

# Ο Ρόλος των Υλικών και του Προσανατολισμού στην Θερμική Συμπεριφορά Κτιρίου

Αμανατίδης Γιώργος<sup>1</sup>, Θεοδούλου Λάζαρος<sup>2</sup>, Θεοδούλου Χριστόφορος<sup>3</sup>

1<sup>ο</sup> Πρότυπο Πειραματικό Γενικό Λύκειο Θεσ/νίκης «Μανόλης Ανδρόνικος»  
<sup>1</sup>georg1821@gmail.com, <sup>2</sup>superpaokaki@yahoo.gr, <sup>3</sup>christoforstheodoulou@gmail.com

Επιβλ. Καθ/τες: Δρ. Κλαίρη Αχιλλέως<sup>1</sup>, Δρ. Σταύρος Παπαδόπουλος<sup>2</sup>,  
Νικόλαος Δίντσιος, MSc<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Φυσικοί, 1<sup>ο</sup> Πρότυπο Πειραματικό Λύκειο Θεσ/νίκης «Μανόλης Ανδρόνικος»

<sup>1</sup>cachilleosa@gmail.com, <sup>2</sup>stpadado@sch.gr

<sup>3</sup> Φυσικός/Ραδιοηλεκτρολόγος, Γυμνάσιο Βαθυλάκου

<sup>3</sup>nikos.dintsios@gmail.com

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ανάμεσα σε δύο σώματα με διαφορετικές θερμοκρασίες, προκαλείται μία συνεχής ροή θερμότητας από το θερμότερο προς το ψυχρότερο, κάτι που συμβαίνει το χειμώνα από το εσωτερικό ενός κτιρίου προς τον εξωτερικό κρύο αέρα, αλλά και το καλοκαίρι, από τον εξωτερικό θερμό αέρα προς το δροσερότερο εσωτερικό του κτιρίου.

Η ροή θερμότητας είναι αδύνατο να εμποδιστεί τελείως και μπορεί μόνο να περιοριστεί. Αυτό γίνεται κατορθωτό με την θερμομόνωση του κτιρίου η οποία επιβραδύνει την ταχύτητα ανταλλαγής θερμότητας μέσα από τις επιφάνειες (τοίχους, στέγες, πατώματα, κουφώματα) που χωρίζουν περιοχές ή χώρους διαφορετικής θερμοκρασίας.

Για να μελετήσουμε κάποια υλικά ως προς την θερμική μόνωση που παρέχουν, αποφασίσαμε να μετρήσουμε θερμοκρασίες στο εσωτερικό τους σε σχέση με την θερμοκρασία του χώρου. Χρησιμοποιήσαμε φελιζόλ (λευκό), πολυστερίνη (μπλε) και πλιθιά. Τα πλιθιά είναι από τα πιο παλιά δομικά υλικά. Γίνονται από αργιλώδες χώμα, έχουν σχήμα παραλληλεπίπεδο και κτίζονται όπως τα τούβλα.

Ο προσανατολισμός των ανοιγμάτων ενός κτιρίου είναι κεφαλαιώδους σημασίας στην ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου. Μελετήσαμε λοιπόν τον ρόλο του προσανατολισμού, αλλά και των διαστάσεων των ανοιγμάτων σε μία απλή μακέτα κτιρίου που κατασκευάσαμε.

Η πολυστερίνη αποδείχτηκε πιο θερμομονωτική από το φελιζόλ (κοστίζει όμως και πιο πολύ), ενώ εντυπωσιακή ήταν η συμπεριφορά των πλιθιών. Κάτι ήξεραν οι ...παλαιότεροι!

**ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ** : θερμομόνωση, πολυστερίνη, πλιθιά, προσανατολισμός

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι θερμικές απώλειες προκαλούνται σε ένα κτίριο από τη μετάδοση της θερμότητας του αέρα ενός εσωτερικού χώρου προς την ατμόσφαιρα ή προς ψυχρότερους γειτονικούς χώρους ή και αντίστροφα.

