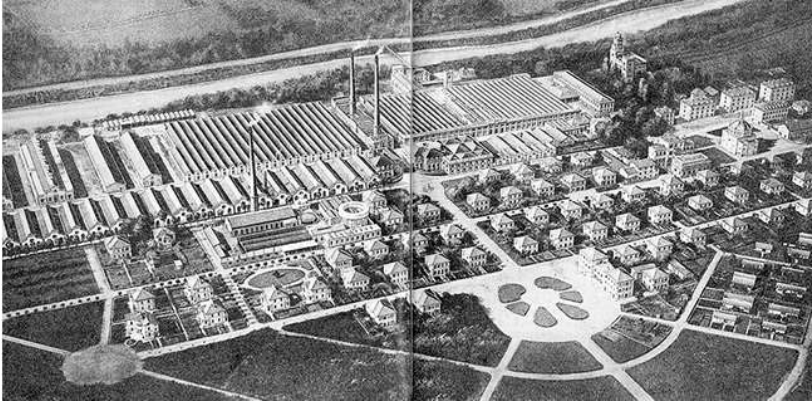


Η Ελληνική πολυκατοικία

Η πολυκατοικία παγκοσμίως, είναι το αποτέλεσμα της βιομηχανικής επανάστασης. Οι πρώτες πολυκατοικίες λέγονταν «μονάδες κατοικιών» και κατασκευάζονταν δίπλα στα εργοστάσια για την εύκολη και γρήγορη πρόσβαση των εργατών.



Αυτό ήταν μια επαναστατική αλλαγή στον τρόπο ζωής των ανθρώπων μέχρι τότε. Στόχος της πολυκατοικίας ήταν να τους εξασφαλίζει τα απαραίτητα ως προς την διαβίωση για να έχουν τον χρόνο να εργάζονται περισσότερες ώρες στο εργοστάσιο.

Παρότι η βιομηχανική επανάσταση υπολογίζεται προς τα τέλη του 1700, τα πρώτα μεγάλα κτίρια με τη συρροή του πληθυσμού στα βιομηχανικά κέντρα ανθίζει στα μέσα του 1800.

Ο τότε άνθρωπος της υπαίθρου δεν χρειαζόταν να βγάλει το νερό από το πηγάδι, να ανάψει το τζάκι για να ζεσταθεί ή να θάψει τα απόβλητα στο χωράφι. Όλα γίνονταν μόνα τους σε αυτά τα κτίρια-κοιτώνες που φάνταζαν ως το μεγαλύτερο όφελος της σύγχρονης ζωής. Αυτά ήταν τα πρώτα παθητικά σπίτια όπου τα απαραίτητα γίνονταν μόνα τους!



Ομοίως στην μεταπολεμική αλλά μη βιομηχανοποιημένη Ελλάδα του 1950 η σύγχρονη πολυκατοικία, που είχε εξελίξει τις τεχνικές της εδώ και 100 χρόνια στην υπόλοιπη Ευρώπη, φάνταζε ως η μεγαλύτερη δυνατή πολυτέλεια.

Γκρεμίζονταν νεοκλασικά κτίρια για να χτιστούν οι σύγχρονες πολυκατοικίες γιατί εκτός από την «αίγλη» και την πολυτέλεια, προσέφερε στους κατοίκους της **ιδανικές συνθήκες άνεσης!**

Η θέρμανση τον χειμώνα ήταν αναμμένη 24 ώρες το 24ωρο και αυτά τα κτίρια ήταν σχεδιασμένα για να λειτουργούν με τέτοιες μηχανολογικές συνθήκες καθώς τα κόστη του πετρελαίου ήταν αμελητέα μέχρι τις αρχές του 1970 και την κρίση στη Μ. Ανατολή.

Ας δούμε όμως γιατί η Ελληνική πολυκατοικία προσέφερε ιδανικές συνθήκες άνεσης:

1. Το κέλυφος της ήταν φτιαγμένο με τοίχους ψαθωτούς, δηλαδή με δύο όρθια τούβλα και διάκενο πάχους από 7 έως 8 εκατοστά. Αυτή η τεχνική ήταν εφαρμοσμένη και δοκιμασμένη σε όλες τις υπόλοιπες πολυκατοικίες της βιομηχανοποιημένης Ευρώπης όπου λόγω των πιο χαμηλών θερμοκρασιών το διάκενο έφτανε ακόμα και τα 15 εκατοστά. Ανά τακτά διαστήματα μεταξύ των τοίχων τοποθετούσαν οριζόντια τούβλα, τα λεγόμενα κλειδιά για να κρατάνε τους τοίχους ενωμένους μεταξύ τους. Δεν χρησιμοποιούσαν σενάζια και οι κάθετες συνδέσεις γίνονταν με τα τούβλα. Ο ξηρός αέρας έχει $\lambda=0,025\text{W/mK}$ στους 20°C όταν δεν υπάρχει καμία κίνηση. Οπότε με δεδομένους του υπολογισμούς των θερμικών απωλειών το κέλυφος 25 εκατοστών παρείχε θερμική προστασία αντίστοιχη με πέτρινο τοίχο 60 εκατοστών.



2. Ο αερισμός των χώρων γινόταν τόσο από τις χαραμάδες των ξύλινων παραθύρων όσο και από την διαδρομή μεταξύ της όψης και του φωταγωγού. Οι πρώτες πολυκατοικίες είχαν μελετημένα τοποθετήσει περσίδες στις όψεις τους για τον απαραίτητο αερισμό ο οποίος μέσω του φωταγωγού και της πάντα ανοιχτής περσίδας στο πατάρι, επισφράγιζε την απαραίτητη εναλλαγή αέρα και προσθήκη οξυγόνου. Έτσι με δεδομένο ότι η θέρμανση ήταν συνέχεια σε λειτουργία και ο νωπός αέρας ερχόταν ανεξέλεγκτα και συνεχώς μέσα στο σπίτι, οι κάτοικοι σε αυτό χωρίς να χρειάζεται να κάνουν τίποτα, ζούσαν ιδιαίτερα άνετα. Αυτό ήταν το πρώτο παθητικό σπίτι στην Ελλάδα όπου όλα γίνονταν από μόνα τους με πολύ χαμηλά κόστη.



Η άνεση που μπορούσε να επιτευχθεί σε αυτές τις πρώτες πολυκατοικίες, κόστιζε τεράστια ποσά ενέργειας και όσο το κόστος κατανάλωσης ενέργειας θα αυξάνεται, τόσο θα είναι ασύμφορη η χρήση αυτών των κτιρίων.

Οι σύγχρονοι φτωχοί δεν θα πεινάνε αλλά θα κρυώνουν!

Με την πετρελαϊκή κρίση του 1970 τα κόστη εκτοξεύθηκαν σε ολόκληρο τον πλανήτη και έτσι ξεκίνησε αρχικά η μείωση των ωρών λειτουργίας των καυστήρων στις Ελληνικές πολυκατοικίες. Ο κανονισμός της θερμομόνωσης που θεσμοθετήθηκε το 1979 δεν έγινε ποτέ κατανοητός και ακόμα και σήμερα ο κόσμος προσπαθεί εσφαλμένα να αντικαταστήσει το πετρέλαιο με φυσικό αέριο σε διάτρητα και ενεργοβόρα κτίρια για να κάνει εξοικονόμηση.



Το Supafil της Knauf Insulation και η εταιρία μας!

