

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ ΑΝΤΩΝΙΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗΣ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

***ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ
ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ
ΣΧ. ΠΟΛ. ΜΗΧ. Ε.Μ.Π. ΖΩΓΡΑΦΟΥ***



Στους γονείς μου, Κόστα και Ιωάννα

Ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή μου κύριο Τζουβαδάκη Ιωάννη για την ουσιαστική του βοήθεια και την καθοδήγηση του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας αυτής.

Επίσης ευχαριστώ πολύ τον καθηγητή μου κύριο Κουμούση Βλάση για την αμέριστη βοήθεια και την πρόθυμη συνεργασία του.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ακόμα την εταιρεία LHΛογισμική για την πρόθυμη παροχή λογισμικών απαραίτητων για το υπολογιστικό μέρος της εργασίας αυτής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται το φυτεμένο δώμα θεωρητικά και μέσω εφαρμογής στο Κτίριο Εκδηλώσεων της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών. Αναλύονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του, οι τύποι φυτεμένων δωματίων που υπάρχουν, η τυπική διαστρωμάτωσή του και οι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για το σωστό σχεδιασμό του. Παρουσιάζεται η κατάσταση στην Ελλάδα και γίνονται προτάσεις δράσεων για τη διάδοσή του. Το κτίριο μελέτης εξετάζεται ως προς τη στατικότητα του και προσδιορίζεται ο τύπος φυτεμένου δώματος που θα κατασκευαστεί. Προτείνονται στρώσεις υλικών για την κατασκευή του και για αυτές προσδιορίζεται η μεταβολή του συντελεστή θερμοπερατότητας μεταξύ του αρχικά υφιστάμενου και του φυτεμένου δώματος.

ABSTRACT

In this thesis, green roof technology is examined on a theoretical basis and also an example of green roof on the Conference Room of the department of Civil Engineering is presented. The advantages and disadvantages of this technology, its types, its typical layers and the designing factors that should be taken into account are analyzed. The situation in Greece is presented and acts for its spreading are proposed. The static behavior of the Building is examined and as a result the type of green roof is determined. Certain layers for its construction are proposed. The variation of the U-Value between the existing roof and the green roof is determined.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευρεία Περίληψη.....	8
1. Εισαγωγή	11
1.1. Ορισμός φυτεμένου δώματος.....	12
1.2. Σύντομη ιστορική αναδρομή.....	12
2. Πλεονεκτήματα φυτεμένου δώματος.....	16
2.1. Ενεργειακά οφέλη.....	16
2.1.1. Βελτίωση θερμομόνωσης.....	16
2.2. Περιβαλλοντικά οφέλη.....	17
2.2.1. Μείωση απορροής υδάτων.....	17
2.2.2. Μείωση ηχορύπανσης.....	19
2.2.3. Βελτίωση ποιότητας του αέρα.....	19
2.2.4. Βελτίωση του μικροκλίματος.....	20
2.2.5. Φυσικό καταφύγιο χλωρίδας και πανίδας.....	20
2.2.6. Επανάκτηση περιοχών πρασίνου.....	20
2.2.7. Περιορισμός του φαινομένου της αστικής νησίδας.....	21
2.3. Κοινωνικά οφέλη.....	22
2.3.1. Αξιοποίηση χώρου.....	22
2.3.2. Αύξηση ιδιοκτησίας.....	23
2.3.3. Αισθητική αναβάθμιση αστικού τοπίου.....	23
2.3.4. Βελτίωση εταιρικού περιβαλλοντικού προφίλ.....	23
2.4. Κατασκευαστικά οφέλη	24
2.4.1. Αύξηση διάρκειας ζωής υλικών διατομής του δώματος.....	24
2.4.2. Προστασία από ηλιακή ακτινοβολία.....	25
2.4.3. Πυροπροστασία.....	25
3. Μειονεκτήματα.....	26
3.1. Οικονομική επιβάρυνση.....	26
3.2. Στατική επιβάρυνση.....	26
3.3. Κίνδυνος υγρασίας.....	27

3.4. Κίνδυνος ανεπαρκούς άρδευσης.....	28
3.5. Δυσκολία επισκευής σε περίπτωση βλάβης.....	28
4. Τύποι φυτεμένου δώματος.....	29
4.1. Εκτατικός τύπος.....	31
4.2. Ημιεντατικός τύπος.....	33
4.3. Εντατικός τύπος.....	34
5. Διαστρωμάτωση φυτεμένου δώματος	36
5.1. Προετοιμασία επιφάνειας και δημιουργία φράγματος υδρατμών.....	36
5.2. Δημιουργία Θερμομονωτικής Στρώσης	36
5.3. Κατασκευή ρύσεων και αστάρωμα επιφάνειας πριν τη στεγάνωση	37
5.4. Στεγανωτικές-Αντιριζικές στρώσεις.....	37
5.5. Προστασία στεγανωτικής στρώσης.....	40
5.6. Αποστραγγιστική στρώση.....	40
5.7. Υπόστρωμα Φύτευσης	42
5.8. Φύτευση	43
6. Σχεδιασμός φυτεμένου δώματος.....	44
6.1. Παράγοντες που αφορούν το δάμα.....	44
6.1.1. Υλικό κατασκευής δώματος.....	44
6.1.2. Υγρομόνωση.....	44
6.1.3. Στηθαίο δώματος.....	45
6.1.4. Κλίση δώματος.....	45
6.1.5. Φορτίο κατασκευής.....	46
6.1.6. Δύναμη ανέμου.....	46
6.1.7. Αποστραγγιστικό σύστημα.....	47
6.1.8. Άρδευση.....	48
6.1.9. Πυροπροστασία.....	49
6.1.10. Ασφάλεια έναντι ατυχημάτων.....	49
6.1.11. Προσβασιμότητα.....	50
6.1.12. Πρόσθετες λειτουργίες	50

6.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τη φύτευση	51
6.2.1. Τοπικές καιρικές συνθήκες.....	51
6.2.2. Τρόποι και χρόνος φύτευσης.....	51
6.2.3. Συντήρηση.....	51
7. Ειδικές κατασκευές.....	53
7.1. Επικλινείς στέγες	53
7.2. Φωτοβολταϊκά συστήματα	54
8. Επιλογή φυτών για φυτεμένα δώματα.....	56
9. Αποτελέσματα επιστημονικών ερευνών.....	63
10. Το φυτεμένο δώμα στην Ελλάδα.....	66
11. Παραδείγματα φυτεμένων δωμάτων στην Ελλάδα.....	70
12. Προτάσεις-Δράσεις.....	76
13. Εφαρμογή φυτεμένου δώματος.....	77
13.1. Στατικότητα κτιρίου μελέτης.....	78
13.1.1. Σύντομη περιγραφή του Fespa.....	78
13.1.2. Παραδοχές κανονικής μελέτης.....	78
13.1.3. Παρατηρήσεις-Επιπλέον παραδοχές.....	80
13.1.4. Πορεία στατικής επίλυσης κτιρίου.....	80
13.1.5. Αξιολόγηση αποτελεσμάτων.....	83
13.2. Θερμομόνωση κτιρίου μελέτης.....	85
13.2.1. Υφιστάμενη θερμομόνωση.....	85
13.2.2. Πρόσθετες στρώσεις για την κατασκευή φυτεμένου δώματος.....	88
13.2.3. Μελέτη θερμομόνωσης.....	90
13.2.3.1. Κανονισμός Θερμομόνωσης.....	90
13.2.3.2. Πορεία μελέτης Θερμομόνωσης.....	91

13.2.3.3. Αποτελέσματα.....	92
13.3. Θερμική ανάλυση κτιρίου.....	93
13.3.1. Περίπτωση υφιστάμενου δώματος.....	93
13.3.2. Περίπτωση φυτεμένου δώματος.....	96
13.3.3. Σύγκριση αποτελεσμάτων.....	98
14. Συμπεράσματα.....	101
15. Επίλογος	103
Βιβλιογραφία.....	104
Παράρτημα Α: Στατική Επίλυση.....	105
Παράρτημα Β: Μελέτη Θερμομόνωσης.....	128
Παράρτημα Γ: Σχέδια Κτιρίου.....	142

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται το θέμα των φυτεμένων δωματίων, τόσο σε επίπεδο θεωρητικής διερεύνησης, όσο και μέσα από μία απλή εφαρμογή. Ως φυτεμένο δώμα μπορεί να χαρακτηριστεί κάθε κήπος, μεταξύ του οποίου και του εδάφους υπάρχει ένα κτίριο ή μια δομική κατασκευή. Στον ορισμό αυτό περιλαμβάνονται κήποι σε οποιαδήποτε στάθμη από το φυσικό έδαφος. Η πρώτη τους εμφάνιση χρονολογείται περί το 600 π.Χ. με την κατασκευή των κρεμαστών κήπων της Βαβυλώνας και συνεχίζει μέχρι τις μέρες μας. Η συστηματική, όμως έρευνα και μελέτη για τις δυνατότητες των φυτεμένων δωματίων ξεκίνησε το 1975 με την ίδρυση του γερμανικού οργανισμού FLL.

Τα πλεονεκτήματα τους είναι πληθώρα. Σε ενεργειακό επίπεδο βελτιώνουν τη θερμομόνωση της υποκείμενης κατασκευής. Επιπλέον ωφελούν το περιβάλλον, αφού επιτυγχάνουν μείωση της απορροής των υδάτων, βελτίωση της ηχομόνωσης του κτιρίου έως 8 dB, βελτίωση του μικροκλίματος στην περιοχή του ταρατσόκηπου, δημιουργία αυτόνομων οικοσυστημάτων που φιλοξενούν την τοπική χλωρίδα και πανίδα, επαναφορά του πρασίνου στον αστικό χώρο και περιορισμό του φαινομένου της αστικής νησίδας. Σε κοινωνικό επίπεδο συμβάλλουν στην αξιοποίηση του χώρου που ειδάλλως θα έμενε ανεκμετάλλευτος, στην αύξηση της αξίας της ιδιοκτησίας λόγω της υψηλής βαθμονόμησής τους στην ενεργειακή ταυτότητα του κτιρίου, στην αισθητική αναβάθμιση του αστικού τοπίου και τέλος δίνουν τη δυνατότητα σε εταιρείες να αναπτύξουν μια στάση φιλική προς το περιβάλλον, γεγονός που βελτιώνει την εικόνα τους. Τέλος, τα φυτεμένα δώματα έχουν και κατασκευαστικά οφέλη, αφού προστατεύουν τις υποκείμενες στρώσεις υλικών της διατομής του δώματος, αυξάνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής τους, μειώνουν τη διείσδυση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και εμποδίζουν αποτελεσματικότερα την εξάπλωση ενδεχόμενης φωτιάς.

Στα μειονεκτήματα των φυτεμένων δωματίων περιλαμβάνονται η αύξηση του κόστους κατασκευής του κτιρίου, το οποίο όμως εντέλει αποσβένεται, η στατική επιβάρυνση της κατασκευής, ο κίνδυνος υγρασίας, η δυσκολία σωστού σχεδιασμού της άρδευσης και της απορροής και η δυσκολία επισκευής σε περίπτωση βλάβης.

Τα φυτεμένα δώματα ανάλογα με το ύψος και το βάρος της διατομής τους διακρίνονται ξεκινώντας από τον ελαφρύτερο τύπο, σε εκτατικό, ημιεντατικό και

εντατικό τύπο. Μια τυπική διαστρωμάτωση τους, ξεκινώντας από κάτω είναι: προετοιμασία επιφάνειας και δημιουργία φράγματος υδρατμών, δημιουργία θερμομονωτικής στρώσης, κατασκευή ρύσεων και αστάρωμα επιφάνειας πριν τη στεγάνωση, στεγανωτική-αντιριζική στρώση, προστασία στεγανωτικής στρώσης, αποστραγγιστική στρώση, υπόστρωμα φύτευσης και τέλος η φύτευση. Κατά τον σχεδιασμό ενός φυτεμένου δώματος πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του δώματος (υλικό κατασκευής, κλίση, φορτία κ.α.) και οι παράγοντες που αφορούν τη φύτευση (καιρικές συνθήκες κ.α.)

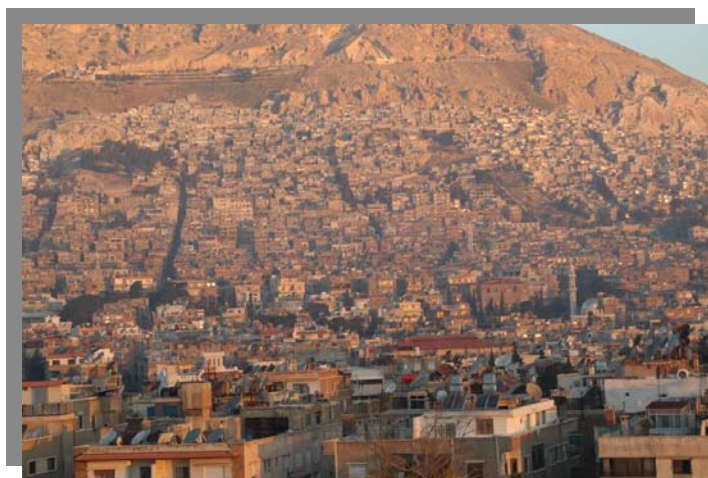
Η ανάπτυξη των φυτεμένων δωματίων και γενικότερα η οικολογική δόμηση στην Ελλάδα βρίσκεται σε πολύ αρχικό στάδιο. Πιθανοί τρόποι δράσης για την διάδοσή τους είναι η εφαρμογή οικονομικών κινήτρων προς τους ιδιώτες, η υποχρεωτική φύτευση συγκεκριμένου ποσοστού κάλυψης του δώματος σε νέα κτίρια και η υποδειγματική κατασκευή τους σε δημόσια κτίρια.

Το Κτίριο Εκδηλώσεων της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών μελετήθηκε, ώστε να μπορεί να κατασκευαστεί σε αυτό φυτεμένο δώμα. Αρχικά, διερευνήθηκε ως προς τη στατικότητα του μέσω του λογισμικού Fespa και βρέθηκε ότι το μέγιστο βάρος που μπορούν να παραλάβουν οι πλάκες της ανωδομής του κτιρίου είναι 230 kg/m^2 , που αντιστοιχεί στην κατασκευή ενός ταρατσόκηπου ημιεντατικού τύπου με ύψος υποστρώματος φύτευσης περίπου 20cm. Στη συνέχεια, έγινε μελέτη θερμομόνωσης μέσω του λογισμικού 'Θερμομόνωση' για τις περιπτώσεις του υφιστάμενου και του φυτεμένου δώματος και βρέθηκε ότι στη δεύτερη περίπτωση ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας αυξάνεται κατά 1% λόγω των επιπλέον στρώσεων. Τέλος, έγινε θερμική ανάλυση του κτιρίου για τις δύο περιπτώσεις μέσω του λογισμικού Ecotect, αλλά τα αποτελέσματα κρίθηκαν αναξιόπιστα γεγονός που αποδίδεται στην αδυναμία σωστής προσομοίωσης του φυτεμένου δώματος από τον εν λόγω λογισμικό.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη μελέτη που πραγματοποιήθηκε, είναι ότι πρωταρχικό ρόλο για την κατασκευή φυτεμένου δώματος παίζει η αντιμετώπιση των στατικών προβλημάτων που προκύπτουν. Οι παραδοχές που συνήθως είμαστε αναγκασμένοι να κάνουμε για υπάρχουσες κατασκευές, επιβάλλουν για λόγους ασφαλείας να είμαστε συντηρητικοί στην απόφασή μας για το βάρος που θα έχει ο ταρατσόκηπος. Τέλος, προτείνεται ο επανέλεγχος των αποτελεσμάτων της θερμικής

ανάλυσης από κάποιο λογισμικό που θα προσομοιώνει σωστά το σύνολο των θετικών επιδράσεων που έχει το φυτεμένο δώμα στην κατασκευή.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ



Εικόνα 1: Εικόνα πυκνοδομημένης Αθήνας

Πηγή: www.interesting.gr

κατοίκων, μη ανεκτές περιβαλλοντικές συνθήκες και αισθητική υποβάθμιση της εικόνας των πόλεων.

Αντίθετα, η αξία και ο ρόλος των φυσικών στοιχείων στον αστικό χώρο έχουν αναγνωριστεί εδώ και πολύ καιρό και αποτελούν αντικείμενο μελέτης πολλών ερευνητών, οι οποίοι ασχολούνται με τα στοιχεία του σχεδιασμού της πόλης. Αναμφίβολα, η «επαναφορά» της φύσης στα σημερινά αστικά κέντρα, αποτελεί ένα δύσκολο εγχείρημα, η άσχημη εικόνα των οποίων είναι δύσκολο, αλλά όχι ακατόρθωτο να αναστραφεί. Ένας από τους λιγιστούς πλέον τρόπους παρέμβασης, είναι η δημιουργία φυτεμένων δωματίων. (8)

Στις περισσότερες μεγαλουπόλεις, η αλόγιστη ανάπτυξη του δομημένου περιβάλλοντος, η άναρχη και αυθαίρετη δόμηση και ο περιορισμός ή η εξαφάνιση σχεδόν όλων των ελεύθερων αστικών δημόσιων χώρων και χώρων πρασίνου, έχουν προκαλέσει υποβάθμιση της ποιότητας ζωής των



Εικόνα 2: Φυτεμένα δώματα στη Νέα Υόρκη

Πηγή: szurbanplanning.files.wordpress.com

1.1. Ορισμός φυτεμένου δώματος

Ως φυτοκαλυμμένο δώμα ή κήπος σε δώμα, μπορεί να χαρακτηριστεί κάθε κήπος, μεταξύ του οποίου και του εδάφους υπάρχει ένα κτίριο ή μια δομική κατασκευή. Στον ορισμό αυτό περιλαμβάνονται κήποι σε οποιαδήποτε στάθμη από το φυσικό έδαφος(8). Το φυτεμένο δώμα αναπτύσσεται σε ελεγχόμενες συνθήκες και συμπεριφέρεται σαν



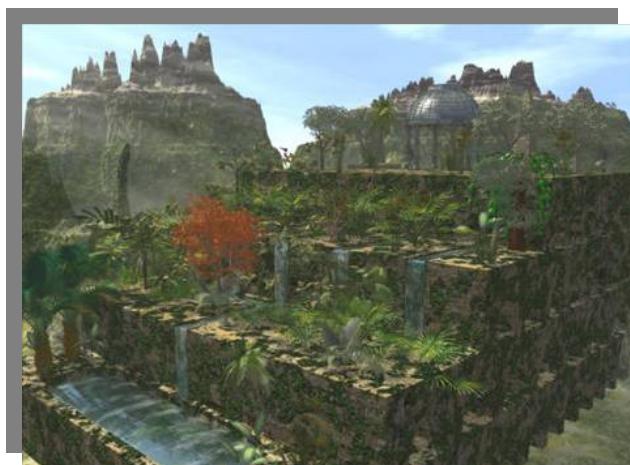
Εικόνα 3: Φυτεμένο δώμα

Πηγή: www.lane-environmental.co.uk

οποιαδήποτε άλλη βλάστηση στο έδαφος. Τα φυτεμένα δώματα είναι επίσης γνωστά ως πράσινες στέγες, οικολογικές στέγες, πράσινες οροφές, ταρατσόκηποι, οροφόκηποι, green roofs κ.α.(11)

1.2. Σύντομη ιστορική αναδρομή

Ο βασιλιάς Ναβουχοδονόσορ II (600-562 π.Χ.) κατασκεύασε τους κρεμαστούς κήπους της Βαβυλώνας. Οι κήποι αυτοί θεωρήθηκαν ένα από τα Επτά Θαύματα του αρχαίου κόσμου. Σύμφωνα με τους ιστορικούς, λέγεται ότι κάλυπταν μια έκταση 1-1,5 εκταρίου (μετατροπή σε στέμματα) κτισμένοι σε



Εικόνα 4: Κρεμαστοί κήποι της Βαβυλώνας

Πηγή: lygsym.pblogs.gr

αναβαθμίδες, οι οποίες είχαν 3,5 μ. πλάτος και 5 μ. ύψος και αποτελούσαν μια κυρτή κατασκευή (καμάρα) μεγαλύτερη από 20 μ. ύψος. Η ταράτσα, που είναι το βασικό στοιχείο όλων των σπιτιών σε χώρες με χαμηλή βροχόπτωση και ήπιους χειμώνες, ήταν πιθανόν πάντοτε η αποθήκη για φυτά σε γλάστρες. Αυτό είχε τη μορφή πυραμίδας με πατήματα σε ένα κυκλικό σχέδιο κατασκευασμένο με λευκό μάρμαρο και είχε πέντε ταράτσες φυτεμένες με δέντρα. Στην κορυφή του είχε ένα χάλκινο άγαλμα του αυτοκράτορα. (16)

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. (8)

Έχει καταγραφεί ότι και ο Ιουστινιανός είχε εξώστες με φυτά περί το 500 μ.Χ. Τον 11^ο και 12^ο αιώνα σε εκκλησιαστικά βιβλία απεικονίζονται και μερικά

βυζαντινά παραδείγματα. Η Αναγέννηση έφερε ένα ανανεωμένο ενδιαφέρον για τους

οροφώκηπους, το οποίο επηρεάστηκε ίσως από την αναζωογόνηση του κλασικού πολιτισμού και της μόδας για την εισαγωγή φυτών. (16)

Περί το 1400 ο Cosimo de Medici έκτισε έναν οροφώκηπο στη βίλα του κοντά στη Φλωρεντία της Ιταλίας. Η μόδα επεκτάθηκε βόρεια. Στη Γερμανία ο Καρδινάλιος Johann van Lamberg (1689-1712) κατασκεύασε οροφώκηπους στην κατοικία του.(16) Οι δημιουργίες παρέμειναν αργές μέχρι το 19ο αιώνα όταν ο Carl Rabbitz (1825-91), ένας εξέχων κατασκευαστής, παρουσίασε στο Παρίσι, στην Παγκόσμια Έκθεση του 1867, ένα μοντέλο του οροφώκηπου που είχε στο σπίτι του στο Βερολίνο. Εδώ για



Εικόνα 5: Φυτεμένο δώμα

Πηγή: www.depweb.state.pa.us

πρώτη φορά παρουσιάζεται ένας οροφόκηπος σε αστικό σπίτι της βόρειας Ευρώπης, σε μια περιοχή με κρύους χειμώνες και υψηλή βροχόπτωση. Η επίπεδη οροφή ήταν στεγανή στο νερό χάρη σε πατέντα του Rabbitz με βουλκανισμένη άσφαλτο. (16)

Στη συνέχεια το 1874 ο βασιλιάς Ludwig II έκανε μια μεγαλοπρεπή κατασκευή του οροφόκηπου του ο οποίος καλυπτόταν με γυαλί στο Μόναχο. Δυστυχώς δε χρησιμοποίησε την τεχνική του Radditz και η διαρροή του νερού ήταν εκτενής και γι' αυτό κατεδαφίστηκε το 1897. Στη Γερμανία περί το 1890 οι αγροικίες καλύπτονταν για λόγους πυροπροστασίας με μια στρώση φυτοχώματος πάνω στην οποία φύτεωναν διάφορα φυτά. Η παράδοση αυτή συνεχίστηκε και τον 19^ο αιώνα.(16)



Εικόνα 6: Rockefeller Center

Η κατασκευή οροφόκηπων συνεχίζεται στην Ευρώπη, ενώ Την εμφάνισή τους κάνουν τα φυτεμένα δώματα και στην Αμερική το 1930 στο Rockefeller Center. Στη δεκαετία του 1960 οι πράσινες στέγες γίνονται πλέον στη Γερμανία η νέα μόδα κι από κει εξαπλώνονται σε πολλές χώρες.(15)

Πηγή: www.greenroofs.com

Σημαντικός σταθμός είναι το 1975 με την ίδρυση της FLL-Forschungsgesellschaft landschaftsentwicklung landschaftsbau. Μαζί με άλλες πανεπιστημιακές οργανώσεις μελέτησαν τα πάντα για τα δώματα, από τη βελτίωση του αστικού τοπίου, τη μείωση κατανάλωσης ενέργειας, την αποθήκευση του νερού της βροχής μέχρι την αρχιτεκτονική σχεδίαση ενός σωστού και αποτελεσματικού δώματος. Σήμερα το 10% των στεγών στη Γερμανία έχουν πρασινίσει.(15)



Εικόνα 7

Πηγή: www.dosb.de

Οι ταρατσόκηποι γίνονται επίσης πολύ δημοφιλείς και στην Αμερική, παρόλο που δεν είναι τόσο διαδεδομένοι όσο στην Ευρώπη. Πολλές ευρωπαϊκές χώρες, όπως η Γερμανία, η Ελβετία, η Ολλανδία, η Ιταλία, η Αυστρία, η Ουγγαρία, η Σουηδία και η Αγγλία, έχουν πολύ ενεργούς οργανισμούς που προωθούν τα φυτεμένα δώματα. (15)

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 περιβάλλοντος. (9)



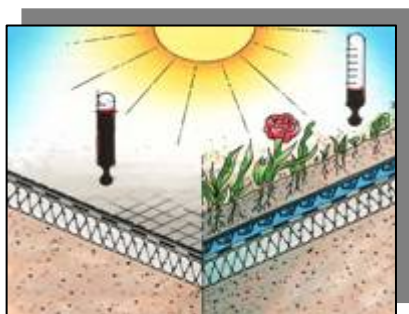
Εικόνα 8: Φυτεμένα δώματα στο Μονακό

Πηγή: blog.ecoventure.com

2. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ

2.1. Ενεργειακά οφέλη

2.1.1. Βελτίωση θερμομόνωσης



Εικόνα 9

Πηγή: www.esha.gr

Η θερμοχωρητικότητα του φυτεμένου δώματος είναι ιδιαίτερα αυξημένη σε σχέση με αυτήν ενός συμβατικού δώματος, εξαιτίας της μεγάλης θερμικής μάζας των κηπευτικών στρώσεων και του γεγονότος ότι μεταξύ του ατμοσφαιρικού αέρα και της ανώτατης επιφάνειας της διατομής των φυτεμένων δωματίων (χώματος), παρατηρείται ένα στρώμα ακίνητου αέρα. Το φυτεμένο δώμα λειτουργεί λοιπόν ως μια επιπλέον θερμομονωτική

στρώση, ελαττώνοντας τα απαιτούμενα ψυκτικά ή θερμικά φορτία το καλοκαίρι και το χειμώνα αντίστοιχα (21). Σε έρευνα που έγινε διαπιστώθηκε ότι οι πράσινες στέγες έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν τη θερμική απόδοση μιας σκεπής μέσω της σκίασης, της μόνωσης και της εξατμισοδιαπνοής, με την οποία τα φυτά προσφέρουν ψυκτικά φορτία. Οι παρατηρήσεις έδειξαν ότι μια πράσινη στέγη θα μπορούσε να μειώσει τη θερμοκρασία και την καθημερινή διακύμανση θερμοκρασίας σημαντικά στους θερμότερους μήνες (άνοιξη και καλοκαίρι). Η πράσινη στέγη επίσης συγκράτησε τη ροή θερμότητας μέσω της σκεπής και μείωσε τη μέση καθημερινή καλοκαιρινή ενεργειακή ζήτηση, που οφειλόταν στη ροή θερμότητας μέσω στέγης, κατά περισσότερο από 75%. Ενώ η περιβαλλοντική θερμοκρασία



Εικόνα 10

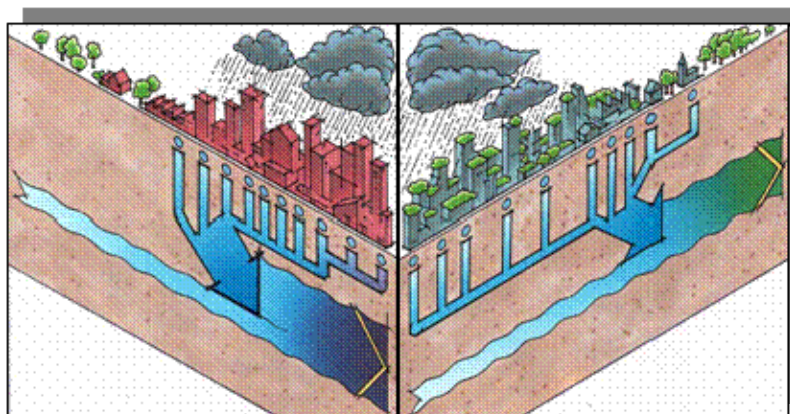
Πηγή: www.greenoptions.com

υπερέβη τους 30°C για 10% των ημερών κατά τη διάρκεια της 22μηνιας περιόδου παρατήρησης, η θερμοκρασία στέγης αναφοράς (απλή στέγη) πήγε επάνω από 30°C κατά τη διάρκεια του μισού από το χρόνο, έναντι σε μόνο 3% του χρόνου για την πράσινη στέγη(14). Στον ελλαδικό χώρο η θερμοκρασία στην επιφάνεια μιας 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. Ως αποτέλεσμα έχουμε τη μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας της ταράτσας έως 45°C σε σχέση με ένα συμβατικό δώμα (Επιφανειακή θερμοκρασία < 35°C). Αυτό συνεπάγεται μείωση της εσωτερικής θερμοκρασίας του κτιρίου έως 10°C. Η μείωση του κόστους θέρμανσης και δροσισμού του κτιρίου υπολογίζεται σε έως 50%. Συγκεκριμένα για το πετρέλαιο θέρμανσης υπολογίζεται μείωση της κατανάλωσης σε 2 λίτρα για κάθε τετραγωνικό μέτρο πράσινης ταράτσας κάθε χρόνο. Έτσι επιτυγχάνεται απόσβεση κόστους τοποθέτησης ενός πρασίνου δώματος μέσα σε τρία με τέσσερα χρόνια με τις υπάρχουσες τιμές πετρελαίου (29).

