

Περίληψη.....	2
Πρόλογος.....	2
1. Εισαγωγή.....	3
2. Θερμική συμπεριφορά εσωτερικών χώρων.....	4
3. Τρόποι μείωσης θερμικών και ψυκτικών φορτίων.....	9
3.1 Θερμομονωτική προστασία.....	9
3.2 Ηλιοπροστασία.....	11
3.3 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα.....	13
3.4 Φυσικός Αερισμός.....	15
3.5 Εργαλεία μελέτης φαινόμενων ροής αέρα και μετάδοσης θερμότητας.....	19
4. Διατάξεις μέτρησης.....	22
4.1 Αισθητήρια μέτρησης θερμοκρασίας.....	22
4.2 Μέτρηση θερμοκρασίας αέρα.....	22
4.3 Μέτρηση ηλιακής ακτινοβολίας.....	23
5. Περιγραφή της διάταξης.....	24
6. Χρήση προσομοιωτικού εργαλείου Υπολογιστικής Ρευστομηχανικής για τη διαστασιολόγηση της διάταξης.....	26
6.1 Σύντομη περιγραφή αριθμητικής μεθοδολογίας.....	26
6.2 Αριθμητική περιγραφή γεωμετρίας, οριακών και αρχικών συνθηκών.....	28
6.2 Αποτελέσματα προσομοίωσης Υπολογιστικής Ρευστομηχανικής.....	38
7. Περιγραφή της κατασκευαστικής διαδικασίας.....	49
8. Αποτελέσματα μετρήσεων πραγματικών δεδομένων της διάταξης.....	63
9. Μελέτη της διάταξης με το μοντέλο ενεργειακής προσομοίωσης κτιρίων SUNCODE PC.....	75
9.1 Συλλογή δεδομένων για την κατασκευή των αρχείων εισόδου.....	75
9.2 Συμπεράσματα προσομοίωσης για την εαρινή περίοδο.....	77
9.3 Συμπεράσματα προσομοίωσης για την χειμερινή περίοδο.....	85
10. Προκαταρκτικός σχεδιασμός κυκλώματος αυτοματισμού.....	88
10.1 Συστήματα αυτοματισμού βασισμένα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή [1].....	88
10.2 Σύστημα αυτοματισμού για την διάταξη θερμοπροστασίας.....	91
11. Συμπεράσματα.....	96
11.1 Αποτελέσματα μελέτης.....	96
11.2 Προβλήματα που παρουσιάστηκαν.....	98
11.3 Προτάσεις για βελτίωση της διάταξης και παράγοντες που θα μπορούσαν να μελετηθούν περισσότερο.....	99
12. Βιβλιογραφία και αναφορές.....	100

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε με σκοπό τη μελέτη της συμπεριφοράς μιας πρότυπης διάταξης θερμοπροστασίας για τοιχοποιίες. Η διάταξη έχει ως στόχο την αποφυγή θερμικών κερδών και απωλειών μέσω της τοιχοποιίας παρέχοντας ηλιοπροστασία και θερμομόνωση. Η έλλειψη θερμομόνωσης σε ένα μεγάλο ποσοστό των κτιρίων καθώς και η έλλειψη διατάξεων για σκιασμό των δομικών στοιχείων, αποτελεί ένα σοβαρό πρόβλημα που επιφέρει αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση. Η μελέτη της διάταξης πραγματοποιήθηκε μέσω προγραμμάτων προσομοίωσης, καθώς και με την κατασκευή πειραματικής διάταξης για την μελέτη σε πραγματικές συνθήκες.

Abstract

The present thesis was elaborated, with a view to study the behavior of a model device which provides thermal protection to building walls. The model device intends to decrease thermal gains and thermal loses through building walls, by providing solar protection and insulation. Absence of insulation and shading systems is a common problem in a large number of buildings, and increases energy consumption for cooling and heating. The study of the model device has been accomplished via simulation programs, as well as with the construction of an experimental model for studying in real conditions.

Πρόλογος

Ευχαριστούμε τον κ. Δεληογλάνη Β. και τον κ. Τσιαίρης Ν. για την βοήθειά τους στην διαδικασία κατασκευής της πειραματικής διάταξης. Επίσης ευχαριστούμε τον κ. Ορδουμποζάνη Κων/νο για την βοήθειά του στην κατασκευή του κυκλώματος αυτοματισμού καθώς και τους επιβλέπων καθηγητές κ. Θεοδοσίου Θ. και κ. Μπούρη Δ. που συνέβαλαν στη διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας και στην παροχή μετρητικών οργάνων.

1. Εισαγωγή

Η λήψη μέτρων θερμοπροστασίας, όπως είναι η τοποθέτηση θερμομόνωσης, η δημιουργία διατάξεων σκίασης, η εφαρμογή φυσικού αερισμού και γενικά διατάξεων και μέτρων που στόχο έχουν τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας αποτελούν σημαντικά κομμάτια στον ενεργειακό σχεδιασμό κτιρίων. Παρ' όλα αυτά ένα μεγάλο ποσοστό των κτιρίων στην Ελλάδα αντιμετωπίζει πρόβλημα έλλειψης των παραπάνω μέτρων, με αποτέλεσμα την μεγάλη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη.

Στο παρόν σύγγραμμα αρχικά γίνεται μια γενική αναφορά σε μέτρα θερμοπροστασίας και στη συνέχεια παρουσιάζεται μια πρότυπη διάταξη θερμοπροστασίας για τοίχους. Σκοπός της διάταξης είναι να παρέχει ηλιοπροστασία και δροσισμό κατά τους θερινούς μήνες και θερμομόνωση του κελύφους κατά τους χειμερινούς.

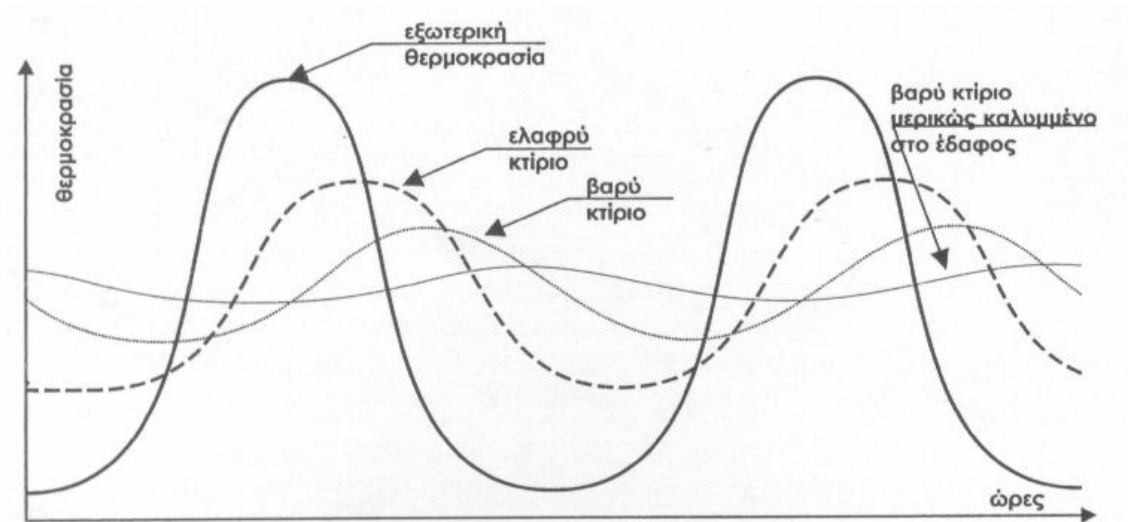
Η μελέτη της διάταξης έγινε για να διαπιστωθεί κατά πόσο εκπληρώνονται οι παραπάνω στόχοι. Αρχικά μελετήθηκε μέσω προσομοιτικού προγράμματος υπολογιστικής ρευστομηχανικής, για να γίνει πιο κατανοητή η λειτουργία της και να διαστασιολογηθούν τα μέρη από τα οποία αποτελείται. Στη συνέχεια έγινε η κατασκευή της πειραματικής διάταξης βάση της οποίας πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε πραγματικές συνθήκες και τέλος έγινε προσομοίωση περιπτώσεων εφαρμογής της διάταξης με διαφορετικές παραμέτρους από αυτές της πειραματικής, με ένα πρόγραμμα ενεργειακής προσομοίωσης κτιρίων.

2. Θερμική συμπεριφορά εσωτερικών χώρων

Ένα κτίριο μπορεί να θεωρηθεί «ζωντανός» οργανισμός διότι υπάρχει αλληλεπίδραση των χώρων του με το περιβάλλον. Ο κλάδος της μηχανικής που ασχολείται με την αλληλεπίδραση αυτή αναφέρεται ως θερμική επιστήμη και συμπεριλαμβάνει τη θερμοδυναμική και τη μετάδοση θερμότητας. Η μεταφορά θερμότητας συμπληρώνει τη θερμοδυναμική ανάλυση με επιπρόσθετους νόμους που επιτρέπουν την πρόβλεψη των ρυθμών μεταφοράς ενέργειας και στηρίζεται σε τρεις θεμελιώδεις μηχανισμούς, την αγωγή, την συναγωγή και την ακτινοβολία.

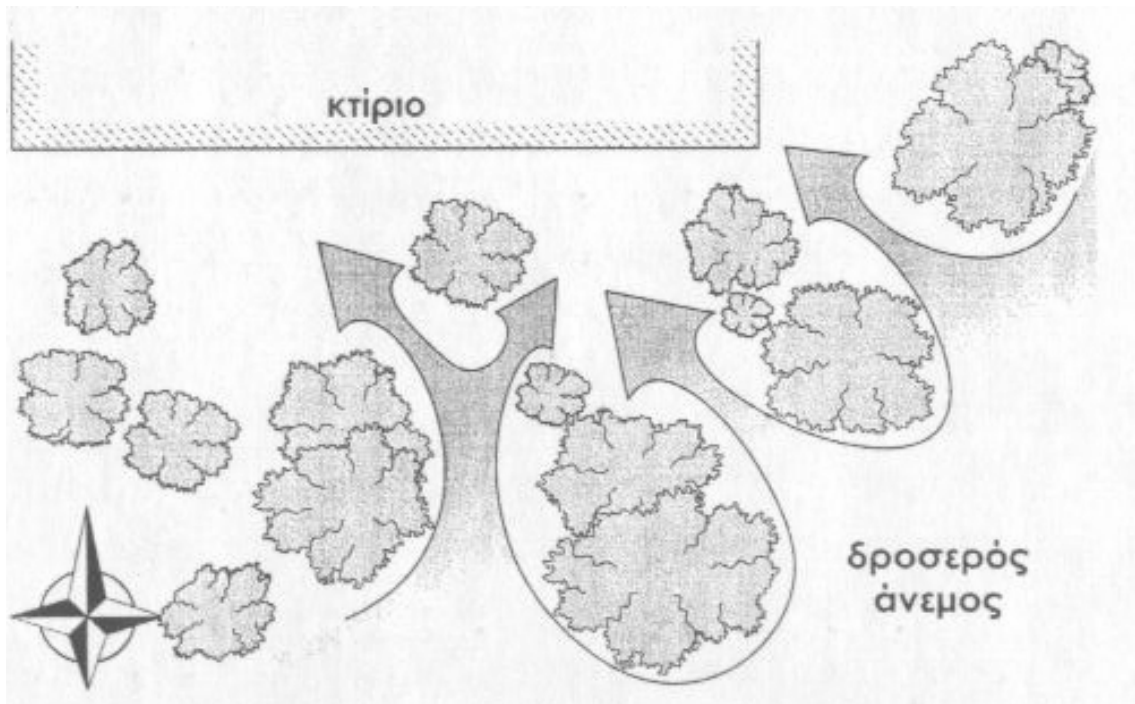
Αναλύοντας τη συμπεριφορά ενός εσωτερικού χώρου, θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψη οι παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία του. Γενικά, μια αλλαγή στις εσωτερικές ή στις εξωτερικές συνθήκες θα μπορούσε να επιφέρει αλλαγές θερμοκρασίας, δημιουργία κυκλοφορίας αέρα, αλλαγή της εσωτερικής υγρασίας κα. Η απόκρισή του χώρου επηρεάζεται από την εσωτερική και την εξωτερική διαμόρφωση, όπως επίσης και από το είδος των δομικών στοιχείων του.

Το είδος των δομικών στοιχείων επηρεάζει τη μετάδοση θερμότητας με αγωγή από και προς τον χώρο. Η μετάδοση θερμότητας με αγωγή, εξαρτάται από τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και από το πάχος της διατομής των υλικών. Οπότε, το είδος των υλικών και η αντίσταση που προβάλλουν στις ροές θερμότητας, ιδιότητα που εκφράζεται από τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, μπορεί να επηρεάσει τη θερμική απόκριση του χώρου. Επίσης η θερμική μάζα του κελύφους, που συνδέεται άμεσα με το πάχος και την πυκνότητα της διατομής αλλά και με την θερμική αντίσταση σε ροές θερμότητας επηρεάζει τη συμπεριφορά του εσωτερικού χώρου μέσω της θερμοχωρητικότητας των υλικών. Ένα κτίριο με μεγάλη θερμική μάζα αποσβένει τις διακυμάνσεις του θερμικού φορτίου κατά τη διάρκεια της ημέρας και παρατείνει το χρονικό διάστημα κατά το οποίο η θερμότητα που έχει συλλεχθεί από τα δομικά στοιχεία αποδίδεται στο χώρο ή στο περιβάλλον. Στην αντίθετη περίπτωση τα θερμικά φορτία αποδίδονται άμεσα με αποτέλεσμα για παράδειγμα την υπερθέρμανση του χώρου κατά την θερινή περίοδο. Στο Σχήμα 2.1 φαίνεται το διάγραμμα των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων μέσα στο χρονικό διάστημα δύο ημερών.



Σχήμα 2.1: Θερμοκρασιακή διακύμανση για κτίρια με διαφορετική θερμική μάζα. [4]

Εξίσου σημαντικός είναι και ο τρόπος πού γίνεται η κυκλοφορία αέρα. Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται αερισμός και η συχνότητα που εφαρμόζεται, μεταβάλλουν εντελώς τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου. Η εισχώρηση αέρα σε ένα κλειστό χώρο μπορεί να επηρεαστεί από την διαμόρφωση του εξωτερικού περιβάλλοντος. Για παράδειγμα η ύπαρξη και η διαμόρφωση της βλάστησης γύρω από ένα κτίριο μπορεί να ανακόψει την ένταση του ανέμου αλλά και να οδηγήσει ρεύματα αέρα προς αυτό. Στη πρώτη περίπτωση γίνεται μια προσπάθεια μείωσης των θερμικών απωλειών του κτιρίου, μέσω συναγωγής με τα εξωτερικά τοιχώματα. Η δεύτερη περίπτωση είναι επιθυμητή για την εαρινή περίοδο, διότι μειώνεται η θερμοκρασία του αέρα περνώντας μέσα από το φύλλωμα των φυτών.(Σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.2: Συμβολή του εξωτερικού περιβάλλοντος (βλάστηση) στη θερμική συμπεριφορά κτιρίων. [3]

Η κίνηση του αέρα επηρεάζεται επίσης από τη διαρρύθμιση του εσωτερικού χώρου, αφού τα εμπόδια που μπορεί να συναντήσει μέσα σε αυτόν μπορούν να αλλάξουν την πορεία του ή ακόμα και να αυξήσουν την θερμοκρασία του αν έχουν αποθηκευμένη θερμότητα από την πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας.

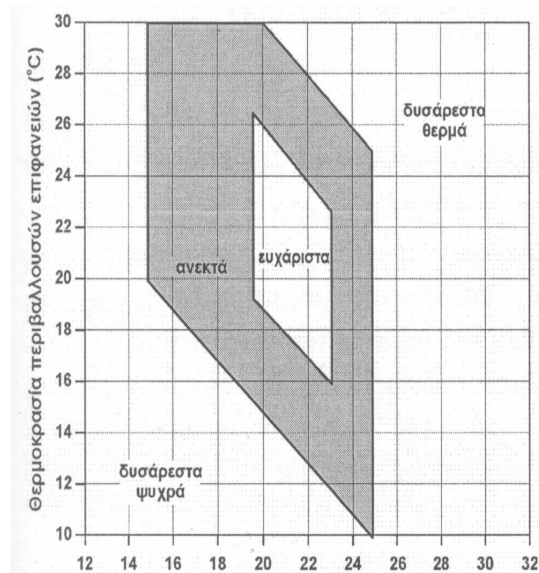
Κίνηση του αέρα μπορεί να υπάρξει όχι μόνο σε ένα χώρο που επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον αλλά και μέσα σε ένα αποκλεισμένο χώρο. Τέτοια φαινόμενα μπορεί να δημιουργηθούν τοπικά, από τη διαφορά θερμοκρασίας των δομικών στοιχείων και του αέρα, καθώς και σε όλο τον όγκο του χώρου. Η πιο απλή περίπτωση δημιουργίας κίνησης αέρα σε όλο τον όγκο του χώρου παρουσιάζεται με τη πρόσδοση θερμότητας στον χώρο, με το φαινόμενο της θερμικής διαστρωμάτωσης, κατά το οποίο ο θερμότερος αέρας ανέρχεται λόγω χαμηλότερης πυκνότητας.

Ακόμα η εσωτερική διαρρύθμιση ενός χώρου μπορεί να αλλάξει την θερμική του συμπεριφορά με την δημιουργία ζωνών ανάσχεσης θερμότητας. Οι ζώνες ανάσχεσης θερμότητας, είναι μη θερμαινόμενα δωμάτια με περιορισμένη χρήση οι οποίοι βρίσκονται στην βόρεια πλευρά ενός κτιρίου και λειτουργούν ως φράγμα στις ροές θερμότητας αφού παρεμβάλλονται μεταξύ ψυχρών επιφανειών και θερμού αέρα. Ζώνες ανάσχεσης μπορεί να είναι ή ακόμα και έπιπλα του χώρου όπως για παράδειγμα μια ντουλάπα σε επαφή με τον τοίχο(Σχήμα 2.3).



Σχήμα 2.3: Βέλτιστη διάταξη των δωματίων ενός διαμερίσματος και αξιοποίηση των χώρων ανάσχεσης θερμότητας. [2]

Η συμπεριφορά ενός εσωτερικού χώρου δεν ορίζεται μόνο από την θερμοκρασία του αέρα αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με τη θερμοκρασία των γύρω επιφανειών και τη διαφορά της από τη θερμοκρασία αέρα. Τα διαγράμματα θερμικής άνεσης (ΔΘΑ) δείχνουν αυτή τη συμπεριφορά και ορίζουν κατά πόσο είναι ευχάριστη, ανεκτή ή δυσάρεστη η παραμονή σε ένα χώρο. Ένα τέτοιο διάγραμμα δίνεται στο Σχήμα 2.4 όπου φαίνονται οι ζώνες θερμικής άνεσης με τις χρωματικές διαβαθμίσεις.



Σχήμα 2.4: ΔΘΑ μέσης θερμοκρασίας αέρα και θερμοκρασίας επιφανειών που περιβάλλουν ένα χώρο. [2]

Η μελέτη των επιφανειών που βρίσκονται σε υψηλή θερμοκρασία γίνεται με τον μηχανισμό της μετάδοσης θερμότητας μέσω ακτινοβολίας. Η μετάδοση θερμότητας μέσω ακτινοβολίας είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη θερμική συμπεριφορά ενός κτιρίου αφού η ενέργεια που μεταφέρεται εξαρτάται από την τέταρτη δύναμη της θερμοκρασίας ($q = \sigma AT^4$). Η ύπαρξη ενός στοιχείου σε υψηλότερη θερμοκρασία μέσα στον χώρο μπορεί να επιφέρει θερμική άνεση (στη περίπτωση σώματος θέρμανσης το χειμώνα) ή δυσφορία (στη περίπτωση μη θερμομονωμένης οροφής το καλοκαίρι).

Συνοψίζοντας διαπιστώνουμε πως η θερμική συμπεριφορά ενός εσωτερικού χώρου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες μέσα και έξω από αυτόν. Όλοι αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν την μετάδοση θερμότητας από και προς τον χώρο καθώς και την κίνηση του αέρα, βάση των οποίων μπορεί να περιγραφεί αυτή η συμπεριφορά.

3. Τρόποι μείωσης θερμικών και ψυκτικών φορτίων

Με τους όρους θερμικά και ψυκτικά φορτία, ορίζεται η ενέργεια που πρέπει να προσφερθεί σε έναν χώρο για να προσδώσει ή να απάγει αντίστοιχα ποσά θερμότητας από αυτόν.

Η απαίτηση θερμικού φορτίου προκύπτει από την ύπαρξη απωλειών θερμότητας σε έναν χώρο. Οι θερμικές απώλειες χωρίζονται σε απώλειες θερμοπερατότητας, που περιλαμβάνουν τους τρεις τρόπους μετάδοσης θερμότητας μέσω των δομικών στοιχείων και σε απώλειες αερισμού, δηλαδή την εισχώρηση εξωτερικού αέρα στο χώρο που θα πρέπει να θερμανθεί. Από την άλλη η απαίτηση ψυκτικών φορτίων στηρίζεται στη ύπαρξη θερμικών κερδών που αποδίδονται στο χώρο. Η πρόσδοση θερμικών κερδών μπορεί να γίνει άμεσα μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται από τα ανοίγματα, μέσω των δομικών στοιχείων και πάλι με συνδυασμό των τριών φαινομένων μετάδοσης θερμότητας, με τον αερισμό αλλά και με τη συνεισφορά εσωτερικών θερμικών κερδών. Επομένως για την μείωση των θερμικών και των ψυκτικών φορτίων θα πρέπει να βρεθούν τρόποι αποφυγής των απωλειών και των θερμικών κερδών αντίστοιχα.

Η μελέτη και η εφαρμογή διαφόρων μεθόδων αποφυγής των απωλειών και των θερμικών κερδών έγκειται στον κλάδο της μηχανικής του Ενεργειακού Σχεδιασμού Κτιρίων. Ο ενεργειακός σχεδιασμός ασχολείται με την βελτιστοποίηση του ενεργειακού ισοζυγίου σε ένα κτίριο, δηλαδή μέσω διαφόρων τεχνικών την επίτευξη της εξοικονόμησης ενέργειας για την μείωση θερμικών και ψυκτικών φορτίων. Οι κυριότεροι τρόποι επίτευξης των παραπάνω στόχων είναι:

- Θερμομονωτική προστασία
- Ηλιοπροστασία
- Παθητικά Ηλιακά Συστήματα
- Φυσικός Αερισμός

3.1 Θερμομονωτική προστασία

Η τοποθέτηση θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου είναι ένας από τους πιο κλασικούς και ίσως ο πιο σημαντικός παράγοντας ώστε να επιτευχθεί η μείωση των θερμικών απωλειών και των θερμικών κερδών. Η συνεισφορά της θερμομόνωσης επικεντρώνεται

στον περιορισμό των ροών θερμότητας μέσω των δομικών στοιχείων του κελύφους. Τα θερμομονωτικά υλικά είναι τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση της θερμικής αντίστασης προς τις ροές θερμότητας και αυτό διότι τα κοινά οικοδομικά υλικά του κελύφους ήδη παρέχουν κάποιο βαθμό θερμομονωτικής προστασίας. Η αντίσταση αυτή οφείλεται στην μικρή τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που εκφράζει τη θερμική συμπεριφορά των υλικών αυτών και ο οποίος κατέχει σημαντικό ρόλο στην μεταφορά θερμότητας με αγωγή όπως φαίνεται και από τη σχέση:

$$\dot{q} = A * k * \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (3.1)$$

όπου: k ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας

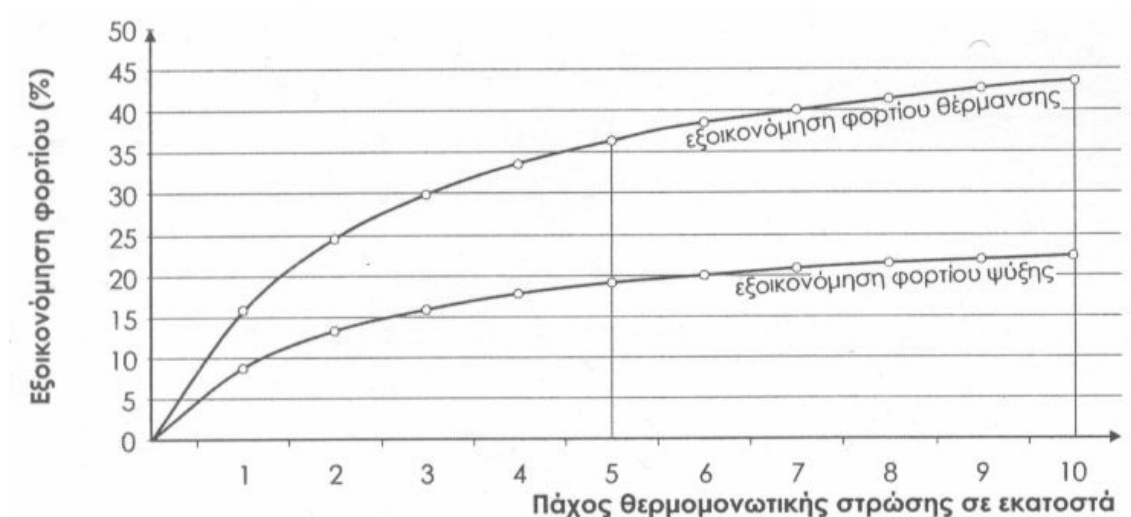
A το εμβαδόν της επιφάνειας συναλλαγής

ΔT η διαφορά θερμοκρασίας

Δx το πάχος της διατομής του δομικού στοιχείου

Αξίζει να σημειωθεί ότι σαν θερμομονωτικά υλικά αναφέρονται και αυτά που παρά τη μεγάλη θερμική αγωγιμότητά τους, περιορίζουν τη θερμική ροή με ακτινοβολία. Τέτοια είναι ανακλαστικά υλικά και επιστρώσεις, καθώς και κρύσταλλα χαμηλής εκπεμπιμότητας. Τέλος αναφέρεται ότι τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την θερμομόνωση των δομικών στοιχείων θα πρέπει να έχουν μικρό ειδικό βάρος και αυξημένο πορώδες. Το πορώδες συνήθως περιέχει ξηρό ακίνητο αέρα, ο οποίος παρέχει τη μεγαλύτερη θερμική αντίσταση στις ροές θερμότητας με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $k = 0,023 \text{ W/mk}$.

Σύμφωνα με τη σχέση (3.1) παρατηρείται ότι και το πάχος μιας διατομής επηρεάζει την ροή θερμότητας. Αυτός ο παράγοντας περιλαμβάνει το πάχος του κάθε δομικού υλικού αλλά και της θερμομόνωσης. Το πάχος των δομικών υλικών μπορεί να προσφέρει μια αύξηση στη θερμική αντίσταση, αλλά περισσότερο λειτουργεί σαν θερμική αποθήκη με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμικής αδράνειας της διατομής. Όσον αφορά το πάχος του θερμομονωτικού υλικού θα φαινόταν λογικό ότι όσο θα αυξανόταν η διατομή του τόσο μεγαλύτερη προστασία θα παρείχε και κατ' επέκταση μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας. Από το Σχήμα 3.1 φαίνεται ότι κάτι τέτοιο δεν ισχύει αφού μετά από κάποιο πάχος η εξοικονόμηση παρουσιάζει ελάχιστη αύξηση που οδηγεί σε μεγαλύτερο κόστος χωρίς αποτέλεσμα.



Σχήμα 3.1: Η εξοικονόμηση φορτίου συνάρτηση του πάχους της θερμομονωτικής στρώσης σε cm. [4]

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι μπορεί να τοποθετηθεί θερμομόνωση και στα υαλοστάσια ανοιγμάτων. Η εφαρμογή της σε τέτοιες περιπτώσεις γίνεται τις νυχτερινές ώρες για την αποφυγή μεγάλων θερμικών απωλειών και προϋποθέτει έναν μηχανισμό που θα την μετακινεί κατά τη διάρκεια της μέρας. Μια τέτοια εφαρμογή ονομάζεται νυχτερινή θερμομόνωση.

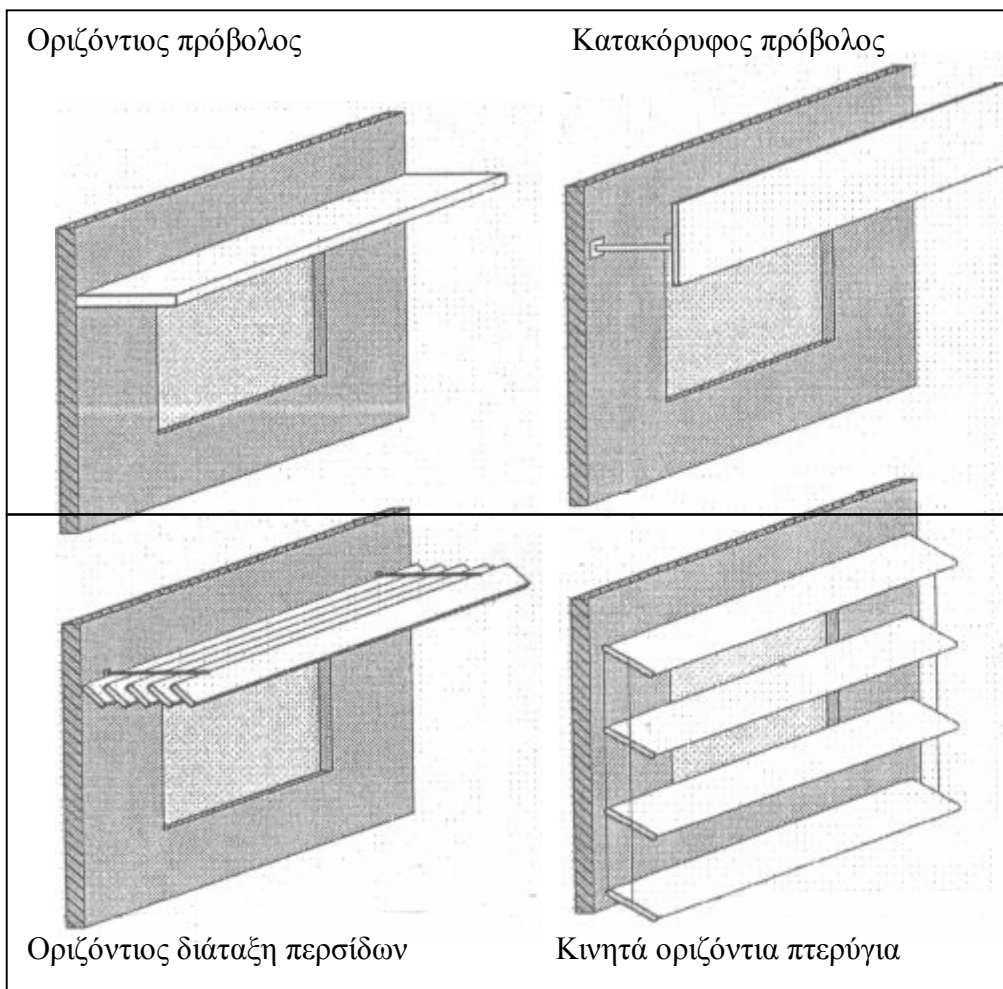
3.2 Ηλιοπροστασία

Η προστασία των διαφόρων επιφανειών από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, περιορίζει σε μεγάλο ποσοστό τα θερμικά κέρδη που επιβαρύνουν ένα κτίριο κατά τους θερινούς μήνες. Επειδή όμως η ηλιακή ακτινοβολία προσφέρει θερμικά φορτία την χειμερινή περίοδο, οι διατάξεις ηλιοπροστασίας θα πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε την περίοδο αυτή να επιτρέπεται η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας. Ηλιοπροστασία ή σκιασμός εφαρμόζεται συνήθως σε ανοίγματα, από όπου έχουμε και την είσοδο της άμεσης ακτινοβολίας σε ένα χώρο, αλλά μπορεί ακόμα να εφαρμοστεί και σε ολόκληρες όψεις με σκοπό την αποφυγή της υπερθέρμανσης των δομικών στοιχείων.

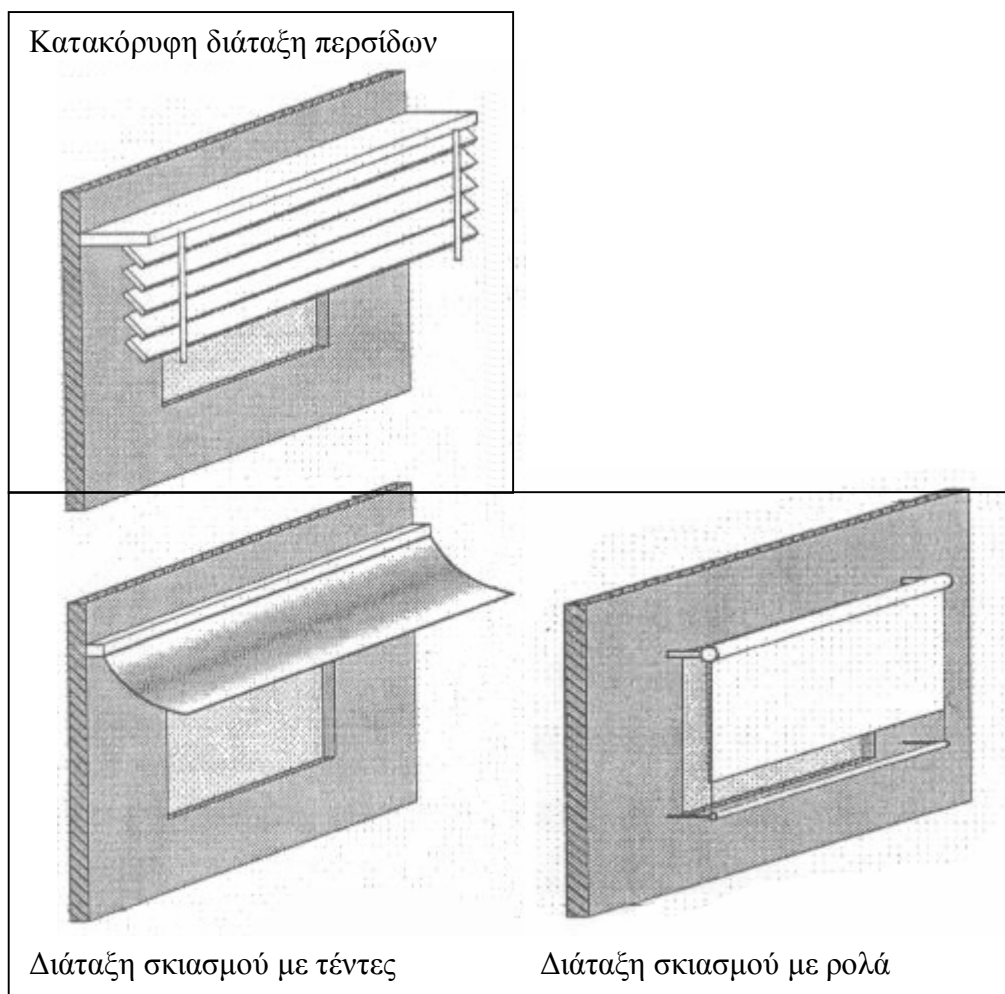
Οι διατάξεις σκίασης χωρίζονται σε εσωτερικές, οι οποίες τοποθετούνται σε ανοίγματα όπως περσίδες και κουρτίνες, και σε εξωτερικές, οι οποίες διακόπτουν την ηλιακή ακτινοβολία πριν προσπέσει στο άνοιγμα και μπορούν επίσης να σκιάσουν ολόκληρη την

όψη. Πρέπει να αναφερθεί ότι ο προσανατολισμός της όψης που πρόκειται να σκιαστεί διαφοροποιεί την γεωμετρία των σκιαδίων. Μια όψη νότιου προσανατολισμού θα μπορούσε να σκιαστεί εύκολα λόγω της μεγάλης γωνίας ύψους του ήλιου με οριζόντιες διατάξεις, ενώ στις δυτικές όψεις βρίσκουν καλύτερη εφαρμογή κατακόρυφες διατάξεις σκίασης αφού ο ήλιος είναι πιο χαμηλά όταν δύει. Χαρακτηριστικές διατάξεις σκίασης είναι:

- Ø Οριζόντιος ή κατακόρυφος πρόβολος (Σχήμα 3.2)
- Ø Περσίδες σε οριζόντια ή κατακόρυφη σειρά(Σχήμα 3.3 και 3.4)
- Ø Κινητά οριζόντια πτερύγια(Σχήμα 3.3)
- Ø Τέντες (Σχήμα 3.5)
- Ø Εξωτερικά ρολά(Σχήμα 3.5)



Σχήματα 3.2 & 3.3: Είδη προβόλων και Διατάξεις περσίδων. [2]



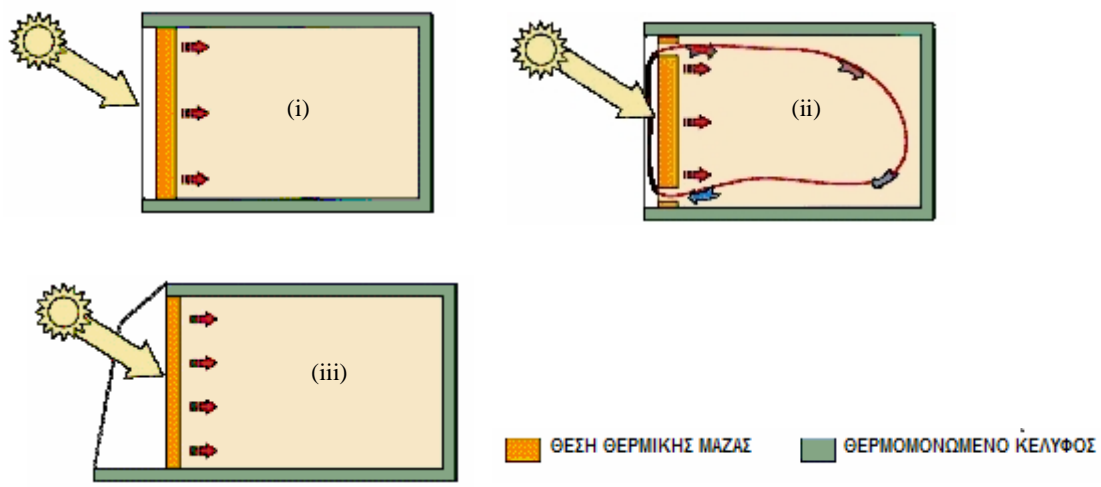
Σχήματα 3.4-3.5: Διάταξη περσίδων (συνέχεια) και άλλες διατάξεις σκιασμού επιφανειών (τέντες και ρολά). [2]

3.3 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα

Στον αντίποδα του περιορισμού της ηλιακής ακτινοβολίας για τη μείωση των θερμικών κερδών τη θερινή περίοδο, βρίσκεται η αξιοποίησή της τη χειμερινή περίοδο με σκοπό την ενίσχυση του θερμικού φορτίου με φυσικό τρόπο. Η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας γίνεται επιτρέποντας την είσοδο της μέσω των ανοιγμάτων. Επίσης τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα (Π. Η. Σ.) μπορούν έμμεσα να αυξήσουν τα θερμικά κέρδη λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας, κυρίως με την θέρμανση των δομικών στοιχείων του κελύφους. Η λειτουργία τέτοιων συστημάτων είναι η αποθήκευση θερμότητας σε κάποιο υλικό μεγάλης θερμοχωρητικότητας και η απόδοσή της στον εσωτερικό χώρο με μια χρονική υστέρηση.

