

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΤΕΙ) ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ & ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΘΕΜΑ:

**«Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΦΥΤΟΚΑΛΥΜΜΕΝΩΝ ΔΩΜΑΤΩΝ ΣΤΗ
ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΩΣΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ»**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΗΣ ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑΣ ΓΙΑΡΜΑ ΝΙΚΟΛΕΤΤΑΣ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2009

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΤΕΙ) ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ & ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΘΕΜΑ:

**«Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΦΥΤΟΚΑΛΥΜΜΕΝΩΝ ΔΩΜΑΤΩΝ ΣΤΗ
ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΩΣΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ»**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΗΣ ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑΣ ΓΙΑΡΜΑ ΝΙΚΟΛΕΤΤΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΟΤΣΙΡΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....σελ. 6
Εισαγωγή.....σελ. 8

Κεφάλαιο 1

Ροή θερμότητας στα φυτοκαλυμμένα δώματα

1.1 Τρόποι ροής θερμότητας.....σελ. 12
1.2 Το κτίριο ως αποθήκη θερμότητας.....σελ. 16
1.3 Παθητικός ηλιακός σχεδιασμός.....σελ. 20
1.3.1 Κατασκευή κτιρίου - Θερμική προστασία των εξωτερικών δομικών στοιχείων του κελύφους.....σελ. 22
1.4 Θερμική άνεση.....σελ. 24
1.4.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική άνεση.....σελ.25

Κεφάλαιο 2

Η συμβολή του ταρατσόκηπου στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση

2.1 Κατασκευή κήπων σε δώματα.....σελ.32
2.2 Η επίδραση του ταρατσόκηπου σε ψύξη και θέρμανση.....σελ. 35
2.2.1 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI).....σελ. 39

2.3	Εξοικονόμηση ενέργειας.....σελ.	41
2.4	Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα των «πράσινων στεγών».....σελ.	44
2.4.1	Πλεονεκτήματα.....σελ.	44
2.4.1.1	Πλεονεκτήματα που αφορούν το περιβάλλον.....σελ.	44
2.4.1.2	Πλεονεκτήματα κοινωνικά.....σελ.	49
2.4.1.3	Πλεονεκτήματα αισθητικά.....σελ.	49
2.4.1.4	Πλεονεκτήματα κατασκευαστικά.....σελ.	50
2.4.2	Μειονεκτήματα.....σελ.	51
2.5	Φαινόμενο θερμικής νησίδας- Ένταση θερμικής νησίδας.....σελ.	53
2.5.1	Παράγοντες που συνεισφέρουν στην εμφάνιση της αστικής θερμικής νησίδας.....σελ.	54

Κεφάλαιο 3

Πείραμα

3.1	Μέθοδος.....σελ.	56
3.1.1	Εξοπλισμός.....σελ.	59
3.2	Υλικά.....σελ.	60

Κεφάλαιο 4

Συμπεράσματα

4.1	Αποτελέσματα και συζήτηση.....σελ. 63
4.1.1	Διάγραμμα ημερήσιας ηλιοφάνειας.....σελ. 63
4.1.2	Διάγραμμα μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας.....σελ. 65
4.1.3	Διάγραμμα θερμοκρασίας δωματίων.....σελ. 66
	Παράρτημα.....σελ. 72
	Βιβλιογραφία.....σελ. 75

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Με την ανάπτυξη του πράσινου κινήματος στις αρχές της δεκαετίας του 1960, και κυρίως με την εκτεταμένη διαπίστωση την δεκαετία του '90 της Περιβαλλοντικής κρίσης του πλανήτη, τέθηκε επιτακτικά το ζήτημα της αειφόρου ανάπτυξης.

Απόρροια της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης, και της τάσης για εξοικονόμηση ενέργειας, είναι η ανάπτυξη της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Καθώς και μια σειρά Κοινοτικές Οδηγίες που άρχισαν να εφαρμόζονται και θα εφαρμοστούν ακόμα περισσότερο, για να προωθήσουν την εγκατάσταση φυτεμένων δωματίων (Μιχαλάκης, www.monumenta.org).

Μελέτες δείχνουν ότι τα δώματα είναι οι επιφάνειες των κτιρίων με τις μεγαλύτερες θερμικές προσόδους και πως η εφαρμογή τεχνικών άμεσης και έμμεσης εξάτμισης νερού μπορούν να συμβάλουν στην επέκταση της ζώνης θερμικής άνεσης για τους χρήστες των κτιρίων και άρα στην εξοικονόμηση ενέργειας (Kotsiris, 2008).

Ωστόσο, τα ενεργειακά οφέλη είναι περιορισμένα τον χειμώνα σε καλά μονωμένα κτίρια και σε συνήθη πάχη χωμάτων (Νιάχου, 2003), ενώ μεγάλη αύξηση του πάχους του υποστρώματος επιφέρει σοβαρή επιβάρυνση του φέροντος οργανισμού του κτιρίου.

Για την υπέρβαση αυτών των δυσκολιών κατασκευάστηκε ταρατσόκηπος με υπόστρωμα πετροβάμβακα (Κοτσίρης, 2007), προκειμένου με μικρά πάχη υποστρώματος να επιτευχθεί υψηλή θερμική μόνωση και κατά συνέπεια εξοικονόμηση ενέργειας.

Στην παρούσα εργασία επιχειρήθηκε μια άμεση μέτρηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση σε ένα τέτοιο ταρατσόκηπο σε σύγκριση με μάρτυρα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ταρατσόκηπος είναι οποιοσδήποτε κήπος βρίσκεται στην στέγη ενός κτιρίου (Harpur, www.wikipedia.com).

Από αρχαίων χρόνων η ιδέα ενός κήπου υψηλότερα από το επίπεδο του εδάφους και σε κτήρια με μεγάλο ύψος συνδυαζόμενου με τη θέα του τοπίου δημιουργούσε συναισθήματα και συγκινούσε τους ανθρώπους της εποχής.

Η ιδέα για το πρασίνισμα των δωμαίων και των στεγών ξεκίνησε στα ιστορικά χρόνια. Η εμφάνιση των πρώτων φυτεμένων δωμαίων 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.

Στα νεότερα χρόνια, οι κήποι στα δώματα, θεωρούνταν στοιχείο υψηλής ποιότητας, αισθητικής και πολυτέλειας, ενώ στις αρχές του 20ού αιώνα δεν ήταν λίγοι οι κορυφαίοι αρχιτέκτονες της εποχής, οι οποίοι υποστήριζαν θερμά τη δημιουργία τέτοιων κατασκευών.

Τα φυτεμένα δώματα ανάλογα τη χρήση, τη λειτουργία και τους παράγοντες που επηρεάζουν την κατασκευή τους διακρίνονται σε τρεις τύπους:

Στον *εκτατικό* τύπο συναντάμε υπόστρωμα ύψους 8 - 15 εκ, το οποίο απαιτεί ελάχιστη φροντίδα. Το περιορισμένο βάρος της κατασκευής επιτρέπει την εγκατάστασή της σε οποιαδήποτε οροφή με κλίση ως 33%. Είναι ιδανική για φυτά χαμηλής βλάστησης.

Στον *ημιεντατικό* τύπο εξασφαλίζεται η δημιουργία ενός κήπου και ενός τοπίου, το οποίο θα έχει χρώμα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Συνήθως για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται φυτά εδαφοκάλυψης, χαμηλοί θάμνοι ή χλοοτάπητας, τα οποία χρειάζονται περιοδική συντήρηση και άρδευση.

Στον *εντατικό* τύπο το υπόστρωμα είναι πάχους 15 - 100 εκ. και περιλαμβάνει ποικιλία φυτεύσεων όπως μεγάλους θάμνους, δέντρα, αλλά και άλλες κατασκευές, όπως καθιστικά, πέργκολες.

Στη σημερινή εποχή, ιδιαίτερα σημαντική θεωρείται η προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας με διάφορα μέσα, με κύριο σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος.

Ένα από αυτά είναι η κατασκευή κτιρίων με τέτοιο τρόπο, ώστε να εκμεταλλεύονται την ηλιακή και όποιου άλλου είδους ενέργεια με σκοπό τον περιορισμό της χρήσης ηλεκτρικών συσκευών και τη δημιουργία συνθηκών που συμβάλουν στην θερμική άνεση για την αρμονική διαβίωση του ανθρώπου μέσα σε αυτά. Τα κτίρια αυτά ονομάστηκαν παθητικά ή βιοκλιματικά.

Στον βιοκλιματικό σχεδιασμό, σημαντικά αποτελέσματα έχει και η κατασκευή του ταρατσόκηπου, προσφέροντας πολλά οφέλη που αφορούν το περιβάλλον, ιδίως στις αστικές περιοχές, την κοινωνία, αλλά και τις ίδιες τις κτιριακές εγκαταστάσεις.

«Είναι γεγονός ότι ήδη στη Βόρεια Αμερική η έννοια των «πράσινων στεγών» τώρα μόλις εισάγεται με τα συνεχή εμπόδια της αποδοχής και της έλλειψης συνειδητοποίησης των ωφελειών, καθώς και την ελλιπή πληροφόρηση του τρόπου εγκατάστασης και της κυβερνητικής υποστήριξης. Όλα αυτά όμως είναι προβλήματα προς επίλυση, τη στιγμή που ήδη στις γερμανικές πόλεις, το 12% των κτιρίων καλύπτεται με βλάστηση, ενώ η «πράσινη» γερμανική βιομηχανία συνεχώς αυξάνεται» (www.hrt.msu.edu).

Για αυτό τα τελευταία χρόνια, γίνεται και στην Ελλάδα μια προσπάθεια εγκατάστασης ταρατσόκηπων. Την συναντάμε σε νεόκτιστα κτίρια που κατασκευάζονται βάση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, αλλά τοποθετείται και σε παλαιότερα, καθιστώντας τα ως παθητικά συστήματα.

«Ο κύριος λόγος που η κατασκευή του ταρατσόκηπου είναι χρήσιμη, είναι η εξοικονόμηση ενέργειας που προσφέρει στα κτίρια και φτάνει ως 50%, καθώς προσφέρει και δροσισμό τους καλοκαιρινούς μήνες. Παράλληλα, βελτιώνει τη σύνθεση του ατμοσφαιρικού αέρα, μειώνει τη διάβρωση των υλικών, αυξάνει την αξία του κτιρίου και συμμετέχει στην παροχή ηχομόνωσης.

