

Η Σχέση των Πραγματικών και Θεωρητικών Θερμικών Απωλειών Λόγω των Θερμικών Γεφυρών στο Κτηριακό Κέλυφος και η Ενεργειακή Αναβάθμιση του.

Κάζδαγλης Μιχαήλ

Πολιτικός Μηχανικός ΑΠΘ, τομέας Επιστήμης και Τεχνολογίας των Κατασκευών, MSc “Environmental Design and Engineering”, UCL

Ζησοπούλου Αδαμαντία

Αρχιτέκτονας Μηχανικός ΑΠΘ, MSc “Environmental Design and Engineering”, UCL, “MSc Management in Construction” Kingston University

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εισήγηση πραγματεύεται την εύρεση, τη στάθμιση και την ανάλυση σε βάθος των θερμικών γεφυρών στα κτήρια. Παράλληλα εξετάζει την επιρροή των θερμογεφυρών στις θερμικές απώλειες του κτηριακού κελύφους καθώς και το ρόλο τους στην ενεργειακή αναβάθμιση των υφιστάμενων κτιρίων. Τέλος περιγράφεται η “αγορά” της ενεργειακής αναβάθμισης των κατοικιών.

1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η χρήση ενέργειας από τα κτίρια αντιπροσωπεύει το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ. (Santamouris n.d.) Το μεγαλύτερο μέρος οφείλεται στις απαιτήσεις του δομημένου περιβάλλοντος για θέρμανση και ψύξη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εκτεταμένη έκλυση διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα. Σύμφωνα με την IPCC, (IPCC 2007) οι εκπομπές CO_2 είναι ο κύριος μοχλός ανάπτυξης της κλιματικής αλλαγής και της υπερθέρμανσης του πλανήτη. (IEA 2010)

2 ΑΙΤΙΕΣ ΑΝΑΓΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ

Υπάρχει μια παγκόσμια προσπάθεια από τις λεγόμενες ανεπτυγμένες χώρες, με την ΕΕ να πρωτοστατεί, προς την κατεύθυνση της μείωσης της έκλυσης CO_2 στην ατμόσφαιρα. Πιο αναλυτικά, υπάρχει ένα σχέδιο της ΕΕ (EU / EC 2010) που προτείνει, πρώτων, τα νέα κτίρια να κατασκευάζονται βάσει νέων αυστηρότερων κριτηρίων σχεδιασμού για την ενεργειακή απόδοσή τους, και δεύτερον, τα παλιά κτίρια πρέπει να ανακαινιστούν προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η κατανάλωση ενέργειας, και ως εκ τούτου των εκπομπών CO_2 . (DECC 2009) Αυτή τη βούληση αντικατοπτρίζει στην Ελλάδα ο νέος ΚΕΝΑΚ. Πλέον τα νεόδμητα κτίρια θα πρέπει να έχουν συγκεκριμένες αυστηρές προδιαγραφές για την ενεργειακή τους απόδοση.

Για να ανακαινιστεί ένα κτίριο που δεν έχει καλή απόδοση, είναι αναγκαίο να εντοπιστεί που δαπανάται η περισσότερη ενέργεια. Το πιο συνηθισμένο είναι ότι ένα κτήριο έχει εκτεταμένες

απώλειες θερμότητας από το κέλυφός του. Οι απώλειες αυτές οφείλονται στον αερισμό, στις απώλειες διείσδυσης αέρα (*infiltration*), καθώς και σε απώλειες από τα κουφώματα και το κέλυφος του κτηρίου. Πιο συγκεκριμένα, σχετικά με τους τοίχους, οι απώλειες εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ύπαρξη ή απουσία μόνωσης. Όταν οι τοίχοι δεν είναι μονωμένοι η θερμότητα διαφεύγει από το σύνολο αυτών, ενώ όταν είναι μονωμένοι έχουμε μεγάλες απώλειες από τις θερμογέφυρες. Τα παραπάνω περιγράφονται από μία αναλογική σχέση του εμβαδού επιφανείας της θερμογέφυρας και του εμβαδού του μονωμένου τοίχου επί τον εκάστοτε αντίστοιχο συντελεστή θερμοπερατότητας. Το δύσκολο είναι ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας μιας τυχαίας θερμογέφυρας, καθώς και ο αρχικός εντοπισμός της.