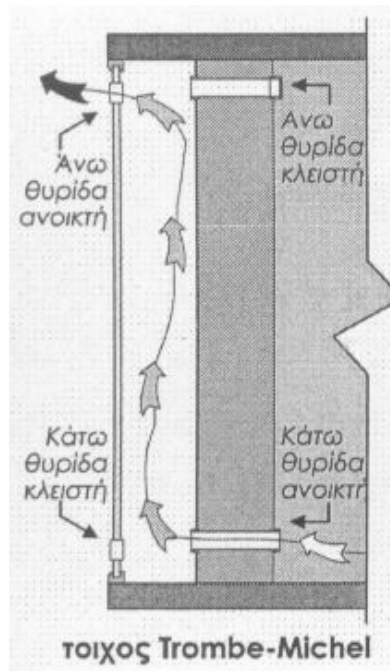
Χαρακτηριστικά παθητικά ηλιακά συστήματα είναι ο τοίχος μάζας, ο τοίχος Trombe – Michel και το προσαρτημένο θερμοκήπιο (Σχήμα 3.6). Και τα τρία προαναφερθέντα

συστήματα χρησιμοποιούν συνήθως τοίχο μεγάλης θερμικής μάζας μπροστά από τον οποίο τοποθετείται σε κάποια απόσταση υαλοστάσιο για τη δημιουργία του φαινομένου θερμοκηπίου. Στο υαλοστάσιο κατά την διάρκεια της νύχτας θα μπορούσε να τοποθετηθεί θερμομόνωση ώστε να αποφευχθεί η ροή θερμότητας προς το περιβάλλον. Πρέπει να τονισθεί ότι οι διατάξεις αυτές θα πρέπει να προστατεύονται από την ηλιακή ακτινοβολία τους θερινούς μήνες. Αυτό μπορεί να γίνει με αερισμό, με χρήση σκιάστρου και με την νυχτερινή θερμομόνωση που προαναφέρθηκε.



Σχήμα 3.6: (i)τοίχος μάζας,(ii) τοίχος Trombe – Michel και (iii) προσαρτημένο θερμοκήπιο. [1]

Έχοντας εξασφαλίσει τον πλήρη σκιασμό ενός τοίχου Trombe, αξίζει να επισημανθεί και η συνεισφορά του στο δροσισμό του κτιρίου. Αυτή η λειτουργία επιτυγχάνεται μέσω του ελέγχου των θυρίδων αερισμού με το φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.7.



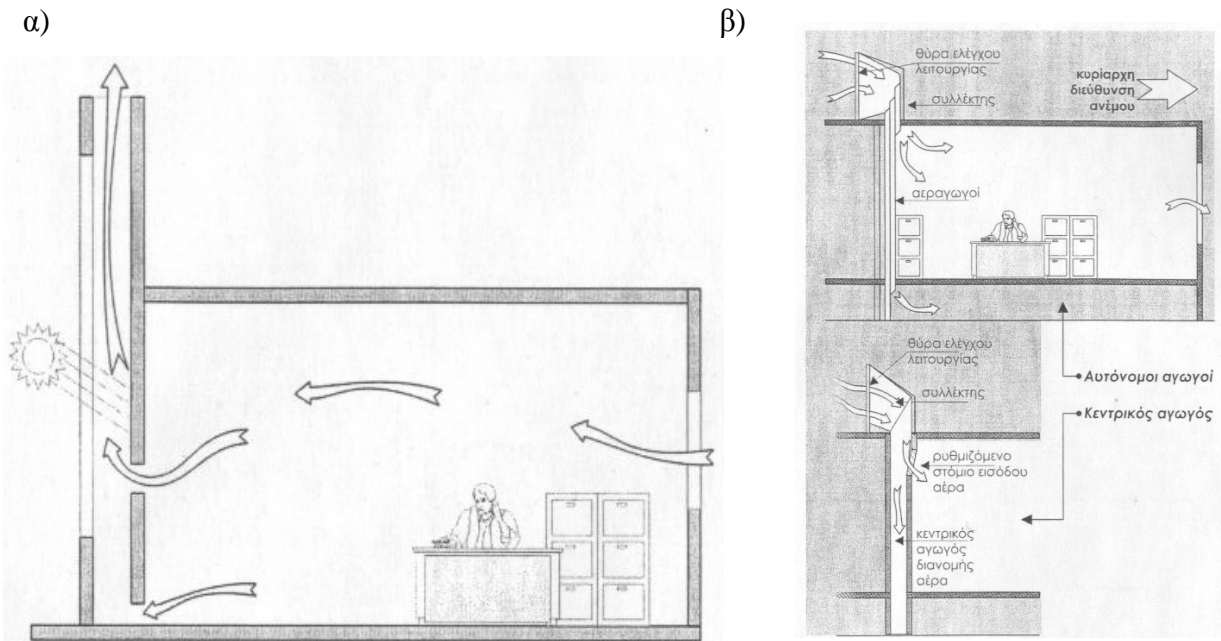
Σχήμα 3.7: Αξιοποίηση του τοίχου Trombe-Michel για την παροχή δροσισμού. [2]

Το φαινόμενο του θερμοσιφονισμού δημιουργείται όταν η διαφορά εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας εμφανίζει διαφορές πίεσης ως αποτέλεσμα της διαφοράς πυκνότητας του αέρα. Πιο συγκεκριμένα όταν η θερμοκρασία στο διάκενο μεταξύ υαλοστασίου και τοίχου ή του εσωτερικού αέρα του κτιρίου είναι υψηλότερη από την εξωτερική, δημιουργείται μια αρνητική πίεση σε σχέση με την ατμοσφαιρική στο κατώτερο επίπεδο και έτσι έχουμε εισροή αέρα, και μια θετική πίεση στο υψηλότερο επίπεδο όπου έχουμε εκροή αέρα. Με αυτόν τον τρόπο παρέχεται δροσισμός στον τοίχο ή στον εσωτερικό αέρα με αποτέλεσμα τη μείωση θερμικών κερδών με φυσικό τρόπο.

3.4 Φυσικός Αερισμός

Τέλος η εφαρμογή φυσικού αερισμού είναι μια μέθοδος που συμβάλει στο δροσισμό του κτιρίου και γενικά στην μείωση των απαιτήσεων ψύξης. Ο αερισμός ενός κτιρίου κατά την θερινή περίοδο μπορεί να απάγει θερμότητα από το εσωτερικό του, αλλά και να δημιουργήσει μια αίσθηση δροσισμού στο ανθρώπινο σώμα. Ο αερισμός σε ένα χώρο μπορεί να δημιουργηθεί με κάποιες διατάξεις όπως οι πύργοι αερισμού και οι ηλιακές καμινάδες

αλλά ο πιο συνηθής και εύκολος τρόπος είναι μέσω των ανοιγμάτων. Η λειτουργία των διατάξεων φυσικού αερισμού παρουσιάζεται στα Σχήματα 3.8α και 3.8β.

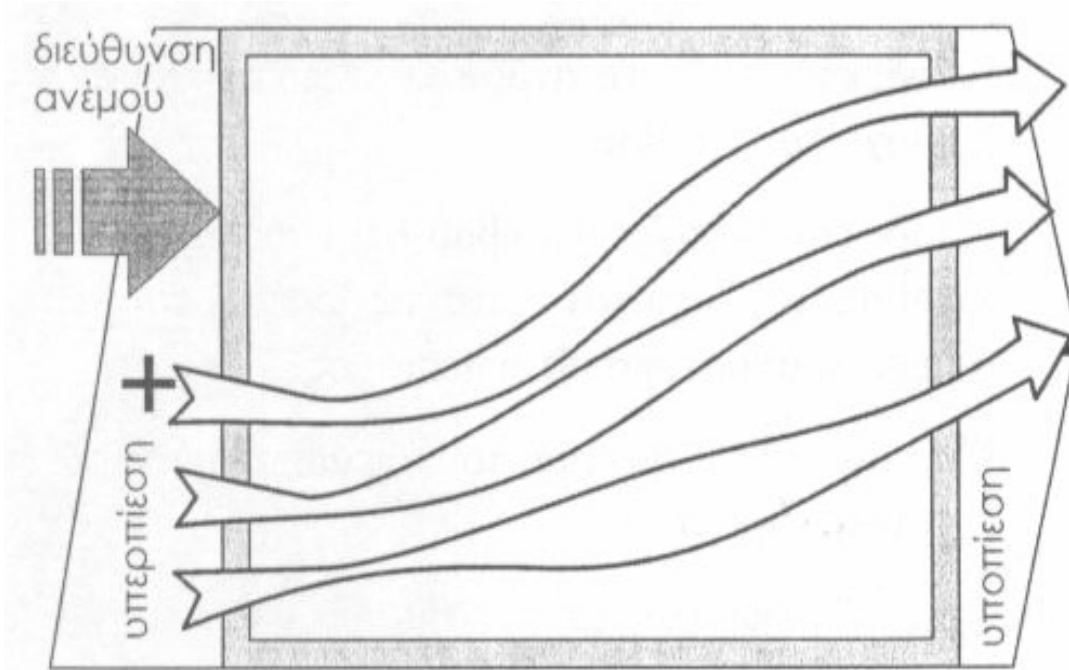


Σχήμα 3.8: α) Ηλιακή καμινάδα. β) Πύργος αερισμού. [3]

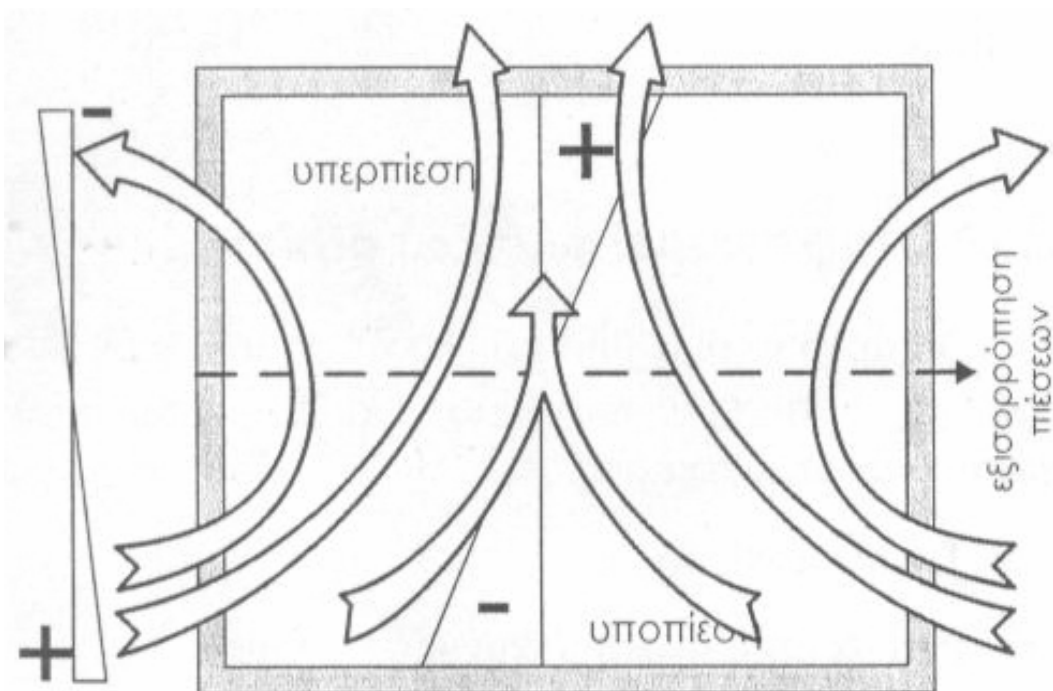
Οι προϋποθέσεις που πρέπει να υπάρχουν για να εφαρμοστεί ο φυσικός αερισμός είναι:

- Ήπιες ή μέσες κλιματικές συνθήκες.
- Καλή ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα.
- Αποδεκτά επίπεδα θορύβου.
- Μερικώς ελεύθερη ροή ανέμου στην περιοχή του κτιρίου.

Οι μηχανισμοί φυσικού αερισμού στηρίζονται στις δυνάμεις ανεμοπίεσης και θερμικής διαστρωμάτωσης που προκαλούν την κίνηση του αέρα μεταξύ του εσωτερικού του κτιρίου και της ατμόσφαιρας. Η λειτουργίες αυτών των δύο μηχανισμών φαίνονται στα Σχήματα 3.9.α και 3.9β.

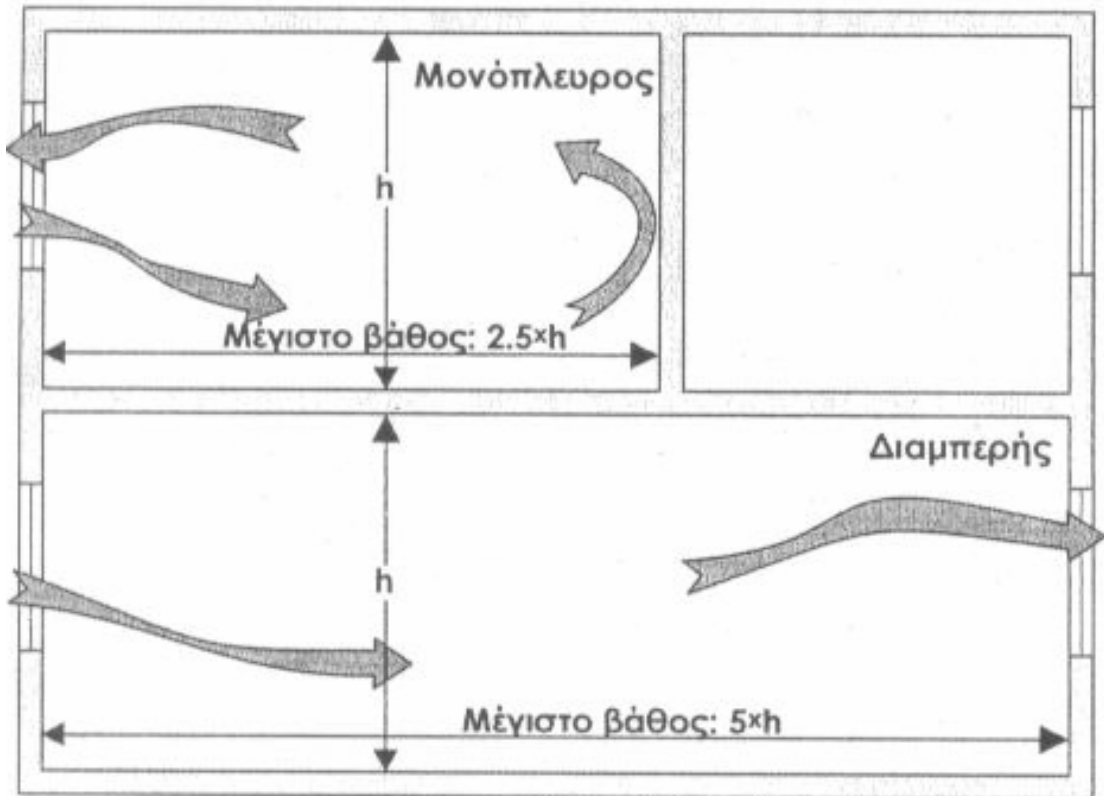


Σχήμα 3.9.α: Δυνάμεις ανεμοπίεσης εξωτερικά του κελύφους ενός κτιρίου. [3]



Σχήμα 3.9.β: Δυνάμεις θερμικής διαστρωμάτωσης εξωτερικά του κελύφους ενός κτιρίου. (Δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη ρεύματος αέρα). [3]

Όπως προαναφέρθηκε ο πιο εύκολος τρόπος αερισμού είναι μέσω των ανοιγμάτων. Υπάρχουν δύο τεχνικές φυσικού αερισμού με τη χρήση των ανοιγμάτων όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.10, ο μονόπλευρος αερισμός και ο διαμπερής.



Σχήμα 3.10: Τεχνικές αερισμού ανάλογα με τις διαστάσεις του χώρου. [3]

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι η καλύτερη εφαρμογή φυσικού αερισμού γίνεται κατά την διάρκεια της νύχτας (νυχτερινός αερισμός). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας κατά τη διάρκεια της νύχτας τους θερινούς μήνες έχει αρκετά χαμηλή θερμοκρασία που ευνοεί την αποφόρτιση των δομικών στοιχείων του κελύφους αλλά και την εισαγωγή δροσερού αέρα στο κτίριο.

3.5 Εργαλεία μελέτης φαινόμενων ροής αέρα και μετάδοσης θερμότητας.

Η ανάγκη μελέτης των φαινομένων μεταφοράς θερμότητας, της κίνησης ρευμάτων αέρα και γενικά της αλληλεπίδρασης ενός χώρου με το εξωτερικό περιβάλλον, δημιούργησε διάφορες μεθόδους που προσεγγίζουν αυτά τα φαινόμενα και βοηθούν στην καλύτερη αντιμετώπιση κατασκευαστικών προβλημάτων όπως παραδείγματος χάρη τοποθέτηση θερμομόνωσης, ανάγκες ηλιοπροστασίας, εκμετάλλευση ηλιακού κέρδους και φυσικού αερισμού κ.α.

Αρχικά αναπτύχθηκαν μονοσήμαντες μέθοδοι υπολογισμού που απλουστεύουν την πολυπλοκότητα των αλληλεξαρτώμενων θερμικών ροών, παραθέτοντας παραδοχές που εξασφαλίζουν την ασφάλεια των υπολογισμών. Τέτοιες μέθοδοι χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό θερμικών απωλειών ενός κτιρίου και βασίζονται συνήθως στην μέση ελάχιστη θερμοκρασία του έτους ή του μήνα και τη διαφορά της με την επιθυμητή εσωτερική για την ασφαλή διαστασιολόγηση συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, χωρίς να περιγράφουν την ενεργειακή κατάσταση ενός κτιρίου. Η μέθοδος DIN 4701/77 και η μέθοδος 5000 είναι από τις πιο αντιπροσωπευτικές αυτών των μεθόδων.

Για την καλύτερη προσέγγιση της ενεργειακής κατάστασης ενός κτιρίου αναπτύχθηκαν οι μέθοδοι προσομοίωσης. Σε αντίθεση με της προηγούμενες μεθόδους που αναφέρθηκαν, η προσομοίωση αντιμετωπίζει τα φαινόμενα με μεταβαλλόμενες συνθήκες και σε πραγματικές καιρικές συνθήκες. Έτσι κάθε προσπάθεια προσομοίωσης θα πρέπει να στηρίζεται σε ένα αξιόπιστο αρχείο κλιματικών δεδομένων για κάθε ώρα του έτους. Σε κάθε κτίριο οι ανταλλαγές θερμότητας μεταξύ των στοιχείων του γίνονται με αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία συνεχώς, ενώ ταυτόχρονα αποθηκεύεται και θερμότητα στα δομικά στοιχεία. Οπότε γίνεται κατανοητό ότι, η σύνδεση μεταξύ των θερμικών αντιστάσεων και των θερμικών χωρητικοτήτων διάφορων στοιχείων αλλά και των ποσοτήτων αέρα που κυκλοφορεί μέσα σε ένα κτίριο αποτελούν ένα περίπλοκο σύστημα. Αυτό το σύστημα προσεγγίζεται με όσο το δυνατόν λιγότερες παραδοχές, για μεγαλύτερη ακρίβεια, από προσομοιωτικά εργαλεία, έτσι ώστε να κατανοηθεί καλύτερα η λειτουργία και να αξιολογηθεί η ενεργειακή κατάσταση ενός κτιρίου.

Τα σύγχρονα μοντέλα προσομοίωσης κτιρίων παρέχουν την δυνατότητα διαχωρισμού του κτιρίου προς μελέτη σε θερμικές ζώνες. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να μελετηθούν χώροι με διαφορετικές λειτουργίες και να διαπιστωθούν οι συναλλαγές μεταξύ των χώρων

ενός κτιρίου. Σε κάθε μοντέλο προσομοίωσης περιλαμβάνεται ένα αρχείο εισόδου, όπου θα πρέπει να περιγραφεί το κέλυφος, ο αερισμός και γενικότερα τα λειτουργικά χαρακτηριστικά κάθε ζώνης. Τα κυριότερα μοντέλα ενεργειακής προσομοίωσης κτιρίων είναι: Esp – r (Environmental System Performance), DOE – 2, TRNSYS (TRaNsient SYstems Simulation και SERIRES / SUNCODE - PC.

Παράλληλα με τη βελτίωση του τρόπου αντιμετώπισης προβλημάτων κατανόησης της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός κτιρίου, βελτιώθηκε και η ανάλυση προβλημάτων ροής ρευστού σε διάφορες κατασκευές εσωτερικά και εξωτερικά. Η ανάλυση αυτή αποτελεί μέρος της υπολογιστικής ρευστομηχανικής και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την μελέτη φαινομένων ροής σε πολύπλοκες κατασκευές όπως τα κτίρια. Η υπολογιστική ρευστομηχανική αποτελεί ένα ακόμα εργαλείο προσομοίωσης για την κατανόηση των φαινομένων μετάδοσης θερμότητας αλλά και της καλύτερης προσέγγισης πεδίων ροής γύρω και μέσα σε χώρους που έχουν αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Γενικά η υπολογιστική ρευστομηχανική είναι ένα σημαντικό εργαλείο για τη διαστασιολόγηση και τη σωστή σχεδίαση κατασκευών εξοικονομώντας χρόνο, αφού είναι προφανές ότι είναι πιο δύσκολη η αλλαγή μιας πειραματικής διάταξης από την αλλαγή μιας παραμέτρου σε μια υπολογιστική διαδικασία. Σε ένα κτίριο υπάρχουν ροές θερμότητας και κυκλοφορία ρευμάτων αέρα, οπότε μια σωστή σχεδίαση των δεδομένων εισόδου που θα περιγράφει την μορφή του κτιρίου και τις διάφορες παραμέτρους ρεαλιστικά, μπορεί να δώσει μια πολύ καλή «εικόνα» της κατανομής θερμοκρασιών και των πιέσεων και να περιγράψει την κίνηση του αέρα, καθιστώντας τη ρευστομηχανική ως ένα σημαντικό εργαλείο στο σχεδιασμό και την μελέτη των κτιρίων.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα – εργαλείο της υπολογιστικής ρευστομηχανικής CAFFCA3D (Collocated Approach to a Fluid Flow Calculation Algorithm) και το μοντέλο ενεργειακής προσομοίωσης κτιρίων SERIRES / SUNCODE – PC.

Το εργαλείο CAFFCA3D αποτελεί έναν αλγόριθμο αριθμητικής επίλυσης προβλημάτων ρευστομηχανικής τρισδιάστατων ροών σε υπολογιστικό κώδικα FORTRAN. Η επίλυση γίνεται με την μεθοδολογία των πεπερασμένων όγκων για τις διαφορικές εξισώσεις της ρευστομηχανικής. Τα πεδία ροής που επιλύονται μπορεί να είναι στρωτά ή τυρβώδη, με ή χωρίς μεταφορά θερμότητας. Ακόμα μπορεί να επιλυθούν προβλήματα μετάδοσης θερμότητας μέσα από στερεά υλικά. Επιπλέον μπορούν να γίνουν υπολογισμοί οι οποίοι να παρακολουθούν την χρονική εξέλιξη ενός φαινομένου ή και να υπολογίζεται απευθείας η μόνιμη κατάσταση στην οποία μπορεί να καταλήξει.[5]

Ο αλγόριθμος χρησιμοποιήθηκε για την διαστασιολόγηση της διάταξης που επρόκειτο να κατασκευαστεί. Τα αποτελέσματα που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν περισσότερο την ανάπτυξη θερμοκρασιών στο μοντέλο που μελετήθηκε, αλλά και σε ταχύτητες και γενικά σε πεδία ροών αέρα εσωτερικά και εξωτερικά του μοντέλου.

Το SUNCODE – PC αποτελεί ένα από τα απλούστερα μοντέλα ενεργειακής προσομοίωσης αλλά μειονεκτεί στον τρόπο που αντιμετωπίζει τις εγκαταστάσεις θέρμανσης και ψύξης, για τις οποίες υπολογίζει μόνο το φορτίο θέρμανσης – ψύξης και όχι την πραγματική απόδοση. Βέβαια το φορτίο αυτό υπολογίζεται σε ωριαίο βήμα και δεν παρουσιάζει τα προβλήματα των στατικών μοντέλων σχετικά με τον υπολογισμό των καταναλώσεων, αλλά για εμβάθυνση στη συμπεριφορά των εγκαταστάσεων απαιτείται η συνδυασμένη χρήση του με κάποιο άλλο εξειδικευμένο μοντέλο. Παρόλη την απλότητά του, η οποία δεν αφορά στο μαθηματικό μοντέλο, αλλά στο πλήθος των συστημάτων που μελετώνται, δίνει τη δυνατότητα για ακριβής προσομοίωση διαφόρων Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων.[3]

Το μοντέλο χρησιμοποιήθηκε έτσι ώστε να προσομοιώσει την πρότυπη διάταξη που κατασκευάστηκε και να διεξαχθούν αποτελέσματα για την λειτουργία και την απόδοσή της σε σχέση με το κτίριο που τοποθετήθηκε. Επίσης τα αποτελέσματα αποτέλεσαν μέτρο σύγκρισης με τα αποτελέσματα πραγματικών μετρήσεων. Τέλος χρησιμοποιήθηκε για να διεξαχθούν συμπεράσματα για παραμετρικές υποθέσεις που έγιναν σχετικά με την θέση τοποθέτησης της διάταξης.

4. Διατάξεις μέτρησης

4.1 Αισθητήρια μέτρησης θερμοκρασίας

Για την μέτρηση της θερμοκρασίας χρησιμοποιούνται διάφορα όργανα ανάλογα με την επιθυμητή ακρίβεια, τον χώρο που θα γίνει η μέτρηση, την καταγραφή ή όχι των τιμών και άλλων παραμέτρων. Τα είδη θερμομετρικών διατάξεων είναι:

- Θερμόμετρα διαστολής.
- Τα θερμοστοιχεία
- Οι ηλεκτρικοί αισθητήρες θερμοκρασίας και οι
- Μετρητές θερμοκρασίας ρέοντος ρευστού.

4.2 Μέτρηση θερμοκρασίας αέρα

Στις μετρήσεις της θερμοκρασίας περιβάλλοντος πολύ σημαντική είναι η σωστή τοποθέτηση του οργάνου μέτρησης της θερμοκρασίας λόγω των μεγάλων θερμοκρασιακών αποκλίσεων που εμφανίζονται κοντά στις επιφάνειες που εκτίθενται στην ακτινοβολία. Οι αποκλίσεις αυτές επηρεάζονται από την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την διάρκεια της μέρας, από τις ιδιότητες ακτινοβολίας των γύρω επιφανειών, και από την τοπική κίνηση του αέρα.

Για την μέτρηση των θερμοκρασιών εσωτερικά ενός χώρου, ο πιο σημαντικός παράγοντας είναι η τοποθέτηση του αισθητήρα. Το σφάλμα από την λάθος τοποθέτηση του είναι γενικά πολύ μεγαλύτερο από οποιαδήποτε σφάλματα που πηγάζουν από την ακρίβεια του αισθητήρα ή σφάλματα από το σύστημα συλλογής δεδομένων. Για να αποφευχθεί η επιρροή από κάθετες θερμοκρασιακές διαβαθμίσεις ο αισθητήρας θα πρέπει να τοποθετηθεί τουλάχιστον 0,2m από την οροφή και το πάτωμα. Ο αισθητήρας δεν πρέπει να τοποθετηθεί κοντά σε θερμοπομπούς ή άλλες πηγές θερμότητας ή κοντά σε εισόδους και εξόδους αέρα, πάνω ή κάτω από παράθυρα και άλλες θέσεις που υπάρχει ελκυσμός. Εάν ο αισθητήρας είναι τοποθετημένος σε τοίχο, πρέπει να προστατεύεται από την επαφή τοποθετώντας θερμομονωτικό υλικό ανάμεσα .

4.3 Μέτρηση ηλιακής ακτινοβολίας

Οι μετρήσεις της ηλιακής ακτινοβολίας είναι γενικότερα, πιο περίπλοκες από τις μετρήσεις άλλων κλιματικών μεταβλητών που επηρεάζουν την ενεργειακή ισορροπία του κτιρίου. Αυτό οφείλεται στην εξάρτηση της ηλιακής έντασης από το μήκος κύματος και την γωνία. Πολύ συχνά οι μετρήσεις περιορίζονται σε αυτή που προσπίπτει στις όψεις των κτιρίων με νότιο προσανατολισμό και σε αυτή που προσπίπτει στην οριζόντια διεύθυνση. Η ακρίβεια αυτών των οργάνων εξαρτάται από τον βαθμό ανεξαρτησίας τους, από το μήκος κύματος και από τον προσανατολισμό τους σχετικά με τον ήλιο. Επηρεάζονται ακόμη από την θερμοκρασία περιβάλλοντος και για αυτόν τον λόγο τα δεδομένα των μετρήσεων πρέπει να διορθώνονται.

Το όργανο που χρησιμοποιείται συχνότερα είναι το πυρανόμετρο. Αυτό μετράει την ολική ακτινοβολία και η λειτουργία του στηρίζεται στο θερμοηλεκτρικό φαινόμενο.

5. Περιγραφή της διάταξης

Σκοπός της διάταξης που πρόκειται να κατασκευαστεί, είναι η αποφυγή των θερμικών απωλειών ή των θερμικών κερδών ανάλογα με την εποχή. Η λειτουργία της θα μπορεί να παρέχει μια επιπλέον θερμομονωτική προστασία όταν η εξωτερική θερμοκρασία θα είναι μικρότερη από την θερμοκρασία εσωτερικού χώρου, ενώ στην αντίθετη περίπτωση θα είναι ένα μέτρο ηλιοπροστασίας και δροσισμού.

Η διάταξη θα αποτελείται από έναν κυλινδρικό, μεταλλικό άξονα όπου θα τυλίγεται θερμομονωτικό υλικό και θα τοποθετηθεί στο πάνω μέρος μιας τοιχοποιίας. Ο άξονας θα συνδέεται με δύο πλευρικά στηρίγματα που θα έρχονται σε επαφή με τον τοίχο. Στην εσωτερική πλευρά των στηριγμάτων θα υπάρχουν διαμορφωμένες εσοχές όπου θα αναπτύσσεται το θερμομονωτικό υλικό. Οι εσοχές θα βρίσκονται σε μία απόσταση από την επιφάνεια του τοίχου έτσι ώστε όταν θα αναπτύσσεται το θερμομονωτικό μέσα σε αυτές, να δημιουργείται ένα διάκενο αέρα μεταξύ θερμομονωτικού και τοίχου. Ακόμα τα πλευρικά στηρίγματα θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο στεγανά ώστε ο αέρας του διακένου να μην έρχεται σε επαφή με τον εξωτερικό.

Το θερμομονωτικό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, υψηλή ελαστικότητα και αντοχή στις δυσμενείς εξωτερικές συνθήκες όπως η ηλιακή ακτινοβολία, η υγρασία, οι ρύποι κτλ.

Η κίνηση του συστήματος θα γίνεται με κινητήρα μικρής ισχύος που θα συνδέεται με τον άξονα. Επίσης για την αυτοματοποίηση του συστήματος θα υπάρχουν αισθητήρες θερμοκρασίας που θα ελέγχουν και θα αποθηκεύουν την θερμοκρασία εσωτερικά και εξωτερικά του χώρου που θα είναι τοποθετημένη η διάταξη. Οι αισθητήρες και ο κινητήρας θα συνδέονται με έναν Η/Υ μέσω του οποίου θα πραγματοποιείται η λειτουργία του συστήματος με βάση τη διαφορά θερμοκρασίας.

Όταν η διάταξη θα χρησιμοποιείται για την αποφυγή θερμικών κερδών, δηλαδή όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη της εσωτερικής θα δίνεται εντολή στον κινητήρα να αναπτύσσει το ρολό σε σημείο τέτοιο ώστε να επιτυγχάνεται το φαινόμενο του θερμοσιφονισμού και να παρέχεται δροσισμός, ενώ ταυτόχρονα παρέχεται και σκιασμός της τοιχοποιίας. Στην αντίθετη περίπτωση το ρολό θα τυλίγεται ώστε να υπάρχει μεταφορά θερμότητας από τον τοίχο στο περιβάλλον.

Όταν η χρήση της διάταξης θα αφορά την παροχή εξωτερικής θερμομόνωσης, η λειτουργία της θα έχει την ίδια λογική με τη διαφορά ότι το θερμομονωτικό υλικό θα

κατεβαίνει και θα εφάπτεται στο έδαφος έτσι ώστε να μην επιτρέπει την επικοινωνία του αέρα του διακένου με τον εξωτερικό. Σκοπός της απομόνωσης του αέρα του διακένου είναι να παραμένει ακίνητος ή να κινείται ελάχιστα και να παρέχει ένα επιπλέον στρώμα μόνωσης.

6. Χρήση προσομοιωτικού εργαλείου Υπολογιστικής Ρευστομηχανικής για τη διαστασιολόγηση της διάταξης

6.1 Σύντομη περιγραφή αριθμητικής μεθοδολογίας.

Η υπολογιστική ρευστομηχανική βασίζεται στην επίλυση των εξισώσεων Navier-Stokes. Αυτές εκφράζουν τον δεύτερο νόμο του Newton που λέει ότι η μεταβολή της ορμής ενός στοιχείου ρευστού ισούται με τη συνισταμένη των δυνάμεων που ενεργούν πάνω στο στοιχείο αυτό. Οι δυνάμεις αυτές μπορούν να χωριστούν:

- α) Σε δυνάμεις πίεσης (∇p),
- β) Δυνάμεις εξωτερικές, όπως βαρύτητα κλπ. (F),
- γ) Δυνάμεις ιξώδους (τριβής), ($m\nabla^2 u$).

Σε κάθε διεύθυνση η δύναμη της πίεσης είναι ίση με την κλίση της πίεσης στη διεύθυνση αυτή (π.χ. στη διεύθυνση x είναι Jp/Jx).

Οι εξωτερικές δυνάμεις, όπως της βαρύτητας, είναι ανεξάρτητες των χαρακτηριστικών του πεδίου ροής.

Η διανυσματική έκφραση της εξίσωσης Navier – Stokes, είναι

$$\left(r \frac{D\bar{u}}{Dt} = -\nabla p + m\nabla^2 \bar{u} + F \right) \quad (6.1),$$

ισχύει για νευτώνιο ρευστό και μπορεί να αναλυθεί στις τρεις διευθύνσεις. Η δύναμη F είναι εξωτερική δύναμη που έχει σχέση με την βαρύτητα και ονομάζεται *συνήθης* ή *δύναμη του σώματος* (*body force*), γιατί ενεργεί στο κέντρο βάρους του στοιχειώδους όγκου και όχι στην επιφάνειά του, όπως οι δυνάμεις τριβής.

Οι τάσεις που εμφανίζονται στο ρευστό λόγω του ιξώδους ουσιαστικά εμποδίζουν τη σχετική κίνηση ανάμεσα σε γειτονικά στοιχεία του ρευστού ή γενικότερα εμποδίζουν την παραμόρφωση των στοιχείων του ρευστού.

Οι εξισώσεις Navier – Stokes λοιπόν είναι μη γραμμικές διαφορικές εξισώσεις, καθώς η ταχύτητα εμφανίζεται τόσο στον όρο της επιτάχυνσης, όσο και στις δυνάμεις που την καθορίζουν. Η μαθηματική δυσκολία που παρουσιάζεται στην επίλυση των εξισώσεων της Μηχανικής των ρευστών, οφείλεται ακριβώς σ' αυτό το διπλό ρόλο της ταχύτητας.

Αναλυτικότερα, οι εξισώσεις Navier-Stokes αποτελούν τις εξισώσεις μεταφοράς, οι οποίες είναι:

1) **Η εξίσωση συνέχειας:**

$$\frac{\partial r}{\partial t} + \nabla \cdot (rU) = 0 \Rightarrow \frac{\partial r}{\partial t} + \frac{\partial(ru)}{\partial x} + \frac{\partial(rv)}{\partial y} + \frac{\partial(rw)}{\partial z} = 0 \quad (6.2),$$

2) **Η εξίσωση ορμής:**

$$\frac{\partial rU}{\partial t} + \nabla \cdot (rU \otimes U) = \nabla \cdot (-pd + m(\nabla U + (\nabla U)^T)) + S_M \quad (6.3),$$

3) **Η εξίσωση ενέργειας:**

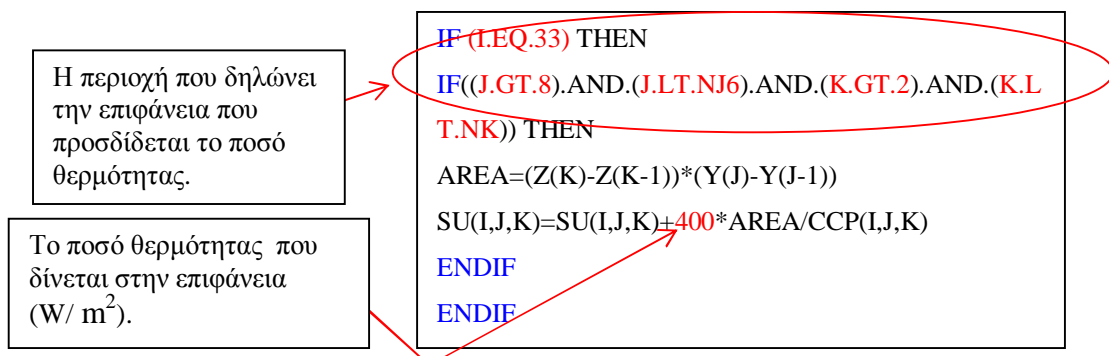
$$\frac{\partial rh_{tot}}{\partial t} - \frac{\partial p}{\partial t} + \nabla \cdot (rUh_{tot}) = \nabla \cdot (I\nabla T) + S_E \quad (6.4).$$

6.2 Αριθμητική περιγραφή γεωμετρίας, οριακών και αρχικών συνθηκών.

Το μοντέλο που δημιουργήθηκε για τις ανάγκες της προσομοίωσης αποτελείται από μια κυβική διάταξη που αντιπροσωπεύει έναν κλειστό χώρο – δωμάτιο και από την διάταξη με το μονωτικό υλικό που προσαρτήθηκε σε μια από τις πλευρές του κύβου. Έγινε προσπάθεια ο κύβος να αντιπροσωπεύει τις πραγματικές διαστάσεις ενός τυπικού δωματίου, έτσι ώστε τα φαινόμενα που θα μελετηθούν να έχουν τις ίδιες τάξεις μεγέθους με τα φαινόμενα που πραγματικά θα εμφανίζονταν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, μετά το στάδιο της κατασκευής.

Η μελέτη της διάταξης πραγματοποιήθηκε για την χειμερινή και την εαρινή περίοδο. Οι συνθήκες που επικρατούν στο εικονικό εξωτερικό περιβάλλον επιλέχθηκαν έτσι ώστε να αντιπροσωπεύουν ακραίες περιβαλλοντολογικές καταστάσεις. Κατά τη χειμερινή περίοδο θεωρήθηκε ότι δεν υφίσταται πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας, δηλαδή η μελέτη έγινε για τις νυχτερινές ώρες όπου παρατηρούνται και οι μέγιστες απώλειες.

Πρέπει να σημειωθεί ότι ο αλγόριθμος δεν περιλαμβάνει εξισώσεις που υπολογίζουν την πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας, έτσι για την προσομοίωση της διάταξης κατά την εαρινή περίοδο ορίστηκε ότι παρέχεται ένα σταθερό ποσό θερμότητας που οφείλεται στην πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας, καλύπτοντας έτσι την αδυναμία του αλγορίθμου που προαναφέρθηκε. Αυτό το ποσό θερμότητας προστέθηκε στην εξίσωση ενέργειας (6.4) ως όρος πηγής (S_E). Επίσης θεωρήθηκε ότι δεν παρέχεται σκιασμός σε όλο το μοντέλο. Το ποσό θερμότητας λόγω ηλιακής ακτινοβολίας υπολογίστηκε ίσο με 400 W/m^2 , από το άθροισμα άμεσης, διάχυτης και ανακλώμενης προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε κάθετη επιφάνεια με νότιο προσανατολισμό. Η μετατροπή του αλγορίθμου CAFFCA για το σκοπό αυτό φαίνεται στο πλαίσιο που ακολουθεί και ισοδυναμεί με την εισαγωγή πηγής θερμότητας στην εξωτερική επιφάνεια της μόνωσης.



Αναλυτικά για τον χειμώνα μελετήθηκαν οι περιπτώσεις:

- Κτίριο χωρίς διάταξη. (Σαν κτίριο νοείται κύβος διαστάσεων 3x3x3m.)
- Κτίριο με την μόνωση της διάταξης να απέχει 5 cm από τον τοίχο.
- Κτίριο με την μόνωση της διάταξης να απέχει 10 cm από τον τοίχο.
- Κτίριο με την μόνωση της διάταξης να απέχει 12 cm από τον τοίχο.
- Κτίριο με την μόνωση της διάταξης να απέχει 13 cm από τον τοίχο.
- Κτίριο με την μόνωση της διάταξης να απέχει 14 cm από τον τοίχο.
- Κτίριο με την μόνωση της διάταξης να απέχει 15 cm από τον τοίχο.
- Κτίριο με την μόνωση της διάταξης να απέχει 20 cm από τον τοίχο.

