

**ΕΝΤΑΞΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ  
ΤΥΠΟΥΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ**

**ΕΙΣΗΓΗΣΗ – ΕΠΙΒΛΕΨΗ : ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ ΠΑΠΑΣΤΑΜΟΠΟΥΛΟΣ**

Το θέμα επιμελήθηκε ο:  
ΓΕΩΡΓΑΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

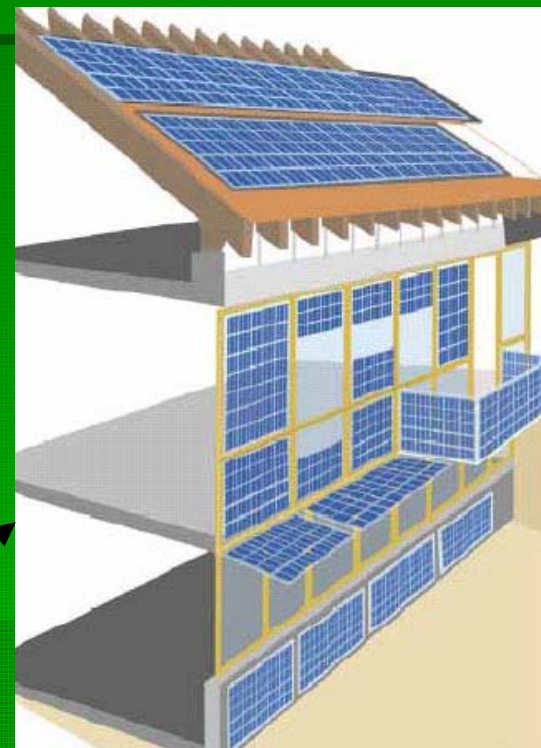
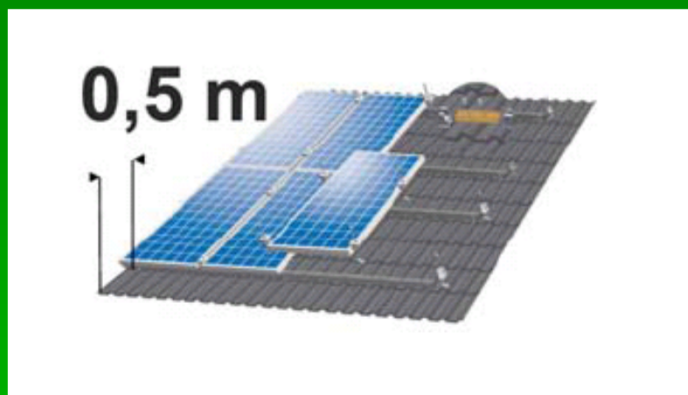
## Ιστορικά Στοιχεία

- Ο πληθυσμός της γης από τον 17ο αιώνα, αυξήθηκε από 0,5 δις σε 5,7 δις. από τα 100 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου άνθρακα το 17ο αιώνα, φτάσαμε την περίοδο του 1997 σε 14 δις τόνους ισοδύναμους άνθρακα
- Η ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική μέσω του φωτο-βολταϊκού φαινομένου μελετήθηκε για πρώτη φορά από το Γάλλο φυσικό Becquerel το 1838.
- Το 1883 ο Charles Edgar Fritts, από τη Νέα Υόρκη κατασκεύασε ένα φωτο-στοιχείο από Σελήνιο που μοιάζει με τα σημερινά στοιχεία.
- Το 1954 οι Charin, Fuller και Pearson κατασκεύασαν το πρώτο ηλιακό κελί που είχε απόδοση 6% εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας.
- Το 1962 η εταιρεία Sharp εγκαθιστά στην Ιαπωνία τη μεγαλύτερη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση σε ένα φάρο, ισχύος 242 Wp.
- Τη δεκαετία του '70 εξαιτίας της ενεργειακής κρίσης εμφανίστηκε ένας νέος τομέας της αρχιτεκτονικής ο οποίος ονομάστηκε ενέργεια και αρχιτεκτονική και κυρίαρχο στοιχείο της ήταν η χρησιμοποίηση φωτοβολταϊκών συστημάτων
- Οι δυτικές χώρες επένδυσαν και επενδύουν σε ήπιες μορφές ενέργειας ώστε να μειώσουν την κατανάλωση των παραδοσιακών πηγών ενέργειας

## Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Φωτοβολταϊκών στις οικίες

- Μηδενική ρύπανση
- Αθόρυβη λειτουργία
- Αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (φτάνει τα 30 χρόνια)
- Απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα
- Δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες
- Ελάχιστη συντήρηση

## Εξωτερικά Φωτοβολταϊκά Συστήματα και Συστήματα BIPV



Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να τοποθετηθούν σε κατακόρυφες, σε κεκλιμένες αλλά και οριζόντιες επιφάνειες, σαν πέργολες και σκιάδια. Σε αυτή την περίπτωση δεν ενσωματώνονται στο κτίριο. Δεν ενσωματώνονται ούτε στην περίπτωση που τοποθετούνται παράλληλα πάνω στο κέλυφος των κτιρίων.

