

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΨΥΧΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ



FIG. A
ROOF WITH CONVENTIONAL PAINT



FIG. B
ROOF WITH COOL ROOF PAINT



VISIBLE LIGHT WAVES



ULTRA VIOLET WAVES

ΣΠΥΡΟΥΛΙΑ ΕΛΕΝΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΚΟΛΟΚΟΤΣΑ ΔΙΟΝΥΣΙΑ

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2009

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΨΥΧΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

ΣΠΥΡΟΥΛΙΑ ΕΛΕΝΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΚΟΛΟΚΟΤΣΑ ΔΙΟΝΥΣΙΑ

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2009

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια της πτυχιακής κ. Διονυσία Κολοκοτσά για την ευκαιρία που μου έδωσε να πραγματοποιήσω την εργασία αυτή, καθώς και για την πολύτιμη βοήθεια της.

Πίνακας περιεχομένων

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	8
1.2 Φαινόμενο Αστικής Θερμικής Νησίδας	11
1.3 ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ.....	13
1.3.1 Η διάδοση του τεχνητού κλιματισμού	13
1.3.2 Προβλήματα από τον τεχνητό κλιματισμό	14
1.4 ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ	15
1.5 ΨΥΧΡΗ ΣΤΕΓΗ	16
2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΨΥΧΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	17
2.1.1 Παραγωγή των χρωματισμένων κόκκων	17
2.1.2 Παραγωγή των βότσαλων.....	18
2.2 Κεραμίδια αργίλου.....	19
2.3 ΣΚΥΡΟΔΕΤΑ ΚΕΡΑΜΙΔΙΑ.....	22
2.4 Μεταλλικές οροφές (ΦΑΤΝΩΜΑΤΑ)	23
2.4.1 Εγκαταστάσεις Τυλίγματος του Επιστρώματος.....	23
2.4.2 Εγκαταστάσεις Διαμόρφωσης Μετάλλου.....	28
2.5 Μέθοδοι παραγωγής ψυχρών υλικών στέγης	29
2.5.1 Ασφαλτικά κεραμίδια	29
2.5.2 Κεραμίδια αργίλου.....	31
2.5.3 Σκυρόδετα κεραμίδια.....	32
2.5.4 Μεταλλικά πάνελ.....	32
2.6 Ποιοτικός έλεγχος.....	33

3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ.....	34
3.1 ΧΡΩΜΑΤΑ.....	36
3.1.1 ΘΕΩΡΙΑ.....	36
3.2 Μεγιστοποίηση του ηλιακού συντελεστή ανάκλασης μιας χρωματισμένης επιφάνειας.....	48
3.3 Δημιουργία μιας ψυχρής επιφάνειας με χρωματιστή επένδυση	50
3.4 Εφαρμογή στα υλικά κατασκευής σκεπής.....	50
3.4.2. Κεραμίδι αργίλου.....	53
3.5 Ψυχρές οροφές ή μόνωση ορόφων	57
3.6 Συντήρηση	58
4. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	58
4.1 Πειραματική επεξεργασία σχεδίου και δεδομένων	62
4.2 Εξοικονόμηση ενέργειας για την τοποθεσία Α.....	64
4.2.1 Αλλαγές στις μορφές φορτίων και μείωση της μέγιστης ισχύος	66
4.3. Εξοικονόμηση ενέργειας για την τοποθεσία Β.....	68
4.3.1 Αλλαγές στις μορφές φορτίων και μείωση της μέγιστης ισχύος.....	74
4.3.2. Εκτιμήσεις εξοικονόμησης για τα κατελιημμένα σχολικά μπανγκαλόου ..	78
4.4 Εκτιμήσεις για μηνιαία και εποχιακή εξοικονόμηση ενέργειας ψύξης και μέγιστη μείωση ισχύος	78
4.5 Πρότυπα προσομοίωσης των ελεγχόμενων κτηρίων.....	81
4.5. 1. Αποτελέσματα και σύγκριση προσομοίωσης με στοιχεία μέτρησης.....	81
4.6 ΚΟΣΤΟΣ.....	84
5. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	86
5.1 Πλεονεκτήματα.....	86
5.2 Μειονεκτήματα	89
6. Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΨΥΧΡΕΣ ΟΡΟΦΕΣ ΣΤΙΣ	90

6.1 ΑΝΑΓΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΨΥΧΡΕΣ ΟΡΟΦΕΣ	90
6.2 ΕΙΔΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ	91
6.3 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ.....	92
6.4 ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΨΥΧΡΩΝ ΣΤΕΓΩΝ.....	94
7. ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	95
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	98

Abstract

The subject of this project is the study of a new technology for the construction of roofs, in the area of structural materials, the so called "Cool Materials" technology. The motive that gave me the impulse to elaborate this project was the "Urban Heat Island" phenomenon. This phenomenon is a problem which continuously grows and as a result it needs to be instantly confronted. One of the ways to deal with it is the use of cool materials in construction of buildings. The cool materials technology is capable of repelling solar radiation and keeping roof surfaces cool. This is possible due to the material characteristics, which have high albedo and thermal emittance, so on one hand they reflect solar radiation and on the other hand they release the heat stored in the building at night. Substituting conventional materials with cool ones, we can reduce the use of refrigeration power and consequently achieve energy saving. Additionally, the use of those materials can reduce the temperature levels, decelerate ozone formation and increasing human comfort. Cool materials for buildings are usually separated in three categories: colors and pigments, fiberglass and tiles. In this project, the construction of those materials and the development of new methods in order to increase their albedo is examined. The application of those materials in building roofs is presented with some examples and the percentage of the energy saving they induced is countered. Finally, in this project are considered the terms of cool structural materials, which have been formulated in several energy efficiency standards.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στόχος αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη μιας νέας τεχνολογίας στο χώρο των δομικών υλικών, της τεχνολογίας των ‘Ψυχρών Υλικών’. Το κίνητρο που μου έδωσε την ώθηση για την εκπόνηση της πτυχιακής αυτής μελέτης ήταν το γεγονός ότι το πρόβλημα του φαινομένου της ‘αστικής θερμικής νησίδας’ γίνεται ολοένα και εντονότερο με αποτέλεσμα την αναγκαιότητα άμεσης αντιμετώπισης του προβλήματος αυτού. Η χρήση των ψυχρών υλικών στα κτίρια είναι ένας από τους τρόπους αντιμετώπισης αυτού του φαινομένου, είναι και μια μέθοδος εξοικονόμησης ενέργειας. Μια τεχνολογία φιλική προς το περιβάλλον.

1.1 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

Ο όρος **παγκόσμια θέρμανση** δηλώνει μία ειδική περίπτωση κλιματικής μεταβολής και αναφέρεται στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας της γης και των ωκεανών. Ο όρος είναι εν γένει ουδέτερος ως προς τα αίτια πρόκλησης της θέρμανσης του πλανήτη, ωστόσο έχει επικρατήσει να υπονοεί την ανθρώπινη παρέμβαση. Αποδίδεται συχνά με διαφορετικό τρόπο, ως πλανητική (υπέρ)θέρμανση ή παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ άλλες φορές ταυτίζεται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου που αποτελεί έναν μηχανισμό παγκόσμιας θέρμανσης.

Η επίσημη επιστημονική θέση πάνω στις κλιματικές μεταβολές, όπως αυτή εκφράζεται από την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) του ΟΗΕ, είναι πως η μέση θερμοκρασία του πλανήτη έχει αυξηθεί 0.6 ± 0.2 °C από τα τέλη του 19ου αιώνα και πως η αύξηση αυτή οφείλεται σημαντικά στην ανθρώπινη δραστηριότητα των τελευταίων 50 ετών. Μία μειοψηφία επιστημόνων, διαφοροποιείται σε σχέση με την άποψη αυτή, αμφισβητώντας την καταλυτική επίδραση που ενδέχεται να έχει η ανθρώπινη δραστηριότητα σε σχέση με την παγκόσμια θέρμανση.

Σύμφωνα με επιστημονικές έρευνες της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC), η θερμοκρασία της Γης ενδέχεται να αυξηθεί κατά 1.4 - 5.8 °C εντός της χρονικής περιόδου 1990 και 2100. Οι συνέπειες μίας τέτοιας ενδεχόμενης αύξησης, επεκτείνονται και σε άλλου είδους μεταβολές, όπως αύξηση της στάθμης

των θαλασσών ή δημιουργία ακραίων καιρικών φαινομένων όπως πλημμύρες, τυφώνες ή εξαφάνιση βιολογικών ειδών. Αν και το φαινόμενο της παγκόσμιας θέρμανσης αναμένεται να αυξήσει την ένταση και την συχνότητα τέτοιων μεταβολών, θεωρείται δύσκολο να συνδεθεί κάθε μεμονωμένο γεγονός ως άμεσο αποτέλεσμα της.

Αίτια του φαινομένου

Οι κλιματολογικές παράμετροι μεταβάλλονται τόσο μέσα από φυσικές "εσωτερικές" διαδικασίες όσο και από εξωτερικές παρεμβάσεις, ανθρώπινες ή μη (όπως η ηλιακή δραστηριότητα ή η έκλυση αερίων του θερμοκηπίου από ηφαίστεια). Αν και οι κλιματολόγοι αποδέχονται το γεγονός της αύξησης της θερμοκρασίας της Γης, ως προς τα αίτια του υπάρχουν διαφορετικές ερμηνείες.

➤ ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Μεταβολή της συγκέντρωσης των κυριότερων αερίων του θερμοκηπίου. Ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας με αέρια όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) ή το μεθάνιο (CH₄), έχουν ως αποτέλεσμα την θέρμανση του πλανήτη, εφόσον δεν συνοδεύονται από άλλες μεταβολές στην ατμόσφαιρα. Το αποκαλούμενο και *φυσικό* φαινόμενο του θερμοκηπίου, ευθύνεται εξ' άλλου για μία αύξηση της θερμοκρασίας της Γης περίπου 30 °C, γεγονός που την καθιστά και κατοικήσιμη.

Ανθρωπογενείς δραστηριότητες συντελούν στην αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων των κατώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας (διοξείδιο του άνθρακα, υδρατμοί, χλωροφθοράνθρακες, όζον κλπ.), συνεισφέροντας με 450 εκατομμύρια τόνους μεθανίου κάθε χρόνο. Οι συγκεντρώσεις σε διοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο έχουν αυξηθεί από το 1750 κατά 31% και 149% αντίστοιχα, ενώ βρίσκονται στα υψηλότερα επίπεδα των τελευταίων 650.000 ετών. Εκτιμάται ότι τα τρία τέταρτα της ανθρωπογενούς παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα, οφείλεται σε χρήση ορυκτών καυσίμων, ενώ το υπόλοιπο μέρος προέρχεται από αλλαγές που συντελούνται στο έδαφος, κυρίως μέσω της αποδάσωσης.

➤ ΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Οι πόλεις αποτέλεσαν πόλο έλξης από την αρχαιότητα έως σήμερα, λόγω του πλήθους των δυνατοτήτων που προσέφεραν σε διάφορους τομείς όπως εργασία, παιδεία, υγεία και βοήθησαν στην ανάπτυξη του πολιτισμού και την πρόοδο του. Σαν αποτέλεσμα οι πόλεις διευρύνουν ταχύτατα τα σύνορα καθώς και του πληθυσμούς τους, και όπως έχει σχολιαστεί 'η ανθρώπινη ιστορία έχει καθοριστεί ως η ιστορία της αστικοποίησης [Santamouris et al, 2001]'. Η αυξημένη βιομηχανοποίηση και αστικοποίηση τα τελευταία χρόνια έχουν επηρεάσει δραματικά τον αριθμό των αστικών κτιρίων με μεγάλες επιπτώσεις στην ενεργειακή κατανάλωση στο τομέα των νοικοκυριών. Υπολογίζεται ότι περίπου 700 εκατομμύρια άνθρωποι μετακινήθηκαν προς τις αστικές περιοχές τη τελευταία δεκαετία του αιώνα που μας πέρασε. Ο αριθμός των κατοίκων που ζούσαν στις πόλεις αυξήθηκε από τα 600 εκατομμύρια που ήταν το 1920 στα 2 δισεκατομμύρια το 1986 και εάν αυτή η αυξητική τάση της αστικοποίησης συνεχιστεί, περισσότερο από το μισό του παγκόσμιου πληθυσμού θα ζει σε πόλεις στις αρχές του αιώνα μας. Εκατό χρόνια πριν, μόνο το 14% του παγκόσμιου πληθυσμού ζούσε στις πόλεις και το 1950, λιγότερο από 30% του πληθυσμού του πλανήτη ήταν αστικός. Σήμερα, πάνω από 170 πόλεις υποστηρίζουν περισσότερο από 1 εκατομμύριο κατοίκους η καθεμία. Όπως εκτιμάται, στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, 90% του πληθυσμού αναμένεται να κατοικεί σε αστικές περιοχές, ή γύρω από αυτές το 2000. Εκτιμήσεις δείχνουν ότι αστικοί πληθυσμοί θα απασχολούν το 80% του συνολικού πληθυσμού της γης το 2100 [Santamouris et al, 2001].

Καθώς οι αστικές περιοχές αναπτύχθηκαν, δημιουργήθηκαν αλλαγές στο τοπίο τους. Τα κτίρια, οι δρόμοι, και άλλες υποδομές αντικατέστησαν την ανοικτή γη και την βλάστησης. Οι επιφάνειες που ήταν κάποτε υγρές και ξηρές έγιναν τώρα αδιάβροχες. Οι αλλαγές αυτές προκάλεσαν την αύξηση της θερμοκρασίας στις αστικές περιοχές.

Οι επιστήμονες καλούν το φαινόμενο αυτό «αστική θερμική νησίδα» Urban Heat Island (εικόνα 1) και προκύπτει από την έλλειψη βλάστησης και την επικράτηση των σκοτεινών επιφανειών στις πόλεις.

Οι αστικές περιοχές της Ευρώπης, αντιμετωπίζουν διάφορα συνδεδεμένα περιβαλλοντικά προβλήματα όπως η κακή ατμοσφαιρική ποιότητα, τα υψηλά επίπεδα κυκλοφορίας και η συμφόρηση, η αστική κατάκλιση, και η παραγωγή των αποβλήτων και των υγρών αποβλήτων που επηρεάζουν έντονα την ανθρώπινη ποιότητα της ζωής

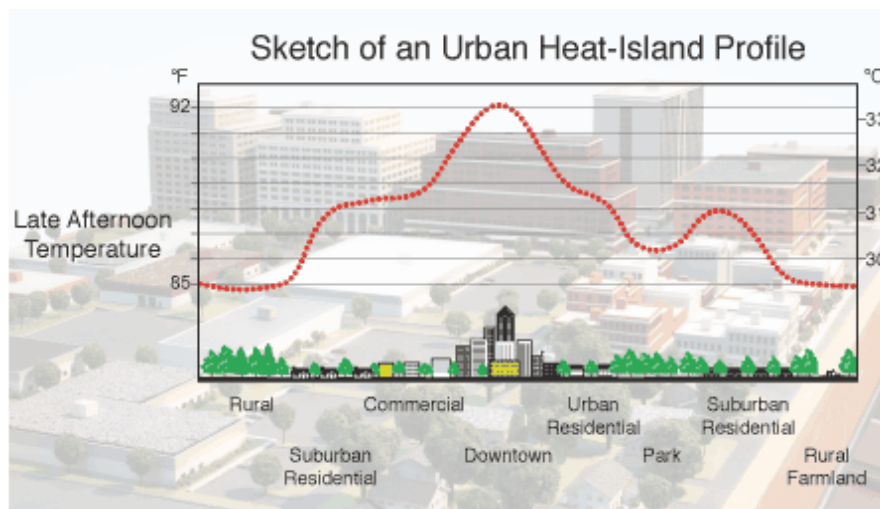
και την υγεία. Σύμφωνα με την αντιπροσωπεία διεθνούς ενέργειας οι βασικές τάσεις που θα επιδεινώσουν το φαινόμενο της θερμικής αστικής νησίδας είναι:

- Περισσότερη αστικοποίηση.
- Αυξανόμενη χρήση του κλιματισμού.
- Μεγαλύτερος πληθυσμός
- Αυξανόμενη ευπάθεια στη σφαιρική αλλαγή κλίματος.

Η διαδικασία αστικοποίησης έχει επιπτώσεις εντυπωσιακά στην κατανάλωση ενέργειας. Πρόσφατες αναλύσεις έδειξαν ότι το ποσοστό αλλαγής σε ενεργειακή χρήση είναι δύο φορές το ποσοστό αλλαγής στην αστικοποίηση.

1.2 Φαινόμενο Αστικής Θερμικής Νησίδας

Μια ζεστή, ηλιόλουστη ημέρα του καλοκαιριού, οι θερμοκρασίες για τις εκτεθειμένες αστικές επιφάνειες, όπως οι στέγες και το οδόστρωμα, μπορεί να είναι 50-90 ° F (27-50 ° C) θερμότερες από τον ατμοσφαιρικό αέρα, ενώ υγρές και σκιασμένες επιφάνειες, πιο συχνά σε αγροτικές περιοχές, παραμένουν κοντά στη θερμοκρασία του αέρα. Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει μέρα και νύχτα. Η αστική ατμοσφαιρική θερμότητα είναι συχνά ασθενής κατά τη διάρκεια της αργά το πρωί και όλη την ημέρα και γίνεται πιο έντονη μετά τη δύση του ηλίου, λόγω της βραδείας αποδέσμευσης της θερμότητας από τις αστικές υποδομές. Η μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα μιας πόλης με 1 εκατ. ή περισσότερα άτομα μπορεί να γίνει 1,8-5,4 ° F (1-3 ° C) θερμότερη από το περιβάλλον του. Κατά την διάρκεια της νύχτας, ωστόσο, η διαφορά θερμοκρασίας μπορεί να φθάσει ως 22 ° F (12 ° C).



(Εικόνα 1

Η αυξημένη θερμοκρασία που προκαλείται από το φαινόμενο αυτό, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, μπορεί να επηρεάσει το περιβάλλον μια κοινότητας καθώς και την ποιότητα ζωής. Οι επιπτώσεις που περιλαμβάνει είναι:

- *Η αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας:* Οι υψηλότερες θερμοκρασίες το καλοκαίρι, αυξάνουν την ζήτηση ενέργειας για ψύξη και προσθέτουν πίεση στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας κατά τις περιόδους αιχμής της ζήτησης. Μια μελέτη εκτιμά ότι το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας είναι υπεύθυνο για το 5 – 10 % της περιόδου αιχμής της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για την ψύξη των κτηρίων στις πόλεις.
- *Υψηλές εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου:* Η αύξηση της ενεργειακής ζήτησης κατά κανόνα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των εκπομπών ρύπων και των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας. Καθώς συμβάλουν και στον σχηματισμό του όζοντος σε επίπεδο εδάφους.
- *Κίνδυνος της ανθρώπινης υγείας και της θερμικής άνεση:* θερμότερες ημέρες και νύχτες, μαζί με τη ρύπανση του αέρα σε υψηλά επίπεδα, μπορεί να συμβάλει στη γενική δυσφορία, σε αναπνευστικές δυσκολίες, θερμική εξάντληση, θερμοπληξία, και θερμότητα που σχετίζονται με τη θνησιμότητα.
- *Μείωση της ποιότητας του νερού:* η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει όλες τις πτυχές της υδρόβιας ζωής, ιδίως το μεταβολισμό και την αναπαραγωγή πολλών υδρόβιων ειδών. Οι ραγδαίες αλλαγές της θερμοκρασίας στα υδάτινα οικοσυστήματα που προκύπτουν από την απορροή όμβριων που προκαλούνται από την αυξημένη θερμοκρασία στις επιφάνειες των πεζοδρομίων και των στεγών μπορεί να είναι ιδιαίτερα πειστική, ακόμη και μοιραία για την υδρόβια.

Μέτρα αντιμετώπισης του φαινομένου.

Οι Κοινότητες μπορούν να λάβουν διάφορα μέτρα για να μειώσουν την επίδραση του φαινομένου της «αστικής θερμικής νησίδας», χρησιμοποιώντας τέσσερις κύριες στρατηγικές:

- Αύξηση της φυτοκάλυψης
- Δημιουργία ‘πρασίνων’ στεγών
- Εγκατάσταση ‘ψυχρών’ στεγών
- Χρησιμοποίηση ‘ψυχρών’ πεζοδρομίων

Χαρακτηριστικά ο μετριασμός του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας είναι μέρος της ενέργειας μιας κοινότητας, της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα, και του νερού. Οι δραστηριότητες για την μείωση του, κυμαίνονται από τις εθελοντικές πρωτοβουλίες, ως τις πολιτικές ενέργειες, όπως η απαίτηση των ψυχρών στεγών στα κτήρια. Οι περισσότερες δραστηριότητες μετριασμού έχουν πολλαπλάσια οφέλη, συμπεριλαμβανομένου του καθαρότερου αέρα, της βελτίωσης της ανθρώπινης υγείας και της θερμικής άνεσης, τις μειωμένες ενεργειακές δαπάνες, και τις χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

1.3 ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ

1.3.1 Η διάδοση του τεχνητού κλιματισμού

Ο τεχνητός κλιματισμός έχει διαδοθεί στα κτίρια πρόσφατα, ακόμα και στις ΗΠΑ. Πριν από τον Πρώτο Παγκόσμιο πόλεμο, ο κλιματισμός γνώριζε μια περιορισμένη ανάπτυξη στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Κατά την δεκαετία του '50 έπαιξε σημαντικό ρόλο στην εμπορική και οικιστική ανάπτυξη περιοχών με δυσμενές κλίμα. Τις τελευταίες δυο δεκαετίες η χρήση του τεχνητού κλιματισμού ξεπέρασε τα όρια των κλιματικά δυσμενών περιοχών και επεκτάθηκε ευρύτερα στις ΗΠΑ, σε σημείο που το ποσοστό των μονοκατοικιών οι οποίες είναι εφοδιασμένες με κλιματιστικά να έχει αυξηθεί από 33% το 1971 σε 77% το 1989. Οι Αμερικάνοι πληρώνουν τώρα 10.000.000.000 δολάρια το χρόνο για την ισχύ που χρειάζονται οι οικιακές κλιματιστικές συσκευές, καθώς αυτές επιβαρύνουν το ηλεκτρικό δίκτυο με το 38% του

τυπικού φορτίου αιχμής. Κατά τα τελευταία χρόνια, οι κλιματιστικές συσκευές έχουν διαδοθεί, επίσης στην Ιαπωνία και στην νοτιοανατολική Ασία. Το 1988, το 72% του συνόλου των κτιριακών μονάδων στην Ιαπωνία ήταν εφοδιασμένες με κλιματίστηκα τύπου αντλίας θερμότητας. Οι σύγχρονες κατοικίες και ιδιαίτερα, τα διαμερίσματα, δεν είναι τόσο ευάερα και υπολείπονται σε θερμοχωρητικότητα σε σχέση με τα παραδοσιακά. Η εγκληματικότητα, η ηχορύπανση και η μόλυνση αποθαρρύνουν επίσης τους ενοίκους, να ανοίγουν τις πόρτες και τα παράθυρα για να εκμεταλλευτούν τις δυνατότητες αερισμού. (παραδείγματος χάριν, τον ψυχρό νυχτερινό αέρα και τις δροσερές αύρες).

1.3.2 Προβλήματα από τον τεχνητό κλιματισμό

Η λειτουργία, όμως, των κλιματιστικών συσκευών δημιουργεί σειρά σοβαρών προβλημάτων. Κατ' αρχάς, τα κλιματιστικά καταναλώνουν πολλή ενέργεια. Ο τεχνητός κλιματισμός καταναλώνει τριπλάσια ή τετραπλάσια ενέργεια σε σχέση με ανάλογο σύστημα θέρμανσης. Οι εταιρίες ηλεκτρισμού αναγκάζονται να κάνουν νέες επενδύσεις στην παραγωγή ισχύος, μόνο και μόνο για να αντιμετωπίσουν τις αιχμές του φορτίου που παρουσιάζονται μόνο τις θερμότερες ημέρες του χρόνου. Τα διακοπτόμενα αυτά και απρόβλεπτα φορτία για κλιματισμό είναι δαπανηρά, μικρής απόδοσης και αποτελούν αυξανόμενο πρόβλημα στις ΗΠΑ και σε περιοχές της Ασίας.

Άλλο πρόβλημα είναι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από τις εκπομπές CO₂ που απελευθερώνονται κατά την καύση ορυκτών καυσίμων στις εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος και σε μικρότερο βαθμό, από τους χλωροφθοράνθρακες (CFC) που διαρρέουν από τους συμπιεστές. Οι χλωροφθοράνθρακες που χρησιμοποιούνται ακόμα σήμερα στα κλιματιστικά καταστρέφουν το στρώμα του όζοντος στην στρατόσφαιρα επιτρέποντας περισσότερη υπεριώδη ακτινοβολία να φτάσει στην επιφάνεια της Γης.

Από την πλευρά των καταναλωτών οι συσκευές τεχνητού κλιματισμού είναι εξυπηρετικές και σχετικά φτηνές: το κόστος των νέων εγκαταστάσεων που απαιτούνται για να αντιμετωπιστεί η υψηλότερη ζήτηση κατανέμεται σε όλους τους φορολογούμενους, ενώ το περιβαλλοντικό κόστος από τους CFC κατανέμεται σε ακόμα περισσότερους. Οι συσκευές τεχνητού κλιματισμού είναι φτηνές στην απόκτηση αλλά ακριβές στην λειτουργία και στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η διάδοση των κλιματιστικών στις πυκνοκατοικημένες περιοχές της Άπω Ανατολής έχει φτάσει σε επίπεδα τέτοια, που η ποσότητα της απορριπτόμενης θερμότητας αυξάνει την θερμοκρασία τόσο, που είναι ανυπόφορο να ζει κανείς χωρίς κλιματισμό. Ο φαύλος αυτός κύκλος δεν αποτελεί σήμερα κίνδυνο στις πόλεις της Νότιας Ευρώπης, που είναι πιο αραιοκατοικημένες, αποτελεί όμως μια εφιαλτική υπόθεση για το αύριο.

Ορισμένα άλλα προβλήματα συνδέονται, επίσης, με την χρήση των κλιματιστικών. Πρόσφατες συγκριτικές μελέτες για την ποιότητα του αέρα σε κλιματιζόμενα και φυσικά αεριζόμενα κτίρια γραφείων έδειξαν ότι οι ενδείξεις για ασθένειες ήταν υψηλότερες στα κλιματιζόμενα κτίρια. Αυξάνεται το ενδιαφέρον για την υγεία των ενοίκων (σύνδρομο αρρώστων κτιρίων), καθώς και την δυσανεμία και τα παράπονα τους για την έλλειψη άνεσης.

1.4 ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ

Η παθητική ψύξη στηρίζεται στη χρήση των τεχνικών για τον έλεγχο της ηλιακής θερμότητας, το κέρδος της θερμότητας και τον διασκεδασμό της θερμότητας. Οι τεχνικές προστασίας της ηλιακής θερμότητας μπορούν να περιλάβουν: την θερμική βελτίωση με την χρήση των υπαίθριων και ημι-υπαίθριων διαστημάτων, τον ηλιακό έλεγχο με την σκίαση των οικοδομημένων επιφανειών, την θερμική μόνωση, κ.λπ. το κέρδος της θερμότητας εξετάζει τη θερμική ικανότητα αποθήκευσης της δομής του κτηρίου, ενώ οι τεχνικές διασκεδασμού θερμότητας εξετάζουν τη δυνατότητα για τη διάθεση της υπερβολικής θερμότητας του κτηρίου σε έναν περιβαλλοντικό 'νεροχύτη' χαμηλότερης θερμοκρασίας, όπως το έδαφος, το νερό ή ο αέρας. Η σημαντικότερη πρόοδος στις παθητικές τεχνικές ψύξης πρόσφατα ήταν στον τομέα των ψυχρών υλικών για στέγες ως τεχνική διασκεδασμού θερμότητας.

Τα ψυχρά υλικά κατασκευής στεγών έχουν υψηλό ηλιακό συντελεστή ανάκλασης (υψηλή δυνατότητα να απεικονιστεί το φως του ήλιου) και υψηλή θερμική εκπομπή (υψηλή δυνατότητα να ακτινοβοληθεί η θερμότητα) και έτσι παραμένουν δροσερά στον ήλιο.

1.5 ΨΥΧΡΗ ΣΤΕΓΗ

Οι ψυχρές στέγες είναι μια τεχνολογία ικανή να απορρίψει την ηλιακή ακτινοβολία και να κρατήσει τις επιφάνειες των στεγών δροσερές. Αυτό οφείλεται στις ιδιότητες των χρησιμοποιούμενων υλικών, τα οποία αφ' ενός αντανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία και αφ' ετέρου απελευθερώνουν την θερμότητα που τη νύχτα έχει αποθηκευτεί σε ένα κτήριο. Τα ψυχρά υλικά στεγών μπορούν να εφαρμοστούν στους περισσότερους τύπους στεγών συμπεριλαμβανομένων εκείνων των σπιτιών, των βιομηχανικών κτηρίων και των γραφείων.

Η ψυχρή στέγη είναι μια προσιτή τεχνολογία με ένα ιδιαίτερα ανταγωνιστικό ποσοστό απόδοσης εναντίον άλλων εναλλακτικών τεχνολογιών. Είναι προσιτή επειδή τα χρησιμοποιούμενα υλικά είναι απλά και συνήθως διαθέσιμα (περιλαμβάνουν τα χρώματα, τα κεραμίδια, και τις μεμβράνες βασισμένες στα ανόργανα και οργανικά υλικά). Τέλος, η ψυχρή στέγη έχει ένα ιδιαίτερα ανταγωνιστικό ποσοστό απόδοσης επειδή μπορεί να μειώσει σημαντικά τις ενεργειακές δαπάνες ψύξης.