Γνωρίζουμε ότι υπάρχει πάντα ροή θερμότητας από ένα θερμότερο σώμα προς ένα ψυχρότερο. Το ίδιο συμβαίνει και με τα κτίρια και το περιβάλλον. Έχουμε πάντα ροή

θερμότητας είτε από το κτίριο προς τα έξω (χειμώνας) είτε από έξω προς το κτίριο (καλοκαίρι).

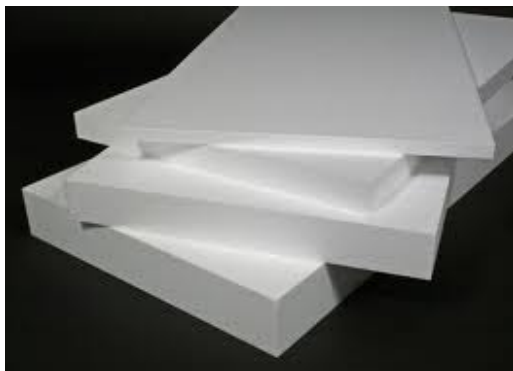
Η ροή θερμότητας είναι αδύνατο να εμποδιστεί τελείως, μπορεί όμως να περιοριστεί και να επιβραδυνθεί. Αυτό γίνεται κατορθωτό με την θερμομόνωση του κτιρίου. Για τη θερμομόνωση χρησιμοποιούνται διάφορα υλικά που τοποθετούνται στους τοίχους.

Στην εργασία αυτή θελήσαμε να μελετήσουμε κάποια δομικά υλικά ως προς την θερμική μόνωση που παρέχουν. Χρησιμοποιήσαμε φελιζόλ λευκό, πολυστερίνη μπλε και πλιθιά. Προς τον σκοπό αυτό αποφασίσαμε να συσχετίσουμε την θερμοκρασία χώρου με θερμοκρασίες που μετρήθηκαν αρχικά στο εσωτερικό των υλικών αυτών και μετέπειτα στο εσωτερικό «σπιτιών» από τα υλικά αυτά. Μελετήσαμε επίσης και την επίδραση του πάχους στην μεταβολή της θερμοκρασίας.

## **ΤΑ ΔΟΜΙΚΑ ΜΑΣ ΥΛΙΚΑ**

### **Το φελιζόλ (λευκό)**

Η επιστημονική ονομασία του γνωστού σε όλους μας φελιζόλ είναι διογκωμένη πολυστερίνη (EPS, Expanded PolyStyrene). Πρόκειται για ένα ελαφρύ άσπρο υλικό φτιαγμένο από πλαστικούς κόκκους (κυψελίδες) πολυστυρολίου. Όταν αυτοί οι κόκκοι διογκωθούν γίνονται σφαιρίδια τα οποία κολλούν μεταξύ τους με υψηλή πίεση ατμού και έτσι δημιουργούνται οι κλασσικές πλάκες φελιζόλ, οι οποίες βγαίνουν σε διάφορα μεγέθη.



**Σχήμα 1:** Φύλλα διογκωμένης πολυστερίνης (φελιζόλ)

Το φελιζόλ έχει μονωτικές ιδιότητες, υψηλές μηχανικές αντοχές, αντοχή στο χρόνο, αλλά και αντισεισμικές ιδιότητες. Η πρώτη όμως και σημαντικότερη χρήση του φελιζόλ είναι για θερμομόνωση.

Χρησιμοποιούνται επίσης φύλλα φελιζόλ για την συσκευασία προϊόντων, μιας και το φελιζόλ τα προστατεύει και τα διατηρεί αναλλοίωτα, αλλά και μπαλάκια φελιζόλ σαν υλικό γέμισης, για πουφ, πολυθρόνες, καρέκλες και άλλα χειροποίητα αντικείμενα.

### **Η εξηλασμένη πολυστερίνη (μπλε)**

Και το υλικό αυτό προέρχεται από το πετρέλαιο. Η διαφορά του με το φελιζόλ βρίσκεται στην παραγωγική τους διαδικασία. Έτσι έχει διαφορετικό χρώμα (συνήθως μπλε ή πράσινο) και ιδιότητες.

Η εξηλασμένη λοιπόν πολυστερίνη (XPS, Extruded Polystyrene), έχει κλειστή κυψελωτή δομή, και παράγεται με τη διαδικασία της εξήλασης, όπου γίνεται πολυμερισμός της θερμοπλαστικής πολυστερίνης, με προωθητικό αέριο τον υδροχλωροφθοράνθρακα.