Στην Ελλάδα υπάρχουν σήμερα κοντά στις τέσσερα εκατομμύρια κατοικίες. Από αυτές κάτι λιγότερο από δύο εκατομμύρια είναι χτισμένες χωρίς καμία μέριμνα για θερμικές απώλειες, ενώ οι υπόλοιπες είναι κατασκευασμένες με τον κανονισμό θερμομόνωσης κτηρίων (ΚΘΚ). Αυτές οι κατοικίες έχουν συνήθως εκτεταμένες θερμογέφυρες στο κέλυφός τους. Ταυτόχρονα τα κουφώματά τους έχουν χαμηλές προδιαγραφές ως προς την θερμική απόδοσή τους. Από τα προαναφερθέντα κτήρια τα δύο με τρία εκατομμύρια απαιτούν ενεργειακή αναβάθμιση έτσι ώστε να συμπεριφέρονται ικανοποιητικά ως προς τις σύγχρονες ενεργειακές απαιτήσεις και πρέπει να είναι σύμφωνα με τα οικονομικά, πολιτικά, γεωστρατηγικά καθώς και περιβαλλοντολογικά δεδομένα και απαιτήσεις της σύγχρονης εποχής.

Η έρευνα επικεντρώνεται στην εύρεση των θερμογεφυρών, με τον εντοπισμό τους στη δομή του κτιρίου, στη μελέτη του μηχανισμού τους, καθώς και στην ποιοτική και ποσοτική ανάλυση τους. Έτσι θα δοθεί μια εκτίμηση για το μέγεθος του προβλήματος των θερμογεφυρών, και θα εξευρεθεί πραγματική τους έκταση. Ταυτόχρονα θα ξανοιχθεί ο δρόμος για την δημιουργία μιας οικονομικότερης και στοχευμένης προσέγγισης της βελτίωσης του κελύφους του κτηρίου. Ειδικότερα εξετάζεται η τελική απόκλιση των πραγματικών από τις ονομαστικές τιμές U (θερμοπερατότητα) του κελύφους των κτιρίων. (παλαιότερα στην Ελλάδα ονομάζονταν τιμές K).

2.1 Μόνωση

Οι παρακάτω καταστάσεις 2-4, δημιουργούν το φαινόμενο των θερμικών γεφυρών οι οποίες με την σειρά τους οδηγούν σε απώλεια ενέργειας από το κέλυφος και κατά συνέπεια σε σιωπηλή ενεργειακή υποβάθμιση του κτηρίου. Σιωπηλή διότι αυτή η κατάσταση δεν δύναται να αποτυπωθεί στο Ενεργειακό Πιστοποιητικό, με τον τρόπο που αυτό εκπονείται. Ωστόσο καθιστά το κτίριο περισσότερο ενεργοβόρο και δαπανηρό.

2.1.1 Μη Ύπαρξη Μόνωσης

Πριν το 1979, και πριν την επιβολή μόνωσης στα κτήρια, στην συντριπτική πλειοψηφία των κτηρίων δεν τοποθετείτο μόνωση. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την εκτεταμένη διαρροή ενέργειας από το κέλυφος των κτηρίων, καθιστώντας τα ταυτόχρονα ιδιαίτερα ενεργοβόρα.

2.1.2 Ελλιπής Μόνωση

Σε πολλές περιπτώσεις κτηρίων, ιδιαίτερα στα πρώτα χρόνια της επιβολής του κανονισμού θερμομόνωσης, η μόνωση τοποθετείτο πλημμελώς. Ένα χαρακτηριστικό και ιδιαίτερα συνηθισμένο τέτοιο παράδειγμα είναι η τοποθέτηση μονωτικών υλικών μόνο σε τοίχους και όχι σε δομικά στοιχεία που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.

2.1.3 Αστοχία Ορθής Τοποθέτησης Μόνωσης στη Φάση της Κατασκευής

Εκτεταμένη απουσία μόνωσης στην κατασκευή ή/και λανθασμένη τοποθέτηση της. Απουσία μόνωσης στα γνωστά ως «σενάζ» των τοίχων, πλημμελής τοποθέτηση μόνωσης σε τοίχους και διάφορες άλλες περιπτώσεις λαθών και αμέλειας κατά την κατασκευή.

2.1.4 Καταστροφή Μόνωσης στη Φάση της Λειτουργίας

Η μόνωση με το πέρασμα των ετών ενδέχεται να υποστεί βλάβες. Η καταστροφή της μόνωσης προκαλείται εξαιτίας του περάσματος των ετών, και κυρίως λόγω διαφόρων εξωγενών παραγόντων όπως τρωκτικά, υγρασία, δρόσος κ.α.. Η καταστροφή της, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το είδος της μόνωσης.

2.2 Θερμογέφυρες

Θερμογέφυρες είναι τα σημεία από τα οποία διέρχεται ευκολότερα ενέργεια με τη μορφή θερμότητας, ως αποτέλεσμα των ως άνω αναγραφόμενων καταστάσεων.

Συνήθη σημεία εμφάνισης θερμογεφυρών:

- Στα μη θερμομονωμένα φέροντα στοιχεία,
- Στους Εξώστες,
- Στις συναρμογές των ανοιγμάτων,
- Στο κενό που δημιουργείται στη μόνωση της οροφής με τους πλαϊνούς τοίχους,
- Στις γωνίες των τοίχων.