Αναλυτικά για το καλοκαίρι μελετήθηκαν οι περιπτώσεις:

A)Κτίριο χωρίς διάταξη.

B)Το θερμομονωτικό της διάταξης αναπτύσσεται μέχρι την απόσταση των 10cm από το έδαφος.

- Κτίριο με την μόνωση της διάταξης να απέχει 5 cm από τον τοίχο.
- Κτίριο με την μόνωση της διάταξης να απέχει 10 cm από τον τοίχο.
- Κτίριο με την μόνωση της διάταξης να απέχει 20 cm από τον τοίχο.

Γ)Το θερμομονωτικό της διάταξης αναπτύσσεται μέχρι την απόσταση των 20cm από το έδαφος.

- Κτίριο με την μόνωση της διάταξης να απέχει 5 cm από τον τοίχο.
- Κτίριο με την μόνωση της διάταξης να απέχει 10 cm από τον τοίχο.
- Κτίριο με την μόνωση της διάταξης να απέχει 20 cm από τον τοίχο.

Δ)Το θερμομονωτικό της διάταξης αναπτύσσεται μέχρι το έδαφος.

- Κτίριο με την μόνωση της διάταξης να απέχει 5 cm από τον τοίχο.
- Κτίριο με την μόνωση της διάταξης να απέχει 10 cm από τον τοίχο.
- Κτίριο με την μόνωση της διάταξης να απέχει 20 cm από τον τοίχο.

Για την λειτουργία του κώδικα είναι απαραίτητα τα αρχεία:

CAFFCA.FOR: βασικό αρχείο προγράμματος σε γλώσσα FORTRAN.

CAF.INC: αρχείο FORTRAN με COMMON BLOCKS.

CTINPUT: αρχείο εισόδου δεδομένων.

Στο CAF.INC εισάγεται και το μέγεθος του υπολογιστικού πλέγματος για X+1 γραμμές που θα οριστούν στο αρχείο εισόδου.

Στη συνέχεια θα γίνει αναλυτική περιγραφή του αρχείου εισόδου για την προσομοίωση του κτιρίου με την μόνωση της διάταξης να απέχει 5 cm από τον τοίχο για συνθήκες χειμώνα.

```

*****:
      2      IBOUNDN
      1      IBOUNDS
      2      IBOUNDE
      2      IBOUNDW
      0      IBOUNDU
      3      IBOUNDDD
      3.00000      YTOT
      5.06000      XTOT
      3.0000      ZTOT
      0.0
      -9.81
      0.0
      6
      1      NREGIONS
      42      IW1
      42      IW2
      0.000000      X1
      2.000000      X2
      1      IEXPSYM
      0.9900001      EXPX
      42      IW1
      45      IW2
      2.000000      X1
      2.010000      X2
      1      IEXPSYM
      1.000001      EXPX
      45      IW1
      50      IW2
      2.010000      X1
      2.060000      X2
      1      IEXPSYM
      1.000001      EXPX
      50      IW1
      60      IW2
      2.060000      X1
      2.160000      X2
      1      IEXPSYM
      1.000001      EXPX
      60      IW1
      185      IW2
      2.160000      X1
      4.960000      X2
      0      IEXPSYM
      1.010101      EXPX
      185      IW1
      195      IW2
      4.960000      X1
      5.060000      X2
      1      IEXPSYM
      1.000001      EXPX
  
```

Αρχικά θα πρέπει να ορισθούν ανάλογα με το είδος του ορίου που θέλουμε, τα **IBOUNDN**, **IBOUNDS**, **IBOUNDE**, **IBOUNDW** για το βόρειο, νότιο, ανατολικό και δυτικό όριο του υπολογιστικού χώρου αντίστοιχα. Στις μεταβλητές αυτές η τιμή 0 ορίζει την είσοδο της ροής. Η τιμή 1 δηλώνει το όριο σαν στερεό τοίχωμα. Η τιμή 2 υποδηλώνει άξονα συμμετρίας με μηδενική κάθετη ταχύτητα και μηδενική κλίση για όλα τα άλλα μεγέθη. Η τιμή 3 ορίζει όριο από το οποίο βγαίνει ρευστό.

Στη συνέχεια δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας και ορίζονται οι ζώνες για κάθε κατεύθυνση του πλέγματος. Φαίνεται ότι για την (x) κατεύθυνση δηλώθηκαν 6 ζώνες.

Το μέγεθος και η διάταξη της κάθε ζώνης δίνεται με τη σειρά. Εδώ φαίνεται πως η πρώτη ζώνη έχει 42 γραμμές που αρχίζουν από τη πρώτη γραμμή του υπολογιστικού χώρου, και η απόσταση που καλύπτουν είναι 2m. Με τη μεταβλητή IEXPSYM και με το μέγεθος EXPX δηλώνεται ότι για τις πρώτες 3 γραμμές π.χ. η απόσταση της 2-3 είναι το 0,99 της απόστασης 1-2.

Προφανώς για τιμή EXPX=1 η απόστασεις μεταξύ των γραμμών είναι σταθερές. Επίσης για τιμή του EXPX>1 δηλώνεται ότι η απόσταση [(N-1) - N] είναι μεγαλύτερη κατά X από την απόσταση [(N-1) - (N-2)]. Εδώ X=1,0101. Εάν η μεταβλητή IEXPSYM έχει μηδενική τιμή τότε η αύξηση ή μείωση των αποστάσεων γίνεται από το κέντρο της ζώνης προς το τέλος της.

```

3
  1
  3
  0.000000
  0.030000
  1
  1.000001
  3
  47
  0.030000
  2.970000
  0
  1.010101
  47
  50

  2.970000
  3.000000
  1
  1.000001
  1
  1
  79
  0.000000
  3.000000
  1
  1.000001
  
```

```

NREGIONS
  JW1
  JW2
  Y1
  Y2
  IEXPSYM
  EXPY
  JW1
  JW2
  Y1
  Y2
  IEXPSYM
  EXPY
  JW1
  JW2
  Y1
  Y2
  IEXPSYM
  EXPY
NREGIONS
  KW1
  KW2
  Z1
  Z2
  IEXPSYM
  EXPZ
  
```

Τέλος φαίνεται και η τελική διάσταση του πλέγματος για τον άξονα x που είναι και η γραμμή που τελειώνει η τελευταία ζώνη. Συνολικά υπάρχουν 195 γραμμές στον άξονα x που ορίζουν 5,06m.

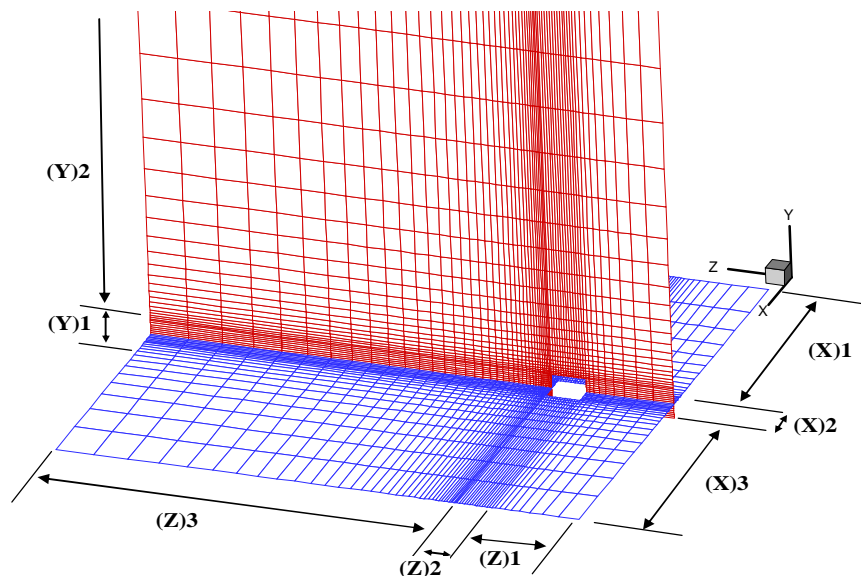
Για τον άξονα y φαίνεται ότι δημιουργήθηκαν 3 ζώνες με 50 γραμμές, διάστασης 3m.

Για την τρίτη διάσταση, στον άξονα z, υπάρχει μια ζώνη των 79 γραμμών που έχει συνολικό μήκος 3m.

Έτσι όταν θα έχει ορισθεί η διάσταση του χώρου από τον πολλαπλασιασμό των γραμμών και των μέτρων των διαστάσεων x,y,z θα έχουν ορισθεί τα κελιά όπου επιλύονται οι εξισώσεις από τον κώδικα.

Στη συνέχεια, θα περιγραφεί η διαδικασία με την οποία θα τοποθετηθεί το κτίριο και η διάταξη «γεμίζοντας» τα υπάρχοντα κελιά.

Το ανομοιόμορφο πλέγμα έχει ως θετικά στοιχεία την εξοικονόμηση χώρου και χρόνου στην υπολογιστική ρευστομηχανική. Για παράδειγμα εάν πρέπει να μελετηθούν οι ροές της ταχύτητας γύρω από έναν κύβο, δεν είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί ένα πυκνό και ομοιόμορφο πλέγμα, αλλά να κατασκευαστεί τέτοιο πλέγμα ώστε να υπάρχει πυκνωση μόνο γύρω από τις επιφάνειες του κύβου (Σχήμα 6.1).



Σχήμα 6.1: Παράδειγμα κατασκευής πλέγματος.

Όμως, υπάρχει ένα όριο στην διαφορά του όγκου και ομοιομορφίας των κελιών που βρίσκονται μέσα και ακριβώς έξω από τη ζώνη πύκνωσης. Καλό είναι να μην υπάρχει μεγάλη διαφορά στο μέγεθος του κελιού πριν και του κελιού μετά την πύκνωση.

T	INCALU	
T	INCALV	
T	INCALW	
T	INCALP	
T	INCALK	
T	INCALD	
T	INPRO	
T	IBSOU	
T	INCALT	
F	INCALCON	
5.000000	WIN	
280.000000	TEMPIN	
280.000000	TWN	
280.000000	TWS	
280.000000	TWE	
280.000000	TWW	
280.000000	TWU	
280.000000	TWD	
3.00000000	RLENGTH	
0.127805E+01	DENSITY	
1.750000E-05	VISCOSITY	
0.713500	PRANDTL NUMBER	
0.100650E+04	CP	
1.00000E+30	TIME STEP	
10	MAXIT	
20000	MXTIMIT	
5000	MXITSTP	
3.000E+30	TMAX	
0.000000	SOURCE TERM VALUE	
0.400000	URFU	
0.400000	URFV	
0.400000	URFW	
0.200000	URFP	
0.400000	URFK	
0.400000	URFE	
1.000000	URFT	
1.000000	URFVIS	
1.000000	URFDEN	
5.000000E-03	SORMAX	
50000	INDPRI	
0	KINTRM	
100	ISAVE	
1	ISVDT	

Με αυτό το αρχείο εισόδου υπολογίζονται οι παράμετροι ταχύτητας, πίεσης, θερμοκρασίας και δεν υπολογίζεται η συγκέντρωση και η κατανομή των ταχυτήτων.

Θεωρήθηκε ότι η ταχύτητα των 5m/s και η θερμοκρασία του αέρα των 7°C στην είσοδο του υπολογιστικού χώρου είναι ένα ρεαλιστικό σενάριο για μια χειμωνιάτικη νύχτα. Η μελέτη έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να υπολογίζεται απευθείας η μόνιμη κατάσταση των φαινόμενων, οπότε οι συνθήκες που ορίστηκαν ισχύουν στιγμιαία.

Το χαρακτηριστικό μήκος του υπό μελέτη μοντέλου είναι το ύψος του κτιρίου που τοποθετήθηκε και είναι 3m. Επίσης δίνεται η πυκνότητα ρ (kg/m^3), η δυναμική συνεκτικότητα μ ($\text{kg}/\text{m}/\text{sec}$), ο αριθμός Prandtl ($Pr = \mu C_p / \lambda$) και η ειδική θερμοχωρητικότητα C_p ($\text{J}/\text{m}/\text{K}$) του αέρα για θερμοκρασία $T = 280\text{K}$.

Με την μεταβλητή SORMAX δίνεται το μέγεθος που ελέγχει τη σύγκλιση. Αυτό είναι το όριο υπολοίπων των εξισώσεων για U, V, P και T κάτω από το οποίο θεωρείται ότι η λύση έχει συγκλίνει. Για την περίπτωση αυτή το σφάλμα των αποτελεσμάτων αν σταματήσει η διαδικασία θα είναι μικρότερο από 0,5%.

Στη συνέχεια θα ορισθεί το κτίριο και η διάταξη μέσα στον υπολογιστικό χώρο. Κάποια από τα υφιστάμενα κελιά θα ανήκουν σε μια περιοχή τα χαρακτηριστικά της οποίας θα ορίζονται. Οι ενότητες ορίζονται με τη σειρά και εάν η δημιουργία μιας καινούργιας ενότητας συμπέσει σε μια παλαιά τότε τα κελιά παίρνουν τις ιδιότητες της νέας ενότητας – περιοχής. Αρχικά στον υπολογιστικό χώρο θεωρείτε ότι υφίσταται μόνο αέρας ιδιοτήτων που ορίστηκαν και κατανομής που ορίζεται στο τέλος του αρχείου εισόδου.


```

20
1 42
45
1 50
1 79
      5
      835.
      0.038
      32.
      42
      1
      308.
      1
      42
  
```

NBLREGIO
 IBLINIT
 IBL1
 IBL2
 JBL1
 JBL2
 KBL1
 KBL2
 IWALLBL
 TWALLBL
 CCPBL
 THCKBL
 DENBL
 IBLINIT
 IBL1

Το σύνολο των περιοχών που υπάρχουν στο παρόν αρχείο είναι 20 όπως φαίνεται από την αριστερή στήλη. Η πρώτη ενότητα ορίζεται ανάμεσα στις δυο μεταβλητές IBLINIT.

Δηλώνεται ότι από τη γραμμή του άξονα $x=42$ μέχρι τη γραμμή του άξονα $x=45$ και από την αρχική και τελική γραμμή των αξόνων y,z να δημιουργηθεί χώρος με χαρακτηριστικά όπως:

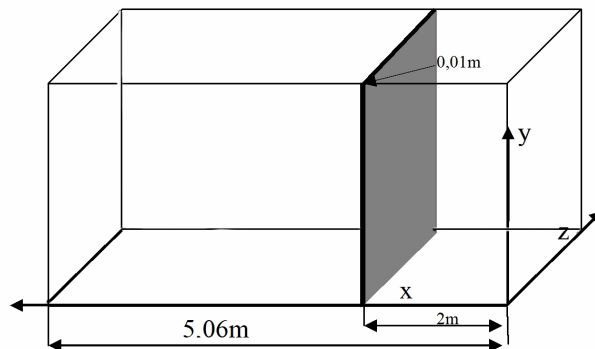
Το CCPBL είναι η ειδική θερμοχωρητικότητα του υλικού.

Το THCKBL είναι η θερμική αγωγιμότητα του υλικού.

Το DENBL είναι η πυκνότητα του υλικού.

Η θερμοκρασία της οντότητας που δημιουργήθηκε για IWALLBL=5 υπολογίζεται από το πρόγραμμα. Για IWALLBL=1 παραμένει σταθερή.

Έτσι, στην πρώτη ενότητα δημιουργήθηκε μια περιοχή στα 2m του άξονα x , που καταλαμβάνει όλο τον χώρο στους άλλους δύο άξονες και έχει τα χαρακτηριστικά θερμομονωτικού υλικού. Οι τιμές είναι οι πραγματικές αφού το είδος του υλικού που χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή είχε προεπιλεγθεί. Σχηματικά δίνεται αυτή η πρώτη περιοχή στο Σχήμα 6.2.



Σχήμα 6.2: Θέση μόνωσης στον υπολογιστικό χώρο.

(2)	45		IBL2	
	1		JBL1	
	1		JBL2	
	1		KBL1	
	79		KBL2	
	280.	1		IWALLBL
			TWALBL	
		835.		CCPBL
		0.038		THCKBL
		32.		DENBL
	1		IBLINIT	
	42		IBL1	
	45		IBL2	
(3)	50		JBL1	
	51		JBL2	
	1		KBL1	
	79		KBL2	
	280.	1		IWALLBL
			TWALBL	
		835.		CCPBL
		0.038		THCKBL
		32.		DENBL
	1		IBLINIT	
	42		IBL1	
	45		IBL2	
(4)	1		JBL1	
	50		JBL2	
	1		KBL1	
	1		KBL2	
	308.	2		IWALLBL
			TWALBL	
		835.		CCPBL
		0.038		THCKBL
		32.		DENBL
	1		IBLINIT	
	42		IBL1	
	45		IBL2	
(5)	1		JBL1	
	50		JBL2	
	79		KBL1	
	80		KBL2	
	308.	2		IWALLBL
			TWALBL	
		835.		CCPBL
		0.038		THCKBL
		32.		DENBL
	1		IBLINIT	
	45		IBL1	
	50		IBL2	
(6)	1		JBL1	
	50		JBL2	
	1		KBL1	
	79		KBL2	
	308.	5		IWALLBL
			TWALBL	
		2720.		CCPBL
		0.11		THCKBL
		415.		DENBL
	1		IBLINIT	
	45		IBL1	
	50		IBL2	
(7)	1		JBL1	
	1		JBL2	
	1		KBL1	
	79		KBL2	
	308.	2		IWALLBL
			TWALBL	
		2720.		CCPBL
		0.11		THCKBL

Στις ενότητες 2,3,4 και 5 φαίνεται η διαδικασία με την οποία τα όρια του μονωτικού που βρίσκονται στις άκρες του υπολογιστικού χώρου γίνονται αδιαβατικά. Αυτό σημαίνει ότι από εκεί δεν γίνονται ανταλλαγές θερμότητας του μονωτικού προς το τέλος του υπολογιστικού χώρου.

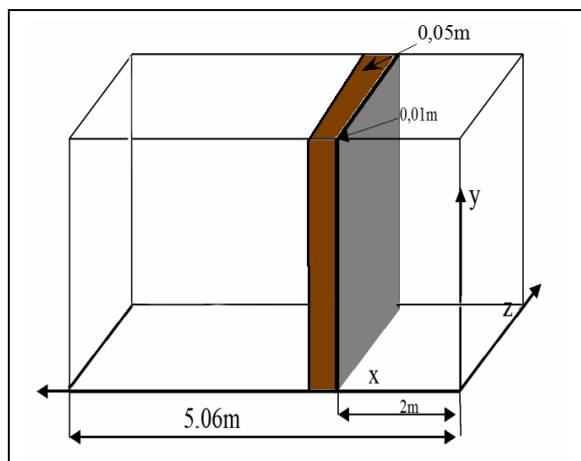
(Όταν θα έχει ολοκληρωθεί το αρχείο, θα έχουν γίνει αδιαβατικές όλες οι επιφάνειες εκτός από αυτή του τοίχου που έρχεται σε επαφή με το διάκενο. Έτσι θα μελετηθεί η ροή θερμότητας μόνο από και προς εκείνον τον τοίχο.)

Στην 6^η ενότητα ορίζεται ο χώρος μετά το μονωτικό. Παρατηρείται ότι το υλικό είναι ξύλο με πάχος 0,05m και οι ιδιότητες του, cp, den, THC δίνονται από τη βιβλιογραφία. Η θερμοκρασία του όγκου υπολογίζεται από το πρόγραμμα.

Στις ενότητες 7-10, όπως και παραπάνω τα όρια του χώρου γίνονται αδιαβατικά.

Στο Σχήμα 5.3 φαίνεται ο υπολογιστικός χώρος μετά από την προσθήκη του ξύλου.

	415.		DENBL
1		IBLINIT	
45		IBL1	
50		IBL2	
50		JBL1	
(8) 51		JBL2	
1		KBL1	
79		KBL2	
308.	2		IWALLBL
		TWALBL	
	2720.		CCPBL
	0.11		THCKBL
	415.		DENBL
1		IBLINIT	
45		IBL1	
50		IBL2	
1		JBL1	
(9) 50		JBL2	
1		KBL1	
1		KBL2	
308.	2		IWALLBL
		TWALBL	
	2720.		CCPBL
	0.11		THCKBL
	415.		DENBL
1		IBLINIT	
45		IBL1	
50		IBL2	
1		JBL1	
(10) 50		JBL2	
79		KBL1	
80		KBL2	
308.	2		IWALLBL
		TWALBL	
	2720.		CCPBL
	0.11		THCKBL
	415.		DENBL
1		IBLINIT	
45		IBL1	
50		IBL2	
1		JBL1	
(11) 47		JBL2	
3		KBL1	
77		KBL2	
308.	0		IWALLBL
		TWALBL	
	1007.		CCPBL
	0.026		THCKBL
	1.1035		DENBL
1		IBLINIT	
45		IBL1	
50		IBL2	
1		JBL1	
(12) 1		JBL2	
3		KBL1	
77		KBL2	
308.	2		IWALLBL
		TWALBL	
	1007.		CCPBL
	0.026		THCKBL
	1.1035		DENBL
1		IBLINIT	
50		IBL1	
195		IBL2	
1		JBL1	
(13) 50		JBL2	
1		KBL1	
79		KBL2	
	5		IWALLBL



Σχήμα 6.3: Διαστάσεις ξύλου.

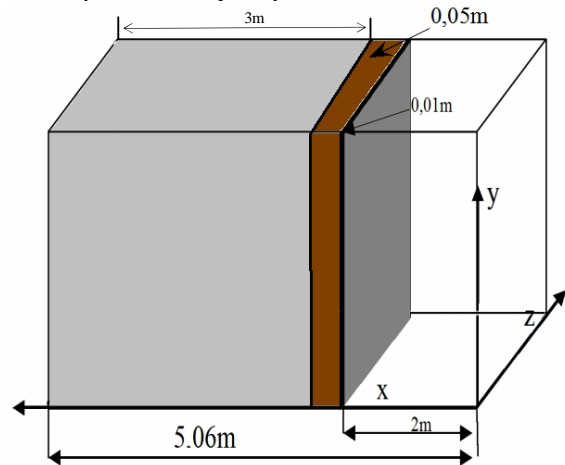
Στη συνέχεια ορίζεται χώρος μέσα στον όγκο του ξύλου, με ιδιότητες του αέρα(11). Εδώ δηλαδή δημιουργείται ένα κενό στο ξύλο έτσι ώστε η τελική μορφή που παίρνει είναι ένα Π. Το πάνω μέρος του Π έχει πάχος 0,03 m και οι πλευρές του 0,08m από την αντιστοιχία γραμμών(κελιά) και μέτρων.

Στην ενότητα (12) ορίζεται αδιαβατικό το έδαφος σε επαφή με τον αέρα.

Στην ενότητα (13) ορίζεται ένας τοίχος που καλύπτει όλο τον όγκο από το τέλος του ξύλου, μέχρι το τέλος του υπολογιστικού χώρου (Σχήμα 6.4).

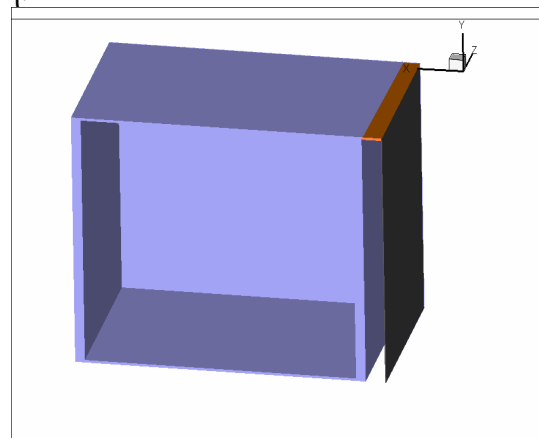
	308.		TWALBL	CCPBL
		840.	THCKBL	DENBL
		5.679		
		2242.		
	1		IBLINIT	
	60		IBL1	
	185		IBL2	
	3		JBL1	
(14)	47		JBL2	
	3		KBL1	
	77		KBL2	
	0		IWALLBL	
	308.		TWALBL	CCPBL
		1007.	THCKBL	DENBL
		0.026		
		1.1035		
	1		IBLINIT	
	50		IBL1	
	195		IBL2	
	1		JBL1	
(15)	50		JBL2	
	1		KBL1	
	1		KBL2	
	2		IWALLBL	
	308.		TWALBL	CCPBL
		840.	THCKBL	DENBL
		5.679		
		2242.		
	1		IBLINIT	
	50		IBL1	
	195		IBL2	
	1		JBL1	
(16)	50		JBL2	
	79		KBL1	
	80		KBL2	
	2		IWALLBL	
	308.		TWALBL	CCPBL
		840.	THCKBL	DENBL
		5.679		
		2242.		
	1		IBLINIT	
	50		IBL1	
	195		IBL2	
	1		JBL1	
(17)	1		JBL2	
	1		KBL1	
	80		KBL2	
	2		IWALLBL	
	280.		TWALBL	CCPBL
		840.	THCKBL	DENBL
		5.679		
		2242.		
	1		IBLINIT	
	50		IBL1	
	195		IBL2	
	50		JBL1	
(18)	51		JBL2	
	1		KBL1	
	80		KBL2	
	2		IWALLBL	
	280.		TWALBL	CCPBL
		840.	THCKBL	DENBL
		5.679		
		2242.		
	1		IBLINIT	
(19)	195		IBL1	
	196		IBL2	
	1		JBL1	
	50		JBL2	

Οι τιμές των ιδιοτήτων του είναι οι πραγματικές τιμές που δίνονται για οπτοπλινθοδομή χωρίς μόνωση με επίχρισμα εσωτερικά και εξωτερικά αυτού.



Σχήμα 6.4: Εξωτερική όψη των κελιών μετά την εισαγωγή των «μπλοκαρισμένων» περιοχών.

Στις ενότητες που ακολουθούν δημιουργήθηκαν με τις διαδικασίες που παρουσιάστηκαν, το δωμάτιο της μελέτης(14) με τη διαδικασία τοποθέτησης αέρα και η αδιαβατικοποίηση των τοιχωμάτων που εφάπτονται με τα όρια του υπολογιστικού χώρου(15-19). Στο Σχήμα 6.5 φαίνεται μια τομή στο επίπεδο x-y σε απόσταση 1,5m από την αρχή των αξόνων στη z κατεύθυνση.



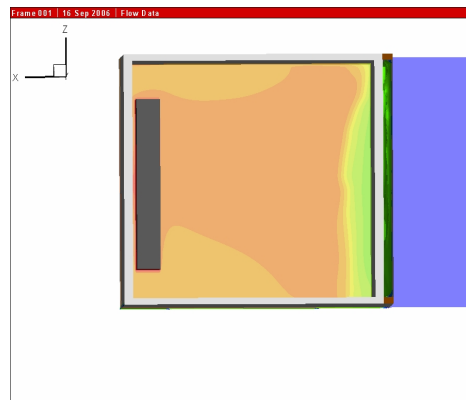
Σχήμα 6.5: Το δωμάτιο και το κενό ανάμεσα στο μονωτικό και τον εξωτερικό τοίχο.

```

1
80      KBL1
        KBL2
        IWALLBL
280.    2      TWALBL
        840.    CCPBL
        5.679   THCKBL
        2242.   DENBL
1
165     IBLINIT
180     IBL1
3       IBL2
(20)    20     JBL1
        13     JBL2
        66     KBL1
        324.   1      KBL2
        385.   IWALLBL
        401.   TWALBL
        8933.  CCPBL
        THCKBL
        DENBL
3,2     U INLET PROFILE
0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000
0.666666 0.000000 0.000000
0.666666 1.000000 0.000000
1.686666 0.000000 0.000000
1.686666 1.000000 0.000000
3,2     V INLET PROFILE
0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000
0.666666 0.000000 0.000000
0.666666 1.000000 0.000000
1.686666 0.000000 0.000000
1.686666 1.000000 0.000000
3,2     W INLET PROFILE
0.000000 0.000000 5.000000
0.000000 1.000000 5.000000
0.666666 0.000000 5.000000
0.666666 1.000000 5.000000
1.686666 0.000000 5.000000
1.686666 1.000000 5.000000
3,2     k INLET PROFILE
0.000000 0.000000 0.010000
0.000000 1.000000 0.010000
0.666666 0.000000 0.010000
0.666666 1.000000 0.010000
1.686666 0.000000 0.010000
1.686666 1.000000 0.010000
0.000000 INITIAL U-VEL
0.000000 INITIAL V-VEL
0.001000 INITIAL W-VEL
293.0000 INITIAL TEMPERATURE
0          # OF INTERM.

```

Στην ενότητα (20) τοποθετήθηκε θερμαντικό σώμα με σταθερή υψηλή θερμοκρασία ίση με 51°C. Η θερμοκρασία αυτή βρέθηκε μετά από υπολογισμούς μονοδιάστατης θεώρησης μετάδοσης θερμότητας, λαμβάνοντας θερμοκρασία εξωτερικού αέρα ίση με 7°C και για μέση θερμοκρασία αέρα στο κέντρο του δωματίου ίση 21°C. Το ύψος του θερμαντικού σώματος είναι περίπου ίσο με ένα μέτρο και τοποθετήθηκε στο κέντρο του χώρου για μια ομοιόμορφη μετάδοση θερμότητας στην απέναντι πλευρά του τοίχου που καλύπτεται από το μονωτικό. Το Σχήμα 6.6 δείχνει αυτή τη κατανομή.



Σχήμα 6.6: Κάτοψη του χώρου και κατανομή θερμοκρασιών.

Τέλος, στο αρχείο εισόδου δίδεται μια κατανομή των ταχυτήτων στην είσοδο του υπολογιστικού χώρου, που όπως φαίνεται είναι ομοιόμορφη.

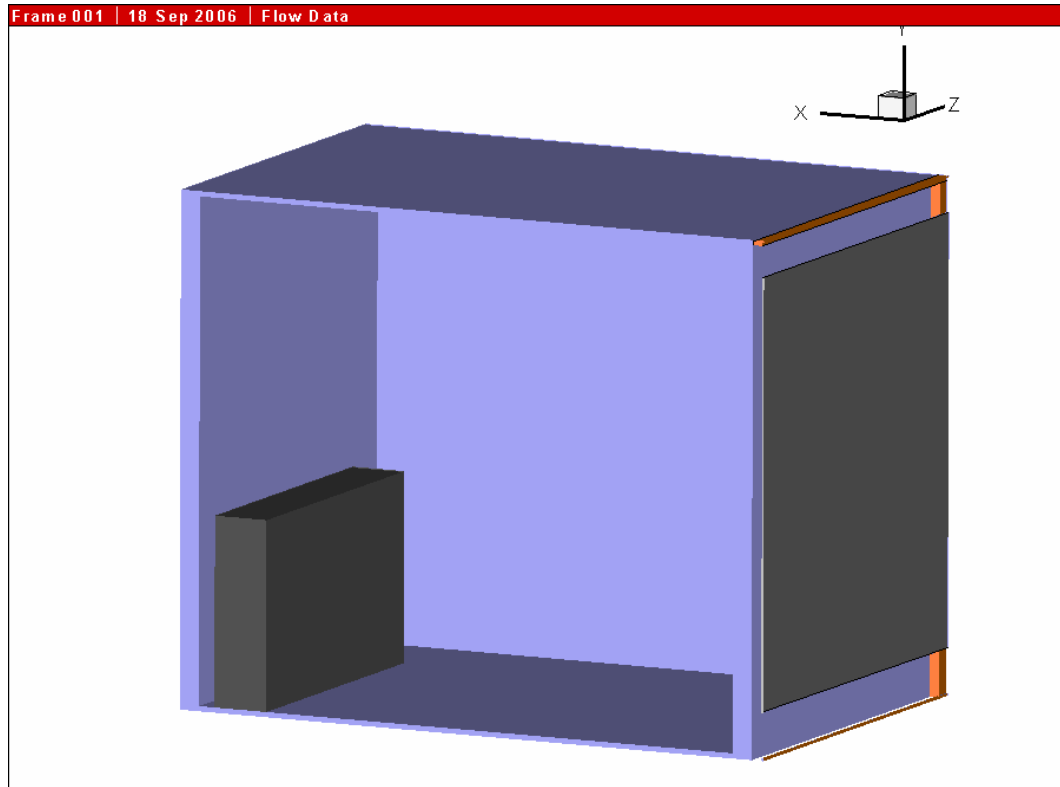
Οι αλλαγές που έγιναν στο αρχείο εισόδου για την θεώρηση της καλοκαιρινής περιόδου είναι οι :

-Το WIN=3m/s.

-Οι θερμοκρασία εξωτερικού αέρα T=303K και οι ιδιότητες του.

- Η τοποθέτηση ανοιγμάτων στο μονωτικό στην αρχή της τύλιξης του και στο σημείο λίγο πριν την επαφή με το έδαφος(Σχήμα 6.7).

-Η τοποθέτηση σώματος θερμοκρασίας $T=286K$. Θεωρήθηκε συσκευή που απάγει θερμότητα με σταθερό ρυθμό από το χώρο, διότι χωρίς αυτή το πρόγραμμα θα έφτανε σε μια θερμική ισορροπία δωματίου ίσης θερμοκρασίας με την εξωτερική. Έτσι δεν θα μπορούσε να γίνει η σύγκριση των παραμετρικών σχεδιασμών της διάταξης.



Σχήμα 6.7: Τομή στον άξονα z όπου φαίνεται η ψυκτική συσκευή και τα ανοίγματα στο μονωτικό που επιτρέπουν τον αερισμό της διάταξης.

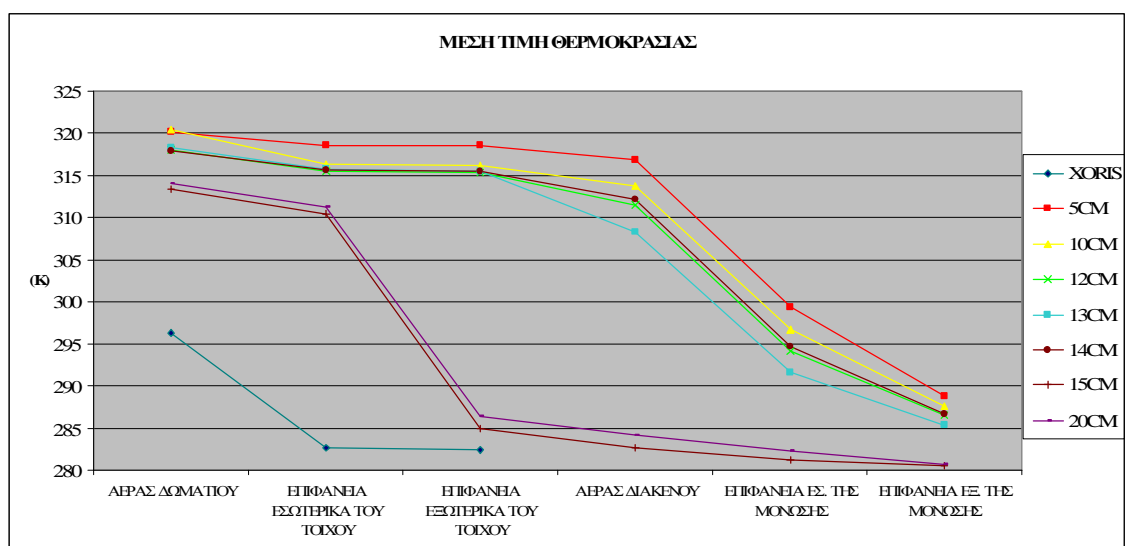
6.2 Αποτελέσματα προσομοίωσης Υπολογιστικής Ρευστομηχανικής.

Σε αυτό το κεφάλαιο δίνονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης των περιπτώσεων που προαναφέρθηκαν και θα εξαχθούν τα συμπεράσματα που οδήγησαν στην τελική θέση της διάταξης. Η σύγκλιση της επαναληπτικής διαδικασίας επίλυσης των εξισώσεων του προγράμματος δεν ήταν τέτοια που θα μπορούσε να οδηγήσει σε συμπεράσματα για την ακριβή συμπεριφορά των φαινομένων μπροστά από την επιφάνεια του τοίχου. Στα διαγράμματα που ακολουθούν θα συγκριθούν οι τάσεις που ακολουθούν τα

φαινόμενα και όχι τα μεγέθη αυτά κάθε αυτά. Για πολύ μικρές διαφορές των τιμών της θερμοκρασίας ανάμεσα στις περιπτώσεις, η σύγκριση δεν είναι δυνατή. Επίσης πρέπει να επισημανθεί πως η θερμοκρασία του χώρου, λόγω της τοποθέτησης του σώματος σταθερής θερμοκρασίας για την θέρμανση ή την ψύξη του κυμαίνεται σε λογικά επίπεδα μόνο στην περίπτωση που ο χώρος είναι χωρίς την διάταξη. Στις άλλες περιπτώσεις λαμβάνονται υπ' όψιν οι διαφορές θερμοκρασίας.

Σε αυτό το κεφάλαιο τα διαγράμματα και οι εικόνες των σχημάτων έχουν διαφορετική κλίμακα για τη θερμοκρασία, [K] έναντι [$^{\circ}\text{C}$] σε αντίθεση με την υπόλοιπη εργασία. Αυτό έγινε διότι το πρόγραμμα απεικόνισης των αποτελεσμάτων του CAFFCA, κατασκευάζει εικόνες μόνο σε κλίμακα [K]. Έτσι και τα διαγράμματα που κατασκευάστηκαν έχουν την ίδια κλίμακα για να μπορεί να γίνει η σύγκρισή τους με τις εικόνες.

Στο Σχήμα 6.8 φαίνεται ότι το κτίριο χωρίς τη διάταξη (XORIS) έχει τις χαμηλότερες θερμοκρασίες. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες στους όγκους που μελετήθηκαν, είναι εκείνες όπου η διάταξη τοποθετήθηκε στα 5cm. Αυτό που μπορούμε να διαπιστώσουμε από τις τάσεις των γραμμών θερμοκρασίας είναι ότι όσο αυξάνεται το πάχος του διακένου, τόσο οι θερμοκρασίες μειώνονται. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες που εμφανίζονται με την διάταξη προσαρτημένη δίνονται για αποστάσεις από τον τοίχο 15cm και 20cm.



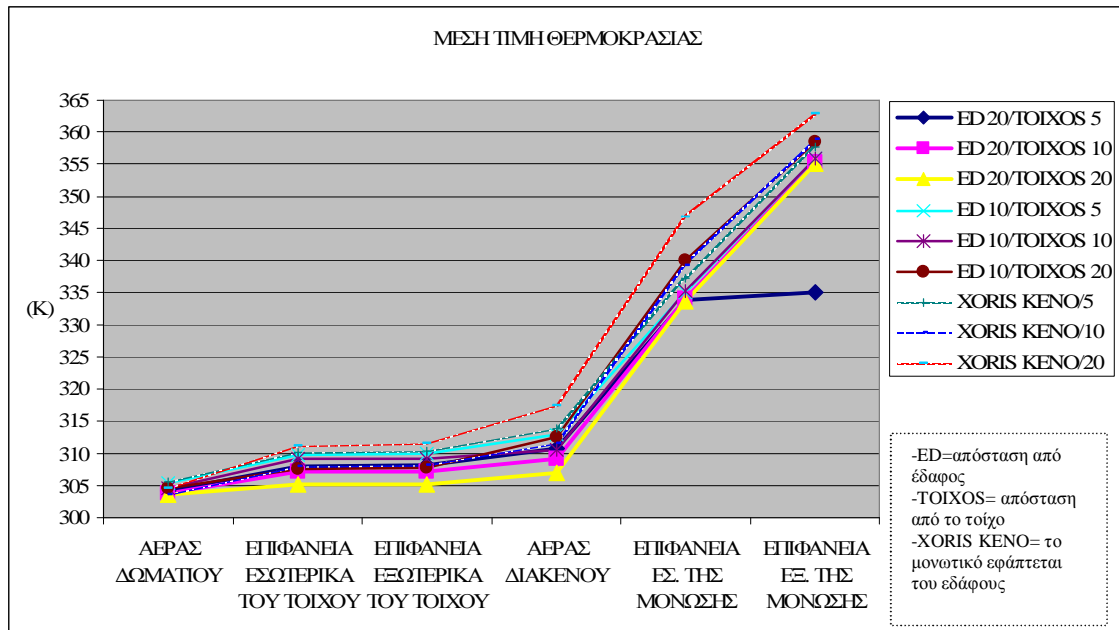
Σχήμα 6.8: Μέση θερμοκρασία για στοιχεία του υπολογιστικού χώρου την χειμερινή περίοδο.