Με δεδομένο ότι είναι πολύ περισσότερα τα κατοικήσιμα κτίρια που απαιτούν ενεργειακή αναβάθμιση από αυτά που πρόκειται να χτιστούν στα επόμενα 20 χρόνια, το μεγαλύτερο ερώτημα είναι πως θα μπορέσουμε να πετύχουμε την βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης σε αυτά με το μικρότερο κόστος και στο πιο σύντομο χρονικό διάστημα. Μόνο στο κέντρο της Αθήνας το 80% των κτιρίων είναι κατασκευασμένο από το 1950 μέχρι και το 1980. Πρόκειται για 560.000 διαμερίσματα χωρίς να υπολογίζουμε τις μονοκατοικίες, δημόσια κτίρια, σχολεία και νοσοκομεία.



Ομοίως στην υπόλοιπη Ευρώπη η ενεργειακή αναβάθμιση και η βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των πολιτών ξεκινάει από τα υφιστάμενα και το Supafil είναι η ιδανική λύση δεδομένης του κοινού τρόπου κατασκευής.

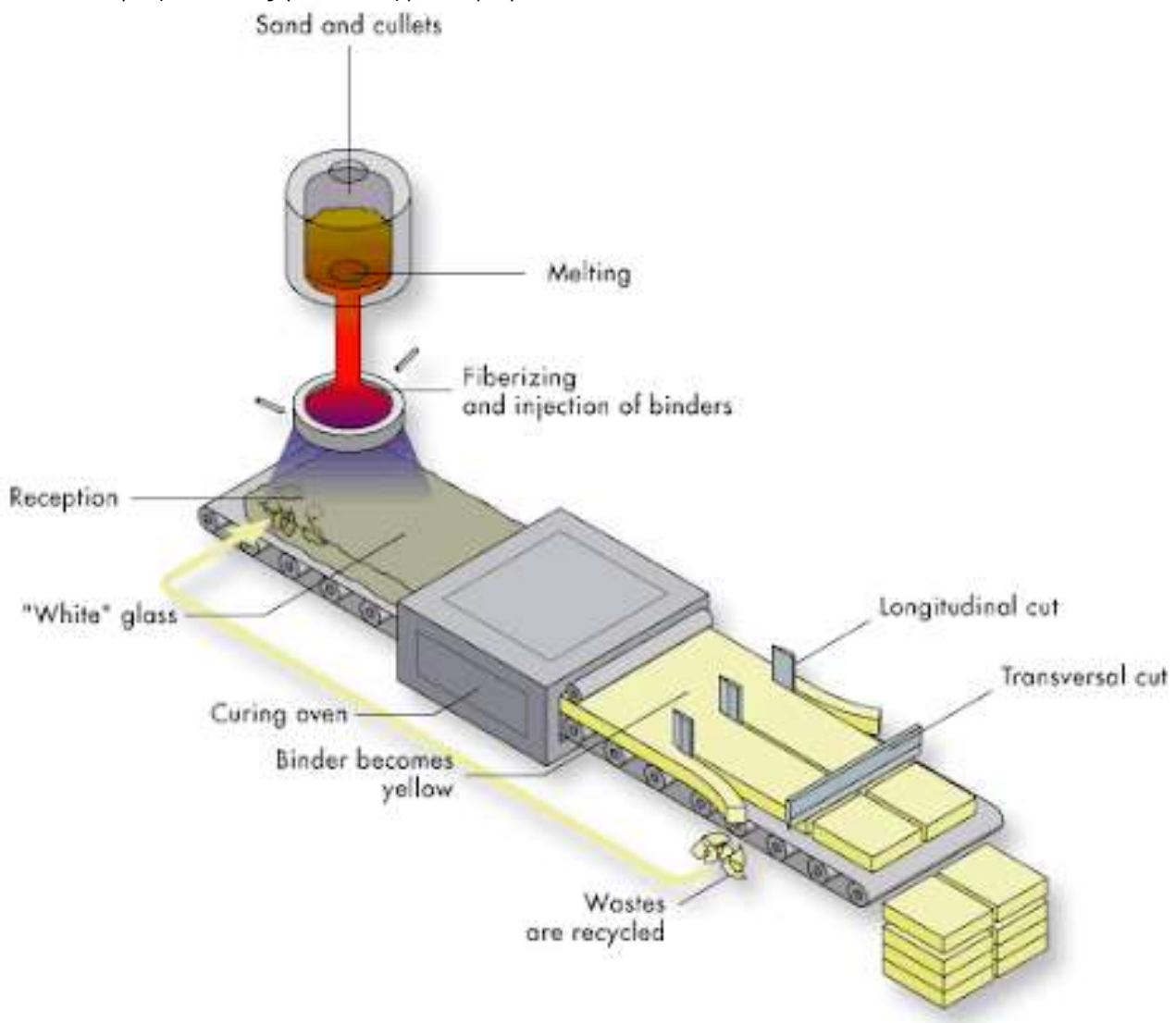




Στην Ελλάδα το **Supafil** ήρθε από εμάς το 2013. Μετά από πολλαπλές δοκιμές και μετρήσεις καταλήξαμε στον πιο κατάλληλο τρόπο εφαρμογής για την Ελληνική τοιχοποιία και αναπτύξαμε έναν τρόπο σωστής εφαρμογής και πιστοποίησης διαφορετικό από αυτό των υπόλοιπων Ευρωπαϊκών χωρών.

Τι είναι το Supafil

Το υλικό είναι προϊόν εξόρυξης και παράγεται από πυριτική άμμο η οποία επεξεργάζεται σε μεγάλες θερμοκρασίες. Στη συνέχεια ακολουθεί την γραμμή παραγωγής ώστε να συσκευαστεί κατάλληλα. Δηλαδή είναι ένα πέτρωμα σε ίνες (σαν ελαφρόπετρα).



Είναι υλικό της ίδιας οικογένειας με τον ορυκτοβάμβακα και τον πετροβάμβακα που διανέμονται στο εμπόριο και τοποθετούνται σε έτοιμα πάνελ. Το γεγονός ότι τα παραπάνω υλικά είναι σε πάνελ σημαίνει ότι υπάρχει ένα ενδιάμεσο υλικό που λειτουργεί ως συνδέτης. Αυτός ο συνδέτης είναι συνήθως χημικό συστατικό που σε κάποιο βαθμό επιβαρύνει την οικολογική σύσταση του πετρώματος.

Ο ορυκτοβάμβακας με τεχνολογία **Ecose** της **Knauf Insulation** έχει στη σύνθεσή του το μικρότερο δυνατό ποσοστό χημικών και για αυτό τον λόγο είναι πιστοποιημένο υλικό φιλικό προς τον άνθρωπο για εσωτερική χρήση.



Ο πετροβάμβακας είναι πιο σιβαρό υλικό, με μεγάλη πυκνότητα και ιδανική λύση για εξωτερική θερμοπρόσοψη. Λόγω όμως των αυξημένων αντοχών του έχει μεγαλύτερα ποσοστά χημικού συνδέτη και δεν πρέπει να τοποθετείται σε εσωτερικούς χώρους

Το Supafil είναι η πρώτη ύλη των παραπάνω υλικών και εφαρμόζεται στην μορφή που βγαίνει από το εργοστάσιο χωρίς συνδέτη. Για αυτό τον λόγο λέγεται παρθένος ορυκτοβάμβακας και είναι το μόνο υλικό που έχει λάβει το χρυσό πιστοποιητικό **Eurofins** για την ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων και την περιβαλλοντική σήμανση γαλάζιο άγγελος **Blue Angel**.