2.2. Περιβαλλοντικά οφέλη

2.2.1. Μείωση απορροής των υδάτων

Το φυτεμένο δώμα κατακρατεί το βρόχινο νερό στη στρώση αποστράγγισης, το υπόστρωμα φύτευσης και τη φύτευση και αυξάνει τα ποσοστά εξάτμισης με αποτέλεσμα την αποφόρτιση του αστικού δικτύου απορροής υδάτων, ειδικά σε



Εικόνα 11: Αστικό δίκτυο απορροής υδάτων με και χωρίς φυτεμένο δώμα

Πηγή: www.esha.gr

ραγδαίες καταγίδες. Επιπλέον τα βαριά μέταλλα και στοιχεία που μεταφέρονται από τη βροχή απορροφούνται από τους ταρατσόκηπους και δεν αποδεσμεύονται, με αποτέλεσμα το νερό που απορρέει να είναι πιο καθαρό από το βρόχινο(21).



Εικόνα 12: Εκτατικός τύπος

Πηγή: insideurbangreen.org

Η ποσότητα βέβαια του νερού που κατακρατείται σ' ένα φυτεμένο δώμα εξαρτάται από ορισμένους παράγοντες, όπως(21):

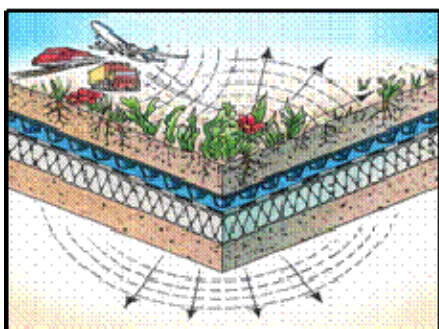
- Το ποσοστό κορεσμού του δώματος σε νερό πριν τη βροχή
- Το πάχος του υποστρώματος φύτευσης
- Την κλίση του δώματος
- Το είδος των φυτών

Διεξήχθη το εξής πείραμα:

Σε δύο διαφορετικά υποστρώματα ταρατσόκηπου, εφαρμόστηκε ένταση βροχής $5,5 \times 10^{-6} \text{ ms}^{-1}$ και διάρκειας $13,8 \times 10^3 \text{ sec}$ (3,83 ώρες) στο υπόστρωμα 1 και $12 \times 10^3 \text{ sec}$ (3,33 ώρες) στο υπόστρωμα 2 και σημειώθηκε συγκράτηση των ομβρίων 52,1% και 55,11% αντίστοιχα στα δύο υποστρώματα. Για το υπόστρωμα 1 η εκροή των ομβρίων άρχισε $5,42 \times 10^3 \text{ sec}$ (90 min ή 1,5 ώρα) μετά την έναρξη της βροχής ενώ

αντίστοιχα $5,28 \times 10^3$ sec (88min) καθυστέρησε η εκροή του υποστρώματος 2. Πληροφοριακά, το υπόστρωμα 1 αποτελούνταν από κομπόστα και ελαφρόπετρα σε αναλογία 7:3 κ.ό. ενώ το υπόστρωμα 2 από κομπόστα και κεραμοχάλικο σε αναλογία 7:3 κ.ό. (Πηγή: Δ.Ι.Μπαμπίλης - Π. Λόντρα, Γ.Π.Α. – Τμήμα Α.Φ.Π. & Γ.Μ., Εργ. Γ. Υδραυλικής). (18)

2.2.2. Μείωση ηχορύπανσης



± -3 dB

± -8 dB

Στα φυτεμένα δώματα, ο συνδυασμός του χώματος, των φυτών και των παγιδευμένων στρωμάτων του αέρα μπορεί να λειτουργήσει ως φίλτρο απομόνωσης του ήχου (21). Η ένταση του ήχου που ανακλάται μειώνεται κατά 3 dB και ηχομόνωση ενός κτιρίου μπορεί να βελτιωθεί έως 8 dB.

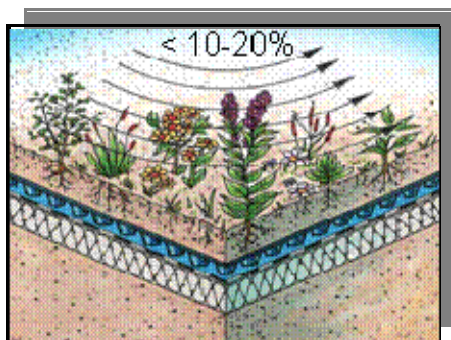
Εικόνα 13

Πηγή: www.esha.gr

Έτσι έχουμε παράλληλα μείωση του

θορύβου της πόλης καθώς ο ήχος απορροφάται από τη μαλακή επιφάνεια της πράσινης ταράτσας και δεν ανακλάται (3),(29).

2.2.3. Βελτίωση της ποιότητας του αέρα



Εικόνα 14

Πηγή: www.esha.gr

Τα φυτά μειώνουν το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και παράγουν οξυγόνο. Τα πράσινα δώματα μειώνουν το φαινόμενο των θερμικών νησίδων που είναι μία πηγή για τη δημιουργία του όζοντος που επιβαρύνει την πόλη. Επιπλέον, ένα μεγάλο ποσοστό των σωματιδίων της ατμόσφαιρας (μεταξύ 10% και

20%), συμπεριλαμβανομένων των βαρέων μετάλλων δεσμεύεται από το φύλλωμα των φυτών, τα οποία λειτουργούν με τον τρόπο αυτό ως φίλτρο συγκράτησης πολλών επιβλαβών συστατικών του αέρα. Επίσης, με τον τρόπο αυτό τα βαρέα αυτά μέταλλα δεν εισέρχονται στον κύκλο του νερού και από εκεί στο νερό που πίνουμε (29).

2.2.4. Βελτίωση του μικροκλίματος

Η ύπαρξη ενός ταρατσόκηπου αλλάζει σε μια μικρή ακτίνα γύρω του τις παραμέτρους του κλίματος. Επηρεάζει τη θερμοκρασία, την υγρασία, την ποιότητα του αέρα, σε αρκετές περιπτώσεις και τον άνεμο. Μ' αυτόν τον τρόπο συμβάλλει στη δημιουργία ενός μικροκλίματος, κάτι που δεν μπορεί να γίνει εύκολα με τεχνικά μέσα (18). Επιπλέον, τα φυτά εμπλουτίζουν την ατμόσφαιρα με οξυγόνο και την αποδεσμεύουν από το διοξείδιο του άνθρακα μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Με τον τρόπο αυτό βοηθάνε στη μείωση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου(21).

2.2.5. Φυσικό καταφύγιο χλωρίδας και πανίδας



Εικόνα 15

Με την κατασκευή κήπων στα δώματα και την επαναφορά της «χαμένης» φύσης μέσα στο πυκνοδομημένο περιβάλλον των αστικών κέντρων, δημιουργούνται αυτόνομα οικοσυστήματα που ενθαρρύνουν την παρουσία και παραμονή της χλωρίδας και της πανίδας στο περιβάλλον(21).

Πηγή: www.esha.gr

2.2.6. Επανάκτηση περιοχών πρασίνου

Τα φυτεμένα δώματα αποτελούν έναν από τους λιγιστούς εναπομείναντες τρόπους επαναφοράς της βλάστησης στον αστικό χώρο(21). Ειδικοί επιστήμονες



διευκρινίζουν χαρακτηριστικά ότι εάν πρασίνιζαν οι ταράτσες στο 30% των κτιρίων της Αθήνας, τότε θα μετριάζονταν σημαντικά οι αρνητικές συνέπειες από τον αφανισμό των δασικών εκτάσεων της Πάρνηθας (28).

Εικόνα 16

Πηγή: www.ais-online.de

2.2.7. Περιορισμός του φαινομένου της αστικής νησίδας

Το φαινόμενο των θερμικών νησίδων μεταβάλλει το μικροκλίμα μιας πόλης. Το δομημένο αστικό τοπίο απορροφά την ηλιακή θερμική ακτινοβολία και την αποδίδει

εκ νέου στο περιβάλλον ως θερμότητα. Τα οχήματα και τα κλιματιστικά μηχανήματα επιβαρύνουν με την λειτουργία τους τη θερμοκρασία της πόλης. Όλα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα να



Εικόνα 17

δημιουργείται μια Πηγή: www.growildinc.com

θερμοκρασιακή

διαφορά 6-10° C ανάμεσα στο πυκνοδομημένο αστικό χώρο και τα προάστια του

(29). Τα φυτά, με την ανακλαστική τους ικανότητα και με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, της εξάτμισης και της διαπνοής, μπορούν να απορροφήσουν μεγάλες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, αποτρέποντας την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών στο αστικό περιβάλλον και συμβάλλοντας σημαντικά στη μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας (21). Σημειώνεται ότι σύμφωνα με έρευνες του Πανεπιστημίου Φυσικής Αθηνών η διαφορά θερμοκρασίας της πόλης των Αθηνών και των περιφερειακών Δήμων φτάνει τους 12° C. Οι επιστήμονες, μάλιστα, εκτιμούν ότι λόγω των συνεχόμενων πυρκαγιών, αναμένεται στο λεκανοπέδιο αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά 2-3 βαθμούς (28).

2.3. Κοινωνικά οφέλη

2.3.1. Αξιοποίηση χώρου



Εικόνα 18

Πηγή: www.re-nest.com

Με τη δημιουργία βατών φυτεμένων δωμάτων μπορούν να αξιοποιηθούν πολλοί ανεκμετάλλευτοι χώροι, οι οποίοι στις μέρες μας μόνο αισθητική υποβάθμιση «προσφέρουν» στο δομημένο περιβάλλον (21). Η δημιουργία ταρατσόκηπων αποτελεί μια λύση ενάντια στον μικρό αριθμό πάρκων και στη μικρή έκταση δάσους που αντιστοιχεί σε κάθε κάτοικο (για παράδειγμα στην Αθήνα αναλογεί το μικρότερο ποσοστό πρασίνου ανά κάτοικο και είναι τελευταία στην παγκόσμια κατάταξη. Ενώ ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος περιγράφει ως «ανεκτή» την αναλογία 10 τετραγωνικών μέτρων πρασίνου ανά κάτοικο, η Αθήνα εδώ και τρεις δεκαετίες προσφέρει μόλις 2,5 τετραγωνικά μέτρα «ανάσας» σε κάθε έναν από τους κατοίκους της. (Ηλίας Καϊναδάς, ερευνητής στο Τμήμα Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Αιγαίου ΚΥΡΙΑΚΑΤΙΚΗ Ελευθεροτυπία - 02/12/2007) (18).

2.3.2. Αύξηση αξίας της ιδιοκτησίας

Αναμφίβολα, τα φυτεμένα δώματα εκτός από τα κοινωνικά, κατασκευαστικά, ενεργειακά, περιβαλλοντικά και αισθητικά οφέλη που προσφέρουν, αποτελούν στοιχεία υψηλής ποιότητας (21). Έχουμε έτσι αύξηση της εμπορικής αξίας των κτιριακών εγκαταστάσεων (εργοστάσια, αποθήκες, γραφεία κλπ) αλλά και της αντικειμενικής τους αξίας λόγω της υψηλής βαθμονόμησής τους στην ενεργειακή ταυτότητα του κτιρίου (29).

2.3.3. Αισθητική αναβάθμιση αστικού τοπίου

Με την κατασκευή πράσινων στεγών, εκτός από τη δυνατότητα δημιουργίας λειτουργικών χώρων πρασίνου και αναψυχής, επιτυγχάνεται και η αισθητική αναβάθμιση του περιβάλλοντος του αστικού χώρου, του οποίου η εικόνα τα τελευταία χρόνια, είναι ιδιαίτερα απογοητευτική (21).



Εικόνα 19

Πηγή: www.irga-world.com

2.3.4. Βελτίωση εταιρικής περιβαλλοντικής εικόνας



Στον ιδιωτικό και δημόσιο τομέα οι οργανισμοί χρησιμοποιούν τα φυτεμένα δώματα για τη βελτίωση της φιλοπεριβαλλοντικής τους εικόνας. Δήμοι, Τράπεζες, Ασφαλιστικές εταιρείες και

Εικόνα 20: Σταθμός παραγωγής ενέργειας στο Λονδίνο

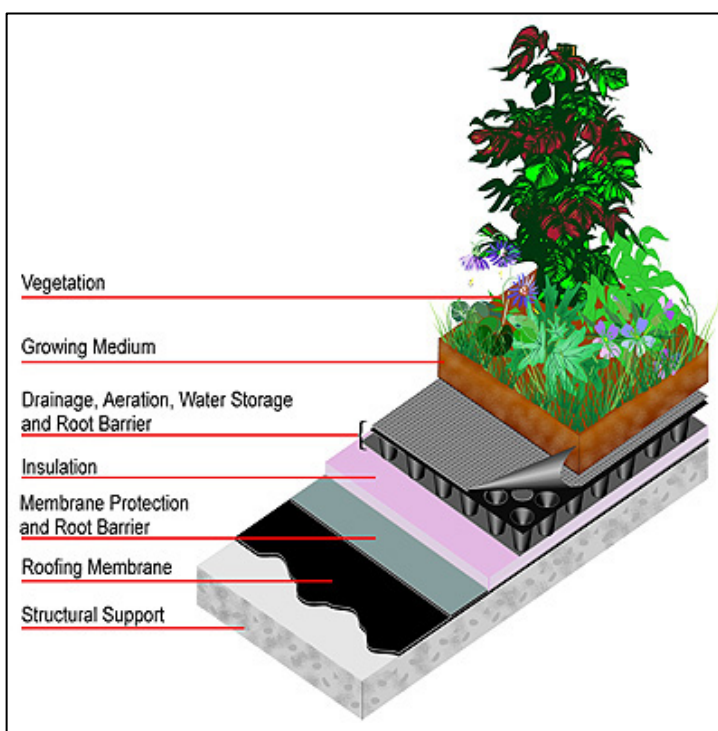
Πηγή: www.cleanerairforcities.blogspot.com

μεγάλες βιομηχανίες φυτεύουν τα δώματα των κτιρίων τους τόσο στη Ευρώπη όσο και στις ΗΠΑ και Ιαπωνία με αυξανόμενους σε ταχύτητα ρυθμούς(29).

2.4. Κατασκευαστικά οφέλη

2.4.1. Αύξηση διάρκειας ζωής υλικών διατομής του δώματος

Τα φυτεμένα δώματα προστατεύουν τις υποκείμενες στρώσεις των δομικών υλικών ενός δώματος (π.χ. υγρομονωτικά στοιχεία, θερμομονωτικά υλικά) από τη θερμική επιβάρυνση της ηλιακής ακτινοβολίας, τη βροχόπτωση, το χιόνι, το χαλάζι, την ακτινοβολία UV και τις μηχανικές καταπονήσεις. Ως



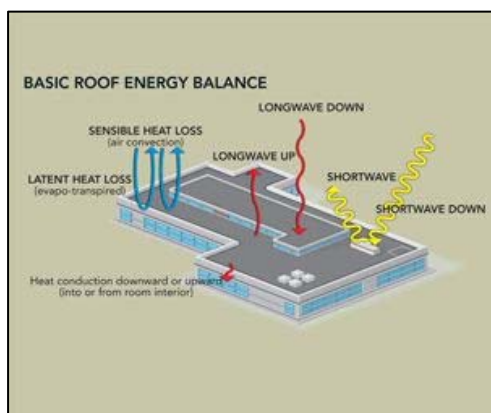
αποτέλεσμα έχουμε διπλασιασμό του χρόνου ζωής του δώματος και της

Εικόνα 21: Στρώσεις φυτεμένου δώματος

Πηγή: www.cleanerairforcities.blogspot.com

στεγανωτικής στρώσης από 30 έτη σε πάνω από 60 έτη κερδίζοντας χρήματα για τον ιδιοκτήτη από το κόστος επαναστεγανοποίησης αλλά και την επισκευή του σκυροδέματος. Άρα σημαντική μείωση κόστους στη συντήρηση του κτιρίου (21), (29).

2.4.2. Προστασία από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία



Έρευνα που έγινε στο Μόναχο και στην πόλη Κάσσελ έδειξε ότι η διεύθυνση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και μικροκυμάτων σε κτίριο του οποίου φυτεύτηκε το δώμα μειώθηκε 99,4%!! (Herman, 2003) (29)

Εικόνα 22

Πηγή: www.buildings.com

2.4.3. Πυροπροστασία

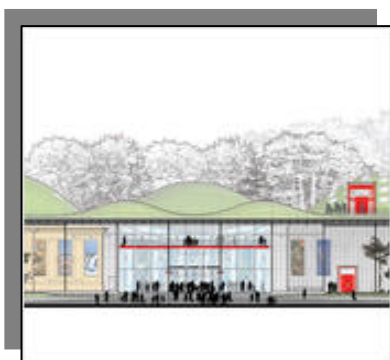
Τα πράσινα δώματα προστατεύουν τα κτίρια από τη φωτιά. Έρευνα που διεξήχθη στο Βερολίνο για την αντίσταση ενός πράσινου δώματος στη φωτιά βρέθηκε ότι τα φυτεμένα δώματα εμποδίζουν τη φωτιά περισσότερο από δώματα με χαλίκι, στην εξάπλωσή της. Αυτό συμβαίνει από τη συγκράτηση νερού μέσα στις δομές που χρησιμοποιούνται για τη φύτευση. (Kohler, 2004) Μάλιστα στο "καταφύγιο ταινιών" στο UFA Studios στο Babelsberg της Γερμανίας που χρησιμοποιήθηκαν στη δεκαετία του '30 για την αποθήκευση σημαντικών έργων (όπως ταινίες της Μάρλεν Ντίντριχ), για πυρασφάλεια χρησιμοποίησαν εκτός από χοντρούς τοίχους για το διαχωρισμό των δωματίων, φυτεμένο δώμα για σίγουρη πυρασφάλεια. (Kohler, 2003) (29)

3. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ

3.1. Η οικονομική επιβάρυνση

Αναμφίβολα, η κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος απαιτεί κάποιο επιπλέον κόστος, το οποίο στις σημερινές ελληνικές κατασκευές δεν συμπεριλαμβάνεται. Το κόστος αυτό, αφορά τον αρχικό σχεδιασμό και τη διαμόρφωση του κήπου, το κατασκευαστικό κομμάτι του φυτεμένου δώματος και τέλος τη συντήρηση του (8). Κυμαίνεται κατά κανόνα από 0,1% έως 2% και εξαρτάται όχι μόνο από τη μορφή του κήπου αλλά και από το μέγεθος του κτιρίου. Σε ακραίες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει το 5%. Υπολογίζοντας τις ευεργετικές επιδράσεις της βλάστησης στα κτίρια, οικολογικές, και μικροκλιματικές, όλη αυτή η οικονομική επιβάρυνση μπορεί να θεωρηθεί ασήμαντη. Δώματα εκτατικού τύπου χρειάζονται λιγότερη οικονομική φροντίδα σε σχέση με τα δώματα εντατικού τύπου.

3.2. Η στατική επιβάρυνση φυτεμένων δωματίων



Εικόνα 23: California Academy of science

Πηγή: www.metropolismag.com

Η εγκατάσταση ενός κήπου σε δώμα προσθέτει φορτία στην επιφάνεια του δώματος. Ανάλογα με τη μορφή του κήπου, με τη χρήση του, με τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του και με το μέγεθος των φυτών, η καταπόνηση του δώματος από τα φορτία του κήπου κυμαίνεται γενικά από 5% έως 65%. Υπάρχει όμως η δυνατότητα, ιδιαίτερα όταν πρόκειται να κατασκευαστεί κήπος σε δώμα υφιστάμενου κτιρίου, η στατική επιβάρυνση από τον κήπο να είναι μηδενική ή και αρνητική, όταν προηγείται αποξήλωση της υπάρχουσας επικάλυψης του δώματος. Συνήθως σε μια ελαφριά κατασκευή τα επιπρόσθετα φορτία υπολογίζονται περίπου στα 0.50 kN/m², ενώ σε μια βαριά κατασκευή κήπου μπορούν να φθάσουν και τα 6.00 kN/ m² . Ωστόσο, αν θέλει κανείς να υπολογίσει με μεγαλύτερη ακρίβεια το επιπρόσθετο φορτίο από την κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος, θα πρέπει στα φορτία των

συνήθων στρώσεων (στεγάνωσης, θερμομόνωσης, κλίσεων κτλ.) να υπολογίσει αναλυτικά και τα επιμέρους φορτία του κηπευτικού τμήματος, λαμβάνοντας υπόψη του το βάρος της κάθε στρώσης σε κατάσταση κορεσμού από άποψη υγρασίας και το βάρος των φυτών σε πλήρη ανάπτυξη (1).

3.3. Κίνδυνος υγρασίας

Ένα από τα βασικά ζητήματα κατά την κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος είναι η προστασία από την υγρασία. Η συσσώρευση υγρασίας στο δώμα για την καλή λειτουργία του κήπου και η επιθετικότητα των ριζών των φυτών είναι οι παράγοντες που μπορούν να προκαλέσουν βλάβες όπως απόφραξη των υδρορροών και διάτρηση της στεγάνωσης του δώματος. Οι συνέπειες και από τις δύο μορφές βλαβών είναι σημαντικές τόσο για τη λειτουργία του κήπου, όσο και για την επικάλυψη του δώματος (1). Με την απόφραξη των υδρορροών το νερό που πλεονάζει από τον κήπο δεν μπορεί να



Εικόνα 24

Πηγή: www.4tforum.gr

απομακρυνθεί εύκολα, παραμένει στην αποστράγγιση και στη στρώση φύτευσης και καταστρέφει τα φυτά. Η προσεκτική διαμόρφωση των περιοχών των υδρορροών και η κατασκευή φρεατίων ελέγχου στις απορροές συμβάλλουν ουσιαστικά στην αποφυγή του κινδύνου αυτού. Αποτέλεσμα της διάτρησης της στεγάνωσης από τις ρίζες είναι η διείσδυση της υγρασίας κάτω από αυτήν, οπότε καταστρέφεται η θερμομόνωση, εφόσον υπάρχει. Επιπλέον, οι ρίζες αναζητώντας την υγρασία προκαλούν μικρές ή μεγάλες μηχανικές βλάβες (1).

3.4. Κίνδυνος ανεπαρκούς άρδευσης



Εικόνα 25: Αυτόματο πότισμα

Πηγή: www.batras-kostas.blogspot.gr

δε συμβαίνει το ίδιο με το φυτεμένο δώμα, επειδή αποτελεί μια κλειστή ενότητα, που μπορεί να συγκρατήσει μέχρι μια ορισμένη ποσότητα νερού. Επειδή μάλιστα αναπτύσσονται σε αυτό πολύ υψηλές θερμοκρασίες και επιδρά έντονα ο άνεμος, η εξάτμιση του νερού επιτυγχάνεται ευκολότερα και ταχύτερα. Για το λόγο αυτό πρέπει πάντα να προβλέπεται η τεχνητή άρδευση που θα βοηθά στη διατήρηση μιας μόνιμης υγρασίας (1).

