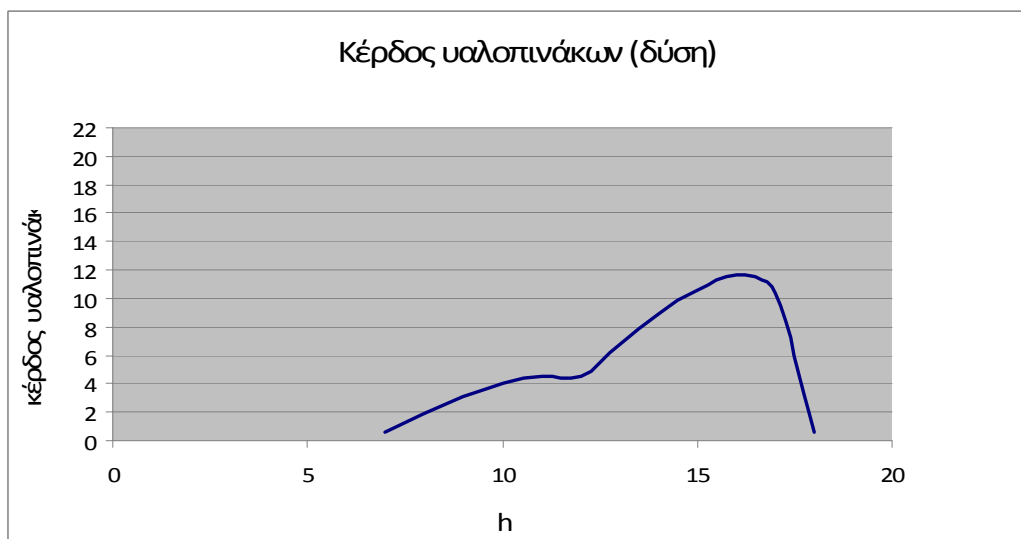
Ο αντίστοιχος πίνακας με τα αποτελέσματα αλλά και τα διαγράμματα ακολουθούν στην επόμενη σελίδα :

<i>Time</i>	ΝΟΤΟΣ	ΔΥΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΗ
	$K_{\text{ναλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$	$K_{\text{ναλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$	$K_{\text{ναλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	0	0	0
02:00	0	0	0
03:00	0	0	0
04:00	0	0	0
05:00	0	0	0
06:00	0	0	0
07:00	1,3211	0,6370	0,6773
08:00	5,7445	1,9536	4,1152
09:00	10,1985	3,1119	5,6475
10:00	14,5516	3,9990	6,1327
11:00	17,8127	4,4735	5,2955
12:00	19,8773	4,5375	3,3453
13:00	20,0536	6,7221	3,0315
14:00	18,7397	8,9594	2,5261
15:00	15,4649	10,6346	2,0426
16:00	11,2325	11,6403	1,5546
17:00	5,9587	10,3723	1,1016
18:00	1,1231	0,5615	0,4773
19:00	0	0	0
20:00	0	0	0
21:00	0	0	0
22:00	0	0	0
23:00	0	0	0
00:00	0	0	0

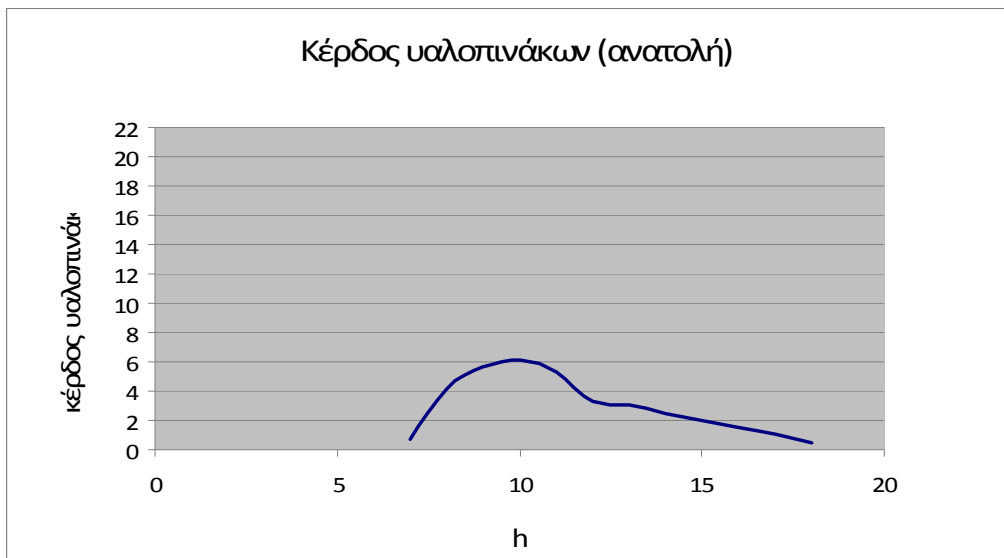
Πίνακας 10.2.1.1 Θετικά φορτία ναλοπινάκων ($K_{\text{ναλ}}$) για την 21^η Μαρτίου και για τους τρεις προσανατολισμούς.



Διάγραμμα 10.2.1.1 Κέρδη υαλοπινάκων ($K_{\text{ναλ}}$) για την 21^η Μαρτίου και για προσανατολισμό το νότο.



Διάγραμμα 10.2.1.2 Κέρδη υαλοπινάκων ($K_{\text{ναλ}}$) για την 21^η Μαρτίου και για προσανατολισμό τη δύση.



Διάγραμμα 10.2.1.3 Κέρδη υαλοπινάκων (K_{vai}) για την 21^η Μαρτίου και για προσανατολισμό την ανατολή.

10.3 Υπολογισμός αρνητικών φορτίων διαμέσου των υαλοπινάκων[3,12]

Τα αρνητικά φορτία των υαλοπινάκων που προκύπτουν από αγωγή θερμότητας εξαιτίας θερμοκρασιακής διαφοράς, υπολογίζονται από την παρακάτω σχέση:

$$L_{\text{υαλ}} = -3600 A_f U_f (T_{\text{in}} - T_{\text{out}}) \quad (8)$$

Όπου:

- $A_f [m^2]$ το εμβαδόν των υαλοπινάκων (ξεχωριστό για κάθε προσανατολισμό),
- $U_f \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ ο ολικός συντελεστής θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων, ο οποίος σύμφωνα με το κτίριο αναφοράς ισούται με 3.5,
- $(T_{\text{in}} - T_{\text{out}})$ η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος

Στην παραπάνω σχέση δε χρησιμοποιήσαμε την ισοδύναμη θερμοκρασία T_e , η οποία περιέχει την ηλιακή ακτινοβολία, αφού εμείς την υπολογίζουμε ξεχωριστά.

10.3.1 Υπολογισμός διαφοράς θερμοκρασίας ($T_{\text{in}} - T_{\text{out}}$)

Σύμφωνα με το κτίριο αναφοράς το οποίο χρησιμοποιούμε για τους υπολογισμούς μας, η εσωτερική θερμοκρασία είναι ίση με $20^\circ\text{C}=293\text{K}$. Ως θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος ελήφθησαν οι τιμές των Αθηνών ,οι οποίες προέκυψαν με στατιστική επεξεργασία ωριαίων μετρήσεων 20 ετών της εξωτερικής θερμοκρασίας κατά την 21^η Μαρτίου, για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος.

Η διαφορά θερμοκρασιών φαίνεται στον παρακάτω πίνακα και οι υπολογισμοί έχουν γίνει για όλο το 24ωρο:

<i>Time</i>	$T_{in} [K]$	$T_{out} [K]$	$(T_{in} - T_{out})$
01:00	293	283,7	9,3
02:00	293	283,5	9,5
03:00	293	283,2	9,8
04:00	293	283	10
05:00	293	283	10
06:00	293	283,1	9,9
07:00	293	283,4	9,6
08:00	293	284	9
09:00	293	284,8	8,2
10:00	293	285,7	7,3
11:00	293	286,5	6,5
12:00	293	287,2	5,8
13:00	293	287,6	5,4
14:00	293	287,7	5,3
15:00	293	287,5	5,5
16:00	293	287	6
17:00	293	286,4	6,6
18:00	293	285,7	7,3
19:00	293	285,1	7,9
20:00	293	284,6	8,4
21:00	293	284,3	8,7
22:00	293	284,1	8,9
23:00	293	283,9	9,1
00:00	293	283,8	9,2

Πίνακας 10.3.1.1 Τιμές των διαφορών θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος ($T_{in}-T_{out}$) για την 21^η Μαρτίου και την περιοχή των Αθηνών.

Με βάση τα παραπάνω και με χρήση της εξίσωσης (8) θα υπολογίσουμε τις απώλειες των υαλοπινάκων σε $\left[\frac{J}{h} \right]$. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στους ακόλουθους πίνακες, αφού έχουν μετατραπεί οι μονάδες σε $\left[\frac{MJ}{h} \right]$.

Απώλειες υαλοπινάκων για τον νότο	
<i>Time</i>	$L_{\text{υαλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-1,7577
02:00	-1,7955
03:00	-1,8522
04:00	-1,8900
05:00	-1,8900
06:00	-1,8711
07:00	-1,8144
08:00	-1,7010
09:00	-1,5498
10:00	-1,3797
11:00	-1,2285
12:00	-1,0962
13:00	-1,0206
14:00	-1,0017
15:00	-1,0395
16:00	-1,1340
17:00	-1,2474
18:00	-1,3797
19:00	-1,4931
20:00	-1,5876
21:00	-1,6443

22:00	-1,6821
23:00	-1,7199
00:00	-1,7388

Πίνακας 10.3.1.2 Διακύμανση των απωλειών των υαλοπινάκων ($L_{\text{υαλ}}$) για την 21^η

Μαρτίου και για το νότο.

Απώλειες υαλοπινάκων για ανατολή και δύση	
<i>Time</i>	$L_{\text{υαλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-0,8789
02:00	-0,8978
03:00	-0,9261
04:00	-0,9450
05:00	-0,9450
06:00	-0,9356
07:00	-0,9072
08:00	-0,8505
09:00	-0,7749
10:00	-0,6899
11:00	-0,6143
12:00	-0,5481
13:00	-0,5103
14:00	-0,5009
15:00	-0,5198
16:00	-0,5670
17:00	-0,6237
18:00	-0,6899
19:00	-0,7466
20:00	-0,7938

21:00	-0,8222
22:00	-0,8411
23:00	-0,8600
00:00	-0,8694

Πίνακας 10.3.1.3 Διακύμανση των απωλειών των υαλοπινάκων ($L_{\text{υαλ}}$) για την 21^η Μαρτίου και για τους προσανατολισμούς δύση και ανατολή.

Παρατηρούμε ότι οι απώλειες σε αντίθεση με το κεφάλαιο 8 δεν θα είναι κοινές ανεξαρτήτου προσανατολισμού αφού πλέον έχουμε διαφορετικό συντελεστή P_f σε κάθε κατεύθυνση.