Πως εφαρμόζεται

Είναι η πιο έξυπνη και εργονομική λύση για κτίρια που χτίστηκαν με ψαθωτούς τοίχους. Μέσω μιας σωλήνας που καταλήγει σε ακροφύσιο 2,5 εκατοστών (φ25), το Supafil εκτοξεύεται με αέρα μέσα στον τοίχο.

Λόγω της ινώδους υφής του συμπιέζεται μέχρι να γίνει μια ενιαία μάζα. Το τελικό αποτέλεσμα είναι σαν να έχουμε τοποθετήσει μέσα στον υπάρχον διάκενο έτοιμες πλάκες μονωτικών υλικών με συνδέτη τον αέρα. Δηλαδή αντί να κατασκευάσουμε τις πλάκες στο εργοστάσιο, φέρνουμε το εργοστάσιο κάτω από το κάθε διαμέρισμα και με κατάλληλες ρυθμίσεις δημιουργούμε την απαιτούμενη πυκνότητα μέσα στον τοίχο.



Εκτός από τους τοίχους μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε στέγες, σε οροφές γυψοσανίδας, σε δάπεδα και σε τοίχους στους οποίους αντικαταστάθηκαν τα συρόμενα κουφώματα με ανοιγόμενα.

Φωτογραφίες από εφαρμογή σε αντικατάσταση κουφωμάτων:



Φωτογραφίες από εφαρμογή σε στέγη:



Φωτογραφίες από εφαρμογή σε οροφή γυψοσανίδας:



Test No.	Loft	Material	Time in sec.	Exp. test rate	Exp. Supafil	Performance	Notes	Test box 7.06 kg
1	0	1		5.10	1.07	OK		
2	0	1		5.41	1.40	OK		
3	0	1		6.76	0.81	OK	It doesn't seem immediately	
4	0	1		6.77	1.20	OK	It doesn't seem immediately	
5	0	3		9.12	1.18	OK	Should be the other (the material wasn't passing any more through the hole)	
6	0	3		9.12	1.18	OK	Should be the other (the material wasn't passing any more through the hole)	
7	0	3		9.47	1.10	OK	The material worked	
8	0	3	33.00	9.00	0.90	OK	It doesn't seem immediately	
9	0	3	41.30	8.75	1.75	OK	It doesn't seem immediately	
10	0	3	51.00	8.25	0.90	OK	It doesn't seem immediately	
11	0	3	41.00	8.77	1.40	OK	Should be the other (the material wasn't passing any more through the hole)	
12	0	3	40.00	8.57	1.40	OK	The material worked	
13	0	1	71.40	9.22	1.20	OK	It doesn't seem immediately	

Η εφαρμογή είναι η πιο εύκολη, γρήγορη και οικονομική λύση συγκριτικά με οποιαδήποτε άλλη εναλλακτική.

Παρόλα αυτά για να καταλήξουμε στη σωστή ρύθμιση της μηχανής έγιναν πολλές δοκιμές με μεγάλη δυσκολία. Ο λόγος είναι ότι οι Ελληνικοί ψαθωτοί τοίχοι, έχουν αυτά τα κάθετα τούβλα (τα κλειδιά) που σε πολλά σημεία δημιουργούν προβλήματα κατά το γέμισμα.

Αν ρυθμιστεί λάθος η μηχανή, υπάρχει το ενδεχόμενο να μην περνάει ο αέρας και ενώ δείχνει ότι δεν μπορεί να περάσει περισσότερο υλικό στον τοίχο, στην πραγματικότητα υπάρχουν κενά.

Στον διπλανό πίνακα φαίνονται οι πρώτες δοκιμές που κάναμε στο test box με διαφορετικές ρυθμίσεις ανά περίπτωση.

Σήμερα πλέον γνωρίζουμε πολύ καλά πως να ρυθμίσουμε κατάλληλα την μηχανή ώστε να γίνει η σωστή πλήρωση των τοίχων.

Οι ιδιότητες του Supafil

Θερμομόνωση

Εφαρμοσμένο σωστά με την κατάλληλη πυκνότητα μπορεί να μειώσει σε μεγάλο βαθμό τις θερμικές απώλειες. Ας δούμε ένα παράδειγμα μέτρησης σε υπάρχοντα τοίχο με διάκενο. Γνωρίζουμε ότι το U_{value} ενός μη μονωμένου τοίχου είναι $U=2,363\text{W/m}^2\text{K}$.

Παράδειγμα μέτρησης U_{value}

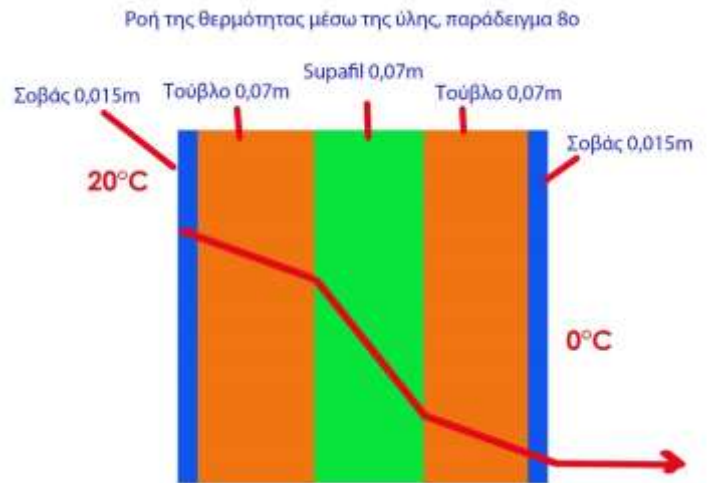
Εσ. σοβάς: πάχος $d1=0,015\text{m}$, $\lambda_1=0,870\text{ W/mK}$

Τούβλο1: πάχος $d2=0,070\text{m}$, $\lambda_2=0,640\text{ W/mK}$

Διάκενο: πάχος $d3=0,070\text{m}$, $\lambda=0,034\text{ W/mK}$

Τούβλο1: πάχος $d4=0,070\text{m}$, $\lambda_4=0,640\text{ W/mK}$

Εξ. σοβάς: πάχος $d5=0,015\text{m}$, $\lambda_5=0,870\text{ W/mK}$



Βρίσκουμε τη συνολική αντίσταση του τοίχου:

$$\begin{aligned}
 R &= R_{\epsilon\sigma} + R_1 + R_2 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_{\epsilon\zeta} \\
 &= 0,13 + d1/\lambda_1 + d2/\lambda_2 + d3/\lambda_3 + d4/\lambda_4 + d5/\lambda_5 + d6/\lambda_6 + 0,04 = \\
 &= 0,13 + 0,015/0,870 + 0,070/0,640 + 0,070/0,034 + 0,070/0,640 + 0,015/0,870 + 0,05/0,033 + 0,04 = \\
 &= 0,13 + 0,017 + 0,109 + 2,059 + 0,109 + 0,017 + 0,04 =
 \end{aligned}$$

$$R = 2,482 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Οπότε $U_{value} = 1/R = 1/2,482 = 0,403 \text{ W/m}^2\text{K}$

Δηλαδή με το Supafil έχουμε καλύτερη θερμομόνωση στον τοίχο κατά 4,28% συγκριτικά με την εξωτερική θερμομόνωση με πολυστερίνη 5 εκατοστών!