Επιπλέον, η τεχνολογία συνεπάγεται και άλλα οφέλη όπως ο μετριασμός στην αλλαγή του κλίματος και στο φαινόμενο της ' αστικής θερμικής νησίδας.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις στέγες αυτές είναι τα λεγόμενα ψυχρά υλικά που παρουσιάζουν α) υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, β) υψηλό συντελεστή εκπομπής στην υπέρυθη ακτινοβολία, γ) υψηλές θερμικές αντοχές και δ) επιλεκτικότητα στο ορατό φάσμα.

Η φασματικά επιλεκτική απορρόφηση ή ανάκλαση στο ορατό φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας καθορίζει το χρώμα των υλικών, ενώ η υψηλή ανακλαστικότητα στο εγγύς υπέρυθρο φάσμα αυξάνοντας την ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία συνολικά, τους δίνει την ιδιότητα να παραμένουν πιο δροσερά σε σύγκριση με συμβατικά υλικά του ίδιου χρώματος, συμβάλλοντας έτσι στη δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης.

Η κατηγορία αυτών των υλικών έχει την ιδιότητα να αναπτύσσουν χαμηλότερη επιφανειακή θερμοκρασία συγκριτικά με τα συμβατικά υλικά.

Τα υπάρχοντα 'ψυχρά υλικά', για κτίρια συνήθως χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- τα χρώματα και τα επιχρίσματα

- τις μεμβράνες οροφής, καθώς και
- τα κεραμίδια και τις πλάκες

Τα ψυχρά χρώματα που χρησιμοποιούνται σε επικαλύψεις οροφών και σε εξωτερικούς τοίχους, είναι τα λεύκα και τα ανοιχτά χρώματα ή τα χρώματα αλουμινίου. Οι μεμβράνες οροφής συνήθως περιέχουν ένα ‘ύφασμα’ από υαλοϊνες που συνδυάζεται με ένα ευέλικτο πολυμερές υλικό όπως η άσφαλτος.

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΨΥΧΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

2.1. ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΚΕΡΑΜΙΔΙΑ ΑΠΟ ΥΑΛΟΒΑΜΒΑΚΑ

2.1.1 Παραγωγή των χρωματισμένων κόκκων

Η κάλυψη των κόκκων ξεπέρνα το 97% της επιφάνειας μιας χαρακτηριστικής στέγης από ασφαλτικά κεραμίδια με υαλοβάμβακα. Οι κόκκοι εφαρμόζονται για να ασφαλτώσουν την στέγη για διάφορους λόγους, συμπεριλαμβανομένων της UV προστασίας, του χρωματισμού, της σταθεροποίησης και της αντοχής σε περίπτωση πυρκαγιάς.

Οι εγκαταστάσεις κατασκευής κόκκων εγκαθίστανται χαρακτηριστικά κοντά σε ένα λατομείο. Οι βράχοι που ανατινάζονται από τα λατομεία συντρίβονται σε διάφορα στάδια για να δημιουργήσουν ένα σύνολο κόκκων-μεγέθους 0,5 έως 2 χιλ.. Σε αυτήν την διαδικασία, τα μεγαλύτερα σύνολα κόκκων ανακυκλώνονται και τα μικρότερα συντρίμια διαχωρίζονται για άλλη χρήση.

Μόλις αλεστούν οι κόκκοι στο σωστό μέγεθος, μεταφέρονται στις εγκαταστάσεις χρωματισμού. Στις εγκαταστάσεις αυτές, ντύνονται με ένα ημι-κεραμικό επίστρωμα χρώματος μέσω μιας συνεχούς διαδικασίας. Το επίστρωμα είναι ένα μίγμα χρωστικών ουσιών, πυριτικού άλατος νατρίου, ενυδατωμένου αργίλου και ύδατος. Οι προθερμασμένοι κόκκοι αναμιγνύονται και ρίχνονται με επαρκές επίστρωμα για να καλύψουν την επιφάνεια. Οι υγροί ντυμένοι κόκκοι μεταφέρονται έπειτα σε έναν περιστροφικό κλίβανο όπου θερμαίνονται βαθμιαία στους 250-550 °C (500-1000 °F). Με αυτόν τον τρόπο διαμορφώνεται ένα αδιάλυτο χρωματισμένο κεραμικό στρώμα.

Οι κόκκοι έπειτα βαθμιαία δροσίζονται σε ένα περιστροφικό δοχείο ψύξης. Τέλος, οι χρωματισμένοι κόκκοι ντύνονται με το ορυκτέλαιο για να περιοριστεί η σκόνη και για να βελτιωθεί η προσκόλληση ασφάλτου.

Οι χρωστικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για τους χρωματισμένους κόκκους πρέπει να έχουν ορισμένες ιδιότητες, συμπεριλαμβανομένων της σταθερότητας στην υψηλή θερμοκρασία, τη χημική αδράνεια, την εύκολη διάχυση, τη σύσταση χρώματος, την καιρική σταθερότητα, την μη-τοξικότητα, και το χαμηλότερο κόστος. Οι κοινές χρωστικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στους κόκκους για κατασκευή σκεπής περιλαμβάνουν διοξείδιο τιτανίου (άσπρο), οξείδιο ψευδάργυρου (κίτρινο), κόκκινα οξείδια σιδήρου, μαύρο άνθρακα, οξείδιο χρωμίου (πράσινο), και ουλτραμαρίνη (μπλε).

2.1.2 Παραγωγή των βότσαλων

Τα βότσαλα ασφάλτου έχουν τρία σημαντικά συστατικά: χαλί από υαλοβάμβακα, άσφαλο (με τα πρόσθετα ορυκτά υλικά πληρώσεως σταθεροποιητών), και κόκκους (χρωματιστούς και μη). Σε χαρακτηριστικές εγκαταστάσεις, το χαλί από υαλοβάμβακα επενδύεται με σταθεροποιημένη άσφαλο σε όλη την επιφάνεια του. Η σταθεροποιημένη επένδυση της ασφάλτου είναι σκληρότερη και πιο ιξώδης από την ευθεία άσφαλο. Ο ορυκτός σταθεροποιητής, που χρησιμοποιείται στις εφαρμογές υλικού κατασκευής σκεπής ασφάλτου είναι ένα ανόργανο υλικό και αποτελείται από ασβεστόλιθο, πυρίτιο, σκόνη πλακών, δολομίτη, ή άλλα μεταλλεύματα. Επειδή αυτό το υλικό είναι ανόργανο, είναι λιγότερο ευαίσθητο από την άσφαλο στην αλλαγή θερμοκρασίας. Αυτές οι ιδιότητες είναι σημαντικές για την κατασκευή βότσαλων. Ουσιαστικά, ο σταθεροποιητής μειώνει το ιξώδες στις χαμηλές θερμοκρασίες (πράγμα που καθιστά το βότσαλο λιγότερο εύθραυστο) και αυξάνει το ιξώδες στις υψηλές θερμοκρασίες. Επιπλέον, ο ορυκτός σταθεροποιητής μειώνει το εύφλεκτο της ασφάλτου, αποτρέποντας το ενδεχόμενο πυρκαγιάς του βότσαλου.

Το βάρος του ολοκληρωμένου προϊόντος ελέγχεται από το πάχος του επιστρώματος ασφάλτου. Η απόσταση μεταξύ των ρολών επιστρώματος ελέγχει το ποσό επιστρώματος που εφαρμόζεται στο υπόστρωμα. Οι περισσότερες σύγχρονες εγκαταστάσεις είναι εξοπλισμένες με τις αυτόματες κλίμακες ή τους ανιχνευτές

σχεδιαγράμματος που ελέγχουν τα φύλλα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κατασκευής και προειδοποιούν το χειριστή τότε εφαρμόζεται πολύ ή λίγο επίστρωμα.

Οι χρωματισμένοι και μη κόκκοι εφαρμόζονται σε ένα τμήμα της γραμμής κατασκευής που αποτελείται συνήθως από διαχωριστική χοάνη κόκκων. Η πτώση των κόκκων από τις χοάνες στην επιφάνεια του ιστού είναι απαραίτητη για την παραγωγή του χρώματος του υλικού κατασκευής σκεπής.

Έπειτα, το φύλλο ψεκάζεται με νερό για να ψυχθεί. Τα τελικά βήματα στην παραγωγή των βότσαλων ασφάλτου είναι η κοπή και η συσκευασία.

2.2 Κεραμίδια αργίλου

Η παραγωγή κεραμιδιών αργίλου αρχίζει με τη μίξη και τη συντριβή των διάφορων ακατέργαστων υλικών αργίλου. Παραδείγματος χάριν, οι ακατέργαστοι άργιλοι που χρησιμοποιούνται στο κεραμίδι ΝΕΠ Α.Ε. περιλαμβάνουν το "κίτρινο άργιλο κοχυλιών" (ένας άργιλος με μέση πλαστικότητα και υψηλή αντίσταση θερμότητας,) " άργιλο εφαρμογής " (ένας άργιλος με υψηλή πλαστικότητα και χαμηλή αντίσταση θερμότητας) και "ΑΑΑ άργιλος" (άργιλος μέσης αντίστασης θερμότητας, με υψηλή περιεκτικότητα σε σίδηρο για το κόκκινο χρώμα των κεραμιδιών).

Οι ακατέργαστοι άργιλοι αναμιγνύονται λεπτομερώς με το νερό και ωριμάζουν για 4-5 ημέρες. Η διαδικασία ωρίμανσης επιτρέπει στο ξηρό υλικό να απορροφήσει πλήρως την υγρασία και έτσι βελτιώνεται η πλαστικότητα.

Αρκετά μηχανήματα 'εξώθησης' και πολλά καλούπια χρησιμοποιούνται για την παραγωγή κεραμιδιών σε διάφορα σχήματα. Πριν δοθεί το τελικό σχήμα ο άργιλος περνάει μέσα από ένα θάλαμο στον οποίο αφαιρείται ο αέρας του, ώστε να αποφευχθεί το ράγισμα των κεραμιδιών κατά την διαδικασία πυράκτωσης. Αυτή είναι μια διαδικασία εξίσου σημαντική για να υπάρξει μια σωστή υαλοποίηση (μετατροπή του υλικού σε γυάλινη μορφή) , η οποία προσδίδει στο κεραμίδι ανθεκτικότητα σε όλες τις καιρικές συνθήκες. Έπειτα ένας αυτοματοποιημένος κόπτης κόβει το κεραμίδι στο επιθυμητό μέγεθος και τακτοποιεί τις άκρες του. Το υγρό κεραμίδι που προκύπτει από την παραπάνω διαδικασία περνάει από μια σειρά θαλάμων ελεγχόμενης θερμοκρασίας για περίπου 24 ώρες ώστε να στεγνώσει. Με την διαδικασία ξήρανσης μειώνεται η υπερβολική υγρασία στα κεραμίδια ελαττώνοντας έτσι την πιθανότητα ρωγμών. Η

διαδικασία ξήρανσης αρχίζει χαρακτηριστικά με την κυκλοφορία του περιβαλλοντικού αέρα σε μια θερμοκρασία περίπου 20-30 °C, αυξάνοντας βαθμιαία τη θερμοκρασία σε περίπου 90 °C χρησιμοποιώντας τη θερμότητα των αποβλήτων από τη διαδικασία ψύξης με κλίβανο. Η ξήρανση μειώνει την περιεκτικότητα σε μαζική υγρασία του κεραμιδιού από 15% σε λιγότερο από 1%. Τα ξηρά ακατέργαστα κεραμίδια ψεκάζονται με μεταλλικά βερνίκια, τα οποία αποτελούνται από ένα μίγμα ύδατος, χρωστικών ουσιών και πρόσθετων ουσιών αργίλου. Έπειτα τα κεραμίδια μπαίνουν σε έναν κλίβανο για 14-20 ώρες, ανάλογα με το πρόγραμμα παραγωγής. Ο κλίβανος έχει τρία στάδια: προθέρμανση, θέρμανση και ψύξη. Στην συνέχεια το κεραμίδι αργίλου αφαιρείται από τον κλίβανο και τέλος αφήνεται να παγώσει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Τα χρώματα κεραμιδιών αργίλου είναι μόνιμα και δεν εξασθενούν με την έκθεση τους στον ήλιο. Ακολουθούν φωτογραφίες με την διαδικασία παραγωγής των κεραμιδιών αργίλου (εικόνα 2.1)



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)



(j)



(k)



(l)



(m)



(n)

(Εικόνα 2.1)

2.3 ΣΚΥΡΟΔΕΤΑ ΚΕΡΑΜΙΔΙΑ

Η άμμος, τα τσιμεντένια υλικά, τα υλικά πληρώσεως ασβεστόλιθων, και το νερό είναι τα κύρια συστατικά των σκυρόδετων κεραμιδιών. Προστίθενται και οι χρωστικές ουσίες για το χρώμα και τα πολυμερή υλικά, που χρησιμοποιούνται ως ανθεκτικό επίστρωμα νερού στην επιφάνεια.

Η παραγωγή σκυρόδετων κεραμιδιών αρχίζει με τη μίξη της άμμου και των υλικών πληρώσεως. Το μίγμα αυτό καθαρίζεται για να αφαιρεθούν οι μολυσματικοί ρύποι. Τα απόβλητα λατομείων χρησιμοποιούνται επίσης στο μίγμα. Το αλεσμένο ανθρακικό άλας ασβεστίου, ένα ανέξοδο υλικό που βελτιώνει την ποιότητα του σκυροδέματος, χρησιμοποιείται ως υλικό πληρώσεως. Στην συνέχεια αναμιγνύονται και τα τσιμεντένια υλικά προτού να προστεθεί το νερό στο μίγμα. Σε αυτή τη φάση, οι χρωστικές ουσίες μπορούν να προστεθούν για να χρωματίσουν το μίγμα.

Διάφορες μηχανές και καλούπια χρησιμοποιούνται για την παράγωγή αυτών των κεραμιδιών σε διάφορα σχήματα. Τα κεραμίδια και τα καλούπια συσκευάζονται σε έναν θάλαμο επεξεργασίας για περίπου τέσσερις ώρες, εκεί τα υγρά κεραμίδια επεξεργάζονται και γίνονται ξηρά. Έπειτα περνούν μέσω ενός διαχωριστή που αφαιρεί τις φόρμες. Τα ξηρά ακατέργαστα κεραμίδια επιθεωρούνται για τις ατέλειες προτού να ψεκαστούν με τα χρωματισμένα επιστρώματα. Τέλος τα κεραμίδια καλύπτονται με την

επένδυση των πολυμερών υλικών. Το επίστρωμα είναι ένα μίγμα νερού, χρωστικών ουσιών, και πολυμερών πρόσθετων ουσιών. Με το πέρας αυτών των διαδικασιών τα κεραμίδια είναι ξηρά, συσσωρευμένα, και συσκευασμένα.

2.4 Μεταλλικές οροφές (ΦΑΤΝΩΜΑΤΑ)

Η παραγωγή μετάλλων για τη βιομηχανία κατασκευής σκεπής μπορεί να διαιρεθεί σε δύο φάσεις: (1) εγκαταστάσεις τυλίγματος του επιστρώματος, όπου οι ακατέργαστες σπείρες μετάλλων καθαρίζονται, επενδύονται με μέταλλο και με χρώμα και (2) εγκαταστάσεις διαμόρφωσης του μέταλλου.

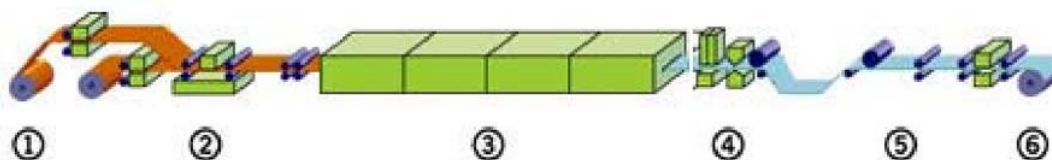
2.4.1 Εγκαταστάσεις Τυλίγματος του Επιστρώματος

Προηγμένες εγκαταστάσεις σπειρών μετάλλου έχουν χαρακτηριστικά τέσσερις σημαντικές γραμμές παραγωγής: μια *γραμμή τουρσιών*, η πρώτη ύλη για αυτήν την βιομηχανία είναι χαρακτηριστικά μια παχιά σπείρα μετάλλων χάλυβα, εκεί η καυτή ζώνη σπειρών ξετυλίγεται, καθαρίζεται από τα οξείδια, τακτοποιεί τις άκρες της ανάλογα με την απαίτηση των πελατών, και λαδώνεται κατά την προετοιμασία της περαιτέρω επεξεργασίας, μια *κρύα γραμμή χαλυβουργείου*, όπου οι ζώνες του χάλυβα μειώνονται στο πάχος κατά 65-80% ώστε να αποκτήσουν την κατάλληλη μορφή, μια *μεταλλική γραμμή επιστρώματος*, όπου οι σπείρες χάλυβα καθαρίζονται πάλι, ένα στρώμα του μεταλλικού επιστρώματος εφαρμόζεται, και η επιφάνεια αντιμετωπίζεται είτε για την βαφή είτε για τη χρήση ως γυμνό μέταλλο και μια *γραμμή χρωμάτων* η οποία είναι παρόμοια με τη γραμμή επιστρώματος μετάλλων δηλαδή σε αυτήν, το μεταλλικό επίστρωμα χρωματίζεται.

ΓΡΑΜΜΗ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

Η πρώτη ύλη για την μεταλλοβιομηχανία είναι χαρακτηριστικά μια παχιά μεταλλική σπείρα χάλυβα. Η καυτή σπείρα είναι συμπίεσμένη όταν φθάνει αρχικά στις εγκαταστάσεις επιστρώματος (σχήμα 8). Εκεί ξετυλίγεται και καθαρίζεται από τα σε μία όξινη δεξαμενή για να εξασφαλιστεί η κατάλληλη επιφάνεια για την περαιτέρω

επεξεργασία, όπου μπορεί να υποβληθεί σε γαλβανισμό (επίστρωση με ψευδάργυρο) ή (επίστρωση με ένα κράμα ψευδάργυρου/αργιλίου). Στην συνέχεια διαμορφώνεται το πλάτος του χάλυβα ως προς τις προδιαγραφές του πελάτη. Στο τέλος της διαδικασίας αυτής, ο χάλυβας τυλίγεται και είναι έτοιμος να πάει επάνω στο ψυχρό ελασματοουργείο.

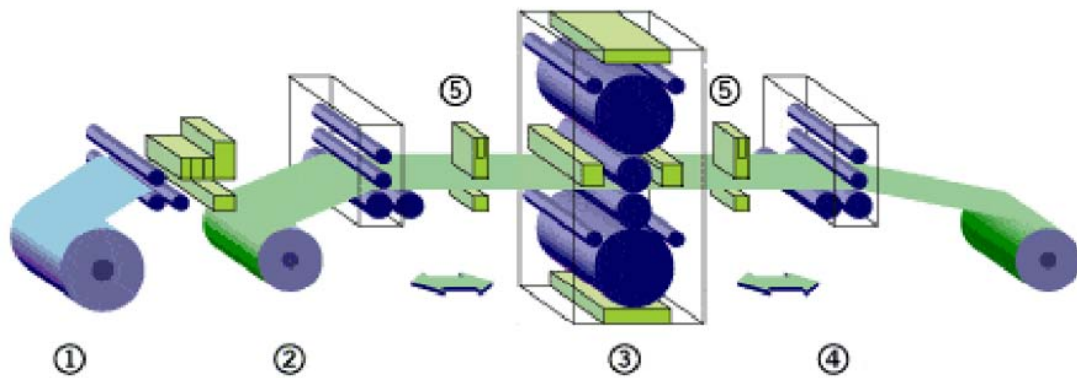


Σχήμα 2.1

- (1) Η καυτή σπείρα χάλυβα εισάγεται στην γραμμή καθαρισμού.
- (2) Τα ράμματα. Το τέλος μιας σπείρας ενώνεται στην αρχή της επόμενης σπείρας.
- (3) Όξινη δεξαμενή. Η σπείρα του χάλυβα περνάει μέσω μιας σειράς όξινων δεξαμενών για να αφαιρεθεί η σκουριά, κατόπιν ξεπλένεται με καυτό νερό.
- (4) Οι πλευρές της σπείρας διαμορφώνονται στο διευκρινισμένο πλάτος.
- (5) Η κοπή. Τα ράμματα που συνέδεσαν δύο σπείρες στην αρχή της γραμμής τώρα αποκόβονται.
- (6) Ο χάλυβας τυλίγεται.

ΓΡΑΜΜΗ ΨΥΧΡΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην γραμμή ψυχρής αντιστρεφόμενης επεξεργασίας, το πάχος της σπείρας μετάλλων μειώνεται από την πίεση που διέρχεται από κυλίνδρους. Η σπείρα περνάει μέσω μιας σειράς κυλίνδρων για να επιτευχθεί η επιθυμητή μείωση του πάχους. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η πλήρης μείωση της διαμέτρου της σπείρας με ένα πέρασμα.



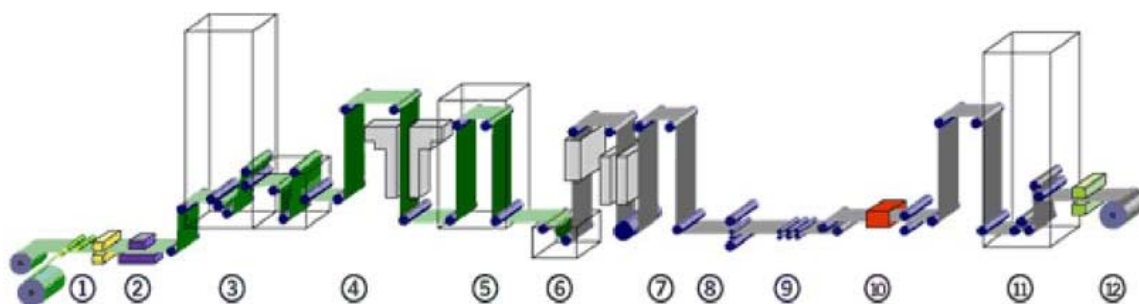
Σχήμα 2.2

- (1) Είσοδος ψυχρής επεξεργασίας. Το μέταλλο ξετυλίγεται και περνάει προς τα εμπρός δια μέσω των κυλίνδρων.
- (2) Μετά από το αρχικό πέρασμά της, στην ψυχρή αντιστροφόμενη επεξεργασία, η σπείρα προετοιμάζεται για το επόμενο πέρασμα μέσω των κυλίνδρων.
- (3) Κύριο σύνολο κυλίνδρων. Οι κύλινδροι εφαρμόζουν την πίεση στον χάλυβα για να μειωθεί το πάχος του. Ο αριθμός περασμάτων εξαρτάται από τις προδιαγραφές για το τελικό πάχος.
- (4) Ο χάλυβας τυλίγεται.
- (5) Μετρητής πάχους.

ΓΡΑΜΜΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Στη γραμμή μεταλλικού επιστρώματος, οι σπείρες χάλυβα καθαρίζονται πάλι, ένα στρώμα του μεταλλικού επιστρώματος (ψευδάργυρος του κράματος ψευδάργυρου/αργιλίου) εφαρμόζεται, και η επιφάνεια χρησιμοποιείται είτε για να χρωματιστεί, είτε για χρήση ως γυμνό μέταλλο. Οι σπείρες από την γραμμή ψυχρής επεξεργασίας τοποθετούνται στην είσοδο των ρολών και ενώνονται μαζί για την συνεχή της λειτουργίας της διαδικασίας. Η σπείρα περνά έπειτα μέσω ενός πύργου συσσωρευτών και μετά οι σπείρες χάλυβα καθαρίζονται στο πλαίσιο της προετοιμασίας της μεταλλικής επίστρωσης πριν τοποθετηθούν στον κλίβανο, όπου θα επιτευχθούν οι επιθυμητές μηχανικές ιδιότητες. Η λωρίδα αφού βγει από τον κλίβανο βυθίζεται άμεσα σε ένα λουτρό ψευδάργυρου. Το επιθυμητό βάρος επένδυσης επιτυγχάνεται στεγνώνοντας το μέταλλο με μεγάλη ποσότητα αέρα προτού αυτό

σταθεροποιηθεί. Η καυτή σπείρα επιστρώματος ψύχεται έπειτα και ρυθμίζεται η επιφάνεια επεξεργασίας. Η διαδικασία αυτή είναι παρόμοια με τον ψυχρή επεξεργασία, αλλά σε μια πολύ μικρότερη κλίμακα, ως στόχο έχει να λειάνει την επιφάνεια και να μην λεπταίνει τη σπείρα. Ο χάλυβας επιμηκύνεται ελαφρώς για την ομοιόμορφη λειότητα. Η επιφάνεια μπορεί επίσης να υποστεί χημική επεξεργασία και να επενδυθεί με μια ρητίνη για τις εφαρμογές γυμνών μετάλλων.



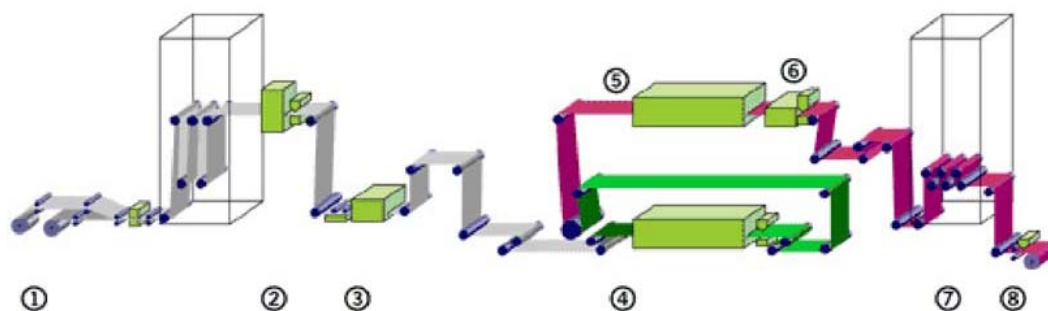
Σχήμα 2.3

- (1) Είσοδος τυλιγμάτων.
- (2) Μεταλλοκολλητής. Το τέλος μιας σπείρας ενώνεται στενά με την αρχή μιας άλλης για τη συνεχή.
- (3) Είσοδος πύργου συσσωρευτών.
- (4) Μονάδα καθαρισμού.
- (5) Κλίβανος.
- (6) Δοχείο επένδυσης. Ο χάλυβας είναι επενδύεται με ψευδάργυρο.
- (7) Πύργος ψύξης. Ο χάλυβας ψύχεται στην κοντινότερη θερμοκρασία δωματίου.
- (8) Επεξεργασία ρύθμισης επιφανείας. Προετοιμάζει τον χάλυβα για να χρωματιστεί.
- (9) Ο χάλυβας επιμηκύνεται ελαφρώς για την ομοιόμορφη λειότητα
- (10) Χημική επεξεργασία.
- (11) Επίστρωμα ρητίνης.
- (12) Έξοδος πύργου συσσωρευτών.
- (13) Έξοδος τυλιγμάτων.

ΓΡΑΜΜΗ ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΥ

Η γραμμή χρωματισμού είναι παρόμοια με τη γραμμή επιστρώματος μετάλλων. Στη γραμμή χρωματισμού, μια σπείρα από τη γραμμή επιστρώματος μετάλλων τροφοδοτείται στην είσοδο των τυλιγμάτων όπου οι σπείρες είναι ενωμένες στενά ή ραμμένες μαζί για την συνεχής λειτουργία της γραμμής. Η σπείρα στην συνέχεια καθαρίζεται, πριν από το χημικό επίστρωμα. Κατά την διαδικασία του χημικού επιστρώματος γίνεται επεξεργασία εκ των προτέρων της επιφάνειας για να δεχτεί τον χρώμα. Στην συνέχεια η λωρίδα χρωματίζεται και τοποθετείται στον κλίβανο.

Η γραμμή χρωματισμού μπορεί να χρωματίσει μια ή και τις δύο πλευρές της λωρίδας, ανάλογα με την απαίτηση των πελατών. Ο χρωματισμένος χάλυβας δροσίζεται με νερό και ψύχεται στη θερμοκρασία δωματίου. Τέλος, οι κύλινδροι αφαιρούν το υπερβολικό νερό, και ο χάλυβας πηγαίνει στην έξοδο των συσσωρευτών προτού να φθάσουν στην έξοδο των τυλιγμάτων.



Σχήμα 2.4

- (1) Είσοδος τυλιγμάτων.
- (2) Μονάδα καθαρισμού.
- (3) Χημικό επίστρωμα.
- (4) Πρώτος εγχυτήρας χρώματος.
- (5) Τελευταίος εγχυτήρας χρώματος.
- (6) Δροσισμός με νερό. Ο χρωματισμένος χάλυβας ψύχεται με θερμοκρασία δωματίου.
- (7) Έξοδος συσσωρευτών.
- (8) Έξοδος τυλιγμάτων.

2.4.2 Εγκαταστάσεις Διαμόρφωσης Μετάλλου

Στις εγκαταστάσεις διαμόρφωσης μετάλλου κόβονται και πιέζονται οι βαμμένες ή άβαφες σπείρες μετάλλων για να διαμορφώσουν είτε επίπεδα πάνελ είτε προσομοιώσεις αμέταλλων προϊόντων κατασκευής σκεπής (π.χ. κεραμίδι και πλάκα). Πολύ λίγοι κατασκευαστές εφαρμόζουν το κοκκοποιημένο υλικό στα χρωματισμένα πάνελ προκειμένου να μιμηθούν τα βότσαλα ασφάλτου. Εντούτοις, οι περισσότεροι κατασκευαστές του βότσαλου χρησιμοποιούν την αποτύπωση σε ανάγλυφο.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα κατασκευής μεταλλικής σκεπής (εικόνα 2.2)



(Εικόνα 2.2)

2.5 Μέθοδοι παραγωγής ψυχρών υλικών στέγης

2.5.1 Ασφαλτικά κεραμίδια

Ο ηλιακός συντελεστής ανάκλασης ενός βότσαλου ασφαλτικού κεραμιδιού εξαρτάται από τον ηλιακό συντελεστή ανάκλασης των κόκκων του, δεδομένου ότι από το σχέδιο, η επιφάνεια ενός βότσαλου καλύπτεται καλά με τους κόκκους. Ως εκ τούτου, εστιάζουμε στην παραγωγή των ψυχρών κόκκων. Υπάρχουν δύο τρόποι κυρίως για να αυξηθεί ο ηλιακός συντελεστής ανάκλασης των κόκκων: κατασκευάζοντας τους κόκκους από ιδιαίτερα αντανακλαστικά πετρώματα (π.χ., άσπρα), ή επενδύοντας τους

κόκκους με αντανακλαστικές χρωστικές ουσίες. Η χρήση του φυσικού άσπρου πετρώματος περιορίζεται από την τοπική διαθεσιμότητα των κατάλληλων αδρανών πετρωμάτων, οι οποίοι συχνά δεν βρίσκονται στα μεγάλα λατομεία. Ως εκ τούτου, οι κατασκευαστές χρωματίζουν συνήθως τους κόκκους.