Όσον αφορά το κόστος κατασκευής και τοποθέτησης, δεν είναι υψηλό. Οι τιμές είναι υψηλές με μια συμβατική μόνωση. Η κατανάλωση του νερού είναι ελάχιστη και χρησιμοποιείται μόνο όσο χρειάζεται για την κάλυψη της εδαφοκάλυψης, ενώ το βάρος

του ακόμα και μετά την βροχή, δεν ξεπερνά τα 50 κιλά ανά τετραγωνικό μέτρο» (<http://www.authorstream.com>).

Τα αποτελέσματα αυτά της επιρροής του ταρατσόκηπου στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, περιγράφονται αναλυτικά στη συνέχεια, με βάση τη διεξαγωγή πειράματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΡΟΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑ ΦΥΤΟΚΑΛΥΜΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

1.1 ΤΡΟΠΟΙ ΡΟΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

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

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία πέφτει στην επιφάνεια ενός υλικού, εν μέρει ανακλάται, απορροφάται και αποθηκεύεται ως θερμότητα ή το διαπερνά, και η απορροφούμενη 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).

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 της εκφράζεται από την ισότητα του Fourier :

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

Όπου: 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).

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: 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).

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 ($5,6697 \cdot 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$)

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).

1.2 ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΩΣ «ΑΠΟΘΗΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ»

«Λέγοντας, ότι το κτίριο πρέπει να λειτουργεί ως «παγίδα θερμότητας» εννοούμε ότι δεν πρέπει, η θερμότητα την οποία έχει μαζέψει και αποθηκεύσει το κτίριο, να διασκορπίζεται προς τα έξω» (Καραμουσαντάς, 2001).

«Τα κτίρια, κατά την ανέγερσή τους και κατά τη λειτουργία τους ευθύνονται για το 45 - 50% της κατανάλωσης ενέργειας. Οι αριθμοί αυτοί δημιούργησαν την ανάγκη για δόμηση με εξασφάλιση της βιωσιμότητας. Ο σχεδιασμός που προνοεί την βιωσιμότητα ονομάζεται βιοκλιματικός» (www.home-on-line.blogspot.com, Κουμένης).

«Η ηλιακή ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας περνά μέσα από τα ανοίγματα στο εσωτερικό του χώρου. Εκεί παγιδεύεται και μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια, φαινόμενο του θερμοκηπίου, ενώ στη συνέχεια απορροφάται από τα υλικά κατασκευής και τα αντικείμενα του χώρου, μέχρι η ικανότητα για θερμική αποθήκευση να κορεστεί. Η διαδικασία αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας πραγματοποιείται με τον αέρα, που θερμαίνεται γρηγορότερα και με την κίνησή του και μεταφέρει τη θερμότητα στα συμπαγή υλικά» (Καραμουσαντάς, 2001).

Για τις ενεργειακές απώλειες, κυριότερος ένοχος είναι ο ψυχρός αέρας και η διέλευσή του μέσα στο κτίριο. Από την άλλη, η ροή του αέρα το καλοκαίρι προκαλεί δροσισμό και μειώνει τις ανάγκες κλιματισμού. Επομένως, ο αέρας είναι μια παράμετρος που πρέπει επίσης να τυγχάνει διαχείρισης κατά το σχεδιασμό. Για να μπορεί να λειτουργεί το κτίριο ως αποθήκη θερμότητας, να μπορεί δηλαδή να αποθηκεύει στα δομικά του στοιχεία θερμότητα που θα αποδίδει στον εσωτερικό χώρο κατά τη διάρκεια της νύχτας, πρέπει να χρησιμοποιούνται υλικά με μεγάλη μάζα και θερμοχωρητικότητα.

Αυτή η ιδιότητα είναι χρήσιμη για το χειμώνα όπου η νύχτα είναι κρύα και έτσι η θερμότητα που αποθηκεύεται το μεσημέρι αποδίδεται τη νύχτα. Είναι όμως και χρήσιμη το καλοκαίρι, όπου η μεγάλη θερμότητα που συλλέγεται το μεσημέρι δεν αποδίδεται στο χώρο την ώρα αυτή, αλλά αργότερα που αρχίζουν να πνέουν πιο δροσεροί άνεμοι και έτσι αποφεύγεται η υπερθέρμανση του κτιρίου και η ανάγκη για κλιματιστικές συσκευές, καθορίζοντας με τον τρόπο αυτό την αποθήκευση της ενέργειας (home-online.blogspot.com).

«Στη βιοκλιματική λειτουργία ενός κτιρίου, λοιπόν, η αποθήκευση θερμότητας είναι ένας ζωτικός παράγοντας που προέρχεται από την δεσμευμένη ενέργεια. Όταν το κτίριο λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης χρειάζεται ένα τρόπο να σταματήσει αυτή τη θερμότητα, να την αποθηκεύσει και να την επαναποδώσει κατά τη διάρκεια της νύχτας. Ως «αποθηκευτές» θερμότητας δρουν οι τοίχοι, τα δάπεδα, οι οροφές, τα εσωτερικά χωρίσματα» (Καραμουσαντάς, 2001).

«Οι στόχοι, λοιπόν, του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η εκμετάλλευση φυσικών, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η ελαχιστοποίηση ενεργειακών απωλειών, με ταυτόχρονη εξασφάλιση συνθηκών άνεσης και υψηλής περιβαλλοντικής ποιότητας εντός του κτιρίου.

Σε σχέση με τη χρήση φυσικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, το κτίριο πρέπει να καταφέρνει να λειτουργεί με τρεις τρόπους:

(α) ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης, να μπορεί δηλαδή να συλλέγει και να μεταφέρει εντός την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση

(β) ως αποθήκη ενέργειας, να μπορεί δηλαδή να αποθηκεύει την ενέργεια που συλλέγεται και να την αποδίδει στο χώρο, όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη και τέλος,

(γ) ως παγίδα θερμότητας, ώστε η θερμότητα να παραμένει εντός του χώρου»
(www.home-on-line.blogspot.com, Κουμένης)

Η συλλογή και μεταφορά της ηλιακής ενέργειας μέσα στο κτίριο, καθορίζεται από τα δομικά υλικά. Όλα τα δομικά υλικά ενώ θερμαίνονται, έχουν την ιδιότητα να απορροφούν και να αποθηκεύουν θερμότητα, το καθένα όμως σε διαφορετικό βαθμό και ποσότητα, ανάλογα την πυκνότητα (ρ) της μάζας του, και την ειδική θερμότητα (c). Τα βαριά υλικά λόγω μεγαλύτερης πυκνότητας διαθέτουν μεγαλύτερη θερμική αποθήκευση.

Όσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητα θερμικής αποθήκευσης των υλικών κατασκευής, τόσο η θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον παραμένει σε άνετα θερμικά επίπεδα τον χειμώνα και επιτείνει την θερμική δυσφορία το καλοκαίρι για πολλές ώρες ή και μέρες, χωρίς να χρειάζεται βοηθητική θέρμανση από άλλες πηγές ενέργειας. Όλα τα παραπάνω εφαρμόζονται με την προϋπόθεση να υπάρχει αυξημένη θερμοχωρητικότητα των υλικών κατασκευής και σωστή, ποσοτικά, διανομή των υλικών αυτών, στο σύνολο της κατασκευής.

Όσο αφορά την διανομή της θερμότητας, απαιτείται μετά την συλλογή και την αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας. Στόχος, είναι να φτάσει η ηλιακή θερμότητα στα σημεία που είναι απαραίτητο, ενώ ρόλο σε αυτό έχει ο σχεδιασμός και το σύστημα θέρμανσης του κτιρίου.

Η διανομή πρέπει να γίνεται ώστε να αποφεύγονται μεγάλες διαφορές μεταξύ επιφανειακών θερμοκρασιών και της θερμοκρασίας του αέρα κοντά στο δάπεδο και την οροφή.

Απαραίτητο, επιπλέον, είναι η θερμότητα που αποθηκεύεται στο κτίριο να μην διασκορπίζεται προς τα έξω. Να λειτουργεί δηλαδή ως «παγίδα θερμότητας». Τρόποι με τους οποίους τα κτίρια χάνουν θερμότητα είναι η αγωγιμότητα, δηλαδή μέσα από τοίχους, δάπεδα, με την κίνηση του αέρα, λόγω ανοιχτών παραθύρων και αρμών και τέλος, μέσω της ακτινοβολίας από το κέλυφος του κτιρίου όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες (Καραμουσαντάς, 2001).

1.3 ΠΑΘΗΤΙΚΟΣ ΗΛΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Όταν άρχισαν να διαδίδονται οι πρώτες τεχνολογικές εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας μετά τις πετρελαϊκές κρίσεις, ανάμεσα σ' αυτές ήταν και η χρήση δομικών 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. 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 όλων των 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>).

1.3.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΤΙΡΙΟΥ - ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

«Ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτιρίων ή ο βιοκλιματικός σχεδιασμός ή η ορθολογική χρήση ενέργειας, είναι έννοιες σχεδόν ταυτόσημες και έχουν ένα και μοναδικό στόχο. Να διασφαλίσουν αποδεκτές εσωκλιματικές συνθήκες με τη σωστή θερμική συμπεριφορά του κτιρίου Χειμώνα - Καλοκαίρι και συνεπώς να περιορίσουν την κατανάλωση ενέργειας, με όλα τα οφέλη που αυτό συνεπάγεται, οικονομικά, περιβαλλοντικά και τη μείωση των εκπομπών CO₂, ποιότητα ζωής κτλ.

Ο παραπάνω στόχος στην περίπτωση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής επιτυγχάνεται με καθαρά σχεδιαστικούς χειρισμούς, ή με διάφορες τεχνικές στην κατασκευή του κτιρίου, περιορίζοντας με αυτό τον τρόπο την εξάρτηση από το μηχανολογικό εξοπλισμό για τη θέρμανση ή ψύξη των κτιρίων.

Για να πετύχει κανείς μείωση της κατανάλωσης ενέργειας τη χειμερινή περίοδο, είναι αυτονόητο ότι από τη μία πλευρά θα πρέπει να περιορίσει τις θερμικές απώλειες του κτιρίου (απώλειες με αγωγιμότητα και απώλειες αερισμού) και από την άλλη μεριά να μεγιστοποιήσει κυρίως τα θερμικά ηλιακά κέρδη.

