



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ

**«ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΧΡΩΜΑΤΩΝ, ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΩΝ»**



Ελπίδα Βαγγέλογλου

Χανιά, 2010

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:

Παγώνα Μαραβελάκη

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ:

Διονυσία Κολοκοτσά

Θεοχάρης Τσούτσος

*Αφιερώνω τη διπλωματική μου εργασία στη φίλη μου Μυρτώ για τα αξέχαστα
φοιτητικά μας χρόνια μαζί στα Χανιά.*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μελέτη στηρίχτηκε σε ιδέες της κυρίας Μαραβελάκη Παγώνας και της κυρίας Κολοκοτσά Διονυσίας, τις οποίες θα ήθελα να ευχαριστήσω για την παραγωγική και ευχάριστη συνεργασία μας, το συνεχές ενδιαφέρον τους και την καθοδήγηση, καθώς και για την ευκαιρία που μου έδωσαν να ασχοληθώ με ένα θέμα του ενδιαφέροντός μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιτροπή και να πω ένα επιπλέον ευχαριστώ στον κύριο Θεοχάρη Τσούτσο για την παραχώρηση του εξωτερικού χώρου του εργαστηρίου του για τη διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας.

Ευχαριστώ τον κύριο Ιωάννη Κανάκη και τον Γιάννη Σαραντόπουλο που με δέχτηκαν καθημερινά στον εργασιακό τους χώρο.

Ευχαριστώ πολύ τον Λυκούργο Καλογεράκη και την εταιρεία του, Φειδίας Κατασκευαστική για την πολύτιμη βοήθεια και το χρόνο που αφιέρωσαν κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας στην προετοιμασία των υλικών.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την συνεχή υποστήριξη, κάθε στιγμή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	2
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	3
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ-ΠΙΝΑΚΩΝ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
2.1 ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ	9
2.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	12
2.2.1 ΥΛΙΚΑ.....	12
2.2.1.1 ΨΥΧΡΟ ΥΛΙΚΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ-COOL BARRIER ROOF	12
2.2.1.2 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	12
2.2.1.2.1 ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΑΣΒΕΣΤΟΙ	13
2.2.1.2.2 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ	14
2.2.1.2.3 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΧΡΩΜΑΤΑ	15
2.2.1.2.4 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟ ΑΣΤΑΡΙ	16
2.2.1.2.5 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΕΓΧΡΩΜΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ	16
2.2.1.3 ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ.....	18
2.2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	20
2.3 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	25
2.3.1 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	25
2.3.2 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	31
3.1 ΥΛΙΚΑ-ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΥΛΙΚΩΝ.....	31
3.1.1 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ.....	32
3.1.1.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΒΑΣΙΚΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ	32

3.1.1.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΛΕΠΤΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ	35
3.1.2 ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ	38
3.2 ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥΣ	41
3.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	45
3.3.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΘΕΡΜΟΚΑΜΕΡΑ.....	46
3.3.1.1 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ	46
3.3.1.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ (ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ)	47
3.3.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΑΙΣΘΗΤΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ (DATA LOGGERS).....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ	49
4.1 ΠΡΩΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ	49
4.2 ΔΕΥΤΕΡΟ ΣΤΑΔΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ	51
4.2.1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΘΕΡΜΟΚΑΜΕΡΑ.....	51
4.2.1.1 ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΘΕΡΜΟΚΑΜΕΡΑ.....	61
4.2.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ (DATA LOGGERS).....	62
4.2.2.1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ.....	62
4.2.2.1.1 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ CHAUX BLANCHE NHL-Z 3.5	62
4.2.2.1.2 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ ALBARIA CALCE ALBAZZANA....	70
4.2.2.1.2 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ.....	77
4.2.2.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΝΥΧΤΑΣ	83
4.2.2.2.1 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ CHAUX BLANCHE NHL-Z 3.5	85
4.2.2.2.2 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ ALBARIA CALCE ALBAZZANA....	86

4.2.2.2.3 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ.....	87
4.2.1.1 ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ	87
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	89
5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ CHAUX BLANCHE NHL-Z 3.5	89
5.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ CALCE ALBAZZANA	90
5.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	90
5.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	91
5.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	93
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ	96
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	99
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ-ΕΙΚΟΝΩΝ

Πίνακας 1. Τεχνικά χαρακτηριστικά Albaria SP2 Tonachino Deumidificante	17
Πίνακας 2. Παρασκευή συμβατικού κονιάματος.....	32
Πίνακας 3. Παρασκευή κονιάματος Chaux Blanche NHL-Z 3.5	33
Πίνακας 4. Παρασκευή κονιάματος Albaria Calce Albazzana.....	34
Πίνακας 5. Παρασκευή λεπτής στρώσης συμβατικού κονιάματος	36
Πίνακας 6. Παρασκευή λεπτής στρώσης κονιάματος Chaux Blanche NHL-Z 3.5	36
Πίνακας 7. Παρασκευή λεπτής στρώσης κονιάματος Albaria Calce Albazzana ...	37
Πίνακας 8. Ενδεικτικές επιφανειακές θερμοκρασίες δειγμάτων σε °C (9/7/10)	52
Πίνακας 9. Ενδεικτικές επιφανειακές θερμοκρασίες δειγμάτων σε °C (13/7/10)	53
Πίνακας 10. Υλικά με χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες	54
Πίνακας 11. Εύρος Θερμοκρασιών και Μέση ημερήσια θερμοκρασία στις 14/7/10 κατά το διάστημα 9:00-18:00.....	68
Πίνακας 12. Εύρος Θερμοκρασιών και Μέση ημερήσια θερμοκρασία στις 7/9/10 κατά το διάστημα 9:00-18:00.....	75
Πίνακας 13. Εύρος Θερμοκρασιών και Μέση ημερήσια θερμοκρασία στις 15/9/10 κατά το διάστημα 9:00-18:00.....	82
Εικόνα 1.Κατασκευή βασικής στρώσης κονιάματος τοιχοποιίας με τσιμέντο.....	33
Εικόνα 2. Συστατικά: υδραυλική άσβεστος Calce Albazzana, άμμος, ασβέστης.	34
Εικόνα 3. Ανάμειξη συστατικών με νερό	34
Εικόνα 4. Εφαρμογή κονιάματος και εξομάλυνση επιφάνειας.....	35
Εικόνα 5.Βασική στρώση των τριών κονιαμάτων. Από αριστερά προς δεξιά:Τσιμέντο, Calce Albazzana, Chaux Blanche	35
Εικόνα 6. Λείανση επιφανειών υποστρώματος με γυαλόχαρτο.....	37
Εικόνα 7. Τελική όψη υποστρωμάτων. Πάνω αριστερά σοβάς από Calce Albazzana, πάνω δεξιά από Chaux Blanche NHL-Z, κάτω από τσιμέντο	38
Εικόνα 8. Υπό μελέτη δείγματα στο χώρο διεξαγωγής του πειράματος σε απογευματινή ώρα.....	40
Εικόνα 9.Θερμοκάμερα IRISYS IRI 4030.....	41

Εικόνα 10. Θερμόμετρα καταγραφής δεδομένων(Data Loggers) και αισθητήρες θερμοκρασίας.....	43
Εικόνα 11. Προαύλιο εργαστηρίου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, υπαίθριος χώρος διεξαγωγής των πειραμάτων.	45
Εικόνα 12 Θερμογραφήματα κονιαμάτων(από πάνω προς τα κάτω):CBM, CALM, CRM	50
Εικόνα 13. Αριστερή στήλη: Θερμογραφήματα Scialbo σε CBM, CALM, CM από πάνω προς τα κάτω. Δεξιά στήλη: το ίδιο για το επίχρισμα Marmorino.....	57
Εικόνα 14. Αριστερή στήλη: Θερμογραφήματα Tonachino σε CBM, CALM, CRM από πάνω προς τα κάτω. Δεξιά στήλη: δείγματα αναφοράς Cool Barrier σε CBM και CM από πάνω προς τα κάτω.....	58
Εικόνα 15. Αριστερή στήλη: Silimac Tinteggio σε CBM, CALM, CM από πάνω προς τα κάτω στις 13/7/10. Δεξιά στήλη: το ίδιο στις 9/7/10.....	59
Εικόνα 16. Αριστερή στήλη: Albaria white σε CBM, CALM, CM από πάνω προς τα κάτω. Δεξιά στήλη: Albaria No8 σε CBM και CM	60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποσκοπεί στη μελέτη και διεξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά τη θερμική απόδοση οικολογικών χρωμάτων, επιχρισμάτων και κονιαμάτων και το χαρακτηρισμό τους ως ψυχρά υλικά, με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας από την εφαρμογή τους στα εξωτερικά τοιχώματα κτηρίων. Τα αποτελέσματα της μελέτης είναι ιδιαίτερα σημαντικά, καθώς η εξεύρεση νέων ψυχρών υλικών διευρύνει τις επιλογές στην ενεργειακή εξοικονόμηση σε κτήρια και προωθεί την εισαγωγή τους στις καθημερινές εφαρμογές από ειδικούς και μη, καθώς είναι μια άμεση, οικονομική και εφικτή από όλους τεχνική εξοικονόμησης ενέργειας. Η εξάπλωση της εφαρμογής της σε νέα και υπάρχοντα κτήρια, συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, καθώς επίσης επιτρέπει τη χαμηλότερη κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, αφού μπορεί να καλύπτει την ανάγκη για κλιματισμό σε περιοχές με θερμό κλίμα κατά τους θερινούς μήνες. Για τη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν 40 δείγματα, αποτελούμενα από τρία είδη κονιάματος τοιχοποιίας: συμβατικής κονιάς τσιμέντου, κονιάς υδραυλικής άσβεστου Chaux Blanche NHL-Z 3.5 και κονιάς υδραυλικής άσβεστου Albaria Calce Albazzana. Πάνω στο κάθε υπόστρωμα εφαρμόστηκαν διάφορα είδη επιχρισμάτων, χρωμάτων ή έγχρωμων κονιαμάτων που στο σύνολό τους αποτέλεσαν τα 40 δείγματα που εξετάστηκαν. Ανάμεσα σε αυτά χρησιμοποιήθηκαν συμβατικά υλικά σύγχρονων κτηρίων και ψυχρά υλικά που υπάρχουν ήδη στην αγορά, ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση των εξεταζόμενων υλικών μαζί τους και ακριβέστερη η διεξαγωγή αποτελεσμάτων. Τα πειράματα έλαβαν χώρα κατά τους μήνες Μάιο μέχρι Σεπτέμβριο αυτού του έτους (2010). Οι θερμικές αποδόσεις των υλικών μετρήθηκαν με τη χρήση θερμοκάμερας και αισθητήρων με θερμόμετρα καταγραφής δεδομένων (Data Logger thermometers). Τα αποτελέσματα απέδειξαν ότι η χρήση ανακλαστικών επιστρώσεων και ψυχρών κονιαμάτων μπορεί να επιφέρει σημαντική μείωση στη θερμοκρασία μιας επιφάνειας και τα θερμικά αποδοτικότερα υλικά της έρευνας, ήταν όπως αναμενόταν τα πιο ανοιχτόχρωμα, ενώ ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στη θερμική τους απόδοση έπαιξε η σύστασή τους. Ειδικότερα, αποδείχθηκε σε αυτήν την μελέτη ότι υλικά με υδράσβεστο και ανθρακικό ασβέστιο έχουν την καλύτερη θερμική απόκριση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 . ΕΙΣΑΓΩΓΗ

2.1 ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

ΨΥΧΡΑ ΥΛΙΚΑ

Ψυχρά υλικά ονομάζονται τα λευκά ή έγχρωμα υλικά που μπορούν να εφαρμοστούν στο κέλυφος ενός κτιρίου, αλλά και σε άλλες επιφάνειες του αστικού δομημένου περιβάλλοντος (π.χ. πεζοδρόμια) μειώνοντας την αναπτυσσόμενη σε αυτά θερμοκρασία. Χαρακτηριστικό των ψυχρών υλικών είναι η υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία σε σύγκριση με συμβατικά υλικά του ίδιου χρώματος και ο υψηλός δείκτης εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η εφαρμογή τους εξασφαλίζει χαμηλότερη επιφανειακή θερμοκρασία.

ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ Ή ΛΕΥΚΑΥΓΕΙΑ (ALBEDO)

Η ανακλαστικότητα ή άλβεδο ή λευκαύγεια (solar reflectance ή albedo, SR) αποτελεί το μέτρο της ποσότητας της ανακλώμενης ακτινοβολίας μιας επιφάνειας και εκφράζεται ως ο λόγος της ανακλώμενης προς την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία επί της εξεταζόμενης επιφάνειας. Το εύρος των τιμών που μπορεί να λάβει η ποσότητα αυτή για μια επιφάνεια είναι από 0 έως 1 ή 0-100%. Συγκεκριμένα, όταν η ανακλαστικότητα λαμβάνει την τιμή 0 (μηδέν) απορροφάται όλη η ποσότητα της ακτινοβολίας, χωρίς καμία ανάκλαση. Αντιθέτως, όταν λαμβάνει την τιμή 1 ανακλάται όλη η ακτινοβολία, χωρίς καθόλου απορρόφηση. Είναι γνωστό ότι το ποσοστό της ανακλώμενης ακτινοβολίας μικραίνει όσο πιο σκούρα είναι μια επιφάνεια, με αποτέλεσμα η λευκαύγειά της να πλησιάζει το 0(μηδέν).

ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ (EMISSIVITY)

Ο δείκτης εκπομπής (emissivity, ϵ) μιας επιφάνειας είναι το μέτρο της ικανότητάς της να απελευθερώνει απορροφημένη θερμότητα και εκφράζεται ως ο λόγος της ακτινοβολίας του σώματος προς την ακτινοβολία ενός μαύρου σώματος. Μεγάλες τιμές του δείκτη εκπομπής υποδηλώνουν ταχύτερη μετάδοση θερμότητας, δηλαδή το υλικό εκλύει γρηγορότερα τη θερμότητα που απορρόφησε.

ΚΕΛΥΦΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (BUILDING ENVELOPE)

Κέλυφος κτιρίου ονομάζεται ο διαχωρισμός του εσωτερικού από το εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου. Οι κύριες συνιστώσες του κελύφους ενός κτιρίου είναι τα θεμέλια, το δάπεδο, η οροφή, οι τοίχοι, οι πόρτες και τα παράθυρα. Το κέλυφος κτιρίου, όπως υποδηλώνει η ονομασία, λειτουργεί ως κέλυφος προστασίας του εσωτερικού περιβάλλοντος και πρέπει να εξασφαλίζει άνετες συνθήκες διαβίωσης με ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας.

➤ ΤΕΧΝΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

ΚΟΝΙΑ

Οι κονίες είναι τα υλικά που χρησιμοποιούνται ως συνδετική ύλη των αδρανών υλικών. Έχουν στερεά μορφή (σκόνης), είτε είναι ρευστά και όταν αναμιχθούν με ένα υγρό, που είναι συνήθως το νερό, μεταβάλλονται σε εύπλαστο πολτό. Ο πολτός αυτός αποκτά την οριστική μορφή και την τελική αντοχή του με την πάροδο του χρόνου, αφού περάσει διαδοχικά από το στάδιο της πήξης και το στάδιο της σκλήρυνσης.

Πήξη είναι το φαινόμενο που πραγματοποιείται από τη στιγμή που ο πολτός χάνει την πλαστικότητά του μέχρι τη στιγμή που αποκτά κάποια συνεκτικότητα και στερεότητα.

Σκλήρυνση είναι το φαινόμενο, το οποίο ακολουθεί την πήξη, οπότε ο πολτός μεταβάλλεται σε λίθωμα και αποκτά την τελική αντοχή του.

ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ

Τα αδρανή υλικά προέρχονται από τη φυσική αποσάθρωση ή την τεχνητή θραύση των πετρωμάτων, καθώς και διάφορα υλικά, όπως σκουριές από υψικαμίνους, βιομηχανικά παραπροϊόντα κ.ά. Αποτελούνται από συμπαγείς κόκκους του ίδιου ή διαφορετικού μεγέθους. Δεν πρέπει να περιέχουν προσμίξεις που να είναι ικανές να προκαλέσουν μείωση της αντοχής και της σταθερότητας των κονιαμάτων, να επηρεάσουν δυσμενώς άλλες ιδιότητες τους και να προκαλέσουν επιβλαβείς χημικές αντιδράσεις με την εκάστοτε συνδετική ύλη. Συνηθέστερο αδρανές υλικό είναι η άμμος, που χρησιμοποιήθηκε και στην πειραματική διαδικασία αυτής της μελέτης.

KONIAMA

Τα κονιάματα είναι τα τελικά μίγματα που προκύπτουν από την ανάμιξη μιας ή περισσότερων κονιών με αδρανή υλικά μικρής κοκκομετρικής διαβάθμισης και με υγρό επεξεργασίας, το οποίο είναι συνήθως το νερό. Ο βασικός φορέας της αντοχής του κονιάματος είναι τα αδρανή, ενώ οι κονίες αποτελούν το συνδετικό υλικό. Τα χρησιμοποιούμενα αδρανή είναι συνήθως άμμος με μέγιστη διάμετρο κόκκου 4 mm. Η περιεκτικότητά τους σε λεπτούς κόκκους με διάμετρο $d < 0,2$ mm πρέπει να είναι 20% – 25% κατά βάρος και οι διαστάσεις του μέγιστου κόκκου πρέπει να είναι μικρότερες από το 1/3 του πάχους του επιχρίσματος. Επειδή για την παρασκευή του κονιάματος πρέπει να χρησιμοποιείται η ελάχιστη δυνατή ποσότητα κονίας, τα αδρανή υλικά πρέπει να έχουν τέτοια κοκκομετρική διαβάθμιση, ώστε ο όγκος των κενών, τα οποία σχηματίζονται μεταξύ των κόκκων τους, να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος.

Η μελέτη αυτή χρησιμοποίησε στα συμβατικά δείγματά της **τσιμεντοασβεστοκονίαμα**, το οποίο χρησιμοποιεί ως κονίες άσβεστο και τσιμέντο. Το τσιμεντοασβεστοκονίαμα ή μικτό κονίαμα παρουσιάζει υδραυλικές ικανότητες και μειωμένη υδατοπερατότητα, ενώ είναι ανθεκτικότερο και παρουσιάζει μεγαλύτερη αντοχή στις καταπονήσεις από τα καθαρά ασβεστοκονιάματα.

ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ

Επίχρισμα ονομάζεται το μίγμα ανόργανων συνδετικών υλικών, αδρανών, νερού και μερικές φορές και ειδικών πρόσμικτων ή και προσθέτων, που εφαρμόζεται σε τοίχους και οροφές σε μια ή περισσότερες στρώσεις. Τα επιχρίσματα διακρίνονται σε εξωτερικά και εσωτερικά. Τα επιχρίσματα δεν αποκτούν τα τελικά χαρακτηριστικά τους πριν να ολοκληρωθεί η σκλήρυνσή τους μετά την εφαρμογή. Τα χαρακτηριστικά αυτά εξαρτώνται από το τύπο ή τους τύπους των συνδετικών υλικών που χρησιμοποιούνται, από τις αναλογίες τους και από το πάχος των στρώσεων. Ειδικές ιδιότητες στα επιχρίσματα μπορούν να προσδώσουν ο τύπος των αδρανών, τα πρόσμικτα ή και τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται.

2.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.2.1 ΥΛΙΚΑ

2.2.1.1 ΨΥΧΡΟ ΥΛΙΚΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ-COOL BARRIER ROOF

Κατά την εκπόνηση των μετρήσεων στο πείραμα που πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιήθηκε ένα ψυχρό υλικό ως σημείο αναφοράς για τη σύγκριση με τα εξεταζόμενα υλικά και τη δυνατότητα χαρακτηρισμού της θερμικής τους απόδοσης. Το υλικό αυτό ήταν το λευκό χρώμα “Cool Barrier Roof” της εταιρείας Abolin. Το “Cool Barrier Roof” είναι ένα ελαστομερές στεγανωτικό χρώμα οριζοντίων επιφανειών βασισμένο σε τεχνολογία ψυχρών υλικών. Εφαρμόζεται ως τελικό χρώμα και προσφέρει υψηλή ανακλαστικότητα και άριστες αντοχές στην ηλιακή ακτινοβολία και την ατμοσφαιρική ρύπανση. Δημιουργεί μια λευκή, ελαστική και αδιαπέραστη μεμβράνη, η οποία διατηρεί την ελαστικότητά της ακόμα και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες ενώ παρουσιάζει εξαιρετικές αντοχές σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες (ηλιακή ακτινοβολία, βροχή και χιόνι). Είναι αντιμυχλικό, υδρατμοδιαπερατό και ανθίσταται στην διάδοση φλόγας. Το προϊόν είναι πιστοποιημένο κατά Energy Star και έχει συντελεστή ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία $SR=0.89$ και συντελεστή εκπομπής $\varepsilon=0.89$, ενώ η ανώτατη τιμή του σε περιεκτικότητα πτητικών οργανικών ενώσεων 38 g/l VOC.

2.2.1.2 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Η επιλογή των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στηρίχτηκε στην ανάγκη να εξεταστούν υλικά που κυκλοφορούν στο εμπόριο και έχουν χρησιμοποιηθεί σε εργασίες αναστήλωσης ιστορικών κτηρίων. Ο χαρακτηρισμός τους ως οικολογικά προκύπτει από τον τρόπο παρασκευής τους, που, όπως θα αναλυθεί, δεν επιβαρύνει ενεργειακά το περιβάλλον, καθώς επίσης και από την εφαρμογή τους, για την οποία ισχύει το ίδιο. Τα υλικά αυτά είναι ιταλικής προέλευσης. Εισάγονται από την εταιρεία BASF C.C. Ελλάς Α.Ε. και διανέμονται από την εταιρεία Δαλκαφούκη Οίκος Ε.Π.Ε. Η ποικιλία αυτή αποτελούνταν από δύο είδη υδραυλικής άσβεστου για χρήση σε σοβά, οικολογικά χρώματα,

έγχρωμα κονιάματα, οικολογικά επιχρίσματα και ένα οικολογικό αστάρι. Παρακάτω δίνονται αναλυτικά στοιχεία των υλικών αυτών.

2.2.1.2.1 ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΑΣΒΕΣΤΟΙ

ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΑΣΒΕΣΤΟΣ CALCE ALBAZZANA

Η υδραυλική άσβεστος calce albazzana είναι μια φυσική υδραυλική άσβεστος χρώματος φουντουκί-ροζ που παρασκευάζεται από την έψηση επιλεγμένων μαργαϊκών ασβεστολίθων και ψήνεται σε παραδοσιακούς φούρνους σε χαμηλή θερμοκρασία (+900 °C), ακολουθώντας τις πρακτικές της ιστορικής παράδοσης. Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά της, λόγω της ικανότητας διαπνοής και το ιδιαίτερα χαμηλό ποσοστό υδατοδιαλυτών αλάτων, η Albaria Calce Albazzana είναι η πιο κατάλληλη κονία για την παρασκευή κονιαμάτων (τύπου CS II κατά EN 998/1 με αντοχή σε θλίψη 1,5-5 MPa) για την αποκατάσταση ιστορικών κτιρίων.

ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΑΣΒΕΣΤΟΣ CHAUX BLANCHE NHL-Z 3.5

Η Chaux Blanche NHL -Z 3.5, χρώματος λευκού, είναι μια φυσική υδραυλική άσβεστος, η οποία προέρχεται, επίσης, από την όπτηση μαργαϊκών ασβεστολίθων, αλλά το τελικό klinker εμπεριέχει ποζολανικά πρόσθετα, τα οποία ενισχύουν τις μηχανικές αντοχές των κονιαμάτων που προκύπτουν. Είναι κατάλληλη για παρασκευή κονιαμάτων, επιχρισμάτων ενεμάτων και κατασκευή ψηφιδωτών. Προσφέρει υψηλή υδρατμοπερατότητα, υψηλή αντοχή στα θειικά και ισορροπία μεταξύ υδραυλικών στοιχείων και ενανθράκωσης.

2.2.1.2.2 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ

ALBARIA MARMORINO

Σύσταση-Περιγραφή

Το υλικό Albaria Marmorino αποτελεί ένα φινίρισμα επιχρισμάτων, από ωριμασμένο πολτό υδρασβέστου και μαρμαρόσκονη με μέγιστη διάμετρο 0,6 mm, και με εμφάνιση μαρμάρου. Η χρήση του αφορά τόσο εσωτερικές αλλά και εξωτερικές επιφάνειες.

Ειδικά χαρακτηριστικά και προφυλάξεις

Ειδικότερα χαρακτηριστικά του Albaria Marmorino είναι η υψηλή ικανότητα διαπνοής και η εξαιρετική αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία και τους ατμοσφαιρικούς παράγοντες.

Κατά την εφαρμογή του υλικού συνίσταται η διαβροχή του (κατά τους καλοκαιρινούς μήνες) καθώς και η προστασία του από το νερό για μερικές ημέρες μέχρι την ενανθράκωση του συνδετικού μέσου, για να αποφευχθεί ο σχηματισμός άσπρων κηλίδων λόγω της μετανάστευσης του υδροξειδίου του ασβεστίου. Η ταχύτητα ενανθράκωσης του υλικού εξαρτάται από τη θερμοκρασία, το πάχος, το βαθμό υγρασίας και το πορώδες της στρώσης που έχει εφαρμοστεί.

ALBARIA TONACHINO

Σύσταση- Περιγραφή

Το υλικό Albaria Tonachino αποτελεί ένα φινίρισμα επιχρισμάτων σε μορφή πάστας. Αποτελείται από πολτό υδρασβέστου και επιλεγμένες άμμους, με μέγιστη διάμετρο 0,6 mm και είναι χρωματισμένο με φυσικές γαίες. Χρησιμοποιείται σε εσωτερικούς και εξωτερικούς σοβάδες.

Ειδικά χαρακτηριστικά και προφυλάξεις

Το τελικό επίχρισμα Albaria Tonachino παρουσιάζει τραχεία και ματ υφή και χαρακτηρίζεται από υψηλή ικανότητα διαπνοής με συντελεστή διάχυσης

υδρατμών <18 κατά EN 1015-19 και παρουσιάζει με τη σειρά του εξαιρετική αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία και τους ατμοσφαιρικούς παράγοντες.

Κατά την εφαρμογή του απαιτείται επίσης διαβροχή (κατά τους καλοκαιρινούς μήνες) και προστασία από το νερό για μερικές ημέρες μέχρι την ενανθράκωση του συνδετικού μέσου, για να αποφευχθεί ο σχηματισμός άσπρων κηλίδων λόγω της μετανάστευσης του υδροξειδίου του ασβεστίου.

2.2.1.2.3 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΧΡΩΜΑΤΑ

ALBARIA SCIALBO

Σύσταση-Περιγραφή

Το Albaria Scialbo αποτελεί ένα ασβεστόχρωμα χρωματισμένο με ανόργανες φυσικές γαίες για το βάψιμο εσωτερικών και εξωτερικών επιφανειών.

Ειδικά χαρακτηριστικά και προφυλάξεις

Ειδικότερα χαρακτηριστικά του Albaria Scialbo είναι η τραχεία και ματ υφή του και η πολύ μεγάλη καλυπτικότητα. Χαρακτηρίζεται από υψηλή ικανότητα διαπνοής, εξαιρετική αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία και τους ατμοσφαιρικούς παράγοντες, υψηλή αντοχή στην ανάπτυξη μυκήτων και υψηλή χρωματική σταθερότητα. Το προϊόν είναι ευπαθές στον παγετό, οπότε απαιτείται η κατάλληλη προφύλαξη κατά την αποθήκευσή του. Ομοίως κατά την εφαρμογή του απαιτείται διαβροχή και προστασία από το νερό για μερικές ημέρες μέχρι την ενανθράκωση του συνδετικού μέσου, για να αποφευχθεί ο σχηματισμός άσπρων κηλίδων.

ALBARIA SILIMAC TINTEGGIO

Σύσταση-Περιγραφή

Το Albaria Silimac Tinteggio είναι ένα οικολογικό, ορυκτό χρώμα με βάση την υδρύαλο(πυριτικό κάλιο), σταθεροποιημένο και υδροφοβιομένο κατά DIN 18363 και χρωματισμένο με ανόργανες χρωστικές (φυσικές γαίες και μεταλλικά οξείδια). Χρησιμοποιείται για το βάψιμο εσωτερικών και εξωτερικών επιφανειών.

Ειδικά χαρακτηριστικά

Το Albaria Silimac Tinteggio είναι ένα ορυκτό χρώμα με λεία και ματ εμφάνιση, το οποίο χαρακτηρίζεται από υψηλή ικανότητα διαπνοής με συντελεστή διάχυσης υδρατμών <30 κατά EN 1015-19, είναι υδαταπωθητικό και ανθεκτικό στην υπεριώδη ακτινοβολία και τους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Το χρώμα αυτό δεν είναι φιλμογενές, αφού σχηματίζει μια κρυσταλλική δομή με το υπόστρωμα με το οποίο γίνεται ένα ενιαίο σώμα. Τέλος, δεν αποτελεί θρεπτικό υπόστρωμα για την ανάπτυξη αποικιών μυκήτων, βακτηρίων και αλγών.

Πριν την εφαρμογή του χρώματος συνίσταται η προκαταρκτική κατεργασία με το οικολογικό αστάρι Albaria Silimac Primer.

2.2.1.2.4 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟ ΑΣΤΑΡΙ

ALBARIA SILIMAC PRIMER

Το Albaria Silimac Primer είναι ένα οικολογικό αστάρι, αποτελούμενο από υδρύαλο σε υδατικό διάλυμα σταθεροποιημένο και υδροφοβιομένο, αραιωμένο μέχρι και 50% σε πορώδη υποστρώματα.

Κατά την εφαρμογή του το υπόστρωμα πρέπει να διαβρέχεται με καθαρό νερό ώστε να παρεμποδιστεί η αφυδάτωση του συνδετικού μέσου.

2.2.1.2.5 ΕΓΧΡΩΜΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

ALBARIA SP2 TONACHINO DEUMIDIFICANTE

Σύσταση-Περιγραφή

Το Albaria SP2 Tonachino Deumidificante αποτελεί μια σειρά έτοιμων έγχρωμων επιχρισμάτων, σε διάφορες αποχρώσεις, με παρουσία υδρασβέστου ή/και υδραυλικής ασβέστου και φυσικών γαιών για χρωματισμό, χωρίς τσιμέντο. Αποτελούν το τελικό φινίρισμα, πάχους λίγων χιλιοστών και με μέγιστη διάμετρο κόκκων 0,6 mm, του αφυγραντικού συστήματος κονιαμάτων Albaria SP2 για την εξυγίανση τοιχοποιιών που αντιμετωπίζουν προβλήματα ανερχόμενης υγρασίας και επιθετική δράση αλάτων.

Οι αποχρώσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην προκειμένη μελέτη από το χρωματολόγιο της εταιρείας είναι οι εξής: *Albaria white, Albaria No1, Albaria No2, Albaria No4, Albaria No5, Albaria No8, Albaria No16, Albaria No24.*

Ειδικά χαρακτηριστικά και προφυλάξεις

Τα κονιάματα Albaria SP2 Tonachino Deumidificante είναι υδρόφοβα και παρουσιάζουν υψηλή διαπνοή. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους αναφέρονται ακολούθως και αφορούν νωπό κονίαμα συνεκτικότητας 160-170 mm κατά EN 1015-3:

Πίνακας 1. Τεχνικά χαρακτηριστικά Albaria SP2 Tonachino Deumidificante

Συντελεστής διάχυσης υδρατμών, EN 1015-19	$\mu=8$
Τριχοειδής ρόφηση νερού σε 24h, EN 1015-18	$W_{24}=0,16 \text{ kg/m}^2$
Συμπεριφορά σε φωτιά, EN 13501-1	Euroclass A1
Θερμική αγωγιμότητα, EN 1745	$0,47 \text{ W/mK}$
Αντοχή σε θλίψη, EN 1015-11	3MPa (κατηγορία CS II)
Πρόσφυση στο υπόστρωμα, EN 1015-12	$>0,1\text{MPa}$ θραύση τύπου A (διεπιφάνεια κονίαμα-υπόστρωμα)

Για την παρασκευή του το κονίαμα αναμιγνύεται με καθαρό νερό σε ποσοστό 32% κατά βάρος της ξηρής μάζας του, αποφεύγοντας τη στιγμιαία ανάμιξη, καθώς δεν επιτρέπει την τέλεια ενυδάτωση της κονίας και την ανάπτυξη της μικροπορώδους μήτρας του κονιάματος.

2.2.1.3 ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

ΤΣΙΜΕΝΤΟ

Το τσιμέντο αποτελεί μια τεχνητή λεπτόκοκκη κονία, η οποία παρασκευάζεται με λεπτή άλεση του κλίνκερ. Κλίνκερ ονομάζεται διεθνώς το προϊόν που προκύπτει από την όπτηση μίγματος ασβεστολιθικών και αργιλοπυριτικών πετρωμάτων. Το τσιμέντο, όταν αναμιχθεί με νερό, πήζει και σκληραίνει τόσο στον αέρα όσο και μέσα στο νερό, ενώ μετά τη σκλήρυνση δεν διαλύεται στο νερό. Συνδυάζει μεγάλη υδραυλική ικανότητα και υψηλές αντοχές, γι' αυτό έχει ευρεία χρήση στις δομικές κατασκευές, όπως επίσης και στα υδραυλικά έργα.