Μεγάλο μειονέκτημα, ιδιαίτερα στην Ελλάδα είναι η πλημμελής εκπαίδευση του εργατικού δυναμικού, που ασχολείται με την κατασκευή κτηρίων, καθώς και η υποβάθμιση της σημασίας του φαινομένου στην ενεργειακή αρτιότητα των κτηρίων, από τους κατασκευαστές. (Theodosiou and Papadopoulos 2008)

2.3 Παλαιά Κουφώματα

- Μεταλλικά χωρίς θερμοδιακοπή
- Με μονό υαλοπίνακα
- Με διπλό υαλοπίνακα παλαιάς τεχνολογίας

(Χωρίς περιεχόμενο αργού, και χωρίς επίστρωση φίλμ.)

2.4 Αερισμός

- Από χαραμάδες στα κουφώματα/πόρτες
- Απο ρωγμές στις περιοχές συναρμογής δύο υλικών
- Από καμινάδες και άλλες οπές

(Baker 2009)

3 ΈΡΕΥΝΑ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

(Kazdaglis 2010)

Η παρακάτω έρευνα αφορά τους μηχανικούς και τους κατασκευαστές που ασχολούνται με μελέτες και κατασκευές κτηρίων, καθώς και παραγωγούς μονωτικών υλικών. Η διαδικασία που περιγράφεται μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια εκτενής ενεργειακή επιθεώρηση του κελύφους ενός κτηρίου. Είναι σημαντικό και χρήσιμο να γίνει κατανοητή η σημασία των θερμογεφυρών στο συνολικό μέγεθος των θερμικών απωλειών ενός κτηρίου. Ο μόνος τρόπος είναι η εμβάθυνση στον μηχανισμό τους, και η εκτενής ανάλυσή τους.

Η έρευνα επικεντρώνεται στην εύρεση των θερμογεφυρών με τον εντοπισμό τους στη δομή του κτιρίου, στη μελέτη του μηχανισμού τους, καθώς επίσης στην ποιοτική και ποσοτική ανάλυση τους, με στατικό και δυναμικό τρισδιάστατο πρόγραμμα θερμικής ανάλυσης – θερμικών ροών, δομικών στοιχείων. Κατόπιν, και με τα δεδομένα από το πρόγραμμα υπολογίζουμε την θερμοπερατότητα των δομικών στοιχείων και επιπλέον συγκρίνεται με την θεωρητική. Επιπλέον, εστίαση δίνεται και στην ρεαλιστικότητα του αποτελέσματος όπως επίσης και στην χρήση του.

Αρχικά, οι θερμικές γέφυρες θα εντοπιστούν και θα αναλυθούν, μέσω της θερμικής απεικόνισης, ενώ την ίδια στιγμή το ποσοστό διείσδυσης αέρα υπολογίζεται μέσω του τεστ συμπίεσης και δοκιμών μέτρησης CO_2 . Οι εσωτερικές και εξωτερικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος (αέρα) καταγράφονται, ενώ ταυτόχρονα καταγράφονται και θερμοκρασίες στην επιφάνεια των τοίχων εσωτερικά και εξωτερικά. Λεπτομερής καταγραφές υπάρχουν για το σύνολο του χρόνου που έλαβε χώρα η έρευνα (1 μήνας). Η καταγραφή έγινε κατά την περίοδο θέρμανσης.

Στη συνέχεια, οι θερμοφωτογραφίες, αναλύονται, μέσω λογισμικού ανάλυσης θερμικής εικόνας, και αντιδιαστέλλονται με τα δεδομένα μετρήσεων θερμοκρασίας επιφανειών. Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται στην εισαγωγή των δεδομένων συνθηκών των αναλυόμενων κατασκευαστικών λεπτομερειών στο λογισμικό μοντελοποίησης και θερμικής ανάλυσης, *Trisco & Voltra*, της *Physibel*. Ο σκοπός είναι να αποκαλυφθεί ο μηχανισμός των θερμικών απωλειών και η έκτασή τους.



Πίνακας 2.1. Ενεργειακή Μελέτη Κτηρίου

Αρχικά η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε τέσσερα στάδια μέχρι να καταλήξουμε στο επιθυμητό αποτέλεσμα, η σημασία του οποίου θα αναλυθεί αργότερα.

3.1 Τα Τέσσερα Στάδια της Έρευνας

3.1.1 1^ο Στάδιο

Στην αρχή, πραγματοποιήθηκε θερμική απεικόνιση, για να εντοπιστεί σε ποιο σημείο του κτιρίου υπάρχουν θερμογέφυρες.