Τη θερινή φυσικά περίοδο θα πρέπει να επιδιώκεται ο φυσικός δροσισμός του κτιρίου, με την ελαχιστοποίηση των θερμικών κερδών και την θερμική αποφόρτιση του κτιρίου μέσω του αερισμού και άλλων σχετικών μέτρων» (<http://helios.mech.upatras.gr/DiHMERIDA/Eishghseis/Xryosomalidou.pdf>).

Η ισχυροποίηση της θερμικής προστασίας των συμπαγών δομικών στοιχείων του κελύφους πέραν της συμβατικής, αποτελεί ένα από τα πλέον σημαντικά μέτρα για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών τη χειμερινή περίοδο και την διατήρηση των πιθανών θερμικών ηλιακών κερδών για μεγάλο διάστημα στους εσωτερικούς χώρους.

Γενικά, ως κανόνας θα μπορούσε να αναφερθεί ότι όσο πιο ελεύθερη είναι η αρχιτεκτονική μορφή του κτιρίου από άποψη σχήματος ή σύνθεσης όγκων, τόσο πιο ισχυρές θα έπρεπε να είναι και οι μονώσεις του περιβλήματός του, έτσι ώστε να αντισταθμιστούν και οι αυξημένες θερμικές απώλειες συγκριτικά με άλλα κτίρια συμπαγούς μορφής και να επιτευχθεί ένα άνετο εσώκλιμα με περιορισμένες καταναλώσεις (<http://helios.mech.upatras.gr/DiHMERIDA/Eishghseis/Xrysovalidou.pdf>).

1.4 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

Όλα τα παραπάνω καταλήγουν στην εξασφάλιση της θερμικής άνεσης που αποτελεί 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).

1.4.1 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 άνεσής του, χωρίς να περνά απαρατήρητος 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 κατειλημμένη 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 ακτινοβολουμένη 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.

Προσεκτικός σχεδιασμός των κλιματιστικών μηχανημάτων είναι αναγκαίος ώστε να αποφευχθούν μεγάλες ταχύτητες αέρα. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην τοποθέτηση και το μέγεθος των εξαγωγών. Παλιά κτίρια με ρωγμές και μεγάλες ψυχρές επιφάνειες και χώροι μεγάλου ύψους δημιουργούν ανεπιθύμητες μορφές ρευμάτων αέρα (Τσίγκας, 1996).

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

Με υψηλή ταχύτητα αέρα, καταφέρνουμε αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2° C και με υγρασία γύρω στο 60%, δημιουργούμε τη βέλτιστη θερμική άνεση.

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), υγρασία του αέρα έχει μικρή επίπτωση στη θερμική αίσθηση. Αύξηση της θερμοκρασίας 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.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΤΑΡΑΤΣΟΚΗΠΟΥ ΣΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

2.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΗΠΩΝ ΣΕ ΔΩΜΑΤΑ

«Η ιδέα της κατασκευής κήπου στο δώμα (ταράτσα) ενός κτιρίου, ο οποίος λειτουργεί ως πνεύμονας πρασίνου στο αστικό περιβάλλον και συχνά ονομάζεται ταρατσόκηπος, ξεκίνησε από την Ευρώπη και γνωρίζει ήδη μεγάλη αποδοχή στη Βόρεια Αμερική και την Ιαπωνία.

Οι ταρατσόκηποι μειώνουν τα φορτία κλιματισμού και θέρμανσης στον τελευταίο όροφο σε ποσοστό έως 30% το καλοκαίρι και 10% τον χειμώνα αντίστοιχα. Παράλληλα, αποτελούν φυσικές μονάδες οξυγόνου γιατί:

α) μειώνουν την ατμοσφαιρική ρύπανση λόγω της φωτοσύνθεσης και

β) δημιουργούν μία ασπίδα προστασίας με οξυγόνο για τους ενοίκους του κτιρίου, καθώς ο οξυγονωμένος αέρας γίνεται βαρύτερος και κατεβαίνει προς τα κάτω.

γ) συγκρατούν και καθυστερούν την απορροή του βρόχινου νερού (από μισή έως 2,5 ώρες ανάλογα με την ένταση της βροχής και για πάχος χώματος 15 cm) μειώνοντας τα πλημμυρικά φαινόμενα.

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 φύτεμα 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.

Στο Τόκιο (Ιαπωνία) είναι υποχρεωτικό το φύτεμα στο 20% τουλάχιστον του δώματος αν αυτό είναι μεγαλύτερο των 1000 m².

Στην Ελλάδα, ακόμα και στις Πολεοδομίες αγνοούνται από τους περισσότερους οι ταρατσόκηποι. Αν όμως η Αθήνα είχε φυτεμένα δώματα

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 και

γ) θα είχαν έναν όμορφο τόπο συνάντησης οι ένοικοι των πολυκατοικιών, που θα τους βοηθούσε να αναπτύξουν κοινωνικές σχέσεις.

Η εγκατάσταση κήπου στο δώμα ενός κτιρίου απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή τόσο κατά τον σχεδιασμό, όσο και κατά την κατασκευή του. Μεσογειακή προχειρότητα και κακώς εννοούμενη οικονομία δημιουργούν σοβαρά προβλήματα και φυσικά απαξιώνουν το σύστημα.

Οι πράσινες στέγες είναι μια πιθανή μέθοδος αντίδρασης στην καταστροφή των φυσικών βιότοπων. Σήμερα, έχουμε προσδιορίσει τα περιβαλλοντικά οφέλη δεδομένου ότι μας προσφέρουν σκίαση, μόνωση, βιοποικιλότητα, αισθητική, έλεγχο στο θόρυβο και την ατμοσφαιρική ρύπανση, ενώ παράλληλα παρέχουν οικονομικά οφέλη στη βιομηχανία.

Η κατασκευή «πράσινων στεγών» δημιουργήθηκε από την ανάγκη του ανθρώπου να ζει σε ένα περιβάλλον που του προσφέρει φυσικούς βιότοπους, χώμα και βλάστηση. Ιδιαίτερα στο κέντρο των πόλεων που τα παραπάνω έχουν αντικατασταθεί από κτίρια, δρόμους, χώρους στάθμευσης (Kristin, 2003).

Θα μπορούσε, λοιπόν, να πει κανείς ότι χρησιμοποιούνται και ως χώροι αντικατάστασης πρασίνου, που καταστράφηκαν εξαιτίας της κατασκευής κτιρίων, κυρίως στις πόλεις. Η Γερμανία θεωρείται ευρέως ηγέτης στην πράσινη έρευνα, την τεχνολογία και τη χρήση στεγών. Υπολογίζεται ότι 12% όλων των επίπεδων στεγών σε εκείνη την χώρα είναι πράσινα και η γερμανική πράσινη βιομηχανία στεγών αυξάνεται 10% - 15% ετησίως (Kristin, 2003).

Συνεπώς, η δημιουργία ταρατσόκηπων στις αστικές περιοχές κυρίως, είναι μια θεραπεία για την βελτίωση της περιβαλλοντικής ποιότητας, παρέχοντας πολυάριθμα οικολογικά και οικονομικά οφέλη, συμπεριλαμβανόμενης της εξοικονόμησης ενέργειας, την μείωση μεγάλων ποσών θερμότητας, 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).

2.2 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΤΑΡΑΤΣΟΚΗΠΟΥ ΣΕ ΨΥΞΗ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

Όσα αναφέρθηκαν παραπάνω σχετικά με την βιοκλιματική αρχιτεκτονική, αποδεικνύονται έμπρακτα με την κατασκευή ταρατσόκηπου στην οροφή ενός κτιρίου. Ακόμα και όταν αυτό προϋπάρχει, με την δημιουργία της «πράσινης οροφής», αυτόματα το κτίριο μετατρέπεται σε παθητικό σύστημα και λειτουργεί βάση της αρχής αυτών των συστημάτων. Ενισχύει δηλαδή αποφασιστικά τη θερμική μόνωση του κτιρίου.

«Για να γίνει όμως μια σωστή εγκατάσταση του κήπου ώστε να μετατρέψει το κτίριο σε παθητικό, απαιτείται έλεγχος της φέρουσας κατασκευής, που πρόκειται να δεχτεί τα πρόσθετα φορτία του κήπου. Στα περισσότερα νεόδμητα κτίρια δεν απαιτούνται προσαρμογές για ταρατσόκηπους εκτατικού τύπου. Σε παλαιά δώματα τοποθετείται λεπτή στρώση χώματος πάχους 3 cm και φυτεύονται παχύφυτα τύπου Sedum, οπότε το βάρος του τεχνητού κήπου είναι μόνον 15 kg / m²» (www.adamsnet.gr, 2006).

Τα αποτελέσματα που μπορεί να έχει η συγκεκριμένη κατασκευή και ειδικά στην Ελλάδα, εντοπίζονται στην μείωση θορύβου και καμουφλαρίσματος άλλων αντιαισθητικών κατασκευών. Στη διατήρηση του οικοσυστήματος και εντός πόλεως, στην βελτίωση ποιότητας του αέρα καθώς και της μείωσης της αντανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας, με συνέπεια την μείωση της θερμοκρασίας έως 7° C και μείωση της δαπάνης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη ως και 30%.

«Σημειώνεται, πως η δυνατότητα ψύξης της πράσινης στέγης βρίσκεται επαρκής για να διατηρήσει μια μέση θερμοκρασία αέρα δωματίων στους 25,7 ° C» (Theodosiou, 2003).

Ο τρόπος μείωσης της θερμοκρασίας γίνεται ευκολότερα κατανοητός, αν λάβουμε υπόψη ότι τα φυτά με το υπέργειο τμήμα τους προσλαμβάνουν την ημέρα ηλιακή ακτινοβολία. Από αυτή το 20% περίπου ανακλάται, σχεδόν το 3% αυτής χρησιμοποιείται στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, ενώ το υπόλοιπο αυξάνει τη θερμότητά τους οδηγώντας στην εξάτμιση νερού ψύχοντας έτσι τον αέρα και τα σώματα (δώμα) που είναι σε επαφή.

