

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αρχές Σχεδιασμού και Διερεύνηση της ενεργειακής απόδοσης
Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων σε αντιπροσωπευτικούς τύπους
κτιρίων και κλιματικές συνθήκες του ελληνικού χώρου.

ΣΤΕΦΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ
Α.Ε.Μ. 202

Επιβλέπων Καθηγητής: Θεόδωρος Γ. Θεοδοσίου

Κοζάνη 2005

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Αρχές Σχεδιασμού και Διερεύνηση της ενεργειακής
απόδοσης Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων σε
αντιπροσωπευτικούς τύπους κτιρίων και κλιματικές
συνθήκες του ελληνικού χώρου.**

ΣΤΕΦΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ
Α.Ε.Μ. 202

Α.Π.Θ. - ΤΜΗΜΑ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ
Αριθμ. Εισαγ.:... 1598
Ημερομηνία:... 19/11/06

Επιβλέπων Καθηγητής: Θεόδωρος Γ. Θεοδοσίου

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο σκοπός τη εργασίας προδίδεται από τον τίτλο της που ήταν η διερεύνηση της ενεργειακής απόδοσης Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων σε αντιπροσωπευτικούς τύπους κτιρίων και κλιματικές συνθήκες του ελληνικού χώρου. Ήταν μία ιδέα για μελέτη συστημάτων παροχής φυσικής θέρμανσης.

Τα συστήματα αυτά εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια και την προσφέρουν στον εσωτερικό χώρο μίας οικίας με την μορφή θερμότητας. Τοποθετούνται πάντα στην νότια όψη του κτιρίου για πλήρη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας.

Έπειτα από μία σειρά πολλαπλών προσομοιώσεων, αποδείχθηκε ότι τα συστήματα αυτά αποδίδουν υψηλά ποσά θερμότητας, ικανά να υπερκαλύψουν τις θερμικές ανάγκες του κτιρίου.

Ελπίζω και εύχομαι να συνεχιστεί η προσπάθεια και ο κόπος πολλών μηνών, που κρατάτε στα χέρια σας .

Θα ήθελα να ευχαριστήσω για την υπερπολύτιμη βοήθεια του, τον Δρ. Θεόδωρο Θεοδοσίου, επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, αλλά και καθηγητή του τελευταίου έτους των σπουδών μου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και ιδιαίτερα τον αδερφό μου, για την σωστή καθοδήγηση και συμπαράσταση τους σε όλα τα χρόνια της φοιτητικής μου ζωής και όλους τους φίλους που με βοήθησαν για την πραγματοποίηση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή..... 1

1. Γενικά.....	2
2. Το κτίριο.....	2
3. Ελληνική πραγματικότητα	3
4. Ιστορικά στοιχεία	5

Κεφάλαιο 2. Αντικείμενο – Στόχοι Ενεργειακού Σχεδιασμού..... 9

1. Αντικείμενο του ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων	10
2. Στρατηγικές Σχεδιασμού.....	15
2.1 Ανοικτός τύπος κτιρίου ή «επιθετική» στρατηγική σχεδιασμού	16
2.2 Κλειστός τύπος κτιρίου ή «αμυντική» στρατηγική σχεδιασμού	16
3. Βασικές αρχές και παράμετροι ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων	18
3.1 Το κλίμα και η γεωγραφική περιοχή	18
3.2 Πυκνότητα δόμησης και ύψος κτιρίων	20
3.3 Επιφάνεια βλάστησης	22
3.4 Θέση κτιρίου στο οικόπεδο- προσανατολισμός κτιρίου.....	24
3.5 Γεωμετρικές αναλογίες κτιρίου- σύνθεση όγκων	27
3.6 Διάταξη χώρων	29
3.7 Χρώμα- υλικά εξωτερικών επιφανειών	31
3.8 Θερμομονωτική ικανότητα και θερμοχωρητικότητα υλικών	32

Κεφάλαιο 3. Θερμική Άνεση 35

1. Εισαγωγή.....	36
2. Αποδεκτές συνθήκες για θερμική άνεση	37
2.1 Συσχέτιση παραμέτρων για την εκτίμηση της θερμικής άνεσης	42
2.2 Εκτίμηση της θερμικής άνεσης- Οι δείκτες PMV και PPD.....	48
3. Προσδιορισμός απαιτήσεων ανάλογα με το κτίριο και τη χρήση	51
4. Οπτική άνεση	52

Κεφάλαιο 4. Παθητικά Ηλιακά Συστήματα..... 53

1. Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων	54
2. Παθητικά ηλιακά συστήματα Άμεσου Κέρδους.....	57
2.1 Προστασία από θερμικές απώλειες.....	64
2.2 Θερμική λειτουργία.....	66
2.3 Βελτίωση της απόδοσης.....	67
2.4 Εφαρμογές	69
3. Έμμεσου κέρδους Παθητικά ηλιακά συστήματα.....	70
3.1. Τοίχος μάζας & τοίχος Trombe-Michel.....	71
3.1.1 Αποδοτικότητα συστήματος	76
3.1.2 Θερμική λειτουργία.....	80
3.2 Ηλιακή στέγη	83
3.3. Προσαρτημένο θερμοκήπιο	86
4. Παθητικά ηλιακά συστήματα απομονωμένου κέρδους.....	90
4.1. Θερμοσιφωνικό πανέλο	90
4.2 Προσαρτημένο θερμοκήπιο με απομονωμένη θερμική αποθήκη.....	93
4.3. Απομονωμένος τοίχος συσσώρευσης	94
4.4. Μμεταφορικός βρόγχος	96

Κεφάλαιο 5. Μελέτη Παθητικών Ηλιακών

Συστημάτων 100

1. Εισαγωγή.....	102
2. Προσομοιωτική Μελέτη.....	103
2.1 Εισαγωγή	103
2.2 Περιγραφή δεδομένων εισόδου SUNCODE-PC	103
2.3 Περιγραφή αποτελεσμάτων προσομοίωσης SUNCODE-PC	108
2.4 Στόχος της διαδικασίας προσομοίωσης.....	110
3. Κτίριο Αναφοράς	111
3.1 Περιγραφή Κτιρίου Αναφοράς	111
3.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Κτιρίου Αναφοράς	112
3.2.1 Εμβαδομέτρηση -Σχέδια κτιρίου	112
3.2.1.1 Εμβαδομέτρηση κτιρίου	112
3.2.1.2 Σχέδια κτιρίου.....	112
3.2.2. Θερμική μόνωση κτιρίου – Τομές δομικών στοιχείων.....	114
3.2.3 Επιμέρους τεχνικά χαρακτηριστικά.....	118
3.3. Θερμικό Ισοζύγιο Κτιρίου Αναφοράς	120
4. Παθητικό Ηλιακό Σύστημα Άμεσου Κέρδους.....	123
4.1 Εισαγωγή	123
4.2 Συστήματα Άμεσου Κέρδους Μονού Υαλοπίνακα	124
4.2.1. Συνολικές Τιμές Χειμερινής Περιόδου	124
4.2.2. Συνολικές Τιμές Χειμερινής Περιόδου Με Νυχτερινή Μόνωση	126
4.2.3 Ωριαίες Τιμές Αντιπροσωπευτικών ημερών Χειμώνα και Άνοιξης ...	129
4.2.3.1 Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Δεκεμβρίου.....	131
4.2.3.2. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Απριλίου.....	133

4.3. Συστήματα Άμεσου Κέρδους Διπλού Υαλοπίνακα	135
4.3.1. Συνολικές Τιμές Χειμερινής Περιόδου.....	135
4.3.2. Συνολικές Τιμές Χειμερινής Περιόδου Με Νυχτερινή Μόνωση	138
4.3.3 Ωριαίες Τιμές Αντιπροσωπευτικών ήμερων Χειμώνα και Άνοιξης	139
4.3.3.1. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Δεκεμβρίου.....	139
4.3.3.2. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Απριλίου	140
4.4. Σύγκριση Μονού και Διπλού Υαλοπίνακα Παθητικού Συστήματος.....	142

5. Παθητικό Ηλιακό Σύστημα Έμμεσου Κέρδους

ΤΟΙΧΟΣ ΜΑΖΑΣ	144
5.1. Εισαγωγή	144
5.2. Τοίχος Μάζας Κυμαινόμενου πάχους με Μόνο Υαλοπίνακα	146
5.2.2. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Απριλίου.....	151
5.2.3. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Δεκεμβρίου.....	153
5.3. Τοίχος Μάζας Κυμαινόμενου πάχους με Διπλό Υαλοπίνακα	156
5.3.2. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Απριλίου.....	158
5.3.2. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Δεκεμβρίου.....	160
5.4. Σύγκριση Μονού και Διπλού Υαλοπίνακα σε Τοίχο Μάζας Κυμαινόμενου Πάχους Τοίχους	161
5.5. Τοίχος Μάζας με Κυμαινόμενο Εμβαδόν.....	163
5.5.1. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Δεκεμβρίου.....	166
5.5.2. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Απριλίου.....	168
5.6 Τοίχος Μάζας με Επιλεκτική Εξωτερική Βαφή	169

6. Παθητικό Ηλιακό Σύστημα Έμμεσου Κέρδους

ΤΟΙΧΟΣ TROMBE-MICHEL.....	172
6.1 Εισαγωγή	172
6.2. Τοίχος Trombe με Κυμαινόμενο Ποσοστό Επιφάνειας Θυρίδων	174
6.2.1. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Δεκεμβρίου.....	179
6.2.2. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Απριλίου.....	181
6.3. Τοίχος Trombe με Κυμαινόμενο Πάχος Τοίχου	182
6.3.1. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Δεκεμβρίου.....	186

7. Παθητικό Ηλιακό Σύστημα Απομονωμένου Κέρδους

ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΚΟ ΠΑΝΕΛΟ 189

7.1. Εισαγωγή 189

7.2. Θερμοσιφωνικό Πανέλο Κυμαινόμενου Ύψους 191

7.2.1. Ωριαίες τιμές 29^{ης} και 30^{ης} Απριλίου..... 194

7.2.2. Ωριαίες τιμές 29^{ης} και 30^{ης} Δεκεμβρίου..... 196

7.3. Θερμοσιφωνικό Πανέλο Επιλεκτικής βαφής..... 197

8. Σύνοψη Κεφαλαίου – Προτάσεις..... 200

Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα, Επίλογος..... 205

Βιβλιογραφία 211

Παράρτημα 1

Παράρτημα 2

Εισαγωγή

Περιεχόμενα κεφαλαίου :

1. Γενικά	2
2. Το κτίριο.....	2
3. Ελληνική πραγματικότητα	3
4. Ιστορικά στοιχεία	5

1. Γενικά

Ο ρόλος της ενέργειας ήταν ανέκαθεν σημαντικός στις ανθρώπινες κοινωνίες οι οποίες βασίστηκαν σ' αυτή για την τεχνολογική και πολιτισμική τους πρόοδο. Μετά την ενεργειακή κρίση του 1973, έγινε αντιληπτό από όλους πλέον, ότι η έως τότε χρήση της ενέργειας έπρεπε να βασιστεί σε μια νέα αντίληψη, η οποία θα μπορούσε να περισώσει-σε βάθος χρόνου-τα σφάλματα και την αδικαιολόγητη ενεργειακή σπατάλη που συντελούνταν από την βιομηχανική επανάσταση ακόμη. Έκτοτε, η επιστημονική εμβάθυνση σε θέματα ενέργειας (από την παραγωγή, διάθεση έως και τον τρόπο κατανάλωσής της στις διάφορες διαδικασίες) κατέληξε σε μια σειρά συμπερασμάτων και αρχών, πολλές εκ των οποίων κάθε άλλο παρά νέες θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν μια που προϋπήρχαν πολύ προτού γίνει αντιληπτό το πρόβλημα, αλλά απλά δεν εκτιμήθηκαν ποτέ, λόγω του χαμηλού κόστους ενέργειας ή της ταχύτατης εξέλιξης στις ανεπτυγμένες κοινωνίες.

Έκτοτε όλοι οι κλάδοι που ασχολούνται με την ενέργεια (έρευνα, παραγωγή, μεταφορά και κατανάλωση) γνώρισαν μια σημαντική ανάπτυξη στην προσπάθεια να επιτευχθεί αφενός μια ορθολογικότερη διαχείριση της και αφετέρου να ανεβρεθούν νέες πηγές ενέργειας που να υποκαθιστούν τις συμβατικές πηγές σε μια σειρά από χρήσεις. Ένας από τους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας στις σύγχρονες κοινωνίες ήταν ανέκαθεν ο κτιριακός.[1]

2. Το κτίριο

Το κτίριο αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι ενός συνόλου επηρεάζει και επηρεάζεται από αυτό, Αποτελεί “προϊόν” συγκεκριμένων επιλογών, αναπαράγει και καθορίζει μοντέλα, διαμορφώνει ένα σύνολο, αυτό που ονομάζουμε “δομημένο” περιβάλλον και που εντάσσεται στον ευρύτερα περιβάλλοντα χώρο.

Ο ρόλος και ο προσδιορισμός ενός κτιρίου είναι να προσφέρει στους χρήστες του, ανάλογα με την λειτουργία του, μια θερμική άνεση, γιατί τότε, μόνο θα μπορέσει ένας άνθρωπος να βρίσκεται μέσα σε αυτό, να βελτιστοποιήσει την απόδοσή του και να εκμεταλλευτεί πλήρως της σωματικές, διανοητικές και ψυχικές του δυνατότητες. [2]

Δυστυχώς όμως τα περισσότερα κτίρια σχεδιάστηκαν ως κλειστά, μονωμένα κουτιά με τεχνητά ελεγχόμενο εσωτερικό περιβάλλον, ολοκληρωτικά ανεξάρτητο και αποκομμένο από το εξωτερικό περιβάλλον. Ανεξάρτητα εάν η ατμοσφαιρική θερμοκρασία είναι 20° C ή 37° C το καλοκαίρι, το εσωκλίμα εντός του κτιρίου μπορεί να παραμένει σταθερά το ίδιο, αγνοώντας ακόμη και τις ανθρώπινες ανάγκες και αισθήσεις οι οποίες μεταβάλλονται σημαντικά ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και τις εποχές. Με αυτό τον τρόπο αγνοήθηκαν τόσο η ανά τους αιώνες συσσωρευμένη εμπειρία στον τρόπο δόμησης όσο και οι διάφορες ενεργειακές πρόσοδοι που υπάρχουν στη φύση και που εύκολα θα μπορούσαν να συμμετέχουν στη διαμόρφωση καλύτερου περιβάλλοντος στο κτίριο.

3. Ελληνική πραγματικότητα

Μετά την ενεργειακή κρίση, έγινε προσπάθεια να συγκρατηθεί η αλματώδης αύξηση της κατανάλωσης στον κτιριακό τομέα με άμεσες δράσεις των κρατών. Σε ότι αφορά στον κτιριακό τομέα στην Ελλάδα, η κατάσταση δυστυχώς δεν ακολούθησε με επιτυχία την παγκόσμια τάση. Είναι χαρακτηριστικό ότι 30 χρόνια μετά, η μέση αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης στον τομέα των κτιρίων και υπηρεσιών στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα μειώθηκε στο 13%, όταν στην Ελλάδα το ανάλογο ποσοστό ανέρχεται στο 93,5%. Ωστόσο, παγκοσμίως τα κράτη θέτουν νομικούς περιορισμούς στην κατανάλωση που επιτρέπεται να έχουν τα νέα κτίρια, κίνητρα για την ενεργειακή αναβάθμιση των υφισταμένων και πρόστιμα ή αντικίνητρα για όσα κτίρια επιμένουν να σπαταλούν ενέργεια. Η Ελλάδα, δυστυχώς, μετά από πάρα πολλά χρόνια επεξεργασίας και ετοιμασίας του σχετικού νόμου(Κ.Ο.Χ.Ε.Ε.) από έγκριτους επιστήμονες, καθυστερεί να προβεί στα αναγκαία μέτρα, παρ' όλες τις διεθνείς δεσμεύσεις της και παρόλο το αναμενόμενο όφελος στην εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Είναι χαρακτηριστικό ότι ο μόνος υφιστάμενος μέχρι στιγμής νόμος σχετικός με τον ενεργειακό σχεδιασμό των κτιρίων (Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων) που τέθηκε σε ισχύ το 1979, βασίστηκε σε πολύ παλιότερο γερμανικό κανονισμό, και δεν λαμβάνει υπόψη τις ιδιαιτερότητες του ελληνικού κλίματος. Τη στιγμή που τέθηκε σε ισχύ το 1979, ο αντίστοιχος γερμανικός είχε ήδη αναθεωρηθεί 2 φορές αφήνοντας τη χώρα μας κοντά μια δεκαετία πίσω στον

αντίστοιχο τομέα. Στην πράξη βέβαια, πολύ σπάνια εφαρμόστηκε με επιτυχία ο κανονισμός αυτός παρά μόνο σε ελάχιστα κτίρια μετά το 1990, όταν ωρίμασαν οι συνθήκες και οι αγοραστές και ιδιοκτήτες άρχισαν να αξιολογούν την ποιότητα των κτιρίων με βάση τη θερμομονωτική τους προστασία. [1]

Σχετικά πρόσφατη έρευνα του Α.Π.Θ. κατέδειξε ότι ένα τυπικό, μη θερμομονωμένο κτίριο της δεκαετίας 1970-1980, καταναλώνει στη βόρεια Ελλάδα κατά μέσο όρο 180 kWh/m^2 το χρόνο για θέρμανση, ενώ ένα σύγχρονο, κατασκευασμένο σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης μόλις 80 έως 100 kWh/m^2 , χωρίς καν την εφαρμογή άλλων παθητικών τεχνικών ή άλλων συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας. Σημειώνεται ότι η αξιοποίηση της υφιστάμενης τεχνολογίας και τεχνογνωσίας (όπου μπορεί να εφαρμοστεί πλήρως) επάνω στα παθητικά ή ενεργητικά συστήματα μπορεί με ευκολία να οδηγήσει σε κτίρια με στόχο κατανάλωσης μόνο 30 kWh/m^2 και μάλιστα σε κλίματα ψυχρότερα το ελληνικού. Τέτοια κτίρια, αποκαλούνται Κτίρια Χαμηλής Κατανάλωσης Ενέργειας. Υπάρχει, θεωρητικά, ακόμη μεγαλύτερη δυνατότητα συμπίεσης αυτής της κατανάλωσης, η οποία όμως αποτελεί ιδιαίτερα δαπανηρή δυνατότητα υπό τις υπάρχουσες συνθήκες και, ως εκ τούτου, ασύμφορη.[24]

Συνέπεια της παραπάνω αντιμετώπισης, ήταν ο τομέας των κτιρίων, και μόνο, από 22% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης το 1980 να φτάσει το 1998 να κατέχει μερίδιο 30% παρόλη την εφαρμογή μέτρων ελέγχου. Άλλες πηγές τοποθετούν αυτό το ποσοστό ακόμη υψηλότερα. Αυτή η αύξηση δεν έχει μόνο ποσοτικό χαρακτήρα, αλλά και ποιοτικό δεδομένο ότι οφείλεται κυρίως στην αλματώδη αύξηση χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση και κυρίως για ψύξη.

Βασικότερο αίτιο αυτής της ενεργειακής σπατάλης είναι το γεγονός ότι η ελληνική επικράτεια χαρακτηρίζεται από κτίρια τα οποία στη μεγάλη τους πλειοψηφία είναι παλιά, ενώ ο ρυθμός ανανέωσης του είναι πολύ χαμηλός. Όταν τα κτίρια κατοικιών στις ανεπτυγμένες χώρες, αλλά και στην Ελλάδα, κατασκευάζονται με χρονικό όριο ζωής τα 50 χρόνια, ένα μεγάλο μέρος από τα υφιστάμενα κτίρια (25%) στις ελληνικές πόλεις έχει ήδη ξεπεράσει αυτό το διάστημα. Αν θελήσει κανείς να εξετάσει και το βαθμό ενεργειακής τους απόδοσης μπορεί εύκολα να τον αντιληφθεί από το γεγονός ότι επί συνόλου 3.990.970 περίπου κτιρίων τα 3.275.600 (82,1%) έχουν κατασκευαστεί προτού την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης το 1979 και ως εκ τούτου είναι μη θερμομονωμένα. Αν αναλογιστεί κανείς ότι παλαιότερα που κατασκευάστηκαν αυτά τα κτίρια οι 18° C θεωρούνταν αποδεκτό

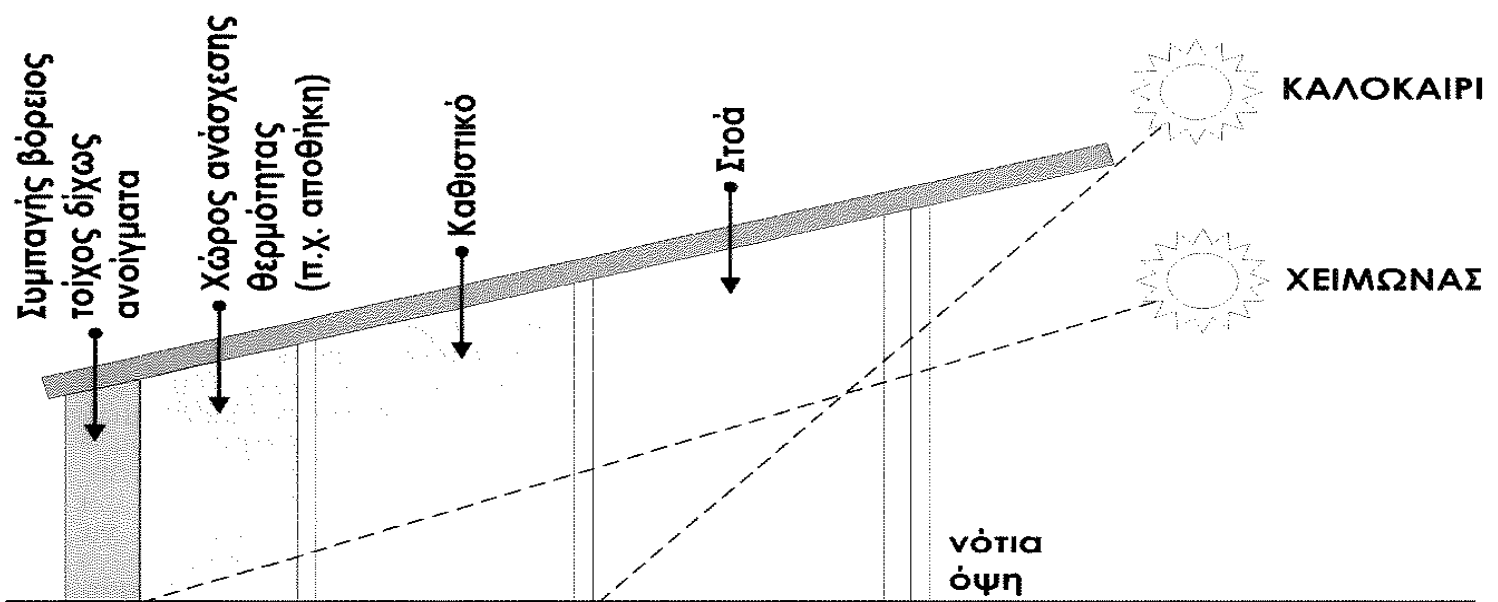
επίπεδο θερμοκρασίας για τις κατοικίες ενώ σήμερα η άνοδος του βιοτικού επιπέδου έχει αυξήσει αυτό το όριο (και συνεπώς και την κατανάλωση) κατά 2-4° C, μπορεί να αντιληφθεί την ανεπάρκεια τους.[25]

2. Ιστορικά στοιχεία

Παρότι ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτιρίων αποτελεί σχετικά σύγχρονο επιστημονικό κλάδο της διαχείρισης ενέργειας και των διαφόρων επιστημών μηχανικού που μελετούν τα κτίρια και τις κατασκευές, οι ρίζες του εντοπίζονται στην εποχή που ο άνθρωπος ξεκίνησε να αντιλαμβάνεται το περιβάλλον του και να αναζητεί τρόπους κατασκευής καταλυμάτων ικανών να του παρέχουν προστασία από τα καιρικά φαινόμενα και ανετότερες συνθήκες διαβίωσης. Άσχετα με το κατά πόσο οι διάφορες μέθοδοι που αξιοποίησε αποτέλεσαν συνειδητή επιλογή ή όχι, με τον καιρό εμπλουτίστηκαν, βελτιώθηκαν και αποτέλεσαν βασικό κορμό της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής του κάθε τόπου, ανάλογα με τις τοπικές κλιματικές συνθήκες

Σύμφωνα με τις ιστορικές πηγές, ο Σωκράτης (470-399 π.Χ.), στα απομνημονεύματα του Ξενοφώντα, (430-354 π.Χ.), κάνει μια πληρέστατη περιγραφή για της ιδεώδους οικίας, εκείνη δηλαδή που προσφέρει δροσιά το καλοκαίρι και ζέστη το χειμώνα και ήταν από τους πρώτους που συνέλαβε ορισμένες αρχές του κτιριακού σχεδιασμού που λαμβάνει υπόψη τα στοιχεία της φύσης. Είναι χαρακτηριστική η παρακάτω διατύπωση που του αποδίδεται: *«στα σπίτια λοιπόν, που βλέπουν προς τη μεσημβρία, ο ήλιος το χειμώνα λάμπει μέσα στις αίθουσες, ενώ το καλοκαίρι, περνώντας από πάνω μας και επάνω από τις στέγες, δίνει σκιά' αν λοιπόν αυτό είναι σωστό, πρέπει να κτίζουμε ψηλότερα τη νότια πρόσοψη, για να μην εμποδίζεται ο ήλιος το χειμώνα και τη βόρεια πλευρά χαμηλότερα, για να μην μπαίνουν με ορμή μέσα οι ψυχροί άνεμοι»* .[2]

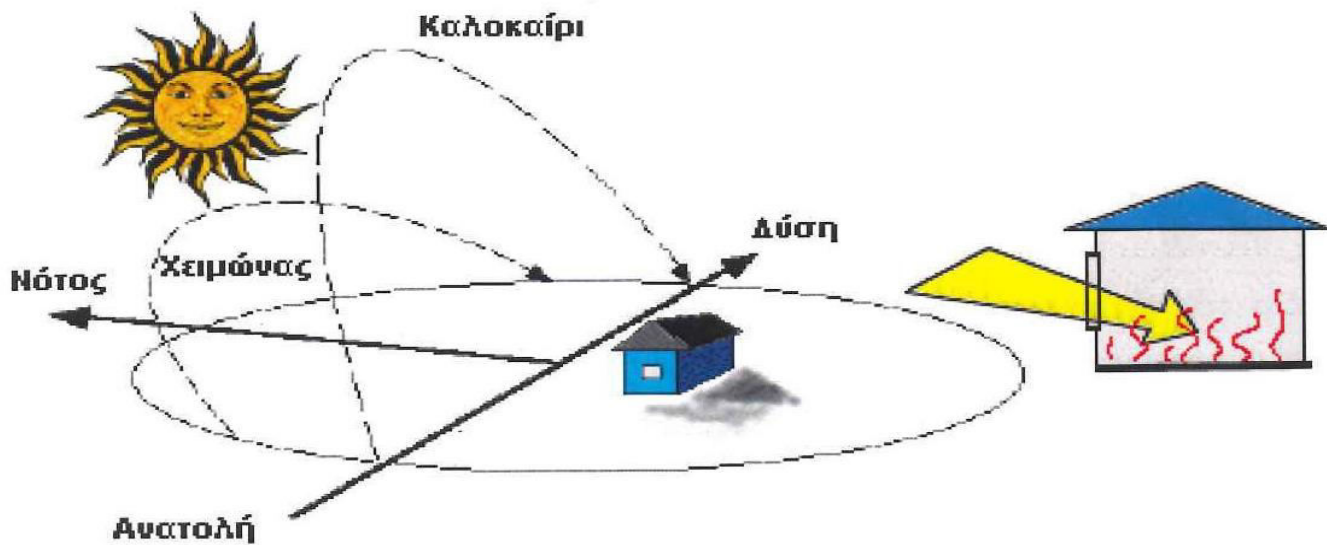
Η κατασκευή του γυαλιού συνέβαλε στην εντατική εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας, όχι μόνο στον κτιριακό τομέα αλλά και στον αγροτικό, όπου και στους δυο, τα θερμοκήπια αποτέλεσαν πολύ αξιόλογη τεχνική εκμετάλλευση της ιδιότητας του υλικού να παγιδεύει την ηλιακή ακτινοβολία και συγχρόνως να περιορίζει τις θερμικές απώλειες.



Σχήμα 1.1 Το «ηλιακό» σπίτι του Σωκράτη [3]

Η εξέλιξη της τεχνολογίας και η εύκολη παροχή θέρμανσης στα κτίρια έθεσε σε αδράνεια την ανάπτυξη του κλάδου. Ο άνθρωπος μπορούσε πλέον να κατασκευάζει κτίρια αγνοώντας το επίπεδο θερμικής άνεσης που παρείχαν. Αυτό επαφίονταν στο σύστημα θέρμανσης και επιτυγχάνονταν με την αυξημένη αλλά φθηνή ενεργειακή κατανάλωση. Μόλις στις αρχές του αιώνα άρχισαν να εμφανίζονται οι πρώτες κτιριακές κατασκευές που αξιοποιούσαν τα φυσικά στοιχεία. Μέχρι και το 1950 περίπου, όλες οι προσπάθειες αποτέλεσαν αντικείμενο έρευνας της πανεπιστημιακής κοινότητας και δεν αξιοποιήθηκαν στην πράξη μια που δεν θεωρήθηκε αναγκαίο κάτι τέτοιο.

Στα πιο πρόσφατα χρόνια, τα κτίρια που ονομάστηκαν “ηλιακά” εμφανίστηκαν το 1930. Ο σχεδιασμός τους γινόταν με βάση θερμική εποχική πλευρά και γενική την θέση του ήλιου στο διάστημα και αφορούσε σε μεσημβρινό προσανατολισμό, τοποθέτηση μεγάλων παραθύρων στην όψη αυτή και υπολογισμένα στέγαστρα πάνω από τα παράθυρα για την εποχική απευθείας ηλιακή ακτινοβολία. Ακόμη χρησιμοποιήθηκαν βαριές κουρτίνες για την νύχτα ώστε να διατηρηθεί η θερμοκρασία εντός του σπιτιού.



Σχήμα 1.2 Θερμική πλευρά.[17]

Το 1950 άρχισαν να δημοσιεύονται επιστημονικές εργασίες που υπολόγιζαν τις παραμέτρους της συλλογής ηλιακής ενέργειας και παράλληλα κατασκευάστηκε μικρός αριθμός αξιόλογων ηλιακών σπιτιών.

Το σημαντικότερο επίτευγμα της εποχής εκείνης ήταν η κατασκευή μιας οικίας στις ΗΠΑ, στην οποία το 80% των θερμαντικών αναγκών καλύπτονταν με ηλιακή ενέργεια. Έκτοτε, η σχετική έρευνα γνώρισε ανάπτυξη, χωρίς όμως αξιόλογες εφαρμογές στην πράξη, μέχρι και το 1973, όπου η βιομηχανία αντιλήφθηκε τις προοπτικές και τις οικονομικές δυνατότητες του κλάδου και η έρευνα ξέφυγε από τον περιορισμένο πανεπιστημιακό χώρο βρίσκοντας εφαρμογή στην πράξη. Στην αρχή, τα πρώτα δείγματα είχαν μεγάλο βαθμό απόδοσης, αλλά τα περισσότερα θεωρήθηκαν μάλλον εξεζητημένης αρχιτεκτονικής. Με τον καιρό, όταν όλο και περισσότεροι κλάδοι άρχισαν να συμμετέχουν και μειώθηκε η πρωτοτυπία ανάλογων εγχειρημάτων, επιτεύχθηκε η προσαρμογή αυτών των τεχνικών σε περισσότερο ήπιες αρχιτεκτονικές συνθέσεις, καθιστώντας τις σχετικές κατασκευές, προσιτές και εφικτές λύσεις.

Στον ευρωπαϊκό χώρο κατά τη δεκαετία του '80 μέχρι και τα μέσα της δεκαετίας του '90, έγιναν μεγάλα βήματα, τόσο σε ερευνητικό επίπεδο, σε επίπεδο εφαρμογής όσο και σε επίπεδο προώθησης αυτών των τεχνολογιών που πλέον δεν θεωρούνται εξωτικές αλλά άμεσα εφαρμόσιμες. Αναπτύχθηκε η τεχνογνωσία και απλουστεύθηκε η κατασκευή των σχετικών συστημάτων, σε βαθμό που πλέον να μην απαιτείται σημαντική εξειδίκευση. Η Ελλάδα συμμετείχε ενεργά και μάλιστα ηγήθηκε σε πολλές περιπτώσεις των σχετικών δράσεων, στο πλαίσιο ευρωπαϊκών προγραμμάτων με την

αγωγή των ελληνικών πανεπιστημίων, φορέων και βιομηχανιών. Άλλωστε, μαζί με τις υπόλοιπες χώρες του ευρωπαϊκού νότου, το ελληνικό κλίμα ευνοεί την εφαρμογή και χρήση των περισσότερων διατάξεων εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας για θέρμανση και δροσισμό και άλλες χρήσεις.

Τα τελευταία χρόνια, οι περισσότερες επιστήμες του μηχανικού, διδάσκονται το πεδίο του ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων, δεδομένου η ενεργειακή υπόσταση των κατασκευών θεωρείται αναπόσπαστο (και σύντομα νομικά υποχρεωτικό) μέρος του πολεοδομικού σχεδιασμού, της ανάπτυξης νέων περιοχών, ανοικτών χώρων και φυσικά των κτιρίων. Ήδη εδώ και λίγα χρόνια, η «ενεργειακή μελέτη» υποχρεωτικά συνοδεύει κάθε αρχιτεκτονικό διαγωνισμό για την κατασκευή δημόσιου κτιρίου, ενώ είναι θέμα χρόνου η εφαρμογή της σχετικής υποχρέωσης και για τα ιδιωτικά έργα.

Αντικείμενο-Στόχοι Ενεργειακού Σχεδιασμού

Περιεχόμενα κεφαλαίου :

1. Αντικείμενο του ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων.....	10
2. Στρατηγικές Σχεδιασμού.....	15
2.1 Ανοικτός τύπος κτιρίου ή «επιθετική» στρατηγική σχεδιασμού.	16
2.2 Κλειστός τύπος κτιρίου ή «αμυντική» στρατηγική σχεδιασμού.....	16
3. Βασικές αρχές και παράμετροι ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων.....	18
3.1 Το κλίμα και η γεωγραφική περιοχή.....	18
3.2 Πυκνότητα δόμησης και ύψος κτιρίων.....	20
3.3 Επιφάνεια βλάστησης	22
3.4 Θέση κτιρίου στο οικοπέδο- προσανατολισμός κτιρίου.....	24
3.5 Γεωμετρικές αναλογίες κτιρίου- σύνθεση όγκων.....	27
3.6 Διάταξη χώρων.....	29
3.7 Χρώμα- υλικά εξωτερικών επιφανειών.....	31
3.8 Θερμομονωτική ικανότητα και θερμοχωρητικότητα υλικών.....	32

1. Αντικείμενο του ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων.

Θεωρώντας το κτίριο ως ενιαίο και κλειστό ενεργειακό σύστημα, μπορεί κανείς να ορίσει τον ενεργειακό σχεδιασμό κτιρίων ως τον κλάδο τους μηχανικής ο οποίος ασχολείται με τη μελέτη και βελτιστοποίηση του ενεργειακού ισοζυγίου των κτιρίων. επειδή κάθε κτίριο μπορεί να περιλαμβάνει τους διαφορετικές λειτουργικές τους οι οποίες περιπλέκουν σημαντικά αυτό το ενεργειακό ισοζύγιο, τους απλούστερος ορισμός αυτού του επιστημονικού κλάδου είναι: ο κλάδος τους μηχανικής ο οποίος ασχολείται με τη μελέτη και βελτιστοποίηση του θερμικού ισοζυγίου των κτιρίων.

Απλούστερα και πέρα του προηγούμενου ορισμού, αν θέλει κανείς να περιγράψει το αντικείμενο αυτού του επιστημονικού κλάδου, μπορεί να πει ότι ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτιρίων αποσκοπεί στην επίτευξη ικανοποιητικών συνθηκών θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου με την ελάχιστη δυνατή ενεργειακή κατανάλωση.

Ο Ενεργειακός Σχεδιασμός Κτιρίων μελετά και αποβλέπει στην εξοικονόμηση ενέργειας για:

- θέρμανση
- ψύξη
- φωτισμό
- αερισμό
- κλιματισμό¹
- ζεστό νερό χρήσης²

Επιχειρώντας κανείς να διατυπώσει με γενικό τρόπο τους πρωταρχικούς **στόχους και αρχές του Ενεργειακού Σχεδιασμού Κτιρίων**, θα μπορούσε να αναφέρει τα παρακάτω:[4]

¹ Αφορά μόνο στη μείωση του απαιτούμενου φορτίου και όχι στην παροχή ενέργειας για αυτή τη λειτουργία.

² Δεν σχετίζεται άμεσα με τον Ενεργειακό Σχεδιασμό Κτιρίων, τουλάχιστο όχι με τη θεώρηση του σε αυτό το σύγγραμμα μια που αποτελεί καθαρά αντικείμενο βιομηχανικού σχεδιασμού μιας συσκευής παροχής ζεστού νερού, η οποία θα αποτελέσει εξοπλισμό του κτιρίου και όχι αναπόσπαστο κτιριακό τμήμα.

1. Τα κτίρια θα πρέπει να καταναλώνουν ενέργεια για τη διαμόρφωση του μικροκλίματος, μόνο όταν οι καιρικές συνθήκες απαγορεύουν την εκμετάλλευση των φυσικών πηγών ενέργειας για το κτίριο(ηλιακή ακτινοβολία για θέρμανση, αερισμός και τους τεχνικές για ψύξη)
2. Πρέπει να αποφεύγετε η αποσύνδεση του εσωκλίματος από το εξώκλιμα όταν αυτή η σύνδεση μπορεί να βελτιώσει τους συνθήκες άνεσης στο κτίριο(φυσικός φωτισμός στη θέση του τεχνητού, φυσικός αερισμός στη θέση του μηχανικού αερισμού, φυσική θέρμανση και ψύξη)
3. Τα κτίρια πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να συμβάλουν στη συλλογή και αποθήκευση ενέργειας, ιδιαίτερα τους ηλιακής ενέργειας, και να την αποδίδουν όταν αυτό απαιτείται. Πρέπει να αξιοποιούν παρά να παρακάμπτουν τα φυσικά φαινόμενα.
4. Τα κτίρια πρέπει να εντάσσονται στο περιβάλλον τους χωρίς να το διαταράσσουν (π.χ. με την απόρριψη μεγάλων ποσοτήτων πλεονάζουσας θερμότητας το καλοκαίρι, επιβαρύνοντας θερμικά το άμεσο περιβάλλον και τα γύρω κτίρια)

Η σωστή εφαρμογή των παραπάνω αρχών βασίζεται καταρχάς σε μια ορθή αντίληψη τους λειτουργίας των Κτιρίων και στη γνώση των δυνατοτήτων που παρέχονται σήμερα στο πεδίο του ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων. Τους ορθολογικός ενεργειακός σχεδιασμός τους απλού κτιρίου, απαιτεί τη συμμετοχή τουλάχιστον του αρχιτέκτονα και του μηχανολόγου μηχανικού, προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα περισσότερα θέματα που αφορούν στον ενεργειακό σχεδιασμό του κτιρίου.

Ακόμη και εάν η κατάρτιση των παραπάνω μηχανικών σε θέματα ενεργειακού σχεδιασμού, στον κλάδο τους, είναι πολύ υψηλή, δεν διασφαλίζεται ένα απόλυτα επιτυχημένο αποτέλεσμα εάν δεν υπάρχει μια ολοκληρωμένη αντίληψη και από τους δυο, σχετικά με τη βαρύτητα όλων των παραμέτρων του ενεργειακού συστήματος που συνθέτει το κτίριο και οι εγκαταστάσεις του, μια που κάθε αποσπασματική αντιμετώπιση οδηγεί σχεδόν πάντα σε λανθασμένες επιλογές. Η αντίληψη αυτή βασίζεται αρχικά στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο κατανέμεται η ενέργεια τους διάφορες κτιριακές λειτουργίες που αναφέρθηκαν (θέρμανση, ψύξη κλπ)

Ο *επιμερισμός τους κατανάλωσης* για τους παραπάνω ενεργοβόρες λειτουργίες, σε ότι αφορά στο κτίριο εξαρτάται κυρίως:

- **Από τη μορφή του κτιρίου**

Η μορφολογία του κτιρίου προδιαγράφει μεγάλο τουςρος από τον επιμερισμό τους κατανάλωσης δεδομένου ότι επηρεάζει τους θερμικές ανταλλαγές δια μέσω του κελύφους, το ποσοστό τους ηλιακής ακτινοβολίας που μπορεί να αξιοποιηθεί στον ενεργειακό σχεδιασμό, κλπ.

- **Από τη λειτουργία/ χρήση του κτιρίου**

Το ωράριο και το είδος λειτουργίας τους κτιρίου και οι απαιτήσεις για άνεση που εισάγει η χρήση του, διαφοροποιούν σημαντικά και το στόχο που τουςδιορίζει ο μελετητής. Για παράδειγμα, ένα σχολείο με πρωινή μόνο λειτουργία από Σεπτέμβριο έως τα τουςσα Ιουνίου, έχει σχετικά περιορισμένη κατανάλωση για τεχνητό φωτισμό και ψύξη ενώ δεν υπάρχει πρόβλεψη για ζεστό νερό χρήσης σε αντίθεση με ένα νοσοκομείο το οποίο έχει εικοσιτετράωρη και ετήσια λειτουργία. Παράλληλα, στη δεύτερη περίπτωση, υπάρχουν αυξημένες απαιτήσεις θέρμανσης, ψύξης και αερισμού.

- **Από τη γεωγραφική θέση και το κλίμα τους περιοχής**

Το κλίμα μιας περιοχής διαμορφώνει καθοριστικά τους ενεργειακές απαιτήσεις τους κτιρίου. Διαφορετικές ανάγκες για θέρμανση έχει ένα κτίριο στο Ηράκλειο Κρήτης και διαφορετικές στη Κοζάνη ή ακόμη στη Στοκχόλμη. Σε νότια γεωγραφικά πλάτη, το μεγαλύτερο μερίδιο στην κατανάλωση αφορά συχνά στο δροσισμό και επομένως εκεί αναλώνεται η μεγαλύτερη προσπάθεια του μελετητή, παράλληλα την ικανοποίηση των σχετικά μικρών αναγκών τους χειμερινής περιόδου. Αντίθετα σε βόρεια γεωγραφικά πλάτη, η έννοια τους ψύξης συχνά περιορίζεται σε ειδικές κτιριακές κατασκευές.

- **Από τον περιβάλλοντα χώρο**

Παρόμοια κτίρια τα οποία βρίσκονται στην ίδια περιοχή, ενδέχεται να εμφανίζουν σημαντική απόκλιση τους ενεργειακές τους ανάγκες, ανάλογα με το βαθμό της έκθεσής τους στον ήλιο και στον άνεμο. Ένα κτίριο γραφείων που περιτριγυρίζεται από ψηλά κτίρια σε πυκνοδομημένη περιοχή, είναι σύνηθες να απαιτεί ισχυρό τεχνητό φωτισμό ακόμη και τις πρωινές ώρες σε αντίθεση με ένα κτίριο πανταχόθεν εκτεθειμένο, το οποίο μπορεί να αξιοποιήσει το φυσικό φως σε όλο το διάστημα της ηλιοφάνειας. Ακόμη και το είδος της εδαφοκάλυψης μπορεί ορισμένες φορές να οδηγήσει σε διαφορετικές στρατηγικές σχεδιασμού.

Συνεκτιμώντας κανείς τις ενεργειακές ανάγκες ενός κτιρίου και αναλύοντας τις παραμέτρους οι οποίες σχετίζονται με την ενεργειακή κατανάλωσή του, καταλήγει σε μια σειρά προτάσεων σχεδιασμού προκειμένου να επιτύχει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Αυτό, δεν είναι άλλο από τον έλεγχο του θερμικού ισοζυγίου του κτιρίου.

Οι **τεχνικές** με τις οποίες κανείς μπορεί να επέμβει στο **θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου** διακρίνονται στις:

- **Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας**

Πρόκειται για το σύνολο των τεχνικών/μέτρων που έχουν ως στόχο τη μείωση των θερμικών απωλειών το χειμώνα ή τη μείωση των θερμικών προσόδων του κτιρίου το καλοκαίρι (π.χ. εφαρμογή θερμομονωτικής προστασίας του κελύφους και σκιασμός αντίστοιχα)

- **Τεχνικές συλλογής και εκμετάλλευσης ενέργειας**

Είναι όλες εκείνες οι τεχνικές που αποσκοπούν στη συλλογή και στην εκμετάλλευση ενέργειας από το περιβάλλον για την υποβοήθηση, ή σε ορισμένες περιπτώσεις την αντικατάσταση των συστημάτων θέρμανσης/ψύξης του κτιρίου (π.χ. ηλιακοί συλλέκτες, τοίχοι θερμικής αποθηκείωσης, εναλλάκτες θερμότητας εδάφους κ.λ.π.), φωτισμού, αερισμού και ζεστού νερού.

Οι **τεχνικές ή τα συστήματα** με τα οποία μπορεί κανείς να επέμβει στη μορφή και στη λειτουργία ενός κτιρίου με στόχο τη **βελτιστοποίηση της ενεργειακής του απόδοσης**, χωρίζονται στα

- **Παθητικά Ηλιακά Συστήματα (ΠΗΣ)**

Είναι τα συστήματα που συμμετέχουν στη θέρμανση ή στο δροσισμό χωρίς τη χρήση οποιουδήποτε ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Βασίζονται στη φυσική ροή της θερμικής ενέργειας, στις φυσικές ιδιότητες των δομικών υλικών και αξιοποιούν στοιχεία του κτιρίου (τοίχους, δάπεδα, στέγες κ.λ.π.) για τη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευση της θερμικής ενέργειας.

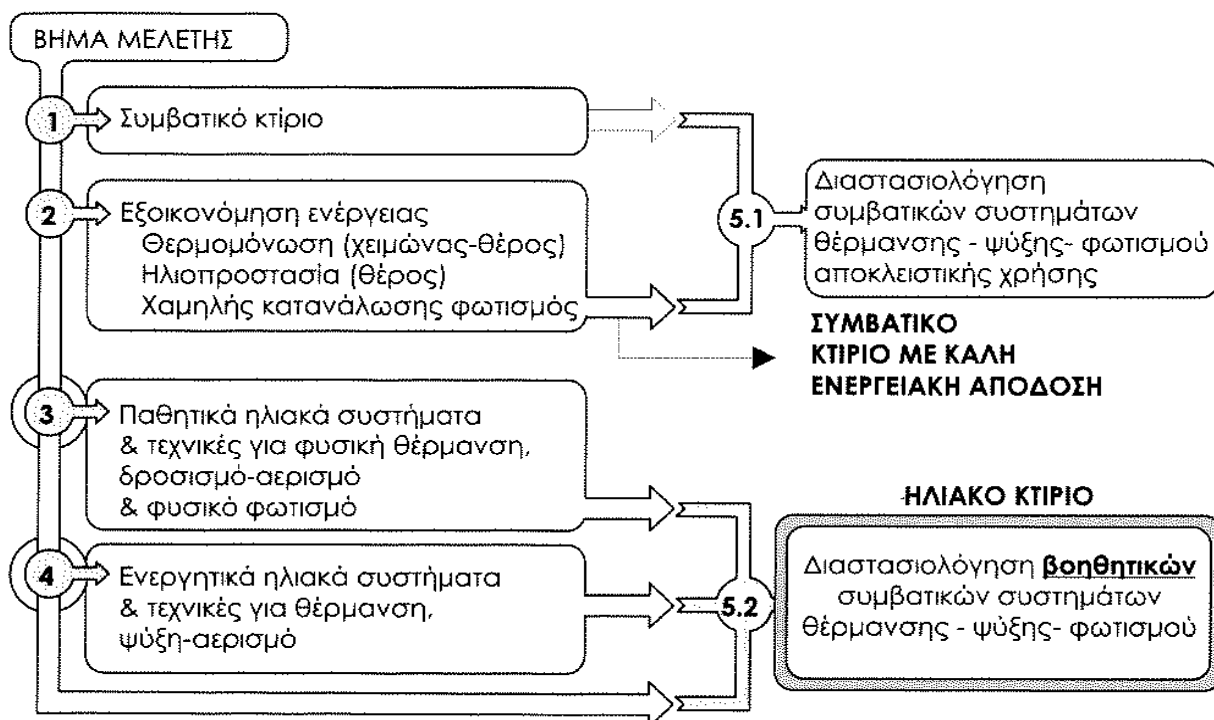
- **Ενεργητικά Συστήματα**

Είναι οποιοδήποτε σύστημα το οποίο συμβάλει στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο αξιοποιώντας μηχανολογικό εξοπλισμό για τη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευση της θερμότητας. Κατά κανόνα αυτά τα συστήματα δεν αποτελούν τμήμα του κτιριακού περιβλήματος και εντάσσονται σε αυτό ως κτιριακός εξοπλισμός. Βασικό τους χαρακτηριστικό είναι η κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία τους.

- **Υβριδικά Συστήματα**

Είναι παρόμοια με τα ΠΗΣ, με τη διαφορά ότι αξιοποιούν κάποιο απλό μηχανολογικό εξοπλισμό ή αυτοματισμό (π.χ. κάποιο μικρό ανεμιστήρα) για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης τους.

Όσον αφορά ειδικότερα στον τομέα της οικιακής οικονομίας, σε κάθε περίπτωση, τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν την πρώτη επιλογή της μελέτης, δεδομένου ότι είναι τεχνικές που δεν απαιτούν συντήρηση, οι περισσότερες είναι απλές στην κατασκευή και παρόλο το σχετικά χαμηλό κόστος κατασκευής τους σε νεόδμητα κτίρια, αποδίδουν σε όλη τη διάρκεια ζωής του κτιρίου και υφίστανται όσο υφίσταται και το κτίριο, κάτι που δεν ισχύει για όσα συστήματα αντιμετωπίζονται ως κτιριακός εξοπλισμός



Σχήμα 2.1 Ορθολογική διαδικασία σχεδιασμού ενός κτιρίου.

Τα ΠΗΣ αποτελούν τη βάση κάθε «ενεργειακής μελέτης κτιρίου». Όταν δεν υπάρχουν μεγάλες απαιτήσεις εξοικονόμησης ενέργειας, όπως κατά τις μεταβατικές περιόδους του έτους (άνοιξη και φθινόπωρο), τότε συνήθως αυτές οι τεχνικές επαρκούν για την πλήρη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου για θέρμανση και δροσισμό. Έτσι περιορίζεται η περίοδος θέρμανσης ή ψύξης αντίστοιχα. Όταν οι απαιτήσεις αυξάνουν, συχνά, τα ΠΗΣ παρέχουν υποστήριξη στα συστήματα θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου καλύπτοντας ένα μεγάλο ή μικρό μέρος της ενεργειακής κατανάλωσης- ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες και τις απαιτήσεις για θερμική άνεση. Προϋπόθεση φυσικά, είναι να είναι ενδεδειγμένη η κατασκευή τους. (Π.χ. στις συνήθειες περιπτώσεις, δεν νοείται εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα κτίριο που δεν έχει όψη σε νότιο προσανατολισμό ή σκιάζεται από παρακείμενο κτίριο). Αφού εξαντληθούν αυτές οι τεχνικές ή οι απαιτήσεις της μελέτης είναι αυξημένες, τότε τα ενεργητικά συστήματα (ηλιακά ή συμβατικά) καλύπτουν το υπολειπόμενο ποσό ενέργειας που δεν καλύφθηκε από τα ΠΗΣ.

Η ομάδα μελέτης, οφείλει σε κάθε περίπτωση να εξετάζει τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κάθε τεχνικής και να επιλέξει λύσεις οικονομικά συμφέρουσες, απλές, και αποδοτικές για το είδος χρήσης που καλείται να μελετήσει σε κάθε περίπτωση. Είναι γενική διαπίστωση ότι δεν υπάρχουν μονοσήμαντες λύσεις που να καλύπτουν απόλυτα κάθε περίπτωση. Κάθε κτίριο, οικισμός ή περιοχή αποτελεί ξεχωριστή οντότητα και με αυτό τον τρόπο οφείλει να αντιμετωπίζεται από την ομάδα μελέτης.

2. Στρατηγικές Σχεδιασμού

Ο Ενεργειακός Σχεδιασμός των κτιρίων, διακρίνει δυο βασικές στρατηγικές σχεδιασμού, όσον αφορά στο χαρακτήρα του κτιρίου και την προσδοκώμενη επικοινωνία του με το περιβάλλον. Κάθε στρατηγική σχεδιασμού αποβλέπει στο να δημιουργήσει τους παρακάτω βασικούς τύπους κτιρίων . (σχήμα 2.2):

1. **Ανοικτός τύπος κτιρίου ή επιθετική στρατηγική σχεδιασμού**
2. **Κλειστός τύπος κτιρίου ή αμυντική στρατηγική σχεδιασμού**

Παρακάτω αναφέρεται η γενική φιλοσοφία των δυο στρατηγικών. Κατά περίπτωση βέβαια, είναι δυνατόν να υπάρξει ένας συνδυασμός των δυο στρατηγικών σε ορισμένες περιπτώσεις, ανάλογα με τις παραμέτρους της ενεργειακής και αρχιτεκτονικής μελέτης.[5]

2.1 Ανοικτός τύπος κτιρίου ή «επιθετική» στρατηγική σχεδιασμού

Σε αυτή τη στρατηγική σχεδιασμού επιδιώκεται σχετικά μεγάλη επικοινωνία του κτιρίου με το περιβάλλον του και μεγιστοποίηση των ηλιακών και γενικά των ενεργειακών κερδών από το περιβάλλον. Επιδιώκεται η μεγιστοποίηση των ηλιακών κερδών, γεγονός που μεταφράζεται σε μεγάλες επιφάνειες ανοιγμάτων στο νότο με τον κατάλληλο σκιασμό για το καλοκαίρι, η αποδοτικότερη εκμετάλλευση του ανέμου για φυσικό δροσισμό το καλοκαίρι και άλλες τεχνικές που αποσκοπούν στην εκμετάλλευση των στοιχείων της φύσης.

Αυτός ο τύπος σχεδιασμού ονομάζεται και βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων ή βιοκλιματική αρχιτεκτονική για προφανείς λόγους. Υπάρχουν αρκετές προϋποθέσεις που πρέπει να ικανοποιούνται προκειμένου να γίνει εφικτή αυτή η αντιμετώπιση.

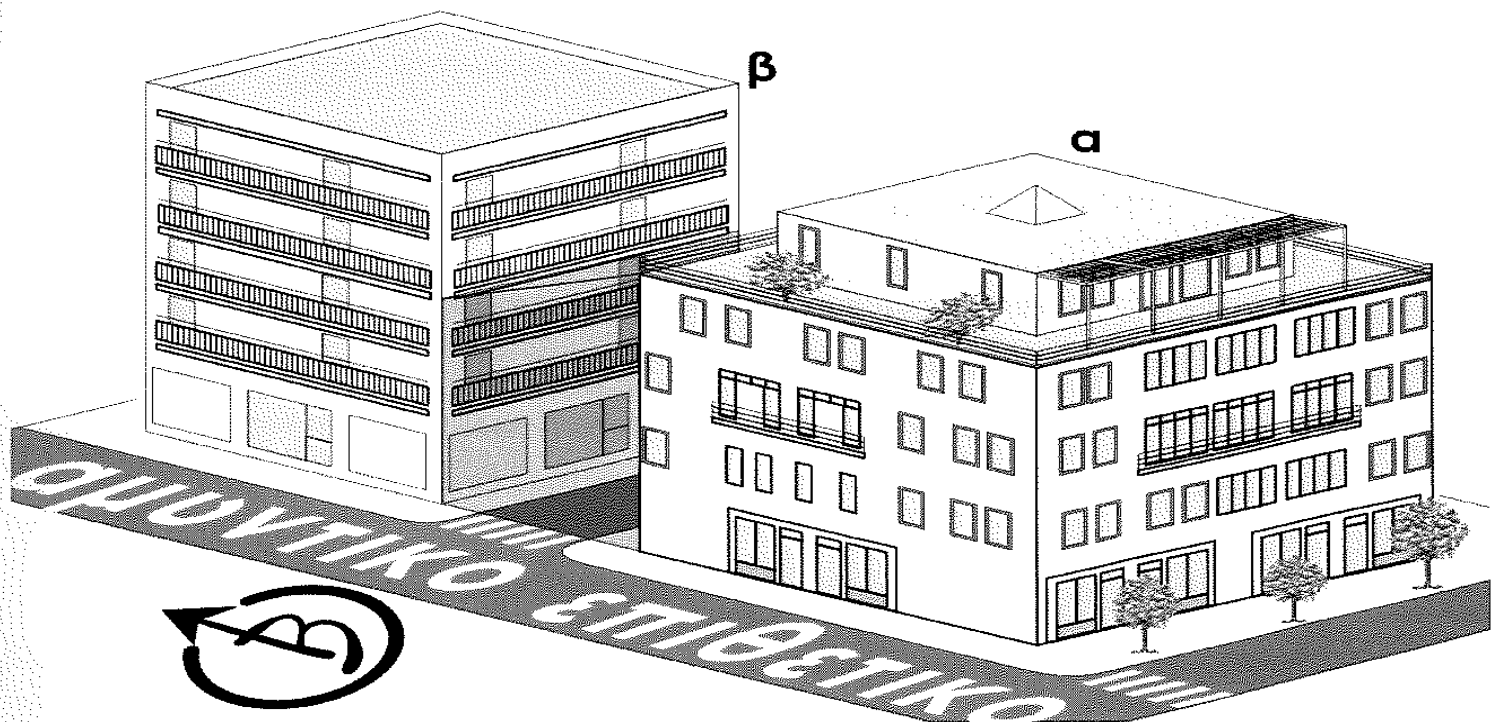
Έτσι το υπό μελέτη κτίριο θα πρέπει να μη σκιάζεται από εμπόδια στο νότο (άλλα κτίρια) το χειμώνα, να υπάρχει η δυνατότητα επιλογής προσανατολισμού προς το νότο, και άλλες απαιτήσεις που θα αναφερθούν στη συνέχεια

2.2 Κλειστός τύπος κτιρίου ή «αμυντική» στρατηγική σχεδιασμού

Η στρατηγική αυτή αποβλέπει στον περιορισμό της ενεργειακής επικοινωνίας του κτιρίου με τον περιβάλλοντα χώρο. Αυτή η στρατηγική εφαρμόζεται κυρίως στις περιοχές όπου δεν είναι δυνατή η εκμετάλλευση των στοιχείων της φύσης (ήλιος για θέρμανση, άνεμος για δροσισμό κλπ) ή υπάρχουν άλλοι λόγοι που οδηγούν σε αυτή την επιλογή. Εφαρμόζεται συχνά σε περιοχές με ακραίες κλιματικές συνθήκες, όπου συχνά τα ηλιακά κέρδη δεν καλύπτουν αξιόλογο ποσοστό των θερμαντικών αναγκών του κτιρίου, λόγω απαίτησης παροχής θερμότητας μεγάλης ισχύος.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αμυντικής στρατηγικής συνιστάται στα σύγχρονα αστικά κέντρα των μεγάλων πόλεων. Η πυκνή δόμηση έχει ως αποτέλεσμα το συνωστισμό των κτιρίων και την ύπαρξη στενών δρόμων. Αυτό καθιστά αδύνατη την

εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας διότι απλά, το μεγαλύτερο μέρος της όψης του κτιρίου δεν ηλιάζεται άμεσα ποτέ, επομένως δεν θα είχαν νόημα οποιεσδήποτε ανάλογες τεχνικές εφαρμόζονταν. Επιπροσθέτως, η πρόταση εφαρμογής τεχνικών φυσικού αερισμού του κτιρίου για το φυσικό δροσισμό το καλοκαίρι, έχει να αντιμετωπίσει την ηχορύπανση, την αέρια ρύπανση και σημαντικά προβλήματα ασφαλείας που εισάγει ο φυσικός αερισμός (μεγάλα ανοίγματα, τα οποία δεν μπορούν να προστατευτούν εύκολα και με καλαίσθητες λύσεις). Άλλωστε ακόμη μη ρυπασμένος να ήταν ο άνεμος, η ταχύτητα του στον αστικό ιστό είναι εξαιρετικά περιορισμένη, ώστε μια τέτοια λύση πρακτικά να μην είχε να προσφέρει και πολλά.



Σχήμα 2.2 Επιθετική (α) και αμυντική (β) στρατηγική σχεδιασμού κτιρίων. Στην πρώτη, το κτίριο αποκόπτεται από το περιβάλλον του (μικρά ανοίγματα, αυξημένη θερμομόνωση και εξάρτηση από μηχανολογικό εξοπλισμό) σε μια προσπάθεια περιορισμού των ενεργειακών απωλειών ενώ στη δεύτερη γίνεται προσπάθεια ώστε το κτίριο να εκμεταλλευτεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις θερμικές προσόδους του περιβάλλοντος. (μεγάλα ανοίγματα κλπ)

Σε τέτοιες περιπτώσεις, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αδυνατεί να παρέχει συνολική, ολοκληρωμένη και αποδοτική λύση. Έτσι, αντί να δημιουργηθεί ένας ανοικτός τύπος κτιρίου για να μεγιστοποιηθεί η επικοινωνία με τα στοιχεία της φύσης που μπορούν να συμβάλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας, ακολουθείται η αντίθετη λύση, αυτή που επιδιώκει να περιορίσει τις ενεργειακές ανταλλαγές με το περιβάλλον.

Έτσι το κτίριο σχεδιάζεται με ισχυρή θερμομονωτική προστασία του κελύφους ώστε να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες το χειμώνα και η θερμική πρόσδοος από το αδιαφανές κέλυφος το καλοκαίρι. Επιδιώκεται να περιοριστούν κατά το δυνατό τα ευπαθή – από ενεργειακή άποψη- τμήματα του κελύφους, όπως τα ανοίγματα και ο αερισμός ελέγχεται, αν είναι δυνατόν, μηχανικά. Συστήματα επανάκτησης θερμότητας και άλλα Ενεργητικά Συστήματα για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό αναλαμβάνουν την εξοικονόμηση ενέργειας για τη λειτουργία του κτιρίου.

Στην πράξη, αυτές οι στρατηγικές δεν εφαρμόζονται γενικευμένα και μονοσήμαντα δεδομένου ότι ο κλειστός τύπος κτιρίου αποτελεί αναγκαστική επιλογή σε δυσμενή κτίρια του αστικού περιβάλλοντος και ο ανοικτός βέλτιστη επιλογή σε κτίρια που εκπληρούν μια σειρά από προϋποθέσεις. Εξετάζοντας το ενεργειακό και θερμικό ισοζύγιο του υπό μελέτη κτιρίου, μπορεί να γίνει ταυτόχρονη εφαρμογή κάθε στρατηγικής σε τμήματα ή ορισμένα επιμέρους συστήματα του κτιρίου.

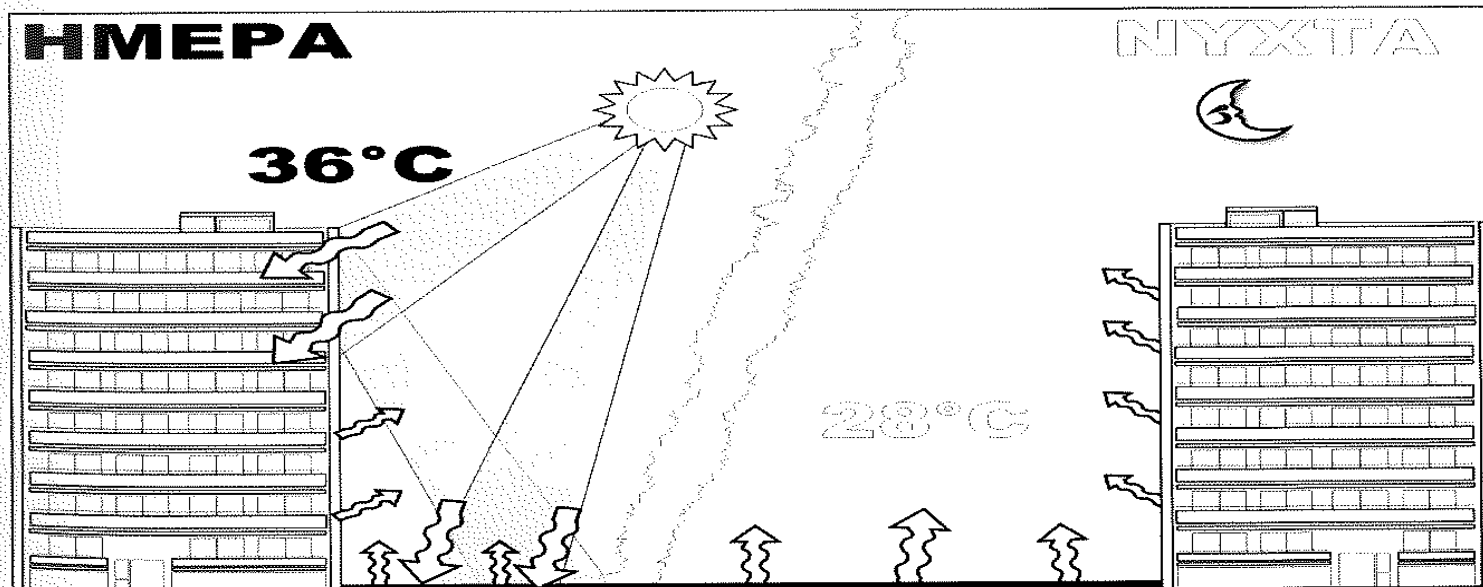
3. Βασικές αρχές και παράμετροι ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων

3.1 Το κλίμα και η γεωγραφική περιοχή

Όταν αναφερόμαστε στο κλίμα, μπορούμε να διακρίνουμε τρεις τύπους κλίματος που απασχολούν τον ενεργειακό σχεδιασμό κτιρίων, ανάλογα με τη γεωγραφική έκταση στην οποία αναφερόμαστε κάθε φορά:

1. **Το κλίμα ή μακρόκλιμα.** Αναφέρεται στις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε μια μεγάλη γεωγραφική περιοχή, συνήθως του ίδιου υψομέτρου. Χρησιμοποιείται και για μεγαλύτερες γεωγραφικές περιοχές.

2. **Το μεσόκλιμα.** Εκφράζει τις κοινές τοπικές κλιματικές συνθήκες της ευρύτερης περιφέρειας ενός συνόλου ενιαίων τόπων (πόλεις κλπ). Ο όρος αστικό κλίμα, αναφέρεται στο μεσόκλιμα που δημιουργείται στην έκταση την οποία καλύπτει το κέντρο μιας πόλης, χωρίς να περιλαμβάνει συνήθως τα προάστια. Το φαινόμενο της αστικής νησίδας, το οποίο είναι κατά βάση σύνθετο κλιματικό φαινόμενο που δημιουργείται από την κατακράτηση της ηλιακής ακτινοβολίας στον αστικό θόλο και την απορρόφηση της από τις δομημένες επιφάνειες (σχήμα 2.4), την ύπαρξη ρύπων και την έκλυση μεγάλων ποσοτήτων θερμότητας από την κατανάλωση ενέργειας, είναι φαινόμενο που καθορίζει το μεσόκλιμα.
3. **Το μικρόκλιμα.** Αποτελεί το μικρότερο, από άποψη έκτασης, τύπο κλίματος και αναφέρεται σε μια μικρή γεωγραφική περιοχή στην οποία επικρατούν παρόμοιες κλιματικές συνθήκες. Για παράδειγμα στην πόλη της Θεσσαλονίκης εμφανίζονται διαφορετικά μικροκλίματα στην ακτή, στα ορεινά ή στο κέντρο της πόλης, ενώ η παρουσία δέντρων που σκιάζουν τον χώρο δίπλα σε ένα κτίριο, δημιουργούν ένα ξεχωριστό μικροκλίμα από αυτό που υπάρχει π.χ. 100 μέτρα μακριά.



τυπικό καλοκαιρινό εικοσιτετράωρο στο αστικό μεσόκλιμα

Σχήμα 2.4 Τυπική κατάσταση αστικού μεσοκλίματος κατά τη θερινή περίοδο. Αποθήκευση θερμότητας στα υλικά της πόλης την ημέρα και επαναπόδοση της θερμότητας την νύχτα με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση.

Ο τελευταίος τύπος κλίματος είναι αυτός που ενδιαφέρει τον κτιριακό τομέα μια και σε αυτό υπάρχουν δυνατότητες επεμβάσεων από το μελετητή σε αντίθεση με τους άλλους τύπους κλίματος. Σαφώς εξαρτάται από τους άλλους δυο τύπους που τον περιλαμβάνουν, αλλά επηρεάζεται σημαντικά από το τοπικό ανάγλυφο, την παρουσία και το είδος της βλάστησης, τη ροή του ανέμου και την ηλιακή γεωμετρία μέσα στο δομημένο χώρο.

Οι τρόποι με τους οποίους επηρεάζει το κλίμα την ενεργειακή κατανάλωση και κατ' επέκταση τον ενεργειακό σχεδιασμό των κτιρίων είναι προφανείς, αν αναλογιστεί κανείς ότι το κτίριο υπόκειται σε συνεχείς ενεργειακές ανταλλαγές με τον περιβάλλοντα χώρο (σχήμα 2.4).

Οι **κλιματικές παράμετροι** που συνδέονται άμεσα με τον ορθολογικό σχεδιασμό των κτιρίων διακρίνονται στις παρακάτω:

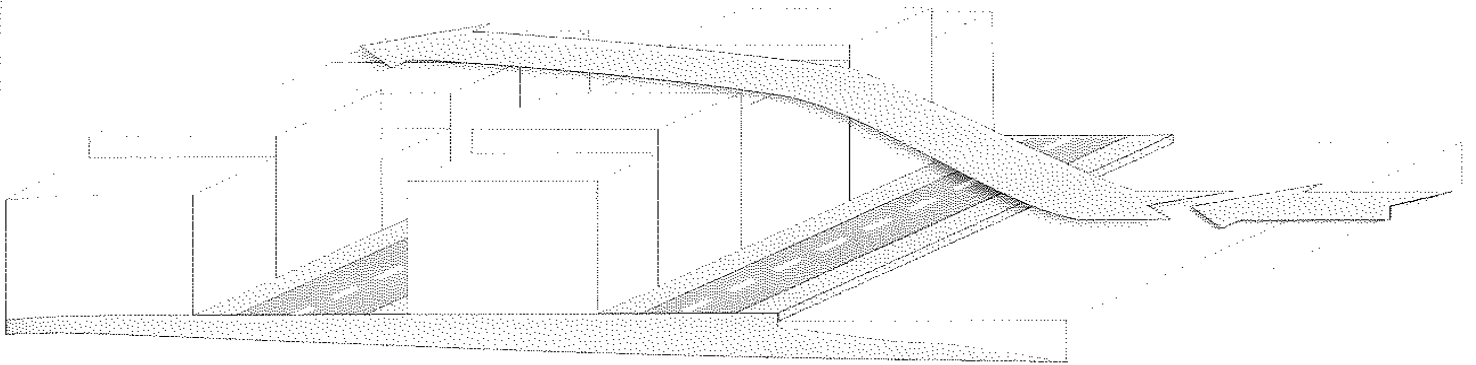
- Ηλιακή γωνία
- Διάρκεια ηλιασμού
- Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας
- Καθαρότητα ατμόσφαιρας
- Θερμοκρασία
- Υγρασία
- Ένταση και διεύθυνση ανέμου

3.2 Πυκνότητα δόμησης και ύψος κτιρίων

Είναι δυστυχώς διαπιστωμένο ότι οι σύγχρονοι ελληνικοί οικισμοί από το στάδιο σχεδιασμού τους ακόμη, δεν λαμβάνουν υπόψη τις τοπικές κλιματικές συνθήκες (επίπεδα έντασης φωτισμού, τοπική ροή ανέμου, επίδραση της μορφολογίας στη διαμόρφωση της θερμοκρασίας και υγρασίας κλπ).

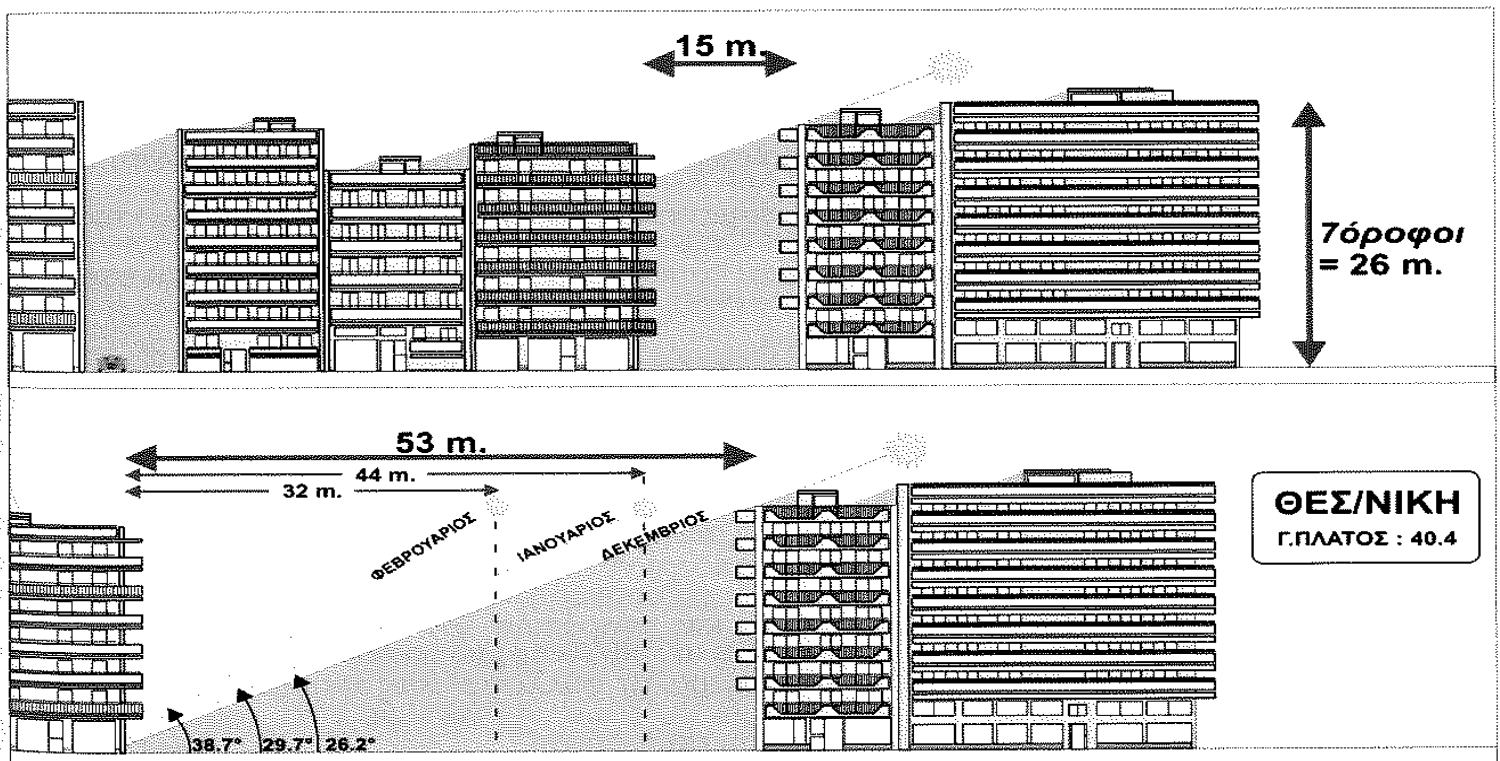
Ως αποτέλεσμα, στις σύγχρονες αστικές περιοχές, η υφιστάμενη κατάσταση έχει να παρουσιάσει πάρα πολλά κτίρια στα οποία είναι περιορισμένες οι δυνατότητες εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας, δεδομένου ότι ο ήλιος ελάχιστα και σε λίγες ημέρες και ώρες μόνο «βλέπει» το κτίριο.

Και δεν είναι μόνο ο ενεργειακός σχεδιασμός που συναντά δυσκολίες εφαρμογής, αλλά είναι επίσης και η χαμηλή ποιότητα ζωής που διαμορφώνεται σε τέτοια κτίρια.



Σχήμα 2.3 Εικόνα της ροής του ανέμου επάνω και όχι μέσα στην πόλη- το παράδειγμα της Θεσσαλονίκης

Είναι χαρακτηριστικό πολλών περιοχών στην Ελλάδα, οι εξαιρετικά στενοί δρόμοι σε σχέση με το ύψος των κτιρίων. Οι όροι δόμησης τα χρόνια των δεκαετιών της έντονης ανοικοδόμησης δημιούργησαν μια κατάσταση που δεν αφήνει πολλά περιθώρια στην αξιοποίηση των ηλιακών συστημάτων (σχήμα 2.5) και του ανέμου και που περιορίζει τις επιλογές κατά βάση στο σχεδιασμό των κτιρίων «κλειστού τύπου»



Σχήμα 2.5 Θεσσαλονίκη. Οδός Μητροπόλεως. Στο επάνω μέρος διακρίνεται το υφιστάμενο πλάτος δρόμου και ο σκιασμός από τα κτίρια στο νότο και στο κάτω, το πλάτος που θα έπρεπε να έχει η οδός προκειμένου να επιτυγχάνεται ανεμπόδιστος ηλιασμός του αριστερού κτιρίου.

Η επιλογή της κατάλληλης ρυμοτομίας του νέου οικισμού, ώστε να μην εμποδιστεί η δυνατότητα για εκμετάλλευση του ήλιου και του ανέμου διακρίνει δυο βασικές διατάξεις

Στην πρώτη, προτείνεται ο προσανατολισμός των κτιρίων επί του άξονα της ανατολής- δύσης, ώστε να υπάρχει μεγάλη επιφάνεια στο νότο. Το πλεονέκτημα αυτής της διάταξης είναι ότι ο σωστός προσανατολισμός αποτελεί την πρώτη συνθήκη για εφαρμογή ηλιακών συστημάτων, την οποία μια τέτοια διάταξη, ικανοποιεί.

Στη δεύτερη διάταξη, η οποία προτείνεται για θερμά κλίματα ή για περιοχές που ούτως ή άλλως δεν θα μπορούν να εκμεταλλευτούν τον ήλιο (αστικές, πυκνοδομημένες περιοχές με μεγάλα ύψη κτιρίων και μικρά πλάτη δρόμων) προσανατολίζει τα οικόπεδα στη διεύθυνση των επικρατούντων ανέμων το καλοκαίρι ώστε να μπορεί να γίνει εκμετάλλευση του ανέμου για φυσικό δροσισμό. Παράλληλα, υπάρχει η δυνατότητα ο σωστός προσανατολισμός να επιτευχθεί με τη στροφή των κτιρίων μέσα στα οικόπεδα, ώστε να έχουν όψεις σε νότο.

3.3 Επιφάνεια βλάστησης

Είναι γνωστό ότι τα φυτά χρησιμοποιούνται για παροχή σκιασμού το καλοκαίρι. Ο σκιασμός που παρέχουν είναι πολύ σημαντικός για τη μείωση της κατανάλωσης για ψύξη σε ένα κτίριο, μια που μειώνεται το ποσό της ενέργειας που εισέρχεται στο χώρο υπό μορφή ηλιακής ακτινοβολίας.

Αν αυτός ο σκιασμός βέβαια πραγματοποιείται και το χειμώνα, τούτο μειώνει την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και οδηγεί σε μείωση της ικανότητας εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό μπορεί να αναιρεθεί εν μέρει με τη φύτευση φυλλοβόλων δέντρων μπροστά από τη νότια όψη του κτιρίου. Το χειμώνα, αυτά τα δέντρα χάνουν το φύλλωμά τους και επιτρέπουν τον ηλιασμό του κτιρίου, ενώ από την άνοιξη και μέχρι το φθινόπωρο το φύλλωμά τους σκιάζει το κτίριο, μειώνοντας πολύ αποδοτικά τη θερμική του επιβάρυνση.

Το φύλλωμα των φυτών και γενικά οι επιφάνειες βλάστησης, παρουσιάζουν μεγάλη απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία. Κατά μέσο όρο, το 80% της ακτινοβολίας που προσπίπτει στο φύλλωμα απορροφάται και μόνο ένα 20% ανακλάται στο περιβάλλον. Σε ένα άλλο συμβατικό υλικό, αυτή η απορρόφηση θα μεταφράζονταν σε άνοδο της θερμοκρασίας του και σε εκπομπή θερμικής

ακτινοβολίας η οποία θα αύξανε τη θερμοκρασία του αέρα και θα οδηγούσε το καλοκαίρι σε υπερθέρμανση. Στην πραγματικότητα, στα φυτά η απορροφούμενη ακτινοβολία δεν μετατρέπεται σε θερμότητα αλλά αντίθετα, συμβάλει τελικά στη μείωση των θερμοκρασιών του αέρα με τον τρόπο που περιγράφεται παρακάτω.

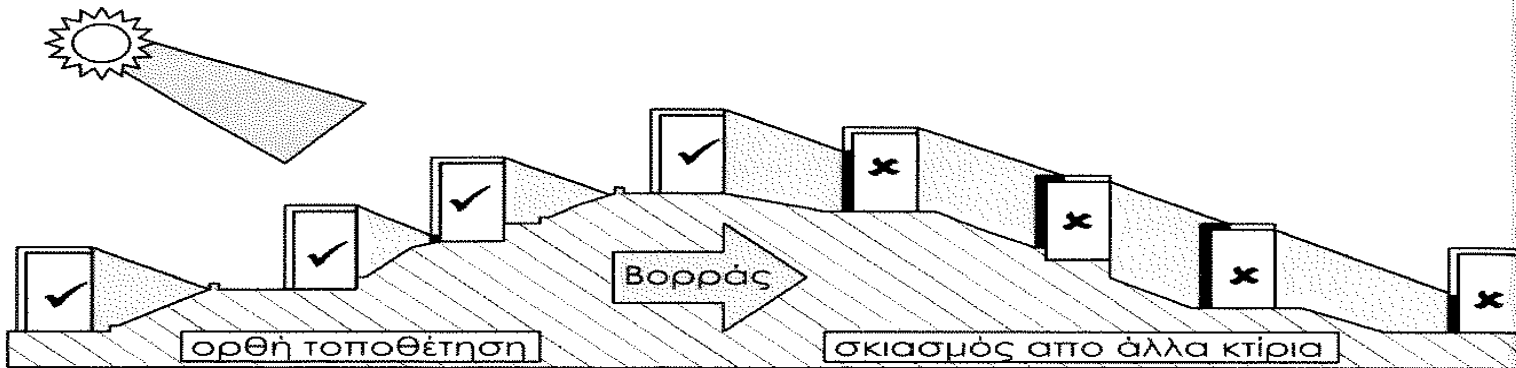
Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία προκαλεί την εξάτμιση του νερού από το φύλλωμα των φυτών. Αυτό μειώνει τη θερμοκρασία του φυλλώματος και συνεπώς τη θερμοκρασία του αέρα, με τον οποίο έρχεται σε επαφή. Υπολογίζεται ότι η ποσότητα υδρατμών, που παρέχεται από οποιαδήποτε έκταση με βλάστηση, ισοδυναμεί με 50%70% της ποσότητας που μπορεί να εξατμιστεί από ίδιου μεγέθους επιφάνεια νερού. Ένα φυτό μπορεί να εξατμίζει ποσότητα νερού ίση με 5 φορές το βάρος του. Αν αναλογιστεί κανείς ότι η εξάτμιση ενός λίτρου νερού δεσμεύει 2.47MJ (590kcal) ενέργειας, γίνεται φανερό η ενεργειακή θεώρηση αυτής της βιολογικής διεργασίας.

Σε σχέση με τον άμεσο σκιασμό που διασφαλίζει η βλάστηση, υπολογίζεται ότι ο δροσισμός από την εξατμισοδιαπνοή μπορεί να παρέχει τετραπλάσια εξοικονόμηση ενέργειας στην κατανάλωση για μηχανικό δροσισμό του κτιρίου. Ενδεικτικά της δυναμικής ψυκτικής ικανότητας που έχει η εξατμισοδιαπνοή είναι:

- Ένα μικρό δέντρο ύψους 2m και κάτοψης κοντά στα $0.6m^2$ εξατμίζει σε μια θερμή ημέρα περί τα 400g νερού, παρέχοντας ψύξη στον γύρω αέρα της τάξης των 125-250W (210-420W/mZ),
- Τα μεγάλα δέντρα μπορούν να εξατμίσουν περί τα 455l νερού σε μια θερμή ημέρα, παρέχοντας το ίδιο αποτέλεσμα με 5 κλιματιστικές συσκευές σε εικοσάωρη λειτουργία,
- γενικά, τα μικρά φυτά με πυκνό φύλλωμα, μπορούν να εξατμίζουν μεγαλύτερες ποσότητες νερού από ότι τα δέντρα. Ακόμη στα χαμηλά φυτά, ο παρεχόμενος δροσισμός επηρεάζει κυρίως το έδαφος, το οποίο διατηρεί σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ στα δέντρα, η επιρροή ασκείται στον αέρα, ο οποίος διέρχεται από το φύλλωμα.

3.4 Θέση κτιρίου στο οικοπέδο- προσανατολισμός κτιρίου

Προτού κανείς ασχοληθεί με τα παθητικά ή ενεργητικά ενεργειακά συστήματα ενός κτιρίου, οφείλει να εξασφαλίσει το μέγιστο δυνατό ηλιασμό του κτιρίου σε όλο το διάστημα του έτους. Μια πλήρης ενεργειακή μελέτη αποτυπώνει τις επιφάνειες του οικοπέδου οι οποίες σκιάζονται σε όλο το διάστημα του έτους και ανάλογα με τις ανάγκες του κτιρίου σε θέρμανση ή ψύξη επιλέγει να τοποθετήσει το κτίριο στην κατάλληλη θέση (σχήμα 2.6).

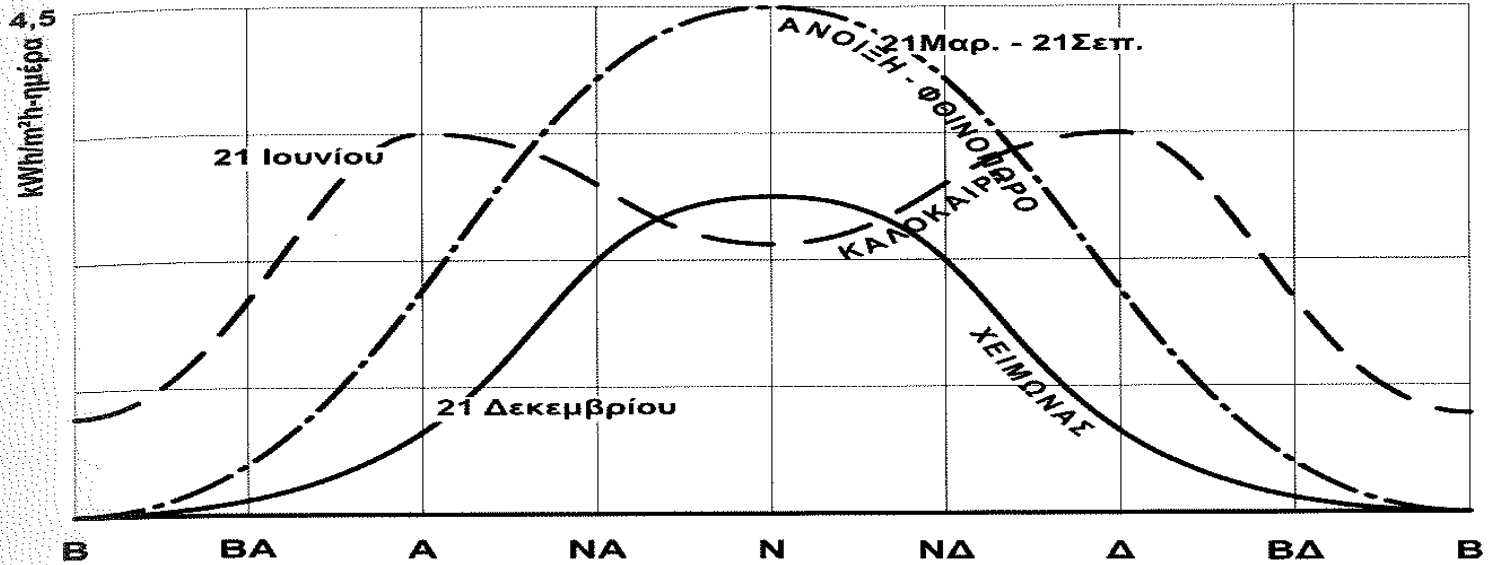


Σχήμα 2.6 Σκιασμός κτιρίων ανάλογα με τη θέση.

Γενικός κανόνας, ο οποίος πρέπει να επαληθεύεται σε κάθε περίπτωση, είναι το κτίριο να τοποθετείται στο βορειότερο σημείο του οικοπέδου. Με αυτόν τον τρόπο, αυξάνει η απόσταση του κτιρίου προς το νότο από πιθανή κατασκευή άλλου κτιρίου το οποίο θα μπορούσε να προκαλέσει σκιασμό και να μειώσει έτσι τα ηλιακά οφέλη. Στην περίπτωση εδάφους με κλίση, οι υψηλότερες θέσεις του οικοπέδου, ή η πλευρά του σε νότιο προσανατολισμό είναι οι βέλτιστες επιλογές για την κατασκευή του κτιρίου.

Η γνώση της ηλιακής γεωμετρίας της περιοχής του κτιρίου είναι από τις σημαντικότερες παραμέτρους του ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων όταν επιδιώκεται εκμετάλλευση του ηλιακού κέρδους. Από τη μελέτη του διαγράμματος που φαίνεται στο σχήμα 2.8, προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα για το σχεδιασμό των κτιρίων. Κάθε προσανατολισμός και οι αντίστοιχα προσανατολισμένες προσόψεις παρουσιάζουν διαφορετικές ιδιότητες.

Ημερήσιο Άθροισμα Άμεσης Ηλ.Ακτινοβολίας σε 1m² κάθετης επιφάνειας για διάφορους προσανατολισμούς



Σχήμα 2.7 Ημερήσιο άθροισμα της άμεσης Ηλιακής Ακτινοβολίας σε 1m² κάθετης επιφάνειας για διάφορους προσανατολισμούς.

Εξετάζοντας μια νότια προσανατολισμένη όψη, μπορεί κανείς να διαπιστώσει τα εξής:

- το καλοκαίρι δέχεται το ελάχιστο σε θερμική επιβάρυνση, παρά τη μεγάλη διάρκεια ηλιασμού της. Τούτο οφείλεται στη μεγάλη γωνία ύψους του ήλιου (μεγάλη γωνία πλήξης της επιφάνειας και άρα μικρή αποτελεσματικότητα) το καλοκαίρι η οποία μειώνει την αποτελεσματικότητα της ακτινοβολίας στην κατακόρυφη νότια επιφάνεια. Αντίθετα, το χειμώνα η νότια προσανατολισμένη όψη δέχεται τη μεγαλύτερη ηλιακή πρόσοδο από όλες τις άλλες όψεις. Αυτό οφείλεται στο ότι το χειμώνα ο ήλιος ακολουθεί χαμηλότερη τροχιά με αποτέλεσμα η ακτινοβολία να εμφανίζει μικρότερη απόκλιση από την κάθετη στην επιφάνεια και συνεπώς μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα.
- Γενικά δεν είναι πάντα δυνατό να επιτευχθεί καθαρά νότιος προσανατολισμός για λόγους ρυμοτομίας. Σε ότι αφορά στα κτίρια, μια απόκλιση $\pm 25^\circ$ από το νότο θεωρείται γενικά ευνοϊκή³.

³ Στα παραπάνω αξίζει κανείς να προσθέσει ότι ο σκιασμός μιας νότιας όψης (ή ανοίγματος) το καλοκαίρι είναι απλούστατος (οριζόντιο σκίαστρο) και δεν επηρεάζει το χειμερινό ηλιασμό. Αυτό δεν συμβαίνει για τους υπόλοιπους προσανατολισμούς που μπορούν μεν να σκιαστούν το καλοκαίρι αλλά συχνά ο σκιασμός διατηρείται και το χειμώνα μειώνοντας τη δυνατότητα

Η **δυτικά ή ανατολικά προσανατολισμένη επιφάνεια**, δέχεται τη μέγιστη θερμική επιβάρυνση από την ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι λόγω τόσο της προσβολής της επιφάνειας με αυξημένη καθετότητα όσο και λόγω της διάρκειας ηλιασμού. Πρακτικά, περισσότερο επιβαρημένη είναι τελικά η δυτική όψη μια και προσβάλλεται από την ηλιακή ακτινοβολία τις θερμότερες ώρες της ημέρας, όταν οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος παρουσιάζουν τις μέγιστες τιμές τους.

Η **βόρεια όψη** των κτιρίων ηλιάζεται μόνο το καλοκαίρι νωρίς το πρωί και αργά το απόγευμα.

Είναι σαφές ότι κατά τη θερινή περίοδο, λόγω του μεγάλου ηλιακού ύψους, **δυσμενέστερη επιφάνεια** του κτιρίου παραμένει (για τα γεωγραφικά πλάτη της Μεσογείου) η οριζόντια επιφάνεια (οροφή κτιρίου) η οποία δέχεται όχι μόνο τη μεγαλύτερη ένταση από τις άλλες επιφάνειες, αλλά και για μεγαλύτερο διάστημα της ημέρας.

Γενικώς, όσον αφορά στο σχήμα του κτιρίου σε σχέση με τον προσανατολισμό του, επιδιώκεται επιμήκης μορφή με το μεγάλο άξονα του κτιρίου προσανατολισμένο στη διεύθυνση Δύσης - Ανατολής διότι έτσι μειώνεται η δυτική όψη (άρα και η αυξημένη καταπόνησή της) και αυξάνει η νότια. Στη βόρεια πλευρά συνίσταται να δημιουργούνται χώροι ανάσχεσης θερμότητας ή να τοποθετούνται χώροι μειωμένης χρήσης.

Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες η απόκλιση από το νότο είναι μεγαλύτερη από $\pm 25^\circ$, τότε μια και δεν είναι δυνατό να σχεδιαστεί η κάτοψη του κτιρίου σε νότιο προσανατολισμό, είναι ακόμη δυνατή η αξιοποίηση του ήλιου με την κατάλληλη αρχιτεκτονική διαμόρφωση, ώστε να εμφανίζονται νότια προσανατολισμένα ανοίγματα ή συστήματα παθητικής θέρμανσης.

Σημειώνεται ότι το εν λόγω κτίριο αποτελεί μια από τις πλέον επιτυχημένες προσπάθειες ένταξης βιοκλιματικών κτιρίων στο δυσμενές αστικό περιβάλλον.

εκμετάλλευσης του ήλιου, ενώ παράλληλα η απουσία σκιασμού το χειμώνα συχνό προκαλεί οπτική ενόχληση μια και ο ήλιος βρίσκεται κοντά στο ύψος του ματιού.

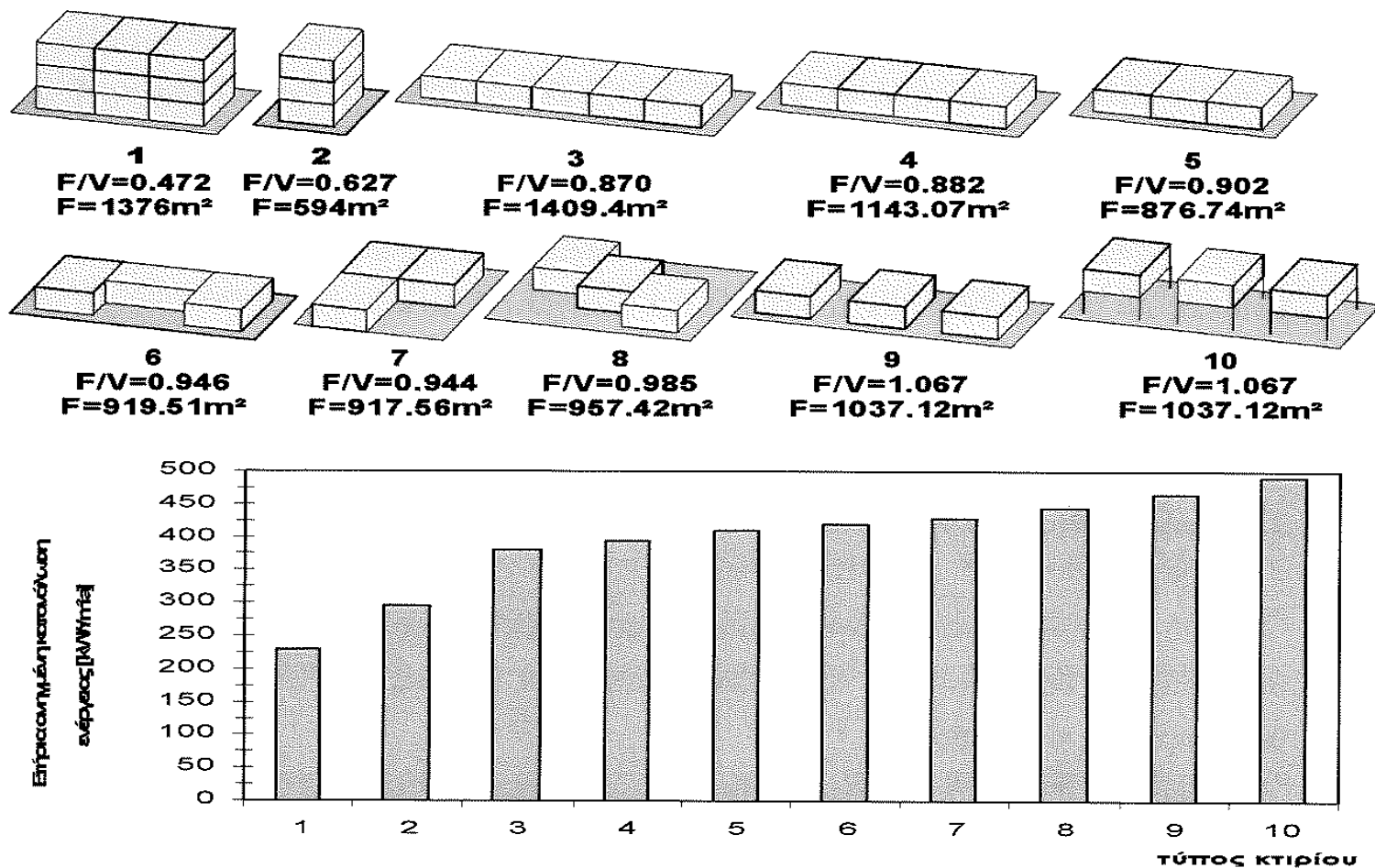


Πρακτικά, και στην περίπτωση που δεν υπάρχει ειδική μελέτη, συνίσταται η ελαχιστοποίηση των ανοιγμάτων σε ανατολικές και δυτικές όψεις, για την αποφυγή υπερθέρμανσης το καλοκαίρι. Το ίδιο ισχύει για τη βορινή όψη, τη χειμερινή περίοδο. Φυσικά, η ελαχιστοποίηση αυτή εξαρτάται από τις ανάγκες του κτιρίου σε φυσικό φωτισμό και αερισμό. ενώ η σύσταση μπορεί να παρακαμφθεί με τη λήψη κατάλληλων μέτρων (π.χ. ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων το καλοκαίρι)

3.5 Γεωμετρικές αναλογίες κτιρίου- σύνθεση όγκων

Η μορφή του κτιριακού όγκου, ασκεί καθοριστική επίδραση στη θερμική του συμπεριφορά, δεδομένου ότι το κέλυφος λειτουργεί ως «φίλτρο» στις ανταλλαγές θερμότητας με το περιβάλλον.

Ενδεικτικό αυτής της επίδρασης είναι το ενός διαμερίσματος 108 m^2 (σχήμα 2.8) Ανάλογα με τη διαφορετική μορφολογία ενός μη θερμομονωμένου κτιρίου το οποίο συντίθεται από πανομοιότυπα τέτοια διαμερίσματα, μεταβάλλεται ο λόγος εξωτερικής επιφάνειας κελύφους προς περιεχόμενο όγκο αέρα (λόγος F/V). Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια του κτιρίου σε σχέση με τον όγκο του, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ενεργειακή του σύνδεση με το περιβάλλον και συνεπώς τόσο μεγαλύτερες θερμικές απώλειες θα παρουσιάζει κατά τη χειμερινή περίοδο. Οι διαφορές στην κατανάλωση για θέρμανση του τύπου 1 (διαμέρισμα σε τριώροφη οικοδομή κατά το συνεχές σύστημα δόμησης - $FN=0.472$) με τον τύπο 10 (μονώροφο διαμέρισμα με πυλωτή - $FN=1.067$) είναι εμφανείς στο διάγραμμα καταναλώσεων στο οποίο φαίνεται ότι έχει υπερδιπλάσια κατανάλωση ($238 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ έναντι $486 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) [26]



Σχήμα 2.8 Σύνθεση διαμερισμάτων των 108m² σε 10 διαφορετικές διατάξεις και αντίστοιχη ετήσια κατανάλωση για θέρμανση

Στην περίπτωση κατά την οποία τα κτίρια ήταν θερμομονωμένα κατ' ελάχιστο σύμφωνα με τις απαιτήσεις του κανονισμού θερμομόνωσης κτιρίων, τα μεγέθη κατανάλωσης θα ήταν 80 και 126kWh/m²a αντίστοιχα. Η εφαρμογή παθητικών ηλιακών συστημάτων θα μπορούσε να παρέχει περαιτέρω μείωση κατανάλωσης τουλάχιστο στο μισό των προηγούμενων τιμών.

Οι γεωμετρικές αναλογίες βρίσκονται σε άμεση σχέση με το κλίμα της περιοχής και τον προσανατολισμό του κτιρίου. Όταν υπάρχει εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας, τότε σαφώς και επιδιώκονται μεγάλες επιφάνειες, αρκεί αυτές να βρίσκονται σε νότιο προσανατολισμό, ώστε να εκμεταλλεύονται με το βέλτιστο τρόπο την ηλιακή πρόσοδο.

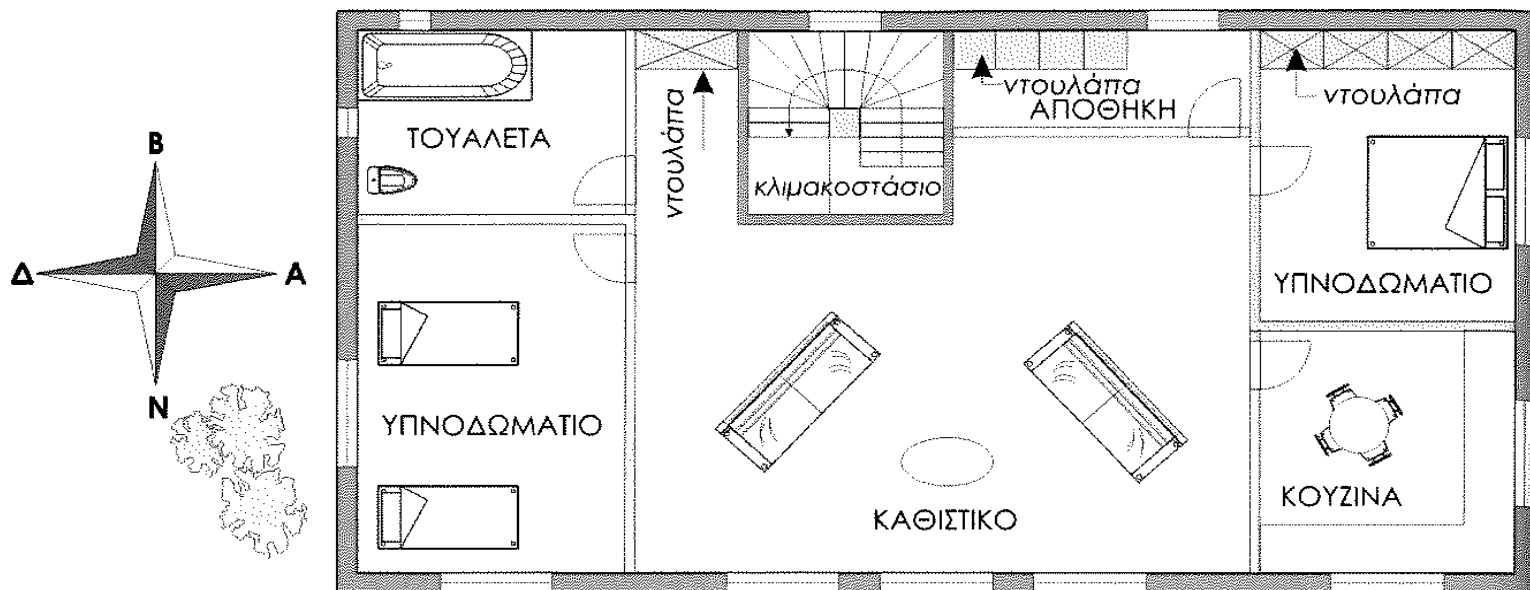
3.6 Διάταξη χώρων

Μετά την επιλογή θέσης στο οικοπέδο, σχήματος και προσανατολισμό του κτιρίου, το επόμενο βήμα μελέτης αφορά στη γενική διαρρύθμιση του εσωτερικού χώρου. Στην περίπτωση ενός κτιρίου κτισμένου κατά το «πανταχόθεν ελεύθερο σύστημα» και στο οποίο δεν υπάρχει κάποιος ειδικός λόγος που να επηρεάζει τη διαρρύθμιση του κτιρίου (όπως για παράδειγμα μια ωραία θέα στο βορρά), ο βέλτιστος τρόπος διαρρύθμισης του εσωτερικού είναι:

Οι χώροι του κτιρίου οι οποίοι θα έχουν τις μεγαλύτερες απαιτήσεις για ικανοποιητική θερμοκρασία χώρου, είναι σωστό να τοποθετούνται στη νότια πλευρά του κτιρίου, ώστε να επιτυγχάνεται θέρμανση τους από τα νότια προσανατολισμένα ανοίγματα. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται ευκολότερα η θέρμανση του χώρου την ημέρα και συνεπώς μειώνεται η κατανάλωση του συστήματος θέρμανσης.

Αντίστοιχα το καλοκαίρι, τα ανοίγματα αυτών των χώρων μπορούν να σκιαστούν με εύκολο τρόπο για αποφυγή υπερθέρμανσης και μείωση της κατανάλωσης για μηχανική ψύξη.

Στη βόρεια (ψυχρή) πλευρά του κτιρίου, τοποθετούνται οι χώροι με μικρές ή ανύπαρκτες ανάγκες για θέρμανση, όπως αποθήκες, κλιμακοστάσια, τουαλέτες, χώροι συγκεντρώσεων με περιορισμένη χρήση. Επειδή αυτοί οι χώροι βρίσκονται σε επαφή με τον ψυχρό βορινό τοίχο, θα παρουσιάζουν αυξημένες θερμικές απώλειες. Αν έχουν μειωμένη θερμοκρασία χώρου, τότε οι απώλειες αυτές θα είναι μικρότερες, λόγω της μικρότερης θερμοκρασιακής διαφοράς μέσα - έξω. Σε ότι αφορά τη συνολική θεώρηση του ορόφου τώρα, αυτοί οι χώροι παρεμβάλλονται μεταξύ του ψυχρού περιβάλλοντος και των θερμών χώρων διαβίωσης στο νότο, λειτουργώντας ως φράγμα στη ροή θερμότητας και τις θερμικές απώλειες και για αυτό ονομάζονται ζώνες ανάσχεσης της θερμότητας. Ως ζώνες ανάσχεσης θερμότητας χρησιμοποιούνται και ερμάρια, ντουλάπες και γενικά οτιδήποτε μπορεί να συμβάλει στη μείωση των θερμικών απωλειών, παρεμβαλλόμενο μεταξύ ψυχρού τοίχου και εσωτερικού αέρα.



Σχήμα 2.9 Ενδεικτική κάτοψη ορόφου με βέλτιστη διάταξη χώρων και με δημιουργία χώρων ανάσχεσης θερμότητας στη βόρεια όψη.

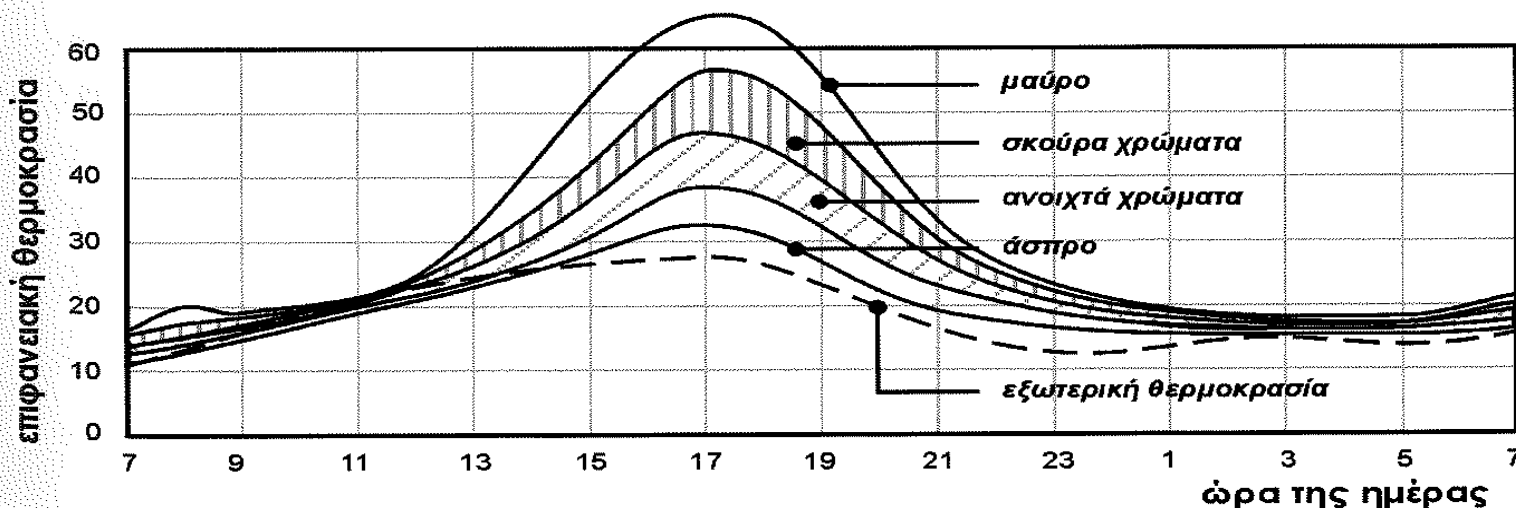
Στην ανατολική όψη, τοποθετούνται συνήθως τα υπνοδωμάτια, ούτως ώστε να δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία (φως και θερμότητα) νωρίς το πρωί, όταν δηλαδή συναντούν και τη μεγαλύτερή τους χρήση. Σε νοτιοανατολικό προσανατολισμό θα τοποθετηθούν χώροι που χρησιμοποιούνται κυρίως μέχρι το μεσημέρι όπως η κουζίνα για την παρασκευή φαγητού.

Αντίστοιχα, στη δυτική όψη που φωτίζεται και θερμαίνεται αργά το απόγευμα, τοποθετούνται χώροι που αξιοποιούνται κυρίως εκείνες τις ώρες (εργαστήρια, λουτρά). Αν τοποθετηθούν σε αυτό τον προσανατολισμό τα υπνοδωμάτια, τότε αν και δεν εκμεταλλεύονται το πρωινό ηλιακό φως, δέχονται ωστόσο την ηλιακή πρόσοδο αργά το απόγευμα με αποτέλεσμα τη θέρμανση τους εκείνες τις ώρες. Αν υπάρχει επαρκής θερμική μάζα για την αποθήκευση της θερμότητας, τότε παραμένουν θερμά για ορισμένες ώρες έως το βράδυ που θα ξαναχρησιμοποιηθούν. Με αυτό τον τρόπο, παρέχεται τόσο ηλιακή ενέργεια όσο και κατάλληλος φωτισμός στους χώρους, τη στιγμή που αυτό απαιτείται.

3.7 Χρώμα- υλικά εξωτερικών επιφανειών

Η απορροφητικότητα που παρουσιάζουν τα υλικά του κτιρίου στην ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί μια ακόμη παράμετρο των ενεργειακών ανταλλαγών του κτιρίου με το περιβάλλον. Τα λευκά σπίτια του Αιγαίου πέρα από την αισθητική τους άποψη, δείχνουν πολύ καλή συμπεριφορά στην αποφυγή υπερθέρμανσης. Αντίθετα, ένα δώμα με τελική επίστρωση από ασφαλτικό υλικό, αν δεν έχει θερμομονωθεί πολύ ισχυρά, τότε είναι βέβαιο ότι θα συμμετέχει στην υπερθέρμανση του υποκάτω χώρου κατά τις μεσημβρινές ώρες, όταν δέχεται τις μέγιστες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας. Χαρακτηριστικό της επίδρασης του χρώματος στη θερμοκρασία μιας επιφάνειας είναι το σχήμα 2.10.

Όπως φαίνεται και στο σχήμα, ένα δώμα με ασφαλτική επίστρωση, κατασκευή πολύ συνηθισμένη στην Ελλάδα, το καλοκαίρι αναπτύσσει θερμοκρασίες που πολύ συχνά ξεπερνούν τους 60.C. Η επίδραση της εξωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας γίνεται προφανής αν αναλογιστεί κανείς ότι η ροή θερμότητας μέσα από ένα δομικό στοιχείο είναι ανάλογη της θερμοκρασιακής διαφοράς των ακραίων της επιφανειών.



Σχήμα 2.10 Θερμοκρασίες οριζοντίων επιφανειών, εκτεθειμένων στην ηλιακή ακτινοβολία, ανάλογα με το χρώμα, σε μια τυπική θερινή μέρα στον ελληνικό χώρο

Στο παράδειγμα στο σχήμα 2.10, αν υποθεθεί ότι αναφέρεται σε δώμα και αν υποθέσουμε ότι η εσωτερική επιφάνεια έχει θερμοκρασία 28°C, τότε η θερμική ροή για μαύρη επιφάνεια επίστρωσης σε σχέση με μια λευκή θα έχει $(66-28)/(32-28) \approx 10$, δεκαπλάσια θερμική ροή προς το εσωτερικό του χώρου. Αν υπάρχει κλιματισμός στο χώρο, τότε θα αυξηθεί σημαντικά η κατανάλωση για δροσισμό, αν όχι, τότε ο χώρος

θα υπερθερμανθεί, όπως συμβαίνει στην πλειοψηφία των τελευταίων ορόφων στα ελληνικά κτίρια.

Το αντίστροφο βέβαια θα συμβεί το χειμώνα, μια που η μαύρη επιφάνεια θα αναπτύσσει μεγαλύτερες θερμοκρασίες, αλλά λόγω χαμηλότερης τροχιάς ηλίου και μικρότερης ακτινοβολίας, δεν θα υπάρχει τελικά σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.

3.8 Θερμομονωτική ικανότητα και θερμοχωρητικότητα υλικών⁴

Στα κτίρια με μικρή συνολική θερμοχωρητικότητα (ελαφριές κατασκευές) η απουσία θερμικής αποθήκης του κελύφους προκαλεί πολύ μικρή μετατόπιση των φάσεων, συχνά μικρότερη από δυο ώρες. Αυτό σημαίνει ότι γίνονται σχεδόν άμεσα αισθητές στον εσωτερικό χώρο οι υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι, με αποτέλεσμα τη δημιουργία «συνθηκών παράγκας», φαινόμενο εντελώς αντίθετο με τις απαιτήσεις της άνεσης. Τα θερμομονωτικά υλικά επιβραδύνουν και μειώνουν την είσοδο της θερμότητας στο κτίριο, αλλά δεν μπορούν να αντικαταστήσουν τη λειτουργία της θερμικής μάζας.

Η βαρύτητα της θερμοχωρητικότητας στη διαμόρφωση του εσωκλίματος εξαρτάται κυρίως από τις εξωκλιματικές παραμέτρους και είναι ανάλογη της θερμοκρασιακής διακύμανσης στο διάστημα του εικοσιτετραώρου. Είναι τόσο περισσότερο απαραίτητη όσο η εξωτερική θερμοκρασία στο διάστημα της νύχτας υπολείπεται της εξωτερικής θερμοκρασίας στο διάστημα της ημέρας. Αυτό συμβαίνει γιατί την ημέρα, γενικά σε ένα κτίριο εισέρχεται ηλιακή ακτινοβολία, υπάρχει μεγάλη παραγωγή θερμότητας στους χώρους του κτιρίου, από την παρουσία ανθρώπων και τη λειτουργία συσκευών. Αυτή η θερμότητα, εάν υπάρχει επαρκής θερμική μάζα στο εσωτερικό του κτιρίου, μαζί με ένα μέρος από τη θερμότητα του συστήματος θέρμανσης αποθηκεύεται στη θερμική μάζα, όσο διάστημα η θερμοκρασία του χώρου είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία των δομικών στοιχείων. Αυτή η ροή θερμότητας αποκτά αντίστροφη φορά από το απόγευμα και μετά όταν η θερμοκρασία των δομικών στοιχείων παραμένει περίπου σταθερή, αλλά μειώνεται η θερμοκρασία του χώρου. Τότε, η θερμότητα που επαναποδίδεται στο χώρο αντιστέκεται στην απότομη θερμοκρασιακή αλλαγή, παρέχοντας σταθερές εσωκλιματικές συνθήκες.