3.1.2 2^ο Στάδιο

Στην συνέχεια διενεργήθηκε ανάλυση των εικόνων με κατάλληλο λογισμικό, η οποία παραλληλίστηκε με την καταγραφή των εξωτερικών και εσωτερικών θερμοκρασιών, καθώς και την λήψη των επιφανειακών θερμοκρασιών, από επιφανειακά *Dataloggers*.

3.1.3 3^ο Στάδιο

Στη συνέχεια οι θερμογέφυρες ταξινομήθηκαν σε ορισμένες γενικές κατηγορίες ομοειδών θερμογεφυρών. Εκ των υστέρων, δημιουργήθηκε το μοντέλο τους και αναλύθηκε σε λογισμικό τρισδιάστατης σταθερής θερμικής ροής (*Trisco*), αλλά και σε τρισδιάστατης δυναμικής θερμικής ροής (*Voltra*).

3.1.4 4^ο Στάδιο

Τέλος μετά την ανάλυση, αντλήθηκε η ροή θερμότητας από τα αποτελέσματα του λογισμικού "Voltra", η οποία χρησιμοποιήθηκε ως δεδομένο στον υπολογισμό του συντελεστή Θερμοπερατότητας κάθε κατηγορίας θερμικής γέφυρας καθώς και του τοίχου. Όλα αυτά οδήγησαν στον υπολογισμό του πραγματικού συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου που περιλαμβάνει και τις θερμογέφυρες.

3.2 Περιγραφή Κτηρίου

Το συγκεκριμένο κτίριο βρίσκεται στο Λονδίνο και είναι ανακαινισμένο το 1989 από ένα κτήριο βικτοριανής εποχής. Οι τρεις πλευρές του κρατήθηκαν ως είχαν (διατηρητέες) και η μία είναι χτισμένη από την αρχή το 1989. Ο φέρον οργανισμός του είναι από μπετόν και τα δομικά στοιχεία δεν είναι μονωμένα εξωτερικά. Οι καινούριοι τοίχοι είναι διπλής οπτοπλινθοδομής, μονωμένοι στον πυρήνα, με επίχρισμα εκατέρωθεν. Το κτήριο είναι πενταόροφο και χρησιμοποιείτο πριν την επισκευή ήταν ως αποθήκη για να μετατραπεί σε κτήριο κοινωνικών κατοικιών. Η έρευνα ακλούθησε τα χνάρια πρότυπης έρευνας (Ridley 2008), όντας όμως πιο αναλυτική, καθώς και τις αρχές όπως περιγράφονται στο κεφάλαιο 4.4.

3.3 Συντελεστές Θερμοπερατότητας

Το κύριο ερώτημα της έρευνας αυτής είναι να βρεθεί μία συνολική τιμή U που να ανταποκρίνεται στη δομή του κτιρίου δηλαδή τον πραγματικό συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιριακού κελύφους (για τα διαφορετικά είδη τοίχων ξεχωριστά). Είναι ενδιαφέρον ότι παρά τη θέση του κτιρίου εντός αστικής θερμικής νησίδας, το γεγονός ότι η βόρεια πλευρά του γειτνιάζει με τον ποταμό, κάνει το εγχείρημα πιο σύνθετο.

Τα πρακτικά αποτελέσματα που αντλούνται για το συγκεκριμένο κτίριο είναι τα εξής:

- Η ποιότητα και η κατάσταση του συγκεκριμένου κτιρίου, σχετικά με το κτιριακό κέλυφος, από θερμική σκοπιά,
- Το πραγματικό U -Value της δομής του κτιρίου, όπως προσαρμόστηκε για να συμπεριλάβει την πλειοψηφία των θερμογεφυρών, ως ποσοστό του συνόλου του κτιριακού κελύφους.
- Ο καθορισμός του μεγέθους και του είδους των επισκευών που θα πρέπει να πραγματοποιηθούν στο συγκεκριμένο κτίριο, προκειμένου να αξιοποιηθούν οι δυνατότητές και να επιτευχθούν οι στόχοι για αναβαθμιστεί η ποιότητα του κελύφους του κτηρίου.

Αυτά τα αποτελέσματα, υπό προϋποθέσεις δύνανται να γενικευθούν σε όλα τα κτίρια που πρέπει να αναβαθμιστούν ενεργειακά.

3.3.1 Θεωρητικός Συντελεστής

Οι θερμικοί συντελεστές υπολογίστηκαν αναλυτικά σύμφωνα με την θερμοχωρητικότητα των εκάστοτε υλικών που αποτελούσαν το κάθε δομικό στοιχείο και ενδεικτικά αναφέρεται πως για τοίχο με διπλή οπτοπλινθοδομή με επίχρισμα εκατέρωθεν και θερμομόνωση στον πυρήνα, ήταν $U = 0,50 \text{ W/K/m}^2$ ενώ αντίστοιχα για τοίχο με οπτοπλινθοδομή 60εκ. και επίχρισμα εσωτερικά, $U = 0,87 \text{ W/K/m}^2$.