Το ίδιο συμβαίνει και όταν τα φυτά καλύπτουν την επιφάνεια μιας πράσινης στέγης. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται, με συνέπεια να μην μπορεί να διαπεράσει τελείως την επιφάνεια του κτιρίου, με σημαντική σ' αυτό συμμετοχή και των υλικών κάλυψης του ταρατσόκηπου. Αναμενόμενη επομένως είναι και η μείωση των θερμικών προσόδων στο εσωτερικό του κτιρίου λόγω σκίασης αλλά πιο σημαντική είναι η εξατμισοδιαπνοή όπου το νερό που εξατμίζεται ψύχει τον αέρα και έμμεσα δροσίζει το κτίριο, ή ψύχει απευθείας το κέλυφος του κτιρίου απορροφώντας θερμότητα ως λανθάνουσα θερμότητα για την εξάτμιση.

Η επίδραση του φυτοκαλυμμένου δώματος στην ψύξη των κτιρίων γίνεται πιο εύκολα κατανοητή αν λάβουμε υπόψη μας το εξής πολύ απλό πείραμα.

Οι H. Safarzadeh και M.N. Bahadori είναι μηχανικοί στο πανεπιστήμιο τεχνολογίας Sharif της Τεχεράνης. Ασχολήθηκαν με τα αποτελέσματα παθητικής ψύξης ενός μικρού κτιρίου. Στον προαύλιο χώρο του κτιρίου, φύτεψαν δύο μεγάλα δέντρα, διάφορων μορφών, ενώ παράλληλα διαμόρφωσαν το χώρο με την παρουσία μιας λίμνης και τοποθέτησαν χλοοτάπητα και λουλούδια. Με τον τρόπο αυτό σκιαζόντουσαν οι τοίχοι του κτιρίου.

Τα αποτελέσματα της διαμόρφωσης του χώρου, ήταν όχι μόνο να διατηρήσουν τη θερμική άνεση στις καυτές μέρες του καλοκαιριού στην Τεχεράνη, αλλά και να μειώσουν τις ενεργειακές ανάγκες για ψύξη του κτιρίου, ως ένα βαθμό (Safarzadeh, 2004).

«Για το χειμώνα, η λειτουργία του κτιρίου ως φυσικού ηλιακού συλλέκτη, ως αποθήκη θερμότητας και ως παγίδα θερμότητας, εξασφαλίζει μια σημαντικά αυξημένη εξοικονόμηση ενέργειας, χωρίς αυτό να σημαίνει υποχωρήσεις στο θερμικό επίπεδο, σε σχέση με τα όρια της άνεσης» (Καραμουσαντάς, 2001).

Οπότε εξίσου ικανοποιητικά είναι τα αποτελέσματα που οδηγούν και στη θέρμανση των δωματίων κατά την χειμερινή περίοδο, όπου γίνεται χρήση κλιματιστικών συσκευών. Η μόνωση που τοποθετείται στην επιφάνεια του δώματος, έχει ως σημαντική συνέπεια τον εγκλωβισμό της θερμότητας μέσα σε αυτό ώστε να μην είναι εφικτή η άμεση απώλειά της και η θερμοκρασία να κυμαίνεται στα επιθυμητά επίπεδα του χρήστη.

Έτσι, δημιουργείται ένα κλίμα θερμικής άνεσης το οποίο εξασφαλίζει την ανθρώπινη ικανοποίηση.

Συνοψίζοντας, βλέπουμε ότι πλήθος αναφορών συντείνουν με τη χρήση των «πράσινων στεγών», επιτυγχάνεται η εναρμόνιση του ανθρώπου με το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται, προσαρμόζοντάς το στις δικές του θερμοκρασιακές ανάγκες. Παρέχοντάς του δροσισμό τις θερινές περιόδους και θέρμανση τις χειμερινές, θέτοντας σε λιγότερη λειτουργία τα κλιματιστικά μέσα, με άμεσο αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας. Συνέπεια που επηρεάζει δραστικά οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Τα πλεονεκτήματα των πράσινων στεγών είναι αναμφισβήτητα πολυάριθμα και από οικολογική και κοινωνική άποψη. Ενεργούν θετικά επάνω στο κλίμα της πόλης και της περιοχής του, καθώς επίσης και επάνω στο εσωτερικό κλίμα των κτηρίων από κάτω τους. Δίνουν την προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία είναι ο κύριος

παράγοντας στην παθητική ψύξη. Με τη μείωση της θερμικής διακύμανσης στην εξωτερική επιφάνεια της στέγης και με την αύξηση της θερμικής ικανότητάς τους, συμβάλλουν, στην ψύξη των διαστημάτων κάτω από τη στέγη κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και στην αύξηση της θερμότητάς τους κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Λόγω της μείωσης των θερμικών απωλειών, οι πράσινες στέγες μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας (<http://www.sciencedirect.com>).

2.2.1 ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ (LAI)

Κύριος παράγοντας ψύξης του δωματίου, εκτός από τα υλικά κάλυψης του κήπου, είναι η παρουσία φυτείας, του οποίου η απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας, υπολογίζεται μέσω του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (LAI).

Ως LAI ορίζεται:

LAI=ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΦΥΛΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ / ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ ΠΟΥ ΚΑΛΥΠΤΕΙ

Αν LAI=4, σημαίνει ότι υπάρχουν 4 τετραγωνικά μέτρα φύλλων σε κάθε τετραγωνικό μέτρο εδάφους. Χρησιμοποιώντας κανείς μια τέτοια μέτρηση, μπορεί κάποιος να εξετάσει την ικανότητα των καλλιεργειών στην παραγωγή ξηρής ύλης που αποτελεί και το τελικό αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας. Για μια καλλιέργεια όπως το τριφύλλι, το άριστο LAI (αυτή η ποσότητα των φύλλων στην οποία τα κατώτερα φύλλα βρίσκονται ακριβώς στο σημείο αντισταθμίσεως) είναι χαμηλότερο από εκείνο για καλλιέργεια με ως επί το πλείστον κάθετα φύλλα, όπως το σιτάρι, επειδή τα κάθετα φύλλα σκιάζουν τα κατώτερα φύλλα σε μικρότερο βαθμό από ότι τα οριζόντια φύλλα. Έτσι, το άριστο LAI για το τριφύλλι θα μπορούσε να είναι 4, ενώ για το σιτάρι περίπου 7.

Ο αντικειμενικός σκοπός του χειρισμού της φυλλικής επιφάνειας είναι να διατηρηθεί μια άριστη φυλλική επιφάνεια για το προσπίπτον ηλιακό φως. Σαφώς αυτό ποικίλει με την ένταση του ηλιακού φωτός, και ως εκ τούτου με την εποχή. Μια φυτοκοινωνία μπορεί να έχει μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια για άριστο ρυθμό αύξησης στα μέσα του καλοκαιριού παρά νωρίτερα ή αργότερα που το ηλιακό φως είναι λιγότερο έντονο, γεγονός που είναι σημαντικό για το χρόνο αύξησης των καλλιεργειών (Καραμπέτσος, 2004).

2.3 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

«Αν όλες οι στέγες της περιφέρειας πρωτεύουσής φυτευτούν, θα μειωθεί η ανάγκη σε εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ στη διάρκεια του καλοκαιριού περί τα 650 MWh, ενώ η ηλεκτρική και θερμική ενέργεια που καταναλώνονται θα μειωθούν κατά περίπου 20%, δηλαδή σχεδόν 5.000.000 MWh ετησίως». Αναφέρει η Κατερίνα Καραδήμα σε δημοσίευσμά της στον Ελεύθερο Τύπο. Ενώ παράλληλα, συμπληρώνει, πως «η ηλεκτρική ισχύ θα ήταν ίση με την παραγωγή των μονάδων της ΔΕΗ στη Μεγαλόπολη και θα εξοικονομούσε ενέργεια στο Λεκανοπέδιο της Αττικής τους καλοκαιρινούς μήνες, αν οι ταράτσες όλων των κτιρίων ήταν φυτεμένες με πράσινο.»

Ιστορικά, η έννοια της "χαμηλής ενέργειας" στα σπίτια έχει ταυτισθεί με την "χαμηλή - θέρμανση χώρων". Η ενεργειακή απόδοση στις κατοικίες μετριέται από την ενέργεια που καταναλώνεται για τη θερμότητα του χώρου, καθώς οφείλεται για ένα μεγάλο μέρος της συνολικής ενεργειακής χρήσης για τα περισσότερα σπίτια στις αναπτυγμένες χώρες.

Η χρήση του πετρελαίου για θέρμανση, σε αρκετές χώρες έχει μειωθεί αισθητά, σε ποσοστό που αγγίζει ως και το 40%. Ενώ αντίθετα, έχει αυξηθεί κατά πολύ η χρήση ηλεκτρικών συσκευών που καλύπτουν την ίδια ανάγκη. Το γεγονός αυτό επηρεάζει αρνητικά αν λάβουμε υπόψη ότι σε χώρες με ψυχρό περιβάλλον η θέρμανση χώρου είναι η τρίτη μεγαλύτερη ανάγκη κατανάλωσης ενέργειας μετά από τη θέρμανση νερού και άλλων ηλεκτρικών συσκευών.

Για το λόγο αυτό, διάφορες χώρες προκειμένου να καλύψουν τις ανάγκες τους σε παροχή θερμότητας στις κατοικίες τους, έχουν στραφεί με τη δημιουργία προγράμματος, στο σχεδιασμό ενεργειακών συστημάτων. Στόχος του προγράμματος είναι η εξέταση των απολαβών που προσφέρουν τα συστήματα, ενώ η εστίασή του γίνεται περισσότερο σε χώρες που έχουν ιδιαίτερη ανάγκη θέρμανσης, όπως στην Ευρώπη, την Σκανδιναβία, τη Βόρεια Αμερική και την Ιαπωνία.

Σημαντική παράμετρος του προγράμματος, είναι να ληφθεί υπόψη η ποιότητα των εσωτερικών συνθηκών περιβάλλοντος και στόχος του είναι η δημιουργία δεικτών που εξετάζουν την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου και την απεικονίζουν με ακρίβεια, σε σύγκριση με κάποιο άλλο. Η δοκιμή περιλαμβάνει κτίρια, που βρίσκονται σε όλο τον κόσμο.

Τα αποτελέσματα θα είναι χρήσιμα για εκείνες τις χώρες που αναπτύσσουν τα συστήματα ενεργειακής εκτίμησης ή που αξιολογούν τη γενική απόδοση των προγραμμάτων ενεργειακής συντήρησης (<http://www.sciencedirect.com>).