Επίσης στο Σχήμα 6.8 φαίνεται και μια απότομη πτώση της θερμοκρασίας του τοίχου που έρχεται σε επαφή με το διάκενο των 15cm και των 20cm καθώς και συνεχής

μείωση της θερμοκρασίας μετά από αυτόν. Παρατηρείται ότι η θερμοκρασία σε όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις, ακόμα και στο κτίριο χωρίς μόνωση, από την εσωτερική προς την εξωτερική πλευρά του τοίχου έχει την ίδια τάση πτώσης. Έτσι ακόμα και αν η απόσταση της μόνωσης μειώνει σε τόσο μεγάλο βαθμό τη θερμοκρασία του διακένου, ο τοίχος και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις έπρεπε να διατηρεί μια θερμοκρασία σαφώς χαμηλότερη από πριν, αλλά κοντά στην εσωτερική. Αυτή η απότομη πτώση θερμοκρασίας στις δύο αυτές περιπτώσεις δεν μπορεί να εξηγηθεί βάσει κάποιου γνωστού φαινομένου μετάδοσης θερμότητας.

Στα αποτελέσματα της προσομοίωσης την καλοκαιρινή περίοδο (Σχήμα 6.9), η τοποθέτηση του μονωτικού στα, 10 cm και 20 cm από το έδαφος παρουσιάζει την ασυνέχεια που παρατηρήθηκε και παραπάνω. Εδώ όμως, η θερμοκρασία του τοίχου από την εσωτερική επιφάνεια προς την εξωτερική έχει μια λογική αύξηση. Τελικά συμπεραίνεται ότι υφίσταται κάποιο φαινόμενο που λαμβάνει χώρα όταν το πάχος του αέρα μεταξύ τοίχου και μονωτικού αυξάνει πάνω από 10cm και επηρεάζει τη λειτουργία της κατασκευής και στις δύο περιόδους της μελέτης.

Συνεχίζοντας την εξέταση του διαγράμματος στο Σχήμα 6.9, είναι φανερό ότι για την περίπτωση που δεν εφαρμόζεται αερισμός στο διάκενο, πάχους 20cm, έχουμε τα περισσότερα θερμικά κέρδη. Μεγάλες θερμοκρασίες εμφανίζονται και στις περιπτώσεις των 10cm και 5cm πάχους διακένου όταν το μονωτικό έρχεται σε επαφή με το έδαφος. Για τους υπόλοιπους συνδυασμούς απόστασης από το έδαφος και πάχος διακένου, φαίνεται πως τη βέλτιστη συμπεριφορά εμφανίζει η περίπτωση των 20cm πάχους και 20cm απόστασης από το έδαφος.

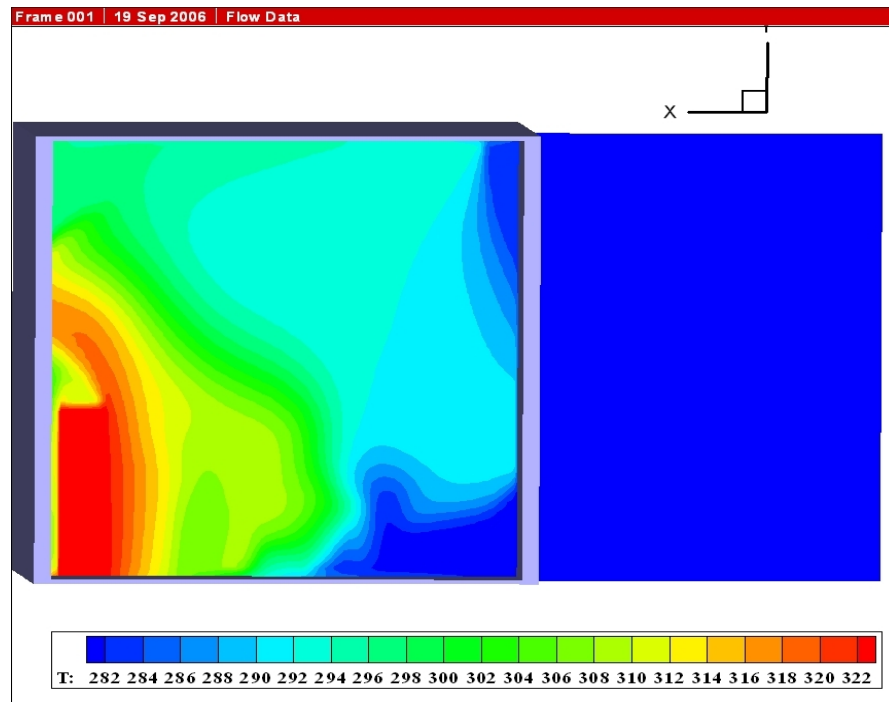


Σχήμα 6.9: Μέση θερμοκρασία για στοιχεία του υπολογιστικού χώρου την εαρινή περίοδο.

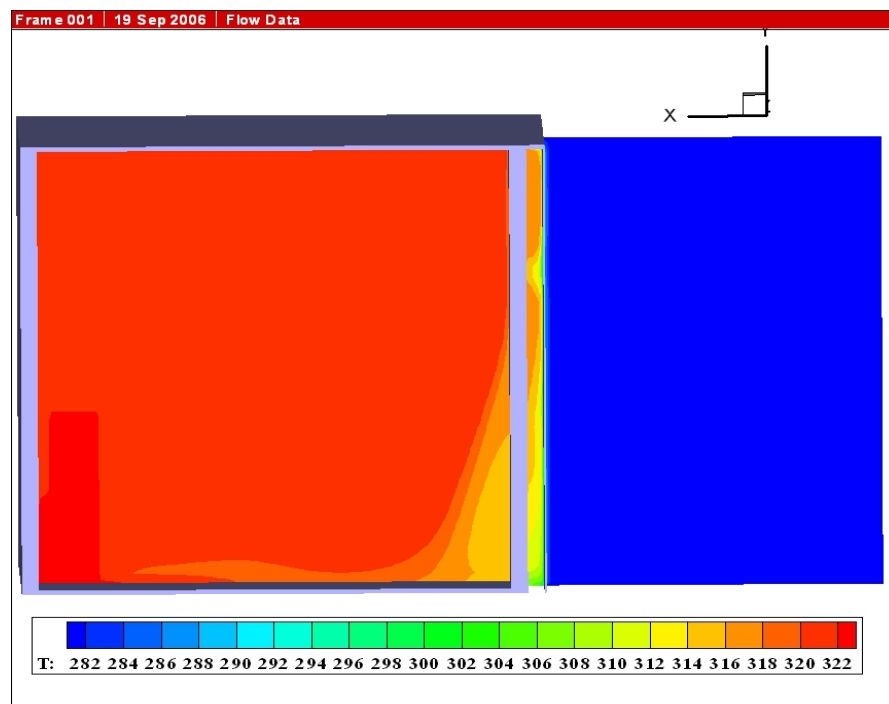
Συνδυάζοντας τα παραπάνω αποτελέσματα, φαίνεται ότι η τοποθέτηση του πετάσματος σε απόσταση 5cm από τον τοίχο βελτιστοποιεί την απόδοση της διάταξης την χειμερινή περίοδο ενώ για την εαρινή περίοδο το πέτασμα φαίνεται να αποδίδει περισσότερο για 20cm απόσταση από τον τοίχο. Για τις αποστάσεις 5cm–14cm την χειμερινή περίοδο τα αποτελέσματα ήταν πολύ κοντά για να αποφασισθεί η επιλογή μιας απόστασης (πιθανότητα λάθους λόγω σύγκλισης). Με άλλα λόγια, τα αποτελέσματα για αυτές τις αποστάσεις αποτελούν όλα καλές λύσεις για την τοποθέτηση του πετάσματος. Τελικά αποφασίστηκε η τοποθέτηση του στα 10cm από τον τοίχο και στα 20cm από το έδαφος (για την εφαρμογή αερισμού το καλοκαίρι) σαν μια μέση τιμή που προσφέρει μια ικανοποιητικά αποτελέσματα και για τις δύο περιόδους εφαρμογής, αλλά και είναι περισσότερο αποδεκτή για λόγους αισθητικής.

Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι κατανομές της θερμοκρασίας, κάποιων από τις παραπάνω περιπτώσεις για μια καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων. Στα Σχήματα 6.10 με 6.13 φαίνεται ο χώρος σε τομή που έχει γίνει σε απόσταση 1,5m από την αρχή των αξόνων, στον άξονα z. Εδώ φαίνεται η διαφορά κατά τη χειμερινή περίοδο στις θερμοκρασίες όταν ο χώρος δεν μονώνεται εξωτερικά (Σχήμα 6.10) και όταν υφίσταται η διάταξη στα 10 cm απόσταση από τον τοίχο (Σχήμα 6.11). Στο Σχήμα 6.12 φαίνεται μια μέση λύση των 14 cm και στο Σχήμα 6.13 έχουμε την από-

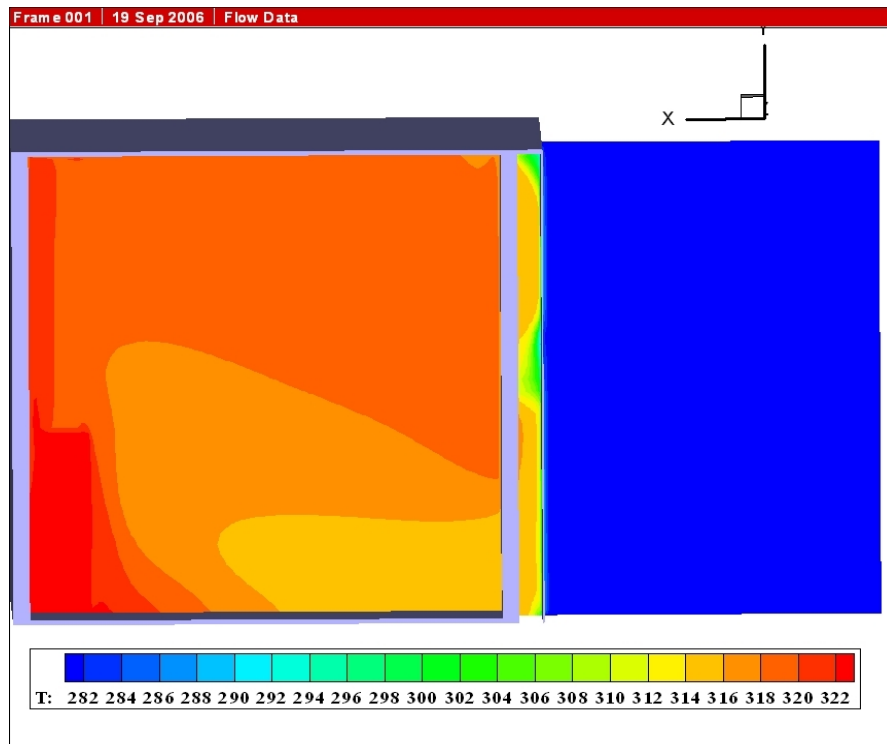
σταση του πετάσματος στα 15cm όπου εμφανίζεται και η απότομη πτώση της θερμοκρασίας που προαναφέρθηκε. Η κλίμακα των σχημάτων δείχνει βαθμούς Kelvin(K).



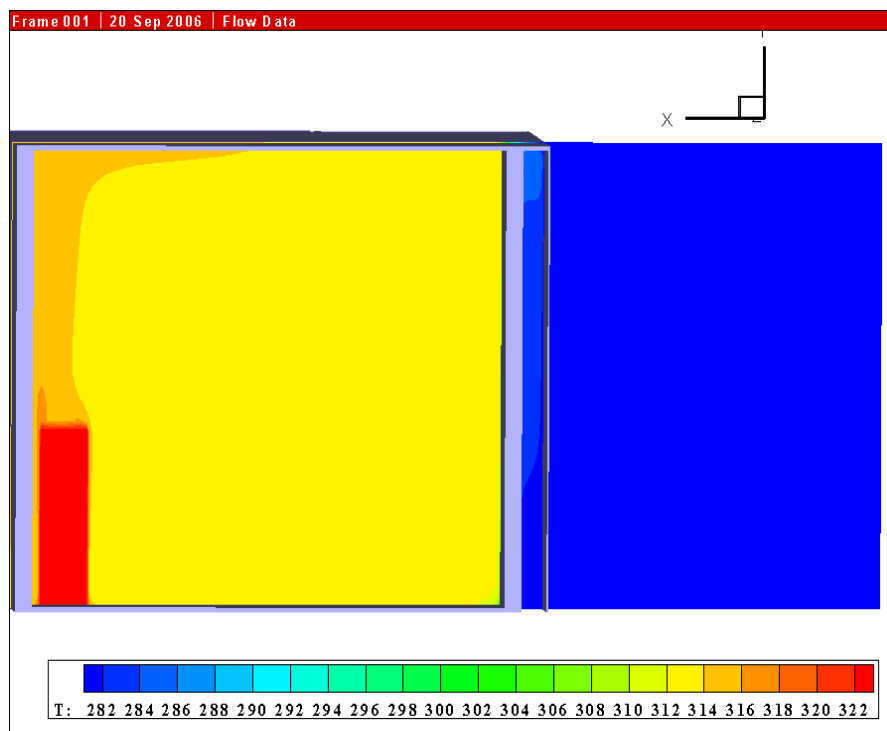
Σχήμα 6.10: Κατανομή θερμοκρασίας στο x-y επίπεδο για κτίριο χωρίς τη μόνωση.



Σχήμα 6.11: Κατανομή θερμοκρασίας στο x-y επίπεδο για το κτίριο με απόσταση μόνωσης στα 10cm.



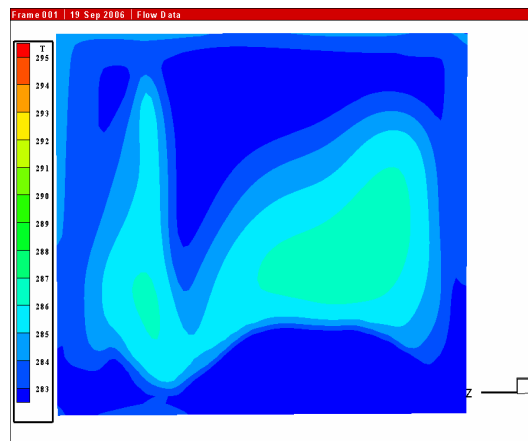
Σχήμα 6.12: Κατανομή θερμοκρασίας στο x-y επίπεδο για το κτίριο με απόσταση μόνωσης στα 14cm.



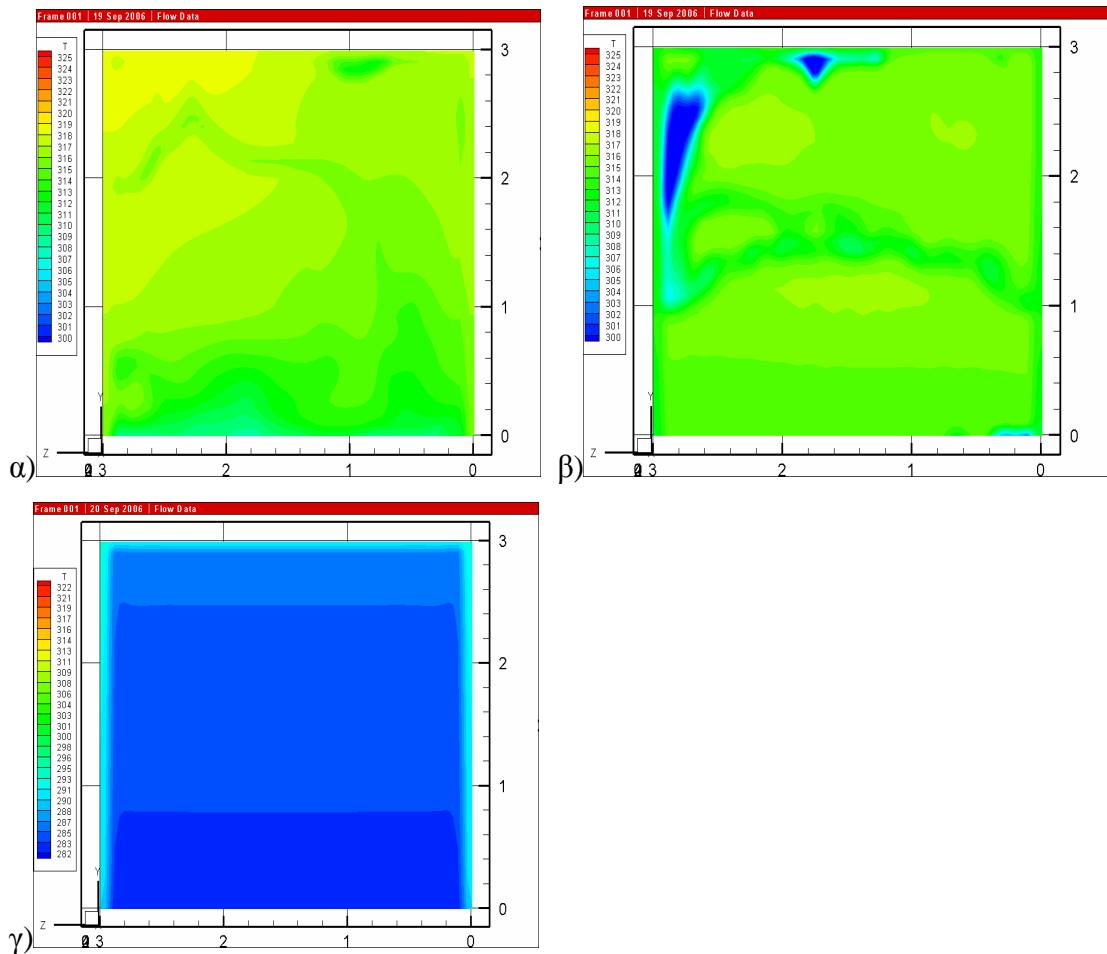
Σχήμα 6.13: Κατανομή θερμοκρασίας στο x-y επίπεδο για το κτίριο με απόσταση μόνωσης στα 15cm.

Αρχικά παρατηρείται ότι η θερμοκρασία στο κτίριο χωρίς τη διάταξη (Σχήμα 6.10) είναι εμφανώς πιο χαμηλή από τις υπόλοιπες περιπτώσεις. Επίσης στη σύγκριση των 10cm (Σχήμα 6.11) και των 14cm (Σχήμα 6.12) πλάτους διακένου που σχηματίζεται μεταξύ τοίχου και μόνωσης, φαίνεται ότι η διαφορά θερμοκρασίας στο εσωτερικό του χώρου εμφανίζει ελάχιστες διαφορές. Αυτό που μπορούμε να συμπεράνουμε είναι ότι μικρή διαφορά θερμοκρασίας που παρουσιάζεται, πιθανότατα να οφείλεται στην μείωση της θερμοκρασίας του αέρα στο διάκενο. Έτσι παρατηρώντας το Σχήμα 6.13, όπου έχουμε την απότομη πτώση της θερμοκρασίας, η θερμοκρασία του αέρα μέσα στο διάκενο έχει εξισωθεί με την εξωτερική.

Στα παρακάτω σχήματα ακολουθεί η κατανομή των θερμοκρασιών εξωτερικά του τοίχου για τις προηγούμενες περιπτώσεις. Επισημαίνεται ότι η κλίμακα θερμοκρασίας στο Σχήμα 6.14 είναι διαφορετική από τα υπόλοιπα σχήματα για να φαίνονται καλύτερα οι διαφορές. Εδώ μπορούμε να δούμε καλύτερα την επίδραση της θερμοκρασίας του αέρα του διακένου στην εξωτερική πλευρά του τοίχου και κατ' επέκταση στον εσωτερικό αέρα. Στην απόσταση των 10cm και 14cm, Σχήματα 6.15 (α) & (β) αντίστοιχα, όπου δεν είχαμε μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές εσωτερικά παρατηρούμε ότι η ψυχρές περιοχές στα 14cm είναι μικρές. Αντίθετα στα 15cm (Σχήμα 6.15(γ)) η θερμοκρασία είναι σχεδόν ίδια με την περίπτωση χωρίς τη διάταξη (Σχήμα 6.14).

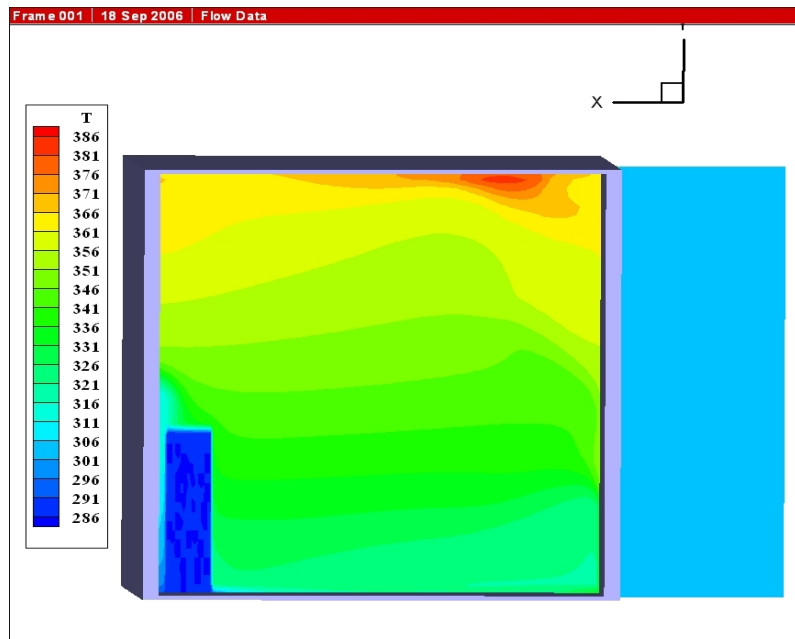


Σχήμα 6.14: Κατανομή θερμοκρασιών εξωτερικής επιφάνειας τοίχου χωρίς μόνωση κατά την χειμερινή περίοδο.

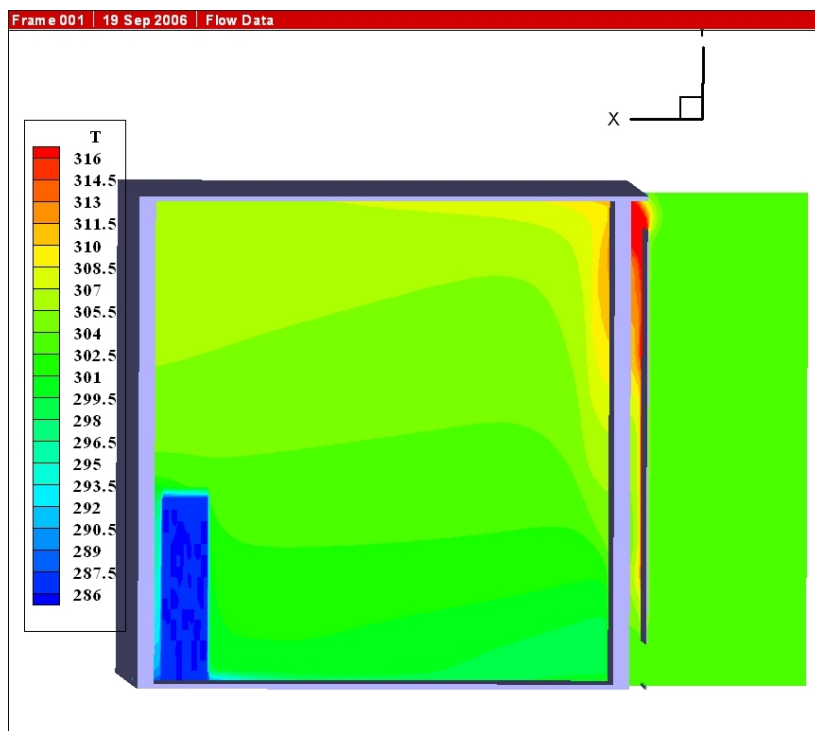


Σχήμα 6.15: Κατανομή θερμοκρασίας στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου για α)10cm και β)14cm και γ)15cm κατά την χειμερινή περίοδο.

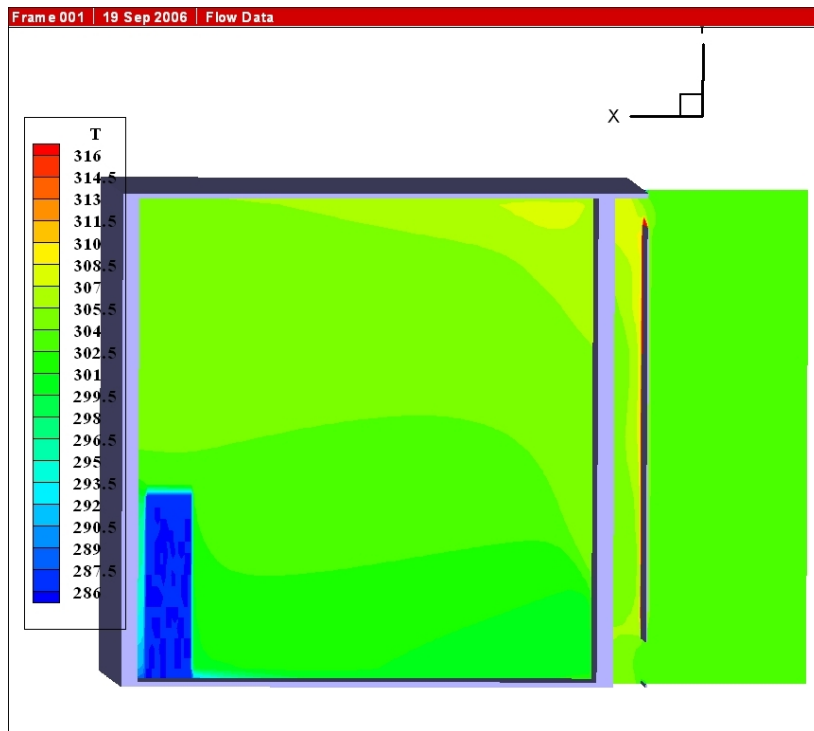
Αντίστοιχα για την περίοδο του καλοκαιριού ακολουθούν τα Σχήματα 6.16 – 6.20. Εδώ παρατηρείται ότι η θερμοκρασία στον χώρο χωρίς τη διάταξη (Σχήματα 6.16 & 6.19) είναι η υψηλότερη, ενώ όταν η διάταξη βρίσκεται στα 20cm (Σχήματα 6.18 & 6.20(β)) απόσταση από τον τοίχο προσφέρει εμφανώς καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά τον δροσισμό του χώρου. Η διαφορά της θερμοκρασιακής κατανομής της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου, μεταξύ 10cm και 20cm φαίνεται στο Σχήμα 6.20 (α) και (β) αντίστοιχα. Στην απόσταση των 10cm οι περιοχές υψηλής θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερες, όμως όπως ειπώθηκε παραπάνω για την αποτελεσματικότητα της διάταξης σε χειμερινή και εαρινή περίοδο μια μέση λύση είναι η απόσταση των 10cm.



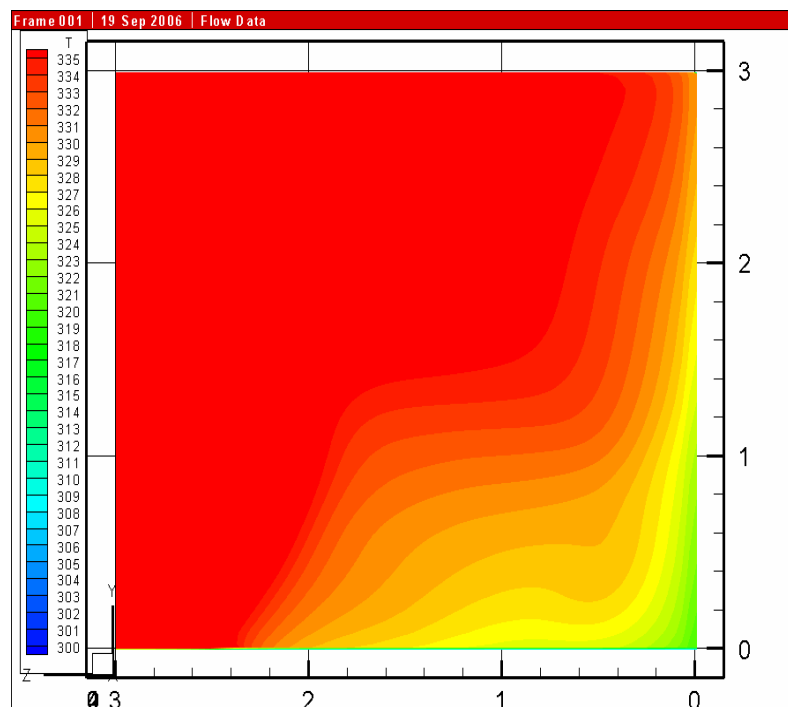
Σχήμα 6.16: Κατανομή θερμοκρασίας στο x-y επίπεδο για κτίριο χωρίς τη μόνωση.



Σχήμα 6.17: Κατανομή θερμοκρασίας στο x-y επίπεδο για το κτίριο με απόσταση μόνωσης στα 10cm.

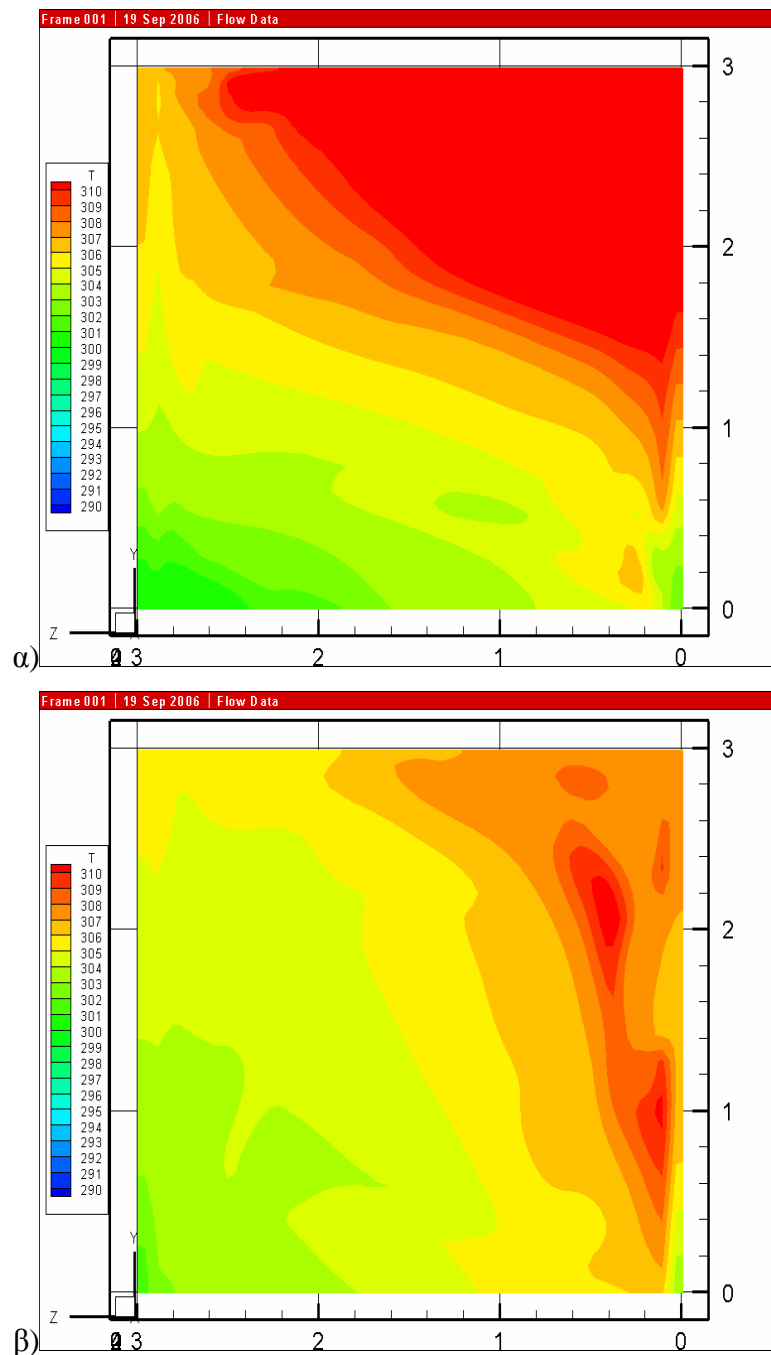


Σχήμα 6.18: Κατανομή θερμοκρασίας στο x-y επίπεδο για το κτίριο με απόσταση μόνωσης στα 20cm.



Σχήμα 6.19: Κατανομή θερμοκρασιών εξωτερικής επιφάνειας τοίχου χωρίς μόνωση κατά τη θερινή περίοδο.

Η κλίμακα των Σχημάτων 6.16 και 6.19 δεν είναι ίδια με τη κλίμακα των υπόλοιπων σχημάτων, διότι οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στον τοίχο χωρίς μόνωση είναι πολύ μεγαλύτερες από τις υπόλοιπες περιπτώσεις. Όμως οι εικόνες των 10 και 20 cm έχουν την ίδια κλίμακα για να γίνει ποιο εύκολη η σύγκριση μεταξύ τους.

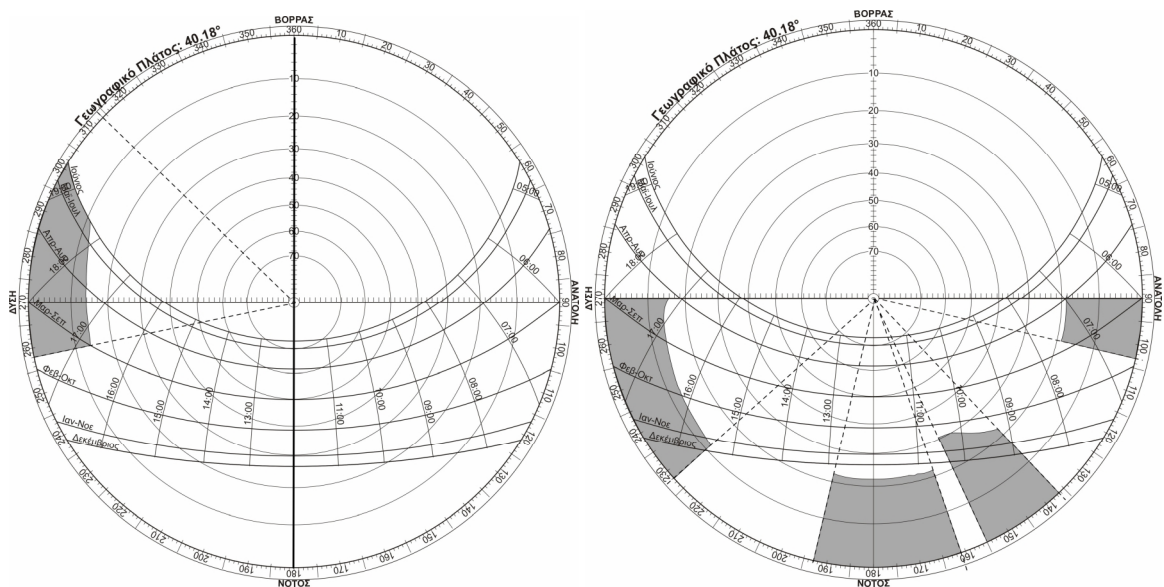


Σχήμα 6.20: Κατανομή θερμοκρασίας στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου για
α)10cm και β)20cm κατά τη θερινή περίοδο.

7. Περιγραφή της κατασκευαστικής διαδικασίας

Η κατασκευή προσαρτήθηκε σε χώρο του πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας στο Τμήμα Μηχανικών Διαχείρισης Ενεργειακών Πόρων. Η επιλογή του συγκεκριμένου χώρου έγινε μετά από σύγκριση δύο χώρων του κτιρίου εκ των οποίων ο ένας έχει δυτικό προσανατολισμό και ο άλλος νότιο. Το γραφείο με τον δυτικό προσανατολισμό βρίσκεται στον δεύτερο όροφο του κτιρίου ενώ ο χώρος με το νότιο προσανατολισμό είναι η αποθήκη του συνεργείου καθαρισμού και βρίσκεται στο ισόγειο (Σχήμα 7.2).

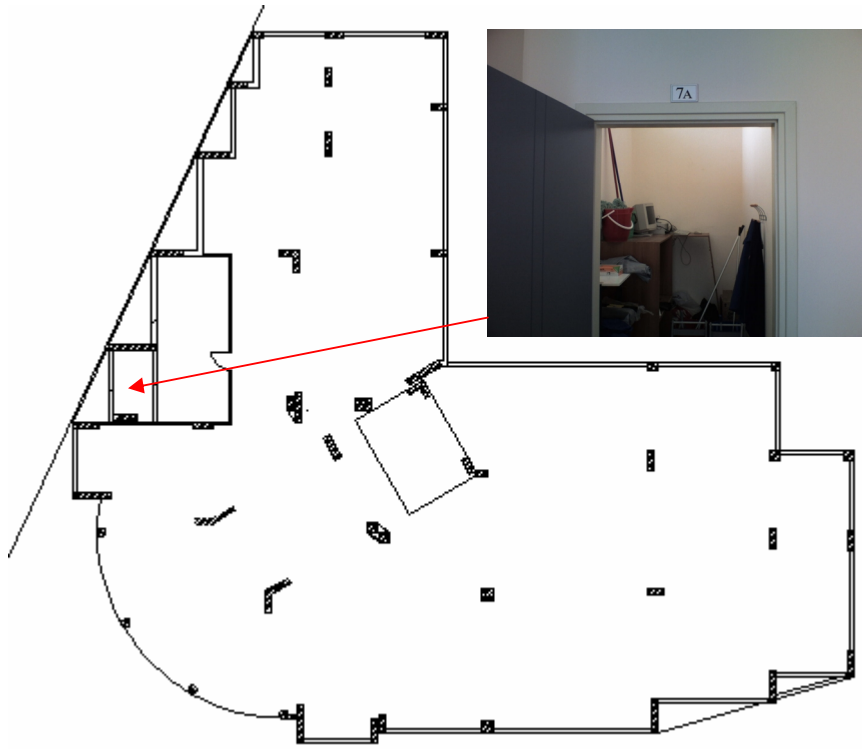
Μετά από μελέτη σκιασμού των δυο προσανατολισμών στα διαγράμματα 1&2 του Σχήματος 7.1, παρατηρήθηκε ότι η δυτική όψη σκιάζεται από το πρωί μέχρι τις 12:00 καθώς και το απόγευμα από τις 17:00 και μετά σε αντίθεση με την νότια όψη που σκιάζεται ελάχιστα σε όλη τη διάρκεια του χρόνου. Ο σκιασμός παρατηρείται για τους μήνες Φεβρουάριο μέχρι και Σεπτέμβριο, περίοδος που καλύπτει την εποχή που θα γινόταν η μελέτη ηλιοπροστασίας από την κατασκευή. Ο νότος σκιάζεται τη χειμερινή περίοδο από τα απέναντι κτίρια, όπου η συμπεριφορά της διάταξης μελετάται για τη θερμομονωτική της προστασία και όχι για την παροχή σκιασμού.



Σχήμα 7.1: Διαγράμματα 1&2 για σκίαση, της δυτικής πλευράς του πρώτου ορόφου& της νότιας πλευράς του ισόγειου αντίστοιχα, από τα απέναντι κτίρια.