3.3.2 Υπολογισμένος Πειραματικά Συντελεστής

Μέσω της προαναφερθείσας διαδικασίας της έρευνας, υπολογίστηκαν οι πραγματικοί συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων που είναι οι ακόλουθοι για τα δυο είδη τοίχων αντίστοιχα, 1,26 και 1,21 W/K/m^2 . Οι συντελεστές υπολογίστηκαν με δεδομένα, τις θερμικές ροές μεταξύ των όγκων του αέρα (εσωτερικού – εξωτερικού) αλλά και από τις επιφάνειες, δηλαδή ποσό

θερμότητας που ρέει μέσα από αυτές. Και ακολουθώντας την αλληλουχία των παρακάτω βασικών τύπων που παρατίθενται.

Και όπου:

P – Θερμική Ροή,

Q – Ειδική θερμική ροή,

U – Θερμοπερατότητα (European),

A – Εμβαδό επαφής που μετρήθηκε η θερμική ροή στη διατομή,

ΔT – Διαφορά θερμοκρασίας Εσωτερική – Εξωτερική.

$$Q = \frac{P}{A} \quad (1),$$

$$Q = U \Delta T \quad (2),$$

$$U = \frac{Q}{A \cdot \Delta T} \quad (3),$$

$$U_{Env} = \frac{\sum_{n=1}^i (U_i \times A_i)}{\sum_{n=1}^i A_i} \quad (4)$$

3.3.3 Συντελεστής κατά KENAK

Στις οδηγίες *TOTEE* αναλύονται ιδιαίτερα εκτεταμένα οι Θερμογέφυρες, ένα ιδιαίτερα θετικό βήμα, με σκοπό να εντυπωθεί η σημασία τους στους μηχανικούς.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ χρησιμοποιείται δυσδιάστατο λογισμικό θερμικής ροής, κάτι που απλοποιεί την διαδικασία, αλλά και το αποτέλεσμα. Παράλληλα, οι θερμογέφυρες κατά τον υπολογισμό τους θεωρούνται γραμμικές γεγονός που ίσως επηρεάζει το μέγεθός τους, ενώ οι τιμές αύξησης του U εντάσσονται τυποποιημένα σε πίνακες προς χρήση από τους μελετητές. (ΥΠΕΚΑ 2010)

Στην πλειονότητα των κτηρίων ('79 - '10, με ΚΘΚ) χρησιμοποιείται η απλοποιητική προσαύξηση του 0,10 στο συντελεστή θερμοπερατότητας. (στα Ενεργειακά Πιστοποιητικά). Για τον υπολογισμό του U ο *KENAK* μέσω των *TOTEE*, χρησιμοποιεί τον παρακάτω τύπο:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b + \sum_{i=1}^v l_i \cdot \Psi_i \cdot b}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad (\text{TEE 2010})$$

Ουσιαστικά η μόνη διαφορά είναι η γραμμική προσέγγιση των θερμογεφυρών που φαίνεται από τον συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ . Οι παραπάνω διατομές, εάν υπολογιστούν με τις οδηγίες *TOTEE*, για την ενεργειακή πιστοποίηση κτηρίου, θα έχουν ως τιμή το μέγιστο $U = 0,7$, (TEE 2010) ή εάν ο μηχανικός που κάνει την πιστοποίηση είναι προσεκτικός τότε θα πάρουν τιμή $U = 1$, (για την πρώτη διατομή και οι δύο τιμές). Η δεύτερη διατομή λόγω της ιδιομορφίας της καλύπτεται από τους πίνακες, επομένως η τιμή θα πρέπει να υπολογιστεί αναλυτικά (3.2.1) $U=0,87$. (TEE 2010)

4 ΑΝΑΛΥΣΗ – ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ – ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

4.1 Σύγκριση Αποτελεσμάτων

Συνοψίζοντας, βλέπουμε, ότι τα θεωρητικά από τα πρακτικά αποτελέσματα, στην πρώτη περίπτωση (διπλή οπτοπλινθοδομή με θερμομόνωση στον πυρήνα) έχουμε μια αύξηση του συντελεστή θερμοπερατότητας της τάξεως του 152% και στη δεύτερη περίπτωση κατά 39% (σε σχέση με τη μελέτη). Γίνεται επομένως κατανοητό ότι η σημασία των θερμογεφυρών είναι σημαντική. Η συνεισφορά τους στις θερμικές απώλειες είναι μεγάλη, κάτι που καθιστά το κέλυφος στο οποίο εμφανίζονται προβληματικό. Συνεπώς, πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν των μελετητών και των επιθεωρητών και να προτείνεται το μέτρο της επισκευής τους ως ένα από τα σενάρια αναβάθμισης των κατοικιών.