ΑΣΒΕΣΤΗΣ

Ο όρος άσβεστος ή ασβέστης είναι ένας γενικός όρος που περιλαμβάνει όλες τις φυσικές και χημικές μορφές των διαφόρων ποιοτήτων με τις οποίες το οξείδιο ή και το υδροξείδιο του ασβεστίου και του μαγνησίου μπορούν να εμφανισθούν. Στην πειραματική διαδικασία παρασκευής των συμβατικών μιγμάτων η μορφή που χρησιμοποιήθηκε ήταν ασβεστοπολτός. Ο **ασβεστοπολτός** είναι σβησμένη άσβεστος αναμεμειγμένη με νερό προς μία επιθυμητή συνεκτικότητα, που συνίσταται κυρίως από υδροξείδιο του ασβεστίου με ή χωρίς υδροξείδιο του μαγνησίου. Ο πολτός αποτελεί μείγμα κολλοειδούς και κρυσταλλικής μορφής του υδροξειδίου του ασβεστίου. Δεδομένου ότι πλαστικές ιδιότητες έχει μόνο η κολλοειδής μορφή, επιβάλλεται το σβήσιμο, δηλαδή η προσθήκη του νερού να γίνεται με συνθήκες που ευνοούν την δημιουργία της κολλοειδούς μορφής, η οποία έχει μεγάλο όγκο, μεγάλη πλαστικότητα και την ικανότητα να παραλάβει μεγάλη ποσότητα άμμου κατά την παρασκευή των ασβεστοκονιαμάτων.

ΧΡΩΜΑ

Τα χρώματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ακρυλικά χρώματα εμπορίου. Τα ακρυλικά χρώματα στεγνώνουν γρήγορα και περιέχουν πιγμέντα που διασπώνται σε ακρυλική πολυμερή ρητίνη. Αραιώνονται με νερό, αλλά όταν στεγνώσουν έχουν μεγάλες αντοχές στο νερό και στις αλλαγές των καιρικών συνθηκών.

ΑΣΤΑΡΙ ΝΕΡΟΥ

Το αστάρι αποτελεί το συνδετικό υλικό των συστατικών του χρώματος. Διαθέτει μεγάλη διεισδυτικότητα, σταθεροποιεί την προς βαφή επιφάνεια και βελτιώνει την πρόσφυση και αντοχή του χρώματος.

2.2.2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Τα ψυχρά υλικά, σύμφωνα με τον ορισμό που δόθηκε, χαρακτηρίζονται από υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία (albedo) και υψηλό δείκτη εκπομπής σε ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος κατά τη διάρκεια της ημέρας (emissivity), με αποτέλεσμα να απορροφούν λιγότερη θερμότητα και να την απελευθερώνουν γρηγορότερα, μειώνοντας την επιφανειακή θερμοκρασία των υλικών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να εισχωρεί λιγότερη θερμότητα στο εσωτερικό ενός κτηρίου στο οποίο εφαρμόζονται, άρα και να μεταφέρεται λιγότερη στον περιβάλλοντα χώρο. [6]

Τα είδη ψυχρών υλικών που υπάρχουν περιλαμβάνουν κυρίως δύο κατηγορίες, τα υλικά κατασκευής κτηρίων, τα οποία χωρίζονται σε υλικά στέγης και υλικά τοιχοποιίας, και τα υλικά πεζοδρομίου. Στα ψυχρά υλικά κατασκευής στέγης και τοιχοποιίας περιλαμβάνονται μεμβράνες, ανακλαστικά κεραμίδια, ανακλαστικά επιχρίσματα(ελαστομερή, ακρυλικά κ.α.), στα ψυχρά υλικά τοιχοποιίας επιχρίσματα, κονίες, χρώματα κ.α. και στα ψυχρά υλικά πεζοδρομίου πλακάκια από μάρμαρο, πορώδες οδόστρωμα κ.α. [18]

Η μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας των κατασκευών στις οποίες εφαρμόζονται τα ψυχρά υλικά τα καθιστά ιδιαίτερα σημαντικά στον τομέα της παθητικής εξοικονόμησης ενέργειας σε μια εποχή όπου οι αστικές περιοχές, βιώνουν έντονα το «φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας». Πρόκειται για το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας του αέρα σε αστικές περιοχές σε αντίθεση με αυτήν της υπαίθρου. Η ένταση του φαινομένου εκτιμάται από τη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του κέντρου της πόλης και της ανοιχτής υπαίθρου, η οποία αρχίζει να παρατηρείται νωρίς το μεσημέρι και αποκτά τη μέγιστη τιμή της δύο ή τρεις ώρες μετά τη δύση του ήλιου, όταν τα υλικά αρχίζουν να αποβάλουν τη θερμότητα που αποθήκευσαν κατά τη διάρκεια της ημέρας. [5]

Το φαινόμενο της «αστικής θερμικής νησίδας» (Urban Heat Island Effect), κυρίως σε νότιες περιοχές με θερμό κλίμα έχει ως συνέπεια την αυξημένη ανάγκη για κλιματισμό και κατά συνέπεια την μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση, την ανύψωση της μέγιστης ενεργειακής κατανάλωσης σε ώρες

αιχμής και το κόστος της ενέργειας. Προκαλεί, ακόμα, θερμική δυσφορία σε εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους, ενώ επηρεάζει αρνητικά το αστικό περιβάλλον αυξάνοντας τις χημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα, λόγω της αύξησης της θερμότητας, οι οποίες έχουν σαν συνέπεια τη δημιουργία υψηλών συγκεντρώσεων όζοντος. [5] Από μελέτη που έχει διεξαχθεί στο αστικό περιβάλλον της Αθήνας με κλιματικές μετρήσεις σε 30 αστικούς και επαρχιακούς σταθμούς κατά τη θερινή περίοδο του 1997, η καθημερινή ένταση του φαινομένου έφτανε περίπου τους 10 °C. [13, 14, 15, 16]

Στην ένταση του φαινομένου μεγάλο ρόλο παίζει ο αστικός σχεδιασμός, το λεγόμενο «αστικό φαράγγι» (canyon radiative geometry), η ανθρωπογενής θερμότητα και οι φυσικές ιδιότητες των υλικών κατασκευής των δρόμων. [18] Το αστικό φαράγγι ερμηνεύεται ως η συσσώρευση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από τις κτηριακές επιφάνειες και τις επιφάνειες των δρόμων, η οποία προσκρούει στις επιφάνειες του περιβάλλοντα χώρου και παγιδεύεται. Έπειτα, η ηλιακή ακτινοβολία και οποιαδήποτε διαθέσιμη μορφή θερμότητας μπορεί να αυξήσει αισθητά την αποθήκευση θερμότητας σε ένα αστικό συγκρότημα κατά τη διάρκεια της ημέρας, επιδεινώνει το φαινόμενο. Η αποθηκευμένη αυτή ενέργεια απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα της πόλης κατά τη διάρκεια της νύχτας με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία του αέρα.[12]

Η σημασία των υλικών αντικατοπτρίζεται και από το γεγονός ότι τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις αστικές κατασκευές καθορίζουν την παγκόσμια ανακλαστικότητα των πόλεων. Τυπικές τιμές αυτής σε ευρωπαϊκές και αμερικανικές πόλεις κυμαίνονται γύρω στο 0,15-0,30, ενώ σε πόλεις της βόρειας Αφρικής η τιμή αυτή έχει υπολογιστεί ότι είναι περίπου ίση με 0,45-0,60. [19] Ακόμα, σύμφωνα με έρευνες, αναφέρονται σχετικές τιμές θερμοκρασίας 38°C πάνω από γρασίδι, 61°C πάνω από άσφαλτο, 73°C πάνω από τεχνητό γκαζόν και 45°C σε λευκά πεζοδρόμια. [14]]

Οι ρίζες της εξέλιξης των ψυχρών υλικών ξεκινούν από μια απλή παρατήρηση. Στην επιστήμη της αρχιτεκτονικής ανέκαθεν αναγνωριζόταν ότι τα ανακλαστικά χρώματα κτηρίων προκαλούν μείωση των θερμικών τους φορτίων. Από εκεί ξεκίνησε μια σειρά μελετών για την εκτίμηση της δυνατότητας ψύξης από την

εφαρμογή ανακλαστικών υλικών. Οι Givoni και Hoffman (1968) ανέφεραν ότι μη μονωμένα, μικρά κτήρια με άσπρους τοίχους στο Ισραήλ ήταν ψυχρότερα κατά περίπου 3°C το καλοκαίρι σε σύγκριση με πανομοιότυπα κτήρια που ήταν βαμμένα γκρι. Οι Taha et al. (1992) μελετώντας την επιφανειακή θερμοκρασία και την ανακλαστικότητα διαφόρων υλικών που χρησιμοποιούνται στις επιφάνειες αστικών κατασκευών διαπίστωσαν ότι λευκά ελαστομερή επιχρίσματα με ανακλαστικότητα μεγαλύτερη του 0,72 ήταν ψυχρότερα κατά 45°C από επιχρίσματα μαύρου χρώματος με ανακλαστικότητα 0,08. [2]

Η χρήση των ψυχρών υλικών αποτελεί μια οικονομική και εύκολη εφαρμογή στην εξοικονόμηση ενέργειας με εμφανή αποτελέσματα στην καταπολέμηση του φαινομένου που περιγράφηκαν παραπάνω. Η μέχρι τώρα έρευνα πάνω στα ψυχρά υλικά έχει προσπαθήσει να εξετάσει την επίδραση των οπτικών και θερμικών ιδιοτήτων των υλικών στη θερμοκρασία του αέρα μιας αστικής περιοχής, καθώς και την δυνατή διατήρηση της ενέργειας κατά τις θερινές περιόδους. [5] Οι Oke et al. (1991) εξομοιώνοντας την επίδραση των οπτικών και θερμικών ιδιοτήτων αστικών υλικών στην ένταση του φαινομένου της θερμικής νησίδας κατά τη διάρκεια της νύχτας διαπίστωσαν ότι ο δείκτης εκπομπής έχει πολύ μικρή επίδραση. Αντιθέτως, η επίδραση των θερμικών ιδιοτήτων των υλικών έδωσε εμφανείς διαφορές. Συγκεκριμένα, αύξηση του δείκτη εκπομπής από 0,85 σε 1,00 έδωσε μια ελάχιστη αύξηση της θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ πόλης και υπαίθρου της τάξεως των 0,4 °C, ενώ για μια επίπεδη έκταση γης, αν η είσοδος θερμότητας στο περιβάλλον της πόλης ήταν 2200 J/m²/K και της υπαίθρου ήταν 800 μονάδες χαμηλότερα δημιουργούνταν μια θερμική νησίδα 2°C κατά τη διάρκεια της νύχτας, ενώ με μείωση στα 600 J/m²/K στον αστικό χώρο θα δημιουργούνταν μια ψυχρή νησίδα 4°C. [18]

Οι Simpson and McPherson (1997) χρησιμοποιώντας μοντέλα κτηρίων κλίμακας 1/4 ανακάλυψαν ότι λευκές στέγες με ανακλαστικότητα 0,75 ήταν ψυχρότερα κατά 20°C από γκρι ή ασημένιες στέγες με ανακλαστικότητα 0,30 και 0,50 ,αντίστοιχα, ενώ παρουσίαζε θερμοκρασία χαμηλότερη κατά 30°C σε σχέση με καφέ οροφές ανακλαστικότητας 0,1. Μετρήσεις έδειξαν επίσης ότι η μεγάλη ανακλαστικότητα ενός υλικού μπορεί να μην αποφέρει μείωση της

θερμοκρασίας αν ο δείκτης εκπομπής του υλικού είναι χαμηλός. [20] Οι Synnefa, Santamouris, Livada (2005) ερευνήσαν δεκατέσσερα είδη ανακλαστικών επιχρισμάτων, παρατηρώντας ότι ένα ψυχρό επίχρισμα μπορεί να μειώσει την επιφανειακή θερμοκρασία μιας λευκής τσιμεντένιας πλάκας, υπό υψηλές καλοκαιρινές θερμοκρασίες, κατά 4°C τη μέρα και κατά 2°C τη νύχτα. Την ημέρα μπορεί να είναι θερμότερη από τον αέρα μόνο κατά 2°C και τη νύχτα ψυχρότερη κατά 5,9°C. Διαπιστώθηκε ακόμα ότι τα ψυχρά επιχρίσματα έχουν υψηλότερες θερμικές αποδόσεις σε σύγκριση με άλλα ψυχρά υλικά, όπως το μάρμαρο και το λευκό μωσαϊκό. Σημειώνεται, παρόλα αυτά, ότι η επίδραση της διάβρωσης μπορεί να υποβαθμίσει τη θερμική απόδοση των επιχρισμάτων, επομένως θα πρέπει να προτιμώνται επιχρίσματα με αντίσταση στη διάβρωση και τη σκόνη.[2]

Οι Berg και Quinn (1978) από μελέτη σε υλικά πεζοδρομίων διαπίστωσαν ότι στα μέσα του καλοκαιριού δρόμοι βαμμένοι με λευκό χρώμα και ανακλαστικότητα 0,55 είχαν περίπου την ίδια θερμοκρασία με τον περιβάλλοντα χώρο, ενώ άβαφτοι δρόμοι με ανακλαστικότητα κοντά στο 0,15 ήταν θερμότεροι κατά περίπου 11°C σε σχέση με τον αέρα. [22] Η συνέχεια των μελετών σε υλικά πεζοδρομίου έδειξε ότι η επιφανειακή θερμοκρασία, η αποθήκευση θερμότητας και η εκπομπή της στην ατμόσφαιρα ήταν σημαντικά υψηλότερα για την άσφαλτο από ότι για το τσιμέντο και το χρώμα. [21] Σύμφωνα με τους L. Doulos et al. (2004) , όσον αφορά υλικά πεζοδρομίου, διαπιστώνεται ότι τα φυσικά χαρακτηριστικά των υλικών που επηρεάζουν την αντανάκλαστικότητά τους είναι το χρώμα, η υφή της επιφάνειάς τους και το υλικό κατασκευής. Η μελέτη έδειξε ότι οι τραχείς και σκουρόχρωμες επιφάνειες απορροφούν περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία από λείες, επίπεδες και ανοιχτόχρωμες επιφάνειες. Οι ψυχρότερες πλάκες ήταν οι λευκού χρώματος και οι θερμότερες οι μαύρες. Ψυχρότερο υλικό κατασκευής αποδείχτηκε το μάρμαρο, το μωσαϊκό και η πέτρα, σε αντίθεση με το γρανίτη και το τσιμέντο. Ως προς την υφή, οι λείες και επίπεδες επιφάνειες ήταν ψυχρότερες σε σχέση με τις τραχείς και ανάγλυφες. Παρατηρήθηκε, ακόμα, ότι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά δεν επηρεάζουν σημαντικά τη θερμοκρασία. Αξιοσημείωτο συμπέρασμα είναι, ότι κατά τη διάρκεια της νύχτας η θερμική ισορροπία των υλικών καθορίζεται από το υλικό κατασκευής, το οποίο επηρεάζει το δείκτη

εκπομπής, ενώ το χρώμα της επιφάνειας καθορίζει σημαντικά τη θερμική ισορροπία μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας, επηρεάζοντας την ανακλαστικότητα. [1]

Το εύλογο ερώτημα που προκύπτει μελετώντας όλα τα παραπάνω είναι γιατί η χρήση των ψυχρών υλικών δεν είναι τόσο διαδεδομένη όσο θα περίμενε κανείς. Τα αίτια αυτού του γεγονότος είναι τα εξής: οι κατασκευαστές και ιδιοκτήτες των κτηρίων ενδιαφέρονται για την εξασφάλιση μιας στοιχειώδους ποιότητας των υλικών του κτηρίου, θεωρώντας την εξοικονόμηση ενέργειας κάτι δευτερεύον. Σημαντικό αίτιο είναι, επίσης, αυτό που αναφέρθηκε πιο πάνω: τα υλικά διαβρώνονται και μαζεύουν σκόνη και βρωμιές με την πάροδο του χρόνου χάνοντας την θερμική αποδοτικότητά τους. Το γεγονός οφείλεται επίσης σε λόγους αισθητικής, καθώς οι ιδιοκτήτες και οι αρχιτέκτονες προτιμούν να έχουν τη δυνατότητα της επιλογής του χρώματος που θα διαλέξουν για την κατασκευή τους. Η έλλειψη παροχής πληροφοριών παίζει έναν επιπλέον σημαντικό λόγο, καθώς το κοινό δεν έχει άμεση πρόσβαση σε πληροφορίες όπως η ενεργειακή εξοικονόμηση και η μείωση του κόστους που μπορεί να πετύχει με τη χρήση συγκεκριμένων υλικών, καθώς επίσης και μια καθοδήγηση για την επιλογή των υλικών αυτών. Υπάρχει, ακόμα, ανησυχία για τη δημιουργία αντηλιάς και οπτικής δυσκολίας σε περίπτωση υπερβολικής αύξησης της ανακλαστικότητας των επιφανειών και κατά συνέπεια για την αύξηση των ατυχημάτων. Αυτό όμως είναι κάτι που μπορεί να τεθεί υπό έλεγχο. Τέλος, η έλλειψη κινήτρων για τους ιδιοκτήτες κτηρίων και η έλλειψη γνώσεων από τους κατασκευαστές επιβραδύνει ακόμα περισσότερο τη διάδοση της χρήσης των ψυχρών υλικών. [11]

Είναι προφανής η ανάγκη βελτίωσης πολλών παραμέτρων για την επίτευξη της εισαγωγής των ψυχρών υλικών στην αγορά και την εξοικείωση με τη χρήση τους στις καθημερινές εφαρμογές κτηριακών κατασκευών.

2.3 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

2.3.1 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Η εισαγωγή των ψυχρών υλικών στη νομοθεσία αποτελεί, σε παγκόσμια κλίμακα, ένα ανεπτυγμένο εγχείρημα με πολλές εφαρμογές σε ενεργειακούς κώδικες. Μερικοί από τους πιο γνωστούς είναι οι ASHRAE Standard 90.1 (2004), ASHRAE Standard 90.2 (2004), California's Title 24, Florida Energy Code.

Η απαρχή των ενεργειακών κωδικών εντοπίζεται στην ενεργειακή κρίση του 1970 στις ΗΠΑ. Έκτοτε η θέσπισή τους για την ενεργειακή εξοικονόμηση στα κτήρια εξελίσσεται συνεχώς, περιλαμβάνοντας κανονισμούς και νόμους που προάγουν τη χρήση των ψυχρών υλικών.

Η Αμερικανική Ένωση Μηχανικών ASHRAE (American Society of Heating , Refrigerating and Air-conditioning Engineers) δημιούργησε, μετά το 1995, ενεργειακά πρότυπα, που περιέχουν ελάχιστες τεχνικές προδιαγραφές για μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων. Κάποια από τα πρότυπα αυτά είναι:

- Το ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-1999, Energy Standards for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings το οποίο, επιτρέπει μειωμένη μόνωση της οροφής, αν κατασκευαστεί ψυχρή επιστέγαση, δηλαδή επιστέγαση με ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία $SR \geq 0.70$ και συντελεστή εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας $\varepsilon \geq 0.75$).
- Το πρότυπο ANSI/ASHRAE Standard 90.2-2001, Energy-Efficient Design of Low-Rise Residential Buildings παρέχει τη δυνατότητα μειωμένης μόνωσης της οροφής εάν υπάρχει ψυχρή επιστέγαση με χαρακτηριστική ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία $SR \geq 0.65$ και δείκτη ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία $SRI \geq 75$. Οι τελευταίες πρέπει να είναι πιστοποιημένες από αναγνωρισμένα εργαστήρια.

Ο ASHRAE παρέχει επίσης εξελιγμένους οδηγούς ενεργειακού σχεδιασμού που αφορούν μικρά κτήρια γραφείων. Οι οδηγοί αυτοί παρέχουν σχεδιαστικές

λύσεις και μέτρα που μπορούν να εφαρμοσθούν έτσι ώστε να μειωθεί η ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων.

Με χρονολογική σειρά, το 1995 η πολιτεία της Τζόρτζια έκανε για πρώτη φορά αναφορά στις ψυχρές επιστεγάσεις στον ενεργειακό της κανονισμό, επιτρέποντας την απουσία μόνωσης μόνο αν αντικατασταθεί από ψυχρή επιστέγαση. Οι ψυχρές επιστεγάσεις έπρεπε να έχουν ελάχιστη ηλιακή ανακλαστικότητα της τάξης του 0,75 και αντίστοιχη τιμή του συντελεστή εκπομπής. Ομοίως δρα και η Φλόριντα, η οποία επιτρέπει τόσο σε εμπορικά κτήρια όσο και σε κατοικίες τη χρήση ψυχρών υλικών με προδιαγραφές που ανταποκρίνονται σε ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία $SR \geq 0.65$ και συντελεστής εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας $\varepsilon \geq 0.80$. Ακολουθεί το Σικάγο το 1993 με τη θέσπιση των ενεργειακών προδιαγραφών για στέγες μικρής κλίσης, θέτοντας ως ελάχιστο όριο ανακλαστικότητας της ηλιακής ακτινοβολίας το $SR \geq 0.25$, το οποίο θα πρέπει να ισχύει για τουλάχιστον τρία χρόνια. Οι μετρήσεις των ιδιοτήτων των υλικών θα πρέπει να γίνονται με βάση τα πρότυπα ASTM E 903 και E 1918. Για σκεπές που θα κατασκευασθούν έπειτα από αυτή την ημερομηνία τα προϊόντα θα πρέπει να ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές κατά ENERGY STAR. Ο ENERGY STAR είναι ένας Οργανισμός Βαθμονόμησης προϊόντων ψυχρών στεγών. Το 2001 η πολιτεία της Καλιφόρνια ανανεώνει τον κτηριακό ενεργειακό της κανονισμό Title 24, προσθέτοντας τις ψυχρές στέγες ως μέτρο ενεργειακής απόδοσης. Ως ελάχιστο όριο ανακλαστικότητας ορίζεται η τιμή $SR \geq 0.70$ και ο συντελεστής εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας $\varepsilon \geq 0.75$). Στις περιπτώσεις κεραμιδιών από άργιλο ή σκυρόδεμα και έγχρωμων ψυχρών υλικών ορίζεται ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία $SR \geq 0.40$. Ορίζεται ακόμα ότι οι ψυχρές στέγες θα πρέπει να ελέγχονται και να πιστοποιούνται από το CRRC (Cool Roof Rating Council). Το 2005 ο κανονισμός Title 24 επανεκδίδει προσθήκες, μεταβάλλοντας τις ψυχρές στέγες σε υποχρεωτική τεχνική για όλες τις καινούριες κατασκευές που δεν προορίζονται για κατοικία. Ακόμα, έγιναν υποχρεωτικές και για ανακατασκευές στεγών με έκταση μεγαλύτερη από 190 τετραγωνικά μέτρα. Το 2006 άρχισε ήδη να σχεδιάζεται η αναβάθμιση του ενεργειακού κανονισμού της Καλιφόρνια με

την προοπτική εισαγωγής σε αυτόν ψυχρών υλικών τα οποία απευθύνονται σε στέγες με μεγαλύτερη κλίση.

Σε παγκόσμια κλίμακα τα ψυχρά υλικά φαίνεται να έχουν ενσωματωθεί στην εκάστοτε νομολογία των κρατών. Στόχος της ενσωμάτωσης αυτής είναι η προώθηση και διασφάλιση ελάχιστων ορίων θερμικής απόδοσης των υλικών, η οποία γίνεται σταδιακά λόγω του κόστους και της έλλειψης εμπειρίας πάνω στις συγκεκριμένες τεχνικές. Οι εφαρμογές ψυχρών υλικών έγιναν πρώτα σε δημόσια κτήρια στοχεύοντας να έρθουν σε επαφή με το κοινό και να γίνει ευκολότερη η προώθησή τους και σε άλλους κατασκευαστικούς τομείς και στη συνέχεια προεκτάθηκε και στο χώρο των ιδιωτικών κατοικιών και εμπορικών κτηρίων. Η χρήση τους στα υφιστάμενα κτήρια συνιστάται ως επιπλέον μέτρο ενεργειακής εξοικονόμησης, ενώ στα καινούρια ως υποχρεωτική.

[24],[25],[26],[27]

2.3.2 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Στην ελληνική νομοθεσία, την ενεργειακή εξοικονόμηση σε κτήρια με αναφορά στα ψυχρά υλικά πραγματεύεται το Άρθρο 8 της ΦΕΚ Β/1122 17/6/2008 σελ. 15117, το οποίο όμως αναφέρεται σε δημόσια κτήρια. Συγκεκριμένα το Άρθρο ονομάζεται «Πρόσθετα μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας» και αναφέρει ότι αν ο κύριος του δημόσιου κτηρίου δεν κρίνει ότι είναι απαραίτητη η χρήση συνολικών παρεμβάσεων για την εξοικονόμηση ενέργειας και αν δεν είναι άμεσης ανάγκης, απαιτείται τουλάχιστον η χρήση απλών τεχνικών για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, όπως είναι τα επιχρίσματα ταράτσας κάθε κτηρίου με ψυχρές βαφές μεγάλης ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία. Αναφέρει ότι σε οροφές που δε διαθέτουν επικάλυψη με ανακλαστικά υλικά είναι απαραίτητη η εφαρμογή αυτών, ώστε να επιτευχθεί ελάχιστη τιμή του δείκτη ανακλαστικότητας και του συντελεστή εκπομπής 0,7 και 0,8 αντίστοιχα, ενώ προτείνει τη χρήση λευκών χρωμάτων.

Ακόμη, αναφερόμενη στα εξωτερικά κατακόρυφα τμήματα των κτηρίων δηλώνει ότι πρέπει να χρωματίζονται με ψυχρά έγχρωμα ή λευκά υλικά, όπου κρίνεται απαραίτητο. Τα έγχρωμα υλικά πρέπει να παρουσιάζουν

ανακλαστικότητα χαμηλότερη ή ίση της ανακλαστικότητας του δώματος και πρέπει να φέρουν την ένδειξη «ψυχρές βαφές» και ο συντελεστής εκπομπής τους πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσος ή μεγαλύτερος του 0,8. [30]

Στην παραπάνω Κοινή Υπουργική Απόφαση αναγνωρίζεται για πρώτη φορά η συμβολή των ψυχρών υλικών στην εξοικονόμηση ενέργειας. Η Απόφαση αυτή αποτελεί ένα ενθαρρυντικό βήμα στην προώθηση της τεχνολογίας των ψυχρών υλικών. Δεδομένου, όμως, ότι τα κτήρια στα οποία αναφέρεται ανήκουν στον ευρύτερο δημόσιο τομέα και επομένως, αποτελούν μεγάλο τμήμα του οικιστικού όγκου της χώρας και καταναλώνουν υπέρογκα ποσά ενέργειας, θα μπορούσε να είναι δραστικότερη και δεσμευτική, ενώ τώρα έχει χαρακτήρα συστάσεως και προσθετικό.

Η νομολογία για τα ψυχρά υλικά επεκτείνεται και στον τομέα κατασκευής των δημοσίων έργων, όπου προδιαγράφονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους, όπως συμβαίνει και με τα υπόλοιπα υλικά κατασκευών.

Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές που αφορούν τις εφαρμογές ψυχρών υλικών (ΠΕΤΕΠ 03-11-20-00 Έκδοση 1.0 Οκτώβριος 2008) εκδόθηκαν στα πλαίσια του “Προγράμματος Δράσεων για τον εκσυγχρονισμό της παραγωγής των Δημοσίων Έργων” (Action Plan του ΥΠΕΧΩΔΕ). Η συγκεκριμένη ΠΕΤΕΠ αναφέρεται στις εφαρμογές ψυχρών υλικών σε θερμομονώσεις κτηριακού κελύφους, εξωτερικούς τοίχους και δώματα μικρής ή μεγάλης κλίσης, και επιστρώσεις εξωτερικών χώρων (οδών, πλατειών, πεζοδρομίων, περιβάλλοντος χώρου κτιρίων, χώρων στάθμευσης).

Οι υπάρχοντες κανόνες έχουν εφαρμογή στα κτιριακά έργα, τις επιστρώσεις επιφανειών σκυροδέματος, επιφανειών επιχρισμάτων (τοίχοι, δάπεδα) καθώς επίσης και σε πλακοστρώσεις και λιθόστρωτα οδών, πεζοδρομίων και πλατειών. Στην τεχνική περιγραφή των έργων προσδιορίζονται τα είδη των ψυχρών υλικών με κριτήρια την συμμόρφωση τους στα γενικά και ειδικά κριτήρια αποδοχής τους, τη μεγιστοποίηση της ενεργειακής τους επίδοσης, την αισθητική και τις ιδιαίτερες απαιτήσεις του έργου. [29]

Όπως ορίζεται, τα υλικά πρέπει να προέρχονται από κατασκευαστή με πιστοποίηση κατά Energy Star, καθώς δεν έχουν θεσπιστεί ευρωπαϊκά πρότυπα,

από διεθνώς αναγνωρισμένο φορέα απονομής του συγκεκριμένου σήματος και αποδεδειγμένα θα πληρούν τις προϋποθέσεις για τον χαρακτηρισμό τους ως ψυχρά υλικά. Οι θερμικές τους επιδόσεις θα πιστοποιούνται με βάση ελέγχους, προσομοιώσεις και μετρήσεις προσαρμοσμένες στις Ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες και δεδομένα.

Για την πιστοποίηση των υλικών ως ψυχρά απαιτείται η προσκόμιση εκθέσεων εργαστηριακών δοκιμών που αποδεικνύουν τις φωτοκαταλυτικές τους επιδόσεις, (αποδόμηση ρύπων, αντιβακτηριακή δράση) όσο και η προσκόμιση στοιχείων από τα οποία να προκύπτει ότι τα προαναφερόμενα υλικά έχουν ενσωματωθεί με επιτυχία σε έργο σε κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης. [29]

Επομένως, προδιαγράφονται τα απαιτούμενα τεχνικά χαρακτηριστικά των ψυχρών υλικών, αλλά και οι τρόποι εκτέλεσης, ελέγχου και παραλαβής δημοσίων έργων στα οποία εφαρμόζονται. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένα ακόμη βήμα στην προώθηση της τεχνολογίας των ψυχρών υλικών και δείχνει την τάση και την προσπάθεια εισαγωγής τους στον τομέα των δημοσίων έργων.

Η χρήση τους εξαπλώνεται σε έργα ανάπλασης αστικών κοινόχρηστων χώρων (πεζοδρομήσεις, πλακοστρώσεις, αναπλάσεις πλατειών κ.α.), κάτι που δεν θα ήταν εφικτό χωρίς τις προαναφερθείσες προδιαγραφές καθώς θα ήταν αδύνατη η ένταξη των ψυχρών υλικών στην ίδια τη μελέτη του έργου.

Στον τομέα των κτηρίων ιδιωτικής χρήσης, παρόλα αυτά, η ένταξη των ψυχρών υλικών στις νομοθετικές διατάξεις απουσιάζει πλήρως. Η ενσωμάτωση της Κοινοτικής Οδηγίας 2002/91/EK η οποία αφορά την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων έγινε στην ελληνική νομοθεσία με τον Ν.3661/2008. Με τον νόμο αυτό ορίζεται κανονισμός ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, με βάση τον οποίο τα νέα και τα ανακαινιζόμενα κτήρια, θα πρέπει να πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης όπως αυτές ορίζονται στον κανονισμό. Αναφέρεται επίσης το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων και εισάγεται η έννοια του ενεργειακού επιθεωρητή, ο οποίος φέρει την ευθύνη για την αποτύπωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων.

Τα ψυχρά υλικά , παρά τη συμβολή τους στην ενεργειακή εξοικονόμηση των κτηρίων δεν περιλαμβάνονται σε κανένα σημείο του νόμου 3661/2008, φέρνοντας την κατάσταση της νομοθετικής τους ένταξης στην Ελλάδα σε αντίθεση με την επικρατούσα παγκόσμια τάση όπου η χρήση ψυχρών υλικών κατοχυρώνεται νομοθετικά με υποχρεωτικό χαρακτήρα.

Με βάση την παραπάνω ανάλυση, γίνεται κατανοητό ότι ο νόμος 3661/2008 εισάγει την έννοια της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων και του ενεργειακού επιθεωρητή, διακρίνεται, όμως έντονα η έλλειψη συγκεκριμένων προτάσεων και μέτρων που αποσκοπούν στην κατεύθυνση αυτή. Ο νόμος δεν προάγει την ουσιαστική ένταξη των προτεινόμενων τεχνικών, ούτε παρέχει κίνητρα για την εφαρμογή τους. Διαφαίνεται, επομένως η τυπική και όχι ουσιαστική προσπάθεια ενσωμάτωσης της Ευρωπαϊκής Οδηγίας στην ελληνική νομοθεσία.