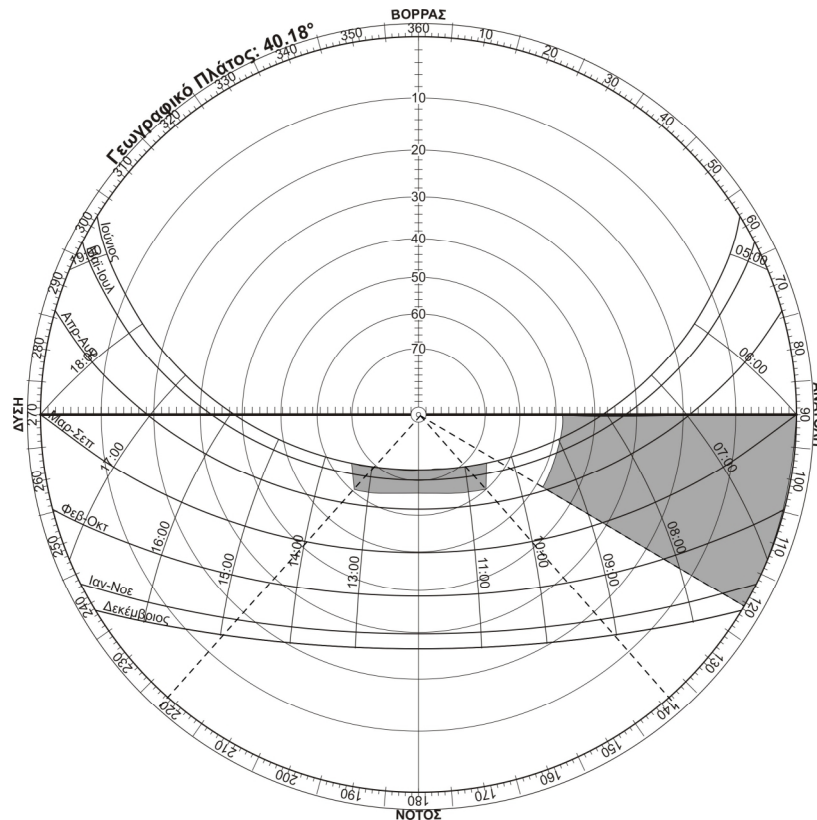
Ένας άλλος λόγος για την απόρριψη του χώρου με δυτικό προσανατολισμό, ήταν οι ώρες λειτουργίας του γραφείου. Τις περισσότερες μέρες καθώς και ώρες, υπήρχαν

άτομα που εισέρχονταν και διέμεναν στο χώρο με αποτέλεσμα να μην μπορεί να υπολογιστεί ο αερισμός. Αντίθετα, η αποθήκη ήταν κλειστή τις περισσότερες ώρες της ημέρας και ο ρυθμός με τον οποίο ανήγαν οι πόρτες στη διάρκεια του χρόνου ήταν σταθερός. Σημειώνεται ότι τα παράθυρα του χώρου παρέμειναν κλειστά κατά τη διάρκεια των μετρήσεων επιτρέποντας έτσι στο χώρο να έχει εσωκλιματικές συνθήκες. Έτσι επιλέχθηκε ο χώρος της αποθήκης σαν βέλτιστη λύση. (Σχήμα 7.2)



Σχήμα 7.2: Κάτοψη ισογείου του κτιρίου και θέση του υπό μελέτη χώρου.

Το μπαλκόνι πάνω από τον χώρο της αποθήκης, καθώς και η οπτοπλινθοδομή αριστερά της εξωτερικής του επιφάνειας παρέχουν μια επιπρόσθετη σκίαση στο χώρο με τον τρόπο που φαίνεται στο Σχήμα 7.3.



Σχήμα 7.3: Σκιασμός του εξωτερικού τοίχου από το μπαλκόνι και τον τοίχο αριστερά.

Η διάταξη έπρεπε να καλύπτει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη έκταση του τοίχου έτσι ώστε να μην επηρεάζονται οι μετρήσεις από τις θερμοκρασιακές διαφορές των επιφανειών γύρω από αυτή. Από την άλλη πλευρά έπρεπε να υπάρχει τοποθετημένο σε τοίχο, με ίδιο προσανατολισμό και που να ανήκει στον χώρο, μετρητικό όργανο σε ασφαλή απόσταση από την επίδραση της διάταξης. Στην Σχήμα 7.4 φαίνονται οι εξωτερικές πλευρές του χώρου που τοποθετήθηκε η διάταξη καθώς και η διαστασιολόγηση τους. Τα σύμβολα N, Δ1, Δ2 είναι ο προσανατολισμός των επιφανειών για νότο και δύση. Η N και Δ1 επιφάνεια ανήκουν στον χώρο που γίνεται η μελέτη. Το ύψος του τοίχου (h) είναι ίσο με 3,3m και το μήκος (x) ίσο με 3,8m. Αποφασίσθηκε ότι η διάταξη θα έπρεπε να καλύπτει επιφάνεια 3m²(2x1,5). Έτσι στον ελεύθερο χώρο των 1,2 m από τα δεξιά τοποθετήθηκε το αισθητήριο που μετρά την εξωτερική επιφανειακή θερμοκρασία.

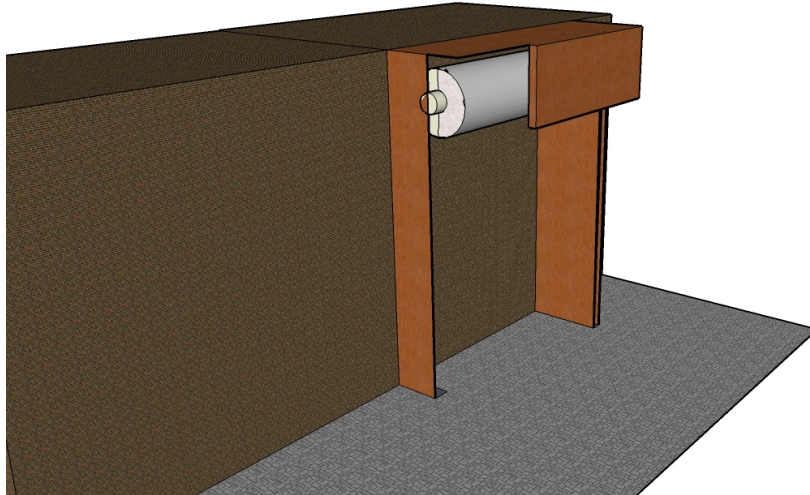
Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι η διαδικασία τοποθέτησης του πετάσματος στη διάταξη παρουσιάζει μια μικρή ιδιαιτερότητα λόγω αστοχίας του υλικού. Η τελική επιλογή της απόστασης που θα έχει από τον τοίχο έγινε για να είναι εφικτή η πραγματοποίηση μετρήσεων. Ενώ όπως αναφέρεται στη συνέχεια η μόνωση είχε επιλεγεί να αναπτύσσεται σε απόσταση 10cm από τον τοίχο, τελικά έγινε ένας συμβιβασμός και τοποθετήθηκε στα 14cm. Οι δύο αποστάσεις είναι αποδεκτές λύσεις βάση των απο-

τελεσμάτων του CAFFCA, οπότε η διαδικασία κατασκευής θα ακολουθήσει την ροή βάση των αρχικών επιλογών και όπου αναφέρεται η αρχική απόσταση του μονωτικού από τον τοίχο(10cm), θα φαίνεται και η τελική θέση μέσω υποσημειώσεων(14cm).



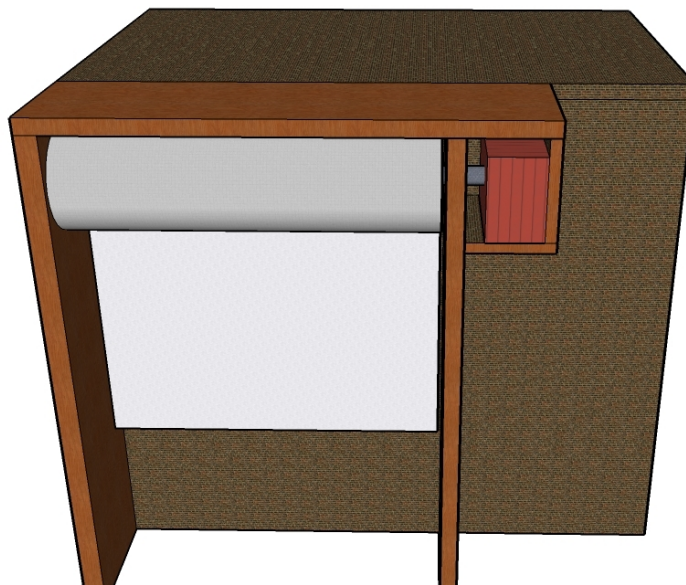
Σχήμα 7.4: Εξωτερική απεικόνιση του υπό μελέτη χώρου και διαστάσεις της οπτοπλινθοδομής.

Για να γίνουν αντιληπτά τα μέρη που θα χρειασθούν για την ολοκλήρωση της κατασκευής, χρησιμοποιήθηκε το σχεδιαστικό πρόγραμμα SketchUp με τη βοήθεια του οποίου οπτικοποιήθηκε η διάταξη. Στο σχέδιο του Σχήματος 7.5 που ακολουθεί, έγινε η προσάρτηση της σε τοίχο μετά την τύλιξη του μονωτικού γύρω από τον άξονα.



Σχήμα 7.5: Προοπτική της διάταξης με το μονωτικό τυλιγμένο.

Για την κίνηση του κυλίνδρου χρησιμοποιήθηκε κινητήρας, χαρακτηριστικά του οποίου δίνονται στη συνέχεια, που τοποθετήθηκε στα δεξιά της διάταξης μέσα σε ξύλινο κουτί. Στην Σχήμα 7.6 φαίνεται το μονωτικό κατά την ανάπτυξή του καθώς επίσης η θέση και η σύνδεση του κινητήρα με τον άξονα.



Σχήμα 7.6: Σχηματική παράσταση της θέσης του κινητήρα και του μονωτικού καθώς αναπτύσσεται.

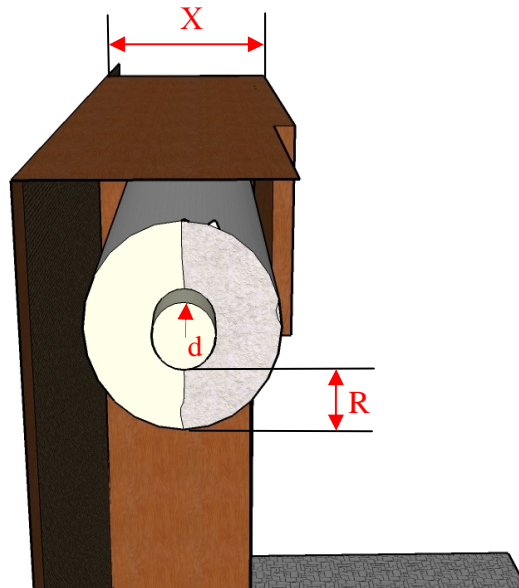
Για την ομαλή λειτουργία του συστήματος το συνολικό πάχος των υλικών θα πρέπει να συνδυάζει την απαραίτητη απόσταση του μονωτικού από τον τοίχο καθώς και

τις διαστάσεις του άξονα και των πλευρικών στηριγμάτων. Στη συνέχεια δίνονται τα μεγέθη που πρέπει να διαστασιολογηθούν και φαίνονται στο Σχήμα 7.7:

X = Πλάτος του στηρίγματος που εφάπτεται στον τοίχο.

R = Η ακτίνα του τυλιγμένου θερμομονωτικού.

d = Η ακτίνα του άξονα που τυλίγεται το υλικό.



Σχήμα 7.7 : Διαστασιολόγηση της διάταξης.

Τα πλευρικά στηρίγματα έπρεπε να συνδυάζουν δύο χαρακτηριστικά, αντοχή σε δυνάμεις θλίψης(συμπίεσης) και μικρή τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Το υλικό τους δεν έπρεπε να επιτρέπει τη μετάδοση θερμότητας δια μέσω αυτών το χειμώνα, ώστε να αποφευχθεί η ψύξη του χώρου μεταξύ μονωτικού και τοίχου, οπότε δεν μπορούσε να είναι αλουμίνιο ($204W/mK$ για κουφώματα αλουμινίου). Επίσης, εξαιτίας των απαιτήσεων για στήριξη της κατασκευής δεν θα μπορούσε να είναι ένα κοινό μονωτικό υλικό με χαμηλές μηχανικές αντοχές (π.χ. εξηλασμένη πολυστερίνη). Για οικονομικούς λόγους δεν ήταν εφικτό να συνδυαστούν οι παραπάνω λύσεις. Το πλάτος τους έπρεπε να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο για λόγους αισθητικής, αλλά να ξεπερνά ένα ελάχιστο πλάτος που θα είναι η απόσταση του μονωτικού από τον τοίχο. Αυτή η απόσταση αποφασίστηκε μετά την προσομοιωτική προσέγγιση της διάταξης με τον αλγόριθμο CAFFCA. Τελικά επιλέχθηκαν ξύλινα δοκάρια ύψους $2,10m$, πάχους $1cm$ και πλάτους $14cm(X=0,14m)$ σαν μέση λύση που εκτός των παραπάνω προτερημάτων, προσφέρουν και την εύκολη κατεργασιμότητα χωρίς εξειδικευμένα εργαλεία.

Την περίοδο του χειμώνα η βέλτιστη απόδοση της διάταξης βρέθηκε ότι δίνεται για απόσταση από το τοίχο ίση με 5cm, με το θερμομονωτικό υλικό να εφάπτεται επί του εδάφους χωρίς να επιτρέπει εισχώρηση φρέσκου αέρα προς το εσωτερικό της διάταξης. Για το καλοκαίρι η διάταξη έδειξε εξίσου καλά αποτελέσματα για αποστάσεις του μονωτικού από τον τοίχο 5cm–15cm, όταν παρέχεται αερισμός από ένα διάκενο 20 cm από το έδαφος. Βάση των αποτελεσμάτων επιλέχθηκε η λύση που εξυπηρετεί καλύτερα και τις δύο καταστάσεις και είναι η τοποθέτηση του θερμομονωτικού στα $\chi=0,1m$ από τον τοίχο.

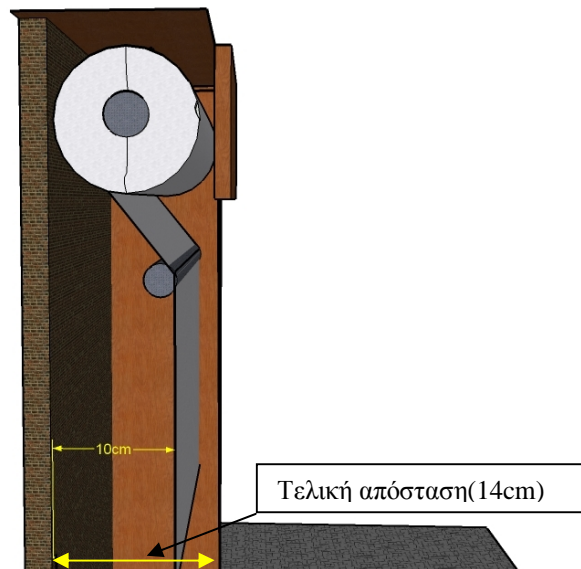
Ο άξονας που επιλέχθηκε έχει μήκος 1,7m, αρκετό για να προσαρτηθεί το μονωτικό (1,5m) και να στηριχθεί στο πλαίσιο της διάταξης (1cm+1cm). Εσωτερικά του άξονα έχει διαμορφωθεί σπείρωμα έτσι ώστε να τοποθετηθεί ο κινητήρας. Η διάμετρος του είναι 2cm, οπότε το $d=0,01m$.

Το θερμομονωτικό υλικό που θα καλύπτει την επιφάνεια του τοίχου επιλέχθηκε μετά από έρευνα αγοράς για την εξεύρεση βασικών ιδιοτήτων, που προαναφέρθηκαν. Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε είναι αφρώδες εξηλασμένο πολυαιθυλένιο με κλειστές κυψέλες που παράγεται από πλαστικό πολυμερές. Στην αγορά διατίθεται από την εταιρία ΤΕΚΤΟ με την ονομασία ISOLMANT και κοστίζει 3,55€/m². Παρόλο που δεν τηρεί κάποιες από τις προϋποθέσεις, ήταν η βέλτιστη λύση συνδυάζοντας τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (στους 10°C) $\lambda=0,024W/mK$
- Ανοχή σε θερμοκρασιακό εύρος -80°C με +105°C
- Πολύ καλή συμπεριφορά σε απαιτήσεις τύλιξης
- Αρκετά καλή αντοχή σε εφελκυσμό

Το πλάτος του μονωτικού είναι 1,5m με πάχος 3mm και αγοράστηκε σε ρολό συνολικού μήκους 7m. Το μήκος του μονωτικού που έπρεπε να χρησιμοποιηθεί για να καλύπτει τον τοίχο είναι 2m και σε αυτό πρέπει να προστεθεί κάποιο μήκος $l=10cm$ με το οποίο ενώνεται το μονωτικό με τον άξονα. Όπως φαίνεται και από την εικόνα στο Σχήμα 7.7 το τυλιγμένο μονωτικό υλικό και ο άξονας δεν πρέπει να καταλαμβάνουν χώρο μεγαλύτερο από 14cm.

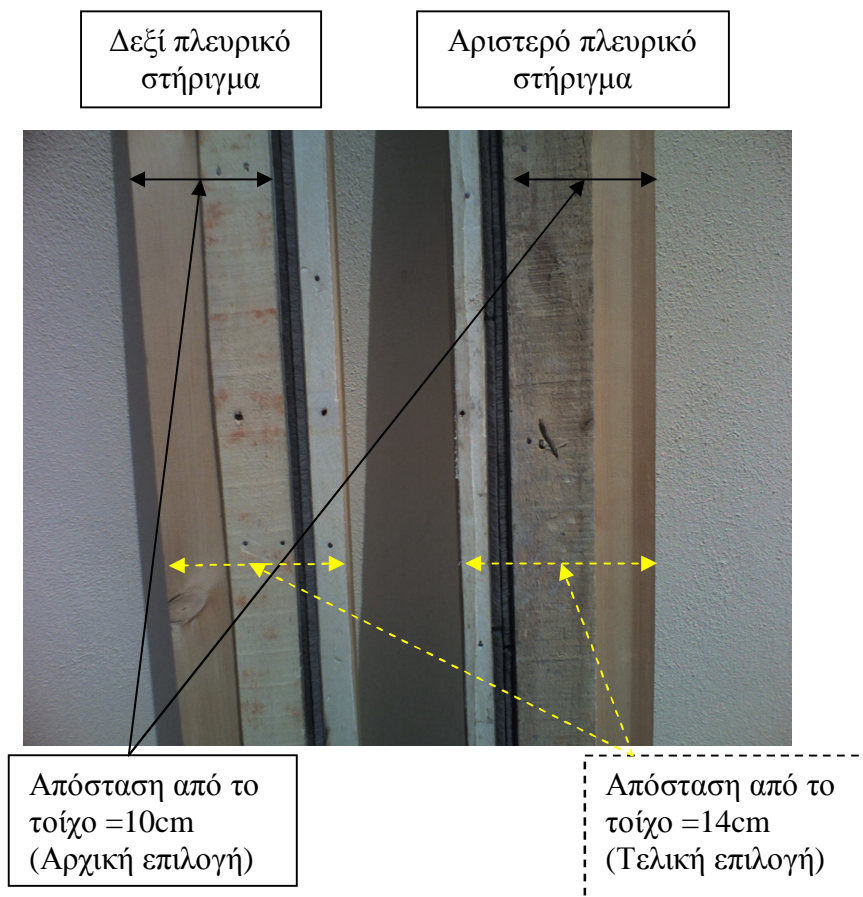
Τελικά η τοποθέτηση του άξονα έγινε στο κέντρο των πλευρικών στηριγμάτων και η καθοδήγηση του μονωτικού στα 10cm γίνεται με τη βοήθεια ενός δεύτερου κυλίνδρου που εισάγει το υλικό μέσα σε αυλάκια που έχουν διαμορφωθεί στα πλευρικά στηρίγματα του πλαισίου (Σχήμα 7.8).



Σχήμα 7.8: Η διάταξη μετά την παρέμβαση που έγινε λόγω διαστασιολόγησης.

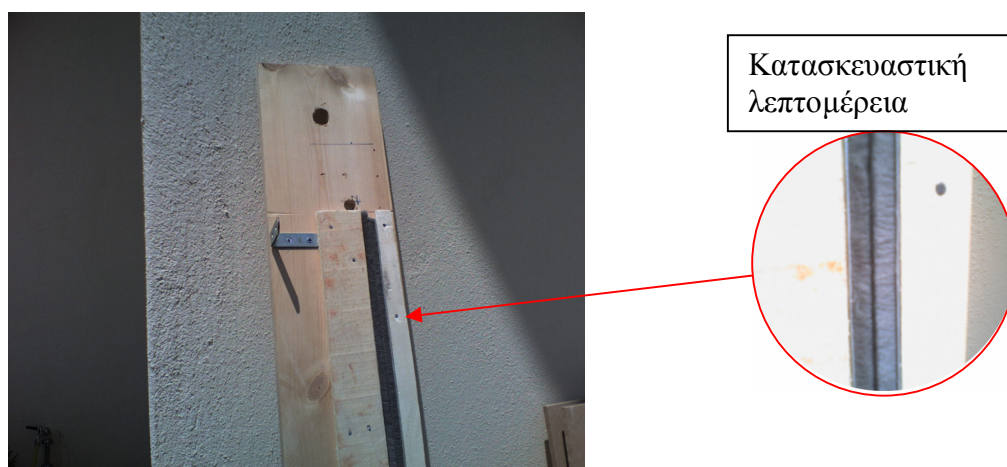
Μετά από την πρώτη μελέτη και την αγορά όλων των απαραίτητων υλικών ξεκίνησε η κατασκευή. Στη συνέχεια θα ακολουθήσει η ανάπτυξη της διάταξης και θα δοθεί ιδιαίτερη σημασία σε σημεία που χρειάστηκε να γίνουν αλλαγές και επεμβάσεις πέρα από το αρχικό σχέδιο.

Η απόσταση των 10cm του μονωτικού υλικού από τον τοίχο τηρείται με τη βοήθεια μιας εσοχής μέσα στην οποία αναπτύσσεται το μονωτικό. Στις άκρες της εσοχής τοποθετήθηκε αεροστεγανωτικό υλικό (αεροστόπ), που παρέχει στεγανότητα στη διάταξη και προστασία του μονωτικού από φθορές λόγω τριβής. Η εικόνα του Σχήματος 7.9 δείχνει τα δύο πλευρικά στηρίγματα και τις εσοχές με τα αεροστόπ. Οι πλευρές έναντι αυτών είναι αυτές που εφάπτονται στον τοίχο.



Σχήμα 7.9: Τα πλευρικά στηρίγματα μετά την διαμόρφωση των εσοχών όπου θα αναπτύσσεται το υλικό.

Για την λειτουργία της διάταξης χρειάστηκε να ανοιχθούν οπές σε δύο σημεία ανά πλευρικό στηρίγμα(Σχήμα 7.10,7.11.). Η πρώτη που βρίσκεται πιο ψηλά στηρίζει τον άξονα στον οποίο τυλίγεται το μονωτικό(Σχήμα 7.10) όπως έχει ήδη προαναφερθεί. Η δεύτερη οπή χρειάστηκε για την τοποθέτηση ενός περιστρεφόμενου άξονα με επένδυση πλαστικού, που οδηγεί το μονωτικό εσωτερικά των «αεροστόπ» (Σχήμα 7.11).



Σχήμα 7.10: Οι οπές που ανοίχθηκαν για την τοποθέτηση των αξόνων.

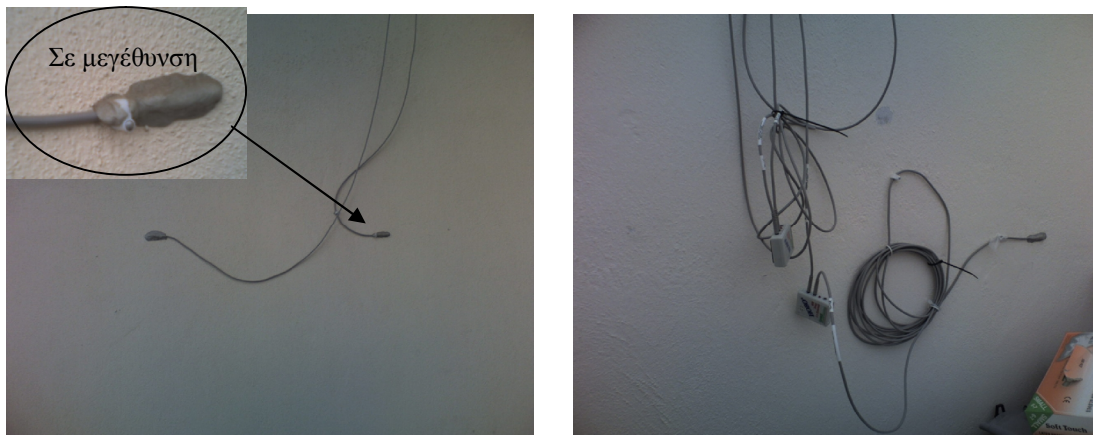


Σχήμα 7.11: Τοποθετημένοι άξονες.

Μετά την προσάρτηση των αξόνων επί των πλευρικών στηριγμάτων του πλαισίου, ακολούθησε η τοποθέτηση των συσκευών μέτρησης και το σύστημα κίνησης του συστήματος. Αναλυτικά χρησιμοποιήθηκαν:

**Αισθητήρια μέτρησης επιφανειακής θερμοκρασίας.* Δυο εξωτερικά και δύο εσωτερικά του νοτίου τοίχου. Το πρώτο τοποθετήθηκε στο κέντρο του τοίχου που καλύπτεται από τη διάταξη και το δεύτερο εξωτερικά τοποθετήθηκε στον ίδιο τοίχο σε απόσταση από τη διάταξη που θεωρήθηκε ασφαλής από την επίδρασή της. Τα δυο αισθητήρια εσωτερικά, βρίσκονται κατά μήκος του τοίχου ακριβώς πίσω από τις θέσεις των αισθητήριων εξωτερικά του τοίχου όπως φαίνεται και στις εικόνες του Σχήματος 7.12. Ένα επιπλέον αισθητήριο τοποθετήθηκε στον τοίχο με δυτικό προσανατολισμό για να γίνει σύγκριση των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται εξωτερικά των τοίχων νότου και δύσης. Τα αισθητήρια που χρησιμοποιήθηκαν είναι τύπου TMCx-HD και μπορούν να συνδεθούν απευθείας με θύρες εισόδου H8 ή U12 σε καταγραφικά. Τα χαρακτηριστικά τους δίνονται παρακάτω:

- Εύρος: -40°C έως $+50^{\circ}\text{C}$.
- Ακρίβεια: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ στους 20°C .
- Μετατόπιση: $< 0,1^{\circ}\text{C}$ ανά έτος.
- Ανάλυση: $0,41^{\circ}\text{C}$ στους 20°C .



Σχήμα 7.12: Εξωτερική και εσωτερική τοποθέτηση αισθητήρων.

**Αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας ατμοσφαιρικού και εσωτερικού αέρα.* Αυτού του είδους αισθητήρια είχαν τη δυνατότητα να μετρήσουν και την σχετική υγρασία (RH), λειτουργία που χρησιμοποιήθηκε για μια καλύτερη κατανόηση των καιρικών φαινομένων στη διάρκεια του χρόνου. Τα αισθητήρια βρίσκονται μέσα στα καταγραφικά HOBO H8 RH/TEMP/2xEXTERNAL που χρησιμοποιήθηκαν για την αποθήκευση των τιμών θερμοκρασίας επιφανειών (μέσω των θυρών H8) και αέρα. Τα χαρακτηριστικά των αισθητηρίων θερμοκρασίας εσωτερικά του καταγραφικού δίνονται παρακάτω:

- Εύρος: -40°C έως $+120^{\circ}\text{C}$.
- Ακρίβεια: $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ στους 20°C .
- Μετατόπιση: $< 0,1^{\circ}\text{C}$ ανά έτος.
- Ανάλυση: $0,44^{\circ}\text{C}$ στους 20°C .

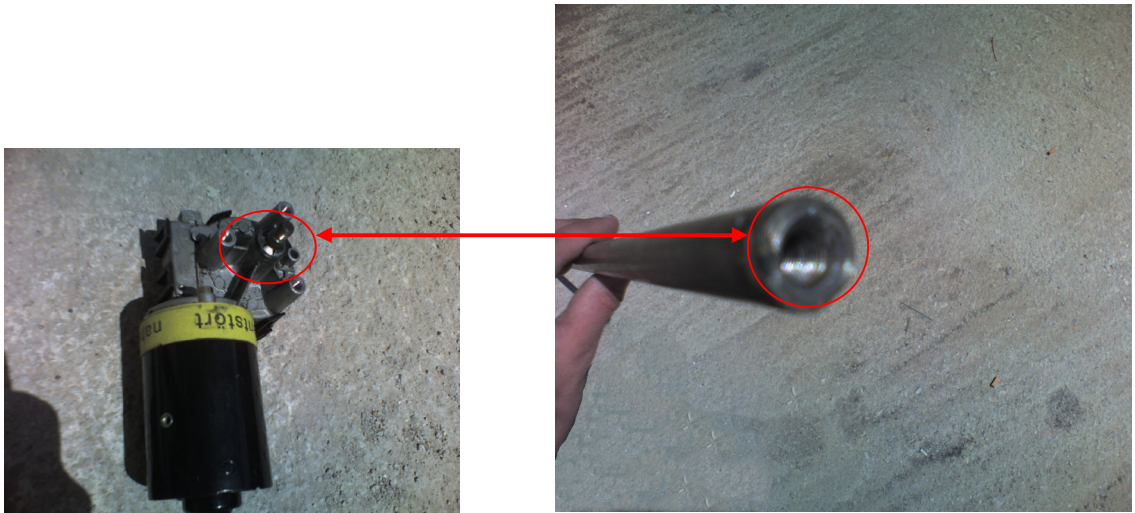
Και τα χαρακτηριστικά του αισθητήρα υγρασίας για σχετική υγρασία (RH) είναι:

- Εύρος: 25% έως 95% στους 25°C .
- Ακρίβεια: $\pm 0,5\%$.
- Μετατόπιση: $< 1\%$ ανά έτος.

**Δεδομένα,* που είχαν συλλεχθεί για την περίοδο 21 Ιουλίου με 5 Αυγούστου 2006. Τα δεδομένα αυτά αποτέλεσαν το κλιματικό αρχείο του μοντέλου ενεργειακής προσομοίωσης κτιρίων SUNCODE PC, με το οποίο έγινε η προσομοίωση της διάταξης (Κεφάλαιο 8).

**Κινητήρας συνεχούς ρεύματος 12V,* που έδινε κίνηση στον άξονα τύλιξης με φορά άλλοτε θετική(το μονωτικό υλικό αναπτύσσονταν) και άλλοτε αρνητική(το μονωτι-

κό τυλίγονταν ξανά στον άξονα). Η διαρρύθμιση του άξονα και η βίδα του κινητήρα φαίνονται στις παρακάτω εικόνες του Σχήματος 7.13.



Σχήμα 7.13: Τοποθέτηση κυλίνδρου στον κινητήρα.

**Μετασχηματιστής 220V σε 12V με ένταση ρεύματος 1A.*

**H/Y, που χρησιμοποιήθηκε για την τροφοδότηση του κινητήρα μαζί με τον μετασχηματιστή αλλά και για την συλλογή των δεδομένων. Η σύνδεση του H/Y με τον μετασχηματιστή έγινε σειριακά με αποτέλεσμα να αυξηθεί η τροφοδοσία του κινητήρα στα 12V και 3,5A, προσδίδοντας αρκετή ισχύ για την ομαλή κίνηση της διάταξης. Με την χρήση του H/Y θα μπορούσε να γίνει και ο αυτοματισμός της διάταξης με τρόπο που θα αναλυθεί σε παρακάτω κεφάλαιο(Κεφάλαιο 10).*

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να ειπωθεί ότι η τελική τοποθέτηση του μονωτικού είχε μια απόκλιση από τον αρχικό σχεδιασμό. Οι λόγοι που ανάγκασαν να γίνει αυτή η αλλαγή είναι κατασκευαστικής φύσεως και αναφέρονται:

**Το μονωτικό που χρησιμοποιήθηκε μπορεί να φαινόταν ότι ικανοποιούσε τις απαιτήσεις αντοχής και θερμομόνωσης, αλλά τελικά ήταν αρκετά ποιο μαλακό για να κρατηθεί σταθερά μέσα στη διαρρύθμιση που δημιουργήθηκε.*

**Για την τοποθέτησή του σε σταθερή απόσταση από τον τοίχο χρειάστηκε να τραβηχτεί από τις άκρες και να προσκολληθεί εξωτερικά των πλευρικών στηριγμάτων.*

** μετέπειτα κοπή των πλευρικών στηριγμάτων για την επίτευξη της απόστασης των 10cm από τον τοίχο, δεν δοκιμάστηκε για λόγους ανοχής του υλικού (οι οπές για*

την τοποθέτηση τους στον τοίχο, όπως και τα κομμάτια που στηρίζουν τα αεροστόπ καλύπτουν μεγάλη επιφάνεια του ξύλου).

Έτσι, με βάση τα αποτελέσματα της προσομοίωσης μέσω του Caffe, όπου δεν παρατηρούνται διαφορές στο εύρος 10cm-14cm, οι μετρήσεις που ακολούθησαν έγιναν για την απόσταση που δημιουργεί το πλάτος των στηριγμάτων ίση με 14cm. Η ανάλυση που προαναφέρθηκε ισχύει και απαιτείται για τη λειτουργία της διάταξης όπου το πέτασμα θα πρέπει να αναπτύσσεται η όχι. Επίσης είναι απαραίτητη για την επίτευξη του αυτοματισμού της, μέσω κάποιων συστημάτων που θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο. Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνεται η προσαρτημένη διάταξη μετά το πέρας της κατασκευής όπως θα λειτουργεί ανάλογα με την εποχή. Το μονωτικό σχηματίζει το διάκενο από το έδαφος για συνθήκες καλοκαιριού(Σχήμα 7.14β), ενώ για συνθήκες χειμώνα((Σχήμα 7.14α) εφάπτεται αυτού.



α)



β)

Σχήμα 7.14: Μορφή διάταξης κατά τους α)εαρινούς & β)χειμερινούς μήνες.

8. Αποτελέσματα μετρήσεων πραγματικών δεδομένων της διάταξης

Οι μετρήσεις έγιναν σε τέσσερις περιόδους κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Η ασυνέχεια οφείλεται αφενός στην αδυναμία των καταγραφικών να αποθηκεύουν τιμές για μεγάλα χρονικά διαστήματα και αφετέρου στην επιθυμία να συγκριθούν οι θερμοκρασίες των επιφανειών του δωματίου κάτω από την επίδραση διαφορετικών παραμέτρων.

Η πρώτη χρονική περίοδος των μετρήσεων είναι 13/04/2006 έως 30/04/2006. Αυτή ήταν η περίοδος γνωριμίας με τους αισθητήρες καθώς και του προγράμματος ελέγχου τους. Παράλληλα κατασκευάστηκε πειραματική διάταξη από χαρτόνι και μονωτικό υλικό (εξηλασμένη πολυστερίνη), που τοποθετήθηκε στον τοίχο που πρόκειται να μελετηθεί για να διεξαχθούν κάποιες προκαταρκτικές μετρήσεις. Επίσης αυτή την περίοδο αναμένονταν τα τελικά αποτελέσματα του αλγορίθμου Caffca που αφορούσαν τη προσομοίωση της διάταξης για την εαρινή περίοδο. Στο Σχήμα 8.1 δίνεται η κατασκευή που προσαρτήθηκε στον τοίχο με σκοπό τη δοκιμή των αισθητήρων και την πραγματοποίηση μετρήσεων πριν την κατασκευή της τελικής διάταξης.



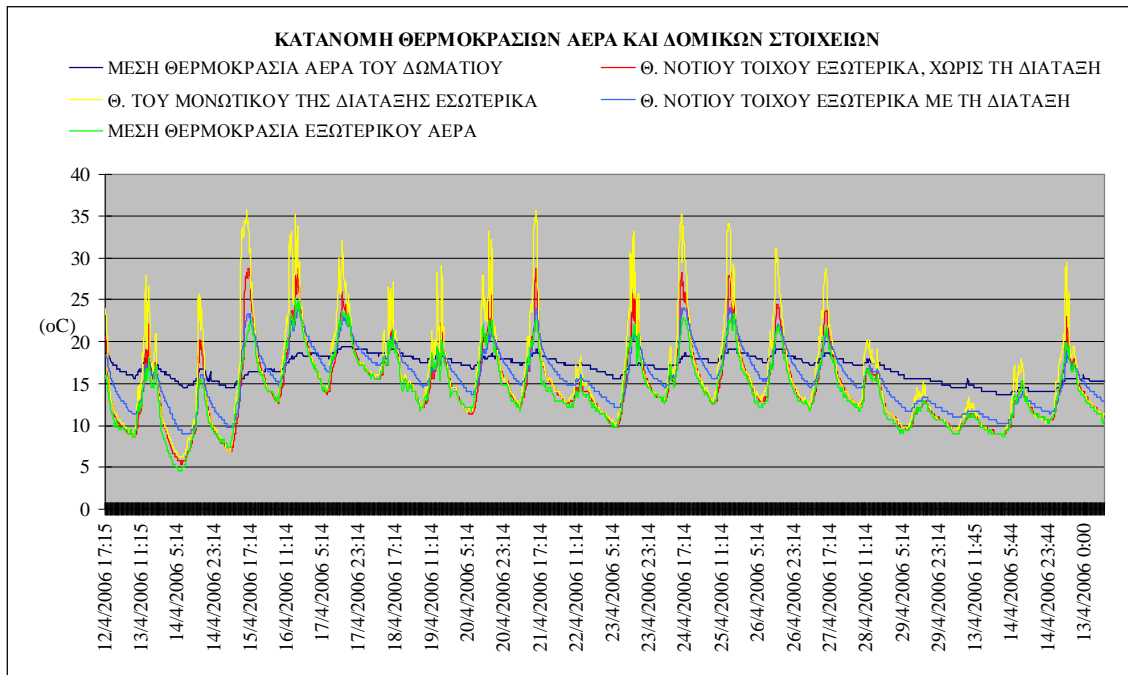
Σχήμα 8.1: Εσωτερική όψη της δοκιμαστικής κατασκευής.

Επίσης, στο Σχήμα 8.2 φαίνεται η δοκιμαστική κατασκευή προσαρτημένη στον τοίχο που πρόκειται να μελετηθεί. Όπως φαίνεται από το Σχήμα 8.2 τοποθετήθηκαν

τρεις αισθητήρες, ένας εξωτερικά και δύο εσωτερικά του δοκιμαστικού κουτιού σε απόσταση μικρότερη των 2m. Έγινε προσπάθεια να αποκλειστεί η είσοδος εξωτερικού αέρα μέσα στο κουτί ώστε να μπορεί να μετρηθεί η μέγιστη θερμοκρασία που μπορεί να αναπτυχθεί. Ο πρώτος αισθητήρας τοποθετήθηκε στον τοίχο εσωτερικά της κατασκευής και ο δεύτερος πάνω στην εσωτερική επιφάνεια του μονωτικού. Η μέτρηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του μονωτικού θα δείξει κατά πόσο είναι ικανές οι συνθήκες έτσι ώστε να υπάρχει τέτοια θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ διακένου και ατμοσφαιρικού αέρα στην τελική διάταξη, για να δημιουργηθεί το φαινόμενο του θερμοσιφονισμού. Ακόμα τοποθετήθηκε αισθητήρας στην εσωτερική πλευρά του τοίχου πίσω από τη κατασκευή καθώς και αισθητήρας μέτρησης της θερμοκρασίας αέρα εσωτερικά του δωματίου. Στο Σχήμα 8.3 δίνεται το διάγραμμα με την κατανομή των θερμοκρασιών της πρώτης περιόδου για όλα τα στοιχεία που αναφέρθηκαν.



Σχήμα 8.2: Εξωτερική όψη της δοκιμαστικής κατασκευής προσαρτημένη στον τοίχο.



Σχήμα 8.3: Κατανομή θερμοκρασιών αέρα & δομικών στοιχείων δωματίου και κατασκευής.

Από τη πρώτη ανάλυση φαίνεται ότι το μονωτικό δεν μπορεί να φτάσει σε αρκετά υψηλές θερμοκρασίες ώστε να δημιουργηθεί το φαινόμενο του θερμοσιφονισμού. Όσον αφορά την σκίαση που επιβάλλεται στην επιφάνεια του τοίχου από αυτή τη μικρή κατασκευή, φαίνεται πως παρ' όλο το μικρό μέγεθος του σκιαδίου παρέχεται σκίαση ικανή για την πτώση της θερμοκρασίας του τοίχου εξωτερικά μέχρι και 4 °C. Ακόμα, παρατηρείται ότι κατά τη διάρκεια της νύχτας η θερμοκρασία του τοίχου εξωτερικά πίσω από τη μόνωση είναι υψηλότερη από την θερμοκρασία του τοίχου σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, οπότε η αρχική υπόθεση που έγινε για τη λειτουργία της διάταξης είναι σωστή. Κατά τη διάρκεια της νύχτας το μονωτικό θα πρέπει να τυλίγεται ώστε να εκτονώνονται τα θερμικά φορτία της ημέρας. Το τελευταίο συμπέρασμα που βγαίνει από αυτό το διάγραμμα είναι ότι η θερμική συμπεριφορά του χώρου παρουσιάζει μια ομαλή κατανομή, με τη θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα να μεταβάλλεται σταθερά και χωρίς απότομες μεταβολές από κάποιον εξωτερικό παράγοντα. Σαν εξωτερικός παράγοντας ορίζεται η είσοδος ανθρώπων στον χώρο σε τακτά και μεγάλα χρονικά διαστήματα, καθώς και σε ώρες που ανά μέρα μεταβάλλονται.