⁴ Η θερμοχωρητικότητα των υλικών και η αξιοποίηση της στο πλαίσιο του Ενεργειακού Σχεδιασμού Κτιρίων αναφέρεται αναλυτικότερα στις σημειώσεις του μαθήματος «Υλικό και Συστήματα Εξοικονόμησης Ενέργειας» του ίδιου εξαμήνου.

Όταν υπάρχει θερμική μάζα στο κέλυφος του κτιρίου, τότε το ίδιο φαινόμενο εξακολουθεί να συμβαίνει, μόνο που παράλληλα, υπάρχει και το φαινόμενο της χρονικής υστέρησης στη μετάδοση της θερμότητας. Έτσι σε μια ηλιόλουστη ημέρα, οι νότιοι και οι δυτικοί τοίχοι θερμαίνονται από την ηλιακή ακτινοβολία και αυτή η θερμότητα αρχίζει να διαπερνά τα στοιχεία εισερχόμενη στο κτίριο. Λόγω της θερμοχωρητικότητάς τους, τα υλικά θα παρουσιάζουν μια θερμική αδράνεια, η οποία θα έχει ως συνέπεια η θερμότητα τελικά να φτάνει στην εσωτερική πλευρά του στοιχείου το απόγευμα, ή αργότερα, συμβάλλοντας έτσι στην αργή και όχι απότομη μείωση θερμοκρασίας των στοιχείων των στοιχείων και του χώρου. Το ίδιο βέβαια συμβαίνει και το ξημέρωμα, μόνο που τότε, με την έναρξη της θέρμανσης του χώρου, οι σχετικά ψυχρές εσωτερικές επιφάνειες δεσμεύουν φορτίο από το σύστημα θέρμανσης, τα εσωτερικά κέρδη και τις ανακλάσεις της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η θερμοχωρητικότητα δεν είναι πάντα επιθυμητή σε κτίρια με αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες θερμικής άνεσης, όπως πολλά σύγχρονα κτίρια γραφείων. Μια που τα κτίρια αυτά δεν λειτουργούν τη νύχτα, θα ήταν σπάταλο να αποθηκεύεται θερμότητα στα δομικά τους στοιχεία, την οποία θα παρείχε το σύστημα θέρμανσης. Είναι προτιμότερο να αξιοποιείται η παρεχόμενη θερμότητα άμεσα για τη θέρμανση του εσωτερικού αέρα και όχι της μάζας των στοιχείων. [11]

Θερμική Άνεση

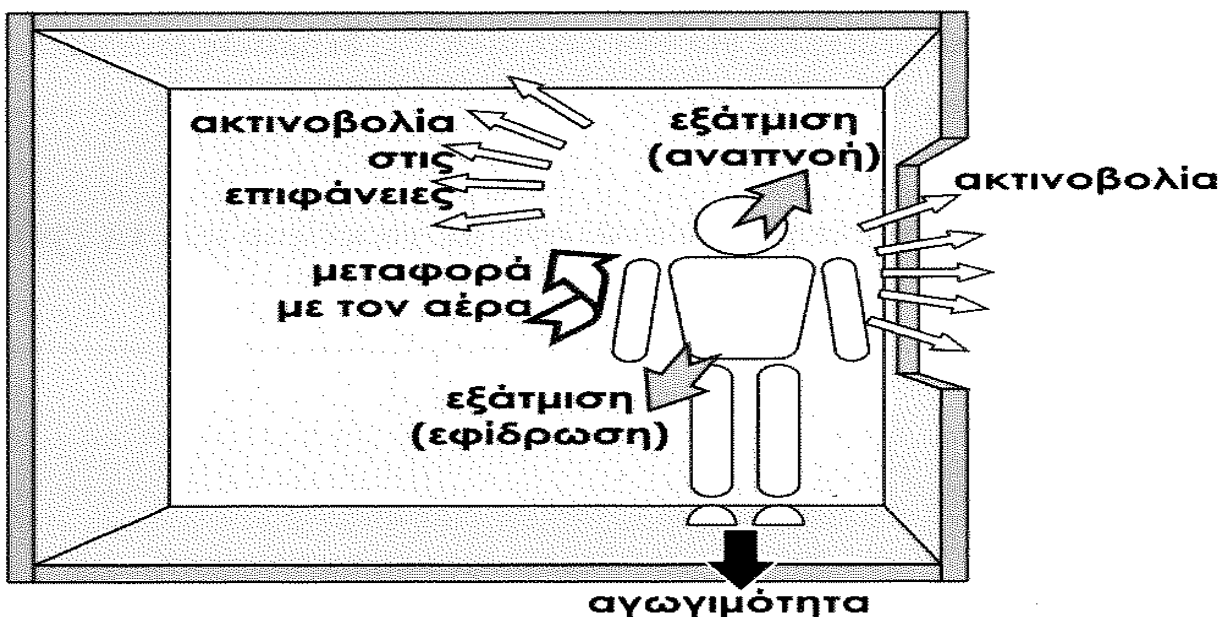
Περιεχόμενα κεφαλαίου :

1. Εισαγωγή.....	36
2 Αποδεκτές συνθήκες για θερμική άνεση.....	37
2.1 Συσχέτιση παραμέτρων για την εκτίμηση της θερμικής άνεσης.....	42
2.2 Εκτίμηση της θερμικής άνεσης- Οι δείκτες PMV και PPD.....	48
3.Προσδιορισμός απαιτήσεων ανάλογα με το κτίριο και τη χρήση ...	51
4. Οπτική άνεση	52

1. Εισαγωγή

Όταν το ζητούμενο είναι μόνο η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο, ο απλούστερος και φαινομενικά οικονομικότερος τρόπος για να επιτευχθεί ο σκοπός δεν είναι άλλος από την περίσφιξη των δαπανών για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό, κλιματισμό - αερισμό και ζεστό νερό. Σε πολλές πόλεις στον ελλαδικό χώρο άλλωστε, όσοι ζούνε σε πολυκατοικίες με κεντρική θέρμανση, είναι συνηθισμένοι να απολαμβάνουν τη θέρμανση το χειμώνα σε συγκεκριμένες μόνο ώρες της ημέρας, όπως έχει προαποφασίσει η επιτροπή της πολυκατοικίας. Τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας και της νύχτας, η θερμοκρασία στους χώρους των διαμερισμάτων είναι συνήθως αρκετά χαμηλή ώστε οι ένοικοι να μην νιώθουν άνετα με ελαφρύ ντύσιμο.

Επειδή η αντίληψη των συνθηκών του περιβάλλοντος ενός ανθρώπου είναι πολύ γενική και ασαφής έννοια, δεδομένου ότι αλλιώς αντιλαμβάνεται ο καθένας τη θερμότητα και τη δροσιά, διάφοροι επιστημονικοί κλάδοι στο παρελθόν έχουν αναπτύξει αριθμητικές μεθόδους, ώστε να προδιαγράφονται σε κάθε περίπτωση τα αποδεκτά όρια μέσα στα οποία οφείλουν να βρίσκονται διάφορα φυσικά μεγέθη (θερμοκρασία αέρα, μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, σχετική ταχύτητα αέρα και σχετική υγρασία).



Σχήμα 3.1 Θερμική επικοινωνία του ανθρώπου με τον εσωτερικό χώρο. Στο σχήμα φαίνονται μόνο οι θερμικές απώλειες. Με εξαίρεση την εξάτμιση, οι υπόλοιπες θερμικές ροές μπορούν να έχουν και το χαρακτήρα της προσόδου.

2 Αποδεκτές συνθήκες για θερμική άνεση

Ως θερμική άνεση (thermal comfort) ορίζεται η πνευματική κατάσταση η οποία εκφράζει ικανοποίηση από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Είναι ίσως απλούστερο να κατανοηθεί η αντίθετη κατάσταση της θερμικής άνεσης η θερμική όχληση ή δυσφορία (thermal discomfort) [6]. Έτσι θερμική όχληση συμβαίνει όταν ο άνθρωπος κρυώνει ή ζεσταίνεται. Το ίδιο συμβαίνει και όταν η αντίληψή του για τη θερμοκρασία δεν είναι κοινή σε όλο το σώμα (π.χ. να κρυώνουν τα πέλματά του ή να δέχεται ένα μέρος του σώματός του ψυχρό ρεύμα αέρα σε ένα σχετικά ζεστό περιβάλλον ενός δωματίου).

Ένας απλούστερος εμπειρικός ορισμός της θερμικής άνεσης είναι ο παρακάτω:
Ως θερμική άνεση μπορεί να ορίσει κανείς την κατάσταση του περιβάλλοντος χώρου κατά την οποία οι περισσότεροι χρήστες του δεν αισθάνονται ούτε ενοχλητική ζέστη ούτε ενοχλητικό κρύο, ή ακόμη καλύτερα, δεν τους απασχολούν οι περιβαλλοντικές συνθήκες.

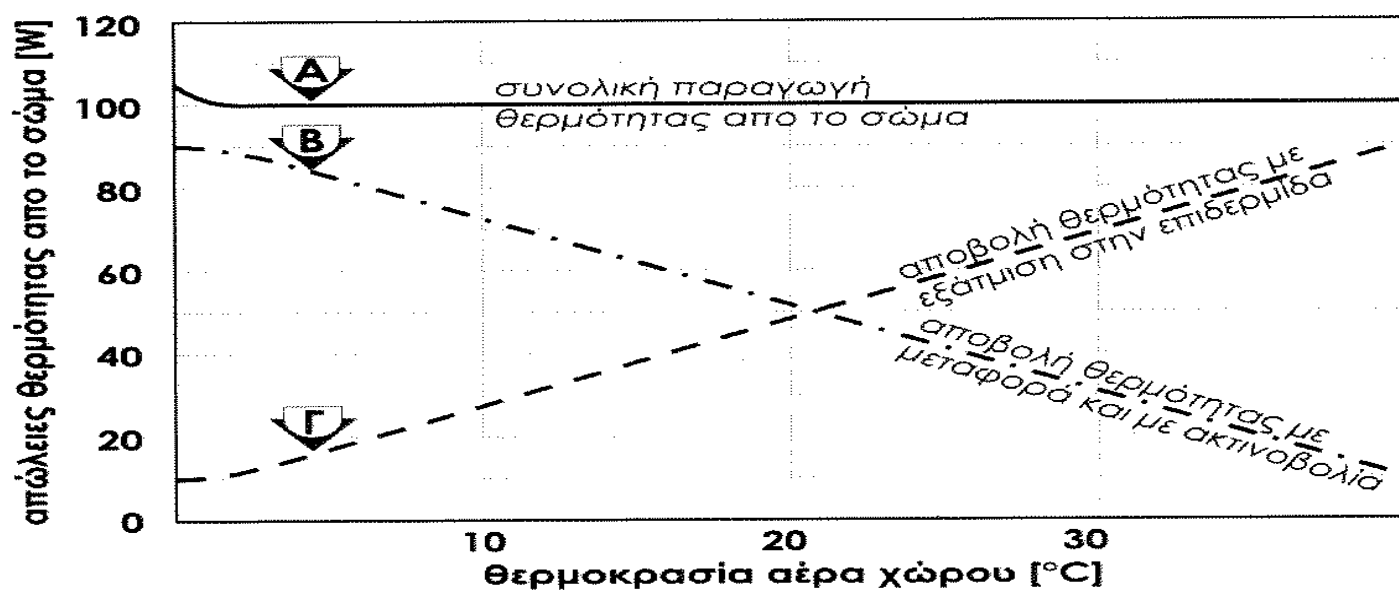
Όπως εύκολα μπορεί να αντιληφθεί κανείς, δεν υπάρχει μια δεδομένη-βέλτιστη κατάσταση θερμικής άνεσης η οποία να είναι αποδεκτή από όλους. Διαφορετική αντίληψη για τις περιβαλλοντικές συνθήκες έχει ένα παιδί, διαφορετικές ένας ηλικιωμένος. Το ίδιο συμβαίνει και με τη σωματική δραστηριότητα του ανθρώπου. Σε ένα γυμναστήριο, αυτός που αθλείται θεωρεί ότι «έχει ζέστη» ενώ κάποιος που κάθεται μπορεί να κρυώνει.

Πέρα από τα φυσικά μεγέθη που προαναφέρθηκαν, σημαντική συμμετοχή στη διαμόρφωση της θερμικής άνεσης έχουν άλλες παράμετροι όπως το επίπεδο ένδυσης και η σωματική δραστηριότητα. Για να γίνει πλήρως κατανοητή η έννοια της θερμικής άνεσης αξίζει να γίνει μια σύντομη αναφορά σε διάφορες βασικές σωματικές λειτουργίες.

Ο άνθρωπος έχει ένα εξαιρετικά λειτουργικό σύστημα ρύθμισης της θερμοκρασίας του σώματός του, ώστε τα ζωτικά του όργανα να διατηρούνται σε θερμοκρασία περίπου 37°C. Το «κέντρο ελέγχου» αυτού του συστήματος βρίσκεται στον υποθάλαμο, έναν αδένα της βάσης του εγκεφάλου. Ο υποθάλαμος, πέρα από τις άλλες του λειτουργίες έχει και αυτή του θερμοστάτη που συνδέεται με δυο όργανα αντίχενωσης στο δέρμα, ένα για την εξερχόμενη και ένα για την εισερχόμενη θερμότητα. Η θερμοκρασία ενεργοποίησης αυτού του θερμοστάτη βρίσκεται κοντά

στους 37°C. Όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντός του αυξάνει, λαμβάνουν χώρα δυο διαδικασίες: αρχικά διαστέλλονται οι αρτηρίες αυξάνοντας τη ροή του αίματος κάτω από την επιδερμίδα και έτσι αρχίζει η εφίδρωση. Η εφίδρωση είναι μια αποδοτική λειτουργία ρύθμισης της θερμοκρασίας δεδομένου ότι η θερμότητα που απαιτείται για την εξάτμιση του ιδρώτα λαμβάνεται από την επιδερμίδα μειώνοντας έτσι τη θερμοκρασία της. Αντίθετα, όταν μειώνεται η περιβαλλοντική θερμοκρασία, επέρχεται αγγειοσυστολή μειώνοντας τη ροή του αίματος και συνεπώς την αποβολή θερμότητας δια μέσου της επιδερμίδας. Η δεύτερη αντίδραση του οργανισμού είναι η ακούσια αύξηση της εσωτερικής παραγωγής θερμότητας μέσω της σωματικής δραστηριότητας με τον ερεθισμό των μυών ο οποίος προκαλεί ρίγος. Αυτή η λειτουργία δεν έχει απεριόριστο εύρος ισχύος, αλλά σε κάθε άνθρωπο περιορίζεται εντός ενός συγκεκριμένου θερμοκρασιακού εύρους, ανάλογα με ένα πλήθος υποκειμενικών (ενδυμασία, δραστηριότητα, αντοχή) και αντικειμενικών παραγόντων (θερμοκρασία κλπ)

Σε χαμηλές θερμοκρασίες χώρου, το σώμα αποβάλλει θερμότητα κυρίως με ακτινοβολία και μεταφορά (σχήμα 3.2). Σε συνήθειες θερμοκρασίες, οι απώλειες θερμότητας με ακτινοβολία ή μεταφορά και με εξάτμιση σχεδόν μοιράζονται.



Σχήμα 3.2 Απώλειες θερμότητας από το σώμα σε σχέση με τη θερμοκρασία του χώρου.

Σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες χώρου, όταν η θερμοκρασία αέρα και τοίχων υπερβεί τη θερμοκρασία της επιδερμίδας, τότε η θερμική ακτινοβολία από το σώμα (προς το ψυχρότερο περιβάλλον) περιορίζεται και αυξάνει σταδιακά η αποβολή θερμότητας με εξάτμιση του ιδρώτα. Όσο η θερμοκρασία χώρου πλησιάζει τη θερμοκρασία της επιδερμίδας, τότε, το μεγαλύτερο μέρος των θερμικών απωλειών από το σώμα πραγματοποιείται με εξάτμιση. Αν τώρα, ο αέρας του χώρου έχει υψηλή σχετική υγρασία, η δυνατότητα για εξάτμιση περιορίζεται μια και ο αέρας δεν μπορεί να δεχθεί τους υδρατμούς. Για μεγάλες τιμές υγρασίας και θερμοκρασίας, το σώμα αδυνατεί να αποβάλει αξιόλογη θερμότητα με αποτέλεσμα σταδιακά να υπερθερμαίνεται με κίνδυνο θερμοπληξίας ή σοβαρής βλάβης των ζωτικών οργάνων.

Όπως προαναφέρθηκε, ο άνθρωπος αισθάνεται θερμικά άνετα όταν δεν υφίσταται θερμική όχληση. Η **πρώτη συνθήκη θερμικής άνεσης** λοιπόν, είναι η **θερμική ουδετερότητα** που σημαίνει ότι κάποιος δεν αισθάνεται ούτε κρύο ούτε ζέστη.

Η **δεύτερη συνθήκη** είναι αυτή της **ενεργειακής ισορροπίας του σώματος**: Η ενέργεια που παράγεται κατά το μεταβολισμό πρέπει να ισούται με το σύνολο των θερμικών απωλειών από το σώμα.

Ο Fanger, ο οποίος πρώτος ασχολήθηκε εντατικά με το αντικείμενο της θερμικής άνεσης, έχει διατυπώσει με γενικό τρόπο αυτή την ενεργειακή ισορροπία :

$$S=M\pm W\pm R\pm C-E$$

Όπου:

S = ρυθμός αποθήκευσης θερμότητας

M = ενέργεια που απελευθερώνεται με το μεταβολισμό

W = σύνολο μηχανικού έργου που παράγει το σώμα. Για συνήθεις δραστηριότητες θεωρείται αμελητέα

R = απώλειες θερμότητας με ακτινοβολία

C = απώλεια θερμότητας με μεταφορά στον αέρα που βρίσκεται σε επαφή με το δέρμα

E = απώλεια θερμότητας με εξάτμιση από την επιδερμίδα

Η θερμική ουδετερότητα επιτυγχάνεται όταν $S=0$.

Οι παράμετροι αυτής της ενεργειακής ισορροπίας αναλύονται στη συνέχεια.

Δραστηριότητα και Ρυθμός Μεταβολισμού

Ο μεταβολισμός μετριέται σε μονάδες Met¹. Ένας τυπικός ενήλικας έχει συνολική επιφάνεια σώματος περίπου 1,7m². Αυτό σημαίνει ότι ένας άνθρωπος που αισθάνεται θερμικά άνετα, με σωματική δραστηριότητα της τάξης του 1 Met παρουσιάζει θερμικές απώλειες περίπου ίσες με 100W. Κατά τη διάρκεια του ύπνου, εμφανίζεται η ελάχιστη σωματική δραστηριότητα (0,8Met) και η μέγιστη (10Met) εμφανίζεται σε ορισμένους αθλητές υπό έντονη καταπόνηση. Τυπικές τιμές του επιπέδου δραστηριότητας απεικονίζει ο πίνακας 3.1.

Πίνακας 3.1 ρυθμός μεταβολισμού για διάφορες δραστηριότητες

Δραστηριότητα	W/m ²	Met
Ύπνος	46	0,80
Ανάπαυση (καθιστός)	58	1,00
Εργασία γραφείου	70	1,20
Οδήγηση	80	1,40
Όρθιος, ελαφρά δραστηριότητα (ψώνια κ.λ.π.)	93	1,60
Μέτρια δραστηριότητα	116	2,00
Βάδισμα 2km/h	110	1,90
Βάδισμα 3km/h	140	2,40
Βάδισμα 4km/h	165	2,80
Βάδισμα 5km/h	200	3,40
Τρέξιμο 15km/h	550	9,50

¹ 1 Met=58.15W/m² για κάθε μονάδα επιφάνειας της επιδερμίδας.

Επίπεδο ένδυσης

Τα ρούχα λειτουργούν ως θερμομονωτική στρώση που μειώνει τη θερμική επικοινωνία μεταξύ επιδερμίδας και περιβάλλοντος (εξάτμιση, ακτινοβολία και μεταφορά). Το μέγεθος το οποίο χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει το επίπεδο ένδυσης, είναι το 1 CLO². Μια μηδενική τιμή μεταφράζεται σε απουσία ένδυσης ενώ η μονάδα αντιστοιχεί σε τυπικό ντύσιμο για εργασία γραφείου. Τυπικές τιμές του επιπέδου ένδυσης φαίνονται στον πίνακα 3.2. Σημειώνεται ότι η συνολική τιμή προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους τιμών.

Οι υποκειμενικές παράμετροι που προαναφέρθηκαν εξαρτώνται από την αντίληψη του χρήστη και τις συνήθειες του και δεν μπορούν να ελεγχθούν κατά το σχεδιασμό. Αντίθετα, οι αντικειμενικές παράμετροι, αποτελούν παραμέτρους του εσωκλίματος, οι οποίες σε πολύ μεγάλο βαθμό προδιαγράφονται κατά το σχεδιασμό του κτιρίου.

Πίνακας 3.2 ενδεικτικές τυπικές τιμές CLO για διάφορα είδη ένδυσης.

Θερμική μόνωση	m ² ·K/W	clo
Γυμνό σώμα	0	0
Κοντό παντελονάκι	0,015	0,1
Ελαφρά ενδυμασία εργασίας	0,11	0,7
Επαγγελματικό κοστούμι	0,23	1,5
Παλτό	0,94	0,6
Κάλτσες	0,03	0,02

Το συνολικό επίπεδο θερμομόνωσης ενός ανθρώπου προκύπτει με την άθροιση των δεικτών clo κάθε ενδύματος ξεχωριστά.

² 1 CLO=0.155m² °C/W

2.1 Συσχέτιση παραμέτρων για την εκτίμηση της θερμικής άνεσης.

Οι παράμετροι οι οποίες διαμορφώνουν τις γενικές συνθήκες άνεσης σε ένα κλειστό χώρο και οι οποίες μπορούν να ελεγχθούν από το μελετητή είναι:

- Η θερμοκρασία αέρα του χώρου
- Η θερμοκρασία των περιβαλλουσών επιφανειών³
- Η υγρασία του αέρα του χώρου
- Η κίνηση του αέρα στο χώρο (ανεμορροή)
- Η ποιότητα του αέρα
- Ο θόρυβος
- Ο φωτισμός του χώρου (φυσικός/τεχνητός)

Οι τέσσερις πρώτες παράμετροι είναι αυτές που διαμορφώνουν το αίσθημα της θερμικής άνεσης και μαζί με τις υπόλοιπες τρεις καθορίζουν την ποιότητα του εσωκλίματος σε ένα κτίριο. Ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζουν τις ενεργειακές ανταλλαγές του ανθρώπινου σώματος με το περιβάλλον του και κατ' επέκταση ο τρόπος που επιδρούν στη θερμική άνεση είναι:

- Η θερμοκρασία και η κίνηση του αέρα συμβάλει στην ανταλλαγή θερμότητας με μεταφορά
- Η θερμοκρασία των περιβαλλουσών επιφανειών στην ανταλλαγή θερμότητας με ακτινοβολία
- Η σχετική υγρασία του αέρα στην αποβολή θερμότητας από την επιδερμίδα με εξάτμιση

³ Πρακτικά γίνεται χρήση της θερμοκρασίας των επιφανειών που περιβάλλουν το χώρο (οροφή, δάπεδο και τοίχοι) οι οποίες συνιστούν τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας που προαναφέρθηκε νωρίτερα στο κείμενο.

Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας: (Mean Radiant Temperature). Η θερμοκρασία ενός ιδεατού μαύρου σώματος η οποία επιφέρει τις ίδιες θερμικές απώλειες με ακτινοβολία με τις πραγματικές θερμικές απώλειες.

Η θερμοκρασία του αέρα

Περισσότερη από τη μισή ποσότητα θερμότητας που αποβάλλει το ανθρώπινο σώμα, μεταβιβάζεται με μεταφορά στον αέρα. Η επιλογή της επιθυμητής θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου γίνεται πάντα με κριτήρια οικονομίας και άνεσης. Ακόμη και διαφορά 1°C στην επιθυμητή θερμοκρασία θέρμανσης ενός χώρου μπορεί να έχει αξιόλογη επίδραση στην κατανάλωση του συστήματος θέρμανσης.

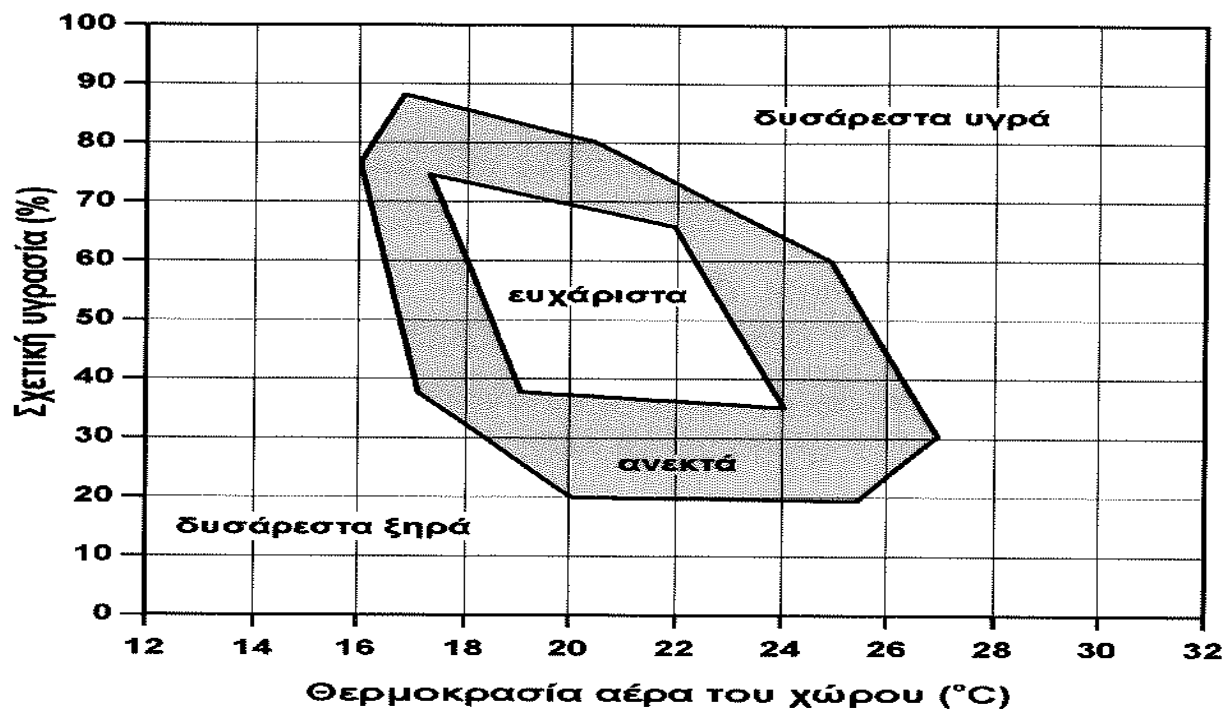
Ενδεικτικές τιμές θερμοκρασίας που συμβάλλουν στη θερμική άνεση είναι της τάξης των $20\text{-}22^{\circ}\text{C}$ για την περίοδο θέρμανσης και $24\text{-}26^{\circ}\text{C}$ για την περίοδο ψύξης. Ωστόσο, ανάλογα με τη δραστηριότητα που εκτελείται μέσα σε ένα χώρο, αυτές οι τιμές αναπροσαρμόζονται κατά περίπτωση (πίνακας 3.4, πίνακας 3.5)

Δεδομένου ότι η θερμοκρασία του αέρα ενός χώρου δεν είναι σταθερή σε όλο το ύψος του χώρου, όταν αναφερόμαστε σε αυτό το μέγεθος θεωρούμε συνήθως τη μέση θερμοκρασία του αέρα στο ύψος του μέσου ανθρώπινου σώματος ($1,70\text{m}$). Ανάλογα με το σύστημα θέρμανσης και το επίπεδο θερμομόνωσης του κτιρίου, η κατανομή της θερμοκρασίας μπορεί να έχει διάφορες μορφές. Η πλέον επιθυμητή είναι αυτή της σταθερής θερμοκρασιακής κατανομής καθ' ύψος του κτιρίου γιατί τότε ένας άνθρωπος θα νιώθει την ίδια θερμοκρασία σε όλο του το σώμα (πόδια-κεφάλι), ανεξάρτητα από τη θέση του (καθιστός-όρθιος).

Η υγρασία του αέρα

Η θερμοκρασία την οποία αισθάνεται ο άνθρωπος εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό και από τις τιμές της υγρασίας του αέρα του χώρου. Για παράδειγμα άνεση εξασφαλίζεται με 24°C και 35% αλλά και με 18°C και 70% (σχήμα 3.3).

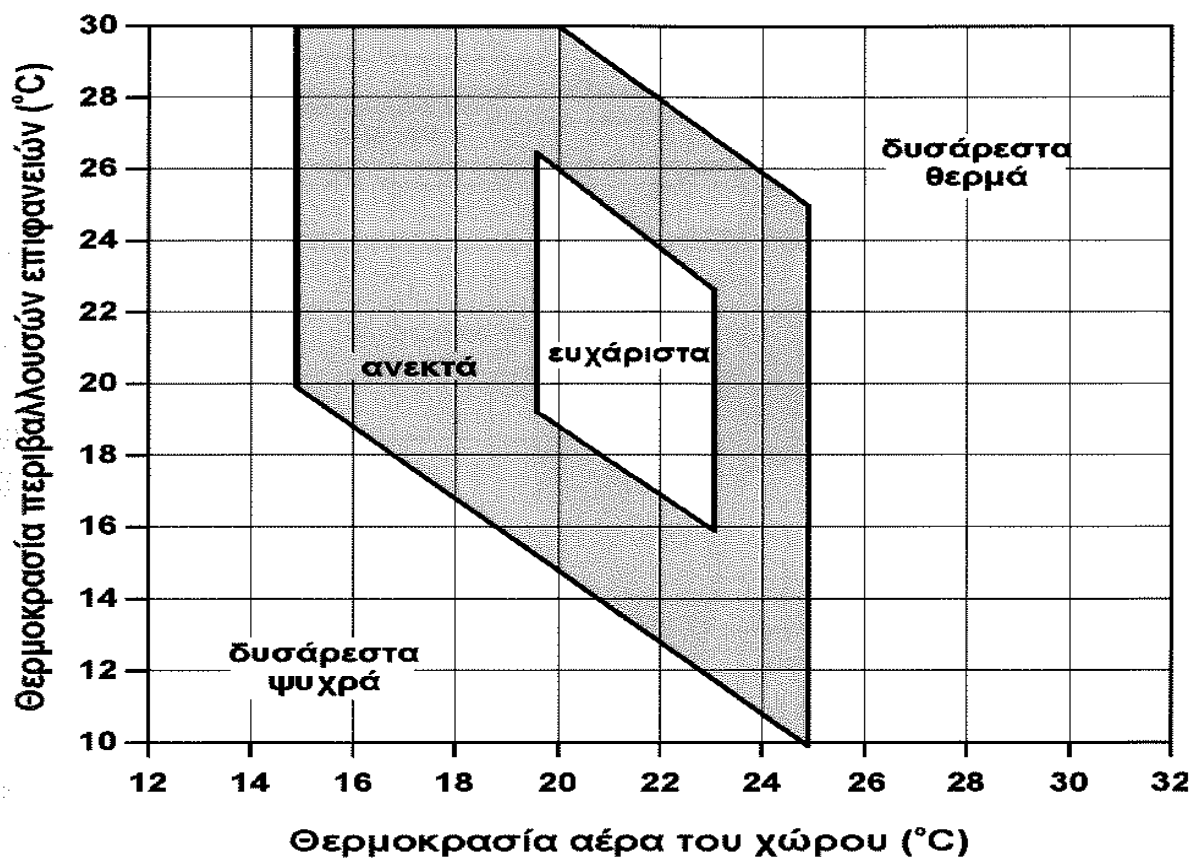
Τιμές σχετικής υγρασίας μικρότερες του 30% είναι ανεπιθύμητες από άποψη υγιεινής μια και προκαλούν ξηρότητα στη βλεννογόνο, σχηματισμό σκόνης και στατικό ηλεκτρισμό. Αντίστοιχα τιμές μεγαλύτερες από 60% παρόλο που βρίσκονται στα επίπεδα άνεσης, διευκολύνουν την υγραποίηση των υδρατμών στις δροσερές επιφάνειες του χώρου (π.χ. στα υαλοστάσια), σχηματισμό μούχλας και διευκολύνουν τη δημιουργία οσμών που μπορούν να ερεθίσουν τα οσφρητικά όργανα του ανθρώπου και είναι καλό να αποφεύγονται.



Σχήμα 3.3 Συσχέτιση της θερμοκρασίας αέρα και της σχετικής υγρασίας με το επίπεδο θερμικής άνεσης

Η Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας (θερμοκρασία των περιβαλλουσών επιφανειών)

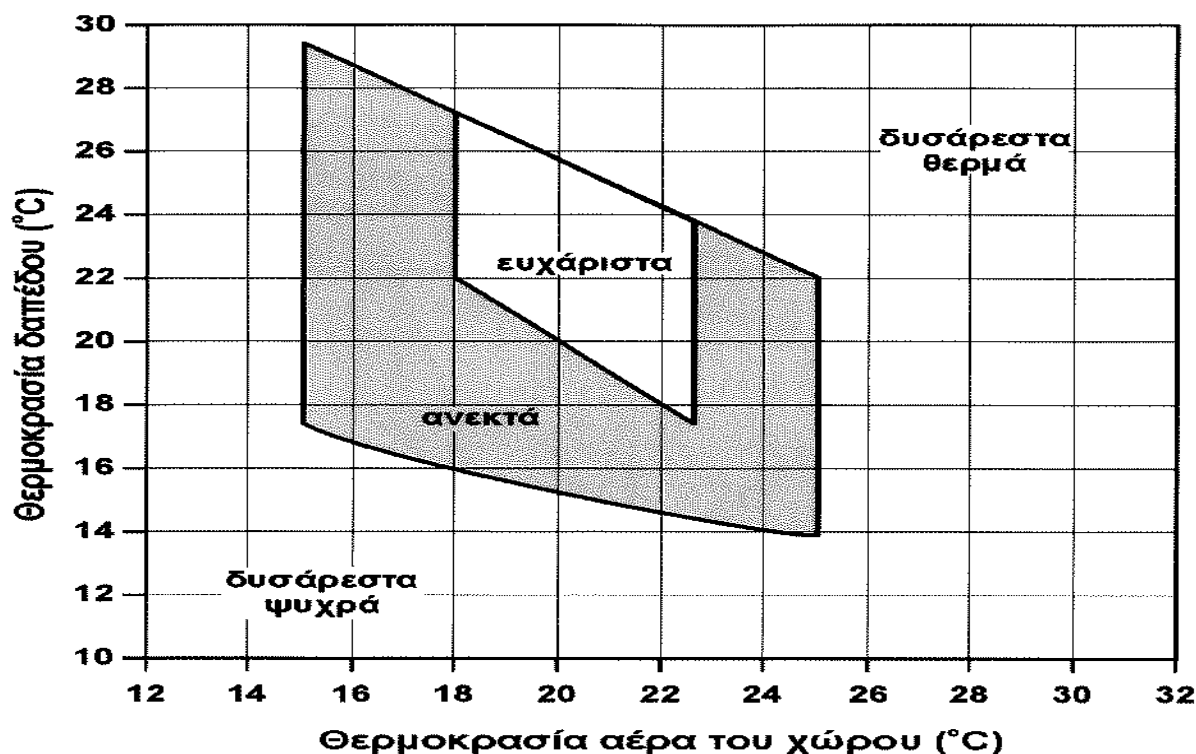
Η μέση θερμοκρασία των επιφανειών που περιβάλλουν το χώρο έχει άμεση επίδραση στο αίσθημα της άνεσης (σχήμα 3.4) δεδομένου ότι επηρεάζει την απώλεια θερμότητας του σώματος με ακτινοβολία προς τον περιβάλλοντα χώρο. Αν η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας μειωθεί κατά 1.°C σε σχέση με τη θερμοκρασία αέρα του χώρου, άμεσα ένα καθιστό άτομο αισθάνεται ως να έχει μειωθεί η θερμοκρασία αέρα κατά 1 °C χωρίς να έχει συμβεί κάτι τέτοιο. Άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η εργασία ενός ατόμου δίπλα σε ένα παράθυρο που κατά κανόνα είναι επιφάνεια πάντα δροσερότερη του χώρου. Ακόμη και σε θερμές συνθήκες εσωτερικού χώρου, θα αισθάνεται τη πλευρά του σώματός του που βρίσκεται δίπλα στο παράθυρο να κρυώνει, παρόλο που η θερμοκρασία χώρου είναι σταθερή γύρω από το σώμα του. Το ίδιο φυσικά ισχύει και για τη θερινή περίοδο. Σε ένα καλά κλιματιζόμενο και δροσερό χώρο, ένας άνθρωπος που κάθεται δίπλα σε ένα παράθυρο που δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία, θα δυσφορεί, παρόλο που η θερμοκρασία γύρω από το σώμα του βρίσκεται σε ευχάριστα επίπεδα.



Σχήμα 3.4 Συσχέτιση της θερμοκρασίας αέρα και της μέσης θερμοκρασίας περιβαλλουσών επιφανειών με το επίπεδο θερμικής άνεσης

Γενικά, η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του αέρα ενός χώρου και μεταξύ των επιφανειών του χώρου, αλλά και μόνο μεταξύ των επιφανειών του χώρου, προκαλεί αίσθημα δυσφορίας, ακόμη και εάν παρέχεται άφθονη ενέργεια για τη θέρμανση του χώρου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, αποτελούν τα κτίρια των δεκαετιών 60-70, στα οποία απουσιάζει η θερμομόνωση του κελύφους. Σπαταλούν μεγάλες ποσότητες ενέργειας, συχνά υπερθερμαίνεται ο εσωτερικός αέρας, και παρόλα αυτά, οι χρήστες αντιλαμβάνονται το περιβάλλον ως ψυχρό.

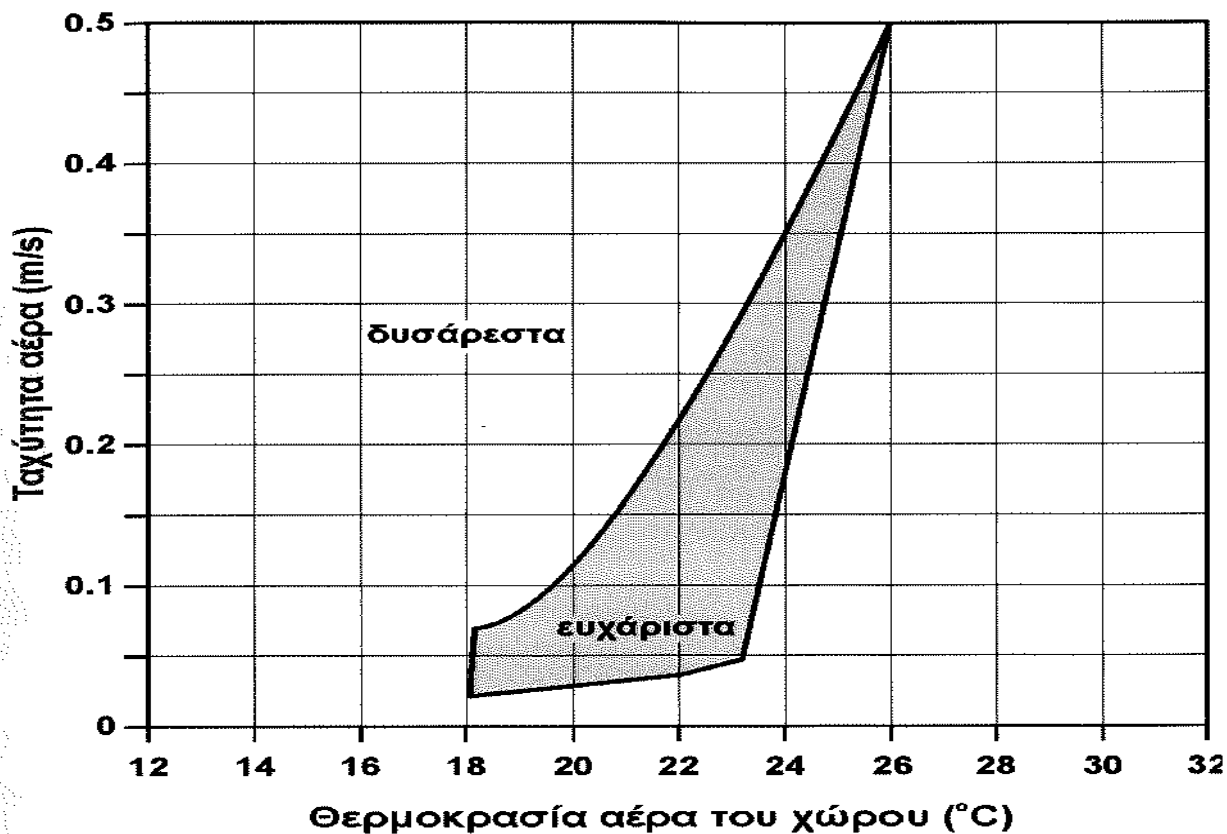
Ως ιδιαίτερα άνετος θεωρείται ένας χώρος όπου η μέση θερμοκρασία των περιβαλλουσών επιφανειών δεν αποκλίνει από τη θερμοκρασία του αέρα περισσότερο από 3°C. Ειδικά για τις κατοικίες, η θερμοκρασία δαπέδου μελετάται ξεχωριστά (σχήμα 3.5)



Σχήμα 3.5 Συσχέτιση της Θερμοκρασίας αέρα και της θερμοκρασίας δαπέδου με το επίπεδο θερμικής άνεσης

Η κίνηση του αέρα

Η ταχύτητα του αέρα που έρχεται σε επαφή με το ανθρώπινο σώμα επηρεάζει τόσο την εξάτμιση από την επιδερμίδα, όσο και την απώλεια θερμότητας από το σώμα με μεταφορά. Δεδομένου η επιδερμίδα είναι γενικότερα θερμότερη του αέρα η εξάτμιση είναι συνεχής. Στους κλειστούς χώρους ο άνθρωπος είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος στην κίνηση του αέρα, αντίθετα με ότι συμβαίνει στην ύπαιθρο. Ρεύματα αέρα με ταχύτητες μεγαλύτερες του $0,1\text{m/s}$ γίνονται γενικά αισθητά από τον άνθρωπο, ειδικότερα αν είναι ψυχρά, το χειμώνα, μια που αυξάνουν την εξάτμιση στο δέρμα (σχήμα 3.6). Σε πολύωρη παραμονή σε τέτοια κατάσταση, συχνά προκαλείται «ψύξη» της εκτεθειμένης περιοχής της επιδερμίδας, λόγω της τοπικά αυξημένης αποβολής θερμότητας.



Σχήμα 3.6 Συσχέτιση της θερμοκρασίας αέρα και της ταχύτητας αέρα στο χώρο με το επίπεδο θερμικής άνεσης

Από την άλλη, η επίδραση του αέρα στην εξάτμιση υγρασίας από την ανθρώπινη επιδερμίδα, έχει ευεργετικές εφαρμογές κατά τη θερμή περίοδο του έτους υπό ορισμένες προϋποθέσεις: Όταν το ρεύμα αέρα έχει κατακόρυφη, σταθερή ροή (από πάνω προς τα κάτω) και αυξημένη επιφάνεια, τότε μπορεί να μειώσει τη θερμοκρασία που αισθάνεται ο άνθρωπος κατά 2°C. Σε αυτό βασίζονται και οι ανεμιστήρες οροφής που βελτιώνουν σημαντικά τις συνθήκες άνεσης, χωρίς πρακτικά να μεταβάλλουν τη θερμοκρασία του αέρα.

Έτσι, σε ένα μεγάλο διάστημα της ημέρας, μπορούν να υποκαταστήσουν ή και να συνδυαστούν με την λειτουργία του μηχανικού κλιματισμού, εξοικονομώντας μεγάλο μέρος από το απαιτητό φορτίο ψύξης, δεδομένου ότι έχουν μηδαμινή κατανάλωση και περιορισμένο κόστος αγοράς και συντήρησης.

2.2 Εκτίμηση της θερμικής άνεσης- Οι δείκτες PMV και PPD

Όπως φάνηκε στα προηγούμενα, λόγω της πολυπλοκότητας και της υποκειμενικότητας της θερμικής άνεσης, δεν είναι εύκολο να γίνει σαφής υπολογισμός του επιπέδου θερμικής άνεσης ενός χώρου.

Μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί αρκετές μέθοδοι με τις οποίες μπορεί κανείς να εκτιμήσει το επίπεδο θερμικής άνεσης. Οι επικρατέστερες μέθοδοι είναι με τη χρήση δεικτών και νομογραφημάτων.

Ο υπολογισμός της θερμικής άνεσης στις μελέτες ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων γίνεται συνήθως με μια από τις δυο αυτές μεθόδους. Ανάλογα με το εάν η μελέτη αφορά στην κατασκευή ενός νέου κτιρίου ή στην αποτίμηση της θερμικής συμπεριφοράς ενός υφιστάμενου κτιρίου, η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής:

Υφιστάμενο κτίριο: Πραγματοποιούνται επί τόπου μετρήσεις (συνήθως στιγμιαίες σε διάφορες χαρακτηριστικές ώρες λειτουργίας του κτιρίου) ώστε να καταγραφούντα φυσικά μεγέθη που υπεισέρχονται στον υπολογισμό του επιπέδου της θερμικής άνεσης. Ανάλογα με τη χρήση, την εποχή και διάφορα άλλα χαρακτηριστικά που θα αναφερθούν παρακάτω, οι μετρήσεις εισέρχονται στους μαθηματικούς τύπους ή τα νομογραφήματα της κάθε μεθόδου και προκύπτουν τα αποτελέσματα.

Πίνακας 3.4 Συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού για κλιματιζόμενους χώρους το χειμώνα

ΧΡΗΣΗ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΧ.ΥΓΡΑΣΙΑ
Κατοικία	22 °C	30÷50 %
Κτίριο Γραφείων	21÷23 °C	30÷35 %
Βιβλιοθήκη, Μουσείο	20÷22 °C	40÷50 %
Νοσοκομείο	24 °C	30%
Εστιατόριο, Κέντρο διασκέδασης	21÷23 °C	30÷40 %

Νεόδμητο κτίριο: Επειδή δεν υπάρχει αντικείμενο στο οποίο να πραγματοποιηθούν μετρήσεις, αξιοποιούνται τα αποτελέσματα που εξάγει το πρόγραμμα ενεργειακής προσομοίωσης του κτιρίου στη θέση των μετρήσεων. Για να γίνει αυτό απαιτείται αναλυτική - δυναμική μέθοδος προσομοίωσης, μια και οι στατικές μέθοδοι δεν εξάγουν στα αποτελέσματά τους αναλυτικά μικροκλιματικά μεγέθη.

Κατά την αξιολόγηση του μικροκλίματος ενός χώρου, είναι σημαντικό να θυμάται κανείς ότι ο άνθρωπος δεν αισθάνεται άμεσα, τη θερμοκρασία του αέρα του χώρου, αλλά την αντιλαμβάνεται μέσω των ενεργειακών ανταλλαγών του σώματός του με το περιβάλλον του. Ο πίνακας 3.3 παρουσιάζει τις παραμέτρους οι οποίες επηρεάζουν αυτές τις θερμικές απώλειες.

Αυτές οι παράμετροι εισέρχονται στις εξισώσεις υπολογισμού των δεικτών PMV⁴ και PPD⁵. Οι δείκτες αυτοί, αποτελούν στατιστικά μεγέθη που έχουν προκύψει από εκτεταμένες έρευνες σε ένα πολύ μεγάλο πλήθος ανθρώπων και αποτελούν δείκτες που οδηγούν στη διαπίστωση κατά πόσο ένα θερμικό περιβάλλον εξασφαλίζει θερμική άνεση. Αποτελούν μέχρι στιγμής την πλέον αποδεκτή μέθοδο υπολογισμού της θερμικής άνεσης σε εσωτερικά περιβάλλοντα, και προτείνονται από το πρότυπο 1807730. Γενικά, η εφαρμογή τους σε εξωτερικούς χώρους δεν είναι επιτυχής και έχει αποδειχθεί ότι δεν εκφράζουν το πραγματικό αίσθημα άνεσης, παρά μόνο σε κλειστούς χώρους.

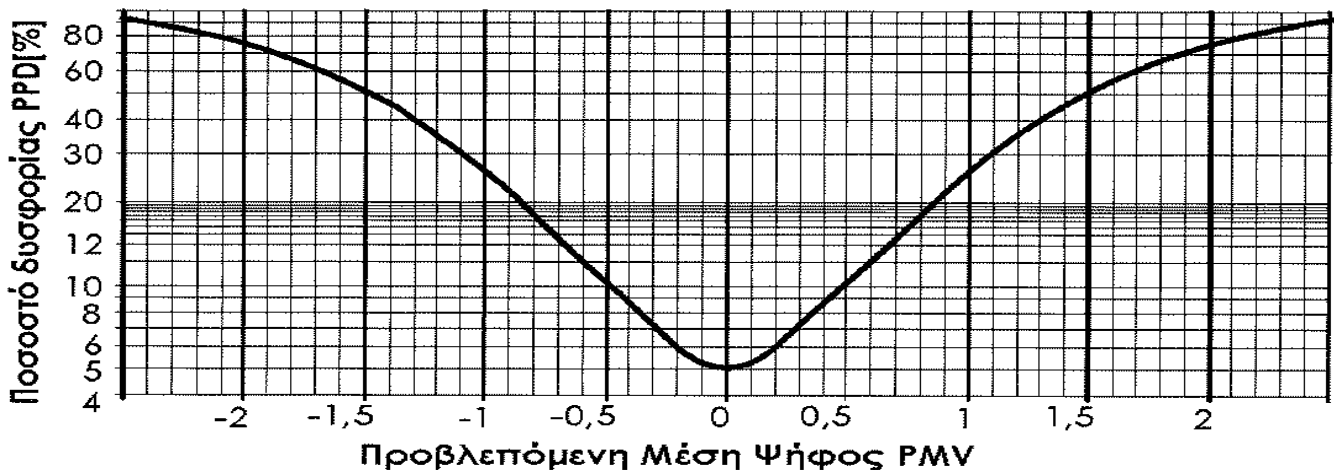
Ο δείκτης PMV προβλέπει τη μέση τιμή των ψήφων (σχετικά με το αίσθημα της θερμικής άνεσης) που θα έδινε ένα πλήθος ανθρώπων με συγκεκριμένα υποκειμενικά χαρακτηριστικά (επίπεδο ένδυσης, δραστηριότητα) σε ένα δεδομένο μικροκλίμα. Η κλίμακα μέσα στην οποία λαμβάνει τιμές ο δείκτης αποτελείται από επτά σημεία από το -3 (πολύ ψυχρά) έως το +3 (πολύ θερμά). Η τιμή 0 δηλώνει αίσθηση θερμικής ουδετερότητας (θερμική άνεση).

Ακόμη και όταν ο δείκτης PMV λαμβάνει την τιμή 0, επειδή πρόκειται για στατιστική μέθοδο, θα υπάρχει ένα μικρό στατιστικό μέρος από τους χρήστες (5%) οι οποίοι και πάλι δεν θα νιώθουν άνετα. Ο δείκτης PPD μπορεί να υπολογιστεί άμεσα από το δείκτη PMV ή να εκτιμηθεί από το διάγραμμα στο σχήμα 3.7.

⁴ PMV index: Predicted Mean Vote (Προβλεπόμενη Μέση Ψήφος)

⁵ PPD index: Predicted Percentage of Dissatisfied (Προβλεπόμενο Ποσοστό Δυσφορίας ή Δυσφορούντων)

Η μέθοδος αυτή έχει αποδειχθεί ότι δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα στις περισσότερες περιπτώσεις εσωτερικών χώρων και γι' αυτό έχει πιστοποιηθεί από τον παγκόσμιο οργανισμό τυποποίησης (ISO) για τέτοια χρήση. Έχει το μειονέκτημα ότι απαιτεί σχετικά δύσκολους υπολογισμούς που δεν μπορούν να γίνουν χειρονακτικά αλλά παρουσιάζει με σαφή τρόπο την εκτίμηση της θερμικής άνεσης.



Σχήμα 3.7 Προβλεπόμενη ποσοστό δυσφορίας σε σχέση με τη προβλεπόμενη μέση ψήφο

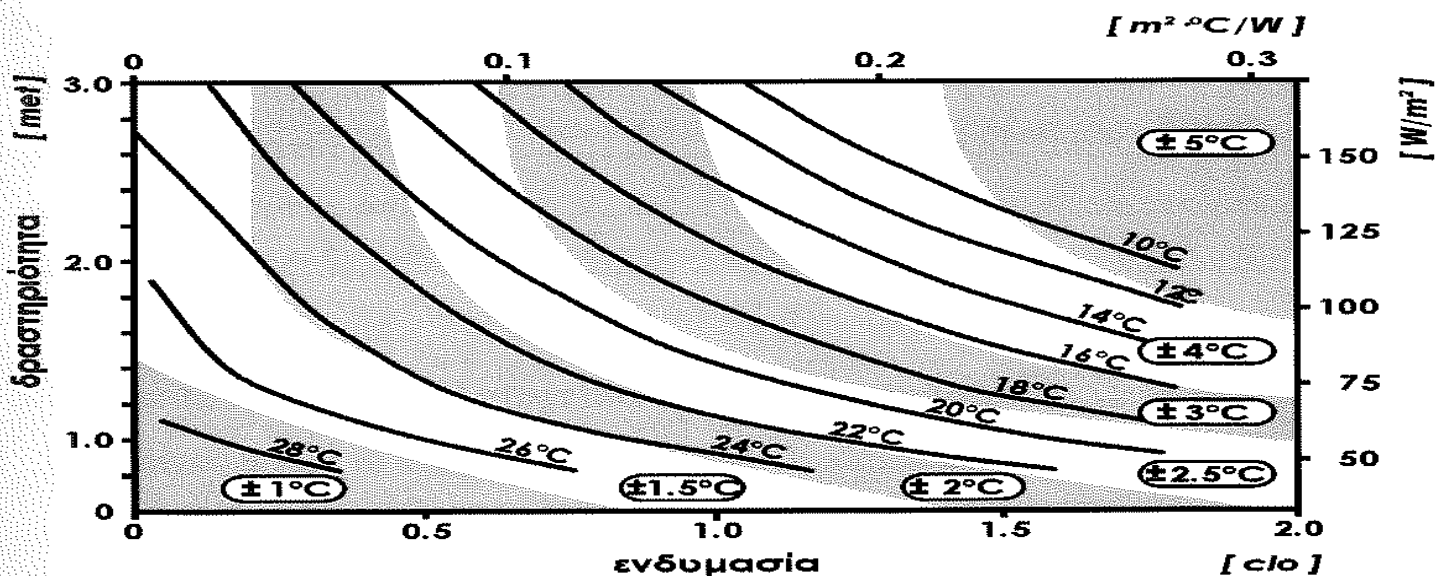
Πίνακας 3.7 Κλίμακα και ερμηνεία τιμών της μεθόδου

PMV	Ερμηνεία
+3	Πολύ θερμά (Έντονη θερμική δυσφορία – έντονη εφίδρωση)
+2	Θερμά (Οριακή δυσφορία για τους περισσότερους)
+1	Ελαφρώς θερμά (Μη ενοχλητική αίσθηση ζέστης – χωρίς εφίδρωση)
0	Ουδέτερα ασχολούνται με τις συνθήκες) (Οι περισσότεροι δεν
-1	Δροσερά δροσιάς) (Μη ενοχλητική αίσθηση
-2	Ψυχρά (Οριακά αντιληπτό ψύχος)
-3	Πολύ ψυχρά (Έντονη αίσθηση ψύχους)

3. Προσδιορισμός απαιτήσεων ανάλογα με το κτίριο και τη χρήση

Η χρήση ενός κτιρίου προδιαγράφει και τις απαιτούμενες εσωκλιματικές συνθήκες. Υπάρχει για παράδειγμα, ένα ελάχιστο όριο στην ανανέωση του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου, το οποίο οφείλει να τηρείται προκειμένου να εξασφαλίζεται όχι μόνο η άνεση, αλλά κυρίως οι απαιτήσεις υγιεινής προς αποφυγή προβλημάτων υγείας. Αυτό το όριο οφείλει να εξαρτάται αρχικά από το πλήθος των χρηστών. Όπως και στα περισσότερα ζητήματα μηχανικού, το ζητούμενο δεν είναι η ευνοϊκότερη κατάσταση, αλλά η συχνότερα εμφανιζόμενη δυσμενής.

Ένας σύντομος τρόπος για την κατανόηση του μικροκλίματος ενός εσωτερικού χώρου και την εκτίμηση της θερμικής άνεσης που παρέχει, είναι με τη χρήση του νομογραφήματος στο σχήμα 3.8.



Σχήμα 3.8 βέλτιστη θερμοκρασία λειτουργίας (για PMV=0) συναρτήσει προς δραστηριότητας και του επιπέδου ένδυσης.

Οι πληροφορίες που δίνονται στο διάγραμμα έχουν τη μορφή μιας μεταβλητής ζώνης θερμικής άνεσης. Οι γραμμές αναπαριστούν τη βέλτιστη κατάσταση θερμικής άνεσης (PMV=0) και οι σκιασμένες περιοχές, καταστάσεις γενικά αποδεκτές όπου αναμένεται τουλάχιστον το 80% των ενοίκων θα νιώθει θερμικά άνετα, ανάλογα με το επίπεδο ένδυσας και την ασκούμενη δραστηριότητα.

4. Οπτική άνεση

Η οπτική άνεση σε έναν χώρο απαιτεί την εξασφάλιση τεσσάρων προϋποθέσεων:

- Την επίτευξη των απαραίτητων φωτιστικών επιπέδων για το είδος που επιτελούνται στον χώρο
- Την αποφυγή της οπτικής θάμπωσης
- Την εξασφάλιση οπτικής επαφής με το εξωτερικό περιβάλλον
- Την οπτική επαφή με εξωτερικά στοιχεία ευχάριστα στο άτομο

Εκατοντάδες χιλιάδες κτίρια έχουν ήδη κατασκευαστεί με βάση τις αρχές αυτές σε όλο τον κόσμο και παρουσιάζουν ιδιαίτερα ικανοποιητικά αποτελέσματα. Στην Ελλάδα, τα υπάρχοντα βιοκλιματικά κτίρια λειτουργούν με εξαιρετική επιτυχία και με βάση τις υπάρχουσες μετρήσεις καταναλώνουν κατά πολύ λιγότερη ενέργεια από ότι τα αντίστοιχα συμβατά [12]

Παθητικά Ηλιακά Συστήματα

Περιεχόμενα κεφαλαίου :

1. Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων...	54
2. Παθητικά ηλιακά συστήματα Άμεσου Κέρδους	57
2.1 Προστασία από θερμικές απώλειες	64
2.2 Θερινή λειτουργία	66
2.3 Βελτίωση της απόδοσης	67
2.4 Εφαρμογές	69
3. Έμμεσου κέρδους Παθητικά ηλιακά συστήματα	70
3.1. Τοίχος μάζας & τοίχος Trombe-Michel	71
3.1.1 Αποδοτικότητα συστήματος	76
3.1.2 Θερινή λειτουργία	80
3.2 Ηλιακή στέγη	83
3.3. Προσαρτημένο θερμοκήπιο	86
4. Παθητικά ηλιακά συστήματα απομονωμένου κέρδους	90
4.1. Θερμοσιφωνικό πανέλο	90
4.2 Προσαρτημένο θερμοκήπιο με απομονωμένη θερμική αποθήκη	93
4.3. Απομονωμένος τοίχος συσσώρευσης	94
4.4. Μεταφορικός βρόγχος	96

1. Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων.

Η ελαχιστοποίηση κάθε είδους θερμικών απωλειών κατά την περίοδο θέρμανσης αποτελεί το πρώτο βήμα για τη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας. Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας που ούτως ή άλλως υπάρχει σε αφθονία στο μεγαλύτερο διάστημα του έτους, αποτελεί το επόμενο βήμα, το οποίο ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες και το επιθυμητό επίπεδο θερμικής άνεσης, είναι σε θέση να ελαχιστοποιήσει ή και να εξαλείψει ακόμη την ανάγκη για χρήση βοηθητικής θέρμανσης.

Κάθε κτιριακή κατασκευή, ενσωματώνει κάποιο παθητικό ηλιακό σύστημα που εκμεταλλεύεται την ηλιακή ακτινοβολία για τη θέρμανσή του, άσχετα με τη βούληση του αρχιτέκτονα για χρήση ή όχι παθητικών ηλιακών συστημάτων. Το κάθε άνοιγμα του κτιρίου, είναι ένα εν δυνάμει παθητικό ηλιακό σύστημα, η αποδοτικότητα του οποίου εξαρτάται από την προσανατολισμό του, το μέγεθός του και το σκιασμό που δέχεται από εξωτερικά εμπόδια, ή διατάξεις σκιασμού.

Τόσο για τα παράθυρα, όσο για το σύνολο των παθητικών ηλιακών συστημάτων, όπου καθορίζουν την αποδοτικότητα του συστήματος είναι :

- Ο **προσανατολισμός** του συστήματος
- Η **ορατότητα του συλλέκτη του συστήματος προς τον ήλιο** κατά τη χειμερινή περίοδο.
- Ο **βαθμός σκιασμού** του συλλέκτη
- Οι **θερμικές απώλειες** του συστήματος τόσο στο διάστημα της ημέρας , όσο κυρίως στο διάστημα της νύχτας, όταν σταματάει η συλλογή ενέργειας
- Η **θερμική μάζα** του συστήματος και του κτιρίου.

Υπάρχουν αρκετές διαφοροποιήσεις ως προς τις διακριτές λειτουργίες των παθητικών ηλιακών συστημάτων. Ορισμένα μπορεί να περιορίζονται στη συλλογή και την άμεση απόδοση του ηλιακού κέρδους, ενώ άλλα να περιλαμβάνουν και άλλες λειτουργίες.

Στο σύνολό τους, τα λειτουργικά τμήματα ενός παθητικού ηλιακού συστήματος περιλαμβάνουν ένα ή περισσότερα από τα παρακάτω:

- **Συλλογή** της ηλιακής ακτινοβολίας
- **Αποθήκευση** της ηλιακής ακτινοβολίας με τη μορφή θερμότητας
- **Διανομή** της αποθηκευμένης θερμότητας στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου.

Ανάλογα με τη σχέση μεταξύ των παραπάνω λειτουργικών τμημάτων ενός ΠΗΣ, διακρίνονται τρεις βασικές κατηγορίες συστημάτων:

1. **Άμεσου ηλιακού κέρδους (direct gain)**
2. **Έμμεσου ηλιακού κέρδους (indirect gain)**
3. **Απομονωμένου ηλιακού κέρδους, ή λειτουργίας (isolated gain)**

Η βασική διάκριση μεταξύ των παραπάνω κατηγοριών αφορά κυρίως στην ύπαρξη θερμικής αποθήκης και συστήματος κατανομής της θερμότητας από την αποθήκη ή το συλλέκτη στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου.

Στα συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους δεν υπάρχει θερμική αποθήκη ούτε διάταξη διανομής της θερμότητας. Η ηλιακή ακτινοβολία διέρχεται από το συλλέκτη (παράθυρα) και αποδίδεται άμεσα στο χώρο θερμαίνοντας τις επιφάνειες που τον περιβάλλουν και τον αέρα του χώρου.

Στις διατάξεις έμμεσου ηλιακού κέρδους, η θερμότητα από την ηλιακή ακτινοβολία δεν αποδίδεται άμεσα στο χώρο, αλλά σε μια θερμική αποθήκη όπου στη συνέχεια διανέμεται στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου. Η διανομή μπορεί να γίνεται άμεσα π.χ. μέσα από ένα τοίχο ή έμμεσα, μεταφερόμενη π.χ. με αέρα από τη θερμική αποθήκη στο χώρο. Όπως και να γίνεται η διανομή, σε όλες τις διατάξεις αυτής της κατηγορίας, η διανομή γίνεται με φυσικό τρόπο και το σύστημα διανομής βρίσκεται σε επαφή με το συλλέκτη ή τη θερμική αποθήκη (και αποτελεί ενιαία κατασκευή με αυτό) και όχι σε απόσταση από αυτά.

Τέλος, στα συστήματα απομονωμένου κέρδους, η θερμότητα είτε μεταφέρεται από το συλλέκτη και αποδίδεται άμεσα στο χώρο, είτε μεταφέρεται από την αποθήκη στο χώρο. Σε κάθε περίπτωση, ο συλλέκτης, η θερμική αποθήκη και το σύστημα διανομής αποτελούν ξεχωριστές κατασκευές και συνήθως δεν βρίσκονται στον ίδιο χώρο.

Τα ΠΗΣ είναι σε θέση με τον κατάλληλο σχεδιασμό και τη σωστή χρήση τους από τους ένοικους να καλύψουν το μεγαλύτερο μέρος των θερμαντικών αναγκών ενός κτιρίου. Αυτό ισχύει πολύ περισσότερο για το ελληνικό κλίμα το οποίο χαρακτηρίζεται από αυξημένες εντάσεις ηλιακής ακτινοβολίας.

Συνολικά, τα **βασικότερα πλεονεκτήματα ενός ΠΗΣ** είναι:

1. **Μικρό κόστος κατασκευής (για τα περισσότερα συστήματα) και μηδενικό κόστος λειτουργίας.**
2. **Μεγάλη απόδοση**
3. **Απλή λειτουργία**

Από την άλλη, υπάρχει και ένας αριθμός μειονεκτημάτων που χαρακτηρίζει τα ΠΗΣ. Στην πλειοψηφία τους, τα μειονεκτήματα αυτά αναιρούνται με απλό τρόπο όταν ακολουθείται μια ορθολογική διαδικασία κατά το σχεδιασμό.

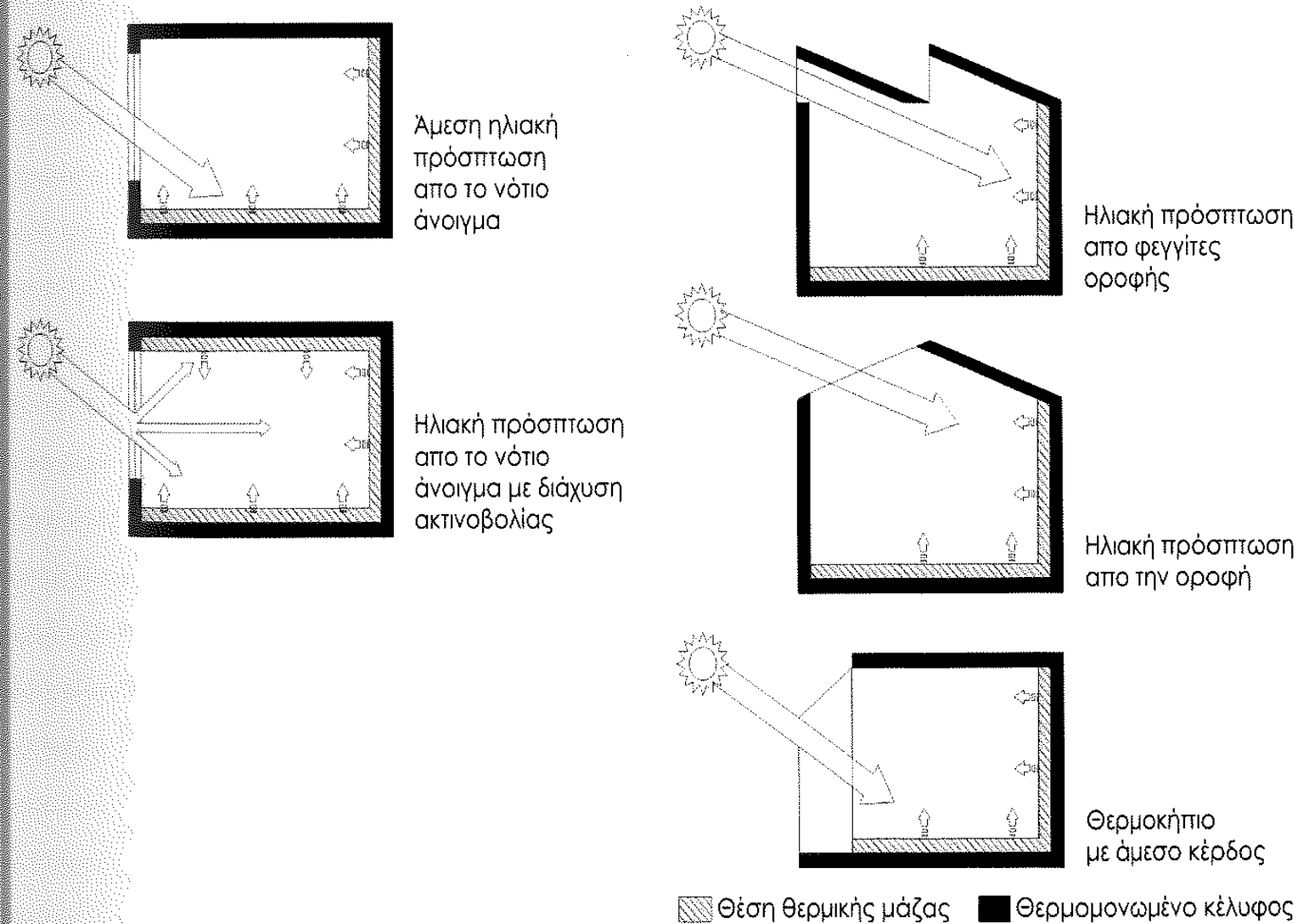
Τα βασικότερα από τα μειονεκτήματα είναι:

1. Οι περισσότερες Παθητικές Ηλιακές Διατάξεις, συνοδεύονται από δυσκολία ένταξής τους στο κτιριακό κέλυφος κατά τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό. Αυτό αποτελεί κυρίως αισθητικό χαρακτηριστικό το οποίο εξαρτάται κάθε φορά από την αρχιτεκτονική σύνθεση.
2. Η αξιοποίηση ενός ΠΗΣ, συνοδεύεται από την απαίτηση για ηλιασμό της κτιριακής όψης τουλάχιστον στο νότιο μέρος της, κάτι το οποίο δεν είναι συνήθως εφικτό στις υφιστάμενες, πυκνοδομημένες ελληνικές πόλεις.
3. Τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα εάν δεν μελετηθούν σωστά, μπορούν να οδηγήσουν σε υπερθέρμανση του κτιρίου κατά τη χειμερινή περίοδο και γι' αυτό απαιτείται μελέτη ηλιοπροστασίας και αυξημένη θερμική μάζα κτιρίου για την απόσβεση των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων.
4. Ο υπολογισμός και η διαστασιολόγησή τους δεν μπορεί να γίνει με απλό τρόπο αλλά απαιτείται αναλυτικός και συχνότερα προσομοιωτικός έλεγχος της λειτουργίας τους, μια και αυτά δεν αποτελούν μεμονωμένες διατάξεις, αλλά αλληλεπιδρούν με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του κτιρίου.

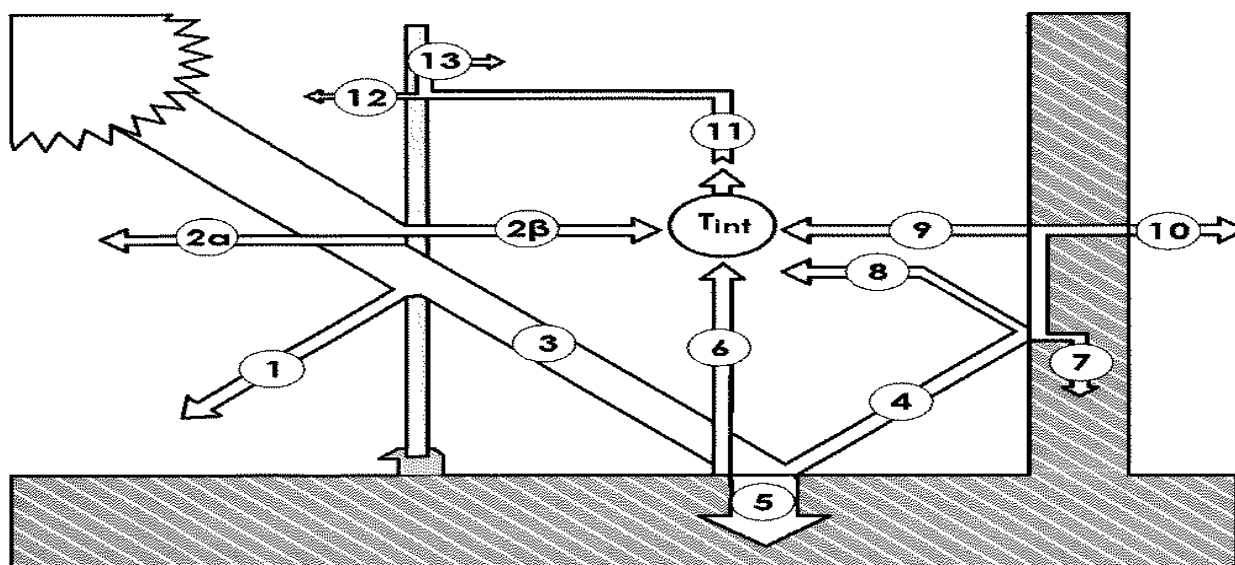
2. Παθητικά ηλιακά συστήματα Άμεσου Κέρδους

Πρόκειται για τις απλούστερες και πιο διαδεδομένες παθητικές ηλιακές διατάξεις. Στα άμεσου κέρδους συστήματα, ο χώρος θερμαίνεται άμεσα με την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας χωρίς να απαιτείται η παρεμβολή κάποιας ιδιαίτερης θερμικής μάζας ή κάποιο σύστημα διανομής της θερμότητας. Ορισμένοι βασικοί εκπρόσωποι αυτών των συστημάτων φαίνονται στο σχήμα 4.1.

Η θερμότητα προσπίπτει στα υλικά που συνθέτουν το χώρο, είτε απευθείας είτε έπειτα από αλληπάλληλες ανακλάσεις και αποθηκεύεται σε αυτά χωρίς να απαιτεί κάποια ιδιαίτερη κατασκευή θερμικής μάζας (σχήμα 4.2). Δεν απαιτείται τεχνική διανομής της θερμότητας, δεδομένου ότι η θερμότητα διανέμεται άμεσα στο χώρο αυξάνοντας τη θερμοκρασία του.



Σχήμα 4.1. Κυριότερες διατάξεις άμεσου κέρδους.

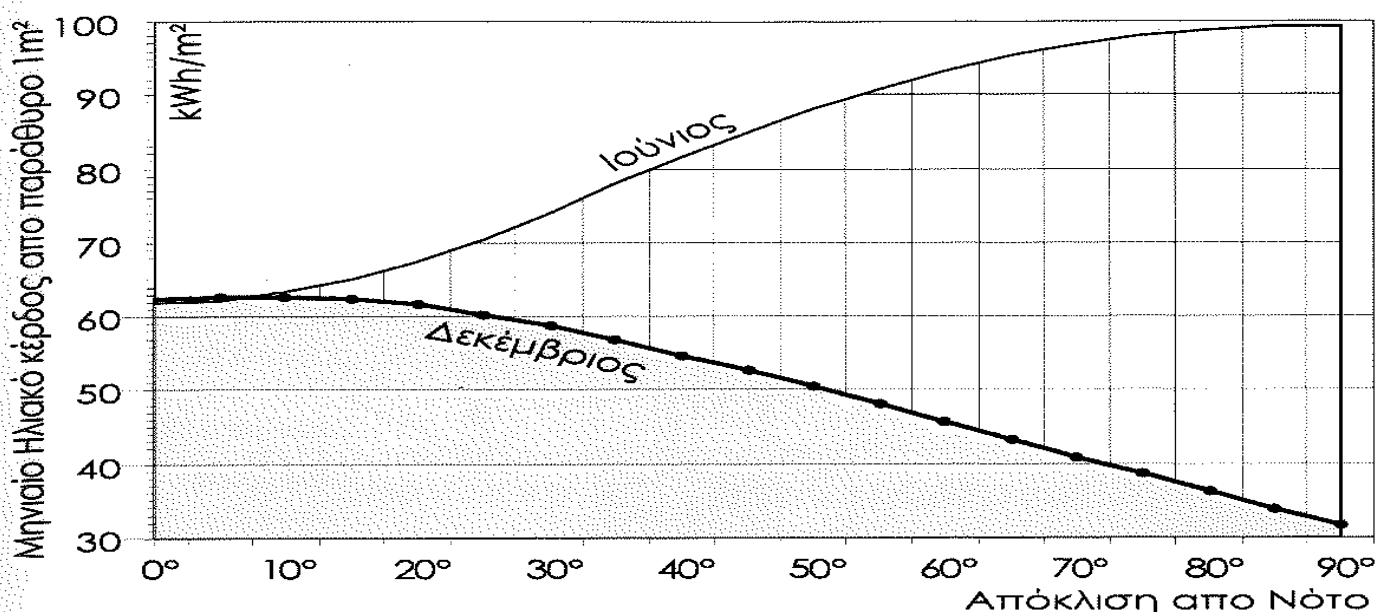


- | | |
|---|--|
| 1. Ανάκλαση σε υαλοπίνακα | 8. Ανάκλαση σε τοίχους |
| 2. Ηλιακή ενέργεια που απορροφάται και αποδίδεται στην ατμόσφαιρα (α) και στον εσωτερικό χώρο (β) | 9. Μεταφορά θερμότητας από τον τοίχο στο χώρο |
| 3. Εισερχόμενη στο χώρο ηλιακή ενέργεια | 10. Μεταφορά θερμότητας από τον τοίχο στο εξωτερικό ή σε άλλο χώρο του κτιρίου |
| 4. Ανάκλαση στο δάπεδο | 11. Θερμότητα χώρου |
| 5. Απορρόφηση & αποθήκευση στο δάπεδο | 12. Απορρόφηση και επαναπόδοση εσωτερικής θερμότητας προς το εσωτερικό |
| 6. Θερμότητα που αποδίδεται από το δάπεδο | 13. Απορρόφηση και επαναπόδοση εσωτερικής θερμότητας προς το εξωτερικό |
| 7. Απορρόφηση σε τοίχους | |

Σχήμα 4.2. Επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στο θερμικό ισοζύγιο του χώρου. [9]

Παρόλη την απλότητά του, δεν μπορεί κάθε άνοιγμα να θεωρηθεί ως τεχνική παθητικής θέρμανσης, διότι το σύστημα είναι αποδοτικό μόνο όταν το άνοιγμα είναι καθαρά νοτίου προσανατολισμού. ή τουλάχιστο με μικρή απόκλιση από το νότο.

Στο μεσογειακό κλίμα και σε ένα εύρος απόκλισης από το νότο της τάξης των 200-250 οι επιφάνειες δέχονται το 90% της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε ένα καθαρά νότια ποσοανατολισμένο άνοιγμα (σχήμα 4.3) Όσο μεγαλύτερη όμως είναι η απόκλιση, τόσο μεγαλύτερες δυσκολίες σκίασης παρουσιάζουν κατά τη θερινή περίοδο του έτους. Μεγαλύτερες αποκλίσεις από το νότο έχουν σαφέστατη επίδραση στη μείωση της αποδοτικότητας λόγω μειωμένης ηλιακής πρόσπτωσης αλλά και λόγω του γεγονότος ότι η ανακλαστικότητα του υαλοστασίου αυξάνει όσο περισσότερο η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει, αποκλίνει από την κατακόρυφη γωνία.



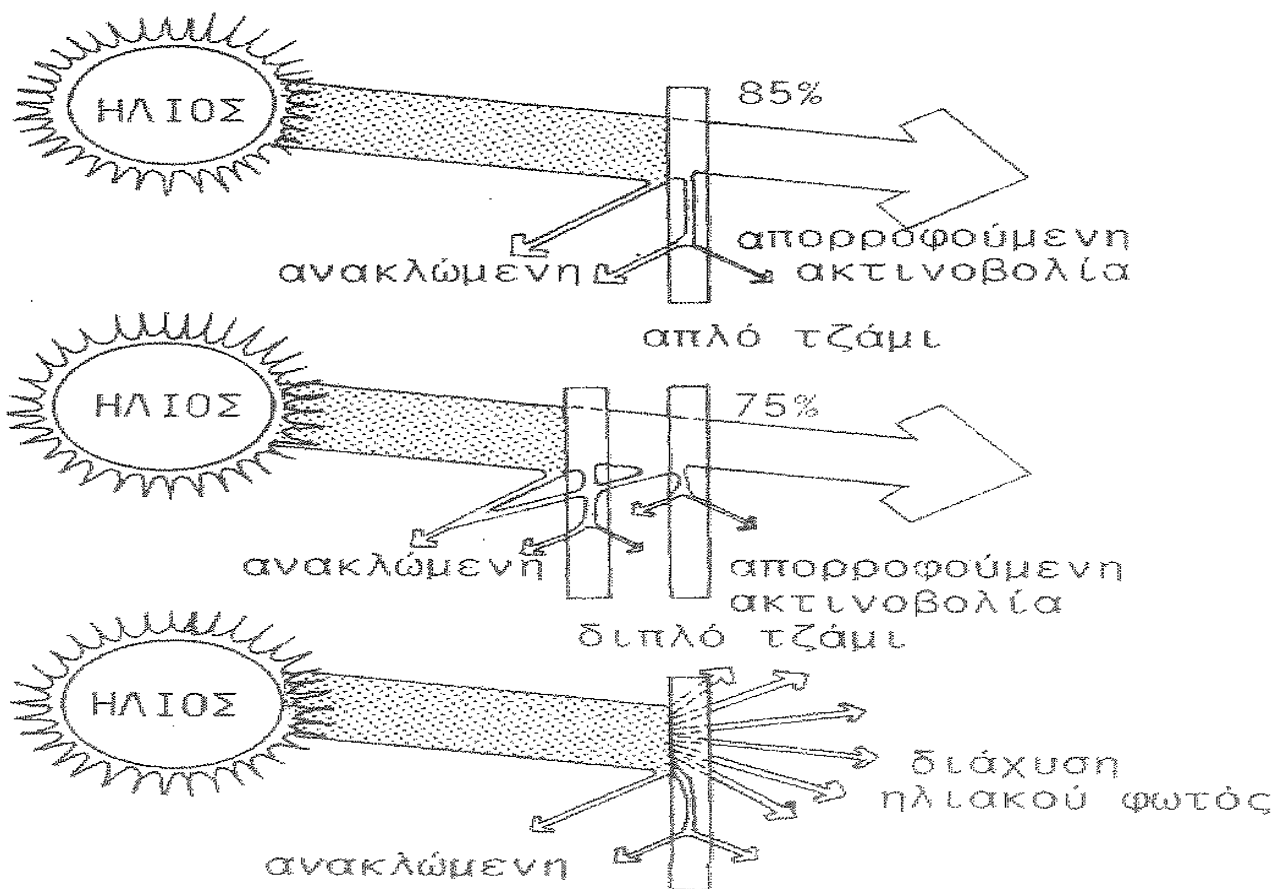
Σχήμα 4.3. Επίδραση της απόκλισης από νότιο προσανατολισμό, στο δυνητικό ηλιακό κέρδος από συστήματα Άμεσου Κέρδους. Τα μεγέθη είναι υπολογισμένα για παράθυρο συνολικού εμβαδού 1m^2 , για την περιοχή της Αθήνας.

Οι παράμετροι οι οποίες επηρεάζουν την απόδοση του συστήματος κατά τη χειμερινή περίοδο είναι:

- Η διαπερατότητα του υαλοστασίου στην ηλιακή ακτινοβολία
- ο προσανατολισμός και η κλίση του υαλοστασίου
- Το μέγεθος και η θέση των ανοιγμάτων από τα οποία γίνεται η συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Η θερμοχωρητικότητα των υλικών του χώρου
- Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του ανοίγματος

Διαπερατότητα υαλοστασίου Από την άποψη της μεγιστοποίησης του ηλιακού κέρδους, το υλικό και ο τύπος του υαλοπίνακα αποτελεί το πρώτο φίλτρο στο οποίο προσκρούει η ακτινοβολία και έτσι έχει σημαντική επίδραση στο τι ποσοστό της ακτινοβολίας θα μπορέσει να εισέλθει στο χώρο (σχήμα 4.4). Ένα μονό καθαρό τζάμι θα ήταν η βέλτιστη επιλογή, δεδομένου ότι παρουσιάζει τη μέγιστη διαπερατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία (0,94 έναντι 0.81 για το δίδυμο μονωτικό υαλοπίνακα). Αυτό όμως θα επιβάρυνε τις θερμικές απώλειες από το κτίριο, αναιρώντας ένα μέρος από την εξοικονόμηση ενέργειας και επιβαρύνοντας τις συνθήκες θερμικής άνεσης στο χώρο. Έτσι, ο δίδυμος μονωτικός υαλοπίνακας είναι η κατάλληλη επιλογή για το

μεσογειακό κλίμα, ενώ σε βορειότερες περιοχές δεν αποκλείεται η χρήση και τριπλού υαλοπίνακα, ανάλογα με τις θερμοκρασιακές συνθήκες της περιοχής. Η χρήση υαλοπίνακα χαμηλής εκπεμπιμότητας είναι επίσης μια δυνατότητα σε τέτοια κλίματα.



Σχήμα 4.4 Ποσοστό απορροφούμενης ακτινοβολίας ανάλογα με το είδος υαλοστασίου [7]

Ο προσανατολισμός στο νότο συμβάλει στη μεγιστοποίηση του κέρδους κατά τη χειμερινή περίοδο, ενώ παράλληλα, μειώνει τη θερμική επιβάρυνση του συστήματος κατά το καλοκαίρι. Πρόσθετη μείωση της θερμικής επιβάρυνσης σε αυτή την περίοδο του έτους μπορεί να επιτευχθεί με την προσθήκη ενός οριζόντιου προβόλου για τον πλήρη σκιασμό του ανοίγματος, όταν δεν είναι επιθυμητό το ηλιακό κέρδος. Ο πίνακας 4.1 δείχνει καθαρά τα πλεονεκτήματα του νότιου προσανατολισμού ως προς το μέγεθος του ηλιακού φορτίου που μπορεί να αξιοποιηθεί για θέρμανση του χώρου.

Πίνακας 4.1. Ημερήσιες ανοιγμένες τιμές θερμικών ροών από ανοίγματα διαφόρων προσανατολισμών την 21 Δεκεμβρίου στην περιοχή της Θεσσαλονίκης [kWh/m² ημέρα]

Είδος θερμικής ροής	ΤΥΠΟΣ ΠΙΝΑΚΑ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ			
		B	N	Δ	A
Ηλιακή πρόσοδος	ΜΟΝΟΣ	0,56	3,65	1,83	1,28
Θερμικές απώλειες		-1,58	-1,58	-1,58	-1,58
Ημερήσιο Σύνολο		-1,02	2,07	0,25	-0,29
Ηλιακή πρόσοδος	ΔΙΠΛΟΣ	0,46	3,09	1,50	1,05
Θερμικές απώλειες		-0,99	-0,99	-0,99	-0,99
Ημερήσιο Σύνολο		-0,53	2,10	0,52	0,06

Το μέγεθος των ανοιγμάτων που αξιοποιούνται στο σύστημα άμεσου κέρδους, αποτελεί αντικείμενο της ενεργειακής μελέτης του κτιρίου, δεδομένου ότι δεν επηρεάζει μόνο την ηλιακή πρόσοδο, αλλά και τις θερμικές απώλειες από το άνοιγμα όταν το σύστημα δεν λειτουργεί τις νυχτερινές ώρες αλλά και στο διάστημα της ημέρας. Για ποσοστά συμμετοχής στο θερμικό ισοζύγιο της τάξης του 30%, το μέγεθος του ανοίγματος μπορεί να ενσωματωθεί στη όψη του κτιρίου, δίχως να απαιτείται ειδική πρόβλεψη για αποθήκευση της πλεονάζουσας θερμότητας. Για μεγαλύτερες επιφάνειες ανοιγμάτων, απαιτείται ικανή θερμική μάζα ικανή να παραλάβει μέρος της θερμότητας προς αποφυγή υπερθέρμανσης του κτιρίου.

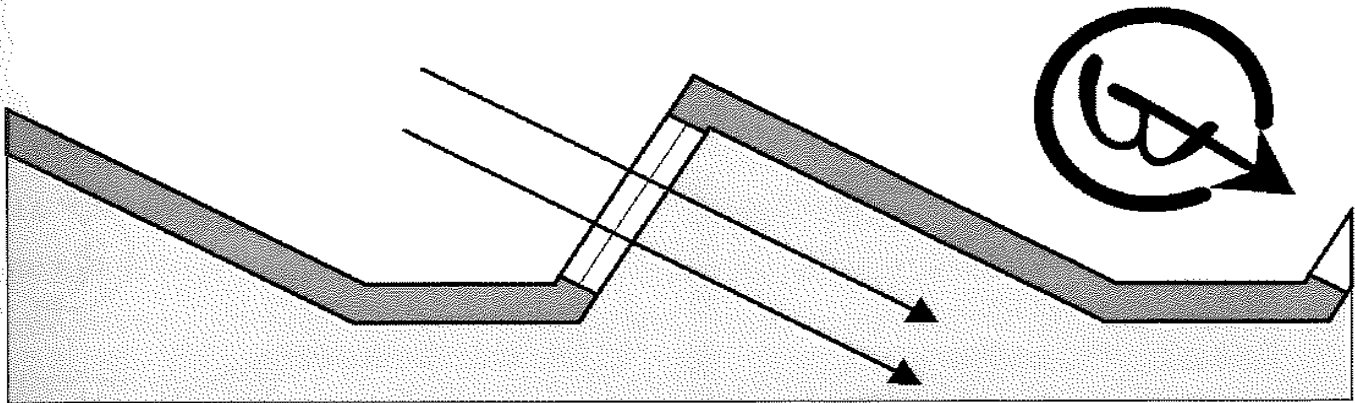
Γενικά, οι μεγάλες γυάλινες επιφάνειες απαιτούν ειδική μελέτη ηλιοπροστασίας ιδιαίτερα στο ελληνικό κλίμα για να αποφευχθεί η θερινή υπερθέρμανση του κτιρίου και η αντίστοιχα υψηλή δαπάνη ψύξης του κτιρίου. Παράλληλα, ο σκιασμός των ανοιγμάτων προλαμβάνει και την εμφάνιση προβλημάτων ποιότητας φωτισμού.

Πίνακας 4.2. Προτεινόμενη ηλιακή επιφάνεια ανοιγμάτων ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες [3]

Μέση εξωτερική θερμοκρασία χειμώνα [°C]		Επιφάνεια ανοιγμάτων για κάθε m ² επιφάνειας κάτοψης [m ²]
Ψυχρά κλίματα	-9,4	0,24-0,42
	-6,7	0,24-0,38
	-3,9	0,21-0,33
	-1,1	0,19-0,29
Εύκρατα κλίματα	1,7	0,16-0,25
	4,4	0,13-0,21
	7,2	0,11-0,17

Το παράδειγμα ενός κτιρίου στην πόλη της Θεσσαλονίκης είναι αρκετά χαρακτηριστικό για το ισοζύγιο κερδών και απωλειών από τα ανοίγματα, ανάλογα με τον προσανατολισμό και τον τύπο του υαλοπίνακα (πίνακας 4.1). Σε κάθε προσανατολισμό, υπάρχει πάντα ένα ορισμένο θερμικό κέρδος από την ηλιακή ακτινοβολία. Ακόμη και σε βόρειο προσανατολισμό, ανάλογα με το ποσοστό της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας αναμένεται κέρδος. Λόγω όμως των θερμικών απωλειών που συνεπάγεται η χρήση των ανοιγμάτων, αυτό το κέρδος δεν μπορεί να ισοσταθμίσει συχνά τις θερμικές απώλειες με αποτέλεσμα το άνοιγμα να έχει αρνητική συμβολή στο θερμικό ισοζύγιο του χώρου. Στο παράδειγμα του πίνακα, εμφανίζεται διαφοροποίηση μεταξύ δυτικού και ανατολικού προσανατολισμού, η οποία στη γενική περίπτωση δεν εμφανίζεται σε κτίρια άλλων περιοχών. Το αίτιο είναι η παρουσία ορεινών όγκων σε βορειοανατολικό προσανατολισμό (Χορτιάτης, Σειχ-Σου) η οποία καθυστερεί την ώρα εμφάνισης του ήλιου από την Ανατολή, ιδίως το χειμώνα που ο ήλιος ακολουθεί χαμηλή τροχιά. Τέτοιες τοπικές παράμετροι συχνά δεν λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό και οδηγούν σε σημαντικά σφάλματα διαστασιολόγησης που δεν περιορίζονται μόνο στο χώρο των παθητικών ηλιακών διατάξεων.

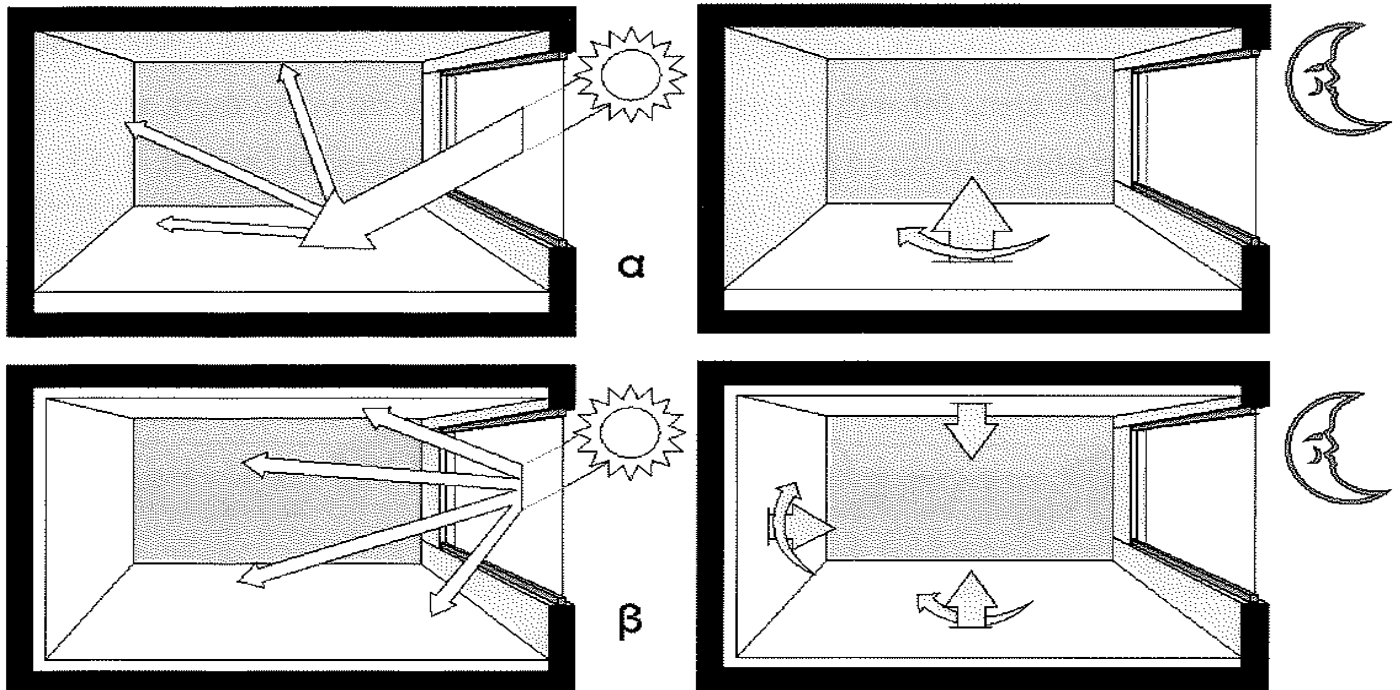
Η θέση του ανοίγματος στο χώρο έχει ορισμένη επιρροή στη λειτουργία του συστήματος μια και επηρεάζει άμεσα τις επιφάνειες στις οποίες προσπίπτει η ακτινοβολία. Είναι γενικά προτιμότερο να διαχέεται η ακτινοβολία σε μεγαλύτερη έκταση του χώρου παρά να περιορίζεται σε ένα μόνο τμήμα του γιατί έτσι γίνεται καλύτερη κατανομή της θερμότητας και άρα καλύτερη θερμική άνεση. Τα ανοίγματα στην οροφή σε ένα μακρόστενο χώρο που κανονικά δεν θα ηλιάζονταν με καλή κατανομή, μπορούν να συμβάλλουν σε αυτή την κατεύθυνση, ενώ ακόμη και αν δεν είναι δυνατή η κατασκευή ανοιγμάτων σε νότια όψη, υπάρχουν αρκετές λύσεις που οδηγούν σε νότια προσανατολισμένα ανοίγματα (σχήμα 4.5)



Σχήμα 4.5. Προσανατολισμός ανοιγμάτων περίπου Δυτικής όψης στο νότο για δημιουργία παθητικής ηλιακής διάταξης άμεσου κέρδους

Η απαίτηση για θερμική μάζα στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου σχετίζεται κυρίως με τις απαιτήσεις της θερμικής άνεσης για σταθερότητα του εσωκλίματος. Στην ιδεατή περίπτωση κατά την οποία ένας χώρος με σύστημα άμεσου κέρδους έχει αμελητέα θερμική μάζα, τότε κατά τις ώρες λειτουργίας, η ακτινοβολία θα μετατρέπονταν άμεσα σε θερμότητα του αέρα, προκαλώντας υπερθέρμανση, ενώ στα διαστήματα παροδικής νέφωσης, η λειτουργία του συστήματος θα διακόπτονταν άμεσα επιφέροντας μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στο χώρο και πλήττοντας το αίσθημα της θερμικής άνεσης. Με την αύξηση της θερμική μάζας όχι μόνο επιτυγχάνεται θερμοκρασιακή σταθερότητα κατά τις ώρες λειτουργίας, αλλά μετατοπίζεται το χρονικό φάσμα απόδοσης του συστήματος και στις απογευματινές ώρες, όταν δεν υπάρχει ηλιοφάνεια (το χειμώνα). Η θέση της θερμικής μάζας είναι συνήθως στο δάπεδο του χώρου όπου και υπάρχει άμεση ηλιακή πρόσπτωση. Γι' αυτό το λόγο, προτείνεται η χρήση επιστρώσεων με αυξημένη θερμοχωρητικότητα, όπως κεραμικά πλακίδια και μάρμαρο αντί του ξύλου. Για τον ίδιο λόγο, αποφεύγεται συνήθως η τοποθέτηση μοκέτας και χαλιών στο δάπεδο για να μη μειωθεί η λειτουργία της θερμικής αποθήκευσης.

Η θέση τοποθέτησης της θερμικής μάζας, εξαρτάται από τη μορφή της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Όταν υπάρχει άμεση πρόπτωση (σχήμα 4.6), τότε λαμβάνεται μέριμνα για αύξηση της θερμοχωρητικότητας του δαπέδου, ενώ στην περίπτωση της διάχυσης της ακτινοβολίας μέσω κατάλληλου υαλοπίνακα, όπου μικρότερης έντασης ακτινοβολία προσπίπτει σε όλες τις εσωτερικές επιφάνειες, είναι καλό όλες οι επιφάνειες του χώρου να διαθέτουν ικανή θερμική μάζα.



Σχήμα 4.6. Τοποθέτηση της θερμικής μάζας ανάλογα με τη μορφή της ηλιακής πρόσπτωσης. (α) άμεση πρόπτωση μέσω καθαρού γυαλιού και (β) έμμεση πρόσπτωση μέσω υαλοπίνακα διάχυσης. Φαίνεται και η λειτουργία του κάθε συστήματος μέρα - νύχτα.

2.1 Προστασία από θερμικές απώλειες

Το χειμώνα, περίπου το 60% των συνολικών θερμικών απωλειών (εξαιρουμένου του αερισμού) πραγματοποιούνται στο διάστημα της νύχτας. Αυτό σημαίνει ότι εάν απαιτείται πλήρης κάλυψη του φορτίου θέρμανσης από τα συστήματα άμεσου κέρδους, τότε στο διάστημα της ηλιοφάνειας περίπου το 60% της προσπίπτουσας ενέργειας πρέπει να αποθηκευτεί προκειμένου να αξιοποιηθεί τη νύχτα. Αν τώρα, η θερμομόνωση του κελύφους είναι ανεπαρκής, η θερμότητα που εκλύεται στο χώρο χάνεται στο περιβάλλον με αγωγιμότητα και με ακτινοβολία μέσα από τα ανοίγματα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση σχετικά χαμηλών θερμοκρασιών στο χώρο.

Οι μειωμένες θερμοκρασίες του εσωτερικού αέρα συμβάλουν σε σύντομη αποφόρτιση της θερμικής μάζας ώστε τελικά μετά από λίγες ώρες ο χώρος να μην παρέχει αποδεκτές συνθήκες θερμικής άνεσης και να απαιτείται η λειτουργία της βοηθητικής θέρμανσης.

Πέρα από τη θερμομόνωση του αδιαφανούς κελύφους -που πρέπει να θεωρείται δεδομένη- το σχετικά αυξημένο μέγεθος των ανοιγμάτων στα παθητικά ηλιακά συστήματα άμεσου κέρδους ευθύνεται για αυξημένες θερμικές απώλειες με αγωγιμότητα. Αυτό δεν ενοχλεί στο διάστημα της ημέρας, δεδομένου ότι η εισερχόμενη θερμότητα από τα ανοίγματα υπερκαλύπτει τις απώλειες. Τη νύχτα όμως, ανάλογα με τις επικρατούσες θερμοκρασίες περιβάλλοντος τα ηλιοστάσια απαιτείται να προστατευτούν έναντι θερμικών απωλειών ώστε να διατηρηθεί το επιθυμητό εσωκλίμα.

Τα μέτρα για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών από τα ανοίγματα περιλαμβάνουν διάφορες διατάξεις θερμικής μόνωσης. Οι συνηθέστερες είναι οι κουρτίνες, κινητά πλαίσια και παντζούρια, ενώ πολύ αποδοτική μόνωση επιτυγχάνεται και με τη χρήση υαλοπινάκων χαμηλής εκπεμπιμότητας.

Τα κινητά πλαίσια ή κινητή μόνωση αποτελούν τη βέλτιστη επιλογή, όταν μπορούν να ενσωματωθούν στην όψη του κτιρίου. Ακόμη όμως και τα συνηθή μέτρα προστασίας συμμετέχουν.

Ανάλογα με τη λειτουργία τους, **οι νυχτερινές μονώσεις** διακρίνονται στις:

- **Χειροκίνητες**

- κινητά φύλλα με μονωτικό υλικό που τοποθετούνται τη νύχτα και αφαιρούνται την ημέρα
- Ρολά με θερμομονωτικό υλικό
- κουρτίνες
- Μονωτικά πετάσματα

- **Μηχανοκίνητες**

Η ενεργοποίηση τους γίνεται είτε αυτόματα με την βοήθεια διακόπτη-θερμοστάτη είτε με το χειρισμό του χρήστη. απαιτούν την παρουσία μηχανολογικού μηχανισμού και έχουν το μειονέκτημα του σχετικά υψηλού κόστους αγοράς-εγκατάστασης και συντήρησης. πλεονεκτούν στο ότι χρειάζονται ελάχιστη συμμετοχή του χρήστη και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμη και για τη νυχτερινή μόνωση μεγάλων ανοιγμάτων, όπου και οι χειροκίνητες μονώσεις έχουν μεγάλο βάρος και δυσκολία χρήσης.

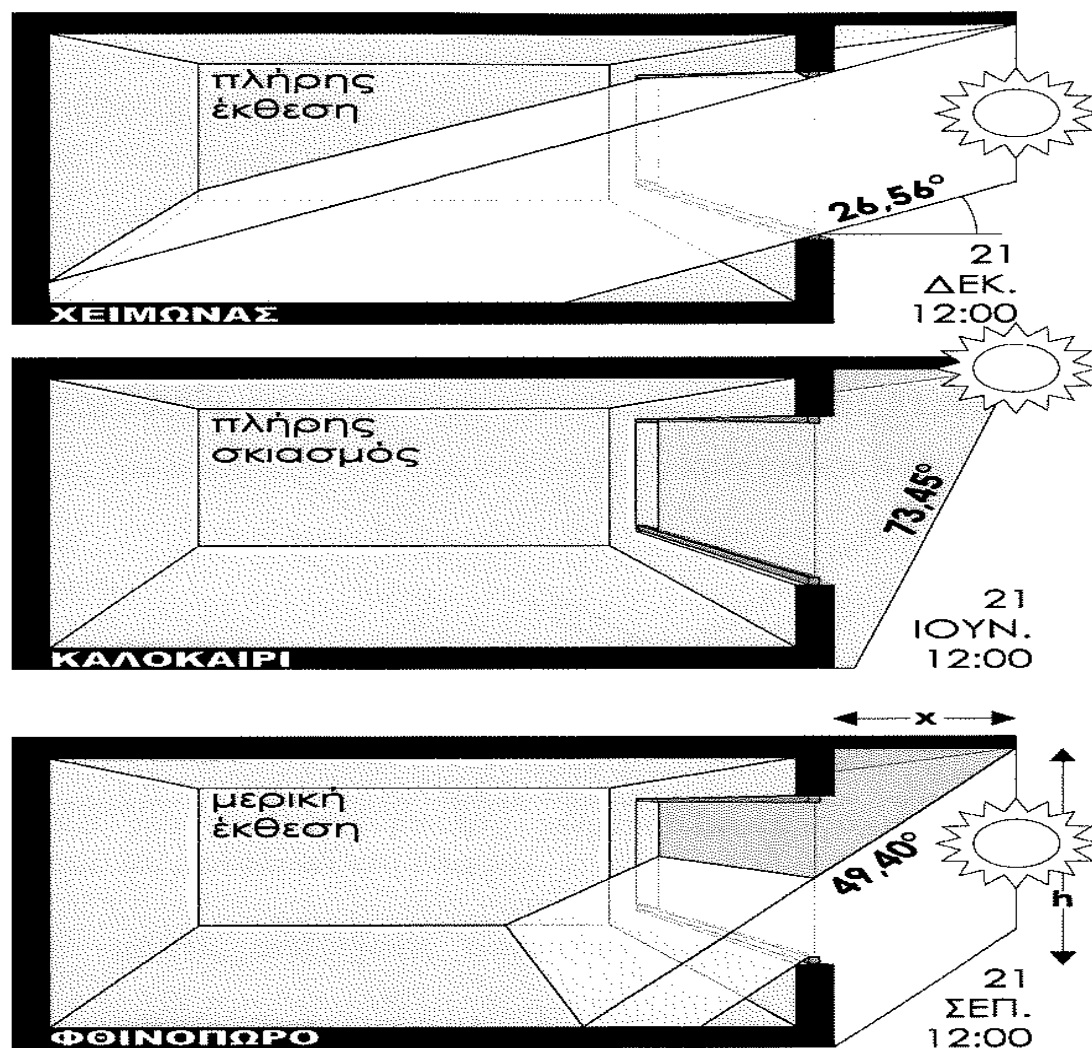
Ορισμένες μορφές της νυχτερινής μόνωσης βρίσκουν εφαρμογή και κατά τη θερινή περίοδο του έτους, για την ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων, ενώ χρησιμοποιούνται και ως μέτρο ασφαλείας όταν το κτίριο δεν χρησιμοποιείται.

2.2 Θερινή λειτουργία

Ο νότιος προσανατολισμός των ανοιγμάτων που χρησιμοποιούνται στα συστήματα άμεσου κέρδους, διασφαλίζει ότι κατά τη θερινή περίοδο του έτους, τα ανοίγματα αυτά δέχονται μικρή επιβάρυνση από την ηλιακή ακτινοβολία και επομένως μικρότερη απαίτηση για μηχανική ψύξη του χώρου. Στο χώρο της νότιας Ευρώπης και βορειότερα όμως, παραμένει πάντα ένα ποσοστό ηλιακής ακτινοβολίας που μπορεί να εισέλθει άμεσα στο χώρο. Αυτό σε συνδυασμό με το αυξημένο εμβαδόν των ανοιγμάτων σε σχέση με ένα συμβατικό κτίριο, μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση και να απαιτήσει σημαντικά φορτία ψύξης τη θερμή περίοδο του έτους, αναιρώντας ίσως το ενεργειακό κέρδος που μπορεί να προκύψει κατά την περίοδο θέρμανσης.

Είναι επομένως απαραίτητο, να προσεχθεί η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων. Ο νότιος προσανατολισμός δίνει τη δυνατότητα για απλή και αποτελεσματική σκίαση ενός ανοίγματος, με τη μορφή του οριζόντιου προβόλου. Ο υπολογισμός απαραίτητου μήκους ενός προβόλου αποτελεί απλούστατη διαδικασία, ενώ η παρουσία του δεν επηρεάζει ιδιαίτερα την αρχιτεκτονική μορφή των περισσότερων κτιρίων μια και στο μεσογειακό χώρο τα μπαλκόνια αποτελούν συνηθισμένη κατασκευή.

Παρόλη τη μόνιμη τους παρουσία, ένας σωστός υπολογισμός μπορεί να παρέχει πλήρη ηλιοπροστασία την περίοδο ψύξης και πλήρη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία την περίοδο θέρμανσης (σχήμα 4.7).



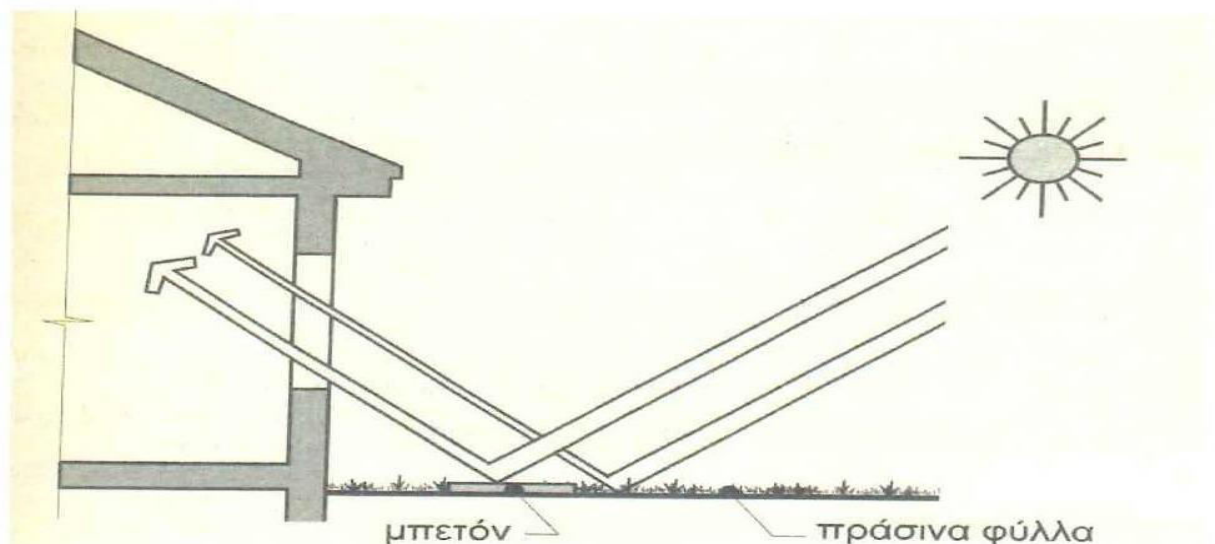
Σχήμα 4.7. ορθή διαστασιολόγηση οριζόντιου προβόλου για πλήρη ηλιασμό το χειμώνα και ηλιοπροστασία το καλοκαίρι για την περιοχή της Κοζάνης (Γ.Π.,18 °C)

2.3 Βελτίωση της απόδοσης

Στην περίπτωση κατά την οποία είναι δυνατή η χρήση εξωτερικών ανακλαστήρων (σχήμα 4.8), τότε από την αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι δυνατό να αυξηθούν τα θερμικά κέρδη κατά 30-40% περίπου.

Ενδεχομένως, σε περιπτώσεις κατά τις οποίες ένα άνοιγμα σκιάζεται από κάποιο εξωτερικό εμπόδιο, ή δεν υπάρχει δυνατότητα για μεγάλη επιφάνεια συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας, ο ανακλαστήρας να είναι απαραίτητος, προκειμένου να γίνει δυνατή η εφαρμογή της τεχνικής. Άλλη περίπτωση χρήσης ανακλαστήρων είναι αυτή της τοποθέτησής τους στο εσωτερικό του κτιρίου για να κατευθύνουν την ηλιακή ακτινοβολία προς επιφάνειες με αυξημένη θερμοχωρητικότητα. Μειονέκτημα

της χρήσης ανακλαστήρων είναι ότι, ανάλογα με τη θέση τους και παρόλο που αυξάνουν την άμεση ακτινοβολία, μπορεί να προκαλούν σκιασμό στη διάχυτη ακτινοβολία, κάτι που ενεργειακά έχει αρνητικά αποτελέσματα τις νεφελώδεις μέρες, όπου μόνο η διάχυτη ακτινοβολία είναι αξιοποιήσιμη.



Σχήμα 4.8. Εξωτερικός ανακλαστήρας για την αύξηση της απόδοσης ενός συστήματος άμεσου κέρδους [2]

Η βέλτιστη κλίση του ανακλαστήρα ως προς το άνοιγμα καθορίζεται ως προς τη θέση του ανοίγματος και από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Έτσι :

- Για κάθετα ηλιοστάσια, οι ανακλαστές πρέπει να έχουν μικρή κλίση, παρόμοιο πλάτος με το άνοιγμα και περίπου διπλάσιο μήκος από το ύψος του ανοίγματος.
- Για οριζόντια υαλιοστάσια οροφής, η βέλτιστη κλίση είναι περίπου $60-85^{\circ}$ σε σχέση με το άνοιγμα.
- Για κεκλιμένα υαλιοστάσια μέχρι 50° , ο ανακλαστής πρέπει να είναι περίπου κάθετος και να έχει παρόμοιες διαστάσεις.

Πλεονεκτήματα

- Αποτελεί το πλέον εύκολο τρόπο αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας και μάλιστα με σημαντικό όφελος για την εξοικονόμηση ενέργειας. Είναι ιδιαίτερα αποδοτικό σε νοτιότερα γεωγραφικά πλάτη με ήπιους χειμώνες, όπως για παράδειγμα στον ελληνικό χώρο.

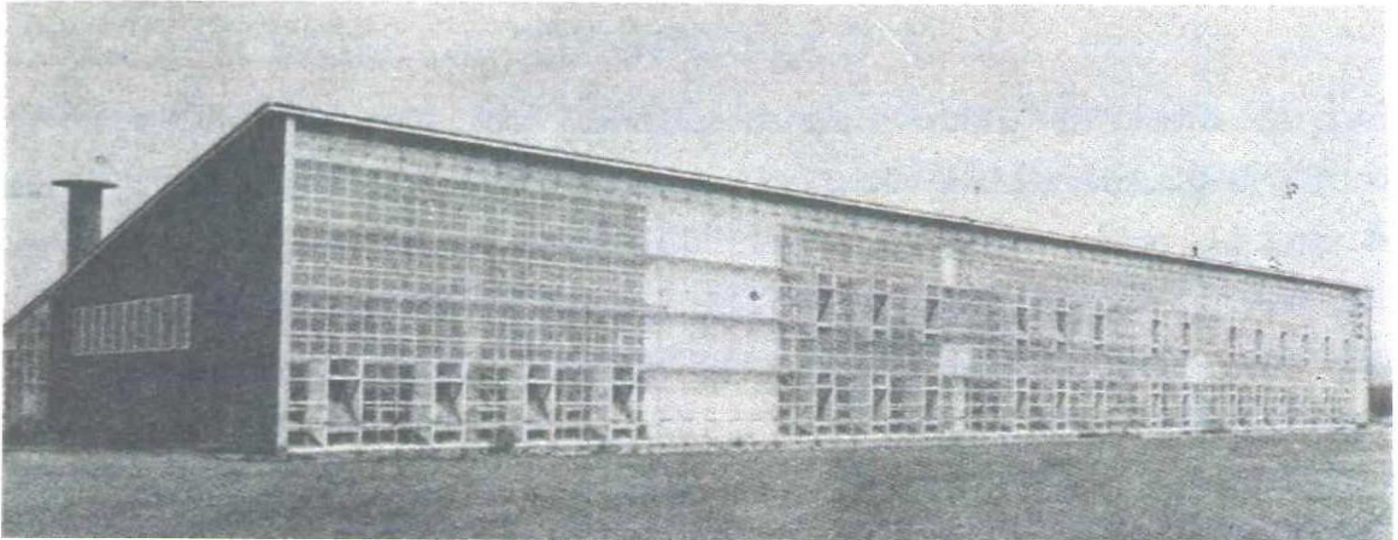
- Έχει μηδαμινό πρόσθετο κόστος και δεν απαιτεί πρόσθετες κατασκευές και εργασίες στις περισσότερες περιπτώσεις, δεδομένου ότι τα ανοίγματα εξυπηρετούν πολλαπλούς σκοπούς και δεν κατασκευάζονται μόνο για ηλιακή θέρμανση.
- Η χρήση μεγάλων ανοιγμάτων σε νότιο προσανατολισμό συνεπάγεται αυξημένα επίπεδα φυσικού φωτισμού με παράλληλο κέρδος από την εξοικονόμηση ενέργειας για φωτισμό αλλά και την παροχή καλύτερων συνθηκών άνεσης.