10.4 Υπολογισμός διαφοράς θετικών και αρνητικών φορτίων που διέρχονται διαμέσου των υαλοπινάκων

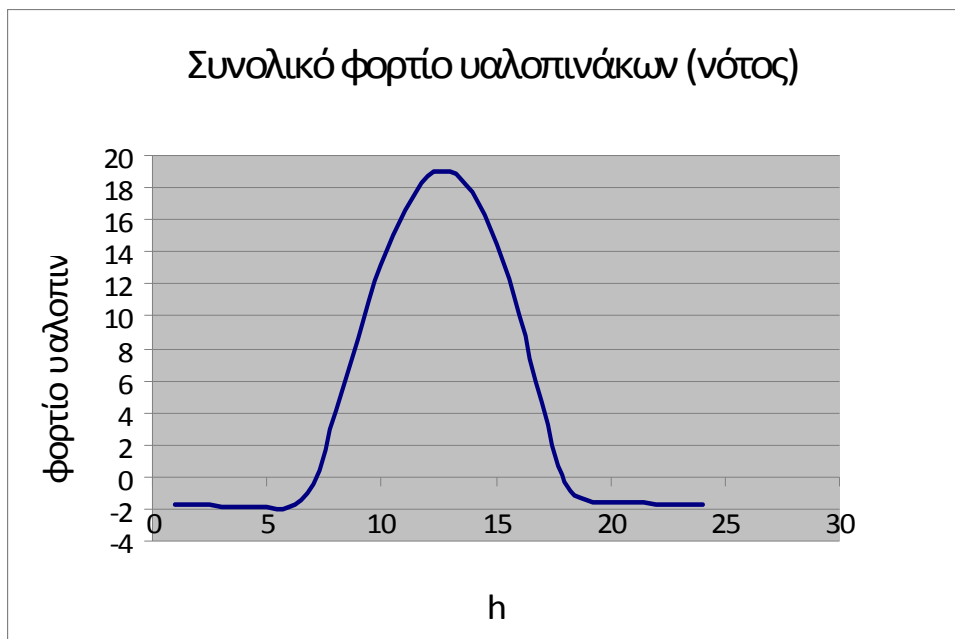
Με βάση τα αποτελέσματα των δύο προηγούμενων παραγράφων θα υπολογίσουμε τα συνολικά φορτία λόγω των υαλοπινάκων για να έχουμε καλύτερη εποπτεία των αποτελεσμάτων. Ακολουθεί συνοπτικός πίνακας:

<i>Time</i>	ΝΟΤΟΣ	ΔΥΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΗ
	$(K_{\text{υαλ}} - L_{\text{υαλ}}) \left[\frac{MJ}{h} \right]$	$(K_{\text{υαλ}} - L_{\text{υαλ}}) \left[\frac{MJ}{h} \right]$	$(K_{\text{υαλ}} - L_{\text{υαλ}}) \left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-1,7577	-0,8789	-0,8789
02:00	-1,7955	-0,8978	-0,8978
03:00	-1,8522	-0,9261	-0,9261
04:00	-1,8900	-0,9450	-0,9450
05:00	-1,8900	-0,9450	-0,9450
06:00	-1,8711	-0,9356	-0,9356
07:00	-0,4933	-0,2702	-0,2299
08:00	4,0435	1,1031	3,2647
09:00	8,6487	2,3370	4,8726
10:00	13,1719	3,3091	5,4429
11:00	16,5842	3,8592	4,6812
12:00	18,7811	3,9894	2,7972
13:00	19,0330	6,2118	2,5212
14:00	17,7380	8,4586	2,0253
15:00	14,4254	10,1148	1,5228
16:00	10,0985	11,0733	0,9876
17:00	4,7113	9,7486	0,4779
18:00	-0,2566	-0,1283	-0,2125
19:00	-1,4931	-0,7466	-0,7466

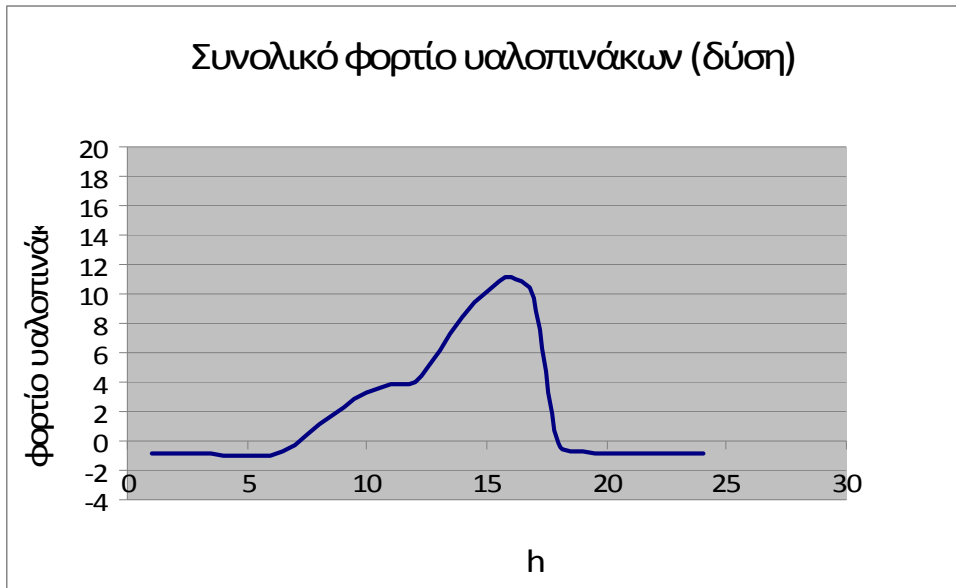
20:00	-1,5876	-0,7938	-0,7938
21:00	-1,6443	-0,8222	-0,8222
22:00	-1,6821	-0,8411	-0,8411
23:00	-1,7199	-0,8600	-0,8600
00:00	-1,7388	-0,8694	-0,8694

Πίνακας 10.4.1 Συνολικά φορτία υαλοπινάκων ($K_{\text{υαλ}}-L_{\text{υαλ}}$) ανά ώρα για την 21^η Μαρτίου και για τους τρεις προσανατολισμούς.

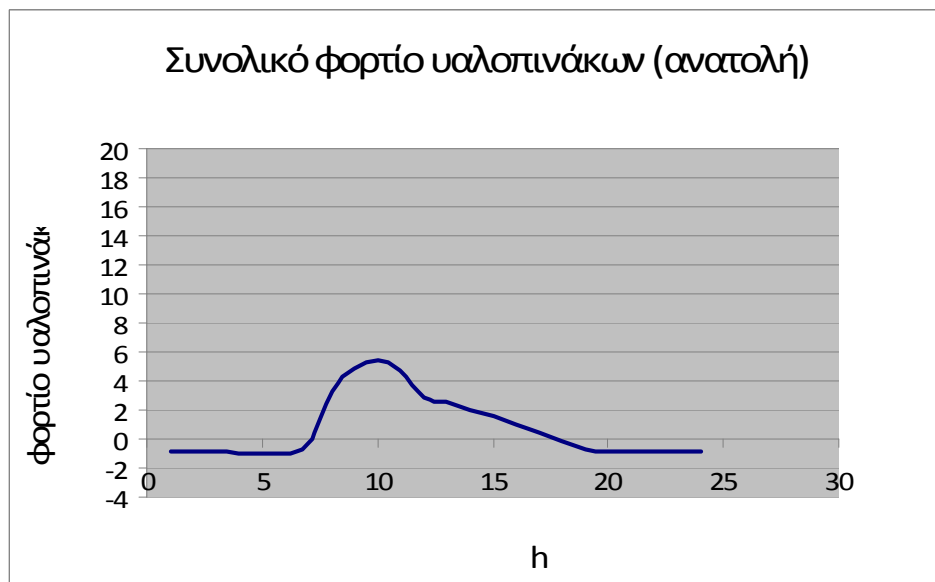
Τα αντίστοιχα διαγράμματα για τους τρεις προσανατολισμούς θα είναι:



Διάγραμμα 10.4.1 Συνολικό φορτίο υαλοπινάκων ($K_{\text{υαλ}}-L_{\text{υαλ}}$) ανά ώρα για την 21^η Μαρτίου και για προσανατολισμό το νότο.



Διάγραμμα 10.4.2 Συνολικό φορτίο υαλοπινάκων ($K_{\text{υαί}}$ - $L_{\text{υαί}}$) ανά ώρα για την 21^η Μαρτίου και για προσανατολισμό τη δύση.



Διάγραμμα 10.4.3 Συνολικό φορτίο υαλοπινάκων ($K_{\text{υαί}}$ - $L_{\text{υαί}}$) ανά ώρα για την 21^η Μαρτίου και για προσανατολισμό την ανατολή.

10.5 Συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω των τοίχων [2,12]

Το συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω των τοίχων, δηλαδή το συνολικό κέρδος των τοίχων, υπολογίζεται ομοίως με το κεφάλαιο 8 από την εξίσωση:

$$K_{\text{τοιχ}} = -3600 A_w U_w (T_{in} - T_e) \left[\frac{J}{h} \right] \quad (9)$$

Όπου:

- $A_w [m^2]$ το εμβαδόν του τοίχου,
- $U_w \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου,
- $(T_{in} - T_e)$ η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος

10.5.1 Υπολογισμός εμβαδού τοίχων

Σύμφωνα με την παράγραφο 10.2.1, το εμβαδό όλων των πλευρών του κτιρίου υπολογίστηκε $(220-100)=120 m^2$ και της κάθε πλευράς ξεχωριστά, $\frac{120}{4}=30 m^2$. Το εμβαδό του τοίχου στο νότο θα είναι ίσο με $15 m^2$, στο βορρά που δεν έχουμε καθόλου υαλοπίνακες θα είναι $30 m^2$, ενώ το εμβαδό των τοίχων της ανατολής και της δύσης θα είναι ίσο με: $30 - 7,5 = 22,5 m^2$.

Άρα:

$$A_w = 15 m^2 \text{ (νότος)}$$

$$A_w = 0 m^2 \text{ (βορράς)}$$

$$A_w = 22,5 m^2 \text{ (ανατολή-δύση)}$$

10.5.2 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοίχων

Στο κτίριο αναφοράς οι εξωτερικοί τοίχοι έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- εξωτερικό επίχρισμα πάχους 0.02 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $1.200 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- δρομική οπτοπλινθοδομή πάχους 0.09 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $0.720 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- μόνωση πάχους 0.040 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $0.038 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- δρομική οπτοπλινθοδομή πάχους 0.09 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $0.720 \left[\frac{w}{mK} \right]$ και
- εσωτερικό επίχρισμα πάχους 0.020 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $1.200 \left[\frac{w}{mK} \right]$.

