

2014 Νοέμβριος



**ΕΘΝΙΚΟ
ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ
ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΤΣΟΥΜΗ ANNA

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΤΟΙΧΟΥ ΤΡΟΜΠΕ
ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ENERGY+
ΓΙΑ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΚΛΙΜΑ**

Επιβλέπων καθηγητής Ιωάννης Τζουβαδάκης

Ευχαριστίες

Για την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας αλλά και για όλο τον κύκλο σπουδών μου στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π., θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που με στήριξε σε κάθε μου βήμα, τις φίλες μου για την υποστήριξη τους σε κάθε δυσκολία και την ομάδα του καθηγητή μου (τον κύριο Μενέλαο Ξενάκη αλλά και όλους όσους συζήτησα κατά τη διάρκεια περάτωσης της εργασίας) αλλά κυρίως τον ίδιο, κύριο Ιωάννη Τζουβαδάκη.

Για το Γιάννη και
τη Σίσσυ,
το Δημήτρη,
το Γεράσιμο,
τη Βασιλική.

Περίληψη

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία ήταν η ευκαιρία για έρευνα και γνωριμία των παγκόσμιων και ευρωπαϊκών οργανισμών και κανονισμών για την ολιστική, οικολογική, βιοκλιματική, μηδενικού ή σχεδόν μηδενικού ενεργειακού ισοζυγίου δόμηση. Μέσα από την μελέτη για προσπάθεια μείωσης του ενεργειακού ισοζυγίου των κτιρίων επιλέχθηκε η διερεύνηση της κατασκευής ενός παθητικού συστήματος, ενός τοίχου μάζας, trombe wall. Στόχος ήταν η μελέτη της λειτουργίας του και ο βαθμός που επηρεάζουν τα κατασκευαστικά στοιχεία τη βελτίωση της απόδοσής της πιο απλής μορφής του.

Σε πρώτο στάδιο μελετούνται και παραθέτονται τα παραδοσιακά, οικολογικά, και υλικά νέων τεχνολογιών που βρίσκονται σε αναπτυξιακό στάδιο (με έμφαση στη μόνωση), καθώς τα υλικά είναι ένας βασικός παράγοντας για να προαχθεί η βιώσιμη ανάπτυξη στον κατασκευαστικό τομέα.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται ο τοίχος μάζας και η λειτουργία του, που μπορεί να εφαρμοστεί σε καινούριες ή υπό ανακαίνιση κατασκευές για μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Τέλος, το σημαντικότερο κομμάτι της εργασίας, γίνεται η διερεύνηση των επιπτώσεων διαφόρων κατασκευαστικών αλλαγών στην αποτελεσματικότητα του συστήματος σε μία μεσογειακή πόλη όπως η Αθήνα.

Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε ένα ευρέως γνωστό λογισμικό, ελεύθερο για χρήση, δημιουργημένο σε πανεπιστημιακή αμερικανική κοινότητα, το Energy Plus. Με αυτό τον τρόπο μπόρεσε να γίνει η ενεργειακή προσομοίωση ενός απλού χώρου (30m²) αρχικά χωρίς την ύπαρξη παθητικού συστήματος και στη συνέχεια με την προσθήκη του. Ενώ στο επόμενο στάδιο έγιναν οι βασικές κατασκευαστικές τροποποιήσεις στο παθητικό σύστημα με σταθερό δεδομένο τον προσανατολισμό και τις καιρικές συνθήκες ώστε να παρατηρηθούν ποιες διαφοροποιήσεις προσφέρουν αξιόλογες βελτιώσεις για τη δεύτερη ζώνη της Ελλάδας που ανήκει και η Αθήνα.

Abstract

The current Diploma Thesis was a marked chance to investigate the global and European sustainable organizations and accreditations according to constructional field. Through the research for the reduction of energy consumption in residential (and other) buildings I found very attractive for further investigation the phenomenon of trompe wall. My goal was to learn about the function and the variables that affect the system in question.

In the first place, traditional, ecological and materials based on new technologies are mentioned and analyzed (emphasis on insulating materials). Undoubtedly, materials are a critical element in sustainable building, so there has to be the adequate information concerning the proper and most efficient construction materials of a passive system.

Secondly, the function of the trompe wall is analyzed in order to understand the utility that it can have in new or restored buildings.

Finally, the most important part of the Diploma thesis, the examination of differentiations in the efficiency of the system due to constructive modifications given the fact that the research is based on the weather conditions of a Mediterranean town, Athens.

For that reason, EnergyPlus, a widely known simulation program, built in an American educational institute, was used. Firstly, there was the comparison between the simulation results of a simple room of 30m² with and without the addition of a trompe wall, followed by the simulations of the modified trompe wall in order to conclude to the changes which offer the best results regarding the climatic zone in question.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	3
Περίληψη.....	7
Abstract.....	8
Εισαγωγή	13
1. Ο δρόμος για την κτιριακή βιωσιμότητα	16
1.1 Από το χθες στο σήμερα.....	16
1.2 Είδη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.....	21
1.3 Συνοψίζοντας	24
1.4 Βασικά στοιχεία βιοκλιματικών συστημάτων.....	25
1.4.1 Παθητικά κτίρια (Nearly zero energy buildings)	25
1.4.2 Κριτήρια υλικών παθητικών συστημάτων	27
1.4.3 Κτήρια μηδενικού ή σχεδόν μηδενικού ισοζυγίου	29
.....	29
2 Ευρωπαϊκή Ένωση και Παθητικά κτίρια	31
2.1 Εισαγωγή.....	31
2.1.1 Παγκόσμια και Ευρωπαϊκά παραδείγματα.....	33
2.2 Οργανισμοί-Κριτήρια-Πιστοποιήσεις (16) (17).....	34
2.3 Πιστοποιήσεις προϊόντων	37
2.3.1 Πιστοποιήσεις μονομερών κριτηρίων (16)	38
2.3.2 Πιστοποιήσεις πολύπλευρων κριτηρίων	38
3 Οικολογικά Υλικά (πόσο σημαντικά είναι στην ολιστική δόμηση)	40
3.1 Εισαγωγή.....	40
3.2 Μόνωση.....	43
3.2.1 Βασικά για τη σωστή χρήση της μόνωσης σε συνδυασμό με τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού για την ορθή κατανομή της θερμικής μάζας.	43
3.3 Ροή Θερμότητας και βασικά μεγέθη μονωτικών υλικών	45
3.4 Θερμομονωτικά υλικά (24) (25).....	47
3.4.1 Εισαγωγή	47
3.4.2 Γενικά χαρακτηριστικά μονωτικών υλικών στο εμπόριο.....	49
3.4.3 Υλικά νέας Γενιάς	50
3.5 Πατώματα (27) (28) (29).....	53
4 Trompe wall- Μορφές τοίχου μάζας (30)	58

4.1	Ιστορική αναδρομή	58
4.2	Τοίχος Trompe σε μορφή Ζιγκ Ζαγκ.....	60
4.3	Τοίχος Trompe με μάζα νερού	60
4.4	Ημιδιάφανος τοίχος Trompe με νερό	61
4.5	Υβριδικός τοίχος Trompe	62
4.6	Τοίχος Trompe με υλικά που αλλάζουν κατάσταση (PCM)	63
4.7	Σύνθετος τοίχος Trompe	64
4.8	Ρευστοποιημένος Trombe wall	65
4.9	Με φωτοβολταϊκό πάνελ	66
4.10	Στοιχεία αποδοτικότητας	67
5	EnergyPlus.....	68
5.1	Εισαγωγή (31).....	68
5.2	Εισαγωγή στη χρήση Sketchup και Open studio (32)	69
5.3	Παρουσίαση βασικού χώρου	76
5.3.1	Χώρος με τον τοίχο μάζας	77
5.4	Εισαγωγή δεδομένων στο EEnergyPlus	79
5.4.1	IDF Editor Και EP-Launch	79
5.5	Σταθερά στοιχεία προσομοίωσης	82
5.5.1	Simulation Parameters	82
5.5.2	Location and Climate	85
5.5.3	Schedules.....	86
5.5.4	Thermal Zones and Surfaces.....	87
5.5.5	Output Reporting.....	90
5.6	Μεταβλητά στοιχεία προσομοίωσης.....	92
5.6.1	Surface Construction Elements	92
6	Προσομοιώσεις	96
6.1	Περίπτωση χωρίς τοίχο μάζας.....	96
6.2	1 ^η περίπτωση.....	99
6.2.1	Τοίχος με απορροφητική επιφάνεια και 25 cm πάχος	101
6.2.2	Με πάχος 35cm και απορροφητική επιφάνεια	114
6.2.3	25 cm χωρίς απορροφητική επιφάνεια	122
6.3	2 ^η Περίπτωση :Μόνωση, απορροφητική επιφάνεια και 25 cm πάχος.....	128
6.4	3 ^η περίπτωση: Γυάλινη επιφάνεια με απλό τζάμι	135
6.5	Περίπτωση 4 ^η εξέταση τοίχου μάζας με νερό.....	144

6.5.1	Τοίχος μάζας με νερό και διπλή γυάλινη επιφάνεια	145
6.5.2	Τοίχος μάζας με νερό με απλή γυάλινη επιφάνεια	156
7	Σύγκριση αποτελεσμάτων	161
7.1	Θερμοκρασιακή άνεση.....	161
7.2	Συγκριτική παρουσίαση βασικών αποτελεσμάτων	166
7.3	Συνοπτική παρουσίαση-συμπέρασμα	175
ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....		179
Παράρτημα κατασκευαστών οικολογικών υλικών		180
Παράρτημα 1.....		185
Βιβλιογραφία		190

Εισαγωγή

Το θέμα της βιωσιμότητας έχει εισέλθει δυναμικά στον κτιριακό τομέα, ειδικά στις δυτικές κοινωνίες. Με πρωτοστάτες την Αμερική, το Ηνωμένο Βασίλειο, αρκετές ακόμα Ευρωπαϊκές χώρες όπως Ισπανία, Ιταλία, Γερμανία, αλλά και χώρες από την Αυστραλία και την Αφρική, οι μεγαλουπόλεις στρέφονται στην εναρμόνιση των ανθρώπινων αναγκών με τις ανάγκες του περιβάλλοντος. Δεδομένου της επιτακτικής ανάγκης για εναρμόνιση με το περιβάλλον, στόχος αυτής της διπλωματικής εργασίας ήταν σε πρώτο επίπεδο η ανάλυση των φαινομένων που οδήγησαν σε αυτή την κατεύθυνση όπου αναπτύσσονται στα **δύο πρώτα κεφάλαια** και οι κινήσεις που γίνονται για βελτίωση του κτιριακού τομέα προς τη συγκεκριμένη κατεύθυνση που αναπτύσσονται **στο τρίτο** κυρίως **κεφάλαιο**, ώστε να αρχίσει να γίνεται πιο ενεργά διαδεδομένη στη χώρα μου. Μέχρι στιγμής, για την Ελλάδα, έχουν ψηφιστεί καινούρια νομοσχέδια, χωρίς όμως να έχουν γίνει εμφανείς έμπρακτες εκτεταμένες κινήσεις.

Σε δεύτερο επίπεδο, στόχος ήταν μια πιο πρακτική προσέγγιση του θέματος αναλύοντας ένα παθητικό σύστημα το οποίο δίνει μερικά από τα επιθυμητά χαρακτηριστικά στο κτιριακό κέλυφος. Το σύστημα είναι ένας τοίχος μάζας που είναι ένα σχετικά απλό μεμονωμένο μέτρο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως κατά τη δημιουργία νέων κτιρίων. Αρχικά έγινε διερεύνηση για πλήρη κατανόηση της λειτουργίας του βασικού μοντέλου ώστε να επικεντρωθεί η έρευνα στη σωστή κατεύθυνση για κατασκευαστικές μετατροπές του συστήματος που θα βοηθήσουν την απόδοσή του στις υπό μελέτη καιρικές συνθήκες (**κεφάλαιο τέταρτο**).

Για τη μελέτη αυτή το κύριο όργανο ήταν το λογισμικό προσομοίωσης EnergyPlus. Ένα αρκετά εύχρηστο πρόγραμμα, βασισμένο σε προγράμματα προσομοίωσης κίνησης ρευστών, προσαρμοσμένο στις ανάγκες του κτιριακού κελύφους, δίνοντας τη δυνατότητα προσομοίωσης όλων των στοιχείων που συμμετέχουν στην ενεργειακή λειτουργία ενός κτιρίου, από τα ενεργειακά φορτία των ανθρώπων στο εσωτερικό και του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού έως την πλήρη αναπαράσταση της λειτουργίας του κτιρίου σε σχέση με τους εξωτερικούς παράγοντες και την επίδραση αυτών στο εσωτερικό μικροκλίμα (**κεφάλαιο 5**).

Στο **έκτο κεφάλαιο**, παρατίθενται και αναλύονται λεπτομερώς, τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων. Βασικές κατασκευαστικές τροποποιήσεις (το **πάχος** του τοίχου, το **υλικό**, η προσθήκη **μόνωσης**, **απορροφητικής επιφάνειας** αλλά και **διπλής γυάλινης επιφάνειας**) γίνονται στον τοίχο μάζας, με στόχο τη συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών για την κατάταξη των στοιχείων που βελτιστοποιούν τη λειτουργία του τοίχου μάζας, από το λιγότερο στο περισσότερο αποδοτικό για το Μεσογειακό κλίμα, όπως της Αθήνας.

Τέλος, στο **έβδομο κεφάλαιο**, γίνεται η σύνοψη των αποτελεσμάτων ώστε να γίνει η τελική επιλογή των χαρακτηριστικών που βοηθούν την αποδοτικότερη λειτουργία του παθητικού συστήματος. Αφού παρουσιαστούν τα σημαντικότερα στοιχεία του τοίχου μάζας που επιδρούν εντονότερα για το κλίμα της Αθήνας γίνεται και η παράθεση των τελικών προτάσεων προς τους ενδιαφερόμενους μηχανικούς, κατασκευαστές.

Μέρος πρώτο

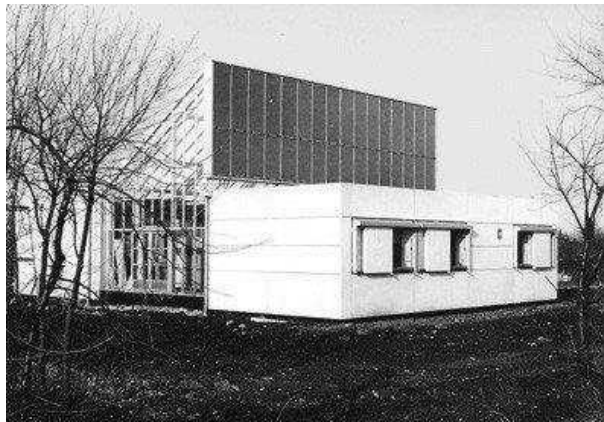


1. Ο δρόμος για την κτιριακή βιωσιμότητα

1.1 Από το χθες στο σήμερα

Το μέχρι σήμερα μοντέλο ανάπτυξης βασιζόταν στην υπερκατανάλωση αγαθών και στην αλόγιστη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων. Πλέον όμως, η οικονομική κρίση και οι έντονα αισθητές κλιματικές αλλαγές έγιναν η κινητήριος δύναμη για ανατροπή αυτού του μοντέλου και στροφή στη βιώσιμη και αειφόρο ανάπτυξη, η οποία στοχεύει στη συνετή διαχείριση του φυσικού χώρου, στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων, καθώς και στη χρήση ήπιων τεχνικών και υλικών. Με άλλα λόγια, στοχεύει στην καθιέρωση προδιαγραφών οικολογικής προσέγγισης για το σχεδιασμό και τη χρήση των χώρων ζωής, εσωτερικών και υπαίθριων. Εκεί ακριβώς στηρίζεται και ο βιοκλιματικός σχεδιασμός. Επιχειρεί, να επαναπροσδιορίσει την αρχιτεκτονική με αρχές και κατευθύνσεις που βασίζονται στην αρμονική συνύπαρξη φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος, προσπαθώντας να αποκαταστήσει τη μεταξύ τους ισορροπία. (1)

Έτσι, με τον όρο βιοκλιματικός σχεδιασμός νοείται ο κτιριακός σχεδιασμός ο οποίος στοχεύει στην προσαρμογή των κτιρίων στο φυσικό περιβάλλον και το τοπικό κλίμα, επιδιώκοντας τον περιορισμό στην κατανάλωση ενέργειας, χωρίς να διαταράσσονται οι συνθήκες άνετης διαβίωσης των χρηστών. Ο παραπάνω όρος χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στις αρχές της δεκαετίας του 1960, στα πλαίσια ερευνών για τη διερεύνηση του τρόπου προσαρμογής ενός κτιρίου στις κλιματικές συνθήκες του περιβάλλοντός του. Ήδη από εκείνη την εποχή υπήρχαν επιστήμονες που δούλευαν πάνω σε αυτό τον τομέα και μάλιστα ένα από τα πρώτα προγράμματα με μελέτη σε Zero-Energy House στην Ευρώπη έγινε στην Κοπεγχάγη (εικόνα 1:1) και φέτος βραβεύτηκε το Μάρτιο από το Passive House Conference με το Passive House Pioneer Award για τα πρωτοποριακά επιτεύγματα στον τομέα της ενεργειακής απόδοσης των κατασκευών, που χτίστηκε το 1970 υπό την καθοδήγηση του αείμνηστου καθηγητή Vagn Korsgaard (1921-2012). Τα συμπεράσματα του προγράμματος αυτού αποδεικνύονται καθοριστικά για την ανάπτυξη των σύγχρονων ενεργειακών κτιρίων. (2)



εικόνα 1:1 Από το 1974, αυτό το κτίριο βρίσκεται στην Πανεπιστημιούπολη, στα προάστια της Κοπεγχάγης, είχε χρησιμοποιηθεί για προσομοιώσεις και μετρήσεις για τη βελτιστοποίηση των δομικών στοιχείων και των υπηρεσιών. Κινητή θερμομόνωση μπροστά από τα παράθυρα, μια συσκευή για την ανάκτηση της θερμότητας από την εξάτμιση του αέρα, ένα σύστημα ηλιακής θέρμανσης που αποτελείται από 42 τ.μ. επίπεδης πλάκας συλλεκτών και 30 m³ δεξαμενής αποθήκευσης ζεστού νερού χρησιμοποιήθηκαν για το σκοπό αυτό. " The into Passive House research right from the start." explains Dr. Wolfgang Feist, Founder and Director of the Passive House Institute. (2)

Άλλα παραδείγματα από τα πρώτα πειράματα πάνω στα κτίρια μηδενικού ισοζυγίου είναι: Το 'Solar House I' του 1939 (εικόνα 1:2), σχεδιασμένο από ομάδα του MIT είναι ένα από τα πρώτα παραδείγματα κτιρίων μηδενικού ενεργειακού ισοζυγίου. Περιλαμβάνει μια μεγάλη επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών στη στέγη του και σύστημα για τη συλλογή του νερού της βροχής. Στη συνέχεια ακολούθησε το 'Bliss House' του 1955(εικόνα 1:3), το οποίο χρησιμοποιούσε ηλιακούς συλλέκτες αέρα και πέτρινη τοιχοποιία για την επίτευξη υψηλής θερμικής μάζας. Μία από τις επόμενες προσπάθειες αποτελεί το κτίριο 'Saskatchewan Conservation House' (εικόνα 1:4) στις Ηνωμένες Πολιτείες το 1979, το οποίο περιελάμβανε την τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών στην νότια κεκλιμένη στέγη του, σύστημα αερισμού με εναλλαγή θερμότητας και διαχείριση των 'γκρι' υδάτων. (3) (4)



εικόνα 1:2 Το 'Solar House I' (3)



εικόνα 1:3 το 'Bliss House' του 1955 (4)



εικόνα 1:4 το κτίριο 'Saskatchewan Conservation House' στις Ηνωμένες Πολιτείες το 1979 (4)

Βεβαίως σε αυτά τα πρώτα παραδείγματα από το 1939 έως το 1973 εντοπίστηκαν αργότερα αρκετά προβλήματα καθώς εστίαζαν στο μηδενισμό των αναγκών για τη θέρμανση των εσωτερικών τους χώρων. Για να το επιτύχουν αυτό στόχευαν στην πολύ καλή θερμομόνωση και στην ελαχιστοποίηση των διαρροών αέρα. Η συγκεκριμένη αντιμετώπιση όμως συντελούσε στη δημιουργία αρκετών προβλημάτων, κυρίως όσο αφορά την ποιότητα του εσωτερικού τους περιβάλλοντος, με εμφάνιση

φαινομένων όπως ο ανεπαρκής φυσικός φωτισμός, η απουσία οπτικής επαφής με το εξωτερικό περιβάλλον, η χαμηλή ποιότητα του εσωτερικού αέρα και τα υψηλά επίπεδα υγρασίας λόγω ανεπαρκούς αερισμού. Αυτό φυσικά δεν στάθηκε εμπόδιο στην ανάπτυξη των κτιρίων με μηδενικό ισοζύγιο απλώς άρχισαν να μαζεύονται χρήσιμες πληροφορίες για τη βελτίωσή τους. (5)

Σήμερα, στις περισσότερες χώρες του εξωτερικού, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός χρησιμοποιείται σε ευρεία γκάμα έργων από απλές ιδιόκτητες κατοικίες, δημόσια κτίρια, εμπορικά, νεόδμητα και μη, και πλέον έχουν γίνει βήματα για την χρήση του ακόμα και σε ουρανοξύστες. Βεβαίως αποτελεί ένα θέμα που διχάζει την κοινότητα των υποστηρικτών αυτού του σχεδιασμού, λόγω του μεγάλου όγκου των ουρανοξυστών που δεν εναρμονίζονται με τη φύση. Παρόλα αυτά γίνονται τουλάχιστον προσπάθειες, εφόσον δεν μπορεί να αποφευχθεί η κατασκευή τόσο μεγάλων κτισμάτων, να γίνουν λίγο πιο φιλικά προς το περιβάλλον. Όπως ο ουρανοξύστης, the Urban Cactus(εικόνα 1:5), που βρίσκεται υπό κατασκευή στο Ρόττερνταμ για να φιλοξενήσει 98 διαμερίσματα σε 19 ορόφους. Ο ιδιοφυής σχεδιασμός του προσφέρει μεγάλα μπαλκόνια στους ενοίκους τα οποία θα δημιουργήσουν ένα πραγματικό πράσινο κτίριο όταν οι κήποι θα ανθίσουν και χρησιμοποιεί μία από τις βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού αυτή του παθητικού κτιρίου, λόγω του φυσικού φωτισμού των εσωτερικών χώρων. (6)



εικόνα 1:5 ο ουρανοξύστης, the Urban Cactus (6)

Ο πρώτος ουρανοξύστης που σχεδιάστηκε με ενσωματωμένες μεγάλης κλίμακας ανεμογεννήτριες (εικόνα 1:6) οι οποίες βρίσκονται τοποθετημένες ανάμεσα στους δύο πύργους ύψους 787-ποδιών. Οι ανεμογεννήτριες, οι οποίες ολοκληρώθηκαν τον Απρίλιο, προμηθεύει το 15 τοις εκατό της ηλεκτρικής ενέργειας για τα δύο κτίρια-περίπου το ίδιο ποσό που χρησιμοποιείται από 300 σπίτια. Επιπλέον ο σχεδιασμός των πύργων έγινε έτσι ώστε με τη γεωμετρία τους να δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες για την αύξηση της ταχύτητας του ανέμου



εικόνα 1:6 Κέντρο παγκόσμιου Εμπορίου στο Μπαχρέιν (7)

έως και 30%. Το εν λόγω κτίριο είναι το Κέντρο παγκόσμιου Εμπορίου στο Μπαχρέιν και κατασκευάστηκε από την εταιρεία Atkins (7). Τέλος, ένα ακόμα σπουδαίο κατασκευαστικά κτίριο είναι το , the Hearst Tower, στην πόλη της Νέας Υόρκης που έχει σκελετό κατασκευασμένο από ανακυκλωμένο ασάλι και πατώματα από επίσης ανακυκλωμένα υλικά, ενώ ο διαγώνιος σχεδιασμός του προσφέρει λιγότερες ασάλινες ράβδους και άριστο εσωτερικό φωτισμό.



εικόνα 1:7 the Hearst Tower (6)

Φαίνεται λοιπόν, πως ο βιοκλιματικός σχεδιασμός είναι πλέον μέρος της αρχιτεκτονικής, πολεοδομικής σκέψης του αιώνα μας καθώς βοηθά στην επίλυση κάποιων σημαντικών προβλημάτων που έχουν εμφανιστεί στον πλανήτη μας. Τα προβλήματα αυτά μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες: οικονομικά-πολιτικά-οικολογικά.

Αναλυτικότερα, στη μείωση κατανάλωσης ενέργειας, περιορισμός του φαινομένου του θερμοκηπίου με τη μείωση εκπομπών CO₂, αποφυγή του τραυματισμού του φυσικού τοπίου και εξάλειψη των 'άρρωστων' κτιρίων με τη σωστή επιλογή υλικών που δεν επιβαρύνουν τους χρήστες και περιβάλλον. Τέλος, σε πιο φιλοσοφικό επίπεδο, η γενικότερη αλλαγή της στάσης των ανθρώπων προς το περιβάλλον καθώς πλέον έχει επέλθει απώλεια συνείδησης της προέλευσης μας και ένας τρόπος για να αλλάξει αυτό είναι η ένταξη της φύσης στα κτίρια. Συνεπώς ο μεγάλος στόχος για την παγκόσμια κοινότητα, είναι η εξοικονόμηση ενέργειας σε συνδυασμό με την προστασία του πλανήτη.

Σαν ένα από τα κύρια και ευκολονόητα παράδειγμα είναι η μείωση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων καθώς συνδυάζει οικολογικές αλλά και κοινωνικοοικονομικές παραμέτρους. Σαν οικολογική παράμετρο θέτουμε την επιρροή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς η καύση των ορυκτών καυσίμων δεσμεύει οξυγόνο από την ατμόσφαιρα, ώστε να μετατραπεί ο άνθρακας σε θερμική ενέργεια δημιουργώντας παράλληλα διοξείδιο του άνθρακα. Το CO₂ είναι ένα από τα αέρια θερμοκηπίου, τα οποία απορροφούν την ακτινοβολία της υπέρυθρης ηλιακής θερμικής ενέργειας που αντανακλάται από τη γήινη επιφάνεια προς το διάστημα, λειτουργώντας με τρόπο όμοιο προς αυτόν του γυαλιού ενός θερμοκηπίου. Το θερμοκήπιο σε αυτή την περίπτωση όμως είναι ο πλανήτης που κατοικούμε, ο οποίος υφίσταται διαταραχές στο θερμικό ισοζύγιο. Σαν μία κοινωνικοοικονομική παράμετρος τίθεται η πετρελαϊκή κρίση (πρώτη το 1970) που οι δυτικές χώρες, κυρίως της Ευρώπης, συνειδητοποίησαν ότι η οικονομική αλλά και η καθημερινή ζωή των πολιτών τους εξαρτάται από το εισαγόμενο πετρέλαιο (ένα από τα ορυκτά καύσιμα που δεν είναι ανανεώσιμα). Έτσι ξεκίνησε μια σοβαρή προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας με την αξιοποίηση εναλλακτικών μορφών, κυρίως αυτών των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Στις μέρες μας, ο φόβος της πετρελαϊκής κρίσης μετατράπηκε σε φόβο κρίσης φυσικού αερίου, λόγω της Ουκρανικής κρίσης, και μάλιστα για το χειμώνα του 2014 που πλησιάζει. Για αυτό και στο ανεπίσημο ενεργειακό συνέδριο της 15^{ης} του Μάιου από τους Ευρωπαίους υπουργούς ενέργειας στην Αθήνα τέθηκε σε πρώτο πλάνο το ενεργειακό σχέδιο της Ευρώπης. Ειδικά στην Ευρώπη το θέμα αυτό είναι μείζονος σημασίας καθώς οι προβλέψεις για το 2020 δίνουν πλήρη εξάρτηση της Ευρώπης από τις χώρες που παράγουν ενέργεια (93% εισαγόμενο πετρέλαιο και 84% εισαγόμενο φυσικό αέριο) γεγονός που φέρνει τους πολίτες αντιμέτωπους με υψηλά ενεργειακά κόστη.

Επομένως, τονίζεται πως η εξάρτηση από αναλώσιμα ήδη ενέργειας πάντοτε θα εγκυμονεί κινδύνους, κάνοντας ολοένα πιο αισθητή τη στροφή στην οικολογική, βιώσιμη, βιοκλιματική ή με όποια άλλη ονομασία είναι γνωστή δόμηση που στόχο έχει τη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας. (8)

1.2 Είδη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Η μείωση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων έχει σαν ένα από τους στόχους τους την οικονομική βιωσιμότητα σε βάθος χρόνου και την αειφόρο ανάπτυξη των κοινωνιών. Με την άμεση αξιοποίηση των θετικών παραμέτρων του κλίματος, όπως είναι η ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανση και οι δροσεροί άνεμοι για τη φυσική ψύξη των κτιρίων, περιορίζεται η χρήση των συμβατικών καυσίμων και επομένως η ρύπανση της ατμόσφαιρας. Όλες οι παραπάνω αναζητήσεις, για την εξοικονόμηση ενέργειας, εντάσσονται σε μια ευρύτερη προσπάθεια να εισαχθεί μία περιβαλλοντική λογική στην παραγωγή του δομημένου χώρου.

Για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται στα κτίρια, οι ανεμογεννήτριες, τα φωτοβολταϊκά πάνελ και οι μικρές υδροηλεκτρικές και γεωθερμικές εγκαταστάσεις είναι πηγές που έχουν χρησιμοποιηθεί παγκοσμίως στο δομικό τομέα. Μπορεί η παράγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας να είναι εξαιρετικά δαπανηρή και να απαιτεί συγκεκριμένες τοπογραφικές συνθήκες, ωστόσο η εκμετάλλευση της αιολικής, ηλιακής και γεωθερμικής ενέργειας είναι ήδη αρκετά αποδοτική, ενώ τα επόμενα χρόνια αναμένεται να γίνουν ακόμα πιο ανταγωνιστικές οικονομικά.

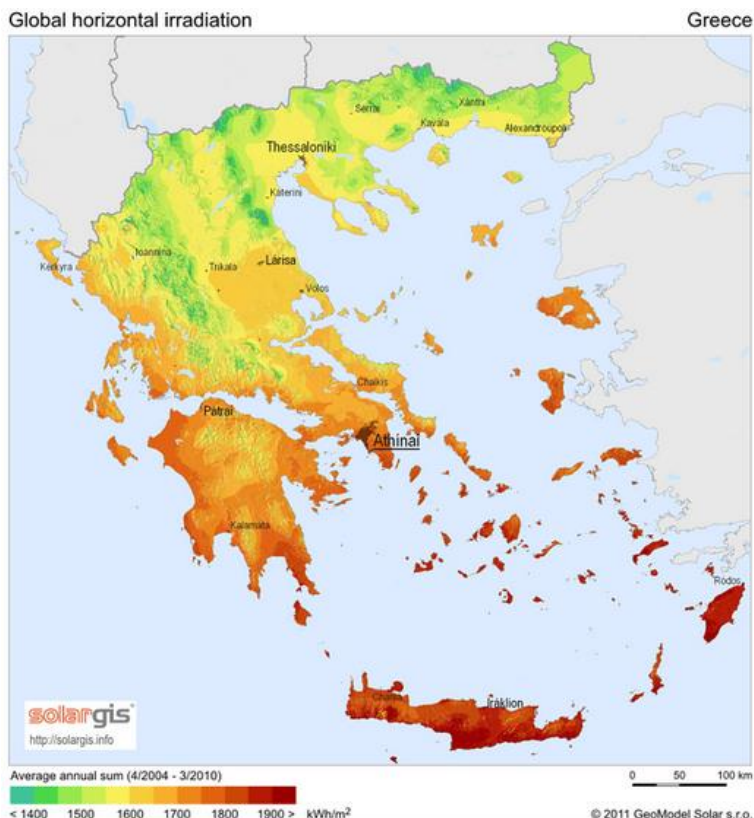
Συγκεκριμένα, αναμένεται μέχρι το 2030, οι ΑΠΕ, να βοηθήσουν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη κατά 60% σύμφωνα με έκθεση του Bloomberg News Energy Finance. Αυτό θα οφείλεται στην πτώση των τιμών των ΑΠΕ, δίνοντας μία αύξηση της τάξης του 40% το 2030 σε σχέση με το 2012. Μάλιστα αναμένεται η Ευρώπη να διαθέσει σχεδόν ένα τρις δολάρια προκειμένου να αυξήσει τη χωρητικότητά της σε ανανεώσιμες πηγές μέχρι το 2030, με φωτοβολταϊκά στέγης να αντιπροσωπεύουν το 339 δις και τα αιολικά τα 250 δις. Αντίστοιχη άνοδος στις ΑΠΕ αναμένεται και στην Αμερική, με τον Michel DiCarua, επικεφαλής της ανάλυσης για την Αμερική να υπογραμμίζει πως η αιολική και ηλιακή ενέργεια κερδίζουν ολοένα και περισσότερο έδαφος ενώ ο άνθρακας βρίσκεται σε ταχεία πτώση. (9)

Ειδικότερα, στον ελλαδικό χώρο, οι περιβαλλοντικές συνθήκες ευνοούν τόσο τη εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και γεωθερμικών συστημάτων όσο και ανεμογεννητριών. Η ετήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία κυμαίνεται μεταξύ 1.500 και 2.000kWh/τμ. (εικόνα 1:8) έτσι το κόστος εγκατάστασης φωτοβολταϊκών έχει σχετικά μικρό χρονικό διάστημα απόσβεσης που συνήθως δεν ξεπερνά τα 10 έτη. Πόσο μάλλον αν αναλογισθεί κανείς ότι η διάρκεια ζωής τους κυμαίνεται μεταξύ 25 και 50 ετών, και οι απώλειές τους λόγω παλαιότητας στο διάστημα αυτό είναι 5-8%, καταλαβαίνει ότι πρόκειται για ένα αρκετά αποδοτικό τρόπο παραγωγής ενέργειας.

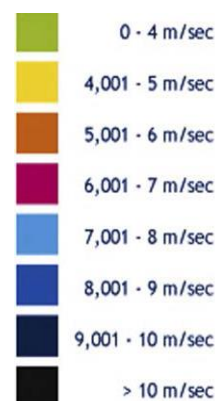
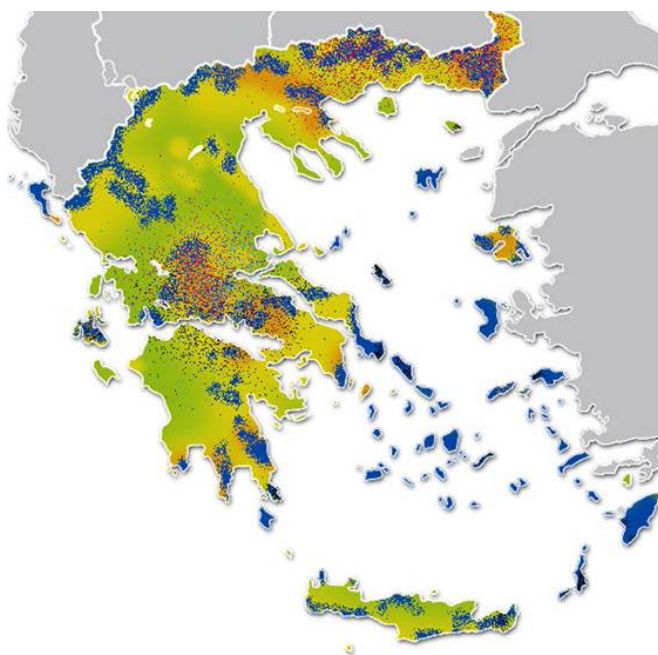
Εξίσου αποδοτική, όμως, μπορεί να είναι η εγκατάσταση ανεμογεννητριών. Ειδικά στην Ελλάδα με τη μεγάλη ακτογραμμή και τη μεγάλη νησιωτική έκταση η αιολική ενέργεια η αποδοτικότητα των αιολικών πάρκων θα ήταν υψηλή. Μέχρι στιγμής έχει εκτιμηθεί πως με το εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό καλύπτεται το 13,6% της απαιτούμενης συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας. Αξιοσημείωτες και αξιοπρόσεκτες από τους ειδικούς είναι οι ταχύτητες των ανέμων σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας καθώς η μέση ετήσια ταχύτητα των ανέμων ξεπερνά τα 4m/s σε πολλά σημεία της χώρας, ενώ σε ορισμένα ξεπερνά και τα 10m/s. (εικόνα 1:9).

Ήδη, υπάρχουν 3 αιολικά πάρκα στην Κεφαλονιά

όπου τροφοδοτούν το ελληνικό δίκτυο με 75,6 MW ηλεκτρικής ισχύος(Μανολάτη - Ξερολίμπα στο Αργοστόλι, Αγία Δυνατή του Δήμου Πυλαρέων και το Ημεροβίγλι στα όρια του Αργοστολίου με το δήμο Πυλαρέων) (10)



εικόνα 1:8 χάρτης απεικόνισης μέσης ετήσιας προσπίπτουσας ακτινοβολία, Απρίλιος 2004- Μάρτιο 2010 (51)



εικόνα 1:9 μέση ετήσια ταχύτητα ανέμων (52)

Τέλος, λόγω των γεωλογικών συνθηκών, υπάρχουν σημαντικές γεωθερμικές πηγές σε βάθος 100-1500 μέτρα, σε πληθώρα περιοχών, κυρίως στην κεντρική και βόρεια Ελλάδα καθώς και σε αρκετά νησιά του Αιγαίου (στο ηφαιστειακά ενεργό τόξο του Αιγαίου) αλλά και στα νησιά Χίος, Λέσβος, Μυτιλήνη όπου ενδείκνυνται για παραγωγή ηλεκτρικού μέσω δυαδικού κύκλου Organic Rankine Cycle, που μπορούν να αξιοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας . (11)

Παρόλα αυτά, αν και τα τελευταία χρόνια προωθείται σημαντικά η χρήση ανανεώσιμων μορφών ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, αποτελώντας την πιο αξιόπιστη λύση για την κάλυψη των μελλοντικών ενεργειακών αναγκών, δε μπορούν να παραβλεφθούν στην παρούσα φάση τα σημαντικά αποθέματα ορυκτών καυσίμων που διαθέτει η χώρα. Για παράδειγμα, τα αποθέματα λιγνίτη (μετά τη Γερμανία η Ελλάδα κατέχει τη δεύτερη θέση παραγωγής λιγνίτη, με αποθέματα ικανά να καλύψουν τις ανάγκες τουλάχιστον μισού αιώνα ακόμα) είναι αρκετά σημαντικά, η εκμετάλλευση των οποίων δε είναι λογικό να σταματήσει ή να παραγκωνιστεί, στερώντας μία φθηνή παραγωγή ενέργειας. Μολονότι έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή στην ατμόσφαιρα μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα και μικροσωματιδίων, υπάρχει η δυνατότητα λήψης μέτρων για τη μείωση της περιβαλλοντικής μόλυνσης που προκαλεί η εκμετάλλευση του.

Ένας δεύτερος λόγος που θέτει ερωτηματικά για την πλήρη χρήση μόνο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι οι περιβαλλοντικές καταστροφές και επιβαρύνσεις που προκαλούν τέτοια έργα ειδικά όταν είναι μεγάλης κλίμακας. Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες, για παράδειγμα, είναι κατασκευές μεγάλης κλίμακας, με ύψος και διάμετρο πτερυγίων που ξεπερνά τα 100 μέτρα και με απαιτούμενη θεμελίωση οπλισμένου σκυροδέματος έως και 500 τμ. Πέρα από αυτό, τις περισσότερες φορές, για την εγκατάσταση τους επιλέγονται απομακρυσμένες περιοχές, απαιτώντας επιπλέον έργα οδοποιίας ώστε να επιτευχθεί η πρόσβαση μεγάλων φορτηγών. Οι περιοχές αυτές είναι συνήθως εκτάσεις μακριά από το αστικό περιβάλλον, προκαλώντας ανεπανόρθωτη ζημιά στην χλωρίδα και την πανίδα τους.

1.3 Συνοψίζοντας

Όσον αναφορά το θέμα περί προστασίας του πλανήτη αρκεί να έχουμε στο μυαλό μας τη φράση του Bucky Fuller <<η γη είναι το διαστημόπλοίο μας>>. Τα περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, το λιώσιμο των πάγων, η αύξηση της στάθμης της θαλάσσιας επιφάνειας, οι όξινες βροχές, οι συνεχείς αλλαγές στο κλίμα κάθε περιοχής, η υποβάθμιση της ποιότητας του αστικού αέρα και αρκετά ακόμα, οδήγησαν την παγκόσμια κοινότητα να αναλάβει δράση για τη σωτηρία του πλανήτη, υιοθετώντας άμεσες και αποτελεσματικές λύσεις στα ζητήματα της ανάπτυξης, που να εγγυώνται οικονομική βιωσιμότητα, κοινωνική συνοχή, ευημερία, ποιότητα ζωής, ασφάλεια και κυρίως υψηλή **προστασία του περιβάλλοντος** και της **ανθρώπινης υγείας**.

Η εποχή μας επιβάλλει, με επιτακτικό τρόπο, μια συνολική αναβάθμιση του κτισμένου περιβάλλοντος και εν γένει, των οικισμών μας και πρέπει να δούμε τις πόλεις και τα κτίρια μας διαφορετικά, ώστε με φροντίδα και ενδιαφέρον να σχεδιάσουμε με 'ορθό', άρα και λογικό' τρόπο τα σύγχρονα κτίρια. Για παράδειγμα, από το 1832, στην Αγγλία υπάρχει ο νόμος **Right to Light**, που κατοχυρώνει το δικαίωμα του σωστού φυσικού φωτισμού των κατοικιών. Με βάσει αυτό το νόμο ο ιδιοκτήτης μιας κατοικίας που έχει δεχθεί το φως του ηλίου για περισσότερο από 20 χρόνια έχει τη δυνατότητα να απαγορεύσει οποιαδήποτε κατασκευή θα του το στερούσε ή θα του το μείωνε. Στο διάστημα αυτό, όμως, δεν είναι σε θέση να διευρύνει τα ήδη υπάρχοντα ανοίγματα. Στο κεντρικό Λονδίνο, μπορεί να συναντήσει κανείς πινακίδες κάτω από συγκεκριμένα παράθυρα που γράφουν 'Αρχαία Φώτα' και αναφέρονται στο παραπάνω δικαίωμα. (12)

Απώτερος στόχος τα κτίρια να είναι υγιή, ενεργειακά και περιβαλλοντικά αποδοτικά. Να προσφέρουν υψηλή ποιότητα και άνετες συνθήκες διαβίωσης. Να είναι ελκυστικά και ταυτόχρονα πιο αποδοτικά, συμβάλλοντας στον περιορισμό κυρίως της εκπομπής του CO₂ και των υπόλοιπων ρύπων που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, **Zero Emission Buildings**(ZEB), αλλά και στην εξοικονόμηση ενέργειας, **Zero Energy Buildings**(or nearly). Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί πως ο "νέος" αυτός σχεδιαστικός τρόπος των κτιρίων δεν περιορίζεται μόνο σε μικρού μεγέθους έργα. Απευθύνεται σε όλα τα κατασκευαστικά έργα ανεξαρτήτως κλίμακας, και ειδικότερα στον κτιριακό τομέα μπορεί να είναι σε ένα σύνολο κτιρίων, σε πανεπιστημιακές εγκαταστάσεις, σε γειτονιές, σε κοινότητες ακόμα και σε ολόκληρες πόλεις. Σε τέτοιου είδους έργα υπάρχει η δυνατότητα να εφαρμοστούν συστήματα μεγάλης κλίμακας, αξιοποιώντας καλύτερα τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας. Επομένως, αρκεί να γίνει στόχος όλων των μηχανικών ότι ο σχεδιασμός των πόλεων και των κτιρίων πρέπει πλέον να υπακούει στους φυσικούς νόμους και στην 'οικονομία της φύσης'.

Το να γυρίσουμε πιο κοντά στη φύση δεν συνεπάγεται μείωση της εξέλιξης και της τεχνολογικής προόδου, αντιθέτως δίνει τροφή για μεγαλύτερη έρευνα και προάγει πιο συνειδητοποιημένους μηχανικούς, επιστήμονες και εν γένει πολίτες.

1.4 Βασικά στοιχεία βιοκλιματικών συστημάτων

1.4.1 Παθητικά κτίρια (Nearly zero energy buildings)

Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων αποτελούν τα παθητικά συστήματα, τα οποία αποτελούν δομικά στοιχεία ενός κτιρίου. Τα παθητικά συστήματα λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα ή πρόσθετη παροχή ενέργειας και στοχεύουν στην αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των χώρων. Επίσης, η προσοχή στρέφεται και σε τεχνικές δόμησης των κτιρίων που βελτιώνουν τη φυσική λειτουργία και την ενεργειακή συμπεριφορά του κελύφους κατά τη διάρκεια όλων των εποχών.

Οι βασικές κατηγορίες που διαμορφώνονται λοιπόν με βάση το στόχο που θέλουν να εκπληρώσουν είναι:

1. Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης και ψύξης
2. Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού
3. Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός κτιρίου συνεπάγεται τη συνύπαρξη και συνδυασμένη λειτουργία όλων των παραπάνω συστημάτων, ώστε να συνδυάζουν θερμικά και οπτικά οφέλη καθ' όλη τη διάρκεια του έτους αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές πηγές, αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Έτσι, προκύπτει και το κύριο ζητούμενο που είναι το ενεργειακό όφελος και οι καλύτερες συνθήκες –ποιότητα ζωής εντός και εκτός του κτιρίου καθώς παρέχεται παθητική ηλιακή θέρμανση, ενισχύεται ο φυσικός δροσισμός και ρυθμίζεται το μικροκλίμα μέσα και γύρω από τις κατοικίες. **Με απλά λόγια** ο στόχος είναι η άνεση στο εσωτερικό του κτιρίου με την ελάχιστη επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Η εξοικονόμηση ενέργειας προέρχεται από τη μείωση απωλειών λόγω της **βελτιωμένης προστασίας του κελύφους**, την αποθήκευση και επαναδιάθεση της θερμικής ενέργειας (θερμότητας) μέσω των ηλιακών συστημάτων άμεσου ή έμμεσου κέρδους αλλά και απομονωμένου με συμβολή στις θερμικές ανάγκες των χώρων προσάρτησης και μερική κάλυψη των απαιτήσεων θέρμανσης του κτιρίου, δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης και θερμοκρασιακής σταθερότητας, διατήρηση της θερμοκρασίας εσωτερικού αέρα σε υψηλά επίπεδα τον χειμώνα (και αντίστοιχα χαμηλά το καλοκαίρι), με αποτέλεσμα την μείωση του φορτίου για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από τα επικουρικά συστήματα κατά την χρήση του κτιρίου αλλά και την καλύτερη προστασία της ίδιας της κατασκευής. Στις καλύτερες συνθήκες συμβάλλει η ορθότερη **επιλογή οικολογικών υλικών** που προσφέρει ένα πιο υγιές περιβάλλον για τους χρήστες ενώ συγχρόνως βοηθά στην προστασία του κλίματος και τη μείωση εκπομπής των ρύπων του φαινομένου του θερμοκηπίου, ο ειδικός σχεδιασμός και προσανατολισμός κτιρίων ώστε να υπάρχει πάντοτε ανανέωση του αέρα και σωστός φωτισμός για την άνεση και ευφορία των χρηστών. (13)

- Τα παθητικά συστήματα **άμεσου** κέρδους είναι: τα ανοίγματα του κτιρίου σε συνδυασμό με την αποθηκευτική ικανότητα των δομικών στοιχείων της κατασκευής. Πάνω σε αυτό υπάρχουν πάρα πολλές παράμετροι που μεγιστοποιούν την απόδοση του συστήματος όπως ο νότιος προσανατολισμός των ανοιγμάτων, το μέγεθος ανοιγμάτων και η αναλογία ανοιγμάτων με τα δομικά στοιχεία αποθήκευσης.
- Τα **απομονωμένα** συστήματα που απαρτίζονται από ηλιακούς χώρους, θερμοκήπια και αίθρια. Πρόκειται για χώρους ενταγμένους στο κτίριο οι οποίοι συγκεντρώνουν ενέργεια που μέρος της μεταφέρεται στον υπόλοιπο χώρο. Λειτουργούν δηλαδή σαν συνδυασμός των άμεσων και έμμεσων παθητικών συστημάτων. Η απόδοσή τους εξαρτάται από τον προσανατολισμό τους, τη σύνδεση με το κτίριο, το μέγεθός τους και τα υλικά κατασκευής.
- Τα **έμμεσα** παθητικά συστήματα όπως ο τοίχος Trombe. Η λογική των συστημάτων αυτών είναι η είσοδος την ηλιακής ακτινοβολίας στο κτίριο με διάφανες επιφάνειες, η αποθήκευση της ενέργειας αυτής σε υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας, η προστασία της ενέργειας-διατήρηση της στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου και η διοχέτευσή της στον υπόλοιπο χώρο που εντάσσεται το σύστημα. Τα μειονεκτήματα αυτών των συστημάτων είναι η υπερθέρμανσή τους, η μη παροχή αερισμού και πως παρόλο που εμφανίζονται σαν διάφανες εξωτερικές επιφάνειες δεν παρέχουν φωτισμό όμως υπάρχουν ικανοποιητικές πλέον λύσεις. Ειδικότερα για τον τοίχο μάζας ή αλλιώς Trombe, θα μιλήσουμε αναλυτικότερα στο επόμενο κεφάλαιο καθώς αποτελεί το βασικό παθητικό σύστημα που θα μελετήσω για τη μείωση της απαιτούμενης ενέργειας σε μία κατοικία.

1.4.2 Κριτήρια υλικών παθητικών συστημάτων

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα παθητικά ηλιακά συστήματα, διακρίνονται σε υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας και σε υλικά αποθήκευσης της θερμότητας. Τα υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας είναι διαφανή υλικά (διαπερατά από την ηλιακή ακτινοβολία). Τα κριτήρια για την επιλογή των διαφανών υλικών που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα παθητικό σύστημα είναι:

- Οι θερμοφυσικές ιδιότητες (διαπερατότητα, απορροφητικότητα και ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, ικανότητα εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας, θερμοπερατότητα).
- Η αισθητική, που είναι καθοριστικός παράγοντας για τη διαμόρφωση των όψεων του κτηρίου και η οποία συνδέεται και με τις θερμοφυσικές ιδιότητες του διαφανούς υλικού, (π.χ. συντελεστής ηλιακής ανακλαστικότητας, απορροφητικότητας).
- Η αντοχή, που πρέπει να είναι ικανή να παραλαμβάνει τις μηχανικές καταπονήσεις από θερμοκρασιακές μεταβολές και ανεμοπιέσεις.
- Το βάρος που μπορεί να φέρει το στοιχείο στο οποίο εφαρμόζεται το διαφανές υλικό.
- Το κόστος αγοράς, τοποθέτησης και συντήρησης που πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο για να μην επιβαρύνεται η κατασκευή.

Τα συνηθέστερα διαφανή υλικά που χρησιμοποιούνται σε κτιριακές κατασκευές είναι οι υαλοπίνακες, τα σκληρά πλαστικά (ακρυλικά, πολυεστερικά και πολυκαρβονικά) και η διαφανής θερμομόνωση. Αυτά που θα επικεντρωθούμε όμως και θα αναλύσουμε εκτενέστερα στο δεύτερο μέρος είναι τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας αλλά και για τη θερμομόνωση.

Τα πρώτα είναι υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Συνήθως είναι οικοδομικά υλικά του φέροντα οργανισμού και του κελύφους γενικότερα ή των εσωτερικών διαχωριστικών τοιχοποιιών, καθώς και υλικά επενδύσεων τοιχοποιιών και δαπέδων.

Τα πιο ικανά υλικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση της θερμότητας στα ηλιακά παθητικά συστήματα είναι:

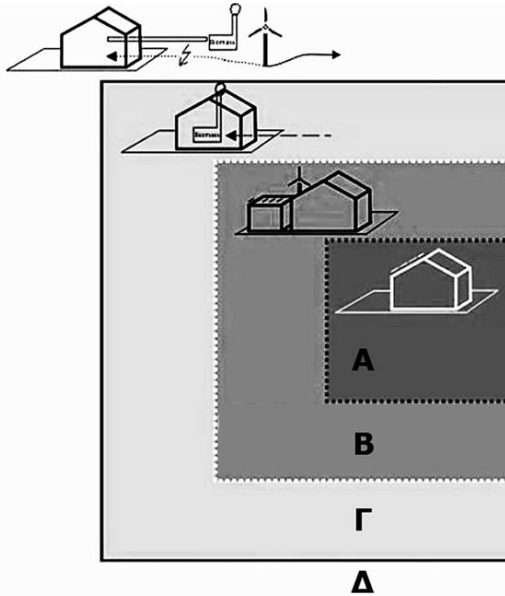
- το σκυρόδεμα: εμφανίζει το πλεονέκτημα ότι είναι συγχρόνως υλικό με μεγάλη θερμοχωρητικότητα και στοιχείο του φέροντα οργανισμού.

- η πέτρα, οι ωμόπλινθοι, οι οπτόπλινθοι (συμπαγείς και διάτρητοι) και τα κεραμικά πλακίδια είναι τα υλικά που κυρίως χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας. Είναι υλικά φερόντων δομικών στοιχείων ή στοιχείων πληρώσεως ή υλικά επενδύσεως τοίχων και δαπέδων.
- το νερό είναι το υλικό με τη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα, αλλά υπάρχουν κατασκευαστικές δυσκολίες για τη χρησιμοποίησή του σε δομικά στοιχεία. Μπορεί να τοποθετηθεί σε δεξαμενές νερού που ενσωματώνονται στα δομικά στοιχεία (π.χ. σε τμήμα της εξωτερικής τοιχοποιίας), ή σε μεμονωμένα στοιχεία-δοχεία.
- τα υλικά αλλαγής φάσης (π.χ. τα εύτηκτα άλατα, όπως το άλας του Glauber), είναι σχετικά νέα υλικά που χρησιμοποιούνται σε επιλεγμένες θέσεις μέσα σε ειδικές δεξαμενές για την αποθήκευση της θερμότητας. Επίσης, είναι υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για θερμομόνωση, βέβαια βρίσκονται αρκετά από αυτά σε πειραματικά στάδια ακόμα και δεν έχουν εισέλθει στο χώρο των κατασκευών. Τα υλικά αυτά αλλάζουν φάση (Phase Change Materials - PCM), δηλαδή αλλάζοντας φυσική κατάσταση (για παράδειγμα, από τη στερεά στην υγρή κατάσταση), αποθηκεύουν θερμότητα, την οποία αποδίδουν για να επιστρέψουν στην αρχική φυσική τους κατάσταση.

Το Παθητικό Πρότυπο (PH) κατασκευής επιτυγχάνει εξαιρετικά χαμηλή ενέργεια κατανάλωσης. Όλα τα εξαρτήματα που απαιτούνται για την κατασκευή των PH είναι ήδη διαθέσιμα, έτσι, το παθητικό πρότυπο ολοένα κερδίζει έδαφος και πλέον δεν είναι μόνο για κατοικίες αλλά και πρότυπο για μη οικιακής χρήσης κτίρια, όπως γραφεία αλλά και πρότυπο για ανακαίνιση παλιών κτιρίων. Χρήστες ενός τέτοιου κτιρίου μπορούν να απολαύσουν μεγάλο βαθμό της άνεσης σε συνδυασμό με πολύ χαμηλό κόστος ενέργειας. Ένας μεγάλος αριθμός των τεκμηριωμένων ευρωπαϊκά και διεθνών προγραμμάτων υποδεικνύουν ότι τελικά το πρότυπο αυτό ευδοκιμεί στην σημερινή κοινωνία και είναι ευρέως προσιτό.

1.4.3 Κτίρια μηδενικού ή σχεδόν μηδενικού ισοζυγίου

- Σύμφωνα με την Energy Performance Building Directive (EPBD) ως «σχεδόν μηδενικής κατανάλωση ενέργειας» Κτίριο (NZEB) είναι ένα κτίριο που έχει μια πολύ καλή ενεργειακή απόδοση. Η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται, θα πρέπει να καλύπτεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.



εικόνα 1:10 βασικές κατηγορίες ενεργειακά ανεξάρτητων κτιρίων

Οι υπόλοιπες ανάγκες ενέργειας καλύπτονται από ανανεώσιμες ή ήπιες πηγές ενέργειας όπως η αιολική, η ηλιακή (το πιο σύνηθες είναι η χρήση φωτοβολταϊκών), η βιομάζα, η γεωθερμική. Στα κτίρια μηδενικού ισοζυγίου ή σχεδόν μηδενικού υπάρχουν 4 βασικές κατηγορίες (εικόνα 1:10) αναλόγως με την προέλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που χρησιμοποιούν.

1). Στην πρώτη κατηγορία βρίσκονται οι κατασκευές που έχουν τη δυνατότητα να καλύψουν τις ενεργειακές τους ανάγκες αποκλειστικά από συστήματα ανανεώσιμων πηγών που είναι εγκατεστημένα στο κέλυφός τους. Με αυτόν τον τρόπο, είναι εύκολο να επιτευχθεί μηδενικό ενεργειακό ισοζύγιο στην κατανάλωση τόσο πρωτογενούς όσο

και δευτερογενούς ενέργειας, αλλά και εκπομπών, ειδικά αν η πλεονάζουσα ενέργεια διοχετεύεται στο δίκτυο, αλλά δύσκολο να επιτευχθεί μηδενικό ενεργειακό κόστος.

2). Η συγκεκριμένη κατηγορία αφορά τα κτίρια που δεν έχουν τη δυνατότητα να καλύψουν τις ενεργειακές τους ανάγκες μόνο από συστήματα ανανεώσιμων πηγών που βρίσκονται στο κέλυφός τους, οπότε τις καλύπτουν με επιπλέον συστήματα που εγκαθίστανται σε κάποιο ελεύθερο χώρο της ιδιοκτησίας τους. Ο συγκεκριμένος τρόπος παρουσιάζει τις ίδιες δυσκολίες με την πρώτη κατηγορία, καθώς μπορεί να επιτευχθεί εύκολα μηδενικό ενεργειακό ισοζύγιο στην κατανάλωση πρωτογενούς και δευτερογενούς ενέργειας εκπομπών, αλλά δύσκολα μπορεί να επιτευχθεί μηδενικό ενεργειακό κόστος.

3). Οι κατασκευές που εντάσσονται στην τρίτη κατηγορία καλύπτουν μέρος ή ολόκληρες τις ενεργειακές τους ανάγκες καταναλώνοντας κάποια μορφή ανανεώσιμης ενέργειας, όπως η βιομάζα, η αιθανόλη, το βιοντίζελ κ.α. και το υπόλοιπο μέρος από συστήματα ανανεώσιμων πηγών που βρίσκονται είτε στο κέλυφός τους, είτε σε κάποιο ελεύθερο χώρο της ιδιοκτησίας τους, είτε σε συνδυασμό και των δύο. Τα κτίρια της συγκεκριμένης κατηγορίας είναι εύκολο να επιτύχουν

μηδενικό ισοζύγιο στην κατανάλωση ενέργειας, όχι όμως της πρωτογενούς ενέργειας, του κόστους και των εκπομπών.

4). Τα κτίρια τις συγκεκριμένης κατηγορίας, τροφοδοτούνται με ενέργεια από κάποια οργανωμένη ανανεώσιμη πηγή, όπως ένα φωτοβολταϊκό ή αιολικό πάρκο, είτε αποκλειστικά, είτε σε συνδυασμό με κάποια ή κάποιες από τις παραπάνω κατηγορίες. Οι κατασκευές της τέταρτης κατηγορίας είναι εύκολο να επιτύχουν μηδενικό ενεργειακό ισοζύγιο στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και στις εκπομπές, ενώ είναι δύσκολο να επιτύχουν μηδενική κατανάλωση ενέργειας και ενεργειακό κόστος.

Τα κτίρια NZEB είναι ένας τύπος των ZEB, ο οποίος εξασφαλίζει θερμική άνεση στους ενοίκους τόσο κατά τους καλοκαιρινούς όσο και για τους χειμερινούς μήνες.
(14)

2 Ευρωπαϊκή Ένωση και Παθητικά κτίρια

2.1 Εισαγωγή

Με αφορμή λοιπόν, τα ποσά κατανάλωσης της ευρωπαϊκής ενέργειας και την κλιματική αλλαγή, το 2007, η Ευρωπαϊκή Ένωση έθεσε υποχρεωτικούς και φιλόδοξους στόχους, ονομάζοντας το πρόγραμμα 20-20-20: μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κυρίως CO₂ 20%, αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών στην κατανάλωση ενέργειας στο 20% και μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά 20%, έως το 2020. Η ενεργειακή απόδοση βρίσκεται στο επίκεντρο της Στρατηγικής του 2020 της ΕΕ για έξυπνη, διατηρήσιμη και χωρίς αποκλεισμούς ανάπτυξη και τη μετάβαση σε έναν οικονομικά αποδοτικό πόρο στην Ευρώπη.

Όπως επισημαίνεται από τους υπολογισμούς της Επιτροπής, το 2010, ο στόχος που τέθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση για εξοικονόμηση του 20% της πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας μέχρι το 2020 δεν θα επιτευχθεί με την τρέχουσα κατάσταση. Σύμφωνα με τις πλέον πρόσφατες προβλέψεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η κατανάλωση το 2020 αναμένεται να είναι ισοδύναμη με μόνο 9% λιγότερη (που αντιστοιχεί σε μείωση από 164 Mtoe πρωτογενούς ενέργειας αντί της μείωσης του 368 Mtoe, όπως αναφέρεται στους 20-20-20 στόχους), δηλαδή σχεδόν στο μισό του αρχικού στόχου, επιβαρύνοντας έτσι και τη μείωση των ρύπων του θερμοκηπίου

Το μεγαλύτερο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας βρίσκεται στα κτίρια, καθώς σχεδόν το 40% της τελικής καταναλώσιμης ενέργειας λαμβάνει χώρα σε κατοικίες, δημόσια/ιδιωτικά γραφεία, καταστήματα και άλλα κτίρια και το 36% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για την Ευρώπη. Τα 2/3 της κατανάλωσης αυτής είναι καθαρά χρησιμοποιούμενα για τη θέρμανση χώρων με το μεγαλύτερο μερίδιο της ενέργειας να προέρχεται από πηγές ορυκτών καυσίμων (όπως έχει προαναφερθεί). Στις περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες, ο κατασκευαστικός τομέας αποτελεί τη μεγαλύτερη επιβάρυνση στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου με το εκτιμώμενο ποσοστό να είναι 33% κατά μέση τιμή. Ως αποτέλεσμα, η πολύ χαμηλή ή σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη των στόχων 20-20-20. Κατά συνέπεια, η Ευρωπαϊκή Ένωση επικεντρώνεται στα κτίρια αυτά ως ένα σημαντικό βήμα προς την επίτευξη των στόχων αυτών και απαιτεί από το 2018 όλα τα νέα κτίρια να πληρούν τις απαιτήσεις για σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας στην οποία το πολύ χαμηλό ή σχεδόν μηδενικό ποσό ενέργειας θα πρέπει να καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Για την Ελλάδα, η κατανάλωση ενέργειας βρίσκεται ακόμα πιο πάνω στον κτιριακό τομέα, όντας υπεύθυνος για το 60% του γενικού συνόλου. Μάλιστα, εκτιμήσεις τοποθετούν την Ελλάδα στη λίστα με τις χώρες που άργησαν και εφάρμοσαν πλημμελώς τις Ευρωπαϊκές διατάξεις για αναβάθμιση του κτιριακού αποθέματος (KENAK 2010). Την ίδια ώρα που κάποιες χώρες είχαν θέσει και στόχους για 30-30-30 και με πολύ πιο αυστηρούς όρους για αναβάθμιση σε σχέση με τον KENAK.

Τα κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας (nearly zero carbon buildings) χρειάζονται 80% λιγότερη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη σε σύγκριση με συμβατικά πρότυπα των νέων κτιρίων και 90% λιγότερη ενέργεια από ότι το υφιστάμενο κτιριακό απόθεμα. Για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20% και να μειωθούν οι εκπομπές των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου κατά 20% μέχρι το έτος 2020, η σχεδόν μηδενικής ενεργειακής τεχνολογίας κτιρίων είναι ένα σημαντικό εργαλείο σε στο δρόμο αυτό. Την ίδια στιγμή, αυτά τα κτίρια πρέπει να είναι ασφαλή, υγιεινά, λειτουργικά και άνετα, καθώς και αισθητικά ενταγμένα στον πολεοδομικό ιστό μας. Μία συνάντηση που ερχόταν πρόσωπο με πρόσωπο με τον κτιριακό τομέα, ως έχει σήμερα και πλέον στόχος είναι η κατανίκηση της αδρανειακής κατάστασης στον τομέα αυτό.

Με αυτές τις προκλήσεις κατά νου, η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) στηρίζει σταθερά την έρευνα και ανάπτυξη αρχιτεκτονικής με χαμηλό ενεργειακό κόστος, υιοθετώντας ταυτόχρονα την απαραίτητη νομοθεσία: η **Οδηγία 2010/31/ΕΕ** ενεργειακής απόδοσης των Κτιρίων (κατάργηση 2002/91/ΕΕ), συμπλήρωση της προηγούμενης οδηγίας **Κανονισμός 244/2012/ΕΕ** για τον καθορισμό συγκριτικού μεθοδολογικού πλαισίου για το υπολογισμό των επιπέδων βέλτιστου κόστους των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και των δομικών στοιχείων και η Οδηγία σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (**Οδηγία 2009/28/ΕΚ**). Αμφότερες οι οδηγίες, επικεντρώνονται στο βασικό ρόλο της πολύ χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, στη συμμετοχή του δημόσιου τομέα, στη σπουδαιότητα ενσωμάτωσης στο κτίριο συστημάτων υψηλής απόδοσης και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και στη σημασία της καθοδήγησης και κατάρτισης για την επίτευξη του 20-20-20 στόχου.

Επιπλέον οδηγίες συμπεριλαμβάνουν κανονισμό για πιστοποίηση δομικών υλικών **Κανονισμός 305/2011/ΕΕ**, **Οδηγία 2010/30/ΕΕ** για την επισήμανση με πινακίδες και πληροφορίες για τις προδιαγραφές του προϊόντος, της κατανάλωσης ενέργειας και άλλων πηγών ενεργειακών προϊόντων.

Οι οδηγίες για την περαιτέρω προώθηση της βασίζονται στον υποδειγματικό ρόλο του δημόσιου τομέα, προτείνοντας να επιταχυνθεί ο ρυθμός ανακαίνισης των δημόσιων κτιρίων μέσω δεσμευτικού στόχου (3% κάθε χρόνο) και την εισαγωγή κριτηρίων ενεργειακής απόδοσης στις δημόσιες δαπάνες, **Οδηγία 2012/27/ΕΕ** για την ενεργειακή απόδοση (κατάργηση των 2004/8/ΕΚ και 2006/32/ΕΚ και τροποποίηση των 2009/125ΕΚ και 2010/30/ΕΕ). Εκτός από μέτρα για τους δημόσιους φορείς αναφέρονται μέτρα για επιχειρήσεις κοινής ωφελείας που θα ενθαρρύνουν τους τελικούς χρήστες να μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας μέσω βελτιώσεων όπως φροντίδα μόνωσης κατοικιών. Επιπλέον οι μεγάλες επιχειρήσεις θα υπόκεινται σε ενεργειακό έλεγχο κάθε τρία χρόνια.

Για να αναπτυχθεί αυτή η προσέγγιση για την ευρύτερη κλίμακα, η Επιτροπή προτείνει ότι οι δημόσιοι φορείς πρέπει να αναλάβουν ηγετικό ρόλο στην δημιουργία των κτιρίων τους σε κτίρια υψηλής απόδοσης ενέργειας διατηρώντας υψηλά πρότυπα ενεργειακής απόδοσης. Αυτή η γραμμή θα πρέπει να εφαρμόζεται συστηματικά όταν οι δημόσιες αρχές επενδύουν σε αγαθά, υπηρεσίες (π.χ. ενέργεια)

και έργα (π.χ. ανακαίνιση κτιρίων). Τέλος, με την **Οδηγία 2010/31/ΕΕ** της 19^{ης} Μαΐου 2010 η οποία τέθηκε σε εφαρμογή από τις 31/12/2008 όλα τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης το υφιστάμενο κτιριακό απόθεμα θα πρέπει να αναβαθμιστεί αλλιώς θα απαξιώνεται, και όλα τα νέα κτίρια θα πρέπει να είναι NZEB. Όλα τα παραπάνω αξίζει να σημειωθεί πως εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας δίνει ξανά ώθηση στην οικοδομική δραστηριότητα.

2.1.1 Παγκόσμια και Ευρωπαϊκά παραδείγματα

Ένα παράδειγμα για η σημασία και τις προσπάθειες που γίνονται για την εξάπλωση, προώθηση και βελτίωση της δόμησης και την επίτευξη των παραπάνω στόχων όχι μόνο ευρωπαϊκών αλλά και παγκοσμίων είναι το **Solar Decathlon**. Ένας διεθνής διαγωνισμός που διοργανώνεται από το Υπουργείο Ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών [U.S. Department of Energy] και το Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας [NREL], με σκοπό το σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία της πιο αποδοτικής και ενεργειακά αυτόνομης κατοικίας που βασίζεται αποκλειστικά στην ηλιακή ενέργεια. Ο διαγωνισμός ξεκίνησε το 2002 και από τότε πραγματοποιείται συνήθως κάθε δύο χρόνια στην πρωτεύουσα των Ηνωμένων Πολιτειών, Ουάσινγκτον, με τη συμμετοχή είκοσι πανεπιστημιακών ομάδων. Η ονομασία δέκαθλο προέρχεται από τους δέκα τομείς που θα εξετάζονται οι κατοικίες:

- i. αρχιτεκτονική,
- ii. ανταπόκριση στην αγορά,
- iii. τεχνολογία,
- iv. επικοινωνία,
- v. προσιτό κόστος,
- vi. συνθήκες άνεσης,
- vii. ζεστό νερό,
- viii. χρήση ηλεκτρικών συσκευών,
- ix. οικιακή ψυχαγωγία,
- x. ενεργειακή ισορροπία.

Οι νικητές των διαγωνισμών μέχρι στιγμής είναι το Πανεπιστήμιο του Colorado (το 2002 και το 2005), η Πολυτεχνική Σχολή του Darmstadt (το 2007 και το 2009) και το Πανεπιστήμιο του Maryland (εικόνα 2:1). Από το 2010, υπάρχει και αντίστοιχος ευρωπαϊκός διαγωνισμός που διοργανώνεται στη Μαδρίτη, ενώ από το 2013 προβλέπεται αντίστοιχος διαγωνισμός και στην Κίνα. (15)



εικόνα 2:1 κατασκευή πανεπιστημίου Maryland το 2011 (15)

Σε νομοθετικό επίπεδο, αντίστοιχα παραδείγματα είναι το πρόγραμμα που ανακοινώθηκε το Δεκέμβριο του 2006, από την κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου κατά το οποίο από το 2016 όλες οι καινούριες κατοικίες που θα κατασκευάζονται θα πρέπει να είναι μηδενικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Το Μάρτιο του ίδιου έτους, το παγκόσμιο εμπορικό συμβούλιο (The World Business Council for Sustainable Development) για την αιφόρο ανάπτυξη ανακοίνωσε ότι προωθεί την ανάπτυξη των κτιρίων μηδενικού ενεργειακού ισοζυγίου, στοχεύοντας μέχρι το 2050

όλα τα καινούρια κτίρια να είναι μηδενικού ενεργειακού ισοζυγίου και να έχουν μηδενικές εκπομπές σε διοξείδιο του άνθρακα, ενώ παράλληλα να είναι οικονομικά βιώσιμα στην κατασκευή και τη λειτουργία τους.

2.2 Οργανισμοί-Κριτήρια-Πιστοποιήσεις (16) (17)

Φυσικά για να έχουμε ένα παθητικό ή εν γένει αειφόρο σύστημα υπάρχουν συγκεκριμένα κριτήρια και πιστοποιήσεις από πολλούς ευρωπαϊκούς και παγκόσμιους οργανισμούς. Μερικοί από τους σημαντικότερους παρατίθενται στη συνέχεια:

1. European Performance Building Directive (EPDB)
2. Passive House Institute (PHI), Darmstadt
3. International Passive House Association (iPHA), παγκόσμιο από PHI
4. Building Research Establishments (BRE), U.K
5. Green Building Council (USGBC), U.S
6. National Association of Home Builders (NAHB), U.S
7. International Living Future Institute

Από αυτές τις οργανώσεις έχουν δημιουργηθεί κριτήρια, κώδικες αλλά και πιστοποιήσεις για τις κατασκευές. Στην Ευρώπη ακόμα δεν έχουν αναπτυχθεί πολλές διαφορετικές πιστοποιήσεις σε αντίθεση με την Αμερική όπου υπάρχουν διαφορετικές για σχεδόν κάθε πολιτεία. Οι **πιστοποιήσεις** αυτές (εξετάζοντας το κτίριο σαν ενιαίο σύνολο) είναι οι εξής :



- Πιστοποίηση από το Passive House Institute (PHI), καθώς και πιστοποίηση για μετατροπή παλαιών κτιρίων σε παθητικά (EnerPHit)



- Building Research Establishment's Environmental Assessments Method (BREEAM), πρώτο στο Ηνωμένο Βασίλειο και παγκοσμίως το 1990
- European Performance Building Directive (EPDB)



- Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), δημιουργήθηκε το 2000 από το Green Building Council (USGBC)



- Living Building Challenge (LBC), από τα πιο πρόσφατα και απαιτητικά, θέτοντας τον πήχη πολύ πιο επάνω από το LEED, δημιουργήθηκε από το International Living Future Institute.



- National Green Building Standard (NGBS), από το National Association of Homebuilders το οποίο βασίζεται στο ICC 700 National Green Building Standard, που είναι το μόνο αποδεκτό από American National Standard Institute (ANSI). Ειδικά για τον Καναδά αναπτύχθηκε το Green Building Initiative (GBI)

Για τις πιστοποιήσεις αυτές, όπως και για αυτές που αναφέρονται σε μεμονωμένα προϊόντα, υπάρχουν τρεις κατηγορίες οι οποίες είναι: 1st party, 2nd party, 3rd party. Αυτός ο διαχωρισμός γίνεται καθώς οι τελευταίες, πιστοποιούν υλικά και κτίρια παρέχοντας τις πιο αυθεντικές και αξιόπιστες πιστοποιήσεις αφού απονέμονται από έναν ανεξάρτητο μη κερδοσκοπικό οργανισμό που δεν έχει καμία επιχειρηματική σχέση ή νομισματική με τον κατασκευαστή του προϊόντος, τον εργολάβο του κτιρίου ή το σχεδιαστή. Από τις προαναφερόμενες οι τέσσερις τελευταίες είναι οι πιο διαδεδομένες τέτοιου τύπου.

Στο άλλο άκρο του φάσματος είναι οι κάπως αμφίβολες first-party ετικέτες, οι οποίες δεν έχουν ελεγχθεί ή ελέγχονται από ανεξάρτητη εξωτερική πηγή. Αυτές οι ετικέτες δημιουργούνται συχνά από εταιρείες που πωλούν προϊόντα με οικολογική σήμανση ως μια τακτική μάρκετινγκ για να πουλήσουν περισσότερα προϊόντα ή για να αποσπάσουν μία προνομιακή τιμή. Ένα παράδειγμα αυτού είναι όταν μια εταιρεία κάνει τη δική της πράσινη ετικέτα τους για να τα θέσει ως «πράσινα» προϊόντα, αλλά τα πρότυπα που χρησιμοποιεί δεν είναι σαφή, διαφανή ή από ανεξάρτητο οργανισμό. Στη μεσαία κατηγορία, 2nd party, οι πιστοποιήσεις εμπίπτουν κάπου μεταξύ τρίτου και πρώτου από την άποψη της αξιοπιστίας και της μεθόδου. Είναι πιο αξιόπιστες από τις first-party ετικέτες επειδή έχει δημιουργήσει ένα πρότυπο και αποδεδειγμένες απαιτήσεις, αλλά συχνά δεν υπάρχει η διαφάνεια και η ανεξαρτησία μιας πραγματικής τρίτου συστήματος επισημάνσης, διότι το δεύτερο μέρος έχει συχνά μια επιχειρηματική σχέση / σύγκρουση συμφερόντων με το πρώτο κόμμα (και ως εκ τούτου δεν είναι ανεξάρτητη), και τα κριτήρια που ορίζουν τι μετράει για «πράσινες» ετικέτες δεν είναι πάντα διαφανή και τυποποιημένα. Βεβαίως μία 2nd party μπορεί να αναβαθμιστεί σε 3rd άμα υιοθετήσει αυστηρά και αδιάβλητα πρότυπα όπως οι: C2C (Cradle-to-Cradle) και Business and Institutional Furniture Manufacturer's Association (BIFMA), πιστοποιήσεις για προϊόντα.

Φυσικά υπάρχουν συγκεκριμένες **οδηγίες και πρότυπα** από οργανισμούς για τη δημιουργία ενός παθητικού κτιρίου. Στην **Ευρώπη** ειδικότερα υπάρχουν τα πρότυπα από το:

- ❖ Passive House Institute (PHI), Darmstadt
- ❖ Promotion of European Passive Houses (PEP) ένα πρόγραμμα που στηρίζεται από την Intelligent Energy Europe (IEE) και ένας από τους στόχους του είναι η προετοιμασία μιας παγκόσμιας πιστοποίησης που να συνδυάζεται με τα εθνικά σχέδια για της ενεργειακής απόδοσης αλλά και του European Performance Building Directive (EPDB).
- ❖ CEN Technical Committee for the sustainability of construction works, CEN TC 350
- ❖ Code of Sustainable Homes

Αντίστοιχα υπάρχουν **στην Αμερική** κανόνες και οδηγίες που πρέπει να τηρούνται κατά την κατασκευή παθητικών κτιρίων.

- ❖ ANSI/ASHRAE/USGBC/IES Standard 189.1, Πρότυπο για τον σχεδιασμό των υψηλής απόδοσης Πράσινων Κτιρίων εκτός χαμηλών κατοικήσιμων κτιρίων
- ❖ ANSI / ASHRAE / IESNA Standard 100-1995 - Εξοικονόμηση ενέργειας σε υφιστάμενα κτίρια.

Τα πιο διαδεδομένα πρότυπα για **κατοικήσιμα** κτίρια είναι τα:

- ❖ International Energy Conservation Code (IEEC) (Model Energy Code, MEC),
- ❖ ASHRAE 90.2 (American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers)
- ❖ International Residential Code (IRC)
- ❖ NFPA(National Fire Protection Association) 5000

Για **εμπορική χρήση** αντίστοιχα είναι τα:

- ❖ IECC
- ❖ ASHRAE 90.1
- ❖ NFPA 5000

2.3 Πιστοποιήσεις προϊόντων

Εκτός από τις πιστοποιήσεις και τα κριτήρια για το κτίριο σαν σύνολο υπάρχουν και πιστοποιήσεις για τα προϊόντα που θα χρησιμοποιηθούν ξεχωριστά. Είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει γνώση της προέλευσης της πιστοποίησης ώστε να γνωρίζουν οι χρήστες για την αξιοπιστία της. Για να κατανοήσουμε πλήρως τι ακριβώς αντιπροσωπεύει μια πράσινη πιστοποίηση, πρέπει να επανεξεταστούν προσεκτικά οι λεπτομέρειες των προδιαγραφών και απαιτήσεων. Το ISO καθορίζει διαφορετικούς τύπους ετικετών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τα προϊόντα. Παρακάτω είναι μια περίληψη των ISO καθορισμένες ετικέτες και αυτό που ζητείται σε κάθε τύπο της ετικέτας. Οι πιστοποιήσεις των προϊόντων που διατίθενται στις ΗΠΑ είναι τύπου I ως επί το πλείστον και τύπου II, ενώ τα σήματα τύπου III απαιτούνται σήμερα στη Γαλλία και όλο και πιο συχνά στην Ευρώπη.

Type	ISO Number	What the label does
Type I	ISO 14024	Seal of approval for multi-attribute requirements
Type II	ISO 14021	Verifiable single-attribute environmental claims for issues such as energy consumption, emissions, or recycled content. Can be first-party, self-declared manufacturer claims. However many manufacturers are beginning to seek third-party verification of those claims in response to industry demand.
Type III	ISO >14025	Comprehensive environmental product disclosure and detailed product information. Similar to an Environmental Product Declaration (EPD)

εικόνα 2:2 ISO-defined Types of Green Product Certification Labels.(16)

Όταν πρόκειται για τα προϊόντα, υπάρχει ένας ακόμα διαχωρισμός στο χαρακτηρισμό. Υπάρχουν οι πιστοποιήσεις που βασίζονται στον έλεγχο ενός χαρακτηριστικού αλλά και αυτές που ελέγχουν ένα πακέτο κριτηρίων. Μερικά παραδείγματα για την κατανόηση του διαχωρισμού για πιστοποιήσεις με μονομερή κριτήρια είναι: η Energy Star που στηρίζεται στην κατανάλωση ενέργειας, η Water Sense, στην κατανάλωση νερού, η FSC στη βιωσιμότητα των δασών. Τα συστήματα πιστοποίησης που αξιολογούν πολλούς περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως η διάρκεια του κύκλου ζωής, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, ανακύκλωσης, και χρήση του νερού, είναι γνωστά ως πολλαπλών χαρακτηριστικών πιστοποιήσεις , τέτοια είναι τα Cradle to Cradle (C2C) και Green Seal. (18)

Ένας καθαρά Ευρωπαϊκός κανόνας κατηγοριοποίησης είναι:

- ❖ EN15804, πυρήνας από τους κανόνες κατηγοριοποίησης προϊόντων για την Ευρώπη, από το Environmental Product Declaration(EPD)

2.3.1 Πιστοποιήσεις μονομερών κριτηρίων (16)

- ❖ ENERGY STAR, πρόγραμμα που θεσπίζεται από την Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA) για να βοηθήσει τους καταναλωτές να αναγνωρίζουν ενεργειακά αποδοτικά ηλεκτρικά προϊόντα, όπως οικιακές συσκευές και ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης.
- ❖ Water Sense, επίσης από την EPA είναι μια ετικέτα που βοηθά τους καταναλωτές να αναγνωρίζουν τα προϊόντα και τις υπηρεσίες που μειώνουν τη χρήση νερού. Για να κερδίσουν την ετικέτα Water Sense, οι υποψήφιοι πρέπει να αποδείξουν ότι είναι τουλάχιστον 20 τοις εκατό πιο αποτελεσματικοί από ό, τι άλλα προϊόντα, χωρίς να θυσιάζεται η απόδοση.
- ❖ FSC, Forest Stewardship Council, είναι ένα τρίτο πρόγραμμα πιστοποίησης, ιδρύθηκε το 1993 με στόχο την προώθηση της υπεύθυνης δασοκομίας και της πιστοποίησης προϊόντων που προκύπτουν από ξύλο, όπως η κατασκευή ξυλείας και χαρτί προϊόντα. Το πρότυπο FSC διοικείται από το Forest Stewardship Council, ενώ η FSC πιστοποίηση απονέμεται από τρίτους, όπως η Rainforest Alliance και επιστημονικά συστήματα πιστοποίησης. Υπάρχουν διαφορετικά πρότυπα για διαφορετικά προϊόντα ξύλου (FSC καθαρό, FSC μικτή, και ανακυκλωμένο FSC) και των διαφόρων περιοχών.

2.3.2 Πιστοποιήσεις πολύπλευρων κριτηρίων

- ❖ Cradle to Cradle Certified CM Products Program, συνεχές πρότυπο βελτίωσης της ποιότητας βασίζεται σε βιβλίο του 2002, Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things από William McDonough και Michael Braungart. Το πρόγραμμα αξιολογεί ένα προϊόν βάσει πέντε κατηγοριών ποιότητας: Υγιεινό προς τους χρήστες, Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης υλικού, Διαχείριση Υδάτινων Πόρων, Κοινωνική Δικαιοσύνη, Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Διαχείριση του άνθρακα. Το Cradle to Cradle Products Innovation Institute είναι ένας ανεξάρτητος, μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα που παρέχει πιστοποίηση 3rd party.
- ❖ Scientific Certification Systems, το σήμα SCS απονέμεται σε ένα ευρύ φάσμα προϊόντων, από υφάσματα, δάπεδα, έπιπλα από SCS Global Service, είναι επίσης μία 3rd party πιστοποίηση.
- ❖ Green Seal, τα οικοδομικά προϊόντα που καλύπτονται από αυτό περιλαμβάνουν χρώματα, κόλλες, λάμπες, παράθυρα, καλύμματα παραθύρων, φινιρίσματα και αισθητήρες κίνησης. Green Seal βασίζεται στο LEED σύστημα βαθμολόγησης.
- ❖ Business and Institutional Furniture Manufacturer's Association (BIFMA), δημιουργεί πρότυπα για την αξιολόγηση της ασφάλειας, την αντοχή, την εργονομία, την τοξικότητα και στατικής επάρκειας των επίπλων
- ❖ GREENGUARD από την 3rd party (UL Environment, μια επιχειρηματική μονάδα της Underwriters Laboratories, εταιρεία που διαχειρίζεται την ετικέτα GREENGUARD, διαχειρίζεται επίσης μια ποικιλία από άλλες πιστοποιήσεων συμπεριλαμβανομένων BIFMA, Eco-INSTITUT, EcoLogo, καθώς και Διακηρύξεις

Περιβαλλοντικών Προϊόντων και Βιώσιμης Ανάπτυξης Επιχειρησιακών Προγραμμάτων. Είναι ισάξια με την SCS (Scientific Systems Πιστοποίησης) και επικεντρώνεται στις εκπομπές, την τοξικότητα και την ποιότητα του εσωτερικού αέρα, ελέγχεται σύμφωνα με την CA 01350 GREENGUARD πιστοποίηση που είναι ένα πρότυπο που βοηθά τους αρχιτέκτονες και εργολάβους να εντοπίσουν προϊόντα όπως χρώματα, δάπεδα, υλικά και ακόμη και τα έπιπλα που έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε Πτητικές Οργανικές Ενώσεις(VOC, Volatile Organic Compound) εκπομπές και είναι ασφαλή για την ποιότητα του εσωτερικού αέρα.