Μειονεκτήματα

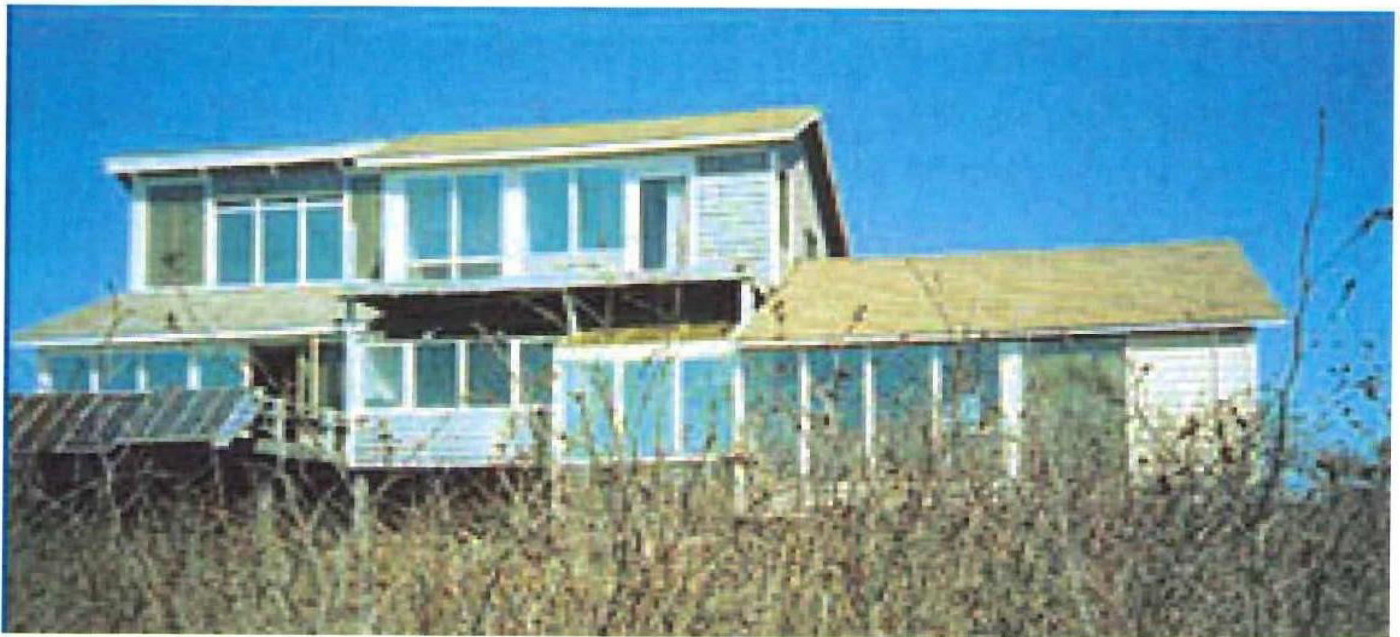
- Οι αυξημένες επιφάνειες ανοιγμάτων ενδέχεται να προκαλέσουν θάμβωση και απώλεια της ιδιωτικότητας τη νύχτα
- Η υπερϊώδης ακτινοβολία στον εσωτερικό χώρο προκαλεί αλλοιώσεις χρωμάτων σε υφάσματα και έπιπλα.
- Ανάλογα με τις απαιτήσεις του κτιρίου, τα μεγάλα ανοίγματα συνήθως απαιτούν αυξημένη θερμική μάζα, η οποία αν δεν παρέχεται από τα υπάρχοντα δομικά στοιχεία του κτιρίου, απαιτεί προσθήκη θερμικής μάζας με συνέπειες τόσο τη μείωση του ελεύθερου εσωτερικού χώρου, όσο και τη στατική επιφόρτιση του κτιρίου.
- Κατά τις ημέρες νέφωσης το σύστημα δεν είναι αποδοτικό. Παράλληλα, ενδεχόμενη παροδική νέφωση προκαλεί θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Επιπροσθέτως, στην περίπτωση μεγάλης επιφάνειας ανοιγμάτων, εάν δε ληφθεί μέριμνα για τη νυχτερινή θερμική μόνωση των ανοιγμάτων, ενδέχεται-ανάλογα με τις τοπικές κλιματικές συνθήκες-οι θερμικές απώλειες της νύχτα να ισοσκελίζουν ή να υπερβαίνουν το ηλιακό κέρδος, καταργώντας τη λειτουργία του συστήματος.

2.4 Εφαρμογές

Το σχολείο στο Wallasey στο Λίβερπουλ (σχήμα 4.9), είναι το παλαιότερο και το μεγαλύτερο σχολείο στην Ευρώπη, το οποίο θερμαίνεται με το σύστημα του απ' ευθείας κέρδους. Τέθηκε σε λειτουργία το 1962. Οι κύριοι χώροι του κτιρίου είναι τοποθετημένοι στη νότια πλευρά, η οποία παρουσιάζει μια απόκλιση 9° από το νότο. Εφαρμογές όμως βρίσκει κατά κόρων σε κατοικίες (σχήμα 4.10)



Σχήμα 4.9 Βιοκλιματικό κτίριο σχολείου στο Wallasey [8]



Σχήμα 4.10 Κτίριο με νότια ανοίγματα[18]

3. Έμμεσου κέρδους Παθητικά ηλιακά συστήματα

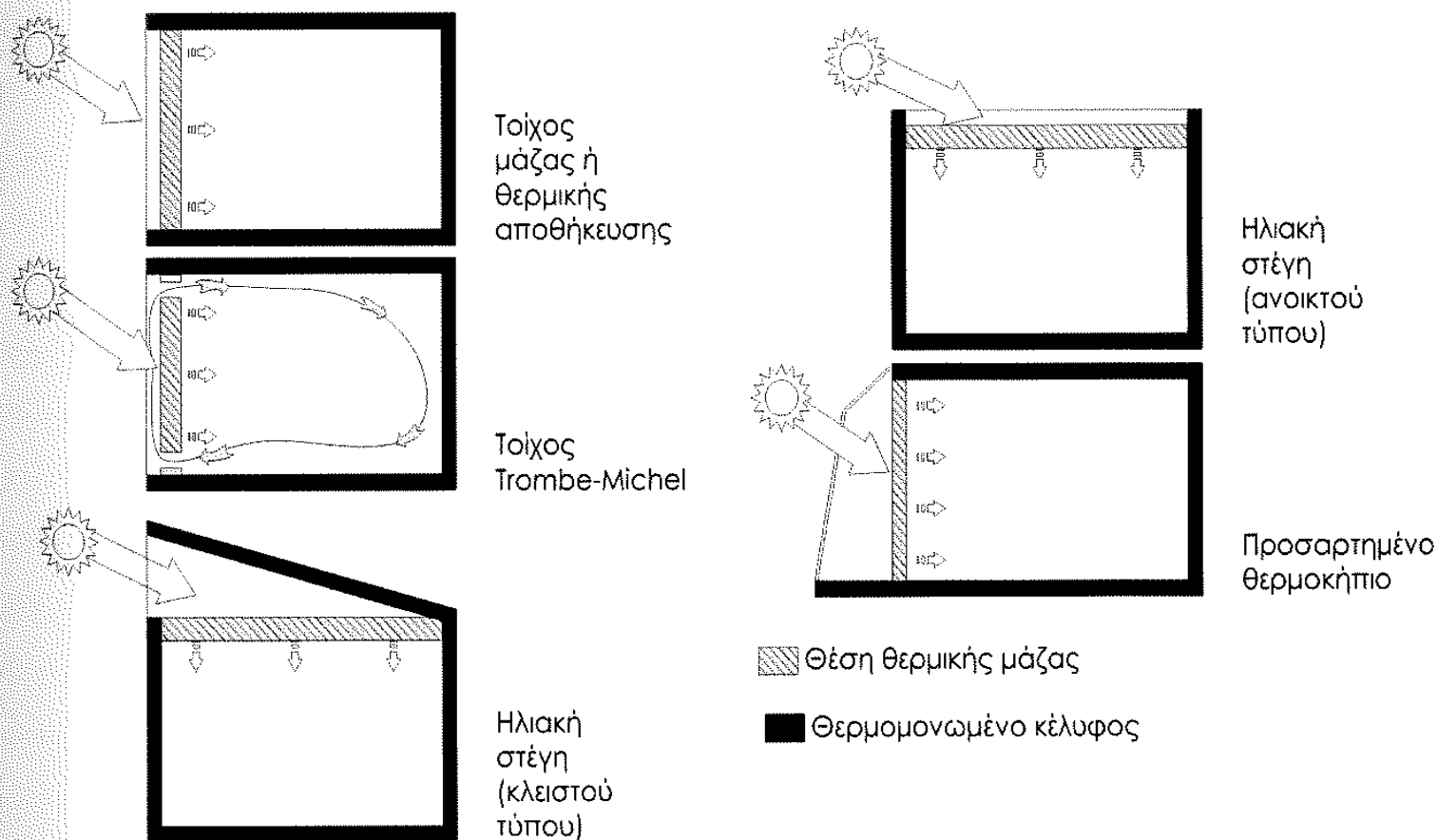
Στα παθητικά ηλιακά συστήματα έμμεσου κέρδους, η συλλογή της ηλιακής ενέργειας και η αποθήκευση της θερμότητας δεν γίνονται εντός του εσωτερικού χώρου. Ο συλλέκτης βρίσκεται εκτός του χώρου και η αποθήκη θερμότητας συνήθως αποτελεί το διαχωριστικό στοιχείο μεταξύ συλλέκτη και χώρου (π.χ. ένας τοίχος).

Βασικό λειτουργικό χαρακτηριστικό των διατάξεων αυτών είναι χρονική υστέρηση της απόδοσης της θερμότητας στο χώρο από την ώρα που πραγματοποιείται η συλλογή. Αυτή η χρονική υστέρηση εξαρτάται βασικά από τη

θερμοχωρητικότητα της θερμικής αποθήκης (που συνήθως είναι μια τοιχοποιία αυξημένης θερμοχωρητικότητας).

Οι βασικότερες μορφές αυτής της κατηγορίας ηλιακών παθητικών συστημάτων είναι (σχήμα 4.10):

- Ο τοίχος μάζας ή τοίχος θερμικής αποθήκευσης (Mass wall)
- Ο τοίχος Trombe-Michel ή τοίχος Trombe
- Η ηλιακή στέγη ή στέγη θερμικής αποθήκευσης ή Δεξαμενή οροφής
- Το προσαρτημένο θερμοκήπιο ή προσαρτημένος ηλιακός χώρος ή απλά θερμοκήπιο (Attached sunspace, Green house, Serre)



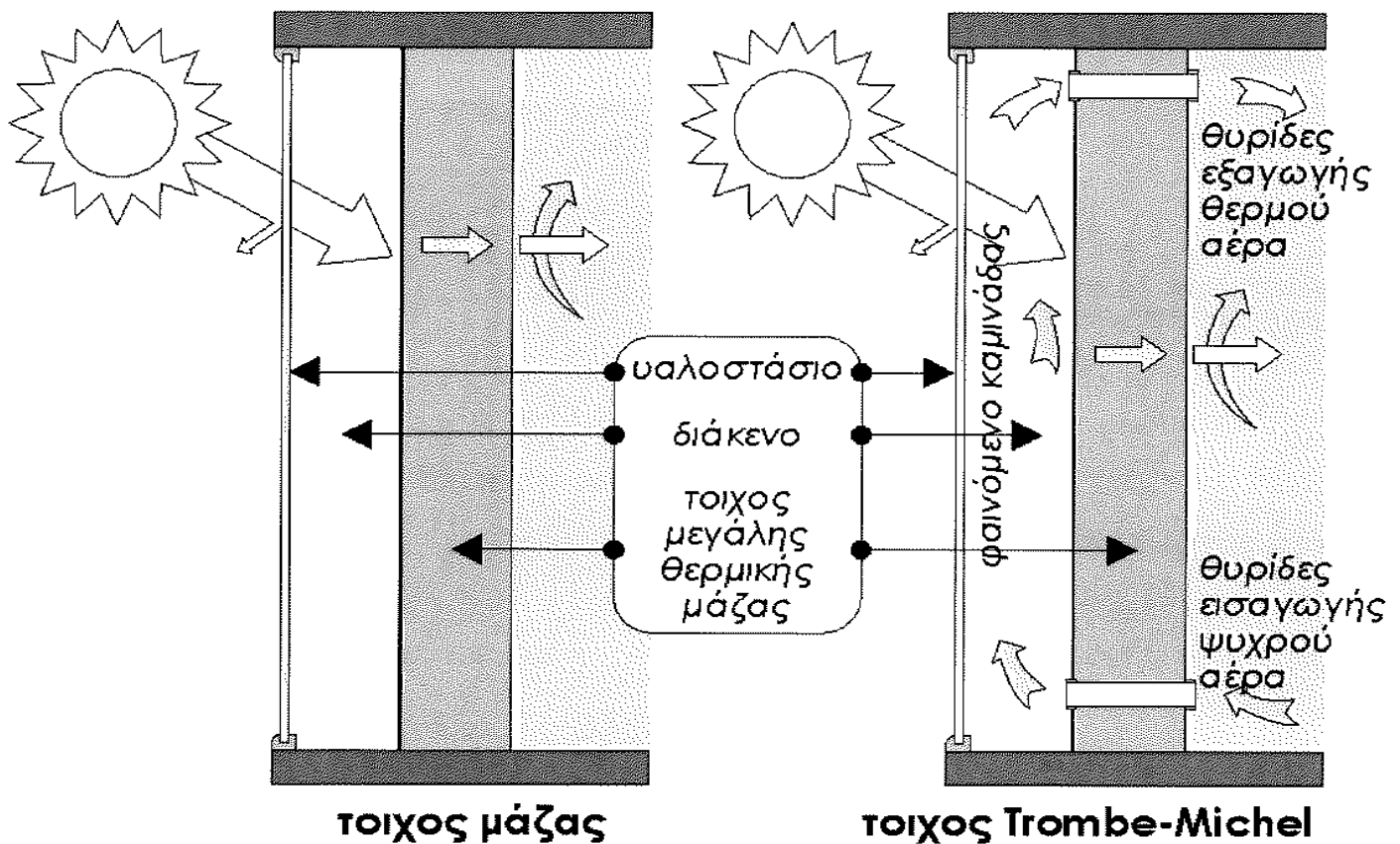
Σχήμα 4.11. Κυριότερες διατάξεις έμμεσου ηλιακού κέρδους [3]

3.1. Τοίχος μάζας & τοίχος Trombe-Michel

Ο τοίχος μάζας είναι ένας τοίχος κατασκευασμένος με υλικό υψηλής θερμοχωρητικότητας σε νότιο προσανατολισμό, στην εξωτερική πλευρά του οποίου και σε απόσταση περίπου 10 εκ ή μεγαλύτερη είναι τοποθετημένο υαλοστάσιο για τη δημιουργία φαινομένου θερμοκηπίου και για τη μείωση των θερμικών απωλειών.

Το υλικό κατασκευής του τοίχου είναι συνήθως σκυρόδεμα συμπαγείς κεραμικοί πλίνθοι, πέτρα ή όγκος νερού που συγκρατείται σε κατάλληλα διαμορφωμένο πλαστικό ή μεταλλικό δοχείο. Η κατασκευή του με οπλισμένο σκυρόδεμα συναντάται αρκετά συχνά, περισσότερο διότι με αυτό τον τρόπο το σύστημα είναι αυτοφερόμενο και δεν επιβαρύνει με το αυξημένο βάρος του το στατικό φορέα του κτιρίου.

Η αρχή λειτουργίας του συστήματος βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου που εμφανίζεται όταν στον τοίχο προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία. Η ακτινοβολία διαπερνά το υαλοστάσιο και προσπίπτει στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου, την οποία και θερμαίνει (σχήμα 4.12- σχήμα 4.13).

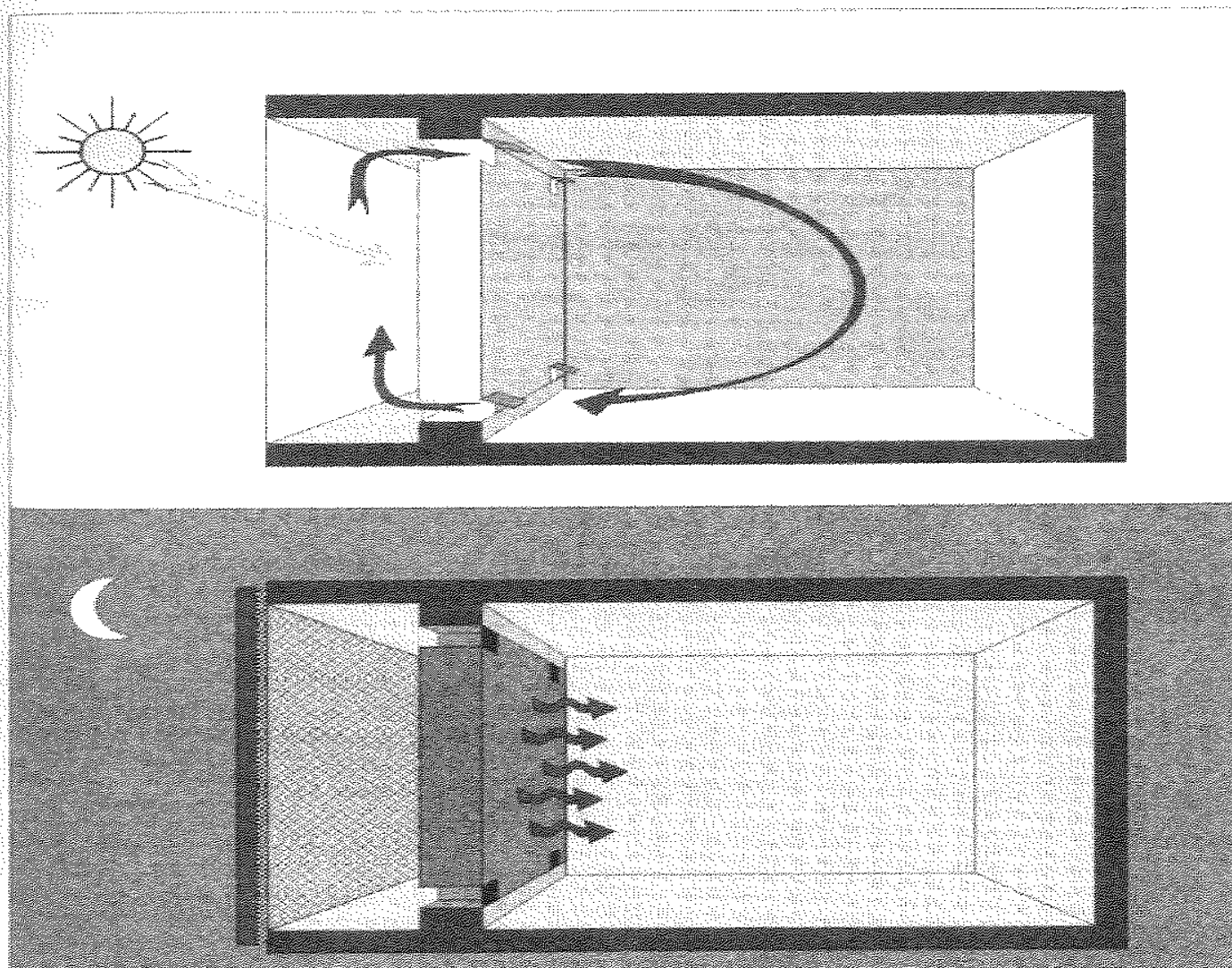


Σχήμα 4.12-4.13. αρχή λειτουργίας τοίχου μάζας (αριστερά) και τοίχου Trombe-Michel (δεξιά) [Πηγή Πρωτότυπο]

Έτσι σταδιακά αυξάνεται η θερμοκρασία του τοίχου και αποθηκεύεται θερμότητα στη μάζα του. Στο διάκενο αναπτύσσονται αυξημένες θερμοκρασίες αέρα που συμβάλλουν στη θέρμανση του τοίχου με ανταλλαγές από μεταφορά. Οι θερμοκρασίες αυτές συχνά μπορεί να ξεπεράσουν τους 60°C σε μια ηλιόλουστη χειμερινή ημέρα, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του τοίχου και τις κλιματικές συνθήκες. Παράλληλα, η παρουσία του υαλοστασίου περιορίζει τις θερμικές

απώλειες και την ανάκλαση της μικρού μήκους ακτινοβολίας. Η αποθήκευση θερμότητας στον τοίχο έχει ως αποτέλεσμα τη θέρμανσή του και τη σταδιακή απόδοση θερμότητας στο χώρο με ακτινοβολία και με μεταφορά, με κάποια χρονική υστέρηση ανάλογη του μεγέθους της θερμικής μάζας

Παραλλαγή του συστήματος είναι ο τοίχος Trombe (Trombe-Michel), ο οποίος προέρχεται από την εργασία των Felix Trombe και Jacques Michel στο Odeillo της Γαλλίας το 1967. Η αρχή λειτουργίας του ταυτίζεται με αυτή του απλού τοίχου μάζας με την πρόσθετη ιδιότητα της άμεσης μεταφοράς θερμότητας στο χώρο με τη μορφή ρεύματος θερμού αέρα (με φυσική μεταφορά).



Σχήμα 4.14. Λειτουργία τοίχου Trombe την μέρα και την νύχτα [2]

Η κύρια διαφορά μεταξύ των δυο διατάξεων είναι η παρουσία οπών στην άνω και κάτω πλευρά του τοίχου, οι οποίες επιτρέπουν την επικοινωνία του διάκενου με τον εσωτερικό χώρο. Η θέρμανση του διακένου από την ηλιακή ακτινοβολία έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση φαινομένου καμινάδας (θερμοσιφωνισμός). Ως αποτέλεσμα, δημιουργείται κίνηση του αέρα προς τα επάνω, ο οποίος κατά την άνοδό του θερμαίνεται και διοχετεύεται μέσω των ανώτερων οπών στον εσωτερικό χώρο. Ο αέρας που εκλύεται θερμός στο χώρο ανανεώνεται με απορρόφηση από τις κάτω οπές. Ο αέρας που εισέρχεται στο διάκενο, λόγω της θερμοκρασιακής διαστρωμάτωσης στον εσωτερικό χώρο, είναι η ψυχρότερη αέρια ποσότητα του χώρου, η οποία κατά τη διέλευσή της από το διάκενο δεσμεύει θερμότητα και επανεισέρχεται στο χώρο. Ο θερμοσιφωνισμός συνεχίζει να λειτουργεί περίπου για 2-3 ώρες μετά το πέρας του ηλιασμού του συστήματος ανάλογα με την κατακράτηση θερμότητας στον τοίχο.

Στον τοίχο Trombe-Michel, οι θυρίδες τοποθετούνται σε όλο το μήκος του τοίχου. Η συνολική επιφάνεια των θυρίδων δεν υπερβαίνει το 1% της συνολικής επιφάνειας τοίχου κ κατακόρυφη απόσταση μεταξύ τους πρέπει να είναι τουλάχιστον 2m προκειμένου να εμφανίζεται ο θερμοσιφωνισμός. Ο ρόλος των θυρίδων γίνεται σημαντικότερος όσο αυξάνει το πάχος του τοίχου γιατί έτσι συμβάλουν στη γρήγορη θέρμανση του χώρου που ειδάλλως θα καθυστερούσε λόγω χρονικής υστέρησης. Βασικά μειονεκτήματα από τη χρήση των θυρίδων είναι η αύξηση των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων στο χώρο και ο κίνδυνος να λερωθεί το υαλοστάσιο από την εσωτερική πλευρά από τη σκόνη, μειώνοντας την απόδοση του συστήματος. Γι'αυτό πρέπει να προβλέπεται η δυνατότητα καθαρισμού του υαλοστασίου.

Σε ότι αφορά στη συνολική ετήσια ενεργειακή απόδοση του ενός τοίχου Trombe, αυτή δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα από τη λειτουργία της κυκλοφορίας του αέρα, δεδομένου ότι η συνολική παρεχόμενη θερμότητα είναι η ίδια και στις δυο περιπτώσεις. Το μόνο που αλλάζει είναι ο τρόπος μετάδοσης της θερμότητας καθώς και το χρονικό διάστημα στο οποίο αποδίδεται θερμότητα σε αυτό. Η επιρροή αντίθετα, είναι σημαντική σε επίπεδο ημέρας, δεδομένου ότι επιταχύνεται η θέρμανση του χώρου σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Για δυο ίδιων διαστάσεων συστήματα -τοίχο μάζας και τοίχο Trombe- ο δεύτερος, επειδή παρουσιάζει «θερμικές απώλειες» στον εσωτερικό χώρο με αερισμό, στο τέλος της ηλιοφάνειας θα έχει μικρότερο θερμικό φορτίο σε σχέση με τον απλό τοίχο μάζας και επομένως θα πάψει να συνεισφέρει θερμότητα, νωρίτερα από ότι το απλό σύστημα. Για να έχει

ίδια συμπεριφορά με τον τοίχο μάζας, θα πρέπει να αυξηθεί η θερμοχωρητικότητά του (πάχος ή υλικό), ώστε γενικά να επιτύχει τον ίδιο χρόνο λειτουργίας.

Τη νύχτα, οι οπές κλείνουν με φραγή, ώστε να αποφεύγεται η αντίστροφη κυκλοφορία (είσοδος του θερμού εσωτερικού αέρα στο ψυχρό πλέον, διάκενο) και οι απώλειες θερμότητας).

Το βέλτιστο βάθος του χώρου, ώστε να υπάρχει αποδοτική και ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 6 μέτρα βάθος στο οποίο είναι αισθητή η θερμική ακτινοβολία η οποία εκπέμπεται από την εσωτερική επιφάνεια του τοίχου.

Οι τοίχοι μάζας θα πρέπει να θερμομονώνονται από όλα τα στοιχεία με τα οποία βρίσκονται σε επαφή προκειμένου να αποφευχθούν θερμογέφυρες οι οποίες πέρα από τις ενεργειακές απώλειες, σε αυτά τα συστήματα μπορούν να επιφέρουν σημαντικές ρηγματώσεις υλικών λόγω συστολοδιαστολών.

Ανάλογα με το υλικό κατασκευής της θερμικής μάζας οι τοίχοι θερμικής συσσώρευσης ταξινομούνται σε:

- Τοίχους κατασκευασμένους με υλικά τοιχοποιίας (σκυρόδεμα, πλίνθοι, πέτρα).
- Τοίχους νερού που αποτελούνται από δοχεία μεταλλικά, πλαστικά ή σκυροδέματος που περιέχουν νερό.

Οι τοίχοι νερού διαφοροποιούνται από τους υπόλοιπους στο γεγονός ότι η μετάδοση θερμότητας εντός του τοίχου δεν γίνεται μόνο με αγωγιμότητα, αλλά και με μεταφορά, με αποτέλεσμα την ταχύτερη ροή θερμότητας στη μάζα του τοίχου σε σχέση με τα συμπαγή υλικά κατασκευής.

Ανάλογα με τον τύπο και το υλικό του υαλιοστασίου διακρίνονται οι τοίχοι μάζας:

- Με μονό ή δίδυμο μονωτικό υαλοπίνακα
- Με διαφανή θερμομόνωση
- Χωρίς υαλοστάσιο.

Στην τελευταία περίπτωση, η ενεργειακή απόδοση του συστήματος είναι μειωμένη μια αυξάνονται οι θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον. Μέτρα προστασίας κατά των θερμικών απωλειών με τη χρήση νυχτερινής μόνωσης θεωρούνται απαραίτητα προκειμένου να μην αποτελέσει ασθενές, από ενεργειακής άποψης, μέρος του κελύφους.

3.1.1 Αποδοτικότητα συστήματος

Η απόδοση του τοίχου μάζας εξαρτάται από

- Το εμβαδόν του τοίχου
- Το πάχος του τοίχου και το υλικό που σχετίζονται και με το μέγεθος της θερμικής μάζας.
- Την απορροφητικότητα της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου (από την πλευρά προς το διάκενο αέρα).
- Τη χρήση τεχνικών αύξησης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας (αντανακλαστές)
- Τον τύπο και το υλικό του υαλοστασίου

Το μέγεθος του τοίχου μάζας, , όταν δεν προδιαγράφεται από τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά της κατασκευής, εξαρτάται από το ποσοστό του θερμικού φορτίου που επιδιώκεται να καλυφθεί από αυτόν. Βασικές παράμετροι -πέρα από τα επίπεδα ακτινοβολίας είναι οι θερμοκρασιακές συνθήκες του τόπου και οι θερμικές απώλειες του κτιρίου. Για επιθυμητά επίπεδα θερμοκρασίας εσωκλίματος της τάξης των 19-24°C στη διάρκεια του εικοσιτετραώρου μιας ανέφελης ημέρας του Ιανουαρίου και ανάλογα με τον τύπο κλίματος, το ποσοστό της επιφάνειας του τοίχου μάζας ως προς το εμβαδόν κάτοψης του προς θέρμανση χώρου μπορεί να βρεθεί από τα στοιχεία που παρουσιάζει ο πίνακας 4.3.

Πίνακας 4.3. Προτεινόμενη συνολική επιφάνεια τοίχου μάζας ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες για αποκλειστική θέρμανση από το ΠΗΣ.[3]

Μέση εξωτερική θερμοκρασία χειμώνα [°C]		Επιφάνεια τοίχου μάζας για κάθε m ² επιφάνειας κάτοψης [m ²]	
		Συμπαγής τοίχος	Τοίχος νερού
Ψυχρά κλίματα	-9,4	0,72-1,0	0,55-1,0
	-6,7	0,60-1,0	0,45-0,85
	-3,9	0,51-0,93	0,38-0,70
	-1,1	0,43-0,78	0,31-0,55
Εύκρατα κλίματα	1,7	0,35-0,60	0,25-0,43
	4,4	0,28-0,46	0,20-0,34
	7,2	0,22-0,35	0,16-0,25

Το πάχος του τοίχου σε συνδυασμό με τη θερμική αγωγιμότητα του υλικού κατασκευής, επηρεάζει το μέγεθος της χρονικής υστέρησης με την οποία η θερμότητα φτάνει στην εσωτερική επιφάνεια του τοίχου και κατ' επέκταση. Όσο πιο αγωγίμο είναι το υλικό, τόσο μεγαλύτερα πάχη τοίχου χρησιμοποιούνται προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή χρονική υστέρηση που θα διασφαλίσει τη σταθερότητα στο αποδιδόμενο θερμικό κέρδος.

Γενικά οι τοίχοι με συμπαγή υλικά κατασκευής δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη ευαισθησία στη μεταβολή του πάχους. Για παράδειγμα, ένας τοίχος σκυροδέματος παρουσιάζει σχεδόν την ίδια ενεργειακή απόδοση είτε έχει πάχος 30cm είτε 45cm. Οι τοίχοι νερού συνήθως κατασκευάζονται με πάχη ανώτερα των 15 εκατοστών προκειμένου να αποφευχθεί η ταχεία μετάδοση θερμότητας και η υπερθέρμανση του χώρου.

Βασική επιρροή του μεγέθους, υπάρχει στη χρονική υστέρηση με την οποία μεταδίδεται η θερμότητα και στη διακύμανση της θερμοκρασίας στην εσωτερική επιφάνεια του τοίχου (πίνακας 4.4).

Πίνακας 4.4. Χρονική υστέρηση και θερμοκρασιακή διακύμανση στην εσωτερική πλευρά ενός τοίχου μάζας από σκυρόδεμα, ανάλογα με το πάχος του.

Πάχος [cm]	Εύρος θερμοκρασιακής διακύμανσης στην εσωτ. επιφάνεια [°C]	Χρονική υστέρηση εμφάνισης της μέγιστης θερμοκρασίας στην εσωτερική επιφάνεια τοίχου
20	22,2	6,8
30	11,1	9,3
35	8,3	10,6
40	5,5	11,9
45	4,1	13,2
50	2,7	14,5
60	1,1	17,1

Το υλικό υαλοστασίου που χρησιμοποιείται συχνότερα, είναι δίδυμος μονωτικός υαλοπίνακας από κοινό γυαλί. Η χρήση υαλοπίνακα χαμηλής εκπεψιμότητας στον εσωτερικό υαλοπίνακα αυξάνει την απόδοση του συστήματος μειώνοντας τις απώλειες θερμικής ακτινοβολίας σε όλο το διάστημα της ημέρας. Η χρήση διαφανούς θερμομόνωσης δημιουργεί μια νέα γενιά τοίχων θερμικής αποθήκευσης, στην οποία είναι δυνατό να παραλείπεται το διάκενο αέρα (στον απλό τοίχο μάζας) μια που η διαφανής θερμομόνωση καλύπτει αυτό το ρόλο.

Το υλικό της θερμικής δεξαμενής, όπως προαναφέρθηκε μπορεί να είναι συμπαγές υλικό ή νερό. Τα συμπαγή υλικά πλεονεκτούν στο γεγονός ότι παρουσιάζουν χρονική υστέρηση με διπλό ενεργειακό όφελος. Αφενός μεν περιορίζεται η αυξομείωση της παρεχόμενης θερμότητας, αφετέρου δε λόγω της θερμοκρασιακής διαστρωμάτωσης στον τοίχο, το βράδυ η εσωτερική πλευρά είναι θερμή, ενώ η εξωτερική ψύχεται, ενώ με τη χρήση νερού, δεν υπάρχει ανάλογη διαστρωμάτωση και ευνοούνται οι θερμικές απώλειες τη νύχτα. Από την άλλη όμως, η χρήση του νερού ως υλικού αποθήκευσης της θερμότητας δίνει τη δυνατότητα το σύστημα να λειτουργήσει ως διάταξη διπλού κέρδους (άμεσου και έμμεσου). Σε μια τέτοια διάταξη, το νερό εγκλωβίζεται σε διαφανή δοχεία και επιτρέπει τη διέλευση μέρους της ηλιακής ακτινοβολίας στο χώρο.

Τα τελευταία χρόνια έχουν κάνει την εμφάνισή τους υλικά με πολύ αυξημένη θερμοχωρητικότητα, σχεδόν εξαπλάσια του σκυροδέματος, τα εύτηκτα άλατα ή υλικά αλλαγής φάσης (Phase Change Materials PCM), τα οποία με εξωθερμικές και ενδοθερμικές αντιδράσεις αλλάζουν την κατάσταση της ύλης τους και ανάλογα αποθηκεύουν ή αποδίδουν θερμότητα. Η βασική αρχή της αποθήκευσης θερμότητας σε αυτά είναι ότι αποθηκεύουν μεγάλα ποσά θερμότητας καθώς αλλάζουν φυσική κατάσταση από στερεά σε υγρά και την αποδίδουν καθώς στερεοποιούνται. Επί του παρόντος, τα υλικά αυτά δεν έχουν μεγάλη εμπορική εφαρμογή κυρίως λόγω κόστους και κατασκευαστικών περιορισμών, αλλά αναμένεται σύντομα να αξιοποιηθούν καθώς υπάρχει έντονη σχετική δραστηριότητα στη βιομηχανία δομικών υλικών. Η απορροφητικότητα της επιφάνειας του τοίχου στην οποία προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία επηρεάζει όχι μόνο άμεσα το ποσοστό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας που μετατρέπεται άμεσα σε θερμότητα στον τοίχο, αλλά και τις απώλειες θερμότητας με ακτινοβολία μέσω του υαλοπίνακα. Η απορροφητικότητα εξαρτάται τόσο από το χρώμα όσο και από την υφή του τοίχου (πίνακας 4.5). Γενικά προτιμώνται σκούρα χρώματα και τραχείες υφές ώστε να αυξάνεται η απορροφητικότητα.

Πίνακας 4.6. Απορροφητικότητα χρωμάτων και υλικών[26]

Χρώμα	a	Χρώμα	a
Μαύρο Nextel	0,97	Κόκκινη λαδομπογιά	0,74
Μαύρο ματ	0,95	Τούβλα φυσικής απόχρωσης	0,70
Σκούρο γκρι	0,91	Φυσικό μπετόν	0,65
Μαύρο μπετόν	0,91	Πράσινο	0,59
Μαύρη λαδομπογιά	0,90	Πορτοκαλί	0,58
Λαδί	0,89	Κίτρινο	0,57
Σκούρο καφέ	0,88	Άσπρο	0,25
Καφέ μπετόν	0,85	Ασημί	0,24

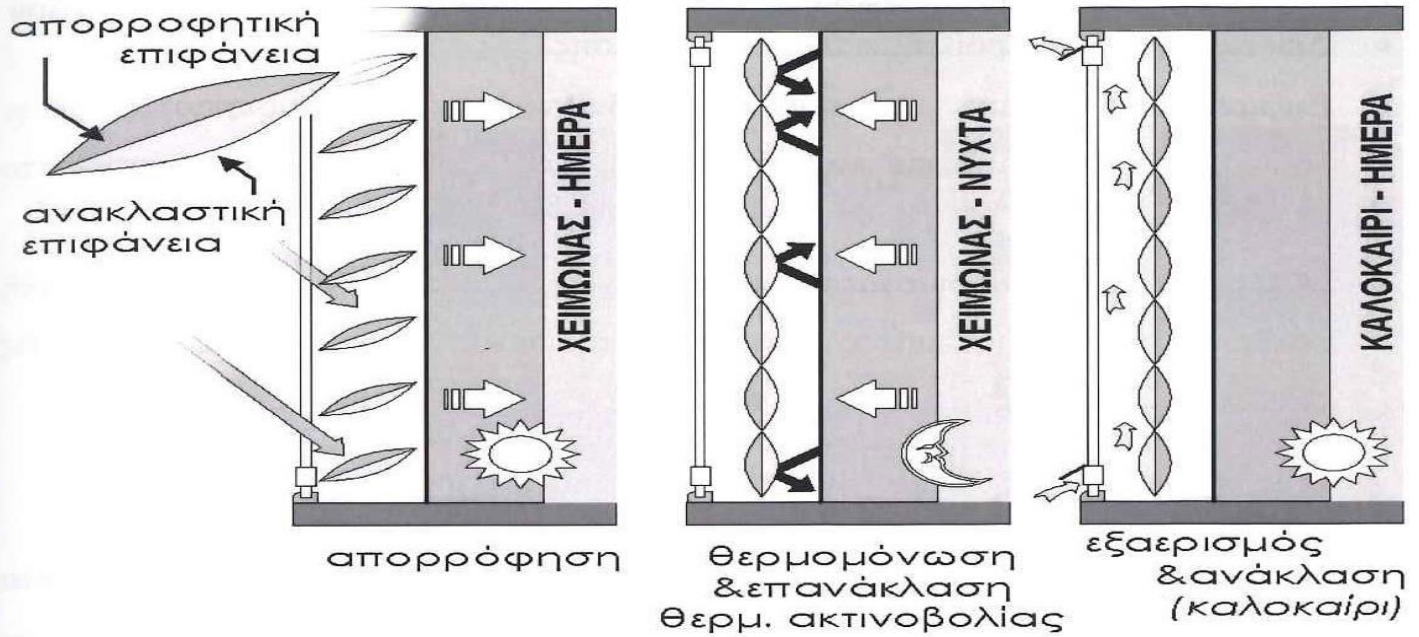
Σημαντική βελτίωση του συστήματος μπορεί να επιτευχθεί με την αύξηση του ποσοστού της ηλιακής πρόσπτωσης και τη θερμομόνωση του συστήματος κατά τις νυχτερινές ώρες ή τις νεφελώδεις ημέρες. Η αύξηση της ηλιακής πρόσπτωσης μπορεί να πραγματοποιηθεί με:

Εξωτερικούς ανακλαστές .Η λειτουργία τους είναι παρόμοια με αυτή των ανακλαστών στις διατάξεις αμέσου κέρδους. Οι ανακλαστές μπορεί να είναι κινητοί και να χρησιμοποιούνται τη νύχτα ως νυχτερινή μόνωση μειώνοντας τις θερμικές απώλειες, ή το καλοκαίρι ως προστασία του συστήματος από την υπερθέρμανση. Βασική τους απαίτηση είναι η ύπαρξη ελεύθερου χώρου για την ανάπτυξή τους και τακτική συντήρηση (καθαρισμός) για τη διατήρηση υψηλής ανακλαστικότητας.

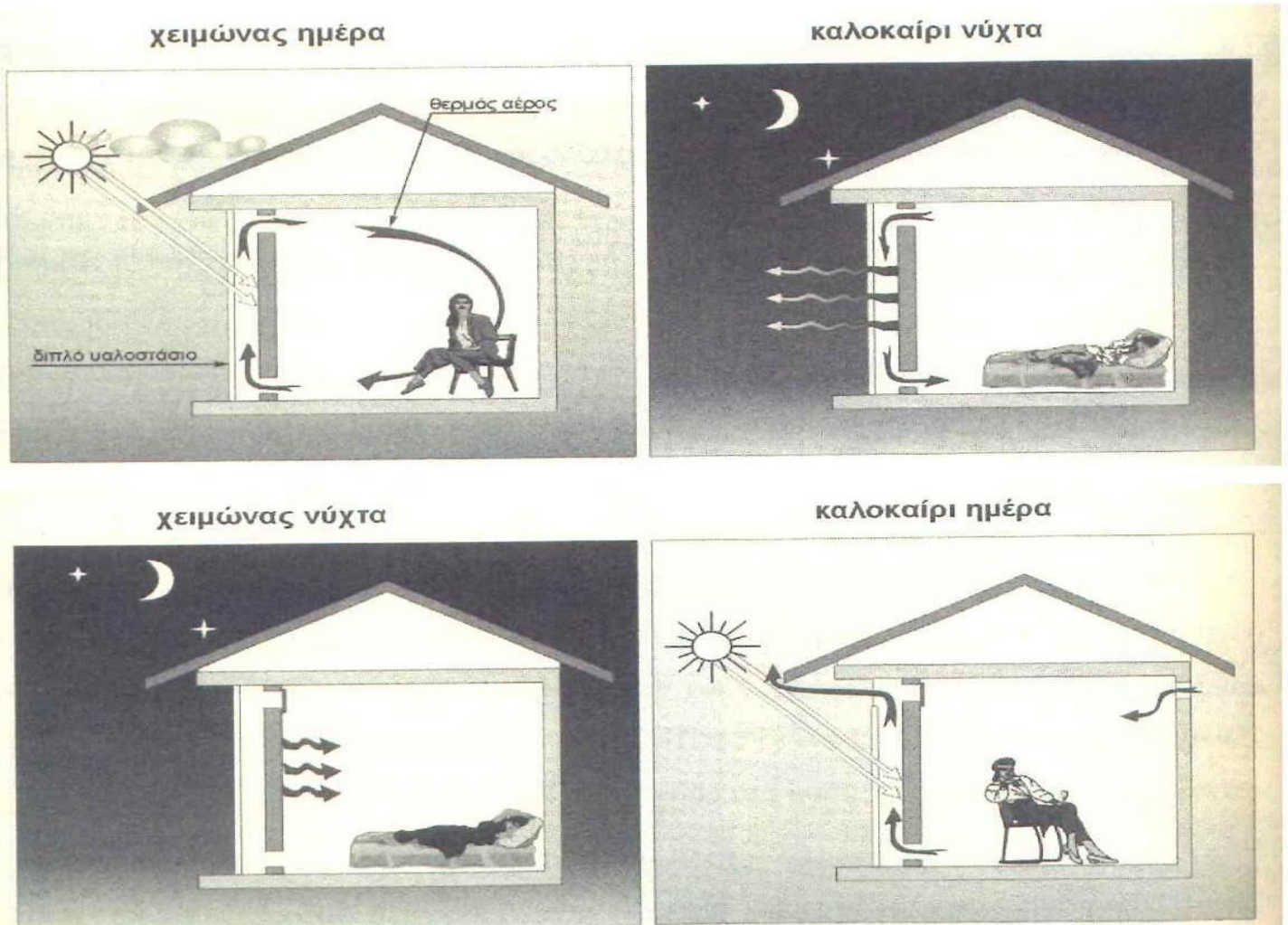
Εσωτερικούς ανακλαστές Αυτοί έχουν συνήθως τη μορφή περσίδων και τοποθετούνται εντός του διακένου με κύριο σκοπό να κατευθύνουν την ηλιακή ακτινοβολία προς τον τοίχο μάζας όταν η κλίση του τοίχου δεν είναι βέλτιστη, ή προκειμένου να αυξήσουν την ηλιακή απορρόφηση, όταν κατασκευάζονται με απορροφητική επένδυση στη μία ή και στις δυο όψεις (σχήμα 7.13). Το ίδιο σύστημα μπορεί να περιλαμβάνει θερμομόνωση στον πυρήνα των περσίδων και να λειτουργεί παράλληλα ως νυχτερινή μόνωση το χειμώνα. Το καλοκαίρι, σε συνδυασμό με το άνοιγμα των θυρίδων, λειτουργεί ως ηλιοπροστατευτικό μέσο για την αποφυγή υπερθέρμανσης του συστήματος με παράλληλη εκτόνωση της θερμότητας που συσσωρεύεται μεταξύ περσίδων και υαλοπίνακα. Η λειτουργία του κάθε φορά καθορίζεται με την περιστροφή των περσίδων, χειρονακτικά ή με τη βοήθεια κατάλληλου αυτοματισμού.

3.1.2 Θερινή λειτουργία

Κατά τη θερινή περίοδο, ένας τοίχος μάζας ή ένας τοίχος Trombe πρέπει να ηλιοπροστατεύεται διότι ειδάλλως θα προκαλεί ισχυρή θερμική επιβάρυνση στο χώρο. Ως μέσο ηλιοπροστασίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί οριζόντιος πρόβολος (σχήμα 4.15), η ίδια η νυχτερινή μόνωση, ενώ παράλληλα, η κατασκευή θυρίδων αερισμού στο κούφωμα του υαλοστασίου συμβάλλει στην εκτόνωση της θερμότητας του διακένου. Το σχήμα 4.16 περιγράφει με ευχάριστο τρόπο την ημερήσια και νυχτερινή λειτουργία του τοίχου Trombe τόσο τον χειμώνα όσο και το καλοκαίρι



Σχήμα 4.15. Οριζόντια πτερόγια για έλεγχο της ηλιακής απορρόφησης, νυχτερινή θερμομόνωση και θερινή ηλιοπροστασία. [Πηγή Πρωτότυπο]



Σχήμα 4.16 Χειμερινή και θερινή λειτουργία τοίχου Trombe[2]

Πλεονεκτήματα

- Δεν εμφανίζονται προβλήματα οπτικής άνεσης.
- Εμφανίζουν σχετικά περιορισμένες διακυμάνσεις θερμοκρασίας στην εσωτερική τους επιφάνεια και συμβάλλουν σε ήπια παροχή θερμότητας στο χώρο.
- Με την κατάλληλη διαστασιολόγηση, είναι εύκολο να ελεγχθεί η χρονική υστέρηση του συστήματος και να αποδίδεται η θερμότητα κατά τις απογευματινές ώρες

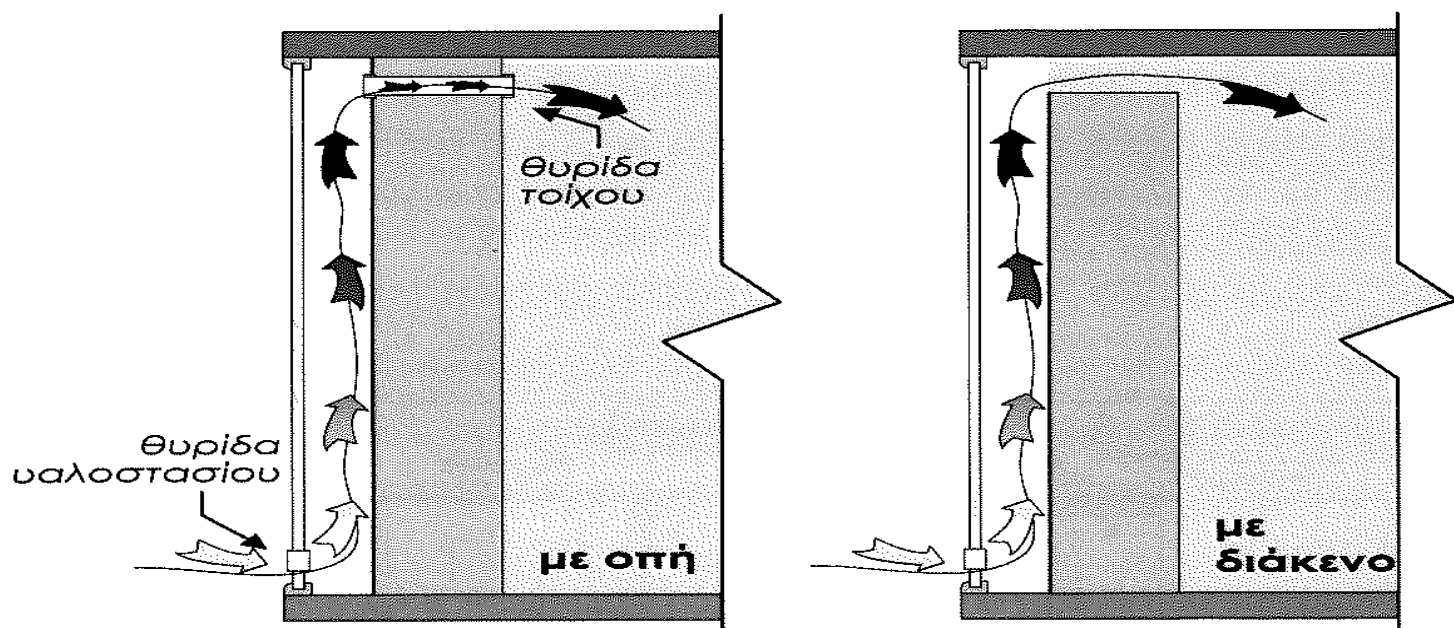
Μειονεκτήματα

- Είναι κατασκευαστικά και λειτουργικά δύσκολο να δημιουργηθούν ανοίγματα στο σώμα των τοίχων μάζας, και ως εκ τούτου, μέρος της νότιας όψης είναι "τυφλό" και αναξιοποίητο για φυσικό φωτισμό ή για οπτική θέα
- Το σχετικά αυξημένο πάχος της κατασκευής μειώνει το διαθέσιμο εσωτερικό χώρο
- Το αυξημένο βάρος του συστήματος, στην περίπτωση πολλών ορόφων, απαιτεί πρόσθετη στατική ενίσχυση του φέροντα οργανισμού, εάν το σύστημα δεν αποτελεί μέρος της στατικής δομής (όπως π.χ. να χρησιμοποιηθεί ένα τοίχιο ως τοίχος μάζας).
- Έχουν αυξημένο κόστος κατασκευής σε σχέση με τα συστήματα άμεσου κέρδους
- Αν δεν ληφθούν αποδοτικά μέτρα, είναι δυνατό να εμφανιστεί υπερθέρμανση του τοίχου κατά τη διάρκεια μιας ηλιόλουστης χειμερινής ημέρας, με άμεση συνέπεια τη μείωση των συνθηκών θερμικής άνεσης στο χώρο.

Μια ειδική περίπτωση τοίχου μάζας, είναι ο ηλιακός τοίχος προθέρμανσης αέρα (σχήμα 4.17). Η αρχή λειτουργίας του διαφέρει αρκετά από τους τοίχους μάζας και τους τοίχους Trombe, παρόλο που κατασκευαστικά παρουσιάζει μεγάλη ομοιότητα. Συναντάται πολύ σπανιότερα από τα ΠΗΣ που προαναφέρθηκαν και γι' αυτό το λόγο στο παρόν κείμενο γίνεται μόνο μια συνοπτική παρουσίασή του.

Στην πράξη αποτελεί κατασκευή παρόμοια με τον τοίχο Trombe με τη διαφορά πως η κυκλοφορία του αέρα στον τοίχο Trombe είναι κλειστού βρόγχου μια και ανακυκλώνεται ο εσωτερικός αέρας, ενώ στον ηλιακό τοίχο προθέρμανσης αέρα, η

κυκλοφορία είναι ανοικτού βρόγχου. Η θέρμανση του διακένου πίσω από τον υαλοπίνακα έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση θερμοσιφωνισμού.



Σχήμα 4.17. Ηλιακός τοίχος προθέρμανσης αέρα.

Ο αέρας που θερμαίνεται εντός του διακένου ανέρχεται στο άνω μέρος του διακένου και εισέρχεται στο κτίριο μέσω των κατάλληλα διαμορφωμένων οπών. Λόγω απουσίας οπών μεταξύ διακένου και εσωτερικού χώρου, στο κατώτερο μέρος του τοίχου, το κενό αναπληρώνεται με την είσοδο φρέσκου, ψυχρού αέρα από το περιβάλλον. Κατά την άνοδό του, το ρεύμα αέρα θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία και από την επαφή του με τη θερμή απορροφητική επιφάνεια του τοίχου και εισέρχεται θερμότερος στο κτίριο. Η τελική ποσότητα του αέρα που εισέρχεται στο κτίριο, εξαρτάται τελικά, πέρα από την ηλιακή ακτινοβολία και από τον όγκο του διακένου.

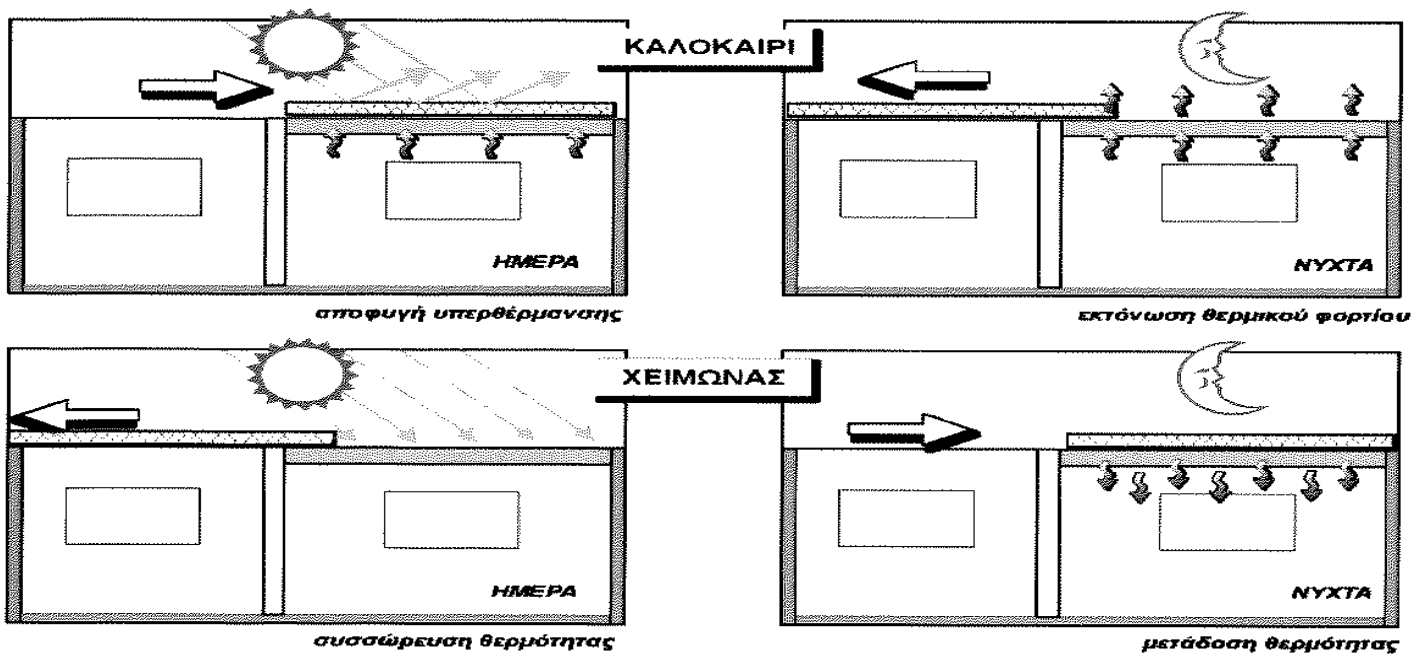
Όπως μπορεί να γίνει αντιληπτό, εάν το υαλοστάσιο ενός τοίχου Trombe έχει θυρίδες αερισμού, τότε με κατάλληλο χειρισμό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως ηλιακός τοίχος προθέρμανσης αέρα.

3.2 Ηλιακή στέγη

Οι ηλιακές στέγες αποτελούν ένα παθητικό ενεργειακό σύστημα, το οποίο αξιοποιεί τη μεγάλη θερμοχωρητικότητα και την εξάτμιση του νερού προκειμένου να αποθηκεύσει θερμότητα κατά τη χειμερινή περίοδο και να αποβάλει θερμότητα το

καλοκαίρι. Η σύλληψη του συστήματος ανήκει στον Harold Hay, ο οποίος κατοχύρωσε αρχικά μια τέτοια κατασκευή υπό την ονομασία Skytherm το 1967.

Τα συστήματα αυτά (Σχήμα 4.18) μοιάζουν λειτουργικά με τους τοίχους θερμικής αποθήκευσης, μόνο που το υλικό αποθήκευσης της θερμότητας στην περίπτωση αυτή είναι αποκλειστικά το νερό. Η αποθήκευση του νερού γίνεται είτε σε δεξαμενές στην οροφή είτε σε υδατοστεγανούς σάκους. Η δεξαμενή ή οι σάκοι, βρίσκονται σε άμεση επαφή με την πλάκα της οροφής, προκειμένου να διευκολύνουν τη θερμική ροή μεταξύ μάζας νερού και εσωτερικού χώρου.



Σχήμα 4.18. Ηλιακή στέγη. Λειτουργία ημέρα και νύχτα κατά τη χειμερινή και τη θερινή περίοδο του έτους για παθητική θέρμανση και παθητικό δροσισμό αντίστοιχα.[26]

Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπου οι επιφάνειες νότιου προσανατολισμού δεν μπορούν να αξιοποιηθούν για την εγκατάσταση τοίχων θερμικής αποθήκευσης, οι δεξαμενές οροφής μπορούν να αποτελέσουν μια εναλλακτική λύση.

Άλλη μια διαφοροποίηση σε σχέση με τους τοίχους θερμικής αποθήκευσης είναι η αξιόλογη ικανότητα του συστήματος, -ανάλογα της μορφολογίας του- να λειτουργεί όποτε είναι απαραίτητο ως σύστημα παθητικού δροσισμού. Αυτή είναι και η χρήση που έχει αξιοποιηθεί περισσότερο στις περιπτώσεις όπου έχουν κατασκευαστεί ηλιακές στέγες.

Κατά τη λειτουργία του ως σύστημα θέρμανσης (στέγη θερμικής αποθήκευσης),

στο διάστημα της ημέρας το νερό συλλέγει και αποθηκεύει τη θερμότητα από την ηλιακή ακτινοβολία, την οποία στη συνέχεια διοχετεύει μέσω αγωγιμότητας προς τον υποκείμενο χώρο. Γι' αυτό το λόγο το σύστημα εγκαθίστανται σε μη θερμομονωμένες οροφές. Προκειμένου να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες κατά τη διάρκεια της νύχτας, και τις νεφοσκεπείς ημέρες, το σύστημα είναι εξοπλισμένο με κινητά θερμομονωτικά πάνελ, τα οποία καλύπτουν τη δεξαμενή νερού, απομονώνοντας μ' αυτό τον τρόπο το σύστημα από το ψυχρό περιβάλλον.

Τυπικά συστήματα δεξαμενής οροφής, καλύπτουν όλη την έκταση της οροφής σε ύψος περίπου 10cm με 25cm και συνήθως είναι σε θέση να εκμεταλλεύονται την ηλιακή πρόσοδο το χειμώνα, σε ποσοστό 65%-80% .[26]

Πλεονεκτήματα

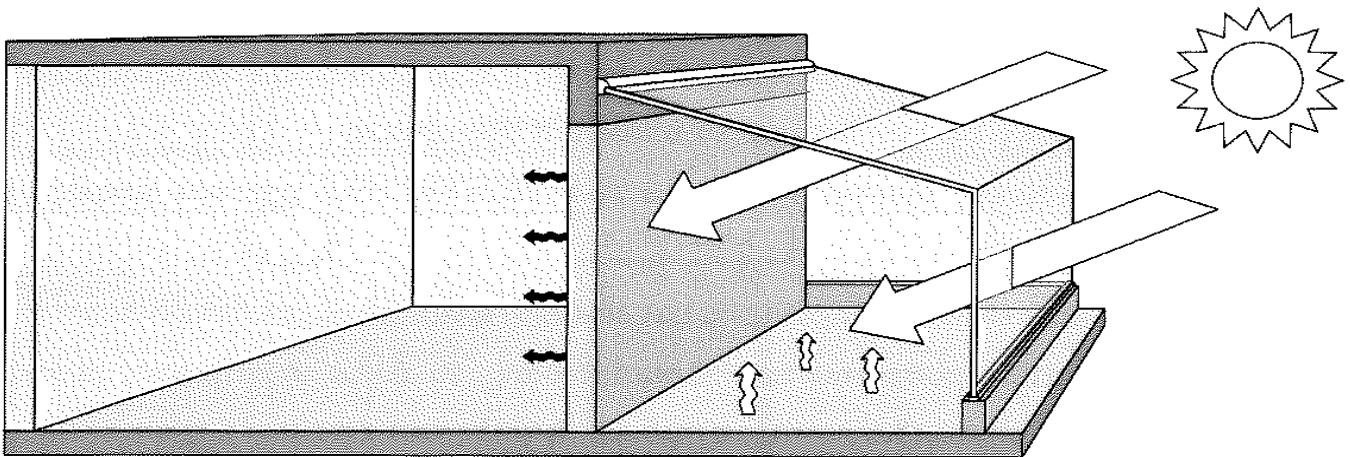
- Λόγω της θέσης του συστήματος, η θέρμανση ή η ψύξη διανέμεται ομοιόμορφα σε όλο τον όροφο σε αντίθεση με τα υπόλοιπα συστήματα
- Οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις που εμφανίζονται είναι σχετικά μικρές (1-2,5°C)
- Δεν υπάρχει δυνατότητα θάμβωσης και εισόδου υπερϊώδους ακτινοβολίας
- Αντί να απαιτεί προστασία το καλοκαίρι όπως τα άλλα συστήματα, βρίσκει διεποχιακή χρήση συμβάλλοντας στη φυσική ψύξη του κτιρίου

Μειονεκτήματα

- Το σύστημα έχει αυξημένο βάρος και η θέση του στο υψηλότερο σημείο του κτιρίου θέτει σοβαρές αντισεισμικές απαιτήσεις που οδηγούν σε υπερδιαστασιολόγηση όλου του φέροντα οργανισμού
- Είναι ενεργειακά αποδοτικό μόνο στον τελευταίο όροφο του κτιρίου (κάτω από το σύστημα) και αμελητέα στους χαμηλότερους ορόφους, ιδιαίτερα αν υπάρχει θερμικός διαχωρισμός των ορόφων
- Η χειρονακτική λειτουργία του συστήματος νυχτερινής μόνωσης είναι πολύ πιο δύσκολη από ότι για τα υπόλοιπα συστήματα, δεδομένου ότι ο χρήσης θα πρέπει να εγκαταλείψει παροδικά το χώρο διαβίωσης. Η τοποθέτηση αυτοματισμών αυξάνει το κόστος και την πολυπλοκότητα του συστήματος, ενώ εισάγει παράλληλα και την ανάγκη για τακτική συντήρηση

3.3. Προσαρτημένο θερμοκήπιο

Το προσαρτημένο θερμοκήπιο παρουσιάζει ομοιότητες τόσο με τα συστήματα αμέσου κέρδους όσο και με τους τοίχους θερμικής αποθήκευσης. Σε σχέση με τα υπόλοιπα παθητικά ηλιακά συστήματα, παρουσιάζει τις περισσότερες παραλλαγές τόσο στη μορφολογία όσο και στις αρχές λειτουργίας στις οποίες βασίζεται. Στη βασική μορφή (σχήμα 4.19), η διάταξη αποτελείται από ένα χώρο που περιβάλλεται στη νότια πλευρά από υαλοστάσιο, στην ανατολική και δυτική από υαλοστάσιο ή τοίχο και συνδέεται με το κτίριο μέσω κοινού τοίχου, υαλοστασίου, ή τοίχου αυξημένης θερμοχωρητικότητας που λειτουργεί ως τοίχος θερμικής αποθήκευσης.



Σχήμα 4.18. Βασική μορφή του προσαρτημένου θερμοκηπίου

Κατά κανόνα, καταβάλλεται προσπάθεια, ώστε να υπάρχει αυξημένη θερμική μάζα εντός του θερμοκηπίου προκειμένου να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη θερμοκρασιακή σταθερότητα σε αυτό και κατά συνέπεια στο εσωτερικό του κτιρίου.

Είναι επίσης δυνατό να υπάρχει και άμεση κυκλοφορία του αέρα μεταξύ των δυο χώρων με φυσική ροή ή με εξαναγκασμένη ροή με τη χρήση ενός απλού ανεμιστήρα, οπότε και εντάσσεται στην κατηγορία των υβριδικών ηλιακών συστημάτων. Ανάλογα με το βαθμό σύνδεσής του με το κτίριο, μπορεί να είναι πλήρως ενσωματωμένο στο κτίριο, μερικώς ενσωματωμένο ή και ελεύθερο

Η βασική μορφή του είναι αυτή, στην οποία μεταξύ εσωτερικού χώρου και θερμοκηπίου παρεμβάλλεται τοίχος θερμικής αποθήκευσης. Η κύρια διαφοροποίηση με τους τοίχους μάζας η οποία μεταβάλλει και τη λειτουργία του, είναι ότι αντί για ένα απλό διάκενο αέρα περιορισμένου πλάτους.

Στις περισσότερες των περιπτώσεων, πέρα από την παροχή ηλιακού κέρδους, το θερμοκήπιο λειτουργεί και ως χώρος ανάσχεσης θερμότητας, και για αυτή του τη λειτουργία έχει αξιοποιηθεί πάρα πολύ. Σε αυτή τη λειτουργία, περιορίζει τις θερμικές απώλειες από ένα τοίχο με την παρεμβολή ενός κλειστού χώρου που αποτρέπει την προσβολή του κτιριακού περιβλήματος από τον ψυχρό αέρα. Ακόμη και τις νεφελώδεις ημέρες, όταν μόνο η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται στον υαλόφρακτο χώρο, ακόμη και αν η εξωτερική θερμοκρασία είναι 0°C , η θερμοκρασία του θερμοκηπίου θα είναι τουλάχιστον 10°C .

Το πλεονέκτημα αυτού του «χώρου ανάσχεσης θερμότητας» είναι ότι εάν είναι νότια προσανατολισμένο, τότε λειτουργεί ως σύστημα απευθείας κέρδους. Η εισερχόμενη ηλιακή ενέργεια απορροφάται από τον πίσω συμπαγή τοίχο, μετατρέπεται σε θερμότητα και αποθηκεύεται σε αυτόν μεταδιδόμενη ταυτόχρονα προς τον εσωτερικό χώρο. Από αυτή την άποψη δεν διαφοροποιείται κατασκευαστικά από ένα σύστημα τοίχου θερμικής αποθήκευσης παρά μόνο στην απόσταση του υαλοπίνακα από τον τοίχο, που τώρα είναι τέτοια που να επιτρέπει να κατοικηθεί ο χώρος την ημέρα ή να χρησιμοποιηθεί για άλλη χρήση.

Γενικά χαρακτηριστικά που αφορούν στην απόδοση της διάταξης είναι δύσκολο να διατυπωθούν δοθείσας της μεγάλης ποικιλίας μορφών. Γενικά, υπολογίζεται ότι τα θερμοκήπια μπορούν με τη βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολίας να καλύψουν το 75% περίπου των ετήσιων θερμαντικών τους αναγκών, ενώ το θερμικό φορτίο που εισέρχεται στους εσωτερικούς χώρους είναι της τάξης του 10% με 20% της συνολικά προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Η αποδοτικότητα του συστήματος εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων που σχετίζονται με:

- τη θέση, τα γεωμετρικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του ηλιακού χώρου, (μέγεθος, προσανατισμός, κλίση υαλιοστασίων, υλικά)
- τον τρόπο της θερμικής επικοινωνίας του ηλιακού χώρου με το κτίριο

Αποδοτικότητα συστήματος

Το μέγεθος του ηλιακού χώρου εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα χώρων στο κτίριο, το μέγεθος του κτιρίου και τις θερμαντικές του ανάγκες καθώς και τις τοπικές

κλιματικές συνθήκες. Ο προσανατολισμός του επίσης αποτελεί παράμετρο για την επιλογή του μεγέθους. Από πειραματικές μελέτες έχει προκύψει ότι σε ψυχρά κλίματα απαιτείται 0,65-1,5 m² νότιου διπλού υαλοστασίου για κάθε τετραγωνικό μέτρο θερμαινόμενου εσωτερικού χώρου, ώστε η μέση ημερήσια θερμοκρασία στο θερμοκήπιο και στον εσωτερικό χώρο να υπερβαίνει τη μέση ατμοσφαιρική θερμοκρασία κατά 15⁰ C και 6⁰ C αντίστοιχα. Για την περαιτέρω ανύψωση της θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου απαιτείται η συμμετοχή άλλου παθητικού, ενεργητικού ή συμβατικού συστήματος θέρμανσης. Οι αντίστοιχες τιμές για εύκρατα κλίματα είναι 0,33-0,9 m² ανά τετραγωνικό μέτρο εσωτερικής επιφάνειας προκειμένου η θερμοκρασία στο θερμοκήπιο και στον χώρο να είναι 21⁰C και 10⁰C αντίστοιχα (πίνακας 4.7).

Ο ηλιακός χώρος προσαρτάται στη νότια επιφάνεια όψης κτιρίου, και βέλτιστο σχήμα σε σχέση με τον προσανατολισμό, είναι επίμηκες με το μεγάλο άξονα στη διεύθυνση Δύσης - Ανατολής, ώστε να έχει τη μέγιστη δυνατή επιφάνεια προς το νότο, ενώ παράλληλα με αυτό τον τρόπο αυξάνει και το μέγεθος της θερμικής μάζας προκειμένου να γίνει πιο αποτελεσματική η μετάδοση της θερμότητας στους παρακείμενους εσωτερικούς χώρους.

Πίνακας 4.7. Προτεινόμενη συνολική επιφάνεια υαλοστασίου για διάφορες κλιματικές συνθήκες ανάλογα με το είδος του τοίχου θερμικής αποθήκευσης του θερμοκηπίου

Μέση εξωτερική θερμοκρασία χειμώνα [°C]	Επιφάνεια τοίχου μάζας για κάθε m ² επιφάνειας κάτοψης [m ²]		
	Συμπαγής τοίχος	Τοίχος νερού	
Ψυχρά κλίματα	-6,7	0,78-1,3	0,68-1,27
	-3,9	0,65-1,17	0,57-1,05
	-1,1	0,65-1,17	0,47-0,82
Εύκρατα κλίματα	1,7	0,53-0,90	0,38-0,65
	4,4	0,42-0,69	0,30-0,51
	7,2	0,33-0,53	0,24-0,38

Η κλίση του υαλοστασίου επηρεάζει την αποτελεσματικότητα του συστήματος καθώς με όσο μικρότερη απόκλιση από την κάθετο δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η ενέργεια που απορροφάται. Για τον ελληνικό χώρο, κλίσεις 40⁰-70⁰ κρίνονται πολύ αποδοτικές. Όσο μικρότερη είναι η κλίση βέβαια, τόσο μεγαλύτερη έκταση καταλαμβάνει το θερμοκήπιο, με αποτέλεσμα η συνήθης πρακτική να επιβάλλει κατακόρυφα υαλοστάσια.

Οι θερμικές απώλειες από τον ηλιακό χώρο είναι αυξημένες κατά τη διάρκεια της νύχτας λόγω της αυξημένης επιφάνειας υαλοστασίων. Το γεγονός όμως ότι ο ηλιακός χώρος στην ουσία παρεμβάλλεται μεταξύ περιβάλλοντος και κτιρίου, λειτουργώντας ως χώρος ανάσχεσης, έχει ως αποτέλεσμα οι θερμικές απώλειες από το κτίριο προς το περιβάλλον να μην είναι ανάλογα αυξημένες. Η παρουσία κινητής, νυχτερινής μόνωσης (π.χ. θερμομονωτικά ρολά) θα ήταν μια ενδιαφέρουσα λύση, η οποία όμως απαιτεί πολύ μεγάλο κόστος και δεν είναι ενεργειακά απαραίτητη στα εύκρατα κλίματα όπως στον ελληνικό χώρο.

Πλεονεκτήματα

- Πέρα από ηλιακό σύστημα αποτελεί επιπλέον κατοικήσιμο χώρο (σε όλο το διάστημα του έτους πλην των ακραίων -χειμερινών περιόδων) δίχως μεγάλο κόστος κατασκευής
- Οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στον εσωτερικό χώρο είναι σχετικά περιορισμένες (1-2,5°C)
- Λειτουργεί ως χώρος ανάσχεσης της θερμότητας.
- Ενσωματώνεται εύκολα σε υφιστάμενα κτίρια και μάλιστα υπάρχει σχετική νομοθετική ρύθμιση στον Γενικό Οικοδομικό Κανονισμό (Γ.Ο.Κ.) που το επιτρέπει
- Έχει σχετικά μικρό κόστος κατασκευής και δεν παρουσιάζει κατασκευαστικές δυσκολίες
- Συνδυάζονται εύκολα με άλλα παθητικά συστήματα

Μειονεκτήματα

- Η τελική απόδοση του συστήματος είναι δύσκολο να προβλεφθεί και εξαρτάται από το συνολικό σχεδιασμό του κτιρίου
- Ο σκιασμός του θερμοκηπίου κατά τη θερινή περίοδο του έτους μπορεί, ανάλογα της μορφολογίας του, να είναι δύσκολος και είναι δυνατόν να εμφανιστεί υπερθέρμανση
- Εντός του ηλιακού χώρου μπορεί να εμφανιστούν μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στο διάστημα μιας ηλιόλουστης χειμωνιάτικης ημέρας

4. Παθητικά ηλιακά συστήματα απομονωμένου κέρδους

Οι παθητικές ηλιακές διατάξεις απομονωμένου κέρδους, είναι παρόμοιες με αυτές της έμμεσης λειτουργίας με τη διαφορά ότι υπάρχει διαχωρισμός της επιφάνειας συλλογής και της θερμικής δεξαμενής. ο διαχωρισμός μπορεί να οφείλεται στην απόσταση του συλλέκτη από την αποθήκη ή στην παρεμβολή θερμομόνωσης μεταξύ τους.

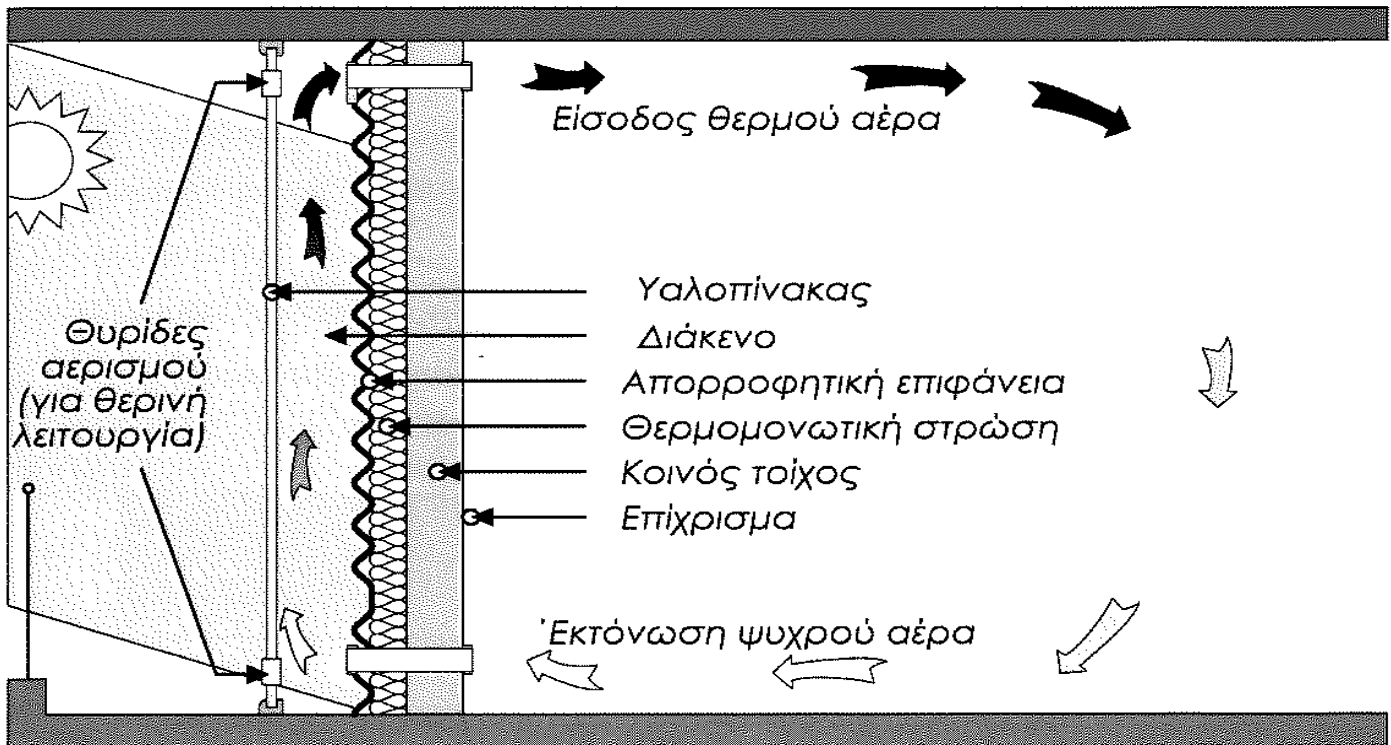
Οι βασικοί εκπρόσωποι των συστημάτων απομονωμένου κέρδους είναι:

- Το θερμοσιφωνικό πανέλο
- Το προσαρτημένο θερμοκήπιο με απομονωμένη θερμική αποθήκη
- Ο απομονωμένος τοίχος συσσώρευσης
- Ο μεταφορικός βρόγχος

4.1. Θερμοσιφωνικό πανέλο

Σε μια παραλλαγή της διάταξης του απομονωμένου τοίχου συσσώρευσης, απουσιάζει η θερμική μάζα και το ρόλο του συλλέκτη αναλαμβάνει σκούρα μεταλλική τραχεία επιφάνεια, ισχυρά θερμομονωμένη από την εσωτερική πλευρά, με κάποιο υλικό ανθεκτικό στη θερμική καταπόνηση (σχήμα 4.19). Αυτή η διάταξη ονομάζεται θερμοσιφωνικό πανέλο μια και η απόδοση της θερμότητας στο χώρο γίνεται άμεσα με το φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού.

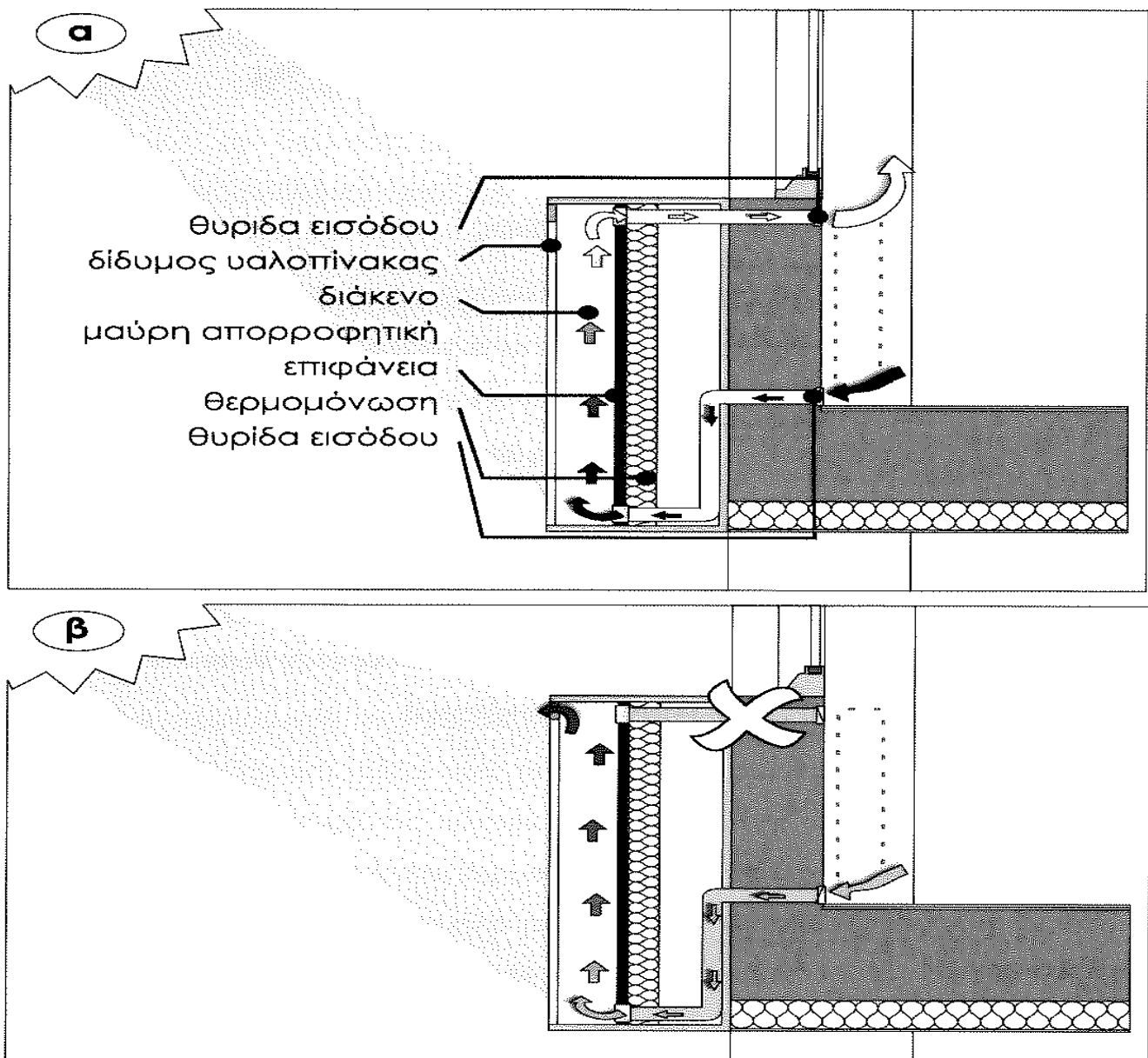
Βασικό χαρακτηριστικό της διάταξης στο οποίο οφείλονται τα περισσότερα πλεονεκτήματα της διάταξης είναι η ανυπαρξία αναγκαιότητας θερμικής μάζας. Αυτό δίνει μεγάλη ελευθερία στην κατασκευαστική διαμόρφωση της διάταξης και επιτρέπει την εύκολη ενσωμάτωσή της σε οποιαδήποτε κατασκευή. Η διάταξη δεν είναι απαραίτητο να καταλαμβάνει όλη την όψη, καθώς μπορεί να προσαρτηθεί για παράδειγμα κάτω από τα παράθυρα (σχήμα 4.20). Βέβαια, όσο μικρότερο είναι το μέγεθος της διάταξης, τόσο μικρότερη θα είναι και η συνεισφορά της στη θέρμανση του χώρου. Μπορεί επίσης να ενσωματωθεί πολύ διακριτικά και σε υάλινες όψεις κτιρίων. Το μικρό της βάρος επιτρέπει ακόμη και την αναδρομική εγκατάσταση τέτοιων διατάξεων σε υφιστάμενα κτίρια, μια που η μόνη σύνδεση που απαιτείται είναι η στερέωσή τους και η διάνοιξη οπών στην όψη για τη θερμική σύνδεση με το κτίριο.



Σχήμα 4.19. Κατασκευαστική διάταξη και αρχή λειτουργίας θερμοσιφωνικού πανέλου [Πηγή Πρωτότυπο]

Θερινή λειτουργία

Το θερμοσιφωνικό πάνελ, πλεονεκτεί έναντι των άλλων μορφών τοίχου θερμικής αποθήκευσης στο ότι δεν εμφανίζεται υπερθέρμανση της εσωτερικής επιφάνειας του συστήματος, ούτε ακόμη το καλοκαίρι. Σε αυτή την περίοδο μάλιστα, η κατάλληλη διαμόρφωση του κουφώματος του υαλοπίνακα, με τη διάνοιξη θυρίδων εξαερισμού στην εξωτερική πλευρά και τη ρύθμιση των εσωτερικών θυρίδων παρουσιάζει μεγαλύτερα περιθώρια συμμετοχής στο φυσικό αερισμό του κτιρίου, δεδομένου ότι δεν εισέρχεται θερμότητα στο χώρο με αγωγιμότητα από τον τοίχο.



Σχήμα 4.20. Παράδειγμα χρήσης θερμοσιφωνικού πανέλου μικρού ύψους κατά τη χειμερινή (α) και κατά τη θερινή (β) περίοδο του έτους

Πλεονεκτήματα

- Είναι αποδοτικό σύστημα τόσο κατά την περίοδο θέρμανσης, όσο και κατά την περίοδο δροσισμού.
- Η παρουσία της θερμομόνωσης συμβάλει στην αποφυγή υπερθέρμανσης της εσωτερικής επιφάνειας
- Δεν υπάρχει δυνατότητα θαμβώσεις και εισόδου υπεριώδους ακτινοβολίας

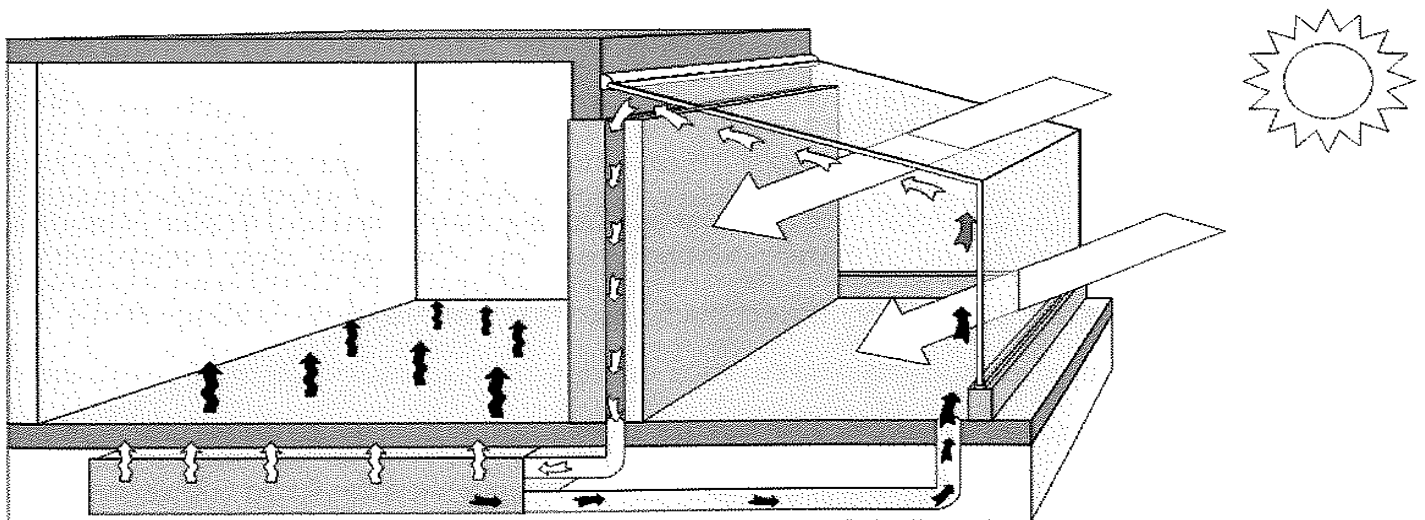
- Δεν απαιτεί μεγάλο ύψος κατασκευής και επιτρέπει την ύπαρξη ανοιγμάτων στο νότο
- Η παρουσία της θερμομονωτικής στρώσης έχει σαν αποτέλεσμα να μην απαιτεί μέτρα νυχτερινής θερμομόνωσης και αρκεί το κλείσιμο των θυρίδων αερισμού.
- Χαμηλό κόστος κατασκευής
- Η ελαφριά του κατασκευή δεν επηρεάζει καθόλου τον στατικό φορέα

Μειονεκτήματα

- Σε περιπτώσεις έντονης ηλιοφάνειας μια θερμή μέρα του χειμώνα μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση, λόγω της σχετικά μικρής χρονικής υστέρησης

4.2 Προσαρτημένο θερμοκήπιο με απομονωμένη θερμική αποθήκη

Πρόκειται για μια διάταξη προσαρτημένου θερμοκηπίου, κατά την οποία η ηλιακή ενέργεια που εισέρχεται στο χώρο του θερμοκηπίου προσδίδει θερμότητα η οποία στη συνέχεια μεταφέρεται και αποθηκεύεται σε μάζα από θραυστό υλικό όπως τα σκύρα (σχήμα 4.21). Η μετάδοση της θερμότητας από το συλλέκτη (θερμοκήπιο) στη θερμική αποθήκη (θραυστό υλικό) γίνεται με μεταφορά του θερμού αέρα, συνήθως με θερμοσιφωνισμό. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται ανεμιστήρες για την ενίσχυση της ροής του αέρα, το σύστημα θεωρείται υβριδικό και όχι παθητικό.



Σχήμα 4.21. Προσαρτημένο θερμοκήπιο με απομονωμένη θερμική αποθήκη.

Οι ανεμιστήρες είναι δυνατό να τροφοδοτούνται από φωτοβολταϊκά στοιχεία, δίνοντας με αυτό τον τρόπο τόσο το πλεονέκτημα του συστήματος μηδενικής κατανάλωσης, όσο και της «αυτορύθμισης» του συστήματος ανάλογα με την ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. (Πρακτικά το σύστημα παύει να λειτουργεί όταν δεν υπάρχει ηλιοφάνεια και επομένως ο αέρας που εισάγεται στη θερμική αποθήκη, είναι πάντα αυξημένης θερμοκρασίας. Εάν ο ανεμιστήρας τροφοδοτείται από άλλη πηγή, τότε απαιτείται και η ύπαρξη κάποιου αυτοματισμού όπως για παράδειγμα ένας θερμοστάτης).

Θερινή λειτουργία

Η θερινή λειτουργία του συστήματος είναι παρόμοια με τη λειτουργία των τύπων ηλιακού χώρου έμμεσου κέρδους. Το εν λόγω σύστημα πλεονεκτεί όμως, στο γεγονός ότι με τη διακοπή της κυκλοφορίας του αέρα (μέσω θυρίδων) δεν υπάρχει αποθήκευση στη θερμική αποθήκη, ενώ εάν ο χώρος είναι κατασκευασμένος με ελαφρά υλικά μικρής θερμοχωρητικότητας, αρκεί ο φυσικός αερισμός του για την εκτόνωση του ηλιακού φορτίου.

Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

Όπως και στους άλλους τύπους ηλιακού χώρου, με τη διαφορά της κατασκευαστικής πολυπλοκότητας και του αυξημένου κόστους κατασκευής αυτού του τύπου προσαρτημένου θερμοκηπίου. Επίσης, η αξιοποίηση αυτής της διάταξης περιορίζεται σε ισόγεια κτίρια λόγω της αναγκαιότητας κατασκευής υπόγειας αποθήκης σκύρων.

4.3. Απομονωμένος τοίχος συσσώρευσης

Οι απομονωμένοι τοίχοι συσσώρευσης, έχουν την ίδια μορφή και γενικές ιδιότητες με τους τοίχους Trombe-Michel με τη διαφορά της εφαρμογής θερμομονωτικής στρώσης στην εσωτερική παρειά του τοίχου μάζας. Αυτή η κατασκευαστική διαφοροποίηση ουσιαστικά καταργεί τη μετάδοση θερμότητας από το σύστημα στο χώρο με ακτινοβολία και με μεταφορά από την εσωτερική πλευρά του τοίχου. Η θερμότητα αποδίδεται στο χώρο μέσω της λειτουργίας θερμοσιφωνισμού.

Λόγω της παρουσίας της θερμομόνωσης, ο απομονωμένος τοίχος συσσώρευσης παρουσιάζει μεγαλύτερο χρονικό εύρος λειτουργίας, για αρκετή ώρα μετά το πέρας της ηλιοφάνειας, μέχρι να αποδώσει το σύνολο του αποθηκευμένου θερμικού φορτίου που βρίσκεται στη μάζα του. Απαραίτητη προϋπόθεση για να συμβεί κάτι τέτοιο βέβαια είναι η χρήση νυχτερινής μόνωσης, η οποία στην περίπτωση αυτού του συστήματος έχει ακόμη πιο σημαντικό ρόλο σε σχέση με τον τοίχο Trombe-Michel.

Λόγω αδυναμίας εκτόνωσης της θερμότητας με τρόπο άλλο από το φυσικό εξαερισμό του διακένου, η έξοδος του θερμού αέρα έχει ταχεία ροή και αυξημένη θερμοκρασία. Οι εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο διάκενο απαιτούν την παρουσία βαλβίδων εκτόνωσης ή θυρίδων αερισμού στο πλαίσιο του εξωτερικού υαλοπίνακα προκειμένου να αποφευχθεί διάρρηξη του υαλοστασίου από τη διαστολή.

Ο έντονος θερμοσιφωνισμός εντός του διακένου, επιτρέπει την κατασκευή συστημάτων χαμηλού ύψους, κάτι που δεν μπορεί να γίνει στον τοίχο Trombe διότι μια μικρή επιφάνεια με ήπια σχετικά θερμοκρασία δεν επιτρέπει σύντομη θέρμανση του αέρα και θερμοσιφωνισμό. Αυτό δίνει τη δυνατότητα να τοποθετηθεί σε ύψη μέχρι το περβάζι των παραθύρων και να εξάγει τον αέρα ακριβώς κάτω από τα παράθυρα, παρέχοντας σημαντική βελτίωση της θερμικής άνεσης στην περιοχή κοντά στα ανοίγματα. Παράλληλα, η χρήση του δεν δημιουργεί «τυφλές» όψεις στο νότο μια και παραμένει η δυνατότητα τοποθέτησης ανοιγμάτων.

Θερινή λειτουργία

Η λειτουργία του συστήματος κατά τη θερινή περίοδο του έτους είναι παρόμοια με αυτή του θερμοσιφωνικού πανέλου. Η παρουσία οπών αερισμού στην επιφάνεια του υαλοστασίου, επιτρέπει την εκτόνωση του θερμού αέρα της διάταξης και την αποφυγή υπερθέρμανσης του χώρου (σε συνδυασμό πάντα με το κλείσιμο των οπών αερισμού μεταξύ κτιρίου και διάταξης)

Πλεονεκτήματα

Παρόμοια με αυτά του τοίχου συσσώρευσης και επιπρόσθετα πολύ μικρό κόστος κατασκευής (συγκριτικά με τα υπόλοιπα συστήματα) και αμελητέα επιφόρτιση του στατικού φορέα.

Μειονεκτήματα

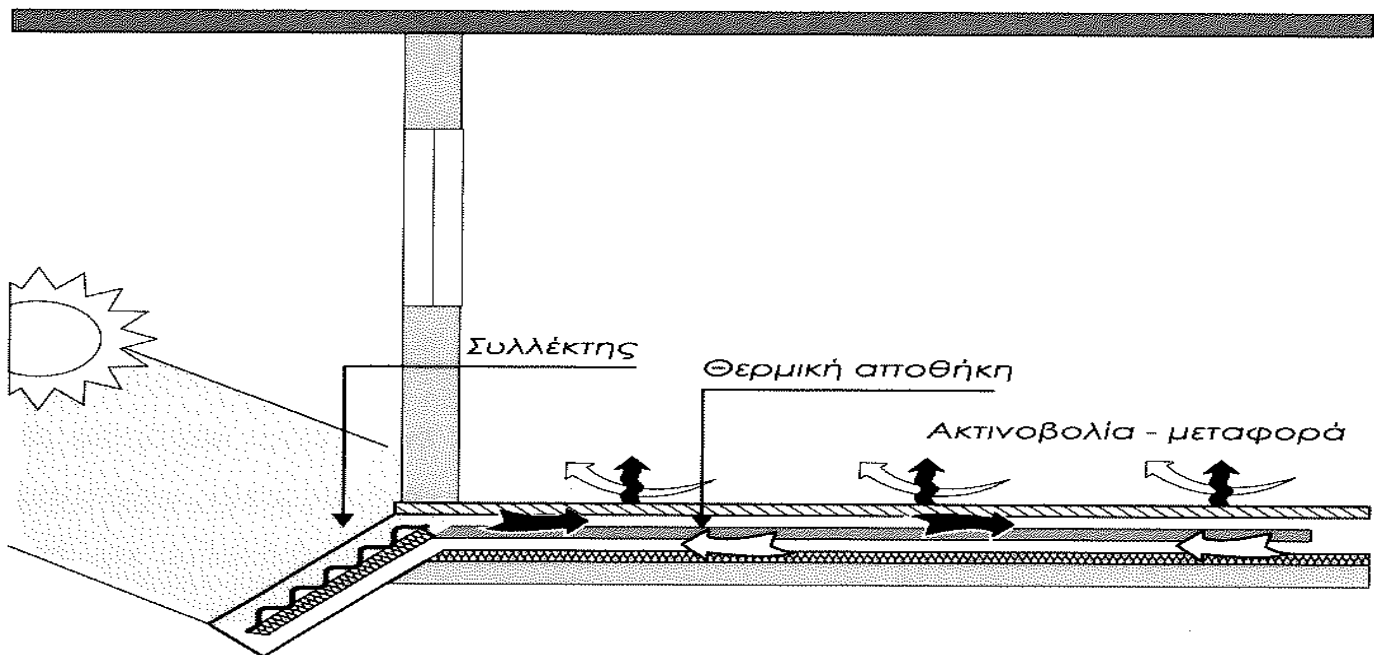
- Σε περιπτώσεις έντονης ηλιοφάνειας μια θερμή μέρα του χειμώνα μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση, λόγω της σχετικά μικρής χρονικής υστέρησης
- Επιφέρει μείωση του ωφέλιμου χώρου και αυξημένο βάρος κτιριακής κατασκευής

4.4. Μεταφορικός βρόγχος

Ο μεταφορικός βρόγχος διαφοροποιείται από το θερμοσιφωνικό πανέλο στο γεγονός ότι το μέσο μεταφοράς της θερμότητας (αέρας) δεν αποδίδεται στο χώρο αλλά ανακυκλώνεται σε κλειστό κύκλωμα μεταξύ του συλλέκτη και της θερμικής αποθήκης, η οποία διαφοροποιείται από το συλλέκτη (σχήμα 4.22).

Το υλικό της αποθήκης αποτελείται συνήθως από θραυστά υλικά με αυξημένη θερμοχωρητικότητα, όπως σκύρα, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το ίδιο το δάπεδο του χώρου ως θερμική αποθήκη

Απαίτηση για την κυκλοφορία του αέρα στη διάταξη, είναι ο συλλέκτης να βρίσκεται τοποθετημένος χαμηλότερα της αποθήκης θερμότητας, προκειμένου να είναι εφικτή η δημιουργία θερμοσιφωνισμού.



Σχήμα 4.22. Σχηματική διάταξη μεταφορικού βρόγχου

Σε αντίθετη περίπτωση (όταν ο συλλέκτης δεν βρίσκεται χαμηλότερα της θερμικής αποθήκης, είναι απαραίτητη η χρήση μικρού ανεμιστήρα για την εξασφάλιση της κυκλοφορίας του αέρα. Η τροφοδοσία του ανεμιστήρα είναι δυνατό να γίνεται με την προσάρτηση φωτοβολταϊκών στοιχείων στην επιφάνεια του συλλέκτη. Με αυτό τον τρόπο, η μέγιστη λειτουργία του συστήματος επιτυγχάνεται τις ώρες της έντονης ηλιοφάνειας, ενώ το σύστημα αδρανοποιείται στο διάστημα της νύχτας, ή τις νεφосκεπείς ημέρες του χειμώνα.

Θερινή λειτουργία

Ο διαχωρισμός της θερμικής αποθήκης από το συλλέκτη επιτρέπει μέσω βαλβίδων τη διακοπή επικοινωνίας τους και τη διακοπή λειτουργίας του συστήματος. Έτσι δεν υπάρχει κίνδυνος θερμικής επιβάρυνσης του κτιρίου. Θα πρέπει όμως να λαμβάνεται μέριμνα για την αποφυγή υπερθέρμανσης του συλλέκτη και την ανάπτυξη μεγάλων θερμοκρασιών. Τούτο μπορεί να γίνει με βαλβίδες εκτόνωσης του θερμού αέρα ή με θερινή σκίαση του συλλέκτη.

Πλεονεκτήματα

- Δεν υπάρχει δυνατότητα θάμβωσης και εισόδου υπεριώδους ακτινοβολίας
- Είναι από τα πιο φθηνά συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας
- Δεν έχει αξιόλογες νυχτερινές απώλειες λόγω απομόνωσης συλλέκτη και θερμικής αποθήκης
- Σε περίπτωση υβριδικής διάταξης με χρήση ανεμιστήρα με τροφοδοσία από φωτοβολταϊκά στοιχεία) η λειτουργία του συστήματος πραγματοποιείται μόνο τις ώρες που υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία, ενώ το σύστημα παραμένει μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας.

Μειονεκτήματα

- Ως πρόσθετη κατασκευή δημιουργεί πρόβλημα ενσωμάτωσης στην όψη. Λόγω μικρού μεγέθους συλλέκτη απαιτείται να έχει ορισμένη κλίση και συνήθως είναι αναγκαίο να εξέχει της όψης.
- Είναι πρακτικά δύσκολο ο συλλέκτης να τοποθετηθεί ψηλότερα του δαπέδου στις συμβατικές κατασκευές.

Μελέτη Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων

Περιεχόμενα κεφαλαίου :

1. Εισαγωγή.....	102
2. Προσομοιωτική Μελέτη	103
2.1 Εισαγωγή	103
2.2 Περιγραφή δεδομένων εισόδου SUNCODE-PC	103
2.3 Περιγραφή αποτελεσμάτων προσομοίωσης SUNCODE-PC	108
2.4 Στόχος της διαδικασίας προσομοίωσης.....	110
3. Κτίριο Αναφοράς	111
3.1 Περιγραφή Κτιρίου Αναφοράς	111
3.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Κτιρίου Αναφοράς.....	112
3.2.1 Εμβαδομέτρηση -Σχέδια κτιρίου.....	112
3.2.1.1 Εμβαδομέτρηση κτιρίου	112
3.2.1.2 Σχέδια κτιρίου.....	112
3.2.2. Θερμική μόνωση κτιρίου – Τομές δομικών στοιχείων	114
3.2.3 Επιμέρους τεχνικά χαρακτηριστικά.....	118
3.3. Θερμικό Ισοζύγιο Κτιρίου Αναφοράς	120

4. Παθητικό Ηλιακό Σύστημα Άμεσου Κέρδους	123
4.1 Εισαγωγή	123
4.2 Συστήματα Άμεσου Κέρδους Μονού Υαλοπίνακα	124
4.2.1. Συνολικές Τιμές Χειμερινής Περιόδου	124
4.2.2. Συνολικές Τιμές Χειμερινής Περιόδου Με Νυχτερινή Μόνωση	126
4.2.3 Ωριαίες Τιμές Αντιπροσωπευτικών ημερών Χειμώνα και Άνοιξης....	129
4.2.3.1 Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Δεκεμβρίου.....	131
4.2.3.2. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Απριλίου	133
4.3. Συστήματα Άμεσου Κέρδους Διπλού Υαλοπίνακα.....	135
4.3.1. Συνολικές Τιμές Χειμερινής Περιόδου	135
4.3.2. Συνολικές Τιμές Χειμερινής Περιόδου Με Νυχτερινή Μόνωση	138
4.3.3 Ωριαίες Τιμές Αντιπροσωπευτικών ημερών Χειμώνα και Άνοιξης....	139
4.3.3.1. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Δεκεμβρίου.....	139
4.3.3.2. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Απριλίου.....	140
4.4. Σύγκριση Μονού και Διπλού Υαλοπίνακα Παθητικού Συστήματος.....	142
5. Παθητικό Ηλιακό Σύστημα Έμμεσου Κέρδους	
ΤΟΙΧΟΣ ΜΑΖΑΣ	144
5.1. Εισαγωγή	144
5.2. Τοίχος Μάζας Κυμαινόμενου πάχους με Μόνο Υαλοπίνακα	146
5.2.2. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Απριλίου	151
5.2.3. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Δεκεμβρίου.....	154
5.3. Τοίχος Μάζας Κυμαινόμενου πάχους με Διπλό Υαλοπίνακα.....	156
5.3.2. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Απριλίου	158
5.3.2. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Δεκεμβρίου.....	160
5.4. Σύγκριση Μονού και Διπλού Υαλοπίνακα σε Τοίχο Μάζας Κυμαινόμενου Πάχους Τοίχους	161
5.5. Τοίχος Μάζας με Κυμαινόμενο Εμβαδόν.....	163
5.5.1. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Δεκεμβρίου.....	166
5.5.2. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Απριλίου	168
5.6 Τοίχος Μάζας με Επιλεκτική Εξωτερική Βαφή	169

6. Παθητικό Ηλιακό Σύστημα Έμμεσου Κέρδους

ΤΟΙΧΟΣ TROMBE-MICHEL	172
6.1 Εισαγωγή	172
6.2. Τοίχος Trombe με Κυμαινόμενο Ποσοστό Επιφάνειας Θυρίδων.....	174
6.2.1. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Δεκεμβρίου.....	179
6.2.2. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Απριλίου	181
6.3. Τοίχος Trombe με Κυμαινόμενο Πάχος Τοίχου	182
6.3.1. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Δεκεμβρίου.....	186
6.3.2. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Απριλίου	188

7. Παθητικό Ηλιακό Σύστημα Απομονωμένου Κέρδους

ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΚΟ ΠΑΝΕΛΟ.....	189
7.1. Εισαγωγή	189
7.2. Θερμοσιφωνικό Πανέλο Κυμαινόμενου Ύψους.....	191
7.2.1. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Απριλίου	193
7.2.2. Ωριαίες τιμές 29 ^{ης} και 30 ^{ης} Δεκεμβρίου.....	196
7.3. Θερμοσιφωνικό Πανέλο Επιλεκτικής βαφής	197

8. Σύνοψη Κεφαλαίου – Προτάσεις..... 200

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ρόλος και η σημασία της ενέργειας μας αναγκάζει να την κατατάσσουμε στις πρώτες θέσεις των ανθρώπινων αναγκών. Η άσκοπη κατανάλωση της έχει μειώσει σε μεγάλο βαθμό τα παγκόσμια αποθέματα. Έτσι είμαστε υποχρεωμένοι να στραφούμε σε φυσικές πηγές ενέργειας τις λεγόμενες Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Μια από αυτές και μάλιστα η βασικότερη ,φυσικότερη κ ανεξάντλητη πηγή ενέργειας είναι ο ήλιος. Η εκμετάλλευση της ενέργειας του έχει πολλές εφαρμογές όπως στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στην θέρμανση νερού, θέρμανση σπιτιών κ.α.

Όπως προαναφέρθηκε στην αρχή της εργασίας, ο στόχος της είναι η μελέτη ορισμένων εκ των βασικότερων Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων. Σε αυτό το πλαίσιο σε ένα συμβατικό κτίριο, τυπικής κατασκευής για τον ελληνικό χώρο, ενσωματώθηκαν διάφορες παθητικές ηλιακές διατάξεις και εξετάστηκε η επίδρασή τους στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου. Προκειμένου να απλοποιηθεί η διαδικασία προσομοίωσης όσο και για να επικεντρωθεί η μελέτη στην απόδοση των ΠΗΣ που ελέγχονται, το κτίριο αναφοράς έχει απλή μορφή και λειτουργία, ώστε να μην επηρεάζονται τα αποτελέσματα από λειτουργικές παραμέτρους και ιδιαιτερότητες του κτιρίου.

Αφού λοιπόν καθοριστική η μορφή, τα αρχιτεκτονικά, κατασκευαστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του κτιρίου αναφοράς, εφαρμόστηκαν πάνω σε αυτό τέσσερα είδη ΠΗΣ. Παθητικά ηλιακά συστήματα Άμεσου Κέρδους , Έμμεσου κέρδους κ Απομονωμένου Κέρδους. Για κάθε σύστημα που προσαρμόστηκε πάνω στο κτίριο αναφοράς έγινε μία σειρά παραδοχών και αρκετοί συνδυασμοί. Αναλύθηκαν τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που πάρθηκαν από την μελέτη αυτή είναι ότι όντως τα ΠΗΣ βοηθούν στην φυσική θέρμανση των σπιτιών και είναι σε θέση να εξοικονομήσουν για μας μεγάλα ποσά θερμικής ενέργειας. Τα ΠΗΣ που μελετήθηκαν είναι :

- **Άμεσου Ηλιακού Κέρδους** Μελέτη πάνω στα ανοίγματα στην νότια όψη της οικίας(παράθυρα κυμαινόμενου εμβადού) . Πρόκειται για τις απλούστερες και πιο διαδεδομένες παθητικές ηλιακές διατάξεις.
- **Έμμεσου Ηλιακού κέρδους** Η μελέτη βασίστηκε σε δύο κατηγορίες ηλιακών συστημάτων, τον Τοίχο Μάζας και τον Τοίχο Trombe – Michel
- **Απομονωμένου Κέρδους** Μελέτη Θερμοσιφωνικού πανέλου(παραλλαγή της διάταξης του Τοίχου Trombe με απουσία θερμικής μάζας)

Η Μελέτη των παραπάνω ΠΗΣ πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια του προγράμματος SUNCODE-PC. Πρόκειται για ένα υπολογιστικό πρόγραμμα προσομοίωσης κτιρίων με μεγάλη ακρίβεια .Είναι ένα πρόγραμμα θερμικής ανάλυσης που μπορεί να έχει εφαρμογή τόσο σε ιδιωτικά κτίρια όπως κατοικίες όσο και σε μικρά δημόσια κτίρια όπως γραφεία ,σχολεία κ.α. Το μοντέλο του κτιρίου και τα Παθητικά συστήματα που μελετήθηκαν δημιουργήθηκαν από τον χρήστη και το πρόγραμμα τα μεταφράζει σε μαθηματική μορφή. Τα αποτελέσματα μπορούν να δοθούν για συγκεκριμένη ώρα του έτους , ημέρα, μήνα καθώς επίσης και για ολόκληρο χρόνο .

2. Προσομοιωτική Μελέτη

2.1 Εισαγωγή

Η ενεργειακή προσομοίωση των κτιρίων αποτελεί σήμερα το κυριότερο εργαλείο στον ενεργειακό έλεγχο των κτιρίων και των επιμέρους συστημάτων. Η συμβολή της στον έλεγχο καταλαμβάνει ιδιαίτερα σημαντική θέση, κυρίως όταν υπάρχει πλήθος μετρήσεων , το οποίο συμβάλει στην ακριβέστερη δημιουργία του κτιριακού μοντέλου. Η ενεργειακή προσομοίωση δίνει την δυνατότητα λεπτομερούς περιγραφής του θερμικού και ενεργειακού ισοζυγίου ενός κτιρίου , βοηθώντας στην αξιολόγηση των επιμέρους συστημάτων τα οποία συνθέτουν το κτίριο και επηρεάζουν την ενεργειακή τους κατάσταση.

2.2 Περιγραφή δεδομένων εισόδου SUNCODE-PC

Το προσομοιωτικό λογισμικό SUNCODE-PC Building Load Simulation Program πρόκειται για ένα διεθνώς αναγνωρισμένο πρόγραμμα ενεργειακών προσομοιώσεων κτιρίων μικρού και μεσαίου μεγέθους το οποίο διδάχτηκε στο δέκατο εξάμηνο σπουδών του τμήματος Μηχανικών Διαχειρίσεις Ενεργειακών Πόρων του Πανεπιστήμιου Δυτικής Μακεδονίας στο μάθημα του Ενεργειακού Σχεδιασμού Κτιρίων II από τον Διδάσκοντα κ. Θ. Θεοδοσίου .

Το μοντέλο του κτιρίου που μελετήθηκε εισάγεται στο πρόγραμμα με την περιγραφή των βασικότερων στοιχείων του. Το πρόγραμμα διαθέτει 25 ενότητες. Δεν είναι απαραίτητο να υπάρχουν όλες οι ενότητες για να τρέξουμε το πρόγραμμα. Για την περιγραφή όμως των βασικών μερών του κτιρίου, απαιτείται η εισαγωγή των δεδομένων των δομικών του στοιχείων. Αυτά είναι τα διαφανή και αδιαφανή δομικά στοιχεία του κτιρίου ανά όψη.

Τα αδιαφανή δομικά στοιχεία περιλαμβάνουν την τοιχοποιία και τον φέροντα οργανισμό κάθε όψης εξαιρούμενων των ανοιγμάτων, το δώμα, το δάπεδο και τέλος τα εσωτερικά δομικά στοιχεία, όσα δηλαδή περιλαμβάνονται εντός του κελύφους του κτιρίου (εισαγωγή ουσιαστικά στο πρόγραμμα της εμβαδομέτρησης του κτιρίου). Η περιγραφή των αδιαφανών στοιχείων γίνεται στην ενότητα WALL.

Πίνακας 2.1. Ενότητα WALLS του SUNCODE-PC

WALLS							
* WALL	--FRONT/INTERIOR	SIDE--	--BACK/EXTERIOR	SIDE---			WALL
* TYPE	ZONE	SURF	SOLAR	ZONE OR	SURF	SOLAR	AREA
*	NAME	COEF	COEF.	SURFACE,	COEF	COEF.	
*		[W/C	[FRAC]	AMBIENT,	[W/C	[FRAC]	[SM]
*		-SM]		GROUND	-SM]		
*AAAAAAAAA	AAAAAAAAA	XX.XXX	X.XXXX	AAAAAAAAA	XX.XXX	X.XXXX	
XXXXX.X							
ExtCONC	Zone1	8.14	<AREA>	SOUTH	23.260	0.3	6.
ExtCONC	Zone1	8.14	<AREA>	NORTH	23.260	0.3	6.
ExtCONC	Zone1	8.14	<AREA>	WEST	23.260	0.3	4.
ExtCONC	Zone1	8.14	<AREA>	EAST	23.260	0.3	4.
ExtWALL	Zone1	8.14	<AREA>	SOUTH	23.260	0.3	28.7
ExtWALL	Zone1	8.14	<AREA>	NORTH	23.260	0.3	28.7
ExtWALL	Zone1	8.14	<AREA>	WEST	23.260	0.3	18.7
ExtWALL	Zone1	8.14	<AREA>	EAST	23.260	0.3	18.7
ESTWALL	Zone1	8.14	<AREA>	Zone1	8.14	<AREA>	50.
Roof	Zone1	8.14	<AREA>	Horz	23.260	0.9	96.
Floor	Zone1	8.14	<AREA>	GROUND	0.0	<AREA>	96.

Τα αδιαφανή δομικά στοιχεία περιγράφονται αναλυτικά ως προς την διαστρωμάτωση τους, (τομή δομικών στοιχείων) στην ενότητα WALL.TYPES, ως προς τις διαστάσεις τους, την γεωμετρία τους στον χώρο καθώς και των φυσικών ιδιοτήτων των υλικών που της συνθέτουν με την ενότητα MASS. TYPE (Πίνακας 2.2, 2.3)

Πίνακας 2.2. Ενότητα WALL.TYPES του SUNCODE-PC [9]

WALL . TYPES						
* WALL TYPE	LAYER # 1	LAYER # 2	LAYER # 3	LAYER # 4	LAYER # 5	LAYER # 6
*AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA
AAAAAAAAAA						
ExtCONC	Plaster	CON15	Dipolyste	Plaster	<NONE>	<NONE>
ExtWALL	Plaster	ESTOUBLO	Dipolyste	ESTOUBLO	Plaster	<NONE>
ESTWALL	Plaster	ESTOUBLO	Plaster	<NONE>	<NONE>	<NONE>
Roof	Plaster	CON15	LMCONC	Dipolyste	tskoniamia	plaka
Floor	plaka	tskoniamia	CON10	polyste	CON20	<NONE>

Πίνακας 2.3. Ενότητα MASS.TYPES του SUNCODE-PC

MASS . TYPES					
* MASS TYPE	CONDUCTIVITY [W/M-C]	DENSITY [KG/CM]	SPECIFIC HEAT [KJ/KG-C]	THICKNESS [M]	NODES
*AAAAAAAAAA	X.XXXX	XXXX.XXX	X.XXXX	XX.XXXX	XX.
CON15	2.03	2400.	0.82	0.15	3.
CON10	2.03	2400.	0.82	0.10	2.
CON20	2.03	2400.	0.82	0.20	4.
TOUBLO	0.52	1700.	0.79	0.16	2.
ESTOUBLO	0.52	1700.	0.79	0.10	2.
LMCONC	0.35	1200.	1.	0.05	1.
Plaster	0.87	1570.	1.	0.02	1.
Dipolyste	0.041	25.	1.4	0.05	1.
polyste	0.029	25.	1.4	0.10	1.
tskoniamia	0.87	1570.	1.	0.02	1.
plaka	2.03	1900.	0.78	0.02	1.