Τέλος, ο εξωτερικός και εσωτερικός συντελεστής συναγωγής είναι $16 \left[\frac{w}{mK} \right]$ και $8 \left[\frac{w}{mK} \right]$ αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό του συνολικού συντελεστή διαπερατότητας του τοίχου, χρησιμοποιούμε τη σχέση:

$$\frac{1}{U_w} = \frac{1}{h_i} + \frac{w_1}{k_1} + \frac{w_2}{k_2} + \frac{w_3}{k_3} + \frac{w_4}{k_4} + \frac{w_5}{k_5} + \frac{1}{h_0} \quad \left[\frac{m^2 K}{w} \right] \quad (10)$$

Όπου:

- $U_w \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου,
- $h_i \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ είναι ο εσωτερικός συντελεστής συναγωγής,
- $h_o \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ είναι ο εξωτερικός συντελεστής συναγωγής,
- $\frac{w_i}{k_i} \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$ είναι ο λόγος του πάχους προς την αντίστοιχη ειδική θερμική αγωγιμότητα του κάθε στρώματος του τοίχου.

Από την εξίσωση προκύπτει ο συνολικός συντελεστής διαπερατότητας του τοίχου ίσος με $U_w = 0,671067 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$.

10.5.3 Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος

Όπως είναι ήδη γνωστό, η εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου αναφοράς είναι ίση με $20 \text{ C}^\circ = 293 \text{ K}$.

Ως θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος ελήφθησαν οι τιμές της ισοδύναμης θερμοκρασίας των Αθηνών κατά την 21^η Μαρτίου, για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού, για κάθε προσανατολισμό:

<i>Time</i>	$T_{in} [K]$	ΒΟΡΡΑΣ	ΝΟΤΟΣ	ΔΥΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΗ
		$T_e [K]$	$T_e [K]$	$T_e [K]$	$T_e [K]$
01:00	293	283,7	283,7	283,7	283,7
02:00	293	283,5	283,5	283,5	283,5
03:00	293	283,2	283,2	283,2	283,2
04:00	293	283	283	283	283
05:00	293	283	283	283	283
06:00	293	283,1	283,1	283,1	283,1
07:00	293	284,8	286,9	284,8	297,2
08:00	293	286,4	292,1	286,4	302,5
09:00	293	287,8	296,9	287,8	302,6
10:00	293	289,1	300,8	289,1	300,2
11:00	293	290,3	303,6	290,3	296,1
12:00	293	291	305	291	291
13:00	293	291,4	304,7	297,2	291,4
14:00	293	291,2	302,9	302,2	291,2
15:00	293	290,5	299,6	305,3	290,5
16:00	293	289,4	295,1	305,5	289,4
17:00	293	287,8	289,8	300,2	287,8
18:00	293	285,7	285,7	285,7	285,7
19:00	293	285,1	285,1	285,1	285,1
20:00	293	284,6	284,6	284,6	284,6
21:00	293	284,3	284,3	284,3	284,3
22:00	293	284,1	284,1	284,1	284,1
23:00	293	283,9	283,9	283,9	283,9
00:00	293	283,8	283,8	283,8	283,8

Πίνακας 10.5.3.1 Τιμές της ισοδύναμης θερμοκρασίας των Αθηνών κατά την 21^η Μαρτίου, για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος και για κάθε προσανατολισμό.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, προκύπτει ο πίνακας της διαφοράς θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος, για κάθε προσανατολισμό:

<i>Time</i>	ΒΟΡΡΑΣ	ΝΟΤΟΣ	ΔΥΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΗ
	$T_{in} - T_e [K]$	$T_{in} - T_e [K]$	$T_{in} - T_e [K]$	$T_{in} - T_e [K]$
01:00	9,3	9,3	9,3	9,3
02:00	9,5	9,5	9,5	9,5
03:00	9,8	9,8	9,8	9,8
04:00	10	10	10	10
05:00	10	10	10	10
06:00	9,9	9,9	9,9	9,9
07:00	8,2	6,1	8,2	-4,2
08:00	6,6	0,9	6,6	-9,5
09:00	5,2	-3,9	5,2	-9,6
10:00	3,9	-7,8	3,9	-7,2
11:00	2,7	-10,6	2,7	-3,1
12:00	2	-12	2	2
13:00	1,6	-11,7	-4,2	1,6
14:00	1,8	-9,9	-9,2	1,8
15:00	2,5	-6,6	-12,3	2,5
16:00	3,6	-2,1	-12,5	3,6
17:00	5,2	3,2	-7,2	5,2
18:00	7,3	7,3	7,3	7,3
19:00	7,9	7,9	7,9	7,9
20:00	8,4	8,4	8,4	8,4
21:00	8,7	8,7	8,7	8,7
22:00	8,9	8,9	8,9	8,9
23:00	9,1	9,1	9,1	9,1

00:00	9,2	9,2	9,2	9,2
-------	-----	-----	-----	-----

Πίνακας 8.5.3.2 Τιμές της διαφοράς θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος των Αθηνών κατά την 21^η Μαρτίου, για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος και για κάθε προσανατολισμό.

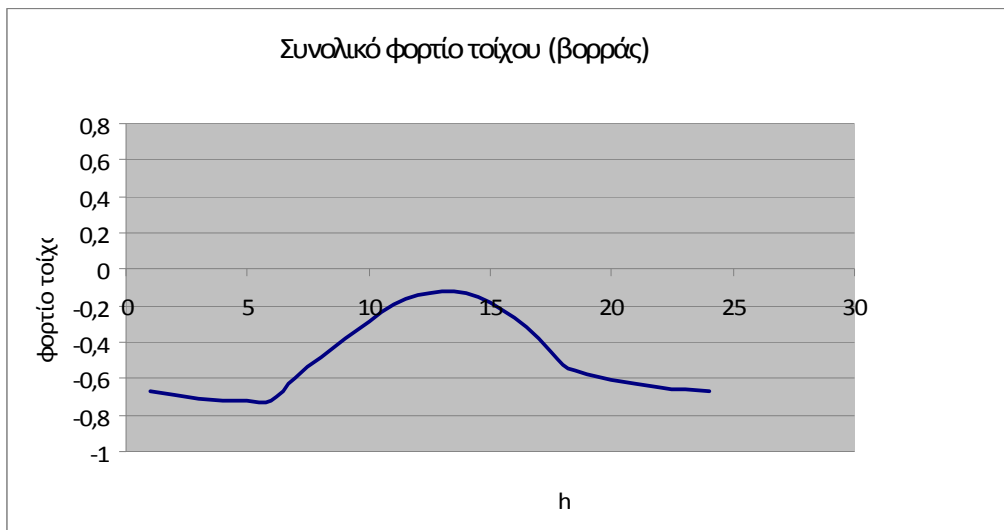
Με δεδομένα όλα τα παραπάνω, χρησιμοποιώντας τη σχέση (9), μπορούμε να υπολογίσουμε το συνολικό φορτίο των τοίχων, για κάθε προσανατολισμό. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στη συνέχεια. Για καλύτερη εποπτεία των αποτελεσμάτων μετατρέψαμε τις μονάδες από $\left[\frac{J}{h}\right]$ σε $\left[\frac{MJ}{h}\right]$.

Time	ΒΟΡΡΑΣ	ΝΟΤΟΣ	ΔΥΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΗ
	Συνολικό φορτίο $\left[\frac{MJ}{h}\right]$	Συνολικό φορτίο $\left[\frac{MJ}{h}\right]$	Συνολικό φορτίο $\left[\frac{MJ}{h}\right]$	Συνολικό φορτίο $\left[\frac{MJ}{h}\right]$
01:00	-0,6740	-0,3370	-0,5055	-0,5055
02:00	-0,6885	-0,3443	-0,5164	-0,5164
03:00	-0,7103	-0,3551	-0,5327	-0,5327
04:00	-0,7248	-0,3624	-0,5436	-0,5436
05:00	-0,7248	-0,3624	-0,5436	-0,5436
06:00	-0,7175	-0,3588	-0,5381	-0,5381
07:00	-0,5943	-0,2210	-0,4457	0,2283
08:00	-0,4783	-0,0326	-0,3588	0,5164
09:00	-0,3769	0,1413	-0,2827	0,5218
10:00	-0,2827	0,2827	-0,2120	0,3914
11:00	-0,1957	0,3841	-0,1468	0,1685
12:00	-0,1450	0,4349	-0,1087	-0,1087
13:00	-0,1160	0,4240	0,2283	-0,0870
14:00	-0,1305	0,3588	0,5001	-0,0978
15:00	-0,1812	0,2392	0,6686	-0,1359

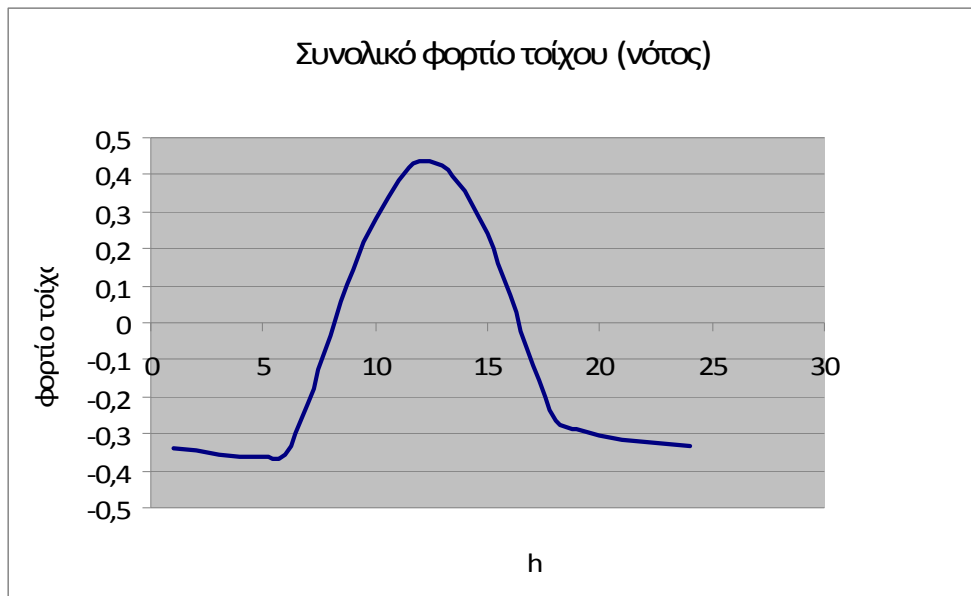
16:00	-0,2609	0,0761	0,6795	-0,1957
17:00	-0,3769	-0,1160	0,3914	-0,2827
18:00	-0,5291	-0,2645	-0,3968	-0,3968
19:00	-0,5726	-0,2863	-0,4294	-0,4294
20:00	0,6088	-0,3044	-0,4566	-0,4566
21:00	0,6305	-0,3153	-0,4729	-0,4729
22:00	0,6450	-0,3225	-0,4838	-0,4838
23:00	0,6595	-0,3298	-0,4946	-0,4946
00:00	0,6668	-0,3334	-0,5001	-0,5001

Πίνακας 10.5.3.3 Συνολικά φορτία τοίχων για την 21^η Μαρτίου και για κάθε προσανατολισμό.