4.2 Συνολικός Συντελεστής Θερμοπερατότητας

Είναι σαφές ότι η πλατιά οπτοπλινθοδομή (50 – 60 εκ.) όχι μόνο συμπεριφέρεται καλύτερα ότι τον τοίχο με απλή οπτοπλινθοδομή και μόνωση στον πυρήνα (7 + 5 + 7εκ.), αλλά και ότι η πρακτική από τη θεωρητική θερμική μετάδοση έχει μικρότερη διαφοροποίηση. Αυτό συμβαίνει λόγω της ύπαρξης εκτεταμένης θερμικής γέφυρας. Ο φέρων τοίχος χτίστηκε παχύς διότι το κτίριο ήταν πενταόροφο αρχικά, αλλά επιπλέον διότι βρίσκεται δίπλα στο ποτάμι, που έχει μαλακό υπόστρωμα, και μεγαλύτερη ακαμψία ήταν απαραίτητη. Ο δεύτερος τοίχος έχει μια απόκλιση 152%, ενώ ο πρώτος έχει μόνο 39%.

Η συνολική θερμοπερατότητα είναι λογική και δείχνει ότι το κτίριο έχει έλλειψη ποιότητας στο σχεδιασμό και στην κατασκευή του. Η θέση του συγγραφέα είναι πως το κτήριο υστερεί σε σχέση με το μέσο όρο των υπόλοιπων κτηρίων που έχουν την ίδια ηλικία όσον αφορά την ποιότητα της μόνωσης, ως διαδικασία, καθώς υπάρχουν εκτεταμένες θερμογέφυρες στο κέλυφος. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί από το γεγονός ότι ανακαινίστηκε και μετετράπη από παλιά αποθήκη σε κτήριο κατοικιών, κάτι που αύξησε το συνολικό κόστος της επισκευής, ενώ την ίδια στιγμή προστίθενται επιπλέον δυσκολίες στην κατασκευή. Επιπροσθέτως, το γεγονός ότι προοριζόταν για κοινωνική στέγαση, ενδέχεται να επηρέασε την ποιότητα μελέτης και κατασκευής από τον ανάδοχο, αφήνοντας το λίγο κάτω του μέσου όρου του επιπέδου της ποιότητας κατασκευής των κτηρίων της εποχής.

4.3 Θερμοφωτογραφίες

Τα αποτελέσματα της θερμικής απεικόνισης, σε σύγκριση με τα αποτελέσματα του *Datalogging* με αισθητήρες, και τα αποτελέσματα της θερμικής μοντελοποίησης παρουσιάζουν μικρές αποκλίσεις στις θερμοκρασίες. Παρά τις διαφορές στις απόλυτες τιμές, οι διαφορές στις συσχετισμένες μεταξύ τους τιμές (διαφορές της θερμοκρασίας της θερμικής γέφυρας και θερμοκρασίας τοιχωμάτων και των τριών μεθόδων υπολογισμού ή διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας, επίσης και για τις τρεις μεθόδους) σχεδόν συμπίπτουν. Αυτό σημαίνει ότι οι εξοπλισμοί έχουν έλλειψη βαθμονόμησης και ρύθμισης και φαίνονται ξεκάθαρα τα σφάλματα. Επιπλέον, τα αποτελέσματα του *Trisco* δε λαμβάνουν υπόψη τους, κατασκευαστικές ανακρίβειες στα δομικά στοιχεία, κατά την κατασκευή τους. Ομοίως, η ακρίβεια των μετρήσεων του εξοπλισμού δεν μπορεί να είναι απολύτως εγγυημένες. Υπάρχει πάντα μια ελάχιστη πιθανότητα να απουσιάζει η να έχει καταστραφεί σε κάποιο σημείο τμήμα της μόνωσης. Την ίδια στιγμή τα επιφανειακά *dataloggers*, που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις είναι σημειακά, γεγονός το οποίο μειώνει τη βεβαιότητα των αποτελεσμάτων.

4.4 Προδιαγραφές «ISO 10211»

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η έρευνα και η θερμική ανάλυση πραγματοποιήθηκε ακολουθώντας στενά τα αντίστοιχα πρότυπα ISO (ISO TC 163/SC 2/WG 2007), (ISO TC 163/SC

2007), (Physibel 2003), καθώς και λαμβάνοντας υπ' όψιν τις κατευθύνσεις των IPCC, IEA, BSRIA, DECC, CIBSEE, ASHRAE και τις αντίστοιχες κοινοτικές οδηγίες όπως την 2010/31/EU.