Το πότισμα του κήπου του φυτεμένου δώματος είναι βασική προϋπόθεση για την καλή ανάπτυξη και διατήρηση των φυτών. Πρέπει να ληφθούν ειδικά μέτρα που θα διευκολύνουν τη συγκράτηση του βρόχινου νερού, όπως παχύτερη αποστραγγιστική στρώση που θα συγκρατεί μεγαλύτερη ποσότητα νερού και επιλογή των πλέον υδρόφιλων υλικών. Ενώ το έδαφος διαθέτει θεωρητικά απεριόριστη ποσότητα νερού, την οποία μπορούν τα φυτά να αναζητήσουν με τη βαθύτερη διείσδυση των ριζών τους σε αυτό,



Εικόνα 26: Αυτόματο πότισμα

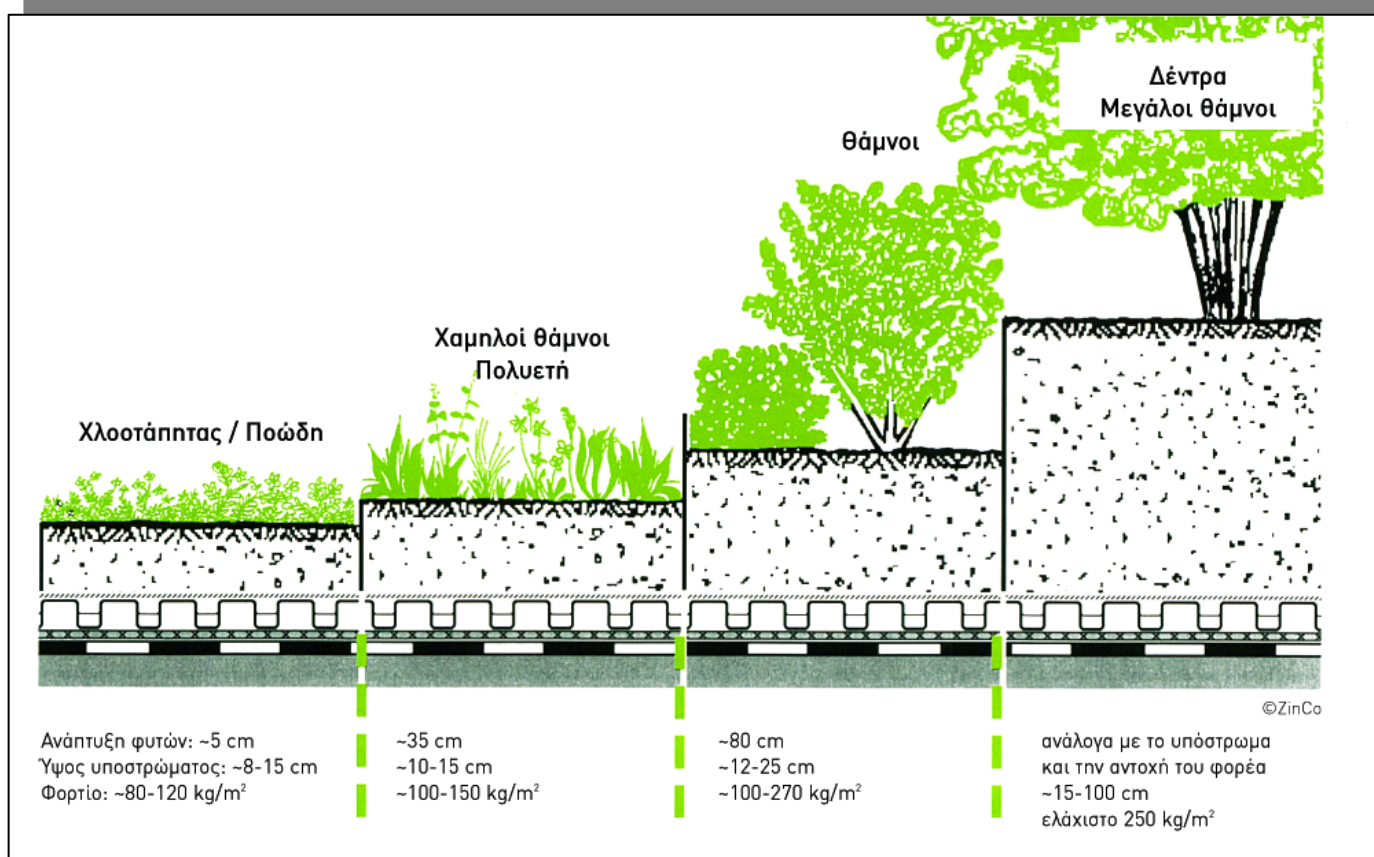
Πηγή: www.khposervice.com

3.5. Δυσκολία επισκευής σε περίπτωση βλάβης

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(8).

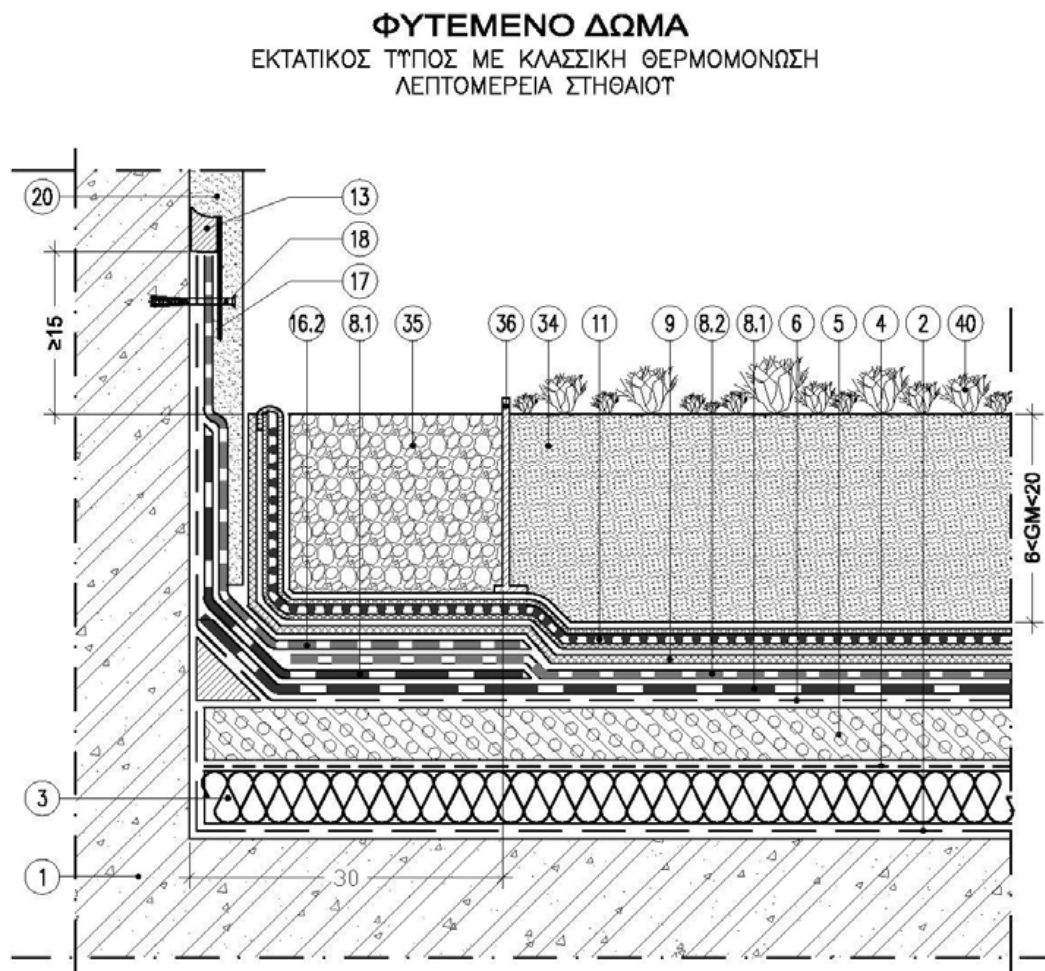
4. ΤΥΠΟΙ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ



Εικόνα 27

Πηγή: www.egreen.gr

4.1. Εκτατικός τύπος



ΤΥΠΟΝΗΜΑ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΩΝ

- | | |
|--|--|
| 1. ΠΛΑΚΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ | 16.2 ΑΝΤΙΡΙΖΙΚΗ ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ
ΜΕ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΨΗΦΙΔΑΣ |
| 2. ΦΡΑΓΜΑ ΤΔΡΑΤΜΩΝ | 17. ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΗ ΛΑΜΑ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ |
| 3. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ | 18. ΒΙΔΑ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ |
| 4. ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗ ΣΤΡΩΣΗ | 20. ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑ |
| 5. ΡΥΣΕΙΣ | 22. ΤΔΡΟΡΡΟΗ |
| 6. ΑΣΤΑΡΙ | 23. ΚΕΦΑΛΗ ΤΔΡΟΡΡΟΗΣ |
| 8.1 ΠΡΩΤΗ ΑΝΤΙΡΙΖΙΚΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗ
ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ | 24. ΔΙΑΤΡΗΤΟ ΚΑΛΤΜΜΑ ΤΔΡΟΡΡΟΗΣ |
| 8.2 ΔΕΥΤΕΡΗ ΑΝΤΙΡΙΖΙΚΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗ
ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ | 34. ΤΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΓΙΑ ΕΚΤΑΤΙΚΗ ΦΥΤΕΥΣΗ GM |
| 9. ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗ ΣΤΡΩΣΗ HDPE | 35. ΘΡΑΥΣΤΟ ΤΛΙΚΟ 16–32 mm |
| 10. ΑΣΦΑΛΤΙΚΗ ΚΟΛΛΑ ESHA | 36. ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ |
| 11. ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ | 37. ΔΙΑΤΡΗΤΟΣ ΣΠΛΗΝΑΣ |
| 12. ΚΟΡΔΟΝΙ ΠΛΗΡΩΣΗΣ ΑΡΜΩΝ | 38. ΓΕΩΤΦΑΣΜΑ |
| 13. ΜΑΣΤΙΧΗ ΣΦΡΑΓΙΣΗΣ | 39. ΚΑΛΤΜΜΑ ΣΩΛΗΝΑ |
| 14. ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ (ΛΟΤΚΙ) | 40. ΦΥΤΕΥΣΗ ΕΚΤΑΤΙΚΟΤ ΤΥΠΟΥ |
| 15. ΣΤΗΘΑΙΟ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ | |

Εικόνα 28: Διαστρωμάτωση υλικών σε φύτευση εκτατικού τύπου με κλασσική θερμμόνωση

Πηγή: Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων, ΤΕΕ, Αθήνα, 21-23 Μαΐου, 2008

Το σύστημα αποτελείται από πολυεπίπεδη διαστρωμάτωση υλικών με ελαφρύ υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών ύψους 8 έως 15 εκ., το φορτίο του υποστρώματος είναι μικρό (κορεσμένο φορτίο ως 120 kg/m²) και το ριζικό σύστημα των φυτών επιφανειακό (17).

Για τη φυτική κάλυψη χρησιμοποιούνται φυτά χαμηλής βλάστησης, όπως φυτά εδαφοκάλυψης, αγριολούλουδα κλπ. Εφαρμόζεται κυρίως σε μη προσβάσιμες στέγες κτιριακών εγκαταστάσεων ή πρανή και δεν χρειάζεται τακτική συντήρηση. Επιλέγονται φυτά ανθεκτικά στη ξηρασία, στον άνεμο και στο ψύχος. Απλός σχεδιασμός και εγκατάσταση και μικρά φορτία (17).



Εικόνα 29: Φυτεμένο δώμα εκτατικού τύπου

Πηγή: www.egreen.gr

Χαρακτηριστικά «πράσινης στέγης» εκτατικού τύπου (17):

- Μικρή συντήρηση
- Περιοδική άρδευση
- Φύτευση με φυτά εδαφοκάλυψης, ποώδη φυτά
- Υπόστρωμα ύψους 8-15 εκ.

4.2. Ημιεντατικός τύπος

Για τη δημιουργία ενός τοπίου με εναλλαγές καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ενδείκνυται η κατασκευή «πράσινης 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 φυτεμένου δώματος η φυτική κάλυψη μπορεί να είναι χλοοτάπητας, φυτά εδαφοκάλυψης και θάμνοι. Σε σχέση με τον εκτατικό τύπο στέγης έχει μεγαλύτερο ύψος υποστρώματος και συγκρατεί μεγαλύτερη ποσότητα νερού (17).



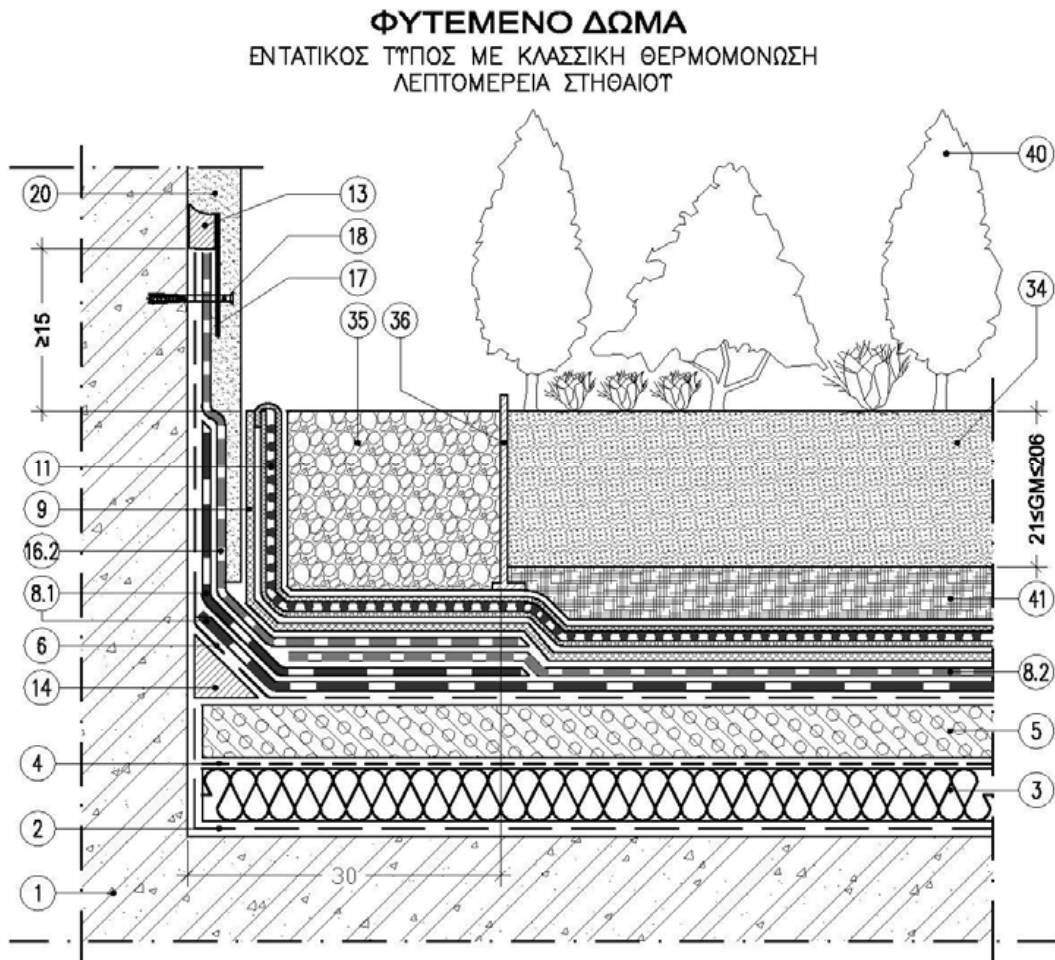
Εικόνα 30: Φυτεμένο δώμα ημιεντατικού τύπου

Πηγή: www.egreen.gr

Χαρακτηριστικά «πράσινης στέγης» ημιεντατικού τύπου (17):

- Περιοδική συντήρηση
- Περιοδική άρδευση
- Φύτευση με χλοοτάπητα, φυτά εδαφοκάλυψης, χαμηλούς θάμνους
- Υπόστρωμα ύψους 10-25 εκ.

4.3. Εντατικός τύπος



ΤΥΠΟΜΝΗΜΑ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΩΝ

- | | |
|--|--|
| 1. ΠΛΑΚΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ | 16.2 ΑΝΤΙΡΙΖΙΚΗ ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ
ΜΕ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΨΗΦΩΔΩΣ |
| 2. ΦΡΑΓΜΑ ΤΑΡΑΤΜΩΝ | 17. ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΗ ΛΑΜΑ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ |
| 3. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ | 18. ΒΙΔΑ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ |
| 4. ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗ ΣΤΡΩΣΗ | 20. ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑ |
| 5. ΡΥΣΕΙΣ | 22. ΨΑΡΟΡΡΟΗ |
| 6. ΑΣΤΑΡΙ | 23. ΚΕΦΑΛΗ ΨΑΡΟΡΡΟΗΣ |
| 8.1 ΠΡΩΤΗ ΑΝΤΙΡΙΖΙΚΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗ
ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ | 24. ΔΙΑΤΡΗΤΟ ΚΑΛΤΜΜΑ ΨΑΡΟΡΡΟΗΣ |
| 8.2 ΔΕΥΤΕΡΗ ΑΝΤΙΡΙΖΙΚΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗ
ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ | 34. ΤΠΟΣΤΡΩΜΑ ΓΙΑ ΕΝΤΑΤΙΚΗ ΦΥΤΕΥΣΗ GM |
| 9. ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗ ΣΤΡΩΣΗ HDPE | 35. ΘΡΑΥΣΤΟ ΤΛΙΚΟ 16-32 mm |
| 10. ΑΣΦΑΛΤΙΚΗ ΚΟΛΛΑ | 36. ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ |
| 11. ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ | 37. ΔΙΑΤΡΗΤΟΣ ΣΩΛΗΝΑΣ |
| 12. ΚΟΡΔΟΝΙ ΠΛΗΡΩΣΗΣ ΑΡΜΩΝ | 38. ΓΕΩΤΦΑΣΜΑ |
| 13. ΜΑΣΤΙΧΗ ΣΦΡΑΓΙΣΗΣ | 39. ΚΑΛΤΜΜΑ ΣΩΛΗΝΑ |
| 14. ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ (ΛΟΤΚΙ) | 40. ΦΥΤΕΥΣΗ ΕΝΤΑΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ |
| 15. ΣΤΗΘΑΙΟ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ | 41. ΤΛΙΚΟ ΚΑΤΑΚΡΑΤΗΣΗΣ ΤΡΑΣΙΑΣ |

Εικόνα 31: Διαστρωμάτωση υλικών σε φύτευση εντατικού τύπου με κλασσική θερμομόνωση

Πηγή: Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων, ΤΕΕ, Αθήνα, 21-23 Μαΐου, 2008

Το σύστημα εντατικού τύπου συνίσταται στη δημιουργία ενός «κήπου», σε υπόστρωμα 12-100 εκ. με αρχικό κορεσμένο φορτίο 250 kg/m². Αυτός ο τύπος «πράσινης στέγης» / φυτεμένου δώματος 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 (17).



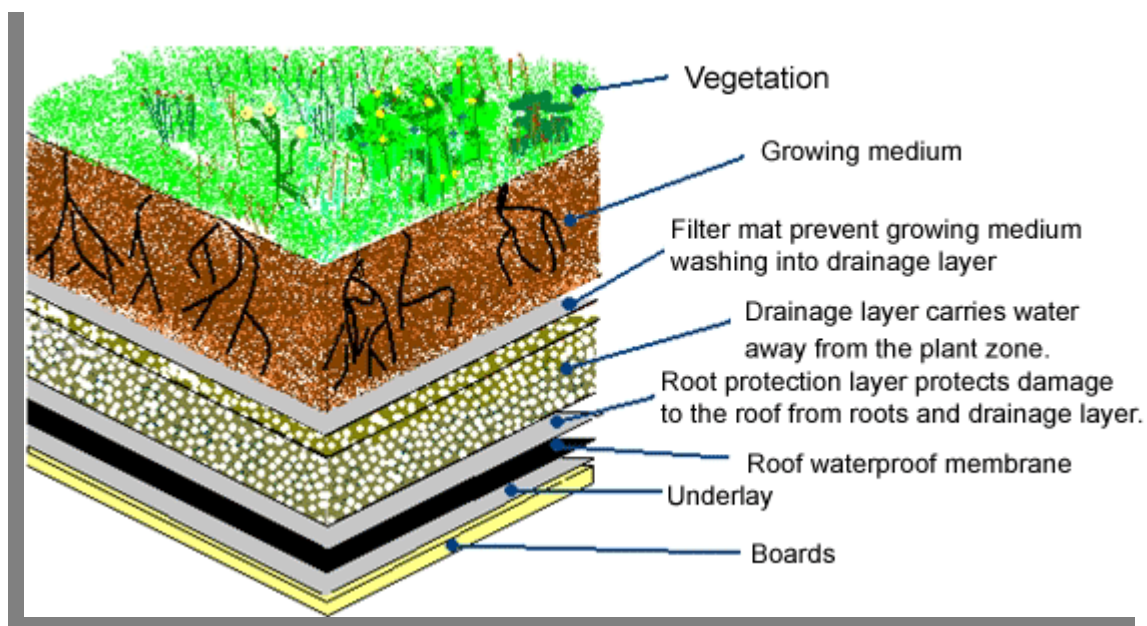
Εικόνα 32: Φυτεμένο δώμα εντατικού τύπου

Πηγή: www.egreen.gr

Χαρακτηριστικά «πράσινης στέγης» εντατικού τύπου (17):

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

5. ΔΙΑΣΤΡΩΜΑΤΩΣΗ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ



Εικόνα 33: Διαστρωμάτωση φυτεμένου δώματος

Πηγή: www.naturalbalancedevelopment.com

5.1. Προετοιμασία επιφάνειας και δημιουργία φράγματος υδρατμών

Η επιφάνεια του δώματος καθαρίζεται καλά και επισκευάζεται τοπικά από τυχόν φθορές. Στη συνέχεια γίνεται επάλειψη της επιφάνειας σε δύο στρώσεις κατ' ελάχιστον, με ελαστομερές ασφαλτικό γαλάκτωμα για τη δημιουργία φράγματος υδρατμών (12).

5.2. Δημιουργία Θερμομονωτικής Στρώσης

Γίνεται η τοποθέτηση των θερμομονωτικών πλακών, σύμφωνα με τη μελέτη θερμομόνωσης (12).



Εικόνα 34: Θερμομόνωση Πηγή: www.kouris-sa.gr

5.3. Κατασκευή ρύσεων και αστάρωμα επιφάνειας πριν τη στεγάνωση



Εικόνα 35

Πηγή: www.monosis.livepage.gr

Δημιουργία στρώσης ρύσεων με χρήση κατάλληλου υλικού (ελαφροσκυρόδεμα, περλομπετόν, γαρμπιλοσκυρόδεμα κτλ.) με ελάχιστη κλίση 1.5%. Μετά την ξήρανση της τελικής στρώσης η επιφάνεια των ρύσεων θα πρέπει να είναι βαθιά και λεία και χωρίς σαθρά σημεία. Σημεία ατελειών επισκευάζονται τοπικά με τσιμεντοκονίαμα.

Στη συνέχεια επαλείφεται η επιφάνεια των ρύσεων με υγρή ελαστομερή ασφαλτική κόλλα, ψυχρής εφαρμογής (12).

5.4. Στεγανωτικές-Αντιριζικές στρώσεις

Για την προστασία των υποκείμενων δομικών στοιχείων από την επιθετική συμπεριφορά των ριζών των φυτών είναι απαραίτητη η στεγάνωση του δώματος με διπλή στρώση αντιριζικών ασφαλτικών μεμβρανών, οι οποίες θα είναι πλήρως επικολημένες στην υποκείμενη επιφάνεια (12).

Οι μεμβράνες αυτές αποτελούνται κατά βάση από τροποποιημένη άσφαλτο (APP -10 οC ή SBS -20 οC), φέρουν ως εσωτερικό οπλισμό Sprunbond πολυεστερικό ύφασμα υψηλών μηχανικών αντοχών και έχουν άνω και κάτω επικάλυψη φιλμ πολυαιθυλενίου. Εμπεριέχουν δε στην μάζα τους ειδικό αντιριζικό πρόσθετο για προστασία από την διάτρηση των ριζικών συστημάτων (12).

Πίνακας 1. Τεχνικά χαρακτηριστικά ασφαλτικών αντιριζικών μεμβρανών

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΕΛΑΣΤΟΜΕΡΗΣ ΑΝΤΙΡΙΖΙΚΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ	ΠΛΑΣΤΟΜΕΡΗΣ ΑΝΤΙΡΙΖΙΚΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ
Ασφαλτικό συνθετικό	Τροποποιημένη άσφαλτος με συνθετικό ελαστικό (SBS) και ειδικό αντιριζικό πρόσθετο	Τροποποιημένη άσφαλτος με συνθετικό πολυπροπυλένιο (APP) και ειδικό αντιριζικό πρόσθετο
Σημείο Μάλθωσης(ASTM D-36):	125 °C	150 °C
Διείσδυση(ASTM D-5):	30 - 40 dmm	22 - 28 dmm
Πάχος μεμβράνης (ASTM D-146):	3.6 mm	3.6 mm
Εσωτερικός σπλισμός :	Πολυεστερικό ύφασμα, spunbond 180 gr/m2	Πολυεστερικό ύφασμα, spunbond 180 gr/m2
Επικαλύψεις		
- άνω :	Φιλμ πολυαιθυλενίου	Φιλμ πολυαιθυλενίου
- κάτω :	Φιλμ πολυαιθυλενίου	Φιλμ πολυαιθυλενίου
Τάση θραύσης (ASTM D-412)		
- κατά μήκος :	850 N/5cm	850 N/5cm
- κατά πλάτος :	650 N/5cm	650 N/5cm
Επιμήκυνση (ASTM D-412)		
-κατά μήκος :	45%	45%
-κατά πλάτος :	50%	50%
Διάτρηση	L4	L4
-στατική (Kg)(ASTM D-5602):	I3	I3
-δυναμική (mm)(ASTM D-5635):		
Ευκαμψία σε χαμηλή θερμοκρασία (ASTM D-5147-91) :	- 20 °C	- 10 °C
Αντοχή σε υψηλή θερμοκρασία (100oC, 72h)	καμία ροή	καμία ροή

Η επικόλληση των αντιριζικών ασφαλικών στεγανωτικών φύλλων επιτυγχάνεται πάντοτε με χρήση φλόγιστρου προπανίου. Η διάστρωση των φύλλων της πρώτης μεμβράνης πραγματοποιείται πάντοτε από το κατώτερο σημείο των ρύσεων με την κατά μήκος διάσταση κάθετη προς τις ρύσεις. Οι κατά μήκος αλληλοεπικαλύψεις των φύλλων της μεμβράνης είναι κατά



Εικόνα 36: Στεγάνωση δώματος

Πηγή: www.monosimacon.blogspot.com

8-10εκ. και η επικόλληση επιτυγχάνεται στο σημείο αυτό με θερμοκόλληση-σύντηξη του ίδιου υλικού, αφού έχει προηγηθεί η συγκόλληση του υπολοίπου σώματος της μεμβράνης με το υπόστρωμα. Η θερμοκρασία συγκόλλησης είναι τέτοια, ώστε στο άκρο της αλληλοεπικάλυψης της μεμβράνης να εμφανίζεται πάντοτε συντηγμένο υλικό. Οι κατά πλάτος του ρολού επικαλύψεις (περίπου 15εκ.), δεν πρέπει να συμπίπτουν έτσι ώστε να εμφανίζονται τέσσερις γωνίες στο ίδιο σημείο. Για το λόγο αυτό η κάθε σειρά ξεκινά με εναλλαγή διαφορετικού μήκους μεμβράνης (π.χ. μισό,

ολόκληρο, μισό κλπ) (12).