Στο ΦΕΚ Β/5333 9/4/2010 σελ.407 γίνεται άλλη μια προσέγγιση της ενσωμάτωσης των ψυχρών υλικών στις τεχνικές εφαρμογές. Στο νόμο αυτό γίνεται αναφορά στις έννοιες του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης κτηρίων, τα οποία δρομολογούν μια ελεγχόμενη αξιολόγηση της ενεργειακής κατάστασης των κτηρίων και ορίζεται η έννοια του Κτηρίου Αναφοράς, το οποίο πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές και σύμφωνα με την παραπάνω νομολογία , Άρθρο 9, «περιλαμβάνει εξωτερικές επιφάνειες με συντελεστή απορροφητικότητας ηλιακής ακτινοβολίας 0,40 για τοιχοποιίες, 0,40 για δώματα και 0,60 για επικλινείς στέγες. Αντίστοιχα, ο συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας για τις εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου αναφοράς είναι 0,80.», όπου γίνεται έμμεση αναφορά στη χρήση ψυχρών υλικών. Ακόμη και σε αυτόν τον νόμο, παρόλα αυτά δε γίνεται σαφή αναφορά στη χρήση συγκεκριμένα ψυχρών υλικών. [31]

Στα ελληνικά δεδομένα, επομένως, παρατηρείται μια γενική τάση αναβολής της λήψης δραστικών και προωθητικών μέτρων για την εφαρμογή της τεχνικής της παθητικής εξοικονόμησης ενέργειας με ψυχρά υλικά, κωλυσιεργώντας την ουσιαστική ένταξή της στην εκπόνηση κτηριακών κατασκευών, η οποία έχει αποδειχτεί ιδιαίτερα σημαντική και μπορεί να συμβάλλει δραστικά στις εφαρμογές εξοικονόμησης ενέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

3.1 ΥΛΙΚΑ-ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΥΛΙΚΩΝ

Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν τα υλικά που περιγράφηκαν στο Κεφάλαιο 2. Συγκεκριμένα:

- Τα οικολογικά υλικά
- Συμβατικά υλικά που χρησιμοποιούνται στις σύγχρονες οικοδομές. Αναλυτικότερα: 3 υπόλευκα χρώματα (ώχρα, 2 αποχρώσεις του πάγου κωδικού 215-10YR και 235-10YR), τσιμέντο, άμμος, μαρμαρόσκονη
- Ψυχρό λευκό χρώμα Cool Barrier Roof της Abolin, το οποίο επιλέχτηκε λόγω της αποτελεσματικής εφαρμογής του στην έρευνα «Ψυχρές Στέγες Στην Ευρώπη. Πρωτοβουλίες και Πρακτικές Εφαρμογής».

Η εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας έλαβε χώρα σε συνεργασία με την εταιρεία Φειδίας Τεχνική Κατασκευαστική, η οποία συμμετείχε στην κατασκευή των δειγμάτων.

Τα δοκίμια που κατασκευάστηκαν αποτέλεσαν προσομοιώσεις των εξωτερικών τοιχωμάτων των κτηρίων. Για το λόγο αυτό, κατά την κατασκευή τους ακολουθήθηκε πιστά η διαδικασία κατασκευής της τοιχοποιίας μιας σύγχρονης οικοδομής. Για την παρασκευή του υποστρώματος ο ασβέστης, τα αδρανή και η διαδικασία ήταν πανομοιότυπα. Το μόνο που άλλαζε σε κάθε περίπτωση ήταν το υλικό της κονιάς. Σημειώνεται ότι ως βάση για την εφαρμογή του κονιάματος (σοβά) χρησιμοποιήθηκαν πανομοιότυπα πλακάκια μεγέθους 30cm x30 cm για να εξασφαλίσουν συγκρίσιμα αποτελέσματα. Η παρασκευή των υλικών έγινε σε εσωτερικό χώρο. Η διαδικασία αυτή αποτελούνταν από τα παρακάτω βήματα.

3.1.1 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

3.1.1.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΒΑΣΙΚΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ

Κατά την παρασκευή των δειγμάτων δόθηκε προσοχή, ώστε να υπάρχει ομοιογένεια στα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά. Επομένως, δημιουργήθηκαν δείγματα με ίδιο πάχος, μερικών χιλιοστών, στο βαθμό που αυτό ήταν δυνατόν, ώστε τα αποτελέσματα των μετρήσεών τους να μπορούν να συγκριθούν.

- **Συμβατικά υλικά**

ΣΥΣΤΑΣΗ-ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ-ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ

Η παρασκευή της βασικής στρώσης κονιάματος με συμβατικά υλικά έγινε ακριβώς με την ίδια διαδικασία που ακολουθείται στις σύγχρονες οικοδομές. Τα συστατικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι: τσιμέντο, άμμος, ασβέστης, νερό. Τα συστατικά αυτά αναμείχθηκαν διαδοχικά κατά την εξής αναλογία:

Πίνακας 2. Παρασκευή συμβατικού κονιάματος

Υλικό	Τσιμέντο	Άμμος	Ασβέστης	Νερό
Αναλογία	1	4	1,5	1
Ποσότητα(cm ³)	103	445	154	100

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Για την παρασκευή του μίγματος γίνεται ανάμειξη της κονιάς, που αποτελεί το συνδετικό υλικό με τα αδρανή, τα οποία τελικώς αναδεύονται με νερό και ασβέστη. Στην εν λόγω περίπτωση του συμβατικού κονιάματος ως συνδετικό υλικό χρησιμοποιήθηκε το τσιμέντο και το αδρανές υλικό ήταν η άμμος, τα οποία στη συνέχεια αναδεύτηκαν με ασβέστη και νερό παράγοντας το μικτό κονίαμα ή τσιμεντοασβεστοκονίαμα, το οποίο χρησιμοποιείται συνήθως στις σύγχρονες οικοδομές. Το τελικό προϊόν του κονιάματος εφαρμόστηκε με σπάτουλα πάνω στην πλάκα, με τη βοήθεια της οποίας εξομαλύνθηκε η επιφάνεια. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί. Το δοκίμιο αφήθηκε για λίγες ημέρες να στεγνώσει, ενώ διαβρεχόταν κατά διαστήματα

ώστε να μη δημιουργηθούν ρωγμές στην επιφάνειά του και στη συνέχεια εφαρμόστηκε πάνω σε αυτό η λεπτή στρώση κονιάματος.



Εικόνα 1. Κατασκευή βασικής στρώσης κονιάματος τοιχοποιίας με τσιμέντο

- **Οικολογικά υλικά**

ΣΥΣΤΑΣΗ-ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ-ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ

Όμοια με παραπάνω έγινε η παρασκευή της βασικής στρώσης κονιάματος με οικολογικά υλικά, με τη διαφορά ότι η κονία που χρησιμοποιήθηκε ήταν υδραυλική άσβεστος στη θέση του τσιμέντου. Χρησιμοποιήθηκαν δύο υδραυλικές άσβεστοι, οι *Chaux Blanche NHL-Z 3.5* και η *Albaria Calce Albazzana*. Επομένως, τα συστατικά για την παρασκευή των οικολογικών κονιαμάτων ήταν, αντίστοιχα: υδραυλική άσβεστος Chaux Blanche NHL-Z 3.5, άμμος, ασβέστης, νερό και υδραυλική άσβεστος Albaria Calce Albazzana, άμμος, ασβέστης, νερό. Οι αναλογίες όμοια με πριν ήταν:

Πίνακας 3. Παρασκευή κονιάματος Chaux Blanche NHL-Z 3.5

Υλικό	Chaux Blanche NHL-Z 3.5	Άμμος	Ασβέστης	Νερό
Αναλογία	1	4	1,5	1
Ποσότητα(cm ³)	103	445	154	100

Πίνακας 4. Παρασκευή κονιάματος Albaria Calce Albazzana

Υλικό	Albaria Calce Albazzana	Άμμος	Ασβέστης	Νερό
Αναλογία	1	4	1,5	1
Ποσότητα(cm ³)	103	445	154	100

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι ακριβώς η ίδια με αυτή που περιγράφηκε παραπάνω με χρήση των δύο υδραυλικών ασβεστων για κονία στη θέση του τσιμέντου. Τα βήματα της παρασκευής φαίνονται στις εικόνες που ακολουθούν.



Εικόνα 2. Συστατικά: υδραυλική ασβέστος Calce Albazzana, άμμος, ασβέστης



Εικόνα 3. Ανάμειξη συστατικών με νερό



Εικόνα 4. Εφαρμογή κονιάματος και εξομάλυνση επιφάνειας



Εικόνα 5. Βασική στρώση των τριών κονιαμάτων. Από αριστερά προς δεξιά: Τσιμέντο, Calce Albazzana, Chaux Blanche

3.1.1.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΛΕΠΤΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ

- Συμβατικά υλικά

ΣΥΣΤΑΣΗ-ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ-ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ

Η λεπτή στρώση κονιάματος εφαρμόζεται πάνω στη βασική. Η διαδικασία παρασκευής του λεπτού στρώματος με συμβατικά υλικά, ομοίως με το βασικό, είναι πανομοιότυπη με αυτή που ακολουθείται στις σύγχρονες οικοδομές. Τα

συστατικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι: τσιμέντο, μαρμαρόσκονη, ασβέστης, νερό. Τα συστατικά αυτά αναμείχθηκαν διαδοχικά κατά την εξής αναλογία:

Πίνακας 5. Παρασκευή λεπτής στρώσης συμβατικού κονιάματος

Υλικό	Τσιμέντο	Μαρμαρόσκονη	Ασβέστης	Νερό
Αναλογία	1	5	2	1
Ποσότητα(cm ³)	62	287	103	62

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι όμοια με πριν. Αφού έγινε ανάμειξη του τσιμέντου με τη μαρμαρόσκονη, προστέθηκε η κατάλληλη ποσότητα νερού και ο ασβέστης, τα οποία αναδεύτηκαν παράγοντας το τελικό προϊόν του κονιάματος. Το προϊόν αυτό εφαρμόστηκε με σπάτουλα σε λεπτή στρώση πάνω από τη βασική με τη βοήθεια της οποίας εξομαλύνθηκε η επιφάνεια. Το δοκίμιο αφέθηκε και πάλι να στεγνώσει για μερικές μέρες πριν την τελική επίστρωση με χρώμα.

- **Οικολογικά υλικά**

ΣΥΣΤΑΣΗ-ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ-ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ

Ομοίως, για την παρασκευή του λεπτού στρώματος κονιάματος με οικολογικά υλικά τα συστατικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η αντίστοιχη υδραυλική άσβεστος στη θέση του τσιμέντου (*Chaux Blanche NHL-Z 3.5* ή *Albaria Calce Albazzana*), άμμος, ασβέστης και νερό. Οι αναλογίες όμοια με πριν ήταν:

Πίνακας 6. Παρασκευή λεπτής στρώσης κονιάματος Chaux Blanche NHL-Z 3.5

Υλικό	Chaux Blanche NHL-Z3.5	Μαρμαρόσκονη	Ασβέστης	Νερό
Αναλογία	1	5	2	1
Ποσότητα(cm ³)	62	287	103	62

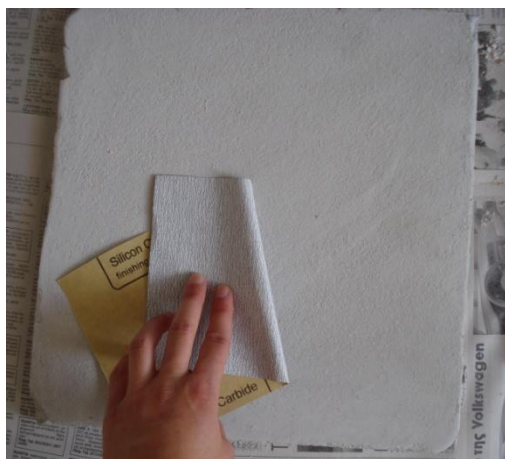
Πίνακας 7. Παρασκευή λεπτής στρώσης κονιάματος Albaria Calce Albazzana

Υλικό	Albaria Calce Albazzana	Μαρμαρόσκονη	Ασβέστης	Νερό
Αναλογία	1	5	2	1
Ποσότητα(cm ³)	62	287	103	62

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι ακριβώς η ίδια με τη διαδικασία παρασκευής του λεπτού στρώματος στα συμβατικά υλικά, με μόνη διαφορά και πάλι την κονία.

Σημειώνεται ότι τα δοκίμια που κατασκευάστηκαν κόπηκαν στα τέσσερα, δημιουργώντας 40 πλάκες μεγέθους 15cm x 15 cm ώστε να μπορεί να δοκιμαστεί πειραματικά μεγαλύτερο εύρος χρωμάτων και επιχρισμάτων. Μετά την ολοκλήρωση της παρασκευής τους, τα υποστρώματα λειάνθηκαν με γυαλόχαρτο, ώστε να έχουν ομοιόμορφη επιφάνεια για την εφαρμογή των επιστρώσεων.



Εικόνα 6. Λείανση επιφανειών υποστρώματος με γυαλόχαρτο.



Εικόνα 7. Τελική όψη υποστρωμάτων. Πάνω αριστερά σοβάς από Calce Albazzana, πάνω δεξιά από Chaux Blanche NHL-Z, κάτω από τσιμέντο

3.1.2 ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ

1. ΜΕ ΧΡΩΜΑ

- **Συμβατικά υλικά**

Όταν το υπόστρωμα ήταν έτοιμο υπέστη διαβροχή και έπειτα εφαρμόστηκε σε αυτό αστάρι νερού. Όταν στέγνωσε το αστάρι, το υπόστρωμα διαβρέχτηκε με νερό για την καλύτερη ένωση μεταξύ αυτού και της στρώσης του χρώματος και εφαρμόστηκε πάνω σε αυτό με πινέλο, ένα κοινώς χρησιμοποιούμενο ακρυλικό χρώμα σε τρεις αποχρώσεις. Επομένως, το ένα συμβατικό δείγμα βάφτηκε με το χρώμα της ώχρας και τα άλλα δύο με τα δύο υπόλευκα χρώματα που αναφέρθηκαν στην αρχή. Το χρώμα περάστηκε δύο φορές πάνω από το υπόστρωμα. Πριν την εφαρμογή τους τα χρώματα αραιώθηκαν με την προσθήκη μιας μικρής ποσότητας νερού.

- **Οικολογικά υλικά**

Τα δύο οικολογικά χρώματα που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα ήταν το ασβεστόχρωμα Albaria Scialbo και το ορυκτό χρώμα Albaria Silimac Tinteggio.

Το **Albaria Scialbo** υπέστη 20% κατ' όγκο αραίωση με την προσθήκη καθαρού νερού και αφού έγινε η διαβροχή του υποστρώματος, ώστε το ασβεστόχρωμα να απλώνεται πάνω σε υγρή βάση, έγινε η εφαρμογή του με πινέλο. Το χρώμα περάστηκε και πάλι δύο φορές πάνω στη βάση. Έπειτα, το δείγμα αφέθηκε, προστατευμένο από ενδεχόμενη επαφή με νερό μέχρι τη μερική ενανθράκωση του συνδετικού μέσου, ώστε να αποφευχθεί ο σχηματισμός άσπρων κηλίδων λόγω της μετανάστευσης του υδροξειδίου του ασβεστίου.

Για την εφαρμογή του **Albaria Silimac Tinteggio** έγινε μια προκαταρκτική κατεργασία του υποστρώματος με οικολογικό αστάρι Albaria Silimac Primer. Πριν την εφαρμογή του το υπόστρωμα διαβρέχτηκε με καθαρό νερό ώστε να παρεμποδιστεί η αφυδάτωση του συνδετικού μέσου. Μετά από 12 ώρες, όταν στέγνωσε το αστάρι έγινε πάλι διαβροχή του υποστρώματος για τον ίδιο λόγο και αφού το χρώμα είχε υποστεί 20% κατ' όγκο αραίωση εφαρμόστηκε στο κονίαμα με πινέλο. Η δεύτερη στρώση που εφαρμόστηκε ήταν αραιωμένη κατά 15% κατ' όγκο.

2. ΜΕ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ

Τα επιχρίσματα που εφαρμόστηκαν πάνω στα υποστρώματα ήταν όλα οικολογικά. Σε κάθε περίπτωση η διαβροχή των υποστρωμάτων προηγείτο της εφαρμογής των επιχρισμάτων, για τον παρεμπόδιση της αφυδάτωσης του συνδετικού μέσου. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εφαρμογή τους αναλύεται ακολούθως.

Για την εφαρμογή του **Albaria Marmorino** απλώθηκε μια στρώση πάστας πάνω στο κατάλληλα διαβρεγμένο υπόστρωμα με ανοξείδωτη σπάτουλα φινιρίσματος. Όταν η πρώτη στρώση ήταν ακόμα υγρή απλώθηκε μια δεύτερη στρώση ανάλογου πάχους, της οποίας η επιφάνεια ομαλοποιήθηκε με τη χρήση της σπάτουλας, μέχρις ότου το προϊόν ήταν εντελώς ξηρό. Κατά τη διάρκεια όλης αυτής της διαδικασίας οι στρώσεις που εφαρμόζονταν διαβρέχονταν διαρκώς, καθώς και κατά τη διάρκεια της φάσης λείανσης.

Ακριβώς η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για την εφαρμογή του **Albaria Tonachino**.

3. ΜΕ ΕΓΧΡΩΜΟ ΚΟΝΙΑΜΑ

Τα έγχρωμα κονιάματα **Albaria SP2 Tonachino Deumidificante** παρασκευάστηκαν με τον ίδιο τρόπο. Το κονίαμα αναμίχθηκε με καθαρό νερό σε ποσοστό 33% της ξηρής μάζας του. Η ανάμειξη έγινε χειρωνακτικά μέχρι να αποκτηθεί ένα ομοιογενές, ελαφρύ και κρεμώδες μίγμα. Την παρασκευή τους ακολούθησε η εφαρμογή τους πάνω στο καλά διαβρεγμένο υπόστρωμα, η οποία έγινε ακριβώς με το ίδιο τρόπο που περιγράφηκε για τα επιχρίσματα.



Εικόνα 8. Υπό μελέτη δείγματα στο χώρο διεξαγωγής του πειράματος σε απογευματινή ώρα.

3.2 ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥΣ

Τα δεδομένα που χρειάζονταν στην παρούσα εργασία για την εξαγωγή συμπερασμάτων ήταν μετρήσεις θερμοκρασίας. Για την εκτέλεση του πειραματικού μέρους της μελέτης, επομένως, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της υπέρυθρης θερμογραφίας με όργανο μέτρησης τη θερμοκάμερα, και η καταγραφή της θερμοκρασίας με δύο θερμόμετρα (Datalogger thermometers), το καθένα από τα οποία κατέγραφε μετρήσεις από τέσσερις αισθητήρες. Στην πρώτη περίπτωση, τα δεδομένα είχαν τη μορφή θερμικών εικόνων, ή αλλιώς θερμογραφημάτων. Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των οργάνων.

1. Θερμοκάμερα IRISYS IRI 4030



Εικόνα 9.Θερμοκάμερα IRISYS IRI 4030

Η IRISYS IRI 4030 αποτελεί μια θερμοκάμερα με μεγάλη κλίμακα μέτρησης της θερμοκρασίας με ανάλυση 19200 pixel και θερμική ευαισθησία ως 80 mK.

Στη συνέχεια παρατίθενται τα τεχνικά χαρακτηριστικά της με βάση τις πληροφορίες του κατασκευαστή:

- Βάρος: 0,75 kg συμπεριλαμβανομένης της μπαταρία
- Διαστάσεις: 230mm x 120mm x 110mm

- Ένδειξη σε °C, °F, K
- 2x ψηφιακό ζουμ
- Οπτικό πεδίο: 20° x 15°
- Χειροκίνητη εστίαση
- Ελάχιστη απόσταση εστίασης: 30 cm
- Φασματική απόκριση: 8μm με 14μm
- Αισθητήριο: άψυκτο μικροβολτόμετρο γεωμετρικής διακριτικότητας 160x120 pixels
- Οθόνη έγχρωμη LCD 3,5 ιντσών με LED backlight
- Εύρος μετρούμενης θερμοκρασίας: -10°C ως +250°C
- Ακρίβεια $\pm 2^{\circ}\text{C}$ για εύρος θερμοκρασίας περιβάλλοντος -15°C ως +45°C, $\pm 10^{\circ}\text{C}$ για εύρος θερμοκρασίας περιβάλλοντος +45°C ως +50°C

Η επεξεργασία των θερμογραφημάτων έγινε με χρήση του προγράμματος IRI 4000 Series Imager, το οποίο παρέχει περισσότερες πληροφορίες για τα θερμογραφήματα και επιλογές επεξεργασίας, όπως αλλαγή του εύρους κλίμακας της θερμοκρασίας, ώστε να μπορούν οι εικόνες να συγκριθούν μεταξύ τους, ένδειξη θερμότερου και ψυχρότερου σημείου, εισαγωγή ισόθερμων κ.α. Η εφαρμογή του προγράμματος στις θερμικές εικόνες που καταγράφηκαν είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη σωστή ερμηνεία τους.

Όσον αφορά τις αρχές λειτουργίας του οργάνου, σημειώνεται ότι μετά την ενεργοποίηση του απαιτείται ένα χρονικό διάστημα 15 λεπτών για την προσαρμογή της θερμοκάμερας στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, ώστε τα αποτελέσματα να είναι πιο αξιόπιστα. Επίσης, πρέπει να δίνεται προσοχή στις επιφάνειες που μελετώνται ώστε να μην βρίσκονται κάτω από σκιά, καθώς αυτό αλλοιώνει τα πραγματικά αποτελέσματα.

2. Θερμόμετρα καταγραφής (Data Logger thermometer) με χρήση αισθητήρων OMEGA (K-type thermocouples)



Εικόνα 10. Θερμόμετρα καταγραφής δεδομένων(Data Loggers) και αισθητήρες θερμοκρασίας

Τα όργανα καταγραφής OMEGA του πειράματος ήταν δύο ψηφιακά θερμόμετρα με 4 κανάλια και χρησιμοποιήθηκαν μαζί με αισθητήρες θερμοκρασίας τύπου K (K-type thermocouples) της ίδιας εταιρείας, οι οποίοι είναι όργανα μέτρησης της θερμοηλεκτρικής τάσης μεταξύ δύο αγωγών διαφορετικής σύνθεσης. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οργάνου παρουσιάζονται παρακάτω.

- Εύρος μετρήσεων: -200°C ως +1370 °C
- Ανάλυση : από -200°C ως +200°C 0,1°C, από 200°C ως 1370°C 1°C
- Συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας για λειτουργία: 0°C ως 50°C και 0-80% RH (σχετική υγρασία)

- Συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας για αποθήκευση: -10°C ως 60°C και 0-80% RH
- Ακρίβεια: -200°C ως 200°C ($\pm 2\%$ της μέτρησης +1°C)
 200°C ως 400°C ($\pm 5\%$ της μέτρησης +1°C)
 400°C ως 1370°C ($\pm 0,2\%$ της μέτρησης +1°C)
- Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα: ολική ακρίβεια= προδιαγεγραμμένη ακρίβεια (παραπάνω) $\pm 2^\circ\text{C}$
- Διαστάσεις: 184mm x 64mm x 30mm
- Βάρος: 0,25 kg
- Απαιτήσεις ρεύματος: μπαταρία 9V

Για την επεξεργασία των μετρήσεων είναι απαραίτητη η εγκατάσταση και χρήση του λογισμικού TestLink SE-309 –RS232. Το πρόγραμμα αυτό αποτελεί το μέσο μεταφοράς των μετρήσεων από το θερμόμετρο στον υπολογιστή για επεξεργασία και η χρήση του επιτρέπει την απεικόνιση των μετρήσεων σε γραφικές παραστάσεις, ενώ παρέχει επιλογές διαχείρισης των τιμών (π.χ. εμφάνιση ελάχιστης και μέγιστης τιμής με χρονική ακρίβεια, εμφάνιση θερμοκρασιακών διαφορών κ.α.).

3.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Η διεξαγωγή του πειράματος πραγματοποιήθηκε σε υπαίθριο χώρο των εγκαταστάσεων του Πολυτεχνείου Κρήτης, στο προαύλιο του εργαστηρίου των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.



Εικόνα 11. Προαύλιο εργαστηρίου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, υπαίθριος χώρος διεξαγωγής των πειραμάτων.

3.3.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΘΕΡΜΟΚΑΜΕΡΑ

3.3.1.1 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ

Σκοπός των εν λόγω μετρήσεων ήταν η διεξαγωγή συμπερασμάτων και η ταξινόμηση των κονιαμάτων ως προς τη θερμική τους απόδοση, από το ψυχρότερο στο θερμότερο. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε, περιελάμβανε, στο στάδιο αυτό, μόνο μετρήσεις με τη χρήση θερμοκάμερας.

Οι πρώτες μετρήσεις έλαβαν χώρα 29 Απριλίου του 2010, όπου οι καιρικές συνθήκες ήταν πλέον κατάλληλες για τη διεξαγωγή των πειραμάτων, αφού επικρατούσε ηλιοφάνεια.

Τα δείγματα στο στάδιο αυτό βρίσκονταν στην αρχική τους μορφή, όπου είχε εφαρμοστεί μόνο το υπόστρωμα (κονίαμα) και όχι η επίστρωση.

Η πειραματική διαδικασία ξεκίνησε με την τοποθέτησή τους μακριά από σκιά, ώστε να δέχονται ανεμπόδιστα την ηλιακή ακτινοβολία και αφού το όργανο μέτρησης (θερμοκάμερα) προσαρμόστηκε στις συνθήκες περιβάλλοντος έγινε λήψη των θερμικών τους εικόνων. Η διαδικασία αυτή είναι εξίσου απλή με τη λήψη οπτικών φωτογραφιών, αρκεί να δοθεί προσοχή στην αποφυγή σκιών και χρόνος για την προσαρμογή του οργάνου στη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Η λήψη θερμικών εικόνων με θερμοκάμερα επαναλήφθηκε τέσσερις φορές, συγκεκριμένα τις ημερομηνίες 7 Ιουνίου, 8 Ιουνίου και 18 Ιουνίου, όπου πάντα οι καιρικές συνθήκες ήταν κατάλληλες. Η επανάληψη της διαδικασίας οφείλονταν στην διασφάλιση της εγκυρότητας των αποτελεσμάτων.

Αφού τα κονιάματα ταξινομήθηκαν με βάση το θερμοκρασιακό τους προφίλ, ακολούθησε η λήψη θερμικών εικόνων των ολοκληρωμένων δειγμάτων.

3.3.1.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ (ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ)

Στο σημείο αυτό η κατασκευή των δειγμάτων, δηλαδή η εφαρμογή χρώματος, επιχρίσματος ή έγχρωμου κονιάματος πάνω στο υπόστρωμα είχε ολοκληρωθεί. Τα έτοιμα πλέον δείγματα υποβλήθηκαν στην ίδια διαδικασία μετρήσεων.

Η λήψη των θερμικών τους εικόνων πραγματοποιήθηκε επίσης τέσσερις φορές και συγκεκριμένα τις ημερομηνίες 2 Ιουλίου, 9 Ιουλίου, 13 Ιουλίου και 5 Αυγούστου. Αυτή τη φορά τα δείγματα αφέθηκαν στον υπαίθριο χώρο για όλο αυτό το χρονικό διάστημα, επομένως τα αποτελέσματα των μετρήσεων ήταν πιο κοντά στην πραγματικότητα καθώς βρίσκονταν πλέον σε στις ίδιες συνθήκες με αυτές που θα βρίσκονταν αν είχαν όντως εφαρμοστεί στο εξωτερικό τοίχωμα ενός κτιρίου.

Από τα αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων που λήφθηκαν επιλέχθηκαν τα ψυχρότερα υλικά, τα οποία μελετήθηκαν στη συνέχεια με τη χρήση αισθητήρων και θερμομέτρων καταγραφής.

3.3.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ (DATA LOGGER)

Μετά τη διαλογή των ψυχρότερων υλικών από τις μετρήσεις με τη θερμοκάμερα συστάθηκαν τρεις ομάδες δειγμάτων με βάση το υπόστρωμά τους. Σε κάθε ομάδα συμπεριλαμβάνονταν δείγματα αναφοράς για τη μετέπειτα σύγκριση των αποτελεσμάτων με συμβατικά υλικά και με ψυχρά υλικά.

Στην πρώτη καταγραφή δεδομένων η ομάδα των δειγμάτων είχε ως βάση το κονίαμα με υδραυλική άσβεστο Chaux Blanche NHL-Z 3.5. Επομένως, η ομάδα περιείχε τα ψυχρότερα δείγματά του υποστρώματός της και τα δείγματα αναφοράς, τα οποία ήταν: το δείγμα του συμβατικού κονιάματος τσιμέντου ως δείγμα αναφοράς για σύγκριση με το δείγμα του κονιάματος της υδραυλικής άσβεστος Chaux Blanche και το «ψυχρό δείγμα» που αποτελούνταν από συμβατικό υπόστρωμα και ψυχρό χρώμα Cool Barrier Roof. Το τελευταίο δείγμα

χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις ομάδες μετρήσεων ως δείγμα αναφοράς ενός ψυχρού υλικού. Το δείγμα του συμβατικού κονιάματος επίσης χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις μετρήσεις ως δείγμα αναφοράς θερμού υλικού.

Σε κάθε ένα από τα επιλεγμένα δείγματα κολλήθηκε ένας αισθητήρας από την πλευρά του αυτοκόλλητου και σημειώθηκε το όνομα του δείγματος και σε ποια υποδοχή του θερμομέτρου αντιστοιχούσε. Στη συνέχεια ξεκίνησε η καταγραφή των θερμοκρασιών των δειγμάτων, η οποία διήρκησε περίπου τρεις με τέσσερις μέρες για το κάθε ένα. Μετά τη λήψη των μετρήσεων, τα δεδομένα αποθηκεύτηκαν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω του προγράμματος TestLink SE-309 –RS232 για την περαιτέρω επεξεργασία τους.

Η ίδια ακριβώς διαδικασία ακολουθήθηκε και για τις άλλες δύο ομάδες υποστρώματος και τα δείγματα που επιλέχτηκαν ήταν, ομοίως, τα δύο δείγματα αναφοράς που χρησιμοποιήθηκαν σε όλες τις ομάδες και για το υπόστρωμα υδραυλικής άσβεστου Albaria Calce Albazzana, το δείγμα αναφοράς του κονιάματός του και τα υπόλοιπα ψυχρότερα δείγματά του, ενώ στην ομάδα του τσιμέντου, το δείγμα αναφοράς του κονιάματός του υπήρχε ήδη και προστέθηκε στα δείγματά της ένα συμβατικό δείγμα (κονίαμα τσιμέντου και επίστρωση με ώχρα εμπορίου).

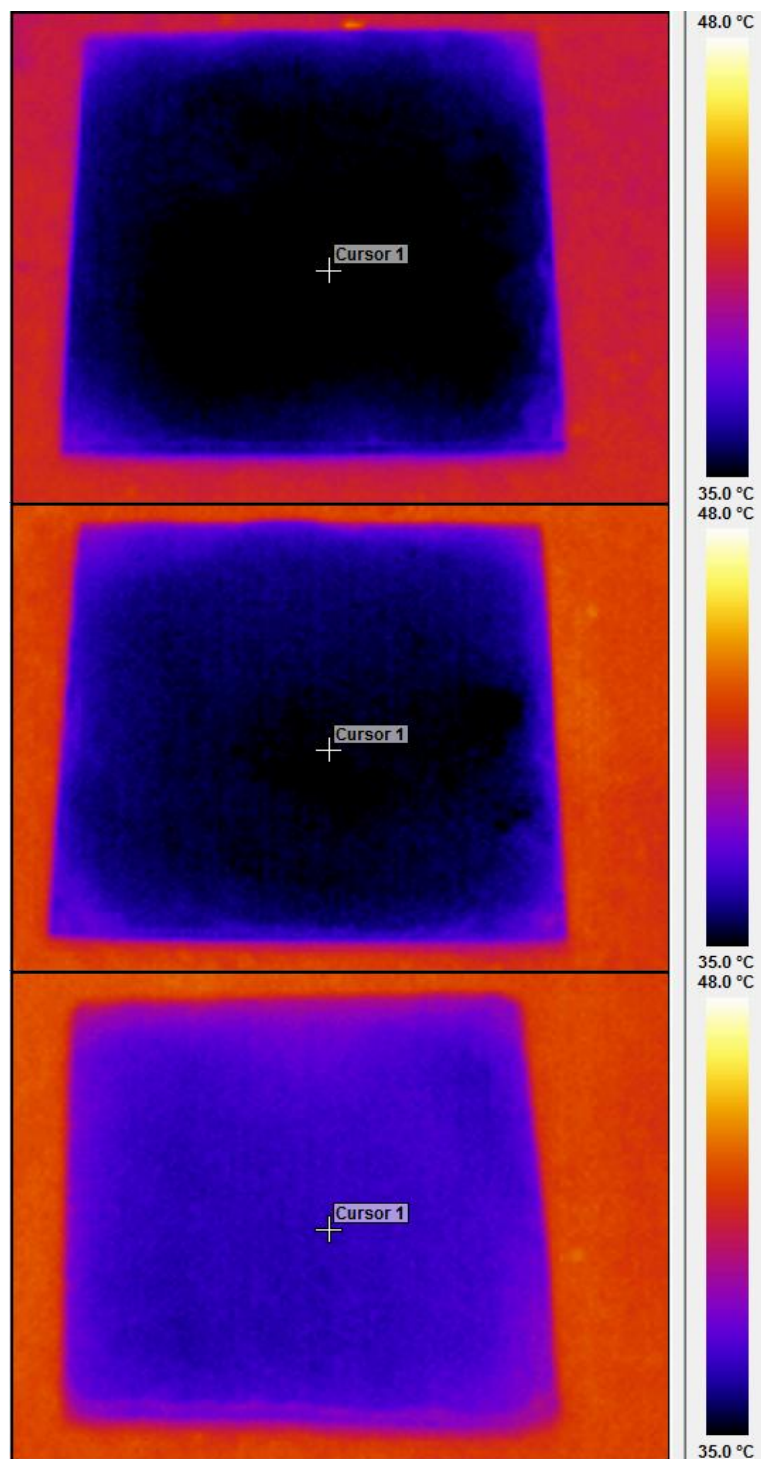
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 ΠΡΩΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: ΚΟΝΙΑΜΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ

Στο πρώτο στάδιο της πειραματικής διαδικασίας εξετάστηκε η θερμική απόδοση των τριών δειγμάτων κονιάματος : συμβατικό μικό κονίαμα (περιέχει τσιμέντο και ασβέστη), ασβεστοκονίαμα με υδραυλική άσβεστο Albaria Calce Albazzana , ασβεστοκονίαμα με υδραυλική άσβεστο Chaux Blanche NHL-Z 3.5.