- ❖ Οι CRI ετικέτες που εκδίδονται από Carpet and Rug Institute για να δείξει ότι τα χαλιά, υποστρώματα για χαλιά, μαξιλάρια και κόλλες εκπέμπουν χαμηλές ποσότητες VOC (Πτητικές Οργανικές Ενώσεις).
- ❖ Η Health Product Declaration (HPD) είναι ένα όχημα για εκείνους που εργάζονται στη βιομηχανία για να υποβάλουν έκθεση σχετικά με τα περιεχόμενα των προϊόντων και πληροφορίες για την υγεία που συνδέονται με τα προϊόντα κατασκευής και υλικών. Δεν είναι όμως 3rd party πιστοποίηση.
- ❖ BBA British Building Association, πιστοποιήσεις για οικοδομικά υλικά αλλά πλέον έχει και πιστοποιήσεις για τη χρήση οικολογικών υλικών.

Product Certification	Single- or Multi-Attribute	Type of Standard or Certification	Managing Organization	Issue of Focus
Energy Star	Single-Attribute	Government certification relying on manufacturer-provided data or third-party testing	U.S. EPA and U.S. DOE	Energy consuming products
WaterSense	Single-Attribute	Government label based on third-party testing	U.S. EPA	Showerheads, toilets, faucets, urinals, and valves
Forest Stewardship Council	Single-Attribute	Third-party certification	Forest Stewardship Council (FSC)	Forests and forestry products
Scientific Material Content Certification	Multi-Attribute	Third-party certification	Scientific Certification Systems	Wide range of products (i.e. carpets, textiles, wood products, insulation, and more)
Green Seal	Multi-Attribute	Third-party ISO Type 1 certification	Green Seal	Wide range of sectors (paints, adhesives, lamps, electric chillers, windows, window films, occupancy sensors)
Cradle to Cradle	Multi-Attribute	Moving toward third-party certification; based on a proprietary standard	Cradle to Cradle Products Innovation Institute C2CPII	Wide range of sectors (metals, fibers, dyes, plastics)
Greenguard	Multi-attribute	Third party certification	Greenguard Environmental Institute (GEI)	Indoor air quality, children and schools focus

εικόνα 2:3 περιληπτικός πίνακας με συνήθεις πιστοποιήσεις (16)

3 Οικολογικά Υλικά (πόσο σημαντικά είναι στην ολιστική δόμηση)

3.1 Εισαγωγή

Η επιλογή των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή, τη συντήρηση και τον εξοπλισμό ενός κτιρίου εξαρτάται άμεσα από μια σειρά από οικονομικές, περιβαλλοντολογικές και ενεργειακές παραμέτρους. Ο κύκλος των εργασιών που συνδέεται με την παραγωγή και τη διακίνηση των δομικών υλικών είναι τεράστιος και κατ' επέκταση τα κριτήρια επιλογής των υλικών έχουν μεγάλη σημασία. Για την οικολογικά βέλτιστη κατασκευαστική λύση αναφέρονται στην διεθνή βιβλιογραφία τα τρία R (Reuse, Reduce, Recycling) επαναχρησιμοποίηση, εξοικονόμηση, ανακύκλωση.

Τα υλικά διαμορφώνουν σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα του εσωτερικού αέρα των κτιρίων και έχουν σημαντική επίδραση στην υγεία των χρηστών. Παράλληλα, καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τη θερμική και οπτική συμπεριφορά των κτηρίων και επηρεάζουν το εξωτερικό περιβάλλον. Η διαδικασία παραγωγής των υλικών, ο κύκλος ζωής τους και η τελική τους διάθεση (απόρριψη) έχει σημαντικές επιπτώσεις στο γενικότερο περιβάλλον.



εικόνα 3:1 στάδια κύκλου ζωής υλικών (53)

Από κανονισμό της ΕΟΚ για τις επιπτώσεις των υλικών στο περιβάλλον προτείνεται μία κατηγοριοποίηση που περιλαμβάνει τα **5 στάδια** του κύκλου ζωής ενός προϊόντος: **α. Εξόρυξη, β. Παραγωγή, γ. Τυποποίηση-διανομή, δ. Χρήση και ε. Τελική διάθεση.** Οι επιπτώσεις που εξετάζονται σε κάθε στάδιο είναι τα απόβλητα, η ρύπανση του εδάφους, του νερού και του αέρα και η κατανάλωση ενέργειας και φυσικών πόρων. Πλέον, στα νέα αναπτυσσόμενα υλικά, γίνεται προσπάθεια να μην έχουν αρνητική επίδραση στο περιβάλλον. Στόχος τους

είναι να έχουν ένα θετικό εποικοδομητικό ρόλο στο οικοσύστημα. Επειδή όμως ιδεατά υλικά δεν υπάρχουν, για τον λόγο αυτό ο μηχανικός θα πρέπει να εντάσσει στο κτίριο οικοδομικά υλικά που να μπορούν να ικανοποιούν ολικώς ή και μερικώς τις παρακάτω παραμέτρους:

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

Ο προσδιορισμός ενός οικολογικού δομικού υλικού, είναι μία διαδικασία πολύπλοκη και συγκεντρώνει δύο διαστάσεις, από τη μία, το κατά πόσο ένα υλικό είναι φιλικό προς τον άνθρωπο, υγιεινό δηλαδή και από την άλλη, κατά πόσο το υλικό έχει χαμηλό περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Ο περιβαλλοντικός παράγοντας είναι ιδιαίτερα σύνθετος και αποτελεί πλέον αντικείμενο έρευνας παγκοσμίως, στον τομέα «Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής» ενός υλικού. Πρόκειται για μια τεχνική εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με κάποιο προϊόν ή διεργασία, όσον αφορά στην κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών, στα απόβλητα και τους ρύπους που απελευθερώνονται και όλα αυτά μαζί, από τη στιγμή εξόρυξης ή παραγωγής μέχρι την τελική, μετά τη χρήση, διάθεση του προϊόντος. Ουσιαστικά δημιουργείται μία συγκρίσιμη βάση για υλικά, μέσα από ποικίλα κριτήρια, που ποσοτικοποιούνται με κάποιους συντελεστές βαρύτητας (βλέπε κατηγοριοποίηση ΕΟΚ).

Περνώντας στον ανθρώπινο παράγοντα, αν και θεωρείται πιο απλός στον προσδιορισμό του, μιας και είναι πολύ συγκεκριμένο το αν κάτι είναι ή όχι βλαβερό για τον οργανισμό μας, εντούτοις, η μέχρι πρόσφατα άγνοια και η απουσία μέτρων ελέγχου, επιτρέπουν τη διάθεση στην αγορά προϊόντων που κάθε άλλο παρά «φιλικά» είναι για τον άνθρωπο (όπως για παράδειγμα ο αμιάντος που αποσύρθηκε από την αγορά). Πολλά υλικά που παλαιότερα χρησιμοποιούνταν κατά κόρον, απαγορεύτηκαν ή επιτρέπονται υπό όρους και φυσικά, η κατάσταση παραμένει η ίδια. Όπως αναφέρει χαρακτηριστικά ο D. Cander στην Περιβαλλοντική Ψυχολογία είναι «σαν να περιμένεις να πάρει φωτιά ένα κτίριο για να μελετήσεις τις νέες διατάξεις πυρασφάλειας», απλώς στην περίπτωση αυτή αυτός που «καίγεται» είναι ο άνθρωπος!

Οι περισσότεροι άνθρωποι νιώθουν προστατευμένοι στο εσωτερικό των κατοικιών τους. Σύμφωνα με τις μελέτες της Αμερικάνικης Υπηρεσίας Περιβάλλοντος EPA, τα επίπεδα των 11 συνηθέστερων ρύπων είναι, συνήθως, δυο με πέντε φορές μεγαλύτερα μέσα στα κτίρια από ότι έξω από αυτά και μέχρι εκατό φορές υψηλότερα σε μερικές περιπτώσεις. Και υπολογίζεται ότι οι άνθρωποι περνούν το 90% του χρόνου τους μέσα σε κάποιο κτίριο.

Τελευταία πραγματοποιούνται πολλές μελέτες που αφορούν στο «σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου», όρος που χρησιμοποιείται για να εκφράσει την κακή κατάσταση της υγείας τουλάχιστον του 50% των χρηστών ενός κτιρίου, η οποία αποδίδεται αποκλειστικά σε παράγοντες σχετικούς με το κτίριο. Η λίστα αυτών των παραγόντων συνεχώς μεγαλώνει και περιλαμβάνει στοιχεία φυσικά όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, και ο φωτισμός, τα τοξικά και τα καρκινογόνα υλικά, βιολογικούς παράγοντες όπως οι μύκητες και τα βακτηρίδια και πολλά άλλα. Αλλά και η λίστα των συμπτωμάτων και των ασθενειών που αυτά προκαλούν δεν είναι καθόλου μικρή.

Τα κύρια στοιχεία που εξετάζονται για τη βελτίωση των κτιρίων είναι :

- 1) θερμομόνωση
- 2) υλικά φερόντων οργανισμών
- 3) υλικά τοιχοποιίας
- 4) πατώματα
- 5) βαφές
- 6) στέγες
- 7) κουφώματα-επιφάνειες με τζάμι

Στην παρούσα διπλωματική θα επικεντρωθούμε στην τοιχοποιία, στα υλικά κατασκευής της(κυρίως για την κατασκευή του τμήματος του σώματος μάζας στον τοίχο Trombe) και κυρίως στην θερμομόνωση καθώς έπειτα από έρευνες σε Ευρώπη και Αμερική, είναι το στοιχείο που επιφέρει τις μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις στην υγεία του κτιρίου και την μείωση των απωλειών ενέργειας, έχοντας πάντα υπ όψιν τη βασική αρχή των μηχανικών για οικονομική αποτελεσματικότητα.

Ένας ακόμα λόγος που επικεντρωνόμαστε στη μόνωση και τα παθητικά πρότυπα είναι πως μελέτες (McKinsey 2009, (19)) επισημαίνουν ότι τα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης του κελύφους είναι η περισσότερο οικονομικοαποδοτικά (ακόμα και εκ των υστέρων) συγκρινόμενα με μέτρα όπως η προσθήκη ηλιακών φωτοβολταϊκών και αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας, χωρίς αυτό να σημαίνει πως δεν πρέπει να αξιοποιούνται και αυτά τα μηχανικά μέσα. Έτσι, η μόνωση τονίζεται καθώς είναι αναπόσπαστο κομμάτι ενός ενεργειακά αποδοτικού κτιρίου και χρησιμοποιείται σε όλο το κέλυφος αλλά και στο τμήμα του τοίχου μάζας που θα αναλυθεί εκτενέστερα στο δεύτερο μέρος και θα γίνει κατανοητή η σημασία της μόνωσης.

3.2 Μόνωση

Σε ένα κτίριο η θερμομόνωση είναι ένα από τα στοιχεία που χρησιμοποιεί ο βιοκλιματικός σχεδιασμός για τον έλεγχο του εσωτερικού περιβάλλοντος του κτηρίου. Χαρακτηριστική οικολογική συνεργασία δομικού υλικού με το κέλυφος του κτηρίου είναι τα igloo των Εσκιμώων. Το κέλυφος ενός κτηρίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αποθήκη θερμότητας. Το μέγεθος με το οποίο εκφράζεται η ικανότητα της αποθήκευσης της θερμότητας ενός κτηρίου ονομάζεται θερμική μάζα του κτηρίου. Η θερμική μάζα εντοπίζεται στους τοίχους στα δάπεδα και στις οροφές το μέγεθός της δε, εξαρτάται από τη μορφή και τον προσανατολισμό του κτηρίου και τη θερμοχωρητικότητα των υλικών. Η θερμική μάζα αναφέρεται σε υλικά που έχουν την ιδιότητα να αποθηκεύουν θερμική ενέργεια για μεγάλες περιόδους. Η θερμική μάζα απορροφά κατά τη διάρκεια της μέρας θερμική ενέργεια και αποδίδει θερμότητα τη διάρκεια της νύχτας. Παραδοσιακοί τύποι υλικών με μεγάλη θερμική μάζα είναι το νερό, οι φυσικοί λίθοι, το χώμα, το τούβλο, το σκυρόδεμα, το ύφασμα και τα κεραμικά.


3.2.1 Βασικά για τη σωστή χρήση της μόνωσης σε συνδυασμό με τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού για την ορθή κατανομή της θερμικής μάζας.

Η κατανομή της θερμικής μάζας στο εσωτερικό του κτηρίου καθορίζεται κυρίως από τον προσανατολισμό της επιφάνειας που εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία και την επιθυμητή χρονική καθυστέρηση όσον αφορά στην απελευθέρωση θερμότητας.

- Στις βόρειες προσανατολισμένες επιφάνειες δεν υπάρχει πρακτικά ανάγκη για χρονική καθυστέρηση αφού οι επιφάνειες αυτές έχουν μικρά θερμικά κέρδη.
- Στις επιφάνειες με ανατολικό προσανατολισμό είναι προτιμότερο να υπάρχει χρονική καθυστέρηση μεγαλύτερη από δεκατέσσερις ώρες έτσι ώστε η απελευθέρωση θερμότητας να γίνεται αργά το απόγευμα.
- Στις νότιες και τις δυτικές επιφάνειες μία χρονική καθυστέρηση οκτώ ωρών είναι αρκετή για να επιβραδύνει την απελευθέρωση θερμότητας μέχρι το βράδυ.

Η οροφή του κτηρίου που είναι εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα της ημέρας, απαιτεί μεγάλη χρονική καθυστέρηση (άρα μεγάλη θερμική μάζα).

Για να γίνει δυνατή η μέγιστη εκμετάλλευση της θερμικής μάζας του κτηρίου πρέπει η μόνωση να τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του κτηρίου διαφορετικά δεν είναι δυνατή η αποθήκευση πλεονάζουσας θερμότητας και η απόδοσή της στο εσωτερικό σε μεταγενέστερο χρόνο. Η βέλτιστη λειτουργία της θερμικής μάζας προκύπτει από το συνδυασμό εξωτερικής θερμομόνωσης και μεγάλης εσωτερικής θερμικής μάζας. Η ικανότητα της θερμικής μάζας καθορίζεται από την ημερήσια θερμοχωρητικότητα η



όπου υπάρχει
μεγάλη χρονική
καθυστέρηση,
ισοδυναμεί με
επιπρόσθετη
μόνωση

οποία ορίζεται ως το ποσό της αποθηκευόμενης θερμότητας ανά βαθμό διακύμανσης της εσωτερικής θεοκρασίας. Η θερμική μάζα εξαρτάται κυρίως από τις ιδιότητες του υλικού σε σχέση πάντα με την επαφή του με τον εσωτερικό αέρα του κελύφους και εκφράζεται από το γινόμενο της θερμοχωρητικότητας του υλικού επί την θερμική του αγωγιμότητα. Η θερμοχωρητικότητα ενός υλικού είναι ανάλογη προς τον όγκο και την πυκνότητα του υλικού. Από τα συνήθη υλικά μεγαλύτερη πυκνότητα έχει ο φυσικός λίθος ενώ ακολουθούν τα τούβλα και το σκυρόδεμα (υλικά θερμικής αποθήκης κτηρίου). Η θερμοχωρητικότητα όλων των υλικών δεν αυξάνεται από ένα ορισμένο πάχος του υλικού και πέραν καθιστώντας περιττή την κάθε πρόσθετη αύξηση πάχους για την επίτευξη της θερμικής μάζας.

Γενικώς στα μονωτικά υλικά τα χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν είναι, ο **συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας** που έχει κυρίαρχο ρόλο στην αξιολόγηση ενός μονωτικού υλικού, ο **συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών**, η **μηχανική αντοχή**, η **σταθερότητα στις διαστάσεις**, η **αντίσταση στη φωτιά** και το **ειδικό βάρος**. Τα οικολογικά θερμομονωτικά υλικά έχουν και κάποια ακόμα κριτήρια, δεν απαιτούν μεγάλη κατανάλωση ενέργειας στην παραγωγή τους, δεν εκλύουν περιβαλλοντικούς ρύπους κατά την κατασκευή τους, είναι ανακυκλώσιμα και τέλος δεν περιέχουν τοξικούς / καρκινογόνους ρύπους, επικίνδυνους για την υγεία του ανθρώπου και δεν εκλύουν τέτοιους ρύπους κατά τη διάρκεια εφαρμογής τους και μέχρι την καταστροφή τους. (20)

Αυτή τη στιγμή υπάρχουν τα συμβατικά υλικά που χρησιμοποιούνται για μόνωση (πετροβάμβακας, εξηλασμένη πολυστερίνη, διογκωμένη πολυστερίνη, φελλός και πολυουρεθάνη) αυτά που προωθούνται για οικολογικά (με φυτικές ίνες, ανακυκλωμένα υλικά, γυαλί) και αυτά των νέων τεχνολογιών που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στον κατασκευαστικό κλάδο καθώς έχουν ακόμα υψηλό κόστος σε σύγκριση με τα συμβατικά ή φυτικά αλλά έχουν πολύ βελτιωμένα χαρακτηριστικά ως προς τη θερμική αγωγιμότητα. (21)

Για να καταλάβουμε το ρόλο της μόνωσης όμως και το πως συνδέεται με τη μείωση των απωλειών ενέργειας πρωταρχικό ρόλο έχει να γίνει απολύτως κατανοητό πως μεταφέρεται η θερμότητα και ποιοί παράγοντες την επηρεάζουν. Με αυτό τον τρόπο θα γίνει εύκολα αντιληπτό που βασίζονται οι νέες τεχνολογίες και πως τελικά μακροπρόθεσμα θα έχουμε μεγάλο κέρδος από αυτές.

3.3 Ροή Θερμότητας και βασικά μεγέθη μονωτικών υλικών

Είναι γνωστό πως η θερμότητα ρέει αυθόρμητα από ένα σώμα σε μία υψηλότερη θερμοκρασία σε ένα σώμα με χαμηλότερη θερμοκρασία με τρεις τρόπους αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία. Η έννοια της θερμικής αγωγιμότητας πιθανόν προέρχεται από το νόμο του Fourier. Ο νόμος αυτός ορίζει ότι ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας μέσα από ένα υλικό είναι ανάλογος με την αρνητική κλίση της θερμοκρασίας ως προς τον εξεταζόμενο άξονα (x,ψ,ζ), την επιφάνεια μέσω της οποίας ρέει η θερμότητα, και ένα συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας k ή λ.

Ο νόμος του Fourier της θερμότητας δίνεται από τη σχέση (22)

$$dQ = k \frac{\partial T}{\partial x} \times dA \times dt$$

όπου Q είναι η ροή θερμότητας, $\frac{\partial T}{\partial x}$ είναι η βαθμιδωτή μεταβολή της θερμοκρασίας κατά τη διεύθυνση X, A [m²] είναι η περιοχή και t [s] είναι η θερμοκρασία.

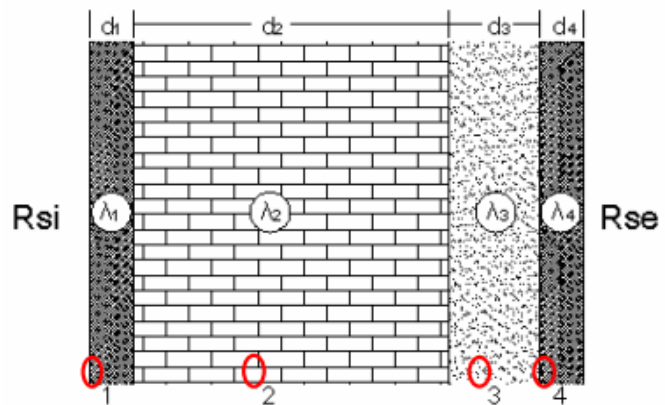
k [W / mK] είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας που δείχνει την ποσότητα της θερμότητας σε βατ η οποία διέρχεται σε 1 ώρα μέσα από επιφάνεια 1 m² και πάχους 1m όταν η διαφορά του αέρα που βρίσκεται στη μία και στην άλλη πλευρά της κατασκευής είναι 1 βαθμός Kelvin και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση. Μπορεί μερικές φορές να αναφέρεται ως k -value ή λ -value και είναι χαρακτηριστικό του κάθε υλικού.

Η θερμική αντίσταση, R [m² K / W], ενός υλικού είναι το μέτρο της διαφοράς θερμοκρασίας με την οποία ένα αντικείμενο ή υλικό αντιστέκεται στην ροή θερμότητας. Πιο απλά, η αντίσταση των στοιχείων στη ροή θερμότητας διαμέσου ομοιογενούς υλικού για διαφορά θερμότητας στις δύο πλευρές του στοιχείου 1^o K

$$R_i = \frac{d}{\lambda}$$

όπου d [m] είναι το πάχος του αντικειμένου λ ο συντελεστής αγωγιμότητας

Ένας τοίχος κτιρίου μπορεί να μοντελοποιηθεί ως μια κατασκευή που αποτελείται από διαφορετικά, παράλληλα, ομοιογενή επίπεδα. Στη συνέχεια, η συνολική θερμική αντίσταση του τοίχου (εικόνα 3:2) είναι ίσο με το άθροισμα των θερμικών αντιστάσεων του κάθε επιπέδου καθώς και τη μετάβαση της αντίστασης στις δύο επιφάνειες. Για μια κατασκευή τοίχου με n στρώματα



εικόνα 3:2 στρωμάτωση υλικών και θερμικών αγωγιμοτήτων

με θερμικές αντιστάσεις R_1, R_2, \dots, R_n τότε το συνολικό R_T είναι :

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Όπου, τα R_{si} R_{se} είναι οι αντιστάσεις στο εσωτερικό και εξωτερικό του συστήματος και δίνονται από κανονισμούς.

Ο συντελεστής Θερμοπερατότητας, που αναφέρεται επίσης ως **το U-value** [$W/m^2 K$], μπορεί στη συνέχεια να οριστεί ως η ποσότητα θερμότητας ανά μονάδα χρόνου που περνά μέσα από $1m^2$ στοιχείου κατασκευής με πάχος d (m) όταν η διαφορά θεοκρασίας μεταξύ των επιφανειών αυτών είναι ίση με $1^{\circ}K$.

$$U_i = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}}$$

ή πιο αναλυτικά

$$U_i = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{se}} \quad [W / m^2 K]$$

Το U-value χρησιμοποιείται συχνά για να ποσοτικοποιηθεί το πόσο καλά ένα πλήρες σύστημα τοίχου μονώνει, από τεχνικής και περιβαλλοντικής άποψης. Θερμική μόνωση παρέχει ένα υλικό που, όταν εφαρμόζεται σωστά, επιβραδύνει το ρυθμό της ροής θερμότητας από μέσα ή έξω από ένα κτίριο. Η καθυστέρηση αποδίδεται στο χαρακτηριστικό των υλικών που ονομάζεται θερμική αγωγιμότητα, έτσι υλικά που αντιστέκονται στη θερμότητα λέμε ότι έχουν χαμηλή θερμική αγωγιμότητα. Η συνολική θερμική αγωγιμότητα ενός υλικού το εξαρτάται από τα μέρη του υλικού, στερεά, αέρια, επιρροή από ακτινοβολία και η σύζευξη των μερών. (23)

Θερμογέφυρα, είναι το τμήμα ενός κατασκευαστικού στοιχείου που ο βαθμός θερμομόνωσης του υπολείπεται σημαντικά της μέσης συνολικής τιμής του στοιχείου.

„ **Ειδική Θερμότητα, Cp**, είναι η ποσότητα θερμότητας ενός σώματος που απαιτείται για να ανυψωθεί η θερμοκρασία της μονάδας μάζας του σώματος αυτού κατά 1 °K. (J/Kg °K)

„ **Θερμοχωρητικότητα, C**, είναι η ποσότητα θερμότητας που αποθηκεύει ένα στοιχείο κατασκευής ενός χώρου που θερμαίνεται (ή κλιματίζεται) όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειών του είναι πάντα ίση με 1 °K. (KJ/ °K)

Όπως είναι γνωστό η θερμότητα μεταδίδεται με τρεις τρόπους, **με αγωγή (conduction), με μεταφορά ή συναγωγή (convection) και με ακτινοβολία (radiation)**. Στα μονωτικά υλικά ειδικότερα διαχωρίζεται στη μεταφορά που οφείλεται στη θερμική αγωγιμότητα του στερεού μέρους, την αγωγιμότητα διαμέσου των αερίων τμημάτων και διαμέσου των πόρων με την ακτινοβολία. Η συναγωγή των αερίων μπορεί να αποτελέσει σημαντικό παράγοντα όταν εξετάζονται υλικά σε μεγάλες κλίμακες (όχι νανοκλίμακες) και ιδιαίτερα σε πορώδη υλικά όπως ο πετροβάμβακας. Για παράδειγμα, το aerogel και τα VIP που είναι μονωτικά υλικά νέας τεχνολογίας είναι σχεδιασμένα ώστε να έχουν πολύ μικρούς πόρους της τάξης των 10-100nm γεγονός που μειώνει στο ελάχιστο τη μεταγωγή διαμέσου των αερίων τμημάτων σε συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης.

3.4 Θερμομονωτικά υλικά (24) (25)

3.4.1 Εισαγωγή

Συμβατικά υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα

- Περλίτης
- Εξηλασμένη πολυεστερίνη
- Διογκωμένη πολυεστερίνη
- Φελλός
- Πολυουρεθάνη

Οικολογικά-Φυσικά προϊόντα



- Το Ερακλίτ, είναι μονωτικές πλάκες από ίνες ξύλου και τσιμέντο, χωρίς χημικές προσμίξεις. Καλύπτουν απόλυτα κάθε ανάγκη μόνωσης του κτιρίου από το υπόγειο μέχρι την οροφή. Παρέχουν υγιεινή θερμομόνωση, ηχομόνωση χάρη στη διαμόρφωση της επιφάνειάς τους, πυροπροστασία λόγω της πρόσμιξης του ξύλου με το τσιμέντο,

απόλυτη πρόσφυση με το σκυρόδεμα και όλα τα επιχρίσματα που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές, χωρίς προβλήματα αποκόλλησης. Δεν επηρεάζονται από την υγρασία, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και είναι απρόσβλητες από τους μικροοργανισμούς και αναλλοίωτες στις χημικές ενώσεις. Είναι αποδεκτό οικολογικό υλικό, ανανεώσιμο όσον αφορά το τμήμα του ξυλόμαλλου και λιγότερο του μαγνησίτη, απαιτεί λιγότερη ενέργεια από ότι η εξηλασμένη πολυστερίνη, η πολυουρεθάνη, ο υαλοβάμβακας και ο περλίτης. Επίσης η Ελλάδα είναι χώρα παραγωγής μαγνησίου. Όλα τα υλικά στα οποία ανήκει και το Ερακλίτ δεν παρουσιάζουν προβλήματα για την υγεία των κατοίκων ενός κτηρίου. Καίγονται δύσκολα σε περίπτωση πυρκαγιάς και δεν απελευθερώνουν τοξικές ουσίες. Παρουσιάζουν μικρή, όμως αγωγιμότητα στα ηλεκτρικά πεδία, εξαιτίας του τιμμένου. Στην Ευρώπη βρίσκουμε 3 υλικά: το Heraklit, το Fibralith, και το Eco-lith. Στην Ελλάδα διατίθεται μόνο το πρώτο.


- Ο διογκωμένος φελλός, είναι ανακυκλώσιμο 100%. Απόλυτα φιλικό και υγιεινό. Το μόνο σημείο που χρειάζεται προσοχή είναι πως κάποιοι κατασκευαστές χρησιμοποιούν κατά την τοποθέτησή του, συνθετικές κόλλες, που περιέχουν φορμαλδεΐδη. Γι αυτό χρειάζεται πάντα πιστοποιητικά σύμφωνα με τον σχετικό κανονισμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Βεβαίως, είναι αρκετά πιο ακριβό από άλλα υλικά.
- Λιναρόμαλλο
- Ρολό από ίνες κοκκοφοίνικα
- Μονωτικό ρολό από υπολείμματα βαμβακιού (τύπου ISO COTTON)
- Τζίβα (σε φύλλα και λωρίδες)
- Διογκωμένο (σε κόκκους) άργιλο
- Κεναφ
- Γυαλί
- Μαλλί προβάτου
- Ίνες ξύλου
- Κυτταρίνη
 - a) Βιοπολυμερές από καλαμπόκι
- Ανακυκλωμένο πλαστικό, ρούχα και εφημερίδες-χαρτιά
Στην Ελλάδα δεν διατίθενται όλα όμως στην Ευρώπη είναι ευρέως διαδεδομένα. Παρατίθενται και εταιρείες που παράγουν μονωτικά υλικά από τα παραπάνω.
- Με χρήση μανιταριών χρησιμοποιώντας τις ενωτικές του ιδιότητες
- Με πλαγκτόν από τη θάλασσα που βρίσκεται σε παράκτιες περιοχές της Μεσογείου

Για περισσότερες πληροφορίες παρατίθεται παράρτημα στο τέλος όπου αναφέρονται κατασκευαστές μονωτικών υλικών είτε από υλικά που κυκλοφορούν και έχουν πιστοποιήσεις είτε από υλικά που βρίσκονται ακόμα σε στάδιο απόκτησης κάποιας πιστοποίησης.


Υλικά νέας Γενιάς (26)

-  Aerogel
-  VIPs (vacuum insulation panels)

Φύλα από κάψουλες κενού αέρος, που συνιστούν ένα υλικό ανοιχτών πόρων με υψηλή απόδοση ως μονωτικό υλικό

-  GFPs (gas filled panels)

Στην ίδια λογική με τα VIPs αλλά αντί για κενό αέρος τοποθετούνται αέρια με πολύ μικρή θερμική αγωγιμότητα

 PCMs (phase change materials)

Από στερεά σε υγρή μορφή και το αντίστροφο δίνοντας τη δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας και απελευθέρωσής της αργότερα. Βεβαίως τα υλικά αυτά δεν έχουν κατασκευαστεί για τον κατασκευαστικό τομέα αλλά θα μπορούσαν να λάβουν μέρος στην κατασκευή ενός κτιρίου υψηλής ενεργειακής απόδοσης και να συνεισφέρουν με την ικανότητα αποθήκευσης και εκπομπής ενέργειας κατά την μετατροπή από τη στερεή στην υγρή φάση και το αντίθετο. Μάλιστα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για υλικό του τοίχου μάζας όπως αναφέρεται και εκτενέστερα στο επόμενο κεφάλαιο.

3.4.2 Γενικά χαρακτηριστικά μονωτικών υλικών στο εμπόριο

Υλικά	Θερμική αγωγιμότητα
Πετροβάμβακας, διογκωμένη πολυστερίνη (EPS), εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS) και φελλός	32-40 mW / (mK)
πολυουρεθάνη (PUR)	20-30 mW / (mK)
VIP	<ul style="list-style-type: none"> • 4 mW / (mK) νωπά • 8 mW / (mK) 25 χρόνια παλαίωσης (υγρασία και διείσδυση του αέρα) • 20 mW / (mK) διάτρητο
GFP	40 mW / (mK)
Aerogel	12-20 mW / (mK)
Οικολογικά υλικά	35-40 mW / (mK)

εικόνα 3:3 Θερμικές αγωγιμότητες των προαναφερθέντων υλικών

Όπως παρατηρείται τα υλικά νέων τεχνολογιών έχουν πολύ καλύτερα χαρακτηριστικά σαν μονωτικά υλικά από τα συνήθη υλικά αλλά και τα οικολογικά. Από τα συνήθη υλικά αυτό που ξεχωρίζει λόγω της μικρής θερμικής του αγωγιμότητας είναι η πολυουρεθάνη που έχει όμως ένα πολύ μεγάλο μειονέκτημα όχι κατά την τοποθέτηση και χρήση αλλά σε περίπτωση που υπάρξει φωτιά. Με την καύση απελευθερώνεται υδροκυάνιο που είναι τοξικό και εμποδίζει την αναπνοή των κυττάρων. Ένα ακόμα πρόβλημα του συγκεκριμένου υλικού ήταν ότι περιείχε αέρια που ευθύνονται για την τρύπα του όζοντος και έτσι με βάση τη συνθήκη του Μόντρεαλ το 1987 έπρεπε όλα τα αέρια που απειλούσαν τη συγκεκριμένη στρώση της ατμόσφαιρας να εξαλείφουν από τα χρησιμοποιούμενα υλικά μέχρι το 1996, έτσι στα τέλη του 80 και αρχές του 90 η βιομηχανία επικεντρώθηκε στην απομάκρυνση των τριχλωροφθορανθράκων CFC από τον αφρό πολυουρεθάνης γεγονός που μείωσε τις μονωτικές του ιδιότητες σε αυτές που αναγράφονται πιο πάνω και ισχύουν σήμερα. Τα οικολογικά υλικά, ειδικά αυτά με πιστοποιήσεις είναι ασφαλή για την υγεία αλλά έχουν μεγάλες θερμικές αγωγιμότητες συγκρινόμενα με τα υπόλοιπα υλικά. Έτσι, σε περίπτωση που έχουμε μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις για να επιτευχθούν οι στόχοι μίας μόνωσης παθητικού κτιρίου θα οδηγήσουν σε μεγάλα πάχη. Αυτό το πρόβλημα προσπαθούν να λύσουν με τη δημιουργία των υλικών νέων τεχνολογιών που παρόλο που χρειάζονται μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή, προσφέρουν καλύτερα μονωτικά αποτελέσματα και ταυτόχρονη εξοικονόμηση χώρου.

3.4.3 Υλικά νέας Γενιάς

Τα κυριότερα και πιο ελπιδοφόρα υλικά μέχρι στιγμής είναι το aerogel και τα VIP για αυτό και θα επικεντρωθούμε περισσότερο σε αυτά. Το aerogel έχει χρησιμοποιηθεί μέχρι στιγμής μόνο σε διαστημικά project της NASA, στη χημική και αθλητική βιομηχανία αλλά όχι ακόμα στον κατασκευαστικό τομέα (μόνο σε δοκιμαστικό στάδιο) και ο ένας λόγος είναι το μεγάλο του ακόμα κόστος.

Από την άλλη μεριά από τα τέλη της δεκαετίας του 90 τα VIP χρησιμοποιούνται στον κατασκευαστικό τομέα παρόλο που είναι φτιαγμένα για τη μόνωση ψυγείων και κρύων εκτελωνιστικών κιβωτίων. Το μειονέκτημα των συγκεκριμένων υλικών είναι πως πρέπει να τα διαχειριστούν ειδικοί κατά την τοποθέτηση καθώς χάνουν τη μεγάλη μονωτική τους ιδιότητα σε περίπτωση που διατρηθούν. Παρόλα αυτά τα υλικά νέας γενιάς μπορούν να είναι ένα χρήσιμο εργαλείο στα χέρια των μηχανικών και αρχιτεκτόνων για τη δημιουργία αποτελεσματικά μονωμένων κτιρίων με το ελάχιστο δυνατό πάχος μόνωσης.

Aerogel

Το Aerogel είναι ένα συνθετικό πορώδες πολύ ελαφρύ υλικό που προέρχεται από ένα gel, στο οποίο το υγρό συστατικό έχει αντικατασταθεί με ένα αέριο. Το αποτέλεσμα είναι ένα στερεό με εξαιρετικά χαμηλή πυκνότητα και χαμηλή θερμική

αγωγιμότητα. Από την κατασκευή του χωρίς παραλλαγές, είναι ημιδιαφανές και με τον τρόπο που διαχέεται το φως είναι γνωστό σε όλους σαν ημιδιάφανο μπλε. Η αίσθηση που έχει στην αφή είναι σαν εύθραυστο διογκωμένο πολυστυρένιο (Styrofoam). Το Aerogel μπορεί να γίνει από μία ποικιλία χημικών ενώσεων.

Δημιουργήθηκε για πρώτη φορά από τον Samuel Stephens Kistler το 1931, ως αποτέλεσμα ενός στοιχήματος με τον Charles για να μάθει για το ποιος θα μπορούσε να αντικαταστήσει το υγρό σε "ζελέ" με το φυσικό αέριο χωρίς να προκαλεί συρρίκνωση.

Το Aerogel παράγεται με εκχύλιση από το υγρό συστατικό ενός gel μέσω υπερκρίσιμης ξήρανσης. Τα πρώτα Aerogel παρήχθησαν από γέλη πυρίτιδος. Μεταγενέστερο έργο του Kistler είναι τα Aerogel με βάση το αλουμίνιο, το χρώμιο και το διοξειδίου του κασσίτερου. Για τα Aerogel του άνθρακα, η πρώτη εμφάνισή τους ήταν στα τέλη της δεκαετίας του 1980.

Τα Aerogel είχαν να αντιμετωπίσουν πρόβλημα θρυμματισμού σε άμεση θλίψη, γεγονός που αντιμετωπίστηκε πλήρως στις νεότερες βελτιωμένες μορφές. Βεβαίως πάντοτε είχε πολύ σταθερή δομή και μπορούσε να αντέξει πολύ μεγάλα φορτία. Επίσης, το συγκεκριμένο υλικό είναι πολύ καλός θερμικός μονωτής, επειδή σχεδόν εξουδετερώνει δύο από τις τρεις μεθόδους μεταφοράς θερμότητας (συναγωγή, αγωγιμότητα, και ακτινοβολία).

Είναι καλοί μονωτές σε διάδοση θερμότητας με αγωγή καθώς αποτελείται σχεδόν εξ ολοκλήρου από ένα αέριο, και τα αέρια είναι πολύ κακοί αγωγοί θερμότητας. Το σίλικα aerogel είναι ιδιαίτερα καλό μονωτικό λόγω της ύπαρξης του σίλικα που είναι επίσης κακός αγωγός της θερμότητας (ένα μεταλλικό aerogel, από την άλλη πλευρά, θα ήταν λιγότερο αποτελεσματικό).

Για τη μετάδοση με συναγωγή, η καλή μονωτική του λειτουργία βασίζεται στο ότι ο αέρας δεν μπορεί να κυκλοφορήσει μέσα στο δομικό πλέγμα του. Μόνο για την τελευταία μέθοδο μεταφοράς θερμότητας το aerogel δεν είναι πολύ καλός μονωτής ακτινοβολίας, διότι η υπέρυθη ακτινοβολία (το οποίο μεταφέρει θερμότητα) περνάει ακριβώς μέσα αεροζέλ πυρίτιου ή σίλικα. Τέλος, για τα βασικά χαρακτηριστικά του, από μόνο του σαν υλικό είναι υδρόφιλο (κάτι που δεν ευνοεί τη χρήση του καθώς με την ύπαρξη υγρασίας γίνεται ευάλωτο και καταστρέφεται η δομή του), όμως με χημική επεξεργασία γίνεται υδρόφοβο.

Τα είδη που υπάρχουν αυτή τη στιγμή είναι: α) silica aerogel το οποίο ήταν το υλικό που κατείχε 15 εισαγωγές στο βιβλίο Guinness, ανάμεσα σε αυτά για το υλικό με τη μικρότερη πυκνότητα αλλά και για τις καλύτερες μονωτικές ιδιότητες μέχρι το 2011 αφού το 2012 το διαδέχθηκε το aerographite και το 2013 το graphene aerogel, β) carbon, γ) alumina αλλά και από οργανικά πολυμερή όπως Seagel που είναι κατασκευασμένο από Άγαρ. Επίσης, απλή κυτταρίνη από φυτά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει ενός ευέλικτου aerogel.

Chalcogel είναι ένα αεροζέλ από chalcogens (η στήλη των στοιχείων του περιοδικού πίνακα που αρχίζουν με οξυγόνο), όπως θείο, σελήνιο και άλλα στοιχεία. Ακόμα και μέταλλα λιγότερο ακριβά από πλατίνα έχουν χρησιμοποιηθεί στη δημιουργία του.

Τέλος, υπάρχει το aerogel από σεληνιούχο κάδμιο με κβαντικές τελείες σε ένα πορώδες τρισδιάστατο δίκτυο έχουν αναπτυχθεί για χρήση στη βιομηχανία ημιαγωγών.

Η απόδοση του υλικού αυτού μπορεί να αυξηθεί για μια συγκεκριμένη εφαρμογή με την προσθήκη των προσμίξεων, την ενίσχυση των δομών και υβριδοποιημένες ενώσεις. Για παράδειγμα, η Aspen, που είναι η μεγαλύτερη εταιρεία παραγωγής aerogel έχει δημιουργήσει το Spaceloft, που είναι ένα σύνθετο aerogel με κάποιο είδος της ινώδους βάτας.

Το πιο σημαντικό για το υλικό αυτό είναι πως μπορεί να βοηθήσει πολύ στον κατασκευαστικό τομέα, εκτός από όλους τους άλλους που ήδη χρησιμοποιείται ευρύτερα, και μάλιστα γίνονται βήματα για τη μείωση του κόστους του, και πλέον αρκετοί σχεδιαστές το χρησιμοποιούν ακόμα και αν είναι για περιορισμένα έργα. Μία από τις θετικές κινήσεις χρήσης του ήταν από το Georgia Institute που το χρησιμοποίησε σε κοκκώδη μορφή για να προστεθεί μόνωση για ουρανοξύστες για το Solar Decathlon του 2007 που το χρησιμοποίησε ως μονωτή στην ημι-διαφανή οροφή.

V.I.P (vacuum insulation panels)

Τα VIP αποτελούνται από ένα περίβλημα σχεδόν αεροστεγές που περιβάλλει έναν άκαμπτο πυρήνα, από το οποίο έχει εκκενωθεί ο αέρας. Είναι πάνελ που χρησιμοποιούνται σαν βελτιωμένη μόνωση στα κτίρια προσφέροντας 5 με 8 φορές καλύτερη μόνωση από τα απλά μονωτικά υλικά. Επιπλέον, είναι πολύ πιο λεπτά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τοίχους, πατώματα και στέγες. Τα αρνητικά στοιχεία των συγκεκριμένων πάνελ είναι η δυσκολία τροποποίησης του σχήματος, η μεγάλη προσοχή που απαιτείται κατά την τοποθέτηση καθώς αν τρυπηθούν χάνουν τη μεγάλη μονωτική τους ικανότητα και μετατρέπονται σε απλά μονωτικά υλικά. Τέλος, ένα ακόμα μειονέκτημα που παρουσιάζουν είναι το μεγάλο κόστος αλλά προς το παρόν οι κατασκευαστές δεν στοχεύουν στην αντικατάσταση των απλών μονωτικών υλικών εξ ολοκλήρου από τα πάνελ αυτά αλλά να ενισχύσουν τα υπάρχοντα υλικά.

G.I.P Gas Insulation Panels

Τα πάνελ γεμισμένα με αέρια που έχουν μικρότερη θερμική αγωγιμότητα από τον απλό αέρα φαίνεται να μπορούν να προσφέρουν αρκετά νέα υλικά για την κατασκευή του κτιριακού κελύφους. Τα GFPs χρησιμοποιούν μία χαμηλής εκπομπής επιφανειακή δομή-διάφραγμα μέσα σε ένα φάκελο που περιέχει φράγμα αέριο σε ατμοσφαιρική πίεση. Η "στερεή" δομή είναι ένα διάφραγμα που προέρχεται από τη συναρμολόγηση λεπτών φύλλων, στόχος του οποίου είναι η δημιουργία συνθηκών για ελάχιστη αγωγιμότητα με αγωγή και αποτελεσματική εξάλειψη της μεταφοράς θερμότητας με ακτινοβολία και μεταφορά θερμότητας διαμέσου αγωγιμότητας.

Τα συνηθισμένα αέρια που χρησιμοποιούνται είναι το αργό και το κρύπτο, που τοποθετούνται μέσα στις ειδικά διαμορφωμένες κυψέλες και διατηρούνται σε ατμοσφαιρική πίεση. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την κατασκευή τους είναι όμοια με την κατασκευή των υψηλά μονωμένων τζαμιών για παράθυρα.

3.5 Πατώματα (27) (28) (29)

Το είδος του πατώματος μπορεί με την πρώτη σκέψη να μην φανεί ιδιαίτερα χρήσιμο για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Είναι όμως ένα σημαντικό στοιχείο καθώς μπορεί να αποτελέσει ένα ακόμα στρώμα στη μόνωση του δαπέδου που είναι ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας στην καλή προστασία του κελύφους καθώς υπάρχει σύνδεση και επομένως εξάρτηση. Με τον ίδιο τρόπο εξαρτάται και βοηθά και την ενίσχυση (σε μικρό βαθμό βέβαια) ενός παθητικού συστήματος όπως είναι ένας τοίχος μάζας εφόσον και αυτός έρχεται σε επαφή με το δάπεδο και είναι μία περιοχή που η συνδεσμολογία της πρέπει να ενισχυθεί με μόνωση για να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά από τα πιο γνωστά οικολογικά υλικά που α περισσότερο από αυτά συμβάλλουν και στη μόνωση του δαπέδου.

Τα πιο δημοφιλή υλικά για αειφόρο δόμηση στον τομέα των δαπέδων είναι:

- Ο φελλός, Cork

Συλλέγεται από το φλοιό του δέντρου δρυός που βρίσκονται συνήθως στα δάση της Μεσογείου. Τα δέντρα δεν κόβονται για να μαζέψουν το φλοιό, το οποίο αναπλάθεται κάθε τρία έτη, γεγονός που το καθιστά ιδανικό για ανανεώσιμη πηγή. Έχει αντιμικροβιακές ιδιότητες που μειώνουν τα αλλεργιογόνα στο σπίτι, είναι επιβραδυντικό φωτιάς, εύκολο να διατηρηθεί και να δρα ως ένα φυσικό εντομοαπωθητικό. Ο φελλός, όπως και το ξύλο, μπορεί να διατεθεί σε μια ποικιλία από χρώματα. Η αντοχή του επιτρέπει την χρήση σε οποιοδήποτε μέρος του σπιτιού. Τα δάπεδα φελλού, ανάλογα με την ποιότητα, μπορεί να διαρκέσει μεταξύ 10-30 ετών.

- Το μπαμπού

Είναι ένα χόρτο που μοιράζεται παρόμοια χαρακτηριστικά, όπως το σκληρό ξύλο. Είναι ανθεκτικό, εύκολο να διατηρηθεί και είναι εύκολο στην εγκατάσταση. Το μπαμπού είναι ανανεώσιμη πηγή και είναι κατασκευασμένα από φυσική βλάστηση που φύεται και χρησιμοποιείται σε ωριμότητα τριών με πέντε χρόνων, πολύ λιγότερο από ό, τι των είκοσι χρόνων μπορεί να πάρει στα δέντρα. Το μπαμπού, ενώ συνήθως πολύ ελαφρύ, διατίθεται σε πολλές αποχρώσεις που θα λειτουργεί σε οποιοδήποτε περιβάλλον ή διακόσμηση. Επίσης προσαρμόζεται πολύ εύκολα χαρακτηριστικό που δεν συναντάται στα παραδοσιακά δάπεδα.

- Μουσαμάς, linoleum

Είναι ένα παρεξηγημένο υλικό από πολλούς καθώς το βινύλιο έχει την τάση να έρχεται στο μυαλό τους ενώ τα δύο υλικά στην πραγματικότητα δεν έχουν κοινά σημεία. Το βινύλιο είναι ένα συνθετικό υλικό, κατασκευασμένο από πετροχημικά χλωριωμένων που είναι επιβλαβή. Οι λινοτάπητες αντιθέτως, έχουν δημιουργηθεί από ένα κατασκεύασμα από λινέλαιο, σκόνη φελλού, ρητίνες δέντρου, αλεύρι ξύλου, χρωστικές ουσίες και τριμμένο ασβεστόλιθο. Όπως και ο φελλός, είναι επιβραδυντικό

φωτιάς και ανθεκτικό στο νερό. Οι λινοτάπητες δεν είναι νέο υλικό για την αγορά, έπεσε όμως σε δυσμένεια με την εισαγωγή του βινυλίου στη δεκαετία του 1940. Πλέον όμως σαν ένα οικολογικό υλικό άρχισε να επανέρχεται στην αγορά με μια μεγάλη σειρά από φωτεινά ζωντανά χρώματα και μια νέα μέθοδος για να το προστατεύσει από τους λεκέδες. Επιπλέον, έχει πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής.

- Πλακάκια από ανακυκλωμένο γυαλί,

Η εν λόγω ανανεώσιμη πηγή γίνεται γρήγορα μια θαυμάσια επιλογή για τα πατώματα καθώς και μπάνιο και τους τοίχους της κουζίνας. Το γυαλί έχει παρόμοια οφέλη με των άλλων φιλικών προς το περιβάλλον υλικά. Είναι μη απορροφητικό και δεν μουχλιάζει σε υγρό περιβάλλον. Είναι εύκολο να διατηρηθεί και δεν λεκιάζει. Το γυαλί έρχεται σε μια απεριόριστη ποικιλία σχεδίων χρωμάτων, και είναι κατάλληλο για πολλούς διαφορετικούς συνδυασμούς. Επιπλέον, σε αντίθεση με τα κεραμικά πλακίδια, το γυαλί αντανακλά το φως αντί να το απορροφήσει, προσθέτοντας ένα επιπλέον στρώμα φωτός που κάποια από τα δωμάτια χρειάζονται.

- Σκυρόδεμα

Το γυαλισμένο για την ακρίβεια σκυρόδεμα, χρησιμοποιείται σαν τελικό δάπεδο σε οικολογικά κτίρια. Το σκυρόδεμα είναι συνήθως υπόστρωμα στα δάπεδα των κτιρίων. Αν είναι γυαλισμένο και χρωματισμένο με το ύφος των χρηστών του κτιρίου δεν υπάρχει καμία ανάγκη για τοποθέτηση παραδοσιακού δαπέδου πάνω από αυτό. Προσφέρει δυνατότητα για δημιουργία διαφορετικών υφών καθώς μπορεί να προσμιχθεί με άλλα υλικά όπως το γυαλί και να δημιουργήσει ποικίλα δάπεδα με ένα βασικό υλικό. Το σκυρόδεμα είναι εξαιρετικά ανθεκτικό, καθαρίζεται εύκολα και δεν χρειάζεται να αντικατασταθεί ποτέ.

- Πλακάκια από ανακυκλωμένα μέταλλα, αλουμίνιο ή ορείχαλκος

Προσθέτουν ένα πολύπλευρο στοιχείο υφής για τους τοίχους ή το δάπεδο.

- Χαλιά, από μαλλί, κάνναβη, γιούτα

Τα οποία δεν έχουν πτητικές οργανικές ενώσεις ή τοξίνες που είναι βλαβερές για το περιβάλλον και την υγεία των χρηστών του κτιρίου.

- P.E.T Berber χαλιά

Είναι κατασκευασμένο από ανακυκλωμένα πλαστικά μπουκάλια, και έχει ελάχιστη επίπτωση στο περιβάλλον. Για κάθε πλαστική φιάλη που χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει αυτό το χαλί είναι μία λιγότερο λειτουργία στις χωματερές. Υπάρχουν πολλά οφέλη σε αυτό το ανακυκλωμένο υλικό. Είναι ανθεκτικό, αδιάβροχο και έρχεται σε μια ποικιλία από υψηλής αισθητικής χρώματα και μοτίβα. Τα μειονεκτήματα που υπάρχουν είναι ότι μπορεί εύκολα να ξεφλουδίσει και όχι πολύ άνετο για περπάτημα με γυμνά πόδια λόγω της πιο τραχιάς επιφάνειάς του. Συνολικά, όμως είναι ένα πολύ οικονομικό υλικό

- Ελαστικό δάπεδο από ανακυκλωμένα ελαστικά

Μέχρι τώρα το βρισκόταν σε γυμναστήρια. Η ευχάριστη αίσθησή του στο περπάτημα και η αντοχή του στο νερό το έχει κάνει ένα υλικό που χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο σε περισσότερα κτίρια. Τέλος, υπάρχει μεγάλη ποικιλία στα διαθέσιμα χρώματα και σχέδια, δίνοντας τη δυνατότητα ικανοποίησης πολλών διαφορετικών γούστων.

- Δέρμα

Προέρχεται από το κεντροδεξιά μεγαλύτερο μέρος της αγελάδας και είναι παχύτερο από τα κομμάτια δέρματος που χρησιμοποιούνται για πράγματα όπως πορτοφόλια ζώνες και τσάντες. Η απαλή ζεστή αίσθηση κάτω από το πόδι το καθιστά ιδανικό για κρεβατοκάμαρες, ντουλάπες και μικρές περιοχές με μικρή κυκλοφορία. Δεν είναι ένα υλικό για μπάνια, κουζίνες ή άλλες υγρές περιοχές του σπιτιού. Είναι πολύ ανθεκτικό και εξελίσσεται καλά την πάροδο του χρόνου. Εξάλλου, φθαρμένο, γδαρμένο και ηλικίας δέρμα αναπτύσσει μια δική του προσωπικότητα.

- Ξύλινο πάτωμα (με προϋποθέσεις που το κάνουν ανανεώσιμο)

Από επεξεργασμένο-ανακτημένο ξύλο καθώς επαναχρησιμοποιεί υφιστάμενα ξύλα από δέντρα που κόπηκαν πολύ καιρό πριν. Η άλλη επιλογή είναι να αγοράσει σκληρό ξύλο που διαθέτει πιστοποίηση FSC. Αυτή είναι μια ονομασία από το Forest Stewardship Council και την προώθηση της υπεύθυνης διαχείρισης των δασών σε όλο τον κόσμο, με έμφαση στην τήρηση υψηλών κοινωνικών και περιβαλλοντικών προτύπων.

- Από ανακυκλωμένο πηλό, όπως τα cotto
- Πέτρινο και μωσαϊκό

Είναι η καλύτερη επιλογή για τις υγρές περιοχές. Έχουν διαχρονικό σχεδιασμό και αν τα υλικά πρέπει να αφαιρεθούν, μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για εξωραϊσμό χωρίς να προκαλούν ζημία στο φυσικό περιβάλλον. Ο ασβεστόλιθος και ο σχιστόλιθος είναι κατάλληλα για περιοχές που χρειάζεται έμφαση στην αντιολισθηρότητα του δαπέδου. Αυτές οι πέτρες είναι επίσης πιο ήπιες στα γυμνά πόδια. Οι πέτρινες πλάκες είναι επίσης πολύ δεκτικές σε παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης, δεδομένου ότι θα κρατήσουν και ακτινοβολούν θερμότητα για αρκετή ώρα αφού δύσει ο ήλιος.

Μέρος δεύτερο



Λύση= Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης και ψύξης

Τοίχος μάζας, trompe wall.

Βασικές κατασκευαστικές τροποποιήσεις:

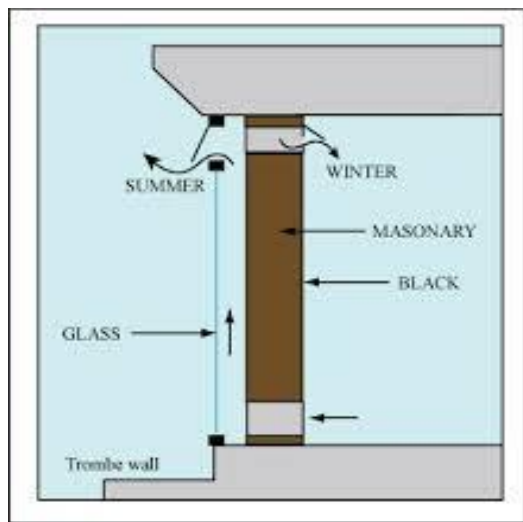
1. το πάχος του τοίχου
2. το υλικό
3. προσθήκη μόνωσης,
4. απορροφητική επιφάνεια
5. διπλή γυάλινη επιφάνεια

A cross-sectional diagram of a Trombe wall. On the left, a sun icon emits rays towards a double-pane glass window. The wall is shown with a thick masonry core, an insulating layer, and a dark absorptive surface. Red wavy arrows indicate heat being transferred from the absorptive surface into the interior of the room. The roof is shown as a simple triangle above the wall.

4 Trombe wall- Μορφές τοίχου μάζας (30)

4.1 Ιστορική αναδρομή

Ο τοίχος μάζας έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς στην Αμερική αλλά και σε ορισμένα σημεία της Ευρώπης λόγω της ικανότητας απόδοσης θερμότητας. Ο πρώτος που παρουσίασε στο ευρύ κοινό το συγκεκριμένο μοντέλο από τον Γάλλο καθηγητή και εφευρέτη Félix Trombe του ερευνητικού κέντρου CNRS της Γαλλίας που το εφάρμοσε στα πρώτα ηλιακά σπίτια που κατασκευάστηκαν στο Odeillo της Γαλλίας το 1967 και από τον αρχιτέκτονα Jacques Michel. Από τους δύο αυτούς πήρε και το όνομά του ο συγκεκριμένος τοίχος Trombe-Michel ή σκέτο Trombe. Βέβαια την κατοχύρωση της ιδέας είχε κάνει αρκετό καιρό πριν ο Edward Morse το 1881.



Εικόνα 4:1 βασική μορφή τοίχου μάζας με ανοίγματα και για τον εξωτερικό χώρο

Συνήθως, ο τοίχος Trombe αποτελείται από ένα τοίχο μάζας, ο οποίος συνδυάζεται με γυάλινη επιφάνεια σε απόσταση 4εκ. ως 10εκ. και με θυρίδες από επάνω προς τον εσωτερικό χώρο, που διευκολύνουν την είσοδο του ψυχρού αέρα από κάτω και την έξοδο του ζεστού αέρα από πάνω προς τον εσωτερικό χώρο (Εικόνα 4:1). Έτσι τα βασικά στοιχεία του είναι η γυάλινη επιφάνεια, το μέγεθος του κενού αέρος, το σώμα μάζας που μπορεί να είναι από διάφορα υλικά και από τα ανοίγματα εάν αυτά υπάρχουν

(αεριζόμενος, στη φωτογραφία, ή όχι τοίχος).

Γενικώς, η λειτουργία του απλού τοίχου μάζας χωρίς αερισμό βασίζεται στην αποθήκευση της ενέργειας στο σώμα μάζας, επιλογή υλικών με μεγάλη θερμοχωρητικότητα όπως σκυρόδεμα, τούβλα, πέτρες (εικόνα 4:2), χρήση βαφών για μεγάλη απορροφητικότητα της επιφάνειας του τοίχου μάζας και στη μετάδοσή της θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου μέσω της ακτινοβολίας.



εικόνα 4:2 τοίχος μάζας κατά την κατασκευή με χρήση πέτρας

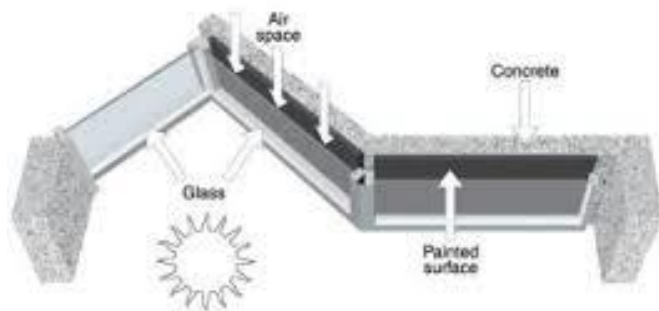
Στη λειτουργία του τοίχου Trombe με άνοιγμα βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού και πραγματοποιείται με την κυκλοφορία του αέρα στο χώρο ανάμεσα στο γυαλί και τον τοίχο, λόγω της άνωσης. Τις πρωινές ώρες ο τοίχος λαμβάνει τα μέγιστα ποσοστά ακτινοβολίας και ο αέρας λόγω της άνωσης κυκλοφορεί κυκλικά από κάτω προς τα πάνω, καθώς αφού ζεσταθεί ο αέρας κινείται προς το πάνω μέρος του τοίχου και τη θέση του κάτω παίρνει νέο στρώμα κρύου αέρα που με τη σειρά του μόλις θερμανθεί ανέρχεται προς το πάνω μέρος του τοίχου όπου περνά και στον υπόλοιπο χώρο από το πάνω άνοιγμα. Το βράδυ επειδή αντιστρέφεται η διαδικασία, καθώς δεν θερμαίνεται πλέον ο αέρας από την ηλιακή ακτινοβολία οι θυρίδες κλείνουν και η θερμότητα διοχετεύεται στο εσωτερικό του χώρου μέσω του τοίχου.

Υπάρχουν δύο βασικές διαφοροποιήσεις για τους τοίχους τέτοιας μορφής.

Η πρώτη είναι με βάση την ύπαρξη της δυνατότητας αερισμού (φυσικού ή μηχανικού) ή όχι και η δεύτερη βάση του υλικού που θα χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση της ενέργειας. Επίσης, υπάρχουν και άλλες κατασκευαστικές διαφοροποιήσεις που συμβάλλουν στην καλύτερη προσαρμογή του συστήματος στις διαφορετικές κλιματολογικές αλλαγές.

Τα πιο διαδεδομένα μοντέλα που υπάρχουν είναι: ο κλασικός αεριζόμενος ή όχι, ο ζιγκ ζαγκ σε περιοχές με μεγάλη ηλιοφάνεια, με σώμα μάζας από νερό λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας του νερού, ημιδιάφανος με νερό για αισθητική βελτίωση αλλά και για καλύτερο φωτισμό στην περιοχή του τοίχου, με υλικά που αλλάζουν φάση για μείωση των ακίνητων φορτίων της κατασκευής, μείωση του χώρου που καταλαμβάνει και πιθανώς βελτίωση απόδοσης, σύνθετος Trombe με στρώμα μόνωσης για αποφυγή απωλειών ενέργειας τις συννεφιασμένες μέρες ή αποφυγή υπερθέρμανσης τις πολύ ζεστές ημέρες, με υψηλής απορροφητικότητας υγρά στη θέση του αέρα μεταξύ της γυάλινη επιφάνειας και του σώματος μάζας για καλύτερη μετάδοση της θερμότητας με μεταφορά από το υγρό και όχι μέσω του αέρα, και σε συνδυασμό με φωτοβολταϊκά για κέρδος και ηλεκτρικής ενέργειας.

4.2 Τοίχος Trombe σε μορφή Ζιγκ Ζαγκ



εικόνα 4:3 τοίχος σε σχηματισμό ζιγκ ζαγκ

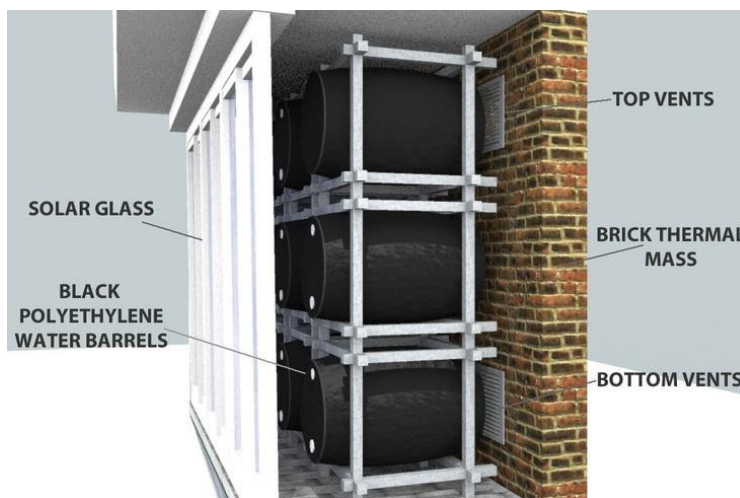
Αυτός ο Trombe (εικόνα 4:3) έχει σχεδιαστεί για να μειώσει το υπερβολικό κέρδος θερμότητας των ηλιόλουστων ημερών. Το τοίχωμα αποτελείται από τρία τμήματα. Ένα τμήμα έχει νότιο προσανατολισμό όπως και ο απλός τοίχος μάζας για μέγιστη απόδοση. Ωστόσο, τα δύο άλλα τμήματα είναι υπό γωνία προς τα μέσα σχηματίζοντας ένα V. Το τμήμα που είναι νοτιοανατολικά έχει ένα παράθυρο που παρέχει θερμότητα για τα κρύα πρωινά. Απέναντι από το σχήμα V υπάρχει ένας κλασικός τοίχος Trombe, ο οποίος αποθηκεύει τη θερμότητα για την αναδιανομή τις νυχτερινές ώρες. Το ζιγκ-ζαγκ σχέδιο ενσωματώνει επίσης μια εξωτερική προεξοχή ώστε να αποφευχθεί η υπερθέρμανση κατά τη διάρκεια των ζεστών ημερών του καλοκαιριού. Ένα πρωτότυπο αυτού του τύπου με πέντε συνεχόμενα V τμήματα έχει κατασκευαστεί στο κέντρο επισκεπτών του NREL. Επιπλέον, ένα συγκρότημα κατοικιών 1200 m² έχει χτιστεί κοντά στο Άσβιλ της Βόρειας Carolina, χρησιμοποιώντας το ίδιο σύστημα.

4.3 Τοίχος Trombe με μάζα νερού

Στο συγκεκριμένο τοίχο η μάζα αποθήκευσης θερμότητας αποτελείται από δοχεία νερού. Το σύστημα αυτό έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον πολλών μελετητών παθητικών συστημάτων λόγω της ιδιότητας του νερού να συμπεριφέρεται καλύτερα στην έμμεση μεταφορά θερμότητας από ότι η τοιχοποιία από μπετό, τούβλα ή τα υπόλοιπα υλικά. Ο λόγος της βελτιωμένης συμπεριφοράς είναι ότι η επιφάνεια του νερού δεν ανεβάζει τόσο μεγάλη θερμοκρασία όσο των υπόλοιπων υλικών του τοίχου μάζας με αποτέλεσμα να υπάρχουν μικρότερες απώλειες θερμότητας από τη γυάλινη επιφάνεια προς τον εξωτερικό χώρο. Η μεταφορά της ενέργειας γίνεται μέσω συναγωγής στα δοχεία του νερού και έπειτα από ακτινοβολία μέσω του αέρα στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου. Πολλές φορές τοποθετείται ένα λεπτό τοίχωμα από σκυρόδεμα στην πλάτη των δοχείων νερού για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα ή μια λεπτή μονωμένη στρώση για επιβράδυνση της μετάδοσης της θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου. Σημαντική επισήμανση, για τη συγκεκριμένη μορφή, αν χρησιμοποιηθεί σε περιοχές με χαμηλή θερμοκρασία είναι αναγκαία η παρουσία ισχυρά μονωμένης γυάλινης επιφάνειας ώστε να μειώνονται οι απώλειες θερμότητας από το ζεστό νερό προς την κρύα εξωτερική επιφάνεια. Όπως και ο κλασικός τοίχος, έτσι και αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση αλλά και ψύξη του χώρου(αναλόγως με τα ανοίγματα στη γυάλινη επιφάνεια ή το χτιστό τοίχο). Ο μόνος λόγος που δεν χρησιμοποιείται ευρέως είναι η δυσκολία κατασκευής και διαχείρισης

καθώς είναι εύκολα αντιληπτό πως η χρήση του νερού αυξάνει τη δυσκολία σε σχέση με το χτιστό σώμα μάζας.

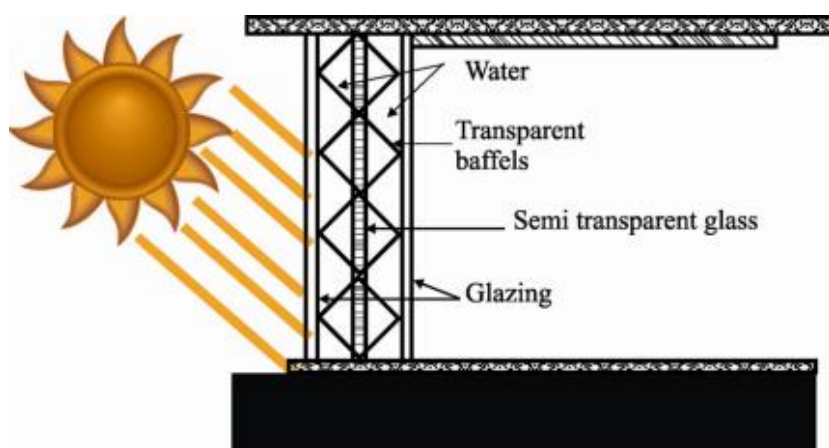
Στο Όρεγκον, Adams et al. πραγματοποίησαν μια πειραματική μελέτη για τη συμβολή του πάχους του τοίχου Trombe νερού στην αποτελεσματικότητα. Σε ελεγχόμενο περιβάλλον εξετάστηκαν τρία διαφορετικά τοίχωμα με πάχη (3 ίντσες, 6 ίντσες, και 9 ίντσες). Η μελέτη αποκαλύπτει ότι με 9-in και 6-in ο τοίχος νερού έχει καλύτερες επιδόσεις από ότι με 3-in καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι ένα παχύτερο τοίχωμα βοηθά να διατηρηθεί μια χαμηλότερη θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτιρίου κατά τη διάρκεια ζεστού καιρού και θερμότερη εσωτερική θερμοκρασία, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλή.



εικόνα 4:4 τοίχος νερού με ξεχωριστά δοχεία (54)

4.4 Ημιδιάφανος τοίχος Trompe με νερό

Η μορφή αυτή αναβαθμίζει την αισθητική του Trompe τοίχου καθώς προσφέρει ορατότητα στο εσωτερικό του κτιρίου. Αποτελείται από μεταλλικό σκελετό που στο εσωτερικό του έχει στερεωμένη μία



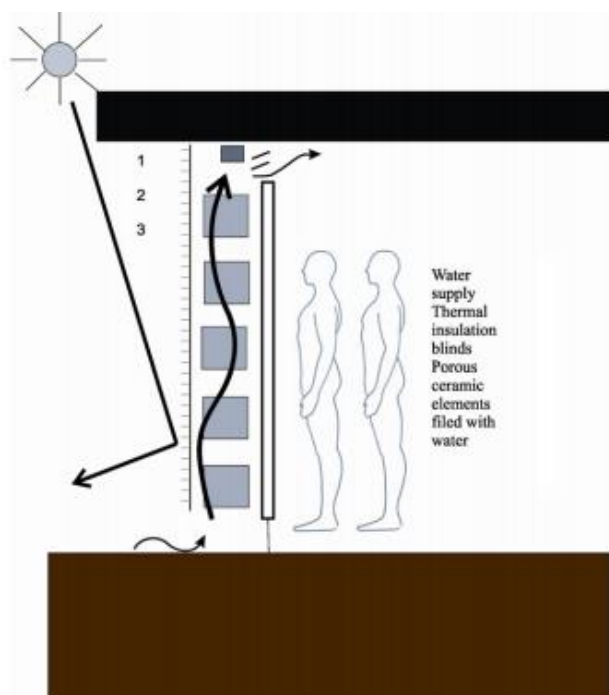
Εικόνα 4:5 ημιδιάφανος τοίχος με νερό

πλάκα ημιδιάφανου υλικού, καθώς και διαδοκίδες διαμορφωμένες από το ίδιο υλικό. Το εξωτερικό περίβλημα είναι από γυάλινη επιφάνεια και το νερό αποθηκεύεται στις κοιλότητες που δημιουργούνται από την ημιδιάφανη επιφάνεια στον πυρήνα της κατασκευής, τις διαδοκίδες και το περίβλημα από γυαλί (Εικόνα 4:5). Το ημιδιάφανο

υλικό απορροφά τα 4/5 από την ηλιακή ενέργεια και μεταδίδει την υπόλοιπη στο εσωτερικό. Επομένως, χρησιμοποιεί την άμεση και έμμεση μετάδοση θερμότητας, γεγονός που το καθιστά κατάλληλο σε περιοχές με πολύ υψηλές ημερήσιες θερμοκρασίες. Οι ημιδιαφανείς διαδοκίδες βοηθούν στην αύξηση της αποδοτικότητας του συστήματος που μειώνεται λόγω συναγωγής της θερμότητας. Για να αυξηθεί το ιξώδες του νερού και να αποτραπεί η ανάπτυξη μικροοργανισμών προστίθενται πτηκτικά και άλλοι ανασταλτικοί παράγοντες.

4.5 Υβριδικός τοίχος Trompe

Αύτη η μορφή (εικόνα 4:6) είναι διάσημη για την μεγάλη θερμική της ικανότητα το χειμώνα και χρησιμοποιείται σε ψυχρά κλίματα. Βέβαια οι Ισπανοί παρουσίασαν ένα υβριδικό μοντέλο Trompe τοίχου που ονόμασαν κεραμικό τοίχο εξάτμισης που λειτουργεί και για ψύξη το καλοκαίρι. Η κατασκευή έχει αρκετές ομοιότητες με αυτή του κλασικού τοίχου μόνο που το σώμα μάζας είναι από κεραμικό υλικό. Επιπλέον τοποθετείται εξωτερική μόνωση ώστε να αποφεύγεται το κέρδος άμεσης θερμικής ενέργειας, ενώ το κεραμικό υλικό είναι αρκετά πορώδες και απορροφά ποσότητα νερού που δέχεται από κατασκευή ειδικά τοποθετημένη στην οροφή του κτιρίου ανάμεσα στη γυάλινη επιφάνεια και τον κεραμικό τοίχο κάνοντας το κενό αυτό να λειτουργεί σαν ψυκτικός χώρος λόγω του φαινομένου της εξάτμισης.



εικόνα 4:6 υβριδικός τοίχος

4.6 Τοίχος Trompe με υλικά που αλλάζουν κατάσταση (PCM)

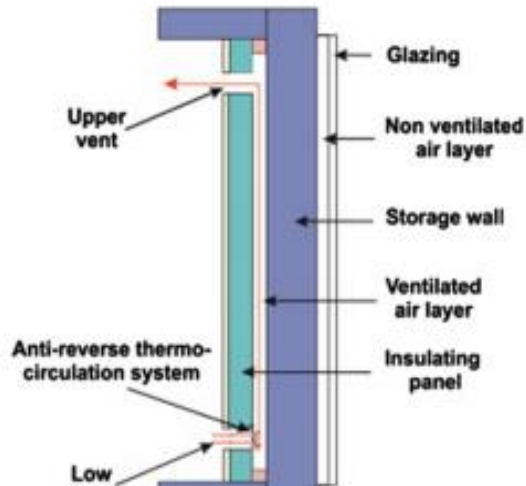
Τα υλικά αυτά άρχισαν να δοκιμάζονται με σκοπό να λύσουν το στατικό πρόβλημα που προέκυπτε από τους τοίχους μάζας καθώς αύξαναν χωρίς λόγο τα ακίνητα φορτία της κατασκευής. Για παράδειγμα, με τη χρήση ευτηκτικών αλάτων ή ένυδρων αλάτων μειώνεται ο απαιτούμενος όγκος αποθηκευτικού χώρου ενέργειας και αλλά και το βάρος της κατασκευής. Σε έρευνα από το Μπορντώ αποδείχθηκε πως 15cm τοίχου σκυροδέματος έχουν τη ίδια αποθηκευτική ικανότητα με 3,5cm τοίχου από τα παραπάνω υλικά. Αντίστοιχα πειράματα για την αποτελεσματικότητα των υλικών που αλλάζουν κατάσταση πραγματοποιήθηκαν από Ιαπωνέζους ερευνητές και τα αποτελέσματα ήταν πολύ ενθαρρυντικά για τη χρήση των συγκεκριμένων υλικών στους τοίχους μάζας. Όπως είναι αναμενόμενο, τα διαφορετικά υλικά επηρεάζουν την απόδοση του συστήματος. Από τους Khalifa και Abbas στη Βαγδάτη, στο Ιρακ χρησιμοποιήθηκε ένα πρόγραμμα δυναμικής προσομοίωσης για διαφορετικά υλικά που αλλάζουν κατάσταση σε ένα τοίχο μάζας και παρατήρησαν τις διαφορές που παρουσίασαν τα υλικά που μελετήθηκαν. Χρησιμοποίησαν ένυδρο αλάτι σε κάψουλες με λόγο μήκους διαμέτρου 0.76 και διαπιστώσανε πως ένας λεπτός τοίχος 8cm από το συγκεκριμένο υλικό είναι πιο αποτελεσματικός από ένα 20cm τοίχο σκυροδέματος.

Επιπλέον, δοκιμάστηκε και κερι παραφίνης σε τοίχο 5cm που αποδείχθηκε αρκετά αποτελεσματικός αλλά το ένυδρο αλάτι διατηρούσε καλύτερα τη θερμοκρασία του. Φυσικά έχουν γίνει αρκετές δοκιμές για το συνδιασμό των υλικών και ο Μπορντώ δοκίμασε μία σύνθεση με ξύλινο σκελετό, τοίχο μάζας από πολυεθυλένιο και διπλό τζάμι και κατέληξε πως αυτός ο συνδιασμός είναι πιο αποδοτικός από ότι ένας τοίχος σκυροδέματος.

Τέλος, οι e, Zalewski et al, στη Γαλλία με την πειραματική τους μελέτη βρήκαν ένα πολύ σημαντικό στοιχείο για το ένυδρο αλάτι και τη χρήση του στον τοίχο μάζας καθώς η χρονική καθυστέρηση που έχει για την απελευθέρωση της αποθηκευμένης θερμότητας είναι μόλις 2 ώρες και 40 λεπτά γεγονός που το καθιστά κατάλληλο μόνο για εμπορικούς χώρους και σχολεία κατά το χειμώνα, καθώς χρειάζονται κατά τη διάρκεια της μέρας την απόδοση της θερμότητας. Αντιθέτως, κρίθηκε ανεπαρκές για τις ανάγκες κατοικιών καθώς εκεί η απελευθέρωση της θερμότητας απαιτεί μεγαλύτερη χρονική καθυστέρηση(θέλουμε μέγιστη απόδοση θερμότητας τις βραδινές ώρες). Βέβαια είναι αρκετά αποτελεσματικό για χώρους που χρησιμοποιούνται κυρίως τις πρωινές ώρες όπως εμπορικά, κλινικές, πανεπιστήμια και σχολεία.

4.7 Σύνθετος τοίχος Trompe

Η συγκεκριμένη παραλλαγή (εικόνα 4:7) συνδιάζει περισσότερες στρώσεις από ένα απλό τοίχο μάζας κλειστό(χωρίς εξαερισμό). Η σύνθεση του τοίχου αποτελείται από ένα ημιαδιάφανο κάλυμα, από την κυρίως μάζα του τοίχου, μία κλειστή κοιλότητα, μία αεριζόμενη κοιλότητα αέρα και μία στρώση μόνωσης. Το πλεονέκτημα της συγκεκριμένης κατασκευής είναι η εύρεση λύσης για την απώλεια θερμότητας τις συννεφιασμένες μέρες και η αποτροπή της υπερθέρμανσης τις πολύ ζεστές ημέρες. Η λειτουργία είναι παρόμοια με αυτή του απλού τοίχου μάζας απλώς προσφέρει και κάποιες βελτιώσεις. Επομένως, η ηλιακή ενέργεια εισέρχεται από τη διάφανη στρώση, απορροφάται και αποθηκεύεται από τον τοίχο μάζας ο οποίος θερμαίνεται και μεταδίδει μέρος της θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου μέσω ακτινοβολίας. Επίσης ο θερμός αέρας μεταξύ του τοίχου μάζας και της διάφανης επιφάνειας το μεταδίδεται σε όλο τον εσωτερικό χώρο μέσω μεταφοράς από το κανάλι αερισμού. Τέλος, διαμέσου του τοίχου μάζας υπάρχει και μικρό ποσοστό θερμότητας που εισέρχεται στο δωμάτιο μέσω αγωγής.



εικόνα 4:7 σύνθετος τοίχος με μηχανισμό αερισμού και μονωτικό κάλυμα

Τα πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου μοντέλου είναι ότι οι χρήστες μπορούν να ρυθμίσουν το ρυθμό θέρμανσης μέσω της ρύθμισης της ροής του αέρα στο κανάλι αερισμού. Επιπλέον λόγω της μόνωσης η θερμική αντίσταση του τοίχου μάζας αλλά και του καναλιού αερισμού είναι πολύ υψηλή. Το μόνο μειονέκτημα είναι ότι πρέπει να διαθέτει



εικόνα 4:8 τροποποιημένος τοίχος μάζας σε κατοικία (56)

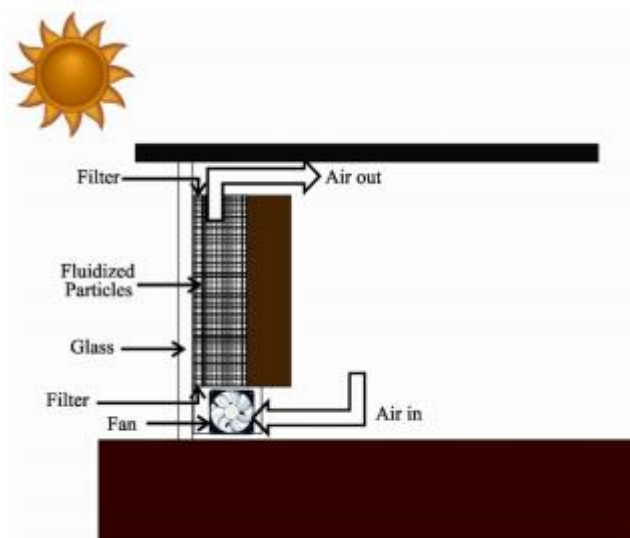
ένα μηχανισμό που να αποτρέπει την ανάποδη κυκλοφορία του αέρα σε περίπτωση που ο τοίχος έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από το εσωτερικό του κτιρίου. Αυτό βεβαίως λύνεται και με

απλό τρόπο με την τοποθέτηση ενός απλού πλαστικού φιλμ μπροστά στη βάνα αερισμού που λειτουργεί σαν θερμικός έλεγχος.

Shen et al., μία ομάδα ερευνητών στη Γαλλία έκαναν συγκριτικές δοκιμές προσομοίωσης ενός σύνθετου και απλού τοίχου μάζας με το λογιστικό TRNSYS και τα αποτελέσματα έδειξαν πως ο σύνθετος τοίχος μάζας λειτουργεί πολύ καλύτερα το χειμώνα και ειδικά σε πολύ κρύα και με μειωμένη ηλιοφάνεια κλίματα.

4.8 Ρευστοποιημένος Trombe wall

Το συγκεκριμένο μοντέλο (εικόνα 4:9) είναι ίδιο με τον κλασικό τοίχο μάζας αλλά στη θέση του τμήματος με τον αέρα υπάρχει εγκλωβισμένο υγρό χαμηλής πυκνότητας και μεγάλης απορροφησιμότητας. Αναμιστήρες μεταφέρουν τη θερμότητα που κερδίζεται από το απορροφητικό υγρό κινώντας τον αέρα στο δωμάτιο. Για να αποφευχθεί η είσοδος του υγρού τμήματος στο χώρο υπάρχουν φίλτρα



στην πάνω και κάτω πλευρά του του καναλιού του αέρα.

εικόνα 4:9 Ρευστοποιημένος τοίχος μάζας, τοποθέτηση υγρού αντί απλού αέρα μεταξύ του τοίχου και της γυάλινης επιφάνειας

Μια μελέτη που διεξήγαγαν Τούρκοι μελετητές συγκρίνοντας θεωρητικά και πειραματικά έναν απλό και ένα υγροποιημένο τοίχο μάζας απέδειξαν πως ο δεύτερος έχει πολύ καλύτερη απόδοση καθώς στο υγρό έχουμε απευθείας μετάδοση της θερμότητας με αγωγή.