5 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ

5.1 Μείωση στις Θερμικές Απώλειες

Δεδομένα που θα Αλλάξουν το Μέλλον των Κατασκευών:

- Ο Αστικός Ιστός έχει κορεστεί από οικιστικού χαρακτήρα κτήρια,
- Η κατανάλωση ενέργειας πρέπει να μειωθεί, όπως και οι εκπομπές CO_2 ,
- Οι επισκευές Κτηρίων θα πρωταγωνιστήσουν στον Κατασκευαστικό κλάδο τα επόμενα χρόνια.

Δεδομένα που θα καθορίσουν το Μέλλον των Κατασκευών:

- Η Θεωρητική Ενεργειακή Κατανάλωση απέχει της Πραγματικής (Πραγματική > Θεωρητική)
- Η ανάγκη ενεργειακής αναβάθμισης είναι έκδηλη, πλέον των μη μονωμένων κτηρίων και στα μονωμένα λόγω της μεγάλης έκτασης των θερμογεφυρών σε αυτά.

5.2 Τι Επικρατεί στις Επισκευές

Κοινή Πρακτική:

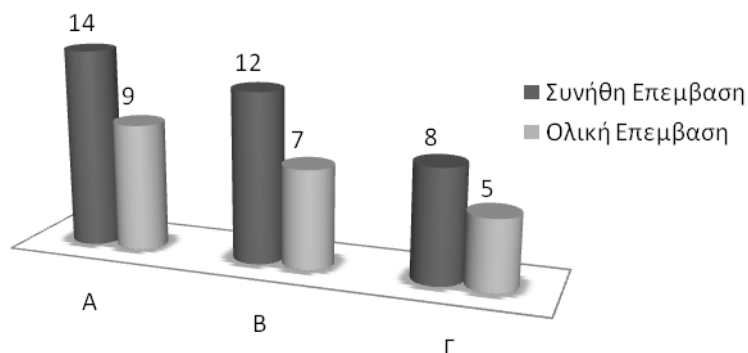
- Όταν υπάρχει μόνωση το κέλυφος δεν αναβαθμίζεται,
- Συνήθως, ακόμα και σε μη μονωμένα σπίτια η επιλογή είναι μονόδρομος: αλλαγή κουφωμάτων, λέβητα, και μόνωση δώματος,
- Στις συναρμογές των κουφωμάτων εξακολουθούν να δημιουργούνται θερμογέφυρες.

Ιδανική Πρακτική:

- Το εξοικονομώ κατ' οίκον, δύναται να γίνει το τέλειο εργαλείο,
- Ένταξη και οικιών με ΚΘΚ στο πρόγραμμα,
- Να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στο κέλυφος,
- Κατανόηση της ενεργειακής σημασίας των θερμογεφυρών,
- Χρήση τεχνικής μόνωσης μόνο των θερμογεφυρών σε κτίρια '80-'10 (για οικονομία).

5.3 Οφέλη – Απόσβεση

Με βάση μια έρευνα με κτήριο αναφοράς το οποίο αναλύεται παρακάτω, βρίσκουμε τη μείωση των απωλειών του για τις περιπτώσεις της συνήθους επισκευής και της πλήρους επισκευής (5.4). Για λόγους συντομίας παρατίθεται μόνο ο πίνακας των αποσβέσεων. Το κτήριο αναφοράς είναι μία τετράωροφη πολυκατοικία οροφοδιαμερισμάτων 104 τμ., το οποίο δεν είναι θερμομονωμένο. Παράλληλα τα στοιχεία δεν υπολογίζουν το επιπλέον κέρδος χάρη στην μείωση των απαιτήσεων δροσισμού. Λαμβάνουν υπ' όψιν τους μόνο τις απαιτήσεις για θέρμανση.



Πίνακας 5.1. Απόσβεση σε έτη του κόστους επισκευής

(Knauf 2009)

5.4 Λήψη Αποφάσεων

Η πιο εύκολη, οικονομική και απλή λύση είναι η μερική επέμβαση (Συνήθης) στα κτήρια που περιλαμβάνει:

- Αλλαγή Κουφωμάτων,
- Αλλαγή Καυστήρα,
- Θερμομόνωση Δώματος,

Η πιο συμφέρουσα είναι η συνολική που περιλαμβάνει επιπλέον:

- Πλήρη Θερμομόνωση Κελύφους.

5.5 Εξοικονομώ Κατ' Οίκον

Θετικά:

- Εξαιρετική κίνηση για την μείωση της ενεργειακής απαίτησης των κτηρίων,
- Μακροοικονομικά οφέλη,
- Μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας,
- Μείωση εισαγωγών καυσίμων υλών,
- Μείωση εκπομπών CO₂,
- Βελτίωση συνθηκών υγείας και άνεσης στα σπίτια,
- Ανακίνηση της οικονομίας.