Χάριν συντομίας τα κονιάματα αυτά θα ονομάζονται στο εξής, κατ' αντιστοιχία: **CM (Κονίαμα Τσιμέντου, Cement Mortar), CBM (Chaux Blanche Mortar) CALM (Calce ALbazzana Mortar) και το δείγμα αναφοράς του τσιμέντου CRM(Cement Reference Mortar).**

Στο στάδιο αυτό οι μετρήσεις της θερμικής απόδοσης πραγματοποιήθηκαν μόνο με τη χρήση υπέρυθρης θερμογραφίας. Το συμπέρασμα που εξήχθη από την διενέργεια πειραματικών μετρήσεων τέσσερις διαφορετικές μέρες στα υπό μελέτη δείγματα, ώστε να διασφαλιστεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων, είναι ότι χαμηλότερη επιφανειακή θερμοκρασία παρουσιάζει το κονίαμα από υδραυλική άσβεστο Chaux Blanche και ακολουθεί το κονίαμα από υδραυλική άσβεστο Calce Albazzana. Τα δύο αυτά κονιάματα παρουσιάζουν μεγαλύτερη θερμική απόδοση συγκριτικά με το συμβατικό μικό κονίαμα. Παρακάτω παρουσιάζονται οι εικόνες της θερμοκάμερας από τις οποίες εξήχθησαν τα παραπάνω αποτελέσματα.



Εικόνα 12 Θερμογραφήματα κονιαμάτων(από πάνω προς τα κάτω):CBM, CALM, CRM

4.2 ΔΕΥΤΕΡΟ ΣΤΑΔΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ

Στη συνέχεια, το σύνολο των 40 δειγμάτων που είχαν πλέον επιστρωθεί υποβλήθηκαν σε δύο ειδών μετρήσεις για την εκτίμηση της επιφανειακής θερμοκρασίας τους: μετρήσεις με θερμοκάμερα και έπειτα με σύστημα καταγραφής δεδομένων (data logging) με αισθητήρες επιφανειακής θερμοκρασίας.

4.2.1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΘΕΡΜΟΚΑΜΕΡΑ

Στο παρόν στάδιο του πειράματος μετρήθηκε η θερμοκρασία των δειγμάτων με τη χρήση θερμοκάμερας. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε τέσσερις φορές μέσα στο χρονικό διάστημα των μηνών Ιουλίου και Αυγούστου του 2010, για τη διασφάλιση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων.

Ακολουθούν αναλυτικοί πίνακες με τις ενδεικτικές επιφανειακές θερμοκρασίες των δειγμάτων με βάση τις μετρήσεις με τη θερμοκάμερα στις 9 και 13 Ιουλίου 2010. Με έντονα γράμματα σημειώνονται τα ψυχρότερα δείγματα και οι θερμοκρασίες τους, ενώ παρακάτω παρατίθενται και διαγράμματα της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας των ημερών αυτών.

Χάριν συντομίας, θα παραλείπεται η αναφορά της ονομασίας των προϊόντων “Albaria” στα ονόματα των επιστρώσεων, όπου δεν είναι αναγκαία για τον προσδιορισμό τους.

Πίνακας 8. Ενδεικτικές επιφανειακές θερμοκρασίες δειγμάτων σε °C (9/7/10)

Κονίαμα	CBM	CALM	CM
Επίστρωση			
Ψυχρό λευκό χρώμα	41,3	-	-
Συμβατικό υπόλευκο χρώμα (215)	-	-	49,2
Συμβατικό υπόλευκο χρώμα (235)	-	-	47,5
Συμβατικό χρώμα ώχρας	-	-	47,1
Scialbo	41	40,8	42,3
Marmorino	43,2	41,3	40
Tonachino	43	42,3	42,1
Silimac Tinteggio	41,2	43,6	47,3
Albaria white	46	43,5	44,3
Albaria No. 8	44,1	-	46,4
Albaria No.4	47,3	47,1	46
Albaria No.1	49,4	49,3	46,2
Albaria No.16	47,2	48,1	-

Πίνακας 9. Ενδεικτικές επιφανειακές θερμοκρασίες δειγμάτων σε °C (13/7/10)

Κονίαμα	CBM	CALM	CM
Επίστρωση			
Ψυχρό λευκό χρώμα	45,8	-	45,5
Συμβατικό υπόλευκο χρώμα (215)	-	-	51,1
Συμβατικό υπόλευκο χρώμα (235)	-	-	50
Συμβατικό χρώμα ώχρας	-	-	50,7
Scialbo	45,6	45,6	44,8
Marmorino	46,1	45,3	44,1
Tonachino	46,4	45,3	44,9
Silimac Tinteggio	47,9	45,8	50,1
Albaria white	48,1	48,1	48,4
Albaria No. 8	48,3	-	51
Albaria No.4	50,1	50,9	50,7
Albaria No.1	53,7	53,4	51
Albaria No.5	49,3	50,8	50,3
Albaria No.16	52,8	52,1	-
Albaria No.2	-	52,5	-
Albaria No.24	-	48,5	-

Επομένως, τα υλικά που παρουσίασαν τις ελάχιστες θερμοκρασίες, είναι τα παρακάτω.

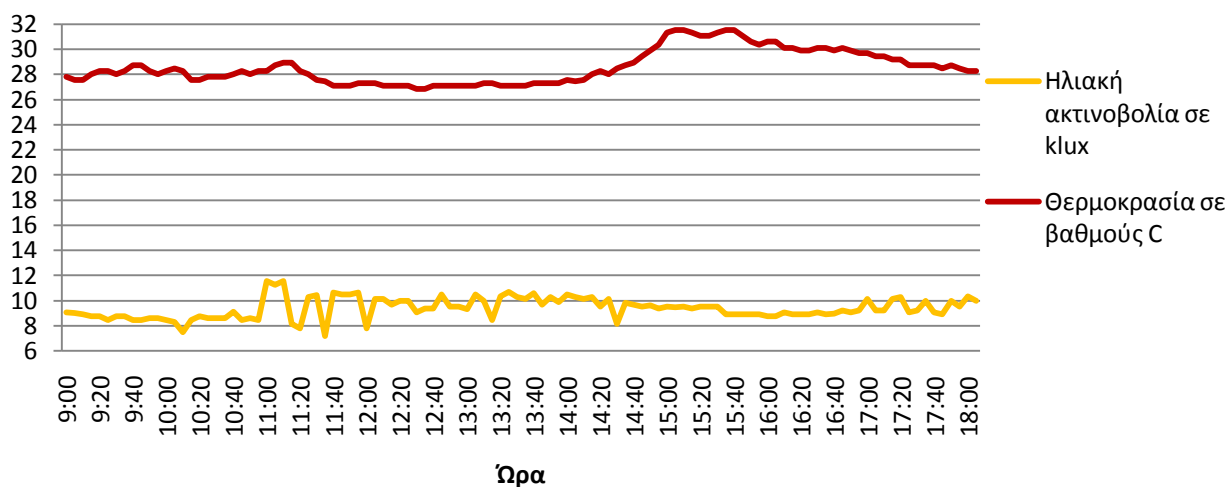
Πίνακας 10. Υλικά με χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες

Κονίαμα	CBM	CALM	CM
Επίστρωση	Scialbo	Scialbo	Scialbo
	Marmorino	Marmorino	Marmorino
	Tonachino	Tonachino	Tonachino
	Cool Barrier	- ¹	Cool Barrier
	Silimac Tinteggio	Silimac Tinteggio	- ²
	Albaria white	Albaria white	Albaria white
	Albaria No. 8	- ¹	Albaria No. 8

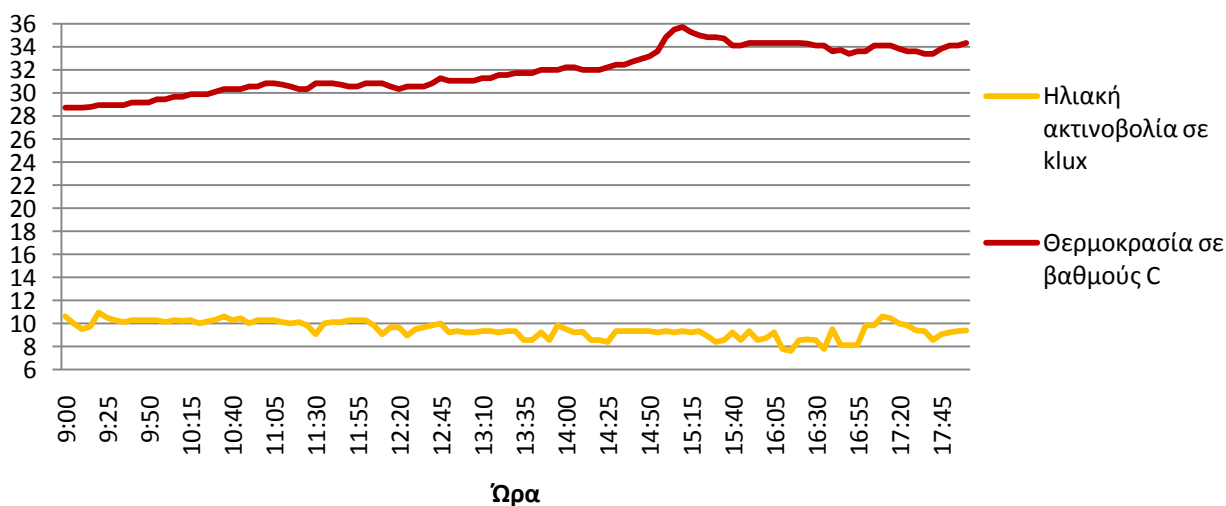
¹ Ο συνδυασμός αυτών των υλικών δε μελετήθηκε κατά την εκτέλεση του πειράματος.

² Το συγκεκριμένο δείγμα δεν παρουσίασε αρκετά καλή θερμική απόδοση για να συμπεριληφθεί στον πίνακα.

Μετεωρολογικά δεδομένα 9 Ιουλίου 2010



Μετεωρολογικά δεδομένα 13 Ιουλίου 2010

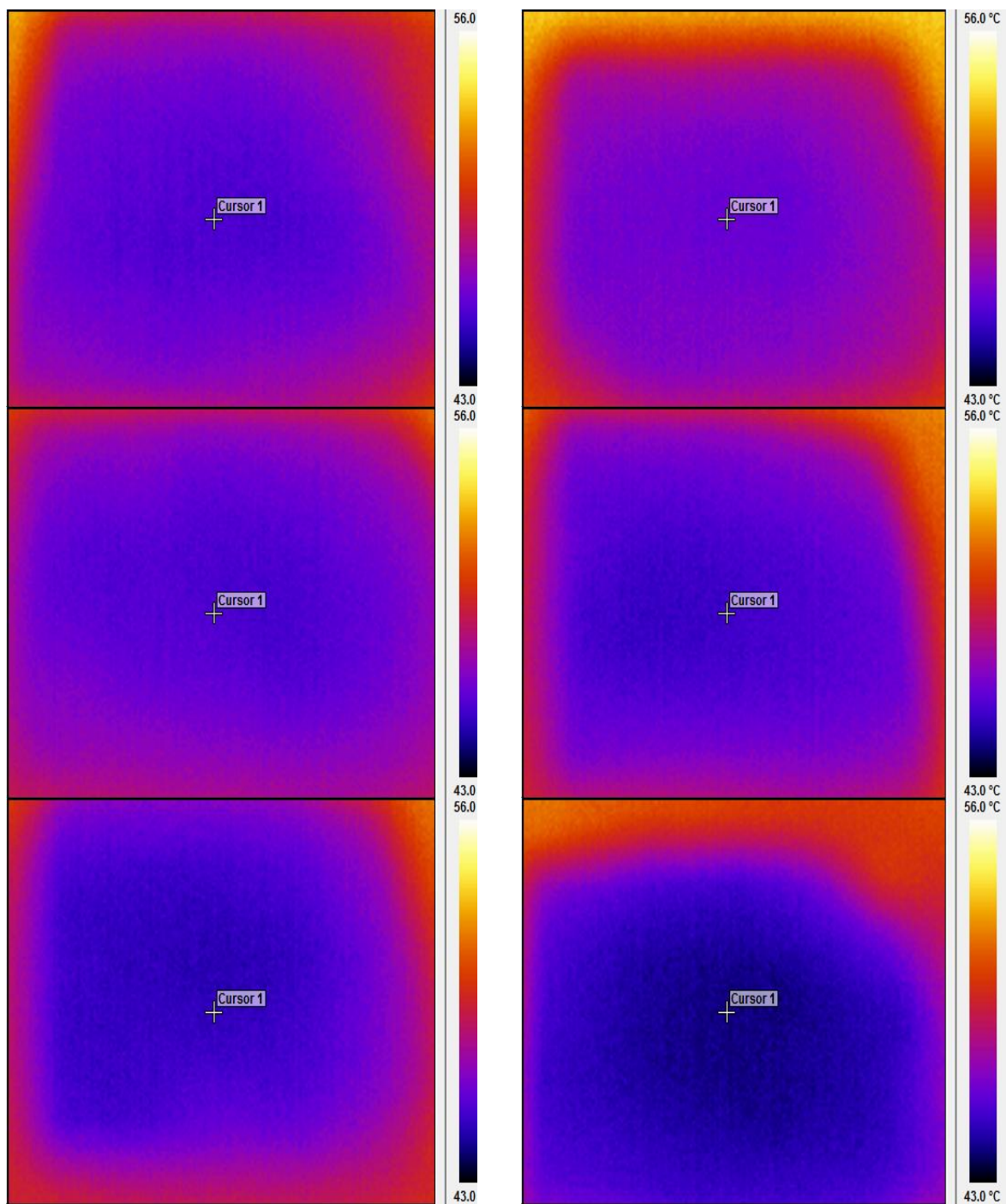


Αναλύοντας τους παραπάνω πίνακες πρέπει να σημειωθεί ότι το επίχρισμα Albaria Marmorino και το ασβεστόχρωμα Albaria Scialbo παρουσίασαν άριστη θερμική απόδοση, σχεδόν σε όλες τις μετρήσεις και για κάθε υπόστρωμα, με μικρές διαβαθμίσεις, ανάλογα με το τελευταίο. Η θερμοκρασία του αέρα κατά το διάστημα των μετρήσεων στις 13 Ιουλίου (11-12:15 π.μ.) ήταν περίπου 31°C. Το ψυχρότερο δείγμα από τα παραπάνω (Albaria Marmorino) ήταν θερμότερο κατά 13°C από τη θερμοκρασία του αέρα, ενώ το πιο θερμό απείχε από αυτήν κατά 22°C. Πρόκειται, επομένως, για σημαντική μείωση της θερμοκρασίας. Συγκριτικά με τα παραπάνω, λίγο υψηλότερες θερμοκρασίες παρουσίασε το έγχρωμο κονίαμα Albaria Tonachino σε κάθε υπόστρωμα, αρκετά χαμηλές

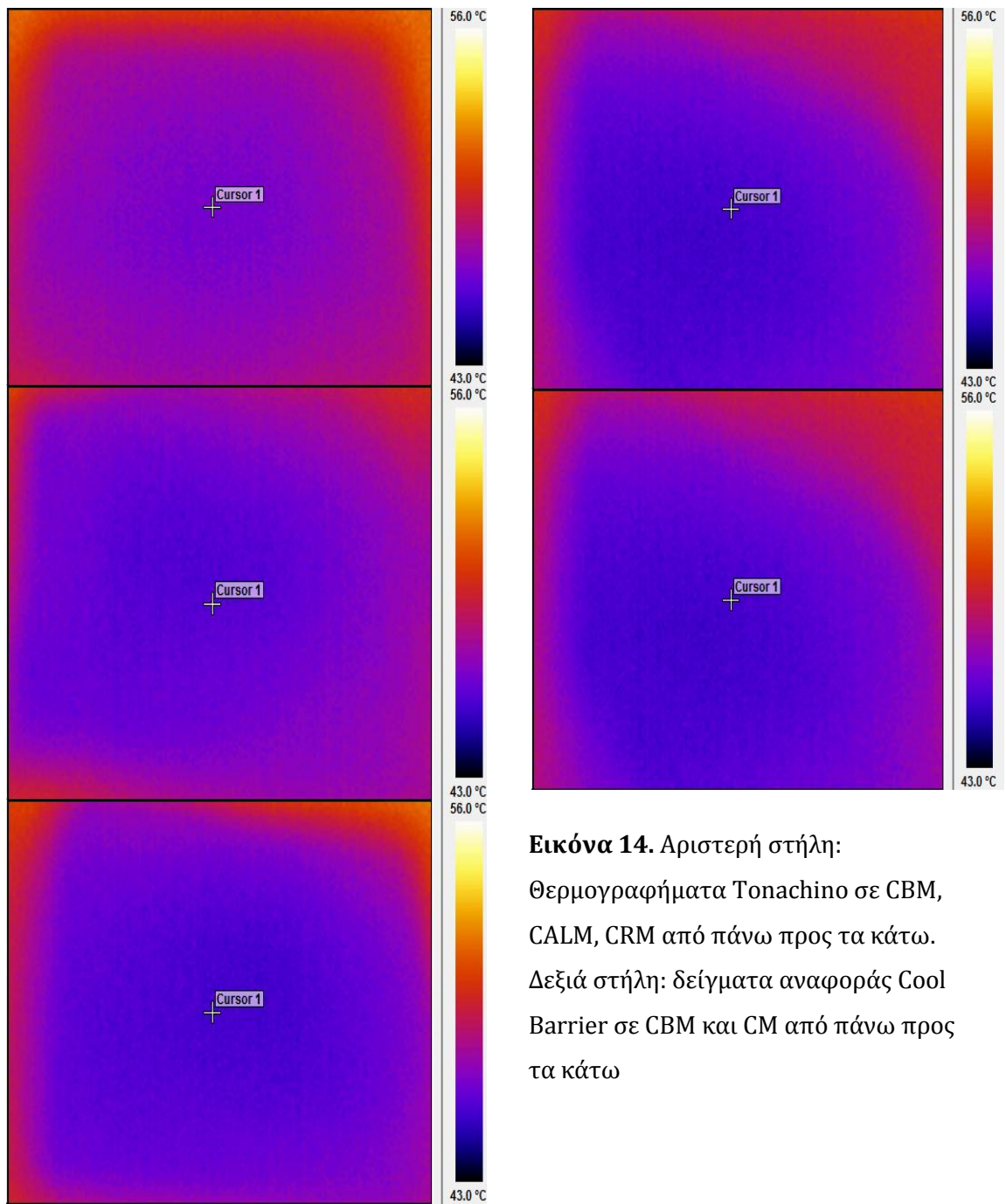
παρόλα αυτά για να καταταχθεί τρίτο στη σειρά των ψυχρών υλικών, με βάση τις μετρήσεις της θερμοκάμερας. Το χρώμα Cool Barrier Roof σε βάση κονιάματος Chaux Blanche και συμβατικού μικτού κονιάματος που χρησιμοποιήθηκε ως υπό μελέτη δείγμα, απέδωσε επίσης χαμηλές επιφανειακές θερμοκρασίες, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν ως σημείο αναφοράς για το χαρακτηρισμό των νέων υλικών ως ψυχρά και για το βαθμό της θερμικής τους απόδοσης. Σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες παρουσίασε, επίσης, το οικολογικό χρώμα Albaria Silimac Tinteggio, ως βαφή στα δύο οικολογικά κονιάματα, όχι όμως και στο συμβατικό μικτό κονίαμα. Τέλος, λίγο ψυχρότερο από τα συμβατικά χρώματα μπορεί να χαρακτηριστεί το έγχρωμο κονίαμα Albaria white, καθώς επίσης και το Albaria No.8.

Τα συμβατικά υλικά χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα αντιπροσωπεύοντας την εξωτερική τοιχοποιία μιας σύγχρονης οικοδομής με ανοιχτόχρωμα υλικά που συχνά εφαρμόζονται και ο ρόλος τους στο πείραμα είναι η σύγκριση της θερμικής απόδοσης των ψυχρότερων υλικών με αυτών, ώστε να αποδειχθεί ότι η επιλογή χρωμάτων και γενικότερα επιστρώσεων που γίνεται στο μεγαλύτερο ποσοστό των σύγχρονων κατασκευών, ακόμα και αν τα υλικά που επιλέγονται είναι ανοιχτόχρωμα, δεν αποδίδει ενεργειακά, στερώντας από τα κτίρια τα πλεονεκτήματα της παθητικής ψύξης. Παρατηρούμε από τους παραπάνω πίνακες ότι για μια καλοκαιρινή ημέρα με μέση θερμοκρασία αέρα 30°C στις 12 το μεσημέρι η επιφανειακή θερμοκρασία του εξωτερικού τοιχώματος ενός κτηρίου στο οποίο έχουν χρησιμοποιηθεί συμβατικά υλικά φτάνει τους 51°C, ενώ στις ίδιες ακριβώς συνθήκες το οικολογικό επίχρισμα Albaria Marmorino φτάνει μόλις τους 44°C. Πρόκειται επομένως για μια μείωση της θερμοκρασίας της εξωτερικής πλευράς του κελύφους του κτηρίου κατά 7°C, η οποία μπορεί να επιφέρει μεγάλα ποσά εξοικονόμησης ενέργειας.

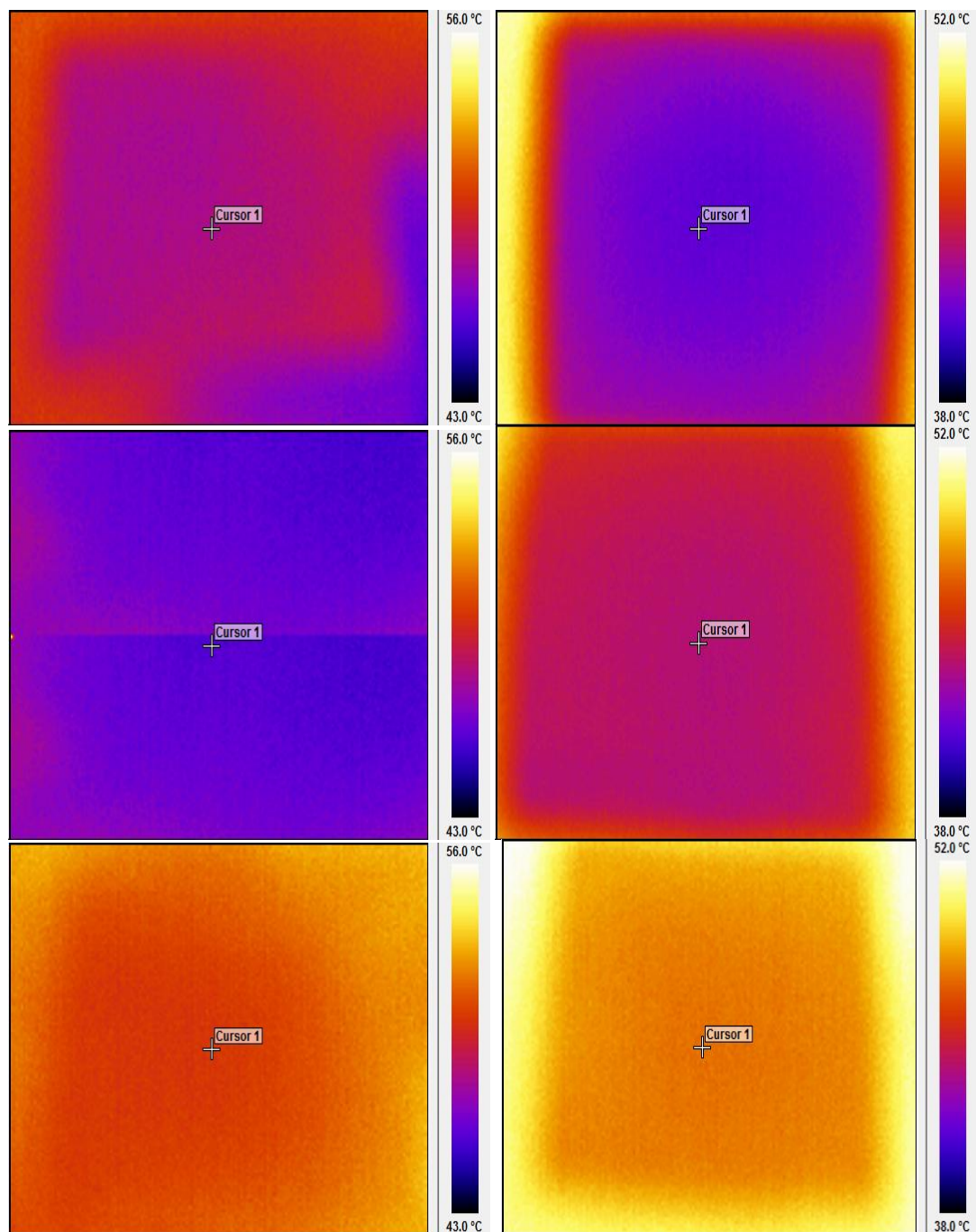
Παρακάτω δίνονται οι θερμικές εικόνες που ελήφθησαν κατά την εκτέλεση του πειράματος και από τις οποίες προέκυψαν τα παραπάνω αποτελέσματα.



Εικόνα 13. Αριστερή στήλη: Θερμογραφήματα Scialbo σε CBM, CALM, CM από πάνω προς τα κάτω. Δεξιά στήλη: το ίδιο για το επίχρισμα Marmorino

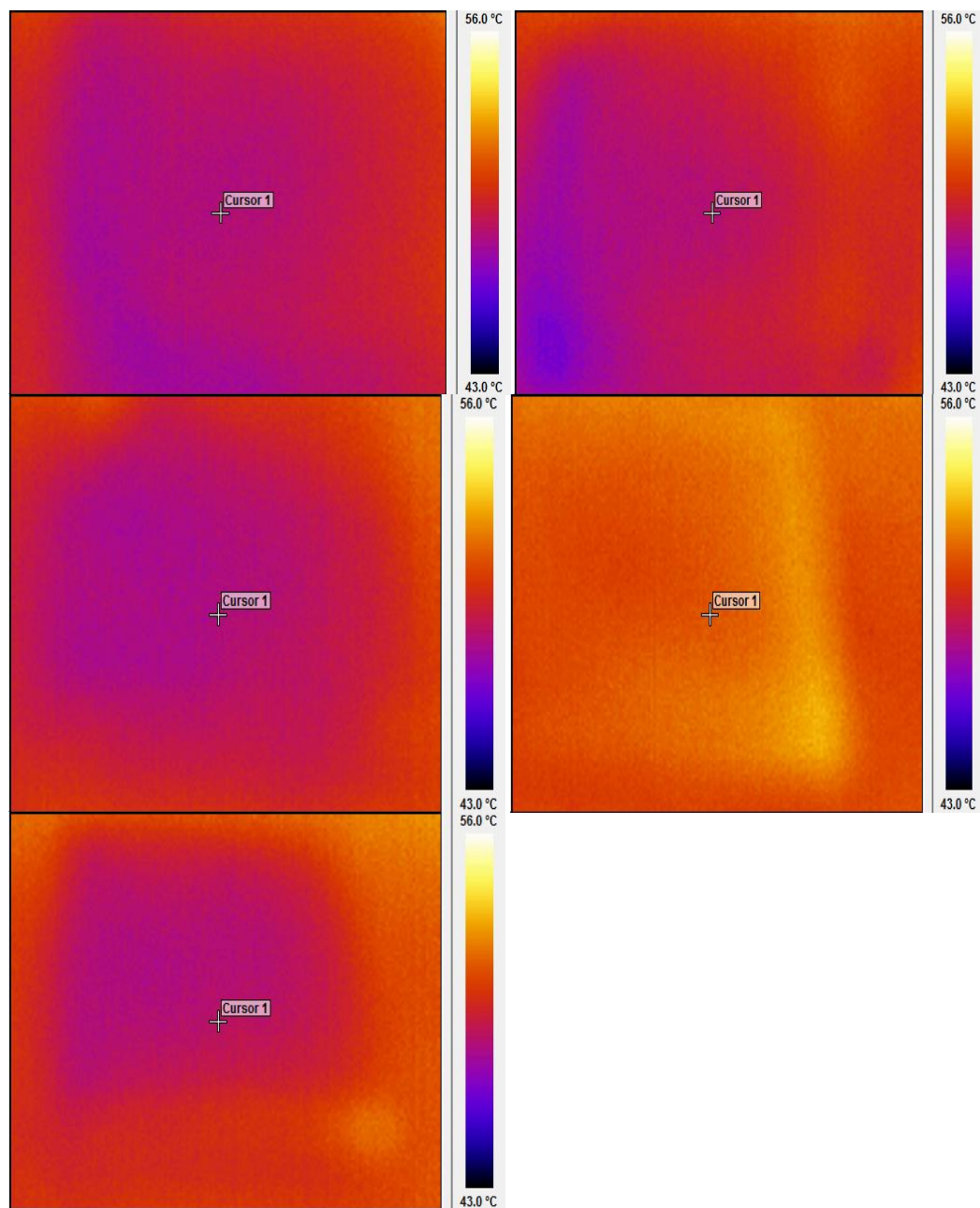


Εικόνα 14. Αριστερή στήλη:
Θερμογραφήματα Tonachino σε CBM,
CALM, CRM από πάνω προς τα κάτω.
Δεξιά στήλη: δείγματα αναφοράς Cool
Barrier σε CBM και CM από πάνω προς
τα κάτω



Εικόνα 15. Αριστερή στήλη: Silimac Tinteggio σε CBM, CALM, CM από πάνω προς τα κάτω στις 13/7/10. Δεξιά στήλη: το ίδιο στις 9/7/10

Παρατηρούμε ότι το χρώμα Albaria Silimac Tinteggio μπορεί να αποδώσει χαμηλότερες θερμοκρασίες από τα συμβατικά υλικά όταν εφαρμοστεί πάνω σε ένα από τα οικολογικά κονιάματα. Η εφαρμογή του, όμως, πάνω σε συμβατικό κονίαμα αποφέρει τιμές ίδιες με των χρωμάτων του εμπορίου.



Εικόνα 16. Αριστερή στήλη: Albaria white σε CBM, CALM, CM από πάνω προς τα κάτω.
Δεξιά στήλη: Albaria No8 σε CBM και CM

4.2.1.1 ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΘΕΡΜΟΚΑΜΕΡΑ

Η λήψη πειραματικών μετρήσεων με τη χρήση θερμοκάμερας περιλαμβάνει κάποιες αβεβαιότητες που συχνά μπορεί να δημιουργήσουν σφάλμα στις μετρήσεις. Οι αβεβαιότητες αυτές οφείλονται σε μια σειρά από αίτια που αναφέρονται στη συνέχεια.

Όπως έχει αναφερθεί στις αρχές λειτουργίας του οργάνου, βασικός παράγοντας που καθορίζει την αξιοπιστία των μετρήσεων είναι ο χρόνος προσαρμογής της θερμοκάμερας στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Αυτό σημαίνει ότι οι μετρήσεις που λαμβάνονται προτού παρέλθει ένα χρονικό διάστημα 15-20 λεπτών από τη στιγμή της ενεργοποίησης του οργάνου πιθανόν να μην είναι ακριβείς. Στις μετρήσεις της παρούσας μελέτης έχει παρατηρηθεί ότι όσο περισσότερο χρόνο είναι ενεργοποιημένη η θερμοκάμερα τόσο πιο έγκυρα αποτελέσματα δίνει.

Οι πραγματικές τιμές μιας λήψης, επίσης, μπορούν να αλλοιωθούν αν πάνω από τα δείγματα υπάρχει σκιά. Πρέπει, δηλαδή να εξασφαλίζεται ότι η ακτινοβολία λαμβάνεται ανεμπόδιστα από τις επιφάνειες που εξετάζονται.

Τέλος, αποκλίσεις από τις πραγματικές τιμές μπορεί να εμφανιστούν και λόγω του χρόνου σταθεροποίησης της τιμής του οργάνου. Κατά τη διάρκεια μιας λήψης οι τιμές του οργάνου αλλάζουν συνεχώς τα πρώτα δευτερόλεπτα. Επομένως, υπάρχει ένας χρόνος αναμονής αναγκαίος, ώστε τα αποτελέσματα να είναι ακριβή.

Το δελτίο τεχνικών χαρακτηριστικών του οργάνου εκφράζει την πιθανότητα σφάλματος των μετρήσεων ως $\pm 2^{\circ}\text{C}$, για το εύρος θερμοκρασίας περιβάλλοντος που μελετήσαμε.

