

ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Α.Τ.Ε.Ι.)
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

Θέμα:

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΕΝΑ
ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΥΨΗΛΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ,
ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΕΣ ΤΟΥΣ
ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.



Διπλωματική εργασία του σπουδαστή

Κοτοπούλη Γρηγόριου

ΚΑΛΑΜΑΤΑ, ΜΑΪΟΣ 2010

ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Α.Τ.Ε.Ι.)
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

Θέμα:

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΕΝΑ
ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΥΨΗΛΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ,
ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΕΣ ΤΟΥΣ
ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.



Διπλωματική εργασία του σπουδαστή

Κοτοπούλη Γρηγόριου

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΚΟΤΣΙΡΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ, ΜΑΤΟΣ 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
Ορισμός φυτοκαλυμμένου δώματος	6
ΚΕΦ. 1 ΤΑ ΦΥΤΟΚΑΛΥΜΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ ΣΗΜΕΡΑ	9
1.1. Εφαρμογές – έκταση εφαρμογών	9
1.2. Τύποι φυτοκαλυμμένων δωματίων:	11
1.3. Προκλήσεις στις οποίες απαντούν τα φυτοκαλυμμένα δώματα.	13
1.3.1. Αισθητικά οφέλη.	13
1.3.2. Κοινωνικά οφέλη	13
1.3.3. Κατασκευαστικά οφέλη	14
1.3.4. Υγειονομικά οφέλη	14
1.3.6. Περιβαλλοντικά οφέλη.	17
1.3.7. Αντιμετώπιση φαινομένου αστικής θερμό-νησίδας.	18
ΚΕΦ.2 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΦΥΤΟΚΑΛΥΜΜΕΝΩΝ ΔΩΜΑΤΩΝ.	21
2.1. Εισαγωγικές έννοιες.	21
2.1.1 Ροή θερμότητας στα φυτοκαλυμμένα δώματα.	21
2.1.3. Θερμική άνεση	28
2.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τις θερμομονωτικές ιδιότητες του φυτοκαλυμμένου δώματος.	36
2.2.1 Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας	36
2.2.2 Ιδιότητες υποστρώματος φύτευσης. - ιδιότητες πετροβάμβακα	37
2.3. Πειραματικά αποτελέσματα άλλων ερευνών.	40
ΚΕΦ.3 ΨΥΧΡΑ ΥΛΙΚΑ	42
3.1. Ψυχρά υλικά βασισμένα στη νανοτεχνολογία.	45
3.1.1. Τι υπόσχονται τα ψυχρά νάνο-υλικά.	46
ΚΕΦ.4 ΠΕΙΡΑΜΑ	49
4.1. Μέθοδος	49
4.2. Εξοπλισμός καταγραφής μετρήσεων.	51

4.3. Κατασκευή φυτεμένου δώματος.	51
4.3.1. Μόνωση ταράτσας	52
4.3.2. Σύστημα στράγγισης ταρτσόκηπου	53
4.3.3. Φίλτρο γεωφάσματος.	55
4.3.4. Υπόστρωμα ταρτσόκηπου.	56
4.3.5. Αρδευτικό σύστημα.	58
4.3.6. Φυτικό υλικό.	59
ΚΕΦ.5 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ	60
5.1. Διάγραμμα ημερήσιας ηλιοφάνειας.	60
5.2. Διάγραμμα μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας.	61
5.3. Διάγραμμα ελάχιστης- μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας.	62
5.4. Συγκριτικό διάγραμμα μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών των δυο δωματίων.	63
5.5. Σύγκριση μετρήσεων.	64
5.6. Περαιτέρω συμπεράσματα, σύγκριση υγρασίας και θερμοκρασίας υποστρώματος.	67
5.7. Χειμερινή σύγκριση.	69
ΚΕΦ. 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ	73
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	75

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι σύγχρονες πόλεις λόγω του τρόπου δόμησής τους καθώς και των ασκούμενων εντός τους δραστηριοτήτων έχουν επίδραση στο κλίμα τους και το εν γένει περιβάλλον. Μία εναέρια εποπτεία των περισσότερων αστικών περιοχών περιλαμβάνει άσφαλτο , πίσσα και τσιμεντοποιημένα τοπία. Αυτές οι επεμβάσεις του ανθρώπου έχουν σαν αποτέλεσμα τη διαμόρφωση μικροκλίματος , δημιουργώντας φαινόμενα (όπως της αστικής θερμνησιδας) που αυξάνουν την δυσφορία και τα προβλήματα υγείας στην πόλη.

Μια σύγχρονη τεχνολογία βελτίωσης των μικροκλιματικών συνθηκών των πόλεων στην Ευρώπη, είναι τα φυτοκαλυμμένα δώματα ή πράσινες στέγες. Οι πράσινες στέγες συμπληρώνουν την βλάστηση σε στεγασμένους χώρους και δοχεία χωρίς να αναστατώσουν την αστική υποδομή και καθιστούν χρήσιμο μη χρησιμοποιούμενο συνήθως χώρο. Οι πράσινες στέγες μειώνουν τις ενεργειακές δαπάνες των κτιρίων για κλιματισμό, με τη φυσική μόνωση που εγκαθιστούν. Δημιουργούν θέσεις ήσυχες και προφυλαγμένες για τους ανθρώπους και τα ζώα, μειώνουν την ένταση απορροής κατά την διάρκεια των βροχοπτώσεων, ελαττώνοντας ενδεχομένως την ανάγκη για τα σύνθετα και ακριβά συστήματα αποχέτευσης.

Τα ενεργειακά οφέλη και η συμβολή ενός φυτεμένου δώματος στο παθητικό δροσισμό ενός κτηρίου είναι πλέον κοινώς αποδεκτά. Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η σύγκριση του φυτεμένου δώματος με ένα δώμα βαμμένο με ένα προχωρημένης τεχνολογίας ανακλαστικό υλικό..

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ορισμός φυτοκαλυμμένου δώματος

Οι ορισμοί που υπάρχουν για τα φυτοκαλυμμένα δώματα δεν είναι επαρκείς. Κατά τον Osmundson (wikipedeia.gr) *"φυτοκαλυμμένο δώμα ονομάζεται οποιαδήποτε φυτεμένη επιφάνεια δημιουργείται σε επίπεδο υψηλότερο του εδάφους."*.

Προκειμένου όμως να συμπεριληφθούν φυτεύσεις σε πλάκες υπόγειων χώρων στάθμευσης ή άλλων χρήσεων, θα μπορούσε να διατυπωθεί ως εξής: *φυτοκαλυμμένο δώμα ονομάζεται οποιαδήποτε φυτεμένη επιφάνεια που δημιουργείται σε πλάκα ή στέγη, οποιουδήποτε επιπέδου, που στεγάζει χώρο οποιασδήποτε χρήσης.* (Κοτσίρης Γ., προσωπική επαφή).

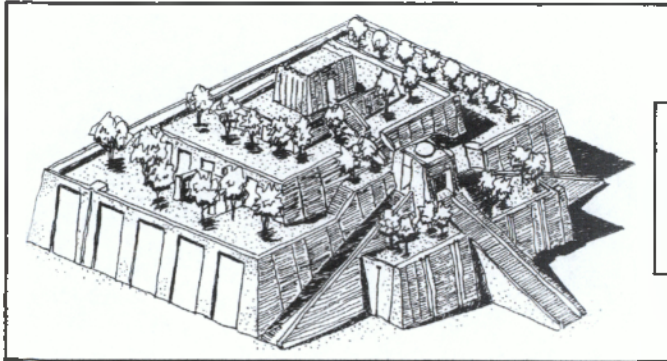
Ιστορικές πληροφορίες:

Η ιδέα δημιουργίας ενός κήπου υψηλότερα από την επιφάνεια του εδάφους φαίνεται να έχει πανάρχαιες καταβολές.

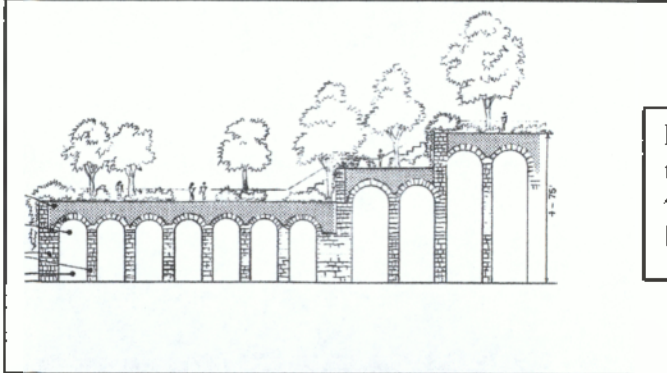
Η εμφάνιση των πρώτων φυτεμένων δωματίων συναντάται με τους γνωστούς, ως ένα από τα επτά θαύματα του κόσμου, Κρεμαστούς Κήπους της Βαβυλώνας γύρω στο 604 - 652 π. Χ.

Τις πρώτες καταγραφές υπέργειων κήπων τις έχουμε στην αρχαία Μεσοποταμία στα περίφημα πυραμοειδή Ζιγκουράτ, τα οποία τοποθετούνται χρονικά 3000 - 600 π. Χ. πάνω στα οποία έχτιζαν οι Βαβυλώνιοι τους ναούς και τα ιερά για να λατρέψουν τους θεούς.

Στα ελληνορωμαϊκά χρόνια, τα φυτεμένα δώματα δεν βρίσκουν πολλές εφαρμογές, παρά μόνο σε περιοχές, όπως η Φοινίκη, η Πομπηία και η Εγγύς Ανατολή, ενώ στην εποχή του Μεσαίωνα και της Αναγέννησης, αρκετά καλά διατηρημένα φυτεμένα δώματα, συναντώνται σε παλάτια και επαύλεις της Ιταλίας, καθώς επίσης σε εκκλησιαστικά κτίρια και μοναστηριακά συγκροτήματα της βορειοδυτικής Γαλλίας.



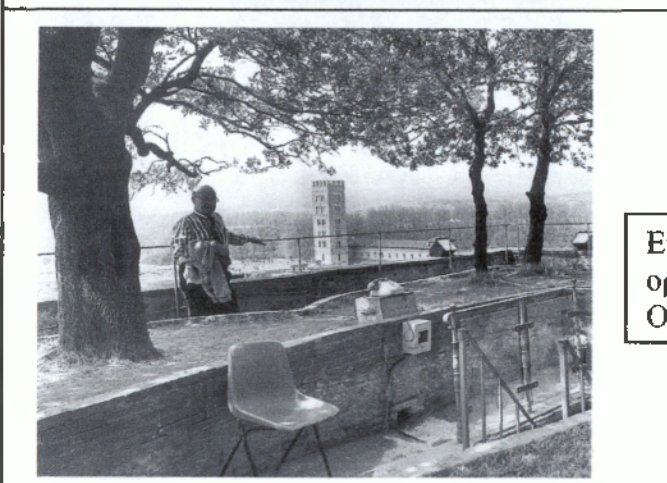
Εικ 1. το ζιγκούρατ Νάννα ύψους 21μ.,σχέδιο του THE BRITISH MUSEUM (T. Osmundson,1999)



Εικ 2. σχέδιο των Κρεμαστών κήπων της Βαβυλώνας σύμφωνα με τα γραφόμενα του ιστορικού Robert Koldewey. (T. Osmundson,1999)



Εικ 3 το Pallazio Picolimi, (T. Osmundson,1999)



Εικ 4. Τρεις βελανιδιές στην οροφή του πύργου Guinigis (T. Osmundson 1999)

Κεφ. 1 ΤΑ ΦΥΤΟΚΑΛΥΜΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ ΣΗΜΕΡΑ

1.1. Εφαρμογές – έκταση εφαρμογών

Η αυξανόμενη κατασκευή κήπων σε δώματα τα τελευταία χρόνια επιβεβαιώνει τα πολλαπλά τους οφέλη. Στην Ελβετία 100.000 στρεμ. ταρατσών έχουν μετατραπεί σε κήπους. Στο Λονδίνο υπάρχει πρόγραμμα για φύτευση 240.000 στρεμ. ταρατσών. Στη Γερμανία το 10% των ταρατσών είναι φυτεμένες και οι περισσότερες δημοτικές αρχές παρέχουν κίνητρα για την υιοθέτηση του μέτρου από τους πολίτες. Στο Βανκούβερ (Καναδάς) επιτρέπεται η υπέρβαση του ανώτατου ορίου ύψους των κτιρίων εφόσον κατασκευαστεί κήπος στο δώμα. (Kristin 2003, Πέρδιος 2006, www.hrt.msu.edu)

Στο Τόκιο (Ιαπωνία) είναι υποχρεωτική η φύτευση στο 20% τουλάχιστον του δώματος αν αυτό είναι μεγαλύτερο των 1000 m².

Στην Ελλάδα, δεν έχει σημειωθεί καμία πρόοδος σε θεσμικό επίπεδο, ενώ λίγες είναι και οι κατασκευές που έχουν πραγματοποιηθεί από 2-4 εταιρείες με

πατέντες εξωτερικού... Αν όμως η Αθήνα είχε φυτεμένα δώματα (Πανάς, 2007, Πέρδιος 2006)

- α) θα εξοικονομούσε 600 MW ηλεκτρική ενέργεια το καλοκαίρι, όση δηλαδή η παραγωγή της μονάδας της ΔΕΗ στη Μεγαλόπολη,
- β) θα είχε το καλοκαίρι τουλάχιστον 3° C μέση χαμηλότερη θερμοκρασία
- γ) θα είχαν έναν όμορφο τόπο συνάντησης οι ένοικοι των πολυκατοικιών
- δ) θα τους βοηθούσε να αναπτύξουν κοινωνικές σχέσεις.

Η κατασκευή «πράσινων στεγών» προέκυψε από την ανάγκη του ανθρώπου να ζει κοντά στο φυσικό περιβάλλον. Ιδιαίτερα στο κέντρο των πόλεων που έχει αντικατασταθεί από κτίρια, δρόμους, χώρους στάθμευσης (Kristin, 2003).

Η Γερμανία θεωρείται ευρέως ηγέτης στην πράσινη έρευνα, την τεχνολογία και τη χρήση στεγών. Υπολογίζεται ότι 12% όλων των επιπέδων στεγών σε εκείνη την χώρα είναι πράσινα και η γερμανική πράσινη βιομηχανία στεγών αυξάνεται 10% - 15% ετησίως, το 2001 εγκαταστάθηκαν 13.500.000 m² (Kristin, 2003).

Συνεπώς, η δημιουργία ταρτσόκηπων στις αστικές περιοχές κυρίως, είναι μια θεραπεία για την βελτίωση της περιβαλλοντικής ποιότητας, παρέχοντας πολυάριθμα οικολογικά και οικονομικά οφέλη, συμπεριλαμβανόμενης της εξοικονόμησης ενέργειας, την μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των υλικών κάλυψης των στεγών, ενώ ταυτόχρονα προσφέρουν ένα πιο αισθητικά ευχάριστο περιβάλλον στο οποίο μπορεί να ζήσει και να εργαστεί κανείς (Kristin, 2003).

1.2. Τύποι φυτοκαλυμμένων δωμάτων:

Διακρίνουμε τους εξής τύπους φυτοκαλυμμένων δωμάτων:

- Εκτατικός τύπος – Extensive Green roof: Το σύστημα αποτελείται από ένα ελαφρύ υπόστρωμα ύψους 8 έως 15εκ. (φορτίο έως 120 kg/ m².) το οποίο μπορεί να καλύψει ένα δώμα, μια ταράτσα, δημιουργώντας ένα μόνιμο οικοσύστημα για τη συντήρηση του τοπίου απαιτείται ελάχιστη φροντίδα. Το περιορισμένο βάρος της κατασκευής στο σύνολό της επιτρέπει την εγκατάστασή της σχεδόν σε οποιαδήποτε οροφή με κλίση έως και 33%. Ιδανικά για αυτό το είδος είναι τα φυτά χαμηλής βλάστησης, όπως αγριολούλουδα και φυτά εδαφοκάλυψης. Σε αυτές τις κατασκευές συνήθως επιλέγονται φυτά και κατασκευή με ελάχιστες ανάγκες άρδευσης και συντήρησης.
- Ημιεντατικός τύπος – Simple Intensive Green roof: το σύστημα αποτελείται από ένα υπόστρωμα 12 έως 25εκ. και με φορτίο 120-200kg/m². χρησιμοποιούνται φυτά εδαφοκάλυψης, μικροί και μεσαίοι θάμνοι.
- Εντατικός τύπος – intensive Green roof: Το σύστημα αυτό συνίσταται στη δημιουργία ενός κήπου, σε υπόστρωμα 15-100εκ ,με φορτίο στον κορεσμό περίπου 180-2000 kg/m². Αυτός ο τύπος απαιτεί τακτική συντήρηση (άρδευση, λίπανση, κλπ.) και περιλαμβάνει ποικιλία φυτών (φυτά εδαφοκάλυψης, μεγάλοι θάμνοι, δένδρα), αλλά και άλλων κατασκευών (καθιστικά, στοιχεία νερού, πέργκολες, κλπ.) Αυτός ο τύπος κήπου απαιτεί διεπιστημονική συνεργασία. (Παγκάλου, 2005, Κόγκα, Τάτσης,

2006). Είναι οι πιο απαιτητικές κατασκευές από πλευράς άρδευσης και συντήρησης, χωρίς όμως το κόστος αυτό να διαφέρει σημαντικά ενός κοινού κήπου.