4.9 Με φωτοβολταϊκό πάνελ

Μία νέα πρόταση είναι η αντικατάσταση της γυάλινης επιφάνειας με φωτοβολταϊκά πάνελ. Θεωρείται μία προσέγγιση που εκτός των άλλων βελτιώνει και την αισθητική πλευρά ενός τοίχου μάζας καθώς δεν εμφανίζεται πλέον μία γυάλινη επιφάνεια και από μέσα ένας μαύρος τοίχος αλλά οι μπλε κυψέλες των φωτοβολταϊκών που για πολλούς είναι μία αισθητική αναβάθμιση του κτιρίου. Η λειτουργία του βοηθά στην καλύτερη λειτουργία των φωτοβολταϊκών αλλά και στη θέρμανση του χώρου με τη μεταφορά αέρα καθώς στο υπάρχει σύστημα αερισμού όπου το κάτω μέρος εισέρχεται ο κρύος αέρας ο οποίος θερμαίνεται από τη ζέστη των φωτοβολταϊκών και εξέρχεται από το πάνω μέρος του συστήματος. Η απορρόφηση της θερμότητας από τα φωτοβολταϊκά είναι το σημείο που βοηθά την αποδοτικότητά τους καθώς τα πάνελ λειτουργούν καλύτερα όταν είναι κρύα. Βεβαίως η συγκεκριμένη μορφή θέλει αρκετά εκτενή ανάλυση ώστε να βρεθεί αν όντως βοηθά (αναλόγως πάντα και των εξωτερικών συνθηκών) καθώς τα πάνελ αποτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στο τμήμα μεταξύ της εξωτερικής επιφάνειας και της μάζας του τοίχου, μειώνοντας αρκετά την απορροφούμενη ενέργεια. Όμως, τα φωτοβολταϊκά παράγουν ηλεκτρική ενέργεια που θεωρείται ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου. Επομένως, η σύγκριση για να αποφασιστεί αν συμφέρει η τοποθέτηση των πάνελ γίνεται βλέποντας πόσο μειώνεται η απόδοση του τοίχου μάζας λόγω της κάλυψης της γυάλινης επιφάνειας με τα πάνελ. Από τους Sun et al., πραγματοποιήθηκε μελέτη πειραματική αλλά και με λογισμικό προσομοίωσης με στόχο να μετρήσουν την εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου. Το κτίριο είχε νότια προσανατολισμένα παράθυρα και ένα πάνελ φωτοβολταϊκών μπροστά από ένα τοίχο μάζας με διαστάσει 0,83m πλάτος και 2,6m ύψος. Το αποτέλεσμα της μελέτης ήταν πως η ύπαρξη των φωτοβολταϊκών μείωνε την απόδοση του τοίχου κατά 17% λόγω της παρεμπόδισης της διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας.

Μία ακόμα ομάδα μελέτησε την περίπτωση ύπαρξης αερισμού το χειμώνα αλλά και την προσθήκη μόνωσης για βελτίωση το χειμώνα και κινητής κουρτίνας για το καλοκαίρι. Η συγκεκριμένη ομάδα βρήκε πως η μόνωση βοήθησε σημαντικά, όπως εξάλλου αναμένουμε και εμείς (είναι μία από τις εκδοχές που θα μελετήσουμε χρησιμοποιώντας ένα



εικόνα 4:10 τοίχος σε κατοικία με φωτοβολταϊκά (55)

λογισμικό προσομοίωσης, Energyplus), αυξάνοντας κατά 2,36 °C τη θερμοκρασία στο κρύο και μειώνοντας κατά 2,47 °C τη θερμοκρασία στη ζέστη. Επιπλέον, με την κινητή κουρτίνα για σκίαση το καλοκαίρι η εσωτερική θερμοκρασία μειώθηκε κατά 2 °C και μείωσε με τη χρήση της την απόδοση των φωτοβολταϊκών κατά 2%.

4.10 Στοιχεία αποδοτικότητας

Τα πιο σημαντικά στοιχεία που μπορεί να προστεθούν σε ένα τοίχο μάζας και να υπάρξει βελτίωση στην απόδοσή του είναι εύκολα διαχωρίσιμα σε αυτά που ενισχύουν τη λειτουργία βάσει κατασκευαστικών χαρακτηριστικών και λειτουργούν καθαρά παθητικά, όπως τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν και σε αυτά που ενισχύονται και με τη χρήση μηχανολογικού εξοπλισμού όπως τα συστήματα εξαερισμού, οι ανεμιστήρες.

Επίσης στοιχεία που πρέπει να αποφασιστούν κατά την κατασκευή και επηρεάζουν είναι το μέγεθος του τοίχου δηλαδή **η επιφάνεια που θα καλύπτει ο trompe σε σχέση με τον απλό τοίχο, το πάχος, το χρώμα ή η ύπαρξη απορροφητικής επιφάνειας, το υλικό** του τοίχου μάζας (μάλιστα μετά πό έρευνα Αλγερινών για κτίριο στη χώρα τους με το πρόγραμμα CDF αποδείχθηκε πως το υλικό του τοίχου μάζας είναι αυτό που επηρεάζει περισσότερο τη λειτουργία σε όλες τις μορφές. Επιπλέον ο Zalewski κατέληξε πως το σκυρόδεμα είναι από τα πιο αποδοτικά υλικά, καθώς αυξάνοντας το βάρος και τον όγκο του τοίχου τόσο αυξάνεται και η αποδοτικότητά του, γεγονός βέβαια που έρχεται σε αντίθεση με τις επιθυμίες των πολιτικών μηχανικών για μείωση των φορτίων της κατασκευής. Παρόλα αυτά εδώ θα χρησιμοποιηθεί σκυρόδεμα σαν το πιο σύνηθες και αποδοτικό υλικό) **το υλικό επικάλυψης** και τα **χαρακτηριστικά της διάφανης** επιφάνειας και φυσικά **η ύπαρξη ή μη μόνωσης**.

Στην επόμενη παράγραφο θα δούμε τις διαφοροποιήσεις που αποδίδουν στο σύστημα του τοίχου μάζας κάποια από τα παραπάνω στοιχεία όπως το υλικό του τοίχου μάζας, η απορροφητικότητα της επιφάνειας του τοίχου μάζας (χρώμα ή χρήση ειδικής επικάλυψης), η ύπαρξη μόνωσης και τέλος το είδος της γυάλινης επιφάνειας.

Εδώ ξεκινάει και η γνωριμία με το λογισμικό EnergyPlus και των βοηθητικών γραφικών επιφανειών που το συνοδεύουν, το οποίο θα είναι το βασικό εργαλείο μελέτης του βαθμού επιρροής όλων των παραπάνω στοιχείων. Επομένως πρώτα θα παρουσιαστούν τα εργαλεία αυτά και μετά τα αποτελέσματα που έδωσαν.

Βέβαια για τα περισσότερα στοιχεία έχουν πραγματοποιηθεί ήδη αρκετά πειράματα από ινστιτούτα του εξωτερικού επομένως θα είναι δυνατή και η επαλήθευση της εγκυρότητας των αποτελεσμάτων του συγκεκριμένου λογισμικού.

Φυσικά για να μην υπάρχουν αμφιβολίες παρατίθεται ένας χώρος(ένα δωμάτιο) που αναπαριστά τμήμα ενός κτιρίου που θα μπορούσε να τοποθετηθεί ένας τοίχος μάζας, χωρίς την ύπαρξη του τοίχου μάζας ώστε να δούμε και με το λογισμικό προσομοίωσης ότι η προσθήκη ενός τέτοιου συστήματος όντως βελτιώνει την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι διαφορές που εμφανίζονται με κάθε αλλαγή στην κατασκευή του τοίχου μάζας.

5 EnergyPlus

5.1 Εισαγωγή (31)

Το EnergyPlus είναι ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα που αναπτύχθηκε από το Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α με στόχο την προσομοίωση και την ενεργειακή ανάλυση νεόδμητων ή ήδη υφιστάμενων κτιρίων. Η λειτουργία και ιδέα του βασίζεται στα λογισμικά ανάλυσης BLAST (Building Loads and Systems Thermodynamics) και DOE-2 (Department of Energy-2) που κατασκευάστηκαν στις αρχές τις δεκαετίας του '80. Όπως είναι αναμενόμενο, έχει πιο σύγχρονες μεθόδους προσομοίωσης προσφέροντας λύσεις σε αδυναμίες των δύο προηγούμενων όπως η προσομοίωση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των συστημάτων ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού με τις θερμικές ζώνες.

Με δεδομένα τη λεπτομερή απεικόνιση των γεωμετρικών και δομικών στοιχείων του κτιρίου από διάφορα σχεδιαστικά προγράμματα τύπου cad αλλά και από ελεύθερα όπως το sketchup της Google, των συστημάτων θέρμανσης-ψύξης και κλιματισμού (HVAC Systems-Heating Ventilation and Air-condition Systems), των μηχανολογικών, των κλιματολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής που βρίσκεται το εκάστοτε κτίριο (βρίσκονται διαθέσιμα για ένα ευρύ φάσμα περιοχών παγκοσμίως από το ίδιο το πρόγραμμα), το Energyplus παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα απόκτησης χρήσιμων αποτελεσμάτων όσον αφορά την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου. Ο χρήστης επιλέγει ποιά αποτελέσματα είναι χρήσιμα για τη μελέτη του αλλά και για τι χρονική περίοδο (ετήσια, μηνιαία ωριαία). Ανάμεσα στις επιλογές βρίσκονται οι θερμοκρασίες των θερμικών ζωνών, οι θερμικές και ψυκτικές ανάγκες του κτιρίου, η κατανάλωση ή προσφορά ενέργειας από κάθε στοιχείο(ηλεκτρικές συσκευές, φωτισμό, ανθρώπους μέσα στο χώρο), τα ποσοστά υγρασίας στο χώρο, η εκπομπή ρύπων όπως CO₂, ακόμα και πιο εξειδικευμένα όπως τα ποσοστά ηλιακής ενέργειας που εισέρχονται από τις διάφανες επιφάνειες.

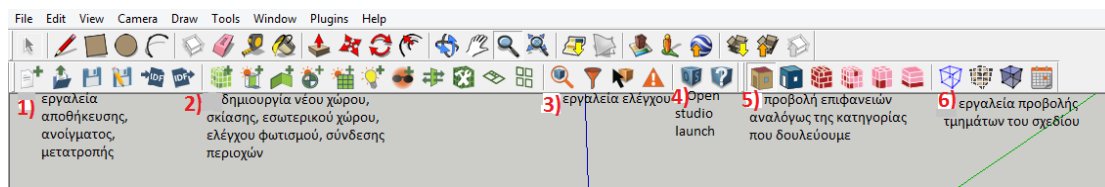
Συνδυάζοντας όλα τα απαραίτητα στοιχεία ο κάθε μελετητής μπορεί να αποκομίσει σημαντικά στοιχεία για τη λειτουργία του κτιρίου και να το σχεδιάσει ή να το αναβαθμίσει έτσι ώστε να έχει την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση.

5.2 Εισαγωγή στη χρήση Sketchup και Open studio (32)

Ο σχεδιασμός έγινε με το Sketchup της Google που είναι ελεύθερο για όλους τους χρήστες(η απλή μορφή του) και όλα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για την ενεργειακή αναγνώριση των στοιχείων από το Energyplus έγιναν με τη βοήθεια του Open studio ένα plug in λογισμικό. Η ενεργειακή αναγνώριση γίνεται χρησιμοποιώντας αρχικά τα τρία βασικά στοιχεία του Open studio που βρίσκονται στη δεύτερη μπάρα εργαλείων και είναι τα τρία πρώτα από τη δεύτερη ομάδα (στην εικόνα από κάτω φαίνονται οι ομάδες των εργαλείων του Open studio).

Όλη η δεύτερη ομάδα χρησιμεύει για την ενεργειακή αναγνώριση του κτιρίου αλλά τα τρία εργαλεία αυτά καθορίζουν τις βασικές ανάγκες που είναι ο διαχωρισμός των μερών σε αυτά που επιτρέπουν τη μετάδοση της ηλιακής ακτινοβολίας και αυτά που την αποτρέπουν. Το πρώτο σύμβολο λοιπόν από την ομάδα είναι το πρώτο που χρησιμοποιείται ώστε να μπορέσουμε να έχουμε ένα ενεργειακό μοντέλο και όχι ένα απλό σχέδιο από το Sketchup.

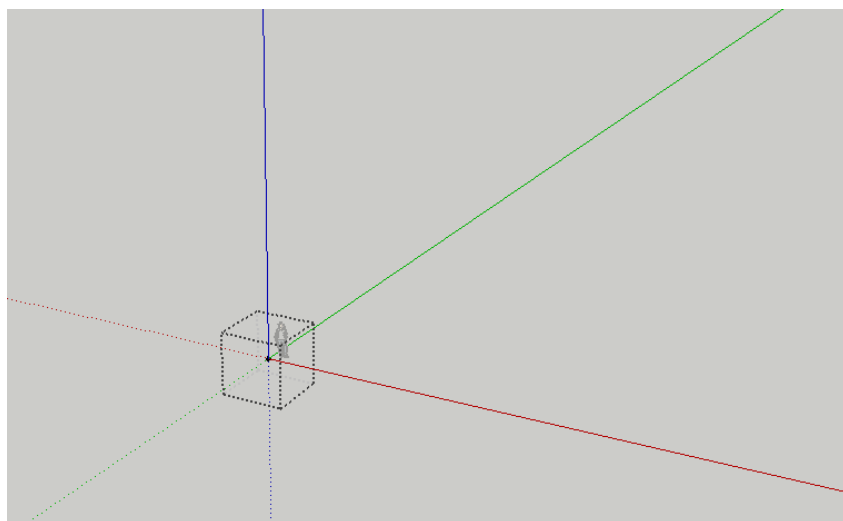
Με αυτό γίνεται η δημιουργία καινούριου ενεργειακού χώρου που με τη βοήθεια ενός ακόμα βήματος από τα plugins καταλήγει στη δημιουργία της θερμικής ζώνης που είναι απαραίτητη για τη μελέτη του οποιουδήποτε κτιρίου.



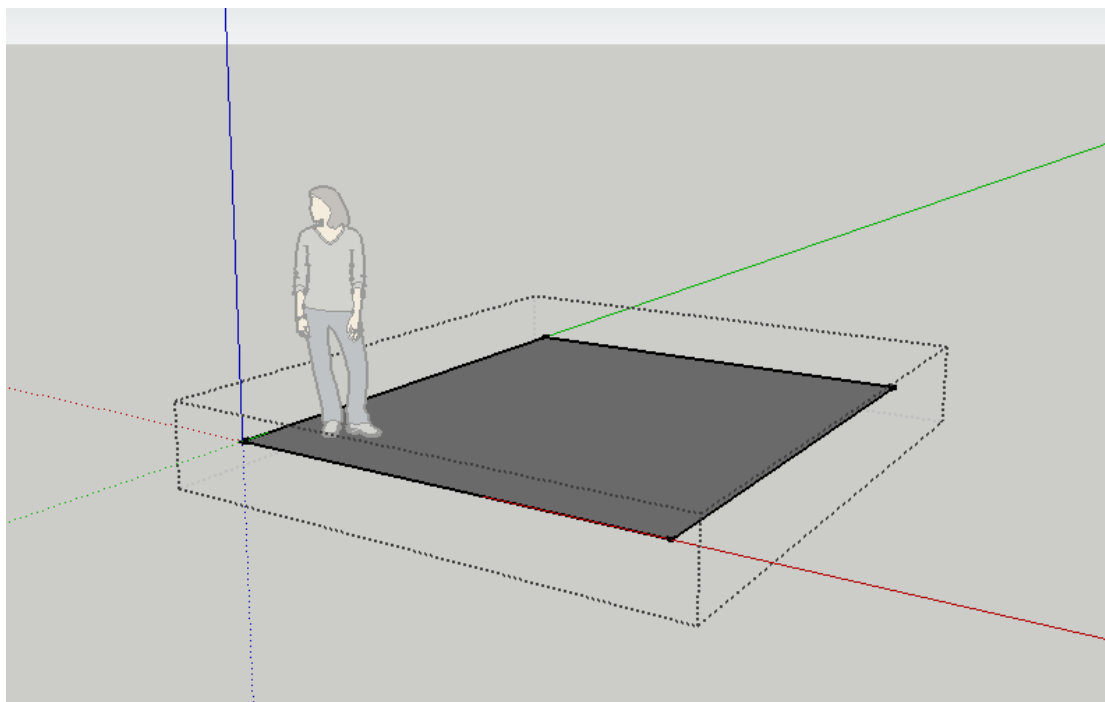
εικόνα 5:1 Μπάρα εργαλείων για Sketchup και Open studio

Η θερμική ζώνη είναι μία περιοχή η οποία έχει ίδια σχεδόν θερμοκρασία σε όλα τα σημεία της και έχει παρόμοιες ενεργειακές ανάγκες σε κάθε σημείο. Πρέπει να προσέξουμε πως μία θερμική ζώνη δεν ταυτίζεται με τους αρχιτεκτονικούς χώρους. Μπορεί να περιέχει παραπάνω από ένα χώρους ή αντίστοιχα να περιέχεται σε παραπάνω από ένα αρχιτεκτονικούς χώρους.

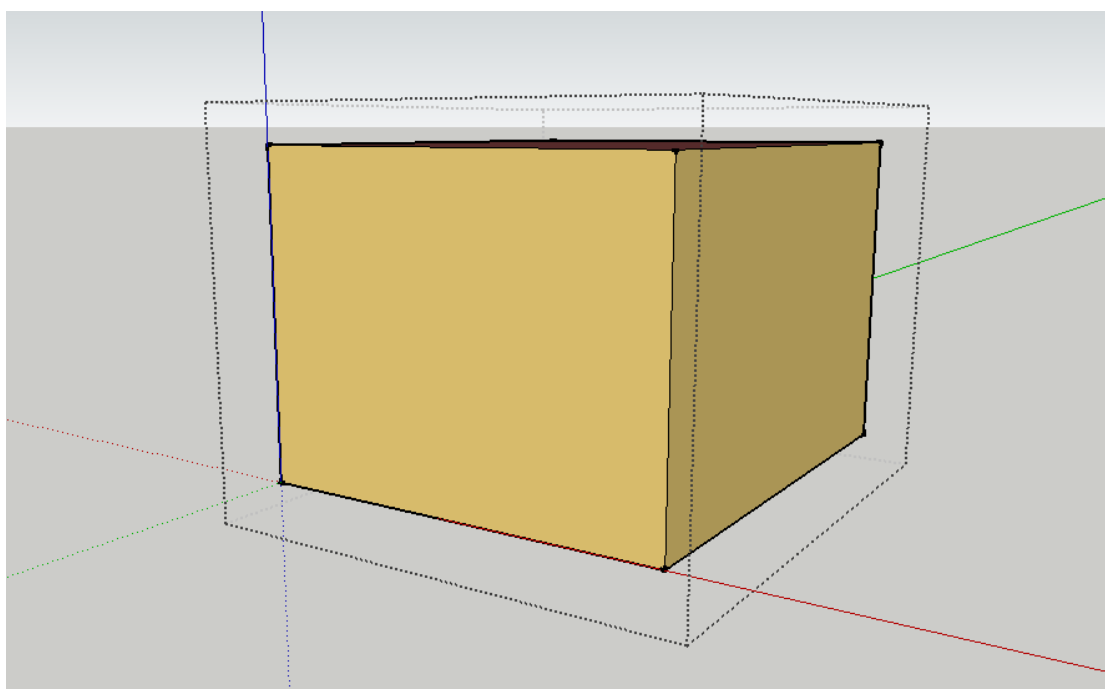
Για τη δημιουργία της, το πρώτο βήμα είναι επιλέγουμε το εικονίδιο και κάνουμε διπλό κλικ στο χώρο όπου θέλουμε να δημιουργήσουμε το χώρο. Εκεί εμφανίζεται ένας κύβος με αχνές ακμές όπου χρησιμοποιώντας τα σχεδιαστικά του Sketchup δημιουργούμε μέσα την περιοχή που θέλουμε η οποία αντιστοιχίζεται στον πρώτο ενεργειακό χώρο.



εικόνα 5:2 Βήμα πρώτο για τη σχεδίαση νέας ζώνης



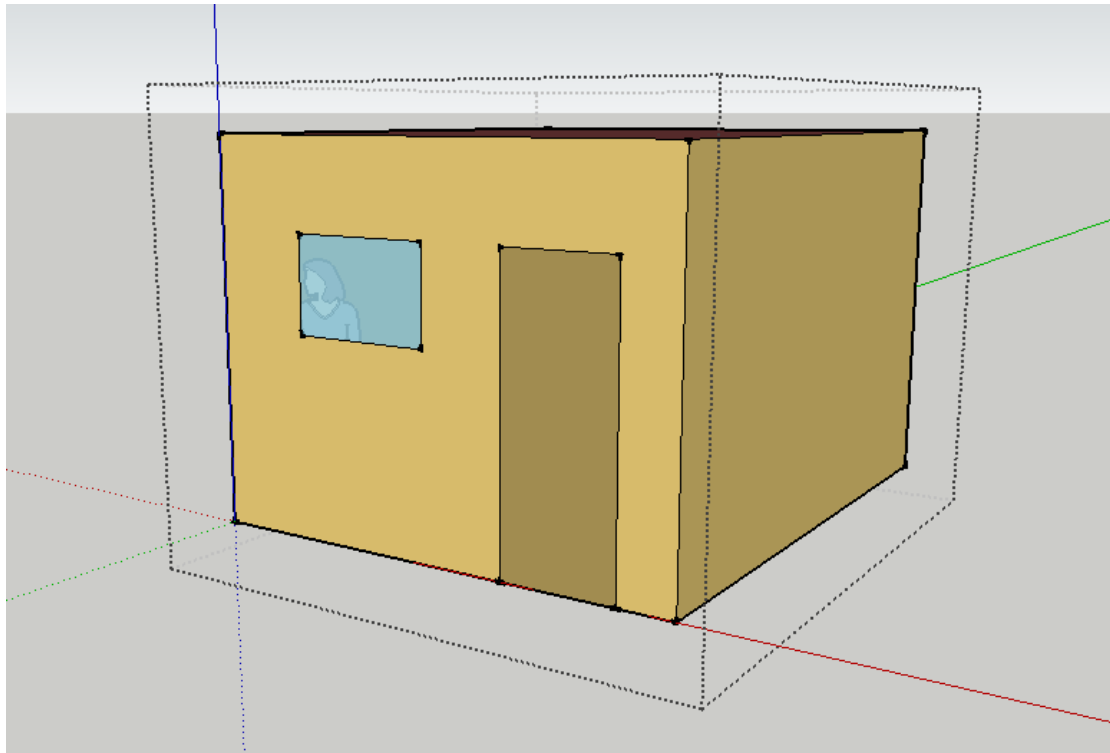
εικόνα 5:3 Βήμα δεύτερο, χρήση ορθογωνίου απο Sketchup



εικόνα 5:4 Βήμα τρίτο, χρήση push/pull για το ύψος του χώρου

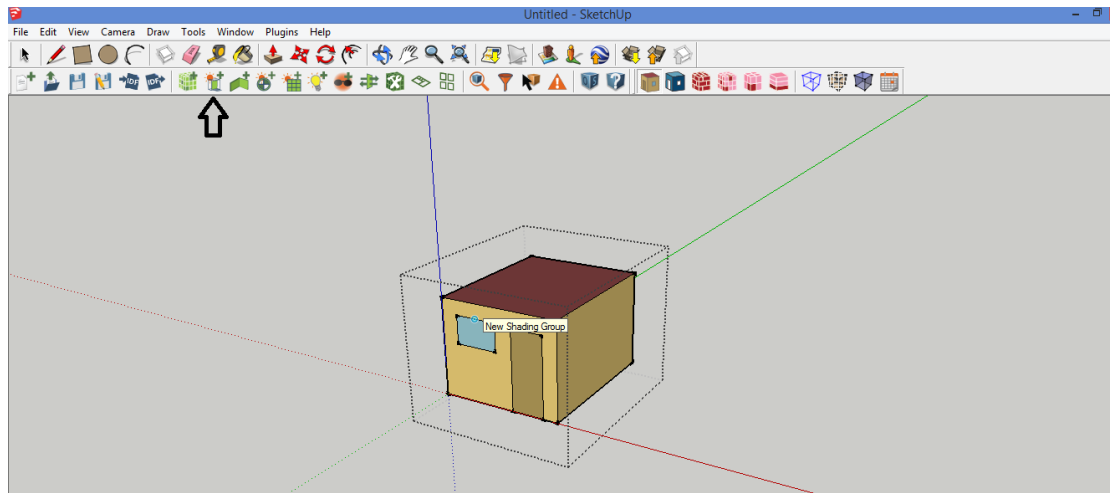
Όπως φαίνεται υπάρχει ένα κιτρινωπό χρώμα στους τοίχους και σκούρο Μπορντώ στην οροφή που υποδεικνύει ότι βρισκόμαστε σε κάποια ζώνη και έχει γίνει σωστά η αναγνώριση του χώρου ως μίας θερμικής ζώνης (αλλιώς αν δεν έχει αυτό το χρώμα το μοντέλο μας είναι ένα απλό σχέδιο στο Sketchup χωρίς καμία ενεργειακή αξία).

Όσο υπάρχει γύρω από το χώρο μας αυτός ο διακεκομμένος κύβος σημαίνει πως είμαστε μέσα στη ζώνη και ό,τι κάνουμε αναγνωρίζεται ενεργειακά. Επομένως μπορούμε να προσθέσουμε πόρτες και παράθυρα με απλή χρήση του ορθογωνίου ή του μολυβιού και το πρόγραμμα θα τα αναγνωρίσει ως παράθυρα και πόρτες, αν το άνοιγμα που θα σχεδιάσουμε φτάνει μέχρι το δάπεδο. (33)
(προσοχή, αν δεν είναι επιλεγμένη η ζώνη θα γίνουν απλά ορθογώνια).

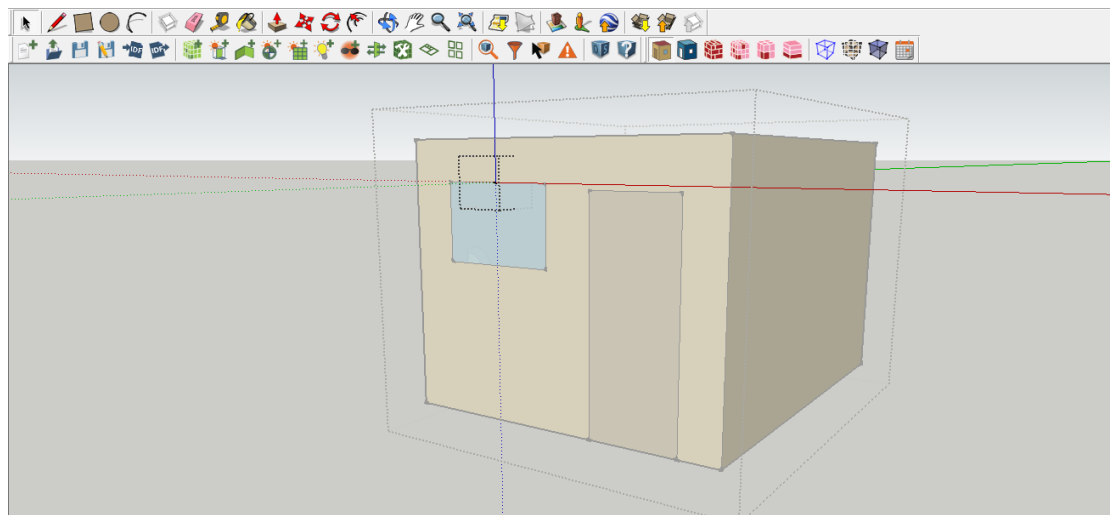


εικόνα 5:5 Παράδειγμα για σχεδίαση ανοιγμάτων

Τα επόμενα σύμβολα στη μπάρα μας της ομάδας 2, είναι η δημιουργία των χώρων σκίασης, και η δημιουργία εσωτερικών χώρων. Τα πρώτα μπορεί να είναι διπλανά κτίρια που θέλουμε να αναπαραστήσουμε ή σκίαστρα κινητά ή όχι, πάνω στο κτίριό μας. Οι εσωτερικές ζώνες είναι για την αναπαράσταση αντικειμένων ή γενικώς στοιχείων που μπορεί να εμποδίζουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας σε κάποια τμήματα της θερμικής ζώνης.

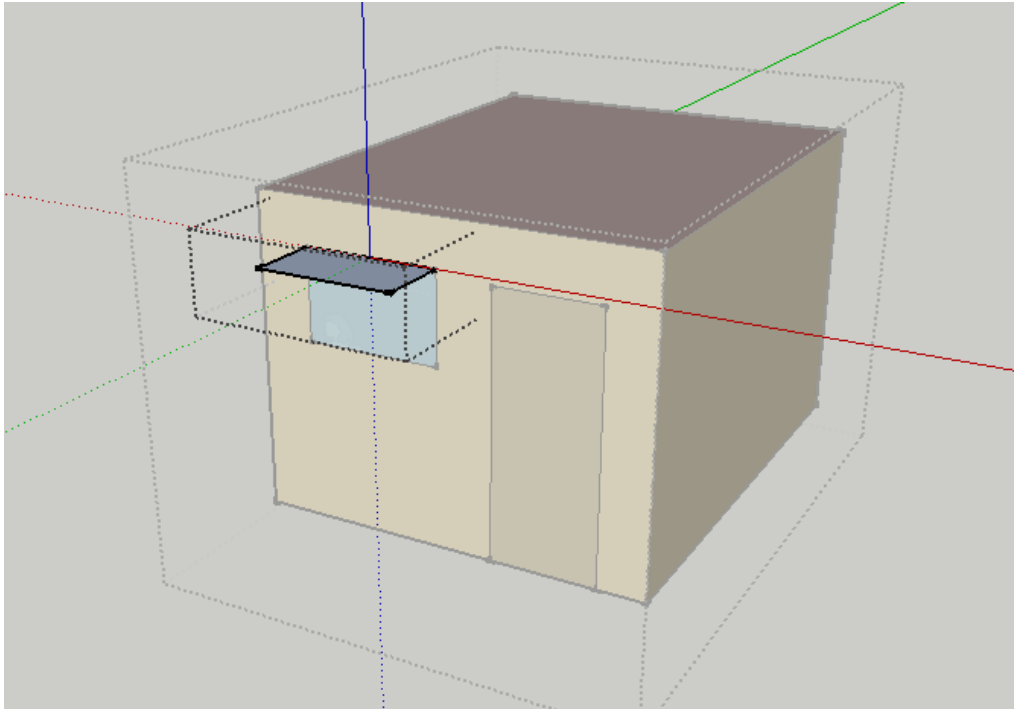


εικόνα 5:6 Βήμα πρώτο για σκίαση



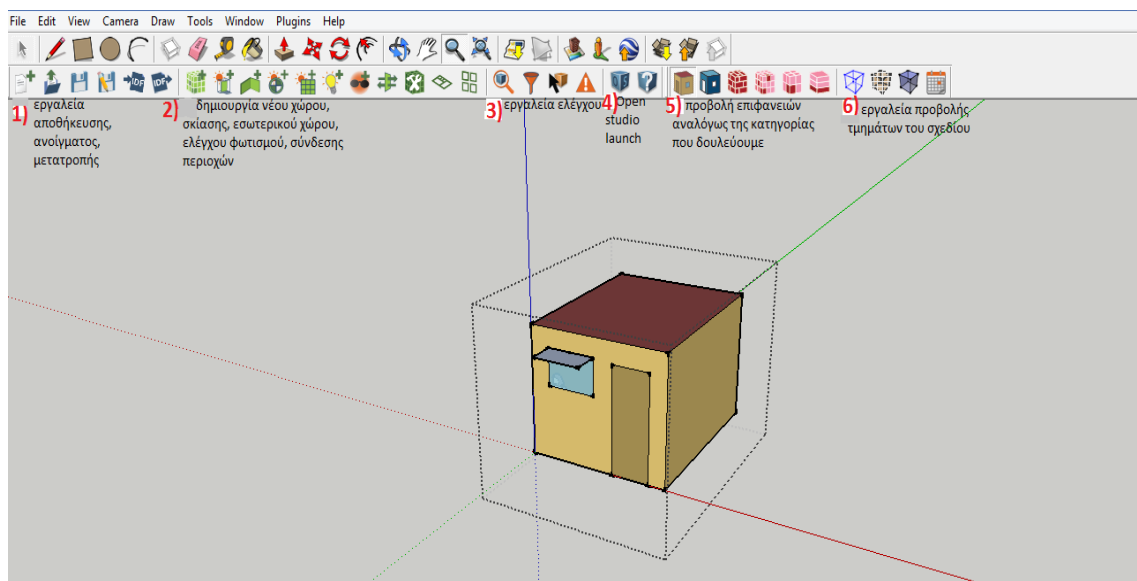
εικόνα 5:7 Προσθήκη ομάδας σκίασης

Η ομάδα σκίασης αρχικά προστίθεται σε ένα παράθυρο για είναι εμφανής πως τοποθετείται. Για τον τοίχο μάζας θα πρέπει να επιλεχθεί διαφορετική ομάδα σκίασης για να υπάρχει η δυνατότητα να μπουν ρυθμίσεις για κινητό σκίαστρο (σε περίπτωση που υπάρχει ενδιαφέρον για συνέχιση της μελέτης του τοίχου μάζας και συνδυασμό μηχανολογικών εξοπλισμών ακόμα και στο σκίαστρο).



εικόνα 5:8 Σχεδιασμός σκιάστρου.

Οι διακεκομμένες γύρω από το σκίαστρο δείχνουν πως ανήκει σε μία ενεργειακά αναγνωρισμένη ομάδα που προσφέρει σκίαση. Όσο είναι σημαίνει ότι μπορούν να γίνουν τροποποιήσεις στο σχήμα και στην τοποθέτησή του.

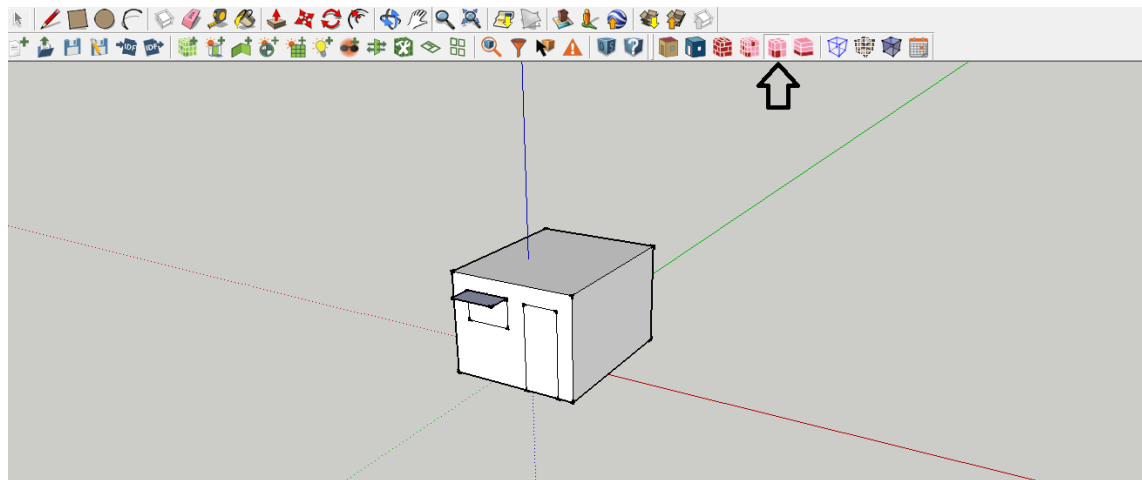


εικόνα 5:9 Τελικό στάδιο

Στην *εικόνα 5:9*, τελικό στάδιο, παρουσιάζεται η μορφή που πρέπει να έχει το μοντέλο μας και τα χρώματα που υποδηλώνουν το είδος κάθε περιοχής. Αυτό γίνεται στο αρχικό στάδιο σχεδιασμού ή αφού είναι επιλεγμένο το πρώτο εικονίδιο από την ομάδα 5 της μπάρας του Open studio(*εικόνα 5:1*).

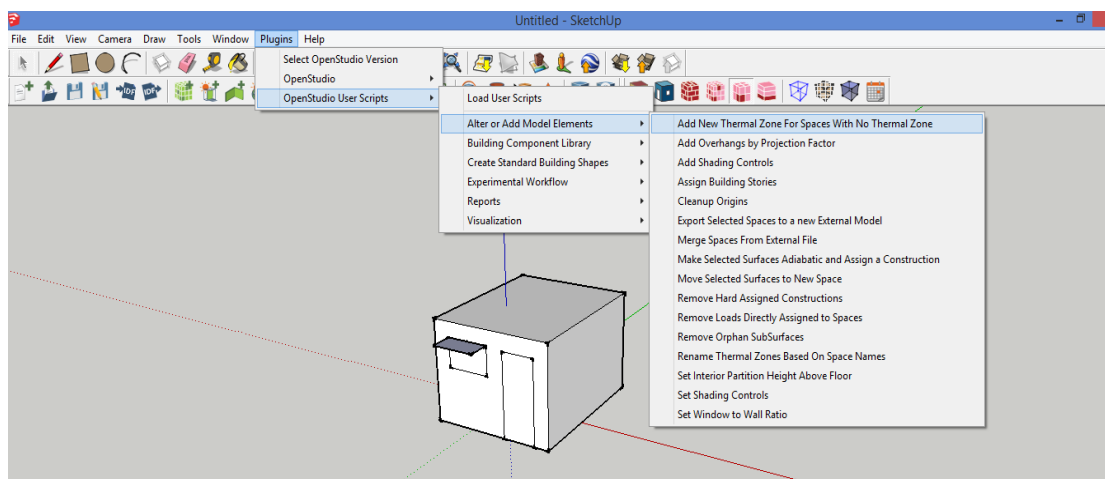
Εδώ έρχεται το δεύτερο βήμα για τη δημιουργία της θερμικής ζώνης. Από την ομάδα 5 το πέμπτο σύμβολο είναι αυτό που μας δείχνει το μοντέλο με βάση τις

θερμικές ζώνες. Αυτή τη στιγμή αν το πατήσουμε το μοντέλο μας δεν θα έχει θερμική ζώνη και θα εμφανιστεί όπως παραθέτεται πιο κάτω.

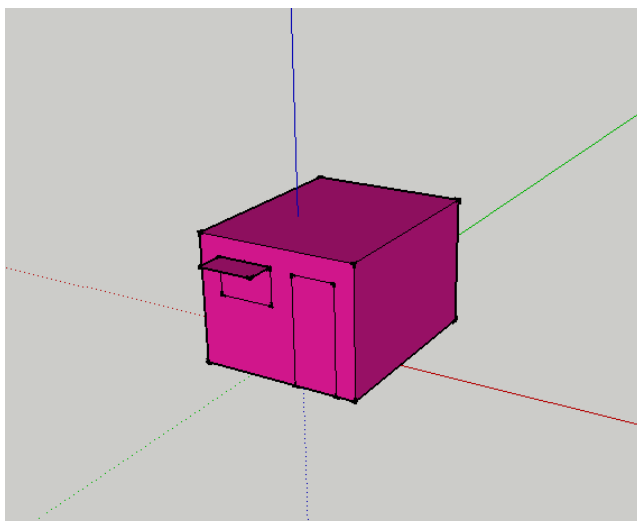


εικόνα 5:10 χωρίς θερμική ζώνη

Για να υπάρχει αναγνώριση των θερμικών ζωνών πρέπει να επιλεγεί το **plugins** από την πάνω μπάρα (εικόνα 5:10), από εκεί το Open studio User Scripts ->Alter or Add Model Elements -> Add New Thermal Zone For spaces with no Thermal Zone.



εικόνα 5:11 Προσθήκη θερμικής ζώνης



εικόνα 5:12 Θερμική ζώνη

Πλέον, εφόσον το μοντέλο μας πάρει κάποιο χρώμα (για κάθε θερμική ζώνη μπορούμε να επιλέξουμε το χρώμα της αρεσκείας μας, για να τις ξεχωρίζουμε σε σύνθετα μοντέλα) έχουμε πετύχει την αναγνώριση του χώρου σαν μία θερμική ζώνη.

! (Το χρώμα αυτό εμφανίζεται μόνο όταν έχουμε επιλεγμένο το εικονίδιο για εμφάνιση ανάλογα με τη θερμική ζώνη, εικόνα 5:1, ομάδα 5, εικονίδιο 5). (34)

Tips

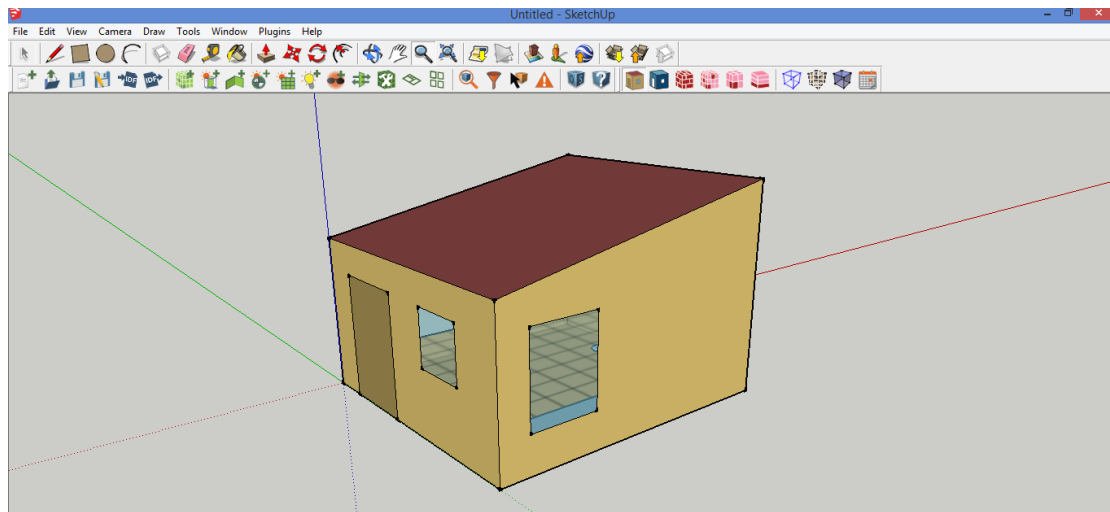
Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο που πρέπει να προσέξουν οι νέοι χρήστες είναι η προσεκτική σχεδίαση της γεωμετρίας και ο συνεχής έλεγχος της ενεργειακής αναγνώρισης των σχεδίων τους καθώς μετά είναι αρκετά χρονοβόρο να διορθωθούν. Μία συμβουλή είναι η συνεχής αποθήκευση ώστε και κάποιο λάθος να γίνει να μπορούν να γυρίσουν στο ακριβώς προηγούμενο στάδιο από αυτό που βρισκότουσαν.

Για την αποθήκευση όσο απλό και αν ακούγεται, υπάρχει επίσης μία σημαντική παράμετρος. Δεν πρέπει ποτέ να αποθηκευθεί το σχέδιο στο Sketchup γιατί αποθηκεύεται σαν εικόνα και δεν αποθηκεύεται καμία ενεργειακή παράμετρος. Επομένως το σχέδιο είναι πλέον άχρηστο για το μελετητή και θα πρέπει να δημιουργήσει νέο.

- Πρέπει κάθε φορά το σχέδιο να αποθηκεύεται στο Open studio. Τα εικονίδια αποθήκευσης είναι το τρίτο και τέταρτο από την ομάδα 1 της μπάρας του Open studio (εικόνα 5:1).
- Κάθε μελετητής στο πρώτο βήμα της μελέτης του θα πρέπει να χωρίσει ορθά της θερμικές ζώνες αναλόγως με τις ανάγκες τους.

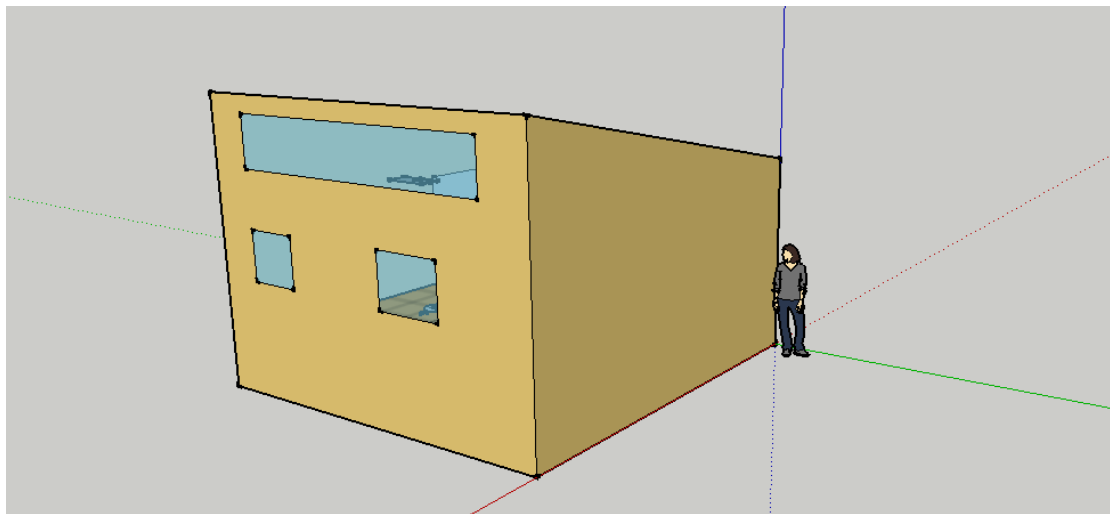
Στην περίπτωση μας χρησιμοποιείται ένας χώρος περίπου 30 m² όπου στην αρχική φάση αποτελείται από μία μόνο θερμική ζώνη ενώ στη συνέχεια με την προσθήκη του τοίχου μάζας προστίθεται και μία δεύτερη.

5.3 Παρουσίαση βασικού χώρου



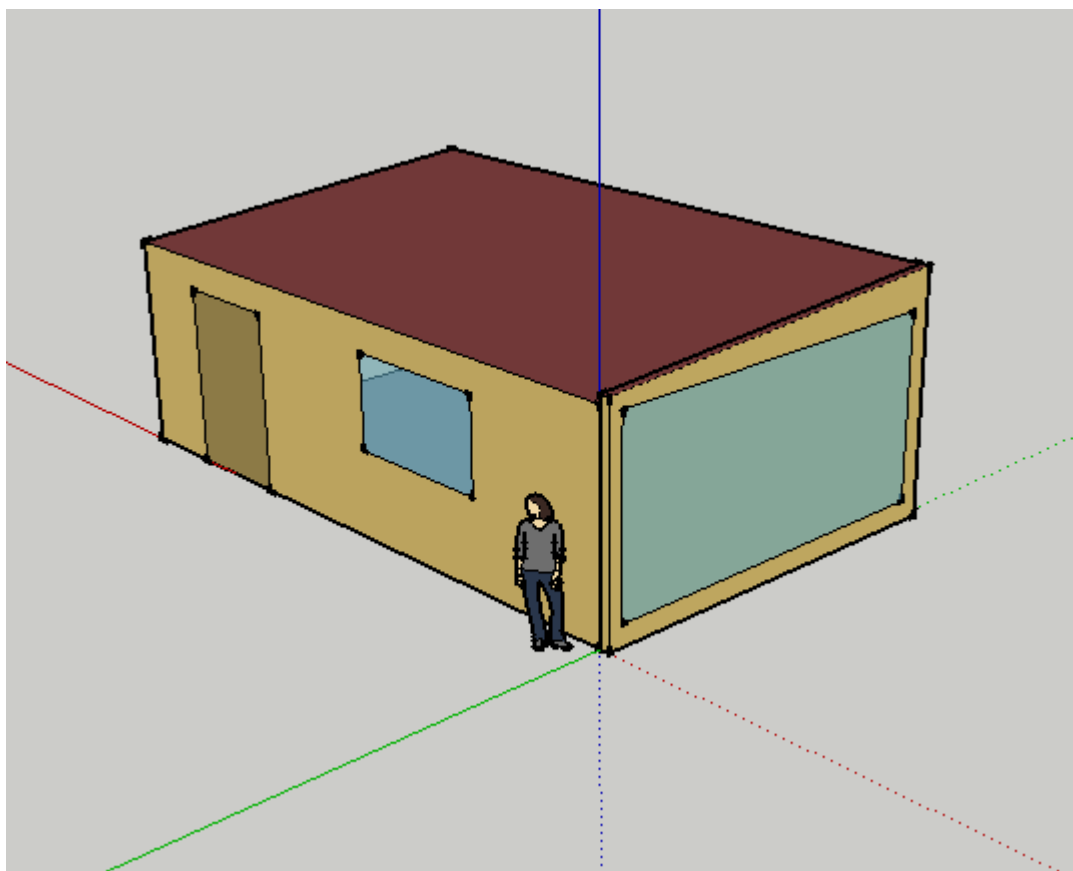
εικόνα 5:13 βασικός χώρος

Ο έντονος πράσινος άξονας (εικόνα 5:13) είναι ο βορράς, αντίστοιχα ο αχνός πράσινος δείχνει νότια, ενώ ο έντονα κόκκινος ανατολικά και ο αχνός δυτικά. Εδώ παρουσιάζονται η δυτική και νότια πλευρά, όπου στη δεύτερη θα τοποθετηθεί και ο τοίχος μάζας.



εικόνα 5:14 Αντίστοιχα η ανατολική και βόρεια πλευρά.

5.3.1 Χώρος με τον τοίχο μάζας

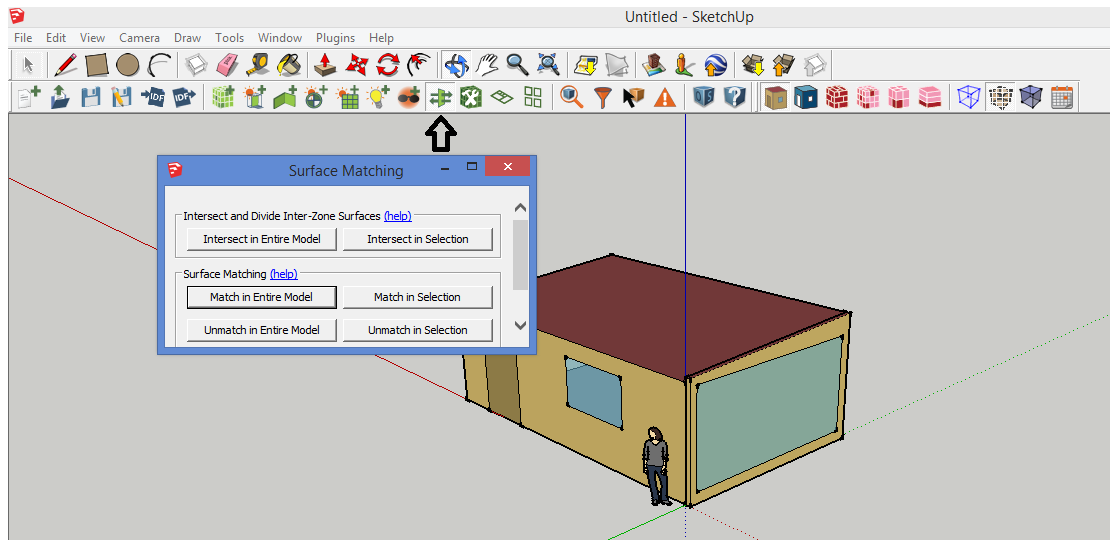


εικόνα 5:15 προσθήκη τοίχου μάζας

Για την εισαγωγή του τοίχου μάζας στο Energyplus, σχεδιάστηκε στη νότια όψη του κτιρίου (εικόνα 5:15) μία ακόμα ενεργειακή ζώνη. Το πιο σημαντικό όμως εκτός από την προσθήκη μίας ακόμα ζώνης είναι η προσεκτική σχεδίαση ώστε να εφάπτεται με το υπόλοιπο κτίριο σωστά ώστε να μπορεί να ενοποιηθεί ενεργειακά με το χώρο. Το πρώτο βήμα είναι να προσέξουμε κατά τη σχεδίαση την εμφάνιση κουκίδων που θα δείχνουν ποιά ακριβώς είναι τα όρια ώστε να συμπίπτει με το υπόλοιπο κτίριο.

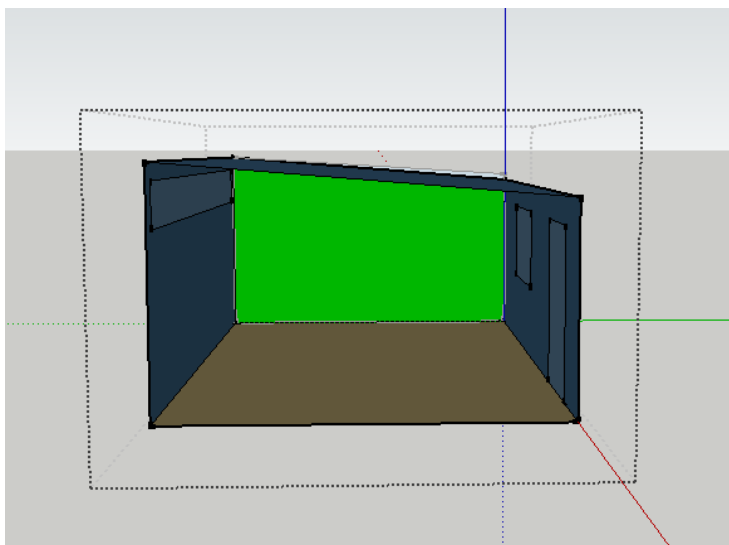
Προσοχή, αν κατά τη σχεδίαση σε κάθε γωνία δεν εμφανίζονται οι κουκίδες δείχνοντας το όριο τότε δεν θα μπορεί να ενοποιηθεί ενεργειακά όλο το κτίριο.

Η ενοποίηση γίνεται χρησιμοποιώντας το matching surface (εικόνα 5:16) από τη δεύτερη ομάδα εργαλείων και στη συνέχεια επιλέγοντας Intersect in Entire Model και Match in Entire Model.



εικόνα 5:16 ενεργειακή εννοποίηση χώρων θήμα 1

Αρχικά εφόσον έχουμε επιλεγμένο το εμφάνιση ανάλογα με το είδος της επιφάνειας (render by surface type), το πρώτο εικονίδιο, από την 5 ομάδα (εικόνα 5:1), δεν θα δούμε κάποια διαφορά.



εικόνα 5:17 ενεργειακή εννοποίηση χώρων θήμα 2

Επιλέγοντας το δεύτερο εικονίδιο της ίδιας ομάδας που δείχνει τις συνθήκες των ορίων του κτιρίου μας, και αποκρύψουμε τον ένα τοίχο ώστε να δούμε το εσωτερικό (εικόνα 5:17) φαίνεται πως ο κοινός τοίχος αναγνωρίζεται σαν εσωτερικός και έχει πλέον πράσινο χρώμα ενώ οι εξωτερικοί έχουν μπλε και το έδαφος καφέ. Μπορεί να μην φαίνεται κάτι ιδιαίτερο αλλά είναι μία πολύ σημαντική συνθήκη καθώς έτσι

αναγνωρίζονται σωστά οι συνθήκες που υπάρχουν στα όρια του κτιρίου ώστε να μπορέσουμε να έχουμε σωστή αναπαράσταση της λειτουργίας των ορίων και τις μεταφορές της θερμότητας μέσω αυτών κατά την προσομοίωση.

5.4 Εισαγωγή δεδομένων στο EnergyPlus

Εφόσον έχουμε πλέον σχεδιασμένο και με τα απαραίτητα ενεργειακά στοιχεία το μοντέλο μας ξεκινά η διαδικασία μορφοποίησης των υπόλοιπων δεδομένων μέσω του IDF Editor που είναι στο πακέτο που έρχεται με την απόκτηση του EEnergyPlus.

Το εν λόγω λογισμικό δέχεται συγκεκριμένους τύπους αρχείων και αυτά που χρησιμοποιήθηκαν εδώ είναι αρχεία IDF για την εισαγωγή δεδομένων, EPW για τα καιρικά δεδομένα.

Για τα καιρικά δεδομένα, υπάρχει έτοιμο αρχείο για την Αθήνα, στην ιστοσελίδα του Energyplus, στην κατηγορία weather data όπου παρέχονται καιρικά δεδομένα σε παγκόσμιο επίπεδο για τις μεγαλύτερες πόλεις κάθε χώρας αλλά και για μικρότερες περιοχές.

Για το IDF, είναι το βασικό αρχείο που παίρνουμε με τη βοήθεια του Sketchup και Open studio εφόσον τελειώσουμε το σχέδιο στο Sketchup, έχουμε έτοιμα όλα τα ενεργειακά δεδομένα από το Open studio και επιλέξουμε **export idf**. Έπειτα για τη ολοκλήρωση του αρχείου χρησιμοποιείται το IDF Editor.

Με τη χρήση αυτών των δύο γίνεται πιο εύκολη η εισαγωγή των δεδομένων καθώς το Open studio είναι ένα γραφικό περιβάλλον¹ που κάνει το Energyplus πιο προσιτό στο χρήστη.

Το τελικό στάδιο της προσομοίωσης είναι η εισαγωγή του αρχείου IDF και EPW στο EP-Launch και η επιλογή simulation ώστε να γίνει η προσομοίωση και από εκεί να μπορέσουν να εμφανιστούν τα αποτελέσματά της.

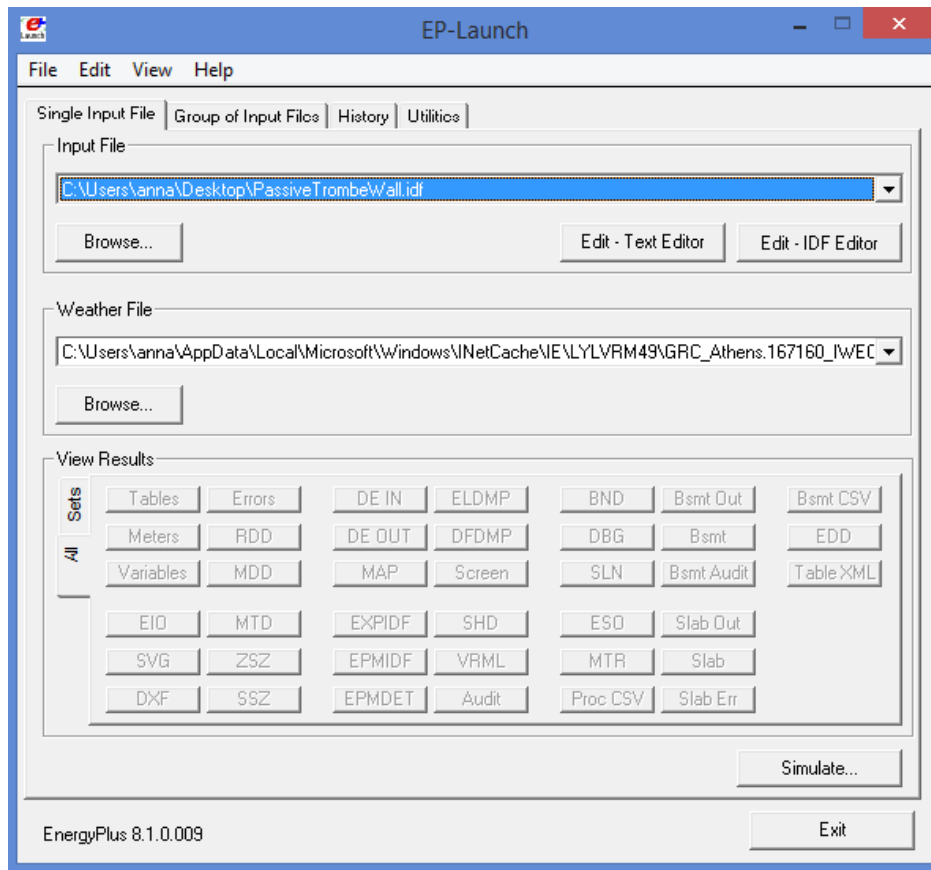
5.4.1 IDF Editor Και EP-Launch

Το EP-Launch (εικόνα 5:18) είναι εφαρμογή που περιέχεται στο Energyplus και δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να επιλέξει το αρχείο που θέλει για προσομοίωση και τις καιρικές συνθήκες που θα χρησιμοποιηθούν σε αυτή. Όπως φαίνεται και στην εικόνα, υπάρχει η επιλογή input file ή και group of files, όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το αρχείο που έχει ετοιμάσει για προσομοίωση και ακριβώς από κάτω είναι η επιλογή του αρχείου με τα καιρικά δεδομένα.

Τέλος, εφόσον γίνει η προσομοίωση με την επιλογή του simulate, εμφανίζονται στο τελευταίο τμήμα, view results, όλες οι μορφές αρχείων με τα αποτελέσματα.

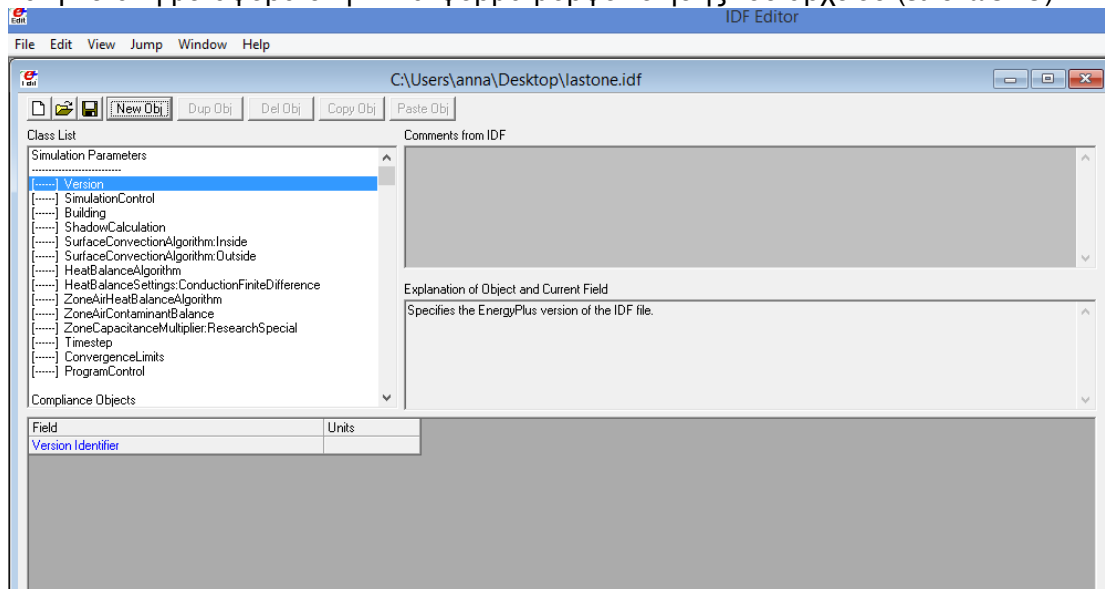
¹ Γραφικό περιβάλλον χρήστη ή γραφική διασύνδεση χρήστη (Graphical User Interface - GUI) καλείται

στην πληροφορική ένα σύνολο γραφικών στοιχείων, τα οποία εμφανίζονται στην οθόνη κάποιας ψηφιακής συσκευής (π.χ. Η/Υ) και χρησιμοποιούνται για την αλληλεπίδραση του χρήστη με τη συσκευή αυτή παρέχοντας ενδείξεις και εργαλεία για την αποπεράτωση των λειτουργιών. Τα περισσότερα σύγχρονα προγράμματα και λειτουργικά συστήματα υπολογιστών, προσφέρουν στους χρήστες τους κάποιο GUI, εν αντιθέση με παλαιότερα που χρησιμοποιούσαν κάποιο κέλυφος γραμμής εντολών, καθώς αυτός ο τρόπος αλληλεπίδρασης με τον υπολογιστή ταιριάζει περισσότερο στην ανθρώπινη εμπειρία και φύση.



εικόνα 5:18 βασική σελίδα EP-Launch

Για το IDF Editor, αφού έχει επιλεγεί το επιθυμητό αρχείο, πατάμε το Edit-IDF Editor και γίνεται η μεταφορά στην πλατφόρμα μορφοποίησης του αρχείου (εικόνα 5:19).



εικόνα 5:19 πλατφόρμα μορφοποίησης

Δίνεται η δυνατότητα ρύθμισης πολλών παραγόντων για το μοντέλο μας. Εδώ θα αναφέρουμε επιγραμματικά τις κατηγορίες και θα αναλύσουμε περαιτέρω μόνο αυτές που χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες μελέτης των βασικών παραγόντων που επηρεάζουν την απόδοση ενός τοίχου μάζας.

Κατηγορίες στοιχείων του IDF Editor

- 1) Παράμετροι προσομοίωσης, Simulation Parameters
- 2) Compliance Objects
- 3) Location and climate
- 4) Schedules
- 5) Surface Construction Elements
- 6) Thermal Zones and Surfaces
- 7) Advanced Construction, Surface, Zone Concepts
- 8) Detailed round Heat Transfer
- 9) Room Air Models
- 10) Internal Gains
- 11) Daylighting
- 12) Zone Airflow
- 13) Natural Ventilation and Duct Leakage
- 14) Exterior Equipment
- 15) HVAC Templates
- 16) HVAC Design Objects
- 17) Zone HVAC Controls and Thermostats
- 18) Zone HVAC Forced Air Units
- 19) Zone HVAC Radiative /Convective Units
- 20) Zone HVAC Air Loop Terminal Units
- 21) Zone HVAC Equipment Connections
- 22) Fans
- 23) Coils
- 24) Evaporative Coolers
- 25) Humidifiers and Dehumidifiers
- 26) Heat Recovery
- 27) Unitary Equipment
- 28) Variable Refrigerant Flow Equipment
- 29) Controllers
- 30) Air Distribution
- 31) Node-Branch Management
- 32) Pumps
- 33) Plant-condenser Flow Control
- 34) Non-Zone Equipment
- 35) Solar Collectors
- 36) Plant Heating and Cooling Equipment
- 37) Condenser Equipment and Heat Exchangers
- 38) Water Heaters and Thermal Storage
- 39) Plant-Condenser Loops
- 40) Plant Condenser Control
- 41) Energy Management System
- 42) External Interface
- 43) User Defined HVAC and Plant Component Models
- 44) System Availability Managers
- 45) Set point Managers
- 46) Refrigeration
- 47) Demand Limiting Controls
- 48) Electric Load Center-Generator Specifications
- 49) Water Systems
- 50) Operational Faults
- 51) General Data Entry
- 52) Performance Curves
- 53) Performance Tables

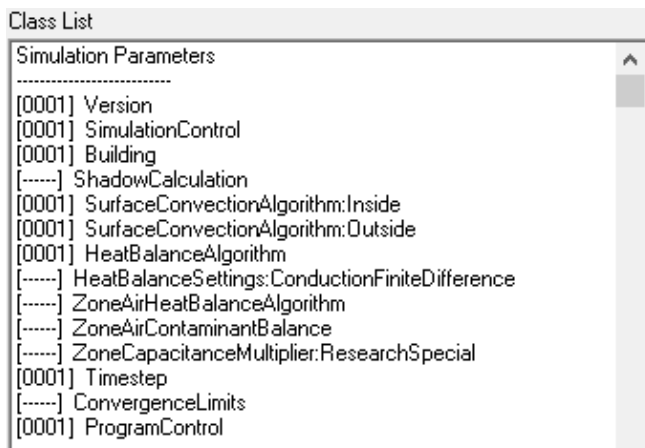
- 54) Fluid Properties
- 55) Economics
- 56) Parametrics
- 57) Output Reporting

Κάποια στοιχεία από αυτά που είναι απαραίτητα για την προσομοίωση θα παραμείνουν σταθερά σε όλες τις εκδόσεις. Για την ακρίβεια, το μέρος των δεδομένων που θα αλλάζει θα είναι από την κατηγορία Surface Construction Elements το materials και το construction και από την κατηγορία Thermal Zones and Surfaces, το Zone(μόνο για τη μια φορά που ο χώρος θα είναι με μία θερμική ζώνη και μετά θα υπάρχουν συνεχώς δύο θερμικές ζώνες), το Building Surface:Detailed και το Fenestration Surface:Detailed, ώστε να παρουσιάζονται οι διαφοροποιήσεις στα μέλη του τοίχου μάζας.

Το συγκεκριμένο λογισμικό για τη δημιουργία αρχείων για το Energyplus θέλει μία προσοχή στην καταγραφή των δεδομένων χωρίς όμως να είναι δυσπρόσιτο σε ένα νέο χρήστη.

5.5 Σταθερά στοιχεία προσομοίωσης

5.5.1 Simulation Parameters



Από τα στοιχεία που φαίνονται στον πίνακα (εικόνα 5:20), αυτά που έχουν δίπλα ένα κωδικό είναι τα στοιχεία που είναι συμπληρωμένα και τα υπόλοιπα είναι κενά. Κάποια από αυτά τα στοιχεία είναι απαραίτητα για την προσομοίωση ενώ κάποια άλλα είναι προαιρετικά αναλόγως με τις απαιτήσεις της εκάστοτε προσομοίωσης.

εικόνα 5:20 παράμετροι προσομοίωσης

Version: Είναι απαραίτητη παράμετρος και προσδιορίζει ποιά έκδοση του λογισμικού χρησιμοποιείται για τη συγκεκριμένη προσομοίωση καθώς μπορεί ένας χρήστης να διαθέτει παραπάνω από μία εκδόσεις. Αυτό συμβαίνει επειδή τα γραφικά περιβάλλοντα που προσφέρονται για συνεργασία με το λογισμικό αυτό προορίζονται για συγκεκριμένες εκδόσεις του και δεν είναι συμβατά με όλες. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα χρησιμοποιείται το 8.1 (εικόνα 5:21) καθώς αυτό είναι συμβατό με την έκδοση του Open studio που υπάρχει αυτή τη στιγμή.

Field	Units	Obj1
Version Identifier		8.1

εικόνα 5:21 προσαρμογή έκδοσης

SimulationControl: Δεν είναι απαραίτητη παράμετρος (για αυτό το λόγο και τα γράμματα στον πίνακα εισαγωγής δεδομένων, *εικόνα 5:22*, έχουν μαύρο και όχι μπλε χρώμα), αλλά βοηθάει να προσδιοριστεί η επιθυμία για προσομοίωση με τα στοιχεία που έχουν εισαχθεί από το αρχείο του καιρού.

Field	Units	Obj1
Do Zone Sizing Calculation		No
Do System Sizing Calculation		No
Do Plant Sizing Calculation		No
Run Simulation for Sizing Periods		Yes
Run Simulation for Weather File Run Periods		Yes

εικόνα 5:22 έλεγχοι κατά την προσομοίωση

Building: Είναι απαραίτητη παράμετρος, συμπληρώνεται από τα δεδομένα που είναι ήδη προσδιορισμένα από το Openstudio, δηλαδή η ταυτοποίηση του κτιρίου προσομοίωσης. Τα γεωγραφικά δεδομένα δεν χρειάζεται να αναφερθούν καθώς λαμβάνονται απευθείας από το αρχείο με τα καιρικά δεδομένα (*εικόνα 5:23*).

Field	Units	Obj1
Name		Building 1
North Axis	deg	
Terrain		
Loads Convergence Tolerance Value		
Temperature Convergence Tolerance Value	deltaC	
Solar Distribution		
Maximum Number of Warmup Days		
Minimum Number of Warmup Days		

εικόνα 5:23 στοιχεία κτιρίου

SurfaceConvectionAlgorithm:Inside : Είναι απαραίτητη παράμετρος που καθορίζει τον αλγόριθμο συναγωγής που θα χρησιμοποιηθεί για το εσωτερικό των επιφανειών κατά την προσομοίωση. Εδώ φαίνεται και ο συνδυασμός των υπόλοιπων παλαιότερων λογισμικών για τη δημιουργία του Energyplus, και η δυνατότητα επιλογής των καλύτερων στοιχείων από το κάθε ένα.

Field	Units	Obj1
Algorithm		TARP
		TARP current
		TARP default
		Simple choice
		CeilingDiffuser choice
		AdaptiveConvectionAlgorithm choice
		<BLANK>

εικόνα 5:24 αλγόριθμοι προσομοίωσης

Η επιλογή μας είναι το TARP (*εικόνα 5:24*) το οποίο βασίζεται στη μετάδοση της θερμότητας λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας των επιφανειών. Το CeilingDiffuser είναι επιλογή που έχει εξαναγκασμένες και μεικτές συσχετίσεις για το ανώτατο όριο διάχυσης το οποίο είναι η απλή φυσική συναγωγή. Το AdaptiveConvectionAlgorithm είναι δυναμική επιλογή για της συναγωγής αναλόγως με τις υπάρχουσες συνθήκες.

SurfaceConvectionAlgorithm:Outside : Είναι απαραίτητη παράμετρος που καθορίζει τον αλγόριθμο συναγωγής που θα χρησιμοποιηθεί για το εξωτερικό των επιφανειών κατά την προσομοίωση (*εικόνα 5:25*). Το DOE-2 προέρχεται από συσχετίσεις μετρήσεων που έγιναν από Klem και Yazdanian για τραχείς επιφάνειες.

Επίσης το MoWitt που δεν αναφέρθηκε πιο πάνω δημιουργήθηκε όπως το DOE-2 αλλά για λείες επιφάνειες.

Field	Units	Obj1	
Algorithm		DOE-2	
		DOE-2	current
		DOE-2	default
		SimpleCombined	choice
		TARP	choice
		MoWITT	choice
		AdaptiveConvectionAlgorithm	choice
		<BLANK>	

εικόνα 5:25 αλγόριθμοι προσομοίωσης

HeatBalanceAlgorithm: Είναι απαραίτητη παράμετρος. Επιλέγεται ποιος αλγόριθμος θα χρησιμοποιηθεί για την ισορροπία την θερμότητας (εικόνα 5:26). Επιλέγεται το διάδοση της θερμότητας με απευθείας αγωγή καθώς οι άλλες επιλογές συνδυάζουν και την ύπαρξη υγρασίας.

Field	Units	Obj1	
Algorithm		TransferFunction	
Surface Temperature Upper Limit	C	ConductionTransferFunction	current
Minimum Surface Convection Heat Transfer Coefficient	W/m2-K	ConductionTransferFunction	default
Maximum Surface Convection Heat Transfer Coefficient	W/m2-K	MoisturePenetrationDepthConductionTransferFunction	choice
		ConductionFiniteDifference	choice
		CombinedHeatAndMoistureFiniteElement	choice
		<BLANK>	

εικόνα 5:26 αλγόριθμος ισορροπίας θερμότητας

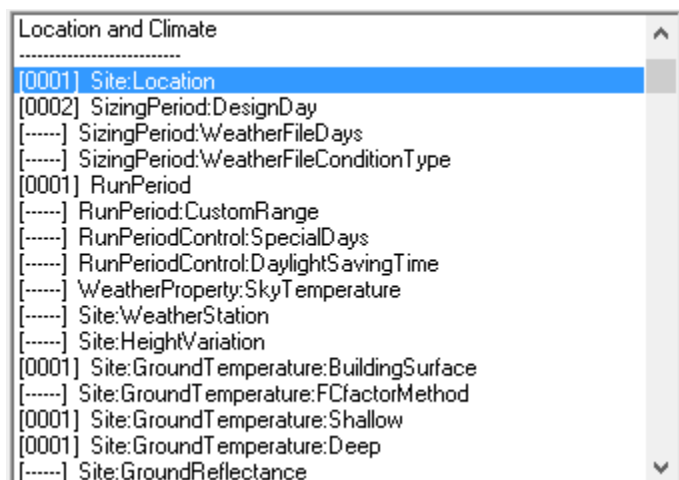
Timestep: Είναι απαραίτητη παράμετρος και ορίζεται αναλόγως με τον αλγόριθμο μετάδοσης της θερμότητας. Το 6 (εικόνα 5:27) είναι απο τις ελάχιστες αλλά ικανοποιητικές τιμές, ενώ για το ConductionFiniteDifference και CombinedHeatAnMoistureFiniteElement απαιτείται ένα ελάχιστο 20. Οι τιμές κυμαίνονται από 1-60 αλλά οι προτεινόμενες από 4-60. Το βήμα αυτό χρησιμοποιείται και για τον υπολογισμό της μεταφοράς της θερμότητας στις ζώνες και τις μετρήσεις των φορτίων των ζωνών.

Field	Units	Obj1
Number of Timesteps per Hour		6

εικόνα 5:27 βήμα

Τέλος, το **ProgrammControl** δεν είναι απαραίτητο και χρησιμοποιείται περισσότερο για τους ελέγχους επάρκειας φυσικού φωτισμού του κτιρίου. Οι έλεγχοι αυτοί όμως έχουν αρχίσει να έχουν ολοένα και μεγαλύτερη σημασία στην ενεργειακή μελέτη του κτιρίου, με έρευνες να δείχνουν πως όντως μπορούν να βελτιώσουν την απόδοση του κτιρίου.

5.5.2 Location and Climate



Τα στοιχεία που πρέπει να συμπληρωθούν εδώ (εικόνα 5:28) είναι περιορισμένα καθώς τα περισσότερα υπάρχουν στο αρχείο με τα καιρικά δεδομένα. Έτσι δεν χρειάζεται να συμπληρώσει κάτι χρήστης εφόσον έχει κατεβάσει το αρχείο καιρού που είναι ειδικά διαμορφωμένο για το Energyplus. Τα στοιχεία αυτά είναι:

εικόνα 5:28 λίστα στοιχείων για τοποθεσία, κλίμα

Site:Location : Ό,τι και να γραφτεί εδώ (εικόνα 5:29) τα δεδομένα του αρχείου για τον καιρό είναι πολύ πιο ισχυρά και το λογισμικό δέχεται αυτά. Παρατίθενται πιο κάτω τα στοιχεία που εμφανίζονται ώστε να υπάρχει μία πλήρης εικόνα για τα δεδομένα που χρειάζεται το λογισμικό.

Field	Units
Name	
Month	
Day of Month	
Day Type	
Maximum Dry-Bulb Temperature	C

εικόνα 5:29 χαρακτηριστικά τοποθεσίας

SizingPeriod:DesignDay : Έχουμε (εικόνα 5:30) την περιγραφή των ημερών σχεδιασμού για την πιο κρύα ημέρα του χειμώνα και αντίστοιχα την πιο ζεστή του καλοκαιριού. Παρατίθενται τα μόνο στοιχεία που απαιτούνται για το πεδίο αυτό.

Field	Units
Name	
Month	
Day of Month	
Day Type	
Maximum Dry-Bulb Temperature	C

εικόνα 5:30 χαρακτηριστικά ημέρας σχεδιασμού

RunPeriod : Η περίοδος για την οποία θα γίνει η προσομοίωση. Εδώ μπορεί ο χρήστη να συμπληρώσει την επιθυμητή περίοδο και να μην υποσκελισθεί από τα καιρικά δεδομένα (εικόνα 5:31). Αν πάλι αφεθεί κενό τότε αυτομάτως θα συμπληρωθεί από τα δεδομένα στο αρχείο καιρού. Εδώ υπάρχει για περίοδο ενός έτους.

Field	Units	Obj1
Name		Run Period 1
Begin Month		1
Begin Day of Month		1
End Month		12
End Day of Month		31

εικόνα 5:31 περίοδος προσομοίωσης

Site:GroundTemperature:BuildingSurface : Είναι απαραίτητο στοιχείο καθώς προσδιορίζει τη θερμοκρασία για τα στοιχεία που έχουν σαν εξωτερική περιβάλλον το έδαφος. Εδώ δεν χρειάζεται μεγάλη ακρίβεια στις τιμές και ζητείται ένας μέσος όρος τιμών. Για αυτό το λόγο είναι καλύτερο το αρχείο να τροποποιηθεί από το Slab basement πρόγραμμα που βρίσκονται στο IDF Editor ή αλλιώς να πάρουμε ένα λογικό μέσο όρο για όλο το χρόνο στους 18 °C.

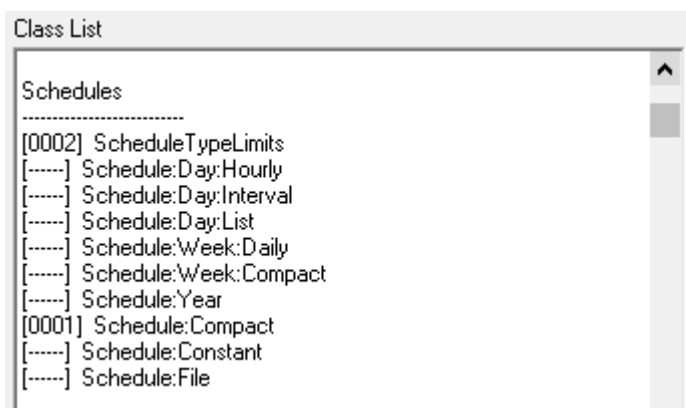
Τα δύο επόμενα είναι απαραίτητα για κτίρια που χρησιμοποιούν και το έδαφος σαν μέσο θέρμανσης. Επειδή είναι ένας αναπτυσσόμενος τρόπος σαν ανανεώσιμη πηγή ενέργειας πλέον η γεωθερμική ενέργεια για αυτό παρατίθενται εδώ οι δύο αυτές παράμετροι.

Site:GroundTemperature:Deep : Είναι απαραίτητος παράγοντας για τα κτίρια που αλληλεπιδρούν σε βάθος μεγαλύτερο από 3-4 μέτρα με το έδαφος.

Site:GroundTemperature:Shallow : Είναι απαραίτητη για τα κτίρια που αλληλεπιδρούν με το έδαφος, και χρειάζεται θερμοκρασίες κοντά στην επιφάνεια του εδάφους.

5.5.3 Schedules

Στην κατηγορία των προγραμμάτων (εικόνα 5:32) ο κάθε χρήστης μπορεί να δημιουργήσει ημερήσια, εβδομαδιαία και ετήσια προγράμματα που να ρυθμίζουν λειτουργίες ή φορτία στο χώρο. Για παράδειγμα, προγράμματα για ώρες λειτουργίας γραφείων ή ακόμα και για σκίαστρα αν υπάρχουν σε καθημερινή βάση ή είναι κινούμενα.



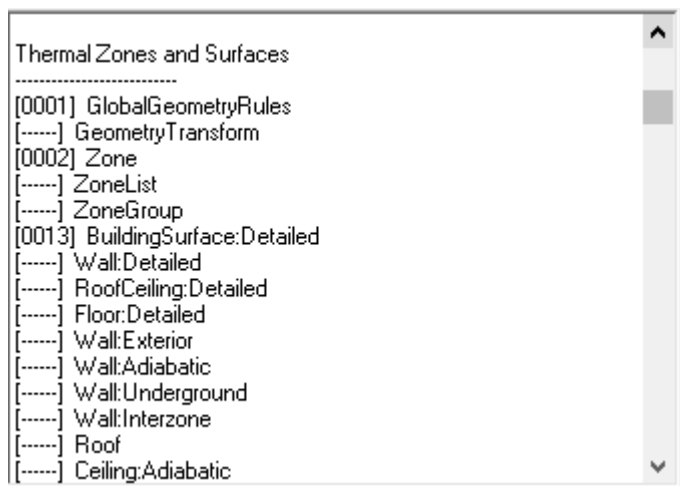
εικόνα 5:32 δημιουργία προγραμμάτων

Schedule TypeLimits: Ορίζει τα όρια από τα προγράμματα που έχουν καταχωρηθεί αλλά και τους τύπους των δεδομένων που καταχωρούνται στα προγράμματα αυτά.

Schedule:Compact : Εδώ ορίζονται τα προγράμματα για ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του χώρου όπως η ύπαρξη ενός τμήματος σκίασης σταθερού ή μη. Είναι ένα ιδιαίτερο πεδίο καθώς απαιτεί συγκεκριμένο τρόπο γραφής και δεδομένα που όμως είναι εύκολα κατανοητός καθώς παρατίθενται και οδηγίες σε παράθυρο στα δεξιά του Editor για τα απαιτούμενα στοιχεία.

5.5.4 Thermal Zones and Surfaces

Το συγκεκριμένο πεδίο (εικόνα 5:33) συμπληρώνεται μόνο του μέσω των δεδομένων από το Openstudio αρκεί να έχουν γίνει σωστά τα βήματα για την επαρκή αναγνώριση των σχέσεων των χώρων αλλά και έλεγχος για την ορθή ταύτιση των επιφανειών με τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά το οποίο επίσης μπορεί να γίνει μέσω του Openstudio αλλά και του Editor.



εικόνα 5:33 στοιχεία θερμικών ζωνών και επιφανειών

GlobalGeometryRules: Ορίζει τους κανόνες που θα χρησιμοποιηθούν για την περιγραφή του χώρου και των στοιχείων του.

Zone: Αναφέρει τον αριθμό των ζωνών και το απαραίτητο στοιχείο που πρέπει να επιλεγεί είναι ο αλγόριθμος που θα χρησιμοποιηθεί κατά την προσομοίωση σε κάθε ζώνη (εικόνα 5:34).

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Thermal Zone 1	Thermal Zone 2
Direction of Relative North	deg	0	0
X Origin	m	0	0
Y Origin	m	0	0
Z Origin	m	0	0
Type			
Multiplier			
Ceiling Height	m		
Volume	m ³		
Floor Area	m ²		
Zone Inside Convection Algorithm		TARP	TrombeWall
Zone Outside Convection Algorithm		DOE-2	DOE-2
Part of Total Floor Area			

εικόνα 5:34 γεωμετρικά και λειτουργικά-θερμικά στοιχεία ζώνης

BuildingSurface:Detailed : Από το πιο σημαντικά πεδία της συγκεκριμένης κατηγορίας (εικόνα 5:35, εικόνα 5:36) καθώς γίνεται η συσχέτιση των περιοχών με τα κατασκευαστικά αλλά και η αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Παρατίθενται τα στοιχεία που εμφανίζονται στο πεδίο αυτό και τονίζεται πως πρέπει να γίνει λεπτομερής έλεγχος και ότι τα στοιχεία που φαίνονται είναι τα σωστά χωρίς να έχει παραληφθεί

κάποια περιοχή. Αυτά που φαίνονται παρακάτω είναι αυτά που χρησιμοποιήθηκαν για την περιγραφή του χώρου με τον τοίχο μάζας. Είναι από τα πεδία που δεν αλλάζουν καθώς αναφέρεται απλώς το όνομα κατασκευής και όχι τα στοιχεία του, επομένως κρατώντας σε όλες τις δοκιμές τα κατασκευαστικά ονόματα ίδια και αλλάζοντας μόνο τα στοιχεία που τα αποτελούν στο αντίστοιχο πεδίο, αυτό το πεδίο μένει σταθερό σε όλες τις προσομοιώσεις.