Εικόνα 37: Στεγάνωση στηθαίου

Πηγή: www.monosimacon.blogspot.com

Επί των στηθαίων και γενικά επί των κατακόρυφων επιφανειών τοποθετείται λωρίδα της πρώτης ασφαλικής στεγανωτικής μεμβράνης, ελάχιστου πλάτους 50εκ., και κολλάται με φλόγιστρο πάνω στην κατακόρυφη επιφάνεια που έχει ασταρωθεί προηγουμένως με ασφαλικό βερνίκι. Η μεμβράνη πρέπει να τοποθετηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε το κατακόρυφο

τμήμα της να ανέρχεται σε ύψος 15-20cm από το υψηλότερο σημείο των ρύσεων (12).

Ακολουθεί διάστρωση και επικόλληση της δεύτερης αντιριζικής ασφατικής στεγανωτικής μεμβράνης. Η επικόλληση γίνεται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο πάνω στα φύλλα της πρώτης στρώσης με παράλληλη μετατόπιση κατά 50 cm, έτσι ώστε τα φύλλα της δεύτερης στεγανωτικής στρώσης κάθε φορά να καλύπτουν τις αλληλοεπικαλύψεις των φύλλων της πρώτης στεγανωτικής στρώσης (12).

Επί των στηθαίων και γενικά επί των κατακόρυφων επιφανειών απόληξης ανέρχεται λωρίδα της δεύτερης στεγανωτικής μεμβράνης, ελαχίστου πλάτους 50εκ., η οποία υπερκαλύπτει τη λωρίδα της πρώτης στεγανωτικής μεμβράνης κατά τουλάχιστον 15 εκ., και στερεώνεται μηχανικά με λάμα γαλβανισμένης λαμαρίνας ανοικτού Γ, πλάτους 3εκ. (1,25mm πάχους), βίδες και βύσματα (12).

Προσοχή πρέπει να δοθεί ώστε το κατακόρυφο τμήμα της αντιριζικής ασφατικής στεγανωτικής μεμβράνης να ανέρχεται τουλάχιστον 15 εκ. από το τελικό ύψος του υποστρώματος φύτευσης. Η λάμα σφραγίζεται με ελαστομερή μαστίχη πολυμερούς βάσεως, αφού προηγουμένως η επιφάνεια της έχει καθαριστεί και ασταρωθεί με κατάλληλο βερνίκι (12)

5.5. Προστασία στεγανωτικής στρώσης

Ακολουθεί προστατευτική στρώση από υψηλής πυκνότητας φύλλο πολυαιθυλενίου (HDPE), ελαχίστου πάχους 0.75mm, επάνω από τη στεγανωτική στρώση, για να αποφευχθεί πιθανός «τραυματισμός» της στεγανωτικής μεμβράνης κατά τις εργασίες που ακολουθούν (12).



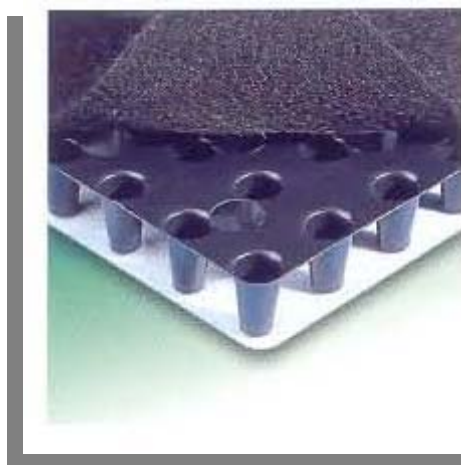
Εικόνα 38

Πηγή: www.egreen.gr

5.6. Αποστραγγιστική στρώση

Επάνω από την προστατευτική στρώση τοποθετείται η στρώση αποστράγγισης. Η σύγχρονη τεχνολογία φυτεμένων δωματίων προτείνει έναντι του χαλικιού, πολυστρωματικές αποστραγγιστικές μεμβράνες, οι οποίες συνδυάζουν τις στρώσεις διήθησης, αποστράγγισης και διαχωρισμού-προστασίας σε ένα προϊόν, ενοποιημένο, και εξαιρετικά ελαφρύ (12).

Οι αποστραγγιστικές μεμβράνες αποτελούνται συνήθως από ένα διάτρητο φύλλο πολυστερίνης με κωνοειδείς προεξοχές ορισμένου πάχους (min 11 mm), και επικολλημένων αμφίπλευρα, με επανασυγκολλούμενη κόλλα διαρκείας, δύο μη



υφαντών γεωϋφασμάτων. Ο κωνοειδής πυρήνας τους είναι διάτρητος έτσι ώστε, αφ' ενός μεν να αποστραγγίζει τα πλεονάζοντα νερά του ποτίσματος του κήπου, αφ' ετέρου να συγκρατεί εντός των κώνων σημαντική ποσότητα νερού για την απαιτούμενη υγρασία του κηπευτικού χώματος, εξασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο οικονομία ποτίσματος και άριστη λειτουργία του κήπου (12).

Εικόνα 39: Αποστραγγιστική μεμβράνη

Πηγή: Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων, ΤΕΕ, Αθήνα, 21-23 Μαΐου, 2008

Οι αποστραγγιστικές μεμβράνες διαστρώνονται με αλληλοεπικάλυψη τουλάχιστον 10cm. Για το λόγο αυτό τα γεωϋφάσματα της επάνω όψης δύο διπλανών φύλλων αποκολλώνται προσωρινά από τον κωνοειδή πυρήνα. Οι δύο πυρήνες ενώνονται και τα δύο γεωϋφάσματα επανασυγκολλώνται έτσι ώστε να δημιουργείται ενιαία αποστραγγιστική επιφάνεια (12).

Με τα υλικά αυτά αντιμετωπίζεται αποτελεσματικά η πρόκληση της στατικής επιβάρυνσης. Η στατική επιβάρυνση που επιφέρει ένα φυτεμένο δώμα οφείλεται παραδοσιακά στο βάρος της αποστραγγιστικής στρώσης, στο βάρος του χώματος φύτευσης και στην ίδια τη φύτευση(12).

Πίνακας 2. Τεχνικά χαρακτηριστικά αποστραγγιστικής μεμβράνης

Κωνοειδής πυρήνας:	Υψηλής αντοχής πολυστυρένιο (HIPS)
Κάτω επικάλυψη:	Μη υφαντό πολυπροπυλένιο (PP) > 125 g/m ²
Άνω επικάλυψη:	Μη υφαντό πολυπροπυλένιο-φίλτρο (PP) > 125 g/m ²
Πάχος:	Τουλάχιστον 11 mm
Βάρος:	775 g/m ² – 1.025 g/m ²

Αντοχή σε συμπίεση	> 300-700 kN/m
Αποστραγγιστική ικανότητα:	Σύμφωνα με DIN 4095

5.7. Υπόστρωμα Φύτευσης

Επάνω από τις αποστραγγιστικές μεμβράνες διαστρώνεται το υπόστρωμα φύτευσης, που είναι μείγμα ανοργάνων και οργανικών ουσιών και έχει διάφορες ποιότητες ανάλογα με τον τύπο φύτευσης για τον οποίο προορίζεται (εκτατικός ή εντατικός).

Το υλικό αυτό είναι ελαφρύτερο από το παραδοσιακό «κηπόχωμα», σε μορφή συμπυκνωμένη και κορεσμένη από υγρασία, και δίνει επίσης λύση στο θέμα της στατικής επιβάρυνσης του δώματος (12).

Στις περιπτώσεις εντατικής φύτευσης προτείνεται η τοποθέτηση ειδικών στρώσεων συγκράτησης υγρασίας από ορυκτοβάμβακα, επάνω από την αποστραγγιστική στρώση και πριν το υπόστρωμα φύτευσης. Τα υλικά αυτά έχουν την ιδιότητα να απορροφούν πολύ νερό στη μάζα τους κατά το πότισμα και να το αποδίδουν σταδιακά στον κήπο, οπότε χρησιμοποιούνται ως επιπλέον αποθήκες νερού σε ένα σύστημα εντατικής φύτευσης (12).

Στις περιπτώσεις εκτατικής φύτευσης, όπου τα επιτρεπτά φορτία και πάχη φύτευσης είναι πολύ μικρά, οι ορυκτοβάμβακες μπορούν να αντικαταστήσουν ακόμη και το υπόστρωμα φύτευσης(12).

Πίνακας 3. Τεχνικά χαρακτηριστικά στρώσης συγκράτησης υγρασίας

Υλικό	Υδρόφιλος Ορυκτοβάμβακας
Πυκνότητα:	120 kg/m ³
Ικανότητα συγκράτησης νερού:	40 l/m ² = 80Vol.%
Όγκος αέρα:	16%
pH-τιμή:	7-8
Βάρος:	ξηρός 6kg/m ² , κορεσμένος 46kg/m ²

5.8. Φύτευση

Ακολουθεί φύτευση εκτατικού ή εντατικού τύπου. Είναι αναμενόμενο ότι ένα φυτεμένο δώμα χρειάζεται μεγαλύτερη φροντίδα, προσοχή και συντήρηση από ένα μη φυτεμένο δώμα. Ωστόσο, στις περιπτώσεις εκτατικών τύπων φύτευσης, με τα ειδικά υποστρώματα φύτευσης και την επιλογή κατάλληλης χλωρίδας, η οποία να ανθίσταται σε συνθήκες μικρής υγρασίας, μεγάλης έκθεσης στον ήλιο και τον αέρα, η συντήρηση που απαιτείται μπορεί να περιοριστεί στο ελάχιστο (1 με δύο επισκέψεις το χρόνο) (12).



Εικόνα 40: Υπόστρωμα φύτευσης

Πηγή: www.coolflatroof.com

6. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ

Κατά τον σχεδιασμό ενός φυτεμένου δώματος πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της του δώματος και οι παράγοντες που αφορούν τη φύτευση. Συγκεκριμένα:

6.1. Παράγοντες που αφορούν το δώμα

6.1.1. Υλικό κατασκευής δώματος



Εικόνα 41

Πηγή: www.wikipedia.org

Τα φυτεμένα δώματα μπορούν να κατασκευαστούν σε δώματα τόσο ξύλινης ή μεταλλικής κατασκευής, όσο και σε δώματα οπλισμένου σκυροδέματος. Η βάση του ταρατσόκηπου πρέπει να είναι υδατοστεγανή και να εξασφαλίζεται η αντοχή του στατικού φορέα (15).

6.1.2. Υγρομόνωση

Η υγρομόνωση του δώματος κινδυνεύει να υποστεί βλάβη με την πάροδο του χρόνου λόγω του ριζικού συστήματος των φυτών(15). Τα προβλήματα αυτά αντιμετωπίζονται με την πλήρη και ελεγμένη από την αρχή στεγάνωση του δώματος, με την επιλογή των κατάλληλων υλικών, τη σωστή σειρά των στρώσεων και τις επιμελημένες οικοδομικές εργασίες, ιδίως στα ευπαθή σημεία της κατασκευής. Ειδικότερα, πρέπει



Εικόνα 42

να δοθεί προσοχή στο στεγανωτικό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί ως διαχωριστική στρώση μεταξύ του κηπευτικού τμήματος και του

Πηγή: www.wikipedia.org

δομικού τμήματος του δώματος. Δηλαδή η ίδια η στεγάνωση του δώματος να αποτελείται από στεγανωτικές μεμβράνες ειδικής σύστασης και σύνθεσης που να αποτρέπουν τη διείσδυση των ριζών σε αυτές. Οι συγκολλήσεις τους να γίνονται προσεκτικά, με όλους τους τεχνικούς κανόνες και να ελέγχονται σχολαστικά πριν καλυφθούν από την κατασκευή του κήπου. Για καλύτερη προστασία από τη διείσδυση των ριζών είναι δυνατό η στεγάνωση να επικαλυφθεί με μια λεπτή πλάκα σκυροδέματος, πάχους περίπου 5 cm, με πρόσμικτο στεγανωτικό μάζας, η οποία όμως δεν πρέπει να κολλήσει απευθείας επάνω στη στεγανωτική στρώση, αλλά σε μια ενδιάμεση στρώση, που μπορεί να κατασκευαστεί επίσης από στεγανωτικά φύλλα ή γεωύφασμα. Η στρώση αυτή επιτρέπει την ανεξάρτητη κίνηση της λεπτής πλάκας σκυροδέματος έναντι του υποστρώματος λόγω συστολών και διαστολών που σε αντίθετη περίπτωση πιθανόν να επέφεραν μικροσχισμές ή μικρορρηγματώσεις. Σοβαρό μειονέκτημα της αντιμετώπισης αυτής αποτελεί το επιπλέον στατικό φορτίο που προστίθεται στο δώμα (1).

6.1.3. Στηθαίο δώματος



Το στηθαίο σε ένα φυτεμένο δώμα πρέπει να έχει ύψος τουλάχιστον 100mm-150mm, μετρούμενο από την πάνω επιφάνεια του κήπου (15).

Εικόνα 43

Πηγή: www.wikipedia.org

6.1.4. Κλίση δώματος

Χρησιμοποιώντας σύγχρονες τεχνολογίες είναι δυνατή η κατασκευή φυτεμένου δώματος και σε επικλινείς στέγες. Για στέγες, μάλιστα, με κλίση μικρότερη των 10° δεν απαιτούνται κατασκευαστικές διατάξεις



Εικόνα 44

Πηγή: www.wikipedia.org

για την αντιμετώπιση της ολίσθησης του φυτικού υλικού και της διάβρωσης. Σε στέγες με κλίση μεγαλύτερη των 45° δεν ενδείκνυται η κατασκευή φυτεμένου δώματος (15).

6.1.5. Φορτίο κατασκευής



Εικόνα 45

Πηγή: www.wikipedia.org

Πριν την κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος απαιτείται στατική μελέτη του κτιρίου. 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 εξαρχής απαγορευτική (8). Το κορεσμένο φορτίο του ταρατσόκηπου, συμπεριλαμβανομένου και του βάρους των φυτών, υπολογίζονται ως μόνιμα φορτία. Επίσης στις περισσότερες περιπτώσεις, σε μία στέγη καλυμμένη με αμμοχάλικο, μετά την αφαίρεση του, μπορεί να κατασκευαστεί ταρατσόκηπος εκτατικού τύπου χωρίς αύξηση του μόνιμου φορτίου. Δέντρα, θάμνοι και πρόσθετες κατασκευές, όπως πέργκολες και διάδρομοι πρέπει να ληφθούν επίσης υπόψη στον υπολογισμό. Τέλος, τα κινητά φορτία και τα φορτία χιονιού πρέπει να υπολογιστούν ξεχωριστά (15).

6.1.6. Δύναμη ανέμου

Ένα φυτεμένο δώμα πρέπει να είναι καλά στερεωμένο, ιδιαίτερα σε περίπτωση δυνατού αέρα. Λόγω του κινδύνου ένας δυνατός άνεμος να μπορεί να ανασηκώσει τον ταρατσόκηπο, θα πρέπει να ληφθούν ειδικά μέτρα εξασφάλισης, ειδικά σε περίπτωση που αυτός χρησιμοποιείται για να συγκρατεί την υγραμόνωση και την αντιριζική μεμβράνη. Η επίδραση του ανέμου εξαρτάται από την περιοχή, το ύψος

του κτιρίου, τον τύπο της στέγης και την κλίση (15). Επίσης ισχυροί άνεμοι μπορούν να προκαλέσουν όχι μόνο διάβρωση του υποστρώματος, αλλά και καταστροφή των διαφόρων φυτών (ξερίζωμα) που έχουν χρησιμοποιηθεί. Οι λύσεις που μπορούν να δοθούν ποικίλλουν. Στη περίπτωση κατασκευής νέων κτιρίων, η φορά του ανέμου μπορεί να κατευθυνθεί από τη σωστή διάταξη αυτών ενώ άλλη μία λύση, που έχει εφαρμοστεί πολλές φορές μέχρι τώρα, είναι η δημιουργία ελαφριών κατασκευών που θα



Εικόνα 46

Πηγή: www.wikipedia.org

προστατεύουν το πράσινο στο δώμα (καταφύγια-θερμοκήπια). Εναλλακτικά, η προστασία μπορεί να επιτευχθεί με τη δημιουργία τοίχων είτε ψηλών στηθαίων στο δώμα που θα εμποδίζουν τον αέρα σε κάποιο σημαντικό βαθμό ή με τη προσεκτική τοποθέτηση συσκευών που έχουν σχέση με την ανακύκλωση αέρα. Ανθεκτικοί θάμνοι μπορούν επίσης να τοποθετούνται στα δώματα και κυρίως στις άκρες αυτών δημιουργώντας μία ασπίδα προστασίας από τον άνεμο.

6.1.7. Αποστραγγιστικό σύστημα



Εικόνα 47

Πηγή: www.wikipedia.org

Η απορροή του νερού από το φυτεμένο δώμα επιτυγχάνεται με κατάλληλες κλίσεις της τάξης του 1.5-2.0 %, που διαμορφώνονται στο δομικό τμήμα του δώματος και που οδηγούν τα νερά στις υδρορροές. Αυτές τοποθετούνται είτε στη φυτεμένη περιοχή του κήπου, είτε έξω από αυτή, στη θέση του πλακόστρωτου ή γενικά σε θέση που δεν έχει αναπτυχθεί ο κήπος. Στην πρώτη περίπτωση, όταν η υδρορροή βρίσκεται μέσα στο φυτεμένο τμήμα, η στρώση φύτευσης διακόπτεται σε μια ακτίνα περίπου 25 έως 30 cm γύρω από αυτή και η υδρορροή περιβάλλεται από το υλικό της αποστραγγιστικής στρώσης και όχι από το χώμα, ώστε να μη φράσσεται με χώματα, φύλλα ή άλλα φερτά υλικά. Το στόμιο της υδρορροής πρέπει να φτάνει περίπου στο μέσο του πάχους της αποστραγγιστικής στρώσης και να καλύπτεται με διάτρητη καλύπτρα που θα φτάνει ως την άνω στάθμη της στρώσης φύτευσης, όταν η

υδρορροή βρίσκεται μέσα στο φυτεμένο τμήμα ή ως την άνω στάθμη του πλακόστρωτου, όταν η υδρορροή βρίσκεται εκτός του φυτεμένου τμήματος. Το φρεάτιο κατασκευάζεται συνήθως από οπτόπλινθους ή σκυρόδεμα και προστατεύεται επιφανειακά με κάλυμμα. Τα τοιχώματά του πατούν επάνω στη στεγανωτική στρώση του δομικού τμήματος και στη βάση τους έχουν οπές που επιτρέπουν τη διείσδυση του νερού στο εσωτερικό του. Οι οπές προστατεύονται στα εξωτερικά τοιχώματα του φρεατίου με γεώφασμα που λειτουργεί ως φίλτρο και παρεμποδίζει τη διέλευση των λεπτών κόκκων χώματος που παρασύρονται με τη ροή του νερού. Το στόμιο της υδρορροής μέσα στο φρεάτιο είναι υπερυψωμένο και έχει τη δυνατότητα να ρυθμίζεται με μηχανισμό στο επιθυμητό ύψος. Έτσι, όταν το νερό του κήπου υπερβεί αυτή τη στάθμη του στομίου της υδρορροής απομακρύνεται με υπερχειλίση, ενώ όταν βρίσκεται χαμηλότερα προειδοποιεί για την ανάγκη ποτίσματος του κήπου (1).

6.1.8. Άρδευση

Φυτεμένα δώματα εκτατικού τύπου με φυτά ανθεκτικά στην ξηρασία μπορούν να ποτίζονται μόνο κατά τη διάρκεια φύτευσης και συντήρησης των εγκαταστάσεων κατά τον πρώτο χρόνο.



Εικόνα 48

Πηγή: www.wikipedia.org

Μετά, η ετήσια βροχόπτωση είναι επαρκής για τη διατήρηση των φυτών. Αντίθετα, οι απαιτήσεις σε άρδευση φυτεμένων δωμάτων εντατικού τύπου κάνουν απαραίτητη την εγκατάσταση αυτόματου ποτίσματος, ώστε να ελέγχεται η άρδευση σε περιόδους ξηρασίας.

Μπορεί επίσης να προβλεφτεί εγκατάσταση δεξαμενών για την άρδευση προκειμένου να μειωθεί η κατανάλωση νερού (15).

Οι πλέον συνηθισμένοι τρόποι άρδευσης είναι (1):

- το πότισμα με το λάστιχο που έχει το μειονέκτημα ότι αφενός από παραλείψεις ο κήπος μπορεί να μείνει απότιστος, και αφετέρου να ποτιστεί υπερβολικά και ανομοιογενώς και είτε λόγω μειωμένης ποσότητας νερού τα φυτά να ξεραθούν, είτε λόγω υπερβολικής ποσότητας να σαπίσουν.

- Η άρδευση με τεχνητή βροχή που γίνεται με σταθερά τοποθετημένους εκτοξευτήρες. Είναι μια από τις πλέον ενδεδειγμένες μεθόδους και επιτρέπει ομοιόμορφο πότισμα σε μεγάλες επιφάνειες και ελεγχόμενη ποσότητα νερού με κατάλληλη ρύθμιση της παροχής.
- Άρδευση στάγδην στην οποία επάνω στην επιφάνεια του χώματος απλώνεται ένα δίκτυο από sprinklers, που ποτίζει τον κήπο αφήνοντας το νερό να ρέει συνεχώς υπό μορφή σταγόνων και να απλώνεται μέσα στο χώμα του κήπου.
- Το υπόγειο σύστημα που λειτουργεί όπως και το προηγούμενο με τη διαφορά ότι το δίκτυο δεν αναπτύσσεται επιφανειακά, αλλά υπόγεια, στη στάθμη του διαχωριστικού φίλτρου, μεταξύ της αποστραγγιστικής στρώσης και της στρώσης φύτευσης. Με το σύστημα αυτό αποφεύγονται φθορές που συνήθως παρουσιάζονται στους αγωγούς του νερού.

6.1.9. Πυροπροστασία

Τα φυτεμένα δώματα εντατικού τύπου πρέπει να προστατεύονται από πιθανή φωτιά λόγω σπινθήρων ή υπερθέρμανσης. Έτσι, ανοίγματα, όπως φεγγίτες θα πρέπει να βρίσκονται σε ζώνη χωρίς βλάστηση περί τα 500 mm. Σε στέγες μεγάλης έκτασης θα πρέπει να τοποθετούνται ζώνες χωρίς βλάστηση (πχ με χαλίκια ή πλάκες σκυροδέματος) ανά 40 m (15).



Εικόνα 49

Πηγή: www.wikipedia.org

6.1.10. Ασφάλεια έναντι ατυχημάτων



Κατά την κατασκευή υπάρχει μεγάλος κίνδυνος για τους εργαζομένους, αφού είναι πλήρως εκτεθειμένοι. Μέτρα ασφαλείας είναι απαραίτητα για ύψος άνω των 3 μέτρων και

Εικόνα 50

Πηγή: www.wikipedia.org

περιλαμβάνουν κιγκλιδώματα, σκαλωσιές, δίχτυα κ.α. (15)

6.1.11. Προσβασιμότητα



Εικόνα 51

Πηγή: www.wikipedia.org

Πρέπει να εξασφαλίζεται καθ' όλη τη διάρκεια εγκατάστασης, αλλά και για την ετήσια συντήρηση (15).

6.1.12. Πρόσθετες λειτουργίες

Πέραν των πλεονεκτημάτων που προσφέρει ένα φυτεμένο δώμα, είναι δυνατή η βελτιστοποίηση της περιβαλλοντικής ισορροπίας σε συνδυασμό με (15):

- Φωτοβολταϊκά στοιχεία
- Δεξαμενές που αποθηκεύουν το νερό της βροχής το οποίο χρησιμοποιείται στη συνέχεια για πότισμα ή άλλες χρήσεις.



Εικόνα 52

Πηγή: www.greekblog.gr

6.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τη φύτευση

6.2.1. Τοπικές καιρικές συνθήκες

Προκειμένου το φυτεμένο δώμα να αντέξει στην πάροδο του χρόνου, είναι πολύ σημαντικό να λάβουμε υπόψη μας τις καιρικές και περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής. Έτσι ο τύπος βλάστησης επιλέγεται σύμφωνα με την έκθεση στον άνεμο, τη μόλυνση του αέρα, τη διακύμανση της θερμοκρασίας, το υψόμετρο και το επίπεδο υγρασίας (15).

6.2.2. Τρόποι και χρόνος φύτευσης



Εικόνα 53

Πηγή: www.wikipedia.org

Υπάρχουν τέσσερις τρόποι φύτευσης: η καλλιέργεια σπόρων, η φύτευση ριζών, η φύτευση παραφυάδων, η εγκατάσταση χλοοτάπητα. Ο γερμανικός οδηγός "FLL Green Roof Guideline" καθορίζει το ποσοστό καθενός απ' τους παραπάνω τρόπους φύτευσης. Η συνιστώμενη περίοδος φύτευσης είναι αρχές άνοιξης (Απρίλιος- Ιούνιος) και τέλη καλοκαιριού (Σεπτέμβριο). Για φύτευση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού είναι σημαντική η παροχή επαρκούς ποσότητας νερού. Η φύτευση κατά τις κρύες μέρες του χειμώνα και του φθινοπώρου μπορεί να καταστρέψει τα φυτά λόγω παγετού (15).