### Ενσωματωμένα Ηλιακά συστήματα σε Οικίες ως Δομικά Υλικά

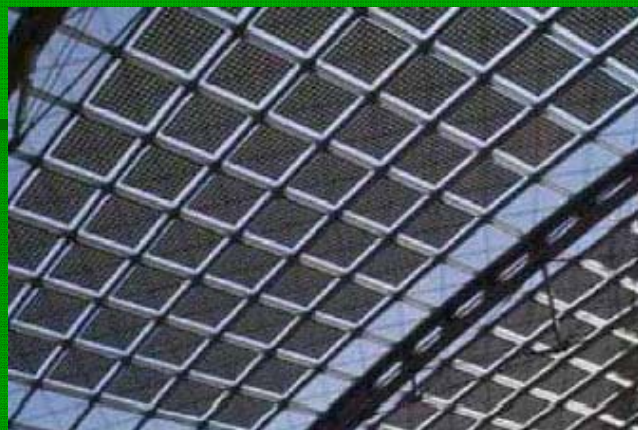
- Τα κεραμίδια της σκεπής
- Η μαρμάρινη ή μεταλλική πρόσοψη
- Οι υαλοπίνακες καθώς και
- Τα σκίαστρα σε ένα αίθριο.

## Παραδείγματα Εξωτερικών Φωτοβολταϊκών Συστημάτων



# Παραδείγματα Ενσωματωμένων Ηλιακών Συστημάτων σε Οικίες

(BIPV)



## Σχεδιασμός και στατική μελέτη κτιρίων με BIPV

- Αν τα Φ/Β πανέλα τοποθετηθούν στις στέγες, το φορτίο τους δεν ξεπερνά το 15% του φορτίου που μπορεί να επιβαρυνθεί η στέγη. Ένα Φ/Β πάνελο έχει βάρος που κυμαίνεται από 12 ως 18 kgr.
- Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο γυάλινα Φ/Β πανέλα σε κελύφη, στέγαστρα και προσόψεις κτιρίων.
- Το πάνελο αποτελείται από: χαμηλής αντανάκλασης γυαλί, 36 μονο-κρυσταλλικά PV κελιά μεγέθους 12.5x12.5 cm. Οι διαστάσεις του ενσωματωμένου πανέλου είναι: μήκος 12.8 cm, πάχος 6.4 cm και ύψος 0.9 cm. Το βάρος του είναι 24 kgr. Η αντοχή των πανέλων είναι για 20 χρόνια.
- Το γυαλί που χρησιμοποιείται έχει αυξημένες φυσικές και μηχανικές αντοχές. Το απαιτούμενο πάχος του γυαλιού είναι 0.5 ως 1.9 cm. Οι κατασκευές αυτές έχουν πλέον καταστεί βιώσιμες ακόμα και σε καταπονήσεις από φορτία ανεμοπίεσης, χιονιού και μεταβολών θερμοκρασίας.
- Εξαιτίας του μικρού πάχους, των υψηλών φορτίων και των μεγάλων ανοιγμάτων, τα γυάλινα πανέλα παρουσιάζουν μεγάλες κάθετες μετακινήσεις
- Όσο μεγαλύτερες είναι οι μετακινήσεις του υαλοπίνακα προς το επίπεδο (βυθίσεις) τόσο μεγαλύτερο μερίδιο της λειτουργίας καμπτόμενης πλάκας αντικαθίσταται από τη λειτουργία εφελκυσμένης μεμβράνης.
- Η ανεμοπίεση μπορεί να φτάσει μέχρι και 20 KPa ενώ η μέγιστη βύθιση τη στιγμή της αστοχίας μπορεί να φτάσει τα 4 cm.