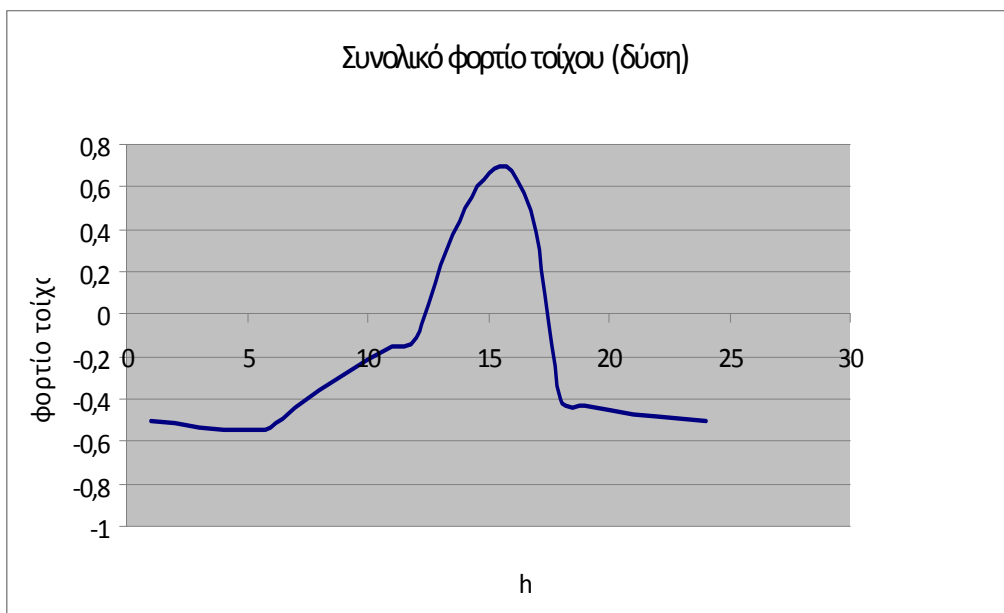
Επομένως προκύπτουν τα αντίστοιχα διαγράμματα:



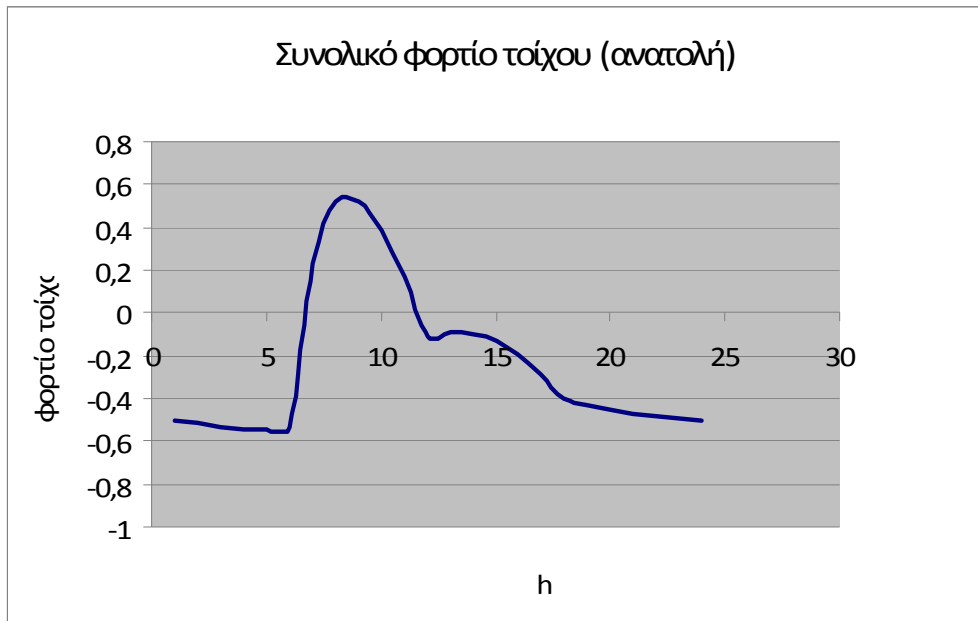
Διάγραμμα 10.5.3.1 Συνολικό φορτίο τοίχων ($K_{\text{τοιχ}}$) ανά ώρα για την 21^η Μαρτίου και για προσανατολισμό το βορρά.



Διάγραμμα 10.5.3.2 Συνολικό φορτίο τοίχων ($K_{\text{τοιχ}}$) ανά ώρα για την 21^η Μαρτίου και για προσανατολισμό το νότο.



Διάγραμμα 10.5.3.3 Συνολικό φορτίο τοίχων ($K_{\text{τοιχ}}$) ανά ώρα για την 21^η Μαρτίου και για προσανατολισμό τη δύση.



Διάγραμμα 10.5.3.4 Συνολικό φορτίο τοίχων ($K_{τοιχ}$) ανά ώρα για την 21^η Μαρτίου και για προσανατολισμό την ανατολή.

10.6 Συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω της οροφής [2,12]

10.6.1 Υπολογισμός εμβαδού οροφής

Στο κτίριο αναφοράς το εμβαδόν της οροφής είναι $A_{hor} = 100m^2$.

10.6.2 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής

Η οροφή αποτελείται από τα παρακάτω διαδοχικά στρώματα:

- γαρμπιλόδεμα $0.07 m$ και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $2.200 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- στεγανωτική στρώση $0.01 m$ και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $0.038 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- μόνωση πάχους $0.060 m$ και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $0.038 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- σκυρόδεμα πάχους $0.07 m$ και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $2.200 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους $0.14 m$ και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $2.200 \left[\frac{w}{mK} \right]$ και
- επίχρισμα πάχους $0.015 m$ και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $1.2 \left[\frac{w}{mK} \right]$.

Ο εξωτερικός και εσωτερικός συντελεστής συναγωγής είναι $16 \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$ και $8 \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$ αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό του συνολικού συντελεστή διαπερατότητας της οροφής, χρησιμοποιούμε τη σχέση:

$$\frac{1}{U_{hor}} = \frac{1}{h_i} + \frac{w_1}{k_1} + \frac{w_2}{k_2} + \frac{w_3}{k_3} + \frac{w_4}{k_4} + \frac{w_5}{k_5} + \frac{w_6}{k_6} + \frac{1}{h_0} \left[\frac{m^2 K}{w} \right] \quad (11)$$

Όπου:

- U_{hor} [W/m²K] είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής,
- h_i [W/m²K] είναι ο εσωτερικός συντελεστής συναγωγής,
- h_0 [W/m²K] είναι ο εξωτερικός συντελεστής συναγωγής,
- $\frac{w_i}{k_i} \left[\frac{m^2 K}{w} \right]$ είναι ο λόγος του πάχους προς την αντίστοιχη ειδική

θερμική αγωγιμότητα του κάθε στρώματος της οροφής.

Εφαρμόζοντας την εξίσωση προκύπτει $U_{hor} = 0,489660 \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$.

10.6.3 Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος

Όπως είναι ήδη γνωστό η εσωτερική θερμοκρασία είναι ίση με 20°C.

Ως θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος ελήφθησαν οι τιμές της ισοδύναμης θερμοκρασίας των Αθηνών κατά την 21^η Μαρτίου, για οριζόντιες επιφάνειες και με επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος.

Η διαφορά θερμοκρασιών όλο το 24ωρο φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

<i>Time</i>	$T_{in} [K]$	$T_{hor} [K]$	$T_{in} - T_{hor} [K]$
01:00	293	283,7	9,3
02:00	293	283,5	9,5
03:00	293	283,2	9,8
04:00	293	283	10
05:00	293	283	10
06:00	293	283,1	9,9
07:00	293	284,1	8,9
08:00	293	290,2	2,8
09:00	293	295,7	-2,7
10:00	293	300,1	-7,1
11:00	293	303,2	-10,2
12:00	293	304,6	-11,6
13:00	293	304,3	-11,3
14:00	293	302,1	-9,1
15:00	293	298,4	-5,4
16:00	293	293,2	-0,2
17:00	293	287	6
18:00	293	285,7	7,3
19:00	293	285,1	7,9
20:00	293	284,6	8,4
21:00	293	284,3	8,7
22:00	293	284,1	8,9
23:00	293	283,9	9,1

00:00	293	283,8	9,2
-------	-----	-------	-----

Πίνακας 10.6.3.1 Τιμές της διαφοράς θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος των Αθηνών κατά την 21^η Μαρτίου, για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος και για την οροφή.

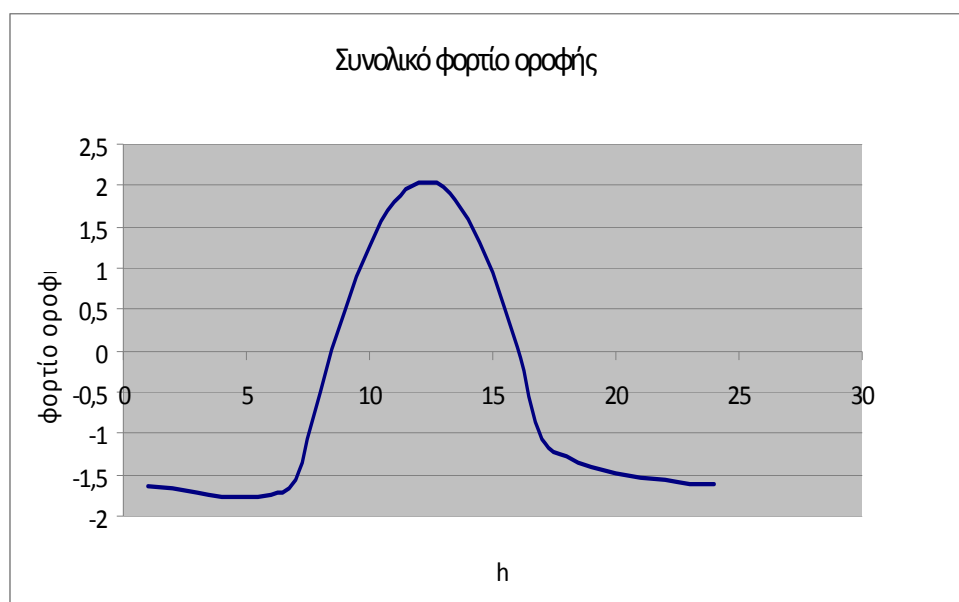
Στη συνέχεια φαίνεται ο πίνακας με τις τιμές του συνολικού φορτίου της οροφής για την κάθε ώρα του 24ώρου και σε $\left[\frac{MJ}{h} \right]$:

<i>Time</i>	Συνολικό φορτίο οροφής $\left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-1,6394
02:00	-1,6746
03:00	-1,7275
04:00	-1,7668
05:00	-1,7668
06:00	-1,7451
07:00	-1,5689
08:00	-0,4936
09:00	0,4759
10:00	1,2516
11:00	1,7980
12:00	2,0448
13:00	1,9919
14:00	1,6041
15:00	0,9519
16:00	0,0353
17:00	-1,0577
18:00	-1,2868
19:00	-1,3926

20:00	-1,4807
21:00	-1,5336
22:00	-1,5689
23:00	-1,6041
00:00	-1,6218

Πίνακας 10.6.3.2 Τιμές του συνολικού φορτίου οροφής για την 21^η Μαρτίου.