Μέχρι σήμερα, ο τρόπος να παραχθούν οι κόκκοι με υψηλό ηλιακό συντελεστή ανάκλασης ήταν να χρησιμοποιηθεί το κουταλιά διοξειδίου τιτανίου (A 2), μια άσπρη χρωστική ουσία. Δεδομένου ότι ένα λεπτό στρώμα ρουτιλίου διοξειδίου τιτανίου A 2 είναι αντανακλαστικό αλλά μη αδιαφανές, τα πολλαπλάσια στρώματα χρειάζονται για να ληφθεί ο επιθυμητός ηλιακός συντελεστής ανάκλασης. Αυτή η τεχνική έχει χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή των κοκκοποιημένων βότσαλων "σούπερ-λευκού" (πολύ άσπρου) με ηλιακό συντελεστή ανάκλασης που υπερβαίνει το 0,5. Οι κατασκευαστές έχουν δοκιμάσει επίσης να παράγουν χρωματισμένους κόκκους με υψηλό ηλιακό συντελεστή ανάκλασης με τη χρήση των ψυχρών χρωστικών ουσιών με υψηλό συντελεστή ανάκλασης στο κοντινό υπέρυθρο (NIR). Εντούτοις, οι ψυχρές χρωστικές ουσίες, όπως το κουταλιά διοξειδίου τιτανίου A 2, είναι επίσης εν μέρει διαφανείς στην κοντινή υπέρυθη ακτινοβολία (NIR) κατά συνέπεια, οποιαδήποτε κοντινή υπέρυθη ακτινοβολία που δεν αντανακλάται από την ψυχρή χρωστική ουσία διαβιβάζεται στον κόκκο όπου μπορεί να απορροφηθεί. Για να αυξηθεί ο ηλιακός συντελεστής ανάκλασης των χρωματισμένων κόκκων με τις ψυχρές χρωστικές ουσίες, πρέπει να χρησιμοποιηθούν πολλαπλάσια στρώματα χρώματος και αντανακλαστικά υποστρώματα. Προφανώς, κάθε πρόσθετο επίστρωμα αυξάνει το κόστος παραγωγής.

Η εφαρμογή των χρωματισμένων επιστρωμάτων στους κόκκους των βότσαλων στην κατασκευή των ασφαλικών κεραμιδιών, εμφανίζεται να είναι το πιο κρίσιμο στάδιο της διαδικασίας. Διάφορα στρώματα από επιστρώματα πυριτικών αλάτων μπορούν να περιληφθούν, και μπορούν να περιλάβουν όχι μόνο μια ή περισσότερες χρωστικές ουσίες, αλλά και την χρήση πρόσθετων ουσιών αργίλου για να γίνει έλεγχος του ιξώδους και για την αποτροπή του λεκιάσματος, η χημική διαδικασία γίνεται για τον έλεγχο και την αποφυγή της σκόνης στο προϊόν.

Ένας τρόπος να μειωθεί το κόστος είναι να παραχθούν οι ψυχροί χρωματισμένοι κόκκοι μέσω μιας διαδικασίας δύο σταδίων, δύο-στρωμάτων. Σε πρώτη φάση, ο κόκκος επικαλύπτεται με μια ανέξοδη χρωστική ουσία που είναι ιδιαίτερα

αντανεκλαστική στην κοντινή υπέρυθη ακτινοβολία NIR. Στο δεύτερο στάδιο, η ψυχρή χρωστική ουσία εφαρμόζεται και επικαλύπτει τους κόκκους.

Τα βότσαλα τείνουν να χάνουν μερικούς κόκκους εξαιτίας του χρόνου και των καιρικών συνθηκών, με αποτέλεσμα την μείωση του ηλιακού συντελεστή ανάκλασης. Η αντικατάσταση μιας αντανεκλαστικής στεγανωτικής ουσίας για τη μαύρη άσφαλτο θα μπορούσε να επιβραδύνει αυτό το φαινόμενο. Η ανάπτυξη μια τέτοιας αντικατάστασης για την άσφαλτο μπορεί να είναι μακροπρόθεσμο ενδιαφέροντος, δεν υπάρχει μια εύκολη ή βραχυπρόθεσμη λύση σε αυτό το πρόβλημα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι ο συντελεστής ανάκλασης ενός βότσαλου ασφάλτου που καλύπτεται με τους κόκκους θα είναι πάντα μικρότερος από αυτόν του επιστρώματος του κόκκου, δεδομένου ότι μερικές από τις ακτινοβολίες που αντανεκλούνται από κάθε κόκκο θα χτυπήσουν σε έναν γειτονικό κόκκο και θα απορροφηθούν. Αυτές οι "πολλαπλάσιες αντανεκλάσεις" μπορούν να μειώσουν το συντελεστή ανάκλασης των βότσαλων κατά τουλάχιστον 0,15.

Τέλος, οι βιομηχανίες κατασκευής κόκκων και κατασκευής βότσαλων έχουν και εργαστήρια ποιότητας ελέγχου για τον έλεγχο του ορατού χρώματος των προϊόντων τους. Προσδοκάμε ότι η βιομηχανία θα πρέπει να εξοπλιστεί και με πρόσθετα όργανα για τον έλεγχο του ηλιακού συντελεστή ανάκλασης και τις οπτικές ιδιότητες NIR των προϊόντων τους.

2.5.2 Κεραμίδια αργίλου

Οι εκτιμήσεις για την παραγωγή ψυχρών χρωματισμένων κεραμιδιών αργίλου είναι παρόμοιες με εκείνους των βότσαλων. Τρεις τρόποι υπάρχουν για να βελτιωθεί ο ηλιακός συντελεστής ανάκλασης των κεραμιδιών αργίλου: (1) χρήση ακατέργαστων υλικών αργίλου με χαμηλές συγκεντρώσεις οξειδίων σιδήρου (2) χρήση ψυχρών χρωστικών ουσιών στο επίστρωμα και (3) εφαρμογή της τεχνικής διπλού επιστρώματος που χρησιμοποιεί χρωματισμένα υλικά με υψηλό ηλιακό συντελεστή ανάκλασης ως υπόστρωμα. Αν και όλες αυτές οι επιλογές είναι σε γενικές γραμμές εύκολο να εφαρμοστούν, μπορούν να απαιτηθούν αλλαγές στις τρέχουσες τεχνικές παραγωγής που μπορούν να αυξήσουν το κόστος παράγωγης των προϊόντων. Οι χρωστικές ουσίες μπορούν να περιληφθούν σε όλο το σώμα του κεραμιδιού, ή να

χρησιμοποιηθούν σε ένα επίστρωμα επιφάνειας. Και οι δύο μέθοδοι πρέπει να εξεταστούν.

2.5.3 Σκυρόδετα κεραμίδια

Υπάρχουν τρεις τρόποι να βελτιωθεί ο ηλιακός συντελεστής ανάκλασης των χρωματισμένων σκυρόδετων κεραμιδιών. Ο πρώτος λευκαίνει το κεραμίδι με την χρήση άσπρου τσιμέντου στο μίγμα σκυροδέματος, χρησιμοποιώντας ένα άσπρο τσιμεντένιο επιστρώματα επιφάνειας ή χρησιμοποιώντας ένα άσπρο πολυμερές επίστρωμα επιφάνειας. Η δεύτερη μέθοδος είναι η χρήση ψυχρών χρωστικών ουσιών στο επίστρωμα για την παροχή χρώματος με υψηλό συντελεστή ανάκλασης. Τα παραδείγματα τέτοιων ψυχρών χρωστικών ουσιών περιλαμβάνουν μικτές σύνθετες ανόργανες χρωστικές ουσίες μετάλλων. Οι ψυχρές χρωστικές ουσίες έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς από μερικές καινοτόμες κατασκευαστικές επιχειρήσεις κεραμιδιών. Η τρίτη προσέγγιση είναι να χρησιμοποιηθούν οι ψυχρές χρωστικές ουσίες πάνω από ένα ιδιαίτερα αντανακλαστικό υπόστρωμα. Το υπόστρωμα πρέπει είναι στεγνό πριν την εφαρμογή του επιστρώματος της κορυφής. Παραδείγματος χάριν, το διαφανές μπλε φθαλοκυανιδίου με υψηλό συντελεστή στο κοντινό υπέρυθρο μπορεί να εφαρμοστεί πάνω από ένα άσπρο υπόστρωμα για να παραχθεί ένα ψυχρό μπλε κεραμίδι.

2.5.4 Μεταλλικά πάνελ

Η εφαρμογή των ψυχρών χρωστικών ουσιών στα μεταλλικά υλικά κατασκευής σκεπής, απαιτεί την λιγότερη αλλαγή στις υπάρχουσες διαδικασίες παραγωγής. Όπως στις περιπτώσεις των κεραμιδιών και του ασφαλικού βότσαλου, οι ψυχρές χρωστικές ουσίες μπορούν να εφαρμοστούν στο μέταλλο μέσω μιας τεχνικής ενός ή δύο στρωμάτων. Εάν το ακατέργαστο μέταλλο είναι ιδιαίτερα αντανακλαστικό, μια τεχνική μιας στρώσης μπορεί να αρκεί. Τα επιστρώματα για τα βότσαλα μετάλλων είναι υλικά λεπτά, ανθεκτικά και πολυμερή. Αυτά τα λεπτά στρώματα χρησιμοποιούν τα υλικά αποτελεσματικά, αλλά περιορίζουν το μέγιστο ποσό χρωστικής ουσίας του παρόντος υλικού. Εντούτοις, το υπόστρωμα μετάλλων μπορεί να παρέχει κάποιο συντελεστή ανάκλασης στο κοντινό υπέρυθρο NIR εάν το επίστρωμα είναι διαφανές στην κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία NIR.

2.6 Ποιοτικός έλεγχος

Τα εργαστήρια ποιότητας ελέγχους των εταιριών κατασκευής χρωματιστών υλικών σκεπής είναι χαρακτηριστικά εξοπλισμένα για τον έλεγχο της οπτικής εμφάνισης (π.χ., χρώμα) των προϊόντων τους. Προσδοκάμε ότι η βιομηχανία θα πρέπει να αποκτήσει τα όργανα για τον έλεγχο του ηλιακού συντελεστή ανάκλασης και των συντελεστών ανάκλασης NIR των προϊόντων τους. Επίσης πρέπει να αναπτυχθούν πρότυπα για τον έλεγχο του αρχικού συντελεστή ανάκλασης, του συντελεστή ανάκλασης μετά από λίγα χρόνια, τις μηχανικές και θερμικές ιδιότητες των ψυχρών χρωματισμένων υλικών σκεπής.

Τα υλικά κατασκευής στέγης που αναφέρθηκαν παραπάνω περιλαμβάνουν πάνω από το 80% της αγοράς υλικού κατασκευής σκεπής στην Αμερική. Στις περιοχές που υπερτερούν τα ψυχρά υλικά και αυξάνεται ο ηλιακός συντελεστής ανάκλασης της στέγης μειώνεται σημαντικά η χρήση κλιματισμού σε ένα κτίριο και βελτιώνετε πολύ η θερμική άνεση.

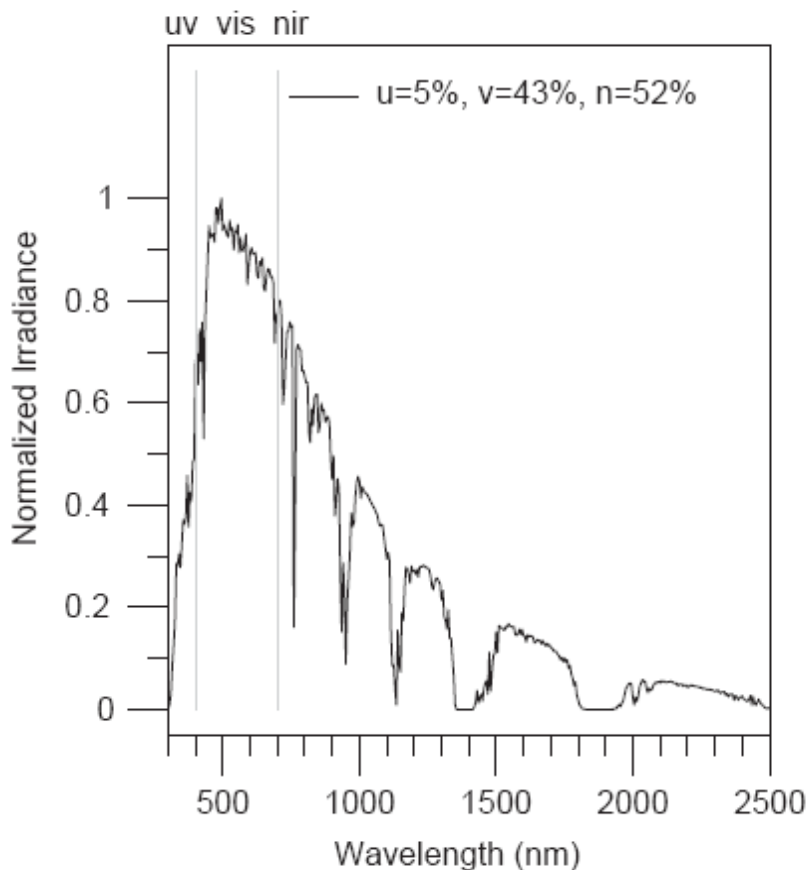
Η ανάλυσή που έγινε προβλέπει ότι τα ψυχρά χρωματισμένα υλικά υλικού σκεπής μπορούν να κατασκευαστούν χρησιμοποιώντας τον υπάρχοντα εξοπλισμό στις εγκαταστάσεις παραγωγής και κατασκευής. Οι τρεις τρόποι για να βελτιωθεί ο ηλιακός συντελεστής ανάκλασης των υλικών σκεπής συμπεριλαμβάνουν: (1) χρήση πρώτων υλών με υψηλό ηλιακό συντελεστή ανάκλασης, (2) χρήση ψυχρών χρωστικών ουσιών στο επίστρωμα και (3) εφαρμογή μιας τεχνική διπλού επιστρώματος χρωματισμού που χρησιμοποιεί χρωματιστά υλικά με υψηλό ηλιακό συντελεστή ανάκλασης ως υπόστρωμα. Αν και όλες αυτές οι επιλογές είναι σε γενικές γραμμές εύκολο να εφαρμοστούν, μπορεί να απαιτήσουν αλλαγές στις τρέχουσες τεχνικές παραγωγής που μπορεί να αυξήσουν το κόστος παραγωγής και αγοράς των προϊόντων.

3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Το ορατό φως (0,4–0,7 μm) περιέχει το 43% της δύναμης της αέριας μάζας 1,5 ημισφαιρικής ηλιακής φασματικής ακτινοβολίας (0,3–2,5 μm) χαρακτηριστική της βορειοαμερικανικής έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία επιπέδου εδάφους . Το υπόλοιπο φθάνει ως την κοντινή υπέρυθη ακτινοβολία (NIR) (0,7–2,5 μm , 52%) και την υπεριώδη (UV) ακτινοβολία (0,3–0,4 μm , 5%) (σχήμα 3.1).

Μια καθαρή, ομαλή, και ηλιακή-αδιαφανής άσπρη επιφάνεια αντανακλά έντονα και ακτινοβολία ορατή και κοντινή υπέρυθη (NIR), επιτυγχάνοντας έναν ηλιακό συντελεστή ανάκλασης περίπου 0,85. Αυτός είναι ο πιο ψυχρός τύπος επιφάνειας υλικού κατασκευής σκεπής, και είναι ιδανικός για τις στέγες χαμηλής-κλίσης που δεν είναι ορατές ούτε από επίγειο επίπεδο ούτε από τα πιο ψηλά κτήρια.

Ο ηλιακός συντελεστής ανάκλασης μιας επιφάνειας σκεπής (ειδικά σε ένα σπίτι) μπορεί να περιοριστεί από (α) την επιθυμία για μια χρωματιστή εμφάνιση, η οποία περιορίζει την ακτινοβολία στο ορατό φάσμα , (β) την διαφάνεια κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας (NIR) ενός λεπτού και αραιά χρωματισμένου επιστρώματος και (γ) την κυρτότητα. Οι χρωματιστές επιφάνειες μπορούν να γίνουν όσο το δυνατόν πιο ψυχρές με τη μεγιστοποίηση του συντελεστή ανάκλασης στο φάσμα κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας (NIR), το οποίο δεν έχει επιπτώσεις στο χρώμα. Η λείανση των τραχιών επιφανειών μπορεί να αυξήσει το συντελεστή ανάκλασης σε όλα τα μήκη κύματος.



Σχήμα 3.1

Γενικά, τα ψυχρά επιστρώματα πρέπει να είναι κατάλληλα για την εφαρμογή στα διάφορα υποστρώματα (σκυρόδεμα, πλαστικά, μέταλλα) (για τη μεταβλητότητα), η βεβαίωση της απλής εφαρμογής και της συντήρησης που συνδυάζονται με τη μακροπρόθεσμη σταθερότητα είναι κατάλληλη για τις προσόψεις και τις στέγες. Θα είναι διαφορετικών χρωμάτων (για τις αισθητικές απαιτήσεις) και η ηλιακή ανακλαστικότητα τους θα είναι υψηλότερη όσον αφορά τα συνηθισμένα χρώματα (συμβολή στη μείωση της ενεργειακής απαίτησης). Αυτό οδηγεί στα επιστρώματα που είναι εκλεκτικά στα φάσματα UV και VIS και πλησιάζουν στις φασματικές περιοχές IR. Η εντατική έρευνα σχετικά με τη σημασία της εκλεκτικής αντανάκλασης, της μετάδοσης και της απορρόφησης των διάφορων (ανόργανων) χρωστικών ουσιών στην αποδοτικότητα των ψυχρών χρωμάτων έχει διεξαχθεί στις ΗΠΑ οδηγώντας στις αποκαλούμενες "ψυχρές" χρωστικές ουσίες.

Οι προγενέστερες μελέτες έχουν μετρήσει την καθημερινή εξοικονόμηση ενέργειας κλιματισμού και τη μέγιστη μείωση απαίτησης ενέργειας από τη χρήση των ψυχρών επιστρωμάτων στα μη οικιστικά κτήρια σε διάφορα θερμά κλίματα, συμπεριλαμβανομένης της Καλιφόρνιας, της Φλόριντας, και του Τέξας. Έχει αποδειχθεί ότι στη λεκάνη του Λος Άντζελες η μέγιστη αποταμίευση απαίτησης ενέργειας για ψύξης που μπορεί να επιτευχθεί στις κατοικίες είναι 20-40% και 5-10% στα γραφεία ως αποτέλεσμα μιας αύξησης της ανακλαστικότητας των στεγών 0,4.

Τα οργανικά πολυμερή υλικά όπως τα επιστρώματα, που εκτίθενται στους υπαίθριους χώρους, υποβιβάζονται κατά τη διάρκεια του χρόνου λόγω των αλλαγών της θερμοκρασίας, της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της ηλιακής ακτινοβολίας. Άλλα προβλήματα συνδέονται με την ακαθαρσία, το γδάρισμα και την διαπερατότητα των υδρατμών. Η απορρόφηση της UV ενέργειας μπορεί να προκαλέσει το σπάσιμο των πολυμερών αλυσίδων, που οδηγούν σε αλλαγμένες χημικές και μηχανικές ιδιότητες (Berdahl et Al, 2006). Ο ηλιακός συντελεστής ανάκλασης και η υπέρυθη εκπομπή είναι ιδιότητες του επιστρώματος που μπορεί να αλλάξουν κατά τη διάρκεια του χρόνου ως αποτέλεσμα της γήρανσης. Τα αποτελέσματα από μια τρίμηνη περίοδο υπαίθριας έκθεσης επιστρωμάτων δείχνουν ότι τα επιστρώματα που έχουν τον υψηλότερο αρχικό ηλιακό συντελεστή ανάκλασης είναι αυτά που καταδεικνύουν την υψηλότερη μείωση στον ηλιακό συντελεστή ανάκλασης.

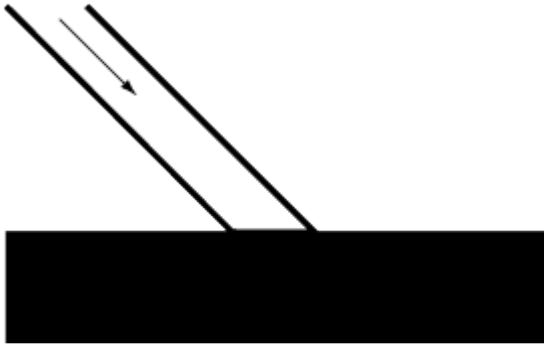
3.1 ΧΡΩΜΑΤΑ

Οι διάφορες χρωστικές ουσίες χαρακτηρίζονται από τον προσδιορισμό των παραμέτρων S (σκέδαση) και K (απορρόφηση) ως λειτουργίες του μήκους κύματος στην ηλιακή φασματική κλίμακα από 300–2500 nm.

3.1.1 ΘΕΩΡΙΑ

ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΦΩΤΟΣ

Απορρόφηση του φωτός ονομάζεται το φαινόμενο της μεταφοράς της ενέργειας του φωτός σε ένα σώμα το οποίο συναντά. Στις σκουρόχρωμες επιφάνειες, το μεγαλύτερο μέρος του φωτός απορροφάται, με αποτέλεσμα να θερμαίνονται περισσότερο.



Σχήμα 3.2

ΣΚΕΔΑΣΗ

Όταν το φως πέφτει πάνω σε ύλη, η ύλη αφήνει το φως να συνεχίσει ευθύγραμμα (που οδηγεί σε απορρόφηση), αλλά επίσης επανεκπέμπει το φως σε όλες τις διευθύνσεις. Αυτό είναι η σκέδαση. Η σκέδαση είναι προϊόν πολλαπλής ανάκλασης

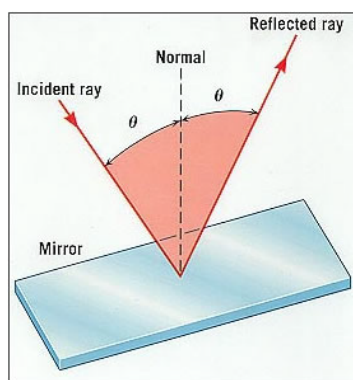
ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΦΩΤΟΣ

Όταν το φως που διαδίδεται σε ένα μέσο συναντήσει τη διαχωριστική επιφάνεια ανάμεσα στο μέσο αυτό και σε ένα άλλο, τότε ένα μέρος του επιστρέφει στο αρχικό μέσο. Το φαινόμενο αυτό, λέγεται ανάκλαση. Όταν οι ακτίνες του φωτός είναι αρχικά παράλληλες μεταξύ τους και η επιφάνεια που προσπίπτουν είναι λεία και στιλπνή, τότε και οι ανακλώμενες ακτίνες είναι παράλληλες μεταξύ τους και η ανάκλαση λέγεται κατοπτρική. Αν η επιφάνεια στην οποία προσπίπτει η παράλληλη δέσμη των ακτινών έχει ανωμαλίες, τότε οι ανακλώμενες ακτίνες δεν είναι παράλληλες αλλά σκορπίζουν σε διάφορες διευθύνσεις και τότε λέμε ότι έχουμε διάχυση.

Νόμοι της ανάκλασης

1. Η προσπίπτουσα ακτίνα, η ανακλώμενη και η κάθετη στην επιφάνεια στα σημεία πρόσπτωσης, βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο το οποίο είναι κάθετο στην επιφάνεια.
2. Η γωνία πρόσπτωσης θ_α είναι ίση με την γωνία ανάκλασης θ_ρ , δηλαδή ισχύει:
 $\theta_\alpha = \theta_\rho$

Όταν μια ακτίνα μονοχρωματικού φωτός που διαδίδεται σε ένα μέσο συναντήσει τη διαχωριστική επιφάνεια ανάμεσα στο μέσο αυτό και σε ένα άλλο διαφανές μέσο στο οποίο έχει διαφορετική ταχύτητα, τότε ένα μέρος του φωτός ανακλάται ενώ το υπόλοιπο περνά στο δεύτερο μέσο αλλάζοντας πορεία. Το φαινόμενο αυτό λέγεται διάθλαση.



Σχήμα 3.3

3.1.2 Ταξινόμηση χρωστικών ουσιών

Για ευκολία στην παρουσίαση, οι χρωστικές ουσίες ομαδοποιήθηκαν σύμφωνα με την “οικογένεια” χρώματος (π.χ., πράσινο) και έπειτα ταξινομήθηκαν σύμφωνα με την χημική τους σύσταση (π.χ., οξείδιο χρωμίου πράσινο). Μερικές οικογένειες χρωμάτων καλύπτουν δύο χρώματα (π.χ., μαύρα/καφετιά) επειδή είναι δύσκολο να προσδιοριστεί με σαφήνεια το χρώμα βασισμένο στο δείκτη χρώματος και στο όνομα των χρωστικών ουσιών. Παραδείγματος χάριν, μια σκοτεινή χρωστική ουσία μπορεί να πουληθεί ως "Μαύρη" αλλά να φέρει δείκτη χρώματος με την ονομασία "καφέ" και να εξάγει κόκκινους τόνους, χαρακτηριστικό περισσότερο του καφέ παρά του μαύρου.

Οι κατηγορίες χρωστικών ουσιών χωρίζονται σε απλές ανόργανες, πιο συνθέτες ανόργανες και σε οργανικές ουσίες.

Σε κάθε μέλος μιας οικογένειας χρώματος ορίζεται ένας κώδικας προσδιορισμού X_{nh} όπου το X είναι η συντομογραφία του οικογενειακού χρώματος και nh είναι ένας αύξων αριθμός. Παραδείγματος χάριν, τα 11 μέλη της οικογένειας χρώματος του πράσινου (“G”) έχουν τους κώδικες προσδιορισμού G01 έως G11.

3.1.3 Ιδιότητες χρωστικών ουσιών σύμφωνα με το χρώμα και την κατηγορία

Ο πίνακας 1 συνοψίζει μερικές σχετικές μαζικές ιδιότητες των χρωματισμένων ταινιών σε κάθε κατηγορία, όπως οι συντελεστές ανάκλασης NIR πάνω από τα μαύρα και άσπρα υπόβαθρα.

Οι εικόνες χρώματος των ταινιών παρουσιάζονται στην εικόνα 1.

Πίνακας 3.1

Κλίμακες του συντελεστή ανάκλασης NIR πάνω από το άσπρο υπόβαθρο (ROW_{nir}), συντελεστή ανάκλασης NIR πάνω από το μαύρο υπόβαθρο (ROB_{nir}), συντελεστής μετάδοσης στο ορατό φάσμα (T_{vis}) και πάχος (δ) που μετρήθηκε για τις χρωματισμένες ταινίες σε κάθε κατηγορία χρωστικών ουσιών.

Κατηγορία ταινία	(ROW_{nir})	(ROB_{nir})	(T_{vis})	(δ)	Κωδικός
Διοξείδιο τιτάνιου άσπρο	0,87- 0,88	0,24- 0,65	0,10-0,42	17- 29	W01-W04
Άνθρακας Μαύρο	0,05–0,06	0,04–0,04	0,03–0,07	16–19	B01–B02
Μη εκλεκτικό Μαύρο	0,04–0,05	0,04–0,05	0,00–0,07	20–24	B03–B04
Χρωμικό οξείδιο σιδήρου					
εκλεκτικό μαύρο	0,23–0,48	0,11–0,35	0,00–0,15	19–26	B05–B11
Οργανικό Μαύρο	0,85	0,10	0,01	23	B12
Οξείδιο σιδήρου καφέ	0,47–0,61	0,06–0,27	0,03–0,24	14–26	B13–B15
Αλλά καφέ	0,50–0,74	0,22–0,40	0,01–0,24	17–28	B16–B21
Κοβάλτιο αλουμινίου					
μπλε	0,62–0,71	0,09–0,20	0,16–0,28	16–23	U01–U05
Κοβάλτιο χρωμίου					
μπλε	0,55–0,70	0,10–0,25	0,05–0,28	16–26	U06–U09
Σίδηρος Μπλε	0,25	0,05	0,27	12	U10

Ουλτραμαρίνη Μπλε	0,52	0,05	0,20	23	U11
Φθαλοκυανίδιο Μπλε	0,55–0,63	0,06–0,08	0,21–0,22	14–26	U12–U13
Διοξειδίο Πορφυρό	0,82	0,05	0,21	10	U14
Οξειδίο χρωμίου					
πράσινο	0,50–0,57	0,33–0,40	0,00–0,01	12–26	G01–G02
Τροποποιημένο οξειδίο χρωμίου					
πράσινο	0,71	0,22	0,22	23	G03
Χρωμικό κοβάλτιο					
πράσινο	0,58–0,64	0,14–0,18	0,17–0,28	13–23	G04–G06
Κοβάλτιο τιτάνιου					
πράσινο	0,37–0,73	0,21–0,30	0,04–0,22	10–24	G07–G09
Φθαλοκυανίδιο					
πράσινο	0,42–0,45	0,06–0,07	0,10–0,20	13–25	G10–G11
οξείδια σιδήρου					
Κόκκινα	0,31–0,67	0,19–0,38	0,00–0,08	13–26	R01–R04
Κάδμιο Πορτοκάλι	0,87	0,26	0,18	10	R05
Οργανικό κόκκινο	0,83–0,87	0,06–0,14	0,15–0,32	11–27	R06–R09
Οξείδια σιδήρου					
κίτρινα	0,70	0,21	0,16	19	Y01
Κάδμιο Κίτρινο	0,87	0,29	0,25	11	Y02
Χρώμιο Κίτρινο	0,83	0,34	0,18	24	Y03
Τιτάνιο Χρωμίου					
Κίτρινο	0,80–0,86	0,26–0,62	0,05–0,23	17–26	Y04–Y07
Νικέλιο τιτάνιου					
κίτρινο	0,77–0,87	0,22–0,64	0,09–0,51	17–27	Y08–Y11

Χρωμικό άλας στροντίου κίτρινο +

διοξείδιο τιτανίου 0,86	0,38	0,21	19	Y12
-------------------------	------	------	----	-----



Εικόνα 3.1.1

➤ Άσπρο

Και τα τέσσερα λευκά είναι ρουτίλια διοξειδίου τιτανίου (TiO_2). Άλλες άσπρες χρωστικές ουσίες περιλαμβάνουν οξείδια ψευδάργυρου, σουλφίδια ψευδάργυρου, οξείδια αντιμονίου, οξείδια ζirkονίου και πυριτικό άλας ζirkονίου. Το ρουτίλιο διοξείδιο του τιτανίου (TiO_2) είναι μια σταθερή, αδρανή, μη τοξική, ανέξοδη και ως εκ τούτου εξαιρετικά δημοφιλής άσπρη χρωστική ουσία που αδυνατεί να απορροφήσει την ηλιακή ακτινοβολία, ενώ προκαλεί την έντονη σκέδαση της.

