

# Παθητική ηλιακή ενέργεια: Φυτεμένο δώμα

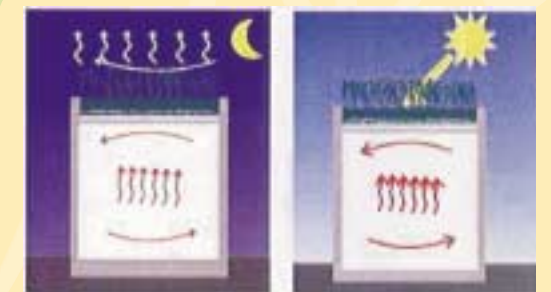
## Γενική περιγραφή

### Περιγραφή της τεχνολογίας

Οι φυτεμένες οροφές αποτελούνται από ένα στρώμα βλάστησης το οποίο αναπτύσσεται σε ένα ειδικά διαμορφωμένο επίπεδο, συνήθως επάνω σε μια επίπεδα κατασκευασμένη οροφή. Το φυτεμένο δώμα προσφέρει μια πληθώρα λειτουργιών α) εξασφαλίζει έναν ιδιωτικό κήπο στα δώματα του κτιρίου β) ελέγχει την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην οροφή γ) δρα ως θερμική και ακουστική μόνωση για το κτίριο δ) διατηρεί την εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου σταθερή.

Τους ζεστούς μήνες του χρόνου, τα φυτεμένα δώματα δρουν κυρίως ως ένα μέσο θερμικής μόνωσης. Αυτό συμβαίνει διότι το υπόστρωμα αποθηκεύει τη θερμότητα και αυξάνει την θερμική αδράνεια του κτιρίου. Τους ψυχρούς μήνες του χρόνου το στρώμα βλάστησης μπορεί να συμβάλει στην διατήρηση της θερμοκρασίας ενός κτιρίου κατά την διάρκεια της ημέρας αλλά και στην μεταφορά θερμότητας προς το περιβάλλον τις βραδινές ώρες.

Σχηματική παράσταση της λειτουργίας μιας φυτεμένης οροφής κατά την διάρκεια της ημέρας (δεξιά) και νύχτας (αριστερά)



Ένα ενδεικτικό κόστος για την κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος είναι 74 - 295 EURO/τ.μ. κάτοψης ανάλογα με την κατασκευή



Φυτεμένη οροφή στο ξενοδοχείο EL GRECO στο Ρέθυμνο

Ένα τυπικό βάρος μιας φυτεμένης οροφής φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Ειδική ελαφριά κατασκευή	25-30 kg/m <sup>2</sup>
Τυπική κατασκευή	80-150 kg/m <sup>2</sup>

Για την επιλογή της κατάλληλης βλάστησης, ο ιδιοκτήτης θα πρέπει να λάβει υπόψη του το τοπικό κλίμα, την κατασκευή της οροφής και το είδος χώματος που θα επιλεγεί. Ορισμένα φυτά απαιτούν λιγότερη φροντίδα και επίσης είναι πιο ανθεκτικά στις υψηλές εξωτερικές θερμοκρασίες τους καλοκαιρινούς μήνες στην περιοχή της Μεσογείου. Στις οροφές με κλίση μεγαλύτερη από 8° προτείνεται η χρήση γρασιδιού. Το χώμα θα πρέπει να επιτρέπει την ανάπτυξη ριζών, να έχει ικανότητα συγκράτησης νερού και αέρα και καλή υδροπερατότητα.