**Σχήμα 2 :** Εξηλασμένη πολυστερίνη (μπλε)

Και η εξηλασμένη πολυστερίνη έχει θερμομονωτικές ιδιότητες, πλεονεκτεί στο θέμα της υδατοαπορρόφησης, καθώς παρουσιάζει σχεδόν μηδενική απορρόφηση υδάτων, σε αντίθεση με την κοινή διογκωμένη πολυστερίνη. Επίσης έχει καλύτερη αντοχή στην συμπίεση.

### **Τα πλιθιά (πλίνθος, ωμόπλινθος)**

Τα πλιθιά είναι από τα πιο παλιά δομικά υλικά. Γίνονται από αργιλώδες χώμα που έχει υγρανθεί με νερό, προσθέτοντας μερικές φορές κομμένο άχυρο, ή άλλες ίνες που προστίθενται για ενίσχυση και που στη συνέχεια αφήνεται να στεγνώσει στο επιθυμητό σχήμα. Συνήθως τα πλιθιά έχουν σχήμα παραλληλεπίπεδο και κτίζονται όπως τα τούβλα



**Σχήμα 3 :** Δομικά στοιχεία από πλίνθο

Η δόμηση με πλιθιά είναι πανάρχαια και απαντάται σε όλα τα μέρη του κόσμου. Είναι ο πιο απλός τρόπος δόμησης, με το χαμηλότερο κόστος, όταν και όπου τα εργατικά χέρια είναι άφθονα και φτηνά.

### **ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΡΩΤΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ**

Για να μελετήσουμε τα παραπάνω υλικά ως προς την θερμική μόνωση που παρέχουν, αποφασίσαμε να μετρήσουμε θερμοκρασίες στο εσωτερικό κυλινδρικών καλουπιών που κατασκευάσαμε.



**Σχήμα 4 :** Κατασκευή κυλίνδρων από πολυστερίνη

Όσον αφορά την πολυστερίνη, κόψαμε τα υλικά σε μικρούς κυλίνδρους τους οποίους τοποθετήσαμε τον ένα πάνω στον άλλο για να φτιάξουμε το δοκίμιο. Ανοίξαμε μία τρύπα στο εσωτερικό (με έναν κλασσικό δοκιμαστικό σωλήνα) για την εισαγωγή των θερμομέτρων.



**Σχήμα 5 :** Κατασκευή πλιθινού κυλινδρικού στοιχείου

Όσον αφορά την πλίνθο, αναμείξαμε αργιλώδες χώμα με νερό και λίγα άχυρα σε πλαστικό δοχείο και γεμίσαμε μέχρι ένα ύψος μία πλαστική φιάλη νερού του 1,5 λίτρου. Τοποθετήσαμε έναν λαδωμένο δοκιμαστικό σωλήνα στο κέντρο του πλαστικού καλουπιού και αφήσαμε το υλικό μας να στεγνώσει. Προς τον σκοπό αυτό ανοίξαμε τρύπες στα τοιχώματα της φιάλης.

### **ΟΙ ΠΡΩΤΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ**

Για την συλλογή των θερμοκρασιών χρησιμοποιήσαμε μικρά ηλεκτρονικά θερμομέτρα συνδεδεμένα με καλώδια σε ειδική ηλεκτρονική διάταξη συλλογής δεδομένων συνδεδεμένης με την σειρά της σε φορητό υπολογιστή.