Εικ. 1.1 ταρατσόκηπος
εκτατικού τύπου.
(www.greenroof.co.uk)



Εικ. 1.2 ταρατσόκηπος
ημιεντατικού τύπου.
(www.greenroof.co.uk)



Εικ. 1.3 ταρατσόκηπος
εντατικού τύπου.
(www.greenroof.co.uk)

1.3. Προκλήσεις στις οποίες απαντούν τα φυτοκαλυμμένα δώματα.

1.3.1. Αισθητικά οφέλη.

Αν ανεβείτε σε ένα ψηλό σημείο ή κτίριο της Αθήνας και ατενίσετε, το πιθανότερο είναι ότι δεν θα θαυμάσετε την Ακρόπολη. Θα δείτε αμέτρητα κτίρια με μια γκριζα επιφάνεια στην οροφή τους. Μια άσχημη και συχνά ατημέλητη επιφάνεια ταράτσας.

Φανταστείτε πόσο διαφορετική θα ήταν αυτή η όψη αν είχαν υιοθετηθεί συνολικά τα φυτοκαλυμμένα δώματα από τους κατοίκους της Αθήνας.

Το φυτεμένο δώμα αποτελεί αναμφίβολα, μια ελκυστική και ευχάριστη όψη, σε κατοικίες αλλά και σε δημόσια κτίρια. (Φυντικάκης Ν. 2007, Osmundson T. 1999, Παγκάλου Ε. 2007)

1.3.2. Κοινωνικά οφέλη

Οι πράσινες στέγες, αξιοποιώντας αχρησιμοποίητους χώρους, παρέχουν μέρη για ψυχαγωγία, χαλάρωση ή και κοινωνικοποίηση. (greenroof.gr)

Τα φυτεμένα δώματα θα μπορούσαν στο μέλλον να αναδειχτούν σε χώρους συνάντησης ενηλίκων ή παιχνιδιού για τα μικρά παιδιά τα οποία κατοικούν για παράδειγμα σε μία πολυκατοικία, δεδομένου ότι οι αστικές περιοχές στερούνται ασφαλών ελεύθερων χώρων.

1.3.3. Κατασκευαστικά οφέλη

1.2.3.1. Προστασία κελύφους κτηρίου.

Η παρουσία φυτών μπορεί να ελαχιστοποιήσει σε μεγάλο βαθμό τις φθορές στο κέλυφος του κτιρίου από τον άνεμο, τις δυνατές βροχοπτώσεις, το χαλάζι και την υπεριώδη ακτινοβολία, επεκτείνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής του.(Φυντικάκης Ν. 2007, www.monumenta.org)

1.3.3.2. Αύξηση αξίας κτιρίου.

Η ύπαρξη φυτοκαλυμμένου δώματος αποτελεί στοιχείο υψηλής ποιότητας και προσδίδουν στο κτίριο ιδιαίτερη αξία και κέρδος για τους κατασκευαστές.
(Πανάς Ε. 2007)

1.3.4. Υγειονομικά οφέλη

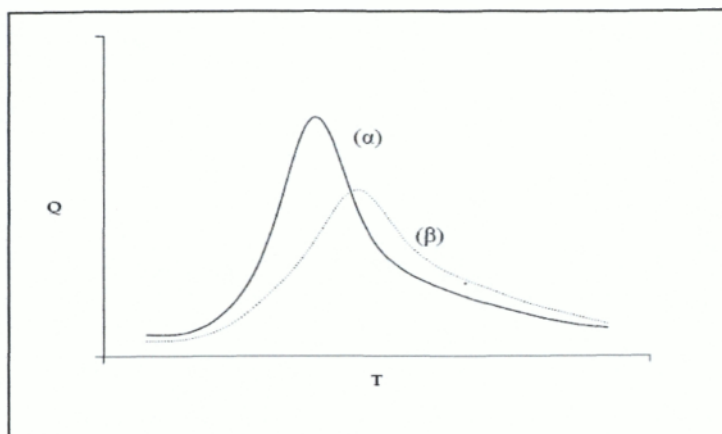
Συνεχώς περισσότεροι πολίτες παρουσιάζουν προβλήματα υγείας που σχετίζονται με την υποβάθμιση του περιβάλλοντος και με το φαινόμενο της αστικής θερμνησίδας. Οι πιο ευάλωτες σε αυτές τις συνθήκες κοινωνικές ομάδες είναι οι ηλικιωμένοι και τα μικρά παιδιά. Συνηθέστερες παθήσεις που οφείλονται στις υποβαθμισμένες συνθήκες και στο φαινόμενο της αστικής θερμνησίδας είναι το άσθμα και οι θερμοπληξίες. (Πανάς Ε. 2007)

1.3.5. Διαχείριση όμβριων υδάτων.

«Τα φυτεμένα δώματα μπορούν να μειώσουν την απορροή των νερών της βροχής έως και 90%» (www.egreen.gr).

Η ύπαρξη ταρατσόκηπων σε ευρεία κλίμακα μπορεί να επηρεάσει ευεργετικά το υδατογράφημα μιας αστικής περιοχής αναχαιτίζοντας τη βροχή κατά τα πρώτα στάδια μιας καταιγίδας ,περιορίζοντας τη μέγιστη καταγραφή απορροής ομβρίων λειτουργώντας ως μέτρο ανάσχεσης της πλημμύρας.

Η Αθήνα πάρα το χαμηλό καταγραφόμενο ετήσιο ύψος βροχής παρουσιάζει το φαινόμενο ραγδαίων βροχοπτώσεων και συχνής εμφάνισης πλημμυρών. Πειραματικές μελέτες έδειξαν ότι η χρήση ταρατσόκηπων μπορεί να μειώσει της εκροές όμβριων υδάτων στις αποχετεύσεις της Αττικής από 33-50% ανάλογα το τύπο και το υπόστρωμα του φυτεμένου δώματος. Ενώ συγχρόνως περιορίστηκε σημαντικά ο μέγιστος ρυθμός απορροής τους (Μπαμπίλης Δ.)



Εικ 1.4. τυπικό υδατογράφημα πλημμύρας στο φυσικό αποδέκτη χωρίς ταρατσόκηπο (α) ,με ταρατσοκηπο (β) (Μπαμπύλης)

Επιπλέον έρευνες επισημαίνουν τη συγκέντρωση φυτοφαρμάκων και υψηλά ποσά πολυάριθμων βαριών μετάλλων σε περιοχές που δεν διαθέτουν ταρατσόκηπους καθώς και αναμενόμενη μείωση της ποιότητας του νερού σε αντίθεση με αυτές που έχουν και δεσμεύουν όλα αυτά στο υπόστρωμά τους» (<http://jeq.scijournals.org>).

1.3.6. Περιβαλλοντικά οφέλη.

1.3.6.1. Μείωση ηχορύπανσης.

Στα φυτεμένα δώματα, ο συνδυασμός του υποστρώματος, της φυτικής μάζας και των παγιδευμένων στρωμάτων αέρα που δημιουργούνται μπορεί να λειτουργήσει ως φίλτρο μόνωσης του ήχου. Για αυτό πλέον βλέπουμε να αναπτύσσονται και μέθοδοι κάθετης φύτευσης. (www.monumenta.org).

1.3.6.2. Καθαρισμός ατμόσφαιρας.

Τα φυτά εμπλουτίζουν την ατμόσφαιρα με οξυγόνο και την αποδεσμεύουν από το διοξείδιο του άνθρακα με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης.

Στη φυλλική επιφάνεια των φυτών ενός ταρατσόκηπου κατακρατούνται σωματίδια σκόνης και άλλων ρυπογόνων στοιχείων. Έτσι, καθαρίζεται η ατμόσφαιρα βοηθώντας τους ανθρώπους που πάσχουν από αναπνευστικές παθήσεις, ενώ παράλληλα συντελεί στην άμεση μείωση και άλλων μορφών ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Τα φυτά στην τaráτσα, μπορούν να απορροφήσουν το διοξείδιο του άνθρακα από τα αυτοκίνητα ή τις βιομηχανίες μέσω της φωτοσύνθεσης και να παράγουν οξυγόνο. Κάτι που φανερώνεται αν κοιτάξουμε απλά την εξίσωση της φωτοσύνθεσης $12\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 674 \text{θερμίδες}$.

Μεγάλο ποσοστό αιρούμενων σωματιδίων ιδιαίτερα επιβλαβών για τον άνθρωπό μπορούν να συγκρατηθούν από το φύλλωμα των φυτών

λειτουργώντας έτσι σαν φίλτρο καθαρισμού της ατμόσφαιρας. (www.monumenta.org). Η δυνατότητα συγκράτησης ποικίλει ανάλογα με τη φυτοκάλυψη. Ο χλοοτάπητας συγκρατεί ποσότητα 3-6 φορές μεγαλύτερη από το γυμνό έδαφος ενώ τα δέντρα 30-60 φορές μεγαλύτερη. Σε έρευνα στη Φρανκφούρτη μετρήθηκαν 115.000/λίτρο αιωρούμενα σωματίδια ενώ σε δεντροφυτεμένη περιοχή της Φρανκφούρτης 38.000/λίτρο. Στο λεκανοπέδιο Αττικής που παράγονται ετησίως 17.000 τόνοι αιωρούμενων σωματιδίων ,η σημασία ύπαρξης πρασίνου είναι προφανής.

1.3.7. Αντιμετώπιση φαινομένου αστικής θερμό-νησίδας.

«Θερμική νησίδα είναι το φαινόμενο όπου η θερμοκρασία στο κέντρο μίας πόλης είναι αυξημένη κατά 5 - 6° C σε σχέση με τα προάστια της. Οι θερμικές νησίδες δημιουργούνται λόγω απουσίας πρασίνου και της υποκατάστασής του με επιφάνειες που απορροφούν την ηλιακή ενέργεια (άσφαλτος, μπετόν), καθώς και από την συνεπαγόμενη χρήση κλιματιστικών» (<http://www.authorstream.com>, www.wikipedia.com).

«Στις αστικές περιοχές η θερμοκρασία του αέρα είναι κατά μέσο όρο υψηλότερη από την αντίστοιχη στις μη αστικές περιοχές . Η διαφορά αυτή κυμαίνεται από 1 - 2° C την ημέρα και φθάνει έως 6 - 8° C τη νύχτα. Η αύξηση της θερμοκρασίας είναι αποτέλεσμα ενός θερμικού πλεονάσματος, που προκαλεί διαταραχή στο θερμικό ισοζύγιο των πόλεων. Το φαινόμενο αυτό ορίζεται ως **αστική θερμική νησίδα**.

Ένταση της αστικής θερμικής νησίδας, ορίζεται ως η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας του περιβάλλοντος ανάμεσα σε μια πόλη και στην γειτονική της

ύπαιθρο και μπορεί να φθάσει μέχρι τους 15° C. Η αστική θερμική νησίδα απόκτα την μέγιστη έντασή της 2 - 3 ώρες μετά το ηλιοβασίλεμα και την ελάχιστη έντασή της κατά τις μεσημεριανές ώρες. Η έντασή της είναι μεγαλύτερη με ανέφελο ουρανό και συνθήκες άπνοιας» (Hashem, 1992).

Η αστική θερμική νησίδα δημιουργείται, όταν οι πόλεις αντικαθιστούν τη φυσική βλάστηση με κτίρια και άλλες κατασκευές, συνέπεια μιας απρογραμματίστης ανάπτυξης.

Αυτές οι αλλαγές έχουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

- Υψηλή θερμοκρασία.
- Τα κτίρια δημιουργούν ένα τείχος, το οποίο αυξάνει την θερμοκρασία του αέρα, ο οποίος είναι παγιδευμένος ανάμεσα τους και χαμηλώνουν την ταχύτητα ροής του. Το φαινόμενο αίρεται μόνο αν οι δρόμοι βρίσκονται στην κατεύθυνση των κρατούντων ανέμων και αν υπάρχουν τέτοιοι την θερμή περίοδο(φαινόμενο αστικού φαραγγιού).
- Θερμότητα που εκλύεται από τα οχήματα.
- Θερμότητα από τα εργοστάσια.
- Θερμότητα από τα κλιματιστικά.

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την αστική θερμική νησίδα είναι:

- Η τοποθεσία της πόλης
- Το μικρο-κλίμα της περιοχής ή οι ιδιαιτερότητες του τοπικού περιβάλλοντος
- Η τοπογραφία και η φύση του γύρω περιβάλλοντος
- Η ώρα της ημέρας και η εποχή
- Τα φυσικά χαρακτηριστικά της πόλης
- Η συμπεριφορά των κατοίκων

Κεφ.2 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΦΥΤΟΚΑΛΥΜΜΕΝΩΝ ΔΩΜΑΤΩΝ.

2.1. Εισαγωγικές έννοιες.

2.1.1 Ροή θερμότητας στα φυτοκαλυμμένα δώματα.

Ως θερμοκρασία ενός σώματος, ορίζεται ο προσδιορισμός της αίσθησης του ζεστού ή κρύου από την επαφή με το σώμα. Ο όρος αυτός δεν συγχέεται με την έννοια της θερμότητας ενός υλικού, η οποία είναι ανάλογη με τη συνολική τυχαία ενέργεια των μορίων του.

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία χτυπά στην επιφάνεια ενός υλικού, εν μέρει ανακλάται, απορροφάται και αποθηκεύεται ως θερμότητα ή το διαπερνά, και η απορροφώμενη ενέργεια εν συνεχεία εκπέμπεται. Τα ποσοστά εξαρτώνται από την φύση του υλικού.