Οι άσπρες χρωστικές ουσίες W01-W04 έχουν πιο έντονη σκέδαση και πιο αδύναμη απορρόφηση στο ορατό και στην κοντινό υπέρυθρο (NIR).

➤ Μαύρο/καφέ

➤ Άνθρακας Μαύρος, άλλο μη εκλεκτικό Μαύρο

Ο μαύρος άνθρακας ,το απόλυτο μαύρο (μαύρος άνθρακας 10% + φωσφορικό άλας ασβεστίου 84%), ο μαύρος χρωμικός χαλκός ($CuCr_2O_4$) και τα συνθετικά μαύρα οξείδια σιδήρου (Fe_3O_4) (B01–B04) είναι οι χρωστικές ουσίες με την πιο ισχυρή απορρόφηση σε ολόκληρο το ηλιακό φάσμα και την πιο αδύναμη σκέδαση. Ο μαύρος άνθρακας B01 είναι η πιο έντονα απορροφητική χρωστική ουσία, αλλά και τέσσερις καλούνται " καυτές χρωστικές ουσίες ". Τα περισσότερα μη εκλεκτικά μαύρα είναι μεταλλικής φύσης. Ο μαύρος άνθρακας είναι ένα ημι-μέταλλο που έχει πολλά ελεύθερα ηλεκτρόνια. Και τα οξείδια σιδήρου καθώς και ο μαύρος χρωμικός χαλκός είναι μέταλλα.

➤ Το εκλεκτικό Μαύρο χρωμικό οξείδιο σιδήρου

Τα εκλεκτικά μαύρα χρωμικά οξείδια σιδήρου (B05–B11) είναι μικτά μεταλλικά οξείδια (πράσινος μαύρος –αιματίτης χρωμίου, πράσινος μαύρος –αιματίτης χρωμίου τροποποιημένος, οξείδιο σιδήρου χρωμίου) έχουν συντελεστής ανάκλασης NIR σημαντικά υψηλότερο από τις μη εκλεκτικές μαύρες χρωστικές ουσίες . Μερικές από αυτές τις χρωστικές, όπως ο πράσινος μαύρος –αιματίτης χρωμίου B06, εμφανίζεται πιο καφετής από μαύρος.

➤ Οργανικό εκλεκτικό Μαύρο

Στο οργανικό εκλεκτικό μαύρο ανήκουν οργανικές χρωστικές ουσίες με πολύ έντονη απορρόφηση στο ορατό και πολύ αδύναμη απορρόφηση στο κοντινό υπέρυθρο (NIR) αλλά και με αδύναμη διάχυση.

➤ Οξειδίο σιδήρου καφέ

Τα καφέ οξειδία σιδήρου (B13–B15) όπως η καμένη σιέννα και η ακατέργαστη σιέννα, παρουσιάζουν ισχυρή απορρόφηση σε ένα τμήμα του ορατού φάσματος και χαμηλή απορρόφηση στο κοντινό υπέρυθρο (NIR). Αυτά μπορούν να δημιουργήσουν τα αποτελεσματικά ψυχρά καφετιά επιστρώματα εάν δίνεται ένα άσπρο υπόβαθρο, αν και αυτό θα κάνει μερικές χρωστικές ουσίες να εμφανιστούν κοκκινωπές.

➤ Αλλά καφέ

Άλλες καφέ χρωστικές ουσίες (B16–B21) περιλαμβάνουν το καφέ σπινελίο τιτάνιο σιδήρου (Fe–Ti) και καφέ χρωμικό σίδηρο ψευδάργυρου. Αυτά τα ανάμεικτα οξειδία μετάλλων έχουν ισχυρή απορρόφηση στο περισσότερο ή σε όλο το ορατό φάσμα, και αδύναμη απορρόφηση και μέτρια διάχυση στο κοντινό υπέρυθρο (NIR). Τα ψυχρά καφέ Fe–Ti (B16–B18) έχουν σπινέλινα δομή κρυστάλλου και βασικό τύπο Fe_2TiO_4 . Παρά την παρουσία ιόντων σιδήρου, η υπέρυθρη απορρόφηση αυτού του υλικού είναι αδύνατη.

➤ Μπλε/πορφυρά

➤ Μπλε αργιλικών αλάτων κοβαλτίου, μπλε χρωμικού κοβαλτίου

Τα μπλε αργιλικών αλάτων κοβαλτίου και μπλε χρωμικού κοβαλτίου εμφανίζουν μέτρια διάχυση στο μπλε (400–500 nm) και ισχυρή απορρόφηση στο υπόλοιπο τμήμα του ορατού φάσματος. Έχουν πολύ χαμηλή απορρόφηση στο κοντινό υπέρυθρο (NIR), αλλά εξάγουν μια ανεπιθύμητη ζώνη απορρόφησης από τα 1200 έως τα 1600 nm, η οποία περιέχει 17% της ενέργειας του NIR. Ένα άσπρο υπόβαθρο αυξάνει εντυπωσιακά το συντελεστή ανάκλασης NIR αλλά σε μερικές χρωστικές ουσίες κάνει το χρώμα πολύ πιο ελαφρύ.

➤ Σίδηρο Μπλε

Το σίδηρο μπλε (U10) είναι μια χρωστική ουσία που αδυνατεί να προκαλέσει το φαινόμενο της διάχυσης και έχει ισχυρή απορρόφηση στο ορατό και στο κοντινό

υπέρυθρο (NIR), αλλά και αδύνατη απορρόφηση στα περισσότερά μήκη κύματος. Εμφανίζεται μαύρο και έχει μικρό συντελεστή ανάκλασης NIR πάνω από ένα μαύρο υπόβαθρο, αλλά φαίνεται μπλε και έχει μέτριο συντελεστή ανάκλασης NIR (0,25) πάνω από ένα λευκό υπόβαθρο. Το μπλε σιδήρου δεν είναι ιδανικό για την εφαρμογή ψυχρών επιστρωμάτων.

➤ Ουλτραμαρίνη Μπλε

Το ουλτραμαρίνη μπλε (U11), ένα σύνθετο πυριτικό άλας του νατρίου είναι μια χρωστική ουσία με αδυναμία στη διάχυση και με κάποια απορρόφηση στο κοντινό υπέρυθρο (NIR). Εάν χρησιμοποιηθεί φειδωλά, μπορεί να μεταδώσει την απορρόφηση στην κίτρινη φασματική περιοχή χωρίς να εισάγει μεγάλη ποσότητα απορρόφησης στο NIR. Το μπλε ουλτραμαρίνης είναι μια ανθεκτική ανόργανη χρωστική ουσία με κάποια ευαισθησία στο οξύ.

➤ Φθαλοκυανιδιο Μπλε

Το φθαλοκυανιδίο χαλκού μπλε (U12–U13) είναι μια χρωστική ουσία με αδυναμία στην διάχυση, με ισχυρή απορρόφηση στα 500 έως 800nm και αδύνατη απορρόφηση στο υπόλοιπο τμήμα του ορατού και του NIR. Το μπλε φθαλοκυανιδίου εμφανίζεται μαύρο και έχει ελάχιστο συντελεστή ανάκλασης NIR πάνω από ένα μαύρο υπόβαθρο, αλλά φαίνεται μπλε και επιτυγχάνει έναν υψηλό συντελεστή ανάκλασης NIR (0,63) πάνω από ένα άσπρο υπόβαθρο (U12).

➤ Πορφύρα Διοξειδίου

Η πορφύρα διοξειδίου (U14) είναι μια οργανική χρωστική ουσία οπτικά παρόμοια με το μπλε φθαλοκυανιδίου, αλλά ακόμα περισσότερο απορροφητική στο ορατό και λιγότερο απορροφητική στο κοντινό υπέρυθρο (NIR).

➤ Πράσινο

➤ Πράσινο οξείδιο χρωμίου , τροποποιημένο πράσινο οξείδιο χρωμίου.

Τα πράσινα οξείδια χρωμίου Cr_2O_3 (G01–G02) εξάγουν ισχυρή διάχυση που εναλλάσσεται με ισχυρή απορρόφηση στο ορατό φάσμα, και ισχυρή διάχυση και ήπια απορρόφηση στο NIR. Δεδομένου ότι η χρωστική ουσία είναι σχεδόν αδιαφανής στο ορατό, ένα λεπτό στρώμα από πράσινο οξείδιο χρωμίου πάνω από ένα άσπρο υπόβαθρο παράγει ένα μέσο πράσινο επίστρωμα με καλό συντελεστή ανάκλασης NIR

(0,57 για την παχιά ταινία 13mm G02). Το τροποποιημένο πράσινο οξείδιο χρωμίου (G03) είναι συνήθως οξείδιο χρωμίου, με μικρές ποσότητες οξειδίου σιδήρου, διοξειδίου τιτανίου, και οξειδίου αλουμινίου. Ένα στρώμα του τροποποιημένου πράσινου οξειδίου χρωμίου πάνω από ένα άσπρο υπόβαθρο παράγει ένα μέσο πράσινο με άριστο συντελεστή ανάκλασης NIR (0,71).

Το πράσινο οξείδιο χρωμίου Cr₂O₃ αναφέρεται συχνά ως υπέρυθη αντανακλαστική χρωστική ουσία και είναι χρήσιμη για την μίμηση του υψηλού υπέρυθρου συντελεστή ανάκλασης των φύλλων των φυτών.

➤ Χρωμικό κοβάλτιο Πράσινο

Το χρωμικό κοβάλτιο πράσινο (G04–G06) είναι παρόμοιο με το μπλε χρωμικού κοβαλτίου και χρησιμοποιείται συνήθως για στρατιωτική κάλυψη.

➤ Κοβάλτιο τιτανίου Πράσινο

Το πράσινο κοβάλτιο τιτανίου (G07–G09) είναι παρόμοιο με το πράσινο χρωμικού κοβαλτίου, αλλά έχει εντονότερη διάχυση σε ολόκληρο το ηλιακό φάσμα και μια έντονη απορρόφηση περίπου στα 500 nm. Ένα άσπρο υπόβαθρο κάνει το πράσινο κοβάλτιο G07 πολύ αντανακλαστικό στο NIR (0,73) αλλά και εμφανίζεται σαν ανοικτό μπλε. Τα αλλά δύο πράσινα κοβάλτια τιτανίου (G08,G09) έχουν συντελεστές ανάκλασης στο NIR (0,47 και 0,37) πάνω από λευκό και εμφανίζεται μέσο πράσινο.

➤ Φθαλοκυανίδιο Πράσινο

Το φθαλοκυανίδιο πράσινο (G10–G11) είναι παρόμοιο με το μπλε φθαλοκυανιδίου, αλλά απορροφά εντονότερα στο κοντινό υπέρυθρο (NIR).

➤ Κόκκινο/πορτοκάλι

➤ Οξείδιο σιδήρου Κόκκινο

Το οξείδιο σιδήρου κόκκινο (R01–R04) εμφανίζει αδύνατη διάχυση και πολύ ισχυρή απορρόφηση στη ζώνη των 400 έως 600nm. Ένα από τα κόκκινα οξείδια σιδήρου (R01) εμφανίζει μέτρια απορρόφηση στο κοντινό υπέρυθρο (NIR). Αυτή δεν είναι μια ψυχρή χρωστική ουσία. Εντούτοις, τα υπόλοιπα τρία κόκκινα οξείδια σιδήρου έχουν αδύναμη απορρόφηση στο NIR και παρουσιάζουν μια σκούρα κόκκινη εμφάνιση με καλό συντελεστή ανάκλασης NIR (0,53–0,67) πάνω από ένα άσπρο υπόβαθρο. Το R02

έχει πολύ ικανοποιητικό συντελεστή ανάκλασης NIR (0,38) και πάνω από μαύρο υπόβαθρο.

➤ Κάδμιο Πορτοκάλι

Το πορτοκάλι κάδμιο (R05) έχει αδύναμη διάχυση και πολύ ισχυρή απορρόφηση στην ζώνη των 400 έως 600 nm, που ακολουθείται από ισχυρή διάχυση και ουσιαστικά από μηδαμινή απορρόφηση στα περισσότερα μήκη κύματος. Εφαρμοσμένο πάνω από ένα άσπρο υπόβαθρο, εμφανίζεται φωτεινό πορτοκάλι και έχει πολύ υψηλό συντελεστή ανάκλασης NIR (0,87) ουσιαστικά όπως αυτός του λευκού υπόβαθρο.

➤ Οργανικό κόκκινο

Οι οργανικές κόκκινες χρωστικές ουσίες (R06–R09) έχουν αδύναμη διάχυση και ισχυρή (μερικές φορές πολύ ισχυρή) απορρόφηση πάνω από τα 600 nm, που ακολουθούνται από πολύ αδύναμη απορρόφηση και μέτρια έως αδύναμη διάχυση στα υπόλοιπα μήκη κύματος. Κατά συνέπεια παράγουν ένα μέσο κόκκινα χρώμα με πολύ υψηλό συντελεστή ανάκλασης NIR (0,83–0,87) όταν εφαρμόζεται πάνω από ένα άσπρο υπόβαθρο.

➤ Κίτρινο

➤ Οξείδιο σιδήρου Κίτρινο

Το κίτρινο οξείδιο σιδήρου FeOOH (Y01) είναι καφετί κίτρινο παρόμοιο με το κόκκινο οξειδίων σιδήρου. Αυτό εμφανίζεται μαυρισμένο και έχει υψηλό συντελεστή ανάκλασης NIR (0,70) όταν εφαρμόζεται πάνω από ένα λευκό υπόβαθρο.

➤ Κάδμιο Κίτρινο

Το κίτρινο καδμίου (Y02) είναι παρόμοιο με το πορτοκάλι καδμίου. Εμφανίζεται φωτεινό κίτρινο και έχει πολύ υψηλό συντελεστή ανάκλασης NIR (0,87) πάνω από λευκό.

➤ Χρώμιο Κίτρινο

Το κίτρινο χρωμίου PbCrO_4 (Y03) είναι οπτικά παρόμοιο με το κίτρινο καδμίου αλλά εξάγει μια πιο βαθμιαία μείωση της απορρόφησης. Εμφανίζεται φωτεινό κίτρινο και επιτυγχάνει υψηλό συντελεστή ανάκλασης NIR (0,83) πάνω από λευκό.

➤ Τιτάσιο χρωμίου Κίτρινο

Το κίτρινο τιτάσιο χρωμίου (Y04–Y07) είναι παρόμοιο με το κίτρινο χρωμίου, αλλά διαχέεται περισσότερο έντονα στο NIR. Η χρωστική αυτή ουσία μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί του λευκού διοξειδίου τιτανίου παράγοντας ένα υπόβαθρο υψηλού συντελεστή ανάκλασης NIR. Πάνω από ένα μαύρο υπόβαθρο, το κίτρινο τιτανίου χρωμίου εμφανίζεται καφετί-πράσινο και έχει μέτριο έως υψηλό συντελεστή ανάκλασης NIR (0,26–0,62). Πάνω από λευκό, εμφανίζεται πορτοκαλί-κίτρινο και έχει πολύ υψηλό συντελεστή ανάκλασης NIR (0,80–0,86).

➤ Κίτρινο τιτάσιο νικελίου

Το κίτρινο τιτάσιο νικελίου (Y08–Y11) είναι παρόμοιο με το κίτρινο τιτανίου χρωμίου. Πάνω από λευκό, εμφανίζεται ένα μουντό κίτρινο με πολύ υψηλό συντελεστή ανάκλασης NIR (0,77–0,87). Πάνω από μαύρο, εμφανίζεται κιτρινωπό πράσινο και επιτυγχάνει μέτριο έως υψηλό συντελεστή ανάκλασης NIR (0,22–0,64).

➤ Κίτρινο Χρωμικό άλας στροντίου + διοξείδιο τιτανίου

Το κίτρινο χρωμικό άλας στροντίου που αναμιγνύεται με το διοξείδιο τιτανίου (Y12) σε έναν εγχυτήρα χρωμάτων εμφανίζεται πρασινωπό καφετί πάνω από ένα μαύρο υπόβαθρο, και χλωμό κίτρινο πάνω από ένα άσπρο υπόβαθρο. Έχει πολύ χαμηλή απορρόφηση και ισχυρή διάχυση δίνοντας του έναν καλό συντελεστή ανάκλασης NIR πάνω από το μαύρο (0,38) και έναν πολύ υψηλό συντελεστή ανάκλασης NIR πάνω από το λευκό (0,86).

3.2 Μεγιστοποίηση του ηλιακού συντελεστή ανάκλασης μιας χρωματισμένης επιφάνειας

Το κλάσμα R της ηλιακής ακτινοβολίας στα μήκη κύματος μεταξύ λ_0 και λ_1 που απεικονίζεται από μια επιφάνεια είναι ο υπολογισμένος μέσος όρος ακτινοβολίας της φασματικής ανάκλασής του $r(\lambda)$. Δηλαδή

Εξίσωση 3.1

$$R_{\lambda_0 \rightarrow \lambda_1} = \left(\int_{\lambda_0}^{\lambda_1} r(\lambda) i(\lambda) d\lambda \right) / \int_{\lambda_0}^{\lambda_1} i(\lambda) d\lambda,$$

όπου $i(\lambda)$ είναι η ηλιακή φασματική ακτινοβολία. Οι μέσοι υπολογισμένοι συντελεστές ανάκλασης ακτινοβολίας περιλαμβάνουν, τον ηλιακό συντελεστή ανάκλασης S (0,3–2,5 μm), τον συντελεστή ανάκλασης υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) U (0.3–0.4 μm), τον συντελεστή ανάκλασης του ορατού V (0.4–0.7 μm) και τον συντελεστή ανάκλασης κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας (NIR) N (0.7–2.5 μm).

Προκύπτει από Εξ. (1) ότι ο ηλιακός συντελεστής ανάκλασης μιας επιφάνειας μπορεί να υπολογιστεί ως μέσος όρος του UV, του ορατού, και του συντελεστή ανάκλασης NIR. Η διανομή ηλιακής ενέργειας είναι (5% UV, 43% ορατό, και 52% NIR).

Εξίσωση 3.2

$$S = 0,05U + 0,43V + 0,52N$$

Η ισχυρή απορρόφηση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) από επιφάνεια-στρώματος χρωστικών ουσιών (π.χ. ρουτίλιο διοξειδίου τιτανίου χρώματος λευκό) είναι συνήθως επιθυμητή να αποτρέψει την βλάβη από υπεριώδες ακτινοβολία (UV) στα χαμηλότερα συστατικά του προϊόντος κατασκευής σκεπής, όπως το πρώτο στρώμα χρώματος σε ένα σύστημα επικάλυψης μετάλλων ή την ασφαλτο σε μια επιφάνεια από ασφαλτικά κεραμίδια. Ο υψηλός συντελεστής ανάκλασης UV θα ήταν ακόμα καλύτερος, αλλά είναι δύσκολο να επιτευχθεί με τις μη μεταλλικές επιφάνειες. Ως εκ τούτου, μεγιστοποιούμε τον ηλιακό συντελεστή ανάκλασης με την καθιέρωση των υψηλών συντελεστών ανάκλασης στο ορατό και στα φάσματα της κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας (NIR) που περιέχουν 95% της συναφούς ηλιακής ακτινοβολίας.

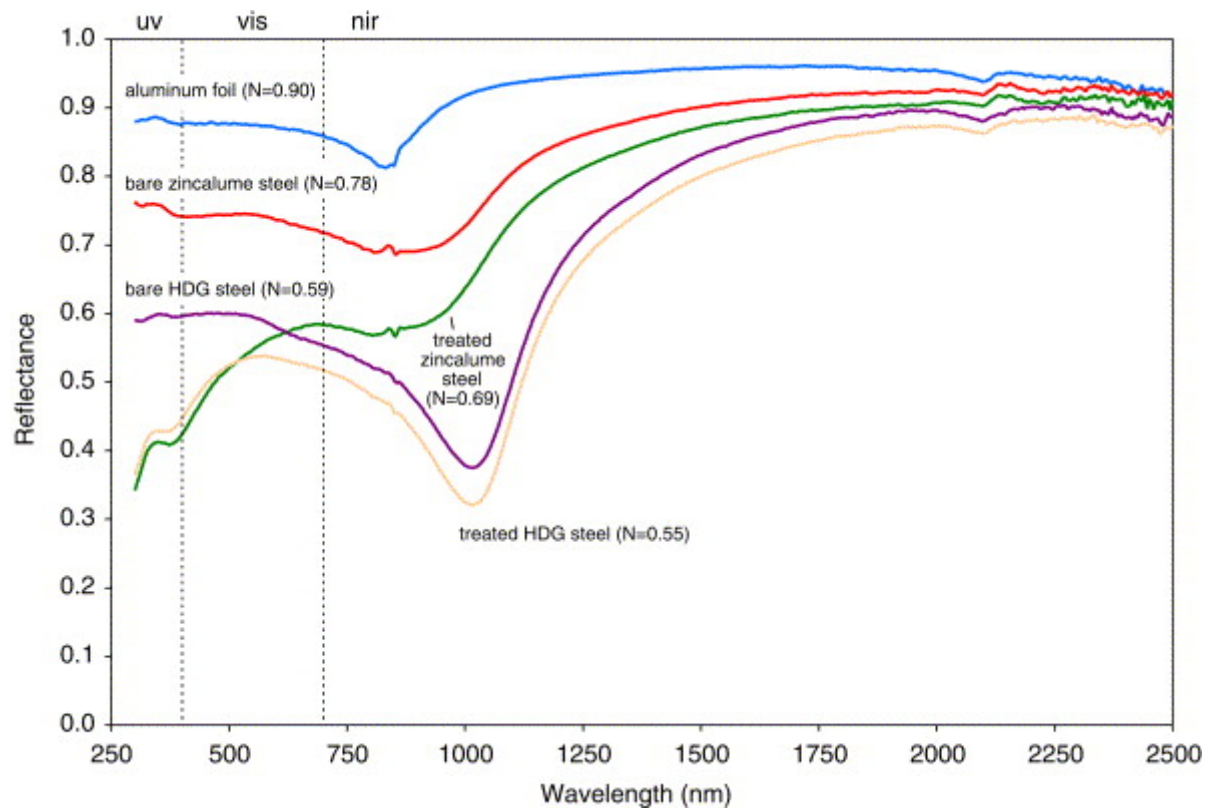
3.3 Δημιουργία μιας ψυχρής επιφάνειας με χρωματιστή επένδυση

Μια ψυχρή επιφάνεια με επένδυση ενός ιδιαίτερου χρώματος μπορεί να δημιουργηθεί με τη χρήση ενός μίγματος ψυχρών χρωστικών ουσιών στην επικάλυψη κορυφής. Δεν θα πρέπει να ρυθμιστεί το χρώμα με χρωστικές ουσίες που απορροφούν έντονα το φως σε ολόκληρο το ηλιακό φάσμα, όπως είναι ο μαύρος άνθρακας και τα μαύρα οξειδία σιδήρου. Ο συνυπολογισμός οποιοσδήποτε από αυτές τις απορροφητικές χρωστικές ουσίες στην επικάλυψη κορυφής ή στην επικάλυψη βάσης θα τείνει να καταστήσει την επένδυση επιφάνειας καυτή.

3.4 Εφαρμογή στα υλικά κατασκευής σκεπής κατοικίας

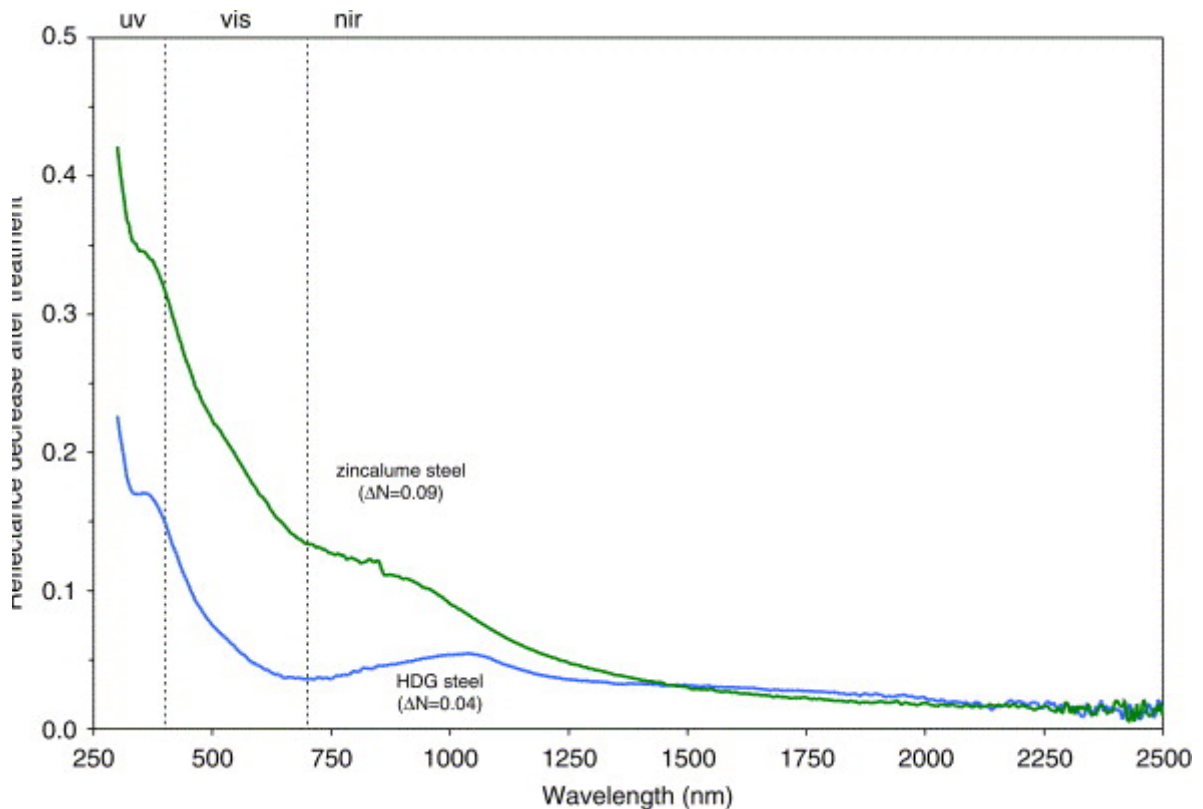
3.4.1. Μέταλλο

Τα γυμνά δείγματα του χάλυβα HDG (χάλυβας που επενδύεται με ψευδάργυρο) και του χάλυβα ZINCALUME (χάλυβας που επενδύεται με ένα κράμα αλουμινίου 55%, ψευδάργυρου 43,4%, και πυριτίου 1,6%) έχουν συντελεστές ανάκλασης κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας (NIR) που κυμαίνονται από περίπου 0,55 έως 0,80 (Σχέδιο 3.2). Υποθέτουμε ότι ο γυμνός χάλυβας ZINCALUME έχει $N = 0,80$ είναι αρκετά πιο αντανακλαστικός στην κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία (NIR) από τον γυμνό χάλυβα HDG με $N = 0,60$ επειδή το αλουμίνιο είναι πιο αντανακλαστικό από τον ψευδάργυρο. Η "προεπεξεργασία μετάλλων," δεδομένου ότι εμφανίζεται πριν από τον χρωματισμό, περιλαμβάνει τον καθαρισμό, την τραχύτητα, και την εφαρμογή ενός "στρώματος μετατροπής" για να βοηθήσει την δέσμευση του πρώτου στρώματος χρώματος στο μέταλλο. Η επεξεργασία μειώνει το συντελεστή ανάκλασης NIR του χάλυβα ZINCALUME κατά 0,10 ($N = 0,70$) περίπου και αυτό του χάλυβα HDG κατά 0,05 ($N = 0,55$) (3.2). Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι τα ψυχρά επιστρώματα στον επεξεργασμένο χάλυβα ZINCALUME θα τείνουν να αντανακλάσουν καλύτερα την ακτινοβολία NIR από εκείνα στον επεξεργασμένο χάλυβα HDG (N μέχρι 0,15 υψηλότερο).