6.2.3. Συντήρηση

Για να εξασφαλιστεί μία μακρόχρονη λειτουργία του ταρατσόκηπου είναι σημαντική η συντήρηση του. Υπάρχουν τρία στάδια συντήρησης (15):

- Κατά το πρώτο έτος : υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον πρώτο χρόνο, μέχρι η φύτευση να θεωρηθεί

επιτυχής. Οι πιο σημαντικοί είναι η επαρκής παροχή νερού, ειδικά σε περιόδους ανομβρίας, η επαναφύτευση των φυτών που μαράθηκαν, η απομάκρυνση ανεπιθύμητων φυτών, η καταπολέμηση πιθανών ζιζανίων.



Εικόνα 54

- Κατά την ανάπτυξη των φυτών: μέχρι την πλήρη κάλυψη του δώματος από τη βλάστηση, πρέπει να λαμβάνονται τα ίδια μέτρα με αυτά του πρώτου χρόνου, αλλά με μικρότερη συχνότητα. **Πηγή: www.wikipedia.org**
- Κατά την μετέπειτα συντήρηση: μετά την ανάπτυξη των φυτών, ο ταρατσόκηπος χρειάζεται συντήρηση μία με δύο φορές το χρόνο. Πρέπει να απομακρύνονται ζιζάνια και ανεπιθύμητα φυτά απ' όλη τη στέγη. Επίσης θα πρέπει να απομακρύνεται το οργανικό υλικό. Τα φυτεμένα δώματα εντατικού τύπου χρειάζονται πιο συχνή συντήρηση.

7. ΕΙΔΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

7.1. Επικλινή δώματα-στέγες



Εικόνα 55

Οι στέγες με κλίση μεγαλύτερη των 10° χρειάζονται προστασία έναντι διάβρωσης λόγω των δυνάμεων ολίσθησης. Έτσι, τα συστήματα για επικλινείς στέγες διαφέρουν σημαντικά απ' αυτά που χρησιμοποιούνται για επίπεδες στέγες. Η επιλογή των φυτών και μέθοδοι φύτευσης πρέπει να προσαρμόζονται ανάλογα με την κλίση και την έκθεση.

Πηγή: www.wikipedia.org

- Τεχνικές απαιτήσεις

Είναι απαραίτητη μια πρόσθετη αντιριζική προστασία, η οποία όμως δεν μπορεί να γίνει με επιπλέον στρώμα αντιριζικής μεμβράνης λόγω του κινδύνου ολίσθησης. Έτσι, απαιτείται εγκατάσταση σταθερών συναρμογών στις άκρες των μαρκιζών, οι οποίες θα μεταφέρουν με ασφάλεια τις δυνάμεις ολίσθησης στη στέγη. Αναλόγως της κλίσης και του μήκους της στέγης μπορεί να είναι απαραίτητα πρόσθετα μέτρα για την αποφυγή ολίσθησης. Η αυξημένη κλίση απαιτεί πιο πολύπλοκο σύστημα, καθώς το υπόστρωμα πρέπει επιπλέον να προστατευθεί από διάβρωση. Για τον λόγο αυτό τοποθετούνται πλαστικά πλέγματα. Παρόλο που είναι εφικτή η κατασκευή επικλινούς στέγης με κλίση 45° , δεν συνιστάται η κλίση να υπερβαίνει τις 30° λόγω της μειωμένης προσβασιμότητας που απαιτείται για τη συντήρηση.

- Επιλογή φυτών

Η επιτυχία του εξωραϊσμού στις επικλινείς στέγες εξαρτάται από τα φυτά και γι αυτό είναι απαραίτητη η σωστή επιλογή τους. Πρώτη προτεραιότητα είναι η

γρήγορη κάλυψη της επιφάνειας της στέγης. Πυκνή φύτευση ριζών ή χλοοτάπητα, δηλαδή ήδη ανεπτυγμένων φυτών, ενδείκνυται για στέγες με μεγάλη κλίση και επιτρέπουν τη γρήγορη κάλυψη. Η χλόη χρησιμοποιείται συχνά σε επικλινείς στέγες, ενώ το πιο κατάλληλο γένος είναι αυτό των σεδών (sedum), λόγω της ανθεκτικότητας τους και τις ιδιότητες των φύλλων τους να συγκρατούν νερό, ώστε να αντέχουν στην ανομβρία. Η απορροή του νερού συμβαίνει πολύ γρηγορότερα στις επικλινείς στέγες σε σύγκριση με τις επίπεδες γι' αυτό είναι σημαντικό να υπάρχει σύστημα άρδευσης για τις περιόδους ανομβρία.

7.2. Φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα φυτεμένα δώματα συνδυάζονται άψογα με φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα αυτού του συνδυασμού είναι η εύκολη εγκατάσταση των ηλιακών πάνελ, η σταθερότητα τους πάνω στο υπόστρωμα του ταρατσόκηπου και η μεγαλύτερη αποδοτικότητα τους λόγω του δροσισμού που αυτός παρέχει.



Εικόνα 56

Πηγή: www.wikipedia.org

- Τεχνικές απαιτήσεις

Προκειμένου να εγκατασταθούν ηλιακά πάνελ πρέπει το φυτεμένο δώμα να είναι εκτατικού τύπου. Με ειδικά πλαίσια αλουμινίου τοποθετούνται πάνω από το φυτικό υλικό έτσι ώστε να μη σκιάζονται από τα φυτά. Παλαιότερα οι ηλιακές μονάδες τοποθετούνταν σε βάσεις από σκυρόδεμα, ενώ σήμερα τοποθετούνται σε πλαίσιο που ενώνεται με πλαστικό πινάκα. Αυτοί οι πίνακες καλύπτονται με το υπόστρωμα του ταρατσόκηπου, επιτρέποντας έτσι στα φυτά να αναπτυχθούν κάτω απ' τα πάνελ. Αυτός ο τρόπος τοποθέτησης των ηλιακών πάνελ επιτρέπει

την κατανομή του φορτίου τους σε μεγάλη επιφάνεια, αποτρέποντας έτσι βλάβες από σημειακά φορτία.

8. ΕΠΙΛΟΓΗ ΦΥΤΩΝ ΓΙΑ ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

Κατά την κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος είναι πολύ σημαντική η σωστή επιλογή του αρδευτικού συστήματος και των φυτών με βάση τις εκάστοτε ανάγκες λαμβάνοντας αρχικά υπόψη το είδος του ταρατσόκηπου (εκτατικός, εντατικός), την ευχέρεια συντήρησης και τις κλιματολογικές συνθήκες. Η επιλογή των κατάλληλων φυτών για τις συνθήκες της Ελλάδας είναι καθοριστικές όταν προσπαθούμε να κατασκευάσουμε ένα ταρατσόκηπο. Όπως μπορούμε να φαντασθούμε δεν έχει νόημα η φύτευση φυτών ή ειδών τα οποία να χρειάζονται μεγάλες ποσότητες νερού που δεν προσαρμόζονται εύκολα στο ξηρικό κλίμα της Ελλάδας. Σύμφωνα με τον Ολιβιέ Φιλίπ (Ο Ολιβιέ Φιλίπ είναι βοτανολόγος, μέλος της Mediterranean Garden Society -www.mediterraneangardensociety.org- και διατηρεί φυτώριο 5 στρεμμάτων στη Νότια Γαλλία με Μεσογειακά φυτά) η χρήση ενδημικών φυτών είναι η λύση στο πρόβλημα της ξηρασίας και της διαχείρισης νερού τους καλοκαιρινούς μήνες. Ο Φιλίπ υποστηρίζει ότι 'το πρόβλημα δεν είναι η ξηρασία αλλά η έλλειψη γνώσης για τα φυτά που αντέχουν σε αυτή'. Φανατικός οπαδός των Μεσογειακών κήπων που φυτεύονται με είδη τα οποία είτε αναπτύσσονται αυτοφυώς είτε έχουν περάσει στην παραγωγή στις χώρες της Μεσογείου και είναι απόλυτα προσαρμοσμένα στις συνθήκες αυτές (7).

Για την επιλογή φυτών κατάλληλων για φύτευση σε δώματα αποφασιστικά κριτήρια είναι (5):

- η χρονική αντοχή στο τοπικό κλίμα και στις εκάστοτε συνθήκες δόμησης
- η ευκολία ανεύρεσης τους στο εμπόριο
- η τιμή αγοράς τους
- οι ιδιαίτερες ιδιότητες για τον σκοπό που εξυπηρετούν κάθε φορά
- η αντίσταση στην προσβολή από αρρώστιες
- οι μικρές απαιτήσεις για πότισμα
- η δυνατόν λιγότερη περιποίηση
- η ταχεία αύξησή τους μέχρι να φθάσουν στο επιθυμητό μέγεθος
- ο αποκλεισμός της υπέρβασης του υπολογισμένου μεγέθους
- η βοτανική σπανιότητα για ερασιτεχνισμό.

Εν συνεχεία παρατίθενται ορισμένα είδη, Μεσογειακά ή μη, τα οποία είναι καλλιεργήσιμα αλλά χρησιμοποιούνται ελάχιστα σε κήπους και φυτεμένα δώματα.

- **Γκαζάνια (Gazania splendens)**



Εικόνα 57, Πηγή: (7)

- Οικογένεια: Compositae
- Περιγραφή: Είναι φυτό αειθαλές, ποώδες, πολυετές με χαμηλή βλάστηση, σχεδόν έρπουσα. Τα φύλλα του είναι λογχοειδή, επιμήκη, βαθυπράσινα επάνω και χνουδωτά, σταχτιά στην κάτω επιφάνεια. Τα άνθη είναι σε κεφαλές μοναχικές, με τα περιφερειακά γλωσσοειδή ανθίδια διαφόρων χρωματισμών, όπως κίτρινο, πορτοκαλί, κόκκινο, λευκό κλπ, ανοίγουν την ημέρα και

κλείνουν τη νύχτα. Ανθίζει τους καλοκαιρινούς μήνες.

- Πολλαπλασιασμός: Με σπόρο την άνοιξη αλλά και με διαίρεση το φθινόπωρο.
- Απαιτήσεις: Ευδοκίμει σε όλα τα εδάφη με καλή αποστράγγιση σε ηλιαζόμενες θέσεις. Θέλει ήπιο κλίμα και αντέχει στα παραθαλάσσια μέρη.
- Αποστάσεις φύτευσης: 15 – 20 cm

- **Διχόντρα (Dichondra repens)**



Εικόνα 58, Πηγή: (7)

- Οικογένεια: Convolvulaceae
- Περιγραφή: Είναι φυτό πολυετές της θερμής περιόδου με μικρά, στρογγυλά, νεφρόσχημα, πράσινα φύλλα, που

απλώνει γρήγορα με στόλωνες. Έχει χαμηλή ανάπτυξη, σχηματίζοντας πυκνό χλοοτάπητα πολύ ωραίας εμφάνισης.

- Πολλαπλασιασμός: Με σπόρο, ο οποίος φυτρώνει λίγο δύσκολα λόγω του σκληρού περιβλήματος και έχει υψηλό κόστος. Σπέρνεται την άνοιξη μέχρι τις αρχές καλοκαιριού για να προλάβει να απλώσει τόσο, ώστε να μην υπάρχουν κενά στο έδαφος. Πολλαπλασιάζεται εύκολα και με χώρισμα της φυτικής μάζας σε μικρούς κύβους οι οποίοι φυτεύονται σε αποστάσεις 15 – 20 cm.
- Απαιτήσεις: Αντέχει αρκετά στη σκιά και αναπτύσσεται σε ποικιλία εδαφών εκτός από τα βαριά αργιλώδη - πηλώδη. Στα φτωχά – ξηρά εδάφη δε χρειάζεται σχεδόν καθόλου κούρεμα. Ευδοκίμει στα θερμά κλίματα, αντέχει όμως και σε θερμοκρασίες μέχρι $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Η αντοχή του στην καταπόνηση είναι σχετικά μικρή. Θέλει αρκετά ποτίσματα κυρίως στις περιόδους με ξηρασία.

- **Λίππια (*Lippia reppens*)**



Εικόνα 59, Πηγή: (7)

- Οικογένεια: Verbenaceae
- Περιγραφή: Είναι φυτό ποώδες πολυετές, με βλαστούς έρποντες, που ριζώνουν στους κόμπους και φύλλα αντίθετης διάταξης ή κατά τριμερείς σπονδύλους, ακέραια, στενά, σπαθοειδή ή λογχοειδή, οδοντωτά προς τη κορυφή. Σχηματίζει ωραίο, χαμηλό, ανθισμένο χλοοτάπητα σε αποχρώσεις του λευκού, ροζ ή ιόχρου από την άνοιξη μέχρι το φθινόπωρο.
- Πολλαπλασιασμός: Πολλαπλασιάζεται εύκολα με μοσχεύματα την άνοιξη.
- Απαιτήσεις: Είναι φυτό που αντέχει στη ξηρασία και στη παραμέληση. Δεν αντέχει στις χαμηλές θερμοκρασίες και δεν απαιτεί συχνά κουρέματα. Είναι

κατάλληλο για φτωγά εδάφη, ηλιόλουστα, εκτιθεμένα στους θαλασσινούς ανέμους και για στερέωση πρανών.

- **Βίγκα (*Vinga major*)**



Εικόνα 60, Πηγή: (7)

- Οικογένεια: Aprocynaceae
- Περιγραφή: Είναι φυτό ποώδες πολυετές, με ζωηρή βλάστηση και βλαστούς μακριούς με φύλλα ωραία, μεγάλα, λεία, βαθυπράσινα. Την άνοιξη το φυτό σχηματίζει ωραία μεγάλα άνθη στην απόχρωση του κυανού. Το φυτό απλώνεται στην επιφάνεια του εδάφους με στόλωνες.
- Πολλαπλασιασμός: Με τους στόλωνες που δημιουργεί, αλλά και με σπόρο.
- Απαιτήσεις: Ευδοκμεί σε δροσερά και ημισκιερά εδάφη οποιουδήποτε τύπου. Απαιτεί ένα κλάδεμα στις αρχές της άνοιξης έτσι ώστε να δώσει ζωηρότερη βλάστηση.

- **Χοντρό μπουζί (*Carpobrotus acinaciforme*)**



Εικόνα 61, Πηγή: (7)

- Οικογένεια: Aizoaceae
- Καταγωγή: Είναι φυτό ιθαγενές της Αφρικής

- Περιγραφή: Έχει σαρκώδη φύλλα, τριγωνικά, μήκους 5 – 8 cm, κυρτά σαν γιαταγάνι, πολύ πράσινα, γυαλιστερά. Τα άνθη είναι μεγάλα, ερυθροϊώδη, διαμέτρου 8 – 12 cm, απέταλα, με τους περιφερειακούς στήμονες να είναι άγονοι και να έχουν μετατραπεί σε στημονώδη πεταλοειδή δίνοντας την εντύπωση στεφάνης.
- Πολλαπλασιασμός: Με μοσχεύματα την άνοιξη και στο τέλος του καλοκαιριού.
- Απαιτήσεις: Είναι φυτό εύκολης καλλιέργειας, γρήγορης ανάπτυξης και με ελάχιστες απαιτήσεις σε περιποιήσεις. Αντέχει στη ξηρασία, στα άλατα του εδάφους, την αλμύρα της θάλασσας και σε θερμοκρασίες μέχρι - 4 °C. Θέλει όμως ζεστές και ηλιόλουστες θέσεις.

- **Καρδιόφυλλο (*Aptenia cordifolia*)**



Εικόνα 62, Πηγή: (7)

- Οικογένεια: Aizoaceae
- Περιγραφή: Είναι φυτό που δημιουργεί πολλούς χαμηλούς βλαστούς, που απλώνουν ή κρέμονται, χωρίς να ριζώνουν συνήθως. Δημιουργούν χλοοτάπητα πυκνό, χαμηλό που το ύψος του κυμαίνεται από 10 -15 cm. Τα φύλλα του είναι αντίθετης διάταξης, ωοειδή – καρδιοειδή, ανοιχτοπράσινα. Τα άνθη που σχηματίζει είναι μεμονωμένα, λίγα, μικρά και ερυθροϊώδη.
- Πολλαπλασιασμός: Πολλαπλασιάζεται με μοσχεύματα την άνοιξη.
- Απαιτήσεις: Είναι φυτό που ευδοκίμει σε όλους τους τύπους εδαφών, σε ζεστές περιοχές και ηλιαζόμενες θέσεις. Είναι κατάλληλο για παραθαλάσσιες θέσεις. Καλύπτει σχετικά εύκολα επιφάνειες του εδάφους (εδαφοκαλυπτικό) γι' αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε φυτεμένα δώματα.

- **Σάλβια (Salvia viridis)**



Εικόνα 63, Πηγή: (7)

- Οικογένεια: Labiatae
- Καταγωγή: ιθαγενές των περιοχών της Μεσογείου και αυτοφυές στην ηπειρωτική Πελοπόννησο και τα νησιά της Ελλάδας.
- Περιγραφή: Είναι ετήσιο αυτοφυές φυτό με ύψος 20 – 40 cm και πλάτος λίγο μικρότερο του ύψους. Τα φύλλα του είναι έμμισχα, ωοειδή, λεπτοφυώς πριονωτά, ωχροπράσινα. Τα άνθη του είναι ρόδινα έως βαθυπόφυρα, ανά 4 – 6, κατά σπονδύλους, που σχηματίζουν σταχυόμορφο βότρυ. Ανθίζει από τον Μάιο και για όλο το καλοκαίρι.
- Πολλαπλασιασμός: Πολλαπλασιάζεται με σπόρο ή με διαίρεση την άνοιξη.
- Απαιτήσεις: Αναπτύσσεται σε όλα σχεδόν τα εδάφη, αλλά ευδοκμεί σε ηλιόλουστα και καλά αποστραγγιζόμενα.

Συνιστάται, όταν το φυτό αποκτήσει ύψος 8 – 10 cm να κορυφολογείται, για να αποκτήσει πυκνή βλάστηση και πλούσια ανθοφορία. Δεν αναπτύσσεται ικανοποιητικά και δεν ανθοφορεί επιβλητικά σε σκιερές ή ημισκιερές τοποθεσίες.

Χρήσεις: Κατάλληλο φυτό για διακόσμηση παραθύρων, εξωστών, κήπων οροφής και αίθριων. Φυτεύεται ομαδικά σε εκτατικούς ταρατσόκηπους.

- **Λεβάντα (*Lavandula angustifolia* ή *Lavandula vera*)**



Εικόνα 64, Πηγή: (7)

- Οικογένεια: Labiatae
- Καταγωγή: ιθαγενές των περιοχών της Μεσογείου.
- Περιγραφή: Είναι χαμηλό αειθαλές και αρωματικό φυτό. Έχει άνθη κατά 6 – 10 ανθικούς σπονδύλους, σε ταξιανθία στάχυ, πολύ αρωματικά, από τα οποία παράγεται το άρωμα “Lavender” και συχνά το φυτό αποκαλείται « Η Βασίλισσα των Βοτάνων». Τα άνθη του έχουν μήκος 6 – 12 cm, χρώμα κυανό και σπανιότερα λευκό ή ρόδινο. Ανθίζει από τον Ιούνιο μέχρι το Σεπτέμβριο. Τα ανθικά στελέχη είναι άφυλλα και έχουν μήκος 40 -50 cm. Είναι κατεξοχήν φυτό για αποξήρανση.
- Πολλαπλασιασμός: Πολλαπλασιάζεται το καλοκαίρι με μοσχεύματα που λαμβάνονται από περιφερειακούς και η ανθοφόρους βλαστούς του φυτού. Μπορεί να πολλαπλασιασθεί και με σπόρο, που βλαστάνει σε 2 – 3 εβδομάδες σε θερμοκρασία 20 °C.
- Απαιτήσεις: Αναπτύσσεται σε όλα σχεδόν τα εδάφη, αλλά ευδοκίμει σε πλήρως ηλιαζόμενα και καλά αποστραγγιζόμενα. Φυτά που καλλιεργούνται σε συνεκτικά – βαριά εδάφη, δημιουργούν μαλακούς βλαστούς που δημιουργούν προβλήματα ως προς την αντοχή τους στο ύψος. Αντέχει στις χαμηλές θερμοκρασίες μέχρι – 20 °C και στους ισχυρούς ανέμους.

9. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ



Εικόνα 65: Εικόνα της Αθήνας

Πηγή: www.anemologites.com

- Έρευνα που έγινε από το National Research Council (NRC) του Καναδά, έδειξε ότι την άνοιξη και το χειμώνα του 2001, σε ένα συγκεκριμένο φυτεμένο δώμα, η συνολική θερμική ενέργεια που εισχώρησε στο κτίριο από το δώμα, ήταν κατά 85% μειωμένη και η θερμική ενέργεια που διέφυγε από το κτίριο το βράδυ ήταν περίπου 70% λιγότερη(14).
- Η ίδια έρευνα έδειξε ότι σε μία μέρα καύσωνα το καλοκαίρι του 2001, όταν η θερμοκρασία έφτασε στους 35°C, η επιφάνεια του δώματος χωρίς πράσινο, έφτασε τους 70°C ενώ στην επιφάνεια του φυτεμένου δώματος η θερμοκρασία κυμάνθηκε από 25-30°C. Αυτό συνέβη επειδή τα φυτά έριχναν τη σκιά τους και παρείχαν θερμομόνωση στο κτίριο. Το καθημερινό εύρος διακύμανσης της θερμοκρασίας, μειώθηκε από 46°C στο μη φυτεμένο δώμα, σε 6°C μόλις!!! Αυτό έχει συνέπειες για τη ζωή του κτιρίου καθώς μειώνει σημαντικά τις καταπονήσεις από τις θερμικές συστολές και διαστολές (14).

- Ο Dusty Gedge συνιδρυτής του livingroofs.org, δήλωσε σε συνέδριο ότι το Δημαρχείο του Σικάγο πλέον δε χρησιμοποιεί κλιματιστικά μηχανήματα λόγω της φύτευσης του δώματός του. Στη συνέχεια της ομιλίας του ανέφερε πως εταιρείες που έχουν τοποθετήσει πράσινα δώματα, δηλώνουν ότι έχουν μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στο χώρο τους που βρίσκεται κάτω από το φυτεμένο δώμα, μεγαλύτερη από 25% (29).
- Σε σχετική έρευνα που διενήργησε η επιστημονική ομάδα του καθηγητή του Σανταμούρη σε νηπιαγωγείο με φυτεμένο δώμα στην Αθήνα, βρέθηκε ότι η μείωση στην κατανάλωση ενέργειας (ηλεκτρικό ρεύμα και πετρέλαιο) για ολόκληρο το κτίριο κυμάνθηκε από 6-49% και για τον όροφο κάτω από το δώμα κυμάνθηκε από 12-87% (29).
- Από μία έρευνα που έγινε από την ομάδα του καθηγητή του Σπάλα του Πανεπιστημίου των Ιωαννίνων, βρέθηκε μείωση κατά 40% του κόστους ψύξης σε κτίριο γραφείων στην Αθήνα, από την μετατροπή του συμβατικού δώματος σε φυτεμένο (29).
- Πράσινο Βαρόμετρο: Διερεύνηση των περιβαλλοντικών τάσεων στην Ελλάδα σήμερα. Το τμήμα στατιστικής του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών διεξήγαγε έρευνα με στόχο τη διερεύνηση των περιβαλλοντικών προθέσεων των κατοίκων της Αττικής, σχετικά με διάφορα περιβαλλοντικά θέματα. Το Πράσινο Βαρόμετρο διεξήχθη μεταξύ Δεκεμβρίου 2007 και Ιανουαρίου 2008 και Επιστημονικός Υπεύθυνος της Έρευνας ήταν ο Καθηγητής Επαμεινώνδας Πανάς.

Η έρευνα διεξήχθη στην περιοχή της Αττικής, καλύπτοντας δειγματοληπτικά τον πληθυσμό της Αττικής, ηλικίας 18 ετών και άνω. Για τους σκοπούς της έρευνας χρησιμοποιήθηκε αντιπροσωπευτικό τυχαίο δείγμα, στο οποίο συμμετείχαν 1300 πολίτες. Η επικοινωνία με τους συμμετέχοντες ήταν τηλεφωνική. Έτσι, η παρούσα έρευνα αποτυπώνει τις προθέσεις των ερωτώμενων πολιτών της Αττικής.

Παρόλο που η έρευνα εξετάζει πολλά περιβαλλοντικά θέματα κρίνεται σκόπιμη η παρουσίαση των συμπερασμάτων εκείνων που αφορούν το αντικείμενο μελέτης μας και είναι:

- Οι πολίτες των Αθηνών δείχνουν να είναι αρκετά ευαισθητοποιημένοι σε θέματα περιβάλλοντος, ενώ συγχρόνως ανησυχούν για τις περιβαλλοντικές προκλήσεις της εποχής μας.
- Το 70% του δείγματος των ερωτηθέντων εκφράζει την ανησυχία του, θεωρώντας ότι η κλιματική αλλαγή ενδέχεται να επηρεάσει την οικογένειά του και τον ίδιο στο μέλλον, ενώ το 60% των ερωτηθέντων δηλώνει ότι ενημερώνεται σε θέματα που αφορούν το περιβάλλον.
- Ο δείκτης περιβαλλοντικής ενεργοποίησης δείχνει ότι η πιο ενεργοποιημένη κατηγορία του δείγματος είναι οι γυναίκες. Γενικά, ενεργοποιούνται περιβαλλοντικά περισσότερο οι έχοντες ηλικία 30-44 ετών, οι έχοντες μορφωτικό επίπεδο ανώτατης εκπαίδευσης, οι εργαζόμενοι και οι φοιτητές.
- Οι κάτοικοι της Αττικής είναι δυσαρεστημένοι περισσότερο από την καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος της περιοχής στην οποία διαμένουν. Η ρύπανση αποτελεί το δεύτερο λόγο δυσαρέσκειας των πολιτών ενώ ακολουθεί η κυκλοφοριακή συμφόρηση.

