

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΤΕΙ) ΚΡΗΤΗΣ-ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΨΥΞΗ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΣΤΕΓΩΝ



ΣΙΔΕΡΗ ΙΩΑΝΝΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΚΟΛΟΚΟΤΣΑ ΔΙΟΝΥΣΙΑ

ΜΑΪΟΣ 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ABSTRACT.....	4
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1.1 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΣΤΕΓΩΝ.....	5
1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΣΤΕΓΗΣ.....	9
1.3 ΤΥΠΟΙ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΣΤΕΓΩΝ.....	9
1.4 ΠΩΣ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΟΙ ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΤΕΓΕΣ ΣΤΗΝ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ.....	16
2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	19
2.1 ΔΟΜΗ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΣΤΕΓΗΣ.....	19
2.2 ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΜΙΑΣ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΣΤΕΓΗΣ.....	21
2.2.1 ΣΤΡΩΜΑ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ.....	21
2.2.2 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ (ΣΤΡΩΜΑ ΕΔΑΦΟΥΣ).....	23
2.2.3 ΜΕΜΒΡΑΝΗ-ΦΙΛΤΡΟ (ΔΙΗΘΗΤΙΚΟ ΦΥΛΛΟ).....	23
2.2.4 ΣΤΡΩΜΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ (ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ).....	23
2.2.5 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΜΟΝΩΣΗΣ.....	24
2.2.6 ΣΤΡΩΣΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΙΖΩΝ.....	24
2.2.7 ΥΓΡΟΜΟΝΩΣΗ-ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ.....	24
2.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΙΑΣ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΣΤΕΓΗΣ.....	24
2.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	27
2.5 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΣΤΕΓΗΣ.....	27
3. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	28
3.1 ΚΥΡΙΑ ΟΦΕΛΗ.....	28
3.1.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	29
3.1.2 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ.....	30
3.1.2.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ.....	30
3.1.2.2 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ.....	30
3.1.2.3 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ.....	32
3.1.2.4 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ ΣΤΗΝ ΧΩΡΑ ΜΑΣ.....	34
3.1.3 ΜΕΙΩΣΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ.....	37
3.1.4 ΠΑΡΑΤΕΙΝΕΙ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΣΤΕΓΩΝ.....	38
3.2 ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΑ ΟΦΕΛΗ.....	41
3.2.1 ΕΥΗΜΕΡΙΑ.....	41
3.2.2 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	42
3.2.3 ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΑΞΙΑΣ ΤΗΣ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΣ.....	43
3.2.4 ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ.....	43
3.2.5 ΜΕΙΩΣΗ ΗΧΟΡΥΠΑΝΣΗΣ.....	45
3.2.6 ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΓΙΑ ΖΩΑ ΚΑΙ ΦΥΤΑ.....	45
3.3 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΣΤΕΓΩΝ.....	46
3.3.1. Η ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ.....	46
3.3.2. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΦΥΤΕΜΕΝΩΝ ΔΩΜΑΤΩΝ.....	46
3.3.3. Ο ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.....	47

3.3.4. ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΒΛΑΒΗΣ ΤΩΝ ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ.	47
.....	47
3.3.5. Η ΣΥΝΕΧΗΣ ΦΡΟΝΤΙΔΑ ΤΟΥ ΚΗΠΟΥ.	47
3.4 LEED ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΣΤΙΣ ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΤΕΓΕΣ	47
4. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.	49
4.1 ΚΥΡΙΑ ΕΠΕΝΔΥΣΗ.	49
4.1.1. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ.	50
4.1.2. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.	52
4.2 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.	53
5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.	55
5.1 ΠΡΑΣΙΝΗ ΣΤΕΓΗ ΣΕ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΤΗΣ ΙΤΑΛΙΑΣ.	55
5.1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ.	55
5.1.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.	58
5.1.2.1 ΘΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ.	60
5.1.2.2 ΧΕΙΜΕΡΙΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΕΣ.	64
5.1.3 ΤΟ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ.	66
5.1.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.	70
5.2 ΠΡΑΣΙΝΗ ΣΤΕΓΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.	71
5.2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ.	72
5.2.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.	78
5.2.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.	79
6. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΣΤΕΓΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .	83
7. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΣΤΕΓΩΝ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΠΑΘΗΤΙΚΗΣ ΨΥΞΗΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.	84
7.1 ΨΥΧΡΕΣ ΣΤΕΓΕΣ.	84
7.2 ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΚΠΕΜΨΙΜΟΤΗΤΑΣ (LOW-E).	88
7.3 ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΤΕΓΕΣ.	92
7.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ.	93
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.	93
9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.	98

ABSTRACT

The subject of this project is the study of a new technology for the construction of roofs, the so called “Green Roofs” technology. The motive that gave me the impulse to elaborate this project was the “Urban Heat Island” phenomenon. This phenomenon is a problem which continuously grows and as a result it needs to be instantly confronted. One of the ways to deal with it is the use of green roofs in construction of buildings. Green roofs (roofs with a vegetated surface and substrate) provide ecosystem services in urban areas, including improved storm-water management, better regulation of building temperatures, reduced urban heat-island effects, and increased urban wildlife habitat. The urban heat island effect is a phenomenon created primarily by urban surfaces such as pavement and conventional roofs that absorb solar energy and re-radiate it as heat. This raises the temperature of a city several degrees higher than that of surrounding rural areas.

The urban heat island effect is further exacerbated by added heat generated by running air conditioners and machinery, and from vehicle exhaust.

The higher temperatures mean city buildings need more air conditioning, and therefore use more energy than they otherwise would. Cranking up the air conditioning provides temporary relief for those indoors, but makes the heat island effect even worse as the warm exhaust of a city's air conditioning units actually makes it hotter outside.

In addition, the increased use of fossil fuels to provide extra electricity for air conditioners also increases emissions of greenhouse gases and other pollutants. This, combined with higher summer temperatures, increases the incidence of severe smog.

Growing natural cover on a building's roof can help combat all these effects and more, scientists say.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Στη σημερινή κοινωνία, η οποία στηρίζει το περιβάλλον, γίνεται ολοένα και πιο σημαντικό ζήτημα. Οι καταναλωτές, οι επιχειρήσεις και τα ιδρύματα καταβάλλουν προσπάθεια να είναι περιβαλλοντικά συνειδητοποιημένοι χάριν του πλανήτη. Επιπλέον, οι επιχειρήσεις και τα ιδρύματα έχουν το κίνητρο να φαίνονται περισσότερο συνειδητοποιημένοι περιβαλλοντικά στο κοινό, και αρχίζουν να αποποιούνται άμεσα τα οικονομικά κέρδη συμμετέχοντας σε πιο βιώσιμες περιβαλλοντικές δραστηριότητες.

Μια πράσινη στέγη είναι εξ ορισμού οποιοδήποτε κτίριο έχει καλυφθεί με φυτά. Οι πράσινες στέγες είναι διαδεδομένες στην Ευρώπη, και κερδίζουν δημοτικότητα στη Βόρεια Αμερική. Είναι γνωστές για την μείωση του φαινομένου της θερμικής νησίδας και για την μόνωση των κτιρίων, μειώνοντας κατά συνέπεια και τις δαπάνες για θέρμανση και για ψύξη. Επιπλέον έχουν το χαρακτηριστικό γνώρισμα της αισθητικής που είναι ορατή στο κοινό. Περαιτέρω έρευνα τις παρουσιάζει επίσης να έχουν πολλά άλλα οφέλη, όπως η βελτίωση ποιότητας του αέρα και η διαχείριση των ομβρίων υδάτων. Τα συστήματα εκτίμησης έχουν αναπτυχθεί για να ανταμείβουν τις επιχειρήσεις ώστε να τηρήσουν ορισμένες περιβαλλοντικές οδηγίες, το οποίο είναι ένα επιπλέον κίνητρο για τη χρήση περιβαλλοντικών δομών όπως οι πράσινες στέγες.

1.1 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΣΤΕΓΩΝ.

Αν και οι πράσινες στέγες είναι μια σχετικά νέα τεχνολογία, η προέλευσή τους επισημαίνεται στο μακρινό παρελθόν. Η διασημότερη πράσινη στέγη είναι οι κρεμαστοί κήποι της Βαβυλώνας στην Μεσοποταμία, που είναι γνωστοί ως ένα από τα επτά θαύματα του κόσμου. Οι κήποι, που κτίστηκαν περίπου το 600 π.Χ, κάλυψαν μια περιοχή 2000 m² και συμπεριέλαβαν υδατοστεγή θεμέλια, πλαίσια ασφάλτου, τούβλα και κονίαμα πάνω από μία δομή στηλών¹. Ο κήπος ήταν φτιαγμένος επάνω σε δέντρα, ανθισμένους θάμνους, αναρριχώμενα φυτά και κήπους με καρυκεύματα, οδηγώντας τους ιστορικούς να θεωρήσουν ότι η στέγη-κήπος υπήρχε μόνο για αισθητικούς λόγους (Εικόνα 1). Επίσης υπάρχουν ενδείξεις ότι τόσο οι Βίκινγκς στην Βόρεια Αμερική όσο και οι Ινδιάνοι εφάρμοσαν παρόμοιες τεχνικές στα καταλύματά τους. Εξίσου σημαντικές πηγές για τους πρώτους τεχνητούς κήπους, αποτελούν τα **Ζιγκουράτ**, τα οποία συναντώνται και αυτά στην περιοχή

της Μεσοποταμίας και αποτελούσαν τις φυτοκαλυμμένες κλιμακωτές εξέδρες πάνω στις οποίες έκτιζαν οι Βαβυλώνιοι τους ναούς και τα ιερά για να λατρέψουν τους θεούς τους. 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. Παρ'όλο που οι αρχαίες πράσινες στέγες της Ρώμης και της Ιταλίας ήταν εντυπωσιακές στην ποικιλομορφία τους και στην κατασκευή τους, οι ρίζες των πράσινων στεγών βρίσκονται στην Ισλανδία και στην Σκανδιναβία. Σε αυτά τα κρύα, ευρωπαϊκά κλίματα, οι πράσινες στέγες, ή οι στέγες γρασιδιών όπως καλούνται συνήθως, προέκυψαν αιώνες πριν δημιουργηθεί η έλλειψη σε φυσικούς πόρους που κατέστησαν απαραίτητη την κατασκευή κτιρίων από τα τοπικά υλικά του γρασιδιού και της πέτρας. Οι στέγες αποτελούνταν χαρακτηριστικά από δύο έως τρία στρώματα γρασιδιού τύρφης επάνω από ένα μικρό στρώμα κοντών κλαδιών. Η φυσική βλάστηση θα αυξανόταν σχετικά γρήγορα, και οι στέγες θα επέτρεπαν απορροή των ομβρίων υδάτων, δεδομένου ότι οι στέγες δεν ήταν υδατοστεγείς. Αν και πρωτόγονες, αυτές οι πράσινες στέγες παρείχαν την αποθήκευση θερμότητας και τη μόνωση, και αποτελούν την έμπνευση για τις σημερινές πράσινες στέγες.²

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. Με την ανάπτυξη του πράσινου κινήματος στις αρχές της δεκαετίας του 1960, με την ηλιακή και βιοκλιματική αρχιτεκτονική, τον παθητικό, ηλιακό και τον ενεργειακό σχεδιασμό, την οικολογική δόμηση και τις Κοινοτικές Οδηγίες που εφαρμόζονται και θα εφαρμόζονται ακόμα περισσότερο, τα σύγχρονα παραδείγματα φυτεμένων δωματίων, τόσο στον ευρωπαϊκό χώρο, όσο και στην Αμερική, ολοένα και πληθαίνουν.



Εικόνα 1.Μια καλλιτεχνική απεικόνιση των κρεμαστών κήπων της Βαβυλώνας¹

Στον εικοστό αιώνα έγιναν μερικές ενδιαφέρουσες καινοτόμες εφαρμογές. Τα εντυπωσιακότερα παραδείγματα κτιρίων με πράσινες στέγες είναι:²

- Η χαρτοπαικτική λέσχη Patio στη Βέρνη της Ελβετίας χτισμένη το 1936, η οποία έχει ακόμα 20 καστανόδεντρα.
- Το κατάστημα Derry & Toms στην κεντρική οδό στο Kensington του Λονδίνου (Αγγλία), που φυτεύτηκε την δεκαετία του '30. Καλύπτει 6000 m.(Εικόνα 2)



Εικόνα 2.Πράσινη στέγη στο κατάστημα Derry & Toms στην κεντρική οδό στο Kensington του Λονδίνου

- στο Κέντρο Rockefeller, στην πόλη της Νέας Υόρκης.(Εικόνα 3)



Εικόνα 3.Αεροφωτογραφία που απεικονίζει τις πέντε εντατικές πράσινες στέγες στο κέντρο του Rockefeller της Νέας Υόρκης.

Αυτές οι πράσινες οροφές συνεχίζουν ακόμα και σήμερα να προσφέρουν τις υπηρεσίες τους και να ανθίζουν ύστερα από εβδομήντα χρόνια. Εντούτοις, το κόστος των πράσινων στεγών καθώς επίσης και ο φόβος της δομικής ζημίας, περιόρισε την εφαρμογή των πράσινων στεγών σε αυτά τα μεμονωμένα παραδείγματα. Η δεκαετία του '50 και η δεκαετία του '60 έφεραν σημαντικές προόδους, αλλά οι πράσινες στέγες δεν ήταν ακόμα κοινές, για τους εξής λόγους:

- Οι επίπεδες στέγες δεν ήταν κατασκευασμένες για να αντέχουν τα μεγάλα φορτία
- Οι πράσινες στέγες ήταν ακριβές ως προς την κατασκευή
- Χρειαζόταν μεγαλύτερη δομή για να κρατήσει μια πράσινη στέγη
- Δεν υπήρχαν επαρκείς πληροφορίες για την κατασκευή, τα υλικά, και τη συντήρηση τους.

Στη δεκαετία του '70, το εμπόριο οικοδόμησης εκθέτει την σημασία των πράσινων στεγών και της κατασκευής τους. Οι κατασκευαστές ανέπτυξαν νέες τεχνολογίες, οι οποίες ώθησαν στη συνέχεια σε περισσότερη έρευνα και ανάπτυξη στα πανεπιστήμια και τη βιομηχανία. Το γερμανικό FLL (Εξωραϊσμός Τοπίου και Ανάπτυξης Έρευνας), το οποίο ιδρύθηκε το 1975 εξέδωσε οδηγίες για την βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών μέσω της προόδου καθώς προχώρησε στην διάδοση της έρευνας για τις εγκαταστάσεις και για την κατασκευή των πράσινων στεγών.²

1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΣΤΕΓΗΣ.

Καθώς οι πράσινες στέγες έχουν γίνει σταδιακά ένα πολύ συνηθισμένο στοιχείο των κτιρίων στην Ευρώπη, τώρα μόνο αρχίζουν να εφαρμόζονται πρακτικά στην Βόρεια Αμερική. Ο πιο κοινός ορισμός μιας πράσινης στέγης είναι «ένα κτίριο, του οποίου η στέγη είναι μερικώς ή ολικώς καλυμμένη με φυτά»³. Σύμφωνα με άλλους ορισμούς πρέπει μια πράσινη στέγη να αποτελεί ένα σταθερό οικοσύστημα διαβίωσης, το οποίο κάνει το περιβάλλον όσο το δυνατόν πιο βιώσιμο, αποδοτικό και αειφόρο ⁴. Εντούτοις ο κύριος στόχος είναι πάντα η περιβαλλοντική ανάταση.

1.3 ΤΥΠΟΙ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΣΤΕΓΩΝ.

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι πράσινων στεγών, οι εντατικές και οι εκτενείς. Το σύστημα εντατικού τύπου συνίσταται στη δημιουργία ενός «κήπου», σε υπόστρωμα 12-100 εκατοστά με αρχικό κορεσμένο φορτίο 250 kg/ m². Αυτός ο τύπος πράσινης στέγης απαιτεί τακτική συντήρηση (άρδευση, λίπανση κλπ) και περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία φυτών, δέντρων και θάμνων. Μπορούν να δημιουργηθούν καθιστικά, πέργκολες, παιδότοποι και να γίνουν

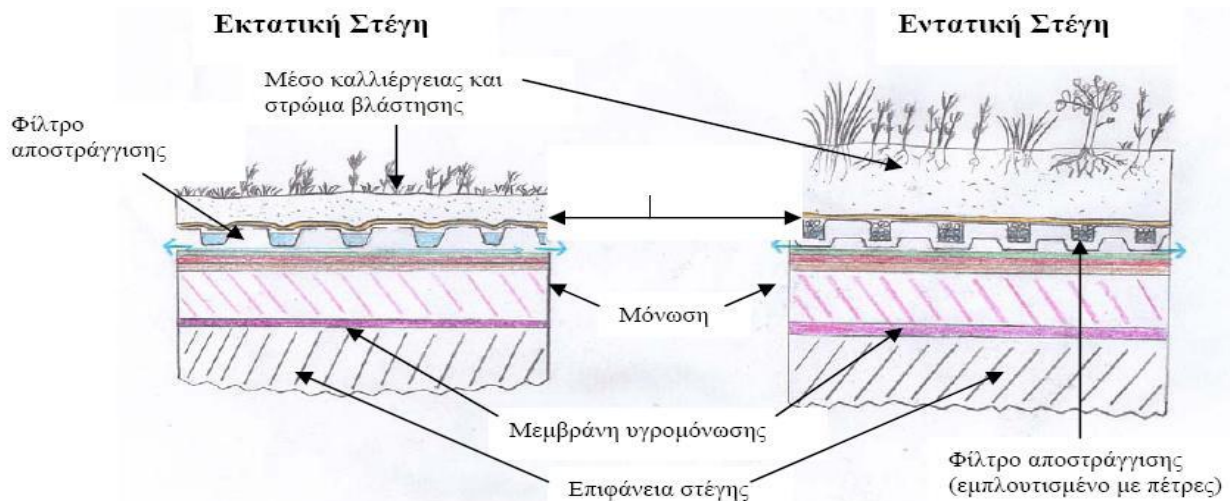
κατασκευές όπως μονοπάτια, στοιχεία νερού, κα. Συνοψίζοντας λοιπόν, τα χαρακτηριστικά μιας πράσινης στέγης εντατικού τύπου είναι τα εξής:

- Τακτική συντήρηση.
- Τακτική άρδευση.
- Φύτευση με χλοοτάπητα, φυτά εδαφοκάλυψης, θάμνους και δέντρα.
- Υπόστρωμα ύψους 12-100 εκ.

Το σύστημα μιας εκτενής στέγης από την άλλη, αποτελείται από πολυεπίπεδη διαστρωμάτωση υλικών με ελαφρύ υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών ύψους 8-15 εκ., το φορτίο του υποστρώματος είναι μικρό (κορεσμένο φορτίο ως 120 kg/ m²) και το ριζικό σύστημα των φυτών επιφανειακό. Για την φυτική κάλυψη χρησιμοποιούνται φυτά χαμηλής βλάστησης, όπως φυτά εδαφοκάλυψης, αγριολούλουδα, ποώδη φυτά κλπ και επιλέγονται φυτά ανθεκτικά στην ξηρασία, στον άνεμο και στο ψύχος. Οι εκτενείς στέγες εφαρμόζονται κυρίως σε μη προσβάσιμες στέγες κτιριακών εγκαταστάσεων ή πρανή και δεν χρειάζεται τακτική συντήρηση και άρδευση. Επίσης απαιτούν απλό σχεδιασμό και εγκατάσταση και με μικρά φορτία.

Μερικοί εμπειρογνώμονες χωρίζουν τις πράσινες στέγες σε μια εντατική και σε μια ημιεντατική κατηγορία. Η ημιεντατική κατηγορία είναι ένας τρόπος να γεφυρωθεί το μεγάλο χάσμα μεταξύ μιας πλήρως εκτενούς στέγης και μιας πλήρως εντατικής στέγης. Για την δημιουργία ενός τοπίου με εναλλαγές καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ενδείκνυται η κατασκευή πράσινη στέγης ημιεντατικού τύπου. Το σύστημα αποτελείται από ένα ελαφρύ υπόστρωμα ύψους 10 έως 25 εκ. και με φορτίο 100-270 kg/ m². Στον ημιεντατικό τύπο πράσινης στέγης, η φυτική κάλυψη μπορεί να είναι χλοοτάπητας, φυτά εδαφοκάλυψης και χαμηλοί θάμνοι. Σε σχέση με τον εντατικό τύπο στέγης έχει μεγαλύτερο ύψος υποστρώματος και συγκρατεί μεγαλύτερη ποσότητα νερού. Επίσης απαιτεί περιοδική συντήρηση και άρδευση.

Κατά την επιλογή μεταξύ μιας εντατικής και εκτενούς στέγης, η κύρια ερώτηση είναι εάν η στέγη πρόκειται να επισκέπτεται τακτικά από ανθρώπους. Εάν η απάντηση είναι ναι τότε απαιτείται μια εντατική στέγη. Εκ φύσεως, οι εντατικές στέγες είναι πιο ελκυστικές οπτικά και επομένως επιτρέπουν τις καθημερινές επισκέψεις.



Εικόνα 4. Σχηματική απεικόνιση εκτατικής και εντατικής πράσινης στέγης.

Οι πράσινες στέγες μπορούν να τοποθετηθούν και σε παλαιά και σε νέα κτίρια. Εντούτοις, λόγω των σημαντικών απαιτήσεων, είναι ορθότερο να ολοκληρωθεί μια μελέτη σκοπιμότητας σε κάθε παλαιό κτίριο ώστε να εξασφαλιστεί ότι μπορεί να αντισταθεί στην πρόσθετη δομική φόρτωση ⁵.

Ακολουθεί ένα διάγραμμα που συνοψίζει τις διαφορές μεταξύ εκτενούς και εντατικής πράσινης στέγης.

Πίνακας 1. Σύγκριση των διαφορετικών τύπων πράσινων στεγών. ⁶

	Εντατικές Στέγες	Εκτενείς στέγες
Βάθος Υλικού	>15 εκατοστά	<15 εκατοστά
Δυνατότητα Πρόσβασης	προσιτή	προσιτή
Βάρος Πλήρης Διαπότισης	290-907,7 kg/ m ³	72,6-169,4 kg/ m ³
Ποικιλομορφία φυτών	μεγάλη	μικρή
Κόστος	μεγάλο	μικρό
Συντήρηση	μεγάλη	μικρή

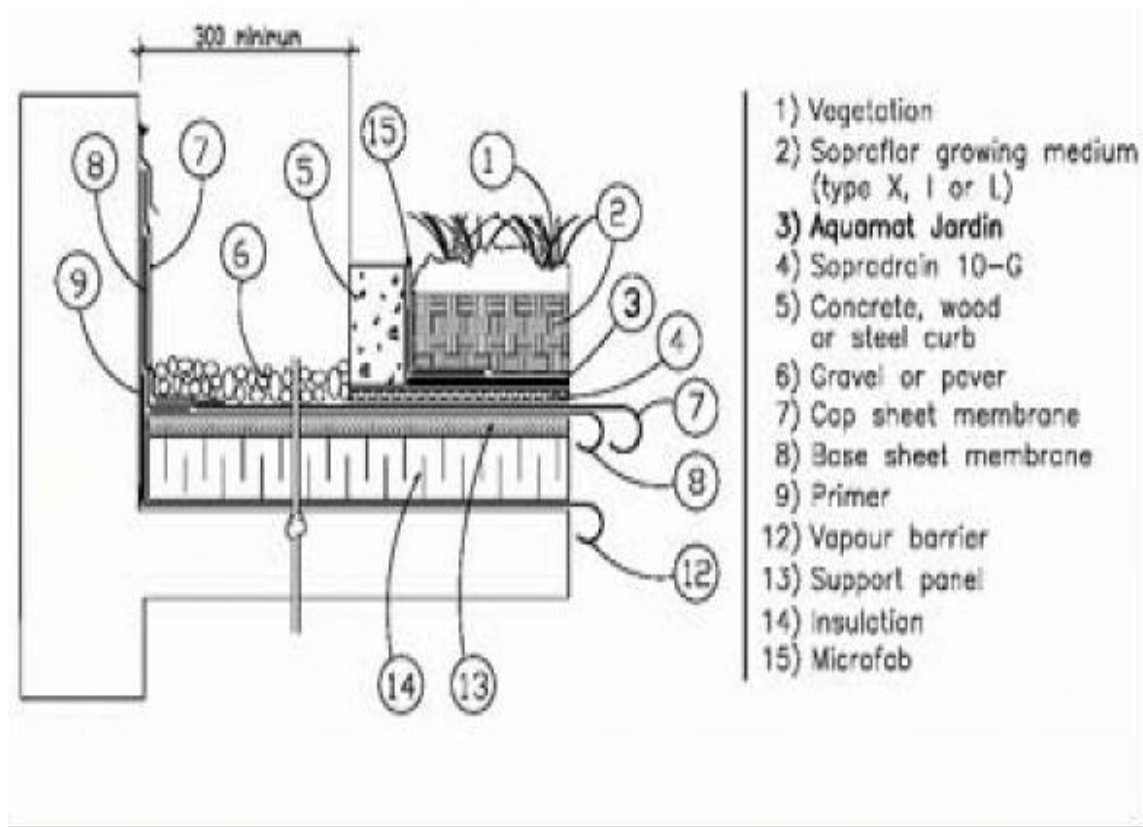
Πίνακας 2. Σύγκριση πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων μεταξύ εντατικής και εκτενής πράσινης στέγης.

Πλεονεκτήματα εντατικής στέγης	Πλεονεκτήματα εκτενούς στέγης
Μεγαλύτερη ποικιλομορφία φυτών και περισσότερες επιλογές	Μικρό βάρος
Οπτικά ελκυστική	Χαμηλή συντήρηση
Καλή μόνωση	Χαμηλό κόστος
Χρήση ως ανοιχτός χώρος	Εφαρμόζεται σε παλαιότερα κτίρια
Δυνατότητα για μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας	Δεν απαιτείται σύστημα άρδευσης και αποξήρανσης
Μεγαλύτερη συγκράτηση ομβρίων	Εύκολη αντικατάσταση

Μειονεκτήματα εντατικής στέγης	Μειονεκτήματα εκτενούς στέγης
Μεγάλο βάρος φόρτωσης	Περιορισμένες επιλογές φύτευσης
Απαραίτητα συστήματα άρδευσης-αποξήρανσης	Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως τόπος ψυχαγωγίας
Υψηλό κόστος	Μη ελκυστική οπτικά
Υψηλή συντήρηση	Μικρή συγκράτηση ομβρίων
Μεγαλύτερο κόστος αντικατάστασης	
Απαιτείται μεγαλύτερη ειδίκευση	

Μεταξύ των διαφορετικών τύπων πράσινων στεγών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικά συστήματα ή και τεχνολογίες. Τα τρία πιο κοινά συστήματα είναι: τα πλήρη συστήματα, τα μορφωματικά και τα προ-καλλιεργημένα φυτικά καλύμματα.

Πλήρη συστήματα: Αυτός ο τύπος συστήματος μπορεί να προστεθεί στη στέγη είτε κατά τη διάρκεια είτε μετά την κατασκευή, και αποτελείται από όλα τα διαφορετικά συστατικά της στέγης, από τη μεμβράνη οροφής μέχρι και τα φυτά. Ενώ αυτό το σύστημα στέγης προσφέρει την μέγιστη δυνατότητα επιλογής σε μεμβράνες και φυτά για χρήση, συμβάλλει στην υψηλότερη δομική φόρτωση που σημαίνει υψηλότερο κόστος κατασκευής. Η Εικόνα 5 είναι ένα διάγραμμα που επεξηγεί τα διαφορετικά συστατικά σε ένα πλήρες σύστημα.



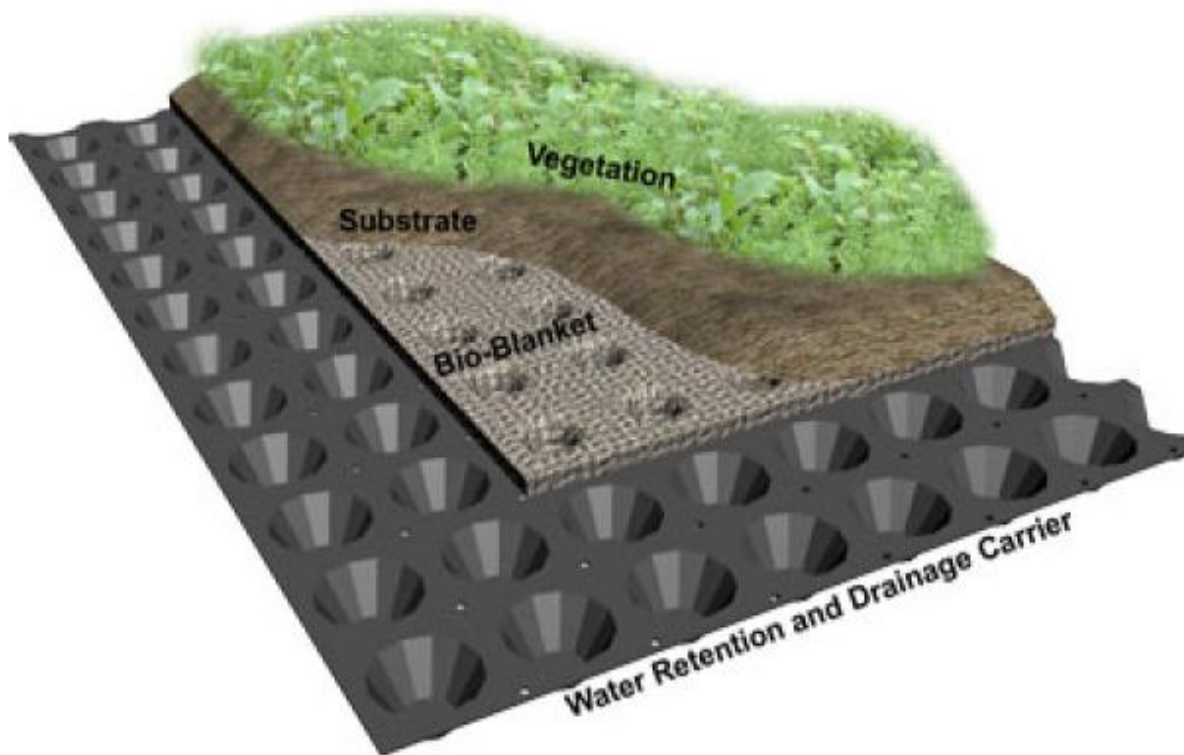
Εικόνα 5. Διαφορετικά στρώματα ενός πλήρους συστήματος.⁷

Μορφωματικά συστήματα: Αυτά τα συστήματα δεν είναι χτισμένα στη στέγη αλλά τοποθετούνται κυρίως σε μια ήδη χτισμένη στέγη. Τα φυτά μεγαλώνουν σε ειδικούς δίσκους και μεταφέρονται στη στέγη όταν είναι πλήρως ανεπτυγμένα. Το βάθος και ο τύπος του χώματος είναι ευπροσάρμοστα, εντούτοις, τα βαθιά εδαφολογικά στρώματα δεν είναι κοινά. Χαρακτηριστικά, ένα μορφωματικό σύστημα θα είναι μεταξύ 7,5 εκατ. έως 30 εκατ.. Η εικόνα 6 παρουσιάζει ένα διάγραμμα ενός μορφωματικού συστήματος.



Εικόνα 6.Μορφωματικά συστήματα πράσινων στεγών.⁸

Προ-καλλιεργημένα φυτικά καλύμματα: Αυτός ο τύπος συστήματος είναι παρόμοιος με ένα μορφωματικό σύστημα όπου τα φυτά πρώτα αναπτύσσονται και έπειτα τοποθετούνται στην στέγη. Η κύρια διαφορά είναι στον τρόπο με τον οποίο εγκαθίστανται τα καλύμματα. Τοποθετούνται κυλώμενα επάνω στην στέγη ασφαρίζοντας τα κεραμίδια που μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιαδήποτε στέγη. Αυτά τα καλύμματα είναι πολύ λεπτά και δεν παρέχουν μεγάλη δυνατότητα στην επιλογή φυτών. Λόγω του περιορισμένου ύψους τους, δεν χρησιμοποιούνται πολύ συχνά. Η εικόνα 7 είναι ένα σχήμα που επεξηγεί τα διαφορετικά στρώματα.



Εικόνα 7. Προ-καλλιεργημένα φυτικά καλύμματα.⁹

Ο πίνακας 3 είναι μια συγκριτική περίληψη των τριών διαθέσιμων συστημάτων.

Πίνακας 3: Σύγκριση των διαθέσιμων συστημάτων πράσινων στεγών

	Πλήρη Συστήματα	Μορφωματικά συστήματα	Προ-καλλιεργημένα Καλύμματα
Συντήρηση/επισκευή	δύσκολη	εύκολη	εύκολη
Εγκατάσταση	δύσκολη	Γρήγορη κι εύκολη	Γρήγορη κι εύκολη
Σύστημα	Συνδυασμοί στρώματος	Προ-φυτευμένο	Προ-φυτευμένο
Βάρος	Μεγάλο	Μέτριο	Μικρό
Δυνατότητα επιλογή φυτών στην	Μεγάλη	Μεσαία	Μικρή

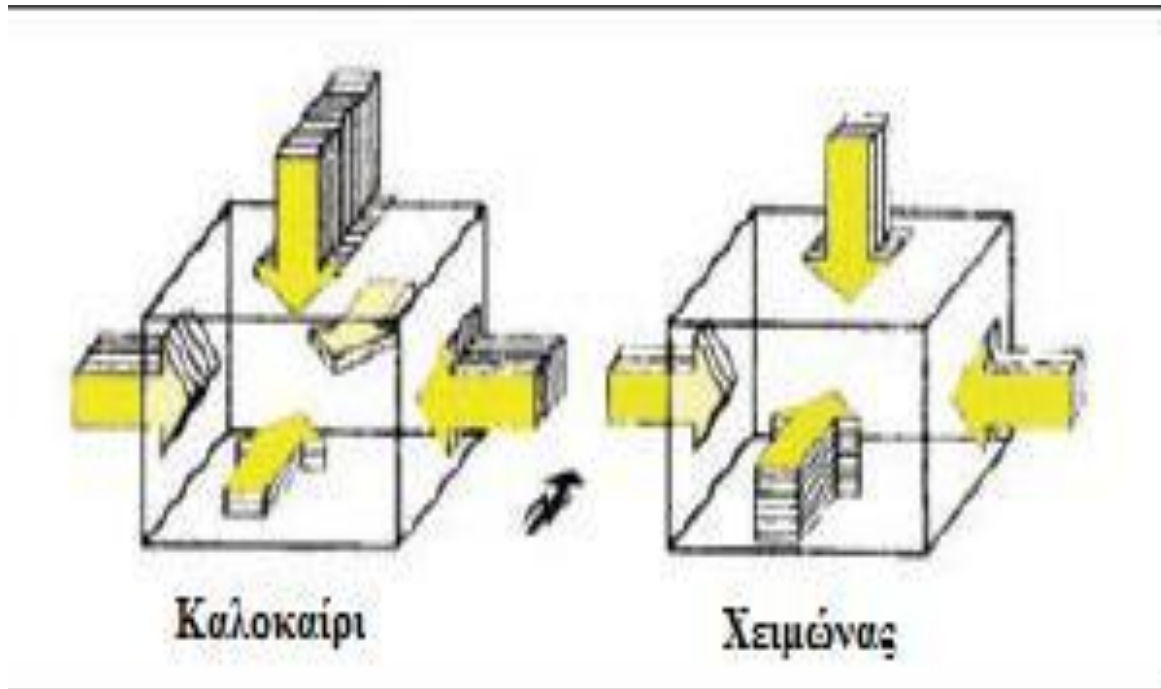
1.4 ΠΩΣ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΟΙ ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΤΕΓΕΣ ΣΤΗΝ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ.

Τα τελευταία χρόνια γίνεται συχνά λόγος για το «Φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας», το οποίο σχετίζεται άμεσα με το μικροκλίμα των αστικών περιοχών. Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας είναι η υπερθέρμανση των αστικών και των προαστιακών περιοχών, σε σχέση με την περιβάλλουσα περιοχή, λόγω της αυξημένης ασφαλτόστρωσης, της κάλυψης εδάφους και της εντατικής οικοδόμησης. Αυτές οι τεχνητές υψηλές θερμοκρασίες έχουν ένα εύρος άμεσων και έμμεσων επιπτώσεων στην ποιότητα ζωής των κατοίκων. Το φαινόμενο αυτό αυξάνει τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας για τα κλιματιστικά και αυξάνει το ρυθμό με τον οποίο οι χημικές διαδικασίες παράγουν ρύπους όπως το όζον. Επίσης επιδεινώνει παθήσεις που επηρεάζονται από τη θερμότητα. .