Αυτό που ζητείται στα παθητικά ηλιακά συστήματα δεν είναι η μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμότητα, αλλά η διακίνηση της θερμότητας στο κατάλληλο μέρος και αν αυτό είναι απαραίτητο η αποθήκευσή της για μελλοντική χρήση. Η διακίνηση της θερμότητας μπορεί να ακολουθήσει τρεις δυνατές οδούς: την αγωγή, την συναγωγή και την ακτινοβολία (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

Μεταφορά θερμότητας με ΑΓΩΓΗ

Με τον τρόπο αυτό η θερμότητα μεταφέρεται με την κίνηση και τη σύγκρουση των σωματιδίων δύο σωμάτων, τα οποία έρχονται σε επαφή. Η μεταφορά θερμοκρασίας γίνεται από τη θερμότερη περιοχή στην ψυχρότερη και ο ρυθμός μεταφοράς της εκφράζεται από την ισότητα του Fourier :

$$Q = (\lambda / e) A (T_1 - T_2)$$

Όπου: Q = ρυθμός μεταφοράς (W)

λ = Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητα του σώματος (W / m x K)

e = το πάχος του υλικού (m)

A = η επιφάνεια της διατομής μέσω της οποίας η θερμότητα άγεται (m²)

$T_1 - T_2$ = η διαφορά θερμοκρασίας (K)

Με την παραπάνω ισότητα αποδεικνύεται ότι η θερμότητα που άγεται αυξάνει με την αύξηση της διαφοράς θερμοκρασίας και τη θερμική αγωγιμότητα του υλικού, αλλά μειώνεται όσο το πάχος του υλικού αυξάνει (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

Μεταφορά θερμότητας με ΣΥΝΑΓΩΓΗ

Δεύτερος τρόπος μετάδοσης είναι η συναγωγή (ή επαγωγή), η οποία αφορά τα ρευστά και γίνεται με την μετακίνηση των σωματιδίων που έχουν τη μεγαλύτερη κινητική ενέργεια. Η μεταφορά θερμότητας με τον τρόπο αυτό αφορά την επιφάνεια ενός στερεού και ρευστού, που είναι σε επαφή και ο ρυθμός μεταφοράς της δίνεται από τον νόμο ψύξης του Newton και εκφράζεται ως εξής:

$$Q = A h (T_s - T_v)$$

Όπου: Q = ρυθμός μεταφοράς (W)

A = η έκταση της επιφάνειας (m^2)

h = ο συντελεστής θερμικής μεταφοράς με συναγωγή ($W / m^2 \times K$)

$T_s - T_v$ = η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της επιφάνειας και του ρευστού (K) (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

Μεταφορά θερμότητας με ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Όσο αφορά την ακτινοβολία, είναι ο τρίτος τρόπος μεταφοράς της θερμικής ενέργειας, με τον οποίο ο ήλιος θερμαίνει τη γη. Γίνεται δηλαδή, διακίνηση της θερμότητας μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Η ενέργεια μεταφέρεται μέσω του κενού από τον ήλιο και καταλήγει στη γη όπου ένα μέρος της απορροφάται θερμαίνοντας την επιφάνειά της. Οι Stefan και Boltzmann υποστήριξαν πως η εκπεμπόμενη ενέργεια εξαρτάται από τη θερμοκρασία του μέλανος σώματος, που είναι ένας τέλειος πομπός και δέκτης της θερμικής ακτινοβολίας.

$$R = \sigma T^4$$

Όπου: R = εκπεμπόμενη ενέργεια (W m^{-2})

σ = η σταθερά του Stefan - Boltzmann ($5,6697 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$)

T = η θερμοκρασία του μέλανος σώματος (K)

Όταν η ακτινοβολία πέφτει στην επιφάνεια ενός φυσικού σώματος (όχι μέλαν σώμα), ένα μέρος της ανακλάται ένα μέρος απορροφάται και ένα μέρος περνάει μέσα από το σώμα αυτό (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

2.1.2. Βιοκλιματικός σχεδιασμός

Όταν άρχισαν να διαδίδονται οι πρώτες τεχνολογικές εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας μετά τις πετρελαιϊκές κρίσεις, ανάμεσα σ' αυτές ήταν και η χρήση συστημάτων για τη θέρμανση κτιρίων από τον ήλιο. Αυτά τα συστήματα, ως απλά κομμάτια του κτιριακού περιβλήματος, που λειτουργούν βάσει των φυσικών νόμων χωρίς την παρεμβολή μηχανικών μέσων, ονομάστηκαν παθητικά ηλιακά συστήματα και τα οποία εξασφαλίζουν και δροσισμό με φυσικό τρόπο το καλοκαίρι και αποθήκευση θερμότητας τον χειμώνα. Αυτά τα συστήματα θα τα συναντήσει κανείς και κάτω από άλλες ονομασίες όπως παθητικός ηλιακός σχεδιασμός, ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων, βιοκλιματική αρχιτεκτονική κ.α.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός χρησιμοποιεί τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, περιορίζει την κατανάλωση συμβατικών καυσίμων και αποφεύγει τη χρήση κλιματιστικών για την ψύξη του κτιρίου. Στοχεύει στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προσαρμογή των κτιρίων στο περιβάλλον τους, συμβάλλοντας έτσι τα μέγιστα στην απορρύπανση της ατμόσφαιρας και στη συνεπαγόμενη ισορροπία των οικοσυστημάτων του πλανήτη.

Αρχή της λειτουργίας πολλών παθητικών συστημάτων είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου η συλλογή δηλαδή και ο εγκλωβισμός της ηλιακής ενέργειας σε μορφή θερμότητας σε ένα χώρο μέσα από το γυαλί και επιπλέον η αποθήκευση της περίσσειας θερμότητας που συλλέγεται στη μάζα του κτιρίου, ώστε να αποδίδεται στο χώρο όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου.

Ο σωστός προσανατολισμός, η επαρκής θερμική μάζα και η θερμομόνωση του κελύφους είναι επίσης αναπόσπαστα στοιχεία ενός παθητικού κτιρίου για τη λειτουργία του όλο το χρόνο. Τα παθητικά συστήματα μπορούν πολύ συχνά, με έξυπνους χειρισμούς να εφαρμοστούν και σε κτίρια που ήδη υπάρχουν, για τη βελτίωση της θερμικής τους συμπεριφοράς.

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική έχει ως στόχο την εναρμόνιση των κτιρίων με το περιβάλλον και με το μικροκλίμα της περιοχής τους με χρήση απλών υλικών και μεθόδων για παροχή θερμικής και οπτικής άνεσης μέσα στους χώρους, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στη συλλογή αλλά και την απομάκρυνση της θερμότητας και της ηλιακής ακτινοβολίας με τρόπο φυσικό.

Τα οφέλη αυτής της πρακτικής είναι τόσο η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται στην παροχή θέρμανσης, δροσισμού και φωτισμού, όσο και η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης χάρη στην αντικατάσταση των συμβατικών καυσίμων από ανανεώσιμες μη ρυπογόνες μορφές ενέργειας, όπως η ηλιακή ενέργεια.

Το δυναμικό της χώρας μας για την εφαρμογή παθητικών συστημάτων και τεχνικών βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι μεγάλο λόγω της μεγάλης ηλιοφάνειας καθώς και του ήπιου κλίματος που συντελεί στην επίτευξη θερμικής άνεσης με απλές και οικονομικές μεθόδους. Η οικονομική δε βιωσιμότητα των παθητικών συστημάτων οφείλεται επιπλέον στο ότι στη χώρα μας υπάρχει μεγάλη κατανάλωση σε καύσιμα τόσο για θέρμανση, όσο και για ηλεκτρισμό με αντίστοιχη αύξηση των εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα.

Επιπλέον, στο ευρύ κοινό δεν έχει φτάσει η βιοκλιματική αντίληψη και τα οφέλη της. Έχουν όμως τα τελευταία χρόνια αρχίσει να γίνονται προσπάθειες για τη διάδοση των αρχών και των εφαρμογών της. Στα πανεπιστήμια διδάσκονται όλο και περισσότερα σχετικά μαθήματα και γίνονται εκπαιδευτικά σεμινάρια για μηχανικούς οργανωμένα από διάφορους φορείς (<http://www.ape.chania.teicrete.gr>).

“Η δυτική Αττική υποφέρει από υψηλές θερμοκρασίες λόγο του φαινομένου τις αστικής θερμνησίδας. Ένα βιοκλιματικό σχέδιο απαιτείται να δημιουργεί “χαμηλή θερμοκρασία” και βιώσιμους δρόμους, χρησιμοποιώντας ψυχρά υλικά , φυτά για σκίαση και ελεγχόμενες μεθόδους δροσισμού” λέει ο αρχιτέκτονας κ. Φυντικάκης, που συνηθίζει να χρησιμοποιεί τους παρασώκηπους σε πολλά από τα σχέδια του. Τα φυτεμένα δώματα συμβάλλουν στο βιοκλιματικό σχεδιασμό κτηρίων και εγκαταστάσεων ενώ μειώνουν τις ενεργειακές ανάγκες σε ποσοστό 15% ετησίως. (Wong N.H. et al, 2002)

2.1.3. Θερμική άνεση

Η θερμική άνεση αποτελεί το κριτήριο του μικροκλίματος ενός εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου. Το μικροκλίμα γίνεται αντιληπτό ως η καθολική έκφραση της αλληλεπίδρασης φυσικών παραμέτρων, οι οποίες επηρεάζουν τον άνθρωπο δια μέσου των θερμικών απωλειών και της αναπνοής του (Κοτσίρης, 2007).

Ο περιβάλλον χώρος έχει τόσο φυσική όσο και ψυχολογική επίπτωση στον άνθρωπο και για το λόγο αυτό είναι μεγάλης σημασίας στον κτιριακό σχεδιασμό. Είναι απαραίτητο να κατασκευάζεται ένα περιβάλλον μέσα και έξω από το κτίριο κατάλληλο για όλες τις πιθανές δραστηριότητες που μπορεί να λάβουν χώρα σε αυτό (Τσίγκας, 1996).

2.1.3.1. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

Η αίσθηση άνεσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ευκολία με την οποία το σώμα είναι ικανό να πετύχει μια ισορροπία μεταξύ της παραγωγής ενέργειας και θερμικού κέρδους από τη μία και την απώλεια θερμότητας από την άλλη, ώστε η εσωτερική θερμοκρασία του σώματος να διατηρείται γύρω στους 37° C.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την άνεση χωρίζονται σε προσωπικές μεταβλητές, όπως κάποια δραστηριότητα και η ένδυση, και σε περιβαλλοντικές, όπως η θερμοκρασία του αέρα, η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, η ταχύτητα και η υγρασία του αέρα. Ο δεύτερος παράγοντας εξαρτάται άμεσα από το σχεδιασμό του κτιρίου και τα συστήματα ψύξης και θέρμανσής του.

α. ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Οι δραστηριότητες, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, είναι μέρος των προσωπικών μεταβλητών. Η τιμή μεταβολισμού είναι το ποσό της ενέργειας που παράγεται στη μονάδα του χρόνου κατά την μετατροπή της τροφής. Επηρεάζεται από το βαθμό δραστηριότητας και εκφράζεται σε *mets*, τα οποία είναι watts ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας του σώματος.

β. ΕΝΔΥΣΗ

Η ένδυση παρέχει στον άνθρωπο θερμική μόνωση από το περιβάλλον του. Η μόνωση αυτή εκφράζεται σε μονάδες *clo* και ισοδυναμεί με $0,155 \text{ m}^2 \times \text{K} / \text{Watt}$. Η ένδυση είναι μια από τις μεταβλητές που ο άνθρωπος μπορεί εύκολα να ρυθμίσει μόνος του για τις καλύτερες συνθήκες άνεσης του, χωρίς να περνά απαραίτητος ο παράγοντας των επίπλων και ιδιαίτερα της καρέκλας.

γ. ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ

Λαμβάνοντας υπόψη το μεταβολισμό του ανθρώπινου σώματος γίνεται κατανοητό ότι είναι ακόμα μία παράμετρος που συμβάλλει δραστικά στον προσδιορισμό του επιπέδου της θερμικής άνεσης. Αποτελεί ένα σύνολο χημικών αντιδράσεων του ανθρώπινου σώματος, εξαιτίας της υψηλότερης

θερμοκρασίας που επικρατεί στο σώμα, σε σχέση με το περιβάλλον. Οι αντιδράσεις του μεταβολισμού γίνονται για την αντιστάθμιση των απωλειών προς το περιβάλλον και τη διατήρηση του σώματος σε μια εσωτερική θερμοκρασία των $37^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Ο μεταβολισμός σχετίζεται άμεσα με την ηλικία, το φύλο και το βάρος του σώματος. Αν θεωρήσουμε ότι το εμβαδόν επιφάνειας σώματος ενός μέσου ανθρώπου είναι περίπου $1,8\text{ m}^2$, τότε ο μεταβολισμός ενός μέσου ενήλικα την ώρα που αναπαύεται είναι ίσο με 1 met.

Με βάση αυτό μπορούμε να πούμε πως ο μεταβολισμός ενός ανθρώπου που δακτυλογραφεί ισούται με 1,1 met, όταν σηκώνει βαριά αντικείμενα 2,1 met, όταν αθλείται 6,5 met.

Απαραίτητη προϋπόθεση για τον υπολογισμό του μεταβολισμού είναι η χρήση μιας μέσης τιμής των δραστηριοτήτων του την τελευταία ώρα, λόγω της θερμοχωρητικότητας του σώματος που επηρεάζει την ροή θερμότητας με βάση το επίπεδο δραστηριότητας της τελευταίας μιας ώρας.

δ. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

Η θερμοκρασία του αέρα στην χρησιμοποιούμενη ζώνη ενός χώρου είναι σημαντική για τη θερμική ισορροπία και την άνεση ενός ανθρώπου. Για ανθρώπους που περνούν την περισσότερη ώρα καθισμένοι, η μέση θερμοκρασία του αέρα από το πάτωμα μέχρι το ύψος του 1,1 m είναι σημαντική. Σε τέτοιες καταστάσεις, συνίσταται οι μετρήσεις να γίνονται σε ύψος 0,6 m από το δάπεδο (Τσίγκας, 1996).

Με τη χρήση ενός απλού θερμομέτρου ξηρού βολβού, μετράται η θερμοκρασία του αέρα και αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους

της θερμικής άνεσης, δημιουργώντας την αίσθηση του «ζεστού» ή «κρύου» σε ένα συγκεκριμένο χώρο.

Άλλωστε, το μεγαλύτερο ποσοστό της θερμότητας που αποβάλλεται από το ανθρώπινο σώμα μεταφέρεται στο περιβάλλον ανάλογα με τη θερμοκρασία που επικρατεί σε αυτό.

ε. ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ (T_{mrt})

Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας είναι μια μέση θερμοκρασία των επιφανειών που περιβάλλουν το χώρο. Περιλαμβάνει το φαινόμενο της ηλιακής ακτινοβολίας που παρατηρείται και έχει σημαντική επίπτωση στην ανθρώπινη άνεση ως θερμοκρασία του αέρα.

Οι επιφάνειες των παραθύρων δέχονται μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας. Έτσι, η μέση θερμοκρασία στο σημείο αυτό του χώρου μπορεί να είναι χαμηλότερη ή ψυχρότερη σε σχέση με τον υπόλοιπο. Ψυχρές επιφάνειες, όπως αυτές, το χειμώνα, μπορούν να προκαλέσουν δυσφορία εξαιτίας της ασύμμετρης ακτινοβολίας.

Κάποιο άτομο που εκτίθεται απευθείας στην ηλιακή ακτινοβολία, αντιμετωπίζει μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας πολύ υψηλότερη από του αέρα, ακόμα και 25° C μεγαλύτερη.

Η δυσφορία μπορεί να γίνει εντονότερη στην περίπτωση που από τη μία πλευρά υπάρχει έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία και από την άλλη το άτομο βρίσκεται σε σκιά (Τσίγκας, 1996).

«Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, σε σχέση με έναν άνθρωπο που βρίσκεται σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο του χώρου, με μια δεδομένη στάση

σώματος και συγκεκριμένο τρόπο ένδυσης, «ορίζεται ως η ομοιόμορφη επιφανειακή θερμοκρασία ενός φανταστικού μαύρου κελύφους, που θα προκαλέσει την ίδια ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ ατόμου και αυτού, με αυτή που θα λαμβάνει χώρα στις εξεταζόμενες συνθήκες».

Επομένως, η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία σχετίζεται άμεσα με τον άνθρωπο, τη θέση, τον προσανατολισμό του στο χώρο, καθώς και τη στάση του σώματος και διαφέρει από έναν άνθρωπο που στέκεται όρθιος και έναν που είναι καθιστός, σε δεδομένο σημείο του χώρου» (Κοτσίρης, 2007).

στ. ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

Η ταχύτητα του αέρα έχει επίπτωση στην απώλεια θερμότητας του σώματος με μεταφορά. Αέρας με μεγαλύτερη ταχύτητα θα φαίνεται ψυχρότερος. Για αυτό είναι σημαντικό οι ταχύτητες να διατηρούνται χαμηλά τον χειμώνα ώστε η θερμική άνεση να παρατηρείται στο χαμηλότερο επίπεδο θερμοκρασίας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλότερη από του σώματος, η δημιουργία ρεύματος προκαλεί αίσθηση ψύχους, γεγονός που είναι ανεπιθύμητο ως προς τους ενοίκους.

Στην αντίθετη περίπτωση, που η θερμοκρασία αέρα είναι υψηλότερη από του σώματος, οι υψηλές ταχύτητες αέρα αυξάνουν τους ρυθμούς εφίδρωσης και βελτιώνουν την αίσθηση δροσισμού, εξουδετερώνοντας, μέχρι ενός σημείου, την αρνητική επίδραση πιθανής υψηλής υγρασίας.

Ωστόσο, ο βαθμός που μπορεί να αισθανθεί ένα άτομο την κίνηση του αέρα, εξαρτάται επιπλέον, από το είδος της ενδυμασίας, και της

απασχόλησης, καθώς και το σημείο του σώματος που δέχεται το ρεύμα αέρα. (Κοτσίρης, 2007).

Με υψηλή ταχύτητα αέρα και πάντως μικρότερη από 1m/sec και με υγρασία γύρω στο 60%, μπορούμε να αυξήσουμε την θερμοκρασία κατά 2° C στον θερμοστάτη, διατηρώντας ωστόσο συνθήκες θερμικής άνεσης

ζ. ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

«Σχετική υγρασία, ονομάζεται το ποσοστό της υγρασίας που περιέχεται σε ένα δείγμα αέρα προς την υγρασία που θα περιείχε το ίδιο δείγμα αέρα, εάν ήταν κορεσμένο στη ίδια θερμοκρασία και ατμοσφαιρική πίεση» (Κοτσίρης, 2007).