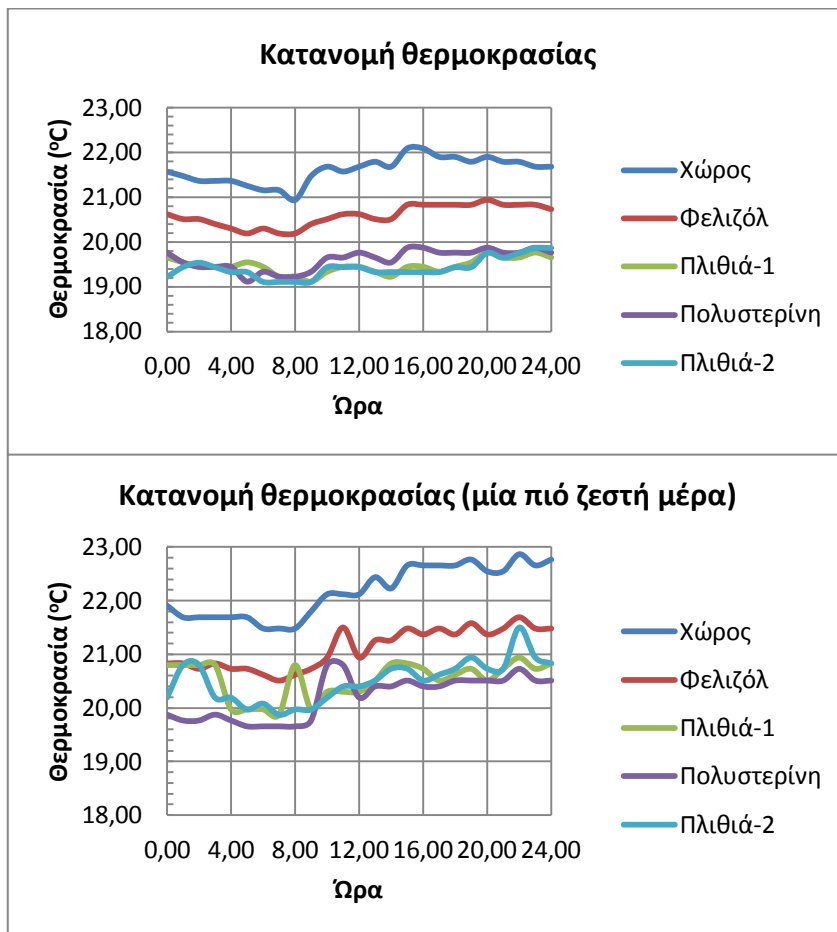
**Σχήμα 6 :** Τοποθέτηση θερμομέτρων

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν επί σειρά ημερών στο εργαστήριο φυσικών επιστημών, μετρώντας βέβαια ταυτόχρονα και την θερμοκρασία του χώρου. Η καταγραφή των μετρούμενων τιμών γινόταν αυτόματα μέσω διαδικτύου (Dropbox) σε αρχείο τιμών που μπορεί να διαβαστεί από το Excel.



**Σχήμα 7 :** Οι μετρήσεις αρχίζουν...

## ΤΑ ΠΡΩΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



Σχήμα 8 : Κατανομή θερμοκρασίας δύο διαφορετικές ημέρες

Τα πρώτα συμπεράσματα στα οποία καταλήξαμε είναι ότι η εξηλασμένη πολυστερίνη (μπλε) εμφανίστηκε πιο θερμομονωτική (κοστίζει όμως και πιο πολύ), ενώ τα πλιθιά συμπεριφέρονται πολύ καλά! Σκεφτήκαμε ότι κάτι ήξεραν οι παλαιότεροι..!

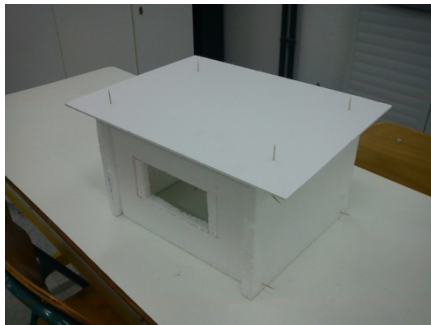
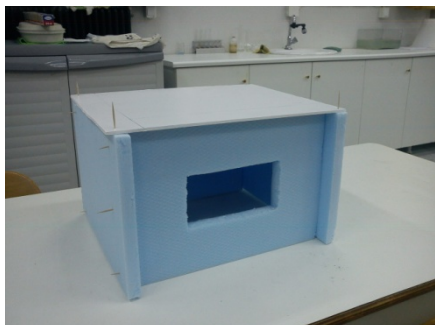
### ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΠΛΩΝ ΜΑΚΕΤΩΝ ΜΕ ΤΑ ΔΟΜΙΚΑ ΜΑΣ ΥΛΙΚΑ

Σαν συνέχεια των προηγούμενων πειραματισμών μας, θελήσαμε να μετρήσουμε θερμοκρασίες σε μακέτες «σπιτιών», φτιαγμένες από τα τρία θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιήσαμε αρχικά.