Ένα παράδειγμα μικροκλίματος είναι ο αέρας ακριβώς επάνω από ένα κτίριο, το οποίο έχει ένα διαφορετικό μικροκλίμα από τον αέρα στην βάση του κτιρίου. Το μικροκλίμα επάνω από αυτήν την στέγη μπορεί να αλλάξει με την αλλαγή ορισμένων παραγόντων. Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι τη θερμοκρασία του αέρα επάνω από μια στέγη μπορεί να αλλάξει με την τοποθέτηση ενός στρώματος από χώμα και φυτά. Οι πράσινες στέγες επίσης αναχαιτίζουν την ηλιακή ακτινοβολία και κατ' επέκταση συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας. Όπως τα άλση μέσα στις πόλεις απορροφούν και εκτρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία με τέτοιο τρόπο ώστε να μην παράγεται θερμότητα. Σύμφωνα με τους Callaghan και Peck, μεγάλο μέρος της ηλιακής ενέργειας ανακλάται με οικοδομητικά υλικά όπως το σκυρόδεμα και η άσφαλτος, κι έτσι αυξάνει την τοπική θερμοκρασία. Το ποσό θερμότητας της ακτινοβολίας μπορεί να μειωθεί από τις πράσινες στέγες. Όταν το φως του ήλιου πέφτει στο φύλλο ενός φυτού, υφίσταται τα εξής: 2% απορροφάται και χρησιμοποιείται στη φωτοσύνθεση για να δημιουργήσει τη βιομάζα και το οξυγόνο, 48% περνάει μέσω του φύλλου και αποθηκεύεται στο υδατικό σύστημα του φυτού, 30% χρησιμοποιείται ως θερμότητα στην διαπνοή, και μόνο 20% ανακλάται. Δεδομένου ότι όταν υπάρχουν φυτά, το μικρότερο ποσοστό της ηλιακής ενέργειας ακτινοβολείται πίσω στον αέρα, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι πράσινες στέγες μειώνουν τις θερμοκρασίες του αέρα που τις περιβάλλει.¹⁰

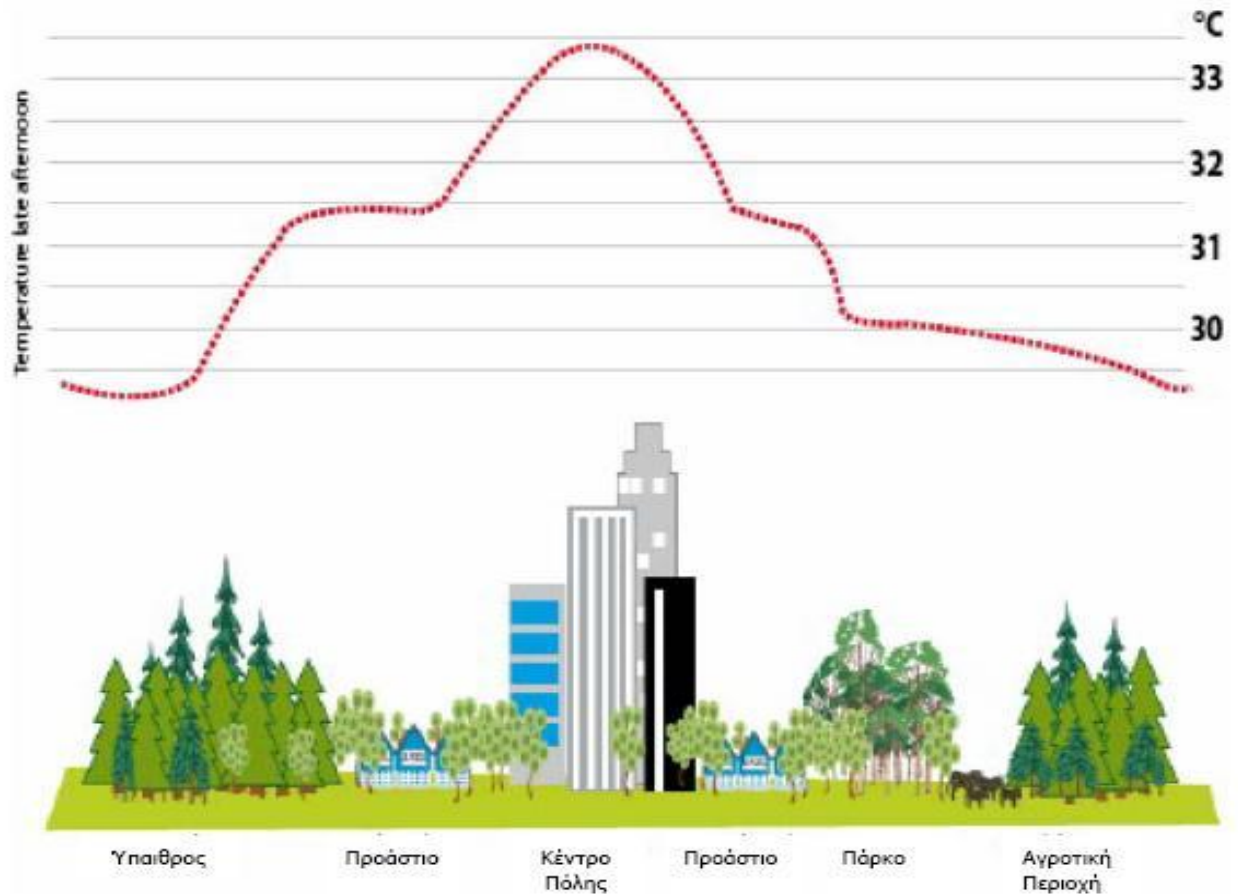
Τα αποτελέσματα μίας προσομοίωσης ASHRAE που εκπονήθηκε από το Δήμο του

Σικάγο για την πράσινη στέγη του Δημαρχείου, έδειξε ότι όταν μειώνεται η ατμοσφαιρική θερμοκρασία του αέρα κατά ένα βαθμό Fahrenheit (περίπου μισό βαθμό C), μειώνεται και η χρήση ενέργειας για ψύξη κατά 1,2%. Από τη μελέτη συμπεραίνεται ότι αν για μία περίοδο δέκα ετών ή και περισσότερο, όλα τα κτίρια στο Σικάγο αναπροσαρμοζόντουσαν με πράσινες στέγες, (30% της συνολικής επιφάνειας γης), θα προέκυπτε εξοικονόμηση 100.000.000\$ ετησίως από τις μειωμένες απαιτήσεις για ψύξη σε όλα τα κτίρια. Επίσης, η ψύξη θα επιβράδυνε τη χημική διαδικασία που παράγει όζον, οξείδια του αζώτου και νέφος, και θα βοηθούσε στην αντιστάθμιση παραγωγής των διοξειδίων του θείου από τη χρήση ορυκτών καυσίμων.



Εικόνα 8. Ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται ένα κτίριο σε γεωγραφικό πλάτος 40° (Ευμορφοπούλου, Αραβαντινός, 1998).

Ο ορισμός "νησίδα" δίνεται από το σχεδιάγραμμα θερμοκρασίας στις πόλεις και τις περιβάλλουσες αγροτικές περιοχές τους λόγω του αέρα που βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια που μοιάζει με ένα νησί. Αυτό φαίνεται στην εικόνα 9.



Εικόνα 9.Γενική διατομή της αστικής νησίδας.¹¹

Σύμφωνα με τους Callaghan και Peck ¹⁰, το φαινόμενο της αστικής νησίδας οφείλεται κυρίως στο μεγάλο ποσοστό των σκληρών και αντανακλαστικών επιφανειών στις πόλεις. Στις αγροτικές περιοχές όπου υπάρχει περισσότερο πράσινο, μια μεγάλη ποσότητα ηλιακής ενέργειας κυρίως απορροφάται και μετασχηματίζεται σε βιομάζα και λανθάνουσα θερμότητα από την βλάστηση, παρά ανακλάται πίσω στον αέρα. Ελλείπει αυτής της βλάστησης, η ενέργεια ακτινοβολείται μακριά από την επιφάνεια, αυξάνοντας κατά συνέπεια την θερμοκρασία του αέρα που βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια. Επιπλέον, τα κτίρια, τα μεταφορικά μέσα και οι βιομηχανικές διεργασίες που γίνονται στις αστικές περιοχές εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες θερμότητας, γεγονός που αυξάνει επίσης τη θερμοκρασία σε αυτές τις αστικές περιοχές .¹¹

Σε έρευνα που έγινε με θέμα την αύξηση του φαινομένου της αστικής νησίδας , προτάθηκαν μέθοδοι για την μείωση του. Οι πιο σημαντικές από αυτές είναι: οι πόλεις να

μπορούν να εκμεταλλεύονται τις φυσικές πηγές δροσερού αέρα από τις περιβάλλουσες αγροτικές περιοχές και λίμνες, να δημιουργηθούν περισσότερα πάρκα στις πόλεις, να σχεδιαστούν αστικές δομές όπου επιτρέπουν την κυκλοφορία του αέρα καθώς και την αυξανόμενη βλάστηση ή άλλες πηγές ύδατος στις πόλεις ώστε να αυξηθεί και η εξατμισοδιαπνοή. Έχει διαπιστωθεί ότι τα προγράμματα φύτευσης δέντρων στις μητροπολιτικές περιοχές είχαν ευεργετικά αποτελέσματα στη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα, στην αισθητική του τοπίου και στην μείωση της παραγωγής αερίων του θερμοκηπίου¹¹. Εντούτοις, λόγω του περιορισμένου χώρου στις πόλεις για φύτευση δέντρων, ο σχεδιασμός αυτός δεν είναι συχνά μια βιώσιμη επιλογή. Όμως οι πράσινες στέγες δημιουργούν την ευκαιρία να αυξηθεί η βλάστηση και το χώμα στις πόλεις, παρέχοντας κατά συνέπεια την απαραίτητη επιφάνεια εξάτμισης για τη φυσική κατανάλωση ενέργειας, χωρίς την πολύτιμη κατανάλωση χώρου. Μπορούν να μειώσουν σημαντικά τη θερμοκρασία του αέρα κοντά στην επιφάνεια, μειώνοντας κατά συνέπεια και τις δαπάνες κλιματισμού και την ρύπανση.

2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.

2.1 ΔΟΜΗ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΣΤΕΓΗΣ.

Οι δομικές απαιτήσεις διαφέρουν μεταξύ των εντατικών και εκτενών πράσινων στεγών. Οι εντατικές πράσινες στέγες έχουν χαρακτηριστική εδαφολογική βάση 20 – 60 εκατ., επομένως παράγονται μεγάλες πιέσεις στη στέγη σε συνθήκες που το έδαφος έχει διαποτιστεί. Είναι πιο επιμελημένες με τα δέντρα και τους θάμνους, που απαιτούν και τη μεγαλύτερη δομική σταθερότητα μιας πολύ ενισχυμένης δομής. Απαραίτητη είναι η εξέταση στα μέτρα ασφάλειας που λαμβάνονται όπως η εγκατάσταση ανεμπόδιστων διαβάσεων ώστε να έχουν πρόσβαση οι άνθρωποι.

Οι εκτενείς πράσινες στέγες έχουν χαρακτηριστική εδαφολογική βάση 5 – 15 εκατ., και μόνο το 25% από αυτή είναι εκτενής πράσινη στέγη. Αυτές οι στέγες σχεδιάζονται χαρακτηριστικά για περιορισμένη ανθρώπινη πρόσβαση λόγω έλλειψης της συντήρησης που απαιτείται. Επομένως τα φορτία μιας εκτενούς πράσινης στέγης είναι λιγότερα σε σχέση με μια εντατική πράσινη στέγη.

Κατά τον σχεδιασμό των δομικών βάσεων της στέγης, λαμβάνονται υπ' όψιν οι ακόλουθοι παράγοντες: τα νεκρά φορτία (D), τα ζωντανά φορτία (L), τα φορτία αέρα (W) και τα φορτία της θερμοκρασίας (T). Τα νεκρά φορτία περιλαμβάνουν το βάρος των μέσων και των μόνιμων υλικών οικοδόμησης της κατασκευής και τον στάσιμο εξοπλισμό. Τα ζωντανά φορτία περιλαμβάνουν τα φορτία που παράγονται από την έντονη χρήση, το χιόνι, τον πάγο και τη βροχή. Για τον υπολογισμό κάθε φορτίου χρησιμοποιείται η παρακάτω εξίσωση.

$$W_f = \alpha_D D + \gamma \Psi (\alpha_L L + \alpha_W W + \alpha_T T)$$

Όπου W_F το συνολικό φορτίο

Οι παράγοντες φορτίων α , θα ληφθούν ως εξής:

$$\alpha_D = 1.25$$

$$\alpha_L = 1.50$$

$$\alpha_W = 1.50$$

$$\alpha_T = 1.25$$

Ο παράγοντας γ , δεν θα είναι λιγότερο από 1,00

Ο παράγοντας συνδυασμού φορτίων Ψ , θα ληφθεί ως 0,60 όταν ενεργούν όλα τα L, τα W και τα T στη δομή.

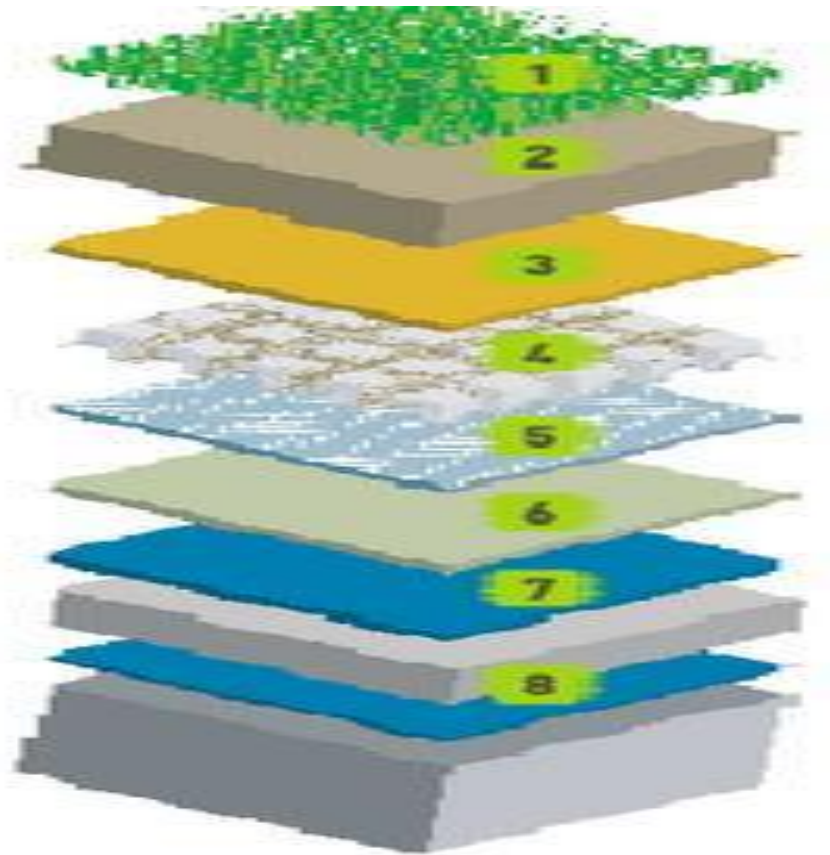
Επομένως

$$w_f = 1.25D + 0.60(1.50L + 1.50W + 1.25T)$$

Και για τις εντατικές και για τις εκτενείς πράσινες στέγες το φορτίο αέρα (W) και το φορτίο θερμοκρασίας (T) θα έχει την ίδια τιμή. Τα ζωντανά φορτία μιας εντατικής πράσινης στέγης θα περιλαμβάνουν το βάρος του χώματος, το μέσο και την βλάστηση(φυτά, δέντρα, και θάμνους), η οποία είναι μεγαλύτερη από αυτήν της εκτενούς πράσινης στέγης. Το

μεγαλύτερο ζωντανό φορτίο της εντατικής στέγης απαιτεί ένα μεγαλύτερο νεκρό φορτίο λόγω του σχεδιασμού μιας ισχυρότερης δομής ώστε να αντισταθεί στα ζωντανά φορτία. Επομένως το συνολικό φορτίο για την εντατική πράσινη στέγη θα είναι μεγαλύτερο από αυτό της εκτενούς στέγης, που απαιτεί μεγαλύτερο κύριο κόστος.

2.2 ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΜΙΑΣ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΣΤΕΓΗΣ.



Εικόνα 10. Διατομή πράσινων στεγών.¹²

2.2.1 ΣΤΡΩΜΑ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ.

Το στρώμα βλάστησης αποτελείται από κάκτους και φυτά που επιζούν με ελάχιστο πότισμα. Κατά την επιλογή ενός μέσου βλάστησης για μια εκτενή πράσινη στέγη, το μέγιστο βάθος της ρίζας πρέπει να θεωρηθεί 10cm, για να ελαχιστοποιήσει το εδαφολογικό βάθος .

Συνήθως χρησιμοποιούνται θάμνοι sedums (φυτά επίγειας κάλυψης) για την κάλυψη της βλάστησης λόγω της δυνατότητάς τους να αποθηκεύουν το νερό στα φύλλα τους για εκτεταμένες χρονικές περιόδους, ώστε να το χρησιμοποιήσουν σε συνθήκες ξηρασίας. Οι χλόες είναι κατάλληλες για χρήση επειδή μπορούν να επιζήσουν στις δύσκολες καιρικές συνθήκες και επειδή απαιτούν την ελάχιστη συντήρηση. Οι εντατικές πράσινες στέγες έχουν πολλές δυνατότητες βλάστησης. Πρέπει να εκτιμηθούν οι δαπάνες συντήρησης, η άρδευση και το γενικό βάρος των υλικών. Στην Εικόνα 11 φαίνονται τα είδη φυτών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν.



Εικόνα 11.Είδη φυτών που χρησιμοποιούνται στις πράσινες στέγες ¹².

2.2.2 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ (ΣΤΡΩΜΑ ΕΛΑΦΟΥΣ).

Οι βέλτιστες εδαφολογικές συνθήκες αποτελούνται από $\frac{1}{2}$ στερεό μοριακό υλικό, $\frac{1}{4}$ νερό και $\frac{1}{4}$ οξυγόνο. Ελαφρύς επεκτατικός σχιστόλιθος ή άργιλος που θερμαίνεται σε πάνω από 1000°C χρησιμοποιούνται προκειμένου να επεκταθεί και να μεγιστοποιηθεί το πορώδες. Αυτή η αύξηση στο πορώδες αυξάνει την ικανότητα του χώματος να συγκρατεί το νερό και τις θρεπτικές ουσίες. Η διαδικασία θέρμανσης βελτιώνει επίσης τον αερισμό και την αποξήρανση για τη βέλτιστη ανάπτυξη των φυτών¹³. Η προσθήκη του λιπάσματος στο χώμα παρέχει μια υψηλή ποσότητα από οργανικό υλικό και θρεπτικές ουσίες στο χώμα για την ενισχυμένη αύξηση της βλάστησης. Είναι σημαντικό ότι το στρώμα του εδάφους, συνδεδεμένο με το σύστημα αποστράγγισης, καλύπτει τις απαιτητικές φυσικές, χημικές, και βιολογικές απαιτήσεις του σχεδίου. Αυτό περιλαμβάνει τη διατήρηση της υγρασίας, το πορώδες και την υδραυλική αγωγιμότητα¹⁴.

2.2.3 ΜΕΜΒΡΑΝΗ-ΦΙΛΤΡΟ (ΔΙΗΘΗΤΙΚΟ ΦΥΛΛΟ).

Μεταξύ του στρώματος του εδάφους και του τάπητα αποξηράνσεως υπάρχει μια μεμβράνη εδαφολογικών φίλτρων (γεωφάσματα). Αυτή η μεμβράνη διατηρεί το χώμα και δεν επιτρέπει στις ρίζες των φυτών να διεισδύσουν στο στρώμα αποξηράνσεως κι ενδεχομένως να το φράσουν μειώνοντας έτσι την αποτελεσματικότητά του. Τα γεωφάσματα είναι διαπερατά υφάσματα που έχουν κατασκευαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μην επιτρέπουν το πέρασμα ενός κόκκου συγκεκριμένου μεγέθους.

2.2.4 ΣΤΡΩΜΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ (ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ).

Το στρώμα απορροής εκτρέπει τις μεγάλες ποσότητες των ομβρίων υδάτων που δεν μπορούν να απορροφηθούν από το χώμα ή από τα φυτά της πράσινης στέγης, και τις μεταφέρει στους αγωγούς που βρίσκονται στην κορυφή των στεγών. Το νερό είναι έπειτα ικανό να κυλήσει στο σύστημα αποστράγγισης. Αποτελείται συνήθως από διογκωμένη άργιλο, χαλίκια, ελαφρόπετρα ή κόκκους περλίτη.

2.2.5 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΜΟΝΩΣΗΣ.

Συγκρατεί υγρασία και θρεπτικά στοιχεία, ενώ ταυτόχρονα εξασφαλίζει την προστασία της μόνωσης της στέγης από μηχανικές φθορές.

2.2.6 ΣΤΡΩΣΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΙΖΩΝ.

Η μεμβράνη ριζοπροστασίας χρειάζεται για την προστασία της μεμβράνης υγρομόνωσης, από τη διαβρωτική ικανότητα ορισμένων ριζών. Μπορεί να αποφευχθεί στην περίπτωση μη εντατικού ριζικού συστήματος, αλλά κάτι τέτοιο δεν είναι πάντα προβλέψιμο, αφού πολλές καλλιέργειες στην πορεία του χρόνου μπορεί να αλλάξουν το είδος των φυτών που φιλοξενούν, σκοπίμως ή τυχαία.

2.2.7 ΥΓΡΟΜΟΝΩΣΗ-ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ.

Στρώμα ύψους 5 εκατοστών. Δύναται να αποτελείται από ινώδη υλικά, από διογκωμένο φελλό ή από διογκωμένο γυαλί. Μπορεί να τοποθετηθεί είτε απ' ευθείας επί της φέρουσας πλάκας αφού προηγουμένα εφαρμοσθεί απισωτική τσιμεντοκονία (εφόσον υπάρχουν ανωμαλίες) όταν η υγραμετρία των κάτωθεν χώρων είναι μικρότερη των 5gr/m³ είτε επί φράγματος υδρατμών σε συνδυασμό ή όχι με στρώση διάχυσης υδρατμών όταν η υγραμετρία των κάτωθεν χώρων είναι μεγαλύτερη των 5 gr/m³.

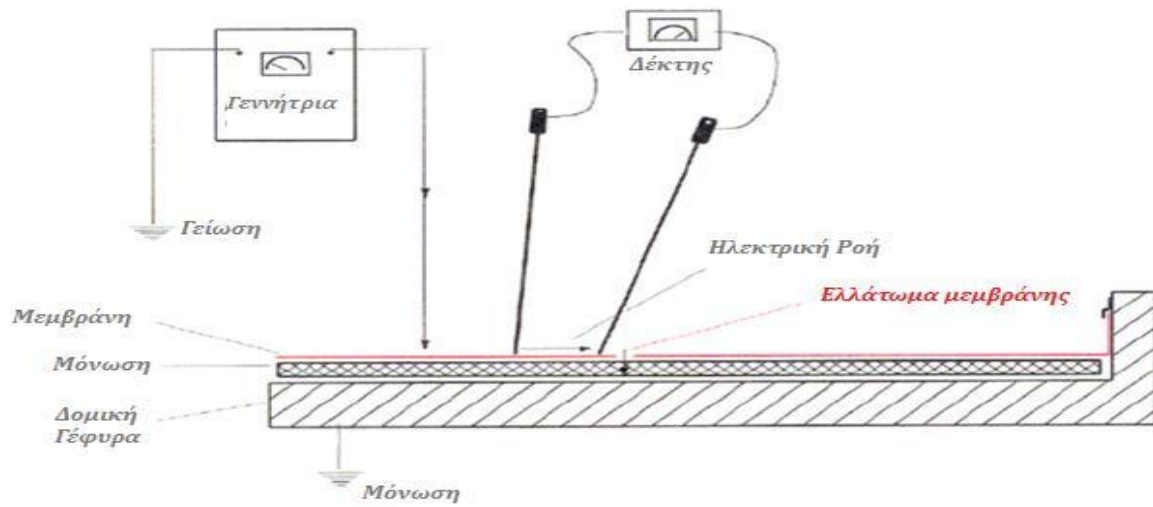
2.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΙΑΣ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΣΤΕΓΗΣ .

Η εγκατάσταση μιας πράσινης στέγης πρέπει να ανταποκριθεί στα γερμανικά FLL πρότυπα, αυτήν την περίοδο τα μοναδικά διεθνώς αναγνωρισμένα πρότυπα οικοδόμησης για τις πράσινες στέγες. Πρέπει να στραγγίζεται κατάλληλα κάθε ποσότητα ομβρίων υδάτων δεν απορροφάται από τη στέγη. Η δοκιμή διαρροών εκτελείται ως εξής:

- Ένα καλώδιο εφαρμόζεται σε έναν ορθογώνιο βρόχο γύρω από την περιοχή δοκιμής και έπειτα συνδέεται με μια γεννήτρια παλμού.
- Κάθε τρία δευτερόλεπτα, δίδεται ένας παλμός με διάρκεια ενός δευτερολέπτου
- Μια ηλεκτρική διαφορά δυναμικού δημιουργείται μεταξύ του υγρού στρώματος του μέσου και της παρυφής των στεγών. Εάν υπάρχουν οποιεσδήποτε διαρροές, το ηλεκτρικό ρεύμα θα ρεύσει από το μέσο μέσω της οπής στην παρυφή των στεγών
- Χρησιμοποιώντας έναν δέκτη και δύο ελεγκτές, η κατεύθυνση του ρεύματος μπορεί να καθοριστεί, και κινώντας τους πέρα από την περιοχή δοκιμής, η οπή μπορεί να επισημανθεί. Λόγω της υψηλής ηλεκτρικής αντίστασης του μέσου των στεγών, το ρεύμα είναι σχετικά μικρό. Εντούτοις, χρησιμοποιείται η τρέχουσα κατεύθυνση για να βρεθεί η διαρροή στη μεμβράνη, επομένως το μέγεθος του ρεύματος δεν είναι σημαντικό ¹⁵.

Για να αποφθεχτεί η πτώση, συστήνεται η εγκατάσταση μιας εξωτερικής πηγής ύδατος ή ενός συστήματος άρδευσης. Αυτό εξασφαλίζει ότι το στρώμα του εδάφους λαμβάνει επαρκείς θρεπτικές ουσίες και την υγρασία κάτω από οποιεσδήποτε κλιματικές συνθήκες που μπορούν να προκαλέσουν εκτενή ζημία..

Για να εξασφαλιστεί η αποτελεσματικότητα της γεωμεμβράνης, μπορεί να εξεταστεί με ένα Ηλεκτρικό Πεδίο Διανυσματικής Χαρτογράφησης (EFVM) ώστε να ανιχνευτούν οι διαρροές. Αυτή η δοκιμή εκτελείται αμέσως μετά από την εγκατάσταση της γεωμεμβράνης, βρέχοντας την γεωμεμβράνη και εφαρμόζοντας ηλεκτρικό ρεύμα κατευθείαν μέσω δύο ελεγκτών. Μια διαρροή ανιχνεύεται όταν το ρεύμα από το EFVM μείνει στην παρυφή των στεγών, όπως απεικονίζεται στις Εικόνες 12 και 13, σε περίπτωση που το νερό παραβιάσει την αδιάβροχη γεωμεμβράνη, αυτό το μη-αποστραγγιζόμενο νερό μπορεί να προκαλέσει εκτενή ζημία δεδομένου ότι δεν μπορεί να εξατμιστεί.



Εικόνα 12. Τεχνολογία Διανυσματικής Χαρτογράφησης Ηλεκτρικών Πεδίων ¹⁵.



Εικόνα 13. Διανυσματική Χαρτογράφηση Ηλεκτρικών Πεδίων στην πράξη ¹⁵.

2.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.

Η μεθοδολογία κατασκευής των πράσινων στεγών, ακολουθεί συνήθως τα εξής βήματα ³⁰:

1. Καθαρίζεται επαρκώς η επιφάνεια του χώρου και καλύπτεται με αδιάβροχη μεμβράνη.
2. Τοποθετείται μονωτικό υπόστρωμα, το οποίο κόβεται και διαμορφώνεται σε κάθε μέγεθος και σχήμα, καλύπτοντας πλήρως όλες τις επιφάνειες.
3. Προστίθεται μίγμα φυλλοχώματος, το οποίο απλώνεται σε όλη την επιφάνεια.
4. Σπέρνεται το μίγμα από ποικιλίες σπόρων ανθόφυτων ή χλοοτάπητα σε όλη την επιφάνεια. Χρησιμοποιούνται αρωματικά φυτά, δημιουργώντας ένα λιβάδι στην ταράτσα.
5. Ποτίζεται μέχρι να φυτρώσουν οι σπόροι, αφού τακτοποιηθούν οι λεπτομέρειες (κόψιμο περιττού πλαστικού και καθάρισμα χώρου). Στον εντατικό τύπο, μπορεί να προσαρμοστεί και υπόγειο σύστημα αυτόματης άρδευσης.

Για μια τέτοια παρέμβαση στις στέγες, είναι απαραίτητο να προηγηθεί ειδική μελέτη, προκειμένου να μην υπάρξει πρόβλημα στατικότητας του κτιρίου, αν και τα περισσότερα κτίρια είναι ικανά να παραλάβουν φορτία που σχετίζονται με την παρέμβαση αυτή.

2.5 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΣΤΕΓΗΣ.

Το ποσό συντήρησης που απαιτείται για μια πράσινη στέγη εξαρτάται από τον τύπο πράσινης στέγης που εγκαθιστούμε, την εντατική ή την εκτενή. Μια εκτενής στέγη εμφανίζεται να είναι πιο κατάλληλη επιλογή, σε αυτό θα εστιάσουμε στην ακόλουθη ανάλυση.

Οι περισσότερες επιχειρήσεις που εγκαθιστούν τις πράσινες στέγες ισχυρίζονται ότι οι εκτενείς πράσινες στέγες απαιτούν μικρή ή και μηδαμινή συντήρηση. Για να στηρίξει αυτόν τον ισχυρισμό, ο David Robinson, ο βοηθός διευθυντή του Mountain Equipment (MEC) ανέλυσε το ποσοστό συντήρησης που απαιτεί η εκτενής στέγη του κτιρίου τους. Το κατά προσέγγιση κόστος της πράσινης στέγης τους ήταν \$5000/έτος. Αυτό περιελάμβανε τη μίσθωση μιας επιχείρησης αποκαλούμενης Ecoman ώστε να κάνει τη συντήρηση της στέγης 4 ή 5 φορές ετησίως. Η επιχείρηση οργανώνει ένα σύστημα άρδευσης (για τους θερινούς μήνες μόνο), προσθέτει το οργανικό λίπασμα (σε ορισμένες περιπτώσεις αυτό δεν είναι

απαραίτητο), προσθέτει τα νέα φυτά εάν είναι επιθυμητό, απομακρύνει τα άχρηστα φυτά και καθαρίζει τα πολύ ανεπτυγμένα φυτά.



Εικόνα 14.Εκτενής στέγη στο κτίριο MEC στο Τορόντο.

3. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.

Η σύγχρονη τάση σύμφωνα με τις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης και της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι η δημιουργία λειτουργικών φυτεμένων δωμάτων(πράσινων στεγών). Οι πράσινες στέγες βελτιώνουν το μικροκλίμα των αστικών περιοχών, μειώνουν την ηχορύπανση, τη σκόνη και το νέφος, ενισχύουν και προστατεύουν τη μόνωση του δώματος και δημιουργούν φυσικό περιβάλλον για την αστική χλωρίδα και πανίδα. Επίσης προσφέρουν αισθητικά, οικολογικά κα λειτουργικά πλεονεκτήματα και αποτελούν μια σύγχρονη εφαρμογή περιβαλλοντικού σχεδιασμού με σημαντικά τεχνοοικονομικά οφέλη.

3.1 ΚΥΡΙΑ ΟΦΕΛΗ

Υπάρχουν επτά κύρια οφέλη στην κατοχή μιας πράσινης στέγης. Σε αυτά περιλαμβάνονται: η αυξανόμενη αποδοτικότητα της ενέργειας, η βελτίωση της ποιότητας του αέρα, η μείωση του φαινομένου της θερμικής νησίδας, η ρύθμιση της θερμοκρασίας στη στέγη και στις περιβάλλουσες περιοχές, η συγκράτηση των ομβρίων υδάτων όπου αυξάνει

και τη διάρκεια ζωής των στεγών. Παρακάτω εξετάζεται κάθε ένα από αυτά τα οφέλη λεπτομερώς.

3.1.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ.

Η έρευνα για την δυνατότητα μιας πράσινης στέγης να μειώσει τις ενεργειακές απαιτήσεις, είναι σημαντική για δύο λόγους. Κατ' αρχάς, μειώνοντας τις ενεργειακές απαιτήσεις ενός κτιρίου, μειώνονται και οι δαπάνες κλιματισμού για αυτό το κτίριο. Έπειτα, η μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων μειώνει και την ρύπανση του περιβάλλοντος. Σε αυτή την παράγραφο θα εξετάσουμε τους τρόπους με τους οποίους οι πράσινες στέγες μειώνουν τις ενεργειακές απαιτήσεις στα κτίρια τα οποία καλύπτουν. Υπάρχουν τρεις σημαντικοί τρόποι: με την προσθήκη μόνωσης, με την παροχή σκιάς και με την προστασία των στεγών από τον αέρα.

Η προσθήκη ενός στρώματος από χώμα και ενός στρώματος φυτών σε μια στέγη δημιουργεί μόνωση στο κτίριο που καλύπτει. Η μόνωση επιβραδύνει το ποσοστό μεταφοράς θερμότητας μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού ενός κτιρίου. Αυτό το ποσοστό μεταφοράς θερμότητας εξαρτάται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού αέρα. Ένα καλά μονωμένο κτίριο θα απορροφήσει τη λιγότερη θερμότητα τους ζεστούς μήνες του καλοκαιριού, και θα χάσει μικρές ποσότητες δροσερού αέρα, μειώνοντας κατά συνέπεια τις δαπάνες κλιματισμού. Μια μελέτη του πανεπιστημίου του Βατερλώ έδειξε ότι τα κτίρια με πράσινες στέγες έχουν χαρακτηριστικά τον εσωτερικό αέρα σε θερμοκρασία 3-4 °C χαμηλότερο από τον εξωτερικό αέρα. Επιπλέον, η πρόσθετη μόνωση από πράσινες στέγες θα βοηθήσει τα κτίρια να χάσουν λιγότερο θερμό αέρα τον χειμώνα ¹⁷.

Τα φυτά αποτρέπουν επίσης την ηλιακή ενέργεια να φτάσει στις στέγες με την παροχή σκιάς. Η ηλιακή ενέργεια που φθάνει στην επιφάνεια της στέγης θερμαίνει τον αέρα ακριβώς πάνω από την στέγη. Αυτό αυξάνει τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού του κτιρίου, και επομένως αυξάνει το ποσοστό μεταφοράς θερμότητας μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού αέρα. Σκιάζοντας μια στέγη με τα φυτά, η ηλιακή ενέργεια αποτρέπεται από το να φθάσει στη στέγη αρχικά. Κατά συνέπεια, η αύξηση στη διαφορά θερμοκρασίας δεν πραγματοποιείται και το ποσοστό μεταφοράς θερμότητας δεν αυξάνεται.

Ο τελευταίος τρόπος με τον οποίο οι πράσινες στέγες αυξάνουν την ενεργειακή αποδοτικότητα είναι με την περιφραξή τους από τον αέρα. Το χειμώνα, ο ψυχρός αέρας μειώνει την εσωτερική θερμοκρασία στα κτίρια. Ακόμη και στα αεροστεγή κτίρια, ο αέρας μειώνει την αποτελεσματικότητα της συνηθισμένης μόνωσης. Προστατεύοντας ένα κτίριο από τον ψυχρό αέρα, η θερμική απαίτηση μπορεί να μειωθεί κατά 25% ¹⁰.