Η χαμηλή σχετική υγρασία του αέρα ενισχύει την αποβολή του νερού από το ανθρώπινο σώμα, προκαλώντας έτσι μια αίσθηση δροσισμού. Ενώ αντίθετα αποτελέσματα παρατηρούνται στην υψηλή υγρασία με την οποία εμποδίζεται η αποβολή θερμότητας ,μέσω του ιδρώτα, και η διατήρηση του θερμικού ισοζυγίου σε υψηλές θερμοκρασίες.

Γενικά, για να υπάρχουν ικανοποιητικά επίπεδα σχετικής υγρασίας στο εσωτερικό ενός χώρου, πρέπει αυτή να κυμαίνεται στο 30% - 70%. Τιμές κάτω του 30% προκαλούν προβλήματα όρασης και ξηρότητας των βλεννογόνων, ενώ πάνω του 70% συμβάλουν στον σχηματισμό μούχλας στο χώρο. Ιδανική τιμή σχετικής υγρασίας, θεωρείται γύρω στο 50%.

Για τον υπολογισμό της, χρησιμοποιούνται η *Θερμοκρασία σημείου δρόσου* (T_{dp}), όπου μετράται όταν ο αέρας είναι κορεσμένος με υδρατμούς, η *μερική πίεση υδρατμών* (P_a), και η *θερμοκρασία του υγρού βολβού* (T_{wb}),

που είναι η θερμοκρασία για κάθε κατάσταση αέρα όσον αφορά την περιεκτικότητα σε υδρατμούς (Κοτσίρης, 2007).

Σε μέσες θερμοκρασίες αέρα (15 - 25°C) και κάτω από σταθερές συνθήκες παραμονής (δηλαδή όταν ένα άτομο μένει στον ίδιο χώρο για πολύ ώρα), η υγρασία του αέρα έχει μικρή επίπτωση στη θερμική αίσθηση. Αύξηση της υγρασίας κατά 10% θα έχει το ίδιο αποτέλεσμα με αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα κατά 0,3° C.

Σε συνθήκες μετακίνησης (δηλαδή όταν ένα άτομο βγαίνει έξω από ένα κτίριο ή μετακινείται από έναν χώρο σε έναν άλλο με διαφορετική υγρασία), η θερμική επίδραση της αλλαγής στην υγρασία μπορεί να είναι 2 - 3 φορές μεγαλύτερη.

Σε θερμό περιβάλλον άνω των 30° C, το φαινόμενο της αλλαγής στην υγρασία μπορεί να έχει σημαντική επίπτωση στη θερμική άνεση.

Παρόλο που στις περισσότερες περιπτώσεις που αντιμετωπίζονται στα κτίρια, η υγρασία του αέρα έχει μία μέση θερμική επίπτωση, υπάρχουν κάποιοι λόγοι για τους οποίους θα πρέπει να αποφεύγονται υψηλές στάθμες υγρασίας. Υψηλές στάθμες μπορεί, για παράδειγμα, να δημιουργήσουν προβλήματα μούχλας, σκόρου, στατικού ηλεκτρισμού και ξηρών βλεννογόνων υμένων. Η διατήρηση της σχετικής υγρασίας ανάμεσα στο 30% με 60% θα περιορίσει τέτοια προβλήματα.

2.1.3.2. ΣΥΜΒΟΛΗ ΦΥΤΟΚΑΛΥΜΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ ΣΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ ΚΤΗΡΙΟΥ.

Όπως προαναφέρθηκε στη μεταβολή του δείκτη θερμικής άνεσης συμμετέχει και ο σχεδιασμός του κτηρίου, τα συστήματα ψύξης και θέρμανσης

αυτού. Τα φυτοκαλυμμένα δώματα συμβάλουν στη βελτίωση αυτών των παραγόντων. Η φυτοκάλυψη του δώματος (ταρατσόκηπος) είναι ένας συνδυασμός άμεσης και έμμεσης εξάτμισης καθώς μπορεί να ψύχει απευθείας στοιχεία του κελύφους του κτιρίου (δώμα).

Η συμβολή του στην θερμομόνωση του κτιρίου κατά την ψυχρή περίοδο ενώ γενικά έχει εκτιμηθεί σημαντική για κτίρια χωρίς θερμομόνωση στο δώμα, διάφορες εργασίες δείχνουν πολύ μικρή συμβολή του σε ένα καλά μονωμένο κτίριο (Νιάχου 2003,) .

Επίσης μελετητές από την Σιγκαπούρη (Wong, N., H., κ.α., 2002) έδειξαν ότι μια καλή φυτεία με υψηλό LAI (δείκτη επιφάνειας φύλλων) μειώνει δραστικά έως και μηδενίζει τις θερμικές προσόδους.

Ενώ μεγάλη συμβολή υπάρχει και στο δροσισμό του κτηρίου, η εξάτμιση των φυτών κατά του καλοκαιρινούς μήνες λειτουργεί σαν μια μέθοδο παθητικού δροσισμού του κτηρίου.

2.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τις θερμομονωτικές ιδιότητες του φυτοκαλυμμένου δώματος.

Οι θερμομονωτικές ιδιότητες ενός φυτεμένου δώματος εξαρτώνται από αυτές του υποστρώματος και των φυτών τα οποία φιλοξενούνται σε αυτόν.

2.2.1 Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας

Τα φύλλα των φυτών ανακλούν, απορροφούν, μετασχηματίζουν (σε χημική) την ηλιακή ακτινοβολία και ποσώς είναι περατά σε αυτή. Ποσοτικά αυτή τους η ικανότητα είναι συνάρτηση της φυλλικής τους επιφάνειας, σαν μέτρο της οποίας χρησιμοποιείται ο Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (LAI) .

Ως LAI ορίζεται:

$$LAI = \text{ΦΥΛΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (m}^2\text{)} / \text{ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ (m}^2\text{)}$$

Μια καλή φυτεία με υψηλό LAI (δείκτη επιφάνειας φύλλων) μειώνει δραστικά έως και μηδενίζει τις θερμικές προσόδους από το δώμα (Wong, N., H., κ.α., 2002)

2.2.2 Ιδιότητες υποστρώματος φύτευσης. - ιδιότητες πετροβάμβακα

Σπουδαίο ρόλο στη θερμομονωτική συμβολή του φυτεμένου δώματος εκτός από τη φύτευση παίζει και το υπόστρωμα αυτής , του οποίου οι θερμομονωτικές ιδιότητες λαμβάνονται υπόψη κατά τη κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος. Οι μονωτικές ιδιότητες του ταρατσόκηπου αυξάνονται με τη χρήση μεγάλου πάχους εδαφικού υποστρώματος, επειδή όμως αυτό συνεπάγεται και αυξημένο βάρος κάτι το οποίο αποτελεί πρόβλημα ως προς της στατικές ανοχές του κτιρίου. Η χρήση ηφαιστειογενών υλικών όπως πετροβάμβακας, υαλοβάμβακας και περλίτης αποτελούν εναλλακτική λύση.

Ειδικά ο πετροβάμβακας (που χρησιμοποιήθηκε σαν υπόστρωμα και στο ταρατσόκηπο του ΑΤΕΙ Καλαμάτας) έχει επιδείξει ιδιαίτερα καλές θερμομονωτικές ικανότητες ακόμα και μετά την ενυδάτωση του. (Χαδιαράκου, 2007, Kotsiris,2008)

«**Πετροβάμβακας** ονομάζεται ένα ινώδες μονωτικό υλικό. Αποτελείται από ίνες οξειδίου πυριτίου - αργιλίου και έχει θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες. Είναι άκαυστος και παράγεται με τήξη πετρωμάτων στους 1550 - 1600° C. Με τη βοήθεια ειδικών διατάξεων παίρνει τη μορφή ινών με διάμετρο 6 - 20 μm» (Σάββας, 2003).

Είναι φυσικό προϊόν προερχόμενο από ηφαιστειογενή πετρώματα ηλικίας 200 εκατομμυρίων ετών.

Η νέα μέθοδος που εφαρμόζεται για την παραγωγή του τελικού προϊόντος δεν επιβαρύνει τη φύση, ενώ η χρήση του εξοικονομεί τεράστιες ποσότητες ενέργειας προστατεύοντας το περιβάλλον. (www.energystar.com)

Ο πετροβάμβακας θεωρείται ένα υλικό που εξοικονομεί ενέργεια χειμώνα - καλοκαίρι, εξασφαλίζοντας άνετη θερμικά διαμονή. Οι θερμομονωτικές του ιδιότητες εφόσον αξιοποιηθούν στο κέλυφος των κτιρίων μειώνουν τις λειτουργικές αυτές δαπάνες κατά 50% - 80%, (www.energystar.com) μειώνουν το μέγεθος των αντίστοιχων εγκαταστάσεων, άρα και το κόστος τους. Ακόμη μειώνουν και το πάχος της εξωτερικής τοιχοποιίας αυξάνοντας τον ωφέλιμο χώρο των κτιρίων και τη διάρκεια ζωής τους επειδή αποτρέπουν της μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στο κτίριο και τις βλάβες που τις συνοδεύουν. Επομένως τη θερμομόνωση στα κτίρια δεν την επιβάλλει μόνο ο κανονισμός αλλά και το οικονομικό πλεονέκτημα.

Πολλές είναι και εφαρμογές του πετροβάμβακα στην οικοδομή. Χρησιμοποιείται για αποτελεσματική θερμομόνωση στην τοιχοποιία, στα δάπεδα, στις προσόψεις, στα δώματα, στις κεραμοσκεπές και στις μεταλλικές στέγες των κτιρίων.

Επίσης βρίσκει ιδιαίτερη εφαρμογή στην ξηρά δόμηση όπου καλύπτει τις απαιτήσεις σε ηχομόνωση. Ο συνδυασμός θερμομόνωσης, ηχομόνωσης και πυροπροστασίας που διαθέτει ο πετροβάμβακας με τη δυνατότητα παραγωγής του σε διάφορες πυκνότητες, το καθιστούν ενδεδειγμένη λύση στις ανάγκες της οικοδομής. Γι' αυτό άλλωστε στην Ευρωπαϊκή Ένωση ο πετροβάμβακας καλύπτει το 40% των αναγκών στις κατασκευές. (www.kourtis-sa.gr).

Επομένως, οι βασικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν ένα υλικό και λαμβάνονται υπόψη πριν την εφαρμογή του είναι:

- i. Η θερμομονωτική του ικανότητα
- ii. Το εύρος των θερμοκρασιών στο οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί
- iii. Η αντοχή του στην υγρασία
- iv. Η αντοχή του στη φωτιά
- v. Η ηχομονωτική του ικανότητα

Σημειώνεται, ότι στο ακόλουθο πείραμα έγινε χρήση υδρόφιλου πετροβάμβακα, για την κατακράτηση του μεγίστου βρόχινου νερού και άρδευσης ώστε να είναι δυνατή η ανάπτυξη και καλή λειτουργία του ριζικού συστήματος..

2.3. Πειραματικά αποτελέσματα άλλων ερευνών.

Σύμφωνα με έρευνες η συμβολή του ταρατσόκηπου στη θερμομόνωση ενός κτηρίου είναι ιδιαίτερα σημαντική σε κτήρια χωρίς ικανοποιητική μόνωση ενώ η συμβολή του μετριάζετε σε καλά μονωμένα κτήρια. (Νιάρχου Α., et Al, 2001).

Σε έρευνα που διεξήχθη στο ΑΤΕΙ Καλαμάτας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες του έτους 2007 ο ταρατσόκηπος επέδειξε συμβολή στο δροσισμό του κτηρίου στατιστικά σημαντική παρά τη πολύ καλή μόνωση του κτηρίου με συντελεστή θερμοπερατότητας $U < 0,5$ σύμφωνα με το ελληνικό διάταγμα θερμικής μόνωσης. Βελτιστοποιώντας έτσι το δείκτη θερμικής άνεσης του κτηρίου. (Kotsiris G., et al, 2008).

Μια άλλη μελέτη (Wong N.H., et Al, 2002) έδειξε ότι μια καλή φυτεία με υψηλό δείκτη περιοχής φύλλων (LAI) δραστικά μειώνει ή ακόμα και μηδενίζει τις θερμικές προσόδους της στέγης και ότι τα χαρακτηριστικά θερμικής μόνωσης μιας φυτεμένης στέγης βελτιώνονται όταν αυξάνεται το πάχος του υποστρώματος.

Ενώ ένα ενυδατωμένο υπόστρωμα όχι μόνο μπορεί να ακυρώσει τις όποιες θερμικές προσόδους, αλλά και μέσω τις εξατμισοδιαπνοής λειτουργεί ως ένα ενεργητικό σύστημα ψύξης του κτηρίου. (Lazzarin et al, 2005)

Όσο βελτιστοποιείται η απόδοση των πράσινων στεγών ως προς την απόδοση τους κατά τους θερινούς μήνες τόσο ποίο ακατάλληλα γίνονται για τους χειμερινούς στην περιοχή της μεσογείου (Palomo Del Barrio, 1998).

Παρά την εκτίμηση αυτού του θεωρητικού μοντέλου, πάλι στο ΑΤΕΙ Καλαμάτας μετρήθηκε ενεργειακό όφελος κατά τους χειμερινούς μήνες 72% σε ηλεκτρική ενέργεια (Γιαρμά Ν. ,2008), ένα αποτέλεσμα το οποίο πρέπει να επαληθευτεί.

Τέλος έρευνα σε δημοτικά κτήρια στη Σιγκαπούρη έδειξε ετήσιο ενεργειακό όφελος 15% με τη χρήση ταρατσόκηπου (Wong N.H. et al, 2002) , ένα ιδιαίτερα σημαντικό ποσοστό καθότι αναφέρεται στη συνολική εξοικονόμηση ενέργειας πολυ- όροφων κτιρίων.

Κεφ.3 ΨΥΧΡΑ ΥΛΙΚΑ

Ενα εξίσου σημαντικό βήμα για την αντιμετώπιση του φαινομένου είναι η χρήση μη θερμοαπορροφητικών υλικών, σε κτήρια και δρόμους. Μετρήσεις που έγιναν στη διάρκεια του καλοκαιριού στους δρόμους της Αθήνας έδειξαν ότι η θερμοκρασία της ασφάλτου μπορεί να φθάσει τους 60 - 70 βαθμούς Κελσίου. Τέτοιες υψηλότατες θερμοκρασίες αναπτύσσει το μπετόν και το τσιμέντο - υλικά εξαιρετικά θερμοαπορροφητικά. Ο καθ. κ. Σανταμούρης αναφέρει: «Τα τελευταία δέκα χρόνια έχουμε αναπτύξει μια σειρά «ψυχρών» υλικών που έχουν τις ίδιες ιδιότητες οπτικά με τα συμβατικά - δεν ενοχλούν στην όραση, δεν προκαλούν θάμβωση, αλλά δεν απορροφούν την ίδια θερμότητα, γιατί έχουν μεγαλύτερη ανακλαστικότητα. Πρόκειται στην ουσία για μια σειρά επιχρισμάτων που είτε περνιέται ως βαφή είτε ενσωματώνεται στην παραγωγή του υλικού. Με αυτά τα «ψυχρά» υποκατάστατα η θερμοκρασία της ασφάλτου δεν θα ξεπερνούσε τους 30 με 40 βαθμούς, ενώ χωρίς αυτά η θερμοκρασία της φτάνει τους 70 βαθμούς. Η πρώτη που ανέπτυξε τέτοια υλικά ήταν η NASA, ενώ τώρα υπάρχουν δεκάδες βιομηχανίες στον κόσμο που τα κατασκευάζουν, και τα παράγουμε κι εμείς στο Πανεπιστήμιο». Η χρησιμοποίηση αυτών των επιχρισμάτων μπορεί επίσης να γίνει σε οροφές, τοιχοποιία, στέγες ή πεζοδρόμια (www.kathimerini.gr)

Ορισμός ψυχρών υλικών

υλικά λευκά ή έγχρωμα τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν τόσο στο κέλυφος του κτηρίου όσο και σε άλλες επιφάνειες του αστικού δομημένου περιβάλλοντος ,όπως χώροι στάθμευσης ή πεζοδρόμια, για τη μείωση της αναπτυσσόμενης σε αυτά θερμοκρασίας. (www.iok.gr).