Σχήμα 3.2

Στο σχήμα 3.2 παρατηρούμε τους συντελεστές ηλιακές φασματικές ανάκλασης και τους συντελεστές ανάκλασης NIR (N) για πέντε χωρίς επίστρωση, μεταλλικά υποστρώματα: φύλλο αλουμινίου, γυμνοί και επεξεργασμένοι χάλυβες ZINCALUME και γυμνοί και επεξεργασμένοι καυτοί γαλβάνιζε χάλυβες (HDG).



Σχήμα 3.3

Στο σχήμα 3.3 παρατηρούμε την μείωση της ηλιακής φασματικής ανάκλασης που προκαλείται από την επεξεργασία των χαλύβων ZINCALUME και του κατού γαλβανισμένου (HDG). Παρουσιάζεται επίσης η μείωση (ΔN) του συντελεστή ανάκλασης NIR.

Τα επιστρώματα μετατροπής είναι λεπτά (λιγότερο παχιά από $1\mu\text{m}$) και περιέχουν τις συνήθως διαφανείς, μη απορροφητικές ανόργανες ενώσεις φωσφορικού άλατος, και τα πολυμερή σώματα με δείκτη διάθλασης 1,5. Ένας πιθανός λόγος για τη μείωση του συντελεστή ανάκλασης που προκαλείται από την επεξεργασία είναι ότι το επίστρωμα μετατροπής μπορεί να ενεργήσει ως μη απορροφητικό αντί-αντανακλαστικό στρώμα. Ο συντελεστής ανάκλασης ενός επιστρώματος μετάλλου είναι μια λειτουργία της αναλογίας του πάχους επιστρώματος στο μήκος κύματος. Δεδομένου ότι αυτή η αναλογία πλησιάζει την τιμή μηδέν (0) η ταινία γίνεται πολύ λεπτή και το μήκος κύματος γίνεται πολύ μεγάλο. Παρατηρούμε στο σχέδιο 3.3 ότι η μείωση του συντελεστή ανάκλασης που προκαλείται από την επεξεργασία των δύο δειγμάτων χάλυβα μικραίνει γενικά με την αύξηση του μήκος κύματος.

3.4.2. Κεραμίδι αργίλου

Ο συντελεστής ανάκλασης NIR του γυμνού, φυσικού κόκκινου κεραμιδιού είναι 0,55 περίπου, ενώ αυτός των βερνικωμένων κεραμιδιών κυμαίνεται από 0,25 (κοκκινωπό καφέ) ως 0,75 (άσπρο μουντό κίτρινο). Μόνο δύο κεραμίδια (που βερνικώνονται με το κοκκινωπό καφέ και το μαύρο ανθρακί, αντίστοιχα) έχουν συντελεστές ανάκλασης NIR λιγότερο από 0,40 και μόνο τέσσερα κεραμίδια έχουν συντελεστές ανάκλασης NIR λιγότερο από 0,50.

Το κεραμίδι αργίλου αποτελείται χαρακτηριστικά από διάφανα κρυστάλλινα μόρια (μεγέθους 10 μm) με ανισότροπους δείκτες διάθλασης. Η διάδοση του φωτός μέσω του υλικού γίνεται με σκέδαση όταν περνά το φως μεταξύ δύο διαφορετικά προσανατολισμένων κρυστάλλων που παρουσιάζουν διαφορετικούς δείκτες διάθλασης. Το γυμνό άσπρο κεραμίδι έχει υψηλό συντελεστή ανάκλασης στο φάσμα NIR ($N = 0,85$), ενώ το γυμνό κόκκινο κεραμίδι περιέχει οξειδία σιδήρου (αιματίτης) και επομένως παρουσιάζει κάποια απορρόφηση στο NIR.

Ο υψηλός συντελεστής ανάκλασης NIR του γυμνού κόκκινου κεραμιδιού αργίλου και η δυνατότητα να εφαρμοστεί πυκνό βερνίκωμα ενισχύει την δημιουργία των αντανακλαστικών στο NIR βερνικωμένων κεραμιδιών αργίλου. Είναι δυνατό να αυξηθεί ελάχιστα ο συντελεστής ανάκλασης NIR ενός βαμμένου συστήματος κεραμιδιών με την εφαρμογή ενός βαμμένου επιστρώματος βάσης άσπρου, κιτρινωπού χρώματος, πριν την εφαρμογή του χρωματιστού επιστρώματος κορυφής. Εντούτοις, είναι το σημαντικότερο να αποφευχθεί η χρήση του μαύρου άνθρακα και άλλων απορροφητικών χρωστικών ουσιών στο NIR κατά την διαδικασία του βερνικώματος.

3.4.3. Σκυρόδετα Κεραμίδια

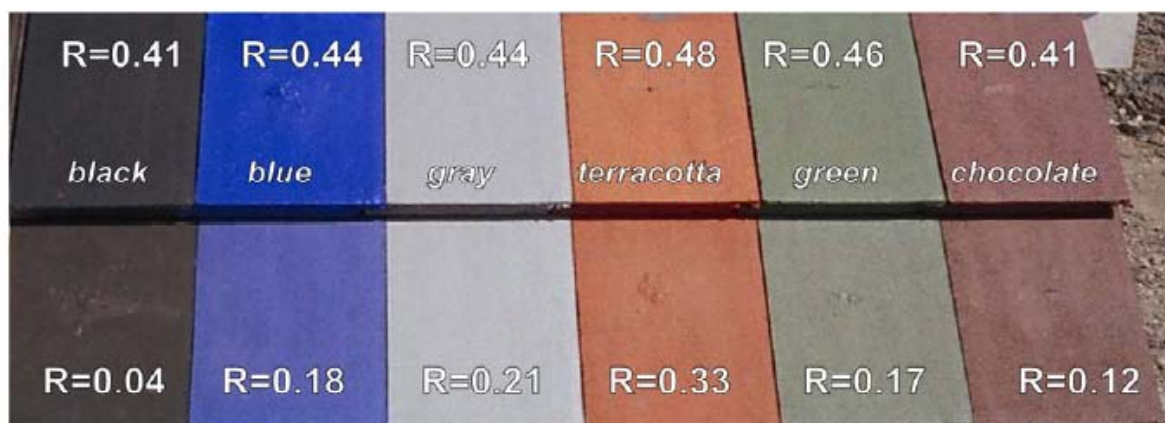
Το εθνικό εργαστήριο Lawrence Μπέρκλεϋ! (LBNL) συνεργάστηκε με έναν κατασκευαστή σκυρόδετων κεραμιδιών για επιστρώματα για να σχεδιάσει 25 ακρυλικά πρωτότυπα επιστρώματα με σκυρόδετα κεραμιδιά ($N = 0,15$). Διαιρούμε αυτά σε τέσσερα σύνολα: (α) έξι συμβατικά χρωματισμένα, επιστρώματα πάχους 100 μm που εφαρμόζονται άμεσα στο κεραμίδι (β) ένα σύνολο έξι ψυχρών χρωματισμένων επιστρωμάτων πάχους 100 μm που εφαρμόζονται επίσης άμεσα στο κεραμίδι (γ) τα ίδια έξι ψυχρά χρωματισμένα επιστρώματα που εφαρμόζονται σε ένα πάχος 50 μm πάνω από ένα ακρυλικό άσπρο επίστρωμα βάσης πάχους 100 μm ($N =$

[0.85](#)) και (δ) επτά "πειραματικά", επιστρώματα κορυφής πάχους 50–150μm που εφαρμόζονται πάνω από το άσπρο επίστρωμα βάσης.

Οι συντελεστές ανάκλασης NIR των έξι συμβατικών επιστρωμάτων κυμαίνονται από 0,05 έως 0,55, ενώ εκείνοι των ψυχρών επιστρωμάτων που εφαρμόστηκαν άμεσα στο κεραμίδι κυμαίνονται από 0,35 έως 0,60. Τα συμβατικά μπλε και όλα τα ψύχρα επιστρώματα εκτός από το μαύρο ($N = 0,35$) έχουν συντελεστές ανάκλασης NIR που υπερβαίνουν το 0,50.

Το άσπρο επίστρωμα βάσης ($N = 0,85$) αυξάνει τους συντελεστές ανάκλασης NIR των έξι ψυχρών επιστρωμάτων κατά λιγότερο από 0,05, προτείνεται η αρχική γραμμή ψυχρού επιστρώματος κορυφής που ήταν ουσιαστικά αδιαφανές στο NIR. Εντούτοις, μερικά από τα επτά πειραματικά επιστρώματα ήταν διαφανές στο NIR, και παρουσιάζουν δυνατότητα επίτευξης υψηλού συντελεστή ανάκλασης στο NIR όταν εφαρμόζονται πάνω από ένα άσπρο επίστρωμα βάσης.

Η εικόνα 3.3 παρουσιάζει επιστρώματα για στέγες από σκυρόδετα κεραμίδια. Τα διάφορα επιστρώματα παράγουν μια παλέτα ψυχρών χρωμάτων κάθε ένα με ηλιακό συντελεστή ανάκλασης που υπερβαίνει το 0,4.



Εικόνα 3.3.

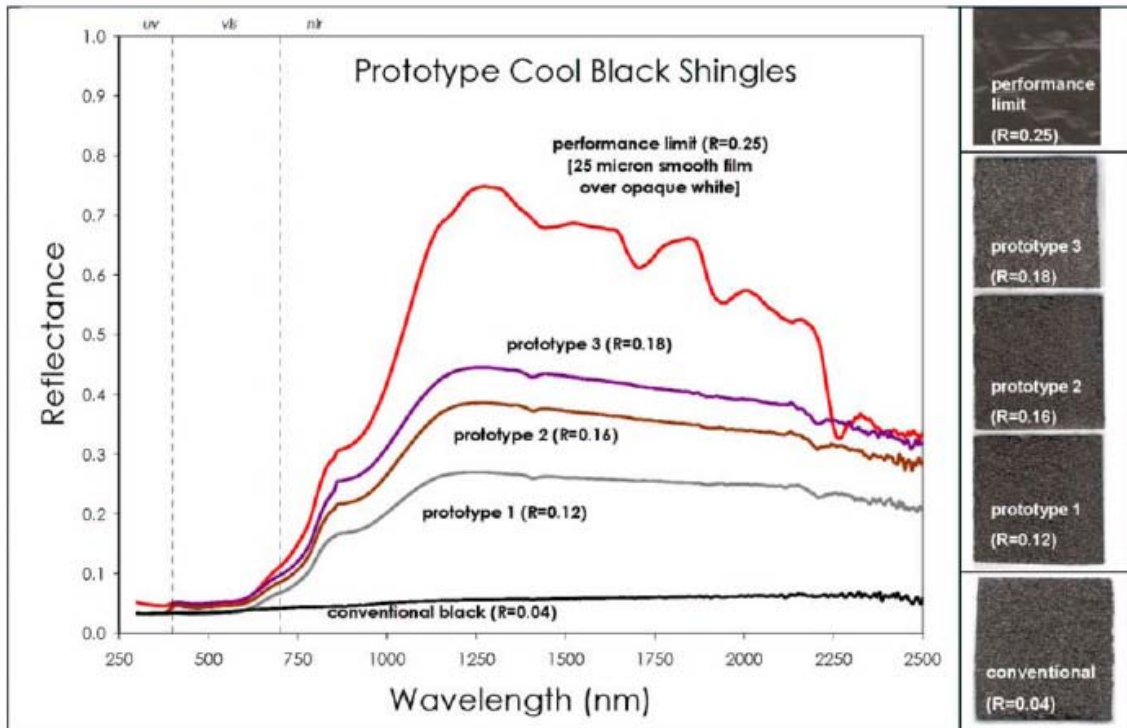
3.4.4. Ασφαλτικά Κεραμίδια

Ο συντελεστής ανάκλασης NIR ενός ασφαλτικού κεραμιδιού καθορίζεται από αυτόν του στρώματος κόκκων του. Ο συντελεστής ανάκλασης NIR του στρώματος κόκκων περιορίζεται από (α) τον χαμηλό συντελεστή ανάκλασης NIR των χαρακτηριστικών κόκκων γκρίζου βράχου (περίπου 0,10–0.15) και (β) το χαμηλό μέσο πάχος ενός χαρακτηριστικού επιστρώματος κόκκων (περίπου 5 –10 μm).

Ο ηλιακός συντελεστής ανάκλασης ενός νέου ασφαλτικού κεραμιδιού εξαρτάται από τον ηλιακό συντελεστή ανάκλασης των κόκκων του, δεδομένου ότι, η επιφάνεια ενός βότσαλου ασφαλτικού κεραμιδιού καλύπτεται καλά με τους κόκκους. Ως εκ τούτου, εστιάζουμε στην παραγωγή των ψυχρών κόκκων. Υπάρχουν δύο τρόποι να αυξηθεί ο ηλιακός συντελεστής ανάκλασης των κόκκων: κατασκευή των κόκκων από ιδιαίτερα αντανακλαστικές (π.χ., άσπρες) πέτρες, ή καλύπτοντας τους κόκκους με αντανακλαστικές χρωστικές ουσίες. Η χρήση της φυσικής άσπρης πέτρας περιορίζεται από την τοπική διαθεσιμότητα των κατάλληλων βράχων, οι οποίοι συχνά δεν βρίσκονται στα μεγάλα λατομεία. Ως εκ τούτου, οι κατασκευαστές χρωματίζουν συνήθως τους κόκκους.

Μέχρι σήμερα, ο τρόπος να παραχθούν κόκκοι με υψηλό ηλιακό συντελεστή ανάκλασης ήταν να χρησιμοποιηθεί μια άσπρη χρωστική ουσία ρουτίλιου διοξειδίου τιτανίου (TiO_2). Δεδομένου ότι ένα λεπτό στρώμα μιας τέτοιας χρωστικής ουσίας είναι αντανακλαστικό αλλά μη αδιαφανές, τα πολλαπλάσια στρώματα απαιτούνται για έναν επιθυμητό ηλιακό συντελεστή ανάκλασης. Αυτή η τεχνική έχει χρησιμοποιηθεί για να παράγει τα κοκκοποιημένα βότσαλα "εξάιρετου-λευκού" με τον ηλιακό συντελεστή ανάκλασης που υπερβαίνει το 0,5. Κατασκευαστές έχουν προσπαθήσει επίσης να παράγουν χρωματισμένους κόκκους με υψηλό ηλιακό συντελεστή ανάκλασης με τη χρήση χρωστικών ουσιών με υψηλό συντελεστή ανάκλασης στο κοντινό υπέρυθρο (NIR). Εντούτοις, όπως το άσπρο του διοξειδίου του τιτανίου (A_2), οι ψυχρές χρωστικές ουσίες είναι επίσης εν μέρει διαφανείς στο κοντινό υπέρυθρο (NIR). Για να αυξήσουν τον ηλιακό συντελεστή ανάκλασης των χρωματισμένων κόκκων με τις ψυχρές χρωστικές ουσίες, πρέπει να χρησιμοποιηθούν πολλαπλάσια αντανακλαστικά στρώματα χρώματος. Προφανώς, κάθε πρόσθετο επίστρωμα αυξάνει το κόστος παραγωγής.

Το σχέδιο 3.4 επεξηγεί την ανάπτυξη ενός ασφαλικού βότσαλου που χρωματίζεται με μια ανόργανη ψυχρή μαύρη χρωστική ουσία. Οι κόκκοι σε ένα συμβατικό βότσαλο είναι χρωματισμένοι με μαύρο άνθρακα, μια καυτή μαύρη χρωστική ουσία με ισχυρή απορρόφηση σε ολόκληρο το ηλιακό φάσμα και δεν έχουν κανένα επίστρωμα βάσης. Στο πρωτότυπο 1, το μαύρο του άνθρακα αντικαθίσταται από μια ψυχρή ανόργανη μαύρη χρωστική ουσία, ο συντελεστής ανάκλασης NIR αυξάνεται από 0,05 έως 0,19 και ο ηλιακός συντελεστής ανάκλασης από 0,04 έως 0,12, στο πρωτότυπο 2 προστίθεται ένα λεπτό άσπρο επίστρωμα βάσης ένα στρώμα λευκού διοξειδίου τιτανίου (A_2) κάτω από το ψυχρό ανόργανο μαύρο επίστρωμα κορυφής, ο ηλιακός συντελεστής ανάκλασής αυξάνεται σε 0,16 και ο συντελεστής ανάκλασης στο NIR αυξάνεται σε 0,26, στο πρωτότυπο 3 αντικαθιστάται το λεπτό άσπρο επίστρωμα βάσης με ένα παχύ άσπρο επίστρωμα βάσης, που αυξάνει τον συντελεστή στο NIR σε 0,30 και τον ηλιακό συντελεστή ανάκλασης σε 0,18. Η κορυφαία καμπύλη αντιστοιχεί σε μια ομαλή, παχιά ταινία PVDF 25 μ m ($N = 0,43$, $S = 0,25$) που χρωματίζεται με ψυχρή ανόργανη μαύρη χρωστική ουσία και που εφαρμόζεται σε ένα αδιαφανές άσπρο υπόβαθρο. ($N = 0,85$).



Σχήμα 3.4

3.5 Ψυχρές οροφές ή μόνωση οροφών

Οι ψυχρές οροφές μένουν δροσερές στον ήλιο μειώνοντας την εισροή της θερμότητας από την οροφή, μέσα στον κτιριακό χώρο. Αυτό μπορεί να μειώσει την ανάγκη για ενεργειακή ψύξης το καλοκαίρι και να αυξήσει την ενέργεια θέρμανσης το χειμώνα. Οι τιμές ενέργειας θέρμανσης σε σχέση με αυτές τις ψύξεις είναι συνήθως χαμηλότερες γιατί τον χειμώνα η ηλιοφάνεια είναι περιορισμένη, η διάρκεια της μέρας μικρότερη, ο ουρανός είναι συνήθως νεφελώδης και οι απαιτήσεις θέρμανσης είναι εντονότερες συνήθως το βράδυ.

Η μόνωση της οροφής επίσης εμποδίζει την εισροή ζέστης στο κτίριο επιβραδύνοντας τόσο την αύξηση της θερμότητας του κτιρίου όταν η οροφή είναι πιο ζεστή, σε σχέση με τον εσωτερικό αέρα και την ψύξη όταν η οροφή είναι ψυχρότερη από τον εσωτερικό αέρα. Μπορεί επίσης να αναπτυχθεί μια ισορροπία (ενεργειακή ουδετερότητα) μεταξύ της ηλιακής αντανακλαστικότητας της οροφής και θερμικής αντίστασης της μόνωσης.

3.6 Συντήρηση

Ο συντελεστής ανάκλασης στεγών μπορεί να αλλάξει κατά τη διάρκεια του χρόνου από τη γήρανση, τις καιρικές συνθήκες και την ακαθαρσία. Ο σωστός καθαρισμός μπορεί να μετριάσει τα αποτελέσματα της ακαθαρσίας.

Σε μια μελέτη που έλεγξε τα αποτελέσματα της γήρανσης και των καιρικών συνθηκών σε 10 στέγες της Καλιφόρνιας διαπιστώθηκε ότι ο συντελεστής ανάκλασης των ψυχρών υλικών μπορεί να μειωθεί κατά τουλάχιστον 0,15 συνήθως μέσα στο πρώτο έτος. Μια τρέχουσα μελέτη του εθνικού εργαστηρίου Lawrence Μπέρκλεϋ (LBNL) έχει βρει παρόμοιες υποβαθμίσεις του συντελεστή ανάκλασης για στέγες από μεμβράνες σε περιοχές γύρω από τις Ηνωμένες Πολιτείες. Μόλις καθαρίστηκαν οι μεμβράνες, οι συντελεστές ανάκλασής τους, πλησίασαν κατά πολύ τους συντελεστές των καινούριων υλικών κατασκευής σκεπής.

Οι ερευνητές του εθνικού εργαστηρίου Lawrence Μπέρκλεϋ (LBNL) προτείνουν ότι συντελεστής ηλικίας του ηλιακού συντελεστή ανάκλασης μιας στέγης μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

Εξίσωση 3.3

$$\rho_{\etaλικιας} = \rho_0 + C(\rho_{\alphaρχικο} - \rho_0)$$

όπου σταθερές $\rho_0 = 0,2$ και $c = 0,7$.

Δηλαδή η αλλαγή στο συντελεστή ανάκλασης με τη γήρανση διαμορφώνεται ως εξής: μείωση 30% της διαφοράς μεταξύ του αρχικού συντελεστή ανάκλασης και μιας τιμής 0,2.

4. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η αύξηση της χρήσης υλικών με υψηλό συντελεστή ανάκλασης στα κτίρια, αναμένεται να μειώσει σημαντικά την ενεργειακή χρήση ψύξης. Σε παλαιότερες μελέτες έχουν μετρηθεί η ημερήσια εξοικονόμηση ενέργειας κλιματισμού και η μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων από την χρήση ψυχρών υλικών σε οροφές μη

κατοικημένων κτιρίων ορισμένων θερμών κλιμάτων, συμπεριλαμβανομένων της Καλιφόρνιας, της Φλόριντα και του Τέξας. Τα ψυχρά υλικά αποφέρουν μείωση από 10 έως 30 % κατά την διάρκεια του καλοκαιριού. Πίνακας 4.1. Για παράδειγμα:

- Η μέτρηση Konopacki et al (1998) έδειξε καλοκαιρινές μετρήσεις εξοικονόμησης ενέργειας κλιματισμού από 67,39 και 4 Wh/m² για 3 μη κατοικημένα κτίρια της Καλιφόρνια: δυο ιατρεία στο Davis και το Gilroy και ένα κατάστημα λιανικής πώλησης στο San Jose. Παίρνοντας ως δεδομένο την τιμή ανακλαστικότητας το 0,55 οι ετήσιες εκτιμήσεις της εξοικονόμησης κλιματισμού ήταν 6,4, 3,7 και 0,6 Kwh/m² (16,11 και 2 %) ενώ οι ενεργειακές απαιτήσεις μειώθηκαν στις 3,3, 2,4 και 1,6 W/m². (12,8 και 9 %)
- Οι μετρήσεις Hildebrandt et al (1998) έδειξαν 23,44 και 25 Wh/m² (17,26 και 39 %) σε ένα γραφείο, ένα μουσείο και έναν ξενώνα στο Σακραμέντο. Οι ετήσιες τιμές εξοικονόμησης ενέργειας των κλιματιστικών (ημερήσια εξοικονόμηση επί αριθμός ημερών ψύξης ετησίως) ήταν 1,3 , 2,6 και 2,1 Kwh/m² παίρνοντας ως δεδομένο την τιμή 0,55 που είναι η ηλιακή ανακλαστικότητα μιας παλιάς οροφής.
- Στην μέτρηση Parker et al (1998) οι τιμές εξοικονόμησης ήταν 44 Wh/m² (25 %) και η μέγιστη κατανάλωση στα 6 W/m² (30 % μείωση) για ένα σχολικό κτίριο στη Φλόριντα. Οι τιμές ετήσιας εξοικονόμησης κλιματισμού ήταν 4,7 Kwh/m² με 0,55 ηλιακή ανακλαστικότητα.
- Στην μέτρηση Parker et al (1997), η ετήσια θερινή ενεργειακή εξοικονόμηση ήταν 81 Wh/m² (25 %) και η μέγιστη κατανάλωση στα 6,4 W/m² (29 % μείωση) σε επτά καταστήματα λιανικής πώλησης σε ένα εμπορικό κέντρο της Φλόριντα. Οι υπολογισμένες ετήσιες τιμές εξοικονόμησης κλιματισμού ήταν 7,5 Kwh/m², θεωρώντας πως το πέρασμα του χρόνου μειώνει τον συντελεστή ηλιακής ανακλαστικότητας κατά 0,15.

Πίνακας 4.1.

Εξοικονόμηση ενέργειας ψυχρών υλικών οροφής σε τέσσερα μη κατοικημένα κτίρια στην Καλιφόρνια.

	Ιατρείο Davis	Ιατρείο Gilroy	Κατάστημα Λ. πωλ. San Jose	Γραφείο Sacramento
Περιοχή m2	2950	2210	3060	2290
Τύπος	Σύνθετος	Σύνθετος	Σύνθετος	Τετράφυλλο με
Υλικό	Γκρι ασφαλτικοί κόκκοι	Γκρι ασφαλτικοί κόκκοι	Καστανοκίτρινοι ασφαλτικοί κόκκοι	Γκρι ασφαλτικοί κόκκοι
Μόνωση	1,4 (R-8 συμπαγές)	3,4 (R-19 υαλοϊνες)	Ηλιακό φράγμα	3,4 (R-19)
Δομή	Μεταλλικό	Ξύλινο	Ξύλινο	Μεταλλικό
Είδος Διάκενου	Διάκενο επαναφοράς	Διάκενο εξαερισμού	Διάκενο εξαερισμού	Διάκενο επαναφοράς
Είδος ταβανιού	Κεραμιδιά	Κεραμιδιά	Κεραμιδιά	Κεραμιδιά
Κατάσταση πριν την επίστρωση	25 % απώλεια κόκκων και άφρισμα	25 % απώλεια κόκκων και ράγισμα	25 % απώλεια κόκκων και ράγισμα	25 % απώλεια κόκκων και άφρισμα
Ηλιακή ανακλαστικότητα προ επίστρωσης	0,24	0,25	0,16	0,24
Ηλιακή ανακλαστικότητα 1 χρόνο μετά την επίστρωση	0,60	0,60	0,60	0,60

Μόνωση	χωρίς	0,81 (R-4,6)	0,35 (R-2)	Χωρίς
Θέση	Κλιματιζόμενος χώρος	Διάκενο	Διάκενο	Κλιματιζόμενος χώρος

Εξοικονόμηση ημερήσιου εν. κλιματισμού (Wh/m2/ημέρα)	67 (18 %)	39 (13%)	4 (2 %)	23 (17 %)
Ημέρες ψύξης ανά έτος	110	110	165	165
Μειωμένη ετήσια εξοικονόμηση ενεργείας κλιματισμού (Kwh/m2)	6,4	3,7	0,6	1,3
Μειωμένη απαίτηση σε ώρες αιχμής (W/m2)	3,3	2,4	1,6	n/a

Το ποσό εξοικονόμησης ενέργειας συσχετίστηκε αντιστρόφως με το ποσό ανώτατης μόνωσης. Μεγάλη αποταμίευση ενέργειας έχουν τα κακώς μονωμένα σπίτια , ενώ μικρότερη αποταμίευση έχουν τα καλά-μονωμένα σπίτια.

Οι προσομοιώσεις μας δείχνουν ότι αυξάνοντας των συντελεστή ανάκλασης της στέγης σε ένα χαρακτηριστικό σπίτι στο Σακραμέντο, Καλιφόρνια, πρέπει να οδηγήσει σε άμεση εξοικονόμηση ενέργειας ψύξης 10 ως 20 %. Εντούτοις, ενώ οι προσομοιώσεις βοηθούν στον υπολογισμό της εξοικονόμησης ενέργειας, παραμελούν σημαντικά στοιχεία όπως την πραγματική λειτουργία της οικοδόμησης και τις παραλλαγές του κλίματος σε τοπική κλίμακα

Κατά συνέπεια, έχουν πραγματοποιηθεί υπαίθρια πειράματα για την μέτρηση της πραγματικής αποταμίευσης και τον προσδιορισμό των απρόβλεπτων προβλημάτων, από ένα πρόγραμμα που σχεδιάστηκε από την δημοτική Περιοχή ωφέλειας του Σακραμέντο (SMUD) και το εργαστήριο Lawrence Μπέρκλεϋ (LBL). Μετρήθηκε λοιπόν η εξοικονόμηση ενέργειας ψύξης σε μερικά κτήρια και έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων προσομοίωσης με ελεγχόμενά στοιχεία. Ο σχεδιασμός προγράμματος, η συλλογή δεδομένων, και η ανάλυση στοιχείων εκτελέστηκε από το LBL, ενώ στο SMUD εγκαταστάθηκε ο εξοπλισμός ελέγχου.

4.1 Πειραματική επεξεργασία σχεδίου και δεδομένων

Πίνακας 4.2

Χαρακτηριστικά περιοχών και κτιρίων

	Περιοχή A (Σπίτι)	Περιοχή B (Σχολείο)
Χαρακτηριστικά περιοχών		
Βλάστηση περιοχής	Πυκνή	Χαμηλή
Γειτονική βλάστηση	Μέτρια- πυκνή	Χαμηλή
Συντελεστής ανάκλασης	Χαμηλός	Μέτριος-Χαμηλός
Γειτονικός συν. ανάκλασης	Μέτριος- υψηλός	Μέτριος

Περιγραφή κτιρίων		
Πατώματα (m ²)	170	89
Μήκος Περιμέτρου (m)	61	39
Ύψος τοίχων (m)	2,4	3
Ηλικία (χρόνια)	29	2
Αριθμός ορόφων	1	1
Υλικό οροφής	Σύνθετο	Κυματοειδές μέταλλο
Συν. ανάκλασης οροφής	0,18 ασημί	0,34 μουντό άσπρο
Μόνωση στέγης (m ² C/W)	1,94	3,34
Υλικό τοίχων	Κοντραπλακέ	Κοντραπλακέ
Συν. ανάκλασης τοίχων	0,30	0,30
Εσωτερικό φορτίο (Kwh/d)	9,1	19,9
Κλιματιστικό	Κεντρικό 43,4 MJ/h	Αντλία θερμότητας 36,5 MJ/h
Ροή αέρα (m ³ /s-1)	0,5	0,83
Ρύθμιση θερμοκρασίας		
Θέρμανση (C)	20	Μη διαθέσιμο
Ψύξη (C)	26,7	Από 21 έως 26

Επιλέχθηκε ένα σπίτι (A) και δύο σχολικά μπανγκαλόου (B 1, B2) για αυτό το πείραμα. Προδιαγραφές για αυτά τα κτήρια δίνονται στον πίνακα 4.2. Για κάθε κτίριο, μετρήθηκαν τα χαρακτηριστικά από τα κτήρια και τα περίχωρα (βλ. τον πίνακα 4.2) και έγιναν μετρήσεις του μικροκλίματος και της χρήσης ενέργειας. Οι μετρήσεις των κτιρίων A, B1 και B2 συμπεριλαμβάνουν χρήση ηλεκτρικής ενέργειας κλιματιστικών, θερμοκρασίες στέγης και ανώτατης επιφάνειας, εσωτερικές και εξωτερικές

θερμοκρασίες επιφάνειας τοίχων, θερμοκρασίες αέρα, θερμοκρασία εσωτερικού αέρα και υγρασία. Επιπλέον, μετρήσεις μικροκλίματος, ταχύτητας και κατεύθυνσης του αέρα, θερμοκρασία υπαίθριου αέρα και υγρασίας, και οριζόντιος έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία. Οι μετρήσεις επαναλαμβάνονταν κάθε 20 λεπτά με τους αυτοματοποιημένους αισθητήρες.