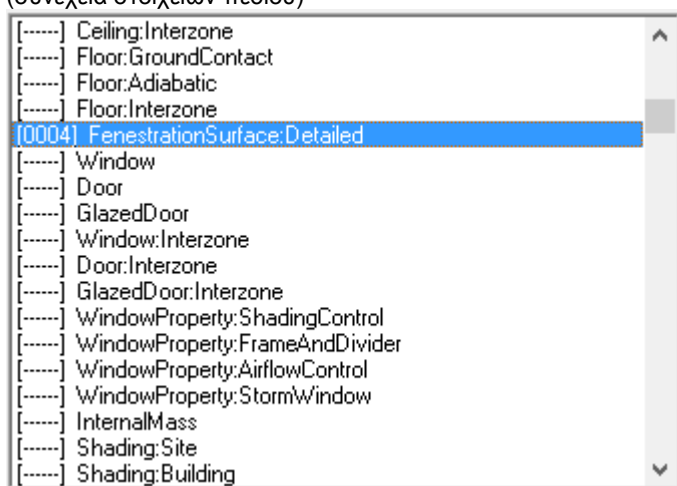
Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		Surface 10	Surface 11	Surface 12	Surface 13	Surface 7
Surface Type		Wall	Roof	Wall	Wall	Floor
Construction Name		ExtWall	Ceiling	ExtWall	TROMBE WALL 01	Interior Floor
Zone Name		Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1
Outside Boundary Condition		Outdoors	Outdoors	Outdoors	Surface	Ground
Outside Boundary Condition Object					Surface 5	
Sun Exposure		SunExposed	SunExposed	SunExposed	NoSun	NoSun
Wind Exposure		WindExposed	WindExposed	WindExposed	NoWind	NoWind
View Factor to Ground						
Number of Vertices						
Vertex 1 X-coordinate	m	0	0	-1.22103776E-01	0	0
Vertex 1 Y-coordinate	m	0	-4.9817	-4.9817	-4.9817	0
Vertex 1 Z-coordinate	m	2.73247546E+00	3.0357	3.0357	3.0357	0
Vertex 2 X-coordinate	m	0	0	-1.22103776E-01	0	0
Vertex 2 Y-coordinate	m	0	-4.38599029E-17	-4.9817	-4.9817	-4.9817
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	2.73247546E+00	0	0	0
Vertex 3 X-coordinate	m	-1.22103776E-01	-1.22103776E-01	0	0	-1.22103776E-01
Vertex 3 Y-coordinate	m	0	-4.38599029E-17	-4.9817	0	-4.9817
Vertex 3 Z-coordinate	m	0	2.73247546E+00	0	0	0
Vertex 4 X-coordinate	m	-1.22103776E-01	-1.22103776E-01	0	0	-1.22103776E-01

εικόνα 5:35 κατασκευαστικά στοιχεία επιφανειών

Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10	Obj11	Obj12	Obj13
Surface 8	Surface 9	Surface 1	Surface 2	Surface 3	Surface 4	Surface 5	Surface 6
Wall	Wall	Floor	Wall	Wall	Roof	Wall	Wall
ExtWall	ExtWall	Interior Floor	ExtWall	ExtWall	Ceiling	TROMBE WALL IN	ExtWall
Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 2	Thermal Zone 2	Thermal Zone 2	Thermal Zone 2	Thermal Zone 2	Thermal Zone 2
Outdoors	Outdoors	Ground	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Surface	Outdoors
						Surface 13	
SunExposed	SunExposed	NoSun	SunExposed	SunExposed	SunExposed	NoSun	SunExposed
WindExposed	WindExposed	NoWind	WindExposed	WindExposed	WindExposed	NoWind	WindExposed
0	-1.22103776E-01	8.195	8.195	0	8.195	0	8.195
-4.9817	-4.9817	0	-4.9817	-4.9817	-4.9817	-4.9817	0
3.0357	3.0357	0	3.0357	3.0357	3.0357	3.0357	2.6294
0	-1.22103776E-01	8.195	8.195	0	8.195	0	8.195
0	0	-4.9817	-4.9817	-4.9817	5.86831649E-17	0	0
2.6294	2.73247546E+00	0	0	0	2.6294	2.6294	0
0	-1.22103776E-01	0	8.195	8.195	0	0	0
0	0	-4.9817	0	-4.9817	5.86831649E-17	0	0
2.73247546E+00	0	0	0	0	2.6294	0	0
	-1.22103776E-01	0	8.195	8.195	0	0	0

εικόνα 5:36 κατασκευαστικά στοιχεία επιφανειών

(συνέχεια στοιχείων πεδίου)



εικόνα 5:37 στοιχεία θερμικών ζωνών και επιφανειών

FenestrationSurface : Detailed : Γίνεται η λεπτομερής περιγραφή των υπόλοιπων στοιχείων της κατασκευής όπως παράθυρα και πόρτες, δηλαδή των υποεπιφανειών (subsurface), όπως ονομάζονται στο λογισμικό (εικόνα 5:38).

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		Sub Surface 2	Sub Surface 5	Sub Surface 3	Sub Surface 4
Surface Type		Window	Window	Door	Window
Construction Name		ExtWindow	ExtWindow	Interior Door	ExtWindow
Building Surface Name		Surface 9	Surface 3	Surface 6	Surface 6
Outside Boundary Condition Object					
View Factor to Ground					
Shading Control Name					
Frame and Divider Name					
Multiplier					
Number of Vertices					
Vertex 1 X-coordinate	m	-1.22103776E-01	3.50229147E-01	7.14662528E+00	3.81691599E+00
Vertex 1 Y-coordinate	m	-1.85162275E-01	-4.9817	0	0
Vertex 1 Z-coordinate	m	2.56014352E+00	2.81353030E+00	2.23871183E+00	2.23255045E+00
Vertex 2 X-coordinate	m	-1.22103776E-01	3.50229147E-01	7.14662528E+00	3.81691599E+00
Vertex 2 Y-coordinate	m	-1.85162275E-01	-4.9817	0	0
Vertex 2 Z-coordinate	m	2.59543521E-01	2.24033030E+00	0	1.06975045E+00
Vertex 3 X-coordinate	m	-1.22103776E-01	7.87832915E+00	5.76302528E+00	1.93546607E+00
Vertex 3 Y-coordinate	m	-4.73466228E+00	-4.9817	0	0
Vertex 3 Z-coordinate	m	2.59543521E-01	2.24033030E+00	0	1.06975045E+00
Vertex 4 X-coordinate	m	-1.22103776E-01	7.87832915E+00	5.76302528E+00	1.93546607E+00
Vertex 4 Y-coordinate	m	-4.73466228E+00	-4.9817	0	0

εικόνα 5:38 αναλυτικά στοιχεία υποεπιφανειών

(συνέχεια στοιχείων κατηγορίας)

```
[-----] Shading:Site:Detailed  
[-----] Shading:Building:Detailed  
[-----] Shading:Overhang  
[-----] Shading:Overhang:Projection  
[-----] Shading:Fin  
[-----] Shading:Fin:Projection  
[0001] Shading:Zone:Detailed  
[-----] ShadingProperty:Reflectance
```

εικόνα 5:39 στοιχεία θερμικών ζωνών και επιφανειών

Shading:Zone:Detailed : Περιγραφή των τμημάτων σκίασης (εικόνα 5:40) όπως και για τα παραπάνω με λεπτομερή τρόπο. Έχει επιλεγεί να υπάρχει ένα σταθερό σκίαστρο καθότι είναι απαραίτητο για μία περιοχή όπως η Αθήνα, ειδικά για τους καλοκαιρινούς μήνες. Έχει αποδειχθεί βέβαια πως με κινητό σκίαστρο υπάρχει καλύτερη απόδοση του συστήματος όμως ένα κινητό χειροκίνητο σκίαστρο δεν είναι τόσο πρακτικό και η προσθήκη μηχανολογικών εξαρτημάτων δεν μελετάται εδώ. Επομένως ένα σταθερό σκίαστρο για τον τοίχο μάζας το οποίο καλύπτει μικρό τμήμα του είναι η καλύτερη λύση για τις προσομοιώσεις.

Field	Units	Obj1
Name		shade001
Base Surface Name		Surface 9
Transmittance Schedule Name		ShadingTransmittan
Number of Vertices		autocalculate

εικόνα 5:40 στοιχεία σκιάστρου

Αντίστοιχα έχει και τις συντεταγμένες από τις κορυφές, και εδώ φαίνεται πως υπάρχει η επιλογή να συμπληρωθούν αν έχουμε έτοιμες τις διαστάσεις χωρίς σχέδιο ή με υπολογισμό βάση του σχεδίου από το Sketchup όπως και στα πιο πάνω.

5.5.5 Output Reporting

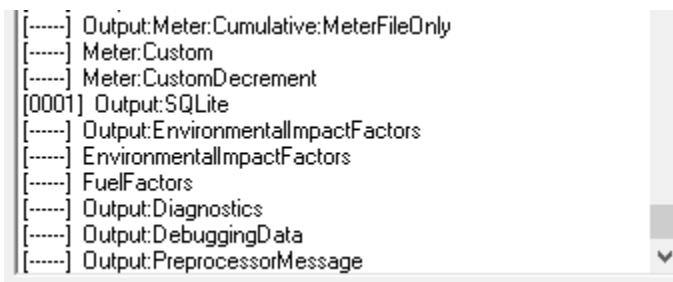
Τέλος, οι μεταβλητές που θα έχουμε σαν αποτελέσματα είναι η τελευταία κατηγορία που ανήκει στις σταθερές κατηγορίες (εικόνα 5:41).

```
Output Reporting  
-----  
[0001] Output:VariableDictionary  
[-----] Output:Surfaces:List  
[-----] Output:Surfaces:Drawing  
[-----] Output:Schedules  
[-----] Output:Constructions  
[-----] Output:EnergyManagementSystem  
[-----] OutputControl:SurfaceColorScheme  
[0001] Output:Table:SummaryReports  
[-----] Output:Table:TimeBins  
[-----] Output:Table:Monthly  
[0001] OutputControl:Table:Style  
[-----] OutputControl:ReportingTolerances  
[0006] Output:Variable  
[-----] Output:Meter  
[-----] Output:Meter:MeterFileOnly  
[-----] Output:Meter:MeterCumulative
```

εικόνα 5:41 λίστα αποτελεσμάτων

Output:VariableDictionary : Ετοιμάζει λίστα με τις ζητούμενες μεταβλητές ώστε να μπορεί να γίνεται έλεγχος για το αν υπάρχουν όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τα ζητούμενα αποτελέσματα.

Output:Table:SummaryReports: Δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να έχει περιληπτικές αναφορές για κάθε αποτέλεσμα.



OutputControl:Table:Style:

Δίνει τη δυνατότητα επιλογής στο χρήστη για τη μορφή που θέλει να έχουν τα αρχεία με τους πίνακες των αποτελεσμάτων.

εικόνα 5:42 συνέχεια λίστας αποτελεσμάτων

Output:Variable : Το πιο σημαντικό από αυτό το πεδίο καθώς ορίζονται οι επιθυμητές μεταβλητές από το χρήστη (εικόνα 5:43). Στην περίπτωση των προσομοιώσεων του τοίχου μάζας τα στοιχεία που χρειάστηκαν για τις συγκρίσεις των εναλλακτικών περιπτώσεων παρατίθενται εδώ.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Key Value		*	Surface 13	Surface 9	Surface 13	Surface 9	*
Variable Name		Zone Air Temperatu	Surface Inside Face	Surface Inside Face	Surface Inside Face	Surface Inside Face	Site Outdoor Air Dry
Reporting Frequency		hourly	hourly	hourly	hourly	hourly	hourly
Schedule Name							

εικόνα 5:43 εγγραφή επιθυμητών αποτελεσμάτων

Output:SQLite : Επειδή μπορεί να φανεί χρήσιμο σε αρκετούς αναφέρεται ότι τα αποτελέσματα μπορούν να είναι και σε SQL, μιας και το συγκεκριμένο λογισμικό χρειάζεται έστω και ελάχιστες προγραμματιστικές γνώσεις και εξοικείωση ώστε να συμπληρωθούν κάποια πεδία του, (παρόλο που έχουν προσπαθήσει αρκετά να το κάνουν πιο φιλικό με τους χρήστες) μπορεί αρκετοί χρήστες να βοηθηθούν από τα αποτελέσματα σε μία γλώσσα βάσης δεδομένων καθώς δίνεται η δυνατότητα για παρουσίαση των αποτελεσμάτων από όποια προγράμματα επιθυμεί ο χρήστης, χωρίς περιορισμό στην επιλογή του τύπου των αρχείων των αποτελεσμάτων.

5.6 Μεταβλητά στοιχεία προσομοίωσης

5.6.1 Surface Construction Elements

Είναι η μόνη κατηγορία (εικόνα 5:44) που διαφοροποιείται καθώς εδώ αναφέρονται τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά.



εικόνα 5:44 κατασκευαστικές λεπτομέρειες

Material : Στο πεδίο αυτό καταγράφονται τα υλικά με αναλυτικά όλα τα απαραίτητα δεδομένα για τη θερμική τους συμπεριφορά. Εδώ (εικόνα 5:45, εικόνα 5:46, εικόνα 5:47, εικόνα 5:48) παρατίθενται τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την πρώτη περίπτωση προσομοίωσης χαρακτηριζόμενη ως συνήθης.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		1/2IN Gypsum	1IN Stucco	8IN Concrete HW	F08 Metal surface
Roughness		Smooth	Smooth	MediumRough	Smooth
Thickness	m	0.0127	0.0253	0.2033	0.0008
Conductivity	W/m-K	0.16	6.91800000E-01	1.72960000E+00	4.52800000E+01
Density	kg/m3	784.9	1858	2.24300000E+03	7.82400000E+03
Specific Heat	J/kg-K	8.30000000E+02	8.37000000E+02	8.37000000E+02	500
Thermal Absorptance		0.9	0.9	0.9	0.9
Solar Absorptance		0.4	0.92	0.65	0.7
Visible Absorptance		0.4	0.92	0.65	0.7

εικόνα 5:45 λεπτομέρειες υλικών

Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9
F16 Acoustic tile	G01a 19mm gypsum	G05 25mm wood	I01 25mm insulation	M11 100mm lightwe
MediumSmooth	MediumSmooth	MediumSmooth	MediumRough	MediumRough
0.0191	0.019	0.0254	0.0254	0.1016
0.06	0.16	0.15	0.03	0.53
368	800	608	43	1280
5.90000000E+02	1090	1630	1210	8.40000000E+02
0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
0.3	0.4	0.5	0.6	0.5
0.3	0.4	0.5	0.6	0.5

εικόνα 5:46 λεπτομέρειες υλικών

Obj10	Obj11	Obj12	Obj13	Obj14
MAT-CC05 4 HW C	Metal Decking	Roof Insulation [21]	Roof Membrane	Wall Insulation [35]
Rough	MediumSmooth	MediumRough	VeryRough	MediumRough
0.1016	0.0015	0.2105	0.0095	0.0452
1.311	45.006	0.049	0.16	0.0432
2240	7680	265	1121.29	91
8.36800000E+02	418.4	8.36800000E+02	1460	8.37000000E+02
0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
0.85	0.6	0.7	0.7	0.5
0.85	0.6	0.7	0.7	0.5

εικόνα 5:47 λεπτομέρειες υλικών

Obj15	Obj16	Obj17
Air Wall Material	TABOR SOLAR AB	C10 - 8 IN HW CON
MediumSmooth	MediumRough	MediumRough
0.01	0.0016	0.2033016
0.6	392.61	1.729577
800	8906.26	2242.585
1000	370	836.8
0.95	0.05	0.9
0.7	0.85	0.65
0.7	0.85	0.65

εικόνα 5:48 λεπτομέρειες υλικών

Material:NoMass : Είναι για υλικά που χρησιμοποιούνται εκτός των κύριων δομικών με κύριο χαρακτηριστικό την θερμική αντίσταση. Για παράδειγμα τα υλικά για τα πατώματα (εικόνα 5:49).

Field	Units	Obj1
Name		CP02 CARPET PAD
Roughness		Smooth
Thermal Resistance	m ² -K/W	0.1
Thermal Absorptance		0.9
Solar Absorptance		0.8
Visible Absorptance		0.8

εικόνα 5:49 βοηθητικά υλικά

Material:AirGap: Περιγράφει την ύπαρξη κενού με αέρα σε αδιαφανές περιοχές όπως σκεπή και τοίχοι (εικόνα 5:50). Βεβαίως υπάρχουν για τον τοίχο μάζας κατασκευές που χρησιμοποιούν διαφορετικά αέρια στο εσωτερικό επομένως αλλάζει και η θερμική αντίσταση.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		F04 Wall air space r	F05 Ceiling air space
Thermal Resistance	m ² -K/W	0.15	0.18

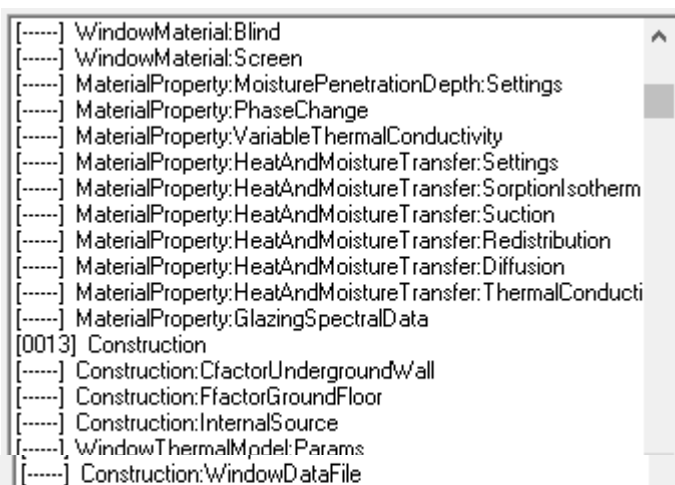
εικόνα 5:50 χαρακτηριστικά στρωμάτων αέρα

WindowMaterial:Glazing : Τα διάφανα υλικά που χρησιμοποιούνται για τα ανοίγματα, όπως παράθυρα και τμήματα πορτών.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Clear 3mm	Theoretical Glass [1
Optical Data Type		SpectralAverage	SpectralAverage
Window Glass Spectral Data Set Name			
Thickness	m	3.00000000E-03	3.00000000E-03
Solar Transmittance at Normal Incidence		0.837	0.2349
Front Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0.075	0.7151
Back Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0	0
Visible Transmittance at Normal Incidence		0.898	0.2512
Front Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0.081	0.6988
Back Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0	0
Infrared Transmittance at Normal Incidence		0	0
Front Side Infrared Hemispherical Emissivity		0.84	0.9
Back Side Infrared Hemispherical Emissivity		0.84	0.9
Conductivity	W/m-K	0.9	0.0415
Dirt Correction Factor for Solar and Visible Transmittanc		1	1
Solar Diffusing		No	No
Young's modulus	Pa		
Poisson's ratio			

εικόνα 5:51 λεπτομέρειες διάφανων υλικών

(συνέχεια στοιχείων κατηγορίας)



εικόνα 5:52 κατασκευαστικές λεπτομέρειες

Construction: περιγράφονται οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες, έχοντας τις στρώσεις που αποτελούν κάθε στοιχείο από την εξωτερική στρώση προς την εσωτερική. Σε αντιστοιχία με τα παραπάνω στους πίνακες φαίνονται τα στοιχεία της πρώτης περίπτωσης που προσομοιώνεται.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		Air Wall	Ceiling	ExtWall
Outside Layer		Air Wall Material	Roof Membrane	1IN Stucco
Layer 2			Roof Insulation [21]	8IN Concrete HW
Layer 3			Metal Decking	Wall Insulation [35]
Layer 4				1/2IN Gypsum

εικόνα 5:53 κατασκευαστική στρωματοποίηση υλικών

Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8
ExtWindow	Exterior Door	ExtSlabCarpet 4in C	Interior Ceiling	Interior Door
Theoretical Glass [1	F08 Metal surface	MAT-CC05 4 HW C	M11 100mm lightwe	G05 25mm wood
	I01 25mm insulation	CP02 CARPET PAC	F05 Ceiling air spac	
			F16 Acoustic tile	

εικόνα 5:54 κατασκευαστική στρωματοποίηση υλικών

Obj9	Obj10	Obj11	Obj12	Obj13
Interior Floor	Interior Partition	Interior Window	TROMBE WALL IN	TROMBE WALL OL
F16 Acoustic tile	G05 25mm wood	Clear 3mm	TABOR SOLAR AB	C10 - 8 IN HW COM
F05 Ceiling air spac			C10 - 8 IN HW COM	C10 - 8 IN HW COM
M11 100mm lightwe			C10 - 8 IN HW COM	TABOR SOLAR AB

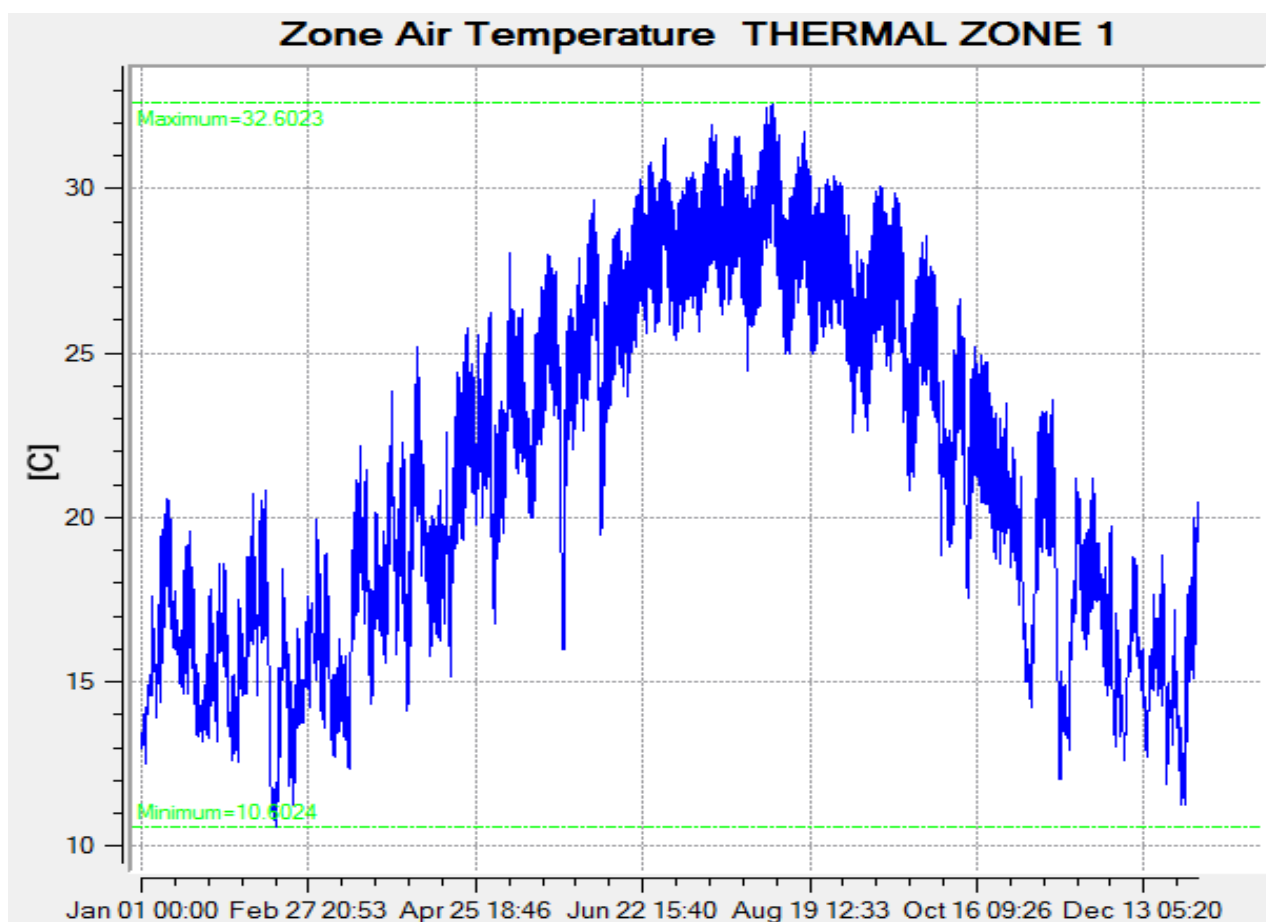
εικόνα 5:55 κατασκευαστική στρωματοποίηση υλικών

6 Προσομοιώσεις

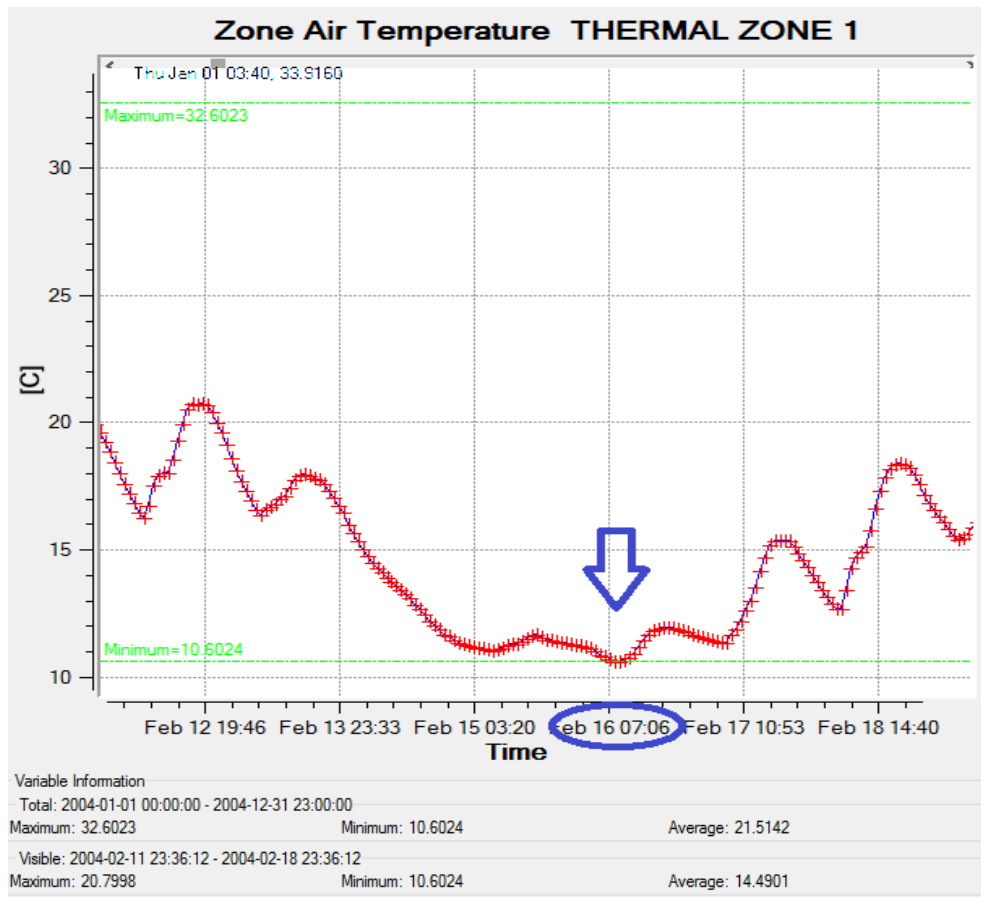
6.1 Περίπτωση χωρίς τοίχο μάζας

Η πρώτη προσομοίωση ήταν για το χώρο χωρίς την ύπαρξη του τοίχου μάζας ώστε να είναι προφανές πως ένα τέτοιο σύστημα όντως βελτιώνει θερμικά ένα κτίριο. Ο χώρος κατασκευαστικά είναι ο ίδιος με αυτόν που έχει περιγραφεί και πιο πάνω, χωρίς την ύπαρξη όμως του τοίχου μάζας, δηλαδή της θερμικής ζώνης 1.

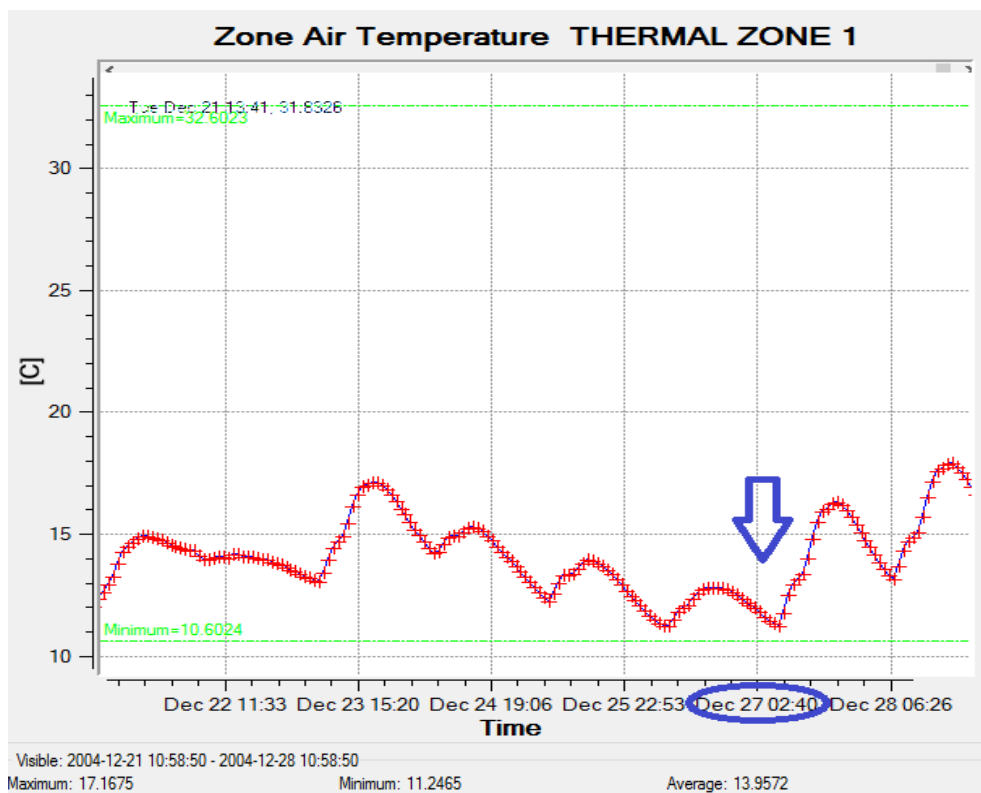
Στο διάγραμμα που προέκυψε από την πρώτη προσομοίωση (εικόνα 6:1) όπου υπήρχε μόνο μία θερμική ζώνη, αυτή του κυρίως χώρου παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας σε όλη τη διάρκεια του χρόνου. Φαίνεται πως η ελάχιστη θερμοκρασία στο εσωτερικό είναι κοντά στους 10,6°C ενώ η μέγιστη στους 32,6°C. Στόχος είναι να συγκριθούν τα αποτελέσματα με αυτά του τοίχου μάζας για την εσωτερική θερμοκρασία και όντως να επιβεβαιωθεί πως ένας τοίχος μάζας βελτιώνει σίγουρα τις ακραίες τιμές της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου για μεσογειακές περιοχές όπως η Αθήνα.



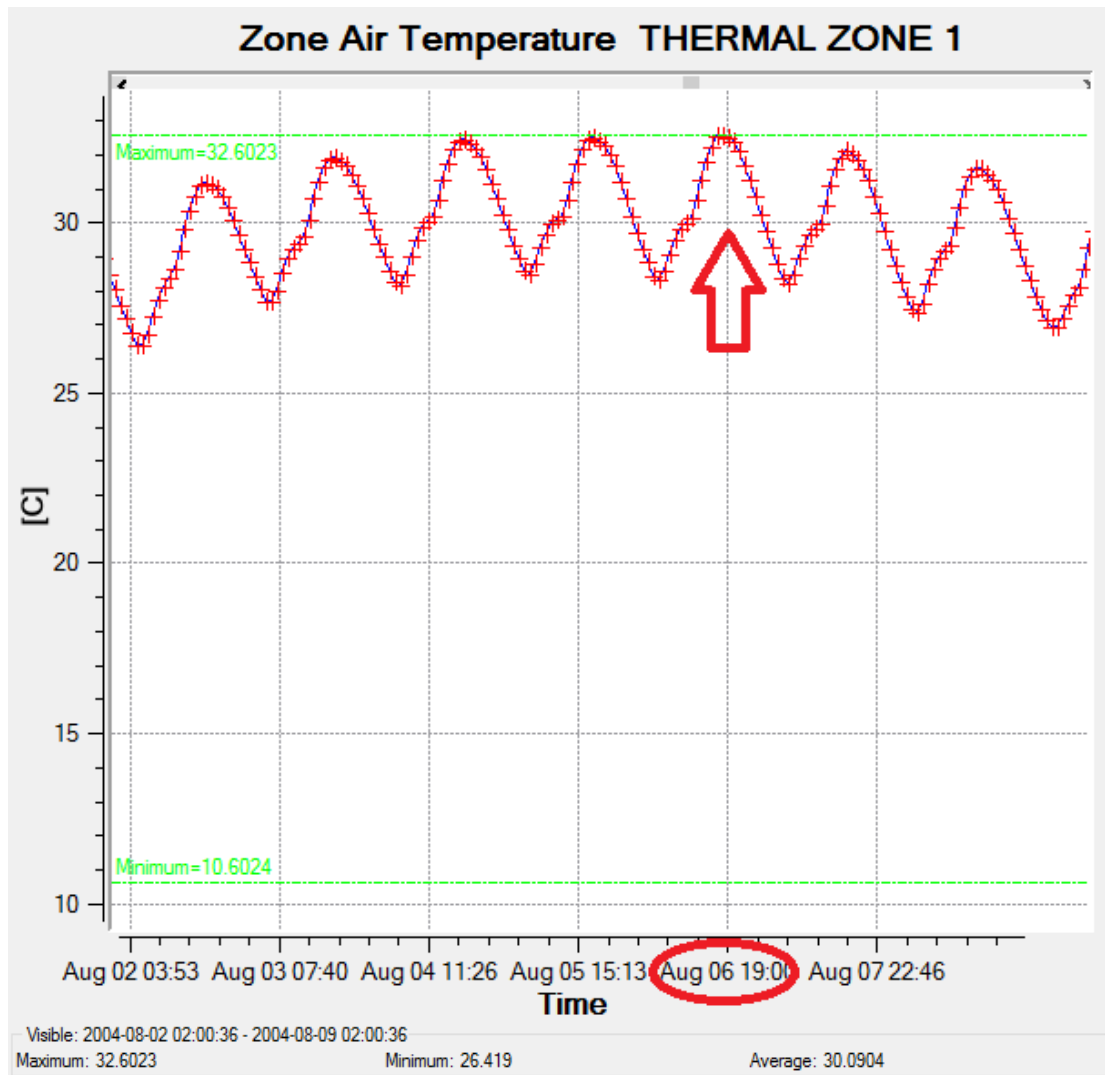
εικόνα 6:1 Θερμοκρασιακές ετήσιες μεταβολές για τον κυρίως χώρο, χωρίς την ύπαρξη του τοίχου μάζας



εικόνα 6:2 εβδομαδιαία διακύμανση για την εμφάνιση της πιο κρύας ημέρας στο εσωτερικό του κυρίως χώρου χωρίς την ύπαρξη του τοίχου μάζας



εικόνα 6:3 εβδομαδιαία διακύμανση για την εμφάνιση της πιο κρύας ημέρας στο περιβάλλον



εικόνα 6:4 εβδομαδιαία διακύμανση για την εμφάνιση της πιο θερμής ημέρας

Στα επόμενα κεφάλαια γίνεται αναλυτική εξήγηση για τις δύο ημέρες που παρουσιάζονται με τη χαμηλότερη θερμοκρασία δίπλα και η σύγκριση με την προσθήκη του τοίχου μάζας που εξάλλου αυτός είναι και ο στόχος.

6.2 1^η περίπτωση

Πάχος και απορροφητική επιφάνεια

Στην πιο απλή περίπτωση του τοίχου μάζας που έγινε για την πρώτη δοκιμή χρησιμοποιήθηκε α) σαν εξωτερική στρώση μία απορροφητική επιφάνεια και ένας τοίχος σκυροδέματος 25cm, στη συνέχεια β) ένα τοίχος μάζας 35cm και τέλος, γ) ένας τοίχος απλός χωρίς απορροφητική επιφάνεια. Σε αυτή την περίπτωση, σκοπός ήταν η διερεύνηση της επιρροής του πάχους του τοίχου μάζας και της απορροφητικής επιφάνειας.

Το πάχος του τοίχου φυσικά εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος, το κλίμα και τις απώλειες ενέργειας του κτιρίου. Για παράδειγμα, για ένα τοίχο από σκυρόδεμα ένας πολύ λεπτός τοίχος δεν προσφέρει αρκετή δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας και την αντίστοιχη επιθυμητή καθυστέρηση στη μετάδοσή της στο εσωτερικό, δημιουργώντας έτσι προβλήματα υπερθέρμανσης. Από την άλλη τοίχος μεγάλου πάχους καθυστερεί αρκετά τη μετάδοση της θερμότητας και είναι μεγάλο πρόβλημα για τους μηχανικούς καθώς αυξάνει το φορτίο του κτιρίου χωρίς να προσφέρει από στατικής άποψης.

Εδώ αξίζει να σημειωθεί πως έρευνες για πολύ ζεστές χώρες όπως η Ινδία από τους Agrawal Tiwary έδειξαν πως το πάχος του τοίχου που δίνει τα μέγιστα αποτελέσματα είναι 30-40 cm.

Επιπλέον, για την απορροφητική επιφάνεια, από δοκιμές Ozbala και Kartal βρέθηκε πως επηρεάζουν τα διαφορετικά χρώματα επικάλυψης το κάθε υλικό του τοίχου μάζας. Τα χρώματα που δοκιμάστηκαν ήταν μαύρο, φυσικό και ένα πολύ απαλό και τα υλικά ήταν το σκυρόδεμα, τούβλα και αεριζόμενο σκυρόδεμα (εικόνα 6:5).

Solar wall colour	Annual solar heat gain %		
	Reinforced concrete	Brick	Autoclaved Aerated concrete
Dark colour	26.9	20.5	13.0
Natural colour	20.2	16.4	7.9
Light colour	9.7	7.1	4.3

εικόνα 6:5 χρώματα και βελτίωση απόδοσης

Για τις παραπάνω τρεις περιπτώσεις οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες γίνονται με αλλαγή στο construction του Idf Editor. Το **κενό αέρα** σε όλες τις μορφές του τοίχου μάζας έχει επιλεγεί να είναι τα **10cm** που είναι και η μέγιστη απόσταση που προβλέπεται για τον τοίχο μάζας. Καθώς με αυτό μπορεί αργότερα να προστεθεί σε περαιτέρω μελέτη και η προσθήκη μηχανολογικού εξοπλισμού.

α) Τοίχος με 25cm και απορροφητική επιφάνεια

Obj12	Obj13
TROMBE WALL IN	TROMBE WALL OI
TABOR SOLAR AB	C10 - 8 IN HW CON
C10 - 8 IN HW CON	C10 - 8 IN HW CON
C10 - 8 IN HW CON	TABOR SOLAR AB

εικόνα 6:6 κατασκευαστικά τοίχου μάζας

β) Τοίχος με 35cm και απορροφητική επιφάνεια

Obj12	Obj13
TROMBE WALL IN	TROMBE WALL OI
TABOR SOLAR AB	C10 - 8 IN HW CON
C10 - 8 IN HW CON	C10 - 8 IN HW CON
C10 - 8 IN HW CON	C10 - 8 IN HW CON
C10 - 8 IN HW CON	TABOR SOLAR AB

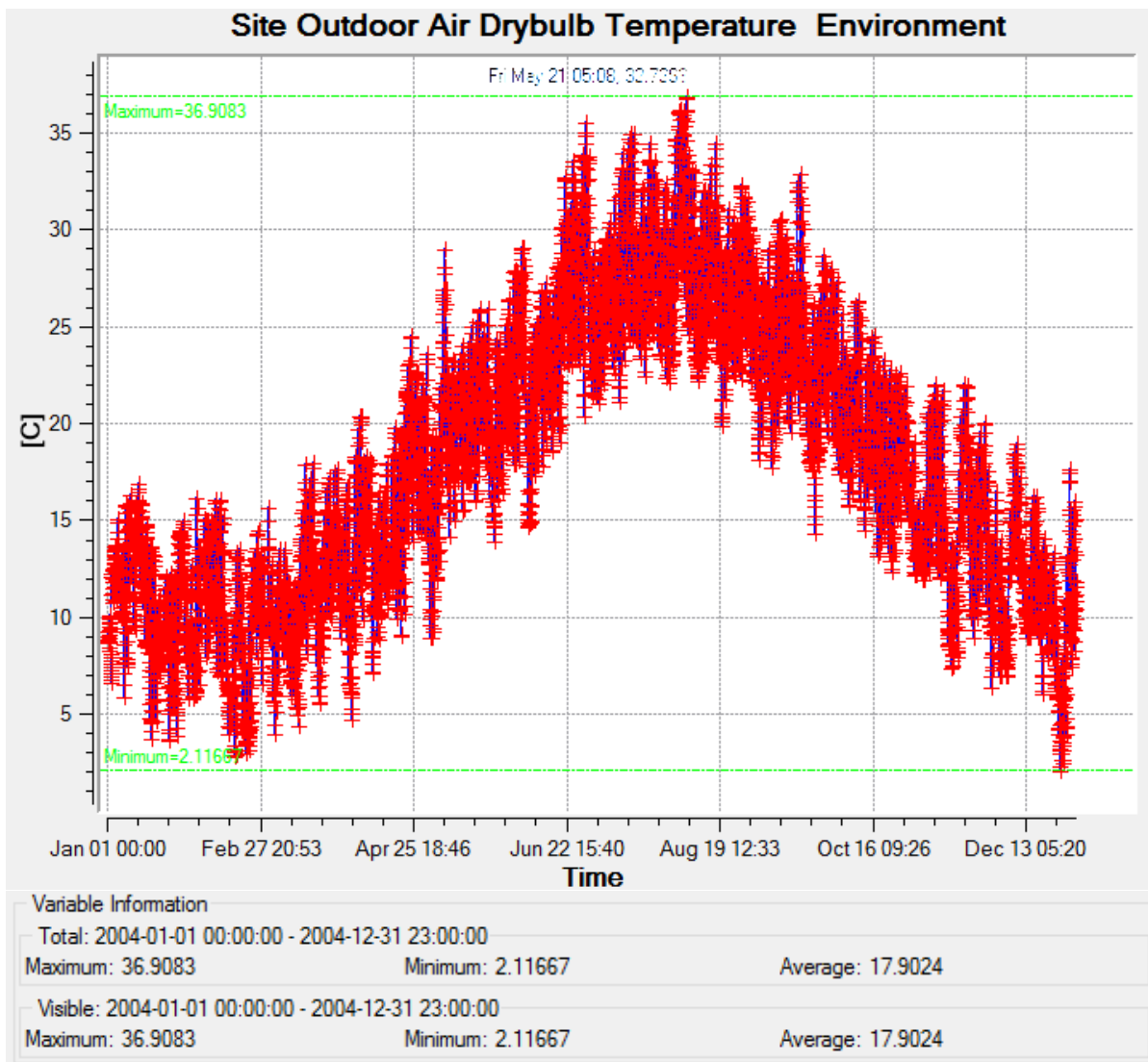
εικόνα 6:7 κατασκευαστικά τοίχου μάζας

γ) Τοίχος 25cm χωρίς απορροφητική επιφάνεια (εικόνα 6:8)

Obj12	Obj13
TROMBE WALL IN	TROMBE WALL OL
C10 - 8 IN HW CON	C10 - 8 IN HW CON
C10 - 8 IN HW CON	C10 - 8 IN HW CON

εικόνα 6:8 κατασκευαστικά τοίχου μάζας

Σε όλες τις προσομοιώσεις οι καιρικές συνθήκες είναι οι ίδιες από τις μετρήσεις που είχαν γίνει μέχρι περίπου το 2004 από μετρήσεις απλού θερμομέτρου (εικόνα 6:9).

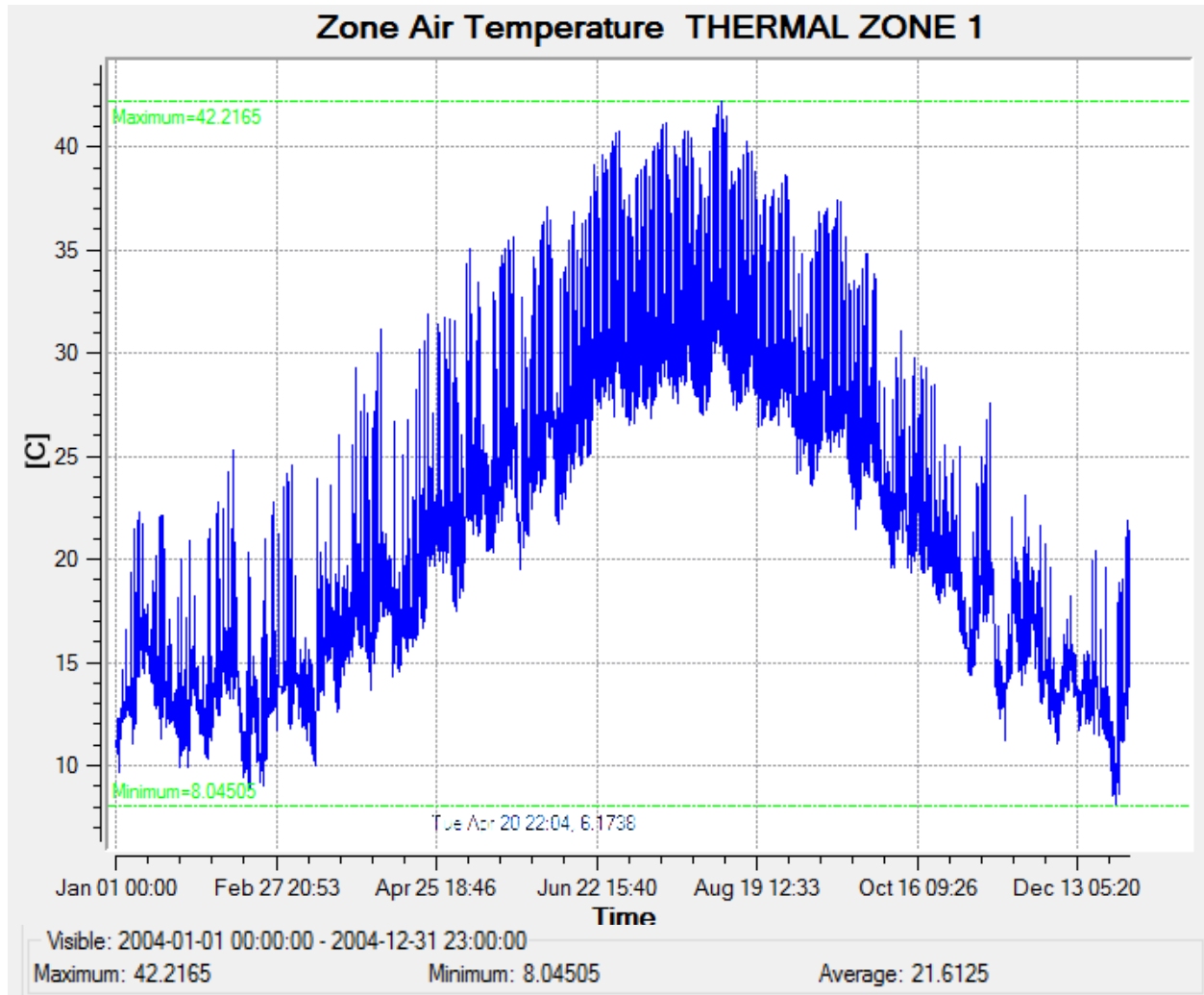


εικόνα 6:9 εξωτερική ετήσια θερμοκρασία

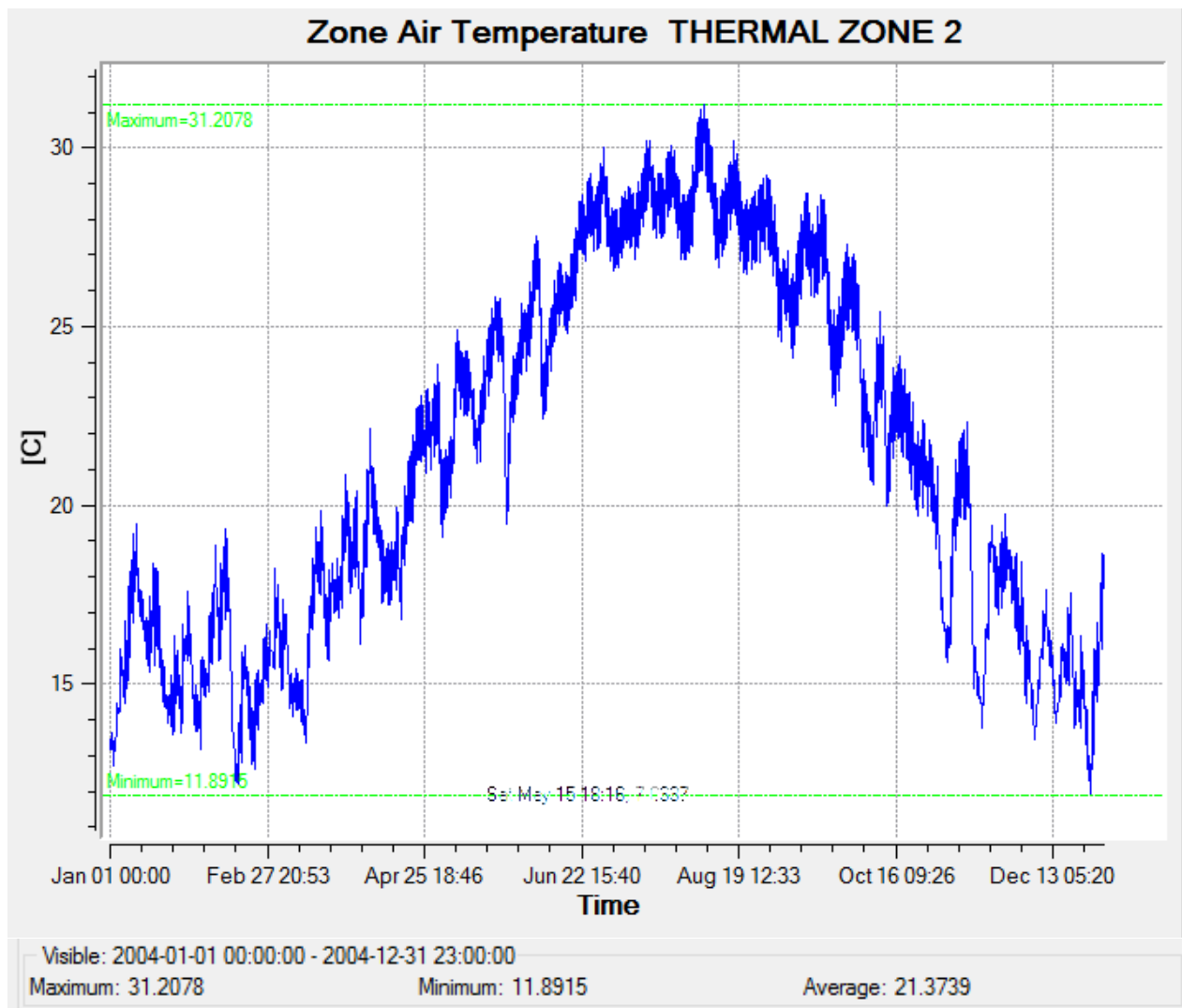
Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων είναι διαγράμματα που δείχνουν τη θερμοκρασία στη ζώνη του τοίχου Trombe, στο εσωτερικό του κυρίως χώρου, τις θερμοκρασίες των επιφανειών του τοίχου μάζας εσωτερικά και εξωτερικά και τις τιμές της σταθεράς της διάδοσης της θερμότητας με αγωγή για τον τοίχο μάζας ώστε να μπορέσουν να βρεθούν οι διαφορές με τις κατασκευαστικές αλλαγές του τοίχου.

6.2.1 Τοίχος με απορροφητική επιφάνεια και 25 cm πάχος

Για την πρώτη περίπτωση η ετήσια διακύμανση για τη ζώνη 1 που είναι η περιοχή του τοίχου μάζας (εικόνα 6:10) και η ζώνη δύο (εικόνα 6:11) που είναι η περιοχή του κυρίως χώρου.



εικόνα 6:10 Θερμοκρασία στη ζώνη του τοίχου μάζας



εικόνα 6:11 Ετήσια θερμοκρασία στον κυρίως χώρο

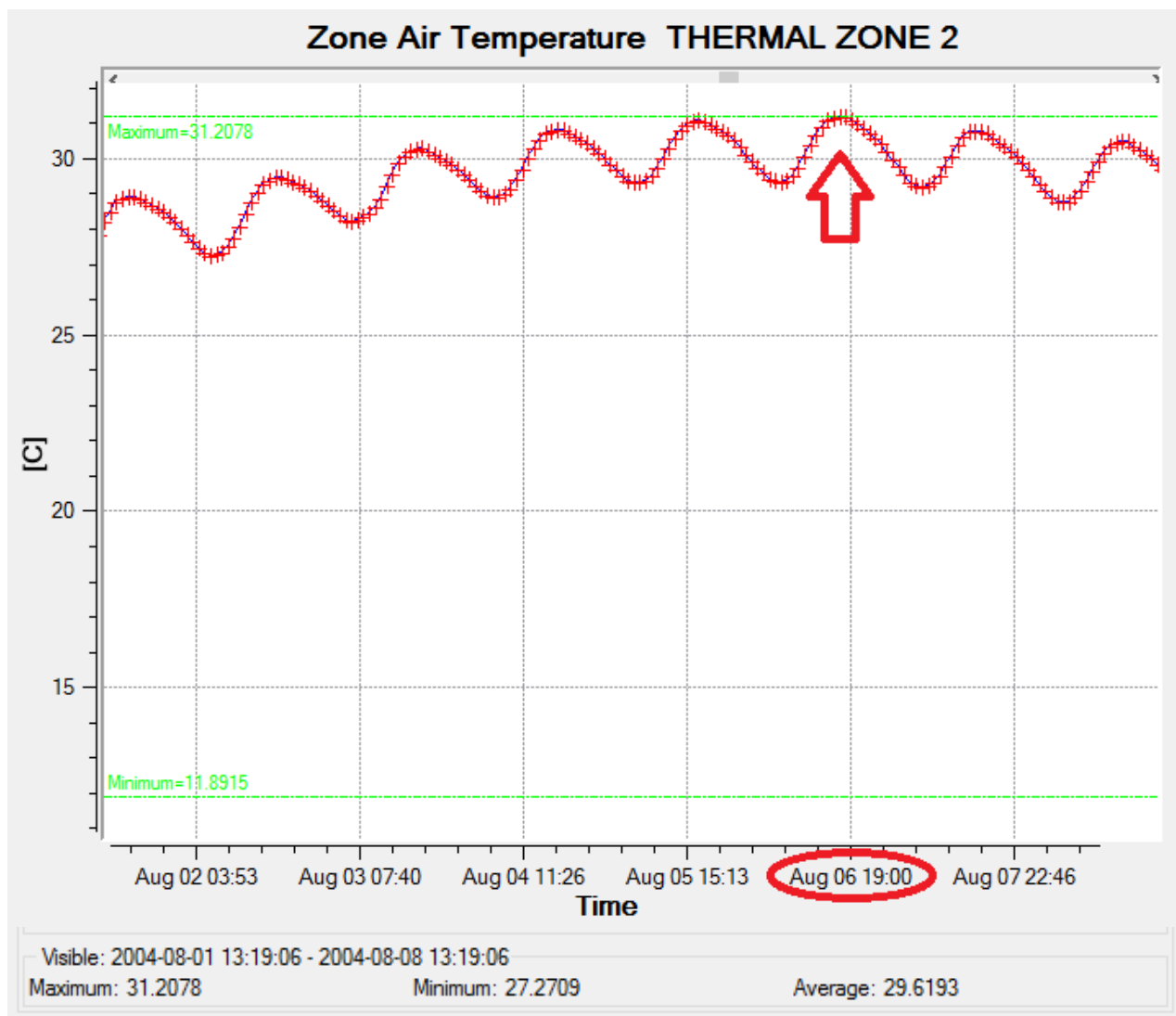
Είναι εύκολα αντιληπτό πως αρχικά ο τοίχος μάζας αυξάνει την ελάχιστη θερμοκρασία κατά την πιο κρύα ημέρα και μειώνει τη μέγιστη κατά την πιο ζεστή περίπτωση κατά 1°C, όπως ήταν αναμενόμενο, αλλά και μειώνει τις έντονες διακυμάνσεις τις θερμοκρασίας καθώς όπως φαίνεται, το διάγραμμα τείνει πιο πολύ σε μία πιο ομαλή μετάβαση από τους πιο κρύους μήνες στους πιο ζεστούς με ελαχιστοποιημένες τις ξαφνικές ανόδους ή πτώσεις σε αντίθεση με το διάγραμμα χωρίς τον τοίχο μάζας.

Έτσι λοιπόν, ένας τοίχος μάζας βοηθά στην επίτευξη μίας πιο σταθερής εσωτερική θερμοκρασίας κάνοντας τον εσωτερικό χώρο λιγότερο ευαίσθητο στις εξωτερικές απότομες αλλαγές.

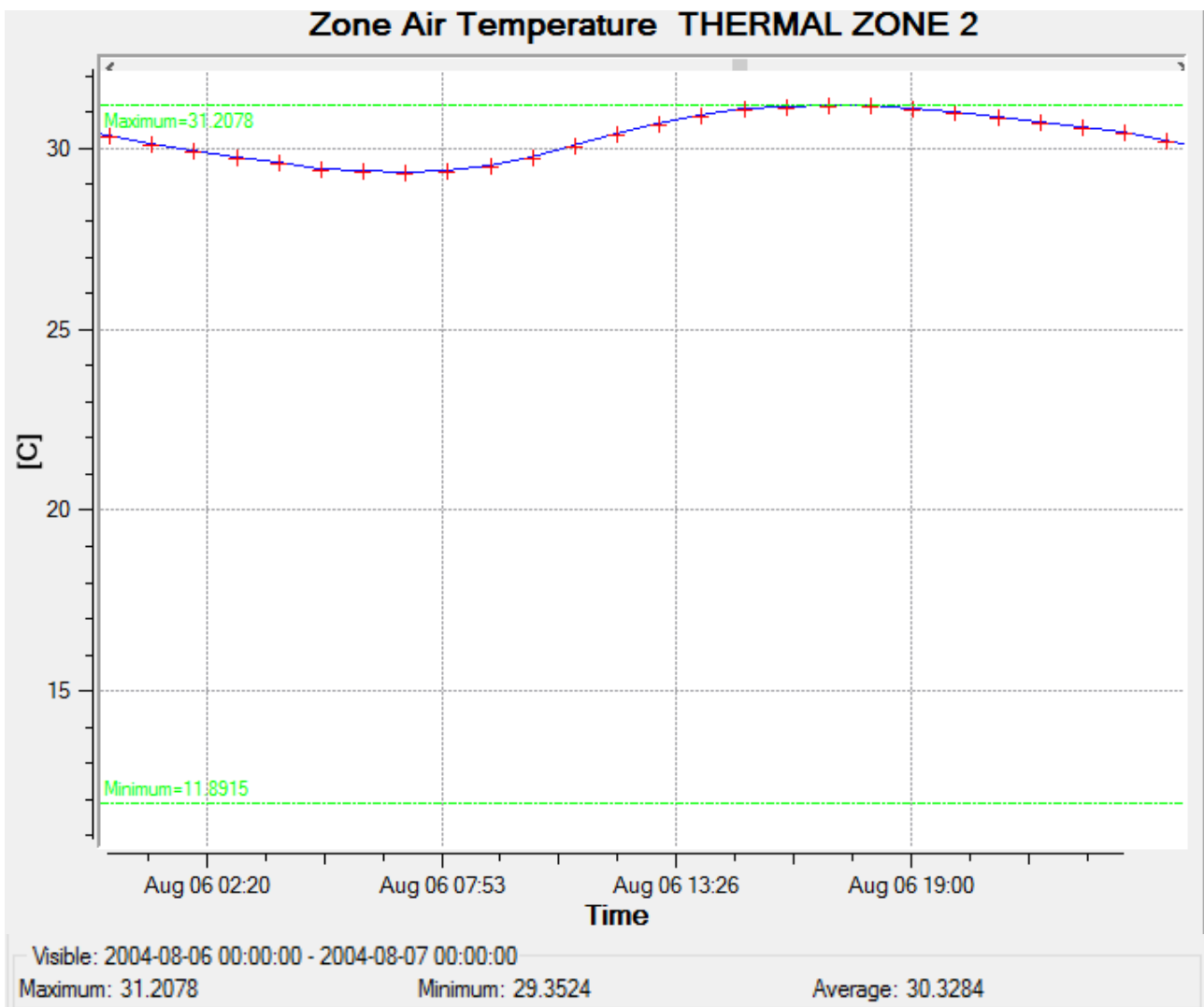
Επίσης, για το πιο ζεστό triήμερο (η πιο ζεστή μέρα, η προηγούμενη και η επόμενη) και για το πιο κρύο αντίστοιχα, παρουσιάζεται η διαβάθμιση με τη συγκεκριμένη μορφή τοίχου μάζας κατά τη διάρκεια της ημέρας για τον κυρίως χώρο ώστε να γίνουν αντιληπτές οι συνθήκες για αυτούς που βρίσκονται στο εσωτερικό. Επιλέγεται το πιο ζεστό triήμερο για να υπάρχει καλύτερη περιγραφή των θερμοκρασιακών διαφορών καθώς ο τοίχος εφόσον αποθηκεύει ενέργεια και την εκλύει με κάποια χρονοκαθυστέρηση, η κάθε μέρα επηρεάζεται από την επόμενη. Επομένως, είναι σημαντικό να γίνεται μελέτη με βάση όχι μόνο την πιο ζεστή και την

πιο κρύα μέρα, αλλά και για το πόσο γρήγορα γίνονται αντιληπτές οι συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος στο παθητικό σύστημα και κατ' επέκταση στο εσωτερικό του κτιρίου.

Αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό αν παρατηρηθούν οι αλλαγές σε μηνιαία βάση σε σχέση με τις εξωτερικές θερμοκρασίες καθώς φαίνεται η σταδιακή άνοδος των μηνιαίων διαγραμμάτων ως προς τον ψ άξονα, δηλαδή τον άξονα των θερμοκρασιών. Σε κλίματα διαφορετικά από το μεσογειακό, και της Αθήνας, κρίνεται καλύτερη η μελέτη για τον πιο κρύο συνολικά και τον πιο ζεστό μήνα αντίστοιχα, καθώς μπορεί η μέγιστη και η ελάχιστη θερμοκρασία να μην εμφανίζονται απαραίτητα στον πιο κρύο και θερμό μήνα συνολικά.



εικόνα 6:12 Η πιο ζεστή μέρα του χρόνου και η διακύμανση εκείνης της βδομάδας για τον εσωτερικό χώρο

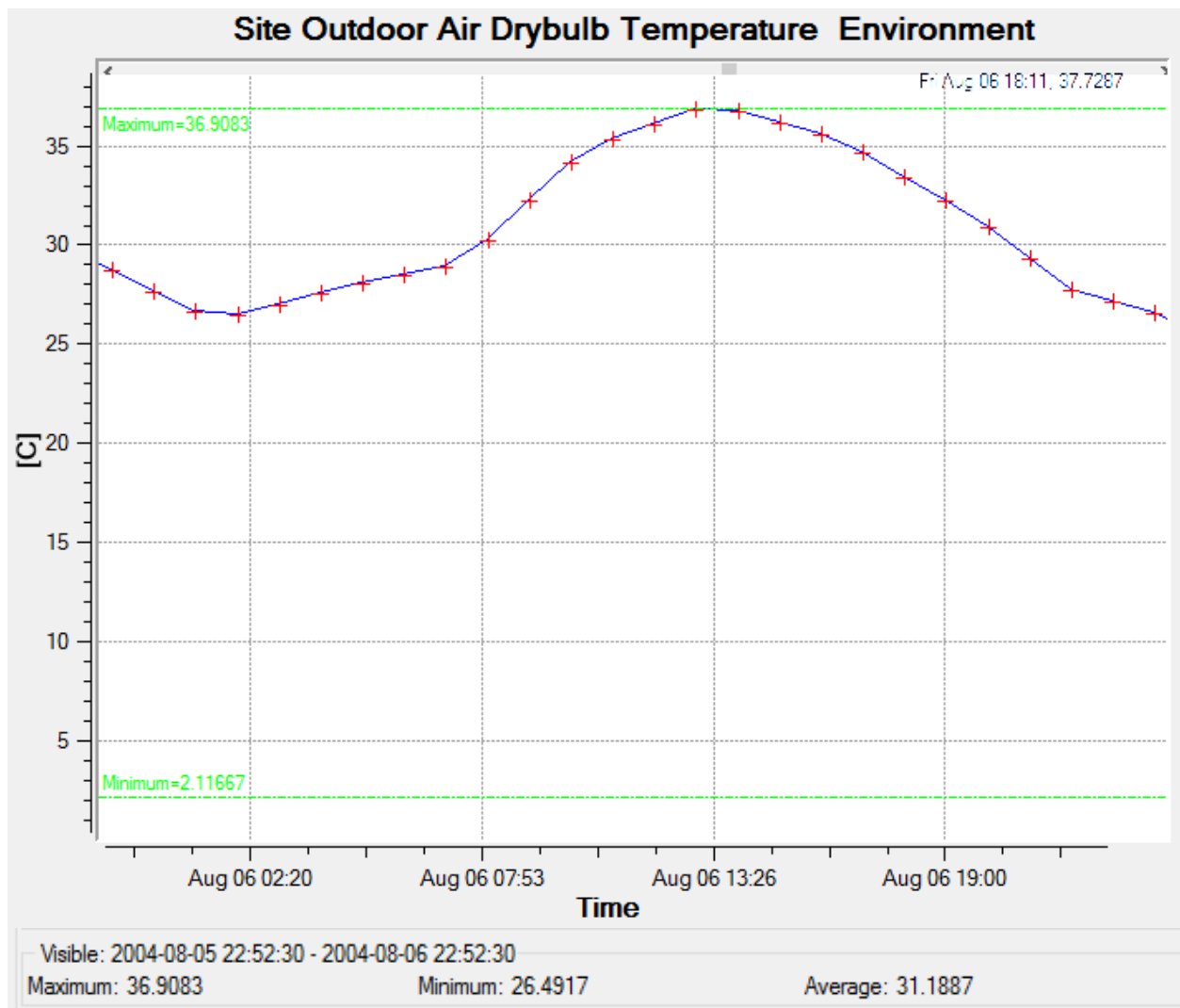


εικόνα 6:13 Πιο ζεστή μέρα

Όπως φαίνεται και από το εβδομαδιαίο (εικόνα 6:12) αλλά και από τα μεμονωμένα διαγράμματα των ημερών (εικόνα 6:13, εικόνα 6:14, εικόνα 6:15), οι ημερήσιες διακυμάνσεις είναι παρόμοιες, με διαφορά μέσα στη διάρκεια κάθε ημέρας περίπου 2°C για τον κυρίως χώρο. Στην πιο ζεστή ημέρα (εικόνα 6:13) το μέγιστο είναι 31.2078 ενώ η χαμηλότερη 29.3524

Ειδικότερα, μπορεί να παρατηρηθεί η μεγάλη διαφορά στην ημερήσια διακύμανση των θερμοκρασιών σε σχέση με τις εξωτερικές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις όπου η ψαλίδα ανέρχεται στους περίπου 10°C για την πιο ζεστή ημέρα με μέγιστη τους 36.9083 και ελάχιστη 26.4917, ενώ στον κυρίως χώρο η διαφορά είναι μόνο 2°C.

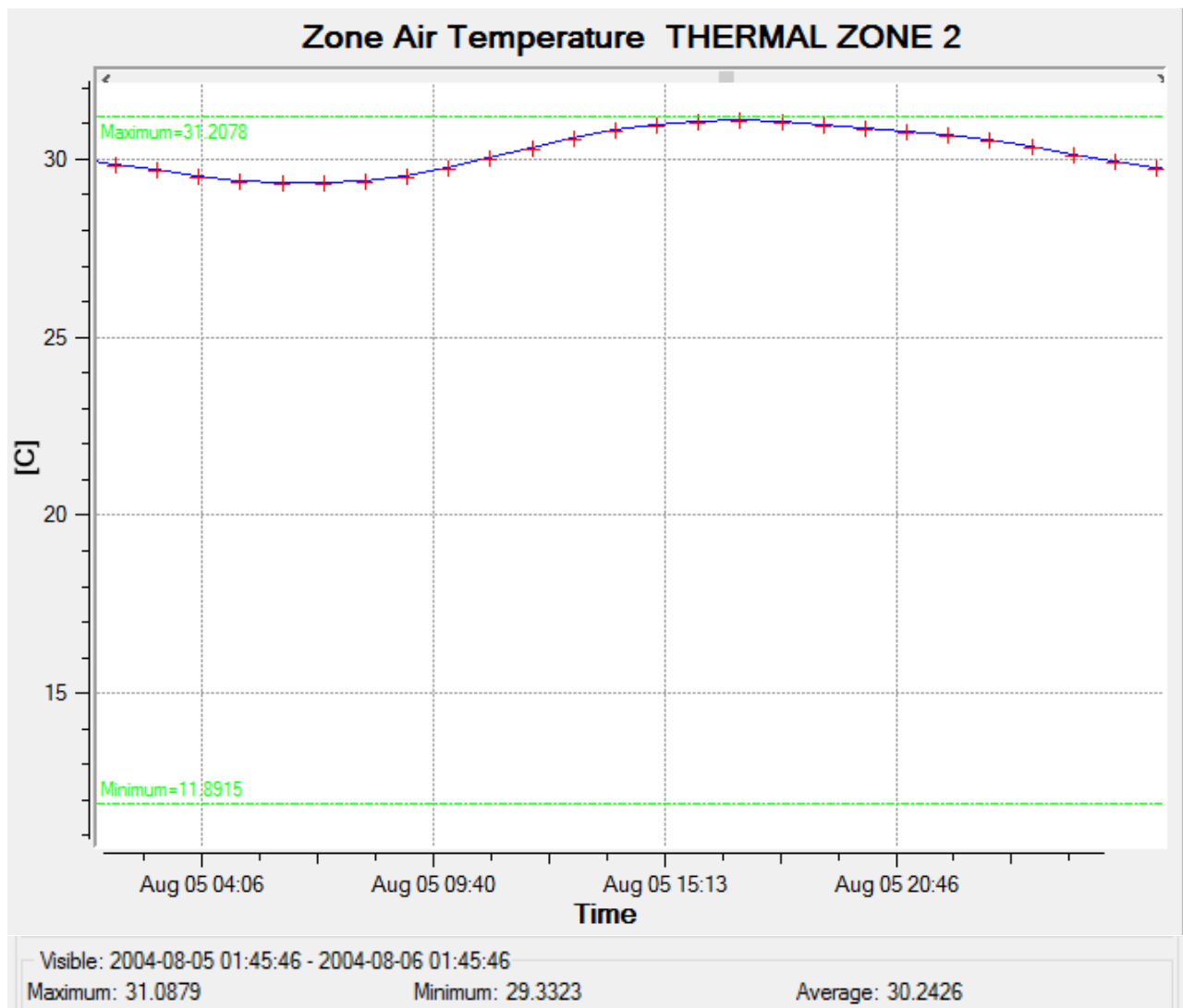
Η παρουσίαση αυτή βοηθάει να γίνει αντιληπτή η ώρα που εμφανίζονται οι μέγιστες οι ελάχιστες τιμές μέσα στην ημέρα. Για την πιο θερμή ημέρα παρατηρείται πως ξεκινάει από την προηγούμενη ημέρα με μία αρκετά υψηλή θερμοκρασία για βράδυ στους 30,2°C και βλέπουμε την κυματοειδή μορφή του διαγράμματος όπου κατά τη διάρκεια της νύχτας μέχρι περίπου τις 7 το πρωί φτάνει την ελάχιστη που είναι 29.3°. Από εκεί και έπειτα αρχίζει η ανοδική πορεία, η χρονική καθυστέρηση παρατηρείται ήδη αφού η μέγιστη θερμοκρασία για τον εξωτερικό χώρο στις 13:26 ενώ για τον εσωτερικό κυρίως χώρο εμφανίζεται 3 ώρες μετά και διατηρείται για περισσότερη ώρα εκεί αρχίζοντας να πέφτει λίγο πριν τις 19:00 φτάνοντας στο τέλος της ημέρας έχοντας ξανά περίπου 30°C.



εικόνα 6:14 Μεταβολή της εξωτερικής θερμοκρασίας για την πιο ζεστή μέρα.

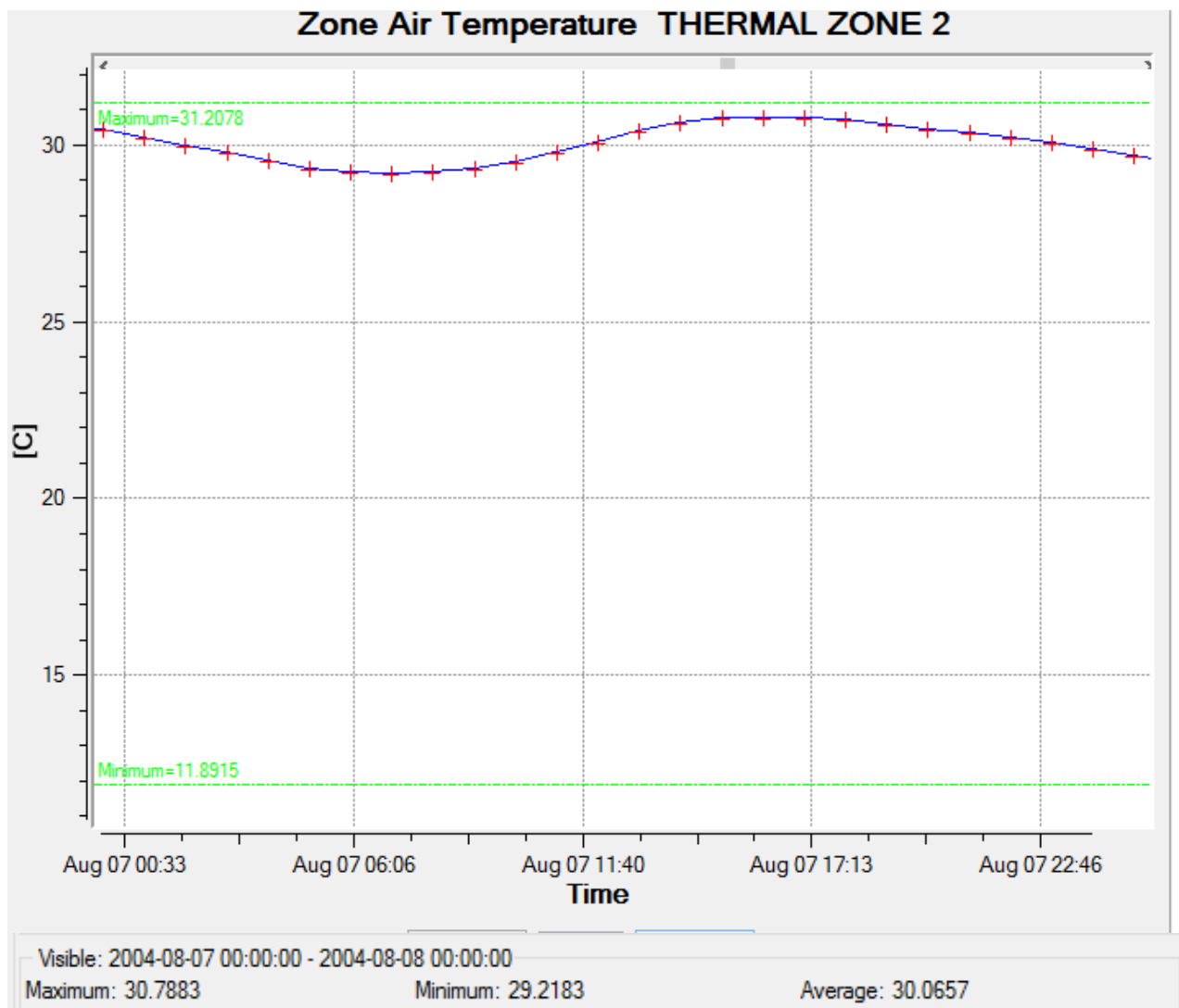
Στη σύγκριση επομένως της διαφοράς των τιμών της εσωτερικής θερμοκρασίας με τη ύπαρξη του τοίχου μάζας (εικόνα 6:11) και χωρίς την ύπαρξή του (εικόνα 6:1), με την εξωτερική θερμοκρασία (εικόνα 6:9) φαίνεται πως για τη μέγιστη θερμοκρασία που ενδιαφέρει εδώ υπάρχει μείωση της μέγιστης θερμοκρασίας κατά 16% με τη χρήση του τοίχου μάζας σε σχέση με την εξωτερική θερμοκρασία. Συγκρινόμενη τώρα η μέγιστη θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου με τον τοίχο μάζας (εικόνα 6:11) και χωρίς (εικόνα 6:1) υπάρχει πάλι μία μικρή βελτίωση της κατάστασης της τάξεως του 3.2%.

(Φυσικά το ποσοστό αυτό μπορεί να αυξηθεί κι άλλο με την ύπαρξη απλού σκιάστρου, που είναι η απλούστερη προσθήκη που υπάρχει για τη βελτίωση της λειτουργίας του τοίχου μάζας κατά τους θερινούς μήνες. Πλέον, όπως έχει αναφερθεί στην αρχή του κεφαλαίου υπάρχουν αρκετές μορφές που λειτουργούν καλύτερα σε θερμά κλίματα)



εικόνα 6:15 Η προηγούμενη

Από την παρατήρηση όλης της εβδομάδας είναι λογικό οι θερμοκρασίες να είναι υψηλές σε συνεχόμενες ημέρες καθώς υπάρχει η αποθήκευση της θερμότητας στα στοιχεία της κατασκευής, και συνδιαστικά με την εμφάνιση της πιο θερμής ημέρας και στο περιβάλλον έχουμε και κάποια ημέρα με μέγιστη θερμοκρασία. Για τους χρήστες του χώρου βέβαια δεν είναι μόνο μία η δυσμενής ημέρα, αλλά και η προηγούμενη καθώς είναι και αυτή σε κοντινές θερμοκρασίες με την πιο θερμή, η διαφορά τους είναι μόλις 0,2 °C, αμελητέα διαφορά για τους χρήστες στο εσωτερικό του κτιρίου. Συνήθως γίνεται αντιληπτή η διακύμανση της θερμοκρασίας για πάνω από 1 °C από τους χρήστες του κτιρίου.

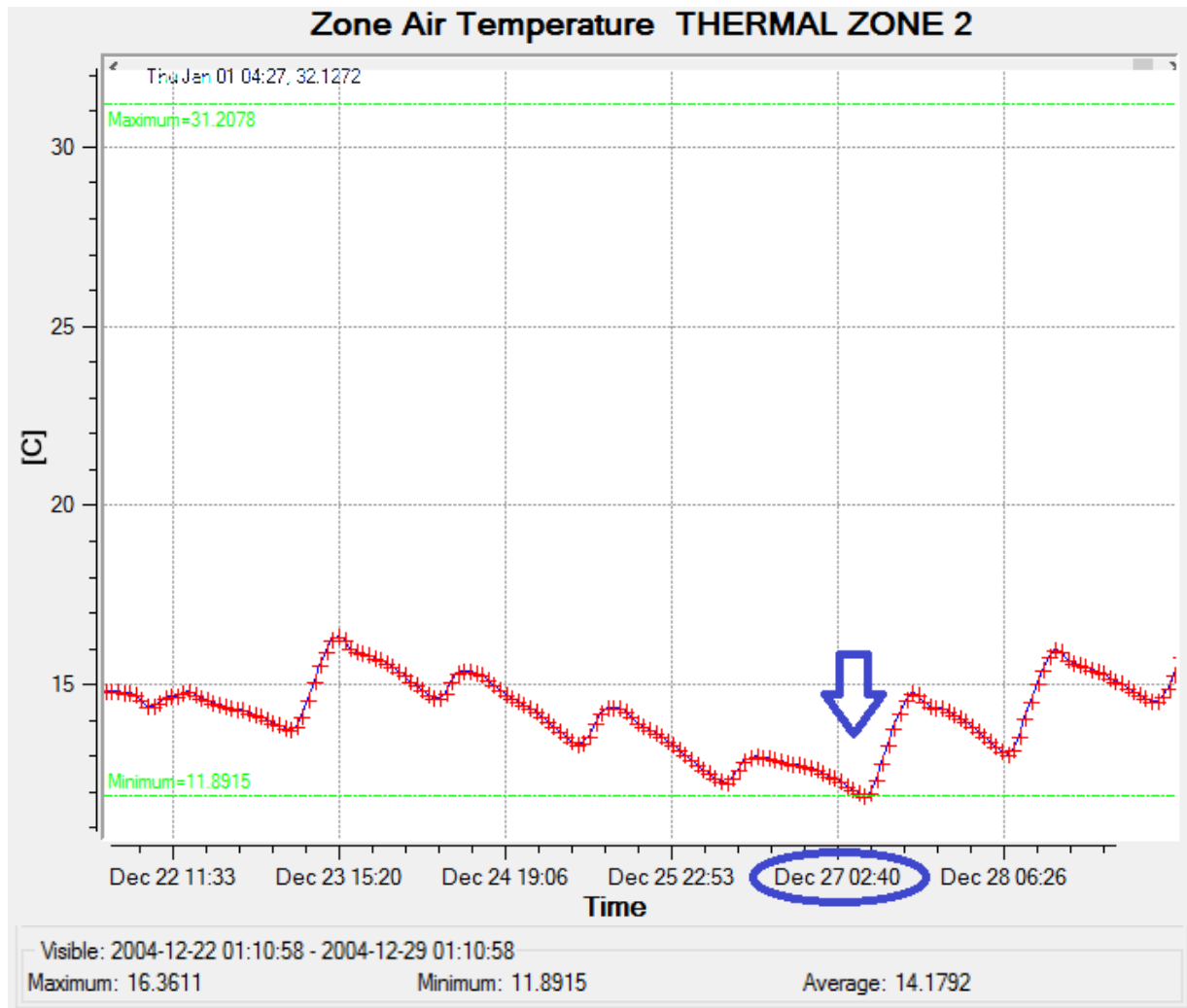


εικόνα 6:16 Επόμενη μέρα

Ακόμα και για την επομένη ημέρα η διαφορά είναι πολύ μικρή στην πτώση της θερμοκρασίας γεγονός που δίνει την αίσθηση στους χρήστες πως όλες οι μέρες είναι εξίσου θερμές για τον κυρίως εσωτερικό χώρο.

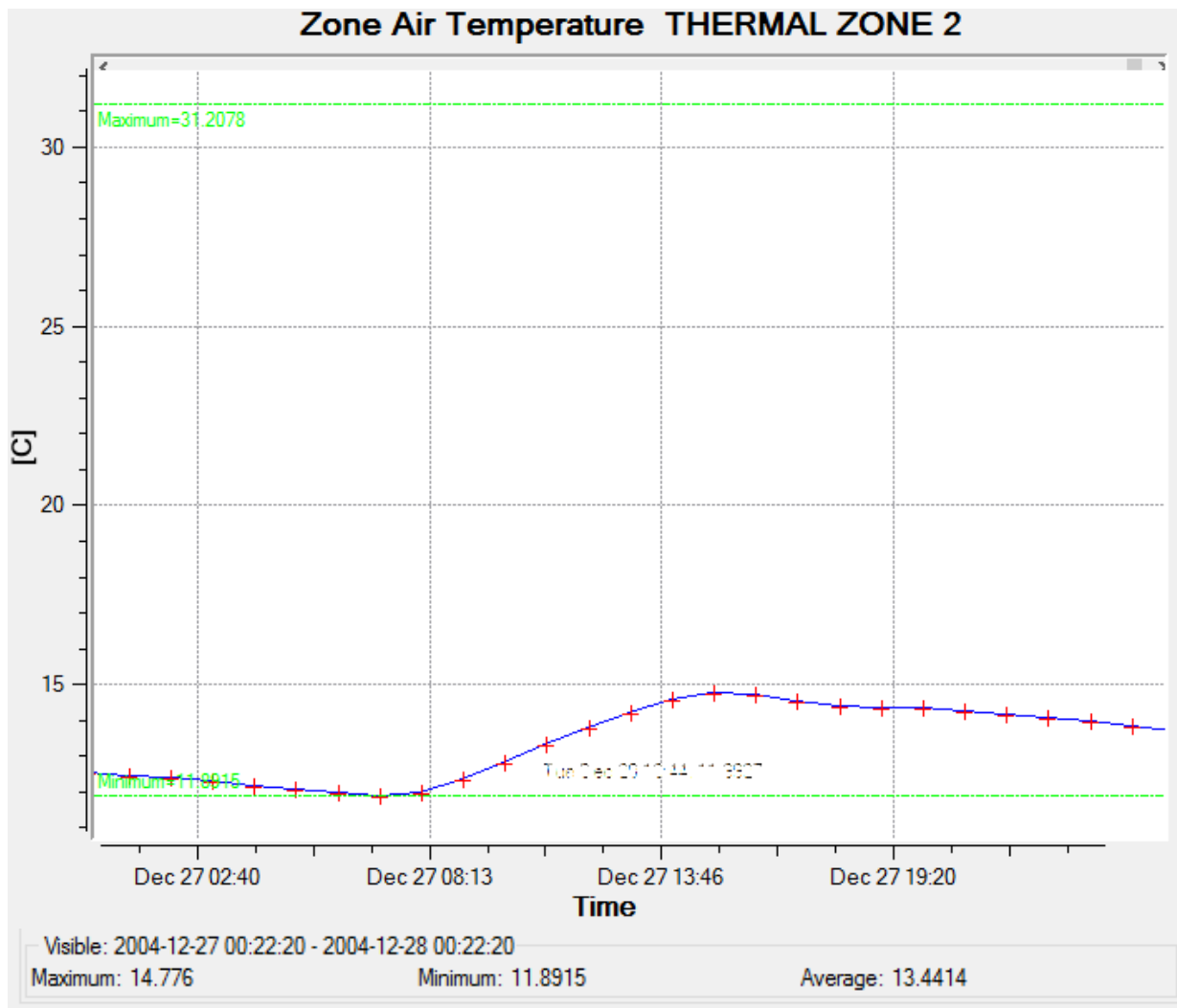
Οι ίδιες παρατηρήσεις πρέπει να γίνουν και για την πιο κρύα ημέρα όπου αναμένονται και η μεγαλύτερη συνεισφορά του τοίχου μάζας.