Σκεφτήκαμε να χρησιμοποιήσουμε σαν καλούπια για την πλίνθο κουτιά φωτοτυπικού χαρτιού. Έτσι οι διαστάσεις ήταν λίγο πολύ δεδομένες και για τα υπόλοιπα δύο υλικά. Για να κάνουμε λίγο πιο ενδιαφέρουσες τις μετρήσεις, καθορίσαμε τρία διαφορετικά πάχη «τοιχοποιίας». Η επιλογή του πάχους καθορίστηκε από το γεγονός ότι

η πλίνθος είναι βαριά, ενώ για τα υπόλοιπα υλικά είχαμε ένα πρόβλημα στην προμήθεια φύλλων επιθυμητής διάστασης.

Επιλέξαμε τελικά πάχη των 2, 4 και 6 εκατοστών για την πολυστερίνη, ενώ κατασκευάσαμε καλούπια των 2 και 4 εκατοστών για την πλίνθο.



**Σχήμα 9 :** Τα σπίτια πολυστερίνης είναι έτοιμα (πάχος 2cm)



**Σχήμα 10 :** Η διαδικασία κατασκευής των καλούπιών για τους πλίνθινους τοίχους

Η πλίνθος χρειάστηκε μέρες για να στεγνώσει στα καλούπια, ενώ χρειάστηκε επιπλέον χρόνος αφού «συναρμολογήθηκε» το «σπίτι». Τα μοντέλα από πολυστερίνη

κατασκευάστηκαν σχετικά εύκολα και «συναρμολογήθηκαν» με οδοντογλυφίδες. Σαν στέγη για όλες τις κατασκευές μας χρησιμοποιήσαμε μακετόχαρτο.



**Σχήμα 11 :** Στάδια κατασκευής του πλίθινου σπιτιού

### **Ο ΝΕΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**

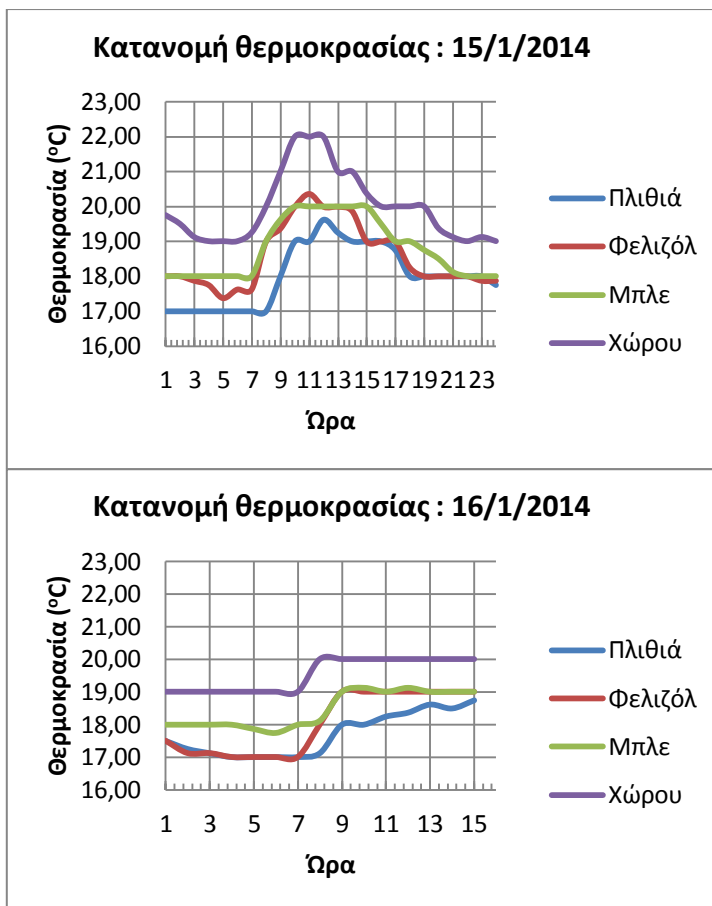
Και αυτήν την φορά χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια θερμόμετρα και η ίδια διάταξη συλλογής τιμών. Τα αποτελέσματα κατέγραφε φορητός υπολογιστής επί τόπου.