3.1.2 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ

3.1.2.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ.

- Ανεπανόρθωτες φθορές σε μνημεία της πολιτιστικής μας κληρονομιάς.
- Αλλοίωση των εξωτερικών επιφανειών των κτιρίων (με συνεπαγόμενο κόστος).
- Κακοσμία και δυσφορία
- Κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία (σχετίζεται με την παρουσίαση άσθματος σε παιδιά, προκαλεί αναπνευστικά προβλήματα και καρδιαγγειακές παθήσεις)

Επιδημιολογικές μελέτες δείχνουν ότι μακροχρόνια έκθεση σε PM10 οδηγεί σε 350 θανάτους ανά 1 εκατομ. Πληθυσμού για κάθε 10 μg/m³ πάνω από το όριο των 20 μg/m³ .

3.1.2.2 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ.

- Παλαιά και νέα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης πρέπει να προσαρμοσθούν στη νέα νομοθεσία που θέτει αυστηρές οριακές τιμές συγκεντρώσεων ρύπων προς προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος.
- Η Ευρωπαϊκή νομοθεσία ακολουθεί τις οριακές τιμές που προτείνονται από την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (Π.Ο.Υ.) και απαιτεί από τα κράτη-μέλη να λάβουν μέτρα ώστε να επιτευχθεί σταδιακή βελτίωση της ποιότητας αέρα, με στόχο την συμμόρφωση με τις μελλοντικές οριακές τιμές ³⁶.

											Επιτρεπόμενες υπερβάσεις	
PM₁₀ (μg/m³)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Μέση 24ωρη οριακή τιμή	75	70	65	60	55	50					50	Όχι > από 35 ημέρες το έτος Όχι > από 7 ημέρες το έτος
Ετήσια οριακή τιμή	48	46,4	44,8	43,2	41,6	40					20	
NO₂ (μg/m³)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Ωριαία οριακή τιμή	300	290	280	270	260	250	240	230	220	210	200	Όχι > από 18 ώρες το έτος
Ετήσια οριακή τιμή	60	58	56	54	52	50	48	46	44	42	40	
O₃ (μg/m³)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Μέγιστος ημερήσιος 8-ωρος μέσος όρος	120	Παραμένει το ίδιο για όλα τα έτη										Όχι > από 25 ημέρες το έτος

Με γκριζο η ημερομηνία έναρξης ισχύς της νομοθεσίας

Η εκτενής φύτευση μέσα στις πόλεις τώρα ευρέως αναγνωρίζεται ως μέσο βελτίωσης της ποιότητας του αέρα. Επομένως, οι πράσινες στέγες συμβάλλουν στην μείωση των διάφορων ρυπογόνων μορίων αέρα και ενώσεων μέσω των φυτών.

- Τα φυτά μειώνουν το διοξείδιο του άνθρακα που υπάρχει στην ατμόσφαιρα και ταυτόχρονα παράγουν οξυγόνο.
- Οι πράσινες στέγες μειώνουν την επίδραση του φαινομένου της θερμικής νησίδας, η οποία είναι η κύρια αιτία της παραγωγής όζοντος.
- Οι φυτεμένες στέγες αφαιρούν τα βαρέα μέταλλα, τα αερομεταφερόμενα μόρια και τις πτητικές οργανικές ενώσεις.

- Τα ρυπογόνα μόρια απορροφούνται από τα συστήματα των πράσινων στεγών και έτσι δεν μπορούν να εισχωρήσουν στο υδατικό σύστημα μέσω της επιφάνειας. Με αυτόν τον τρόπο έχουμε βελτίωση της ποιότητας του νερού

Παρ'όλο που έχει αναγνωριστεί το γεγονός ότι οι πράσινες στέγες διαδραματίζουν έναν θετικό ρόλο στη βελτίωση της ατμοσφαιρικής ποιότητας, αυτό συνδέεται με τη θετική επίδραση που έχουν στο φαινόμενο της θερμικής νησίδας. Οι μεμονωμένες στέγες δεν θα έχουν μεγάλη επίδραση. Εντούτοις, με την εγκατάσταση πολλών συστημάτων πράσινων στεγών σε συγκεκριμένες περιοχές των μεγάλων πόλεων, θα είχαν μια αξιοπρόσεχτη επίδραση.

Αυτοί είναι οι τρόποι με τους οποίους οι πράσινες στέγες μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα του αέρα. Παρακάτω δίνεται μια περίληψη του τι αποτελεί την ποιότητα του αέρα, και για το ποια είναι η τρέχουσα κατάσταση της ποιότητας του αέρα παγκοσμίως αλλά και στην χώρα μας.

3.1.2.3 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ.

Το Δεκέμβριο του 1997, ο Καναδάς συναντήθηκε με περισσότερες από 160 άλλες χώρες στο Κιότο της Ιαπωνίας, για να συζητήσουν την πρόκληση αλλαγής κλίματος. Αυτές οι χώρες έχουν αναγνωρίσει την επείγουσα ανάγκη να μειώσουν τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου (GHG)¹⁸. Το "φαινόμενο του θερμοκηπίου" είναι ο όρος που χρησιμοποιείται συνήθως για να περιγράψει την κατάσταση της θερμοκρασίας της Γής. Ένα τμήμα της ηλιακής ενέργειας που θερμαίνει την γήινη επιφάνεια και τον περιβάλλοντα αέρα ακτινοβολείται πίσω μέσω της ατμόσφαιρας. Εντούτοις, μέρος αυτής της ενέργειας απορροφάται από τα αέρια του θερμοκηπίου, τα οποία διαμορφώνουν ένα προστατευτικό "κάλυμμα" γύρω από τη γη.

Με την καθυστέρηση της ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα, τα αέρια του θερμοκηπίου διατηρούν τη γη σε θερμοκρασία 30 °C υψηλότερα από ότι θα ήταν. Χωρίς την παρουσία των αερίων του θερμοκηπίου, η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια της Γής θα ήταν -18°C¹⁸. Στα αέρια του θερμοκηπίου περιλαμβάνονται αέρια όπως οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα, το όζον, το μεθάνιο και το οξείδιο του νατρίου. Τα αέρια αυτά μπορούν να εμφανιστούν φυσικά, μπορούν όμως και να παραχθούν από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Παραδείγματος χάριν, το διοξείδιο του άνθρακα εκπέμπεται από την καύση του άνθρακα, του πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Το μεθάνιο και το οξείδιο του νατρίου παράγονται από τις καλλιέργειες και τις αλλαγές της χρήσης του εδάφους. Τα βιομηχανικά αέρια δεν εμφανίζονται φυσικά αλλά παράγονται. Τα επίπεδα αυτών των αερίων στην ατμόσφαιρα αυξάνονται με μια πρωτοφανή ταχύτητα. Οι εκπομπές του CO₂ υπολογίζονται για πάνω από 60% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Με τα τρέχοντα ποσοστά εκπομπών που αυξάνονται, τα επίπεδα του CO₂ στην ατμόσφαιρα θα διπλασιαστούν και θα τριπλασιαστούν πριν από το τέλος του 21^{ου} αιώνα. Το αποτέλεσμα από αυτήν την αύξηση θα είναι η θέρμανση της επιφάνειας της Γής και είναι γνωστή ως "ενισχυμένη επίδραση αερίων του θερμοκηπίου." Τα υπολογιστικά πρότυπα προσομοίωσης προβλέπουν ότι η ενισχυμένη επίδραση των αερίων του θερμοκηπίου θα αυξήσει τη μέση γήινη θερμοκρασία κατά 1,4°C σε 5,8 °C μέχρι το έτος 2100¹⁹.

Αυτή η φαινομενικά μικρή άνοδος στη θερμοκρασία θα προκαλέσει μια σημαντική αλλαγή στην κάλυψη σύννεφων, στον αέρα και στη διάρκεια των εποχών. Αυτές οι αλλαγές στο κλίμα της Γής έχουν και θα συνεχίσουν να έχουν σοβαρές συνέπειες. Δυστυχώς, κάποια αλλαγή στο κλίμα είναι αναπόφευκτη τώρα λόγω των προηγούμενων και τρεχουσών εκπομπών αερίων. Μετά από 150 έτη εκβιομηχάνισης, η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου έχει αρχίσει και δεν θα σταματήσει αμέσως ακόμα κι αν εκπομπές αερίων σταματήσουν εντελώς. Εντούτοις, η μείωση των εκπομπών μπορεί να επιβραδύνει το ποσοστό παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, και η παγκόσμια κοινότητα έχει δεσμευτεί να το κάνει. Ο Καναδάς έχει δεσμευτεί να μειώσει τα αέρια του θερμοκηπίου σε 6% κάτω από τα επίπεδα του 1990 από το 2008 έως το 2012¹⁸.

Οι πράσινες στέγες μπορούν να βοηθήσουν στην μείωση της θερμοκρασίας με δύο σημαντικούς τρόπους. Ο πρώτος είναι η παροχή πρόσθετης βιομάζας στις πόλεις. Μέσω της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετατρέπουν το CO₂, το νερό και την ηλιακή ενέργεια σε οξυγόνο και γλυκόζη, μειώνοντας κατά συνέπεια τις εκπομπές του CO₂ στην ατμόσφαιρα. Καθώς μια μεμονωμένη πράσινη στέγη δεν θα μειώσει ικανοποιητικά το CO₂ για να ασκήσει οποιαδήποτε επίδραση στην παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας, πολλές πράσινες στέγες και πάρκα όμως μπορούν να ασκήσουν επίδραση. Ο δεύτερος τρόπος με τον οποίο οι πράσινες στέγες μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές των αερίων είναι με τη μείωση της

απαίτησης κλιματισμού των κτιρίων. Με την μείωση της θερμοκρασίας ενός κτιρίου, που μπορεί να γίνει από μια πράσινη στέγη, το κτίριο μπορεί να μειώσει τις απαιτήσεις του σε κλιματισμό ¹⁰. Ο κλιματισμός δημιουργεί υψηλή ζήτηση στις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, οι οποίες απελευθερώνουν ρύπους κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Επιπλέον, οι υδροφλοροσυνθέτες (hydrofluorocompounds HFCs) είναι ψυκτικές ουσίες που συνήθως χρησιμοποιούνται στα κλιματιστικά, και σύμφωνα με την GREENPEACE International, ένα από τα πιο ισχυρά αέρια του θερμοκηπίου που υπάρχουν πάντα και συμβάλλουν περισσότερο στην παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας ²⁰.

3.1.2.4 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ ΣΤΗΝ ΧΩΡΑ ΜΑΣ.

Το «νέφος» της Αθήνας διανύει ήδη την τρίτη γενιά του. Το «κλασικό ή συμβατικό νέφος» έγινε αντιληπτό στην Αθήνα από μετρήσεις διοξειδίου του θείου (SO₂) και καπνού που ξεκίνησε το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ) το 1969. Στη φάση εκείνη επικρατέστεροι ρύποι ήταν το SO₂ και ο καπνός, προερχόμενοι κυρίως από τις κεντρικές θερμάνσεις και τα πετρελαιοκίνητα οχήματα. Λόγω της παρόμοιας σύστασής του με το νέφος του Λονδίνου της δεκαετίας του 1950, ονομάζεται και «νέφος αιθαλομίχλης» ή «νέφος τύπου Λονδίνου». Το «κλασικό νέφος» άρχισε να παραχωρεί τη θέση του ήδη από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 στο «φωτοχημικό νέφος». Στη δεύτερη φάση επικρατέστεροι ρύποι ήταν τα οξειδία του αζώτου (NO_x), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και το όζον (O₃). Το τελευταίο ανήκει στην κατηγορία των δευτερευόντων αέριων ρύπων διότι είναι προϊόν της φωτοχημικής αντίδρασης των NO_x στην ατμόσφαιρα. Τα NO_x ανήκουν στους πρωτεύοντες αέριους ρύπους, γιατί παράγονται άμεσα. Κύρια πηγή παραγωγής των ρύπων αυτών είναι τα βενζινοκίνητα οχήματα. Λόγω της παρόμοιας σύστασής του με το νέφος του Λος Άντζελες, της δεκαετίας του 1970, ονομάζεται και «νέφος τύπου Λος Άντζελες». Μετεξέλιξη του «φωτοχημικού νέφους» είναι η τρίτη γενιά του, το «υδρογονοσωματιδιακό νέφος» που άρχισε να κάνει έντονη την παρουσία του στα τέλη της δεκαετίας του 1990, αν και μετρήσεις στα μέσα της ίδιας δεκαετίας είχαν διαπιστώσει την ύπαρξή του ³⁷. Το νέφος αυτό περιέχει κυρίως αεροσωματίδια και διάφορες επικίνδυνες ενώσεις υδρογονανθράκων (ΥΑ). Η πηγή προέλευσης των πρώτων είναι οι βιομηχανίες ως επί το πλείστον. Τα αεροσωματίδια παρουσιάζουν μεγάλη γκάμα μεγεθών, αλλά τα πιο επικίνδυνα για τη δημόσια υγεία είναι εκείνα με διαστάσεις έως 10 μικρόμετρα και συμπεριλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, σκόνη,

καπνιά, βαρέα μέταλλα και υδροσταγονίδια. Οι ΥΑ έλκουν την καταγωγή τους στα τροχοφόρα (ανεξάρτητα καταλυτικών ή συμβατικών κινητήρων) και τη χημική βιομηχανία. Μεταξύ τους συγκαταλέγονται οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (γνωστοί ως ΠΑΥ) και οι πτητικές οργανικές ενώσεις (ΠΟΕ), που έχουν πολλάκις ενοχοποιηθεί για καρκινογένεση.

Το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών ήταν ο πρώτος φορέας στην Ελλάδα που εγκατέστησε ένα μικρό δίκτυο ημι-αυτόματων σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικών ρύπων από το 1969. Το δίκτυο αυτό διατηρήθηκε μέχρι το 1984, οπότε οι μετρήσεις περιήλθαν στην αρμοδιότητα του ΥΠΕΧΩΔΕ. Η Διεύθυνση Ελέγχου Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Θορύβου (ΔΕΑΡΘ) του ΥΠΕΧΩΔΕ, και πιο συγκεκριμένα το Τμήμα Ποιότητας του Αέρα της ΔΕΑΡΘ, λειτουργεί ένα δίκτυο 18 αυτόματων σταθμών παρακολούθησης αρκετών αέριων ρύπων (κλασικών, φωτοχημικών και πρόσφατα αεροσωματιδιακών και υδρογονανθρακικών) στο λεκανοπέδιο της Αττικής. Τελευταία το ΥΠΕΧΩΔΕ έχει επεκτείνει τις μετρήσεις του, σε συνεργασία με άλλους φορείς, και σε άλλες προβληματικές, από πλευράς υποβάθμισης του περιβάλλοντος, περιοχές της Ελλάδας (π.χ. Θριάσιο Πεδίο, Θεσσαλονίκη, Μεγαλόπολη). Τα NO_x, το CO και οι ΥΑ παράγονται από τους βενζινοκινητήρες, λόγος για τον οποίο ελήφθη η απόφαση σε ευρωπαϊκό επίπεδο να αντικατασταθούν τα συμβατικά ΙΧ από αντίστοιχα καταλυτικά. Στην Ελλάδα το μέτρο άρχισε να εφαρμόζεται το 1991. Από την ανάλυση των στοιχείων ατμοσφαιρικής ρύπανσης τόσο από το αρχικό δίκτυο του ΕΑΑ όσο και το σύγχρονο του ΥΠΕΧΩΔΕ εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα για την περιοχή της Αθήνας. Το SO₂ παρουσιάζει μια γενική πτωτική τάση στις μέσες ετήσιες τιμές. Το φαινόμενο της πτώσης καθίσταται εντονότερο μετά το 1992 λόγω της διαφορετικής χρήσης του πετρελαίου³⁸. Το εθνικό όριο ποιότητας του αέρα για το SO₂ σε ετήσια βάση είναι τα 80 μg/m³. Όσον αφορά στον καπνό, εμφανίζει και αυτός παρόμοια πτωτική τάση λόγω της εξέλιξης των πετρελαιοκινητήρων και της καλύτερης ποιότητας των καυσίμων. Το εθνικό όριο ποιότητας του αέρα για τον καπνό σε 24ωρη βάση είναι τα 250 μg/m³. Το CO παρουσιάζει μια γενική πτωτική τάση στις μέσες ετήσιες τιμές. Το φαινόμενο παρατηρείται εντονότερα μετά το 1991, οπότε εφαρμόστηκε η αναγκαστική εισαγωγή των καταλυτικών αυτοκινήτων στην Ελλάδα. Οι τιμές στο κέντρο της Αθήνας είναι υψηλότερες έναντι εκείνων στους περιφερειακούς σταθμούς του δικτύου λόγω της εντονότερης κυκλοφορίας των τροχοφόρων. Το εθνικό όριο ποιότητας του αέρα για το CO σε ετήσια βάση είναι τα 10

mg/m³. Το NO₂ εμφανίζει και αυτό μια γενική πτωτική τάση αλλά όχι και στους περιφερειακούς σταθμούς (π.χ. Αμαρουσίου). Ο λόγος είναι ότι η παραγωγή NO_x από τα τροχοφόρα στο κέντρο της Αθήνας ελαττώνεται από το 1992 και εντεύθεν λόγω της εισαγωγής των καταλυτικών αυτοκινήτων. Στην περιφέρεια τα επίπεδα του ρύπου κινούνται σε χαμηλά πλαίσια, επειδή το O₃ εκεί βρίσκεται σε υψηλότερες τιμές. Το εθνικό όριο ποιότητας του αέρα για το NO₂ σε ετήσια βάση είναι τα 200 μg/m³. Για το O₃, παρουσιάζεται μια γενική πτωτική τάση αλλά όχι και τους περιφερειακούς σταθμούς (πχ Μαρουσίου). Ο λόγος είναι ότι η παραγωγή NO_x από τα τροχοφόρα στο κέντρο της Αθήνας καταστρέφει το O₃. Τούτο, όμως, δεν συμβαίνει με τον ίδιο ρυθμό σε περιοχές μακράν του κέντρου. Από την άλλη μεριά, υπάρχει και μεταφορά του ρύπου προς τα βόρεια προάστια, ειδικά τους θερμούς μήνες με την κυκλοφορία της θαλάσσιας αύρας. Οι μεγάλες τιμές στους περιφερειακούς (και δη τους βόρειους) σταθμούς του ΥΠΕΧΩΔΕ, που έχουν παρατηρηθεί, αποτελούν ένα ανησυχητικό φαινόμενο κατά τη διάρκεια καιρικών καταστάσεων που ευνοούν την ανάπτυξη θαλάσσιας αύρας. Το εθνικό όριο ποιότητας του αέρα για το O₃ σε ετήσια βάση είναι τα 180 μg/m³. Τα αεροσωματίδια παρουσιάζουν συνεχή ανοδική πορεία τα τελευταία 12 χρόνια. Η διαπίστωση αυτή θα πρέπει να προβληματίσει τις αρμόδιες αρχές διότι η γενικότερη παρουσία τους σχετίζεται με πνευμονολογικές παθήσεις στο γενικό πληθυσμό και ιδιαίτερα τα ευαίσθητα άτομα (ηλικιωμένους και παιδιά). Οι ΥΑ δεν έχουν μετρηθεί συστηματικά και υπάρχει ανάγκη για μια μεγαλύτερη χρονοσειρά μετρήσεων ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα. Πάντως τα πρώτα στοιχεία είναι ανησυχητικά και θα πρέπει η Πολιτεία να λάβει τα απαραίτητα μέτρα.

Το «νέφος» της συμπρωτεύουσας έκανε την εμφάνισή του στις αρχές του 1990 και χαρακτηρίζεται ως δεύτερης γενιάς (φωτοχημικό νέφος). Από τη μελέτη των τιμών συγκέντρωσης μερικών αέριων ρύπων στο δίκτυο της Θεσσαλονίκης εξάγονται τα ακόλουθα συμπεράσματα³⁷.

1. NO₂. Παρουσιάζεται μια γενική ανοδική πορεία των τιμών του NO₂ στον κεντρικό σταθμό της Αγίας Σοφίας, αλλά μια αδιάφορη μεταβολή στον περιφερειακό σταθμό της Καλαμαριάς. Ο λόγος για τη συμπεριφορά αυτή οφείλεται, πιθανά, στην αύξηση των κυκλοφορούντων βενζινοκίνητων οχημάτων στο κέντρο της πόλης, η οποία στερείται του αντίστοιχου δακτύλιου της Αθήνας. Φαίνεται πως η εισαγωγή των καταλυτικών αυτοκινήτων δεν ωφέλησε πολύ τη Θεσσαλονίκη. Αυτό, βέβαια, που πρέπει να προσεχθεί, είναι ότι η

συγκέντρωση του NO₂ στη συμπρωτεύουσα κυμαίνεται στο μισό τουλάχιστο της αντίστοιχης στην Αθήνα.

2. O₃. Την αντίθετη με το NO₂ πορεία εμφανίζει το O₃. Στην περιφέρεια παρουσιάζει μια αυξητική τάση τα τελευταία χρόνια, ενώ στο κέντρο της πόλης εμφανίζεται μια μείωση. Παρ' όλα αυτά, τα επίπεδα του O₃ είναι απόλυτα συγκρίσιμα με εκείνα της Αθήνας. Αυτό λογικά υπονοεί τη δημιουργία πρόσθετου O₃ στην περιοχή, εκτός, δηλαδή, του παραγόμενου από τη φωτοχημική αντίδραση του NO₂ στην ατμόσφαιρα της πόλης.

3. SO₂. Τα επίπεδα του SO₂ βαίνουν μειούμενα σε όλη την έκταση της πόλης, πράγμα που συνηγορεί στην κατηγοριοποίηση του νέφους της Θεσσαλονίκης ως φωτοχημικού. Μάλιστα οι ετήσιες μέσες συγκεντρώσεις του ρύπου στα τέλη της δεκαετίας του 1990 είναι απόλυτα συγκρίσιμες με εκείνες της Αθήνας.

4. CO. Οι ετήσιες συγκεντρώσεις του CO παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις μέσα στη δεκαετία του 1990, όπως και των άλλων χημικών συστατικών του φωτοχημικού νέφους (NO₂, O₃). Οι διακυμάνσεις αυτές, πιθανά, οφείλονται στα ιδιαίτερα τοπογεωγραφικά χαρακτηριστικά της πόλης (στενή λωρίδα μεταξύ Χορτιάτη και Θερμαϊκού Κόλπου), όπως και στις γενικότερες μεταβολές του καιρού και την τοπική κυκλοφορία αέριων μαζών. Αυτή τη μεγάλη ευαισθησία δεν παρουσιάζει το λεκανοπέδιο της Αθήνας λόγω διαφορετικής τοπογραφίας.

3.1.3 ΜΕΙΩΣΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ.

Όμβρια ύδατα είναι τα κατακρημνίσματα που πέφτουν σε αδιαπέραστες επιφάνειες, ρέοντας στο χαμηλότερο σημείο ως απορροή της επιφάνειας. Το μεγαλύτερο τμήμα των ομβρίων υδάτων που περνάει από μια στέγη αστικής ρύθμισης καταλήγει στο δημοτικό σύστημα υπονόμων. Αυτό μπορεί να προκαλέσει πίεση στο σύστημα αποξηράνσεων κατά τη διάρκεια μιας θύελλας και μπορεί να οδηγήσει σε διάφορα προβλήματα συμπεριλαμβανομένης της πλημμύρας, την συμφόρηση των υδάτινων οδών, και προβλήματα στην ποιότητα του νερού. Καθώς τα όμβρια ύδατα ρέουν πάνω από αδιαπέραστες επιφάνειες, έχουν την δυνατότητα να λάβουν ρύπους όπως η βενζίνη, το πετρέλαιο μηχανών, βακτηρίδια, λιπάσματα και φυτοφάρμακα.

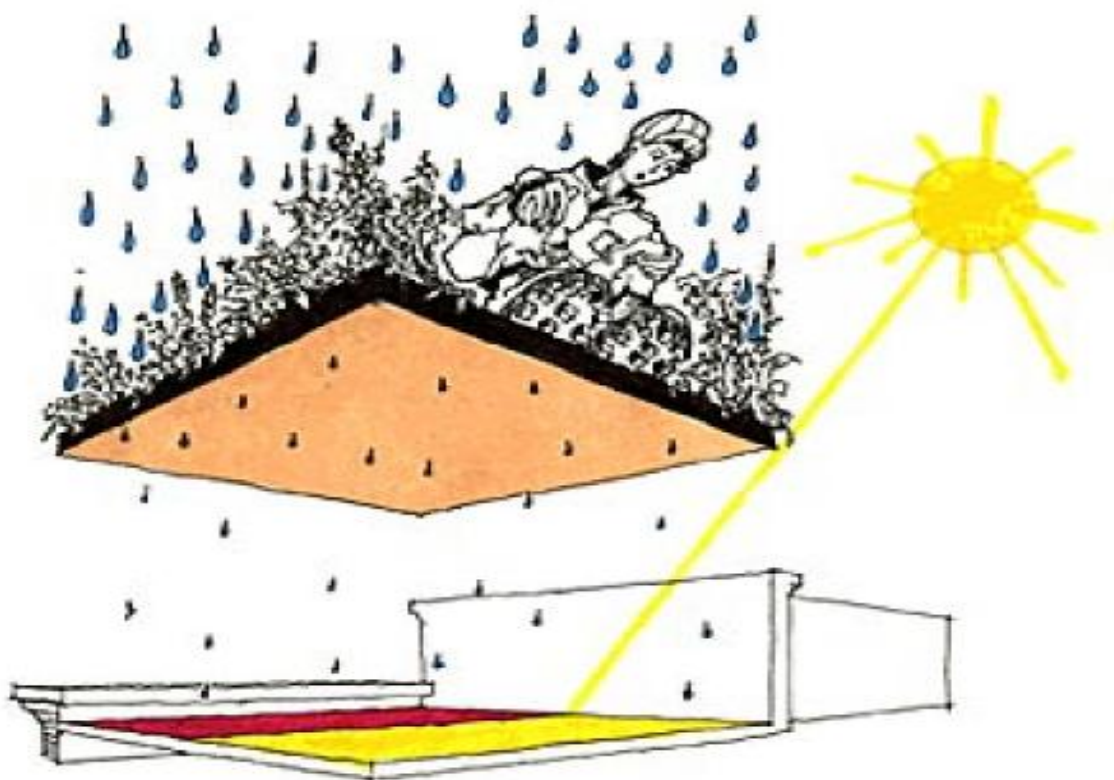
Τοπικά οι πράσινες στέγες μπορούν ενδεχομένως να ανακουφίσουν την υπερφόρτωση των δημοτικών συστημάτων των υπονόμων σταθεροποιώντας την ροή του νερού και μειώνοντας την απορροή των ομβρίων από 70% έως 90% ετησίως¹⁴. Κατά τη διάρκεια μιας περιόδου 15 μηνών από το 2002 -2003, μια μελέτη στο Πόρτλαντ, Όρεγκον αναφέρθηκε στα αποτελέσματα των πράσινων στεγών ως προς την διατήρηση των ομβρίων υδάτων. Διαπιστώθηκε ότι μια εκτενής πράσινη στέγη με ανάπτυξη του μέσου 10-12 χιλ. θα μπορούσε να διατηρήσει το 69% των συνολικών βροχοπτώσεων¹³.

Μια εταιρεία εγκατάστασης πράσινων στεγών, η Hydrotech, έχει ένα εργαλείο στον ιστοχώρο της για τον υπολογισμό της ικανότητας διατήρησης του νερού από μια πράσινη στέγη, βασισμένη στο μέγεθος και στο εδαφολογικό της βάθος²¹. Ας υποθέσουμε ότι εγκαθιστούμε μια εκτενή πράσινη στέγη 280 m² με εδαφολογικό βάθος 15 εκατ., θα είχαμε διατήρηση του νερού κατά 70%. Εάν επρόκειτο να εγκαταστήσουμε μια εντατική πράσινη στέγη του ίδιου μεγέθους αλλά με εδαφολογικό βάθος 40 εκατοστά, θα είχαμε διατήρηση του νερού κατά 80%. Αφού 40 εκατοστά χώματος θα είναι δαπανηρά και πιο βαριά από 15 εκατοστά χώματος, και αφού παρέχουν μόνο ένα 10% στην αύξηση της διατήρησης του νερού, η εκτενής στέγη που έχει 15 εκατ. χώματος συμφέρει περισσότερο στον τομέα διατήρησης των ομβρίων.

Λόγω της ιδιότητας αυτής σε κάποιες πόλεις οι πράσινες στέγες προωθούνται από τοπικούς κανονισμούς και με χρήση κινήτρων όπως τα μειωμένα δημοτικά τέλη. Παράδειγμα αποτελεί η Ουάσιγκτον, στην οποία προωθούνται οι πράσινες στέγες για να μειωθούν οι δαπάνες των ακριβών υπόγειων φίλτρων άμμου.

3.1.4 ΠΑΡΑΤΕΙΝΕΙ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΣΤΕΓΩΝ.

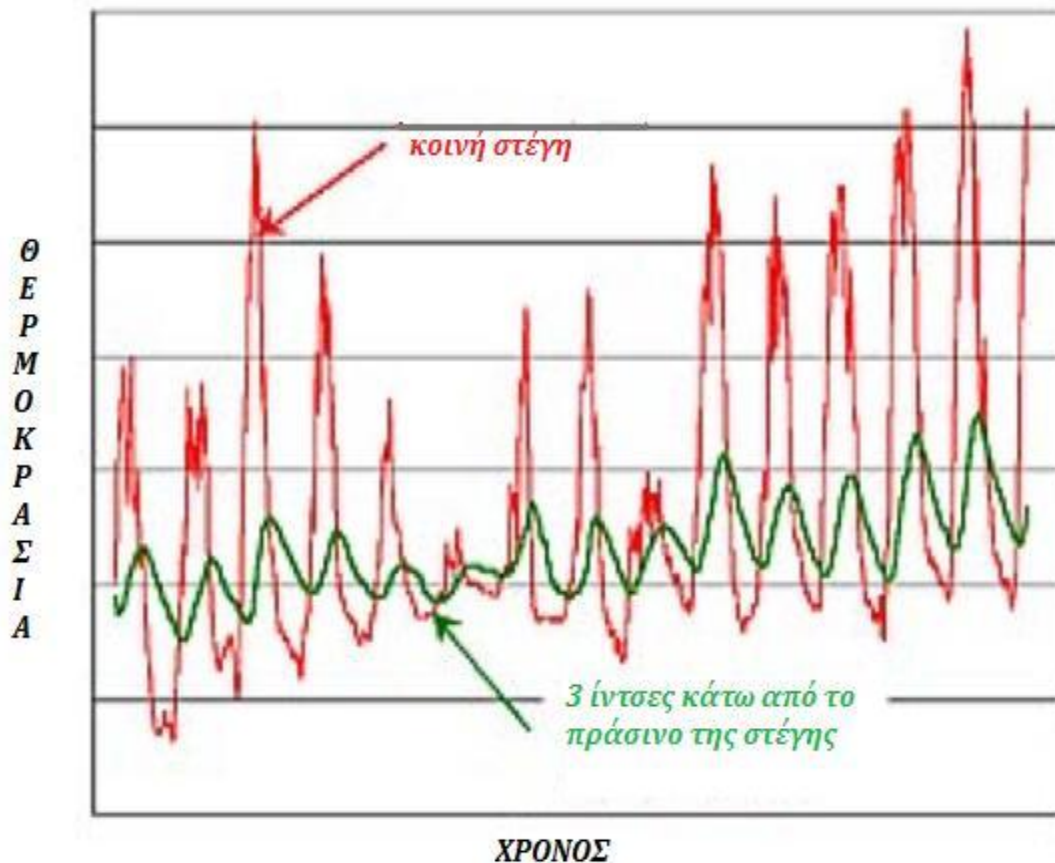
Η βλάστηση που τοποθετείται πάνω από μια στέγη παρατείνει τη διάρκεια ζωής της στέγης με τρεις τρόπους. Αρχικά, προστατεύει τα στρώματα και την εξωτερική μεμβράνη της στέγης από τις υπεριώδεις ακτίνες (Εικόνα 15). Αυτό επιβραδύνει ουσιαστικά την ένδυση του υλικού κατασκευής της σκεπής. Αφετέρου, προστατεύει τη στέγη από οπές, σχισμές και οποιαδήποτε άλλη φυσική ζημιά. Αυτή η ζημιά στις στέγες προκαλείται κυρίως από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και τον καιρό.



Εικόνα 15. Οι UV ακτίνες απορροφώνται από μια πράσινη στέγη²².

Τέλος, η πράσινη στέγη προστατεύει τη σκεπή από τις ακραίες αλλαγές θερμοκρασίας καθώς τα φυτά απορροφούν ένα μεγάλο μέρος της θερμότητας και χρησιμοποιούν την ενέργεια για τη φωτοσύνθεση τους θερινούς μήνες. Αυτό είναι ευεργετικό επειδή ελαχιστοποιεί χαρακτηριστικά την επέκταση των ζημιών και προστατεύει τα υλικά κατασκευής της σκεπής. Έχει παρουσιαστεί σε προηγούμενες μελέτες ότι οι θερμοκρασίες των υλικών κατασκευής της σκεπής μπορούν να φθάσουν σε 80 °C με μια κοινή στέγη ενώ η πράσινη στέγη, στο ίδιο περιβάλλον έχει μέγιστη θερμοκρασία 27°C. Η πράσινη στέγη μπορεί επίσης να προστατεύσει τη στέγη στις σκληρές χειμερινές συνθήκες από τον παγετό και τον σχηματισμό πάγου²³.

Το παρακάτω γράφημα παρουσιάζει μια σύγκριση των θερμοκρασιών μεταξύ μιας πράσινης στέγης και μιας παραδοσιακής στέγης από αμμοχάλικο στη Φιλαδέλφεια. Σαφώς, η διακύμανση θερμοκρασίας με μια πράσινη στέγη είναι μικρότερη.



Εικόνα 16. Σύγκριση θερμοκρασίας με ή χωρίς την χρήση πράσινης στέγης²².

Το συνδυαστικό αποτέλεσμα αυτών των τριών παραγόντων αυξάνει την διάρκεια ζωής της στέγης. Οι περισσότερες επιχειρήσεις υποστηρίζουν ότι μια στέγη μπορεί να διαρκέσει τουλάχιστον το διπλάσιο από μια χαρακτηριστική στέγη. Αυτό έχει χαμηλότερο κόστος και συμφέρει τον ιδιοκτήτη επειδή δεν θα πρέπει να αντικαταστήσει την στέγη πολύ συχνά και είναι επίσης ωφέλιμο για την κοινωνία επειδή θα μειωθούν τα απόβλητα των υλικών οδόστρωσης²². Στον Καναδά πρόσφατα εγκαταστάθηκαν οι πρώτες πράσινες στέγες, και δεν υπάρχουν στοιχεία για την διάρκεια ζωής των στεγών. Εντούτοις, ένα παράδειγμα μελέτης που εκτελείται στη στέγη ενός κτιρίου στο Κένσιγκτον του Λονδίνου, υπόσχεται μια σημαντική βελτίωση στην διάρκεια ζωής. Η πράσινη στέγη που εγκαταστάθηκε το 1938 μελετήθηκε 50 χρόνια αργότερα και βρέθηκε να είναι πλήρως λειτουργική. Αυτό μπορεί να συγκριθεί με την μέση διάρκεια ζωής των στεγών που είναι 25-30 χρόνια²³.

3.2 ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΑ ΟΦΕΛΗ.

Το εξής τμήμα θα περιγράψει τα περαιτέρω οφέλη που μπορεί να έχει ένα κτίριο με την εφαρμογή μιας πράσινης στέγης. Μερικά από αυτά τα οφέλη είναι εξίσου σημαντικά με τα κύρια οφέλη, παρ'όλο που ονομάζονται δευτερεύοντα. Εντούτοις, λόγω της φύσης τους, είναι πιο δύσκολο να αξιολογηθεί ποσοτικά η αξία τους δεδομένου ότι είναι περισσότερο κοινωνικά οφέλη και όχι οικονομικά.

3.2.1 ΕΥΗΜΕΡΙΑ.