Θέλοντας να επιβεβαιώσουμε τους παραπάνω υπολογισμούς αγοράσαμε και χρησιμοποιήσαμε έναν εξειδικευμένο μηχανισμό μέτρησης του U_{value} σε πραγματικές συνθήκες. Με τον εξοπλισμό Testo435 τοποθετούμε 3 αισθητήρες στον εσωτερικό τοίχο, ένα ασύρματο θερμομέτρο στον εξωτερικό χώρο και συνδέοντάς το με τον υπολογιστή μετράμε για τουλάχιστον ένα 24ωρο τα εξής δεδομένα:

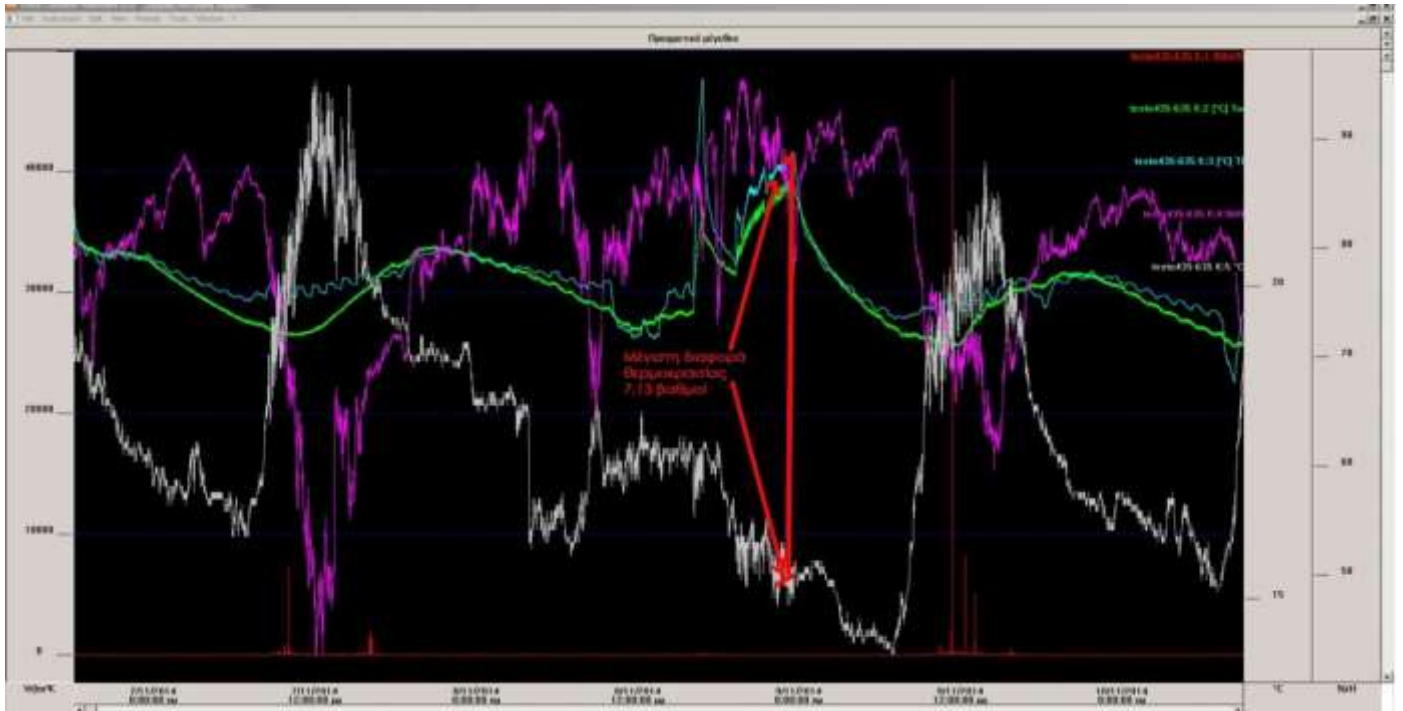
- εξωτερική θερμοκρασία,
- εσωτερική θερμοκρασία του χώρου,
- επιφανειακή θερμοκρασία του εσωτερικού τοίχου,
- ποσοστό υγρασίας στο χώρο και
- τον συντελεστή θερμοπερατότητας (U_{value}).

Οι καταγραφές των παραπάνω τιμών γίνονται ανά ένα δευτερόλεπτο και σε μέτρηση που ξεκίνησε την Πέμπτη 6/11/2014 στις 18:06 και ολοκληρώθηκε τη Δευτέρα 10/11/2014 στις 9:06 είχαμε τα ακόλουθα αποτελέσματα:

Η στιγμή που είχαμε τη μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας ήταν στις 8/11/2014 στις 23:30 και με $\Delta t=7,13^{\circ}\text{C}$ μετρήθηκαν τα εξής:

- Θερμοκρασία εσωτερικού χώρου : Temp.int= 22,03 oC
- Θερμοκρασία εσωτερικού τοίχου : Temp.W= 21,69 oC
- Θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος : Temp.Ext= 14,90 oC
- Εσωτερική υγρασία : 84,90 %
- Συντελεστής θερμοπερατότητας : Uvalue= **2,410** W/m2K

Αυτή ήταν η μέτρηση πριν την εφαρμογή του Supafil στο συγκεκριμένο διαμέρισμα.



Στη συνέχεια προβήκαμε στην τοποθέτηση του Supafil την Δευτέρα 10/11/2014. Η εφαρμογή έγινε σε κάποια σημεία από μέσα ενώ σε άλλα από έξω και μονώθηκαν συνολικά 35,00 μ² επιφάνειας με πάχος διακένου 8 εκατοστών.



Με το πέρας των εργασιών αφήσαμε τον εξοπλισμό μας να μετράει ξανά και στον ίδιο τοίχο από τις 16:36 μέχρι την Πέμπτη 13/11/2014 στις 16:57.

Η στιγμή που είχαμε τη μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας ήταν στις 12/11/2014 στις 18:26 και με $\Delta t = 11,27^{\circ}\text{C}$ μετρήθηκαν τα εξής:

Θερμοκρασία εσωτερικού χώρου	: Temp.int= 25,47 οC
Θερμοκρασία εσωτερικού τοίχου	: Temp.W= 24,01 οC
Θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος	: Temp.Ext= 14,20 οC
Εσωτερική υγρασία	: 80,7 %
Συντελεστής θερμοπερατότητας	: Uvalue= 0,632 W/m²K

Είναι εμφανής η βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς του κτιριακού κελύφους. Η τελική μέτρηση επιβεβαιώνει τη βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς κατά **73,78%**, των τοίχων στους οποίους έγινε η εφαρμογή. Δηλαδή, από **2,410 W/m²K** που μετρήθηκε αρχικά ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου, μετά την τοποθέτηση του παρθένου ορυκτοβάμβακα μειώθηκε σε **0,632 W/m²K**.

Επίσης επιβεβαιώνονται οι θεωρητικοί υπολογισμοί παρότι υπάρχει διαφορά στο τελικό Uvalue μετά την εφαρμογή του Supafil. Αυτή η διαφορά ($0,632 - 0,403 = 0,229 \text{ W/m}^2$) σε αυτό το πειραματικό επίπεδο είναι αποδεκτή. Στην πραγματικότητα απαιτούνται πολύ περισσότερες μετρήσεις και σε συνεχή διαφορά θερμοκρασίας των 20 βαθμών για να επιβεβαιώσουμε κατά 100% τους θεωρητικούς υπολογισμούς.