4.2.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (DATA LOGGER THERMOMETER)

Τη μέτρηση της θερμοκρασίας των δειγμάτων με θερμοκάμερα ακολούθησε η μέτρηση με αισθητήρες και θερμόμετρο καταγραφής δεδομένων με βάση τα αποτελέσματα της προηγούμενης διαδικασίας. Συγκεκριμένα μελετήθηκε και καταγράφηκε η θερμική συμπεριφορά των δειγμάτων, που στο προηγούμενο βήμα εμφάνισαν τις χαμηλότερες θερμοκρασίες, επί εικοσιτετραώρου βάσεως, ενώ παράλληλα σε κάθε καταγραφή μετρήθηκε και η θερμοκρασία των αντίστοιχων δειγμάτων αναφοράς, όπως θα φανεί στη συνέχεια. Το θερμόμετρο καταγραφής ήταν ρυθμισμένο να αποθηκεύει μετρήσεις κάθε 10 λεπτά και η κάθε καταγραφή διαρκούσε τρεις με τέσσερις μέρες. Η διαδικασία αυτή έλαβε χώρα για τα ψυχρότερα δείγματα κάθε υποστρώματος ξεχωριστά, επομένως τα δείγματα χωρίστηκαν σε τρεις κατηγορίες.

4.2.2.1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ

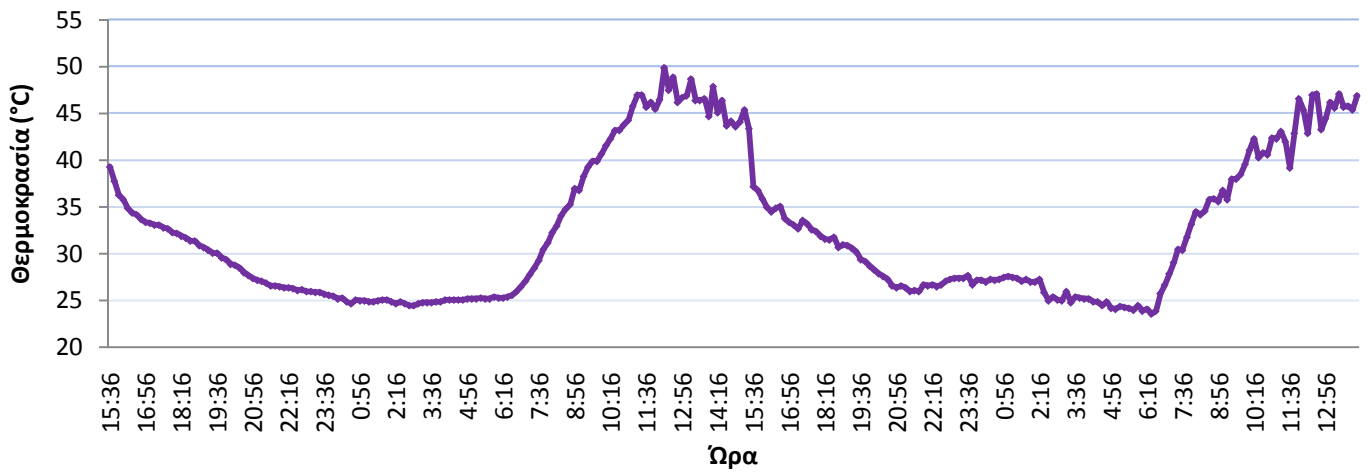
4.2.2.1.1 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ ΜΕ CHAUX BLANCHE NHL-Z 3.5

Τα δείγματα με βάση το κονίαμα από υδραυλική άσβεστο Chaux Blanche NHL-Z 3.5, που υποβλήθηκαν στις μετρήσεις αυτές, όπως είναι αναμενόμενο, είναι τα εξής: τα δείγματα με επίστρωση 1.Scialbo 2.Marmorino 3.Tonachino 4.Silimac Tinteggio 5. Albaria No.8 καθώς και τα δείγματα αναφοράς 6.CBM 7.CRM 8.Cool Barrier-CM ή «ψυχρό δείγμα». Τα τελευταία μελετήθηκαν ώστε να συγκριθεί η θερμική απόδοση του οικολογικού κονιάματος με το συμβατικό σαν μεμονωμένα υλικά, καθώς επίσης και να είναι ευδιάκριτες οι διαφορές της θερμικής απόδοσης του οικολογικού κονιάματος όταν σε αυτό εφαρμόζονται οι οικολογικές επιστρώσεις. Τέλος, το «ψυχρό δείγμα» χρησιμοποιείται σαν σημείο αναφοράς για τη σύγκριση των θερμοκρασιών των εξεταζόμενων υλικών με αυτό.

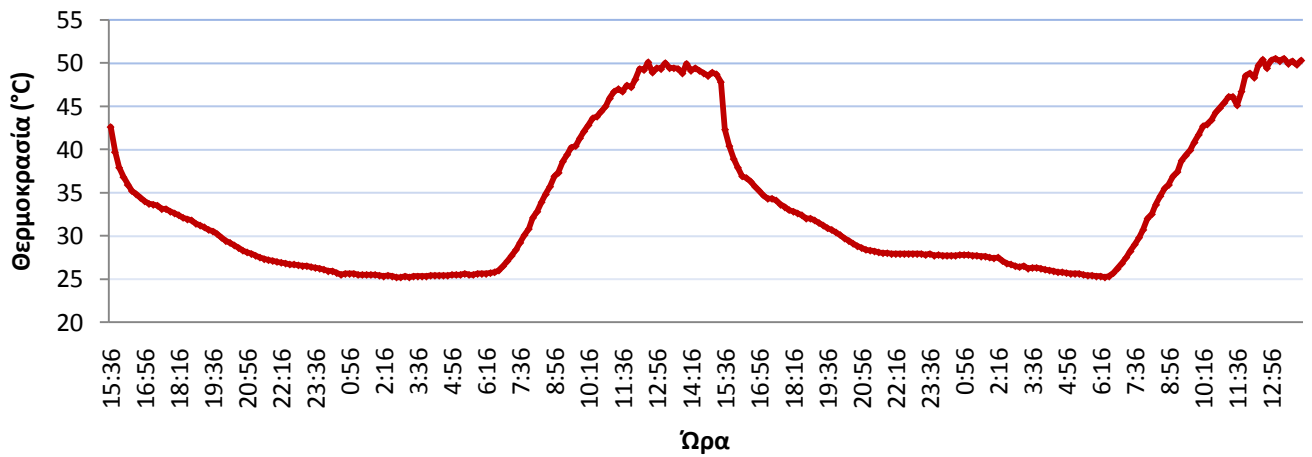
Τα δεδομένα που καταγράφηκαν για κάθε δείγμα στους Data Loggers [1] και [2] παρουσιάζονται στις επόμενες γραφικές παραστάσεις.

DATA LOGGER [1] :

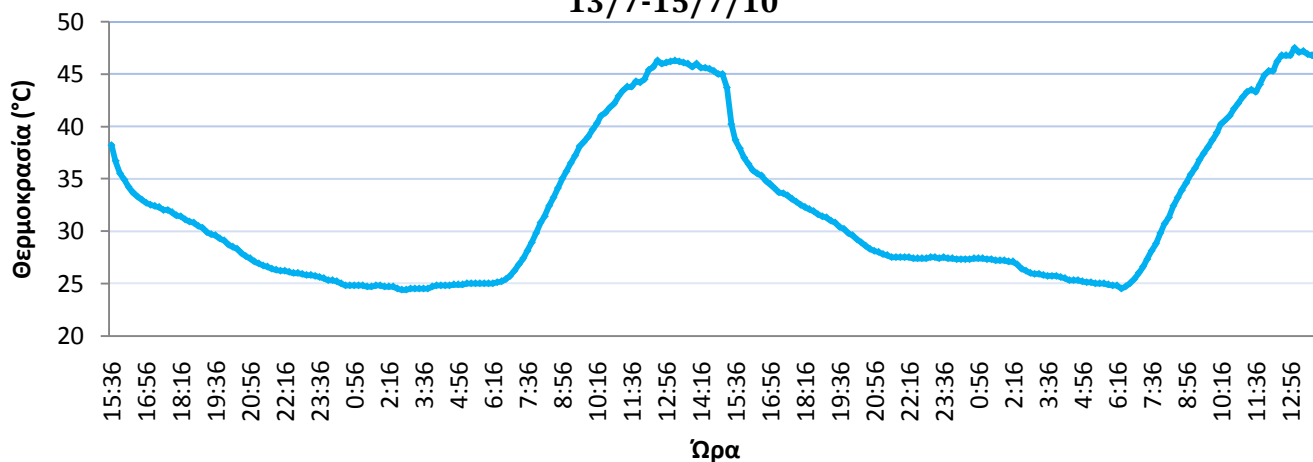
Θερμοκρασία σε δείγμα αναφοράς CBM κατά την περίοδο 13/7-15/7/10



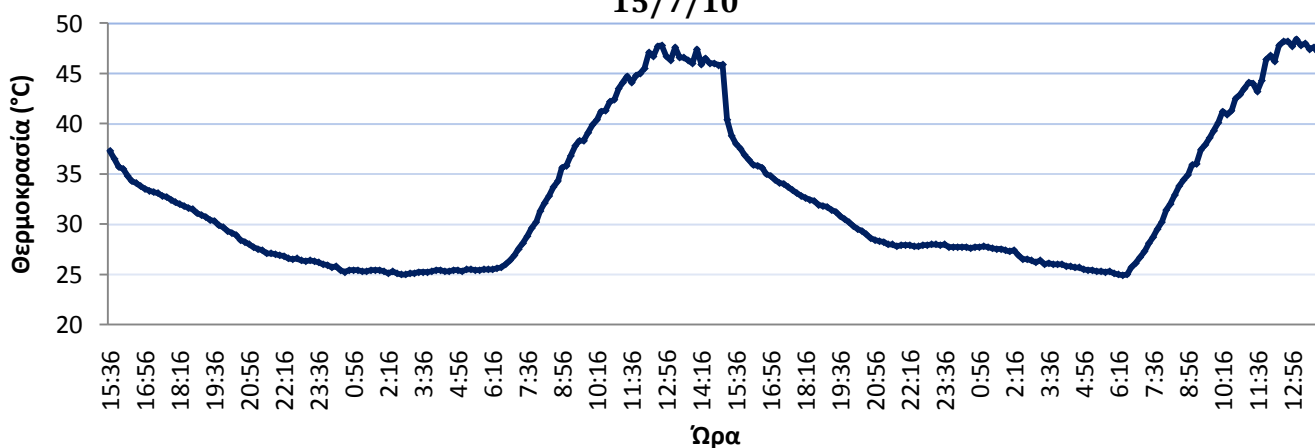
Θερμοκρασία σε δείγμα CRM κατά την περίοδο 13/7-15/7/10



Θερμοκρασία σε δείγμα αναφοράς Cool Barrier-CM κατά την περίοδο 13/7-15/7/10

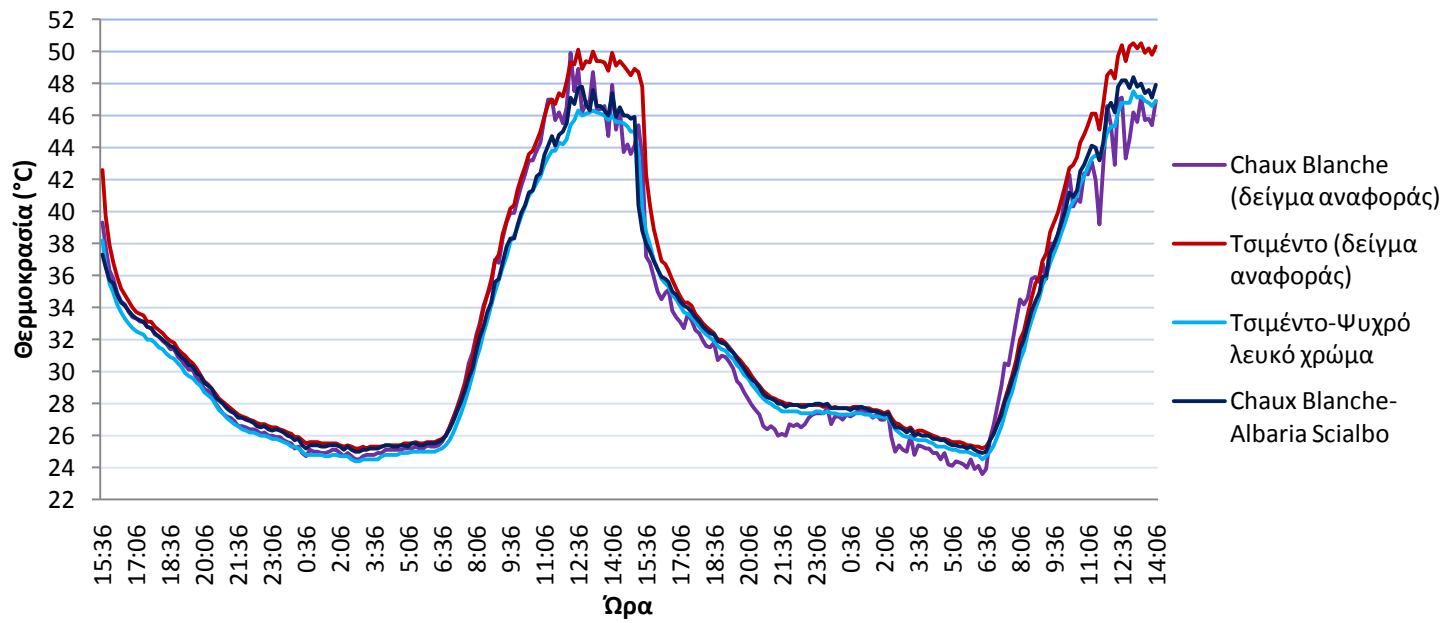


Θερμοκρασία σε δείγμα CBM και Scialbo κατά την περίοδο 13/7-15/7/10



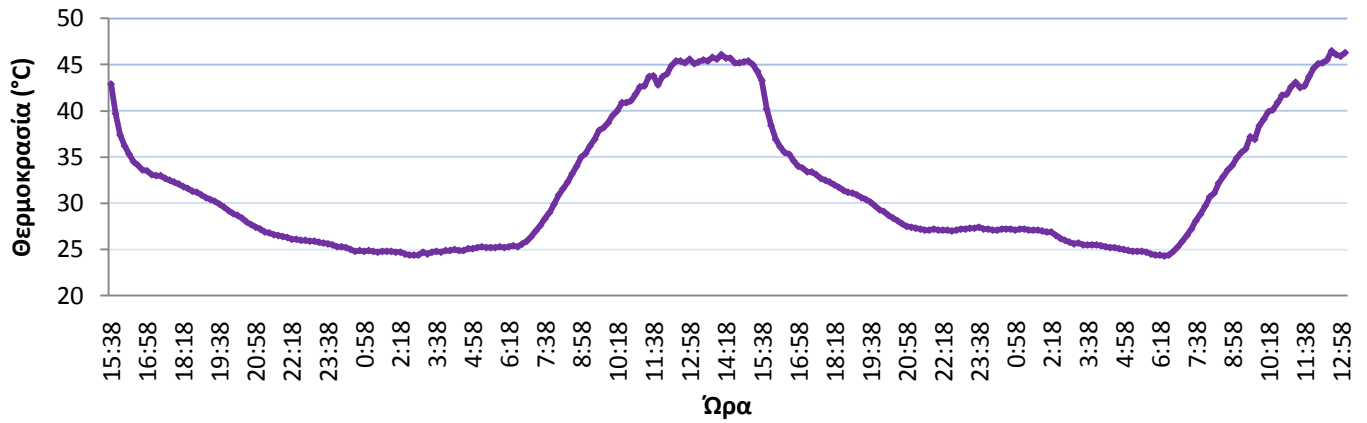
Για λόγους σύγκρισης μετά από τα γραφήματα των μετρήσεων κάθε data logger παρατίθεται και ένα συγκεντρωτικό γράφημα , όπως το ακόλουθο:

Θερμοκρασία σε δείγματα CBM κατά την περίοδο 13/7-15/7/10 (1)

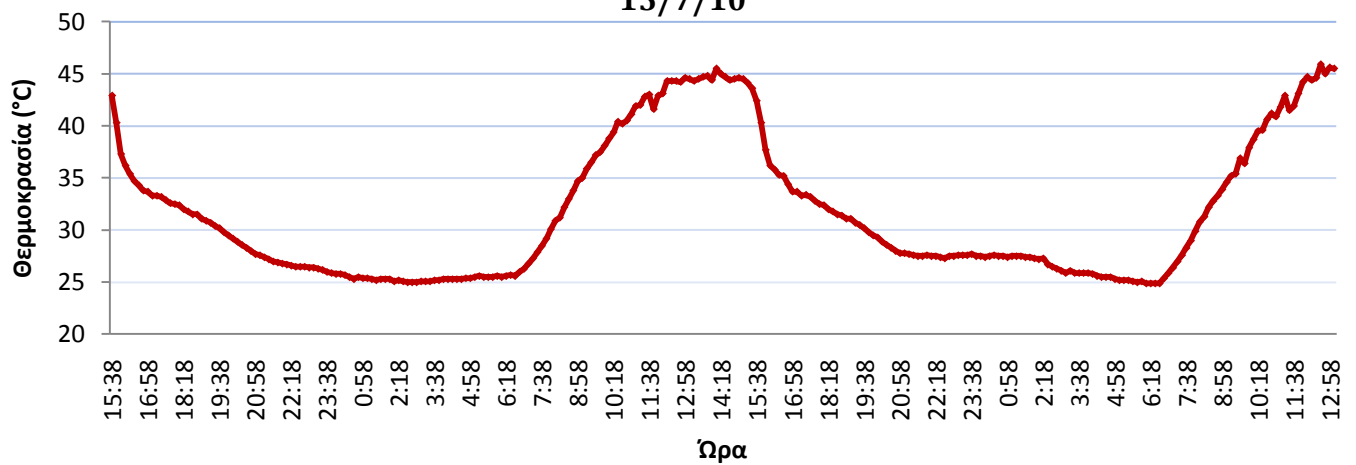


DATA LOGGER [2] :

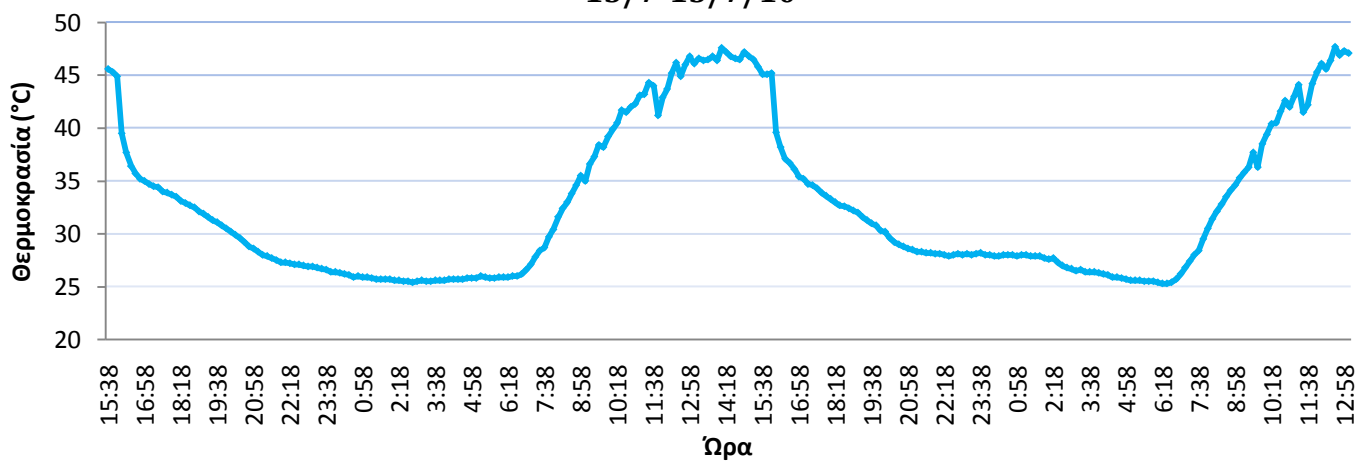
Θερμοκρασία σε δείγμα CBM και Tonachino κατά την περίοδο 13/7-15/7/10



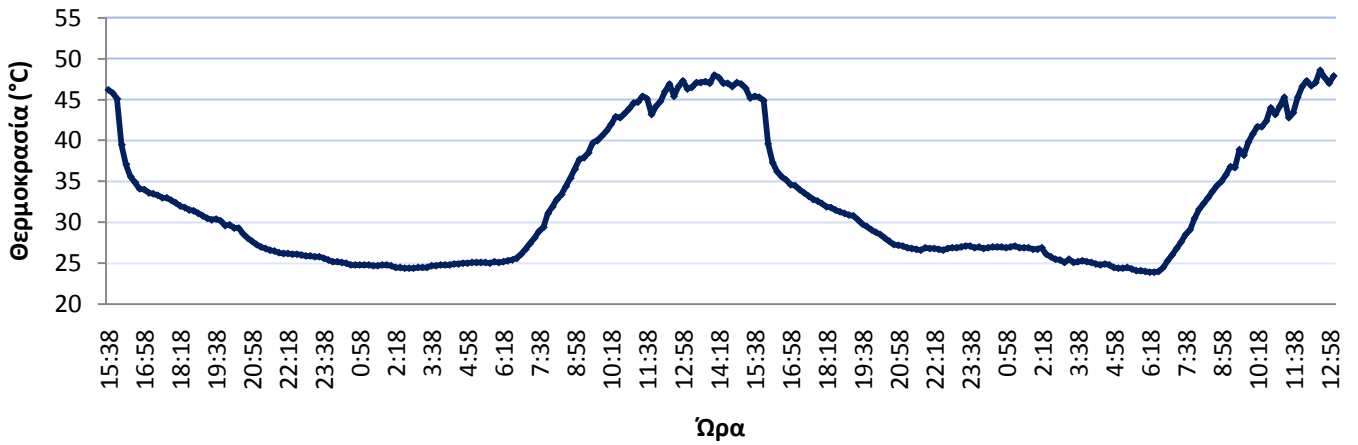
Θερμοκρασία σε δείγμα CBM και Marmorino κατά την περίοδο 13/7-15/7/10



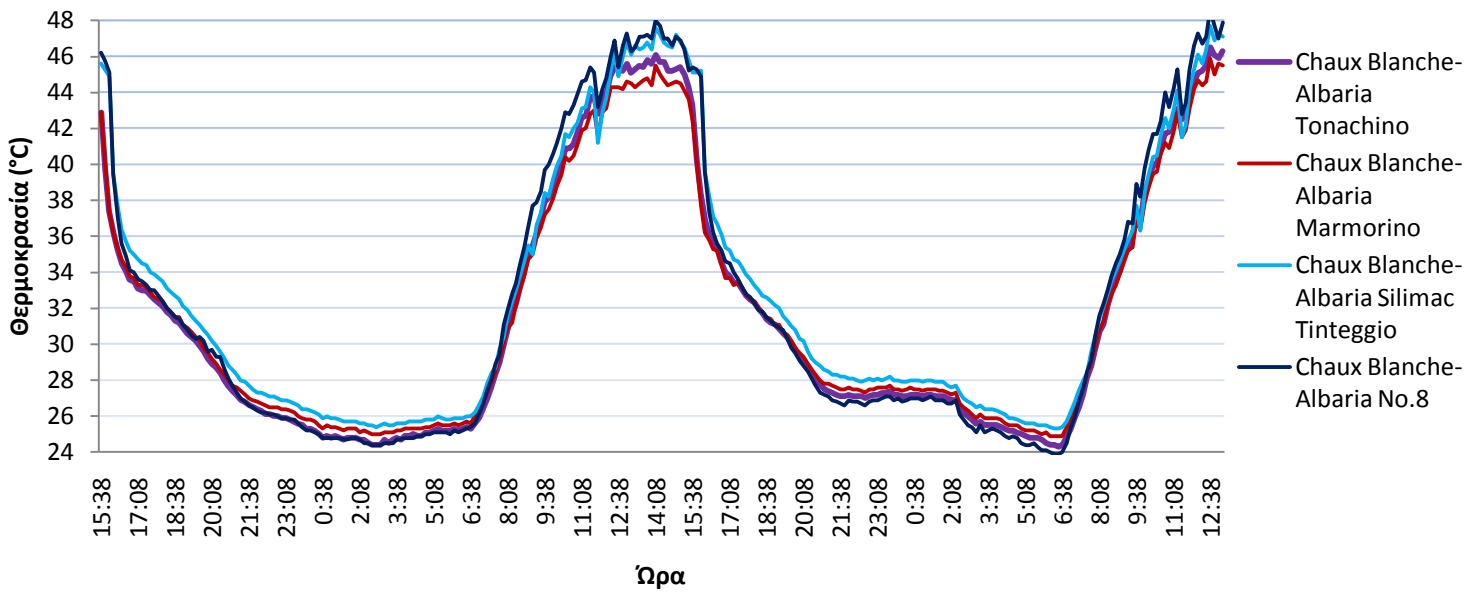
Θερμοκρασία σε δείγμα CBM και Silimas Tinteggio κατά την περίοδο 13/7-15/7/10

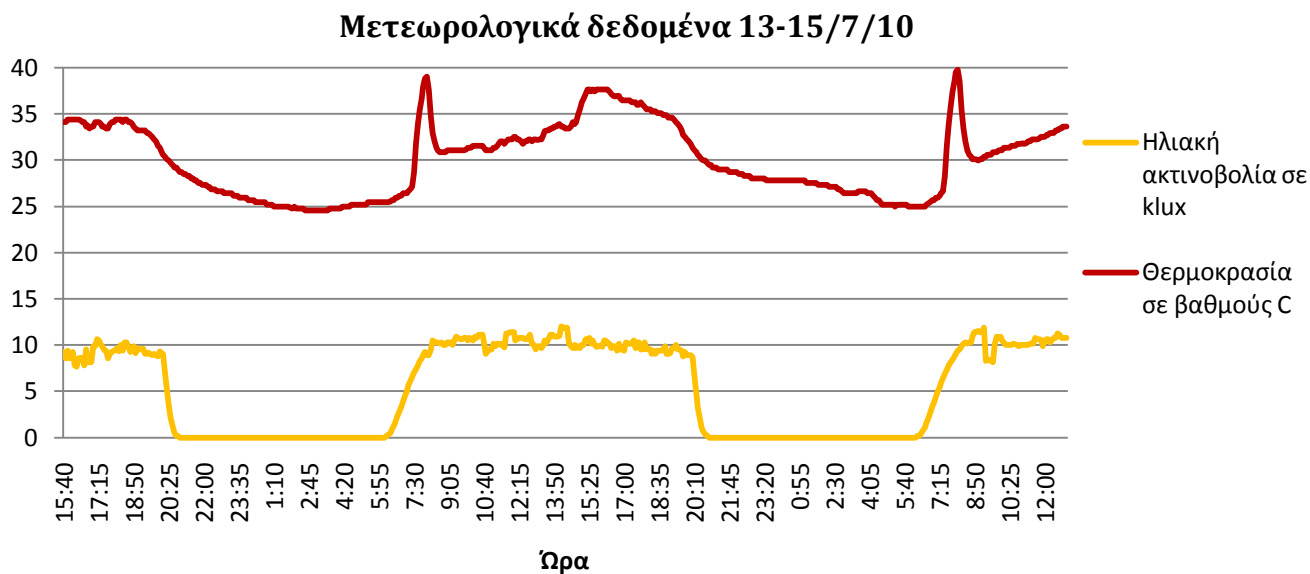


Θερμοκρασία σε δείγμα CBM και Albaria No.8 κατά την περίοδο 13/7-15/7/10



Θερμοκρασία σε δείγματα CBM κατά την περίοδο 13/7-15/7/10 (2)





Από τα τελευταία διάγραμμα και τα δύο συγκεντρωτικά προκύπτει ότι η θερμοκρασιακή διαφορά του ψυχρότερου υλικού(CBM-Marmorino) από τον αέρα, κατά τις μεσημβρινές ώρες της δεύτερης ημέρας, είναι περίπου 9°C, ενώ το θερμότερο υλικό(CRM) έχει θερμοκρασία υψηλότερη κατά 15°C.

Πίνακας 11. Εύρος Θερμοκρασιών και Μέση ημερήσια θερμοκρασία στις 14/7/10 κατά το διάστημα 9:00-18:00

Περιγραφή δείγματος	Εύρος θερμοκρασιών	Μέση θερμοκρασία
<i>CRM</i>	33,0-50,1	43,4
<i>Δείγμα αναφοράς CBM</i>	31,9-49,9	41,6
<i>Cool Barrier-CM</i>	32,5-46,3	40,8
<i>CBM-Scialbo</i>	32,8-47,8	41,2
<i>CBM-Marmorino</i>	32,4-45,5	40,2
<i>CBM-Tonachino</i>	32,3-46,1	40,8
<i>CBM- Silimac Tinteggio</i>	33,3-47,6	41,9
<i>CBM-Albaria No.8</i>	32,3-48,0	42,3

Όπως ήταν αναμενόμενο, το συμβατικό κονίαμα έφτασε τις μεγαλύτερες θερμοκρασίες με μέγιστη τους 50,1°C και μέση τους 43,4°C και ακολούθησε το κονίαμα με βάση Chaux Blanche NHL-Z 3.5 χωρίς επίστρωση, που είχε λίγο υψηλότερη θερμοκρασία από τα υπόλοιπα, ενώ από τις μεσημβρινές ώρες και έπειτα παρουσίασε χαμηλότερη θερμοκρασία. Το κονίαμα τσιμέντου με ψυχρό λευκό χρώμα κυμαινόταν σε κοντινές θερμοκρασίες με το δείγμα Chaux Blanche και Scialbo, με το πρώτο να παρουσιάζει λίγο χαμηλότερες θερμοκρασίες. Επομένως, το δείγμα Chaux Blanche-Scialbo μπορεί να χαρακτηριστεί ως ψυχρό. Το δείγμα αυτό παρουσιάζει καλή απόκριση στην απορρόφηση ακτινοβολίας λόγω της περιεκτικότητάς του σε υδροξείδιο του ασβεστίου (ασβέστης) που είναι ένα υλικό που επιτρέπει τόσο την διαπνοή των δομικών υλικών αλλά και την ανάκλαση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

Το τελευταίο τμήμα της γραφικής παράστασης (μετά τις 9.36 της τρίτης ημέρας) κρίνεται αναξιόπιστο, καθώς κατά την τρίτη ημέρα παρατηρήθηκε ότι κάποιοι αισθητήρες έπαψαν να έχουν καλή επαφή με το δείγμα.

Σύμφωνα με τις τελευταίες γραφικές παραστάσεις από τις μετρήσεις του Data Logger 2, ανάμεσα στις τέσσερις επιστρώσεις του και με βάση το ίδιο υπόστρωμα, ως ψυχρότερο μπορεί να χαρακτηριστεί το επίχρισμα Marmorino, πολύ κοντά στις τιμές του οποίου βρίσκεται το Tonachino. Τα δύο αυτά υλικά έχουν μέση ημερήσια θερμοκρασία 40,2°C και 40,8°C αντίστοιχα και το εύρος τιμών που λαμβάνουν φαίνεται στον παραπάνω πίνακα. Το οικολογικό χρώμα Silimac Tinteggio παρουσιάζει τιμές υψηλότερες από τα προηγούμενα κατά περίπου 3°C κατά τη διάρκεια της ημέρας, επειδή λόγω υδροφοβίωσης πιθανόν να περιέχει κάποια οργανική ύλη που θα απορροφά θερμότητα. Το Albaria No.8 είναι θερμότερο κατά περίπου 4°C έχοντας τη μεγαλύτερη μέγιστη θερμοκρασία (48,6 °C) από τα τέσσερα αυτά δείγματα. Το No.8 ήταν το πλέον έντονα χρωματισμένο, κάτι το οποίο παραπέμπει στην παρουσία οξειδίων σιδήρου, που ενδέχεται να παίζουν κάποιο ρόλο στην απορρόφηση θερμότητας.

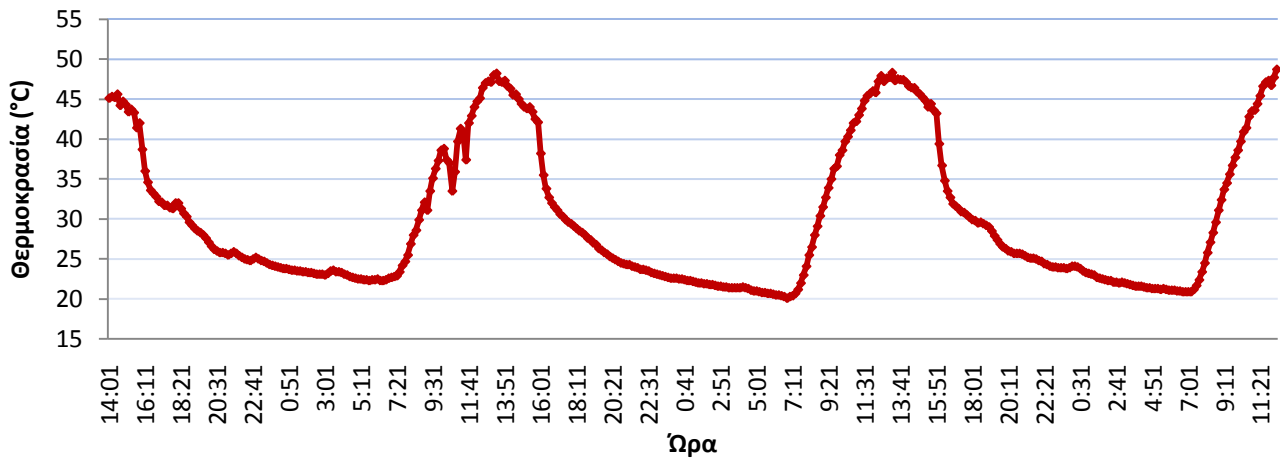
4.2.2.1.2 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ ΜΕ ALBARIA CALCE ALBAZZANA

Τα υλικά που διακρίθηκαν από τις μετρήσεις με τη θερμοκάμερα ως αυτά που δίνουν τις χαμηλότερες θερμοκρασίες όταν εφαρμόζονται σε κονίαμα υδραυλικής άσβεστου Calce Albazzana και των οποίων η θερμοκρασία μελετήθηκε με τη χρήση αισθητήρων και θερμομέτρου καταγραφής ήταν τα παρακάτω: 1.Marmorino 2.Tonachino 3.Scialbo 4.Silimac Tinteggio 5.Albaria white. Μελετήθηκαν επίσης τα δείγματα αναφοράς: 6.CRM 7.Cool Barrier-CM και 8.CALM.