Η παρουσία του πράσινου στις πόλεις, στα σπίτια και στα γραφεία είναι γνωστό ότι έχει θετικά ψυχολογικά αποτελέσματα στους ανθρώπους. Μια έρευνα που πραγματοποιείται από κάποιο ερευνητικό εργαστήριο που μελετάει το ανθρώπινο περιβάλλον, έδειξε ότι οι κοινότητες με τα υψηλότερα ποσά πράσινου είχαν "μεγαλύτερη κοινοτική αίσθηση, οδούς με μειωμένο κίνδυνο εγκληματικότητας, χαμηλότερα επίπεδα βίας και καλύτερη ικανότητα να αντιμετωπίσουν τις απαιτήσεις της ζωής"²⁴. Οι μελέτες σε όλο τον κόσμο, σε χώρες όπως η Ολλανδία, δείχνουν ότι το πράσινο συσχετίζεται θετικά με τη διανοητική και προσωπική υγεία. Διαπίστωσαν ότι δεν ήταν απαραίτητο για τους ανθρώπους να βυθιστούν στο πράσινο για να βελτιωθεί η διανοητική τους υγεία²⁵.

Ενώ έχουν γίνει μελέτες πάνω σε αυτό το θέμα, είναι δύσκολο να μετρηθεί ποσοτικά η ευημερία των ανθρώπων κρατώντας όλες τις εξωτερικές μεταβλητές σταθερές. Τα φυσικά οφέλη μπορούν να προέλθουν από την καλύτερη ποιότητα του αέρα, τη μικρότερη διακύμανση της θερμοκρασίας στο κτίριο και τον έλεγχο της υγρασίας. Νοητικά οφέλη θεωρούνται η αισθητική εικόνα, ο ήχος που μεταφέρεται με τον αέρα και η οσμή των φυτών⁶.

Άλλα οφέλη στην κατηγορία της θεραπείας είναι ο μειωμένος χρόνος αποκατάστασης ασθενών νοσοκομείων, η καλύτερη απόδοση των σπουδαστών στις εξετάσεις, η μείωση του ποσοστού της πίεσης καρδιάς και αίματος και η ευκολία στην διαχείριση της πίεσης. Μια επιπλέον μελέτη από το Πανεπιστήμιο του Μίσιγκαν απέδειξε ότι "η εμπειρία της φύσης, εάν παρατηρηθεί παθητικά ή συμμετέχει ενεργά, είναι ένα σημαντικό συστατικό της ψυχολογικής ευημερίας"²⁶. Όχι μόνο βοηθά στην προσωπική ευημερία, μπορεί επίσης να αυξήσει την παραγωγικότητα των εργαζομένων. Το 1990, μια επιχείρηση στη Γερμανία

διαπίστωσε ότι υπήρξε μια σημαντική διαφορά μεταξύ των αναρρωτικών αδειών που λήφθηκαν σε ένα από τα κτίριά της σε σύγκριση με ένα άλλο. Βρέθηκε ότι η μόνη διαφορά που θα μπορούσε να υπάρχει είναι ότι το ένα κτίριο είχε μια πράσινη στέγη ενώ το άλλο όχι²⁷.

Όλες οι προαναφερθείσες μελέτες, συνάγουν το ίδιο σημαντικό συμπέρασμα. Ενώ δεν είναι γνωστοί οι ακριβείς αριθμοί, το πράσινο έχει αποδειχθεί ότι μπορεί βελτιώσει την διανοητική και φυσική ευημερία ενός ανθρώπου.

3.2.2 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.

Μερικές πράσινες στέγες όχι μόνο στεγάζουν τα φυτά, τους θάμνους και άλλου είδους βλάστηση, αλλά αναπτύσσουν και λουλούδια, φρούτα, λαχανικά και χόρτα. Όπως αναφέρεται από την εταιρεία GRHC(Green Roofs for Healthy Cities), η ανάπτυξη των τροφίμων στις πράσινες στέγες παρέχει ευκαιρίες όπως την στήριξη της τοπικής οικονομίας κατά την ανάπτυξη των τροφίμων, την επεξεργασία και διανομή των πιο φρέσκων προϊόντων για την πόλη καθώς επίσης και μερικά εισοδήματα που θα βοηθήσουν στην στήριξη του κόστους της πράσινης στέγης. Ένα παράδειγμα είναι το Fairmount Waterfront Hotel στο Βανκούβερ που έχει μια πράσινη στέγη, στην οποία αναπτύσσονται χορτάρια, λουλούδια και λαχανικά. Υπολογίζεται ότι με την ανάπτυξη των προϊόντων τους, εξοικονομούν \$30.000 ετησίως από δαπάνες.

Εντούτοις, υπάρχουν δυσκολίες με την ανάπτυξη των τροφίμων στη στέγη. Κατ' αρχάς, θα χρειαζόταν επιπλέον συντήρηση σε σύγκριση με μια εκτενή στέγη. Αυτό θα σήμαινε την ανάγκη για επιπλέον χέρια και χρόνο ώστε να στηριχθούν οι αυξανόμενες συγκομιδές. Αφετέρου, με τον δύσκολο χειμώνα όπου υφίστανται συχνά πολλές περιοχές, ο κήπος θα ήταν χρήσιμος μόνο στους μήνες του καλοκαιριού και της άνοιξης, εκτός αν υπάρχει γυαλί ή θόλος ή κάποια άλλη κάλυψη. Τέλος, θα υπήρχαν συμπληρωματικές δομικές δαπάνες που περιλαμβάνονται στο σχέδιο του κτιρίου ώστε να υποστηριχτεί το πρόσθετο μέσο που απαιτείται για την αύξηση τροφίμων²⁸.



Εικόνα 17. Τα χορτάρια μπορούν να αναπτυχθούν στις πράσινες στέγες.

3.2.3 ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΑΞΙΑΣ ΤΗΣ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΣ.

Όπως αναφέρθηκε πριν, πολλές μελέτες για τις πράσινες στέγες δεν έχουν ολοκληρωθεί και επομένως τα διαθέσιμα στοιχεία είναι περιορισμένα. Εντούτοις, μια έρευνα που ολοκληρώνεται στο Κονέκτικατ ²³ του Μάντσεστερ, υποστηρίζει ότι η προσθήκη πράσινου και δέντρων σε μια ιδιοκτησία αυξάνει την αξία της κατά 6%. Αυτή η έρευνα συμπίπτει με τα αποτελέσματα που βρέθηκαν από τον ιστοχώρο του greenroofs.org όπου παρατηρείται αύξηση 6-15% στην αξία των σπιτιών με πράσινες στέγες.

3.2.4 ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ.

Οι πράσινες στέγες έχουν πιστωθεί με τη δυνατότητα να βελτιώνουν σημαντικά την αισθητική στα κτίρια και να ενεργοποιούν τις αισθήσεις των ανθρώπων. Μια πράσινη στέγη είναι ένας τρόπος να διαφοροποιηθεί το κτίριό σας από τα υπόλοιπα και μπορεί επίσης να βοηθήσει στο να καλυφθεί η ασχήμια μιας χαρακτηριστικής στέγης. Η εικόνα που

ακολουθεί καταδεικνύει την οπτική διαφορά μεταξύ μιας κοινής στέγης αμμοχάλικου και μιας πράσινης στέγης.



Εικόνα 18.Οι πράσινες στέγες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δημόσιος χώρος ⁸.

3.2.5 ΜΕΙΩΣΗ ΗΧΟΡΥΠΑΝΣΗΣ.

Τα διαφορετικά στρώματα που χρησιμοποιούνται σε μια πράσινη στέγη μπορούν να συμβάλουν στη μείωση του θορύβου. Η ομοσπονδιακή έκθεση τεχνολογίας Alert δηλώνει ότι το χώμα που χρησιμοποιείται στις πράσινες στέγες μπορεί να απορροφήσει τους μεταφερομένους ήχους και τον κοινό υπαίθριο θόρυβο ⁸. Είναι δυνατό να μειωθούν τα επίπεδα θορύβου σε οποιαδήποτε περιοχή από 10 decibels έως και 46 decibels με ένα ελάχιστο βάθος εδαφολογικού στρώματος 20 εκατοστών. Αυτό το όφελος ισχύει στα κτίρια που βρίσκονται κοντά σε εθνικές οδούς και σε αερολιμένες και δεν είναι επομένως σημαντικό στις εφαρμογές των πράσινων στεγών σε άλλες περιοχές. Η πράσινη στέγη μπορεί να μειώσει την ένταση του ήχου που ανακλάται κατά 3 decibels και ταυτόχρονα να βελτιώσει την ηχομόνωση του κτιρίου κατά 8 decibels.

3.2.6 ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΓΙΑ ΖΩΑ ΚΑΙ ΦΥΤΑ.

Είτε οι εντατικές είτε οι εκτενείς πράσινες στέγες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιότοπος (τρόφιμα, καταφύγιο, νερό και τόπος αναπαραγωγής) για πολλά διαφορετικά είδη πανίδας. Τα είδη που θα βρουν καταφύγιο μπορεί να είναι μέλισσες, πεταλούδες, αράχνες, σκαθάκια, μυρμηγκία, πουλιά και πάπιες. Πρέπει να επισυμανθεί ότι οι πράσινες στέγες δεν θα αντικαταστήσουν πλήρως τον βιότοπο που χάνεται όταν κατασκευάζεται ένα κτίριο, εντούτοις θα βοηθήσει ώστε να μετατραπεί ο ανεκμετάλλευτος διαθέσιμος χώρος σε ένα αυτόνομο οικοσύστημα και όπως δηλώθηκε στην ομοσπονδιακή έκθεση τεχνολογίας, βοηθάει στην "επανασύνδεση τεμαχισμένων βιότοπων" ⁵.

Τα είδη αυτά θα χρησιμοποιήσουν τον χώρο που προσφέρει καταφύγιο από τον θόρυβο και την ανθρώπινη δραστηριότητα, καθώς επίσης και μια διαφυγή από τα αρπακτικά ζώα. Όμως μερικά είδη μπορεί να μην είναι σε θέση να φθάσουν στην κορυφή των κτιρίων. Εντούτοις, οι μελέτες έχουν δείξει ότι πολλά διαφορετικά ζώα μπορούν να χρησιμοποιήσουν το πράσινο επάνω στην κορυφή των υψηλών κτιρίων. Για παράδειγμα οι πεταλούδες που βρίσκονται στους κήπους του 20^{ου} ορόφου ενός ψηλού κτιρίου, μέλισσες στον 23ο όροφο και σκίουροι στο πάτωμα. Για να προσελκυστούν τα τοπικά είδη, είναι σημαντικό να χρησιμοποιηθεί παρόμοια χλωρίδα με αυτήν που βρίσκεται στο περιβάλλον έδαφος ²³. Ενώ

οι πράσινες στέγες δεν είναι μια τέλεια αντιγραφή του επίγειου εδάφους, είναι πολύ πιο λειτουργικές σε σχέση με τις κοινές στέγες από την άποψη του βιότοπου για την άγρια φύση.



Εικόνα 19. Άγρια φύση στις πράσινες στέγες ²³.

3.3 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΣΤΕΓΩΝ.

3.3.1. Η ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ.

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 ³².

3.3.2. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΦΥΤΕΜΕΝΩΝ ΔΩΜΑΤΩΝ.

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 ³².

3.3.3. Ο ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.

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 ³².

3.3.4. ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΒΛΑΒΗΣ ΤΩΝ ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ.

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.

3.3.5. Η ΣΥΝΕΧΗΣ ΦΡΟΝΤΙΔΑ ΤΟΥ ΚΗΠΟΥ.

Είναι αναμενόμενο ότι ένα φυτεμένο δώμα χρειάζεται μεγαλύτερη προσοχή και φροντίδα, από ότι ένας κήπος στη στάθμη του εδάφους, εξαιτίας κυρίως της διείδυσης των ριζών, της ύπαρξης του νερού και των πιθανών αστοχιών της κατασκευής ³⁰.

3.4 LEED ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΣΤΙΣ ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΤΕΓΕΣ

Το εργαλείο LEED δημιουργήθηκε από το Συμβούλιο Κατασκευών Πράσινων Κτιρίων των Ηνωμένων Πολιτειών (United States Green Building Council) για να προωθήσει τις πρακτικές ολοκληρωμένου και αειφόρου σχεδιασμού στον κατασκευαστικό κλάδο (US Green Building Council – LEED).

Το Leed αποτελεί ένα αξιολογικό περιβαλλοντικό λογισμικό που αποσκοπεί στην περιβαλλοντική αξιολόγηση ενός κτηρίου και στην ανάλυση του κύκλου ζωής ενός οικοδομήματος.



Εικόνα 20. Λογότυπο του United States Green Building Council

Οι προδιαγραφές του συγκεκριμένου εργαλείου καλύπτουν τις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Κατασκευή νέων εμπορικών καταστημάτων και έργα ανακαίνισης
- Λειτουργία υφιστάμενων κτηρίων
- Κατοικίες
- Ανάπτυξη συνοικιών

Το πρόγραμμα αυτό είναι εύκολο στην εφαρμογή και δε χρειάζεται εξειδικευμένες γνώσεις προγραμματισμού. Παρέχει ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για την εκτίμηση της επίδοσης των κτηρίων και την επίτευξη των στόχων της αειφορίας. Βασισμένο σε καλά εδραιωμένες επιστημονικές προδιαγραφές, το LEED επικεντρώνεται σε καινοτόμες στρατηγικές σχετικά με τη αειφόρο χωροθέτηση, την εξοικονόμηση νερού και ενέργειας, την επιλογή των υλικών και την περιβαλλοντική ποιότητα.

Το λογισμικό το τελευταίο χρονικό διάστημα προσφέρει ειδικά προγράμματα - εκδόσεις που απευθύνονται στην κατασκευή σχολείων, στη διαμόρφωση των εσωτερικών χώρων και στην κατασκευή νοσοκομείων κατά το δυνατό φιλικότερα προς το περιβάλλον.

Στόχο του Leed αποτελεί η άμεση και αισθητή αναβάθμιση και των υφιστάμενων κτηρίων από περιβαλλοντικής και όχι μόνο άποψης. Εξάγονται πόντοι για πέντε διαφορετικές κατηγορίες ξεχωριστά και έπειτα προσθέτονται. Το συνολικό αποτέλεσμα που θα εξαχθεί είναι αυτό που θα καθορίσει ποιο επίπεδο του LEED μπορεί να επιτευχθεί. Τα τέσσερα επίπεδα LEED είναι: το χάλκινο, το ασήμι, το χρυσό και η πλατίνα. Κάθε

υψηλότερο επίπεδο αντιπροσωπεύει ένα πιο φιλικό προς το περιβάλλον και αποδοτικότερο κτίριο. Τα σημεία εξάγονται σε 6 κύριες κατηγορίες. Το πρόγραμμα LEED λειτουργεί σύμφωνα με τις συνθήκες που επικρατούν σε νέα κτίρια. Οι πέντε κατηγορίες είναι οι ακόλουθες.

- βιώσιμη ανάπτυξη των περιοχών συνολικά,
- εξοικονόμηση των άσκοπα χρησιμοποιούμενων ποσοτήτων ύδατος
- σωστή & αποδοτική διαχείριση της καταναλισκόμενης ενέργειας,
- ορθή επιλογή υλικών για την κατασκευή, και
- περιβαλλοντική ποιότητα των εσωτερικών χώρων των κτηρίων.

Επιπλέον, μια έκτη κατηγορία, που έχει ιδιαίτερη σημασία στο πρόγραμμα είναι η χρησιμοποιούμενη καινοτομία & το σχέδιο. Με τον τρόπο αυτό μελετώνται κάποιες ακόμα παράμετροι που δεν περιλαμβάνονται στις περιβαλλοντικές κατηγορίες, αλλά αποτελούν μείζονα περιβαλλοντικά θέματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας τέτοιας παραμέτρου είναι η ακουστική ενός κτηρίου.

Μια πράσινη στέγη μπορεί να βοηθήσει τον ιδιοκτήτη ενός κτιρίου να λάβει ένα σημείο LEED στην κατηγορία της βιώσιμης περιοχής. Υπάρχει επίσης δυνατότητα για μια πράσινη στέγη να κερδίσει σημεία και σε άλλες κατηγορίες. Η πρόθεση μιας στέγης πρόκειται να μειώσει την επίδραση του φαινομένου της αστικής νησίδας καθώς επίσης βοηθάει στο να ελαχιστοποιηθεί η θερμική επίδραση στο κλίμα και στον ανθρώπινο και ζωικό βιότοπο. Απαιτείται το 50% της στέγης σας να είναι καλυμμένο με μια πράσινη στέγη. Υπό αυτήν τη μορφή, οποιοδήποτε κτίριο που καλύπτεται κατά 50% με πράσινη στέγη θα ήταν σε θέση να λάβει ένα σημείο LEED εφ' όσον παρέχεται η τεκμηρίωση και έχει σφραγιστεί από τον αρχιτέκτονα, τον πολιτικό μηχανικό ή την κατασκευαστική εταιρεία.

4. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.

4.1 ΚΥΡΙΑ ΕΠΕΝΔΥΣΗ.

Στην πραγματικότητα είναι λάθος να εξετάζουμε με καθαρά οικονομικά κριτήρια μια τεχνική που μπορεί να παρέχει άμεση και σημαντική βελτίωση της δικής μας ποιότητας ζωής και παράλληλα συμβάλει στην καλύτερευση της ποιότητας ζωής της πόλης όπου ζούμε. Παρόλα αυτά, μπορούμε να αναφέρουμε ότι μια απλή κατασκευή βασισμένη σε

δίκτυο γλαστρών κοστίζει από €5 ανά τετραγωνικό μέτρο ενώ μια σύγχρονη κατασκευή με όλα τα απαραίτητα στρώματα, αρδεύσεις, μονώσεις και φύτευση κυμαίνεται γύρω στα 100-150 ευρώ ανά τετραγωνικό μέτρο. Το κόστος κατασκευής μίας πράσινης στέγης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η υγραμόνωση της στέγης, το είδος της εγκατάστασης και των φυτών, τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν, κλπ., με σημαντικές διαφορές ανάμεσα σε εντατικές και εκτατικές εφαρμογές ²⁹.

4.1.1. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ.

Ενδεικτικό παράδειγμα διαφοράς σε βάρος και κόστος εντατικής και εκτατικής εφαρμογής, αποτελούν οι πίνακες που ακολουθούν, οι οποίοι αφορούν τιμές στο Τορόντο και στην Βρετανία ³².

Πίνακας 4: Ανάλυση κόστους ζωής εκτατικής πράσινης στέγης στο Τορόντο (έκταση 385 τ.μ./περίμετρος 85 μ.).

	Χαμηλό	Υψηλό	Μέσο
Στοιχεία			
Κόστος επενδεδυμένου κεφαλαίου	22,258	48,226	35,242
Μεμβράνη ριζοπροστασίας	3,71	20,403	12,056
Μέσο καλλιέργειας	3,77	13,195	8,483
Βλάστηση / Φυτά	742	18,548	9,645
Εγκατάσταση των υλικών, του χώματος και της βλάστησης	8,903	23,742	16,323
Περίφραξη	139	5,574	2,857
Διάδρομοι πρόσβασης (περίμετρος και κυρίως έκταση)	417	8,333	4,375
Σύστημα άρδευσης		1,562	781
Συνολικό κόστος εγκατάστασης	39,939	139,583	89,761
Κόστος / τ.μ.	116	405	260
Αναμενόμενη διάρκεια ζωής			40 έτη
Ετήσια συντήρηση (για τα πρώτα 2 χρόνια)	927	15,21	8,069
Ετήσια δαπάνη ενέργειας			2,37

Πηγή: *Regent Park, Toronto Community Housing*

Πίνακας 5: Ανάλυση κόστους ζωής εντατικής πράσινης στέγης στο Τορόντο(έκταση 385 τ.μ./περίμετρος 85 μ.).

	Υπολογισμός κόστους (σε χιλ. \$)		
	Χαμηλό	Υψηλό	Μέσο
Στοιχεία			
Κόστος επενδεδυμένου κεφαλαίου	22,258	48,226	35,242
Επιπλέον κατασκευαστικές δαπάνες	13,689	18,918	16,303
Μεμβράνη ριζοπροστασίας	3,71	20,403	12,056
Μέσο καλλιέργειας	7,4	25,9	16,65
Βλάστηση / Φυτά	1,484	18,548	10,016
Εγκατάσταση των υλικών, του χώματος και της βλάστησης	23,742	53,419	38,581
Περίφραξη	139	5,574	2,857
Διάδρομοι πρόσβασης (περίμετρος και κυρίως έκταση)	417	8,333	4,375
Σύστημα άρδευσης	781	1,562	1,171
Συνολικό κόστος εγκατάστασης	59,93	181,965	120,948
Κόστος / τ.μ.	174	527	351
Αναμενόμενη διάρκεια ζωής			40 έτη
Ετήσια συντήρηση (για τα πρώτα 2 χρόνια)	3,71	15,21	9,46

Πηγή: *Regent Park, Toronto Community Housing*

Πίνακας 6: Ενδεικτικό παράδειγμα εντατικής και εκτατικής εφαρμογής πράσινη στέγης στην Βρετανία.

Σύστημα	Μέσο Βάρος (κ./τ.μ.)	Μέσο Κόστος (£/τ.μ.)
Εντατική	335-805	90-100
Εκτατική	42-500	65-85

Πηγή: *Boscoe, A., 2003*

Πίνακας 7: Αναμενόμενα κέρδη από το πρασίνισμα 75% των στεγών της πολιτείας του Τορόντο.

Κατηγορία κέρδους	Αρχικό κέρδος	Ετήσιο κέρδος
Ποιότητα αέρα	\$0	\$2,500,000
Ενέργεια στο κτίριο	\$69,000,000	\$21,500,000
Πλημμύρες υπονόμων	\$46,000,000	\$700,000
Νερό της βροχής	\$117,000,000	\$0
Φαινόμενο θερμικών νησίδων	\$80,000,000	\$12,300,000
ΣΥΝΟΛΟ	\$312,000,000	\$37,000,000

Πηγή: *Robertson, C., 2007.*

4.1.2. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.

Το κόστος για την κάλυψη της ταράτσας με πράσινο στην Ελλάδα, κυμαίνεται (μέσες τιμές) περί των 80€ / τ.μ. (εκτατικός τύπος), 95€ / τ.μ. (ημιεντατικός τύπος) και 120€ / τ.μ. (εντατικός τύπος). Σε εξαιρετικά εντατικές επεμβάσεις, μπορεί να υπερβεί κατά πολύ τις τιμές αυτές²⁹.

Ένας ενδεικτικός υπολογισμός εκτατικής κατασκευής, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.4, είναι αυτός που ακολουθεί¹⁶:

1. Καθαρισμός της επιφάνειας του χώρου και κάλυψη με αδιάβροχη μεμβράνη - περίπου 45€ / τ.μ.
2. Τοποθέτηση μονωτικού υποστρώματος – περίπου 25€ / τ.μ.
3. Πρόσθεση μίγματος φυλλοχώματος, το οποίο απλώνεται σε όλη την επιφάνεια – περίπου 3-5€ / τ.μ.
4. Σπορά του μίγματος - περίπου 5€ / τ.μ.

Συνολικό κόστος κατασκευής: περίπου 80€ / τ.μ.

Η απόσβεση της επένδυσης μιας πράσινης στέγης, μέσω της οικονομίας σε κόστος θέρμανσης και κλιματιστικών, υπολογίζεται σε 2-3 χρόνια.

Στην Ελλάδα το κίνημα είναι σχετικά άγνωστο, με ελάχιστα παραδείγματα πράσινων στεγών στην χώρα μας. Ο ιστότοπος www.greenroofs.gr αποτελεί την ελληνική πύλη για τις

πράσινες στέγες στην Ελλάδα, συγκεντρώνοντας ενδιαφερόμενους και κατασκευαστές. Δημιουργώντας μια πράσινη στέγη βοηθάμε το περιβάλλον και το μικροκλίμα της πόλης όπου ζούμε. Παράλληλα όμως βελτιώνουμε άμεσα την δική μας ποιότητα ζωής δημιουργώντας συνθήκες άνεσης στο σπίτι μας που δεν μπορούμε να πετύχουμε με κανένα σύστημα κλιματισμού ενώ μειώνουμε τα λειτουργικά κόστη της κατοικίας μας.

4.2 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

Όπως προαναφέρθηκε, οι πράσινες στέγες επιδρούν σημαντικά στην ενεργειακή οικονομία των κτιρίων, εξασφαλίζοντας δροσιά τους θερμούς μήνες και εμποδίζοντας το πάγωμα της οροφής το χειμώνα ²⁹. Έρευνες έχουν δείξει ότι μπορούν να μειώσουν τα έξοδα κλιματισμού, για τον όροφο που είναι ακριβώς από κάτω, κατά 25%-50% . Η εξοικονόμηση ενέργειας εξαρτάται από το μέγεθος του κτιρίου, το κλίμα και τον τύπο της εφαρμογής. Έρευνα που έγινε στον Καναδά, έδειξε ότι μία τυπική μονοκατοικία με πράσινη στέγη και 10cm πάχος χώματος, θα είχε 25% μείωση στις καλοκαιρινές ενεργειακές ανάγκες και αντίστοιχες δαπάνες της ³².

Στην Ελλάδα, ο συντελεστής στάθμισης του ηλεκτρικού ρεύματος είναι 1,645% στο Δείκτη Τιμών Καταναλωτή. Αυτό σημαίνει για το μέσο νοικοκυριό 1,6€ /100€ δαπανών από τον οικογενειακό προϋπολογισμό. Μια μέση μείωση της τάξης του 30% στην κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, μέσω της φύτευσης πρασίνου στη στέγη, θα σήμαινε για ένα νοικοκυριό –ανάλογα με την κατηγορία kWh- μέσο μηνιαίο κέρδος από 5€ έως 19€. Η μέση μηνιαία επιβάρυνση ενός νοικοκυριού με τα νέα τιμολόγια της Δ.Ε.Η. και ο υπολογισμός της μέσης μηνιαίας επιβάρυνσης με την παραπάνω μείωση, παρουσιάζονται στον Πίνακα 8.

Όσον αφορά το πετρέλαιο θέρμανσης, περίπου 2 λίτρα / τ.μ. μπορούν να εξοικονομηθούν κάθε χρόνο, μέσω της μόνωσης από τις χαμηλές θερμοκρασίες και τον κρύο αέρα. Σύμφωνα με ανακοίνωση του ΥΠ.ΑΝ. στις 2 Μαΐου 2008, η τιμή ανά λίτρο πετρελαίου θέρμανσης ανάλογα με τις περιοχές της Ελλάδας, κυμαίνεται από 0,689€ έως 0,92€ (ΥΠ.ΑΝ.). Η παραπάνω εξοικονόμηση πετρελαίου θέρμανσης, θα σήμαινε ετήσιο κέρδος από 1,378€ έως 1,84€ / τ.μ. Για ένα διαμέρισμα 80τ.μ., αυτό θα σήμαινε μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου θέρμανσης κατά περίπου 16% και των αντίστοιχων δαπανών από 110,24€, έως 147,2€ το έτος.

Ένας πρόχειρος υπολογισμός κόστους – οφέλους για μία μέση εκτατική πράσινη εφαρμογή σε στέγη 40τ.μ. μίας μονοκατοικίας 80τ.μ., δεδομένου ότι γίνεται χρήση κλιματιστικού (air – condition) για 4 μήνες του χρόνου και πετρελαίου θέρμανσης τους υπόλοιπους 8, έχει ως εξής (ισχύει, κυρίως, για το διαμέρισμα που βρίσκεται ακριβώς κάτω από τη στέγη):

- Κόστος κατασκευής: 80€ X 40τ.μ. = 3.200€.
- Μέσο ετήσιο κέρδος σε ρεύμα: 48€ (12€ X 4 μήνες)

+

Μέσο ετήσιο κέρδος σε πετρέλαιο θέρμανσης: 129€

=

Μέσο ετήσιο κέρδος από εξοικονόμηση ενέργειας: 177€.

Υπολογιζόμενος χρόνος απόσβεσης: 18 έτη³⁰.

Σημείωση: Ο αριθμός των ετών της απόσβεσης φαίνεται μεγάλος, ωστόσο τα έξοδα κατασκευής σε μία πολυκατοικία, μοιράζονται μεταξύ των ενοίκων. Επιπλέον, στα παραπάνω θα έπρεπε να συνυπολογιστούν και τα κέρδη από άλλα περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη τα οποία, στα πλαίσια της παρούσης, δεν είναι εύκολο να αποτιμηθούν.

Πίνακας 8: Μέση μηνιαία επιβάρυνση νοικοκυριού σύμφωνα με τα νέα τιμολόγια της Δ.Ε.Η³².

(ΠΕΛΑΤΕΣ ΣΤΗ ΧΑΜΗΛΗ ΤΑΣΗ) ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ (Τετραμηνιαία κατανάλωση)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΠΕΛΑΤΗ (€)*	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΠΕΛΑΤΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΣΤΕΓΩΝ (€)	ΜΕΣΟ ΜΗΝΙΑΙΟ ΚΕΡΔΟΣ ΠΕΛΑΤΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΣΤΕΓΩΝ (€)
ΑΠΟ 0 kWh - 800 kWh ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΙ	7,1	2,13	4,97
ΑΠΟ 801 kWh - 2000 kWh ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΙ	31,59	9,47	22,12
ΑΝΩ ΤΩΝ 2001 kWh ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΙ	90,9	27,27	63,63
ΑΠΟ 0 kWh - 2000 kWh ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΙ	25,88	7,76	18,12
ΑΝΩ ΤΩΝ 2001 kWh ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΙ	118,1	35,43	82,67
ΝΥΧΤΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (ΜΟΝΟ)	8,16	2,44	5,72
ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ ΠΟΛΥΤΕΚΝΩΝ	27,47	8,24	19,23

*Πηγή: Δ.Ε.Η.

5.ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.

5.1 ΠΡΑΣΙΝΗ ΣΤΕΓΗ ΣΕ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΤΗΣ ΙΤΑΛΙΑΣ.

Σε αυτήν την παράγραφο περιγράφονται οι μετρήσεις για μια πράσινη στέγη που εγκαταστάθηκε στο νοσοκομείο Βιτσέντσα της Ιταλίας. Ένα σύστημα στοιχείων με αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας, βροχοπτώσεων ,ακτινοβολίας κ.λπ. ερεύνησε και τις δύο παραμέτρους που σχετίζονται με τις πράσινες στέγες και τα δωμάτια που βρίσκονται από κάτω. Ο στόχος είναι να αξιολογηθεί η παθητική ψύξη, τονίζοντας το ρόλο της εξατμισοδιαπνοής κατά τη θερινή περίοδο. Επιπλέον, έχει εξεταστεί η μονωτική ικανότητα των πράσινων στεγών κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Ένα πρότυπο αριθμητικό μοντέλο έχει αναπτυχθεί σε ένα λογισμικό προσομοίωσης κτιρίου(TRNSYS) για να υπολογίσει τις θερμικές και ενεργειακές αποδόσεις ενός κτιρίου με μια πράσινη στέγη, λαμβάνοντας υπ' όψιν το σύνολο των μετεωρολογικών δεδομένων για μια συγκεκριμένη γεωγραφική ζώνη

30

5.1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ.

Τα πειράματα που περιγράφονται , αναφέρονται στα καλοκαίρια του 2002 και του 2003 καθώς και στον χειμώνα του 2004. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε μια πράσινη στέγη που εγκαταστάθηκε στο S. Bortolo Νοσοκομείο στη Βιντσέντζα, βορειοανατολικά της Ιταλίας. Η πράσινη στέγη επεκτείνεται περίπου στα 1000 m² και αποτελείται από ένα στρώμα χώματος 20 εκατοστών πάνω από ένα στρώμα αποστράγγισης πάχους 11 εκατοστών φτιαγμένο από πολυαιθυλένιο. Η βλάστηση αποτελείται από ένα είδος θάμνου, ο οποίος προέρχεται από σπόρους που πρότερα αναμίχθηκαν στο έδαφος.

Το σύστημα της πράσινης στέγης έχει διερευνηθεί σε μονοδιάστατη ανάλυση. Το φυσικό σύστημα χωρίζεται σε διαφορετικά τμήματα και κόμβους. Το έδαφος περιγράφεται με τρεις κόμβους (I, II και III), ενώ ένας κόμβος περιγράφει το στρώμα αποστράγγισης (d), το φύλλο στεγάνωσης (w) και τις τσιμέντο εγκατάστασης(c). Τα υπόλοιπα στοιχεία αναφέρονται στην περιορισμένη μάζα. Στα πάνω σύνορα είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας και κάτω είναι το δωμάτιο.

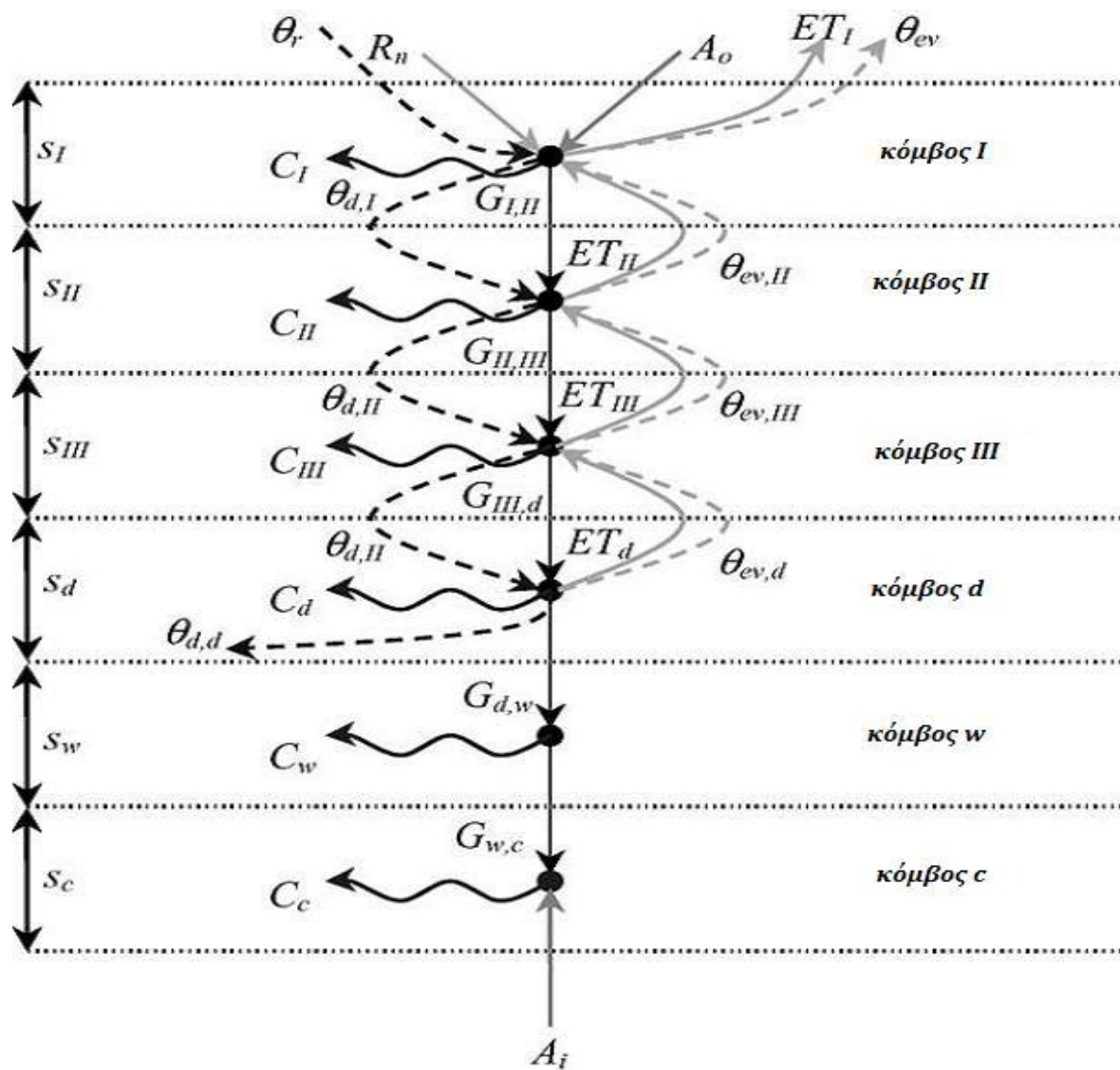


Εικόνα 21: Αεροφωτογραφία του νοσοκομείου από το googleearth (η πράσινη στέγη είναι διαγραμμισμένη με πράσινο)³⁸.