Για την πιο κρύα ημέρα



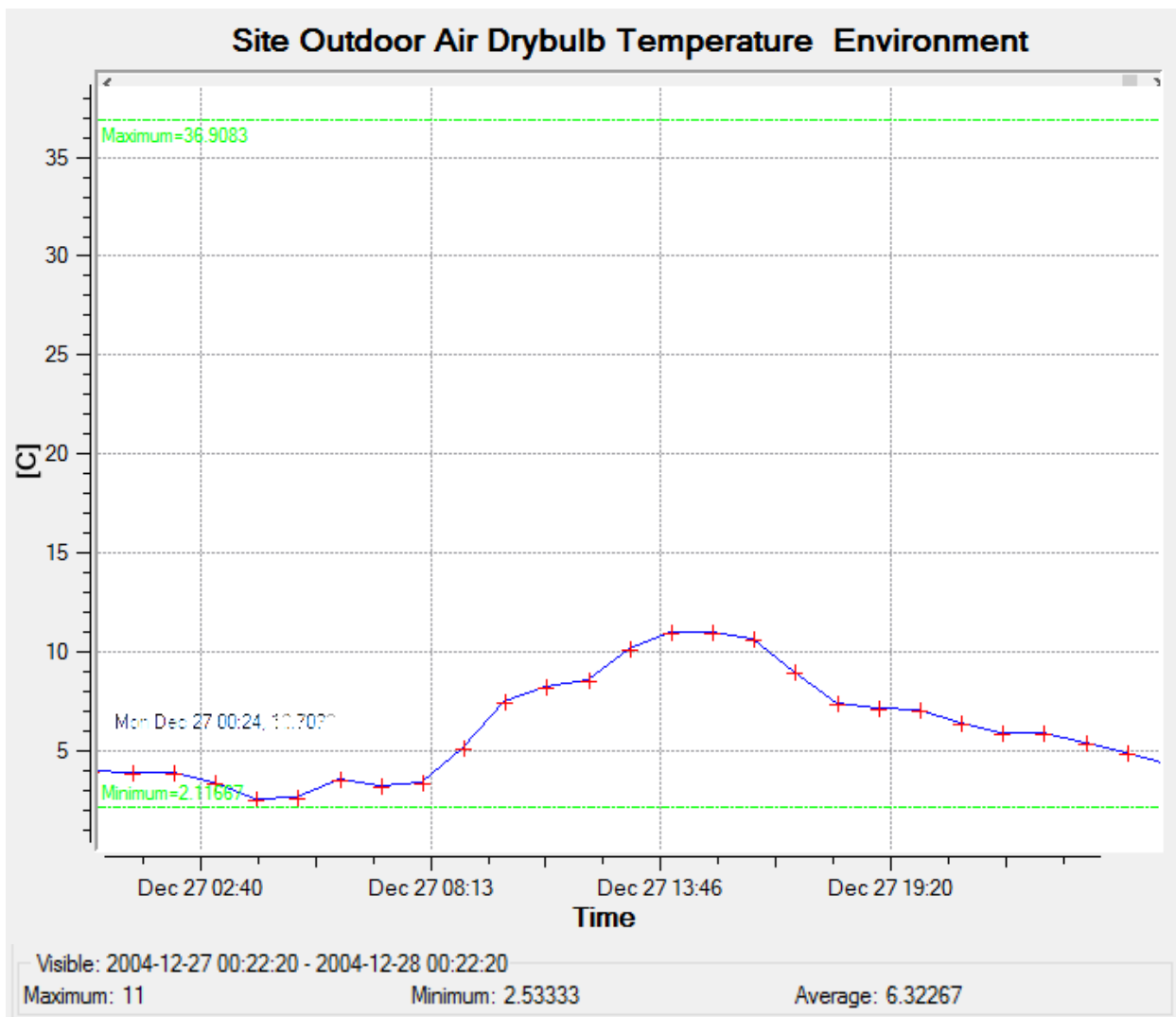
εικόνα 6:17 Εβδομαδιαία θερμοκρασιακή μεταβολή για την εβδομάδα με την πιο κρύα ημέρα

Η αρχική παρατήρηση για τις χειμωνιάτικες ημέρες είναι πως η διακύμανση μέσα στην εβδομάδα κυρίως σε αυτή με την εμφάνιση της πιο κρύας ημέρας είναι πως δεν είναι το ίδιο ομαλή όπως για την εβδομάδα του καλοκαιριού. Στην εβδομάδα του καλοκαιριού υπήρχε μία ομαλότητα στο διάγραμμα και ήταν εύκολο να παρατηρηθεί πως υπήρχε μία κυματοειδής μορφή με ίδια περίοδο εμφάνισης μεγίστων και ελαχίστων. Αντίθετα στην εβδομάδα υπό εξέταση του χειμώνα, δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη μορφή διαγράμματος, είναι αρκετά άσπαστη η μεταβολή της θερμοκρασίας, παρουσιάζοντας πιο εκτενείς καθοδικούς κλάδους και πολύ σύντομους ανοδικούς κλάδους.



εικόνα 6:18 Ημερήσια διακύμανση στην εμφάνιση της πιο κρύας ημέρας στο εσωτερικό

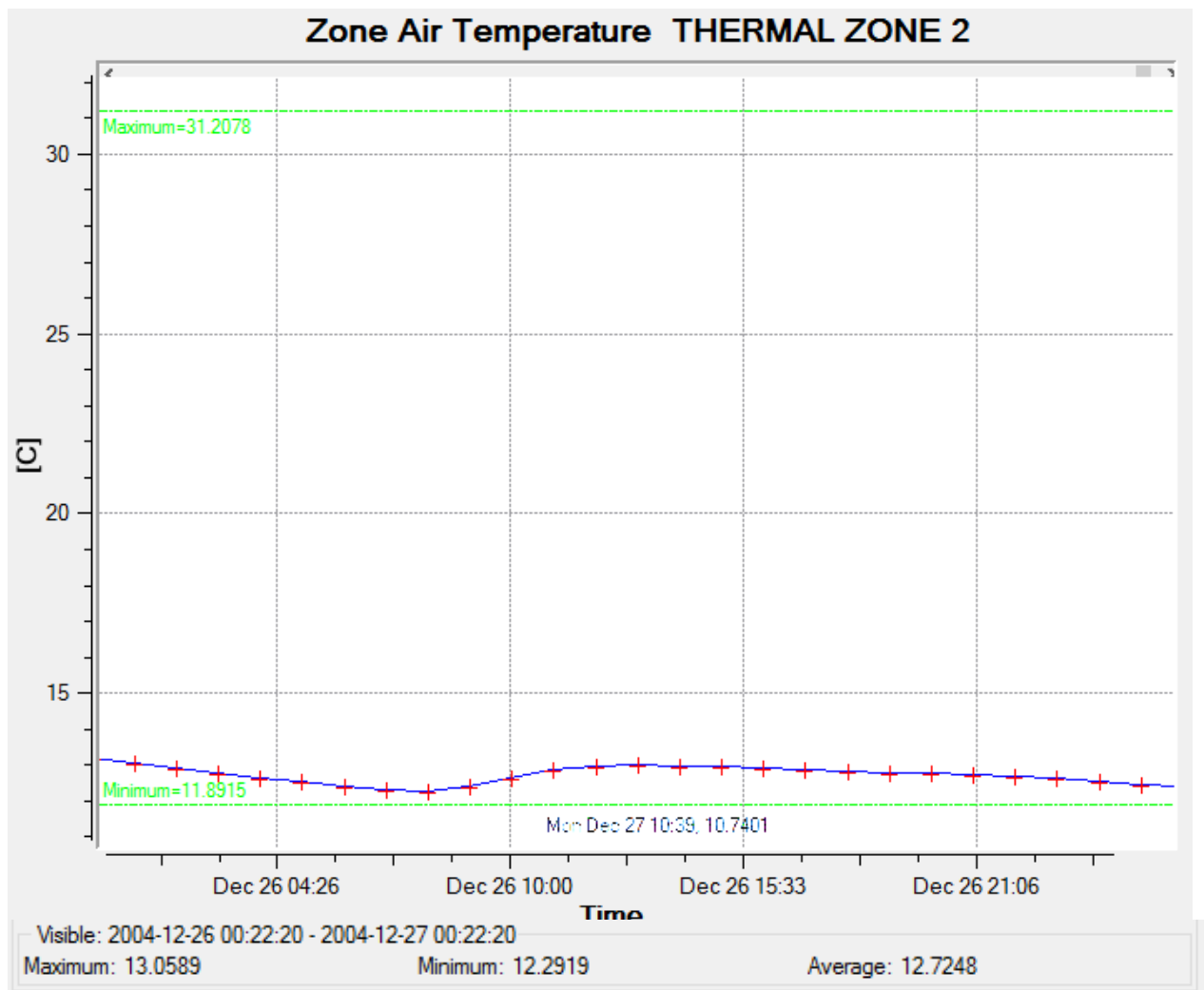
Η εμφάνιση της πιο κρύας ημέρας για το περιβάλλον είναι στις 26/12 και για αυτό έχουμε την εμφάνιση της πιο κρύας ημέρας στην αρχή της 27^{ης} Δεκεμβρίου για τον εσωτερικό χώρο καθώς υπάρχει η χρονική καθυστέρηση της θερμοκρασιακής μεταβολής για τον εσωτερικό χώρο. Επομένως ξεκινώντας από μία αρκετά χαμηλή θερμοκρασία είναι το γεγονός που επηρεάζει τον εσωτερικό χώρο και εμφανίζει ελάχιστο στις 07:00 και έπειτα το διάγραμμα ακολουθεί αρκετά την πορεία της εξωτερικής θερμοκρασίας για την 27^η εμφανίζοντας μέγιστο μία ώρα περίπου μετά την εμφάνιση του μεγίστου στον εξωτερικό χώρο.



εικόνα 6:19 Η εξωτερική θερμοκρασία κατά την πιο κρύα ημέρα στον εσωτερικό κυρίως χώρο

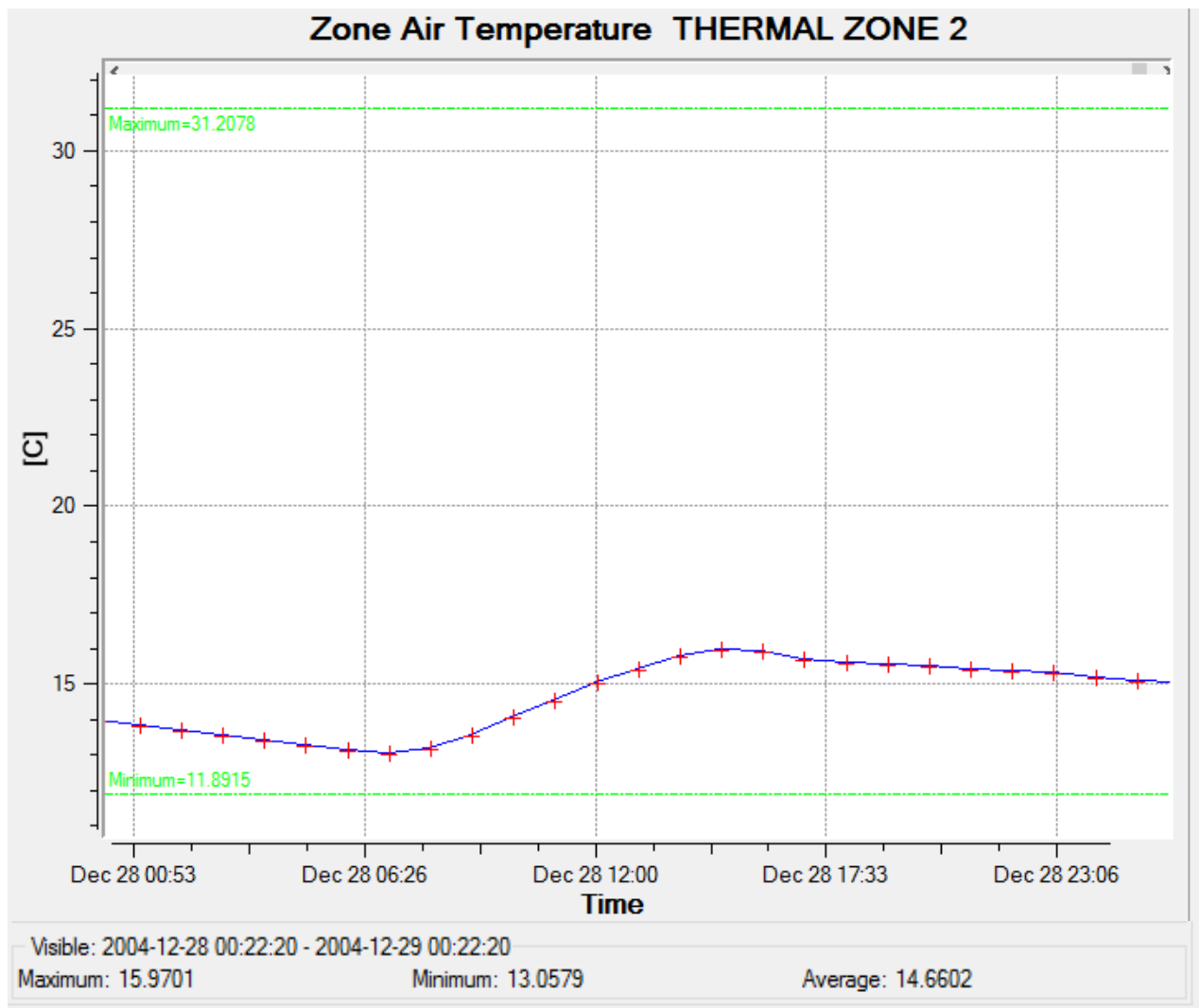
Όπως ήταν αναμενόμενο, στις κρύες ημέρες η συνεισφορά είναι πολύ μεγαλύτερη καθώς η εξωτερική θερμοκρασία κυμαίνεται από 2.533 έως 11°C (εικόνα 6:19) ενώ στο εσωτερικό του κυρίως χώρου κυμαίνεται από 11.8915 έως 14.776 °C (εικόνα 6:18). Επειδή μιλάμε για την πιο κρύα ημέρα ενδιαφέρον έχει η αύξηση της χαμηλότερης θερμοκρασίας η οποία είναι αύξηση σχεδόν 372% σε σχέση με την εξωτερική θερμοκρασία (εικόνα 6:19) και σε σχέση με το χώρο χωρίς τον τοίχο μάζας είναι της τάξης του 10.86% (εικόνα 6:1).

Το πιο σημαντικό και αυτό που ενδιαφέρει σε αυτές τις κατασκευές είναι η διατήρηση της θερμοκρασίας κατά τις νυχτερινές ώρες όπου δεν υπάρχει ηλιοφάνεια. Από τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται πως η διατήρηση της θερμοκρασίας στις νυχτερινές ώρες όντως υπάρχει καθώς φαίνεται η μεγάλη πτώση στον εξωτερικό χώρο ενώ στον εσωτερικό έχουμε μικρή κλίση στον πτωτικό κλάδο διατηρώντας τη θερμοκρασία κοντά στους 13°C.



εικόνα 6:20 Προηγούμενη μέρα από την πιο κρύα για τον εσωτερικό κυρίως χώρο

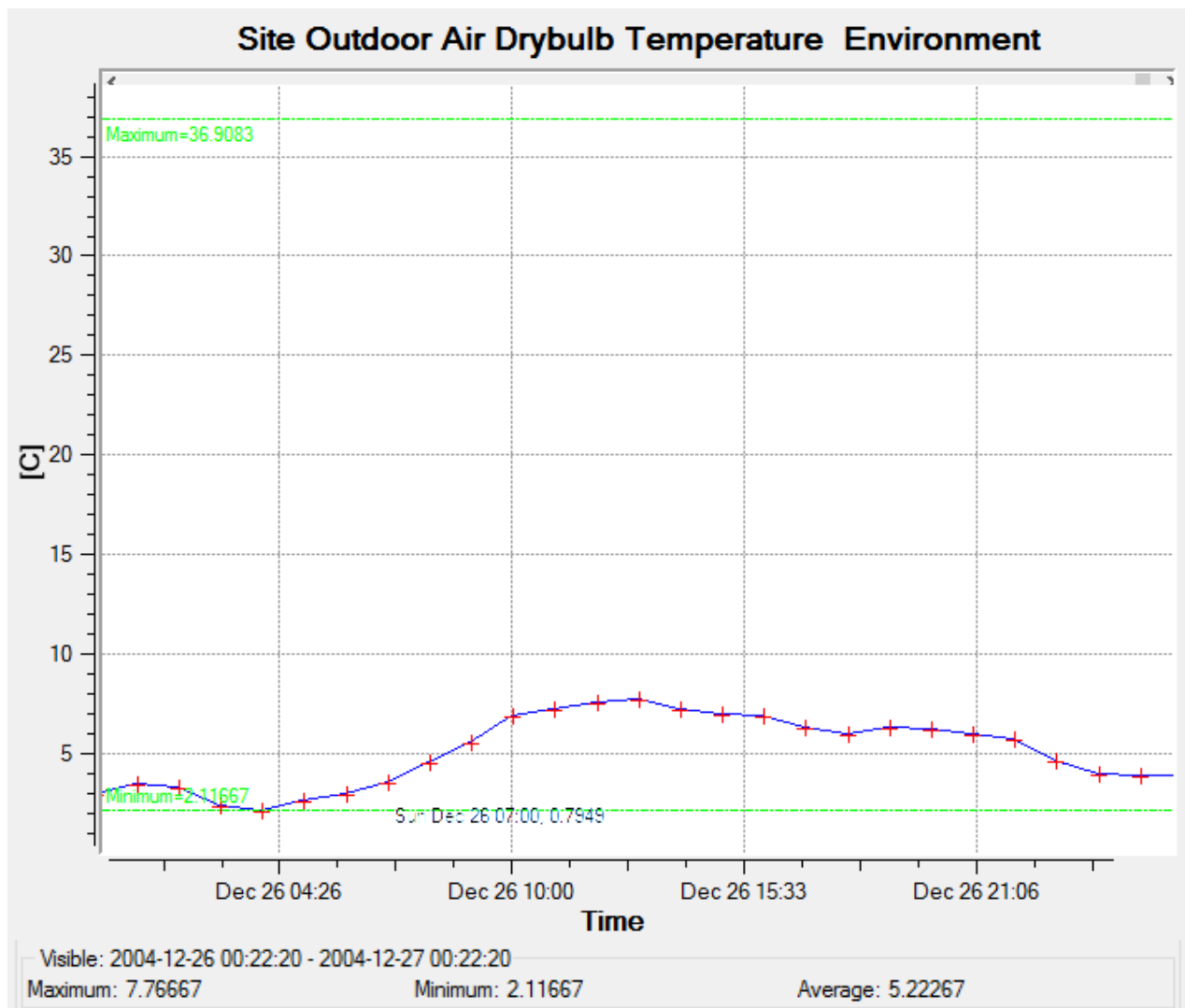
Εδώ ακριβώς φαίνεται πως η 26^η είναι η ημέρα με τη πιο χαμηλή θερμοκρασία δημιουργώντας ένα σχεδόν παράλληλο διάγραμμα με πολύ μικρή ανοδική πορεία περίπου στις 12:00 και τελειώνοντας την ημέρα με θερμοκρασία όση και η ελάχιστη που είχε εμφανιστεί εντός της ημέρας περίπου στους 12,2°C.



εικόνα 6:21 Η επόμενη ημέρα από την πιο κρύα για τον εσωτερικό κυρίως χώρο

Παρατηρώντας τα διαγράμματα των τριών ημερών του κρύου τριημέρου (εικόνα 6:19, εικόνα 6:20, εικόνα 6:21) γίνεται πιο εύκολα αντιληπτή η επιρροή της προηγούμενης ημέρας καθώς φαίνεται πως στην προηγούμενη (εικόνα 6:20) ημέρα η θερμοκρασία στο εσωτερικό ήταν σταθερά χαμηλή μεταξύ 12 και 13°C ενώ στην ημέρα με την εμφάνιση της χαμηλότερης θερμοκρασίας (εικόνα 6:18) η θερμοκρασία είχε μεγαλύτερες διακυμάνσεις από 11 έως 14°C.

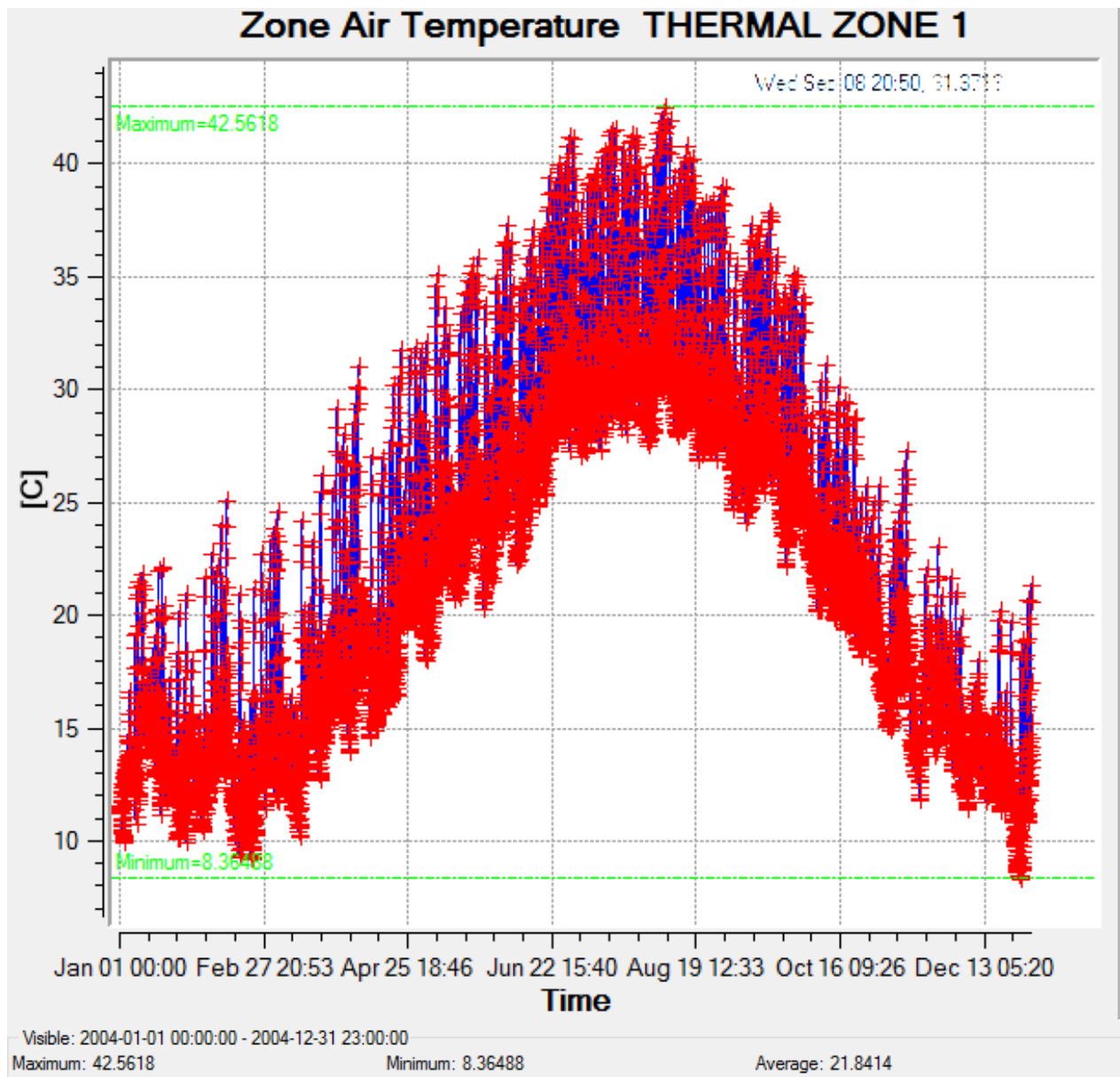
Για καλύτερη κατανόηση παρατίθεται και η εξωτερική θερμοκρασία για την προηγούμενη ημέρα (εικόνα 6:22) από την "πιο κρύα" για να τονισθεί ότι ο τοίχος μάζας αξιοποιεί έστω και μία μικρή άνοδο της θερμοκρασίας σε κάποια ώρα της ημέρας βοηθώντας την αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας του χώρου αλλά και το γεγονός πως η χαμηλή θερμοκρασία στις 26/12 περίπου 5 το πρωί επηρέασε τον εσωτερικό χώρο ώστε να εμφανίσει τη χαμηλότερη θερμοκρασία στις 27/12 σχεδόν την ίδια ώρα, δηλαδή με καθυστέρηση μίας ολόκληρης ημέρας αλλά με αρκετά διαφορετικά ελάχιστα ακρότατα για την εξωτερική παρουσιάστηκε θερμοκρασία λίγο πάνω από τους 2°C ενώ στο εσωτερικό σχεδόν 12°C (11,8°C).



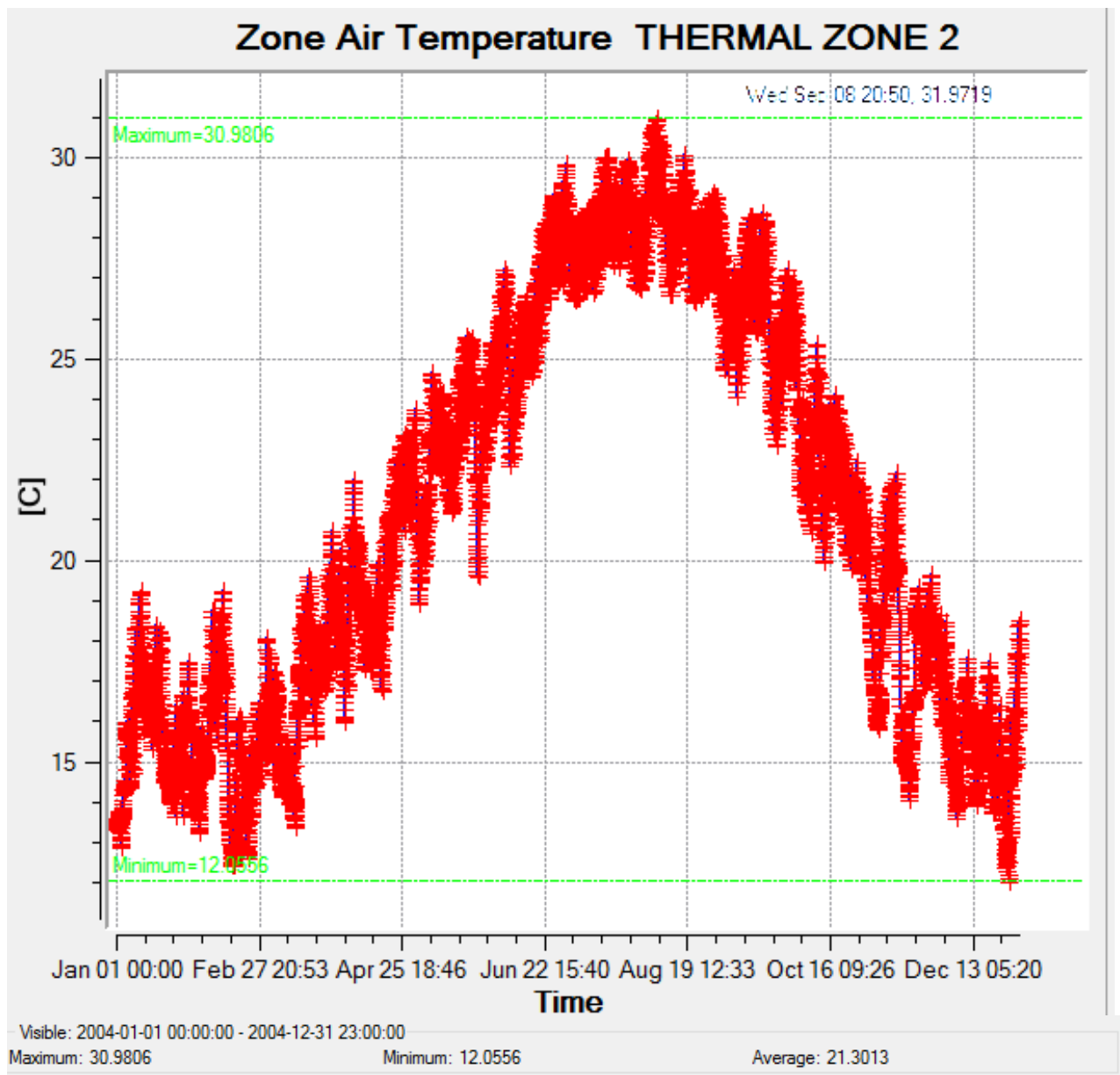
εικόνα 6:22 Η εξωτερική θερμοκρασία για την προηγούμενη ημέρα από την εμφάνιση της χαμηλότερης στον κυρίως χώρο

Επομένως, παρόλο που για τον εσωτερικό χώρο η πιο κρύα ημέρα παρουσιάζεται στις 27/12 στις 07:00, η πιο χαμηλή θερμοκρασία για τον εξωτερικό χώρο παρουσιάζεται στις 26/12 και μάλιστα περίπου στις 03:00 (εικόνα 6:22) δείχνοντας ανοδική τάση η οποία όμως λόγω της πολύ χαμηλής θερμοκρασίας στην αρχή της ημέρας δεν είναι αρκετή για να υπάρξει ανοδική τάση και στον κυρίως χώρο.

6.2.2 Με πάχος 35cm και απορροφητική επιφάνεια

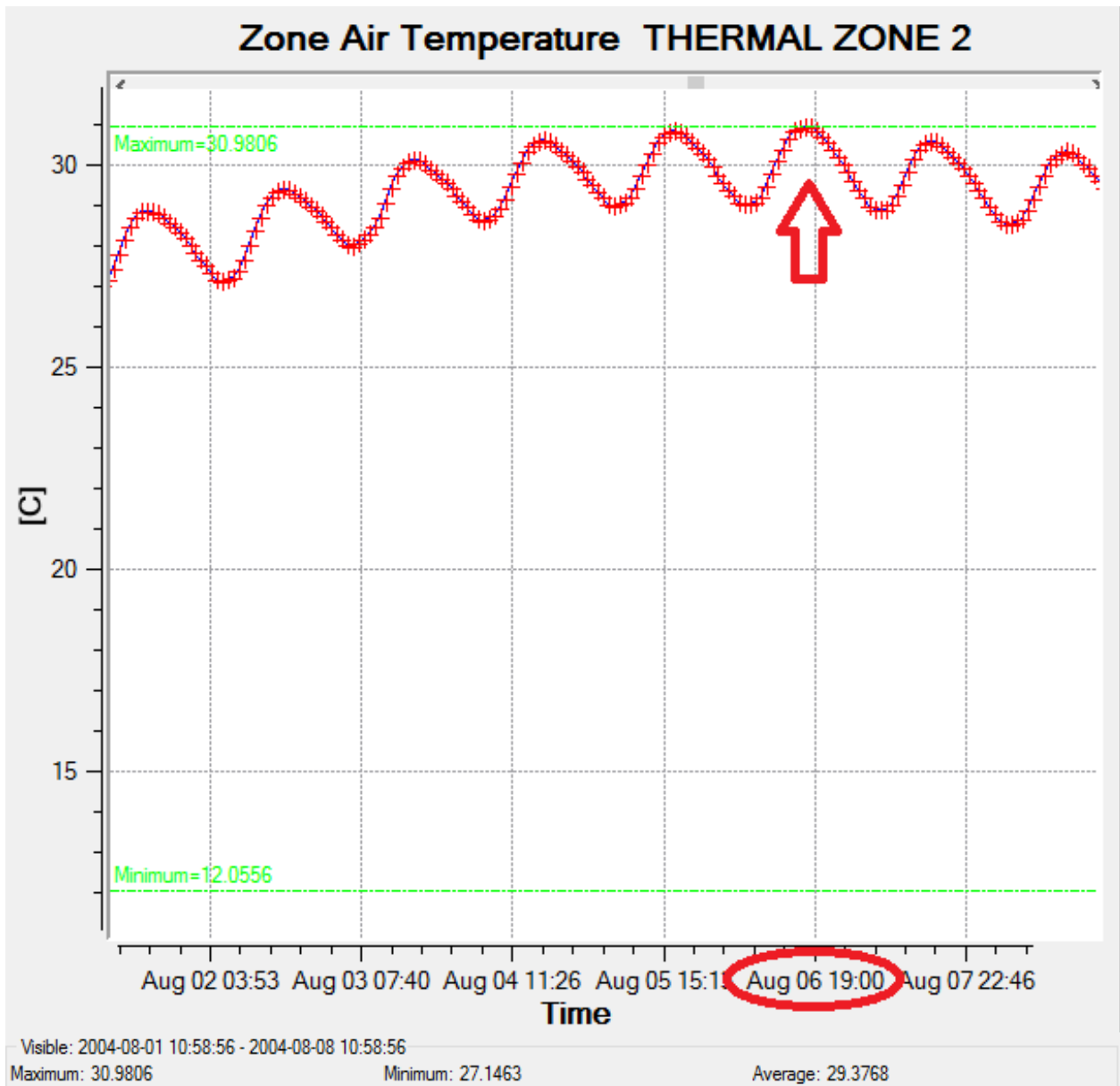


εικόνα 6:23 Ετήσια θερμοκρασιακή διακύμανση για τη ζώνη του τοίχου μάζας



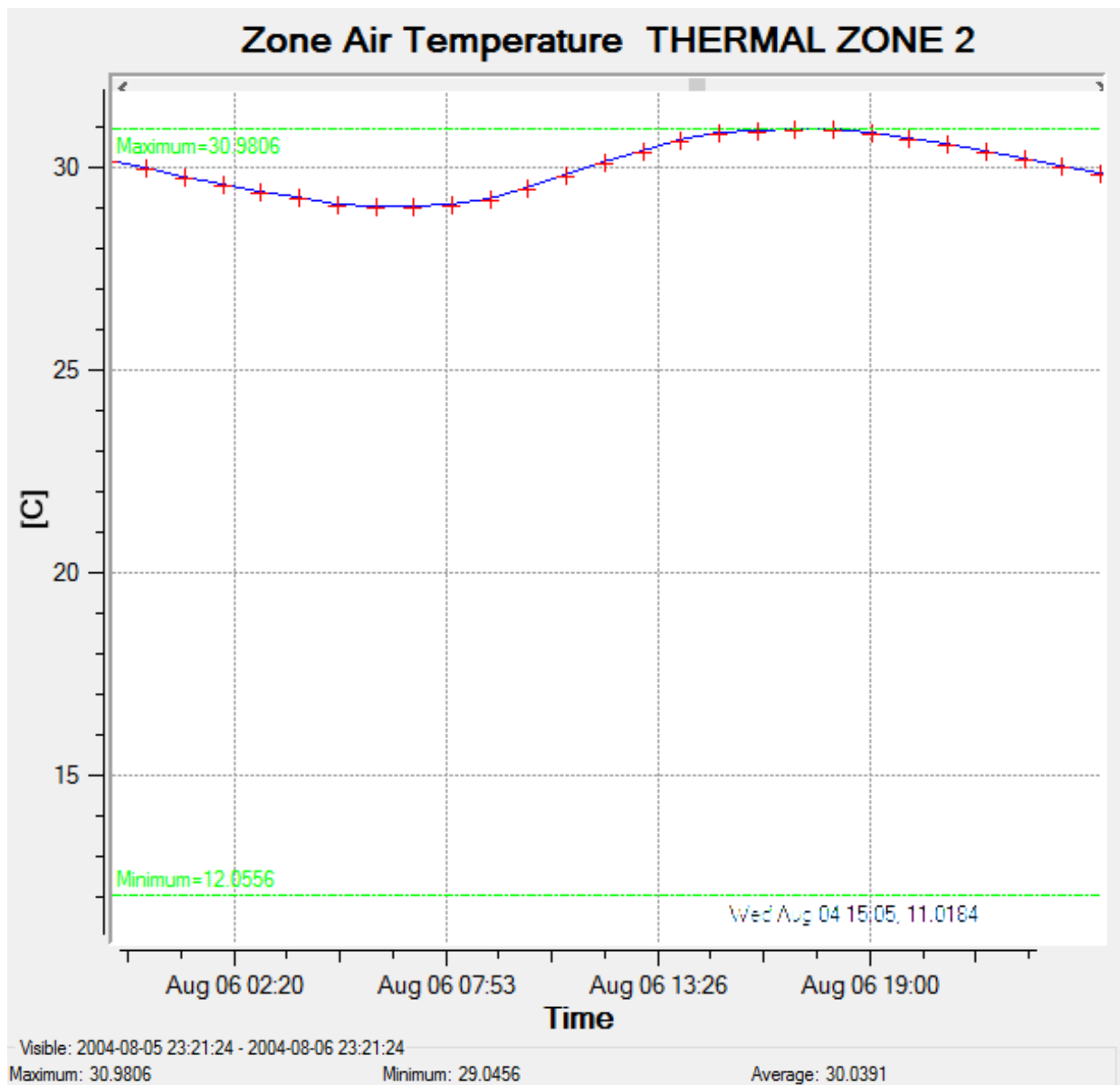
εικόνα 6:24 Ετήσια θερμοκρασιακή διακύμανση για τον κυρίως χώρο

Μετά συγκεκριμένα αποτελέσματα επιβεβαιώνεται πως με την αύξηση του πάχους του τοίχου μάζας υπάρχει αύξηση στην ελάχιστη και μείωση στη μέγιστη θερμοκρασία στο εσωτερικό του χώρου καθώς προστίθεται ένα μεγαλύτερο “εμπόδιο” στη μετάδοση της θερμότητας. Τα αποτελέσματα βέβαια δεν έχουν μεγάλες διαφορές από αυτά με τον τοίχο με 25cm. Όπως θα φανεί και από τα αποτελέσματα για την κάθε ημέρα ξεχωριστά τα διαγράμματα είναι πανομοιότυπα με ελάχιστες διαφορές μικρότερες του 1°C.



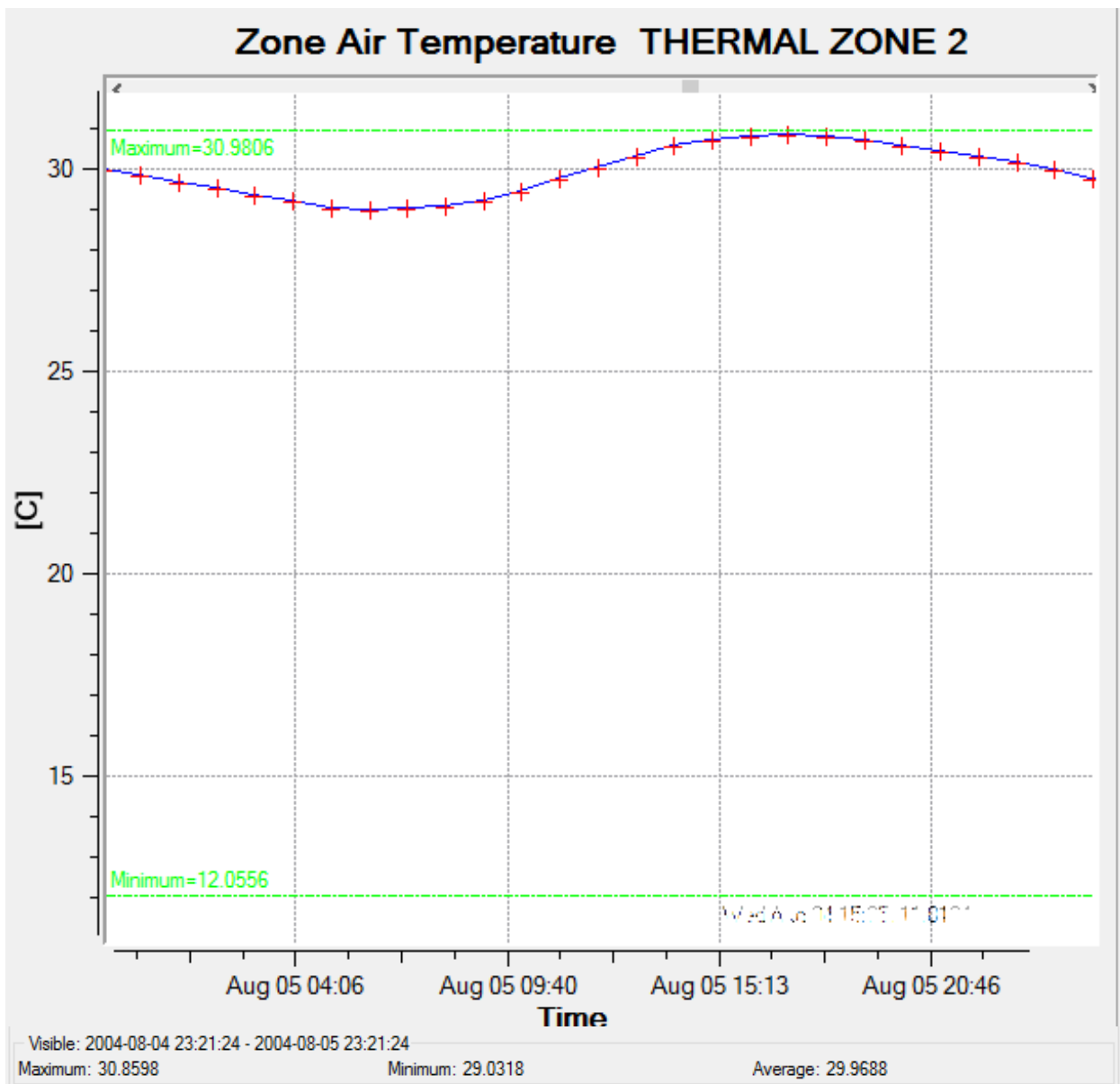
εικόνα 6:25 Θερμοκρασία του εσωτερικού για κυρίως χώρου για την εβδομάδα με την πιο ζεστή ημέρα

Η μόνη διαφορά σε σχέση με τον τοίχο με 25cm είναι η διαφορά των 0,2°C για τη μέγιστη θερμοκρασία η οποία όμως δεν δίνει κίνητρο για αύξηση του πάχους κατά 10cm.

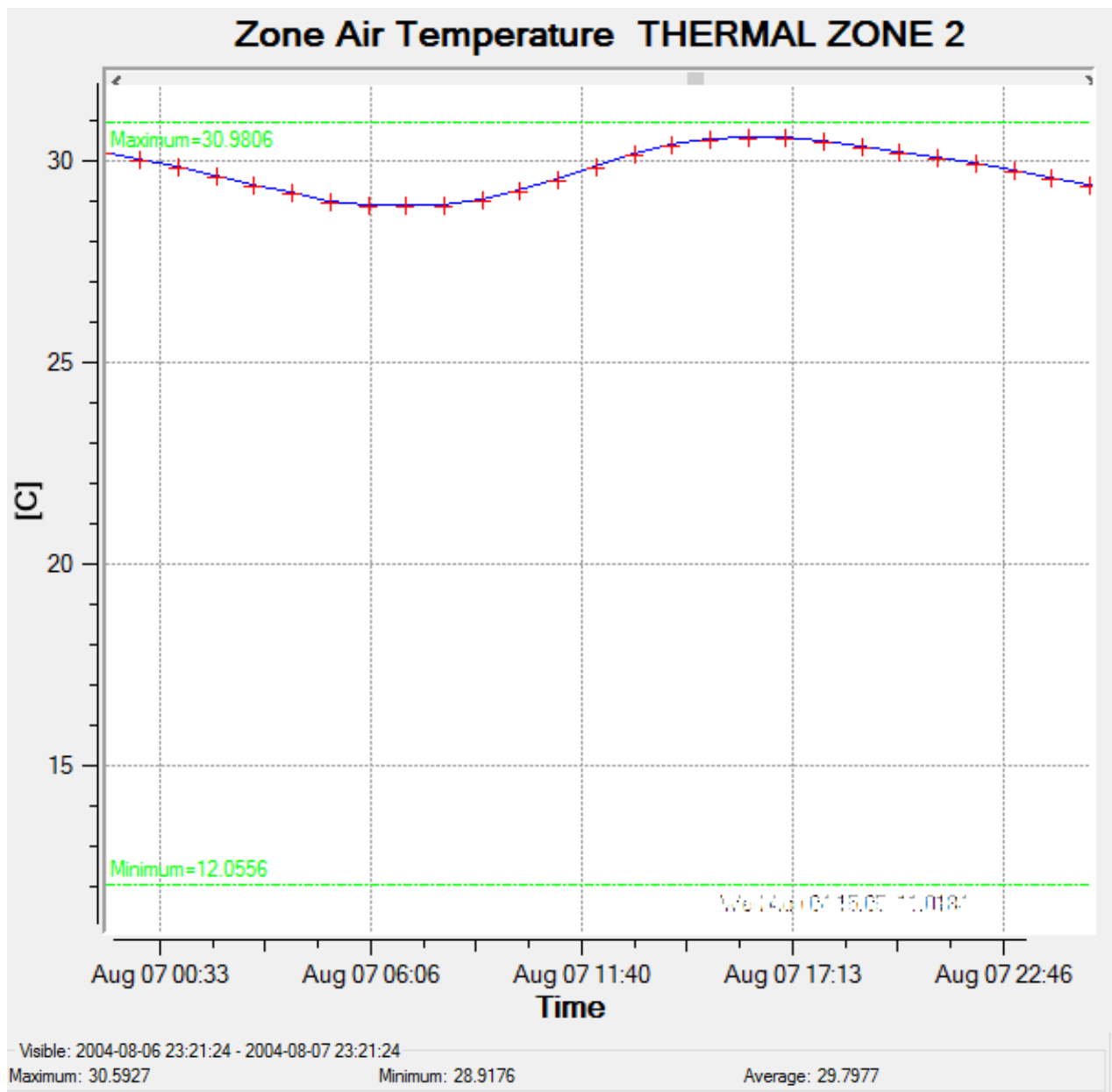


εικόνα 6:26 Η ημέρα με την εμφάνιση της υψηλότερης θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κυρίως χώρου

Παρατηρείται πως για τη μέγιστη θερμοκρασία καθώς τους καλοκαιρινούς μήνες στην Αθήνα δεν υπάρχουν μεγάλες και απότομες διαφοροποιήσεις (ειδικά σε ημερήσια βάση) δεν υπάρχει τόσο έντονα το φαινόμενο που γίνεται πιο ξεκάθαρο το χειμώνα με την επιρροή από την προηγούμενη ημέρα. Υπάρχει όμως φυσικά και εδώ, απλώς με μικρότερη χρονική καθυστέρηση καθώς εξωτερικά η υψηλότερη παρουσιάζεται στις 13:26 ενώ στον εσωτερικό χώρο περίπου στις 17:00.



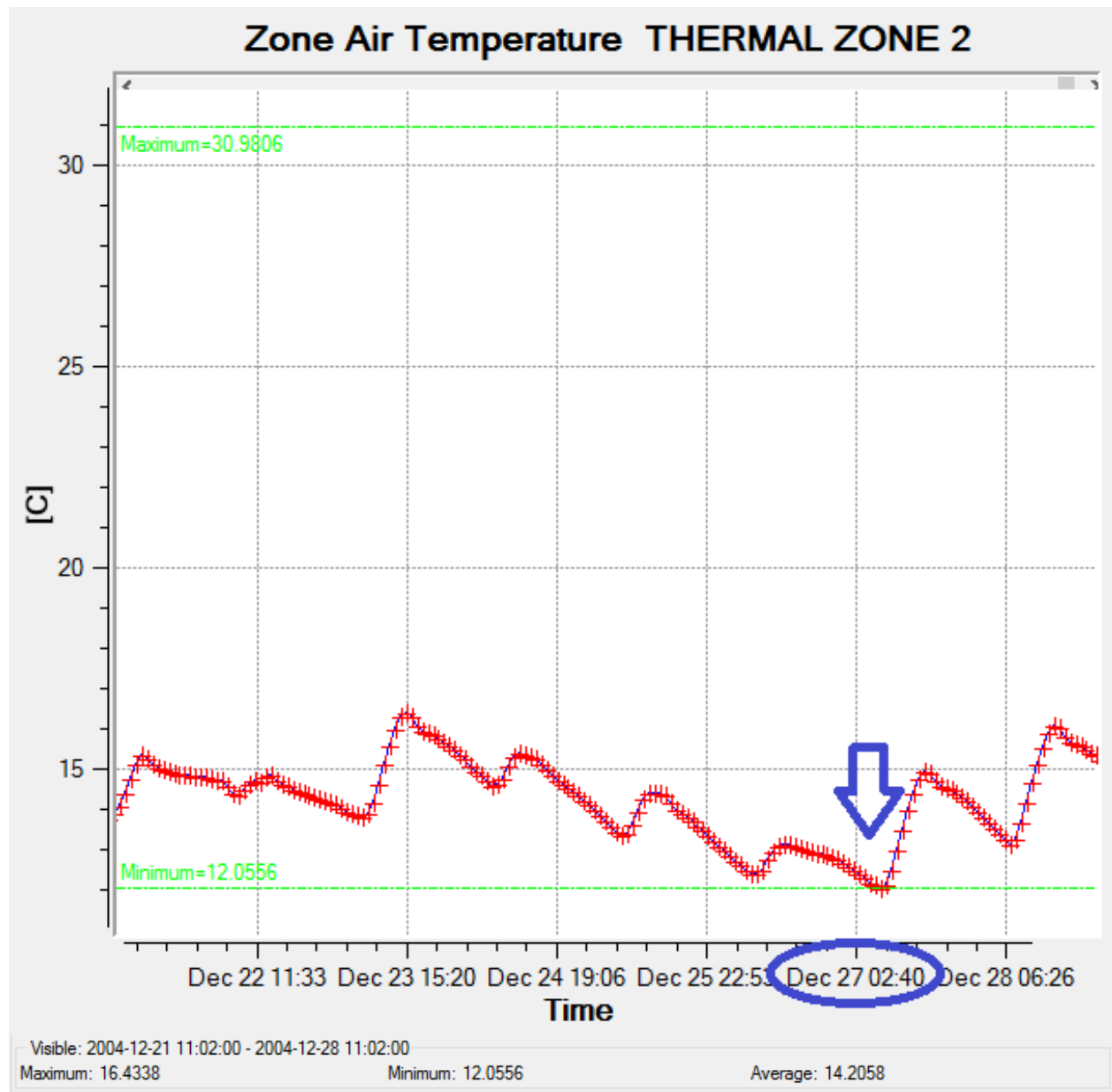
εικόνα 6:27 Η προηγούμενη ημέρα για τον εσωτερικό κυρίως χώρο



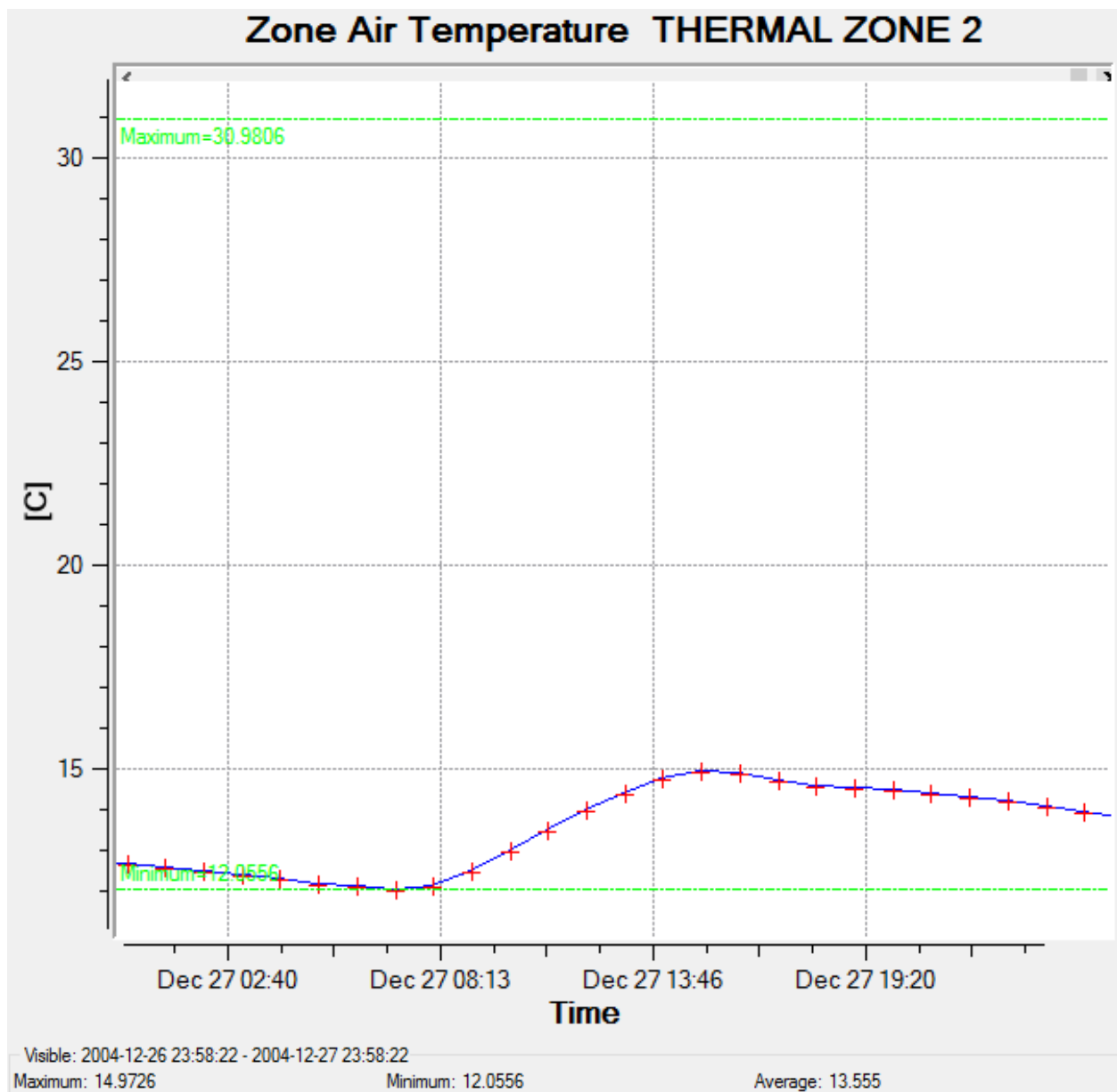
εικόνα 6:28 Η επόμενη ημέρα για τον εσωτερικό κυρίως χώρο

Για τη σύγκριση σε σχέση με τον εξωτερικό χώρο με αυτή τη σύνθεση του τοίχου μάζας για την πιο ζεστή ημέρα υπάρχει μείωση της τάξεως του 19% ενώ σε σχέση με την μη ύπαρξη του τοίχου μάζας η μείωση ανέρχεται στο 5,5%.

Για την πιο κρύα ημέρα



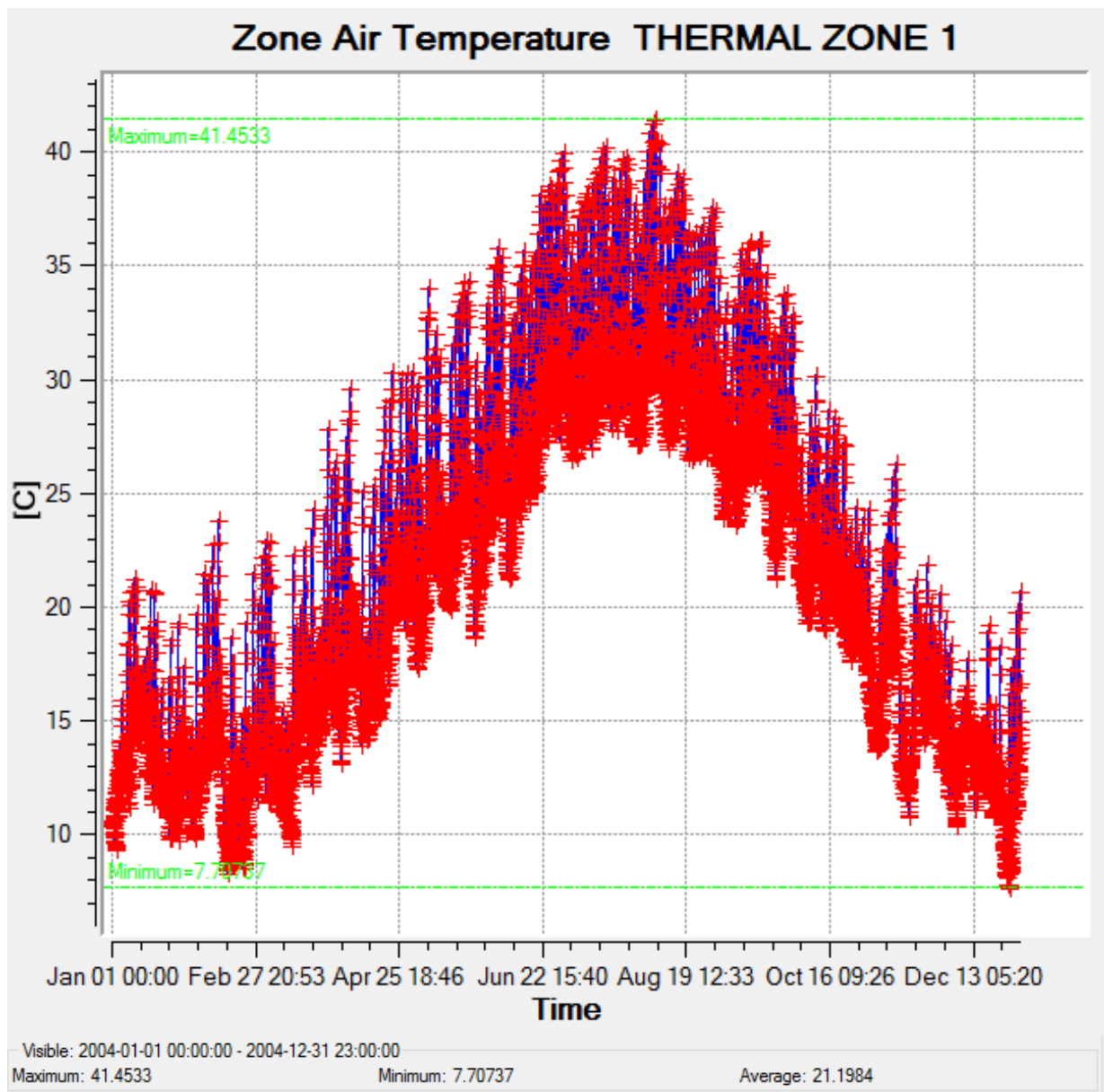
εικόνα 6:29 Εβδομάδα με την εμφάνιση της πιο χαμηλής θερμοκρασίας στο εσωτερικό



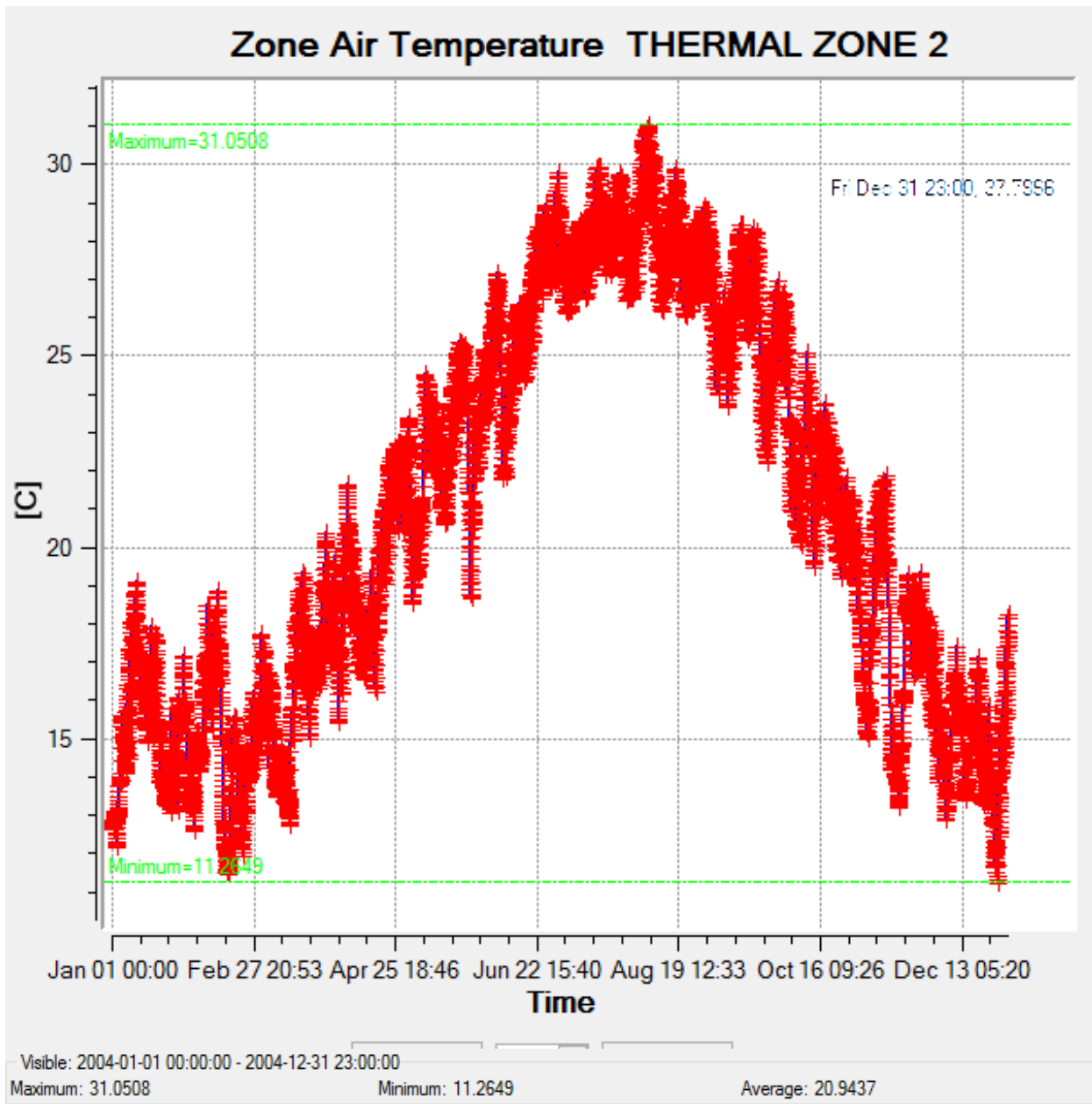
εικόνα 6:30 Ημέρα με την παρουσίαση της χαμηλότερης θερμοκρασίας

Όπως είχε παρατηρηθεί από το διάγραμμα (εικόνα 6:22) για την εξωτερική ημερήσια θερμοκρασία, για τον εξωτερικό χώρο η χαμηλότερη εμφανίζεται στις 26/12 ενώ στις 27/12 εμφανίζεται στον εσωτερικό χώρο (εικόνα 6:30). Σε σύγκριση με την εξωτερική θερμοκρασία η άνοδος του εσωτερικού χώρου είναι 382% και σε σχέση με το χώρο χωρίς την ύπαρξη του τοίχου η αύξηση είναι 12% .

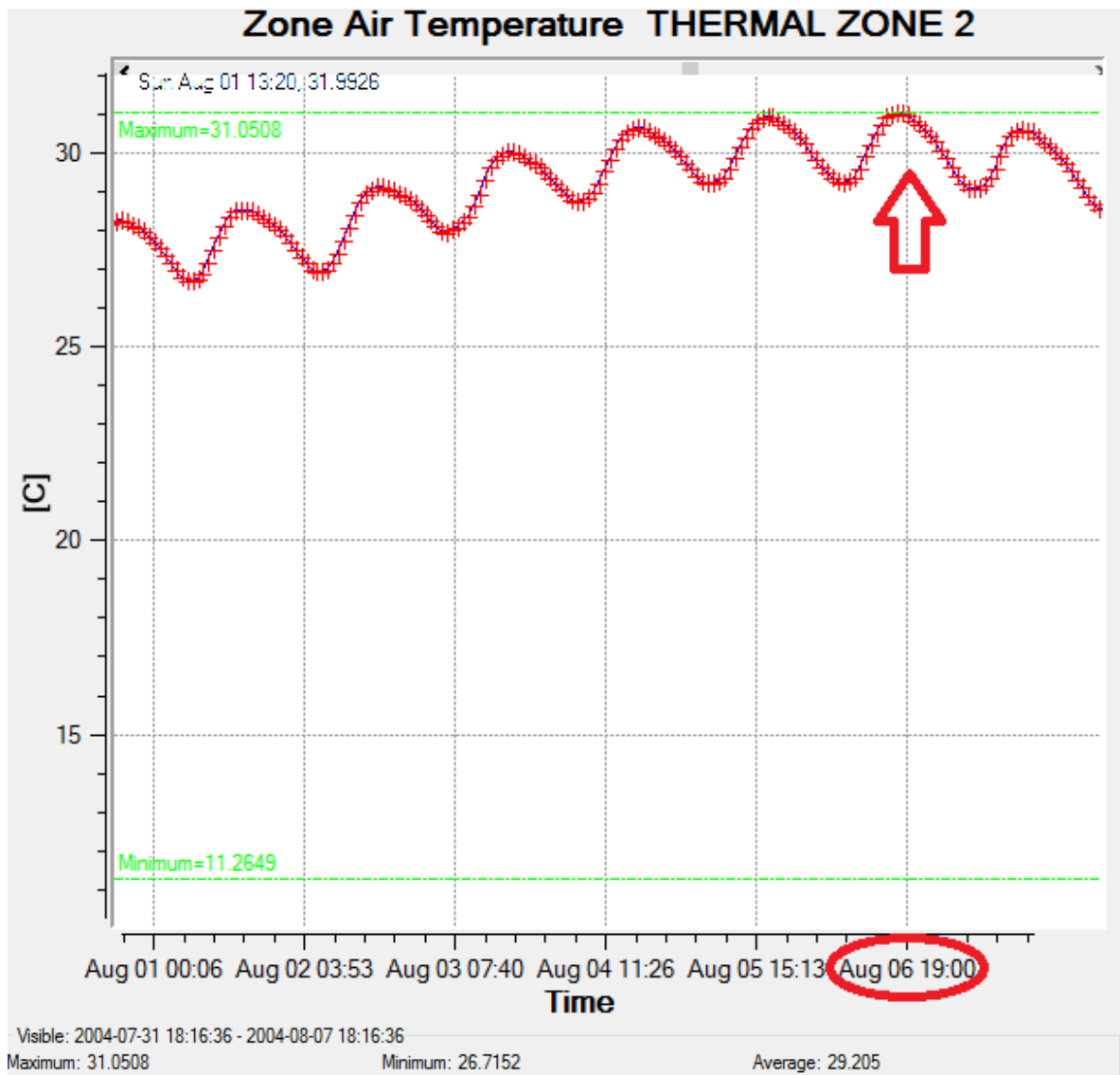
6.2.3 25 cm χωρίς απορροφητική επιφάνεια



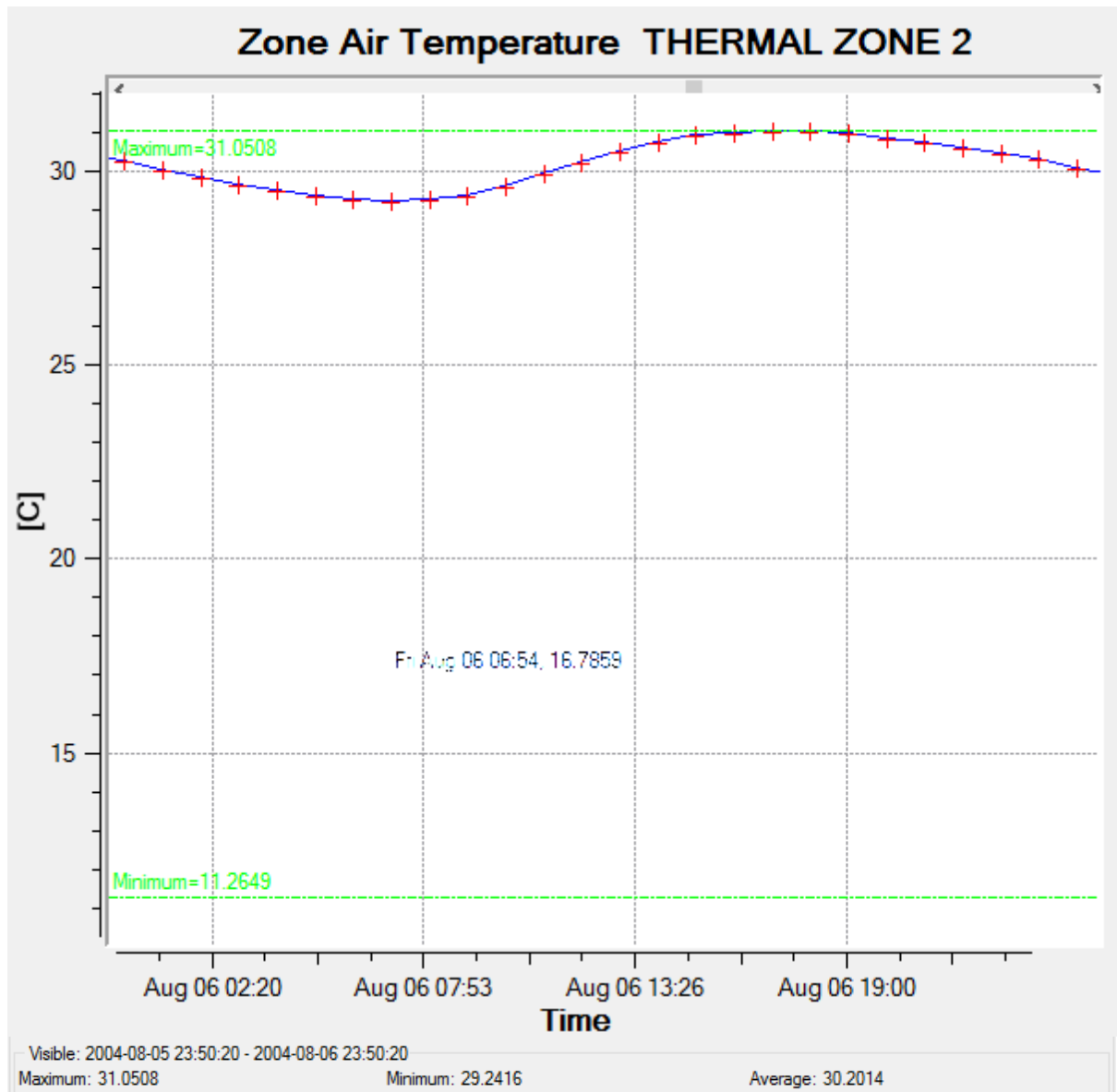
εικόνα 6:31 Ετήσια θερμοκρασιακή μεταβολή για τη ζώνη του τοίχου μάζας



εικόνα 6:32 Ετήσια θερμοκρασιακή μεταβολή για τον κυρίως χώρο



εικόνα 6:33 Εβδομαδιαία θερμοκρασιακή διακύμανση για την εμφάνιση της πιο θερμής ημέρας

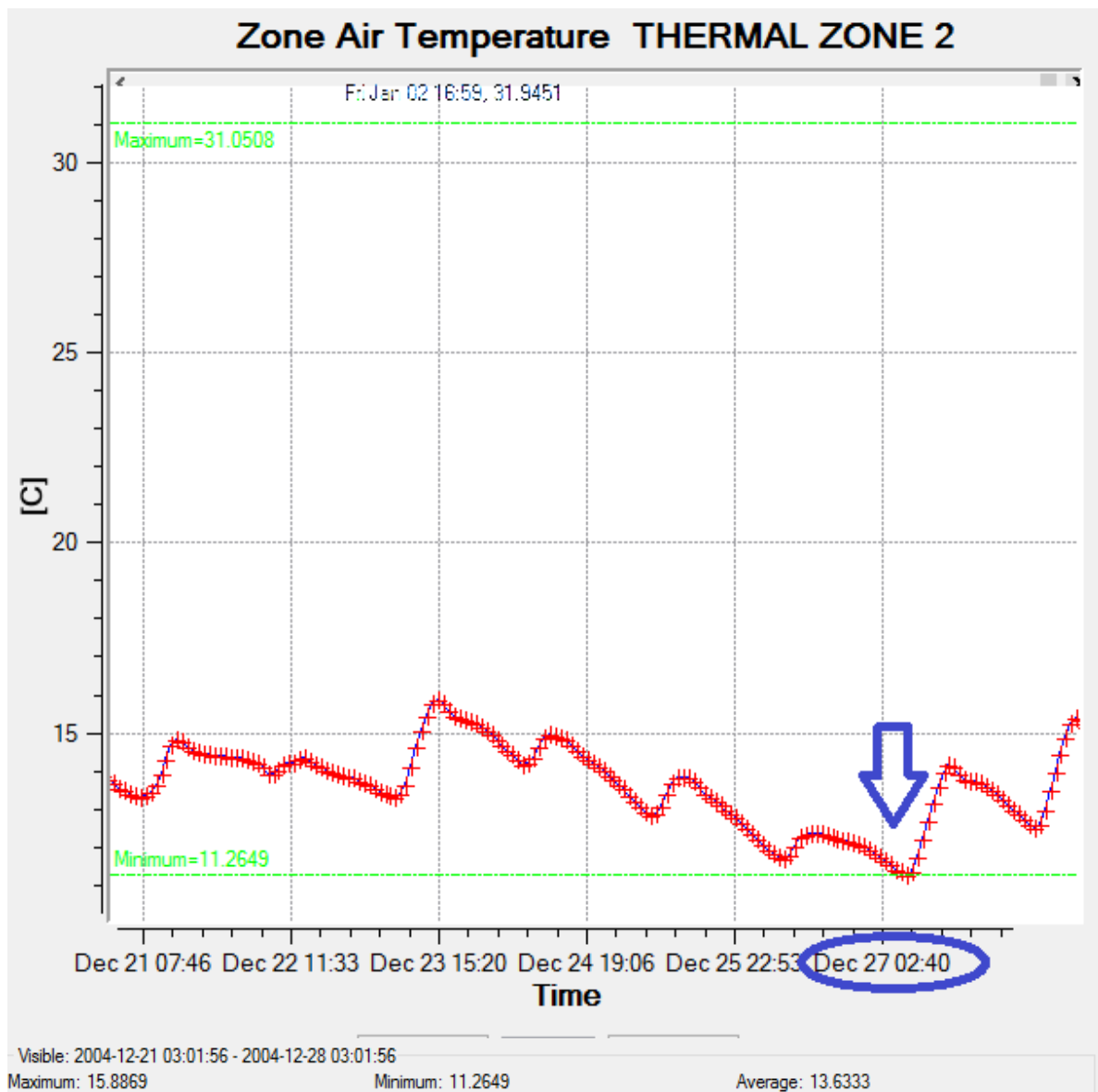


εικόνα 6:34 Ημερήσια διακύμανση για την εμφάνιση της πιο υψηλής θερμοκρασίας

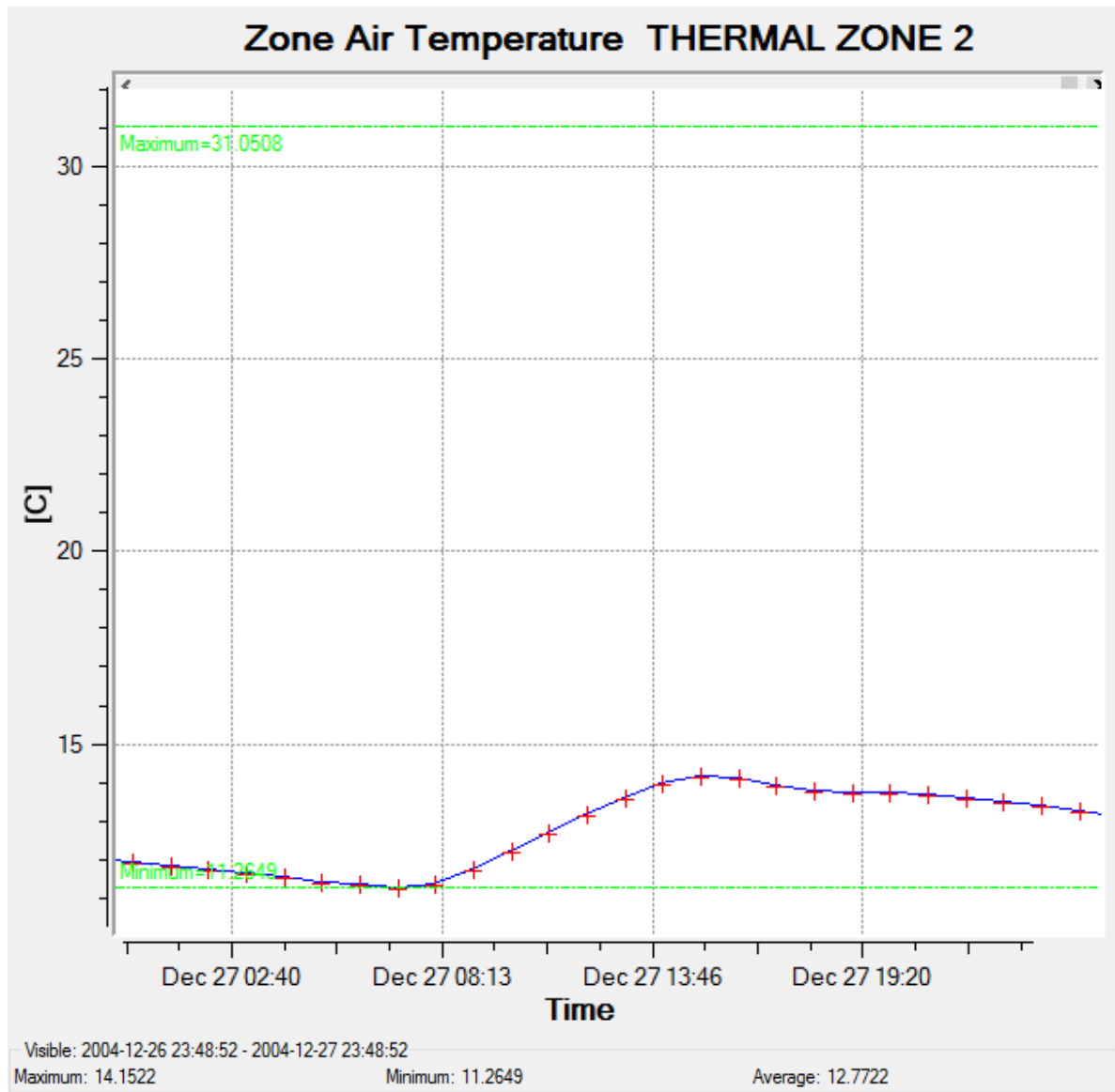
Όπως παρατηρείται ειδικά για τις θερμές ημέρες οι διαφοροποιήσεις για τις τρεις περιπτώσεις δεν είναι πολύ μεγάλες. Επίσης φαίνεται πως επηρεάζουν ακριβώς με τον ίδιο τρόπο τον εσωτερικό χώρο καθώς οι μορφές των διαγραμμάτων είναι πανομοιότυπες.

Η μείωση της μέγιστης εσωτερικής θερμοκρασίας είναι 15.8% (εικόνα 6:14) σε σχέση με το περιβάλλον και σε σχέση με το χώρο χωρίς τοίχο μάζας υπάρχει βελτίωση κατά 4,75% (εικόνα 6:1).

Για την πιο κρύα ημέρα



εικόνα 6:35 Εβδομαδιαία διακύμανση θερμοκρασίας για τον κυρίως χώρο με τη χαμηλότερη θερμοκρασία του χρόνου



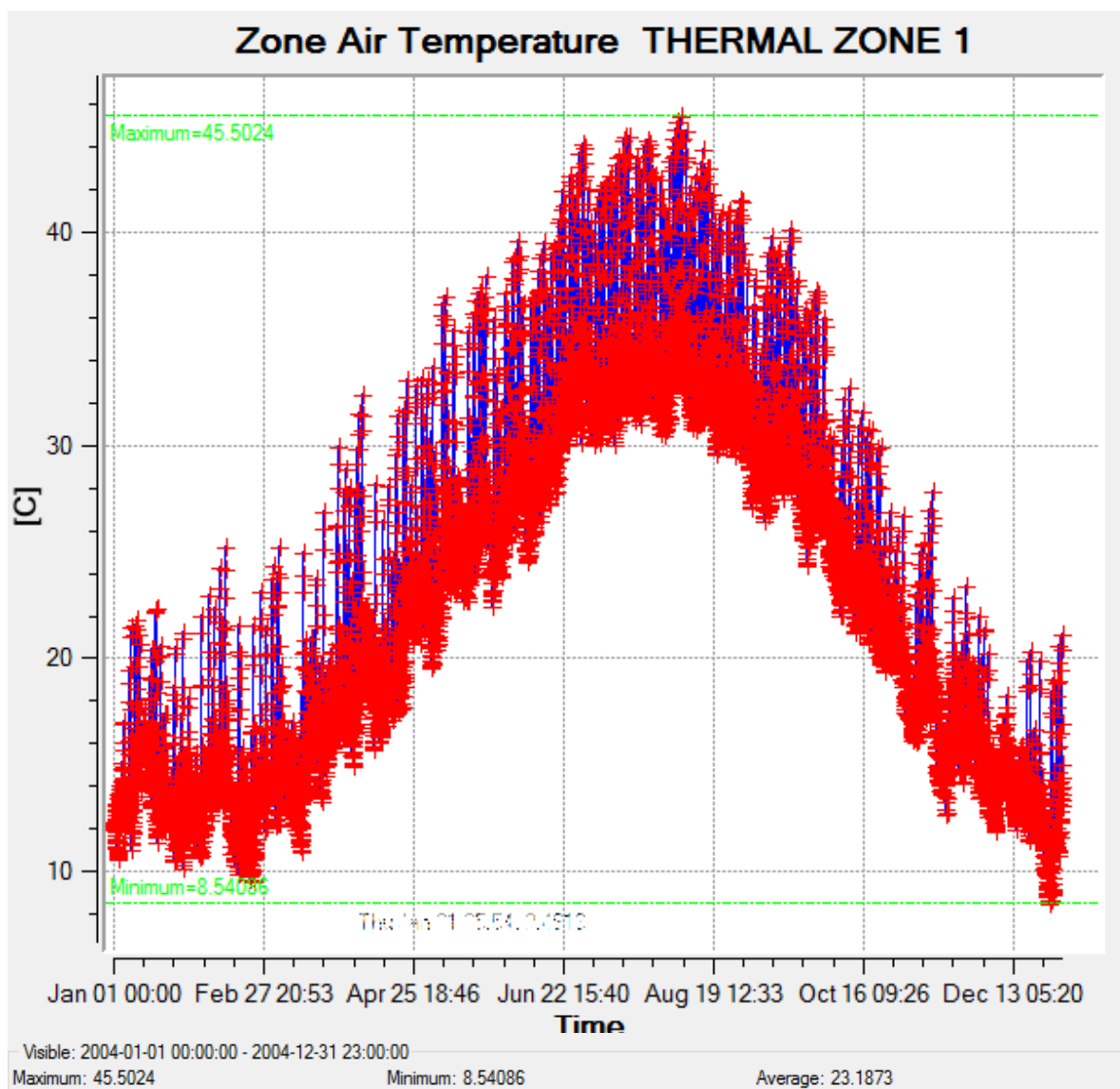
εικόνα 6:36 Ημερήσια διακίνηση για τον κυρίως χώρο την ημέρα που εμφανίζει την ελάχιστη θερμοκρασία

Σε αυτό το σημείο είναι που γίνεται εντονότερα αντιληπτή η διαφορά με τις άλλες δύο περιπτώσεις. Σε σχέση με το εξωτερικό περιβάλλον η αύξηση είναι 350% (εικόνα 6:19) Και σε σχέση με τον απλό χώρο χωρίς την ύπαρξη του τοίχου μάζας είναι 5,86% (εικόνα 6:1).