Δυνατότητες Βελτίωσης:

- Να περιλάβει και κατοικίες με ΚΘΚ– κτήρια με θερμογέφυρες,
- Τα κριτήρια επιλογής να γίνουν πιο χαλαρά,
- Η Επιδότηση να αυξηθεί,
- Να απευθύνεται σε μεγαλύτερη μάζα του πληθυσμού, (Μεσαία Τάξη)

Μέχρι σήμερα λιγότερο από το 1% του συνόλου των ιδιοκτητών κατοικιών ανταποκρίθηκε, κυρίως στην επαρχία.

Σύμφωνα με την τελευταία ανανέωση του προγράμματος (5/2011), και κατοικίες από τα πρώτα χρόνια εφαρμογής του ΚΘΚ, (πρώτη δεκαετία) θα μπαίνουν πλέον στο πρόγραμμα, ενώ χαλάρωσαν λίγο και τα κριτήρια ένταξης.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΤΟΧΟΙ

6.1 Τρόποι Αντιμετώπισης των Αρνητικών Επιπτώσεων των Θερμογεφυρών

- Αποδοτικότερη έρευνα συσχέτισης θεωρητικών και πραγματικών συντελεστών – μελέτη του κτηρίου στην Ελλάδα.
- Λήψη δεδομένων μέσω στοχευμένων ερευνών και μελετών του ελληνικού κτηρίου και ενσωμάτωσή του στα εργαλεία ενεργειακής κτηριακής αναβάθμισης και μελέτης.
- Ενσωμάτωση των θερμογεφυρών στις ενεργειακές κτηριακές αναβαθμίσεις.
- Κατάλληλη αντιμετώπιση των θερμογεφυρών στις ενεργειακές κτηριακές μελέτες.

6.2 Μεθοδολογία – Επιθυμητά Αποτελέσματα

6.2.1 Μεθοδολογία

- Η αντιμετώπιση των θερμογεφυρών του κτηρίου στον ελλαδικό χώρο θα πρέπει να αποτελεί μέρος μιας ολιστικής βιώσιμης ενεργειακής αναβάθμισης.
- Η μεθοδολογία θα πρέπει να περιέχει στοχευμένες, αποδοτικές και οικονομικές (μαζική εφαρμογή) λύσεις.

6.2.2 Αποτελέσματα

Με την μείωση των θερμογεφυρών μπορούν να επιτευχθούν:

- 25% μείωση των θερμικών απωλειών
- 10% μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης (Papadopoulos 2009)

ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Baker, N.V., 2009. *The Handbook of Sustainable Refurbishment*, Earthscan Ltd.

DECC, 2009. Low Carbon Transition Plan.

EU / EC, 2010. DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the energy performance of buildings.

IEA, 2010. International Energy Agency (IEA). Available at: <http://www.iea.org/> [Accessed June 16, 2010].

IPCC, 2007. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change - Assessment Report - Climate Change 2007. Available at: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data.htm [Accessed June 27, 2010].

ISO TC 163/SC 2/WG, 1, 2007. *ISO 10211-2:2001, Thermal bridges in building construction -- Calculation of heat flows and surface temperatures -- Part 2: Linear thermal bridges*, Multiple. Distributed through American National Standards Institute (ANSI).

ISO TC 163/SC, 2, 2007. *ISO 6946:2006, Building components and building elements -- Thermal resistance and thermal transmittance -- Calculation method*, Multiple. Distributed through American National Standards Institute (ANSI).

Kazdaglis, M., 2010. *An Integrated Diagnosis and Decision Method for Analysis of Repetitive Thermal Bridges in Multi Occupancy Residential Buildings*, London.

Knauf, 2009. Θερμομόνωση και Ανακαίνιση.

Papadopoulos, A., 2009. Μέτρα ενεργειακής αναβάθμισης του κτιριακού αποθέματος.

Physibel, 2003. *Voltra & Sectra Manual V. 4.0w*.

Ridley, I., 2008. Home | Low Energy Victorian House. Available at: <http://www.levh.org.uk/> [Accessed June 26, 2010].

Santamouris, M., Ενέργεια και Κτήριο - Κείμενο του Μάνθου Σανταμούρη - Ενεργειακή Κατανάλωση Κτηρίων. Available at: http://www.spitia.gr/greek/aiforos/exikonomisi/m_santamouris.htm [Accessed April 17, 2011].

Theodosiou and Papadopoulos, 2008. The impact of thermal bridges on the energy demand of buildings with double brick wall constructions. *Energy and Buildings*, 40(11), pp.2083-2089. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V2V-4SRCJP4-2/2/44bb83e2557a02ccb35d368324142e9a> [Accessed July 2, 2010].

TEE, 2010. *TOTEE 20701*,

ΥΠΕΚΑ, 2010. *KENAK - Κανονισμός για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα των Κτιρίων Ν.3661*,