**Σχήμα 9 :** Η διάταξη μέτρησης θερμοκρασιών των σπιτιών



Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται οι μετρήσεις θερμοκρασιών επί δύο συνεχόμενες μέρες. Το πάχος τοιχοποιίας ήταν 2 cm.



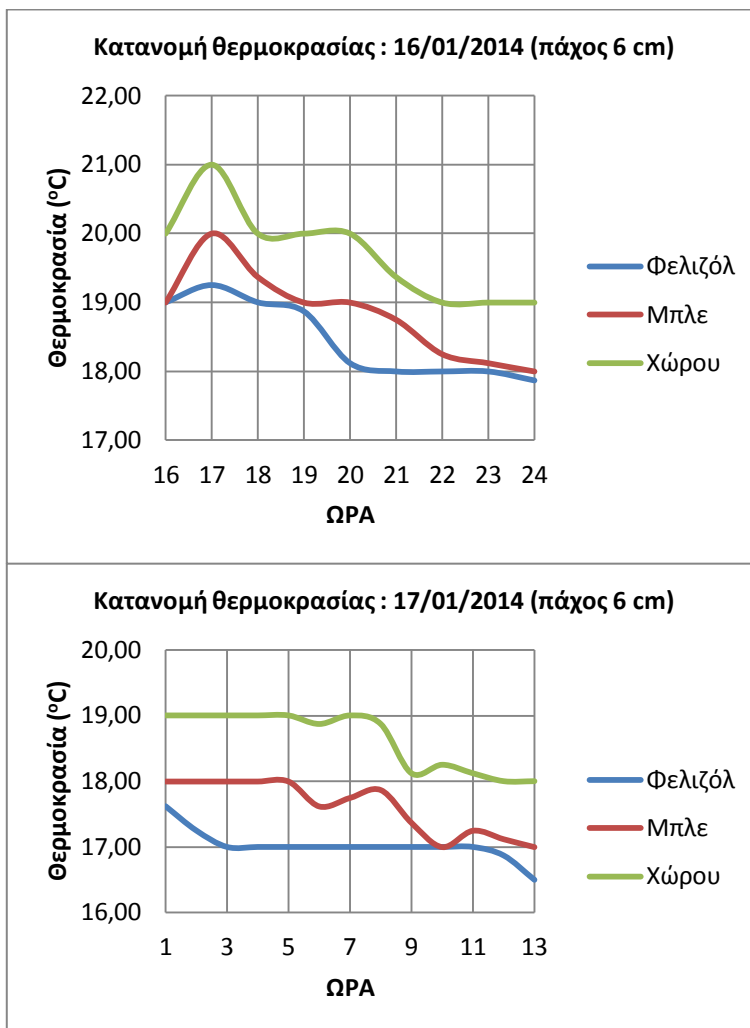
**Σχήμα 10 :** Κατανομή θερμοκρασιών στα 3 "σπίτια"

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε αίθουσα του υπογείου του κτιρίου μας. Την πρώτη μέρα η θερμοκρασία χώρου ήταν υψηλή, ενώ την δεύτερη μέρα ανοίξαμε τα παράθυρα της αίθουσας και η θερμοκρασία έπεσε εμφανώς. Από τις 7 έως τις 11 π. μ. της 15/1/2014, οπότε και άνοιξε το καλοριφέρ, η θερμοκρασία χώρου ανέβηκε 3 βαθμούς. Το σπίτι από φελιζόλ ακολούθησε με αύξηση κατά 3 βαθμούς, ενώ στο σπίτι από μπλε πολυστερίνη είχαμε αύξηση κατά 2 βαθμούς. Την ίδια αύξηση κατά 2 βαθμούς παρατηρούμε και στο πλίνθινο σπίτι. Από τις 11 έως τις 3 μ. μ. μόνο το σπίτι από μπλε πολυστερίνη φαίνεται να κρατά σταθερή θερμοκρασία, ενώ η θερμοκρασία χώρου κατεβαίνει.