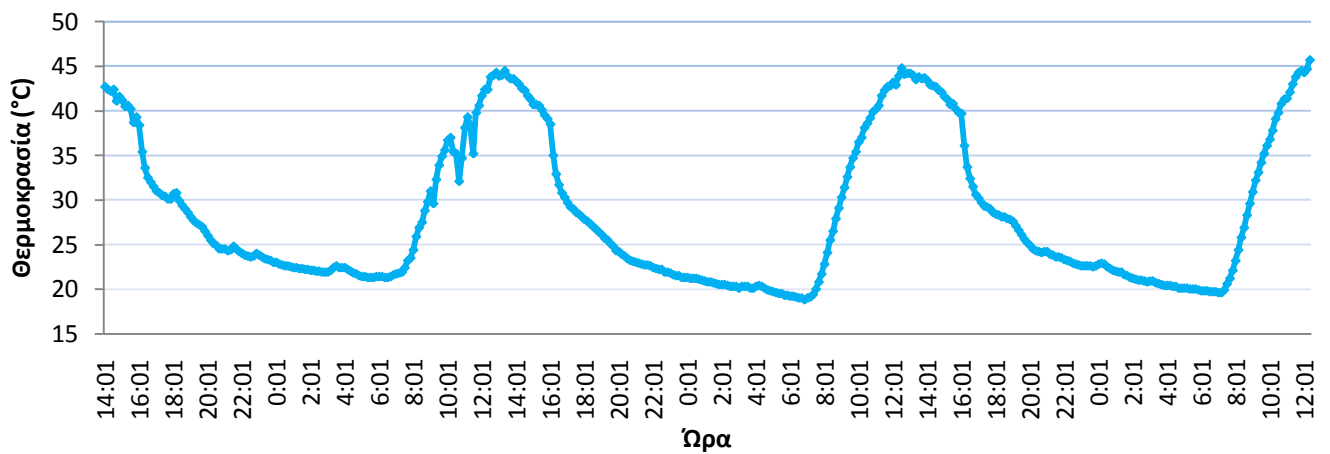
Οι μετρήσεις που αποθηκεύτηκαν στα θερμομέτρα καταγραφής παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα.

DATA LOGGER [1]:

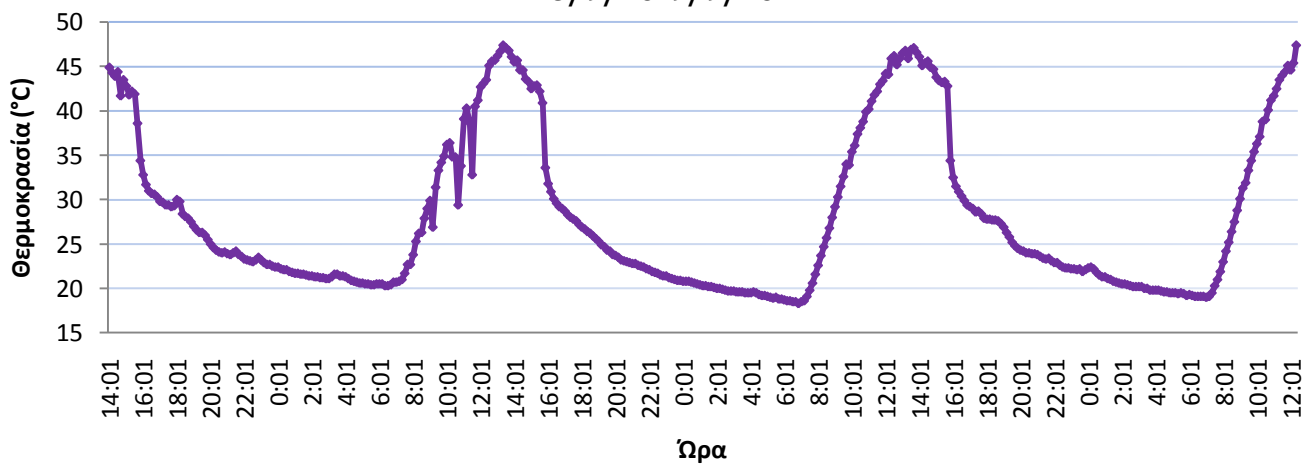
Θερμοκρασία σε δείγμα CRM κατά την περίοδο 6/9/10-9/9/10



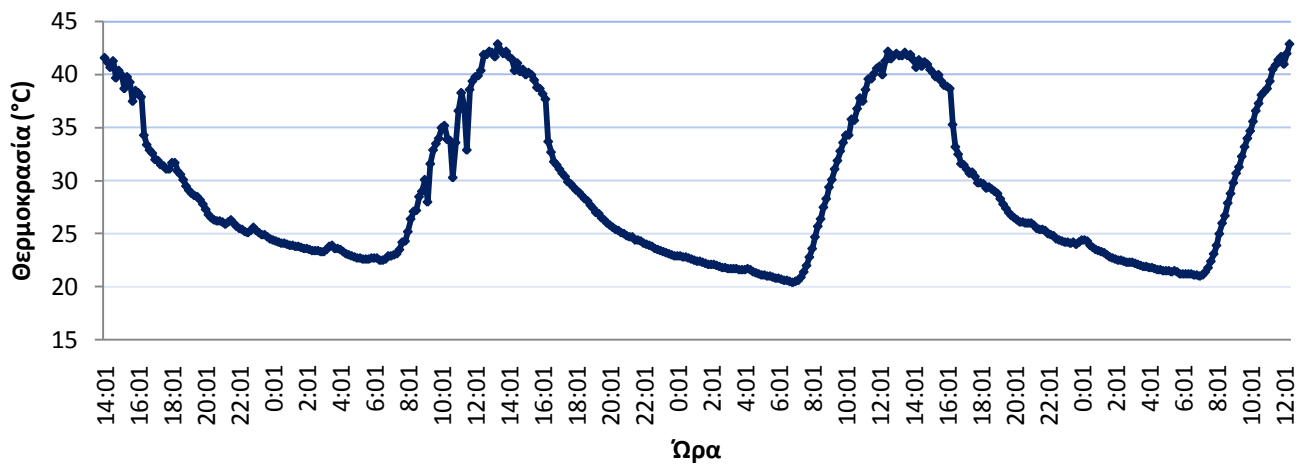
Θερμοκρασία σε δείγμα Cool Barrier-CM κατά την περίοδο 6/9-9/9/10



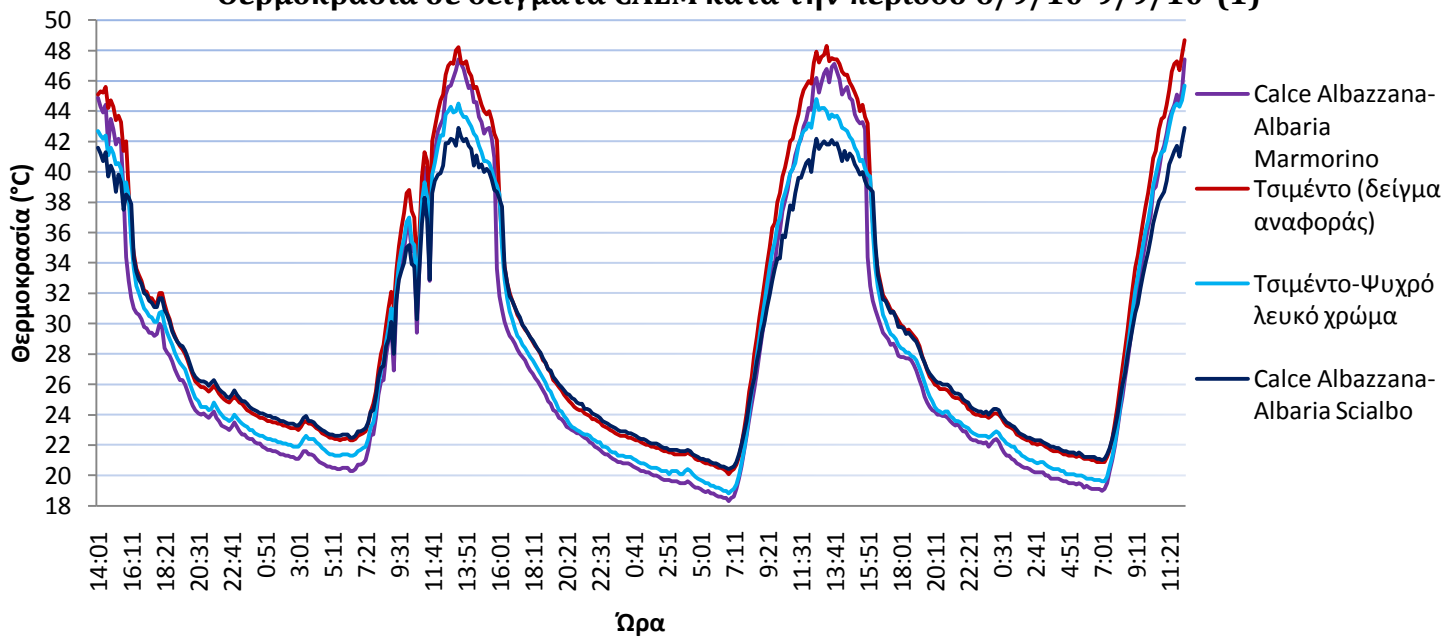
Θερμοκρασία σε δείγμα CALM και Marmorino κατά την περίοδο 6/9/10-9/9/10



Θερμοκρασία σε δείγμα CALM και Scialbo κατά την περίοδο 6/9-9/9/10

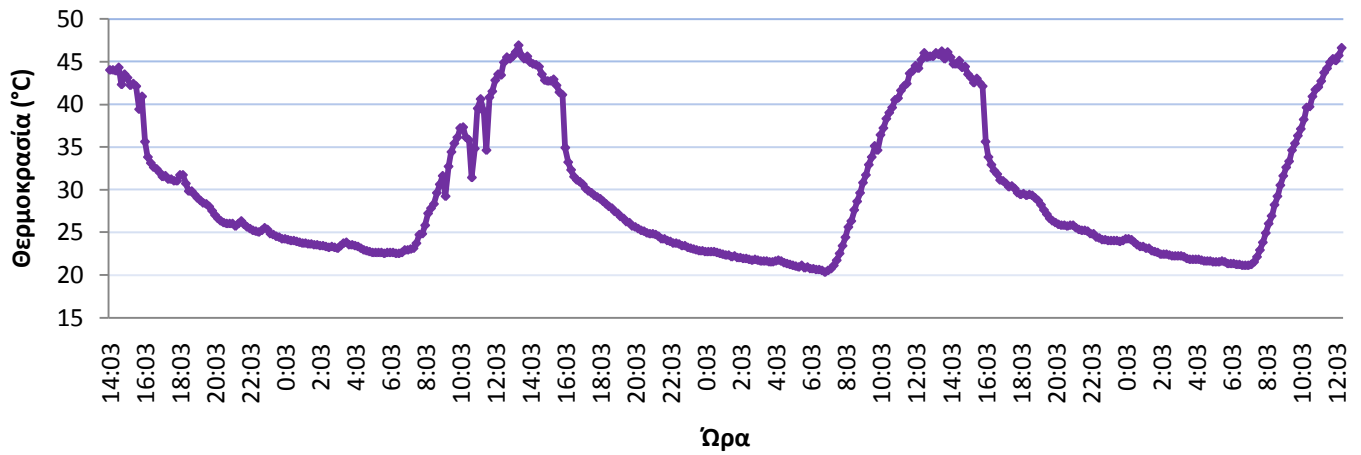


Θερμοκρασία σε δείγματα CALM κατά την περίοδο 6/9/10-9/9/10 (1)

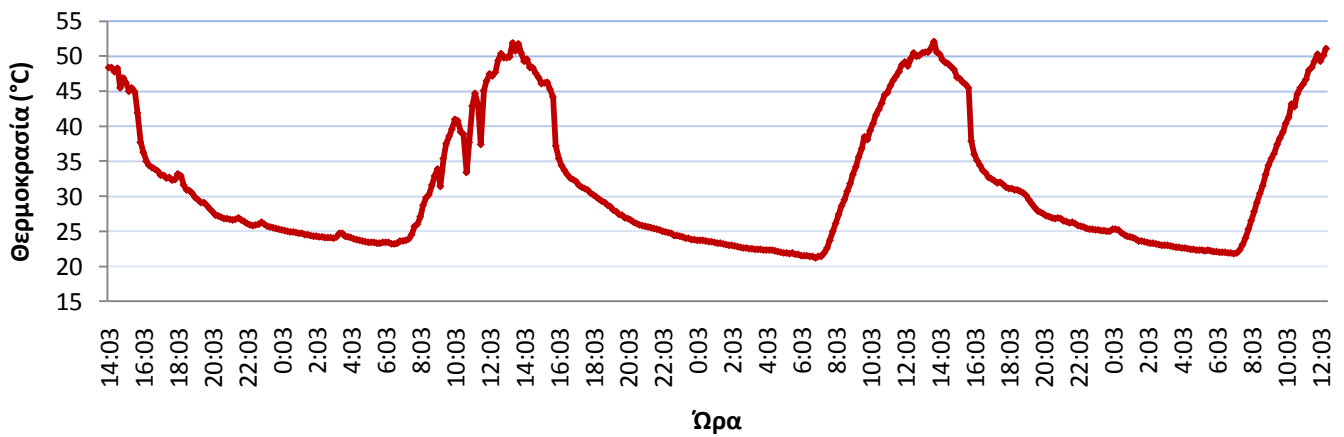


DATA LOGGER [2]:

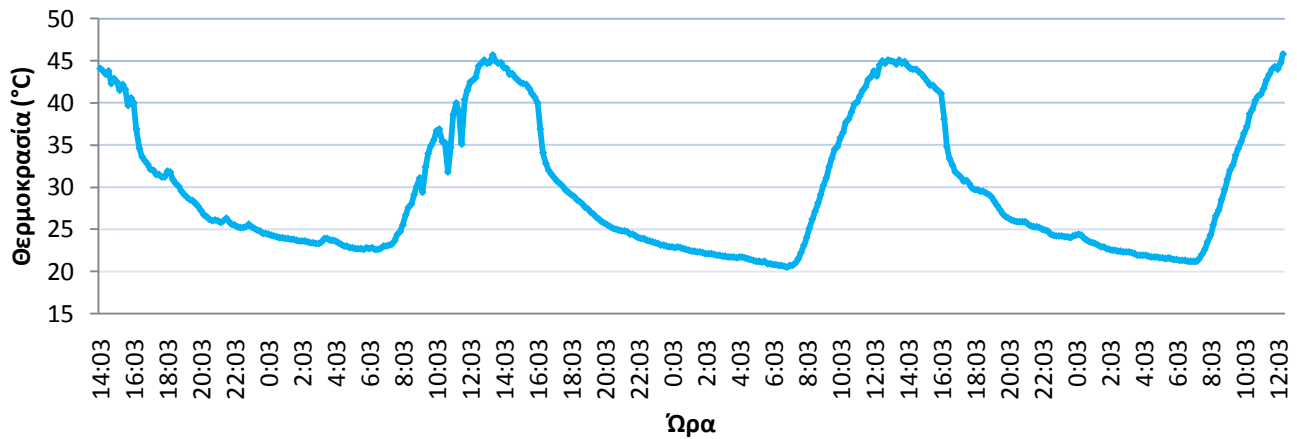
Θερμοκρασία σε δείγμα CALM και Tonachino κατά την περίοδο 6/9-9/9/10



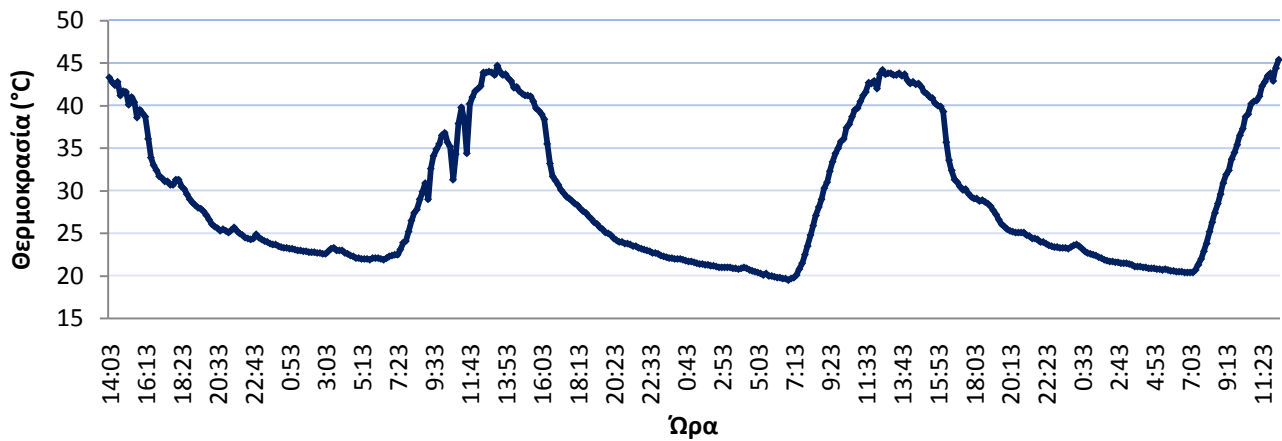
Θερμοκρασία σε δείγμα αναφοράς CALM [23] κατά την περίοδο 6/9-9/9/10



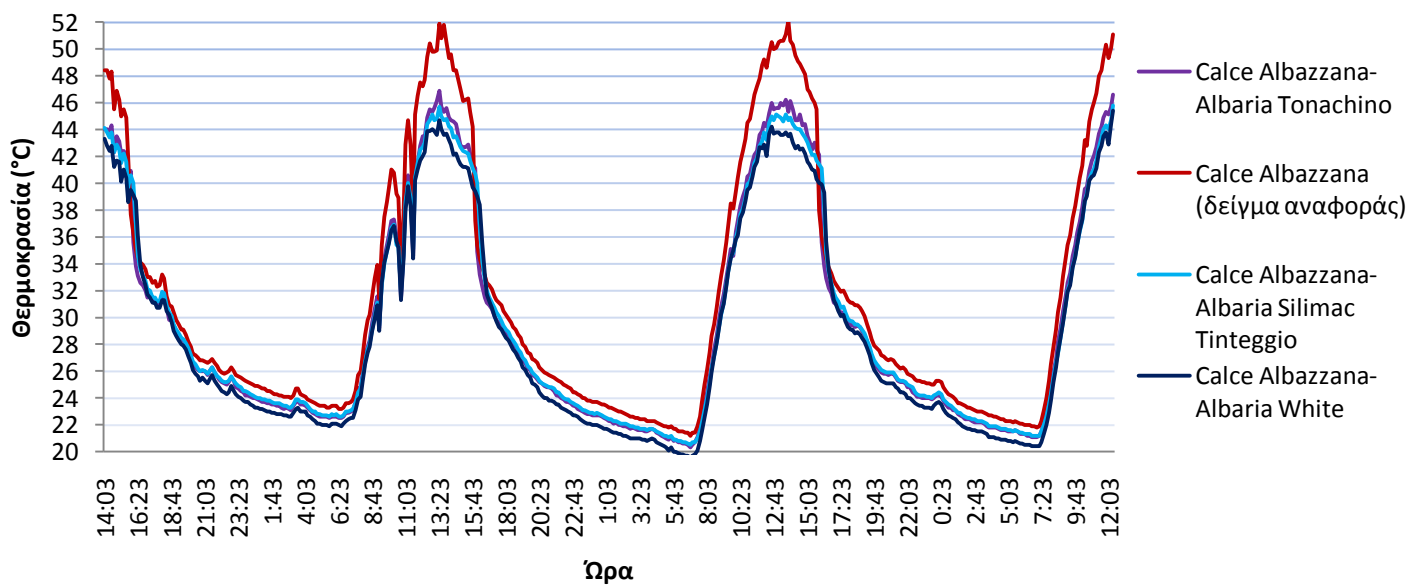
Θερμοκρασία σε δείγμα CALM και Silimac Tinteggio κατά την περίοδο 6/9-9/9/10



Θερμοκρασία σε δείγμα CALM και Albaria White κατά την περίοδο 6/9-9/9/10



Θερμοκρασία σε δείγματα CALM κατά την περίοδο 6/9-9/9/10 (2)



Πίνακας 12. Εύρος Θερμοκρασιών και Μέση ημερήσια θερμοκρασία στις 7/9/10 κατά το διάστημα 9:00-18:00

Περιγραφή δείγματος	Εύρος θερμοκρασιών	Μέση θερμοκρασία
<i>CRM</i>	29,1-48,2	39,6
<i>Cool Barrier-CM</i>	27,8-44,5	37,4
<i>CALM-Marmorino</i>	26,9-47,4	37,5
<i>CALM-Scialbo</i>	28,0-42,9	36,6
<i>Δείγμα αναφοράς CALM</i>	30,2-51,9	41,4
<i>CALM-Tonachino</i>	28,9-46,9	38,3
<i>CALM- Silimac Tinteggio</i>	29,1-45,7	38,3
<i>CALM-Albaria white</i>	28,5-44,7	37,7

Μελετώντας τα διαγράμματα παρατηρούμε ότι ορισμένα αποτελέσματα είναι όμοια με πριν. Όσον αφορά τα δύο δείγματα αναφοράς ισχύουν ακριβώς τα ίδια, δηλαδή το θερμότερο υλικό είναι το δείγμα του συμβατικού κονιάματος, με μέση ημερήσια θερμοκρασία 39,6°C, ενώ το «ψυχρό δείγμα» παρουσιάζει χαμηλότερες θερμοκρασίες κατά περίπου 3°C. Δεύτερο θερμότερο υλικό φαίνεται να είναι το επίχρισμα Marmorino εφαρμοσμένο στο υπόστρωμα που εξετάζουμε. Στο σημείο αυτό είναι απαραίτητη η αναφορά του σφάλματος που δημιουργήθηκε στη συγκεκριμένη μέτρηση, λόγω μεγάλης φθοράς της επιφάνειας του συγκεκριμένου αισθητήρα από εξωτερικούς παράγοντες, η οποία δεν αποκαταστάθηκε επαρκώς. Για τη διόρθωση των τιμών που καταγράφηκαν, έγινε λήψη των θερμικών εικόνων των αισθητήρων πάνω στις πλάκες, τα συμπεράσματα των οποίων θα αναφερθούν παρακάτω, στην ενότητα «Σφάλματα στις μετρήσεις με αισθητήρες». Όσον αφορά, όμως, το εν

λόγω υλικό, παρατηρήθηκε ότι ο αισθητήρας έδινε τιμές θερμοκρασίας υψηλότερες κατά περίπου $2,6^{\circ}\text{C}$ από το αναμενόμενο. Η αναμενόμενη θερμοκρασία του δείγματος εκτιμήθηκε με βάση τις θερμικές εικόνες που λήφθηκαν με θερμοκάμερα, ενώ την ίδια στιγμή γινόταν σύγκριση αυτών με τις τιμές που έδιναν οι αισθητήρες στο ίδιο δείγμα, για μια ποικιλία δειγμάτων, ώστε να φανεί το σφάλμα της τιμής στο συγκεκριμένο. Ο φθαρμένος αισθητήρας αντικαταστήθηκε σε επόμενες μετρήσεις άλλων δειγμάτων, οπότε στην εκτίμηση του σφάλματος συμπεριλήφθηκε και η διαφορά της τελευταίας τιμής του φθαρμένου αισθητήρα με τις πρώτες τιμές του νέου, οι οποίες είχαν μια χρονική απόσταση 5 ως 20 λεπτά. Μετά την εκτίμηση της πιθανής απόκλισης ($2,6^{\circ}\text{C}$) οι τιμές του δείγματος CALM-Marmorino διορθώθηκαν, χωρίς όμως να είναι εγγυημένη η αξιοπιστία των νέων τιμών. Παρόλα αυτά, το υλικό, ούτως ή άλλως συγκαταλέγεται στα ψυχρά υλικά, αφού δίνει μέση ημερήσια θερμοκρασία σχεδόν ίση με αυτή του «ψυχρού δείγματος». Ικανοποιητικά αποτελέσματα δίνει το δείγμα Calce Albazzana-Albaria Scialbo, το οποίο παρουσιάζει θερμοκρασίες ως και 6°C χαμηλότερα από αυτές του CRM και 1 ως 2°C χαμηλότερα από αυτές του «ψυχρού δείγματος».

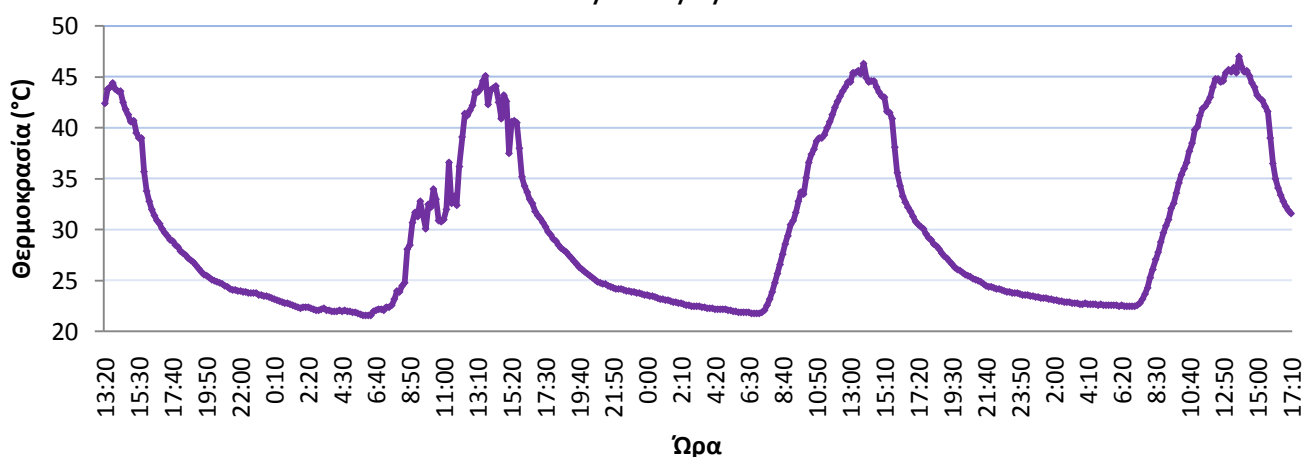
Οι μετρήσεις των δειγμάτων CALM που καταγράφηκαν στο δεύτερο θερμόμετρο, έδειξαν ότι το κονίαμα υδραυλικής άσβεστου Calce Albazzana παρουσιάζει μεγαλύτερη μέση θερμοκρασία από το συμβατικό κονίαμα τσιμέντου ($41,4^{\circ}\text{C}$ και $39,6^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα). Τα υπόλοιπα τρία δείγματα, παρόλο που απέδωσαν χαμηλότερες θερμοκρασίες από αυτές του κονιάματος Calce Albazzana κατά περίπου $3-4^{\circ}\text{C}$, οι θερμοκρασίες τους δεν έπεσαν χαμηλότερα από αυτές του «ψυχρού δείγματος», ενώ το ξεπερνούσαν περίπου κατά 1°C , προσδίδοντάς τους μια καλή, αλλά όχι άριστη θερμική απόδοση. Τα δείγματα CALM-Tonachino και CALM-Silimac Tinteggio κυμαίνονταν στις ίδιες τιμές θερμοκρασίας και παρουσίασαν την ίδια μέση ημερήσια θερμοκρασία ($38,3^{\circ}\text{C}$), η οποία ήταν περίπου 1°C υψηλότερη από του «ψυχρού δείγματος». Το επίχρισμα Albaria white εφαρμοσμένο σε βάση κονιάματος CALM απέδωσε θερμοκρασίες λίγο χαμηλότερες από τα προηγούμενα και ελάχιστα υψηλότερες από αυτές του «ψυχρού δείγματος» (μέση ημερήσια θερμοκρασία $37,7^{\circ}\text{C}$).

4.2.2.1.3 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

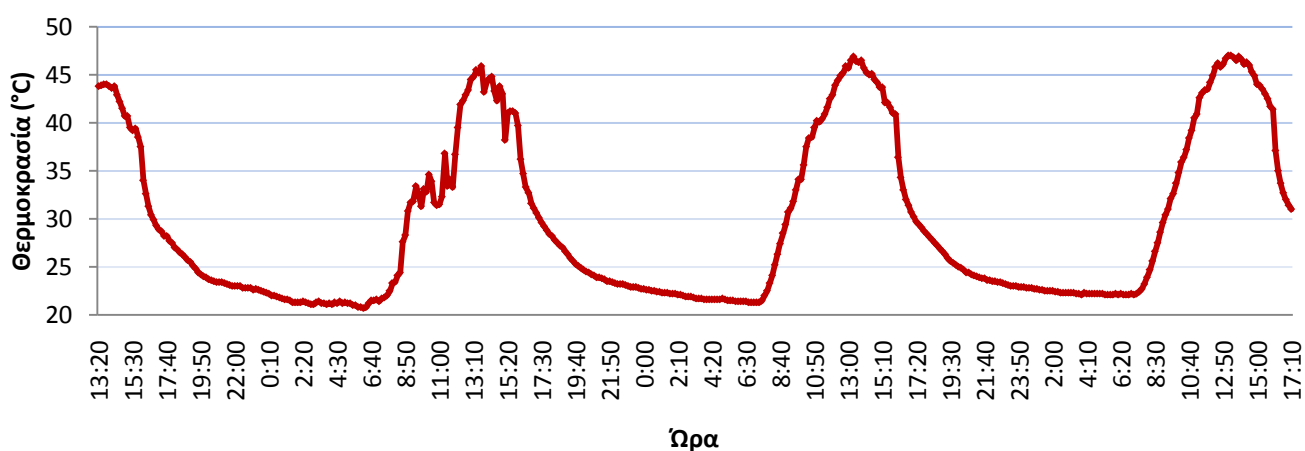
Τα δείγματα συμβατικού υποστρώματος τσιμέντου που υποβλήθηκαν σε μετρήσεις της επιφανειακής τους θερμοκρασίας με τα θερμόμετρα καταγραφής είναι τα εξής: τα δείγματα αναφοράς 1.CRM 2.Cool Barrier-CM 3.CM με συμβατικό χρώμα ώχρας και τα υλικά 4.Marmorino 5.Tonachino 6.Scialbo 7.Silimac Tinteggio 8.Albaria white. Ακολουθούν οι γραφικές παραστάσεις των επιφανειακών τους θερμοκρασιών.