Τα ψυχρά υλικά είναι κατ' εξοχήν επιστρώσεις με υψηλή ανακλαστικότητα στο ηλιακό φάσμα και υψηλό συντελεστή θερμικής εκπομπής. Βασική τους ιδιότητα είναι η ανάκλαση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα την μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας όπου εφαρμόζονται. Η ιδιότητα αυτή είναι σημαντική για τη μείωση των εσωτερικών θερμοκρασιών των χώρων το καλοκαίρι. Ψυχρά υλικά μπορεί να είναι είτε απλά υλικά με υψηλή ανακλαστικότητα ,ανοιχτόχρωμα υλικά, είτε υλικά με συγκεκριμένες προδιαγραφές, τα οποία αν και σχετικά σκουρόχρωμα έχουν την ιδιότητα να ανακλούν το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε αυτά. (www.ypan.gr, SynnefaA.et.AI,2007).

ιδιότητες ψυχρών υλικών.

- ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία
- ανακλαστικότητα στο εγγύς υπέρυθρο φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας
- συντελεστής εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας.

(Πρότυπο ASTM E408-71, 2002)

- δείκτης ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία.

(πρότυπο ASTM E1980-0)

τύποι ανακλαστικών υλικών

- επιχρίσματα βάσεως νερού.
- πολυμερή γαλακτώματα.
- πολυμερές καθαρού ακρυλικού.
- πολυμερές στυρένιου ακρυλικού.
- σιλικονούχα επιχρίσματα και υποστρώματα
- ελαστομέρη
- επιστρώσεις βάσεως potassium silicate (πυριτικό άλας καλίου-υδρύαλος καλίου)

www.iok.gr

3.1. Ψυχρά υλικά βασισμένα στη νανοτεχνολογία.

Η νανοτεχνολογία ασχολείται με την παραγωγή, την έρευνα και την χρησιμοποίηση ιδιαίτερα μικρών δομών. Το πρόθεμα "νάνο" προέρχεται από την ελληνική γλώσσα και σημαίνει "νάνος". Ένα νανόμετρο (nm = δισεκατομμυριοστό του μέτρου) είναι ένα εκατομμυριοστό του χιλιοστού και αντιστοιχεί περίπου στο ένα δεκακισχιλιοστού του πάχους μιας ανθρώπινης τρίχας, έτσι βρισκόμαστε στη μικρότερη κλίμακα των ατόμων και των μορίων. Σε αυτό το μήκος μπορούν να τοποθετηθούν περίπου τέσσερα έως έξι άτομα. Τα νάνο-μόρια ή πολυμερή (μικρότερα από 100 nm) είναι οι συνθετικοί λίθοι αυτής της τεχνολογίας. Μέσω της δομής των υλών σε επίπεδο ατόμου καθώς και η χρήση ειδικών φαινομένων, ανοίγονται πολλές δυνατότητες σε σχεδόν όλους τους τομείς, όπως στην ενέργεια και τεχνολογία του περιβάλλοντος, στην ιατρική, στην φαρμακευτική και σε άλλους τομείς. Τα υλικά αποκτούν καινούργιες δυνάμεις όταν τα άτομα τους είναι ελεγχόμενα και συντεταγμένα. Η νανοτεχνολογία χειρίζεται τα μόρια διαμέσου του ηλεκτρισμού, του μαγνητισμού ή της χημείας, ώστε να οργανώνονται αυτόνομα.

3.1.1. Τι υπόσχονται τα ψυχρά νάνο-υλικά.

Στη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκε μια ανακλαστική βαφή υψηλής τεχνολογίας (abolin cool barrier "bioni roof") η οποία διατηρεί την υψηλότερη θέση στο πίνακα αξιολόγησης ανακλαστικών υλικών του αμερικάνικου κρατικού οργανισμού "**energy star**" όπου και αποτελεί το μοναδικό πρόγραμμα παγκοσμίως που έχει επεκταθεί στα δομικά προϊόντα.

www.minenv.gr

- **ΗΛΙΑΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ- SR VALUE= 0, 85**

Όλα τα επιστρώματα Bioni CS GmbH χρησιμοποιούν μια ιδιαίτερα ανακλαστική δομή, που βασίζεται στην ύπαρξη δισεκατομμυρίων νανομορίων ανά λίτρο χρώματος, για να εκτρέψουν την ηλιακή ακτινοβολία μακριά από το υπόστρωμα και πίσω στην ατμόσφαιρα στην οποία δημιουργήθηκε. Το επίστρωμα ανακλά μέχρι και το 85% της ηλιακής ακτινοβολίας. Το αποτέλεσμα είναι τα επιστρώματα να παραμένουν πιο δροσερά στην αφή, επειδή δεν απορροφούν τη θερμότητα όπως πριν.

- **E VALUE= 0, 85 ΕΚΠΟΜΠΗ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ**

Τα χρώματα Bioni CS GmbH έχουν υψηλή ικανότητα εκπομπής στο υπέρυθρο φάσμα ακτινοβολίας, που τους επιτρέπει να απελευθερώνουν την θερμότητα που έχουν απορροφήσει. Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής υπέρυθρης εκπομπής, τόσο μικρότερη είναι και η μεταφορά θερμότητας από το μονωτικό υλικό στο υπόστρωμα.

- **ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ SRI VALUE** (Solar Reflectance Index) είναι η μέτρηση της δυνατότητας που έχει μία επιφάνεια να ανακλά την ηλιακή θερμότητα, σε συνάρτηση μικρής ανόδου της θερμοκρασίας.

Ο δείκτης SRI των χρωμάτων Bioni CS GmbH κυμαίνεται από 82 έως 105. Όσο μεγαλύτερη ή αξία του δείκτη τόσο μεγαλύτερη η ανάκλαση θερμότητας από την επιφάνεια.
- **ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ** (Thermal conductivity)

Τα χρώματα Bioni CS GmbH έχουν συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0,1604 \text{ W / m}^2\text{K}$ (Dubai Municipality tested), 10 φορές μικρότερη, από εκείνη του μπετόν.
- **ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ** (Coefficient of Heat Transmission)

Τα χρώματα Bioni CS GmbH έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας που είναι 4,5 φορές μικρότερος από τον αντίστοιχο του μπετόν. Όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής μετάδοσης της θερμότητας, τόσο μικρότερη είναι και η μεταφορά θερμότητας, που προκαλείται από τις θερμοκρασιακές αλλαγές (non-steady state).
- **ΑΝΤΙΒΑΚΤΗΡΙΔΙΑΚΗ- ΑΝΤΙΜΟΥΧΛΙΚΗ ΔΡΑΣΗ** (Antibacterial-Antifungal)

Τα χρώματα Bioni CS GmbH έχουν πιστοποιηθεί σύμφωνα με διεθνή πρότυπα δοκιμών (JIS Z 2801:2000) για την αποτελεσματικότητά τους έναντι επικίνδυνων βακτηρίων και μυκήτων.

- **ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ ΦΩΤΙΑ**

(Flame Resistance-Retardant)

Τα χρώματα Bioni CS GmbH είναι σύμφωνα με τους κανονισμούς πυρασφάλειας class A2 και B1 σε ότι αυτοί αφορούν τα εσωτερικά και εξωτερικά επιχρίσματα κτιρίων, καθώς και τις απαιτήσεις κανονισμών θερμομόνωσης.

- **ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΥΔΡΑΤΜΩΝ-ΥΔΡΟΜΟΝΩΣΗ**

Η υγρασία έχει τεράστια επιρροή στις μονωτικές ιδιότητες των οικοδομικών υλικών. Ύπαρξη υγρασίας 5% στους τοίχους μπορεί να μειώσει τις μονωτικές ιδιότητες του οικοδομικού υλικού κατά 50%. Τα χρώματα Bioni CS GmbH είναι εξαιρετικά υδρόφοβα και εμποδίζουν την είσοδο της βροχής στο υπόστρωμα του χρώματος, class 3 DIN EN 1062-3 $w = 0.035 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ h}0.5)$.

Την ίδια στιγμή η εκλεκτική διαπερατότητα έναντι των υδρατμών εξασφαλίζει την διαφυγή της υγρασίας από τους τοίχους, class 2 DIN EN ISO 7783-2.

Η χρησιμοποίηση των χρωμάτων Bioni CS GmbH σε επιφάνειες όπως οι προσόψεις των κτιρίων, μπορεί να περιορίσει αισθητά το φαινόμενο της «αστικής θερμικής νησίδας» (Urban Heat Island), μειώνοντας την θερμοκρασία στις επιφάνειες, να μειώσει τις ανάγκες ψύξης εξοικονομώντας άμεσα ηλεκτρική ενέργεια, να εξασφαλίσει συνθήκες θερμικής άνεσης (Thermal Comfort), να μειώσει τις ανάγκες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και άρα να περιορίσει τις εκπομπές CO₂.

Κεφ.4 ΠΕΙΡΑΜΑ

4.1. Μέθοδος

Σκοπός του πειράματος είναι η σύγκριση των θερμομονωτικών ιδιοτήτων και του ενεργειακού οφέλους που προσφέρουν ένα φυτοκαλυμμένο δώμα σε σύγκριση με μια επιφάνεια βαμμένη με λευκή ανακλαστική βαφή σύγχρονης τεχνολογίας. Εικ.4.1.

Η διεξαγωγή του πειράματος πραγματοποιήθηκε στο ΑΤΕΙ Καλαμάτας χρησιμοποιώντας δύο γραφεία. Τα γραφεία είναι όμορα, ίδιων διαστάσεων και προσανατολισμού.

Το δώμα των γραφείων πάνω στο οποίο κατασκευάστηκε η φυτοκάλυψη, είναι επαρκώς μονωμένο, εκτιμώμενου συντελεστή θερμοπερατότητας $K = 0,55 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{C}$.

Πάνω από το ένα γραφείο, είχε εγκατασταθεί ο ταρατσόκηπος με υπόστρωμα πετροβάμβακα, δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο ένα μόνιμο οικοσύστημα χαμηλής συντήρησης ενώ η τaráτσα του έτερου γραφείου βάφτηκε με υψηλής ανακλαστικότητας βαφή, λευκού χρώματος ,βασισμένη στη νανοτεχνολογία. Στα κάθετα διαχωριστικά τοιχώματα των δύο δωματίων τοποθετήθηκε μόνωση με φύλλα εξηλασμένης πολυστερίνης για να μειωθούν οι ενεργειακές μετακινήσεις από το ένα πειραματικό χώρο στον άλλο. Καθώς το υλικό τοιχοποιίας που είχε χρησιμοποιηθεί ήταν υψηλής θερμοπερατότητας και θα επηρέαζε τα αποτελέσματα του πειράματος.

Μετρήσεις λήφθηκαν για 26 ημέρες και ανά μισή ώρα, τόσο κατά την διάρκεια του καλοκαιριού όσο και του χειμώνα.



Εικ. 4.1. επικάλυψη του δώματος με ελαστομερές ανακλαστική βαφή βασισμένη στη νανοτεχνολογία. (ταρατσόκηπος ΑΤΕΙ Καλαμάτας ,2008)

4.2. Εξοπλισμός καταγραφής μετρήσεων.

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε περιελάμβανε:

Καταγραφικό. Χρησιμοποιήθηκε μονάδα καταγραφής του οίκου DELTA - T Αγγλίας, τύπου GP1, με ακρίβεια μέτρησης 0,01%. Αισθητήρες Θερμοκρασίας DELTA - T, τύπου ST1, με ακρίβεια μέτρησης: $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$.

Σε κάθε γραφείο ήταν τοποθετημένοι αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας επιφανειών, επαπτόμενοι στην κάθε οροφή, και συνδεδεμένοι με το καταγραφικό. Το σύστημα αυτό κατέληγε σε σύνδεση με Η/Υ όπου κατέγραφε διαγραμματικά την αυξομείωση των θερμοκρασιών σε κάθε γραφείο κάθε μέρα, ανά 30 λεπτά.

Αφού έγινε ο προγραμματισμός της καταγραφής θερμοκρασίας το καταγραφικό τέθηκε σε λειτουργία από 6-8-2008 έως τις 31-8-2008, χρονικό διάστημα κατά το οποίο το ΤΕΙ βρισκόταν σε θερινές διακοπές και οι χρήστες δεν επηρέαζαν τις μετρήσεις.

4.3. Κατασκευή φυτεμένου δώματος.

Τα μέρη κατασκευής ενός ταρατσόκηπου είναι, 1) η υδατοστεγάνωση της τaráτσας, 2)το σύστημα αποστράγγισης ,3)το υπόστρωμα ,4)το αρδευτικό σύστημα 5) η φυτεία.

4.3.1. Μόνωση δώματος

Για τη υδατοστεγάνωση της ταράτσας χρησιμοποιούνται ειδικές μεμβράνες, οι οποίες παρεμποδίζουν το νερό αλλά και το ριζικό σύστημα να εισχωρήσουν στο κτήριο.

Οι μεμβράνες αυτές, είναι ασφαλικές, είναι πιστοποιημένες για ταρτσόκηπο τροποποιημένες με ενώσεις που αποτρέπουν τη διείσδυση του ριζικού συστήματος του φυτού, κατά τα άλλα μοιάζουν με τις κοινές ασφαλικές μεμβράνες που τοποθετούμε στις ταράτσες μας για μόνωση από την υγρασία. (εικ4.1). Οι ασφαλικές μεμβράνες λόγω της φύσης τους δηλ. την παραγωγή τους από ασφαλικό μίγμα και άλλα προϊόντα απόσταξης του πετρελαίου έχουν αποδεδειγμένα την μεγαλύτερη αντοχή στον χρόνο και την καλύτερη συμπεριφορά σε κάθε έργο που απαιτεί υψηλής ποιότητας στεγάνωση.



Εικ 4.2. ασφαλική μεμβράνη μόνωσης δώματος, (ταρτσόκηπος ΑΤΕΙ Καλαμάτας,2007)

4.3.2. Σύστημα στράγγισης ταρατσόκηπου

Από τα σημαντικότερα σημεία στη δημιουργία ενός ταρατσόκηπου είναι το σύστημα στράγγισης. Η απομάκρυνση του νερού που διηθείται από το υπόστρωμα είναι απαραίτητη για τη διατήρηση συνθηκών ανάπτυξης της φυτείας.

Η δημιουργίας σωστής κλίσης για απομάκρυνση των υδάτων είναι απαραίτητη και πρέπει να ελέγχεται πριν την εγκατάσταση του ταρατσόκηπου, ασχέτως αν θεωρείται κάτι το οποίο θα έπρεπε αυτόνοτα να υπάρχει από κατασκευής του κτιρίου.

Αν η κλίση είναι σωστή τοποθετούμε την ασφαλική μεμβράνη με θερμοκόληση και προχωράμε στο επόμενο βήμα το οποίο είναι η τοποθέτηση αποστραγγιστικών μεμβρανών. Εικ. 4.2.

Η μεμβράνη αποστράγγισης έχει κενούς χώρους (κυψέλες) στους οποίους αποθηκεύει νερό, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπει την απορροή της πλεονάζουσας ποσότητας του νερού μέσω των καναλιών προς τις υδροροές του δώματος.

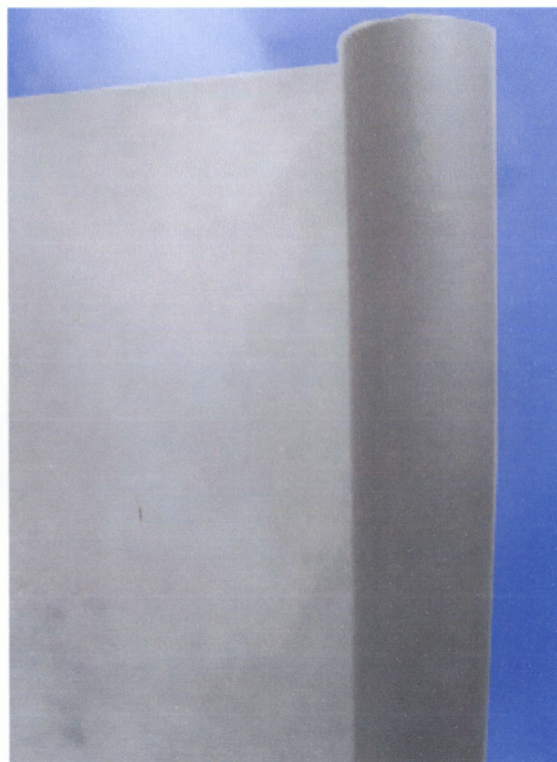
Οι οπές που φέρει στην ανώτερη επιφάνεια των κυψελών επιτρέπουν τον αερισμό του ριζικού συστήματος των φυτών και βοηθούν στην εξάτμιση της υγρασίας του.



Εικ 4.3. φύλλα πολυπροπυλενίου, εφαρμόζονται πάνω από τη μόνωση.
(ταρατσόκηπος ΑΤΕΙ Καλαμάτας, 2007)

4.3.3. Φίλτρο γεωυφάσματος.