Τα διαφανή δομικά στοιχεία (παράθυρα) ορίζονται από την ενότητα WINDOWS όπου περιγράφεται το εμβαδόν του ανοίγματος ανά όψη και το είδος υαλοστασίου (μονό ή διπλό) που χρησιμοποιείται

Πίνακας 2.4. Ενότητα WINDOWS του SUNCODE-PC

WINDOWS						
* INTERIOR ZONE	EXTERIOR SURFACE	GLAZING TYPE	HEIGHT [M]	LENGTH [M]	---LOCATION---	
*					HORZ. [M]	VERT. [M]
*AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	XXXX.XX	XXXX.XX	XXXX.XX	XXXX.XX
Zone1	SOUTH	DIPLO	1.3	1.	0.0	0.0
Zone1	NORTH	DIPLO	1.3	1.	0.0	0.0
Zone1	WEST	DIPLO	1.3	1.	0.0	0.0
Zone1	EAST	DIPLO	1.3	1.	0.0	0.0

Επιμέρους ανάλυση των διαφανών δομικών στοιχείων περιγράφονται στην ενότητα GLAZING.TYPES με την εισαγωγή των υλικών και οπτικών ιδιοτήτων των υαλοπινάκων, την τυχούσα ύπαρξη ηλιοπροστατευτικών διατάξεων και τέλος αριθμού στρώσεων του υαλοστασίου (μονό –διπλό)

Πίνακας 2.5. Ενότητα GLAZING.TYPES του SUNCODE-PC

GLAZING . TYPES						
* GLAZING TYPE	GLAZING U VALUE [W/SM-C]	SHADING COEF. [FRAC]	EXTINCTION COEF. [1/MM]	INDEX OF REFRACTION [NONE]	THICKNESS OF LAYER [MM]	NUMBER OF LAYERS
*AAAAAAAAAA	SS.SSSSS	SS.SSSSS	X.XXXX	X.XXXX	X.XXXX	XX.
MONO	5.23	1.	0.0197	1.5260	4.	1.
DIPLO	3.26	1.0	0.0160	1.5260	4.	2.

Αφού οριστούν από τον χρήστη οι παραπάνω βασικές ενότητες εισάγονται στο πρόγραμμα επιμέρους στοιχεία τα οποία περιγράφουν την λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης, οι θερμοκρασιακές ρυθμίσεις του θερμοστάτη, οι ώρες , οι ημέρες και η περίοδος λειτουργίας της κεντρικής θέρμανσης . Αντίστοιχα στοιχεία δίνονται και για την λειτουργία της κεντρικής ψύξης. Τα δεδομένα αυτά εισάγονται στην ενότητα HVAC. TYPES. Στο σημείο αυτό να τονισθεί ότι για τις ανάγκες της εργασίας οι τιμές του θερμοστάτη θεωρήθηκαν σταθερές για χειμώνα θερμοκρασία θερμοστάτη 22° C και για καλοκαίρι 26 ° C.

Η εισαγωγή των δεδομένων , ολοκληρώνεται με την επιλογή των μεγεθών που επηρεάζουν την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου . Τα μεγέθη αυτά και οι ενότητες στις οποίες ανήκουν είναι :

Κλιματικό Αρχείο . Για την μελέτη του κτιρίου χρησιμοποιήθηκε το κλιματικό αρχείο της Αθήνας. Το πρόγραμμα SUNCODE-PC διαθέτει δύο κλιματικά αρχεία, της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης. Το κλιματικό αρχείο είναι δεδομένα της πόλης όσον αφορά την ατμοσφαιρική θερμοκρασία, την θερμοκρασία του εδάφους, την ηλιακή ακτινοβολία, την ανακλαστικότητα του εδάφους , το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της περιοχής κ.α.. Όλες οι τιμές δηλαδή που δίνει το πρόγραμμα είναι πραγματικές και πάρθηκαν βάση μετρήσεων. Το κλιματικό αρχείο περιγράφεται από δύο ενότητες :

Την πρώτη ενότητα του προγράμματος η οποία είναι η RUNS και δίνει όλα τα γενικά στοιχεία προσομοίωσης , τα οποία είναι η ετικέτα για την προσομοίωση, το όνομα του σταθμού κλιματικών δεδομένων, την ανακλαστικότητα του εδάφους για την ηλιακή ακτινοβολία , την θερμοκρασία εδάφους και τέλος την πρώτη και τελευταία ημέρα της προσομοίωσης

Την τελευταία ενότητα η οποία είναι η STATIONS και δίνει στοιχεία σχετικά με την περιοχή του κτιρίου. Στοιχεία που αφορούν το όνομα του σταθμού, το γεωγραφικό πλάτος και μήκος του σταθμού ,το όνομα αρχείου κλιματικών δεδομένων και το μετρικό σύστημα του κλιματικού αρχείου.

Καθορισμός θερμικών ζωνών . Πρόκειται για την δεύτερη ενότητα του προγράμματος , την ZONES , στην οποία και ανήκει το κτίριο αναφοράς . Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει την κεντρική θέρμανση και ψύξη του κτιρίου , το συνολικό εμβαδόν του κτιρίου, την ηλιακή πρόσοδο και την ηλιακή απώλεια , τα εσωτερικά θερμικά και λανθάνοντα φορτία (kW) δηλαδή τα θερμικά φορτία που παράγονται από τον άνθρωπο, ανάλογα της δραστηριότητας του, καθώς και την ύπαρξη λαμπτήρων και συσκευών. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι όσον αφορά την μελέτη του κτιρίου και των επιμέρους ΠΗΣ τα εσωτερικά θερμικά και λανθάνοντα φορτία λαμβάνονται ίσα με μηδέν. Τέλος η ενότητα αυτή περιλαμβάνει και τον αερισμό του κτιρίου σε εναλλαγές αέρα ανά ώρα μία τιμή η οποία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την φύση και την κατάσταση των κουφωμάτων καθώς και από το αν το κτίριο βρίσκεται σε πυκνοκατοικημένη η όχι περιοχή. Για το κτίριο αναφοράς η τιμή του αερισμού είναι σταθερή για όλο τον χρόνο και ίση με 0.8 ach.

Πίνακας2.6. Ενότητα ZONES του SUNCODE-PC

ZONES								
* ZONE	HVAC	FLOOR	HGT	INFIL.	SOLAR	SOLAR	INTERNAL	LATENT
* NAME	TYPE	AREA		RATE	TO AIR	LOST	GAIN	GAIN
*		[SM]	[M]	[AC/H]	[FRAC]	[FRAC]	[KW]	[KW]
*AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	XXXXX.X	XX.X	SSS.SSS	X.XXX	X.XXX	SSSS.SSS	SSSS.SSS
Zone1	Hvac1	96.	3.	0.8	0.2	0.1	IntGain	LatGain

Μεταβλητές προσομοίωσης. Πραγματοποιείται από την ενότητα SCHEDULES. Όπως προδίδει και το όνομα της στην ενότητα αυτή περιγράφονται όλες τις μεταβλητές του προγράμματος. Οι μεταβλητές αυτές μπορεί να είναι από την ρύθμιση της θερμοκρασίας θερμοστάτη μέχρι και οποιαδήποτε είδος θερμικών φορτίων, γενικά δηλαδή περιγραφή στοίχων που δεν είναι σταθερά κατά την διάρκεια μίας ημέρας , ενός μήνα ή και ολόκληρου χρόνου. Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει την ονομασία της μεταβλητής, την χρονική περίοδο για την οποία η μεταβλητή λαμβάνει κάποια τιμή και την ώρα για την οποία η παράμετρος λαμβάνει την επόμενη τιμή.

Καθορισμός χρονικών διαστημάτων. Πρόκειται για την βασική ενότητα SEASONS με την βοήθεια της οποίας δίνεται όνομα στην περίοδο που πραγματοποιείτε η μελέτη ή να ονομαστούν και να ορισθούν συγκεκριμένες περιόδους.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, στα δεδομένα του προγράμματος , υπάρχει ένας αριθμός τιμών, οι οποίες έχουν δεδομένη τιμή, όπως οι διαστάσεις, οι προσανατολισμοί , οι ιδιότητες των υλικών. Κάποιες τιμές όμως ορίζονται από τον χρήστη , μια και ο ακριβής υπολογισμός τους απαιτεί επίπονη και ακριβή, από άποψη μετρητικού εξοπλισμού διαδικασία. Μέσα από το πλήθος πινάκων είναι δυνατόν για κάθε τύπο κτιρίου , ανάλογα της μορφολογίας και της χρήσης του , να προκύψουν οι τιμές αυτές χωρίς σημαντική απόκλιση από την πραγματικότητα.

Στο σημείο αυτό θεωρείται σκόπιμο να αναφερθεί ότι σκοπός της περιγραφής του προσομοιωτικού προγράμματος SUNCODE-PC δεν είναι η εκμάθηση του από τον αναγνώστη, αλλά να καταφέρει να κατανοήσει με απλά λόγια τις διάφορες ενότητες του προγράμματος., όταν θα έρθει σε επαφή με αυτό. Η εκμάθηση του απαιτεί χρόνο και εμπάθунση σε όλες τις λεπτομέρειες όπως γίνεται πάντα όταν ασχολούμαστε με κάτι καινούριο και άγνωστο.

2.3 Περιγραφή αποτελεσμάτων προσομοίωσης SUNCODE-PC

Θα ήταν λάθος το SUNCODE-PC να θεωρηθεί σαν ένα πρόγραμμα που του εισάγονται δεδομένα και αυτό δίνει τα αποτελέσματα. Πρόκειται για ένα πραγματικά βασικό εργαλείο στα χέρια ενός φοιτητή και καλύτερα στα χέρια ενός μηχανικού. Εισάγοντας τα δεδομένα ενός κτιρίου στο πρόγραμμα και παίρνοντας τα αποτελέσματα μπορεί να αναλυθεί, να ελεγχθεί και βελτιωθεί οτιδήποτε αφορά την θερμική ισορροπία , την ισχύς και γενικά την θερμική κατανάλωση και όχι μόνο του

κτιρίου. Οι τιμές ανταποκρίνονται σε μεγάλο βαθμό και με μεγάλη ακρίβεια με την πραγματικότητα, σε μελέτη δηλαδή που θα γινόταν για ένα υπάρχον κτίριο χρησιμοποιώντας την φορά αυτή μηχανήματα μέτρησης.

Τα αποτελέσματα του κτιρίου μπορούν να εξαχθούν σε ωριαίες, ημερήσιες, μηνιαίες και ετήσιες τιμές. Αυτό ορίζεται από την ενότητα OUTPUTS όπου εκτός από το χρονικό βήμα των αποτελεσμάτων μπορεί να επιλεγθεί ξεχωριστά αλλά και όλα μαζί τα πεδία που ενδιαφέρουν την μελέτη. Μερικά από τα πεδία αυτά είναι : ALL(για να μας δώσει όλα τα αποτελέσματα), BUILDING (για αποτελέσματα που αφορούν γενικά το κτίριο), WINDOWS (μας δίνει μόνο τα αποτελέσματα που αφορούν τα παράθυρα) κ.α.

Πίνακας 7. Ενότητα OUTPUTS του SUNCODE-PC

OUTPUTS						
* OUTPUT	TIME	UNITS	OUTPUT	BUILDING	OUTPUT	FORMAT?
* TYPE	PERIOD		SEASON	ELEMENT	SECTION	
*	[H/D/M]	[E/M]				[Y/N]
*AAAAAAA	A	A	AAAAAAA	XXXX.	XXXX.	A
ALL	M	M	YEAR	<ALL>	<ALL>	Y

Στα αποτελέσματα της προσομοίωσης, περιλαμβάνονται μεγέθη τα οποία εκφράζουν τις ενεργειακές ροές και τις θερμοκρασιακές συνθήκες στους χώρους του κτιρίου.

Τα αποτελέσματα που χρειάστηκαν για την μελέτη των ΠΗΣ είναι κυρίως:

- **Θερμική κατανάλωση του κτιρίου EQUIPMENT ENERGY HEAT (kWh)**
- **Ηλιακό κέρδος/ενέργεια του άμεσου παθητικού συστήματος SOLAR RADIATION TOTAL GAIN (kWh)**
- **Θερμικό κέρδος των έμμεσων παθητικών συστημάτων (Τοίχος μάζας) FLOW GAIN (kWh)**
- **Θερμικό κέρδος θερμοσιφωνισμού έμμεσων και απομονωμένου κέρδους παθητικών συστημάτων (Τοίχος Trombe, Θερμοσιφωνικό πανέλο) TOTAL THERMO SIPHON (kWh)**
- **Θερμικό κέρδος επιφάνειας έμμεσων και απομονωμένου κέρδους παθητικών συστημάτων (Τοίχος Trombe, Θερμοσιφωνικό πανέλο) FLOW GAIN (kWh)**
- **Θερμικές απώλειες νοτίων ανοιγμάτων του άμεσου παθητικού συστήματος HEAT LOSS (kWh)**

- **Ακτινοβολία απορρόφησης έμμεσων και απομονωμένου κέρδους παθητικών συστημάτων (Τοίχος Μάζας, Θερμοσιφωνικό πανέλο) SOLAR RADIATION TOTAL GAIN (kWh)**
- **Ατμοσφαιρική θερμοκρασία AMBIENT TEMPERATURES (°C)**
- **Θερμοκρασία διακένου αέρα έμμεσων και απομονωμένου κέρδους παθητικών συστημάτων (Τοίχος Μάζας, Τοίχος Trombe, Θερμοσιφωνικό πανέλο) AIR GAP TEMPERATURES (°C)**
- **Εσωτερική και εξωτερική θερμοκρασία επιφανειών έμμεσων και απομονωμένου κέρδους παθητικών συστημάτων (Τοίχος Μάζας, Τοίχος Trombe, Θερμοσιφωνικό πανέλο) SURFACE TEMPERATURES (°C)**

Όλα τα παραπάνω αποτελέσματα μελετήθηκαν , αναλύθηκαν και σχολιάστηκαν με λεπτομέρειες στην μελέτη των ΠΗΣ. Αυτά είναι μόνο ένα μικρό δείγμα των αποτελεσμάτων που μπορεί να δώσει το πρόγραμμα προσομοίωσης SUNCODE. Αυτά που εξετάστηκαν είναι αντιπροσωπευτικά για το θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου αναφοράς και των παθητικών συστημάτων που ελέγχονται .

2.4 Στόχος της διαδικασίας προσομοίωσης

Ο προσομοιωτικός έλεγχος ο οποίος διεξήχθη στο πλαίσιο της συγκεκριμένης εργασίας είχε δύο κύριους στόχους :

- Την μελέτη πολλών μορφών παθητικών ηλιακών διατάξεων των συγκεκριμένων τεσσάρων συστημάτων που μελετήθηκαν και την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για τα συστήματα που πραγματικά βοηθούν στην φυσική θέρμανση του κτιρίου, εξοικονομώντας πολύτιμη θερμική ενέργεια
- Σύμφωνα με το γεγονός ότι η μελέτη βασίστηκε πάνω σε ένα απλό ισόγειο κτίριο, το πλέον αντιπροσωπευτικό των ελληνικών δεδομένων, οι πίνακες και τα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν, αποτελούν χρήσιμα στοιχεία τόσο για περαιτέρω μελέτη όσο και για περιπτώσεις εφαρμογής τέτοιων συστημάτων σε κατοικίες του Ελληνικού χώρου.

Οι διάφορες διατάξεις των συστημάτων που χρησιμοποιήθηκαν εξαρτώνται από το εμβαδόν, το πάχος , το ύψος, τον τύπο του υαλοπίνακα και την επιλεκτική βαφή των συστημάτων για καλύτερη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας.(Όλα αυτά θα

αναλυθούν και θα σχολιαστούν στη συνέχεια της εργασίας για κάθε ένα σύστημα ξεχωριστά.)

Στόχος δηλαδή δεν ήταν να εξετασθεί αν τα παθητικά συστήματα εξοικονομούν θερμική ενέργεια, αλλά το πως θα μπορούσαν να διαμορφωθούν κατά την κατασκευή τους με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξοικονομούν την μέγιστη δυνατή θερμική ενέργεια.

Μέχρι το σημείο αυτό αναλύθηκε τόσο ο τρόπος που δουλεύει το προσομοιωτικό πρόγραμμα όσο και ο στόχος της εργασίας. Στην συνέχεια παρουσιάζεται η ανάλυση του ενεργειακού ισοζυγίου του κτιρίου αναφοράς που δημιουργήθηκε μαζί με τον υπεύθυνο καθηγητή κύριο Θ. Θεοδοσίου.

3. Κτίριο Αναφοράς

3.1 Περιγραφή Κτιρίου Αναφοράς

Το κτίριο το οποίο μελετήθηκε δεν είναι υπαρκτό, σχεδιάστηκε και προσομοιώθηκε βάση της Ελληνικής πραγματικότητας. Το κτίριο βρίσκεται στην πόλη των Αθηνών με γεωγραφικό πλάτος $37,58^\circ$ βόρεια και $23,43^\circ$ ανατολικά. Βρίσκεται εκεί για το λόγο ότι έχει χρησιμοποιηθεί το αντίστοιχο κλιματικό αρχείο της συγκεκριμένης πόλης. Το κτίριο είναι μία τυπική ισόγεια μονοκατοικία εκτεθειμένη στο περιβάλλον, χωρίς φυσικά ή τεχνικά εμπόδια ηλιασμού και αερισμού. Η κάτοψη του χώρου είναι 96 m^2 και αντιπροσωπεύει μία μέση ελληνική κατοικία σε ότι αφορά τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του. Σε κάθε όψη του κτιρίου υπάρχει ένα παράθυρο διπλού υαλοπίνακα με εμβαδόν $1,3 \text{ m}^2$.

Εσωτερική διαμόρφωση δεν υπάρχει, η ανάγκη όμως για πρόσθεση εσωτερικής θερμικής μάζας, οδήγησε στην τοποθέτηση εσωτερικής τοιχοποιίας συνολικού εμβαδού 50 m^2 . Το γεγονός ότι δεν διαμορφώθηκε ο εσωτερικός χώρος δεν επηρεάζει σε καμία περίπτωση τις μετρήσεις. Θα επηρεαζόταν μόνο στην περίπτωση που δεν θα τοποθετήτο εσωτερική τοιχοποιία γιατί οι θερμοροές μέσω των εσωτερικών δομικών στοιχείων αυξάνουν την θερμική αδράνεια του κτιρίου καθώς και την θερμοχωρητικότητά του. Επιθυμητή λοιπόν και αναγκαία ήταν η τοποθέτηση όσο το δυνατόν μεγαλύτερης εσωτερικής θερμικής μάζας.

3.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Κτιρίου Αναφοράς

3.2.1 Εμβαδομέτρηση -Σχέδια κτιρίου

Πρόκειται όπως προαναφέρθηκε για ένα κτίριο με εμβαδόν κάτοψης 96 m^2 και όγκο 288 m^3 . Έχει δύο δίδυμες όψεις με συνολικό εμβαδόν 36 m^2 για την νότια και βόρεια όψη και 24 m^2 για την ανατολική και δυτική όψη.

3.2.1.1 Εμβαδομέτρηση κτιρίου

Κτίριο

Εμβαδόν χώρου (κτιρίου) : $12 * 8 = 96 \text{ m}^2$

Όγκος χώρου (κτιρίου) : $96 * 3 = 288 \text{ m}^3$

Φέροντας Οργανισμός

Νότος : 6 m^2

Βορράς : 6 m^2

Ανατολή : 4 m^2

Δύση : 4 m^2

Δώμα - Δάπεδο

Εμβαδόν Δώματος : 96 m^2

Εμβαδόν Δαπέδου : 96 m^2

Τοιχοποιία

Νότος : 28.7 m^2

Βορράς : 28.7 m^2

Ανατολή : 18.7 m^2

Δύση : 18.7 m^2

Ανοίγματα (παράθυρα)

Νότος : $1.3 * 1 = 1.3 \text{ m}^2$

Βορράς : $1.3 * 1 = 1.3 \text{ m}^2$

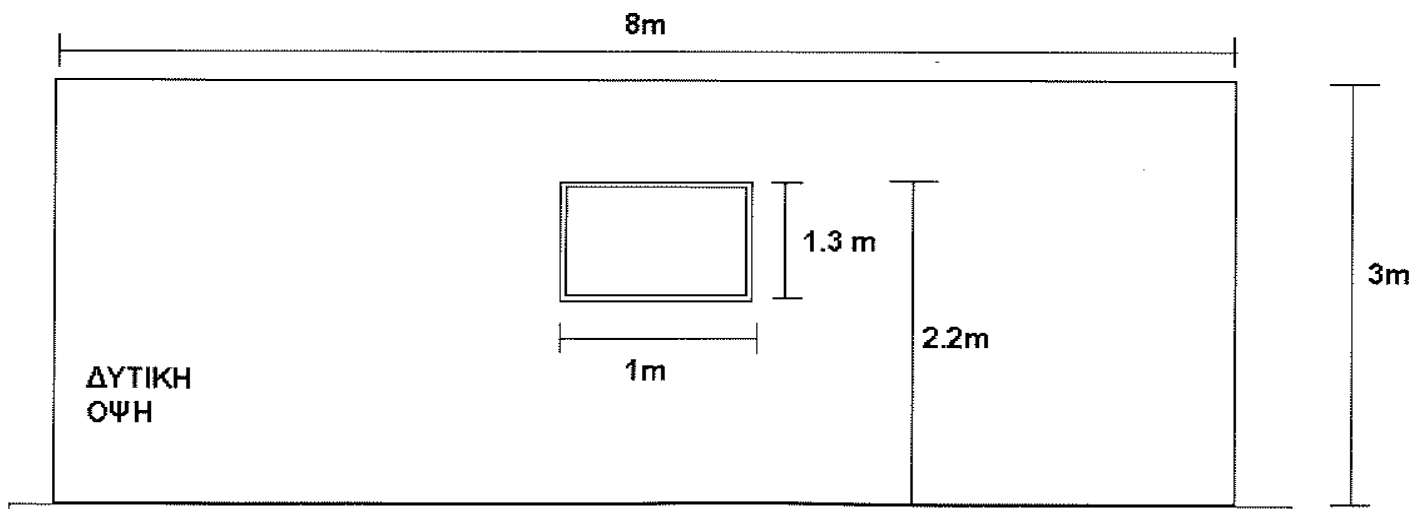
Ανατολή : $1.3 * 1 = 1.3 \text{ m}^2$

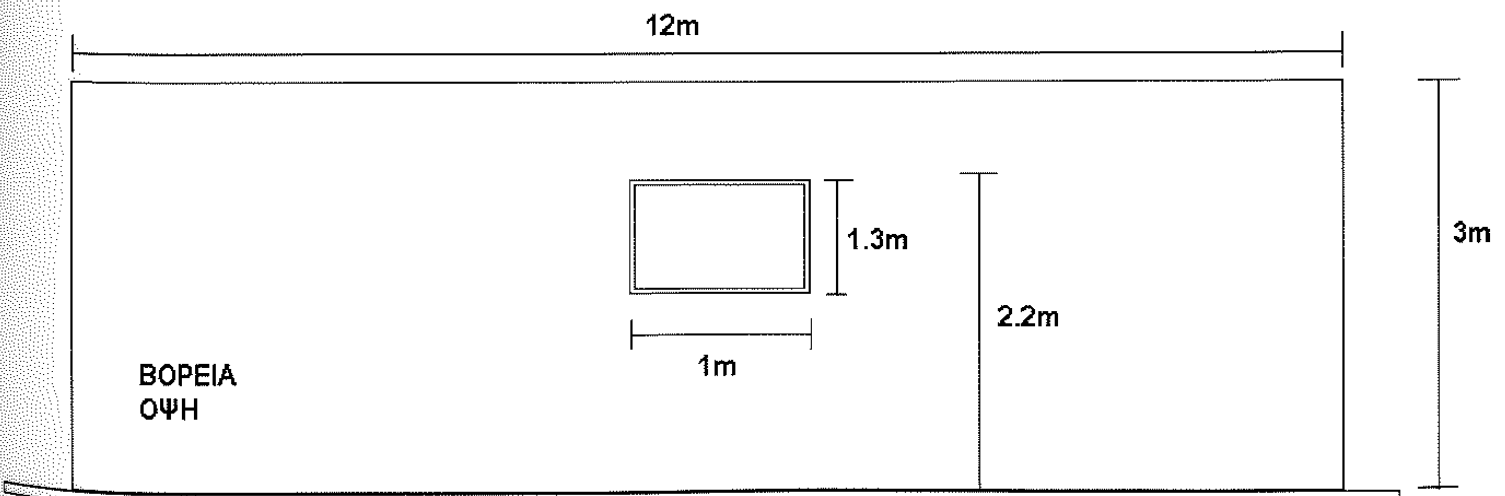
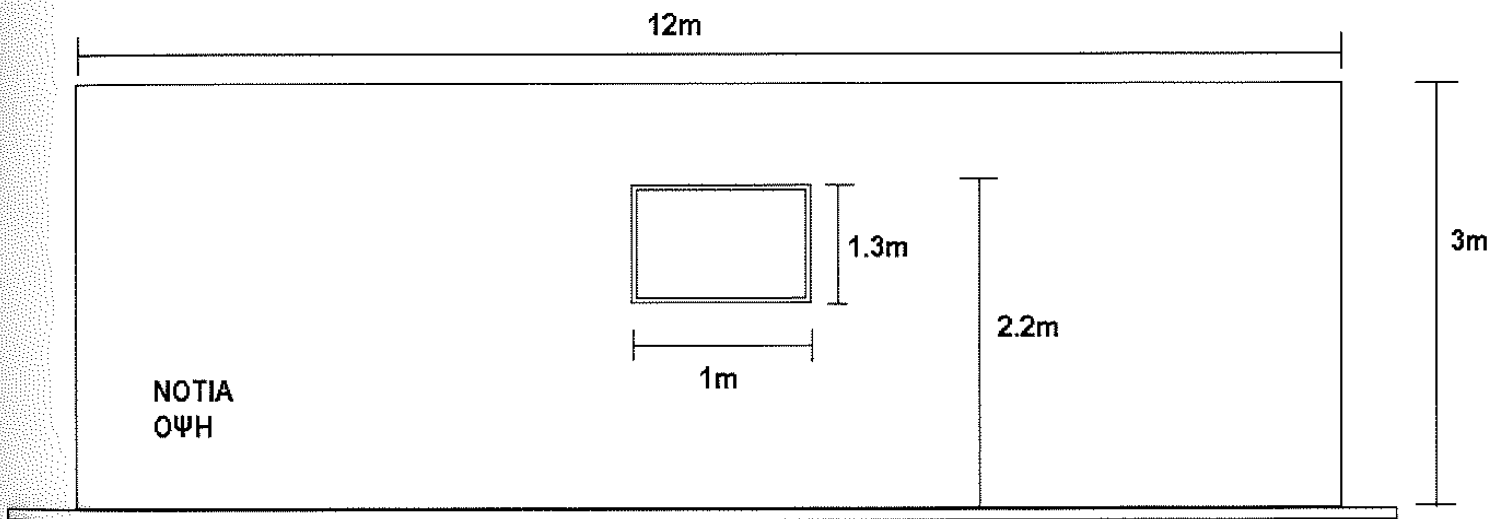
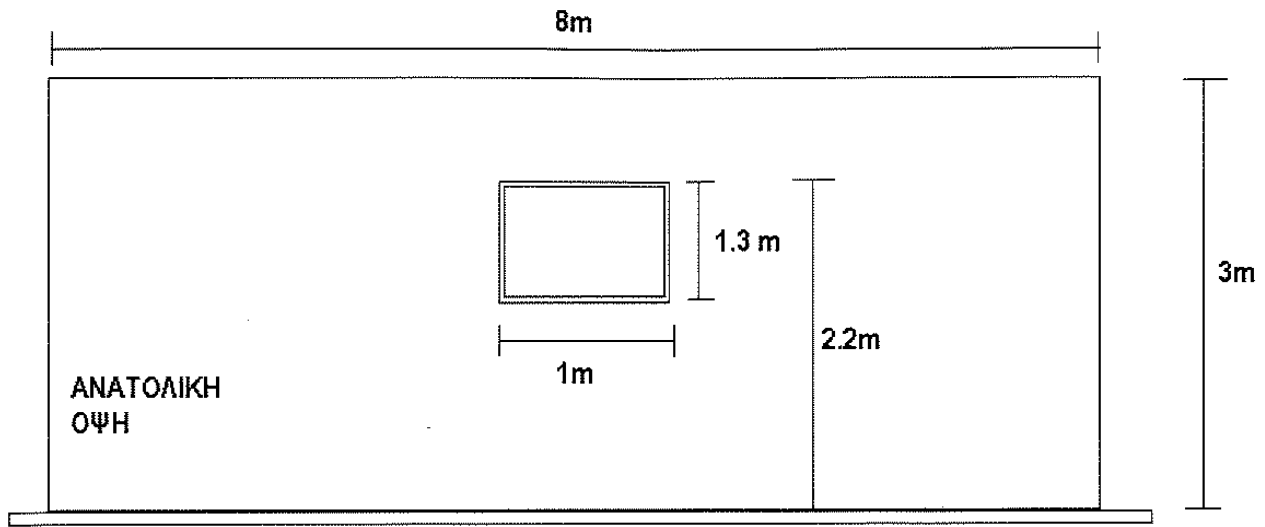
Δύση : $1.3 * 1 = 1.3 \text{ m}^2$

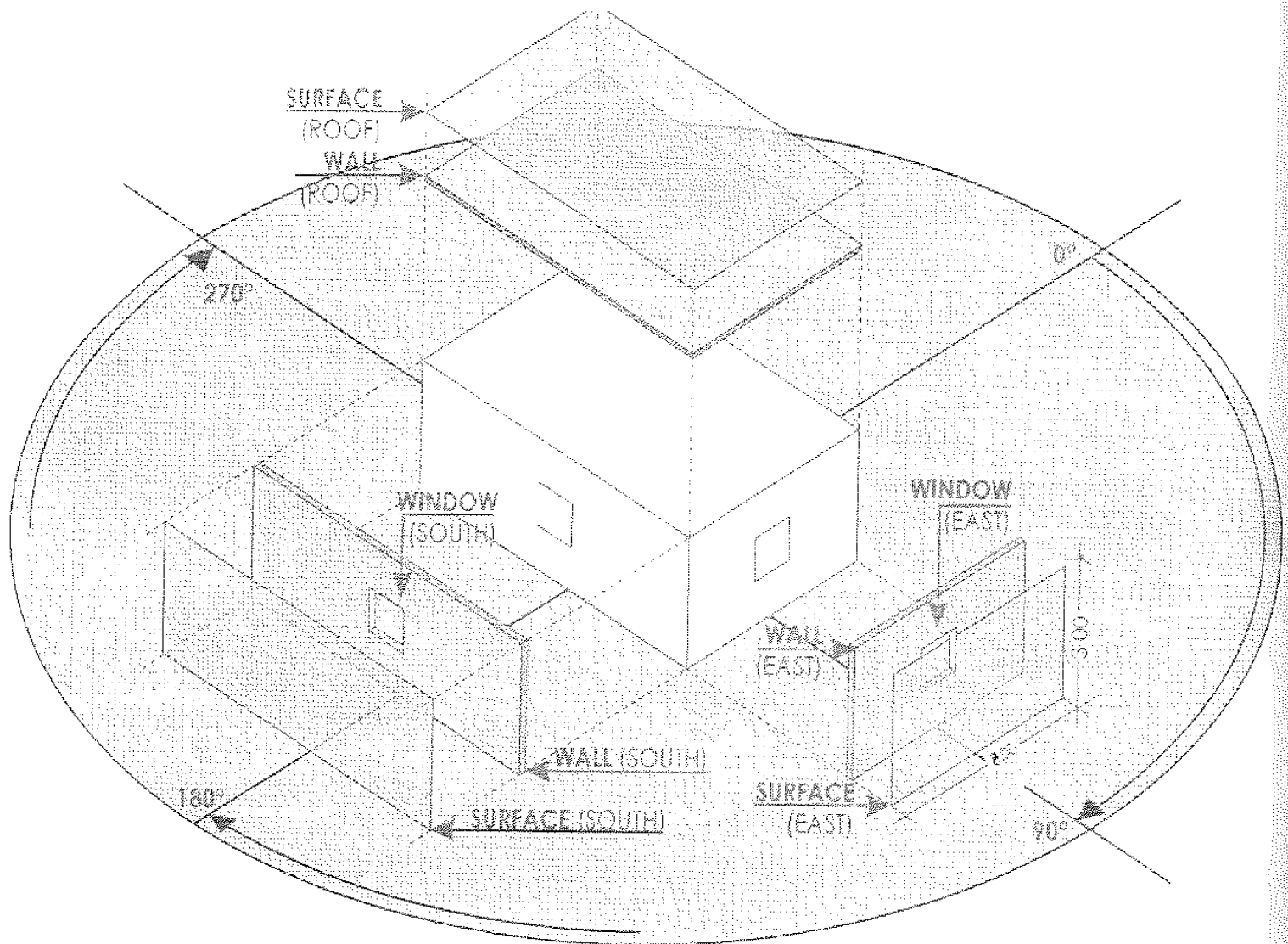
Εσωτερική τοιχοποιία : 50 m^2

3.2.1.2 Σχέδια κτιρίου

Όψης κτιρίου





Εξωτερική άποψη του κτιρίου αναφοράς**3.2.2. Θερμική μόνωση κτιρίου – Τομές δομικών στοιχείων**

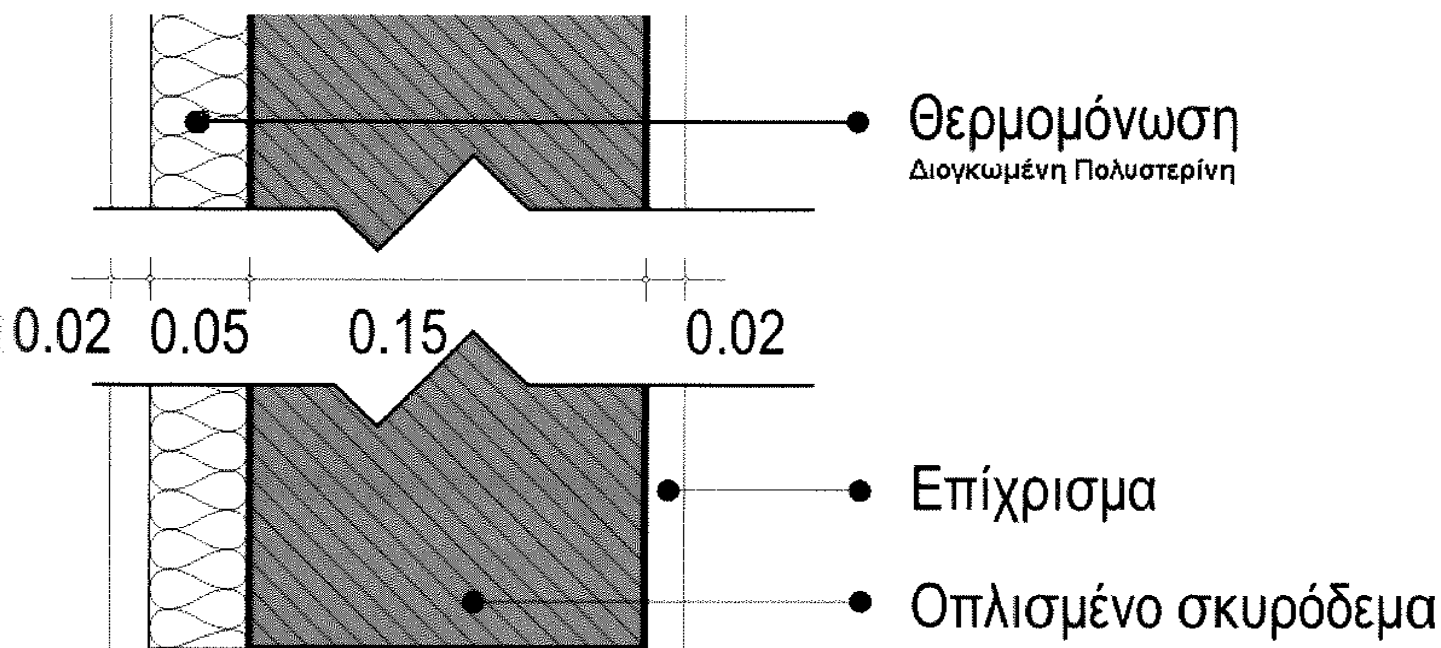
Λόγο της χρήσης που πρόκειται να γίνει, το κτίριο πρέπει να είναι καλά μονωμένο, και να ανταποκρίνεται στον Ελληνικό κανονισμό θερμομόνωσης. Μόνωση πρέπει να έχει εκτός του φέρονται οργανισμού και τις εξωτερικής τοιχοποιίας, το δώμα και το δάπεδο. Στην συνέχεια παρουσιάζονται ξεχωριστά οι κλίσεις, οι διαστάσεις, το πάχος, το είδος του κάθε υλικού καθώς και ο τρόπος που είναι κατανομημένα τα υλικά (διαστρωμάτωση) για κάθε ένα από τα τέσσερα δομικά στοιχεία του κτιρίου.

Προσανατολισμός και κλίση διαφανών δομικών στοιχείων

Επιφάνεια	Προσανατολισμός (Αζιμούθιο °)	Κλίση	Ύψος (m)	Μήκος (m)
Νότος	0.	90.	3.	12.
Βορράς	180.	90.	3.	12.
Ανατολή	90.	90.	3.	8.
Δύση	270.	90.	3.	8.
Οριζόντιο Επίπεδο	0.	0.	12.	8.

Διαστρωμάτωση δομικών στοιχείωνΦέροντας Οργανισμός

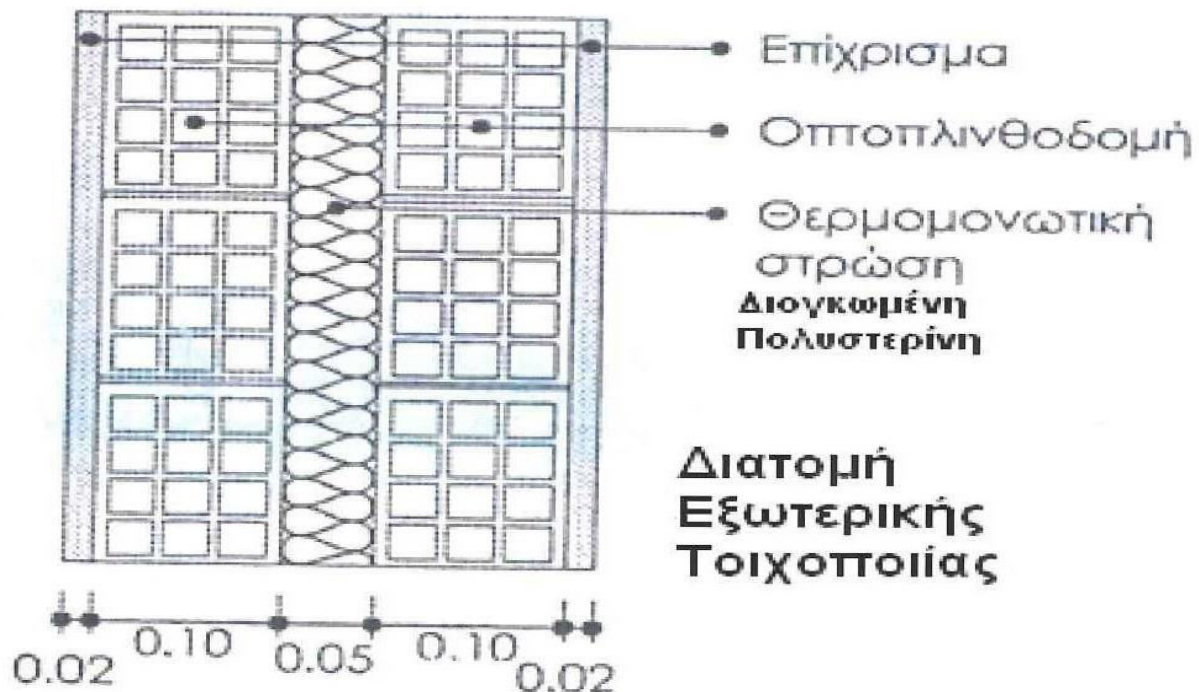
Η δοκός και οι κολώνες του κτιρίου «ντύθηκαν» με μονωτικό υλικό διογκωμένης πολυστερίνης. Πρόκειται για ένα υλικό με συντελεστή θερμοχωρητικότητας $0.041 \text{ W/M}^{\circ}\text{C}$. Η μόνωση τοποθετήθηκε στο εξωτερικό μέρος του μπετόν (Σχήμα 3.1.)



Σχήμα 3.1

Εξωτερική τοιχοποιία

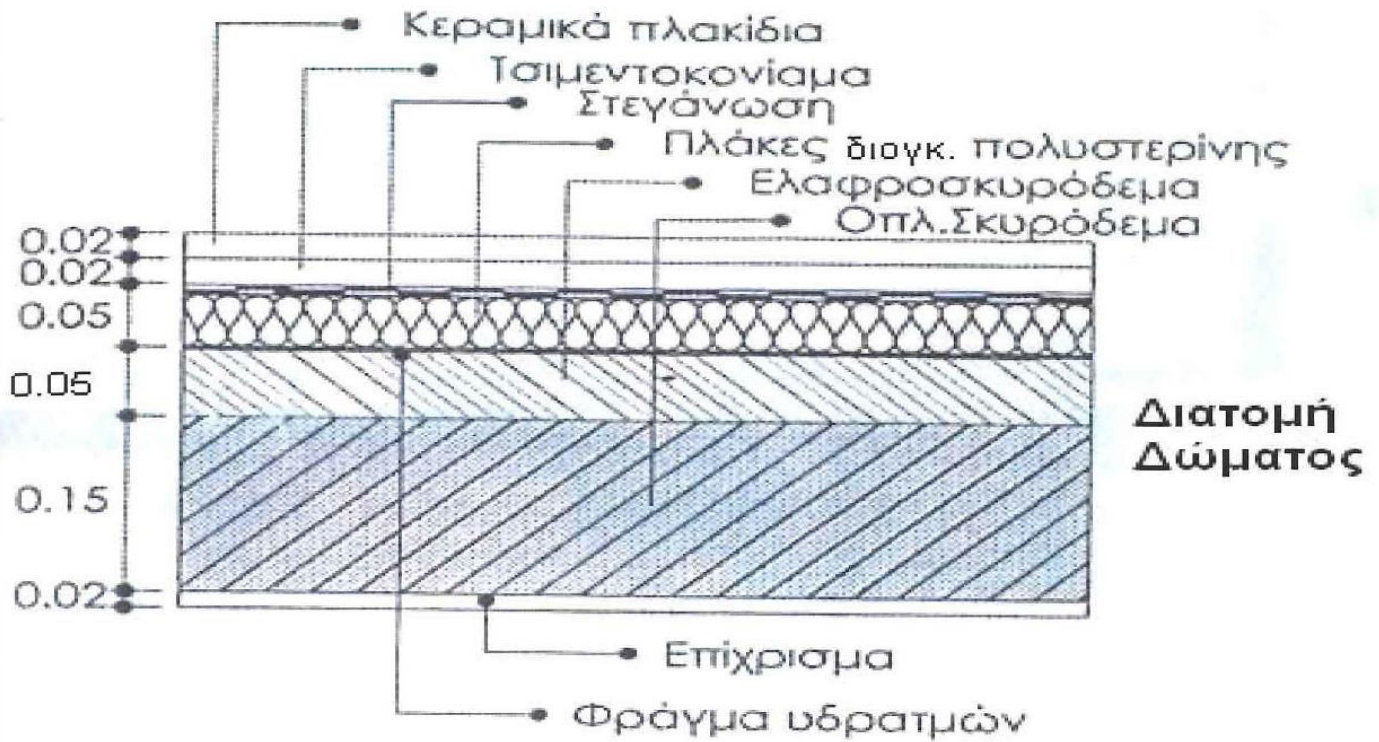
Για την θερμομόνωση του εξωτερικού κελύφους χρησιμοποιήθηκε μόνωση στον πυρήνα της τοιχοποιίας. Ιδιαίτερη σημασία και προσοχή πρέπει να δοθεί στην αποφυγή θερμογεφυρών και αυτό γιατί σε μία κατοικία αυτό που ενδιαφέρει τους ενοίκους είναι η αντίσταση του κελύφους στις αλλαγές του εξωκλίματος. Και εδώ το μονωτικό υλικό που χρησιμοποιείται είναι διογκωμένη πολυστερίνη (Σχήμα 3.2)



Σχήμα 3.2

Δώμα

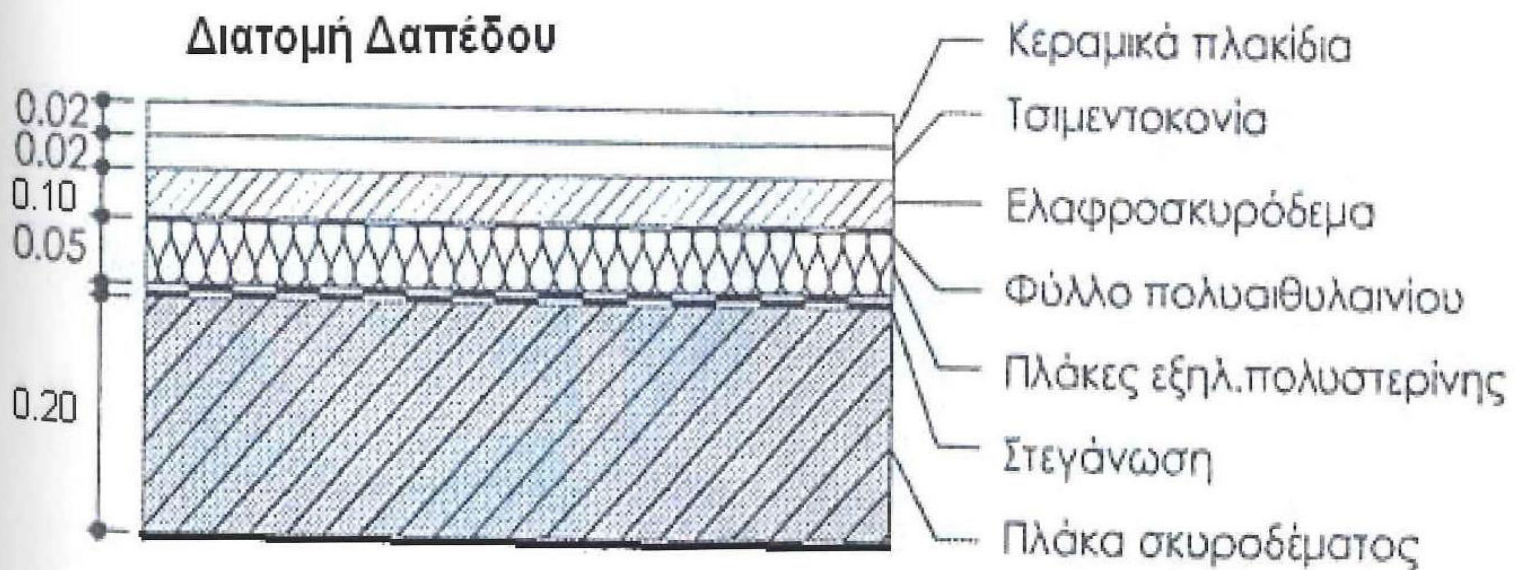
Για καλύτερη απόδοση του κελύφους του κτιρίου απαιτείται μόνωση του δώματος. Η μόνωση και εδώ γίνεται με διογκωμένη πολυστερίνη. Τοποθετείτε πάνω από το οπλισμένο σκυρόδεμα και κάτω από ελαφριές πλάκες (Σχήμα 3.3). Ανάμεσα από το μπετόν και την μόνωση τοποθετήθηκε στεγνωτική στρώση, ενώ για το «δέσιμο» της πλάκας με την μόνωση ανάμεσα τους τοποθετήθηκε τσιμεντοκονίαμα.



Σχήμα 3.3

Δάπεδο

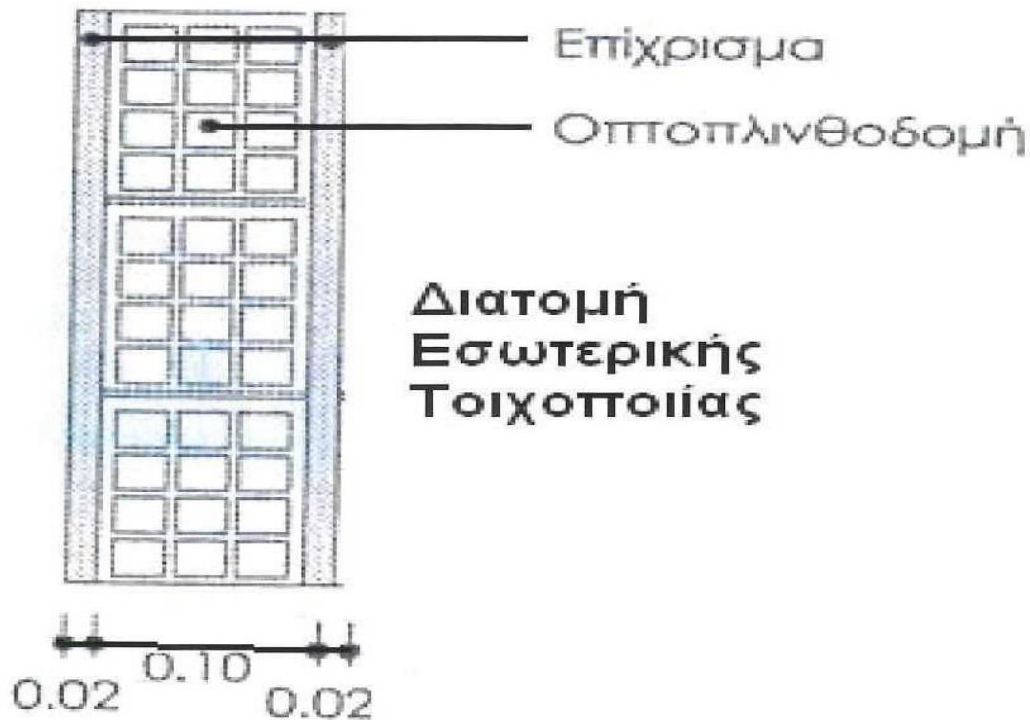
Η μόνωση του δαπέδου ήταν ένα σημείο που προκάλεσε προβληματισμό για το αν θα βοηθούσε αρκετά στην θερμική προστασία του κτιρίου. Μετά από απαραίτητη διαδικασία έλεγχου στο προσομοιωτικό πρόγραμμα εξήλθε το συμπέρασμα ότι η τοποθέτηση μόνωσης στο δάπεδο είναι απαραίτητη. Ως υλικό μόνωσης χρησιμοποιήθηκε εξηλασμένη πολυστερίνη με θερμική αγωγιμότητα ίση με $0.029 \text{ W/M}^{\circ}\text{C}$. Τοποθετήθηκε ανάμεσα από το οπλισμένο σκυρόδεμα και το ελεφρομπετον. (Σχήμα 3.4)



Σχήμα 3.4

Εσωτερική τοιχοποιία

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η εσωτερικής τοιχοποιίας κατέχει τον ρόλο της εσωτερικής θερμικής μάζας.. Να διοχετεύονται δηλαδή σε αυτήν τα ποσά θερμότητας από την λειτουργία των συστημάτων . Η τομή της εσωτερικής τοιχοποιίας βρίσκεται στο σχήμα 3.5



Σχήμα 3.5

3.2.3 Επιμέρους τεχνικά χαρακτηριστικά

Εκτός από την πλήρη ανάλυση των αδιαφανή δομικών στοιχείων, σπουδαίο και σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση του κτιρίου αναφοράς έπαιξαν και οι διάφορες παράμετροι του κτιρίου. Οι παράμετροι αυτοί είναι :

Περιβάλλοντας χώρος: Η περιοχή γύρο από το κτίριο επηρεάζει άμεσα την σχέση του κτιρίου με το περιβάλλον, καθώς τα χαρακτηριστικά του είναι σε θέση να μεταβάλλουν σημαντικά την ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στο κτίριο, καθώς και να μειώσουν το φυσικό αερισμό του κτιρίου. Στην περίπτωση μας πάντως ο περιβάλλοντα χώρος είναι απολύτως «καθαρός» από φυσικά η τεχνητά εμπόδια.

Ανακλαστικότητα εδάφους : Η τιμή της ανακλαστικότητας του εδάφους προκύπτει ως ο μέσος όρος των αντίστοιχων τιμών για κάθε υλικό που αποτελεί την ανώτατη στρώση των οριζοντίων επιφανειών περιμετρικά της θερμικής ζώνης. Η ανακλαστικότητα σε αυτές τις περιπτώσεις εκτιμάται ότι είναι της τάξης του **0.3** (30 %). Η τιμή αυτή αποτελεί την μέση τιμή των ανακλαστικοτήτων των διαφόρων υλικών του περιβάλλοντα χώρου.

Θερμοκρασία εδάφους : Πρόκειται για την μέση ετήσια θερμοκρασία του εδάφους. Είναι σταθερή και πάρθηκε από το κλιματικό αρχείο, αφού είναι μία τιμή η οποία προήλθε από πραγματικές μετρήσεις. Η μεσοί θερμοκρασία του εδάφους λοιπόν είναι της τάξης των **18 ° C**.

Αερισμός ζώνης : Ο αερισμός του χώρου (ανανέωση του περιεχόμενου αέρα) είναι μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους θερμικών ανταλλαγών με το περιβάλλον. Λόγω της εξαιρετικής πολυπλοκότητας , αντιμετωπίζεται διεθνώς με την χρήση καθιερωμένων προτύπων ανάλογα με το μέγεθος του χώρου, την χρήση του και την ποιότητα των ανοιγμάτων (παραθύρων). Διακρίνεται σε δύο είδη :

- Τον αθέμιτο αερισμό (infiltration), ο οποίος πραγματοποιείται δια μέσου χαραμάδων στο κέλυφος και στα κουφώματα και
- Στον αερισμό ο οποίος προκαλείται από το άνοιγμα των παραθύρων

Για τον ελλαδικό χώρο οι τιμές κυμαίνονται από 0.3 ach για κτίρια με άριστη ποιότητα διαφανών και αδιαφανών δομικών στοιχείων έως 30 ach για κτίρια που βρίσκονται σε μεγάλο υψόμετρο, χωρίς εξωτερικά εμπόδια αερισμού και με πραγματοποίηση διαμπερούς αερισμού (ανοιχτά παράθυρα).

Για τις ανάγκες της εργασίας θεωρήθηκε ο αερισμό του κτιρίου σταθερός καθ' όλη την διάρκεια του έτους και λόγω των άριστων αδιαφανή δομικών στοιχείων και τον διπλό υαλοπίνακα των αδιαφανών στοιχείων η τιμή του αερισμού είναι **0.8 ach**.

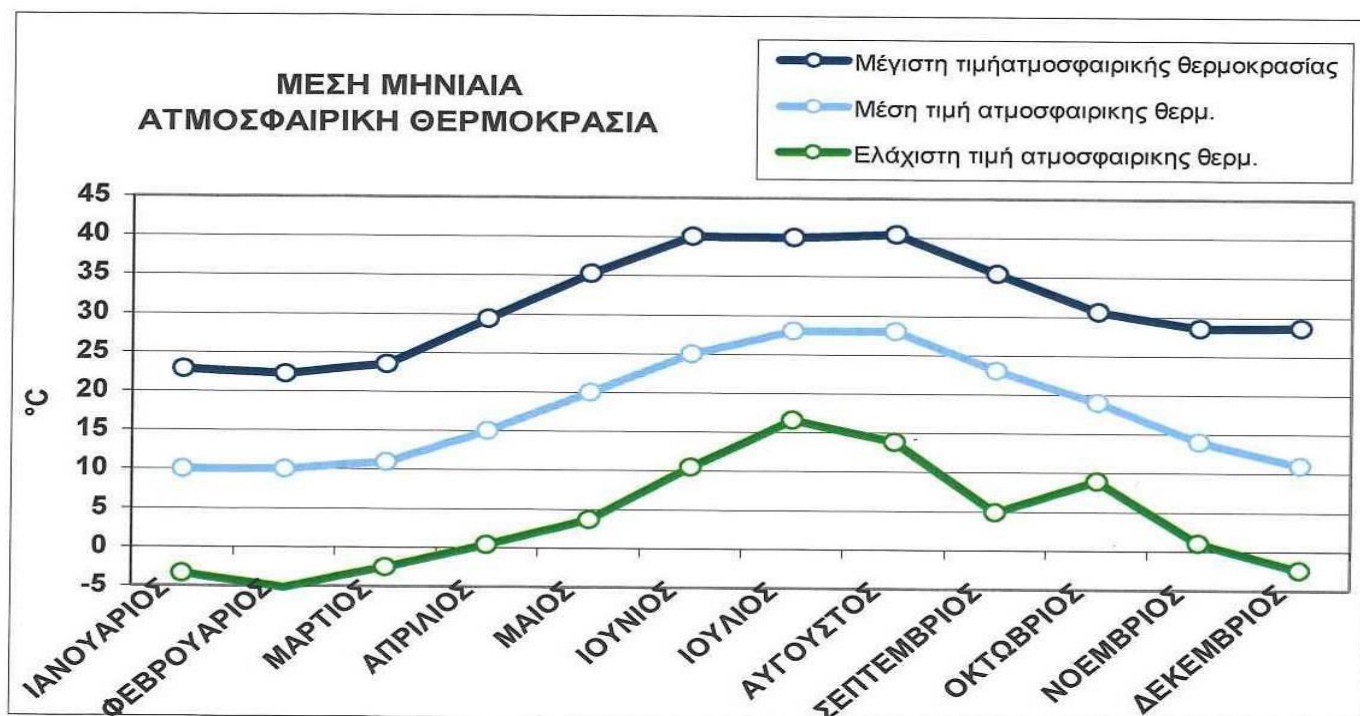
Εσωτερική θερμικά κέρδη : Ως εσωτερικά θερμικά κέρδη ορίζονται οι θερμικές πρόσδοι, οι οποίες προέρχονται από την λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών , του φωτισμού και από την παρουσία ανθρώπων στο χώρο. Λόγω του ότι τα κτίριο αναφοράς δεν είναι ένα υπαρκτό κτίριο και ότι η βασική μελέτη επικεντρώνεται γύρω

από την χρήση παθητικών συστημάτων δεν υπάρχουν καθόλου εσωτερικά θερμικά κέρδη. Η τιμή λοιπόν για όλο τον χρόνο είναι **0 kW**.

Θερμοκρασία θερμοστάτη : Η λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης, οι θερμοκρασιακές ρυθμίσεις του θερμοστάτη, οι ώρες , οι ημέρες και η περίοδος λειτουργίας της κεντρικής θέρμανσης είναι μία βασική παράμετρος . Για την μελέτη οι τιμές του θερμοστάτη θεωρήθηκαν σταθερές για **χειμώνα με θερμοκρασία θερμοστάτη στους 22° C** και οι τιμές του θερμοστάτη θεωρήθηκαν σταθερές για **καλοκαίρι στους 26 ° C**.

3.3. Θερμικό Ισοζύγιο Κτιρίου Αναφοράς

Η παρουσίαση του θερμικού ισοζυγίου του κτιρίου αναφοράς δεν είναι τίποτε άλλο από την ανάλυση των αποτελεσμάτων που πάρθηκαν από το τρέξιμο του προσομοιωτικού προγράμματος. Το Διάγραμμα 3.1 παρουσιάζει την μέση μηνιαία ατμοσφαιρική θερμοκρασία της περιοχής που βρίσκεται το κτίριο, δηλαδή της περιοχής των Αθηνών.



Διάγραμμα 3.1 Μέση μηνιαία ατμοσφαιρική θερμοκρασία

Το βασικότερο στοιχείο, με μεγάλο βαθμό ενδιαφέροντος ήταν ο έλεγχος της θερμικής κατανάλωσης του κτιρίου αναφοράς. Επειδή όπως έχει αναφερθεί αρκετές φορές μέχρι στιγμής, το κτίριο αναφοράς προσομοιώθηκε βάση των ελληνικών συνθηκών επιδιώχθηκε και η συνολική κατανάλωση για θέρμανση να κυμαίνεται στα ελληνικά επίπεδα. Η τιμή αυτή έχει μονάδα την kWh/m^2 , διαιρέσει δηλαδή των συνολικών kWh που κατανάλωσε το κτίριο την περίοδο του χειμώνα (7100 kWh) με το εμβαδόν της κάτοψης το οποίο είναι 96 m^2 . Έτσι η τιμή αυτή ανέρχεται σε **73,961 kWh/m^2** μία τιμή απολύτως λογική, δεδομένου ότι το κτίριο έχει πολύ καλή θερμομονωτική προστασία. Η μηνιαία κατανάλωση για θέρμανση του κτιρίου την περίοδο του χειμώνα (ως περίοδο χειμώνα ορίστηκαν οι μήνες από Νοέμβριο έως Απρίλιο) φαίνεται στο διάγραμμα 3.2.

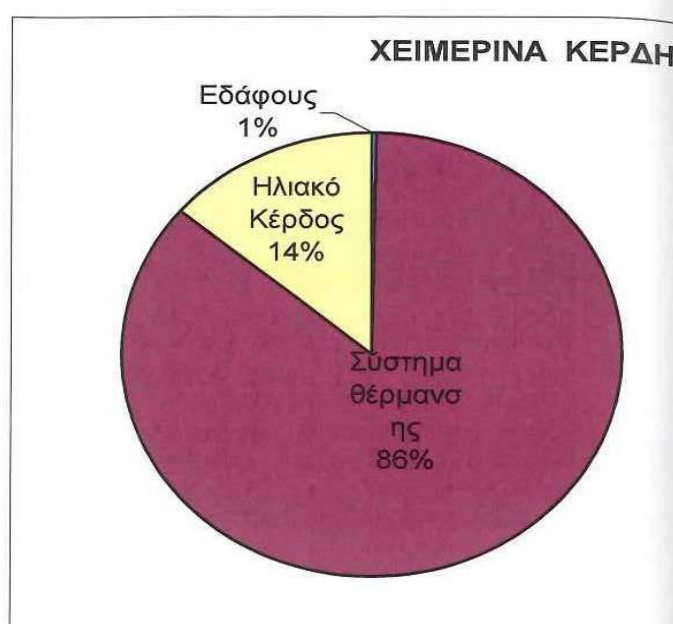


Διάγραμμα 3.2 Μηνιαία κατανάλωση για θέρμανση κτιρίου αναφοράς

Με το παραπάνω διάγραμμα λοιπόν διαπιστώνεται ότι το κτίριο μελέτης καταναλώνει περισσότερο τον Ιανουάριο με 17 kWh/m^2 και λιγότερο τον Απρίλιο με $5,3 \text{ kWh/m}^2$. Ο αναγνώστης εύκολα το καταλαβαίνει αυτό αλλά δεν γνωρίζει τα αίτια αυτής της κατανάλωσης. Σε ποία στοιχεία, δομικά και μη, οφείλονται αυτές οι τιμές; Η απάντηση έρχεται στα επόμενα διαγράμματα (Διάγραμμα 3.3, 3.4) όπου παρουσιάζεται η ροή θερμότητας του κτιρίου, η ποσοστιαία κατανομή καλύτερα των θερμικών απωλειών και κερδών του συγκεκριμένου κτιρίου



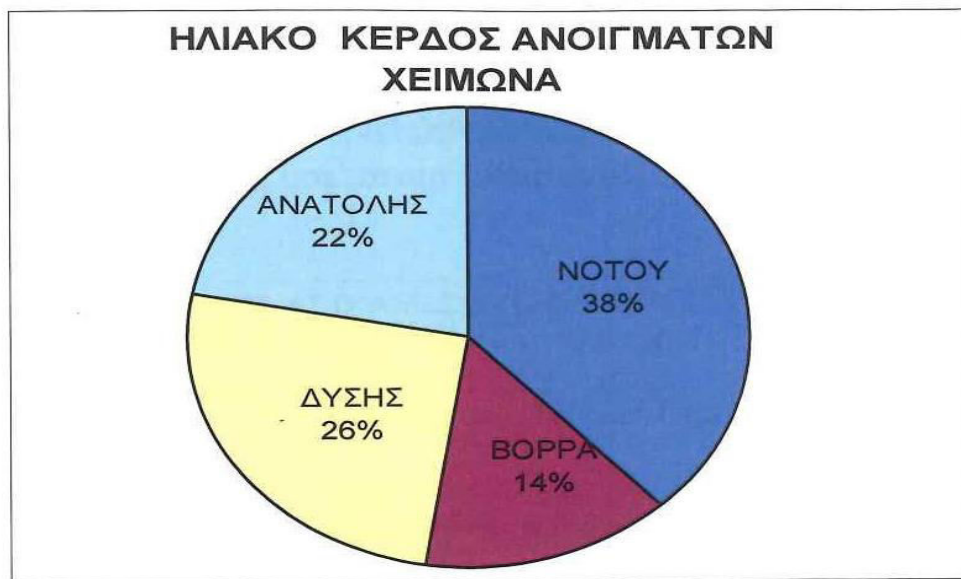
Διάγραμμα 3.3 Χειμερινές απώλειες κτιρίου αναφοράς



Διάγραμμα 3.4 Χειμερινά κέρδη κτιρίου αναφοράς

Τα παραπάνω διαγράμματα αναλύουν την ποσοστιαία κατανομή των απωλειών και κερδών. Οι χειμερινές απώλειες οφείλονται κατά το ήμισυ στα αδιαφανή δομικά στοιχεία, αποδεικνύοντας λοιπόν ότι όσο και να θερμομονωθεί το κέλυφος απώλειες θα έχουμε από εκεί. Το 41% των απωλειών οφείλεται στον αερισμό ενώ το 9% στα αδιαφανή στοιχεία. Όσον αφορά τα χειμερινά κέρδη η πληθώρα των κερδών προέρχεται από το σύστημα θέρμανση και μόλις το 14% από τον ήλιο που εισέρχεται στο εσωτερικό του σπιτιού.

Η μελέτη επικεντρώθηκε αποκλειστικά στην μείωση της θερμικής κατανάλωσης κατά την διάρκεια του χειμώνα. Το απλό κτίριο αναφοράς που μελετήθηκε εκμεταλλεύεται τον ήλιο και την ενέργεια που του παρέχει μόνο κατά 14% από τα τέσσερα παράθυρα του. Το διάγραμμα 3.5 αποδεικνύει ότι η εκμετάλλευση αυτού του ποσοστού οφείλεται σε μεγάλο βαθμό από το άνοιγμα που βρίσκεται στην νότια πλευρά.



**Διάγραμμα 3.5 Ποσοστιαίο κέρδος ηλιακής ακτινοβολίας
από ανοίγματα κτιρίου**

Θέλοντας να μεταφρασθεί σε νούμερο αυτό το ποσοστό, η τιμή αυτή ανέρχεται σε μόλις $4,98 \text{ kWh/m}^2$ στο σύνολο της περιόδου που γίνεται η μελέτη, ενώ του βορρά σε μόλις $1,37 \text{ kWh/m}^2$. Τιμές μικρές ικανές όμως να δείξουν ότι η τοποθέτηση ενός συστήματος στην νότια όψη θα βοηθήσει στην μείωση της θερμικής κατανάλωσης.

4. Παθητικό Ηλιακό Σύστημα Άμεσου Κέρδους

4.1 Εισαγωγή

Πρόκειται για την απλούστερη και πιο διαδεδομένη παθητική ηλιακή διάταξη. Στα άμεσου κέρδους συστήματα ο χώρος θερμαίνεται άμεσα με την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας από τα ανοίγματα του κτιρίου. Παρόλη την απλότητάς του, δεν μπορεί κάθε άνοιγμα να θεωρηθεί ως τεχνική παθητική θέρμανσης, διότι το σύστημα είναι αποδοτικό μόνο όταν το άνοιγμα είναι καθαρά νότιου προσανατολισμού ή τουλάχιστο με μία μικρή απόκλιση από το νότο της τάξης των 20° περίπου.

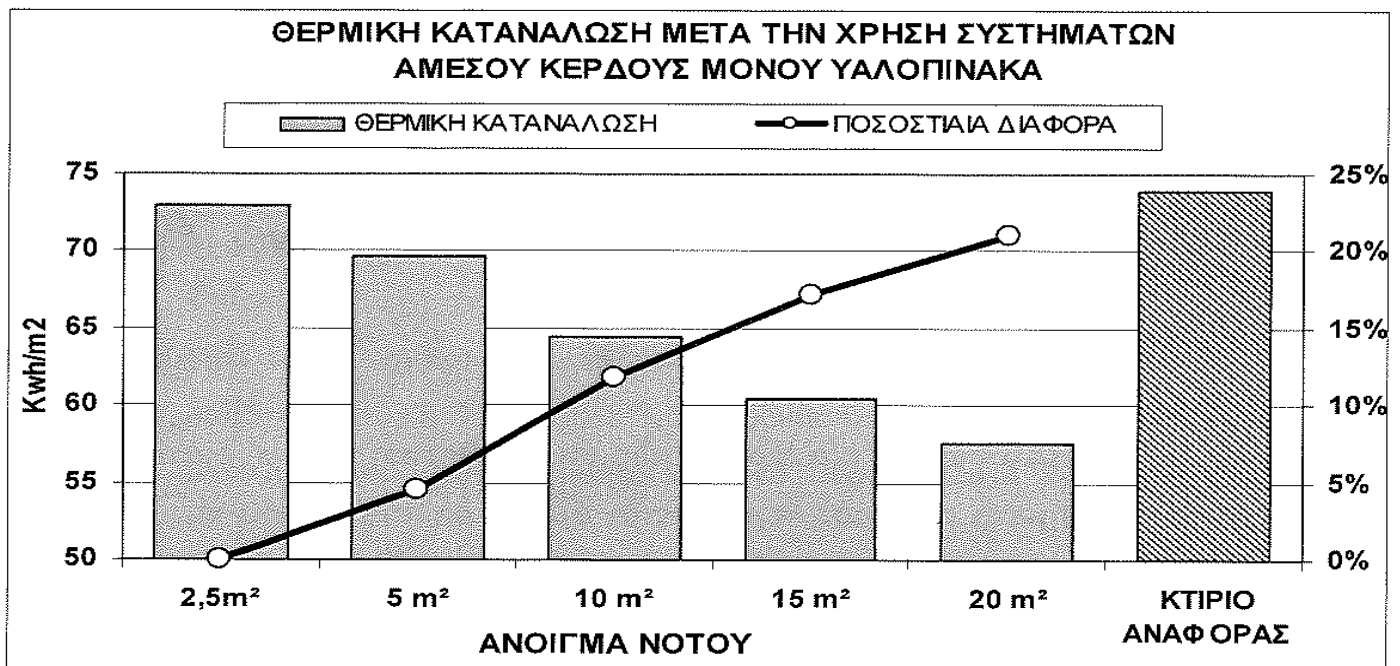
Η μελέτη του παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους έγινε με την παρακάτω μεθοδολογία. Προσαρμόστηκαν στην νότια πλευρά του κτιρίου αναφοράς πέντε διαφορετικού εμβαδού ανοίγματα. Τα εμβαδά των ανοιγμάτων (παραθύρων) που

τοποθετήθηκαν είναι 2.5 , 5 , 10 , 15 και 20 m². Χρησιμοποιήθηκαν και τα δύο είδη υαλοπίνακα που υπήρχαν σε διάθεση, δηλαδή ανοίγματα μονού και διπλού υαλοπίνακα. Αρχικά συγκρίθηκε κάθε τύπος υαλοπίνακα χωριστά και στην συνέχεια και οι δύο τύποι υαλοπίνακα μαζί. Τα αποτελέσματα που πάρθηκαν είναι πραγματικά πολύ ενδιαφέροντα.

4.2 Συστήματα Άμεσου Κέρδους Μονού Υαλοπίνακα

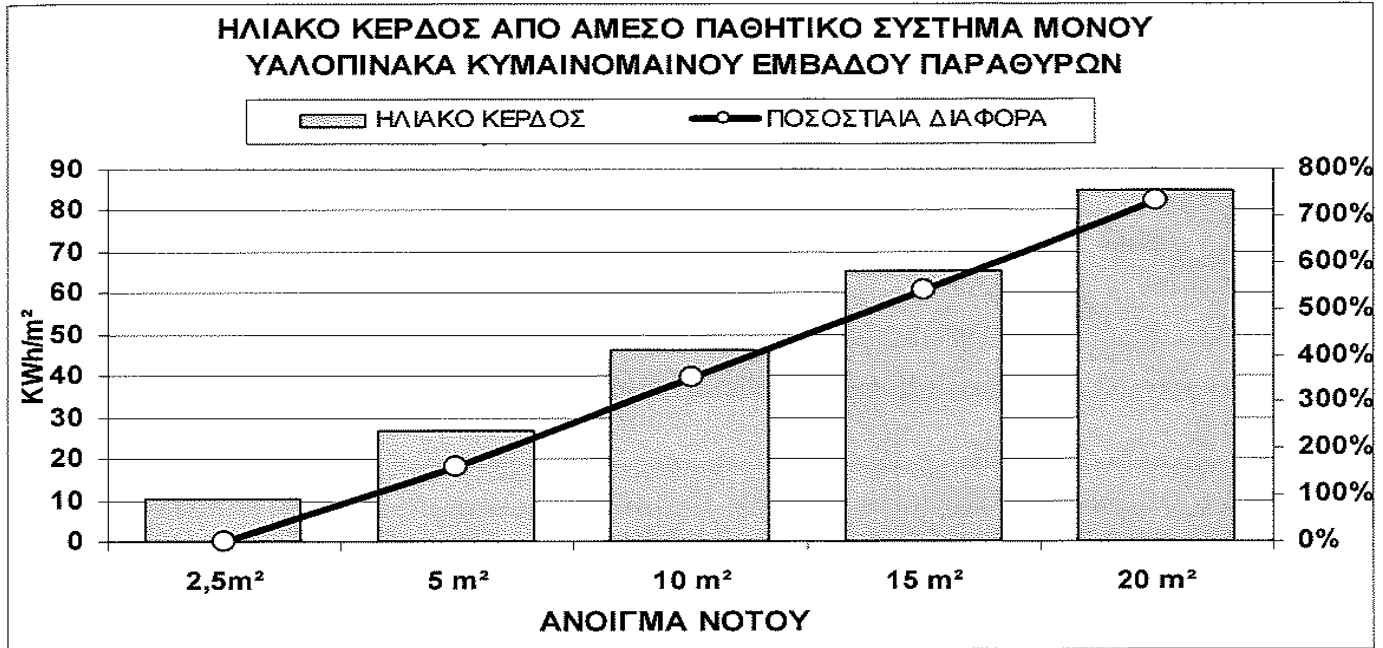
4.2.1. Συνολικές Τιμές Χειμερινής Περιόδου

Προσαρμόζοντας ένα ένα ξεχωριστά τα ανοίγματα μονού υαλοπίνακα στην νότια πλευρά του κτιρίου, διαπιστώθηκε ότι όσο αυξάνεται το εμβαδόν των ανοιγμάτων η θερμική κατανάλωση του κτιρίου μειώνεται σημαντικά. Η μείωση αυτή μπορεί να φτάσει ακόμα και στο 21%, σημαντικό ποσοστό αν σκεφτεί κανείς ότι πρόκειται για το απλούστερο και οικονομικότερο παθητικό σύστημα. Στο διάγραμμα 4.1 παρουσιάζεται η μείωση αυτή.



Διάγραμμα 4.1 Θερμική κατανάλωση μετά την χρήση άμεσου συστήματος μονού υαλοπίνακα

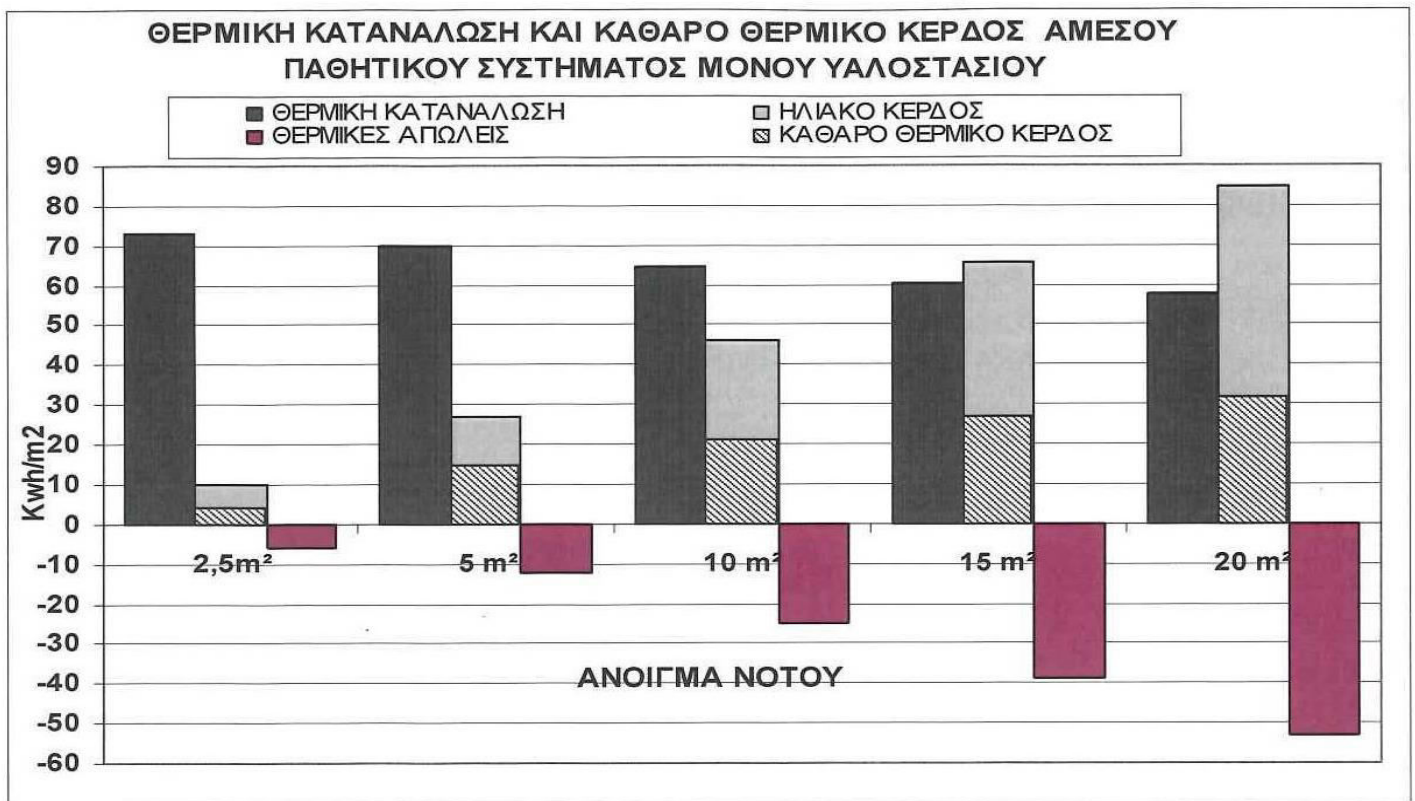
Η τοποθέτηση λοιπόν ανοιγμάτων μεγάλου εμβαδού, επιφέρει πτώση της θερμικής κατανάλωσης από 74 σε 57 kWh/m². Το πως μεταφράζεται αυτό σε ηλιακό κέρδος, τι μεγέθη δηλαδή ηλιακής ακτινοβολίας εισέρχονται στο εσωτερικό του κτιρίου παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 4.2



Διάγραμμα 4.2 Ηλιακό κέρδος άμεσου συστήματος μονού υαλοπίνακα

Όπως αναμενόταν λοιπόν η αύξηση του εμβαδού των ανοιγμάτων είναι ανάλογη του ηλιακού κέρδους και αντιστρόφως ανάλογη της θερμικής κατανάλωσης. Το ποσοστό αύξησης του ηλιακού κέρδους είναι 800%, μία αρκετά μεγάλη αύξηση αν σκεφτεί κανείς το κτίριο αναφοράς την περίοδο του χειμώνα από το νότιο άνοιγμα κέρδιζε ηλιακά 4,9 kWh/m² ενώ τώρα με άνοιγμα 20 m² από τα 36 m² που είναι συνολικά η νότια πλευρά κερδίζει 84 kWh/m².

Δυστυχώς όμως το ηλιακό κέρδος δεν αντικατοπτρίζει και το θερμικό κέρδος. Ναι μεν υπάρχουν κέρδη σε ηλιακή πρόσοδο, υπάρχουν όμως και απώλειες λόγω των μεγάλων ανοιγμάτων. Τα μεγάλα ανοίγματα λοιπόν έχουν και μεγάλες θερμικές απώλειες, δεν είναι δυνατή δηλαδή η διατήρηση των κερδών της ηλιακής ακτινοβολίας καθ όλη την διάρκεια του 24ώρου. Το διάγραμμα 4.3 δείχνει ότι οι θερμικές απώλειες είναι λίγο παραπάνω από το μισό του ηλιακού κέρδους και ότι το καθαρό θερμικό κέρδος που μένει τελικά είναι το μισό του διαγράμματος 4.2

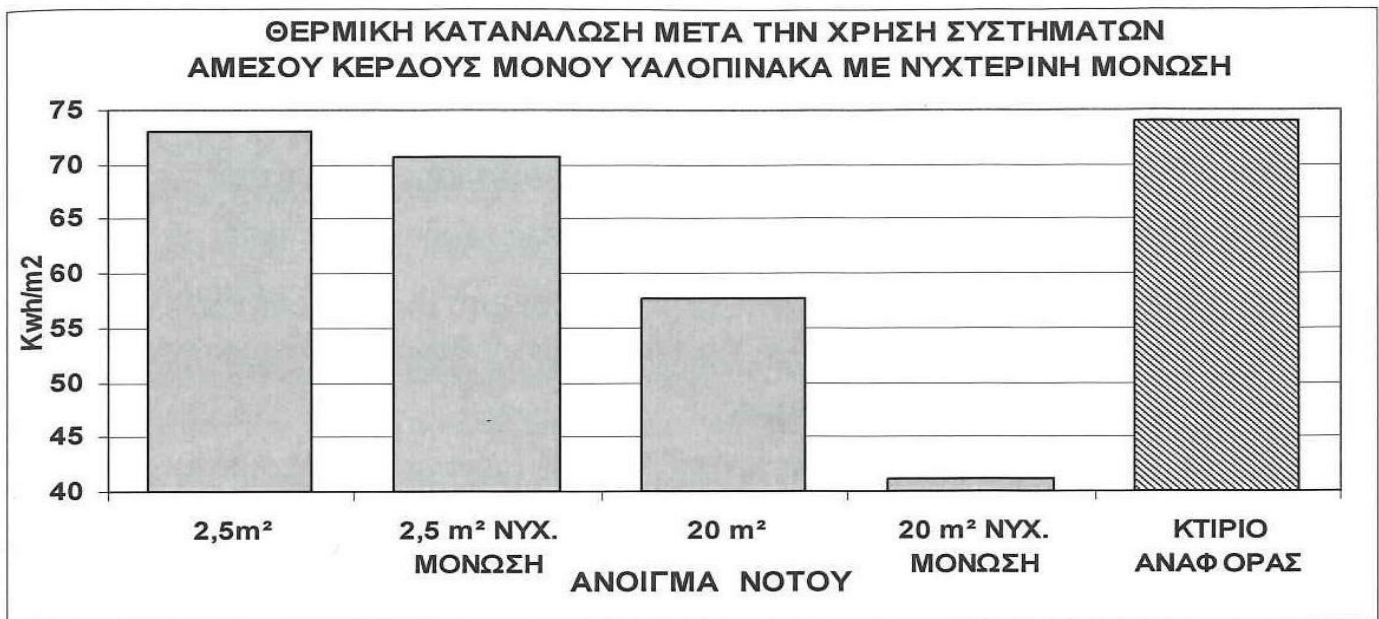


Διάγραμμα 4.3 Καθαρό θερμικό από συστήματα άμεσου κέρδους μονού υαλοπίνακα

4.2.2. Συνολικές Τιμές Χειμερινής Περιόδου Με Νυχτερινή Μόνωση

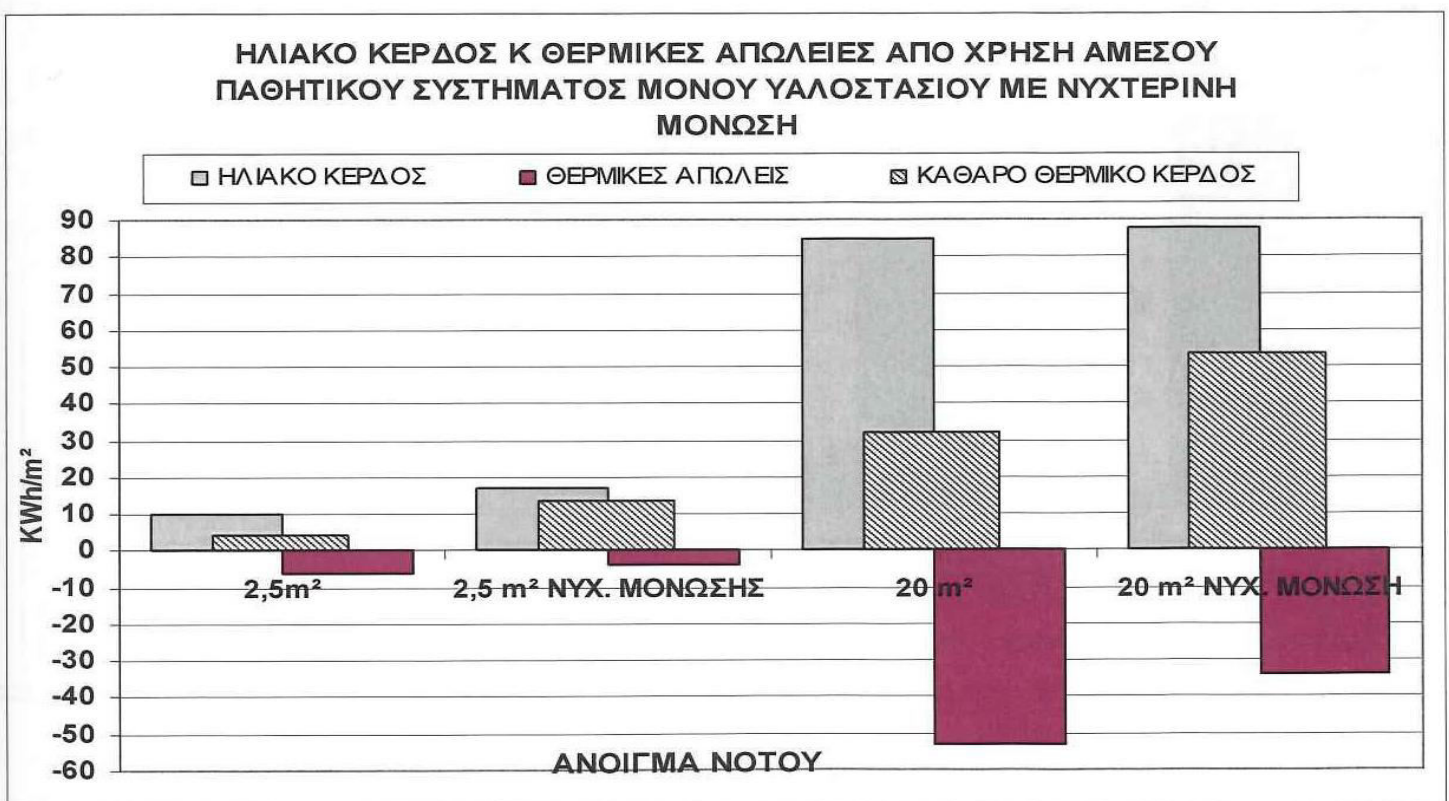
Το πρόβλημα που δημιουργείται και χρήζει αντιμετώπισης λοιπόν είναι η μείωση των θερμικών απωλειών, έτσι εξασφαλίζεται όσο το δυνατό περισσότερα θερμικά κέρδη για το κτίριο. Το σχετικά αυξημένο μέγεθος των ανοιγμάτων δεν ενοχλεί στο διάστημα της ημέρας, δεδομένου ότι εισέρχεται θερμότητα από τα ανοίγματα υπερκαλύπτοντας τις θερμικές απώλειες. Την νύχτα όμως, όπου οι επικρατούσες θερμοκρασίες είναι χαμηλές, τα υαλοστάσια πρέπει να προστατευθούν έναντι των απωλειών ώστε να διατηρηθεί το εσωκλίμα. Για την προστασία των υαλοπινάκων λοιπόν χρησιμοποιήθηκε νυχτερινή μόνωση.

Με την εφαρμογή της νυχτερινής μόνωσης ελαττώνεται ο συντελεστή διαπερατότητας των υαλοπινάκων από 5,23 για μονό υαλοπίνακα σε 0,657 κατά την διάρκεια της νύχτας. (Εφαρμογή γίνεται τις ώρες από τις 22:00 έως στις 7:00). Τα αποτελέσματα αφορούν τα ανοίγματα εμβαδού 2.5 m² και 20 m², είναι εντυπωσιακά και παρουσιάζονται όλα στα παρακάτω διαγράμματα



Διάγραμμα 4.4. Θερμική κατανάλωση μετά την εφαρμογή νυκτερινής μόνωσης

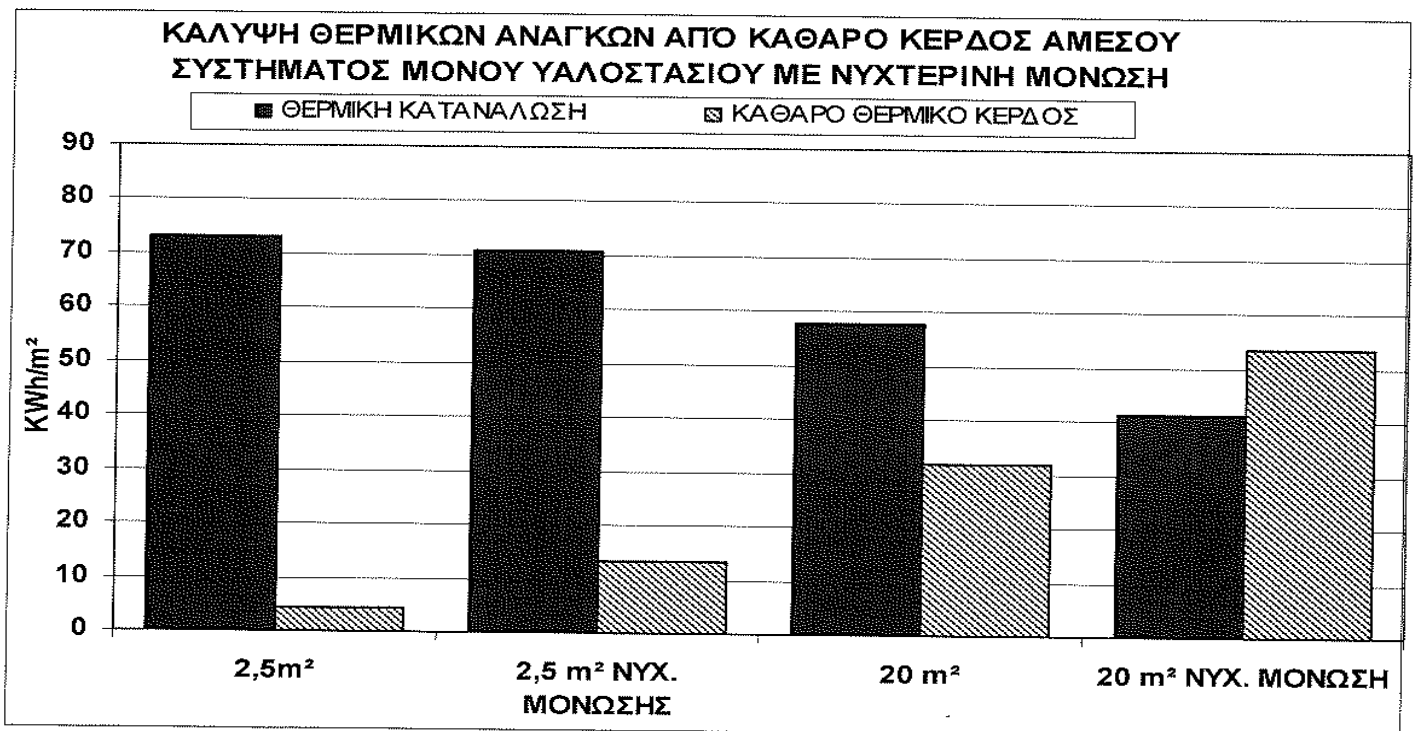
Η θερμική κατανάλωση μειώθηκε ακόμα περισσότερο για άνοιγμα 20 m² μετά την εφαρμογή νυκτερινής μόνωσης. Ικανοποιητικό, τι γίνεται με τις θερμικές απώλειες των δύο ανοιγμάτων (Διάγραμμα 4.5)



Διάγραμμα 4.5 Καθαρό θερμικό κέρδος μετά την χρήση άμεσου συστήματος με νυκτερινή μόνωση

Όπως αναμενόταν λοιπόν το καθαρό θερμικό κέρδος αυξάνεται όπως αύξηση παρατηρείται και στην ηλιακή πρόσπτωση. Η αύξηση του καθαρού θερμικού κέρδους για το άνοιγμα των 20 m^2 είναι περίπου 22 kWh/m^2 , ενώ για το άνοιγμα των 2.5 m^2 είναι περίπου 9 kWh/m^2 (πάντα με χρήση νυχτερινής μόνωσης). Παρατηρείτε λοιπόν ότι με απλές παρεμβάσεις πάνω σε ένα σύστημα άμεσου κέρδους αυξάνετε το θερμικό κέρδος και μειώνετε κατά πολύ η θερμική κατανάλωση. Στην συνέχεια παρουσιάζετε με μορφή διαγράμματος (Διάγραμμα 4.6) η κάλυψη των θερμικών αναγκών από την εφαρμογή συστήματος νυχτερινής μόνωσης.

Εύκολα συμπεραίνεται ότι γενικά η χρήση άμεσων συστημάτων εξοικονομούν στο ιδιοκτήτη σημαντικά ποσά ενέργειας, αλλά ακόμη μεγαλύτερη είναι η εξοικονόμηση με την προσθήκη νυχτερινής μόνωσης. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι με την χρήση μεγάλων ανοιγμάτων θα λυθεί το πρόβλημα της υπερκατανάλωση, όσον αφορά την θέρμανση των σπιτιών λόγω του ότι διαθέτουν πολλά μειονεκτήματα τα οποία έχουν αναφέρει στο τέταρτο κεφάλαιο της εργασίας.



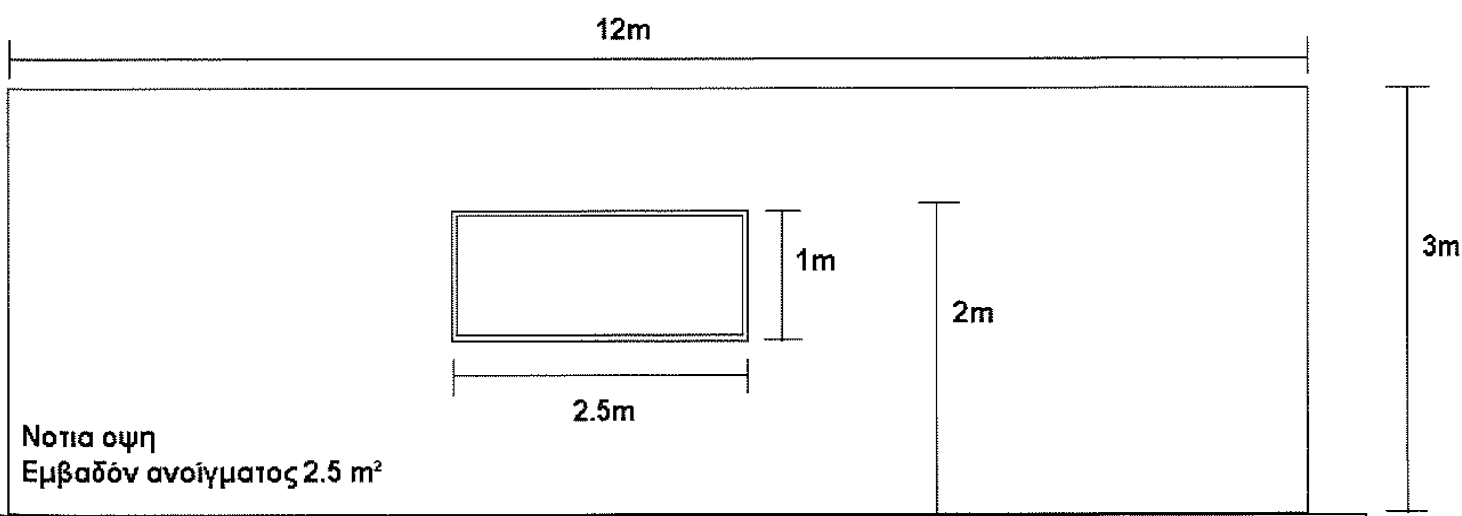
Διάγραμμα 4.6. Κάλυψη θερμικών αναγκών από άμεσο σύστημα νυχτερινής μόνωσης

4.2.3 Ωριαίες Τιμές Αντιπροσωπευτικών ημερών Χειμώνα και Άνοιξης

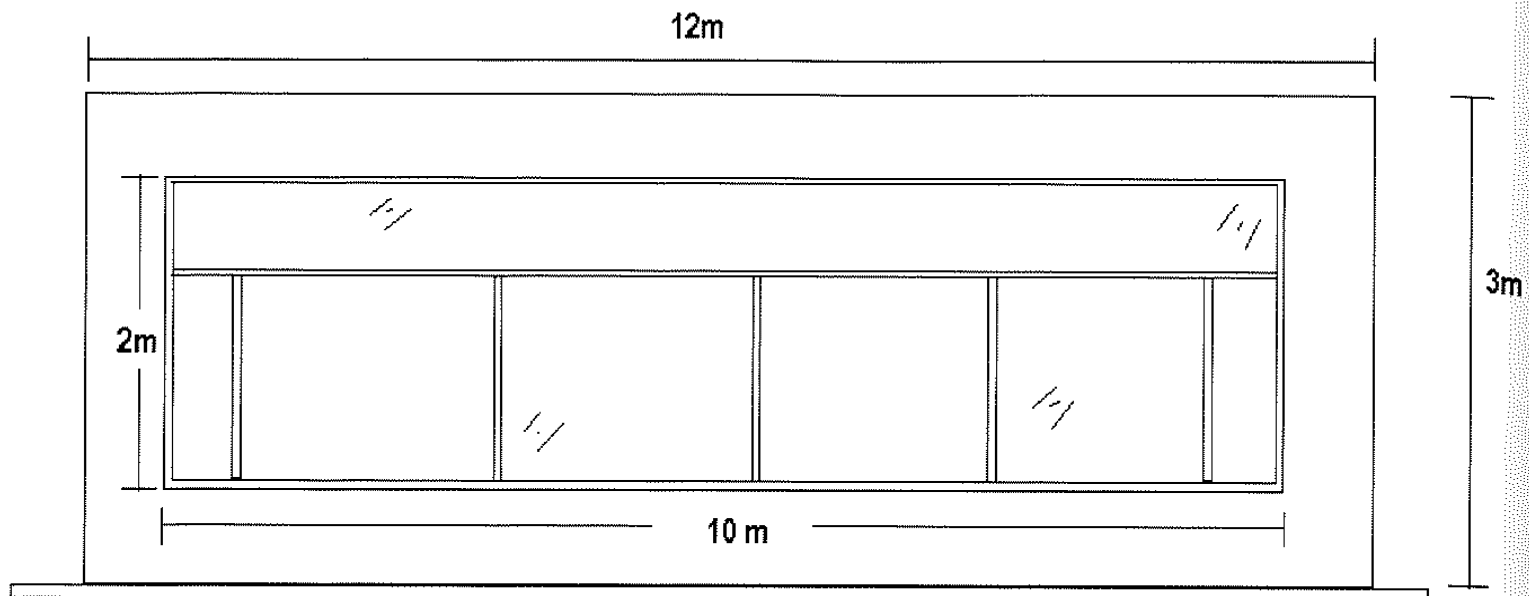
Στόχος της εργασίας είναι η μελέτη συστημάτων που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία για θέρμανση. Η θέρμανση ενός κτιρίου λειτουργεί κατά βάση την χειμερινή περίοδο, για τις ανάγκες της εργασίας ορίσθηκε χειμερινή περίοδος από τον Νοέμβριο έως τον Απρίλιο. Εμβαθύνοντας περισσότερο στην μελέτη της απόδοσης των συστημάτων, επεξεργάστηκαν τα αποτελέσματα που πάρθηκαν από δύο τυπικές ημέρες του Δεκέμβρη και του Απρίλη. Πρόκειται για τις 29 και 30 Δεκεμβρίου (ήμερες που ανήκουν στην περίοδο του «βάρη» χειμώνα) και για τις 29 και 30 Απριλίου (ημέρες που ανήκουν στην εποχή της Άνοιξης, αλλά για τις ανάγκες της εργασίας, θεωρήθηκαν ως τις τελευταίες ημέρες της χειμερινής περιόδου)

Η μελέτη των ωριαίων τιμών ήταν μία δύσκολη διαδικασία καθώς έπρεπε να αναλυθούν πολλές τιμές μαζί, για τον λόγο αυτό η προσομοίωση έγινε πάνω στο μικρότερο και μεγαλύτερο άνοιγμα του συστήματος, δηλαδή σε ανοίγματα 2.5 και 20 m². Όλα τα επιμέρους συστήματα βρίσκονται μεταξύ αυτών των τιμών.

Στην συνέχεια παρουσιάζεται σε μορφή σχεδίου η νότια όψη μετά την εφαρμογή των δύο ανοιγμάτων. Στο Σχέδιο 4.1 φαίνεται το εμβαδόν του ανοίγματος και η κατανομή του στον χώρο, ενώ στο σχήμα 4.2 φαίνεται η νότια όψη του κτιρίου προσαρτημένη σε αυτή άνοιγμα συνολικού εμβαδού 20 m².



Σχέδιο 4.1 Νότια όψη του κτιρίου με εμβαδόν ανοίγματος 2.5 m²

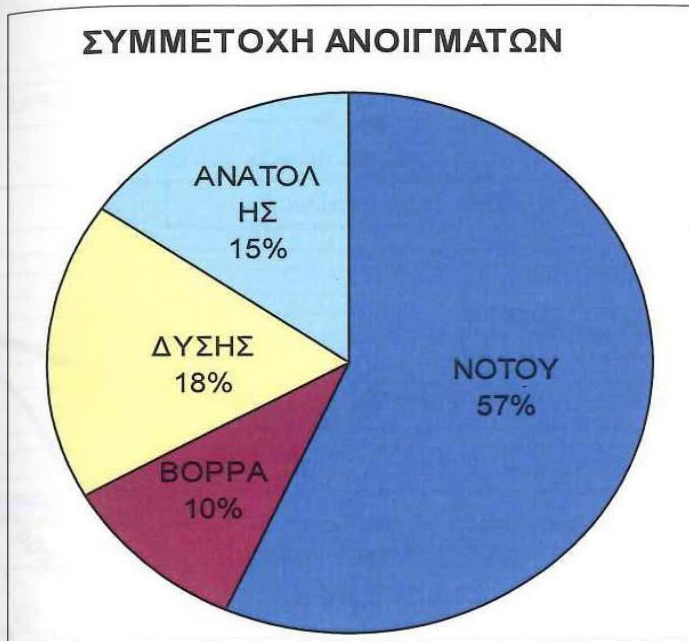


Νοτια οψη

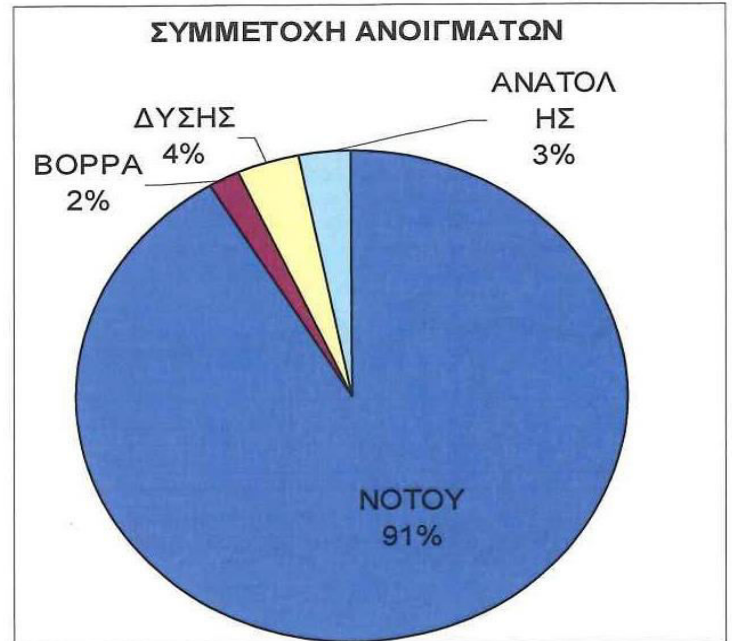
Εμβαδόν ανοίγματος 20 m²

Σχέδιο 4.2. Νότια όψη του κτιρίου με εμβαδόν ανοίγματος 20 m²

Με την εφαρμογή των δύο αυτών ανοιγμάτων στην νότια όψη του κτιρίου αυξάνεται εκτός από την επιφάνεια του υαλοστασίου του ανοίγματος και η πραγματική ηλιακή ενέργεια που δέχονται τα παράθυρα.. Στα παρακάτω διαγράμματα πιτών παρουσιάζετε σε ποσοστό η συμμετοχή του κάθε παραθύρου στην εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργεια. Τα ποσοστά αφορούν τα δύο ακραία εμβαδά που εφαρμόστηκαν στην νότια όψη κρατώντας τα άλλα τρία παράθυρα στο ίδιο εμβαδόν το οποίο είναι 1.3 m² με υαλοστάσιο διπλού υαλοπίνακα .



Πίνα 4.1. Συμμετοχή ανοιγμάτων στην εκμετάλλευση ηλιακής ενέργειας με άνοιγμα νότου 2.5 m^2

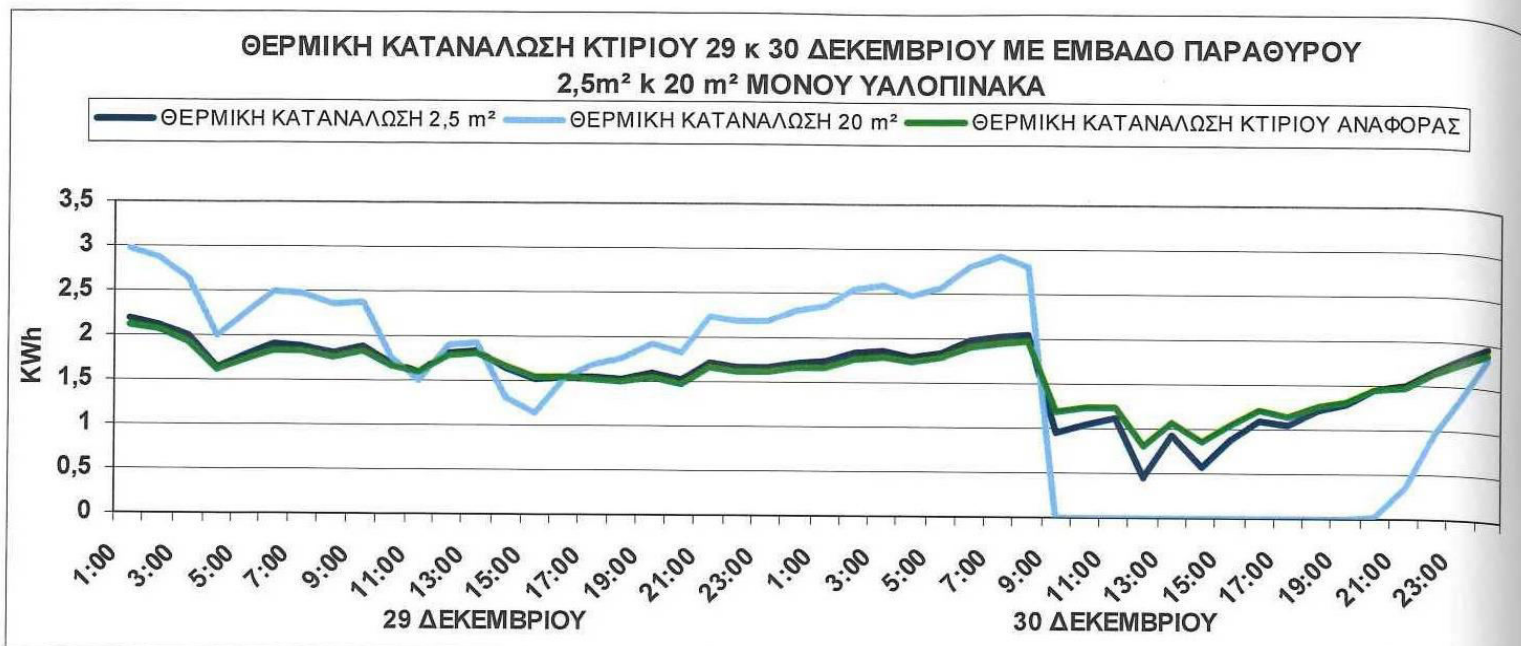


Πίνα 4.2 Συμμετοχή ανοιγμάτων στην εκμετάλλευση ηλιακής ενέργειας με άνοιγμα νότου 20 m^2

4.2.3.1 Ωριαίες τιμές 29^{ης} και 30^{ης} Δεκεμβρίου

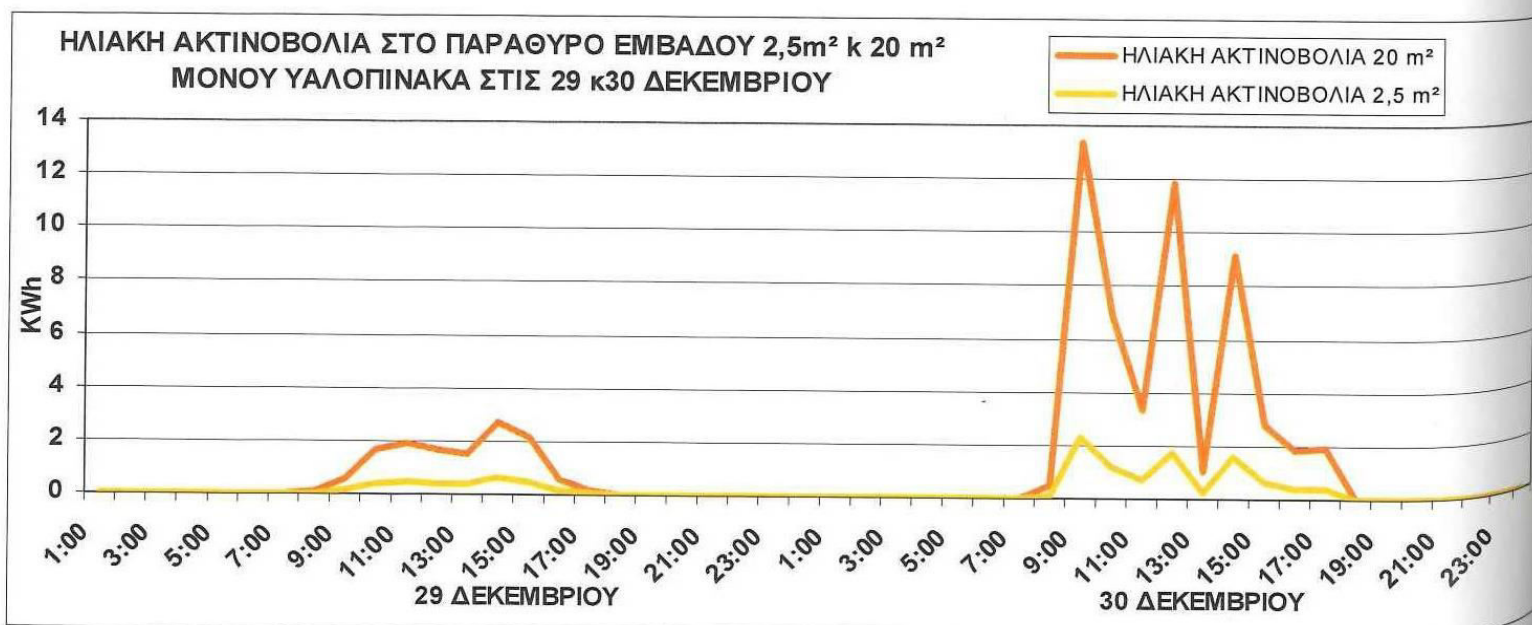
Η επιλογή των ημερών αυτών δεν είναι τυχαία, αλλά προήλθε μετά από επεξεργασία των στοιχείων όλων σχεδόν των ημερών του Δεκεμβρίου. Η εκλογή των συγκεκριμένων ημερών οφείλεται στο γεγονός ότι η 29^η Δεκεμβρίου, βάση του κλιματικού αρχείου, είναι μία συννεφώδης ημέρα ενώ αντίθετα η 30^η Δεκεμβρίου είναι μια ηλιόλουστη ημέρα. Έτσι μπορεί να γίνει έλεγχος για την λειτουργία του συστήματος με ή χωρίς την παρουσία του ήλιου. Το διάγραμμα 4.7 δείχνει πώς κυμαίνεται η ωριαία θερμική κατανάλωση του κτιρίου μετά την εφαρμογή συστημάτων άμεσου κέρδους

Όπως αναφέρθηκε η 29^η Δεκεμβρίου είναι μία μέρα με έντονη συννεφιά, έτσι δικαιολογείται το γεγονός ότι την ημέρα αυτή η θερμική κατανάλωση είναι μεγαλύτερη. Παρατηρούμε ότι κατά τις νυχτερινές ώρες η κατανάλωση για σύστημα εμβαδού 20 m^2 είναι μεγαλύτερη και αυτό αποδεικνύει ότι όσο μεγαλύτερο άνοιγμα έχω τόσο αυξάνονται και οι θερμικές απώλειες



**Διάγραμμα 4.7 Ωριαία θερμική κατανάλωση κτιρίου άμεσου κέρδους
κυμαινόμενου εμβαδού**

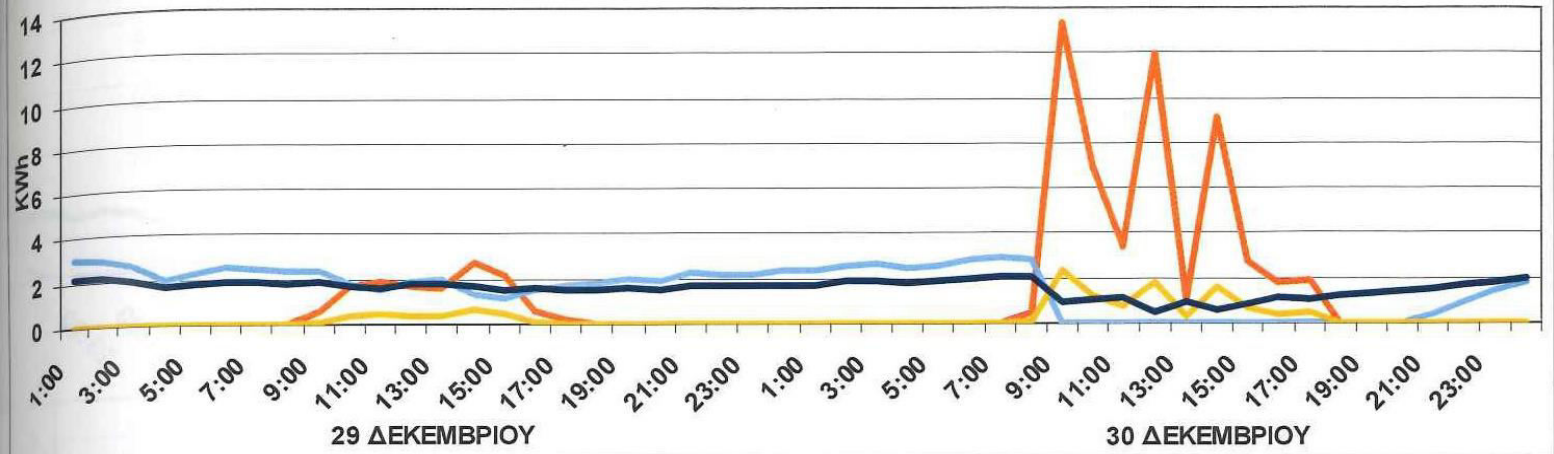
Κατά τις μεσημβρινές ώρες όμως η κατανάλωση μειώνεται λόγω της μεγάλης ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο κτίριο. Στο διάγραμμα 4.8 που ακολουθεί γίνεται αναφορά για την ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται το κτίριο, ενώ το διάγραμμα 4.9 συγκεντρώνει όλα τα παραπάνω αποτέλεσμα.