DATA LOGGER 1:

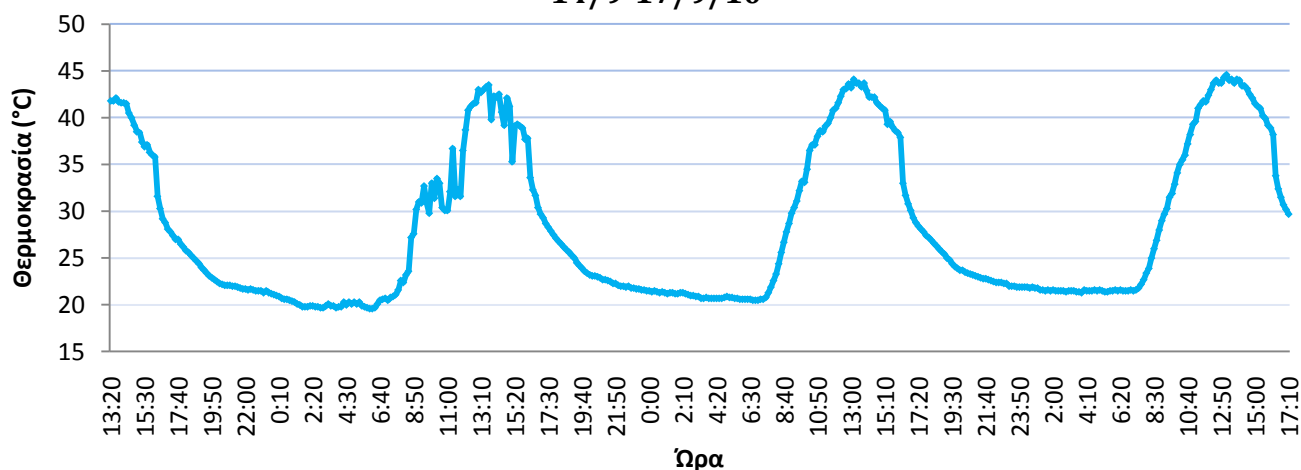
Θερμοκρασία σε δείγμα CM και Silimac Tinteggio κατά την περίοδο 14/9-17/9/10



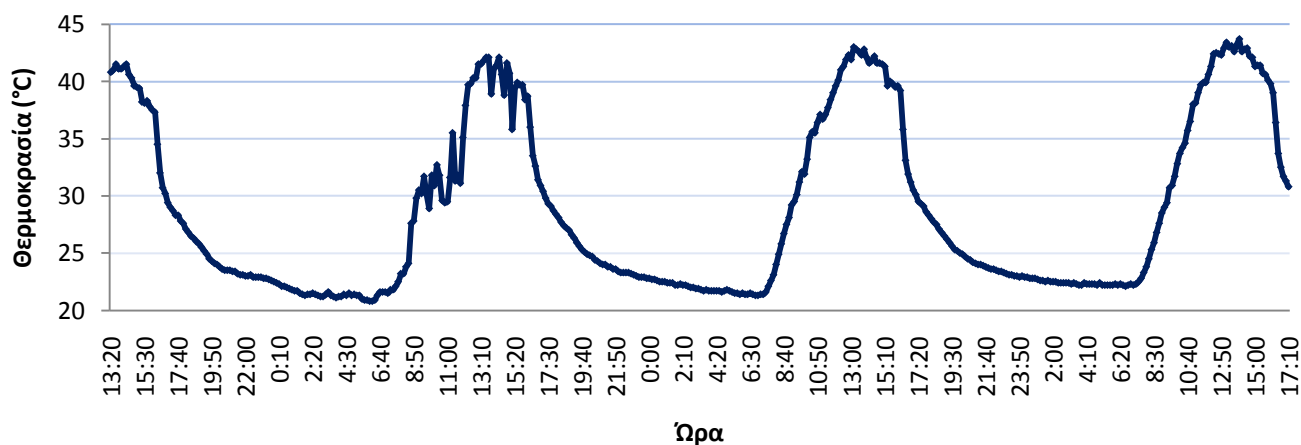
Θερμοκρασία σε δείγμα CRM κατά την περίοδο 14/9-17/9/10



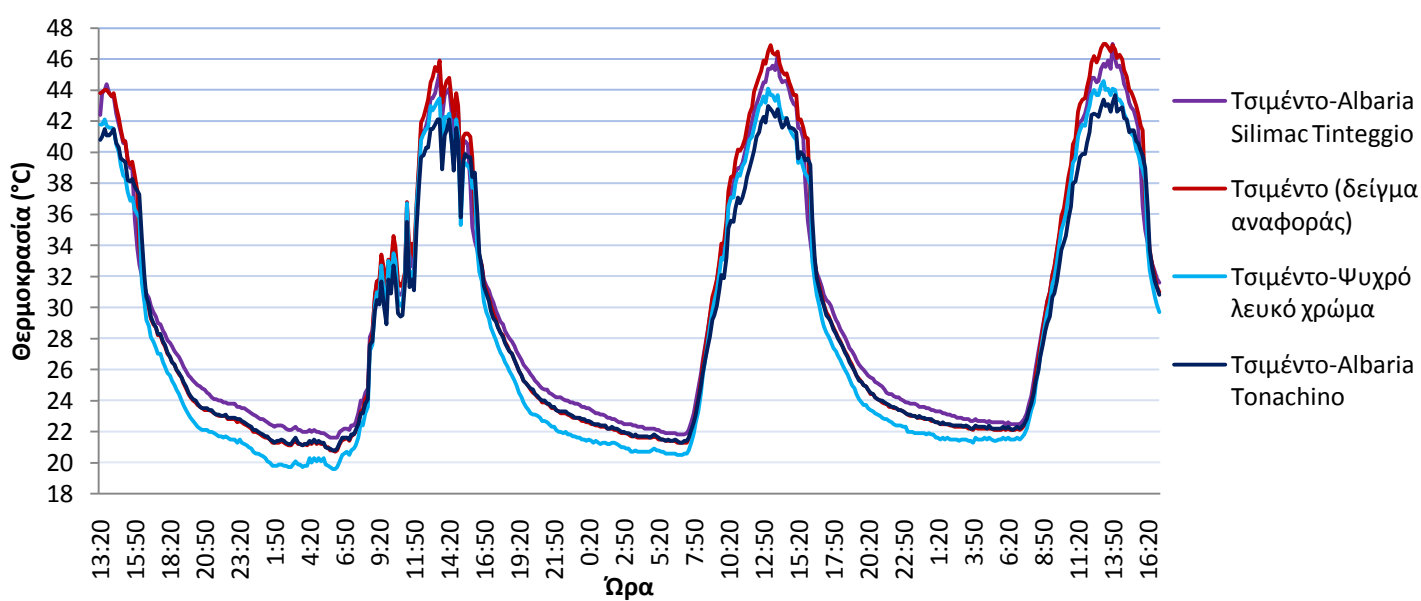
Θερμοκρασία στο δείγμα Cool Roof Barrier-CM κατά την περίοδο 14/9-17/9/10



Θερμοκρασία σε δείγμα CM και Tonachino κατά την περίοδο 14/9-17/9/10

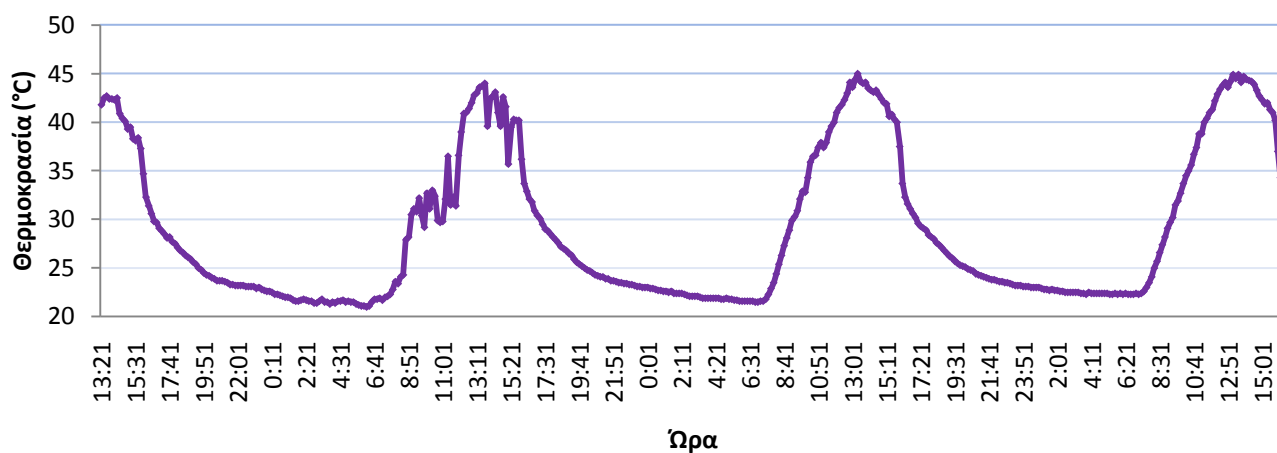


Θερμοκρασία σε δείγματα CM κατά την περίοδο 14/9-17/9/10 (1)

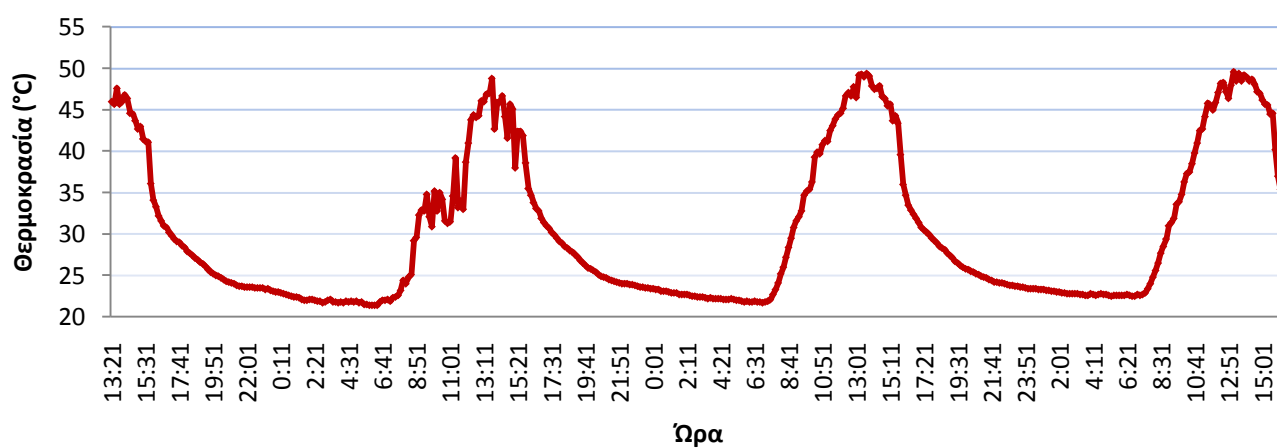


DATA LOGGER 2:

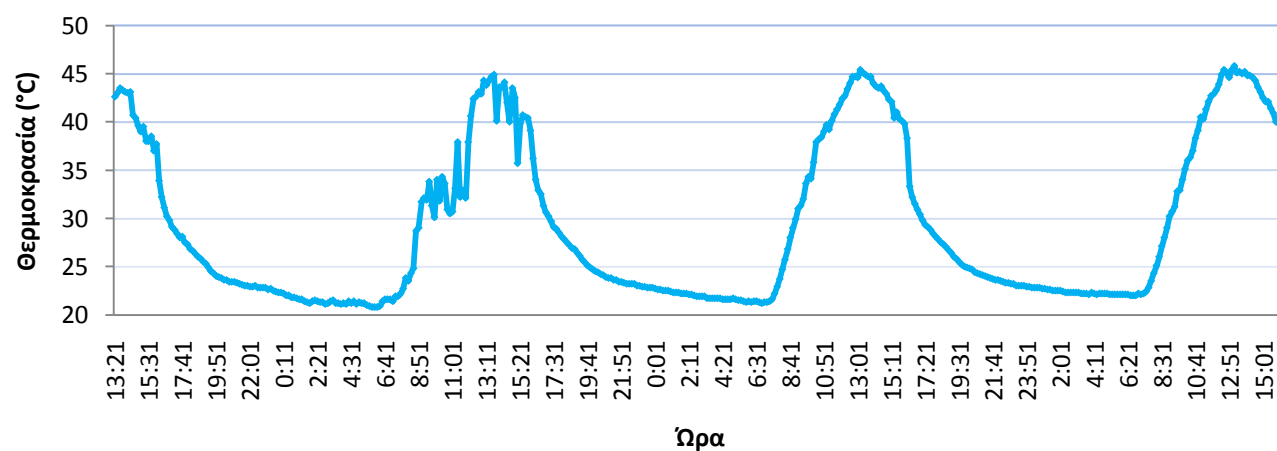
Θερμοκρασία σε δείγμα CM και Scialbo κατά την περίοδο 14/9-17/9/10



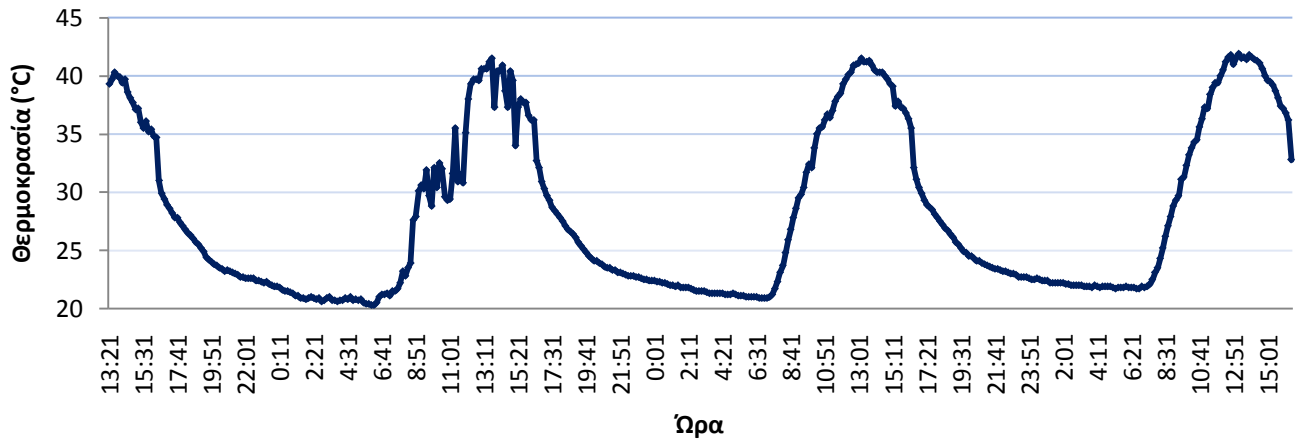
Θερμοκρασία σε δείγμα CM και Albaria White κατά την περίοδο 14/9-17/9/10



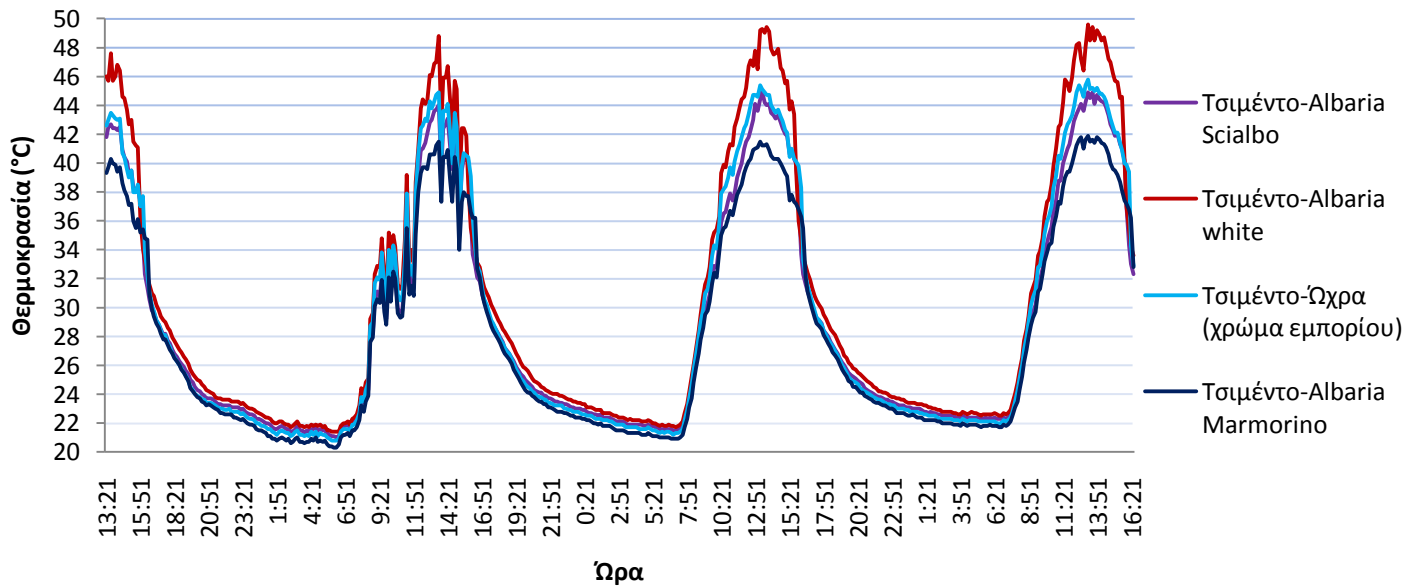
Θερμοκρασία σε CM και συμβατικό χρώμα ώχρας κατά την περίοδο 14/9-17/9/10

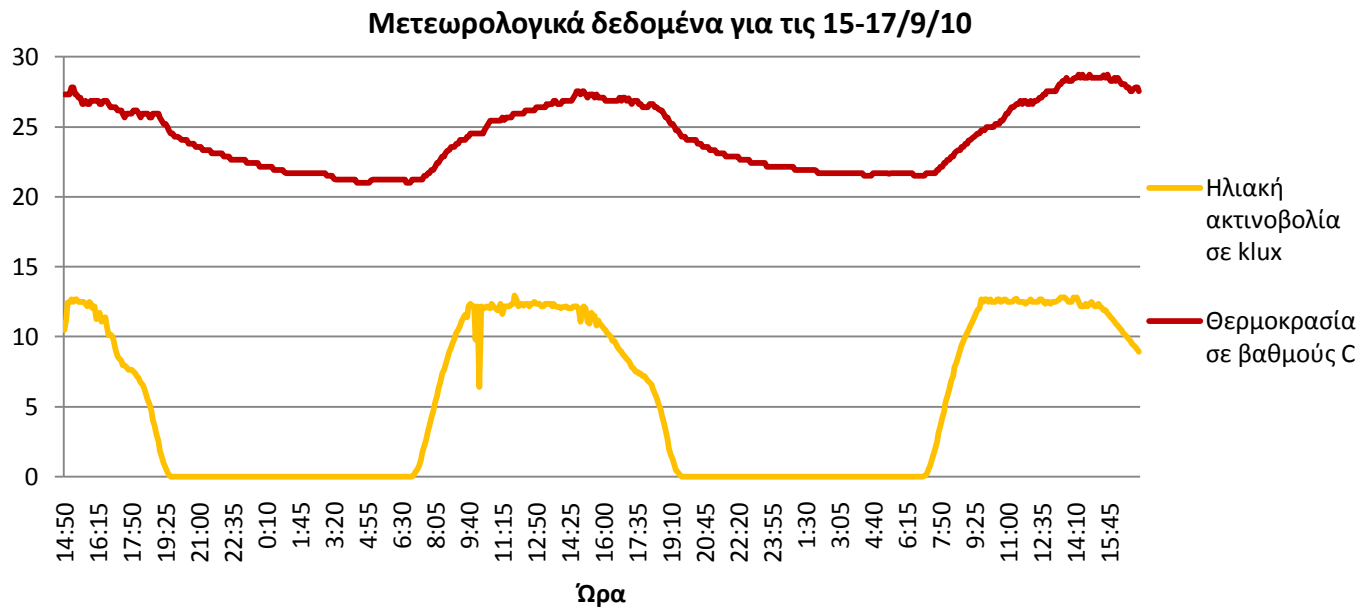


Θερμοκρασία σε δείγμα CM και Marmorino κατά την περίοδο 14/9-17/9/10



Θερμοκρασία σε δείγματα CM κατά την περίοδο 14/9-17/9/10 (2)





Συγκρίνοντας τα δύο συγκεντρωτικά διαγράμματα με το διάγραμμα μετεωρολογικών δεδομένων παρατηρούμε ότι το ψυχρότερο δείγμα, CM-Marmorigino απέχει από τη θερμοκρασία του αέρα, τις μεσημβρινές ώρες της τρίτης ημέρας, μόλις κατά περίπου 12°C, ενώ το θερμότερο, στην προκειμένη περίπτωση CM-Albaria white, έχει θερμοκρασία υψηλότερη κατά 22°C.

Πίνακας 13. Εύρος Θερμοκρασιών και Μέση ημερήσια θερμοκρασία στις 15/9/10 κατά το διάστημα 9:00-18:00

Περιγραφή δείγματος	Εύρος θερμοκρασιών	Μέση θερμοκρασία
<i>CRM</i>	28,4-45,9	36,9
<i>Cool Barrier-CM</i>	27,1-43,5	35,5
<i>CM με συμβατικό χρώμα ώχρας</i>	28,1-44,9	36,4
<i>CM-Scialbo</i>	28,2-44,0	35,5
<i>CM- Marmorino</i>	27,8-41,5	34,5
<i>CM-Tonachino</i>	28,4-42,1	35,2
<i>CM-Albaria white</i>	29,1-48,8	37,6
<i>CM- Silimac Tinteggio</i>	29,1-45,1	36,3

Με βάση τον πίνακα και τα διαγράμματα το συμβατικό μικτό κονίαμα παρουσιάζει μέση ημερήσια θερμοκρασία 36,9°C, όντας το θερμότερο υλικό και το δείγμα Cool Barrier-CM κυμαίνεται κατά μέσο όρο στους 35,5 °C. Από τα υλικά που εφαρμόστηκαν πάνω στο συμβατικό κονίαμα η θερμική απόδοση του Tonachino προσέγγισε την απόδοση του «ψυχρού δείγματος», με λίγο χαμηλότερη μέση θερμοκρασία, ενώ το Silimac Tinteggio δεν απέδωσε ιδιαίτερα χαμηλές τιμές πλησιάζοντας τις τιμές του δείγματος αναφοράς του κονιάματος.

Παρατηρείται και εδώ η καλή θερμική συμπεριφορά του ασβέστη, αφού τα καλύτερα θερμικά επιχρίσματα τον εμπεριέχουν. Επίσης καταδεικνύεται ότι η προσθήκη οργανικών πρόσθετων που στοχεύουν στην υδροφοβίωση της επιφάνειας (π.χ.Silimac Tinteggio) επιφέρει αλλαγή της επιθυμητής θερμικής συμπεριφοράς των κονιαμάτων.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα του δεύτερου θερμομέτρου καταγραφής, το επίχρισμα Albaria white ως επίστρωση σε κονίαμα τσιμέντου δίνει τις

υψηλότερες θερμοκρασίες, με μέση ημερήσια θερμοκρασία 37,6°C, υψηλότερες ακόμα και από αυτές του δείγματος αναφοράς του κονιάματος τσιμέντου. Ακολουθεί το συμβατικό χρώμα της ώχρας, με μέση ημερήσια θερμοκρασία 36,4 °C. Το υλικό αυτό εξετάστηκε ως αντιπροσωπευτικό δείγμα ενός συμβατικού υλικού που χρησιμοποιείται στην κατασκευή κτηρίων για να αποδειχθεί η σημαντικά υψηλότερη θερμοκρασία που παρουσιάζει σε σχέση με ένα ψυχρό υλικό και να τονιστεί ότι δεν αρκεί η χρήση ανοιχτών χρωμάτων για την εξοικονόμηση ενέργειας, εξαιρετικά σημαντικό ρόλο παίζει η σύστασή τους. Πράγματι, αυτό αποδεικνύεται μελετώντας τον παραπάνω πίνακα. Βέβαια, αξίζει να αναφερθεί ότι το υλικό παρουσίασε χαμηλότερη μέση θερμοκρασία από το κονίαμα μόνο του, που επαναφέρει το θέμα της σημασίας της χρήσης ανοιχτών χρωμάτων, καθώς ένα σκούρο χρώμα θα είχε αποφέρει πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες από ότι το συμβατικό κονίαμα μόνο του. Ιδιαίτερα χαμηλές τιμές παρουσιάζουν το ασβεστόχρωμα Albaria Scialbo και το επίχρισμα Albaria Marmorino, όπου η μέση θερμοκρασία τους κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι 35,5°C και 34,5 °C, αντίστοιχα, με το τελευταίο να ξεπερνάει σε θερμική απόδοση και το «ψυχρό δείγμα».

Με βάση και αυτά τα αποτελέσματα αναδεικνύεται η καλή θερμική συμπεριφορά της ασβέστου σε κονιάματα και επιχρίσματα. Αντίθετα η υδραυλική ασβεστος κατατάσσεται όσον αφορά στην θερμική της απόκριση σε ενδιάμεση θέση από την ασβεστο και το τσιμέντο.

4.2.2.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΝΥΧΤΑΣ

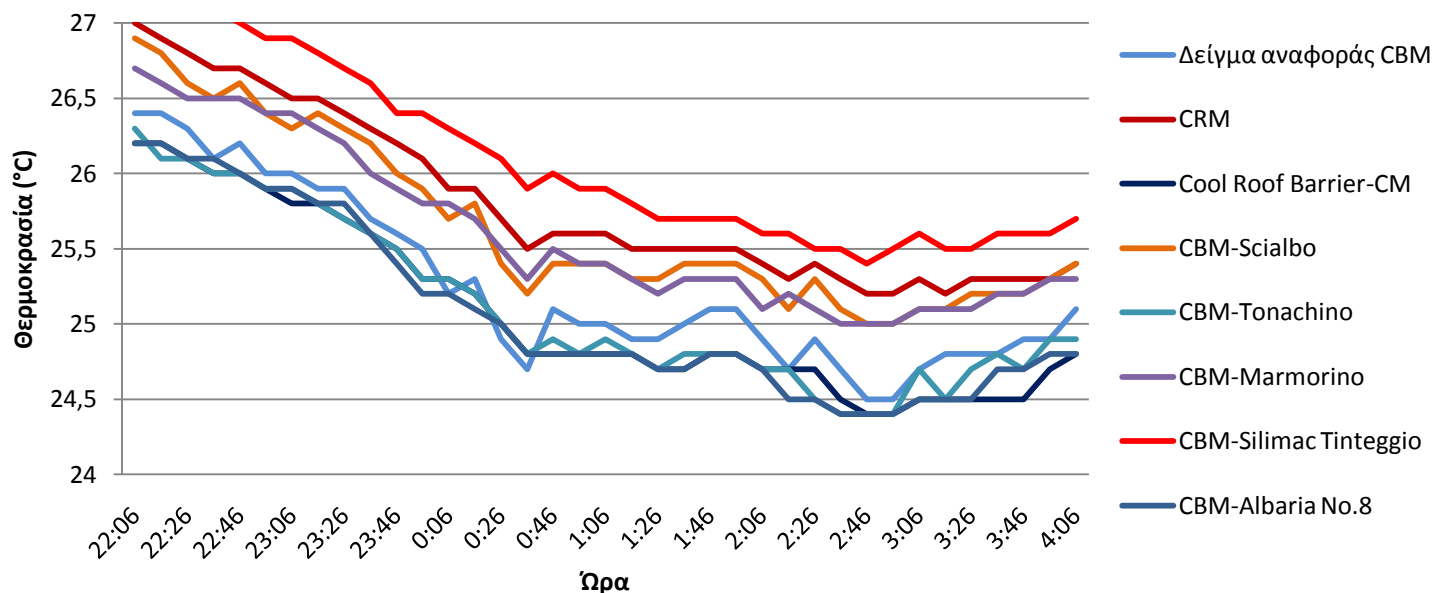
Σύμφωνα με τους Δούλος, Σανταμούρης, Λιβαδά (2004) [1] κατά τη μελέτη της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας ορισμένων δομικών υλικών κατά τη διάρκεια της νύχτας, με βάση το υλικό κατασκευής στη μία περίπτωση και με βάση το χρώμα στην άλλη, αποδείχθηκε ότι τις νυχτερινές ώρες η θερμική ισορροπία μιας επιφάνειας καθορίζεται από το υλικό κατασκευής, το οποίο επηρεάζει το δείκτη εκπομπής και όχι από το χρώμα, ενώ το τελευταίο καθορίζει σημαντικά τη θερμική ισορροπία μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας, επηρεάζοντας την ανακλαστικότητα της επιφάνειας. Η μελέτη αυτή συμπέρανε, επίσης, ότι μια

λεία επιφάνεια φαίνεται να είναι ψυχρότερη κατά τη διάρκεια της νύχτας από ότι μία τραχεία.

Κατά την παρούσα μελέτη, εξετάστηκαν τα δεδομένα της θερμοκρασίας των αισθητήρων που καταγράφηκαν στα θερμόμετρα κατά τη διάρκεια της νύχτας και συγκεκριμένα μελετήθηκε το διάστημα 22:00-4:00 μιας νύχτας από κάθε ομάδα δειγμάτων. Για την ακρίβεια, για τα δείγματα με υπόστρωμα Chauv Blanche NHL-Z 3.5 μελετήθηκε το διάστημα 22:00-4:00 της νύχτας από 13 Ιουλίου προς 14 Ιουλίου, για τα δείγματα με υπόστρωμα Calce Albazzana μελετήθηκε το ίδιο διάστημα τη νύχτα της 7^{ης} Σεπτεμβρίου προς την 8^η Σεπτεμβρίου και τα δείγματα της τρίτης κατηγορίας εξετάστηκαν στο ίδιο διάστημα τη νύχτα της 15^{ης} Σεπτεμβρίου προς την 16^η του ίδιου μήνα. Το κοινό χαρακτηριστικό των κονιαμάτων είναι η παρουσία υδρασβέστου.

4.2.2.2.1 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ CHAUX BLANCHE NHL-Z 3.5

Θερμοκρασία στο διάστημα 22:00-4:00 13-14/7/10 για τα δείγματα CBM

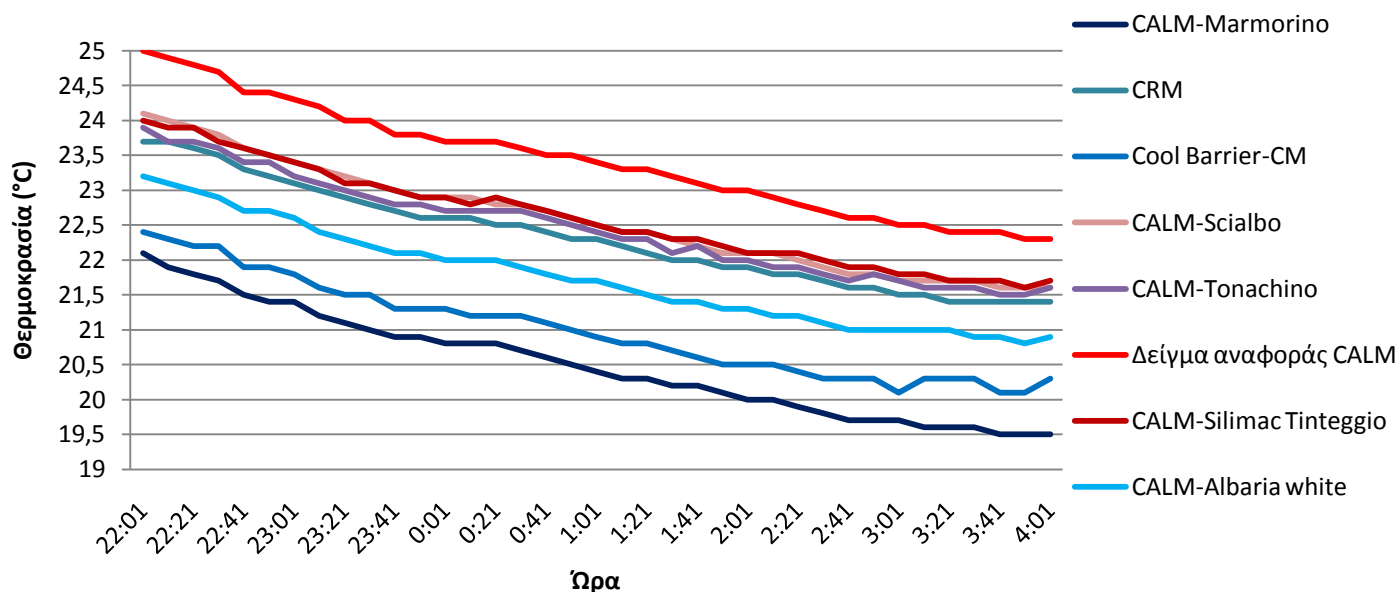


Παρατηρούμε ότι υψηλότερες θερμοκρασίες παρουσιάζουν τα δείγματα CBM-Silimac Tinteggio και το δείγμα αναφοράς του συμβατικού κονιάματος τσιμέντου, το οποίο εξηγείται από τη σύστασή τους, καθώς το υλικό τους είναι τέτοιο που και κατά τη διάρκεια της ημέρας δεσμεύει την ακτινοβολία, η οποία τη νύχτα απελευθερώνεται. Υπενθυμίζεται η παρουσία υδρόφοβου οργανικού συστατικού στο Silimac Tinteggio και η παρουσία ένυδρων υδραυλικών συστατικών στο τσιμέντο με ειδικότερα τις ένυδρες φάσεις του αργιλικού τριασβεστίου και του σιδηρο-αργιλο-ασβεστίου.

Από το σημείο αυτό κι έπειτα όλα τα υλικά που ακολουθούν με χαμηλότερες θερμοκρασίες και σχετικά μικρές αποκλίσεις στις τιμές τους, έχουν ως βάση κονίαμα Chaux Blanche και λιγότερο ή περισσότερο ανακλαστικές επιστρώσεις, με εξαίρεση το ψυχρότερο υλικό που είναι το δείγμα αναφοράς Cool Barrier-CM. Αυτό εξηγείται εύκολα, καθώς το δείγμα αυτό έχει την πιο λεία επιφάνεια από όλα τα εξεταζόμενα.