Το πάχος του εδαφικού στρώματος συνήθως κυμαίνεται από 10mm έως 2000mm. Υπόστρωμα μικρότερο από 200mm είναι σύνηθες για εκτεταμένη φυτεμένη οροφή. Το στρώμα στεγανοποίησης αποτελείται από τρεις ασφαλικές επικαλύψεις 30mm σε οριζόντιο επίπεδο και 20mm σε κάθετο. Ένα στρώμα αποστράγγισης πρέπει επίσης να εφαρμόζεται στο αδιάβροχο επίπεδο για προστασία από την ανάπτυξη των ριζών. Η θερμική μόνωση της οροφής πρέπει να είναι στεγανή ενώ η κατασκευή της πρέπει να είναι ικανή να αντέχει το βάρος όλων των επιμέρους επιπέδων της φυτεμένης οροφής. Τα δομικά φορτία πρέπει να υπολογίζονται συμπεριλαμβανομένων και των φορτίων της βλάστησης, της μόνωσης και του υποστρώματος. Οι εκτεταμένες φυτεμένες οροφές απαιτούν λιγότερη φροντίδα. Η ελάχιστη ανάπτυξη των φυτών μπορεί να έχει πάχος 50mm και μπορεί να υπάρξει σε οποιαδήποτε οροφή καθώς δεν απαιτείται ειδική κατασκευαστική υποστήριξη στην δόμηση. Η βλάστηση επιλέγεται για την ικανότητα του να πετυχαίνει ακραίες θερμοκρασίες, την ικανότητα να αναπτύσσεται οριζόντια (διασφαλίζοντας την πλήρη κάλυψη της οροφής) και την ικανότητα να αντέχει μεγάλες περιόδους χωρίς τροφοδοσία νερού. Γι' αυτό οι εκτεταμένες φυτεμένες οροφές είναι κατάλληλες για ξενοδοχειακά κτίσματα της Μεσογείου όπου επικρατούν υψηλές εξωτερικές θερμοκρασίες τους καλοκαιρινούς μήνες.

Στις εντατικές φυτεμένες οροφές μπορούν να αναπτυχθούν δέντρα, γρασιδί ή και άλλα φυτά που απαιτούν εντατική φροντίδα. Τυπικά, το υπόστρωμα περιέχει χώμα πάχους 200mm ή και περισσότερο και ένα σύστημα αυτόματου ποτίσματος. Γι' αυτό το λόγο υπάρχει ανάγκη για ιδιαίτερη υποστήριξη της κατασκευής. Έτσι προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι εντατικές φυτεμένες οροφές δεν θα πρέπει να τοποθετούνται σε υπάρχοντα κτίρια αλλά σε καινούριες κατασκευές.

Για έναν ολοκληρωμένο κατάλογο κατασκευαστών και προμηθευτών παθητικών ηλιακών συστημάτων στην Ελλάδα, απευθυνθείτε: στην Passive Low Energy Agency (PLEA) και στο Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)

Αυτό το φυλλάδιο παράχθηκε από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στα πλαίσια του προγράμματος ALTENER της Ευρωπαϊκής Ένωσης με τη χορηγία του ΕΟΤ



Συγγραφείς:  
**Μιχάλης Καράγιωργας**, PhD Ενεργειακός Μηχανολόγος  
**Αριστοτέλης Μπότζιος**, MSc Περιβαλλοντικός Μηχανικός  
**Άννα Παλαμάρα**, Τελείοφοιτη ΤΕΙ Πειραιά Τμήμα Μηχανολογίας



## Περιβαλλοντικά οφέλη

Τα φυτεμένα δώματα μπορούν να διασφαλίσουν οπτικά και τεχνικά οφέλη ειδικότερα στα κτίρια του ξενοδοχειακού τομέα. Τα οφέλη περιλαμβάνουν την βελτιωμένη οπτική εικόνα του ξενοδοχείου, τα χαμηλά κόστη συντήρησης για τα υλικά της οροφής χάρη στη μεγάλη διάρκεια ζωής τους (προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία), συνεισφορά στις σταθερές εσωτερικές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του έτους και σταθερές θερμοκρασίες των επιφανειών χάρη στις χαμηλές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις της οροφής. Επίσης, η χρήση των παθητικών ηλιακών συστημάτων στα ξενοδοχεία θα ενισχύσει την «πράσινη» εικόνα τους στο ευρύ κοινό καθώς και την εικόνα της κοινωνικής ευαισθησίας τους και έτσι θα αυξήσει την αγοραστική αξία τους. Αυτό μπορεί επίσης να συμβάλει στην ένταξη ενός ξενοδοχείου σε ένα πρόγραμμα περιβαλλοντικής διαχείρισης (π.χ. EMAS, ISO 14000, Πράσινες σημαίες).