10. ΤΟ ΦΥΤΕΜΕΝΟ ΔΩΜΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ



Εικόνα 66

Πηγή: www.paraxenies.blogspot.com

Η ανάπτυξη των φυτεμένων δωματίων στην Ελλάδα βρίσκεται σε πολύ αρχικό στάδιο. Τα μελετητικά γραφεία και οι επιστήμονες που ασχολούνται με τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική, την οικολογική δόμηση και τον ενεργειακό σχεδιασμό είναι ελάχιστοι σε αντίθεση με τα χιλιάδες γραφεία που σχεδιάζουν συμβατικές κατασκευές. Συγκεκριμένα (4):

- Από τα 4 εκατομμύρια κτίρια που υπάρχουν σήμερα στη χώρα μας, τα 3 εξ αυτών είναι κτίρια κατοικίας και το 85% αυτών είναι κατασκευασμένα πριν από το 1985, ημερομηνία που εφαρμόστηκε ο Κανονισμός Θερμομόνωσης. Το αποτέλεσμα είναι σήμερα τα περισσότερα ελληνικά κτίρια να είναι απροστάτευτα, να μην έχουν θερμική προστασία, πόσο μάλλον να εξοικονομούν ενέργεια.
- Εξαιτίας της κακής ποιότητας των κατασκευών, της αυθαίρετης και άναρχης δόμησης, των δασικών καταπατήσεων και του περιορισμού των ελεύθερων χώρων πρασίνου, παρουσιάζονται προβλήματα στην ποιότητα του αέρα, παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας εξαιτίας των αντανάκλασεων της ηλιακής ακτινοβολίας, υποβάθμιση του μικροκλίματος και σημαντική αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.
- Οι Νόμοι και οι Υπουργικές αποφάσεις που αφορούν στην αναβάθμιση του περιβάλλοντος στη χώρα μας είναι πολλές και ποικίλες (Ν.1512/1985, Ν.1337/1983, Ν.1650/1986, Ν.2244/1994, Ν.2208/1997) αλλά δυστυχώς σε κανένα νομοθετικό εργαλείο δεν αναφέρεται κάτι για τη δημιουργία φυτεμένων δωματίων.

- Κοινοτική Οδηγία για την Ενεργειακή απόδοση των κτιρίων 2002/91/ΕΚ16.02.2002, επιβάλλει στις χώρες μέλη της Ε.Ε, την ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης μεθοδολογίας υπολογισμού της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων.

Επίσης ο πρώην υφυπουργός Οικονομίας και Οικονομικών, κ. Γιάννης Παπαθανασίου, επί θητείας του, σε συνέντευξή του δήλωσε (19):

- «Σήμερα, σε κάθε κάτοικο του Λεκανοπεδίου Αττικής αντιστοιχούν κατά μέσο όρο 2,5 τμ αστικού πρασίνου, όταν ο μέσος όρος στην Ευρώπη είναι 7 τμ ανά κάτοικο. Επιπλέον, υπολογίζεται, ότι το 60% των κατοίκων της πρωτεύουσας υποφέρει από τον αστικό και κυκλοφοριακό θόρυβο, που σε πολλές περιοχές, ειδικά του κέντρου, ξεπερνά τα όρια ανοχής του ανθρώπινου οργανισμού.»
- «Μετρήσεις έχουν δείξει, ότι η αύξηση της θερμοκρασίας στο κέντρο της Αθήνας φθάνει ως και 10 °C στη διάρκεια των θερινών μηνών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τον διπλασιασμό της απαραίτητης ενέργειας για τον κλιματισμό των κτιρίων, την αύξηση του αστικού θορύβου και βέβαια την αύξηση της αντίστοιχης δαπάνης για οργανισμούς, νοικοκυριά και επιχειρήσεις.»

Σε πολλές χώρες του εξωτερικού δίνονται κίνητρα τόσο σε ιδιώτες, όσο και σε εταιρείες για την κατασκευή ταρατσόκηπων. Στην Ελλάδα το πρώτο βήμα προς αυτή την κατεύθυνση γίνεται μέσω των προγραμμάτων (13):

- «ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ».

Το πρόγραμμα αυτό διακρίνεται σε 5 άξονες. Η κατασκευή φυτεμένου δώματος εντάσσεται στις δράσεις του άξονα 1. Οι δράσεις του άξονα 1 αφορούν σε έργα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης υφιστάμενων δημοτικών κτιρίων, όπως Δημαρχεία, κτίρια δημοτικών υπηρεσιών, πολιτιστικά κέντρα, σχολεία, κτίρια αθλητικών εγκαταστάσεων, ειδικά κτίρια κ.α. κτίρια μεγάλης επισκεψιμότητας, κτίρια μεγάλης ενεργειακής κατανάλωσης, κτίρια παλαιά που δεν έχουν θερμομόνωση, κτίρια τυπικά (των οποίων η χρήση και η μορφή επαναλαμβάνονται, π.χ. σχολεία), που μπορούν να λειτουργήσουν ως πρότυπα σε κάθε δήμο καθώς και κτίρια

ιδιαίτερης τοπικής ή άλλης σημασίας, αποτελούν προτεραιότητα για την επίτευξη των στόχων του προγράμματος.

Το "ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ" αφορά σε 228 δήμους, δηλαδή σε αυτούς που έχουν πληθυσμό μεγαλύτερο από 10.000 κατοίκους, συμπεριλαμβανομένων, ούτως ή άλλως, όλων των πρωτευουσών νομών. Ο συνολικός προϋπολογισμός του προγράμματος ανέρχεται στα 100 εκατ. ευρώ, από τα οποία τα 70 εκατ. θα εξασφαλιστούν από το Εθνικό Στρατηγικό Πλαίσιο Αναφοράς (Ε.Σ.Π.Α.) και τα υπόλοιπα 30 εκατ. θα δοθούν από τους ίδιους τους δήμους.

Η ενέργεια 1.1.3 για τη φύτευση δωματίων/στεγών προβλέπει τα εξής: Η φύτευση θα πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το 60% της οροφής. Η εφαρμογή της φυτεμένης οροφής θα περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες κατασκευαστικές λεπτομέρειες και εργασίες (στεγανοποίηση με διπλή στεγάνωση, αποστραγγιστικό στρώμα, κηπευτικό στρώμα, φυτά και σύστημα άρδευσης). Σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται φυτεμένα δώματα εκτατικού τύπου ή το αποστραγγιστικό στρώμα είναι κροκάλες, θα πρέπει να έχει προηγηθεί στατικός έλεγχος του δώματος, ειδικά για κατασκευές πριν το 1981. Θα πρέπει να δίνεται και μια (απλή) μελέτη πρόβλεψης άρδευσης του φυτεμένου χώρου και να τεκμηριώνεται η ελαχιστοποίηση κατανάλωσης νερού. Κατά την υποβολή του φακέλου της πρότασης θα πρέπει να περιγραφεί τουλάχιστον συνοπτικά ο τύπος της κατασκευής και της φύτευσης και να δοθούν οι ενδεικτικές κατασκευαστικές λεπτομέρειες της προτεινόμενης κατασκευής. Εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος: 20% εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη στον υποκείμενο όροφο του κτιρίου.

- «Πράσινη Ζωή στην Πόλη»

Το Πρόγραμμα «Πράσινη Ζωή στην Πόλη» είναι μια καινοτόμος πιλοτική πρωτοβουλία που σχεδίασαν και υλοποιούν από κοινού το Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών και η Περιφέρεια Αττικής, με πόρους του ΕΣΠΑ 2007 - 2013. Επιδιώκει να δώσει λύσεις σε προβλήματα όπως είναι η ρύπανση, η έλλειψη πρασίνου και ελεύθερων χώρων, αλλά και η μειωμένη προσβασιμότητα σε δημόσιους χώρους από τα Άτομα με Αναπηρία. Ανάμεσα, λοιπόν, άλλων το πρόγραμμα ενισχύει την δημιουργία πράσινων στεγών σε δημοτικά κτίρια (22).

- Πρόγραμμα του Υπουργείου Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων και του Οργανισμού Σχολικών Κτιρίων.

Έως το 2012 προγραμματίζεται η κατασκευή συνολικά 1.233 νέων βιοκλιματικών σχολείων και η αναβάθμιση 500 υφιστάμενων. Από τα νέα σχολεία τα 833 θα είναι νηπιαγωγεία, ενώ τα 400 θα είναι κτίρια δημοτικών σχολείων, γυμνασίων, λυκείων και ΕΠΑ.Λ.

Όσον αφορά στα υφιστάμενα σχολεία, που είναι ενταγμένα στο πρόγραμμα, προβλέπεται να πραγματοποιηθούν βελτιώσεις, προσθήκες, επεκτάσεις. Στις νέες σχολικές εγκαταστάσεις θα εφαρμοστούν φωτοβολταϊκά συστήματα, συστήματα εξασφάλισης φυσικού δροσισμού και αερισμού, συστήματα ηλιοπροστασίας και σκίασης, εξαερισμοί με αισθητήρες CO₂, αυτοματισμοί ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, φυτεμένα δώματα και επαρκής θερμομόνωση (33).

11. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Τα επιδοτούμενα προγράμματα που αναφέρθηκαν παραπάνω συντέλεσαν στην παραδειγματική κατασκευή φυτεμένων δωμαίων σε δημόσια κτίρια και ενδεικτικά παρουσιάζονται τα παρακάτω:

- Πράσινη Στέγη στο κτίριο του Υπουργείου Οικονομίας και Οικονομικών στην πλατεία Συντάγματος.



Εικόνα 67

Πηγή: Εφημερίδα Ισοτιμία

Η Πράσινη Στέγη, στο κτίριο όπου στεγάζονται οι κεντρικές υπηρεσίες του ΥΠΟΙΟ, υλοποιήθηκε τον Ιούλιο 2008 και καλύπτει έκταση περίπου 650 τμ, δηλαδή περίπου το 52% της επιφάνειας της οροφής του κτιρίου. Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν τον Ιούλιο 2009 από το Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Ε.Μ.Π. επιβεβαιώνουν πως υπάρχουν σημαντικά οφέλη από την κατασκευή της. Οι μετρήσεις, που έγιναν με τη μέθοδο της θερμογράφησης (συνολικά έγιναν πάνω από 650 μετρήσεις), κατέγραψαν θετικά αποτελέσματα τόσο στον περιορισμό της θερμοκρασίας εντός του κτιρίου και στην οροφή του όσο και στην εξοικονόμηση της ενεργειακής κατανάλωσης (6).

Ειδικότερα (6):

- Η ανάπτυξη της Πράσινης Στέγης συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας της οροφής των γραφείων του τελευταίου ορόφου.
- Η Πράσινη Στέγη δημιουργεί ένα άνω φράγμα θερμοκρασίας στην επιφάνεια της στέγης, με προφανή ωφέλεια τόσο για το κτίριο όσο και στη γειτονιά αυτού, καθώς αμβλύνεται το φαινόμενο της θερμικής νησίδας. Συγκεκριμένα, οι μετρήσεις έδειξαν διαφορά θερμοκρασίας 18 °C μεταξύ της φυτεμένης και της μη φυτεμένης επιφάνειας της στέγης (37 °C και 55 °C αντίστοιχα). Η διαφορά αυτή έχει σαφέστατα θετικά αποτελέσματα και για την εσωτερική θερμοκρασία, τουλάχιστον των γραφείων που βρίσκονται στον τελευταίο όροφο του κτιρίου.
- Η ανάπτυξη της φυτεμένης στέγης δίνει τη δυνατότητα στην οροφή του κτιρίου να μη συσσωρεύει μεγάλη θερμότητα κατά τη διάρκεια της ηλιοφάνειας και έτσι να «αποφορτίζεται θερμοκρασιακά» γρηγορότερα μετά το απόγευμα.
- Οι μετρήσεις επιβεβαίωσαν το μέγεθος της εφικτής εξοικονόμησης ενέργειας από την εγκατάσταση του φυτεμένου δώματος, σε ποσοστό περίπου 9,6% για τον κλιματισμό και 4,4% για τη θέρμανση. Ειδικά ως προς τον τελευταίο όροφο, η εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη μπορεί να υπερβεί το 50%.
- Το ετήσιο οικονομικό όφελος από την ανάπτυξη της Πράσινης Στέγης εκτιμάται συνολικά σε 5.630 ευρώ. Συγκεκριμένα, σε 3.600 ευρώ ετησίως εκτιμάται το όφελος από τη μείωση της κατανάλωσης για κλιματισμό και σε 2.030 ευρώ το όφελος από τη μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου για θέρμανση.

Η Πράσινη Στέγη δημιουργήθηκε με στόχο να συμβάλει στη βελτίωση του περιβάλλοντος στο κέντρο της Αθήνας, στην εξοικονόμηση ενέργειας και στη μείωση των δαπανών του κτιρίου. Παράλληλα, φιλοδοξεί να αποτελέσει παράδειγμα για την ανάληψη αντίστοιχων πρωτοβουλιών από άλλους δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς.

- Δημοτικός Παιδικός Σταθμός στα Βριλήσσια



Εικόνα 68

Πηγή: www.aftodioikisi.gr

Με την πράσινη στέγη αλλά και τη βιοκλιματική τεχνολογία του κτιρίου εξασφαλίζεται φυσική δροσιά σε όλους τους χώρους, ενώ αξιοποιείται το ηλιακό φως για τον καλύτερο φωτισμό των αιθουσών (10).

- Δημοτικά σχολεία (7^ο και 15^ο) Ν. Σμύρνης



Εικόνα 69

Πηγή: www.neasmyrni.net.gr

Η πρώτη πράσινη στέγη σε δημόσιο κτίριο του Δήμου μας είναι πλέον γεγονός. Στην ταράτσα του 15ου & 7ου Δημοτικών Σχολείων ολοκληρώθηκε πρόσφατα η κατασκευή ενός πανέμορφου κήπου με δέντρα, θάμνους, λουλούδια, στρωμένους διαδρόμους και πέργκολα, κάτω από την οποία θα γίνονται μαθήματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Όπως μας ενημέρωσαν οι διευθυντές των σχολείων κ. Γουρναρόπουλος & κα Περδίκαρα, τα θετικά αποτελέσματα από την ολοκλήρωση της πράσινης ταράτσας είναι ήδη ορατά: περισσότερη δροσιά τις ζεστές ημέρες και ευκολότερο ζέσταμα του χώρου τις κρύες (24).

Και η πρωτοπορία των δύο σχολείων δεν σταματάει εδώ, όπως μας ενημέρωσε ο Πρόεδρος της 15ης Σχολικής Επιτροπής κ. Χρήστου, στα άμεσα σχέδια του Δήμου μας είναι η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων για αυτονομία στην ηλεκτρική ενέργεια καθώς και η αξιοποίηση των όμβριων υδάτων για τις ανάγκες του ποτίσματος του σχολείου (24).

- Στέγη στο κτίριο διοίκησης ΗΣΑΠ στο κέντρο της Αθήνας



Εικόνα 70

Πηγή: www.ethnos.gr

Ο ΗΣΑΠ δημιούργησε στην ταράτσα του κεντρικού κτιρίου του στην οδό Αθηνάς, στην Ομόνοια, μια πράσινη στέγη εκτάσεως 400 τμ. Που λειτουργεί σαν φυσικό

κλιματιστικό για το κτίριο και συμβάλλοντας στην καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Στο νέο πρόγραμμα εταιρικής κοινωνικής ευθύνης, που ονομάζει -όχι τυχαία- «Πράσινη Γραμμή» έχει εντάξει και άλλες πράσινες δράσεις. Ανάμεσά τους είναι η κατασκευή πράσινης στέγης στο νέο αμαξοστάσιο του ΗΛΠΑΠ στο Ρουφ, στο κτίριο του ΟΣΕ στην οδό Καρόλου και στο κτίριο του υπουργείου Μεταφορών στην οδό Αναστάσεως (25),(26).

Εκτός των δημοτικών κτιρίων υπάρχει και ιδιωτική πρωτοβουλία. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποια παραδείγματα:

- Φυτεμένο δώμα κατοικίας στην Αθήνα έκτασης 65 τ.μ. (20)



Εικόνα 71

Πηγή: www.egreen.gr

- Φυτεμένο δώμα κατοικίας στη Θεσσαλονίκη έκτασης 60 τ.μ. (20)



Εικόνα 72

Πηγή: www.egreen.gr

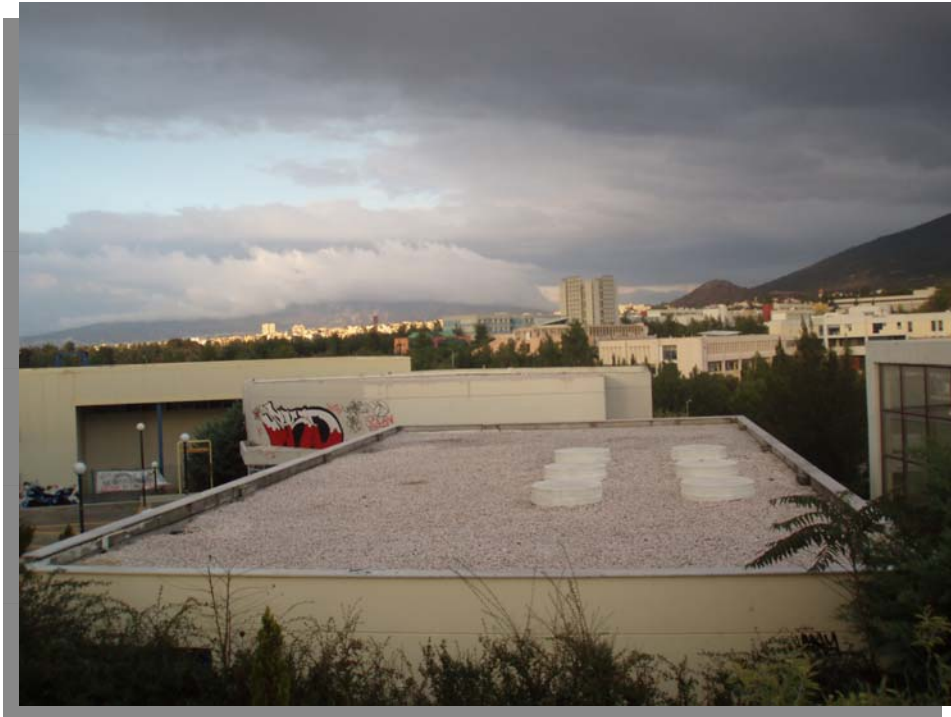
12. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ- ΔΡΑΣΕΙΣ

Η ιδέα της φύτευσης των δωματίων των κτιρίων 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 κτιρίων. 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 κτιρίων την επιτρέπουν, χωρίς να υπάρχουν ιδιαίτερα κατασκευαστικά προβλήματα.

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 (8):

- 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 κτιρίων 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 έχουν παραδειγματικό χαρακτήρα.

13. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ



Εικόνα 73: Κτίριο Εκδηλώσεων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.

Η έρευνα που προηγήθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια καθιστά σαφές ότι τα φυτεμένα δώματα είναι μια νέα τάση στον τομέα του βιοκλιματικού σχεδιασμού που επιφέρουν πληθώρα πλεονεκτημάτων. Η έρευνα αυτή βρίσκει εφαρμογή στο Κτίριο Εκδηλώσεων της σχολής Πολιτικών Μηχανικών. Πρόκειται για ένα ισόγειο κτίριο εμβαδού 307τ.μ. για το οποίο εξετάστηκε η δυνατότητα κατασκευής ταρατσόκηπου σε όλη την επιφάνεια του δώματος του. Συγκεκριμένα εξετάστηκαν τα εξής:

- Υπολογισμός του μέγιστου φορτίου που μπορούν να παραλάβουν οι πλάκες του δώματος και ποιος τύπος φυτεμένου δώματος (εκτατικός, ημιεντατικός, εντατικός) είναι κατ' επέκταση δυνατόν να κατασκευαστεί.
- Έλεγχος της υπάρχουσας θερμομόνωσης και η μεταβολή της λόγω της προσθήκης του φυτεμένου δώματος.
- Θερμική ανάλυση του κτιρίου και υπολογισμός των θερμικών και ψυκτικών φορτίων για την υφιστάμενη διατομή του δώματος καθώς και για φυτεμένο δώμα.

13.1. Στατικότητα κτιρίου μελέτης

Το Κτίριο Εκδηλώσεων αποτελεί τμήμα του νέου κτιριακού συγκροτήματος του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του οποίου η μελέτη ολοκληρώθηκε τον Ιούλιο του 2000. Η στατική μελέτη εκπονήθηκε από την εταιρεία ΔΟΜΗ Ο.Ε. η οποία δεν υφίσταται πλέον και επομένως ήταν αδύνατον να πάρουμε από αυτήν τη στατική μελέτη του κτιρίου. Τα στοιχεία για το κτίριο μελέτης πάρθηκαν από την Τεχνική Υπηρεσία του Ε.Μ.Π. και περιλαμβάνουν τα σχέδια: κάτοψη, κάτοψη δώματος, τομές, κατασκευαστικές τομές και όψεις του αρχιτεκτονικού φακέλου.

Η έλλειψη της στατικής μελέτης οδήγησε σε μία προσεγγιστική εκτίμηση της στατικής επάρκειας του κτιρίου μελέτης. Συγκεκριμένα, το κτίριο επιλύθηκε στατικά με το λογισμικό πρόγραμμα FESPA της εταιρείας LH Λογισμική, υπό την καθοδήγηση του καθηγητή στατικής κύριου Β. Κουμούση, με τις παραδοχές της κανονικής μελέτης, όπως αυτές παρουσιάζονται στα αρχιτεκτονικά σχέδια, και τα αποτελέσματα της όπλισης θεωρήθηκαν ότι είναι τα ίδια με αυτά της κανονικής μελέτης. Στη συνέχεια γίνεται μια σύντομη παρουσίαση του προγράμματος FESPA, μια αναλυτική καταγραφή των παραδοχών της κανονικής μελέτης ενώ τέλος παρουσιάζονται οι επιπλέον παραδοχές που έγιναν για την ολοκλήρωση της μελέτης καθώς και γενικές παρατηρήσεις.

13.1.1. Σύντομη περιγραφή του Fespa

Το Fespa είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα λογισμικού, που χρησιμεύει στην ανάλυση, διαστασιολόγηση, απεικόνιση, έλεγχο και σχεδίαση δομημάτων τριών διαστάσεων. Το προσομοίωμα του δομήματος είναι πλαίσιο τριών διαστάσεων, εδραζόμενο επί ελαστικού εδάφους. Κατά συνέπεια η αλληλεπίδραση εδάφους – κατασκευής εισέρχεται εξ' αρχής στους υπολογισμούς και δεν απαιτείται εκ νέου διανομή των δράσεων λόγω εκκεντροτήτων των στοιχείων θεμελίωσης. Οι επιλύσεις γίνονται με την ακριβή μέθοδο αντιστροφής του μητρώου ακαμψίας (κατά GAUSS) των μελών του χωρικού προσομοιώματος. Λαμβάνονται υπόψη έργα από αξονικές, τέμνουσες δυνάμεις, ροπές κάμψης και ροπές στρέψης.

Η επίλυση των πλακών στο Fespa γίνεται κατά Pieper Martens για ορθογωνικές πλάκες. Η πλάκα είναι επιφανειακός φορέας που φορτίζεται κάθετα στο επίπεδό του και μεταβιβάζει φορτία, ανάλογα με τις συνθήκες στήριξης, στα δοκάρια που

βρίσκονται στην περίμετρό του. Μπορεί να είναι πλάκα ανωδομής ή κοιτόστρωσης, με διατομή συμπαγή, Zöllner ή Sandwich. Υπολογίζονται πλάκες τετραέρειστες, αμφιέρειστες, τριέρειστες, διέρειστες και πρόβολοι. Η στατική πλάκα έχει πάντα τέσσερις πλευρές, και οι υπολογιζόμενοι οπλισμοί είναι παράλληλοι με αυτές.

13.1.2. Παραδοχές κανονικής μελέτης

- Υλικά
Οπλισμένο Σκυρόδεμα Φ.Ο. C20/25
Χάλυβας Σκυροδέματος S500s
- Φορτία
Μόνιμα:
Ίδιο βάρος οπλισμένου σκυροδέματος: 25,00 kN/m³
Ίδιο βάρος χάλυβα: 78,50 kN/m³
Μόνωση δώματος: 3,00 kN/m²
Ψευδοροφή από γυψοσανίδα: 0,30 kN/m²
Κινητά:
Φορτίο χιονιού: 0,60 kN/m²
- Έδαφος
Κατηγορία σεισμικής επικινδυνότητας: B
- Σεισμός
Σεισμικότητα περιοχής έργου: II
Κατηγορία σπουδαιότητας: Σ3 ($\gamma=1,15$)
- Πρόβλεψη
Πρόβλεψη 1 επιπλέον ορόφου
- Κανονισμοί
Νέος Κανονισμός Σκυροδέματος (Ν.Κ.Ω.Σ.)
Νέος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (Ν.Ε.Α.Κ.)

13.1.3. Παρατηρήσεις – Επιπλέον παραδοχές

Από τις παραπάνω παραδοχές παρατηρούμε ότι κρίσιμα δομικά στοιχεία που κινδυνεύει πρώτο σε αστοχία είναι οι πλάκες και οι δοκοί του δώματος, αφού για οποιαδήποτε αύξηση του φορτίου τα υποστυλώματα και τα θεμέλια επαρκούν λόγω της πρόβλεψης του επιπλέον ορόφου. Αυτό ουσιαστικά σημαίνει ότι μας ενδιαφέρει μόνο οι οπλισμοί των πλακών και των δοκών του δώματος. Επιπλέον θεωρήθηκε αυθαίρετα ότι η θεμελίωση έγινε με μεμονωμένα πέδιλα, αφού δεν γνωρίζουμε το είδος της υφιστάμενης θεμελίωσης. Η παραδοχή αυτή όμως, σύμφωνα με τα παραπάνω, δεν επηρεάζει τη μελέτη.

13.1.4. Πορεία στατικής επίλυσης κτιρίου

Κατά τη στατική επίλυση ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία:

- Δημιουργία καννάβου του σχεδίου
- Εισαγωγή γενικών παραμέτρων του κτιρίου:

Χαρακτηριστικά στοιχεία και ποιότητες των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή, παράμετροι του φάσματος σχεδιασμού για την εφαρμογή του Αντισεισμικού Κανονισμού (ζώνη, σπουδαιότητα), καθώς και τα χαρακτηριστικά του εδάφους (επιτρεπόμενη τάση, κλπ).