Εικόνα 22: Περιοχή τοποθέτησης πράσινης στέγης²⁹.

Το όλο σύστημα περιγράφεται στην εικόνα.23, όπου οι προσανατολισμένες θερμικές ροές περιγράφονται με συνεχείς γραμμές. Το ET_i είναι η θερμική ροή που οφείλεται στη διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής από τον γενικό κόμβο i , για τους κόμβους II, III και d . Η ροή εισέρχεται στους κόμβους I, II και III, αντίστοιχα, με αντίθετο πρόσημο, αυτό σημαίνει ότι η θερμότητα εξάτμισης του κόμβου i είναι η θερμότητα συμπύκνωσης του $G_{i,j}$, j είναι η αγωγιμότητα ροής μεταξύ δύο γειτονικών κόμβων και C_i είναι η θερμική συσσώρευση του κάθε κόμβου. Τα A_o και A_i αναφέρονται στις εξωτερικές και εσωτερικές ροές προσαγωγής,, στο ποσό της μεταφοράς και στις ροές ακτινοβολίας³⁰.



Εικόνα 23:Το μοντέλο των τελικών διαφορών των φυσικών οικοσυστημάτων.

5.1.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.

Όλες οι μετεωρολογικές μεταβλητές μετρήθηκαν ώστε να αξιολογηθεί η συμπεριφορά μιας πράσινης στέγης σύμφωνα με τα παρακάτω: παγκόσμια ηλιακή ακτινοβολία, θερμοκρασία του αέρα και τις βροχοπτώσεις. Επίσης μετρήθηκε και η σχετική υγρασία του αέρα για να χρησιμοποιηθεί στο προβλεπόμενο μοντέλο που θα περιγραφεί παρακάτω. Καταρχάς είναι αναγκαίο να γνωρίζουμε το ιστορικό των θερμοκρασιών του εδάφους σε διάφορα βάθη των κόμβων καθώς και στην επιφάνεια ώστε να υπολογιστεί η ροή προσαγωγής, η θερμοκρασία του εδάφους που ήταν συνδεδεμένη με την επιφάνεια σε ενδιάμεσο βάθος και στο σημείο που συνδέεται το χώμα με το στρώμα αποστράγγισης. Επίσης, πηγαίνοντας προς τα κάτω, μετρήθηκε η θερμοκρασία μεταξύ του στρώματος αποστράγγισης και του φύλλου στεγάνωσης. Όσον αφορά το δωμάτιο που βρίσκεται κάτω από την πράσινη στέγη, προστέθηκαν άλλες δύο μεταβλητές: η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας της οροφής και η θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα, προφανώς για να εκτιμηθεί η ροή προσαγωγής. Τέλος, μετρήθηκε η υγρασία του εδάφους. Αυτή η πληροφορία χρησιμοποιήθηκε για τη ρύθμιση του μοντέλου, ιδίως στους συντελεστές προσαγωγής. Στην πραγματικότητα, βρίσκοντας την ενεργειακή ισορροπία για κάθε κόμβο καθιστά δυνατό τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής άρα και της ροής του νερού. Ελαχιστοποιώντας την διαφορά μεταξύ των πειραματικών και των θεωρητικών αποτελεσμάτων της περιεκτικότητας του εδάφους σε νερό, μπορούμε να υπολογίσουμε τις βέλτιστες τιμές των συντελεστών προσαγωγής³⁰.

Στον Πίνακα 9, αναφέρονται τα διάφορα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν. Όλα τα σήματα καταγράφονταν κάθε ένα δευτερόλεπτο και η μέση τιμή καταγράφηκε για 15 λεπτά. Σε προηγούμενους υπολογισμούς, ο χρόνος είχε καθοριστεί στην 1 ώρα

Πίνακας 9: Σύνολο των αισθητήρων που χρησιμοποιούνται στα πειράματα.

Αισθητήρας	Τύπος
Πυρανόμετρο	Φωτοδίοδος πυριτίου
Θερμουδρόμετρο ατμοσφαιρικού αέρα	ETA / χωρητικός αισθητήρας
Συλλέκτης βροχής	Κάδος συλλογής
Θερμόμετρα εδάφους	Θερμοστοιχεία Cu-C
Υγρόμετρα εδάφους	Αισθητήρας αντίστασης
Θερμόμετρα δωματίου	Θερμοστοιχεία Cu-C

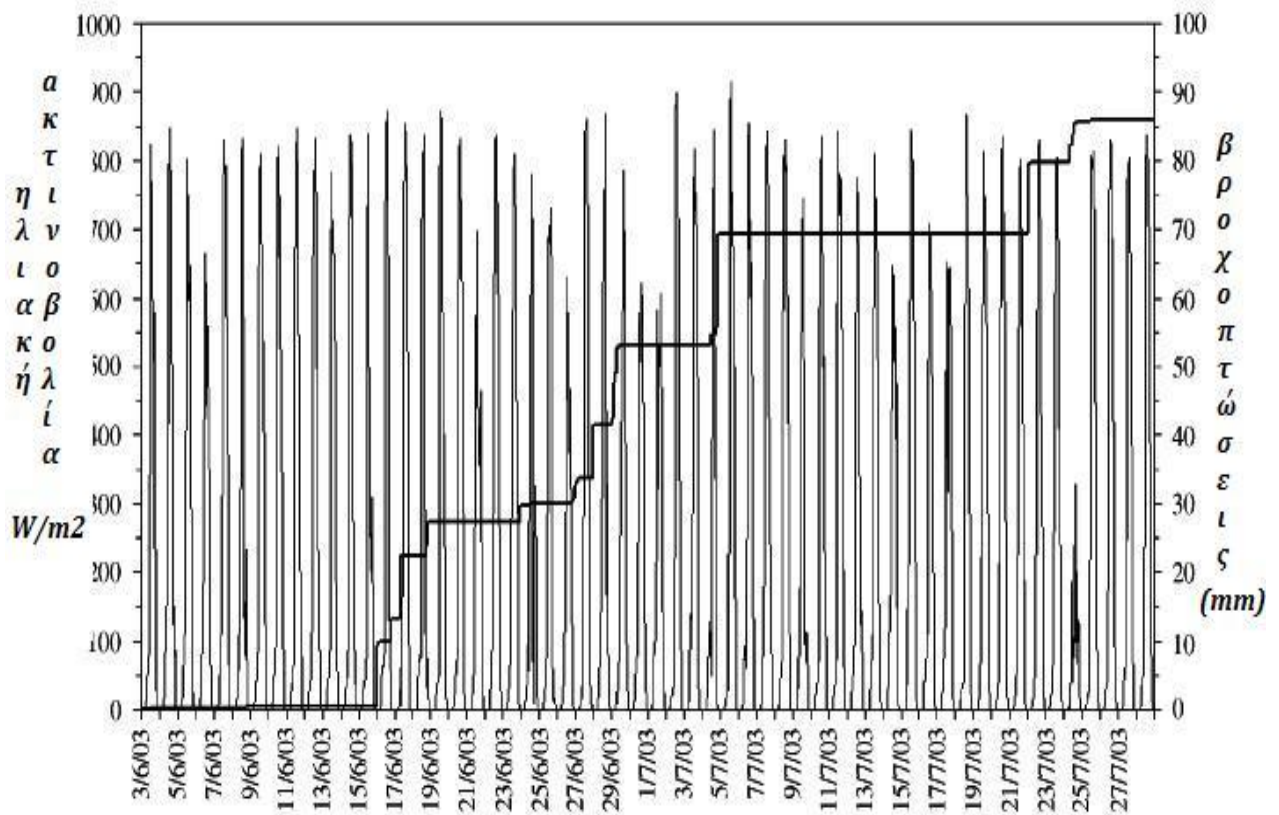
Οι δύο καλοκαιρινές πειραματικές διαδικασίες διεξάχθηκαν τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 2002 καθώς και τον Ιούνιο και Ιούλιο του 2003 ενώ η χειμερινή διαδικασία διήρκεσε από τον Φεβρουάριο έως και τον Μάρτιο του 2004. Για κάθε κόμβο, η ενεργητική ισορροπία υπολογίζεται από το σύνολο των τιμών που αναφέρονται στον Πίνακα 10.

Πίνακας 10: Σύνολο των μεταβλητών του μοντέλου.

	Τιμή	Μονάδα Μέτρησης
Γεωμετρικές Μεταβλητές		
Ενιαίο πάχος στρώματος του εδάφους	6,7	cm
Πάχος στρώματος αποστράγγισης	10,8	cm
Πάχος στεγανωτικών φύλλων	1	cm
Πάχος κατασκευής στέγης	30	cm
Ηλιακές Μεταβλητές		
Συντελεστής απόσβεσης βραχέων κυμάτων	0,8	
Δείκτης φύλλου περιοχής(συνεδρία 2002)	1,1	
Δείκτης φύλλου περιοχής(συνεδρία 2003)	1,2	
Δείκτης φύλλου περιοχής(συνεδρία 2004)	1,5	
Φυσικές Μεταβλητές		
Πυκνότητα του ξηρού εδάφους	766	kg/ m ³
Πυκνότητα του κορεσμένου εδάφους	1270	kg/ m ³
Πυκνότητα στρώματος αποχέτευσης	25	kg/ m ³
Πυκνότητα φύλλου στεγάνωσης	1200	kg/ m ³
Πυκνότητα των διαρθρωτικών οροφής	1000	kg/ m ³
Περιεκτικότητα νερού σε κορεσμένο στρώμα αποστράγγισης	4,5	kg / m ²
Θερμοδυναμικές Μεταβλητές		
Ειδική θερμότητα του ξηρού εδάφους	1000	J / (kg K)
Ειδική θερμότητα του στρώματος αποστράγγισης	1200	J / (kg K)
Ειδική θερμότητα του φύλλου αδιαβροχοποίησης	1470	J / (kg K)
Ειδική θερμότητα των διαρθρωτικών οροφής	900	J / (kg K)
Αγωγιμότητα στρώματος αποχέτευσης	0,15	W / (m K)
Αγωγιμότητα του φύλλου μονωτικού υλικού	0,17	W / (m K)
Αγωγιμότητα των διαρθρωτικών οροφής	0,38	W / (m K)
Συντελεστής εξωτερικής προσαγωγής	11	W / (m ² K)
Συντελεστής εσωτερικής προσαγωγής	7	W / (m ² K)

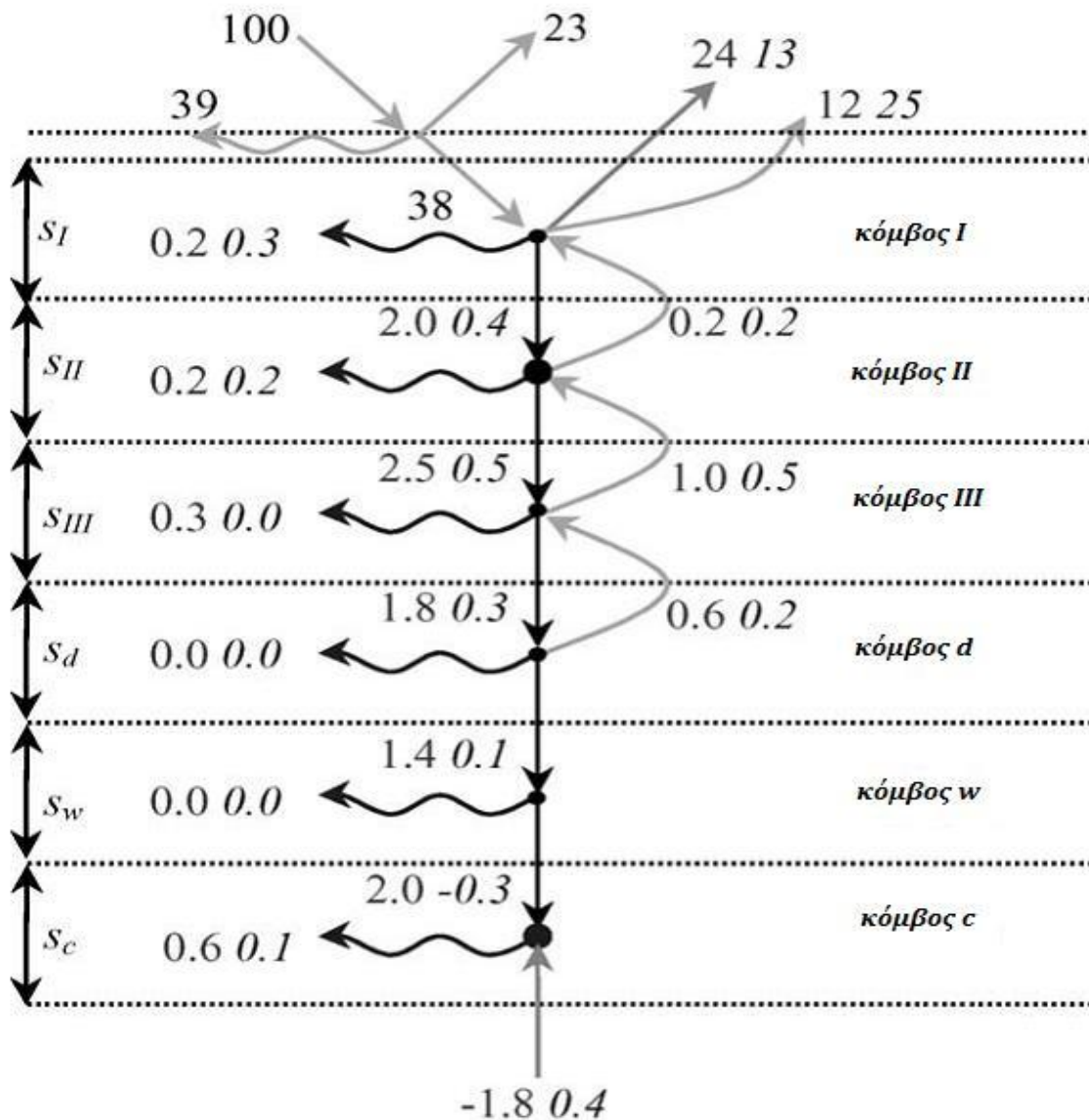
5.1.2.1 ΘΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

Αυτή η παράγραφος αναφέρεται στο πείραμα του 2003. Στην εικόνα 24 εμφανίζεται η μέση ωριαία ακτινοβολία μαζί με την αθροιστική βροχόπτωση. Έβρεξε περίπου 85 mm βροχής σε διάστημα 2 μηνών. Ο ρόλος της διαδικασίας της εξατμισοδιαπνοής ήταν ένα από τα σημεία έρευνας. Για το σκοπό αυτό, είναι χρήσιμο να συγκριθεί η συμπεριφορά των πράσινων στεγών σε ξηρές συνθήκες και σε υγρές συνθήκες. Επιλέχθηκαν οι πιο ξηρές και οι πιο υγρές περιόδους της διαδικασίας έτσι ώστε να τονιστούν οι διαφορετικές ενεργητικές ροές. Η διάρκεια των δύο περιόδων είναι η ίδια, 10 ημέρες. Στην πρώτη περίοδο (4-13 Ιουνίου), έβρεξε 0,2 mm βροχής και η σχετική υγρασία του εδάφους ήταν περίπου 10%, ενώ στην δεύτερη περίοδο (29 Ιουνίου - 8 Ιουλίου), έβρεξε 28 χιλιοστά βροχής και το ανώτερο στρώμα του εδάφους έφθασε σε κατάσταση κορεσμού³⁰.



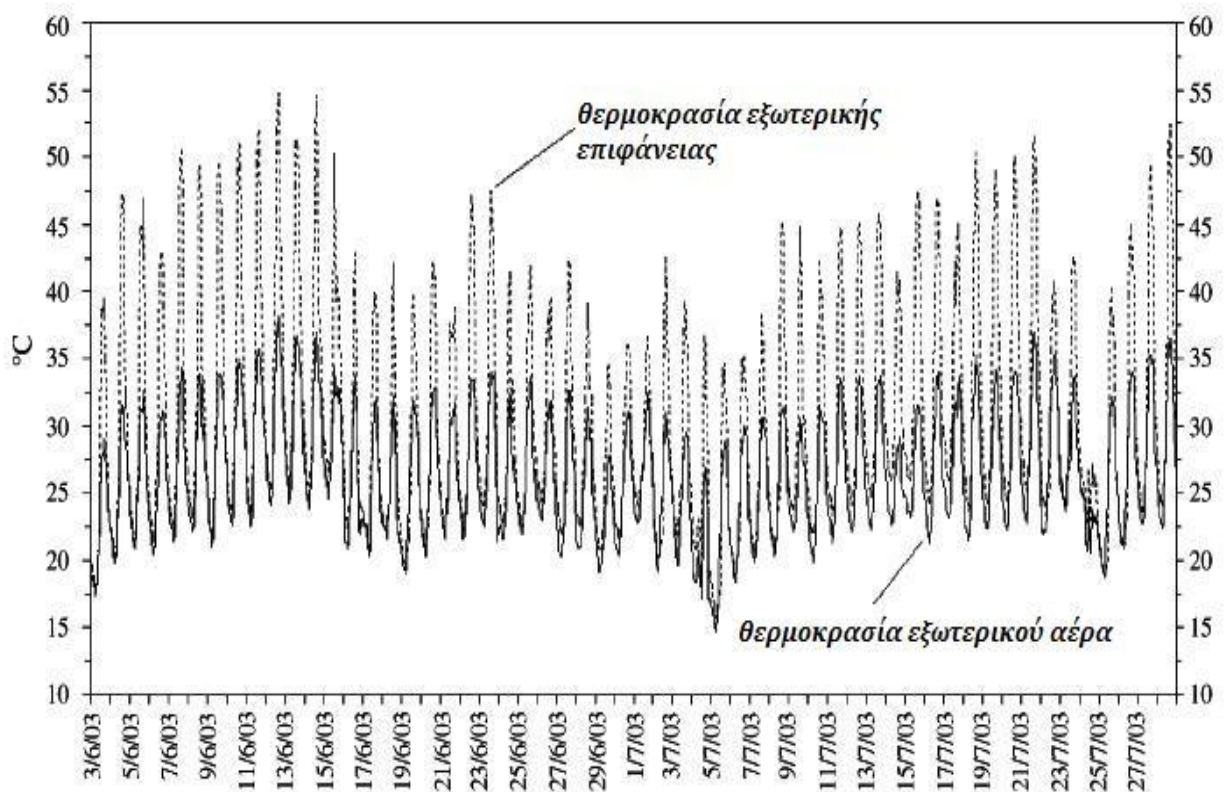
Εικόνα 24: Μέτρηση της μέσης ωριαίας ακτινοβολίας μαζί με την αθροιστική βροχόπτωση για την καλοκαιρινή συνεδρία του 2003.

Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία κατά τις δύο περιόδους ήταν σχεδόν η ίδια (186 και 184 MJ/ m² αντίστοιχα) και έτσι είναι δυνατόν να ομαλοποιηθούν οι ανταλλαγές ενέργειας μεταξύ των κόμβων σε 100 μονάδες προσπίπτουσας ενέργειας. Τα αποτελέσματα αναφέρονται στο διάγραμμα της εικόνας 25, όπου το πράσινο φτάνει τις 23 μονάδες που μετρήθηκαν. Περιστρέφοντας το πυρανόμετρο κατά 180° στον οριζόντιο άξονά του, απορρόφησε 39 μονάδες.



Εικόνα 25: Ανταλλαγές ενέργειας για 100 μονάδες προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας μεταξύ των κόμβων του μοντέλου μιας πράσινης στέγης. Κανονική: πράσινη στέγη σε ξηρές συνθήκες Πλάγια: πράσινη στέγη σε υγρές συνθήκες.

Οι συνθήκες του εξωτερικού αέρα που περιγράφονται στο διάγραμμα της Εικόνας 26 στην οποία παρατηρούμε ότι σε ξηρές συνθήκες η θερμοκρασία στην επιφάνεια μπορεί να φθάσει ακόμη και τους 55 °C και έτσι η εξερχόμενη ροή προσαγωγής (24 μονάδες) ήταν υψηλότερη από την αντίστοιχη σε υγρές συνθήκες (13 μονάδες), όταν η θερμοκρασία της επιφάνειας υπερβαίνει τους 40°C μόνο μία φορά. Από την άλλη πλευρά, σε υγρό έδαφος αυξήθηκε η εξατμισοδιαπνοή κατά 25 μονάδες ενώ σε ξηρές συνθήκες η εισφορά αυτή περιορίζεται στις 12 μονάδες. Αυτή η μεταβολή του ρόλου μεταξύ της προσαγωγής και της εξατμισοδιαπνοής παράγει μια διαφορετική θερμική αγωγιμότητα προς το χαμηλότερο στρώμα, στις υγρές συνθήκες οι μονάδες μειώθηκαν κατά 80% σε σχέση με τις ξηρές συνθήκες (Εικόνα 18). Το πιο σημαντικό αποτέλεσμα αφορά την εσωτερική προσαγωγή κατά την οποία σε ξηρές συνθήκες, 1.8 μονάδες εισήλθαν στον εσωτερικό χώρο, ενώ σε υγρές συνθήκες 0,4 μονάδες χάθηκαν από το κλιματιζόμενο δωμάτιο. Δεν είναι μόνο το θερμικό κέρδος που είχε εξαλειφτεί λόγω της οροφής, αλλά και η υγρή πράσινη στέγη που συνέβαλε στην παθητική ψύξη³⁰.



Εικόνα 26: Μέτρηση της εξωτερικής θερμοκρασίας του αέρα και της επιφανειακής θερμοκρασίας για την καλοκαιρινή συνεδρία του 2003.

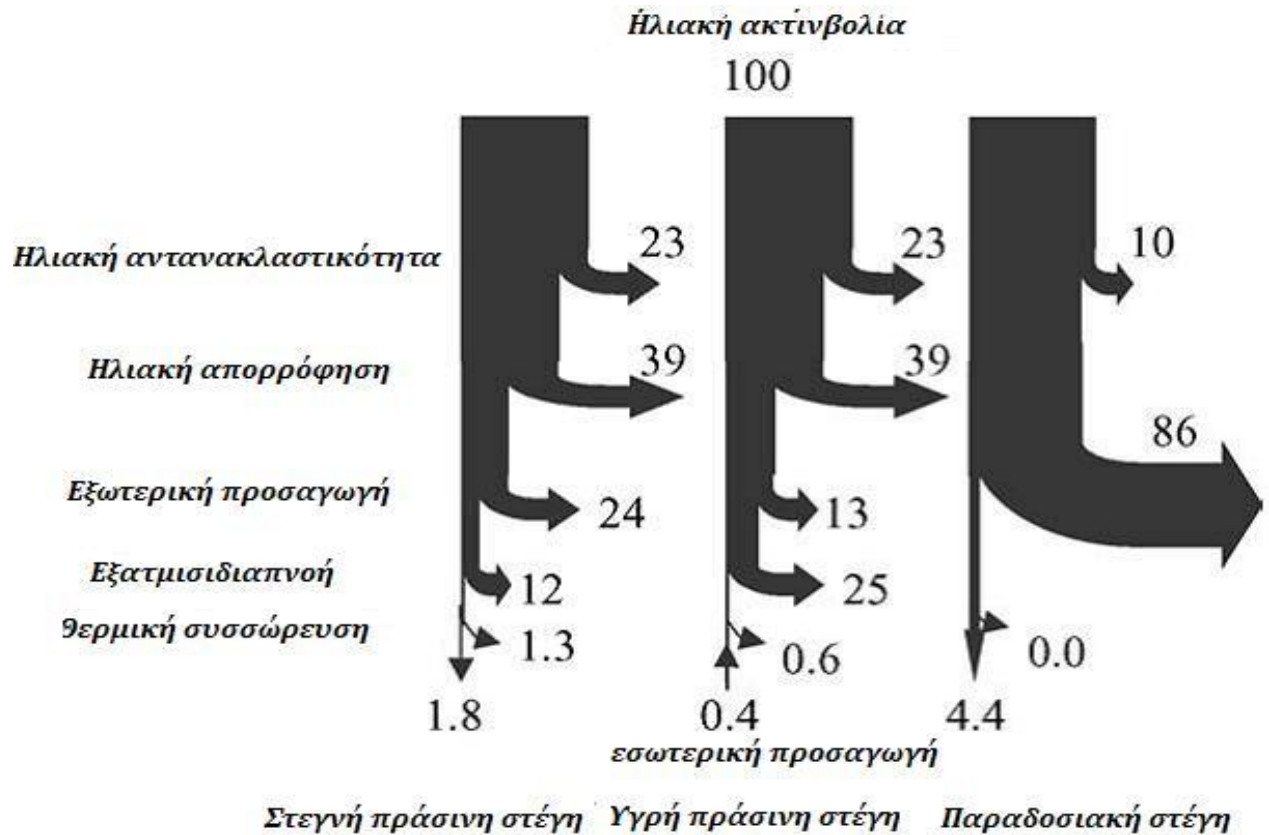
Για να αξιολογηθεί η εξοικονόμηση ενέργειας που οφείλεται στην εγκατάσταση μιας πράσινης στέγης, πρέπει να γίνει σύγκριση των προηγούμενων αποτελεσμάτων με αυτά που παράγονται από μία κοινή στέγη αποτελούμενη από ένα πρόσθετο μονωτικό στρώμα και μια συμβατική επίστρωση (πίνακας 11) με ένα albedo 0,1 και συντελεστή προσαγωγής 14 W/(m² K). Η συμπεριφορά της παραδοσιακής στέγης εκτιμήθηκε μέσω μιας αριθμητικής προσομοίωσης που χρησιμοποιήθηκε με τις ίδιες οριακές συνθήκες των πειραμάτων, δηλαδή με την μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας και με την μέτρηση της εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας του αέρα.

Πίνακας 11: Στρωματογραφία της κοινής οροφής που χρησιμοποιούνται για τη σύγκριση.

Υλικό	Πάχος(cm)	Αγωγιμότητα (W/(m K))	Πυκνότητα (kg/ m ³)	Ειδική Θερμότητα (J/(kg K))
Τσιμέντο	30	0.38	1000	900
Μονωτικό στρώμα	4	0.06	35	900
Στεγανωτικό φύλλο	1	0.17	1200	1470
Επίστρωση	3	0.7	1600	880

Τα αποτελέσματα συνοψίζονται πλήρως στο διάγραμμα της Εικόνας 27 ,που συγκρίνει την εξασθένιση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας που κατεβαίνει από την οροφή κατά 100 μονάδες. Η πρώτη διαφορά επισημαίνεται από την ηλιακή ανακλαστικότητα , μια κοινή επίστρωση θα μπορούσε να έχει albedo 0,1, ενώ το μετρούμενο albedo για την πράσινη στέγη ήταν 0,23. Η δεύτερη φυσική μείωση που παράγεται από την πράσινη στέγη είναι η ηλιακή απορρόφηση από το πράσινο. Χωρίς αυτές τις διαδικασίες , η επιφάνεια μιας κοινής πράσινης στέγης μπορεί να φτάσει σε θερμοκρασία 70°C. Αυτό εξηγεί την πολύ υψηλή ανταλλαγή ενεργειακής προσαγωγής όπου 4,4 ενεργειακές μονάδες εισέρχονται στο εσωτερικό του δωματίου. Συγκρίνοντας σε αυτή την εικόνα την εξερχόμενη ενέργεια

προσαγωγής με την υγρή πράσινη στέγη, συνειδητοποιούμε άμεσα ότι η εισερχόμενη ροή ακυρώνεται και ότι παράγεται ακόμα μια μικρή εξερχόμενη ροή ³⁰.

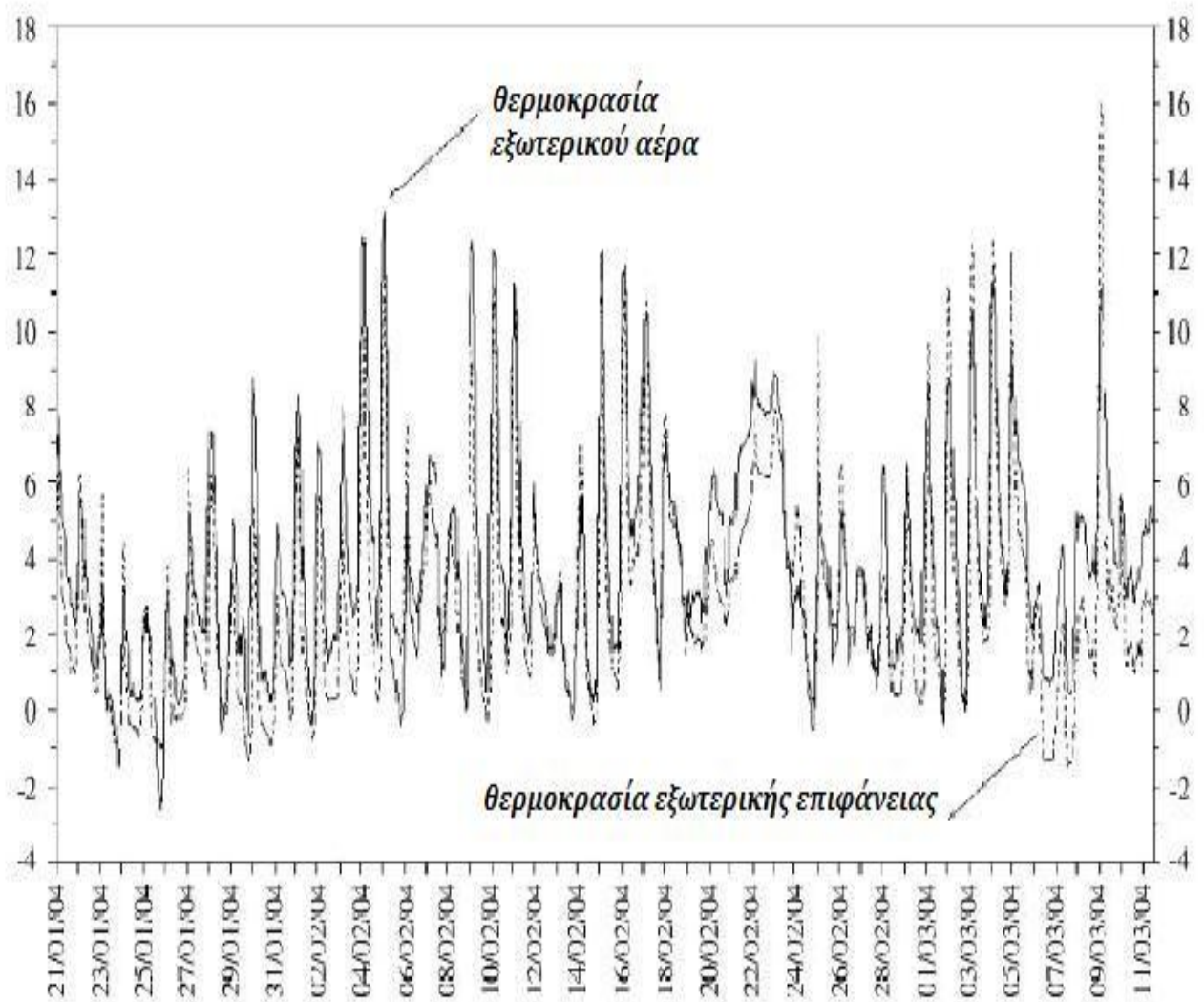


Εικόνα 27: Σύγκριση των ενεργητικών ανταλλαγών της ξηρής και της υγρής πράσινης στέγης με μια παραδοσιακή στέγη όπου ξεκινάει από 100 μονάδες προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας - καλοκαιρινή συνεδρία.

5.1.2.2 ΧΕΙΜΕΡΙΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΕΣ.

Η πειραματική διαδικασία του χειμώνα είχε διάρκεια 60 ημέρες, όπου έβρεξε περίπου 250 mm βροχής, έτσι η μέση σχετική υγρασία του εδάφους ήταν πολύ υψηλή. Παρά την πολύ χαμηλότερη ηλιακή ακτινοβολία που υπήρχε σε σχέση με το πείραμα της καλοκαιρινής περιόδου, η ροή της εξατμισοδιαπνοής ήταν αισθητή. Στην πραγματικότητα, η λανθάνουσα ροή καθορίζεται επίσης από το έλλειμμα πίεσης τάσης του αέρα όπως εξηγείται στην επόμενη παράγραφο και η οποία είναι πολύ υψηλή τον χειμώνα. Άμεση συνέπεια ήταν η μείωση της

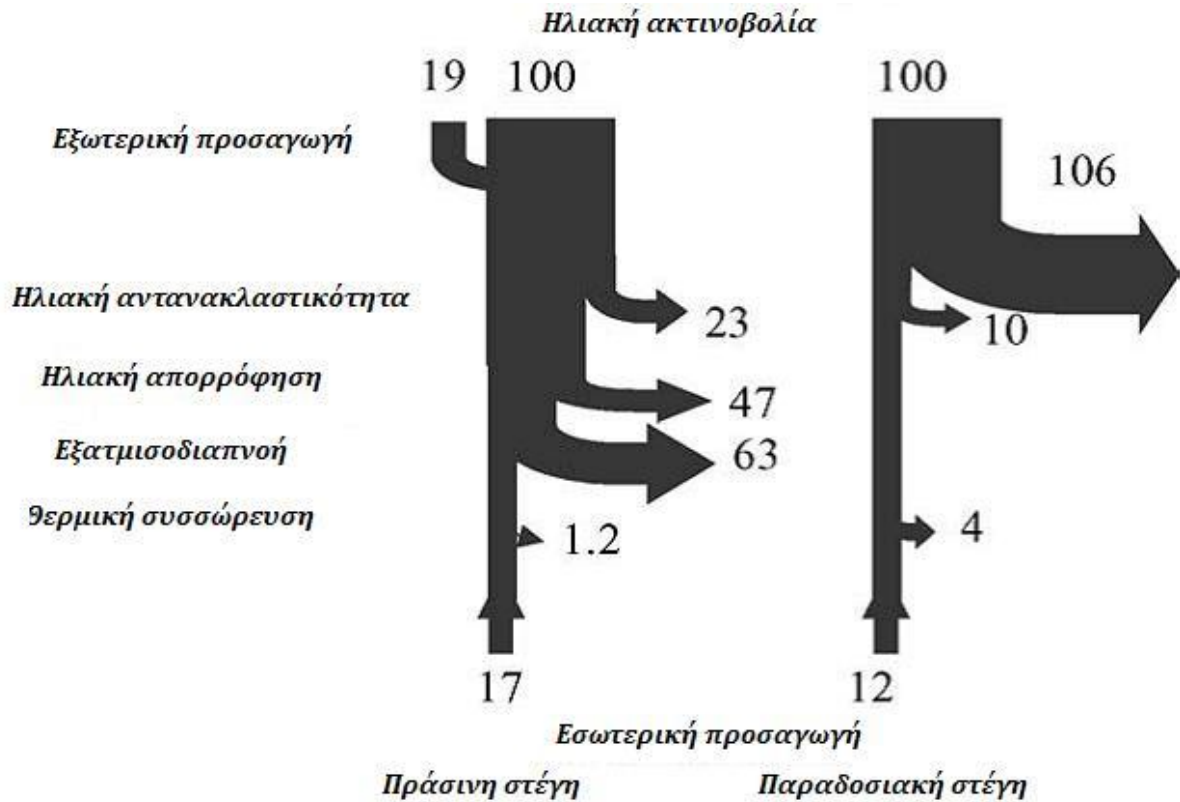
επιφανειακής θερμοκρασίας που σπάνια ξεπερνούσε την θερμοκρασία του αέρα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας (Εικόνα 28).



Εικόνα 28: Μέτρηση της εξωτερικής θερμοκρασίας και της επιφανειακής θερμοκρασίας για την χειμερινή συνεδρία του 2004.

Ο φορέας και το βάρος της κάθε ροής μπορεί να επισημανθεί αν γίνει σύγκριση με μια παραδοσιακή στέγη (Εικόνα 29). Η σημασία της εξαμυσοδιαπνοής είναι ξεκάθαρη. Να σημειωθεί ότι τον χειμώνα η μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία ήταν περίπου 5 MJ/ m^2 ενώ το καλοκαίρι ήταν περίπου 18 MJ/ m^2 . Το πιο σημαντικό αποτέλεσμα όσον αφορά την

εσωτερική προσαγωγή είναι ότι τον χειμώνα η παραδοσιακή στέγη έχει καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά και ελαφρώς χαμηλότερη εξερχόμενη ροή ³⁰.