Στα επόμενα διαγράμματα παρουσιάζονται ανάλογες μετρήσεις με δύο σπίτια πολυστερίνης (άσπρο φελιζόλ και μπλε) πάχους τοιχοποιίας 6 cm. Για την κατασκευή αυτών των τοίχων χρησιμοποιήσαμε 3 φύλλα των 2 cm. Στο φελιζόλ δεν είχαμε καλή

εφαρμογή των φύλλων αυτών, άρα η ύπαρξη λεπτού στρώματος αέρα αύξησε την θερμομονωτική ικανότητα του υλικού. Το απόγευμα της 16/01/2014 από τις 4 έως τις 7 μμ. , το σπίτι από φελιζόλ κρατά σταθερή σχεδόν θερμοκρασία (παρά την αυξομείωση κατά 1 βαθμό της θερμοκρασίας χώρου (το μπλε ακολούθησε την θερμοκρασία χώρου). Από τις 7 μμ. και μετά η θερμοκρασία στο σπίτι από φελιζόλ έπεσε απότομα και στην συνέχεια σταθεροποιήθηκε. Το σπίτι από μπλε πολυστερίνη συμπεριφέρθηκε καλύτερα κρατώντας αρχικά σταθερή θερμοκρασία και μετέπειτα μειώνοντάς την σταδιακά.

Η επόμενη μέρα 17/01/2014 ήταν μια σταθερά ψυχρή μέρα. Το σπίτι από μπλε πολυστερίνη ακολούθησε την θερμοκρασία χώρου, ενώ το σπίτι από φελιζόλ παρέμεινε στους περίπου 17 °C.



**Σχήμα 11 :** Κατανομή θερμοκρασιών στα σπίτια από πολυστερίνη πάχους 6cm

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Μελετήσαμε τρία υλικά ως προς την θερμική μόνωση που παρέχουν, μετρώντας θερμοκρασίες στο εσωτερικό τους σε σχέση με την θερμοκρασία του χώρου. Χρησιμοποιήσαμε φελιζόλ (λευκό), πολυστερίνη (μπλε) και πλιθιά. Η μπλε πολυστερίνη παρουσιάζει καλύτερη μονωτική συμπεριφορά, ενώ η πλιθιά συμπεριφέρθηκε σαν υλικό με αρκετά εντυπωσιακό τρόπο. Το πλίνθινο σπίτι δεν είχε στεγνώσει εντελώς, έτσι ασφαλέστερα αποτελέσματα θα πρέπει να παρθούν σε νέα πειραματική σειρά μετρήσεων. Γνωρίζουμε επίσης ότι ο προσανατολισμός των ανοιγμάτων ενός κτιρίου παίζει σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Δεν υπήρξε προς το παρόν χρόνος για μελέτη του προσανατολισμού του ανοίγματος των μοντέλων μας, αλλά και αυτή η παράμετρος θα μελετηθεί προσεχώς.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Ευχαριστούμε θερμά τους κ. Χ. Πολάτογλου, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής του Α.Π.Θ., κ. Στ. Φριλίγκο, Διευθυντή του σχολείου μας και κ. Γ. Μεμετζίδα, Υποδιευθυντή του σχολείου μας, για την συνεχή υποστήριξη τους κατά τη διάρκεια της εργασίας αυτής. Ευχαριστούμε επίσης τον κ. Δ. Ταρνανίδα, φοιτητή του Τμήματος Φυσικής του Α.Π.Θ., για την βοήθεια που προσέφερε κατά την κατασκευή των μοντέλων των σπιτιών.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

Υπηρεσία Ενέργειας, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού, «Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων», 2<sup>η</sup> έκδοση, Σεπ. 2010, σελ. 13-28  
Στο Διαδίκτυο [Online]. Available:  
[http://fragoulakis.gr/new/gk\\_appsprotech\\_quickstart\\_J25/xps-vs-eps](http://fragoulakis.gr/new/gk_appsprotech_quickstart_J25/xps-vs-eps)  
<http://www.anelixi.org/oikologiki-arkitektoniki/domisi-pilou/texnikes-domisis-pilou/omoplinthoi-plithia/>