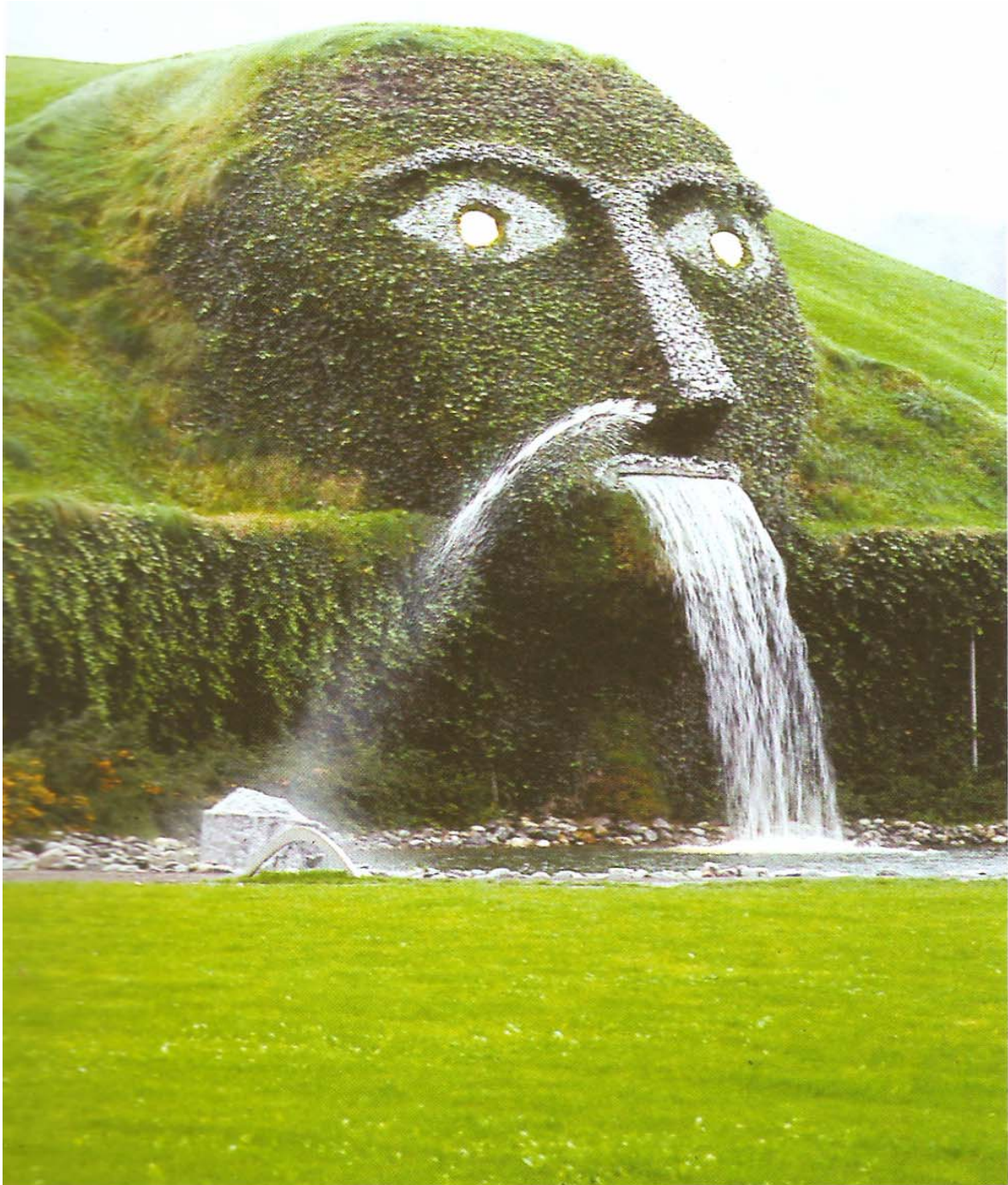


Τ.Ε.Ι. Σερρών Τμήμα Μηχανολογίας

Αξιολόγηση εγκατάστασης φυτεμένου δώματος σε διώροφη μονοκατοικία κτιρίου στην πόλη των Σερρών



Ονοματεπώνυμο σπουδαστή: Σμαραγδά Παναγιώτα  
Επιβλέπων καθηγητής: Εμμανουηλίδης Κ.  
Σέρρες 2010

## 1 Ιστορικά Παραδείγματα

Οι πράσινες στέγες είναι εδώ και αιώνες, γνωστές τόσο στα ψυχρά κλίματα της Ισλανδίας, της Σκανδιναβίας, των ΗΠΑ και του Καναδά. Όσο και στο θερμό κλίμα της Τανζανίας. Σε ψυχρές κλιματικές ζώνες «θερμαίνουν», διότι αποθηκεύουν την θερμότητα των εσωτερικών χώρων.

Στα θερμά κλίματα «δροσίζουν», διότι κρατούν την εξωτερική θερμότητα έξω από τους εσωτερικούς χώρους. Η βλάστηση, σε συνδυασμό με το υπόστρωμα του χώματος προκαλεί μία εξισορρόπηση των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων στους κατοικημένους χώρους που βρίσκονται από κάτω, διότι με φυσικό τρόπο, είτε αποθηκεύει την θερμότητα, είτε την απομονώνει.

Πόσο αποτελεσματική μπορεί να είναι η ικανότητα θερμοσυσσώρευσης και θερμομόνωσης μιας στέγης επικαλυμμένης με φυτοτάπητα φαίνεται στο παραδοσιακό σπίτι της Ισλανδίας που καλύπτεται από τάπητες τύρφης και χλοοτάπητα..

Κατοικείται και το χειμώνα χωρίς τεχνητή θέρμανση και μόνον η θερμότητα που παράγεται από τους ενοίκους ρυθμίζει επαρκώς την θερμοκρασία του χώρου. Η στέγη αποτελείται από 2 η 3 στρώσεις τάπητα τύρφης απλωμένες πάνω σε κλαδιά και κλαράκια και επικαλυμμένες με παχύ χλοοτάπητα. Παρ' όλο που η κατασκευή της στέγης δεν είναι από τη φύση της στεγανή, σε ικανοποιητική κλίση δεν την διαπερνούν, κατά κανόνα, η βροχή και το λιωμένο χιόνι, γιατί η τύρφη όταν είναι εντελώς στεγνή δεν απορροφά νερό.



Εικ.1:παραδοσιακά σπίτια, Ισλανδία

## Φύτευση στεγών

### Λειτουργία και επιδράσεις

#### 1 Οι πράσινες στέγες από οικολογική και οικονομική άποψη

Μπορεί να υποθέσει κανείς ότι στο εσωτερικό ενός μεγάλου αστικού κέντρου το 1/3 της επιφάνειας καλύπτεται από κτήρια, το 1/3 χάνεται λόγω των δρόμων και των πλατειών και ότι μόνο το υπόλοιπο 1/3 αποτελείται από φυτεμένες διαθέσιμες επιφάνειες. Αν λοιπόν, μια στις πέντε ή μια στις δέκα στέγες φυτεύονταν, θα διπλασιαζόταν η επιφάνεια του φυλλώματος στην πόλη.

Εκτός από την βελτίωση του αστικού κλίματος, οι φυτεμένες στέγες εξασφαλίζουν για τα κτήρια πρόσθετη θερμομόνωση, θερμοσυσσώρευση και ηχοπροστασία. Εκτός αυτού, είναι - αν το δει κανείς μακροπρόθεσμα - οικονομικότερες από τις συμβατικές επικαλύψεις στεγών.

Οι φυτεμένες στέγες συμβάλλουν λοιπόν ουσιαστικά στην οικολογική - οικονομική δόμηση. Όπως περιγράφεται στην συνέχεια, συμβάλλουν :

- Στην αύξηση των πράσινων ελεύθερων επιφανειών και των φυσικών επιφανειών που χάνονται λόγω δόμησης.
- Στην παραγωγή οξυγόνου και στη δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα.
- Στο φιλτράρισμα της σκόνης των ρύπων του αέρα και στην απορρόφηση βλαβερών ουσιών.
- Στο δροσισμό των στεγών και κατά συνέπεια, στη μείωση του στροβιλισμού της σκόνης.
- Στην άμβλυση των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων κατά την διάρκεια του κύκλου μέρας - νύχτας.
- Στην μείωση των διακυμάνσεων της υγρασίας του αέρα.

#### Εκτός αυτού

- Έχουν απεριόριστο χρόνο ζωής, υπό την προϋπόθεση να έχουν κατασκευαστεί σωστά.
- Λειτουργούν θερμομονωτικά
- Προστατεύουν τον τελευταίο όροφο το καλοκαίρι από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία.
- Ελαττώνουν τον ήχο
- Θεωρούνται άκαυστες
- Επιβραδύνουν την ροή του νερού της βροχής και έτσι αποσυμφορίζουν το αποχετευτικό σύστημα.

Και βέβαια

- Τα αγριοβότανα της πράσινης στέγης παράγουν αρωματικές μυρωδιές.
- Οι φυτεμένες στέγες προσφέρουν ζωτικό χώρο για τα έντομα και τα σκαθάρια.
- Μια φυτεμένη στέγη είναι αισθητικά ευχάριστη και επιδρά θετικά και καταπραϋντικά στην ανθρώπινη διάθεση.

## **2 Ανάκτηση χαμένων φυσικών επιφανειών**

Με την ακραία αύξηση των καλυμμένων από τη δόμηση επιφανειών προκαλούνται, σε διάφορες περιοχές, αρνητικές επιδράσεις σε τομείς όπως η επάρκεια νερού στα νοικοκυριά, η ποιότητα του αέρα και το μικροκλίμα. Το κακό κλίμα στις μεγαλουπόλεις μας είναι δυνατό να βελτιωθεί ουσιαστικά. Με τον πολλαπλασιασμό των πράσινων επιφανειών, ιδιαίτερα με την φύτευση των κτηρίων και τη μείωση των καλυμμένων από τη δόμηση επιφανειών.

Η φύτευση των στεγών μειώνει την απώλεια των ελεύθερων φυσικών επιφανειών.

Συμβάλλει στην εξοικονόμηση γης και εδάφους, σύμφωνα με τη διάταξη για την προστασία του εδάφους, Νομοθεσία για τη δόμηση, παρ.1(μυρβ 1981). Η εκτατική φύτευση με βλάστηση χόρτου/ βοτάνων ύψους 10-20 εκ. πάνω σε υπόστρωμα χώματος πάχους περίπου 15 εκ. προσφέρει 5 έως 10 φορές μεγαλύτερη επιφάνεια φυλλώματος από μια αντίστοιχη έκταση δημόσιου πάρκου.

Σύμφωνα με την παρ. 8 του Ομοσπονδιακού Νόμου για την προστασία της φύσης, οι φυτεύσεις των στεγών μπορούν να θεωρηθούν ως μέτρο εξισορρόπησης και αναπλήρωσης της οικοδομησης και αναπλήρωσης της οικοδομικής δραστηριότητας. Αυτό σημαίνει ότι οι φυτεύσεις των στεγών μπορούν να εξισορροπήσουν, έστω και εν μέρει, την κάλυψη φυσικού εδάφους που προκαλείται από την δόμηση.

## **3 Παραγωγή οξυγόνου, απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα.**

Η βλάστηση των φυτεμένων στεγών δεσμεύει από τον αέρα διοξείδιο του άνθρακα και παράγει οξυγόνο, όπως συμβαίνει με όλα τα φυτά.

Όσο λοιπόν αυξάνεται το πράσινο του φυλλώματος πάνω στη στέγη, παράγεται και οξυγόνο και καταναλώνεται διοξείδιο του άνθρακα. Εφ' όσον η ανάπτυξη και ξήρανση μέρους των φυτών παραμένει σε ισορροπία, διατηρείται το πλεονέκτημα της απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα από τον αέρα και της αποθήκευσης του στα φυτά.

#### 4 Καθαρισμός του αέρα

Τα φυτά μπορούν να φιλτράρουν σκόνη και σωματίδια ρύπων από τον αέρα. Τα σωματίδια προσκολλώνται στην επιφάνεια των φύλλων και στη συνέχεια, με την βροχή κυλούν στο έδαφος. Παράλληλα, τα φυτά μπορούν να απορροφήσουν και ρυπογόνες ουσίες σε αέρια μορφή καθώς και αεροζόλ.

Έρευνες έδειξαν ότι σε αστικές περιοχές υψηλής ρύπανσης δεσμεύονται από τα φυλλώματα ακόμη και βαρέα μέταλλα.

#### 5 Μείωση του στροβιλισμού της σκόνης

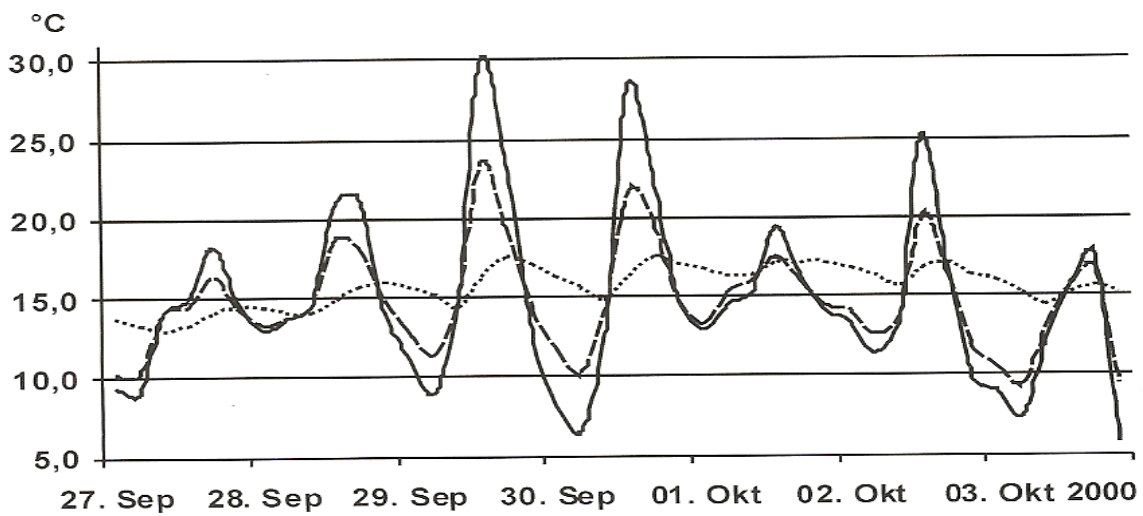
Οι φυτεμένες στέγες μειώνουν σημαντικά τη θέρμανση της επιφάνειας των στεγών. Ένα δώμα θερμομονωμένο, καλυμμένο με χαλίκι, που δεν προστατεύεται από φυτά φτάνει, στην κεντρική Ευρώπη μια καλοκαιρινή μέρα με θερμοκρασία αέρα 25° C, περίπου - σε ακραίες μάλιστα περιπτώσεις έως και των 80° C. Έτσι, δημιουργείται πάνω από τις στέγες μια κατακόρυφη κίνηση του αέρα (άνωση) που μπορεί να έχει, σε μια επιφάνεια στέγης 100τ.μ ταχύτητα 0,5mg/ sec. Αυτή η κίνηση προκαλεί την απελευθέρωση, εκ νέου, στον αέρα των σωματιδίων της σκόνης και των ρύπων που έχουν επικαθήσει στο έδαφος, από τους δρόμους, τις πλατείες και τις αυλές, και επίσης προκαλεί τη δημιουργία θόλων υδρατμών και ρύπων πάνω από τις κατοικημένες περιοχές. Με την φύτευση των στεγών, αυτή η κίνηση του αέρα μειώνεται, διότι πάνω από τις επιφάνειες του χόρτου δεν δημιουργείται άνωση, καθώς η θερμοκρασία του φυτικού στρώματος, κατά την διάρκεια της ηλιοφάνειας, παραμένει κατά κανόνα χαμηλότερη από αυτήν του αέρα.

#### 6 Ρύθμιση της Θερμοκρασίας

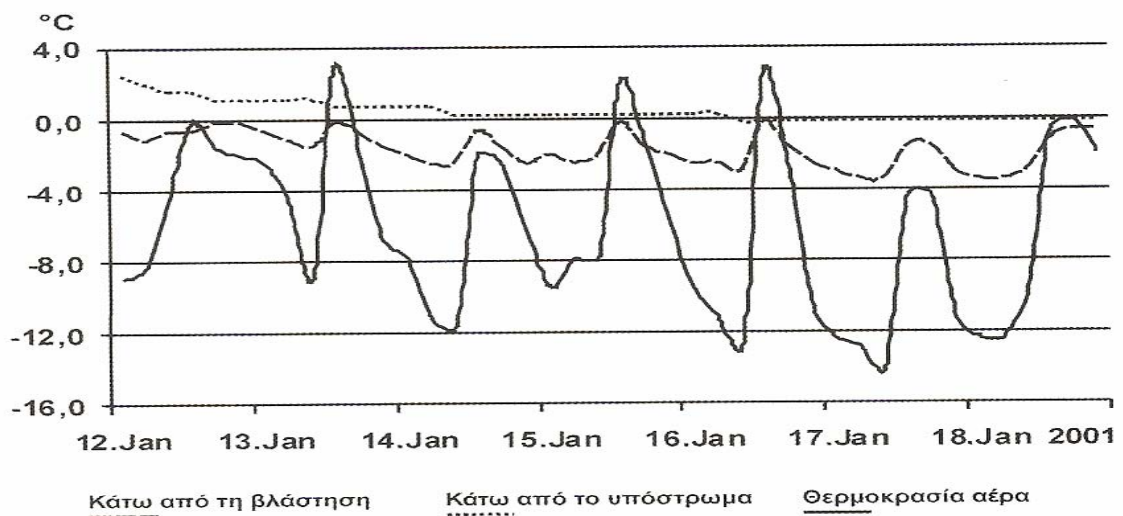
Μέσω της εξάτμισης του νερού, της φωτοσύνθεσης και της ικανότητας απορρόφησης θερμότητας του νερού που εμπεριέχεται στα φυτά, τα τελευταία αφαιρούν θερμότητα από το περιβάλλον τους. Αυτό το φαινόμενο ψύξης, που γίνεται αισθητό ιδιαίτερα κατά τις θερμές καλοκαιρινές μέρες, μπορεί να καταναλώσει περίπου το 90% της ακτινοβολούμενης ηλιακής ενέργειας.

Με την συμπύκνωση των υδρατμών στην ατμόσφαιρα σχηματίζονται σύννεφα, και με τον τρόπο αυτό αποδεσμεύεται μια ίση ποσότητα ενέργειας. Το ίδιο συμβαίνει όταν η υγρασία συμπυκνώνεται τη νύχτα πάνω στα φυτά. Με αυτό τον τρόπο η πρωινή πάχνη πάνω σε φυτεμένες στέγες και σε όψεις των κτηρίων, καλυμμένες με φυτά, οδηγεί σε ανάκτηση θερμότητας. Τα φυτά μπορούν με τον τρόπο αυτό και μόνο, μέσω της εξάτμισης και της συμπύκνωσης νερού, να μειώσουν τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις του κύκλου μέρας - νύχτας. Αυτό το φαινόμενο ενισχύεται ακόμη περισσότερο μέσω της σχετικά μεγάλης ικανότητας θερμικής αποθήκευσης νερού που έχουν τα φυτά και το υπόστρωμα (χίμα), όπως και μέσω της φωτοσύνθεσης.

Ενώ τα φυτά κατά τις θερμές καλοκαιρινές μέρες απορροφούν θερμότητα, δηλαδή ψύχουν, κατά τις νύχτες του χειμώνα αποδίδουν θερμότητα. Αυτό οφείλεται στην αποδέσμευση θερμικής ενέργειας, κατά την διαπνοή που λειτουργεί αντίστροφα από την φωτοσύνθεση.



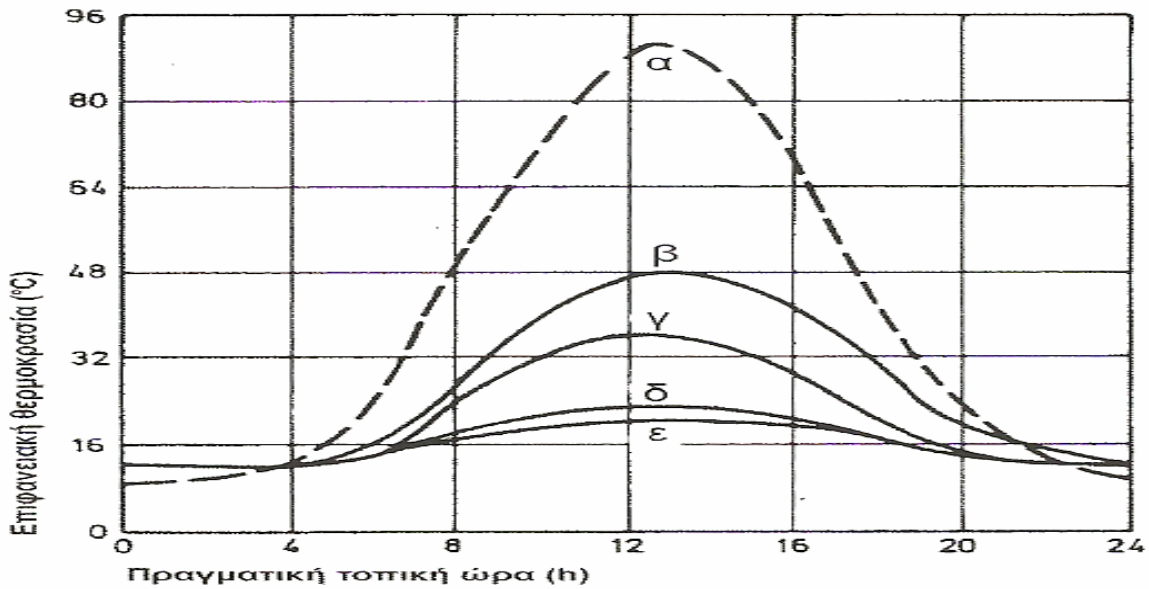
Εικ.2: Η διακύμανση της θερμοκρασίας σε μια φυτεμένη στέγη με ελαφρύ υπόστρωμα πάχους 16εκ.το φθινόπωρο.



Εικ.3: Η διακύμανση της θερμοκρασίας σε μια φυτεμένη στέγη με ελαφρύ υπόστρωμα πάχους 16εκ.το χειμώνα.

## 7 Ρύθμιση της υγρασίας

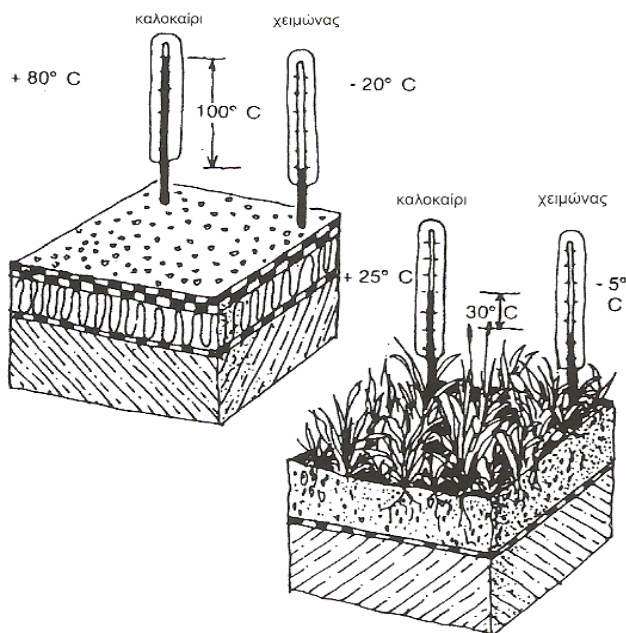
Τα φυτά ρυθμίζουν τις διακυμάνσεις της υγρασίας. Ιδιαίτερα όταν ο αέρας είναι ξηρός εξατμίζουν μία σημαντική ποσότητα νερού και αυξάνουν έτσι, την σχετική υγρασία του αέρα.



Εικ.4: Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις διαφορετικών

δωμάτων στην διάρκεια μιας καλοκαιρινής μέρας με μεγάλη ακτινοβολία.

- α) πισσόχαρτο , μαύρο, β)στρώση χαλικιού, ανοιχτόχρωμη
- γ)ανακλαστική ανοιχτόχρωμη βαφή, δ)υγρό, τεχνητά φυτεμένο
- ε) φυτεμένο



Εικ.5: Μέγιστη διακύμανση θερμοκρασίας σε μη

φυτεμένες

και φυτεμένες στέγες.

## 8 Προστασία της επιφάνειας της στέγης, χρόνος ζωής

Η αντοχή στις καιρικές συνθήκες των συμβατικών στεγών - των επικαλυμμένων με ασφαλτικά φύλλα, κεραμίδια, σχίζες, καλάμια, λαμαρίνα, κυματοειδείς πλάκες ή παρόμοια υλικά - είναι περιορισμένη.

Η θερμότητα, το ψύχος, η βροχή, η υπεριώδης ακτινοβολία, ο αέρας άλλα και το όζον και τα καυσαέρια της βιομηχανίας προκαλούν μηχανικές βλάβες ή συνδυασμό μηχανικών και χημικών βλαβών η ακόμα και βιολογικές διαδικασίες αποδόμησης. Τα ασφαλτικά φύλλα στα δώματα αντιμετωπίζουν στη διάρκεια της χρονιάς διαφορές θερμοκρασίας μέχρι και  $100^{\circ}\text{C}$  ( $-20^{\circ}\text{C}$  έως  $+80^{\circ}\text{C}$ )

Εάν μια τέτοια στέγη καλυφθεί με εκτατική βλάστηση, η διαφορά θερμοκρασίας μπορεί να μειωθεί και να φτάσει γύρω στους  $30^{\circ}\text{C}$  (βλ. εικ. 2.3,2.4) Επιπλέον, η στέγη θα είναι απολύτως προστατευμένη από την υπεριώδη ακτινοβολία και από μηχανικές βλάβες.

Ενώ το 80% των δωματίων εμφάνισαν ήδη μετά από 5 χρόνια τις πρώτες βλάβες σύμφωνα με την δεύτερη έκθεση κτηριακών ζημιών του Ομοσπονδιακού Υπουργείου Χωροταξίας, Δόμησης και Πολεοδομίας, μια φυτεμένη στέγη με σωστή επιλογή της επιδερμίδας της και σωστή από τεχνική άποψη κατασκευή, έχει σχεδόν απεριόριστο χρόνο ζωής.

## 9 Θερμομονωτική λειτουργία

Το στρώμα των φυτών στις στέγες έχει μια υψηλή θερμομονωτική ικανότητα, η οποία οφείλεται στα ακόλουθα φαινόμενα. :

- Το στρώμα του αέρα που περικλείεται στα φυτά λειτουργεί ως θερμομονωτικό στρώμα. Όσο πυκνότερο και παχύτερο είναι το φυτικό στρώμα, τόσο μεγαλύτερη επίδραση έχει.
- Ένα μέρος της θερμικής ακτινοβολίας μεγάλου κύματος που εκπέμπεται από το κτήριο ανακλάται από το φύλλωμα, ένα άλλο μέρος απορροφάται. Έτσι, μειώνεται η δι' ακτινοβολίας απώλεια θερμότητας του κτηρίου.
- Ένα πυκνό στρώμα βλάστησης απομακρύνει τον αέρα από την επιφάνεια του υποστρώματος. Καθώς λοιπόν στην επιφάνεια αυτή δεν υπάρχει κίνηση του αέρα, οι απώλειες θερμότητας, λόγω του αέρα είναι σχεδόν μηδενικές. Επειδή σε παλιότερα, εκτεθειμένα κτήρια χωρίς καλή μόνωση οι απώλειες θερμότητας με μεταφορά (ιδιαίτερα μέσω του αέρα) μπορεί να υπερβαίνουν το 50%, ένα πυκνό φυτικό στρώμα προσφέρει την αποτελεσματικότερη εξοικονόμηση ενέργειας.
- Νωρίς το πρωί, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι ελάχιστη, και άρα είναι μέγιστη η διαφορά θερμοκρασίας και οι απώλειες θερμότητας από τους θερμούς εσωτερικούς χώρους προς τα έξω, πάνω στην βλάστηση δημιουργείται πάχνη. Η δημιουργία πάχνης αυξάνει την θερμοκρασία στο στρώμα της βλάστησης (



διότι κατά την συμπύκνωση 1 γρ. νερού αποδεσμεύονται περίπου 530 cal θερμότητας.) , έτσι πάλι μειώνεται η απώλεια θερμότητας με μεταφορά.

- Μέσω της διαπνοής του ριζικού συστήματος προκύπτουν θερμικά κέρδη - ακόμη και μικρά -στην περιοχή του χώματος, τα οποία συμβάλλουν στο να μην παγώνει το χώμα.
- Επειδή κατά την μετατροπή 1 γρ. νερού σε πάγο αποδεσμεύονται με τη μορφή θερμότητας περίπου 80cal, χωρίς να μειωθεί η θερμοκρασία, το παγωμένο τμήμα του χώματος διατηρεί για μεγάλο χρονικό διάστημα θερμοκρασία 0ο C, ακόμη και όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι σημαντικά χαμηλότερη. Σε θερμοκρασία + 20° C( εσωτερικά), - 20° C ( εξωτερικά) και για μια θερμοκρασία εδάφους + 0ο C, μειώνεται η δια μεταφοράς απώλεια θερμότητας της κατασκευής της στέγης γύρω στο 50% δηλαδή, η θερμομονωτική ικανότητα είναι διπλάσια απ' αυτήν μιας ίδιας στέγης χωρίς χώμα και βλάστηση. Βέβαια, κατά το λιώσιμο του πάγου, καταναλώνεται η αντίστοιχη ενέργεια των 80cal/g πάγου για την μετατροπή του σε υγρή μορφή, επειδή όμως, σε τελευταία ανάλυση, αυτή απορροφάται από τον αέρα, προκύπτουν, αν το δει κανείς συνολικά, μέσω αυτού του φαινομένου της έμμεσης θερμοσυσσώρευσης, θερμικά κέρδη για τη στέγη.  
Εν των μεταξύ , έχουν εμφανιστεί διάφορα συστήματα θερμομονωτικών αποστραγγιστικών πλακών, που παρουσιάζουν αναγνωρισμένες τιμές θερμομονωτικής ικανότητας.

## 10 Θερμική θερμοπροστασία

Η σημασία του φαινομένου του δροσισμού των φυτεμένων στεγών το καλοκαίρι, που εξασφαλίζει ένα ισορροπημένο εσωτερικό κλίμα στον τελευταίο όροφο, είναι μεγαλύτερη από αυτήν της θερμομονωτικής λειτουργίας του χειμώνα.

Επανελημμένα διαπιστώθηκε ότι με μια εξωτερική θερμοκρασία αέρα των 30° C, η θερμοκρασία κάτω από το χώμα της φυτεμένης στέγης δεν ξεπέρασε τους 20ο C. Αυτό οφείλεται, αφ' ενός στο ότι η ηλιακή ακτινοβολία δεν θερμαίνει το χώμα λόγω του σκιασμού της βλάστησης και αφ' ετέρου, στο ότι η ηλιακή ενέργεια καταναλώνεται διαρκώς λόγω της εξάτμισης του νερού, της ανάκλασης και της απορρόφησης για την φωτοσύνθεση.

## 11 Ηχοπροστασία

Τα φυτά μειώνουν τον ήχο δια της απορρόφησης( μετατροπή της ηχητικής ενέργειας σε κινητική και θερμική ), δια της ανάκλασης και δια της διάχυσης. Έρευνες ενός ελβετικού εργαστηρίου έδειξαν ότι ένα βαρύ χαλί με στρώμα μονωτικών ινών στην κάτω επιφάνεια έχει μικρότερη ικανότητα απορρόφησης ήχου από το γρασίδι.

Στις φυτεμένες στέγες δεν είναι κατά κανόνα τόσο αποφασιστική η ηχομονωτική επίδραση των φυτών, όσο αυτή του υποστρώματος, πάνω στο οποίο αναπτύσσονται τα φυτά. Όταν η γωνία πρόσπτωσης του ήχου είναι κάθετη, το φυτικό στρώμα συμβάλλει σε μια μικρή μείωση του ηχου υψηλών συχνοτήτων λόγω απορρόφησης,

ενώ η ηχομονωτική ικανότητα του χώματος πάχους 12 εκ. φτάνει τα 40db και τα 46db σε χύμα πάχους 20 εκ.

## 12 Πυροπροστασία

Η φύτευση της στέγης προσφέρει ιδανική προστασία σε στέγες που κινδυνεύουν από φωτιά. Οι φυτεμένες στέγες θεωρούνται άκαυστες και αξιολογούνται ως σκληρή επικάλυψη. Όταν υπάρχουν πυροφραγμοί και ανοίγματα στην επιφάνεια της στέγης τηρούνται ειδικές προδιαγραφές.

## 13 Ικανότητα συγκράτησης νερού

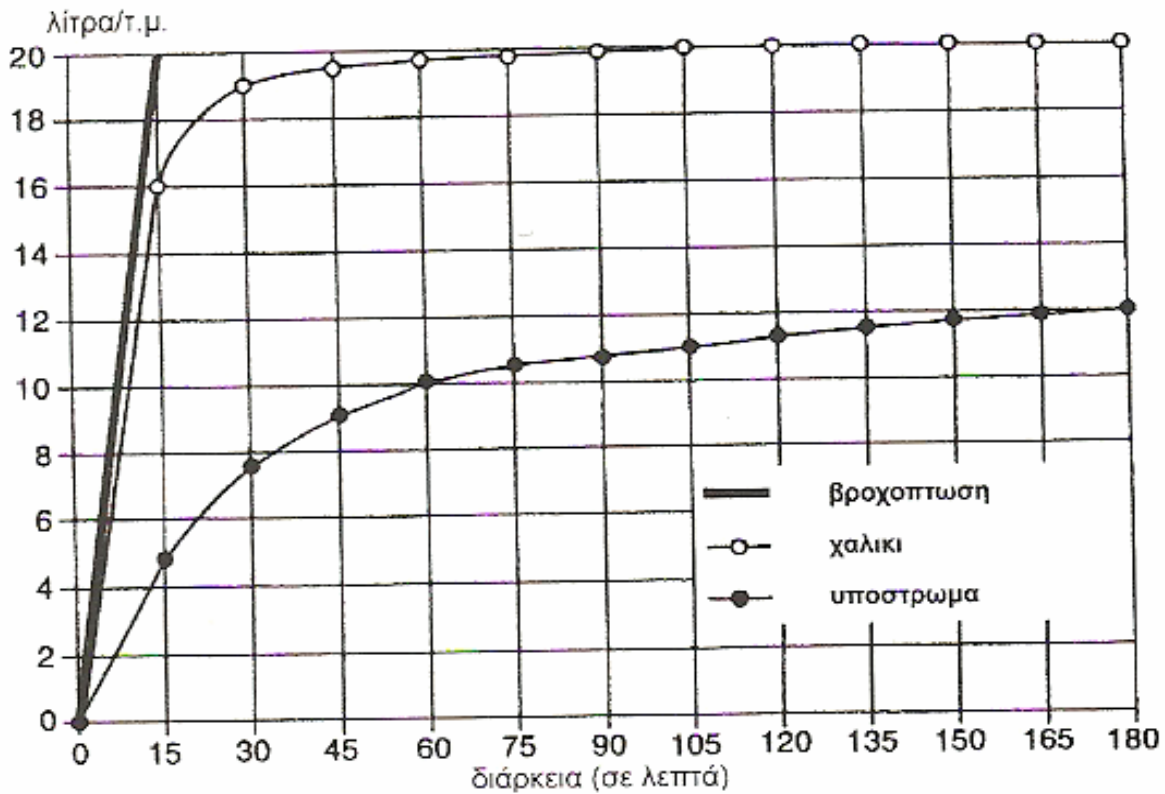
Μια φυτεμένη στέγη με υπόστρωμα πάχους 20εκ από χύμα και διογκωμένο πηλό μπορεί να αποθηκεύσει 90 χλστ. Νερού ( = 90 λίτρα/τ.μ.) , το οποίο στη Γερμανία, αναλογεί περίπου στην ποσότητα βροχόπτωσης ενός μήνα.

Βάσει της ικανότητας συγκράτησης νερού, οι φυτεμένες στέγες συμβάλλουν στη μείωση των αιχμών της αύξησης της ποσότητας νερού. Η τιμή απορροής ομβρίου ύδατος φυτεμένων στεγών με πάχος υποστρώματος τουλάχιστον 10εκ. μπορεί να οριστεί στο 0,3. Αυτό σημαίνει ότι μόνο το 30% του νερού της βροχής απορρέει, ενώ το 70% συγκρατείται από την φυτεμένη στέγη η εξατμίζεται. Σε συνηθισμένες στέγες με κλίση άνω των 3° η απορροή πρέπει να υπολογιστεί στο 100%.

Σύμφωνα με μετρήσεις του Πανεπιστημίου του Kassel, η καθυστέρηση της απορροής των ομβρίων υδάτων μετά από μια μεγάλη καταιγίδα, γίνεται ακόμη πιο αποφασιστική για την αποφόρτιση του αποχετευτικού συστήματος: μια φυτεμένη στέγη με κλίση 12° και πάχος υποστρώματος 14εκ. εμφάνισε μετά από μια 18ωρη δυνατή βροχή στο ύπαιθρο μια χρονική καθυστέρηση απορροής του νερού 12 ωρών. Μάλιστα η απορροή της βροχής τελείωσε 21 ώρες αργότερα από το τέλος της βροχής. Σ' αυτό το χρονικό διάστημα, η απορροή νερού ανήλθε στο 28,5%. Εδώ πρέπει να επισημανθεί ότι το υπόστρωμα αποτελείτο κατά 50% από μια αμμώδη άνω στρώση, και κατά 50% από διογκωμένο πηλό κλειστών πόρων διαμετρήματος 8-16 χλστ. Ενώ η βλάστηση ήταν ελαφρά αναπτυγμένη. Άρα η φυτεμένη στέγη είχε μικρότερη από την κανονική και με τα σημερινά δεδομένα, αναμενόμενη ικανότητα συγκράτησης νερού. Αυτό σημαίνει ότι σ' αυτήν την περίπτωση σε μια αριθμητικά θεωρούμενη «δεκαπεντάλεπτη βροχόπτωση» , η απορροή νερού είναι κατά κανόνα ασήμαντη. Από πειράματα διαπιστώθηκε ότι σε ένα πάχος υποστρώματος περίπου 10 εκ. σε μια ένταση βροχής 20 λίτρα/τ.μ. 15 λεπτών, αποστραγγίστηκαν περίπου 5 λίτρα/τ.μ. ενώ στον ίδιο χρόνο από μια στέγη με επικάλυψη χαλικιού αποστραγγίστηκαν 16 λίτρα/τ.μ. Αυτά τα πειράματα δείχνουν ότι οι φυτεμένες στέγες με την ικανότητα αναστολής και καθυστέρησης της απορροής που διαθέτουν, αποφορτίζουν σημαντικά τα αστικά αποχετευτικά δίκτυα, που πρέπει πάντα να διαστασιολογούνται σύμφωνα με τις μέγιστες ποσότητες βροχοπτώσεων.

Έτσι , είναι δυνατόν σε μεγαλύτερες εκτάσεις οικισμών ή σε βιομηχανικές περιοχές με φυτεμένες στέγες, να μειωθούν οι διαστάσεις των αποχετευτικών δικτύων.

Σε περιπτώσεις ξεχωριστών αποχετευτικών συστημάτων οι αγωγοί όμβριων υδάτων μπορούν να καταργηθούν, εφόσον το υπόλοιπο νερό είναι δυνατό να απορροφηθεί από το έδαφος.



Εικ.6: Απορροή όμβριων υδάτων από υπόστρωμα στεγών συνολικού πάχους 10εκ. σε σύγκριση με στρώση χαλικιού σε δ

#### 14 Επίδραση στις οσμές

Τα άγρια βότανα της στέγης όπως πχ το θυμάρι, η λεβάντα, το γαρύφαλλο, και άλλα παράγουν ευχάριστες αρωματικές οσμές.

Αντίθετα , οι στέγες οι επικαλυμμένες με ασφαλτικά φύλα εκπέμπουν κατά τη διάρκεια της ηλιακής ακτινοβολίας αναθυμιάσεις που δεν έχουν μόνο δυσάρεστη οσμή, αλλά είναι και επιβλαβείς για την υγεία.

## 15 Χώρος ζωής για τα έντομα

Οι φυτεμένες στέγες με αγριόχορτα και αγριοβότανα προσφέρουν χώρο ζωής κυρίως στις πεταλούδες, στις μέλισσες και στα σκαθάρια. Στέγες με ρείκια δημιουργούν ένα εξαιρετικό λιβάδι για τις μέλισσες.

## 16 Αισθητικές και ψυχολογικές επιδράσεις

Η εικόνα μιας στέγης καλυμμένης με αγριοβότανα επιδρά, με τη φυσική ομορφιά της βλάστησης, ευεργετικά στη διάθεση και την ψυχολογική κατάσταση των ανθρώπων, εντελώς διαφορετικά απ' ό,τι μια στέγη με χαλί ή με ασφαλικές πλάκες στα χρώματα του μαύρου - γκριζου. Η ματιά στα χρώματα του μαύρου - γκριζου. Η ματιά στο πράσινο υπερνικά την απαισιόδοξη διάθεση και ενισχύει την ενεργητική διάθεση.

Μια φυτεμένη στέγη ζει και ζωντανεύει αυτόν που τη βλέπει. Η μορφή της φυτεμένης στέγης μεταβάλλεται όχι μόνον με την αλλαγή των εποχών, αλλά και με την αλλαγή των εποχών, αλλά και με την αλλαγή καιρού και με τη μεταφορά σπόρων μέσω των πουλιών και του αέρα : εμφανίζονται νέα αγριοβότανα και αγριόχορτα πάνω στη στέγη, ενώ άλλα φυτά εξαφανίζονται, λόγω της παγωνιάς ή της ξηρασίας. Παραμένει μια φυτική κοινωνία που πάντα επιβιώνει, παρά το κρύο, την ξηρασία και τον αέρα, που ανάλογα με την εποχή παίρνει διαφορετικό χρώμα και μορφή, και που διατηρείται πράσινη ακόμη και στην καρδιά του χειμώνα.

## 17 Εναρμόνιση με το τοπίο

Ένα κτήριο με φυτεμένη στέγη προσαρμόζεται ευκολότερα στο περιβάλλον και ενσωματώνεται καλύτερα στο τοπίο απ' ό,τι ένα κτήριο με συμβατική στέγη ιδιαίτερα μάλιστα όταν η στέγη κατεβαίνει μέχρι το επίπεδο της αυλής , έτσι ώστε η βλάστηση του κήπου να συμπλέκεται με την βλάστηση της στέγης.



Εικ.7:Στέγες με βλάστηση χόρτων και κλίση 45°.Siegen-obezschaiden (Αρχιτέκτων J.Christ)



Εικ.8:Στέγη χόρτου-βοτάνων,οικολογική συνοικία Kassel(Αρχιτέκτων G.Minke)

## Βασικές αρχές σχεδιασμού – γενικά κριτήρια

### Η σημασία του φυλλώματος

Η πυκνότητα και το πάχος της φυτικής κάλυψης και άρα η ποσότητα της επιφάνειας του φυλλώματος είναι καθοριστικά για πολλές από τις θετικές ιδιότητες της φυτεμένης στέγης, όπως πχ για τον καθαρισμό του αέρα, για τον σχηματισμό πάχνης και για τη θερμομονωτική λειτουργία.

Η επιφάνεια του φυλλώματος ανα τ.μ. στέγης κυμαίνεται , σε μια καλά διαμορφωμένη φυτεμένη στέγη, μεταξύ 50 και 100 τ.μ. ενώ αντίθετα , σε μια στέγη ποωδών φυτών, μεταξύ 1 και 5 τ.μ.

Όποιος λοιπόν θέλει να διατηρήσει καλές συνθήκες θερμομόνωσης κατά την περίοδο θέρμανσης και καλές συνθήκες δροσισμού κατά την περίοδο έντονης ηλιακής ακτινοβολίας το καλοκαίρι, πρέπει να επιλέγει την πυκνότερη δυνατή βλάστηση αγριόχορτων η αγριόχορτων και άγριων βοτάνων.

Οι φυτεμένες με ποώδη φυτά στέγες μπορεί να φαίνονται ωραιότερες , γιατί είναι πιο πολύχρωμες κατά την διάρκεια της άνθησης, η λειτουργία τους όμως από άποψη οικολογίας και φυσικών ιδιοτήτων, είναι πολύ περιορισμένη, σε σχέση με το λιβάδι αγριόχορτων πάνω στη στέγη.

Φυτεμένες στέγες με βότανα, πχ τριφύλλι, η μαργαρίτες που επιλέγονται συχνά για αισθητικούς λόγους, έχουν μικρότερη επιφάνεια φυλλώματος από τα άγρια χόρτα και άρα πολύ μικρότερη θετική επίδραση από άποψη φυσικών ιδιοτήτων και κλιματικής δράσης, αλλά παρ' όλα αυτά έχουν σημαντικά μεγαλύτερη επιφάνεια φυλλώματος από στέγες με ποώδη φυτά ή βλάστηση βρύων- ποών.



Εικ.9:Κατασκευή στέγης με φύτευση, Berlin-Kreuzberg



Εικ.10:Οικισμός Laher Wiesen(αρχιτέκτονες Boockoff και Rentrop)



Εικ.11: Οικισμός φυτεμένων στεγών Duesseldorf-Unterbach(αρχιτέκτονες Boockoff και Rentrop)

## Η κλίση της στέγης

Η κλίση της στέγης είναι αποφασιστικός παράγοντας για την κατασκευή της φυτεμένης στέγης και το είδος της βλάστησης. Σε δώματα χωρίς επαρκές πάχος υποστρώματος και χωρίς αποστραγγιστικό στρώμα, συγκεντρώνεται σε περίπτωση δυνατής βροχής, υγρασία που για πολλά φυτά είναι βλαβερή, ιδιαίτερα για το χόρτο, επειδή παρεμποδίζεται σοβαρά η αναπνοή του ριζικού συστήματος.

Για να πετύχουμε μια ευνοϊκού κόστους κατασκευή φυτεμένης στέγης απαιτείται μια ελάχιστη κλίση 5%, γιατί τότε δεν είναι αναγκαία η κατασκευή αποστραγγιστικού συστήματος. Στέγη μεγάλου μήκους, με κλίση μεγαλύτερου 40%(22°) , απαιτεί κατά κανόνα , ειδική πρόβλεψη, ώστε να εμποδιστεί η ολίσθηση του υποστρώματος.

Σύμφωνα με τον Κανονισμό Κατασκευής Δωμάτων απαιτείται για την απορροή του βρόχινου νερού μία κλίση τουλάχιστον 2%. Δώματα με κλίση κάτω του 2% κατατάσσονται στις ειδικές κατασκευές που απαιτούν ειδικά μέτρα.

Σε κλίση 5% δεν είναι πλέον αναγκαίο το αποστραγγιστικό στρώμα, καθώς το υπόστρωμα μπορεί να απορροφά αρκετό νερό και έχει ικανοποιητική αποστραγγιστική ικανότητα.

## Είδη φύτευσης

Η δημιουργία εκμεταλλεύσιμου κήπου στο δώμα και η φύτευση λαχανικών και κηπευτικών είναι δυνατή, αλλά δεν έχει νόημα. Η ακραία θέση πάνω στη στέγη με τα πρόσθετα φορτία ανέμων, όπως και το σχετικά μικρό ύψος του υποστρώματος δημιουργούν έντονες διακυμάνσεις. Θερμοκρασίας και υγρασίας, μη ευνοϊκές για την ανάπτυξη καλλιεργούμενων φυτών. Οι οπωροκηπευτικές καλλιέργειες ανήκουν στον κήπο και όχι στη στέγη.

Οι φυτεμένες στέγες χωρίζονται κατά κανόνα, σε δύο ομάδες. Σε στέγες εντατικής φύτευσης και σε στέγες εκτατικής φύτευσης όπου οι εντατικές φυτεύσεις , ανάλογα με την φροντίδα που απαιτούν και το πάχος του υποστρώματος τους , συχνά χωρίζονται σε συντηρούμενες και απλές εντατικές φυτεύσεις.

## Εντατική φύτευση

Η εντατική φύτευση περιλαμβάνει βλάστηση θάμνων, δασικών ειδών και γρασιδιού, όπως αυτό συμβαίνει στο φυσικό χώρο. Δεν είναι δυνατή σε κεκλιμένες στέγες, παρά μόνο σε επίπεδα δώματα. Απαιτείται πάχος υποστρώματος άνω των 30εκ. και εκτός αυτού , κανονική συντήρηση με πότισμα και θρεπτικές ύλες.

Οι εντατικές φυτεύσεις έχουν την ίδια προσβασιμότητα με τους κήπους. Απαιτούν εντατική φροντίδα και κόστος.

Η ονομαζόμενη απλή εντατική φύτευση κατατάσσεται μεταξύ της εντατικής και της εκτατικής φύτευσης. Απαιτεί πάχος υποστρώματος 156 έως 30 εκ . με βάρος από 150 έως 250 κιλών /τ.μ.



Η βλάστηση αποτελείται από φύτευση χόρτων, θάμνων και δασικών ειδών που καλύπτουν το έδαφος και απαιτούν λιγότερη φροντίδα σε πότισμα και θρεπτικές ύλες από την συντηρούμενη εντατική φύτευση. Όταν η βλάστηση αποτελείται από αγριόχορτα και αγριοβότανα, δεν διαφέρει σε τίποτα από την εκτατική φύτευση, παρά μόνο στο πάχος του υποστρώματος.

### **Εκτατική φύτευση**

Ως εκτατική φύτευση χαρακτηρίζεται μία φυσική φύτευση, η οποία διατηρείται σε μικρό πάχος υποστρώματος από 3 έως 5 εκ. χωρίς νερό και πρόσθετα θρεπτικά συστατικά. Δημιουργεί μία διαρκή κλειστή φυτική σκεπή. Τα φορτία είναι μικρότερα των 160 κιλών/τ.μ.

Η βλάστηση αποτελείται από βρύα, χυμώδη φυτά, βότανα και χόρτα, διαφορετικής κάθε φορά σύνθεσης, που αντέχουν στην ξηρασία και το κρύο, που δεν χρειάζονται φροντίδα και που μπορούν να προσαρμοστούν στις ακραίες συνθήκες του χώρου τους. Αυτό σημαίνει ότι τα φυτά πρέπει να έχουν μεγάλη ικανότητα αναγέννησης. Για το λόγο αυτό είναι προτιμότερα τα άγρια φυτά.

### **Βάρος της φυτεμένης στέγης -εκτίμηση φορτίων**

Για τη δραστηριοποίηση της κατασκευής της στέγης, πρέπει να συνυπολογιστεί ως σταθερό φορτίο το φορτίο της κατασκευής συνολικά, συμπεριλαμβανομένου του υποστρώματος κορεσμένου με νερό, όπως και το επιφανειακό φορτίο της βλάστησης. Τα κινητά φορτία καθορίζονται κατά DIN 1055. Πρέπει η αντοχή του στρώματος της θερμομόνωσης σε θλίψη να είναι ικανοποιητική.

Κατά την κατασκευή της φύτευσης της στέγης, πρέπει να αποφεύγεται η σημειακή υπέρβαση της επιτρεπόμενης φόρτισης, που θα μπορούσε να προκληθεί, είτε λόγω μεταφοράς φορτίων, είτε λόγω συγκέντρωσης υλικών πάνω στη στέγη. Αυτό μπορεί να συμβεί π.χ. όταν τα βαριά υλικά φορτώνονται σε μαδέρια ή σε πλάκες ξυλότυπου για να κατανεμηθούν στην επιφάνεια της στέγης.

Για την επίστρωση ενός στρώματος βλάστησης με πορώδεις ελαφρές προσμίξεις στο υπόστρωμα πάχους 10 εκ. και σε κατάσταση κορεσμού, υπολογίζεται ως φορτίο εκτατικής φύτευσης (100 κιλά/τ.μ.)

Για την εξασφάλιση των δωματίων σε περίπτωση δυνατών ανέμων πρέπει να προβλέπεται περιμετρική ζώνη αυξημένου βάρους. Οι δυνάμεις των ισχυρών ανέμων πρέπει να ληφθούν υπόψιν έως 8° για τις περιοχές των γωνιών, των πλευρών και του μέσου του δώματος. Σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα, το φορτίο στη στέγη πρέπει να είναι 1,5 φορά μεγαλύτερο από τα φορτία του ανέμου και για στέγες ύψους 8μ, ανέρχεται σε 150 kg. Στις περιοχές των γωνιών, 75kg στις περιοχές των πλευρών και 45kg στη μεσαία περιοχή.

Αυτές οι δυνάμεις που ισχύουν για μη φυτεμένες στέγες, όμως, δεν είναι αποτελεσματικές στις φυτεμένες στέγες.

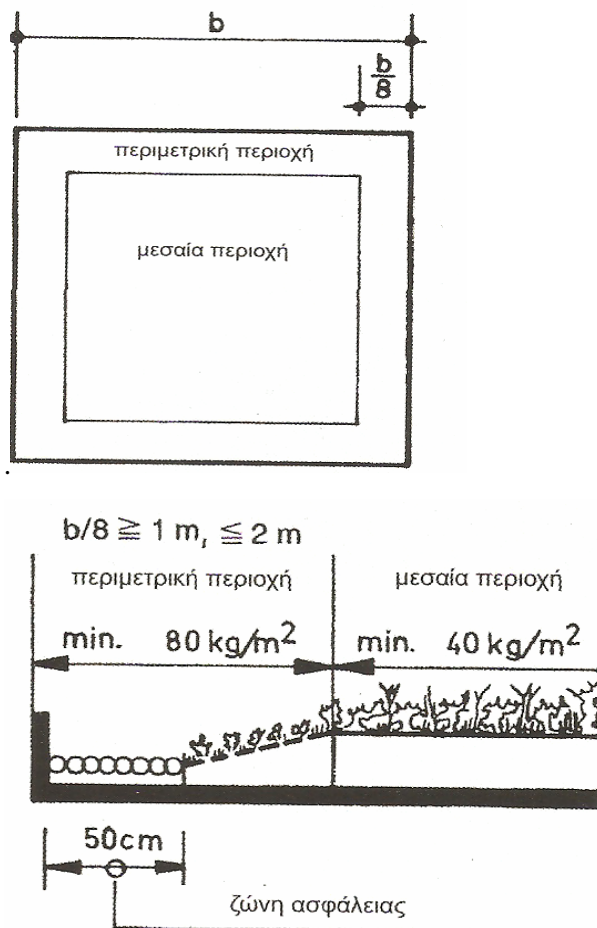
Η τραχύτητα της επιφάνειας της βλάστησης και κυρίως η διαπερατότητα του στρώματος της βλάστησης από τον αέρα επιτρέπουν μία εξισορρόπηση της πίεσης μεταξύ της άνω και της κάτω επιφάνειας του στρώματος.

Έτσι μειώνουν σοβαρά την επίδραση των δυνατών ανέμων. Εκτός αυτού, ως συνέπεια της αγκίστρωσης του ριζικού συστήματος του υποστρώματος, δημιουργείται μια κατανομή δυνάμεων, που δεν είναι δυνατή π.χ. στη συσσώρευση των μεμονωμένων κόκκων ενός στρώματος χαλικιού. Γι αυτό το λόγο οι οδηγίες των «Κηποτεχνών Στεγών» του Συνδέσμου των Γερμανών Κηποτεχνών, δίνουν για την εκτατική φύτευση δωματίων σε κήρια ύψους έως 8μ. ελάχιστα φορτία 40kg στη μεσαία περιοχή και 80kg στην περίμετρο και σε κήρια ύψους από 8 έως 20μ. αντίστοιχα 0,65 και 1,3 KN/τ.μ. Το πλάτος της περιμετρικής ζώνης πρέπει να είναι το 1/8 του μήκους του δώματος όμως κατ' ελάχιστον 1μ. και κατά μέγιστο 2μ.

Η πράξη έδειξε βέβαια, ότι μπορεί να συμβεί, λόγω των δυνατών ανέμων να παρασυρθούν οι κόκκοι του χαλικιού της περιμετρικής ζώνης, ενώ μία καλά ριζωμένη φυτεμένη στέγη με υπόστρωμα πάχους 15εκ. δεν επηρεάζεται από τους ισχυρούς ανέμους. Αυτό θα μπορούσε να συμβεί μόνο σε φυτεμένες στέγες με φτωχή βλάστηση, αδύναμο ριζικό σύστημα, πχ . με ποώδη φυτά και ακραία εκτεθειμένη περίμετρο σε μεγάλα ύψη.

### **Ύψος στέγης και προσανατολισμός**

Τα φορτία του ανέμου και η ηλιακή ακτινοβολία επηρεάζουν κυρίως την εξάτμιση και άρα, λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή των φυτών. Με την αύξηση του ύψους της στέγης αυξάνονται τα φορτία του ανέμου και μαζί τους η εξάτμιση των φυτών. Σε στέγες με νότια κλίση, η ηλιακή ακτινοβολία είναι ισχυρότερη, άρα ξηραίνονται πιο γρήγορα από στέγες με κλίση προς βορρά, έτσι ώστε εκεί να δημιουργούνται διαφορετικές φυτικές κοινότητες



Εικ.12:Ελάχιστο πρόσθετο φορτίο για τις περιμέτρους στεγών

### Μεταφορά και τοποθέτηση του υποστρώματος

Το υπόστρωμα , όταν δεν παρασκευάζεται επί τόπου, μεταφέρεται ευκολότερα σε μεγάλους σάκους , ανυψώνεται με γερανό ή εκσκαφέα στο επίπεδο της στέγης και τοποθετείται εκεί. Σε χαμηλές στέγες αυτό μπορεί να γίνει ευκολότερα με τον εκφορτωτικό γερανό του φορτηγού μεταφοράς.

Όταν πρόκειται για μεγαλύτερες ποσότητες, αξίζει τον κόπο η μεταφορά με δοχεία silo , από τα οποία το υλικό μπορεί να εκτοξευθεί στη στέγη.

Όταν το υλικό αναμειγνύεται επί τόπου, για παράδειγμα με το τοπικό χώμα και θραυστό διογκωμένο πηλό η διογκωμένη λάβα, η μεταφορά μπορεί να γίνει πολύ εύκολα με έναν εκσκαφέα η φορτωτή. Στις χαμηλές στέγες, τα μηχανήματα αυτά μπορούν να ανεβάσουν το υλικό κατ' ευθείαν πάνω στη στέγη. Σε υψηλότερες στέγες και σε μικρότερες επιφάνειες, ένα αναβατήριο προσφέρει συχνά την οικονομικότερη λύση. Στο εργοτάξιο πρέπει να προβλέπεται χώρος, ανάλογος των μηχανημάτων που θα χρησιμοποιηθούν.



Εικ.13:Οικοσμός Laheer Wiesen(αρχιτέκτονες Boockoff και Rentrop)

### **Χρήση , βατότητα**

Οι στέγες εκτατικής φύτευσης δεν ενδείκνυνται για χρήση από τον άνθρωπο και πρέπει να είναι προσβάσιμες μόνο για τον έλεγχο ή την ενδεχόμενη φροντίδα τους. Διαφορετικά , θα πρέπει να προβλεφθούν ανάλογες ενισχύσεις για τη δημιουργία μονοπατιών και βατών επιφανειών τaráτσας , για παράδειγμα με σκύρα, πλάκες ή σχάρες.

### **Απορροή νερού**

Οι αποχετεύσεις της στέγης για την απορροή του νερού πρέπει να σχεδιάζονται σύμφωνα με το DIN 1986.

Στο εσωτερικό της φυτεμένης στέγης η απορροή γίνεται στην αποστραγγιστική στρώση και στο υπόστρωμα. Σε περίπτωση ακραίων βροχοπτώσεων και λεπτής στρώσης υποστρώματος γίνεται και επιφανειακά.

Χρησιμοποιούνται σε φυτεμένες επιφάνειες στεγών οι ακόλουθες τιμές (τιμές 0) για τους σωλήνες απορροής ομβρίων υδάτων :

- Για εντατικές φυτεύσεις : 0,3
- Για εκτατικές φυτεύσεις πάχους άνω των 10 εκ : 0,3
- Για εκτατικές φυτεύσεις πάχους κάτω των 10 εκ : 0,5

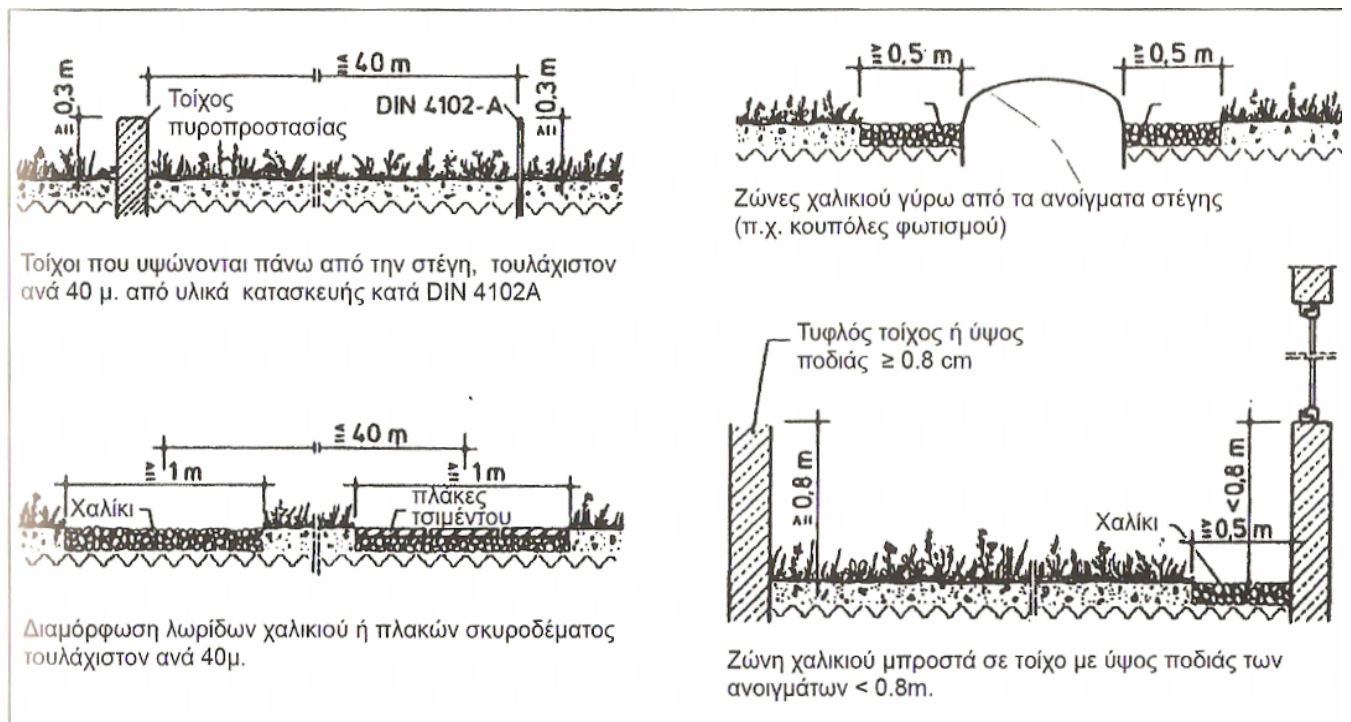
Οι οδηγίες κατά FLL (1996) αποκλίνουν κάπως από τα προηγούμενα :

Δίνονται οι εξής τιμές για την φύτευση στεγών :

- Για πάχος 25-50 εκ 0= 0,2
- Για πάχος 10-25 εκ 0 = 0,3
- Για πάχος κάτω των 10εκ. 0=0,5

Σε στέγες μεγαλύτερης κλίσης, με αυξημένη επιφανειακή απορροή, υπολογίζεται, σύμφωνα με το FLL, τιμή 0 0,7 ανεξάρτητα από το πάχος τους. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι η τιμή αυτή μπορεί να ισχύει μόνο για πολύ λεπτές στρώσεις υποστρώματος, στις οποίες το νερό της βροχής ρέει πολύ επιφανειακά. Για τις συνηθισμένες φυτεμένες στέγες, η τιμή αυτή είναι πολύ υψηλή. Αυτό φαίνεται και από το γεγονός ότι μια επιφάνεια σκυροδέματος με 3° κλίση απαιτεί κατά DIN 1986 μια διατομή 0 0,8.

Μετρήσεις στο Πανεπιστήμιο του Kassel έδειξαν ότι σε μια φυτεμένη στέγη, με κλίση 12° και 14εκ . πάχος υποστρώματος , η απορροή του νερού ήταν μικρότερη του 30% της βροχόπτωσης.(Katzschner 1991).



Εικόνα 14 Προδιαγραφές σε φυτεμένες στέγες

## **Πυροπροστασία, πυραντίσταση**

Οι τεχνικές Προδιαγραφές Πυροπροστασίας για φυτεμένες στέγες που διατυπώθηκαν από την ARGEBAU έχουν γίνει αποδεκτές από όλα τα ομόσπονδα κράτη.

Οι φυτεμένες στέγες θεωρούνται σκληρή επικάλυψη και δεν απαιτούνται ιδιαίτερα μέτρα προληπτικής πυροπροστασίας. Στην εντατική φύτευση δεν υπάρχουν περιορισμοί, στο βαθμό που η μορφή της βλάστησης παρουσιάζει μικρό φορτίο πυρός. Στην εκτατική φύτευση, η φύτευση θεωρείται σκληρή επικάλυψη όταν το υπόστρωμα έχει πάχος τουλάχιστον 3εκ. και περιέχει λιγότερο από 20% οργανικά συστατικά. Εκτός αυτού, απαιτείται μια απόσταση 50εκ. ελεύθερη από βλάστηση, σε περιπτώσεις εσοχών της στέγης και υπερκείμενων κτισμάτων, όταν το ύψος των στηθαίων των υπερκείμενων κτισμάτων δεν υπερβαίνει τα 0,80μ ( εικ. 14)

Στην περίπτωση ανοίγματος φωτισμού στη στέγη με στεφάνη, μπορεί , να μην απαιτηθεί ζώνη χαλικιού όταν η στεφάνη αποτελείται από υλικά που δεν λιώνουν στη φωτιά. (π.χ. ασαλολαμαρίνα ή σπλισμένο με ίνες πολυεστέρα), όταν η διάμετρος είναι μεγαλύτερη των 25εκ. και όταν η απόληξη της στεφάνης καλύπτεται κατά 8εκ. με κάλυμμα λαμαρίνας.

Οι προδιαγραφές αυτές ισχύουν για βιομηχανικά κτήρια που γενικότερα πρέπει να ανταποκρίνονται σε αυστηρότερους κανονισμούς από αυτούς των κτηρίων κατοικίας.

Οι εθνικοί οικοδομικοί κανονισμοί δεν περιέχουν , κατά κανόνα, σχετικές οδηγίες.

Έτσι , τα ομόσπονδα κράτη έχουν υιοθετήσει ειδικά σχετικά διατάγματα.

## **Το Δίκαιο της γειννίασης**

Οι κανόνες δικαίου, στο βαθμό που ασχολούνται με την φύτευση στεγών, δέχονται ότι η μεταφορά σπόρων από μια φυτεμένη στέγη στα γειτονικά οικόπεδα πρέπει να θεωρηθεί ως ασήμαντη όχληση, ότι κατά κανόνα αποτελεί συνηθισμένο τοπικό φαινόμενο και ότι είναι αναπόφευκτη και επομένως , πρέπει να γίνει αποδεκτή.

### **Κανόνες και Οδηγίες**

Ως σημαντικότερες οδηγίες ή συστάσεις για την εκτατική φύτευση στεγών μπορούν να αναφερθούν :

- DIN 1055 : Lastannahmen fur Bauten
- DIN 1986 : Entwässerungsanlagen
- DIN 18195 : Bauwerksabdichtungen  
Teil 5 : Abdichtungen gegen nicht druckendes Wasser  
Teil 9: Durchdrungugen, ubergange, Abschlusse  
Teil 10: Schutzschichten und Schutzmadnahmen
- DIN 18338: Dachdeckungs- und Dachabdichtungsarbeiten
- DIN 18531 : Dachabdichtungen
- DIN 18917 : Vegetationstechnik im Landschaftsbau. Rasen und Saatarbeiten

- DIN 18919 : Vegetationstechnik im Landschaftsbau. Entwicklungs and Unterhaltspflege von Grunflächen
- Zentralverband des Deutschen Dack dekkerhandwerkes, e.V.Flachdachrichtlinien, Muller Verlag, Kolln 1992
- Deutscher Dachgartnerverband e.V.
- Baden-Baden : Dachgartnerrichtlinien, Baden- Baden 1985
- Forschungsgesellschaft Landschaftsent wicklung Landschaftsbau e. V
- (FLL) : Richtlinien fur die Planung, Ausfuhung und Pflege Von Dachbegrunungen, Bonn 1995
- FLL : Bewertung von Dachbegrunungen, Bonn 1996
- FLL : Verfahren zur Untersuchung der Durchwurzelungsfestigkeit bei Dackbegru nungen, Bonn 1995
- FLL : Regel\_ Saatgut- Mischungen RSM, Bonn 1996
- FLL : Gutebestimmungen fur Stauden, Bonn 1994



Εικ.:Κατοικίες στο Dortmund



Εικ.:Φοιτητικός ξενώνας στην Stuttgart-Hohenheim

#### 4 Παράγοντες που επηρεάζουν την κατασκευή φυτεμένης στέγης

##### Γενικά

Οι συνήθεις φυτεύσεις των δωματίων παρουσιάζουν μια ειδική κατασκευή ανάλογη της λειτουργίας τους **όπως φαίνεται στην εικόνα 4.1.** στην περίπτωση αυτή, το υπόστρωμα αποτελείται από δύο στρώσεις: Η άνω στρώση αποτελεί ως στρώση φέρουσα την βλάστηση, το θρεπτικό έδαφος και την αγκύρωση για το ριζικό τους σύστημα. Η κάτω στρώση, στρώση αποστράγγισης, χρησιμεύει για την απορροή του νερού αλλά και για την αποθήκευση νερού. Οι δύο στρώσεις χωρίζονται με μια επιφάνεια φίλτρου, που συνήθως είναι γεωύφασμα. Το φίλτρο εμποδίζει το χώμα να περάσει και να γεμίσει με λάσπη τη στρώση της αποστράγγισης. Σε στέγες με κλίση άνω του 5%, αυτός ο διαχωρισμός είναι κατά κανόνα περιττός. Σε αυτήν την περίπτωση, είναι πιο απλή και οικονομική η κατασκευή μιας στρώσης. Η στρώση που φέρει την βλάστηση πρέπει να αναμιχθεί με πορώδη ανόργανα υλικά έτσι ώστε να εξασφαλιστεί επαρκής αποστραγγιστική

λειτουργία. Είναι προτιμότερο τα περισσότερα πορώδη υλικά να βρίσκονται στην κατώτερη και όχι στην ανώτερη περιοχή του υποστρώματος. Σε στέγες με φύτευση μόνο χόρτου ή χόρτου - βοτάνων και με πάχος υποστρώματος 15 εκ, έχουν επικρατήσει ως κατάλληλα μίγματα : για την κατώτερη περιοχή, 2 μέρη αποστραγγιστικού υλικού (διογκωμένος πηλός ή σχιστόλιθος ή λάβα, σκουριά, κίσηρη κ.α.) και ένα μέρος χώματος, για την ανώτερη περιοχή ένα μέρος αποστραγγιστικού υλικού και δύο μέρη χώματος.

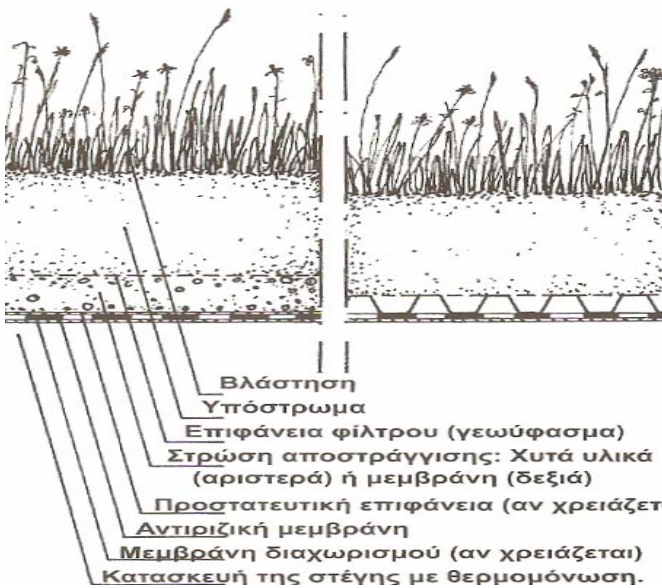
Για να επιτευχθεί μία κατά το δυνατόν πυκνή δομή βλάστησης, πρέπει να επιλεγεί η φύτευση μόνο χόρτου ή χόρτου - βοτάνων με τα ανάλογα είδη βλάστησης.

Στις κεκλιμένες στέγες, αρκεί ένα υπόστρωμα μονής στρώσης πάχους 14-18 εκ.. Σε μικρότερα πάχη, αυξάνεται ο κίνδυνος της ξήρανσης (ειδικά σε στέγες με νότια κλίση) ενώ σε μεγαλύτερα πάχη αυξάνεται το περιττό βάρος και εκτός αυτού μπορεί να φυτρώσουν και δέντρα.

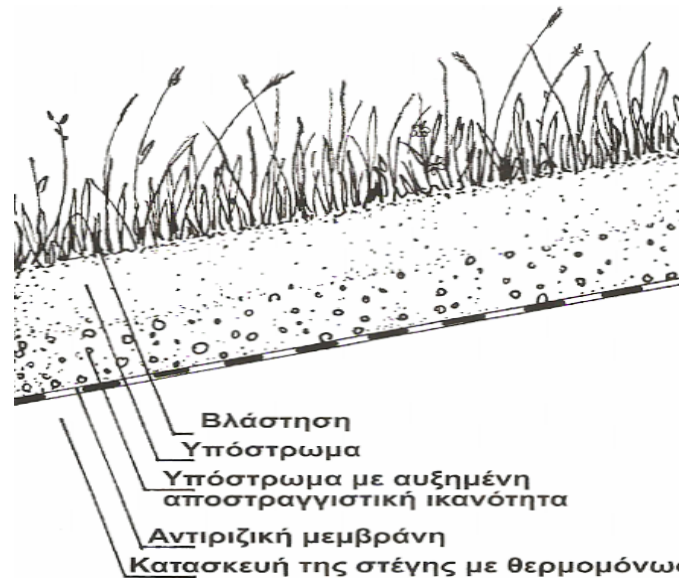
Εάν για λόγους φορτίου επιτρέπονται μόνον λεπτότερα πάχη υποστρώματος, τότε πρέπει να επαναφερθεί η βλάστηση με σύνθεση



πωδών φυτών - χόρτου - βοτάνων. Τότε όμως η πυκνότητα της βλάστησης και



Εικόνα 4. Κατασκευή φυτεμένου δώματος με υπόστρωμα δύο στρώσεων



Εικόνα 5. Κατασκευή κεκλιμένης φυτεμένης στέγης με υπόστρωμα μιας στρώσης

κατά συνέπεια οι θετικές φυσικοδομικές και οικολογικές της επιδράσεις είναι πολύ μικρότερες.

### Κατασκευή εδαφικού υποστρώματος, Θερμομόνωση

Ως κατασκευή του κάτω τμήματος της στέγης μπορεί να θεωρηθεί κάθε στέγη που μπορεί να παραλάβει το βάρος της φυτεμένης στέγης. Ανάλογα με την θέση της μόνωσης διακρίνονται τρία είδη στέγης:

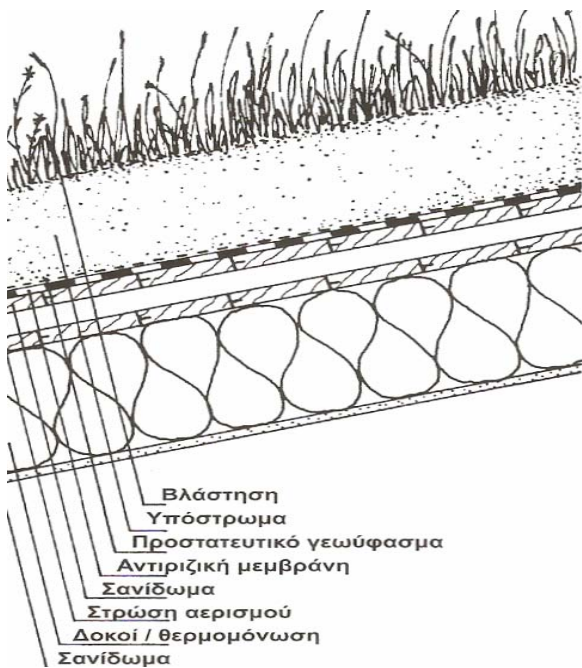
- Ψυχρή στέγη
- Θερμή στέγη
- Ανεστραμμένη στέγη

Στην ψυχρή στέγη (εικ. 4.4) παρεμβάλλεται μεταξύ της μόνωσης της στέγης και της στρώσης της φύτευσης ένα λεπτό στρώμα αέρα που λειτουργεί ως στρώμα εξισορρόπησης της πίεσης των υδρατμών και που είναι αναγκαίο σε κατασκευές χωρίς φράγμα υδρατμών. Το μεγάλο μειονέκτημα της ψυχρής στέγης είναι ότι ο υποκείμενος χώρος δεν αξιοποιεί τις θετικές επιδράσεις της θερινής λειτουργίας ψύξης και της χειμερινής θερμομονωτικής λειτουργίας της φύτευσης. Για αυτό και οι φυτεμένες στέγες δεν θα έπρεπε να κατασκευάζονται με την μέθοδο της ψυχρής στέγης.

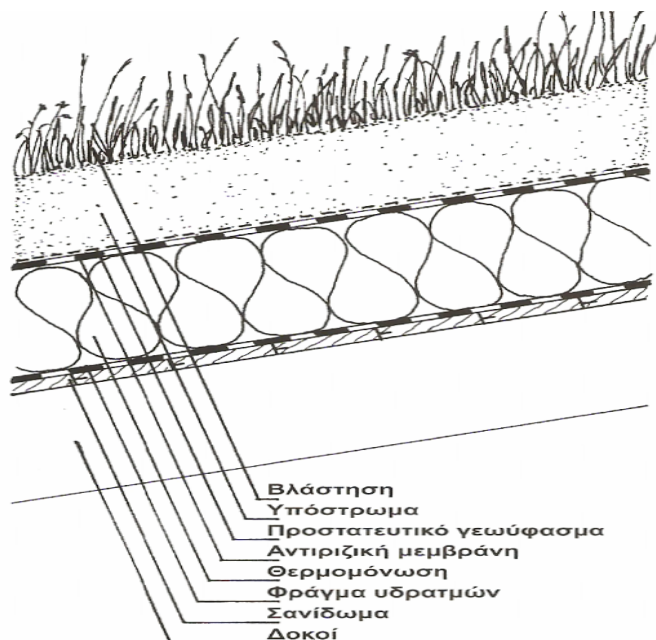
Στην θερμή στέγη (εικ. 4.5) δεν υφίσταται αεριζόμενο στρώμα εξισορρόπησης της πίεσης των υδρατμών, με αποτέλεσμα οι φυσικοδομικές επιδράσεις της φυτεμένης στέγης να λειτουργούν θετικά στους υποκείμενους χώρους. Στην περίπτωση αυτή πρέπει κάτω από την θερμομόνωση να τοποθετηθεί ένα φράγμα υδρατμών, ώστε να εμποδιστεί η διείσδυση και η συμπύκνωση υδρατμών μέσα στο μονωτικό στρώμα.

Η θερμή στέγη είναι η πιο κατάλληλη και οικονομική κατασκευή για φυτεμένες στέγες

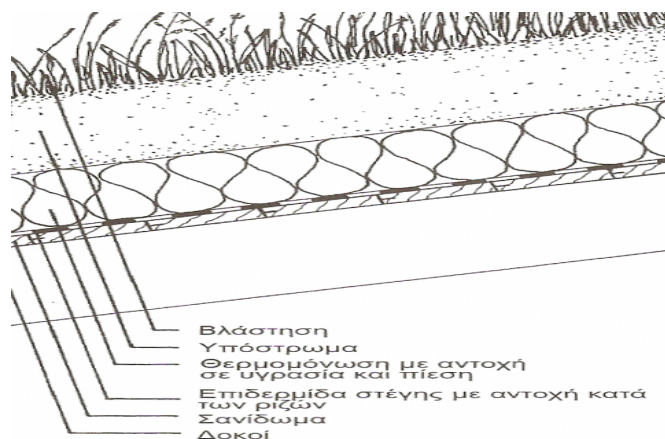
Στην ανεστραμμένη στέγη (εικ.4.6) η θερμομόνωση τοποθετείται πάνω από την επιφάνεια απορροής του νερού ( δέρμα στέγης) και κάτω από το υπόστρωμα. Για αυτό τον λόγο πρέπει να έχει αντοχή στην υγρασία και την αποσύνθεση. Κατά κανόνα, σ'αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιούνται πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης. Σήμερα δεν κατασκευάζονται πλέον, σχεδόν καθόλου, στέγες με αυτήν την μέθοδο. Αφ'ένός η θερμομονωτική ικανότητα των πλακών της πολυστερίνης μειώνεται κάπως σε σχέση με αυτήν που θα παρουσίαζε εάν είχε τοποθετηθεί σε στεγνή περιοχή κάτω από το δέρμα της στέγης, αφετέρου η μόνωση σε αυτήν την περίπτωση είναι ακριβότερη και σε κάποια συστήματα έχει και μικρότερο χρόνο ζωής.



Εικόνα 2 Τοπική διαμόρφωση μιας ψυχρής στέγης με φύτευση



Εικόνα 3 Τυπική διαμόρφωση μιας θερμής στέγης με φύτευση



Εικόνα 4 Τυπική διαμόρφωση μιας ανεστραμμένης στέγης με φύτευση

## Επικάλυψη στέγης και προστασία από το ριζικό σύστημα

Κατά κανόνα η στεγάνωση της στέγης δηλαδή η επιφάνεια απορροής του νερού, παίζει ταυτόχρονα και τον ρόλο της προστασίας από τις ρίζες των φυτών. Στην συνηθισμένη στεγάνωση με ασφαλικές μεμβράνες ακόμα και όταν γίνεται ιδιαίτερα καλή αποσφράγιση των αρμών, είναι αναγκαία μια πρόσθετη μεμβράνη προστασίας από τις ρίζες.

Δοκιμές πολλών χρόνων έδειξαν ότι οι ασφαλικές στεγανώσεις διατρήθηκαν από διάφορα είδη φυτών που χρησιμοποιήθηκαν επειδή κάποιοι μικροοργανισμοί που ζουν στην άκρη των ριζών, μπορούν να διαλύσουν τα ασφαλικά υλικά. Ακόμη και στην περίπτωση που οι ραφές των προστατευτικών κατά των ριζών μεμβρανών PVC συγκολλήθηκαν με διογκούμενες κόλλες και στη συνέχεια σφραγίστηκαν, εμφανίστηκαν διατρήσεις, λόγω του ριζικού συστήματος. Αυτό οφείλεται στο ότι δεν είναι πάντα δυνατόν στην πράξη να πραγματοποιηθεί μια απόλυτα στεγανή συγκόλληση. Όταν κάποια σχισμή δεν έχει συγκολληθεί καλά και διεισδύσει νερό σε τριχοειδή μορφή, μπορούν οι άκρες των ριζών, με τους αισθητήρες υγρασίας, να αναπτυχθούν μέσα στην σχισμή. Υπάρχουν και φυτά των οποίων οι ρίζες όταν αισθανθούν υγρασία σκληρύνονται έτσι ώστε να μπορούν να διεισδύσουν σε σχισμές ή αρμούς. Για αυτόν το λόγο οι αλληλοεπικαλύψεις λωρίδων και μεμβρανών πρέπει να πραγματοποιούνται με συγκολλήσεις θερμού αέρα ή υψηλής συχνότητας. Η τοποθέτηση των στρώσεων, και μάλιστα η ανώτερη στρώση, πρέπει να περισσεύει πάνω από την ραφή της ένωσης ώστε να μπορεί να σφραγιστεί καλά στην ακμή. Αν αυτό δεν συμβεί, η ακμή πρέπει να σφραγιστεί με μεμβράνη υγρής μορφής.

Πρέπει να επισημανθεί ότι, εάν μια ρίζα διαπεράσει κάποτε την επιδερμίδα της στέγης, αυτό δεν θα οδηγήσει σε ριζικές ζημιές. Στις κεκλιμένες στέγες, η διείσδυση των ριζών είναι πολύ περισσότερο ακίνδυνη, σε σύγκριση με τα δώματα, επειδή το νερό δεν παραμένει στάσιμο πάνω στην επιδερμίδα της στέγης. Όταν πρόκειται για την κατασκευή μιας ψυχρής στέγης, με διάκενο διερχόμενου αέρα ή με ένα ελεύθερο μη θερμαινόμενο υποκείμενο χώρο κάτω από την στέγη, η υγρασία που ενδεχομένως θα διεισδύσει εξατμίζεται.

Οι μεμβράνες προστασίας από τις ρίζες μπορούν να αποτελούνται από:

- Συγκολλούμενες λωρίδες ασφαλικών κατά **DIN 52131**. Δεν θεωρούνται προστατευτικές κατά των ριζών και για αυτό απαιτούνται πρόσθετες προστατευτικές μεμβράνες.
- Μεμβράνες πολυμερισμένων ασφαλικών ή μεμβράνες ελαστομερών ασφαλικών. Παρασκευάζονται από μία ανάμειξη ασφαλικών και συνθετικών υλών και κατά κανόνα δεν είναι διατρητές από τις ρίζες.
- Μεμβράνες PVC , κατά DIN 16730,16938,16735) από μαλακό PVC . κατά κανόνα, δεν έχουν πολυστυρόλιο και ελαιώδη υλικά προστασίας του ξύλου. Για να αποκλείσουμε την καταστροφή του υλικού με την πάροδο του χρόνου, πρέπει η μεμβράνη του PVC να διαχωριστεί από τα ασφαλικά υλικά μέσω ενός γεωυφάσματος τεχνητών ινών ή υαλοβάμβακα μέσω μιας μεμβράνης πολυαιθυλαίνιου πάχους τουλάχιστον 0,3 χλστ.

Για λόγους ασφάλειας πρέπει στις φυτεμένες στέγες να τοποθετούνται μεμβράνες PVC, ενισχυμένες με οπλισμό ινών. Πλέγματα πολυεστερικών ινών με επικάλυψη PVC είναι εύκολα επεξεργάσιμα και έχουν προσιτές τιμές. Από οικολογική άποψη, πρέπει να σημειωθεί κριτικά ότι σε περίπτωση φωτιάς μπορεί να παραχθούν τοξικά αέρια και ότι ο χρόνος ζωής ήταν στο παρελθόν σχετικά μικρός.

- Μεμβράνες PE από χλωριωμένο πολυαιθυλένιο κατά DIN 16737. Διακρίνονται για την πολύ υψηλή τους αντοχή, όμως δεν μπορούν να συγκολληθούν στο εργοτάξιο με τρόπο μη διαπερατό από τις ρίζες. Στις ενώσεις πρέπει να προβλέπονται μεγάλες αλληλοεπικαλύψεις ώστε να εμποδίζεται η ανάπτυξη των ριζών.
- Μεμβράνες πολυολεφίνης από υφάσματα καλυμμένα με πολυολεφίνη. Από οικολογική άποψη θεωρούνται καλές, αφού δεν περιέχουν αλογόνα, πλαστικοποιητές και χλώριο. Παρόλα αυτά είναι ακριβότερες από τις μεμβράνες που καλύπτονται από PVC και η συγκόλλησή τους είναι δυσκολότερη. Για τον λόγο αυτόν η δουλειά αυτή πρέπει να ανατίθεται σε πεπειραμένες και εξειδικευμένες εταιρίες.
- Μεμβράνες ECB, που αποτελούνται από συνπολυμερισμένο αιθυλένιο με ασφαλτικά. Είναι ανθεκτικές στα ασφαλτικά και εύκολα επεξεργάσιμες.
- Μεμβράνες EPDM αποτελούνται από καουτσούκ-αιθυλενίου-προπυλενίου-πολυμερούς πίσσας και διακρίνονται για την μεγάλη τους ελαστικότητα. Δεν είναι όμως πάντα απλό να επιτύχει κανείς στεγανές ενώσεις.
- Υδατοστεγάνωση με ρητίνες πολυουρεθάνης ή πολυεστερικές. Απλώνονται σε υγρά μορφή και στο απαιτούμενο πάχος και εμποδίζουν την διείσδυση των ριζών.



Εικόνα 5 Στεγανωτικό στοιχείο με λειτουργία παρεμπόδισης της ολίσθησης, υδροσυσσωρευτικό και θερμομονωτικό

### Προστασία από μηχανικές βλάβες

όταν η επιφάνεια πάνω στην οποία θα τοποθετηθεί η μεμβράνη προστασίας από τις ρίζες είναι αδρή ή δεν είναι επίπεδη, πρέπει κάτω από την μεμβράνη προστασίας από τις ρίζες να τοποθετηθεί ένα γεωύφασμα.

Ένα τέτοιο πρόσθετο γεωύφασμα είναι κατά κανόνα περιττό, όταν οι στεγανωτικές μεμβράνες που χρησιμοποιούνται έχουν ενισχυμένο οπλισμό πλέγματος ινών και προσφέρουν ταυτόχρονα αντιριζική προστασία.

Όμως στην εντατική φύτευση και ιδιαίτερα όταν η επιδερμίδα της στέγης πρέπει να είναι προσβάσιμη από μηχανήματα πρέπει να προβλεφθεί η τοποθέτηση ενός προστατευτικού στρώματος που θα την ασφαλίσει από μηχανικές βλάβες. Αυτό το στρώμα μπορεί να αποτελείται από γεώφασμα τουλάχιστον 300 γρ./τ.μ., από ένα πάπλωμα αφρώδους υλικού ή άλλα παρόμοια υλικά. Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν στρώματα πλεγμάτων ινών που περιβάλλονται από γεώφασμα, όπως και στρώματα νιφάδων αφρωδών ανακυκλωμένων υλικών, υφάσματα πολυαιθυλενίου ή πολυουρεθάνης ή υφαντά στρώματα ανακυκλωμένων ινωδών υλικών. Τα περισσότερα προϊόντα αυτού του είδους εμφανίζουν εκτός της προστατευτικής τους και κάποια στεγανωτική λειτουργία.

#### **Αποστραγγιστική στρώση**

Η αποστραγγιστική στρώση έχει στόχο τόσο να απομακρύνει το περιττό νερό όσο και να αποθηκεύσει νερό ως κάποιο βαθμό. Κατάλληλα είναι κυρίως τα πορώδη, ελαφριά ορυκτά χοντρόκοκκα υλικά, όπως ο διογκωμένος πηλός, ο διογκωμένος σχιστόλιθος, η διογκωμένη λάβα, η σκουριά ή τα προϊόντα ανακυκλωμένου τούβλου.

Για να επιτευχθεί η αποθηκευτική ικανότητα των 15-25% όγκου νερού, πρέπει τα υλικά να έχουν εξαιρετικά ανοιχτούς πόρους. Γι'αυτό το λόγο ο διογκωμένος πηλός χρησιμοποιείται π.χ. σε θραυστή μορφή.

Στα δώματα και στις στέγες πολύ μικρής κλίσης, η αποστραγγιστική στρώση καλύπτεται από ένα γεώφασμα. Αυτό εμποδίζει το υπόστρωμα να εισχωρήσει μέσα στην αποστραγγιστική στρώση.

Σε στέγες με μεγαλύτερη κλίση, αυτό το μέτρο είναι συνήθως περιττό, γιατί εδώ η αποστράγγιση ενισχύεται από την κλίση. Εκτός αυτού, η ανάμιξη του υποστρώματος με το αποστραγγιστικό υλικό παρουσιάζει πλεονεκτήματα: μειώνεται σημαντικά ο κίνδυνος της ολίσθησης του υποστρώματος πάνω στην αποστραγγιστική στρώση και προκύπτει ένα ισορροπημένο επίπεδο υγρασίας για τις ρίζες. Κατά τον διαχωρισμό του υποστρώματος από την αποστραγγιστική στρώση με γεώφασμα, οι ρίζες που περνούν σε βάθος βρίσκονται άλλες φορές "στο νερό" και άλλες φορές, είναι εναέριες σε ξηρό περιβάλλον. Και τα δύο αποτελούν για αρκετά φυτά μειονέκτημα, γιατί αναστέλλουν την ανάπτυξή τους, ιδιαίτερα των χόρτων.

Η διάμετρος των κόκκων των θραυστών υλικών πρέπει να εμφανίζει ποικιλία μεγεθών, που φτάνουν μέχρι τα 16 χλστ. Στις κεκλιμένες στέγες είναι προτιμότερες οι στρώσεις αποστράγγισης από ακανόνιστους θραυστούς κόκκους, για λόγους μη ολίσθησης του υλικού. Η τιμή ΡΗ θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 6,0 και 8,5. ελαφρώς αλκαλικές ύλες, όπως π.χ. ο διογκωμένος πηλός ή η κίσηρη παρουσιάζουν το πλεονέκτημα ότι αναστέλλουν κάπως την επίδραση της όξινης βροχής.

#### **Υπόστρωμα**

Το φέρον στρώμα της βλάστησης μέσα στο οποίο σχηματίζεται το ριζικό σύστημα ονομάζεται υπόστρωμα. Χρησιμεύει ως θρεπτική ύλη και αποθήκη νερού, πρέπει να περιέχει έναν ικανοποιητικό όγκο αέρα και να προσφέρει στις ρίζες δυνατότητα αγκίστρωσης. Το υπόστρωμα και η βλάστηση πρέπει να είναι συμβατά.

Όταν χρησιμοποιείται επιφανειακό χώμα που είναι πολύ πυκνό (μεγάλη περιεκτικότητα σε άργιλο), πρέπει να αναμιχθεί κατά κανόνα με άμμο, ώστε να αραιώσει. Κατάλληλα είναι τα υλικά όπως π.χ. λάβα, θραυστός πηλός κ.α.

## **Βλάστηση**

### **Κριτήρια επιλογής**

Για την επιλογή των φυτών είναι αποφασιστικοί διάφοροι παράγοντες και μεταξύ τους κυρίως:

- Η δύναμη του υποστρώματος και η ικανότητά του να συγκρατεί το νερό
- Η κλίση της στέγης ( όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση, τόσο μεγαλύτερη πρέπει να είναι η ικανότητα συγκράτησης νερού)
- Η έκθεση στους ανέμους (συμβάλλει σε αυξημένη εξάτμιση)
- Ο προσανατολισμός ( οι νότιες στέγες ξηραίνονται γρηγορότερα)
- Ο σκiasμός
- Το ύψος βροχοπτώσεων ( προσοχή στη κλίση της βροχής)

Όμως είναι εξίσου σημαντικό σε ποιες από τις ακόλουθες λειτουργίες και επιδράσεις δίνεται μεγαλύτερη σημασία :

- Θερμομόνωση
- Θερινή λειτουργία ψύξης
- Ηχομόνωση
- Ανάγκη συντήρησης
- Οπτική εμφάνιση

Όταν στην φύτευση μιας στέγης δεν επιδιώκεται μόνο το αισθητικό αποτέλεσμα αλλά κυρίως εξασφάλιση ιδιοτήτων όπως : δομικοφυσικών (π.χ. θερμομόνωση θερινή θερμοπροστασία και ηχοπροστασία), οικολογικών (συγκράτηση βροχής και καθαρισμός της ατμόσφαιρας) δομικοκατασκευαστικών (π.χ. προστασία της κατασκευής της στέγης από την UV ακτινοβολία και από ακραίες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις), τότε θα πρέπει να επιδιώκεται η δημιουργία μιας κατά το δυνατόν πυκνής και ισούψους δομής της βλάστησης. Αυτή επιτυγχάνεται ευκολότερα και οικονομικότερα με αγριόχορτα ή με ανάμειξη αγριόχορτων και αγριοβοτάνων.

Για την επιλογή της βλάστησης είναι αποφασιστικά τα ακόλουθα κριτήρια :

- Αντοχή στην παγωνιά
- Αντοχή στην ξηρασία
- Ύψος ανάπτυξης 10-20 εκ.
- Ύψος ανθοφορίας όχι πάνω από 40 εκ.
- Πυκνή δομή για τα φυτά μεγάλου ύψους και περιορισμένης πλάγας ανάπτυξης
- Περιορισμός των απαιτήσεων σχετικά με την ποιότητα του εδάφους

### **Είδη βλάστησης**

Στη φύτευση, διακρίνονται οι ακόλουθες κατηγορίες :

- Σπορά

Στην υγρή σπορά ( φύτευση με ράντισμα), χρησιμοποιούνται ως συνδυετικές ύλες, κυτταρίνη άλγες με πηλό ή γαλακτώματα συνθετικών υλικών. Η αναλογία των 2 γρ./τ.μ. υλικού σποράς είναι επαρκής. Το υλικό σποράς αγριόχορτων και αγριοβοτάνων συνήθως παρουσιάζει χαμηλή ικανότητα βλάστησης και καθαρότητα ειδών,

όμως τα φυτά συχνά έχουν μεγαλύτερη αντοχή. Στην ξηρή σπορά χρειάζονται κατά κανόνα 3 έως 8 γρ. Υλικού σποράς ανά τ.μ.

- Φύτευση βλαστών

Στη φύτευση ποιών χρησιμοποιούνται συνήθως βλαστάρια ( κομμένα τμήματα φυτών). Αναπτύσσονται εύκολα και αντέχουν σε περιόδους ξηρασίας.

- Θάμνοι

Τα φυτά εκτατικής φύτευσης πρέπει να είναι ανθεκτικά και να έχουν λιπανθεί ελαφρώς με άζωτο.

- Έτοιμοι χλοοτάπητες

Ως μείγμα χρησιμοποιείται συνήθως το κανονικό μείγμα υλικού σποράς. Για σπορά υπαίθρου ενδεχομένως με προσθήκη σπόρων βοτάνων. Χρειάζεται προσοχή, ώστε η σύνθεση των χόρτων να μην έχει βελτιωθεί με κριτήριο την εκτατική φύτευση.

- Στρώματα βλάστησης

Τα στρώματα βλάστησης φέρουν οπλισμό γεωυφασμάτων, πλεγμάτων ή υφασμένων ινών. Περιέχουν ανάλογα με τις απαιτήσεις μείγματα βρύων, χυμωδών φυτών και χόρτων.



Κατοικία στο Stadthagen



Στέγη πλακών χόρτου κατοικία στο Uchte (Αρχιτέκτονας: G. Minke)

## 5 Συστήματα φυτεμένων στεγών

### Γενικά

Τα συστήματα φυτεμένων στεγών κατηγοριοποιούνται αρχικά με βάση την κλίση τους.

Φύτευση δωμάτων (στέγες με κλίση έως 3 ή 5%)

Ακόμα και σήμερα, τα δώματα χωρίς φύτευση είναι κατά κανόνα αρκετά επιρρεπή στις βλάβες. Σύμφωνα με την 2<sup>η</sup> Έκθεση Κατασκευαστικών Βλαβών του Υπουργείου Χωροταξίας, Δόμησης και Πολεοδομίας της Γερμανίας, στο 80% των δωμάτων οι πρώτες βλάβες εμφανίζονται ήδη μετά από 5 χρόνια. Απαιτούνται εργασίες επισκευής, κατά μέσο όρο ανά 7 χρόνια.

Η φύτευση των δωμάτων προσφέρει σοβαρή προστασία στις αντίξοες κλιματικές συνθήκες και συμβάλλει με αυτόν τον τρόπο σημαντικά στην επιμήκυνση της διάρκειας ζωής τους.



Η βλάστηση σε φυτεμένα δώματα εκτίθεται περισσότερο στις διακυμάνσεις της υγρασίας , απ'ότι στις επικλινείς στέγες. Έτσι, υπάρχει ο κίνδυνος το έδαφος με μικρό πάχος υποστρώματος να ταλαιπωρείται και να αυξάνονται τα όξινα στοιχεία του εύκολα. Λόγω υγρασίας, της πάχνης και της κακής οξυγόνωσης.

Όσο πιο έντονες είναι οι διακυμάνσεις της υγρασίας του εδάφους, τόσο πιο φτωχό σε βιοποικιλότητα και σε ζωτικότητα είναι το στρώμα βλάστησης.

Για την προφύλαξη από την ξήρανση, τα συστήματα φύτευσης προβλέπουν για τα δώματα ένα ιδιαίτερο στρώμα αποστράγγισης των περισσών υδάτων, καθώς επίσης και τεχνητό σύστημα ποτίσματος.

Το στρώμα αποστράγγισης χωρίζεται από το υπόστρωμα με την παρεμβολή ειδικού γεωυφάσματος. Αυτή η λύση είναι από τη φύση της, αισθητά λιγότερο δαπανηρή , σε σχέση με αυτήν που περιγράφεται παρακάτω, για στέγες κλίσης.

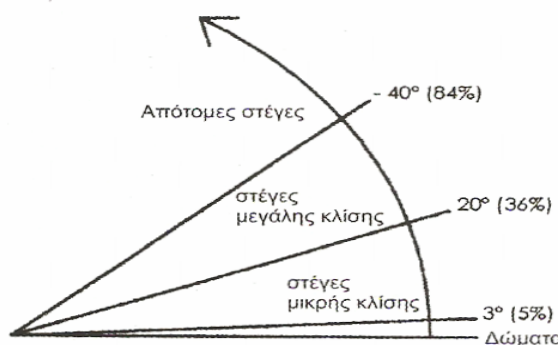
Εκτός αυτού όμως, δεν ευνοεί πάντοτε την ανάπτυξη των φυτών, επειδή τα φυτά ταλαιπωρούνται πολύ , καθώς οι ρίζες τους μεγαλώνουν μέσα από το γεωύφασμα. Κατά περιόδους οι ρίζες τους βρίσκονται μέσα στο νερό, όπως συμβαίνει στις υδατοκαλλιέργειες, ενώ συχνότερα συμβαίνει οι ρίζες τους να βρίσκονται - όπως και στις εναέριες ρίζες - σε στεγνό περιβάλλον.

Οι συνηθισμένες φυτεύσεις δωματίων είναι δαπανηρές στη κατασκευή των επιστρώσεων τους, αποτελούνται δε από τα παρακάτω στοιχεία :

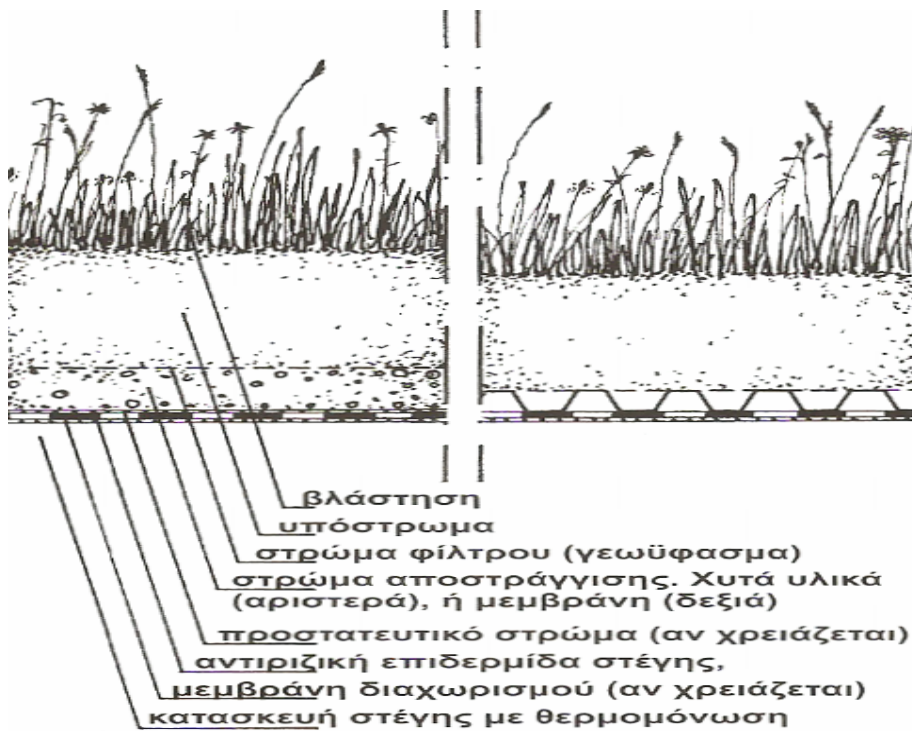
- Επιδερμίδα στέγης
- Προστατευτικό στρώμα
- Στρώμα αποστράγγισης
- Στρώμα φίλτρου
- Υπόστρωμα
- Βλάστηση

Η κατασκευή δώματος αυτού του είδους, όπως την συναντάμε συχνά σε κτήρια τραπεζών και άλλων χαρακτηριστικών κτηρίων προσθέτει επιπλέον βάρος από 100 έως 300 κιλά/τ.μ. επιφάνειας δώματος.

Για συνηθισμένα κτήρια, όπως πολυκατοικίες, εργατικές εστίες, βιομηχανικά κτήρια και αποθήκες, αυτές οι λύσεις είναι πολύ ακριβές. Σε αυτές τις περιπτώσεις , συνίσταται η εφαρμογή πιο απλών κατασκευαστικών λύσεων, όπως αυτές που ενδείκνυνται για στέγες μικρής κλίσης.



Εικόνα 6 Κατηγοριοποίηση των φυτεμένων στεγών σύμφωνα με την κλίση τους

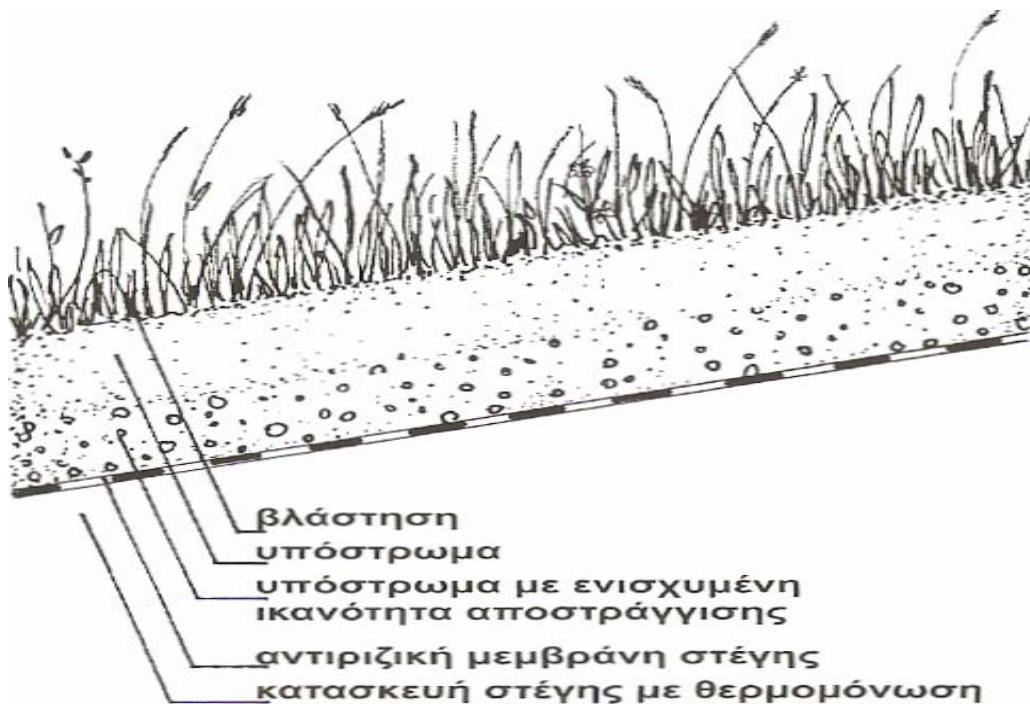


Εικόνα 7Κατασκευή των στρωμάτων στη φύτευση δωματίων

### Στέγες μικρής κλίσης ( κλίση από 3-20ο ή 5-35%)

Στέγες με κλίσεις μεταξύ 3 και 20° (5-35%) αποκαλούνται εδώ στέγες μικρής κλίσης. Αυτή η κλίση δίνει τη δυνατότητα εύκολης και πολύ οικονομικής διαμόρφωσης φυτεμένης στέγης.

Οι στέγες μπορούν να κατασκευάζονται ως «στέγες μια στρώσης»



Εικόνα 8Φύτευση κεκλιμένης στέγης μιας στρώσης

Που σημαίνει ότι δεν χρειάζονται στρώματα αποστράγγισης διαχωρισμένα με γεώφασμα. Το υπόστρωμα αναλαμβάνει την αποθήκευση νερού και ταυτόχρονα αποβάλλει το περιττό νερό.

Γιαυτό το σκοπό , πρέπει στο υπόστρωμα να προστίθενται μεγάλοκοκκα συστατικά κατά προτίμηση από πορώδη αδρανή υλικά, όπως π.χ. κίσηρη, σκουριά, διογκωμένο σχιστόλιθο ή διογκωμένο πηλό. Πέραν τούτου, αυτά τα συστατικά διαθέτουν και άλλα θετικά χαρακτηριστικά : μειώνουν το βάρος του υποστρώματος, αυξάνουν την θερμομονωτική του ικανότητα, διευκολύνουν την αναπνοή των ριζών και λειτουργούν ως ενδιάμεσος ρυθμιστής κατά της όξινης βροχής, λόγω των τιμών του Ρh τους.

Σε κλίσεις μεταξύ 3° και 20° , συνήθως δεν χρειάζεται διασφάλιση για τυχόν ολίσθηση του υποστρώματος.

### **Στέγες μεγάλης κλίσης ( κλίση 20-40° ή 36 - 84%)**

Στέγες μεγάλης κλίσης ονομάζονται εδώ οι φυτεμένες στέγες με κλίση μεταξύ 20° και 40° ( 36% και 85% ) και πρέπει να προστατεύονται από την ολίσθηση του υποστρώματος. Η διαμόρφωση τους μοιάζει με αυτήν των φυτεμένων στεγών μικρής κλίσης, απαιτούν όμως, ανάλογα με την κλίση τους και το πάχος του υποστρώματος, διαφορετικών ειδών μέτρα κατά της ολίσθησης του υποστρώματος.

### **Απότομες στέγες ( κλίση 40° η 84% )**

Ο όρος απότομες στέγες χρησιμοποιείται εδώ για στέγες, των οποίων η κλίση είναι μεγαλύτερη από 40° (84%). Σαυτές τις στέγες , τα φράγματα ολίσθησης, οι μεμβράνες αγκύρωσης ή άλλα βοηθητικά μέσα δεν επαρκούν για την αντιολισθητική προστασία του υποστρώματος.

Ο πιο εύκολος τρόπος για την δημιουργία μιας φυτεμένης στέγης μεγάλης κλίσης φαίνεται στην παραδοσιακή ισλανδική στέγη με πλάκες τύρφης

Πάνω στην κατασκευή της στέγης επιστρώνονται, όπως με τα κεραμίδια, πλάκες χόρτου πάχους 8-10 εκ. με καλά αναπτυγμένο ριζικό σύστημα. Επειδή το πάχος των 10 εκ. του υποστρώματος δεν επαρκεί και θα ολίσθαιναν τα χαλαρά μέρη του, πρέπει να τοποθετηθούν 2 στρώσεις από πλάκες χόρτου, η μία πάνω στην άλλη, με την κάτω ανάποδα, δηλ. με τη βλάστηση προς τα κάτω, ώστε να λειτουργεί ως υπόστρωμα για την επάνω στρώση.

Αυτή η μέθοδος είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για ιδιοκατασκευή. Για την ελαχιστοποίηση πρόσθετων διορθωτικών φυτεύσεων είναι σημαντικό οι πλάκες να πιέζονται γερά η μια δίπλα στην άλλη.

Μια πολύ απλή μέθοδος για την φύτευση απότομων στεγών με βρύα είναι να τοποθετείται αρχικά ένα ρολό χλοοτάπητα ( με χόρτο προς τα κάτω) πάνω στην επιδερμίδα της στέγης και πάνω από αυτό ένα στρώμα βλάστησης με βρύα. Για να αποφευχθεί η ολίσθηση των στρώσεων, μπορούν να δεθούν π.χ. στην κορυφή της

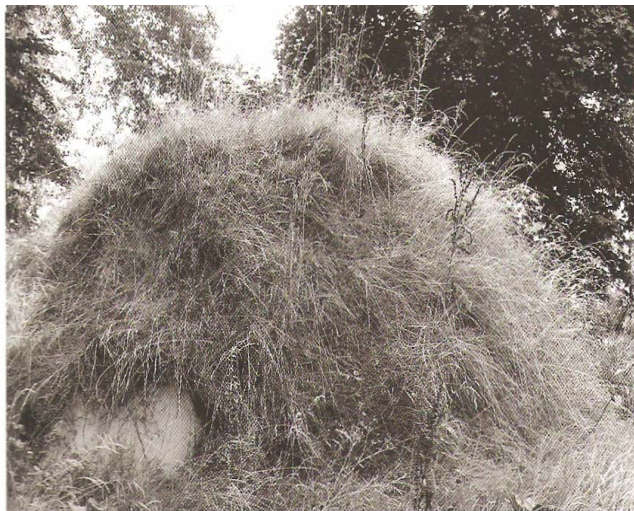
στέγης και να κρατηθούν ταυτόχρονα από οριζόντια τεντωμένα σκοινιά. Τα τελευταία εξυπηρετούν, ταυτόχρονα , και τη σταθεροποίηση έναντι των ανέμων.

Από το 1976, εξελίχθηκαν και δοκιμάσθηκαν διάφοροι μέθοδοι για την φύτευση απότομων στεγών στο Ερευνητικό Εργαστήριο Πειραματικής Δόμησης (FEB) του Πανεπιστημίου του Kassel : Στο πειραματικό κτήριο του FEB , που απεικονίζεται στην **εικ 5.5** , πάνω στην επιδερμίδα της στέγης τοποθετήθηκαν παλιά λάστιχα αυτοκινήτων.



Εικόνα 9 Πειραματικό κτήριο

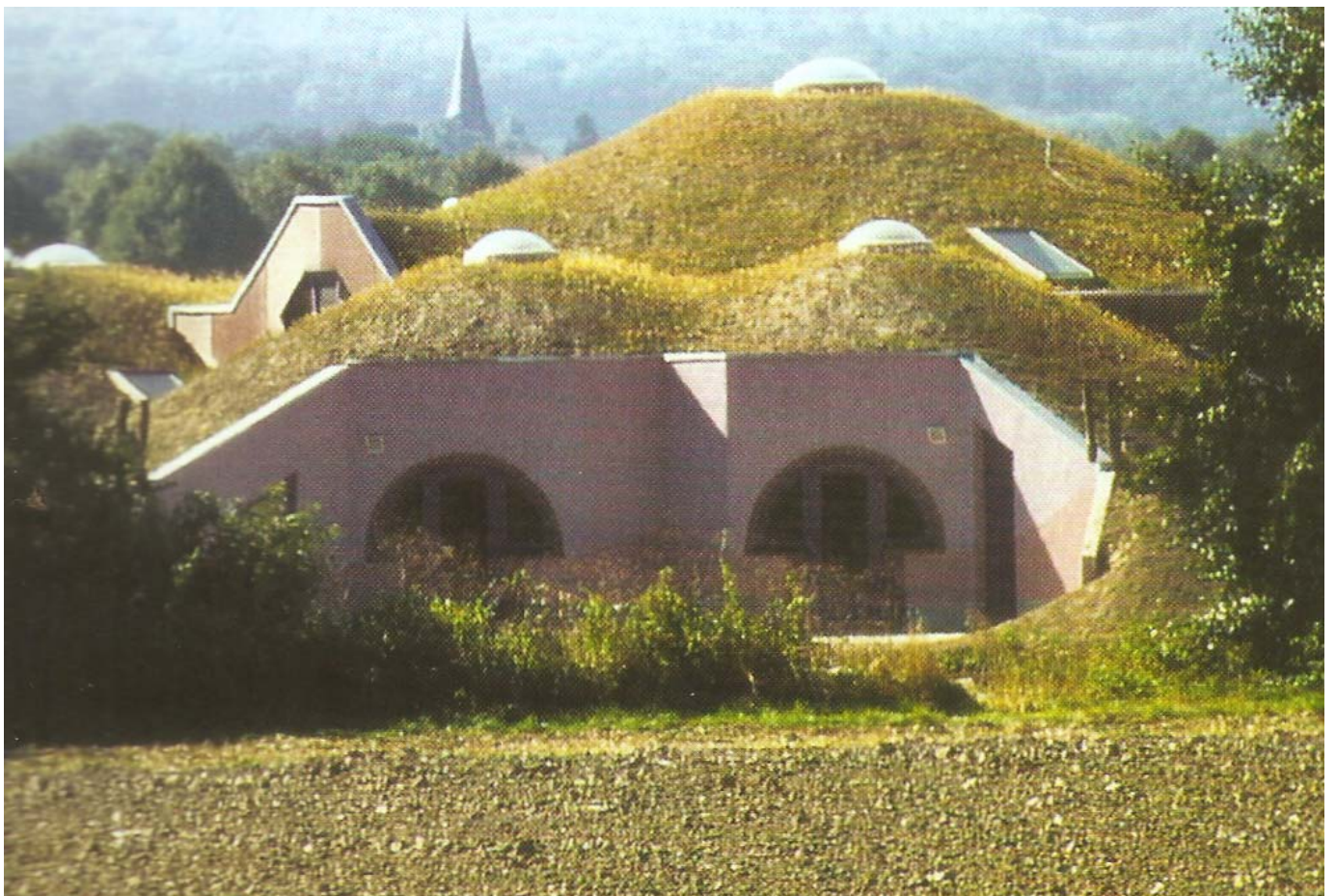
Στη συνέχεια , τα γέμισαν με χώμα και πλάκες χόρτου. Μετά από μια περίοδο βλάστησης, το κτήριο είχε επικαλυφθεί με πυκνή πράσινη «γούνα»



Εικόνα 10 Πειραματικό κτήριο



Εικόνα 11 Οδοντιατρείο στο Bucken

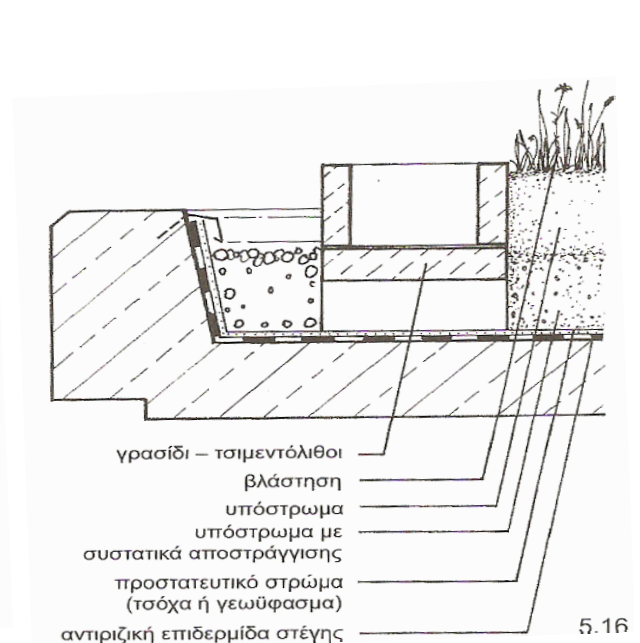
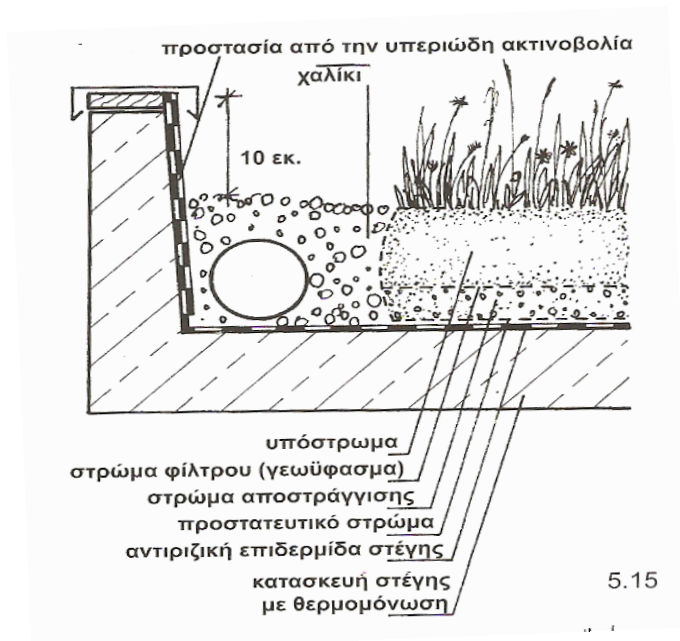


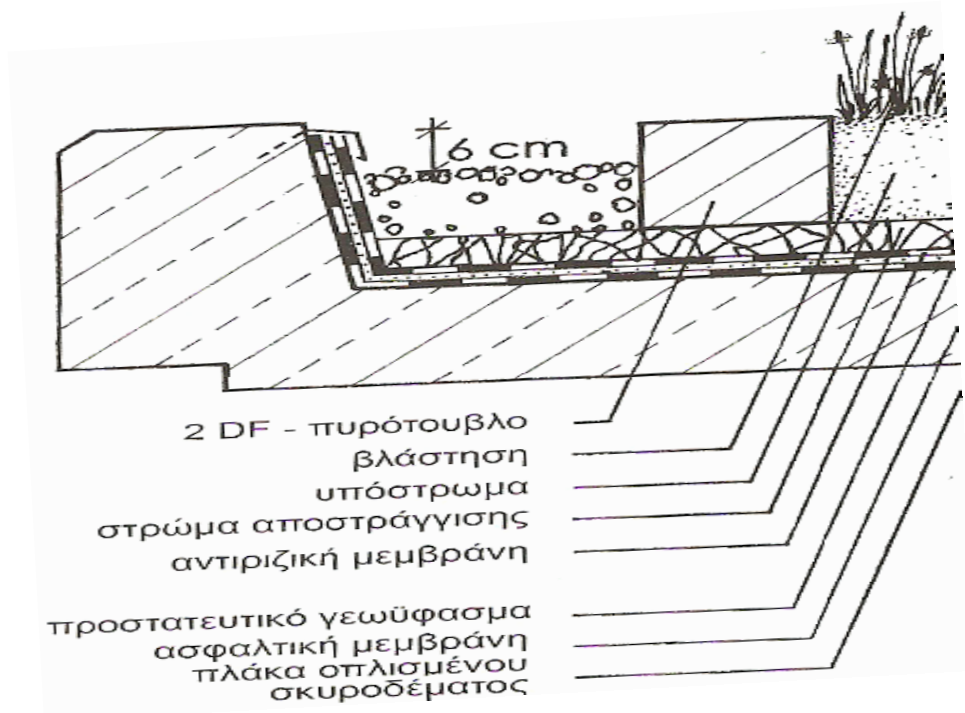
Εικόνα 12 Νηπιαγωγείο Waldorf (πάνω τέλος καλοκαιριού, κάτω άνοιξη) (αρχιτέκτονας: G. Minke)

## Χώροι στάθμευσης και υπόστεγα για αυτοκίνητα

Όπως είναι αναμενόμενο, είναι ευκολότερο και οικονομικότερο να φυτεύονται γκαράζ και υπόστεγα για αυτοκίνητα απ' ό,τι οι στέγες μεγαλύτερων κτηρίων. Αυτό συσχετίζεται κατά κύριο λόγο με το γεγονός, ότι για την προστασία των ριζών μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεμβράνες από PE ή PVC σε όλο το φάρδος τους, χωρίς ραφές. Αυτό το είδος δομικών υλικών διατίθενται ως μεμβράνες τεχνητών λιμνών. Οι πιο οικονομικές είναι οι μεμβράνες επισκευής κτηρίων. Πρέπει όμως να προσέξουμε να μην έχουν ενίσχυση πλεγμάτων που θα τις καθιστούσε πολύ ευαίσθητες σε βλάβες. Οι μεμβράνες από PVC πρέπει να έχουν ελάχιστο πάχος 0,8 χλστ. - καλύτερα 1 χλστ. Ως προστασία έναντι του τραχέως υποστρώματος πρέπει πρώτα να απλωθεί ένα γεωύφασμα περίπου 300 γρ/τ.μ. Πιο οικονομικά είναι τα γεωυφάσματα από ανακυκλωμένα κύπελλα γιαουρτιού. Κατά την πρόσβαση πάνω στην επιδερμίδα της στέγης απαιτείται προσοχή, ώστε αυτή να μην πληγωθεί. Συστήνεται, η επικάλυψη της επιδερμίδας με ένα αποστραγγιστικό στρώμα, που εκτός της προστατευτικής λειτουργίας του, μπορεί ταυτόχρονα να αποθηκεύει και νερό. Για το αυτό το λόγο, διατίθενται χαμηλού κόστους στρώματα από ανακυκλωμένο συνθετικό αφρό. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν στρώματα τσόχας μεγαλύτερου πάχους, και από πάνω μια στρώση θραυστών αδρανών υλικών όπως π.χ. διογκωμένος πηλός, διογκωμένη λάβα, σκουριά ή κίσηρη.

Οι εικ. 5.15 έως 5.17 δείχνουν τρεις δυνατότητες διαμόρφωσης.





Η διαμόρφωση των στρωμάτων σε φυτεύσεις που γίνονται εκ των υστέρων, εξαρτάται από την αντοχή της στέγης, το είδος της μόνωσης, την κλίση της το ύψος των περιμετρικών άκρων. Σε προκατασκευασμένα γκαράζ, για τα οποία προβλέπεται επίστρωση με χαλίκι, μπορεί χωρίς πρόβλημα να αντικατασταθεί το φορτίο του χαλικιού πχ. Των 100 κιλών/τ.μ. από ένα άλλο ελαφρύ υπόστρωμα πάχους 10 εκ.

Εάν η στέγη του χώρου στάθμευσης έχει κλίση μικρότερη του 3% συνιστάται η δημιουργία στρώματος αποστράγγισης. Σε περίπτωση χαμηλών περιμετρικών άκρων και σε κλίσεις μικρότερες του 30%, η δημιουργία ζώνης χοντρών χαλικιών περιμετρικά και στο χαμηλότερο επίπεδο της στέγης εξυπηρετεί την αποστράγγιση των υδάτων. Όταν το υπόστρωμα έχει μεγαλύτερο ύψος από την απόληξη, τότε μπορούν να τοποθετηθούν ως τελείωμα ένας κορμός, μια γωνία, αλλά και πλίνθοι ή ακόμα και τσιμεντόλιθοι. Σε αυτή την περίπτωση, το προστατευτικό γεωϋφασμα, που βρίσκεται πάνω από το στρώμα αποστράγγισης, πρέπει να γυρίσει προς τα πάνω για να μην φράζει με χώμα το στρώμα του χαλικιού.

Η επιδερμίδα της στέγης πρέπει να γυρίσει επίσης προς τα επάνω και να προστατευτεί από την υπεριώδη ακτινοβολία (UV). Ακόμα και όταν οι μεμβράνες θεωρούνται ανθεκτικές στην υπεριώδη ακτινοβολία συνιστάται η προστατευτική κάλυψη τους για να εξασφαλιστεί μεγαλύτερος χρόνος ζωής. Επίσης, πρέπει να αποφεύγεται, οπωσδήποτε, η επαφή των μεμβρανών PVC με τα ασφαλτικά υλικά.

Εάν ήδη υπάρχει χαλικόστρωση, ο πιο εύκολος τρόπος φύτευσης γίνεται με την αφαίρεση 3-4 εκ. πάχους στρώσης χαλικιού και την αντικατάστασή του από 4-6 εκ. χώματος. Ακολουθεί η σπορά μίγματος σπόρων άγριου χόρτου - άγριων βοτάνων με βλαστούς ποών. Τα ποώδη φυτά αναπτύσσονται πολύ καλά σ' αυτό το φτωχό σε θρεπτικές ύλες υπόστρωμα.



## Φύτευση στεγών με αναρριχώμενα φυτά.

Σε ορισμένες περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή για κατασκευαστικούς λόγους η τοποθέτηση υποστρώματος στη στέγη, μπορεί η φύτευση με αναρριχώμενα φυτά να είναι προσφορότερη.

Ιδιαίτερα κατάλληλος για τον σκοπό αυτό είναι ο κισσός, ένα αειθαλές φυτό, που συγκρατείται σταθερά με τις ρίζες του στην επιδερμίδα της στέγης( εικ. 5.23) Πρέπει όμως να δοθεί προσοχή να μην υπάρχουν ανοιχτοί αρμοί ή σχισμές στις άκρες της στέγης, γιατί οι βλαστοί του κισσού έχουν την τάση διείσδυσης σε σκοτεινούς χώρους.

## 6 κατασκευαστικές λεπτομέρειες.

Περίμετρος στέγης, αλληλοτομία στεγών,  
ένωση στεγών

Κατά την τοποθέτηση της μόνωσης της στέγης και αντίστοιχα της προστατευτικής αντιρριζικής μεμβράνης, χρειάζεται προσοχή ώστε οι στρώσεις αυτές να εξέχουν από της αποστραγγιστική στρώση, τόσο στις απολήξεις όσο και στις περιοχές των επαφών. Από τις οδηγίες για τα δώματα όπως και από το **DIN 18195 μέρος 9 και το DIN 18531** προκύπτουν οι εξής τιμές:

Στις απολήξεις των στεγών η παραπάνω εξοχή πρέπει να είναι

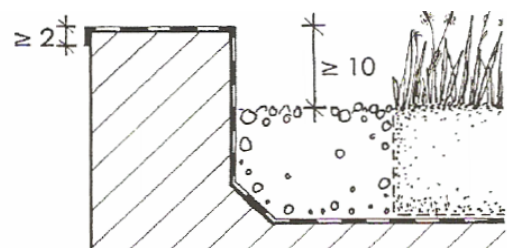
- σε κλίση στέγης έως  $5^{\circ}$ : 10 εκ.
  - σε κλίση στέγης άνω των  $5^{\circ}$ : 5 εκ.
- Στις επαφές με προσόψεις ή άλλα υπερκείμενα τμήματα του κτιρίου:
- σε κλίση στέγης έως  $5^{\circ}$ : τουλάχιστον 15 εκ.
  - σε κλίση στέγης άνω των  $5^{\circ}$ : τουλάχιστον 10 εκ.

Όταν η επιδερμίδα της στέγης ανυψώνεται λιγότερο από 15 εκ. Η ανύψωση θα πρέπει να επαρκεί για να υπερκαλύψει την εξωτερική ακμή του εγκιβωτισμού. Η υπερκάλυψη πρέπει να είναι τουλάχιστον 2 εκ. Στην υδροροή η επιδερμίδα πρέπει επίσης να φτάνει ως την εξωτερική ακμή ώστε σε ενδεχόμενη στασιμότητα νερού (π.χ. στο χιόνι ή στον πάγο) να αποκλειστεί η διείσδυση του νερού στην κατασκευή. Η στερέωση της κάλυψης μιας απόληξης που διεισδύει στην επιδερμίδα της στέγης πρέπει να στεγανοποιηθεί προσεκτικά.

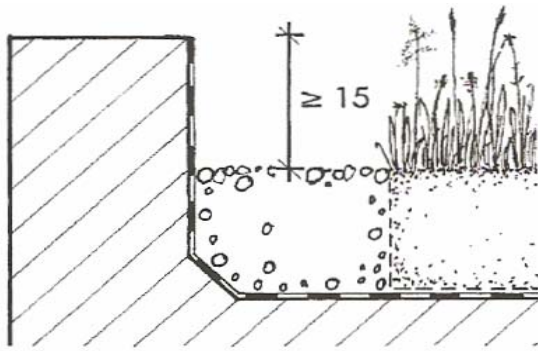
Οι οδηγίες FLL (1996) ορίζουν ότι πρέπει να σχηματίζεται, σε απόσταση από την επιφάνεια της βλάστησης, μεταξύ αυτής και του δομικού στοιχείου του εγκιβωτισμού, μια περιμετρική ζώνη χαλικιού ή πλακών πλάτους 50 εκ. κατά κανόνα.

Στις απολήξεις των στεγών συστήνεται πλάτος 25-50 εκ. η ζώνη αυτή χρησιμοποιείται στην εκτατική φύτευση ως ασφάλεια κατά των στροβιλισμών του ανέμου και στις απολήξεις, σε επαφή με όψεις κτηρίων, ως απόσταση ασφαλείας και προστασία από το πιτσίλισμα.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι η πυκνή βλάστηση προσφέρει πολύ καλύτερη προστασία από το πιτσίλισμα από ότι μια ζώνη χαλικιού ή πλακών.



Εικόνα 13 Απόληξη ή αέτωμα σε στέγες κλίσης έως  $5^{\circ}$

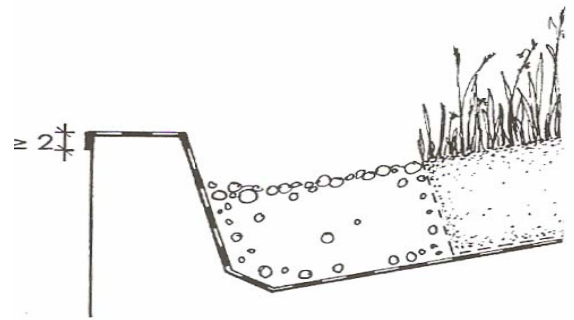


Εικόνα 14 Επαφή με το αέτωμα ή το υπερκείμενο δομικό στοιχείο με κλίση στέγης έως  $5^\circ$

Η εμπειρία των εφαρμογών δείχνει πέρα από αυτό ότι σε πολλές κεκλιμένες φυτεμένες στέγες, με πάχος υποστρώματος περίπου 15 εκ, που κατασκευάστηκαν από το 1978 χωρίς ζώνες χαλικιού ή πλακών, δεν παρουσιάστηκαν προβλήματα, επομένως το μέτρο αυτό δεν πρέπει να θεωρηθεί ριζικά αναγκαίο. Παρόλα αυτά, για τεχνικούς λόγους πυροπροστασίας, μπορεί στην περίπτωση αλληλοτομίας στεγών ή υπερκείμενων δομικών στοιχείων με ύψος στηθαίου <math>< 80</math> εκ. να είναι αναγκαία μια ζώνη πλάτους 50 εκ. ελεύθερη από βλάστηση.

Στις φυτεμένες στέγες, πάνω από τοίχους πυροπροστασίας, απαιτείται οι τελευταίοι να φτάνουν ως της επιδερμίδα της στέγης. Επιπροσθέτως, ορισμένες χώρες απαιτούν να δημιουργείται πάνω από τον πυροπροστατευτικό τοίχο μια ζώνη πλάτους 1 μ. χονδρού χαλικιού ή πλακών ή ο πυροπροστατευτικός τοίχος να προεξέχει 30 εκ. πάνω από τη στέγη. Στην περίπτωση αυτή μπορούν να δημιουργηθούν θερμογέφυρες. Για να επιτευχθεί ικανοποιητική απορροή του νερού της βροχής είναι, κατά κανόνα, αναγκαία στις κεκλιμένες στέγες, στην περιοχή της υδρορροής, η δημιουργία μιας ζώνης χαλικιού πλάτους 30 εκ, με πρόσθετο αποστραγγιστικό σωλήνα.

Εκτός αυτού, στην περιοχή της υδρορροής πρέπει να τοποθετείται ένα προφίλ απόληξης ισχυρό, που να είναι σε θέση να παραλάβει τα



Εικόνα 15 Σχηματισμός της επιδερμίδας της στέγης στην υδρορροή

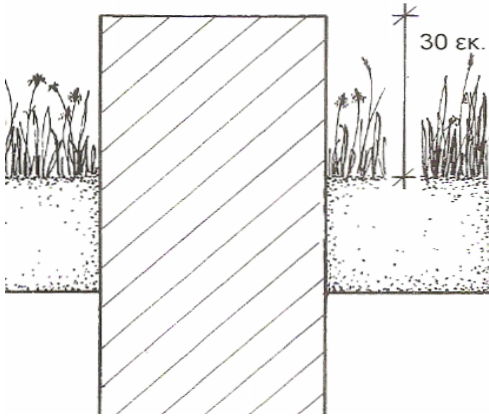
φορτία της ολίσθησης του χωμάτινου στρώματος και να τα μεταβιβάζει στην κατασκευή της στέγης. Τέτοια τυπικά προφίλ για την απόληξη και την υδρορροή φαίνονται στα σχήματα...

Στις παραδοσιακές σκανδιναβικές φυτεμένες στέγες το νερό διοχετευόταν κάτω από το προφίλ της απόληξης και η ακραία δοκός στερεωνόταν με μια ξύλινη καβίλια ή με μεγάλα καρφιά. Αυτή η λύση επιλέγεται συχνά στις σύγχρονες φυτεμένες στέγες στην Σκανδιναβία.

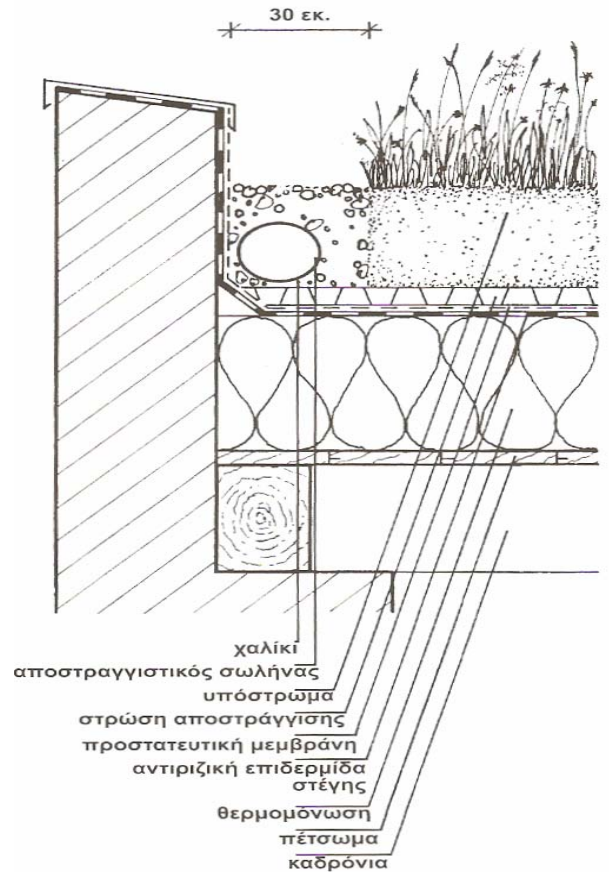
Όταν η διάμετρος του αποστραγγιστικού σωλήνα (80-100 χλστ) εί'ναι επαρκής και για μήκη έως 10 μ. δεν είναι αναγκαία η τοποθέτηση εγκάρσιου σωλήνα απορροής στην υδρορροή. Ούτως ή άλλως δεν είναι αναγκαίες οι υδρορροές στέγης.

Οι διακοπές της στέγης για καμινάδες, σωλήνες εξαερισμού, ανοίγματα στέγης, κεραίες κλπ. πρέπει να κατασκευάζονται με προσοχή. Η επιδερμίδα της στέγης πρέπει στις περιοχές της ένωσης να προεξέχει 15 εκ. πάνω από την υγρή περιοχή του στρώματος της βλάστησης και να ενωθεί χωρίς τέντωμα με τα δομικά στοιχεία που την διαπερνούν. Ακόμη κι αν όλες οι αντιρριζικές μεμβράνες είναι σταθερές στην υπεριώδη ακτινοβολία η επιδερμίδα της στέγης δεν πρέπει να μένει εκτεθειμένη. Η απλούστερη λύση είναι να την καλύψει κανείς με μια πρόσθετη λωρίδα

επιδερμίδας ως προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία.



Εικόνα 16 Διαφορετικές οδηγίες διαμόρφωσης σε φυτεμένες στέγες πάνω από πυροπροστατευτικούς τοίχους



Εικόνα 17 Διαμόρφωση της άκρης της στέγης, υδρορορή

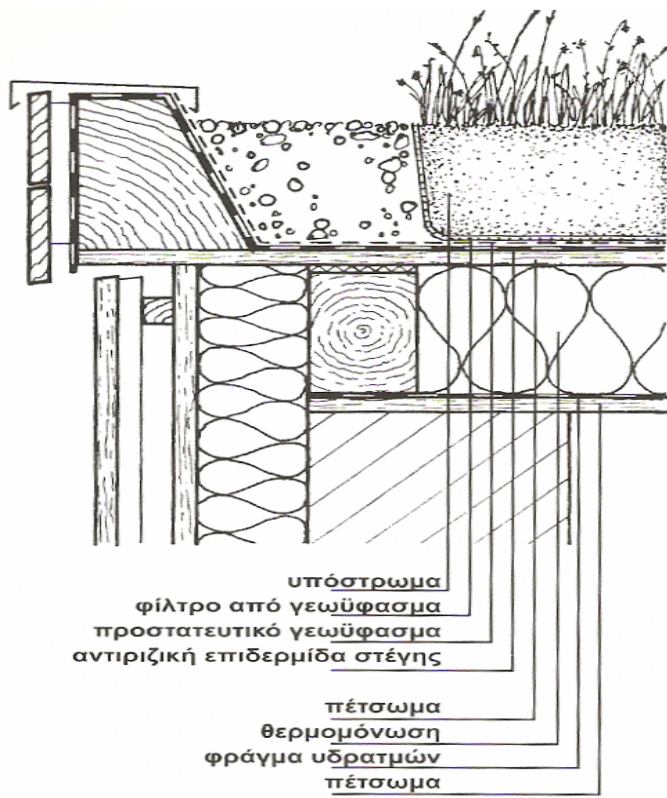
Ορισμένες εταιρείες παράγουν προφίλ λαμαρίνας καλυμμένες με συνθετικά υλικά στα οποία μπορεί να συγκολληθεί η επιδερμίδα της στέγης. Όταν ο εγκιβωτισμός της στέγης είναι χαμηλός είναι επίσης δυνατόν να καλυφθεί η περιοχή αυτή με χονδρό χαλίκι. Για σωλήνες εξαερισμού που είναι αναγκαίο να διακόπτουν την επιδερμίδα της στέγης, υπάρχουν ειδικά τεμάχια με μορφή σωλήνα και με συγκολλημένη φλάντζα, στην οποία συγκολλείται η επιδερμίδα της στέγης.

Αντίστοιχα ειδικά τεμάχια υπάρχουν και για τις εσωτερικές ή εξωτερικές γωνίες. Τα εσωτερικά αποχετευτικά συστήματα, όπως φαίνεται στην λεπτομέρεια σύνδεσης στην εικ 6,23, πρέπει κατά το δυνατόν να αποφεύγονται, διότι η δημιουργία δρόσου πάνω στις σωληνώσεις μπορεί να προξενήσει βλάβες στην κατασκευή.

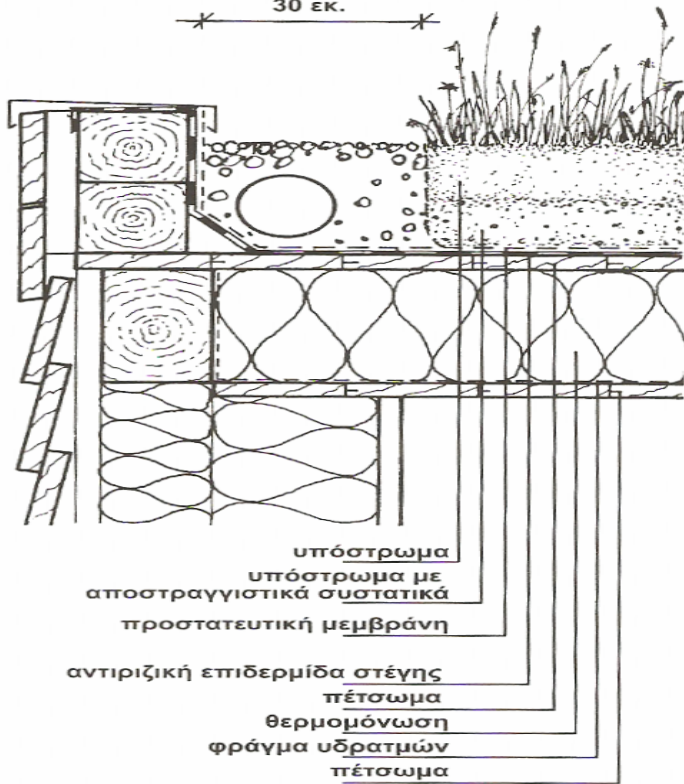
Στις απολήξεις των στεγών χρησιμοποιείται συνήθως ένα κάλυμμα λαμαρίνας τιτανίου - ψευδαργύρου σε επαφή με το χώμα.

Το απλούστερο κάλυμμα είναι το ξύλινο. Συστήνεται το ανεπεξέργαστο ξύλο λάρινος που, με σωστό αερισμό της κάτω πλευράς μπορεί να διατηρηθεί πάνω από 30 χρόνια. Αποφασιστικός για το ξύλινο κάλυμμα είναι ο σχεδιασμός της κατασκευής.

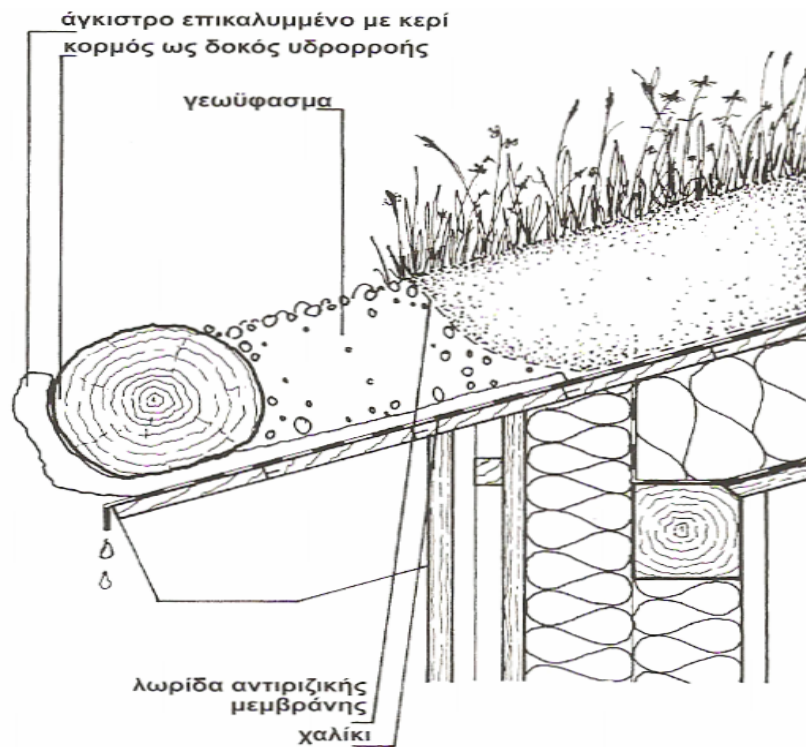
Τα σανίδια πρέπει να έχουν την ελάχιστη δυνατή επιφάνεια επαφής με την κατασκευή που καλύπτουν. Επειδή στις περιοχές αυτές διατηρείται για μεγάλο διάστημα υγρασία λόγω τριχοειδών φαινομένων υπάρχει ο κίνδυνος αργής αποσύνθεσης. Γι' αυτό καλό είναι να μη βιδώνονται κατευθείαν πάνω στην περιμετρική σανίδα, αλλά να μεσολαβεί μεταξύ τους μια συνθετική μεμβράνη.



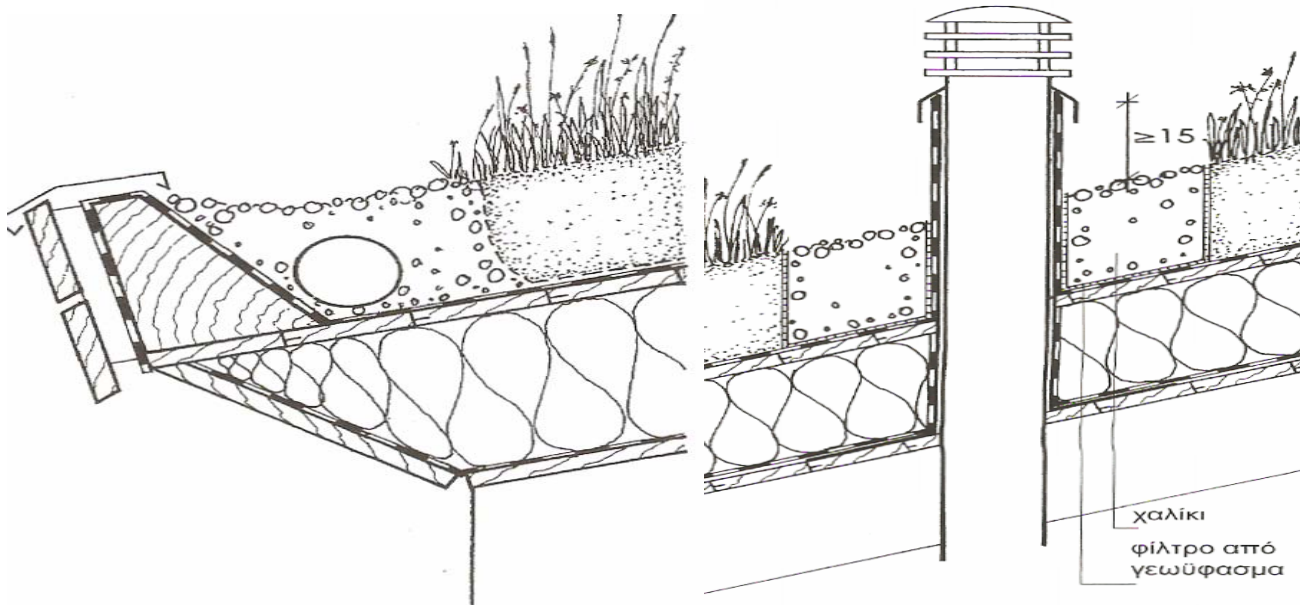
30 εκ.



Εικόνα 18 Διαμόρφωση της απόληξης της στέγης, υδρορροή



Εικόνα 19 Λεπτομέρεια υδρορροής μιας σύγχρονης στένης



Σύνδεση με σωλήνα εξαερισμού

Διαμόρφωση υδρορροής με πλάγια αποροή

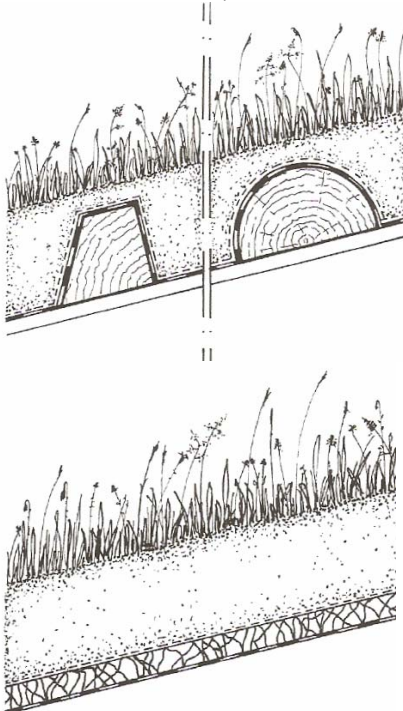
## Προστασία του υποστρώματος από την ολίσθηση

Σε στέγη μεγαλύτερης κλίσης, υπάρχει ο κίνδυνος το υπόστρωμα να ολισθήσει. Το αν είναι αναγκαία ειδικά μέτρα που πρέπει να ληφθούν για να αποτραπεί κάτι τέτοιο, - τεχνικές βλάστησης, κατασκευαστικά μέτρα- εξαρτάται από :

- την κλίση της στέγης
- το μήκος της κεκλιμένης πλευράς
- το πάχος του υποστρώματος
- τη σύμφυση του υποστρώματος και
- τον βαθμό ριζώματος των φυτών.

Στις φυτεμένες στέγες με συμπαγές υπόστρωμα πάχους 15εκ, χωρίς ξεχωριστό αποστραγγιστικό στρώμα και με βλάστηση αγριόχορτων - αγριοβότανων, απαιτείται αντιολισθητική προστασία όταν έχουν κλίση από 20° (36%) και πάνω. Όταν έχουν βλάστηση με λιγότερο πυκνό ριζικό σύστημα και κοκκώδες υπόστρωμα μπορεί να χρειαστεί αντιολισθητική προστασία ήδη από κλίσεις 15° (27%) και άνω.

Πολύ αποτελεσματικές είναι οι αντιολισθητικές τραβέρσες κάτω από την επιδερμίδα της στέγης (εκ.6.17). Όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση της στέγης τόσο πυκνότερα πρέπει να τοποθετούνται οι τραβέρσες. Για να αποκλεισθεί ο τραυματισμός της επιδερμίδας της στέγης σε αυτά τα σημεία, πρέπει, , όταν οι τραβέρσες είναι ξύλινες, οι ακμές τους να στρογγυλευτούν ή να λειανθούν και επίσης να τοποθετηθεί κάτω από την επιδερμίδα της στέγης ένα παχύ προστατευτικό ύφασμα ( ή μια παχιά προστατευτική μεμβράνη). Όταν το μήκος της στέγης είναι μικρότερο είναι δυνατόν να τοποθετηθούν, μέσα στο υπόστρωμα τραβέρσες οικοδομικής ξυλείας, οι οποίες μετά από 2 ή 3 χρόνια αποδομούνται, όταν πια στο υπόστρωμα έχει αναπτυχθεί εντελώς το ριζικό σύστημα των φυτών.



Εικόνα 20 Αντιολισθητική προστασία του προστασία του μεμβράνη

Εικόνα 21 Αντιολισθητική υποστρώματος με ακιδωτή

## υποστρώματος με τραβέρσες

Πολλές φορές τοποθετούνται μέσα στο υπόστρωμα λίθοι ή οικοδομικό πλέγμα για τη σταθεροποίηση του. Το πλέγμα βεβαία σκουριάζει και χάνει την αντοχή του , μέχρι τότε όμως το ριζικό σύστημα των φυτών έχει αναπτύξει επαρκώς την σταθεροποιητική του λειτουργία.

Όταν τα πάχη του υποστρώματος είναι μικρότερα και οι κλίσεις από 15° έως 25°, αρκούν , κατά κανόνα, ανελαστικές μεμβράνες ή «ακιδωτές» μεμβράνες( μεμβράνες τριών διαστάσεων) εφόσον στερεώνονται στην κορυφογραμμή της στέγης και εφόσον το υπόστρωμα είναι αρκετά συμπαγές.

Όταν η βλάστηση τοποθετείται με τη μορφή χλοοτάπητα ή μεμβράνης φύτευσης τότε μειώνεται κάπως ο κίνδυνος ολίσθησης του υποστρώματος.

Όλα τα αντιολισθητικά συστήματα που τοποθετούνται μόνο μέσα στο υπόστρωμα, ή ελεύθερα πάνω στην επιδερμίδα της στέγης, πρέπει , όταν είναι αρκετά ανθεκτικά σε πίεση, να στηρίζονται γερά πάνω στη σανίδα ή τη δοκό της υδρορροής ( εικ. 6.20) , ή αλλιώς να στερεώνονται στην κορυφογραμμή της στέγης.

Όταν οι κλίσεις των στεγών υπερβαίνουν τις 30°( 58%) απαιτούνται, κατά κανόνα, για την αντιολισθητική προστασία, εκτός από τα κατασκευαστικά, και πρόσθετα μέτρα τεχνικής της φύτευσης : κατά τη σπορά προσφέρεται η επιφανειακή σταθεροποίηση του υποστρώματος με συγκολλητές, Aigipaten όπως και κυτταρίνη ή ακόμη και η χρήση προκατασκευαστικών μεμβρανών βλάστησης. Η φύτευση ακραία κεκλιμένων στεγών κλίσης άνω των 40° είναι δυνατή, απαιτεί όμως ειδικές τεχνικές στερέωσης και ιδιαίτερη κατασκευή.

### **Αποστράγγιση**

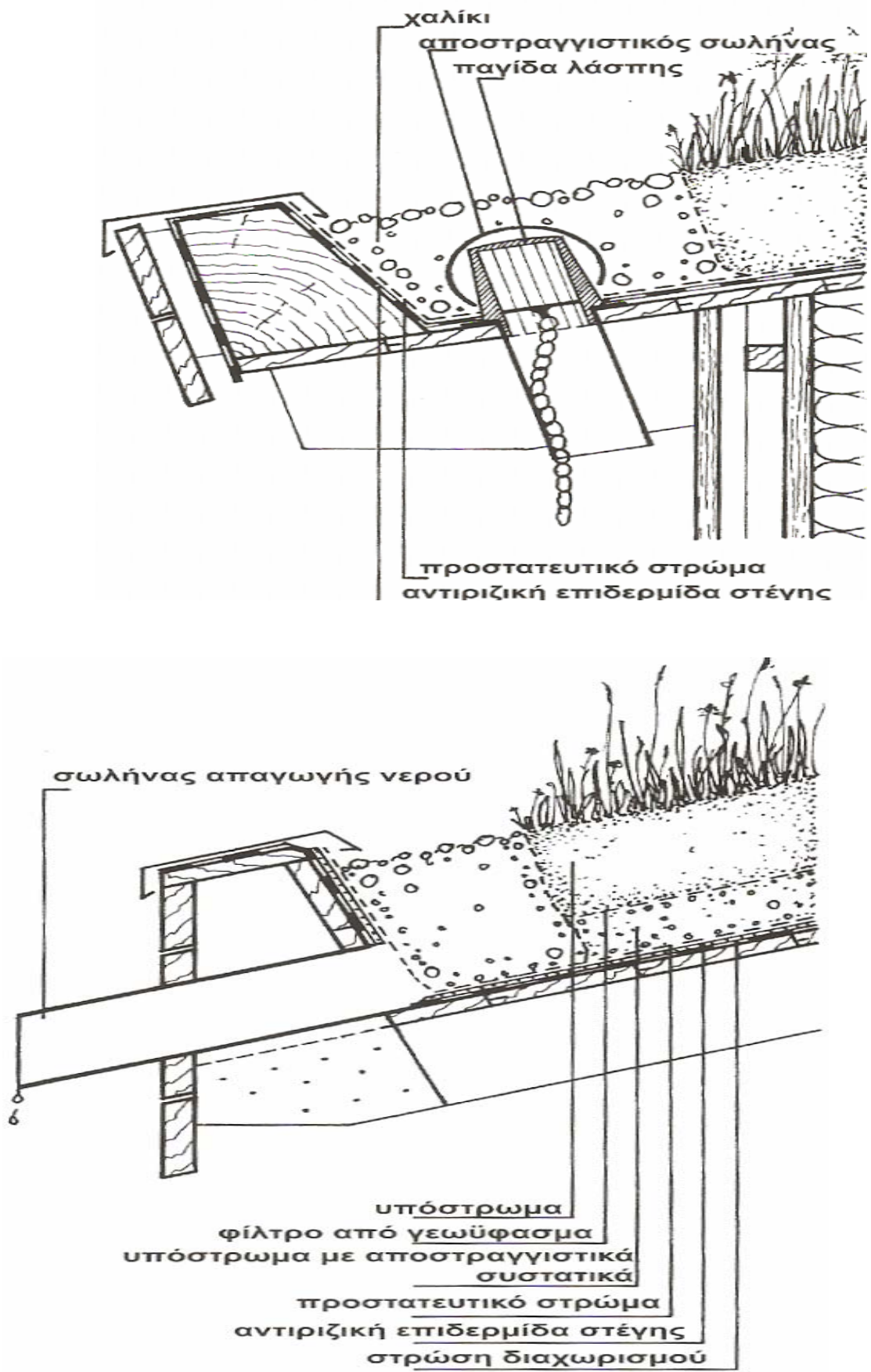
Στις στέγες εκτατικής φύτευσης χρειάζονται λιγότερα στόμια απορροής νερού από τις συμβατικές στέγες. Σύμφωνα με το DIN 1986 το νερό που απορρέει από τη στέγη είναι μόνο το 30% της ποσότητας της βροχόπτωσης. Επιπλέον εμφανίζεται σημαντική χρονική καθυστέρηση της απορροής.

Όταν η υδρορροή συλλογής του νερού είναι μικρότερη των 10μ. Αρκεί, κατά κανόνα, ένα στόμιο απορροής στο τέρμα της.

Το στόμιο τοποθετείται έτσι ώστε να βλέπει προς τα κάτω ( εικ. 6.21) και λοξά προς τα εμπρός ή προς το πλάι με τη βοήθεια ενός σωλήνα αποβολής νερού ( εικ. 6.22). Η εικόνα 6.23 δείχνει τον σχηματισμό εσωτερικής αποστραγγίσεως. Για την περίπτωση αυτή υπάρχουν ειδικά στηρίγματα με φλάντζες που συγκολλούνται στην επιδερμίδα της στέγης.

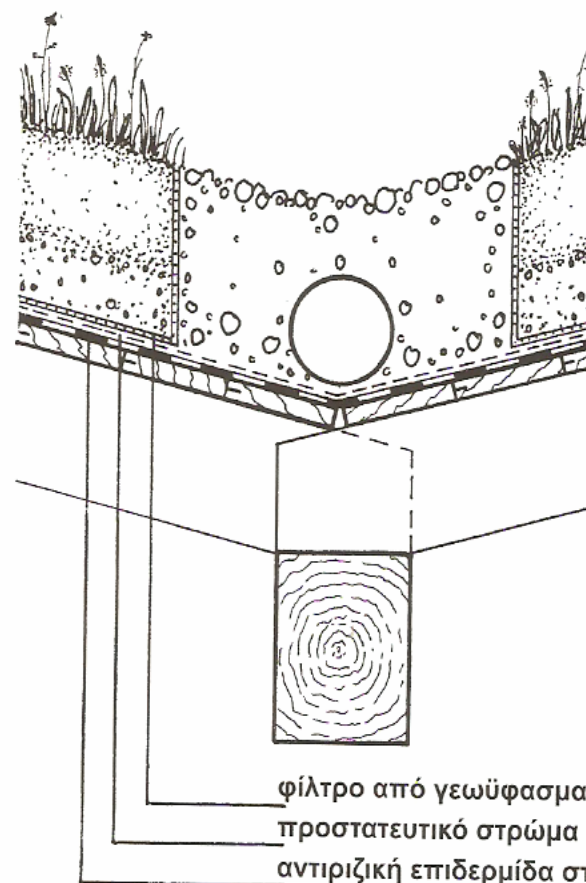
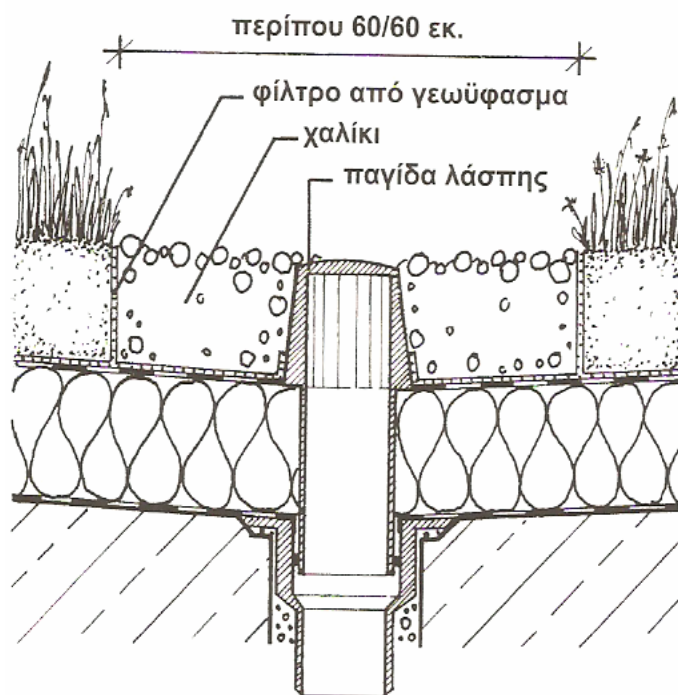
Για την υδρορροή χρησιμοποιείται ένας οριζόντιος αποστραγγιστικός σωλήνας με διάμετρο 80 έως 100 χλστ. Τοποθετημένος μέσα σε χαλίκι. Όταν το μήκος της υδρορροής είναι μεγάλο απαιτείται μία κατά μήκος κλίση περίπου 1%.

Στις κατεβασίες μεταξύ αλληλοτεμνόμενων στεγών δίνονται λύσεις σύμφωνα με την εικόνα 6.24.



Εικόνα 22 Λεπτομέρειες στομίων απορροής νερού





Εικόνα 23 Σχηματισμός

ρύσης νερού

Εικόνα 24 Εσωτερική αποστράγγιση

## 7 Φύτευση σε υπάρχουσα στέγη

Για τις στέγες με κλίση μέχρι  $30^\circ$  που φέρουν συμβατική επικάλυψη και που χρειάζονται ανανέωση, η φύτευση προσφέρεται, κατά κανόνα, ως ένα μέτρο εξαιρετικό πλεονεκτικό από επισκευαστική και ενεργειακή άποψη. Τα δώματα θα πρέπει να έχουν ελάχιστη κλίση 3% (καλύτερα 5%) που μπορεί να επιτευχθεί με πρόσθετα υλικά πχ. Μπετόν ρύσεων ή κάποια ανάλογη υποδομή από ξυλοκατασκευή.

Πριν από τη φύτευση πρέπει να διαπιστωθεί η ικανότητα παραλαβής φορτίων και φραγής υδρατμών που παρουσιάζει η υφιστάμενη κατασκευή της στέγης.

Η προσθήκη φύτευσης προσφέρει, ταυτόχρονα, τη δυνατότητα της βελτίωσης της θερμομόνωσης με εύκολο τρόπο.

Δεν ενδείκνυται η τοποθέτηση πλακών χόρτου ή υποστρώματος κατευθείαν πάνω από μια υφιστάμενη επίστρωση κεραμιδιού ή κυματοειδούς αμιαντολαμαρίνας.

Επειδή, εξ αιτίας των τριχοειδών ρωγμών, η υγρασία του χώματος διεισδύει και τότε μπορούν εκεί να αναπτυχθούν οι ρίζες των φυτών και να προκληθούν βλάβες στην κατασκευή. Σε κάθε περίπτωση πρέπει πρώτα να τοποθετηθεί μια στεγανωτική αντριστική επιδερμίδα στέγης.

Στην περίπτωση που δεν υπάρχει κάποιο αβλαβές φράγμα υδρατμών πρέπει να εξασφαλιστεί μια επιφάνεια αερισμού κάτω από τα στεγανωτικά φύλλα.

Η αναζωογόνηση υφιστάμενων επικαλύψεων με χαλίκι είναι σχετικά εύκολη με απλή φύτευση.

Στις παλιές επικαλύψεις χαλικιού πολλές φορές η φύση το κάνει αυτό μόνη της : με τη συσσωρευση σκόνης και φυλλώματος, από τον δυνατό αέρα, δημιουργείται θρεπτικό έδαφος στο οποίο μπορούν να αναπτυχθούν φυτά με μειωμένες απαιτήσεις όπως βρύα και άλλα πούδη είδη. Αυτή η διαδικασία μπορεί να επιταχυνθεί εάν τοποθετηθούν με πίεση μέσα στο χαλίκι λίγο χώμα με οργανικό υλικό όπως κλαριά, φλοιός, καλάμια άχυρου και μερικά από τα φυτά των φτωχών σε θρεπτικές ουσίες βιοτόπων.

Οι απλές φυτεύσεις αυτού του είδους πρέπει όμως να επιλέγονται μόνον όταν η στεγάνωση που βρίσκεται κάτω από το χαλίκι είναι ανθεκτική στη διείσδυση των ριζών. Τα ασφαλικά φύλλα δεν είναι από αυτήν την άποψη ανθεκτικά.

## 8 Παρακολούθηση της κατασκευής

Όταν μια εταιρία αναλαμβάνει την κατασκευή μιας φυτεμένης στέγης είναι καλό να της ανατίθεται και η παρακολούθηση της κατασκευής. Αυτή περιλαμβάνει την αποστράγγιση, ιδιαίτερα κατά την φάση της ανάπτυξης των βλαστών ( σε περίπτωση σποράς) , το κατά διαστήματα πότισμα, εφόσον απαιτείται, την επιδιόρθωση κατασκευαστικών αστοχιών, την απομάκρυνση ξένων φυτών και την αρχική λίπανση.

Στην εκτατική φύτευση ισχύουν, τα ακόλουθα γενικά κριτήρια παραλαβής του έργου ,σύμφωνα με το DIN 18916 και το DIN 18917 :

- Η σπαρμένη ή φυτεμένη βλάστηση πρέπει πριν την παραλαβή να έχει διατηρηθεί μετά από ένα διάστημα ανάπαυσης και , όσο το επιτρεπουν οι καιρικές , μετά από μια περίοδο ξηρασίας και από μια φάση παγωνιάς. Η περίοδος που απαιτείται για την ολοκλήρωση των όρων παραλαβής είναι 12-15 μήνες.
- Οι φυτεύσεις που δημιουργούνται με σπορά ποωδών φυτών πρέπει να εμφανίζουν μια κατά το δυνατόν ομοιόμορφη κάλυψη, η οποία πρέπει να εκτείνεται, χωρίς κούρεμα, στο 60% της επιφάνειας του χώματος. Είναι βασικός κανόνας η κάλυψη να αποτελείται κατ'ελάχιστο από το 60% των ειδών που περιέχονται στο μίγμα της σποράς. Φυσικά πρέπει να συνυπολογίζεται στην εκτίμηση του ποσοστού κάλυψης η ανάλογη με το κάθε είδος κατ'εποχή αναμενόμενη κατάσταση των φυτών. Η ξένη βλάστηση δεν λαμβάνεται υπόψη σαν απαιτούμενο ποσοστό κάλυψης. Εάν το ποσοστό ξένης βλάστησης είναι πάνω από το 20% της κάλυψης, τότε δεν έχει επιτευχθεί ακόμη η κατάσταση παραλαβής.
- Πρέπει να έχει αναπτυχθεί το 75% της προδιαγραφμένης ποσότητας των ποωδών βλαστών.
- Οι χλοοτάπητες ή το έτοιμο χόρτο πρέπει να έχουν ριζώσει γερά και να μην μπορούν να ανασκηθούν. Πρέπει να υπάρχει η απαιτούμενη σύνθεση ειδών όπως και το αναμενόμενο ποσοστό κάλυψης. Στο έτοιμο χόρτο πρέπει το ποσοστό κάλυψης να ανέρχεται κατ'ελάχιστο στο 75%.
- Τα φυτά πρέπει να εμφανίζουν ανάπτυξη ανάλογη του κάθε είδους και να έχουν ριζώσει στο υπόστρωμα.

- Δεν πρέπει να παραλαμβάνεται πλούσια βλάστηση που έχει αποδυναμωθεί λόγω υπερβολικής λίπανσης και ποτίσματος.

Στην εκτατική φύτευση δεν απαιτείται κατά κανόνα καμιά φροντίδα συντήρησης. Παρολα αυτά συνίσταται ένας έως δύο έλεγχοι στη διάρκεια του έτους. Έτσι μπορεί κάτω από ορισμένες συνθήκες να χρειαστεί συμπλήρωση της φύτευσης σε διάφορες θέσεις ή να απομακρυνθούν μη επιθυμητά φυτά ή σκουπίδια από τις υδρορές.

### **Πότισμα**

Όταν η υγρασία του υποστρώματος κατά την περίοδο ανάπτυξης των φυτών δεν επαρκεί χρειάζεται τεχνητό πότισμα. Όταν η βλάστηση ριζώσει γερά και έχει αναπτυχθεί ικανοποιητικά οι εκτατικές φυτεύσεις δε χρειάζονται κατά κανόνα τεχνητό πότισμα. Οι φυτεμένες στέγες με πυκνή δομή χόρτου εξατμίζουν βέβαια σχετικά μεγάλα ποσοστά υγρασίας, όμως από την άλλη μεριά ποτίζονται πρόσθετα από τον σχηματισμό μέσα στη δομή του χόρτου του νερού της πρωινής δρόσου.

Σε πολύ μακρές περιόδους ξηρασίας και ιδιαίτερα σε στέγες μεγάλης κλίσης, προς το Νότο ή όταν το υπόστρωμα έχει μικρή ικανότητα αποθήκευσης νερού, μπορεί να παίξει ρόλο το τεχνητό πότισμα.

Σ' αυτή την περίπτωση συνιστάται η τοποθέτηση ποτιστικού λάστιχου για πότισμα σταγόνας μέσα στο υπόστρωμα στην περιοχή της κορυφογραμμής της στέγης.

## **10 Έλεγχος στεγανότητας**

Ο έλεγχος της στεγανότητας συμπεριλαμβάνεται στις υποχρεώσεις του κατασκευαστή της στέγης.

Σε κάθε περίπτωση πρέπει κατ' αρχήν η στεγανότητα να ελέγχεται με το μάτι. Η πιο σίγουρη μέθοδος είναι να ελεγχθεί με τη βοήθεια κατσαβιδιού το αν όλες οι ραφές είναι απόλυτα στεγανά συγκολλημένες.

Σε στέγες με στηθαία και μικρή κλίση ο πιο σίγουρος έλεγχος γίνεται με τη βοήθεια λιμνάζοντος νερού.

Σε στέγες με μεγάλη κλίση ο έλεγχος επιτυγχάνεται κατά τη βροχόπτωση μεγάλης διάρκειας.

Επειδή το νερό που διεισδύει στην κατασκευή της στέγης μπορεί να απλωθεί μέσα στη μόνωση, είναι συχνά δύσκολο να εντοπιστεί το σημείο διείσδυσης. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ηλεκτρικό κύκλωμα.

Στην κάτω πλευρα της στέγης και στην περιοχή της υγρασίας τοποθετείται ένας ηλεκτρικός πόλος που συνδέεται με τον αντίθετο πόλο, ο οποίος λειτουργεί ως αισθητήριο. Ο δεύτερος πόλος οδηγείται πάνω στη στέγη. Κατά την ενίσχυση του ρεύματος εντοπίζεται η θέση διείσδυσης. Η διαδικασία αυτή μπορεί να εφαρμοστεί και σε μια ήδη κατασκευασμένη φυτεμένη στέγη.

## Κόστος , διάρκεια ζωής

Το κόστος δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί επακριβώς. Οι προσφορές των εταιριών για ολοκληρωμένη φύτευση στεγών μπορεί να κυμαίνονται έως και κατά 80%. Η εδρα των εταιριών , η απόσταση μεταφοράς, η προσπελασιμότητα του οικοπέδου και η εποχή είναι δυνατόν να επηρεάσουν πολύ την οικονομική προσφορά.

Η οικονομική κατασκευή ξεκινάει ήδη κατά το σχεδιασμό , για αυτό το λόγο : διαλέξτε κατά το δυνατόν απλούστερο και ενιαίο σχήμα στέγης, όχι υπερβολικά μεγάλες κλίσεις και απλή κατασκευή των απολήξεων. Αν τα παραπάνω ληφθούν υπόψη τότε το κόστος υπερβαίνει συνήθως ελάχιστα το κόστος συγκρίσιμων συμβατικών επικαλύψεων στεγών. Το επιπλέον κόστος κυμαίνεται μεταξύ 0 και 15%, ανάλογα με την περίπτωση. Για μία απλή εκτατική φύτευση το κόστος είναι, περίπου, το ίδιο με το κόστος μίας στέγης επικαλυμμένης με χαλίκι.

Επικαλύψεις με φεγγίτες στέγης ( εικ. 12.1), οι οποίες σε μια συμβατική κατασκευή στέγης προκαλούν σημαντική αύξηση κόστους, μπορούν στις φυτεμένες στέγες να κατασκευαστούν με ευνοϊκότερο κόστος, έτσι ώστε ενδεχομένως να εξισορροπηθεί η μικρή διαφορά κόστους της φυτεμένης στέγης. Το ίδιο ισχύει για θολωτές στέγες, οι οποίες μπορεί να επιστρωθούν επίσης με χαμηλότερου κόστους φυτεμένη επικάλυψη, σε σύγκριση με τις κεραμικές επικαλύψεις ( εικ. 12.2)

Αν λάβει κανείς υπόψη του το χρόνο ζωής και την ευκολία επισκευής των στεγών, τότε οι φυτεμένες στέγες με εκτατική βλάστηση είναι οπωσδήποτε οικονομικότερες από όλες τις άλλες διαμορφώσεις στεγών. Επιπλέον μια φυτεμένη στέγη προσφέρει πρόσθετη θερμομόνωση και θερινή θερμοπροστασία, γεγονός που πρέπει να συνυπολογισθεί . Στις κοινότητες που σύμφωνα με τον ισχύον καθεστώς αποχέτευσης υπολογίζουν για τις χτισμένες επιφάνειες ένα πρόσθετο ειδικό τέλος, προκύπτει στην περίπτωση της φυτεμένης στέγης μία εκπτώση, που μπορεί να φτάσει για παράδειγμα τα 0,6 ευρώ /τ.μ. το χρόνο.

Το κόστος της εκτατικής φύτευσης κυμαίνεται μεταξύ 20 και 50 ευρώ /τ.μ. χωρίς το κόστος της απόληξης της στέγης.

Οι εκτατικές φυτεύσεις είναι ακριβότερες , στοιχίζουν μεταξύ 50 και 200ευρω/τ.μ.

Όσον αφορά στην αντιριζική προστασία δεν πρέπει να επιδιώκεται εξοικονόμηση χρημάτων. Η φτηνότερη λύση, μία πολυεστερική μεμβράνη πλάτους έως και 8μ και πάχους 0,5 χλστ. Στοιχίζει στο εμπόριο γύρω στα 2,3 ευρώ ανα τ.μ. Όμως πληγώνεται εύκολα και πρέπει σε κάθε περίπτωση να τοποθετείται πάνω σε μαλακό υπόστρωμα με προστατευτικό ύφασμα στην πάνω και στην κάτω επιφάνειά της.

12.1 Φυτεμένη στέγη με ενσωματωμένο φεγγίτη.

Από οικολογική άποψη συστήνονται λιγότερο οι μεμβράνες PVC . Μπορούν να συγκολληθούν ευκολότερα και σε πάχος 1 χλστ. Στοιχίζονται 5 έως 8 ευρώ/τ.μ.

Τα προστατευτικά υφάσματα από ανακυκλωμένο προπυλένιο είναι φτηνότερα και στοιχίζουν 0,8 ανα τ.μ. Άλλα υφάσματα στοιχίζουν ανάλογα με το είδος και το πάχος από 0.8 έως 2,60 ευρώ /τ.μ.

Για τις φυτεμένες στέγες συστήνονται μεμβράνες αντιριζικής προστασίας με επικολλημένο ύφασμα πάχους 1.5-2 χλστ. Οι μεμβράνες του PVC με επικολλημένο ύφασμα στοιχίζουν με την τοποθέτηση 15-23 ευρώ/τ.μ. Όταν τα οικολογικά κριτήρια υπερισχύουν των οικονομικών επιλέγονται στη θέση των επενδυμένων υλικών του PVC επενδυμένες μεμβράνες πολυολεφίνης. Αυτές στοιχίζουν τοποθετημένες στη στέγη από 19 έως 24 ευρώ /τ.μ. Για την απόληξη της στέγης πρέπει να υπολογιστούν 18 έως 25 ευρώ /τ.μ.

Ο Drefahi αναφέρει ότι σε μια περίπτωση στο Βερολίνο προέκυψε ότι τμήματα επίπεδων δωματίων επικαλυμμένων με ασφαλτικά υλικά χρειάστηκε να επισκευαστούν ολοκληρωτικά ήδη μετά από 8 χρόνια και ότι η μέγιστη διάρκεια ζωής τους ήταν μόνο 18 χρόνια.

## 12.2

Ο χρόνος ζωής των συμβατικών δωματίων βρίσκεται κατά τον Schild κατά μέσο όρο στα 22.5 χρόνια , με επισκευές περίπου ανα 7 χρόνια. Αυτό σημαίνει ότι μετά από 22,5 χρόνια με επισκευές περίπου ανα 7 χρόνια. Αυτό σημαίνει ότι μετά από 22,5 χρόνια δεν προκύπτει μόνο το συνολικό κόστος ανακατασκευής, αλλά πρόσθετα το κόστος της απομάκρυνσης και της εναπόθεσης της παλιάς επίστρωσης , που κατά κανόνα είναι υψηλότερο από το κόστος κατασκευής. Αυτό σημαίνει λοιπόν ότι μετά από αυτό το χρονικό διάστημα, ένα συμβατικό δώμα έχει διπλάσιο κόστος από ένα δώμα εκτατικής φύτευσης. Ο Gotze (1986) διαπίστωσε , ως πραγματογνώμων κτιριακών βλαβών, ότι τα «συνήθη αδύνατα σημεία των δωματίων αντισταθμίζονται με τη φύτευσή τους γιατί η φύτευση απαλείφει τις γενεσιουργές αιτίες τους ».

Η διάρκεια ζωής των φυτεμένων στεγών υπολογίζεται πάνω από 100 έτη. Αυτό το αποδεικνύουν οι ιστορικές φυτεμένες «στέγες ξύλου - τσιμέντου» στο Βερολίνο, που εδώ και 90 χρόνια, περίπου, δεν έχουν εμφανίσει βλάβες. «Σύγχρονες φυτεμένες στέγες, χωρίς βλάβες, με μεμβράνες αντιριζικής προστασίας υπάρχουν εδώ και είκοσι χρόνια. Σήμερα είναι απλό να τοποθετηθούν μεμβράνες αντιριζικής προστασίας μεγάλης διάρκειας, και πολλές εταιρίες δίνουν δεκάχρονη εγγύηση για τη λειτουργία της αντιριζικής προστασίας . όταν αυτό απαιτηθεί.

Παρόλα αυτά είναι σημαντικό , για τη διάρκεια ζωής, η απόληξη της στέγης να προστατεύεται από την υπεριώδη ακτινοβολία. Οι άκρες της στέγης είναι μία φυτεμένη στέγη , όπως και σε μία συμβατική, τα μοναδικά τμήματα που έχουν μικρότερο χρόνο ζωής.

## 13 Προγράμματα υποστήριξης

Από την αρχή της δεκαετίας του 90, πολλές πόλεις εφαρμόσανε προγράμματα για φύτευση αύλειων χώρων προσόψεων κτιρίων και στεγών. Κατά κανόνα υποστήριζαν το κόστος των υλικών και εν μέρει και το κόστος του σχεδιασμού.

Έκτοτε πολλά από αυτά τα υποστηρικτικά προγράμματα ολοκληρώθηκαν.

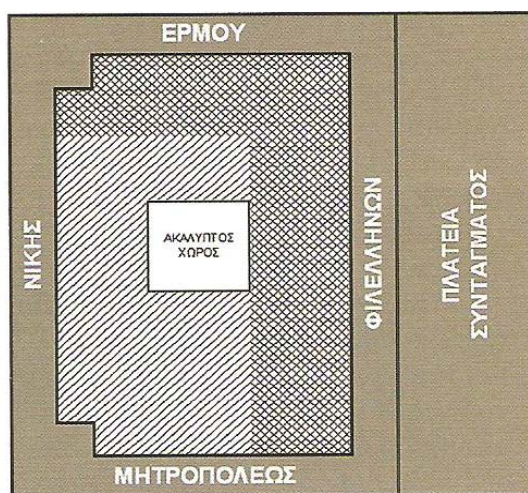
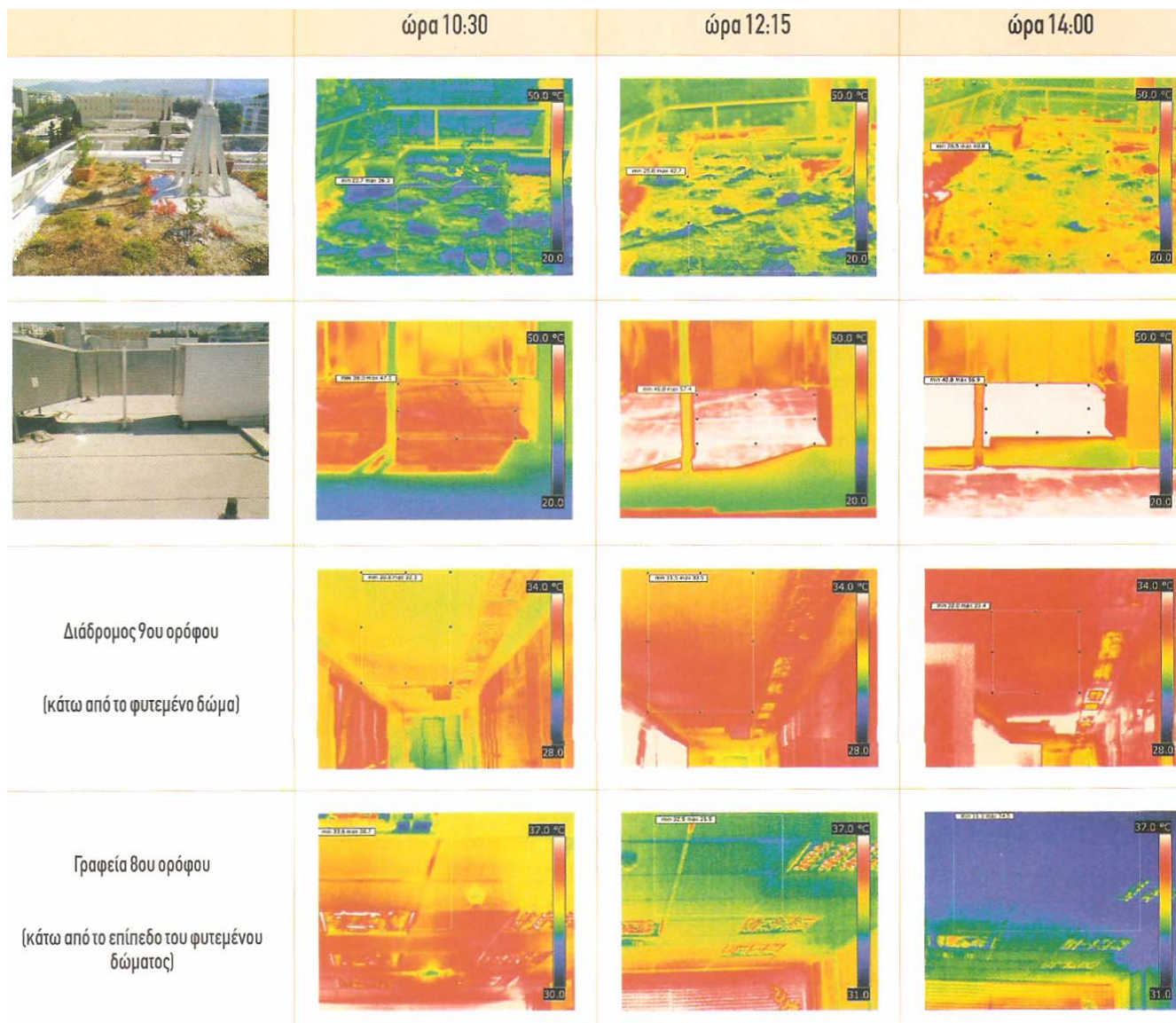
Συστήνεται λοιπόν η διερεύνηση της δυνατότητας χρηματοδοτήσεων στους αρμόδιους δήμους και στις αρχές.

## Η περίπτωση του κτιρίου του Μετοχικού Ταμείου Πολιτικών Υπαλλήλων (Μ.Τ.Π.Υ.)

Μετά από την εγκατάσταση φυτεμένου δώματος στο κτίριο του Μ.Τ.Π.Υ. , το οποίο στεγάζει τις υπηρεσίες του Υπουργείου Οικονομίας και Οικονομικών, το Εργαστήριο εφαρμοσμένης θερμοδυναμικής κλήθηκε να αξιολογήσει την εγκατάσταση αυτή με κριτήρια ενεργειακά και οικονομικά.

Κατά το πρώτο στάδιο της αξιολόγησης πραγματοποιήθηκε αποτύπωση της κάτοψης του κτιρίου αλλά και καθενός ορόφου ξεχωριστά. Αυτό ήταν αναγκαίο για την ακριβή προσομοίωση του κτιρίου και για την άρτια εκτίμηση των θερμικών κερδών εντός των γραφείων (λαμπτήρες φωτισμού, ηλεκτρονικοί υπολογιστές, φωτοτυπικά μηχανήματα, συσκευές τηλεόρασης) και των διαδρόμων (λαμπτήρες φωτισμού, ανελκυστήρες) καθώς και των απωλειών θερμότητας( τοίχοι, ανοίγματα κ.λπ.)

Η ιδιαιτερότητα αυτή της ανατολικής πλευράς του κτιρίου είναι δυσμενής από θερμικής απόψεως μιας και κατά τις πρωινές ώρες της ημέρας υπάρχει ένα μόνιμο θερμικό κέρδος λόγω της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας.



Σχήμα 1: Κάτοψη κτιρίου

	Υπολογιστές	Λαμπτήρες	Άτομα
2ος	62	1388	115
3ος	45	1096	73
4ος	94	1340	109
5ος	71	920	85
6ος	51	1032	88
7ος	57	980	65
8ος	96	1376	108
9ος	90	996	103

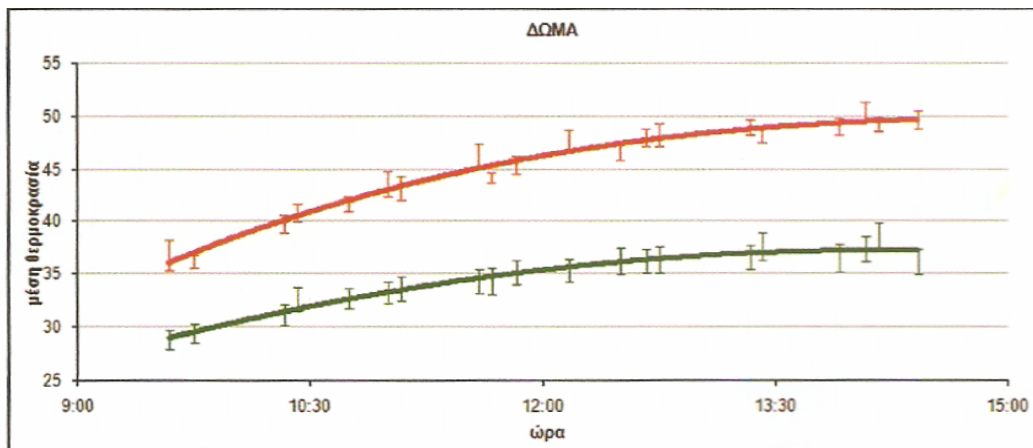
Πίνακας 1: Καταγραφή στοιχείων θερμικών κερδών κλιματιζόμενων χώρων

## Μεθοδολογία μετρήσεων θερμοκρασιών

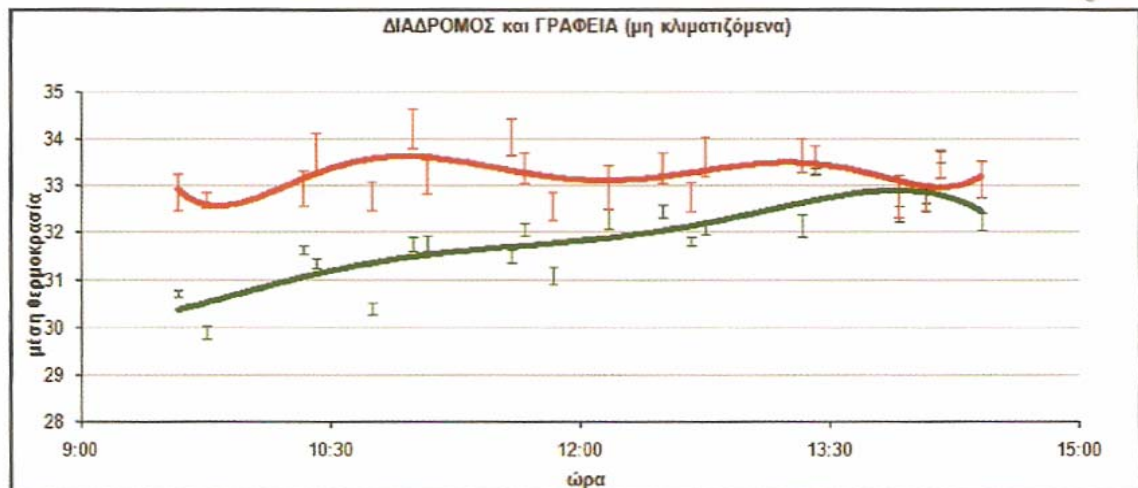
Οι μετρήσεις των θερμοκρασιών ελήφθησαν με τη μέθοδο της θερμογράφησης. Αρχή της μεθόδου αυτής είναι η μέτρηση της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπει ένα σώμα και η αναγωγή αυτής σε θερμοκρασία σώματος, λαμβάνοντας υπόψιν δεδομένα όπως ο συντελεστής εκπομπής της επιφάνειας

και οι τοπικές μετεωρολογικές συνθήκες. Τα στοιχεία αξιοποιούνται από κατάλληλο λογισμικό το οποίο αυτόματα, βάσει της εκπεμπόμενης υπέρυθρης ακτινοβολίας, υπολογίζει την εκάστοτε θερμοκρασία, ενώ, για δεδομένο εύρος θερμοκρασιών, παράγει χρωματική αποτύπωση για κάθε θερμοκρασιακή ζώνη. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στους χώρους του υπουργείου κατά το μήνα Σεπτέμβριο του 2008. συνολικά ελήφθησαν 350 θερμογραφίες, κυρίως από το δώμα και τους χώρους του 8<sup>ου</sup> και 9<sup>ου</sup> ορόφου, ενώ σημαντικός αριθμός μετρήσεων ελήφθη κατά μη εργάσιμη ημέρα, οπότε και δεν ήταν σε λειτουργία το κύκλωμα κλιματισμού του κτιρίου.

Είναι πολύ εύκολο να προσέξει κάποιος το ότι οι θερμογραφίες της μονωμένης περιοχής τείνουν προς κόκκινες και εν γένει ανοιχτόχρωμες αποχρώσεις, σε σχέση με τις αντίστοιχες της φυτεμένης, κάτι που καταδεικνύει ότι κατ' αρχάς, έχει επιτευχθεί ο πρώτος στόχος του φυτεμένου δώματος, δηλαδή η ελάττωση των επιφανειακών θερμοκρασιών οροφής. Αντίθετα, στα γραφεία με ανατολικό προσανατολισμό, η θερμοκρασία μειώνεται προς το μεσημέρι, λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας, κάτι αναμενόμενο, δεδομένου του προσανατολισμού του κτιρίου.

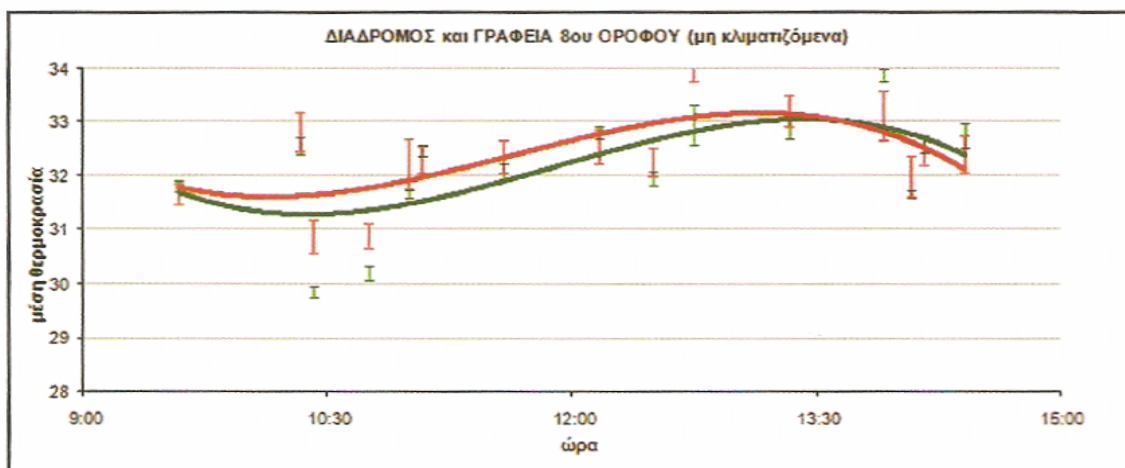


Γράφημα 1: Χρονική διακύμανση θερμοκρασιών δώματος



Γράφημα 2: Χρονική διακύμανση θερμοκρασιών διαδρόμων και γραφείων 9ου ορόφου





Γράφημα 3: Χρονική διακύμανση θερμοκρασιών διαδρόμων και γραφείων 8ου ορόφου

### Ανάλυση θερμοκρασιακών δεδομένων

Το πρώτο μέλημα για την ανάλυση των θερμοκρασιών δεδομένων ήταν ο εντοπισμός για κάθε θερμογραφία μιας περιοχής ενδιαφέροντος, στην οποία θα προσδιοριζόταν, για τη θερμοκρασιακή κατανομή, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση. Η έννοια της περιοχής ενδιαφέροντος έχει να κάνει με την εστίαση σε ένα τμήμα της θερμογραφίας και με αγνόηση του υπόλοιπου.

Έχοντας διαθέσιμο ένα πλήθος δεδομένων από μετρήσεις, είναι πλέον δυνατή η χάραξη των καμπυλών θερμοκρασιακής διακύμανσης σε όμοιες περιοχές όπου τμήματά τους επηρεάζονται ή όχι από τη φύτευση του δώματος. Οι καμπύλες με πράσινο χρώμα αντιστοιχούν στα τμήματα που γειτνιάζουν με τη φύτευση του δώματος (δώμα, διάδρομος και γραφεία κάτω από το φυτεμένο τμήμα) ενώ, αντίστοιχα, οι κόκκινες καμπύλες δίνουν τις θερμοκρασίες των χώρων εκτός φυτεμένης περιοχής (μη φυτεμένο δώμα, διάδρομος και γραφεία κάτω από το μη φυτεμένο τμήμα).

Τα γραφήματα 1-3 παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τη θερμική συμπεριφορά του φυτεμένου δώματος και των περί αυτό περιοχών.

#### ⇒ Δώμα

Είναι εμφανές ότι η φυτεμένη περιοχή του δώματος διατηρείται μονίμως σε χαμηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με την αντίστοιχη μη φυτεμένη. Η διαφορά αυτή είναι χαμηλή κατά τις πρώτες πρωινές ώρες. Ωστόσο, αμβλύνεται σημαντικά κατά το μεσημέρι. Είναι ενδιαφέρον ότι η μέση θερμοκρασία του φυτεμένου δώματος δεν ξεπερνά τους  $37^{\circ}C$ , ακόμα και όταν η θερμοκρασία του μη φυτεμένου τμήματος της οροφής αγγίζει τους  $50^{\circ}C$ . Η διαφορά αυτή οφείλεται στην υγρασία του χώματος αλλά και στο φαινόμενο της εξάτμισης και διαπνοής των φυτών.

#### ⇒ 9<sup>ος</sup> όροφος

Μεταξύ των τμημάτων του διαδρόμου και των γραφείων που βρίσκονται κάτω από το φυτεμένο τμήμα του δώματος και αυτών που δε βρίσκονται, η θερμοκρασιακή διαφορά είναι πάντα υπέρ της πράσινης καμπύλης, με σημαντική διαφορά θερμοκρασίας υπέρ των χώρων κάτω από το φυτεμένο τμήμα. Πέρα της θερμοκρασιακής διαφοράς, η ουσιαστικότερη συνεισφορά του φυτεμένου δώματος είναι η μετατόπιση της μέγιστης θερμοκρασίας από τις 11:00-13:00 προς τις 14:00 οπότε και οι υπηρεσίες του Υπουργείου ολοκληρώνονται κάτι που σαφέστατα βοηθά στην ελάττωση των καταναλώσεων για κλιματισμό.

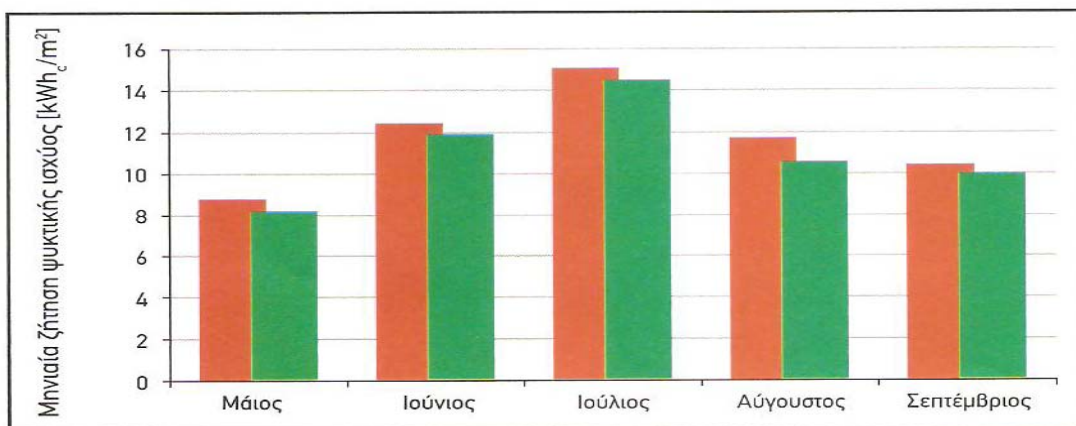
#### ⇒ 8<sup>ος</sup> όροφος

Ο όροφος αυτός δεν επηρεάζεται άμεσα από τη φύτευση του δώματος, μιας και μεταξύ τους υπάρχει ο 9<sup>ος</sup> όροφος. Εδώ, τόσο οι μέσες τιμές, όσο και οι αιχμές τείνουν να είναι ίσες, για την κάθε πλευρά του κτιρίου. Η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ  $31^{\circ}C$  και  $33^{\circ}C$  και φαίνεται να υπάρχει ακολουθία ακόμα και ως προς τη χρονική μεταβολή των θερμοκρασιών. Τα θερμικά δεδομένα του 8ου ορόφου δείχνουν ότι η επίδραση της φύτευσης του δώματος στους κατώτερους ορόφους δε φαίνεται να είναι σημαντική,

η δε επίδραση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στα γραφεία της οδού Φιλελλήνων εξομαλύνεται από το δροσερότερο διάδρομό τους.

	Πριν τη φύτευση [kWh <sub>c</sub> /m <sup>2</sup> ]	Μετά τη φύτευση [kWh <sub>c</sub> /m <sup>2</sup> ]	Μείωση [%]
Μάιος	8,46	7,87	6,97
Ιούνιος	12,12	11,58	4,46
Ιούλιος	14,76	14,16	4,07
Αύγουστος	11,41	10,24	10,25
Σεπτέμβριος	10,11	9,66	4,45

Πίνακας 3: Μέση μηνιαία ζήτηση ψυκτικής ισχύος



Γράφημα 4: Μέση μηνιαία ζήτηση ψυκτικής ισχύος

## Προσομοίωση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίου σε περιβάλλον μέσω θερμοκρασιών θέρους και χειμώνα

Πριν τη φύτευση του δώματος οι ετήσιες ανάγκες του κτιρίου για κλιματισμό χώρων ανέρχονταν σε 56,866kWh<sub>c</sub>. Έχοντας υπολογίσει την επιφάνεια των κλιματιζόμενων χώρων ίση με 8,065 m<sup>2</sup>, η ζήτηση ψύξης ανέρχεται σε 458,58 MWh<sub>c</sub>. Η φύτευση του δώματος οδηγεί σε ελάττωση της ζήτησης ψύξης στα 53,51 kWh<sub>c</sub> ανά τετραγωνικό μέτρο, δηλαδή συνολικά σε 431,56 MWh<sub>c</sub>. Η ελάττωση είναι της τάξης του 5,89% και, δεδομένου του μεγέθους του κτιρίου, κρίνεται ως ικανοποιητική. Πέρα της γνώσης των ετήσιων φορτίων ενδιαφέρον παρουσιάζει και η εξέταση της μηνιαίας διαφοροποίησης της ζήτησης ψυκτικής ισχύος. Παρατηρείται μεγιστοποίηση της ζήτησης ψυκτικής ισχύος κατά το μήνα Ιούλιο, ενώ, μεταξύ των δύο ακραίων μηνών, ο Σεπτέμβριος παρουσιάζει υψηλότερη ζήτηση, λόγω της θερμικής φόρτισης του κτιρίου κατά τους θερινούς μήνες. Η μεγαλύτερη διαφορά στη ζήτηση εμφανίζεται κατά το μήνα Αύγουστο.

	Πριν τη φύτευση [kWh <sub>th</sub> /m <sup>2</sup> ]	Μετά τη φύτευση [kWh <sub>th</sub> /m <sup>2</sup> ]	Μείωση [%]
Ιανουάριος	7,70	7,60	1,30
Φεβρουάριος	5,74	5,66	1,39
Μάρτιος	4,73	4,67	1,27
Απρίλιος	1,56	1,52	2,56
Οκτώβριος	0,26	0,25	3,85
Νοέμβριος	2,89	2,81	2,77
Δεκέμβριος	6,24	6,13	1,76

Πίνακας 5: Μέση μηνιαία ζήτηση θερμικής ισχύος

		Πριν τη φύτευση	Μετά τη φύτευση	Μείωση
θέρμανση	Ιανουάριος	62,10 MWh <sub>th</sub>	61,29 MWh <sub>th</sub>	
	Φεβρουάριος	46,29 MWh <sub>th</sub>	45,65 MWh <sub>th</sub>	
	Μάρτιος	38,15 MWh <sub>th</sub>	37,66 MWh <sub>th</sub>	
	Απρίλιος	12,58 MWh <sub>th</sub>	12,26 MWh <sub>th</sub>	
ψύξη	Μάιος	68,23 MWh <sub>c</sub>	63,47 MWh <sub>c</sub>	
	Ιούνιος	97,75 MWh <sub>c</sub>	93,39 MWh <sub>c</sub>	
	Ιούλιος	119,04 MWh <sub>c</sub>	114,20 MWh <sub>c</sub>	
	Αύγουστος	92,02 MWh <sub>c</sub>	82,59 MWh <sub>c</sub>	
	Σεπτέμβριος	81,54 MWh <sub>c</sub>	77,91 MWh <sub>c</sub>	
θέρμανση	Οκτώβριος	2,10 MWh <sub>th</sub>	2,02 MWh <sub>th</sub>	
	Νοέμβριος	23,31 MWh <sub>th</sub>	22,66 MWh <sub>th</sub>	
	Δεκέμβριος	50,33 MWh <sub>th</sub>	49,44 MWh <sub>th</sub>	
Συνολική ζήτηση ψύξης		458,58 MWh <sub>c</sub>	431,56 MWh <sub>c</sub>	5,89%
Συνολική ζήτηση θέρμανσης		234,85 MWh <sub>th</sub>	230,98 MWh <sub>th</sub>	1,64%

Πίνακας 6: Μέση μηνιαία ζήτηση ψύξης και θέρμανσης

## Αξιολόγηση εγκατάστασης φυτεμένου δώματος

Έχοντας εκτελέσει επαρκές πλήθος θερμοφωτογραφήσεων και προσομοιώσεων είναι πια δυνατό να αξιολογηθούν συνολικά η επιλογή της φύτευσης του δώματος και τα ενεργειακά αποτελέσματα αυτής. Η θερογράφηση έδωσε μια σαφή εικόνα της ελάττωσης της θερμοκρασίας, τόσο στο δώμα αυτό καθ' αυτό, όσο και στον 9<sup>ο</sup> όροφο. Στο δώμα, η διαφορά μεταξύ φυτεμένου και μονωμένου τμήματος κυμάνθηκε μεταξύ 7° C και 13° C, ενώ το δέμα φάνηκε να δημιουργεί εάν άνω θερμοκρασιακό όριο, μιας και ακόμα και κατά τις μεσημβρινές ώρες η θερμοκρασία του φυτεμένου τμήματος δεν ξεπέρασε τους 37° C.

Η θερμική συμπεριφορά του κτιρίου φάνηκε μέσω των προσομοιώσεων, να βελτιώνεται. Η τάξη μεγέθους της βελτίωσης είναι περίπου 6% και 2% για τον κλιματισμό και τη θέρμανση αντίστοιχα, θα πρέπει να αξιολογηθεί με δεδομένο το μέγεθος του κτιρίου (πολλοί όροφοι, μεγάλος όγκος.) και να μην η ποσοστιαία μείωση είναι θεωρητικά χαμηλή αν όμως αναλογιστεί κανείς τις καταναλώσεις ενέργειας για ψύξη και κλιματισμό του κτιρίου, τότε η -χαμηλή- ποσοστιαία μείωση συνδέεται με όχι αμελητέα μείωση του απόλυτου μεγέθους.

Από τις προσομοιώσεις αναδείχθηκε και άλλο ένα σημαντικό προσόν των φυτεμένων δωματίων. Η επιβράδυνση της θερμοκρασιακής απόκρισης αυτών σε σχέση με το περιβάλλον. Ενώ η μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος εμφανιζόταν μεταξύ 12:00 και 13:00, το φυτεμένο δώμα προκαλούσε καθυστέρηση της μεγιστοποίησης της θερμοκρασίας, μετατοπίζοντας την ακόμα και 90' αργότερα, δηλαδή όταν οι υπηρεσίες του Υπουργείου δε λειτουργούν, με προφανή συμμετοχή στην εξοικονόμηση ενέργειας λόγω μείωσης της ζήτησης ψυκτικής ισχύος. Γίνεται τελικά αντιληπτό ότι το φυτεμένο δώμα δε λειτουργεί μόνο σαν ένα αποδοτικό μονωτικό στρώμα, αλλά επηρεάζει την εν όλω θερμική συμπεριφορά του κτιρίου. Τα φαινόμενα αυτά θα ήταν πολύ εντονότερα σε ολιγώροφα κτίρια, όπου το φυτεμένο δώμα θα κάλυπτε μεγαλύτερο μέρος των κλιματιζόμενων χώρων.

## Συμπεράσματα - Σχόλια

Από την παρουσίαση του φυτεμένου δώματος διαπιστώνεται η σκοπιμότητα της επιλογής του, λόγω των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει η εγκατάστασή του.

- Βελτίωση του αστικού μικροκλίματος στην περιοχή γύρω από το φυτεμένο δώμα, ενίσχυση της βιοποικιλότητας και προστασία από έντονες βροχοπτώσεις, λόγω της συγκράτησης του νερού της βροχής.
- Μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας επί του δώματος και, συνεπακόλουθα, της εσωτερικής θερμοκρασίας των χώρων που επηρεάζονται από αυτό. Επιπλέον της μείωσης της θερμοκρασίας, το φυτεμένο δώμα βοηθά στη μετατόπιση της εμφάνισης της μέγιστης θερμοκρασίας κατά μερικές ώρες, ώστε τελικά η μέγιστη εσωτερική θερμοκρασία να εμφανίζεται όταν οι υπηρεσίες του κτιρίου δε λειτουργούν.
- Συνεισφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας από κλιματισμό και θέρμανση και, επομένως ουσιαστικό οικονομικό όφελος.  
Τα ουσιαστικά πλεονεκτήματα του φυτεμένου δώματος καθιστούν τη λύση αυτή πολύ ελκυστική για αστικά περιβάλλοντα και εφαρμόσιμη τόσο σε μεγάλα κτίρια όσο και σε μικρότερα. Σε κάθε περίπτωση, όμως, θα πρέπει το φυτεμένο δώμα να συνοδεύει ολοκληρωμένες λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας, δηλαδή μονώσεις κελύφους κτιρίου, μονώσεις σωληνώσεων και αεραγωγών, χρήση κλιματιστικών χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, χρήση λεβήτων ζεστού νερού υψηλής απόδοσης, διείσδυση του φυσικού αερίου όπου αυτό είναι δυνατόν κ.λπ.

## Διώροφη μονοκατοικία στην πόλη των Σερρών

Η κατοικία στην οποία μελετήθηκε και τοποθετήθηκε το φυτεμένο δώμα βρίσκεται στην πόλη των Σερρών.

Ο συνολικός χρόνος περαίωσης της εργασίας διήρκησε περίπου ένα μήνα και το κόστος της κατασκευής μαζί με τα υλικά και το εργατικό δυναμικό κόστισε 9780€.

Όπως αναφέρεται και παραπάνω ο χρόνος ζωής του φυτεμένου δώματος έχει σχεδόν απεριόριστο χρόνο ζωής, εφόσον γίνει η σωστή επιλογή της επιδερμίδας της και η σωστή από τεχνικής άποψης κατασκευή.

Τα πιθανά προβλήματα που μπορεί να παρουσιαστούν είναι ελάχιστα. Με το πέρασμα του χρόνου μπορεί να εμφανιστούν, στην περίπτωση λάθος τοποθέτησης ή μελέτης, προβλήματα υγρασίας όσων αφορά την μόνωση ή την υπερχειλίση του νερού από το αυτόματο πότισμα.

Τα φυτά τα οποία τοποθετήθηκαν δεν χρειάζονται συντήρηση παρά μόνο στην αρχή μέχρι να δέσουν οι ρίζες τους με την φυτική γη που έχει τοποθετηθεί. Στην περίπτωση που θα χρησιμοποιούσαμε άλλα φυτά πολύ πιθανόν να χρειαζόντουσαν και συντήρηση καθ'όλη την διάρκεια της ζωής τους πράγμα το οποίο δεν θα ήταν επιθυμητό. Σημαντικό επίσης είναι το γεγονός ότι κατά την τοποθέτηση των μικρών αυτών θάμνων δεν χρησιμοποιήθηκε κάποιο φάρμακο ή λίπασμα.

Είναι πολύ πιθανόν μετά από χρόνια να χρειαστεί για κάποιον λόγο να επιδιορθωθεί κάτι είτε λόγω εμφάνισης υγρασίας στο κτίριο είτε λόγω φθοράς του δώματος. Σε αυτήν την περίπτωση δεν είναι απαραίτητο να αφαιρεθεί όλος ο τάπητας καθώς έχουμε την δυνατότητα να αφαιρέσουμε τοπικά το σημείο στο οποίο παρουσιάστηκε η βλάβη.

## Η διαδικασία της τοποθέτησης του φυτεμένου δώματος στην διώροφη μονοκατοικία

Για να τοποθετηθεί το φυτεμένο δώμα, είναι απαραίτητο πρώτα να απομακρυνθούν τα μπάζα και τα διάφορα υλικά τα οποία υπήρχαν. Η πρώτη μόνωση η οποία χρησιμοποιήθηκε ήταν ένα τσιμεντοειδές υλικό (Aqua mat).



Μόνωση Aqua mat.

Το Aqua mat είναι ένα επαλειφόμενο στεγανωτικό κονίαμα με βάση το τσιμέντο. Περιέχει ειδικά χημικά ενεργά συστατικά, τα οποία κατά την επαφή τους με την υγρασία και το υπάρχον διοξείδιο του ασβεστίου του σκυροδέματος ενεργοποιούνται και σχηματίζουν αδιάλυτες ενώσεις (κρυστάλλους). Οι κρύσταλλοι αυτοί σφραγίζουν τους πόρους και τα τριχοειδή του σκυροδέματος, προσδίδοντάς τους έτσι πλήρη υδροφοβία.

- Παραμένει μόνιμα ενεργό, προστατεύοντας συνεχώς την κατασκευή από την παρουσία νερού.
- Προσφύεται άριστα στο σκυρόδεμα και μπορεί να παραλάβει εξίσου καλά θετικές και αρνητικές υδροστατικές πιέσεις.
- Έχει την δυνατότητα σφράγισης τριχοειδών ρωγμών εύρους μέχρι και 0,4 mm ακόμα και όταν εμφανιστούν εκ των υστέρων.

- Πιθανός τραυματισμός της επιφάνειας του σκυροδέματος ή της στεγανωτικής στρώσης δεν επηρεάζει την στεγάνωση της κατασκευής.
- Δεν επηρεάζει την αναπνοή του δομικού στοιχείου.
- Η εφαρμογή του είναι πολύ απλή.

Η αντοχή του σε θλίψη είναι περίπου  $15 \text{ N/mm}^2$  και σε κάμψη  $6 \text{ N/mm}^2$ . Το υπόστρωμα στο οποίο θα τοποθετηθεί πρέπει να είναι πορώδες και απαλλαγμένο από υπολείμματα λαδιού, σκόνης και σαθρά υλικά. Οι πολύ λείες επιφάνειες θα πρέπει να τραχύνονται. Η θερμοκρασία κατά την διάρκεια της εφαρμογής θα πρέπει να είναι τουλάχιστον  $+5^\circ\text{C}$ .

Στην παρούσα κατοικία τοποθετήθηκαν και οριζόντιες τεγίδες(ξύλα) για τον αερισμό του δώματος. Αυτό δεν είναι απαραίτητο καθώς είναι στην κρίση καθενός εάν θα τις τοποθετήσει ή όχι.

Επειδή τα δώματα είναι κεκλιμένα και λόγω του ότι στην περιοχή που βρίσκεται η κατοικία εμφανίζονται συχνές βροχοπτώσεις, ήταν απαραίτητο να τοποθετηθούν υδρορροές. Οι υδρορροές στην περίπτωση της φυτεμένης στέγης πρέπει να τοποθετηθούν κάτω από αυτήν. Έτσι ήταν απαραίτητο να δημιουργηθεί ένα άνοιγμα στο πλαϊνό τοίχιο της οροφής ώστε να περάσει από μέσα η υδρορροή όπως φαίνεται και στην φωτογραφία.



Τεγίδες.

Υδρορροή.

Στην συνέχεια ακολούθησε η διάστρωση των σκύρων. Το σκύρο είναι μικρό κομμάτι πέτρας που προέρχεται από τεχνητό τεμαχισμό στερεών πετρωμάτων. Στην προκειμένη περίπτωση είναι πλάκες πάχους περίπου  $15\text{cm}$  που τοποθετήθηκαν στο δώμα με την βοήθεια γερανού.



τοποθέτηση σκύρων.

Για να γίνει αυτό ακόμα πιο στεγανό χρειάστηκε να τσιμενταριστεί η πλάκα με την υδροροή.



Τσιμεντάρισμα.



#### Τσιμεντάρισμα.

Στην συνέχεια τοποθετήθηκε ασφαλτική μεμβράνη στη βάση των δωματίων και στα στηθαία αυτών. Οι ασφαλτικές μεμβράνες λόγω της φύσης τους δηλ. την παραγωγή τους από ασφαλτικό μίγμα και άλλα προϊόντα απόσταξης του πετρελαίου έχουν αποδεδειγμένα την μεγαλύτερη αντοχή στον χρόνο και την καλύτερη συμπεριφορά σε κάθε έργο που απαιτείται υψηλής ποιότητας στεγάνωση. Για την ενίσχυση των μηχανικών του αντοχών σπλίζεται με υφάσματα από πολυεστέρα ή υαλοπλέγματα ή υαλοπιλήματα. Τα πλεονεκτήματά της είναι οι ανυπέβλητες μηχανικές της αντοχές - σε σχέση με τις αναπνέουσες - αλλά και η αυξημένη στεγανοποιητική της ικανότητα. Τέλος, λόγω του βάρους τους δεν προκαλούν θόρυβο σε περίπτωση αέρα.





Ασφαλτική μεμβράνη



Υφάσματα

Έπειτα τοποθετήθηκε σφραγισμένη λαμαρίνα για την επικάλυψη των περιμετρικών στηθαίων.



Στραντζαριστή λαμαρίνα.

Στην συνέχεια μεταφέρθηκε φυσική γη με την βοήθεια γερανού στα δώματα της κατοικίας.



Τέλος τοποθετήθηκε το γεωύφασμα. Το γεωύφασμα είναι ένα προϊόν που προέρχεται από την βιομηχανία της κλωστοϋφαντουργίας του οποίου φυσικές, μηχανικές και υδραυλικές ιδιότητες το καθιστούν κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί σε εργασίες που έχουν άμεση επαφή με το έδαφος. Το μη υφαντό ύφασμα αποτελείται από τεχνητές ίνες, οι οποίες είναι συνδεδεμένες μέσω μιας μηχανικής διαδικασίας.

Τέτοιου είδους προϊόντα δεν περιέχουν χημικές ουσίες και κατά συνέπεια είναι μη τοξικά και φιλικά προς το περιβάλλον. Οι κύριες λειτουργίες του γεωυφάσματος μπορούν να απαριθμηθούν ως εξής.

- Υδραυλικές λειτουργίες όπως η αποστράγγιση και η διήθηση
- Μηχανικές λειτουργίες όπως ενίσχυση και προστασία

### Υδραυλικές λειτουργίες

Η λειτουργία αποστράγγισης του γεωυφάσματος εξαρτάται από την διαμήκη διαπερατότητά του. Η ποσότητα ύδατος που μπορεί να μεταβιβαστεί από μια απλή αποστράγγιση εξαρτάται από την υδραυλική μεταβατικότητα του γεωυφάσματος, και σε αυτήν την περίπτωση, λόγω της φύσης του, όλα τα μηχανικά παραγόμενα γεωυφάσματα μπορούν να επιτύχουν εξάισια τον στόχο τους.

Η ικανότητα του γεωυφάσματος από μη υφαντό ύφασμα ως φίλτρο αποστράγγισης εξαρτάται από τον συντελεστή διαπερατότητάς του και τη διάμετρο της περιοχής που φιλτράρεται. Γενικά ένα φίλτρο πρέπει να ικανοποιεί τις δύο ακόλουθες συνθήκες.

- α) να αφήνει το νερό να ρέει (κριτήριο διαπερατότητας) και
- β) να συγκρατεί τις ουσίες (κριτήριο διατήρησης)

### Μηχανικές λειτουργίες

Ο ρόλος του γεωυφάσματος ως διαχωριστικό στρώμα εξαρτάται κυρίως από τις υδραυλικές και μηχανικές ιδιότητές του όπως αντίσταση στην διάτρηση, στην θλίψη, στην σχισμή και στην παραμόρφωση λόγω θλίψης και διάτρησης.

Ένα διαχωριστικό στοιχείο πρέπει να συγκρατεί τα μικρά σωματίδια του εδάφους με τα οποία έρχεται σε επαφή, θα πρέπει να είναι αρκετά ανθεκτικό στις πιέσεις που προκαλούνται και στα εφαρμοζόμενα φορτία.

Τα κριτήρια αντίστασης αξιολογούν τα διαφορετικά είδη δράσης στα οποία το γεωύφασμα πρέπει να αντισταθεί, συγκεκριμένα στην πίεση που εφαρμόζεται από το λεπτότερο χώμα σε κενό, στην διάτρηση από τα απομονωμένα χαλίκια που μπορεί να οδηγήσει στο σκίσιμο και τη φθορά του γεωυφάσματος από την επίδραση της συγκέντρωσης τοπικών δυνάμεων στην επιφάνεια του γεωυφάσματος.

Κομμάτια από γεωύφασμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως προστατευτικά για ασφαλικές ή θερμοπλαστικές μεμβράνες στρωμένες οριζόντια ή κάθετα στις ακόλουθες περιπτώσεις: σε στεγανοποίηση σηράγγων, σε υπόγεια τοιχία, σε κήπους ταρατσών, αντιστραμμένες μονώσεις, ελεγχόμενους χώρους ταφής απορριμάτων.



Στην κατοικία επίσης τοποθετήθηκε και αυτόματο πότισμα πράγμα το οποίο δεν είναι απαραίτητο αλλά εξαρτάται πάντα από το είδος των φυτών που τοποθετήθηκαν. Στην συγκεκριμένη περίπτωση τοποθετήθηκαν μικρά θαμνάκια.



Μηχανισμός αυτόματου ποτίσματος.

Στην παρακάτω φωτογραφία φαίνονται τα εξωτερικά φρεάτια και οι υδρορροές που ξεκινούν από τα δώματα στα οποία πραγματοποιήθηκε η φύτευση και καταλήγουν στο έδαφος.



υδρορροές.

### Αξιολόγηση εγκατάστασης φυτεμένου δώματος

Λόγω του ότι η τοποθέτηση φυτεμένου δώματος είναι κάτι πολύ καινούριο για τα δεδομένα της Ελλάδας και υπάρχουν πολύ λίγες τεχνικές εταιρίες οι οποίες ασχολούνται με την τοποθέτηση αυτή, ήταν πρακτικά αδύνατο να βρεθεί μελέτη έτσι ώστε να εφαρμοστεί στην διώροφη μονοκατοικία αυτής της πτυχιακής εργασίας.

Για αυτόν τον λόγο θα εξετάσουμε τα οφέλη της σε καθαρά θεωρητικό επίπεδο.

Περίπου τα 120m<sup>2</sup> του δώματος καλύφθηκαν με φύτευση δηλαδή το 70% της οροφής. Οι συνολικές απώλειες θερμότητας στον πρώτο όροφο είναι περίπου 1424 Kcal/h ενώ στο ισόγειο 12794 Kcal/h. Υπολογίζεται ότι μετά την τοποθέτηση του φυτεμένου δώματος θα έχουμε μείωση από 4% έως και 10% στην μηνιαία ζήτηση ψυκτικής ισχύος. Επίσης η μέση μηνιαία ζήτηση θερμικής ισχύος θα κυμαίνεται μεταξύ του 1% έως και 4%.

Όπως φαίνεται και στο σχέδιο στον πρώτο όροφο υπάρχουν μόνο ένα WC και ένα γραφείο και με την τοποθέτηση του δώματος το πετρέλαιο που θα καταναλωθεί για την θέρμανση θα είναι ελάχιστο έως μηδαμινό.

Όπως είναι φυσικό, σημαντικά επηρεάζεται και το ισόγειο το οποίο θα παρουσιάσει και αυτό σημαντική μείωση καυσίμου.

### ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

- Καθαρισμός δωματίων από μπάζα - υλικά και απομάκρυνση αυτών: **100€**
- 1<sup>η</sup> μόνωση με Aqua mat (μονωτικό υλικό τσιμεντοειδές) περίπου 100m<sup>2</sup>. Εργασία και υλικά :**500€**

- Τοποθέτηση οριζόντιων υδρορροών περίπου 21m . Εργασία και υλικά: **280€**
- Τσιμεντάρισμα μεταξύ πλάκας και υδρορροών. Εργασία και υλικά: **150€**
- Τοποθέτηση ασφαλικής μεμβράνης στην βάση των δωματίων και στα στηθαία αυτών. Εργασία και υλικά.  $150m^2 * 20€$  : **3000€**
- Τοποθέτηση οριζόντιων τεγίδων για τον αερισμό του δώματος πριν το γεύφασμα: **300€**
- Τοποθέτηση γεφυρώματος περίπου  $150m^2 * 5$  : **750€**
- Προμήθεια-διάστρωση σκύρων (στρώση πάχους περίπου 15cm) πάνω στα δώματα με γερανό: **600€**
- Προμήθεια-διάστρωση φυτικής γης και μεταφορά αυτής στα δώματα: **750€**
- Τοποθέτηση στραντζαριστής λαμαρίνας για την επικάλυψη των περιμετρικών στηθαίων: **1000€**
- Τοποθέτηση αυτόματου συστήματος ποτίσματος: **800€**
- Τοποθέτηση εξωτερικών φρεατίων στα δώματα καθώς και κατακόρυφες υδρορροές: **1100€**
- Αγορά και φύτευση μικρών θάμνων: **450€**

Σύνολο κατασκευής: **9780€**

### ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Έργο : Διώροφη Μονοκατοικία σε Πυλωτή με Υπόγειο - Στέγη

- Περίφραξη

Θέση : Κιθαιρώνος Ο.Π. 126 - Σέρρες

### ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ & ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Με βάση το DIN 4701, οι θερμικές απώλειες ενός χώρου συνίστανται από:

- Απώλειες θερμοπερατότητας  $Q_o$ , που προέρχονται από τα περιβάλλοντα δομικά στοιχεία (τοίχοι, ανοίγματα, δάπεδα, οροφές κλπ)
- Απώλειες λόγω προσαυξήσεων.
- Απώλειες αερισμού χώρου  $Q_L$ .

α) Οι απώλειες θερμοπερατότητας υπολογίζονται από τη σχέση:

$$Q_o = k \cdot f \cdot (t_i - t_a) = \frac{F(t_i - t_a)}{1/k} \text{ σε } w \text{ (ή Kcal/h)}$$

όπου:

- $Q_o$ : Απώλειες θερμότητας
- F: Επιφάνεια του δομικού τμήματος  $m^2$
- k: Συντελεστής θερμοπερατότητας  $W/m^2 K$  (ή  $Kcal/m^2 K$ )
- $1/k$ : Αντίσταση θερμοπερατότητας σε  $m^2 K/W$
- $t_i$ : Θερμοκρασία χώρου σε  $^{\circ}C$
- $t_a$ : Θερμοκρασία εξωτερικού αέρα σε  $^{\circ}C$

β) Οι προσαυξήσεις υπολογίζονται % και διακρίνονται σε:

**β1)** προσαύξηση  $Z_H$  την επίδραση του προσανατολισμού.  
( $Z_H=-5$  για Ν,ΝΔ,ΝΑ  $Z_H=+5$  για Β,ΒΔ,ΒΑ και  $Z_H=0$  για Δ και Α)

**β2)** προσαύξηση  $Z_U+Z_A=Z_D$  διακοπής λειτουργίας και ψυχρών εξωτερικών τοίχων (στο DIN 4701/83 αγνοείται ο συντελεστής  $Z_U$ ). Η προσαύξηση  $Z_D$  προσδιορίζεται με βάση το  $D=Q_o/(F_{ges} \times \Delta t)$ , όπου  $F_{ges}$  η συνολική επιφάνεια που περιβάλλει τον χώρο, και τις ώρες λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης, σύμφωνα με τον πίνακα:

**β2.1)**  $Z_D$  για DIN77 Τιμή D

Τρόπος Λειτουργίας	0.1- 0.29	0.30- 0.69	0.70- 1.49
0 ώρες διακοπής	7	7	7
8-12 ώρες διακοπής	20	15	15
12-16 ώρες διακοπής	30	25	20

**β2.2)** Ο συντελεστής  $Z_D$  για το DIN83 μεταβάλλεται ανάλογα με την τιμή του D περίπου γραμμικά (βλ. καμπύλη  $Z_D$  για το DIN83) παίρνοντας τιμές από το 0 μέχρι το 13.

Επομένως οι θερμικές απαιτήσεις μαζί με τις προσαυξήσεις είναι:

$$Q_T = Q_o (1 + Z_D + Z_H) = Q_o \times Z$$

γ) Οι απώλειες αερισμού  $Q_L$  υπολογίζονται εναλλακτικά:

γ1) από την σχέση που υπολογίζει τον απαιτούμενο αερισμό:

$$Q_L = V \times \rho \times c (t_i - t_o) \text{ (σε w)}$$

όπου:

V: Όγκος εισερχομένου αέρα σε  $m^3/s$   
c: Ειδική θερμότητα του αέρα σε  $kJ/g K$   
ρ: Πυκνότητα του αέρα σε  $kg/m^3$

γ2) από την σχέση υπολογισμού απωλειών λόγω χαραμάδων (στην περίπτωση που δεν υπάρχει εξαερισμός):

$$Q_L = \Sigma Q A_i, \text{ όπου:}$$

$$Q A_i = a \times \Sigma l \times R \times H \times \Delta t \times Z_{\Gamma} \text{ για κάθε άνοιγμα.}$$

Οι παράμετροι της παραπάνω σχέσης είναι:

a: Συντελεστής διείσδυσης αέρα  
Σl: Συνολική περίμετρος ανοίγματος (σε m)  
R: Συντελεστής διεισδυτικότητας (στο DIN 4701/83 ορίζεται ο συντελεστής r).  
H: Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης (στο DIN 4701/83 ο συντελεστής H προσαυξάνεται αυτόματα για ύψος πάνω από 10 m σύμφωνα με τον συντελεστή  $\epsilon_{GA}$ ).  
Δt: Διαφορά θερμοκρασίας (σε βαθμούς °C)

Z<sub>T</sub>: Συντελεστής γωνιακών παραθύρων (στην περίπτωση γωνιακών παραθύρων παίρνει την τιμή 1.2 αντί της κανονικής 1)

δ) Το τελικό σύνολο των θερμικών απωλειών δεν είναι παρά το άθροισμα των Q<sub>T</sub> και Q<sub>L</sub>, δηλαδή:  
Q<sub>ολ</sub> = Q<sub>T</sub> + Q<sub>L</sub>

Οι συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας K δίδονται από το γενικό τύπο που αναφέρεται παρακάτω

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_a}} \frac{\text{Kcal}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{C}} \text{ όπου}$$

$\alpha_i$ : Συντελεστή θερμικής μετάβασης εσωτερικής επιφάνειας σε  $\frac{\text{m}^2 \text{hC}}{\text{Kcal}}$

$\alpha_a$ : Συντελεστή θερμικής μετάβασης εσωτερικής επιφάνειας σε  $\frac{\text{m}^2 \text{hC}}{\text{Kcal}}$

$\Lambda = \frac{\lambda}{d}$ : Συντελεστής θερμοδιαφυγής σε  $\frac{\text{m}^2 \text{hC}}{\text{Kcal}}$

$\Lambda$ : Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας σε  $\frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{hC}}$

$d$ : Πάχος του τοίχου ή δαπέδου

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι συντελεστές θερμοδιαπερατότητας K έχουν υπολογισθεί στη μελέτη θερμομόνωσης του κτηρίου οπότε φυσικά και λαμβάνονται οι τιμές τους απ' αυτή τη μελέτη

### ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ Α	ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕ ΣΤΗΣ Κ
T <sub>εξ</sub>	Τοίχος Εξωτερικός	1
T <sub>εσ</sub>	Τοίχος Εσωτερικός	1
Θ <sub>εξ</sub>	Θύρα Εξωτερική	3
Θ <sub>εσ</sub>	Θύρα Εσωτερική	2
Π	Παράθυρο	3,4
Μ	Μπαλκονόθυρα	3,2
Δ	Δάπεδο	1
Ο	Οροφή	1

Η επιλογή διατομών στους σωλήνες γίνεται σε κάθε τμήμα του δικτύου, θεωρώντας ότι:

α) Οι παροχές στα τμήματα που καταλήγουν σε θερμαντικά σώματα καθορίζονται από την σχέση φορτίου και πτώσης θερμοκρασίας:



$$G = \frac{\text{-----}}{\Delta t}$$

όπου:

G: Παροχή του νερού (l/h)

q: Θερμικό φορτίο σώματος (Kcal/h)

Δt: Διαφορά θερμοκρασίας (προσαγωγή - επιστροφή) στο σώμα (°C)

β) Οι παροχές αθροίζονται στους κόμβους (διακλαδώσεις) του δικτύου.

γ) Οι υπολογισμοί γίνονται αναλυτικά και βασίζονται στις σχέσεις:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} V \quad (\text{εξίσωση συνέχειας})$$

$$J = \frac{\Delta h}{L} = \frac{\lambda}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad (\text{εξίσωση Darcy})$$

$$1 \quad k \quad 2.51$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (\text{εξίσωση Colebrook})$$

$$Re = \frac{VD}{\nu} \quad (\text{αριθμός Reynolds})$$

όπου:

Q: Παροχή σε m<sup>3</sup>/h

D: Εσωτερική διάμετρος σε m

V: Μέση ταχύτητα σε m/s

J: Απώλειες πίεσης ανά μονάδα μήκους σε m/m

Δh: Απώλειες πίεσης σε m

L: Μήκος αγωγού σε m

λ: Συντελεστής τριβής

k: Απόλυτη τραχύτητα σωλήνα σε mm

Re: Αριθμός Reynolds

ν: Ιξώδες νερού σε m<sup>2</sup>/sec

δ) Η επιλογή των σωμάτων γίνεται με βάση την σχέση:

$$q_i = \frac{\Delta t^{1.3}}{\Delta t^{60}} \quad (\square\square)$$

όπου:

q<sub>i</sub>: Απόδοση του σώματος για διαφορά της μέσης θερμοκρασίας του από τον αέρα Δt

q<sub>60</sub>: Απόδοση του σώματος για διαφορά θερμοκρασίας 60 (Δt60)

Οι τιμές q<sub>60</sub> λαμβάνονται από τους πίνακες των κατασκευαστών.

ε) Οι τριβές στα εξαρτήματα (γωνίες, τάφ, κρουνοί κλπ) κάθε τμήματος του δικτύου υπολογίζονται με την σχέση:

$$J = \frac{1}{2} \sum \rho V^2$$

όπου:

Σζ: Συνολική αντίσταση των εξαρτημάτων του κλάδου

ρ: Πυκνότητα νερού

Τα όργανα ελέγχου λειτουργίας της εγκατάστασης θα είναι:

#### **ΥΔΡΟΣΤΑΤΗΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑ**

Ο υδροστάτης καυστήρα ο οποίος θα διακόπτει τη λειτουργία του καυστήρα μόλις η θερμοκρασία του θερμού ύδατος ανέλθει στην επιθυμητή.

#### **ΥΔΡΟΣΤΑΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗ**

Ο υδροστάτης του κυκλοφορητή θα θέτει σε λειτουργία τον κυκλοφορητή μόλις η θερμοκρασία του θερμού ύδατος ανέλθει στην επιθυμητή.

#### **ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΗΣ ΧΩΡΟΥ**

Ο θερμοστάτης χώρου θα διακόπτει την τροφοδοσία θερμού νερού στο διαμέρισμα στο οποίο η θερμοκρασία του χώρου του έχει ανέλθει την επιθυμητή, κατά προτίμηση 20-25 °C

#### **ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ**

Παροχής καυσίμου η οποία διακόπτει την παροχή σε περίπτωση που ο καυστήρας πάθει οποιονδήποτε εμπλοκή. Βαλβίδα ανακούφισης 4bar

Μεθοδολογία Υπολογισμού	DIN77
Εύλη	4 bar
Μονάδα	Kcal/h
Μέση Ελάχιστη Εσωτερική Θερμοκρασία (°C)	19
Επιθυμητή Εσωτερική Θερμοκρασία (°C)	20
Θερμοκρασία Μη Θερμαινόμενων Χώρων (°C)	10
Θερμοκρασία Εδάφους (°C)	10
Αριθμός Επιπέδων Κτιρίου (1-15)	1
Επίπεδο στη Στάθμη του Εδάφους	1

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ & ΕΚΛΟΓΗ ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Βάσει των παραπάνω στοιχείων και αφού λήφθηκαν υπόψη η μελέτη θερμομόνωσης του κτιρίου, υπολογίσθηκαν σύμφωνα με τους Γερμανικούς κανονισμούς DIN4701. Ο παρακάτω πίνακας περιέχει τις συγκεντρωτικές πληροφορίες που αφορούν τα θερμαντικά σώματα.

ΟΡΟΦΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΣΕ KCal/h	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΣΩΜΑΤΩΝ ΣΕ Kcal/h
ΙΣΟΓΕΙΟ	12814	13090
1 <sup>ος</sup> ΟΡΟΦΟΣ	1424	1500
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	14238	14590 + 3500

Προσθέτουμε φορτίο  $3500 \text{ KCal/h}$  για κάθε μελλοντική τοποθέτηση boiler.

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΛΕΒΗΤΑ

### ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΛΕΒΗΤΑ

Για την εξασφάλιση του ζεστού νερού που χρειάζεται για τη θέρμανση των χώρων, συνολικών θερμικών απαιτήσεων  $Q_{ολ} = 18090 \text{ KCal/h}$  χρειάζεται λέβητας θερμικής ισχύος:  $Q_{λ} = 1.25 \times 18090$   
 $\Rightarrow Q_{λ} = 22612,5 \text{ KCal/h} \approx Q_{λ} = 22700 \text{ KCal/h}$

### ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΛΕΒΗΤΑ

Ο λέβητας θα πρέπει να είναι καινούργιος κατασκευής αναγνωρισμένου εργοστασίου κατάλληλος για καύση πετρελαίου. Θα φέρει ισχυρή θερμική μόνωση και θα τοποθετηθεί επί υπερυψωμένης βάσεως 10cm πάνω από το δάπεδο. Πάνω στο λέβητα θα τοποθετηθούν, θερμομέτρο, μανόμετρο, δείκτης της στάθμης του ύδατος της εγκατάστασης και κρουρός εκκένωσης. Βάση του παραπάνω αποτελέσματος, και της τυποποίησης της αγοράς, επιλέγεται

Λέβητας θερμικής ισχύος  $Q_{λ} = 22700 \text{ KCal/h}$

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΚΑΥΣΤΗΡΑ

Ο Καυστήρας θα είναι κατάλληλος για καύση ελαφρού πετρελαίου και θα συνδεθεί με όλα τα απαραίτητα όργανα θερμοκρασίας θερμοστάτη, υδροστάτη, πυροστάτη και διαρροσωλήνα  $\frac{1}{2}$ " και χαλυβδοσωλήνα ή φλέξιμπλ με τη δεξαμενή καυσίμων.

$$W = \frac{QA}{8000} = \frac{22700}{8000} = 2,84 \text{ Kg/h}$$

Βάση του παραπάνω αποτελέσματος, και της τυποποίησης της αγοράς, επιλέγεται Ομαδικός Καυστήρας με ικανότητα καύσεως  $W =$  από  $2 \text{ Kg/h}$  ως  $5,5 \text{ Kg/h}$

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗ

Η κυκλοφορία του ύδατος εκτός από τη φυσική άνωση θα γίνεται και με τη βοήθεια κυκλοφορητή κατάλληλου σε θερμοκρασίες λειτουργίας τουλάχιστον ως  $110^{\circ}\text{C}$ . Ο κυκλοφορητής θα βραχυκυκλωθεί και μέσω παρακαπήριου σωλήνα (By Pass). Στην είσοδο και έξοδο του κυκλοφορητή θα τοποθετηθούν

βάνες, ώστε να είναι δυνατή η αποσύνδεσή του χωρίς να χρειάζεται να αδειάσει όλο το κύκλωμα. Θα είναι δε συνδεδεμένος με έναν υδροστάτη ο οποίος θα κανονίζει τη λειτουργία του..  
Τα χαρακτηριστικά στοιχεία του κυκλοφορητή θα είναι:

$$\text{Παροχή } V = \frac{Q_{\Lambda}}{20000} = \frac{22700}{20000} = 1.14 \text{ m}^3/h$$

με Διατομή 2" και Μανομετρικό Υψος 6 m

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΣΦΑΛΙΣΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν κλειστό δοχείο διαστολής ή ανοικτό δοχείο, για κάθε περίπτωση τα μεγέθη αυτών θα πρέπει να είναι:

$$V = 1.6 \times 10^{-3} \times Q_{\Lambda} \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V = 48 \text{ lit, άρα εκλέγεται } V = 80 \text{ lit}$$

Το δοχείο διαστολής θα είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο ύδρευσης δια σωληναγωγού διατομής 1½". Το κλειστό δοχείο θα τροφοδοτείται μέσω ενός αυτομάτου πληρωτή μετά της βαλβίδας αντεπιστροφής θα τροφοδοτεί το δίκτυο με την απαιτούμενη ποσότητα ύδατος.

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Η δεξαμενή θα είναι κατασκευασμένη από μαύρη λαμαρίνα πάχους 3mm συγκολλητή και θα φέρει εσωτερικές κατάλληλες ενισχύσεις από σιδηρογωνία που θα την καθιστούν δύσκαμπτη. Θα τοποθετηθεί σε τρία (3) υπερυψωμένα πέλαμα 30cm από το δάπεδο και θα συνδέεται με τον καυστήρα με σωλήνα ½". Θα φέρει δε, σωλήνα πληρώσεως 2", αερισμού 2½" κρουνό εκκενώσεως 1½", ανθρωποθυρίδα επίσκεψης 40x40 cm και δείκτη στάθμης.  
Το μέγεθος της δεξαμενής υπολογίζεται με την απαιτούμενη κατανάλωση πετρελαίου, και καθορίστηκε για ανάγκες καυσίμου σε περίοδο 20 ημερών.

$$\text{Συντελεστής ημερήσιας κατανάλωσης } B = \frac{Q_{\Lambda} \times B_o \times Z}{H_u \times n}$$

$Q_{\Lambda} = 22700 \text{ Kcal/h}$  (Εγκατεστημένη ισχύς λέβητα)

$B_o = 0,65$  (Ειδική Κατανάλωση Καυσίμου)

$Z = 12$  Συντελεστής Ημερήσιας Λειτουργίας της Εγκατάστασης

$H_u = 9960 \frac{\text{KCal}}{\text{Kg}}$  (Κατώτερη θερμογόνος δύναμη πετρελαίου σε)

$n = 0.75$  (Βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης)

## ΔΕΞΑΜΕΝΗ

$Q_{\Lambda} = 22700 \text{ Kcal/h}$  (Εγκατεστημένη ισχύς λέβητα)

$B_o = 0,65$  (Ειδική Κατανάλωση Καυσίμου)

$Z = 12$  Συντελεστής Ημερήσιας Λειτουργίας της Εγκατάστασης

$H_u = 9960 \frac{\text{KCal}}{\text{Kg}}$  (Κατώτερη θερμογόνος δύναμη πετρελαίου σε)

$n = 0.75$  (Βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης)

$$B = \frac{22700 \times 0.65 \times 12}{9960 \times 0.75} = 23.7$$

$$\text{Απαιτούμενος όγκος δεξαμενής } V = \frac{B \times \text{μέρες αυτονομίας}}{0.95 \times \rho}$$

Για κατανάλωση με αυτονομία 24 ημερών και  
βαθμό πλήρωσης δεξαμενής 0.95,  
 $\rho = 0,82$  ειδικό βάρος πετρελαίου

$$\text{άρα } V = \frac{23.7 \times 45}{0.95 \times 0.82} = 1370 \text{ lit}$$

εκλέγεται δεξαμενή  $0.7 \times 2 \times 1.2 = 1370 \text{ lit}$

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ

Η καπνοδόχος θα είναι από σωλήνα εσωτερικής διατομής

$$F \geq \frac{Q_{\xi}}{40\sqrt{H}} \text{ cm}^2 \text{ όπου}$$

$H = 19\text{m}$  Συνολικό ύψος της καπνοδόχου, από τη σύνδεση με το λέβητα μέχρι 1m πάνω από το δώμα.

### ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΣ

$$F = \frac{Q_{\Lambda}}{40\sqrt{H}} = \frac{22700}{40\sqrt{13}} = 157,4 \text{ cm}^2$$

Εκλέγεται καπνοδόχος  $\varnothing 20\text{cm}$  ή  $15 \times 15\text{cm}$

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ

Όλες οι σωληνώσεις του λεβητοστασίου και των κατακόρυφων δικτύων θα είναι από σιδηροσωλήνες μαύρες ενισχυμένες (πράσινη ετικέτα)

Οι σωληνώσεις του λεβητοστασίου θα είναι μονωμένες και βαμμένες με μίνιο και ελαιόχρωμα φωτιάς.

Οι σωληνώσεις από τον συλλέκτη μέχρι τα σώματα θα είναι θερμοπλαστικές μέσα σε σπιράλ πλαστικό.

Σε κάθε όροφο θα υπάρχει ερμάριο όπου θα τοποθετηθούν όλοι οι συλλέκτες με τις αντίστοιχες ηλεκτρομαγνητικές βάνες και τους ογκομετρητές των διαμερισμάτων που υπάρχουν στον αντίστοιχο όροφο. Η διάμετρος των σωληνώσεων φαίνεται στο διάγραμμα θέρμανσης.

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Τα θερμαντικά σώματα θα είναι τύπου PANEL. Ο παρακάτω πίνακας περιλαμβάνει αναλυτικές πληροφορίες για τα σώματα που επιλέχτηκαν βάση των υπολογισμών των θερμικών απωλειών.

ΟΡΟΦΟΣ	ΧΩΡΟΣ	ΑΠΟΛΕΙΨ ΧΩΡΟΥ	ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ	ΤΥΠΟΣ	ΥΨΟΣ	ΜΗΚΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ
					(mm)	(mm)	
ΙΣΟΓΕΙΟ	ΔΩΜΑΤΙΟ	1842	923	ΔΙΣΤΗΛΟ	300	800	1.1
			923	ΔΙΣΤΗΛΟ	300	800	1.2
	WC	524	630	ΔΙΣΤΗΛΟ	655	342	1.3
	ΚΑΘΗΣΤΙΚΟ	3131	1690	ΤΡΙΣΤΗΛΟ	905	494	1.4
			1690	ΤΡΙΣΤΗΛΟ	905	494	1.5
	ΚΟΥΖΙΝΑ	891	923	ΤΡΙΣΤΗΛΟ	905	950	1.6
	ΓΡΑΦΕΙΟ	3140	1690	ΤΡΙΣΤΗΛΟ	905	494	1.7
			1690	ΤΡΙΣΤΗΛΟ	905	494	1.8
	ΔΩΜΑΤΙΟ	891	923	ΤΡΙΣΤΗΛΟ	905	950	1.9
	ΔΩΜΑΤΙΟ	1842	923	ΔΙΣΤΗΛΟ	300	800	1.10
			923	ΔΙΣΤΗΛΟ	300	800	1.11
	WC	533	630	ΔΙΣΤΗΛΟ	655	342	1.12
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>12794</b>	<b>13558</b>					
1 <sup>ος</sup>	ΔΩΜΑΤΙΟ	891	1050	ΔΙΣΤΗΛΟ	655	570	1.13
			1050	ΔΙΣΤΗΛΟ	655	570	1.14
	W.C.	533	630	ΔΙΣΤΗΛΟ	655	342	1.15
	<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>1424</b>	<b>2730</b>				

**Σημείωση:** Χ.Π. (χωρίς προσαυξήσεις).

Στην είσοδο κάθε θερμαντικού σώματος θα τοποθετηθεί ειδικός διακόπτης ορειχάλκινος  $\varnothing \frac{1}{2}$ " με εξωτερικό βρόγχο.

Κάθε Θ.Σ θα φέρει βαλβίδα εξαερισμού  $\frac{1}{4}$ " και θα στηρίζεται στον τοίχο με ειδικά στηρίγματα.

Η επιλογή των σωμάτων θέρμανσης έγινε με βάση τον παρακάτω πίνακα τεχνικών χαρακτηριστικών σωμάτων SOULIS και από το βιβλίο Μηχανολογικών εγκαταστάσεων του καθηγητή Αν. Θ. Μωυσιάδη.

ΣΩΜΑΤΑ ΜΙΤΣΑ													
		ΔΙΣΤΗΛΑ				ΤΡΙΣΤΗΛΑ				ΤΕΤΡΑΣΤΗΛΑ			
		905	655	505	355	905	655	505	355	905	655	505	355
φ	ΜΗΚΟΣ	Kcal	Kcal	Kcal	Kcal	Kcal	Kcal	Kcal	Kcal	Kcal	Kcal	Kcal	Kcal
3	114	270	210	150	120	390	300	240	195	510	390	330	240
5	190	450	350	250	200	650	500	400	325	850	650	550	400
7	266	630	490	350	280	910	700	560	455	1190	910	770	560
9	342	810	630	450	360	1170	900	720	585	1530	1170	990	720
11	418	990	770	550	440	1430	1100	880	715	1870	1430	1210	880
13	494	1170	910	650	520	1690	1300	1040	845	2210	1690	1430	1040
15	570	1350	1050	750	600	1950	1500	1200	975	2550	1950	1650	1200
17	646	1530	1190	850	680	2210	1700	1360	1105	2890	2210	1870	1360
19	722	1710	1330	950	760	2470	1900	1520	1235	3230	2470	2090	1520
21	798	1890	1470	1050	840	2730	2100	1680	1365	3570	2730	2310	1680
23	874	2070	1610	1150	920	2990	2300	1840	1495	3910	2990	2530	1840
25	950	2250	1750	1250	1000	3250	2500	2000	1625	4250	3250	2750	2000
27	1026	2430	1890	1350	1080	3510	2700	2160	1755	4590	3510	2970	2160
29	1102	2610	2030	1450	1160	3770	2900	2320	1885	4930	3770	3190	2320
31	1178	2790	2170	1550	1240	4030	3100	2480	2015	5270	4030	3410	2480

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ

Ο υπολογισμός των σωληνώσεων θέρμανσης γίνεται με τη βοήθεια του παρακάτω πίνακα

ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΕΣ ΘΕΡΜΙΔΕΣ ΚΑΤΑ ΔΙΑΜΕΤΡΟ ΣΙΔΗΡΟΣΩΛΗΝΩΝ					
Για θερμοτική διαφορά στο θερμοτικό σώμα 20°C και ελληνικούς σωλήνες					
Διάμετρος	3/8''	από	-	μέχρι	3500
»	1/2''	»	2000	»	7000
»	3/4''	»	5000	»	15000
»	1''	»	13000	»	25000
»	1 1/4''	»	24000	»	45000
»	1 1/2''	»	35000	»	65000
»	2''	»	60000	»	100000
»	51X63	»	90000	»	130000

Η ακριβής ικανότητα κάθε σωλήνα εξαρτάται από το σημείο του σωλήνα στο όλο δίκτυο.

## Βιβλιογραφία

- Gernot Minke.** «ΦΥΤΕΥΣΗ ΣΤΕΓΩΝ ΑΠΛΑ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΑ», Εκδόσεις Παρατηρητής της Θράκης, Θεσσαλονίκη - Ξάνθη 2009
- Παναγιώτης Γ. Χαρώνης.** Μηχανολογικές εγκαταστάσεις κτιρίων, Εκδόσεις Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα 2003
- Αν. Θ. Μωυσιάδη.** Μηχανολογικές εγκαταστάσεις, Σέρρες 2000
- Νικηφόρος Γαλάνης.** Μελέτες θέρμανσης από την θεωρία στην επίλυση με Η/Υ, Αθήνα 2005
- Δελτίο Πανελληνίου συλλόγου διπλωματούχων μηχανολόγων ηλεκτρολόγων. Έκδοση περιοδικός τύπος. Τεύχος 418
- Ανδρεαδάκη- Χρονάκη Ε.** «ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ», Εκδόσεις UNIVERSITY STUDIO PRESS A.E., Θεσσαλονίκη 1985
- Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών (ΔΙΠΕ),** «ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗΣΗ», Εκδόσεις ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΓΡΑΜΜΑΤΑ, Αθήνα 2000
- Ευθυμίουπουλος Η.,** «ΚΤΙΡΙΟ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ» Εκδόσεις ΠΑΠΑΣΩΤΗΡΙΟΥ, Αθήνα 2005
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ),** «ΟΔΗΓΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ», «ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ», Αθήνα 1996-1998
- Περδίδος Σ.,** «ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ», Τόμος Α, Εκδόσεις Ι.Ε.Κ.Ε.Μ. ΤΕΕ ΑΕ, Αθήνα 2000
- Περδίδος Σ.,** «ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, Εκδόσεις ΣΕΛΚΑ-4Μ. Αθήνα 2006
- Περδίδος Σ.,** «ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ», Εκδόσεις ΣΕΛΚΑ-4Μ. Αθήνα 2006
- Σανταμούρης Μ.,** «ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ», Άρθρο στο περιοδικό ECOTEC, τεύχος Απριλίου 2006



Τσίππρας Κ- Τσίππρας Θ., «ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ», Εκδόσεις ΚΕΔΡΟΣ,  
Αθήνα 2005

### Πηγές Internet

[monosimacon.blogspot.com](http://monosimacon.blogspot.com)

[www.kourtis-sa.gr](http://www.kourtis-sa.gr)

[www.texnikos.gr](http://www.texnikos.gr)

[lazarakis-constructions.gr](http://lazarakis-constructions.gr)

[www.tselcon.gr](http://www.tselcon.gr)

[www.prasines-steges.gr](http://www.prasines-steges.gr)

[www.greenroofs.gr](http://www.greenroofs.gr)

[www.kitantzis.gr](http://www.kitantzis.gr)

[www.egreen.gr](http://www.egreen.gr)

[www.krimatoglou.gr](http://www.krimatoglou.gr)

[www.tecnotopia.gr](http://www.tecnotopia.gr)

[www.gres.gr](http://www.gres.gr)

[potepote.blogspot.com](http://potepote.blogspot.com)

[www.monumenta.org](http://www.monumenta.org)

[www.fibran.gr](http://www.fibran.gr)