Μεταξύ του στραγγιστικού συστήματος και του υποστρώματος τοποθετείται φίλτρο. Το φίλτρο αυτό είναι ένα γεωύφασμα το οποίο παρεμποδίζει τη μεταφορά τεμαχίων του υποστρώματος προς το στραγγιστικό σύστημα και εν συνεχεία προς τις υδροροές που απομακρύνουν το νερό από τη τaráτσα μας. Το φράξιμο των οποίων θα αποτελούσε σοβαρή αστοχία για το κτίριο. Το γεωύφασμα έχει βάρος 125-200 gr/m² αναλόγως του υποστρώματος.



Εικ. 4.4. γεωύφασμα σε ρολό, στρώνεται μεταξύ στραγγιστικού συστήματος και υποστρώματος. (Προσωπικό αρχείο, 2007)

4.3.4. Υπόστρωμα ταρατσόκηπου.

Σαν υποστρώματα ταρατσόκηπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα τα υλικά που συναντάμε και στην υδροπονία και στην παρασκευή εδαφικών μιγμάτων. Ένα συνήθως ζητούμενο χαρακτηριστικό είναι το χαμηλό φαινόμενο ειδικό βάρος , από εκεί και πέρα επιλέγουμε ανάλογα το φυτικό υλικό και τον τύπο και βάθος του ταρατσόκηπου.

Στη συγκεκριμένη κατασκευή ,εκτατικού τύπου όσο αφορά το βάθος υποστρώματος και ημι-εντατικού όσον αφορά την συντήρηση, ταρατσόκηπου, χρησιμοποιήσαμε μια πρώτη στρώση περλίτη, για να καλυφθούν οι κοιλότητες, δημιουργώντας μια στρώση διαχείρισης του νερού, ενώ σαν υπόστρωμα του φυτικού υλικού επιλέχθηκε υδρόφιλος πετροβάμβακας ενδεδειγμένος για χρήση σε φυτεμένα δώματα.



Εικ. 4.5. χρήση περλίτη σε υπόστρωμα ταρατσόκηπου. (ταρατσόκηπος ΑΤΕΙ Καλαμάτας, 2007)



εικ 4.6. δημιουργία στρώσης φύτευσης με πετροβάμβακα. (ταρατσόκηπος ΑΤΕΙ Καλαμάτας, 2007)

4.3.5. Αρδευτικό σύστημα.

Η άρδευση του ταρατσόκηπου είναι ίδια με εκείνη ενός οποιοδήποτε κήπου. Ακόμα και σε αυτό το μέρος του ταρατσόκηπου προσπαθούμε να αποφύγουμε βαριές κατασκευές. Προτιμήθηκε υπόγειο σύστημα άρδευσης για να αποφευχθούν απώλειες νερού, λόγω εξάτμισης και των ανέμων που επικρατούν στην ανώτερη επιφάνεια του κτιρίου.

Για την άρδευση επιλέχτηκε σταλακτοφόρος αγωγός διαμέτρου $\Phi 20$ (στη διάταξη που εμφανίζεται στην εικ.4.6.) Στο δίκτυο άρδευση επίσης συνδεθηκαν υδρολιπαντήρας και αυτόματος προγραμματιστής αρδεύσεων , η συχνότητα των αρδεύσεων ρυθμιζόταν ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν.



Εικ 4.7. υπόγειο σύστημα άρδευσης ταρατσόκηπου στο ΑΤΕΙ Καλαμάτας. (Ταρατσόκηπος ΑΤΕΙ Καλαμάτας, 2007)

4.3.6. Φυτικό υλικό.

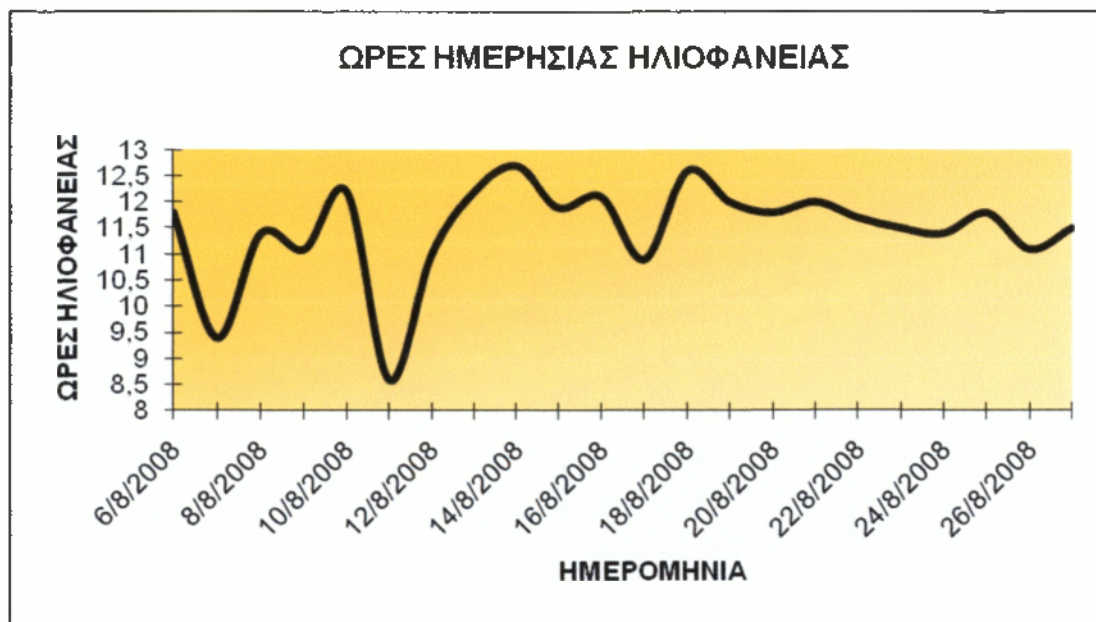
Ως φυτικό υλικό του φυτεμένου δώματος επιλέχθηκε να τοποθετηθεί χλοοτάπητας. Για μεγαλύτερη ομοιομορφία και ταχύτερη ολοκλήρωση της κατασκευής τοποθετήθηκε έτοιμος χλοοτάπητας σε μορφή "χαλιού". Τα κομμάτια του χλοοτάπητα στρώθηκαν διαδοχικά προσπαθώντας να τοποθετηθούν όσο πιο σφιχτά γίνεται συνδεδεμένα το ένα με το άλλο.



Εικ. 4.8. ολοκλήρωση ταρατσόκηπου του Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας. (ταρατσόκηπος ΑΤΕΙ Καλαμάτας, 2007)

ΚΕΦ.5 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

5.1. Διάγραμμα ημερήσιας ηλιοφάνειας.



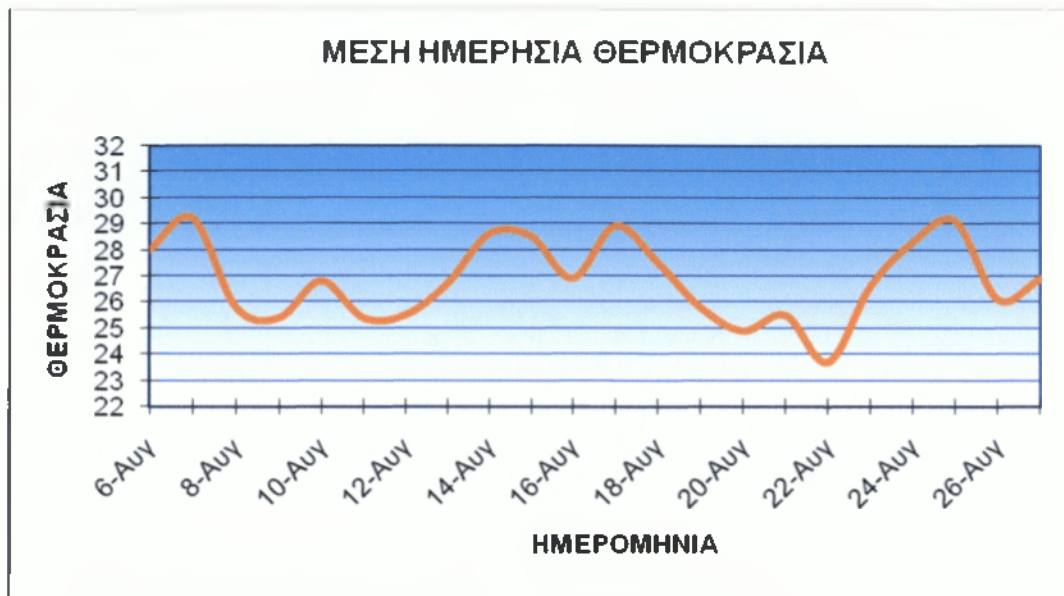
Πιν. 5.1. διάγραμμα ημερήσιας ηλιοφάνειας σε ώρες., από το μετεωρολογικό σταθμό της πολεμικής αεροπορίας στη Καλαμάτα.

Με τη συνεργασία της μετεωρολογικής υπηρεσίας της πολεμικής αεροπορίας της Καλαμάτας, λάβαμε μετρήσεις για τις ώρες της ημερήσιας ηλιοφάνειας, για το διάστημα που διαρκούσαν οι μετρήσεις μας (6-8-2008 έως 31-8-2008).

Σύμφωνα με αυτό το διάγραμμα οι περισσότερες μέρες χαρακτηρίζονται από μεγάλης διάρκειας ηλιοφάνεια, αναμενόμενο για τη δεδομένη εποχή, αλλά μεταξύ τους παρεμβάλλονται κάποιες νεφοσκεπής μέρες.

Η παραλλακτικότητα αυτή είναι επιθυμητή για την δοκιμασία των δοκιμίων μας σε δυναμικές συνθήκες.

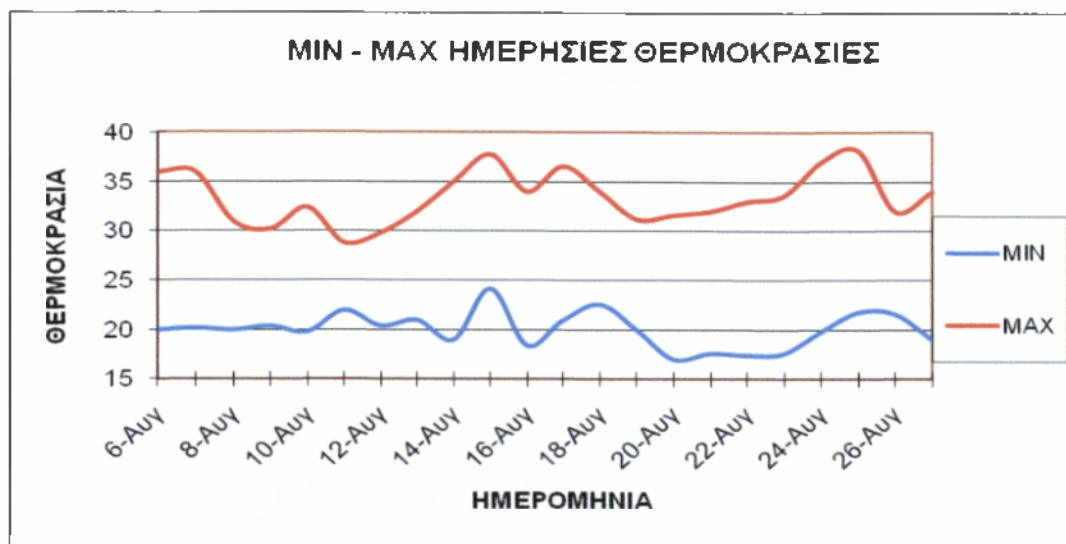
5.2. Διάγραμμα μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας.



Πιν. 5.2. διάγραμμα μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας, δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό της πολεμικής αεροπορίας στη Καλαμάτα.

Σύμφωνα με αυτό το διάγραμμα έχει καταγραφεί μια σημαντική παραλλακτικότητα θερμοκρασιών, από μέρα σε μέρα. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι ένα χαρακτηριστικό διάγραμμα διακύμανσης θερμοκρασίας σε ένα μεσογειακό περιβάλλον κατά τον μήνα Αύγουστο.

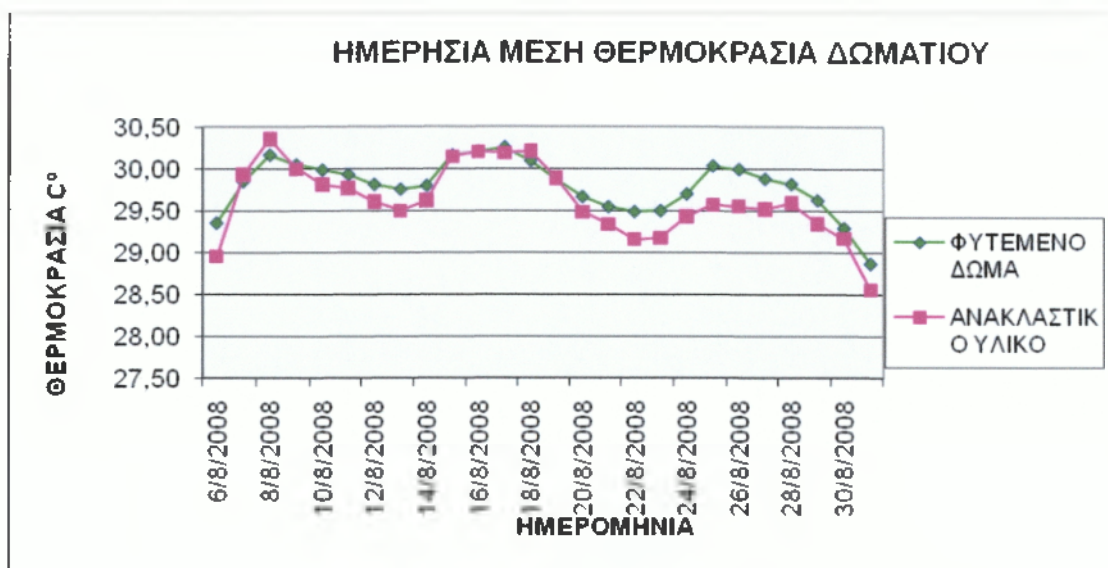
5.3. Διάγραμμα ελάχιστης- μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας.



Πιν. 5.3. διάγραμμα ελάχιστων (MIN) – μεγίστων (MAX) ημερήσιων θερμοκρασιών, δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό της πολεμικής αεροπορίας στη Καλαμάτα

Σε αυτό το διάγραμμα βλέπουμε την διακύμανση των μέγιστων και ελάχιστων ημερήσιων θερμοκρασιών ανά ημέρα , παρατηρούμαι ότι η διακύμανση από μέρα σε μέρα είναι σημαντική και για τις μέγιστες και τις ελάχιστες τιμές. Η διαφορά όμως μεταξύ της μέγιστης και τις ελάχιστης τιμής είναι (στις περισσότερες μετρήσεις) αρκετά μεγάλη κάτι το οποίο εξηγείται από τη μορφολογία της περιοχής, την ύπαρξη έντονης περιμετρικής βλάστησης άλλα και των ξάστερων βραδιών που επικρατούσαν. Αυτό σημαίνει ότι υπήρχε η δυνατότητα νυκτερινής ψύξης, της θερμικής μάζας του κτιρίου , με ακτινοβολία, πράγμα το οποίο ήταν ευνοϊκή συνθήκη για την ανακλαστική βαφή, γιατί κατά την διάρκεια της νύκτας ψύχονταν η υποκείμενη πλάκα μπετόν.

5.4. Συγκριτικό διάγραμμα μέσω ημερήσιων θερμοκρασιών των δύο δωματίων.



Πιν. 5.4. συγκριτικό διάγραμμα μέσω ημερήσιων θερμοκρασιών των δύο δωματίων.

Στο διάγραμμα αυτό παρατηρούμε τις μέσες ημερήσιες τιμές θερμοκρασίας οροφής των δύο δωματίων που χρησιμοποιήθηκαν για τις παρατηρήσεις του πειράματος. Στο δώμα του ενός είχε τοποθετηθεί ο ταρατσόκηπος ενώ το άλλο είχε βαφτεί με ανακλαστικό υλικό υψηλής τεχνολογίας(abolin) .

Στο διάγραμμα δεν φαίνεται κάποια από τις δύο μεθόδους να υπερισχύει ως προς την ικανότητα της να δροσίζει το υποκείμενο δωμάτιο, σε πολλά σημεία η καμπύλες συναντώνται και αλλάζουν θέση.