Και ακολούθως το αντίστοιχο διάγραμμα:



Διάγραμμα 10.6.3.1 Συνολικό φορτίο οροφής για την 21^η Μαρτίου.

Σαν παρατήρηση για τα διαγράμματα των τοίχων και της οροφής που προηγήθηκαν, οφείλουμε να σχολιάσουμε ότι οι μικροανωμαλίες που παρατηρούνται αφεύλονται καθαρά στις αυξομειώσεις των θερμοκρασιών, τιμές που λήφθηκαν σαν δεδομένα από μετρήσεις και που προφανώς περιέχουν σφάλματα.

10.7 Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρα [2,12]

Ανανέωση του αέρα ενός χώρου είναι η ηθελημένη προσαγωγή αέρος εξωτερικού περιβάλλοντος στον κλιματιζόμενο, απευθείας ή μέσω κλιματιστικής συσκευής.

Αντίθετα η διείσδυση είναι η είσοδος του εξωτερικού αέρα από τα διάκενα των θυρών και παραθύρων ή η είσοδος του εξωτερικού αέρα κατά το άνοιγμα των θυρών.

Το ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρα (απευθείας όχι μέσω κλιματιστικής συσκευής), υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$Q_i = 1,2Q(\Delta h)3600 \left[\frac{J}{h} \right] \quad (12)$$

Όπου:

- Q_i είναι το ολικό ψυκτικό φορτίο $\left[\frac{J}{h} \right]$,
- Q είναι η παροχή εξωτερικού αέρος $\left[\frac{L}{s} \right]$,
- Δh είναι η διαφορά ενθαλπίας μεταξύ εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρος $\left[\frac{KJ}{Kg} \xi.α. \right]$.

Παρατήρηση: Για την εφαρμογή αυτού του τύπου θεωρούμε ότι το κτίριο αναφοράς βρίσκεται υπό συνήθεις συνθήκες και κανονική ατμοσφαιρική πίεση, δηλαδή 101,325 kPa και υψόμετρο 0 m.

10.7.1 Υπολογισμός παροχής εξωτερικού αέρα

Η συνήθης παροχή εξωτερικού αέρα είναι $2 \frac{L}{s} \forall m^2$ επιφάνειας δαπέδου, σε θερμοκρασία πραγματικού περιβάλλοντος.

Επομένως η παροχή εξωτερικού αέρα στο κτήριο αναφοράς είναι:

$$Q = 2 \cdot 100 = 200 \left[\frac{L}{s} \right]$$

10.7.2 Υπολογισμός διαφοράς ενθαλπίας εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρα

Η ενθαλπία ,είτε του εισερχόμενου είτε του εξερχόμενου αέρα ,υπολογίζεται από τον ψυχομετρικό χάρτη, συναρτήσει της σταθερής θερμοκρασίας ξηρής σφαίρας Tdb (Dry Bulb Temperature) και της σχετικής υγρασίας φ.

Συγκεκριμένα, η ενθαλπία του εισερχόμενου αέρα υπολογίζεται από τον ψυχομετρικό χάρτη για θερμοκρασία ξηρής σφαίρας Tdb = 20°C (θερμοκρασία εσωτερικού περιβάλλοντος) και σχετική υγρασία φ=50% και είναι ίση με 38,5 $\left[\frac{KJ}{Kg} \xi.α. \right]$.

Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε την ενθαλπία του εξερχόμενου αέρα, με Tdb(θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος) τις τιμές των Αθηνών ,οι οποίες προέκυψαν με στατιστική επεξεργασία ωριαίων μετρήσεων 20 ετών κατά την 21^η Μαρτίου (για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος) και σχετικές υγρασίες που προκύπτουν από τον τύπο:

$$\varphi_0(H) = m \sum_{i=1}^2 c_i \cos \left[i \frac{360}{24} (H - 0,5) \right] + \sum_{i=1}^2 s_i \sin \left[i \frac{360}{24} (H - 0,5) \right] \quad (13)$$

Όπου:

- Η είναι η ώρα της ημέρας 1÷24,
- m, c_i, s_i , είναι οι συντελεστές που δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

day	m	c ₁	c ₂	s ₁	s ₂
21 Mar.	64.560	8.8290	-2.3750	1.8030	0,3890

Πίνακας 10.7.2.1 Τιμές των συντελεστών της συνάρτησης (13) για την 21^η Μαρτίου.

Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω στοιχεία προκύπτουν οι παρακάτω τιμές σχετικής υγρασίας για κάθε ώρα, η αντίστοιχη ενθαλπία εξερχόμενου αέρα, καθώς και η αντίστοιχη διαφορά ενθαλπίας:

Time	T _{out}	φ ₀	h _{out} $\left[\frac{KJ}{Kg} \xi.α. \right]$	Δh
01:00	10,7	71,3554	26	12,5
02:00	10,5	72,0026	26	12,5
03:00	10,2	72,4232	25	13,5
04:00	10	72,3556	24	14,5
05:00	10	71,5589	23	14,5
06:00	10,1	69,8948	23	15,5
07:00	10,4	67,3886	24	15,5
08:00	11	64,2514	25	14,5
09:00	11,8	60,8546	26	13,5
10:00	12,7	57,6626	26	12,5
11:00	13,5	55,1386	28	12,5
12:00	14,2	53,6471	28	10,5
13:00	14,6	53,3778	28	10,5
14:00	14,7	54,3088	28	10,5
15:00	14,5	56,2189	28	10,5
16:00	14	58,7453	28	10,5
17:00	13,4	61,4700	28	10,5
18:00	12,7	64,0148	28	10,5
19:00	12,1	66,1182	27	11,5
20:00	11,6	67,6773	26	12,5
21:00	11,3	68,7433	26	12,5

22:00	11,1	69,4765	26	12,5
23:00	10,9	70,0725	25	13,5
00:00	10,8	70,6834	25	13,5

Πίνακας 10.7.2.2 Τιμές σχετικής υγρασίας για κάθε ώρα, η αντίστοιχη ενθαλπία εξερχόμενου αέρα, καθώς και η αντίστοιχη διαφορά ενθαλπίας για την 21^η Μαρτίου.

Τέλος, χρησιμοποιώντας την εξίσωση (12), μπορούμε να υπολογίσουμε το ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης και διεύδυσης αέρα, όπως φαίνεται παρακάτω:

<i>Time</i>	$Q_i \left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-10,8
02:00	-10,8
03:00	-11,664
04:00	-12,528
05:00	-12,528
06:00	-13,392
07:00	-13,392
08:00	-12,528
09:00	-11,664
10:00	-10,8
11:00	-10,8
12:00	-9,072
13:00	-9,072
14:00	-9,072
15:00	-9,072
16:00	-9,072
17:00	-9,072
18:00	-9,072
19:00	-9,936
20:00	-10,8

21:00	-10,8
22:00	-10,8
23:00	-11,664
00:00	-11,664

Πίνακας 10.7.2.3 Ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρα για την 21^η Μαρτίου.

10.8 Συνολικό φορτίο κελύφους για την 21^η Μαρτίου

Μέχρι τώρα υπολογίσαμε, για κάθε ώρα της 21^{ης} Μαρτίου, για δεδομένο κτίριο αναφοράς στην περιοχή της Αθήνας, τα θετικά φορτία που διέρχονται στο εσωτερικό του κτιρίου δια μέσου των υαλοπινάκων και αντίστοιχα και τα αρνητικά φορτία αυτών. Ακόμα, υπολογίσαμε το συνολικό φορτίο που διέρχεται δια μέσου των τοίχων και της οροφής και τέλος το ψυκτικό φορτίο λόγω διείσδυσης και ανανέωσης αέρα.

Για να καταλήξουμε σε πιο ολοκληρωμένα συμπεράσματα, χρειάζεται να υπολογίσουμε το συνολικό φορτίο του κελύφους που διέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου, για κάθε ώρα της 21^{ης} Μαρτίου. Αυτό επιτυγχάνεται αν αθροίσουμε αλγεβρικά τα θετικά φορτία που διέρχονται στο εσωτερικό του κτιρίου δια μέσου των υαλοπινάκων, τα αρνητικά φορτία που διέρχονται στο εσωτερικό του κτιρίου δια μέσου των υαλοπινάκων, το συνολικό φορτίο που διέρχεται δια μέσου των τοίχων και της οροφής και τέλος το ψυκτικό φορτίο που διέρχεται λόγω διείσδυσης και ανανέωσης αέρα. Το συνολικό φορτίο του κελύφους που διέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου για κάθε ώρα της 21^{ης} Μαρτίου φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

<i>Time</i>	Συνολικό φορτίο κελύφους $\left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-17,9768
02:00	-18,1312
03:00	-19,2267
04:00	-20,2450
05:00	-20,2450
06:00	-21,0319
07:00	-16,9870
08:00	-4,9637
09:00	4,6738
10:00	12,5549
11:00	16,3329

12:00	18,6130
13:00	21,1353
14:00	21,3845
15:00	18,5336
16:00	13,4217
17:00	4,4240
18:00	-12,5435
19:00	-16,0325
20:00	-17,2823
21:00	-17,5138
22:00	-17,6682
23:00	-18,6865
00:00	-18,7637

Πίνακας 10.8.1 Τιμές του συνολικού φορτίου κελύφους για την 21^η Μαρτίου.

Αν προσθέσουμε τις τιμές για κάθε ώρα, βρίσκουμε τις συνολικές απώλειες του κελύφους για όλο το 24ωρο, που είναι ίσες με $-126,224 \text{ MJ}$ (αισθητά μικρότερες από τις αντίστοιχες απώλειες για τις 21 Ιανουαρίου).

Ακόμα, σε αντίθεση με την περίπτωση του Ιανουαρίου όπου είχαμε μόνο απώλειες (αρνητικές τιμές) για τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της μόνωσης (πάχος 0.04 m και ειδική θερμική αγωγιμότητα $0.038 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$) και των υαλοπινάκων (ποσοστό επιφάνειας υαλοπινάκων επί του κελύφους $P_f = 25\%$ και συντελεστή θερμοπερατότητας $U_f = 3,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$ του κτιρίου αναφοράς, εδώ παρουσιάζονται και ώρες με κέρδη και μάλιστα σημαντικά.