Είναι γνωστό, ότι η ενέργεια που χρησιμοποιούν τα κτίρια, καταναλώνεται για κάλυψη αναγκών όπως:

- ☐ Θέρμανση
- ☐ Ψύξη
- ☐ Φωτισμό
- ☐ Οικιακές συσκευές

Για την κάλυψη αυτών των αναγκών όμως είναι απαραίτητα ορυκτά καύσιμα, τα οποία θέλουν εκατομμύρια χρόνια για να δημιουργηθούν.

Η σπατάλη αυτών αποτελεί ανευθυνότητα προς τις επόμενες γενιές και συνεπάγεται μεγάλο οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος. Η παραγωγή και χρήση ενέργειας συμβάλει κατά 80% στη ρύπανση του αέρα ενώ το 90% περίπου των αερίων προκαλεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου δημιουργώντας τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική καταστροφή σε σύγκριση με οποιαδήποτε άλλη ανθρώπινη δραστηριότητα.

Ιδιαίτερα αυξανόμενη παρατηρείται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά καταναλωτή, ξεπερνάει τις 5000KWh / καταναλωτή, ενώ παγκοσμίως η κατανάλωση ήταν 12 τρις KWh το 1996 και υπολογίζεται να διπλασιαστεί σχεδόν, φτάνοντας τα 22 τρις KWh το 2020 (www.minenv.gr).

Ένας ταρατσόκηπος λοιπόν, μπορεί να λειτουργήσει και ως ένα φυσικό μέσο θερμομόνωσης εξοικονομώντας ενέργεια σε ένα κτίριο, που μπορεί να φτάσει μέχρι και 25% κατά τη διάρκεια του έτους, ενώ το καλοκαίρι μέχρι και 50%.

Με την εγκατάσταση πολυεπίπεδης διαστρωμάτωσης φυτεμένου δώματος μειώνονται οι ενεργειακές απώλειες και οι θερμικές ανταλλαγές με το περιβάλλον. Με τη μείωση των θερμοκρασιών στην επιφάνεια του δώματος, έχουμε ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της καταπόνησης της μόνωσης από τις θερμοκρασιακές διαφορές.

Η εγκατάσταση οικολογικών φυτεμένων δωματίων συμβάλει στη λειτουργική και αισθητική αναβάθμιση των κτιρίων, με σημαντικά ενεργειακά οφέλη.

2.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ

«ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΣΤΕΓΩΝ»

Είναι γεγονός, πως πολλοί ειδικοί του θέματος των «πράσινων οροφών» αναγνωρίζουν τα πολυάριθμα οφέλη τους. Όπως όμως σε κάθε κατασκευή, και ιδιαίτερα καινούρια, υπάρχουν πολλά θετικά και αρνητικά επακόλουθα. Αυτά αναλύονται παρακάτω.

2.4.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Πολλά και ιδιαίτερα σημαντικά, με άμεση επιρροή σε διάφορους τομείς είναι τα πλεονεκτήματα των ταρτσόκηπων. Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται αναλυτικά.

2.4.1.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

- **Μείωση ηχορύπανσης**

Στα φυτεμένα δώματα, ο συνδυασμός του χώματος, των φυτών και των παγιδευμένων στρωμάτων του αέρα μπορεί να λειτουργήσει ως φίλτρο απομόνωσης του ήχου (www.monumenta.org, Μιχαλάκης).

- **Δέσμευση σκόνης και ρύπων**

Ένα μεγάλο ποσοστό των σωματιδίων της ατμόσφαιρας δεσμεύεται από το φύλλωμα των φυτών, λειτουργώντας με τον τρόπο αυτό ως φίλτρο συγκράτησης πολλών επιβλαβών συστατικών του αέρα (www.monumenta.org, Μιχαλάκης).

- **Βελτίωση μικροκλίματος περιοχής**

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 ταρτσόκηπου 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 ταράτσα, μπορούν να απορροφήσουν το διοξείδιο του άνθρακα από τα αυτοκίνητα ή τις βιομηχανίες μέσω της φωτοσύνθεσης και να παράγουν οξυγόνο (www.monumenta.org, Μιχαλάκης).

- **Φυσικό καταφύγιο για την τοπική πανίδα και χλωρίδα**

Με την κατασκευή κήπων στα δώματα και την επαναφορά της «χαμένης» φύσης μέσα στο πυκνοδομημένο περιβάλλον των αστικών κέντρων, είναι δυνατόν να πολλαπλασιαστούν πολλά είδη χλωρίδας, τα οποία στη στάθμη του εδάφους δεν μπορούσαν να αναπτυχθούν (www.monumenta.org, Μιχαλάκης).

- **Επανάκτηση περιοχών πρασίνου**

Τα φυτεμένα δώματα αποτελούν έναν από τους λιγιστούς εναπομείναντες τρόπους επαναφοράς της βλάστησης στον αστικό χώρο (www.monumenta.org, Μιχαλάκης).

- **Μείωση του φαινομένου αστικής νησίδας**

Τα φυτά, με την ανακλαστική τους ικανότητα και με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, της εξάτμισης και της διαπνοής, μπορούν να απορροφήσουν μεγάλες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, αποτρέποντας την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών στο αστικό περιβάλλον και συμβάλλοντας σημαντικά στη μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας (www.monumenta.org, Μιχαλάκης).

• **Μείωση φόρτισης αστικού δικτύου απορροής υδάτων με την κατακράτηση νερού από τα φυτά**

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

«Η πράσινη βοήθεια στεγών μετριάξει τον κίνδυνο πλημμύρων από ραγδαίες καταιγίδες με την εγκατάσταση της βλάστησης. Μελέτες έχουν δείξει ότι οι πράσινες στέγες μπορούν να απορροφήσουν το νερό και να το απελευθερώσουν αργά για μια χρονική περίοδο σε αντιδιαστολή με μια συμβατική στέγη.

Τα αποτελέσματα των μελετών έδειξαν, ότι αν μια πόλη διέθετε στα περισσότερα κτίριά της την κατασκευή των πράσινων στεγών, αυτό θα είχε ως συνέπεια την αισθητή μείωση των πλημμύρων και παράλληλα την υγιή διαβίωση των κατοίκων. Αυτό θα γινόταν επειδή οι πράσινες στέγες έχουν τη δυνατότητα να φιλτράρουν τους πολυάριθμους μολυσματικούς παράγοντες από τα όμβρια ύδατα που έχουν ρεύσει πέρα από την επιφάνεια στεγών.

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>).

Συμπερασματικά, καταλήγουμε στο γεγονός ότι οι σωστά κατασκευασμένοι ταρατσόκηποι έχουν την ιδιότητα να συγκρατούν σε μεγάλο ποσοστό το νερό από τις βροχές και να εμποδίζουν φαινόμενα πλημμύρων από ραγδαίες καταιγίδες. Τα βαριά μέταλλα και οποιοδήποτε άλλο στοιχείο μεταφέρεται από τη βροχή, απορροφώνται από τον ταρατσόκηπο χωρίς να αποδεσμεύονται με αποτέλεσμα το νερό που απορρέει να είναι πιο καθαρό από το βρόχινο.

Πλεονέκτημα επιπλέον, θεωρείται η μείωση ταχύτητας της ροής του νερού προς το αποχετευτικό σύστημα στη διάρκεια καταιγίδων, δηλαδή δεν πλημμυρίζουν οι αποχετευτικοί αγωγοί. Γενικά, τα φυτεμένα δώματα συμβάλλουν στη διαχείριση των ομβρίων υδάτων. Η γρήγορη απορροή των βρόχινων νερών από τις στέγες και άλλες αδιαπέραστες επιφάνειες μπορεί να επιδεινώσει την πλημμύρα και οδηγεί στις υπερχειλίσεις των υπονόμων που θα μπορούσαν ενδεχομένως να απαλλάξουν τα ακατέργαστα λύματα άμεσα στις υδάτινες οδούς μας.

- **Χρήση ανακυκλωμένων υλικών**

Πολλά από τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των φυτεμένων δωματίων, μπορούν να ανακυκλωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν (www.monumenta.org, Μιχαλάκης).

2.4.1.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ

- **Αξιοποίηση χώρου**

Τα φυτεμένα δώματα συμβάλλουν στη λειτουργική και αισθητική αναβάθμιση των κτιρίων, μετατρέποντας ανεκμετάλλευτους χώρους σε λειτουργικούς χώρους ανάπαυλας και αναψυχής (www.egreen.gr).

- **Αύξηση αξίας της ιδιοκτησίας**

Αναμφίβολα, τα φυτεμένα δώματα εκτός από τα κοινωνικά, κατασκευαστικά, ενεργειακά, περιβαλλοντικά και αισθητικά οφέλη που προσφέρουν, αποτελούν στοιχεία υψηλής ποιότητας και προσδίδουν στο κτίριο ιδιαίτερη αξία και κέρδος (www.monumenta.org, Μιχαλάκης).

2.4.1.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΙΣΘΗΤΙΚΑ

Με την κατασκευή πράσινων στεγών, εκτός από τη δυνατότητα δημιουργίας λειτουργικών χώρων πρασίνου και αναψυχής, επιτυγχάνεται και η αισθητική αναβάθμιση του περιβάλλοντος του αστικού χώρου, του οποίου η εικόνα τα τελευταία χρόνια, είναι ιδιαίτερα απογοητευτική (www.monumenta.org, Μιχαλάκης).

2.4.1.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ

- **Αύξηση διάρκειας ζωής υλικών διατομής**

Έχει αποδειχθεί ότι τα φυτεμένα δώματα μπορούν να προστατέψουν τα υλικά κατασκευής των δωματίων φθείρονται από την έκθεσή τους στον ήλιο, την υπερϊώδη ακτινοβολία και τις μεγάλες αυξομειώσεις της θερμοκρασίας και να αυξήσουν τη διάρκεια ζωής τους (www.monumenta.org, Μιχαλάκης).

- **Ενίσχυση και προστασία της μόνωσης του δώματος**

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η παρουσία των φυτών στα δώματα των κτηρίων για την ενίσχυση της μόνωσης και της θερμικής προστασίας της κατασκευής, ενώ παράλληλα μειώνει τις ενεργειακές απώλειες και τις θερμικές ανταλλαγές με το περιβάλλον προστατεύοντας τις υποκείμενες στεγανοποιητικές μονωτικές μεμβράνες (www.monumenta.org, Μιχαλάκης).