Στη καμπύλη όμως του ταρατσόκηπου παρατηρούμε μικρότερες διακυμάνσεις τις θερμοκρασίας από μέρα σε μέρα κάτι που δείχνει τις μονωτικές του ικανότητες. Η διατήρηση ενός σταθερού κλίματος εντός του δωματίου είναι κάτι επιθυμητό σε κάθε περίπτωση.

5.5. Σύγκριση μετρήσεων.

Για να εξετάσουμε αν υπάρχει στατιστική διαφορά μεταξύ των αποτελεσμάτων που μας έδωσαν τα δυο πειραματικά τεμάχια και αν αυτή η διαφορά είναι στατιστικώς σημαντική η απλά αποτελεί τυχαίο αποτέλεσμα θα πρέπει να γίνει στατιστική σύγκριση.

Λόγο της έκτασης των μετρήσεων του πειράματος (δύο δείγματα τιμών) θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος σύγκρισης δύο μέσων όρων για δείγματα ανεξάρτητα, παραλλακτικότητες διαφορετικές. (Φωτιάδη, 1995)

	ΤΑΡΑΤΣΟΚΗΠΟΣ	ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΗ ΒΑΦΗ
6/8/2008	29,35	28,95
7/8/2008	29,85	29,93
8/8/2008	30,16	30,36
9/8/2008	30,05	30,00
10/8/2008	29,98	29,81
11/8/2008	29,93	29,77
12/8/2008	29,81	29,60
13/8/2008	29,75	29,50
14/8/2008	29,80	29,62
15/8/2008	30,16	30,15
16/8/2008	30,21	30,20
17/8/2008	30,26	30,19
18/8/2008	30,09	30,21
19/8/2008	29,88	29,89
20/8/2008	29,66	29,48
21/8/2008	29,54	29,34
22/8/2008	29,49	29,15
23/8/2008	29,50	29,18
24/8/2008	29,70	29,43
25/8/2008	30,03	29,57
26/8/2008	29,99	29,55
27/8/2008	29,88	29,51
28/8/2008	29,82	29,59
29/8/2008	29,62	29,34
30/8/2008	29,29	29,17
31/8/2008	28,87	28,56

Πιν. 5.5. μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες δωματίων.

σύγκριση μέσων τιμών. (t- test)

Όταν θέλουμε να συγκρίνουμε δύο δείγματα μεταξύ τους ,για να διαπιστώσουμε αν η παραλλακτικότητα οφείλετε σε μη συστηματικό λάθος, σε κάποιες περιπτώσεις μας είναι ποιο εύκολο να συγκρίνουμε του μέσους όρους αντί των δειγμάτων. Στη περίπτωση μας οι μετρήσεις κάθε μέρας λαμβάνονται ως μια ημερήσια μέτρηση, οπότε έχουμε δύο δείγματα με 26επαναληψείς. Λόγο της φύσης του πειράματος (δύο ανεξάρτητες, χωρίς αλληλεπίδραση τεχνολογίες-μεταβλητές) επιλέξαμε τη μέθοδο ανεξαρτήτων δειγμάτων, διαφορετικών παραλλακτικότητων.

Υπολογίζουμε:

N= το πλήθος των παρατηρήσεων

N_{ταρ} = 26

N_{ανακ} = 26

Y⁻ = μέσος όρος = (Y₁ + Y₂ + Y_n) / N

Y⁻_{ταρ} = 29,65

Y⁻_{ανακ}=29,37

Παραλλακτικότητα μέσων όρων = s²

S² = (ΣY²-(ΣY)²/ N) / N-1

s²_{ταρ} = 0,1036

s²_{ανακ} = 0,1860

Παραλλακτικότητα της διαφοράς των μέσων όρων

= S²_{ταρ} / N + S²_{ανακ} / N = 0,0111

Τυπικό σφάλμα της διαφοράς των μέσων όρων.

$$s = \sqrt{S^2_{Y_{\text{ταρ}} - Y_{\text{ανακ}}}} = 0,106$$

Κριτικό t'

$$t' = (Y_{\text{ταρ}} - Y_{\text{ανακ}}) / S_{Y_{\text{ταρ}} - Y_{\text{ανακ}}} = 1,705$$

Βαθμοί ελευθερίας του κριτικού t'

$$v^{\wedge} = (s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2) / [(s_1^2/n_1)^2/(n_1-1)] + [(s_2^2/n_2)^2/(n_2-1)] = 195,21$$

συγκρίνοντας την τιμή t' με την κριτική τιμή του πίνακα για $\alpha = 0,05$, και βαθμούς ελευθερία να τείνουν στο άπειρο , παρατηρούμε ότι το t' είναι μικρότερο της κριτικής τιμής και επομένως η διαφορά προκύπτει ότι είναι

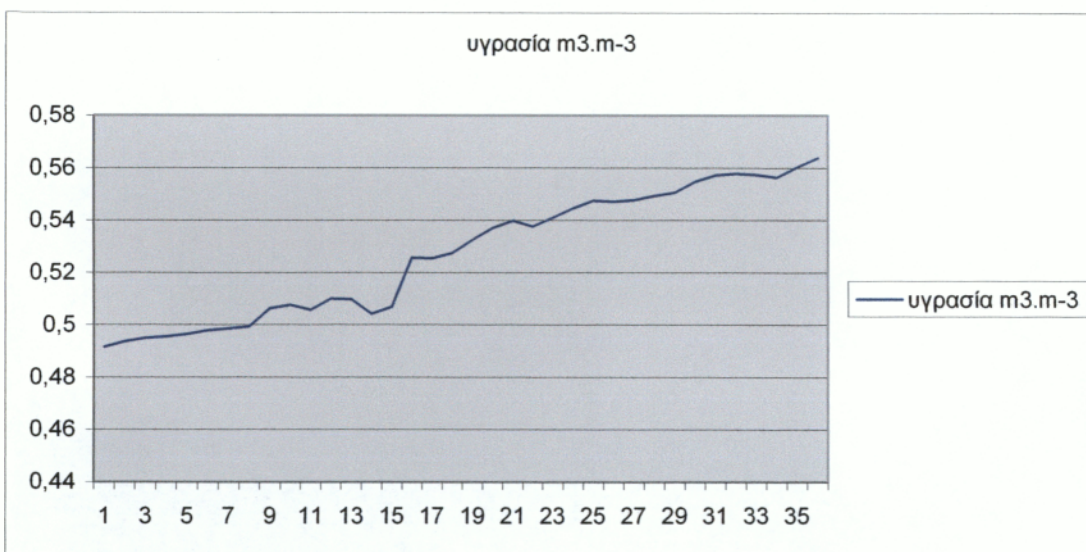
στατιστικώς μη-σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

5.6. Περαιτέρω συμπεράσματα, σύγκριση υγρασίας και θερμοκρασίας υποστρώματος.

Επιπλέον μετρήθηκαν η υγρασία και η θερμοκρασία του υποστρώματος για περαιτέρω παρατηρήσεις.

Date	υγρασία m ³ .m ⁻³	θερμοκρασία degC
27/7/2008	0.491646	28.62292
28/7/2008	0.493729	28.79167
29/7/2008	0.495021	29.03125
30/7/2008	0.495625	29.2
31/7/2008	0.496604	29.4625
1/8/2008	0.497938	29.52917
2/8/2008	0.498625	29.45
3/8/2008	0.499417	29.29375
4/8/2008	0.506396	29.15417
5/8/2008	0.507667	29.12292
6/8/2008	0.505875	29.35208
7/8/2008	0.510083	29.84792
8/8/2008	0.509875	30.16458
9/8/2008	0.504354	30.04792
10/8/2008	0.507	29.98333
11/8/2008	0.525813	29.92917
12/8/2008	0.525479	29.8125
13/8/2008	0.5275	29.75208
14/8/2008	0.532542	29.79583
15/8/2008	0.537167	30.16042
16/8/2008	0.539958	30.20625
17/8/2008	0.537708	30.25625
18/8/2008	0.541063	30.09167
19/8/2008	0.544688	29.87708
20/8/2008	0.547604	29.6625
21/8/2008	0.547167	29.54375
22/8/2008	0.547771	29.48542
23/8/2008	0.549417	29.49583
24/8/2008	0.550625	29.69792
25/8/2008	0.554813	30.03333
26/8/2008	0.557271	29.99375
27/8/2008	0.557854	29.87917
28/8/2008	0.557375	29.81667
29/8/2008	0.556375	29.62292
30/8/2008	0.560354	29.29167
31/8/2008	0.563813	28.86458
CORELL COVAR		
	0.379897	0.003777
	-0.34198	-0.00197

Πιν. 5.6. τιμές υγρασίας και θερμοκρασίας υποστρώματος.

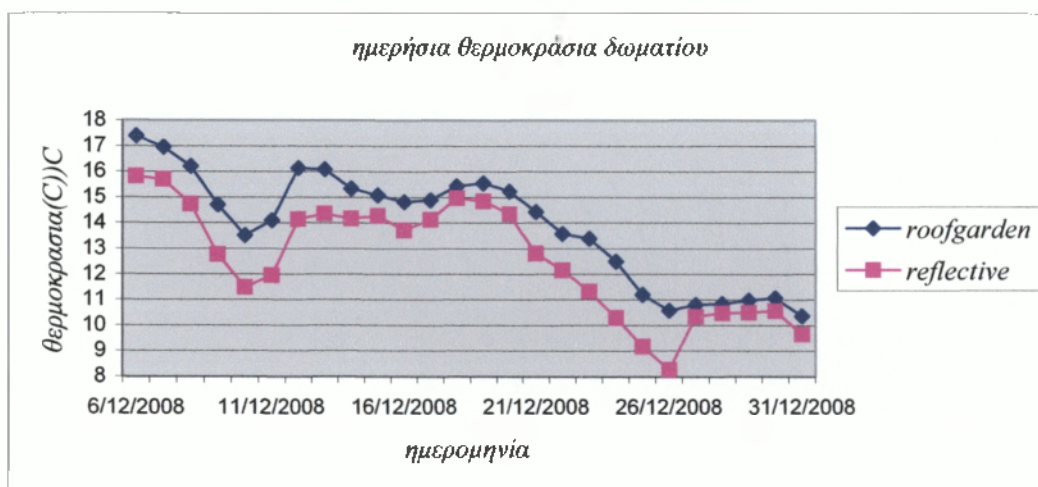


Πιν. 5.7. διάγραμμα θερμοκρασία υποστρώματος σε συνάρτηση με το διάγραμμα υγρασίας αυτού.

Όπως φαίνεται από τις τιμές αλλά και το διάγραμμα η θερμοκρασία οροφής (η θερμοπερατότητα του υποστρώματος) δεν συμπαραλλάσει μαζί με την υγρασία του υποστρώματος.

5.7. Χειμερινή σύγκριση.

Στη συνέχεια προχωρήσαμε σε λήψη χειμερινών μετρήσεων για την αξιολόγηση των δύο διαφορετικών τεχνικών την ψυχρή εποχή.



Πιν 5.8. ημερήσιες μέσες θερμοκρασίες των δύο δωματίων. (Κοτσίρης Γ. 2009)

Το γραφείο με το ταρατσόκηπο φαίνεται να έχει σταθερά μεγαλύτερη θερμοκρασία από το έτερο πειραματικό γραφείο. Η υπεροχή του ταρατσόκηπου όσο αφορά τη μονωτική του ικανότητα κατά του χειμερινούς μήνες είναι αδιαμφισβήτητη.

	ΤΑΡΑΤΣΟΚΗΠΟΣ	ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΗ ΒΑΦΗ
6/12/2008	17,39	15,80
7/12/2008	16,96	15,70
8/12/2008	16,21	14,73
9/12/2008	14,73	12,78
10/12/2008	13,52	11,49
11/12/2008	14,09	11,95
12/12/2008	16,13	14,15
13/12/2008	16,10	14,36
14/12/2008	15,34	14,17
15/12/2008	15,09	14,29
16/12/2008	14,82	13,72
17/12/2008	14,90	14,13
18/12/2008	15,44	14,97
19/12/2008	15,55	14,84
20/12/2008	15,23	14,35
21/12/2008	14,43	12,82
22/12/2008	13,58	12,16
23/12/2008	13,38	11,33
24/12/2008	12,50	10,30
25/12/2008	11,20	9,18
26/12/2008	10,59	8,29
27/12/2008	10,81	10,35
28/12/2008	10,85	10,49
29/12/2008	10,99	10,52
30/12/2008	11,08	10,58
31/12/2008	10,38	9,65

Πιν. 5.9. μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες δωματίων, κατά τη ψυχρή εποχή.

Υπολογίζουμε:

$N =$ το πλήθος των παρατηρήσεων

$N_{\text{ταρ}} = 26$

$N_{\text{ανακ}} = 26$

$\bar{Y} =$ μέσος όρος $= (Y_1 + Y_2 + \dots + Y_N) / N$

$\bar{Y}_{\text{ταρ}} = 13,89$

$\bar{Y}_{\text{ανακ}} = 12,58$

Παραλλακτικότητα μέσω των όρων = s^2

$$S^2 = (\sum Y^2 - (\sum Y)^2 / N) / N - 1$$

$$s^2_{\text{ταρ}} = 4,734$$

$$s^2_{\text{ανακ}} = 7,429$$

Παραλλακτικότητα της διαφοράς των μέσων όρων

$$= S^2_{\text{ταρ}} / N + S^2_{\text{ανακ}} / N = 0,364$$

Τυπικό σφάλμα της διαφοράς των μέσων όρων.

$$= \sqrt{S^2_{\text{ταρ}} - Y_{\text{ανακ}}} = 0,603$$

Κριτικό t'

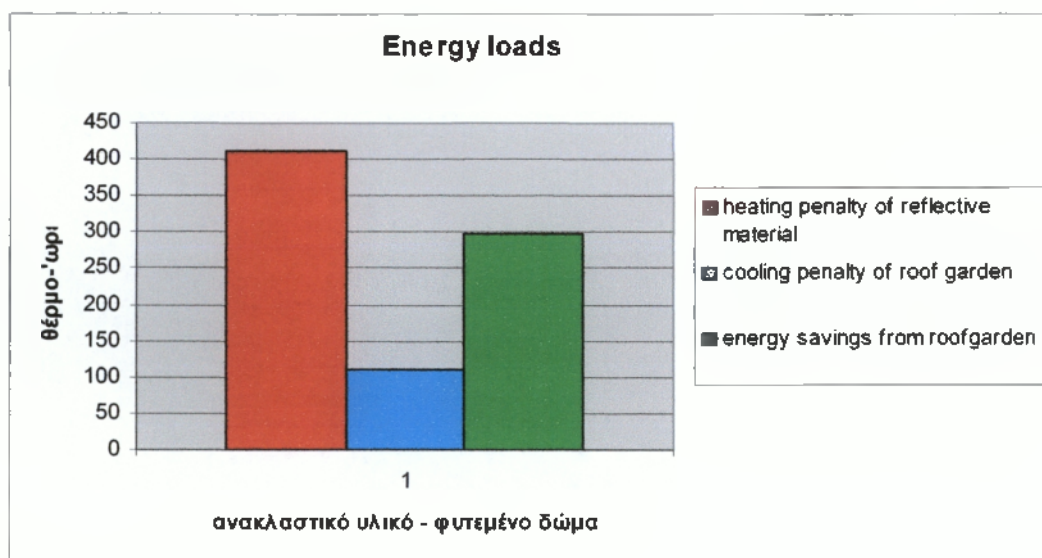
$$t' = (Y_{\text{ταρ}} - Y_{\text{ανακ}}) / S_{Y_{\text{ταρ}} - Y_{\text{ανακ}}} = 2,719$$

Βαθμοί ελευθερίας του κριτικού t'

$$v^{\wedge} = (s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2) / [(s_1^2/n_1)^2/(n_1-1)] + [(s_2^2/n_2)^2/(n_2-1)] = 99,89$$

συγκρίνοντας την τιμή t' με την κριτική τιμή του πίνακα για $\alpha = 0,05$, και βαθμούς ελευθερία να τείνουν στο 120 , παρατηρούμε ότι το t' είναι μεγαλύτερο της κριτικής τιμής και επομένως η διαφορά προκύπτει ότι είναι στατιστικώς σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Από την ανάλυση των μετρήσεων υπολογίστηκε ότι κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, το δωμάτιο που εξοπλίζεται με την πράσινη στέγη χρειάζεται 111 περισσότερες βαθμό-ώρες για την ψύξη σε σύγκριση με το αντανακλαστικό υλικό. Το τελευταίο, κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου χρειάζεται 410 περισσότερες βαθμό-ώρες για τη θέρμανση (HEATING PENALTY) σε σύγκριση με το δωμάτιο που εξοπλίζεται με την πράσινη στέγη. (Κοτσίρης Γ. ,2009)



Εικ.5.10.διάγραμμα ενεργειακών ποινών και οφέλους μεταξύ φυτεμένου δώματος και του ανακλαστικού υλικού. (Κοτσίρης, 2009)

ΚΕΦ. 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Έχοντας υπόψη ότι το φυτοκαλυμμένο δώμα είναι ένας συνδυασμός άμεσης και έμμεσης εξάτμισης καθώς μπορεί να ψύχει απευθείας στοιχεία του κελύφους του κτιρίου (δώμα), μετρήθηκε στο ΑΤΕΙ Καλαμάτας, η θερμοκρασία οροφής (ταβανιού) σε γραφείο υποκείμενο φυτοκαλυμμένου δώματος και σε όμορο γραφείο ίδιων διαστάσεων προσανατολισμού και ανοιγμάτων, χωρίς φυτοκάλυψη, που χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας.