Οφείλουμε οπωσδήποτε να αναφέρουμε ότι δεν έχει ληφθεί υπόψη η χρονική υστέρηση και αυτό γιατί δεν ενδιαφερόμαστε για ωριαίες τιμές αλλά για ημερήσιες και μέσα στη διάρκεια της ημέρας η χρονική υστέρηση αφομοιώνεται.

Τα μεγαλύτερα κέρδη τα έχουμε κατά τις μεσημεριανές ώρες και συγκεκριμένα μεταξύ των ωρών 13:00 και 14:00 όπου το κέρδος των υαλοπινάκων είναι μεγάλο.

Κεφάλαιο 11^ο

ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΨΕΥΔΟΑΔΙΑΒΑΤΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ 21^η ΜΑΡΤΙΟΥ

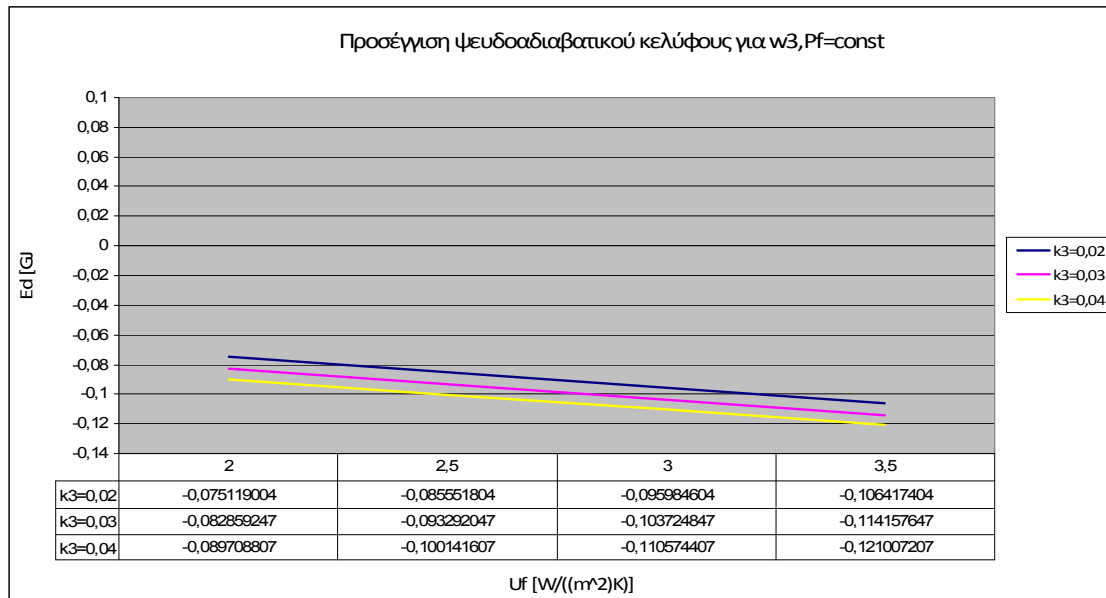
11.1 Παραδοχές

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να επισημανθεί εκ νέου, ότι το κτίριο αναφοράς που χρησιμοποιείται στα κεφάλαια 10 και 11 και βάσει του οποίου γίνονται όλοι οι υπολογισμοί, είναι το λεγόμενο ως ‘βελτιωμένο’ κτίριο αναφοράς. Η διαφορά αυτού από το πρώτο κτίριο αναφοράς έχει να κάνει με τον καταμερισμό του συντελεστή P_f στους διάφορους προσανατολισμούς του κτιρίου. Εδώ, το ποσοστό επιφανείας των υαλοπινάκων επί του κελύφους P_f καταμερίζεται μόνο στους τρεις προσανατολισμούς (νότος, δύση, ανατολή) με την εξής αναλογία:

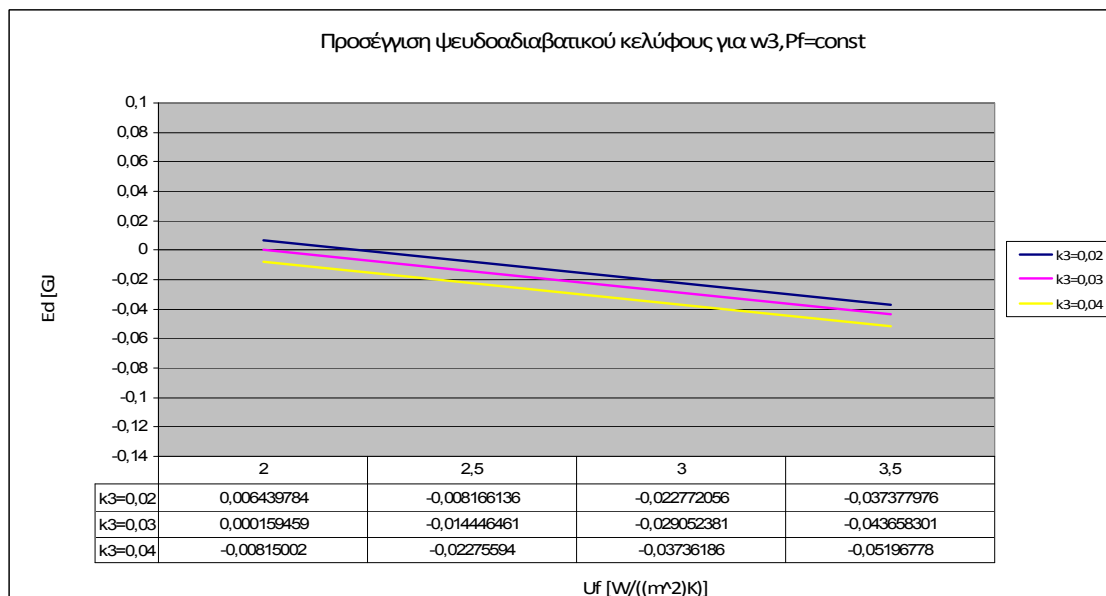
- 50% στο νότο και από 25% σε ανατολή και δύση

Πέραν τούτου, οι υπόλοιπες παραδοχές παραμένουν ίδιες με την περίπτωση του πρώτου κτιρίου αναφοράς, δηλαδή πρόκειται για ένα κτίριο 100 m^2 , το οποίο μελετάται κατά τη διάρκεια της 21^{ης} Μαρτίου στην περιοχή της Αθήνας. Κάθε πλευρά του κτιρίου θα έχει επιφάνεια $10 \times 3 \text{ m}^2$, ενώ το συνολικό ποσοστό των υαλοπινάκων θα ανέρχεται στο 25%. Στις παραδοχές αυτής της μελέτης συμπεριλαμβάνεται και το γεγονός ότι θεωρήσαμε αδιαβατικό δάπεδο, δηλαδή θεωρήσαμε ότι το κτίριο μας κείται επί εδάφους. Ακόμη, θεωρήσαμε μόνιμη κατάσταση καθώς οι τοίχοι και η οροφή αποδίδουν στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου τη θερμότητα που έχουν απορροφήσει μετά από κάποια υστέρηση, όμως κατά τη διάρκεια του 24ώρου ολόκληρη η θερμότητα που εισήλθε καταλήγει στον αέρα που υπάρχει στο χώρο που μελετάμε. Επιπλέον, καθώς διέρχεται η ηλιακή ακτινοβολία διαμέσου των υαλοπινάκων, θεωρήσαμε προσεγγιστικά ότι το 10% απορροφάται από τον αέρα ή χάνεται λόγω ανάκλασης και το υπόλοιπο 90% που απομένει, από τους τοίχους.

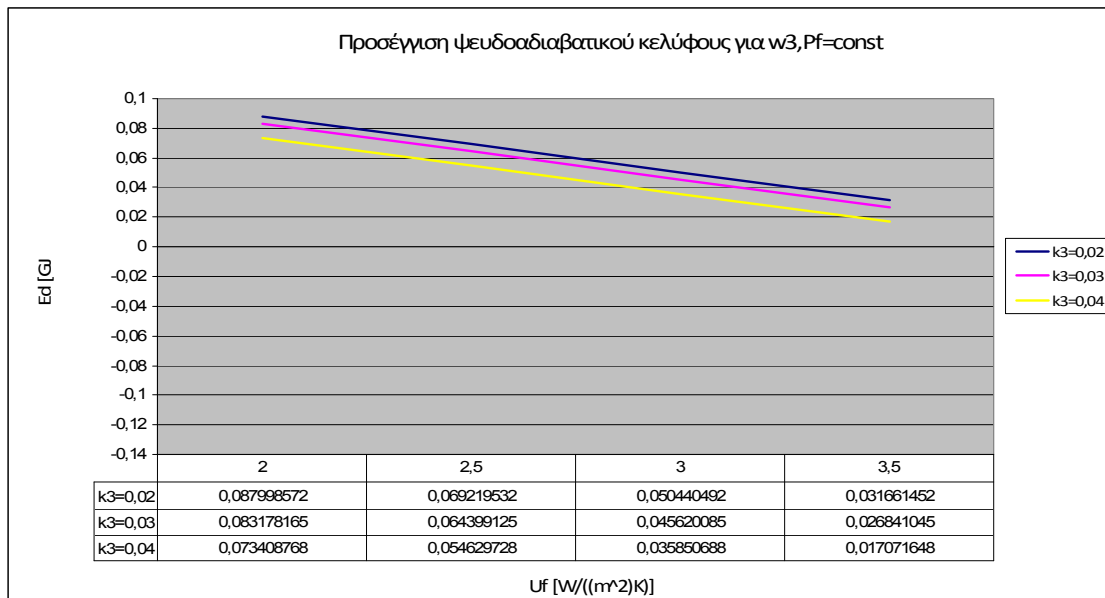
11.2 Συνδυασμοί συντελεστών για προσέγγιση ψευδοαδιαβατικού κελύφους και διαγραμματική παρουσίαση των αποτελεσμάτων



Διάγραμμα 11.2.1 Προσέγγιση ψευδοαδιαβατικού κελύφους για $w_3=0.06$, $P_f=25\%$ και μεταβολή των συντελεστών k_3 και U_f .



Διάγραμμα 11.2.2 Προσέγγιση ψευδοαδιαβατικού κελύφους για $w_3=0.06$, $P_f=35\%$ και μεταβολή των συντελεστών k_3 και U_f .