- Περιγραφή προσομοιώματος του κτιρίου – Στατικά:

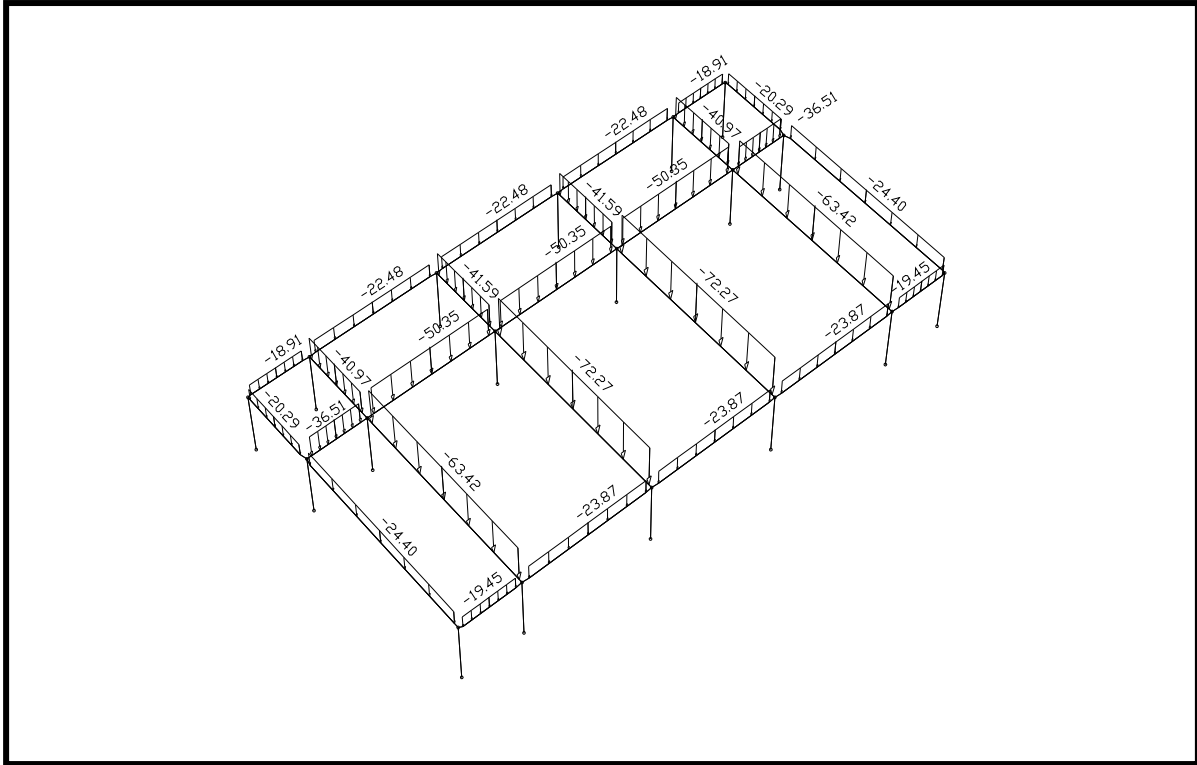
Εισαγωγή πλακών, δοκών και υποστυλωμάτων

- Παραγωγές:

Προσαρμογή δοκών στις πλάκες αφενός μεν για να υπολογιστεί το συνεργαζόμενο πλάτος και να αποκτήσει κάθε δοκός τα σωστά φορτία από την επίλυση των πλακών, αφετέρου για τη σωστή σχεδίαση του περιγράμματος των πλακών.

Προσαρμογή δοκών στα υποστυλώματα έτσι ώστε αυτές να εφάπτονται με τα υποστυλώματα στα οποία συντρέχουν και να σχεδιάζονται σωστά στον ξυλότυπο.

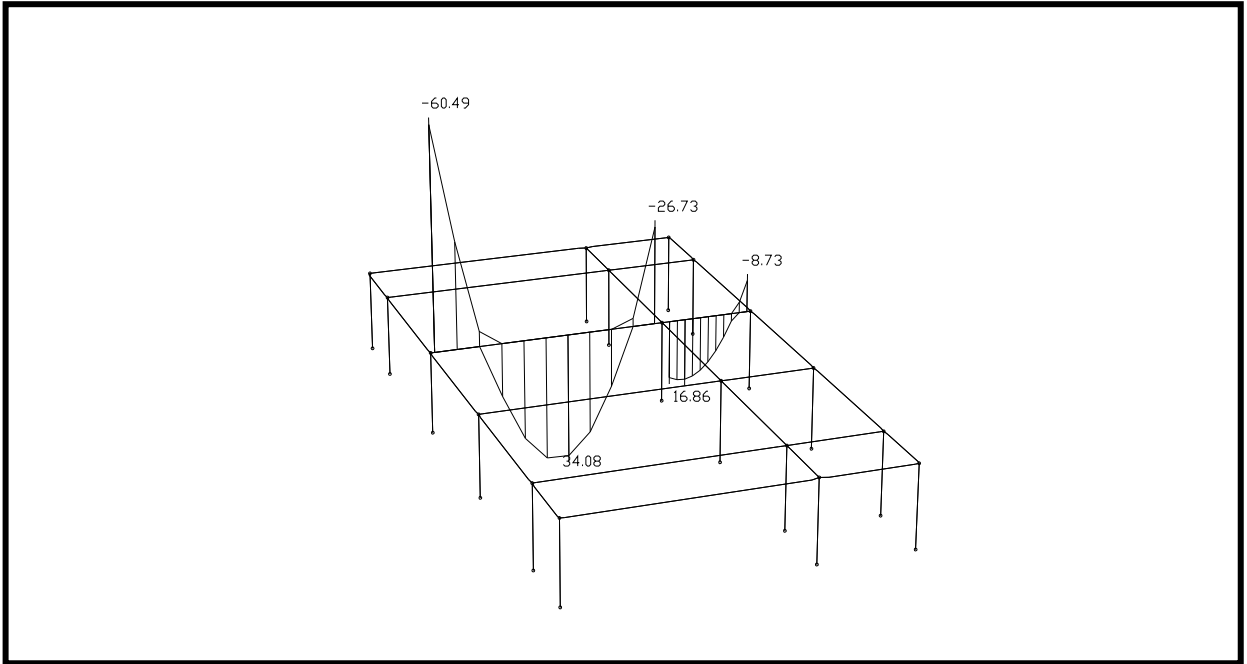
Παραγωγή θεμελίωσης και διαστασιολόγηση πεδίων έτσι ώστε να μη δημιουργείται υπέρβαση της επιτρεπόμενης τάσης του εδάφους, αλλά και να προκαλούνται περίπου ίσες βυθίσεις σ' αυτά.



Εικόνα 74: Διάγραμμα φόρτισης δοκών κτιρίου

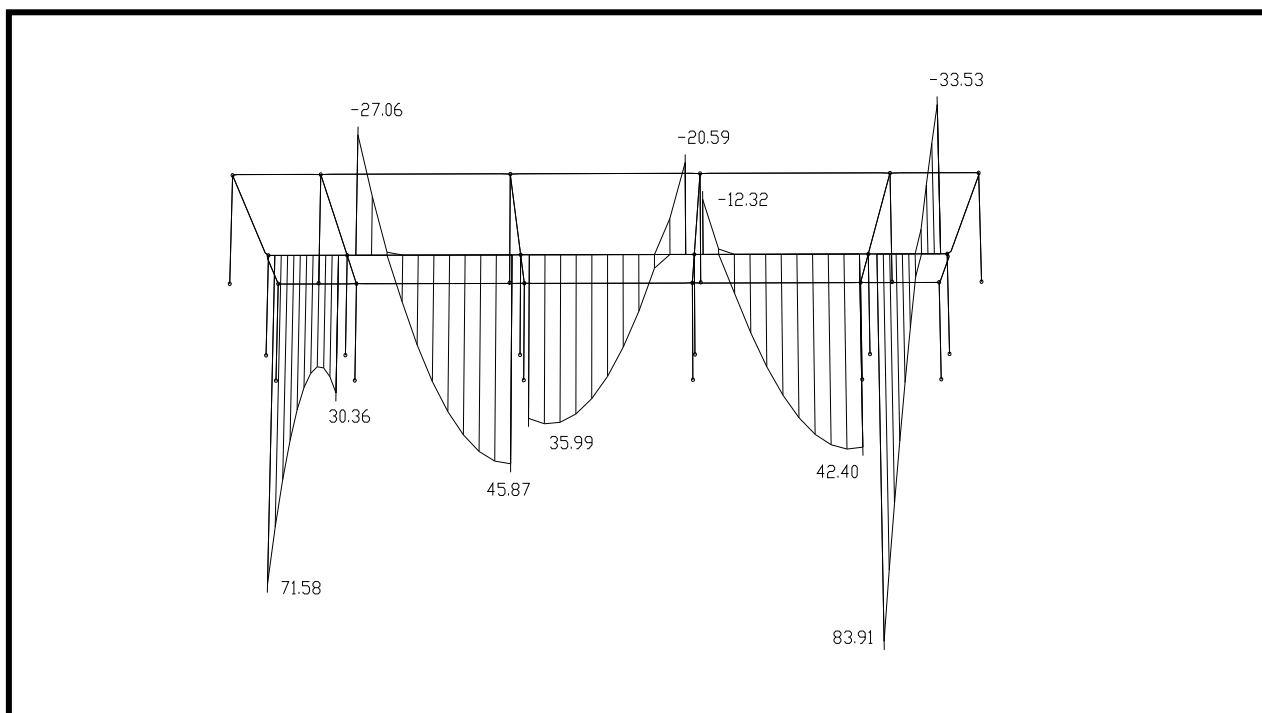
Πηγή: Επίλυση με το λογισμικό Fespa

- Επίλυση, όπλιση και έλεγχος του φορέα:
Αρχικά γίνεται η επίλυση των πλακών και στη συνέχεια η επίλυση του χωρικού. Στο σημείο αυτό μπορούμε να δούμε τα διαγράμματα εντατικών μεγεθών επιλεγμένων μελών ή και όλου του φορέα.



Εικόνα 75: Διάγραμμα ροπών κάμψης των δυσμενέστερων δοκών κατά χ

Πηγή: Επίλυση με το λογισμικό Fespa



Εικόνα 76: Διάγραμμα ροπών κάμψης των δυσμενέστερων δοκών κατά ψ

Πηγή: Επίλυση με το λογισμικό Fespa

Έπειτα γίνονται όλοι οι έλεγχοι στις διατομές των δοκών και των στύλων και τέλος τοποθετούνται τα σίδερα σε κάθε διατομή. Έχει επομένως κατασκευαστεί ο ξυλότυπος της μελέτης.

- Εκτύπωση τεύχους:

Γίνεται εκτύπωση των αποτελεσμάτων της τρέχουσας μελέτης (βλ. παράρτημα Α)

13.1.5. Αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Στη συνέχεια διερευνάται για πόση αύξηση του μόνιμου φορτίου στις πλάκες του δώματος δε μεταβάλλεται ο οπλισμός των πλακών και των δοκών της ανωδομής. Έχοντας αρχικό συνολικό μόνιμο φορτίο $3,30 \text{ kN/m}^2$ (χωρίς τα ίδια βάρη), παρατηρούμε ότι μόνο μια αύξηση κατά $0,10 \text{ kN/m}^2$ δεν επιφέρει μεταβολή στους

οπλισμούς. Επομένως, το μέγιστο φορτίο που μπορεί να φέρει το δώμα είναι $3,40 \text{ kN/m}^2$.

Στις παραδοχές που αναφέρθηκαν παραπάνω, παρατηρούμε ότι λαμβάνεται φορτίο μόνωσης $3,00 \text{ kN/m}^2$. Το φορτίο αυτό αποτελεί μία τιμή που λαμβάνεται μεν στους υπολογισμούς, αλλά δεν συνάδει απαραίτητα με το πραγματικό βάρος της μόνωσης. Είναι λοιπόν χρήσιμος ο ακριβής υπολογισμός του βάρους της μόνωσης δεδομένου ότι γνωρίζουμε τις στρώσεις της μόνωσης, την πυκνότητα κάθε στρώσης και το πάχος τους. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται αναλυτικά ο υπολογισμός του βάρους της μόνωσης:

Πίνακας 4: Βάρη στρώσεων υλικών της μόνωσης του δώματος

Στρώση	Πυκνότητα [kg/m^3]	Πάχος [m]	Βάρος [kg/m^2]
Ασφαλτικό	1050	0,005	5,25
Κυψελωτό κονιόδεμα ρύσεων	400	0,15	60
Ασφαλτόχαρτο	1100	0,005	5,5
Roofmate της DOW	35	0,08	2,8
Ασφαλτόχαρτο	1100	0,005	5,5
ΣΥΝΟΛΙΚΑ			79,05

Το βάρος της μόνωσης επομένως εκτιμάται ίσο περίπου με 80 kg/m^2 , δηλαδή $0,80 \text{ kN/m}^2$. Άρα αν από τα $3,00 + 0,10 = 3,10 \text{ kN/m}^2$ (βάρος μόνωσης + πρόσθετο επιτρεπόμενο φορτίο) αφαιρέσουμε τα $0,80 \text{ kN/m}^2$ καταλήγουμε ότι το βάρος των επιπλέον στρώσεων για την κατασκευή του φυτεμένου δώματος είναι $2,30 \text{ kN/m}^2$. Οι επιπλέον αυτές στρώσεις αντιστοιχούν στην αποστραγγιστική μεμβράνη (πάχους 4cm) και στο υπόστρωμα φύτευσης. Σύμφωνα με τη θεωρία (βλ κεφάλαιο 4) με επιτρεπόμενο βάρος 230 kg/m^2 μπορούμε με ασφάλεια να κατασκευάσουμε έναν ταρατσόκηπο ημιεντατικού τύπου με ύψος υποστρώματος φύτευσης περίπου 20cm.

13.2. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣ

13.2.1. Υφιστάμενη θερμομόνωση

Το κέλυφος του κτιρίου μελέτης είναι μονωμένο με κύριο θερμομονωτικό υλικό εξηλασμένη πολυστερίνη Roofmate της DOW. Στο δάμα έχει εφαρμοστεί ανεστραμμένη θερμομόνωση, δηλαδή η θερμομονωτική στρώση έχει τοποθετηθεί πάνω από τη στεγανωτική στρώση. Συγκεκριμένα οι υφιστάμενες στρώσεις του δώματος μορφώνονται από πάνω προς τα κάτω ως εξής:

Πίνακας 5: Υφιστάμενες στρώσεις υλικών δώματος

ΣΤΡΩΣΗ	ΠΑΧΟΣ [cm]
Διαβαθμισμένα Σκύρα	10
Γεώφασμα 200 gr/m ² τύπου Polyfet TS	0,5
Εξηλασμένη πολυστερίνη τύπου Roofmate της Dow	8
Ασφαλτόπανο βάρους 4kg/m ²	0,5
Κυψελωτό κονιόδεμα ρύσεων	5 έως 40
Επάλειψη με ασφαλτικό γαλάκτωμα τύπου Εσχακοτ της Εσχα	0,5
Πλάκα σκυροδέματος	15 ή 18

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι τοποθετώντας τη θερμομόνωση πάνω από τη στεγανωτική στρώση, διατηρείται σε σταθερή θερμοκρασία κοντά στη θερμοκρασία του εσωτερικού του κτιρίου και προστατεύεται από τις καταστρεπτικές επιπτώσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας και τις μηχανικές κακώσεις. Η θερμομόνωση προστατεύει τη στεγανωτική κάλυψη από:

- τις μεγάλες θερμοκρασιακές μεταβολές: +80°C έως -20°C.
- τη διάβρωση λόγω καιρικών συνθηκών.
- τις μηχανικές κακώσεις κατά την κατασκευή, τη χρήση και τη συντήρηση

Αναφορικά με το κύριο θερμομονωτικό υλικό, η Roofmate είναι η μπλε αφρώδης θερμομόνωση από εξηλασμένη πολυστερίνη της Dow. Η διαδικασία εξέλασης, της δίνει τη χαρακτηριστική δομή κλειστών κυψελίδων και τις εξής βασικές φυσικές ιδιότητες:

- χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.
- χαμηλή υγραπορροφητικότητα.
- υψηλή αντοχή στη συμπίεση.



Εικόνα 77: Εξηλασμένη πολυστερίνη

Πηγή: Εταιρεία Dow

Τα χαρακτηριστικά της θερμομονωτικής στρώσης Roofmate παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 6: Χαρακτηριστικά θερμομονωτικής στρώσεις Roofmate

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ROOFMATE™ SL-A
ΔΗΛΩΜΕΝΟΣ ΣΥΝΤ. ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ λ 90 ΗΜΕΡ. ΣΤΟΥΣ 10 °C	ΕΛΟΤ EN 12667	W/mk Kcal/mh °C	0,035 0,030

ΑΝΤΟΧΗ ΣΤΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ (τιμή στο όριο διαρροής ή 10% παραμόρφωση)	ΕΛΟΤ EN 826	--	CS (10/Y) 300
ΦΟΡΤΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΓΙΑ ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΤΟΥ 2% ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ (Ερπυσμός)	ΕΛΟΤ EN 1606	--	CC(2/1,5/50)130
ΥΔΡΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΤΗΤΑ με εμφύαση	ΕΛΟΤ EN 12087	--	WL(T) 0,7
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ (υπό προσδιορισμένη θερμοκρασία & σχετική υγρασία 23°C, 90% & παραμόρφωση 2%)	ΕΛΟΤ EN 1604	--	DS (TH)
ΤΡΙΧΟΕΙΔΗ ΑΓΓΕΙΑ		--	ουδέν
ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΥΔΡΑΤΜΩΝ μ (Αέρας μ=1)	ΕΛΟΤ EN 12086	--	80-250
ΟΡΙΑ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	--	°C	-50/+75
ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΦΩΤΙΑ (EUROCLASS)	ΕΛΟΤ EN 13501-1	--	E
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΗΚΟΣ Χ ΠΛΑΤΟΣ	--	mm	600 x 1250
ΠΑΧΗ	--	mm	30, 40, 50, 60, 70, 80
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΠΛΑΚΑΣ	--	--	Επιδερμίδα εξέλασης

13.2.2. Πρόσθετες στρώσεις για την κατασκευή φυτεμένου δώματος

Για την κατασκευή του ταρατσόκηπου διατηρήθηκε η υπάρχουσα μόνωση σε όλο το κτίριο, ενώ στο δώμα προστέθηκαν στεγανωτική-αντιριζική στρώση, αποστραγγιστική μεμβράνη με επικολημένο γεωύφασμα και υπόστρωμα φύτευσης. Στη συνέχεια παρατίθενται τα κύρια χαρακτηριστικά των πρόσθετων στρώσεων (στεγανωτική-αντιριζική στρώση, αποστραγγιστική μεμβράνη με επικολημένο γεωύφασμα) για τις οποίες θεωρούμε ότι θα προμηθευτούν από συγκεκριμένες εταιρείες. Οι στρώσεις του φυτεμένου δώματος από πάνω προς τα κάτω είναι:

Πίνακας 7: Στρώσεις υλικών φυτεμένου δώματος

ΣΤΡΩΣΗ	ΠΑΧΟΣ [cm]
Φύτευση	έως 80
Υπόστρωμα φύτευσης	20
Γεωύφασμα	0,3
Αποστραγγιστική μεμβράνη	4
Στεγανωτική-αντιριζική στρώση Sopralene Flam Jardin της Macon	0,5
Γεωύφασμα 200 gr/m ² τύπου Polyfet TS	0,5
Εξηλασμένη πολυστερίνη τύπου Roofmate της Dow	8
Ασφαλτόπανο βάρους 4kg/m ²	0,5
Κυψελωτό κονιόδεμα ρύσεων	5 έως 40
Επάλειψη με ασφαλτικό γαλάκτωμα τύπου Εσχακοτ της Εσχα	0,5
Πλάκα σκυροδέματος	15 ή 18

Τα χαρακτηριστικά των επιπλέον στρώσεων είναι:

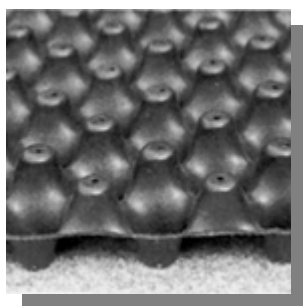
- Στεγανωτική-αντιριζική στρώση Sopralene Flam Jardin της Macon

Απολύτως εξειδικευμένες ελαστομερείς (SBS) μεμβράνες για την αξιόπιστη στεγανοποίηση ζαρντινιερών, δωματίων στα οποία θα δημιουργηθεί κήπος ή γενικότερα επιφανειών που θα δεχθούν χώμα και φύτευση. Το Jardin είναι ανεπηρέαστο από τα ριζικά συστήματα των φυτών καθώς και από λιπάσματα. Στο άνω μέρος φέρει ψηφίδα, ως οπλισμό δε 200gr/m² N.W.P. δηλαδή πολυεστερικό οπλισμό από ίνες μεγάλου μήκους που είναι πλεγμένες μεταξύ τους με μηχανικές διαδικασίες. Το Sopralene Jardin είναι πιστοποιημένο από το Βοτανολογικό Ινστιτούτο του Πανεπιστημίου του Αμβούργου και από το C.S.T.B.

Παρατήρηση:

Ο λόγος που χρησιμοποιούμε στεγανωτική-αντιριζική στρώση αντί απλής αντιριζικής είναι πως στο κτίριο μελέτης έχουν αναφερθεί προβλήματα υγρασίας, προφανώς λόγω αστοχίας σε κάποιο σημείο της υφιστάμενης στεγάνωσης. Αφού λοιπόν δεν γίνεται αφαίρεση των υφισταμένων στρώσεων και επανατοποθέτηση νέων, κρίνεται σκόπιμη η τοποθέτηση αυτής της πρόσθετης στεγάνωσης.

- Αποστραγγιστική μεμβράνη Foradrain FD 40 της Zinco



Εικόνα 78

Πηγή: www.egreen.gr

Η FD 40 έχει ύψος 4 cm, το οποίο απαιτείται για το φυτεμένο δώμα ημιεντατικού τύπου με ύψος υποστρώματος φύτευσης 20 cm που θέλουμε να κατασκευάσουμε. Είναι κατασκευασμένη από ανακυκλωμένο πολυαιθυλένιο, έχει μεγάλη αντοχή στη συμπίεση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάτω από πλακοστρώσεις. Η δυνατότητα συγκράτησης νερού στις κυψέλες είναι 40 lt/m².

- Γεωύφασμα TSM 32 της Zinco



Πρόκειται για συνθετικό υλικό με πολυεστερικές ίνες με ικανότητα συγκράτησης υγρασίας 3 lt/m². Η τοποθέτηση του πρέπει να γίνεται με αλληλοεπικάλυψη φύλλων τουλάχιστον 10 cm.

Εικόνα 79

Πηγή: www.egreen.gr

13.2.3. Μελέτη θερμομόνωσης

Στο κτίριο μελέτης έγινε μελέτη θερμομόνωσης και για τις δύο περιπτώσεις, την αρχική κατάσταση με τις υφιστάμενες στρώσεις υλικών στο δώμα και την τελική κατάσταση με φυτεμένο δώμα. Για την μελέτη χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ‘Θερμομόνωση’ της εταιρείας LH Λογισμική. Το πρόγραμμα “Θερμομόνωση” είναι ένα ανεξάρτητο μηχανολογικό πρόγραμμα υπολογισμού απωλειών θέρμανσης κτιριακών έργων. Ακολουθεί το νομοθετικό διάταγμα ΦΕΚ 362 / 4.7.79

13.2.3.1. Κανονισμός Θερμομόνωσης

Ο Κανονισμός θερμομόνωσης θεωρεί κάποια γενικά όρια για τα δομικά στοιχεία που χρησιμοποιούμε σε μια μελέτη. Έτσι για τους εξωτερικούς τοίχους δεν επιτρέπεται τοιχοποιία με συντελεστή K πάνω από 0.6, για τις οροφές (και πιλοτές) το άνω όριο είναι 0.4, ενώ για τα δάπεδα είναι :

- 2.6 για τη Ζώνη Α
- 1.6 για τη Ζώνη Β
- 0.6 για τη Ζώνη Γ

Το κτίριο μελέτης ανήκει στη Ζώνη Β.

Για τις οριζόντιες επιφάνειες (δάπεδα, όροφοι, pilotis) ο Κανονισμός θερμομόνωσης θεωρεί έναν παράγοντα ο οποίος επηρεάζει τα αποτελέσματα της θερμομόνωσης και εξαρτάται από την γειτνίαση του δαπέδου ή της οροφής με το εξωτερικό περιβάλλον.

Βάσει του Κανονισμού Θερμομόνωσης, ο παράγοντας αυτός παίρνει τις τιμές:

- 0.5 εάν το Δάπεδο του κελύφους του κτιρίου που θερμομονώνεται εφάπτεται στο έδαφος ή σε υπόγειο (γενικά σε μη θερμαινόμενο χώρο)
- 1 εάν έχουμε δάπεδο άνωθεν Pilotis
- 1 εάν έχουμε οροφή που διαχωρίζει τους χώρους διαμονής και τον εξωτερικό αέρα προς τα πάνω ή επιφάνεια στέγης που θερμομονώνεται.
- 0.8 εάν έχουμε οροφή θερμομονωμένη κάτω από στέγη που δεν έχει θερμομονωθεί.

13.2.3.2. Πορεία μελέτης θερμομόνωσης

Για την επίλυση ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα:

- Εισάγουμε στα στοιχεία του κτιρίου όγκο, ζώνη, αριθμό ορόφων, αριθμό όψεων ανά όροφο.
- Εισάγουμε γεωμετρικές διαστάσεις δαπέδων και οροφής και τις χαρακτηρίζουμε με το αντίστοιχο δομικό στοιχείο.
- Εισάγουμε ανά όροφο διαστάσεις κάθε όψης με τα ανοίγματα τους και τους χαρακτηρίζουμε με το αντίστοιχο δομικό στοιχείο.
- Με αυτό τον τρόπο γίνεται γνωστή στο πρόγραμμα η θερμομονωτική τους συμπεριφορά, και μπορεί να ακολουθήσει ο υπολογισμός.