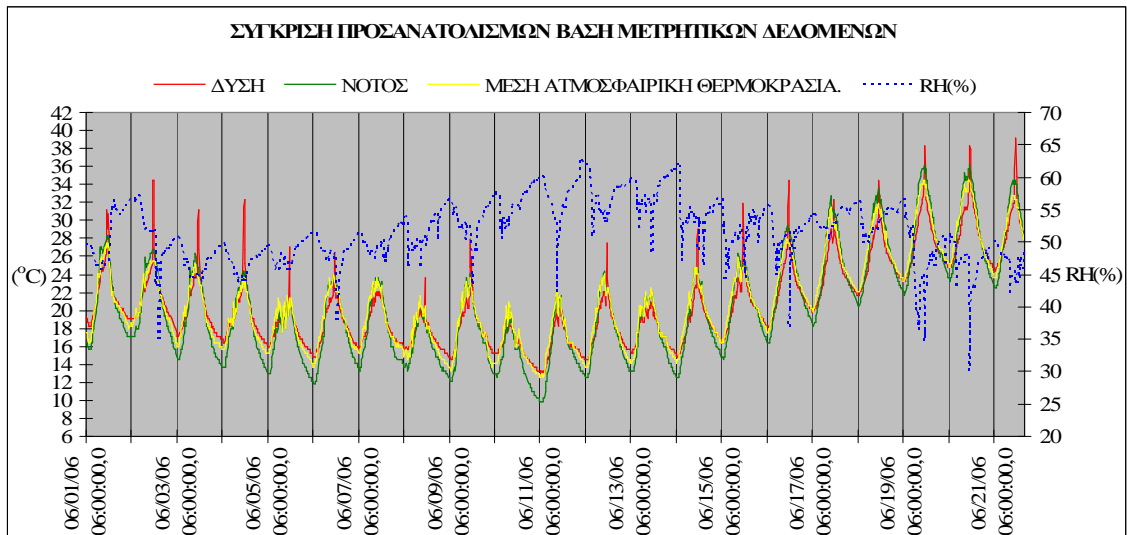
Η δεύτερη περίοδος μετρήσεων ορίστηκε από 1/6/2006 μέχρι 26/06/2006. Σε αυτή τη χρονική περίοδο έγιναν οι πρώτες μετρήσεις με την τελική πλέον διάταξη προ-

σαρτημένη στο νότιο τοίχο. Τα αισθητήρια τοποθετήθηκαν στο κέντρο της διάταξης στην επιφάνεια του τοίχου πίσω από αυτή, δεξιά από αυτή με νότιο προσανατολισμό και στο τοίχο με δυτικό προσανατολισμό (Σχήμα 8.4).



Σχήμα 8.4: Τοποθέτηση εξωτερικών αισθητήρων για την μέτρηση της θερμοκρασίας τοίχου σε δύο διαφορετικούς προσανατολισμούς.

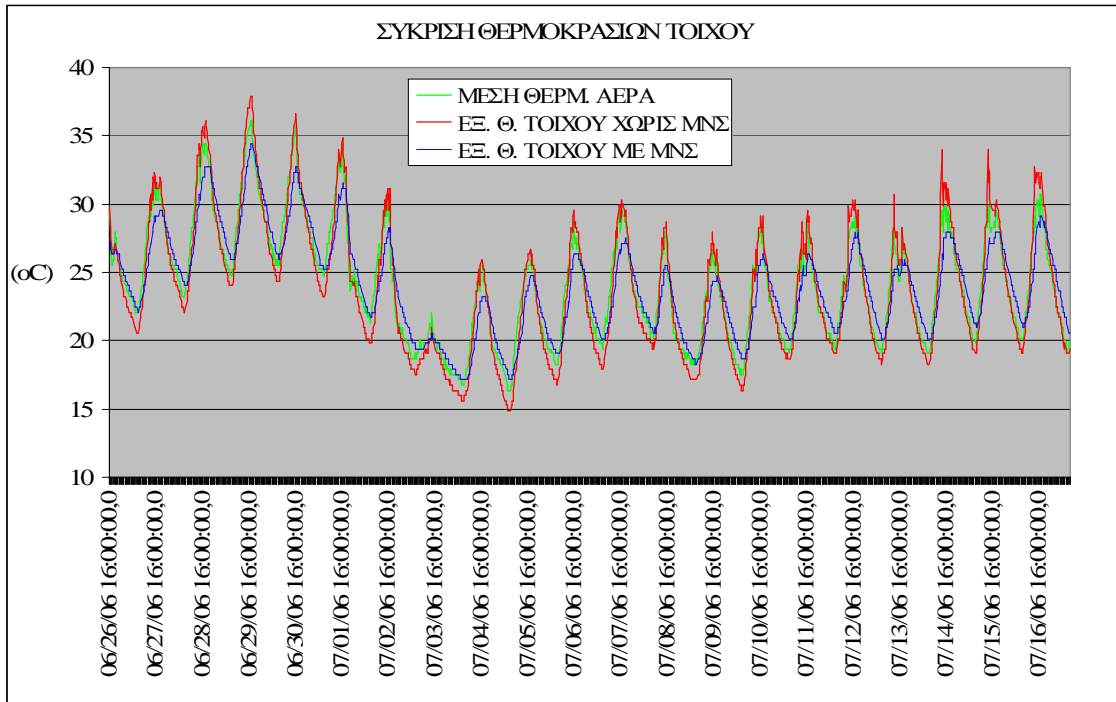
Τα αποτελέσματα των μετρήσεων δίνονται στο διάγραμμα του Σχήματος 8.5, όπου φαίνονται οι μετρήσεις εξωτερικής θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας για νότιο και δυτικό προσανατολισμό χωρίς την προστασία της διάταξης. Παρατηρείται ότι η θερμοκρασία του εξωτερικού τοίχου με δυτικό προσανατολισμό πολλές φορές ξεπερνά την θερμοκρασία του νοτίου τοίχου, φαινόμενο λογικό για την εποχή. Τις ημέρες που η θερμοκρασία του δυτικού τοίχου είναι κοντά σ' αυτή του νοτίου βλέπουμε πως υπάρχει αυξημένη υγρασία, γεγονός που σημαίνει ότι είτε υπήρχε βροχόπτωση ή ότι είχε συννεφιά οπότε η θέρμανση των δυο επιφανειών γίνονταν από διάχυτη και όχι από άμεση ακτινοβολία.



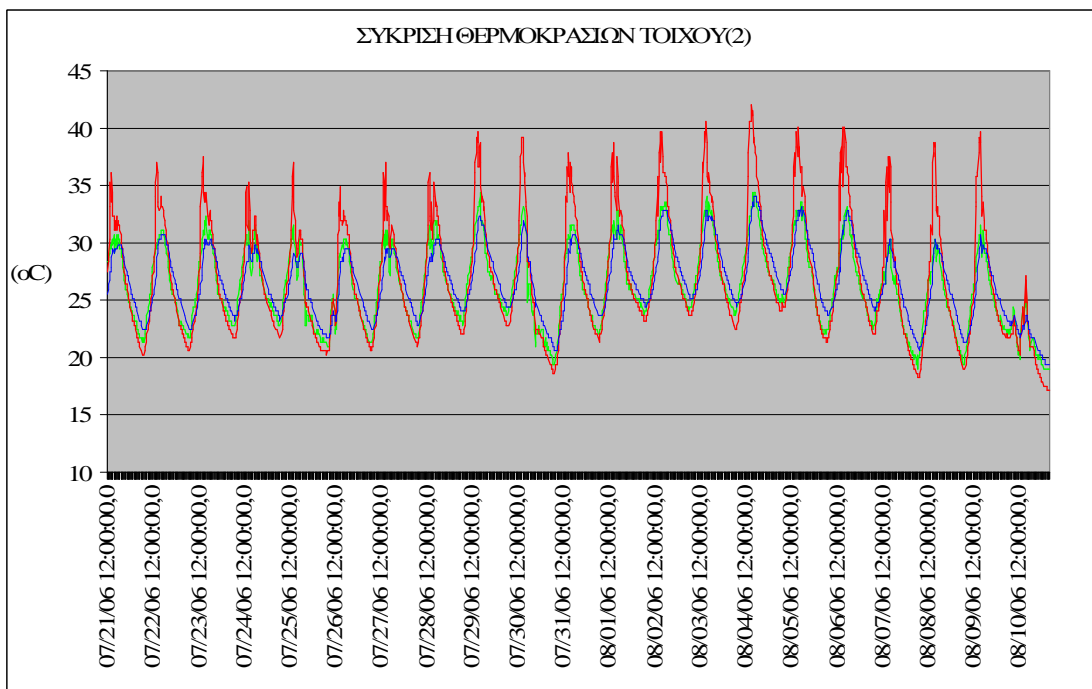
Σχήμα 8.5: Σύγκριση προσανατολισμών κατά τη δεύτερη περίοδο μετρήσεων.

Από αυτό το διάγραμμα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι για τις δυο επιφάνειες που μετρήθηκαν και που η κάθε μία σκιάζεται με διαφορετικό τρόπο από τα υπάρχοντα σκίαστρα (μπαλκόνι, απέναντι κτίρια), η διάταξη που κατασκευάστηκε θα μπορούσε να επιφέρει μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας εάν τοποθετούνταν στον δυτικό τοίχο. Η συνεισφορά της διάταξης σε δυτικό προσανατολισμό θα μελετηθεί με το προσομοιωτικό πρόγραμμα SUNCODE PC για να διαπιστωθεί αν ισχύει αυτή η υπόθεση.

Για την περίοδο 26/6/2006 μέχρι 10/8/2006 έχουν εξαχθεί τα διαγράμματα των Σχημάτων 8.6 και 8.7. Τα διαγράμματα δείχνουν την κατανομή της θερμοκρασίας σε δύο σημεία του νοτίου τοίχου του δωματίου, πίσω από τη μόνωση της διάταξης και δίπλα από αυτή. Όπως φαίνεται ουσιαστικά είναι το ίδιο διάγραμμα που συνεχίζεται από κάτω και στο οποίο τοποθετήθηκαν όλες οι ημέρες των μετρήσεων διότι συνολικά αντιπροσωπεύουν κάθε εαρινή περίοδο. Βάση αυτών των διαγραμμάτων εξετάζεται η αποδοτικότητα της διάταξης καθώς και τα προβλήματα που εμφανίζονται για τους λόγους δυσλειτουργίας που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο.



Σχήμα 8.6: Κατανομή θερμοκρασιών για τον νότιο τοίχο με και χωρίς τη διάταξη(MNΣ).

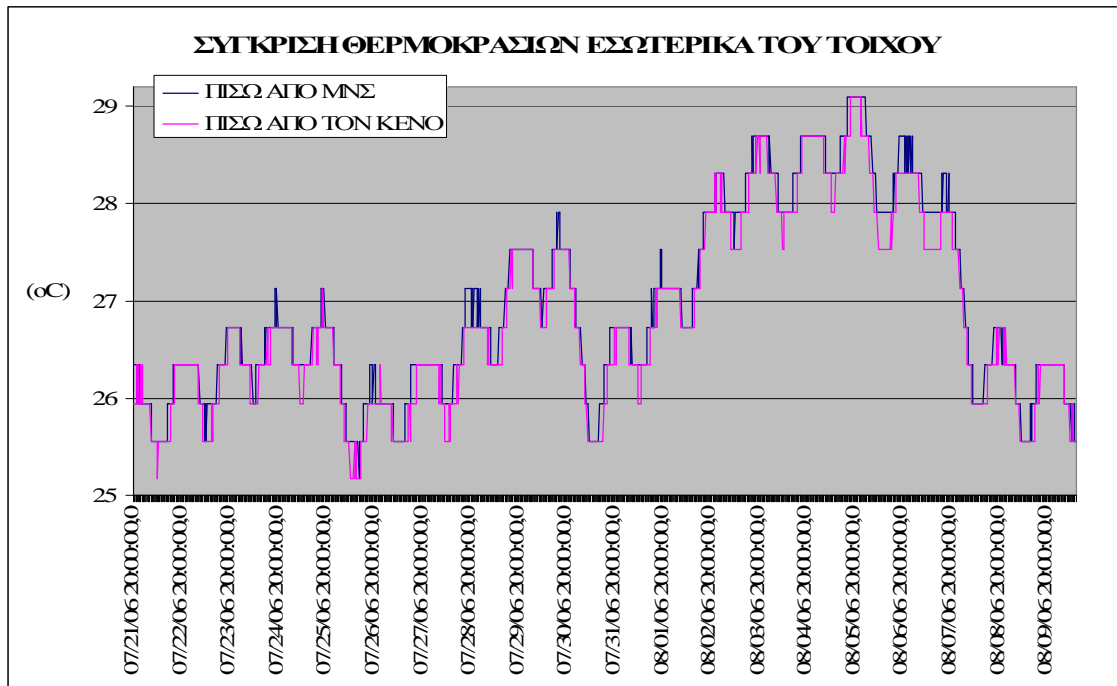


Σχήμα 8.7: Κατανομή θερμοκρασιών για τον νότιο τοίχο με και χωρίς τη διάταξη(MNΣ).

Σε αυτά τα διαγράμματα φαίνεται ότι οι διαφορές θερμοκρασίας του τμήματος του τοίχου με την διάταξη μόνωσης και της επιφάνειας χωρίς αυτή είναι αρκετά μεγάλες καθώς φτάνουν και τους 10°C. Οι διαφορές αυτές παρατηρούνται για τις μεσημεριανές ώρες. Ακόμη παρατηρείται ότι η θερμοκρασία του τοίχου πίσω από την διάταξη είναι σε πολλές περιπτώσεις μικρότερη και από την ατμοσφαιρική θερμοκρασία. Υπενθυμίζεται ότι η διάταξη δεν λειτουργεί σύμφωνα με τα προβλεπόμενα, δηλαδή το μονωτικό δεν επανέρχεται τυλιγμένο στο κύλινδρο κατά τις νυχτερινές ώρες όπως είχε προβλεφθεί. Έτσι παρατηρώντας τις ενδεικτικές θερμοκρασίες τις νυχτερινές ώρες υπάρχει αυξημένη θερμοκρασία στην επιφάνεια πίσω από την διάταξη σε σχέση με τον ελεύθερο τοίχο. Η πτώση της θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα κατά την διάρκεια της νύχτας απάγει μεγάλα ποσά ενέργειας από τον ελεύθερο τοίχο «βοηθώντας» τον να αποφορτίσει τα κέρδη. Αντίθετα η διάταξη εμποδίζει τον αέρα να έλθει σε επαφή με μεγάλους ρυθμούς με το τμήμα του τοίχου πίσω της, με αποτέλεσμα ο τοίχος να διατηρεί υψηλή θερμοκρασία. Έτσι συμπεραίνεται ότι η διάταξη θα επέφερε καλύτερα αποτελέσματα αν το μονωτικό τυλιγόταν τις νυχτερινές ώρες.

Στη συνέχεια ακολουθεί διάγραμμα (Σχήμα 8.8) όπου φαίνεται η θερμοκρασία του τοίχου εσωτερικά του δωματίου πίσω από το τμήμα του που καλύπτεται με τη μόνωση καθώς και η θερμοκρασία του τοίχου δεξιά της διάταξης εσωτερικά του ελεύθερου τοίχου. Όπως φαίνεται είναι όμοιες εκτός ελάχιστων τιμών όπου η θερμοκρασία πίσω από τη μόνωση ξεπερνά την άλλη με ελάχιστες διαφορές. Η έλλειψη διαφορών θερμοκρασίας φανερώνει ότι ο τοίχος που τοποθετήθηκε η διάταξη έχει ήδη θερμομονωτική προστασία. Οπότε είναι φανερό ότι με την υπάρχουσα θερμομόνωση τα θερμικά κέρδη του τοίχου που διαπιστώθηκαν με την μέτρηση της εξωτερικής επιφάνειας, δεν επηρεάζουν τον χώρο εσωτερικά. Σε αυτό το σημείο αμφισβητείται η τοποθέτηση της διάταξης σε τοίχους που έχουν καλή θερμομονωτική προστασία. Έτσι, περαιτέρω μελέτη θα πρέπει να γίνει για ποιο πάχος και είδος θερμομόνωσης, η διάταξη θα είναι ικανή να επιφέρει αποτελέσματα.

Μετά από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι για τα διαγράμματα που ακολούθησαν και ακολουθούν η εσωτερική θερμοκρασία τοίχου θα είναι μια εκ των δύο, η εσωτερική τοίχου πίσω από τη μόνωση.

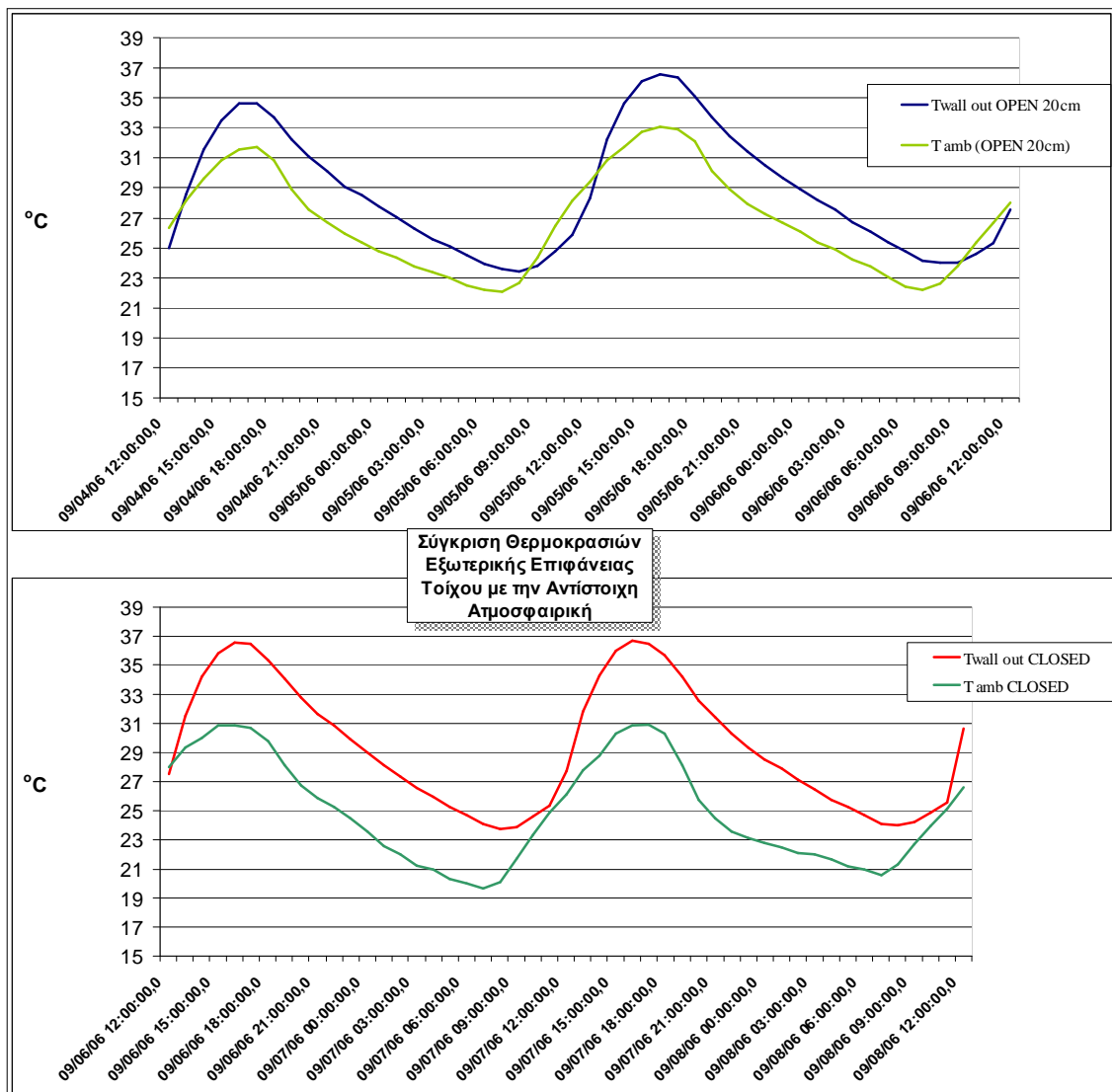


Σχήμα 8.8: Κατανομή θερμοκρασιών εσωτερικά του υπό μελέτη τοίχου.

Η τελευταία περίοδος των μετρήσεων διεξάχθηκε από 04/09/2006 έως 10/09/2006. Η περίοδος αυτή χωρίζεται σε διαστήματα των δύο ημερών, όπου το μονωτικό της διάταξης βρίσκεται σε διαφορετικές θέσεις. Οι θέσεις που επιλέχθηκαν είναι:

- 20cm απόσταση από το έδαφος (OPEN 20cm) όπου έχουμε επαφή του διακένου με τον εξωτερικό αέρα.
- Το μονωτικό εφάπτεται στο έδαφος ώστε να μην επιτρέπει την επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα (CLOSED).
- Το μονωτικό τυλιγμένο στον άξονα και άμεση επαφή του τοίχου με τον ατμοσφαιρικό αέρα (OPEN).

Στο διάγραμμα του Σχήματος 8.9, παρουσιάζεται η σύγκριση των θερμοκρασιών της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου πίσω από το μονωτικό, για τις δύο πρώτες περιπτώσεις, σε σχέση με την ατμοσφαιρική θερμοκρασία κάθε περιόδου αντίστοιχα.

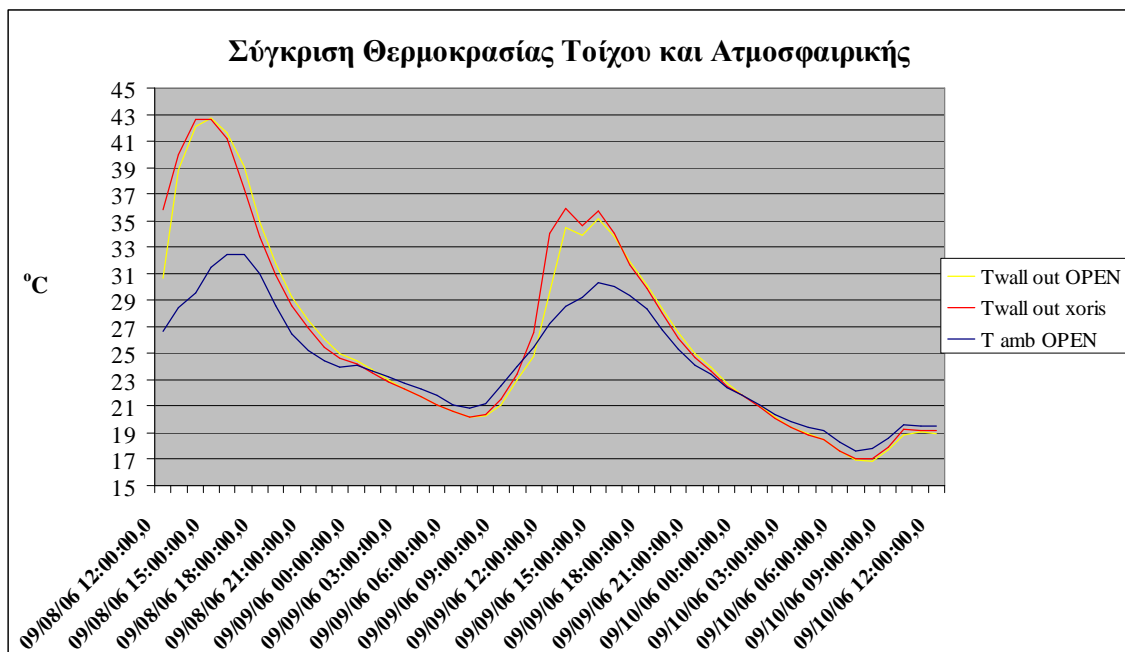


Σχήμα 8.9: Κατανομή θερμοκρασιών νοτίου τοίχου με τη διάταξη να σχηματίζει κενό και όχι από το έδαφος.

Παρατηρώντας τις ώρες όπου η ατμοσφαιρική θερμοκρασία έχει τις μέγιστες τιμές διαπιστώνεται ότι για την περίπτωση της απόστασης των 20cm ο τοίχος έχει μια αυξημένη θερμοκρασία κατά τρεις βαθμούς σε σχέση με την ατμοσφαιρική, και για τις δύο μέρες. Αντίθετα στην περίπτωση της κλειστής διάταξης ο τοίχος έχει μια θερμοκρασία αυξημένη κατά έξι βαθμούς σε σχέση με την ατμοσφαιρική των δύο επόμενων ημερών. Έτσι επιβεβαιώνονται πλέον και από μετρήσιμες τιμές τα συμπεράσματα που εξάχθηκαν από την προσομοίωση με τον αλγόριθμο CAFFCA, ότι η περίπτωση της κλειστής διάταξης είναι ανεπιθύμητη την καλοκαιρινή περίοδο. Στην διάρκεια των νυχτερινών ωρών φαίνεται ότι και στις δύο περιπτώσεις η διάταξη εμποδίζει τον τοίχο να αποφορτιστεί από τα κέρδη της ημέρας και να φτάσει στην θερμοκρασία εξωτερικού

αέρα φαινόμενο που παρατηρείται και στις περιόδους μετρήσεων που μελετήθηκαν παραπάνω, με τις πιο υψηλές θερμοκρασίες να σημειώνονται και πάλι για την περίπτωση που το μονωτικό έρχεται σε επαφή με το έδαφος.

Βλέποντας το διάγραμμα του Σχήματος 8.10 για την τρίτη περίπτωση διαπιστώνουμε ότι, η κατανομή θερμοκρασίας στο σημείο του τοίχου με την διάταξη, όταν το μονωτικό είναι τυλιγμένο, σε σύγκριση με το σημείο του τοίχου χωρίς την διάταξη είναι η ίδια εκτός ελαχίστων διαφορών. Οι διαφορές αυτές δεν λαμβάνονται υπ' όψιν διότι προφανώς οφείλονται σε παρεμπόδιση του αέρα στο σημείο όπου δεν υπάρχει η διάταξη ή ακόμα και σε ελάχιστη σκίαση από τα πλευρικά στηρίγματα της κατασκευής. Συνοπτικά αποδεικνύεται ότι η διάταξη δεν επηρεάζει την τοιχοποιία όταν το μονωτικό είναι τυλιγμένο. Οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στην επιφάνεια του τοίχου είναι πολύ μεγαλύτερες από την ατμοσφαιρική κατά την διάρκεια της ημέρας (υψηλότερη κατά 6 – 10 °C), ενώ την νύχτα ο τοίχος φαίνεται να αποβάλλει τα φορτία έχοντας θερμοκρασία ίση ή και μικρότερη από την ατμοσφαιρική.



Σχήμα 8.10: Κατανομή θερμοκρασιών νοτίου τοίχου με και χωρίς διάταξη.

Έτσι, μετά από τις παραπάνω συγκρίσεις, καταλήγουμε ότι για τη σωστή λειτουργία της διάταξης κατά τους θερινούς μήνες, πρέπει να υπάρχει τύλιξη ή όχι του μονωτικού ανάλογα με την θερμοκρασία της ατμόσφαιρας.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας με βάση την ροή θερμότητας ανά τετραγωνικό μέτρο που διέρχεται μέσα από τον τοίχο που έχει τοποθετηθεί η διάταξη. Λόγο αδυναμίας του μονωτικού να αναπτύσσεται και να τυλίγεται κατά τη διάρκεια της ημέρας, βρέθηκαν ποσοστά που δείχνουν την αποφυγή θερμικών κερδών που προσφέρει η διάταξη κατά την διάρκεια της μέρας, αλλά και την δυσκολία που συναντάει ο τοίχος στο να αποβάλει φορτία κατά τη διάρκεια της νύχτας. Οι ροές θερμότητας που μελετήθηκαν είναι για την επιφάνεια του τοίχου που καλύπτεται από την μόνωση και για την επιφάνεια που είναι «ελεύθερη» δίπλα από τη διάταξη.

Η περίοδος μετρήσεων για την οποία έγινε η μελέτη είναι από 21/07 έως 10/08 και οι τύποι που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

$$Q_1 = k * \frac{(T_{WOUT_{XORIS}} - T_{WIN})}{\Delta x} (kW / m^2) \quad (8.1) \quad \text{η ροή θερμότητας για τον ελεύθερο}$$

τοίχο

&

$$Q_2 = k * \frac{(T_{WOUT_{INS}} - T_{WIN})}{\Delta x} (kW / m^2) \quad (8.2) \quad \text{η ροή θερμότητας για τον τοίχο με}$$

την διάταξη

όπου:

$T_{WOUT_{XORIS}}$ η θερμοκρασία του τοίχου εξωτερικά χωρίς την διάταξη ($^{\circ}C$)

$T_{WOUT_{INS}}$ η θερμοκρασία του τοίχου εξωτερικά με την διάταξη ($^{\circ}C$)

T_{WIN} η θερμοκρασία του τοίχου εσωτερικά ($^{\circ}C$)

k ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της διατομής του τοίχου ($W / m^{\circ}C$)

Δx το μήκος της διατομής του τοίχου (m)

Πρέπει να τονισθεί ότι η εσωτερική θερμοκρασία τοίχου θεωρήθηκε σταθερή και ίση με την μέση τιμή των μετρημένων θερμοκρασιών για την επιφάνεια εσωτερικά πίσω από την επιφάνεια που έχει τοποθετηθεί η διάταξη. Έτσι βρίσκοντας τις ροές θερμότητας για κάθε 15 λεπτά και στη συνέχεια το άθροισμά τους έχουμε τα παρακάτω αποτελέσματα για την περίοδο που αναφέρθηκε παραπάνω. Η επιφάνεια χωρίς την μόνωση δέχεται θερμικά κέρδη $Q_1 = 347,6 (kW / m^2)$ ενώ με την διάταξη η ροή θερμότητας προς τον τοίχο είναι $Q_2 = 185 (kW / m^2)$. Το ποσοστό μείωσης της ροής θερμότητας κατά τη

διάρκεια της ημέρας είναι 46,8% δηλαδή έχουμε μείωση των θερμικών κερδών κατά αυτό το ποσοστό. Οπότε εάν γίνει η υπόθεση ότι η εσωτερική θερμοκρασία κρατείται σταθερή από ένα ψυκτικό μέσο(κλιματιστικό μηχάνημα), τότε βγαίνει το συμπέρασμα ότι χρειάζεται 46,8% λιγότερη ενέργεια για την ψύξη του αέρα στην επιθυμητή θερμοκρασία. Για τη διάρκεια της νύχτας, τη περίοδο δηλαδή που ο τοίχος αποβάλει φορτία, η ροή θερμότητας από τον τοίχο προς το περιβάλλον είναι αντίστοιχα $Q_1 = 298,9 (kW / m^2)$ και $Q_2 = 193 (kW / m^2)$. Οι τιμές αυτές δείχνουν ότι η διάταξη εμποδίζει την επιθυμητή ροή θερμότητας από την εσωτερική πλευρά προς το περιβάλλον κατά 35,4%.

Οπότε στην περίπτωση που το μονωτικό παραμένει σταθερό σε μία θέση για όλη τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας επιτυγχάνεται εξοικονόμηση 11,3%. Στην περίπτωση που η διάταξη θα ελεγχόταν η εξοικονόμηση θα ήταν πολύ μεγαλύτερη και πιθανότατα θα ξεπερνούσε το ποσοστό του 46,8% που προαναφέρθηκε.

9. Μελέτη της διάταξης με το μοντέλο ενεργειακής προσομοίωσης κτιρίων SUNCODE PC.

9.1 Συλλογή δεδομένων για την κατασκευή των αρχείων εισόδου.

Για την προσομοίωση της λειτουργίας της διάταξης σε θέσεις πέρα από αυτή που ορίστηκε και για το χρονικό διάστημα που έγιναν οι μετρήσεις, χρησιμοποιήθηκε το υπολογιστικό πακέτο προσομοίωσης SUNCODE PC. Η διαδικασία που έπρεπε να ακολουθηθεί, ήταν αρχικά η κατασκευή ενός εικονικού κτιρίου χωρίς αλλά και με την διάταξη τέτοιου ώστε οι θερμοκρασίες των δομικών στοιχείων του εικονικού κτιρίου, να βρίσκονταν κοντά στις μετρήσεις των θερμοκρασιών των πραγματικών δομικών στοιχείων του κτιρίου. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να αποδειχθεί η επιτυχής προσέγγιση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιριακού τμήματος που εξετάζεται και να επιτραπεί η μελέτη της διάταξης απομονώνοντας τις παραμέτρους που αφορούν το κτίριο, τη λειτουργία και τα χαρακτηριστικά του.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια μικρή ανάλυση του αρχείου εισόδου που κατασκευάστηκε για την προσομοίωση του κτιρίου με τη προσαρτημένη διάταξη για μια χρονική περίοδο σχεδιασμού. Θεωρήθηκε σωστό η προσομοίωση να γίνει για ένα αντιπροσωπευτικό χρονικό διάστημα του καλοκαιριού οπότε το κλιματικό αρχείο που χρησιμοποιήθηκε περιλάμβανε δεδομένα από τις 22 Ιουλίου μέχρι τις 5 Αυγούστου για την περιοχή της Κοζάνης. Λόγω έλλειψης δεδομένων για τη κατασκευή κλιματολογικού αρχείου με συνθήκες χειμώνα για τη Κοζάνη, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από κλιματικό αρχείο για την Αθήνα. Έτσι για την προσομοίωση της διάταξης σε συνθήκες χειμώνα, θεωρούμε ότι το κτίριο βρίσκεται σε μια περιοχή με υψόμετρο ίδιο με αυτό της Κοζάνης αλλά με μετεωρολογικά δεδομένα της Αθήνας. Στη πραγματικότητα αυτό μεταφράζεται σαν ένας ήπιος χειμώνας στη Κοζάνη. Αρχικά έπρεπε να υπολογιστεί και να τοποθετηθεί ο σκιασμός των νοτίων επιφανειών από κτίρια έναντι του πανεπιστημίου. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικό αποστασιόμετρο για την καταμέτρηση των επιφανειών της οπτοπλινθοδομής και των παραθύρων καθώς και το εμβαδόν που καταλαμβάνουν οι χώροι του κτιρίου συνολικά, του δωματίου που είναι τοποθετημένη η κα-

τασκευή και το εμβαδόν που καταλαμβάνει αυτή. Τελευταία μετρήθηκαν και τα μπαλκόνια που θα αποτελέσουν τα οριζόντια σκιάδια των επιφανειών.

Για τους χώρους που ορίζονται σαν θερμικές ζώνες στο πρόγραμμα, επιλέχθηκε αερισμός που να ανταποκρίνεται στον κάθε χώρο ανάλογα με τον όγκο του αέρα που καταλαμβάνει, την λειτουργία του και τη θέση του. Έτσι για την ζώνη που δημιουργήθηκε ανάμεσα στο μονωτικό και στον τοίχο επιλέχθηκαν 1000 εναλλαγές την ώρα, για το δωμάτιο 3 εναλλαγές / ώρα και για την ζώνη που επικοινωνεί εσωτερικά με το δωμάτιο, δηλαδή το κτίριο, 20 και 10 εναλλαγές / ώρα ανάλογα με την ώρα της ημέρας. Μέσα στο διάκενο διαστάσεων 0,14m x 1,5m x 2m κάθε στιγμή υπάρχει όγκος αέρα ίσος με 0,42m³ οπότε με τις 1000 εναλλαγές δηλώνουμε ότι από το διάκενο περνάει όγκος αέρα ίσος με 420 m³ ανά ώρα. Με άλλα λόγια θεωρήθηκε ότι η επιφάνεια των 0,14m x 1,5m, ανά ώρα πρέπει να μεταφέρει 420 m³. Αυτό γίνεται για ταχύτητα αέρα 0,55m/s που είναι μια λογική ταχύτητα για ρεύμα αέρα σε διάκενο.

Στη δήλωση των δομικών στοιχείων που αποτελούν μια ζώνη, ορίζεται και το ποσοστό της απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας των επιφανειών τους με ένα συντελεστή. Η απορροφητικότητα των υλικών εξαρτάται από το χρώμα τους οπότε για την εξωτερική τοιχοποιία θεωρήθηκε 30% απορροφητικότητα (τιμή αντιπροσωπευτική του ανοιχτόχρωμου σοβά) ενώ για το μονωτικό θεωρήθηκε ότι απορροφά το 70% της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι λοιπές ιδιότητες όπως θερμοχωρητικότητα, πυκνότητα, πάχος κ.α. είναι οι συνήθεις εκτός από αυτές του μονωτικού όπου δηλώθηκαν τιμές που δίνονται από τον κατασκευαστή.

Για την περίοδο του καλοκαιριού θεωρήθηκε ότι στο δωμάτιο όπου θα γίνουν οι μελέτες, δεν υπάρχουν εσωτερικά θερμικά φορτία. Για την χειμερινή περίοδο όμως δηλώθηκε ένα στοιχειώδες ποσό θερμότητας (1KW) σαν εσωτερικά κέρδη ώστε να έχουμε μια διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικά και εξωτερικά του χώρου. Για την καλύτερη κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της διάταξης δημιουργήθηκαν οι παρακάτω περιπτώσεις τοποθέτησής της στο κτίριο. Στο υφιστάμενο κτίριο έχει εφαρμοστεί μόνωση στον πυρήνα και στις περιπτώσεις που αυτό δεν διευκρινίζεται θα εννοείται.

A) Διάταξη σε λειτουργία για την εαρινή περίοδο.

1. Κτίριο με μόνωση & χωρίς τη διάταξη.
2. Κτίριο με μόνωση με τη διάταξη.
3. Διάταξη στο νότο χωρίς σκιασμό: Εδώ θεωρήθηκε ότι οι επιφάνειες του ισογείου δεν σκιάζονται από τα μπαλκόνια.

4. Κάλυψη μεγαλύτερης επιφάνειας του νότου με τη διάταξη: Η διάταξη θα καλύψει όλο το εμβαδόν της οπτοπλινθοδομής του τοίχου όπου αρχικά τοποθετήθηκε.
5. Κτίριο χωρίς μόνωση & χωρίς τη διάταξη: Τα αποτελέσματα από αυτό το παραμετρικό θα αποτελέσουν τη βάση για τις συγκρίσεις με τα επόμενα παραμετρικά.
6. Κτίριο χωρίς μόνωση , με τη διάταξη.
7. Κτίριο χωρίς μόνωση , με τη διάταξη να καλύπτει τη μεγαλύτερη δυνατή επιφάνεια οπτοπλινθοδομής του νότου(παρόμοια με την Α4 περίπτωση).
8. Κτίριο χωρίς μόνωση , χωρίς τη διάταξη & χωρίς παράθυρα στο δωμάτιο: Εδώ θα φανεί πόσο επηρεάζεται η θερμοκρασία του τοίχου εσωτερικά από τις συνθήκες του δωματίου όταν καταργήσαμε το σημείο από όπου εισέρχονται και διαφεύγουν μεγάλα ποσά θερμότητας.
9. Τοποθέτηση της κατασκευής σε δυτικό προσανατολισμό του κτιρίου: Θα γίνει σύγκριση της εξοικονόμησης που έχουμε σε σχέση με την κάλυψη ίδιου εμβαδού οπτοπλινθοδομής με νότιο προσανατολισμό.
10. Τοποθέτηση της κατασκευής μπροστά από υαλοστάσιο: Εδώ η διάταξη θα τοποθετηθεί σε υαλοστάσιο ίδιου εμβαδού με το νότιο τοίχο που καλύπτει τώρα, ώστε να συγκριθεί η απόδοσή της για τις δύο περιπτώσεις.

Β)Διάταξη σε λειτουργία για την χειμερινή περίοδο.

1. Κτίριο με μόνωση , χωρίς τη διάταξη: Το βασικό μοντέλο για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων του χειμώνα.
2. Κτίριο με μόνωση & με τη διάταξη.
3. Κτίριο χωρίς μόνωση , χωρίς τη διάταξη.
4. Κτίριο χωρίς μόνωση , με τη διάταξη.
5. Κτίριο χωρίς μόνωση , με τη διάταξη τοποθετημένη στο Βορά.
6. Τοποθέτηση της κατασκευής μπροστά από υαλοστάσιο: Η Α9 περίπτωση σε συνθήκες χειμώνα.