Ένα σημαντικό δεδομένο στο οποίο θα πρέπει να σταθούμε είναι το ποσοστό της μείωσης των απωλειών στον συγκεκριμένο τοίχο, σε μια μόνο ημέρα, χωρίς να επηρεαστεί καθόλου η καθημερινότητα των ιδιοκτητών και με κόστος 875€ + ΦΠΑ. Θα αναφερθούμε πολύ πιο αναλυτικά στα κόστη και τους χρόνους απόσβεσης στο οικονομικό εγχειρίδιο της ενεργειακής αναβάθμισης των υφιστάμενων κτιρίων.

Επίσης πολύ σημαντικό δεδομένο είναι η σύγκριση με την εξωτερική πολυστερίνη EPS η οποία παρότι έχει καλύτερο $\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$, η τοποθέτησή της στον τοίχο δίνει αποτέλεσμα μικρότερο κατά **4,26%** σε σχέση με το Supafil.

Αναλυτικά:

Μη μονωμένος τοίχος:	Uvalue= 2,363 W/m²	παράδειγμα 2
Ίδιος τοίχος μονωμένος με EPS 5εκ:	Uvalue= 0,504 W/m²	παράδειγμα 3
Ίδιος τοίχος μονωμένος με Supafil 7εκ:	Uvalue= 0,403 W/m²	παράδειγμα 8

Ποσοστό βελτίωσης με πολυστερίνη: Από 2,363 σε 0,504 = **78,67%**

Ποσοστό βελτίωσης με Supafil: Από 2,363 σε 0,403 = **82,95%**

Αυτό επιβεβαιώνει ότι δεν αρκεί μόνο το λ ως μέτρο σύγκρισης και επιλογής των υλικών αλλά και το πάχος που έχουμε στη διάθεσή μας.

Ηχομόνωση

Στο ίδιο διαμέρισμα κάναμε μετρήσεις σχετικά με την ηχομόνωση πριν και μετά την εφαρμογή του Supafil. Για να έχουμε ίδια μετρήσιμα αποτελέσματα και για να λάβουμε υπόψη μας όχι μόνο την μετάδοση του ήχου από αέρα αλλά και τον κτυπογενή ήχο, ακολουθήσαμε τις εξής κινήσεις:

Με κρουστικό δρόπανο τρυπάγαμε τον τοίχο από έξω και μετράγαμε τον ήχο που παρήγαγε όταν ήμασταν δίπλα στον τεχνίτη μας.

Μετρήθηκαν **107,41 dB** θορύβου.



Στη συνέχεια και με τον τεχνίτη να εξακολουθεί να δημιουργεί τον ίδιο ήχο από έξω, κλειστήκαμε στο διαμέρισμα και καταγράψαμε τον ήχο που πέρναγε από τους τοίχους.

Μετρήσαμε **85,40 dB** θορύβου.



Μετά την εφαρμογή του Supafil, δημιουργήσαμε πάλι τον ίδιο θόρυβο από έξω και καταγράψαμε τον ήχο που περνάει στο εσωτερικό του χώρου .

Μετρήσαμε **71,10 dB** θορύβου.



Δηλαδή με τον ίδιο τρόπο παραγωγής θορύβου, η ηχομόνωση του τοίχου βελτιώθηκε κατά **14,3 dB**, (βελτίωση κατά **16,74%**). Η μείωση της μετάδοσης του ήχου κατά **15%** σε μονάδα μέτρησης **dB**, αντιστοιχεί στη μείωση του ήχου κατά **40%** στον ανθρώπινο αυτί!

Το συμπέρασμα είναι ότι με την εφαρμογή μιας μόνο ημέρας και με πολύ μικρό κόστος πετυχαίνουμε δύο πολύ σημαντικά αποτελέσματα, την μείωση των θερμικών απωλειών κατά **75%** και την μείωση του θορύβου κατά **40%**.

Διαπνοή

Όταν μιλάμε για τη διαπνοή των δομικών υλικών, αναφερόμαστε στην δυνατότητα αντίστασης που έχουν στη διάχυση των υδρατμών. Μετριέται με το μ και όσο πιο μεγάλος είναι αυτός ο συντελεστής, τόσο μεγαλύτερη αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών έχει το συγκεκριμένο υλικό.

Για παράδειγμα το βουτυλικό καουτσούκ έχει διαπνοή $\mu=200.000$, η σιλικόνη έχει $\mu=5.000$ ενώ ο αέρας έχει διαπνοή $\mu=1$. Το μ είναι ένας συντελεστής αντίστασης, δεν έχει μονάδες και απλά κατηγοριοποιεί τη διαπνοή των υλικών.

Για να μιλάμε με αριθμούς στα θερμομονωτικά υλικά:

- η εξηλασμένη πολυστερίνη που είναι ιδανική για τοποθέτηση σε δάπεδα, θεμέλια και γενικότερα προσφέρει πολύ καλή προστασία στη διαπερατότητα του νερού, έχει μ που κυμαίνεται από **80** έως **250**.
- η διογκωμένη πολυστερίνη που έχει καλύτερη διαπνοή και χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο σε τοιχοποιίες έχει μ που κυμαίνεται από **20** έως **100**.
- το Supafil έχει διαπνοή $\mu=1$, δηλαδή ίδια με τον αέρα. Αυτό σημαίνει ότι ενώ έχουμε ένα θερμομονωτικό και ηχομονωτικό υλικό μέσα στον τοίχο, από άποψης μετάδοσης των υδρατμών και διαπνοής είναι σαν να έχουμε αέρα.

Δηλαδή το Supafil ως μονωτικό υλικό δεν εγκλωβίζει μέσα στον χώρο τους παραγόμενους υδρατμούς αποτρέποντας τις υγραποιήσεις και γενικά την στεγάνωση των τοίχων. Τα ινώδη υλικά σε γενικές γραμμές έχουν πολύ καλύτερη διαπνοή από τα υλικά πετρελαϊκής βάσης όπως οι πολυστερίνες (διογκωμένη ή εξηλασμένη). Ο εύκολος διαχωριστικός κανόνας είναι ότι αυτό που καίγεται, έχει κακή διαπνοή!

Αυτό είναι ένα πείραμα που δείχνουμε στο εργαστήρι μας. Ζεσταίνοντας νερό σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία σε ένα κανατάκι δημιουργώντας τεχνητά τις συνθήκες ενός κλειστού χώρου τον χειμώνα. Έτσι δημιουργούμε υδρατμούς οι οποίοι διαπερνούν τον πετροβάμβακα και εγκλωβίζονται στο πιάτο πάνω από αυτόν. Έτσι αποδεικνύουμε ότι το υλικό παραμένει ανέπαφο διατηρώντας τις ιδιότητές του ενώ οι εσωτερικοί υδρατμοί που δημιουργήσαμε, είναι σε θέση να το διαπεράσουν.

Αντιθέτως μια πολυστερίνη θα εγκλωβίζει τους υδρατμούς μέσα στον χώρο ανεβάζοντας τα ποσοστά υγρασίας και επιδεινώνοντας τις εσωτερικές συνθήκες άνεσης.