4.2 Εξοικονόμηση ενέργειας για την τοποθεσία Α

Στο σπίτι, στην τοποθεσία Α εγκαταστάθηκε το όργανο παρακολούθησης και ελέγχου το, 1991 για 20 ημέρες (21 Αυγούστου έως τις 10 Σεπτεμβρίου), με συντελεστή ανάκλασης στεγών 0,18. Στις 11 Σεπτεμβρίου του 1991, επικαλύφθηκε η στέγη με ένα επίστρωμα υψηλού συντελεστή ανάκλασης που αύξησε τον συντελεστή ανάκλασης της στέγης σε 0,79 και συνεχίστηκε ο έλεγχος του σπιτιού σε αυτές τις ρυθμίσεις μέχρι τις 20 Οκτωβρίου του 1991. Το 1992, πλύθηκε η στέγη, η οποία είχε το έτος αυτό συντελεστή ανάκλασης περίπου 0,60, για να αποκατασταθεί ο συντελεστής ανάκλασης σε 0,73. Συνεχίστηκαν να ελέγχονται τα αποτελέσματα της άσπρης στέγης το καλοκαίρι του 1992 (8 Ιουνίου έως 15 Οκτωβρίου). Στον πίνακα 4.3 συνοψίζονται οι διαφορετικές περιόδους ελέγχου.

Κατά τη διάρκεια της περιόδου χαμηλού συντελεστή ανάκλασης το 1991, υπήρξαν τέσσερις ημέρες με απώλεια στοιχείων και δύο ημέρες με ελλιπής κάλυψη. Κατά τη διάρκεια της περιόδου υψηλού συντελεστή ανάκλασης του 1991, λήφθηκαν πλήρεις στοιχεία για 26 ημέρες.

Η εποχή ελέγχου του 1992 ήταν 130 ημέρες, από τις 8 Ιούνιο έως τις 15 Οκτωβρίου. Δεκαεννέα από αυτές τις ημέρες αποκλείστηκαν από τις αναλύσεις λόγω των μερικών ελλιπείς στοιχείων. Από τις 130 οι 111 ημέρες έδωσαν πλήρη στοιχεία κατάλληλα για ανάλυση, μια ουσιαστική βελτίωση από το ποσοστό στοιχείων που συλλέχθηκαν το 1991.

Για τον καθορισμό της εξοικονόμησης ενέργειας ψύξης, έγινε σύγκριση των στοιχείων για τον υψηλό και τον χαμηλό συντελεστή ανάκλασης της ημερήσιας ενεργειακής χρήσης ψύξης και της ημερήσιας μέσης θερμοκρασίας. Αυτή η σύγκριση έχει παρουσιαστεί στο διάγραμμα 4.1. Τα τετράγωνα αντιπροσωπεύουν τα στοιχεία που συλλέχθηκαν όταν ο συντελεστής ανάκλασης στεγών ήταν 0,18. Τα σημεία που χαρακτηρίζονται από έναν σταυρό αντιπροσωπεύουν τις μετρήσεις κατά τη διάρκεια

το 1991, περίοδος υψηλού συντελεστή ανάκλασης. Από αυτά τα σημεία αποκλήθηκαν εξ ολοκλήρου τα στοιχεία για τις ημέρες με τις μέσες θερμοκρασίες κάτω από 24°C. Οι κύκλοι αντιπροσωπεύουν τα στοιχεία που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της εποχής ελέγχου του 1992, όταν ο συντελεστής ανάκλασης στεγών ήταν 0,73. Για μερικές από αυτές τις ημέρες, η μέση ημερήσια θερμοκρασία αυξήθηκε πάνω από 25°C

Πίνακας 4.3

Χρόνος	Ημέρες	Συν. ανάκλασης στεγών	Ημέρες ελέγχου	Ημέρες κατάλληλες για ανάλυση
1991	8/21/91-9/10/91	0,18 (χαμηλός)	20	13
1991	9/11/91-10/20/91	0,77 (υψηλός)	36	26
1992	6/8/92-10/15/92	0,73 (υψηλός)	130	111

Πίνακας 4.4

Περίοδοι μετρήσεις	Αρ. Ημερών	Χρήση ενέργειας ψύξης (Kwh)		Ημερήσια εξοικονόμηση	Εξοικονόμηση %
		Χαμηλός συν. ανάκλασης	Υψηλός συν. Ανάκλασης		
1991 χαμηλό	9	37,1	16 +-1,1	2,3 +- 0,1	57 +- 3
1992 υψηλό	55	173 +- 7	53,5	2,2 +- 0,1	69+- 2

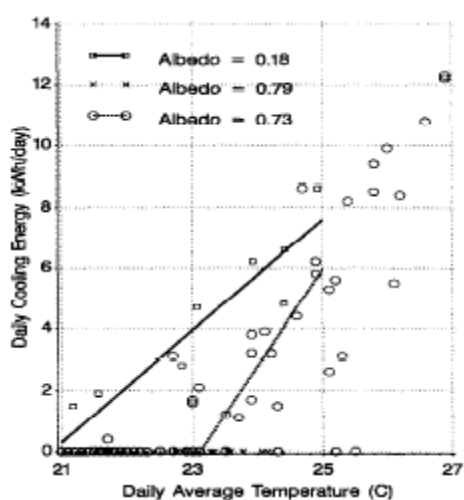
Η στερεά γραμμή παρουσιάζει στα τελευταία τετράγωνα γραμμικότητα στα στοιχεία χαμηλού συντελεστή ανάκλασης. Για τα στοιχεία υψηλού συντελεστή ανάκλασης, γραμμικότητα υπάρχει σε όλα τα σημεία με ημερήσια μέση θερμοκρασία μεταξύ 23 και 25°C. Σε ημέρες με μέση ημερήσια θερμοκρασία κάτω από 23°C υποτίθεται ότι δεν χρησιμοποιήθηκε καθόλου ενέργεια ψύξης σε περίοδο υψηλού συντελεστή ανάκλασης.

Χρησιμοποιήθηκαν γραμμικές προσεγγίσεις ως εμπειρικό πρότυπο για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης ενέργειας. Παραδείγματος χάριν, για κάθε ημέρα με χαμηλό συντελεστή ανάκλασης, έγινε σύγκριση της μετρούμενης χρήσης ενεργειακής ψύξης

με αυτήν που προβλέπεται για μια παρόμοια ημέρα σε περίοδο υψηλού συντελεστή ανάκλασης.

Το λάθος σε μια τέτοια πρόβλεψη υπολογίστηκε ως λάθος προβλέψιμης μεμονωμένης τιμής, εκτός από την πρόβλεψη της μη χρήσης κλιματισμού, για την οποία το λάθος υπολογίστηκε

μηδέν. Ο πίνακας 4.4 παρουσιάζει εκτιμήσεις της εξοικονόμησης ενέργειας κατά την διάρκεια των περιόδων υψηλού και χαμηλού συντελεστή ανάκλασης. Οι εκτιμήσεις αυτές δεν περιλαμβάνουν τις ημέρες με μέσες θερμοκρασίες επάνω από 25°C.



Διάγραμμα 4.1.

4.2.1 Αλλαγές στις μορφές φορτίων και μείωση της μέγιστης ισχύος

Για την σύγκριση της μέσης τιμής μορφής φορτίων των περιόδων υψηλού και χαμηλού συντελεστή ανάκλασης, επιλέχθηκαν όλες οι ημέρες με μέση ημερήσια θερμοκρασία μεταξύ 21,6 και 25°C και για τις δυο περιόδους, χαμηλού και υψηλού συντελεστή ανάκλασης του 1992. Μόνο οι ημέρες με την ενεργειακή χρήση ψύξης περιλαμβάνονταν, έτσι ώστε οι μορφές φορτίων να απεικονίσουν τις διαφορές των ψυχρών φορτίων του κτηρίου. Τελικά, έξι πλήρεις ημέρες εξετάστηκαν για την περίοδο χαμηλού συντελεστή ανάκλασης και δεκαεφτά για την περίοδο υψηλού συντελεστή ανάκλασης. Η ενεργειακή χρήση ψύξης υπολογίστηκε

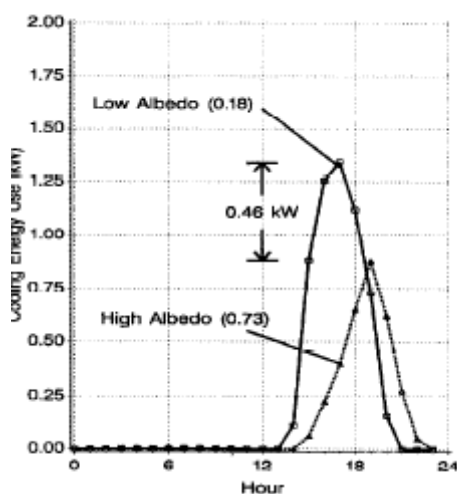
σε ωριαία βάση και η χρήση για κάθε ώρα υπολογίστηκε κατά μέσο όρο για όλες τις

διαθέσιμες ημέρες.

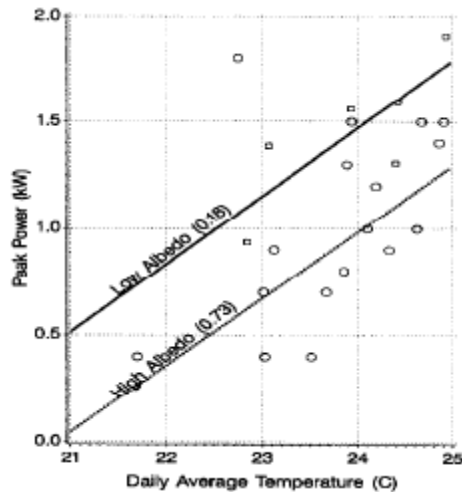
Η προκύπτουσα σύγκριση παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4.2. Το ψυχρό φορτίο μειώνεται σαφώς από το επίστρωμα υψηλού συντελεστή ανάκλασης, και οι ώρες αιχμής καθυστερούν μέχρι δύο ώρες. Αυτή η καθυστέρηση είναι αναμενόμενη δεδομένου ότι για ένα κτήριο χαμηλού συντελεστή ανάκλασης, τα κέρδη ηλιακής θερμότητας είναι υψηλά, και τα ψύχρα φορτία φθάνουν στο μέγιστό τους κοντά στο ηλιακό μεσημέρι.

Για ένα κτήριο υψηλού συντελεστή ανάκλασης, τα κέρδη ηλιακής θερμότητας είναι ουσιαστικά μειωμένα, και τα ψύχρα φορτία επηρεάζονται περισσότερο από την εξωτερική θερμοκρασία, η οποία αυξάνεται μερικές ώρες αργότερα.

Για την μέτρηση της μείωσης της ημερήσιας μέγιστης ενέργειας, χρησιμοποιήθηκαν μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες για την σύγκριση των στοιχείων χαμηλού και υψηλού συντελεστή ανάκλασης. Πάλι, εξετάστηκε ένα υποσύνολο των συνολικών στοιχείων, συμπεριλαμβανόμενων μόνο εκείνων των ημερών με την ενεργειακή χρήση ψύξης και με μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες μεταξύ 21,6 και 25°C. Πινάκας 4.5. Σύμφωνα με την σύγκριση αυτή, που παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4.3, η μέγιστη δύναμη μειώνεται από 0,6 + 0,2 KW.



Διάγραμμα 4.2.



Διάγραμμα 4.3

Πινάκας 4.5

Περίοδος	Αρ. Ημερών που ελέγχθηκαν	Μέση ημερήσια μέγιστη ενέργεια (KW)	Μέσος χρόνος αιχμής (24 ώρες)
Χαμηλού συν. Ανάκλασης	6	1,5 +- 0,1	17 +- 0,45
Υψηλού συν. Ανάκλασης	23	0,89 +- 0,09	18,9 +- 0,24

4.3. Εξοικονόμηση ενέργειας για την τοποθεσία B

Για την τοποθεσία B, τα δύο σχολικά μπανγκαλόου (B1, B2) ελέγχθηκαν κάτω από μια σειρά τροποποιήσεων, που επιτρέπει μια σύγκριση της ενεργειακής χρήσης των δύο κτηρίων για να καθορίσει την εξοικονόμηση ενέργειας.

Το 1991, το μπανγκαλόου B2 χρησιμοποιήθηκε ως περιοχή ελέγχου, που αφέθηκε στην αρχική του ρύθμιση (μεταλλική στέγη και κίτρινος τοίχος) για όλο το καλοκαίρι, ενώ η στέγη και ο νοτιοανατολικός τοίχος του μπανγκαλόου B1, χρωματίστηκε με άσπρο χρώμα υψηλού συντελεστή ανάκλασης. Κατά τη διάρκεια αυτού του έτος, το μπανγκαλόου B1 είχε πλήρης έλεγχο ενώ το B2 ήταν ελέγχθηκε μόνο εν μέρει.

Το 1992, οι ρόλοι αυτών των κτηρίων αντιστράφηκαν: μετά από τον καθαρισμό, που αποκατέστησε τον υψηλό συντελεστή ανάκλασης του Β1 χρησιμοποιήθηκε ως περιοχή ελέγχου, ενώ το Β2 υποβλήθηκε σε διάφορες τροποποιήσεις.

Η εποχή ελέγχου διαιρέθηκε σε τέσσερις περιόδους. Κατά τη διάρκεια της πρώτης, από τις 7 Ιουνίου μέχρι τις 9 Αυγούστου, το Β2 αφέθηκε στις χωρίς τροποποίηση ρυθμίσεις με μεταλλική στέγη και την νοτιοανατολική μεριά του τοίχου κίτρινη. Κατά τη διάρκεια της επόμενης περιόδου, από τις 10 Αυγούστου μέχρι τις 27 Αύγουστου η στέγη και η νοτιοανατολική μεριά του τοίχου του Β2 ήταν καφέ. Τέλος, στην περίοδο μεταξύ 7 Σεπτεμβρίου μέχρι τις 15 Οκτωβρίου, όταν οι στέγες και οι νοτιοανατολικοί τοίχοι και των δύο περιοχών ήταν άσπροι, έγινε διαίρεση σε δύο περιόδους: η μια περιέλαβε τις εργάσιμες μέρες του σχολείου και η άλλη περιέλαβε τα Σαββατοκύριακα κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους. Αυτές οι περιόδοι ελέγχου περιγράφονται στον πίνακα 4.6.

Πινάκας 4.6

Περίοδοι ελέγχου, αριθμός πλήρων ημερών, και ρυθμίσεις επιφάνειας κτηρίων για τα Β1 και Β2.

ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΗΜΕΡΕΣ	B1	B2		ΚΑΤΕΙΛΗΜΜΕΝΟ ΚΤΗΡΙΟ
		ΟΡΟΦΗ ΚΑΙ ΤΟΙΧΟΣ	ΟΡΟΦΗ	ΤΟΙΧΟΣ	
ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΟΡΟΦΗ	6/17-8/9	ΑΣΠΡΟ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ	ΚΙΤΡΙΝΟΣ	ΟΧΙ
ΚΑΦΕ ΟΡΟΦΗ	8/10-8/27	ΑΣΠΡΟ	ΚΑΦΕ	ΚΑΦΕ	ΟΧΙ
ΚΑΤΕΙΛΗΜΜΕΝΟ ΑΣΠΡΟ ΚΤΗΡΙΟ	9/7-10/15	ΑΣΠΡΟ	ΑΣΠΡΗ	ΑΣΠΡΟΣ	ΝΑΙ
ΑΔΕΙΟ ΑΣΠΡΟ ΚΤΗΡΙΟ	9/7-10/15 ΣΑΒΒΑΤΟΚΥΡΙΑΚΑ	ΑΣΠΡΟ	ΑΣΠΡΗ	ΑΣΠΡΟΣ	ΟΧΙ

ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΗΜΕΡΕΣ	ΠΛΗΡΕΙΣ ΗΜΕΡΕΣ
55	33
18	17
29	27
10	10

Άσπρο: συντελεστής ανάκλασης = 0,68, ικανότητα ακτινοβολίας = 0,91

Μέταλλο: συντελεστής ανάκλασης = 0,34, ικανότητα ακτινοβολίας = 0,30

Κίτρινο: συντελεστής ανάκλασης = 0,30, ικανότητα ακτινοβολίας = 0,95

Καφέ: συντελεστής ανάκλασης = 0,08, ικανότητα ακτινοβολίας = 0,95

Για το 1992, τα στοιχεία ήταν διαθέσιμα από τις 17 Ιουνίου μέχρι τις 15 Οκτωβρίου. Δεν αναλύσαμε τις ημέρες με τη μερική κάλυψη στοιχείων για καθένα μπανγκαλόου. Εν γένει, από τις 121 ημέρες ελέγχου, 87 ημέρες πλήρους, μη προβληματικής κάλυψης στοιχείων ήταν διαθέσιμες. Το 1991, μόνο 31 από τις 74 ημέρες ελέγχου ήταν κατάλληλες για ανάλυση.

Το διάγραμμα 4.4 παρουσιάζει την καθημερινή ενεργειακή χρήση ψύξης για το κτήριο B2 συγκριτικά με αυτή του B1 (από το 1992). Μόνο ημέρες που και τα δύο κτήρια χρησιμοποιούν ενέργεια ψυχής παρουσιάζονται. Τα σημεία που χαρακτηρίζονται από τα τρίγωνα και τους σταυρούς αντιπροσωπεύουν τα στοιχεία που συλλέχθηκαν όταν τα κτήρια ήταν κενά και κατειλημμένα, αντίστοιχα (και τα δύο με άσπρα επιστρώματα).

Σαν γραμμή παλινδρόμησης μέσω αυτών των σημείων παρουσιάζεται, η χρήση κλιματισμού για τα δύο κτήρια που είναι σχεδόν ίδια. Τα σημεία που χαρακτηρίζονται από τα τετράγωνα, και η γραμμή παλινδρόμησης τους, περιγράφουν τα στοιχεία που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της πρώτης περιόδου (μεταλλική στέγη). Τα σημεία που χαρακτηρίζονται με τα διαμάντια, και την γραμμή παλινδρόμησης τους, αντιπροσωπεύουν τα στοιχεία που συλλέχθηκαν κατά την διάρκεια της δεύτερης περιόδου (καφετή στέγη). Κατά την διάρκεια και των δύο αυτών περιόδων, η ενεργειακή χρήση ψύξης του κτηρίου B2 είναι υψηλότερη από αυτή του B1.

Χρησιμοποιήθηκαν αυτές οι παλινδρομήσεις για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης ενεργειακής ψύξης για το μπανγκαλόου B1. Για κάθε ημέρα στις πρώτες δύο περιόδους (μεταλλικές ή καφετιές στέγες), η γραμμή παλινδρόμησης χρησιμοποιήθηκε όταν και τα δύο κτήρια είχαν άσπρες οροφές για να μετασχηματίσουν την μετρούμενη ενεργειακή χρήση ψύξης στο B1 σε μια πρόβλεψη για την ενεργειακή χρήση ψύξης του B2. Συγκρίνοντας την προβλέψη για την χρήση ενεργειακής ψύξης στο B2 υπολογίστηκε η εξοικονόμηση ενέργειας για μια ημέρα. Αυτή η εξοικονόμηση ενέργειας παρουσιάζεται στον πίνακα 4.7.

Επίσης έγινε σύγκριση των στοιχείων που συλλέχθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια της εποχής χρησιμοποιώντας την μέση ημερήσια θερμοκρασία ως "συγγενή". Το διάγραμμα 4.5. παρουσιάζει τα στοιχεία που συλλέχθηκαν για το κτήριο B1. Τα τετράγωνα αντιπροσωπεύουν τα στοιχεία που συλλέχθηκαν πριν αρχίσει η σχολική περίοδος και κατά την διάρκεια περιόδου με άσπρο επίστρωμα στέγης (κενό) και προβάλλονται με μια παλινδρομική γραμμή.

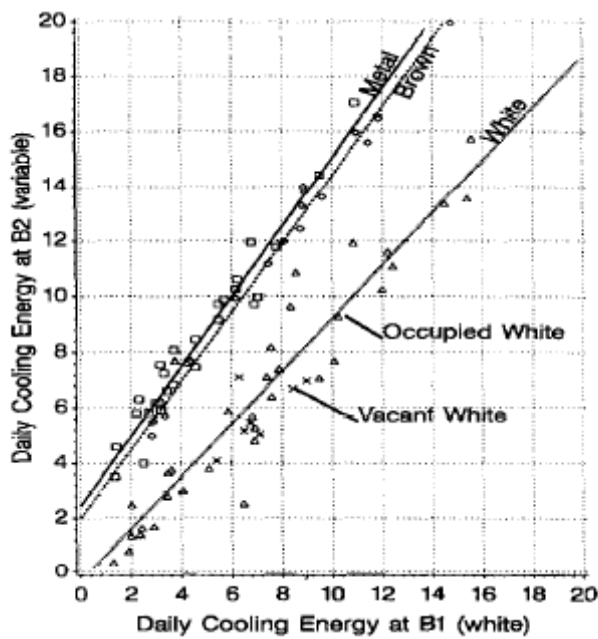
Τα σημεία που χαρακτηρίζονται από τρίγωνα και από την γραμμή παλινδρόμησης τους περιγράφουν τα στοιχεία που συλλέχθηκαν για τις εργάσιμες μέρες του σχολείου (κατειλημμένο).

Η χρήση ενεργειακής ψύξης κατά τη διάρκεια των ημερών που το σχολείου ήταν κατειλημμένο, ήταν περίπου 8 α/d, τιμή που προκαλείται από την παρουσία μαθητών μέσα στην τάξη. Η χρήση ενεργειακής ψύξης του κτηρίου B2 περιγράφεται από το διάγραμμα 4.6.

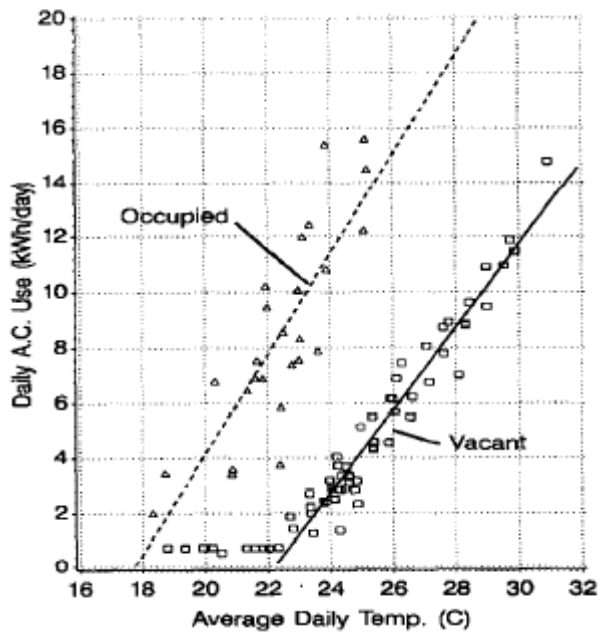
Η περίοδος των μεταλλικών στεγών αντιπροσωπεύεται από τους κύκλους και την γραμμή παλινδρόμησης, η περίοδος καφετή στεγών περιγράφεται από τα διαμάντια

και την γραμμή παλινδρόμησης τους. Οι σχέσεις θερμοκρασίας για τις δύο περιόδους είναι σχεδόν ίδιες.

Τα τετράγωνα και η γραμμή αντιπροσωπεύουν την περίοδο κατά τη διάρκεια της οποίας η στέγη ήταν άσπρη και το κτήριο ήταν κενό, ενώ τα τρίγωνα και η γραμμή παλινδρόμησης αντιπροσωπεύουν την περίοδο όπου η στέγη ήταν άσπρη και το κτήριο κατειλημμένο. Αυτά τα στοιχεία και οι γραμμές παλινδρόμησης συμφωνούν με εκείνα που περιγράφουν τα στοιχεία από το κτήριο B1.



Διάγραμμα 4.4

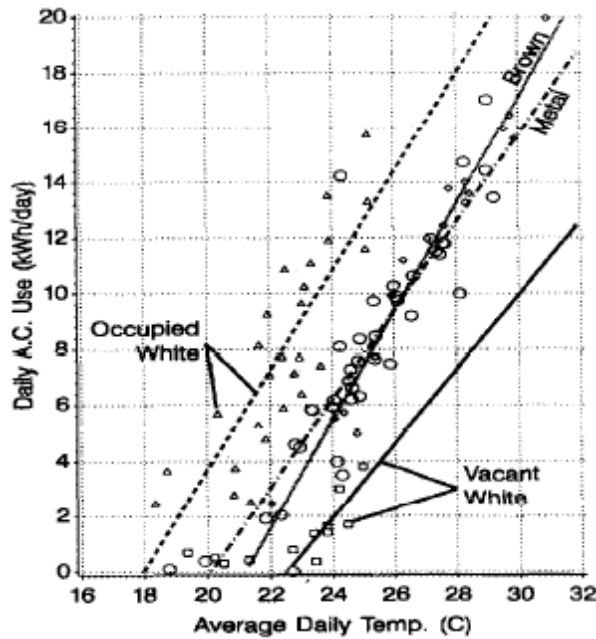


Διάγραμμα 4.5

Πίνακας 4.7

Αποταμίευση ενεργειακής χρήσης ψύξης από τροποποιημένο συντελεστή ανάκλασης για τις περιόδους ελέγχου με μεταλλικές και καφετιές στέγες για το Β.

ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΑΡ. ΗΜΕΡΩΝ	ΧΡΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΨΥΞΗΣ (KW)	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ
ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ	32	118 +- 8	3,7 +-0,2	51+-3
ΚΑΦΕ	17	78 +-6	4,6+-0,44	40 +-3



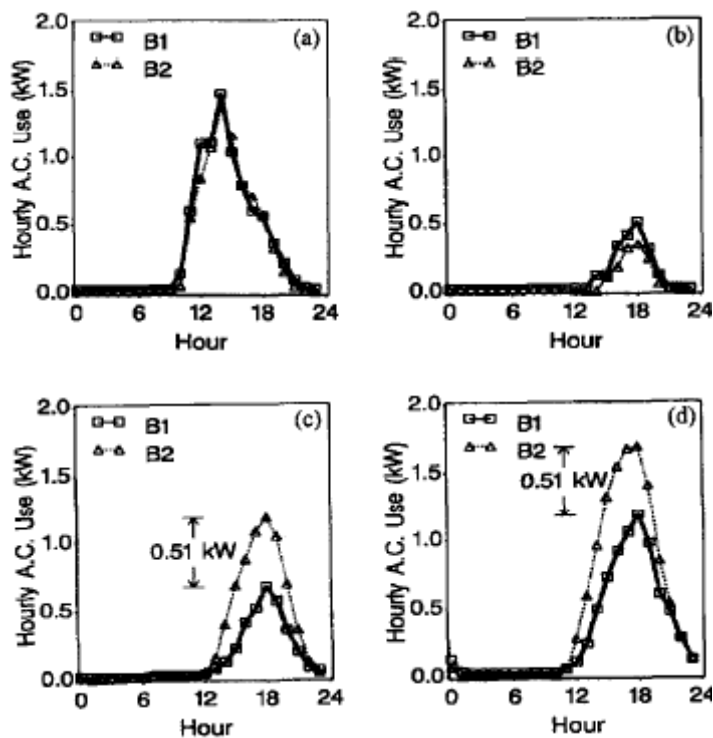
Διάγραμμα 4.6

4.3.1 Αλλαγές στις μορφές φορτίων και μείωση της μέγιστης ισχύς

Για την σύγκριση στις μορφές φορτίων των δύο μπανγκαλόου, επιλέχθηκαν ημέρες με πλήρη κάλυψη στοιχείων και στα δύο μπανγκαλόου, συμπεριλαμβανόμενων μόνο εκείνων των ωρών, όπου το σύστημα κλιματισμού λειτουργούσε για το κάθε κτήριο, και υπολογίστηκε η μέση ενεργειακή χρήση ψύξης ανά μία ώρα. Το διάγραμμα 7(a) παρουσιάζει τις μέσες μορφές φορτίων για τα δύο μπανγκαλόου κατά τη διάρκεια των κατελιημένων σχολικών ημερών. Η Ψύξη αρχίζει περίπου στις 10 π.μ. και για τα δύο κτήρια και κορυφώνεται στις 2 μ.μ. Μετά από τις 2 μ.μ., όπου οι διδακτικές ώρες ολοκληρώνονται, η κατανάλωση ενέργειας ψύξης μειώνεται, δεδομένου ότι οι μαθητές αφήνουν την τάξη. Στο διάγραμμα 7(β) παρατηρούμε το μέσο όρο για τις μορφές φορτίων των σαββατοκύριακων κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους. Εν τη απουσία των μαθητών, το φορτίο ψύξης είναι πολύ μικρότερο.