6.3 2^η Περίπτωση :Μόνωση, απορροφητική επιφάνεια και 25 cm πάχος

Obj12	Obj13
TROMBE WALL IN	TROMBE WALL OUT
TABOR SOLAR AB	Wall Insulation [35]
C10 - 8 IN HW CON	C10 - 8 IN HW CON
C10 - 8 IN HW CON	C10 - 8 IN HW CON
Wall Insulation [35]	TABOR SOLAR AB

εικόνα 6:37 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες με μόνωση

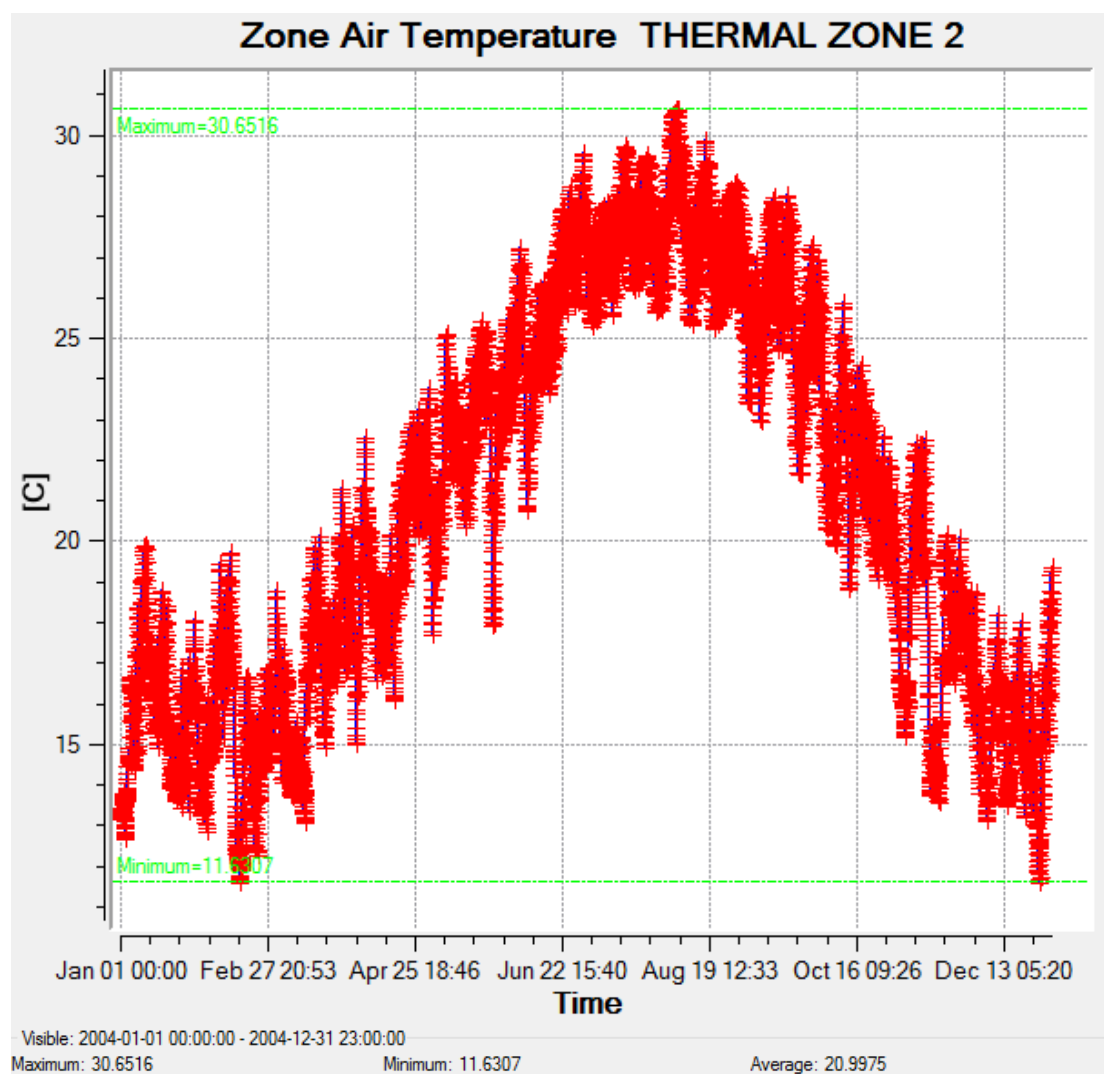


εικόνα 6:38 Ετήσια θερμοκρασιακή μεταβολή για τη ζώνη του τοίχου μάζας

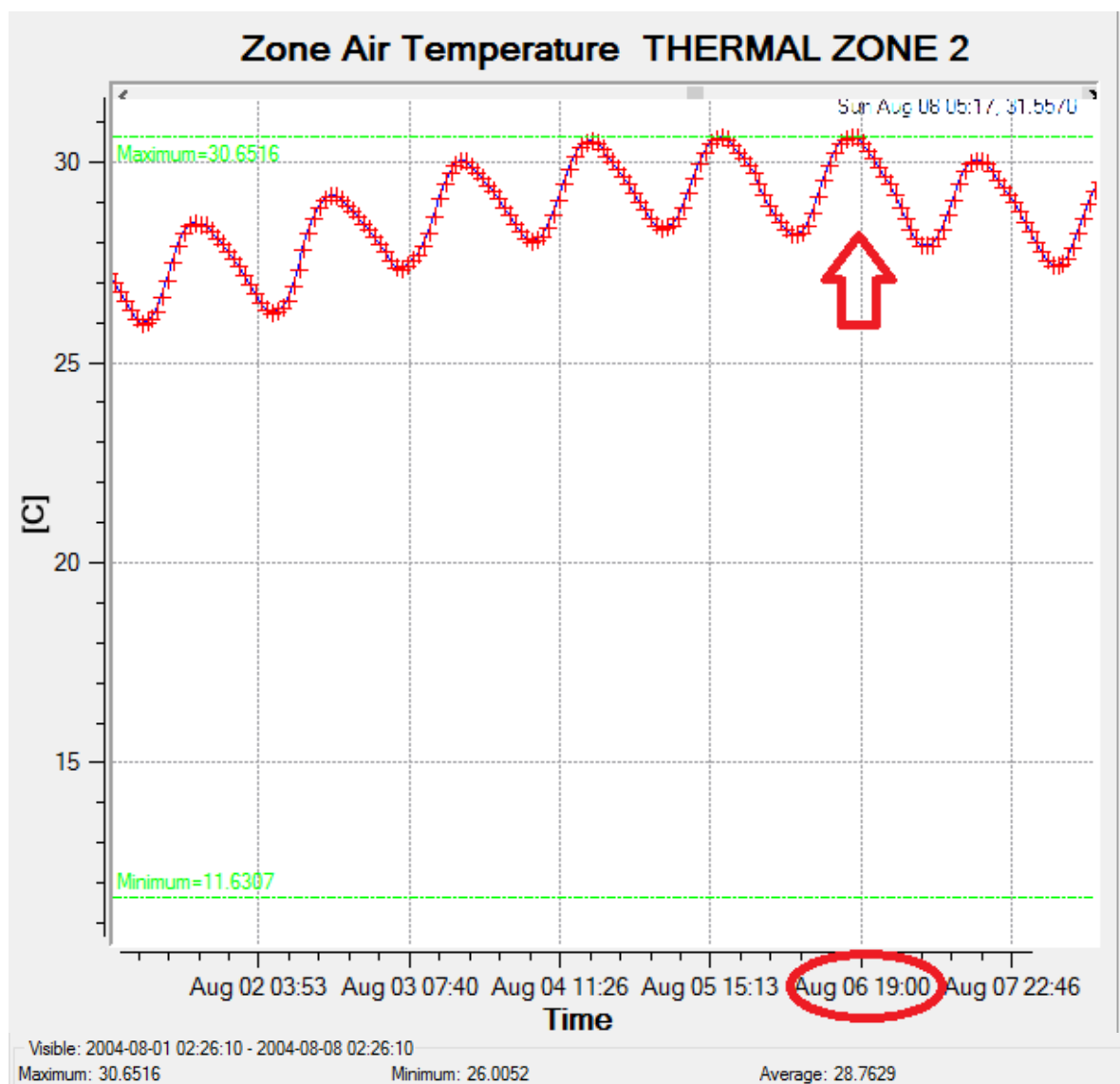
Σε αυτή την περίπτωση εδώ είναι το σημείο που γίνεται η πιο θεαματική αλλαγή λόγω της ύπαρξης της μόνωσης καθώς η αύξηση της μέγιστης θερμοκρασίας που φτάνει το εσωτερικό της ζώνης του τοίχου μάζας είναι 45.5 (εικόνα 6:38) σε αντίθεση με τις υπόλοιπες περιπτώσεις που κυμαίνονται από 41.45 (χωρίς απορροφητική) (εικόνα 6:10), 42.21 (25cm πάχος με απορροφητική) (εικόνα 6:31) 42.56 (35 cm πάχος και απορροφητική) (εικόνα 6:23) διαφορά 7.5%.

Για αυτό επαληθεύεται και η θεωρία που θέλει την μόνωση να λειτουργεί ευεργετικά σε σύνθετους τοίχους μάζας (εικόνα 4:7). Ειδικότερα, σε ζεστό καιρό και ιδιαίτερα σε καλά μονωμένα κτίρια, ο τοίχους Trombe θα μπορούσε να λειτουργεί ως πηγή ανεπιθύμητη αύξηση της θερμότητας και υπερθέρμανσης που οφείλεται στην αντιστροφή της μεταφοράς θερμότητας. Για να αποφευχθεί αυτή η αντίστροφη μεταφορά θερμότητας, οι τοίχοι Trombe πρέπει να είναι καλά μονωμένοι.

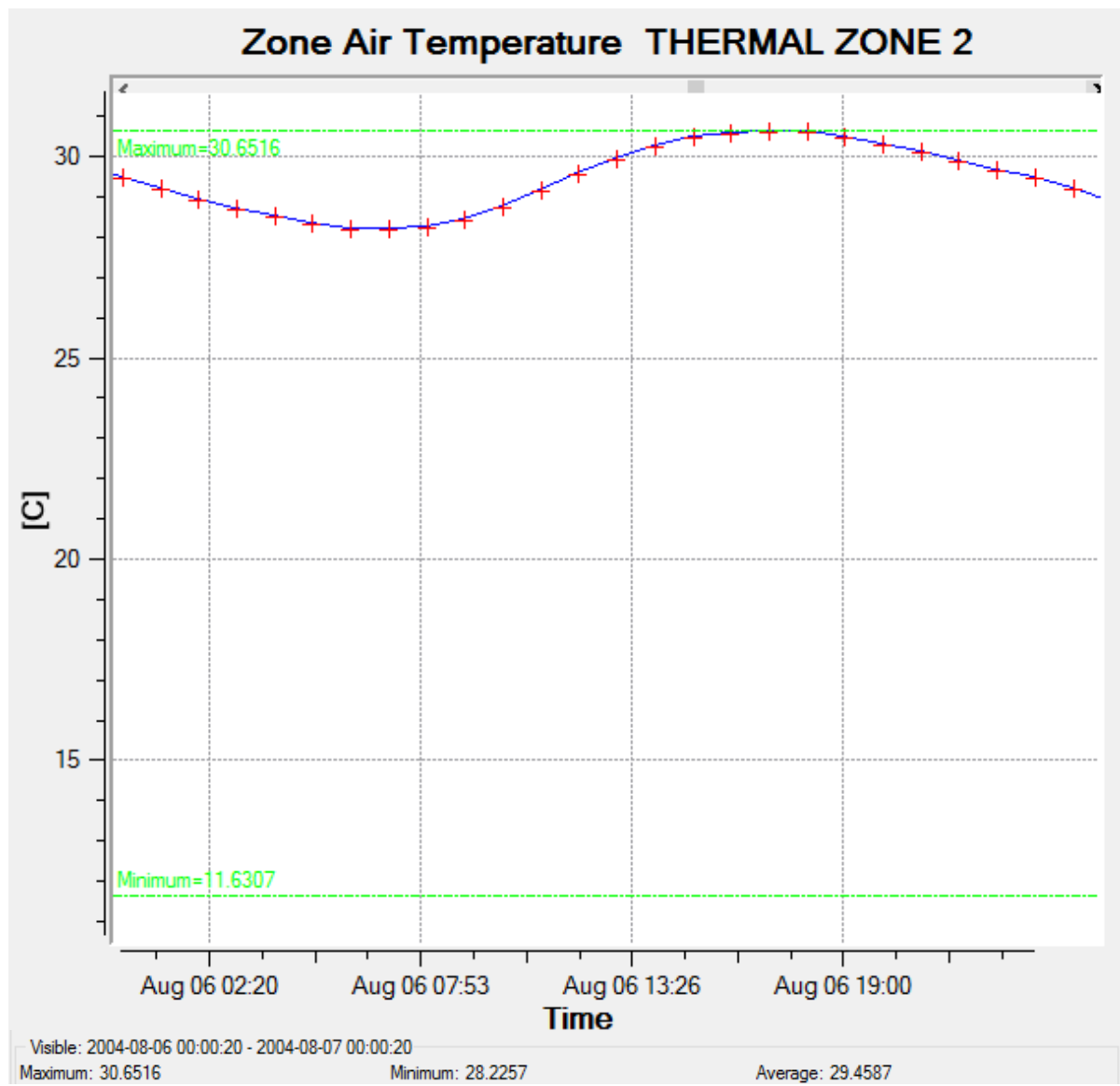
Μάλιστα, δεκαπέντε χρόνια πριν, ένας μελετητής από το Ηνωμένο Βασίλειο (U.K), μελέτησε αυτό το πρόβλημα με ένα πειραματικό επικυρωμένο πρόγραμμα, το CFD. Η μελέτη έδειξε ότι η σωστή μόνωση είναι απαραίτητη για την μεγιστοποίηση του ρυθμού αερισμού του κτιρίου στο οποίο έχει ενσωματωθεί ένας Trombe τοίχος κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και επιπροσθέτως, η μελέτη πρότεινε ότι το εσωτερικό του τοίχου Trombe πρέπει να περιέχει μόνωση.



εικόνα 6:39 Ετήσια θερμοκρασιακή διακύμανση για τον κυρίως χώρο

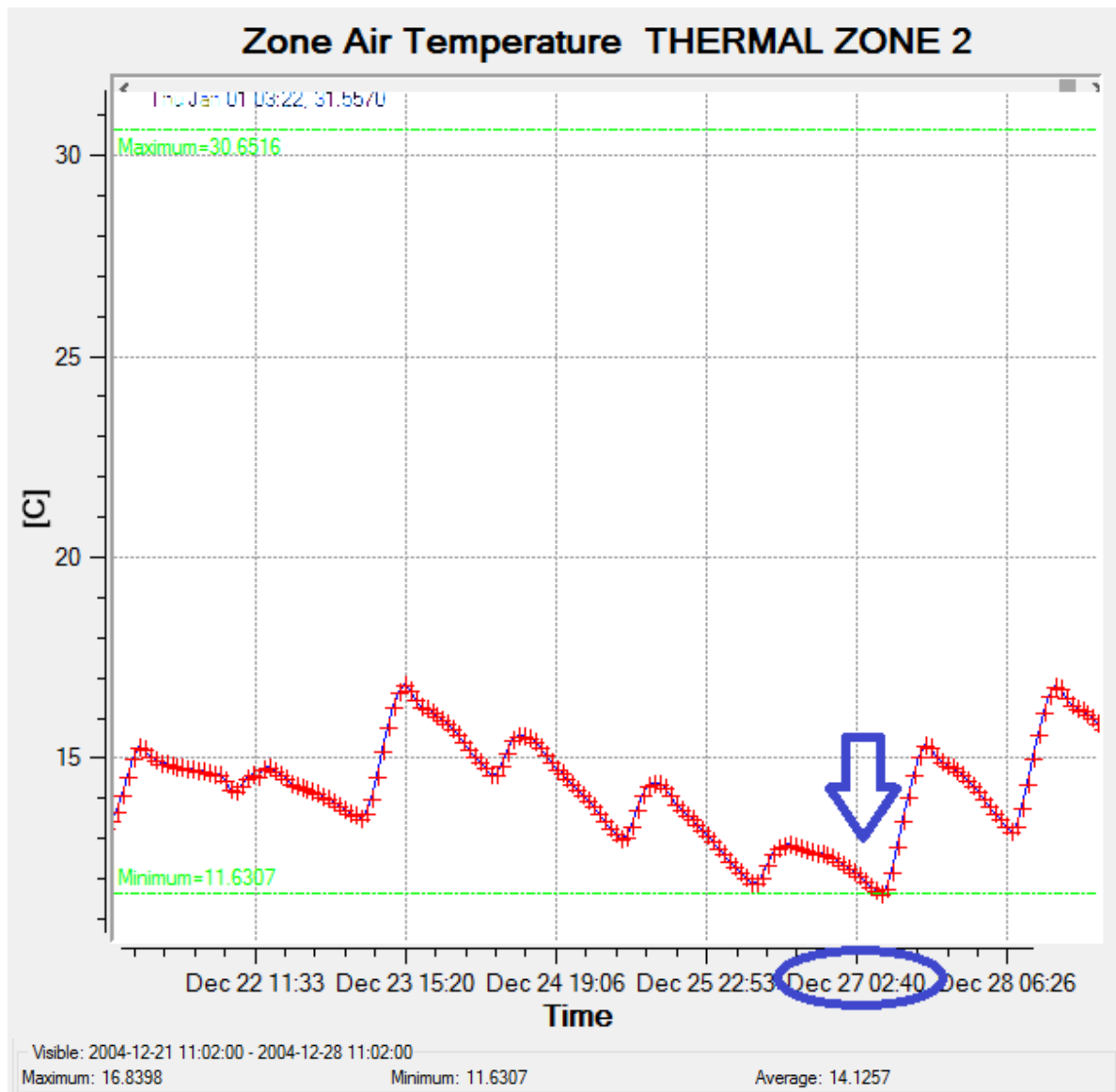


εικόνα 6:40 Εβδομαδιαία διακύμανση για την εμφάνιση της μέγιστης θερμοκρασίας

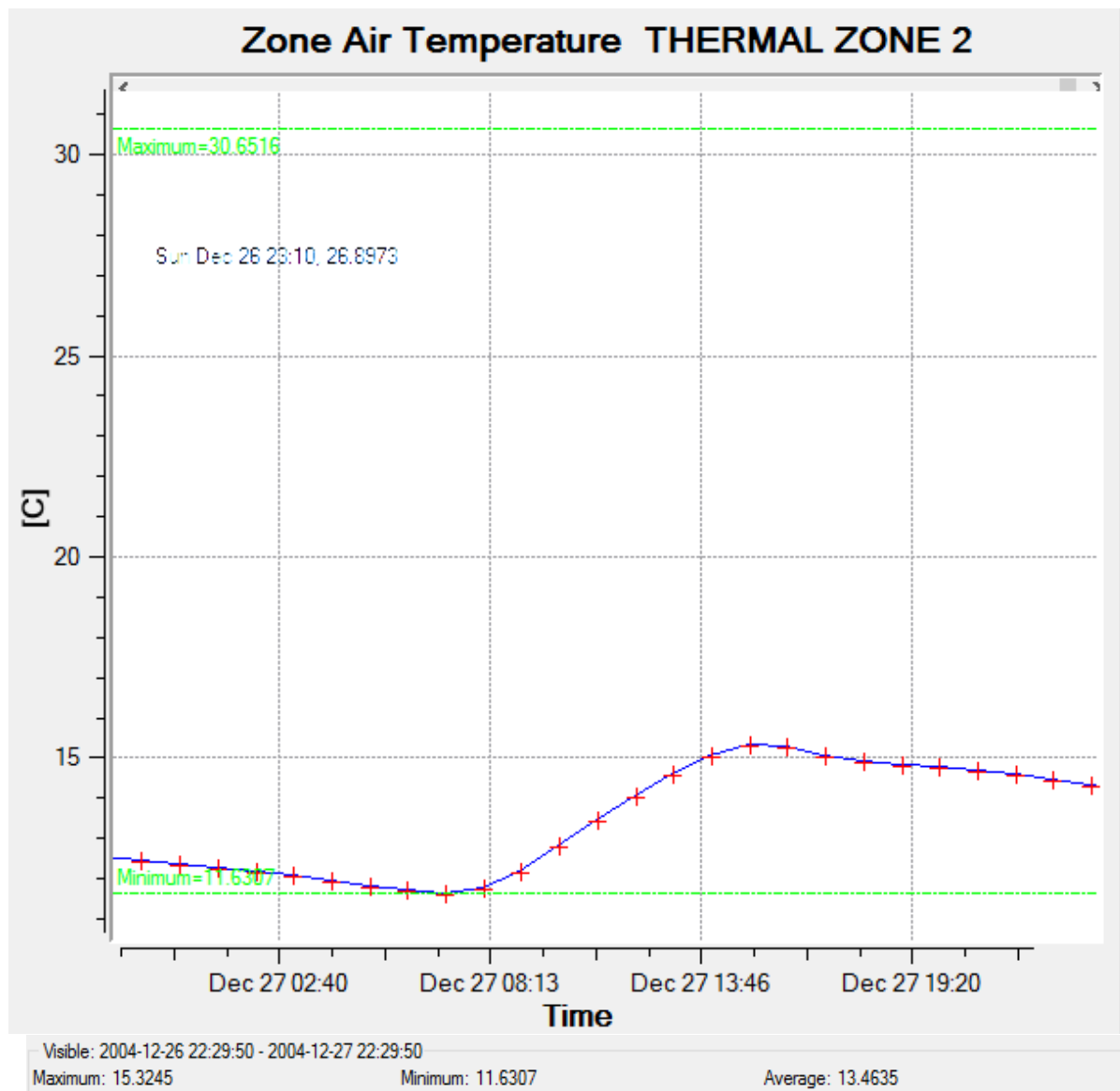


εικόνα 6:41 Ημερήσια διακύμανση για την εμφάνιση της υψηλότερης θερμοκρασίας

Για την πιο κρύα



εικόνα 6:42 Εβδομαδιαία διακύμανση για την εμφάνιση της πιο χαμηλής θερμοκρασίας στον κυρίως χώρο



εικόνα 6:43 Ημερήσια διακύμανση της για την εμφάνιση της πιο χαμηλής θερμοκρασίας στον κυρίως χώρο

Όπως παρατηρείται η μόνωση δεν άλλαξε αισθητά τη θερμοκρασία του κυρίως χώρου (εικόνα 6:43), γεγονός που ήταν αναμενόμενο για ένα απλό τοίχο μάζας σαν αυτό που γίνεται η προσομοίωση. Αυτό συμβαίνει γιατί με τη μόνωση αυξάνεται αισθητά κυρίως η θερμοκρασία στο εσωτερικού του τοίχου μάζας γεγονός που ωφελεί συγκεκριμένες μορφές όπως σύνθετη (εικόνα 4:7) και με φωτοβολταϊκά (σύμφωνα με Ji et al., η θερμομόνωση τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι βελτιώνει την αποτελεσματικότητα ενός τοιχώματος PV-Trombe).

Το θέμα της μόνωσης στον τοίχο μάζας και σε ποιες περιπτώσεις και υπό ποιες συνθήκες πρέπει να χρησιμοποιείται έχει απασχολήσει την παγκόσμια κοινότητα δίνοντας τροφή για μεγάλο όγκο πειραμάτων και ερευνών. Μέχρι στιγμής υπάρχουν αρκετές διαφορετικές γνώμες επί του θέματος καθώς αποτελείται από πολλές παραμέτρους (Ο Zalewski, πιστεύει πως το θέμα της μόνωσης πρέπει να αναλύεται και να μελετάται κάθε φορά αναλόγως τις κλιματικές συνθήκες και το είδος του τοίχου μάζας).

Μια ομάδα ερευνητών στον Καναδά ανέλαβε μια θεωρητική μελέτη σχετικά με τη χρήση της μόνωσης σε ένα σύνθετο Trombe τοίχο για να εξετάσει συνολική μόνωση απόδοση του τοίχου μάζας. Το σύνθετο σύστημα αποτελείται από ένα πάνελ από γυαλί, το τοίχωμα μάζας, και μόνωση. Στο σύστημα που μελετήθηκε υπήρχαν αεραγωγοί μεταξύ της μάζας και της μόνωσης. Η μελέτη αποκάλυψε ότι η μόνωση σε σύνθετο Trombe τοίχο μπορεί να αποδώσει πολύ καλύτερα από ό, τι στον κλασικό τοίχο Trombe σε περιοχές που οι καιρικές συνθήκες χαρακτηρίζονται από το κρύο και το συνεφιασμένο καιρό.

Επιπλέον, η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η χρήση μόνωσης συνδυασμένη με ένα σύνθετο τοίχωμα μπορεί να επιτρέψει τη μείωση του πάχους του τοίχου μάζας. Αυτός ο συνδυασμός του τοίχου υλικά είναι ελκυστικό για πολιτικούς μηχανικούς, οι οποίοι συνήθως επιθυμούν τη μείωση των φορτίων του κτιρίου.

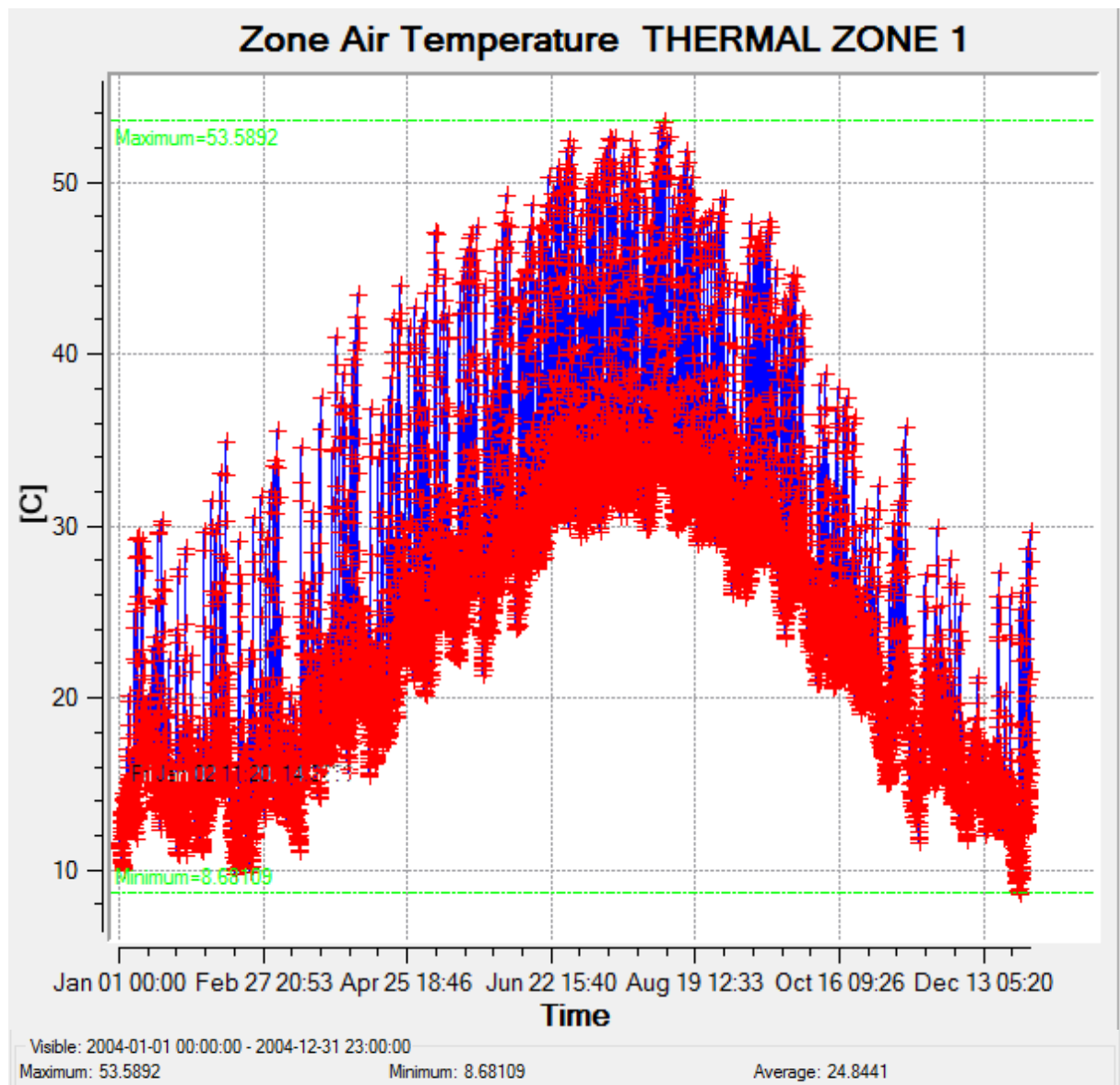
Μια άλλη εμπειρική μελέτη που διεξήχθη σε ένα κτίριο κατοικιών στην Alcona, στην κεντρική Ιταλία, όπου χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση το λογισμικό EnergyPlus, όπως και εδώ, με στόχο τη σύγκριση ενός απλού τοίχου μάζας και ενός υπερμονωμένου τοίχου μάζας.

Τα αποτελέσματα έδειξαν πως για την εποχιακή θέρμανση με τον απλό τοίχο μάζας χρειάστηκαν 26% παραπάνω kW h/m², αντιθέτως με την ψύξη που χρειάστηκαν για τον απλό τοίχο μάζας 10,8% λιγότερα kW h/m².

Αν και το αποτέλεσμα έδειξε ότι η μόνωση βελτιώνει την αποτελεσματικότητα το χειμώνα και αυξάνει την κατανάλωση ενέργειας το καλοκαίρι, η συνολική αποδοτικότητα του μονωμένου συστήματος είναι πολύ υψηλότερη. Η συνολική ζήτηση για εποχιακή θέρμανση και ψύξη ενός κανονικού Trombe τοίχο είναι περίπου 62.88 (kW h/m²) σε αντίθεση με ένα μονωμένο Trombe τοίχο ο οποίος απαιτεί περίπου 29.58 (kW h/m²), που είναι περίπου το 47% των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών του κανονικού.

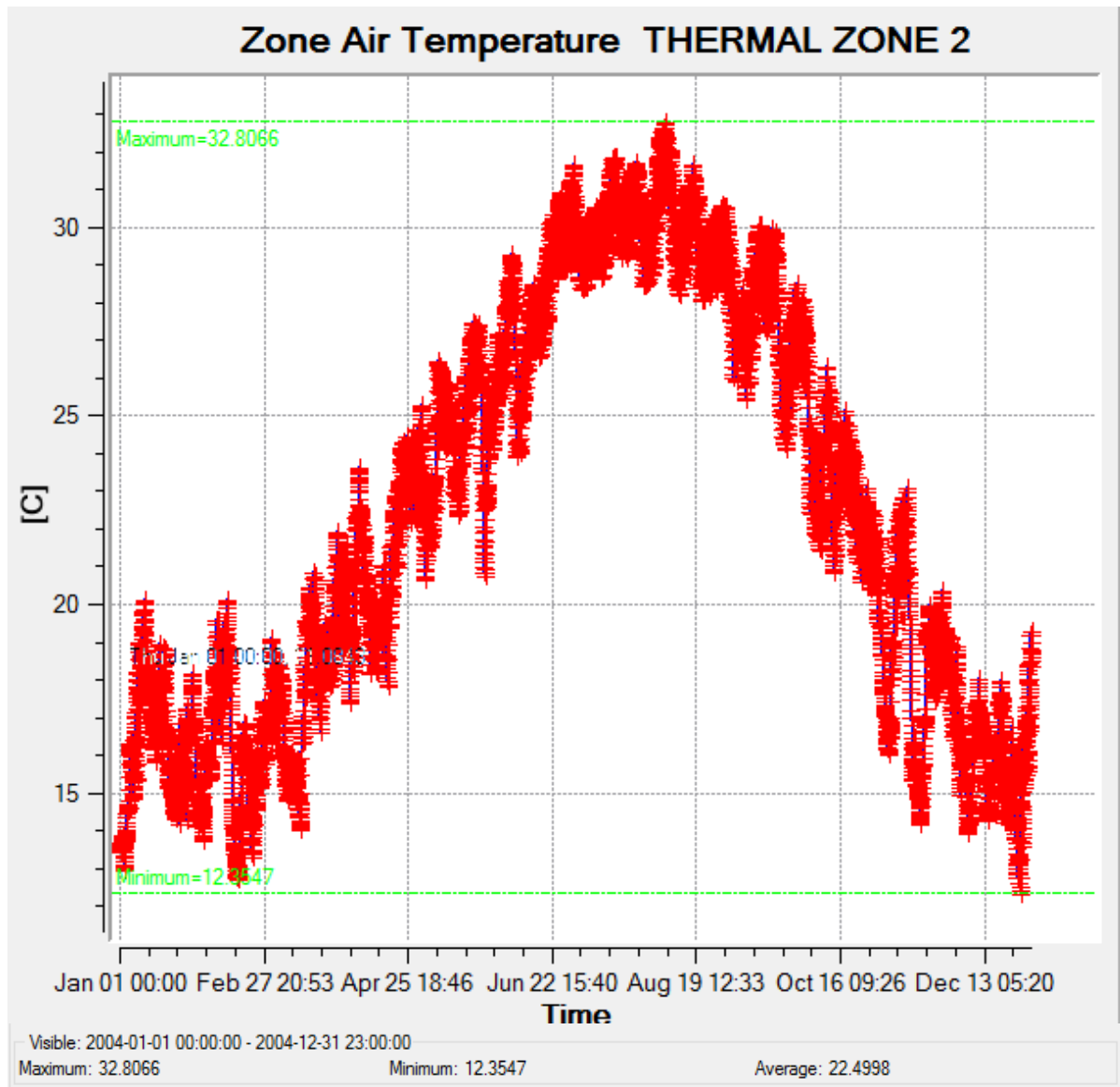
6.4 3^η περίπτωση: Γυάλινη επιφάνεια με απλό τζάμι

(τοίχος μάζας 25 cm, χωρίς μόνωση, στα προηγούμενα είχα διπλό τζάμι)

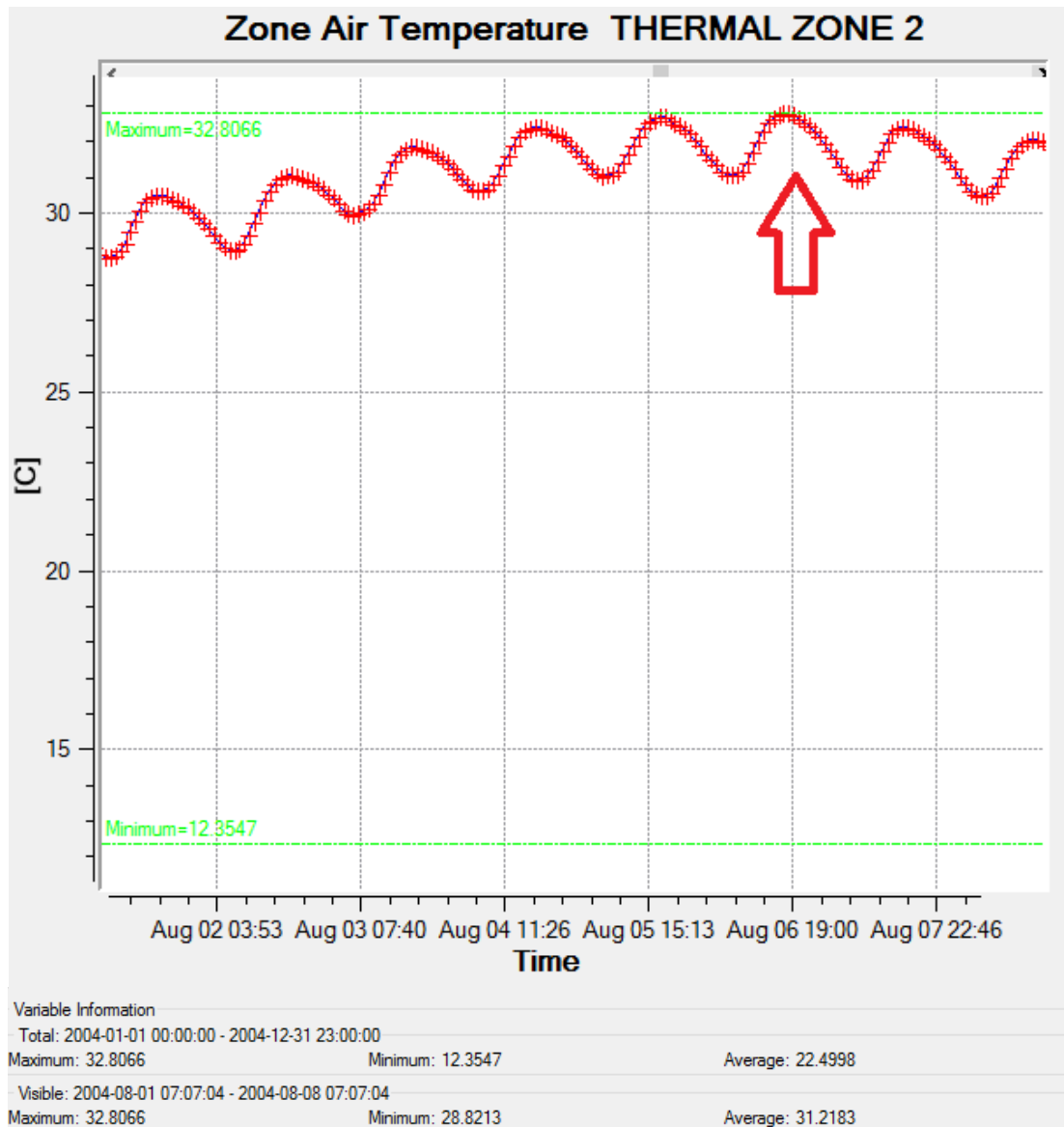


εικόνα 6:44 Ετήσια διακύμανση για τη ζώνη του τοίχου μάζας

Παρατηρείται, αμέσως πως με την απλή γυάλινη επιφάνεια έχει πολύ μεγάλες διακυμάνσεις και επηρεάζεται άμεσα από τις θερμοκρασιακές μεταβολές, ειδικότερα από τις θερμοκρασιακές μεταβολές ανόδου ακόμα και κατά τις χειμερινές ημέρες. Βέβαια, μπορεί να υπάρχει μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας αλλά το απλό γυαλί δεν είναι ικανό να διατηρήσει τη θερμοκρασία αυτή για αρκετή ώρα και να αξιοποιηθεί για το εσωτερικό του κτιρίου. Η συγκεκριμένη μορφή είναι πολύ ευαίσθητη στις εξωτερικές μεταβολές, επομένως δεν είναι κατάλληλη για περιοχές με μεγάλο ποσοστό ημερών συννεφιάς σε συνδυασμό με πολύ χαμηλές θερμοκρασίες καθώς θα λειτουργήσει αντίστροφα, διευκολύνοντας την απομάκρυνση της θερμοκρασίας από το κτίριο και όχι τη θέρμανσή του.

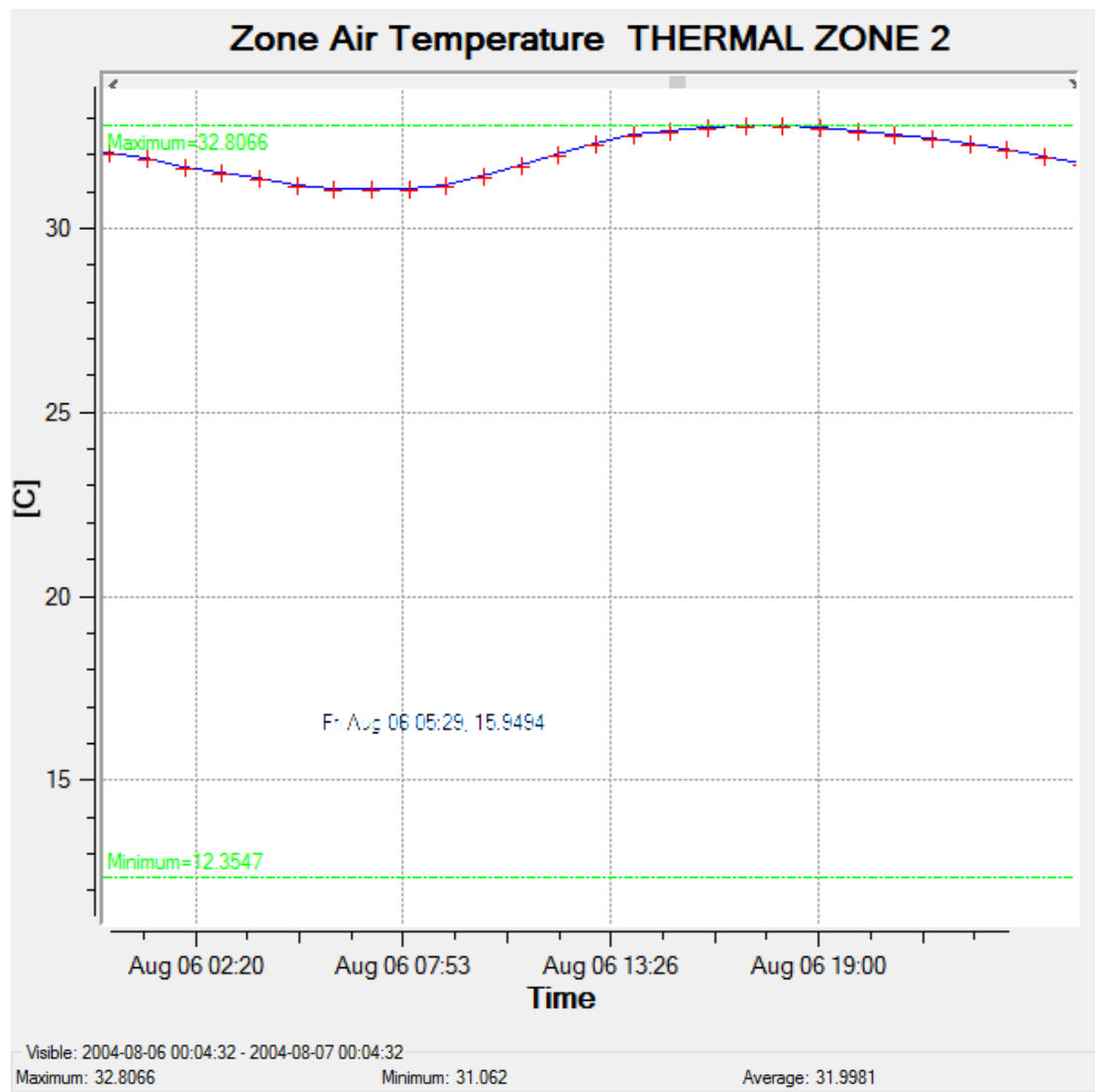


εικόνα 6:45 Ετήσια διακύμανση για τον κυρίως χώρο

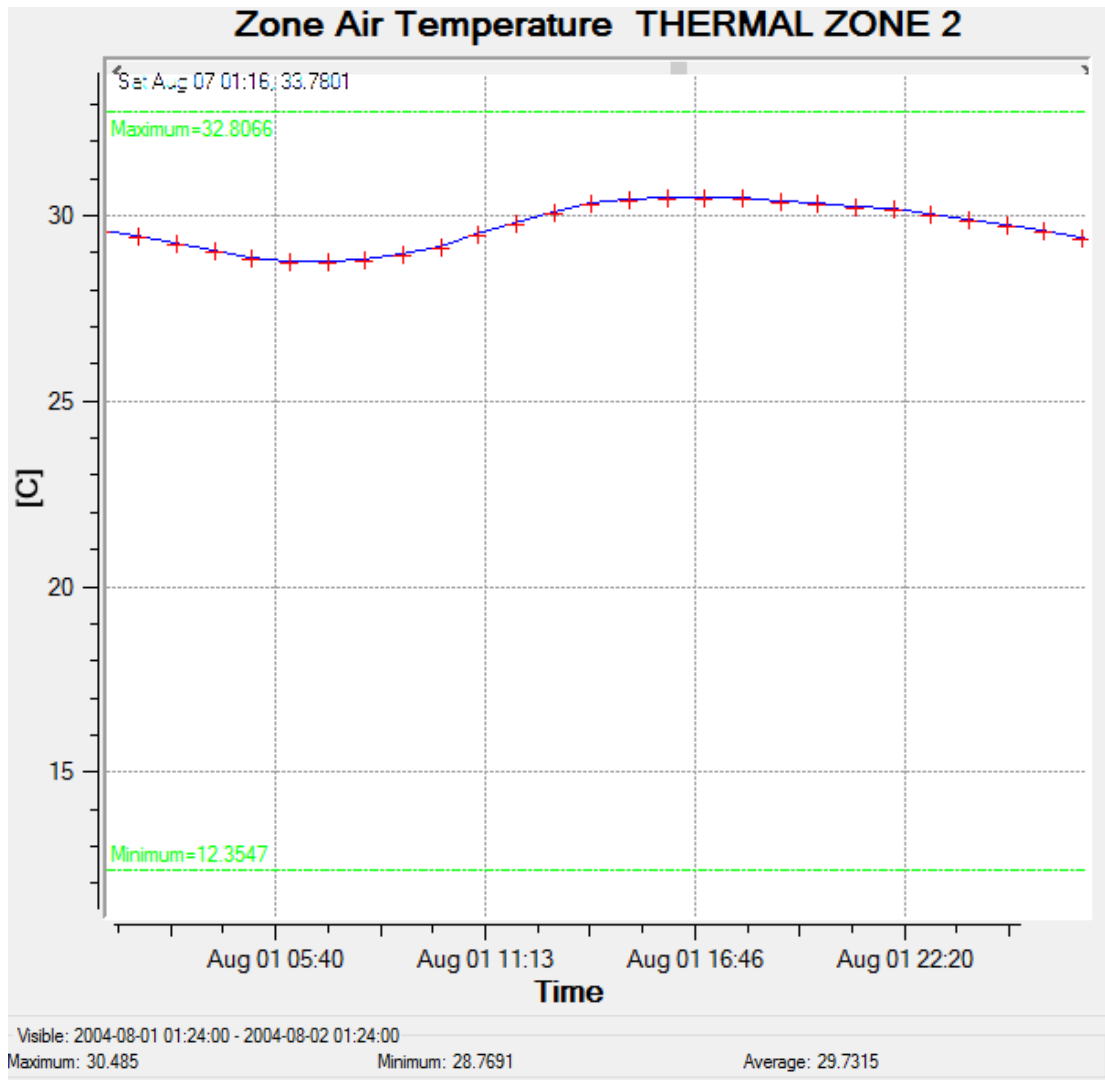


Εικόνα 6:46 Εβδομαδιαία διακύμανση για εμφάνιση ημέρας μεγαλύτερης θερμοκρασίας

Η συγκεκριμένη αποτύπωση της εβδομάδας κάνει ακόμα πιο σαφή την ευαισθησία του συγκεκριμένου μοντέλου εφόσον φαίνεται πως και η ακριβώς προηγούμενη μέρα έχει σχεδόν τη μέγιστη θερμοκρασία, ενώ στην περίπτωση της μόνωσης για παράδειγμα, είχαμε τρεις ημέρες με σχεδόν τη μέγιστη θερμοκρασία γεγονός που δείχνει πως με τη μόνωση η αύξηση της θερμοκρασίας συντηρείται περισσότερο ενώ με τη γυάλινη επιφάνεια όχι. Βέβαια, για τους καλοκαιρινούς μήνες αυτό είναι βολικό για την Αθήνα δεδομένου ότι δεν θέλουμε θέρμανση κατά το καλοκαίρι αλλά ψύξη.



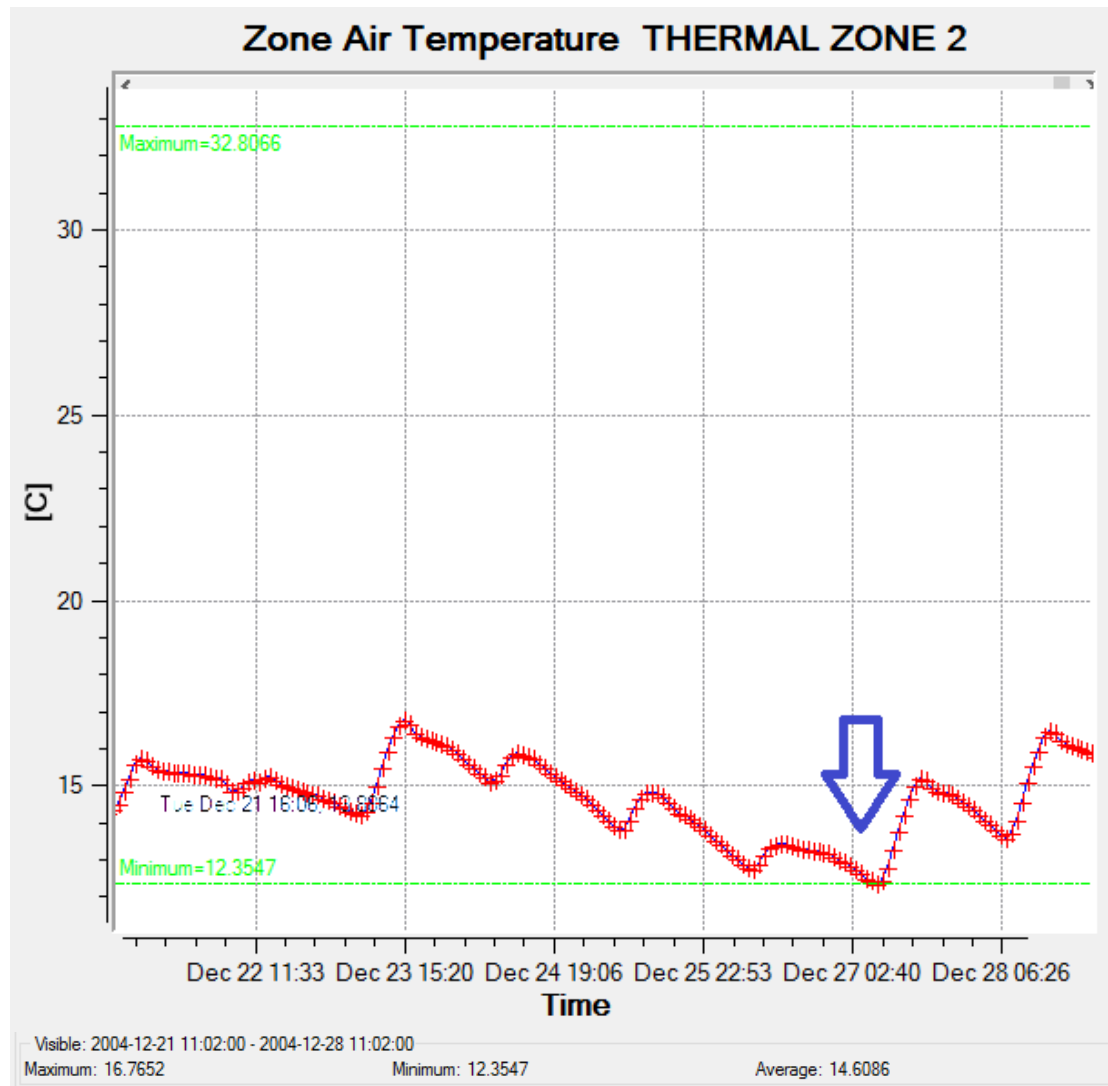
Εικόνα 6:47 Ημέρα με μέγιστη θερμοκρασία



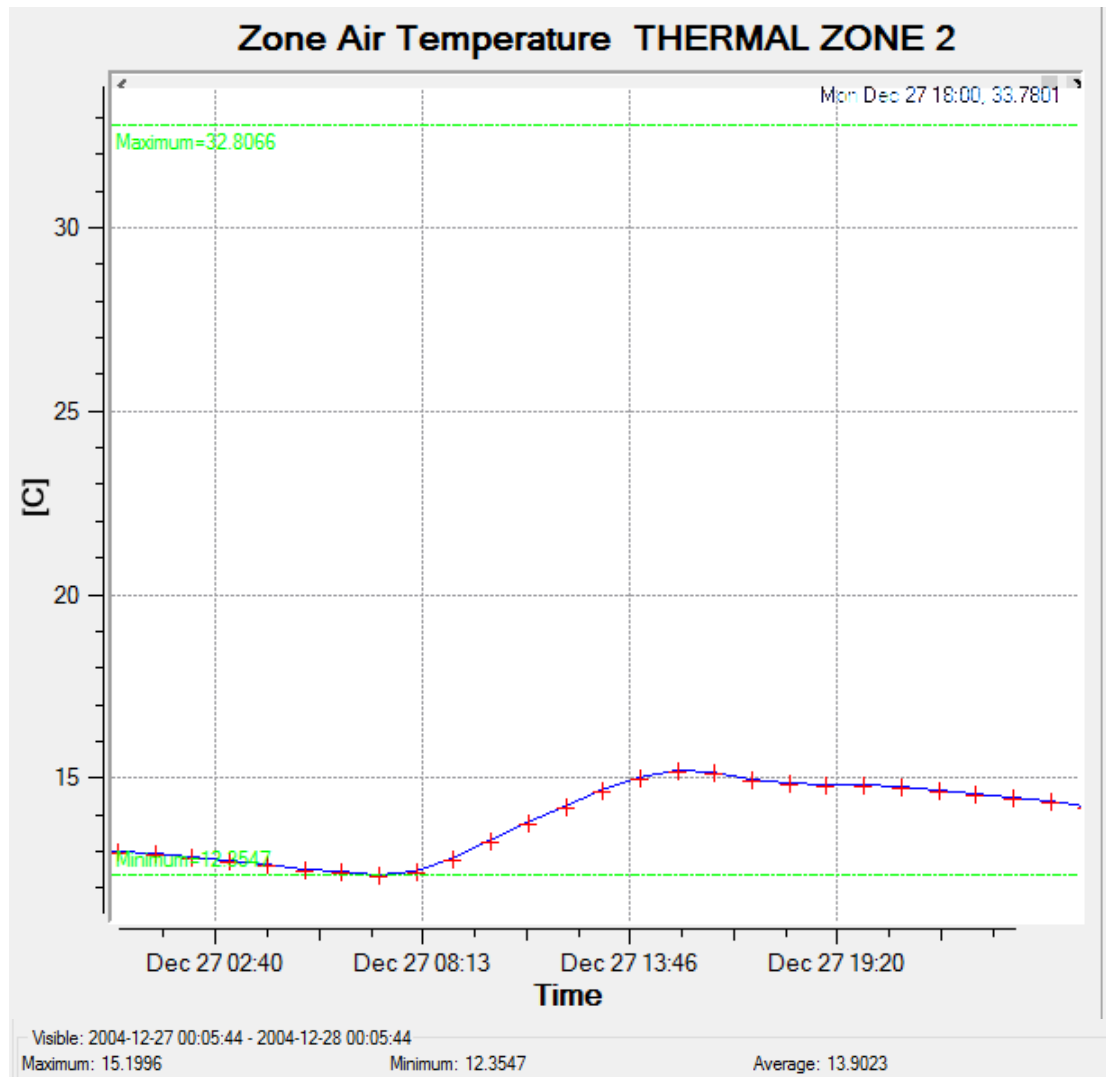
Εικόνα 6:48 Επόμενη ημέρα από εμφάνιση μέγιστης θερμοκρασίας

Εδώ ακριβώς παρατηρείται η μεγάλη αλλαγή, καθώς μέσα σε μία ημέρα η διαφορά του χώρου είναι 2 °C και αυτό οφείλεται στην πτώση της εξωτερικής θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της νύχτας. Από την προηγούμενη ημέρα η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας είναι 3 °C γεγονός που τονίζει τη θερμοκρασιακή αστάθεια του απλού γυαλιού.

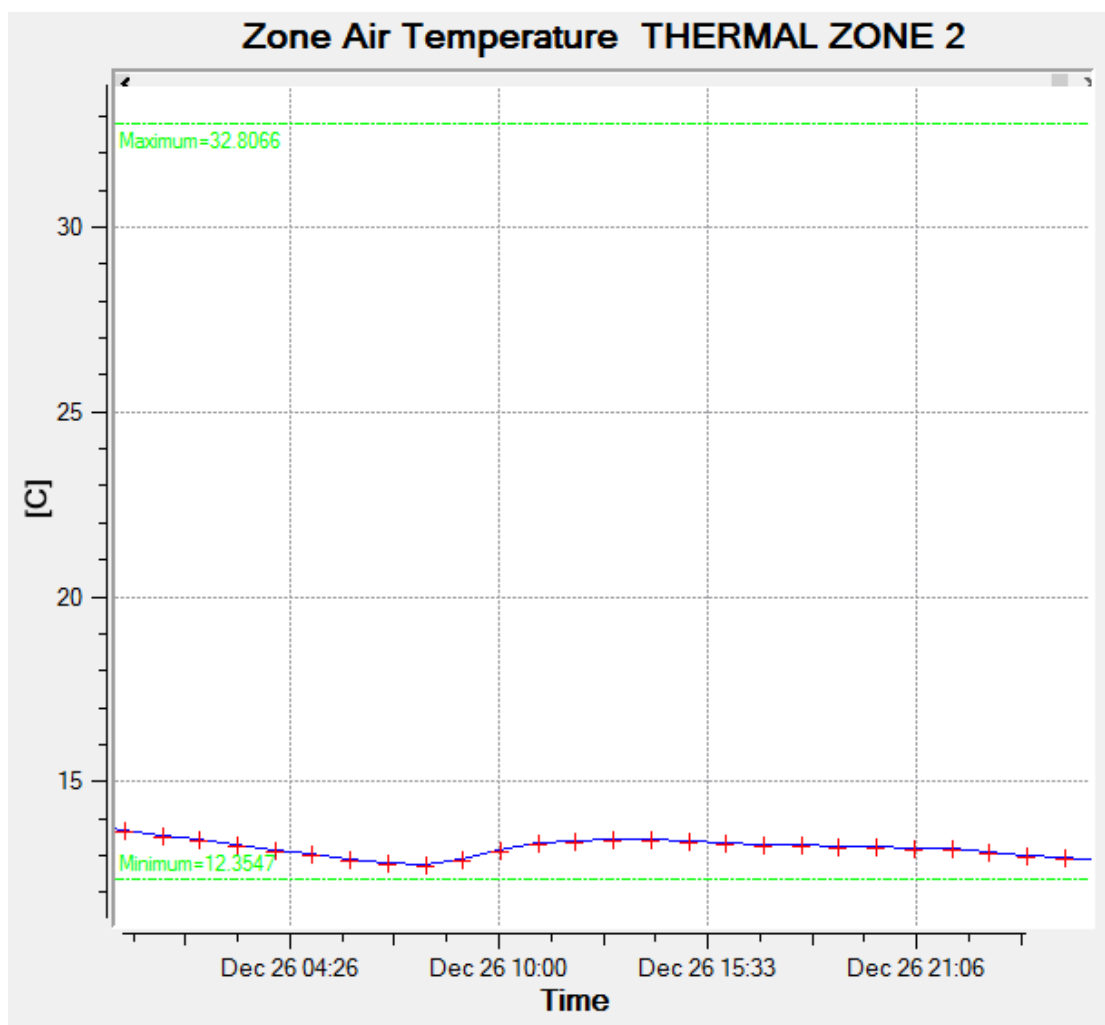
Για το κρύο



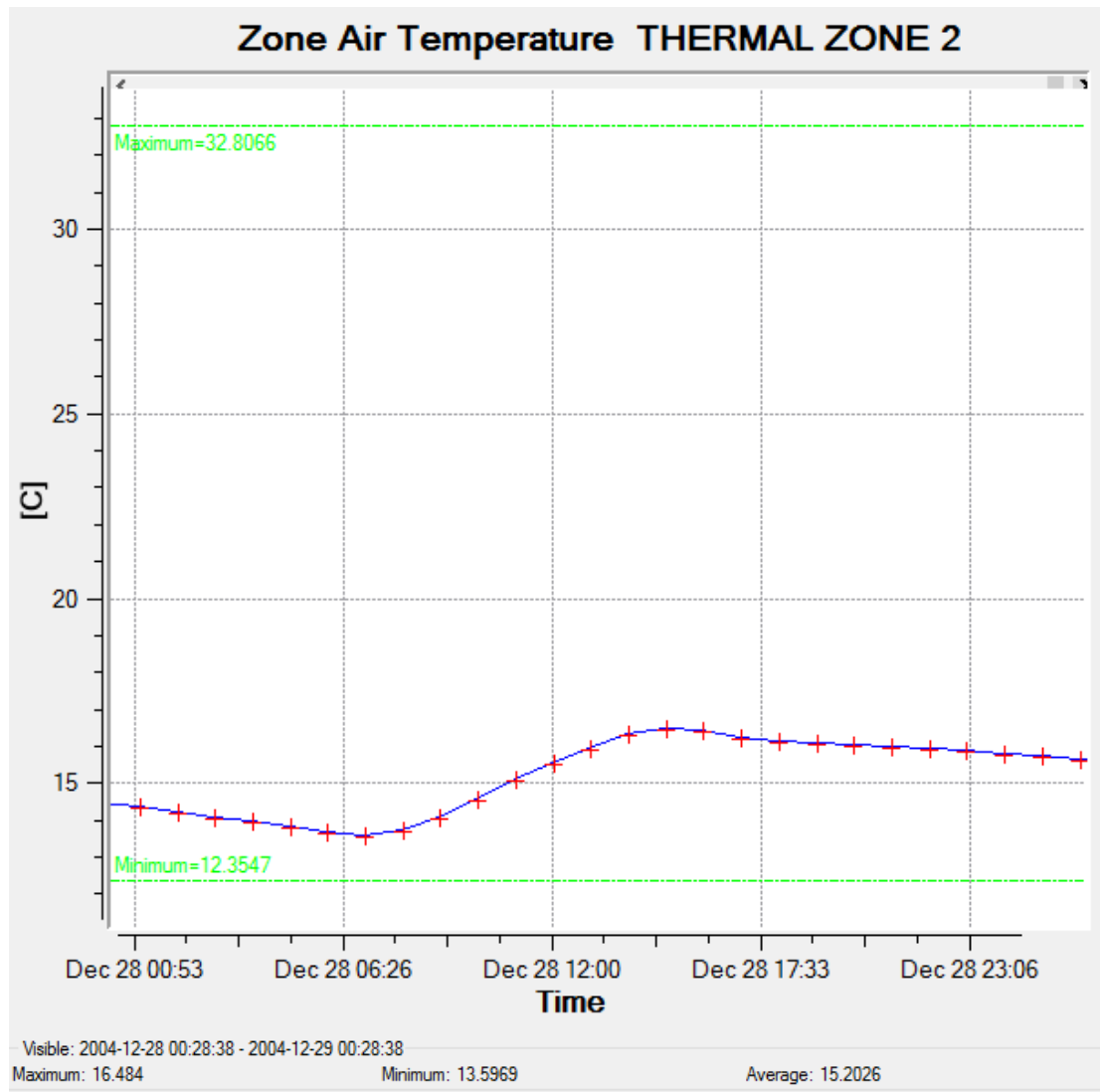
εικόνα 6:49 εβδομάδα με εμφάνιση ελάχιστης θερμοκρασίας



Εικόνα 6:50 ημέρα με τη χαμηλότερη θερμοκρασία



εικόνα 6:51 προηγούμενη ημέρα χαμηλότερης θερμοκρασίας



εικόνα 6:52 επόμενη ημέρας με τη χαμηλότερη θερμοκρασία

6.5 Περίπτωση 4^η εξέταση τοίχου μάζας με νερό

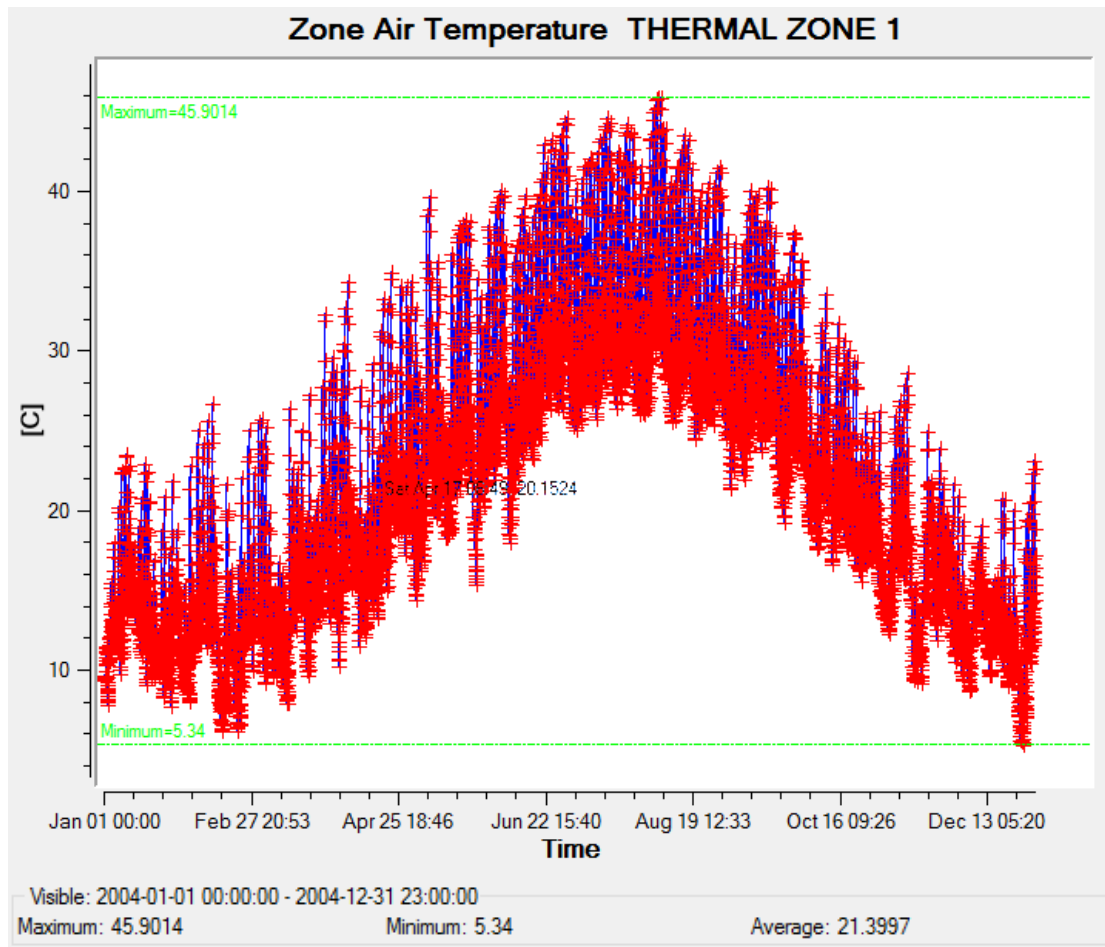
(για την εξέταση χρήσης του νερού για οικιακή χρήση)

Για τη χρήση του ζεστού νερού για οικιακή χρήση υπάρχουν κάποιες δυσκολίες καθώς στις δεξαμενές νερού για τον τοίχο μάζας συνήθως προστίθενται χημικές ενώσεις για αποφυγή δημιουργίας μικροοργανισμών που θα είναι επιβλαβή για τις εσωτερικές συνθήκες ενός χώρου είτε εργασίας είτε κατοικήσιμου. Βεβαίως, αν θέλουμε να χρησιμοποιηθεί το ζεσταμένο νερό χρησιμοποιούνται μικρότερες κοιλότητες αποθήκευσης και φυσικά θεωρούμε πως θα υπάρχει κίνηση στο νερό επομένως δεν θα είναι στάσιμο όπως σε μία απλή δεξαμενή αποθήκευσης.

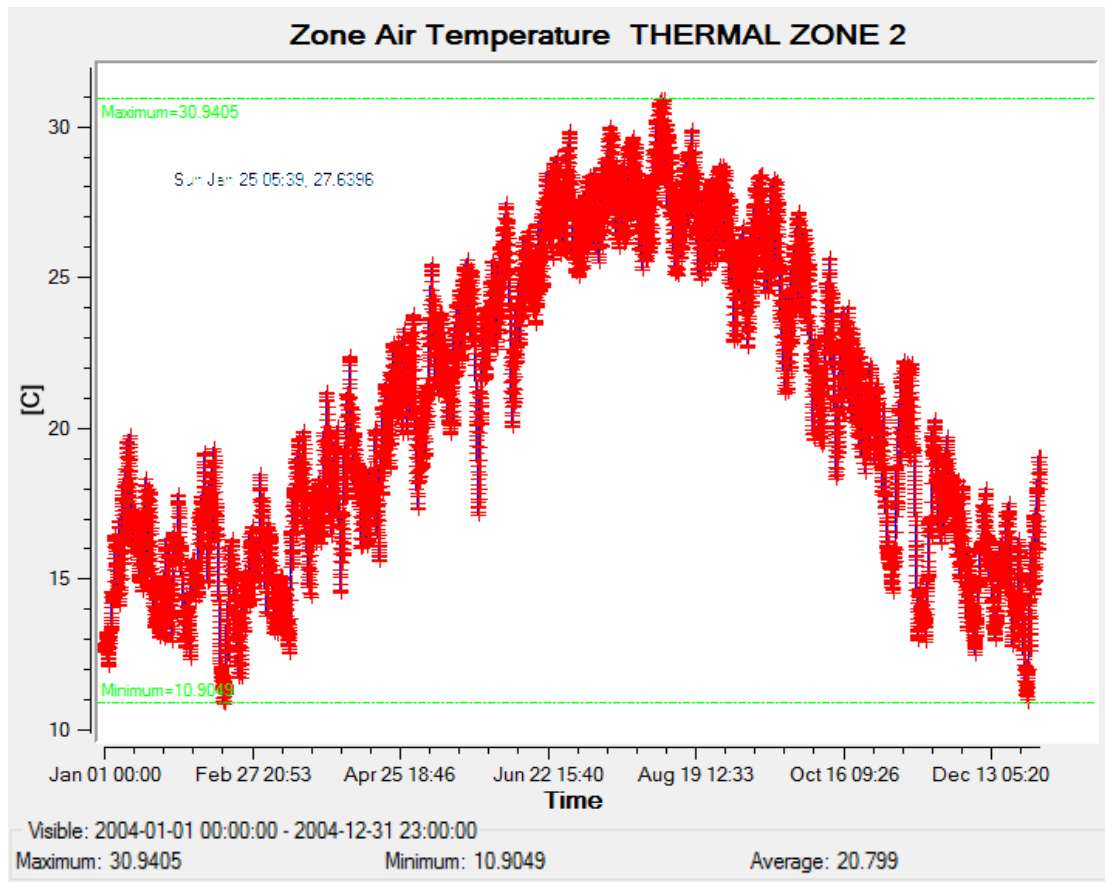
Εδώ όμως δημιουργείται ένα πρόβλημα για την καταλληλότητα του νερού. Δημιουργούνται δύο βασικά προβλήματα που το ένα είναι η υπερβολική θέρμανση με αποτέλεσμα φόβων εγκαυμάτων ενώ ο δεύτερος και πιο σοβαρός που δεν μπορεί να ελεγχθεί εύκολα είναι η ανάπτυξη του βακτηρίου *Legionella*, που ήταν υπεύθυνο για τη νόσο των λεγεωνάριων. Μία πρώτη έρευνα το 1986 υποστήριξε πως η κατάλληλη θερμοκρασία είναι 49°C για την λύση του πρώτου προβλήματος. Παρόλα αυτά, έρευνες διαρκείας έδειξαν πως σε συστήματα θέρμανσης νερού που δεν ήταν από ορυκτά καύσιμα ήταν πολύ εύκολη η ανάπτυξη του προαναφερθέντος μικροβίου για θερμοκρασίες ακόμα και πάνω από 45°C ενώ οι συνθήκες που αναπτύσσεται συνήθως είναι από 35 έως 38. Μία ασφαλής επιλογή θερμοκρασίας για μη ευδοκίμηση ανάπτυξης του μικροβίου είναι οι 55°C και μηδενικές πιθανότητες υπάρχουν όταν έχουμε θερμοκρασίες στους 60°C.

Στις συγκεκριμένες περιπτώσεις που παρουσιάζονται εδώ δεν γίνεται μελέτη ή παρουσίαση για τη χρήση του νερού στο εσωτερικό. Γίνονται οι υπολογισμοί για ένα τοίχο με νερό όπου το νερό χρησιμοποιείται καθαρά για τις θερμοχωρητικές του ικανότητες. Βεβαίως, υπάρχει το ενδεχόμενο χρήσης αυτής της μορφής τοίχου για αισθητικούς λόγους (ήδη υπάρχουν κατασκευές στην παραγωγή που συνδυάζουν το νερό για θερμοχωρητικότητα και φωτισμό και αισθητική βελτίωση του χώρου, ενώ υπάρχουν και κατοχυρωμένες ευρεσιτεχνίες που συνδυάζουν τον τοίχο μάζας με θέρμανση νερού χωρίς όμως το νερό να είναι αυτό που χρησιμοποιείται σαν κύρια θερμοχωρητική μάζα) και φυσικά υπάρχει το ενδεχόμενο με περαιτέρω έρευνα επί του θέματος η χρήση του νερού του τοίχου και για τη θερμοχωρητικότητα του αλλά και για άλλες ίσως χρήσεις εντός του κτιρίου που χρειάζονται το ζεσταμένο νερό. Αυτός είναι και ένας λόγος που παρουσιάζεται και η μορφή του τοίχου με απλή γυάλινη επιφάνεια, όπου η θερμοκρασία στο εσωτερικό του τοίχου μάζας αυξάνεται αρκετά και ίσως να φανεί χρήσιμο (πάντοτε για τις θερμοκρασιακές συνθήκες τις Αθήνας καθώς σε πιο κρύες και συννεφιασμένες περιοχές μία μη μονωμένη γυάλινη επιφάνεια είναι σίγουρα επιζήμια για την διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας του χώρου και κάνει τον τοίχο μάζας πηγή απώλειας θερμότητας και όχι κέρδους.)

6.5.1 Τοίχος μάζας με νερό και διπλή γυάλινη επιφάνεια



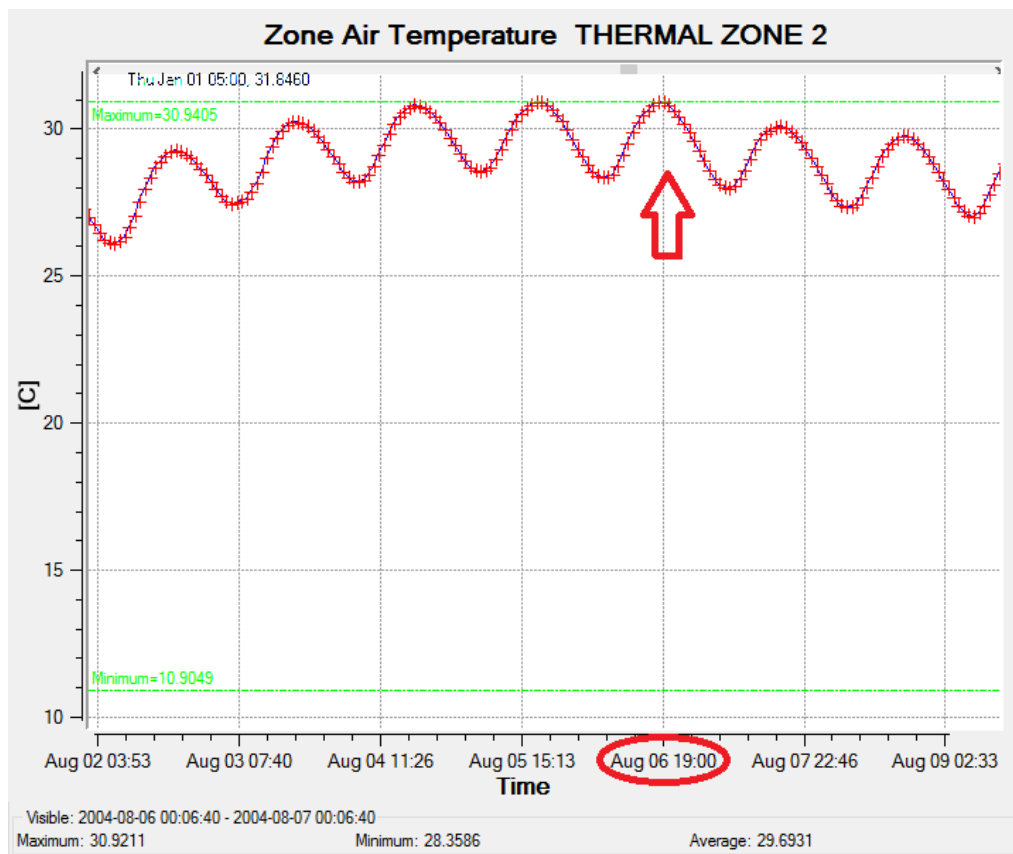
εικόνα 6:53 Χώρος τοίχου μάζας με ετήσια διακύμανση θερμοκρασίας



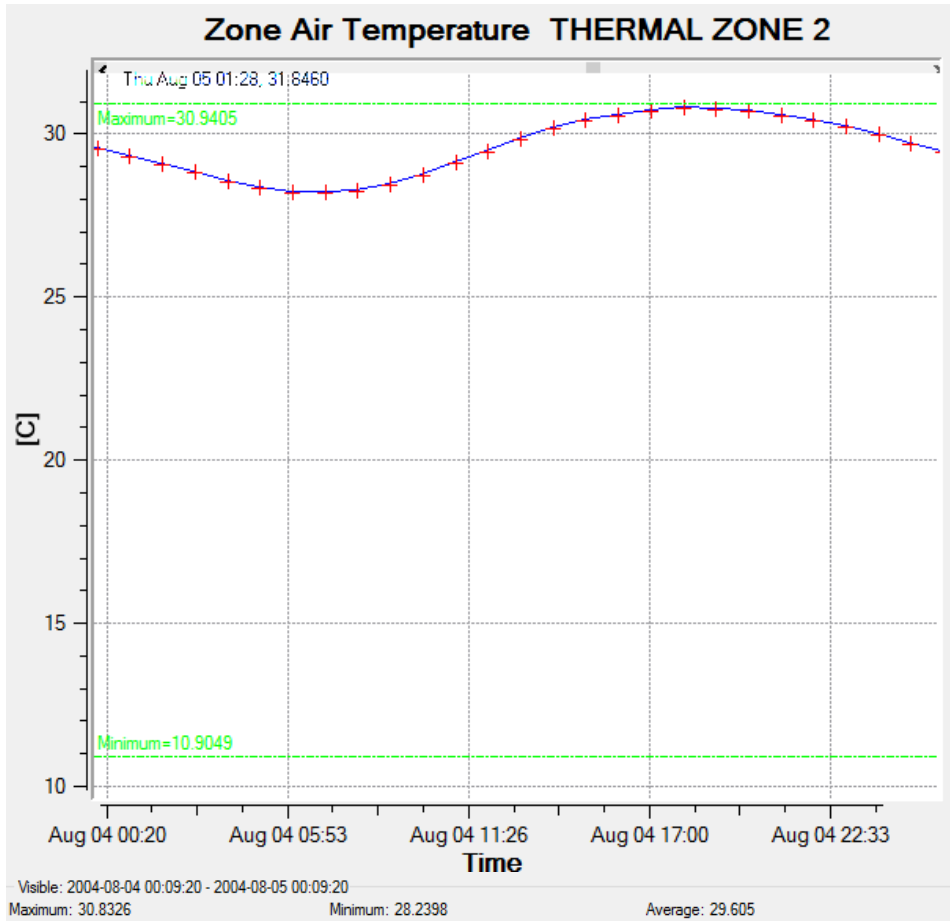
εικόνα 6:54 Θερμοκρασιακή διακύμανση για τον κυρίως χώρο

Η διακύμανση του κυρίως χώρου για τον τοίχο μάζας με νερό στη μέγιστη θερμοκρασία πλησιάζει τη μορφή του τοίχου μάζας με μόνωση(30.6 °C) αλλά για τη χαμηλότερη θερμοκρασία απέχει σχεδόν 1°C, βέβαια ο μέσος όρος των τιμών για την ετήσια διακύμανση είναι πολύ κοντά (20,975 °C για τον τοίχο με μόνωση και 20.799°C για τον τοίχο μάζας με νερό) γεγονός που επιτρέπει τη σκέψη για χρήση του τοίχου μάζας με νερό παρά τις τεχνικές ιδιαιτερότητες και κινδύνους που εγκυμονεί καθώς εάν ειδικότερα επιλεγθεί κατασκευή με ημιδιαφανή τοίχο βελτιώνει πολύ το αισθητικό αποτέλεσμα του τοίχου μάζας αλλά και τον φωτισμό.