Υδρόφοβο

Παρότι έχει επιτρέπεται η διαπνοή, δεν επηρεάζεται από το νερό καθώς είναι υδρόφοβο. Δηλαδή όπως φαίνεται και στη γαβάθα με το νερό που διατηρούμε πάντα γεμάτη στο εργαστήρι μας, το Supafil επιπλέει και παραμένει στην επιφάνεια για μεγάλο χρονικό διάστημα. Λειτουργεί ακριβώς σαν ελαφρόπετρα που επιπλέει και δεν γεμίζει από νερό.



Ακαυστότητα

Όπως όλα τα ινώδη και μη πετρελαϊκής βάσης υλικά, έτσι και το Supafil είναι άκαυστο και ανεπηρέαστο από τις πυρκαγιές. Έχουμε μετρήσει στο εργαστήρι μας θερμοκρασία που ξεπερνάει τους 500°C χωρίς να επηρεάζεται ουσιαστικά το υλικό.



Παρόμοιες τεχνικές

Πολλές φορές η τεχνική της εμφύσησης μπερδεύεται με την τεχνική της έγχυσης πολυουρεθάνης. Αυτή είναι μια τεχνική που εδώ και πολλά χρόνια έχει δοκιμαστεί στην Ελλάδα και το μόνο κοινό που έχει με το Supafil είναι ότι γίνονται τρύπες στους τοίχους και γεμίζει το διάκενο. Από εκεί και πέρα η διαφορά είναι πολύ μεγάλη γιατί το υλικό είναι πολύ διαφορετικό. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι βασικές διαφορές της πολυστερίνης από το Supafil:

Ερωτήσεις	Πολυουρεθάνη	Supafil
Ποιο είναι το λ; (W/mK)	0,028 W/mK	0,034 W/mK
Είναι άκαυστο;	Όχι	Ναι
Είναι ηχομονωτικό;	Όχι	Ναι
Πόση διαπνοή έχει;	50	1

Επιπλέον αν δεν γίνει σωστά η τοποθέτηση της πολυουρεθάνης, υπάρχει η πιθανότητα κατά την διόγκωσή της να σπρώξει τα τούβλα της τοιχοποιίας. Αυτό έχει συμβεί στο παρελθόν και για αυτό τον λόγο είχε σταματήσει η διάδοση της εφαρμογής της. Οπότε είναι σημαντικό να διευκρινίζουμε ότι δεν φουσκώνει ούτε διογκώνεται με την υγρασία του αέρα γιατί είναι παρθένο υλικό ενός συστατικού. Αντιθέτως συμπιέζεται μέσα στον τοίχο μέχρι να σταματήσει να παίρνει άλλο υλικό.



Φωτογραφίες από έργο όπου δοκίμασαν να γεμίσουν το κενό με σωλήνες αφρού πολυουρεθάνης. Μια τραγική λύση σε κόστος και σε θερμομονωτικό αποτέλεσμα.

Φωτογραφίες από εφαρμογές με πολυουρεθάνη σε κατοικίες.



Αισθητική

Ένα τελευταίο αλλά πολύ σημαντικό όφελος που προσφέρει η μόνωση του διακένου με εμφύσηση είναι η διατήρηση των όψεων της Αθηναϊκής πολυκατοικίας. Ο πελεκήτης, δηλαδή η τεχνική της όψης αρτιφισιέλ όπως είναι γνωστή, είναι πολύ σημαντικό αισθητικό και ιστορικό χαρακτηριστικό της αρχιτεκτονικής και της πρώτης Αθηναϊκής πολυκατοικίας.

Πρόκειται για μια μοναδική τεχνική της οποίας οι τεχνίτες σήμερα δεν υπάρχουν καθώς η πελεκητή τσιμεντοκονία των όψεων έχει εγκαταλειφθεί. Η τελική αισθητική μοιάζει με ένα γλυπτό, ένα καλλιτεχνικό χειροτέχνημα που δεν μπορεί να επαναληφθεί. Λέγεται ότι ο ίδιος τεχνίτης αναλάμβανε ολόκληρη την όψη του κτιρίου έτσι ώστε να υπάρχει ομοιογένεια στο τελικό αποτέλεσμα και να μην αλλάξει «το χέρι του».



Το να καλύπτουμε αυτές τις μοναδικές και ανεπανάληπτες όψεις με οτιδήποτε υλικό, είναι κάτι που στο μέλλον σίγουρα θα το μετανιώσουμε. Όπως σήμερα αναπολούμε τα γκρεμισμένα νεοκλασικά της Αθήνας, έτσι ενδέχεται στα επόμενα 50 χρόνια να αναπολούμε την μοναδική αισθητική που προσφέρει η όψη της Αθηναϊκής πολυκατοικίας.

Με δεδομένο ότι η ενεργειακή αναβάθμιση όλων των κτιρίων είναι μια αναπόφευκτη και αναγκαία λύση στα επόμενα 20 χρόνια, η λύση της ενδιάμεσης μόνωσης με Supafil είναι ιδανική καθώς μπορεί να γίνει με μηδενικές έως πολύ μικρές και ανεπαίσθητες επεμβάσεις, ανάλογα με την πλευρά που θα επιλεγεί να γίνει η εφαρμογή (μέσα ή έξω).

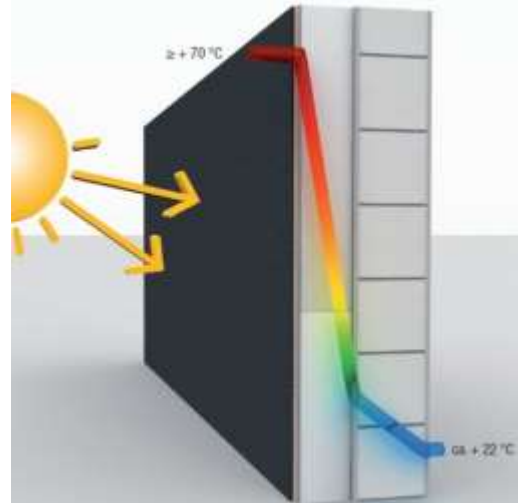


Καλοκαιρινή θερμομόνωση

Η καλοκαιρινή θερμομόνωση είναι πολύ πιο δύσκολη υπόθεση γιατί δεν λαμβάνουμε υπόψη μόνο τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αλλά και την υπερβολική αύξηση της θερμοκρασίας που μεταφέρεται μέσα στον χώρο από την ακτινοβολία του ήλιου πάνω στο κέλυφος

Έχει μετρηθεί ότι τους καλοκαιρινούς μήνες οι επιφάνειες που δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία για μεγάλο χρονικό διάστημα, μπορεί να φτάσουν ακόμα και σε θερμοκρασίες των 70°C. Αυτό σημαίνει ότι δεν έχουμε ένα $\Delta t=20^{\circ}\text{C}$ μόνο μεταξύ της εξωτερικής ατμόσφαιρας και του χώρου μας, (έστω 40°C - 20°C) αλλά πρέπει να αντιμετωπίσουμε και τη θερμότητα που κρατάνε και αντανακλούν τα δομικά στοιχεία (70°C-20°C= $\Delta t 50^{\circ}\text{C}$).

Δηλαδή ο εσωτερικός χώρος γίνεται ένας φούρνος όπου η θερμοκρασία εγκλωβίζεται και μας «βράζει». Για αυτό τον λόγο είναι σημαντικό να καθυστερήσουμε την μετάδοση της θερμότητας στο κτιριακό κέλυφος. Όπως τον χειμώνα με το Uvalue μετράμε σε ενέργεια W/m²K τη μετάδοση της θερμότητας από τον κλειστό ζεστό χώρο στο κρύο εξωτερικό περιβάλλον, έτσι το καλοκαίρι με το μέγεθος της υστέρησης που μετριέται σε ώρες υπολογίζουμε τον χρόνο που απαιτείται για να περάσει η θερμότητα από την ηλιακή ακτινοβολία μέσα στον χώρο διαμέσου του κελύφους. Όσο περισσότερες ώρες υστέρησης μετριούνται, τόσο καλύτερη καλοκαιρινή θερμομόνωση έχουμε στο κέλυφος!