**Διάγραμμα 4.8 Ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στο κτίριο από ανοίγματα
2.5 και 20 m²**

**ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ Κ ΗΛΙΑΚΟ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΕΜΒΑΔΟΥ
2,5m² ΜΟΝΟΥ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ ΣΤΙΣ 29 κ30 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ**

— ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ 20 m² — ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 20 m²
— ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ 2,5 m² — ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 2,5 m²



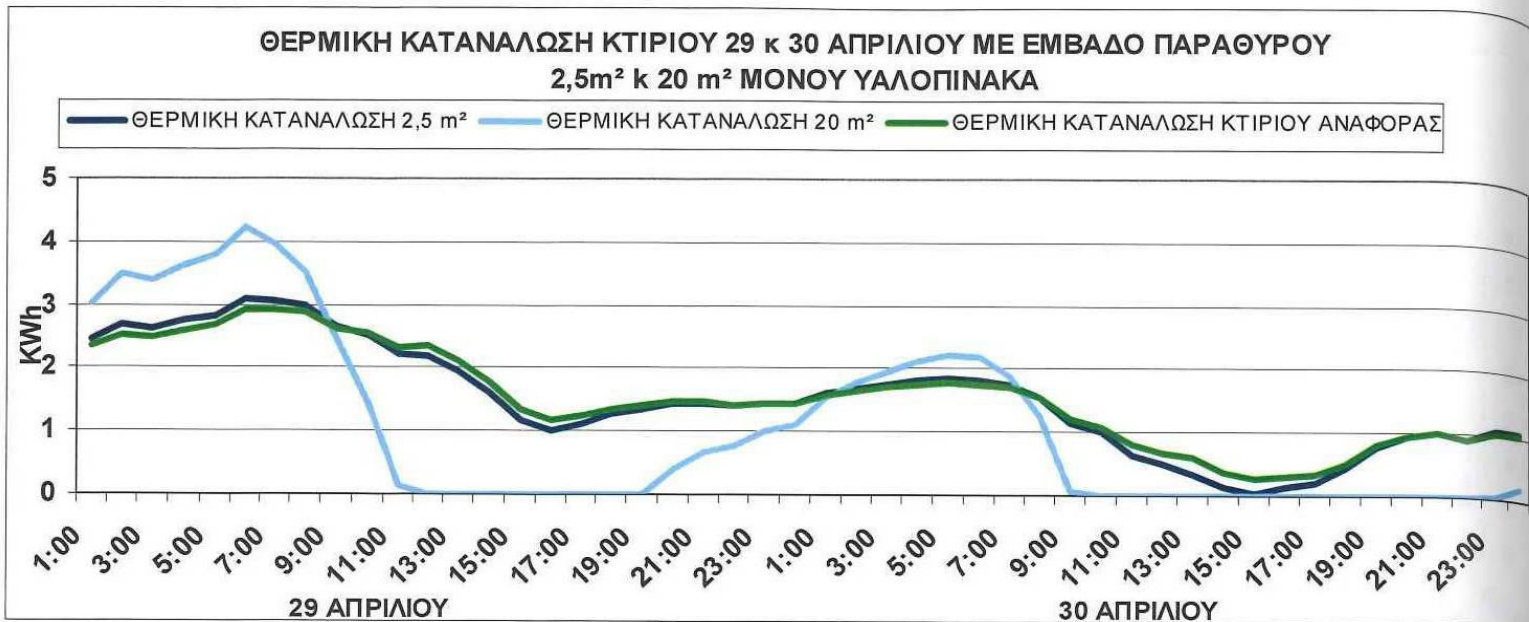
Διάγραμμα 4.9 Θερμική κατανάλωση και Ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στο κτίριο από ανοίγματα 2.5 και 20 m²

Η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στο κτίριο από το μεγαλύτερο άνοιγμα είναι πραγματικά εντυπωσιακή, γιατί την ημέρα και για τις ώρες της ημέρας που έχει ηλιοφάνεια (30 Δεκεμβρίου) εκμεταλλευόμαστε όλη την ενέργεια του ήλιου.

4.2.3.2. Ωριαίες τιμές 29^{ης} και 30^{ης} Απριλίου

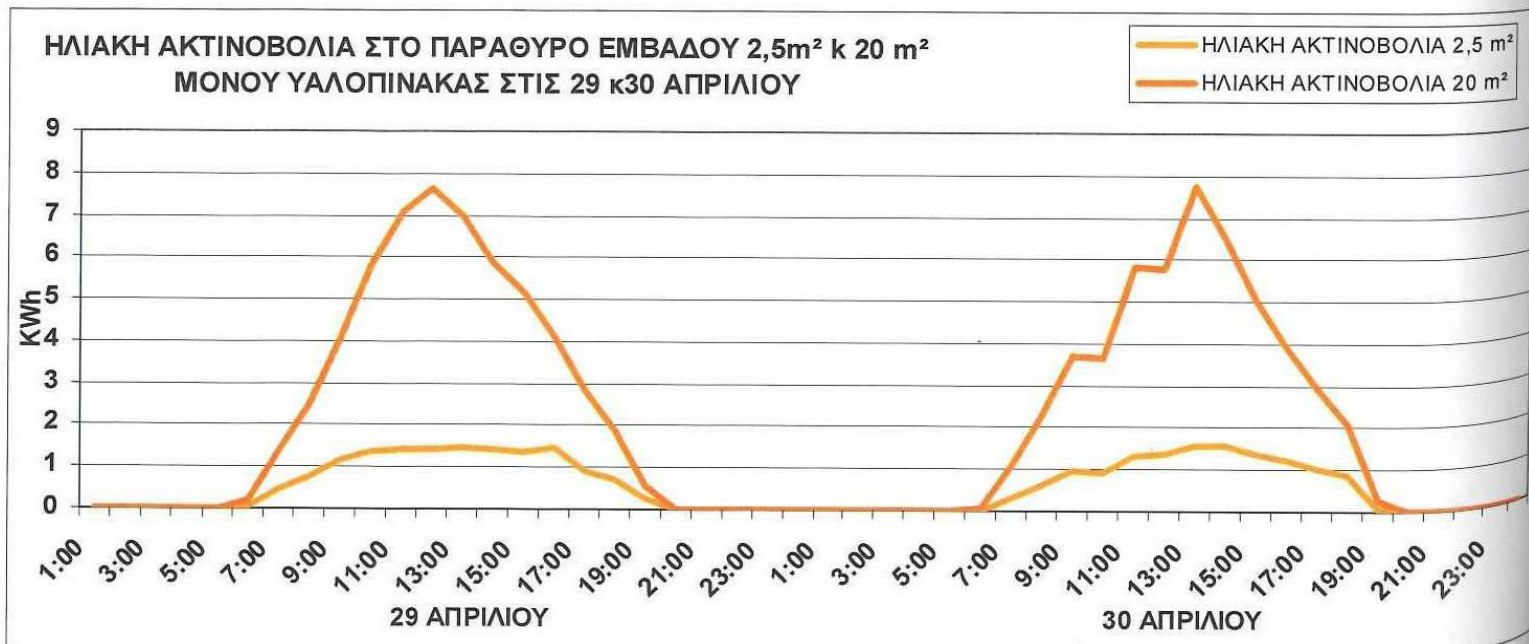
Η επιλογή των δύο ημερών του Απριλίου έγινε σίγουρα ευκολότερα, γιατί ο Απρίλιος είναι ένας μήνας με συνέχει ηλιοφάνεια και όποιες μέρες και να επιλεγόντουσαν θα είχαν ίδια αποτελέσματα. Επιλέχθηκαν η 29^η και 30^η Απριλίου, ως τις τελευταίες ημέρες της προσομοιωτικής χειμερινής περιόδου. Στο διάγραμμα 4.10 παρουσιάζεται η θερμική κατανάλωση του κτιρίου, των ημερών αυτών.

Εδώ τα πράγματα είναι πιο ξεκάθαρα από τον Δεκέμβριο, γιατί ξεχωρίζετε εύκολα ότι όταν χρησιμοποιηθεί σύστημα άμεσου κέρδους μεγάλου εμβαδού (20m²), η θερμική κατανάλωση τις μεσημβρινές και απογευματινές ώρες μηδενίζεται, λόγω της έντονης ηλιακής ακτινοβολία που εισέρχεται στο κτίριο, αντίθετα όμως την νύχτα η κατανάλωση αυξάνεται αρκετά, λόγω των θερμικών απωλειών των μεγάλων ανοιγμάτων.



Διάγραμμα 4.10 Θερμική κατανάλωση κτιρίου της 29^η και 30^η Απριλίου

Πρόκειται για μία μεγάλη αντίθεση, η οποία φαίνεται και από το σχήμα των καμπυλών. Τώρα όσον αφορά το μικρότερο άνοιγμα (2.5m²) τα αποτελέσματα σχηματικά φαίνονται πιο σταθερά. Η καμπύλη χωρίς μεγάλα ανεβοκατεβάσματα, αποδεικνύει ότι η θερμική κατανάλωση μειώνεται της μεσημβρινές ώρες και αυξάνεται τις βραδινές, αλλά όχι σε τόσο έντονο βαθμό όσο για το μεγάλο άνοιγμα.. Στο διάγραμμα 4.11 συγκρίνουμε την ηλιακή ακτινοβολία των δύο ανοιγμάτων

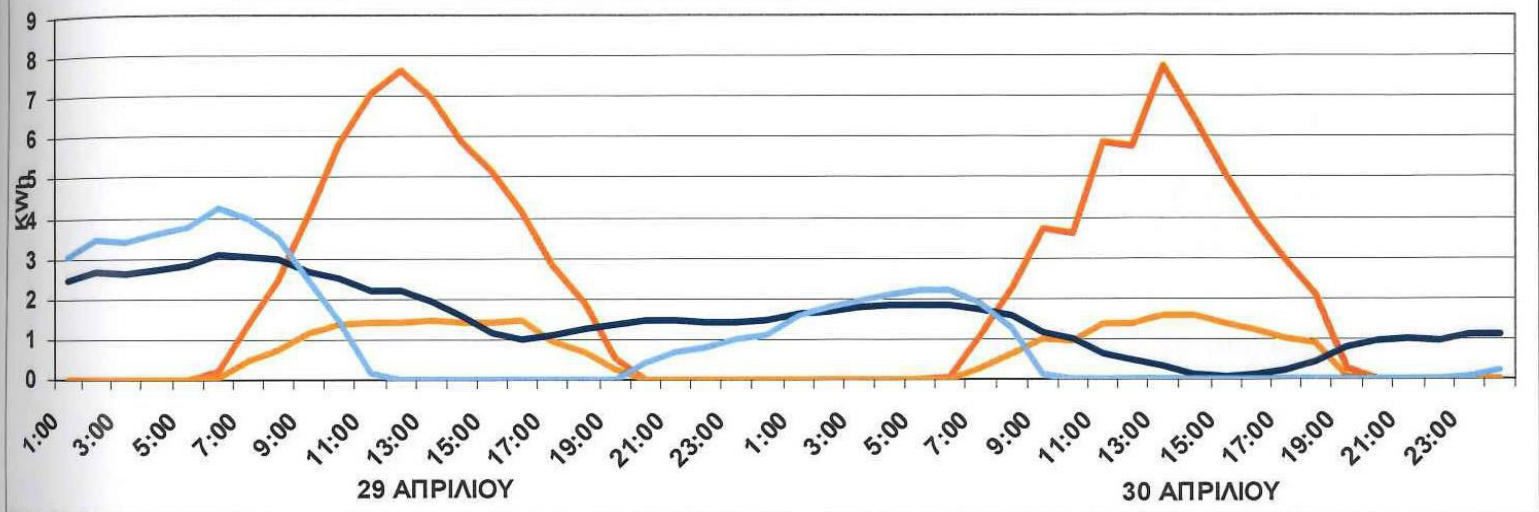


Διάγραμμα 4.11 Ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στο κτίριο από ανοίγματα 2.5 και 20 m² στις 29 και 30 Απριλίου

και το λογικό συμπέρασμα του προκύπτει είναι ότι όσο μεγαλύτερα ανοίγματα τόσο μεγαλύτερη εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η σύγκριση της θερμικής κατανάλωσης και της ηλιακής ακτινοβολία μεταξύ των δύο ανοιγμάτων (Διάγραμμα 4.12) δείχνει ότι όταν η καμπύλη της ηλιακής ακτινοβολίας αρχίζει να παίρνει ανοδική πορεία, αμέσως η καμπύλη της θερμικής κατανάλωσης παίρνει καθοδική πορεία, γεγονός που ισχύει και για τα δύο ανοίγματα αλλά με μικρότερη ένταση

**ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ Κ ΗΛΙΑΚΟ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΕΜΒΑΔΟΥ
2,5m² κ 20 m² ΜΟΝΟΥ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ ΣΤΙΣ 29 κ30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ**

— ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ 20 m² — ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ 2,5 m²
— ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 2,5 m² — ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 20 m²



**Διάγραμμα 4.12.Θερμική κατανάλωση και Ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται
στο κτίριο από ανοίγματα 2.5 και 20 m² στις 29 και 30 Απριλίου**

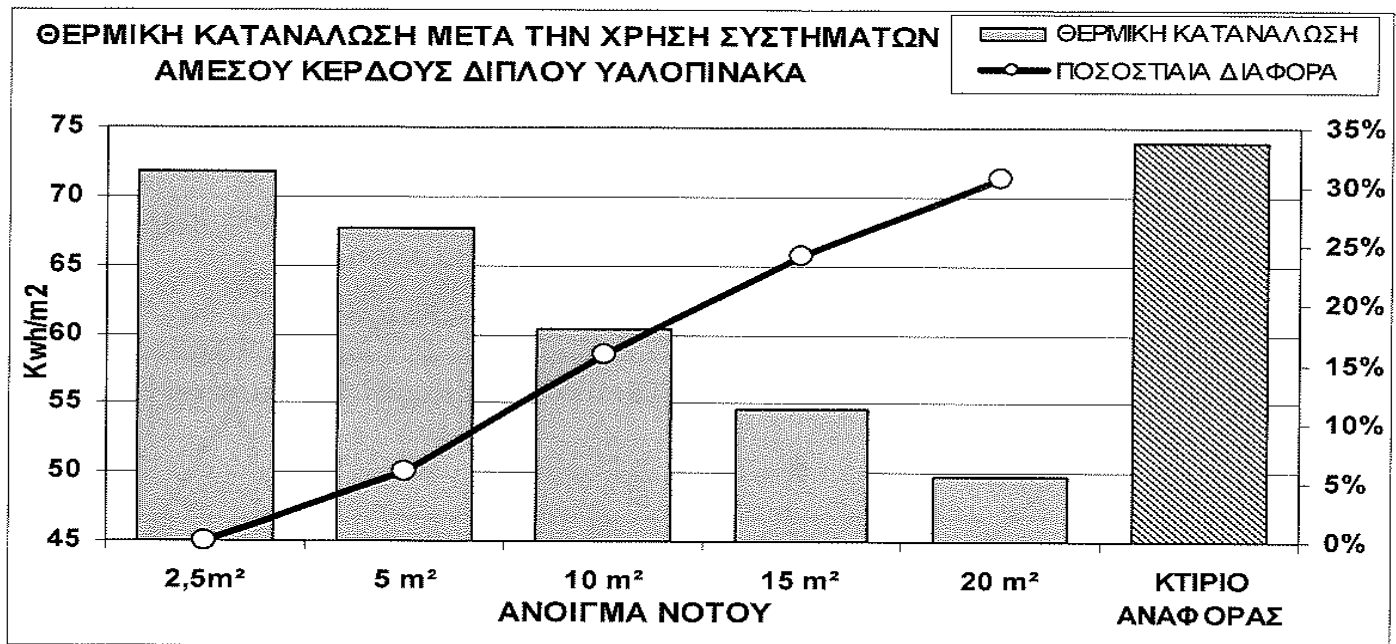
4.3. Συστήματα Άμεσου Κέρδους Διπλού Υαλοπίνακα

4.3.1. Συνολικές Τιμές Χειμερινής Περιόδου

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε είναι ακριβώς η ίδια με το σύστημα άμεσου κέρδους μόνου υαλοπίνακα, μόνο που αυτή την φορά τοποθετήθηκε διπλός υαλοπίνακας. Η διαφορά των δύο υλικών βρίσκεται στο συντελεστή διαπερατότητας

όπου για μονό τζάμι είναι 5,23 ενώ για διπλό τζάμι μόλις 3,56. Διαφορές μεταξύ τους υπάρχουν άλλα θα μας απασχολήσουν στην επόμενη ενότητα (4.4).

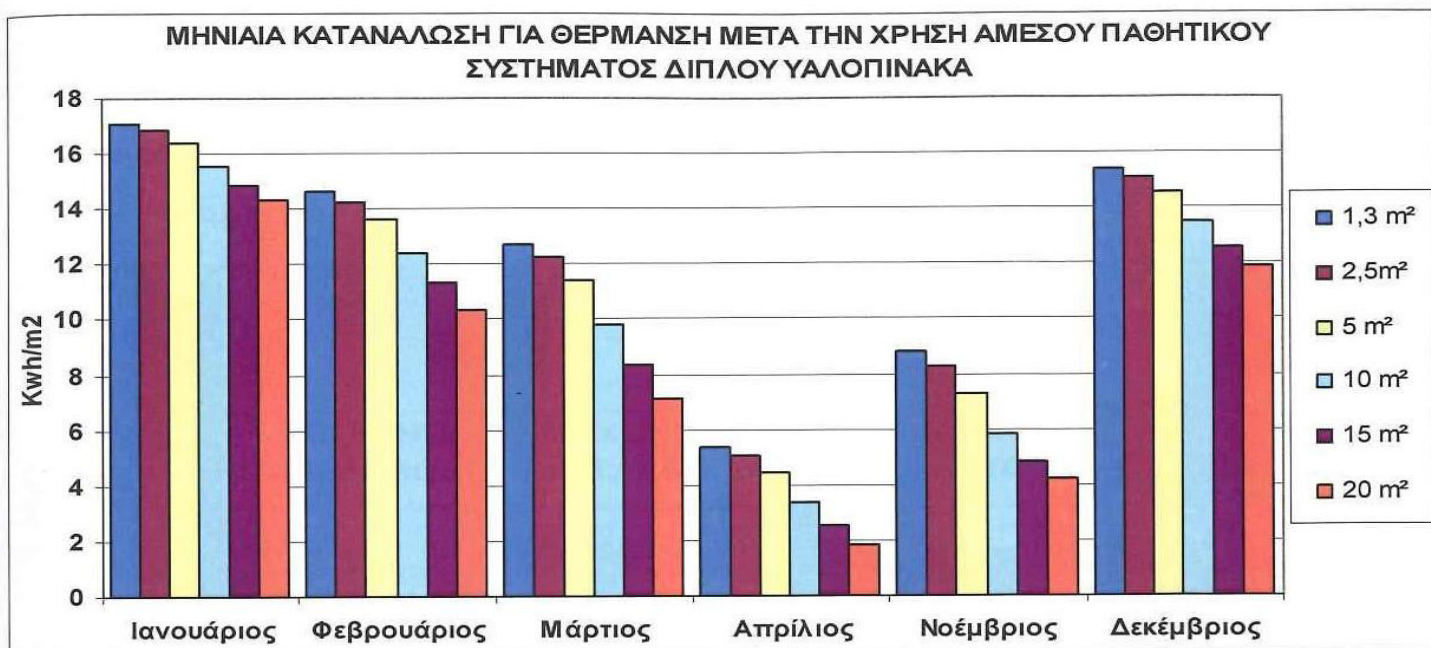
Στην ενότητα αυτή γίνεται μελέτη συστημάτων άμεσου κέρδους διπλού υαλοπίνακα, ξεκινώντας με την θερμική κατανάλωση του κτιρίου μετά την εφαρμογή δίδυμου υαλοπίνακα (Διάγραμμα 4.13)



Διάγραμμα 4.13. Θερμική κατανάλωση μετά την χρήση άμεσου συστήματος διπλού υαλοπίνακα

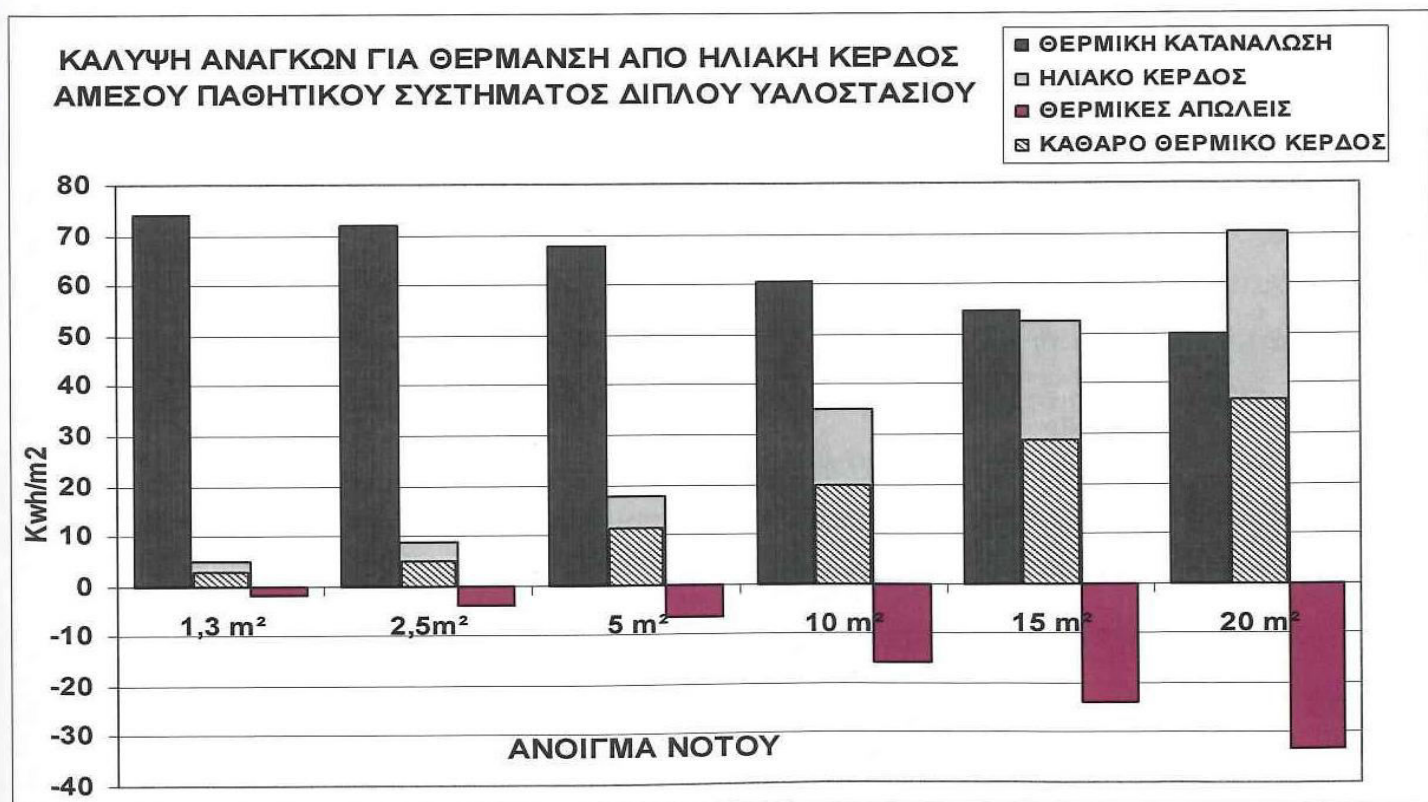
Όπως αναμενόταν η θερμική κατανάλωση μειώνεται όσο αυξάνετε το εμβαδόν των παραθύρων. Μία καλή σύγκριση ακολουθεί στο διάγραμμα 4.14 με την σύγκριση της θερμική κατανάλωσης των ανοιγμάτων όχι συνολικά άλλα σε μηνιαία κλίμακα, δείχνοντας ότι όσο η περίοδος πλησιάζει το καλοκαίρι η θερμική κατανάλωση μειώνεται αισθητά, όπως αισθητά μειώνεται και η κατανάλωση ανάλογα με το άνοιγμα.

Βάση λοιπόν του ανοίγματος παρατηρείτε και η ανάλογη είσοδο ηλιακής ακτινοβολίας, τα πράγματα για τον διπλό υαλοπίνακα δεν διαφέρουν από ότι για τον μονό, αφού τα μεγάλα ανοίγματα έχουν και μεγάλες απώλειες. Το διάγραμμα 4.15 παρουσιάζει την θερμική κατανάλωση, το ηλιακό κέρδος, της θερμικές απώλειες και τέλος το καθαρό θερμικό κέρδος που είναι εκμεταλλεύσιμο τελικά για το κτίριο.



Διάγραμμα 4.14. Μηνιαία θερμική κατανάλωση άμεσου συστήματος διπλού υαλοπίνακα

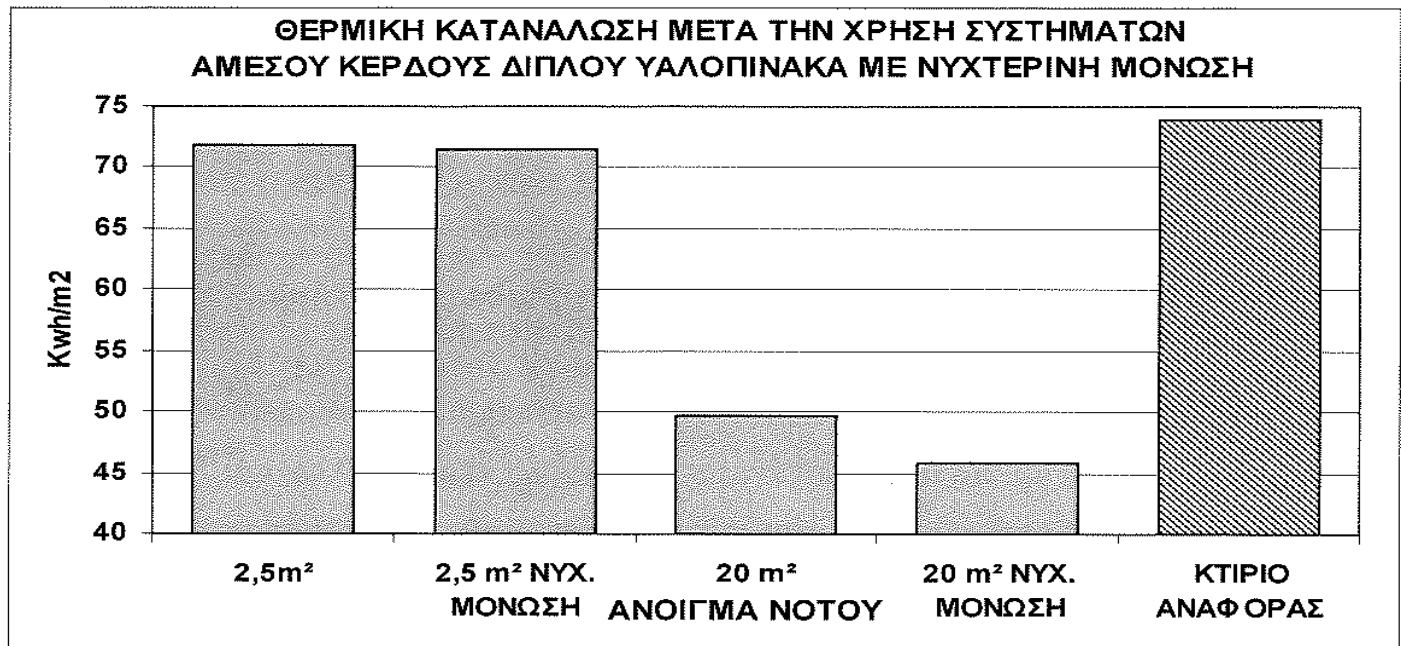
Όπως και στον μόνο, έτσι και στον διπλό υαλοπίνακα, τα συμπεράσματα δεν αλλάζουν, αυξάνοντας το εμβαδόν αυξάνεται το ηλιακό κέρδος αλλά και οι θερμικές απώλειες για να μείνει τελικά είναι σημαντικό ποσό καθαρού κέρδους για μεγάλα ανοίγματα. Για την μείωση των απωλειών θα χρησιμοποιηθεί και εδώ νυχτερινή μόνωση.



Διάγραμμα 4.15. Καθαρό θερμικό κέρδος άμεσου συστήματος διπλού υαλοπίνακα

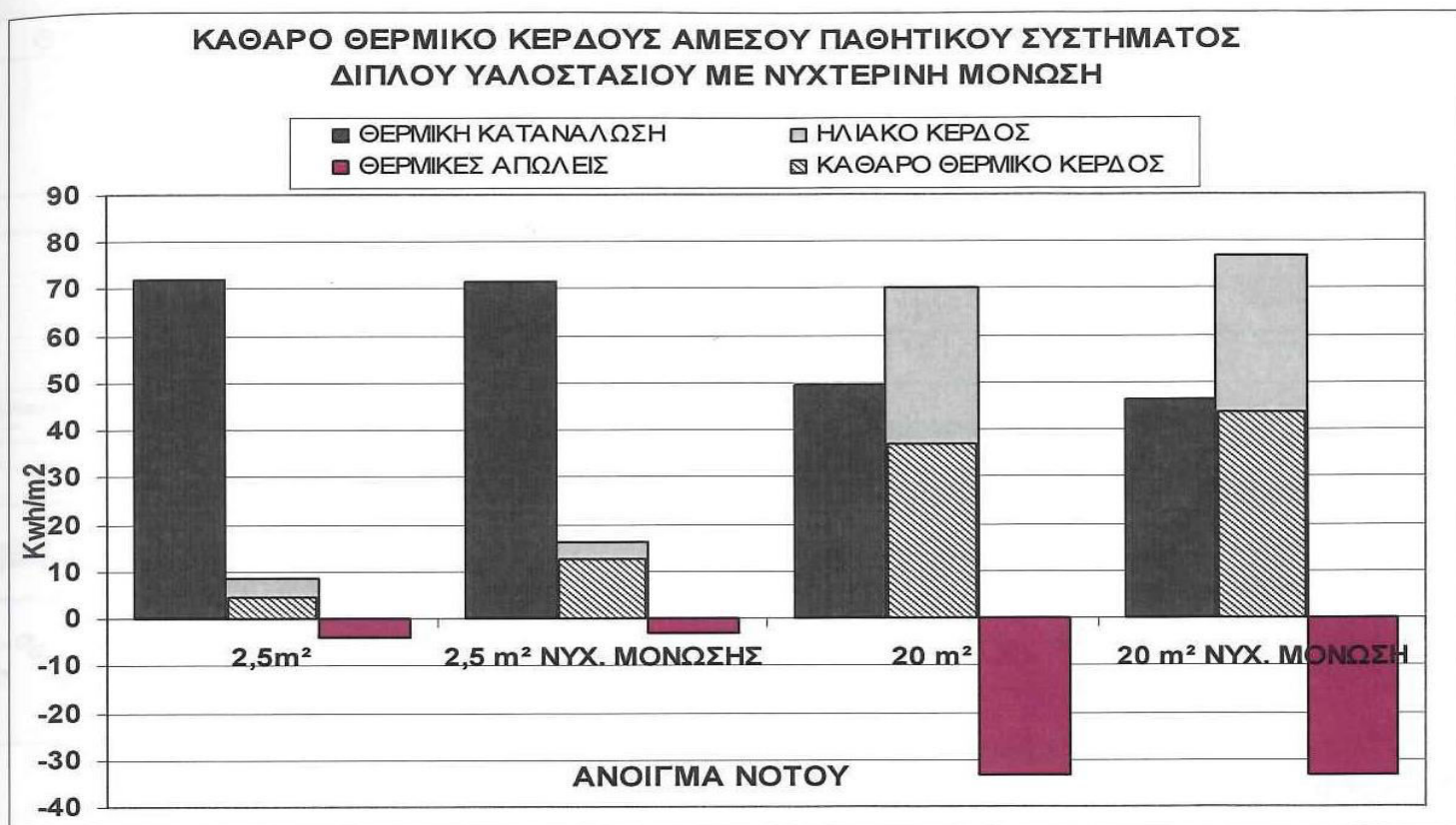
4.3.2. Συνολικές Τιμές Χειμερινής Περιόδου Με Νυχτερινή Μόνωση

Η μελέτη και για διπλό υαλοπίνακα βασίστηκε πάνω στα ακραία εμβαδά , δηλαδή στο μικρότερο και το μεγαλύτερο εμβαδόν ανοίγματος. Στο διάγραμμα 4.16 παρουσιάζεται πώς κυμαίνεται η θερμική κατανάλωση με και χωρίς μόνωση για τα ακραία εμβαδά .



Διάγραμμα 4.16. Θερμική κατανάλωση μετά την εφαρμογή νυχτερινής μόνωσης διπλού υαλοπίνακα

Πτώση λοιπόν της κατανάλωσης μετά τη εφαρμογή νυχτερινής μόνωσης. Το τι γίνεται και με το καθαρό κέρδος παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4.17 Αξίζει να παρατηρηθούν οι θερμικές απώλειες των ανοιγμάτων, οι τιμές είναι τόσο κοντινές που ουσιαστικά εκμεταλλεύονται σε μικρό βαθμό την νυχτερινή μόνωση. Αυτό συμβαίνει γιατί ο συντελεστής διαπερατότητας του διπλού υαλοστασίου είναι αρκετά καλός , με τιμή 3,56 ενώ η νυχτερινή μόνωση που εφαρμόζεται μόνο την νύχτα κατεβάζει αυτόν τον συντελεστή στο 0,659. Έτσι συγκρίνοντας την εφαρμογή και μη της νυχτερινής μόνωσης σε διπλό τζάμι, τα αποτελέσματα που βγαίνουν δεν διαφέρουν και πολύ μεταξύ τους ,σε αντίθεση με το μονό τζάμι που τα αποτελέσματα ήταν πιο εμφανή.(Δες διάγραμμα 4.6.)



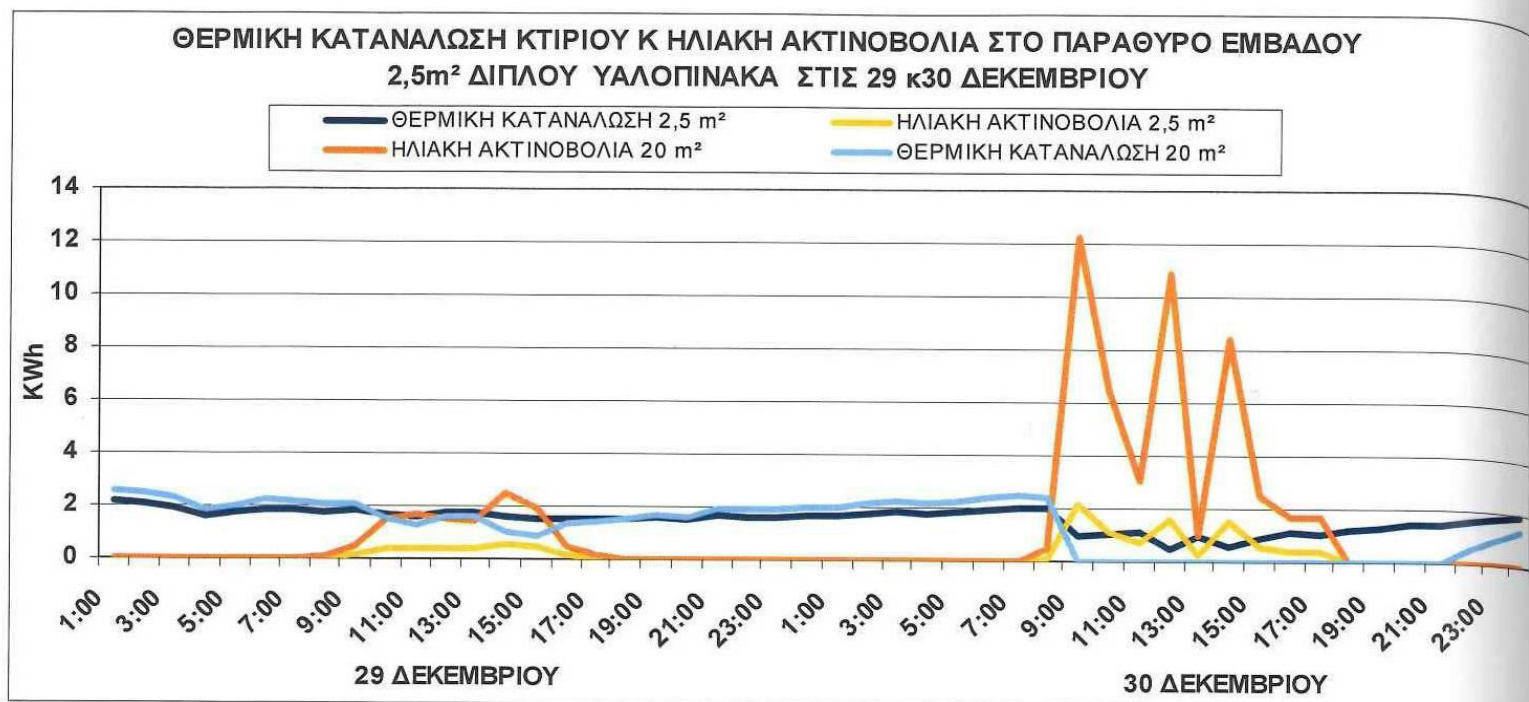
Διάγραμμα 4.17 Καθαρό κέρδος μετά την εφαρμογή νυχτερινής μόνωσης

4.3.3 Ωριαίες Τιμές Αντιπροσωπευτικών ημερών Χειμώνα και Άνοιξης

Και εδώ όπως και πριν αλλά και για ολόκληρη την εργασία οι ημέρες που μελετήθηκαν είναι η 29^η και 30^η Δεκεμβρίου και η 29^η και 30^η Απριλίου. Στην συνέχεια αναλύονται ξεχωριστά τα αποτελέσματα για τις ωριαίες τιμές των ημερών αυτών.

4.3.3.1. Ωριαίες τιμές 29^{ης} και 30^{ης} Δεκεμβρίου

Η προσομοίωση είχε εφαρμογή για τα ακραία εμβαδά δηλαδή για ανοίγματα 2.5 και 20 m². Όλα τα επιμέρους συστήματα βρίσκονται μεταξύ αυτών των τιμών. Το διάγραμμα 4.18 δείχνει πώς κυμαίνεται η ωριαία θερμική κατανάλωση του κτιρίου μετά την εφαρμογή συστημάτων άμεσου κέρδους διπλού υαλοπίνακα., αλλά και την ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στο κτίριο από τα δύο αυτά ανοίγματα.



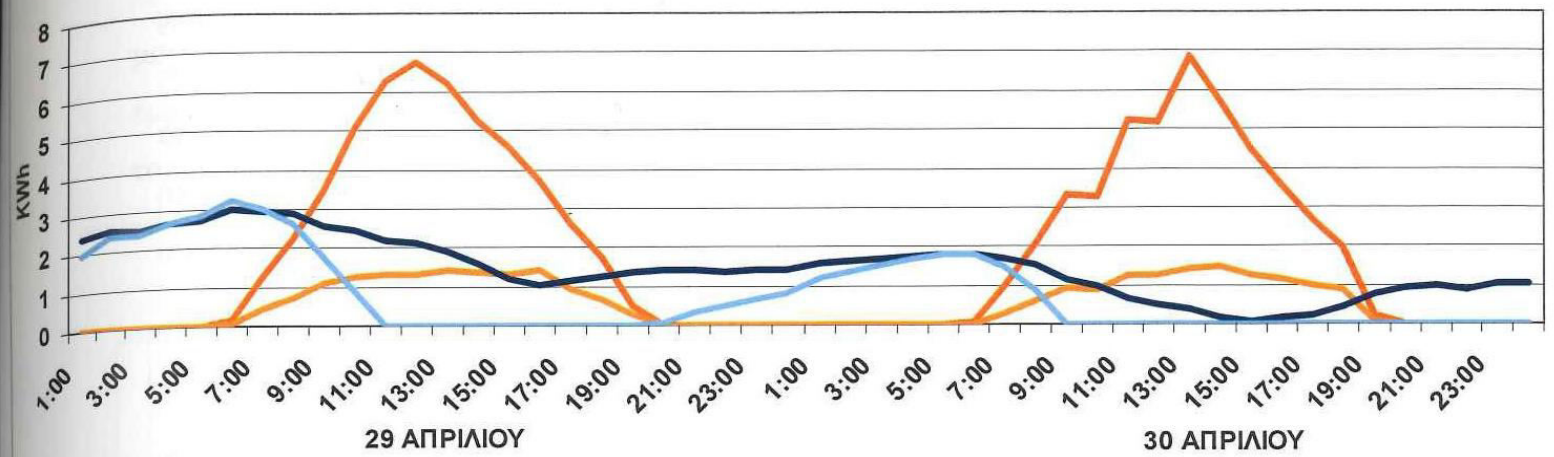
Διάγραμμα 4.18. .Θερμική κατανάλωση και Ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στο κτίριο από ανοίγματα 2.5 και 20 m² διπλού υαλοπίνακα

Παρατηρήσεις ίδιες με την εφαρμογή μονού υαλοπίνακα, δηλαδή για μεγάλο άνοιγμα μεγάλη ηλιακή ακτινοβολία της μεσημβρινές ώρες, αλλά και μεγαλύτερη θερμική κατανάλωση τις νυχτερινές ώρες. Για το μικρό άνοιγμα τα αποτελέσματα είναι πιο σταθερά με μικρά ηλιακά κέρδη αλλά με σχεδόν σταθερή θερμική κατανάλωση.

4.3.3.2. Ωριαίες τιμές 29^{ης} και 30^{ης} Απριλίου

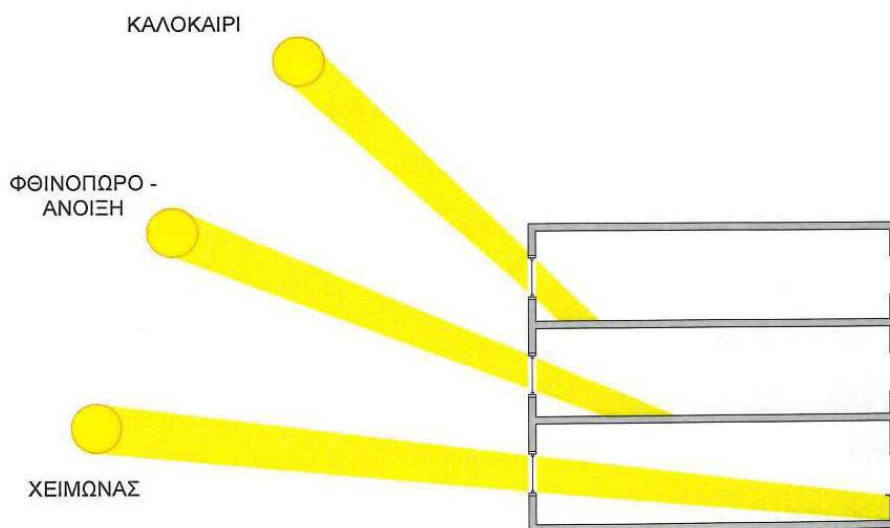
Η μελέτη των ωριαίων τιμών του Απριλίου «δίνουν » ένα πιο ενδιαφέρον διάγραμμα (διάγραμμα 4.19) από αυτό του Δεκεμβρίου και αυτό γιατί έχουμε και τις δύο μέρες ηλιοφάνεια και οι καμπύλες είναι χαρακτηριστικές των ημερών . Το μεγάλο άνοιγμα παρέχει στο κτίριο μεγαλύτερη ηλιακή ακτινοβολία ενώ η θερμική κατανάλωση μπορεί να είναι μεταβαλλόμενη κατά την διάρκεια της ημέρας αλλά την νύχτα κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα με το μικρό άνοιγμα. Γεγονός που οφείλεται στο διπλό υαλοπίνακα που λειτουργεί ως ένα είδος νυχτερινής μόνωσης.

**ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ Κ ΗΛΙΑΚΟ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΕΜΒΑΔΟΥ
2,5m² κ 20 m² ΔΙΠΛΟΥ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ ΣΤΙΣ 29 κ30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ**



Διάγραμμα 4.19 Θερμική κατανάλωση και Ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στο κτίριο από ανοίγματα 2.5 και 20 m² διπλού υαλοπίνακα

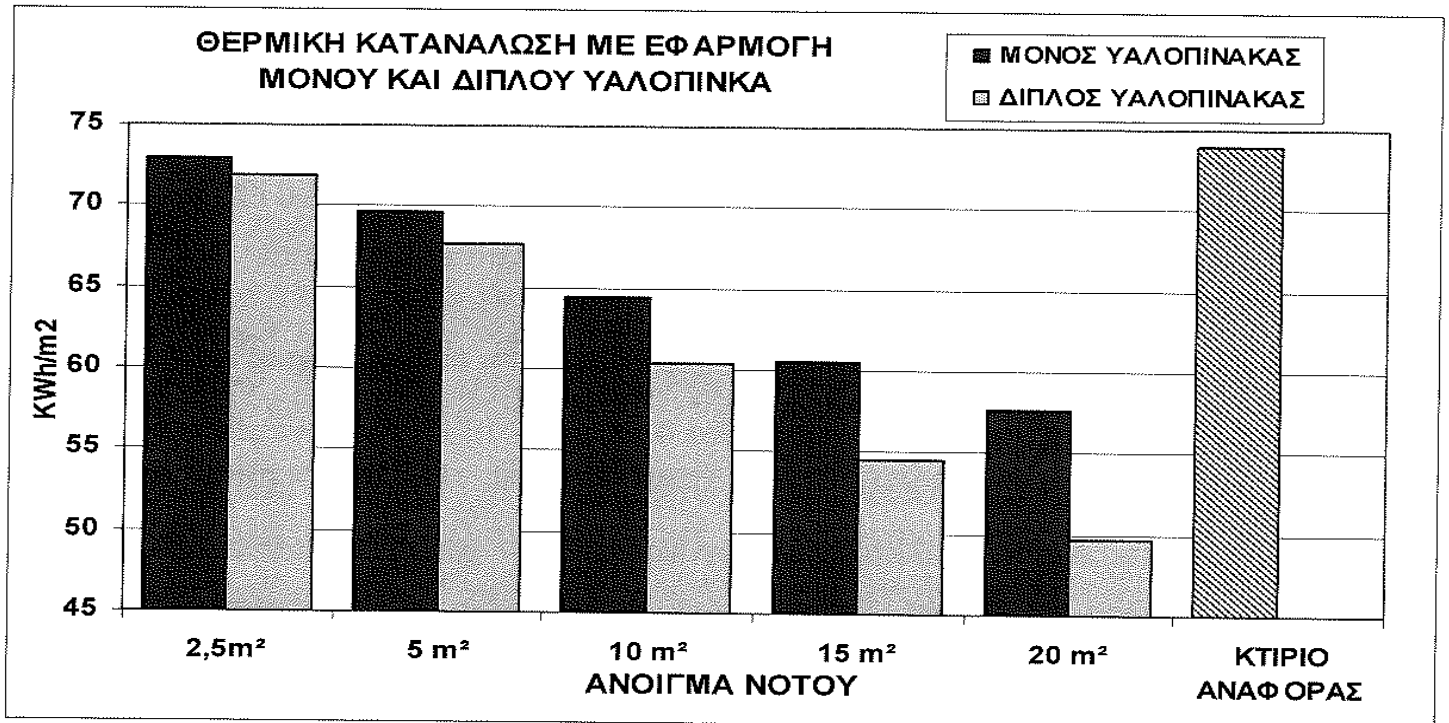
Παρατήρηση : Παρατηρώντας τα διαγράμματα 4.18 και 4.19 διαπιστώνετε ότι στις 30 Δεκεμβρίου η μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία στις φτάνει τις 13KWh ενώ για τις 30 Απριλίου τις 7 KWh .Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι την χειμερινή περίοδο ο ήλιος βρίσκεται χαμηλότερα σε σχέση με την Άνοιξη και η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στο κτίριο είναι περισσότερη από αυτή της Άνοιξης!(Σχήμα 4.3)



Σχήμα 4.3 Θέση ηλίου ανάλογα με την εποχή

4.4. Σύγκριση Μονού και Διπλού Υαλοπίνακα Παθητικού Συστήματος Άμεσου Κέρδους με Κυμαινόμενο Εμβαδόν

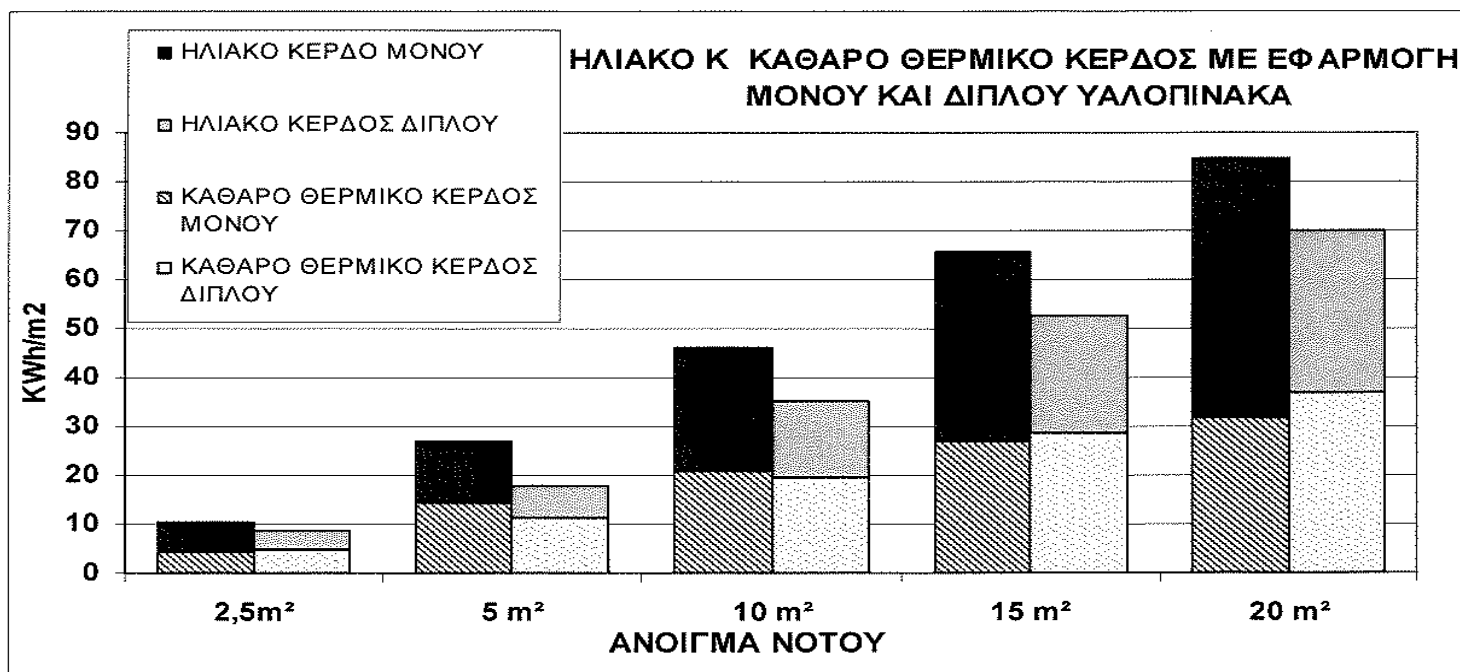
Για την διεξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων απαραίτητη ήταν οι σύγκριση της θερμικής κατανάλωσης, της ηλιακής ακτινοβολία, των θερμικών απωλειών και τέλος του καθαρού θερμικού κέρδους μεταξύ του μονού και διπλού υαλοπίνακα για τα εμβαδά που προσαρμόστηκαν. Στο διάγραμμα 4.20 συγκρίνουμε την θερμική κατανάλωση του κτιρίου μετά την εφαρμογή άμεσου συστήματος μονού και διπλού υαλοπίνακα.



Διάγραμμα 4.20. Θερμική κατανάλωση κτιρίου μετά την εφαρμογή άμεσου συστήματος μόνου και διπλού

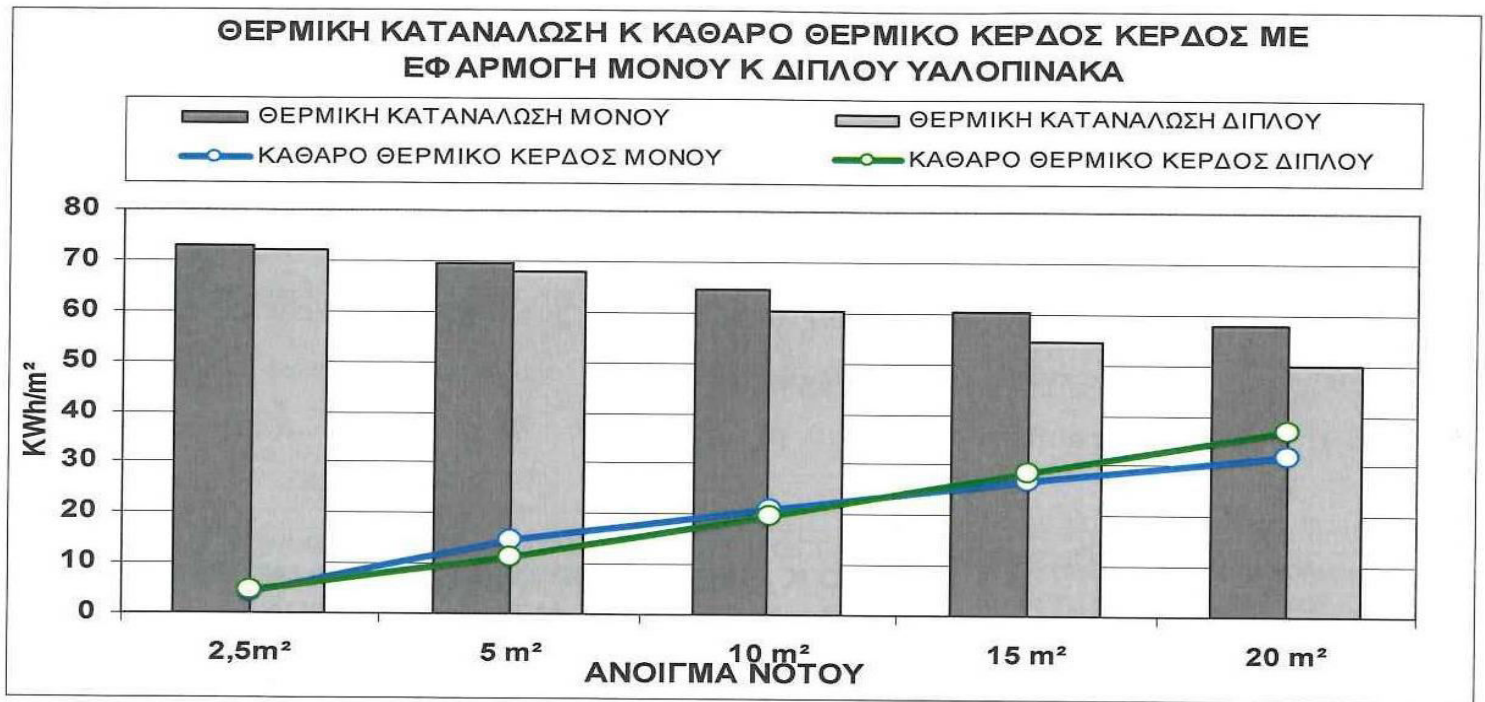
Με μία πρώτη ματιά παρατηρείτε ότι και με τα δύο είδη υαλοπίνακα η θερμική κατανάλωση μειώνεται με την αύξηση του εμβαδού. Με την εφαρμογή όμως διπλού υαλοπίνακα η μείωση είναι μεγαλύτερη και αυτό γιατί όπως αναφέρθηκε και πριν ο διπλός υαλοπίνακας έχοντας μικρότερο συντελεστή διαπερατότητας μπορεί να «εγκλωβίσει» την ηλιακή ενέργεια που εισέρχεται στο κτίριο και να λειτουργήσει σαν ένα είδος μόνωσης κυρίως εκείνο το χρονικό διάστημα που οι θερμικές απώλειες είναι μεγαλύτερες. Βέβαια το γεγονός αυτό έχει αντίκτυπο στα ανοίγματα μεγάλου μεγέθους καθώς όπως φαίνεται στο σχήμα μέχρι το άνοιγμα των 5 m² οι τιμές κυμαίνονται σε κοντινά επίπεδα.

Ένα πολύ ενδιαφέρον διάγραμμα είναι το 4.21 στο οποίο γίνεται σύγκριση τόσο στην ηλιακή ενέργεια που εισέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου αλλά και στο καθαρό κέρδος που μένει τελικά σε αυτό. Όπως ήταν λογικό η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στο χώρο μετά την εφαρμογή μονού υαλοπίνακα είναι σε τιμή πολύ μεγαλύτερη από αυτή που έχουμε μετά την εφαρμογή διπλού υαλοπίνακα, σε όλα τα εμβαδά μελέτης. Πράγμα αναμενόμενο λόγω και πάλι του συντελεστή διαπερατότητας του υαλοπίνακα.



Διάγραμμα 4.21. Ηλιακή ακτινοβολία και καθαρό κέρδος μονού και διπλού υαλοπίνακα

Παρατηρώντας όμως το διάγραμμα καλύτερα θα διαπιστώσουμε ότι για το καθαρό θερμικό κέρδος δεν ισχύει το ίδιο. Για μεγάλα ανοίγματα (15 m², 20 m²) το καθαρό θερμικό κέρδος του διπλού υαλοπίνακα είναι μεγαλύτερο από αυτό του μονού, παρόλο που μπαίνει λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία., γεγονός που δικαιολογείται και αυτό με τον συντελεστή διαπερατότητας, ο οποίος όντας καλύτερος του μονού διατηρεί περισσότερο την ηλιακή ακτινοβολία μειώνοντας της απώλειες. Προσοχή αυτό ισχύει μόνο για μεγάλα ανοίγματα, ενώ για τα μικρά ανοίγματα ισχύει το αντίθετο. Στο τελευταίο διάγραμμα (4.21.) του κεφαλαίου αυτού συγκρίθηκαν οι δύο τύποι υαλοπίνακα σε σχέση με την θερμική κατανάλωση και το καθαρό θερμικό κέρδος που δίνουν τελικά στο κτίριο.



Διάγραμμα 4.21 Θερμική κατανάλωση κ καθαρό θερμικό κέρδος μετά την εφαρμογή άμεσου συστήματος μονού και διπλού υαλοπίνακα

5. Παθητικό Ηλιακό Σύστημα Έμμεσου Κέρδους

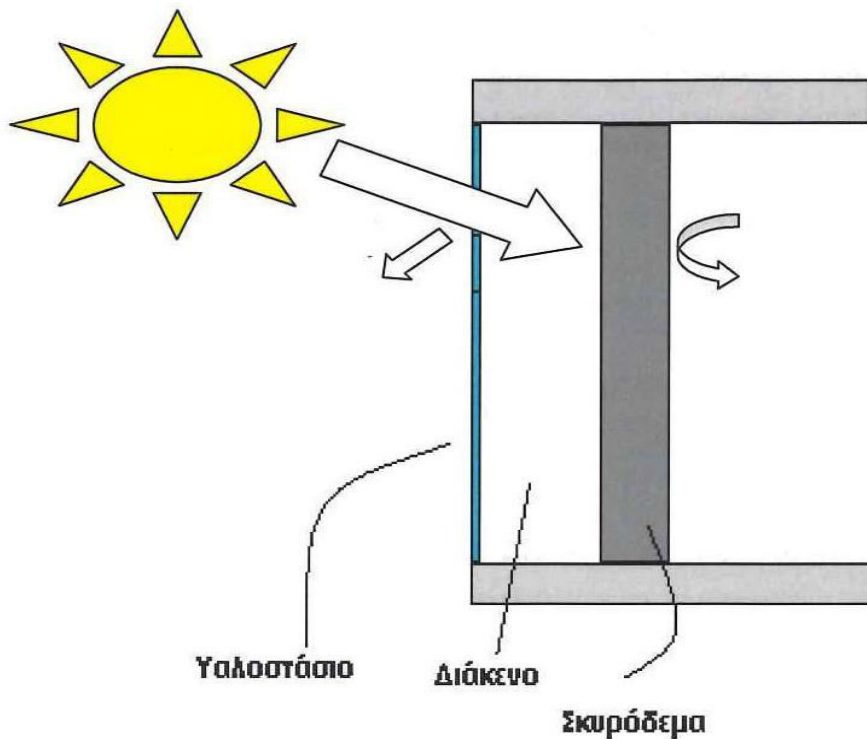
ΤΟΙΧΟΣ ΜΑΖΑΣ

5.1 Εισαγωγή

Στα παθητικά ηλιακά συστήματα έμμεσου κέρδους, η συλλογή της ηλιακής ενέργειας και η αποθήκευση της θερμότητας δεν γίνονται εντός του εσωτερικού χώρου. Ο συλλέκτης βρίσκεται εκτός χώρου και η αποθήκευση θερμότητας συνήθως αποτελεί το διαχωριστικό στοιχείο μεταξύ συλλέκτη και χώρου.

Ο τοίχος μάζας είναι ένας τοίχος κατασκευασμένος με υλικό υψηλής θερμοχωρητικότητας σε νότιο προσανατολισμό, στην εξωτερική πλευρά του οποίου και σε απόσταση περίπου 10 εκ. ή μεγαλύτερη είναι τοποθετημένο υαλοστάσιο για την δημιουργία φαινομένου θερμοκηπίου και για την μείωση των θερμικών απωλειών. Το υλικό κατασκευής του τοίχου για τις ανάγκες της εργασίας είναι οπλισμένο σκυρόδεμα

με τιμή θερμικής αγωγιμότητας $2.03 \text{ W/M}^{\circ}\text{C}$ και χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου μαύρο με συντελεστή απορροφητικότητας 0.91.



Σχήμα 5.1. Τυπική διάταξη και αρχή λειτουργίας Τοίχου Μάζας

Ο τρόπος λειτουργίας του τοίχου μάζας είναι πολύ απλός, η ακτινοβολία περνά το υαλοστάσιο θερμαίνοντας τόσο τον αέρα του διακένου όσο και την εξωτερική επιφάνεια του τοίχου. Έτσι αυξάνεται η θερμοκρασία του τοίχου και αποθηκεύεται θερμότητα στην μάζα του, η οποία προσφέρεται στο εσωτερικό του κτιρίου ετεροχρονισμένα..

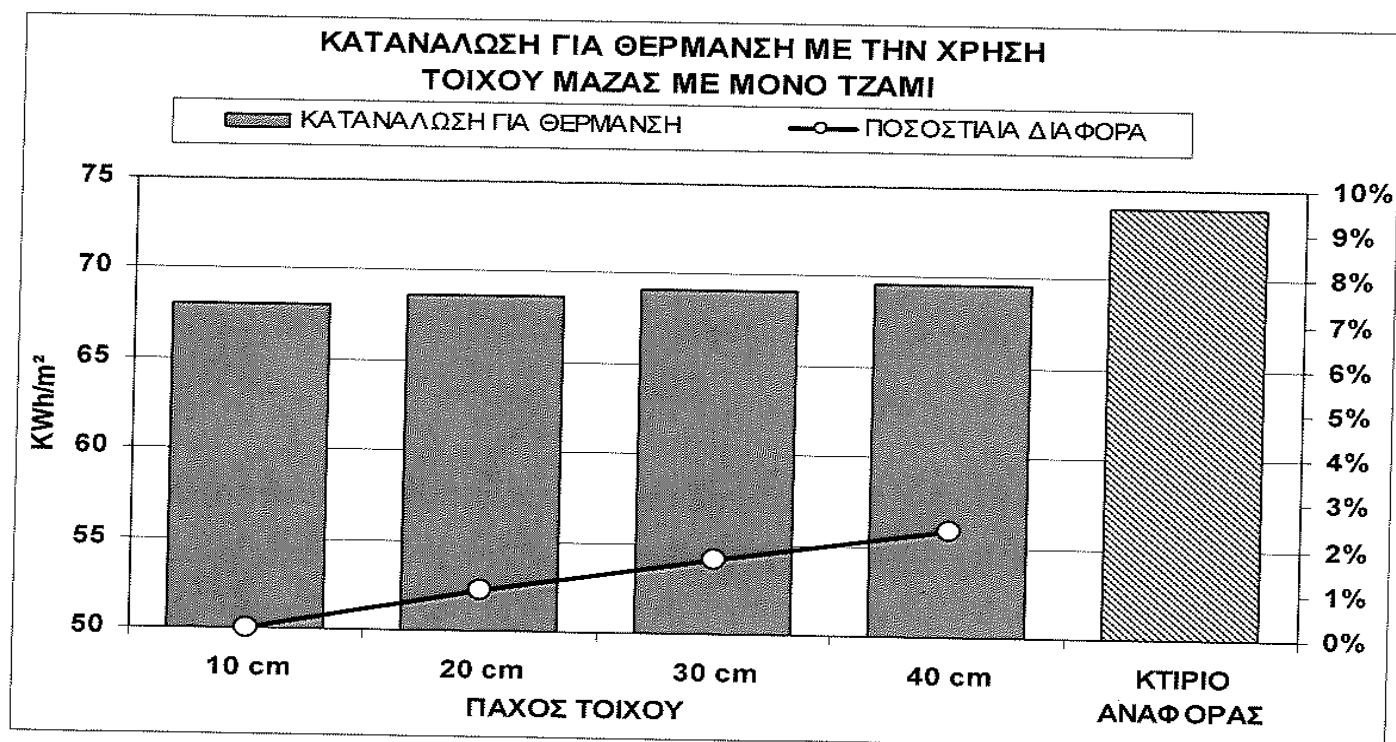
Το κεφάλαιο αυτό έχει ως στόχο την μελέτη των διαφόρων διατάξεων τοίχων μάζας που χρησιμοποιήθηκαν. Οι διατάξεις αυτές είναι :

- Τοίχος μάζας **κυμαινόμενου πάχους** , με πάχη τοίχου 10,20,30 και 40 cm , με σταθερό εμβαδόν τοίχου στα 6 m^2 και υαλοστάσιο **μονό** υαλοπίνακα
- Τοίχος μάζας **κυμαινόμενου πάχους** , με πάχη τοίχου 10,20,30 και 40 cm , με σταθερό εμβαδόν τοίχου στα 6 m^2 και υαλοστάσιο **διπλό** υαλοπίνακα
- Τοίχο μάζας **κυμαινόμενου εμβαδού** , με εμβαδά τοίχου 6,12,18 και 24 m^2 ,με σταθερό πάχος τοίχου στα 20 cm και υαλοστάσιο μόνου υαλοπίνακα.

- Τοίχο μάζας επιλεκτικής βαφής , με επιλογή τριών ειδών βαφής ,την μαύρη , την άσπρη και την βαφή φυσικού μπετόν , με σταθερό εμβαδόν τοίχου στα 6 m^2 ,σταθερό πάχος στα 20 cm και με υαλοστάσιο μονού υαλοπίνακα

5.2. Τοίχος Μάζας Κυμαινόμενου πάχους με Μόνο Υαλοπίνακα

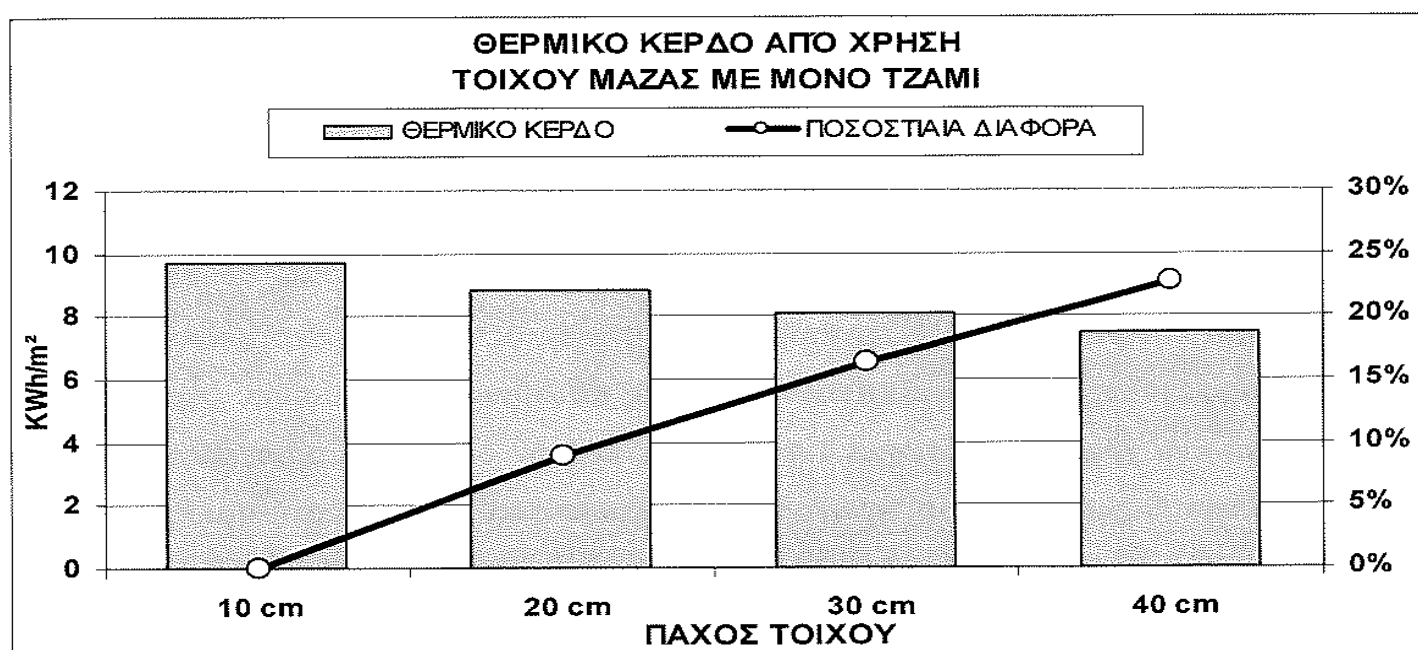
Ένας τοίχος μάζας λοιπόν αποτελείται από το υαλοστάσιο και το υλικό κατασκευής του τοίχου. Το πάχος του τοίχου είναι το πρώτο στοιχείο που μελετήθηκε σε αυτό το μέρος της εργασίας. Διαλέχθηκαν τέσσερα πάχη τοίχου, 10,20,30 και 40 cm και προσαρμόστηκε μπροστά από αυτόν, υαλοστάσιο μονού υαλοπίνακα.. Μετά εφαρμόστηκε ο τοίχος μάζας στην νότια πλευρά του κτιρίου αναφοράς, αφαιρώντας το παράθυρο εμβαδού 1.3 τετραγωνικών μέτρων που βρισκόταν στην όψη αυτή. Το εμβαδόν του τοίχου μάζας θεωρείτε σταθερό και ίσο με 6 m^2 . Μετά την προσομοίωση στο πρόγραμμα SUNCODE-CP των τεσσάρων διατάξεων του τοίχου μάζας, ελέγχθηκε πώς κινήθηκε η θερμική κατανάλωση του κτιρίου για κάθε εφαρμογή.



Διάγραμμα 5.1. Θερμική κατανάλωση μετά την εφαρμογή τοίχου μάζας κυμαινόμενου πάχους

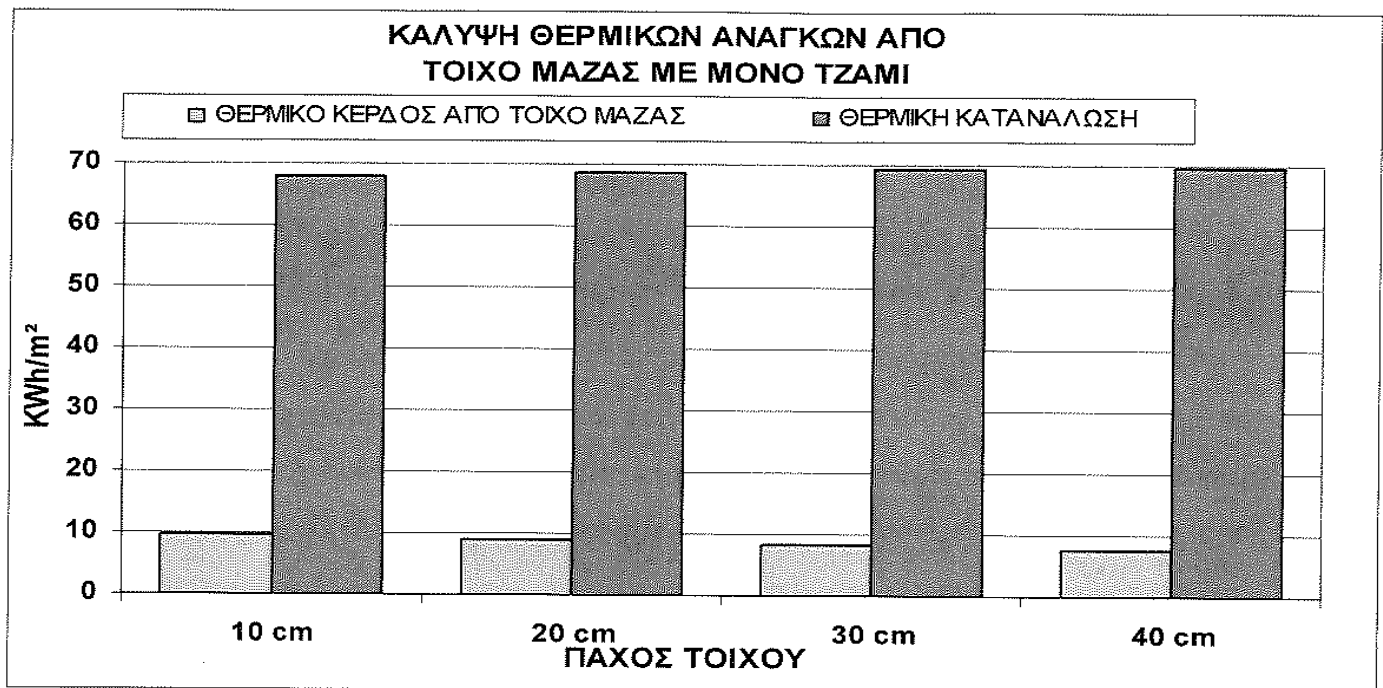
Η πρώτη παρατήρηση είναι ότι η μείωση της θερμικής κατανάλωσης σε σύγκριση με το κτίριο αναφοράς είναι μικρή. Μεταφράζοντας το με αριθμούς με την εφαρμογή τοίχου μάζας 10 cm η κατανάλωση σε σύγκριση με τον κτίριο αναφοράς μειώνεται μόλις κατά περίπου 7 KWh/m^2 . Η σύγκριση μεταξύ των τοίχων μάζας αναδεικνύει ως καλύτερο τον τοίχο πάχους 10 cm αφού αυτός των 40 cm αυξάνει την κατανάλωση κατά 2,5% περίπου.

Κάθε τοίχος μπορεί να αποδώσει στο κτίριο απευθείας θερμικό κέρδος αφού οι απώλειες από τον τοίχο μάζας είναι μικρές. Παρόλα αυτά το διάγραμμα 5.2 δίνει το καθαρό θερμικό κέρδος των συστημάτων, συμπεριλαμβανομένων και τον οποιοδήποτε απωλειών.



Διάγραμμα 5.2 Καθαρό θερμικό κέρδος τοίχου μάζας κυμαινόμενου πάχους.

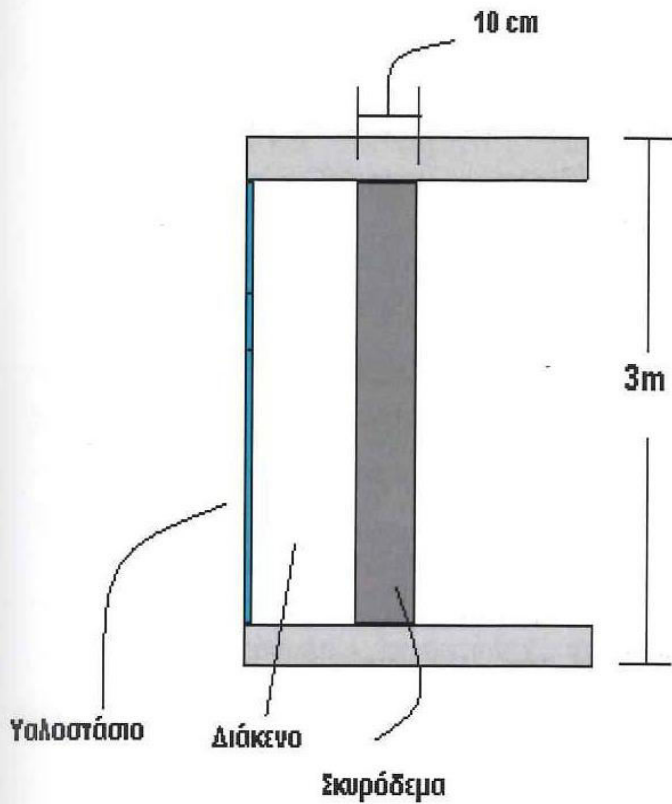
Το θερμικό κέρδος του τοίχου πάχους 10 cm είναι κατά 23% μεγαλύτερο από αυτών πάχους 40 cm. Αυτό δικαιολογεί το γεγονός ότι η θερμική κατανάλωση του κτιρίου είναι μικρότερη με εφαρμογή τοίχου μικρού πάχους. Με την αύξηση του πάχους χάνουμε περίπου $0,7 \text{ KWh/m}^2$ ανά 10 εκατοστά αύξησης. Η μείωση είναι αρκετά μικρή και αυτό φαίνεται από το διάγραμμα 5.3 όπου τόσο οι τιμές της θερμικής κατανάλωσης όσο και του θερμικού κέρδους παραμένουν σχεδόν ίδιες. Είναι μικρή η συμμετοχή του τοίχου μάζας για τις ανάγκες σε θέρμανση που έχει το κτίριο. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι το σύστημα έμμεσου κέρδους δεν αποδίδει καλά, αν σκεφτεί κανείς ότι πρόκειται για φυσική και δωρεάν ενέργεια.



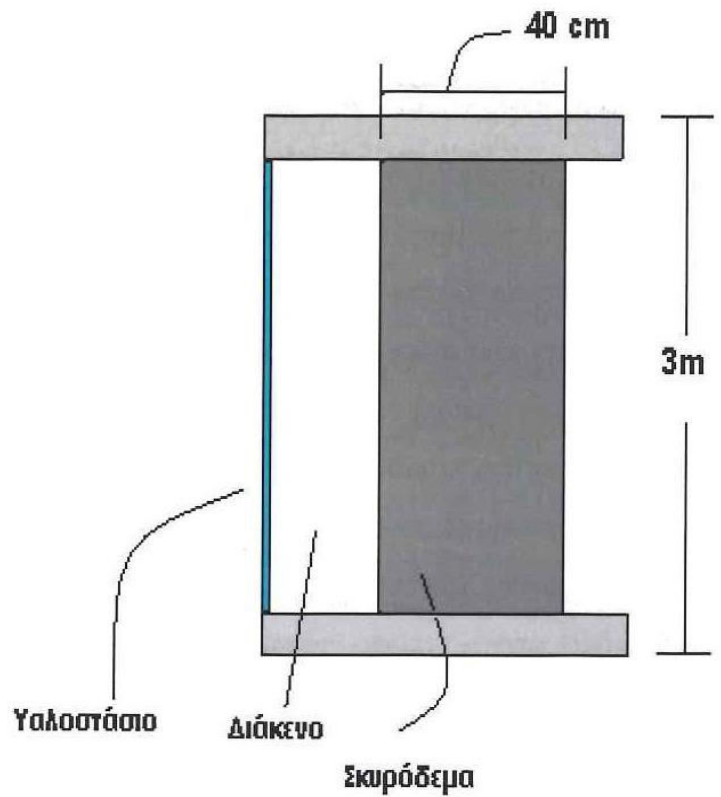
Διάγραμμα 5.3. θερμική κατανάλωση και θερμικό κέρδος κτιρίου μετά την εφαρμογή τοίχου μάζας κυμαινόμενου πάχους.

Το σύστημα του τοίχου μάζας λειτουργεί βάση της αύξησης της θερμοκρασίας της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου, αποθηκεύοντας και προσφέροντας την θερμότητα αυτή μετά από ένα χρονικό διάστημα.. Αναμένετε λοιπόν ο τοίχος μικρότερου πάχους να αποδίδει την θερμότητα πιο γρήγορα στο εσωτερικό, τι γίνεται όμως με την εξωτερική επιφανειακή θερμοκρασία του τοίχου; Σε τι τιμές κυμαίνονται; Πόση είναι η εσωτερική θερμοκρασία που τελικά αποκτάει ο τοίχος μάζας; Ποία είναι η διακύμανση της μέσης μηνιαίας μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας ; Σε όλες αυτές τις ερωτήσεις που λογικά έρχονται στο μυαλό του αναγνώστη απαντούν τα διαγράμματα 5.4 και 5.5.

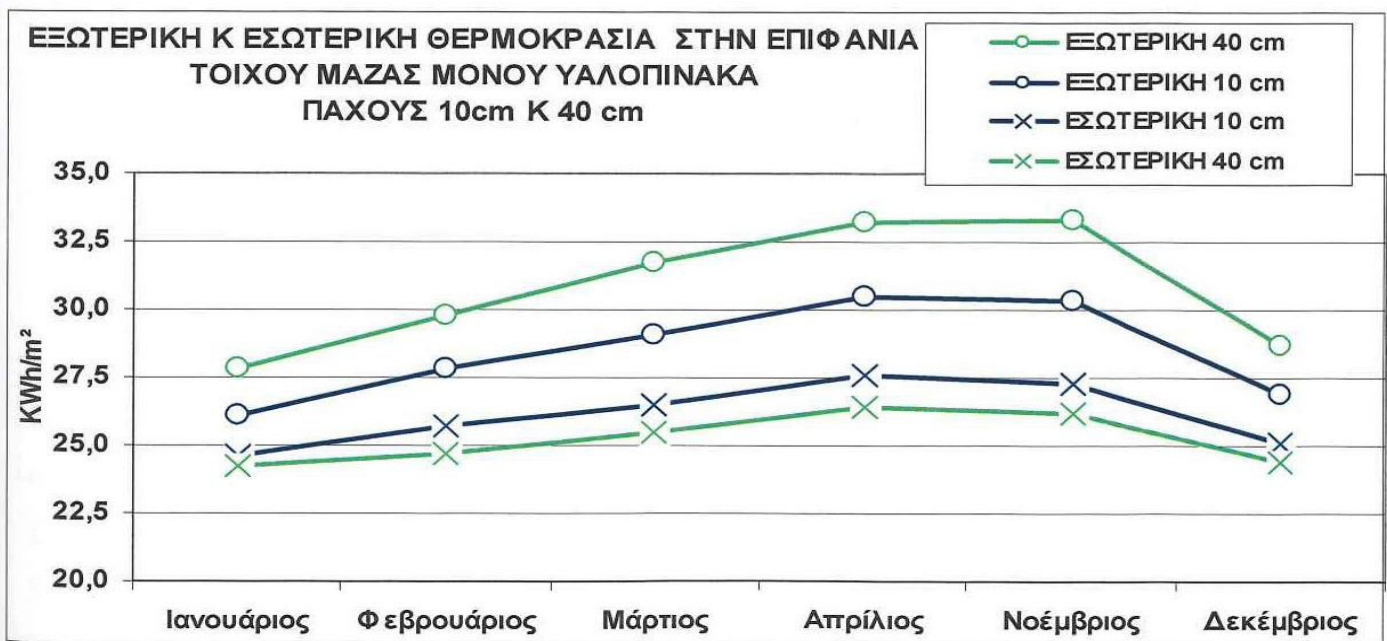
Πριν από αυτό όμως να τονιστεί ότι η σύγκριση των εξωτερικών και εσωτερικών θερμοκρασιών τοίχου μάζας αφορά τα ακραία συστήματα, δηλαδή αυτά με πάχος τοίχου 10 cm και αυτό με 40 cm (σχήμα 5.2, 5.3). Όλες οι άλλες θερμοκρασίες κυμαίνονται μεταξύ αυτών των δύο συστημάτων. Η σύγκριση γίνεται μόνο μεταξύ των ακραίων συστημάτων για να αποφεύγει δυσνόητων διαγραμμάτων.



Σχήμα 5.2 Τοίχος μάζας μονού υαλοστασίου με πάχος τοίχου 10 cm



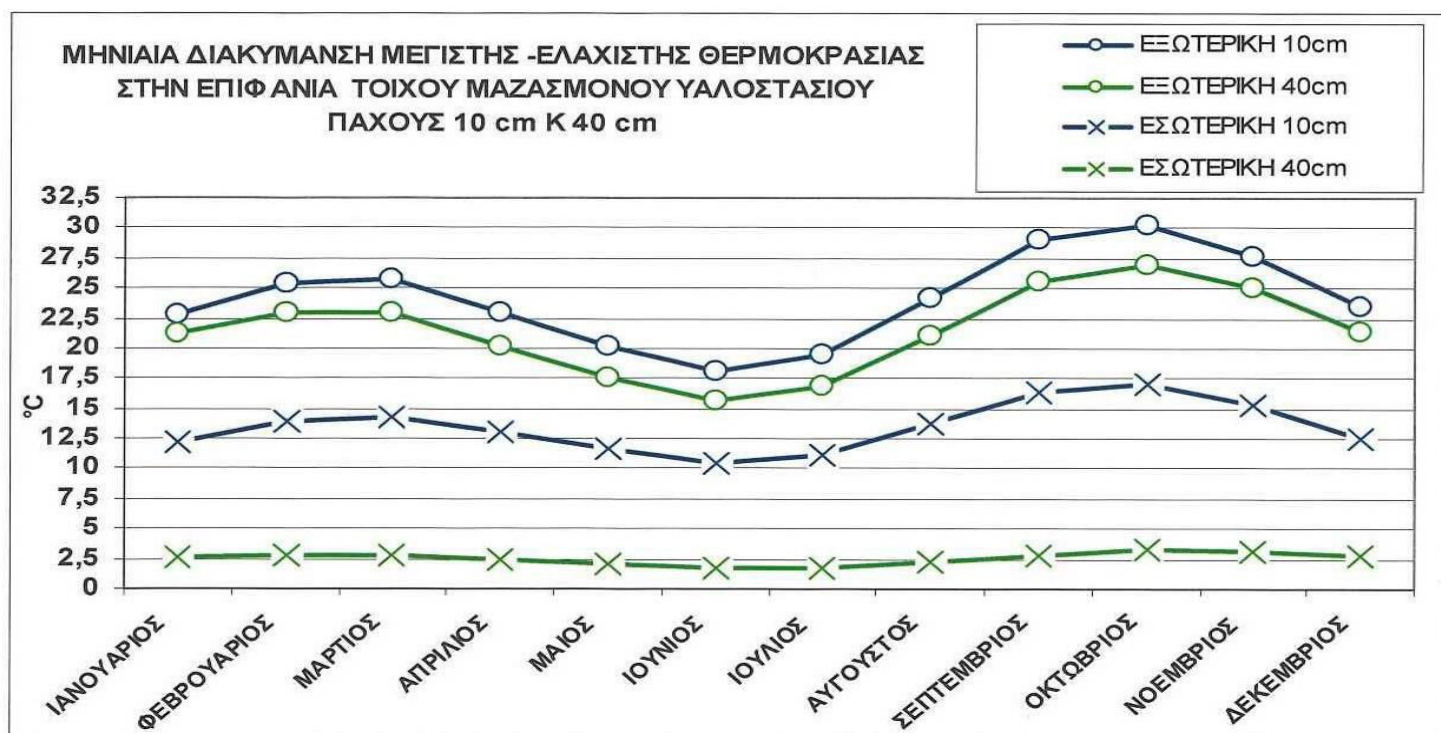
Σχήμα 5.3 Τοίχος μάζας μονού υαλοστασίου με πάχος τοίχου 40 cm



Διάγραμμα 5.4 Εξωτερική και εσωτερική θερμοκρασία τοίχου μάζας

Οι απαντήσεις των παραπάνω ερωτήσεων ξεκινάνε με τις εξωτερικές θερμοκρασίες. Ο τοίχος μάζας 40 cm πάχους αναπτύσσει σε μηνιαία βάση περίπου 2.5°C περισσότερους από ένα πάχους 10 cm. Το πάχος του τον αναγκάζει να αποθηκεύει την θερμοκρασία αυτή στην θερμική μάζα με αργούς ρυθμούς, έτσι αναπτύσσονται θερμοκρασίες μεγαλύτερες εν σύγκριση με τοίχο μικρού πάχους (στην περίπτωση μας τέσσερις φορές μικρότερο πάχος) ο οποίος με την σειρά του όση θερμότητα δέχεται την διοχετεύει αμέσως προς το εσωτερικό. Αυτό φαίνεται εξάλλου από την καμπύλη εσωτερικών θερμοκρασιών του παραπάνω διαγράμματος.

Πριν όμως την διεξαγωγή βιαστικά συμπεράσματα για το ποιος τοίχος αποδίδει καλύτερα παρουσιάζεται η μέση μηνιαία διακύμανση της μέγιστης και ελάχιστης εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας. Με πιο απλά λόγια, η μαθηματική διαφορά μεταξύ της μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας που αναπτύσσεται κατά την διάρκεια ενός μήνα, τόσο στην εξωτερική όσο και στην εσωτερική επιφάνεια του τοίχου. (Διάγραμμα 5.5)



Διάγραμμα 5.5 Μηνιαία διαφορά μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας (T Range)

Θα ήταν λάθος να συγκριθούν τα δύο προηγούμενα διαγράμματα γιατί αναφέρονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Με το διάγραμμά 5.5 παραθέτετε η «σταθερότητα» που έχουν τα διαφορετικά πάχη στην απόδοση τους. Δηλαδή και ξεκινώντας από την καμπύλη εσωτερική θερμοκρασία 40 cm, κατά την διάρκεια του

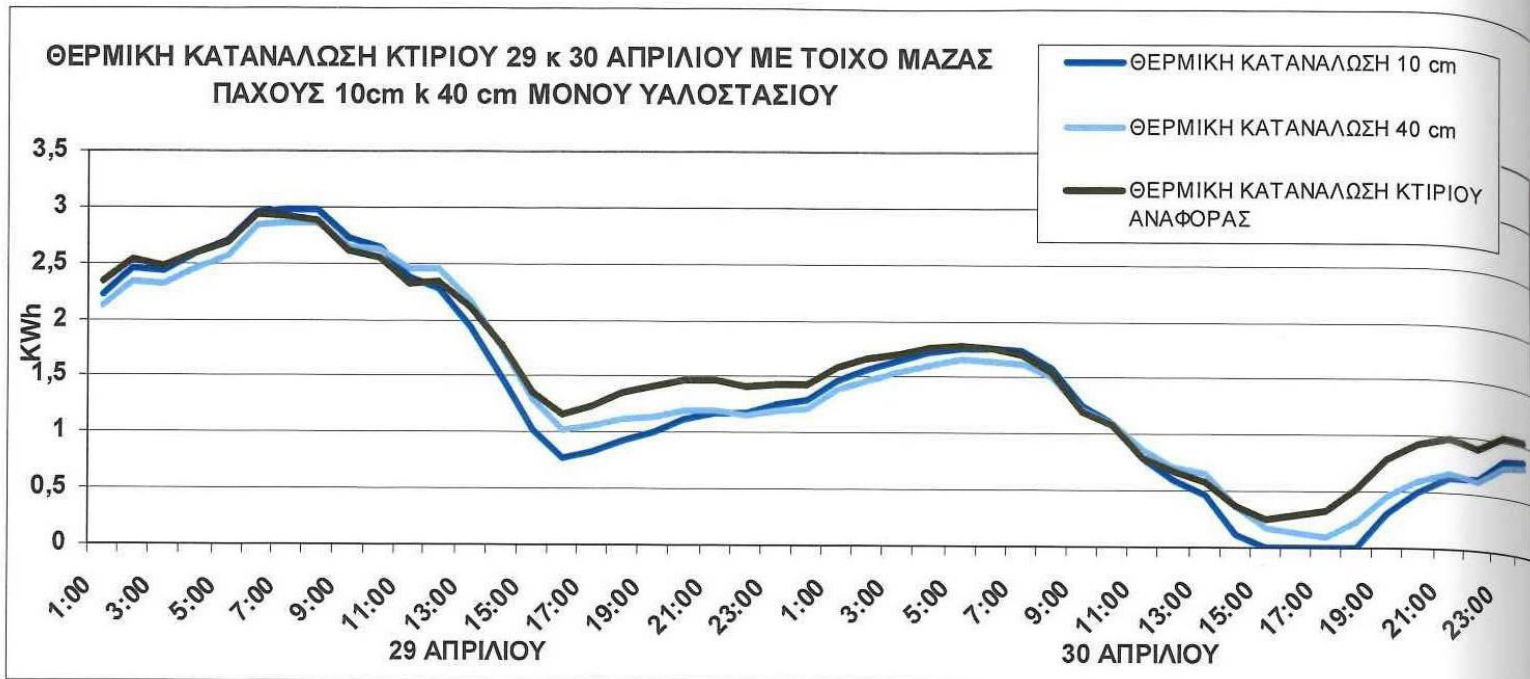
έτους (και μάλιστα όχι της περιόδου που εξετάζουμε), παρατηρείτε μία σταθερή τιμή στους 2.5°C. Η απόδοση λοιπόν τοίχου πάχους 40 cm μπορεί να είναι μικρότερη από αντίστοιχο τοίχο 10 cm, αλλά είναι σταθερή, ένα πολύ σημαντικό στοιχείο για την σωστή επιλογή συστήματος. Σταθερότητα στην απόδοση παρουσιάζεται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, κυρίως λόγω της συνεχούς ηλιοφάνειας, την περίοδο όμως αυτή υπάρχει πιθανότητα να αντιμετωπίσουμε προβλήματα υπερθέρμανσης.

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή του κεφαλαίου ο τοίχος μάζας είναι ένα σύστημα που αποδίδει το κέρδος του ετεροχρονισμένα, ακόμα και όταν ο ήλιος έχει δύσει. Το «φαινόμενο» αυτό δεν θα μπορούσε να το ελεγχθεί αλλιώς αν δεν επεξεργαζόντουσαν οι ωριαίες τιμές των χαρακτηριστικών ημερών για χειμώνα και άνοιξη. Στην συνέχεια λοιπόν αναλύετε τι συμβαίνει κατά την διάρκεια τεσσάρων 24ωρων.

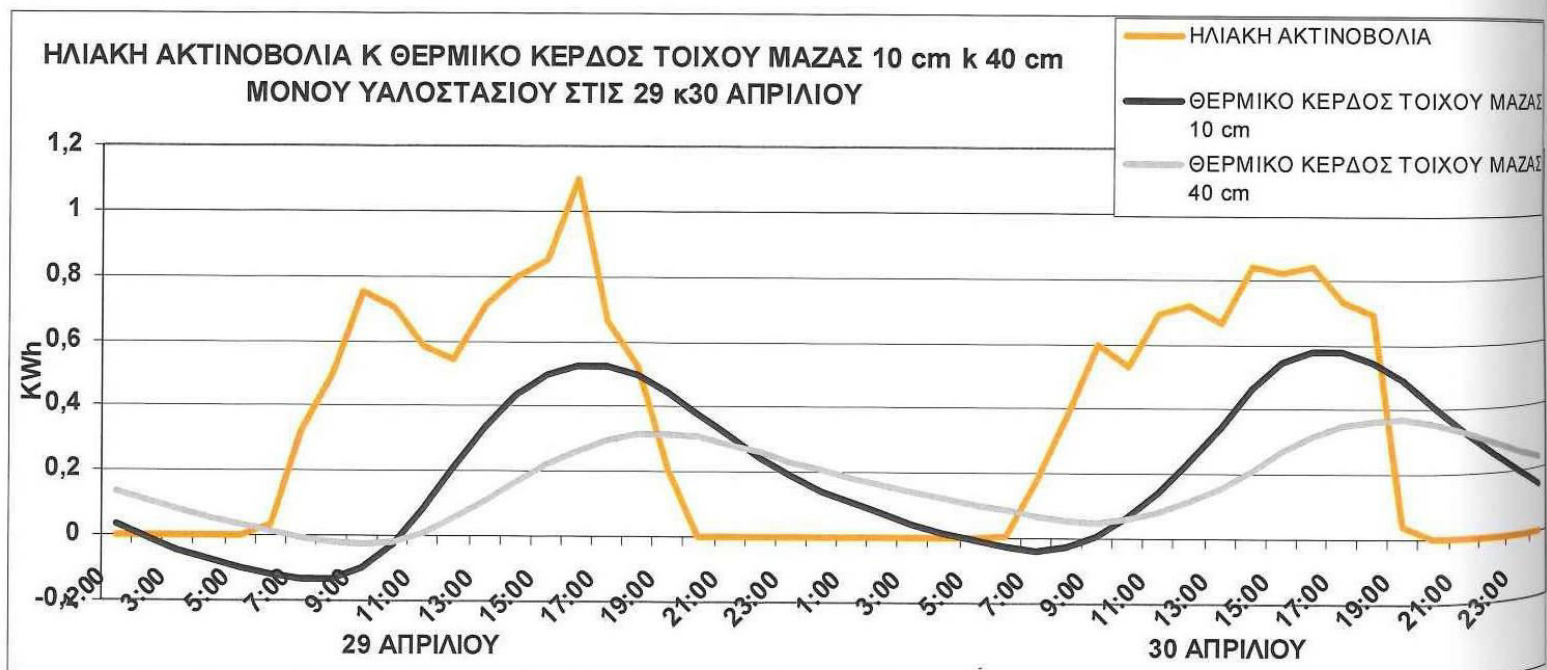
5.2.2. Ωριαίες τιμές 29^{ης} και 30^{ης} Απριλίου

Δείχθηκε ότι η θερμική κατανάλωση του κτιρίου, για το σύνολο της χειμερινής περιόδου, μετά την εφαρμογή τοίχου μάζας, είχε μικρή μείωση. Κάτι ανάλογο αναμένετε και για τις ωριαίες τιμές, μικρή δηλαδή μείωση. (Διάγραμμα 5.6). Όσον αφορά τις δύο διατάξεις που μελετήθηκαν και βάση των όσων αναφέρθηκαν για τις συνολικές τιμές της χειμερινής περιόδου, η μεταξύ τους σύγκριση παρουσιάζει τον τοίχο πάχους 10 cm να μειώνει την κατανάλωση τις ώρες που υπάρχει ηλιοφάνεια, αλλά τον τοίχο πάχους 40 cm να αντιδρά καλύτερα στις νυχτερινές απαιτήσεις. Γεγονός απολύτως λογικό αφού το μεγάλο πάχος εξοικονομεί κατά την διάρκεια της ημέρας μεγάλο θερμικό κέρδος, το οποίο και αποδίδει στο κτίριο την νύχτα.

Η μείωση της θερμικής κατανάλωσης εξαρτάται κατά κόρον από το θερμικό κέρδος που τελικά αποδίδει το σύστημα στον χώρο. Το θερμικό κέρδος με την σειρά του εξαρτάται από την ηλιακή ακτινοβολία. Το θερμικό κέρδος και η ηλιακή ακτινοβολία των ημερών που τοποθετήθηκαν μαζί στο διάγραμμα 5.7 για καλύτερη σύγκριση των δύο στοιχείων



Διάγραμμα 5.6. Ωριαία θερμική κατανάλωση μετά την εφαρμογή τοίχου μάζας

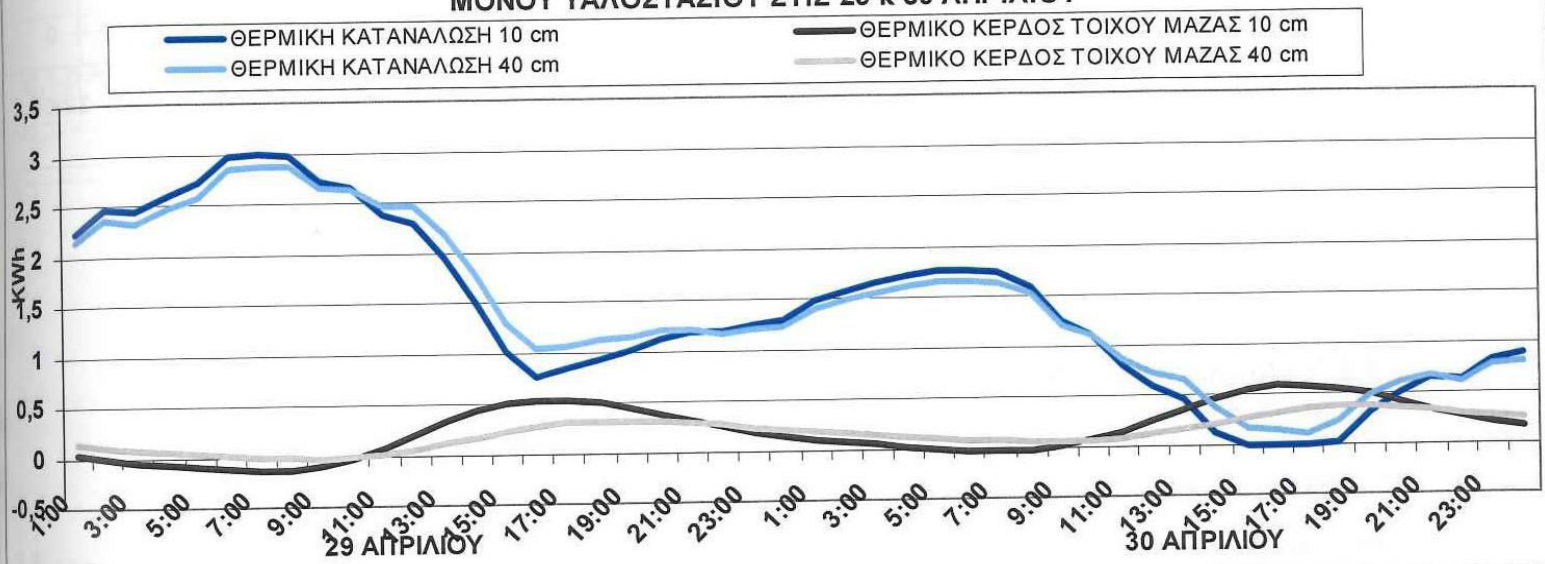


Διάγραμμα 5.7 θερμικό κέρδος τοίχου μάζας

Το εντυπωσιακό στο διάγραμμα 5.7 και αυτό που αξίζει προσοχής είναι το εξής : τις νυχτερινές ώρες το θερμικό κέρδος το τοίχου μάζας πάχους 10 cm πέφτει κάτω από το μηδέν, άρα δεν προσφέρει στο κτίριο αλλά μάλιστα «τρώει» πολύτιμη ενέργεια, την ίδια ώρα που ο τοίχος μάζας 40 cm προσφέρει ακόμα.

Εντυπωσιακό αλλά και άξιο προβληματισμού αφού τις ώρες της ημέρας προσφέρει στο κτίριο θερμικό κέρδος που ο τοίχος μάζας 40 cm δεν μπορεί να προσφέρει. Στο παραπάνω διάγραμμα επίσης, φαίνεται αυτό που ειπώθηκε από την αρχή του κεφαλαίου, ότι δηλαδή ο τοίχος μάζας δουλεύει ετεροχρονισμένα.. Παρατηρώντας καλύτερα το διάγραμμα 5.7 η ηλιακή ακτινοβολία παύει να υπάρχει μετά τις 21:00, ο τοίχος μάζας 10 cm όμως συνεχίζει να αποδίδει μέχρι τις 5:00 το πρωί, ενώ αυτός των 40 cm μέχρι τις 9:00. Πόσο συμμετέχει συνολικά στο κτίριο το θερμικό κέρδος του τοίχου, φαίνεται στο το διάγραμμα 5.8

ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ Κ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ 10 cm κ 40 cm ΜΟΝΟΥ ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΟΥ ΣΤΙΣ 29 κ 30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ

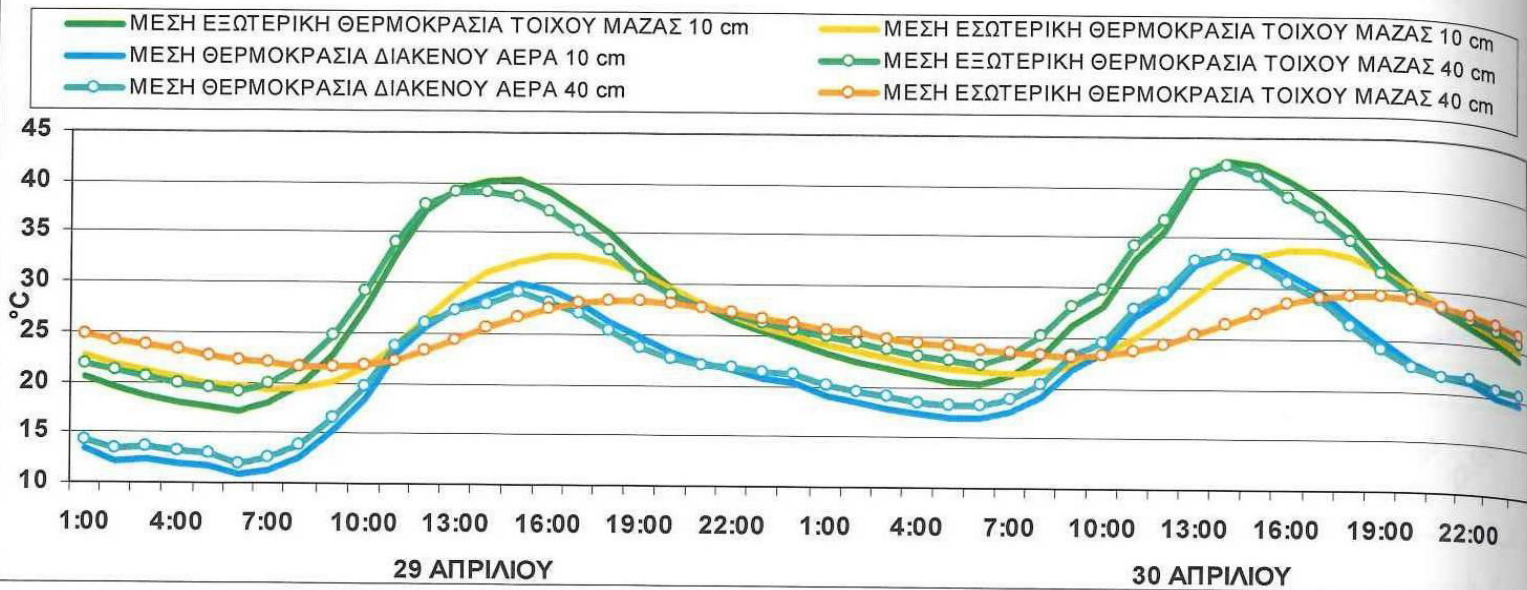


Διάγραμμα 5.8 Συμμετοχή θερμικού κέρδους τοίχων μάζας στο κτίριο

όπου όπως φαίνεται ο τοίχος μάζας και των δύο διατάξεων καταφέρνει να υπερκαλύψει την θερμική κατανάλωση τις απογευματινές ώρες της 30^{ης} Απριλίου.

Το πώς κυμαίνονται οι θερμοκρασίες της εξωτερικής και εσωτερικής επιφάνειας του τοίχου καθώς και η θερμοκρασία διακένου αέρα για τις δύο διατάξεις, παρουσιάζετε σε ένα όχι και τόσο ευκολοδιάβαστο διάγραμμα.(5.9) Οι εξωτερικές θερμοκρασίες και οι θερμοκρασίες διακένου αέρα όπως φαίνεται από το πάνω διάγραμμα μεταβάλλονται σχεδόν ομοιόμορφα. Αυτό που αλλάζει και είναι άξιο σχολιασμού είναι η θερμοκρασία στο εσωτερικό του τοίχου. Ο τοίχος μάζας 10 cm προσφέρει στο εσωτερικό του κτιρίου μεγάλη θερμότητα, αλλά προσοχή μόνο κατά την διάρκεια της ημέρας. Τις νυχτερινές ώρες αποδίδει καλύτερα ο τοίχος μάζας πάχους 40 cm.

**ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ 10 cm k 40 cm ΜΟΝΟΥ ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΟΥ
ΣΤΙΣ 29 κ 30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ**



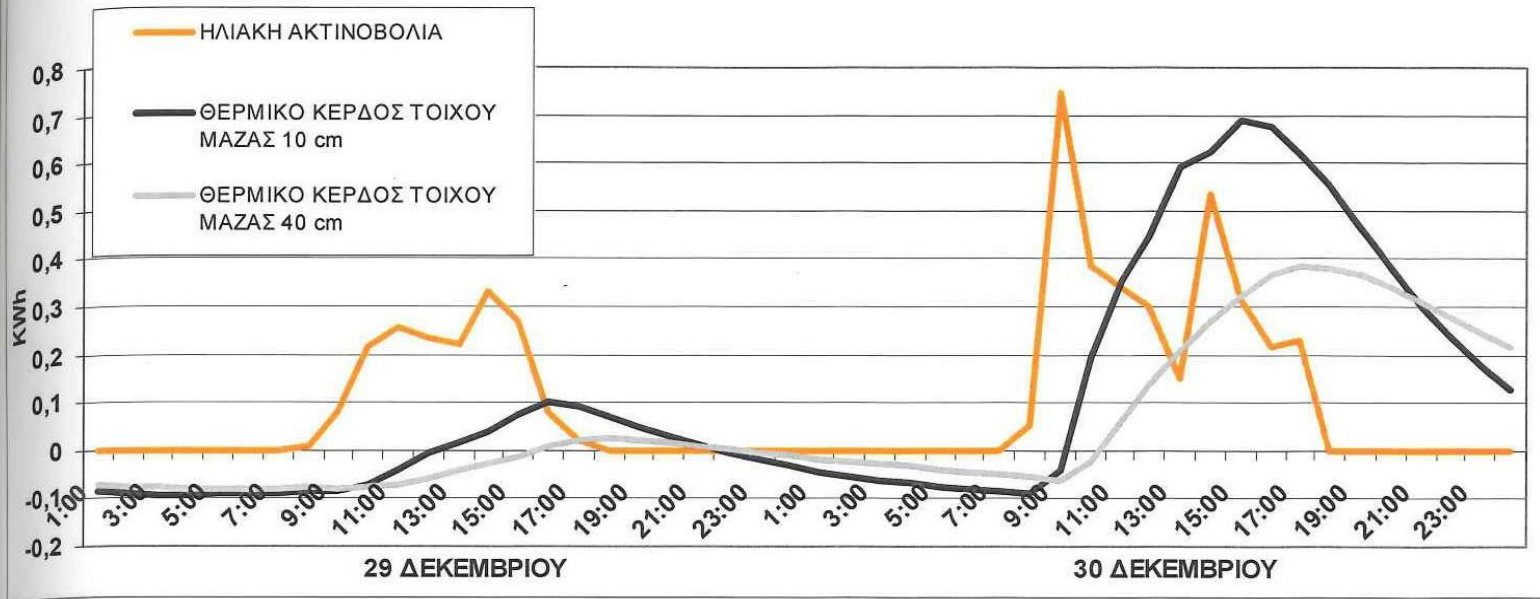
Διάγραμμα 5.11 Θερμοκρασίες τοίχου μάζας

5.2.3. Ωριαίες τιμές 29^{ης} και 30^{ης} Δεκεμβρίου

Όλες οι σημαντικές παρατηρήσεις που αφορούσαν την ωριαία διακύμανση τη θερμικής κατανάλωσης του κτιρίου μετά την εφαρμογή τοίχου μάζας, του θερμικού κέρδους του τοίχου μάζας και των θερμοκρασιών της εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας όπως και την θερμοκρασία διάκενου αέρα, έγιναν κατά την παράγραφο 5.2.3. Ισχύουν ακριβώς οι ίδιες παρατηρήσεις τόσο για την 29^η και 30^η Απριλίου όσο και για τις ημέρες του Δεκέμβρη.

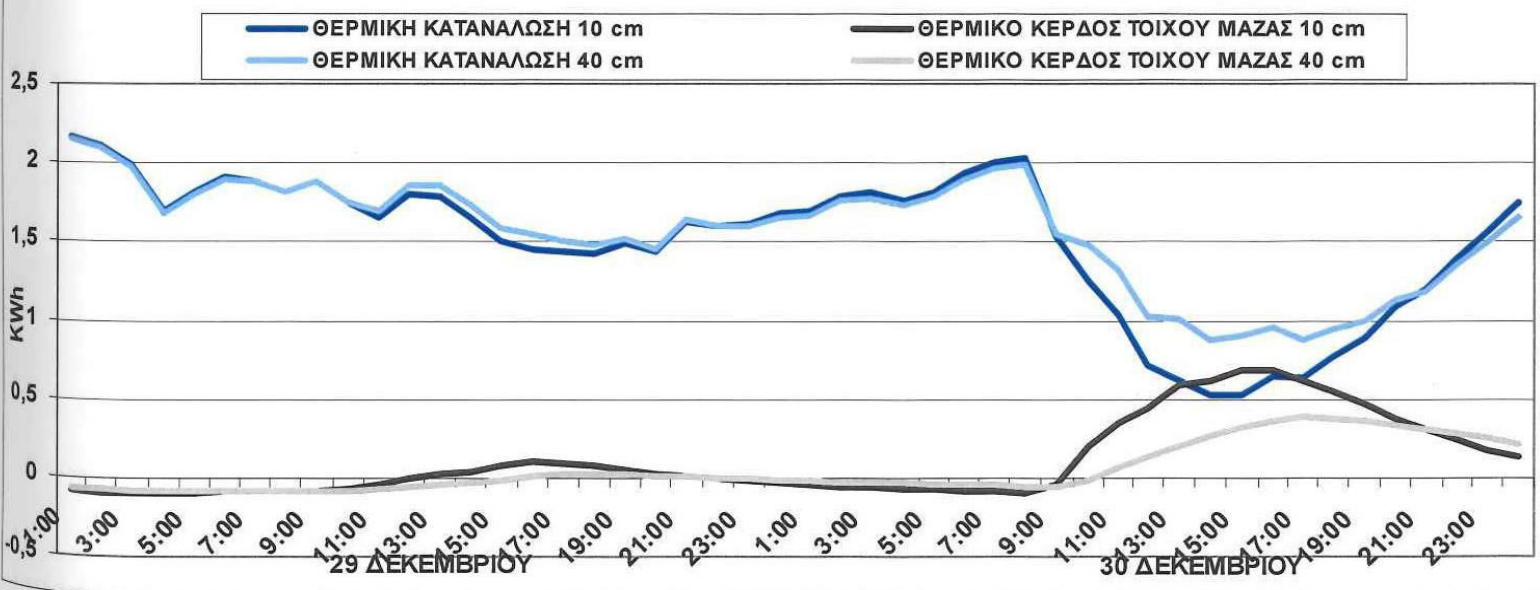
Θέλοντας λοιπόν να αποφύγουν τα ίδια σχόλια που τελικά μόνο θα κουράσουν το αναγνώστη, παρουσιάζονται απλά τα διαγράμματα 5.12 με το καθαρό θερμικό κέρδος και το 5.13 με την συμμετοχή των τοίχων μάζας στην θερμική κατανάλωση του κτιρίου.

ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ Κ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ 10 cm κ40 cm ΜΟΝΟΥ ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΟΥ ΣΤΙΣ 29 κ30 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ



Διάγραμμα 5.12. Θερμικό κέρδος τοίχου μάζας στις 29 και 30 Δεκεμβρίου

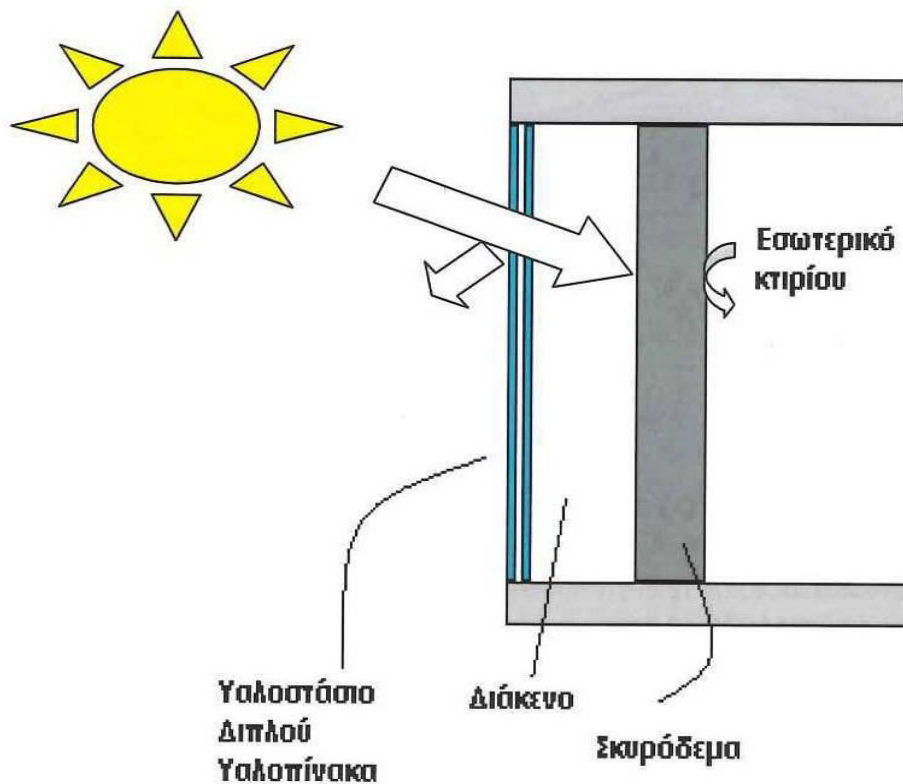
ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ Κ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ 10 cm κ 40 cm ΜΟΝΟΥ ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΟΥ ΣΤΙΣ 29 κ30 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ



Διάγραμμα 5.13 Συμμετοχή θερμικού κέρδους τοίχων μάζας στο κτίριο στις 29 και 30 Δεκεμβρίου

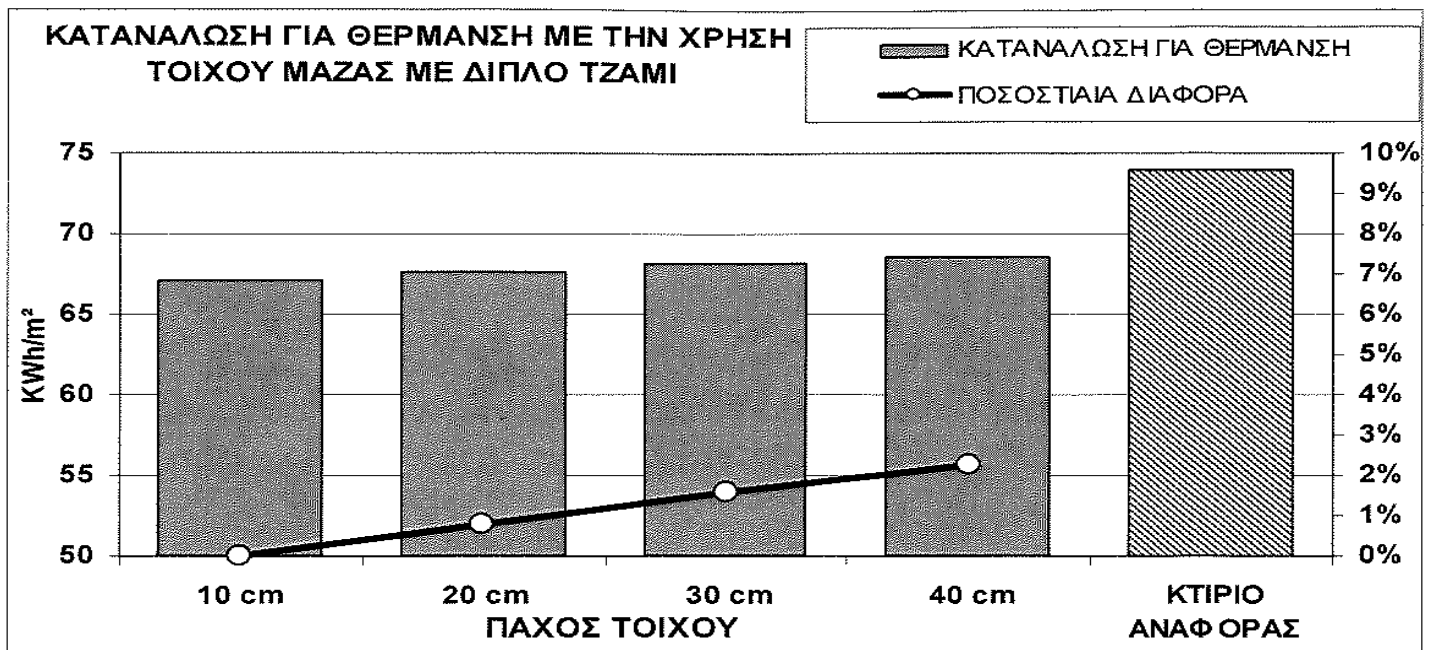
5.3. Τοίχος Μάζας Κυμαινόμενου πάχους με Διπλό Υαλοπίνακα

Όλα τα παθητικά συστήματα έχουν για πηγή ενέργειας το ηλιο. Στην προσπάθεια για την καλύτερη εκμετάλλευση του, δοκιμάζονται διατάξεις που ίσως τελικά το καταφέρουν. Μία από αυτές της διατάξεις είναι και ο τοίχος μάζας με διπλό υαλοπίνακά, που θα απασχολήσει αυτή την ενότητα..(Σχήμα 5.4)



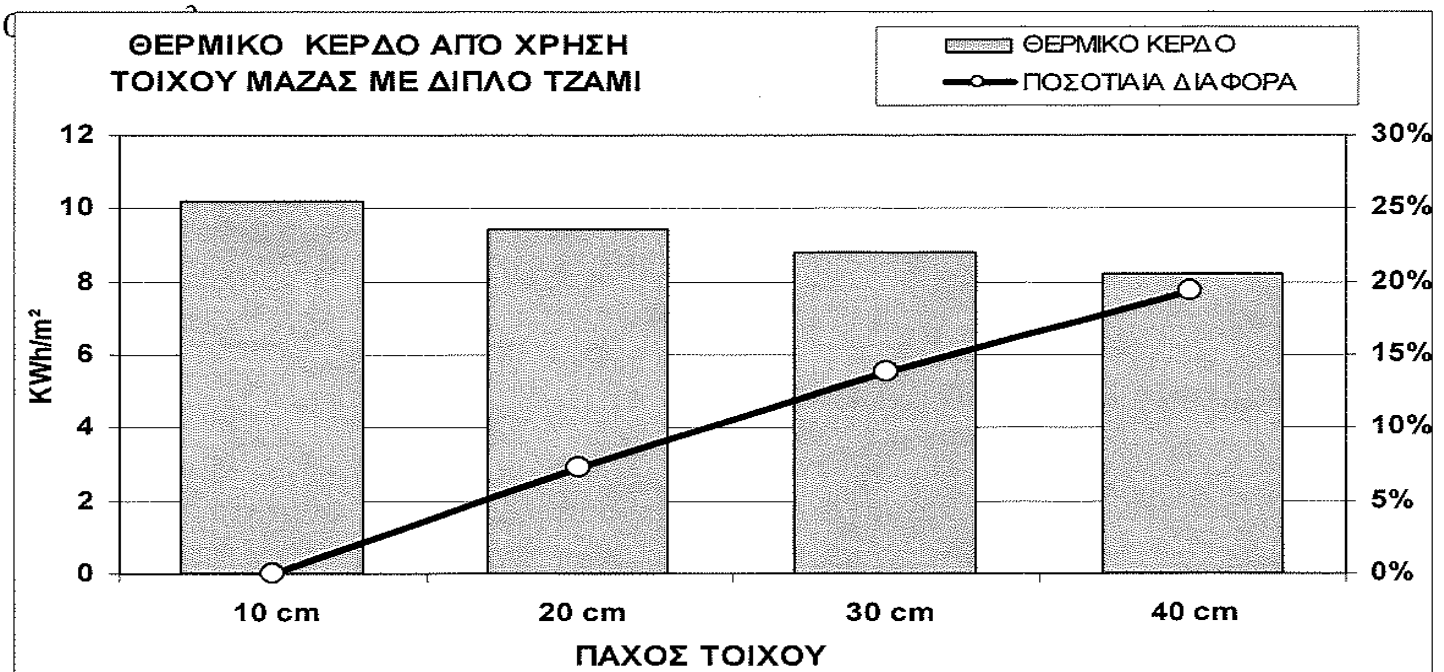
Σχήμα 5.4 Τυπική διάταξη Τοίχου Μάζας Διπλού Υαλοπίνακα

Παρουσιάζετε με μορφή διαγράμματος (5.14) την διακύμανση της θερμικής κατανάλωσης του κτιρίου μετά την εφαρμογή τοίχου μάζας διπλού υαλοπίνακα. Για τις τέσσερις υπό μελέτη διατάξεις, οι διαφορές είναι ελάχιστες, μόλις 2 KWh/m^2 οι τοίχοι με τα ακραία πάχη. Αυτό όμως που μας ενδιαφέρει και πραγματικά παρατηρείτε σοβαρή βελτιώσει είναι η σύγκριση των συστημάτων με το κτίριο αναφοράς, όπου έχει μειωθεί η θερμική κατανάλωση $5 \text{ με } 7 \text{ KWh/m}^2$.



Διάγραμμα 5.14. Θερμική κατανάλωση μετά την εφαρμογή τοίχου μάζας κυμαινόμενου πάχους διπλού υαλοπίνακα

Συμπεραίνετε λοιπόν ότι η διάταξη μικρότερου πάχους θα έχει ένα θερμικό κέρδος μεγαλύτερο κατά 2 περίπου KWh/m^2 από αυτή με το μεγαλύτερο πάχος. Ένα συμπέρασμα που έρχεται να επιβεβαιώσει το διάγραμμα 5.15 δείχνοντάς ότι μειώνετε ανά 10 cm πάχους 7% περίπου η θερμική κατανάλωση ή σε αριθμό περίπου

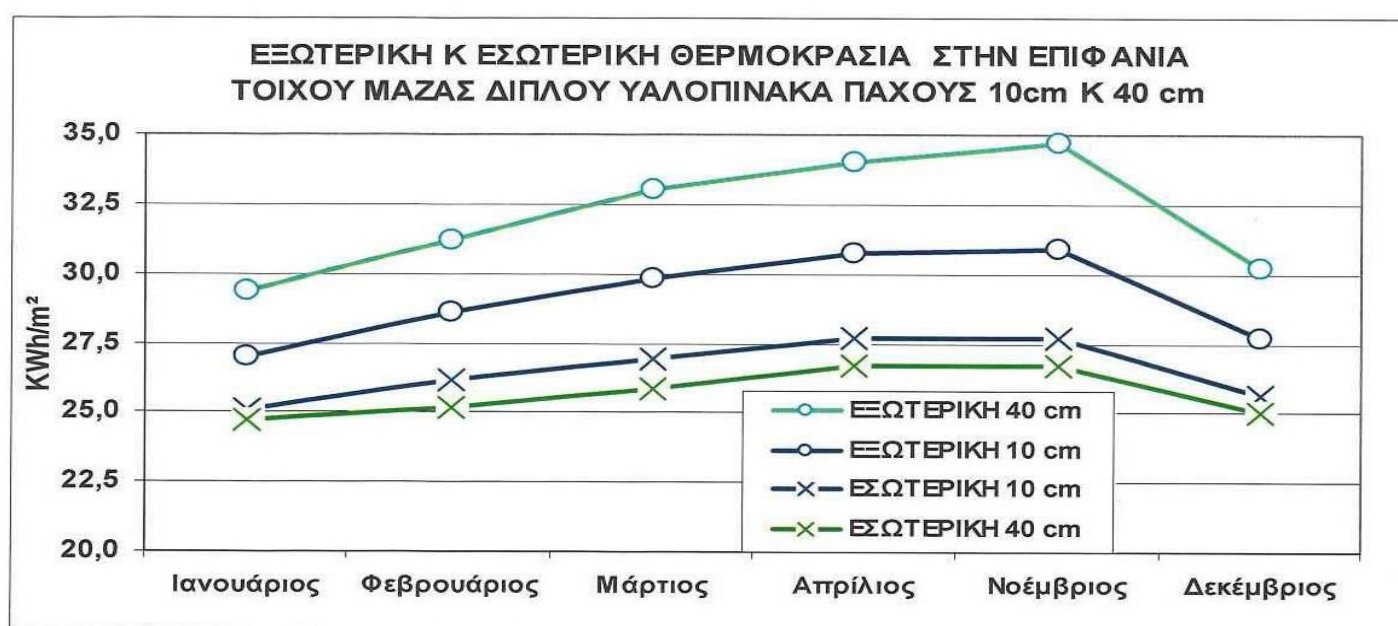


Διάγραμμα 5.15 Καθαρό θερμικό κέρδος τοίχου μάζας κυμαινόμενου πάχους διπλού υαλοπίνακα

Το παραπάνω θερμικό κέρδος πρόκειται για το καθαρό θερμικό κέρδος συμπεριλαμβανομένων και των απωλειών. Το επόμενο στάδιο μελέτης είναι η εξωτερική και εσωτερική θερμοκρασία της επιφάνειας του τοίχου μάζας.

Πολύ εύστοχα το διάγραμμα 5.16 δείχνει ότι η εξωτερική θερμοκρασία του τοίχου μάζας πάχους 40 cm είναι κατά 3 °C σε μηνιαία βάση μεγαλύτερη από αυτή για τοίχο πάχους 10 cm. Η εσωτερική όμως θερμοκρασία είναι σχεδόν η ίδια και μάλιστα που τοίχου μικρότερου πάχους κατά μισό βαθμό μεγαλύτερη.

Αυτό όπως αρκετές φορές έχει τονισθεί στο κεφάλαιο αυτό συμβαίνει γιατί το μεγάλο πάχος δεν αφήνει την θερμότητα να εισχωρήσει τόσο εύκολα προς το εσωτερικό του κτιρίου.



Διάγραμμα 5.16 Εξωτερική και εσωτερική θερμοκρασία τοίχου μάζας διπλού υαλοπίνακα

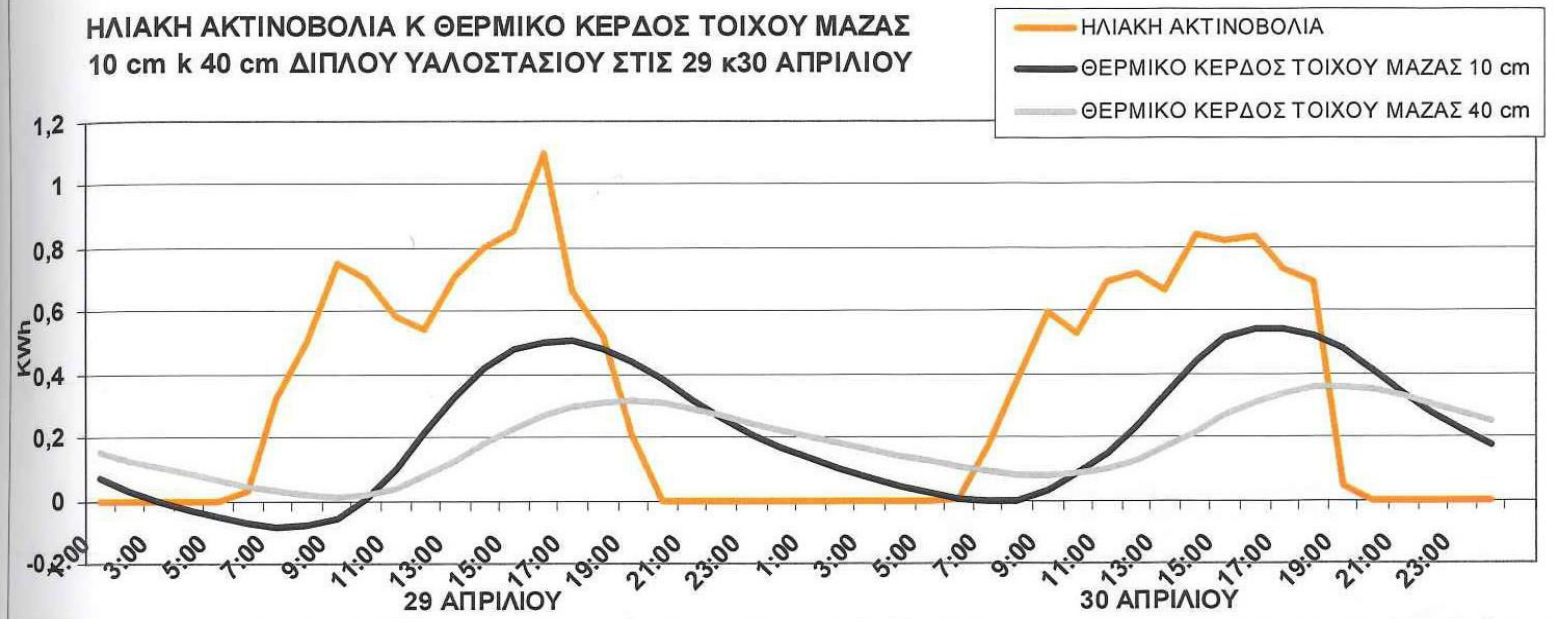
5.3.2. Ωριαίες τιμές 29^{ης} και 30^{ης} Απριλίου

Ο διπλός υαλοπίνακας δημιουργεί όπως τονίσθηκε στην 4.2 ενότητα ένα είδος νυχτερινής μόνωσης. Διατηρεί την θερμοκρασία σε υψηλά επίπεδα, για περισσότερο χρονικό διάστημα και μάλιστα στο δύσκολο νυχτερινό διάστημα από ότι ένας μονός υαλοπίνακας. Η μόνη διαφορά που αναμένετε και ο λόγος που παρουσιάζετε το επόμενο διάγραμμα, είναι ο έλεγχος της νυχτερινής λειτουργίας του τοίχου μάζας.

Το διάγραμμα 5.17 επιβεβαιώνει τα λεγόμενα, αν παρατηρηθεί η καμπύλη του τοίχου μάζας πάχους 10 cm παρατηρείτε ότι στις 30 Απριλίου και από την ώρα 5:00

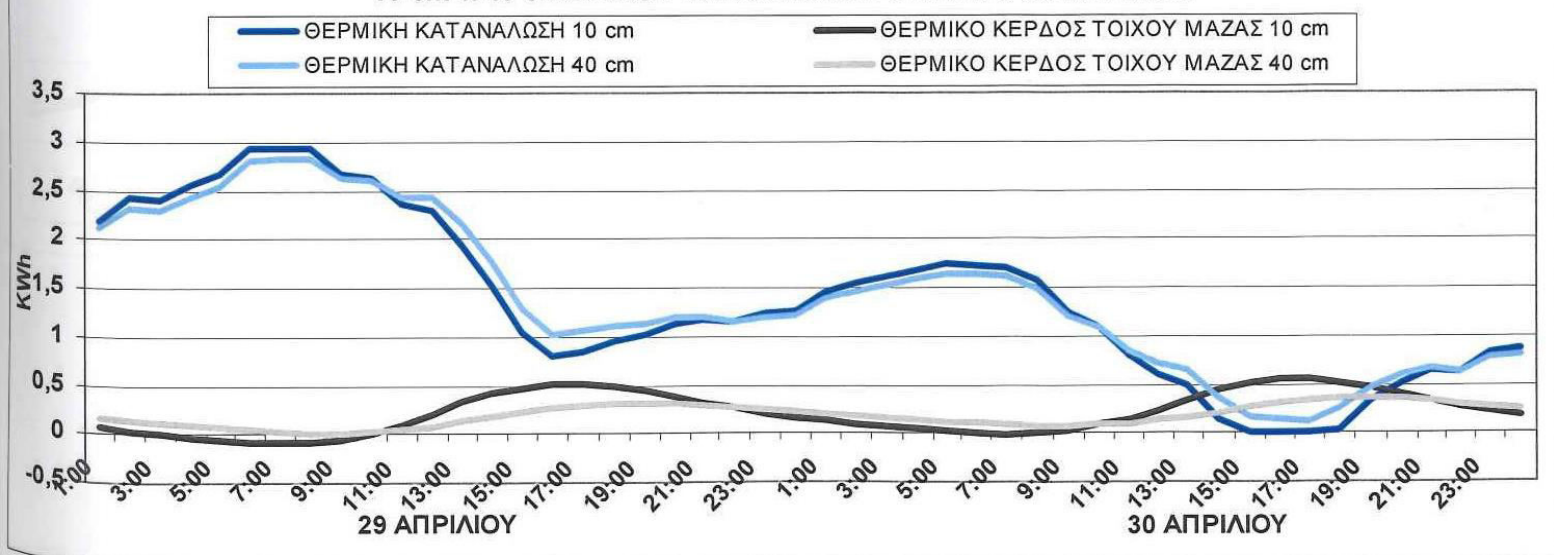
έως 9:00 η τιμή της δεν πέφτει κάτω από το μηδέν, κάτι που γινόταν με μόνο υαλοπίνακα (δες διάγραμμα 5.7). Με το παράδειγμα αυτό εξηγείτε τόσο την διαφορά μόνου με διπλού υαλοπίνακα αλλά και το γεγονός που παρουσιάζονται διαγράμματα που μοιάζουν τόσο πολύ μεταξύ τους και ο αναγνώστης ίσως δεν καταφέρει να παρατηρήσει την διαφορά.. Ακολουθεί το διάγραμμα 5.17 με το καθαρό θερμικό κέρδος και το 5.18 με την συμμετοχή του κέδρους στην θερμική κατανάλωση του κτιρίου.

**ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ Κ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ
10 cm κ 40 cm ΔΙΠΛΟΥ ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΟΥ ΣΤΙΣ 29 κ30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ**



Διάγραμμα 5.18 θερμικό κέρδος τοίχου μάζας

**ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ Κ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ
10 cm κ 40 cm ΔΙΠΛΟΥ ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΟΥ ΣΤΙΣ 29 κ 30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ**

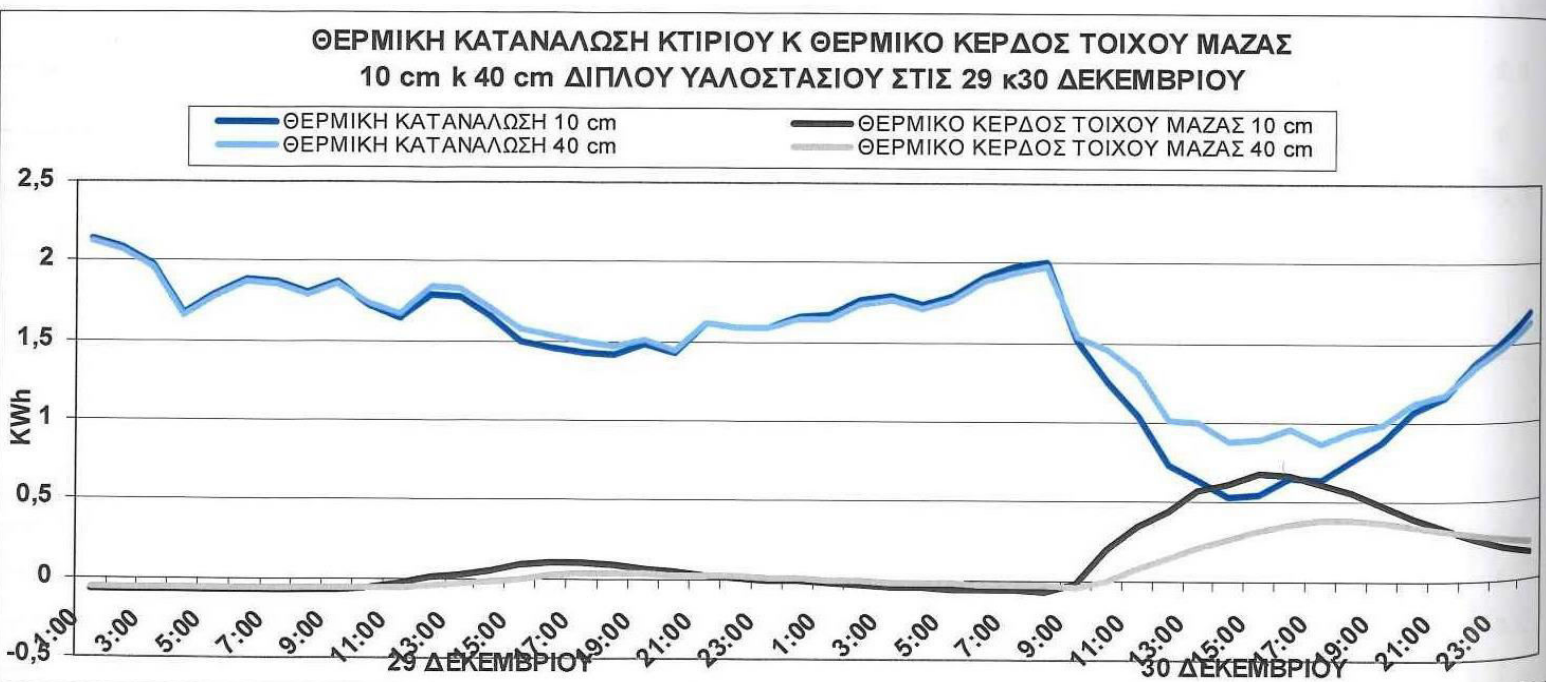


Διάγραμμα 5.19 Συμμετοχή θερμικού κέρδους τοίχων μάζας στο κτίριο στις 29 και 30 Απριλίου

5.3.2. Ωριαίες τιμές 29^{ης} και 30^{ης} Δεκεμβρίου

Ότι αφορά τις ημέρες του Απριλίου ισχύει και για τις μέρες του Δεκεμβρίου με την μόνη μικρή διαφορά να βρίσκεται στο ότι τον Δεκέμβριο ο ήλιος βρίσκεται χαμηλότερα σε σχέση με τον Απρίλιο και παρόλο που υπάρχει μικρότερη ηλιοφάνεια ο τοίχος μάζας εκμεταλλεύεται πλήρως όλα την ηλιακή ακτινοβολία..

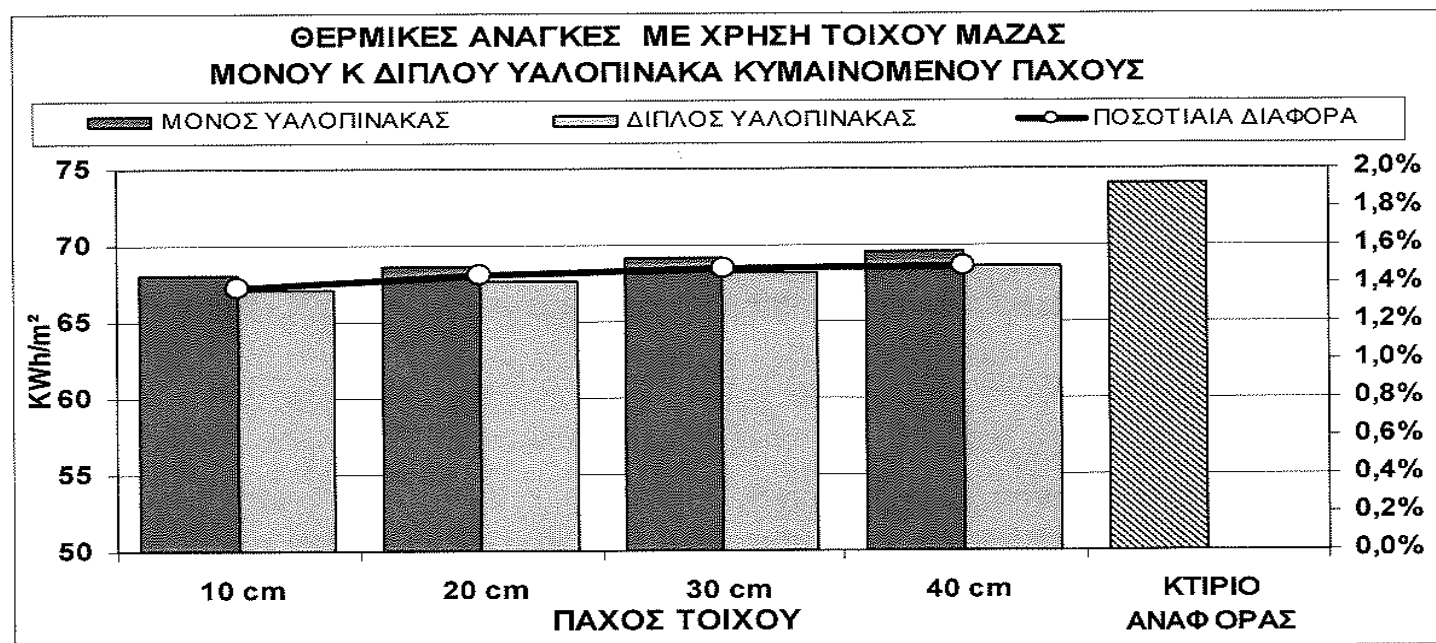
Αυτό φαίνεται από το ότι η μέγιστη τιμή θερμικού κέρδους τον Απρίλιο (πάντα για τις μέρες μελέτης) φτάνει στις 0.6 KWh, την στιγμή που ο Δεκέμβριος με λιγότερες ώρες ηλιοφάνειας φτάνει και ως την μέγιστη τιμή στις 0.7 KWh. (30 Απριλίου και ώρα 17:00 , 30 Δεκεμβρίου και ώρα 17:00 για τοίχο μάζας πάχους 10 cm) Το διάγραμμα 5.20 παρουσιάζει την θερμική κατανάλωση του κτιρίου μετά την εφαρμογή τοίχου μάζας καθώς επίσης και το θερμικό κέρδος του τοίχου μάζας πάχους 10 και 40 cm.



Διάγραμμα 5.20 Συμμετοχή θερμικού κέρδους τοίχων μάζας στο κτίριο στις 29 και 30 Δεκεμβρίου.

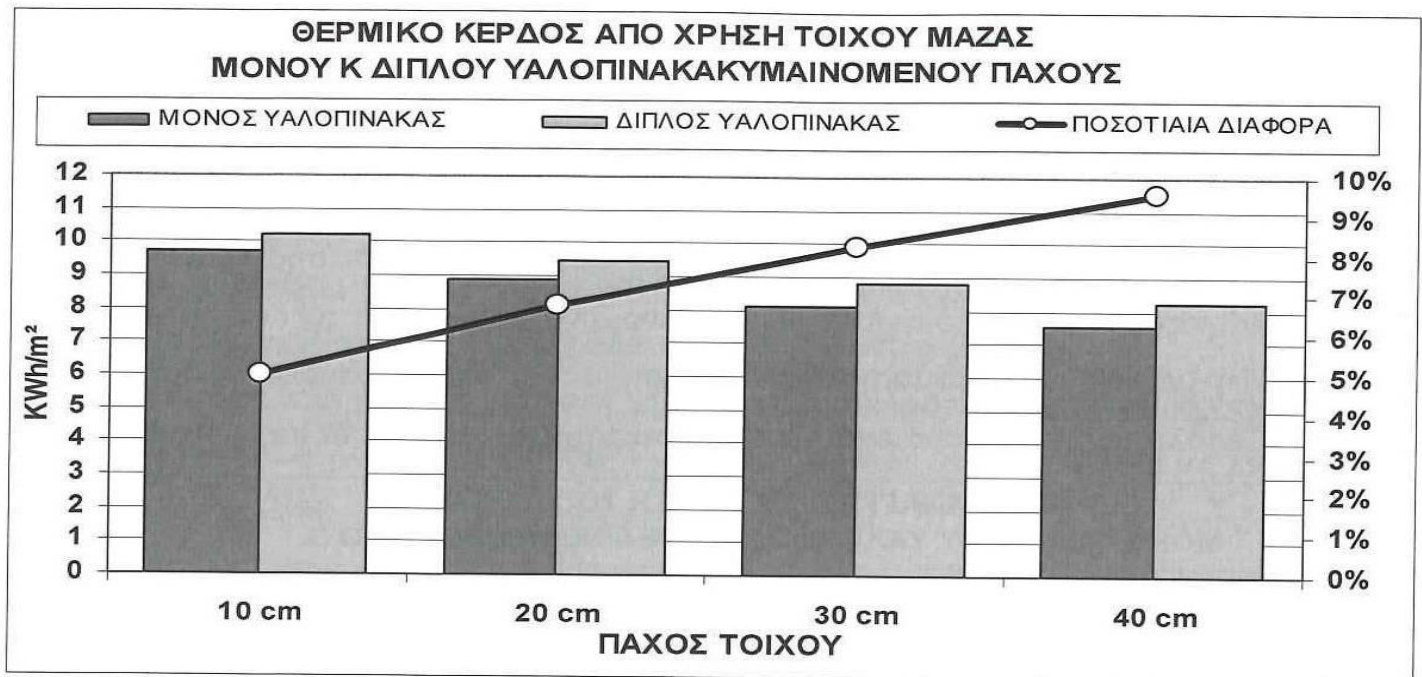
5.4 Σύγκριση Μονού και Διπλού Υαλοπίνακα σε Τοίχο Μάζας Κυμαινόμενου Πάχους Τοίχους

Από τις ενότητες 5.2, 5.3 φάνηκε ότι τα δύο συστήματα λίγο πολύ έμοιαζάν μεταξύ τους. Εδώ θα αποδειχθεί το πόσο πολύ έμοιαζαν συγκρίνοντας τα συστήματα τοίχου μάζας μονού και διπλού υαλοπίνακα με κυμαινόμενο πάχος. Με το διάγραμμα 5.21 συγκρίνετε η μείωση της θερμικής κατανάλωση με τα αποτελέσματα να μην είναι σημαντικά. Μόλις 1,2% διαφορά έχουν τα δύο συστήματα για όλα τα πάχη τους.



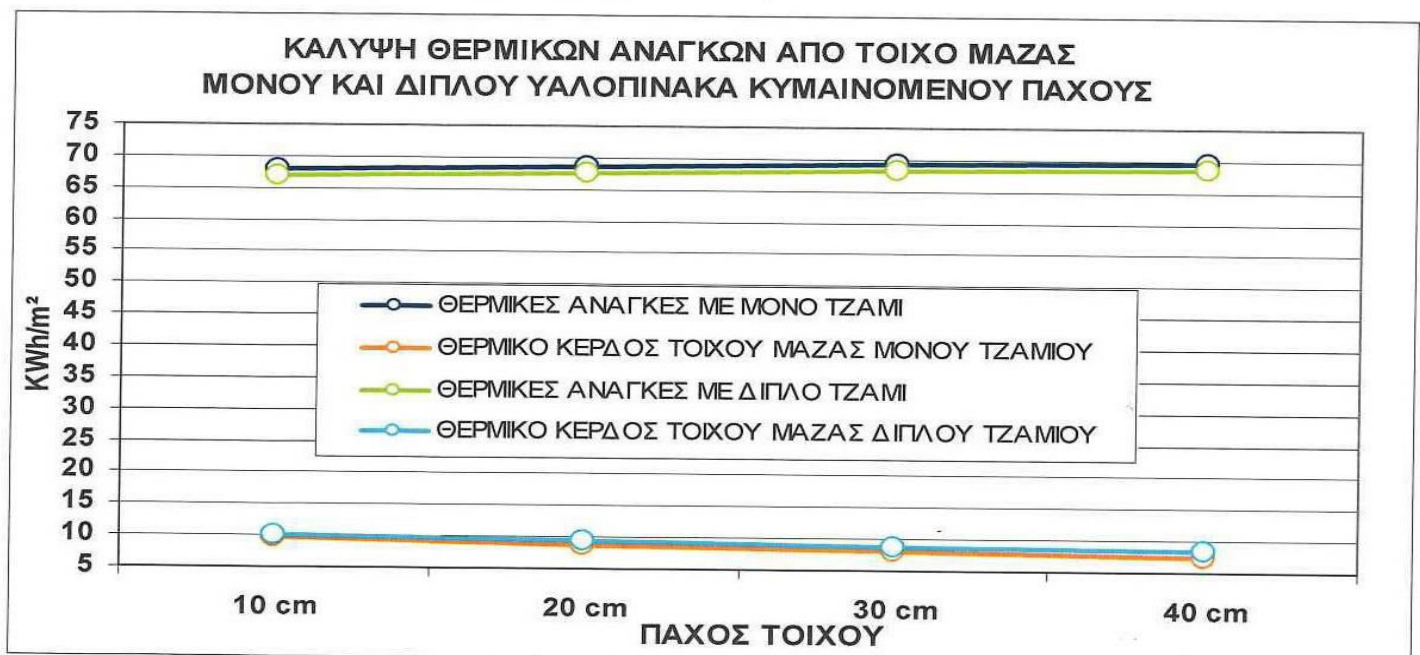
Διάγραμμα 5. 21 Μείωση θερμικών αναγκών με χρήση τοίχου μάζας μονού και διπλού υαλοπίνακα

Ενδιαφέρον παρουσιάζει μόνο το διάγραμμα 5.22 που δείχνει το καθαρό θερμικό κέρδος των δύο συστημάτων, με το σύστημα διπλού υαλοπίνακα να υπερέχει κατά 2% για όλα τα διαφορετικά πάχη. Ένα κέρδος μισής κιλοβατώρας ανά τετραγωνικό δηλαδή, Γεγονός που οφείλεται στον μονωτικό χαρακτήρα που έχει ο διπλός υαλοπίνακας, εγκλωβίζοντας και διατηρώντας την θερμότητα που δέχεται καλύτερα από εκείνο με μονό υαλοπίνακα.



Διάγραμμα 5.22 Θερμικό κέρδος από τοίχο μάζας με μονό και διπλό υαλοπίνακα.

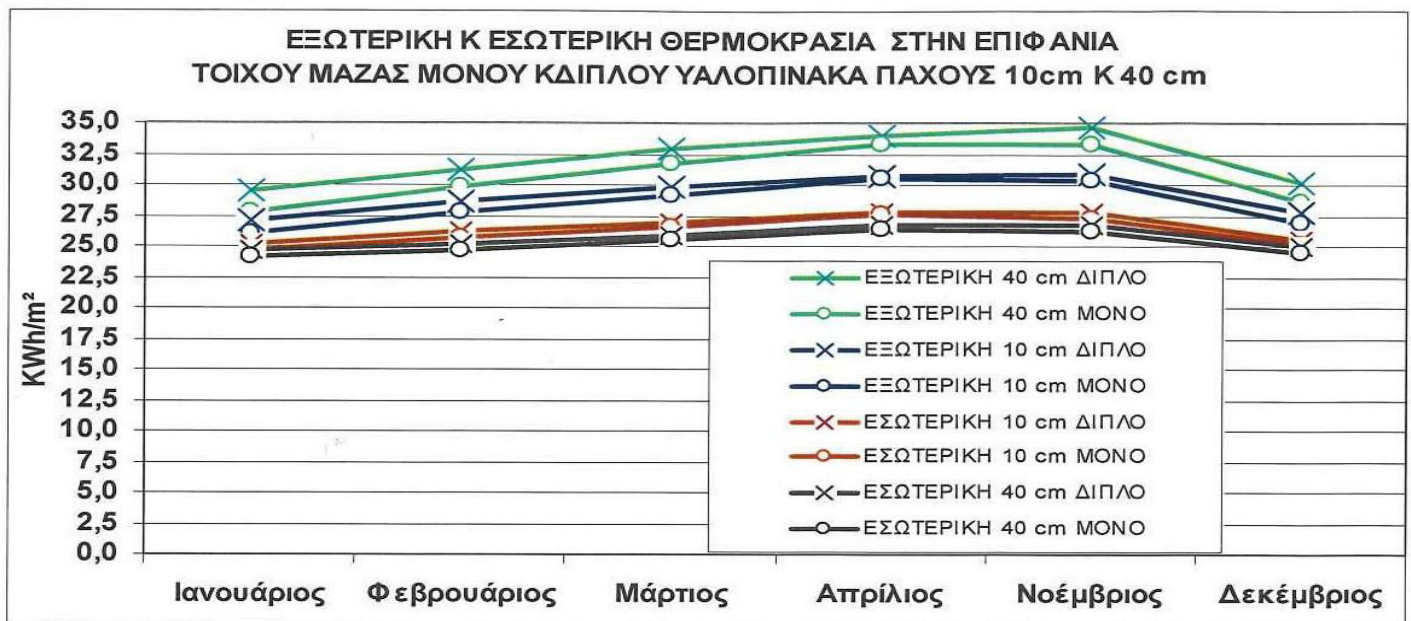
Η ένωση των δύο παραπάνω διαγραμμάτων σε ένα κοινό θα μας πείσει ότι οι διαφορές είναι όντως πολύ μικρές και ότι το υαλοστάσιο διπλού υαλοπίνακα κάνει καλύτερη δουλειά από αυτό του μονού. (Διάγραμμα 5. 23)



Διάγραμμα 5. 23 Κάλυψη θερμικών αναγκών από τοίχο μόνου και διπλού τζαμιού

Στο τελευταίο διάγραμμα της ενότητας αυτής συγκρίνονται οι εσωτερικές και εξωτερικές θερμοκρασίες των επιφανειών τοίχου μάζας με μόνο και διπλό υαλοστάσιο, με πάχος τοίχου 10 cm και 40 cm. Και εδώ παρατηρείτε ότι οι διαφορές είναι πολύ

μικρές με το σύστημα διπλού υαλοστασίου να είναι λίγο καλύτερο από αυτό του μονού. (Διάγραμμα 5.24)

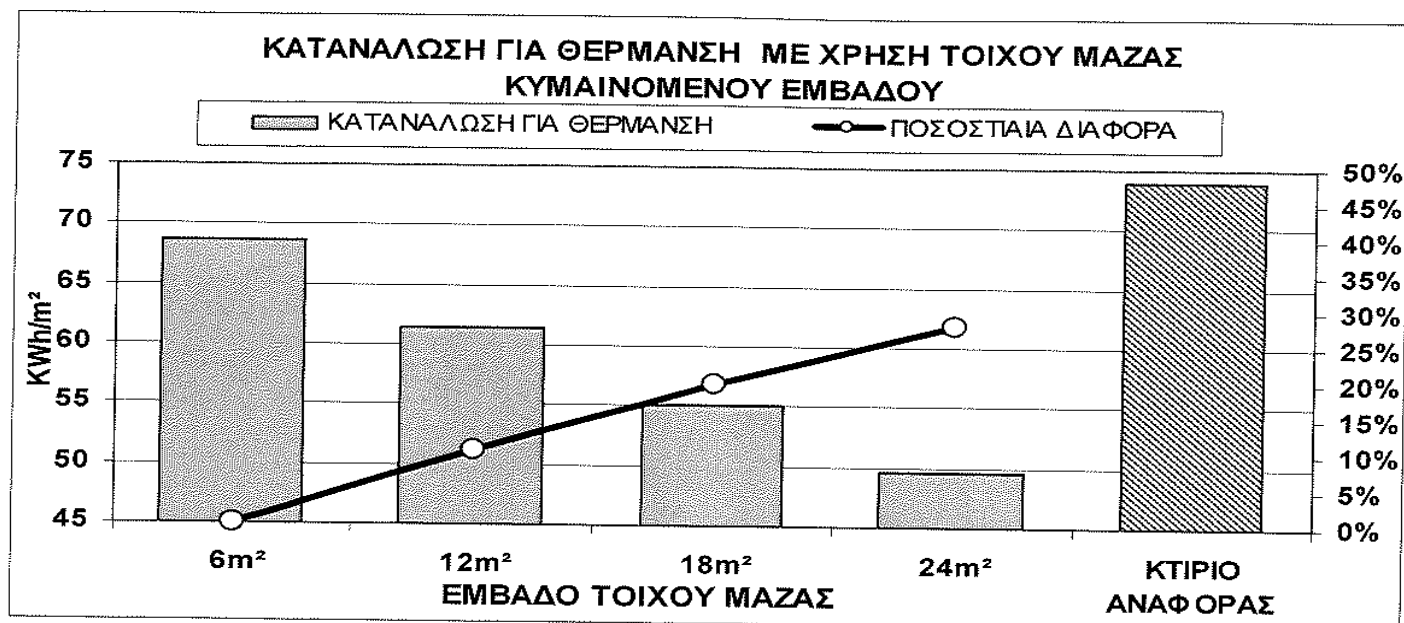


Διάγραμμα 5.24 Εσωτερική και εξωτερική θερμοκρασία επιφανειών τοίχου μάζας μονού και διπλού υαλοστασίου.

5.5 Τοίχος Μάζας με Κυμαινόμενο Εμβαδόν

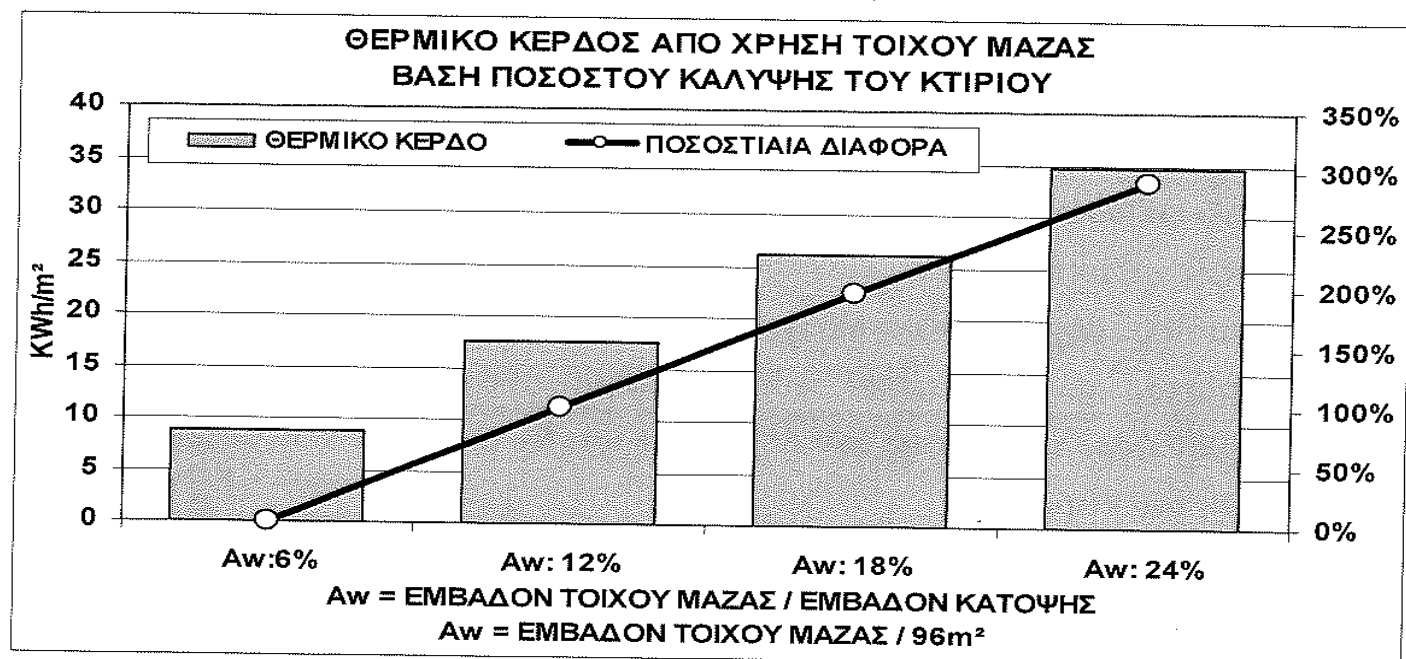
Το τρίτο είδος διάταξης που μελετήθηκε για αυτό το κεφάλαιο, είναι τοίχος μάζας με κυμαινόμενο εμβαδόν όψης. Πιο αναλυτικά, διατηρήθηκε ως τοίχο μάζας αναφοράς αυτός με τα έξης χαρακτηριστικά : Πάχος τοίχου 20 cm από οπλισμένο σκυρόδεμα και τύπος υαλοστασίου, μόνος υαλοπίνακας. Μεταβλήθηκε το εμβαδόν του εμβαδόν του τοίχου μελετώντας με τον τρόπο αυτό τέσσερα συστήματα. Τα εμβαδά που προσομοιώθηκαν ήταν της τάξεως των 6 , 12 , 18 και 24 τετραγωνικών μέτρων πάντα στην νότια όψη του κτιρίου.

Η θερμική κατανάλωση του κτιρίου μειωνόταν κατά 10 % με κάθε 6 m² αύξησης του εμβαδού. Δηλαδή κάτι παραπάνω από 6 KWh/m² ανά 6 m² αύξησης του εμβαδού. (Διάγραμμα 5.25)



Διάγραμμα 5.25 Θερμική κατανάλωση κτιρίου μετά την εφαρμογή τοίχου μάζας κυμαινόμενου εμβαδού.

Αντίστοιχο αναμένετε να είναι και το θερμικό κέρδος, να παρουσιάζει δηλαδή αύξηση καθώς μεγαλώνετε το εμβαδόν του τοίχου. Πράγμα που συμβαίνει (διάγραμμα 5.26) με μάλιστα μια εντυπωσιακή αύξηση της τάξεως του 100% κάθε 6 m² αύξησης του εμβαδού, γραμμική λοιπόν η συνάρτηση αύξησης.

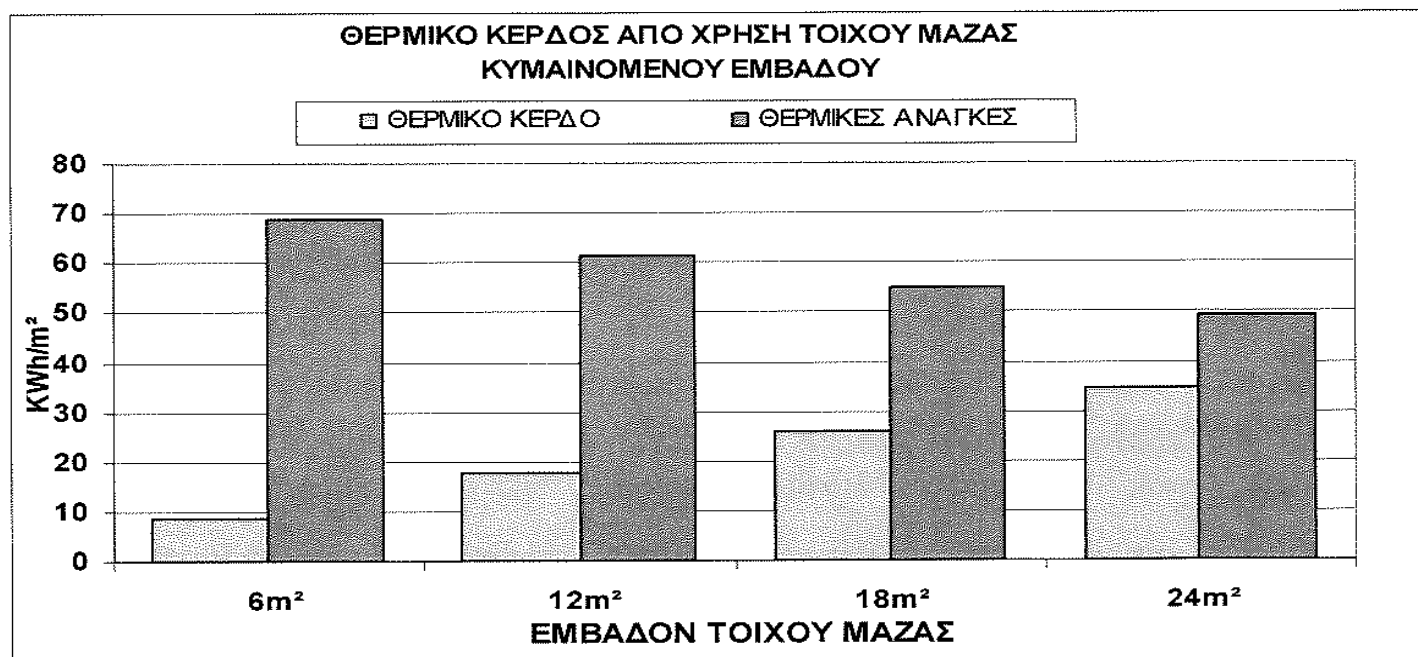


Διάγραμμα 5.26 Θερμικό κέρδος τοίχου βάση ποσοστού κάλυψης του κτιρίου

Στο παραπάνω διάγραμμα η σύγκριση δεν έγινε βάση των τετραγωνικών του τοίχου αλλά βάση του ποσοστού που καλύπτει ο τοίχος το κτίριο. Το διάγραμμα αυτό υπενθυμίζει τις αυξήσεις υπήρξαν με την εφαρμογή στο κτίριο συστήματα άμεσου

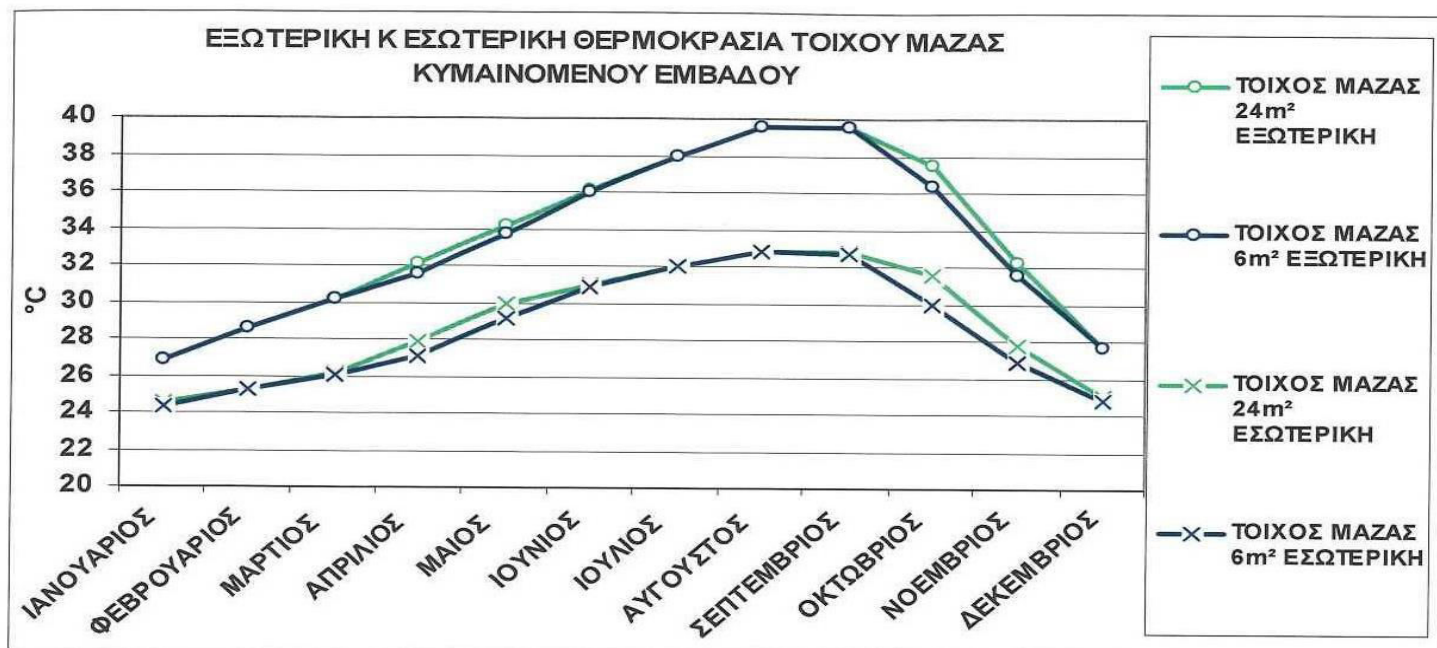
κέρδους.(δες διάγραμμα 4.2)με μονό υαλοπίνακα. Και στις δύο περιπτώσεις το εμβαδόν του συστήματος ήταν αυτό που μεταβαλλόταν. Σίγουρα δεν μπορούμε να γίνει αξιόπιστη σύγκριση γι αυτό δεν αναλύετε, αλλά απλά το αναφέρετε.

Τελειώνοντας την μελέτη τοίχου με κυμαινόμενο εμβαδόν συγκρίνοντας το θερμικό κέρδος, που να τονισθεί για ακόμη μία φορά ότι πρόκειται για το καθαρό θερμικό κέρδος, με την θερμική κατανάλωση του κτιρίου (διάγραμμα 5.27). Ένα τοίχος εμβαδού 24 τετραγωνικών είναι αρκετά αξιόπιστος στην κάλυψη των θερμικών αναγκών της χειμερινής περιόδου. Πάντως το σημαντικό συμπέρασμα που πηγάζει είναι ότι τόσο η θερμική κατανάλωση, όσο και το θερμικό κέρδος παρουσιάζουν μια γραμμική μεταβολή με την αύξηση του εμβαδού. Για την πρώτη περίπτωση αρνητική και για την δεύτερη θετική.



Διάγραμμα 5.27 Κάλυψη θερμικών αναγκών από τοίχο μάζας κυμαινόμενου εμβαδού.

Τέλος η σύγκριση της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας των επιφανιών του τοίχου παρουσιάζεται στο διάγραμμα 5.28. Σίγουρα αναμένετε μια σταθερότητα θερμοκρασιών για τα δύο συστήματα. Το πρόγραμμα Suncode δυστυχώς αδυνατεί να δώσει λεπτομερή αποτελέσματα για μία αλλαγή εμβαδού επιφανειών. Βέβαια τα αποτελέσματα είναι αξιόπιστα αλλά σίγουρα σε πραγματικές συνθήκες η διαφορά σε θερμοκρασίες των δύο συστημάτων θα ήταν κάπως μεγαλύτερη



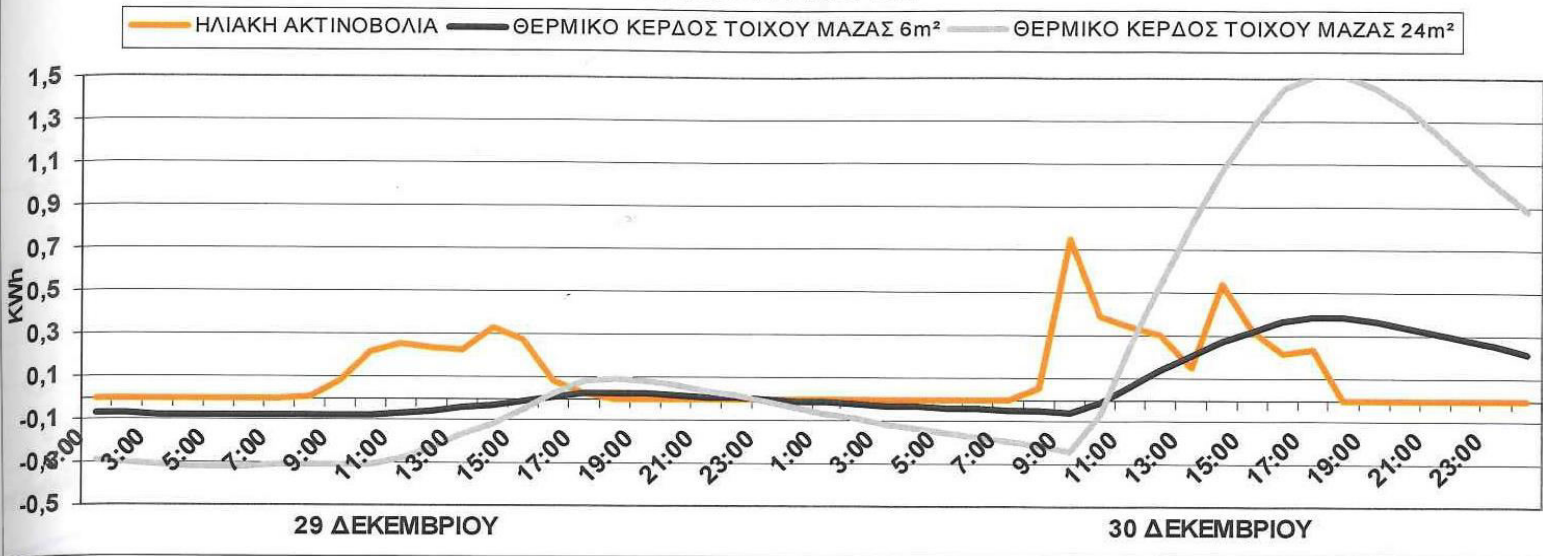
**Διάγραμμα 5.28 Εξωτερική και εσωτερική θερμοκρασία τοίχου μάζας
κυμαινόμενου εμβαδού**

5.5.1. Ωριαίες τιμές 29^{ης} και 30^{ης} Δεκεμβρίου

Ο κύριος σκοπός επεξεργασίας των ωριαίων αποτελεσμάτων, είναι η μελέτη συμπεριφοράς των παθητικών διατάξεων κατά τις νυχτερινές ώρες. Εκεί επικεντρώνεται το ενδιαφέρον και για αυτό σχολιάζονται αυτά τα χρονικά διαστήματα..

Έτσι και εδώ αυτό που είναι άξιο σχολιασμού είναι η απόδοση του τοίχου μάζας με εμβαδόν 24 m², γιατί όπως φαίνεται από το διάγραμμα που ακολουθεί (5.29) το θερμικό κέρδος την νύχτα πέφτει κάτω του μηδενός. Αυτό βέβαια δεν ονομάζεται θερμικό κέρδος αλλά επιπλέον κατανάλωση από το σύστημα θέρμανσης για κάλυψη των αναγκών που δημιουργεί το παθητικό σύστημα.

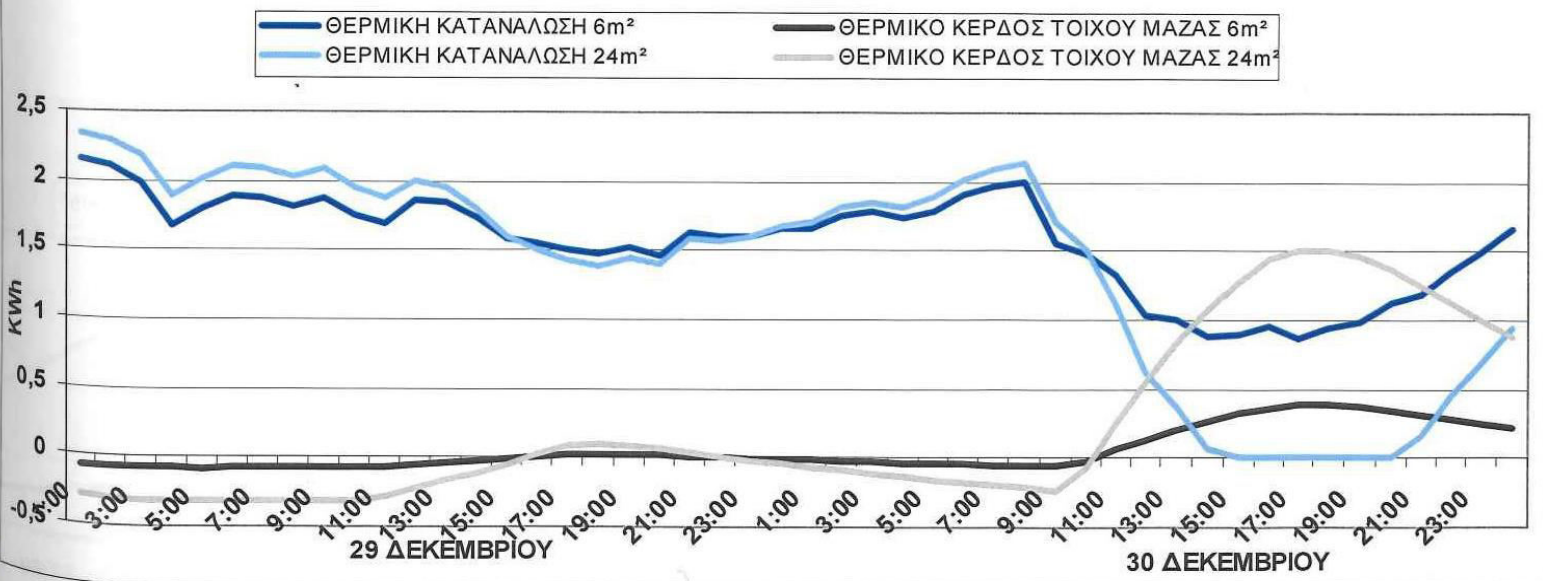
ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ Κ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ ΕΜΒΑΔΟΥ 6m² κ 24m² ΣΤΙΣ 29 κ30 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ



Διάγραμμα 5.29 Θερμικό κέρδος τοίχου μάζας κυμαινόμενου εμβαδού στις 29 και 30 Δεκεμβρίου.

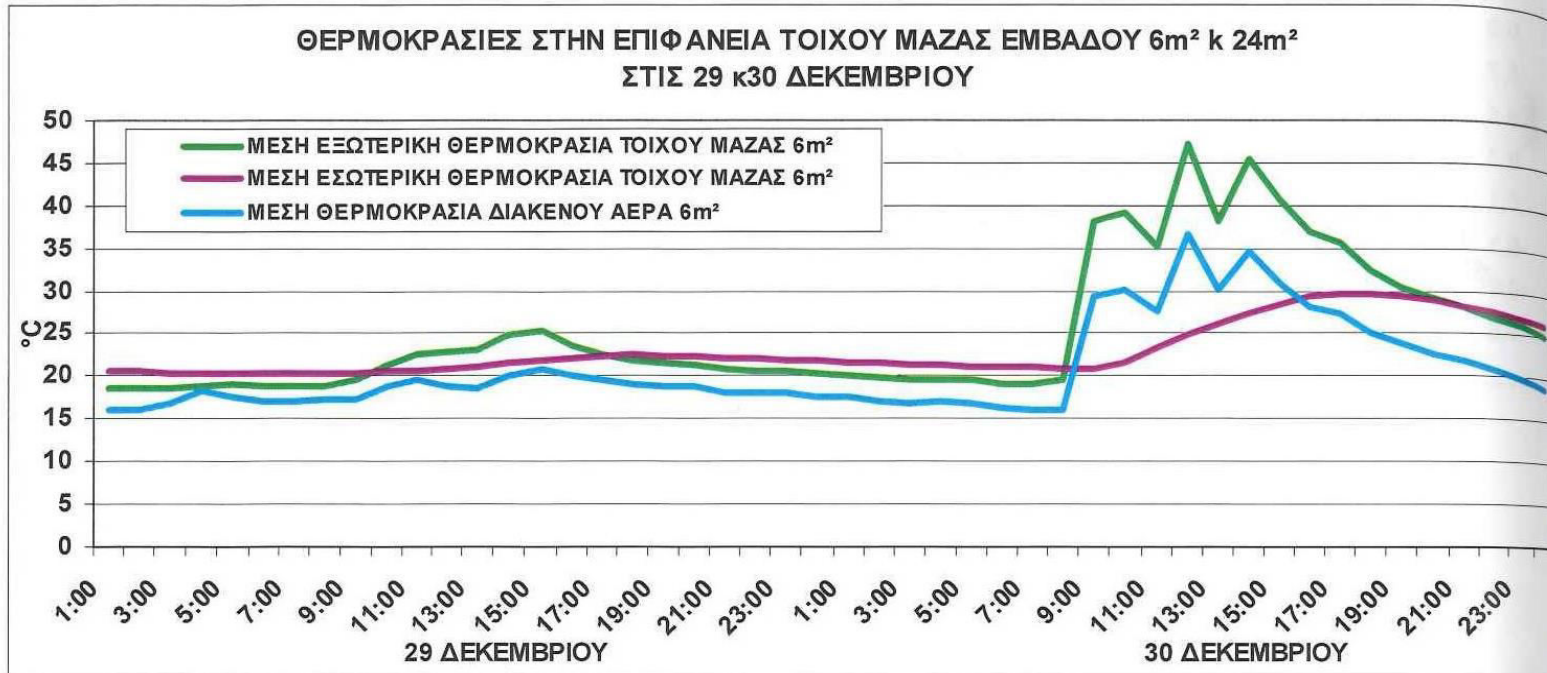
Επειδή όμως το εμβαδόν του είναι τόσο μεγάλο καταφέρνει να υπερκαλύψει ότι απώλεια δημιουργεί την νύχτα , καθώς την ημέρα το κέρδος που αποδίδει στο κτίριο είναι πολύ μεγάλο, τόσο που φτάνει να καλύψει τις θερμικές ανάγκες τις 30^{ης} Δεκεμβρίου όπως δείχνει το διάγραμμα 5.30. Έχουμε έναν φαύλο κύκλο που όπως βλέπουμε δημιουργεί κάθε σύστημα με μεγάλα δομικά χαρακτηριστικά.

ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ Κ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ ΕΜΒΑΔΟΥ 6m² κ 24m² ΣΤΙΣ 29 κ30 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ



Διάγραμμα 5.32 Ωριαία Θερμική κατανάλωση και θερμικό κέρδος τοίχου μάζας με κυμαινόμενο εμβαδόν

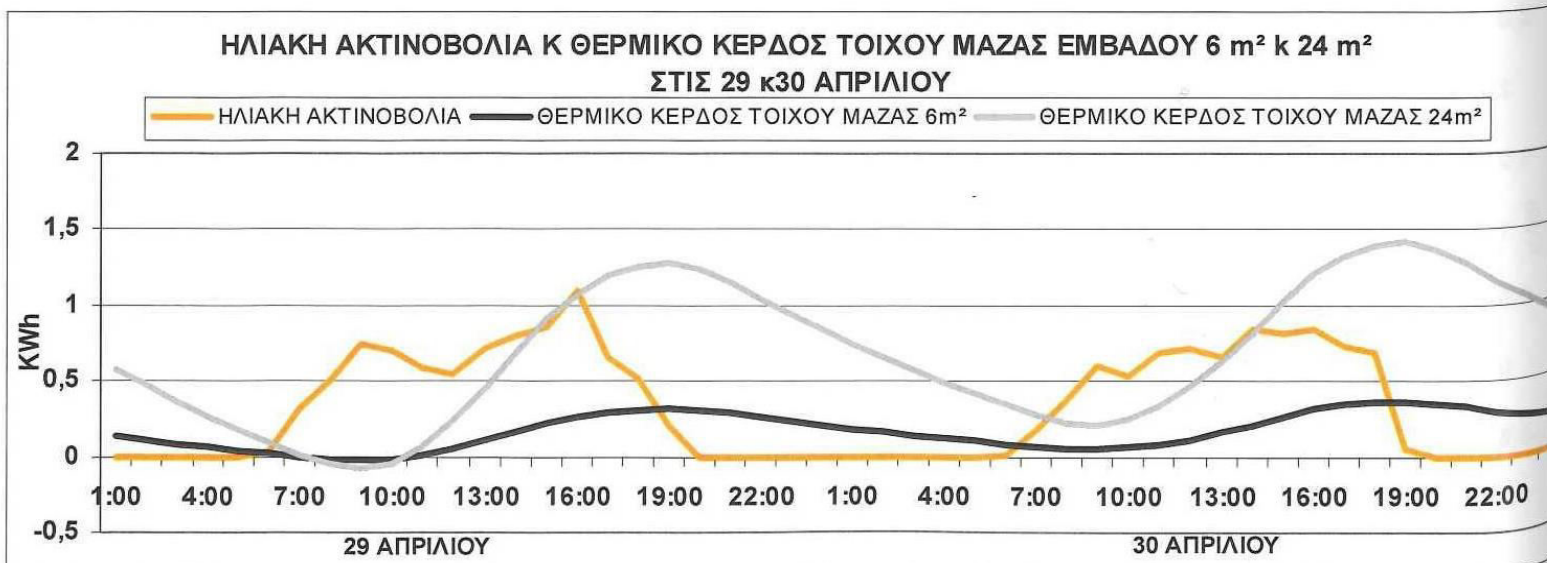
Τώρα όσον αφορά τις ωριαίες θερμοκρασίες του τοίχου μάζας, και για τα δύο ακραία εμβαδά, άρα και για όλα τα εμβαδά μελέτης είναι ακριβώς οι ίδιες και για αυτόν τον λόγο στο διάγραμμα 5.32 φαίνονται μόνο οι θερμοκρασίες του τοίχου με εμβαδόν 6 m^2



Διάγραμμα 5.32 Ωριαίες Θερμοκρασίες τοίχου μάζας

5.5.2. Ωριαίες τιμές 29^{ης} και 30^{ης} Απριλίου

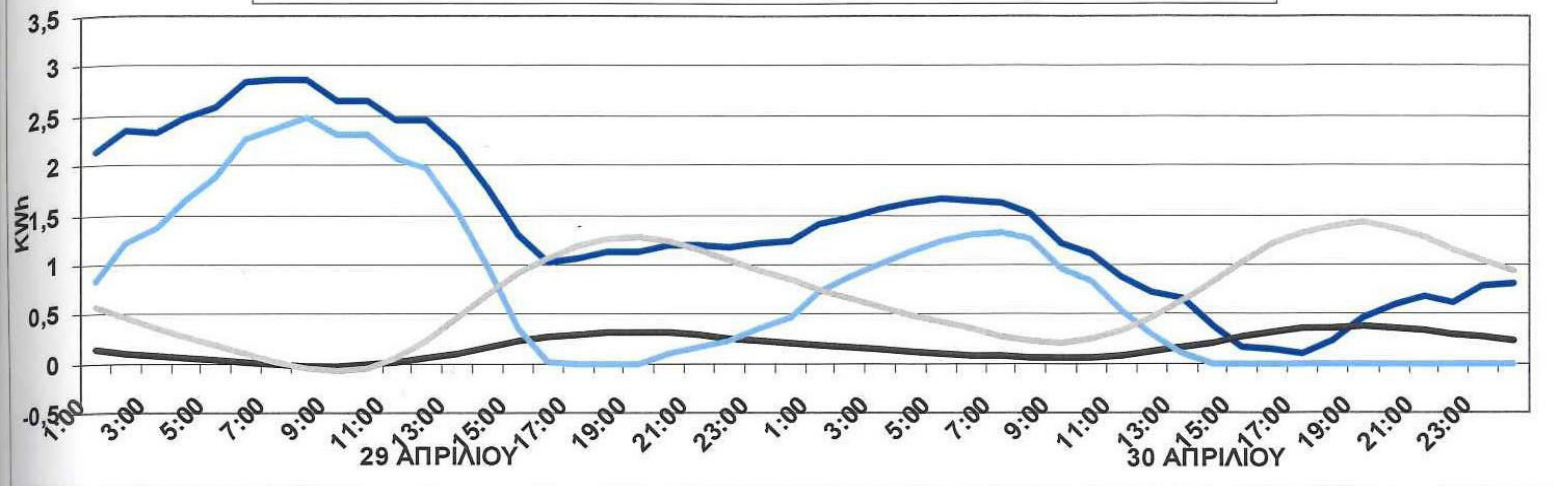
Ίδια αποτελέσματα αλλά με μεγαλύτερες αποδόσεις αναμένουμε για τις ωριαίες τιμές της 29ης και 30^{ης} Απριλίου και αυτό γιατί η ηλιακή ακτινοβολία είναι εντονότερη και ισχυρότερη την περίοδο αυτή.



Διάγραμμα 5.33 Θερμικό κέρδος τοίχου μάζας κωμινόμενου εμβαδού

ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ Κ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ ΕΜΒΑΔΟΥ
6m² κ 24 m² ΣΤΙΣ 29 κ 30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ

— ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 6m² — ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ 6m²
— ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 24m² — ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ 24m²

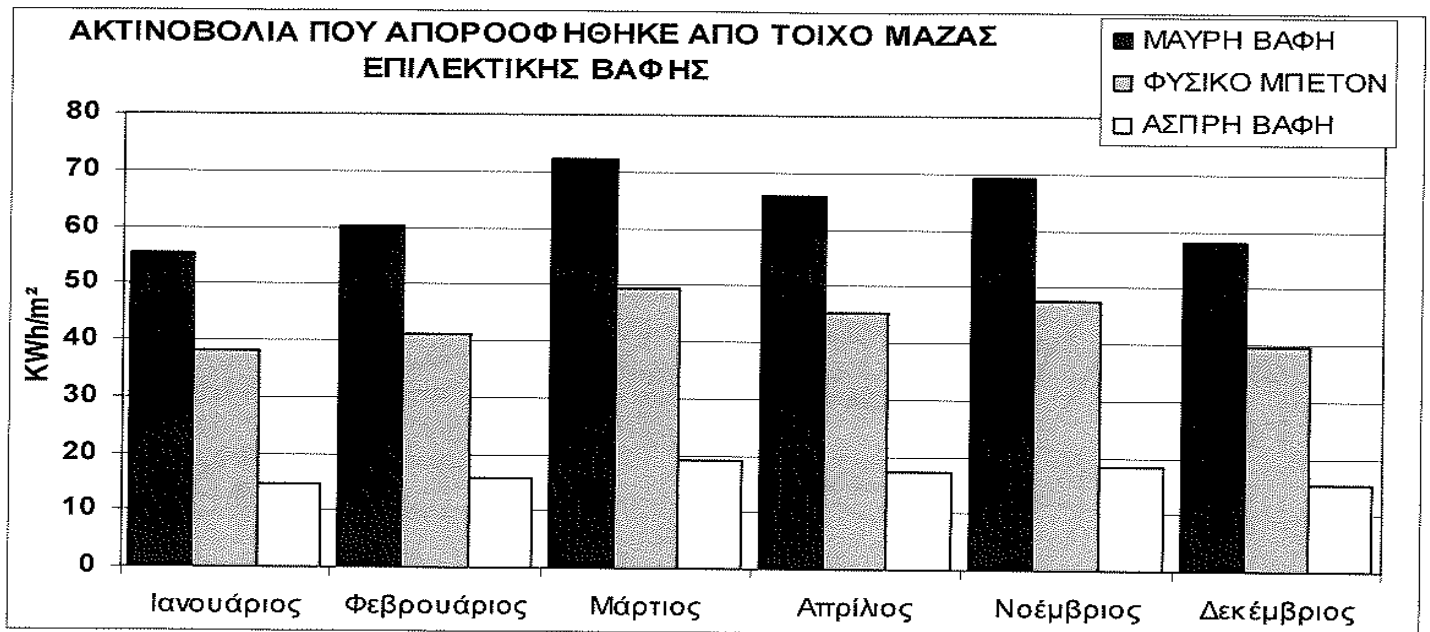


Διάγραμμα 5.34 Ωριαία Θερμική κατανάλωση και θερμικό κέρδος τοίχου μάζας με κυμαινόμενο εμβαδόν

5.6 Τοίχος Μάζας με Επιλεκτική Εξωτερική Βαφή

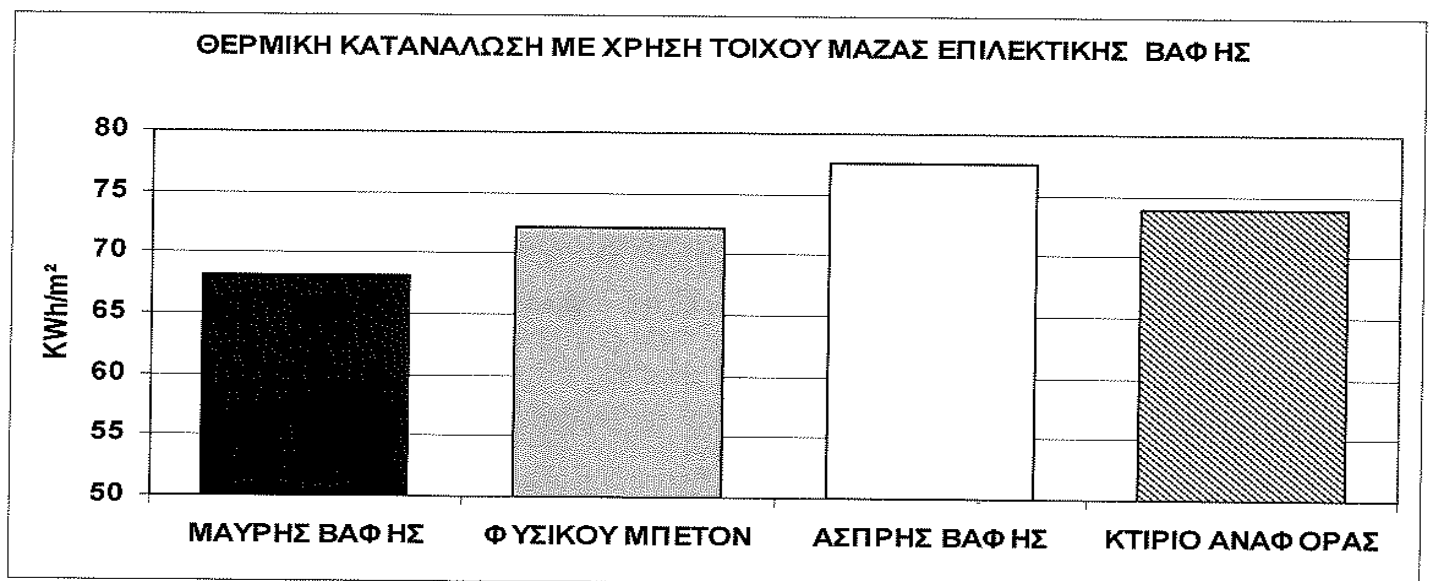
Ένα ακόμα ενδιαφέρον στοιχείο για μελέτη ήταν η επιλογή βαφής στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου μάζας. Είναι γνωστό ότι η απορροφητικότητα της επιφάνειας του τοίχου στην οποία προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία επηρεάζει την απόδοση του συστήματος. Ο τρόπος εργασίας εδώ ήταν ο εξής : Διατηρήθηκε ως τοίχο μάζας το σύστημα με τα παρακάτω χαρακτηριστικά. Εμβαδόν 6 m² , Πάχος 20 cm και υαλοστάσιο μονού υαλοπίνακα. Πάνω σε αυτό το σύστημα αναφοράς δοκιμασθήκανε τρία είδη βαφής , που στο μόνο που διέφεραν ήταν ο βαθμός απορροφητικότητας.

Οι βαφές ή καλύτερα τα χρώματα ήταν : Μαύρο ματ με βαθμό απορροφητικότητας 0,95, Φυσικό μπετόν (το φυσικό χρώμα του σκυροδέματος) με βαθμό 0,65 και τέλος Άσπρο χρώμα με βαθμό απορροφητικότητας 0,25. Τα πρώτα αποτελέσματα που πάρθηκαν αφορούσαν την ακτινοβολία απορρόφησης με το μαύρο χρώμα όπως ήταν λογικό να δέχεται την περισσότερη ακτινοβολία σε όλη την διάρκεια της χειμερινής περιόδου. (διάγραμμα 5.35)



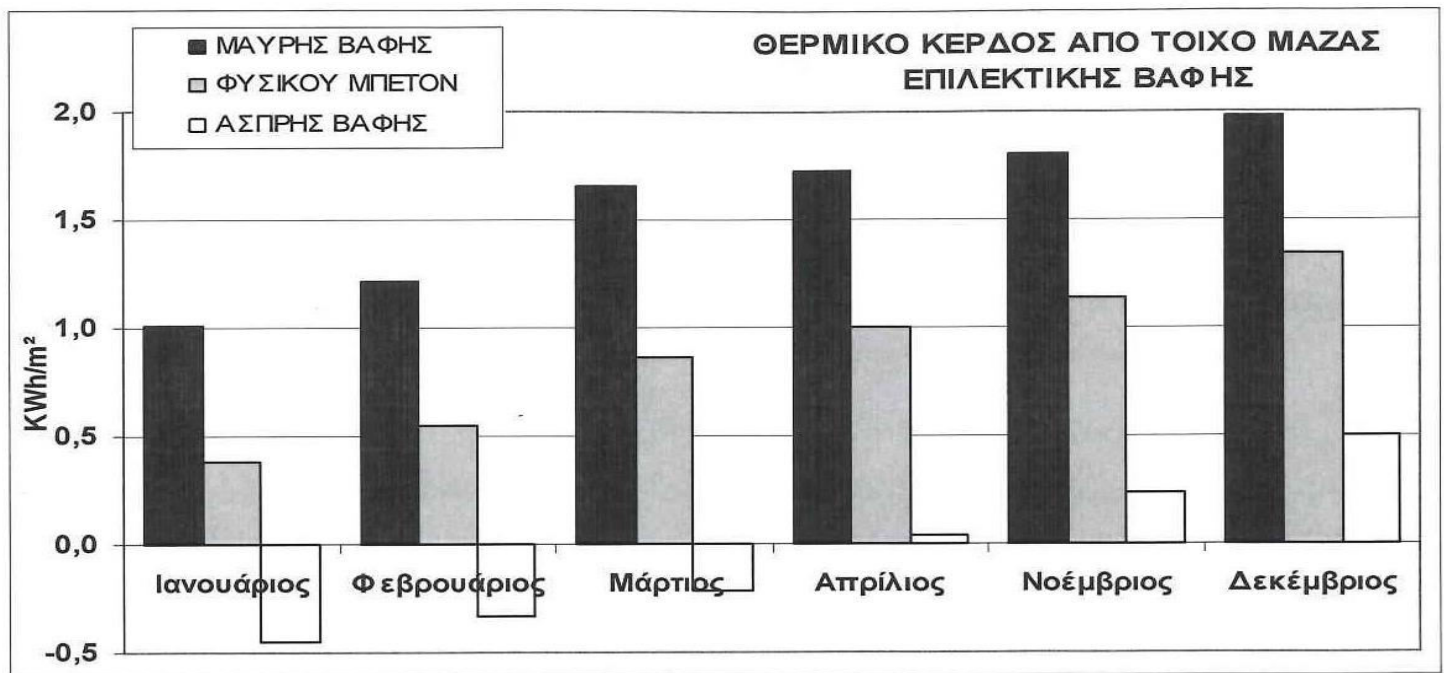
Διάγραμμα 5.35 Ακτινοβολία απορρόφησης από επιλεκτική βαφή.

Στην συνέχεια ελέγχθηκε πόσο το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας μπορεί να συμβάλλει στην μείωση της θερμικής κατανάλωσης του κτιρίου. Το αποτέλεσμα που εκπλήσσει είναι η διακύμανση της θερμικής κατανάλωσης τοίχου μάζας με άσπρο χρώμα.



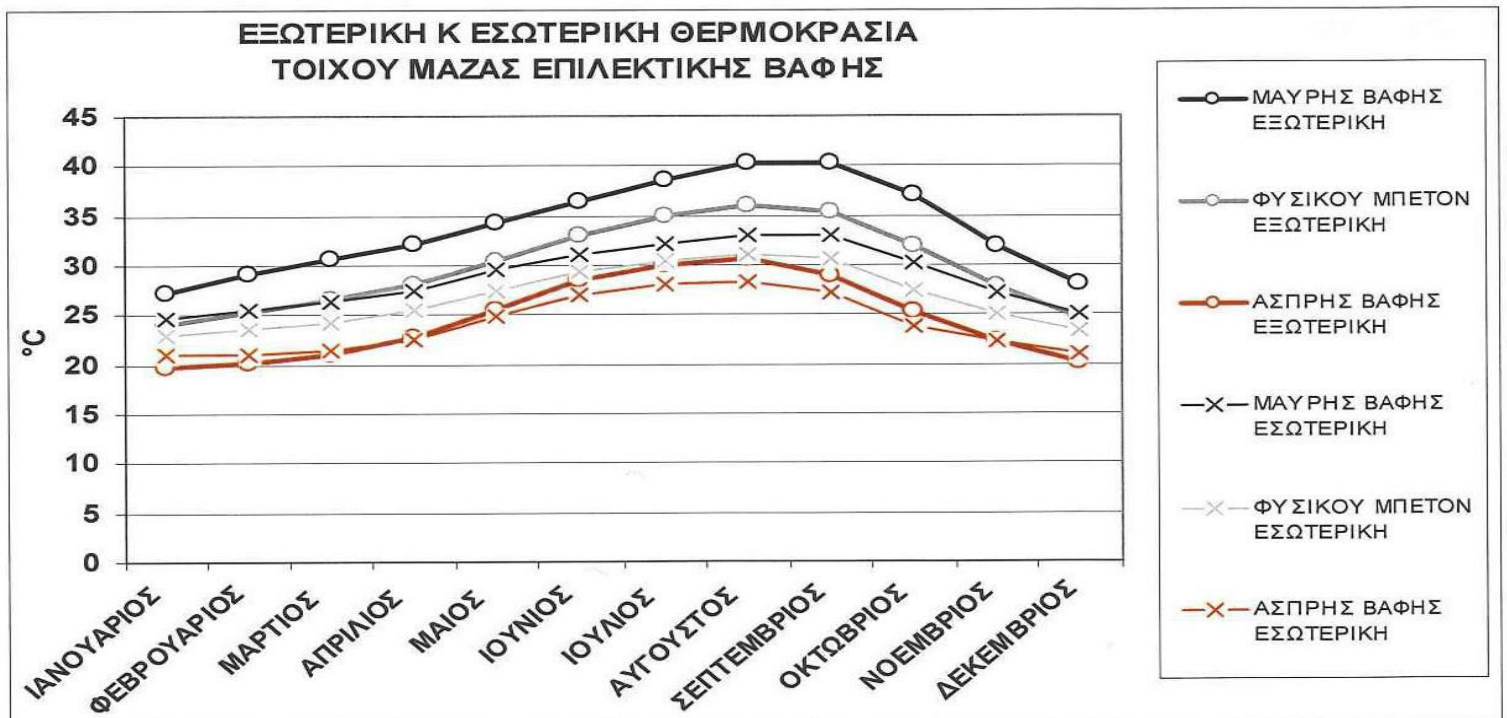
Διάγραμμα 5.36 Θερμική κατανάλωση με χρήση επιλεκτικής βαφής.

Στο σύνολό της χειμερινής περιόδου το άσπρο χρώμα όχι μόνο δεν μείωσε την θερμική κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς αλλά επέφερε και μία αύξηση περίπου 4 kWh/m^2 . Πολύ κακό είναι και το θερμικό κέρδος με άσπρη βαφή όπου τους μισούς μήνες μελέτης έχει αρνητική τιμή. (διάγραμμα 5.37)



Διάγραμμα 5.37 Θερμικό κέρδος με επιλεκτική βαφή.

Η μελέτη της επιλεκτικής βαφής κλείνει με το διάγραμμα 5.38 με τις ετήσιες θερμοκρασίες στην εξωτερική και εσωτερική επιφάνεια του τοίχου μετά την χρήση και των τριών βαφών



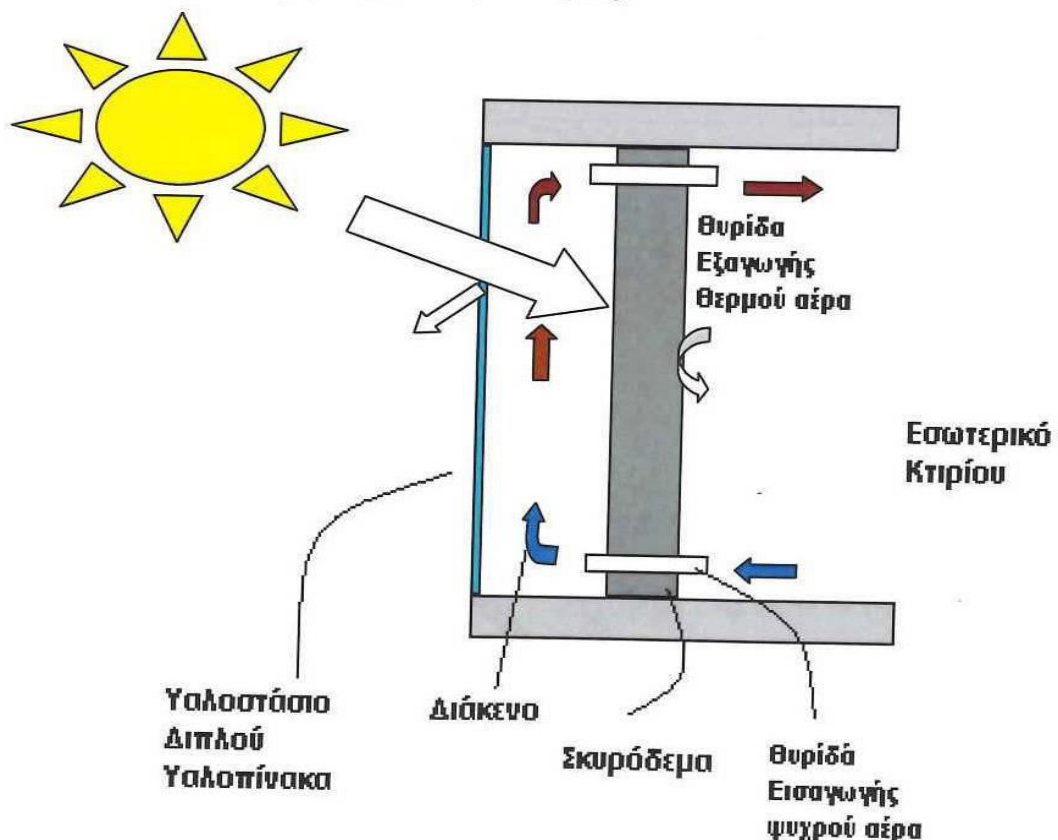
Διάγραμμα 5.39 Θερμοκρασίες τοίχου μάζας επιλεκτικής βαφής

6. Παθητικό Ηλιακό Σύστημα Έμμεσου Κέρδους

ΤΟΙΧΟΣ TROMBE-MICHEL

6.1 Εισαγωγή

Πρόκειται για παραλλαγή του συστήματος τοίχου μάζας, και ονομάζεται τοίχος Trombe-Michel. Προέρχεται από την εργασία των Felix TROMBE και Jacques MICHEL, στο Odeillo της Γαλλίας το 1967. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται ταυτίζεται με αυτή του τοίχου μάζας με την πρόσθετη ιδιότητα της άμεσης μεταφοράς θερμότητας στον χώρο με την μορφή ρεύματος θερμού αέρα. Η κύρια διαφορά μεταξύ των δύο διατάξεων είναι η παρουσία οπών στην άνω και κάτω πλευρά του τοίχου, οι οποίες επιτρέπουν την επικοινωνία του διακένου με τον εσωτερικό χώρο του κτιρίου. (Σχήμα 6.1) Η ηλιακή ακτινοβολία θερμαίνει τον αέρα που βρίσκεται στο διάκενο και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την κίνηση του θερμού αέρα προς την άνω θυρίδα και στην συνέχεια διοχέτευση μέσω της ανώτερης οπής στον χώρο, διαδικασία η οποία ονομάζεται φαινόμενο καμινάδας ή θερμοσιφωνισμός.



Σχήμα 6.1. Τυπική διάταξη και αρχή λειτουργίας Τοίχου Trombe

Οι θυρίδες τοποθετούνται σε όλο το μήκος του τοίχου , με την συνολική του επιφάνεια να ποικίλει αλλά να μην υπερβαίνει το 1%την συνολικής επιφάνειας του τοίχου και η κατακόρυφη απόστασή μεταξύ τους πρέπει να είναι τουλάχιστόν 2m προκειμένου να εμφανίζεται ο θερμοσιφωνισμός.

Για τις ανάγκες τις εργασίας μας μελετήσαμε δύο διατάξεις τοίχου Trombe, αυτές είναι:

- Τοίχος Trombe με **κυμαινόμενο ποσοστό επιφάνειας θυρίδων**, με ποσοστά θυρίδων 1%,5%,10%,15% και 20%της συνολικής επιφάνειας του τοίχου , με σταθερό εμβαδόν και πάχος τοίχου στα 6 m² και 20 cm αντίστοιχα και υαλοστάσιο **μονό** υαλοπίνακα
- Τοίχος μάζας **κυμαινόμενου πάχους** , με πάχη τοίχου 10,20,30 και 40 cm , με σταθερό εμβαδόν τοίχου στα 6 m² , υαλοστάσιο **μονό** υαλοπίνακα και ποσοστό θυρίδας στα 5% της συνολικής επιφάνειας του τοίχου.

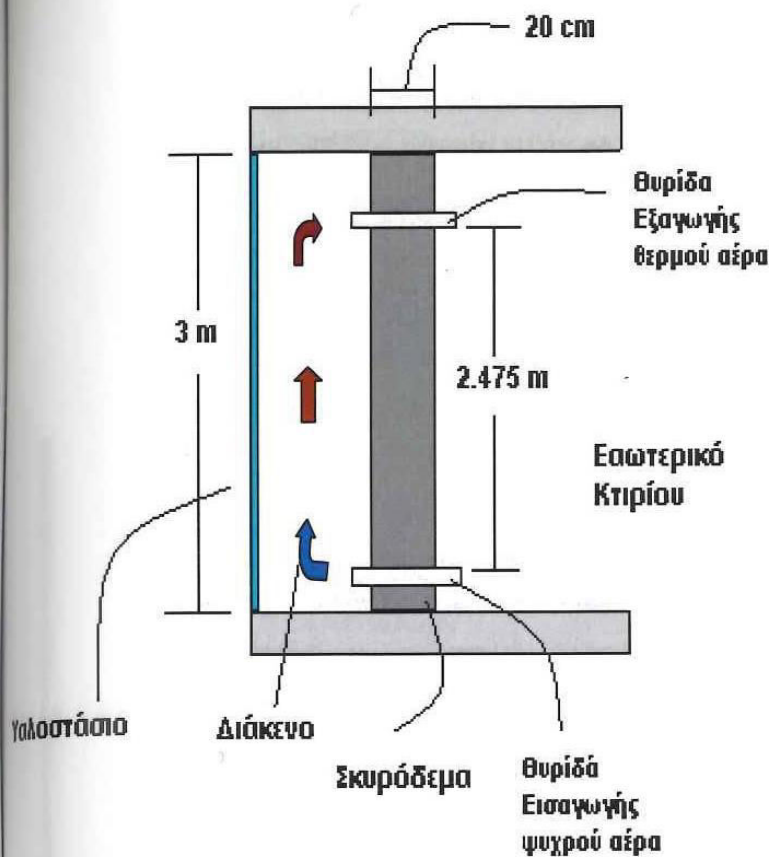
Η μελέτη περισσότερων διατάξεων θεωρήθηκε περιττή αφού σε ότι αφορά την συνολική ετήσια ενεργειακή απόδοση ενός τοίχου Trombe και ενός τοίχου μάζας , την ακτινοβολία απορρόφησης, το θερμικό κέρδος και την εσωτερική και εξωτερική θερμοκρασία στην επιφάνεια του τοίχου, διαφορές δεν υπάρχουν . Το μόνο που αλλάζει είναι ο τρόπος μετάδοσης της θερμότητας καθώς και το χρονικό διάστημα στο οποίο αποδίδεται η θερμότητα σε αυτό. Έτσι για διάφορες άλλες διατάξεις μπορούμε να βασιστούμε στα αποτελέσματα του προηγούμενου κεφαλαίου όπου μελετήσαμε διατάξεις τοίχου μάζας.

6.2. Τοίχος Trombe με Κυμαινόμενο Ποσοστό Επιφάνειας Θυρίδων

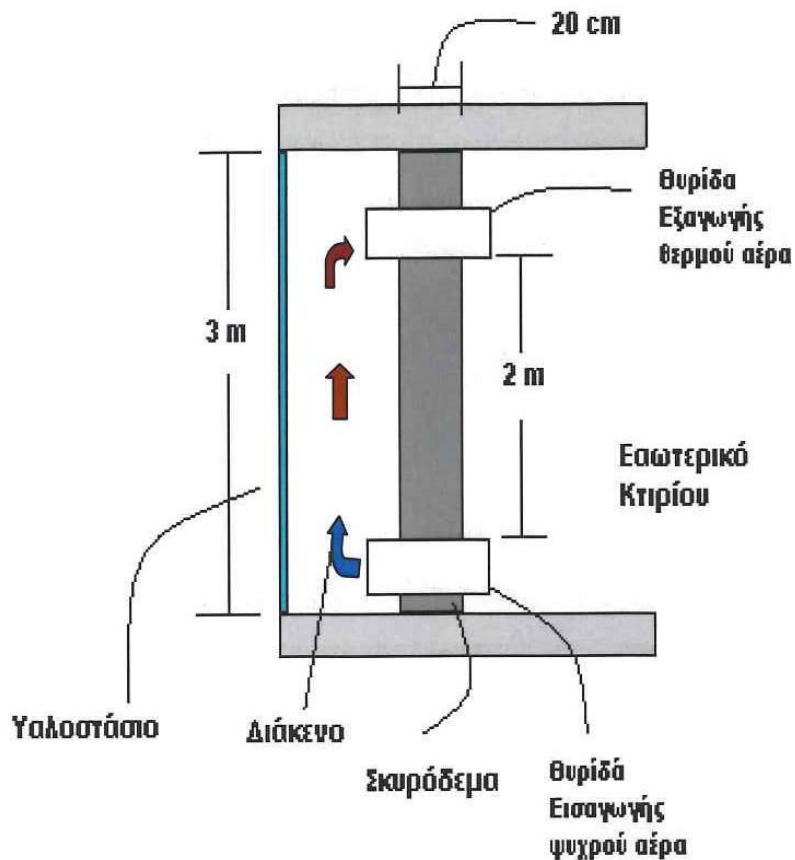
Η κύρια διάφορα των δύο παθητικών συστημάτων έμμεσου κέρδους που εξετάστηκαν στην εργασία, βρίσκεται μόνο στο γεγονός στο ότι ο τοίχος Trombe διαθέτει θυρίδες για άμεση μεταφορά θερμότητας στον χώρο με την μορφή ρεύματος θερμού αέρα. Οι θυρίδες τοποθετούνται σε όλο το μήκος του τοίχου και σε απόσταση της άνω με την κάτω θυρίδα να μην είναι λιγότερη από 2 m. Διάφορα βιβλία που εξετάζουν τέτοιου είδους συστήματα αναφέρουν ότι η συνολική επιφάνεια των θυρίδων δεν ξεπερνάει το 1% της επιφάνειας του τοίχου. Για τις ανάγκες της εργασίας και δεδομένου ότι εξετάζονται διάφορες διατάξεις για τα ανάλογα συστήματα (έχοντας ως κύριο στόχο την σύγκριση και την διεξαγωγή συμπερασμάτων για την λειτουργία τους και την απόδοσή τους) η πρώτη μελέτη που έγινε σε τοίχο Trombe αφορά το ποσοστό των επιφανειών των θυρίδων.

Εφαρμόστηκε λοιπόν στο κτίριο αναφοράς τοίχος Trombe έχοντας τα εξής δομικά χαρακτηριστικά: Σταθερό εμβαδόν στα 6 m^2 , σταθερό πάχος τοίχου στα 20 cm, υαλοστάσιο μονού υαλοπίνακα και πέντε διαφορετικές επιφάνειες θυρίδων. Τα ποσοστά των επιφανειών των θυρίδων που μελετήθηκαν είναι 1, 5, 10, 15 και 20 % επί της επιφάνειας τοίχου με εμβαδόν τα 6 m^2 .

Επειδή όμως τα ποσοστά αυτά δεν βοηθούν τον αναγνώστη να κατανοήσει τις διαστάσεις των θυρίδων, μεταφράστηκαν τα ποσοστά σε νούμερα για πλήρη και καλύτερη εικόνα του αναγνώστη. Έτσι λοιπόν η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των θυρίδων είναι 2.475, 2.375, 2.25, 2.125 και 2 m για τα αντίστοιχα ποσοστά και το πραγματικό εμβαδόν των παραπάνω ποσοστών θυρίδων να είναι 0.075, 0.375, 0.75, 1.125, 1.5 m^2 αντίστοιχα. Τα σχήματα 6.2 και 6.3 παρουσιάζουν την διάταξη τοίχου Trombe με ποσοστά θυρίδων 1 και 20 %.

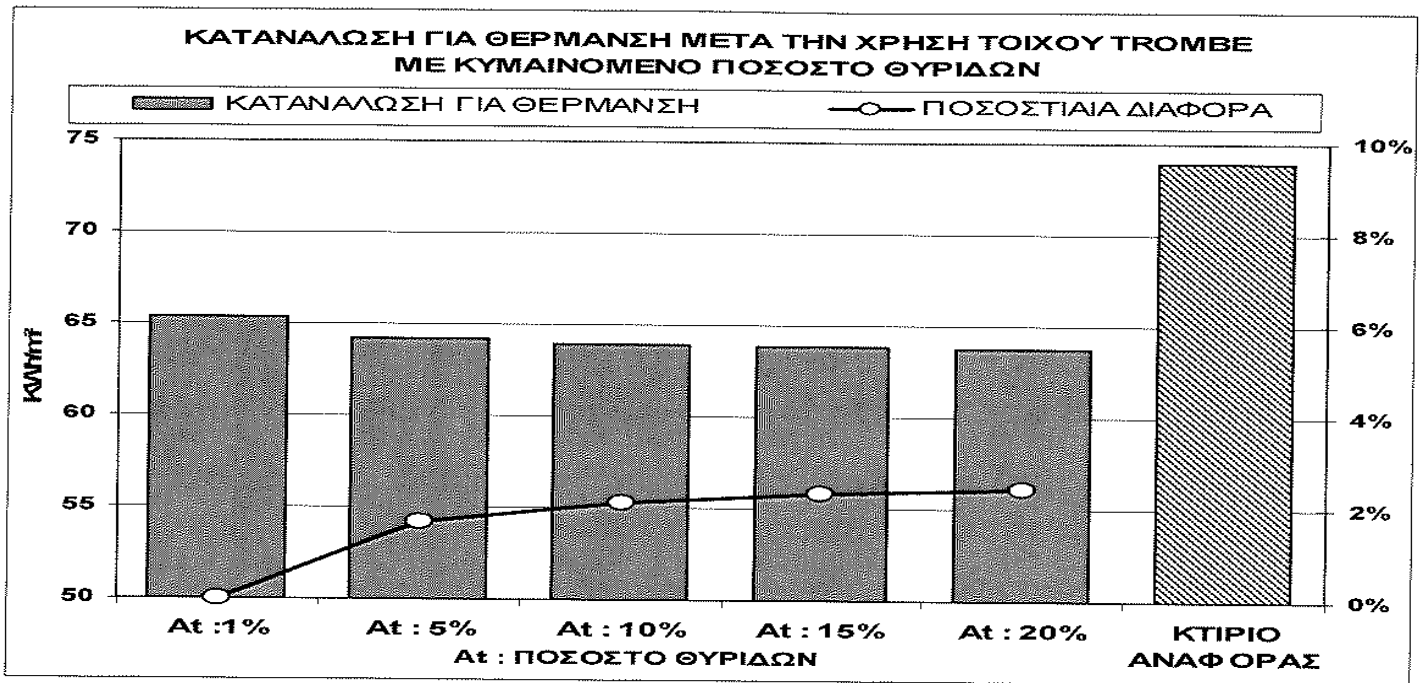


**Σχήμα 6.2 Τοίχος Trombe
με ποσοστό θυρίδων
1%**



**Σχήμα 6.3 Τοίχος Trombe
με ποσοστό θυρίδων
20 %**

Μετά την προσομοίωση των πέντε παραπάνω διατάξεων στο κτίριο αναφοράς εξετάστηκε η θερμική κατανάλωση του κτιρίου (Διάγραμμα 6.1) με τις τιμές να κυμαίνονται σε σταθερά σχεδόν επίπεδα. Αναλυτικότερα εκτός τις διάταξης με ποσοστό θυρίδων 1%, όλες οι άλλες διατάξεις παρουσιάζουν πτώση $0,2 \text{ KWh/m}^2$ ανά 5% αύξησης του ανοίγματος των θυρίδων. Με την εφαρμογή της πρώτης διάταξης το κτίριο καταναλώνει στο σύνολο της χειμερινής περιόδου μόλις $65,3$ έναντι $73,9 \text{ KWh/m}^2$ που καταναλώνει το κτίριο αναφοράς. Το $65,3$ μειώνεται με την εφαρμογή διάταξης με το μεγαλύτερο άνοιγμα θυρίδας και παρουσιάζει πτώση κατά $1,6 \text{ KWh/m}^2$

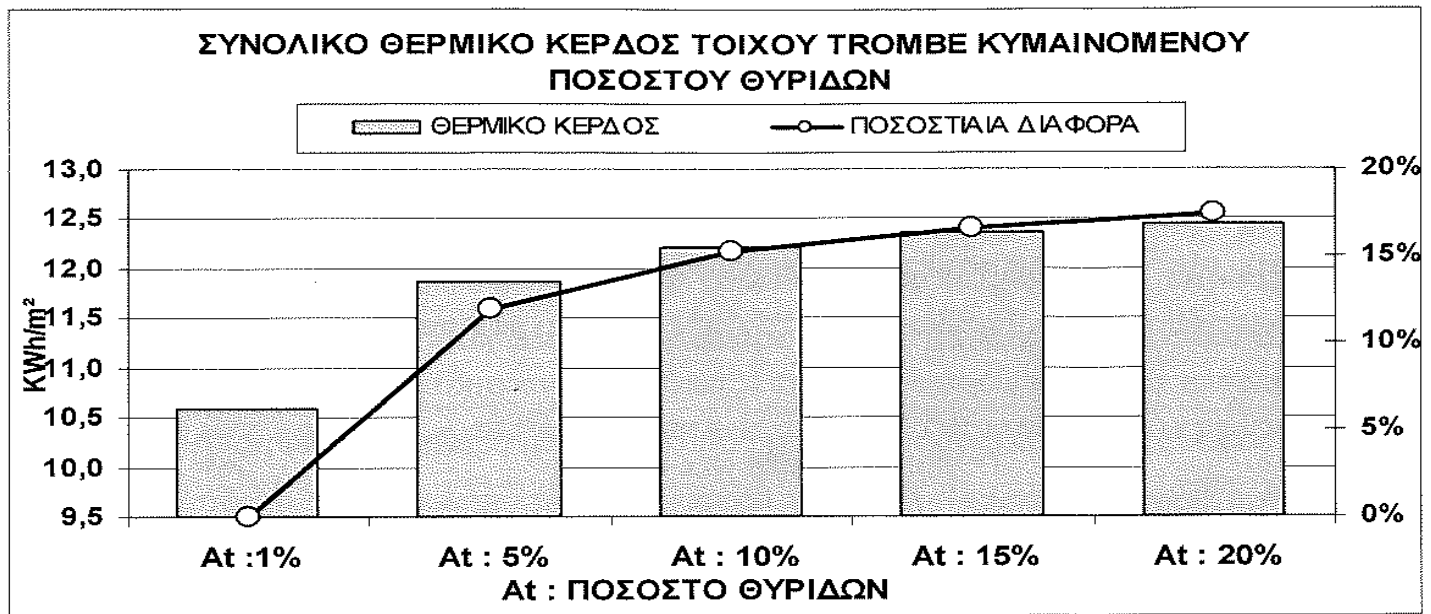


Διάγραμμα 6.1 Θερμική κατανάλωση μετά την εφαρμογή τοίχου Trombe με κυμαινόμενο ποσοστό θυρίδων

Όπως αναφέρθηκε και πριν εκεί που παρουσιάζεται μία ισορροπία όσον αφορά την κατανάλωση είναι για τις διατάξεις από 5 έως 20%, ενώ διάταξη 1% διαφέρει πολύ σε σχέση με τις υπόλοιπες. Αυτό αναμένεται να γίνει και με το καθαρό θερμικό κέρδος των διατάξεων που μελετούνται εδώ. Με την βοήθεια του διαγράμματος 6.2 επιβεβαιώνονται τα όσα ειπώθηκαν, αφού παρουσιάζεται το καθαρό θερμικό της εκάστοτε διάταξης. Στο σημείο αυτό να τονιστεί ότι το θερμικό κέρδος συμπεριλαμβάνει και τις οποιεσδήποτε απώλειες το παθητικού ηλιακού συστήματος.

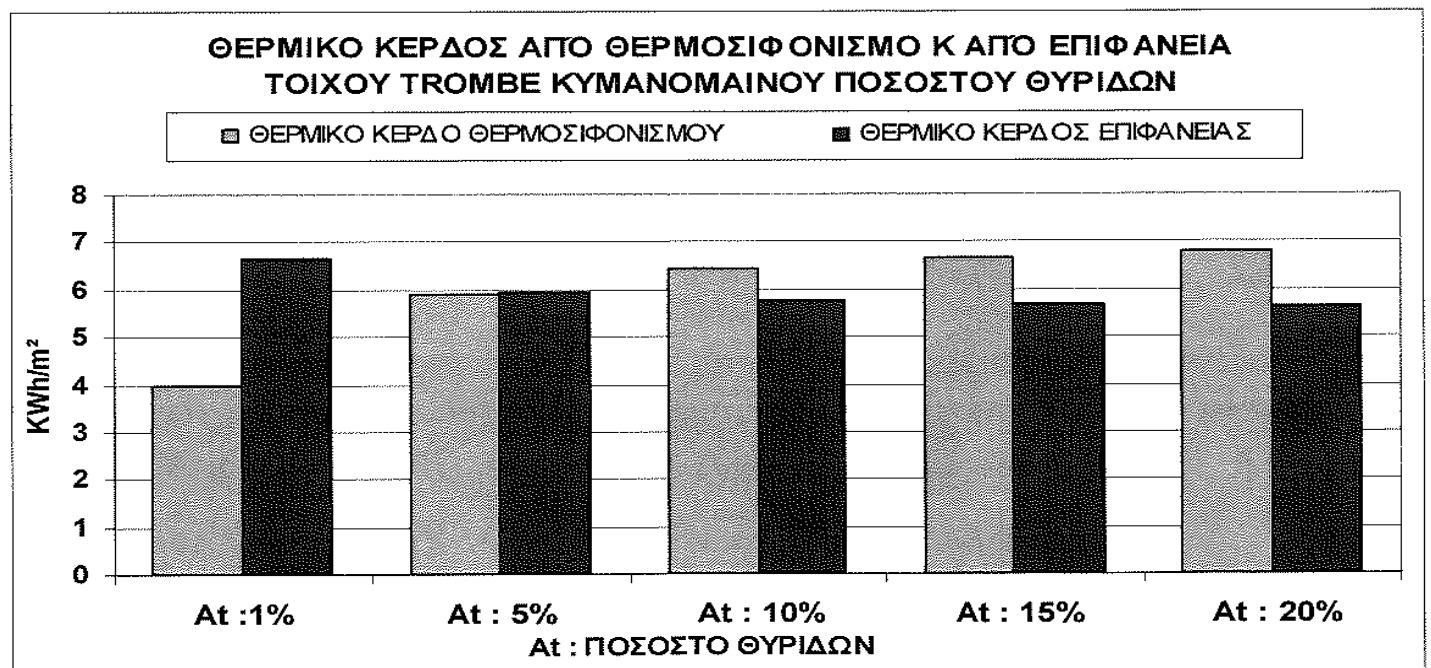
Έτσι λοιπόν η διάταξη με το μικρότερο ποσοστό θυρίδων παρέχει στο κτίριο ένα καθαρό θερμικό κέρδος της τάξης των $10,6 \text{ KWh/m}^2$ ενώ διάταξη με το μεγαλύτερο ποσοστό θυρίδων παρέχει στο κτίριο $12,4 \text{ KWh/m}^2$.

Το καθαρό αυτό κέρδος προέρχεται από δύο πηγές, από την επιφάνεια του τοίχου που θερμαίνεται με την ηλιακή ακτινοβολία και με τον θερμό αέρα που εισχωρεί στο εσωτερικό του κτιρίου από τις θυρίδες. Αυτή είναι και η διαφορά του με τον τοίχο μάζας που το θερμικό του κέρδος προέρχονταν μόνο από την εσωτερική επιφάνεια του τοίχου.



Διάγραμμα 6.2 Καθαρό θερμικό κέρδος τοίχου Trombe με κυμαινόμενο ποσοστό θυρίδων

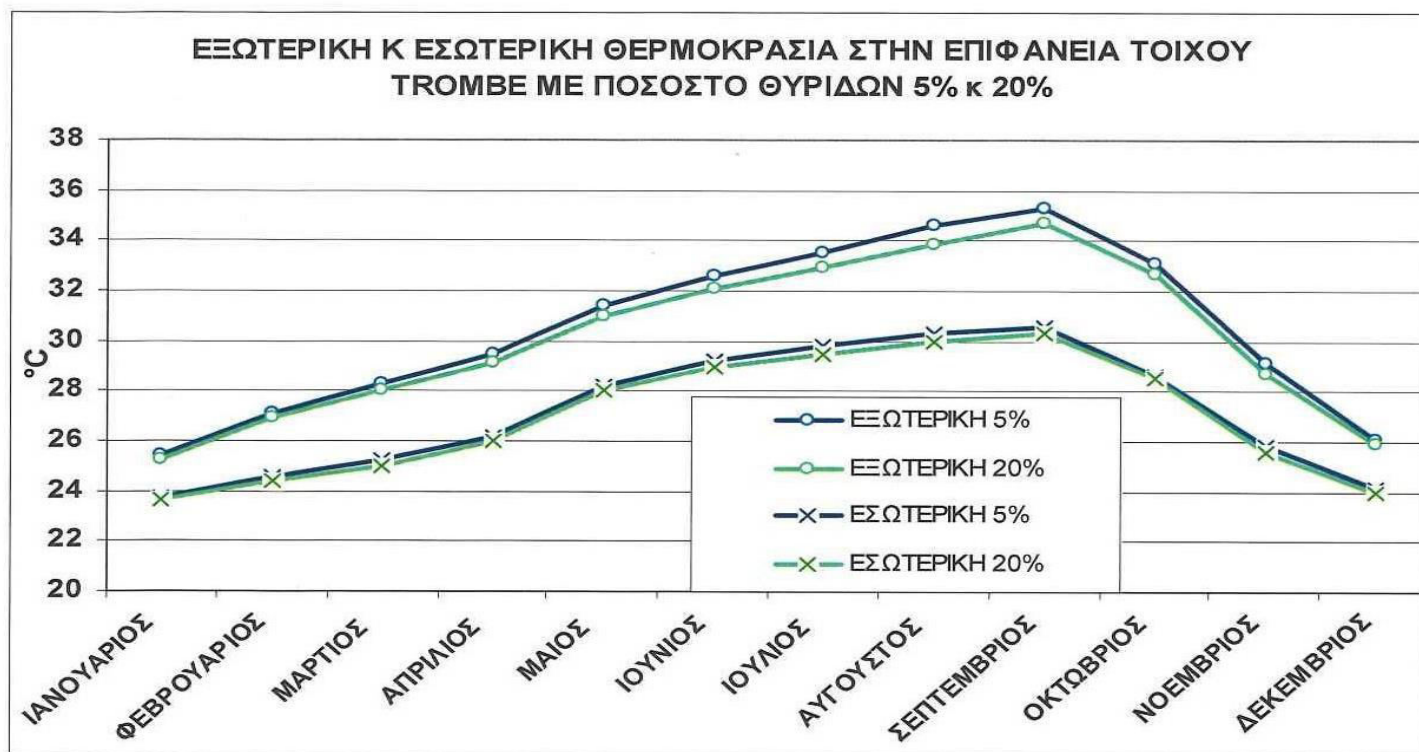
Το συνολικό θερμικό κέρδος λοιπόν είναι το άθροισμα του θερμικού κέρδους της εσωτερικής επιφάνειας του τοίχου και το θερμικό κέρδος από θερμοσιφωνισμό. Στο διάγραμμα 6.3 παρουσιάζεται η προσφορά σε kWh/m² των δύο διαφορετικών πηγών παροχής θερμότητας, ένα πραγματικά πολύ ενδιαφέρον διάγραμμα



Διάγραμμα 6.3 Θερμικό κέρδος θερμοσιφωνισμού και εσωτερικό τοίχου.