## Οικονομικά κίνητρα

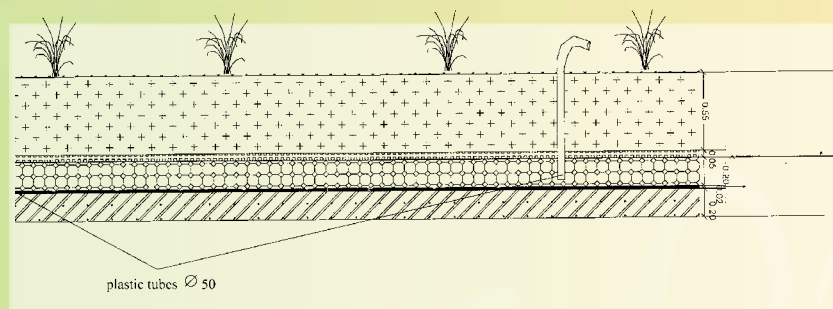
Το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανταγωνιστικότητας (ΕΠΑΝ) περιλαμβάνει πολλά μέτρα για επιδοτήσεις συστημάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (έως 40% του συνολικού κόστους). Για περισσότερες λεπτομέρειες βλέπε

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

## Περίπτωση εφαρμογής: Ξενοδοχείο El Greco, Ρέθυμνο

Το ξενοδοχείο El Greco λειτουργεί από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο. Μία πτέρυγα του ξενοδοχείου έχει φυτεμένη οροφή, η οποία χρησιμοποιείται και ως κήπος. Η φυτεμένη οροφή προφυλάσσει το κτίριο από την υπερθέρμανση κατά την διάρκεια του καλοκαιριού. Τα χαρακτηριστικά στοιχεία της κατασκευής της φυτεμένης οροφής παρουσιάζονται στο ακόλουθο σχήμα.

Χαρακτηριστικά στοιχεία της κατασκευής της φυτεμένης οροφής του ξενοδοχείου EL GRECO στο Ρέθυμνο, Κρήτης



Τα κύρια στρώματα της φυτεμένης οροφής του ξενοδοχείου EL GRECO στο Ρέθυμνο, Κρήτης είναι:

1. Βλάστηση
2. Υπόστρωμα (άργιλος)
3. Πέτρες
4. Στεγανοποιητικό στρώμα
5. Κατασκευαστική δομή της οροφής.

Το πάχος του εδαφικού στρώματος ποικίλει από 500mm έως 600mm. Υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα πλαστικών σωλήνων διαμέτρου 50mm, για την διαπνοή των φυτών του υποστρώματος. Το στεγανοποιητικό στρώμα αποτελείται από μια ασφαλική επιστρωση πάχους 50 mm και από ένα φύλλο αλουμινίου πάχους 2mm. Πάνω από το στεγανοποιητικό στρώμα υπάρχει ένα άλλο που αποτελείται από πέτρες διαμέτρου 6 έως 10cm. Στο φυτεμένο δώμα έχει ανοικτεί φωταγωγός με σκοπό να εξασφαλιστεί φωτεινότητα στους διαδρόμους του ξενοδοχείου. Αυτοί οι φωταγωγοί βρίσκονται κατά μήκος των διαδρόμων (ανά 5 μέτρα) και καλύπτονται από υαλότουβλα.



Οι φωταγωγοί στη φυτεμένη οροφή του ξενοδοχείου EL GRECO στο Ρέθυμνο, Κρήτης

Οι φωταγωγοί του φυτεμένου δώματος (άποψη από το εσωτερικό του ξενοδοχείου EL GRECO στο Ρέθυμνο, Κρήτης)



Κατασκευή της οροφής	Θερμικά φορτία			Ψυκτικά Φορτία		
	GJ	KWh/m <sup>2</sup>	%	GJ	KWh/m <sup>2</sup>	%
Συμβατική κατασκευή (χωρίς φυτεμένο δώμα)	0.32	4.49	-	1.78	25.29	-
Παρούσα κατάσταση (φυτεμένο δώμα)	0.05	0.72	-83.91	1.18	16.78	-33.63

Ο πίνακας παρουσιάζει την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με το φυτεμένο δώμα στο ξενοδοχείο EL GRECO

## Παθητικά ηλιακά συστήματα: φυτεμένο δώμα Τεχνική περιγραφή

Η συμβολή του φυτεμένου δώματος στην θερμική απόδοση μιας οροφής εξαρτάται κυρίως από: α) την περιεκτικότητα του νερού του υποστρώματος β) τη σύνθεση, την πυκνότητα και το πάχος του υποστρώματος.