Το διάγραμμα 7(γ) παρουσιάζει τις μέσες μορφές φορτίων για τα δύο μπανγκαλόου κατά την διάρκεια της περιόδου των μεταλλικών στεγών. Το φορτίο ψύξης στο B1, αντιπροσωπεύεται με τα τετράγωνα και την γραμμή παρεμβολής, είναι χαμηλότερο

από το φορτίο του B2. Στις 6 μ.μ., ώρα αιχμής, η μέση κατανάλωση ισχύος για ψύξη είναι περίπου 0,5 KW, τιμή χαμηλότερη από αυτή του μπανγκαλόου με άσπρη οροφή. Η περίοδος των καφέ ορόφων παρουσιάζεται στο διάγραμμα 7(δ) πάλι, χαμηλότερο φορτίο από αυτό του μπανγκαλόου με άσπρη οροφή, με μια μέγιστη διαφορά ισχύος περίπου 0,5 KW. Για τον υπολογισμό της μέγιστης εξοικονόμησης, εξετάστηκε η διαφορά στην ημερήσια μέγιστη κατανάλωση ενέργειας για ψύξη για τα δύο κτήρια. Υπολογίστηκε η μέση διαφορά για κάθε περίοδο, με αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα 4.8. Όπως ήταν αναμενόμενο, υπάρχει μια μικρή διαφορά στην μέγιστη ενεργειακή χρήση μεταξύ των δύο σχολικών μπανγκαλόου κατά τη διάρκεια της περιόδου άσπρης στέγης με άδειο κτήριο, που προκαλείται από μικρές διαφορές στις θερμοφυσικές ιδιότητες των δύο περιοχών, αποτελέσματα διάβρωσης που εξασθένισαν το άσπρο επίστρωμα του B2 και διαφορές στην λειτουργία συστημάτων κλιματισμού. Αυτή η μέγιστη ενεργειακή διαφορά μπορεί να αυξήσει την μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας για τις πρώτες δύο περιόδους (μεταλλικές και καφετιές στέγες).

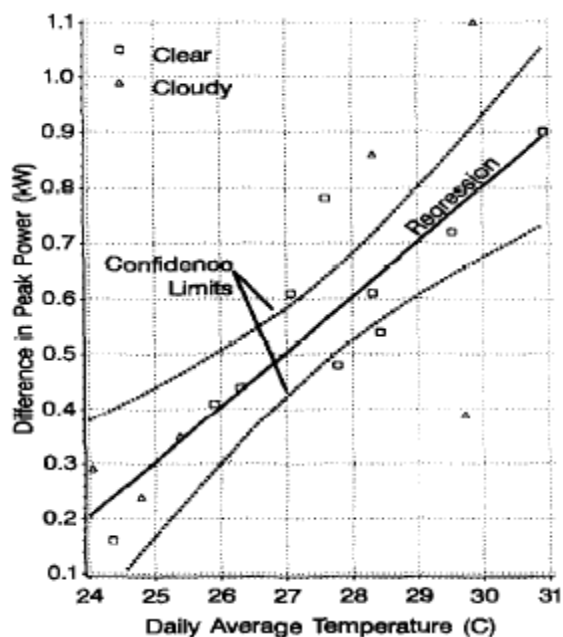


Διάγραμμα 4.7

Η περαιτέρω εξέταση των στοιχείων αποκάλυψε μια εκπληκτική θερμοκρασία ‘συγγένειας’ στην ημερήσια μέγιστη εξοικονόμηση κατά τη διάρκεια της περιόδου των καφέ στεγών, που παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4.8. Η ‘συγγένεια’ αυτή προτείνει εξοικονόμηση εκείνης της μέγιστης ενέργειας ψύξης των καυτότερων θερινών ημερών στο Σακραμέντο που μπορεί να είναι 10-20% υψηλότερη από τη μέγιστη εξοικονόμηση κατά μέσον όρο ημερών. Εάν οι μέγιστες ενέργειες ψύξης εμφανίζονται πάντα υπό τις ίδιες ηλιακές ρυθμίσεις, δεν πρέπει να αναμένεται οποιαδήποτε εξάρτηση θερμοκρασίας, για τη διαφορά μεταξύ του χαμηλού και του υψηλού συντελεστή ανάκλασης στέγης, γιατί αυτή η διάφορα προέρχεται μόνο από την διαφορά στο απορροφημένο φως του ήλιου, το οποίο είναι το ίδιο σε θέρμες και κρύες ημέρες. Εντούτοις, κατά τη διάρκεια μιας θέρμης ημέρας, το μέγιστο θερμικό φορτίο μπορεί να εμφανιστεί νωρίτερα το απόγευμα, όταν η έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία είναι υψηλότερη και έτσι η διαφορά στο κέρδος θερμότητας μέσω της εξωτερικής επιφάνειας θα ήταν μεγαλύτερη. Αυτό θα οδηγούσε σε μια άνοδο μέγιστης εξοικονόμησης με την αύξηση της θερμοκρασίας. Ίσως η ‘συγγένεια’ υπάρχει μόνο για την περίοδο των καφετή στεγών, όπου

περιλαμβάνουν τις θερμότερες ημέρες του καλοκαιριού, με μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες που υπερβαίνουν τους 30°C. Επιπλέον, υπήρξαν αρκετές νεφελώδεις ημέρες κατά την διάρκεια εκείνης της περιόδου. Κατά τη διάρκεια μιας νεφελώδους ημέρας, η μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας θα πρέπει να μειώνεται λόγω της μείωσης της έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία, και δεδομένου ότι η θερμοκρασία μιας νεφελώδους ημέρας είναι συνήθως

χαμηλότερη, μια νεφελώδης ημέρα θα παράγει επίσης μια θερμοκρασία ‘συγγένειας’. Πράγματι, αρκετές από τις ημέρες χαμηλότερης εξοικονόμησης ήταν νεφελώδης.



Διάγραμμα 4.8

Πίνακας 4.8

Μέση διαφορά μεταξύ των μέγιστων καταναλώσεων ισχύος για ψύξη και των ωρών αιχμής στο B1 και το B2 (η διαφορά είναι η τιμή για το B2 μείον την τιμή για το B1)

ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΑΡ. ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΩΝ ΗΜΕΡΩΝ	ΜΕΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ (KW)	ΜΕΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΩΡΩΝ ΑΙΧΜΗΣ (h)
Μεταλλική	8	0,57 +- 0,06	- 0,4 +- 0,02
Καφέ	16	0,56 +- 0,07	- 0,4 +- 0,03
Άσπρη με κατειλημμένο κτήριο	26	- 0,08 +- 0,07	0,5 +- 0,3
Άσπρη με άδειο κτήριο	8	- 0,17 +- 0,03	0,1 +- 0,4

4.3.2. Εκτιμήσεις εξοικονόμησης για τα κατειλημμένα σχολικά μπανγκαλόου

Κατά τη διάρκεια των περιόδων μεταλλικών και καφετή στεγών τα σχολικά μπανγκαλόου ήταν κενά, και διαφορές στην κατανάλωση ενέργειας ψύξης προκλήθηκαν από τις φυσικές διαφορές μεταξύ των μπανγκαλόου. Κατά συνέπεια, αναμένεται η ημερήσια εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη να είναι ίδια, ανεξάρτητα από το αν το κτήριο είναι κατειλημμένο η όχι. Η μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας, εντούτοις, μπορεί να αλλάξει από την παρουσία μαθητών στην τάξη, μετατοπίζοντας την μέγιστη ωριαία ενέργεια ψύξης στις 2 μ.μ. Κατά συνέπεια, η μετρημένη διαφορά για τα κενά μπανγκαλόου στην χρήση ενέργειας ψύξης στις 2 μ.μ., πρέπει να αποτελέσει τις μέγιστες μειώσεις ισχύος για τα κατειλημμένα μπανγκαλόου.

Για να καθοριστεί ακριβώς η εξοικονόμηση ενέργειας στις 2 μ.μ., μελετήθηκαν ημέρες στις περιόδους μεταλλικών και καφετή στεγών, όπου η χρήση του κλιματισμού ξεκινούσε από τις 1 μ.μ., έτσι ώστε η χρήση ενέργειας για ψύξη κατά τη διάρκεια των επόμενων ωρών θα απεικόνιζε το κέρδος θερμότητας των μπανγκαλόου. Για αυτές τις ημέρες, πήραμε τη διαφορά της μέσης ωριαίας ενεργειακής χρήσης για ψύξη μεταξύ 2 και 3 μ.μ. Για την περίοδο μεταλλικών στεγών, μόνο δύο ημέρες ήταν διαθέσιμες. Από αυτές τις ημέρες υπολογίστηκε η μέγιστη εξοικονόμηση, 0,6 KW κατά τη διάρκεια των σχολικών ημερών μεταξύ των ρυθμίσεων για άσπρες και μεταλλικές οροφές. Για την περίοδο των καφέ στεγών, πέντε ημέρες ήταν διαθέσιμες, με μέσο όρο μείωσης της χρήσης για ψύξη, 0,6 + 0,2 KW.

4.4 Εκτιμήσεις για μηνιαία και εποχιακή εξοικονόμηση ενέργειας ψύξης και μέγιστη μείωση ισχύος

Με την χρήση της 'συγγένειας' μεταξύ της χρήσης ενέργειας για ψύξη και της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας που αναφέρθηκε ανωτέρω, υπολογίστηκε η εξοικονόμηση ενέργειας ψύξης που προκύπτει από μια ολόκληρη εποχή ψύξης. Για τις ημέρες με ελλιπή κάλυψη ή με αποτυχία στοιχείων στον αισθητήρα της εξωτερικής θερμοκρασίας αέρα, καθορίστηκε η ημερήσια θερμοκρασία ίση με την μέση ημερήσια θερμοκρασία, για τον μήνα στον οποίο εμφανίστηκαν. Επιλέχθηκε να περιοριστούν οι εκτιμήσεις στην περίοδο πραγματικού ελέγχου σε μία προσπάθεια περιορισμού των σφαλμάτων. Κατά συνέπεια, τα αποτελέσματα για τον Ιούνιο και τον Οκτώβριο,

παρουσιάζονται στον πίνακα 4.9, οι εκτιμήσεις δηλαδή της κατανάλωσης ενέργειας και εξοικονόμησης για μόνο ένα μέρος του μήνα. Από τις σχέσεις μεταξύ της ενέργειας ψύξης και της μέσης ημερήσιας θερμοκρασία, για τις μη διαθέσιμες ημέρες στην περιοχή Α, με μέσες θερμοκρασίες επάνω από 25°C θεωρήθηκε η εξοικονόμηση ίση με εκείνη που παρατηρήθηκε στους 25°C. Υπολογίστηκε επίσης η μέγιστη μείωση ποσοστού της ισχύς θεωρώντας τις μετρημένες μέγιστες μειώσεις που ίσχυαν κατά τη διάρκεια της ημέρας με την υψηλότερη χρήση ισχύς που παρατηρήθηκε.

Κατά τη διάρκεια των μηνών Ιουνίου, Σεπτεμβρίου, και Οκτωβρίου, η ενεργειακή χρήση ψύξης επί του τόπου Α για την περίπτωση χαμηλού συντελεστή ανάκλασης είναι μικρή, και εξ ολοκλήρου μηδαμινή με την χρήση του επιστρώματος υψηλού συντελεστή ανάκλασης.

Κατά τη διάρκεια των καυτότερων μηνών Ιουλίου και Αυγούστου η εξοικονόμηση ενέργειας ψύξης είναι υψηλή. Συνολικά, υπολογίστηκε η εξοικονόμηση της χρήσης ενέργειας για ψύξη 80% κατά τη διάρκεια της εποχής ελέγχου.

Οι εκτιμήσεις για τη σχολική περιοχή παρήχθησαν υπό την υπόθεση ότι τα κτήρια ήταν κενά από τον Ιούνιο έως τον Αύγουστο και κατειλημμένα κατά τη διάρκεια των εργασιμων ημερών έκτοτε. Ένα ρεαλιστικό σενάριο για την ενεργειακή χρήση ψύξης υποθέτει ότι το σύστημα ψύξης χρησιμοποιείται μόνο τις σχολικές ημέρες. Σε αυτή την περίπτωση, υπολογίστηκε ότι, κατά τη διάρκεια του Σεπτεμβρίου και του Οκτωβρίου, το μπανγκαλόου με την μεταλλική ή καφετή οροφή θα χρησιμοποιούσε ενέργεια ψύξης 350 KWh και το μπανγκαλόου με άσπρη οροφή θα χρησιμοποιούσε 270 KWh με συνέπεια την εξοικονόμηση ενέργειας ενός 23%.

Πίνακας 4.9

Εκτίμηση χρήσης ενεργειακής ψύξης υψηλών και χαμηλών συντελεστών ανάκλασης και εξοικονόμησης για την εποχή ψύξης του 1992.

Περιοχή	Ημέρες	Ενέργεια ψύξης	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος
A	6/2-10/14	Χαμηλός συν. Ανάκλασης (KWh)	0	129	151	50	3

		Υψηλός συν. Ανάκλασης	0	15	51	0	0
		Εξοικονόμηση %	0	88	66	100	100
B	6/28-10/12	Χαμηλός συν. Ανάκλασης (KWh)	2	256	298	306	93
		Υψηλός συν. Ανάκλασης	0	144	188	228	65
		Εξοικονόμηση %	100	44	37	25	30

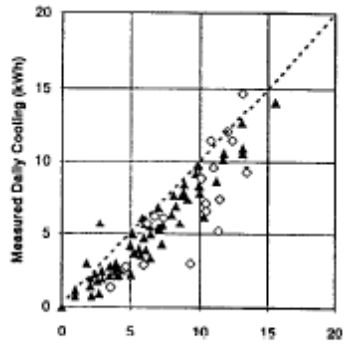
Σύνολο	Μέγιστη ισχύς
333	3 KW
66	2,5 KW
80	17%
955	1,9 KW
625	1,3 KW
34	32%

4.5 Πρότυπα προσομοίωσης των ελεγχόμενων κτηρίων

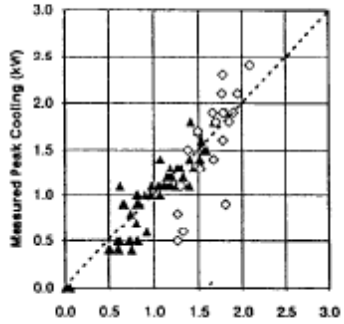
Διαμορφώθηκαν οι περιοχές Α και Β χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα προσομοίωσης ενέργειας κτηρίων *DOE- 2.1E. Το πρόγραμμα αυτό χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση των επιδράσεων της ηλιακής αντανάκλασης της οροφής και της θερμικής αντίστασης της μόνωσης στη διαχείριση της ενέργειας του κλιματισμού των κατειλημμένων και μη κατειλημμένων κτηρίων.

4.5. 1. Αποτελέσματα και σύγκριση προσομοίωσης με στοιχεία μέτρησης

Μια σύγκριση της συνολικής ημερήσιας χρήσης ενέργειας για ψύξη και της μέγιστης ισχύς για τον τύπο Α παρουσιάζεται στο διάγραμμα 9. Το μοντέλο υπερεκτιμά ελαφρώς την κατανάλωση ενέργειας ψύξης το πρώτο καλοκαίρι και υποτιμά την ψύξη κατά τη διάρκεια των περιόδων υψηλότερης ενεργειακής χρήσης. Όμοιες συγκρίσεις παρουσιάζονται για το Β1 στο διάγραμμα 10 και για το Β2 στο διάγραμμα 11. Η συμφωνία μεταξύ προσομοίωσης και στοιχείων μέτρησης για το Β1 είναι αρκετά καλή, αν και υπάρχει μια σταθερή πρόβλεψη της ενεργειακής χρήσης. Για το Β2, υπάρχει καλή συμφωνία στις περιόδους μεταλλικών και καφετή στεγών, αλλά υπάρχει σταθερή πρόβλεψη για τις περιόδους άσπρων στεγών. Και τα δύο διαγράμματα δείχνουν ότι η ενεργειακή χρήση ψύξης είναι πιο ασταθής όταν το κτήριο είναι κατειλημμένο από όταν είναι κενό.

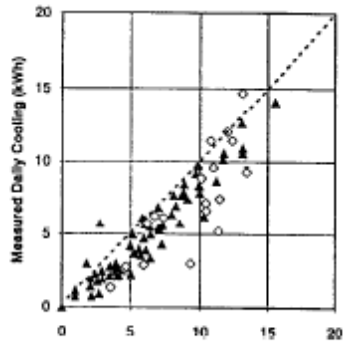


(a) Simulated Daily Cooling (kWh)

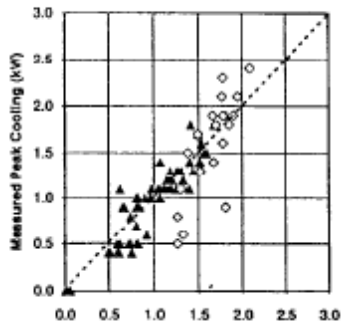


(b) Simulated Peak Cooling (kW)

Διάγραμμα 4.9

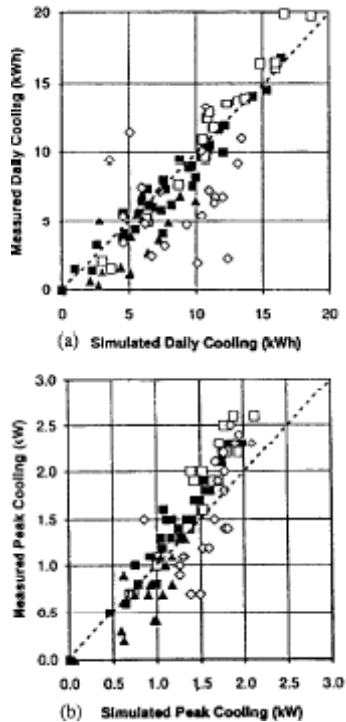


(a) Simulated Daily Cooling (kWh)



(b) Simulated Peak Cooling (kW)

Διάγραμμα 4.10



Διάγραμμα 4.11

Για την αξιολόγηση της αξιοπιστίας του DOE 2.1E στην πρόβλεψη της εξοικονόμησης ενέργειας ψύξης ως αποτέλεσμα των τροποποιήσεων του συντελεστή ανάκλασης, έγινε σύγκριση της μετρούμενης αποταμίευσης ενέργειας και της αποταμίευσης της προσομοίωσης κατά τη διάρκεια των περιόδων στις οποίες έγιναν οι μετρήσεις. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 10.

Για το κτήριο A, έγινε καλή σύγκριση της μετρούμενης εξοικονόμησης ενέργειας για ψύξη και της εξοικονόμησης από την προσομοίωση, ενώ η μέγιστη αποταμίευση ισχύς υποτιμάται από τις προσομοιώσεις. Για το κτήριο B, οι ενεργειακές χρήσεις ψύξης και οι απαιτήσεις μέγιστης ισχύς και για τις δυο, μεταλλικές και καφετή οροφές, υπερεκτιμώνται στις προσομοιώσεις. Αυτό οδηγεί σε μια υποτίμηση της αποταμίευσης και για τις δύο περιπτώσεις.

Κατά συνέπεια, μεγάλες αποκλίσεις υπάρχουν μεταξύ μετρούμενων στοιχείων και των στοιχείων προσομοίωσης για την αποταμίευση ενέργειας στα κτήρια που ελέγχθηκαν, ακόμα κι αν η διαμόρφωση των τροποποιημένων συντελεστών ανάκλασης είναι απλή. Η πιο απροσδόκητη απόκλιση είναι του τύπου B, όπου τα σχολικά κτήρια είναι ουσιαστικά απλές δομές - ένα δωμάτιο - που είναι υποθετικά εύκολο να διαμορφωθεί με DOE -2. Εντούτοις, οι λανθασμένες προβλέψεις για την αποταμίευση ενέργειας

μπορεί να προέκυψαν από δύο αποτυχίες: η αποτυχία του πρότυπο DOE- 2,1E να προσομοιώσει σωστά την ενεργειακή χρήση των κτηρίων που περιγράφεται από τα πρότυπα στοιχεία, και η αποτυχία του χρήστη να παρέχει τα πρότυπα στοιχεία που περιγράφουν καλύτερα τα ελεγχόμενα κτήρια.

Με τις διαθέσιμες πληροφορίες είναι αδύνατο να εξηγηθεί γιατί τα μετρούμενα στοιχεία και οι εκτιμήσεις της προσομοίωσης για την εξοικονόμηση ενέργειας διαφέρουν.

Πίνακας 4.10

Περιοχή	Εξοικονόμηση ενέργειας ψύξης (Kwh/d)			Εξοικονόμηση μεγίστης ισχύς (Kw)		
	Μέτρηση	Προσομοίωση	Αναλογία (m/s)	Μέτρηση	Προσομοίωση	Αναλογία (m/s)
A	2,2 +- 0,1	2,3	0,96	0,6+- 0,2	0,35	1,6
B(μεταλλική έναντι λευκής)	3,7 +- 0,2	2,9	1,3	0,57+-0,06	0,31	1,8
B(καφέ έναντι λευκής)	4,6+- 0,3	2,9	1,6	0,56+- 0,07	0,28	2

*DOE (UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY) Υπουργείο ενέργειας των ΗΠΑ.

4.6 ΚΟΣΤΟΣ

Το κόστος των ψυχρών υλικών είναι περίπου ανάλογο του κόστους των συμβατικών υλικών πολύ καλής ποιότητας (μιάμιση φορά προς τα πάνω) . Αυτό που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι υπάρχει διαφοροποίηση σε σχέση με την εφαρμογή των ψυχρών υλικών: ταρατσες ή εξωτερικοί τοίχοι, καθώς και την προσδοκώμενη απόχρωση.

Σύμφωνα με τα συμπεράσματα που βγάλαμε σε αυτό το κεφαλαίο χρησιμοποιώντας ψυχρά υλικά σε ένα κτήριο για παράδειγμα με ίδια χαρακτηριστικά σαν αυτά του σπιτιού στην τοποθεσία A (πίνακας 4.2) πετυχαίνουμε εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστό $57 \pm 3 \%$ την περίοδο με τον χαμηλό συντελεστή ανάκλασης $0,18$ και 69 ± 2

% για την περίοδο με τον υψηλό συντελεστή ανάκλασης 0,73. Σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα μπορούμε να υποθέσουμε μια μέση τιμή εξοικονόμησης ενέργειας περίπου στο 60 %.

Αν υποθέσουμε λοιπόν ότι για ένα κτήριο με συμβατικά υλικά το κόστος αγοράς, τοποθέτησης και συντήρησης κυμαίνεται στα 10000 € περίπου, 1000 € περίπου το κόστος για την αγορά κλιματιστικών και το κόστος για την κατανάλωση ενέργειας κυμαίνεται στα 1000 € / έτος περίπου έχουμε ένα κόστος για το κτίριο με τα συμβατικά υλικά:

$$K = \text{παγια} + \text{τρεχων...εξοδα} = 10000\text{€} + 1000 \text{€} + 1000 \text{€}/\text{ετος} \times X_{\text{ετη}}$$

Εξίσωση 4.4

Ενώ για ένα κτίριο με ψυχρά υλικά το κόστος για την αγορά, τοποθέτηση και συντήρηση των υλικών θα είναι 150% ακριβότερα από τα συμβατικά υλικά δηλαδή 15000 €, ενώ το ενεργειακό κόστος θα είναι 1000 € μείον 60 % λόγω εξοικονόμησης ενέργειας δηλαδή $1000 \text{€} - 600 \text{€} = 400 \text{€} / \text{έτος}$. Το συνολικό κόστος των ψυχρών υλικών είναι:

$$K = \sum \text{εξοδων}/\text{ετος} \times X_{\text{ετη}}$$

Εξίσωση 4.5

Για να υπολογίσω σε πόσα έτη θα κάνω απόσβεση των χρημάτων μου λύνω την παρακάτω εξίσωση:

Εξίσωση 6

$$K_{\text{συμβ}} = K_{\text{ψυχ}}$$

$$11000 + 1000X = 15000 + 1000X$$

$$1000X - 400X = 15000 - 11000$$

$$\frac{600X}{600} = \frac{4000}{600}$$

$$X = 6,66 \approx 7 \text{ χρονια}$$

Σε επτά χρόνια περίπου θα έχουμε απόσβεση των χρημάτων μας αν χρησιμοποιήσουμε ψυχρά υλικά για ένα κτήριο, έναντι των συμβατικών. Το όφελος που θα έχουμε μετά τα επτά χρόνια θα κυμαίνεται στα 600 € / έτος, η διαφορά δηλαδή του ενεργειακού κόστους.

Η οικονομική αξία της εξοικονόμησης ενέργειας ψύξης είναι αρκετά χαμηλότερη από το κόστος μιας στέγης συμβατικών υλικών, αλλά οι απλοί χρόνοι επιστροφής για τη χρησιμοποίηση των ψυχρών χρωστικών ουσιών σε ένα επίστρωμα στέγης είναι μέτριοι (5 –7 έτη) στα θερμά κλίματα.

5. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

5.1 Πλεονεκτήματα

Οι χαμηλές θερμοκρασίες στην οροφή μειώνουν την εισροή θερμότητας στο κτίριο και συνεπώς την ανάγκη ηλεκτρισμού για τον κλιματισμό ενός κτιρίου. Εφόσον υπάρχει θερμικό κέρδος, ιδιαίτερα τις μεσημεριανές ώρες του καλοκαιριού που η θερμοκρασία φτάνει στο ανώτατο επίπεδο, τα ψυχρά υλικά μπορούν να μειώσουν τις απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας εκείνες τις ώρες.

Σχετικές έρευνες έχουν δείξει ότι η εξοικονόμηση ενέργειας είναι ακόμη μεγαλύτερη σε κτίρια περιοχών που έχουν μακρές περιόδους χαμηλών θερμοκρασιών ή σύντομες περιόδους υψηλών και χαμηλών θερμοκρασιών και ιδιαίτερα σε κτίρια που διαθέτουν αγωγούς διανομής θερμότητας.

Τα ‘ψυχρά’ υλικά μεταδίδουν λιγότερη θερμότητα στο εξωτερικό περιβάλλον από ό,τι τα ‘θερμά’. Οι συνακόλουθες μειωμένες ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες μπορούν να επιβραδύνουν τον σχηματισμό αιθαλομίχλης και τον μετριασμό του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας το καλοκαίρι και να βελτιώσουν τις συνθήκες υγιεινής και διαβίωσης. Ακόμα, η μειωμένη θερμική πίεση στη σκεπή οδηγεί στην μακροβιότητα των ιδίων των στεγών αφού μειώνονται τα έξοδα συντήρησης καθώς και η φθορά τους.

Σε ένα σαφές θερινό απόγευμα, σε μια περιοχή της Βορείας Αμερικής η θερμοκρασία του αέρα μπορεί να είναι περίπου από 2 έως 9 °F (1 έως 5 °C) θερμότερη από αυτήν σε μια κοντινή αγροτική περιοχή. Η πρόσθετη χρήση κλιματισμού που προκαλείται από αυτήν την αστική ανύψωση θερμοκρασίας αέρα είναι υπεύθυνη για 5 έως 10% της μέγιστης αστικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, με άμεσο αποτέλεσμα το πολύ υψηλό κόστος. Με την αύξηση του ηλιακού συντελεστή ανάκλασης των στεγών μπορούμε αποτελεσματικά και ανέξοδα να μετριάσουμε το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας.

Μετρούμενα στοιχεία και υπολογιστικές προσομοιώσεις που μελετούν την επίδραση της θερμοκρασίας στην αιθαλομίχλη στο Λος Άντζελες έδειξαν ότι η πτώση της θερμοκρασίας του αέρα μειώνει σημαντικά τη συγκέντρωση όζοντος.

Σημαντικές μειώσεις στα υπόγεια στρώματα του όζοντος ή νέφους που αποτελούν την κύρια αιτία των αναπνευστικών ασθενειών . Το νέφος αποτελείται από πολύπλοκες μορφές χημικών αντιδράσεων μεταξύ των οποίων εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων (Voc) και οξειδία αζώτου. Οι αντιδράσεις αυτές επιταχύνονται από το ηλιακό φως και την θερμοκρασία , έτσι ώστε τα επίπεδα του όζοντος να κορυφώνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Οι προσομοιώσεις προβλέπουν μια μείωση της αιθαλομίχλης (όζον) της τάξης των 10 ως 12% ως αποτέλεσμα της μείωσης της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος κατά 3 έως 4 °F (1,5έως 2°C). Οι ψυχρές στέγες θα μπορούσαν να συμβάλουν στο ένα τρίτο αυτής της μείωσης. Για μερικά σενάρια, η μείωση των 10 έως 12% του όζοντος είναι συγκρίσιμη με αυτήν που αποκτήθηκε με την αντικατάσταση όλων των οδικών μηχανοκίνητων οχημάτων βενζίνης με τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

Η αποταμίευση ηλεκτρικής ενέργειας και η μείωση της μέγιστης απαίτησης ηλεκτρικής ενέργειας από τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής λόγω των ψυχρών υλικών μπορούν να μειώσουν εκπομπές NOx (οξειδίων αζώτου) και CO2 (διοξειδίου του άνθρακα).

Ακόμα η μειωμένη θερμική πίεση στην σκέπη των κτιρίων οδηγεί στη μακροβιότητα των ίδιων των ορόφων αφού μειώνονται τα έξοδα συντήρησης καθώς και η φθορά τους. Οι υπεριώδης ακτίνες προωθούν την γήρανση και την αλλοίωση των χημικών ουσιών των υλικών κατασκευής στέγης, ενώ η συστολή λόγω υψηλών θερμοκρασιών οδηγούν σε θερμική κούραση. Μαζί η συγκέντρωση της θερμότητας και της ηλιακής ενέργειας στα οικοδομικά υλικά συμβάλλει στην αλλοίωση των συστημάτων υλικού κατασκευής σκεπής και πιθανός στην πρόωρη αντικατάσταση τους.

Επίσης μπορεί να αναφερθεί ότι ενώ, ΗΠΑ αποτελούν το 5% του παγκόσμιου πληθυσμού, αλλά καταναλώνουν το 25% της παγκόσμιας ενέργειας. Εκτιμάται επίσης ότι το 30% της κατανάλωσης ενέργειας των ΗΠΑ είναι απλώς σπατάλη. Ως εκ τούτου τα απόβλητα των Αμερικάνων αποτελούν το 7,5% του κόσμου ολόκληρης της ενέργειας.