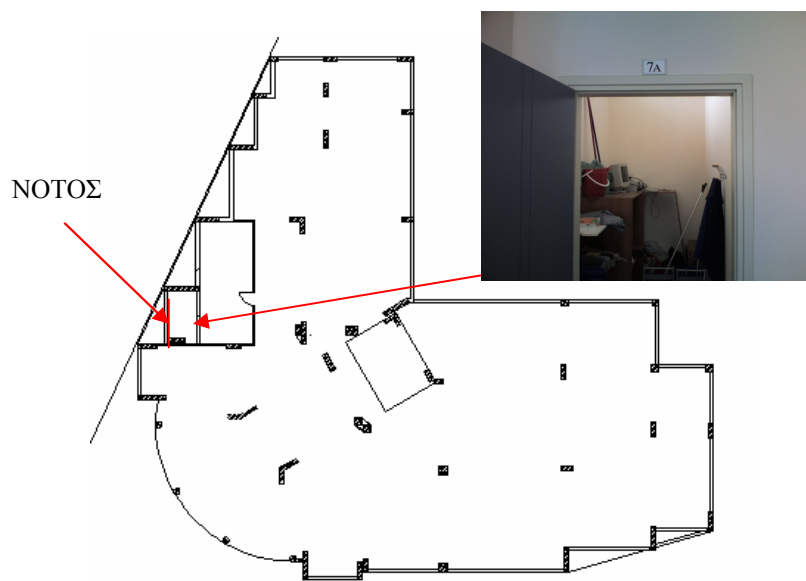
9.2 Συμπεράσματα προσομοίωσης για την εαρινή περίοδο.

Αρχικά θα πρέπει να προσομοιωθεί το κτίριο, το δωμάτιο και η προσαρτημένη διάταξη όσο το δυνατόν καλύτερα, έτσι ώστε τα αποτελέσματα των παραμετρικών πε-

ριπτώσεων να αντιπροσωπεύουν πραγματικές καταστάσεις του κτιρίου. Αυτό θα γίνει συγκρίνοντας τις μετρημένες τιμές θερμοκρασίας των δομικών στοιχείων με τις αντίστοιχες των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης. Η διαδικασία αυτή συμπεριλαμβάνει τις δύο πρώτες παραμετρικές περιπτώσεις.

Έτσι αρχικά προσομοιώθηκε το κτίριο χωρίς τη διάταξη για να φανεί η συμπεριφορά των χώρων του κτιρίου μόνο με την ύπαρξη της αρχικής μόνωσης του πυρήνα. Στην περίπτωση αυτή μελετάται κατά πόσο η διάταξη επιφέρει θετικά αποτελέσματα σε τοίχο όπου προϋπάρχει μόνωση. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης ήταν παρόμοια με τα αποτελέσματα των μετρήσεων που έγιναν στη διάρκεια του καλοκαιριού. Η αρχική μόνωση που έχει τοποθετηθεί στον υπό μελέτη τοίχο είναι αρκετή για να εμποδίσει τις μεγάλες θερμοκρασίες να εισέλθουν στον χώρο από τον τοίχο.

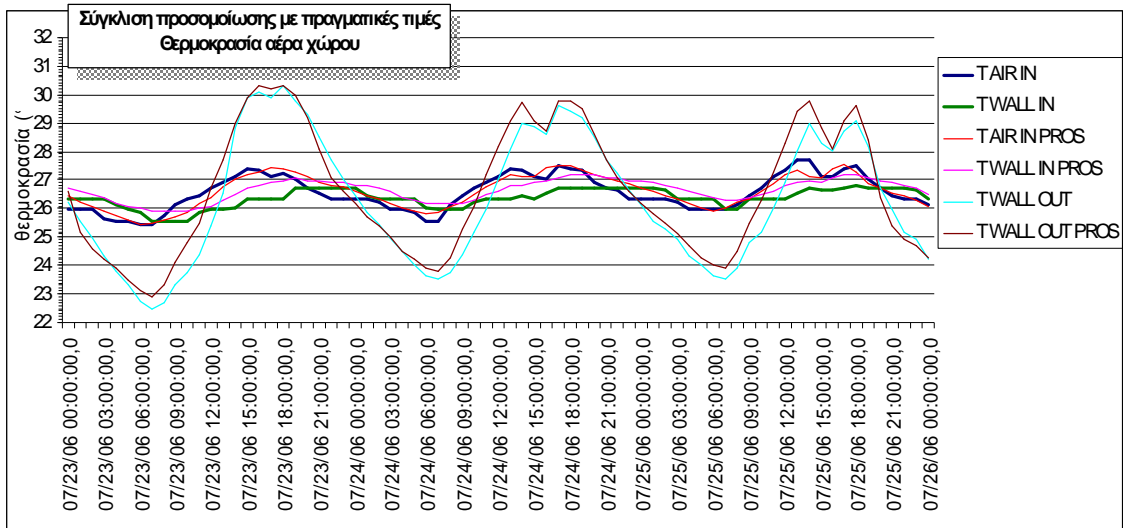
Όταν ολοκληρώθηκε η διαδικασία ταυτοποίησης των πραγματικών δεδομένων με τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από τη προσομοίωση, ολοκληρώθηκε και η κατασκευή του εικονικού κτιρίου στο οποίο θα γίνονταν οι τροποποιήσεις. Για λόγους καλύτερης αντίληψης των χώρων όπου θα γίνουν οι επεμβάσεις δίνεται το Σχήμα 9.1 αφού το εικονικό κτίριο ταυτίζεται με το πραγματικό.



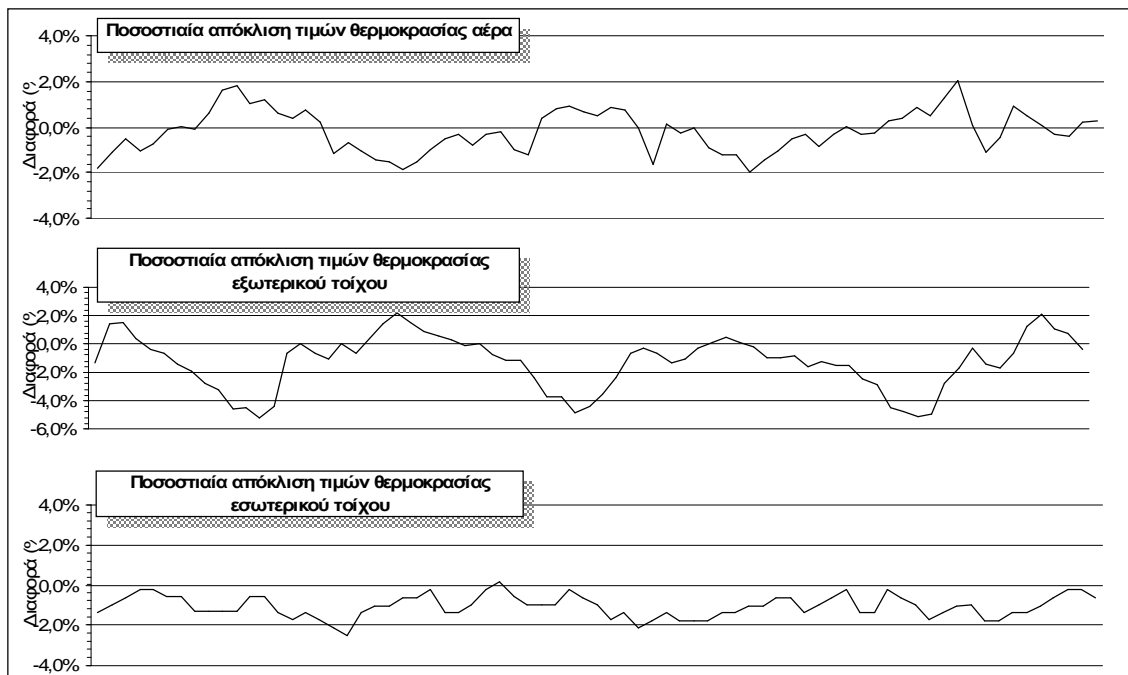
Σχήμα 9.1: Το δωμάτιο του κτιρίου όπου έχει προσαρτηθεί η διάταξη.

Στο διάγραμμα του Σχήματος 9.2 φαίνεται η κατανομή των εσωτερικών θερμοκρασιών αέρα και του νοτίου τοίχου στο δωμάτιο που μελετήθηκε. Για τον αέρα δίνονται οι μετρημένες τιμές ($T_{AIR IN}$) και οι τιμές που εξάχθηκαν σαν αποτελέσματα από τη προσομοίωση ($T_{AIR IN PROS}$). Αντίστοιχα για την επιφάνεια εσωτερικά του νοτί-

ου τοίχου δίνονται οι τιμές από τους αισθητήρες (T WALL IN) και οι τιμές των αντίστοιχων αποτελεσμάτων προσομοίωσης τοίχου (T WALL IN PROS). Τέλος οι θερμοκρασίες της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου δίνονται με τα T WALL OUT για τις μετρημένες τιμές και T WALL OUT PROS για τη προσομοίωση. Επίσης φαίνεται και η επί τοις εκατό απόκλιση της θερμοκρασίας για κάθε περίπτωση ξεχωριστά στα διαγράμματα του Σχήματος 9.3.



Σχήμα 9.2: Αποκλίσεις θερμοκρασιών προσομοίωσης από τις πραγματικές τιμές.



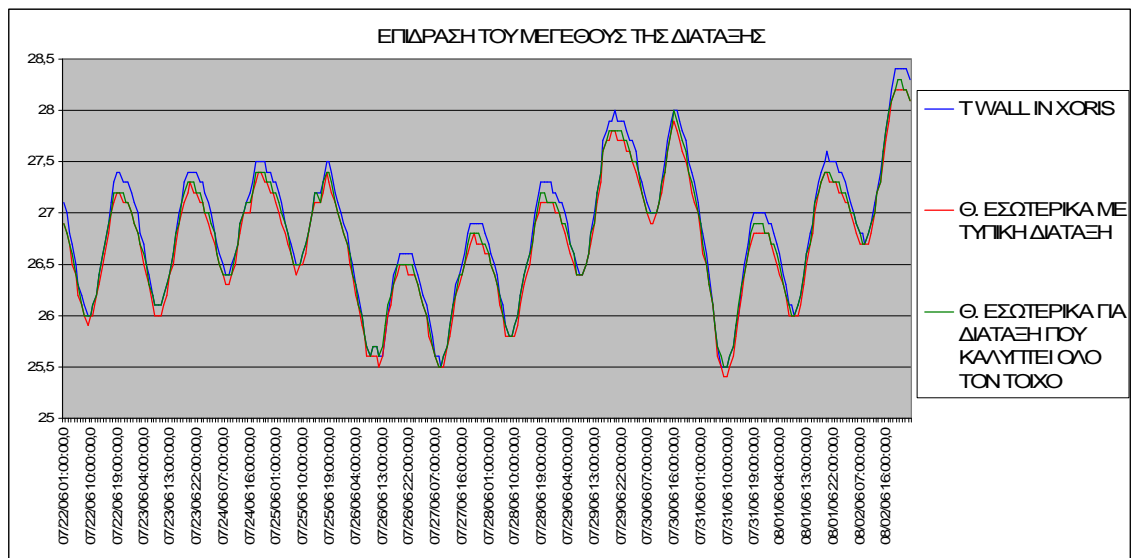
Σχήμα 9.3: Αποκλίσεις από τις πραγματικές τιμές σε ποσοστό %.

Τα αποτελέσματα δείχνουν μια καλή συμπεριφορά του χώρου σε σχέση με τις μετρήσεις, οπότε αναμένονται αρκετά ρεαλιστικά αποτελέσματα από τα παραμετρικά που προαναφέρθηκαν.

Μετά την πρώτη προσομοίωση του χώρου με τη διάταξη προσαρτημένη, ακολούθησε η περίπτωση όπου δεν λήφθηκε υπ' όψιν ο σκιασμός των εξωτερικών τοίχων από τα μπαλκόνια, από τα απέναντι κτίρια και από τον τοίχο που βρίσκεται στα αριστερά του νοτίου τοίχου του δωματίου. Οι θερμοκρασίες του τοίχου εσωτερικά και εξωτερικά, χωρίς σκιασμό είχαν ελάχιστη απόκλιση από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης με σκιασμό. Οπότε η σκίαση που παρέχονταν από αυτά τα δομικά στοιχεία δεν ήταν τόσο σημαντική για το δωμάτιο που μελετήθηκε, όταν η διάταξη ήταν προσαρτημένη.

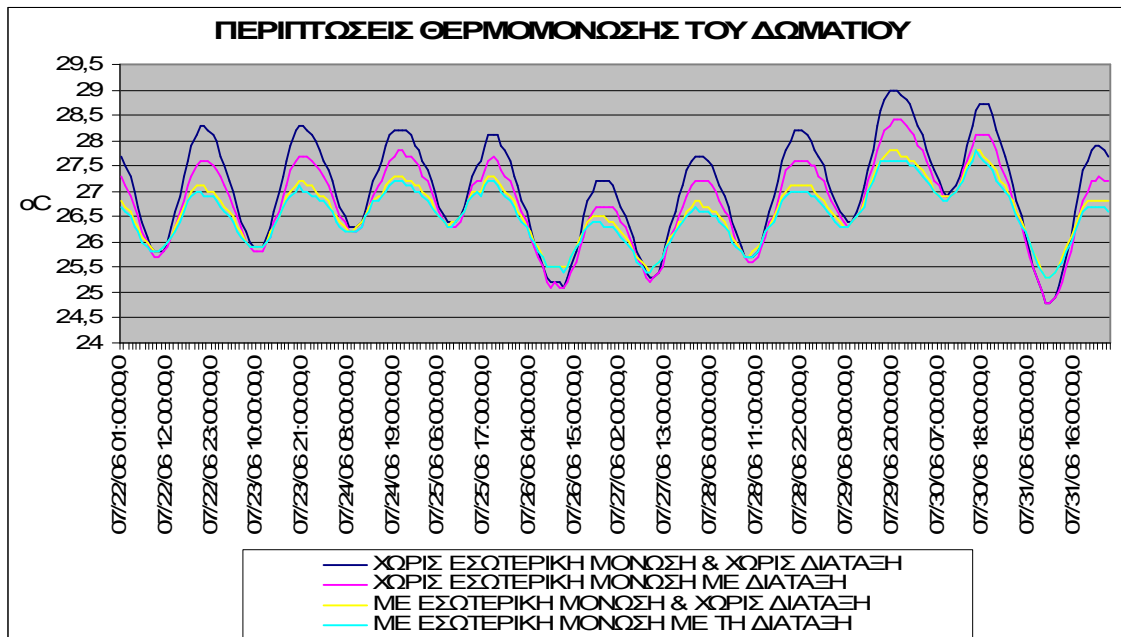
Στον χώρο, όπως έχει προαναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, υπάρχει παράθυρο διαστάσεων 1,35m x 3m στον τοίχο όπου έχει τοποθετηθεί η διάταξη. Το παράθυρο καλύπτει το μήκος ολόκληρου του τοίχου, με εξαίρεση τα τοιχία, και βρίσκεται κάτω από το δοκάρι στο υψηλότερο σημείο του τοίχου. Κρίνοντας από τον παραπάνω παράγοντα και από το γεγονός της καλής προστασίας από την υπάρχουσα θερμομόνωση συμπεραίνεται ότι η εσωτερική θερμοκρασία του τοίχου επηρεάζεται περισσότερο από την θερμοκρασία του αέρα μέσα στο δωμάτιο παρά από τη μετάδοση θερμότητας δια μέσω του τοίχου. Με τη σειρά της όμως η θερμοκρασία του αέρα μέσα στο δωμάτιο επηρεάζεται περισσότερο το παράθυρο, ένα δομικό στοιχείο μικρότερης θερμοχωρητικότητας και μεγαλύτερης θερμοπερατότητας, οπότε έπρεπε να γίνει μελέτη της επίδρασης της διάταξης στο δωμάτιο χωρίς μόνωση στον πυρήνα των τοίχων και χωρίς το παράθυρο.

Αρχικά, τοποθετήθηκε η διάταξη σε όλη την επιφάνεια του τοίχου κάτω από το παράθυρο για να διερευνηθεί αν το μικρό μέγεθος της διάταξης ευθυνόταν για τα αρχικά αποτελέσματα. Στο διάγραμμα του Σχήματος 9.4 φαίνεται η κατανομή των θερμοκρασιών εσωτερικά του νοτίου τοίχου για ένα χρονικό διάστημα τυπικό της εποχής. Παρατηρείται ότι υπάρχει διαφορά ανάμεσα στην περίπτωση του δωματίου που δεν καλύπτεται από τη διάταξη και στις άλλες δύο περιπτώσεις. Οι διαφορές ανάμεσα στη μεγάλη και μικρή διάταξη είναι αμελητέες.



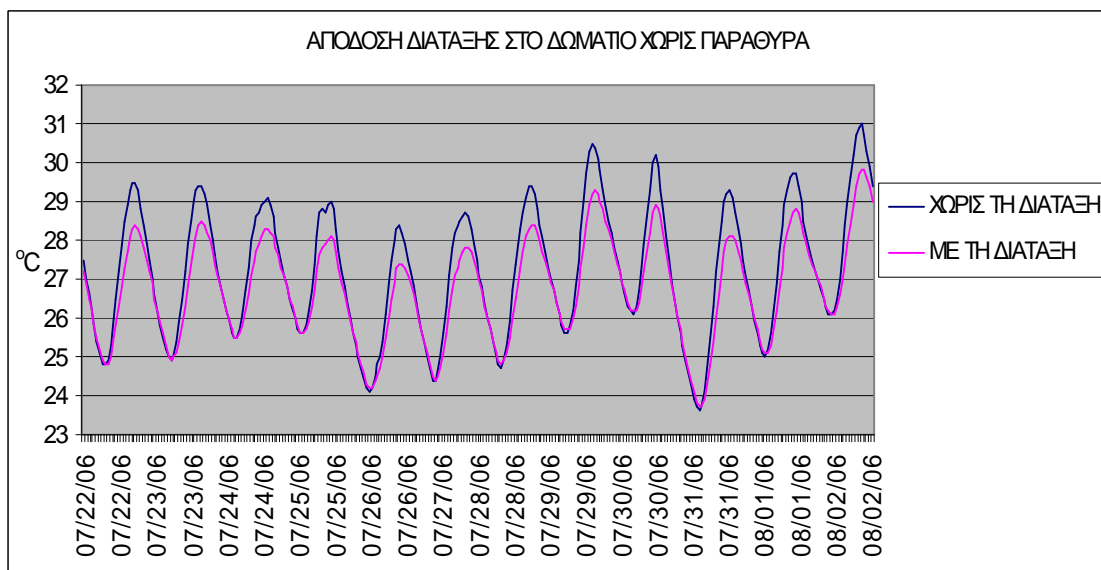
Σχήμα 9.4: Κατανομή θερμοκρασιών στον νότιο τοίχο του δωματίου για διάφορες περιπτώσεις προσάρτησης της κατασκευής.

Μετά από τις προσομοιώσεις με αλλαγή του μεγέθους της διάταξης φάνηκε ότι έπρεπε να αλλάξει η διατομή των τοίχων του κτιρίου. Έτσι αφαιρέθηκε η μόνωση του πυρήνα καθώς και η μια σειρά από τα τούβλα. Σημειώνεται ότι στην Ελλάδα ένα μεγάλο ποσοστό κτιρίων ανήκει σε αυτή την κατηγορία. Τα αποτελέσματα του διαγράμματος που φαίνεται στο Σχήμα 9.5, δείχνουν τις διαφορές ανάμεσα στις περιπτώσεις μόνωσης του κτιρίου και ύπαρξης της διάταξης. Παρατηρείται ότι η διάταξη συμβάλλει θετικά στη ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τη νύχτα όμως, στις περιπτώσεις που το κτίριο δεν έχει εσωτερική μόνωση η θερμοκρασία φτάνει σε χαμηλότερες τιμές, γεγονός που οφείλεται στην ευκολία απόρριψης θερμότητας του εσωτερικού χώρου στο δροσερό εξωτερικό περιβάλλον.



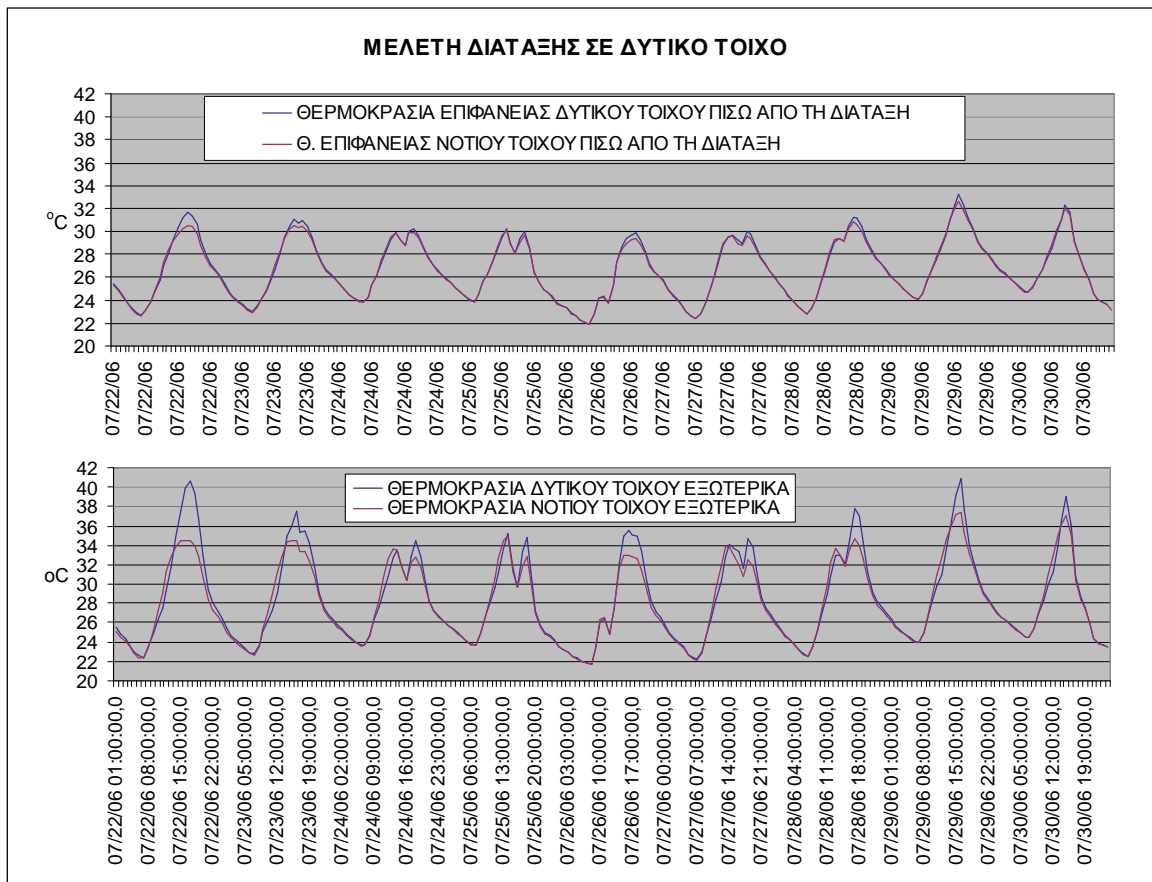
Σχήμα 9.5: Κατανομή θερμοκρασιών εσωτερικά του νοτίου τοίχου του δωματίου.

Μετά τη μελέτη του χώρου χωρίς την αρχική μόνωση, έπρεπε να διερευνηθεί και το πόσο επηρεάζει η ύπαρξη παραθύρων στο χώρο τη λειτουργία της διάταξης. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 9.6, πλέον υπάρχει διαφορά στις θερμοκρασίες της εσωτερικής επιφάνειας του τοίχου με την τοποθέτηση της διάταξης σε αντίθεση με τα αποτελέσματα που του Σχήματος 9.4. Το διάγραμμα δεν παρουσιάζει την κατανομή της θερμοκρασίας για τοποθέτηση της διάταξης σε όλο το εμβαδόν του τοίχου, αλλά την θερμοκρασία εσωτερικά του τοίχου που καλύπτεται από το αρχικό μέγεθος της διάταξης.



Σχήμα 9.6: Κατανομή θερμοκρασίας εσωτερικά του τοίχου μετά την αφαίρεση του παραθύρου.

Στη συνέχεια ακολουθεί η προσομοίωση του δωματίου ώστε η διάταξη να έχει δυτικό προσανατολισμό. Τα μεγέθη του τοίχου, του παραθύρου του όγκου και γενικά όλα τα στοιχεία του δωματίου είναι τα ίδια με την περίπτωση Α3 (δωμάτιο χωρίς σκίαση). Στο Σχήμα 9.7 φαίνονται τα διαγράμματα σύγκρισης της επιφάνειας του δωματίου που τώρα είναι δυτική με την ίδια επιφάνεια όταν βρίσκονταν σε νότιο προσανατολισμό.

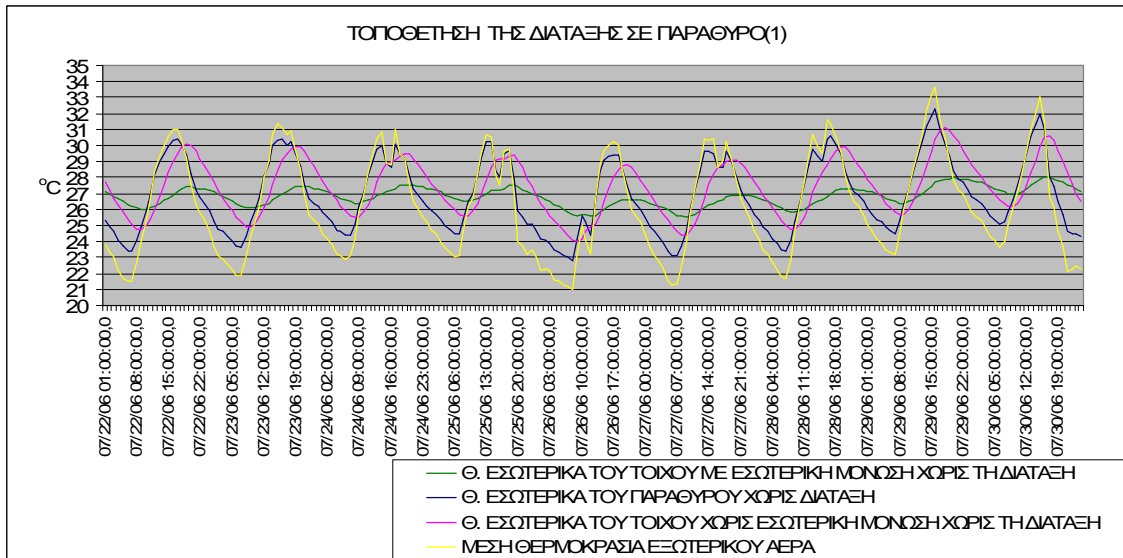


Σχήμα 9.7: Κατανομή θερμοκρασιών σε διάφορα σημεία του νοτίου και δυτικού τοίχου.

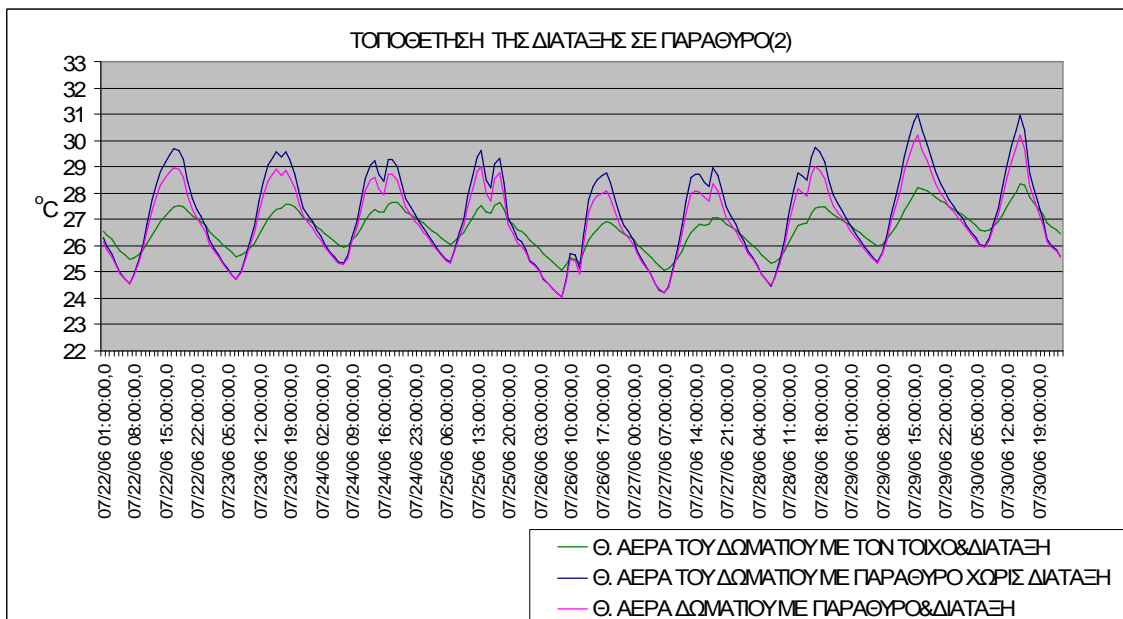
Από τα διαγράμματα βγαίνει το συμπέρασμα ότι η διάταξη μπορεί να προστατεύσει τον δυτικό τοίχο εξίσου καλά με τον νότιο παρά τη μεγαλύτερη θερμική επιβάρυνση που δέχεται ένας δυτικός τοίχος, όπως φαίνεται και από τις θερμοκρασίες που παρουσιάζονται στην δυτική επιφάνεια που δεν καλύπτεται από διάταξη. Οπότε βγαίνει το συμπέρασμα ότι η απόδοσή της είναι μεγαλύτερη αν τοποθετηθεί σε δυτικό τοίχο.

Για το καλοκαίρι η τελευταία περίπτωση προσομοίωσης ήταν αυτή της τοποθέτησης της διάταξης μπροστά από παράθυρο. Για να γίνει αυτό, ο νότιος τοίχος

του δωματίου ορίστηκε ολόκληρος σαν ένα μεγάλο παράθυρο με διπλό υαλοπίνακα. Στη συνέχεια μπροστά του τοποθετήθηκε η διάταξη στην ίδια απόσταση με αυτή των προαναφερθέντων περιπτώσεων. Στα Σχήματα 9.8 και 9.9 που ακολουθούν φαίνεται η κατανομή της μέσης θερμοκρασίας των επιφανειών του τοίχου με εσωτερική μόνωση και χωρίς, του παραθύρου και η μέση τιμή της θερμοκρασίας του αέρα του δωματίου για τις τρεις περιπτώσεις τοποθέτησης του μονωτικού.



Σχήμα 9.8: Κατανομή θερμοκρασίας σε επιφάνειες.



Σχήμα 9.9: Κατανομή θερμοκρασίας αέρα του δωματίου.

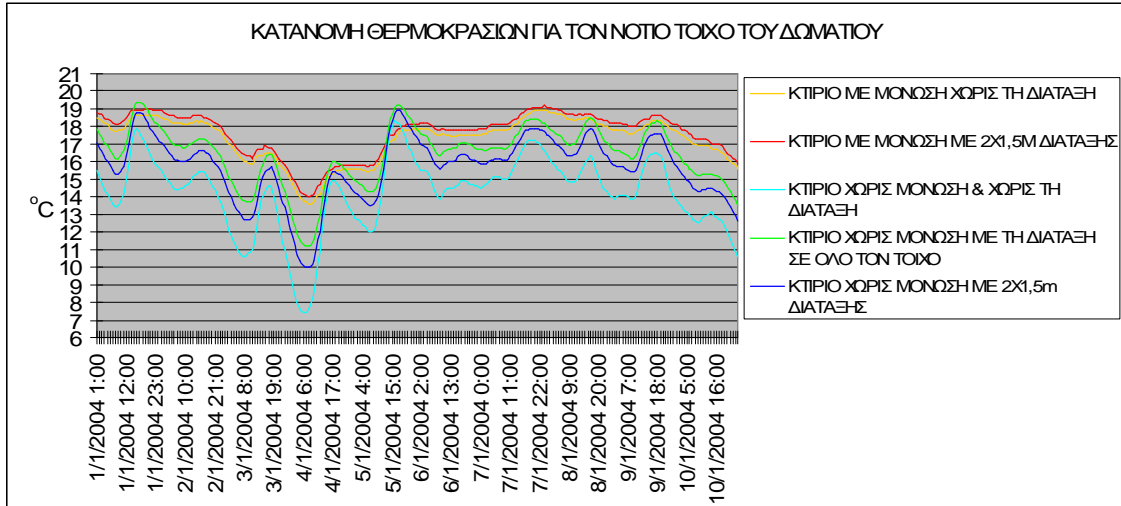
Εδώ θα μπορούσαν να γίνουν κάποιες παρατηρήσεις σχετικά με τη διαφορά των τοίχων και των παραθύρων. Από το διάγραμμα του Σχήματος 9.8 παρατηρείται ότι το παράθυρο ανταποκρίνεται άμεσα στις μεταβολές της θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος, ενώ οι τοίχοι παρουσιάζουν μια μετατόπιση των φάσεων και «πιάνουν» την μέγιστη θερμοκρασία με μια χρονική υστέρηση. Επίσης φαίνεται και η διαφορά στην μεταβολή της θερμοκρασίας των στοιχείων, με το παράθυρο να παρουσιάζει μια έντονη διακύμανση σε αντίθεση με τον μονωμένο τοίχο. Ο τοίχος χωρίς μόνωση φαίνεται να ακολουθεί τη συμπεριφορά του παραθύρου οπότε βλέπουμε πόσο σημαντική είναι η τοποθέτηση μόνωσης στα δομικά στοιχεία. Αυτά τα φαινόμενα οφείλονται στην μεγαλύτερη θερμική μάζα του τοίχου έναντι του υαλοπίνακα. Όπως φαίνεται τα παράθυρα φθάνουν στη μέγιστη θερμοκρασία, πολλές φορές πάνω από 30°C, κατά τις τρεις το μεσημέρι ενώ ο τοίχος με τη μόνωση φθάνει στις μέγιστες θερμοκρασίες, όχι πάνω από 28°C, το απόγευμα λίγο πριν τη δύση του ηλίου. Αντίθετα κατά τη διάρκεια της νύχτας τα παράθυρα παρουσιάζουν χαμηλότερες θερμοκρασίες λόγω μικρότερης θερμοχωρητικότητας, γεγονός που σημαίνει λιγότερη ενέργεια για ψύξη του δωματίου.

9.3 Συμπεράσματα προσομοίωσης για την χειμερινή περίοδο.

Η προσομοίωση της διάταξης που προσαρτήθηκε στο χώρο ήταν απαραίτητη για συνθήκες χειμώνα, λόγω έλλειψης πραγματικών μετρήσεων. Ο προγραμματισμός των διαδικασιών για την κατασκευή της αλλά και ο χρονικός περιορισμός που επιβλήθηκε κατέστησαν μη δυνατή τη λήψη δεδομένων από μετρήσεις. Όμως μετά από τα ικανοποιητικά αποτελέσματα της προσομοίωσης για το καλοκαίρι, αναμένεται ότι το εικονικό κτίριο και η διάταξη θα συμπεριφερθεί ρεαλιστικά και αξιόπιστα και για την περίοδο του χειμώνα. Οπότε μπορούμε να εξάγουμε κάποια συμπεράσματα για τη λειτουργία της διάταξης αλλά και για την εξοικονόμηση που θα προσέφερε με την τοποθέτηση στο δωμάτιο του κτιρίου τον χειμώνα.

Η πρώτη σύγκριση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης έγινε για τις πρώτες δέκα μέρες του Ιανουαρίου με τιμές θερμοκρασίας του κλιματικού αρχείου Αθήνας και αφορά τις θερμοκρασίες εσωτερικά του νοτίου τοίχου πριν και μετά την τοποθέτησης της διάταξης. Στο διάγραμμα του Σχήματος 9.10 που ακολουθεί φαίνεται η επίδραση της διάταξης αλλά και της εσωτερικής μόνωσης των τοίχων στη θερμική συμπεριφορά

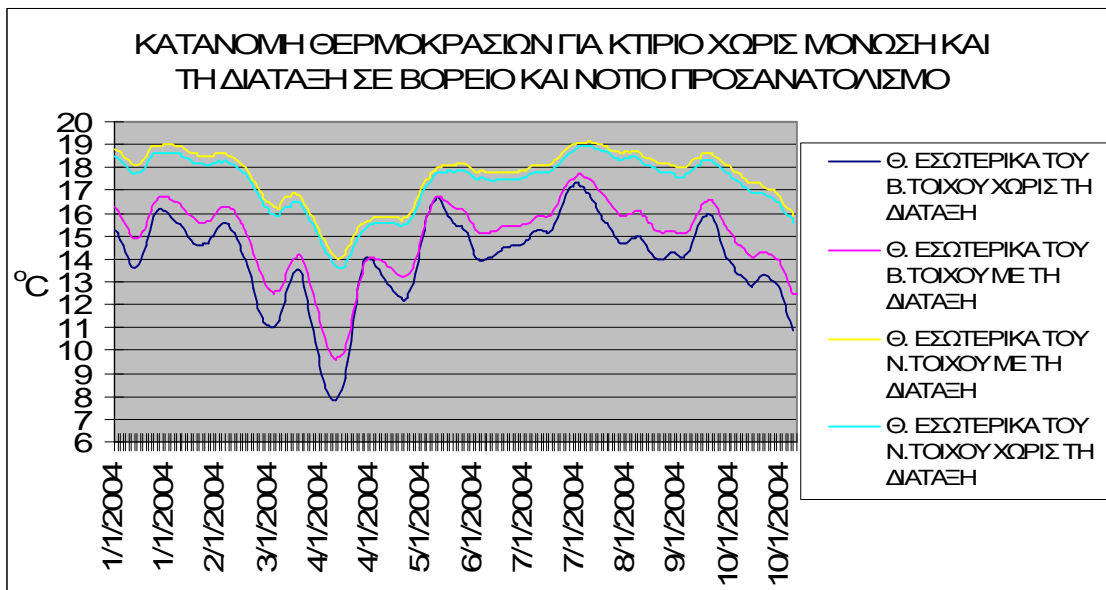
του κτιρίου. Διακρίνεται ότι η θερμοκρασία εσωτερικά του νότιου τοίχου, αυξάνεται όσο προστίθεται μόνωση (εξωτερικά ή εσωτερικά) με βέλτιστη λύση να δίνεται όταν υπάρχει μόνωση εσωτερικά του τοίχου και είναι προσαρτημένη και η διάταξη.



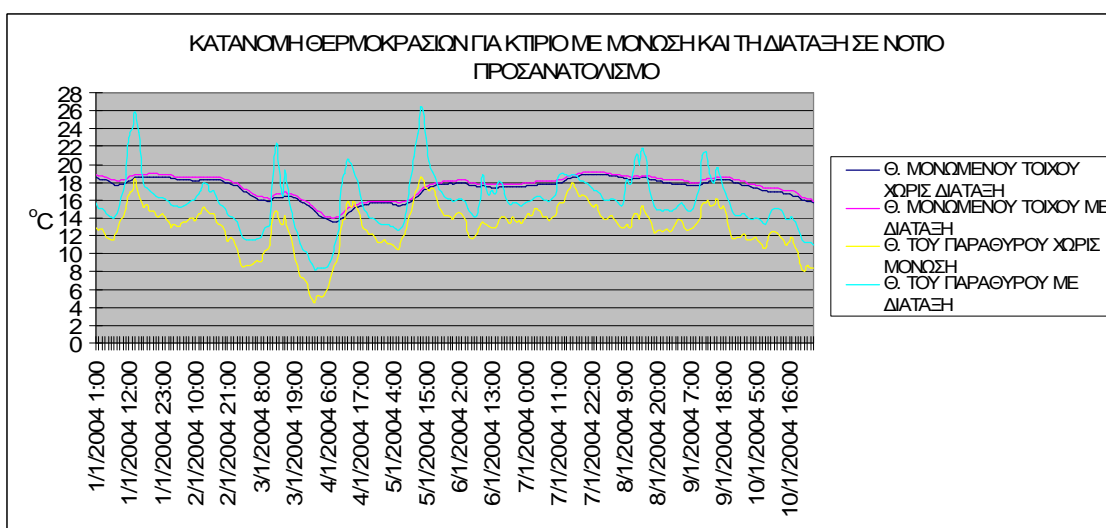
Σχήμα 9.10: Διάφορες περιπτώσεις μόνωσης του νοτίου τοίχου του δωματίου.