Παρατηρώντας καλύτερα το παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνεται ότι όσο αυξάνεται το μέγεθος των θυρίδων τόσο αυξάνεται και η παροχή θερμότητας από θερμισφωνισμό. Το μικρό μέγεθος των θυρίδων δεν επιτρέπει την ταχεία είσοδο του θερμού αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου και έτσι η προσφορά θερμότητας είναι μεγαλύτερη από τον εσωτερικό τοίχο. Για άνοιγμα θυρίδων σε ποσοστό 5% παρατηρείται μία ισορροπία μεταξύ των δύο πηγών θερμότητας ,ενώ περαιτέρω αύξηση του μεγέθους των θυρίδων κατά 5% αυξάνει και την παροχή θερμού αέρα στον χώρο και μειώνει την προσφορά θερμότητας από το εσωτερικό του τοίχου.

Τέλος στο διάγραμμα 6.4 παρουσιάζεται η εσωτερική και εξωτερική θερμοκρασία στην επιφάνεια του τοίχου Trombe . Οι θερμοκρασίες αυτές παραμένουν σχεδόν στα ίδια επίπεδα με ελάχιστες διαφορές μόλις της τάξης του $0,1^{\circ}\text{C}$ μεγαλύτερη για ποσοστό θυρίδων 1%. Η σύγκριση αφορά τις δύο ακραίες διατάξεις .



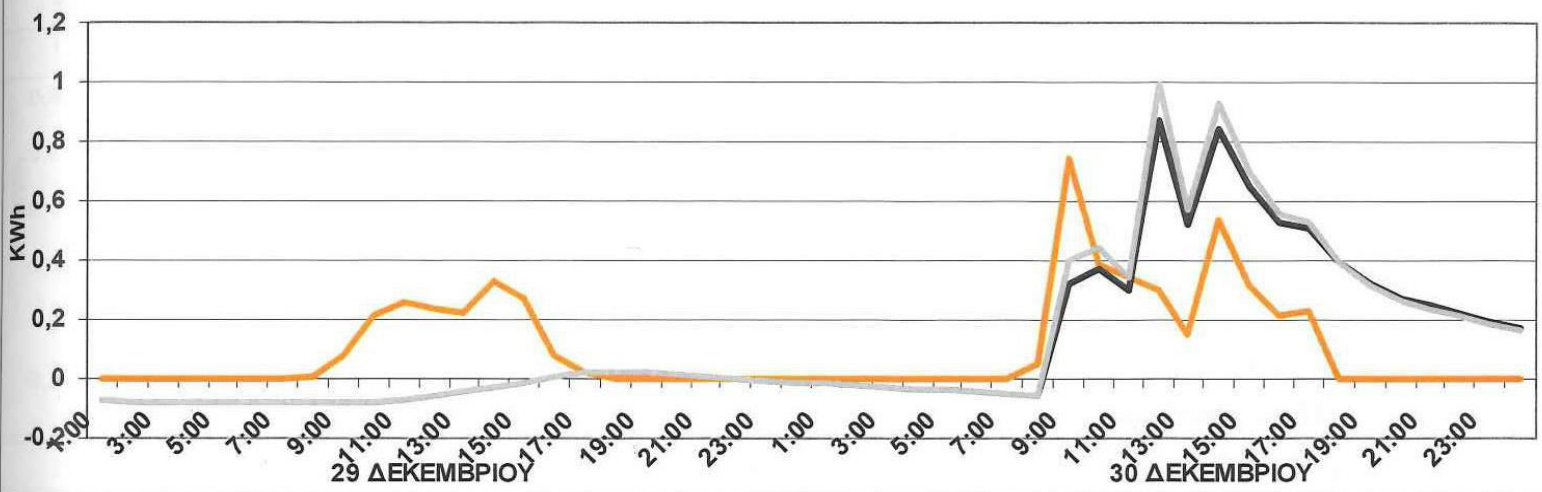
Διάγραμμα 6.4 Εξωτερική και Εσωτερική θερμοκρασία επιφάνειας τοίχου Trombe κυμαινόμενου ποσοστού θυρίδων

6.2.1. Ωριαίες τιμές 29^{ης} και 30^{ης} Δεκεμβρίου

Τα αποτελέσματα για τις ωριαίες τιμές του Δεκεμβρίου είναι απολύτως όμοια με αυτά του συνόλου της χειμερινής περιόδου. Όπως είναι γνωστό στις ωριαίες τιμές εξετάζονται οι δύο ακραίες διατάξεις του συστήματος, δηλαδή αυτή με ποσοστό ανοίγματος θυρίδων 1% και 20%. Βάση του διαγράμματος 6.5 που παρουσιάζει την θερμική ακτινοβολία των ημερών και το καθαρό ωριαίο θερμικό κέρδος διαπιστώνεται

ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ Κ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΤΡΟΜΒΕ ΠΟΣΟΣΤΟ ΘΥΡΙΔΩΝ 5%
ΣΤΙΣ 29 ΚΑΙ 30 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ

— ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ — ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΤΡΟΜΒΕ 5% — ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΤΡΟΜΒΕ 20%



Διάγραμμα 6.5 Ωριαίο θερμικό κέρδος 29^{ης} και 30^{ης} Δεκεμβρίου

ότι την ημέρα που έχουμε ηλιακή ακτινοβολία το θερμικό κέρδος της διάταξης με το μεγαλύτερο άνοιγμα είναι και μεγαλύτερο, ενώ ακριβώς ίδιο είναι την ημέρα με συννεφιά και μάλιστα τις νυχτερινές ώρες της 29^{ης} Δεκεμβρίου.

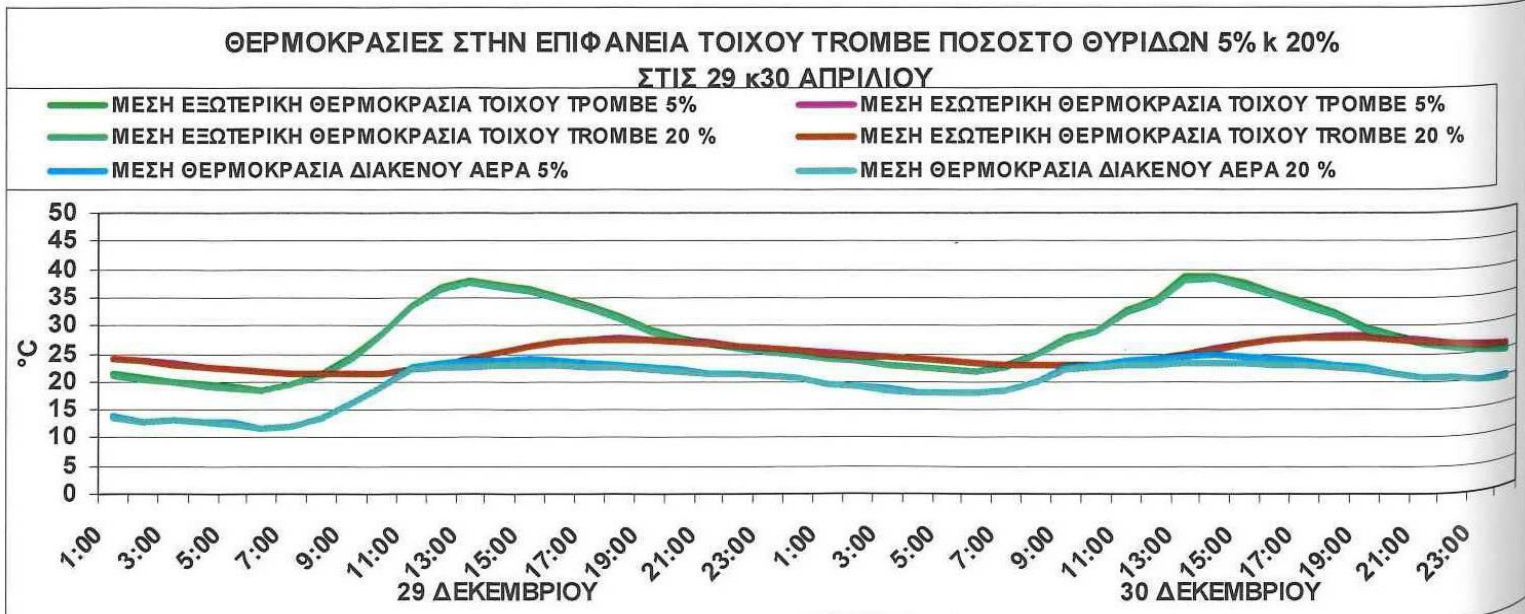
Το ίδιο ισχύει και για την θερμική κατανάλωση του κτιρίου μετά την εφαρμογή των δύο εξεταζόμενων διατάξεων. Το διάγραμμα 6.6 παρουσιάζει την θερμική κατανάλωση του κτιρίου μαζί με το θερμικό κέρδος από την χρήση του παθητικού συστήματος. Οι τιμές είναι ίδιες μεταξύ τους σε μεγάλο μέρος των ημερών και διαφέρουν μόνο τις μεσημβρινές ώρες της 30^{ης} Δεκεμβρίου την περίοδο δηλαδή με ηλιοφάνεια.



Διάγραμμα 6.7 Θερμική κατανάλωση και θερμικό κέρδος 29^{ης} και 30^{ης} Δεκεμβρίου

Η διάταξη με μεγαλύτερο άνοιγμα θυρίδων παρουσιάζει το διάστημα αυτό ένα θερμικό κέρδος της τάξης της 0,1 KWh παραπάνω σε σύγκρισή με την διάταξη μικρού ανοίγματος θυρίδων.

Τέλος όσον αφορά τις εσωτερικές και εξωτερικές θερμοκρασίες στην επιφάνεια του τοίχου είναι ίδιες και για τις δύο διατάξεις (Διάγραμμα 6.8). Αυτό που διαφέρει κατά πολύ μικρό όμως βαθμό είναι η θερμοκρασία του διακένου αέρα με την διάταξη μικρών θυρίδων όπως είναι λογικό να συγκατούν τον αέρα θερμότερο αφού αδυνατούν να τον εισχωρήσουν γρήγορα στο εσωτερικό του κτιρίου.

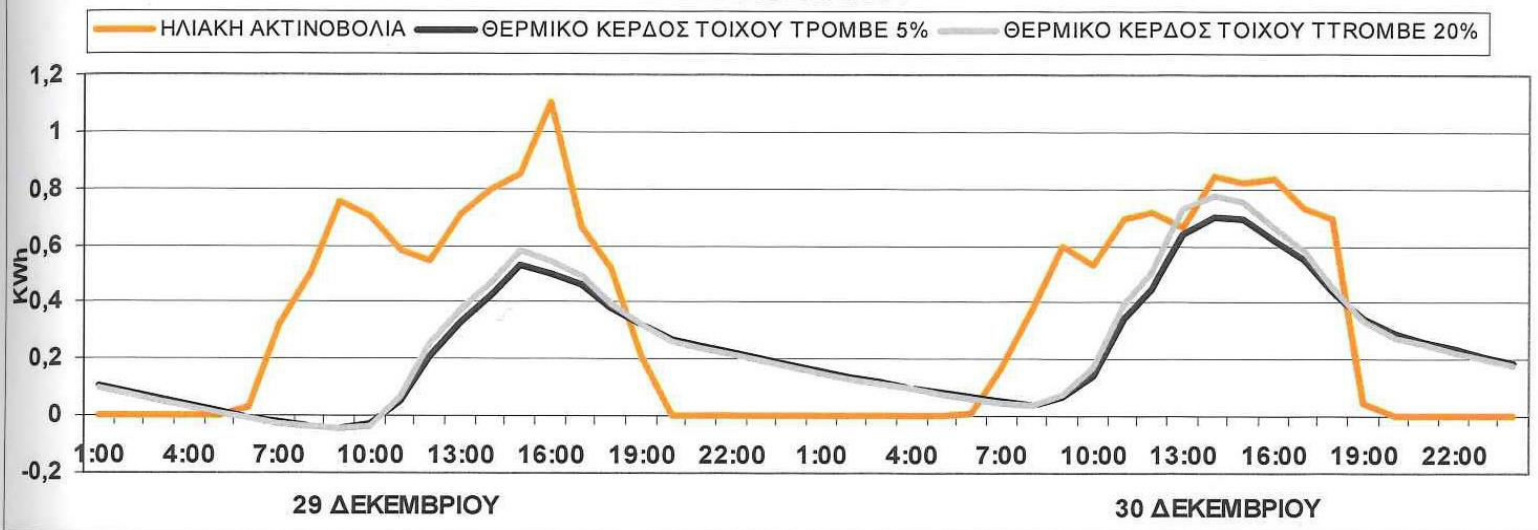


Διάγραμμα 6.8 Ωριαίες Θερμοκρασίες τοίχου Trombe

6.2.2. Ωριαίες τιμές 29^{ης} και 30^{ης} Απριλίου

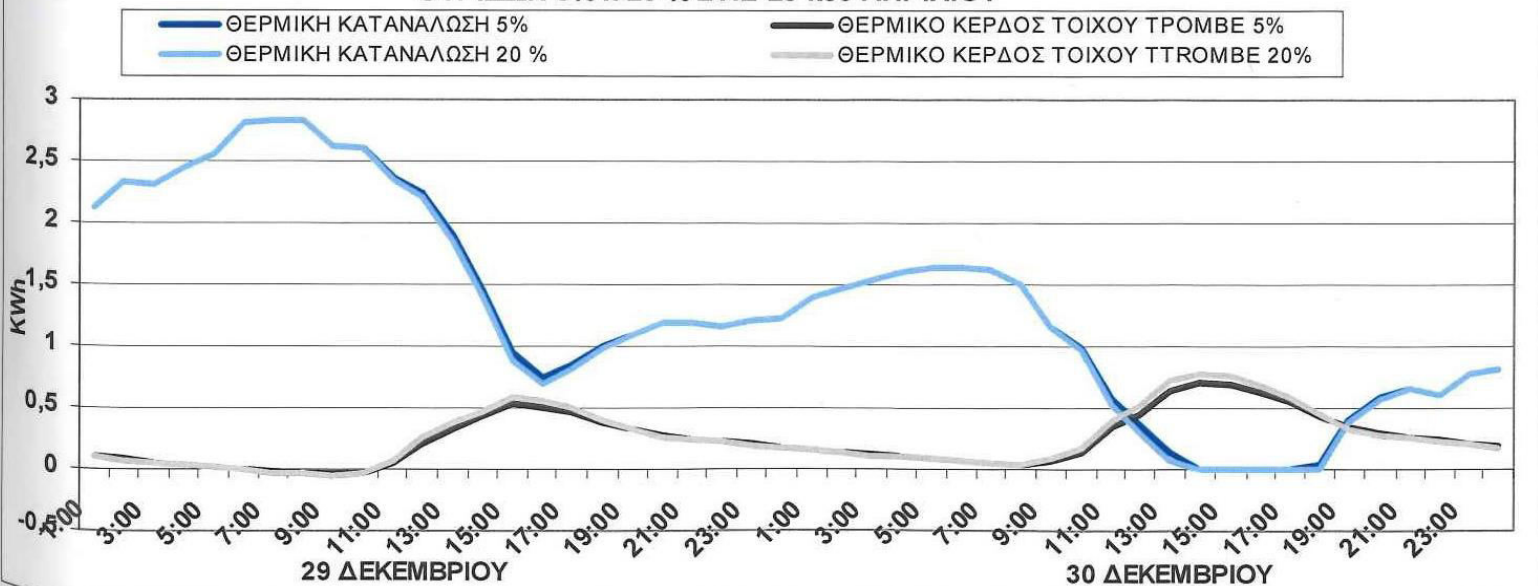
Στα δύο επόμενα διαγράμματα 6.9 και 6.10 παρουσιάζεται το ωριαίο θερμικό κέρδος των δύο διατάξεων και η ωριαία θερμική κατανάλωση του κτιρίου μετά την εφαρμογή αυτών για την 29^η και 30^η Απριλίου. Τα σχόλια και οι παρατηρήσεις που θα μπορούσαν να γίνουν δεν διαφέρουν καθόλου με αυτά των αντίστοιχων ημερών του Δεκεμβρίου, αφού το μόνο που διαφέρει είναι ότι εδώ έχουμε περισσότερη ηλιοφάνεια.

ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ Κ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΤΡΟΜΒΕ ΠΟΣΟΣΤΟ ΘΥΡΙΔΩΝ 5%
ΣΤΙΣ 29 κ30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ



Διάγραμμα 6.9 Ωριαίο θερμικό κέρδος τοίχου Trombe

ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ Κ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΤΡΟΜΒΕ ΠΟΣΟΣΤΟ ΘΥΡΙΔΩΝ 5% κ 20 % ΣΤΙΣ 29 κ30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ

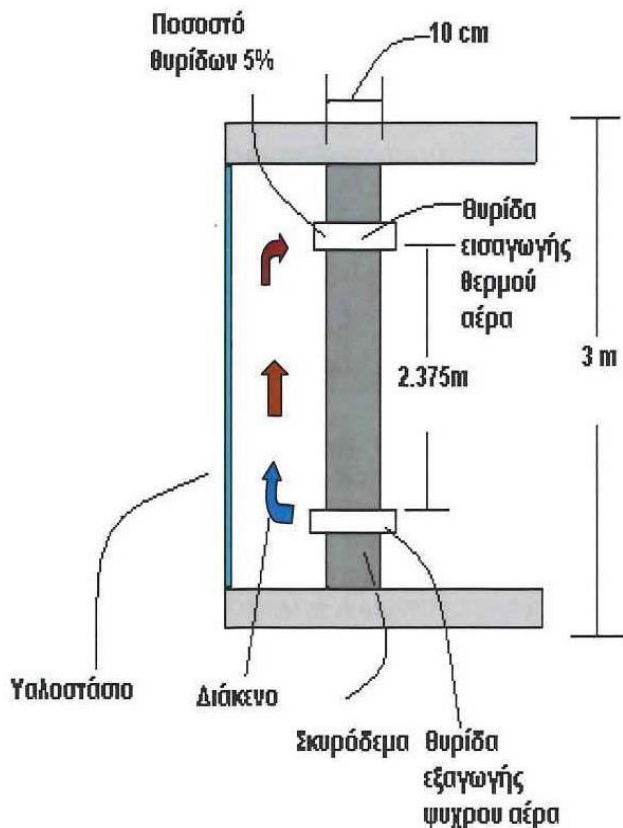


Διάγραμμα 6.10 Θερμική κατανάλωση και θερμικό κέρδος 29^{ης} και 30^{ης} Απριλίου

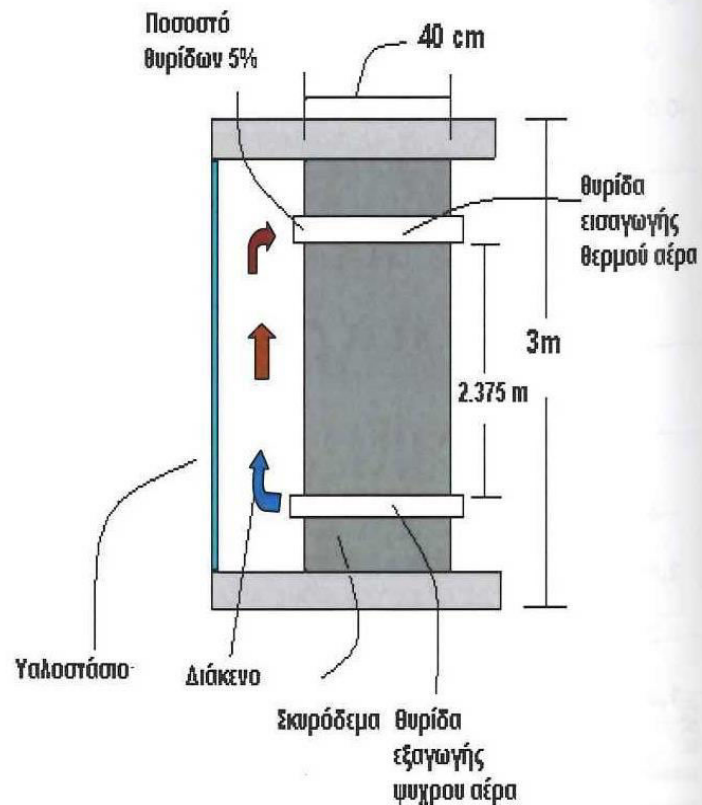
6.3. Τοίχος Trombe με Κυμαινόμενο Πάχος Τοίχου

Πρόκειται για το δεύτερο είδος διάταξης που μελετήσαμε σε αυτό το κεφάλαιο μετά το κυμαινόμενο ποσοστό θυρίδων. Επιλέχθηκε ένα τοίχος Trombe ως τοίχος αναφοράς με τα εξής δομικά χαρακτηριστικά: Σταθερό εμβαδόν στα 6m^2 , υαλοστάσιο μονού υαλοπίνακα και ποσοστό ανοίγματος θυρίδων 5% επί του το σύνολο της επιφάνειας του τοίχου. Η επιλογή αυτού το ανοίγματος έγινε για τον λόγο ότι το άνοιγμα αυτό προσφέρει στο κτίριο σχεδόν ίδια θερμότητα και από τις δύο πηγές του, δηλαδή από τον εσωτερικό τοίχο και από τον θερμισιφωνισμό.

Αυτός ο τοίχος Trombe εξετάστηκε για τέσσερα διαφορετικά πάχη της τάξεως των 10, 20, 30, και 40 cm και τα αποτελέσματα που πάρθηκαν συνοψίζονται στα επόμενα διαγράμματα.. Πριν από αυτό όμως παρουσιάζονται τα σχέδια (6.4,6.5)με την διάταξης τοίχου Trombe (τοίχος αναφοράς) με πάχος 10 και 40 cm.

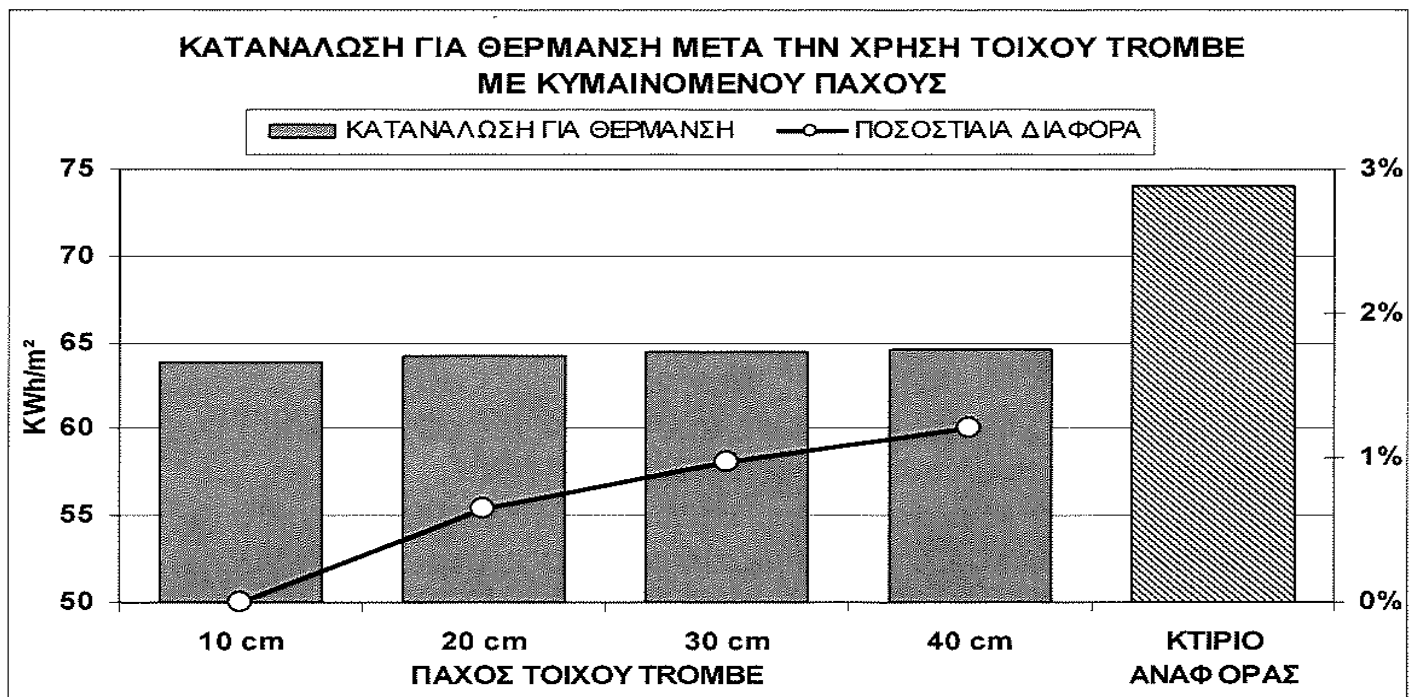


Σχήμα 6.4 Τοίχος Trombe με ποσοστό θυρίδων 5% και πάχος τοίχου 10 cm



Σχήμα 6.5 Τοίχος Trombe με ποσοστό θυρίδων 5% και πάχος τοίχου 40 cm

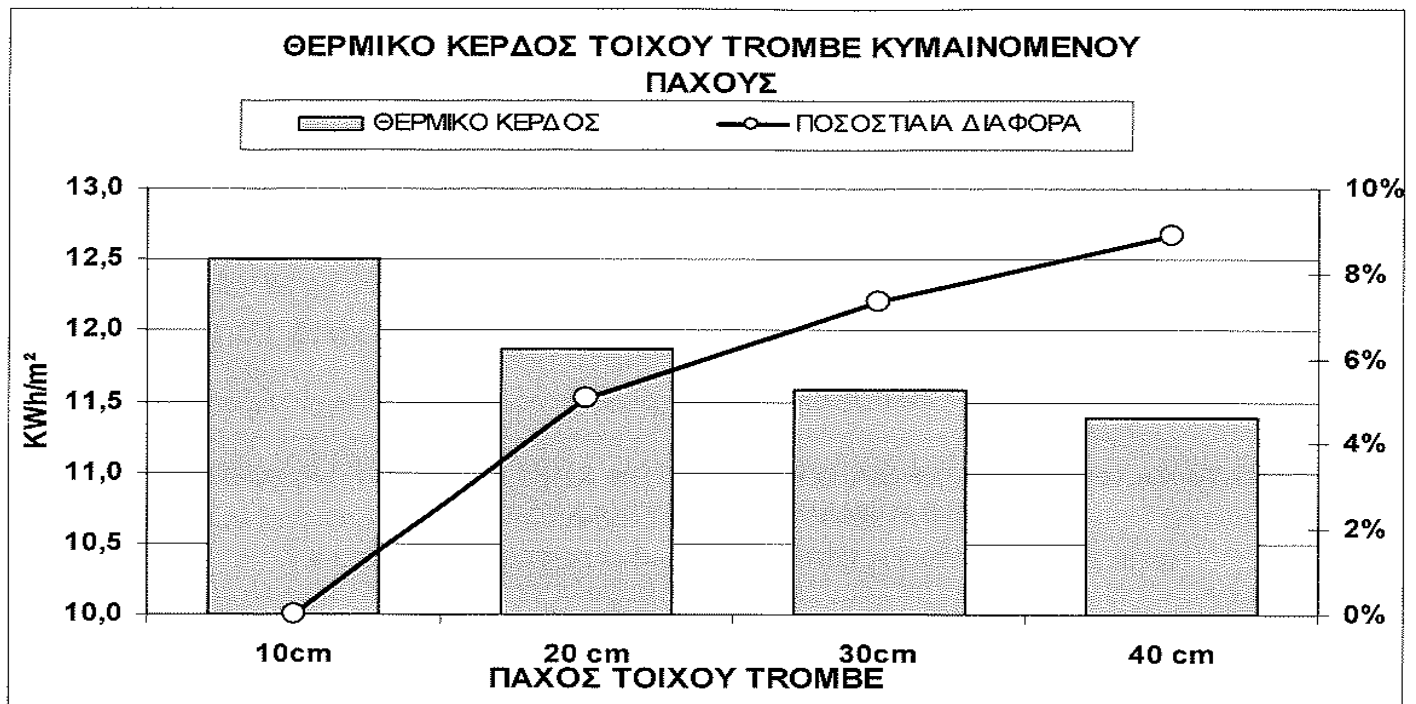
Μετά την εφαρμογή των τεσσάρων διατάξεων στο κτίριο μελετήθηκε η θερμική του κατανάλωση. Τα αποτελέσματα αυτά δημιούργησαν το διάγραμμα 6.11, το οποίο δείχνει ότι η αύξηση του πάχους δεν συμβάλει ουσιαστικά στην μείωση των θερμικών αναγκών και, αντίθετα με την αύξηση του πάχους παρατηρείται και μια μικρή αύξηση της θερμικής κατανάλωσης. Αναλυτικότερα ένας τοίχος Trombe πάχους 10 cm επιφέρει μείωση στην αρχική κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς κατά 10,14 ενώ ένας τοίχος πάχους 40 cm κατά 9.37 KWh/m².



**Διάγραμμα 6.11 θερμική κατανάλωση μετά την εφαρμογή τοίχου Trombe
κυμαινόμενου πάχους**

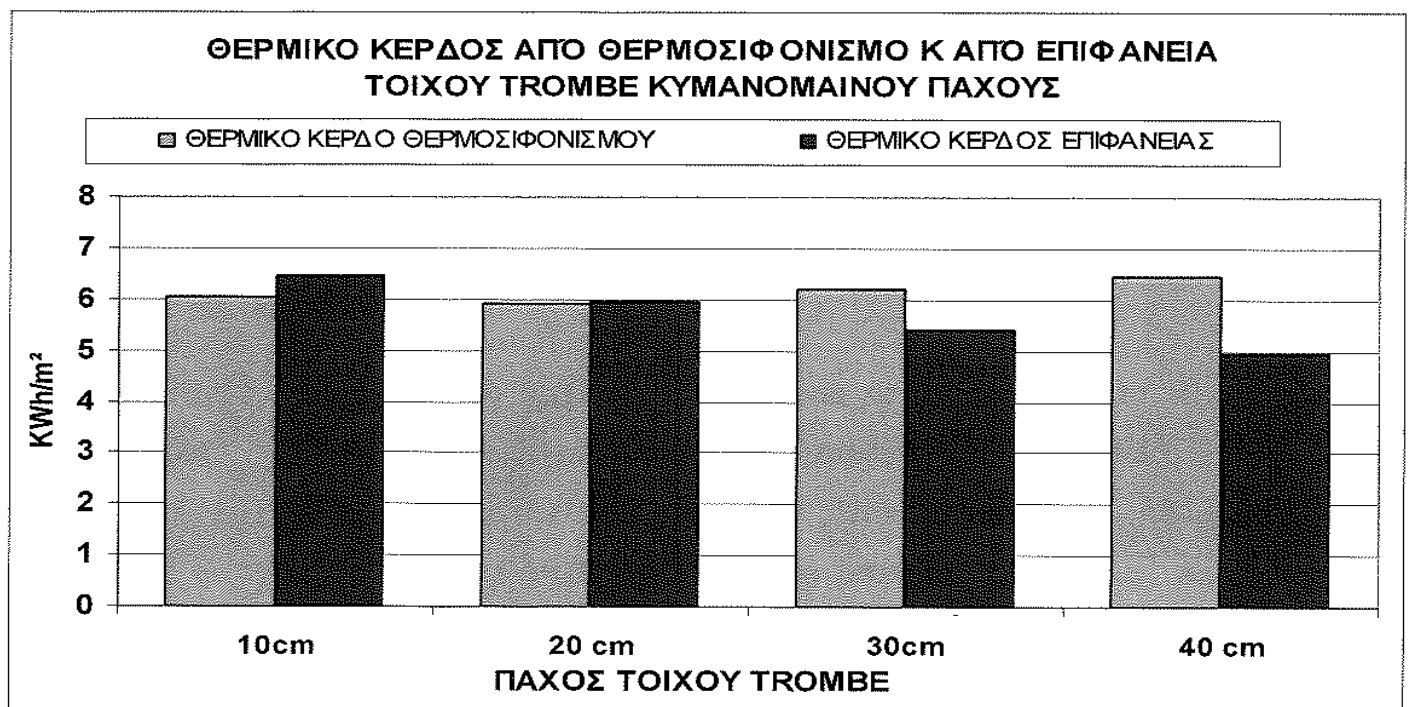
Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με αυτά του τοίχου μάζας κυμαινόμενου πάχους για μόνο υαλοστάσιο (Δες διάγραμμα 5.1) διαπιστώνουμε ότι ο τοίχος Trombe έχει καλύτερη απόδοση. Αντίστοιχες τιμές θερμικής κατανάλωσης για πάχη 10 cm και 40 cm τοίχου μάζας μονού υαλοπίνακα είναι 68.006 και 69.633 KWh/m² ενώ για τοίχο Trombe είναι 63.82 και 64.89 KWh/m².

Αυτή η διαφορά των 4 KWh/m² μεταξύ των δύο συστημάτων έμμεσου κέρδους οφείλεται κατά αποκλειστικότητα στον θερμοσιφωνισμό, στην δεύτερη δηλαδή πηγή θερμικού κέρδους στο κτίριο. Το διάγραμμα 6.12 δείχνει αυτό το καθαρό θερμικό που προέρχεται από τον τοίχο Trombe κυμαινόμενου πάχους. Μια ακόμα σύγκριση με τον αντίστοιχο τοίχο μάζας μονού υαλοπίνακα (Διάγραμμα 5.2) αποδεικνύει ότι η απόδοση τοίχου Trombe είναι σαφέστατα μεγαλύτερη κατά 3 KWh/m² για πάχος τοίχου 10 cm και 3,5 KWh/m² για πάχος τοίχου 40 cm.



Διάγραμμα 6.12 Καθαρό θερμικό κέρδος τοίχου Trombe με κυμαινόμενο πάχος

Η συνολική απόδοση και το καθαρό θερμικό κέρδος του θερμοσιφονισμού, αλλά και της επιφάνειας του τοίχου φαίνονται στο διάγραμμα 6.13



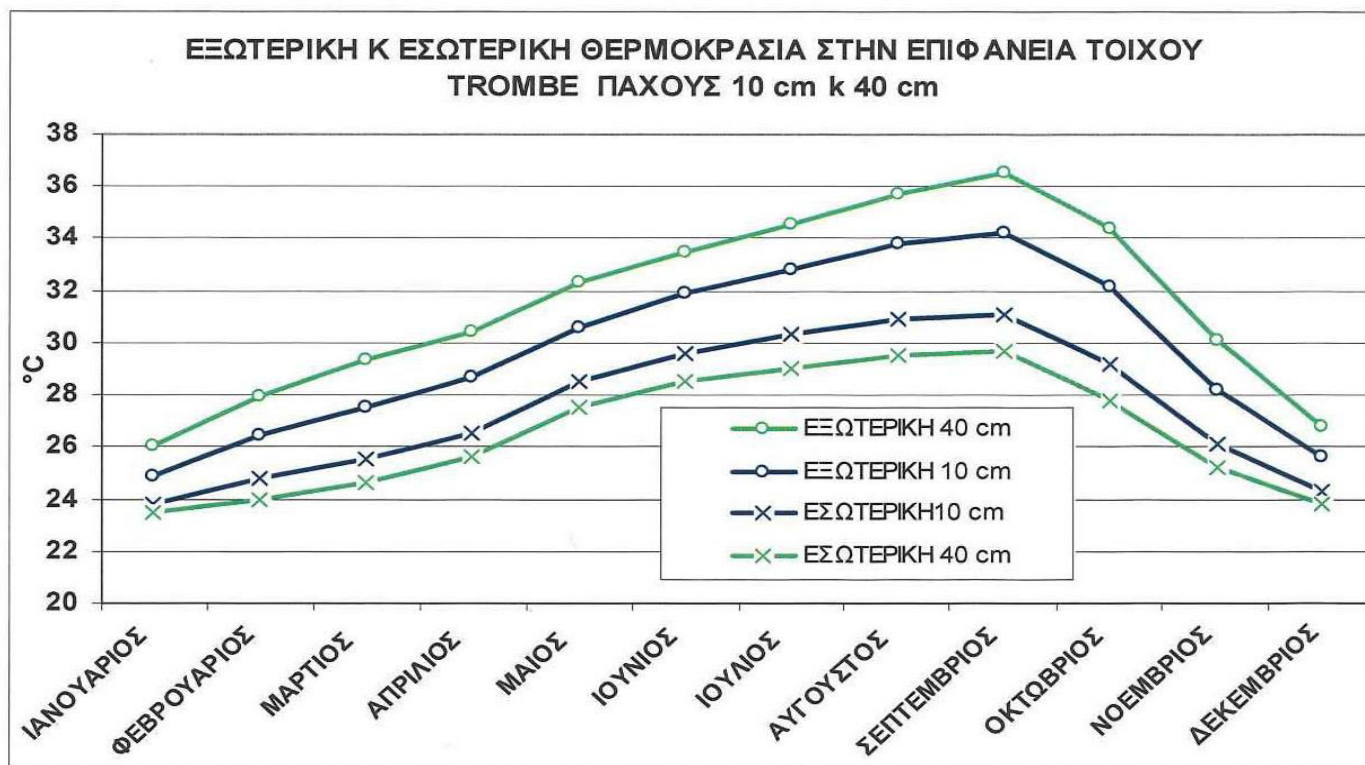
Διάγραμμα 6.13 Θερμικό κέρδος θερμοσιφονισμού και εσωτερικού τοίχου.

Το γεγονός ότι όσο αυξάνεται το πάχος του τοίχου αυξάνεται και το θερμικό κέρδος θερμοσιφονισμού οφείλεται στο ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο τοίχος τόσο πιο βραδεία είναι και η αγωγή που πραγματοποιείται προς το εσωτερικό του τοίχου. Αναλυτικότερα η θερμότητα που συσσωρεύεται στο διάκενο ενός συστήματος μεγάλου

πάχους αργεί πολύ να εισχωρήσει προς την θερμική μάζα του τοίχου με αποτέλεσμα ο αέρας που υπάρχει στο διάκενο να ωφελείται σε μεγαλύτερο βαθμό αφού ζεσταίνεται γρηγορότερα και εισέρχεται απευθείας στο εσωτερικό του κτιρίου. Έτσι το μεγάλο πάχος διευκολύνει περισσότερο την πηγή του θερμαινόμενου αέρα (θερμισφωνισμό) από την πηγή του θερμαινόμενου τοίχου.

Τέλος όσον αφορά τις θερμοκρασίες στην εξωτερική και εσωτερική επιφάνεια του τοίχου το διάγραμμα 6.14 που εξετάζει τα ακραία πάχη κατά την διάρκεια μάλιστα του έτους δείχνει ότι το μεγάλο πάχος μπορεί να έχει 1°C περισσότερη θερμοκρασία στον εξωτερικό τοίχο άλλα υστερεί κατά 1°C στον εσωτερικό τοίχο σε σύγκρισή του με την αντίστοιχη διάταξη μικρότερου πάχους.

Αντίστοιχο διάγραμμα που απευθύνεται στον τοίχο μάζας είναι το 5.4 το οποίο είναι όμοιο με αυτό του τοίχου μάζας και η μόνη διαφορά βρίσκεται στο ότι ο τοίχος Trombe αναπτύσσει κάπως μεγαλύτερες θερμοκρασίες.



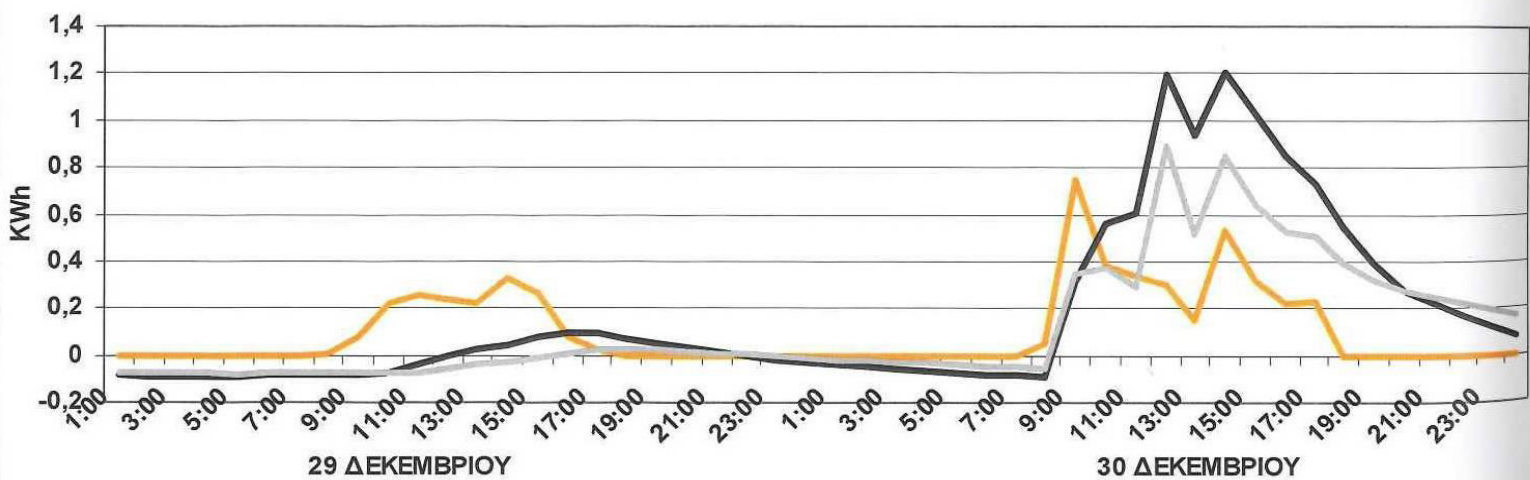
Διάγραμμα 6.14 Εξωτερική και Εσωτερική θερμοκρασία επιφάνειας τοίχου Trombe κυμαινόμενου πάχους

6.3.1. Ωριαίες τιμές 29^{ης} και 30^{ης} Δεκεμβρίου

Ένας τοίχος με μικρό πάχος αποδεικνύει ότι αποδίδει καλύτερα κατά την διάρκεια του χειμώνα ή καλύτερα τις περιόδου μελέτης. Ωριαία όμως δεν συμβαίνει το ίδιο αφού όπως παρατηρείται από το διάγραμμα 6.15 το κέρδος τις νυχτερινές ώρες είναι αρνητικό και μικρότερο από τοίχο μεγαλύτερου πάχους. Γεγονός που οφείλεται στο ότι η θερμική μάζα που συγκρατεί τοίχος μικρού πάχους αποδίδεται γρήγορα στο εσωτερικό και μάλιστα τις ώρες που δέχεται ηλιακή ακτινοβολία. Τοίχος μεγαλύτερου πάχους συγκρατεί μεγαλύτερη θερμική μάζα και την αποδίδει τις νυχτερινές ώρες, ώρες που σίγουρα το κτίριο χρειάζεται να θερμανθεί αφού οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές. Μην ξεχνάμε ότι η ύπαρξη θυρίδων ευνοεί την δημιουργία περαιτέρω

ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ Κ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥΤΡΟΜΒΕ 10 cm κ40 cm ΣΤΙΣ 29 κ30 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ

— ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ — ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ 10 cm — ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ 40 cm



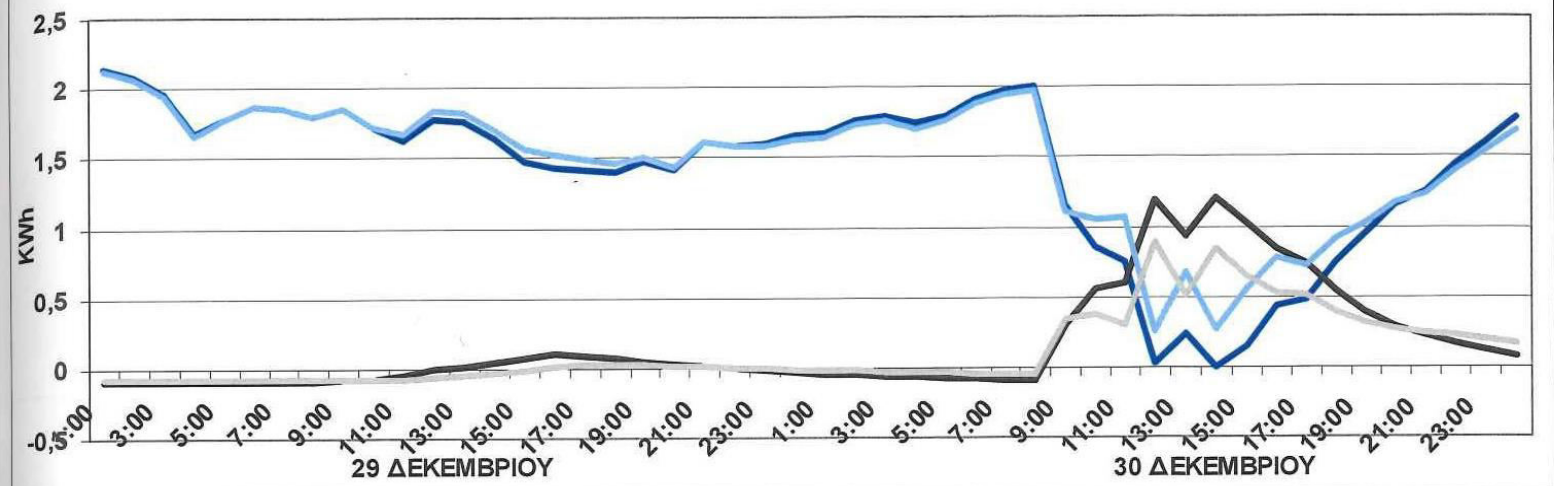
Διάγραμμα 6.15 Ωριαίο θερμικό κέρδος 29^{ης} και 30^{ης} Δεκεμβρίου

απωλειών. Συνοψίζοντας, τοίχοι με μεγάλο πάχος μπορεί να έχουν μικρότερη απόδοση στην διάρκεια της ημέρας αλλά έχουν καλύτερη απόδοση την διάρκεια της νύχτας.

Το θερμικό κέρδος πάντως που παράγεται από τις εκάστοτε διατάξεις παθητικών συστημάτων είναι αρκετό για να υπερνικήσει κυρίως τις μεσημεριανές ώρες την θερμική κατανάλωση που χρειάζεται το σπίτι και να εξοικονομήσουν ενέργεια. Το διάγραμμα 6.16 συγκρίνει τόσο το θερμικό κέρδος όσο και την θερμική κατανάλωση

ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ Κ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΤΡΟΜΒΕ 10 cm κ 40 cm ΣΤΙΣ 29 κ30 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ

— ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 10 cm — ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ 10 cm
— ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 40 cm — ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ 40 cm



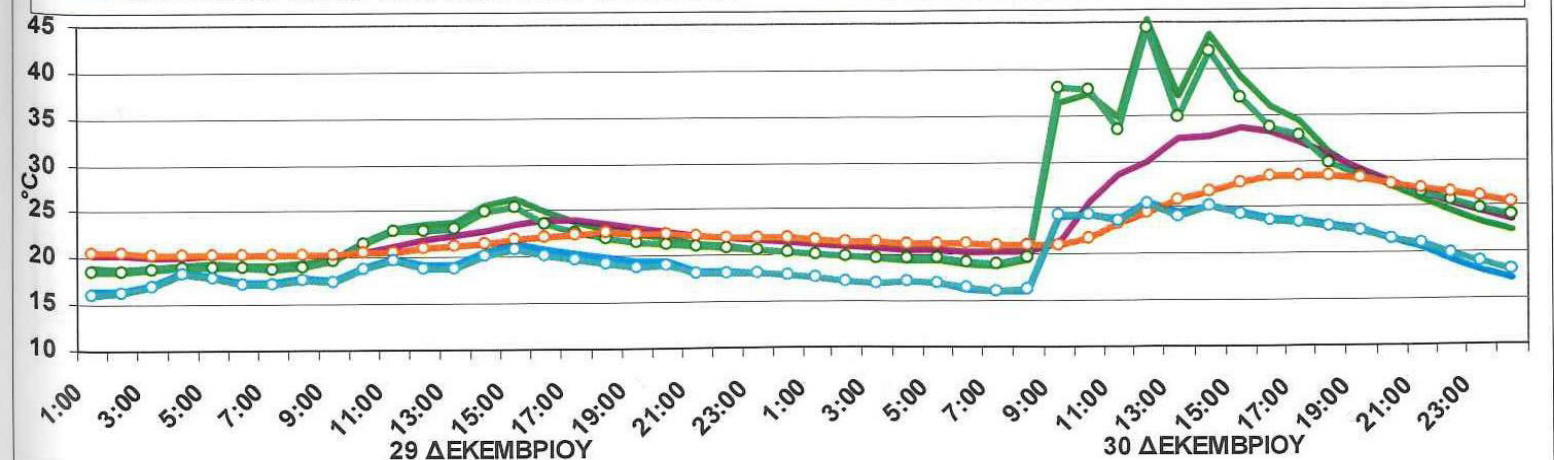
Διάγραμμα 6.16 Θερμική κατανάλωση και θερμικό κέρδος 29^{ης} και 30^{ης}
Δεκεμβρίου

των δύο υπό μελέτη διατάξεων και δείχνει ότι είναι ικανό να καλύψει τις ανάγκες του σπιτιού για θέρμανση

Τέλος όσον αφορά τις θερμοκρασίες του τοίχου Trombe αισθητή διαφορά υπάρχει μόνο στην θερμοκρασία του εσωτερικού τοίχου με τον τοίχο μεγάλου πάχους να υπερτερεί έναντι τοίχου μικρό πάχους, ενώ οι θερμοκρασίες διακένου αέρα και εξωτερικού τοίχου είναι ίδιες και για τις δύο διατάξεις.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΙΧΟΥ ΤΡΟΜΒΕ 10 cm κ 40 cm ΣΤΙΣ 29 κ30 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ

— ΜΕΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ 10 cm — ΜΕΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ 10 cm
— ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΚΕΝΟΥ ΑΕΡΑ 10 cm —○— ΜΕΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ 40 cm
—○— ΜΕΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ 40 cm —○— ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΚΕΝΟΥ ΑΕΡΑ 40 cm

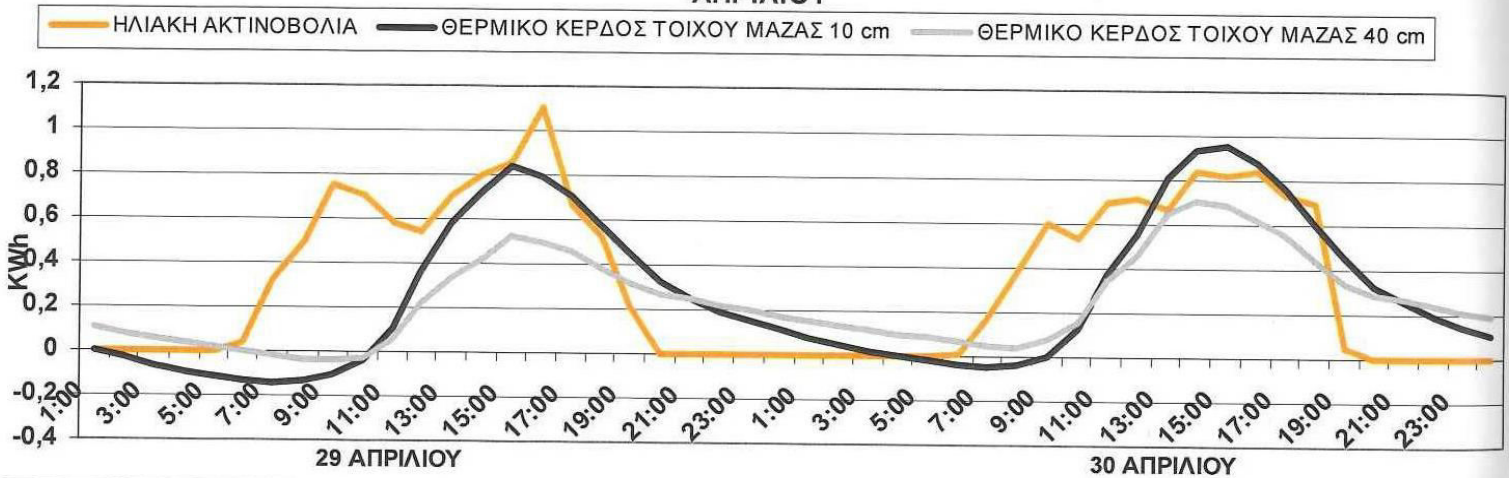


Διάγραμμα 6.17 Ωριαίες Θερμοκρασίες τοίχου Trombe

6.3.2. Ωριαίες τιμές 29^{ης} και 30^{ης} Απριλίου

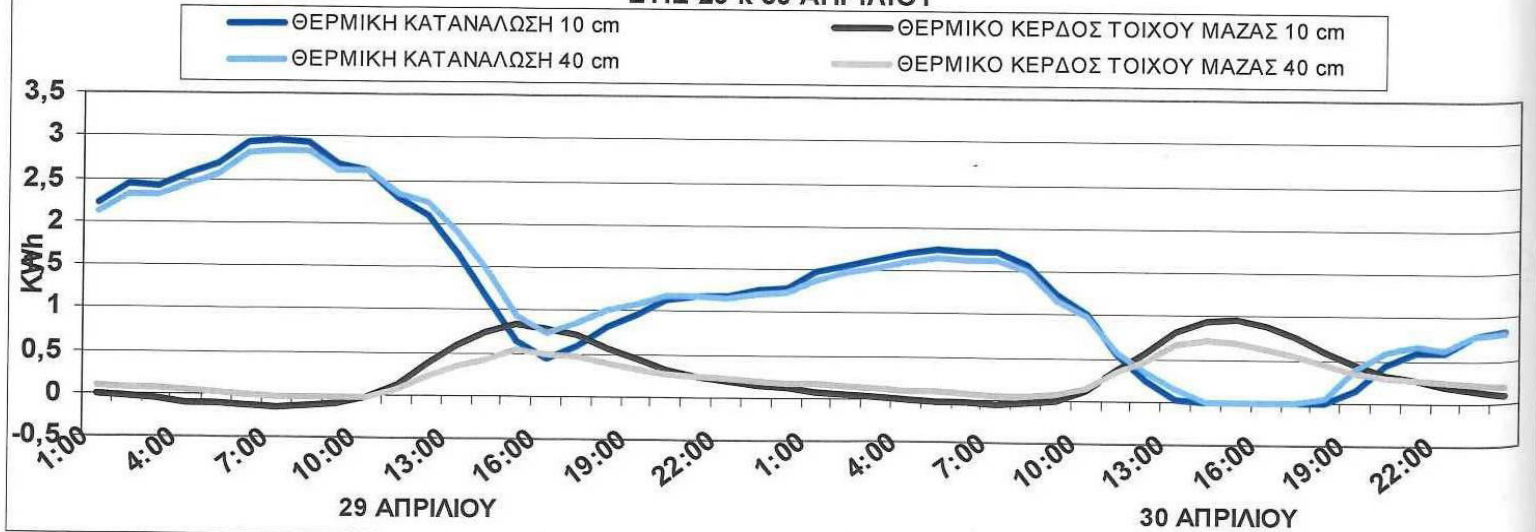
Τις ημέρες του Απρίλη η ηλιοφάνεια είναι εντονότερη και η απόδοση διαρκεί περισσότερο. Στο διάγραμμα 6.18 ξεχωρίζει το θερμικό κέρδος των δύο διατάξεων βάση της ημερήσιας ηλιοφάνειας. όπως και πριν έτσι και εδώ παρατηρείται μεγαλύτερο θερμικό κέρδος από τον τοίχο μικρού πάχους κατά την διάρκεια της ημέρας. Τις πρωινές ώρες όμως το θερμικό κέρδος είναι αρνητικό παρουσιάζοντας τότε απώλειες από το σύστημα. ένα σημαντικό συμπέρασμα που δίνει το διάγραμμα αυτό είναι ότι η θερμική μάζα και των δύο τοίχων αποδίδεται στο χώρο αρκετές ώρες μετά το πέρας της ηλιοφάνειας.

ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ Κ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΤΡΟΜΒΕ 10 cm κ 40 cm ΣΤΙΣ 29 κ30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ



Διάγραμμα 6.18 Ωριαίο θερμικό κέρδος τοίχου Trombe

ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ Κ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΤΡΟΜΒΕ 10 cm κ 40 cm ΣΤΙΣ 29 κ 30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ



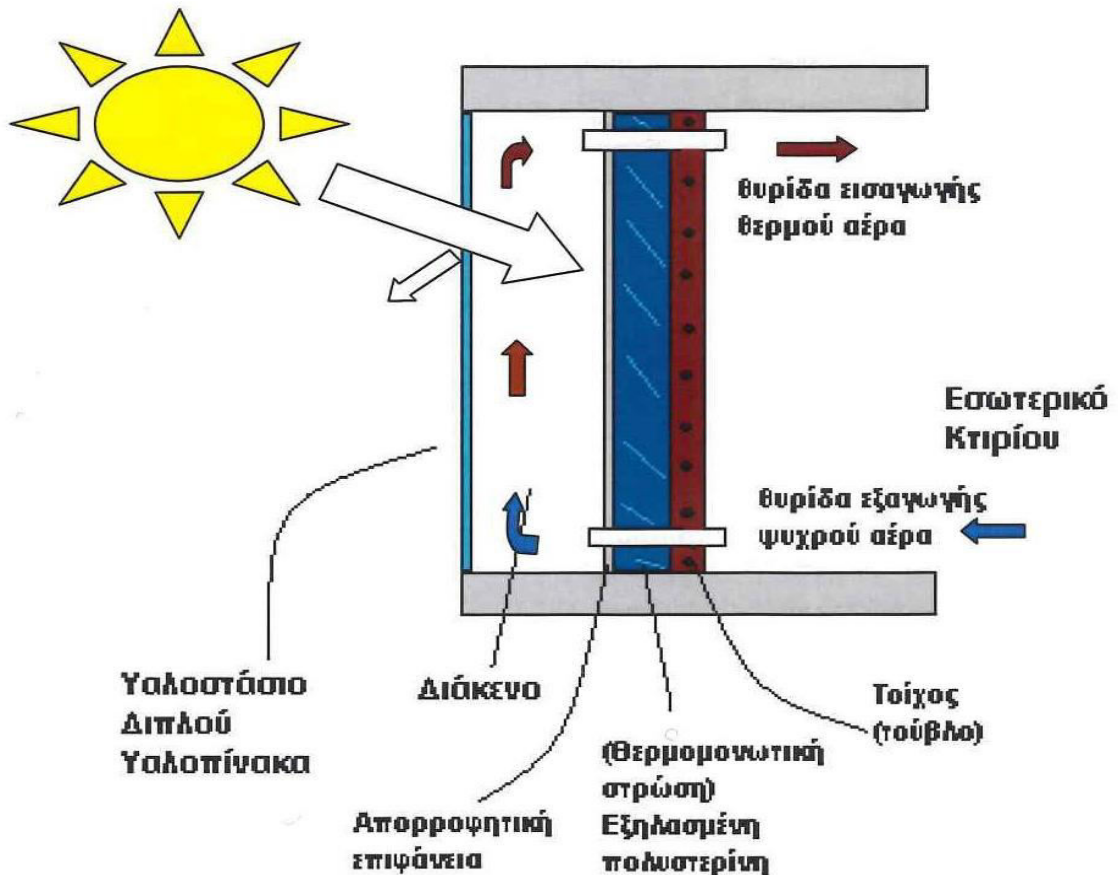
Διάγραμμα 6.19 Θερμική κατανάλωση και θερμικό κέρδος 29^{ης} και 30^{ης} Απριλίου

7. Παθητικό Ηλιακό Σύστημα Απομονωμένου Κέρδους

ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΚΟ ΠΑΝΕΛΟ

7.1 Εισαγωγή

Το Θερμοσιφωνικό πάνελο , έχει παρόμοια μορφή και γενικές ιδιότητες με τους τοίχους Trombe – Michel με την διαφορά της εφαρμογής θερμομονωτικής στρώσης στην εξωτερική πλευρά του τοίχου. Απουσιάζει η θερμική μάζα και τον ρόλο του συλλέκτη αναλαμβάνει σκούρα μεταλλική επιφάνεια , ισχυρά θερμομονωμένη επιφάνεια από την εσωτερική πλευρά , με κάποιο υλικό ανθεκτικό στην θερμική καταπόνηση. (Σχήμα 7.1)



Σχήμα 7.1. Τυπική διάταξη και αρχή λειτουργίας Θερμοσιφωνικού Πανέλου

Η απόδοση της θερμότητας στον χώρο γίνεται άμεσα με το φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού. Ο έντονος θερμοσιφωνισμός εντός του διακένου , επιτρέπει την κατασκευή συστημάτων χαμηλού ύψους , κάτι που δεν μπορεί να γίνει με τον τοίχο Trombe γιατί μια μικρή επιφάνεια με ήπια σχετικά θερμοκρασία δεν επιτρέπει σύντομη θέρμανση του αέρα και θερμοσιφωνισμό.

Σημαντικό ρόλο παίζει και το χρώμα που θα βαφτεί η εξωτερική πλευρά της μεταλλικής επιφάνειας , αφού μπορεί να αυξομειώσει την απόδοση του συστήματος .

Για τις ανάγκες της εργασίας τα δομικά χαρακτηριστικά που χρησιμοποιήθηκαν και οι διατάξεις που μελετήθηκαν είναι τα έξης

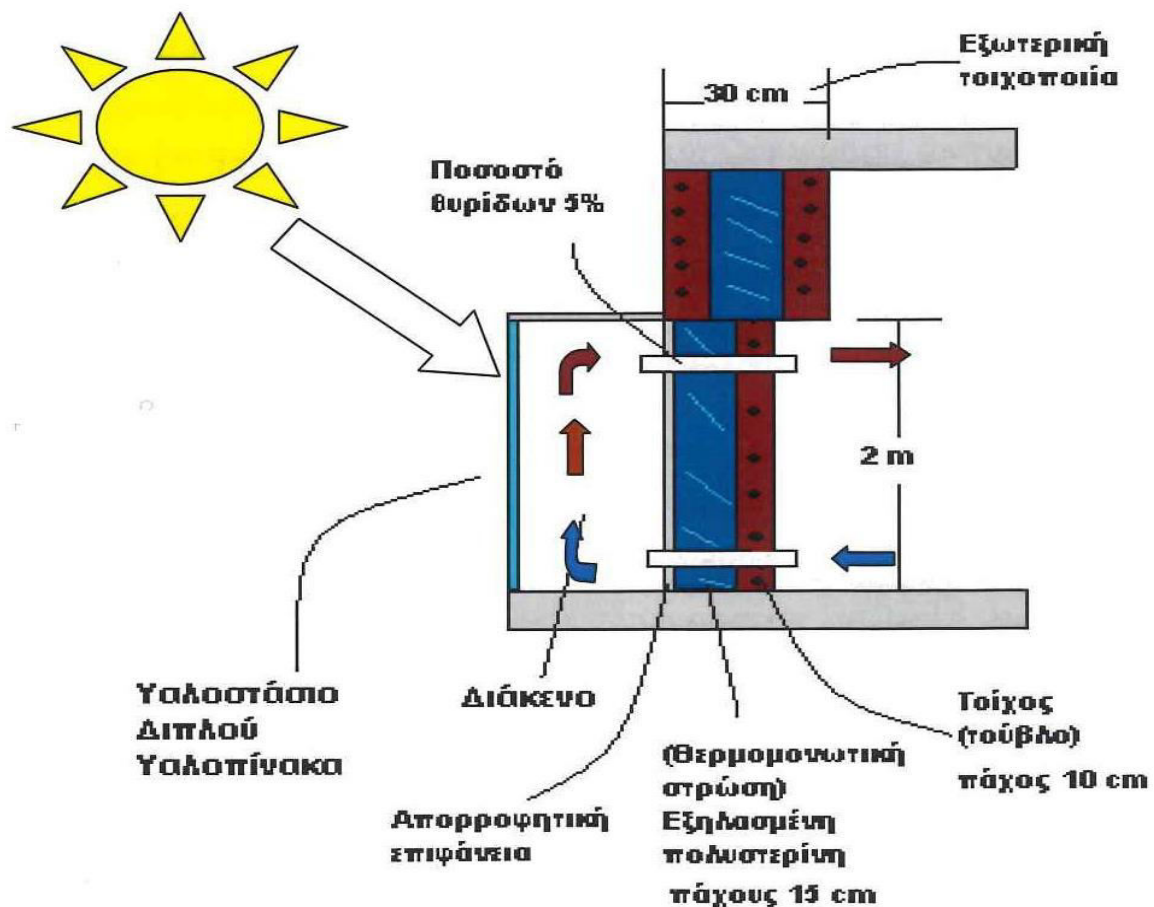
- Θερμοσιφωνικό πανέλο **κυμαινόμενου ύψους** , με ύψη 1, 1.5 και 2m , σταθερό πλάτος τοίχου στα 2m , ποσοστό θυρίδων στα 5% επί του εκάστοτε εμβαδού, υαλοστάσιο μονού υαλοπίνακα, σταθερή εξωτερική βαφή χρώματος σκούρο γκρι, Ως θερμομονωτική στρώση χρησιμοποιήθηκε εξηλασμένη πολυστερίνη πάχους 15 cm και ως υλικό θερμικής καταπόνησης τούβλο πάχους 10 cm.

- Θερμοσιφωνικό πανέλο **επιλεκτικής βαφής**, με επιλογή πέντε ειδών βαφής ,την μαύρη , την καφέ, την βαφή φυσικού μπετόν, την κίτρινη και την άσπρη βαφή , με ύψους τοίχου στο 1.5 m ,πλάτος τοίχου στα 2m, ποσοστό θυρίδων στα 5% και υαλοστάσιο μονού υαλοπίνακα. Και εδώ ως θερμομονωτική στρώση χρησιμοποιήθηκε εξηλασμένη πολυστερίνη πάχους 15 cm και ως υλικό θερμικής καταπόνησης τούβλο πάχους 10 cm.

7.2. Θερμοσιφωνικό Πανέλο Κυμαινόμενου Ύψους

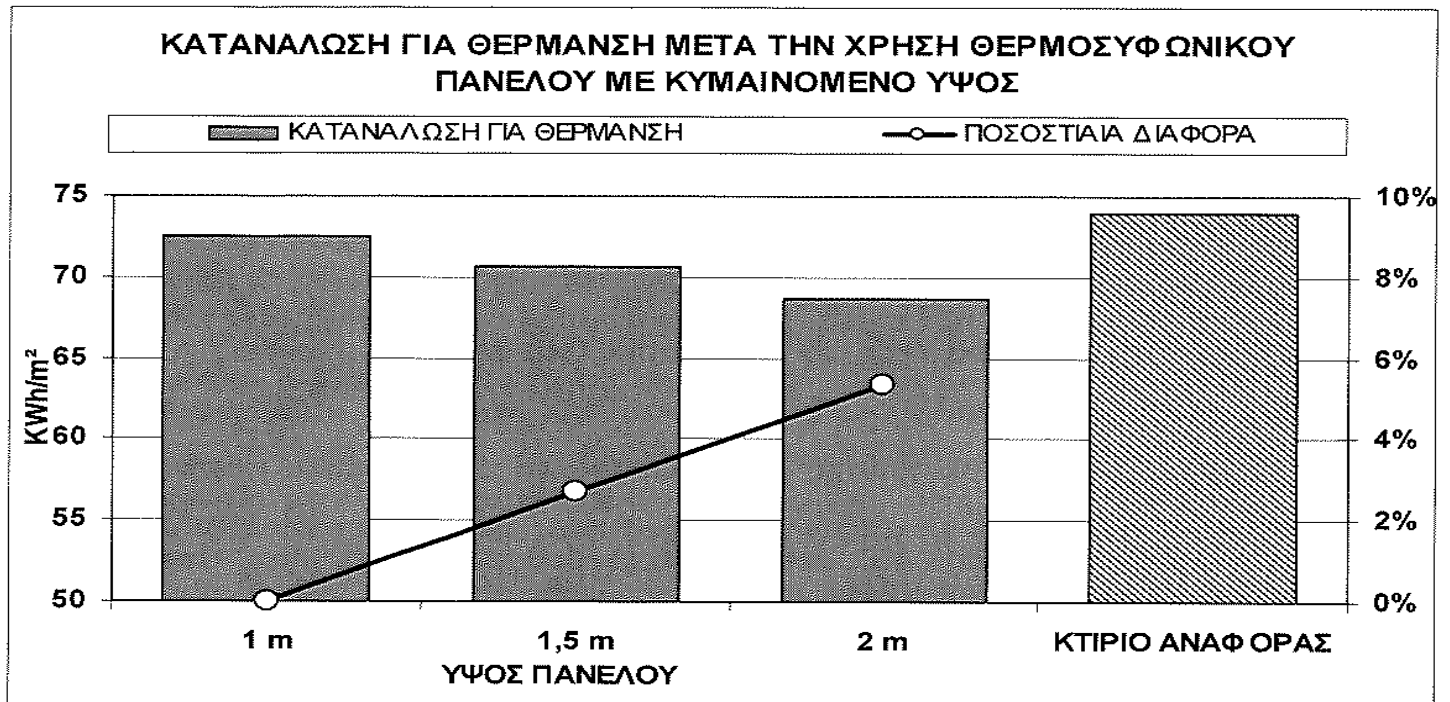
Λόγο του έντονου θερμοσιφωνισμού που παρατηρείται εντός του διακένου, είναι καταλληλότερη η κατασκευή συστημάτων χαμηλού ύψους. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στην θερμομονωτική στρώση που υπάρχει στο σύστημα αφού οι θερμοκρασίες και η θερμότητα τελικά που αναπτύσσονται εκεί είναι πολύ υψηλές. Το χαμηλό ύψος λοιπόν συνίσταται για την αποφυγή υπερθέρμανσης στον χώρο δεδομένου ότι η θέρμανση του αέρα στο διάκενο είναι πολύ γρήγορη.

Η διάταξη δεν είναι απαραίτητο να καταλάβει όλη την όψη, καθώς μπορεί να προσαρμοστεί κάτω από παράθυρα ή να είναι σαν συνέχεια της υφιστάμενης τοιχοποιίας (Σχήμα 7.2) Μπορεί επίσης να ενσωματωθεί πολύ εύκολα και διακριτικά σε υάλινες όψεις κτιρίων, ενώ το μικρό του βάρος επιτρέπει ακόμα και την μετέπειτα εγκατάστασή του σε υφιστάμενα κτίρια.



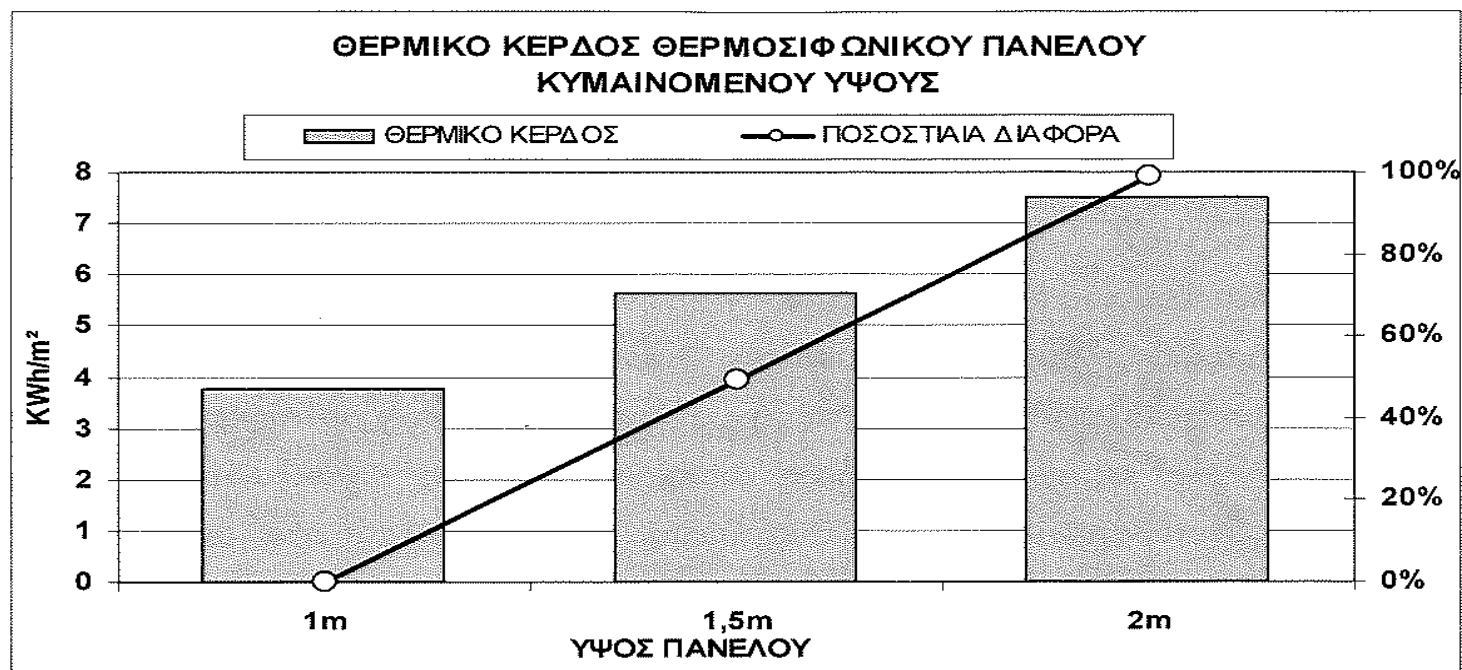
Σχήμα 7.2 Παράδειγμα χρήση θερμοσιφωνικού πανέλου ως συνέχεια της τοιχοποιίας

Για τις ανάγκες της εργασίας μελετήθηκε σύστημα θερμοσιφωνικού πανέλου με τρία διαφορετικά ύψη, στο 1, 1.5 και 2 m. Προσαρμόστηκαν στην νότια όψη του κτιρίου σαν συνέχεια της υφισταμένης εξωτερικής τοιχοποιίας. Το διάγραμμα 7.1 παρουσιάζει την θερμική κατανάλωση του κτιρίου μετά την εφαρμογή των τριών διατάξεων.



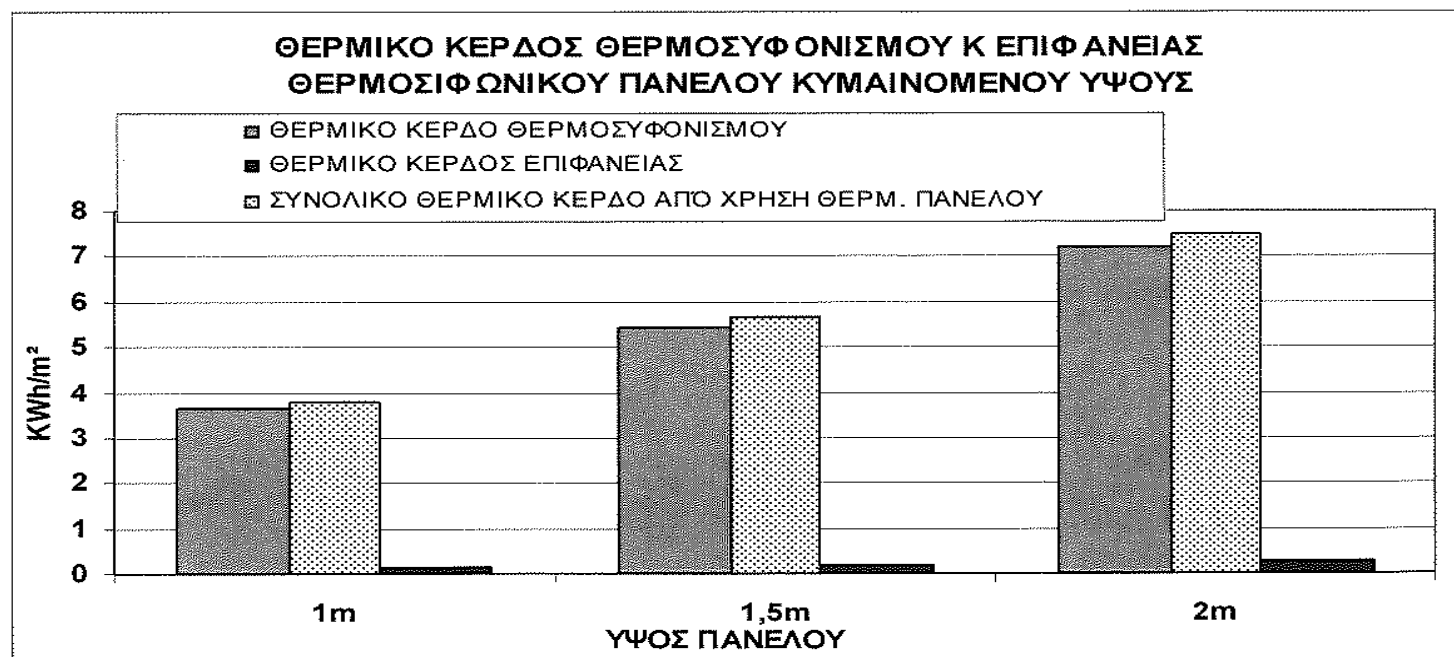
πανέλου κυμαινόμενου ύψους.

Όπως είναι λογικό παρουσιάζεται μικρή βελτίωση στην θερμική κατανάλωση του κτιρίου. Για ύψος πανέλου 1m η βελτίωση είναι σχεδόν μηδαμινή ενώ αυξάνοντας κατά μισό μέτρο το ύψος παρουσιάζεται μείωση της κατανάλωσης κατά 2 KWh/m² περίπου. Το θερμικό κέρδος όπως ειπώθηκε αρχικά δίνεται κατά κύριο λόγο από το φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού, ένα βασικό χαρακτηριστικό της διάταξης αυτής. Έτσι ότι κέρδος σε θερμότητα προσφέρει η εκάστοτε διάταξη προέρχεται από τον θερμό αέρα του διακένου που εισέρχεται στο κτίριο. Στο διάγραμμα 7.2 παρουσιάζεται το θερμικό κέρδος των τριών διατάξεων με την διάταξη μεγάλου ύψους να αποδίδει αρκετά καλά σε σύγκριση με τις άλλες. Η αύξηση του ύψους κατά ένα μέτρο επιφέρει διπλασιασμό του θερμικού κέρδους δηλαδή 100% αύξηση. Ιδανικό για θέρμανση μικρών χώρων ή δωματίων, δεδομένης της εύκολης, γρήγορης και φθηνής κατασκευής.



Διάγραμμα 7.2 Θερμικό κέρδος θερμοσιφωνικού πάνελου κυμαινόμενου ύψους.

Τέλος με το διάγραμμα 7.3 αποδεικνύεται ότι η απόδοση θερμότητας στον χώρο γίνεται και οφείλεται άμεσα με το φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού. Όπως παρατηρείται το θερμικό κέρδος της επιφάνειας του εσωτερικού τοίχου είναι μηδενικό και είναι λογικό αφού λειτουργεί ως ανθεκτικό υλικό στην θερμική καταπόνηση και όχι σαν θερμική μάζα.. Όσον αφορά τις θερμοκρασίες διακένου, εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας και για τις τρεις διατάξεις πανέλου είναι ίδιες.

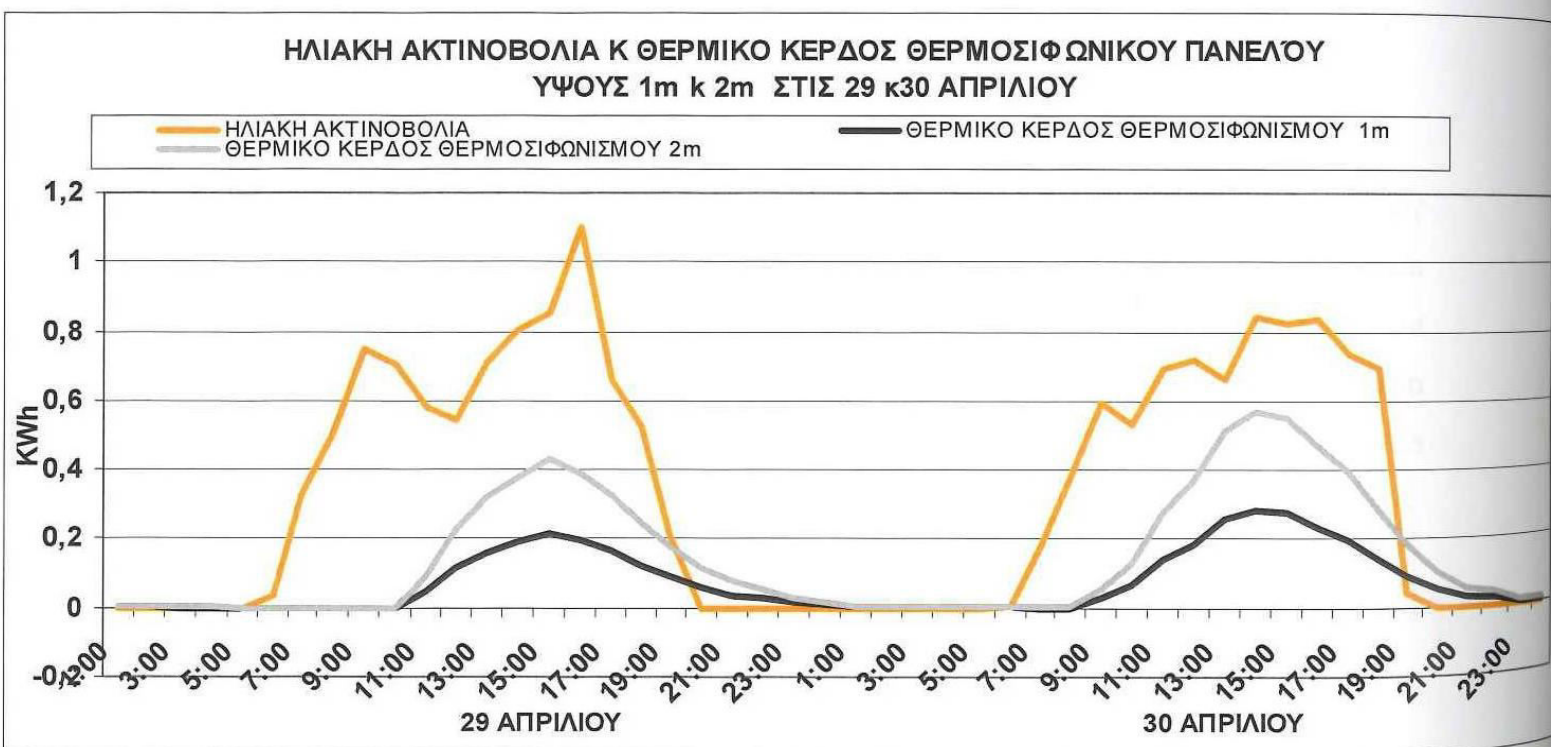


Διάγραμμα 7.3 Θερμικό κέρδος θερμοσιφωνισμού

7.2.1. Ωριαίες τιμές 29^{ης} και 30^{ης} Απριλίου

Οι ωριαίες τιμές εξετάστηκαν μεταξύ του μικρότερου και μεγαλύτερου ύψους πανέλου. Όπως αναμένονταν το ύψος μεγάλου ύψους έχει καλύτερη απόδοση σε ποσοστό μάλιστα 100%.

Τα συμπεράσματα του διαγράμματος 7.4 για την λειτουργία του πανέλου είναι δύο. Πρώτον ότι αποδίδει θερμότητα κατά την διάρκεια παρουσίας του ήλιου στην ατμόσφαιρα και για ελάχιστη ώρα μετά την απομάκρυνση του (για περίπου 2 με 3 ώρες). Δεύτερον ότι τις νυχτερινές ώρες το θερμικό κέρδος είναι μηδέν και όχι αρνητικό όπως συνέβαινε με τα άλλα συστήματα.. Αυτό οφείλεται στο μικρό ύψους του πανέλου και γενικά στο μικρό μέγεθος όλου του συστήματος που όπως ειπώθηκέ ξανά πριν η προσφορά του σε μικρούς χώρους είναι αρκετά ικανοποιητική.

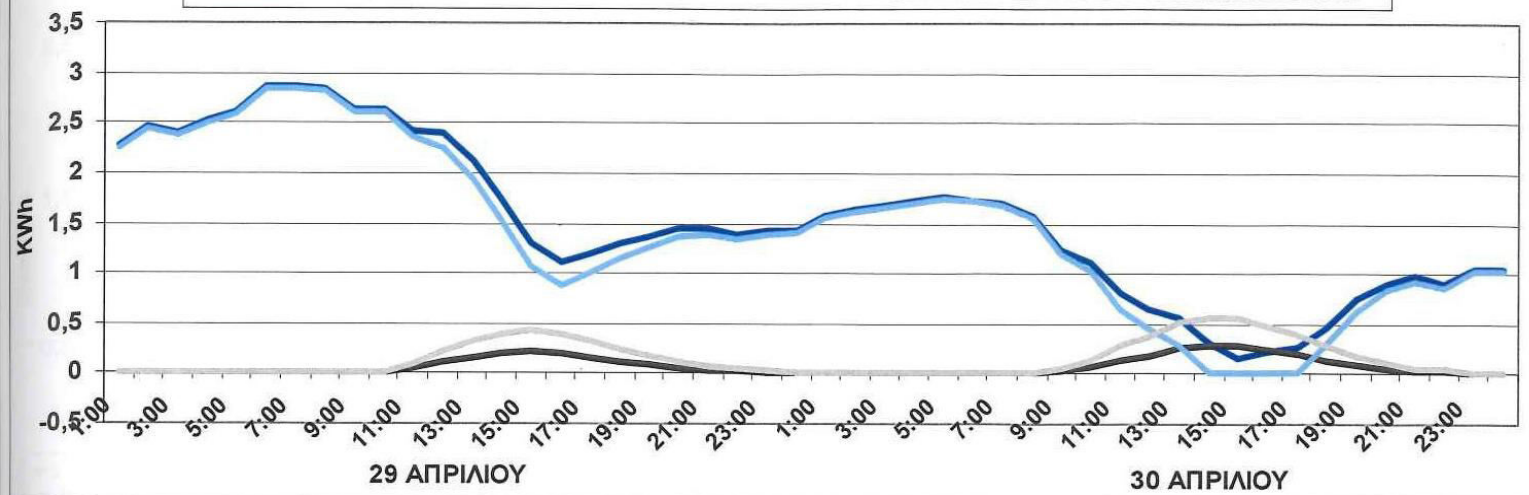


Διάγραμμα 7.4 Θερμικό κέρδος θερμοσιφωνικού πανέλου κυμαινόμενου ύψους.

Το διάγραμμα 7.5 δείχνει την ωριαία προσφορά θερμότητας των δύο διατάξεων στο κτίριο για την κάλυψη των θερμικών του αναγκών, αποδεικνύοντας ότι τις μεσημβρινές ώρες μπορεί να καλύψει θερμικές ανάγκες ολόκληρης της οικίας. Τέλος οι θερμοκρασίες και των δύο διατάξεων είναι ίδιες και αυτό φαίνεται στο διάγραμμα 7.6.

ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ Κ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΚΟΥ ΠΑΝΕΛΟΥ ΥΨΟΥΣ 1m k 2m ΣΤΙΣ 29 κ 30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ

— ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 1m — ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΣΜΟΥ 1m
— ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 2m — ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΣΜΟΥ 2m

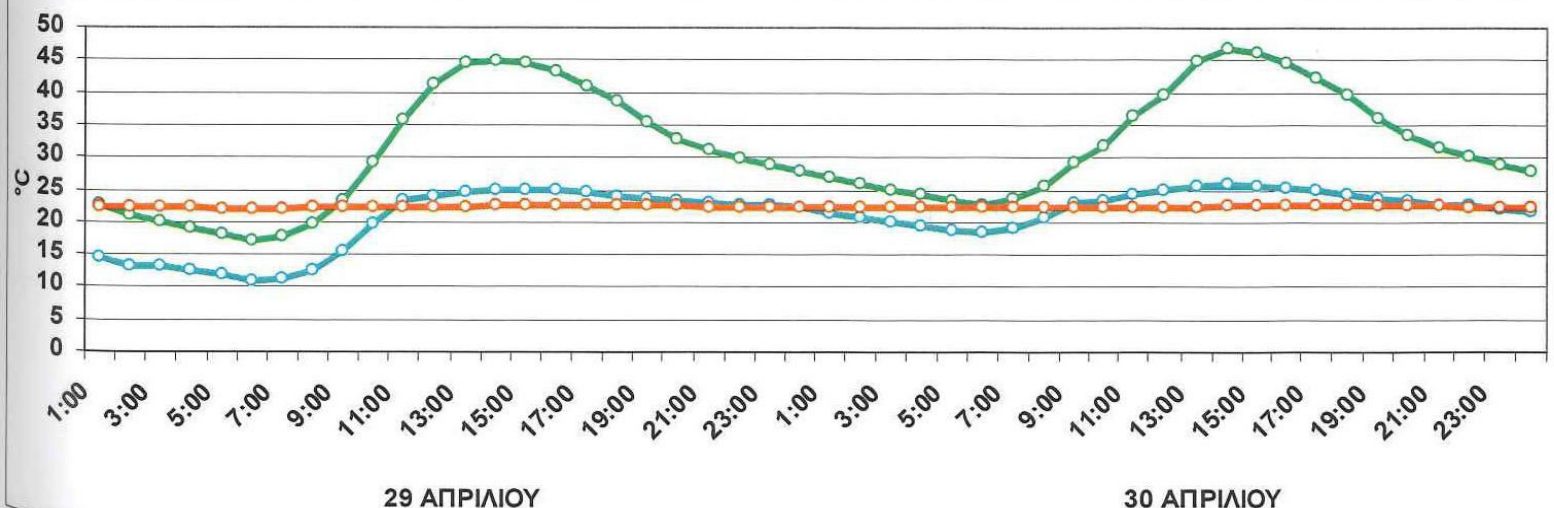


Διάγραμμα 7.5 Ωριαίο Θερμικό κέρδος και θερμικές ανάγκες μετά την χρήση πανέλου

Σε πραγματικές συνθήκες, δηλαδή σε μετρήσεις υπαρκτών διατάξεων σίγουρα θα υπήρχαν κάποιες θερμοκρασιακές διαφορές τις οποίες το προσομοιωτικό πρόγραμμα δυσκολεύεται να κατανοήσει. Για τον λόγο αυτό οι τιμές των θερμοκρασιών είναι ίδιες.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΚΟΥ ΠΑΝΕΛΟΥ ΥΨΟΥΣ 1m k 2m ΣΤΙΣ 29 κ 30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ

— ΜΕΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ 1m — ΜΕΣΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ 1m
— ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΚΕΝΟΥ ΑΕΡΑ 1m — ΜΕΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ 2m
— ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΚΕΝΟΥ ΑΕΡΑ 2m — ΜΕΣΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ 2m

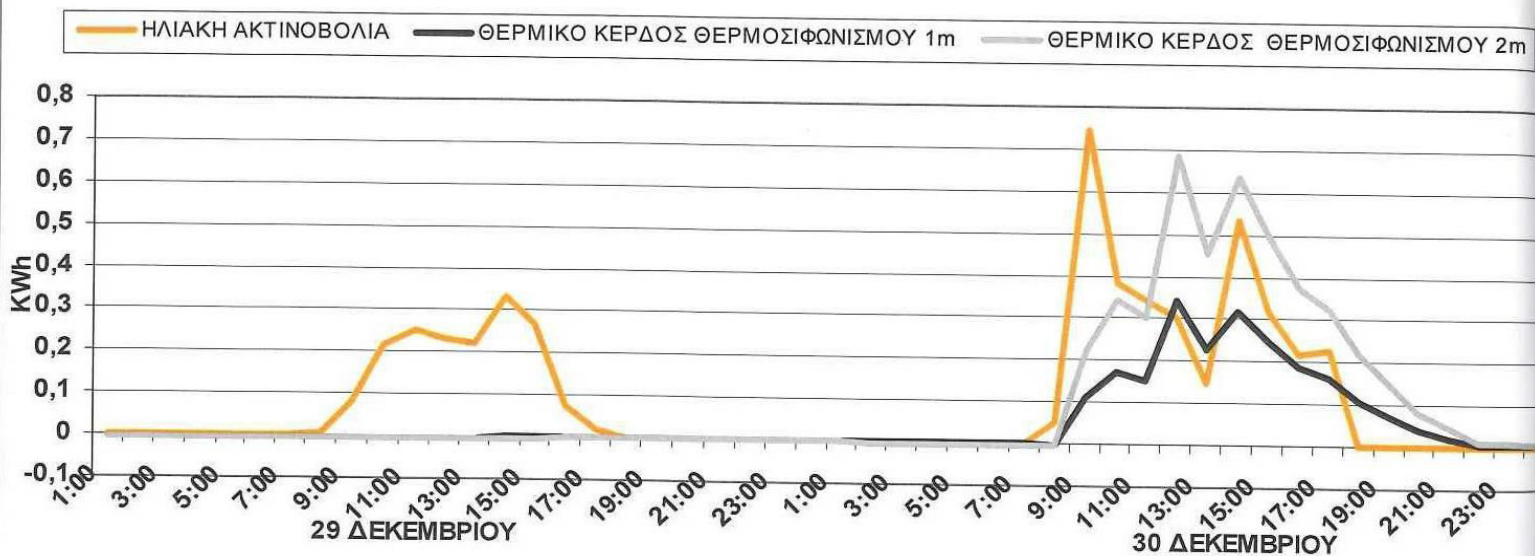


Διάγραμμα 7.6 Ωριαίες Θερμοκρασίες πανέλου στις 29 και 30 Απριλίου

7.2.2. Ωριαίες τιμές 29^{ης} και 30^{ης} Δεκεμβρίου

Το θερμικό κέρδος των δύο διατάξεων τις ημέρες του Δεκέμβρη παρουσιάζεται στο διάγραμμα 7.7. Το εντυπωσιακό του διαγράμματος αυτού είναι η απόδοση των διατάξεων τις νυχτερινές ώρες που είναι μηδενική παρόλη της απουσία του ήλιου και των χαμηλών θερμοκρασιών που επικρατούν. Αυτό οφείλεται κατά αποκλειστικότητα στην θερμομονωτική στρώση που την ημέρα λειτουργεί σαν πηγή θερμικής εκμετάλλευσης, ενώ την νύχτα σαν μονωτικό υλικό.

ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ Κ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΚΟΥ ΠΑΝΕΛΟΥ ΥΨΟΥΣ 1m κ 2m ΣΤΙΣ 29 κ30 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ



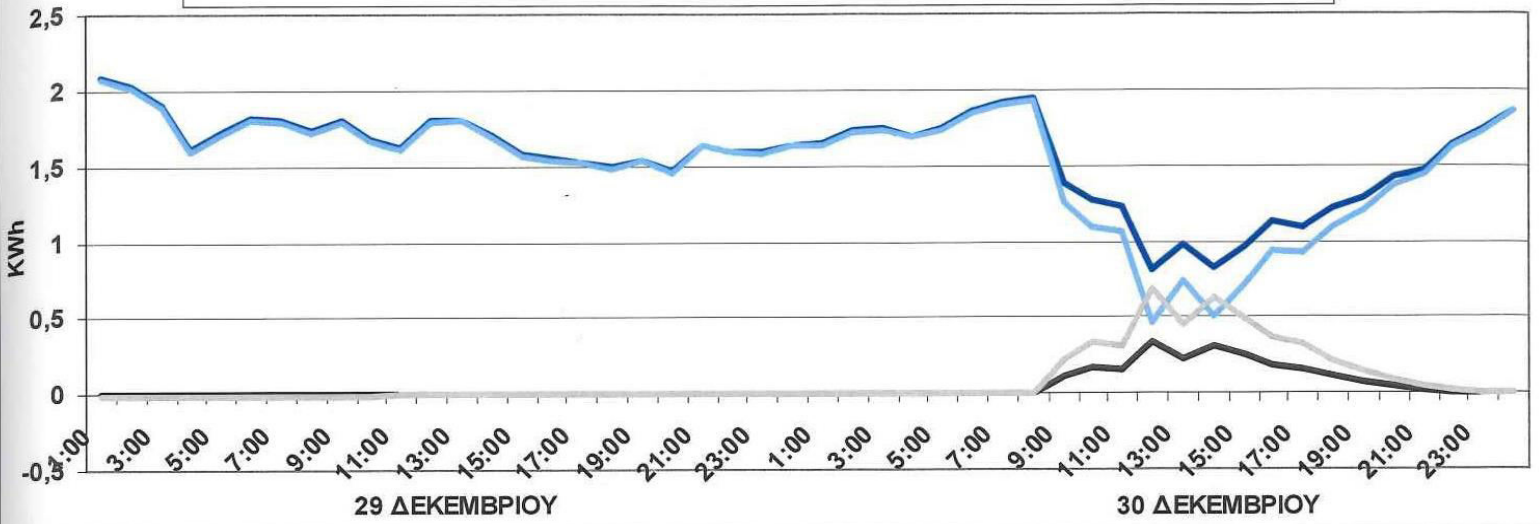
Διάγραμμα 7.7 Θερμικό κέρδος θερμοσιφωνικού πανέλου κυμαινόμενου ύψους

Στο διάγραμμα 7.8 παρουσιάζεται η θερμική κατανάλωση σε συνδυασμό με το θερμικό κέρδος των δύο διατάξεων. όπως φαίνεται καθαρά από το διάγραμμα αυτό μόνο η διάταξη με το μεγάλο ύψος μπορεί να υπερκαλύψει τις θερμικές ανάγκες του κτιρίου τις μεσημβρινές ώρες της 30^{ης} Δεκεμβρίου, την ημέρα δηλαδή που η συννεφιά είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα..

Τέλος υπενθυμίζεται ότι η θερμοκρασία διάκενου αέρα αλλά και η θερμοκρασία της εξωτερικής και εσωτερικής επιφάνειας είναι οι ίδιες και για τις τρεις διατάξεις.

**ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ Κ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΚΟΥ ΠΑΝΕΛΟΥ
ΥΨΟΥΣ 1m κ 2m ΣΤΙΣ 29 κ30 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ**

— ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 1m — ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΣΜΟΥ 1m
— ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 2m — ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΣΜΟΥ 2m



Διάγραμμα 7.8 Ωριαίο Θερμικό κέρδος και θερμικές ανάγκες μετά την χρήση πάνελου

7.3. Θερμοσιφωνικό Πανέλο Επιλεκτικής βαφής

Τον ρόλο της απορροφητικής επιφάνειας στο σύστημα του θερμοσιφωνικού πάνελου αναλαμβάνει μια μεταλλική επιφάνεια που βρίσκεται στην εξωτερική πλευρά του συστήματος. Το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την συνολική απόδοσή του συστήματος. Δεδομένης λοιπόν αυτής της παραμέτρου εξετάστηκαν πέντε είδη βαφής που θα μπορούσαν να συντελέσουν στην βελτίωση της αποδοτικότητας του συστήματος.

Οι βαφές ή καλύτερα τα χρώματα που χρησιμοποιήθηκαν είναι : Μαύρο ματ με βαθμό απορροφητικότητας 0,95, καφέ σκούρο βαθμού απορροφητικότητας 0.85, φυσικό μπετόν (το φυσικό χρώμα του σκυροδέματος) με βαθμό 0,65, κίτρινο χρώμα με βαθμό απορροφητικότητας 0,57 και τέλος άσπρο χρώμα με βαθμό απορροφητικότητας 0,25.

Τα δομικά χαρακτηριστικά του θερμοσιφωνικού πανέλου που εφαρμόστηκαν τα χρώματα αυτά είναι : Ύψους τοίχου στο 1.5 m ,πλάτος τοίχου στα 2m, ποσοστό θυρίδων στα 5% και υαλοστάσιο μονού υαλοπίνακα.. Ως θερμομονωτική στρώση χρησιμοποιήθηκε εξηλασμένη πολυστερίνη πάχους 15 cm και ως υλικό θερμικής καταπόνησης τούβλό πάχους 10 cm.

Η θερμική κατανάλωση του κτιρίου μετά από εφαρμογή επιλεκτικής βαφής παρουσιάζεται στο διάγραμμα 7.9. όπως ήταν αναμενόμενο βάφοντας με μαύρο χρώμα



Διάγραμμα 7.9 θερμική κατανάλωση μετά την εφαρμογή πανέλου επιλεκτικής βαφής.

την εξωτερική πλευρά της μεταλλικής επιφάνειας η συνολική θερμική κατανάλωση μειώνεται κατά 4 kWh/m² . Αντίθετα το άσπρο χρώμα όχι μόνο δεν συμβάλλει στην μείωση της κατανάλωσης αλλά επιφέρει αντίθετα αποτελέσματα, αυξάνοντας την θερμική κατανάλωση κατά περίπου 2 kWh/m² .

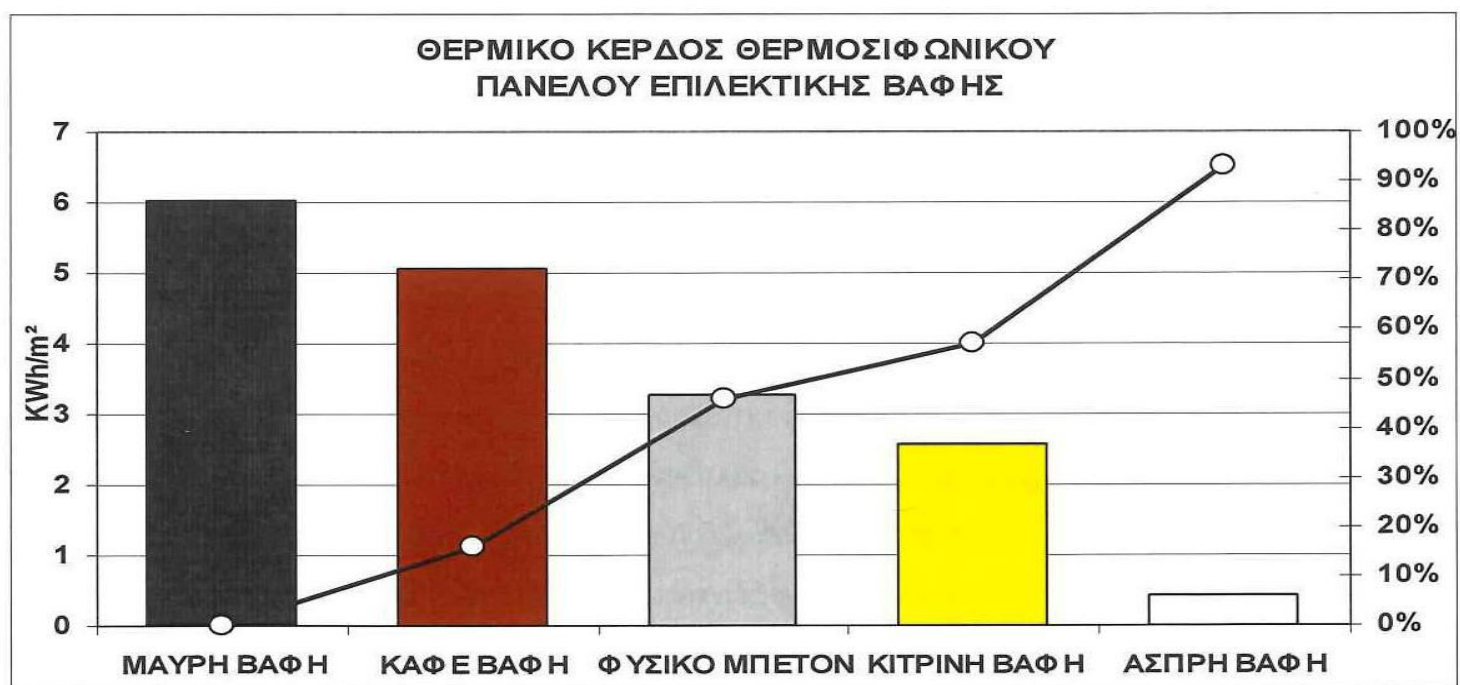
Η απορροφητικότητα της μεταλλικής επιφάνειας εξαρτάται τόσο από το χρώμα όσο και από την υφή της. Τα σκούρα χρώματα προτιμώνται ώστε να αυξάνεται η απορροφητικότητα (Διάγραμμα 7.10)

Η απορροφητικότητα παίζει τον σημαντικότερο ρόλο για την απόδοση του συστήματος. Τα σκούρα χρώματα έχουν περίπου 90 με 70 % καλύτερη θερμική απόδοση από ότι τα ανοιχτά χρώματα (Διάγραμμα 7.11).



Διάγραμμα 7.10 Απορροφητικότητα επιφάνειας ανάλογα με την βαφή

Αποδεικνύεται λοιπόν ότι με πολύ απλές και οικονομικές αλλαγές στην επιφάνεια των συστημάτων αυξάνεται το θερμικό κέρδος κατά ένα πολύ μεγάλο μάλιστα ποσοστό.



Διάγραμμα 7.11 Θερμικό κέρδος πάνελου επιλεκτικής βαφής

8. Σύνοψη Κεφαλαίου - Προτάσεις

Στο κεφάλαιο που προηγήθηκε μελετήθηκαν τέσσερα είδη Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων. Για τις ανάγκες της διπλωματικής εργασίας τα συστήματα αυτά τροποποιήθηκαν τόσο στο γεωμετρικό τους μέγεθος όσο και στο υλικό κατασκευής τους. Και τα τέσσερα συστήματα προσαρμόστηκαν στην νότια πλευρά κτιρίου, που δημιουργήθηκε από τον γράφοντα σε συνεργασία με τον υπεύθυνο καθηγητή. Η εργασία απαιτούσε μελέτη της απόδοσης των συστημάτων για την χειμερινή περίοδο του έτους, αλλά και για δύο αντιπροσωπευτικές ημέρες του Δεκεμβρίου και του Απριλίου. Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των διατάξεων στο κτίριο, προέρχονται από το προσομοιωτικό πρόγραμμα κτιρίων SUNCODE-PC, ένα πρόγραμμα το οποίο είναι ικανό να δώσει ακριβή και σαφή αποτελέσματα

Το κτίριο αναφοράς σχεδιάστηκε και προσομοιώθηκε βάση της Ελληνική πραγματικότητας. Βρίσκεται στην περιοχή των Αθηνών και είναι πολύ καλά μονωμένο κτίριο, με μόνωση σε ολόκληρο το κέλυφος του. Το εμβαδόν του είναι 96 m^2 και η συνολική του χειμερινή κατανάλωση για θέρμανση ανέρχεται στην τιμή των $73,961 \text{ kWh/m}^2$. Για την θέρμανση του κτιρίου χρησιμοποιείτε σύστημα θέρμανσης το οποίο καλύπτει τις ανάγκες του σπιτιού σε ποσοστό 86%. Πρόκειται λοιπόν για μία μονοκατοικία που συναντιέται πολύ συχνά στον ελλαδικό χώρο, κυρίως στην επαρχία, και χρησιμοποιήθηκε σαν βάση για την συνέχεια της εργασίας και την μελέτη των παθητικών συστημάτων.

Τα νότια ανοίγματα είναι πιο συνηθισμένος τρόπος εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας για τη θέρμανση των κτιρίων. Μέσω της χρήσης διαφανών επιφανειών με νότιο προσανατολισμό γίνεται καλύτερη κατανομή των ηλιακών κερδών στο κτίριο, επιτυγχάνοντας έτσι σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση. Για τις ανάγκες της εργασίας μελετήθηκαν ανοίγματα πέντε διαφορετικών εμβαδών (2.5 , 5 , 10 , 15 και 20 m^2) τόσο με μονό όσο και για διπλό υαλοπίνακα, στην νότια όψη του κτιρίου.

Διαπιστώθηκε ότι όσο μεγαλώνουν τα ανοίγματα, μειώνεται η συνολική θερμική κατανάλωση του κτιρίου (και αντίστοιχα αυξάνεται και το συνολικό θερμικό κέρδος των συστημάτων) ενώ ταυτόχρονα αυξάνονται οι θερμικές απώλειες κατά την διάρκεια της νύχτας. Το πρόβλημα αυτό όμως αντιμετωπίστηκε με τοποθέτηση νυχτερινής μόνωσης. Ο διπλός υαλοπίνακας αποδείχθηκε ότι είναι πιο αποδοτικός από τον μονό συγκρατώντας στο εσωτερικό του κτιρίου μεγαλύτερη θερμότητα αφού έχει

και τον χαρακτήρα του “μονωτή”. Αυτά όμως ισχύουν για ανοίγματα μεγάλου εμβαδού, αφού τα μικρότερα ανοίγματα απέδωσαν καλύτερα με υαλοστάσιο μονού υαλοπίνακα. Το κρίσιμο εμβαδόν, το μέγεθος δηλαδή εκείνο που παρατηρήθηκε αλλαγή στην απόδοση των συστημάτων μονού – διπλού βρέθηκε ότι είναι στα 12.5 m^2 ανοίγματος (Διάγραμμα 4.21), δηλαδή για ένα άνοιγμα που καταλαμβάνει το 13% της συνολικής κάτοψης του κτιρίου. Το άνοιγμα αυτό ανεξαρτήτως είδος υαλοστασίου (μονού-διπλού) μπορεί να εξασφαλίσει θερμικό κέρδος στο σύνολό της χειμερινής περιόδου της τάξης των 21 περίπου kWh/m^2 και έτσι οι ανάγκες για θερμική κατανάλωση να μειωθούν σε 52.9 από 73.9 kWh/m^2 που καταναλώνει το απλό κτίριο.

Βάση της μελέτης των συστημάτων άμεσου κέρδους που πραγματοποιήθηκε για αυτήν την εργασία προτείνεται ανεπιφύλακτα η χρησιμοποίησή τους, για την αξιοποίηση και την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. Βασική όμως προϋπόθεση είναι η ύπαρξη εσωτερικής θερμικής μάζας (χρήση υλικών υψηλής θερμοχωρητικότητας), κατάλληλη θερμική προστασία (μόνωση του περιβλήματος, διπλοί υαλοπίνακες, νυχτερινή μόνωση) και απαιτούμενη ηλιοπροστασία τους καλοκαιρινούς μήνες για αποφυγή υπερθέρμανσης. Ως καταλληλότερο σύστημα άμεσου κέρδους για το συγκεκριμένο κτίριο προτείνεται αυτό με εμβαδόν ανοίγματος 15 m^2 , υαλοστάσιο διπλού υαλοπίνακα και ύπαρξη νυχτερινής μόνωσης

Ο τοίχος μάζας συνδυάζει συλλογή, αποθήκευση και μετάδοση της ηλιακής ενέργειας σε έναν υαλόφρακτο τοίχο. Κατασκευάζεται από υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα και τοποθετείται κυρίως στη νότια πλευρά του κτιρίου. Ένα υαλοστάσιο τοποθετημένο σε απόσταση 10-15 εκ. από αυτόν προς τη εξωτερική του πλευρά, χρησιμεύει για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι διατάξεις που μελετήθηκαν αφορούσαν το πάχος του τοίχου μάζας (10,20,30 και 40 cm) και με τα δύο είδη υαλοπίνακα, το εμβαδόν του ($6,12,18$ και 24 m^2) στην νότια όψη και την επιλογή χρώματος στην εξωτερική πλευρά του τοίχου.

Από την μελέτη διαπιστώθηκε αρχικά ότι το είδος του υαλοστασίου παίζει σημαντικό ρόλο στην απόδοση του συστήματος με αποδοτικότερο υαλοστάσιο αυτό του διπλού υαλοπίνακα γιατί καταφέρνει να εγκλωβίζει και διατηρεί την θερμότητα που δέχεται καλύτερα από εκείνο με μονό υαλοπίνακα. Όσον αφορά το πάχος του τοίχου μάζας διαπιστώθηκε ότι όσο το πάχος μεγαλώνει, αυξάνεται η συνολική κατανάλωση για θέρμανση και μειώνεται το καθαρό θερμικό κέρδος του συστήματος. Αυτό όμως συμβαίνει μόνο στην διάρκεια της ημέρας αφού την νύχτα αποδοτικότερο σύστημα αποδείχθηκε αυτό με μεγαλύτερο πάχος. Ο συνδυασμός διπλού υαλοστασίου με πάχος τοίχου 20 cm θεωρείται ο αποδοτικότερος σε 24ωρη βάση εκ των μελετηθέντων συστημάτων. Το εμβαδόν του

τοίχου ήταν το στοιχείο που πρόσφερε στο κτίριο μεγάλο θερμικό κέρδος. Όσο διπλασιαζόταν το εμβαδόν, μειωνόταν αισθητά η θερμική κατανάλωση και αυξανόταν σε ποσοστό 100% το θερμικό κέρδος. Τέλος σημαντικό ρόλο έπαιξε και το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου μάζας αφού η επιλογή μαύρης βαφής αποδείχθηκε πολύ αποδοτική.

Η απόδοση των τοίχων μάζας εξαρτάται από το μέγεθός τους σε σχέση με το κτίριο, αλλά και από την χρήση του κτιρίου. Η χρήση τους σίγουρα βοηθάει “ενεργειακά ” αφού ο τοίχος μάζας πρόσφερε στο κτίριο σημαντική μείωση της συνολικής θερμικής του κατανάλωσης. Ανάλογα με την διάταξη η κατανάλωση για θέρμανση μειώθηκε από 5 έως 25 kWh/m². Προτεινόμενη διάταξη είναι αυτή με δομικά χαρακτηριστικά υαλοστάσιο διπλού υαλοπίνακα, πάχος τοίχου 20 cm, εμβαδόν συστήματος 18 m² (καταλαμβάνοντας το 19% της συνολικής όψης) και μαύρο χρώμα εξωτερικού τοίχου, έχοντας θερμικά κέρδη της τάξης των 25 kWh/m².

Ο τοίχος Trombe είναι παραλλαγή του τοίχου μάζας, μέρος της συλλεγόμενης θερμότητας στο διάκενο μεταξύ τοίχου και υαλοπίνακα μεταφέρεται μέσω θυρίδων στον εσωτερικό χώρο. Η μελέτη επικεντρώθηκε στην αλλαγή δύο στοιχείων του συστήματος, του ποσοστού επιφάνειας των θυρίδων (1%,5%,10%,15% και 20%της συνολικής επιφάνειας του τοίχου)και στο πάχος του τοίχου (10,20,30 και 40 cm) .

Από την εργασία δείχθηκε ότι η αύξηση του ποσοστού των επιφανειών των θυρίδων είναι ανάλογη με το θερμικό κέρδος και αντιστρόφως ανάλογη με την θερμική κατανάλωση. Οι τοίχοι Trombe προσφέρουν θερμότητα μέσω δύο πηγών, από τις θυρίδες και από την επιφάνεια του τοίχου. Παρατηρήθηκε ισορροπία απόδοσης των δύο πηγών για ποσοστό θυρίδων 5%, από εκεί και πέρα ο θερμοσιφωνισμός απέδιδε περισσότερο κέρδος στο εσωτερικό του κτιρίου. Το πάχος του τοίχου είχε ανάλογη συμπεριφορά με αυτή του τοίχου μάζας, δηλαδή μείωση απόδοσης με την αύξηση του πάχους .

Η χρήση τοίχων θερμικής μάζας εξασφαλίζει σημαντική πτώση της θερμικής κατανάλωσης . Από τις διατάξεις που μελετήθηκαν στο κεφάλαιο αυτό αποδοτικότερη για όλη την διάρκεια μίας ημέρας αποδείχθηκε αυτή με πάχος 20 cm και ποσοστό θυρίδων 5%.