## Στατική μελέτη για τοποθέτηση Φ/Β υαλοπινάκων αστοχίες

Τα κυριότερα στοιχεία του γυαλιού που λαμβάνονται υπόψη στη στατική μελέτη είναι τα εξής:

- Ως προς το DIN1249 ενισχυμένο γυαλί (Securit)
- Ως προς DIN18516, DIN1249 T12 Έλεγχοι
- Ως προς πυκνότητα  $\rho$   $2,5 \cdot 10^3$  Kgr/m<sup>3</sup> DIN1249 και DIN EN 101
- Σκληρότητα χάραξης κατά Mohs – 5 έως 6 DIN EN 101
- Σκληρότητα κατά Knoop HK 0,1/20 470 HK 0,1/20 DIN 52333, DIN ISO 9385.
- Πυκνότητα σε σπλισμένο γυαλί (με συρματόπλεγμα)  $\rho$   $2,6 \cdot 10^3$  Kgr/m<sup>3</sup>
- Μέτρο ελαστικότητας Estat 7,3 N/mm<sup>2</sup>  $7,0 \cdot 10^4$  N/mm<sup>2</sup> DIN 52303 T1
- Νούμερο Poisson  $\mu$  0,23.
- Αντοχή σε ελκυσμό σε 30-80 MPa
- Αντοχή σε θλίψη από 700 ως 900 MPa DIN 51067 T1.



## Τρόποι στήριξης φωτοβολταϊκών πανέλων

- Ο κλασσικός τρόπος στήριξης είναι το κάθε Φ/Β υαλοπέτασμα να στηρίζεται περιμετρικά.
- Υπάρχει όμως και περίπτωση η στήριξη να γίνεται μόνο σε τρεις, δύο ή και μια πλευρές.
- Κάθε Φ/Β υαλοπέτασμα έχει συμπεριφορά πλάκας.
- Τα φορτία που δέχεται είναι: η ανεμοπίεση, το χιόνι, η κρούση, ο σεισμός και η διαστολή- συστολή του μεταλλικού σκελετού.
- Τα μεγέθη των φορτίων λαμβάνονται από τον Ευρωκώδικα 1, DIN 1055. Η στατική μελέτη γίνεται με τη βοήθεια των πινάκων Timoshenko, Czerny- Tafeln για 4, 3 ή 2 πλευρές στήριξης.
- Το μέγιστο επιτρεπόμενο βέλος κάμψης είναι:  $f < l/200$  ή  $< l/100$ , ανάλογα με τις πλευρές στήριξης και τις διαστάσεις των πλαισίων.

## Αντοχή Γυαλιού σε Καταπονήσεις

- Το γυαλί αντέχει σε αξονικό εφελκυσμό 30-80 MPa.
- Η αντοχή σε κάμψη μπορεί να διαφοροποιείται μέχρι και 40%. Η σχετική μεγάλη αντοχή που έχει το γυαλί σε κάμψη δίνει τη δυνατότητα χρήσης υαλοπινάκων μικρού πάχους της τάξης των 10-15mm.
- Έχει μεγάλη αντοχή σε θλίψη 500- 900 MPa και σε ελκυσμό.

## Μεθοδολογία Στήριξης Φ/Β Υαλοπετασμάτων ή Φ/Β Υαλοπινάκων

Οι διατάξεις στήριξης μπορεί να είναι οι εξής:

- Το πλαίσιο που θα τοποθετηθεί το Φ/Β υαλοπέτασμα ή ο Φ/Β υαλοπίνακας μπορεί να είναι στην οροφή
- Το πλαίσιο μπορεί να είναι τοποθετημένο κατακόρυφα στο επίπεδο του τοίχου
- ή να είναι τοποθετημένο παράλληλο ως προς αυτόν.

Ανάμεσα στο πλαίσιο του αλουμινίου και το Φ/Β υαλοπέτασμα ή το Φ/Β υαλοπίνακα αναπτύσσονται μεγάλες τάσεις. Για να μειωθούν οι τάσεις είναι απαραίτητο να τοποθετηθεί ανάμεσα τους PVC.



## Άλλα Φωτοβολταϊκά Υλικά



Φωτοβολταϊκά  
Κεραμίδια



Φωτοβολταϊκές  
Μεμβράνες

## Εφαρμογές Φ/Β τεχνολογίας σε ελληνικά κτίσματα

- Στην πόλη της Καστοριάς στο Super Market Μασούτης χρησιμοποιήθηκε η Φ/Β τεχνολογία. Τα Φ/Β δεν είναι ενσωματωμένα αλλά είναι τοποθετημένα παράλληλα στη μεταλλική στέγη. Πάνω στη μεταλλική οροφή τοποθετήθηκαν οι στηρίξεις από αλουμίνιο πάνω στις οποίες τοποθετήθηκαν Φ/Β πανέλα. Ιδιαίτερη μέριμνα δόθηκε στο κενό που θα πρέπει να υπάρχει ανάμεσα στα Φ/Β και στη στέγη για την επίτευξη αερισμού.