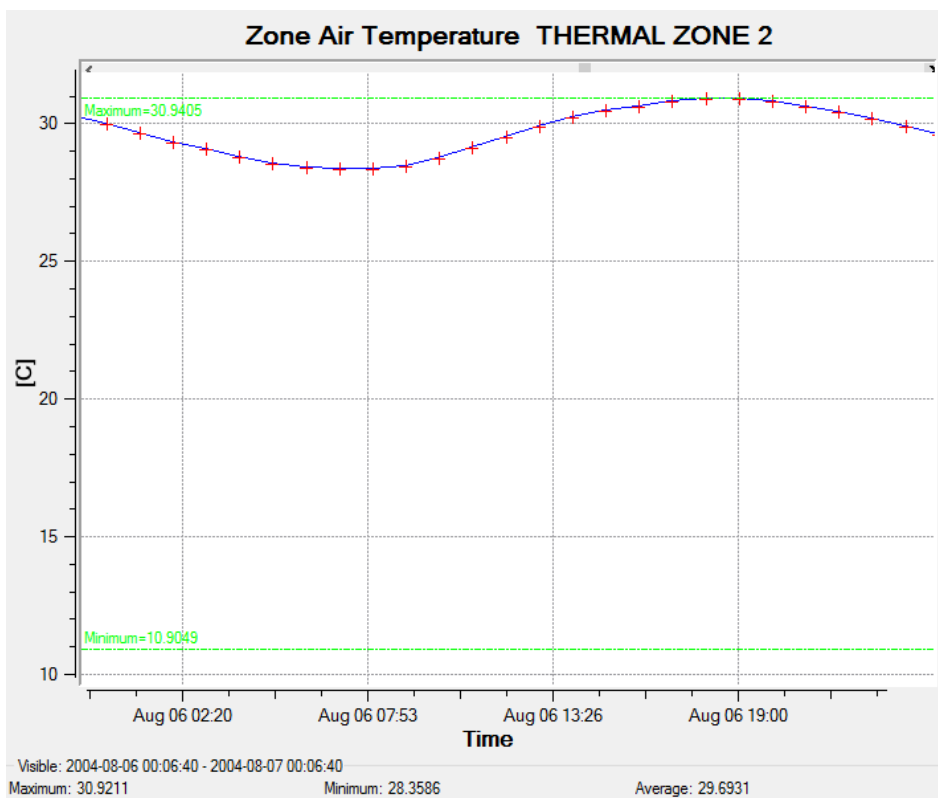
Για την πιο ζεστή ημέρα



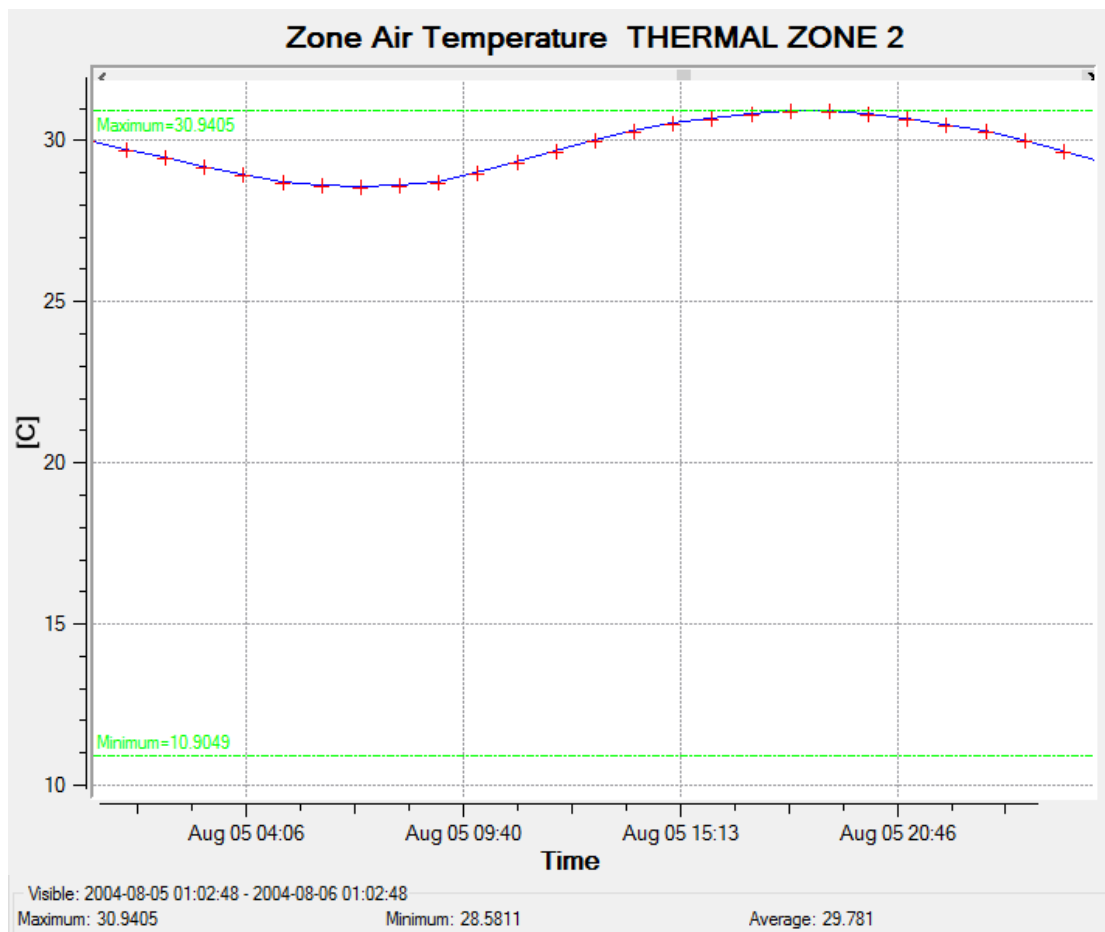
εικόνα 6:55 εβδομαδιαία θερμοκρασιακή μεταβολή για την εμφάνιση της πιο ζεστής ημέρας



εικόνα 6:56 θερμοκρασιακή μεταβολή για την προηγούμενη ημέρα



εικόνα 6:57 θερμοκρασιακή μεταβολή για την επόμενη ημέρα



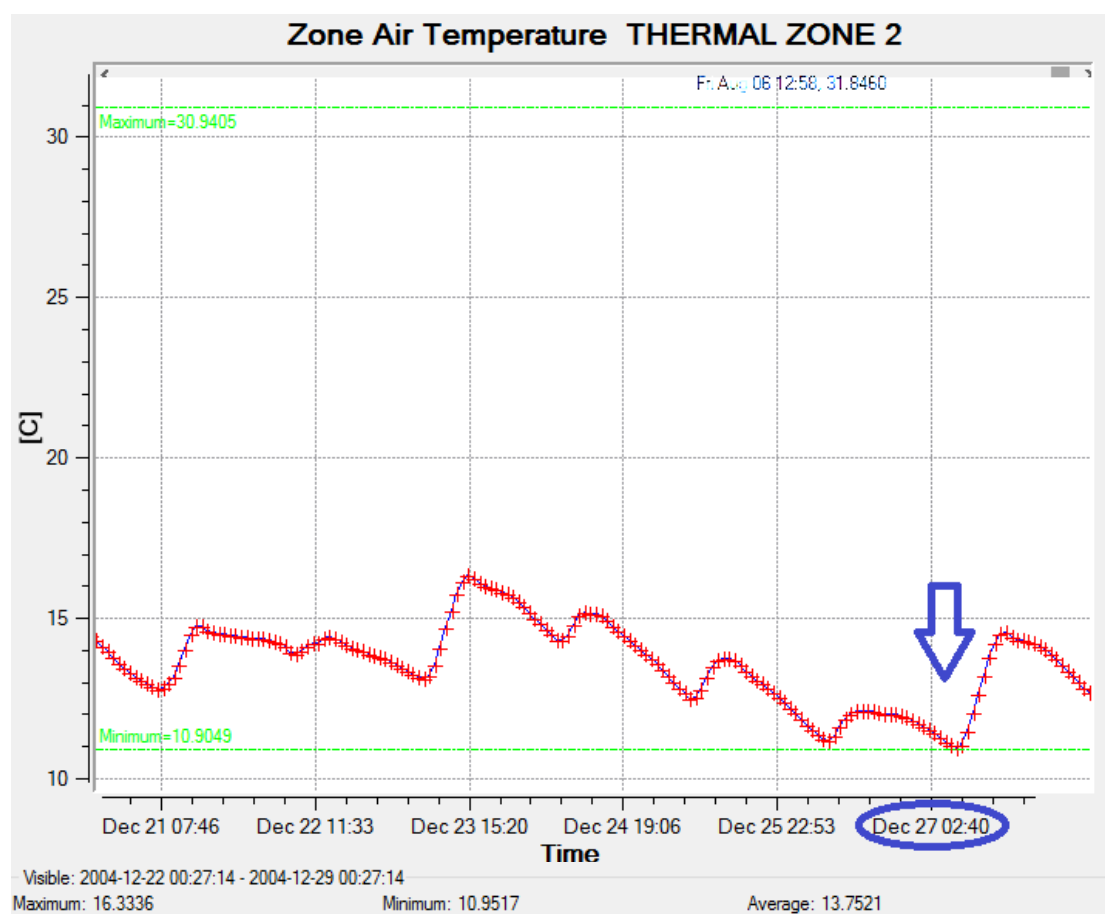
εικόνα 6:58 Θερμοκρασιακή μεταβολή για την πιο ζεστή ημέρα

Το βασικότερο εδώ είναι πως η πιο θερμή ημέρα για τον τοίχο μάζας με νερό εμφανίζεται μία ημέρα νωρίτερα από ότι στις άλλες κατασκευές δείχνοντας πως επηρεάζεται πιο άμεσα από τις μεταβολές τις θερμοκρασίας σε σχέση με τον τοίχο μάζας από σκυρόδεμα. Έχοντας παρόλα αυτά καλές συνθήκες στο εσωτερικό του κυρίως χώρου.

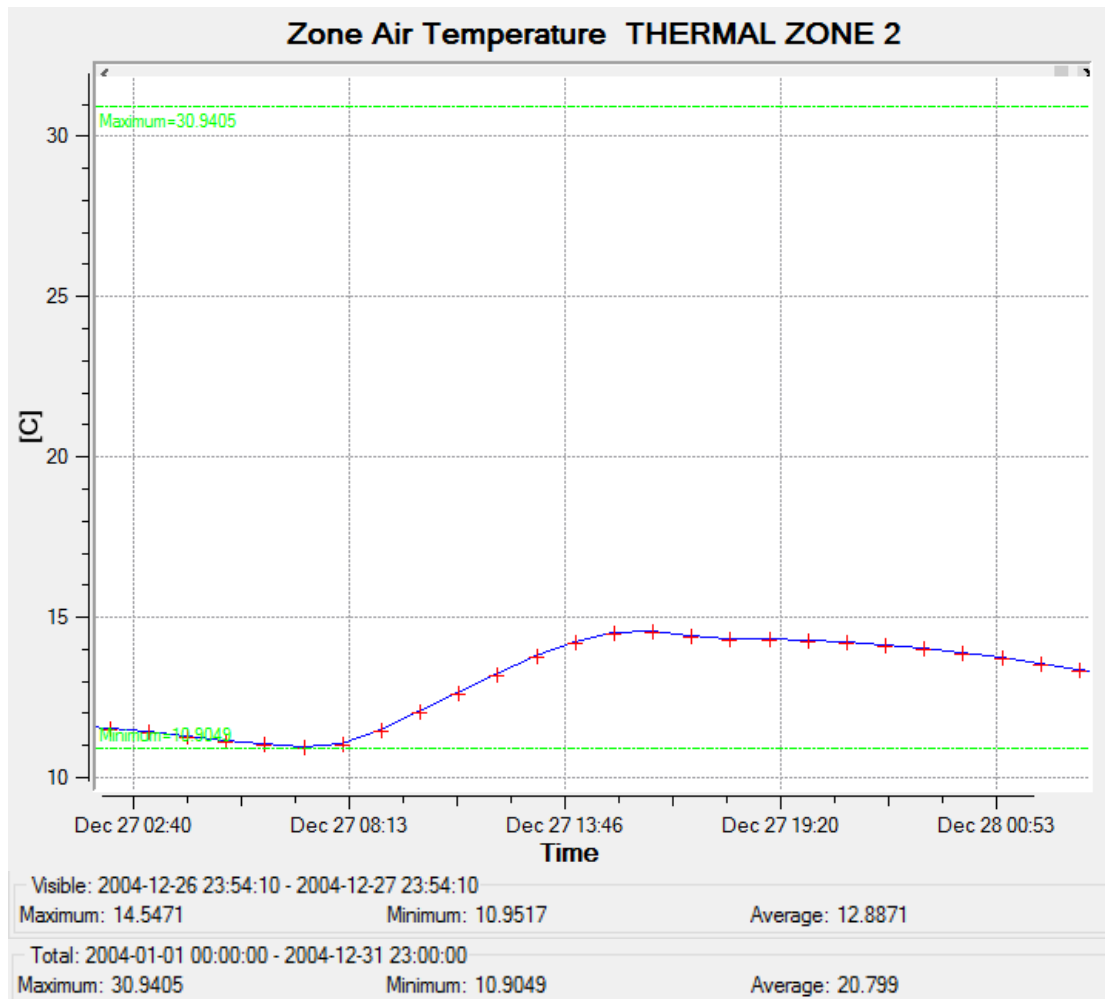
Για την πιο κρύα ημέρα

Σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητο να σημειωθεί μία μικρή αλλαγή που παρατηρείται στον τοίχο μάζας με νερό. Υπάρχει άλλη μία ημέρα όπου η θερμοκρασία φτάνει πολύ κοντά στη χαμηλότερη αλλά στις άλλες περιπτώσεις η οποία είναι η 16^η Φεβρουαρίου όπου παρατηρείται μία ξαφνική πτώση της θερμοκρασίας, χωρίς όμως να γίνεται εκείνη η ημέρα με την εμφάνιση της χαμηλότερης θερμοκρασίας. Αντιθέτως στον τοίχο μάζας με νερό εκείνη είναι η ημερομηνία με την εμφάνιση της χαμηλότερης θερμοκρασίας αλλά μόνο στο εσωτερικό του κυρίως χώρου. Για τον εξωτερικό χώρο αλλά και για τον τοίχο μάζας οι χαμηλότερες θερμοκρασίες εμφανίζονται μέσα στις ημέρες 22-27 όπως και στις άλλες περιπτώσεις.

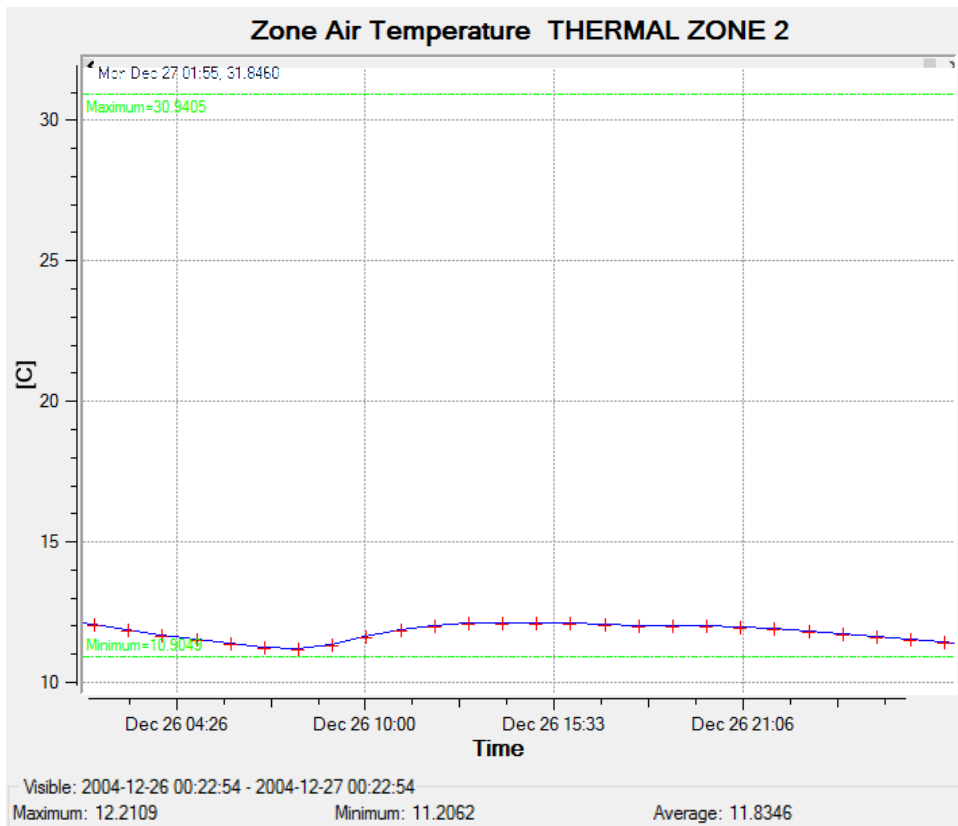
Για την 16^η Φεβρουαρίου η εξωτερική θερμοκρασία και του τοίχου μάζας είναι αρκετά χαμηλά αλλά στις προηγούμενες περιπτώσεις η ξαφνική πτώση θερμοκρασίας μέσα σε εκείνες τις μέρες έφτανε τη θερμοκρασία στο βασικό χώρο κοντά στη χαμηλότερη που εμφανιζόταν μέσα στο Δεκέμβρη 22-27 (χωρίς όμως να την ρίχνει πιο κάτω), όπου εξάλλου η συνολική θερμοκρασία του μήνα σε μέσο όρο ήταν χαμηλότερη από του Φεβρουαρίου. Στον τοίχο μάζας με νερό όμως, εκείνη η ημέρα για πολλή μικρή διαφορά χρήζεται η ημέρα με τη χαμηλότερη θερμοκρασία στο βασικό χώρο, δείχνοντας πως μία απότομη καθοδική αλλαγή θερμοκρασίας επηρεάζει περισσότερο τον τοίχο μάζας με νερό παρά τον τοίχο από σκυρόδεμα. Εδώ βέβαια παρατίθεται το διάστημα 22-27/12 καθώς εκεί είναι το συνολικά πιο ψυχρό διάστημα αλλά και το διάστημα του Φεβρουαρίου.



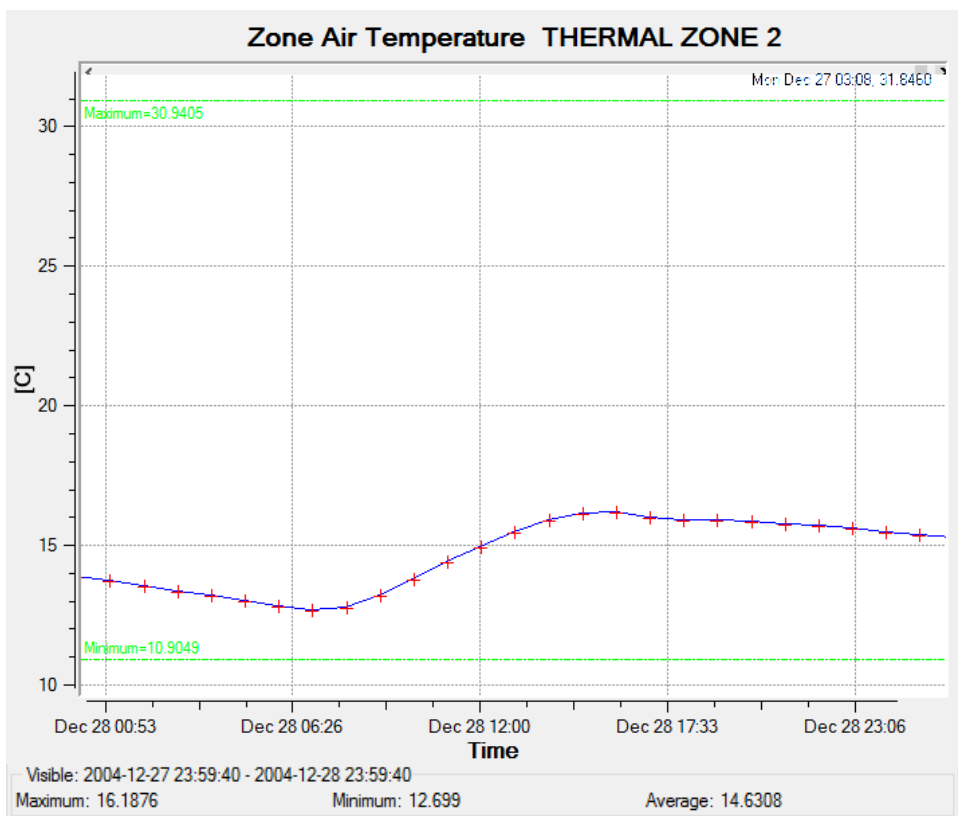
εικόνα 6:59 Εβδομαδιαία θερμοκρασιακή μεταβολή για την εμφάνιση της πιο κρύας ημέρας



εικόνα 6:60 Θερμοκρασιακή μεταβολή για την πιο κρύα ημέρα (στο εσωτερικό του βασικού χώρου)

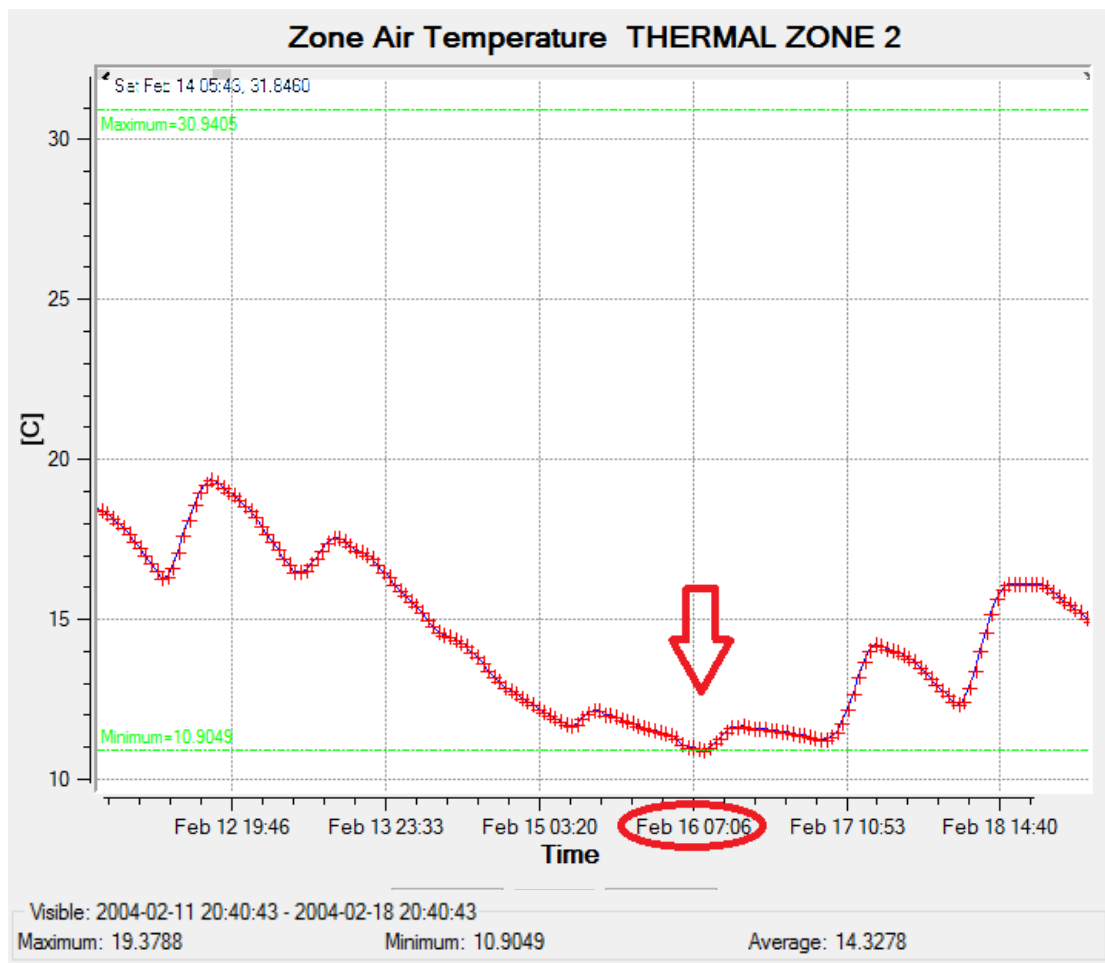


εικόνα 6:61 θερμοκρασιακή μεταβολή για την προηγούμενη (χαμηλότερη εξωτερική θερμοκρασία)

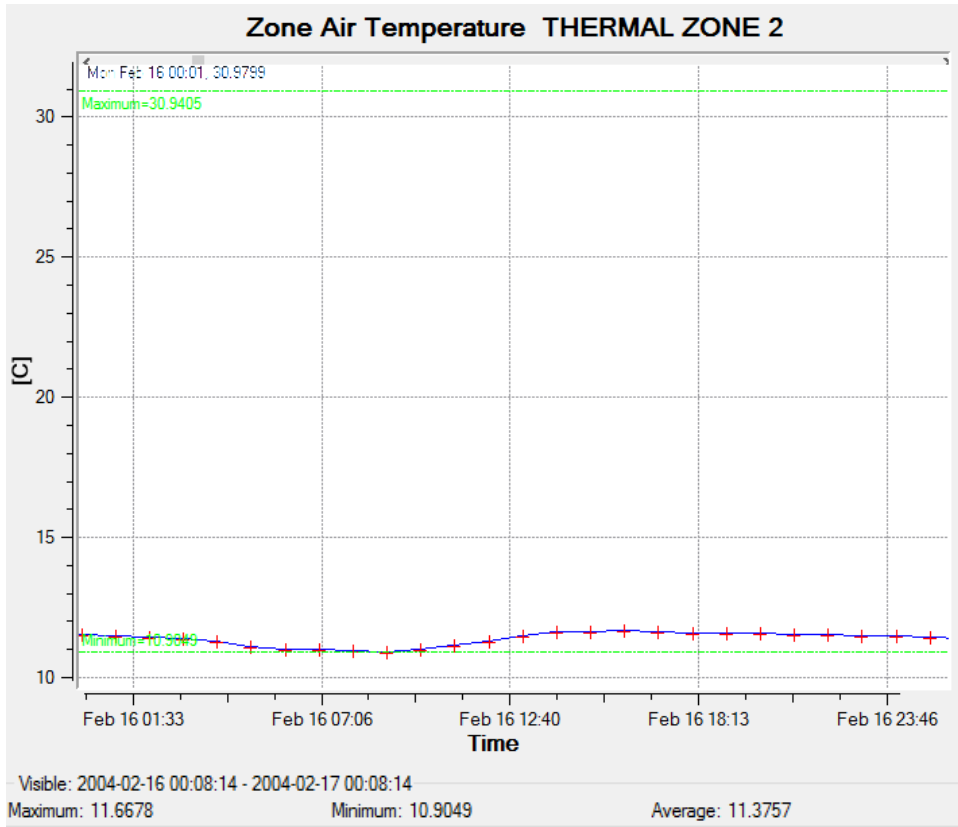


εικόνα 6:62 Θερμοκρασιακή μεταβολή για την επόμενη ημέρα

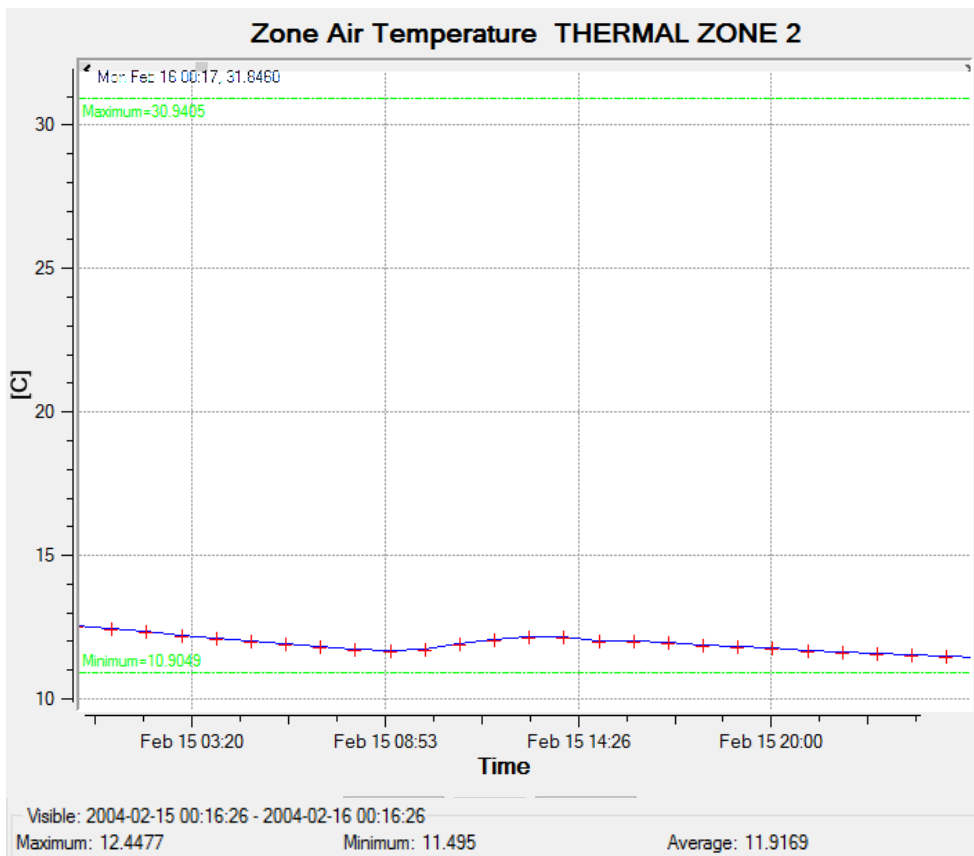
Για τις ημέρες του Φεβρουαρίου



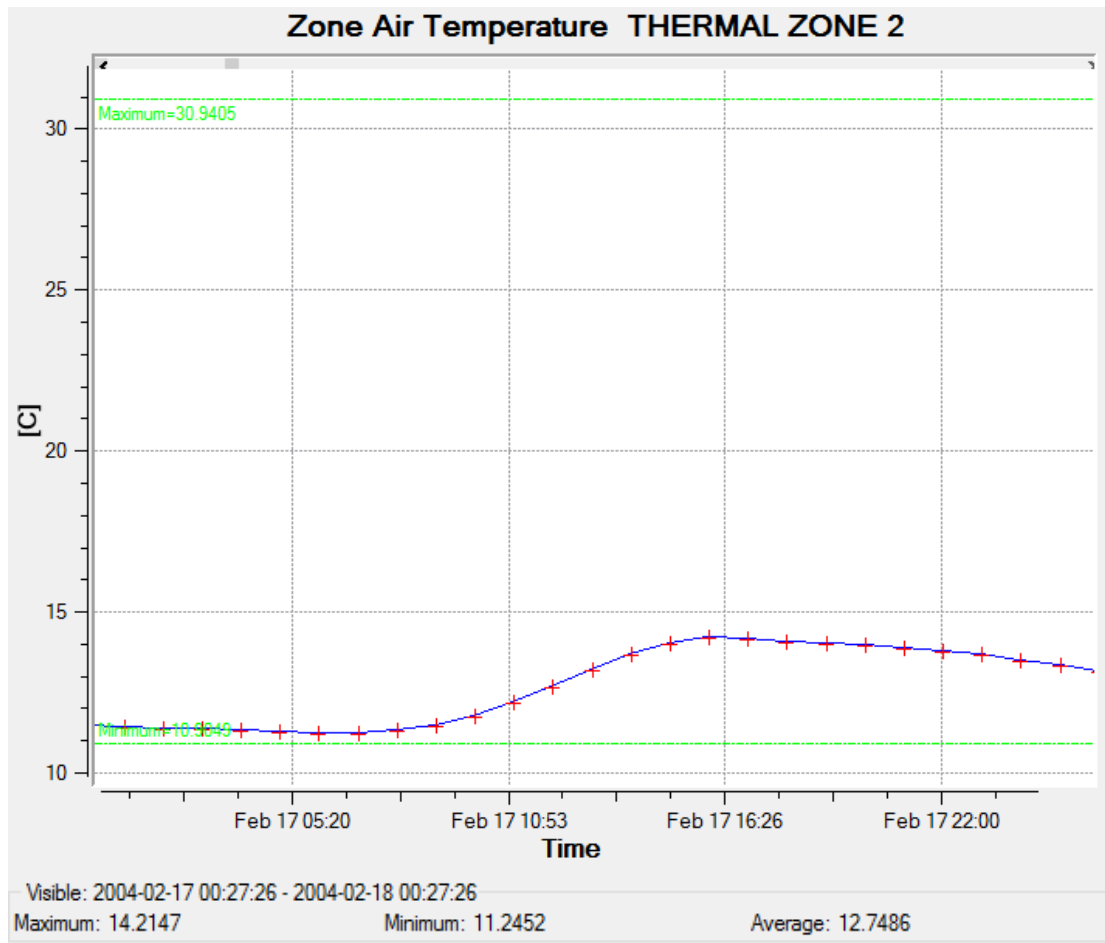
εικόνα 6:63 εβδομαδιαία μεταβολή για την μικρότερη θερμοκρασία στο βασικό χώρο



εικόνα 6:64 εμφάνιση χαμηλότερης θερμοκρασία

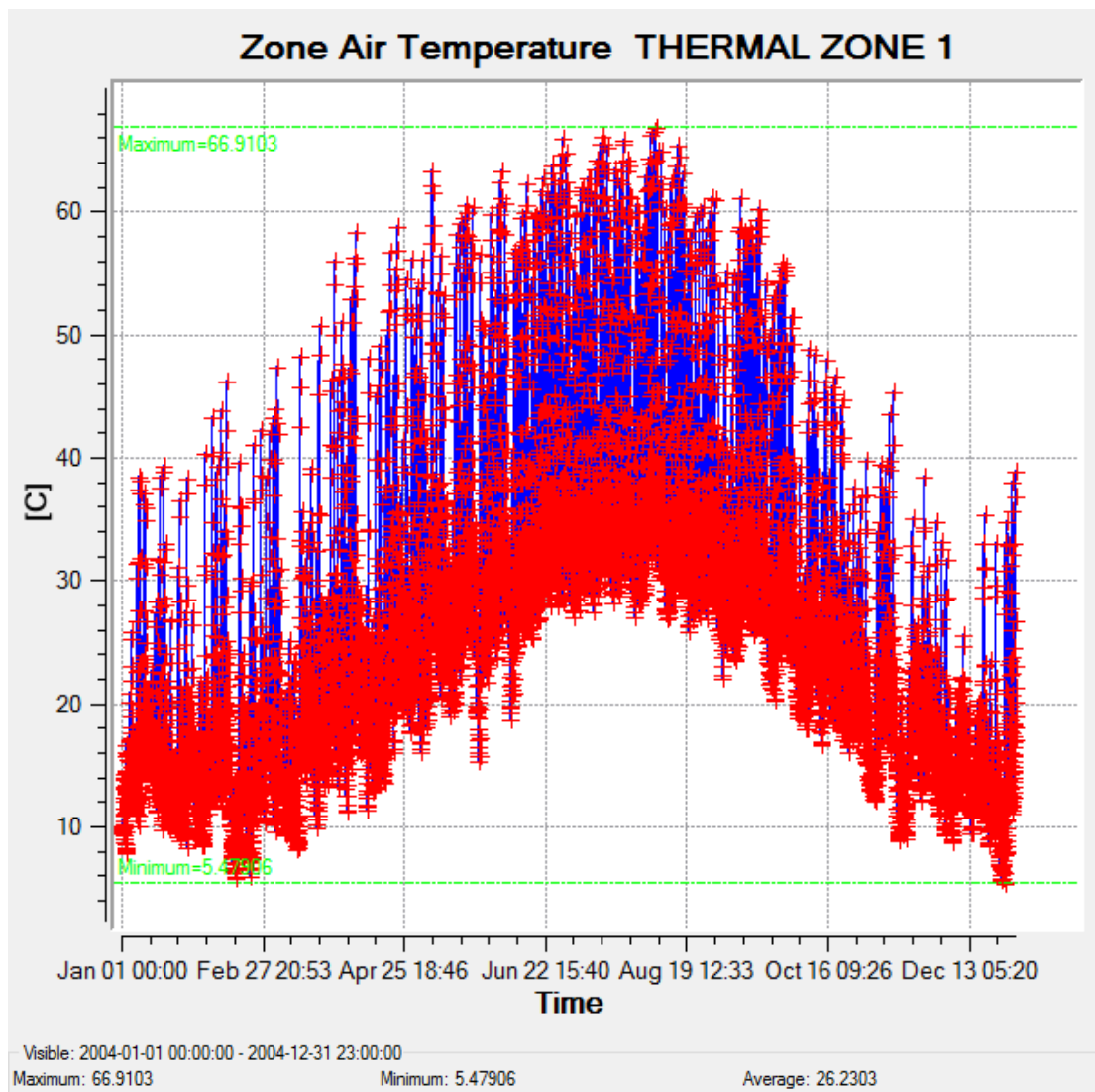


εικόνα 6:65 προηγούμενη ημέρα εμφάνισης χαμηλότερης θερμοκρασίας βασικού χώρου



εικόνα 6:66 επόμενη ημέρα από την εμφάνιση της χαμηλότερης θερμοκρασίας στο βασικό χώρο

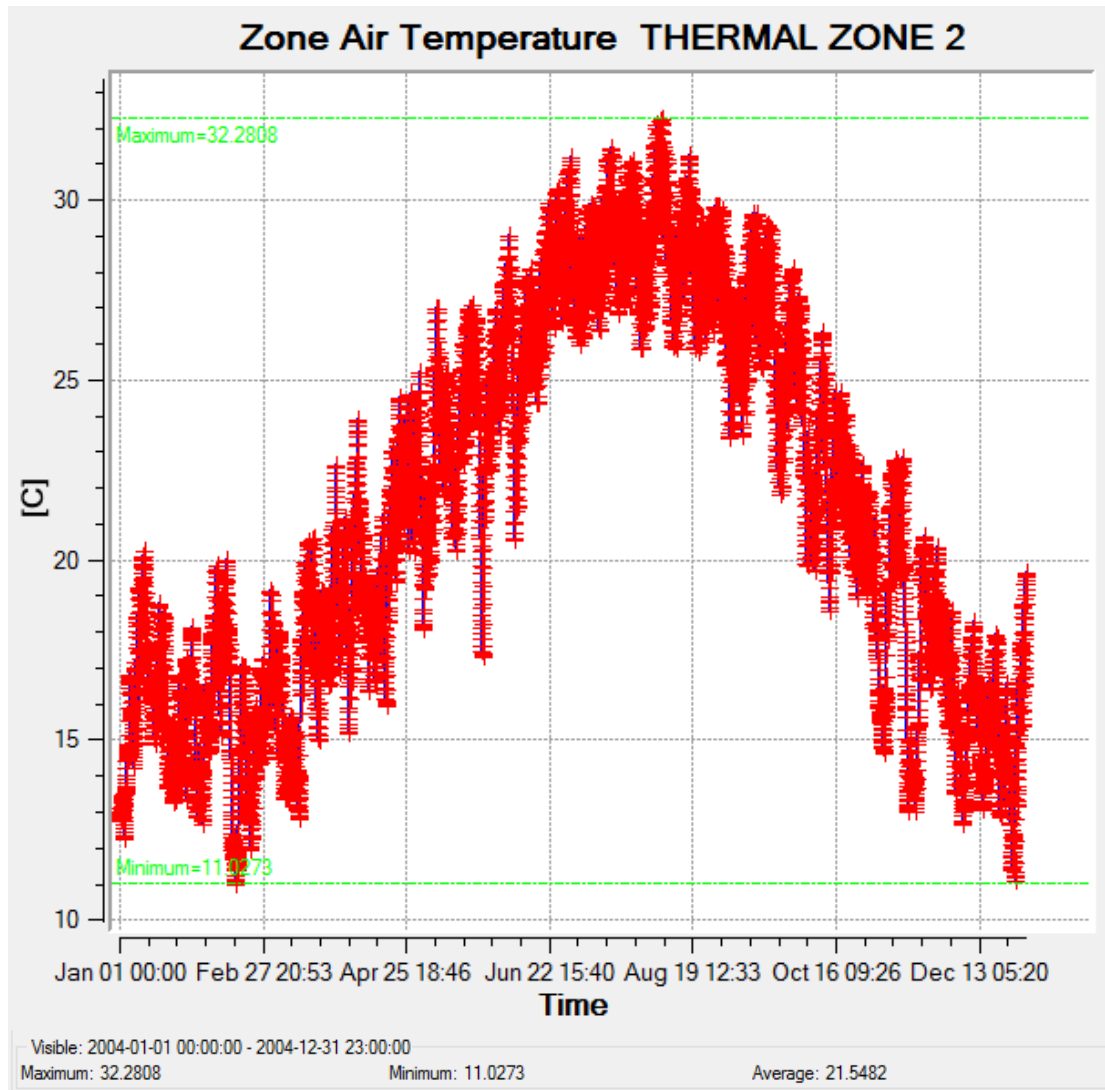
6.5.2 Τοίχος μάζας με νερό με απλή γυάλινη επιφάνεια



εικόνα 6:67 Ετήσια θερμοκρασιακή μεταβολή για την περιοχή του τοίχου μάζας

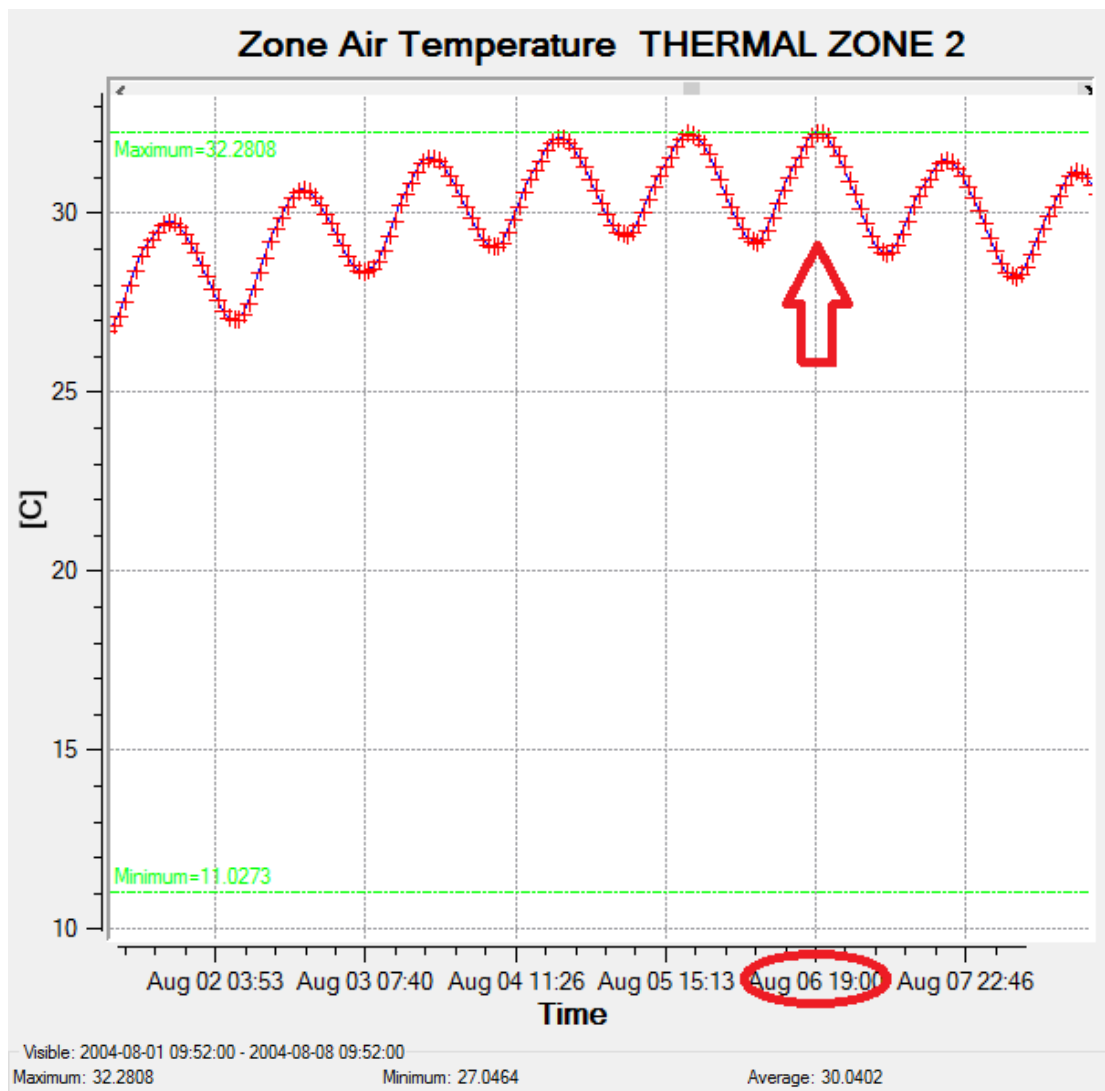
Η απλή γυάλινη επιφάνεια για τον τοίχο μάζας εν γένει, δεν είναι επιθυμητή, επειδή στην Αθήνα όμως δεν υπάρχουν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες ή πάρα πολύ υψηλές όπως σε άλλες πόλεις, θεωρήθηκε σωστό να μελετηθεί η λειτουργία του τοίχου με απλή γυάλινη επιφάνεια ώστε σε περαιτέρω μελέτες που θα ασχοληθούν με μορφές του τοίχου μάζας που βελτιστοποιούνται μέσω της ανάπτυξης υψηλής θερμοκρασίας στον εσωτερικό αέρα της κατασκευής του τοίχου μάζας όπως η ύπαρξη φωτοβολταϊκών, να υπάρχουν στοιχεία για τη συμπεριφορά της κατασκευής.

Επιπροσθέτως, ίσως η συγκέντρωση μεγάλων ποσών θερμότητας οδηγήσει σε νέες μορφές του τοίχου μάζας που μπορούν να τις αξιοποιήσουν.



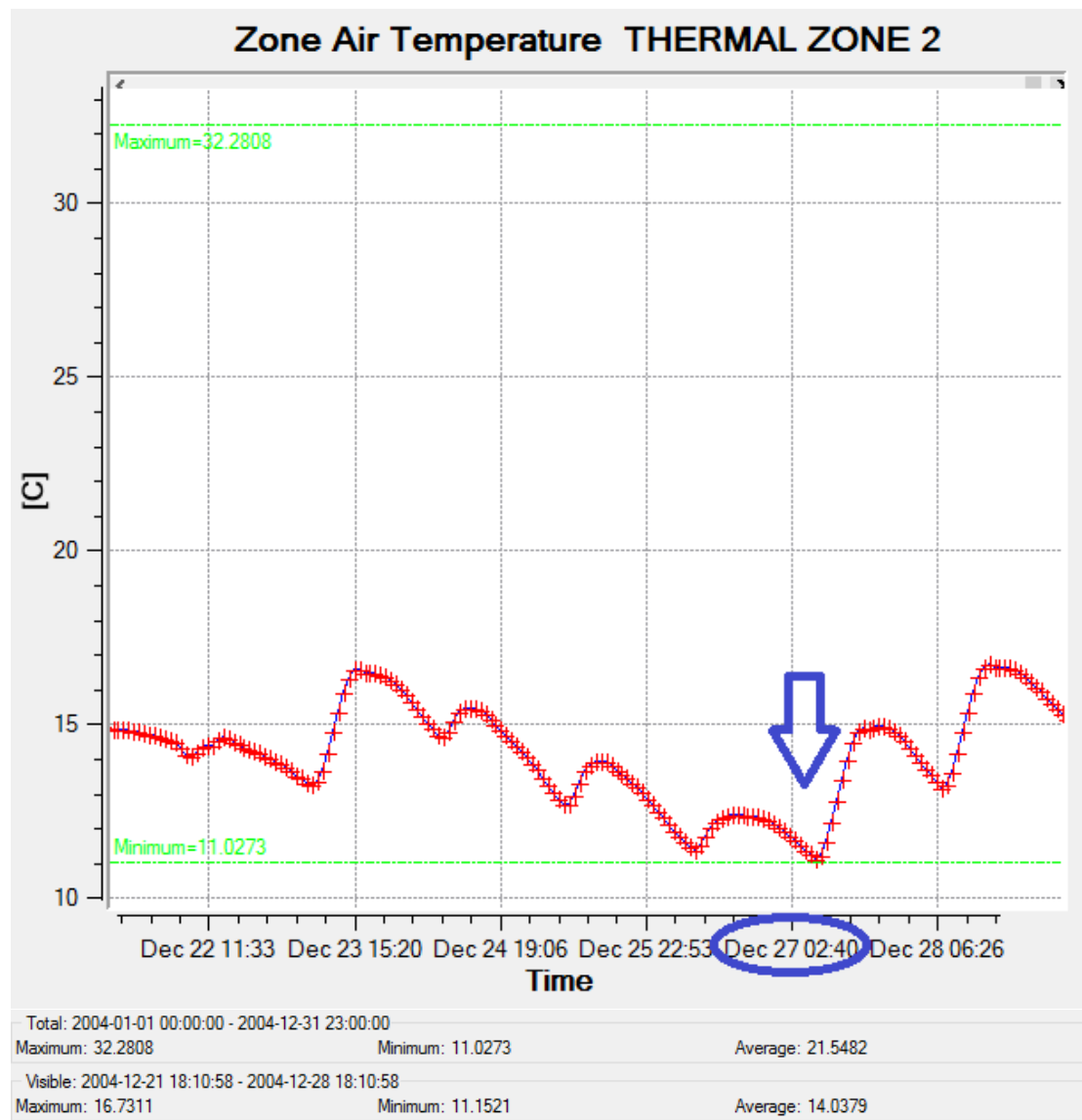
εικόνα 6:68 Ετήσια θερμοκρασιακή μεταβολή για τον κυρίως χώρο

Για την πιο ζεστή ημέρα

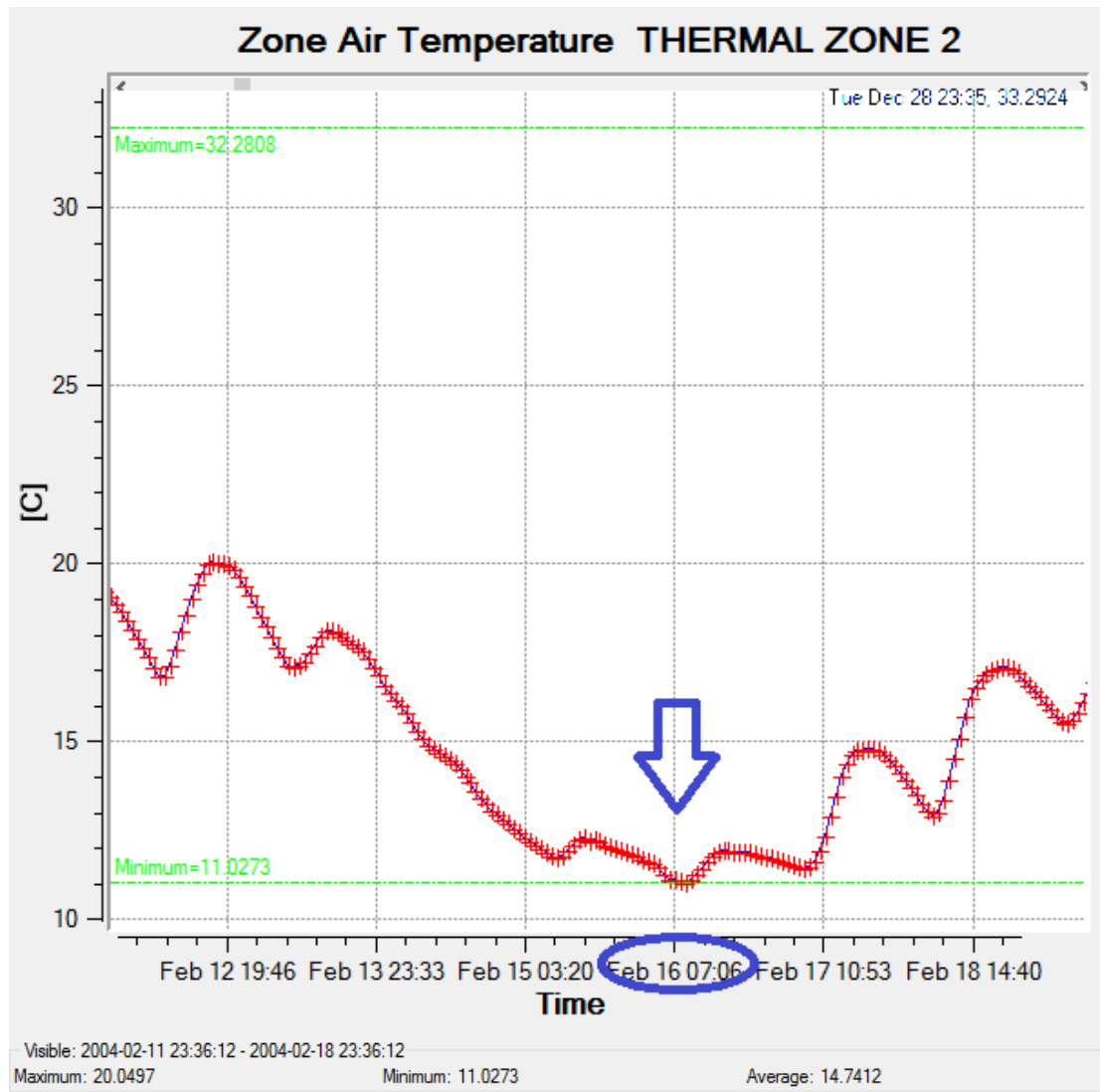


εικόνα 6:69 εβδομαδιαία μεταβολή για την εμφάνιση της πιο θερμής ημέρας

Για την πιο κρύα (έξω και στον τοίχο μάζας)



εικόνα 6:70 εβδομαδιαία θερμοκρασιακή μεταβολή για τις ημέρες με τη γενική χαμηλή θερμοκρασία



εικόνα 6:71 εβδομαδιαία θερμοκρασιακή μεταβολή για την εμφάνιση της χαμηλότερης θερμοκρασίας στο βασικό χώρο

Ο τρόπος μεταβολής σε ημερήσια βάσει είναι παρόμοιος με αυτόν που παρουσιάζεται στην προηγούμενη μορφή του τοίχου μάζας αλλά με μικρές διαφοροποιήσεις στις τιμές, κάτι αναμενόμενο λόγω της απλής γυάλινης επιφάνειας που κάνει τον τοίχο πιο ευαίσθητο στις θερμοκρασιακές μεταβολές.

7 Σύγκριση αποτελεσμάτων

7.1 Θερμοκρασιακή άνεση

Σύμφωνα με το West Midlands Παρατηρητήριο Δημόσιας Υγείας (Ηνωμένο Βασίλειο), ένα επαρκές επίπεδο ζεστασιάς για τους ηλικιωμένους (ηλικίας 58 και άνω), είναι 23°C (73 F) στο σαλόνι, και 24°C (75 F) σε άλλα κατοικημένα δωμάτια, 27°C (81 F) αναφέρεται ως η μέγιστη άνετη θερμοκρασία δωματίου.

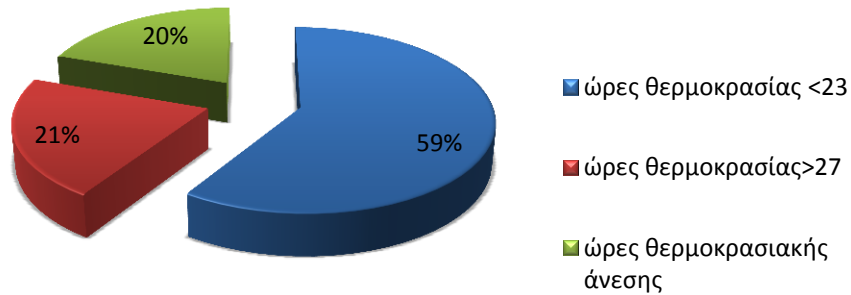
Λόγω των διακυμάνσεων της υγρασίας και πιθανόν ρούχα, προτάσεις για το καλοκαίρι και το χειμώνα μπορεί να διαφέρουν. Μία για το καλοκαίρι είναι 23 °C (73 F) έως 26°C (79 F), ενώ για το χειμώνα είναι 24°C (75 F) έως 27°C (81 F). Βέβαια, υπάρχουν εκτιμήσεις που ορίζουν σαν μέγιστη θερμοκρασία τους 24°C (75 F) και για την αποφυγή του συνδρόμου άρρωστου κτιρίου, τους 22°C (72 F). (35)

Για τα όρια που τίθενται για τη μελέτη του τοίχου μάζας, επιλέχθηκε η διακύμανση να είναι μεταξύ 23°C και 27°C, που συνδυάζει τις παραπάνω περιπτώσεις. Επίσης, λαμβάνει υπόψη τα όρια για μεγαλύτερους σε ηλικία ανθρώπους που είναι πιο ευαίσθητοι σε θερμοκρασιακές μεταβολές, αποτελώντας μία πιο απαιτητική ομάδα για να ικανοποιηθεί. Βέβαια, το κατώτατο όριο θα μπορούσε να ληφθεί στους 22°C ακόμα και στους 21°C που είναι λίγο χαμηλότερο από αυτό της μελέτης του West Midlands, αλλά εξίσου αποδεκτό. Εξάλλου αυτό ορίζεται από τους εκάστοτε χρήστες, όμως λαμβάνονται οι 23°C που είναι το πιο δυσμενές. Προφανώς με χαμηλότερο θερμοκρασιακό όριο οι ώρες της θερμοκρασιακής άνεσης θα αυξανόντουσαν (έγιναν και δοκιμές), όμως στόχος εδώ είναι να δούμε τα συστήματα συγκριτικά ώστε να υπάρξει το αποτέλεσμα για το πιο αποδοτικό στις συνθήκες της Αθήνας.



εικόνα 7:1 κατανομή ωρών με βάση τα όρια της θερμοκρασιακής άνεσης στο χώρο χωρίς τον τοίχο μάζας

Κατανομή ωρών για θερμική άνεση με 25 cm και απορροφητική επιφάνεια

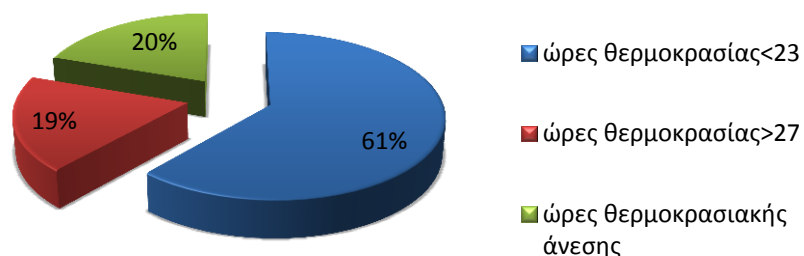


εικόνα 7:2 κατανομή ωρών με βάση τα όρια της θερμικής άνεσης με την 1^η περίπτωση (6.2.1)

Το συμπέρασμα από αυτό το διάγραμμα, δείχνει πως παρόλο που στην πιο κρύα και ζεστή ημέρα ο τοίχος μάζας βοηθάει στη σταθεροποίηση και στη βελτίωση της εσωτερικής θερμοκρασίας του χώρου, στο σύνολο των ωρών για τα δεδομένα μελέτης αυτή η κατασκευή δεν είναι επαρκής. Εξάλλου έχει αναφερθεί και πιο πάνω πως σε έρευνες που έχουν γίνει, κυρίως σε χώρες με πιο θερμό κλίμα (6.2 στη σελίδα 99), το πιο αποδοτικό πάχος για τον τοίχο μάζας είναι 30-40 cm, όμως επειδή η Αθήνα έχει πιο ήπιο κλίμα σε σχέση με τις μεγάλες τιμές της θερμοκρασίας που υπάρχουν στην Ινδία δοκιμάστηκε και ένας πιο λεπτός τοίχος για να δοθεί και μία λύση στο στατικό πρόβλημα που προκύπτει προσθέτοντας επιπλέον βάρη στην κατασκευή. Φαίνεται όμως, πως για την πρώτη περίπτωση ο χώρος χωρίς τον τοίχο μάζας έχει 1% περισσότερο στο πόσο για τη θερμοκρασιακή άνεση, επομένως εκ πρώτης όψεως δεν συμφέρει αυτή η κατασκευή του τοίχου μάζας. Το θετικό είναι όμως ότι βελτιώνεται το ποσοστό για θερμοκρασία πάνω από 27°C, αλλά και τα ποσοστά για

κάτω από 23°C ενώ η θερμοκρασιακή ή άνεση παραμένει στα ίδια. Επομένως, χρειάζεται προσθήκη, ίσως μόνωσης, ώστε να διατηρηθεί η θερμοκρασία πιο ψηλά.

Θερμοκρασιακή άνεση με τοίχο μάζας χωρίς απορροφητική επιφάνεια



εικόνα 7:3 κατανομή ωρών βάσει τα όρια της θερμικής άνεσης στην 1^η περίπτωση (6.2.2)

Τα επόμενα συμπεράσματα για τον τοίχο μάζας χωρίς την απορροφητική επιφάνεια, είναι αναμενόμενα, καθώς ο λόγος προσθήκης της απορροφητικής επιφάνειας ήταν η αύξηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό της κατασκευής του τοίχου μάζας και συνεπώς και στον κυρίως χώρο που εξετάζεται. Παρατηρείται πως η ύπαρξη απορροφητικής επιφάνειας, προσθέτει 2% στη θερμοκρασία κάτω από τους 23°C, δηλαδή βελτιώνει τη συμπεριφορά στους πιο κρύους μήνες, ενώ η επακόλουθη αύξηση της θερμοκρασίας για τους ζεστούς μήνες μπορεί να περιοριστεί με την απλή προσθήκη κινητού σκιάστρου.

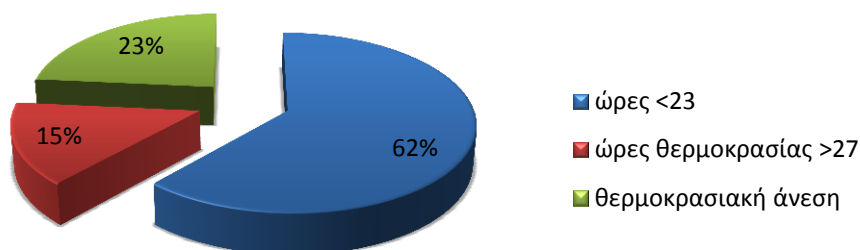
Εδώ, υπενθυμίζεται ότι στόχος είναι η εξέταση του απλού τοίχου μάζας χωρίς ανοίγματα προς το εσωτερικό ή εξωτερικό που είναι και η πιο απλή κατασκευή και με το μικρότερο κόστος σε σχέση με πιο περίπλοκες κατασκευές του τοίχου μάζας ώστε να υπάρχει μία λύση προσιτή στους περισσότερους. Φυσικά, υπάρχουν πολλές προσθήκες που μπορούν να γίνουν για τη βελτίωση του από τη απλή προσθήκη μετακινούμενης καλυπτικής επιφάνειας μέχρι της προσθήκη μηχανισμών αερισμού που βελτιστοποιούν την κίνηση του αέρα από τα ανοίγματα του τοίχου μάζας και υλικών νέων τεχνολογιών που κάνουν όμως την κατασκευή δυσπρόσιτη.



εικόνα 7:4 κατανομή ωρών με βάση τα όρια της θερμικής άνεσης με την 1^η περίπτωση(6.2.3)

Η αύξηση του πάχους του τοίχου, με την ύπαρξη της απορροφητικής επιφάνειας, δείχνει βελτίωση στο ποσοστό των ωρών πάνω από 27°C γεγονός επίσης αναμενόμενο καθώς η αύξηση του πάχους του τοίχου προσθέτει μία μεγαλύτερη αντίσταση για τη μετάδοση της θερμότητας και μεγαλύτερη χρονοκαυστέρηση. Ένα ακόμα γεγονός που οδηγεί στην προσθήκη μόνωσης που θα αποφέρει ακόμα μεγαλύτερη καθυστέρηση στη μετάδοση της θερμότητας προσφέροντας σταδιακή μετάδοση της αποθηκευμένης θερμότητας από τις πρωινές ώρες κατά τις βραδινές (βελτιστοποιώντας δηλαδή τη βασική αρχή λειτουργίας του τοίχου μάζας).

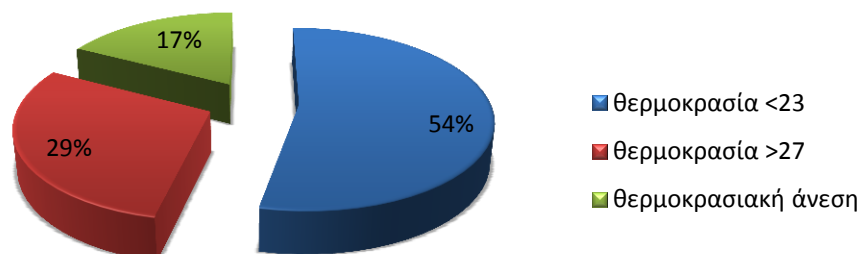
Κατανομή ωρών για θερμοκρασιακή άνεση για την περίπτωση του τοίχου μάζας με μόνωση



εικόνα 7:5 κατανομή ωρών με βάση τα όρια της θερμικής άνεσης με την παρουσία μόνωσης (6.3)

Από τα διαγράμματα, γίνεται αισθητό πως η πιο εποικοδομητική κατασκευαστική μορφή για τον τοίχο μάζας στην Αθήνα είναι αυτή με τη μόνωση καθώς οι ώρες θερμικής άνεσης ανέρχονται στο 23%. Επίσης φαίνεται πως μειώνονται κατά πολύ και οι ώρες με θερμοκρασία >27°C που πέφτουν στο 15% γεγονός που βοηθά στον περιορισμό της χρήσης μέσων ψύξης. Βέβαια, αυξάνονται στο 62% οι ώρες για τη θερμοκρασία <23°C, όμως με δοκιμές που έγιναν, φάνηκε πως υπάρχουν αρκετές ώρες με θερμοκρασίες αρκετά κοντά στους 20-23°C, για παράδειγμα, μεταβάλλοντας το κάτω όριο από 23 σε 22°C αυξάνεται κατά 5% το ποσοστό της θερμικής άνεσης στον κυρίως χώρο, δείχνοντας πως υπάρχουν αρκετές ώρες κοντά στα όρια για θερμοκρασιακή άνεση που έχουν τεθεί και πως όντως βελτιώνεται η θερμοκρασία στο εσωτερικό του κυρίως χώρου. Επομένως, η μόνωση, όντως είχε τα επιθυμητά αποτελέσματα, και δίνοντας μία αρκετά καλύτερη λειτουργία και στον τοίχο με πάχος 25cm που αρχικά είχε απορριφθεί.

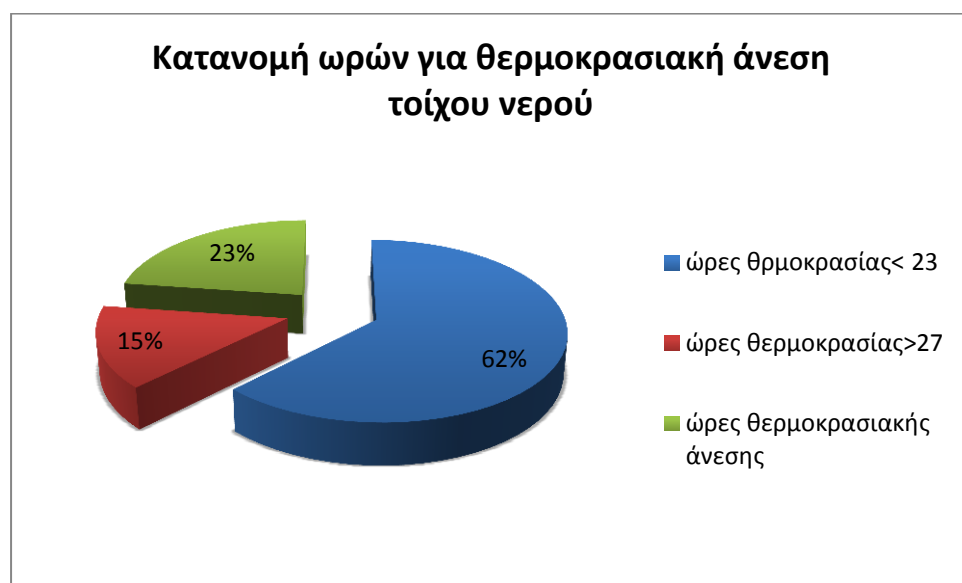
Κατανομή ωρών για θερμοκρασιακή άνεση με την απλή γυάλινη επιφάνεια



εικόνα 7:6 κατανομή ωρών με βάση τα όρια της θερμικής άνεσης με την απλή γυάλινη επιφάνεια(6.4)

Προφανώς, η απλή γυάλινη επιφάνεια δεν συστήνεται ούτε στην Ελλάδα όπου το κλίμα είναι πιο ήπιο καθώς αυξάνονται αρκετά οι ώρες μεγάλης θερμοκρασίας αποτελώντας το 1/3 των συνολικών ωρών και οι θερμοκρασιακή άνεση λαμβάνει την ελάχιστη τιμή της. Ο μόνος λόγος επανεξέτασης της απλής γυάλινης επιφάνειας είναι για παράδειγμα η ύπαρξη φωτοβολταϊκών ενσωματωμένα στον τοίχο όπου η αύξηση της θερμοκρασίας στον τοίχο μάζας βοηθά στην μεγιστοποίηση της απόδοσής τους. Αλλά αυτό χρειάζεται περαιτέρω μελέτη για να αποδειχθεί αν είναι συμφέρον για το κλίμα της Αθήνας.

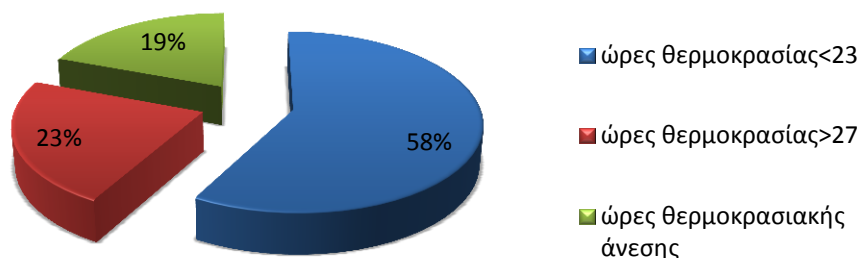
Για τοίχο μάζας αποτελούμενο από νερό με προέκταση χρήσης του ζεστού νερού για χρήσεις εντός σπιτιού (χωρίς να αναφέρεται εδώ η λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού παρά μόνο η δυνατότητα προσθήκης του).



Εικόνα 7:7 κατανομή ωρών με βάση τα όρια της θερμικής άνεσης με τοίχο νερού

Ο τοίχος μάζας με νερό έχει ακριβώς τα ίδια αποτελέσματα με τον τοίχο μάζας με 25cm κι ύπαρξη μόνωσης και απορροφητικής επιφάνειας. Από αυτά τις συνολικές ώρες για θερμοκρασιακή άνεση φαίνεται πως είναι μία ικανοποιητική κατασκευή που μπορεί να προσδώσει και καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα με κάποιες προσθήκες στη κατασκευή.

Κατανομή ωρών για θερμοκρασιακή άνεση τοίχου νερού με απλό τζάμι



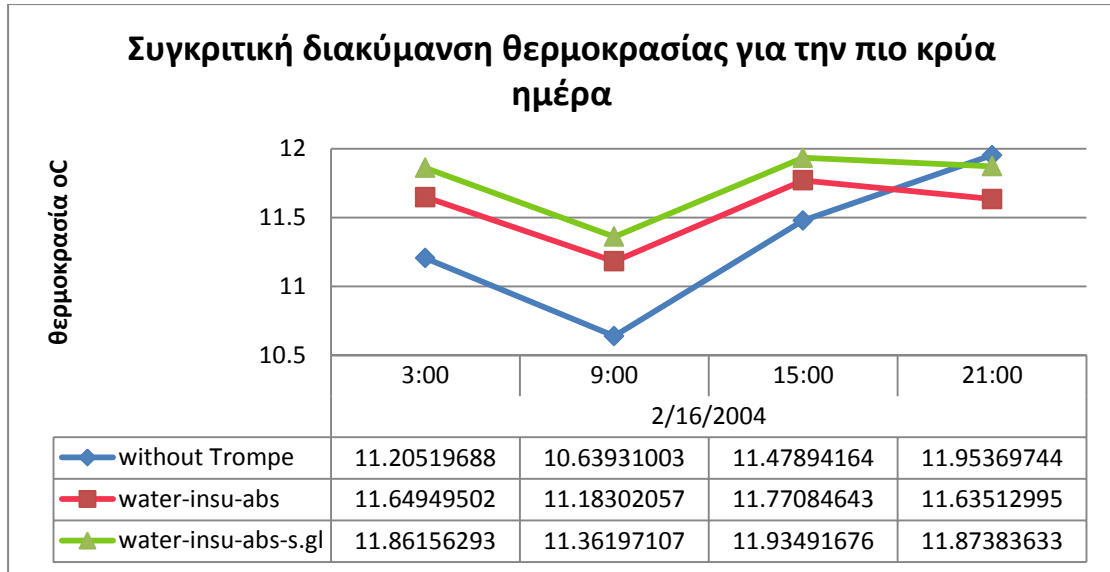
εικόνα 7:8 κατανομή ωρών με βάση τα όρια της θερμικής άνεσης με τοίχο νερού με απλό τζάμι

Ο τοίχος νερού με απλό τζάμι υπολογίστηκε καθώς το απλό τζάμι και εδώ αυξάνει την εσωτερική θερμοκρασία του τοίχου, επομένως θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε πολλές μετέπειτα μελέτες ακόμα και για διάθεση του ίδιου του νερού σε ανάγκες του κτιρίου για ζεστό νερό καθώς όπως φαίνεται και πιο πάνω στην παράγραφο με τα αναλυτικά αποτελέσματα η εσωτερική θερμοκρασία του τοίχου αυξάνεται μέχρι τους 60°C. Σίγουρα η απλή γυάλινη επιφάνεια συμπεριφέρεται καλύτερα με τον τοίχο νερού παρά με τον τοίχο από σκυρόδεμα πάντως, προσφέροντας δυνατότητα για σκέψης χρήσης της.

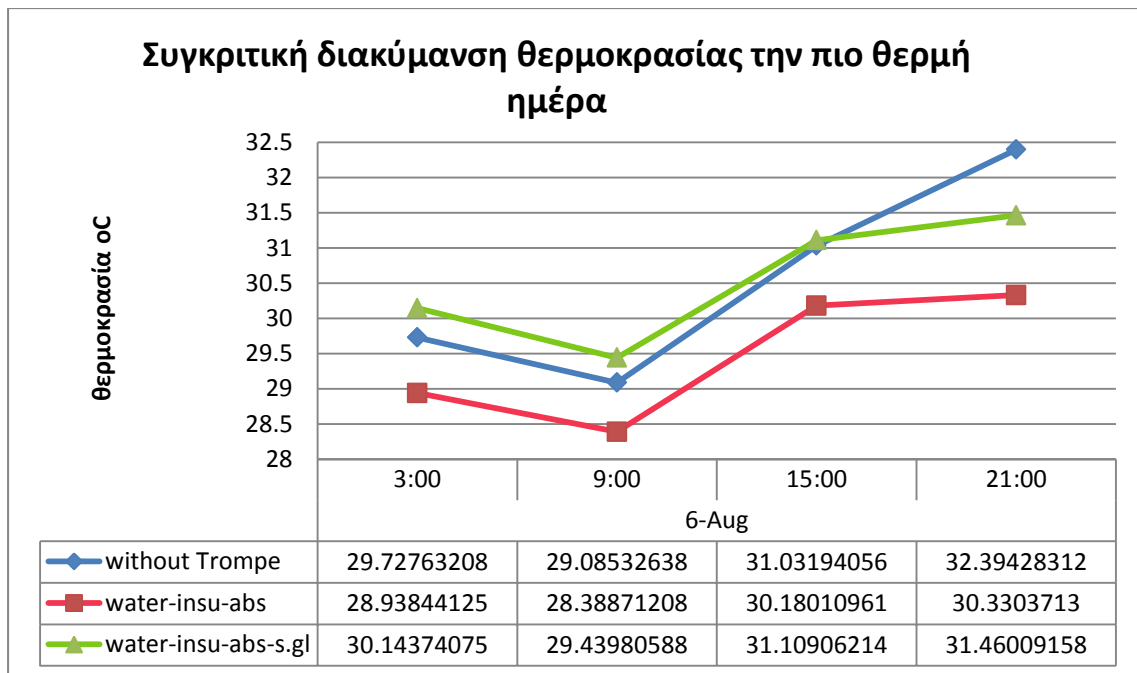
7.2 Συγκριτική παρουσίαση βασικών αποτελεσμάτων

Αρχικά παρατίθενται τα διαγράμματα που εμφανίζουν τη μεταβολή της θερμοκρασίας κατά την πιο κρύα και θερμή ημέρα στο χώρο με τις ακριβείς τιμές της θερμοκρασίας ώστε να μπορεί να γίνει ευκόλως αντιληπτή η λειτουργία και οι διαφορές του κάθε συστήματος. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται ραβδογράμματα για να αντικατοπτρίσουν την τάση που εμφανίζεται για τις 4 βασικές ώρες κατά τη διάρκεια της ημέρας. Επίσης παρουσιάζεται και για τους πιο κρύους μήνες η θερμοκρασιακή εξωτερική διακύμανση για να γίνει αντιληπτή η διαφορετική συμπεριφορά των κατασκευών σε μία σταθερά χαμηλή θερμοκρασία και σε μία απότομη πτώση.

Βασική παρατήρηση για τα παρακάτω διαγράμματα, προφανώς και αρκετές φορές οι διαφορές είναι μικρές και επίσης παρουσιάζεται η τάση για θερμοκρασιακή αλλαγή που υπάρχει για τη λειτουργία του κάθε συστήματος. Για τη συνολική αξιολόγηση του καλύτερου συστήματος λαμβάνονται υπόψη όλες οι ημέρες, **δεν σημαίνει πως ο τοίχος που δίνει την πιο υψηλή θερμοκρασία την πιο κρύα ημέρα είναι ο πιο αποτελεσματικός.**



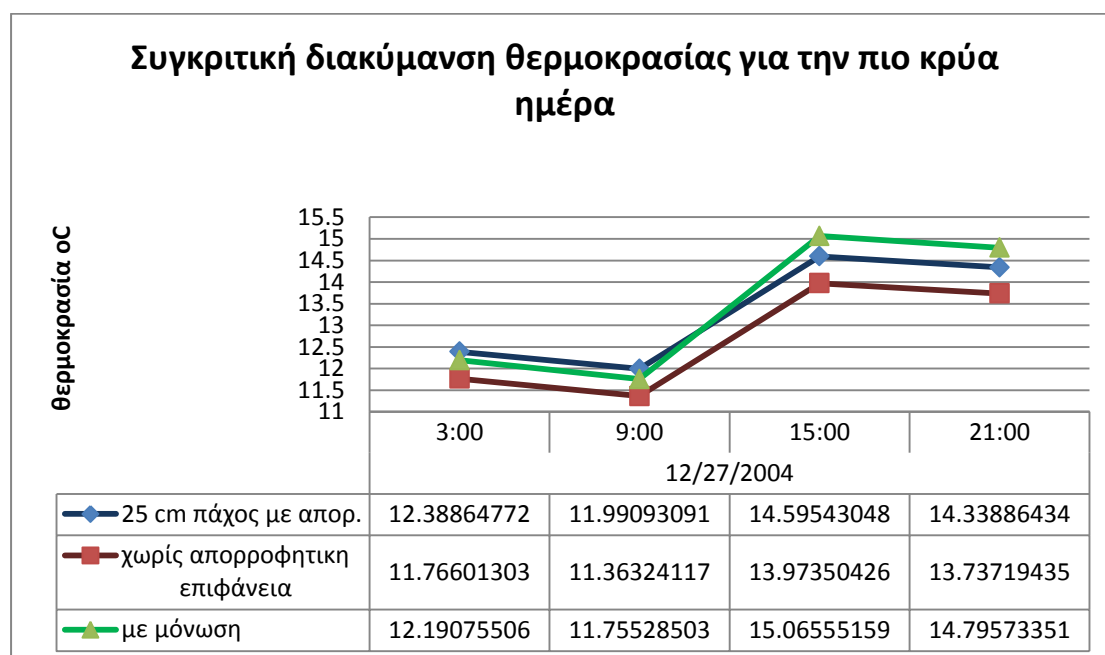
εικόνα 7:9 διάγραμμα συγκριτικής παρουσίασης θερμοκρασίας κυρίως χώρου στις 16-02 για 1)χωρίς τοίχο μάζας, 2) νερού και 3) νερού με απλό τζάμι



εικόνα 7:10 διάγραμμα συγκριτικής παρουσίασης θερμοκρασίας κυρίως χώρου στις 06-08 για 1)χωρίς τοίχο μάζας, 2) νερού και 3) νερού με απλό τζάμι

Από τα δύο παραπάνω διαγράμματα, τα βασικά συμπεράσματα είναι πως ο τοίχος μάζας φαίνεται να σταθεροποιεί περισσότερο τη θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου. Η διακύμανση της θερμοκρασίας για το χώρο χωρίς τον τοίχο μάζας είναι και η τάση διακύμανσης της εξωτερικής θερμοκρασίας και φαίνεται πως έχει μία διαφορετική κίνηση και οι διαφορές μέσα στην ημέρα είναι αρκετά έντονες για την πιο κρύα ημέρα είναι 1,5°C και για την πιο ζεστή αγγίζει τους 3,5°C.

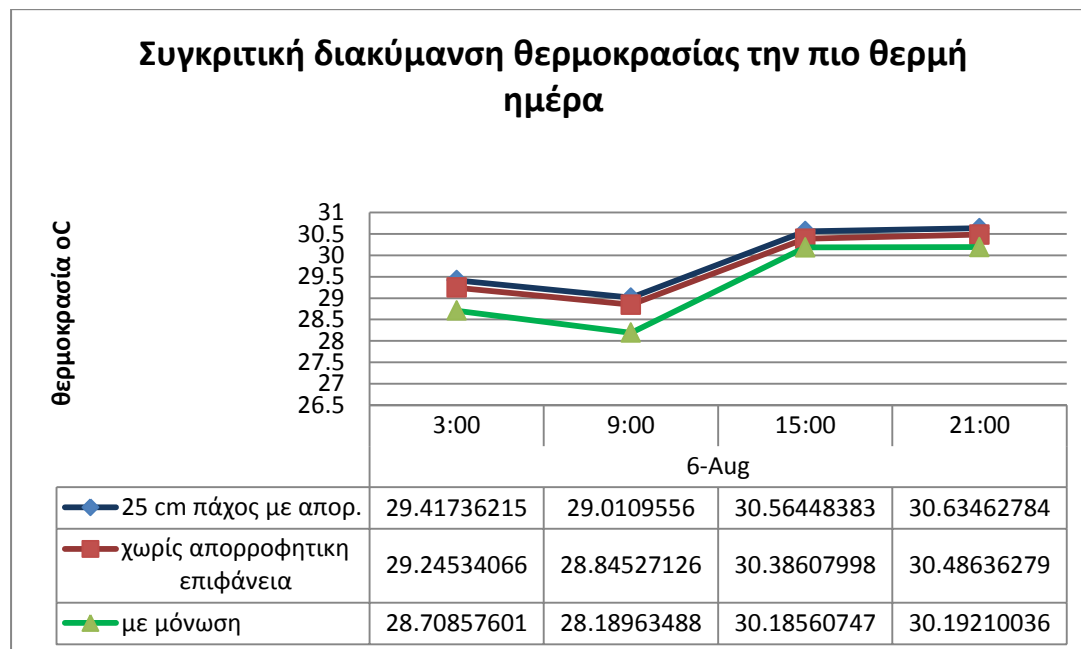
Για τον τοίχο νερού, αν προτιμηθεί από τον τοίχο σκυροδέματος, χρειάζεται απαραίτητως **το διπλό τζάμι**, καθώς μπορεί για το χειμώνα να διατηρεί (για τη συγκεκριμένη πιο κρύα ημέρα) τη θερμοκρασία 0,2 °C αλλά το καλοκαίρι (για τη συγκεκριμένη πιο κρύα ημέρα) αυξάνει τη θερμοκρασία κατά 2 °C που είναι μεγάλη διαφορά, και ειδικά για την Ελλάδα και την Αθήνα που έχει ζεστά καλοκαίρια είναι σημαντικός ο παράγοντας της συμπεριφοράς κατά τη διάρκεια των πιο ζεστών ημερών (πάντα με τη απλή μορφή του τοίχου μάζας, καθώς υπενθυμίζεται πως υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης ανοιγμάτων στον τοίχο μάζας για τον εσωτερικό χώρο αλλά και για τον εξωτερικό χώρο ώστε να γίνεται και η αντίστροφη λειτουργία, για δροσισμό, του τοίχου μάζας). Προφανώς το διπλό τζάμι, βοηθά γενικώς τη λειτουργία του τοίχου μάζας όχι μόνο του τοίχου με νερό. Για αυτό το λόγο έχει επιλεγεί σε όλες τις περιπτώσεις (εκτός από αυτές τις δύο που αναφέρονται ότι έχουν απλό τζάμι) το διπλό τζάμι στην κατασκευή.



εικόνα 7:11 διάγραμμα συγκριτικής παρουσίασης θερμοκρασίας κυρίως χώρου στις 27-12 για 1)25 και απορροφητική, 2) χωρίς απορροφητική και 3) με μόνωση

Το επόμενο βασικό συμπέρασμα για τον τοίχο μάζας που έχει χρησιμοποιηθεί και στον τοίχο νερού είναι η ύπαρξη απορροφητικής επιφάνειας που τοποθετείται στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου μάζας(δηλαδή οι στρώσεις που δημιουργούνται είναι γυάλινη επιφάνεια, κενό αέρα όπου σε όλες τις περιπτώσεις είναι το ίδιο, και αμέσως μετά το επόμενο υλικό είναι η απορροφητική επιφάνεια πάνω στον τοίχο μάζας και φυσικά ο τοίχος μάζας , εδώ αποτελούμενος από σκυρόδεμα). Η απορροφητική

επιφάνεια (εικόνα 7:11) προσδίδει στην πρώτη μορφή του τοίχου μάζας 0,6 °C σε σχέση με τη δεύτερη μορφή που δεν έχει απορροφητική επιφάνεια και δεν αλλάζει κανένα άλλο στοιχείο στη συμπεριφορά. Φαίνεται εξάλλου πως είναι η ίδια ακριβώς καμπύλη αλλά μετατοπισμένη 0,6 °C παραπάνω στη μορφή με την απορροφητική επιφάνεια.



εικόνα 7:12 διάγραμμα συγκριτικής παρουσίασης θερμοκρασίας κυρίως χώρου στις 06-08 για 1)25 και απορροφητική, 2) χωρίς απορροφητική και 3) με μόνωση

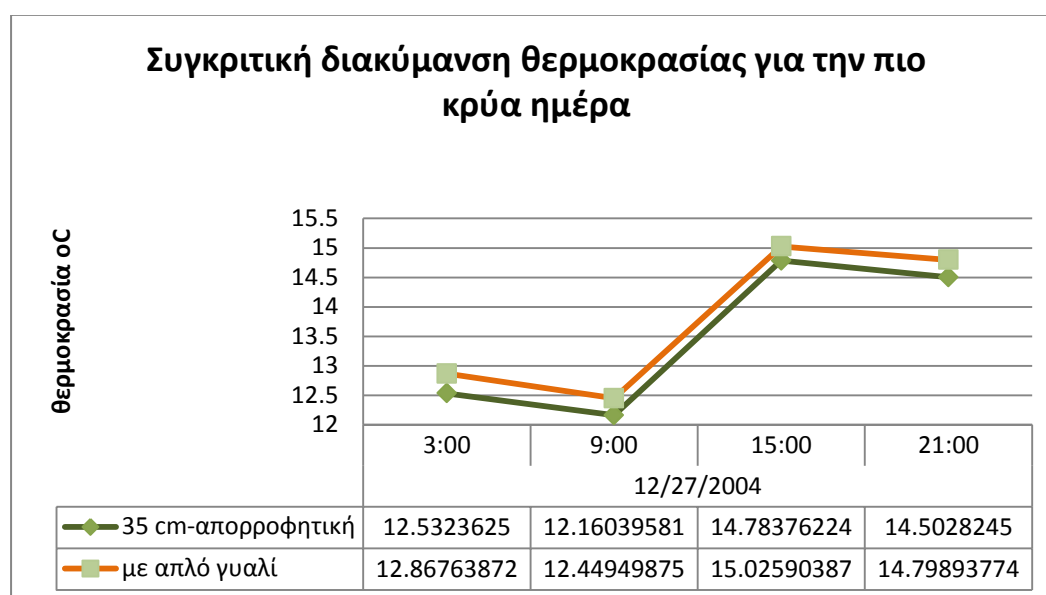
Βεβαίως είναι λογικό να υπάρχει αύξηση της θερμοκρασίας το καλοκαίρι με την απορροφητική επιφάνεια όμως παρατηρείται (εικόνα 7:12) πως η αύξηση είναι μόνο 0,2 °C γεγονός που δίνει το κίνητρο να χρησιμοποιηθεί καθώς δίνει μεγαλύτερη αύξηση την πιο κρύα ημέρα του χειμώνα και για αυτό προτείνεται να χρησιμοποιηθεί στις κατασκευές. Συγκριτικά στα συνολικά ποσοστά στις πύλες της θερμοκρασιακής άνεσης (εικόνα 7:2 και *εικόνα 7:3*) φαίνεται πως με την απορροφητική επιφάνεια προστίθενται 2% στη θερμοκρασία πάνω από 27 °C αλλά αφαιρεί αυτό το 2% από τη θερμοκρασία κάτω από τους 23 °C δίνοντας λιγότερες ώρες που είναι απαραίτητη η χρήση θέρμανσης στο χώρο αλλά προσθέτοντας ίσως ώρες χρήσεις μέσων ψύξης του χώρου.