2.4.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Αν και τα οφέλη που προσφέρουν οι πράσινες στέγες είναι ιδιαίτερα σημαντικά, ωστόσο αναπόφευκτα θεωρούνται και κάποια μειονεκτήματα, που παρουσιάζονται σε συγκεκριμένες περιπτώσεις και μόνο αν δεν έχει γίνει σωστή εκτίμηση της κατασκευής.

• Η οικονομική επιβάρυνση

Αναμφίβολα, η κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος απαιτεί κάποιο επιπλέον κόστος, το οποίο στις σημερινές ελληνικές κατασκευές δεν συμπεριλαμβάνεται. Το κόστος αυτό, αφορά τον αρχικό σχεδιασμό και τη διαμόρφωση του κήπου, το κατασκευαστικό κομμάτι του φυτεμένου δώματος και τέλος τη συντήρηση του (www.monumenta.org, Μιχαλάκης).

• Η στατική επιβάρυνση φυτεμένων δωματίων

Η δημιουργία ή η απαγόρευση της κατασκευής ενός φυτεμένου δώματος, στηρίζεται αρχικά και μόνο σε αυτόν τον παράγοντα. Σε περίπτωση που η υπάρχουσα φέρουσα κατασκευή δεν μπορεί να δεχτεί την πρόσθετη στατική επιβάρυνση, τότε η κατασκευή του κήπου στο δώμα, πρέπει να θεωρείται εξ αρχής απαγορευτική (www.monumenta.org, Μιχαλάκης).

- **Ο κίνδυνος υγρασίας**

Αναμφίβολα ένας από τους κυριότερους λόγους για τους οποίους πολλοί «φοβούνται» ακόμα τα φυτεμένα δώματα, είναι ο κίνδυνος υγρασίας και τα προβλήματα που μπορούν να προκληθούν από αυτόν, σε μια τέτοια περίπτωση (www.monumenta.org, Μιχαλάκης).

- **Η δυσκολία επισκευής σε περίπτωση βλάβης των στεγανωτικών στρώσεων**

Σε περιπτώσεις βλάβης των στεγανωτικών στρώσεων, απαιτείται άμεση αντιμετώπιση του προβλήματος. Παρόλο που μπορεί να υπάρξει τοπική αποξήλωση των προβληματικών στρώσεων της κατασκευής και πάλι η διαδικασία δεν παύει να είναι ιδιαίτερα δαπανηρή (www.monumenta.org, Μιχαλάκης).

2.5 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ

Όπως προαναφέρθηκε, ο ταρατσόκηπος συμβάλει και στη μείωση του φαινομένου της θερμικής νησίδας. Ο όρος αυτός εξηγείται σε αυτή την ενότητα.

«Θερμική νησίδα είναι το φαινόμενο όπου η θερμοκρασία στην αστική περιοχή μίας πόλης είναι αυξημένη κατά 5 - 6° C σε σχέση με το υπαίθριο τμήμα της. Οι θερμικές νησίδες δημιουργούνται λόγω της αποκοπής του 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>).

«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 αγροτική περιοχή 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).

2.5.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΣΥΝΕΙΣΦΕΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ

«Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις γενικότερες κλιματικές συνθήκες, την τοπογραφία της περιοχής και το ανάγλυφο. Εξαιτίας αυτών των παραμέτρων παρουσιάζει συνεχείς μεταβολές στον χρόνο και στον χώρο.

Οι κύριοι παράγοντες που συνεισφέρουν στην εμφάνιση του φαινομένου είναι :

1. Η γεωμετρία των κτιρίων και των αστικών οδών, που καταλαμβάνουν μεγάλη επιφάνεια και αποθηκεύουν μεγάλα ποσά θερμότητας.
2. Οι θερμικές και οπτικές ιδιότητες των υλικών, που απορροφούν μεγάλο μέρος θερμότητας και επανακτινοβολείται στην ατμόσφαιρα.
3. Η ανθρωπογενής έκλυση θερμότητας, η οποία παράγεται από τις καύσεις (κυρίως από τα οχήματα αλλά κι από σταθερές πηγές, κτίρια, βιομηχανία).
4. Η ελάττωση της εξατμισοδιαπνοής και της εξάτμισης, που οφείλεται στην έλλειψη χώρων πρασίνου και υδάτινων επιφανειών στις πόλεις.

5. Η αυξημένη τραχύτητα των πόλεων εξαιτίας της δόμησης. Τα κτίρια αλλοιώνουν σημαντικά το ανεμολογικό πεδίο σε μια περιοχή κι ιδιαίτερη σημασία έχουν τα ύψη των κτιρίων και η μεταξύ τους.

6. Η χαμηλότερη ανακλαστικότητα / λευκάγεια σε σχέση με τις αγροτικές περιοχές.

7. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου το οποίο συμβάλλει στην αύξηση της θερμικής ακτινοβολίας που ανακλάται από την ρυπασμένη ατμόσφαιρα των αστικών περιοχών» (Hashem, 1992).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΕΙΡΑΜΑ

3.1 ΜΕΘΟΔΟΣ

Σκοπός του πειράματος είναι να αποδειχθεί η εξοικονόμηση ενέργειας που προσφέρει η κατασκευή του ταρατσόκηπου στα κτίρια, συμβάλλοντας στη θερμική μόνωσή τους.

Ο τρόπος διεξαγωγής του πειράματος έγινε ως εξής:

Η διεξαγωγή του πειράματος πραγματοποιήθηκε στο ΤΕΙ Καλαμάτας χρησιμοποιώντας δύο γραφεία καθηγητών. Τα γραφεία είναι όμορα, ίδιων διαστάσεων και προσανατολισμού. Πάνω από το ένα γραφείο, είχε εγκατασταθεί ο ταρατσόκηπος με υπόστρωμα πετροβάμβακα. Το άλλο γραφείο, που βρισκόταν ακριβώς δίπλα από το πρώτο, παρέμεινε ως είχε και χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας.

Πάνω από τα δύο αυτά γραφεία, βρισκόταν η ταράτσα του κτιρίου. Στο σημείο της ταράτσας που αντιστοιχούσε στην επιφάνεια κάλυψης οροφής του ενός γραφείου, τοποθετήθηκε η κατασκευή του ταρατσόκηπου, καθιστώντας το ως «παθητικό» και δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο ένα μόνιμο οικοσύστημα, χαμηλής συντήρησης. Το άλλο γραφείο, που βρισκόταν ακριβώς δίπλα από το πρώτο, παρέμεινε ως είχε και χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας.

Στο διαχωριστικό τοίχο των δύο γραφείων, τοποθετήθηκαν φύλλα εξηλασμένης πολυστερίνης, λόγω της μονωτικής τους ιδιότητας, καθώς το υλικό από το οποίο ήταν κατασκευασμένος ήταν υψηλής θερμοπερατότητας, μπορούσε να διαπεραστεί εύκολα από τη θερμότητα και αλλοιωθούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

«Η φυτοκάλυψη που κατασκευάστηκε, είναι *εκτατικού τύπου*, όσον αφορά το πάχος υποστρώματος και τα φορτία που προστίθενται στον φέροντα οργανισμό και δημιουργεί ένα μόνιμο οικοσύστημα, εντατικής, ωστόσο, συντήρησης. Το σύστημα αποτελείται από πολυεπίπεδη στρωμάτωση υλικών για επαρκή αερισμό και αποστράγγιση του ριζικού συστήματος.

Ως υπόστρωμα χρησιμοποιήθηκε πετροβάμβακας. Η αποστράγγιση του υποστρώματος εξασφαλίζεται με διπλή στρώση αποστραγγιστικών μεμβρανών σε δομή «αυγουλοθήκης». Τα κενά τους πληρώνονται με περλίτη.

Η υδατοστεγανότητα του δώματος διασφαλίζεται με διπλή στρώση ασφαλικών αντιρριζωτικών μεμβρανών. Η μεμβράνη, είναι επίσης οπλισμένη με πολυεστερικό ύφασμα $200 \text{ gr} / \text{m}^2$. Επί του υποστρώματος τοποθετείται έτοιμος χλοοτάπητας (ριζωμένο μόσχευμα). Η άρδευση και η λίπανση του χλοοτάπητα γίνεται με σταλακτοφόρο σωλήνα κατάλληλο για υπόγεια τοποθέτηση, τέσσερις φορές την ημέρα. Το βάρος του συστήματος

στον κορεσμό είναι $< 100 \text{ Kg/m}^2$ και η όλη κατασκευή γίνεται σύμφωνα με τις Γερμανικές οδηγίες της FLL (FLL 2002), που ελέχουν θέση Ευρωπαϊκού και Αμερικάνικου Προτύπου» (Κοτσίρης, 2007).

3.1.1. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

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: $\rho 0,2^{\circ}\text{C}$.

Στο δωμάτιο που χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας τοποθετήσαμε μετρητή καταγραφής KW. Ο μετρητής αυτός διέθετε δύο καλώδια εισόδου και εξόδου. Ενώσαμε το καλώδιο εξόδου με το καλώδιο του κλιματιστικού και το άλλο το συνδέσαμε με την πρίζα. Με τον τρόπο αυτό το ρεύμα που διερχόταν για να θέσει σε λειτουργία το κλιματιστικό πέραγε από τον μετρητή και κατέγραφε την κατανάλωση ρεύματος που είχε.

Ανάλογη διαδικασία έγινε και στο δωμάτιο με τον ταρατσόκηπο, ώστε να γίνεται ταυτόχρονη καταγραφή κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος..

Σε κάθε δωμάτιο ήταν τοποθετημένοι οι αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας, 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 δωμάτιο κάθε μέρα, ανά 1 ώρα.

Αφού έγινε ο προγραμματισμός της καταγραφής θερμοκρασίας και απομονώθηκαν όλα τα σώματα θέρμανσης, τέθηκαν σε λειτουργία οι κλιματιστικές συσκευές ρυθμισμένες και οι δύο στους 22°C για το χρονικό διάστημα 19 - 12 - 2007 έως 7 - 1 - 2008 όπου πάρθηκαν και οι μετρήσεις.