Εικόνα 29: Σύγκριση των ενεργητικών ανταλλαγών της πράσινης στέγης με μια παραδοσιακή στέγη όπου ξεκινάει από 100 μονάδες προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας - χειμερινή συνεδρία.

5.1.3 ΤΟ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ.

Όλες οι προηγούμενες παραγράφει αφορούσαν την θερμική και την ενεργητική συμπεριφορά μίας πράσινης στέγης με βάση αποτελέσματα από πειραματικά δεδομένα. Η αξιολόγηση των ανταλλαγών ενέργειας μπορεί να πραγματοποιηθεί εκ των προτέρων χρησιμοποιώντας ένα αριθμητικό μοντέλο πρόβλεψης. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τις μετεωρολογικές μεταβλητές που μπορούν να είναι γνωστές από στατιστική και από γεωμετρική άποψη καθώς και από τα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά μιας πράσινης στέγης, το μοντέλο αυτό θα μπορούσε να εκτιμήσει την διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής και τέλος την εσωτερική προσαγωγή. Οι πληροφορίες αυτές είναι χρήσιμες για την αξιολόγηση των

θερμικών φορτίων του κτιρίου και έχουν θεμελιώδη σημασία για τον σχεδιασμό ενός συστήματος HVAC³⁰.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για την εκ των προτέρων αξιολόγηση της διαδικασίας της εξατμισοδιαπνοής. Εδώ χρησιμοποιείται μια εμπειρική μέθοδος όπου υπολογίζει την πραγματική εξατμισοδιαπνοή E T, ξεκινώντας από μια τιμή αναφοράς ET0:

$$ET = K_c * ET_0 \quad (1)$$

όπου K_c είναι συντελεστής που προέρχεται πειραματικά και ET_0 είναι η μέγιστη εξατμισοδιαπνοή σε σχέση με ένα ενεργά καλλιεργήσιμο και καλά ενυδατωμένο χόρτο. Αυτή η μέγιστη τιμή μπορεί να εκτιμηθεί από μια ημι-εμπειρική προσέγγιση:

$$ET_0 = \frac{\Delta(Rn + A_o) + \gamma EA}{\Delta + \gamma} \quad (2)$$

όπου Δ είναι η κλίση της τάσης των κορεσμένων ατμών συναρτήσει της θερμοκρασίας, γ είναι μια σταθερά, $Rn + A_o$ είναι η διαθέσιμη ενέργεια. Το EA είναι το έλλειμμα πίεσης της τάσης του αέρα:

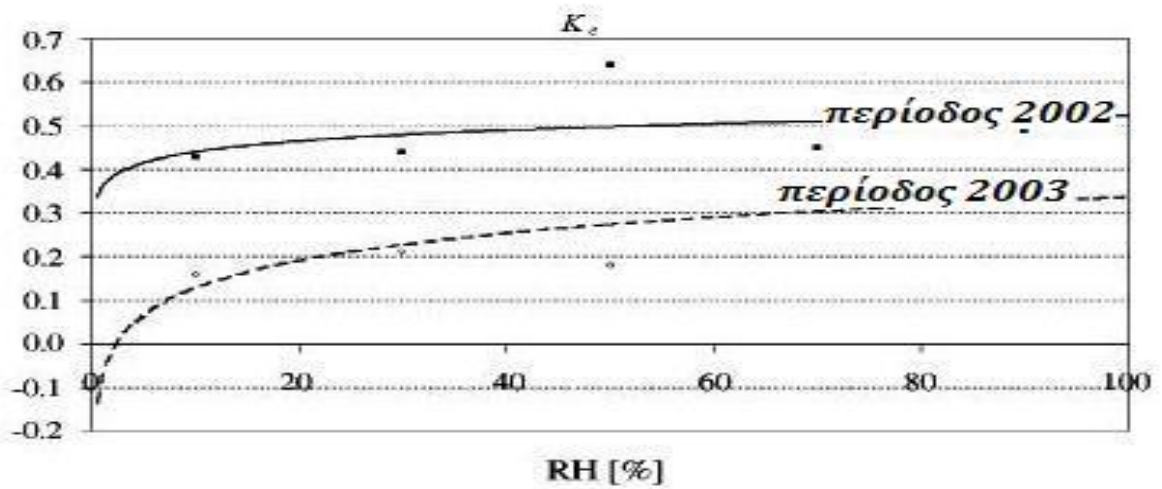
$$EA = f(u)(e^* - e) \quad (3)$$

όπου e^* είναι η πίεση του αέρα των κορεσμένων ατμών και e είναι η μερική πίεση του αέρα των ατμών. Το $f(u)$ εξαρτάται από την u ταχύτητα του ανέμου, σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$f(u) = 0.26(1 + 0.54u) \quad (4)$$

Το μοντέλο έχει συντονίσει τον υπολογισμό του συντελεστή K_c ως τον λόγο της μετρούμενης τιμής ET, και την υπολογιζόμενη τιμή του ET_0 , μεταβάλλοντας την σχετική

υγρασία του εδάφους για τα δύο πειράματα του καλοκαιριού λόγω της κατάστασης των υδάτων του 2002 και του 2003 (Εικόνα 30).



Εικόνα 30:Σχετική υγρασία εδάφους .

Για την πρόβλεψη των ανταλλαγών ενέργειας του κτιρίου με μία πράσινη στέγη σε δυναμική κατάσταση, έχει χρησιμοποιηθεί το παραπάνω πρόγραμμα προσομοίωση κτιρίου. Ένα ειδικό μοντέλο έχει αναπτυχθεί για την προσομοίωση της πράσινης στέγης, αρχής γενομένης από τα οπτικά της χαρακτηριστικά (LAI και k_s), καθώς και τα γεωμετρικά και θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά της.

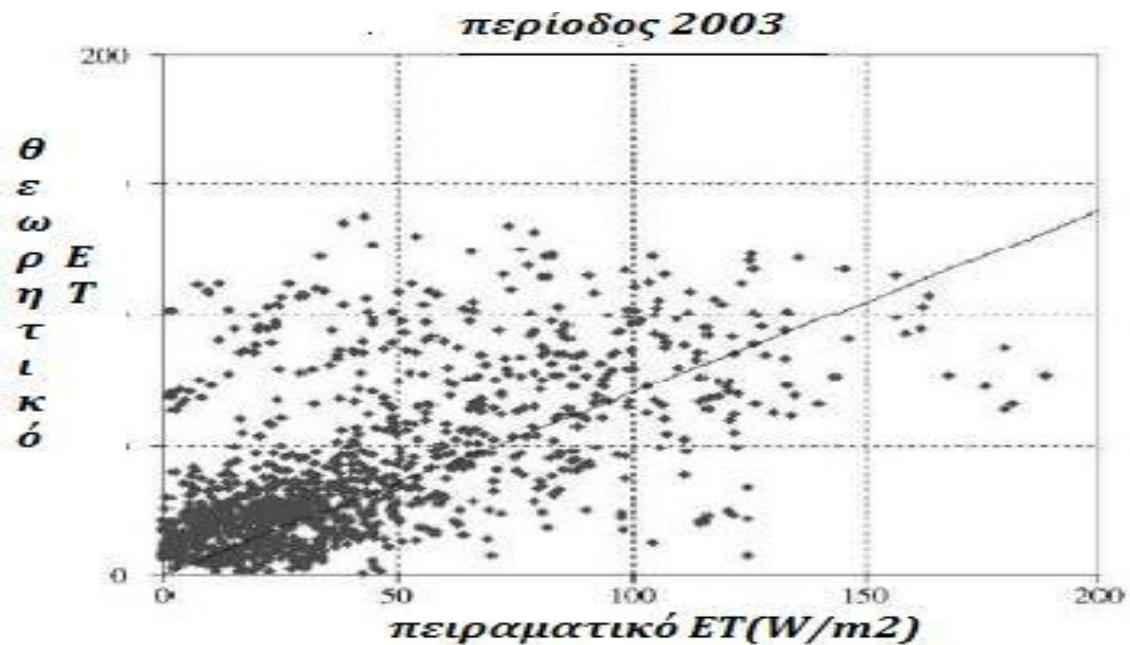
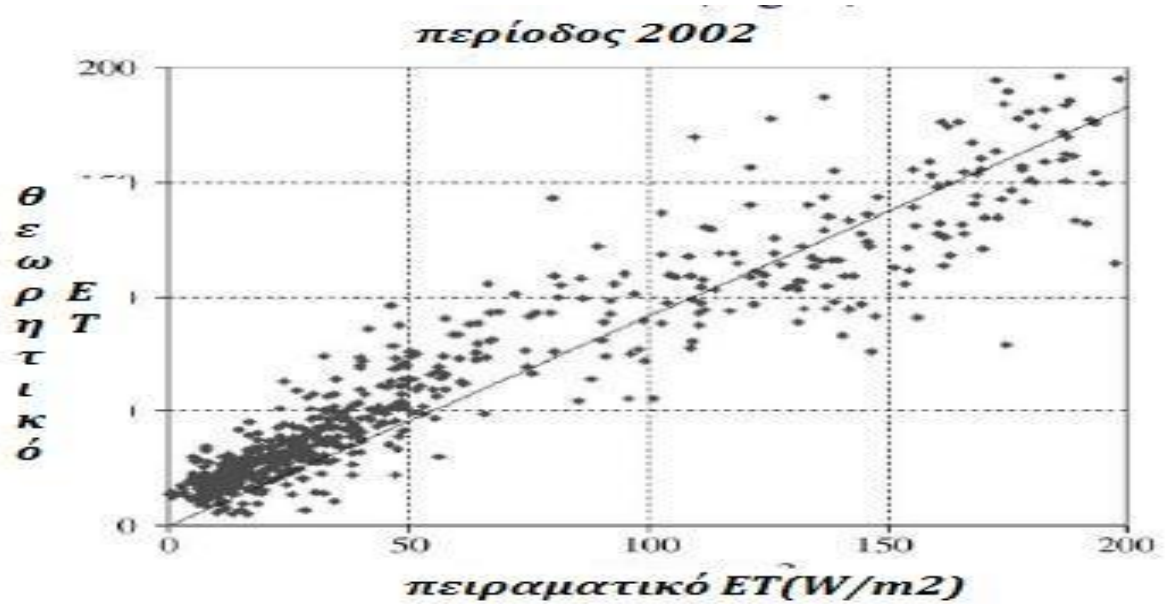
Το ET υπολογίζεται με τη βοήθεια των προηγούμενων σχέσεων και η συνεισφορά του εισάγεται στο κύριο μοντέλο του κτιρίου ως πλασματικός οριακός συντελεστή, ο οποίος προστίθεται στις σχέσεις συναγωγής και ακτινοβολίας:

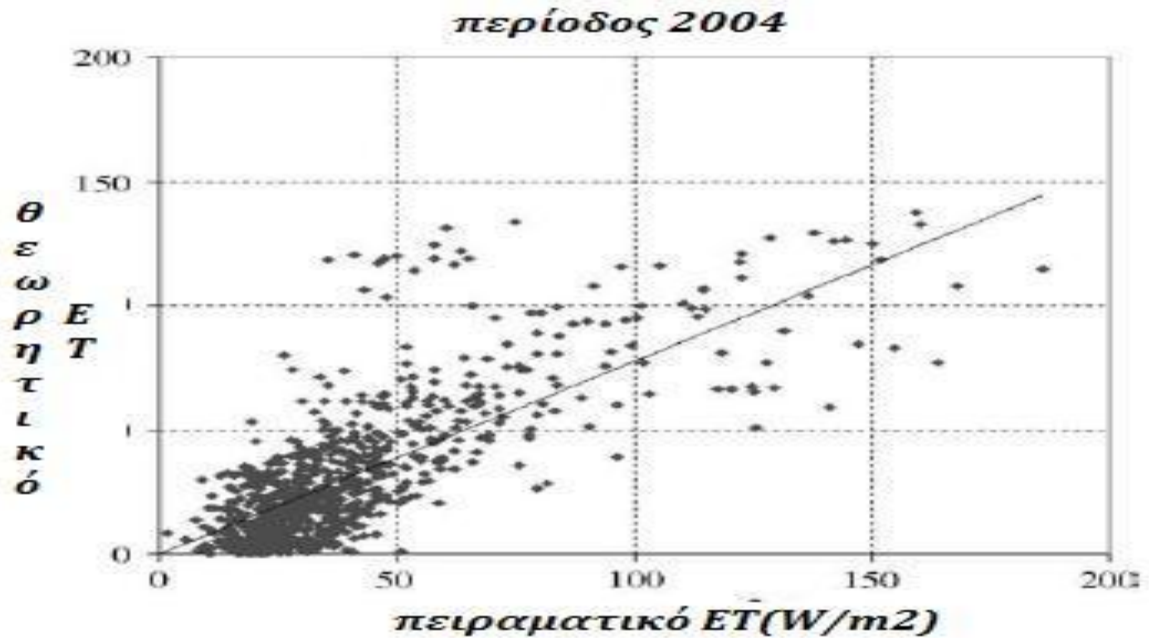
$$\alpha_{ET} = \frac{ET}{|t_{a,0} - t_{s,0}|} \quad (5)$$

όπου $t_{a,0}$ είναι η εξωτερική θερμοκρασία του αέρα και $t_{s,0}$ είναι η θερμοκρασία στην επιφάνεια του εδάφους.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για τη μέτρηση των τριών πειραμάτων αναφέρονται στα διαγράμματα της Εικόνας 31, όπου συγκρίνονται το θεωρητικό και πειραματικό ET. Η συσχέτιση είναι καλή για το πείραμα του 2002, κατά το οποίο, το

πράσινο ήταν σε καλή υδατική κατάσταση, ενώ η αντιστοιχία είναι κακή για το πείραμα του 2003 όπου το έδαφος ήταν σχεδόν στεγνό καθ' όλη την διάρκεια του καλοκαιριού. Ο συσχετισμός είναι αρκετά καλός για το χειμερινό πείραμα του 2004³⁰.





Εικόνα 31: Σύγκριση μεταξύ θεωρητικών και πειραματικών τιμών της εξατμισοδιαπνοής για τις τρεις πειραματικές περιόδους.

5.1.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

Στις παραπάνω παραγράφους έγινε η περιγραφή της θερμικής και ενεργητικής συμπεριφοράς μιας πράσινης στέγης. Η ανάλυση ξεκινά από αλληλένδετα δεδομένα σε διαφορετικές πειραματικές περιόδους, τόσο κάτω από καλοκαιρινές όσο και χειμερινές συνθήκες. Το φυσικό σύστημα ορίζεται μέσα από ένα μοντέλο με καθορισμένες παραμέτρους όπου υπολογίζει την θερμική ροή της εξατμισοδιαπνοής καθώς και την εναπομένουσα διάρκεια στο ενεργειακό ισοζύγιο. Επίσης υπολογίζονται και οι ροές του νερού.

Ο ρόλος της λανθάνουσας ροής της εξατμισοδιαπνοής είναι πολύ σημαντικός. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, με το χώμα σε σχεδόν ξηρές συνθήκες, η πράσινη στέγη επιτρέπει την μείωση περίπου κατά 60% του θερμικού κέρδους που εισέρχεται στο εσωτερικό του δωματίου σε σχέση με τις παραδοσιακές στέγες που διαθέτουν ένα μονωτικό στρώμα. Αυτό οφείλεται στην μεγαλύτερη ηλιακή αντανάκλαση και στην απορροφητικότητα του πράσινου, ενώ η εξατμισοδιαπνοή είναι πολύ περιορισμένη. Όταν το έδαφος είναι σε υγρή κατάσταση, δεν είναι μόνο η ροή εισόδου που ακυρώνεται, αλλά

παράγεται και μια μικρή εξερχόμενη ροή έτσι ώστε η πράσινη στέγη να λειτουργεί ως παθητικό ψυγείο, χάρη στην ψύξη που είναι αποτέλεσμα της εξατμισοδιαπνοής. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, αυτή η διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής ωθείται κυρίως από το έλλειμμα στην τάση πίεσης του αέρα. Είναι πολύ σημαντική η παραγωγή εξερχόμενης θερμικής ροής από την οροφή, η οποία είναι 40% υψηλότερη από ότι σε μία αντίστοιχη στέγη υψηλής ηλιακής απορρόφησης και μόνωσης.

Ένα έξυπνο αριθμητικό μοντέλο έχει αναπτυχθεί. Αυτό υπολογίζει τη θερμική ενέργεια και τις επιδόσεις ενός κτιρίου με μια πράσινη στέγη, τα χαρακτηριστικά των οποίων μπορεί να είναι προσαρμοσμένα σε ένα μεγάλο σύνολο μετεωρολογικών δεδομένων για μια συγκεκριμένη γεωγραφική ζώνη. Η συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ της πειραματικής και θεωρητικής εξατμισοδιαπνοής είναι ικανοποιητική όταν η πράσινη στέγη βρίσκεται σε καλές υδατικές συνθήκες ³⁰.

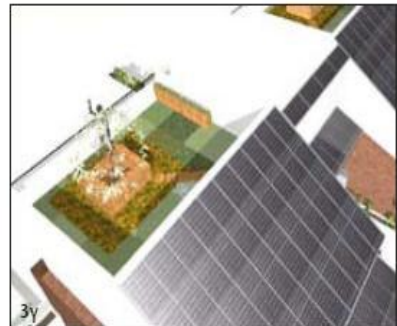
5.2 ΠΡΑΣΙΝΗ ΣΤΕΓΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.

Στο πλαίσιο του Πανελλήνιου Αρχιτεκτονικού Διαγωνισμού Ιδεών «Μελέτες Ιδεών Φύτευσης Δωμάτων-Στεγών Κατοικιών και Πιλοτικές Εφαρμογές» του Υπουργείου ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. που ολοκληρώθηκε στις αρχές του Σεπτεμβρίου του 2008, μελετήθηκε η εγκατάσταση φυτεμένου δώματος σε δύο κτίρια, ένα κτίριο γραφείων και μία διπλοκατοικία, για τρεις κλιματικές ζώνες της Ελλάδας.

Η μελέτη εγκατάστασης φυτεμένου δώματος έγινε για τρεις κλιματικές ζώνες της χώρας (Α, Β και Γ), με σκοπό, αφενός την εκτίμηση της επίδρασής του στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων και αφετέρου την άντληση ασφαλών συμπερασμάτων, που θα αναδείξουν την περιβαλλοντική αξία της χρήσης πράσινων στεγών στο δομημένο περιβάλλον αλλά και θα επισημάνουν τα βασικότερα προβλήματα που εμποδίζουν ακόμα την ευρεία εφαρμογή τους στον ελλαδικό χώρο.

Γενικά, το φυτεμένο δώμα ως τμήμα του κτιριακού κελύφους, επιδρά στην θερμική ροή της επιφάνειας στην οποία έχει τοποθετηθεί. Οι στρώσεις της φύτευσης και του χώματος αποτελούν ένα ζωντανό σύστημα στο δομικό υλικό του δώματος που αλληλεπιδρά με ποικίλους τρόπους τόσο με το κτίριο όσο με το εξωτερικό περιβάλλον ³¹.

5.2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ.



Εικόνα 32: Πράσινη στέγη σε κτίριο γραφείων και σε διπλοκατοικία.

- Το κτίριο γραφείων(εικόνα 32,2)θεωρήθηκε υφισταμένη διώροφη κατασκευή με νότιο προσανατολισμό σε ελεύθερη δόμηση σε αστικό περιβάλλον και με χαρακτηριστικά κατασκευής παρόμοια με κτίρια που κατασκευάστηκαν στις δεκαετίες του 1980 και 1990 (κτίρια χωρίς θερμομόνωση και στοιχεία βιοκλιματικού σχεδιασμού), με στόχο να εξαχθούν συμπεράσματα για την συμβολή φυτεμένου δώματος στην βελτίωση της ενεργειακή συμπεριφορά υφισταμένων κτιρίων. Στο κτίριο μελετήθηκαν και πρόσθετες αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις όπως τοποθέτηση αρχιτεκτονικών προεξοχών και κατακόρυφης βλάστησης με στόχο την περαιτέρω βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

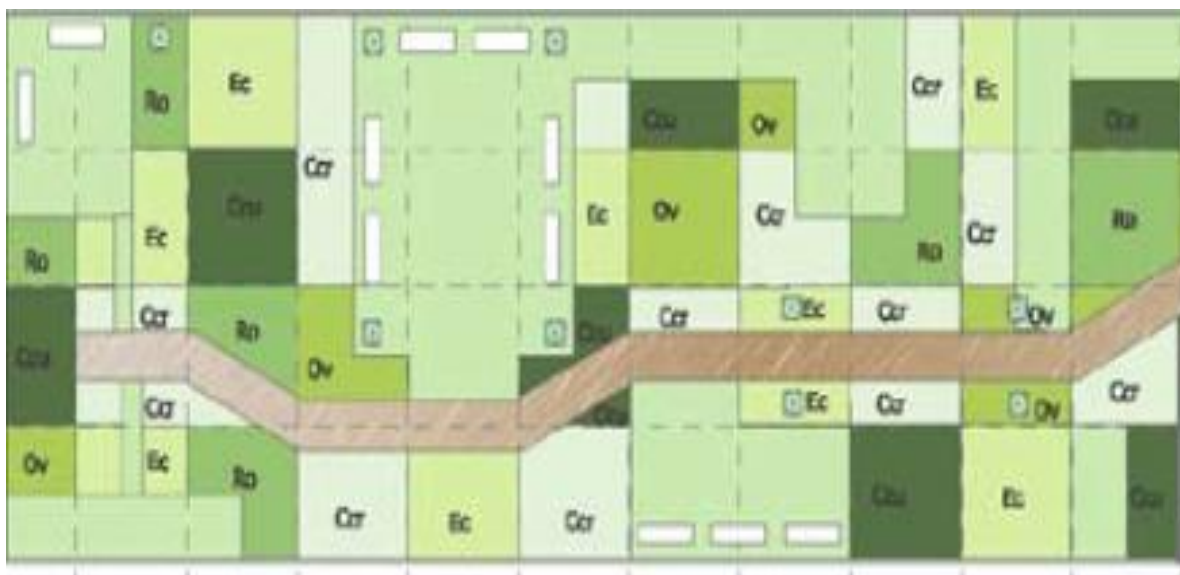
- Το κτίριο της διπλοκατοικίας (εικόνα 32,3αβγ), θεωρήθηκε νεόδμητη κατασκευή με νότιο προσανατολισμό σε ελεύθερη δόμηση σε αστικό περιβάλλον, αποτελούμενη από δύο τριώροφες κατοικίες με ενσωματωμένα χαρακτηριστικά βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, ώστε να εξαχθούν όσο το δυνατό πιο ασφαλή συμπεράσματα για την συμβολή του φυτεμένου δώματος στην ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου που έχει ήδη σχεδιαστεί για να εξοικονομεί ενέργεια. Στην διπλοκατοικία έγινε επιπρόσθετα και μελέτη εγκατάστασης φωτοβολταϊκών πάνελ, με στόχο την κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρικό φορτίο μετατρέποντάς το σε κτίριο μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Η εκτίμηση της ενεργειακής συμπεριφορά των κτιρίων, πριν και μετά τις παρεμβάσεις, πραγματοποιήθηκε με τον προσομοιωτικό πρόγραμμα Energy Plus (έκδοση 2.2.0) χρησιμοποιώντας κλιματολογικά δεδομένα για τις πόλεις του Ηρακλείου (Κλιματική Ζώνη Α), της Αθήνας (Κλιματική Ζώνη Β) και της Θεσσαλονίκης (Κλιματική Ζώνη Γ).

Στην διαμόρφωση των φυτεμένων δωματίων λήφθηκαν υπ' όψιν οι όψεις και το σχεδιαστικό ύφος των κτιρίων που χαρακτηρίζονται από τι αυστηρές γραμμές και όγκους³¹.



Εικόνα 33: Η βλάστηση δημιουργεί ένα μωσαϊκό στο κτίριο γραφείων.

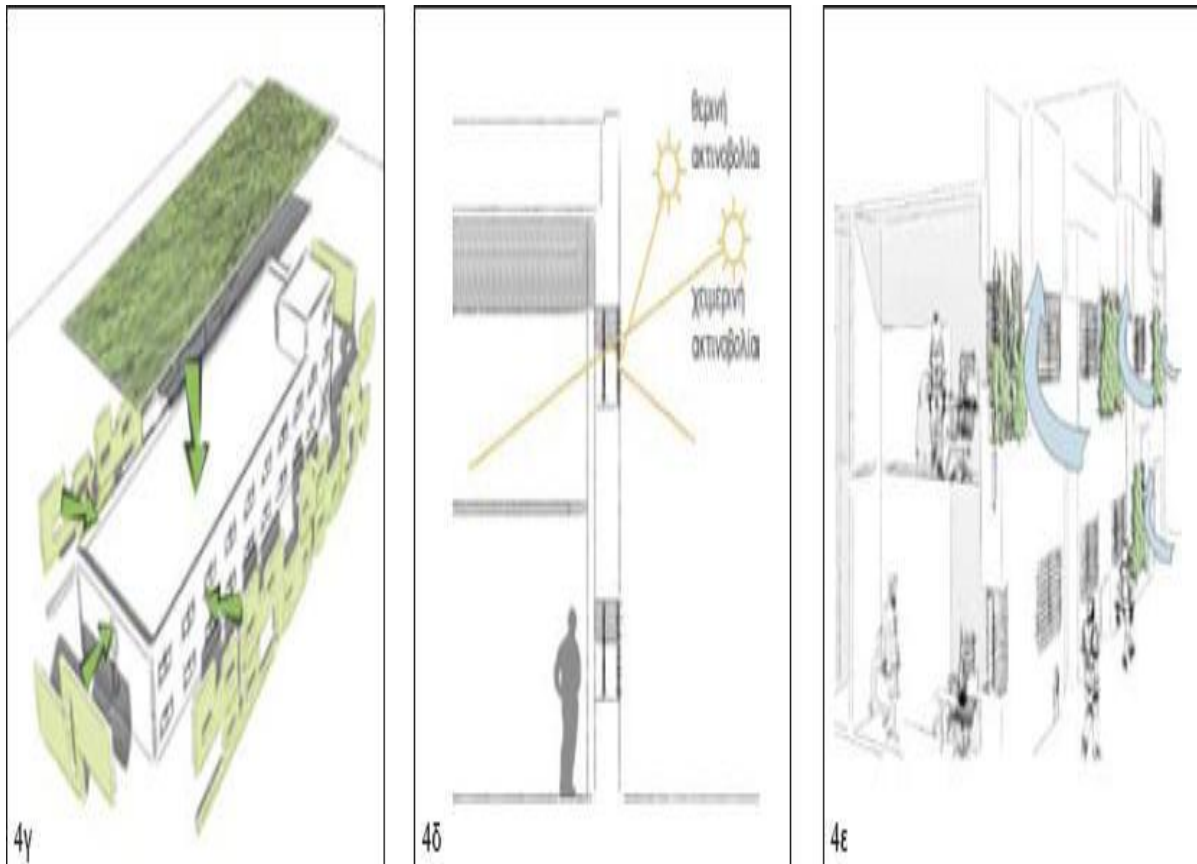
Για την αποφυγή της επιπρόσθετης επιβάρυνσης στο στατικό φορτίο των κτιρίων χρησιμοποιήθηκαν ελαφριές κατασκευές οι οποίες έχουν αισθητική αλλά κυρίως λειτουργική χρησιμότητα. Πιο συγκεκριμένα, για το κτίριο γραφείων, η σχεδιαστική ιδέα που ακολουθήθηκε για την διαμόρφωση της πράσινης στέγης αποτέλεσε συνέχεια της πρόσοψης του κτιρίου, διατηρώντας τον ίδιο σχεδιαστικό κάρναβο. Βασικό στοιχείο του σχεδιασμού ήταν η κάλυψη του μεγαλύτερου τμήματος της επιφάνειας με βλάστηση, δημιουργώντας παράλληλα και καλύτερο εργασιακό περιβάλλον καθώς και χώρο αναψυχής στην οροφή. Σε ότι αφορά τον τύπο φύτευσης, αυτό που εξετάστηκε είναι ο ημιεντατικός. Τα διαφορετικά είδη φυτών εδαφοκάλυψης, λόγω του χαμηλού τους ύψους, εναλλάσσονται μεταξύ τους, συνθέτοντας έναν χώρο με θέα προς όλες τις κατευθύνσεις ενώ παράλληλα δεν καθιστούν τον χώρο μονότονο, χάρη στο «μωσαϊκό βλάστησης» που δημιουργείται στο δώμα (εικόνα 33 και 34).



Εικόνα 34: Λειτουργικό σχέδιο γραφείων.

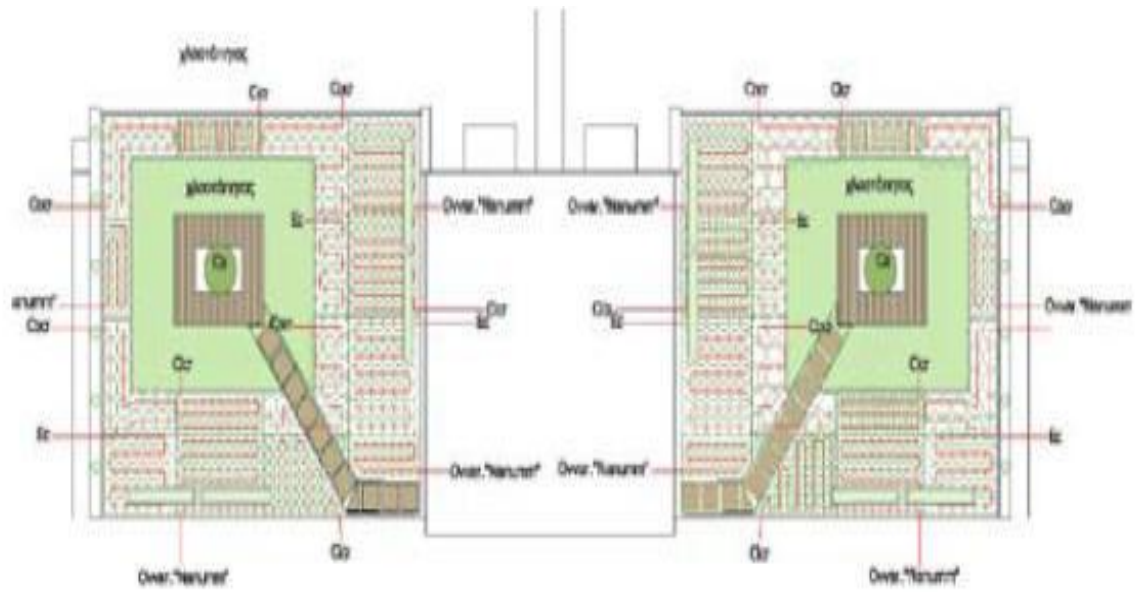
Η επιλογή της βλάστησης έγινε με βάση τα χαρακτηριστικά τους ως προς τις κλιματικές ζώνες και τις απαιτήσεις των φυτών για άρδευση και συντήρηση. Άλλα κριτήρια ήταν η αισθητική τους αξία, το ύψος τους, η δυνατότητα κλάδευσής τους για την απόδοση των επιθυμητών σχημάτων και τον περιορισμό ανάπτυξής τους καθώς και οι αρωματικές τους ιδιότητες. Περαιτέρω μελετήθηκαν και πρόσθετες αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις όπως

τοποθέτηση αρχιτεκτονικών προεξοχών και κατακόρυφης βλάστησης με στόχο την αύξηση της σκίασης και την προστασία από τους ανέμους (Εικόνα 35,4γδε)³¹.



Εικόνα 35: Κατακόρυφη βλάστηση για την αύξηση της σκίασης.

Σχετικά με το κτίριο της διπλοκατοικίας ο σχεδιασμός του φυτεμένου δώματος έγινε σύμφωνα με τον άξονα αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε και για την σύνθεση των κατοικιών. Δηλαδή, έγινε με την βοήθεια άξονα συμμετρίας κάθετου στον κεντρικό άξονα αναφοράς ώστε να οριοθετηθούν οι χρήσεις των χώρων. Κυρίαρχο ρόλο στην διαμόρφωση διαδραμάτισε η κάλυψη του μεγαλύτερου μέρους της επιφάνειας με βλάστηση. Ο τύπος φύτευσης που χρησιμοποιήθηκε είναι ημιεντατικού τύπου, αποτελούμενος από πέντε εδαφοκαλυπτικά είδη, που διαμορφώνουν, με τις διαφορετικές υφές και χρώματά τους, το «μωσαϊκό βλάστησης» που είναι το κυρίαρχο στοιχείο (Εικόνα 36 και 37).



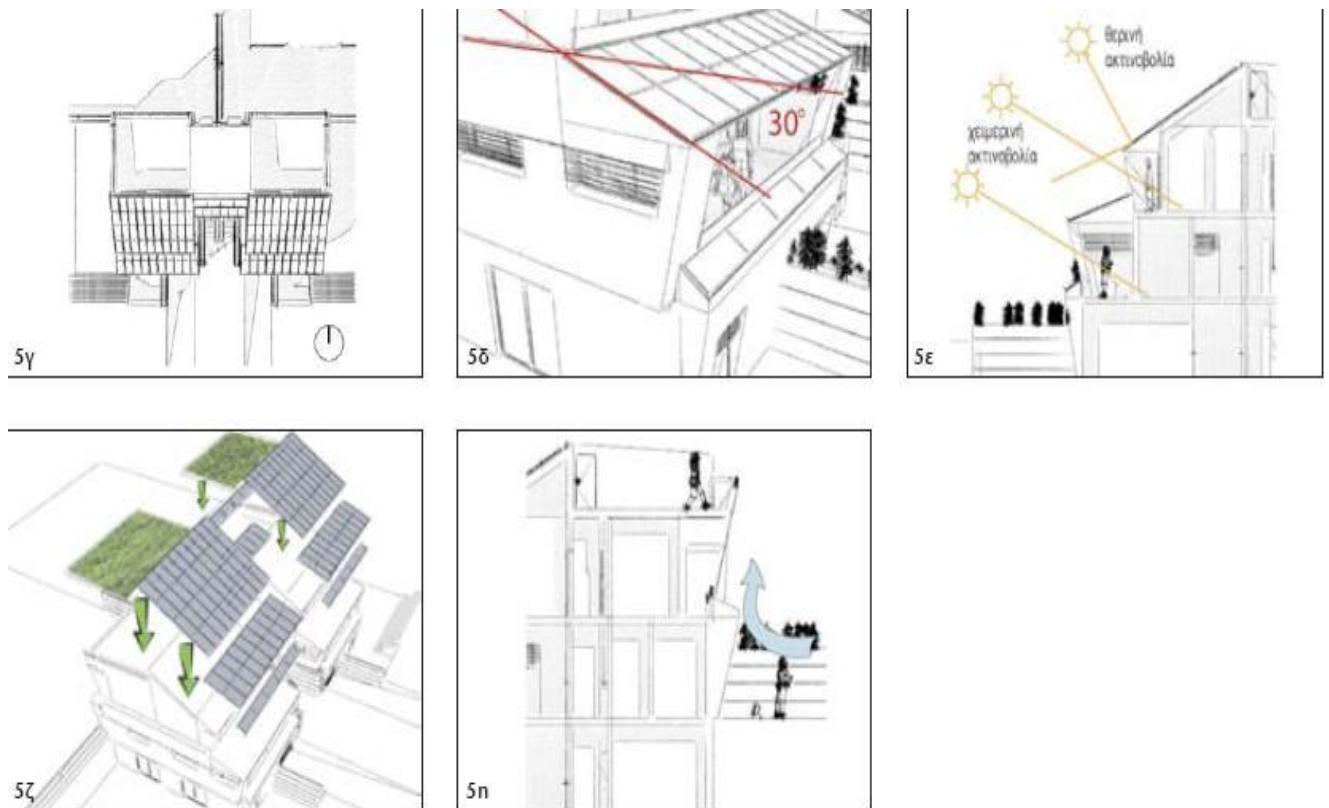
Εικόνα 36: Λειτουργικό σχέδιο διπλακατοικίας.



Εικόνα 37: Η βλάστηση δημιουργεί ένα μωσαϊκό στο κτίριο της διπλακατοικίας.