Τα ινώδη υλικά προσφέρουν πολύ καλή υστέρηση γιατί έχουν μεγαλύτερη μάζα και είναι κατάλληλα για περιοχές με μεγάλη ηλιοφάνεια. Υπάρχουν διάφορα είδη θερμομονωτικών υλικών και για τον υπολογισμό της καλοκαιρινής θερμομόνωσης δεν κοιτάμε μόνο το λ αλλά και την πυκνότητά τους (δηλαδή την μάζα), τη διαπνοή των υδρατμών (μ) και την θερμοχωρητικότητα. Επιπλέον ιδιότητες υλικών όπως η ακαυστότητα και η ηχομόνωση είναι προτερήματα που προσφέρουν τα ινώδη υλικά.

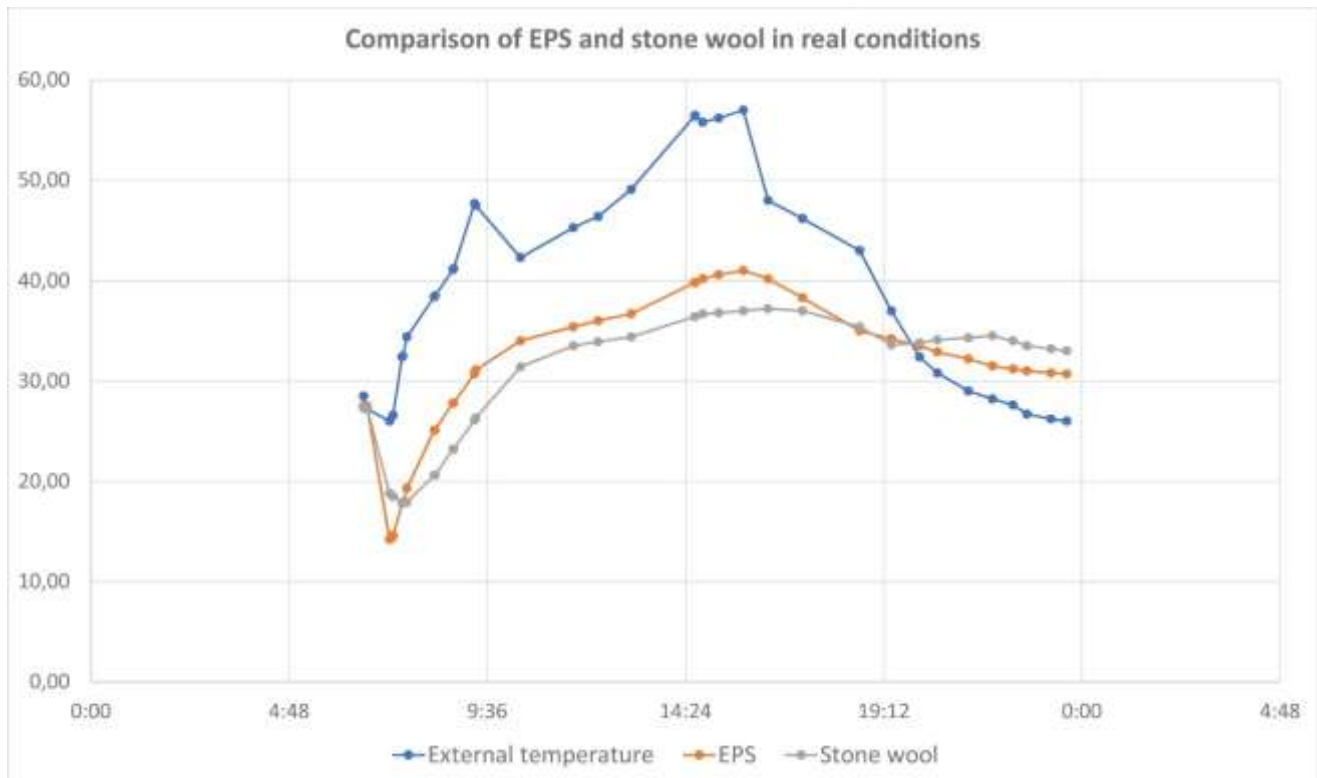
Στην παραδοσιακή κυκλαδίτικη αρχιτεκτονική, χρησιμοποιούσαν αποξηραμένα φύκια στις στέγες μαζί με αργιλική άμμο ώστε να πετύχουν την απαιτούμενη υστέρηση. (Οι φωτογραφίες είναι από την Πάρο)



Παράδειγμα σύγκρισης της υστέρησης

Σε κύβους ίδιων διαστάσεων με ίδια πάχη, τοποθετήθηκαν παγοκυψέλες ίδιου αριθμού για να δημιουργηθεί η απαιτούμενη εσωτερική ψύξη. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν εσωτερικά θερμομέτρα και ένα εξωτερικό ώστε να μετρηθεί η διακύμανση της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Το πείραμα και τα αποτελέσματα των μετρήσεων έχουν γίνει από την ομάδα μας τον Αύγουστο του 2016 και παρουσιάστηκαν σε διεθνές συνέδριο στο πανεπιστήμιο Λευκωσίας το 2019.