3.2 ΥΛΙΚΑ

Το δώμα του κτιρίου, σύμφωνα με την μελέτη θερμομόνωσης, περιλαμβάνει τις παρακάτω στρώσεις και σύμφωνα με τον ισχύοντα κανονισμό κατά την κατασκευή του κτιρίου το K (ο συντελεστής θερμοπερατότητας) είναι ίσο ή μικρότερο από $0,5 \text{ W / m}^2 \text{ K}$.

- ξ Ασφαλτική σφραγιστική επάλειψη των δαπέδων
- ξ Κυψελωτό κονιόδεμα (Μπετοσέλ) βάρους $400 - 600 \text{ kg}$ τσιμέντου πάχους $10 - 35 \text{ cm}$ με ρύσεις
- ξ Τσιμεντοκονία 600 kg τσιμέντου
- ξ Στεγανωτική μεμβράνη (ασφαλτόπανο $2,50 \text{ kg / m}^2$)
- ξ Επίστρωση με τσιμεντόπλακες $30 \times 30 \text{ cm}$
- ξ Κατασκευή περιμετρικών περιθωρίων (λούκια) από τσιμεντοκονία

Ως υπόστρωμα του ταρατσόκηπου, όπως αναφέρθηκε χρησιμοποιήθηκε πετροβάμβακας.

«**Πετροβάμβακας** ονομάζεται ένα ινώδες μονωτικό υλικό. Αποτελείται από ίνες οξειδίου πυριτίου - αλουμινίου και έχει θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες. Είναι άκαυστος και παράγεται με τήξη πετρωμάτων στους $1550 - 1600^\circ \text{ C}$. Με τη βοήθεια ειδικών διατάξεων παίρνει τη μορφή ινών με διάμετρο $6 - 20 \mu\text{m}$ » (Σάββας, 2003).

Είναι φυσικό προϊόν προερχόμενο από ηφαιστιογενή 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.

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%, 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 μας συμφέρον.

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 και σίγουρη 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 μειώνονται οι απορροές και να μην δημιουργεί προβλήματα στην κατασκευή.

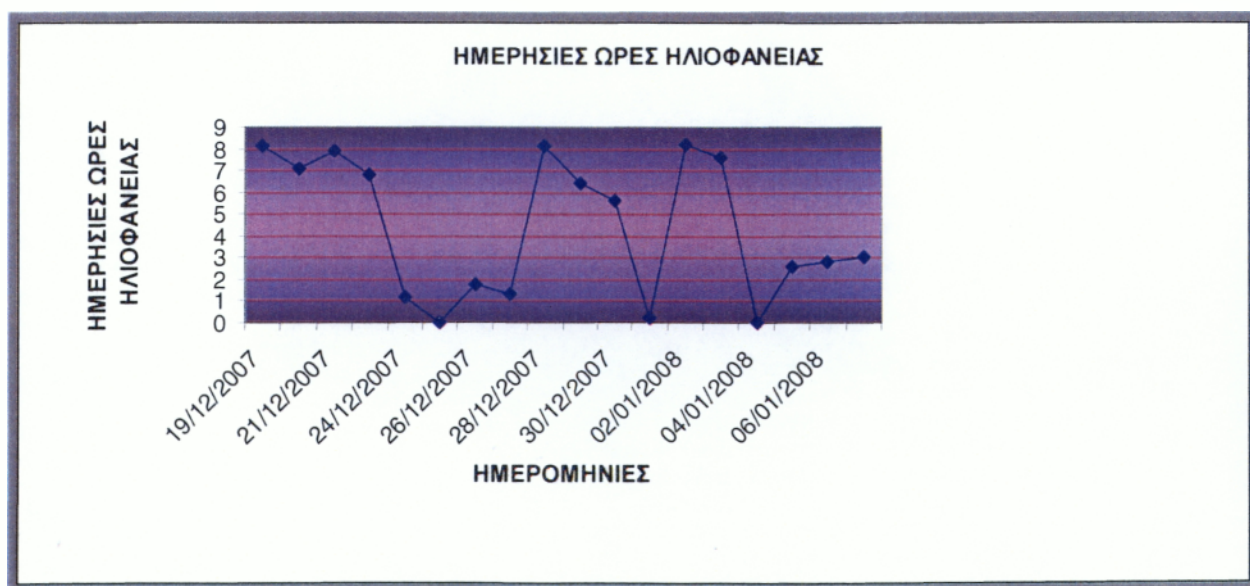
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται αναλυτικά όλες οι απαραίτητες μετρήσεις και ενημερώσεις που χρειάστηκαν, για την ερμηνεία του πειράματος.

4.1.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑΣ



Διάγραμμα 1. Ημερήσιες ηλιοφάνεια σε ώρες, από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία

Μετά από συνεργασία με την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζουμε τις ώρες ηλιοφάνειας που επικρατούσαν για κάθε μέρα στο διάστημα 19/12/07 - 07/01/08.

Στο διάγραμμα φαίνεται ότι τις πρώτες μέρες που πειράματος υπήρχε μια σχετική ηλιοφάνεια της διάρκειας των 8 ωρών, ενώ το διάστημα 24/12 - 28/12/07 η ηλιοφάνεια είναι ελάχιστη έως και μηδενική κάποιες μέρες. Παρόμοια άνοδος και κάμψη επαναλαμβάνεται τις επόμενες ημέρες.

Η παραλλακτικότητα αυτή ήταν επιθυμητή γιατί το πείραμα δεν εξελίχθηκε σε σταθερές συνθήκες που συνήθως δεν λαμβάνουν χώρα και περιορίζουν πολύ το εύρος ισχύος των αποτελεσμάτων.

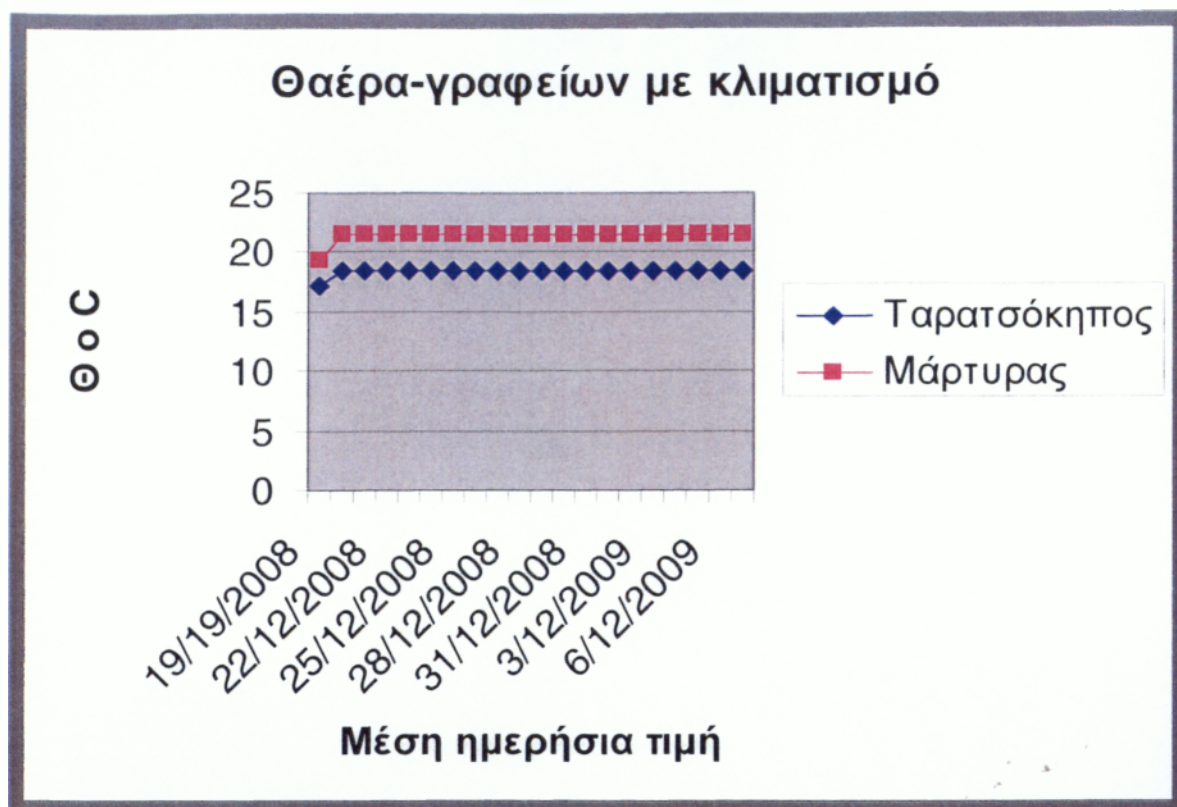
4.1.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΣΗΣ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ



Διάγραμμα 2. Μέση ημερήσια θερμοκρασία από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία

Σ' αυτό το διάγραμμα παρουσιάζονται πάλι στοιχεία από την Ε. Μ. Υ. που δείχνουν την μέση ημερήσια θερμοκρασία κάθε ημέρας. Φαίνεται λοιπόν, ότι οι μέσες θερμοκρασίες στην Καλαμάτα το διάστημα αυτό ήταν γύρω στους 14 - 8° C με εξαίρεση τις τελευταίες μέρες του πειράματος όπου η θερμοκρασία δείχνει να ήταν χαμηλότερη. Συνολικά η διακύμανση ήταν αρκετά μεγάλη και σε ημερήσια βάση.

4.1.3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΔΩΜΑΤΙΩΝ



Διάγραμμα 3. Καταγραφόμενες θερμοκρασίες δωματίων

Στο διάγραμμα των Θερμοκρασιών του αέρα των δύο γραφείων, παρατηρούμε ότι τα κλιματιστικά διατήρησαν σταθερές θερμοκρασίες μεν σε όλη την διάρκεια των μετρήσεων, σε διαφορετικά επίπεδα δε, εξ' αιτίας διαφορετικής ευαισθησίας του αισθητήρα θερμοκρασίας των κλιματιστικών.

Στην πρώτη μέτρηση καταγράφεται ανώτερη θερμοκρασία κοντά στους 20° C, ενώ στον μάρτυρα ανέρχεται μέχρι τους 23° C, δηλαδή παρόλο που και τα δύο κλιματιστικά ρυθμίσθηκαν να κρατούν σταθερή θερμοκρασία 22° C, δεν είχαν αυτή την ευαισθησία και απόκλιναν σοβαρά.

Στο διάστημα 19 - 12 - 2007 μέχρι 7 - 1 - 2008 έγινε καταγραφή κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος των κλιματιστικών, μέσω μετρητών. Αυτοί κατέγραψαν πως το δωμάτιο με την πράσινη οροφή είχε κατανάλωση ρεύματος 00113,2 KWh ενώ ο μάρτυρας 00237,7 KWh.

Οι μετρήσεις αυτές καταγράφηκαν μετά από τη ρύθμιση των κλιματιστικών στους 22° C, επιθυμώντας τη θερμοκρασία αυτή στα δωμάτια για όλο το χρονικό διάστημα.

Από τις παραπάνω μετρήσεις καταγραφής KWh φαίνεται η εξοικονόμηση ενέργειας που υπήρξε στο δωμάτιο με τον ταρατσόκηπο, έχοντας τη μισή περίπου κατανάλωση ρεύματος σε σχέση με τον μάρτυρα όπως καταγράφηκε από τους μετρητές.

Συνοψίζοντας, ιδιαίτερα σημαντικό στην ανάλυση του πειράματος είναι να γνωρίζουμε τις καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν την περίοδο εκείνη. Αυτές αφορούν την ηλιοφάνεια και τα επίπεδα θερμοκρασίας.

Από το διάγραμμα 2 συμπεραίνουμε ότι οι ημέρες διεξαγωγής του πειράματος ήταν ψυχρές, με αποτέλεσμα τα δωμάτια να μην θερμαίνονται επιπλέον από το εξωτερικό περιβάλλον. Οι θερμοκρασιακές τιμές που διατηρούσαν ήταν μόνο από τη θερμότητα που προσέφεραν τα κλιματιστικά.

Στην παραπάνω εργασία έγινε μια αναφορά στα οφέλη που παρουσιάζει η κατασκευή του ταρατσόκηπου στα κτίρια, συμβάλλοντας αισθητά στη βελτίωση ποιότητας ζωής σε σχέση με το περιβάλλον, την κοινωνία, την απλή αισθητική και τη συνεισφορά του στη μεγαλύτερη διατήρηση των δομικών υλικών.

Αξιοσημείωτη, επιπλέον, είναι η συμμετοχή του στην εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και η προσφορά του σε συνθήκες θερμικής άνεσης, που είναι βασικοί παράγοντες για τη διαβίωση του ανθρώπου στο χώρο.

Με την εκτέλεση του πειράματος επιχειρήθηκε να καταγράψουμε μια ένδειξη σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας που προσφέρουν τα φυτοκαλυμμένα δώματα, λόγω της θερμικής μόνωσης που παρέχουν στα κτίρια, κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου, όπου κάτω από άλλες συνθήκες η εκμετάλλευση άλλων πηγών ενέργειας για την παροχή θερμότητας στα κτίρια, είναι μεγάλη και οικονομικά επιζήμια.

Μια διαφυγή από την έλλειψη αξιόπιστης μέτρησης θα ήταν μια εκτίμηση με μέθοδο ανάλογη των βαθμομερών θέρμανσης.

Η τελευταία ορίζεται σαν η ετήσια συσσώρευση σταθμισμένου θερμοκρασιακού ελλείμματος σε σύγκριση με μια θερμοκρασία αναφοράς (Κοτσίρης, 2007).

Εδώ αρκεί να υπολογίσουμε άθροισμα των ωριαίων διαφορών θερμοκρασίας που καταγράφηκαν σε κάθε γραφείο.

Από το άθροισμα των ωριαίων διαφορών θερμοκρασίας και από την παρακάτω σχέση (Γραφιαδέλλης, 1980) υπολογίζουμε μια τιμή της διαφοράς ενεργειακής κατανάλωσης όπως θα αναμένονταν θεωρητικά και την συγκρίνουμε με αυτήν που καταγράφηκε.

1 Kcal ανυψώνει κατά 1° C την Θερμοκρασία σε 3,5 m³ αέρα

και 1 KWh = 893 Kcal

όγκος γραφείων: 4,1 x 3,77 x 3,35 = 51,78 m³

και το άθροισμα των ωριαίων διαφορών θερμοκρασίας που καταγράφηκαν σε κάθε

γραφείο είναι: **1299,2° C**,

οπότε:

1 Kcal ανυψώνει κατά 1° C την Θερμοκρασία σε 3,5 m³ αέρα

X; → 1299.2° C → 51.78 m³ αέρα

$$X = 1299,2 \times 51,78 / 3,5 = 19.220 \text{ Kcal}$$

ή

$$19220 / 893 = 21,5 \text{ KWh}$$

είναι η διαφορά ενέργειας που κατανάλωσε περισσότερο ο μάρτυρας, λόγω

συντήρησης υψηλότερης θερμοκρασίας.

Επομένως, με δεδομένο των μετρήσεων ότι ο ταρατσόκηπος κατανάλωσε 113,2 KWh και ο μάρτυρας κατανάλωσε 237,7 KWh, προκύπτει ότι ο πρώτος εξοικονόμησε 237,7 - 113,2 = **124,5 KWh**.

Ωστόσο, όπως ήδη αναφέραμε μέρος αυτής της διαφοράς οφείλεται στη συντήρηση διαφορετικών θερμοκρασιών στα δύο γραφεία.

Η δαπάνη ενέργειας γι' αυτή τη διαφορά, την υπολογίσαμε στις 21,5 KWh.
Προσθέτουμε άλλο τόσο για τη θέρμανση όγκου αέρα που διέφυγε από σχισμές
(infiltration) και έτσι:

Η τελική εκτίμηση εξοικονόμησης ενέργειας στο γραφείο με το
φυτοκαλυμμένο δώμα είναι:

$$21,5 + 21,5 = 43 \text{ KWh.}$$

$$\text{Οπότε: } 124,5 - 43 = 81,5 \text{ KWh}$$

ή

$$\text{Στις } 113,2 \text{ KWh} \rightarrow 81,5 \text{ KWh}$$

$$\underline{\text{Στα } 100 \quad \rightarrow \quad X:}$$

$$100 \times 81,5 = 113,2X$$

$$X = 8150 / 113,2$$

$$X = 71,99\%$$

**Άρα περίπου 72% είναι η τελική εξοικονόμηση ενέργειας που προσέφερε το
φυτοκαλυμμένο δώμα στο δωμάτιο.**

*«Δεν απέτυχα, απλώς χρησιμοποίησα
10.000 πράγματα που δεν λειτούργησαν»*

Thomas Edison

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



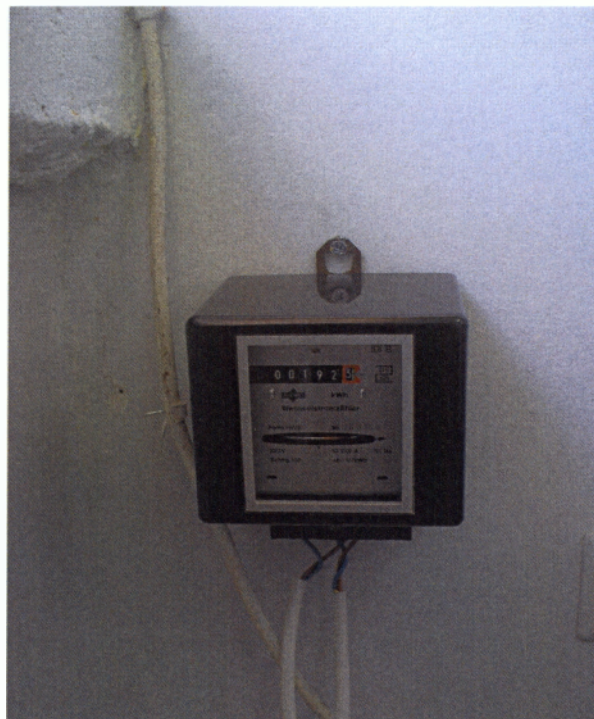
Εικ. 1 Η κατασκευή του ταρατσόκηπου στην ταράτσα του κτιρίου



Εικ. 2 Το γραφείο που χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας (αριστερά) και το γραφείο με τον ταρατσόκηπο από πάνω (δεξιά)



Εικ. 3 Τοποθέτηση φύλλων εξηλασμένης πολυστερίνης στον ενδιάμεσο τοίχο των δύο γραφείων



Εικ. 4 Μετρητής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας



Εικ. 5 Η μονάδα καταγραφής (Data logger) GP1

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Akbari Hashem, Davis Susan E., Huang Joe, Liu Phillip, 1992, EPA, The Urban Heat Island
- Γραφιαδέλλης Μ., 1980, Σύγχρονα θερμοκήπια, βιβλιοπωλείο Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη.
- Justyna Czerniel Berndtsson, Tobias Emilsson and Lars Bengtsson, The influence of extensive vegetated roofs on runoff water quality, University of Lund, 2005
- Καραμουσαντάς Δημ., 2001, Α. Π. Ε. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Καλαμάτα
- Καραμπέτσος, 2004, Φυσιολογία Φυτών, Καλαμάτα
- Κοτσίρης Α. Γεώργιος, 2007, Θερμική Άνεση, εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα
- 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, 23^ο Συνέδριο ΕΕΕΟ, Χανιά.
- Kotsiris G., Androutsopoulos A., 2008, the contribution of a green roof to achieve thermal comfort and energy savings, International Conference AnEng, Crete.
- Kristin L. Getterl and D. Bradley Rowe, the Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development, Michigan State University, April 2003.
- Μαυρογιαννόπουλος Γ. Ν., 2001, Θερμοκήπια, εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα
- 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

- Nicholaus 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
- Σάββας Δ., 2003, Γενική ΑΝΘΟΚΟΜΙΑ, εκδόσεις ΕΜΒΡΥΟ.
- H. Safarzadeh and M. N. Bahadori, Passive cooling effects of courtyards, School of Mechanical Engineering, Sharif University of Technology, Azadi Blvd., Tehran, Iran, 2004
- Scientact, 2007, Θεσ/νίκη, Α. Κατούνης
- Τσίγκας Π. Ερωτόκριτος, 1996, Ενέργεια στην Αρχιτεκτονική, εκδόσεις Μαλλιάρης παιδεία, Θεσ/νίκη
- 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,

INTERNET

- <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/Xrysomalidou.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>