Λόγω της μικρής έκτασης του χώρου, οι προτεινόμενες κατασκευές συνδυάζουν πολλές χρήσεις. Εξάλλου, τα περισσότερα φυτά που επιλέχθηκαν είναι φυτά με χαμηλές απαιτήσεις σε εδαφικά χαρακτηριστικά και νερό για την εξοικονόμηση νερού και ενέργειας, τα οποία όμως στον τελικό συνδυασμό τους αποδίδουν ένα ευχάριστο αισθητικό αποτέλεσμα. Γενικότερα, κατά την διαδικασία σύνθεσης του κτιρίου, δόθηκε προτεραιότητα στην αειφόρο αρχιτεκτονική και στην εξοικονόμηση ενέργειας. Γι' αυτό τον λόγο επιλέχθηκε αρχικά ο νότιος προσανατολισμός και οι εσωτερικοί χώροι διαμορφώθηκαν σύμφωνα με την ώρα και το είδος χρήσης τους και την ανάγκη για φυσικό φωτισμό ³¹.

Η κλίση των στεγών (30°) σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο για να συμβάλλει στην σκίαση των υαλοπινάκων, στην προστασία των βορινών ημιυπαίθριων χώρων από την υπερθέρμανση καθώς και στη βέλτιστη απόδοση των φωτοβολταϊκών πάνελ, ενώ στην βορινή όψη του κτιρίου η κλίση των προεξοχών λειτουργεί, πέρα από τον αισθητικό χαρακτήρα, σαν προστασία από τους βορειοδυτικούς ανέμους (Εικόνα 38,5γδεζη).



Εικόνα 38: Διαμόρφωση στεγών στο κτίριο της διπλοκατοικίας ώστε να προστατεύουν από τους βορειοδυτικούς ανέμους.

Τέλος, στα πλαίσια της εγκατάστασης φυτεμένου δώματος στα υπό μελέτη κτίρια, μελετήθηκε η χρήση συστημάτων ορθολογικής άρδευσης τους, με τις κυριότερες σχεδιαστικές παραμέτρους να αποτελούν η διαθέσιμη και η ωφέλιμη υγρασία, το καθαρό και το ολικό βάθος άρδευσης, η αρδευτική δόση, η διάρκεια και το εύρος της άρδευσης ώστε να προσδιοριστεί βέλτιστα η ποσότητα, ο χρόνος και η διάρκεια της άρδευσης. Επιπλέον, προτάθηκε σύστημα επαναχρησιμοποίησης νερού με σκοπό της συλλογή των απορροών τη αποστράγγιση του φυτεμένου δώματος καθώς και των ομβρίων των ακάλυπτων επιφανειών των κτιρίων, την αποθήκευση υδάτων και την συμπλήρωση με νερό ύδρευσης καθώς και την άρδευση του φυτεμένου δώματος με νερό αποθήκευσης χρησιμοποιώντας υπόγεια αντλία η οποία θα τροφοδοτείται από αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα με συσσωρευτές.

5.2.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.

Σε ότι αφορά τις παραμέτρους προσομοίωσης του κτιρίου γραφείων και της διπλοκατοικίας, παρακάτω παρουσιάζονται τα σενάρια των παρεμβάσεων(Πίνακας 13), βάσει των οποίων υπολογίστηκαν τα ενεργειακά τους φορτία για να αντληθούν συμπεράσματα για την επίδραση του φυτεμένου δώματος στην ενεργειακή τους απόδοση στις τρεις Κλιματικές Ζώνες ³¹.

Πίνακας 9: Παράμετροι προσομοίωσης.

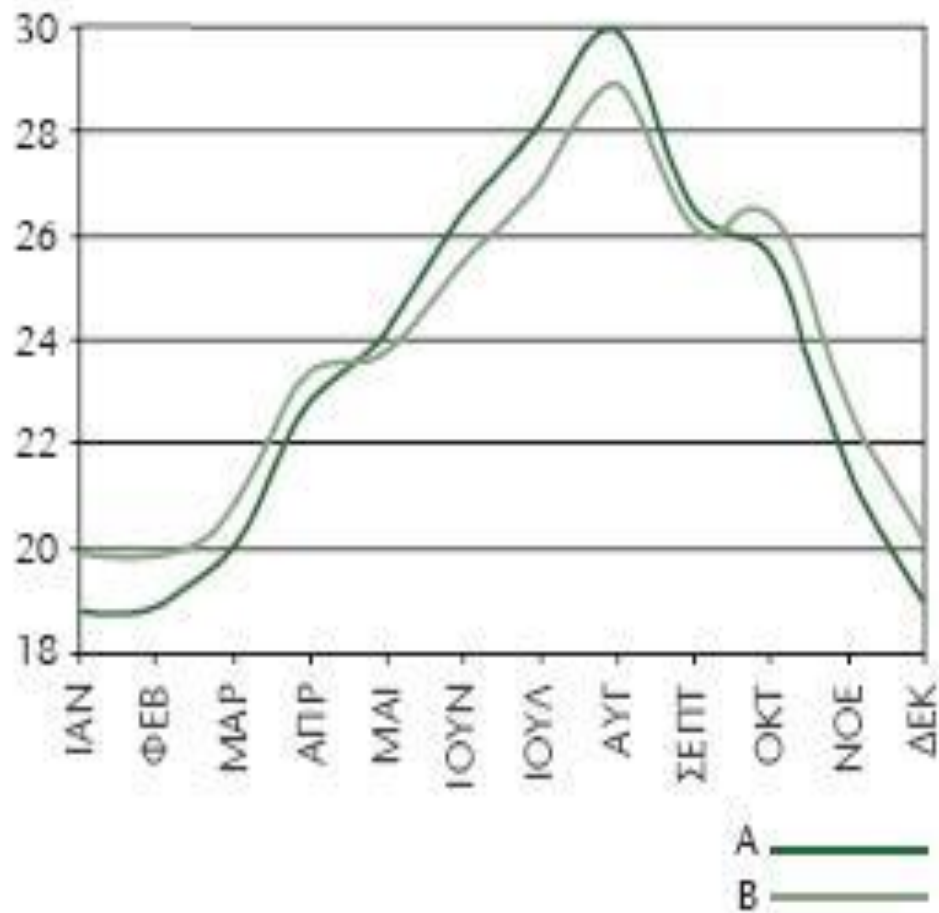
Κτίριο γραφείων	
Παράμετροι - Σενάριο A	Παράμετροι - Σενάριο B
Αμόνωτο δώμα Αμόνωτο κτιριακό κέλυφος Σκίαση υαλοπινάκων με εσωτερικές περσίδες	Φυτεμένο δώμα Τοποθέτηση αρχιτεκτονικών προεξοχών στο κτιριακό κέλυφος Σκίαση με εξωτερικές περσίδες
Διπλοκατοικία	
Παράμετροι - Σενάριο A	Παράμετροι - Σενάριο B
Μονωμένο κτιριακό κέλυφος	Φυτεμένο δώμα Μονωμένο κτιριακό κέλυφος Εγκατάσταση Φ/Β πανέλων

5.2.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

Συνοψίζοντας από την διερεύνηση που πραγματοποιήθηκε, προέκυψαν μια σειρά από ενδιαφέροντα συμπεράσματα, τόσο συγκεκριμένα όσο και γενικότερα. Η εφαρμογή της τεχνολογίας των πράσινων στεγών αποτελεί μια πλήρως ενδεδειγμένη λύση για τις περιπτώσεις των υφισταμένων και πλημμελώς (ή και καθόλου) θερμομονωμένων κτιρίων (για παράδειγμα το υπό εξέταση κτίριο γραφείων).

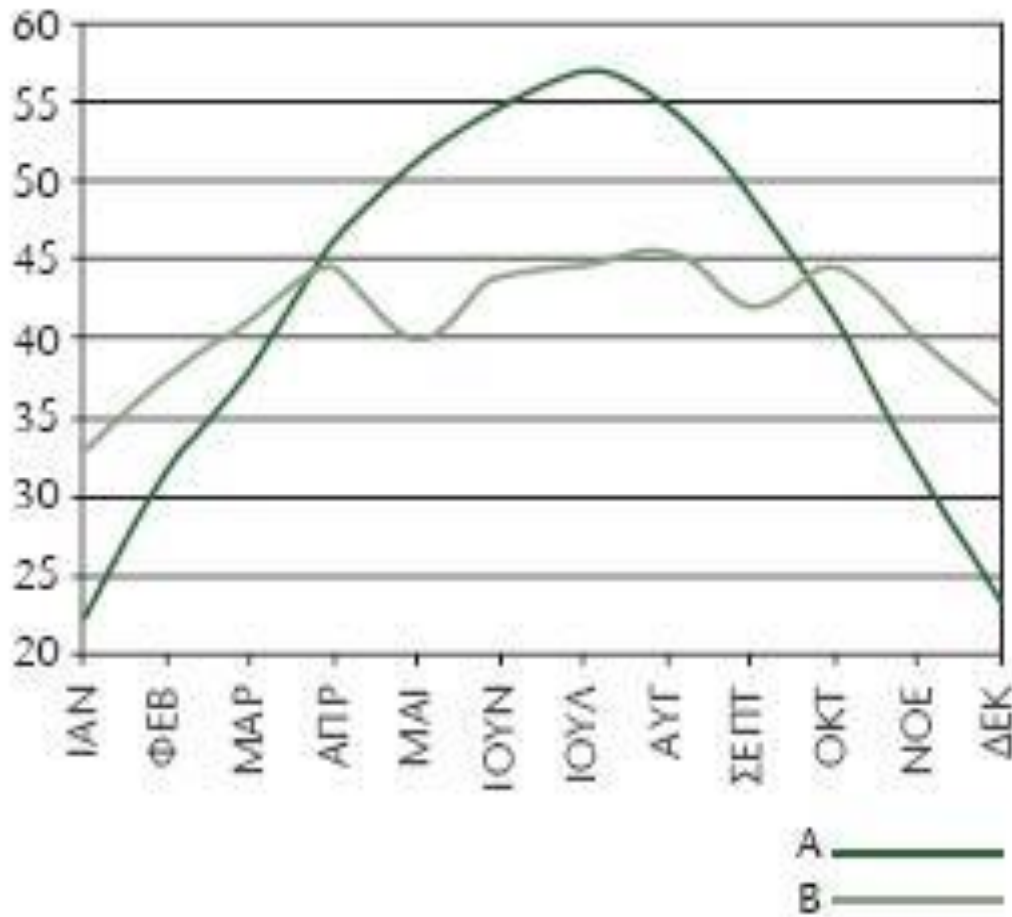
Πιο συγκεκριμένα:

- 1 Βελτίωσε ουσιαστικά την θερμική άνεση όπως αυτή αντικατοπτρίζεται στην ενεργό θερμοκρασία των χώρων (Εικόνα 39).



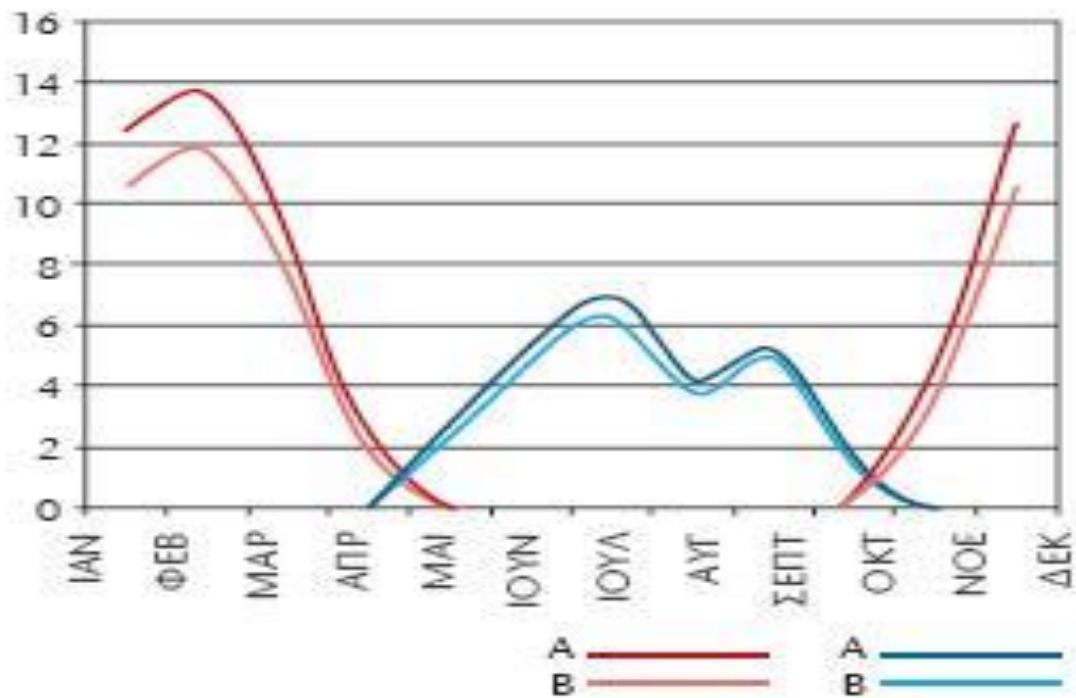
Εικόνα 39: Ενεργός θερμοκρασία ζώνης τελευταίου ορόφου (°C) στην Αθήνα.

- 2 Συνέβαλε στην βελτίωση του αστικού μικροκλίματος, με την σημαντική μείωση των επιφανειακών θερμοκρασιών (Εικόνα 40).



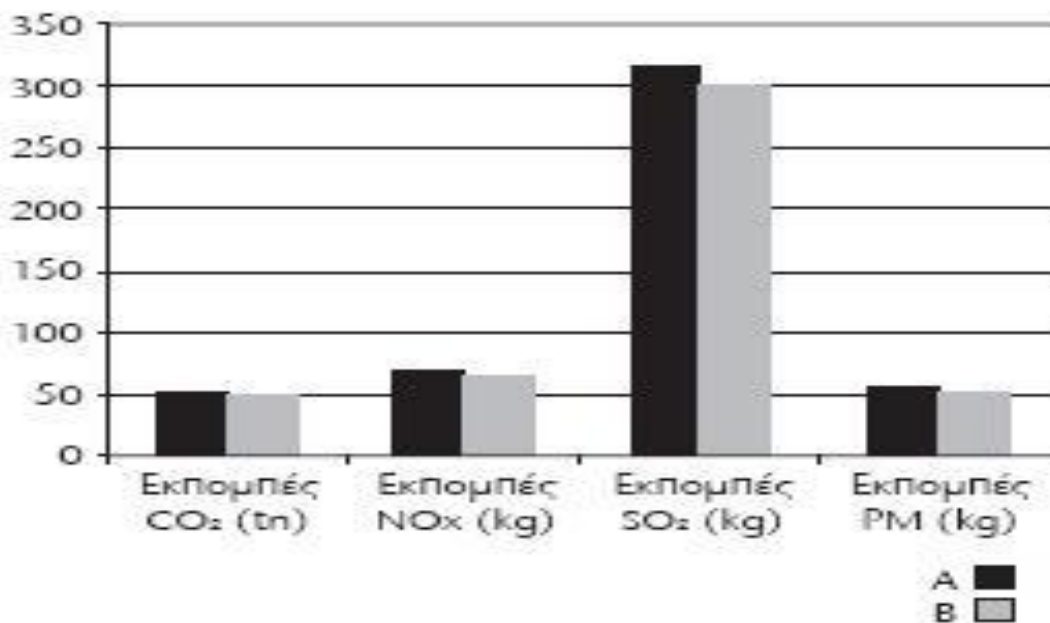
Εικόνα 40: Μέγιστη εξωτερική επιφανειακή θερμοκρασία δώματος (°C) στην Αθήνα.

- 3 Περιορίσε σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση, όπως προκύπτει από την ροή θερμότητας και την απαιτούμενη ισχύ για ψύξη και θέρμανση. Η εξοικονόμηση σε κατανάλωση ενέργειας ανέρχεται σε 14,56% στην Θεσσαλονίκη, σε 15,11% στην Αθήνα και σε 16,57% στο Ηράκλειο ενώ για ψύξη ανέρχεται σε 3,47% στην Θεσσαλονίκη, σε 8,47% στην Αθήνα και σε 9,1% στο Ηράκλειο (Εικόνα 41).



Εικόνα 41: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση(A) και ψύξη (B) (KWh/m²)-Αθήνα.

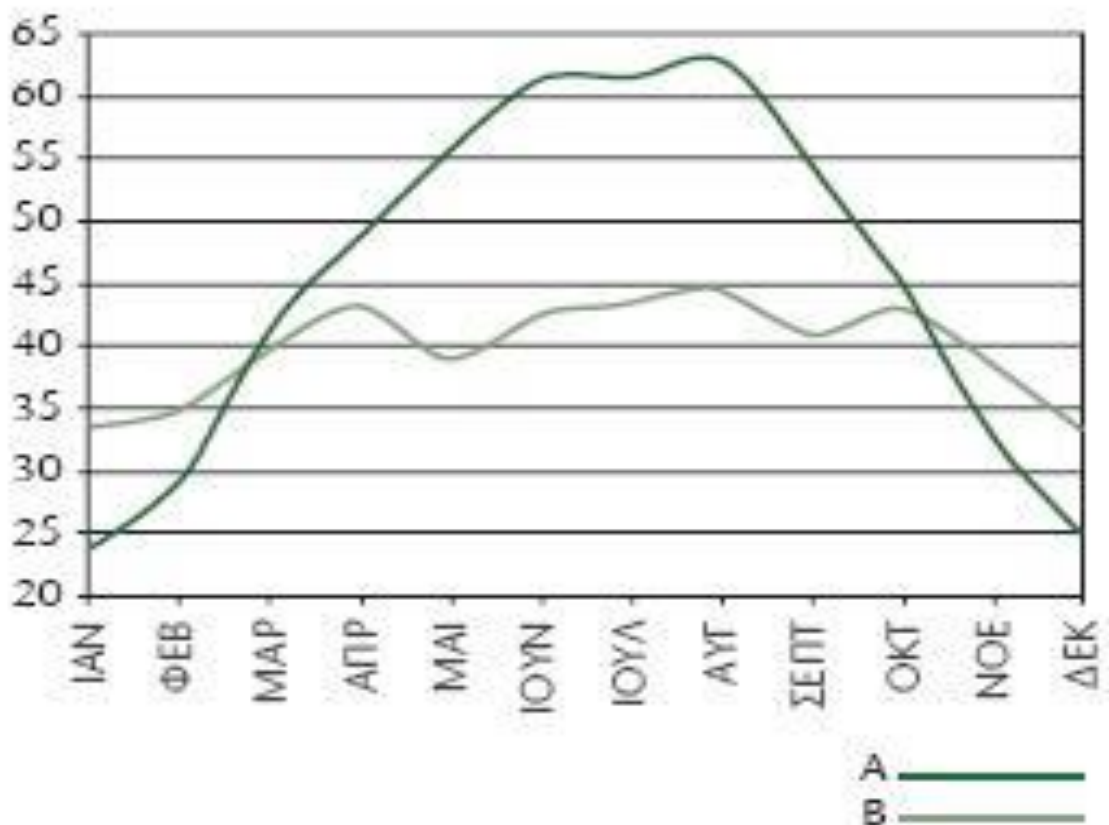
4 Συνέβαλε στην μείωση των εκπομπών CO₂ (Εικόνα 42).



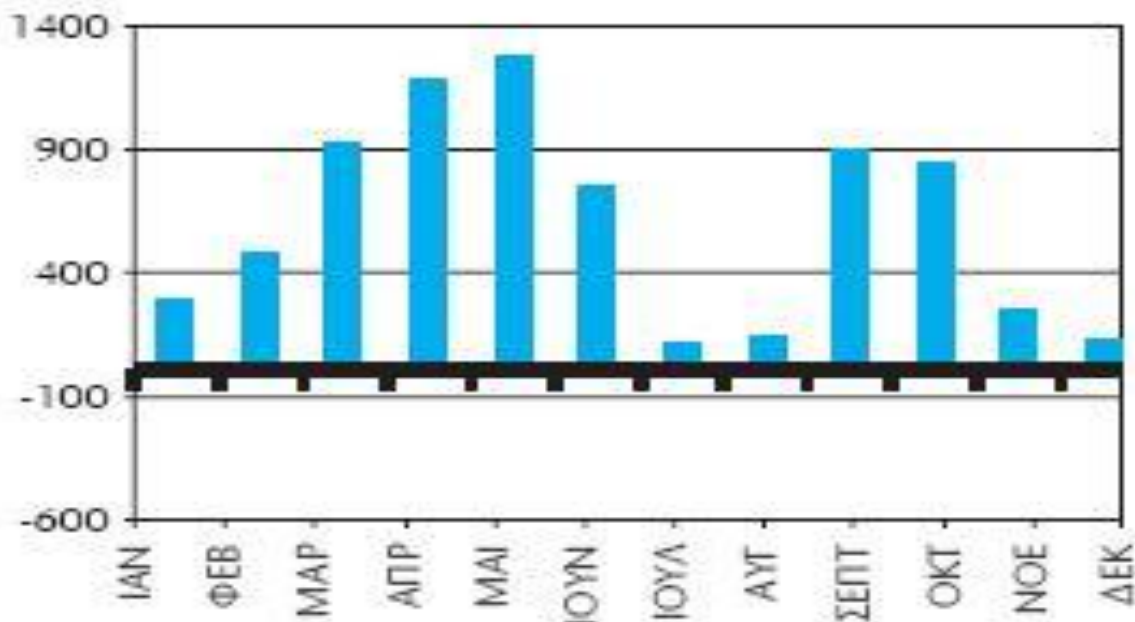
Εικόνα 42: Συνολικές εκπομπές - Αθήνα.

Στην περίπτωση ενός ήδη θερμομονωμένου κτιρίου όπως αυτό της διπλοκατοικίας, τα αποτελέσματα ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και για την βελτίωση της θερμικής άνεση που επιτυγχάνεται δεν είναι τόσο εντυπωσιακά, γεγονός αναμενόμενο όπως προκύπτει από την εξοικονόμηση της τάξης του 2% για θέρμανση και 1% για ψύξη στην Αθήνα και από την μείωση της ενεργού θερμοκρασίας των χώρων που φτάνει το 1% στην Αθήνα.

Ωστόσο, εκεί που τα αποτελέσματα είναι εντυπωσιακά είναι στην μείωση των εξωτερικών επιφανειακών θερμοκρασιών το καλοκαίρι, με προφανή αποτελέσματα σε επίπεδο αστικού μικροκλίματος (Εικόνα 43). Σε συνδυασμό μάλιστα με την πρόβλεψη για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στοιχείων οδηγούμαστε σε ένα κτίριο το οποίο αφενός δεν επιβαρύνει θερμικά το περιβάλλον, αφετέρου δεν αποτελεί παραγωγό ενέργειας (Εικόνα 44) ³¹.



Εικόνα 43: Μέγιστη εξωτερική επιφανειακή θερμοκρασία δώματος (°C) στην Αθήνα.



Εικόνα 44: Ισοζύγιο παραγωγής – κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (KWh).

6.ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΣΤΕΓΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .

Δυστυχώς η ανάπτυξη των φυτεμένων δωματίων στην Ελλάδα βρίσκεται σε πολύ αρχικό στάδιο. Τα φυτεμένα δώματα στην χώρα μας δεν είναι ακόμα αρκετά διαδεδομένες κατασκευές, με αποτέλεσμα να υπάρχουν χιλιάδες τετραγωνικά μέτρα τσιμεντένιων ταρατσών ανεκμετάλλευτα, εγκαταλελειμμένα, χωρίς ουσιαστική χρήση και οι οποίες θα μπορούσαν ύστερα από σωστή μελέτη, να μετατραπούν σε νησίδες πρασίνου και να αποτελέσουν σημαντικό ρόλο στην αναβάθμιση της ποιότητας του περιβάλλοντος³².

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, μέσα από μια οδηγία της, καθορίζει ότι όλα τα νέα κτίρια από 01.01.2006 πρέπει να έχουν ενεργειακή ταυτότητα, ενώ θα διενεργείται και ενεργειακή επιθεώρηση από ειδικά κλιμάκια. Ήδη, σε άλλες χώρες της Ευρώπης έχουν δημιουργηθεί επιθεωρητές προκειμένου να ακολουθηθεί η οδηγία.

Στην Ελλάδα ακόμα περιμένουμε την εφαρμογή. Δυστυχώς, λόγω της καθυστέρησης της εφαρμογής τόσο της συγκεκριμένης οδηγίας όσο και οποιασδήποτε ενεργειακής στρατηγικής στα κτίρια, τελευταίες έρευνες αποδεικνύουν ότι τα κτίρια στην Ελλάδα

καταναλώνουν πολλαπλάσια ενέργεια από αυτά στις Βόρειες Χώρες, αποτέλεσμα δυσανάλογο του κλίματος των περιοχών. Κατά τους θερινούς μήνες, η κατανάλωση ενέργειας, λόγω κυρίως της ανεξέλεγκτης χρήσης των κλιματιστικών, οδηγεί πολλές φορές σε μπλάκ άουτ το δίκτυο της ΔΕΗ.

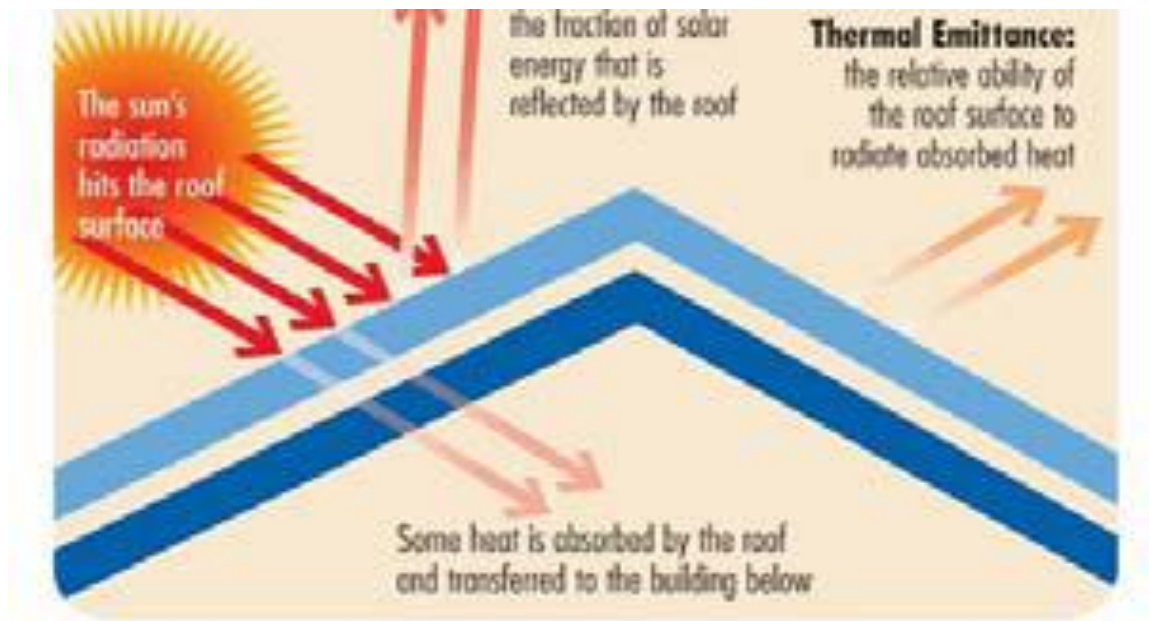
Η χρήση της τεχνολογίας των πράσινων στεγών μπορεί να μειώσει την ενεργειακή κατανάλωση σε ένα κτίριο και να ισορροπήσει τη δυσανάλογη σχέση κλίματος- ενεργειακής κατανάλωσης. Η μείωση που μπορεί να επιτευχθεί σχετίζεται με τον αριθμό των ορόφων και το σχήμα του κτιρίου. Ένα χαμηλό κτίριο μεγάλης επιφάνειας μπορεί να έχει πολύ καλύτερα αποτελέσματα. Σε οποιαδήποτε όμως περίπτωση τα αποτελέσματα είναι θετικά και η ενεργειακή κατανάλωση μπορεί να μειωθεί έως και 40% στο κτίριο. Στην Ελλάδα, λόγω της υψηλής ηλιοφάνειας και ζέστης τους περισσότερους μήνες του χρόνου, το σύστημα μπορεί να αποφέρει εξαιρετικά αποτελέσματα. Ειδικότερα στην Αθήνα και τις μεγαλουπόλεις της χώρας, το κλίμα μπορεί να βελτιωθεί δεδομένου του οφέλους στη μείωση της θερμοκρασίας³².

Έχει παρατηρηθεί ότι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ μιας φυτεμένης οροφής από μια οροφή με πλάκες ή με απλή μόνωση μπορεί να φτάσει στους 3 - 6° C. Με την υιοθέτηση μιας ενεργειακής στρατηγικής καθώς και την ένταξη της τεχνολογίας των πράσινων στεγών στην αρχική σχεδίαση των κτιρίων, τα οφέλη θα είναι πολλαπλά για το περιβάλλον και τον άνθρωπο

7.ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΣΤΕΓΩΝ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΠΑΘΗΤΙΚΗΣ ΨΥΞΗΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.

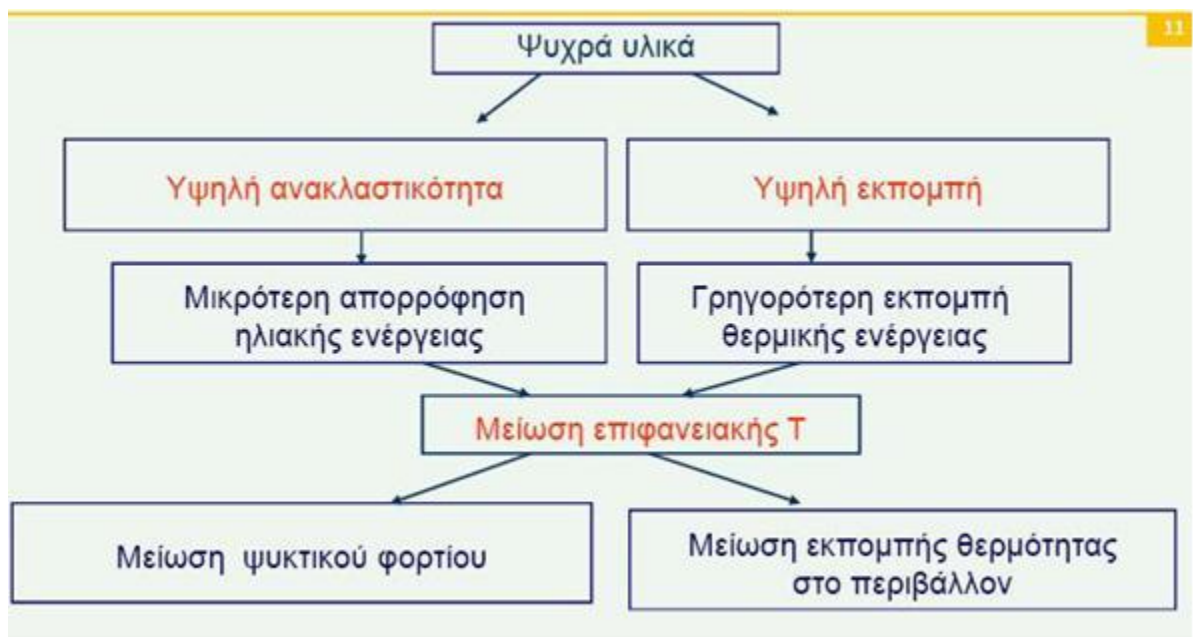
7.1 ΨΥΧΡΕΣ ΣΤΕΓΕΣ.

Τα ψυχρά υλικά είναι υλικά με ειδικές «οπτικές» ιδιότητες δηλαδή αντανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία και παραμένουν ψυχρά ενώ είναι εκτεθειμένα στον ήλιο. Οι ψυχρές στέγες μπορεί να είναι βαφές για επίπεδες ταράτσες αλλά και ψυχρά κεραμίδια διαφόρων χρωμάτων για επικλινείς στέγες³³.



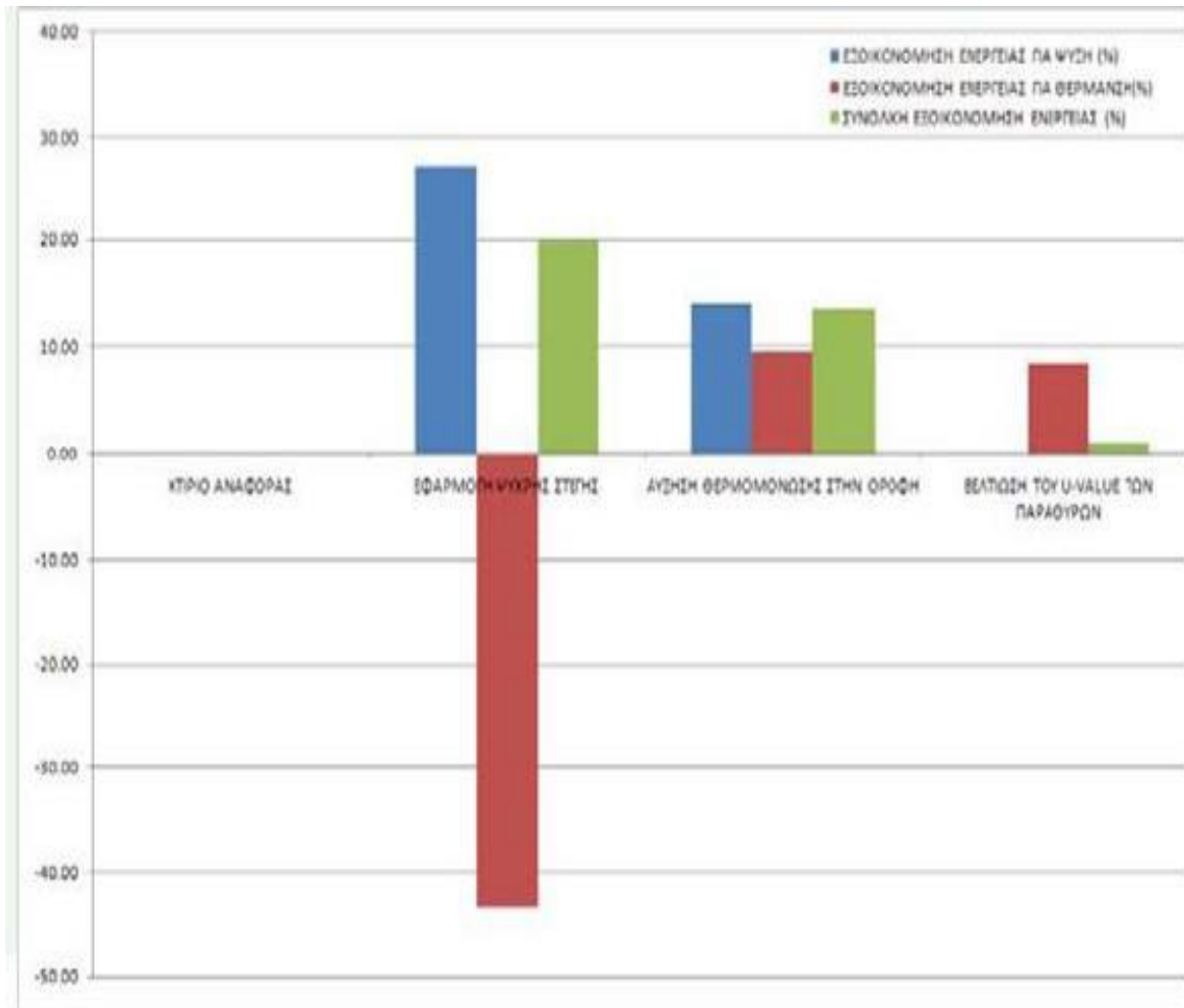
Εικόνα 45: Αντανάκλαση ηλιακής ακτινοβολίας από ψυχρές στέγες.

Οι ιδιότητες των ψυχρών υλικών φαίνονται στο παρακάτω γράφημα.



Εικόνα 46: Ιδιότητες ψυχρών υλικών.

Η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με την χρήση των ψυχρών υλικών φαίνεται στην εικόνα 47.



Εικόνα 47: Εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με την χρήση ψυχρών στεγών.

Οι ψυχρές στέγες παρουσιάζουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

Η εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και η μείωση ζήτησης αιχμής σε θερμά κλίματα από την εφαρμογή ψυχρών στεγών κυμαίνεται κατά μέσο όρο μεταξύ 10-30%. Το κόστος δε των ψυχρών στεγών είναι εξαιρετικά χαμηλό (της τάξης 1 έως 2.20 ευρώ/m²) σε σχέση με άλλες λύσεις μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης για ψύξη. Δεδομένου ότι ένας μεγάλος

αριθμός ανθρώπων που ζουν σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές ανήκουν στα χαμηλότερα εισοδήματα θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι ψυχρές στέγες είναι μια βιώσιμη λύση για τις οικογένειες χαμηλού εισοδήματος που πάσχουν από την υπερθέρμανση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ³³.