Το θερμοσιφωνικό πανέλο αποτελεί σύστημα παρόμοιας κατασκευής και λειτουργίας με τον τοίχο Trombe, χωρίς την ύπαρξη και λειτουργία θερμικής μάζας. Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπεται σε θερμική και μεταφέρεται στο εσωτερικό μόνο μέσω των θυρίδων. Μελετήθηκαν συστήματα με κυμαινόμενο ύψος (1, 1.5 και 2m) και με επιλεκτική βαφή.

Η απόδοση τους λόγω του μικρού τους μεγέθους δεν ήταν αρκετά μεγάλη και προτείνεται κυρίως για θέρμανση μικρών χώρων. Παρατηρήθηκε όμως γραμμική αύξηση του θερμικού κέρδους σε ποσοστό 100% με τον διπλασιασμό του ύψους του συστήματος. Η επιλογή εξωτερικού χρώματος βοήθησε στην διαπίστωση ότι τα σκουρόχρωμα χρώματα προσφέρουν μεγαλύτερη απόδοση. Προτεινόμενη από τις υπό μελέτη διατάξεις αυτή με ύψος 2m και μαύρο χρώμα στην εξωτερική πλευρά του συστήματος.

Κεφάλαιο

6^ο

Συμπεράσματα, Επίλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολήθηκε με την μελέτη Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων. Η μελέτη αυτή αναπτύχθηκε για λόγους ελέγχου λειτουργικής απόδοσης των συστημάτων καθώς και για εξοικονόμησης θερμικής ενέργειας κτιρίων.

Το ιδιαίτερα ήπιο κλίμα στην Ελλάδα και η αυξημένη ηλιοφάνεια αποτελούν κλιματικούς παράγοντες που επιτρέπουν την δυνατότητα σχεδιασμού κτιρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, με παθητικές τεχνικές χωρίς την απαίτηση συστημάτων που αυξάνουν το κόστος κατασκευής τους.

Η εξοικονόμηση ενέργειας και μάλιστα η εξοικονόμηση σε μεγάλο βαθμό προκύπτει από το σωστό και ορθολογικό σχεδιασμό – όσον αφορά στην χωροθέτηση και προσανατολισμό του κτιρίου, το μέγεθος , τον προσανατολισμό και τη θέση των ανοιγμάτων, την προστασία του κελύφους (θερμομόνωση και ηλιοπροστασία)- ο οποίος αποτελεί και τον βασικότερο παράγοντα που πρέπει να λάβουν υπ' όψιν τους οι μελετητές .

Έτσι, η απόδοση ενός παθητικού συστήματος, ενώ σχετίζεται με την κλιματική περιοχή εφαρμογής, εξαρτάται ιδιαίτερα από την συνολική κατασκευή του κτιρίου και την συμβολή των υπόλοιπων δομικών στοιχείων (ποσότητα θερμικής μάζας, ποσοστά ανοιγμάτων σημεία του κελύφους όπου μεγιστοποιούνται οι θερμικές απώλειες κ.λ.π.) αλλά και απαιτήσεις άνεσης που τίθενται από τους χρήστες του κτιρίου. Είναι δηλαδή δυνατόν, ενώ έχει προβλεφθεί το κατάλληλο παθητικό σύστημα, αν δεν μελετηθεί με υπολογισμό και ανάλυση ολόκληρου του κελύφους να μην αποδώσει τα αναμενόμενα οφέλη. Αντίστοιχα οι αποκλίσεις στην κατασκευή του και η λανθασμένη χρήση του από τους χρήστες μπορεί να οδηγήσουν σε μειωμένα ενεργειακά οφέλη ή ακόμα και σε αρνητική λειτουργία.

Λαμβάνοντας σοβαρά υπόψη τα παραπάνω, έγινε μία προσπάθεια διενέργειας μίας εργασίας που στόχο της θα είχε τον υπολογισμό μείωσης της θερμικής κατανάλωσης κτιρίου αναφοράς μετά την εφαρμογή σε αυτό συστήματα παθητικού ηλιακού κέρδους.

Στα πλαίσια αυτής της μελέτης, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο ενεργειακής προσομοίωσης κτιρίων SUNCODE-PC με τέτοιο τρόπο ώστε τα αποτελέσματα να αποτελούν ακριβή πηγή μελέτης της απόδοσης των παθητικών συστημάτων. Συνεπώς, η μελέτη πραγματοποιήθηκε με προσομοιωτικό τρόπο, αφού ήταν αδύνατη η εργασία πάνω σε υπαρκτά παθητικά συστήματα .

Έπειτα από μία σειρά πολλαπλών προσομοιώσεων πάνω σε συστήματα και υλικά που βρίσκουν εφαρμογή στον Ελλαδικό χώρο, διαπιστώθηκε ότι τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι τα πλέον αποδοτικά και οικονομικά συστήματα για φυσική θέρμανση, γιατί δεν απαιτεί μηχανικά μέσα, όπως συλλέκτες, αντλίες, ανεμιστήρες κ.λ.π. Αποδείχθηκε επίσης ότι το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται ένα κτίριο μέσα από τα νότια ανοίγματα, μετατρέπεται σε θερμότητα, απορροφάται και αποταμιεύεται στα βαρεία υλικά της κατασκευής, το μπετόν, τα τούβλα για να χρησιμοποιηθεί αργότερα.

Εκτός του ελέγχου που αφορά την απόδοση των συστημάτων και την μείωση της συνολικής θερμικής κατανάλωσης, πραγματοποιήθηκε έλεγχος συμπεριφοράς των παθητικών διατάξεων κατά τις ώρες απουσίας της ηλιακής ακτινοβολίας δηλαδή κατά τις νυχτερινές ώρες, όπως επίσης και έλεγχος θερμοκρασιακής συμπεριφοράς των επιφανειών των παθητικών συστημάτων.

Το τελικό συμπέρασμα που εξήχθη για τα παθητικά συστήματα ήταν ότι η απόδοση τους επηρεάζεται και εξαρτάται από κάποιες παραμέτρους οι βασικότερες εκ των οποίων είναι:

- **Σωστός σχεδιασμός και ορθολογική επιλογή των τεχνικών**

Προτείνεται η εφαρμογή βασικών άρχων ενεργειακού σχεδιασμού με εξασφάλιση βέλτιστου ηλιασμού του κτιρίου για θέρμανση το χειμώνα. όταν το άμεσο κέρδος είναι μεγάλης επιφάνειας και δεν συνοδεύεται από επαρκή νυχτερινή μόνωση, μπορεί να αποδώσει αρνητικά το χειμώνα, διότι παρουσιάζει μεγάλες θερμικές απώλειες κατά την διάρκεια της νύχτας. Βασικά οφέλη παρέρχονται από την προστασία του κελύφους, από την επιλογή κατάλληλων υλικών κατασκευής του κτιρίου για βελτιωμένη θερμοχωρητικότητα και θερμομόνωση. Η χρήση ηλιακών τοίχων αποδίδει καλύτερα ως προς τον παράγοντα θερμική άνεση, ενώ τα κέρδη που προκύπτουν μπορούν να καλύψουν θερμικές απαιτήσεις των διπλανών χώρων. Συνοψίζοντας, το όφελος που προκύπτει από παθητικές τεχνικές και συστήματα είναι δυνατόν να παρουσιάζει μεγάλες διαφοροποιήσεις, ανάλογα με τον τύπο, τη χρήση και το μέγεθος κτιρίου, την κλιματική περιοχή, το σύστημα δόμησης της περιοχής εφαρμογής κ.α.

- **Ορθή υλοποίηση των συστημάτων κατά την κατασκευή**

Η υλοποίηση της μελέτης ενός κτιρίου με σωστή εφαρμογή των τεχνικών δόμησης και τον παθητικών συστημάτων αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την απόδοση. Η απόκλιση της τελικής κατασκευής από την αρχική μελέτη του κτιρίου αποτελεί τον βασικό παράγοντα στον οποίο οφείλεται η μειωμένη απόδοση των Π.Η.Σ. Η απόκλιση οφείλεται είτε σε κατασκευαστικά λάθη, είτε σε αποφάσεις των χρηστών που μπορεί να αναστρέψει την συμπεριφορά του κτιρίου των συστημάτων και ολόκληρου του κτιρίου.

- **Σωστή χρήση και λειτουργία του κτιρίου και των συστημάτων**

Για όλα τα Π.Η.Σ. υπάρχει ως ένα βαθμό η αναγκαιότητα συμβολής του χρήστη. Ο παράγοντας αυτός πρέπει να αποτελεί για τους μελετητές βασικό κριτήριο κατά την επιλογή συστημάτων και τεχνικών. Σε πλείστες περιπτώσεις ο χρήστης αποτελεί αρνητικό παράγοντα για την απόδοση του συστήματος.

- **Επαρκής συντήρηση**

Παρότι τα παθητικά συστήματα λειτουργούν κυρίως χωρίς την παρεμβολή μηχανικών μέσων η συντήρηση συμβάλει στην διαχρονική λειτουργία αυτών χωρίς μειωμένη απόδοση. Κύριους λόγους συντήρησης αποτελούν η σκόνη , η παλαιότητα διαφανών υλικών , η παλαιότητα κουφωμάτων, το σκούριασμα και άλλοι που συνήθως δημιουργούνται με τον χρόνο και την χρήση και λειτουργία των συστημάτων .

Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

Στην παρούσα μελέτη διερευνήθηκε η ενεργειακή απόδοση μερικών εκ των βασικότερων Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων που τοποθετούνται σε οικίες του Ελλαδικού χώρου. Η εργασία αυτή μπορεί να αποτελέσει τη βάση για περαιτέρω έρευνα πάνω στον τομέα που καλείται ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων.

Για την συνέχεια της, λοιπόν, προτείνεται ενεργειακή μελέτη πάνω σε υπαρκτά Παθητικά Ηλιακά Συστήματα υφιστάμενου κτιρίου. Το προσομοιωτικό πρόγραμμα επεξεργάζεται τα αποτελέσματα με μεγάλο βαθμό ακρίβειας, η μετρήσεις όμως που θα γινόντουσαν σε εν λειτουργία συστήματα θα βοηθούσαν τόσο στην αξιοποίηση της διπλωματικής εργασίας, με σύγκρισή των αποτελεσμάτων, όσο και στην λεπτομερή ανάλυση διαφόρων παραγόντων που το πρόγραμμα δεν μπορεί να συμπεριλάβει στις μετρήσεις του (χρήση από ανθρώπους, ακραίες θερμοκρασίες κ.α).

Μελέτη ακόμα περισσότερων Παθητικών Συστημάτων με προτεραιότητα στο σύστημα του θερμοκηπίου. Για τις ανάγκες της εργασίας έγινε μελέτη πάνω στα χαρακτηριστικότερα συστήματα κάθε κατηγορίας. Για την κατηγορία του έμμεσου κέρδους δόθηκε βάση στους ηλιακούς τοίχους, η μελέτη του θερμοκηπίου θα ήταν πολύ καλή συνέχεια στην προσπάθεια που ξεκίνησε για ενεργειακή μελέτη παθητικών συστημάτων .

Αξιολόγηση και χρήση περισσότερων δομικών στοιχείων (όπως άλλα είδη υαλοπίνακα, θερμομονωτική στρώση κ.α). Έτσι θα υπάρξει σφαιρική άποψη πάνω στην απόδοση πολλών δομικών στοιχείων.

Τέλος, προτείνεται οικονομικοτεχνική μελέτη των παθητικών συστημάτων και των δομικών τους στοιχείων, για πλήρη ανάλυση εκτός των ενεργειακών αλλά και των οικονομικών τους οφειλών.

Βιβλιογραφία

Από επιστημονικές εκδόσεις, πανεπιστημιακά συγγράμματα

1. Π.Λιβέρης, Δ.Αραβαντινός, Α.Παπαδόπουλος, **Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας στα Δημόσια Κτίρια**, Ευρωπαϊκή Επιτροπή-XVII Γενική Διεύθυνση Ενέργειας, Θεσσαλονίκη, 1996
2. Κώστα Σ. Τσίππια, **ΒιοΚλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων**, Π. System International, Αθήνα 2000
3. Μ.Παπαδόπουλου, Κ.Αξαρχή Αφοι Κυριακίδη, **Ενεργειακός Σχεδιασμός και Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Κτιρίων**, Θεσσαλονίκη, 1989
4. Sophia end Stefan Belhing, **Sol Power – The evolution of Solar Architecture**, Prestel, Munich, 1996
5. Ν.Χρυσομαλλίδου, **Αξιολόγηση της Θερμικής Συμπεριφοράς των Κτιρίων. Καταγραφικά Συστήματα – Μετρήσεις**, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 1996
6. Α.Παπαδόπουλος, Κ.Κωστούλας, **Θερμική Άνεση και ενεργειακό Ισοζύγιο: Σύγκριση ενός Παθητικού Ηλιακού και ενός Συμβατού Διαμερίσματος**, ΗΕΠ.
7. Ελλη Γεωργιάδου, Ελένη Ενδρεαδάκη, Ξενοφώντας Ζήσης, **ΒιοΚλιματικός Σχεδιασμός, Καθαρές Τεχνολογίες Δόμησης**, Θεσσαλονίκη, 1996
8. Φρ. Κωτσιάνας, **Θερμική Άνεση και Εξοικονόμηση Ενέργειας, Ηλιακά Σπίτια, Ηλιακή Θέρμανση**, Μηχ/γος- Ηλ/γος Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1980
9. L.Palmiter, T.Wheeling and Ecotope Inc., **Suncode – PC. User’s Manual**, Ecotope Inc., Seattle, Wasington, 1986
10. **Ενεργειακός Σχεδιασμός, Εισαγωγή για Αρχιτέκτονες**, Μαλλιάρης Παιδιά για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 1994

Από Πανεπιστημιακές Σημειώσεις

11. Θ.Γ.Θεοδοσίου, **Υλικά Κατασκευής και Συστήματα Εξοικονόμησης Ενέργειας**, Σημειώσεις στο μάθημα 9^ο Εξαμήνου, Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανικών Διαχείρισης Ενεργειακών Πόρων, Κοζάνη, Οκτώβριος 2004
12. Θ.Γ.Θεοδοσίου, **Ενεργειακός Σχεδιασμός Κτιρίων I**, Σημειώσεις στο μάθημα 9^ο Εξαμήνου, Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανικών Διαχείρισης Ενεργειακών Πόρων, Κοζάνη, Οκτώβριος 2004
13. Θ.Γ.Θεοδοσίου, **Ενεργειακός Σχεδιασμός Κτιρίων II**, Σημειώσεις στο μάθημα 10^ο Εξαμήνου, Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανικών Διαχείρισης Ενεργειακών Πόρων, Κοζάνη, Οκτώβριος 2004

14. P.Achard, R.Gicquel, **Ενέργεια στην αρχιτεκτονική. Το Ευρωπαϊκό Εγχειρίδιο για τα Παθητικά Ηλιακά Κτίρια**, “Μαλλιάρης-Παιδεία” για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Θεσσαλονίκη, 1996
15. Θ.Γ.Θεοδοσίου, **Αξιολόγηση Ενεργειακών Συστημάτων**, Σημειώσεις στο μάθημα 10^{ου} Εξαμήνου, Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανικών Διαχείρισης Ενεργειακών Πόρων, Κοζάνη, Οκτώβριος 2004
16. **Βασικές Αρχές Εξοικονόμησης Ενέργειας**, Αβραάμ Καραγιαννίδης

Από το Διαδίκτιο

17. http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic_passive.htm
18. http://www.energia.gr/Meleti_icap/kef7.php
19. <http://www.tee.gr/online/afieromata/2002/2196/vioclimate.shtml>
20. <http://www.mech.ntua.gr/gr/research/fields>
21. <http://www.tsipiras.gr/parousiasis/veroia/indexveroia.htm>
22. <http://www.minenv.gr/1/13/132/13203/1320301/g132030103.html>

Από Λοιπά Έντυπα

23. **ΒιοΚλιματικός Σχεδιασμός Στην Ελλάδα : Ενεργειακή Απόδοση και Κατευθύνσεις Εφαρμογής.**, Ε.Π.Ε. – ΜΕΤΡΟ 3.1.4., ΚΑΠΕ, Ιανουάριος, 2001
24. **ΒιοΚλιματική Αρχιτεκτονική. Τεχνικές Εξοικονόμησης Ενέργειας στον Κτιριακό Τομέα**, Ν.Χρυσομαλλίδου, Ενημερωτικό Δελτίο 2196 ΤΕΕ, Απρίλιος 2002
25. **Απογραφή Κτιρίων 2001**, Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος, 2001
26. Θ.Γ.Θεοδοσίου, **Πειραματική και Αναλυτική Διερεύνηση της Συμβολής Φυτεμένου Δώματος στο Φυσικό Δροσισμό των Κτιρίων**, Διδακτορική Διατριβή, Α.Π.Θ., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη, Ιούνιος, 2000

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Αρχεία εισόδου – εξόδου στο SUNCODE-PC

Στο παράτημα αυτό παρουσιάζονται:

- Το αρχείο εισόδου του κτιρίου αναφοράς της εργασίας
- Ένα ενδεικτικό αρχείο εισόδου του κτιρίου με εφαρμογή στην νότια πλευρά αυτού τοίχου Trombe πάχους 20 cm
- Ενδεικτικά, τα μηνιαία αποτελέσματα του SUNCODE-PC, για το παραπάνω αρχείο

Αρχείο Κτιρίου Αναφοράς

ΚΤΙΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

RUNS

```
* RUN LABEL      STATION  GROUND  GROUND  -START-  -STOP--  SKYLINE  PAR.
*                NAME      REFL.   TEMP.   MON DAY  MON DAY  PROFILE  TYPE
*                [FRAC]   [C]    [DATE]  [DATE]
*AAAAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAA S.SSSS  SSS.SS  AAA XX.  AAA XX.  AAAAAA  AAAAAA
MHTSOS           ATHENS    0.3     18.     JAN  1.  DEC 31. <NONE> <NONE>
```

ZONES

```
* ZONE          HVAC      FLOOR  HGT  INFIL.  SOLAR  SOLAR  INTERNAL  LATENT
* NAME          TYPE      AREA   [M]  RATE    TO AIR  LOST   GAIN      GAIN
*              [SM]   [M]   [AC/H] [FRAC] [FRAC] [KW]   [KW]
*AAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAA XXXXX.X XX.X  SSS.SSS X.XXX  X.XXX  SSSS.SSS SSSS.SSS
Zone1          Hvac1     96.    3.    0.8     0.2    0.1    IntGain  LatGain
```

WINDOWS

```
* INTERIOR     EXTERIOR  GLAZING  HEIGHT  LENGTH  ---LOCATION---
* ZONE         SURFACE   TYPE     [M]     [M]     [M]       [M]
*AAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAA AAAAAAAA XXXX.XX XXXX.XX XXXX.XX XXXX.XX
Zone1          SOUTH     DIPLO    1.3     1.      0.0       0.0
Zone1          NORTH     DIPLO    1.3     1.      0.0       0.0
Zone1          WEST      DIPLO    1.3     1.      0.0       0.0
Zone1          EAST      DIPLO    1.3     1.      0.0       0.0
```

WALLS

```
* WALL         --FRONT/INTERIOR  SIDE--  --BACK/EXTERIOR  SIDE---  WALL
* TYPE        ZONE      SURF    SOLAR  ZONE OR  SURF    SOLAR  AREA
*            NAME      COEF    COEF.  SURFACE,  COEF    COEF.
*            [W/C  [FRAC]  AMBIENT,  [W/C  [FRAC]
*            -SM]   GROUND  -SM]
*AAAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAA XX.XXX  X.XXXX  AAAAAAAA  XX.XXX  X.XXXX  XXXXX.X
ExtCONC       Zone1     8.14   <AREA>  SOUTH     23.260  0.3     6.
ExtCONC       Zone1     8.14   <AREA>  NORTH     23.260  0.3     6.
ExtCONC       Zone1     8.14   <AREA>  WEST      23.260  0.3     4.
ExtCONC       Zone1     8.14   <AREA>  EAST      23.260  0.3     4.
ExtWALL       Zone1     8.14   <AREA>  SOUTH     23.260  0.3     28.7
ExtWALL       Zone1     8.14   <AREA>  NORTH     23.260  0.3     28.7
ExtWALL       Zone1     8.14   <AREA>  WEST      23.260  0.3     18.7
ExtWALL       Zone1     8.14   <AREA>  EAST      23.260  0.3     18.7
ESTWALL       Zone1     8.14   <AREA>  Zone1     8.14   <AREA>  50.
Roof          Zone1     8.14   <AREA>  Horz      23.260  0.9     96.
Floor         Zone1     8.14   <AREA>  GROUND    0.0     <AREA>  96.
```

SURFACES

```
* EXTERIOR     COMPASS  TILT  HEIGHT  LENGTH  OVERHANG  LEFT  RIGHT
* SURFACE     AZIMUTH [DEG] [DEG] [M]    [M]      TYPE  SIDEFIN  SIDEFIN
*            [DEG] [DEG] [M]    [M]
*AAAAAAAAAAAAA XXX.X   XX.X  XXXX.XX XXXX.XX AAAAAAAA AAAAAAAA AAAAAAAA
NORTH        0.     90.   3.     12.    <NONE> <NONE> <NONE>
SOUTH       180.   90.   3.     12.    <NONE> <NONE> <NONE>
EAST        90.    90.   3.     8.     <NONE> <NONE> <NONE>
WEST       270.   90.   3.     8.     <NONE> <NONE> <NONE>
Horz        0.     0.    12.    8.     <NONE> <NONE> <NONE>
```

HVAC. TYPES

```
* HVAC        HEATING  VENTING  COOLING  HEATING  VENTING  COOLING  COOLER
* TYPE        SETPOINT SETPOINT SETPOINT CAPACITY CAPACITY CAPACITY  COIL
*            [C]    [C]    [C]    [KW]    [AC/H]  [KW]    [C]
*AAAAAAAAAAAAA SSS.SSS  SSS.SSS  SSS.SSS  XXXX.XXX  XXX.XX  XXXX.XXX  XX.X
Hvac1        HEAT    <NONE>  COOL    <ADEQ>  <ADEQ>  <ADEQ>  12.8
```


WALL . TYPES

* WALL TYPE	LAYER # 1	LAYER # 2	LAYER # 3	LAYER # 4	LAYER # 5	LAYER # 6
*AAAAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA
ExtCONC	Plaster	CON15	Dipolyste	Plaster	<NONE>	<NONE>
ExtWALL	Plaster	ESTOUBLO	Dipolyste	ESTOUBLO	Plaster	<NONE>
ESTWALL	Plaster	ESTOUBLO	Plaster	<NONE>	<NONE>	<NONE>
Roof	Plaster	CON15	LMCONC	Dipolyste	tskoniamia	plaka
Floor	plaka	tskoniamia	CON10	polyste	CON20	<NONE>

MASS . TYPES

* MASS TYPE	CONDUCTIVITY [W/M-C]	DENSITY [KG/CM]	SPECIFIC HEAT [KJ/KG-C]	THICKNESS [M]	NODES
*AAAAAAAAAAAA	X.XXXX	XXXX.XXX	X.XXXX	XX.XXXX	XX.
CON15	2.03	2400.	0.82	0.15	3.
CON10	2.03	2400.	0.82	0.10	2.
CON20	2.03	2400.	0.82	0.20	4.
TOUBLO	0.52	1700.	0.79	0.16	2.
ESTOUBLO	0.52	1700.	0.79	0.10	2.
LMCONC	0.35	1200.	1.	0.05	1.
Plaster	0.87	1570.	1.	0.02	1.
Dipolyste	0.041	25.	1.4	0.05	1.
polyste	0.029	25.	1.4	0.10	1.
tskoniamia	0.87	1570.	1.	0.02	1.
plaka	2.03	1900.	0.78	0.02	1.

GLAZING . TYPES

* GLAZING TYPE	GLAZING U VALUE [W/SM-C]	SHADING COEF. [FRAC]	EXTINCTION COEF. [1/MM]	INDEX OF REFRACTION [NONE]	THICKNESS OF LAYER [MM]	NUMBER OF LAYERS
*AAAAAAAAAAAA	SS.SSSSS	SS.SSSSS	X.XXXX	X.XXXX	X.XXXX	XX.
DIPLO	3.26	1.0	0.0160	1.5260	4.	2.

OUTPUTS

* OUTPUT TYPE	TIME PERIOD [H/D/M]	UNITS [E/M]	OUTPUT SEASON	BUILDING ELEMENT	OUTPUT SECTION	FORMAT? [Y/N]
*AAAAAAAAAA	A	A	AAAAAAAA	XXXX.	XXXX.	A
ALL	M	M	YEAR	<ALL>	<ALL>	Y

SCHEDULES

* SCHEDULE	SEASON	HR	VALUE	HR	VALUE	HR	VALUE	HR	VALUE
*AAAAAAAAAA	AAAAAAAA	XX.	XXXX.XXX	XX.	XXXX.XXX	XX.	XXXX.XXX	XX.	XXXX.XXX
IntGain	YEAR	1.	0.						
LatGain	YEAR	1.	0.						
HEAT	HeatS	1.	22.						
HEAT	Cools	1.	0.						
COOL	Cools	1.	26.						
COOL	HeatS	1.	99.						

SEASONS

* SEASON NAME	START DATE MON DAY	STOP DATE MON DAY	DAY OF WEEK [ALL/M-F/S-S]
*AAAAAAAAAA	AAA XX.	AAA XX.	AAA
YEAR	JAN 1.	DEC 31.	ALL
HeatS	NOV 1.	APR 30.	ALL
Cools	MAY 1.	OCT 30.	ALL
Winter	NOV 1.	APR 30.	ALL
Summer	MAY 1.	OCT 30.	ALL

STATIONS

* STATION NAME	LAT. [DEG]	LONG. [DEG]	ELEV. [M]	FILENAME	DATA TYPE	UNITS [E/M]	-START- MON DAY	-STOP-- MON DAY
*AAAAAAAAAAAA	XX.XX	XXX.X	XXXXX.	AAAAAAAAAAAA	X.	A	AAA XX.	AAA XX.
ATHENS	37.58	23.4	40.	ATHENS.DAT	3.	M	JAN 1.	DEC 31.

END OF FILE

Αρχείο Τοίχου TROMBE Πάχους 20cm

TOIXOS TROMBE 20cm

RUNS

```
*      RUN LABEL      STATION  GROUND  GROUND  -START-  -STOP--  SKYLINE  PAR.
*              NAME      REFL.   TEMP.  MON DAY  MON DAY  PROFILE  TYPE
*              [FRAC]    [C]    [DATE]  [DATE]
*AAAAAAAAAAAAAAAAA  AAAAAAAAAA  S.SSSS  SSS.SS  AAA XX.  AAA XX.  AAAAAA  AAAAAA
MHTSOS             ATHENS    0.3     18.    JAN  1.  DEC 31. <NONE> <NONE>
```

ZONES

```
*      ZONE      HVAC      FLOOR  HGT  INFIL.  SOLAR  SOLAR  INTERNAL  LATENT
*      NAME      TYPE      AREA      RATE  TO AIR  LOST   GAIN     GAIN
*              [SM]    [M]    [AC/H] [FRAC] [FRAC]  [KW]     [KW]
*AAAAAAAAAAAAA  AAAAAAAAAA  XXXXX.X  XX.X  SSS.SSS  X.XXX  X.XXX  SSSS.SSS  SSSS.SSS
Zone1           Hvac1      96.     3.    0.8     0.2    0.1    IntGain  LatGain
```

WINDOWS

```
* INTERIOR  EXTERIOR  GLAZING      HEIGHT  LENGTH  ---LOCATION---
*      ZONE  SURFACE    TYPE              [M]     [M]     [M]     [M]
*AAAAAAAAAAAAA  AAAAAAAAAA  AAAAAAAAAA  XXXX.XX  XXXX.XX  XXXX.XX  XXXX.XX
Zone1          NORTH    DIPLO              1.3     1.     0.0     0.0
Zone1          WEST    DIPLO              1.3     1.     0.0     0.0
Zone1          EAST    DIPLO              1.3     1.     0.0     0.0
```

WALLS

```
*      WALL      --FRONT/INTERIOR  SIDE--  --BACK/EXTERIOR  SIDE---  WALL
*      TYPE      ZONE      SURF    SOLAR  ZONE OR  SURF    SOLAR  AREA
*              NAME      COEF    COEF.  SURFACE,  COEF    COEF.
*              [W/C  [FRAC]  AMBIENT,  [W/C  [FRAC]  [SM]
*              -SM]  GROUND  -SM]
*AAAAAAAAAAAAA  AAAAAAAAAA  XX.XXX  X.XXXX  AAAAAAAAAA  XX.XXX  X.XXXX  XXXXX.X
ExtCONC        Zone1      8.14  <AREA>  SOUTH      23.260  0.3     6.
ExtCONC        Zone1      8.14  <AREA>  NORTH      23.260  0.3     6.
ExtCONC        Zone1      8.14  <AREA>  WEST       23.260  0.3     4.
ExtCONC        Zone1      8.14  <AREA>  EAST       23.260  0.3     4.
ExtWALL        Zone1      8.14  <AREA>  SOUTH      23.260  0.3     24.
ExtWALL        Zone1      8.14  <AREA>  NORTH      23.260  0.3     28.7
ExtWALL        Zone1      8.14  <AREA>  WEST       23.260  0.3     18.7
ExtWALL        Zone1      8.14  <AREA>  EAST       23.260  0.3     18.7
ESTWALL        Zone1      8.14  <AREA>  Zone1      8.14  <AREA>  50.
Roof           Zone1      8.14  <AREA>  Horz       23.260  0.9     96.
Floor          Zone1      8.14  <AREA>  GROUND     0.0  <AREA>  96.
```

TROMBE . WALLS

```
* INTERIOR  EXTERIOR  TROMBE  SURF  SOLAR  HEIGHT  LENGTH  --LOCATION--
*      ZONE  SURFACE    TYPE  COEF  COEF.  [M]     [M]     [M]     [M]
*              [W/C  [FRAC]  AMBIENT,  [W/C  [FRAC]  [SM]
*              -SM]
*AAAAAAAAAAAAA  AAAAAAAAAA  AAAAAA  XX.XXX  X.XXXX  XX.XX  XXX.XX  XXX.XX  XXX.XX
Zone1          SOUTH    TROMBE  8.278  <AREA>  3.0     2.00    0.00    0.00
```

SURFACES

```
* EXTERIOR  COMPASS  TILT  HEIGHT  LENGTH  OVERHANG  LEFT  RIGHT
* SURFACE  AZIMUTH  [DEG] [DEG]  [M]     [M]     TYPE  SIDEFIN  SIDEFIN
*              [DEG] [DEG]  [M]     [M]
*AAAAAAAAAAAAA  XXX.X  XX.X  XXXX.XX  XXXX.XX  AAAAAAAAAA  AAAAAAAAAA  AAAAAAAAAA
NORTH          0.    90.   3.     12.  <NONE>  <NONE>  <NONE>
SOUTH         180.  90.   3.     12.  <NONE>  <NONE>  <NONE>
EAST           90.   90.   3.     8.   <NONE>  <NONE>  <NONE>
WEST          270.  90.   3.     8.   <NONE>  <NONE>  <NONE>
Horz           0.    0.   12.    8.   <NONE>  <NONE>  <NONE>
```

HVAC . TYPES

* HVAC	HEATING	VENTING	COOLING	HEATING	VENTING	COOLING	COOLER
* TYPE	SETPOINT	SETPOINT	SETPOINT	CAPACITY	CAPACITY	CAPACITY	COIL
	[C]	[C]	[C]	[KW]	[AC/H]	[KW]	[C]
*AAAAAAAAAA	SSS.SSS	SSS.SSS	SSS.SSS	XXXX.XXX	XXX.XX	XXXX.XXX	XX.X
Hvac1	HEAT	<NONE>	COOL	<ADEQ>	<ADEQ>	<ADEQ>	12.8

TROMBE . TYPES

* TROMBE	WALL	GLAZING	VENT	SURF	WALL	VENT	HEIGHT	VENT
* TYPE	TYPE	TYPE	OVER	COEF	EXT.	AREA	BETWEEN	COEF
			HEAT?	[W/C	ABS.	RATIO	VENTS	
			[Y/N]	-SM]	[FRAC]	[FRAC]	[M]	[FRAC]
*AAAAAA	AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	A	XX.XXX	X.XXX	X.XXXX	XX.XXX	X.XXX
TROMBE	TROWALL	MONO	Y	8.278	0.91	0.05	2.375	0.6

WALL . TYPES

* WALL	LAYER	LAYER	LAYER	LAYER	LAYER	LAYER
* TYPE	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
*AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA
ExtCONC	Plaster	CON15	Dipolyste	Plaster	<NONE>	<NONE>
ExtWALL	Plaster	ESTOUBLO	Dipolyste	ESTOUBLO	Plaster	<NONE>
ESTWALL	Plaster	ESTOUBLO	Plaster	<NONE>	<NONE>	<NONE>
Roof	Plaster	CON15	LMCONC	Dipolyste	tskoniamia	plaka
Floor	plaka	tskoniamia	CON10	polyste	CON20	<NONE>
TROWALL	CON20	Plaster				

MASS . TYPES

* MASS TYPE	CONDUCTIVITY	DENSITY	SPECIFIC HEAT	THICKNESS	NODES
	[W/M-C]	[KG/CM]	[KJ/KG-C]	[M]	
*AAAAAAAAAA	X.XXXX	XXXX.XXX	X.XXXX	XX.XXXX	XX.
CON15	2.03	2400.	0.82	0.15	3.
CON10	2.03	2400.	0.82	0.10	2.
CON20	2.03	2400.	0.82	0.20	4.
TOUBLO	0.52	1700.	0.79	0.16	2.
ESTOUBLO	0.52	1700.	0.79	0.10	2.
LMCONC	0.35	1200.	1.	0.05	1.
Plaster	0.87	1570.	1.	0.02	1.
Dipolyste	0.041	25.	1.4	0.05	1.
polyste	0.029	25.	1.4	0.10	1.
tskoniamia	0.87	1570.	1.	0.02	1.
plaka	2.03	1900.	0.78	0.02	1.

GLAZING . TYPES

* GLAZING	GLAZING	SHADING	EXTINCTION	INDEX OF	THICKNESS	NUMBER
* TYPE	U VALUE	COEF.	COEF.	REFRACTION	OF LAYER	OF
	[W/SM-C]	[FRAC]	[1/MM]	[NONE]	[MM]	LAYERS
*AAAAAAAAAA	SS.SSSSS	SS.SSSSS	X.XXXX	X.XXXX	X.XXXX	XX.
DIPO	3.26	1.0	0.0160	1.5260	4.	2.
MONO	5.23	1.	0.0197	1.5260	4.	1.

OUTPUTS

* OUTPUT	TIME	UNITS	OUTPUT	BUILDING	OUTPUT	FORMAT?
* TYPE	PERIOD		SEASON	ELEMENT	SECTION	
	[H/D/M]	[E/M]				[Y/N]
*AAAAAA	A	A	AAAAAA	XXXX.	XXXX.	A
ALL	M	M	YEAR	<ALL>	<ALL>	Y

SCHEDULES

* SCHEDULE	SEASON	HR	VALUE	HR	VALUE	HR	VALUE	HR	VALUE
*AAAAAA	AAAAAA	XX.	XXXX.XXX	XX.	XXXX.XXX	XX.	XXXX.XXX	XX.	XXXX.XXX
IntGain	YEAR	1.	0.						
LatGain	YEAR	1.	0.						
HEAT	Heats	1.	22.						
HEAT	Cools	1.	0.						
COOL	Cools	1.	26.						
COOL	Heats	1.	99.						

SEASONS

* SEASON	START DATE	STOP DATE	DAY OF WEEK
* NAME	MON DAY	MON DAY	[ALL/M-F/S-S]
*AAAAAAA	AAA XX.	AAA XX.	AAA
YEAR	JAN 1.	DEC 31.	ALL
Heats	NOV 1.	APR 30.	ALL
Cools	MAY 1.	OCT 30.	ALL
Winter	NOV 1.	APR 30.	ALL
Summer	MAY 1.	OCT 30.	ALL

STATIONS

* STATION	LAT.	LONG.	ELEV.	FILENAME	DATA	UNITS	-START-	-STOP--
* NAME	[DEG]	[DEG]	[M]		TYPE	[E/M]	MON DAY	MON DAY
*AAAAAAAAA	XX.XX	XXX.X	XXXXX.	AAAAAAAAAAAA	X.	A	AAA XX.	AAA XX.
ATHENS	37.58	23.4	40.	ATHENS.DAT	3.	M	JAN 1.	DEC 31.

END OF FILE

Ενδεικτικά μερικά από τα μηνιαία αποτελέσματα του SUNCODE-PC, για το αρχείο τοίχου Trombe πάχους 20 cm

BUILDING SUMMARY STATISTICS

BUILDING HEAT LOSS RATE: AMBIENT = 221.2 W/C
 = 2.3039 W/C-(SM FLOOR AREA)
 GROUND = .0 W/C
 = .0000 W/C-(SM FLOOR AREA)
 TOTAL BUILDING HEAT CAPACITY = 155632.5 KJ/C
 HEAT CAPACITY/AMBIENT LOSS RATIO = 195.4584 HOURS

AMBIENT SUMMARY

	----- SOLAR RADIATION -----					- AMBIENT TEMPERATURE -			
	DIRECT NORMAL	UNSHADED HORIZ.	DIRECT HORIZ.	DIFFUSE HORIZ.	TOTAL HORIZ.	MEAN	MIN	MAX	RANGE
MON	MJ/SM	MJ/SM	MJ/SM	MJ/SM	MJ/SM	C	C	C	C
JAN	226.590	202.760	92.786	109.974	202.760	10.00	-3.4	22.8	8.4
FEB	273.389	262.331	131.574	130.757	262.331	10.00	-5.2	22.2	8.8
MAR	397.719	421.546	228.753	192.793	421.546	11.00	-2.5	23.5	8.9
APR	473.713	542.854	313.069	229.785	542.854	15.00	.4	29.4	10.2
MAY	628.510	698.592	439.807	258.785	698.592	20.00	3.7	35.2	11.6
JUN	674.600	740.516	485.914	254.602	740.516	25.00	10.5	40.0	10.7
JUL	729.944	769.864	512.204	257.660	769.864	28.00	16.6	39.9	10.8
AUG	676.048	690.428	459.887	230.541	690.428	28.00	13.8	40.4	11.8
SEP	554.679	528.536	337.877	190.659	528.536	23.00	4.9	35.4	11.6
OCT	429.264	380.958	221.791	159.167	380.958	19.00	8.9	30.6	10.1
NOV	314.146	247.116	130.598	116.518	247.116	14.00	1.0	28.5	9.4
DEC	249.596	188.780	89.502	99.278	188.780	11.00	-2.4	28.6	8.0
TOT	5628.198	5674.281	3443.762	2230.519	5674.281	17.88	-5.2	40.4	10.0

SUMMARY FOR ZONE 1

	----- SOLAR RADIATION -----					TOTAL GAIN
	TRANS- MITTED	INTER- ZONE	INWARD ABSORBED	WINDOW LOSS	CAVITY LOSS	
MON	GJ	GJ	GJ	GJ	GJ	GJ
JAN	.289	.000	.022	.000	-.029	.282
FEB	.370	.000	.028	.000	-.037	.361
MAR	.589	.000	.044	.000	-.059	.574
APR	.730	.000	.054	.000	-.073	.710
MAY	.920	.000	.068	.000	-.092	.895
JUN	.954	.000	.071	.000	-.095	.929
JUL	1.006	.000	.074	.000	-.101	.980
AUG	.896	.000	.066	.000	-.090	.872
SEP	.709	.000	.052	.000	-.071	.690
OCT	.526	.000	.039	.000	-.053	.512

NOV	.358	.000	.027	.000	-.036	.349
DEC	.287	.000	.022	.000	-.029	.280
TOT	7.633	.000	.565	.000	-.763	7.434

SUMMARY FOR ZONE 1

MON	HEAT FLOWS					
	WINDOWS	AMBIENT	GROUND	INFIL- TRATION	INTERZONE	INTERNAL GAINS
	GJ	GJ	GJ	GJ	GJ	GJ
JAN	-.409	-3.278	-.052	-2.473	.000	.000
FEB	-.369	-2.849	-.009	-2.232	.000	.000
MAR	-.375	-2.429	-.003	-2.269	.000	.000
APR	-.259	-1.050	-.033	-1.565	.000	.000
MAY	-.167	.026	-.137	-1.007	.000	.000
JUN	-.025	1.610	-.058	-.151	.000	.000
JUL	.068	2.616	-.022	.412	.000	.000
AUG	.068	2.470	-.003	.412	.000	.000
SEP	-.093	.662	.039	-.563	.000	.000
OCT	-.175	-.612	.055	-1.057	.000	.000
NOV	-.277	-1.755	.131	-1.671	.000	.000
DEC	-.377	-3.022	.021	-2.276	.000	.000
TOT	-2.389	-7.612	-.071	-14.440	.000	.000

SUMMARY FOR ZONE 1

MON	EQUIP ENERGY			MAXIMUM LOAD			SETPT FR.	
	HEAT	VENT	COOL	HEAT	VENT	COOL	HEAT	COOL
	GJ	GJ	GJ	KW	KW	KW	NONE	NONE
JAN	5.438	.000	.000	4.246	.000	.000	.92	.00
FEB	4.536	.000	.000	4.416	.000	.000	.97	.00
MAR	3.732	.000	.000	3.584	.000	.000	.90	.00
APR	1.372	.000	.000	2.832	.000	.000	.47	.00
MAY	.000	.000	-.476	.000	.000	2.491	.00	.21
JUN	.000	.000	-3.371	.000	.000	4.444	.00	.80
JUL	.000	.000	-5.406	.000	.000	4.716	.00	.99
AUG	.000	.000	-5.356	.000	.000	4.881	.00	.99
SEP	.000	.000	-2.140	.000	.000	3.688	.00	.67
OCT	.000	.000	.000	.000	.000	.019	.00	.00
NOV	2.303	.000	.000	2.871	.000	.000	.59	.00
DEC	4.816	.000	.000	4.177	.000	.000	.88	.00
TOT	22.198	.000	-16.749	4.416	.000	4.881	.39	.31

SUMMARY FOR WINDOW 1

MON	TRANSMITTED			TRANSMISSIVITY			POTENTIAL	ACTUAL
	DIRECT	DIFFUSE	TOTAL	DIR.	DIF.	TOT.	HEAT GAIN	HEAT GAIN
	GJ	GJ	GJ	NONE	NONE	NONE	GJ	GJ
JAN	.000	.072	.072	.00	.65	.65	.078	.078
FEB	.000	.088	.088	.00	.65	.65	.095	.095
MAR	.000	.135	.135	.09	.65	.65	.145	.145
APR	.001	.166	.167	.23	.65	.64	.179	.179
MAY	.008	.198	.205	.31	.65	.62	.221	.221
JUN	.017	.201	.218	.37	.65	.61	.236	.236
JUL	.016	.206	.223	.36	.65	.61	.240	.240
AUG	.003	.185	.188	.24	.65	.63	.202	.202

SEP	.000	.147	.148	.12	.65	.65	.159	.159
OCT	.000	.115	.115	.00	.65	.65	.124	.124
NOV	.000	.080	.080	.00	.65	.65	.087	.087
DEC	.000	.066	.066	.00	.65	.65	.071	.071
TOT	.045	1.660	1.706	.34	.65	.63	1.837	1.837

SUMMARY FOR TROMBE 1

MON	--- UNSHADED INCIDENT ---			FRAC. SUNLIT			---- SHADED INCIDENT ----		
	DIRECT	DIFFUSE	TOTAL	DIR.	DIF.	TOT.	DIRECT	DIFFUSE	TOTAL
	GJ	GJ	GJ	NONE	NONE	NONE	GJ	GJ	GJ
JAN	1.046	.512	1.558	1.00	1.00	1.00	1.046	.512	1.558
FEB	1.094	.628	1.722	1.00	1.00	1.00	1.094	.628	1.722
MAR	1.191	.958	2.149	1.00	1.00	1.00	1.191	.958	2.149
APR	.884	1.178	2.062	1.00	1.00	1.00	.884	1.178	2.062
MAY	.623	1.405	2.028	1.00	1.00	1.00	.623	1.405	2.028
JUN	.458	1.430	1.888	1.00	1.00	1.00	.458	1.430	1.888
JUL	.574	1.466	2.040	1.00	1.00	1.00	.574	1.466	2.040
AUG	.984	1.313	2.297	1.00	1.00	1.00	.984	1.313	2.297
SEP	1.397	1.048	2.445	1.00	1.00	1.00	1.397	1.048	2.445
OCT	1.562	.820	2.382	1.00	1.00	1.00	1.562	.820	2.382
NOV	1.375	.572	1.947	1.00	1.00	1.00	1.375	.572	1.947
DEC	1.157	.468	1.625	1.00	1.00	1.00	1.157	.468	1.625
TOT	12.345	11.798	24.143	1.00	1.00	1.00	12.345	11.798	24.143

SUMMARY FOR TROMBE 1

MON	----- TRANSMITTED -----			----- TRANSMISSIVITY -----			POTENTIAL		ACTUAL	
	DIRECT	DIFFUSE	TOTAL	DIR.	DIF.	TOT.	HEAT GAIN	HEAT GAIN	HEAT GAIN	HEAT GAIN
	GJ	GJ	GJ	NONE	NONE	NONE	GJ	GJ	GJ	GJ
JAN	.870	.392	1.262	.83	.77	.81	1.292		1.292	
FEB	.890	.481	1.371	.81	.77	.80	1.406		1.406	
MAR	.911	.733	1.644	.77	.77	.77	1.689		1.689	
APR	.598	.901	1.499	.68	.77	.73	1.543		1.543	
MAY	.337	1.075	1.412	.54	.77	.70	1.455		1.455	
JUN	.207	1.094	1.301	.45	.77	.69	1.342		1.342	
JUL	.285	1.122	1.407	.50	.77	.69	1.451		1.451	
AUG	.614	1.005	1.619	.62	.77	.70	1.668		1.668	
SEP	1.026	.802	1.828	.73	.77	.75	1.879		1.879	
OCT	1.249	.628	1.877	.80	.77	.79	1.926		1.926	
NOV	1.135	.438	1.573	.83	.77	.81	1.611		1.611	
DEC	.962	.358	1.320	.83	.77	.81	1.352		1.352	
TOT	9.085	9.029	18.113	.74	.77	.75	18.614		18.614	

SUMMARY FOR TROMBE 1

MON	HEAT LOSS		-- INNER GLASS TEMPERATURE --				LOSS		ADJUSTED	
	TO AMBIENT	MEAN	MIN	MAX	RANGE	U-VALUE	U-VALUE	U-VALUE	U-VALUE	
	GJ	C	C	C	C	W/SM-C	W/SM-C	W/SM-C	W/SM-C	
JAN	-.699	13.3	1.6	25.4	9.0	5.2300		5.0006		
FEB	-.710	13.7	.6	25.8	9.5	5.2300		4.9742		

MAR	-.771	14.7	2.2	26.0	9.6	5.2300	4.9265
APR	-.580	18.0	4.9	30.0	9.8	5.2300	4.8352
MAY	-.421	22.2	8.1	33.5	10.4	5.2300	4.6912
JUN	-.150	26.0	13.9	37.3	8.9	5.2300	3.8242
JUL	.029	28.2	18.9	37.4	8.8	5.2299	13.0842
AUG	.017	28.3	16.8	37.7	9.9	5.2300	20.2485
SEP	-.325	24.9	9.3	34.2	10.4	5.2300	4.4034
OCT	-.481	21.5	12.2	32.3	9.9	5.2300	4.7029
NOV	-.586	17.0	6.4	28.5	9.5	5.2300	4.8860
DEC	-.680	14.2	2.2	29.1	8.5	5.2300	4.9854
TOT	-5.356	20.2	.6	37.7	9.5	5.2300	4.7413

SUMMARY FOR TROMBE 1

MON	- SURFACE TEMPERATURE -				SOLAR ABSORBED		--- HEAT FLOW ---		SOL-
	FRT/INT		BCK/EXT		FRT/INT	BCK/EXT	FRT/INT	BCK/EXT	AIR
	MEAN	RANGE	MEAN	RANGE					TEMP
	C	C	C	C	GJ	GJ	GJ	GJ	C
JAN	23.7	5.8	25.4	18.9	.003	1.148	.224	-.211	
FEB	24.6	6.4	27.1	20.5	.004	1.248	.302	-.313	
MAR	25.2	6.5	28.3	20.2	.006	1.496	.414	-.413	
APR	26.2	5.8	29.5	17.3	.008	1.364	.419	-.422	
MAY	28.2	4.9	31.4	14.6	.009	1.285	.425	-.434	
JUN	29.2	4.2	32.6	12.6	.010	1.184	.436	-.439	
JUL	29.8	4.3	33.5	13.2	.010	1.280	.495	-.497	
AUG	30.3	5.3	34.6	16.5	.009	1.473	.566	-.568	
SEP	30.6	6.6	35.3	20.9	.007	1.663	.603	-.599	
OCT	28.6	7.4	33.1	22.4	.005	1.708	.594	-.591	
NOV	25.8	6.9	29.1	21.6	.004	1.431	.429	-.419	
DEC	24.1	6.0	26.1	19.0	.003	1.201	.270	-.265	
TOT	27.2	5.8	30.5	18.1	.079	16.483	5.175	-5.170	

SUMMARY FOR TROMBE 1

MON	- AIR GAP TEMPERATURE -				THERMO- SIPHON	TOTAL GAIN	FLOW RATE	HOURS OF FLOW	TOTAL FLOW
	MEAN	MIN	MAX	RANGE					
	C	C	C	C					
	C	C	C	C	GJ	GJ	CMH	H	MCM
JAN	18.3	8.2	27.5	9.1	.269	.493	464.15	202.12	.094
FEB	19.3	9.9	27.4	9.7	.260	.562	458.10	202.59	.093
MAR	20.2	9.8	27.6	9.3	.357	.771	463.80	282.24	.131
APR	22.1	11.6	29.1	7.9	.405	.825	444.40	373.94	.166
MAY	25.0	15.3	29.7	6.9	.473	.898	438.89	462.65	.203
JUN	26.8	19.1	30.0	4.3	.636	1.072	442.82	588.76	.261
JUL	27.7	22.7	30.2	3.7	.856	1.351	470.71	685.35	.323
AUG	27.8	21.8	30.8	4.2	.972	1.537	483.36	692.12	.335
SEP	27.0	16.7	30.9	6.4	.790	1.393	475.36	558.06	.265
OCT	24.7	17.6	30.8	7.3	.683	1.277	468.74	484.06	.227
NOV	21.2	13.3	29.1	8.2	.465	.894	468.70	330.18	.155
DEC	19.1	9.7	28.4	8.6	.288	.558	446.71	231.59	.103
TOT	23.3	8.2	30.9	7.1	6.455	11.630	462.34	5093.65	2.355

□

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Επιμέρους διαγράμματα των υπό μελέτη Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων

- Σε Μηνιαίες τιμές
- Σε τιμές στο σύνολό της Χειμερινής Περιόδου
- Σε ωριαίες τιμές

ΠΑΘΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΜΕΣΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ

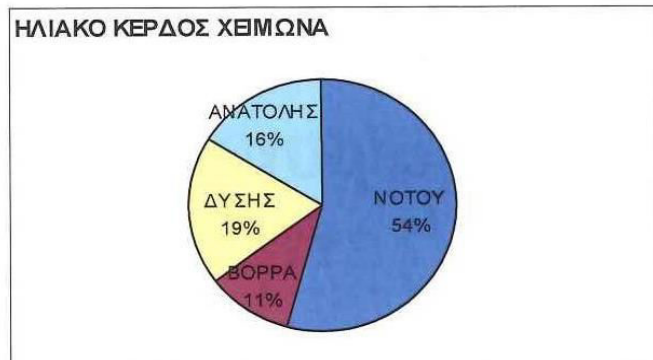
ΣΥΝΟΛΟ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ

ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ 2.5 m²

ΜΟΝΟΥ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ

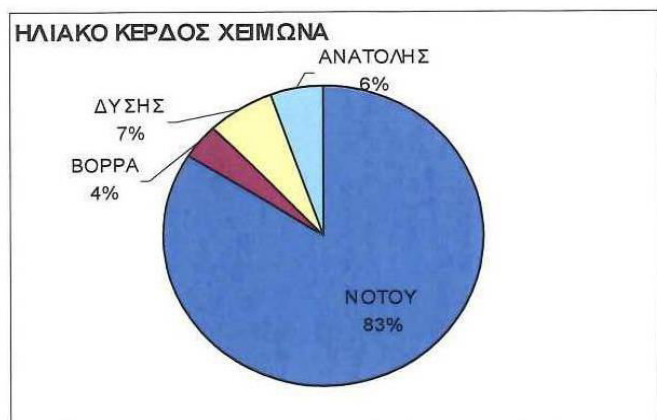


ΔΙΠΛΟΥ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ

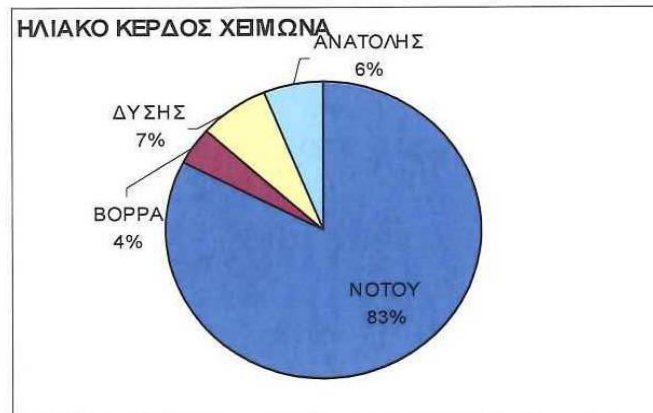


ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ 10 m²

ΜΟΝΟΥ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ

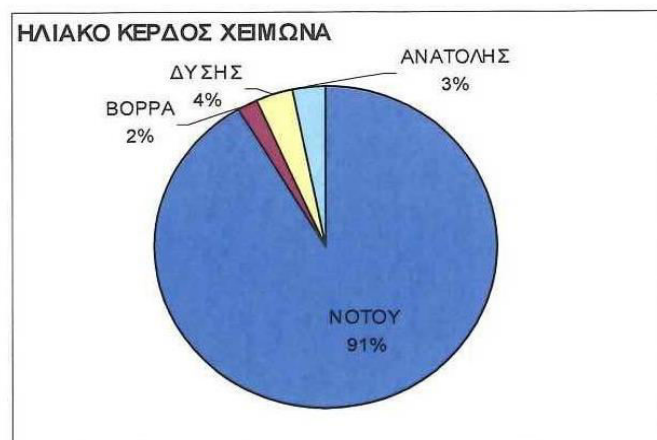


ΔΙΠΛΟΥ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ

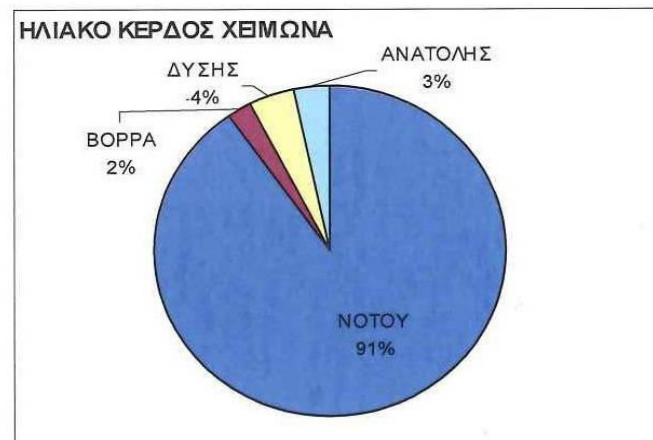


ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ 20 m²

ΜΟΝΟΥ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ

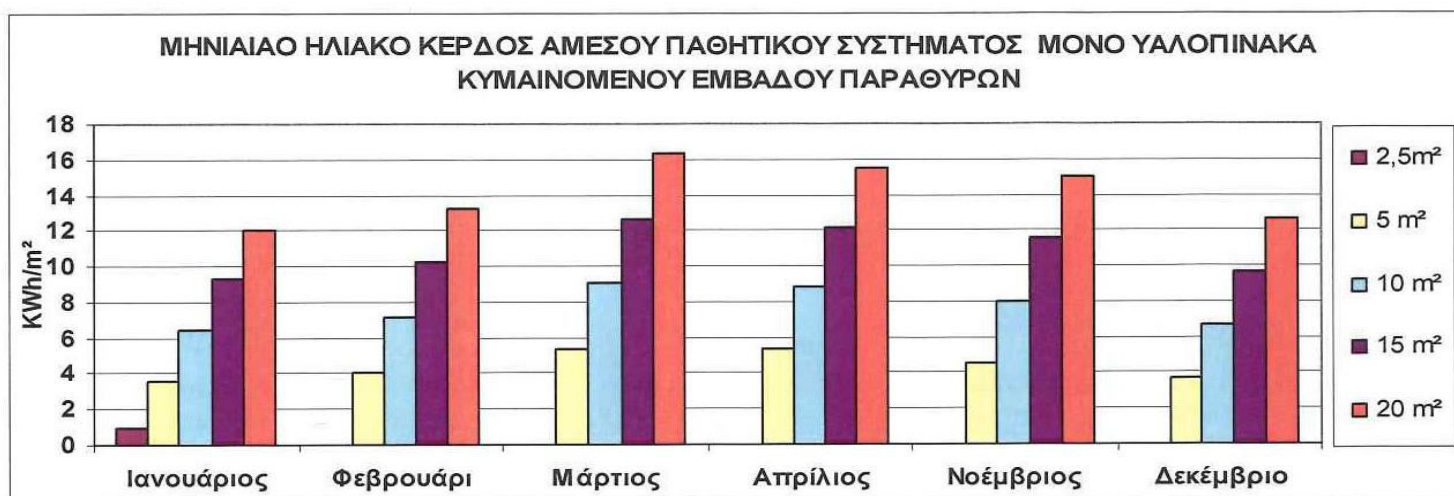
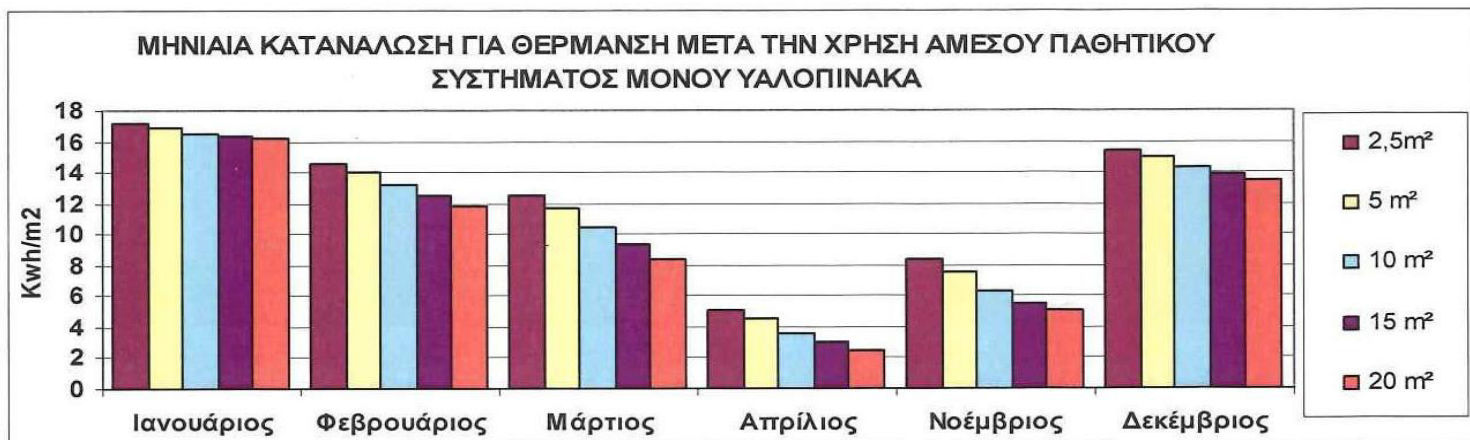


ΔΙΠΛΟΥ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ

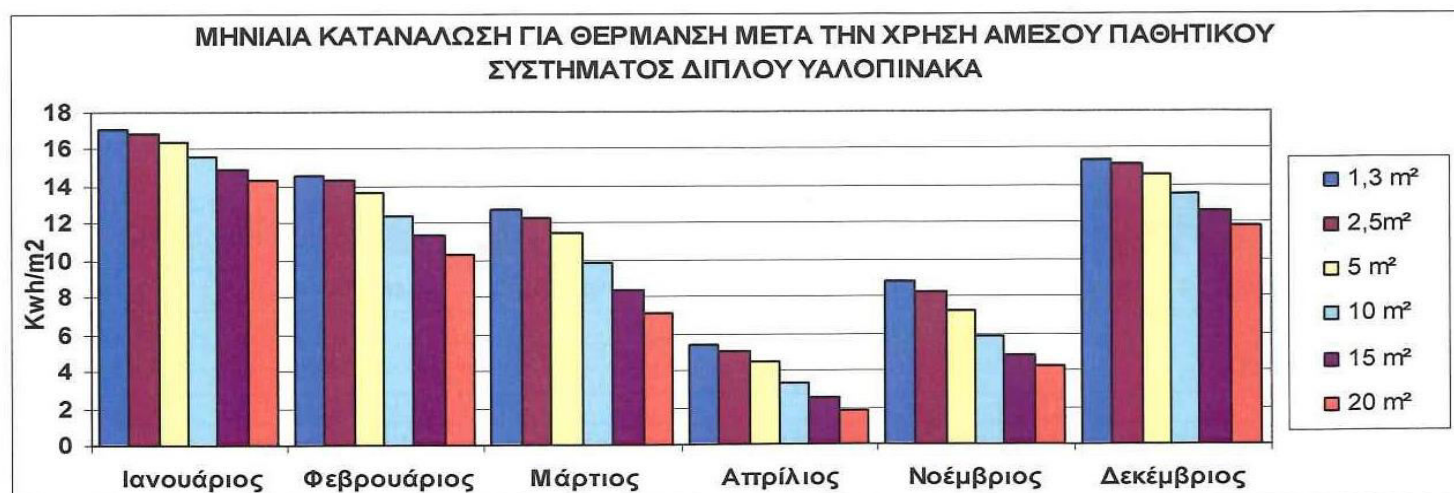


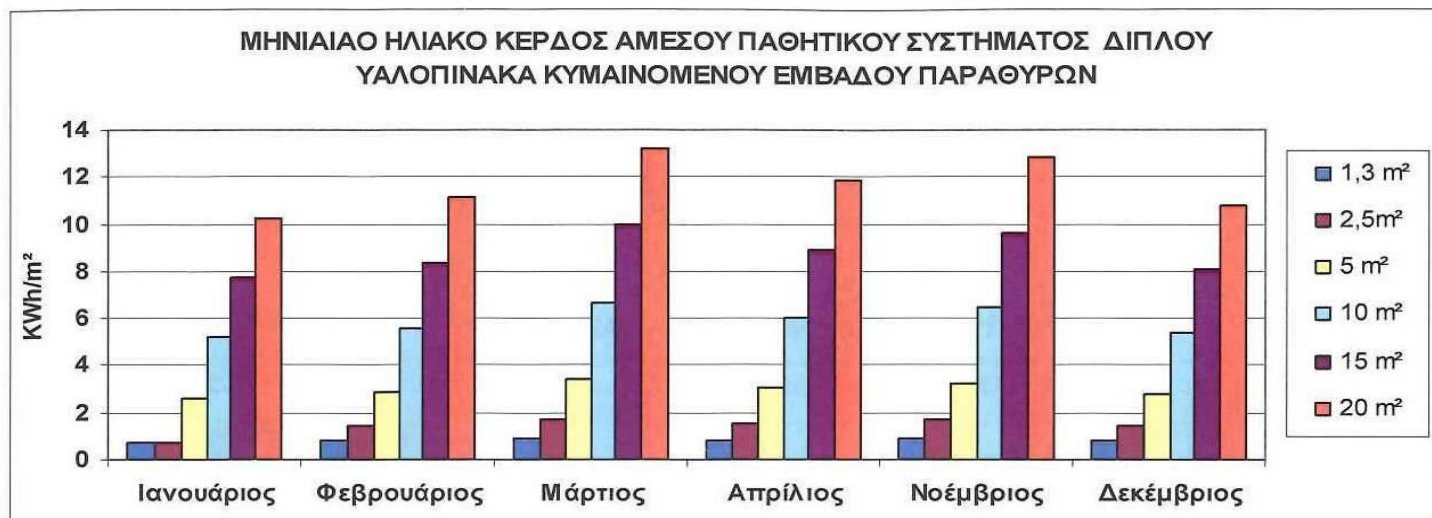
ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ

ΑΜΕΣΟ ΚΕΡΔΟΣ ΜΟΝΟΥ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ ΚΥΜΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΕΜΒΑΔΟΥ

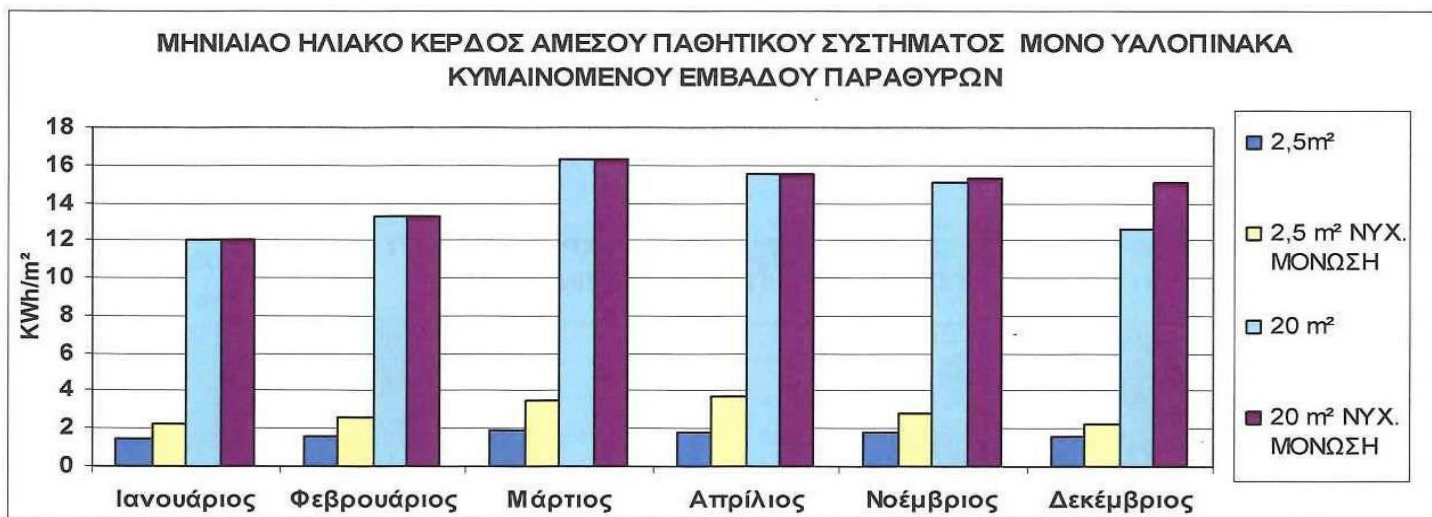
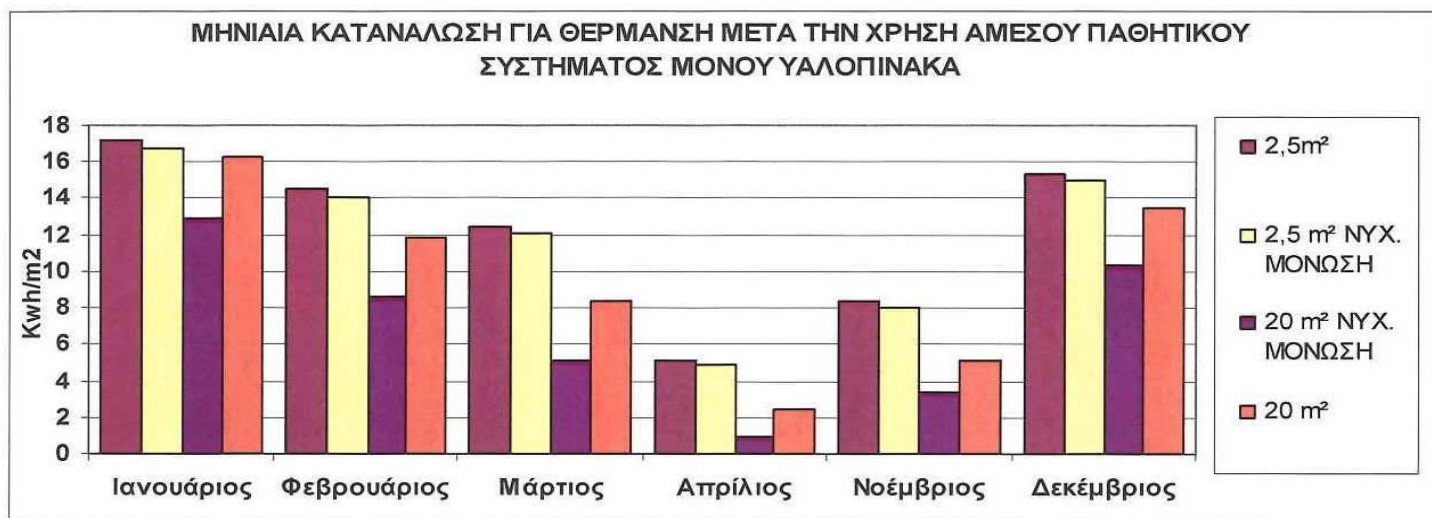


ΑΜΕΣΟ ΚΕΡΔΟΣ ΔΙΠΛΟΥ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ ΚΥΜΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΕΜΒΑΔΟΥ

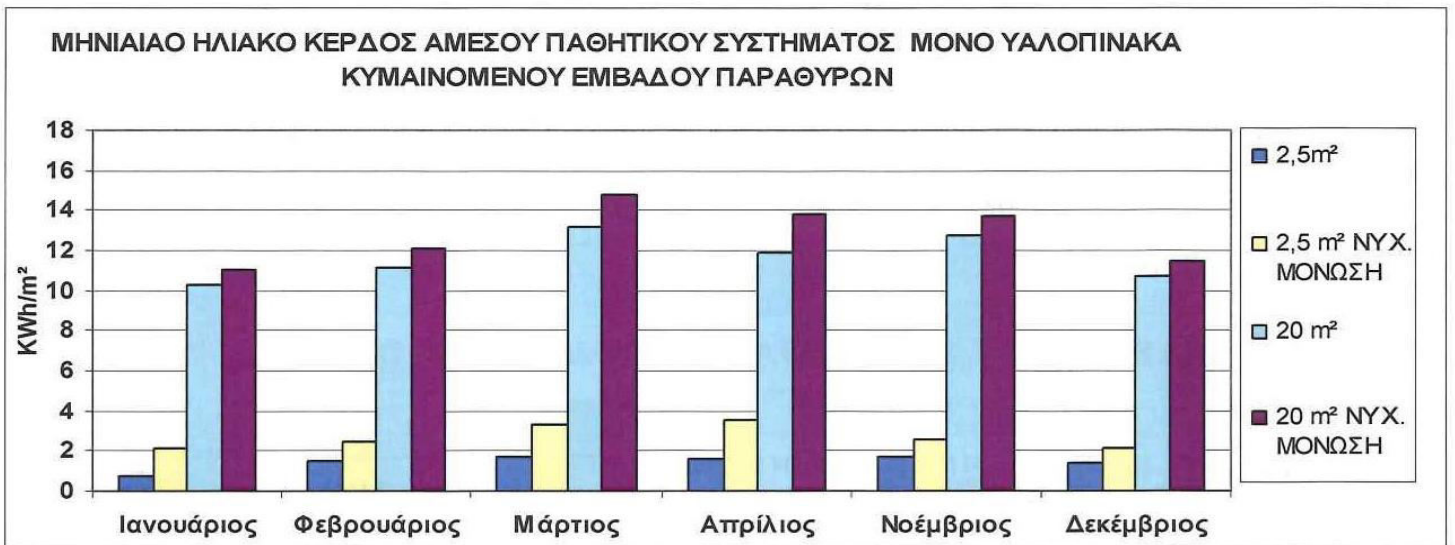
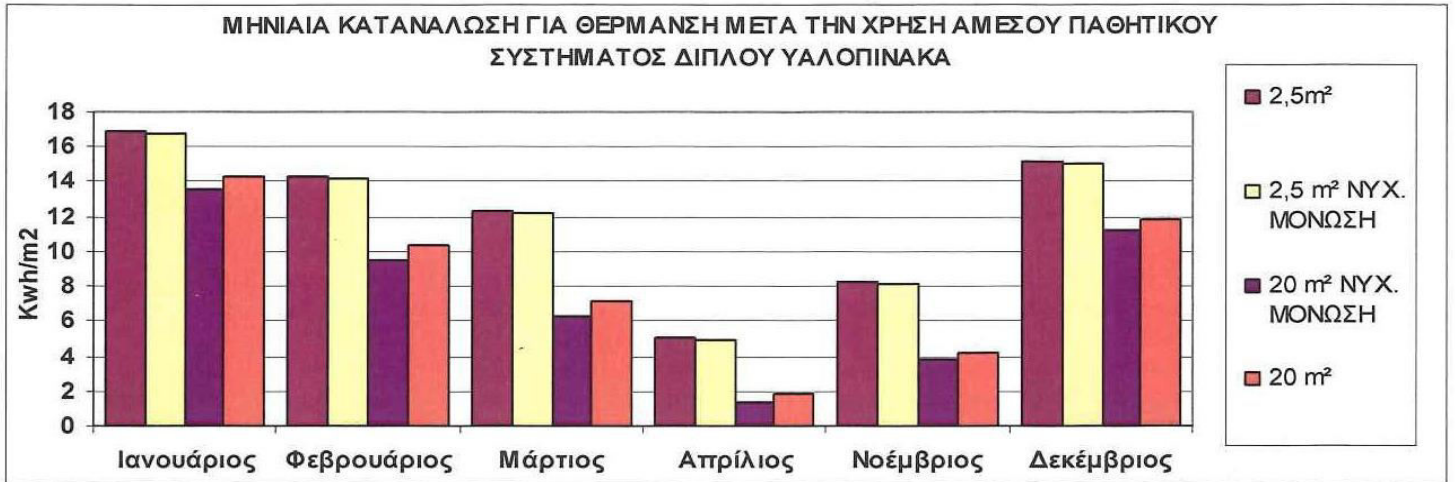




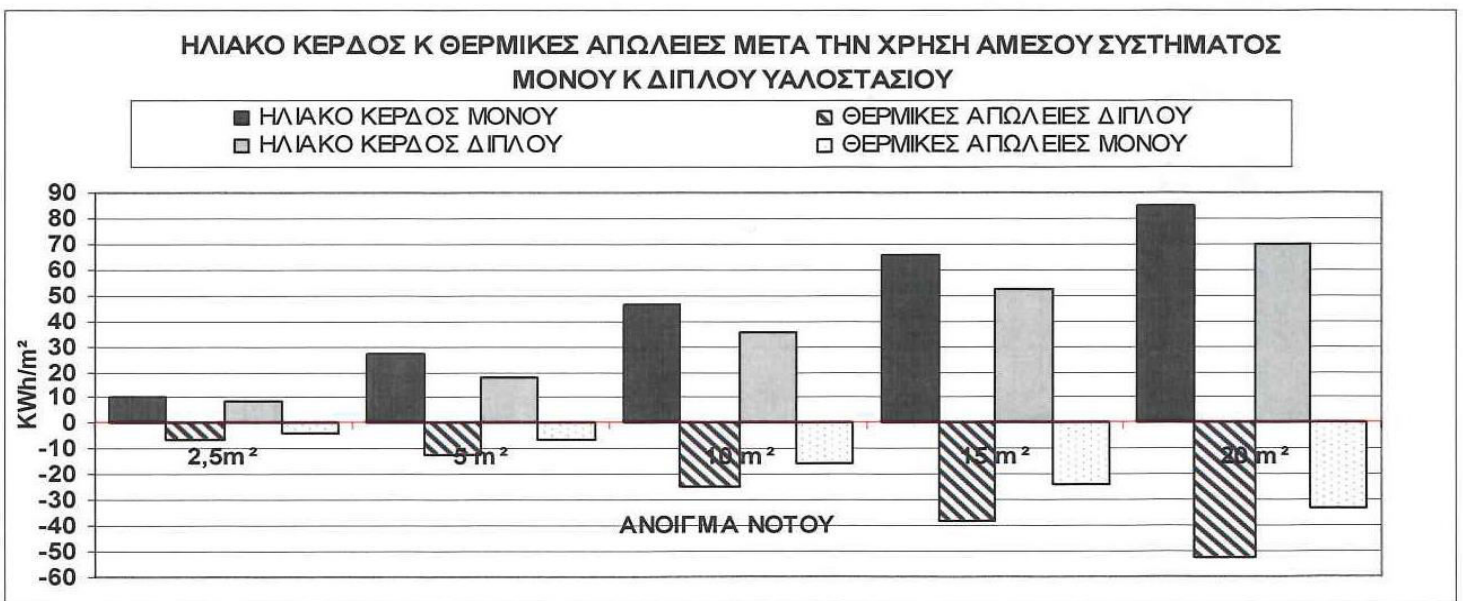
ΑΜΕΣΟ ΚΕΡΔΟΣ ΜΟΝΟΥ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ ΚΥΜΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΕΜΒΑΔΟΥ ΝΥΧΤΕΡΙΝΗ ΜΟΝΩΣΗ



ΑΜΕΣΟ ΚΕΡΔΟΣ ΔΙΠΛΟΥ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ ΚΥΜΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΕΜΒΑΔΟΥ ΝΥΧΤΕΡΙΝΗ ΜΟΝΩΣΗ



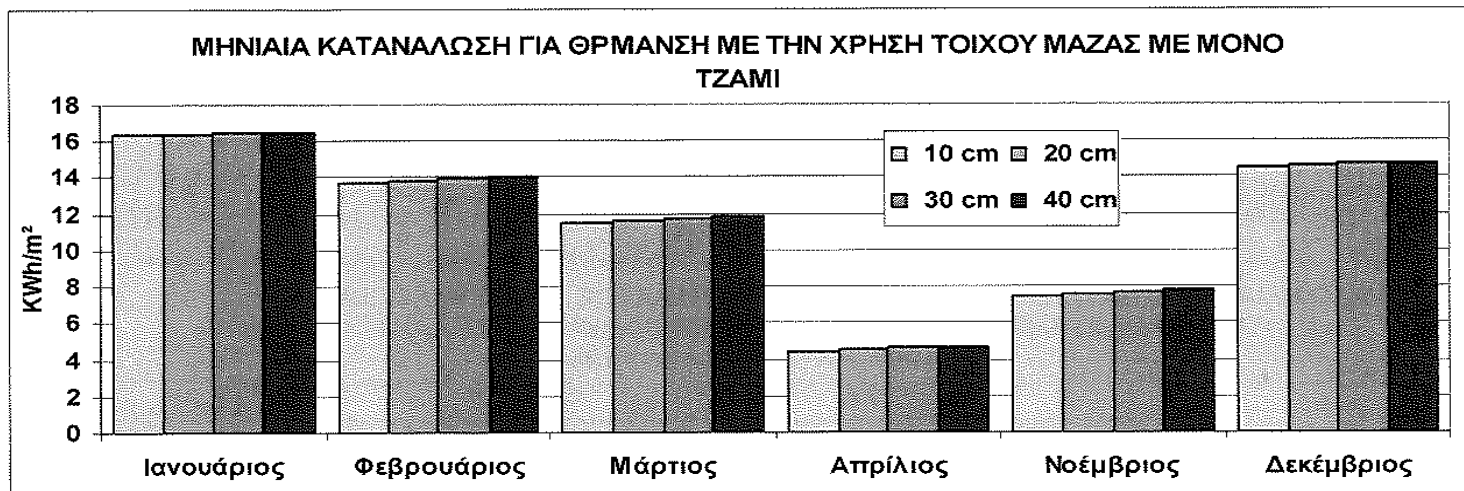
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΟΝΟΥ – ΔΙΠΛΟΥ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ ΑΜΕΣΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ



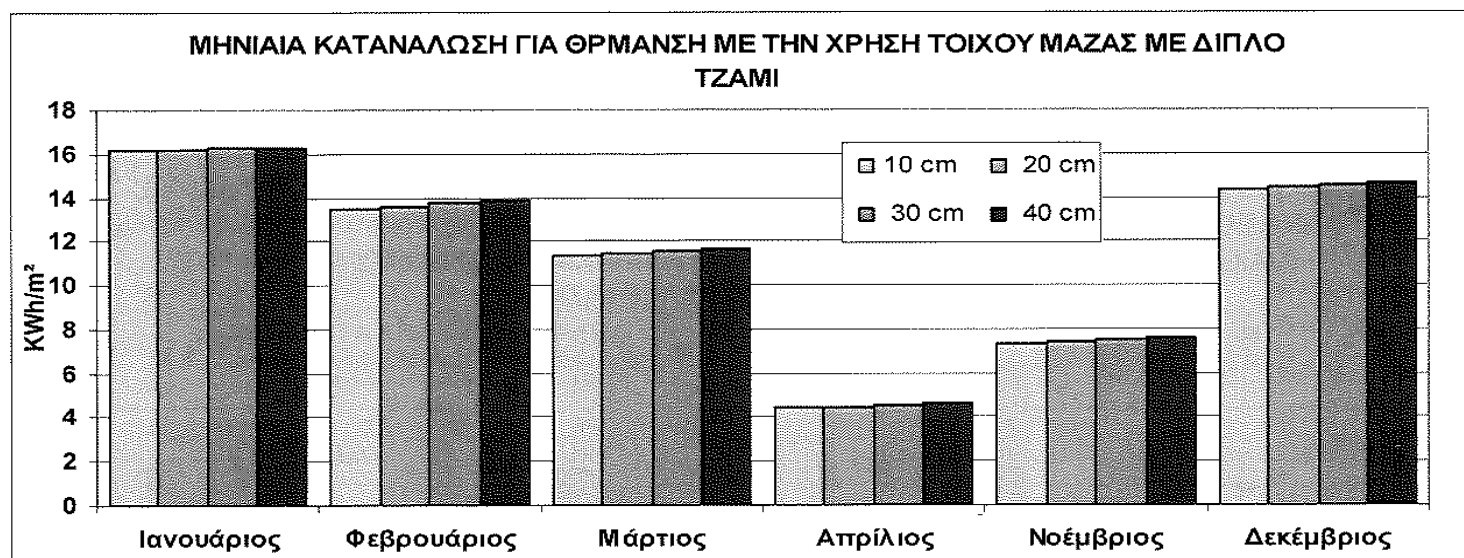
ΤΟΙΧΟΣ ΜΑΖΑΣ

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ

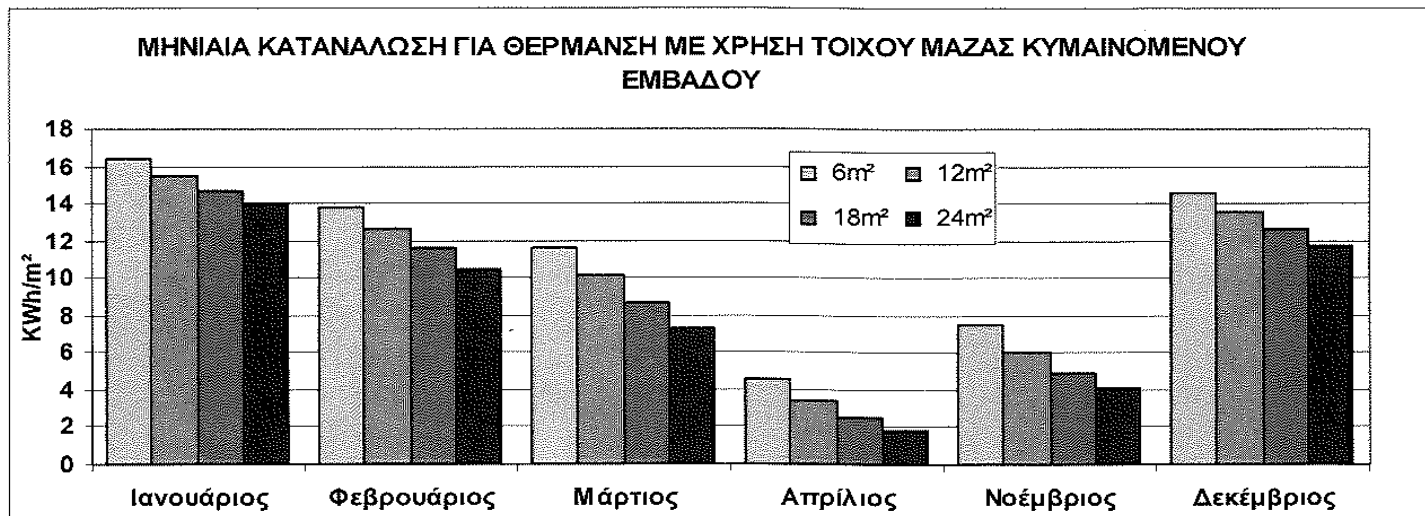
ΤΟΙΧΟΣ ΜΑΖΑΣ ΜΟΝΟΥ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ ΚΥΜΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΠΑΧΟΥΣ ΤΟΙΧΟΥ



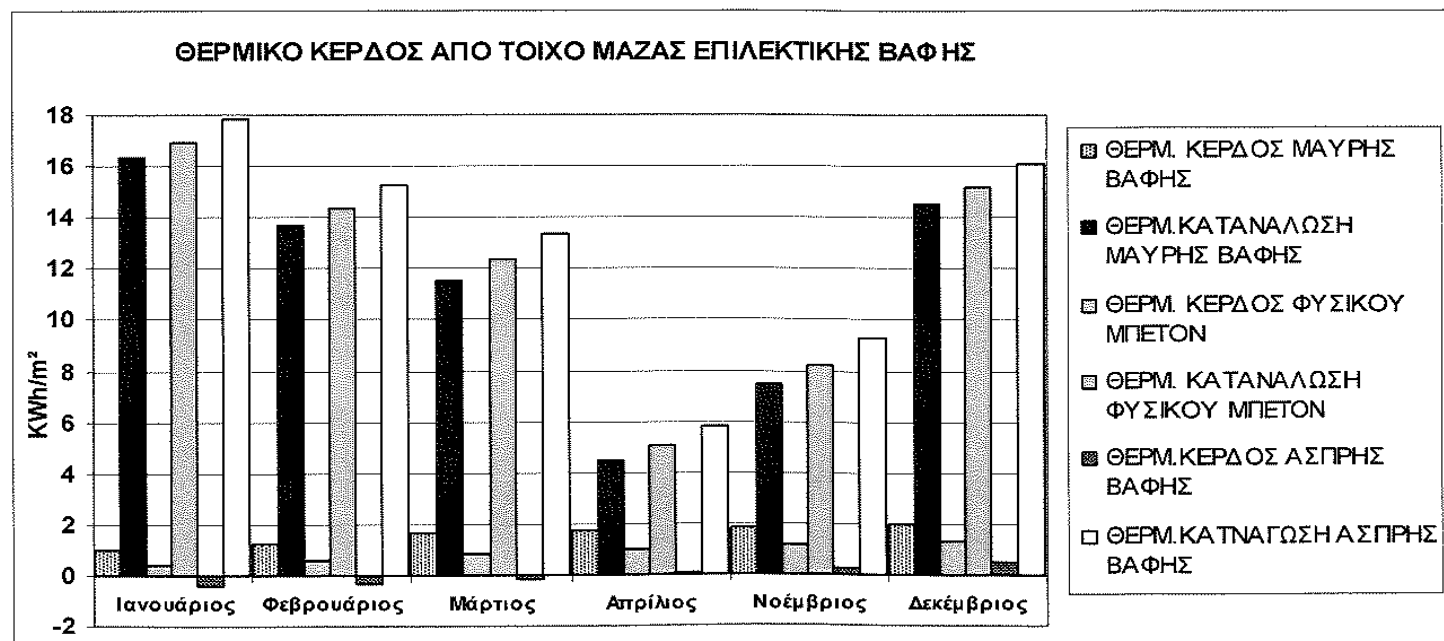
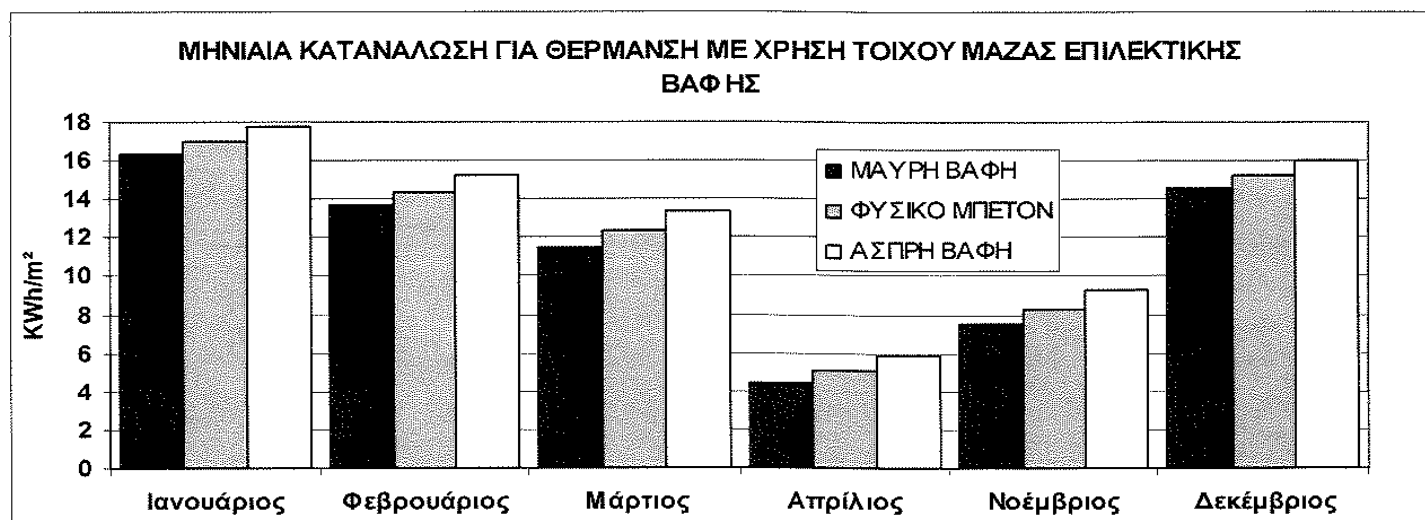
ΤΟΙΧΟΣ ΜΑΖΑΣ ΔΙΠΛΟΥ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ ΚΥΜΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΠΑΧΟΥΣ ΤΟΙΧΟΥ



ΤΟΙΧΟΣ ΜΑΖΑΣ ΚΥΜΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΕΜΒΑΔΟΥ



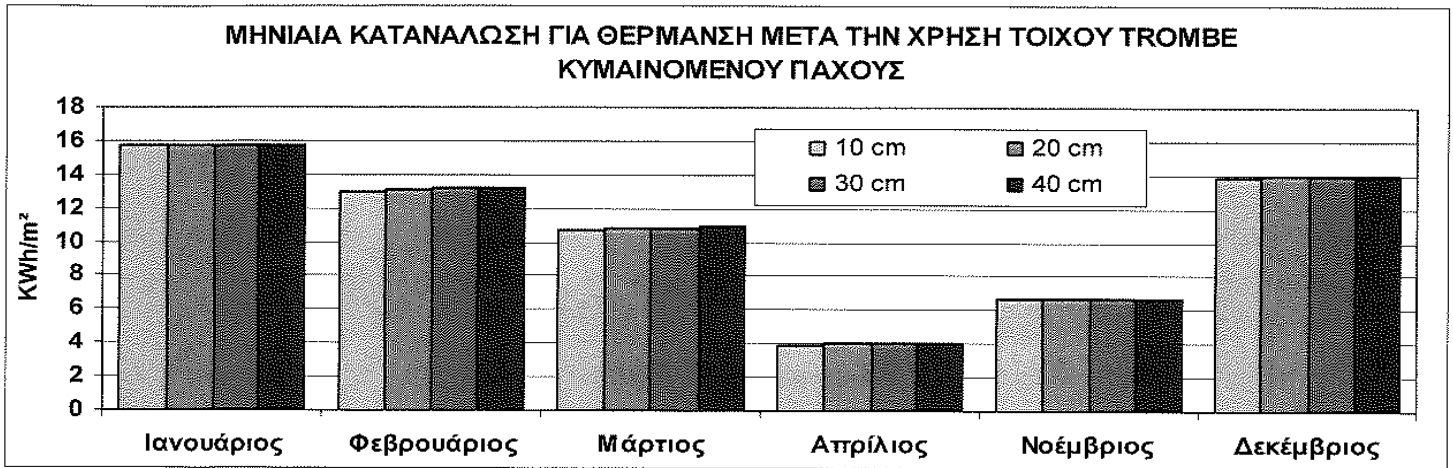
ΤΟΙΧΟΣ ΜΑΖΑΣ ΜΟΝΟΥ ΕΠΙΛΕΚΤΙΚΗΣ ΒΑΦΗΣ



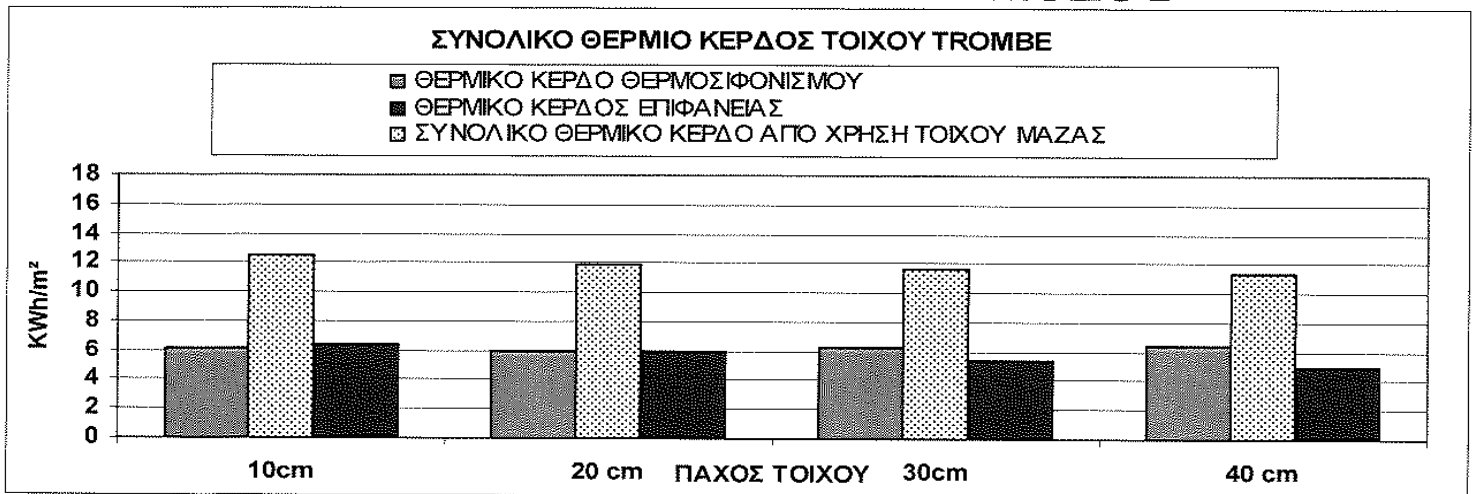
ΤΟΙΧΟΣ ΜΑΖΑΣ

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ

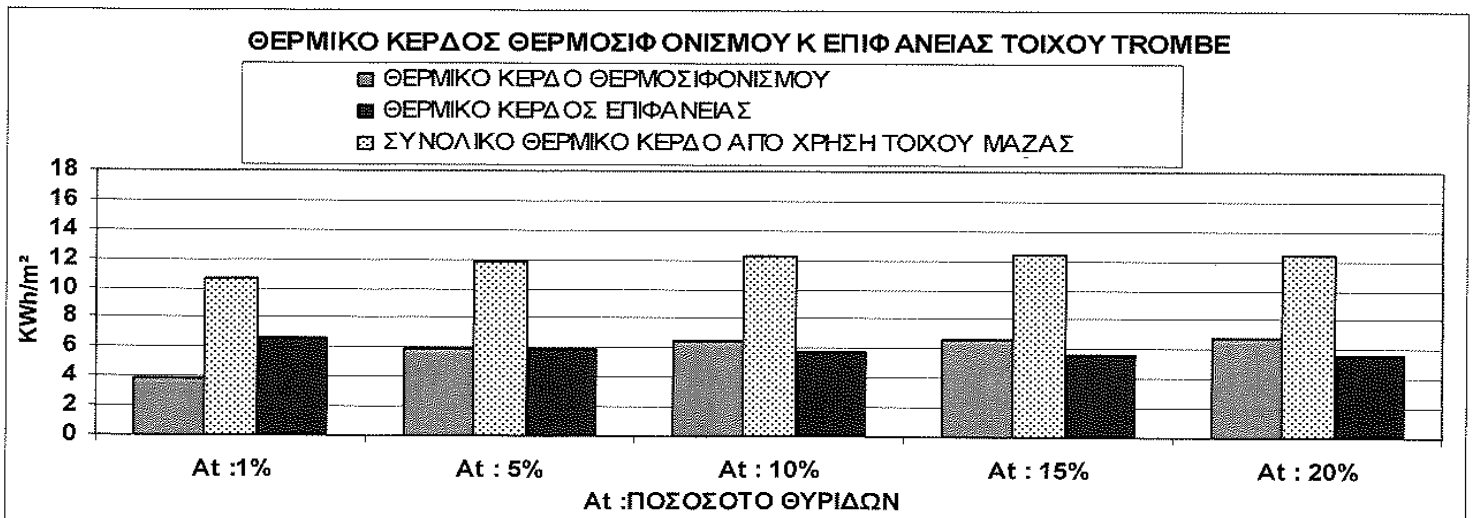
ΤΟΙΧΟΣ ΤΡΟΜΒΕ ΚΥΜΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΠΑΧΟΥΣ ΤΟΙΧΟΥ



ΣΥΝΟΛΟ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ



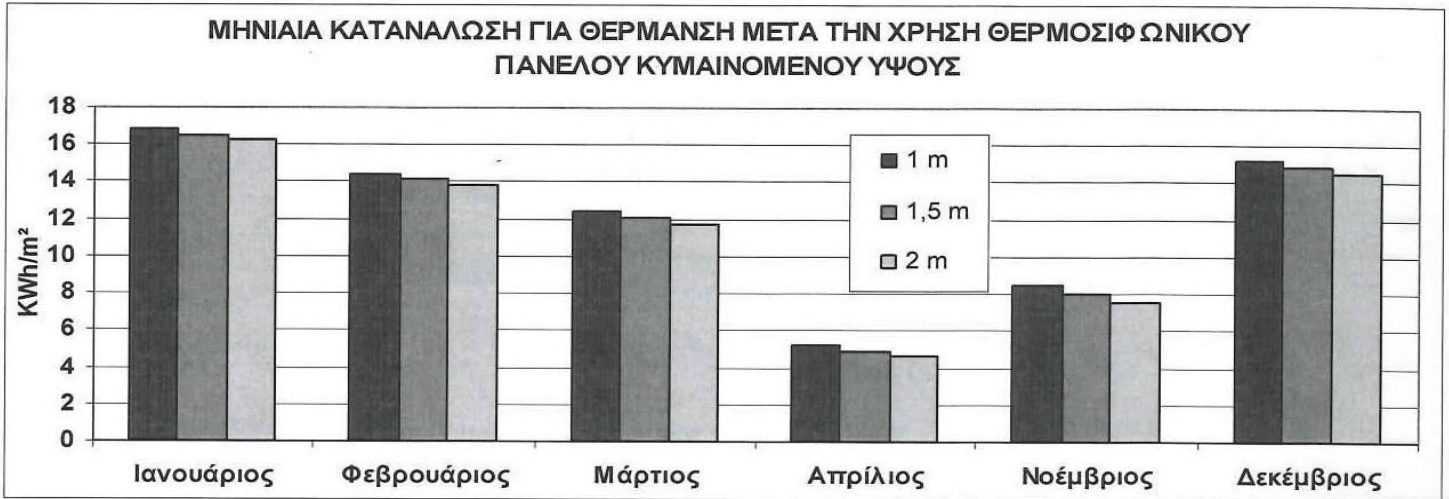
ΤΟΙΧΟΣ ΤΡΟΜΒΕ ΚΥΜΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΘΥΡΙΑΔΩΝ



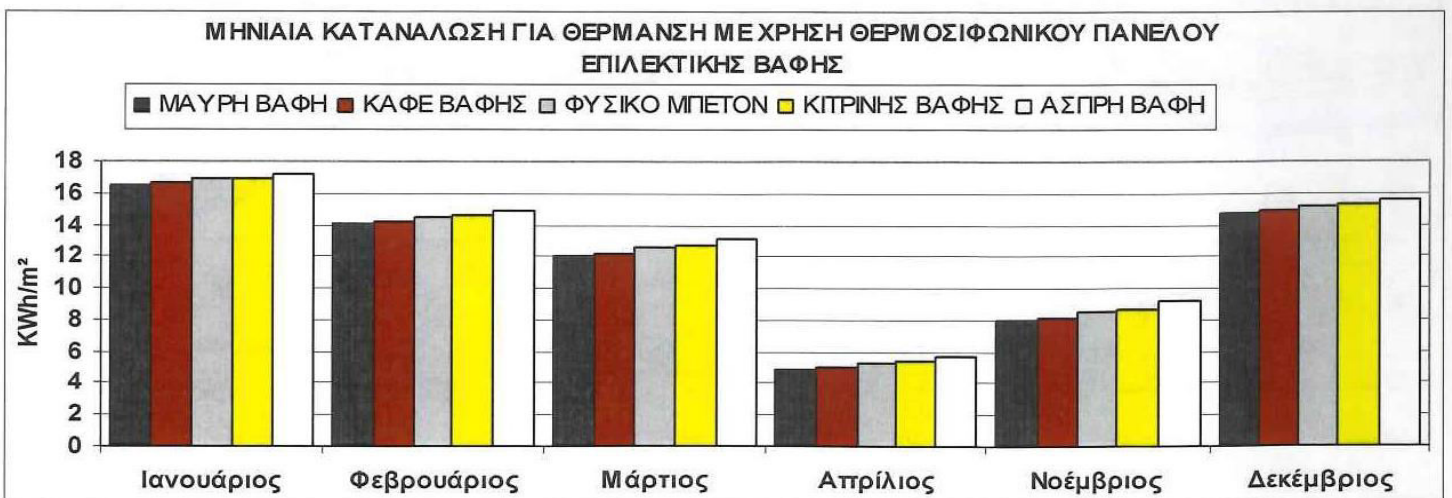
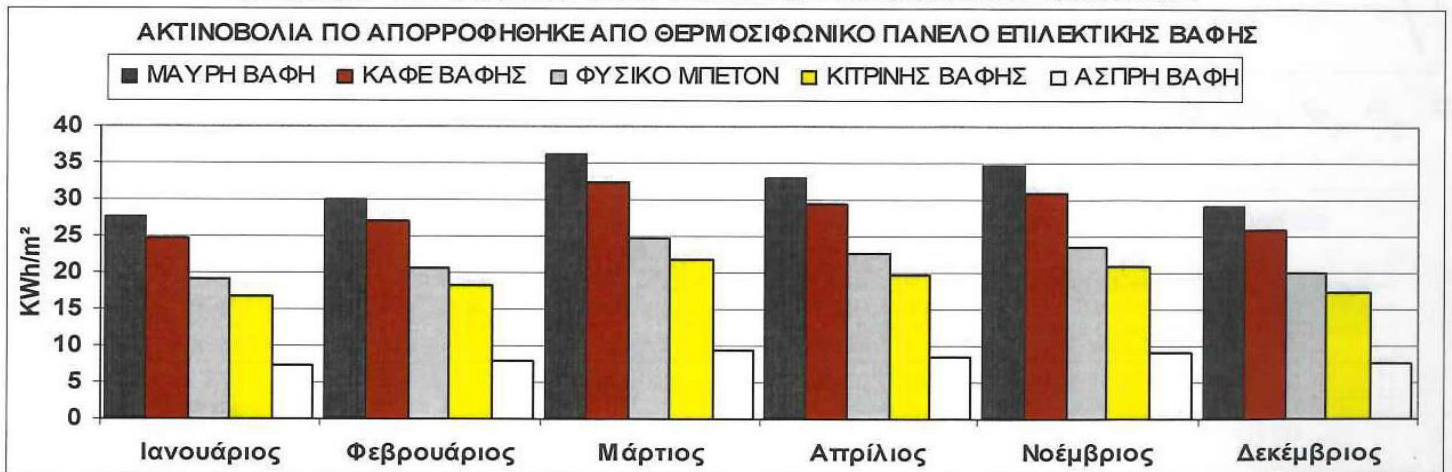
ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΚΟ ΠΑΝΕΛΟ

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ

ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΚΟ ΠΑΝΕΛΟ ΚΥΜΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΥΨΟΥΣ



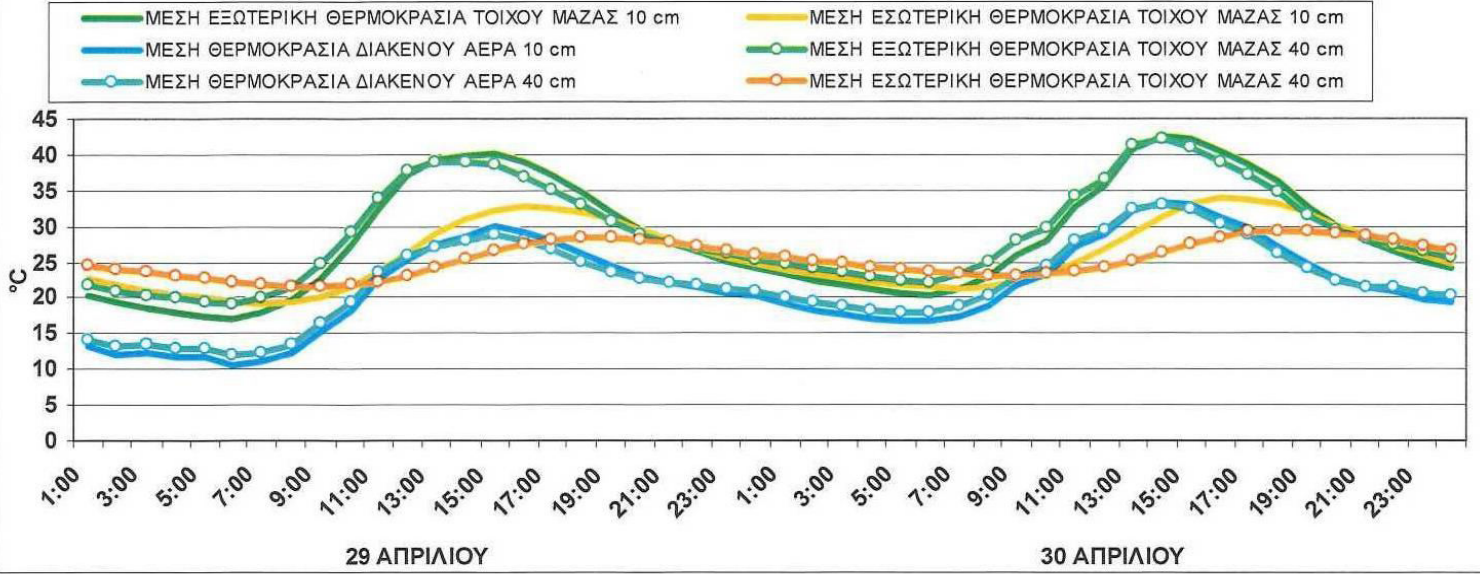
ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΚΟ ΠΑΝΕΛΟ ΕΠΙΛΕΚΤΙΚΗΣ ΒΑΦΗΣ



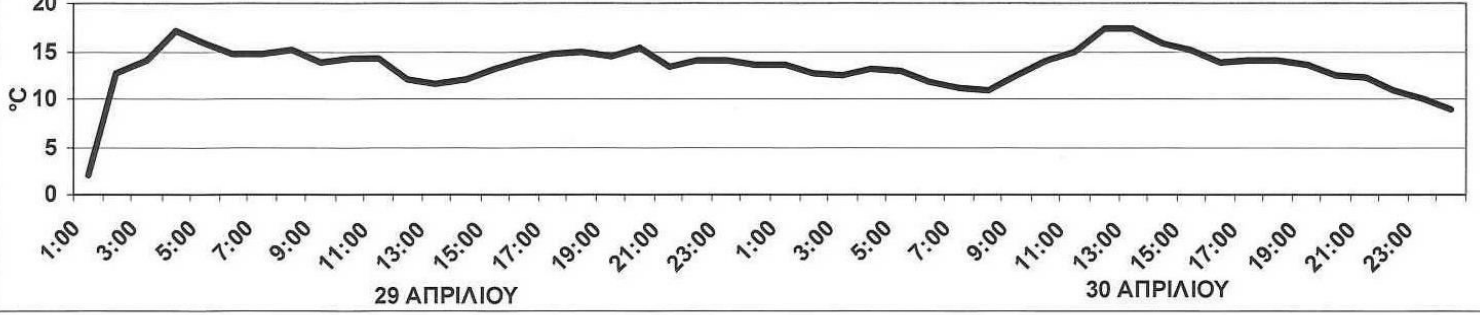
ΤΟΙΧΟΣ ΜΑΖΑΣ

ΩΡΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ

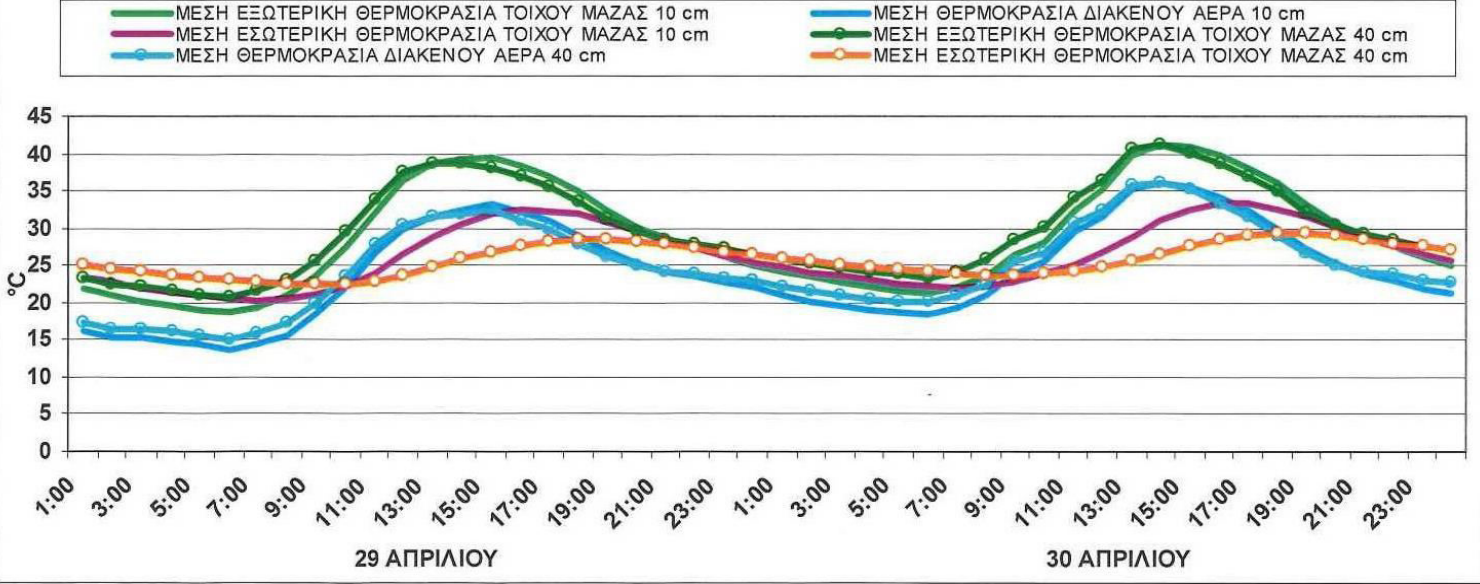
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ 10 cm κ 40 cm ΜΟΝΟΥ ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΟΥ ΣΤΙΣ 29 κ 30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ



ΜΕΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ 29 κ 30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ



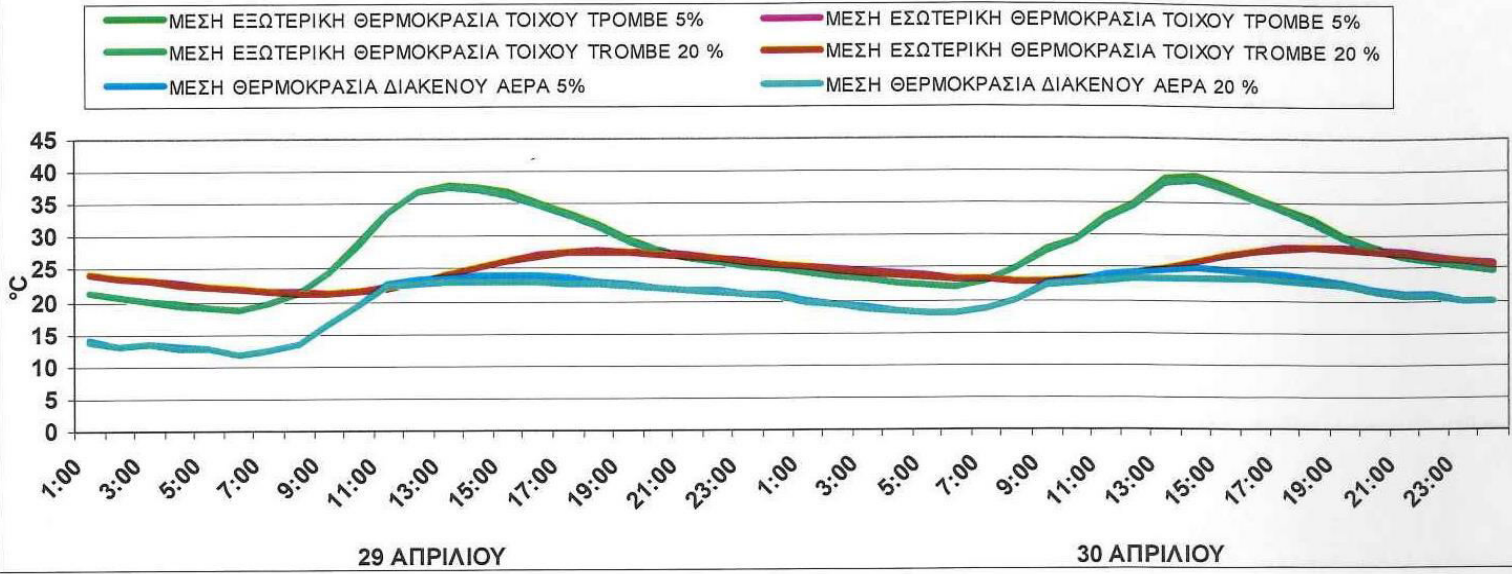
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΙΧΟΥ ΜΑΖΑΣ 10 cm κ 40 cm ΔΙΠΛΟΥ ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΟΥ ΣΤΙΣ 29 κ 30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ



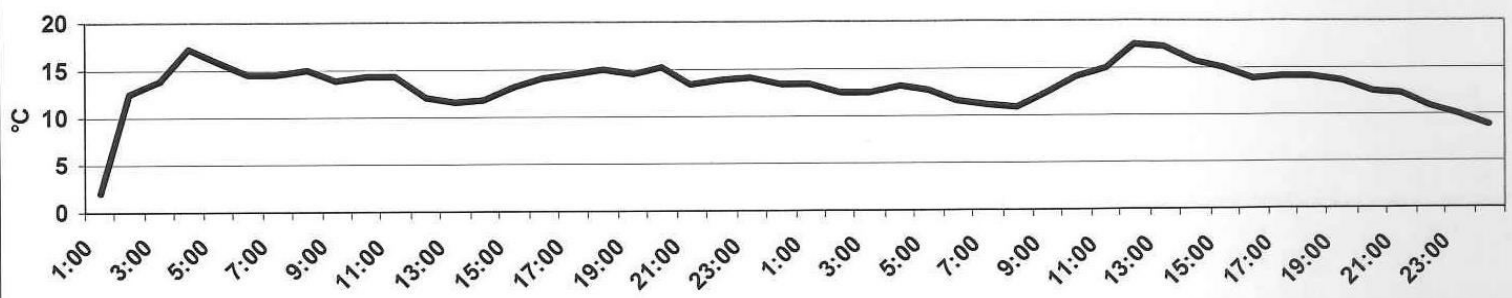
ΤΟΙΧΟΣ ΤΡΟΜΒΕ

ΩΡΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΙΧΟΥ ΤΡΟΜΒΕ ΠΟΣΟΣΤΟ ΘΥΡΙΔΩΝ 5% κ 20% ΣΤΙΣ 29 κ30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ



ΜΕΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ 29 κ 30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ



ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΙΧΟΥ ΤΡΟΜΒΕ 10 cm κ 40 cm ΣΤΙΣ 29 κ 30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ

