

## Πράσινα δώματα στο 3<sup>ο</sup> Γυμνάσιο Πατρών

---



Στο νέο κτίριο του 3<sup>ο</sup> Γυμνασίου Πατρών η χρήση **ενεργητικών ή παθητικών συστημάτων** εξοικονόμησης ενέργειας (για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης-ψύξης ή ακόμα και ηλεκτρισμού-ρεύματος χωρίς την χρήση συμβατικών συστημάτων) δεν είναι ενδεδειγμένη, καθώς το νέο σχολικό κτίριο δεν έχει κάποια πλευρά στραμμένη στο νότο, γεγονός που είναι απαραίτητη προϋπόθεση για να μπορέσει να γίνει χρήση – εφαρμογή των συστημάτων αυτών.

Η μόνη παθητική τεχνική εξοικονόμησης ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι αυτή των «πράσινων δωματίων» η οποία και προτείνεται να εφαρμοστεί στα δώματα του νέου σχολείου. Τα πράσινα δώματα θα συμβάλλουν θετικά στην ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, δημιουργώντας το κατάλληλο εσωκλίμα που θα παρέχει θερμική άνεση με μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση και θα επηρεάσουν άμεσα, βελτιώνοντας, τις συνθήκες διαβίωσης εντός του κτιρίου και δημιουργώντας ένα κλίμα «ψυχολογικής

άνεσης» αναβαθμίζοντας το επίπεδο ζωής των χρηστών (μαθητών – καθηγητών).

Παρακάτω αναλύονται τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει η κατασκευή των φυτεμένων ή πράσινων δωματίων όπως τα δομικά στοιχεία που καθιστούν ένα κτήριο ικανό να δεχθεί την εφαρμογή πράσινου δώματος, το είδος του πράσινου δώματος που θα χρησιμοποιηθεί και τα διακριτικά χαρακτηριστικά του (τα υλικά του υποστρώματος, οι προδιαγραφές της βλάστησης, η μεθοδολογία άρδευσης, κτλ.).

Τα φυτεμένα δώματα ως παθητική τεχνική εξοικονόμησης ενέργειας εφαρμόζεται εδώ και πολλά χρόνια σε όλο τον κόσμο με προεξέχουσες χώρες εφαρμογής τη Γερμανία, τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και το Ηνωμένο Βασίλειο όπου έχουν συνταχθεί και ειδικά πρότυπα σχεδιασμού.

Τα πιο γνωστά Πρότυπα σχεδιασμού, κατασκευής και συντήρησης πράσινων δωματίων **στα οποία θα πρέπει να υπακούουν οι πιλοτικές εφαρμογές των τεχνικών Πράσινων Δωματίων σε δημόσια κτίρια** είναι τα εξής:

*FLL- Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing. –Green Roofing Guideline-*

*ASTM E2400 - 06 Standard Guide for Selection, Installation, and Maintenance of Plants for Green Roof Systems*

*ASTM E2398 - 05 Standard Test Method for Water Capture and Media Retention of Geocomposite Drain Layers for Green Roof Systems*

*CIBSE Guide L: Sustainability [CIBSE, 2007]*

*The GRO Green roof code – Green roof code of best practice for the UK 2011*  
*Κατευθυντήριες οδηγίες φυτοτεχνικής μελέτης κατασκευής και συντήρησης φυτεμένων δωματίων/ στεγών όπως εκπονήθηκε με την υπ' αριθμ. 2471/16-9-2010 Απόφαση «Συγκρότηση Ομάδας Εργασίας για τη δημιουργία Φυτεμένων Επιφανειών».*

Φυτεμένο ή Πράσινο Δώμα ορίζεται το κομμάτι της επιφάνειας της οροφής κτιρίων, που καλύπτεται με φυτά σύμφωνα με τις οδηγίες που δίνονται από κανονισμούς ή/και την εκάστοτε εθνική νομοθεσία και αποτελείται από την κατάλληλη υποδομή (αντιριζική μεμβράνη, αποστραγγιστικό σύστημα, φίλτρα, υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών), τα φυτά και το σύστημα άρδευσης. Τα φυτεμένα δώματα αναφέρονται και ως πράσινες στέγες, οροφώκηποι και green roofs. Οι τύποι Πράσινων Δωματίων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε δημόσια κτίρια είναι:

1. Ο **εκτατικός τύπος**, ο οποίος οργανώνεται σε πολυεπίπεδη διαστρωμάτωση με ελαφρύ υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών ύψους 10 έως 15εκ. το οποίο μαζί με το φυτικό υλικό δημιουργεί ένα μόνιμο οικοσύστημα, για τη συντήρηση του οποίου απαιτείται ελάχιστη φροντίδα. Το φορτίο κυμαίνεται από 70 ως 140 kg/m<sup>2</sup> κορεσμένο, και το ριζικό σύστημα των φυτών είναι επιφανειακό. Το περιορισμένο βάρος της κατασκευής στο σύνολο

της επιτρέπει την εγκατάστασή της σχεδόν σε οποιαδήποτε οροφή με κλίση έως και 45°. Ιδανικά για αυτό το είδος είναι τα φυτά χαμηλής βλάστησης, όπως φυτικοί τάπητες, αγριολούλουδα και φυτά εδαφοκάλυψης. Ο εκτατικός τύπος είναι ο πιο ενδεδειγμένος για τη βιοκλιματική εφαρμογή σε υφιστάμενα κτήρια. Για την επίτευξη των βέλτιστων αποτελεσμάτων σε επίπεδο ενεργειακής συμπεριφοράς είναι απαραίτητη η φυτοκάλυψη της επιφανείας των στεγών/δωμάτων σε ποσοστό 95%.

2. Ο **ημιεντατικός τύπος**, ο οποίος αποτελείται από σύστημα υποδομής και ελαφρύ υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών ύψους 10 έως 25εκ., με κορεσμένο φορτίο 120-250 kg/m<sup>2</sup>. Είναι ο ενδιάμεσος τύπος εντατικού και εκτατικού τύπου, εφαρμόζεται σε επικλινείς ή επίπεδες οροφές και απαιτεί συντήρηση (άρδευση, λίπανση, κλπ). Η ποικιλία των ειδών που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνει φυσικούς τάπητες, χλοοτάπητες, ποώδη φυτά και μικρούς/μεσαίους θάμνους.

3. Ο **εντατικός τύπος**, ο οποίος συνίσταται στη δημιουργία ενός κήπου, με σύστημα υποδομής και υπόστρωμα ανάπτυξης ύψους 15 έως 150 εκ. και κορεσμένο φορτίο τουλάχιστον 250 kg/m<sup>2</sup>. Η πράσινη στέγη-φυτεμένο δώμα εντατικού τύπου απαιτεί τακτική συντήρηση (άρδευση, λίπανση, κλπ.) και περιλαμβάνει ποικιλία φυτών, μικρών δένδρων και θάμνων. Ο εντατικός τύπος φυτεμένου δώματος μπορεί να υποστηρίξει κατασκευές όπως μονοπάτια, στοιχεία νερού, συστήματα σκίασης κοκ. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εγκατάσταση εντατικού τύπου είναι η εκπόνηση στατικής μελέτης.

**Στα δώματα του 3<sup>ο</sup> Γυμνασίου Πατρών ο τύπος φυτεμένου δώματος που κρίνεται πιο κατάλληλος να εφαρμοστεί είναι ο εκτατικός τύπος καθώς αποτελεί μια εύκολη & χαμηλού κόστους προσέγγιση που πρακτικά δεν χρειάζεται καθόλου ή χρειάζεται ελάχιστη συντήρηση. Επίσης το βάρος που δέχεται το κτίριο από την κατασκευή του τύπου αυτού είναι πολύ μικρό καθώς το φυτεμένο δώμα έχει βάθος υποστρώματος μόνο 15εκ. γιατί φιλοξενεί χλοοτάπητα και φυτά χαμηλής βλάστησης. Τέλος το γεγονός ότι το περπάτημα πρέπει να αποφεύγεται στον τύπο αυτό πράσινου δώματος, για να μην τραυματιστεί το ρηχό, ευαίσθητο-εύθραυστο ριζικό υπόστρωμα των φυτών, δεν αποτελεί πρόβλημα γιατί ο χώρος των δωματίων του σχολείου έτσι και αλλιώς δεν αποτελεί προσβάσιμο χώρο για παιδιά, καθηγητές και κοινό .**

Για να καταστεί κατάλληλο το κτίριο για την εγκατάσταση φυτεμένου δώματος θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη οι εξής παράμετροι:

- Στατική Αντοχή - επάρκεια του στατικού φορέα του κτιρίου και στην επιπρόσθετη αύξηση του φορτίου που προέρχεται από τα κατασκευαστικά στοιχεία του Πράσινου δώματος
- Κλίση του δώματος/ στέγης
- Χρήση – χρησιμότητα

Ο κρίσιμος παράγοντας στην απόφαση της δυνατότητας κατασκευής πράσινου δώματος/στέγης στην οροφή ενός κτιρίου και της επιλογής του

τύπου του πράσινου δώματος που θα κατασκευαστεί είναι η Στατική Αντοχή - Επάρκεια του κτιρίου, όπου το φορτίο του συστήματος υποδομής φυτεμένου δώματος στέγης, η βλάστηση και οποιοδήποτε δομικό στοιχείο δε θα πρέπει να ξεπεράσει το υπολογισμένο φορτίο ή φορτίο επικάλυψης που προβλέπεται από τη στατική μελέτη. Συνεπώς στα νέα κτίρια, όπως το κτίριο του 3<sup>ο</sup> Γυμνασίου, κατά τον υπολογισμό της **στατικής αντοχής** τους, το φορτίο που προκύπτει από την κατασκευή του φυτεμένου δώματος/στέγης υπολογίζεται στα φορτία του κτιρίου. Ο υπολογισμός φορτίων των συστημάτων υποδομής φυτεμένου δώματος/στέγης, (σύστημα υποδομής, υποστρώματα ανάπτυξης) γίνεται σε συνθήκες κορεσμού, όπως καθορίζεται από τα αντίστοιχα διεθνή Πρότυπα. Σημαντικός είναι ο υπολογισμός και των δομικών ή φυσικών στοιχείων που συνδυάζονται με την φύτευση και ενδέχεται να εφαρμοστούν (π.χ. στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί ο εντατικός τύπος, οι διάδρομοι κίνησης, τα δάπεδα, τα συστήματα σκίασης, τα στοιχεία νερού κλπ.) και τα οποία πρέπει να συνεκτιμηθούν.

Από τα δομικά χαρακτηριστικά του κτιρίου που εξετάζονται σε σχέση με τις απαιτήσεις της βλάστησης, είναι και οι ρύσεις του δώματος/στέγης οι οποίες έχουν σχέση με την κλίση απορροής της επιφάνειας του δώματος. Η **κλίση** της οροφής σύμφωνα με τα διεθνή Πρότυπα και τις κατευθυντήριες οδηγίες φυτεμένων δωματίων πρέπει να είναι τουλάχιστον 1.5%, καθώς σε περίπτωση που η κλίση είναι μικρότερη είναι πιθανή η συγκέντρωση υδάτων, που μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή της συνολικής κατασκευής ή/και στην ανάπτυξη ανεπιθύμητων φυτών. Γενικά όσο αυξάνεται η κλίση, αυξάνεται και η απορροή, πρέπει ωστόσο να υπάρχει και πρόβλεψη στήριξης των στρωμάτων για να αποφευχθεί πτώση αν το δώμα έχει έντονη κλίση, ενώ για οροφές με κλίση άνω των 45<sup>ο</sup> δεν πρέπει να γίνεται εγκατάσταση φυτεμένων οροφών. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή της απορροής των υδάτων πρέπει να είναι σύμφωνα με την εθνική και ευρωπαϊκή νομοθεσία και βέβαια η απορροή πρέπει να κατασκευαστεί τόσο για τις περιοχές της οροφής που έχουν φυτευτεί αλλά και για τις περιοχές που δεν είναι φυτεμένες.

Τα **εκτατικού τύπου δώματα/στέγες**, όπως αυτό που θα χρησιμοποιηθεί στο κτίριο του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου, δεν είναι κατάλληλα όπως αναφέρθηκε ήδη για χρήση από τους ανθρώπους και συνεπώς η πρόσβαση σε αυτά περιορίζεται για την συντήρηση ή την επισκευή τους - σύμφωνα με τα διεθνή Πρότυπα χρήση των φυτεμένων δωματίων/πράσινων στεγών από τους χρήστες του κτιρίου γίνεται κυρίως στα ημιεντατικού και εντατικού τύπου φυτεμένα δώματα, τα οποία έχουν την κατάλληλη στατική επάρκεια - παρόλα αυτά θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα στο σύστημα αποστράγγισης για την αποφυγή συγκέντρωσης στάσιμου νερού καθώς και για την αποφυγή της υπεράρδευσης γιατί δημιουργούν συνθήκες ασφυξίας στις ρίζες των φυτών και μπορεί να οδηγήσουν στην αποτυχία της εγκατάστασης βλάστησης στο δώμα. Όταν αυτό δεν είναι εφικτό λαμβάνονται πρόσθετα μέτρα για την προστασία του ριζικού συστήματος και επιλέγονται φυτά που να αντέχουν στις

συνθήκες αυτές. Γενικά στον τύπο αυτό (εκτατικό τύπο), για την απορροή της πλεονάζουσας ποσότητας νερού στα φυτεμένα δώματα οι ρύσεις πρέπει να είναι τουλάχιστον 1.5%.

Κατά την εγκατάσταση του φυτεμένου δώματος στο σχολείο θα εξεταστούν επίσης όλοι οι παράγοντες που έχουν σχέση με τον τρόπο που είναι κατασκευασμένο το δώμα/στέγη και τις συνθήκες περιβάλλοντος στην επιφάνεια του. Αυτές οι συνθήκες έχουν σχέση με την καταλληλότητα όλων των στρώσεων και των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή του δώματος/στέγης και την μέθοδο η οποία θα ακολουθηθεί.

Ιδιαίτερη προσοχή θα δοθεί στις κάθετες απολήξεις της στέγης/δώματος (εξαερισμοί, κλπ) και στις θέσεις των Η/Μ μονάδων οι οποίες θα διαχωριστούν από τις περιοχές φύτευσης και θα είναι προσβάσιμες για τεχνικό έλεγχο και συντήρηση. Ακόμα θα γίνει χρήση συμπληρωματικών υλικών υδροτεχνολογίας όπως σχάρες εισόδου, κανάλια απορροής κτλ, όπου κριθούν αναγκαία, για παράδειγμα σε τεχνικά απαιτητικά σημεία όπως πλησίον απόληξης κλιμακοστασίων, διπλανών δωματίων του φυτεμένου δώματος, εισόδων και ανοιγμάτων, για την καλύτερη απορροή των όμβριων και την ασφαλή και εύρυθμη λειτουργία των φυτεμένων δωματίων.

Στο σημείο αυτό αξίζει πληροφοριακά να αναφερθεί ότι σε υφιστάμενα ή νέα δώματα/στέγες με ρύσεις μικρότερες από 1.5% απαιτείται ιδιαίτερη αντιμετώπιση κατά την εφαρμογή του συστήματος υποδομής φυτεμένων δωματίων/στεγών. Το αποστραγγιστικό σύστημα, πρέπει να πληρεί την απαραίτητη αποστραγγιστική ικανότητα αλλά και το απαιτούμενο ύψος για την απορροή του πλεονάζοντος νερού καθώς η παρουσία στάσιμου νερού πάνω από ασφαλικές μεμβράνες οδηγεί σε σταδιακή αποσύνθεσή τους γιατί περιέχουν οργανικά στοιχεία που φθείρονται από τους μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται στα στάσιμα νερά. Η εφαρμογή συνθετικών μεμβρανών (TPO, PVC, EPDM), ανθεκτικών στους μικροοργανισμούς είναι η ενδεδειγμένη εφαρμογή. Στον εντατικό και τον ημιεντατικό τύπο, για την απορροή της πλεονάζουσας ποσότητας νερού, οι ρύσεις θα πρέπει να είναι πάνω από 1.5%, ενώ η εφαρμογή φυτεμένων δωματίων εντατικού ή ημιεντατικού τύπου είναι δυνατή σε στέγες χωρίς ρύσεις μόνο με την χρήση εξειδικευμένων αποστραγγιστικών στοιχείων που επιτρέπουν την δημιουργία δεξαμενών αποθήκευσης νερού στο σύστημα υποδομής.

Όσο αφορά την **άρδευση** του φυτεμένου δώματος θα πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον μία παροχή νερού/βρύση στην οροφή η οποία θα προστατεύεται κατάλληλα από θερμοκρασίες κάτω του μηδενός και θα παρέχει κατάλληλες συνθήκες παροχής και πίεσης.

Η **προστασία των συντηρητών** του φυτεμένου δώματος/στέγης και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων του δώματος, επιβάλλει την προσθήκη εξειδικευμένων εξαρτημάτων στήριξης ή την τοποθέτηση κιγκλιδωμάτων στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει στηθαίο ή είναι χαμηλότερο του 1m και ενώ το δώμα/στέγη βρίσκεται σε ύψος μεγαλύτερο των 3m από το έδαφος.

Το επόμενο κρίσιμο στοιχείο για την υλοποίηση του φυτεμένου δώματος είναι τα **υλικά** που θα χρησιμοποιηθούν. Γενικότερα τα υλικά που χρειάζονται για την κατασκευή των φυτεμένων δωματίων/στεγών άλλα και ειδικότερα στην συγκεκριμένη περίπτωση του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου είναι:

- Το φυτικό υλικό
- Τα υλικά υποδομής τα οποία αποτελούν την απαραίτητη προϋπόθεση για την εγκατάσταση της βλάστησης
- Τα υλικά του συστήματος άρδευσης, που είναι απαραίτητα για τη διατήρηση της βλάστησης

Σύμφωνα με τα διεθνή Πρότυπα όλα τα υλικά και τα δομικά στοιχεία για την συγκεκριμένη χρήση πρέπει να είναι συμβατά μεταξύ τους. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή και την εγκατάσταση της βλάστησης επιλέγονται με τέτοιο τρόπο που να εξασφαλίζεται αμοιβαία χημική συμβατότητα.

Ο κατασκευαστής κάθε υλικού θα πρέπει να παρέχει στοιχεία σχετικά με τους περιορισμούς της χρήσης του λόγω ασυμβατότητας. Εάν για ένα οποιοδήποτε υλικό διαπιστωθεί ότι η χρήση του είναι ασύμβατη, είτε θα πρέπει να αναθεωρηθεί η επιλογή του υλικού ή θα πρέπει να ληφθούν πρόσθετα μέτρα κατά την εγκατάσταση.

Τόσο οι μεμβράνες στεγανοποίησης, όσο και οι αντιριζικές πρέπει να ελέγχονται για να εξασφαλίζεται ότι είναι ανθεκτικές στην υδρόλυση.

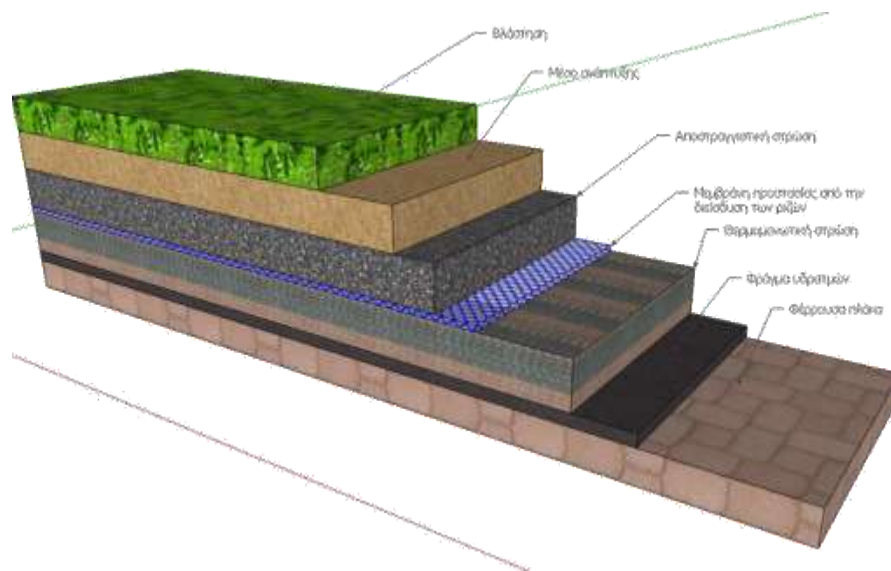
Όλα τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει επίσης να είναι ανθεκτικά σε συνεχή έκθεση στο νερό, στη βιολογική δράση των μικροοργανισμών, υδατοδιαλυτών ουσιών κλπ.

Τα υλικά θα πρέπει να φέρουν τις αντίστοιχες πιστοποιήσεις από διεθνείς οργανισμούς πιστοποίησης για την χρήση και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.(FLL Root Proof Test, FLL Guidelines, DIN, CE)

Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν δεν πρέπει να δημιουργούν ατμοσφαιρική ρύπανση που οφείλεται σε διεργασίες όπως απόπλυση ή η απελευθέρωση αερίων ουσιών.

Τέλος όλα τα υλικά δεν πρέπει να περιέχουν συστατικά τα οποία είναι επιβλαβή για τα φυτά.

Παρακάτω απεικονίζεται η τυπική τομή υποδομής φυτεμένου δώματος/στέγης ( Εικόνα 1) για όλους τους τύπους φυτεμένου δώματος – εκτατικού – ημιεντατικού – εντατικού τύπου, τόσο για τυπική κατασκευή οροφή όσο και για κατασκευή τεχνικής ανεστραμμένο δώματος.



**Εικόνα 1. Τυπική διαστρωμάτωση μιας φυτεμένης οροφής**

Οι στρώσεις είναι :

1. Διαχωριστική μεμβράνη
2. Μεμβράνη αντιριζικής προστασίας
3. Υπόστρωμα προστασίας και συγκράτησης υγρασίας
4. Αποστραγγιστική αποθηκευτική στρώση
5. Διηθητικό φύλλο συγκράτησης υποστρώματος ανάπτυξης
6. Υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών
7. Βλάστηση

**1. Η διαχωριστική μεμβράνη** τοποθετείται σε περίπτωση μη χημικής συμβατότητας των υλικών στεγανοποίησης και του φυτεμένου δώματος.

**2. Η αντιριζική μεμβράνη** παρέχει κατάλληλη και διαρκή προστασία από την διείσδυση των ριζών στην στρώση στεγανοποίησης. Η αντιριζική μεμβράνη θα πρέπει να είναι κατασκευασμένη από υλικά με πυκνή δομή τα οποία εμποδίζουν τη διείσδυση των ριζών. Η ανάγκη τοποθέτησής της εξαρτάται από το είδος της μεμβράνης στεγανοποίησης. Οι συνθετικές οπλισμένες μεμβράνες στεγανοποίησης συνήθως δεν απαιτούν την ύπαρξη αντιριζικής Προστασίας. Αντίθετα, η στεγανοποίηση με ασφαλική μεμβράνη απαιτεί τη διάστρωση πρόσθετης αντιριζικής μεμβράνης. Η προστασία της στεγανοποιητικής στρώσης (υδρομόνωσης) είναι απαραίτητη σε όλους τους τύπους και εξασφαλίζεται με την εφαρμογή ειδικού γεωυφάσματος πριν την αντιριζική μεμβράνη. Η αντιριζική μεμβράνη θα πρέπει να είναι κατασκευασμένη από ηλεκτρονικά ελεγμένο πολυαιθυλένιο (PE), πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) ή εύκαμπτη πολυολεφίνη FPO ή καουτσούκ EPDM και να είναι πιστοποιημένη από FLL Root Proof Test. Επιπλέον οι υγρές μεμβράνες με αντιριζική πιστοποίηση (FLL, κλπ) εξασφαλίζουν ορθότερη εφαρμογή σε μικρά δώματα, ζαρντινιέρες και σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν πολλές κάθετες απολήξεις. Η εφαρμογή τους επιτυγχάνει ενιαία στρώση χωρίς την δημιουργία ενώσεων ή ραφών.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση του νέου κτιρίου του σχολείου για την πλήρη προστασία της επιφάνειας του φυτεμένου δώματος/στέγης ΕΚΤΑΚΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ

που θα χρησιμοποιηθεί στο κτίριο του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου, από διάτρηση του ριζικού συστήματος των φυτών, καθώς τα αναπτυσσόμενα φυτά έχουν επιφανειακό ριζικό σύστημα, είναι απαραίτητη η διάστρωση ισοπαχούς μεμβράνης ανακυκλωμένου πολυαιθυλενίου PE σε όλη την επιφάνεια της στέγης/δώματος. Η αντιριζική μεμβράνη θα πρέπει να καλύπτει τις επιφάνειες όπου αναπτύσσεται η βλάστηση. Η μεμβράνη πολυαιθυλενίου διαστρώνεται ελεύθερα πάνω από την στεγανοποιητική στρώση με επικάλυψη των άκρων τουλάχιστον κατά 1.5m. Η εφαρμογή γίνεται με τρόπο ώστε η αντιριζική μεμβράνη να ακολουθεί τις ρύσεις της στέγης/δώματος και το πλεονάζον νερό να μην περνά στο κατώτερο επίπεδο από τα σημεία επικάλυψης.

Στα στηθαία, η μεμβράνη εφαρμόζεται σε ύψος μεγαλύτερο κατά 5-10cm. από την ανώτερη στάθμη του υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών και στερεώνεται μηχανικά με ειδικό τεμάχιο αλουμινίου. Οι αντιριζικές μεμβράνες πολυαιθυλενίου καλύπτουν εφαρμογές όταν η υπέργεια ανάπτυξη των φυτών δεν ξεπερνά τα 20-30cm. Εφαρμόζονται πάνω από στεγανοποιητικές στρώσεις που δε διαθέτουν αντιριζική προστασία όπως οι ασφαλικές μεμβράνες. Απαραίτητη προϋπόθεση για εφαρμογή μεμβράνης PE ως αντιριζικής είναι η πιστοποίηση βάσει διεθνών προτύπων.

Στο σημείο αυτό αξίζει πληροφοριακά να αναφερθεί ότι για την πλήρη προστασία της επιφάνειας του δώματος/στέγης ημιεντατικού - εντατικού τύπου από διάτρηση του ριζικού συστήματος των φυτών στις περιπτώσεις όπου τα αναπτυσσόμενα φυτά έχουν ισχυρό ριζικό σύστημα, είναι απαραίτητη η διάστρωση οπλισμένης συνθετικής μεμβράνης από εύκαμπτη πολυολεφίνη FPO ή πολυβινυλοχλωρίδιο PVC ή καουτσούκ EPDM σε όλη την επιφάνεια της στέγης/δώματος. Η αντιριζική μεμβράνη καλύπτει τις επιφάνειες όπου αναπτύσσεται η βλάστηση αλλά και επιφάνειες σκληρών δαπέδων από ξύλο, πέτρα πλάκες ή άλλα βιομηχανικά υλικά. Η μεμβράνη διαστρώνεται και συγκολλείται με αλληλοεπικάλυψη των φύλλων κατά τουλάχιστον 10cm με θερμό αέρα. Ακολουθεί έλεγχος των ραφών συγκόλλησης και εφαρμόζεται πίεση με ειδικό ρολό. Στα στηθαία η μεμβράνη εφαρμόζεται σε ύψος μεγαλύτερο κατά 5-10cm από την ανώτερη στάθμη του υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών και στερεώνεται μηχανικά με ειδικό τεμάχιο αλουμινίου. Ακολουθεί σφράγιση του ειδικού μεταλλικού τεμαχίου με πολυουρεθανική μαστίχη. Οι αντιριζικές μεμβράνες FPO, PVC, EPDM καλύπτουν εφαρμογές σε φυτεμένα δώματα ημιεντατικού και εντατικού τύπου όπου αναπτύσσονται μεγάλοι θάμνοι και δένδρα. Εφαρμόζονται πάνω από στεγανοποιητικές στρώσεις που δεν διαθέτουν αντιριζική προστασία ή σαν στρώσεις στεγανοποίησης και αντιριζικής προστασίας. Απαραίτητη προϋπόθεση για εφαρμογή συνθετικών μεμβρανών ως αντιριζικών είναι η πιστοποίηση βάσει διεθνών προτύπων.

**3. Το υπόστρωμα συγκράτησης υγρασίας και προστασίας της μόνωσης** θα πρέπει να είναι κατασκευασμένο από υλικά που καθορίζονται στα διεθνή πρότυπα. Συνήθη υλικά κατασκευής είναι οι πολυεστερικές συνθετικές και



ανακυκλωμένες ίνες. Το υπόστρωμα θα πρέπει να έχει πάχος από 3 ως 15 mm, και να συγκρατεί νερό από  $3 \text{ l/m}^2$  ως  $10 \text{ l/m}^2$  ώστε να προσφέρει επιπλέον προστασία στην υποκείμενη αντιριζική μεμβράνη καθώς και στα συστήματα στεγανοποίησης από πλήγματα.

Το υπόστρωμα προστασίας και συγκράτησης υγρασίας πρέπει να εφαρμόζεται ελεύθερα πάνω από την αντιριζική μεμβράνη με επικάλυψη των άκρων κατά 10-15cm. Στα στηθαία το υπόστρωμα εφαρμόζεται σε ύψος μεγαλύτερο από την ανώτερη στάθμη του υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών και συγκολλάται με ειδική κόλλα.

Σε περίπτωση εφαρμογής ανεστραμμένου τύπου φυτεμένου δώματος όπου τον ρόλο της προστατευτικής στρώσης για την στεγανοποίηση επιτελεί η θερμομόνωση, πάνω από την θερμομόνωση εφαρμόζεται εξειδικευμένο υδροφοβικό διηθητικό φύλλο που επιτρέπει την εξάτμιση του εγκλωβισμένου νερού από το επίπεδο της.

**4. Το αποστραγγιστικό σύστημα** μπορεί να είναι κατασκευασμένο από υψηλής πυκνότητας ανακυκλωμένο πολυαιθυλένιο (HDPE) ή ενισχυμένο πλαστικό (ABS) ή υδροφοβική διογκωμένη πολυστερίνη (EPS-SE) ή ανακυκλωμένο πολυστερένιο (Recycled PS) με αμφίπλευρες εγκοπώσεις και κενούς χώρους στους οποίους συσσωρεύεται και αποθηκεύεται το νερό. Η περίσσεια ύδατος οδηγείται στις υδρορροές ή συγκεντρώνεται σε ειδική δεξαμενή για επανάχρηση. Το αποστραγγιστικό σύστημα πρέπει να λειτουργεί σαν αποθήκη νερού και να επιτρέπει την ενιαία αποστράγγιση, τον αερισμό του υποστρώματος ανάπτυξης φυτών και να αποτελεί ισχυρή προστατευτική στρώση για τις υποκείμενες μεμβράνες. Όταν το δώμα είναι προσπελάσιμο το αποστραγγιστικό σύστημα θα πρέπει να έχει υψηλή μηχανική αντοχή. Ανάλογα με τον τύπο του φυτεμένου δώματος μεταβάλλεται το πάχος του αποστραγγιστικού δικτύου σύμφωνα με τις αντίστοιχες μελέτες. Η επιλογή του αποστραγγιστικού συστήματος θα πρέπει να βασίζεται στα διεθνή Πρότυπα και να τεκμηριώνεται η συμβατότητα της επιλογής του τόσο με τον τύπο της βλάστησης και του υποστρώματος όπως και με τις κλιματικές συνθήκες, τις συνθήκες έλλειψης νερού και τις απαιτήσεις ικανότητας αποστράγγισης, όγκου πλήρωσης και αποθήκευσης νερού. Επιπλέον η επιλογή του αποστραγγιστικού συστήματος θα πρέπει να είναι συμβατή με τη στατική επάρκεια του κτηρίου. Θα πρέπει επίσης να αναφέρονται στη μελέτη τα εξής (υπολογισμένα σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα):

Ικανότητα αποστράγγισης νερού (τυπικές τιμές: 0,5- 8,1 l/m<sup>2</sup>xs)

Όγκος Πλήρωσης (τυπικές τιμές: 10- 30 l/m<sup>2</sup>)

Ικανότητα αποθήκευσης Νερού (τυπικές τιμές >3 l/m<sup>2</sup>)

**5. Το διηθητικό φύλλο** θα πρέπει να είναι κατασκευασμένο από υλικό υψηλής αντοχής (π.χ. θερμικά ενισχυμένο πολυπροπυλένιο υψηλής αντοχής) και να είναι σχεδιασμένο ώστε να αποτρέπει τη μεταφορά τεμαχίων από το

υπόστρωμα στο αποστραγγιστικό σύστημα που θα μπορούσαν να προκαλέσουν το φράξιμό του και να εμποδίσουν τη ροή του νερού.

Θα πρέπει να τεκμηριώνεται από τον κατασκευαστή η καταλληλότητά του για χρήση σε φυτεμένα δώματα και να είναι ανθεκτικό σε λιπάσματα, οξέα, αλκάλια και οργανικές ενώσεις π.χ. φυτοφάρμακα, εκκρίσεις ριζών κλπ. Επίσης να είναι βιολογικά και χημικά ουδέτερο. Η κατηγορία αντοχής του σύμφωνα με διεθνή ή εθνικά πρότυπα.

**6. Το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών** πρέπει να δίνει τη δυνατότητα στα φυτά να αναπτύξουν ένα πυκνό ριζικό σύστημα και να ικανοποιεί τις φυσικές, χημικές και βιολογικές ανάγκες των φυτών. Απαιτείται να έχει συγκεκριμένο πορώδες ΡΗ και κοκκομετρία, ανάλογα με το φυτικό υλικό και τον τύπο φυτεμένου δώματος που θα επιλεγεί. Πρέπει να είναι σταθερό, να απορροφά και να συγκρατεί νερό για την ανάπτυξη των φυτών και να επιτρέπει μόνο στην περίσσεια νερού να οδηγείται στο αποστραγγιστικό σύστημα. Πρέπει να επιτρέπει τον αερισμό του ριζικού συστήματος των φυτών ακόμα και όταν είναι κορεσμένο με νερό. Πρέπει, σε βάθος χρόνου, να μη συμπιέζεται.

Κατά την εφαρμογή των διαφορετικών συστημάτων υποδομής φυτεμένων δωματίων/στεγών δεν πρέπει να χρησιμοποιείται κηπαίο χώμα. Το κηπαίο χώμα είναι ανομοιογενές και λόγω της μεγάλης του πυκνότητας επιβαρύνει τον φορέα με μεγάλα φορτία.

Από την πληθώρα των χαρακτηριστικών που πρέπει να έχει το υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών, αναφέρουμε παρακάτω την κοκκομετρία του υποστρώματος, την σταθερότητα της κατασκευής, το ρΗ του εδάφους και την αλατότητα σύμφωνα με το FLL 2008.

Κοκκομετρία Δεν επιτρέπεται περισσότερο από 10% του υλικού να έχει διάμετρο μικρότερη από 0.063 mm. Η διάμετρος των κόκκων του εδαφικού υλικού πρέπει να διαφέρει ανάλογα με το βάθος της κατασκευής και πρέπει:

Για βάθος 4 – 10 cm να είναι μεταξύ 2/8 mm και 2/12 mm, για βάθος > 10 – 20 mm να είναι μεταξύ 4/8 mm και 8/16 mm, για βάθος 4/8 mm και 16/32 mm.

ΡΗ υποστρώματος ανάπτυξης φυτών πρέπει να είναι μεταξύ 6.0 και 8.5. Σε περίπτωση που τα φυτά απαιτούν συγκεκριμένο ρΗ αυτό πρέπει να αναφέρεται.

Αλατότητα για να διατηρηθεί η ανάπτυξη των φυτών πρέπει οι τιμές τις αλατότητας του νερού να μην ξεπερνά: Για τις εντατικές κατασκευές τα 2.5 g/l και για τις εκτατικές κατασκευές, όπως στη δική μας περίπτωση, τα 3.5 g/l. Δεδομένης της επιβάρυνσης που προκαλούν τα άλατα στο περιβάλλον, οι τιμές τους πρέπει να διατηρούνται στα ελάχιστα δυνατά επίπεδα.

Περιεκτικότητα σε οργανική ουσία Για τις εντατικές κατασκευές ≤90 g/l Για τις εκτατικές κατασκευές, όπως στη δική μας περίπτωση, ≤ 65 g/l

Σε κάθε περίπτωση το εδαφικό υπόστρωμα θα πρέπει να είναι συμβατό με τη βλάστηση που θα επιλεγεί και να συμμορφώνεται με τα εθνικά ή διεθνή πρότυπα που προαναφέρθηκαν.

**7. Τα κύρια κριτήρια για την επιλογή των φυτικών ειδών - βλάστηση,** που συνθέτουν τη φύτευση του δώματος, είναι οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, το πάχος και το είδος του υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών ανάλογα με τον τύπο του φυτεμένου δώματος που θα κατασκευαστεί, η δυνατότητα των φυτών για προσαρμογή και ανάπτυξη στο συγκεκριμένο περιβάλλον που δημιουργείται, το επιδιωκόμενο αισθητικό αποτέλεσμα και τον τύπο του φυτεμένου δώματος, η αντοχή των φυτικών ειδών στις υψηλές θερμοκρασίες και στην ένταση του ανέμου και η δυνατότητα αυτών για προσαρμογή. Για το σκοπό αυτό στις πιλοτικές εφαρμογές Πράσινων Δωματίων σε Δημόσια Κτήρια θα πρέπει να επιλεγούν ενδημικά είδη και είδη από την ευρύτερη μεσογειακή χλωρίδα, που προσαρμόζονται γρήγορα στις τοπικές κλιματικές συνθήκες, συνδυάζονται με το αστικό περιβάλλον και τις ιδιαίτερες συνθήκες που αναπτύσσονται σε αυτό, όπως οι υψηλές θερμοκρασίες και η ατμοσφαιρική ρύπανση. Ειδικότερα στον εκτατικό τύπο φυτεμένου δώματος/στέγης που θα χρησιμοποιηθεί στο κτίριο του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου, θα πρέπει να επιλεγούν **ενδημικά φυτά** χαμηλής ανάπτυξης, όπως φυτικοί τάπητες, χλοοτάπητες, αγριολούλουδα και φυτά εδαφοκάλυψης με επιφανειακό ριζικό σύστημα που αναβλαστάνουν εύκολα. Ενδεικτικά αναφέρονται: Sedum, Ποώδη φυτά, Αγρωστώδη και ποώδη φυτά, ύψος ανάπτυξης της βλάστησης: 100-150 mm.

Στο σημείο αυτό αξίζει πληροφοριακά να αναφερθεί ότι στον ημιεντατικό τύπο φυτεμένου δώματος καθώς αυξάνεται το ύψος της συνολικής διαστρωμάτωσης του συστήματος υποδομής, αυξάνεται και η παλέτα των ενδημικών φυτών προς εγκατάσταση. Τυπικές μορφές βλάστησης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον ημιεντατικό τύπο είναι: Γρασίδια - πολυετή ποώδη φυτά Τοπική ποώδης - θαμνώδης βλάστηση Θαμνώδης βλάστηση, ύψος ανάπτυξης της βλάστησης ως 250 mm. Ενώ στον τρίτο τύπο φυτεμένου δώματος, εντατικό τύπο, ο μελετητής έχει δυνατότητα επιλογής μεγαλύτερης ποικιλίας φυτικού υλικού και συνθετικών προτάσεων ενδημικής προέλευσης. ύψος ανάπτυξης της βλάστησης από 100 mm χωρίς άνω όριο.

Τέλος όσο αφορά τους **σπόρους** που χρησιμοποιούνται σε όλους τους τύπους φυτεμένου δώματος πρέπει να είναι προσφάτου παραγωγής, καθαροί, ώριμοι, απολυμασμένοι και απεντομωμένοι και να έχουν βλαστικότητα πάνω από 85% και στυλπνή επιφάνεια. Το μίγμα σπόρων πρέπει να είναι πιστοποιημένο και να έχει μεταφερθεί στον τόπο του έργου σε σφραγισμένους σάκους όπου θα πρέπει να αναγράφονται:

- α. Τα είδη των σπόρων και η επί τοις εκατό αναλογία τους.
- β. Ο βαθμός καθαρότητας (πρέπει να είναι πάνω από 98%)
- γ. Ο βαθμός βλαστικότητας (πρέπει να είναι πάνω από 85%)
- δ. Ο χρόνος παραγωγής.
- ε. Η επωνυμία του οίκου παραγωγής.

Οι **τάπητες βλάστησης** που μπορούν να επιλεγούν είναι τάπητας βλάστησης χωρίς ενίσχυση δομής, τάπητας βλάστησης ενισχυμένος με οργανικές ίνες, άπητας βλάστησης ενισχυμένος με τρισδιάστατο πλέγμα.

Παρακάτω αναφέρονται οι προδιαγραφές που έχουν να κάνουν με την ποιότητα, του προπαρασκευασμένου χλοοτάπητα που μπορεί να επιλεγεί:

- Γνωστοποίηση ταυτότητας σπόρου ποικιλιών ή μιγμάτων καθώς και η σύνθεση τους, που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του τάπητα
- Ηλικία όχι μεγαλύτερη των 10 μηνών
- Το πάχος της λωρίδας πρέπει να είναι 16 mm χωρίς να συμπεριλαμβάνεται το φύλλωμα και το πάχος του thatch.
- Το μέγεθος της λωρίδας να είναι κατόπιν συμφωνίας και σύμφωνα με τη μελέτη.
- Η αντοχή της λωρίδας πρέπει να είναι μεγάλη έτσι ώστε όταν την κρατάμε από το ένα άκρο να μην σπάει ή να σχίζεται.
- Άριστη φυτο-υγιεινή κατάσταση του χλοοτάπητα χωρίς μυκητολογικές και εντομολογικές προσβολές.
- Πλήρης απουσία ζιζανίων.
- Άριστη πυκνότητα χλοοτάπητα έτσι ώστε όταν κουρεύεται σε ύψος 4 cm να μην φαίνεται καθόλου το χώμα.

Η επιλογή δημιουργίας πράσινου-φυτεμένου δώματος στα δώματα του κτιρίου του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου είναι βέβαιο πως θα προσφέρει πολλά οφέλη στο κτίριο, τους χρήστες του, την ευρύτερη περιοχή – γειτονιά και στο περιβάλλον της πόλης.

Τα φυτεμένα δώματα προσφέρουν στο κτίριο εξαιρετική θερμομόνωση, υγραμόνωση, ηχομόνωση, χαμηλότερο ενεργειακό κόστος, βελτίωση της αισθητικής, αλλά και πυροπροστασία καθώς εμποδίζουν την εξάπλωση της φωτιάς.

Έχουν ευεργετικές ιδιότητες για τους χρήστες και την υγεία των ανθρώπων που εργάζονται ή διαμένουν στο κτίριο και βελτιώνουν την ποιότητα του εισπνεόμενου αέρα.

Οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον είναι επίσης ευεργετικές καθώς αποτελούν ένα μέσο εναρμόνισης του κτιρίου με το περιβάλλον με σπουδαίες οικονομικές & περιβαλλοντικές επιπτώσεις στα αστικά κέντρα καθώς λειτουργούν ως πνεύμονες πρασίνου μέσα στο αστικό ιστό.

Τα πράσινα δώματα αποτελούν ένα σταθερό οικοσύστημα που καθιστά τα αστικά κέντρα βιώσιμα και κυρίως πιο ανθρώπινα.