Στη συνέχεια το δωμάτιο τοποθετήθηκε μέσα στο εικονικό κτίριο έτσι ώστε η επιφάνεια που θα προσαρτηθεί η διάταξη να έχει βόρειο προσανατολισμό. Σε αυτή τη περίπτωση θα γίνει μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς του χώρου χωρίς την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας αφού δεν υπάρχουν ηλιακά κέρδη σε βόρεια επιφάνεια. Τα αποτελέσματα από αυτή τη περίπτωση δίνονται στο Σχήμα 9.11. Ίσως θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι σε αντίθεση με τα παραμετρικά που έγιναν για τη μελέτη της κατασκευής την περίοδο του θέρους, εδώ δεν έγινε μελέτη του δωματίου χωρίς το παράθυρο. Τα αποτελέσματα της προσαρτημένης διάταξης στον τοίχο ήταν ικανοποιητικά και ξεκάθαρα γι' αυτό δεν θεωρήθηκε απαραίτητη η περίπτωση χωρίς το παράθυρο. Όμως επιβάλλονταν η μελέτη της διάταξης μπροστά από υαλοστάσιο. Έτσι η επόμενη και τελευταία περίπτωση που μελετήθηκε ήταν η τοποθέτηση της διάταξης μπροστά από παράθυρο με εμβαδόν υαλοπίνακα ίσο με αυτό του νότιας επιφάνειας τοίχου. Δηλαδή αφαιρέθηκε το παράθυρο και ο τοίχος από τη νότια πλευρά του δωματίου και τοποθετήθηκε παράθυρο διάστασης 3,8m x 5m. Οπότε το διάγραμμα του Σχήματος 9.12 δείχνει τις μεταβολές της θερμοκρασίας εσωτερικά της επιφάνειας που έρχεται σε επαφή με το διάκενο. Παρατηρείται ότι οι μέγιστες θερμοκρασίες παρουσιάζονται κατά το μεσημέρι όταν η διάταξη καλύπτει το παράθυρο. Αυτό συμβαίνει γιατί το μονωτικό της διάταξης, που έχει σκούρο χρώμα, απορροφά μεγάλα ποσά θερμότητας μέσω ηλιακής ακτινοβο-

λίας και έτσι το διάκενο θερμαίνεται. Κατά συνέπεια και η επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το διάκενο θα έπρεπε να αυξήσει την θερμοκρασία της. Όμως αυτή η λειτουργία δεν φαίνεται στον τοίχο λόγο μεγάλης θερμικής μάζας που σημαίνει ότι δεν μπορεί να ανταποκριθεί άμεσα στις εξωτερικές συνθήκες. Βέβαια όταν η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα μειώνεται, ο τοίχος συνεχίζει να διατηρεί μια σταθερή θερμοκρασία υψηλότερη από αυτή που εμφανίζεται στην επιφάνεια του γυαλιού, από όπου εξαιτίας της μικρής θερμικής αντίστασης χάνονται μεγαλύτερα ποσά θερμότητας.



Σχήμα 9.11: Διαφορές θερμοκρασίας για νότιο και βόρειο τοίχο με και χωρίς διάταξη.



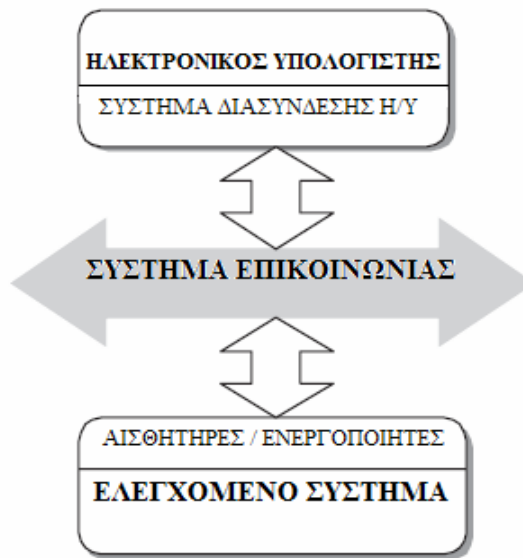
Σχήμα 9.12: Σύγκριση των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται εσωτερικά των επιφανειών με και χωρίς τη διάταξη.

10. Προκαταρτικός σχεδιασμός κυκλώματος αυτοματισμού

10.1 Συστήματα αυτοματισμού βασιζόμενα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή [1]

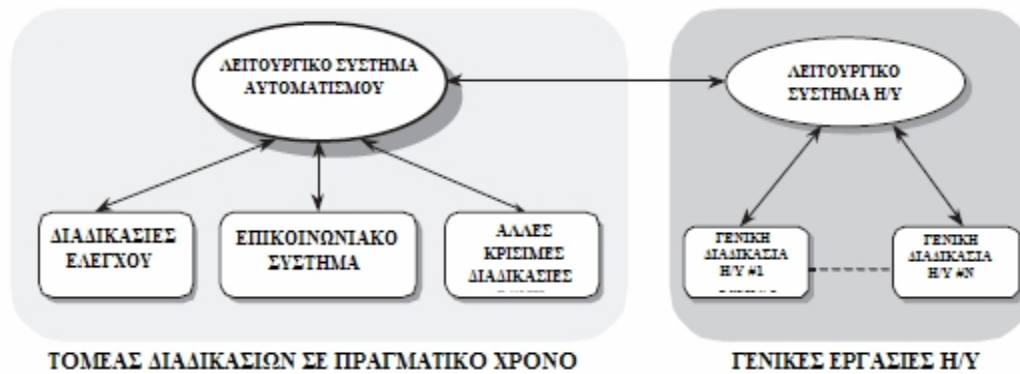
Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές καθώς και συστήματα ελέγχου που η λειτουργία τους βασίζεται σε Η/Υ τα τελευταία χρόνια γνωρίζουν μεγάλη ανάπτυξη. Το γεγονός αυτό κατατάσσει τους Η/Υ στην κατηγορία εργαλείων που βοηθούν ακόμα και στην αυτοματοποίηση διαφόρων συστημάτων. Ακόμα και στα κτίρια, και πιο συγκεκριμένα σε διάφορα συστήματα που αποσκοπούν στην βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός κτιρίου, οι Η/Υ χρησιμοποιούνται για την αυτοματοποίηση και κατ' επέκταση την ευκολότερη και ακριβέστερη λειτουργία τέτοιων συστημάτων (π.χ. περσίδες σκίασης που ο σκιασμός που παρέχουν βασίζεται στην κίνηση του ήλιου). Οι αυτοματοποιημένες διαδικασίες μέσω Η/Υ στηρίχτηκαν στην μεγάλη ανάπτυξη όσον αφορά την υπολογιστική τους ικανότητα, στη διαθεσιμότητα συστημάτων ελέγχου σε πραγματικό χρόνο και στην ανάπτυξη γλωσσών προγραμματισμού που επιτρέπουν τη δημιουργία αυτοματοποιημένου ελέγχου.

Μια γενική δομή ενός συστήματος αυτομάτου ελέγχου φαίνεται στο Σχήμα 10.1. Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής όπου εκτελούνται όλες οι διαδικασίες του αυτοματισμού, συνδέεται με το ελεγχόμενο σύστημα μέσω ενός συστήματος επικοινωνίας. Το σύστημα διασύνδεση του Η/Υ με το σύστημα επικοινωνίας εξαρτάται άμεσα από τον τύπο του δευτέρου. Η σύνδεση μπορεί να επιτευχθεί είτε μέσω των σειριακών θυρών του υπολογιστή, όπου το σύστημα επικοινωνίας θα μπορεί να μετατρέπει ψηφιακά σήματα σε αναλογικά και αντίστροφα, είτε με απευθείας σύνδεση του συστήματος αυτοματισμού μέσω του διαύλου επικοινωνίας. Τέλος το σύστημα επικοινωνίας λαμβάνει πληροφορίες από τους αισθητήρες του ελεγχόμενου συστήματος και δίνει τις απαραίτητες εντολές στο σύστημα μέσω των ενεργοποιητών.



Σχήμα 10.1: Τυπικό σύστημα αυτοματισμού βασισμένο σε Η/Υ

Ένα σύστημα αυτοματισμού βασίζεται σε έναν αλγόριθμο λογισμικό, με το οποίο θα μπορούν να δίνονται εντολές μέσω του Η/Υ στα υπόλοιπα στοιχεία του συστήματος. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται σε τέτοια συστήματα θα πρέπει να εξασφαλίζει την ακριβή εκτέλεση των διαδικασιών αυτοματισμού, οι οποίες βασίζονται σε κρίσιμα χρονικά διαστήματα. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ένα Λειτουργικό Σύστημα που θα πραγματοποιεί τις διαδικασίες του Αυτοματισμού σε πραγματικό χρόνο (Λ.Σ.Α.). Ο Η/Υ θα μπορεί να χρησιμοποιείται και για άλλες εργασίες εκτός του αυτοματισμού και γι' αυτό το λόγο θα πρέπει το υπάρχον Λειτουργικό Σύστημα του Η/Υ (Λ.Σ.Η/Υ) να συνεργάζεται με αυτό της αυτοματοποιημένης διαδικασίας. Η διαδικασία αυτή φαίνεται στο Σχήμα 10.2.

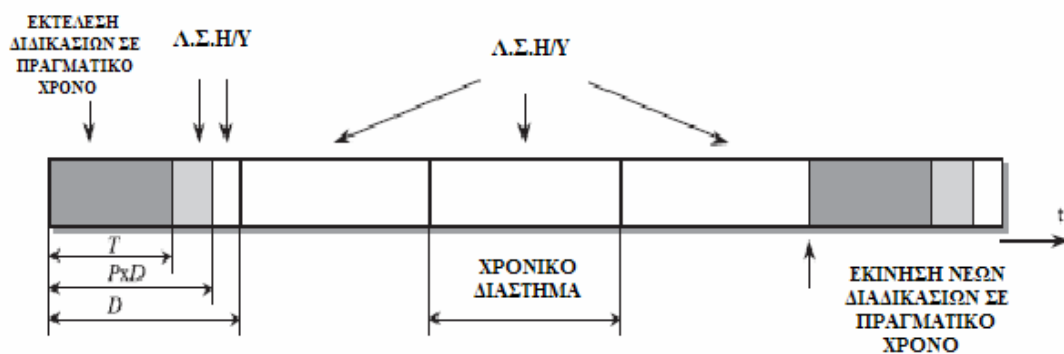


Σχήμα 10.2: Καταμερισμός εργασιών και συνεργασία των δύο λειτουργικών συστημάτων

Οι διαδικασίες που πραγματοποιούνται σε πραγματικό χρόνο γίνονται σε μια προκαθορισμένη χρονική περίοδο. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο, ορίζονται συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα (D) και έτσι το Λ.Σ.Α. προγραμματίζει τις διαδικασίες που πρέπει να γίνουν. Σε κάθε χρονικό διάστημα, που συνεχίζεται απεριόριστα, οι διαδικασίες του Λ.Σ.Α. και του Λ.Σ.Η/Υ πραγματοποιούνται σε προκαθορισμένα «αυστηρά» όρια χρόνου. Υπάρχουν δύο σημεία που πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή:

1. το μέγιστο ποσοστό του χρονικού διαστήματος που θα οριστεί για την εκτέλεση των διαδικασιών πραγματικού χρόνου (P)
2. ο μέγιστος αριθμός των χρονικών διαστημάτων που επιλέγονται για την ολοκλήρωση όλων των διαδικασιών συμπεριλαμβανομένων και αυτών που γίνονται σε πραγματικό χρόνο.

Ένα παράδειγμα της παραπάνω διαδικασίας φαίνεται στο Σχήμα 10.3. Στο παράδειγμα έχουν επιλεγθεί 4 χρονικά διαστήματα με περίοδο D , επίσης ο χρόνος εκτέλεσης των διαδικασιών πραγματικού χρόνου ορίζεται ως T_a και θα πρέπει πάντα $T < P \times D$. Έτσι καθώς ολοκληρώνονται οι διαδικασίες του Λ.Σ.Α. ο έλεγχος περνάει στο Λ.Σ.Η/Υ μέχρι να αρχίσει και πάλι μία από τις διαδικασίες του αυτοματισμού.



Σχήμα 10.3: Κατανομή εργασιών στον Η/Υ

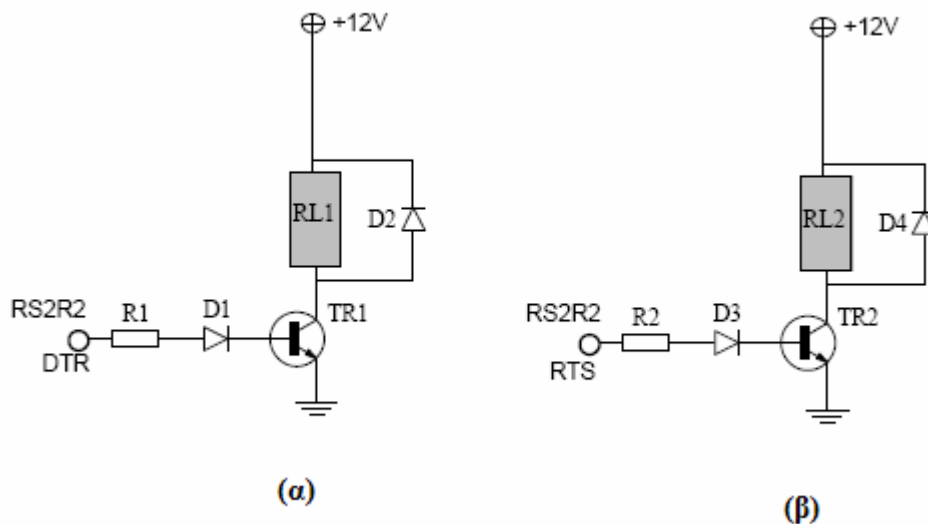
Η διάταξη θερμοπροστασίας που μελετήθηκε στην παρούσα διπλωματική αποτελεί ένα σύστημα, που περιλαμβάνει και έναν κινητήρα συνεχούς ρεύματος που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη και την τύλιξη του θερμομονωτικού υλικού. Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια η βέλτιστη λειτουργία της διάταξης κατά την θερινή περίοδο βασίζεται σε διαφορές θερμοκρασίας εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος. Έτσι σε γενικές γραμμές θα πρέπει η θερμομόνωση να αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια της ημέρας, και να τυλίγεται στον άξονα τη νύχτα. Η διαδικασία αυτή στην περίπτωση που γίνεται από τον χρήστη και εφ' όσον δεν υφίσταται μέτρηση θερμοκρασιών μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη απόδοση της διάταξης. Οπότε μια λύση στο παραπάνω πρόβλημα είναι η αυτοματοποίηση της λειτουργίας μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή.

10.2 Σύστημα αυτοματισμού για την διάταξη θερμοπροστασίας

Παρακάτω θα παρουσιαστεί ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να επιτευχθεί η αυτοματοποιημένη διαδικασία με ένα απλό κύκλωμα που σχεδιάστηκε για λειτουργία του κινητήρα μέσω του Η/Υ, ένα κύκλωμα και ο αντίστοιχος κινητήρας που διατίθενται στην αγορά, καθώς και τα κρίσιμα σημεία που πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στον προγραμματισμό έτσι ώστε να μην υπάρχει δυσλειτουργία της διάταξης. Δυστυχώς η

μελέτη που παρουσιάζεται παρακάτω δεν ήταν εφικτό να εφαρμοστεί στην κατασκευή λόγω κόστους.

Η εφαρμογή του αυτοματισμού όπως προαναφέρθηκε θα βασίζεται στη διαφορά εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα, γι' αυτό το λόγο θα χρειαστούν δύο θερμοστάτες που θα μετράνε τις αντίστοιχες θερμοκρασίες και θα συνδέονται με τον Η/Υ όπου θα αποθηκεύονται οι μετρήσεις. Το κύκλωμα επικοινωνίας του Η/Υ με τον κινητήρα θα συνδέεται στην σειριακή θύρα RS232, και η λειτουργία του θα βασίζεται στην θετική και στην αρνητική τάση που θα δίνει ο υπολογιστής. Το κύκλωμα επικοινωνίας αποτελείται από δύο μέρη, από αυτό που θα δίνει την εντολή στον κινητήρα να κινηθεί (on / off) και αυτό που θα καθορίζει τη φορά που θα περιστρέφεται ο κινητήρας (δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα). Τα δύο μέρη του κυκλώματος φαίνονται στο Σχήμα 10.4 (α) και (β) αντίστοιχα.



Σχήμα 10.4: Κύκλωμα επικοινωνίας Η/Υ και κινητήρα

Και τα δύο μέρη είναι συνδεδεμένα με τη θύρα RS232 το (α) με την έξοδο DTR και το(β) με την έξοδο RTS. Επίσης υπάρχει σύνδεση γείωσης μέσω της θύρας και σύνδεση με την τροφοδοσία του κινητήρα (+12V). Οι δύο αυτές έξοδοι δίνουν θετική ή αρνητική τάση ανάλογα με την εντολή που δίνεται από τον υπολογιστή. Τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται το κύκλωμα (α) είναι μια αντίσταση $R1=2,2 \text{ k Ohm}$ η οποία μειώνει την ένταση του ρεύματος και μία διόδος D1: 1N4148 που χρησιμοποιείται για λόγους ασφαλείας της θύρας, αποτρέποντας την επιστροφή τάσης. Ακόμα υπάρχει ένα τρανζίστορ TR1: BC548 που λειτουργεί σαν διακόπτης με βάση το πρόσημο της τάσης.

Το πιο σημαντικό κομμάτι είναι το μονό ρελέ των 12V RL1 δύο επαφών. Το ρελέ αναλαμβάνει το ρόλο του διακόπτη του κινητήρα που ανάλογα με το πρόσημο της τάσης που δέχεται ενεργοποιεί ή όχι τον κινητήρα. Πιο συγκεκριμένα κλείνει ή ανοίγει το κύκλωμα μεταξύ τροφοδοσίας και κινητήρα. Τέλος η δίοδος D2 είναι ίδιου τύπου με την D1 και χρησιμοποιείται για την ασφάλεια του ρελέ. Τα στοιχεία του κυκλώματος (β) είναι ακριβώς τα ίδια με το προηγούμενο εκτός από το ρελέ RL2 12V, που είναι διπλό. Το διπλό ρελέ αναλαμβάνει να δώσει στον κινητήρα την εντολή να κινηθεί δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα ανάλογα αν η τάση που δέχεται είναι θετική ή αρνητική, δηλαδή είτε αφήνει την πολικότητα της τάσης από την τροφοδοσία ίδια είτε την αντιστρέφει, εφ' όσον το RL1 επιτρέπει την κίνηση του κινητήρα.

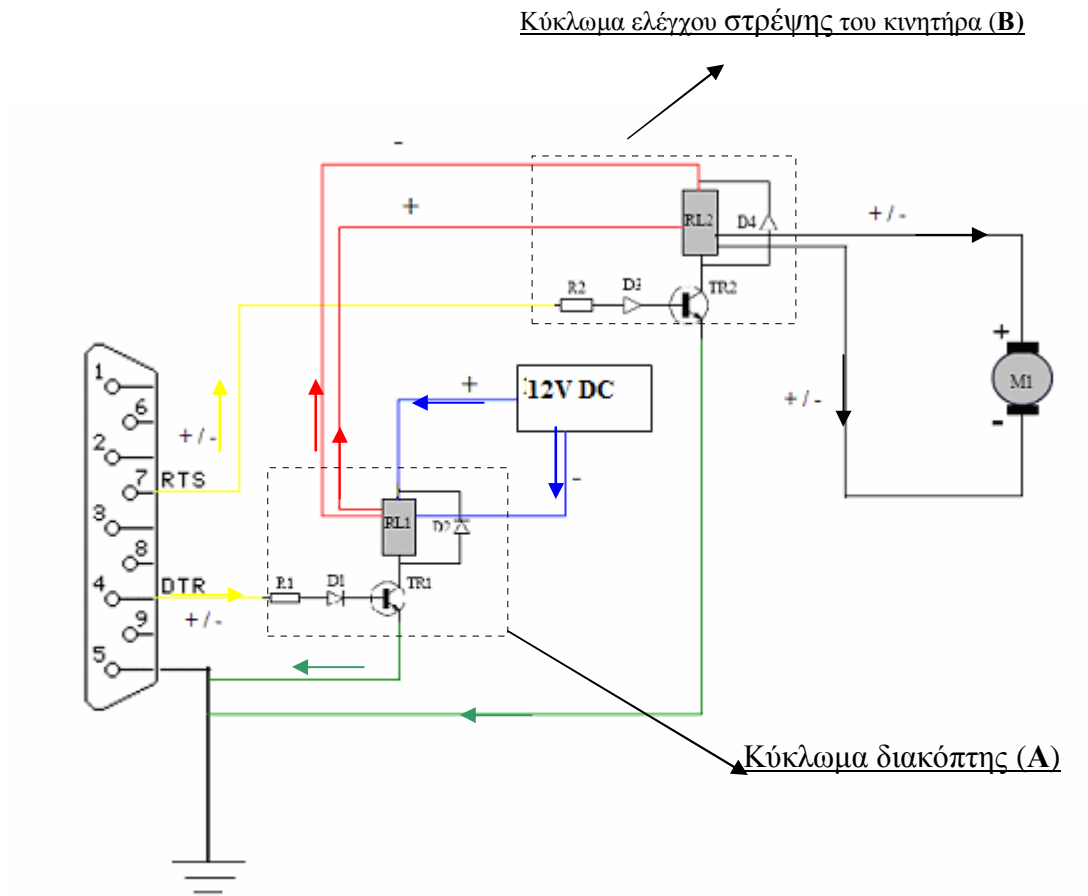
Το πρόσημο της τάσης που δίνεται από την θύρα RS232 είναι ψηφιακά σήματα του H/Y που μεταφράζονται σε τάση. Ο προγραμματισμός ενός αλγορίθμου μέσω της Visual Basic μπορεί να δώσει αυτές τις εντολές και κατ' επέκταση τα σήματα ανάλογα με τη διαφορά θερμοκρασίας που έχουν καταγράψει οι θερμοστάτες.

Προτείνεται οι μετρήσεις θερμοκρασίας να γίνονται σε μικρά χρονικά διαστήματα (π.χ. ανά 1') έτσι ώστε να δημιουργείται μια βάση δεδομένων από όπου θα προκύπτει μια μέση τιμή της θερμοκρασίας που θα υπολογίζεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα και ανάλογα με τις διαφορές θερμοκρασίας θα δίνεται η αντίστοιχη εντολή στο κύκλωμα επικοινωνίας και από εκεί στον κινητήρα. Ο χρόνος που θα δίνεται για να πραγματοποιηθεί η διαδικασία υπολογισμού της μέσης θερμοκρασίας εσωτερικά και εξωτερικά, στη συνέχεια η διαφορά τους και η τελική εντολή του υπολογιστή για την κίνηση του μονωτικού θα πρέπει να υπολογιστεί με ακρίβεια. Είναι απαραίτητο να μετρηθεί ο χρόνος που χρειάζεται για να μετακινήσει ο κινητήρας το μονωτικό σε μια προκαθορισμένη θέση, έτσι ώστε να μην δοθεί σε αυτό το χρονικό διάστημα και δεύτερη εντολή ή να παραταθεί η πρώτη εντολή για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Επίσης επισημαίνεται ότι η θέση του αναπτυγμένου θερμομονωτικού υλικού είναι διαφορετική για το χειμώνα και το καλοκαίρι, οπότε θα πρέπει να γίνουν δύο αλγόριθμοι ένας για κάθε περίοδο.

Στο Σχήμα 10.5 φαίνεται το ολοκληρωμένο κύκλωμα του αυτοματισμού. Θα δοθεί ένα παράδειγμα λειτουργίας του κυκλώματος για την καλύτερη κατανόηση των πρόσημων της τάσης. Αρχικά υποθέτουμε ότι η λειτουργία του διακόπτη του κυκλώματος **A** on / off βασίζεται στην θετική (+) και στην αρνητική (-) τάση που θα λάβει από την θύρα RS232, επίσης το κύκλωμα **B** θα δίνει εντολή για δεξιόστροφη (τύλιξη) κίνηση όταν λαμβάνει θετική τάση και αριστερόστροφη (ανάπτυξη) όταν λαμβάνει αρνητι-

κή. Διευκρινίζεται ότι οι παραπάνω υποθέσεις μπορούν να δηλωθούν στον αλγόριθμο του λογισμικού που θα ελέγχει την αυτοματοποιημένη διαδικασία.

Όπως βλέπουμε από το Σχήμα 10.5 το κύκλωμα **A** είναι συνδεδεμένο με μια πηγή συνεχούς ρεύματος των 12V, έτσι αν η έξοδος DTR της θύρας RS232 δώσει αρνητική τάση το κύκλωμα δεν κλείνει οπότε το ρεύμα της πηγής δεν κυκλοφορεί και έτσι το υπόλοιπο κομμάτι του ολοκληρωμένου κυκλώματος παραμένει αδρανές. Στην περίπτωση που η τάση είναι θετική το κύκλωμα **A** επιτρέπει τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος με την πολικότητα που δίνει η πηγή και η διαδικασία ελέγχου περνάει στο κύκλωμα **B**. Το κύκλωμα **B** λαμβάνει τάση / σήμα από την έξοδο RTS αν η τάση είναι θετική τότε επιτρέπει τη διέλευση του ρεύματος χωρίς αλλαγή πολικότητας, το οποίο φθάνει στον κινητήρα (το [+] της πηγής αντιστοιχεί στο [+] του κινητήρα και αντίστοιχα τα[-]) και τον στρέφει δεξιόστροφα, οπότε γίνεται τύλιξη του θερμομονωτικού υλικού. Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή αν ληφθεί σήμα αρνητικής τάσης από την έξοδο RTS το κύκλωμα **B** αντιστρέφει την πολικότητα της πηγής (το [+] της πηγής αντιστοιχεί στο [-] του κινητήρα και αντίστοιχα το [-] της πηγής στο [+] του κινητήρα) και ο κινητήρας στέφεται αριστερόστροφα οπότε γίνεται ανάπτυξη του θερμομονωτικού υλικού.



Σχήμα 10.5: Ολοκληρωμένο κύκλωμα αυτοματισμού

11. Συμπεράσματα

11.1 Αποτελέσματα μελέτης

Η διάταξη που μελετήθηκε και κατασκευάστηκε, είχε ως σκοπό την προστασία ενός τοίχου με την αποφυγή των θερμικών απωλειών ή των θερμικών κερδών ανάλογα με την εποχή. Μετά το πέρας της εργασίας, βγήκε το συμπέρασμα ότι η λειτουργία της μπορεί να παρέχει μια επιπλέον θερμομονωτική προστασία όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι μικρότερη από την θερμοκρασία εσωτερικού χώρου, ενώ στην περίπτωση που η εξωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από την εσωτερική, μπορεί και παρέχει ηλιοπροστασία και δροσισμό στον εσωτερικό χώρο.

Από την ανάλυση που έγινε στα παραπάνω κεφάλαια φάνηκε ότι η προσάρτηση της διάταξης σε τοίχους με προεγκατεστημένη θερμομόνωση, επιφέρει μικρή βελτίωση στη θερμική συμπεριφορά του χώρου όπου ανήκει ο τοίχος. Στην Ελλάδα όμως το 70% των κατοικιών είναι κτίρια χωρίς θερμομόνωση οπότε η διάταξη θα μπορούσε να προσφέρει τη βασική θερμομόνωση που είναι απαραίτητη σε ένα κτίριο.

Με τη διάταξη που μελετήθηκε μπορεί να επιτευχθεί η βέλτιστη λειτουργία κελύφους αφού τώρα μπορούμε να ελέγξουμε τους παράγοντες θερμικής μάζας και θερμοπερατότητας του κτιρίου ανάλογα με το πότε χρειάζεται να είναι το κτίριο «ελαφρύ» ή «βαρύ». Το καλοκαίρι κατά τη διάρκεια της ημέρας, το ρολό μόνωσης αναπτύσσεται και εμποδίζει την θερμική φόρτιση του τοίχου ώστε να μη φτάνει σε υψηλές θερμοκρασίες, ενώ τη διάρκεια της νύχτας, περίοδος που το πανέλο είναι τυλιγμένο, ο δροσερός άνεμος απάγει μεγάλα ποσά θερμότητας από την εξωτερική επιφάνεια του τοίχου. Έτσι η ανάπτυξη ή όχι του μονωτικού μετατρέπει το κτίριο σε χώρο με και χωρίς μόνωση αντίστοιχα, οπότε ο δροσισμός του εσωτερικού χώρου θα γίνεται πολύ πιο γρήγορα. Για την περίοδο του χειμώνα σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης, το μονωτικό υλικό που αποτελεί το πανέλο θα πρέπει να βρίσκεται συνεχώς σε επαφή με το πάτωμα ώστε να παρέχει σε όλη τη διάρκεια της ημέρας θερμομόνωση στο κτίριο. Φάνηκε ότι στην περίπτωση που είναι τυλιγμένο, τα ηλιακά κέρδη προς τον χώρο είναι πολύ μικρότερα από τις θερμικές απώλειες από αυτόν λόγω πολύ χαμηλών θερμοκρασιών σε όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Ένα πλεονέκτημα των μονώσεων που τοποθετούνται εξωτερικά της οπτοπλινθοδομής, είναι η επιλογή των ιδιοτήτων της εξωτερικής επιφάνειάς τους. Τα σκούρα χρώματα έχουν 72% μεγαλύτερη απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από το λευκό. Οπότε για συνθήκες χειμώνα το μονωτικό θα πρέπει να έχει σκούρο χρώμα ενώ για το καλοκαίρι όχι. Ειδικά για το καλοκαίρι και για το σκοπό που επιθυμείται να καλύψει (βέλτιστη σκίαση) όταν είναι εφικτό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανακλαστική επιφάνεια για μηδενική απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας (προσοχή σε φαινόμενα θάμβωσης μπροστά από τη διάταξη). Με κατάλληλη προσαρμογή της διάταξης, μπορεί να επιτευχθεί μια βέλτιστη λειτουργία της ώστε να εξυπηρετεί τελικά και τις δύο περιπτώσεις. Το μονωτικό που επιλέχθηκε έχει μαύρο χρώμα που αποδίδει κάποια θερμότητα με ακτινοβολία στον τοίχο όταν η διάταξη παρέχει θερμομόνωση. Για το καλοκαίρι θα μπορούσε να τοποθετηθεί τρίτος κύλινδρος πάνω στον οποίο θα αναπτύσσονταν μια ανακλαστική επιφάνεια, εσωτερικά του μονωτικού. Η κίνηση του τρίτου άξονα θα διακόπτονταν για τη περίοδο του χειμώνα. Η χρήση του στην παρούσα φάση δεν κρίνεται απαραίτητη γιατί έγινε η θεώρηση ότι το μονωτικό, που μετά από τις μετρήσεις έδειξε ότι φθάνει σε θερμοκρασίες μικρότερες των 40°C, δεν εκπέμπει μεγάλα ποσά θερμότητας με ακτινοβολία σε απόσταση από τον τοίχο 14cm.

Αναφέρθηκε ότι το ρολό που είναι τυλιγμένο στον άξονα, είναι ένα θερμομονωτικό υλικό, οπότε πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στην επιλογή των ιδιοτήτων του. Τα θερμομονωτικά υλικά επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες και ανάλογα με τις συνθήκες επέρχεται η μείωση ή η καταστροφή των ιδιοτήτων τους. Η ηλιακή ακτινοβολία, η υγρασία, οι ρύποι και ο χρόνος καταστρέφουν ένα υλικό. Για παράδειγμα η υγρασία σε υαλοβάμβακα μηδενίζει την θερμική του αντίσταση. Επίσης για το ίδιο υλικό έχει αποδειχθεί ότι μετά από κάποια χρόνια η αλλοίωση που υφίσταται από τη διαδικασία γήρανσης του, είναι τέτοια που φτάνει σε σημείο να μην υπάρχει μόνωση σε όλο το κτίριο και το μονωτικό να κείτεται θρυμματισμένο στο έδαφος ανάμεσα στα δομικά στοιχεία, σε περίπτωση θερμομόνωσης του πυρήνα. Βέβαια τα νέα θερμομονωτικά υλικά ανθίστανται σε μεγάλο βαθμό στους παραπάνω παράγοντες, αλλά ο χρόνος ζωής τους και η διάρκεια που οι αρχικές ιδιότητές τους δεν μεταβάλλονται, δεν είναι γνωστή. Εδώ διαφαίνεται η χρήση της διάταξης και σε κατασκευές που αρχικά είχαν θερμομόνωση.

11.2 Προβλήματα που παρουσιάστηκαν.

Στο στάδιο διαστασιολόγησης της διάταξης με το πρόγραμμα CAFFCA έγιναν κάποιες παραδοχές που απέτρεψαν την ρεαλιστική προσομοίωση της διάταξης στον υπολογιστικό χώρο. Συγκεκριμένα η έκδοση του προγράμματος που είχαμε στα χέρια μας δεν υπολόγιζε την επίδραση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε μία επιφάνεια. Αυτό αντιμετωπίστηκε με την επέμβαση που έγινε στο πρόγραμμα και αναφέρεται στο κεφάλαιο 6.2. Επίσης το CAFFCA δεν υπολόγιζε την μεταφορά θερμότητας μέσω ακτινοβολίας. Μάθαμε ότι έγινε αναπροσαρμογή του προγράμματος, σε χρόνο όμως που δεν επέτρεπε την απόκτησή του και ξανά προγραμματισμού των περιπτώσεων που μελετήθηκαν. Ποιο σημαντικό πρόβλημα όμως ήταν η μη επιθυμητή σύγκλιση των παραμέτρων που εξάγονταν σαν αποτελέσματα από τις εξισώσεις μεταφοράς και ενέργειας τις οποίες έλυσε το CAFFCA και έδινε τις θερμοκρασίες και πιέσεις πάνω στις επιφάνειες που μελετούσαμε. Έτσι δεν μπορούμε να μιλήσουμε για ακρίβεια των τιμών θερμοκρασίας, ταχύτητας και πίεσης πάνω στο μονωτικό, μέσα στο διάκενο και στον κύβο που προσομοίωσε το κτίριο, οπότε πιθανόν και όχι για ακρίβεια των φαινομένων που πραγματικά θα συνέβαιναν για μια καλή σύγκλιση. Παρόλα αυτά όμως η μελέτη έγινε διότι θεωρήθηκε πως τα φαινόμενα στα οποία στηριχθήκαμε δεν θα μπορούσαν να αποκλίνουν πολύ από την πραγματικότητα, όταν οι διαστάσεις των όγκων του κτιρίου, του διακένου, της διάταξης καθώς και οι τιμές των παραγόντων που εισάγονται στο πρόγραμμα σαν δεδομένα, ήταν πραγματικές.

Στο στάδιο κατασκευής της διάταξης εμφανίστηκε ένα πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε στηριζόμενοι στα αποτελέσματα του CAFFCA. Λόγο αστοχίας του υλικού του μονωτικού, όταν αναπτύσσονταν δεν μπορούσε να κρατηθεί ανάμεσα στη διαμόρφωση που κατασκευάστηκε. Έτσι δεν μπορούσε να κρατηθεί στην απόσταση των 10cm όπως αρχικά υπολογίστηκε, αλλά τοποθετήθηκε στα 14cm κολλημένο στις άκρες των πλευρικών στηριγμάτων. Οι διαφορά σε αυτές τις αποστάσεις δεν μεταβάλλει τη συμπεριφορά της διάταξης όπως φάνηκε από τη προσομοίωσή της με το CAFFCA.

11.3 Προτάσεις για βελτίωση της διάταξης και παράγοντες που θα μπορούσαν να μελετηθούν περισσότερο.

Μετά από την χρήση του εργαλείου υπολογιστικής ρευστομηχανικής CAFFCA, την έρευνα των ιδιοτήτων και τη μελέτη του τρόπου λειτουργίας, την κατασκευαστική διαδικασία και την προσομοίωση της με το πρόγραμμα SUNCODE βγήκε το συμπέρασμα ότι η ικανοποιητική λειτουργία της διάταξης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και φυσικά θα μπορούσε να βελτιστοποιηθεί.

Οι προτάσεις που γίνονται στη συνέχεια αφορούν τη βελτίωση των αποτελεσμάτων της διάταξης και κάποιες ενέργειες που πρέπει να γίνουν για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας της.

- Μελέτη πάνω στο μέγεθος και είδος της μόνωσης εσωτερικά του τοίχου που τοποθετείτε η διάταξη. Ποια είναι η απόδοση της διάταξης ανάλογα με το πάχος του τοίχου, με την ύπαρξη μόνωσης εσωτερικά και ποια αποτελέσματα θα είχαμε αν άλλαζε το πάχος του μονωτικού της διάταξης.
- Κατασκευή εικονικού κτιρίου με το νέο αλγόριθμο του προγράμματος CAFFCA και περαιτέρω σύγκριση των αποτελεσμάτων με αυτά της παρούσας μελέτης.
- Μελέτη της διάταξης σε μεγαλύτερες επιφάνειες τοίχων. Η παρούσα μελέτη έγινε για τοίχους διαμερίσματος.
- Βελτίωση του τρόπου κατασκευής της διάταξης για την αποφυγή προβλημάτων στεγανοποίησης.
- Κατασκευή του συστήματος αυτοματισμού και μελέτη αντίστοιχου συστήματος που δεν θα απαιτεί την ύπαρξη Η/Υ για τη λειτουργία της διάταξης.
- Πραγματικές μετρήσεις σε συνθήκες χειμώνα.

12. Βιβλιογραφία και αναφορές

Βιβλιογραφικές αναφορές

Ελληνικές

1. Θεοδοσίου, Θ. (2005). Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων, Ημερίδα Για Την Ανάπτυξη Καινοτόμων Τεχνολογιών Για Την Εξοικονόμηση Ενέργειας Σε Κτίρια και Κατοικίες, Κοζάνη, 14 Δεκεμβρίου.
2. Θεοδοσίου, Θ. (2005). Ενεργειακός Σχεδιασμός Κτιρίων Ι. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Κοζάνη.
3. Θεοδοσίου, Θ. (2006). Ενεργειακός Σχεδιασμός Κτιρίων ΙΙ. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Κοζάνη.
4. Θεοδοσίου, Θ. (2006). Υλικά Κατασκευής Και Συστήματα Εξοικονόμησης Ενέργειας. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Κοζάνη.
5. Μπούρης, Δ. & Μπεργελές, Γ. Αριθμητική Διερεύνηση Ρευστομηχανικών Προβλημάτων, Αλγόριθμος C.A.F.F.C.A.

Διεθνείς

1. Vitturi, S. (2003). PC-based automation systems: an example of application for the real-time control of blowing machines, National Research Council, Italy.

Βιβλιογραφία

Ελληνική

1. Γούλας, Α. (1986). Μηχανική Ρευστών. Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη.
2. Καραγιαννίδης, Α. (2001). Βασικές Αρχές Εξοικονόμησης Ενέργειας. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Κοζάνη.
3. Κωνσταντίνου, Κ. Σ. (2005). Ενεργειακοί Έλεγχοι και Τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Κοζάνη.
4. Μπαλαράς, Κ. Α. και Αργυρίου Α.Α. και Ασημακόπουλος Δ.Ν. (1999). Δυνατότητες Ηλιοπροστασίας Κτιρίων, 6ο Εθνικό Συνέδριο Για Τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, Βόλος, 3-5 Νοεμβρίου. Σελ. 49-56.

5. Μπούρης, Δ. & Μπεργελές, Γ. Αριθμητική Διερεύνηση Ρευστομηχανικών Προβλημάτων, Αλγόριθμος C.A.F.F.C.A.
6. Μπούρης, Δ. Θέρμανση, Ψύξη, Κλιματισμός. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Κοζάνη.
7. McQuiston, F. C. (2003). Θέρμανση Αερισμός και Κλιματισμός, Σχεδιασμός και Ανάλυση, Εκδόσεις ΙΩΝ, Περιστερί.
8. Pitts, D. and Sisoom, L. (2001). Μεταφορά θερμότητας, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Ξένη

1. ASHRAE Handbook. Fundamentals. (1999-2002).