Εικόνα 48: Κτίριο με ψυχρές στέγες.

Τα μειονεκτήματα των ψυχρών στεγών είναι τα εξής ³⁴:

- Ποινικές ρήτρες περιλαμβάνει η ελαφρώς υψηλότερη ενεργειακή χρήση θέρμανσης κατά τους χειμερινούς μήνες. Επίσης λαμβάνοντας υπόψιν το γεγονός ότι η πορεία του ήλιου είναι χαμηλότερη στον ορίζοντα κατά την διάρκεια του χειμώνα και δεν αντανakλά στην στέγη τόσο άμεσα ή τόσο έντονα όπως το καλοκαίρι, καθώς επίσης και το ότι ο ήλιος ακτινοβολεί λιγότερες ώρες και υπάρχουν περισσότερες νεφελώδεις ημέρες, συμπεραίνουμε ότι τα ψυχρά υλικά προκαλούν ελάχιστα υψηλότερη ενεργειακή χρήση θέρμανσης τους χειμερινούς μήνες.
- Ο υποβιβασμός της αστικής ατμοσφαιρικής ποιότητας κατά τους χειμερινούς μήνες, εφόσον ένα κτίριο μπορεί να δροσιάζεται με ελάχιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και να θερμαίνεται με την καύση φυσικού αερίου, η εγκατάσταση μιας ψυχρής οροφής μπορεί να παράγει αυξανόμενες ετήσιες τοπικές εκπομπές μολυσμένων

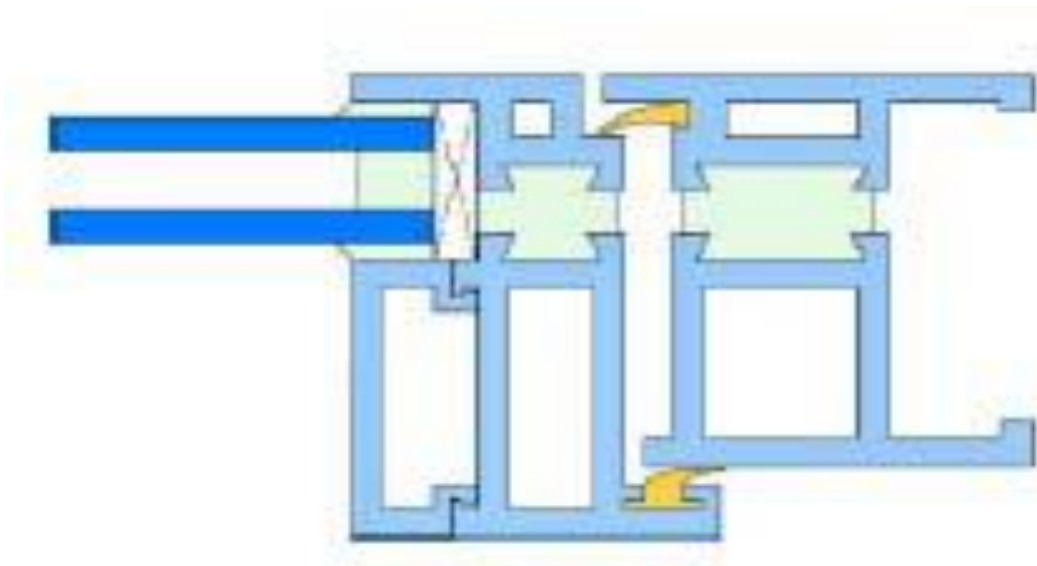
αέριων από την καύση του φυσικού αερίου ακόμη και μειώνοντας την ετήσια κατανάλωση ενέργειας.

- Επίσης η χρήση του πόσιμου νερού για τον καθαρισμό των στεγών μπορεί να είναι επιβλαβής σε συχνές ξηρασίες π.χ. στην Καλιφόρνια, καθώς και η χρήση απορρυπαντικών μπορούν να μολύνουν το υπόγειο νερό.
- Τέλος η έλλειψη εμπειρίας και ενημέρωσης πάνω στο θέμα αποτελεί βασικό πρόβλημα για την διάδοση των ψυχρών υλικών.

7.2 ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΚΠΕΜΨΙΜΟΤΗΤΑΣ (LOW-E).

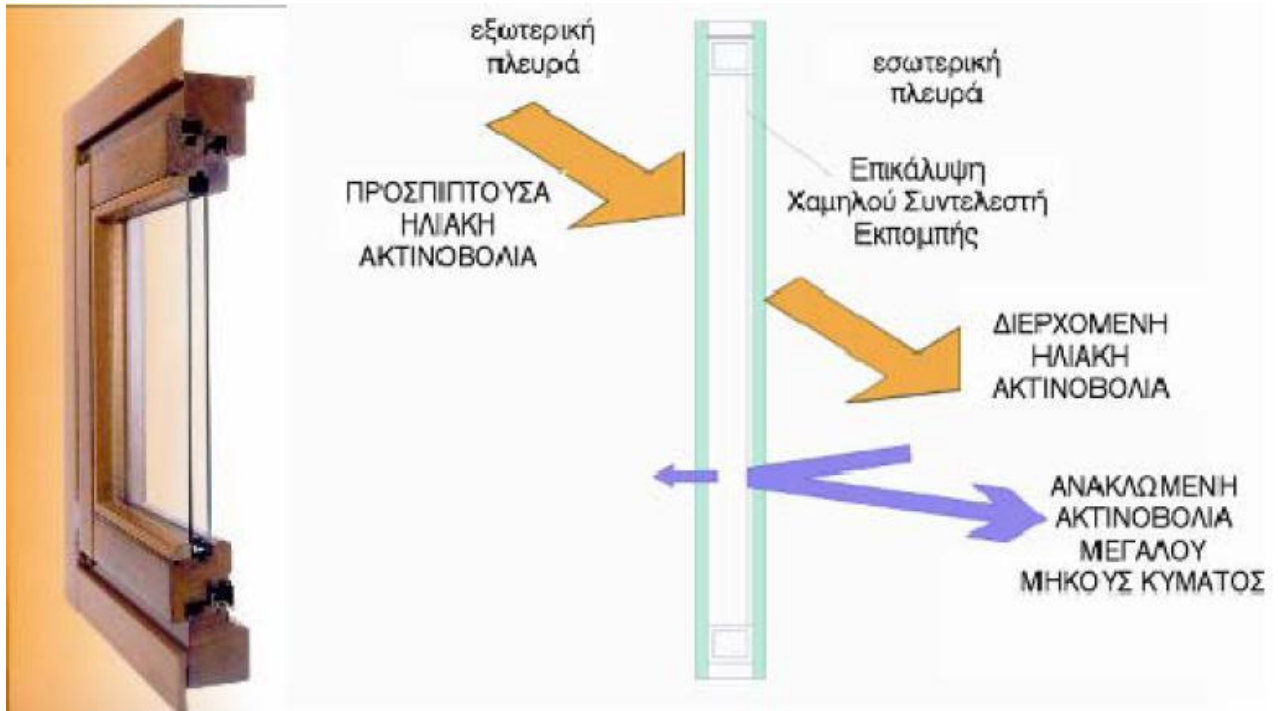
Τα ασθενέστερα σημεία του κελύφους ως προς τις θερμικές απώλειες είναι οι πόρτες και τα παράθυρα. Η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς ή ακόμη καλύτερα με υαλοπίνακες χαμηλής εκπεμψιμότητας (low-e) μπορεί να περιορίσει τις θερμικές απώλειες ενός κτιρίου σε σημαντικό βαθμό ³⁶. Η εξοικονόμηση που μπορεί να επιτευχθεί ανέρχεται έως και σε 30% σε σχέση με ένα συμβατικό πλαίσιο αλουμινίου με μονό υαλοστάσιο. Σημειώνεται ότι:

- Η θερμοδιακοπή στα πλαίσια αλουμινίου προσφέρει εξοικονόμηση 3-5%.



Εικόνα 49: Τομή κουφώματος με θερμοδιακοπή.

- Τα ξύλινα πλαίσια προσφέρουν εξοικονόμηση 8-10% σε σχέση με τα αντίστοιχα από αλουμίνιο. Την ίδια εξοικονόμηση προσφέρουν περίπου και τα σύνθετα πλαίσια ξύλου-αλουμινίου, καθώς και τα συνθετικά από PVC. Η χρήση των τελευταίων όμως δεν συνιστάται, γιατί το PVC είναι το χειρότερο από περιβαλλοντικής σκοπιάς πλαστικό και η χρήση του θα πρέπει να αποφεύγεται.












Εικόνα 50: Πλαίσια ξύλου-αλουμινίου.

Οι παρακάτω πίνακες συνοψίζουν τα πλεονεκτήματα αντικατάστασης των κουφωμάτων και υαλοστασίων στις περιπτώσεις παλαιών αμόνωντων κτιρίων ή και νεότερων που πληρούν τις προϋποθέσεις του ισχύοντος κανονισμού θερμομόνωσης. Τα συγκριτικά κόστη που αναφέρονται παρακάτω εκφράζουν μέσες τιμές για κτίρια στις κλιματικές συνθήκες της Αθήνας. Προφανώς, ανάλογα με την κλιματική ζώνη, αλλά και την ποιότητα της κατασκευής, τη σκίαση, τον προσανατολισμό του κτιρίου, κ.λπ υπάρχουν διαφοροποιήσεις από τις ενδεικτικές αυτές τιμές. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του κτιρίου που φιλοξενεί τα γραφεία της Greenpeace στο κέντρο της Αθήνας όπου η αντικατάσταση των παλιών μεταλλικών πλαισίων με μονό υαλοστάσιο από πλαίσια αλουμινίου με θερμοδιακοπή και υαλοστάσια χαμηλής εκπεμπιμότητας, οδήγησε σε μείωση των αναγκών

θέρμανσης κατά 27% και των αντίστοιχων αναγκών ψύξης κατά 10% (συνολική εξοικονόμηση 17,6%) σύμφωνα με σχετική προσομοίωση που πραγματοποίησε το Πανεπιστήμιο Αθηνών³⁵.

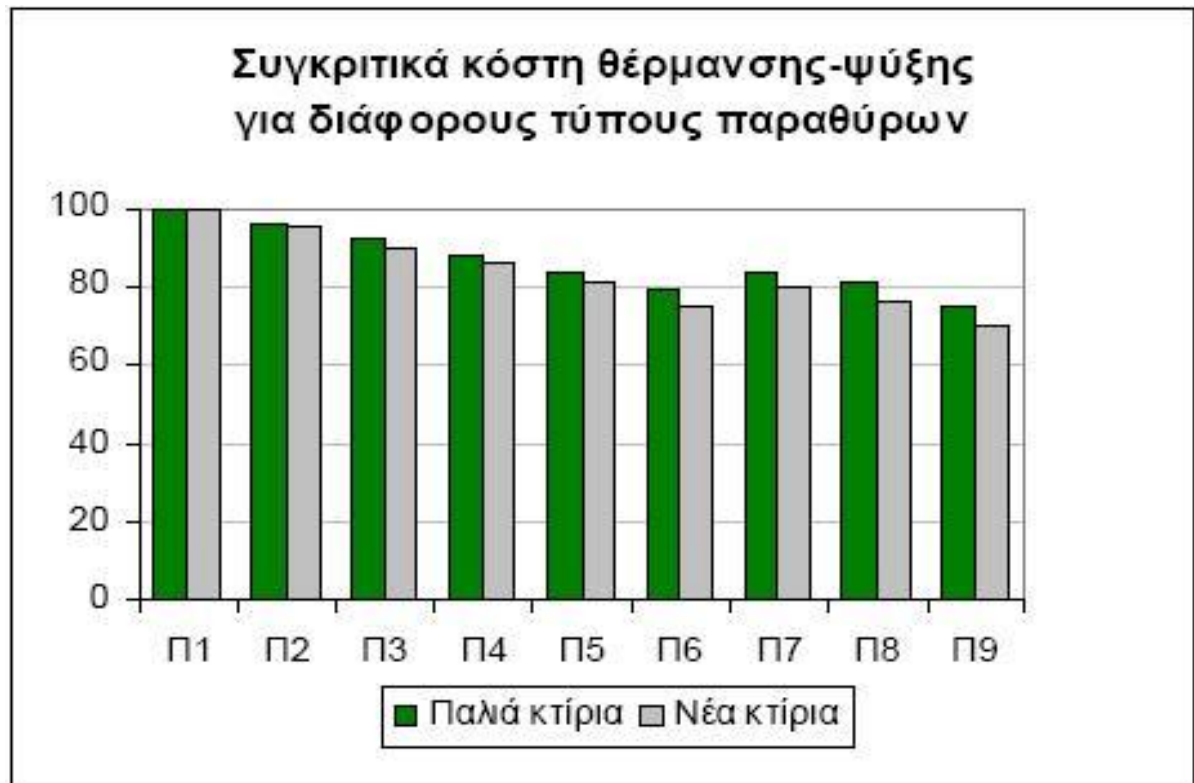
Πίνακας 13 Τύποι παραθύρων.

ΤΥΠΟΙ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ		
Π1		Απλό υαλοστάσιο - Πλαίσιο αλουμινίου
Π2		Απλό υαλοστάσιο - Πλαίσιο αλουμινίου με θερμοδιακοπή
Π3		Απλό υαλοστάσιο - Ξύλινο πλαίσιο
Π4		Διπλό υαλοστάσιο - Πλαίσιο αλουμινίου
Π5		Διπλό υαλοστάσιο - Πλαίσιο αλουμινίου με θερμοδιακοπή
Π6		Διπλό υαλοστάσιο - Ξύλινο πλαίσιο
Π7		Διπλό υαλοστάσιο χαμηλής εκπεμφιμότητας (Low-e) Πλαίσιο αλουμινίου
Π8		Διπλό υαλοστάσιο χαμηλής εκπεμφιμότητας (Low-e) Πλαίσιο αλουμινίου με θερμοδιακοπή
Π9		Διπλό υαλοστάσιο χαμηλής εκπεμφιμότητας (Low-e) Ξύλινο πλαίσιο

Πίνακας 14: Συμβολή παραθύρων στην κατανάλωση ενέργειας.

Συμβολή του τύπου των παραθύρων στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση-δροσισμό (συμβατικό παράθυρο με απλό υαλοστάσιο = 100)									
	Π1	Π2	Π3	Π4	Π5	Π6	Π7	Π8	Π9
Παλιά κτίρια (χωρίς μόνωση)	100	96	92	88	84	79,5	83,5	80,5	75
Εξοικονόμηση	-	4%	8%	12%	16%	20,5%	16,5%	19,5%	25%
Νέα κτίρια (με μόνωση)	100	95	90	86	81	75	80	76	70
Εξοικονόμηση	-	5%	10%	14%	19%	25%	20%	24%	30%
Αξιολόγηση	9	8	7	6	5	2	4	3	1

Πίνακας 15: Σύγκριση διαφόρων τύπων παραθύρων.



Ο παρακάτω πίνακας δίνει ενδεικτικά τα κόστη για του διάφορους τύπους υαλοστασίων.

Πίνακας 16: Ενδεικτικά κόστη για διάφορους τύπους παραθύρων.

Τύπος υαλοστασίου	Ενδεικτικό κόστος υαλοστασίου (€/m ²)	Ενδεικτικό κόστος υαλοστασίου μαζί με το κούφωμα (€/m ²)
Μονό	10	140
Απλό διπλό	20-30	180
Διπλό χαμηλής εκπεμφιμότητας	35-60	200

7.3 ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΤΕΓΕΣ.

Τα πλεονεκτήματα των πράσινων στεγών όπως έχουν αναφερθεί και στα προηγούμενα κεφάλαια είναι πολλά. Συμβάλλουν στην μείωση του κόστους θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου έως 50%. Η θερμοκρασία στην επιφάνεια μιάς ταράτσας μπορεί να φθάσει τους 80°C. Η θερμοχωρητικότητα των δομικών υλικών αυξάνει την ενέργεια που απαιτείται για την ψύξη του κτιρίου. Τα φυτά σε ένα φυτεμένο δώμα απορροφούν τη ζέστη για τις ανάγκες του μεταβολισμού τους. Αποτέλεσμα είναι η μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας της ταράτσας έως 45°C σε σχέση με ένα συμβατικό δώμα (επιφανειακή θερμοκρασία μικρότερη από 35°C). Συμβάλλουν στην μείωση της εσωτερικής θερμοκρασίας του κτιρίου έως 10°C. Επίσης μειώνουν το κόστος θέρμανσης έως και 50%. Γίνεται απόσβεση κόστους τοποθέτησης ενός «πρασίνου δώματος» μέσα σε τρία με τέσσερα χρόνια με τις υπάρχουσες τιμές πετρελαίου. Επίσης αυξάνεται ο χρόνο ζωής της στέγης. Ο προσδοκώμενος χρόνος ζωής του δώματος (ταράτσας) διπλασιάζεται, κι αυτό συμβαίνει γιατί το πράσινο προστατεύει την επιφάνεια του δώματος και της στεγανωτικής στρώσης από βροχόπτωση,

χιόνι, χαλάζι, ακτινοβολία UV, και μηχανικές καταπονήσεις. Αποτέλεσμα είναι ο διπλασιασμός του χρόνου ζωής του δώματος και της στεγανωτικής στρώσης από 30 έτη σε πάνω από 60 έτη, εξασφαλίζοντας χρήματα για τον ιδιοκτήτη από το κόστος της επαναστεγανοποίησης αλλά και από την επισκευή του σκυροδέματος, άρα επιφέρεται σημαντική μείωση κόστους στη συντήρηση του κτιρίου. Επίσης συμβάλει και στην αισθητική των κτιρίων ³⁵.

Τα μειονεκτήματα μιας πράσινης στέγης είναι κυρίως το οικονομικό κόστος για την κατασκευή της, η δυσκολία επισκευής των στεγανωτικών φύλων σε περίπτωση ζημίας και η συνεχής φροντίδα που χρειάζεται ο κήπος.

7.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ.

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι πράσινες στέγες προσδίδουν μεγαλύτερα περιβαλλοντικά οφέλη από τις υπόλοιπες μεθόδους που αναπτύξαμε. Με την χρήση τους έχουμε μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση αφού μειώνουν κατά 50% τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου ενώ οι ψυχρές στέγες και τα υαλοστάσια εξοικονομούν ενέργεια κατά περίπου 30%. Το μόνο μειονέκτημα των πράσινων στεγών σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους είναι το κατασκευαστικό κόστος που όμως μπορεί ο ιδιοκτήτης σε 3-4 χρόνια να καλύψει από την εξοικονόμηση ενέργειας.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

Στα πλαίσια της παρούσας έρευνας, θα μπορούσαν να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Τα πλεονεκτήματα των πράσινων στεγών, είναι πολλά και καθόλου ευκαταφρόνητα. Σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία, οι πράσινες στέγες θα μπορούσαν να διαδραματίσουν πολύ σημαντικό ρόλο στην αύξηση των πράσινων χώρων και των συνεπαγόμενων οφελών τους στα γκρίζα αστικά περιβάλλοντα και να συμβάλουν σημαντικά προς αντιστροφή της ολοένα και πιο δυσχερούς λειτουργίας τους, χωρίς την επέμβαση σε δημόσιους χώρους μίας πόλης, αλλά ενεργοποιώντας την εκμετάλλευση των νεκρών χώρων.

Τα μειονεκτήματα των πράσινων στεγών είναι κυρίως κατασκευαστικής φύσεως και μπορούν να αρθούν, ενδεχομένως, με τις κατάλληλες επεμβάσεις. Στις περιπτώσεις όπου η στέγη δεν είναι ικανή να ανταποκριθεί σε μεγάλο φορτίο (λόγω παλαιότητας, κατασκευής, κλπ.), μπορούν να υπάρξουν απλές μορφές εκτατικών εφαρμογών, οι οποίες περιλαμβάνουν γλάστρες με φυτά και δεν έχουν μεγάλο βάρος ή κόστος.

Οι δυνατότητες που προσφέρονται είναι ιδιαίτερα ευμενείς, δεδομένου ότι αρχίζει, σταδιακά, να ασκείται πίεση από διάφορες πλευρές (Κοινοτική Πολιτική, πολίτες, κλπ.), για καλύτερη ποιότητα ζωής και περιβαλλοντική απόδοση των πόλεων. Ωστόσο, τροχοπέδη αποτελούν οι διαφαινόμενες απειλές, οι οποίες δεν μπορούν να θεωρηθούν αμελητέες, καθώς αφορούν το θεσμικό και ρυθμιστικό πλαίσιο της ενεργειακής πολιτικής, το οποίο πάσχει σε πολλά σημεία. Συμπερασματικά, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι οι πράσινες στέγες φαίνεται να έχουν μεγάλες δυνατότητες εξέλιξης στον ελληνικό χώρο. Ωστόσο, παρόλο που οι κάτοικοι των αστικών κέντρων της Ελλάδας φαίνεται να αποκτούν όλο και περισσότερη περιβαλλοντική συνείδηση, δεν στρέφονται προς πιο ενεργές δράσεις λόγω, ενδεχομένως, απουσίας σωστής και επαρκούς πληροφόρησης από πλευράς του Κράτους, αλλά και έλλειψης κινήτρων. Τα οικονομικά πλεονεκτήματα που προκύπτουν για ανάληψη ατομικών πρωτοβουλιών μπορούν μεν να αποτελέσουν κίνητρο και αυτή τη στιγμή υπάρχουν δυνατότητες χρηματοδότησης (κυρίως μέσω Τραπεζικών Δανείων) ωστόσο, το κόστος κατασκευής παραμένει ακόμη αρκετά υψηλό. Επιπλέον, οι εξατομικευμένες πρωτοβουλίες δεν επαρκούν, προκειμένου να αποδειχθούν βιώσιμες οι συγκεκριμένες εφαρμογές. Η φύτευση βλάστησης στις στέγες των κατοικιών των πόλεων μπορεί να είναι αποτελεσματική για το αστικό περιβάλλον, μόνον εφόσον εφαρμοστεί σε ευρεία έκταση. Με κρατική χρηματοδότηση, η οποία ενδέχεται να οδηγήσει σε πιο ευρεία εφαρμογή, είναι δυνατό το κόστος αυτό να μειωθεί αισθητά και το οικονομικό κίνητρο για εγκατάσταση πράσινης στέγης, να είναι ακόμη μεγαλύτερο. Χρειάζεται, συνεπώς, πιο συντονισμένος προγραμματισμός από την πλευρά του Κράτους, προκειμένου να αξιοποιήσει τις ευκαιρίες που προσφέρονται στα πλαίσια της πολιτικής της Ε.Ε., με απαραίτητη την παρουσία οργάνων, αποτελεσματικών στην παρακολούθηση και τον έλεγχο εφαρμογής του ισχύοντος νομικού πλαισίου. Στόχος θα πρέπει να είναι, η παραγωγή ενός πιο συνολικού και μακροπρόθεσμου αποτελέσματος και όχι η εκμετάλλευση των κοινοτικών πόρων για μεμονωμένες επενδύσεις, οι οποίες θα έχουν αποτέλεσμα σε επίπεδο κτιρίου και μόνο.

Κρίνεται επίσης σκόπιμο να τροποποιηθεί η ισχύουσα νομοθεσία, ώστε να περιλάβει περισσότερες επιδοτήσεις για επενδύσεις σε παθητικές δραστηριότητες εξοικονόμησης ενέργειας, με γνώμονα το ότι η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας είναι, ενδεχομένως, πιο σημαντική από την αύξηση της παραγωγής της.

Απαραίτητη προϋπόθεση, αποτελεί η υιοθέτηση μιας πιο διορατικής αντίληψης και ενός μακροπρόθεσμου σχεδιασμού, στα πλαίσια πραγματικά φιλοπεριβαλλοντικών πολιτικών. Αυτό σημαίνει την απομάκρυνση από το μέχρι τώρα αναπτυξιακό μοντέλο των πόλεων, που κινείται προς όφελος των οχημάτων και της πυκνής δόμησης και εις βάρος των επιφανειών πρασίνου και των ελεύθερων για κίνηση και χρήση από τους πολίτες, χώρων.

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

Η ιδέα της φύτευσης των δωμάτων των κτηρίων με σκοπό τη λειτουργία αυτών ως φίλτρων και ως πνευμόνων πρασίνου μέσα στον αστικό ιστό, κερδίζει συνεχώς έδαφος σε πολλές χώρες του κόσμου. Σε πολλές πόλεις της Ευρώπης, της Βόρειας Αμερικής και της Ιαπωνίας, παρουσιάζεται μεγάλο ενδιαφέρον για τη διάδοση των πράσινων στεγών, με αποτέλεσμα να γίνονται συνεχώς προσπάθειες για να θεσπιστούν τα ανάλογα νομοθετικά εργαλεία, τα οποία και θα εξασφαλίσουν την εφαρμογή και τη σωστή κατασκευή των κήπων στα δώματα των κτηρίων. Σε κάποιες μάλιστα χώρες, οι πράσινες στέγες επιβάλλονται από τη νομοθεσία. Σε κάποιες άλλες όμως, όπως στην Ελλάδα, η φυτοκάλυψη των στεγών είναι ακόμα σε αρχικό στάδιο, παρόλο που οι κλιματικές συνθήκες και η κατασκευή των ελληνικών κτηρίων την επιτρέπουν, χωρίς να υπάρχουν ιδιαίτερα κατασκευαστικά προβλήματα.

Αυτή η έκθεση καταλήγει στο συμπέρασμα ότι τα οφέλη που οι πράσινες στέγες μπορούν να φέρουν στο αστικό περιβάλλον είναι ενδεχομένως διαδεδομένα αλλά πολλά από αυτά τα οφέλη θα συνειδητοποιηθούν πραγματικά μόνο εάν υπάρχει μια κοινή προσπάθεια να προαχθούν οι πράσινες στέγες σε υψηλό επίπεδο, δηλαδή εάν κηρυχτούν μέτρα από την κυβέρνηση και εάν στηρίξει το κράτος οικονομικά αυτές τις εφαρμογές. Οι υπεύθυνοι για την περιβαλλοντική ανάπτυξη είναι απίθανο να θελήσουν να διευκρινίσουν τα πλεονεκτήματα των πράσινων στεγών εάν τις αντιμετωπίζουν απλά μόνο ως πρόσθετο κόστος με μακροπρόθεσμες λειτουργίες.

Οι σύγχρονες τάσεις για το σχέδιο των πράσινων στεγών έχουν περιορίσει μόνο το όφελος επειδή οι μεμονωμένες στέγες σχεδιάζονται συνήθως για να εκτελεσθούν μερικοί συγκεκριμένοι σκοποί που περιορίζουν έτσι τη δυνατότητά τους να μετριάσουν τα διαφορετικά προβλήματα που συνδέονται με τις αστικές περιοχές υψηλής πυκνότητας. Εντούτοις, με την τοπική πρακτική και τις πολιτικές που αναπτύσσονται, η εθνική πολιτική μπορεί να ενθαρρύνει την περαιτέρω διάδοση της εγκατάστασης των πράσινων στεγών και με μια μεγαλύτερη ποικιλία σχεδίων. Οι έρευνες που αφορούν την βελτίωση του σχεδίου των πράσινων στεγών με σκοπό να μεγιστοποιήσουν τις λειτουργίες τους, πρέπει να οδηγήσει στις καλύτερα σχεδιασμένες πράσινες στέγες με ποικίλες λειτουργίες. Δεδομένου ότι η αγορά αναπτύσσεται και διαδίδονται περισσότερες ορθές πρακτικές, οι πράσινες στέγες έχουν σαφώς τη δυνατότητα να διαδραματίσουν έναν σημαντικό ρόλο στο μετριασμό των αυξανόμενων αστικών πυκνοτήτων. Διάφορες μέθοδοι εγκατάστασης πράσινων στεγών είναι τώρα διαθέσιμες σε διαφορετικά είδη ώστε να επιλεγθεί το καταλληλότερο για κάθε περίπτωση. Τα λόμπι που ανταγωνίζονται τις πράσινες στέγες για να επιτύχουν τους στόχους τους όπως η βιοποικιλότητα, η αισθητική ή ο έλεγχος πλημμυρών πρέπει να εργαστούν μαζί προς την εφαρμογή των πράσινων στεγών ως αληθινό εργαλείο μετριασμού για τις αυξανόμενες αστικές πυκνότητες, που αναπτύσσουν το ρόλο τους στη δημιουργία των αειφόρων πόλεων.

Ως οι πιο πιθανοί τύποι πολιτικών και δράσεων οι οποίοι θα μπορούσαν να επιτύχουν, να διαδώσουν και να προβάλλουν καλύτερα την ιδέα των φυτεμένων δωματίων στην Ελλάδα είναι:

• **η πολιτική των άμεσων οικονομικών κινήτρων**

Έχει δοκιμασθεί και έχει αποδειχθεί επιτυχημένη σε πολλές πόλεις του εξωτερικού. Με τον

τρόπο αυτό παρέχονται επιδοτήσεις και επιχορηγήσεις ανά τετραγωνικό μέτρο φυτεμένου δώματος σε ιδιώτες που επιθυμούν να δημιουργήσουν τέτοιες κατασκευές στα δώματα των κτηρίων τους.

- η υποχρεωτική φύτευση συγκεκριμένου ποσοστού κάλυψης του δώματος σε νέες κτιριακές κατασκευές, ανάλογα με την περιοχή και τις κλιματικές συνθήκες.
- η ανάπτυξη φυτεμένων δωματίων σε δημόσια κτήρια, τα οποία θα μπορούσαν να εξασφαλίσουν επιδεικτικό χαρακτήρα.

9.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.

1. Traveler's Domain Website. Hanging Gardens of Babylon.
<http://www.geocities.com/Pipeline/4966/garden.html>.
2. Green Roofs for Healthy Cities. About Green Roofs. 2005.
http://www.greenroofs.net/index.php?option=com_content&task=view&id=26&Itemid=40.
3. Wikipedia. Green Roof, 2006. http://en.wikipedia.org/wiki/Green_roof
4. Hitesh, Doshi & Doug Banting & James Li, & Paul Missios & Angela Au & Beth Anne Currie & Michael Verrati.2005, « Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto». Ryerson university
5. U.S. Department of Energy. Federal Technology Alert. 2004
6. Green Roofs for Healthy Cities (GRHC) 2003, Public Benefits of Green Roofs,
<http://www.greenroofs.org>
7. Soprema. Specifications Manual. <http://www.soprema.ca/sopranature-en.asp>
8. Greengrid: The premier green roof system. Advantages.
<http://www.greengridroofs.com/advantages/greengridadv/installation.htm>
9. ELT Easy Green: Green roof systems. <http://www.eltgreenroofs.com/index.html>
10. Peck, Steven W., Chris Callaghan. 1999. «Greenbacks from the Green Roofs: Forging a new industry in Canada». P&A Peck and Associates, for CMHC/SCHL Canada.
<http://www.greenroofs.org/pdf/Greenbacks.pdf>
11. Banting, D., Li, J., Missios P., Au, A., Currie, B.A., Verrati, M. ,2005, «Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto».
12. www.egreen.gr
13. Sherman, R. 2005. «Compost plays key role in green roof mixes, BioCycle,» v 46, no3, March 2005, pg. 29-32, 34
14. Perry, M. D. 2003.» Green roofs offer environmentally friendly alternative, Plant Engineering «,(Barrington, Illinois), v 57, n 8, August 2003, pg. 54-56.
15. Szewczyk, Z. 2003. «Designing for waterproofing and maintenance, Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference», Chicago, May 29-30 2003.

16. www.athinapoli.gr

17. Amanda Dam, Colin Walke, Christy Wilson, 2000, « The Future of Rooftop Gardens on the University Of Waterloo Campus», University of Waterloo, roof top gardens,

<http://www.adm.uwaterloo.ca/infowast/watgreen/projects/library/s00rooftopgardens.pdf>

. 18. Government of Canada. Canada and the Kyoto Protocol.

http://www.climatechange.gc.ca/cop/cop6_hague/english/overview_e.html.

19. United Nations Framework Convention on Climate Change. Feeling the Heat.

http://unfccc.int/essential_background/feeling_the_heat/items/2903.php.

20. Greenpeace International. Companies answer pleas to curb global warming. 2005.

<http://www.greenpeace.org/international/news/ask-and-ye-shall-receive-comp>.

21. Hydrotech. Rainwater Retention Calculator.

<http://www.hydrotechusa.com/START.HTM>

22. Roofscapes Inc. Green Roof benefits, 2004.

<http://www.roofmeadow.com/benefits2.html#top>

23. Johnston, Jackly & John Newton, 2004, « Building Green: A guide to using plants on roofs, walls and pavements», Mayor of London.

24. Kanter, Rob. Environmental Almanac, 2005” Trees, Green Space, and Human Well-being.» Posted Thursday July 07 2005. Viewed online March 1st 2006.

<http://environmentalalmanac.blogspot.com/2005/07/trees-green-space-and-human-wellbeing.html>

25. The Steel Valley Project. Stockbridge. 2005

<http://www.thesteelvalleyproject.info/green/intro/people-2.htm#well>

26. Kaplan, Rachel. 1995, «The role of Horticulture in Human Well-Being and Social Development: A National Symposium». University of Michigan.

27. LivingRoofs. Health. <http://www.livingroofs.org/livingpages/benhealth.html>

28. City of Waterloo.2004, “Green Roofs Feasibility Study And City Wide Implementation Plan». Can be viewed at <http://www.city.waterloo.on.ca>

29. image from <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=472>

30. Renato M. Lazzarin, Francesco Castellotti , Filippo Busato, 2005, «Experimental measurements and numerical modelling of a green roof”, Case Study, University of Padova, http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V2V-4FWKDT7-1&_user=10&_coverDate=12/31/2005&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_doc

anchor=&view=c&_searchStrId=1255950812&_rerunOrigin=google&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=3029119ec4c2c21d2878265686f08641

31. Καρτέρης Μαρίνος, Θεοδορίδου Ιφιγένεια, Ηλιάκης Μανώλης, 2008, «Φυτεμένο δώμα σε κτίριο γραφείων και σε διπλοκατοικία», αρχιτεκτονική μελέτη.

http://www.buildinggreen.gr/wp-content/uploads/2009/09/62_67.pdf

32. Χρηστίδου Βαγγελιώ- Βήτου Όλγα, 2008, «Πόλεις και πράσινες στέγες: Μια ανάλυση SWOT για τον ελληνικό χώρο», εργασία στα πλαίσια μαθήματος Πανεπιστημίου Αιγαίου

<http://www.ekke.gr/estia/Cooper/GreenTerraceGreece.pdf>

33. Κολοκοτσά Διονυσία, 2009, «Αστική θερμική νησίδα και μεθοδολογίες αντιμετώπισης», Επιστημονική Ημερίδα.

www.cut.ac.cy/assets/ema/kolokotsa.pdf

34. Σπυρούλια Ελένη, 2009, «Παθητική ψύξη με την χρήση ψυχρών υλικών», διπλωματική εργασία, ΤΕΙ Κρήτης-Παράρτημα Χανίων.

[http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/sdfp/2009/SpirouliaEleni/attached-document-](http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/sdfp/2009/SpirouliaEleni/attached-document-1258618562-768040-2424/2009spiroulia.pdf)

[1258618562-768040-2424/2009spiroulia.pdf](http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/sdfp/2009/SpirouliaEleni/attached-document-1258618562-768040-2424/2009spiroulia.pdf)

35. greenpeace, 2008, «Προτάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος στο Δήμο Αθηναίων», Επιστημονική Μελέτη.

[http://www.greenpeace.org/raw/content/greece/press/118523/protaseis-ston-dimo-](http://www.greenpeace.org/raw/content/greece/press/118523/protaseis-ston-dimo-athineon.pdf)

[athineon.pdf](http://www.greenpeace.org/raw/content/greece/press/118523/protaseis-ston-dimo-athineon.pdf)

36. Νικόλαος Μουσιόπουλος, 2007, «Επίδραση ενεργειακών εξελίξεων στην ποιότητα αέρα ελληνικών πόλεων», παρουσίαση σε ημερίδα, Θεσσαλονίκη

<http://www.eex.gr/Doclib1/MOYΣΙΟΠΟΥΛΟΣ.pdf>

37. http://www.gsrt.gr/default.asp?V_ITEM_ID=3690

38. image from googleearth