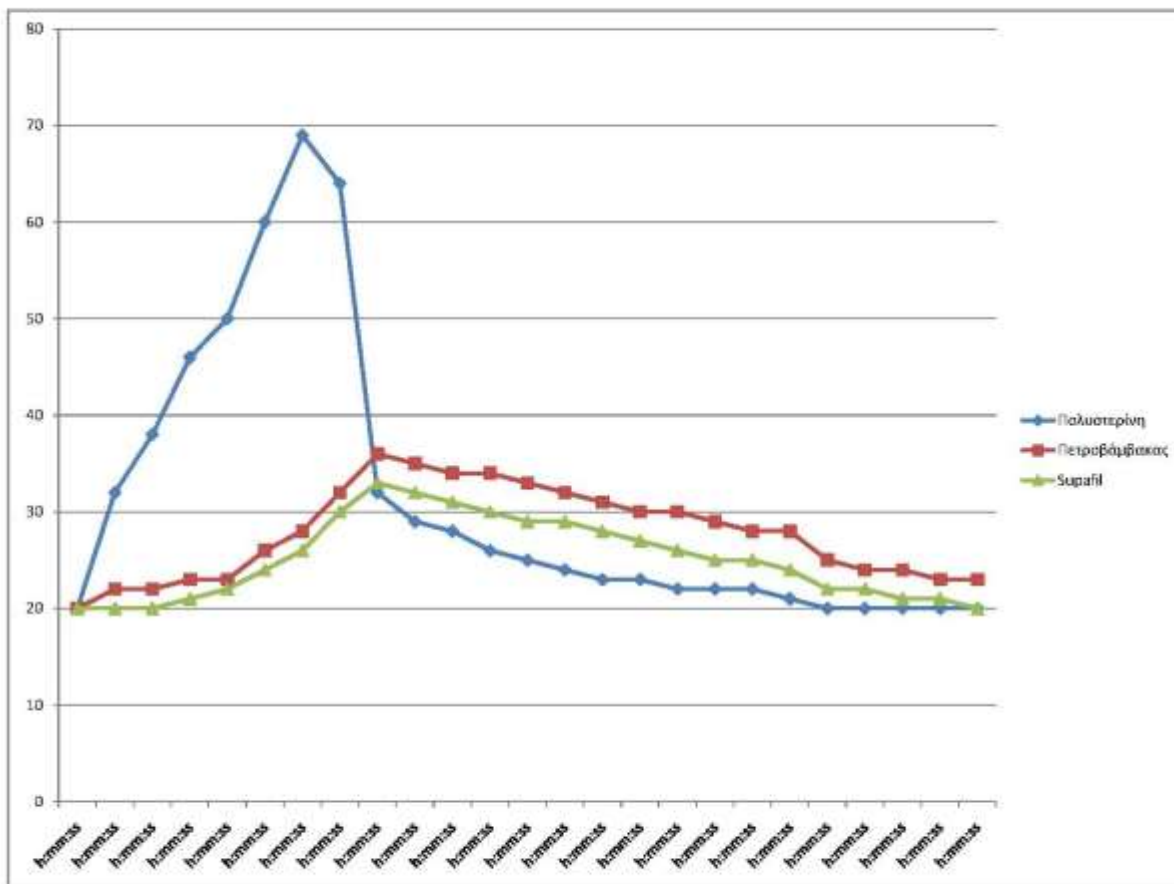
Αξίζει ιδιαίτερα να προσέξουμε σε αυτό το συγκριτικό πείραμα συμπεριφοράς υλικών, είναι ότι το βράδυ και ενώ έχει πέσει η εξωτερική θερμοκρασία στους 28,2 βαθμούς, το κουτί με την πολυστερίνη είναι πιο δροσερό κατά περίπου 2 βαθμούς σε σχέση με αυτό του πετροβάμβακα.

Αυτό δείχνει ότι η θερμομόνωση του κελύφους τους καλοκαιρινούς μήνες δεν αρκεί και σε αυτή την περίπτωση απαιτείται η χρήση του εναλλάκτη θερμότητας για να φέρει μέσα στον χώρο ψυχρό αέρα χωρίς καμία μηχανική παραγωγή ψύξης. Αυτό είναι σημείο που θα αναπτυχθεί στο κεφάλαιο του ελεγχόμενου μηχανικού αερισμού με ανάκτηση θερμότητας!



Επίσης επισημαίνουμε ότι αυτό το φαινόμενο οφείλεται στη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα του πετροβάμβακα. Δηλαδή το μεγαλύτερο βάρος του ανά κυβικό διατηρεί για μεγαλύτερο χρόνο την θερμότητα που εισέρχεται σε αυτό.

Αντίστοιχο πείραμα σε μικρότερη κλίμακα έχω κάνει το 2014 όπου συγκρίνω τρία διαφορετικά υλικά, γραφитоύχα διογκωμένη πολυστερίνη, πετροβάμβακα και Supafil με τα αποτελέσματα να περιγράφονται σε αυτό το γράφημα.



Παρακολουθήστε με προσοχή το αναλυτικό βίντεο εδώ:

https://www.youtube.com/watch?v=61BM6BNgiZo&list=PLxv_z0IsD0djNLOUD55KW21ZzMT3ZEF87&index=21

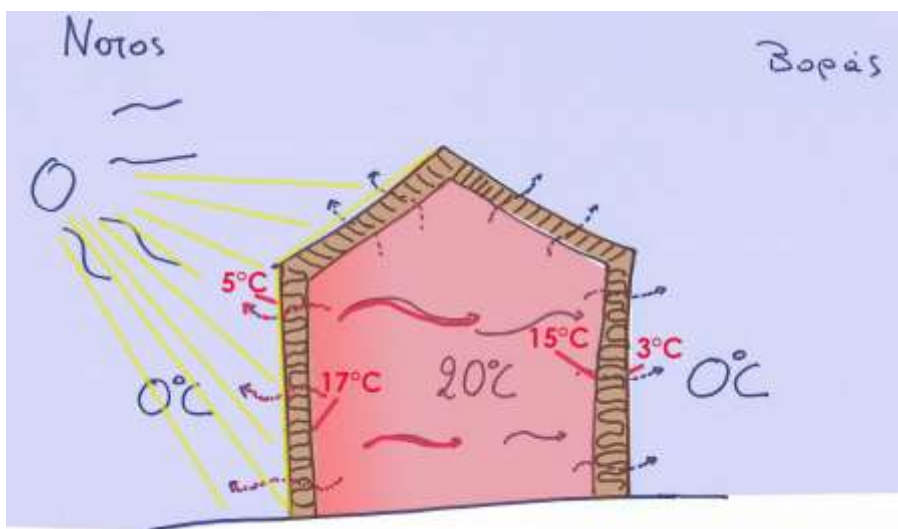
Ο μύθος του βορινού τοίχου

Είναι κοινώς γνωστή η έκφραση: «να μονώσουμε την βορινή πλευρά που μπάζει!». Το φυσικό φαινόμενο που συμβαίνει και έχει δημιουργήσει αυτή τη λανθασμένη πεποίθηση είναι ότι τον χειμώνα ο ήλιος ζεσταίνει τις τρεις πλευρές ενός κτιρίου ενώ στην βορινή πλευρά δεν υπάρχει καθόλου ηλιοφάνεια. Η επίδραση του ήλιου στην νότια πλευρά για παράδειγμα, ανεβάζει έως και 2 βαθμούς την επιφανειακή θερμοκρασία με αποτέλεσμα μέσα στον ίδιο χώρο η νότια πλευρά να έχει εσωτερική θερμοκρασία έστω 17 βαθμούς ενώ η βορινή να έχει 15 βαθμούς.

Αυτό είναι λογικό γιατί η ροή της θερμότητας από μέσα προς τα έξω είναι πιο μικρή προς την νότια πλευρά αφού εξωτερική επιφάνεια είναι πιο ζεστή. Έτσι μέσα στον χώρο δημιουργείται θερμική ροή από τις ζεστές επιφάνειες προς τις κρύες. Για αυτό τον λόγο παρατηρούνται οι όποιες υγραποιήσεις στα βόρεια τμήματα γιατί αυτά είναι μονίμως πιο ψυχρά με πιθανότητες υγραποποιήσεων.

Οπότε είναι μεγάλος μύθος η μόνωση μόνο του βορινού τμήματος ενός διαμερίσματος, ή ακόμα χειρότερα η εσκεμμένη παράλειψη του νότιου τμήματος από θερμομόνωση γιατί στον νότο δεν κάνει κρύο.

Όταν πέφτει ο ήλιος, η εξωτερική θερμοκρασία είναι παντού ίδια και συνεπώς οι απώλειες είναι ίδιες προς όλες τις κατευθύνσεις!



Ευχαριστώ για τον χρόνο σας και ελπίζω να βρήκατε χρήσιμο το συγκεκριμένο εγχειρίδιο.

Μπορείτε να επικοινωνήσετε μαζί μου στο fuv@fuv.gr για οποιαδήποτε διευκρίνιση λεπτομέρεια ή οτιδήποτε άλλο.

Θεόδωρος Σωτήριος Τούντας

Αρχιτέκτων Μηχανικός, Ενεργειακός σύμβουλος CasaClima

Γενικός Διευθυντής F.U.V. Group