- Στην πόλη των Ιωαννίνων σε μια Ιδιωτική εταιρεία χρησιμοποιήθηκε η Φ/Β τεχνολογία. Τα Φ/Β είναι ενσωματωμένα πάνω στην όψη. Οι Φ/Β υαλοπίνακες είναι τοποθετημένοι στη νότια πλευρά του κτιρίου και έχουν αντικαταστήσει τους κοινούς υαλοπίνακες.





- Στο ΕΜΠ και συγκεκριμένα στο κτίριο της σχολής Χημικών Μηχανικών χρησιμοποιήθηκε η Φ/Β τεχνολογία. Τα Φ/Β είναι ενσωματωμένα πάνω στην όψη. Οι Φ/Β υαλοπίνακες είναι τοποθετημένοι και καλύπτουν όλη τη νότια πλευρά του κτιρίου. Πριν την τοποθέτηση τους προηγήθηκε στατική μελέτη.

- Σε πολυκατοικία στον Ταύρο χρησιμοποιήθηκε η Φ/Β τεχνολογία. Τα Φ/Β είναι ενσωματωμένα πάνω στην όψη και συγκεκριμένα πάνω στα στηθαία αλλά αποτελούν και σκίαστρα σε τμήμα του προβόλου. Οι Φ/Β υαλοπίνακες είναι τοποθετημένοι στη νότια πλευρά του κτιρίου.





## Νομοθεσία

- Σύμφωνα με το νόμο Ν. 2941/01 (αρθ.2, παρ. 7) για την εγκατάσταση ηλιακών σταθμών και ανεμογεννητριών δεν απαιτείται οικοδομική άδεια αλλά θεώρηση που χορηγείται από την αρμόδια πολεοδομική υπηρεσία. Σε κτιριακές εφαρμογές δεν χρειάζεται ειδικό οίκημα για τους αντιστροφείς.
- Στις ειδικές περιπτώσεις που θα απαιτηθεί έκδοση οικοδομικής άδειας ή νομιμοποίησης ΑΠΕ δεν απαιτείται έγκριση της αρμόδιας Επιτροπής Πολεοδομικού και Αρχιτεκτονικού Ελέγχου, εκτός και αν η εγκατάσταση θα γίνει σε παραδοσιακό οικισμό ή σε περιοχές με φυσικό κάλλος (Ν. 2941/01, ΦΕΚ 201α, 13/9/2001, αρθ.2, παρ. 7).
- Τα Φ/Β μπορούν να τοποθετηθούν σε ακάλυπτο χώρο οικοπέδου (Ν. 2831/2000, ΦΕΚ 140 Α, 13/6/2000)
- Σύμφωνα με το άρθρο 11 (παρ.6) του ΓΟΚ στις όψεις του κτιρίου επιτρέπονται αρχιτεκτονικές προεξοχές και σκιάστρα.
- Σύμφωνα με την ΚΥΑ 19500/2004(ΦΕΚ 1671 Β/11.11.2004) επιτρέπεται η εγκατάσταση και Φ/Β σε περιοχές εντός εγκεκριμένων ρυμοτομικών σχεδίων, εντός ορίων οικισμών με πληθυσμό μικρότερο από 2000 ή οικισμών υφιστάμενων πριν από το 1923, καθώς και σε εκτός σχεδίου περιοχές

## Τελικά Συμπεράσματα

- Μέσα σε δυο αιώνες ο άνθρωπος κατάφερε να δημιουργήσει εκείνη την τεχνολογία ώστε να εκμεταλλευτεί τα πλεονεκτήματα της ηλιακής ακτινοβολίας και να τη χρησιμοποιήσει στην οικία του.
- Τα φωτοβολταϊκά συστήματα σε κτήρια χωρίζονται τυπικά σε δυο κατηγορίες: στα εξωτερικά που είναι τοποθετημένα πάνω σε οροφές και εξωτερικές επιφάνειες σαν σκιάδια και σαν πέργολες και τα ενσωματωμένα δομικά στοιχεία.
- Τα Φ/Β στοιχεία που αντικαθιστούν συμβατικά δομικά υλικά στις προσόψεις, στις στέγες, στα δώματα.
- Η στατική μελέτη είναι απαραίτητη όταν τα Φ/Β ως φορτία ξεπερνούν τα επιτρεπόμενα όρια και όταν καλύπτουν μεγάλες επιφάνειες.
- Αρκετά κτίσματα σε όλα την Ελλάδα χρησιμοποιούν για να καλύψουν τις ανάγκες σε ενέργεια Φ/Β τεχνολογία.
- Υπάρχει αντίστοιχη νομοθεσία αλλά και οικονομικά οφέλη από τη χρήση των Φ/Β.