Μελέτες έχουν δείξει ότι περίπου 11 εκατομμύρια τόνοι αποβλήτων που προέρχονται από στέγες καταλήγουν σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής στις ΗΠΑ κάθε χρόνο, έτσι ώστε περίπου το 7 έως 10% της ραγδαίας μείωσης των Χώρων Υγειονομικής Ταφής έχει ληφθεί από απόβλητα στεγών τα τελευταία 40 χρόνια. Επειδή τα ψύχρα υλικά στεγών συχνά μπορεί να εφαρμόζονται απευθείας πάνω από τις παραδοσιακές στέγες ασφάλτου ή δομημένες στέγες, τα συστήματα ψυχρών στεγών μειώνουν άμεσα την υγειονομική ταφή τοξικών αποβλήτων και αποφεύγεται και το υψηλό κόστος διάθεσης τους.

Οι PVC μεμβράνες των ψυχρών στεγών είναι εξαιρετικά ανθεκτικές, ως εκ τούτου σπάνια χρειάζονται αντικατάσταση. Όταν ακούμε ότι το PVC δεν ανακυκλώνεται πρέπει να έχουμε κατά νου ότι τα περισσότερα από τα προϊόντα με βάση το PVC είναι ακόμη σε λειτουργία.

Οι PVC μεμβράνες των ψυχρών στεγών είναι 99% ανακυκλώσιμες και θα βρουν χρήση σε άλλη εφαρμογή μετά την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής τους. Οι PVC μεμβράνες σπάνια καταλήγουν σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής, καθώς είναι φθηνότερο το κόστος της διάθεσης τους για ανακύκλωση.

Τα απόβλητα που διεξάγονται από τις οροφές μειώνονται επίσης εφόσον οι ψυχρές στέγες διαρκούν περισσότερο από τις θερμές

Τέλος θα πρέπει να αναφέρουμε ότι αν και οι PVC μεμβράνες των ψυχρών στεγών χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα ως μια από τις βασικές συνιστώσες (φυσικό αέριο – μεθάνιο, για να είμαστε ακριβείς) και σαν δεύτερη σημαντική συνιστώσα χρησιμοποιείται το χλώριο, ως εκ τούτου, περιέχει 50% λιγότερα ορυκτά καύσιμα από άλλες πλαστικές ύλες (όπως οι στέγες TPO) και δεν χρησιμοποιούν άνθρακα ή άλλα προϊόντα που βασίζονται στο πετρέλαιο.

Εν ολίγοις, τα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν:

- Εσωτερική θερμική άνεση
- Μείωση της Κατανάλωση ενέργειας που συνδέεται με τον κλιματισμό
- Μια μείωση της αστικής υπερθέρμανσης και του επακόλουθου κινδύνου που συνδέεται με τη φωτοχημική αιθαλομίχλη

- Χαμηλότερη μέγιστη ζήτηση στο ηλεκτρικό ρεύμα το καλοκαίρι λόγω της μειωμένης χρήσης των κλιματιστικών
- Χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα την μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και την δημιουργία νέφους.
- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.
- Μείωση της προσθήκης των αποβλήτων των στεγών σε χώρους υγειονομικής ταφής.

5.2 Μειονεκτήματα

- Ποινικές ρήτρες περιλαμβάνει η ελαφρώς υψηλότερη ενεργειακή χρήση θέρμανσης κατά τους χειμερινούς μήνες. Όμως θα πρέπει να αναφερθεί ότι ακόμα και στα ψυχρά κλίματα τα οφέλη από τα ψυχρά υλικά στεγών υπερβαίνουν κατά πολύ το δυναμικό των πλεονεκτημάτων που θα είχε για την θέρμανση ενός κτιρίου ένας χαμηλός συντελεστής ανάκλασης ή μια μαύρη επιφάνεια στέγης κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών. Οι ενεργειακές μετρήσεις δείχνουν γενικά μια καθαρή ετήσια εξοικονόμηση. Επίσης λαμβάνοντας υποψιν το γεγονός ότι η πορεία του ήλιου είναι χαμηλότερη στον ορίζοντα κατά την διάρκεια του χειμώνα και δεν αντανακλά στην στέγη τόσο άμεσα ή τόσο έντονα όπως το καλοκαίρι, καθώς επίσης και το ότι ο ήλιος ακτινοβολεί λιγότερες ώρες και υπάρχουν περισσότερες νεφελώδεις ημέρες, συμπεραίνουμε ότι τα ψυχρά υλικά προκαλούν ελάχιστα υψηλότερη ενεργειακή χρήση θέρμανσης τους χειμερινούς μήνες.
- Ο υποβιβασμός της αστικής ατμοσφαιρικής ποιότητας κατά τους χειμερινούς μήνες, εφόσον ένα κτίριο μπορεί να δροσίζεται με ελάχιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και να θερμαίνεται με την καύση φυσικού αερίου, η εγκατάσταση μιας ψυχρής οροφής μπορεί να παράγει αυξανόμενες ετήσιες τοπικές εκπομπές μολυσμένων αερίων από την καύση του φυσικού αερίου ακόμη και μειώνοντας την ετήσια κατανάλωση ενέργειας.

- Επίσης η χρήση του πόσιμου νερού για τον καθαρισμό των στεγών μπορεί να είναι επιβλαβής σε συχνές ξηρασίες π.χ. στην Καλιφόρνια, καθώς και η χρήση απορρυπαντικών μπορούν να μολύνουν το υπόγειο νερό. Μια πρόταση για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος είναι η χρήση νερού υψηλής πίεσης (140 gal/1000 ft² [5.7 L/m²]) και σόδας ψησίματος (0.5 lb/1000 ft² [2.4 g/m²]), αντί για απορρυπαντικά ,για την πλύση των ορόφων και την εξουδετέρωση των όξινων ρύπων.
- Τέλος η έλλειψη εμπειρίας και ενημέρωσης πάνω στο θέμα αποτελεί βασικό πρόβλημα για την διάδοση των ψυχρών υλικών.

6. Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΨΥΧΡΕΣ ΟΡΟΦΕΣ ΣΤΙΣ

6.1 ΑΝΑΓΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΨΥΧΡΕΣ ΟΡΟΦΕΣ

Είναι δύσκολο για έναν ιδιοκτήτη κτιρίου να υπολογίσει τα μακροπρόθεσμα οφέλη των ορόφων στο κόστος θέρμανσης και ψύξης , το οποίο εξαρτάται από:

- Τις συγκεκριμένες κλιματικές και κτιριακές ωριαίες χρήσεις της ενέργειας που καταναλώνεται, κατά την θέρμανση και την ψύξη,
- Την ωριαία αποτίμηση ενέργειας,
- Το κόστος ανάλογα με τον χρόνο και
- Την αντοχή της οροφής.

Επίσης, οι ιδιοκτήτες δεν είναι σε θέση να γνωρίζουν τα κοινωφελή οφέλη των ψυχρών ορόφων, όπως οι χαμηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις σε ώρες αιχμής (μειώνοντας την πιθανότητα μπλακαουτ τις θερμές μέρες) καθώς και η χαμηλότερη εξωτερική θερμοκρασία (βελτιώνοντας τις συνθήκες ζωής και επιβραδύνοντας τον σχηματισμό νέφους). Ως εκ τούτου η έλλειψη συγκεκριμένων παραμέτρων γι' αυτού του είδους τις οροφές, θα οδηγήσει τους ιδιοκτήτες στην επιλογή ορόφων βάσει του

αρχικού κόστους κατασκευής και όχι του μακροπρόθεσμου καθώς επίσης και της διαβίου κατανάλωσης ενέργειας. Ότι προβλέπεται για τις ψυχρές οροφές βάσει των κανονισμών ενεργειακής αποδοτικότητας προωθεί την χρήση τεχνολογιών κατάλληλων για το κλίμα και το κτίριο με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας (κέρδος).

6.2 ΕΙΔΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ

Οι παράμετροι που αφορούν την ενεργειακή αποδοτικότητα αφορούν τόσο αποδοτικά όσο και θεσμικά κριτήρια. Οι αποδοτικές απαιτήσεις όπως οι τεχνικές για σωστή εγκατάσταση της μόνωσης πρέπει να εφαρμόζονται σ' όλα τα κτίρια που καλύπτονται από τον κανονισμό. Τα θεσμικά κριτήρια προσδιορίζουν την συμπεριφορά ενός μόνο τμήματος του κτιρίου (π.χ. θερμική αντίσταση και μόνωση των αγωγών) ή μιας ομάδας τμημάτων (π.χ. θερμική εκπομπή μιας σειράς οροφών). Όλα τα κτίρια που προσδιορίζονται βάσει του συγκεκριμένου κανονισμού πρέπει να ικανοποιούν είτε τα θεσμικά είτε τα αποδοτικά κριτήρια. Ένα προτεινόμενο κτίριο που ικανοποιεί όλες τις αποδοτικές και θεσμικές απαιτήσεις θα συμβαδίζει με τις παραμέτρους. Αναλόγως ένα κτίριο μπορεί να συμβαδίζει με τον κανόνα αν α) συμφωνεί με όλες τις εφαρμόσιμες υποχρεωτικές απαιτήσεις και β) η ετήσια ενεργειακή χρήση δεν υπερβαίνει συγκριτικά αυτή του κτιριακού σχεδιασμού που συμβαδίζει με το ρυθμιστικό πρότυπο.

Ρυθμίζοντας την χρήση των ψυχρών οροφών στα κτιριακά πρότυπα ενεργειακής αποδοτικότητας προωθεί τη ρύθμιση του κόστους, μειώνει τις ενεργειακές απαιτήσεις σε περιόδους αιχμής και βελτιώνει την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα.

Μια εναλλακτική είναι, αντί να ρυθμιστεί να εκτιμηθεί η χρήση των ψυχρών οροφών. Αυτό επιτρέπει περισσότερη ευελιξία στον κτιριακό σχεδιασμό.

Τέτοιες εκτιμήσεις είναι ενεργειακά ουδέτερες αλλά παρόλα αυτά μπορούν να οδηγήσουν στη μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων σε περιόδους αιχμής και στη βελτίωση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα. Ίσως επίσης συμβάλλουν στη μείωση του αρχικού κτιριακού κόστους.

6.3 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ

Το 1999 ο σύλλογος Μηχανολόγων Μηχανικών της Αμερικής (ASHRAE) πρώτος εκτίμησε τις ψυχρές οροφές σε μη κατοικημένα και πολυώροφα κτίρια στον Κανονισμό 90.1 - 1999 του Συλλόγου με τίτλο " Ενεργειακές Προδιαγραφές για όλα τα κτίρια εντός των χαμηλών κατοικημένων κτιρίων (ASHRAE 1999). Το 2001 ο ίδιος σύλλογος αναθεώρησε τις προδιαγραφές για τα τελευταία συμπεριλαμβάνοντας αυτές τις αλλαγές στον Κανονισμό 90.2-2004 τρία χρόνια αργότερα με τίτλο: Ενεργειακά αποδοτικός σχεδιασμός χαμηλών κτιρίων (ASHRAE 2004b).

Τον Ιανουάριο 2001 η πολιτεία της Καλιφόρνιας ακολούθησε την ASHRAE προσέγγιση ενσωματώνοντας στον Title 24 την χρήση υλικών για ψυχρές οροφές σε μη κατοικημένα κτίρια . Το 2005 , ο συγκεκριμένος Κανονισμός αναβαθμίστηκε για να ρυθμίσει τις κατώτατες τιμές ηλιακής αντανάκλαστικότητας και θερμικής εκπομπής γι'αυτο το είδος οροφών (π.χ. οροφές με αναλογία ανύψωσης - επέκτασης που δεν υπερβαίνει το 2:12) σε μη κατοικημένα κτίρια (CEC 2006). Τον Ιούνιο του 2007 ο συγκεκριμένος Κανονισμός αξιολογεί προτάσεις ώστε να συμπεριληφθούν στον Title 24 του επόμενου έτους για μη κατοικημένα κτίρια με χαμηλής κλίσης οροφές καθώς και για κατοικημένα, τόσο χαμηλής κλίσης, όσο και κατακόρυφης κλίσης οροφών. Άλλες πολιτείες και πόλεις, συμπεριλαμβανομένων της Φλόριντας και του Σικάγο, έχουν υιοθετήσει τις παραδοσιακές προδιαγραφές των ψυχρών οροφών στους ενεργειακούς Κώδικες τους.

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ 90.1 ASHRAE (ΕΚΔΟΣΗ ΤΟΥ 2004)

Ο Κανονισμός αυτός επιτρέπει τόσο την θεσμική, όσο και την αποδοτική συμμόρφωση. Σύμφωνα με αυτόν τον κανονισμό τα ενεργειακά πρότυπα για τα κτήρια εκτός από τα κατοικημένα κτήρια χαμηλού- υψομέτρου, επιτρέπουν τη μειωμένη μόνωση στεγών (U- παράγοντας) εάν μια ψυχρή στέγη έχει ηλιακό συντελεστή ανάκλασης $\geq 0,70 \geq 0.75$).

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ 90.2 ASHRAE (ΕΚΔΟΣΗ ΤΟΥ 2004)

Σύμφωνα με αυτόν τον Κανονισμό ο ενεργειακός σχεδιασμός απόδοσης των κατοικημένων κτηρίων χαμηλού- υψομέτρου, επιτρέπει τη μειωμένη μόνωση στεγών σε μια ψυχρή στέγη με ηλιακό συντελεστή ανάκλασης $\geq 0,65$ ή ≥ 75).

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ TITLE 24 ΤΗΣ ΚΑΛΙΦΟΡΝΙΑ

Το 2001 οι εκτιμήσεις περί ψυχρών στεγών προστέθηκαν στον title 24 της Καλιφόρνια, μαζί με κάποιες παραμέτρους. Οι οροφές θεωρούνταν ψυχρές αν έχουν αρχική τιμή ηλιακής ανάκλασης μικρότερη από 0,70 και θερμική εκπομπή όχι μικρότερη από 0,75. Εξαιρέση αποτελούν οι στέγες από κεραμίδια, για τις οποίες η ελαχίστη τιμή ανάκλασης είναι χαμηλότερη του 0,40. Οι ψυχρές οροφές δεν ενσωματώθηκαν στα θεσμικά κριτήρια. Ο title 24 αναβαθμίστηκε το 2005 αφορώντας τα μη κατοικημένα κτίρια με οροφή μικρής κλίσης. Η επιτροπή ενέργειας της Καλιφόρνιας το 2007 εξέτασε την προσθήκη θεσμικών κριτηρίων σε όλα τα αλλά κτίρια στους Κανονισμούς του 2008.

ΔΙΕΘΝΗΣ ΚΩΔΙΚΑΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (IECC)

Το 2003 ο Διεθνής Κώδικας Διατήρησης Ενέργειας δεν αναφέρεται ξεκάθαρα στην χρήση ψυχρών στεγών. Παρόλα αυτά δίνεται η άδεια σε εμπορικά κέντρα να συμμορφωθούν με τον Κώδικα λαμβάνοντας υποψιν τις απαιτήσεις του Κανονισμού ASHRAE 90.1. Το 2006 ο Κώδικας προσφέρει πλέον ξεκάθαρες παραμέτρους που αφορούν τα κατοικημένα κτίρια.

Για να μετριαστεί το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας η πολιτεία του Σικάγο πρόσθεσε μια παράμετρο στον Κώδικα Διατήρησης Ενέργειας που προέβλεπε πως οι στέγες χαμηλής κλίσης πρέπει να έχουν αρχικό ηλιακό συντελεστή ανάκλασης όχι μικρότερο από 0,65 και τουλάχιστον 0,50 τρία χρόνια μετά την τοποθέτησή τους.

Οι προβλέψεις αυτές περί ψυχρών ορόφων έχουν τροποποιηθεί αρκετές φορές από το 2003. Ο Κώδικας 2007 προβλέπει οι στέγες χαμηλής κλίσης που έχουν τοποθετηθεί μέχρι τις 31/12/08 πρέπει να έχουν αρχικό συντελεστή ανάκλασης όχι μικρότερο από 0,25. Αντιθέτως, αυτές που θα τοποθετηθούν μετά την ημερομηνία αυτή πρέπει να χρησιμοποιούν προϊόντα που συμβαδίζουν με το Αμερικανικό Πρακτορείο Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA) - Ενεργειακό Αστéρι.

6.4 ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΨΥΧΡΩΝ ΣΤΕΓΩΝ

➤ Συμβούλιο Εκτίμησης Ψυχρών Στεγών – ΗΠΑ

Το Συμβούλιο εκτίμησης ψυχρών στεγών (CRRC) των ΗΠΑ δημιουργήθηκε το 1998 για να αναπτύξει ακριβείς και αξιόπιστες μεθόδους για την αξιολόγηση της ηλιακής και της θερμικής ανάκλασης και εκπομπής (ακτινοβολιακές ιδιότητες) των υλικών κατασκευής στέγης και για τη διάδοση των πληροφοριών αυτών σε όλα τα ενδιαφερόμενα μέλη.

Το Συμβούλιο εκτίμησης ψυχρών στεγών (CRRC) των ΗΠΑ είναι μια μη κερδοσκοπική οργάνωση που δημιουργήθηκε για τους ακόλουθους λόγους:

1. Για την εφαρμογή των συστημάτων εκτίμησης ενεργειακής απόδοσης για τις επιφάνειες των στεγών.
2. Για την ενίσχυση της έρευνας σχετικά με τις ιδιότητες ενεργειακής ακτινοβολίας των υλικών κατασκευής σκεπής, καθώς και την αντοχή αυτών των ιδιοτήτων.
3. Για την παροχή εκπαίδευσης και υποστήριξης στα συμβαλλόμενα μέλη για την κατανόηση και την σύγκριση των διάφορων επιλογών υλικού κατασκευής σκεπής.

Την ποικιλόμορφη σύνθεση των μελών του Συμβούλιο εκτίμησης ψυχρών στεγών (CRRC) περιλαμβάνει κατασκευαστές, προμηθευτές υλικών κατασκευής στέγης, εργολάβους, καθώς και μη κερδοσκοπικών ομάδες, κρατικές υπηρεσίες, εκπαιδευτικά ιδρύματα, εταιρείες υπηρεσιών ενέργειας και άλλα ενδιαφερόμενα άτομα.

➤ Συμβούλιο Εκτίμησης Ψυχρών Στεγών - ΕΕ

Για τους ίδιους λόγους πρόσφατα δημιουργήθηκε το Συμβούλιο εκτίμησης Ψυχρών Στεγών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το οποίο χρηματοδοτείται από την ΕΕ ώστε να παρέχει συμβουλές σχετικά με το ποια πολιτική πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη της υιοθέτησης της τεχνολογίας των ψυχρών στεγών.

Η χρήση της τεχνολογίας των ψυχρών στεγών μπορεί να συμβάλει σε στόχους πολιτικής της ΕΕ όπως η αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας, τη μείωση της αλλαγής του κλίματος, την αύξηση της βιώσιμης ανάπτυξης, καθώς και βελτίωση της ποιότητας των κτιρίων που θα οδηγήσει σε βελτίωση της ποιότητας ζωής.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους η ΕΕ θα μπορούσε να υποστηρίξει την εισαγωγή της τεχνολογίας ψυχρών υλικών για στέγες στο πλαίσιο της ΕΕ, όπως η συνταγογράφηση των σχετικών προτύπων και στόχων, καθώς και την παροχή κινήτρων, κ.α.

7. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στην εισαγωγή της εργασίας αυτής έγινε αναφορά στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας. Ένα φαινόμενο που οφείλεται στην αντικατάσταση της φυσικής βλάστησης από κτίρια, δρόμους και πεζοδρόμια στις μεγάλες αστικές περιοχές. Οι επιπτώσεις του φαινομένου αυτού περιλαμβάνουν την αύξηση της ζήτησης ενέργειας για κλιματισμό, την φωτοχημική παραγωγή των ρύπων όπως νέφος, που δημιουργούν το όζον, το αναπνευστικό και την θερμότητα που σχετίζονται με ασθένειες και απειλούν την ανθρώπινη υγεία. Τρόπος αντιμετώπισης του φαινομένου αυτού είναι οι τεχνικές παθητικής ψύξης που μειώνουν και σε ορισμένες περιπτώσεις καταργούν τις μηχανικές απαιτήσεις κλιματισμού ψύξης σε περιοχές όπου η υπερθέρμανση είναι κυρίαρχο πρόβλημα. Μια από τις τεχνικές παθητικής ψύξης είναι η κατασκευή κτιρίων με την χρήση υλικών που πολύ αποτελεσματικά αντανακλούν την ηλιακή ενέργεια και εκπέμπουν την υπέρυθη. Τα υλικά αυτά είναι γνωστά με το όνομα ψυχρά υλικά. Τα υλικά αυτά είναι χρώματα, επιχρίσματα, μεμβράνες οροφής, κεραμίδια και πλάκες.

Με την χρήση των υλικών αυτών επιτυγχάνεται ένα αρκετά ικανοποιητικό ποσοστό εξοικονόμησης της ενέργειας από την μείωση ή κατάργηση της χρήσης κλιματιστικών για ψύξη.

Η εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη έχει και οικονομικά οφέλη αν το δούμε μακροπρόθεσμα και δεν μείνουμε στο γεγονός ότι τα συμβατικά υλικά έχουν μικρότερο κόστος αγοράς.

Αν και η αντικατάσταση μιας συμβατικής στέγης από μια ψυχρή στέγη τείνει να μειώσει τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη, την απαίτηση ενέργειας ψύξης, και τις απαιτήσεις εξοπλισμού για ψύξη, η τεχνολογία ψυχρών στεγών δεν είναι ευρέως διαδεδομένη, ειδικά στην Ευρώπη. Αυτό μπορεί να αποδοθεί σε διάφορους παράγοντες που κυμαίνονται από τα τεχνικά εμπόδια στα κοινωνικά και νομοθετικά εμπόδια.

Παραδείγματος χάριν, τα υπάρχοντα άσπρα και χρωματιστά ψυχρά επιστρώματα είναι ωραία για τις στέγες χαμηλής-κλίσης των εμπορικών και βιομηχανικών κτιρίων και την κατασκευή διαμερισμάτων, όπου το λευκό είναι αποδεκτό. Αλλά στις στέγες υψηλής-κλίσης των ασφαλτικών σπιτιών, που μπορούν να φαίνονται από τον δρόμο, η αγορά εξουσιάζεται από τα ζωνόχρωμα βότσαλα, τα κεραμίδια και τα προϊόντα μετάλλων. Οι περισσότεροι ιδιοκτήτες σπιτιών με στέγες υψηλής κλίσης, ορατές από το επίγειο επίπεδο προτιμούν συχνά τα χρωματιστά προϊόντα υλικού κατασκευής σκεπής για αισθητικούς λόγους.

Τα χρωματιστά, ψυχρά αρχιτεκτονικά επιστρώματα μπορεί να εφαρμοστούν επί τόπου στις στέγες κεραμιδιών σκυροδέματος ή αργίλου για να μειωθεί η θερμοκρασία των κτιρίων, το κέρδος θερμότητας των κτιρίων, και η απαίτηση ενέργειας ψύξης, ταυτόχρονα βελτιώνοντας την εμφάνιση της στέγης. **Αυτές οι πληροφορίες δεν είναι εκτενώς γνωστές.**

Οι πολίτες είναι απληροφόρητοι των κοινωνικών οφελών που έχουν τα ψυχρά υλικά, όπως η χαμηλότερη μέγιστη ζήτηση ενέργειας (που μειώνει την πιθανότητα των διακοπών ρεύματος στις ώρες αιχμής τις καυτές ημέρες του καλοκαιριού) και οι χαμηλότερες υπαίθριες θερμοκρασίες αέρα (που βελτιώνουν την άνεση και που επιβραδύνουν το σχηματισμό της αιθαλομίχλης). Ως εκ τούτου οι καταναλωτές τείνουν να επιλέγουν υλικά που ελαχιστοποιούν το αρχικό κόστος κατασκευής, παρά το συνολικό κόστος της κατανάλωσης ενέργειας.

Τα εμπόδια αγοράς στην αποδοχή των ψυχρών επιστρωμάτων υπάρχουν. Οι συμβατικές τεχνικές κατασκευής υλικών σκεπής έχουν χρησιμοποιηθεί για δεκαετίες και υπάρχει μια έλλειψη εμπειρίας και διαθεσιμότητας των ψυχρών υλικών.

Υπάρχουν λίγα αξιόπιστα στοιχεία που διαχωρίζουν την αγορά υλικού κατασκευής σκεπής στις ιδιαίτερα αντανakλαστικές και παραδοσιακές εφαρμογές στεγών. Αυτό που είναι γνωστό για το μέγεθος της αγοράς ψυχρών στεγών προέρχεται από τις έρευνες και τις απόψεις των εμπόρων υλικών στέγης που χαρακτηρίζουν τη ζήτηση για τα αντανakλαστικά προϊόντα. Πηγές βιομηχανιών ισχυρίζονται, παραδείγματος χάριν, ότι το 10% (από την αξία δολαρίων) της εμπορικής αγοράς στεγών αντιπροσωπεύεται από τα ιδιαίτερα αντανakλαστικά προϊόντα. Ανεξάρτητα από εάν αυτός ο αριθμός είναι ακριβής, η ύπαρξη των μεγάλης κλίμακας προγραμμάτων με

κίνητρο την αγορά των ψυχρών προϊόντων στέγης, σε συνδυασμό με τα στοιχεία των κατασκευαστών και των εργολάβων, δείχνουν ότι το ποσοστό αγοράς για τις εμπορικές εφαρμογές αυξάνεται. Το μέγεθος της αγοράς ψυχρών υλικών στέγης για κατοικίες είναι επίσης αβέβαιο, αν και είναι γνωστό ότι είναι μικρότερο από την εμπορική αγορά. Σύμφωνα με μια έρευνα βιομηχανίας υλικού κατασκευής σκεπής, ο γενικός κατ' εκτίμηση όγκος πωλήσεων υλικού κατασκευής σκεπής (για όλα τα προϊόντα στεγών) ήταν περίπου \$20 δισεκατομμύρια το 1997.

Ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του '90, ο ποσοτικός καθορισμός της εξοικονόμησης ενέργειας έχει οδηγήσει τόσο τον ASHRAE όσο και την πολιτεία της Καλιφόρνια να προσθέσουν όρους και παραμέτρους περί ψυχρών οροφών στους Κανονισμούς τους. Πολλές αμερικανικές πολιτείες έχουν υιοθετήσει αυτές τις παραμέτρους ενώ κάποιες έχουν εξελίξει ή προσθέσει συμβατικές παραμέτρους στους Κανονισμούς τους.

Οι τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη των ASHRAE και Title 24 Κανονισμών μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως πρότυπα για την δημιουργία Κανονισμών ενέργειας κατασκευών παγκοσμίως.

Δεν θα πρέπει όμως να παραλείψουμε να αναφέρουμε και το Συμβούλιο Εκτίμησης Ψυχρών Στεγών (CRRC) των ΗΠΑ, μια μη κερδοσκοπική οργάνωση που δημιουργήθηκε για την ανάπτυξη μεθόδων αξιολόγησης των ακτινοβολιακών ιδιοτήτων των υλικών κατασκευής στέγης. Πρόσφατα δημιουργήθηκε αντίστοιχη οργάνωση και στην Ευρώπη. Σκοπός αυτών των οργανώσεων είναι στο έξυς ο κλάδος των κατασκευαστών να αποκτήσει κίνητρα, για την καθιέρωση της χρήσης των ψυχρών υλικών, που μέχρι σήμερα χρησιμοποιούνταν λόγω του ελαφρά υψηλότερου κόστους τους μόνο προαιρετικά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΤΣΙΠΗΡΑΣ, Κ & Θ. (2005) **ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ**. 5^η ΕΚΔ. ΑΘΗΝΑ: ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΕΔΡΟΣ.
2. AKBARI, H. LEVINSON, R. AND BERDAHL, P. (2003) **A REVIEW OF METHODS FOR THE MANUFACTURE OF RESIDENTIAL ROOFING MATERIALS**. LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY BERKELEY USA.
3. AKBARI, H. AND LEVINSON, R. (2007) **EVOLUTION OF COOL ROOF STANDARDS IN THE UNITED STATES**. ADVANCES IN BUILDING ENERGY RESEARCH VOLUME 2, LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY BERKELEY USA. PP 1-32
4. AKBARI, H. LEVINSON, R. AND BERDAHL, P. (2004) **SOLAR SPECTRAL OPTICAL PROPERTIES OF PIGMENTS—PART II: SURVEY OF COMMON COLORANTS**, LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY BERKELEY USA.
5. AKBARI, H. BRETZ, S. KURN, D. M. HANFORD, J. (1997) **PEAK POWER AND COOLING ENERGY SAVINGS OF HIGH-ALBEDO ROOFS**. ENERGY AND BUILDING, PUBLISHED BY ELSEVIER SCIENCE S.A. LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY BERKELEY USA. PP 117-126
6. AKBARI, H. LEVINSON, R. BERDAHL, P. MILLER, W. JOEDICKE, I. REILLY, J. SUZUKI, Y. VONDRAN, M. (2005) **METHODS OF CREATING SOLAR-REFLECTIVE NONWHITE SURFACES AND THEIR APPLICATION TO RESIDENTIAL ROOFING MATERIALS**. LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY BERKELEY USA
7. ALCOFORADO, M.J AND ANDRADE, H. (2008) **GLOBAL WARMING AND THE URBAN HEAT ISLAND**. UNIVERSITY OF LISBON PORTUGAL: ORIGINALLY PUBLISHED IN J.M. MARZLUFF ET AL., URBAN ECOLOGY, SPRINGER.

WEB SITE

1. ANAKΛΑΣΗ – ΔΙΑΘΛΑΣΗ ΦΩΤΟΣ <http://www.light.physics.auth.gr>
2. COOL ROOF RATING COUNCIL <http://www.coolroofs.org>
3. EU COOL ROOF COUNCIL <http://www.coolroofs.univ-ir.fr>
4. URBAN HEAT ISLAND <http://www.wikipedia.org>