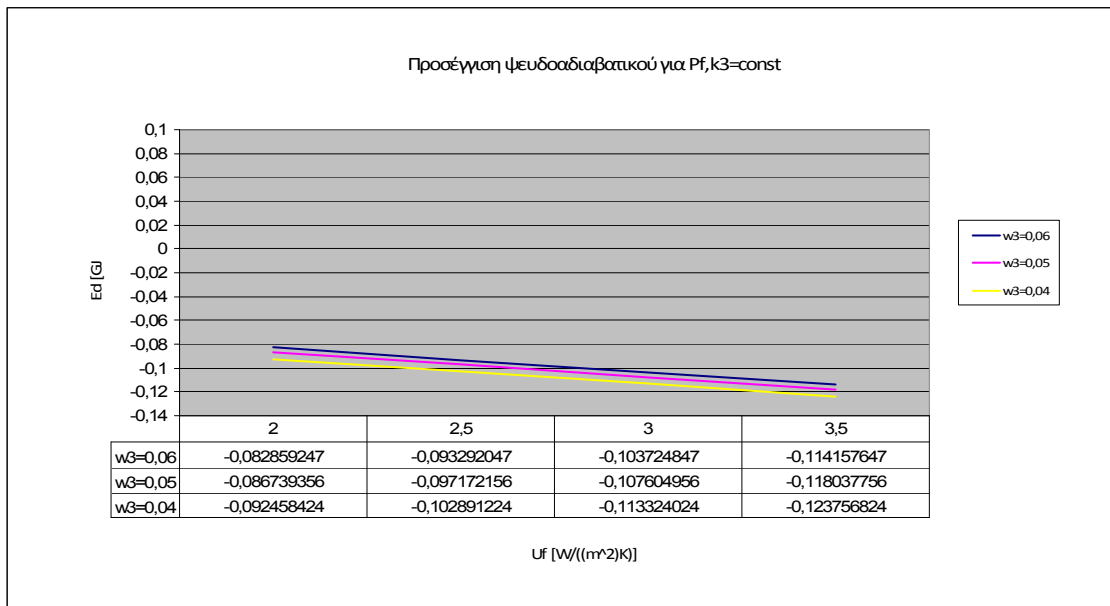


Διάγραμμα 11.2.3 Προσέγγιση ψευδοαδιαβατικού κελύφους για $w_3=0.06$, $P_f=45\%$ και μεταβολή των συντελεστών k_3 και U_f .

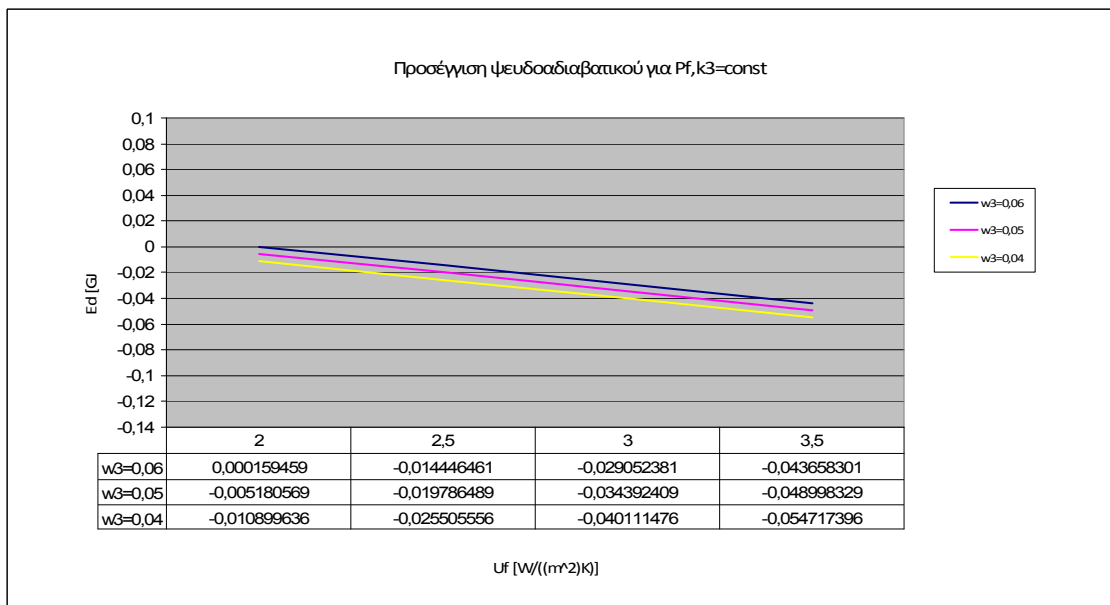
Στις τρεις παραπάνω περιπτώσεις θεωρήσαμε σταθερή τιμή του πάχους της μόνωσης $w_3=0.06$ m και ταυτόχρονα μελετήσαμε τους συνδυασμούς των συντελεστών U_f (συντελεστής θερμικής διαπερατότητας) και k_3 (ειδική θερμική αγωγιμότητα) λαμβάνοντας τις εξής τιμές για αυτούς:

$$U_f : 2, 2.5, 3, 3.5 \left[\frac{w}{m^2 K} \right] \quad \text{και} \quad k_i : 0.02, 0.03, 0.04 \left[\frac{w}{mK} \right]$$

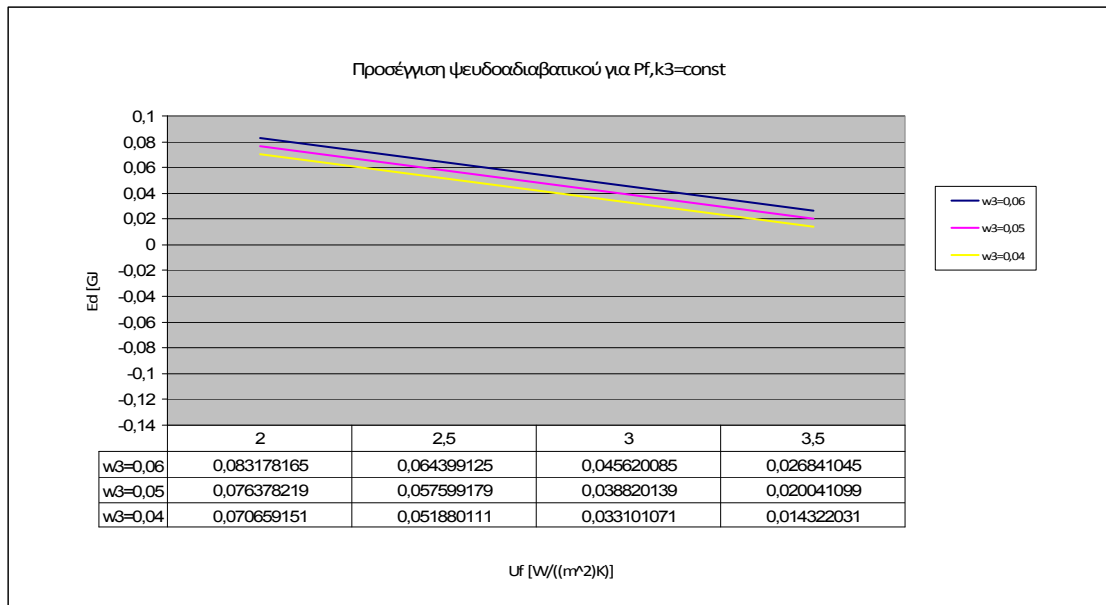
Τα τρία διαγράμματα διαφέρουν μεταξύ τους στο γεγονός ότι υπολογίστηκαν για διαφορετικό ποσοστό P_f κάθε φορά. Στο πρώτο είχαμε 25%, στο δεύτερο 35% και στο τρίτο 45%. Αυτή η διαφοροποίηση είναι που έκανε και τη μεγάλη διαφορά στην προσπάθεια προσέγγισης του ψευδοαδιαβατικού κελύφους. Όπως εύκολα παρατηρεί κανείς στη περίπτωση με το μικρό ποσοστό P_f όλοι οι συνδυασμοί κατέληγαν σε κελύφη με αισθητές απώλειες (της τάξης των 0,09 GJ), στην περίπτωση με το ενδιάμεσο ποσοστό P_f είχαμε καλή προσέγγιση του ψευδοαδιαβατικού κελύφους με δύο συνδυασμούς που αποδίδουν ακριβώς το ζητούμενο κέλυφος ($1^{ος}$: $k_3 = 0.02$, $U_f \approx 2.3$, $w_3 = 0.06$ και $2^{ος}$: $k_3 = 0.03$, $U_f = 2$, $w_3 = 0.06$), ενώ στη περίπτωση με το υψηλό ποσοστό P_f αυτά που σημειώνονται είναι μόνο κέρδη.



Διάγραμμα 11.2.4 Προσέγγιση ψευδοαδιαβατικού κελύφους για $k_3=0.03$, $P_f=25\%$ και μεταβολή των συντελεστών w_3 και U_f .



Διάγραμμα 11.2.5 Προσέγγιση ψευδοαδιαβατικού κελύφους για $k_3=0.03$, $P_f=35\%$ και μεταβολή των συντελεστών w_3 και U_f .

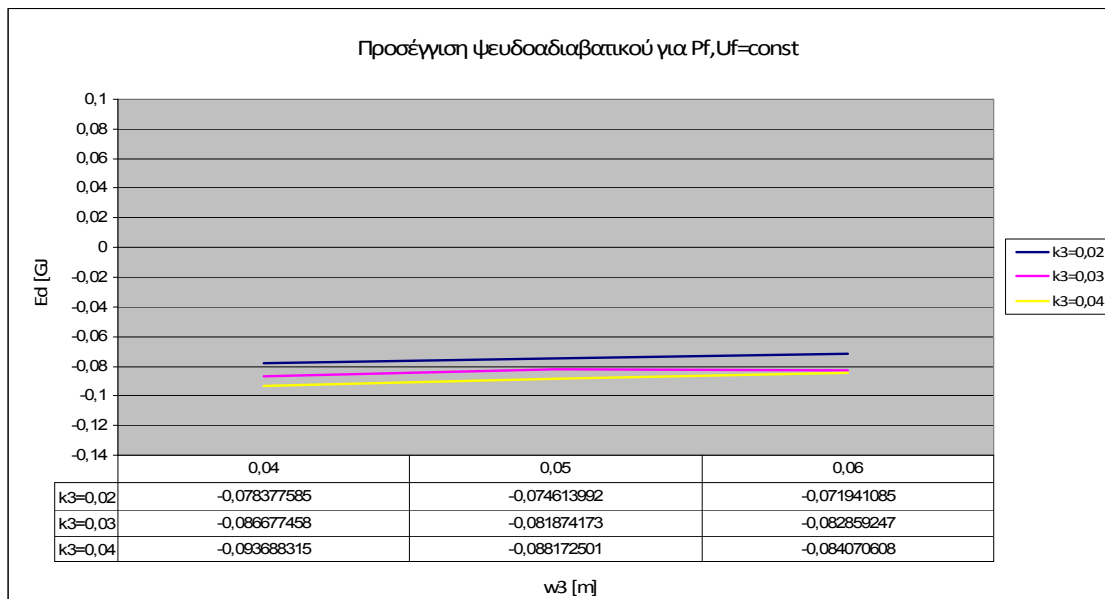


Διάγραμμα 11.2.6 Προσέγγιση ψευδοαδιαβατικού κελύφους για $k_3=0.03$, $P_f=45\%$
και μεταβολή των συντελεστών w_3 και U_f .