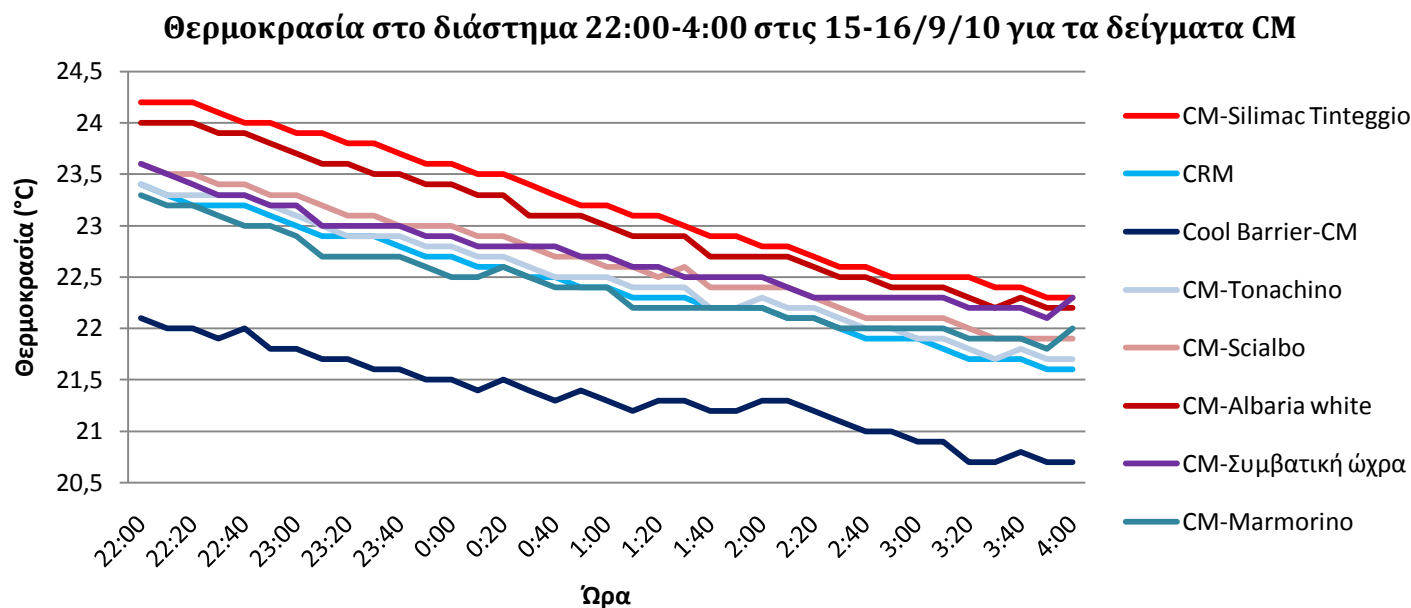
4.2.2.2 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ALBARIA CALCE ALBAZZANA

Θερμοκρασία στο διάστημα 22:00-4:00 στις 7-8/9/10 για τα CALM



Μελετώντας το διάγραμμα μπορούμε να κατατάξουμε τα υλικά από το θερμότερο στο ψυχρότερο ξεκινώντας από το δείγμα αναφοράς του κονιάματος Calce Albazzana, το οποίο κατά τη διάρκεια της ημέρας δεσμεύει την περισσότερη θερμότητα από όλα τα υποστρώματα. Παρατηρούμε ότι σε θερμοκρασία υψηλή, συγκριτικά με τις υπόλοιπες, συσσωρεύονται τα γραφήματα πολλών δειγμάτων, από τα οποία τα περισσότερα έχουν ως βάση κονίαμα Calce Albazzana και επιστρώσεις που την ημέρα δεν είναι ιδιαίτερα ανακλαστικές, με εξαίρεση το δείγμα αναφοράς του κονιάματος τσιμέντου, που επίσης έχει την τάση να συσσωρεύει θερμότητα την ημέρα. Ψυχρότερο παρουσιάζεται το δείγμα CALM-Albaria white, το οποίο είναι αρκετά ανακλαστικό την ημέρα και τα δύο ψυχρότερα είναι το κονίαμα τσιμέντου με ψυχρό λευκό χρώμα, που όπως αναφέρθηκε έχει εξαιρετικά λεία επιφάνεια και το CALM- Marmorino που είχε παρουσιάσει, μαζί με το προηγούμενο, τη μεγαλύτερη ανακλαστικότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας.

4.2.2.2.3 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ



Στο παραπάνω γράφημα είναι εμφανές το φαινόμενο της συσσώρευσης γραμμών που παρατηρήθηκε και στην προηγούμενη γραφική παράσταση και έχει να κάνει με το μη ανακλαστικό υλικό κατασκευής του υποστρώματος των δειγμάτων, αφού όλα έχουν βάση το τσιμέντο, με θερμότερα αυτά που έχουν επίσης μη ανακλαστικό υλικό επίστρωσης (π.χ. Silimac Tinteggio, Albaria white, το οποίο είχε αποδώσει υψηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με το υπόστρωμα τσιμέντου κατά τη διάρκεια της ημέρας). Ψυχρότερο υλικό, όπως και στο πρώτο διάγραμμα, είναι το «ψυχρό δείγμα» με τη λεία επιφάνεια.

4.2.2.3 ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Η καταγραφή μετρήσεων με τη χρήση αισθητήρων και θερμομέτρων καταγραφής παρουσιάζει κάποιες ιδιαιτερότητες που συχνά δημιουργούν σφάλματα στις μετρήσεις που λαμβάνονται.

Οι ιδιαιτερότητες σχετίζονται άμεσα με την ευαισθησία της επιφάνειας του αισθητήρα, ο οποίος φθείρετε πολύ εύκολα, καθώς επίσης και με την απορροφητικότητά του όσον αφορά στην ηλιακή ακτινοβολία. Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να αφαιρέσει τις κολλητικές ιδιότητες της αυτοκόλλητης

πλευράς του αισθητήρα με αποτέλεσμα αυτός να χάσει την επαφή του με την εξεταζόμενη επιφάνεια, γεγονός που συνέβη στο παρόν πείραμα με αποτέλεσμα πολλές μετρήσεις να χρειάστηκε να επαναληφθούν. Η ζημιά αυτή αποκαταστάθηκε με τη χρήση θερμοαγώγιμης κόλλας και κολλητικής ταινίας, σύστημα το οποίο μετά από έλεγχο διαπιστώθηκε ότι δεν επιδράει σημαντικά στην εγκυρότητα των μετρήσεων, χωρίς, φυσικά, αυτό να είναι απόλυτο. Κατά τον έλεγχο αυτό, όμως, στο συγκεκριμένο πείραμα που διεξαγόταν σε υπαίθριο χώρο, διαπιστώθηκε ότι οι αισθητήρες κατά τη διάρκεια των μετρήσεων και συνεπώς της έκθεσής τους στον ήλιο απορροφούν θερμότητα, με αποτέλεσμα οι τιμές που δίνουν στο θερμόμετρο καταγραφής να είναι υψηλότερες από τις πραγματικές κατά 3-5 °C. Το γεγονός αυτό, παρόλα αυτά, δεν επηρεάζει την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας, καθώς όλα τα δείγματα υπόκεινται στις ίδιες συνθήκες, επομένως έχουν το ίδιο σφάλμα και τα συμπεράσματα συνάχθηκαν βάση σύγκρισης των δειγμάτων μεταξύ τους, έχοντας κάποια δείγματα αναφοράς. Στην περίπτωση που θέλαμε να συνάγουμε συμπεράσματα πάνω στις πραγματικές τιμές θερμοκρασίας των επιφανειών με ακρίβεια, τότε αυτά θα έπρεπε να υποστούν κάποιες διορθώσεις. Διορθωτικές τιμές των οργάνων παρέχονται από τον κατασκευαστή και σημειώνονται στην ενότητα «Όργανα και αρχές λειτουργίας».

Τέλος, μια ακόμη παράμετρος που μπορεί να οδηγήσει σε ανακρίβειες είναι ότι τα πειράματα διεξήχθησαν σε εξωτερικό χώρο, επομένως μπορεί να επηρεάστηκαν στιγμιαία από οποιοδήποτε εξωτερικό παράγοντα (π.χ. μια δυνατή ριπή αέρα). Το γεγονός αυτό δικαιολογεί και κάποιες ανεξήγητες, απότομες καμπύλες σε ορισμένα διαγράμματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΣΤΑ

ΔΕΙΓΜΑΤΑ CHAUX BLANCHE NHL-Z 3.5

Μελετώντας την προηγούμενη ενότητα και συνοψίζοντας τα αποτελέσματα της πρώτης καταγραφής θερμοκρασιών με τα δύο θερμόμετρα, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι με βάση κονίαμα υδραυλικής άσβεστου Chaux Blanche NHL-Z 3.5 το επίχρισμα Albaria Marmorino, το κονίαμα Albaria Tonachino και το ασβεστόχρωμα Albaria Scialbo αποδίδουν χαμηλές θερμοκρασίες στις επιφάνειες που εφαρμόζονται, ώστε να φτάνουν και να ξεπερνούν τη μείωση θερμοκρασίας που προσφέρει ένα πιστοποιημένο «ψυχρό δείγμα» (Cool Barrier Roof). Όσον αφορά το χρώμα Albaria Silimac Tinteggio, εφαρμοζόμενο σε κονίαμα με την υπό εξέταση υδραυλική άσβεστο μπορεί επίσης να αποδώσει αρκετά χαμηλές τιμές, κοντά σε αυτές του «ψυχρού υλικού», χωρίς όμως να ξεπερνάει τις αποδόσεις του. Τέλος, το έγχρωμο κονίαμα Albaria No.8 υπάγεται στην ίδια κατηγορία με το τελευταίο με λίγο υψηλότερες θερμοκρασίες.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τη σύσταση των υλικών μπορούμε να μεταφράσουμε τα παραπάνω συμπεράσματα ως εξής: γενικά παρατηρείται ότι επιχρίσματα και κονιάματα με μεγάλη περιεκτικότητα σε ασβέστη που μετατρέπεται σε ανθρακικό ασβέστιο μετά από ωρίμανση, το οποίο ανθρακικό ασβέστιο προσομοιάζει στα συστατικά των λίθων, συμπεριφέρονται καλύτερα στην απορρόφηση ακτινοβολίας. Οι υδραυλικές άσβεστοι, αν και περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα ασβέστη από το τσιμέντο, εν τούτοις εμπερικλείουν ένυδρα ασβεστο-αργιλο-πυριτικά συστατικά τα οποία προσομοιάζουν στα συστατικά του τσιμέντου και άρα συμπεριφέρονται ανάλογα στην απορρόφηση/εκπομπή θερμότητας.

5.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ALBARIA CALCE ALBAZZANA

Έπειτα από επεξεργασία των αποτελεσμάτων της δεύτερης καταγραφής θερμοκρασιών, στα υποστρώματα CALM, προκύπτει ότι τα υλικά που αποδίδουν καλύτερα θερμικά όταν εφαρμοστούν σε κονίαμα βάσεως Calce Albazzana είναι το ασβεστόχρωμα Albaria Scialbo, το επίχρισμα Albaria Marmorino, το κονίαμα Albaria white και ελάχιστα λιγότερο το κονίαμα Albaria Tonachino.

Επιβεβαιώνεται λοιπόν και με αυτά τα πειραματικά δεδομένα η παρατήρηση της καλύτερης θερμικής συμπεριφοράς της ασβέστου σε συνδυασμό με σκόνη ανθρακικού ασβεστίου (Marmorino, Tonachino, Albaria white).

5.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Τα ψυχρά υλικά της τρίτης κατηγορίας που εξετάστηκαν, όπου το υπόστρωμα των δειγμάτων ήταν το συμβατικό μικτό κονίαμα που χρησιμοποιείται στις οικοδομικές κατασκευές, είναι κατά φθίνουσα σειρά θερμικής απόδοσης : το επίχρισμα Albaria Marmorino, το έγχρωμο κονίαμα Albaria Tonachino και το ασβεστόχρωμα Albaria Scialbo, τα οποία όλα περιέχουν υδράσβεστο. Τα υπόλοιπα υλικά που μελετήθηκαν δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως ψυχρά, καθώς πλησιάζουν κατά πολύ, και στην περίπτωση του κονιάματος Albaria white ξεπερνούν, τις υψηλές επιφανειακές θερμοκρασίες μιας τοιχοποιίας τσιμέντου.

5.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα μετεωρολογικά δεδομένα για τις διαφορετικές περιόδους που έλαβαν χώρα οι μετρήσεις της κάθε κατηγορίας δειγμάτων και συγκρίνοντάς τα μεταξύ τους συνάγεται το συμπέρασμα ότι το κονίαμα Albaria Calce Albazzana δεν είναι ψυχρότερο από το κονίαμα τσιμέντου, παρά το γεγονός ότι παρουσίασε ψυχρότερες θερμικές εικόνες κατά τις μετρήσεις με τη θερμοκάμερα. Η σύσταση του κονιάματος Albaria Calce Albazzana χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση, αφού είναι πιθανόν να παρουσιάζει συστατικά όμοια με το τσιμέντο, ειδικά τα C₃A που πιθανά ευθύνονται για μεγαλύτερη απορρόφηση θερμότητας. Ως ψυχρό κονίαμα μπορεί να χαρακτηριστεί μόνο το κονίαμα υδραυλικής άσβεστος Chaux Blanche NHL-Z 3.5 το οποίο απέδωσε χαμηλότερες θερμοκρασίες και από τα δύο. Η υδραυλική άσβεστος Chaux Blanche NHL-Z έχει παρόμοια προϊόντα ενυδάτωσης με το τσιμέντο, αλλά μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ασβέστη, το οποίο, όπως προαναφέρθηκε, πιθανόν να συμβάλλει στην καλύτερη συμπεριφορά της στην απορρόφηση θερμότητας. Επιπλέον, ενδιαφέρον παρουσιάζει ο συνδυασμός των συστατικών υδραυλικής ασβέστου – μαρμαρόσκονης, ο οποίος θα έπρεπε να μελετηθεί εν παραθέσει του συνδυασμού τσιμέντου- μαρμαρόσκονης. Τα στοιχεία αυτά χρήζουν περαιτέρω έρευνας.

Μελετώντας το σύνολο των αποτελεσμάτων, εύκολα παρατηρείται η συνεχής εμφάνιση τριών υλικών στα καλύτερα αποτελέσματα και των τριών κατηγοριών και τα υλικά αυτά είναι: το επίχρισμα Albaria Marmorino, το ασβεστόχρωμα Albaria Scialbo και το έγχρωμο κονίαμα Albaria Tonachino, με τα πρώτα δύο να αποτελούν τα ψυχρότερα υλικά σε όλες τις περιπτώσεις και το τρίτο σε δύο από τις τρεις, ενώ πάντα βρίσκεται ανάμεσα στα ψυχρά και όχι στα θερμά. Επομένως, τα τρία αυτά υλικά είναι τα ψυχρά υλικά που ανέδειξε πειραματικά αυτή η μελέτη και που προτείνονται για χρήση ως επιστρώσεις στις εξωτερικές επιφάνειες κτισμάτων με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας.

Αξίζει ίσως να δοθεί βαρύτητα στην περιεκτικότητα του Albaria Marmorino σε μαρμαρόσκονη, καθώς είναι το μοναδικό με τέτοια σύσταση και πιθανώς αυτή

να ευθύνεται για τη μοναδική θερμική του απόδοση στην απορρόφηση θερμότητας.

Υλικά που προσδίδουν χαμηλές θερμοκρασίες σε επιφάνειες κατά περιπτώσεις αποδείχτηκαν ότι είναι το κονίαμα Albaria white, το χρώμα Albaria Silimac Tinteggio και το έγχρωμο κονίαμα απόχρωσης Albaria No.8. Οι συνδυασμοί που αποτελούν αυτές τις περιπτώσεις για το καθένα είναι: Albaria white σε κονίαμα Calce Albazzana, Albaria Silimac Tinteggio σε κονίαμα Chaux Blanche NHL-Z 3.5 και Albaria No.8 σε κονίαμα Chaux Blanche NHL-Z 3.5.

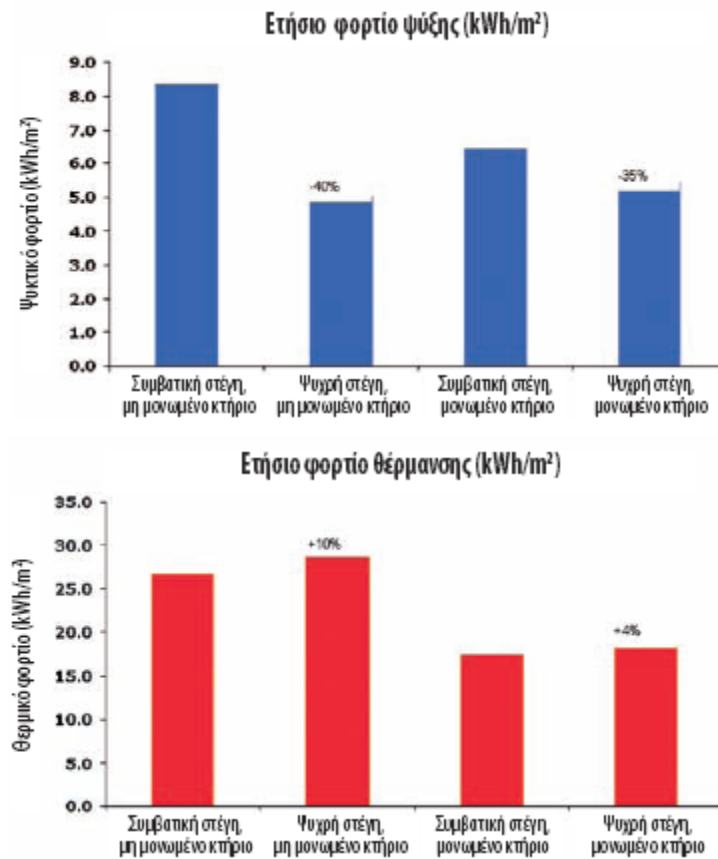
Σε γενικές γραμμές και με γνώμονα τη σύσταση των υλικών της μελέτης διαφαίνεται η καλή θερμική συμπεριφορά των υλικών με περιεκτικότητα σε ασβέστη ή ασβέστη σε συνδυασμό με ανθρακικό ασβέστιο. Επομένως, για την παθητική εξοικονόμηση ενέργειας σε κτηριακές κατασκευές συνίσταται η εφαρμογή επιχρισμάτων με την παραπάνω σύσταση.

5.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Για την εκτίμηση του ποσοστού εξοικονόμησης ενέργειας μέσω της χρήσης των υλικών που προτείνονται από τη μελέτη που αναλύθηκε ως τώρα γίνεται αναδρομή στο έργο “Ψυχρές Στέγες”. Στο έργο αυτό πραγματοποιήθηκαν πέντε πιλοτικές εφαρμογές σε επιλεγμένα κτήρια, ως παραδείγματα βέλτιστων πρακτικών, προκειμένου να μετρηθεί η απόδοση των ψυχρών στεγών, τόσο στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης σε μη κλιματιζόμενα κτήρια, όσο και στη μείωση κατανάλωσης ενέργειας σε κλιματιζόμενα κτήρια. Στις εφαρμογές αυτές έγινε καταγραφή δεδομένων που αφορούν την ενεργειακή συμπεριφορά και το εσωτερικό περιβάλλον, πριν και μετά την εφαρμογή του ψυχρού υλικού. Από τις πέντε αυτές πιλοτικές μελέτες οι δύο έκαναν χρήση του «ψυχρού δείγματος» Cool Barrier Roof ,που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα και τα αποτελέσματα ήταν τα εξής:

Κτήριο	Τεχνικά Χαρακτηριστικά	Θέση	Εφαρμογή υλικού στη στέγη	Αποτελέσματα
Σχολείο	παραλληλόγραμμο 2όροφο, με αύλειο χώρο, 410 m ² , φέρουσα κατασκευή οπλισμένου σκυροδέματος, μη μονωμένη τοιχοποιία οπτοπλινθοδομής, μη κλιματιζόμενο με φυσικό εξαερισμό, σύστημα θέρμανσης με φυσικό αέριο, οροφή με επικάλυψη τσιμέντου	Καισαριανή, Αθήνα, Ελλάδα	Cool Barrier Roof, Abolin, SR=0,89 ε=0,89	40% μείωση στη ζήτηση ενέργειας για ψύξη, 10% αύξηση ενέργειας για θέρμανση
Βιοκλιματικό κτήριο σε ΤΕΙ, στεγάζει γραφείο διοίκησης	50 m ² , αυξημένη μόνωση, μισή οροφή καλύπτεται από μονόριχτη κεραμοσκεπή, δάπεδο από στρώμα 15cm μασίφ σκυρόδεμα, πόρτες και παράθυρα από αλουμίνιο με διπλούς υαλοπίνακες και ειδική επικάλυψη για αφομοίωση θερμότητας, σκίαστρο στη νότια πλευρά, τζαμαρία στο νότο ως μέσο αποθήκευσης θερμότητας το χειμώνα	Ηράκλειο, Κρήτη	Λευκή ψυχρή βαφή, Abolin SR=0,89 ε=0,89	27% μείωση στα φορτία θέρμανσης-ψύξης, συνολική εξοικονόμηση ενέργειας 19,8%, παρά την αύξηση κατά 37% για θέρμανση, καθώς αποτελεί μικρό τμήμα της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας

- Όσον αφορά το βιοκλιματικό κτήριο, αναφέρεται ότι παρόλο που αρχικά είχε σχεδιαστεί με αρχές παθητικού κλιματισμού, το καλοκαίρι απαιτείται πρόσθετη ψύξη λόγω των κλιματολογικών συνθηκών. Η κατανάλωση ενέργειας εκτιμάται ως 38 kWh/m² για ψύξη και 7 kWh/m² για θέρμανση, σύμφωνα με στοιχεία που συλλέχθηκαν το 2008.
- Τα αποτελέσματα στην χρήση ψυκτικού και θερμικού φορτίου για την περίπτωση του σχολείου φαίνονται στα ακόλουθα διαγράμματα.



Με βάση τα παραπάνω δεδομένα μπορεί εκτιμηθεί το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας σε κτηριακές κατασκευές με χρήση των υλικών που παρουσίασαν υψηλή θερμική απόδοση στην εν λόγω έρευνα, ανάλογα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά της κατασκευής. Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι τα τρία ψυχρότερα υλικά (Marmorino, Tonachino, Scialbo) παρουσιάζουν τις ίδιες ή χαμηλότερες θερμοκρασίες από το Cool Roof Barrier, μπορεί να εκτιμηθεί ότι τα υλικά δύνανται να προσφέρουν ως ελάχιστα τα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας που αναφέρθηκαν στις πιλοτικές εφαρμογές για κάθε ένα από τα είδη κτηρίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 . ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

Η παρούσα μελέτη ασχολήθηκε με την παθητική ψύξη σε κτήρια με τη χρήση ανακλαστικών επιστρώσεων και ψυχρών κονιαμάτων τοιχοποιίας για τη μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας στην εξωτερική πλευρά του κελύφους ενός κτηρίου με σκοπό την απορρόφηση λιγότερης θερμότητας στα τοιχώματα, η οποία μειώνει την ανάγκη για κλιματισμό κατά τους θερινούς μήνες. Η μελέτη αυτή αποτελεί μια υποδιαίρεση του κεφαλαίου των ψυχρών υλικών καθώς αυτά ποικίλουν σε είδη και μπορούν να έχουν πολλαπλές εφαρμογές , ενώ η εξεύρεση νέων ψυχρών υλικών χρήζει συνεχούς διερεύνησης.

Από τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την εν λόγω εργασία ανακύπτουν νέα θέματα προς εξερεύνηση, τα οποία μπορούν να αποτελέσουν μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας.

Αναλυτικότερα, η εργασία ανέδειξε τέσσερα νέα υλικά με άριστες θερμικές επιδόσεις και τρία που αποδίδουν κατά περιπτώσεις. Τα υλικά αυτά μπορούν να επιφέρουν σημαντικές μειώσεις της επιφανειακής θερμοκρασίας των κατασκευών στις οποίες θα εφαρμοστούν. Παρόλα αυτά, από τη θεωρία στην εφαρμογή υπάρχει ένα μεγάλο χάσμα που έχει παρατηρηθεί και στον τομέα των ψυχρών υλικών. Η κατάσταση αυτή, χρήζει, άμεσα, πρωτοβουλιών για την δημιουργία μιας βάσης εδραίωσης των ψυχρών υλικών γενικότερα, συμπεριλαμβανομένων των υλικών της παρούσας έρευνας, αλλά και άλλων, στην αγορά και στις κατασκευές. Μια τέτοια πρωτοβουλία θα περιλάμβανε την ενημέρωση του κοινού, την εξεύρεση μιας τακτικής για την εξοικείωση των ειδικών με τη χρήση τους, την πρόταση και την υλοποίηση δημιουργίας κινήτρων που θα ενισχύσουν τη διάδοσή τους, τη συνεχή έρευνα για τη διεύρυνση της ποικιλίας των ψυχρών υλικών.

Μελετώντας την παρούσα μελέτη, διαφαίνεται η ανάγκη συνέχισης της έρευνας με επίκεντρο τη μελέτη της χημικής σύστασης των υλικών που αποδείχτηκαν ως ψυχρά και εύρεση των αιτιών που τους προσδίδουν αυτό το χαρακτηρισμό, συγκρίνοντάς τα και με άλλα δείγματα, διαφορετικών συστάσεων, άλλων μελετών. Από την επεξεργασία που έγινε στην έρευνα αυτή, εκτιμάται ότι υλικά

με βάση την υδράσβεστο ή τον ασβέστη σε συνδυασμό με ανθρακικό ασβέστιο παρουσιάζουν άριστη θερμική συμπεριφορά, ενώ κάποια άλλα που περιείχαν υδρόφοβα οργανικά συστατικά αποδείχτηκαν επιρρεπή στην απορρόφηση θερμότητας. Τα συμπεράσματα αυτά, ωστόσο αποτελούν εκτιμήσεις, οι οποίες θα πρέπει να αποδειχτούν πειραματικά και με περαιτέρω έρευνα. Ακόμα, πρέπει να εξεταστεί η συμπεριφορά της υδραυλικής ασβέστου σε συνδυασμό με μαρμαρόσκονη, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με αυτά του συνδυασμού τσιμέντου- μαρμαρόσκονης. Θα μπορούσε επίσης να ερευνηθεί περαιτέρω η χημική σύσταση του ψυχρού υλικού Albaria Marmorino και η επίδραση της περιεκτικότητάς του σε μαρμαρόσκονη στη συμπεριφορά του έναντι της απορρόφησης θερμότητας. Το ίδιο ισχύει και όσον αφορά τη σύσταση των άλλων υλικών που παρουσίασαν καλές θερμικές αποδόσεις. Μια τέτοια έρευνα θα μπορούσε να αποδειχθεί καταλυτική στην εξέλιξη των ψυχρών υλικών, καθώς θα όριζε τις κατευθύνσεις για την εξεύρεση μεγάλης ποικιλίας υλικών με καλή θερμική απόδοση.

Μια άλλη δυνατή κατεύθυνση συνέχειας της έρευνας που έγινε και η οποία μπορεί να συνδεθεί με την παραπάνω μπορεί να επικεντρωθεί στη βελτίωση της αποδοτικότητας των υλικών. Κάτι τέτοιο προϋποθέτει μια έρευνα σαν αυτή που προτάθηκε προηγουμένως, αφού η γνώση της χημικής σύστασης των υλικών είναι απαραίτητη για τη διερεύνηση μεθόδων και υλικών βελτίωσής τους, καθώς πρόκειται πάλι για ένα θέμα που εμπίπτει στο αντικείμενο της χημείας. Η έρευνα αυτή θα μπορούσε να μετατρέψει τα ψυχρά υλικά σε ιδιαίτερα ανταγωνιστικά στην αγορά.

Προς αυτή την κατεύθυνση είναι δυνατόν να κινηθεί και μια μελέτη για την ανθεκτικότητα των υλικών στο χρόνο και την αναστολή της γήρανσής τους. Ένα μειονέκτημα στη χρήση ψυχρών υλικών είναι το γεγονός ότι με την πάροδο του χρόνου χάνουν τις ιδιότητές τους, λόγω φθοράς (διάβρωση, σκόνη κ.α.) και μειώνεται η θερμική τους απόδοση. Το πρόβλημα αυτό θα μπορούσε να μελετηθεί εκτενώς και να προταθούν τρόποι βελτίωσης της ποιότητας των υλικών.

Επιπλέον έρευνα πάνω στη συγκεκριμένη μελέτη θα μπορούσε να ασχοληθεί με την ποσοτικοποίηση της ενέργειας που μπορεί να εξοικονομηθεί με τη χρήση των υλικών που προτείνονται. Η παρούσα μελέτη έχει προβεί σε μια εκτίμηση των ποσών αυτών, αλλά μια νέα μελέτη θα μπορούσε να εκπονήσει μια πειραματική διαδικασία μέτρησης της εξοικονομούμενης ενέργειας για τα συγκεκριμένα υλικά και άλλα που προτείνονται με στόχο τον ακριβή προσδιορισμό της.

Έρευνες όπως η παρούσα είναι απαραίτητο να γίνονται συνεχώς ώστε να υπάρχει το πλεονέκτημα της επιλογής ψυχρών υλικών από μια μεγάλη ποικιλία και για διαφορετικές χρήσεις, ώστε να είναι πιο ευέλικτη η εφαρμογή τους, αλλά και να αυξηθεί η ανταγωνιστικότητά τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] L. Doulos, M. Santamouris, I. Livada, 2004. *Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials*. Solar Energy 77, 231-249
- [2] A. Synnefa, M. Santamouris, I. Livada, 2005. *A study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment*. Solar Energy 80, 968-981
- [3] Δημήτρης Σωτήρχος, 2010. *Εκτίμηση δεικτών ηλιακής ακτινοβολίας σε αστικό περιβάλλον*, Αθήνα
- [4] Kolokotsa, Psomas, Karapidakis, 2009. *Urban heat island in southern Europe: The case study of Hania, Crete*. Solar Energy 83, 1871-1883
- [5] “Akbari H, Davis S., Dorsano S., Huang L., Winert S., 1992. *Cooling Our Communities. A Guidebook on Tree Planting and Light-Colored Surfacing*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington
- [6] ΠΕΤΕΠ 03-11-20-00, 20 Εφαρμογές Ψυχρών Υλικών (cool materials), Έκδοση 3.0 - Ιούνιος 2010
- [7] Bretz S., Akbari H., Rosenfeld A., 1997. *Practical issues for using solar-reflective materials to mitigate urban heat islands*. Atmospheric Environment 32, 95-101
- [8] Akbari H., Bretz S., Kurn D.M., Hanford J., 1997. *Peak power and cooling energy savings of High Albedo Roofs*. Energy and buildings 25, 117-126
- [9] Parker D., Sherwin J., Sonne J., 1998. *Measured and simulated performance of reflective roofing systems in residential buildings*, ASHRAE Transactions
- [10] Parker, D, et al. 1997. *Demonstration of cooling savings of light colored roof surfacing in Florida Commercial buildings: Retail strip Mall*, Florida Solar Energy Center Report FSEC-CR-964-97
- [11] Konopacki, Gartland, H. Akbari, Rainer L., 1998. *Demonstration of Energy Savings of Cool Roofs*, LBNL-40673. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA
- [12] Santamouris M., Papanikolaou N., Georgakis C., 1998. *Study on the ambient and surface environment in Omonoia Square, Athens, Greece*. Internal Report,

Group Building Environment Studies, Physics Department, Univeristy of Athens, Athens, Greece

- [13] Santamouris M., Mihalakakou G., Papanikolaou N., Assimakopoulos, D.N., 1999. *A neural network approach for modeling the heat island phenomenon in urban areas during the summer period*. Geophysics Research Letters 26(3), 337-340
- [14] Santamouris M., Papanikolaou N., Livada I., Koronakis I., Georgakis C., Argiriou A., Assimakopoulos D.N., 2001. *On the impact of urban climate on the enrgy consumption of buildings*. Energy and Buildings 70, 201-216
- [15] Mihalakakou G., Flocas H., Santamouris M., Helmis C., 2002. *The impact of synoptic scale atmospheric circulation on the urban heat island effect over Athens, Greece*. Journal Of Applied Meteorology 41(5), 519-527
- [16] Livada I., Santamouris M., Niachou K., Papanikolaou N., Mihalakakou G., 2002. *The thermal island effect in the extended region of Athens*. Theoretical and Applied Climatology 71, 219-230
- [17] Berdahl P., Bretz S.E., 1997. *Preliminary survey of the solar reflectance of cool roofing materials*. Energy and Buildings 25,149-158
- [18] Oke T.R., Johnson G.T., Steyn D.G., Watson I.D., 1991. *Simulation of surface urban heat islands under 'ideal' conditions at night-Part2: Diagnosis and causation*. Boundary Layer Meteorol.56, 339-358
- [19] Taha H.,1997. *Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration and anthropogenic heat*. Energy Build. 25, 99-103
- [20] Simpson J.R., McPherson E.G., 1997. *The effects of roof albedo modification on cooling loads of scale model residences in Tucson, Arizona*. Energy and Buildings 25, 127-37
- [21] Asaeda T., Ca V.T., Wake A., 1996. *Heat storage of pavement and its effect on the lower atmosphere*. Atmospheriv Environment 30(3), 413-427
- [22] Berg R., Quinn W.,1978. *Use of light coloured surface to reduce seasonal thaw penetration beneath embankments on permafrost*. In: Proceedings of the Second International Symposium on Cold Regions Engineering. University of Alaska, pp 86-99.

- [23] Κορωναίος, Πουλάκος, 2006. *Τεχνικά Υλικά Τόμος 1*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- [24] <http://eetd.lbl.gov/coolroof>
- [25] *High Albedo (Cool) Roofs, Codes and Standard Enhancement (CASE) Study*, November 17 2000, Pacific Gas and Electric Company
- [26] Levinson R., Akbari H., Konopacki S., Bretz S., December 2002. *Inclusion of Cool Roofs in Nonresidential Title 24 Prescriptive Requirements*, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley , CA
- [27] Akbari H., Levinson R., 2007. *Evolution of cool Roof Standards in the United States*, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley , CA
- [28] Rosenfeld A.H., Akbari Hashem, Romm J.J., Pomerantz, 1997. *Cool communities: strategies for heat island mitigation and smog reduction. Energy and Buildings*
- [29] Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές, 2010.ΠΕΤΕΠ 03-11-20-00 , Έκδοση 3.0
- [30] ΦΕΚ Β/1122 17/6/2008 σελ. 15117
ΦΕΚ Β/1122 17/6/2008 σελ. 15119
- [31] ΦΕΚ Β 5333 9/4/2010 σελ.407
- [32] *Ψυχρές στέγες στην Ευρώπη. Πρωτοβουλίες και Πρακτικές εφαρμογές.*
- [33] www.coolroofs-eu.eu
- [34] http://portal.tee.gr/portal/page/portal/MATERIAL_GUIDES
- [35] <http://www.dalkafoukis.gr/>
- [36] <http://www.abolincolpaints.com/node/24>