Το πρόγραμμα διαθέτει βιβλιοθήκη υλικών με τα οποία θα γίνει η σύνθεση των δομικών στοιχείων. Τα υλικά που δεν υπάρχουν στη βιβλιοθήκη προστίθενται σε αυτήν από τον χρήστη, εφόσον είναι γνωστά η πυκνότητα και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ του υλικού.

13.2.3.3. Αποτελέσματα

Αφού συμπληρωθούν τα στοιχεία προκύπτουν αυτόματα όλες οι επιφάνειες υπολογισμού και κατ επέκταση οι συντελεστές:

- $K = \Sigma FK / \Sigma F$ - Μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας των εξωτερικών τοίχων και ανοιγμάτων κάθε ορόφου του κτιρίου ($< 1.6 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)
- $K_w = \Sigma F_w K_w / \Sigma F_w$ - Μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας εξωτερικών τοίχων κάθε ορόφου του κτιρίου ($< 0.6 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)
- $K_f = \Sigma F_f K_f / \Sigma F_f$
όπου F_w : εμβαδόν μπετόν + τοιχοποιία
 F_f : εμβαδόν ανοιγμάτων.

Τέλος υπολογίζεται ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου $[K_m]$ που είναι και ο τελικός στόχος της μελέτης θερμομόνωσης. Εμφανίζεται επίσης ο μέγιστος συντελεστής θερμοπερατότητας $[K_m(\max)]$ ο οποίος εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση του κτιρίου (Ζώνη Α, Β, Γ) και τον λόγο F/V (της συνολικής εξωτερικής επιφάνειας προς τον όγκο του). Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας $[K_m]$ δεν πρέπει σε καμιά περίπτωση να υπερβαίνει το μέγιστο συντελεστή θερμοπερατότητας $[K_m(\max)]$. Πρέπει δηλαδή να ισχύει πάντα η συνθήκη:

$$K_m < K_m(\max)$$

Εάν το $K_m > K_{\max}$ πρέπει να επαναπροσδιορίσουμε τους συντελεστές θερμοπερατότητας K των διαφόρων δομικών στοιχείων ή να μειώσουμε την επιφάνεια των ανοιγμάτων ή να μειώσουμε τον συντελεστή θερμοπερατότητας τους (αυξάνοντας την μόνωση στις τοιχοποιίες – δάπεδα - οροφές ή επιλέγοντας διπλά τζάμια για τα ανοίγματα, είτε αν έχουμε διπλά τζάμια να αυξήσουμε την απόσταση μεταξύ τους).

Το τεύχος μελέτης της θερμομόνωσης παρατίθεται στο παράρτημα Β. Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφέρουμε τους συντελεστές K_m για τις δύο περιπτώσεις.

Πίνακας 8: Συντελεστές Km

Υφιστάμενο Δώμα	$K_m = 0,406 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$
Φυτεμένο Δώμα	$K_m = 0,401 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

Η ποσοστιαία μεταβολή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας είναι επομένως 1%. Ο μέγιστος συντελεστής θερμοπερατότητας $K_m(\text{max})$ είναι $0,757 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$. Παρατηρούμε ότι και στις δύο περιπτώσεις ικανοποιείται η συνθήκη $K_m < K_m(\text{max})$.

13.3. Θερμική ανάλυση κτιρίου

Η μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου μελέτης για την περίπτωση του υφιστάμενου δώματος και για την περίπτωση φυτεμένου δώματος με πάχος υποστρώματος φύτευσης 20cm πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό Ecotect. Πρόκειται για ένα λογισμικό που συνδυάζει τον τρισδιάστατο σχεδιασμό μοντέλων με λειτουργίες προσομοίωσης και την ανάλυση απόδοσης ενός κτιρίου. Υποστηρίζει τόσο τα αρχικά όσο και τα τελικά στάδια σχεδιασμού, αφού αποτελεί εργαλείο υπολογισμών αλλά και αξιολόγησης.

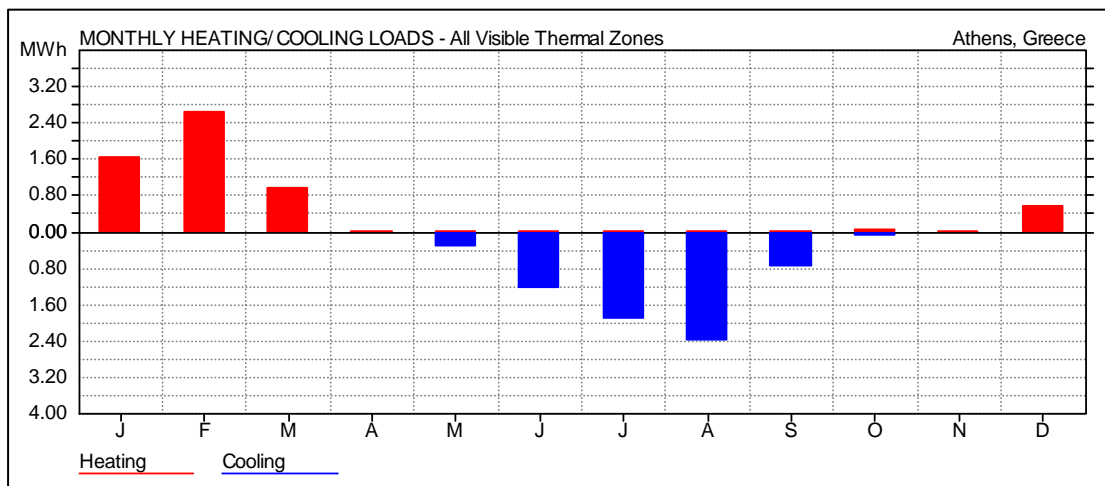
13.3.1. Περίπτωση υφιστάμενου δώματος

Το λογισμικό υπολογίζει για τις δεδομένες στρώσεις υλικών του υφιστάμενου δώματος, ανάλογα με τα πάχη τους, τις θερμικές ιδιότητες της συνολικής διατομής. Αυτές εκφράζονται μέσω ορισμένων συντελεστών, όπως παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 9: Θερμικές ιδιότητες υλικών υφιστάμενου δώματος

Συντελεστής θερμοπερατότητας (K)	0,199 $\text{W/m}^2\text{K}$
Αντίσταση θερμικής μετάβασης α_i	6,04 $\text{W/m}^2\text{K}$
Απορρόφηση θερμικής ακτινοβολίας (0-1)	0,9
Μείωση της θερμοκρασίας με το χρόνο (0-1)	0,05

Τα μηνιαία ψυκτικά ή θερμικά φορτία καθ' όλη τη διάρκεια του έτους παριστάνονται στο παρακάτω γράφημα:



Εικόνα 80: Μηνιαία ψυκτικά και θερμικά φορτία υφιστάμενου

Πηγή: Λογισμικό Ecotect

Αναλυτικά οι ακριβείς τιμές του θερμικού ή ψυκτικού φορτίου ανά μήνα, το μέγιστο φορτίο ψύξης και θέρμανσης που θα σημειωθούν την πιο κρύα και πιο ζεστή μέρα του έτους αντίστοιχα, καθώς επίσης το συνολικό θερμαντικό και ψυκτικό φορτίο που θα καταναλωθεί συνολικά σ' ένα έτος για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου μελέτης, παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 10: Μηνιαία ψυκτικά και θερμικά φορτία υφιστάμενου δώματος

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS		
Zone: Outside		
Comfort: Zonal Bands		
Max Heating: 12.94 kW at 03:00 on 25th February		
Max Cooling: 12.49 kW at 15:00 on 1st August		
MONTH	HEATING LOAD(kWh)	COOLING LOAD(kWh)
-----	-----	-----
Jan	1645.33	13.71
Feb	2638.49	16.71
Mar	986.90	12.37
Apr	20.84	30.57
May	0.42	330.26
Jun	3.55	1256.18
Jul	6.16	1938.47
Aug	8.51	2393.36
Sep	1.50	769.86
Oct	45.09	84.02
Nov	26.69	6.83
Dec	571.70	10.01
-----	-----	-----
TOTAL	5955.21	6862.34
PER M ²	21.42	24.68
-----	-----	-----
Floor Area: 278.04 m ²		

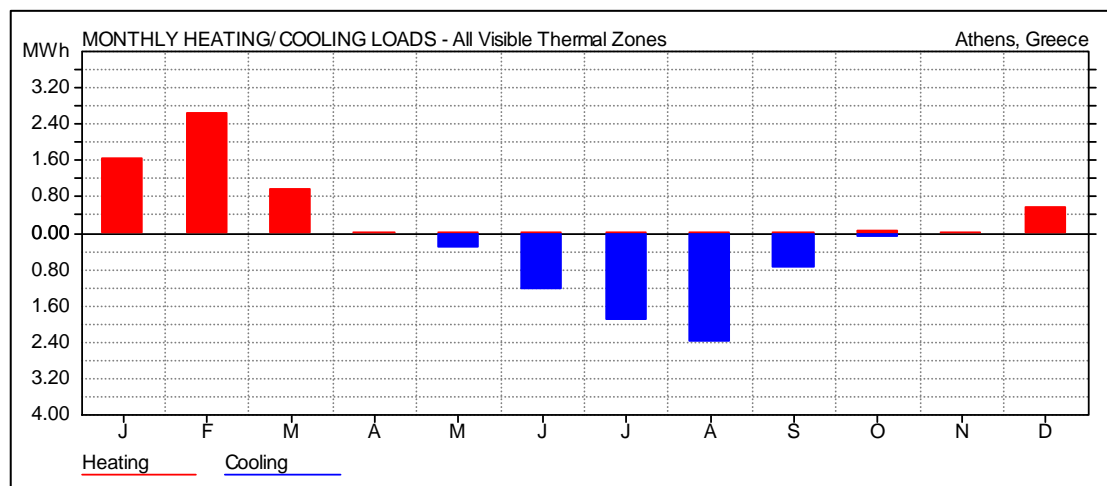
13.3.2. Περίπτωση φυτεμένου δώματος

Για τις στρώσεις υλικών του φυτεμένου δώματος, με πάχος υποστρώματος 20cm, υπολογίζονται από το λογισμικό οι θερμικές ιδιότητες της συνολικής διατομής. Αυτές εκφράζονται μέσω ορισμένων συντελεστών, όπως παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 11: Θερμικές ιδιότητες υλικών φυτεμένου δώματος

Συντελεστής θερμοπερατότητας (K)	0,17 W/m ² K
Αντίσταση θερμικής μετάβασης α _i	6,05 W/m ² K
Απορρόφηση θερμικής ακτινοβολίας (0-1)	0,9
Μείωση της θερμοκρασίας με το χρόνο (0-1)	0,01

Τα μηνιαία ψυκτικά ή θερμικά φορτία καθ' όλη τη διάρκεια του έτους παριστάνονται στο παρακάτω γράφημα:



Εικόνα 81: Μηνιαία ψυκτικά και θερμικά φορτία φυτεμένου δώματος

Πηγή: Λογισμικό Ecotect

Αναλυτικά οι ακριβείς τιμές του θερμικού ή ψυκτικού φορτίου ανά μήνα, το μέγιστο φορτίο ψύξης και θέρμανσης που θα σημειωθούν την πιο κρύα και πιο ζεστή μέρα του έτους αντίστοιχα, καθώς επίσης το συνολικό θερμαντικό και ψυκτικό φορτίο που θα καταναλωθεί συνολικά σ' ένα έτος για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου μελέτης, παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 12: Μηνιαία ψυκτικά και θερμικά φορτία φυτεμένου δώματος

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS		
Zone: Outside		
Comfort: Zonal Bands		
Max Heating: 12.83 kW at 03:00 on 25th February		
Max Cooling: 12.44 kW at 15:00 on 1st August		
	HEATING	COOLING
MONTH	LOAD(kWh)	LOAD(kWh)
-----	-----	-----
Jan	1592.88	13.67
Feb	2599.66	16.67
Mar	961.73	12.33
Apr	20.44	30.75
May	0.44	331.23
Jun	3.59	1254.57
Jul	6.21	1934.40

Aug	8.56	2387.30
Sep	1.53	769.47
Oct	44.33	84.06
Nov	26.25	6.81
Dec	561.71	9.96
-----	-----	-----
TOTAL	5827.34	6851.23
PER M ²	20.96	24.64
-----	-----	-----
Floor Area: 278.04 m ²		

13.3.3. Σύγκριση αποτελεσμάτων

Έχοντας τα δεδομένα της θερμικής ανάλυσης του κτιρίου μελέτης τόσο για το υφιστάμενο δώμα, όσο και για φυτεμένο δώμα με υπόστρωμα φύτευσης 20 cm, μπορούμε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα και να αξιολογήσουμε τη σκοπιμότητα μίας τέτοιας μετατροπής του δώματος. Η ποσοτική σύγκριση των αποτελεσμάτων παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 13: Σύγκριση αποτελεσμάτων υφιστάμενου-φυτεμένου δώματος

	Heating load (kWh)	Cooling load (kWh)	Συνολικά απαιτούμενο (kWh)	Max heating (kW)	Max cooling (kW)
Κτίριο με υφιστάμενο δώμα	5955.21	6862.34	12817.55	12.86	12.45
Κτίριο με φυτεμένο δώμα	5827.34	6851.23	12678.57	12.83	12.44
Διαφορά	127.87	11.11	138.98	0.03	0.01
Μεταβολή	2.21%	0,16%	1,08%	0.23%	0.08%

Παρατηρούμε ότι η μεταβολή στα θερμικά φορτία είναι αμελητέα. Η διαπίστωση αυτή έρχεται σε αντίθεση με τα αναμενόμενα αποτελέσματα που περιμέναμε από την μελέτη της θεωρίας. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι υπάρχει κάποιο σφάλμα στην προσομοίωση του φυτεμένου δώματος μέσω του λογισμικού Ecotect. Η προσομοίωση έγινε θεωρώντας ότι αφαιρούμε τη στρώση διαβαθμισμένων σκύρων από το υφιστάμενο δώμα και στη συνέχεια προσθέτουμε τις στρώσεις της στεγανωτικής-αντιριζικής μεμβράνης, της αποστραγγιστικής μεμβράνης, του γεωυφάσματος και του υποστρώματος φύτευσης. Για τις στρώσεις αυτές εισήχθησαν ως δεδομένα, το πάχος τους, η πυκνότητα τους και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ . Στη συνέχεια υπολογίστηκε από το πρόγραμμα ο συντελεστής θερμοπερατότητας του φυτεμένου δώματος και έπειτα έγινε η θερμική ανάλυση του κτιρίου. Σημαντικό μειονέκτημα αυτής της προσομοίωσης είναι ότι δεν λήφθηκαν υπόψη οι εξής παράγοντες που συνεισφέρουν στη θερμομόνωση του κτιρίου:

- Η σκίαση του χώματος από τα φυτά
- Η εξατμισοδιαπνοή των φυτών που προσφέρει ψυκτικά φορτία

- Το στρώμα ακίνητου αέρα πάνω από το υπόστρωμα φύτευσης

Οι παράγοντες αυτοί, όπως διαπιστώσαμε, συντελούν στην εξαγωγή αναξιόπιστων αποτελεσμάτων από το λογισμικό Ecotect.

Είναι κατά συνέπεια θεμιτό να ελέγξουμε τα αποτελέσματα της θερμικής ανάλυσης με κάποιο άλλο λογισμικό το οποίο θα είναι σχεδιασμένο έτσι, ώστε να λαμβάνει υπόψη την πολυπαραγοντική επίδραση του φυτεμένου δώματος στα κτίρια.

14. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ερευνώντας το θέμα των φυτεμένων δωματίων καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

- Τα φυτεμένα δώματα μπορούν να εξασφαλίσουν πολλά ενεργειακά, περιβαλλοντικά, κοινωνικά και κατασκευαστικά οφέλη, ενώ το κόστος κατασκευής τους δεν είναι απαγορευτικό (4).
- Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στο σχεδιασμό και στην εφαρμογή των κατασκευών αυτών, έτσι ώστε να αποφευχθούν τυχόν αστοχίες (4).
- Πρέπει να δοθεί μεγάλη σημασία στις παραμέτρους που κάνουν κάθε φυτεμένο δώμα ξεχωριστό, όπως η στατική επάρκεια του κτιρίου, τα υλικά κατασκευής του φυτεμένου δώματος, οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στη συγκεκριμένη τοποθεσία, η χρήση και η λειτουργία που πρόκειται να έχει ο κήπος, καθώς επίσης το είδος της φύτευσης και τέλος η συντήρησή της (4).
- Στην Ελλάδα η εφαρμογή τους είναι ακόμα σε πολύ αρχικό στάδιο και έτσι κρίνεται πολύ σημαντική η δημιουργία κινήτρων για τη διάδοσή τους.

Από τη μελέτη για την κατασκευή φυτεμένου δώματος στο Κτίριο Εκδηλώσεων της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών συμπεραίνουμε τα εξής:

- Η έλλειψη στοιχείων σχετικά με την στατικότητα του κτιρίου μας αναγκάζει να προβούμε σε προσεγγιστικές λύσεις. Στην περίπτωση του συγκεκριμένου κτιρίου δόθηκε η προσεγγιστική λύση της στατικής επανεπίλυσης του. Σε μία πραγματική μελέτη ενός πιθανόν πολυπλοκότερου κτιρίου η λύση αυτή είναι ιδιαίτερα επίπονη και όχι απαραίτητως αξιόπιστη.
- Από την στατική επίλυση παρατηρούμε ότι το πρόσθετο φορτίο που μπορεί να φέρει η κατασκευή (σε σχέση με αυτό για το οποίο σχεδιάστηκε) είναι αμελητέο, μόλις $0,10 \text{ kN/m}^2$. Ο λόγος για τον οποίο υπάρχει τελικά η δυνατότητα κατασκευής φυτεμένου δώματος είναι η διαφορά ανάμεσα στο πραγματικό και στο υπολογιστικό φορτίο της θερμομόνωσης. Το βάρος της θερμομόνωσης είθισται να λαμβάνεται στους υπολογισμούς 3 kN/m^2 έναντι των μόλις $0,80 \text{ kN/m}^2$ που είναι στην πραγματικότητα. Καταλήγουμε επομένως στο ενδιαφέρον συμπέρασμα ότι σε υπάρχουσες κατασκευές η

- Στο κτίριο που μελετήσαμε εκμεταλλευτήκαμε πλήρως το βάρος που σύμφωνα με τους υπολογισμούς μπορούσε να έχει ο ταρατσόκηπος. Σε μία πραγματική μελέτη υπάρχουσας κατασκευής, λόγω των αβεβαιοτήτων στα λογιστικά μεγέθη που προκύπτουν θα πρέπει να είμαστε πιο συντηρητικοί στο ζήτημα του βάρους του ταρατσόκηπου, με το οποίο θα φορτίσουμε το δώμα. Στο κτίριο επομένως που μελετήσαμε θα ήτο υπέρ της ασφαλείας το πάχος του υποστρώματος φύτευσης να είναι μικρότερο του μέγιστου πάχους των 20cm.
- Αξίζει επίσης να παρατηρήσουμε ότι άποψη αντισεισμικότητας φροντίζουμε το μεγαλύτερο ποσοστό μάζας να τοποθετείται στη βάση του κτιρίου. Είναι δηλαδή δυσμενής η τοποθέτηση μεγάλης μάζας στην κορυφή του και γι' αυτό κρίνεται σκόπιμο η κατασκευή ταρατσόκηπων μεγάλου βάρους να πραγματοποιείται σε περιπτώσεις που μια τέτοια κατασκευή έχει ληφθεί εξ' αρχής στους υπολογισμούς.
- Από άποψη θερμομόνωσης του κτιρίου διαπιστώσαμε ότι το υπόστρωμα φύτευσης σαν επιπλέον στρώση υλικού στο δώμα έχει σε αυτό θετική επίδραση. Πιθανολογούμε όμως, με βάση τη θεωρία, πως τα αποτελέσματα της θερμομονωτικής δράσης του φυτεμένου δώματος στο κτίριο δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Αυτό συμβαίνει γιατί τόσο το λογισμικό 'Θερμομόνωση', όσο και το λογισμικό Ecotect δεν λαμβάνουν υπόψη όλους τους παράγοντες που συμβάλλουν στη θερμομόνωση του κτιρίου λόγω του φυτεμένου δώματος.

15. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Τα φυτεμένα δώματα αποτελούν για την Ελλάδα μία νέα τάση που βρίσκεται σε πολύ πρώιμο στάδιο, αλλά που κερδίζει ολοένα και περισσότερο έδαφος. Τα πλεονεκτήματα τους είναι κατά βάση φιλοπεριβαλλοντικά, γεγονός αξιοσημείωτο σε μια εποχή που η οικολογική ανάπτυξη υποστηρίζεται, προστατεύεται και εποπτεύεται σε παγκόσμιο επίπεδο. Η κατασκευή τους απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό προκειμένου να αποφευχθούν προβλήματα στατικότητας και στεγάνωσης. Ευελπιστούμε στο κοντινό μέλλον τα φυτεμένα δώματα να γνωρίσουν ευρεία ανάπτυξη στη χώρα μας και να μπορέσουμε να επωμιστούμε τις θετικές τους επιδράσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αραβαντινός Δ., Ευμορφοπούλου Α., Αφιέρωμα με θέμα: « Φυτεμένα Δώματα», Περιοδικό Κτίριο, Ιούνιος 2006, σελ. 87-113.
2. Βραχόπουλος Μ., Άρθρο «Πράσινες Ταράτσες», Ελευθεροτυπία - 14/07/2007
3. Δέτσης Γ., Άρθρο « Φυτέψτε τις ταράτσες σας», Ενημερωτικό Δελτίο ΤΕΕ 2495, 7/7/08
4. Ένωση Διπλωματούχων Ελληνίδων Μηχανικών, Ημερίδα με θέμα : «Εξοικονόμηση ενέργειας κατά το σχεδιασμό των κτιρίων», Παρουσίαση με θέμα: «Η συμβολή των φυτεμένων δωμαίων στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια»
5. Ευμορφοπούλου Αικ. , «Οικολογική δόμηση – βλάστηση, φυτεμένα δώματα». Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Θεσσαλονίκη 2007.
6. Εφημερίδα Ισοτιμία - Τρίτη, 1 Σεπτεμβρίου 2009
7. Μακρόγλου Ε., «Επιλογή φυτών για φυτεμένα δώματα», Τσιαβτάρη Ε. & Χατζή Μ., Τμήμα Θερμοκηπιακών Καλλιέργειών και Ανθοκομίας, Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας.
8. Μιχαλάκη Μ., Αρχιτέκτων, «Τα φυτεμένα δώματα και η συμβολή τους στον αστικό χώρο», Περιοδικό Monumenta , 21/06/07
9. Μ.Κ.Ο. ΔΡΑΣ.Ε. (Δράσεις Εθελοντών) Άρθρο: « Φυτεμένα δώματα- Οροφόκηποι. Ένας έμμεσος τρόπος για την επαναφορά της βλάστησης στο δομημένο περιβάλλον», – www.drase.gr
10. Οξυγόνο, Περιοδική αναπτυξιακή Μελισσίων Νέας Πεντέλης, Τεύχος 4, <http://www.amnep.gr/css/oxygene/>
11. Πράσινη στέγη, «Ολοκληρωμένα Συστήματα Φυτεμένων Δωμαίων», εταιρεία Diadem
12. ΤΕΕ , 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων, Αθήνα, 21-23 Μαΐου, 2008
13. Υπουργείο Ανάπτυξης, πρόγραμμα ‘ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ’ – οδηγός – παραθέματα
14. Karen Liu and Bas Baskaran, Thermal performance of green roofs through field evaluation, National Research Council, Institute for Research in Construction

Ιστοσελίδες στο Διαδίκτυο

15. el.wikipedia.org
16. www.oikologio.gr
17. www.egreen.gr
18. www.econ3.gr
19. άρθρο στο <http://www.ecotec.gr/>
20. www.egreen.gr
21. www.esha.gr
22. <http://www.pzp.gr/> - Πράσινη ζωή στην πόλη
23. www.ktirio.gr
24. <http://www.neasmyrni.net.gr/>
25. Έθνος online - <http://www.ethnos.gr/>
26. <http://www.e-tipos.com/>
27. www.dryasgroup.gr
28. www.greenroofs.gr
29. www.prasines-steges.gr
30. www.nophadrain.nl
31. www.physics4u.gr
32. www.ecocrete.gr
33. www.1dimpallinis.gr/OSK-OMILIA.doc- ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΡΑΣΗΣ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ 2008 –2012

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

34. Εγχειρίδιο χρήσης λογισμικού προγράμματος Fespa της εταιρείας LHΛογισμική
35. Εγχειρίδιο χρήσης λογισμικού προγράμματος ‘Θερμομόνωση’ της εταιρείας LHΛογισμική
36. Κανονισμός Θερμομόνωσης, νομοθετικό διάταγμα ΦΕΚ 362 / 4.7.79
37. Τάσιος Θ. , Σημειώσεις για τις κατασκευές από Ω.Σ., Βιντζηλαίου Ε., Γιαννόπουλος Π., Ε.Μ.Π., Αθήνα 2003

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Περιλαμβάνει τη μελέτη θερμομόνωσης του υφιστάμενου και του φυτεμένου δώματος.

Η μελέτη συντάχθηκε με βάση το ΦΕΚ 362/4.7.79 και περιλαμβάνει:

- Τα στοιχεία του κτιρίου με το υφιστάμενο δώμα
- Τα στοιχεία του κτιρίου με το φυτεμένο δώμα
- Τα δομικά στοιχεία του κτιρίου
- Τους προσανατολισμούς του κτιρίου
- Τη μόνωση του κτιρίου για το υφιστάμενο δώμα
- Τη μόνωση του κτιρίου για το φυτεμένο δώμα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΣΤΑΤΙΚΗ ΕΠΙΛΥΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

Στο παράρτημα αυτό παραθέτουμε ενδεικτικά τμήμα μόνο της στατικής μελέτης το οποίο περιλαμβάνει:

- Περιληπτικά στοιχεία του δομήματος
- Εφαρμογή Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού-Έκδοση 2000
- Επίλυση πλακών 0 ορόφου (ανωδομής)
- Πίνακας σπλισμών δοκών
- Πίνακας σπλισμών υποστυλωμάτων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΣΧΕΔΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

Περιλαμβάνονται:

- Ξυλότυπος οροφής
- Κάτοψη θεμελίωσης