Σε αυτό το σημείο το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στη διαφορά που προκαλεί η ύπαρξη απορροφητικής επιφάνειας ή όχι, οπότε το καίριο σημείο για εδώ είναι πως η απορροφητική επιφάνεια βελτιώνει τη λειτουργία του συστήματος για το χειμώνα και ειδικά για την πιο κρύα ημέρα έχει διαφορά πάνω από 0,5 °C (0,6 °C) ενώ για το καλοκαίρι η αύξηση στην πιο θερμή ημέρα είναι μικρή. Για αυτό **συστήνεται** η χρήση της **απορροφητικής επιφάνειας** στην κατασκευή.

Το επόμενο σημείο που αξίζει να σημειωθεί και έχουν γίνει αρκετές μελέτες για διάφορες χώρες το πόσο προσφέρει είναι η ύπαρξη της μόνωσης(6.3 παραπάνωνω στη σελίδα 128). Το πιο εύκολο συμπέρασμα για τη μόνωση είναι από το διάγραμμα (εικόνα 7:12) όπου είναι φανερό πως η ύπαρξη μόνωσης προσφέρει μία χαμηλότερη θερμοκρασία στον κυρίως χώρο. Ο λόγος, η μεγαλύτερη χρονική καθυστέρηση που

προσδίδει στο σύστημα με αποτέλεσμα να εμφανίζεται ένα διαφορετικό διάγραμμα το οποίο δεν είναι μετατοπισμένο παράλληλα σε σχέση με τα άλλα δύο αλλά έχει αρκετά χαμηλότερη θερμοκρασία στον πρώτο κλάδο από 0,7 °C έως 0,8 °C και ο δεύτερος κλάδος που αντιπροσωπεύει τις ώρες από 9:00 έως 3:00 ,που είναι και η ώρα με τη μέγιστη ηλιοφάνεια, αρχίζει να συγκλίνει με τους άλλους αλλά βρίσκεται και πάλι 0,4 °C από την πρώτη περίπτωση (εφόσον καταλήξαμε πως προτείνεται η χρήση μόνωσης). Στον τελευταίο κλάδο, το διάγραμμα είναι σχεδόν παράλληλο στον άξονα χ, και διατηρείται μία διαφορά σχεδόν 0,5 °C.

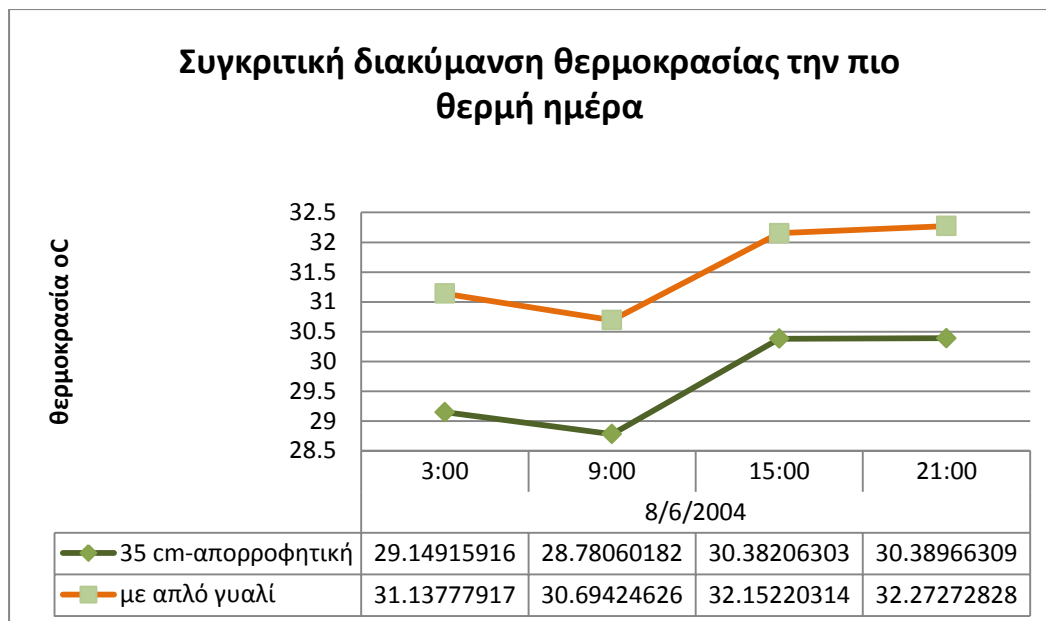
Το αρκετά θεαματικό με την παρουσία μόνωσης, είναι η παρατήρηση για την πιο κρύα ημέρα. Αρχικά η επιλογή χωρίς μόνωση, στον πρώτο κλάδο βρίσκεται πιο πάνω θερμοκρασιακά, με 0,2 °C ενώ περίπου στις 11:00 ο τοίχος με τη μόνωση αρχίζει και ανεβάζει με μεγαλύτερο ρυθμό τη θερμοκρασία φτάνοντας και 0,5 °C παραπάνω στις 15:00 με 15 °C.



εικόνα 7:13 διάγραμμα συγκριτικής παρουσίασης θερμοκρασίας κυρίως χώρου στις 27-12 για 1) 30 και απορροφητική, 2) με απλή γυάλινη επιφάνεια

Από την προηγούμενη παράγραφο έχει απορριφθεί η χρήση της απλής γυάλινης επιφάνειας με τον τοίχο σκυροδέματος και εδώ επιβεβαιώνεται πως δεν είναι κατάλληλη η χρήση της καθώς μπορεί να αυξάνει κατά λίγο την εσωτερική θερμοκρασία του κυρίως χώρου για την πιο κρύα ημέρα μόνο 0,2 °C και συγχρόνως, αυξάνει κατά πολύ τη θερμοκρασία για την πιο θερμή ημέρα απαγορευτικό για την Αθήνα με τα θερμά καλοκαίρια. Η διαφορά μάλιστα του τοίχου με την απλή γυάλινη επιφάνεια από τον τοίχο με 35 cm είναι 2°C σε όλη τη διάρκεια της ημέρας οπότε **συστήνεται η τοποθέτηση διπλής γυάλινης επιφάνειας** στον τοίχο μάζας.

Για τον τοίχο μάζας με 35 cm όπως είναι αναμενόμενο υπάρχει αύξηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του χώρου η οποία για την πιο κρύα ημέρα κυμαίνεται από 0,2-0,3°C τιμές που δεν είναι αρκετά μεγάλες ώστε να προστεθούν 10 cm στον τοίχο μάζας. Βέβαια σε μία περιοχή με περισσότερη κρύο προτείνεται η μελέτη και χρήση του τοίχου μάζας με μεγαλύτερο πάχος.

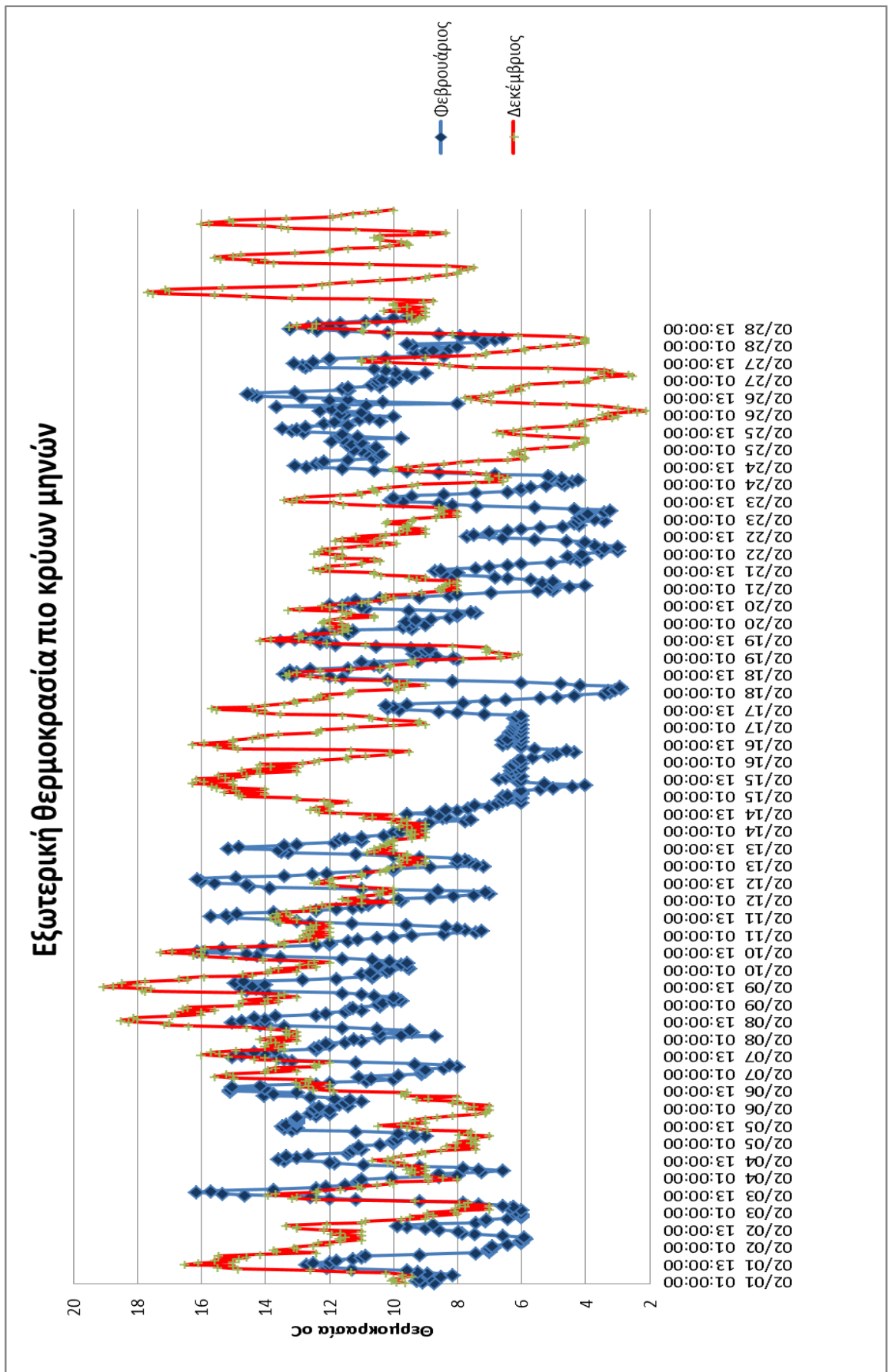


εικόνα 7:14 διάγραμμα συγκριτικής παρουσίασης θερμοκρασίας κυρίως χώρου στις 06-08 για 1) 30 και απορροφητική, 2) με απλή γυάλινη επιφάνεια

Συμπερασματικά

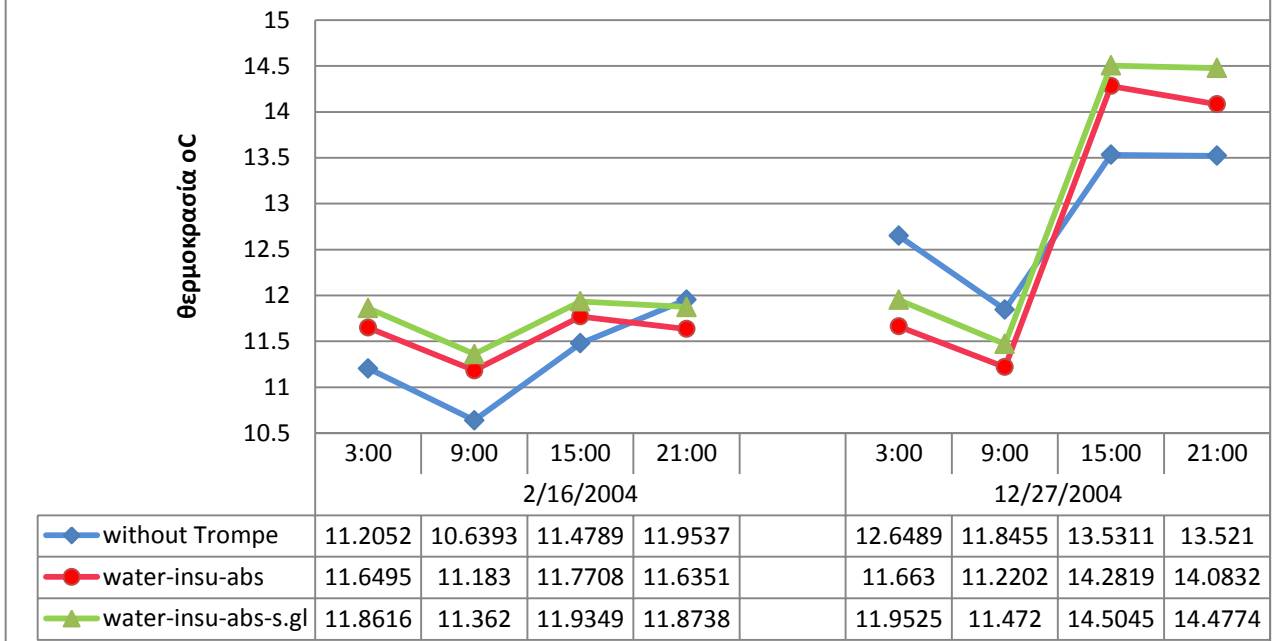
Η πρώτη παρατήρηση που γίνεται και αφορά τη λειτουργία του τοίχου στο κρύο μας δίνει μία καλή απάντηση για το πιο υλικό εν τέλει, είναι καλύτερο ακόμα και στην Ελλάδα που οι θερμοκρασίες δεν είναι τόσο χαμηλές όσο σε άλλες χώρες που έχουν γίνει μελέτες. Η κατάληξη είναι πως το σκυρόδεμα είναι καλύτερο από το νερό ως προς τη συμπεριφορά σε ημέρες που έχουν συνεχόμενη χαμηλή θερμοκρασία όπως συμβαίνει το Φεβρουάριο από τις 14-17 (εικόνα 7:15), ενώ για την αντίδραση στην πιο χαμηλή θερμοκρασία φαίνεται πως και τα δύο υλικά επηρεάζονται από την απότομη πτώση της θερμοκρασίας με καλύτερη τη συμπεριφορά του σκυροδέματος. Βέβαια, οι διαφορές σε αρκετές περιπτώσεις είναι πολύ μικρής τάξης, τέτοια ώστε δεν μπορεί να ειπωθεί πως το νερό είναι ακατάλληλο, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί και με άλλους τρόπους όπως για παράδειγμα χρήση του ζεστού νερού σε άλλες χρήσεις του κτιρίου(θέμα που απαιτεί πολύ μελέτη και προβλήματα να ξεπεραστούν, αλλά έχουν γίνει βήματα).

Το σημαντικό είναι, πως ο τοίχος μάζας αποτελούμενος από νερό, επηρεάστηκε περισσότερο από τις συνεχόμενες μέρες χαμηλής θερμοκρασίας όπως και ο χώρος εάν δεν είχε την ύπαρξη του τοίχου μάζας, και εμφάνισαν εκεί τη χαμηλότερη θερμοκρασία στον εσωτερικό κυρίως χώρο, ενώ οι τοίχοι μάζας από σκυρόδεμα προφανώς και επηρεάστηκαν, αλλά κράτησαν μία θερμοκρασία σχεδόν μία μονάδα πιο πάνω ακόμα και περισσότερο για τις ημέρες με χαμηλότερη θερμοκρασία.



εικόνα 7:15 Διάγραμμα εξωτερικής θερμοκρασίας Φεβρουαρίου-Δεκεμβρίου

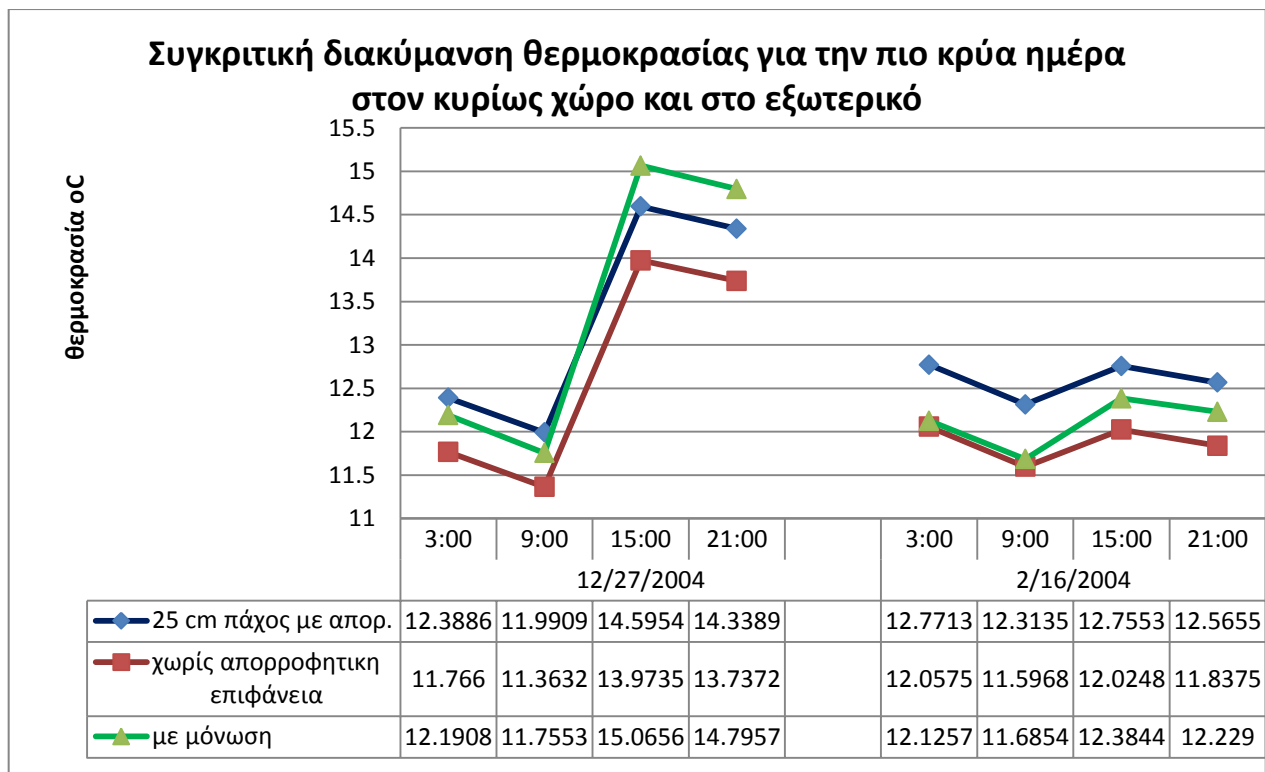
Συγκριτική διακύμανση θερμοκρασίας του κυρίως χώρου για την πιο κρύα ημέρα του αλλά και την πιο κρύα του εξωτερικού



εικόνα 7:16 Διάγραμμα για συγκριτική παρουσίαση της θερμοκρασίας του εσωτερικού κυρίως χώρου για τις δύο καίριες ημερομηνίες.

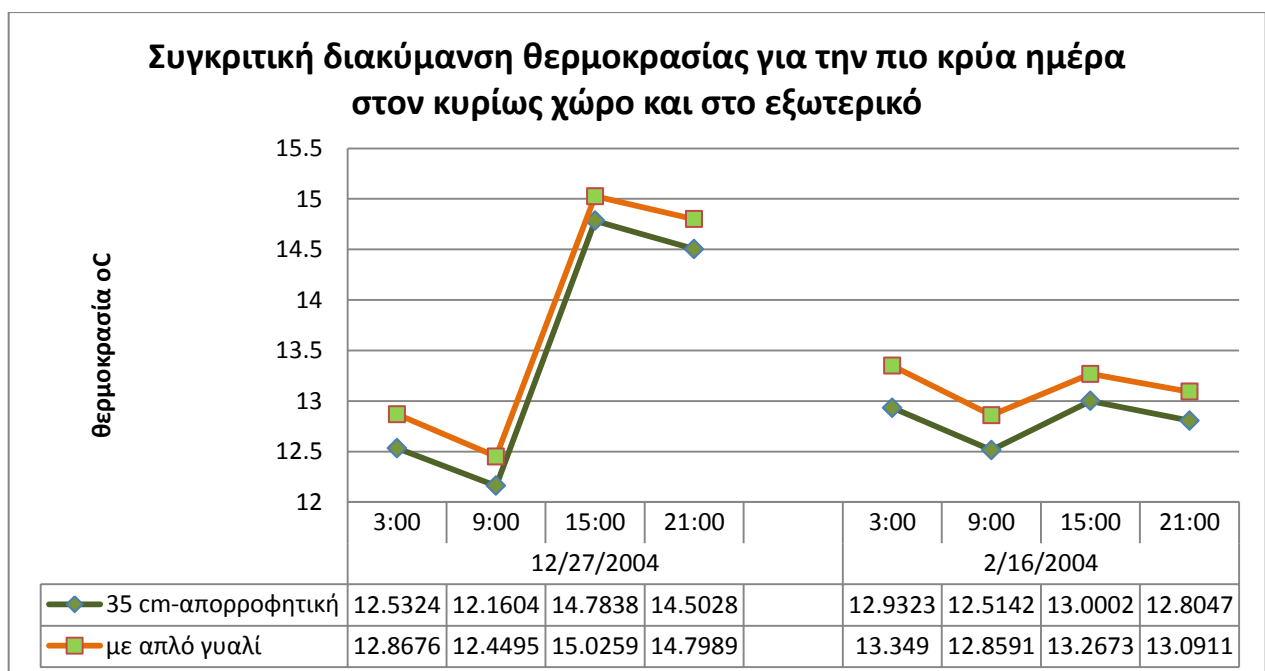
Για μεγαλύτερη ακρίβεια, είναι εμφανές στα διαγράμματα (εικόνα 7:16, εικόνα 7:17, εικόνα 7:18) πως για τον τοίχο μάζας με νερό με το διπλό τζάμι, η χαμηλότερη θερμοκρασία είναι περίπου στους 11,18°C ενώ με τον τοίχο του σκυροδέματος η χαμηλότερη θερμοκρασία με όλες τις μορφές του είναι οι 11,3 °C που είναι χωρίς απορροφητική επιφάνεια που έχουμε αποφανθεί πιο πάνω ότι η απορροφητική επιφάνεια είναι τελικώς κάτι απαραίτητο στην κατασκευή του τοίχου μάζας ακόμα και στην Ελλάδα, ενώ για τις άλλες κατασκευές είναι πάνω από τους 11,5 °C ακριβέστερα 11,8 °C.

Γενικώς όμως, ο τοίχος μάζας με το νερό είχε εμφανώς καλύτερη συμπεριφορά από το χώρο χωρίς τοίχο μάζας και για την Ελλάδα δεν είναι απαγορευτική η χρήση του καθώς η διαφορά για το χειμώνα είναι σχετικά μικρή σε σχέση με διαφορές που παρουσιάζονται σε χώρες με εμφάνιση πολύ χαμηλών θερμοκρασιών. Αντίστοιχα, για το καλοκαίρι η συμπεριφορά του δεν έχει πολύ μεγάλη διαφορά στην πιο ζεστή ημέρα (εικόνα 7:10, εικόνα 7:12, εικόνα 7:14) για τις επιλογές που έχουμε καταλήξει πιο πάνω ότι είναι οι επικρατέστερες για καλύτερη συμπεριφορά και δεν παρουσιάζουν μεγάλες πτώσεις ή ανόδους θερμοκρασίας.



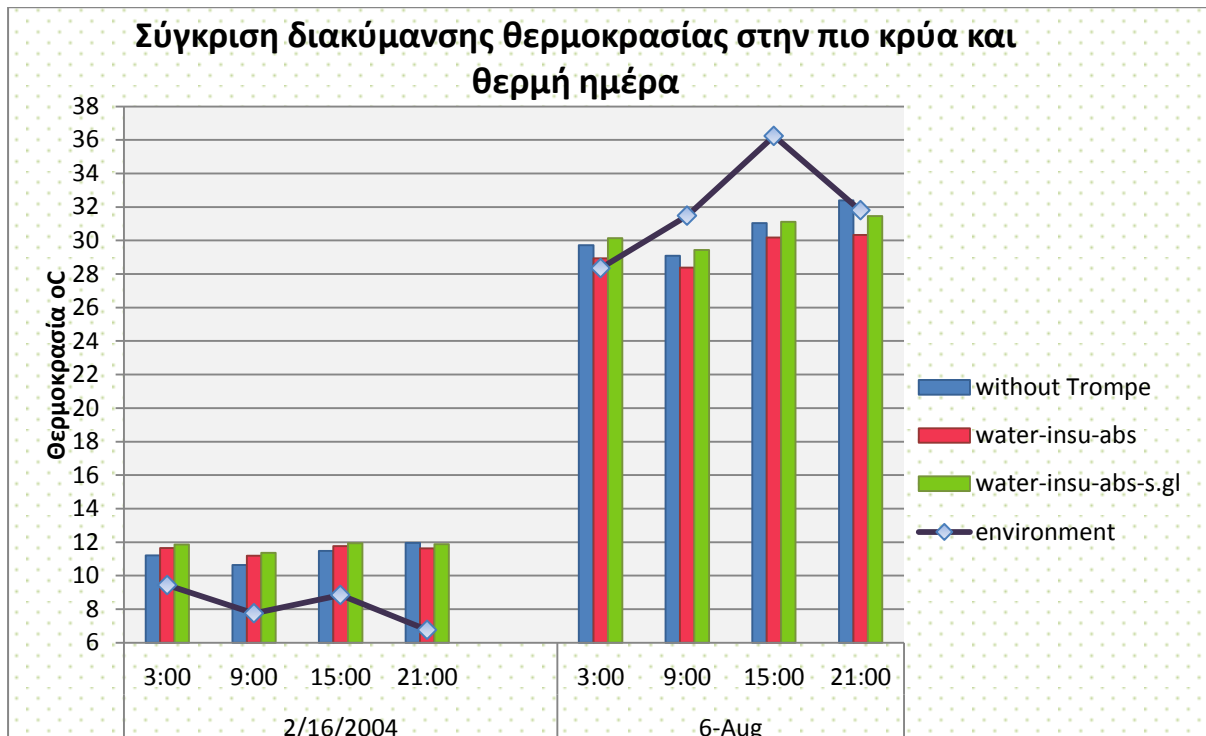
εικόνα 7:17 Διάγραμμα για συγκριτική παρουσίαση για τις δύο καίριες ημέρες χαμηλής θερμοκρασίας

Για τις συνεχόμενες ημέρες με χαμηλή θερμοκρασία φαίνεται πως ο πιο λεπτός τοίχος μάζας προσφέρει λίγο καλύτερη θερμοκρασία λόγω της μικρότερης χρονοκαθυστέρησης που έχει, αλλά με μία προσεκτική παρατήρηση φαίνεται πως για το τέλος της ημέρας αρχίζει και μειώνει τη διαφορά που έχει ο τοίχος με μόνωση σε σχέση με τον τοίχο χωρίς μόνωση.



εικόνα 7:18 Διάγραμμα για συγκριτική παρουσίαση για τις δύο καίριες ημέρες χαμηλής θερμοκρασίας

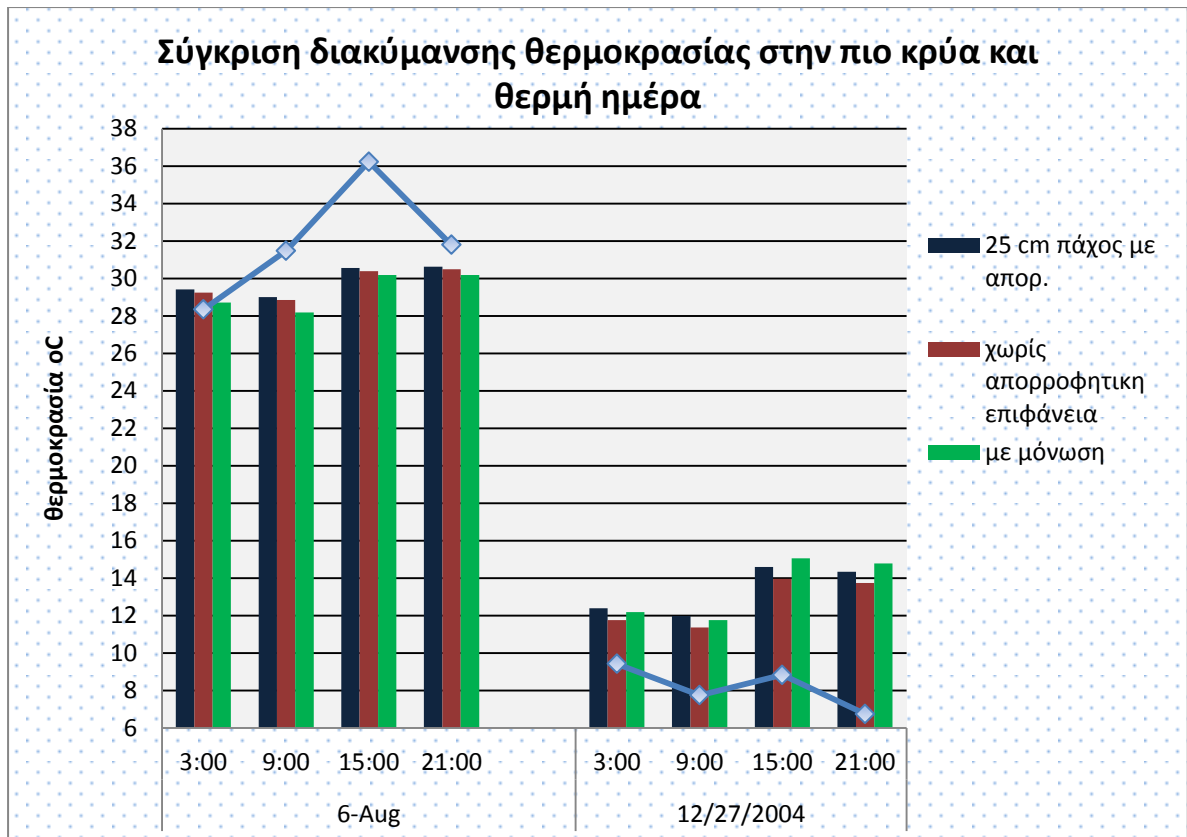
7.3 Συνοπτική παρουσίαση-συμπέρασμα



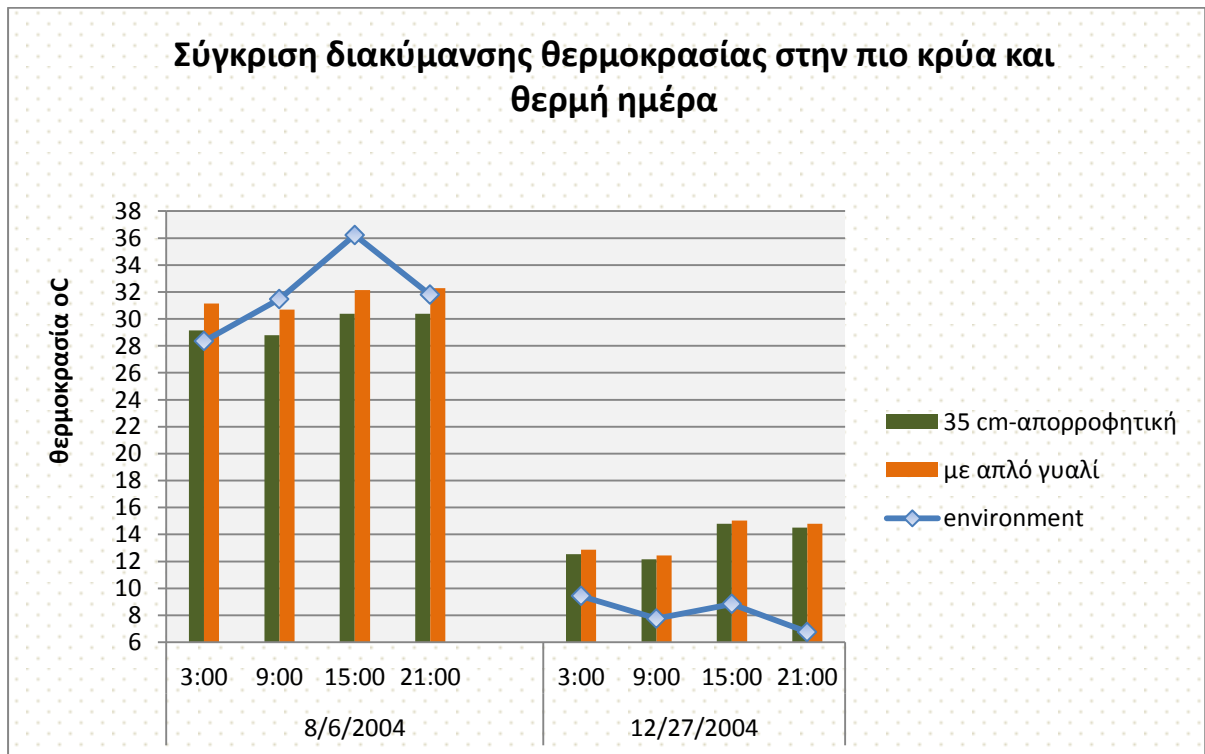
εικόνα 7:19 ραβδόγραμμα για ακρότατα θερμοκρασίας 1)χωρίς τοίχο μάζας, 2) νερού και 3) νερού με απλό τζάμι

Με βάσει όλες τις προηγούμενες παρατηρήσεις από τους δύο τοίχους με νερό η πρόταση για χρήση με βάσει την πιο θερμή και κρύα ημέρα αλλά και τα ποσοστά για θερμική άνεση είναι το μοντέλο που δίνει καλύτερες συνθήκες. Το καλοκαίρι με σταθερή διαφορά 1°C και με ανοδική τάση φτάνοντας τους 2°C στο τέλος της ημέρας σε σχέση με τον χώρο χωρίς τοίχο μάζας, κάτι που ευνοεί την χρήση του σε κατοικία κτίρια καθώς οι ένοικοι τις πρωινές ώρες απουσιάζουν και οι ώρες που περνούν στο χώρο τους είναι από τις 15:00 (ακόμα και πιο αργά). Για την πιο κρύα ημέρα αλλά με τις συνεχόμενες ημέρες κρύου τον Φεβρουάριο, κατά τη διάρκεια ο τοίχος μάζας με νερό ακόμα και με την απλή γυάλινη επιφάνεια, συμπεριφέρεται αρκετά καλά χωρίς όμως μεγάλες διαφορές, από 0.3°C έως περίπου 1°C .

Τονίζεται πως ο χώρος που έχει χρησιμοποιηθεί είναι όλος πολύ καλά μονωμένος, επομένως τα αποτελέσματα για χωρίς τον τοίχο μάζας είναι ιδανικά και όχι αυτά που θα υπήρχαν στα περισσότερα κτίρια στην Αθήνα, καθώς ένα μεγάλο ποσοστό των κτιρίων έχουν πολύ λιγότερη μόνωση από αυτή στο παράδειγμά μας, εφόσον υπάρχουν αρκετά κτίσματα παλαιότερων χρόνων όπου δεν υπήρχαν οι κανονισμοί για τα απαιτούμενα πλέον ποσοστά μόνωσης. Αυτός είναι και ο λόγος που στο τέλος της ημέρας ο χώρος χωρίς τον τοίχο μάζας είναι στους 12°C όμοια θερμοκρασία με του τοίχου μάζας με νερό.



εικόνα 7:20 ραβδόγραμμα για ακρότατα θερμοκρασίας για 25 και απορροφητική, 2) χωρίς απορροφητική και 3) με μόνωση



εικόνα 7:21 ραβδόγραμμα για ακρότατα θερμοκρασίας για 1) 30 και απορροφητική, 2) με απλή γυάλινη επιφάνεια

Η κατάληξη από τα παραπάνω διαγράμματα αλλά και η σύνοψη στον παρακάτω πίνακα οδηγούν στην προτροπή επιλογής **προσθήκης μόνωσης, απορροφητικής επιφάνειας και ειδικής γυάλινης επιφάνειας** πιο ενισχυμένης από την απλή.

Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων

	Κρύα ημέρα °C	Μ.όρος Εβδομάδας κρύου °C	Θερμή ημέρα °C	Μ.όρος Εβδομάδας ζέστης °C	Ποσοστά θερμικής άνεσης %	Εσωτερικό	Τοίχου
25cm με απορροφητική και διπλό τζάμι	11,89	14,17	31,20	29,61	20	Min °C	Max °C
						8,04	42,21
35 cm με απορροφητική και διπλό τζάμι	12,05	14,20	30,98	29,37	20	8,36	42,56
25 cm χωρίς απορροφητική	11,26	13,63	31,05	29,20	20	7,70	41,45
25 cm με απλό τζάμι	12,35	14,60	32,80	31,21	17	8,68	53,58
25 cm με μόνωση και απορροφητική	11,63	14,12	30,65	28,76	23	8,54	45,50
Με νερό και διπλό τζάμι	10,90	13,75	30,94	29,69	23	5,34	45,90
Νερού με απλό τζάμι	11,02	14,03	32,28	30,04	19	5,47	66,91
Χωρίς τον τοίχο μάζας	10,60	13,95	32,60	30,09	21		

Εν τέλει, η προσθήκη της μόνωσης είναι αυτή που δίνει την καλύτερη συμπεριφορά σε συνδιασμό με τη διπλή γυάλινη επιφάνεια και την απορροφητική επιφάνεια. Με αυτές τις συνθήκες ο τοίχος μάζας 25cm είναι επαρκής για τις συνθήκες τις υπό εξέταση καιρικές συνθήκες της Αθήνας δίνοντας μία λύση στα μειονεκτήματα που δημιουργούνται με την προσθήκη επιπλέον φορτίων στην κατασκευή όπως στην κατασκευή με 35cm.

Η βελτίωση που δίνει η μόνωση είναι πάνω από 1 °C για τη θερμότερη ημέρα και αντίστοιχα δίνει μία καλή θερμοκρασία για την πιο κρύα εβδομάδα. Γενικώς είναι η κατασκευή που προσδίδει τη μεγαλύτερη θερμοκρασιακή σταθερότητα στο εσωτερικό του χώρου.

Από αυτά τα αποτελέσματα γεννιούνται πολλοί καινούριοι δρόμοι για διερεύνηση όπως αυτός με την ύπαρξη του απλού γυαλιού και την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών. Αλλά και η διερεύνηση για το σύστημα με νερό την πιθανή αξιοποίηση για αισθητική βελτίωση του χώρου, και για ενσωμάτωση σε σύστημα αξιοποίησης του θερμού νερού.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Με την ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας, ελπίζω να γίνουν ακόμα περισσότερα βήματα για τη διερεύνηση των ηλιακών συστημάτων για τις συνθήκες της Ελλάδας ειδικά σε πειραματικό- ερευνητικό επίπεδο.

Να μπορέσει να συνεχιστεί η έρευνα για τον τοίχο μάζας καθώς υπάρχουν πολλές προεκτάσεις του θέματος οι οποίες μελετούνται σε άλλες χώρες αλλά όχι στην Ελλάδα και, το συγκεκριμένο θέμα απαιτεί μελέτη για την κάθε περιοχή ξεχωριστά και τις καιρικές της συνθήκες.

Οι συνθήκες εδώ, είναι ιδανικές για τη χρήση ηλιακών (παθητικών ή μη) συστημάτων και μπορούν να επιτευχθούν πολλά οφέλη (περισσότερα αυτά που επιτυγχάνουν οι χώρες που ήδη έχουν επικεντρωθεί στη μελέτη τέτοιων συστημάτων) από το συγκεκριμένο κλάδο.

Παράρτημα κατασκευαστών οικολογικών υλικών

Στη βιομηχανία τα αναφερόμενα ως οικολογικά είναι αυτά που αποτελούνται κυρίως από φυτικές ίνες

1) **Kenaf Eco Fibers Italy S.p.A.** (Ιταλία) (35)



Προσφέρει προϊόντα σε ρολά για εύκολη τοποθέτηση σε όλες τις απαραίτητες περιοχές ενός κτίσματος και το πιο δημοφιλές είναι το **Isolkenaf** (έχει λάβει την πιστοποίηση του «υλικού που συνιστάται για την πράσινη ανάπτυξη») που είναι επαναχρησιμοποιήσιμο και πλήρως ανακυκλώσιμο.

Είναι από ίνες κενάφ και με μικρή προσθήκη ινών πολυεστέρα για ενίσχυση. Γενικώς, σε όλα τα προϊόντα στόχος είναι η μη έκλυση σκόνης κατά την τοποθέτηση, η μη απαίτηση ειδικής τεχνογνωσίας και προσοχής για την τοποθέτηση, η αυξημένη αντίσταση σε περίπτωση πυρκαγιάς και η μη ύπαρξη-εμποτισμός βλαβερών χημικών ουσιών.

Επίσης προσφέρει προϊόντα από ανακυκλωμένα υφάσματα και ίνες πολυεστέρα, τσόχα, ανακυκλωμένο χαρτί (**Isocell** που έχει και αυτό πιστοποίηση πράσινης δόμησης από την Ευρώπη) και οι θερμικές αγωγιμότητες είναι από 0,038-0,040

2) **Thermafleece** (36)

Παρέχει 3 είδη θερμομόνωσης από μαλλί προβάτου, το **Thermafleece original-Ecoroll-TF35-** και ένα από κάνναβη αλλά χωρίς πιστοποίηση ακόμα.

Τα μονωτικά από μαλλί προβάτου έχουν τα εξής πλεονεκτήματα: Αντοχή σε πυρκαγιά, συμμόρφωση στην BS 5803-4 επίτευξη μηδενικού αναφλεξιμότητας, κάτω από το μηδέν δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη (GWP), μηδενική καταστροφή του όζοντος (ODP), δεν περιέχει οργανικά φυτοφάρμακα, δεν προκαλεί ερεθισμούς κατά την εγκατάσταση και κατά τη διάρκεια της ζωής μέσα στην οικοδομή, επιτρέπει την αναπνοή των κτιρίων.

- **Thermafleece Original** : πλάκες από 1.2 m
85% μαλλί 15% ανακυκλωμένο πολυεστέρα συνδετικό
Έχει πιστοποίηση και έγκριση από BBA (British Board of Agreement)
Θερμική αγωγιμότητα 0,038 w / mk
Πυκνότητα $\rho=23$ kg/m³
- **TF35** : υπολογιζόμενη πυκνότητα του χρησιμοποιούμενου μαλλιού προβάτου $\rho=31$ kg/m³
75% μαλλί 15% ανακυκλωμένο lofting πολυεστέρας, 10% συνδετικό

Θερμική αγωγιμότητα 0,035 w / mk

- **EcoRoll:** Ιδανικό για σοφίτες καθώς είναι συμπιεσμένα συσκευασμένα ρολά. 75% μαλλί 15% ανακυκλωμένο lofting πολυεστέρας, 10% συνδετικό Έχει BBA (British Board of Agreement) πιστοποίηση και έγκριση από τον ίδιο οργανισμό.

Θερμική αγωγιμότητα 0,039 w / mk

(Το ecoRoll και το Supaloft επίσης ειδικό για σοφίτες, αναφέρονται ώστε να φανεί πως υπάρχουν πολλές επιλογές για τη μορφή της μόνωσης αναλόγως τον χώρο που προορίζεται να τοποθετηθεί)

- **Thermafleece** μόνωση από **κάνναβη** μία αναπτυσσόμενη ιδέα βασιζόμενη στις ίνες του φυτού αυτού το οποίο βρίσκεται σε στάδια ερευνών για τη χρήση του σε ενίσχυση και άλλων οικοδομικών υλικών όπως το ασβεστοκονίαμα καθώς υποστηρίζεται πως εκτός από τις μονωτικές ιδιότητες έχει με συγκεκριμένους συνδυασμούς να προσφέρει και μηχανικές βελτιώσεις.

Το Thermafleece κάνναβης κατασκευάζεται ως μία ευέλικτη θερμική πλάκα μόνωσης κατασκευασμένη από κάνναβη 60%, 30% ανακυκλωμένο πολυεστέρα και 10% συνδετικό υλικό πολυεστέρα. Η κάνναβη απορροφά το CO₂ κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής της και παράγει οξυγόνο.

Η ανοικτή δομή του υλικού επιτρέπει τη μείωση των κινδύνων της διάμεσης συμπύκνωσης μέσα σε ένα πλαίσιο. Χρησιμοποιώντας Thermafleece κάνναβης σε μια κατασκευή τοίχου η αναπνοή θα βοηθήσει να διατηρήσει ικανοποιητικά επίπεδα υγρασίας στο κτίριο, που παρέχει ένα υγιές κλίμα στο δωμάτιο. Έχει καλή αντοχή στη συμπίεση για να χωρέσει μεταξύ των στηριγμάτων / δοκούς. Έχει καλές μονωτικές ιδιότητες, θερμική αγωγιμότητα 0.040W/m²K. Ταξινομείται ως μη-ερεθιστικό για το δέρμα και εύκολο στο χειρισμό. Υψηλή αντοχή σε έντομα και τρωκτικά, λόγω της φύσης των ιδιοτήτων του υλικού. Τοποθετείται σε κοιλώματα οροφής, σε τοίχους και δάπεδα. Το μόνο που χρειάζεται προσοχή είναι όταν τοποθετείται κατά τους χειμερινούς μήνες, πρέπει να τοποθετείται ένα φράγμα υδρατμών αμέσως στο εσωτερικό για να αποτρέπεται η απορρόφηση υγρασίας από τη μόνωση.

3) **Sheep wool insulation** (37)

Προσφέρει δύο ήδη θερμομόνωσης και τρία για ηχομόνωση. Άλλη μία εταιρεία με μόνωση από μαλλί προβάτου. Το ενδιαφέρον εδώ είναι και τα ηχομονωτικά ρολά που σε κάποιες περιπτώσεις είναι αναγκαία.

<http://www.sheepwoolinsulation.ie/products/>

4) **Black mountain insulation** (38)

Προσφέρει μόνωση από μαλλί προβάτου, κάνναβη και ίνες ξύλου(thermalflex)
<http://www.blackmountaininsulation.com/index.php/products/sheeps-wool-insulation-products>

5) **Knauf insulation** (39)

Εταιρεία στην Αμερική με προϊόντα μόνωσης από

α) γυαλί και άμμο όπως το **Ecobatt** (εδώ αξίζει να σημειωθεί πως το fiber glass στην Αμερική από IARC έχει θεωρηθεί πιθανόν καρκινογόνο και για αυτό πλέον πρέπει να υπάρχει προσοχή στα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του fiber glass και σωστή έρευνα για το αν έχει πιστοποιήσεις και ποιές.)

<http://www.knaufinsulation.us/content/building-insulation>

(με πιστοποίηση από Greenguard)

β) Μόνωση από **fiber glass** με συνδετικά από βιοπολυμερή **χωρίς φορμαλδεΐδη** (που είναι το υπεύθυνο για το χαρακτηρισμό αυτής της μόνωσης ως καρκινογόνου όπως αναφέρεται πιο πάνω) (40)

6) **Tradical Hempcrete**, (41)

<http://www.limetechnology.co.uk/hemcrete.htm>

Υλικό αντί για ασβεστοκονίαμα που βρίσκεται υπό δοκιμή αλλά με έρευνες που ενισχύουν την συνεχώς αυξανόμενη χρήση του στο εξωτερικό.

6) **Bio fib insulation** (42)

Γαλλική εταιρεία που προσφέρει μονώσεις από λινάρι, κάνναβη και κυτταρίνη (από ανακυκλωμένη εφημερίδα) και το **biofib duo** που συνδυάζει κάνναβη και λινάρι έχει και πιστοποίηση από ACERMI, <http://www.biofib-isolation.com/gammes.php>

7) **InsulPro** (43)

Εταιρεία από την Νέα Ζηλανδία, μονώσεις από ανακυκλωμένο πλαστικό **Novatherm** για οροφές, πατώματα και τοίχους, (οι πιστοποιήσεις τους σαν δομικά υλικά αναγνωρίζονται μόνο στην Αυστραλία αλλά σαν οικολογικά έχουν τα δεδομένα πιστοποίησης από third level party, που λειτουργεί κάτω από τις αρχές του ISO140024)

http://www.insulpro.co.nz/Our_Products/Wall%20Insulation/#.UkxHw9LcAVA

8) **Μόνωση από ίνες ξύλου για στέγες** (44)

- **Isolair** - Μια γλώσσα και αυλάκια από άκαμπτες ίνες ξύλου για μόνωση της στέγης πάνω από δοκούς.
Θερμική αγωγιμότητα 0.047w/mK
Κατάλληλο για έκθεση κατά τη διάρκεια της κατασκευής έως και 4 εβδομάδες.
Δεν απαιτεί αναπνοή και έχει πυκνότητα 240 kg/m³.
- **Pavatherm Plus** - Μία γλώσσα και αυλάκια άκαμπτες ίνες ξύλου.
Θερμική αγωγιμότητα 0.043w/mK. Το συγκεκριμένο όμως προϊόν απαιτεί αναπνοή.
Κατάλληλο για έκθεση κατά τη διάρκεια της κατασκευής έως και 4 εβδομάδες.
Πυκνότητα 180 kg/m³
- **Pavaflex** - Ένα ευέλικτο batt μόνωση, για χρήση μεταξύ των δοκών. Θα πρέπει να εγκατασταθεί στο εσωτερικό της κατασκευής οροφής.
Θερμική αγωγιμότητα 0.038w/mK και πυκνότητα 55 kg/m³.
- **Pavatherm** - Μια άκαμπτη πλάκα για χρήση κάτω από δοκούς. Θα πρέπει να εγκατασταθεί στο εσωτερικό της κατασκευής οροφής.
Θερμική αγωγιμότητα 0.038w/mK
- Steicoflex flexible fiber insulation, Steico rigid fiber insulation

Υπάρχει επίσης μόνωση από ίνες ξύλου για πατώματα και τοίχους, για εσωτερική και εξωτερική. Όλα τα παραπάνω βοηθούν τους νέους κατασκευαστές να έχουν μια ιδέα για τα διαφορετικά ήδη μονώσεων που υπάρχουν. Εκτός από τα διαφορετικά υλικά διατίθενται και διαφορετικές μορφές για καλύτερη και ευκολότερη τοποθέτηση.

9) **Warmcel 100** (45)

Είναι ένα υψηλής απόδοσης χαλαρών ινών κυτταρίνης μονωτικό για σοφίτες και τα πατώματα. Κατασκευάζεται στο Ηνωμένο Βασίλειο από ανακυκλωμένο χαρτί εφημερίδας και να ισχυροποιείται με επιβραδυντικό πυρός και βιοκτόνων.

Είναι εύκολο στην εγκατάσταση. Είναι μη ερεθιστικό, μη τοξικό και ασφαλές στο χειρισμό. Εξασφαλίζει μια πλήρη σφράγιση, χωρίς κενά, και γέφυρες. Προάγει την πράσινη βαθμολογία κτιρίου.

Είναι με πιστοποίηση BBA διασφάλισης της ποιότητας. Συμμορφώνεται σε BS5803: 1985 Part 3 "Θερμομόνωση για χρήση σε χώρους Pitched Roof σε κατοικίες".

Δεν επηρεάζεται από έντομα και ζώδια. Έχει υψηλές μονωτικές ιδιότητες απόδοσης και η θερμική του αγωγιμότητα είναι 0.035W/mK.

10) **InnoTherm insulation** (46)

Μόνωση από ανακυκλωμένα ρούχα που εισήχθη στην αγορά το 2002 από την Recovery Insulation Ltd η οποία είναι Αγγλική εταιρεία με φιλανθρωπικό έργο. Το υλικό αυτό από το 2013 παράγεται από την La Relais στη νότια Γαλλία και η αρχική εταιρεία έχει μείνει σαν εκπρόσωπος στην Αγγλία.

<http://www.inno-therm.com/>

Η συγκεκριμένη μόνωση είναι από 80% ανακυκλωμένο denim / βαμβάκι και έτσι βοηθά τη μείωση των αποβλήτων υγειονομικής ταφής.

Έχει πολύ χαμηλή ενσωματωμένη ενέργεια χρησιμοποιώντας 70% λιγότερη ενέργεια για την κατασκευή και φυσικά μπορεί η ίδια να ανακυκλώνεται όταν αφαιρεθεί.

Σε αντίθεση με τα περισσότερα συμβατικά μονωτικά, η μόνωση Inno-THERM, δεν περιέχει χημικές ερεθιστικές ουσίες, έτσι δεν προκαλεί φαγούρα, δεν θα προκαλέσει αλλεργικές αντιδράσεις και είναι εύκολη στην εγκατάσταση εξοικονομώντας και από εκεί χρόνο αλλά και κόστος.

Έχει εξαιρετική απόδοση σε συνθήκες υψηλής υγρασίας και μάλιστα συμπεριφέρεται ως ρυθμιστής, χάρη στην ικανότητά του να απορροφάει και να απελευθερώνει τους υδρατμούς.

Επιπλέον είναι αποτελεσματική ηχομόνωση με υψηλό συντελεστή απορρόφησης ήχου (= 0,95) και η ακουστική εξασθένιση είναι 42 dB. Διαθέτει πυκνότητα 45kg / m³ και θερμική αγωγιμότητα 0.039 W/MK.

Έχει περάσει όλες τις αναγκαίες δοκιμές για να ανταποκριθεί στα πρότυπα του Ηνωμένου Βασιλείου και των Ευρωπαϊκών Τεχνικών Προτύπων.

11) **Isotherm** (47)

Παρέχει προϊόντα μόνωσης από ανακυκλωμένα πλαστικά μπουκάλια, για θερμομόνωση και ηχομόνωση ISOTHERM, ISOFOIL και ACOUSTISORB.

12) **Bio fiber** (48)

Μόνωση από βιοπολυμερές από καλαμπόκι, βρίσκεται ακόμα σε δοκιμαστικά στάδια.

13) **mushroom insulation** (49)

Παράγεται από Ecovative (αμερικάνικη εταιρεία), και είναι μία καινοτομία στο χώρο της οικολογικής μόνωσης με εγγύηση σταθερής R value, με πιστοποίηση από cradle to cradle και αναγνωρισμένο για απόδοση πόντων στη LEED βαθμολόγηση. Χρησιμοποιεί τις συνδετικές ικανότητες των μανιταριών ενισχύοντας τον οικολογικό χαρακτήρα του υλικού καθώς δεν εμπεριέχει κανένα χημικό.

14) **Neptutherm** (50)

Προερχόμενο από άλγη της θάλασσας σε μορφή μπάλας λόγω του ανακατέματος από τα κύματα που βρίσκονται στις ακτές της Μεσογείου και κυρίως στην Τυνησία. Προέρχεται από Γερμανική εταιρεία και έχει ήδη κατακτήσει αρκετές διακρίσεις στο χώρο των καινοτόμων οικολογικών υλικών καθώς χρησιμοποιεί φυτικές ίνες σαν πρώτη ύλη που αυτή τη στιγμή είναι ένας από τους κατ'εξοχήν κανόνες για την παραλαβή του τίτλου οικολογικού.

Παράρτημα 1

εικόνα 1:1 Από το 1974, αυτό το κτίριο βρίσκεται στην Πανεπιστημιούπολη, στα προάστια της Κοπεγχάγης, είχε χρησιμοποιηθεί για προσομοιώσεις και μετρήσεις για τη βελτιστοποίηση των δομικών στοιχείων και των υπηρεσιών. Κινητή θερμομόνωση μπροστά από τα παράθυρα, μια συσκευή για την ανάκτηση της θερμότητας από την εξάτμιση του αέρα, ένα σύστημα ηλιακής θέρμανσης που αποτελείται από 42 τ.μ. επίπεδης πλάκας συλλεκτών και 30 m ³ δεξαμενής αποθήκευσης ζεστού νερού χρησιμοποιήθηκαν για το σκοπό αυτό. " <i>The into Passive House research right from the start.</i> " explains Dr. Wolfgang Feist, Founder and Director of the Passive House Institute. (2)	16
εικόνα 1:2 Το 'Solar House I' (3)	17
εικόνα 1:3 το 'Bliss House' του 1955 (4)	17
εικόνα 1:4 το κτίριο 'Saskatchewan Conservation House' στις Ηνωμένες Πολιτείες το 1979 (4)	17
εικόνα 1:5 ο ουρανοξύστης, the Urban Cactus (6)	18
εικόνα 1:6 Κέντρο παγκόσμιου Εμπορίου στο Μπαχρέιν (7)	18
εικόνα 1:7 the Hearst Tower (6)	19
εικόνα 1:8 χάρτης απεικόνισης μέσης ετήσιας προσπίπτουσας ακτινοβολία, Απρίλιος 2004- Μάρτιο 2010 (51)	22
εικόνα 1:9 μέση ετήσια ταχύτητα ανέμων (52)	22
εικόνα 1:10 βασικές κατηγορίες ενεργειακά ανεξάρτητων κτιρίων	29
εικόνα 2:1 κατασκευή πανεπιστημίου Maryland το 2011 (15)	33
εικόνα 2:2 ISO-defined Types of Green Product Certification Labels (16)	37
εικόνα 2:3 περιληπτικός πίνακας με συνήθεις πιστοποιήσεις (16)	39
εικόνα 3:1 στάδια κύκλου ζωής υλικών (53)	40
εικόνα 3:2 στρωμάτωση υλικών και θερμικών αγωγιμοτήτων	46
εικόνα 3:3 Θερμικές αγωγιμότητες των προαναφερθέντων υλικών	49
Εικόνα 4:1 βασική μορφή τοίχου μάζας με ανοίγματα και για τον εξωτερικό χώρο	58
εικόνα 4:2 τοίχος μάζας κατά την κατασκευή με χρήση πέτρας	58
εικόνα 4:3 τοίχος σε σχηματισμό ζιγκ ζαγκ	60
εικόνα 4:4 τοίχος νερού με ξεχωριστά δοχεία (54)	61
Εικόνα 4:5 ημιδιάφανος τοίχος με νερό	61
εικόνα 4:6 υβριδικός τοίχος	62
εικόνα 4:7 σύνθετος τοίχος με μηχανισμό αερισμού και μονωτικό κάλυμα	64
εικόνα 4:8 τροποποιημένος τοίχος μάζας σε κατοικία (56)	64
εικόνα 4:9 Ρευστοποιημένος τοίχος μάζας, τοποθέτηση υγρού αντί απλού αέρα μεταξύ του τοίχου και της γυάλινης επιφάνειας	65
εικόνα 4:10 τοίχος σε κατοικία με φωτοβολταϊκά (55)	66
εικόνα 5:1 Μπάρα εργαλείων για Sketchup και Open studio	69
εικόνα 5:2 Βήμα πρώτο για τη σχεδίαση νέας ζώνης	69
εικόνα 5:3 Βήμα δεύτερο, χρήση ορθογωνίου απο Sketchup	70
εικόνα 5:4 Βήμα τρίτο, χρήση push/pull για το ύψος του χώρου	70
εικόνα 5:5 Παράδειγμα για σχεδίαση ανοιγμάτων	71
εικόνα 5:6 Βήμα πρώτο για σκίαση	72
εικόνα 5:7 Προσθήκη ομάδας σκίασης	72
εικόνα 5:8 Σχεδιασμός σκιάστρου.	73
εικόνα 5:9 Τελικό στάδιο	73
εικόνα 5:10 χωρίς θερμική ζώνη	74

<i>εικόνα 5:11 Προσθήκη θερμικής ζώνης</i>	74
<i>εικόνα 5:12 Θερμική ζώνη</i>	74
<i>εικόνα 5:13 βασικός χώρος</i>	76
<i>εικόνα 5:14 Αντίστοιχα η ανατολική και βόρεια πλευρά.</i>	76
<i>εικόνα 5:15 προσθήκη τοίχου μάζας</i>	77
<i>εικόνα 5:16 ενεργειακή ενοποίηση χώρων θήμα 1</i>	78
<i>εικόνα 5:17 ενεργειακή ενοποίηση χώρων θήμα 2</i>	78
<i>εικόνα 5:18 βασική σελίδα EP-Launch</i>	80
<i>εικόνα 5:19 πλατφόρμα μορφοποίησης</i>	80
<i>εικόνα 5:20 παράμετροι προσομοίωσης</i>	82
<i>εικόνα 5:21 προσαρμογή έκδοσης</i>	82
<i>εικόνα 5:22 Έλεγχοι κατά την προσομοίωση</i>	83
<i>εικόνα 5:23 στοιχεία κτιρίου</i>	83
<i>εικόνα 5:24 αλγόριθμοι προσομοίωσης</i>	83
<i>εικόνα 5:25 αλγόριθμοι προσομοίωσης</i>	84
<i>εικόνα 5:26 αλγόριθμος ισορροπίας θερμότητας</i>	84
<i>εικόνα 5:27 θήμα</i>	84
<i>εικόνα 5:28 λίστα στοιχείων για τοποθεσία, κλίμα</i>	85
<i>εικόνα 5:29 χαρακτηριστικά τοποθεσίας</i>	85
<i>εικόνα 5:30 χαρακτηριστικά ημέρας σχεδιασμού</i>	85
<i>εικόνα 5:31 περίοδος προσομοίωσης</i>	85
<i>εικόνα 5:32 δημιουργία προγραμμάτων</i>	86
<i>εικόνα 5:33 στοιχεία θερμικών ζωνών και επιφανειών</i>	87
<i>εικόνα 5:34 γεωμετρικά και λειτουργικά-θερμικά στοιχεία ζώνης</i>	87
<i>εικόνα 5:35 κατασκευαστικά στοιχεία επιφανειών</i>	88
<i>εικόνα 5:36 κατασκευαστικά στοιχεία επιφανειών</i>	88
<i>εικόνα 5:37 στοιχεία θερμικών ζωνών και επιφανειών</i>	89
<i>εικόνα 5:38 αναλυτικά στοιχεία υποεπιφανειών</i>	89
<i>εικόνα 5:39 στοιχεία θερμικών ζωνών και επιφανειών</i>	90
<i>εικόνα 5:40 στοιχεία σκιάστρου</i>	90
<i>εικόνα 5:41 λίστα αποτελεσμάτων</i>	90
<i>εικόνα 5:42 συνέχεια λίστας αποτελεσμάτων</i>	91
<i>εικόνα 5:43 εγγραφή επιθυμητών αποτελεσμάτων</i>	91
<i>εικόνα 5:44 κατασκευαστικές λεπτομέρειες</i>	92
<i>εικόνα 5:45 λεπτομέρειες υλικών</i>	92
<i>εικόνα 5:46 λεπτομέρειες υλικών</i>	92
<i>εικόνα 5:47 λεπτομέρειες υλικών</i>	93
<i>εικόνα 5:48 λεπτομέρειες υλικών</i>	93
<i>εικόνα 5:49 βοηθητικά υλικά</i>	93
<i>εικόνα 5:50 χαρακτηριστικά στρωμάτων αέρα</i>	93
<i>εικόνα 5:51 λεπτομέρειες διάφανων υλικών</i>	94
<i>εικόνα 5:52 κατασκευαστικές λεπτομέρειες</i>	94
<i>εικόνα 5:53 κατασκευαστική στρωματοποίηση υλικών</i>	95
<i>εικόνα 5:54 κατασκευαστική στρωματοποίηση υλικών</i>	95
<i>εικόνα 5:55 κατασκευαστική στρωματοποίηση υλικών</i>	95
<i>εικόνα 6:1 Θερμοκρασιακές ετήσιες μεταβολές για τον κυρίως χώρο, χωρίς την ύπαρξη του τοίχου μάζας</i>	96
<i>εικόνα 6:2 εβδομαδιαία διακύμανση για την εμφάνιση της πιο κρύας ημέρας στο εσωτερικό του κυρίως χώρου χωρίς την ύπαρξη του τοίχου μάζας</i>	97

<i>εικόνα 6:3 εβδομαδιαία διακύμανση για την εμφάνιση της πιο κρύας ημέρας στο περιβάλλον</i>	97
<i>εικόνα 6:4 εβδομαδιαία διακύμανση για την εμφάνιση της πιο θερμής ημέρας</i>	98
<i>εικόνα 6:5 χρώματα και βελτίωση απόδοσης</i>	99
<i>εικόνα 6:6 κατασκευαστικά τοίχου μάζας</i>	99
<i>εικόνα 6:7 κατασκευαστικά τοίχου μάζας</i>	99
<i>εικόνα 6:8 κατασκευαστικά τοίχου μάζας</i>	100
<i>εικόνα 6:9 εξωτερική ετήσια θερμοκρασία</i>	100
<i>εικόνα 6:10 Θερμοκρασία στη ζώνη του τοίχου μάζας</i>	101
<i>εικόνα 6:11 Ετήσια θερμοκρασία στον κυρίως χώρο</i>	102
<i>εικόνα 6:12 Η πιο ζεστή μέρα του χρόνου και η διακύμανση εκείνης της εβδομάδας για τον εσωτερικό χώρο</i>	103
<i>εικόνα 6:13 Πιο ζεστή μέρα</i>	104
<i>εικόνα 6:14 Μεταβολή της εξωτερικής θερμοκρασίας για την πιο ζεστή μέρα.</i>	105
<i>εικόνα 6:15 Η προηγούμενη</i>	106
<i>εικόνα 6:16 Επόμενη μέρα</i>	107
<i>εικόνα 6:17 Εβδομαδιαία θερμοκρασιακή μεταβολή για την εβδομάδα με την πιο κρύα ημέρα</i>	108
<i>εικόνα 6:18 Ημερήσια διακύμανση στην εμφάνιση της πιο κρύας ημέρας στο εσωτερικό</i>	109
<i>εικόνα 6:19 Η εξωτερική θερμοκρασία κατά την πιο κρύα ημέρα στον εσωτερικό κυρίως χώρο</i>	110
<i>εικόνα 6:20 Προηγούμενη μέρα από την πιο κρύα για τον εσωτερικό κυρίως χώρο</i>	111
<i>εικόνα 6:21 Η επόμενη ημέρα από την πιο κρύα για τον εσωτερικό κυρίως χώρο</i>	112
<i>εικόνα 6:22 Η εξωτερική θερμοκρασία για την προηγούμενη ημέρα από την εμφάνιση της χαμηλότερης στον κυρίως χώρο</i>	113
<i>εικόνα 6:23 Ετήσια θερμοκρασιακή διακύμανση για τη ζώνη του τοίχου μάζας</i>	114
<i>εικόνα 6:24 Ετήσια θερμοκρασιακή διακύμανση για τον κυρίως χώρο</i>	115
<i>εικόνα 6:25 Θερμοκρασία του εσωτερικού για κυρίως χώρου για την εβδομάδα με την πιο ζεστή ημέρα</i>	116
<i>εικόνα 6:26 Η ημέρα με την εμφάνιση της υψηλότερης θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κυρίως χώρου</i>	117
<i>εικόνα 6:27 Η προηγούμενη ημέρα για τον εσωτερικό κυρίως χώρο</i>	118
<i>εικόνα 6:28 Η επόμενη ημέρα για τον εσωτερικό κυρίως χώρο</i>	119
<i>εικόνα 6:29 Εβδομάδα με την εμφάνιση της πιο χαμηλής θερμοκρασίας στο εσωτερικό</i>	120
<i>εικόνα 6:30 Ημέρα με την παρουσίαση της χαμηλότερης θερμοκρασίας</i>	121
<i>εικόνα 6:31 Ετήσια θερμοκρασιακή μεταβολή για τη ζώνη του τοίχου μάζας</i>	122
<i>εικόνα 6:32 Ετήσια θερμοκρασιακή μεταβολή για τον κυρίως χώρο</i>	123
<i>εικόνα 6:33 Εβδομαδιαία θερμοκρασιακή διακύμανση για την εμφάνιση της πιο θερμής ημέρας</i>	124
<i>εικόνα 6:34 Ημερήσια διακύμανση για την εμφάνιση της πιο υψηλής θερμοκρασίας</i>	125
<i>εικόνα 6:35 Εβδομαδιαία διακύμανση θερμοκρασίας για τον κυρίως χώρο με τη χαμηλότερη θερμοκρασία του χρόνου</i>	126
<i>εικόνα 6:36 Ημερήσια διακίνηση για τον κυρίως χώρο την ημέρα που εμφανίζει την ελάχιστη θερμοκρασία</i>	127
<i>εικόνα 6:37 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες με μόνωση</i>	128
<i>εικόνα 6:38 Ετήσια θερμοκρασιακή μεταβολή για τη ζώνη του τοίχου μάζας</i>	128
<i>εικόνα 6:39 Ετήσια θερμοκρασιακή διακύμανση για τον κυρίως χώρο</i>	129
<i>εικόνα 6:40 Εβδομαδιαία διακύμανση για την εμφάνιση της μέγιστης θερμοκρασίας</i>	130

εικόνα 6:41 Ημερήσια διακύμανση για την εμφάνιση της υψηλότερης θερμοκρασίας	131
εικόνα 6:42 Εβδομαδιαία διακύμανση για την εμφάνιση της πιο χαμηλής θερμοκρασίας στον κυρίως χώρο	132
εικόνα 6:43 Ημερήσια διακύμανση της για την εμφάνιση της πιο χαμηλής θερμοκρασίας στον κυρίως χώρο	133
εικόνα 6:44 Ετήσια διακύμανση για τη ζώνη του τοίχου μάζας	135
εικόνα 6:45 Ετήσια διακύμανση για τον κυρίως χώρο	136
Εικόνα 6:46 Εβδομαδιαία διακύμανση για εμφάνιση ημέρας μεγαλύτερης θερμοκρασίας	137
Εικόνα 6:47 Ημέρα με μέγιστη θερμοκρασία	138
εικόνα 6:48 Προηγούμενη ημέρα από την εμφάνιση της μέγιστης θερμοκρασίας	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 6:49 Επόμενη ημέρα από εμφάνιση μέγιστης θερμοκρασίας	139
εικόνα 6:50 εβδομάδα με εμφάνιση ελάχιστης θερμοκρασίας	140
Εικόνα 6:51 ημέρα με τη χαμηλότερη θερμοκρασία	141
εικόνα 6:52 προηγούμενη ημέρα χαμηλότερης θερμοκρασίας	142
εικόνα 6:53 επόμενη ημέρας με τη χαμηλότερη θερμοκρασία	143
εικόνα 6:54 Χώρος τοίχου μάζας με ετήσια διακύμανση θερμοκρασίας	145
εικόνα 6:55 Θερμοκρασιακή διακύμανση για τον κυρίως χώρο	146
εικόνα 6:56 εβδομαδιαία θερμοκρασιακή μεταβολή για την εμφάνιση της πιο ζεστής ημέρας	147
εικόνα 6:57 θερμοκρασιακή μεταβολή για την προηγούμενη ημέρα	148
εικόνα 6:58 θερμοκρασιακή μεταβολή για την επόμενη ημέρα	148
εικόνα 6:59 θερμοκρασιακή μεταβολή για την πιο ζεστή ημέρα	149
εικόνα 6:60 Εβδομαδιαία θερμοκρασιακή μεταβολή για την εμφάνιση της πιο κρύας ημέρας	150
εικόνα 6:61 θερμοκρασιακή μεταβολή για την πιο κρύα ημέρα (στο εσωτερικό του βασικού χώρου)	151
εικόνα 6:62 θερμοκρασιακή μεταβολή για την προηγούμενη (χαμηλότερη εξωτερική θερμοκρασία)	152
εικόνα 6:63 θερμοκρασιακή μεταβολή για την επόμενη ημέρα	152
εικόνα 6:64 εβδομαδιαία μεταβολή για την μικρότερη θερμοκρασία στο βασικό χώρο	153
εικόνα 6:65 εμφάνιση χαμηλότερης θερμοκρασίας	154
εικόνα 6:66 προηγούμενη ημέρα εμφάνισης χαμηλότερης θερμοκρασίας βασικού χώρου	154
εικόνα 6:67 επόμενη ημέρα από την εμφάνιση της χαμηλότερης θερμοκρασίας στο βασικό χώρο	155
εικόνα 6:68 Ετήσια θερμοκρασιακή μεταβολή για την περιοχή του τοίχου μάζας	156
εικόνα 6:69 Ετήσια θερμοκρασιακή μεταβολή για τον κυρίως χώρο	157
εικόνα 6:70 εβδομαδιαία μεταβολή για την εμφάνιση της πιο θερμής ημέρας	158
εικόνα 6:71 εβδομαδιαία θερμοκρασιακή μεταβολή για τις ημέρες με τη γενική χαμηλή θερμοκρασία	159
εικόνα 6:72 εβδομαδιαία θερμοκρασιακή μεταβολή για την εμφάνιση της χαμηλότερης θερμοκρασίας στο βασικό χώρο	160
εικόνα 7:1 κατανομή ωρών με βάση τα όρια της θερμοκρασιακής άνεσης στο χώρο χωρίς τον τοίχο μάζας	161
εικόνα 7:2 κατανομή ωρών με βάση τα όρια της θερμικής άνεσης με την 1 ^η περίπτωση (6.2.1)	162
εικόνα 7:3 κατανομή ωρών με βάση τα όρια της θερμικής άνεσης στην 1 ^η περίπτωση (6.2.2)	162
εικόνα 7:4 κατανομή ωρών με βάση τα όρια της θερμικής άνεσης με την 1 ^η περίπτωση (6.2.3)	163
εικόνα 7:5 κατανομή ωρών με βάση τα όρια της θερμικής άνεσης με την παρουσία μόνωσης (6.3)	164

εικόνα 7:6 κατανομή ωρών με βάση τα όρια της θερμικής άνεσης με την απλή γυάλινη επιφάνεια(6.4)	164
Εικόνα 7:7 κατανομή ωρών με βάση τα όρια της θερμικής άνεσης με τοίχο νερού	165
εικόνα 7:8 κατανομή ωρών με βάση τα όρια της θερμικής άνεσης με τοίχο νερού με απλό τζάμι	166
εικόνα 7:9 διάγραμμα συγκριτικής παρουσίασης θερμοκρασίας κυρίως χώρου στις 16-02 για 1)χωρίς τοίχο μάζας, 2) νερού και 3) νερού με απλό τζάμι	167
εικόνα 7:10 διάγραμμα συγκριτικής παρουσίασης θερμοκρασίας κυρίως χώρου στις 06-08 για 1)χωρίς τοίχο μάζας, 2) νερού και 3) νερού με απλό τζάμι	167
εικόνα 7:11 διάγραμμα συγκριτικής παρουσίασης θερμοκρασίας κυρίως χώρου στις 27-12 για 1)25 και απορροφητική, 2) χωρίς απορροφητική και 3) με μόνωση	168
εικόνα 7:12 διάγραμμα συγκριτικής παρουσίασης θερμοκρασίας κυρίως χώρου στις 06-08 για 1)25 και απορροφητική, 2) χωρίς απορροφητική και 3) με μόνωση	169
εικόνα 7:13 διάγραμμα συγκριτικής παρουσίασης θερμοκρασίας κυρίως χώρου στις 27-12 για 1) 30 και απορροφητική, 2) με απλή γυάλινη επιφάνεια	170
εικόνα 7:14 διάγραμμα συγκριτικής παρουσίασης θερμοκρασίας κυρίως χώρου στις 06-08 για 1) 30 και απορροφητική, 2) με απλή γυάλινη επιφάνεια	171
εικόνα 7:15 Διάγραμμα εξωτερικής θερμοκρασίας Φεβρουαρίου-Δεκεμβρίου	172
εικόνα 7:16 Διάγραμμα για συγκριτική παρουσίαση της θερμοκρασίας του εσωτερικού κυρίως χώρου για τις δύο καίριες ημερομηνίες.	173
εικόνα 7:17 Διάγραμμα για συγκριτική παρουσίαση για τις δύο καίριες ημέρες χαμηλής θερμοκρασίας	174
εικόνα 7:18 Διάγραμμα για συγκριτική παρουσίαση για τις δύο καίριες ημέρες χαμηλής θερμοκρασίας	174
εικόνα 7:19 ραβδόγραμμα για ακρότατα θερμοκρασίας 1)χωρίς τοίχο μάζας, 2) νερού και 3) νερού με απλό τζάμι	175
εικόνα 7:20 ραβδόγραμμα για ακρότατα θερμοκρασίας για 25 και απορροφητική, 2) χωρίς απορροφητική και 3) με μόνωση	176
εικόνα 7:21 ραβδόγραμμα για ακρότατα θερμοκρασίας για 1) 30 και απορροφητική, 2) με απλή γυάλινη επιφάνεια	176

Βιβλιογραφία

1. **Serras, Marta.** *150 ιδέες για υπέροχα οικολογικά σπίτια.* s.l. : Γνώση, 2010.
2. *Pioneer Award for 1970s Zero-Energy House in Denmark.* Frankfurt : Passive House Institute, 2013.
3. List of pioneering solar buildings. *wikipedia.* [Ηλεκτρονικό]
http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_pioneering_solar_buildings.
4. **HEIDUK, Ernst.** [Ηλεκτρονικό] 2009.
http://www.nachhaltigwirtschaften.at/hdz_pdf/0812_ph-summer school_01_02_from_low_energy_to_passive_houses.pdf.
5. **Akash, Ban-Huat Ng Zainal Abidin.** *Energy-Efficient Buildings: An In-Depth Look into .* Malaysia : 2Faculty of Civil and Environmental Engineering, Universiti Tun Hussein Onn, 2013.
6. **Wong, Derek.** Green Buildings Bring Vertical Forests to the City. *sustainable cities collective.* [Ηλεκτρονικό] 15 04 2014.
<http://sustainablecitiescollective.com/derekwong/239131/green-buildings-bring-vertical-forests-city>.
7. **Lomholt, Isabelle.** Bahrain World Trade Center – Manama, BWTC. *e-architect.* [Ηλεκτρονικό] 18 11 2009. <http://www.e-architect.co.uk/bahrain/bahrain-world-trade-centre>.
8. **Neslen, Arthur.** Ukraine crisis fires efficiency up the EU's energy agenda. *euractiv.com.* [Ηλεκτρονικό] 15 05 2014. <http://www.euractiv.com/sections/energy/ukraine-crisis-fires-efficiency-eus-energy-agenda-302142>.
9. Bloomberg: Αύξηση 60% στις ΑΠΕ. *Πράσινο σπίτι και κτίριο.* μηνιαίο, 2014, 32.
10. Αιολική ενέργεια. *wikipedia.org.* [Ηλεκτρονικό]
http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1.
11. Χρηματοοικονομική Ανάλυση και Ενημέρωση για την Ανάπτυξη της Γεωθερμίας σε Χώρες της Ευρώπης. *energia.gr.* [Ηλεκτρονικό]
http://www.energia.gr/geofar/page.asp?p_id=55&lng=5.
12. Right to light. *en.wikipedia.org.* [Ηλεκτρονικό]
http://en.wikipedia.org/wiki/Right_to_light.
13. **Almusaed, Amjad.** *Biophilic and Bioclimatic Architecture: Analytical Therapy for the Next Generation of the Sustainable Architecture.* s.l. : Springer Science & Business Media, 2010.
14. **Πατενιώτης, Παντελής.** Σχεδόν Μηδενική Ενεργειακή κατανάλωση. *Πράσινο σπίτι και κτίριο .* μηνιαίο, 2014, 32.

15. *Solar Decathlon*. [Ηλεκτρονικό] <http://www.solardecathlon.gov/>.
16. **Stephanie Vierra, Assoc. AIA, LEED AP BD+C**. Green Building Standards and Certification Systems. *wbdg.com*. [Ηλεκτρονικό] 26 09 2011. <http://www.wbdg.org/resources/gbs.php>.
17. **Jill Fehrenbacher**. Green Building Labels 101: An Inhabitat Guide to Third Party Environmental Certifications. *inhabitat*. [Ηλεκτρονικό] 18 09 2013. <http://inhabitat.com/green-building-labels-101-an-inhabitat-guide-to-third%C2%AD-party-environmental-certifications/>.
18. Certification of Green Products. *green.wiki*. [Ηλεκτρονικό] http://green.wikia.com/wiki/Certification_of_Green_Products.
19. mckinsey. *Unlocking energy efficiency in the US economy*. [Ηλεκτρονικό] mckinsey&company, 2009. http://www.mckinsey.com/client_service/electric_power_and_natural_gas/latest_thinking/unlocking_energy_efficiency_in_the_us_economy.
20. General Principles of Thermal Insulation. *planetinsulation.co.uk*. [Ηλεκτρονικό] http://www.planetinsulation.co.uk/articles/insulation/general_principles.php.
21. Insulation - Principles and Calculations. *uwe(university of West England)*. [Ηλεκτρονικό] <http://fet.uwe.ac.uk/conweb/hi4web/Principles/section2.htm>.
22. FOURIER'S LAW. *thermopedia*. [Ηλεκτρονικό] <http://www.thermopedia.com/content/781/>.
23. R-value (insulation). *en.wikipedia.org*. [Ηλεκτρονικό] [http://en.wikipedia.org/wiki/R-value_\(insulation\)](http://en.wikipedia.org/wiki/R-value_(insulation)).
24. Insulation Materials. *energy.gov*. [Ηλεκτρονικό] <http://energy.gov/energysaver/articles/insulation-materials>.
25. Insulation (list of insulation material). *en.wikipedia*. [Ηλεκτρονικό] Insulation Materials.
26. **Bjørn Petter Jelle , Arild Gustavsen and Ruben Baetens**. Innovative High Performance Thermal . *nibs*. [Ηλεκτρονικό] http://c.ycmdn.com/sites/www.nibs.org/resource/resmgr/BEST/best3_jelle.2.2.pdf.
27. world floor covering association. *wfca*. [Ηλεκτρονικό] <http://www.wfca.org/Pages/Area-Rugs-review.aspx>.
28. [Ηλεκτρονικό] go green flooring. <http://www.gogreenflooring.com/>.
29. *green building supply*. [Ηλεκτρονικό] <http://www.greenbuildingsupply.com/All-Products/Flooring>.
30. *Trombe walls: A review of opportunities and challenges in research*. **Omidreza Saadatian K. Sopian, C.H. Lim, Nilofar Asim, M.Y. Sulaiman**. s.l. : Elsevier Ltd, 2012.

31. EnergyPlus Energy Simulation Software. [Ηλεκτρονικό] U.S Department of energy.
http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/?utm_source=EnergyPlus&utm_medium=redirect&utm_campaign=EnergyPlus%2Bredirect%2B1.
32. ENERGYPLUS TRAINING ONLINE RESOURCES. [Ηλεκτρονικό] GARD Analytics.
<http://www.gard.com/services/energyplus-support-and-training/energyplus-training-online-resources/>.
33. Creating Geometry with the OpenStudio SketchUp Plug-in - Part 1. [Ηλεκτρονικό] NRELOpenStudio. <https://www.youtube.com/watch?v=VZUMTITFzFk>.
34. Adding Zone Loads and Ideal Loads Air Systems with the OpenStudio SketchUp Plug-in. [Ηλεκτρονικό] NRELOpenStudio. <https://www.youtube.com/watch?v=r8Erigyjag>.
35. [Ηλεκτρονικό] Kenaf Eco Fibers Italy S.p.A.
36. [Ηλεκτρονικό] Thermafleece.
37. *Sheep wool insulation*. [Ηλεκτρονικό] <http://www.sheepwoolinsulation.ie/products/>.
38. [Ηλεκτρονικό] Black mountain insulation .
<http://www.blackmountaininsulation.com/index.php/products/sheeps-wool-insulation-products>.
39. *knauf insulation*. [Ηλεκτρονικό] Knauf . <http://www.knaufinsulation.us/content/building-insulation>.
40. [Ηλεκτρονικό] Knauf.
http://www.specjm.com/files/pdf/JMRET130022_CT_BioBinder_DS_R9.pdf.
41. Tradical Hempecrete. [Ηλεκτρονικό] <http://www.limetechnology.co.uk/hemcrete.htm>.
42. biofib-insulation. [Ηλεκτρονικό] biofib. , <http://www.biofib-isolation.com/gammes.php>.
43. insulPro. [Ηλεκτρονικό] InsulPro.
http://www.insulpro.co.nz/Our_Products/Wall%20Insulation/#.UkxHw9LcAVA.
44. [Ηλεκτρονικό] pavatherm.
45. warmcell100. [Ηλεκτρονικό]
46. innoTherm Insulation. *inno-therm*. [Ηλεκτρονικό] La Relais. <http://www.inno-therm.com/>.
47. [Ηλεκτρονικό] isotherm.
48. biofiber. [Ηλεκτρονικό]
49. *mushroom insulation*. [Ηλεκτρονικό] ecovative.
50. [Ηλεκτρονικό] neptutherm.

51. [Ηλεκτρονικό]

http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1.

52. [Ηλεκτρονικό] <http://www.autoenergy.gr/el/mapsphotos.html>.

53. EPA U.S Environmental Protection Agency. *EPA website*. [Ηλεκτρονικό]

<http://epa.gov/climatechange/climate-change-waste/life-cycle-diagram.html>.

54. [Ηλεκτρονικό]

http://www.zonbak.com/knowledge/passive%20solar%20design/passivesolar-web-images/barrel-cutaway_opt.jpeg.

55. [Ηλεκτρονικό]

<http://www.google.gr/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fcdn.instructables.com%2FFLB%2F3YWX%2FADLEYF7I3IE%2FFLB3YWXADLEYF7I3IE.LARGE.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.instructables.com%2Fid%2FSolar-Heater%2F&h=768&w=1024&tbnid=yRHtp-MZTp6IMM%3A&zoom=1&docid=CbCQomj-T>.

56. **Lea, Keya**. green passive solar magazine. [Ηλεκτρονικό] 29 09 2011.

<http://greenpassivesolar.com/2011/09/modernized-solar-homestead/>.