Η παράμετρος αυτή επιλέχθηκε γιατί είναι μια άμεση μαρτυρία των ηλιακών θερμικών προσόδων που προσλαμβάνονται από το δώμα και επηρεάζεται πολύ λιγότερο από τις δραστηριότητες των χρηστών των γραφείων, σε σχέση με την εσωτερική θερμοκρασία του αέρα. Αυτό συμβαίνει αφενός λόγω της διαφορετικής θερμοχωρητικότητας των δομικών στοιχείων της πλάκας του δώματος από αυτήν του αέρα, αλλά και λόγω των διαφορετικών τρόπων ροής θερμότητας που κυρίως επενεργούν σε κάθε περίπτωση. Με αγωγή στην πρώτη και με μεταφορά (συναγωγή) στην δεύτερη. Πάντως έγινε προσπάθεια να απομονωθεί πλήρως η ανθρώπινη δραστηριότητα, γι αυτό και οι μετρήσεις λήφθηκαν το μήνα των θερινών διακοπών.

Δεδομένου ότι το δώμα σε ένα κτίριο προσλαμβάνει μεγάλο μέρος των θερμικών προσόδων του επηρεάζοντας αποφασιστικά την εσωτερική θερμοκρασία, η θερμοκρασία επιφανείας οροφής, συσχετίζεται με την

επίτευξη της θερμικής άνεσης των χρηστών του κτιρίου αλλά και την εξοικονόμηση ενέργειας για κλιματισμό.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων και τη στατιστική ανάλυση που ακολούθησε το δωμάτιο του οποίου η οροφή είχε επικαλυφθεί με το υψηλής ανακλαστικότητας υλικό βασισμένο στη νανοτεχνολογία φαίνεται στις περισσότερες μετρήσεις να είναι ποίο δροσερό όχι όμως σε βαθμό τέτοιο που να μας πιστοποιεί ότι το αποτέλεσμα αυτό δεν αποτελεί ένα τυχαίο γεγονός, καθώς η διαφορά είναι στατιστικώς μη σημαντική ενώ οι παραλλακτικότητες των δειγμάτων διαφέρουν.

Αντίθετα, η υπεροχή του ταρατσόκηπου σαν μονωτικό-δώματος κατά τους χειμερινούς μήνες είναι αδιαμφισβήτητη σε σχέση με το ανακλαστικό υλικό.

Ετησίως το φυτεμένο δώμα συγκεντρώνει λιγότερους βαθμούς θερμικής-ποινής (HEATING PENALTY) εξασφαλίζοντας έτσι μεγαλύτερη ενεργειακό όφελος για το υποκείμενο δωμάτιο.

Το κόστος του εφαρμοσμένου αντανακλαστικού υλικού είναι περίπου 12 ευρώ/τετρ.μέτρο με μια περίοδο ζωής 5 ετών. Το κόστος του κατασκευασμένου ταρατσόκηπου είναι 50 ευρώ/τετρ.μέτρο με μια περίοδο ζωής τουλάχιστον 20 έτη. Αξιολογείται ότι μια πιο λεπτομερής ανάλυση κόστους-κέρδους θα προκύψει ένα οικονομικό πλεονέκτημα του φυτεμένου δώματος, τόσο από το θερμομονωτικό πλεονέκτημα το χειμώνα, όσο και από το κόστος απόσβεσης της δαπάνης

Ολοκληρώνοντας, τα περιβαλλοντικά οφέλη του ταρατσόκηπου ,που έχουν αναφερθεί ποιο πάνω, είναι άλλο ένα πλεονέκτημα του, έναντι των ανακλαστικών υλικών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Akbari H, Kurn D.M., Bretz S.E., Hanford J.W., 1997, Peak power and cooling energy savings of shade trees, *Energy and Buildings* (25,139-148)
- Akbari H., Davis Susan E., Huang Joe, Liu Phillip, 1992, EPA, The Urban Heat Island
- Akbari H.,Pomerantz M., Taha H., 2001, Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban area, *Solar Energy* 70(295-310)
- Alvarado L. J. , Terrel W. Jn. , Johnson D. M. , 2004, Passive cooling systems for cement based roofs, *sciencedirect.com*
- ASLA organisation "Chicago City Hall Green Roof."
<http://www.asla.org/meetings/awards/awds02/chicagocityhall.html>
- Emilsson T., Rolf K., Comparison of establishment methods for extensive green roofs in southern Sweden, *www.sciencedirect.com*
- Eumorfopoulou E. , 1998, The contribution of a planted roof to the thermal protection on buildings in Greece, *energy and buildings* 36
- Safarzadeh H. and Bahadori M.N., Passive cooling effects of courtyards, School of Mechanical Engineering, Sharif University of Technology, Azadi Blvd., Tehran, Iran, 2004
- Harpur J. and Stevens D. (1997). *Roofgardens*. Octopus publishing group LTD. England.
- Harris C.and Dines N. (2004).Time saver standards for landscape Architecture, second edition, Pages 610- 615 and 660.
- Hilten N.R., Lawrence M.T., Tollner W.E., 2008, Modelling stormwater runoff from greenroofs with HYDRUS-1D, *www.sciencedirect.com*
- Justyna Czemieli Berndtsson, Tobias Emilsson and Lars Bengtsson, The influence of extensive vegetated roofs on runoff water quality, University of Lund, 2005
- Kosareo L., Ries R., 2006, Comparative environmental life cycle assessment of green roofs, *www.sciencedirect.com*
- Kotopoulis G., Tsokarelis P., 2007, Alternative ways of increase the urban green:ROOFGARDEN
- Kotsiris G., Androutsopoulos A., 2008, the contribution of a green roof to achieve thermal comfort and energy savings, International Conference AnEng, Crete.
- Kotsiris G. , Andoutsopoulos A. , Kotopoulis G., 2009 , A Comparison of Insulation Characteristics Between a Planted Roof and a Roof Varnished with a high performance Reflective Material, XXXIII CIOSTA- CIGR V conference 2009, Reggio Calabria (Italy)
- Kristin L. Getter¹ and D. Bradley Rowe, the Role of Extensive Green

Roofs in Sustainable Development, Michigan State University, April 2003.

- Kumar R., Raushik C.S., 2004, Performance evaluation of green roof and shading for thermal protection of buildings, www.sciencedirect.com
- Lazzarin M.R., Castelliotti F., Busato F., 2005, Experimental measurement and numerical modelling of a green roof
- Lorenzo P., Alessandro D., End-use Efficiency Research Group (eERG) - Building-Engineering Faculty-Politecnico di Milano, Το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα Greenbuilding-Κτιριακό κέλυφος-Τεχνικό Εγχειρίδιο, www.eu-greenbuilding.org
- Niachou, A., Papakonstantinou, K., Santamouris, M., Tsangrassoulis, G., Mihalakakou, G., 2001, Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance, *Energy and buildings*, Vol 33, pp 719-729
- Nicholas D. VanWoert, D. Bradley Rowe,* Jeffrey A. Andresen, Clayton L. Rugh, green roof stormwater retention: Effects of Roof Surface, Slope, and Media Depth, Published online May 11, 2005
- Onmura S., Matsumoto M., Hokoi S., 2000, Study on evaporative cooling effect of roof lawn gardens, www.sciencedirect.com
- Osmundson T. (1999). *Roofgardens, history design and constructions*, Norton, England
- Palomo del Pario E. , 1998 , Analysis of the green roofs cooling potencial in buildings, *energy and buildings* 27
- Santamouris M., Synneffa A., Livada I., 2005, A comparative study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment, International Conference "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment"
- Telmusk A., Mander Ü., Greenroof potential to reduce temperature fluctuation of a roof membrane:A case study from Estonia, www.sciencedirect.com
- Theodore G. Theodosiou, Summer period analysis of the performance of a planted roof as a passive cooling technique, Laboratory of Building Construction and Physics, Department of Civil Engineering, Aristotle University of Thessaloniki,
- Tiwari N.G., Upadhyay M., Rai N.S., 1994, A comparison of passive cooling techniques, *Buildind and Environment* (21-31)
- Whitford V., Ennos R.A., Handley F.J., 2001, City form and natural process-indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK, www.sciencedirect.com
- Wong H.N., Cheong P.K.W., Yan H., Soh J., Ong C.L, Sia A., 2002, The effects of rooftop garden on energy consumption of a commercial building in Singapore, www.sciencedirect.com
- Wong H.N., Chen Y., Ong C.L, Sia A., 2002, Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment, www.sciencedirect.com
- Yuen B., Nyuk Hien W., 2004, Resident perceptions and expectations of rooftop gardens in Singapore, www.sciencedirect.com
- Άγνωστος (2005). About Green Roofs, Green Roofs for Healthy Cities. <http://www.greenroofs.org>

- Αγνωστος, 1985, Irrigation water management - training manual - introduction to irrigation, F.A.O.
- Ανδρουλάκης Μ. (2007). Η χρησιμότητα των πράσινων οροφών στην βιωσιμότητα των μεγάλων πόλεων. Πράσινες οροφές για μια βιώσιμη Αθήνα. Αθήνα, Δεκέμβριος 2007.
- Αργυρόπουλος Σ.Π., Εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα
- Βροχόπουλος Γρ.Μ., Εργαστήριο κλιματισμού και εναλλακτικών μορφών ενέργειας, ΤΕΙ Χαλκίδας
- Γραφιαδέλλης Μ., 1980, Σύγχρονα θερμοκήπια, βιβλιοπωλείο Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη.
- Εφημέρις της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, 17 Ιουνίου 2008, αρ. φύλλου 1122
- Ζάγκας, Θ. (1998). Η σημασία του αστικού και περιαστικού πρασίνου στην ποιότητα της ζωής μας. Πρακτικά Ημερίδας «Πράσινο και Τοπική Αυτοδιοίκηση» ΓΕΩΤΕΕ – Παράρτημα Αν. Μακεδονίας, Καβάλα. Σελ. 33 – 40 και 145
- Κανάκης Α. (1998). Σημειώσεις λαχανοκομίας VI , εκτός εδάφους καλλιέργειες. Έκδοση Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας, Καλαμάτα.
- Καραμουσαντάς Δημ., 2001, Α. Π. Ε. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Καλαμάτα
- Καραμπέτσος, 2004, Φυσιολογία Φυτών, Καλαμάτα
- Καρέτσος Σ., 2005, Μεταπτυχιακή Εργασία, Βιοκλιματικό Σχολείο: Εκπαιδευτικό πλαίσιο Οργάνωσης-Υλοποίησης και Διαχείρισης, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
- Κορωναίος Γ.Αιμ., Πουλάκος Ι.Γ., 2006, Τεχνικά Υλικά (Τόμος 4)
- Κοτσίρης Α. Γεώργιος, 2007, Θερμική Άνεση, εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα
- Κοτσίρης Γ. (2007), Κατασκευή φυτοκαλυμένου δώματος με υπόστρωμα πετροβάμβακα. Πράσινες οροφές για μια βιώσιμη Αθήνα. Αθήνα, Δεκέμβριος 2007.
- Κοτσίρης Γ., Α. Ανδρουτσόπουλος, Χ. Λιναρδόπουλος, Χ. Φραδέλου, Γ. Κοτοπούλης, 2007, Μελέτη της Θερμικής Άνεσης σε βιοκλιματικό κτίριο και Διερεύνηση της φυτοκάλυψης του δώματος στην επίτευξή της, 23ο Συνέδριο ΕΕΕΟ, Χανιά.
- Μαυρογιαννόπουλος Γ. Ν., 2001, Θερμοκήπια, εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα
- Μπάμπιλης Ι.Δ., Λόντρα Π., Ο ταρτασόκηπος ως μέσον αντιπλημμυρικής προστασίας των αστικών περιοχών
- Νεκτάριος Π. (2007). Φυτοκάλυψη δομημένων χώρων στα αστικά κέντρα , δυνατότητες και προοπτικές της ελληνικής πραγματικότητας. Πράσινες οροφές για μια βιώσιμη Αθήνα. Αθήνα, Δεκέμβριος 2007.
- Παγκάλου Ε. (2005). Μια πρόταση για την αναβάθμιση του αστικού πρασίνου, πράσινες στέγες. Περιοδικό γεωργική τεχνολογία, Green&flower business-No 2/2005.
- Παγκάλου Ε. (2007). Μια πράσινη στέγη, Περιοδικό «έτσι απλά», τεύχος 06 Απρίλιος 2007, σελ. 41 – 46.
- Παγκάλου Ε. (2007). Φυτεμένα δώματα- ή εναλλακτική πράσινη πρόταση στα σύγχρονα αστικά κέντρα. Πράσινες οροφές για μια βιώσιμη Αθήνα. Αθήνα, Δεκέμβριος 2007.
- Πανάς Ε. (2007). Συμπεράσματα από το συνέδριο. Πράσινες οροφές

για μια βιώσιμη Αθήνα. Αθήνα, Δεκέμβριος 2007.

- Πέρδιος Σ. (2006), Ενεργειακή απόδοση κτηρίων και κατασκευή κήπων σε δώματα, Ενέργεια, Αθήνα, Νοέμβριος 2006
- Σάββας Δ., 2003, Γενική ΑΝΘΟΚΟΜΙΑ, εκδόσεις ΕΜΒΡΥΟ.
- Σκαρλάτος Π., Ακουστικός σχεδιασμός σε διάφορους τύπους κτιρίων
- Στρατήγη Μ (2006), Πρωτοποριακό πρόγραμμα κάλυψης με πράσινες στέγες από το δήμο Ελευσίνας, Εκδόσεις Δ. Λαμπρόπουλου ΚΗΠΟΣ 4 ΕΠΟΧΕΣ, τεύχος 14, σελ. 24-25
- Σφενδουράκη Μ. , 2007 , Μελέτη της χρήσης ταρατσόκηπων στο αστικό περιβάλλον, www.scholar.google.gr
- Τάτσης Κ., Κακουλάκη-Κατσαρού Α, (2007). ΚΑΝ' ΤΟ ΜΟΝΟΣ ΣΟΥ. http://www.kathimerini.gr/4dcgi/_w_articles_kathcommon_2_13/05/2006_1285731. 18/5/2007
- Τσίγκας Π. Ερωτόκριτος, 1996, Ενέργεια στην Αρχιτεκτονική, εκδόσεις Μαλλιάρης παιδεία, Θεσ/νίκη
- Φυντικάκης Ν. (2007). Ανακυκλώσιμες, αναστρέψιμες και από-υλοποιημένες επιδερμίδες κτιρίου. Πράσινες οροφές για μια βιώσιμη Αθήνα. Αθήνα, Δεκέμβριος 2007.

ΠΗΓΕΣ ΙΝΤΕΡΝΕΤ

- <http://www.wikipedia.com> 5-11-07
- <http://www.greenroof.co.uk> 5-11-07
- <http://www.adamsnet.gr>
- <http://www.ape.chania.teicrete.gr>
- <http://www.authorstream.com>
- <http://www.egreen.gr>
- <http://www.e-tipos.com>, Κ. Καραδήμα, 2007
- <http://www.el.wikipedia.org>
- <http://www.grassline.gr>
- <http://helios.mech.upatras.gr/DiHMERIDA/Eishghseis/Xrvsomalidou.pdf>
- <http://www.home-on-line.blogspot.com>, Γ. Κουμέντης, 2007
- <http://jeq.scijournals.org>
- <http://www.kourtis-sa.gr>

- <http://www.minenv.gr>
- <http://monosimacon.blogspot.com>
- <http://www.monumenta.org>, Μ. Μιχαλάκης
- <http://www.neoxoritis.gr>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <http://www.vimatec.gr>
- <http://www.wikipedia.com>
- <http://www.iok.gr>
- <http://www.iok.gr>
- <http://www.ypan.gr>
- <http://www.minenv.gr>
- <http://www.hrt.msu.edu/greenroof/>