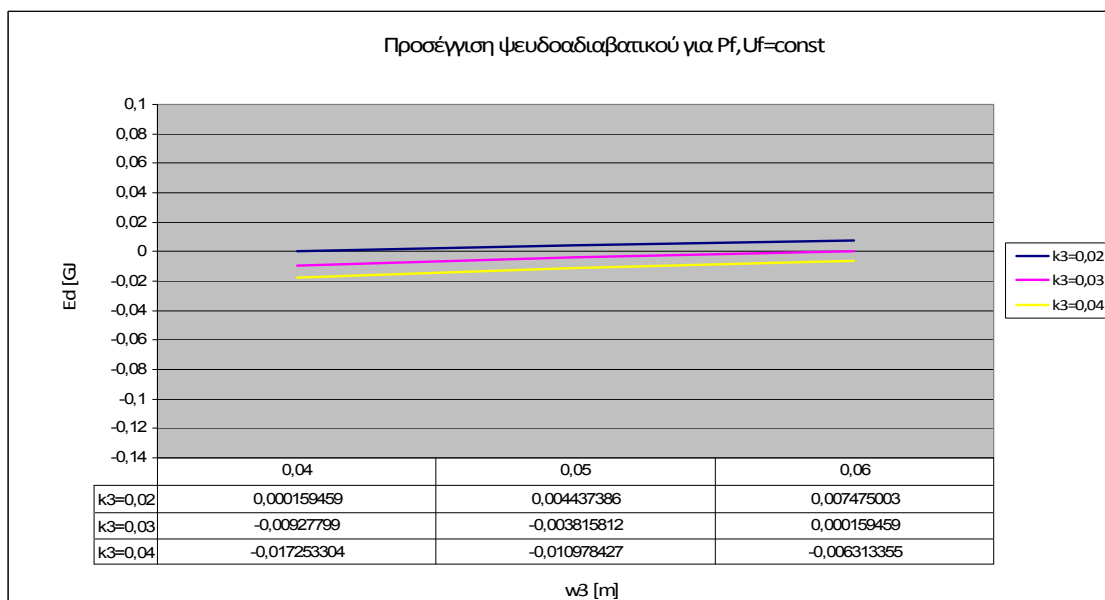
Στις τρεις τελευταίες περιπτώσεις θεωρήσαμε σταθερή τιμή της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $k_3=0.03 \frac{w}{mK}$ και ταυτόχρονα μελετήσαμε τους συνδυασμούς των συντελεστών U_f (συντελεστής θερμικής διαπερατότητας) και w_3 (πάχος θερμομόνωσης) λαμβάνοντας τις εξής τιμές για αυτούς:

$$U_f : 2, 2.5, 3, 3.5 \left[\frac{w}{m^2 K} \right] \quad \text{και} \quad w_i : 0.04, 0.05, 0.06 \text{ m}$$

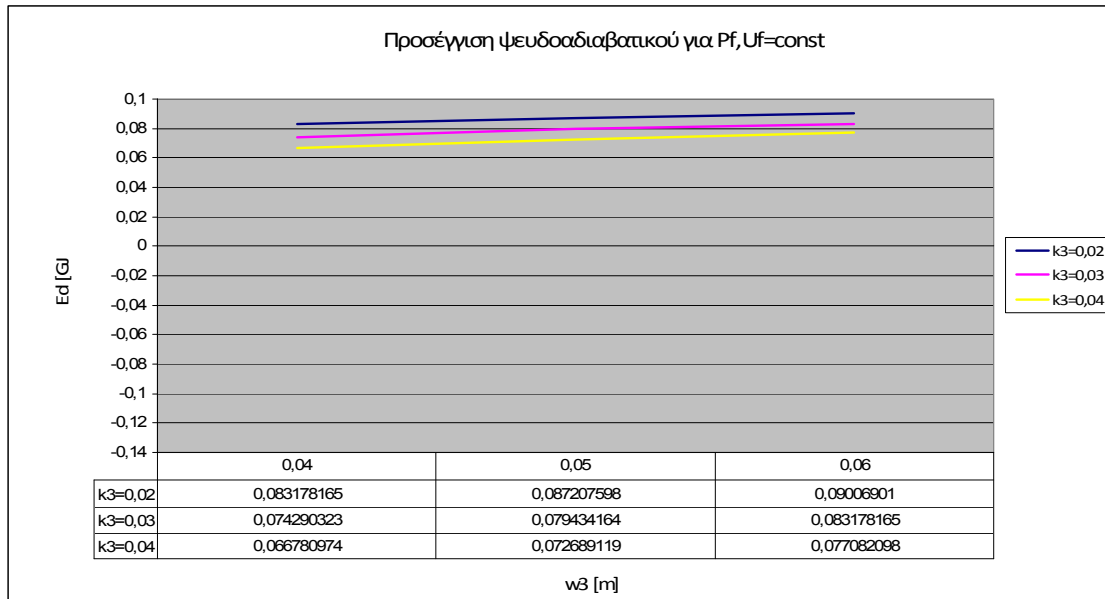
Τα τρία διαγράμματα διαφέρουν και πάλι μεταξύ τους στο γεγονός ότι υπολογίστηκαν για διαφορετικό ποσοστό P_f κάθε φορά. Στο πρώτο είχαμε 25%, στο δεύτερο 35% και στο τρίτο 45%. Αυτή η διαφοροποίηση είναι που έκανε και εδώ τη μεγάλη διαφορά στην προσπάθεια προσέγγισης του ψευδοαδιαβατικού κελύφους. Όπως εύκολα παρατηρεί κανείς στη περίπτωση με το μικρό ποσοστό P_f όλοι οι συνδυασμοί κατέληγαν σε κελύφη με αισθητές απώλειες (της τάξης των 0,1 GJ), στην περίπτωση με το ενδιάμεσο ποσοστό P_f είχαμε αρκετά καλή προσέγγιση του ψευδοαδιαβατικού κελύφους με έναν συνδυασμό να αποδίδει ακριβώς το ζητούμενο κελύφος ($k_3 = 0.03$, $U_f=2$, $w_3=0.06$), ενώ στη περίπτωση με το υψηλό ποσοστό P_f αυτά που σημειώνονται είναι και πάλι μόνο κέρδη.



Διάγραμμα 11.2.7 Προσέγγιση ψευδοαδιαβατικού κελύφους για $U_f=2$, $P_f=25\%$ και μεταβολή των συντελεστών k_3 και w_3 .



Διάγραμμα 11.2.8 Προσέγγιση ψευδοαδιαβατικού κελύφους για $U_f=2$, $P_f=35\%$ και μεταβολή των συντελεστών k_3 και w_3 .



Διάγραμμα 11.2.9 Προσέγγιση ψευδοαδιαβατικού κελύφους για $U_f=2$, $P_f=45\%$ και μεταβολή των συντελεστών k_3 και w_3 .

Στις τρεις τελευταίες αυτές περιπτώσεις θεωρήσαμε σταθερή τιμή του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας $U_f=2 \frac{W}{m^2 K}$ και ταυτόχρονα μελετήσαμε τους συνδυασμούς των συντελεστών w_i (πάχος θερμομόνωσης) και k_3 (ειδική θερμική αγωγιμότητα) λαμβάνοντας τις εξής τιμές για αυτούς:

$$w_i : 0.04, 0.05, 0.06 \text{ m} \quad \text{και} \quad k_i : 0.02, 0.03, 0.04 \left[\frac{W}{mK} \right]$$

Τα τρία διαγράμματα για άλλη μια φορά διαφέρουν μεταξύ τους στο γεγονός ότι υπολογίστηκαν για διαφορετικό ποσοστό P_f κάθε φορά. Στο πρώτο είχαμε 25%, στο δεύτερο 35% και στο τρίτο 45%. Αυτή η διαφοροποίηση είναι που έκανε και σε αυτήν την περίπτωση τη μεγάλη διαφορά στην προσπάθεια προσέγγισης του ψευδοαδιαβατικού κελύφους. Όπως εύκολα παρατηρεί κανείς στη περίπτωση με το μικρό ποσοστό P_f όλοι οι συνδυασμοί κατέληγαν σε κελύφη με αισθητές απώλειες (της τάξης των 0,08 GJ), στην περίπτωση με το ενδιάμεσο ποσοστό P_f είχαμε καλή προσέγγιση του ψευδοαδιαβατικού κελύφους με δύο συνδυασμούς που αποδίδουν ακριβώς το ζητούμενο κέλυφος ($1^{os} : k_3 = 0.02, U_f=2, w_3=0.04$ και $2^{os} : k_3 = 0.03, U_f=2, w_3=0.06$), ενώ στη περίπτωση με το υψηλό ποσοστό P_f αυτά που σημειώνονται είναι μόνο κέρδη.

Βιβλιογραφία

- [1] Σ.Δ. Πέρδιος, ‘Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων και βιομηχανιών’, 2006
- [2] Κ.Α. Αντωνόπουλος, ‘Κλιματισμός’, 2008
- [3] Κ.Α. Αντωνόπουλος, ‘Θερμικά – Ηλιακά συστήματα’, 2008
- [4] Α.Δ. Κουρεμένος, Κ.Α. Αντωνόπουλος, Φ.Κ. Δημοκρίτου, ‘Θερμική ροή δομικών στοιχείων για φορτία κλιματισμού στην Ελλάδα’, 1987
- [5] Σ.Δ. Πέρδιος, ‘Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια – αθλητικά κέντρα – βιομηχανίες – μεταφορές’, 2007
- [6] B.P. Jelle, ‘Traditional, state – of – the – art and future thermal building insulation materials and solutions – Properties, requirements and possibilities’, 2011
- [7] Κ.ΕΝ.Α.Κ.
- [8] Κ.Α. Μπαλαράς, ‘Θερμική άνεση στα κτίρια’, SAVE-EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE GENERAL FOR ENERGY, 2005
- [9] Κ.Σ. Χαραλαμπίδη, ‘Κεντρικές Θερμάνσεις’, 1992
- [10] Μ. Santamouris, D.N. Asimakopoulos, ‘Energy Conservation in Buildings’, SAVE-EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE GENERAL FOR ENERGY, 2005
- [11] Κ.Α. Μπαλαράς, ‘Εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση κτιρίων’, SAVE-EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE GENERAL FOR ENERGY, 2005
- [12] C. Tzivanidis, Κ.Α. Antonopoulos, F. Gioti, ‘Computational analysis of the envelope parameters effects on the transient heating energy consumption of buildings’, 2010