

11. Ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτήρια

H. Boileau, Savoie University, FR

Μαθησιακά αποτελέσματα

Μετά την ανάγνωση του κεφαλαίου αυτού, ο αναγνώστης θα είναι σε θέση να:

- Αξιολογεί τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των διαφόρων τεχνικών ενσωμάτωσης, ανάλογα με τους στόχους του έργου.
- Καταννοεί ή / και να βοηθήσει το έργο του αρχιτέκτονα.

Γενικές πληροφορίες

Οι ακόλουθες κατηγορίες των προϊόντων δομικών κατασκευών και των τεχνικών διαδικασιών που χρησιμοποιούνται συνήθως, επιτρέπουν διάφορες διαμορφώσεις για την ενσωμάτωση των ηλιακών φωτοβολταϊκών συσκευών στο σκελετό ενός κτηρίου:

- Φωτοβολταϊκά στοιχεία σε μεταλλικά πλαίσια;
- Ενσωμάτωση σε κεκλιμένη στέγη;
- Φωτοβολταϊκά πλαίσια ενσωματωμένα με πλαστική ή ασφαλτούχα στεγανοποίηση;
- Διαυγή ή ημιδιαφανή πλαίσια μπορούν να τοποθετηθούν ως μέρη προσόψεως, ηλιακές τέντες, σκίαση χώρων και ηλιοπροστασία.

Αυτές οι διάφορες τεχνικές λύσεις περιγράφονται σε αυτό το κεφάλαιο.

Η τεχνική για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πλασίων είναι σε γενικές γραμμές η ίδια με εκείνη που χρησιμοποιείται για τα δομικά στοιχεία που αντικαθιστούν. Κατά συνέπεια, μια ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών σε στέγη θα χρησιμοποιήσει τις τεχνικές των κατασκευαστών για οροφές και η τοποθέτηση μιας φωτοβολταϊκής πρόσοψης πέφτει στους ειδικούς προσόψεων. Ο ρόλος του υπεύθυνου της μελέτης, του συντονισμού ή/και της υλοποίησης του έργου θα είναι κυρίως να διευκρινίσει ότι τα χαρακτηριστικά του φωτοβολταϊκού στοιχείου που αντικαθιστούν το δομικό συστατικό είναι ισοδύναμα, ενώ εξασφαλίζονται οι συνθήκες λειτουργίας της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Πολλοί κατασκευαστές υπάρχουν σήμερα που παράγουν ειδικά πλαίσια για ενσωμάτωση. Οι κορυφαίες εταιρείες πρότυπων μονάδων διευρύνουν το φάσμα τους προς μεγαλύτερες μονάδες, χωρίς πλαίσιο και με μια ευρύτερη άκρη χωρίς στοιχεία, επιτρέποντας την ενσωμάτωση. "Προσαρμοσμένες" μονάδες είναι γενικά πιο ακριβές, αλλά συχνά καθιστούν δυνατή τη θέσπιση πιο ισχυρών τεχνικών στερέωσης και προσαρμόζονται καλύτερα στο σχέδιο του αρχιτέκτονα.

Οι λύσεις για την ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών συστημάτων ταξινομούνται σε δύο κύριες κατηγορίες:

- Ιδιόκτητα συστήματα (που προσφέρονται από τον κατασκευαστή) αποτελούνται από μια συνολική κατασκευή με φωτοβολταϊκά πλαίσια. Μερικά από αυτά είναι οι εύκαμπτες μεμβράνες, πλακάκια και πλάκες στις οποίες η σφράγιση παρέχεται με επικάλυψη των μονάδων, και τα τυποποιημένα συστήματα, που η σφράγιση εξασφαλίζεται χωρίς επικάλυψη.

- Συσκευές που δεν συνδέονται με ένα συγκεκριμένο τύπο φωτοβολταϊκών πλαισίων. Οι λύσεις αυτές χρησιμοποιούνται για να καταστεί δυνατή η αγορά των φωτοβολταϊκών από οποιονδήποτε πάροχο επιλεγθεί. Τα φωτοβολταϊκά κεραμίδια περιλαμβάνονται επίσης σε αυτή την κατηγορία, καθώς προσφέρονται ως κανονικά κεραμίδια δεν χρειάζονται ένα ειδικό πλαίσιο.

Φωτοβολταϊκές μονάδες ενσωματωμένες σε μεταλλικό σκελετό

Στην αρχή, τα μεταλλικά φωτοβολταϊκά πλαίσια χρησιμοποιήθηκαν κυρίως με άμορφα στοιχεία. Χρησιμοποιούσαν μια εύκαμπτη υποστήριξη που επιτρέπει εύκολη τοποθέτηση σε μεταλλικά στηρίγματα. Όλο και περισσότερο, οι κατασκευαστές αναπτύσσουν προϊόντα χρησιμοποιώντας κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά.

Διάφοροι τύποι μεταλλικών πλαισίων υπάρχουν στην αγορά - κύρια διαφορά τους είναι το κράμα ή μέταλλο που χρησιμοποιείται (χάλυβας ή ψευδάργυρος γενικώς), και διακρίνονται από το είδος σύνδεσης μεταξύ των πλαισίων. Έτσι διακρίνονται διάφοροι τύποι συνδέσεων μεταξύ των πλαισίων, με "καλυπτόμενους κόμβους", "κόμβους με κλιπ", "κόμβος με διαρκή ραφή", και "γωνιακοί κόμβοι".

Κόμβοι καλυπτόμενου πλαισίου

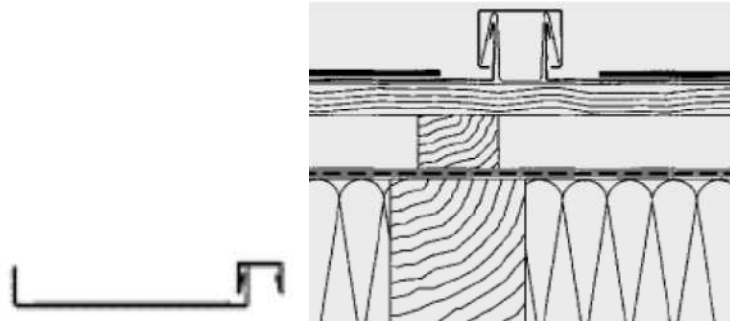
Αποτελείται από ένα μεταλλικό κάλυπτρο κατά μήκος της άκρης δύο διαδοχικών μεταλλικών πλαισίων για να πραγματοποιήσει τη στεγανοποίηση. Η προσαρμογή των πλαισίων στη συνέχεια πραγματοποιείται σε ανυψωμένα τμήματα.



Εικόνα 2.1 Κόμβοι καλυπτόμενου πλαισίου

Κόμβοι με κλιπ

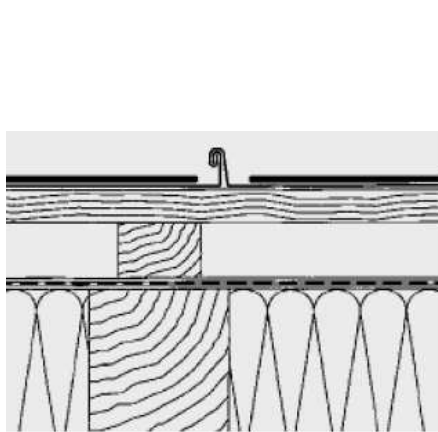
Η σύνδεση των δύο πλαισίων γίνεται με υπέρθεση ενός επιπλέον μεταλλικού τμήματος που καλύπτει τα δύο άκρα των πλαισίων. Τα άκρα διπλώνονται προς το εσωτερικό, προκειμένου να διασφαλιστεί η σφράγιση. Επιπλέον, οι άκρες των πλαισίων διπλώνονται για να αποφευχθεί ανάβλυση νερού κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης ή καθαρισμού.



Εικόνα 2.2 Κόμβοι με κλιπ

Κόμβοι με διαρκή ραφή

Η τεχνική διαρκούς ραφής χαρακτηρίζει μια διαμήκη διάταξη μεταλλικών πλαισίων που αντιπαράτιθενται σε κεκλιμένες στέγες. Η αναδίπλωση και το κλείσιμο του προφίλ πραγματοποιούνται με τρόπο βιοτεχνικό ή μηχανικά, χρησιμοποιώντας μηχανήματα (profilier και seamer).



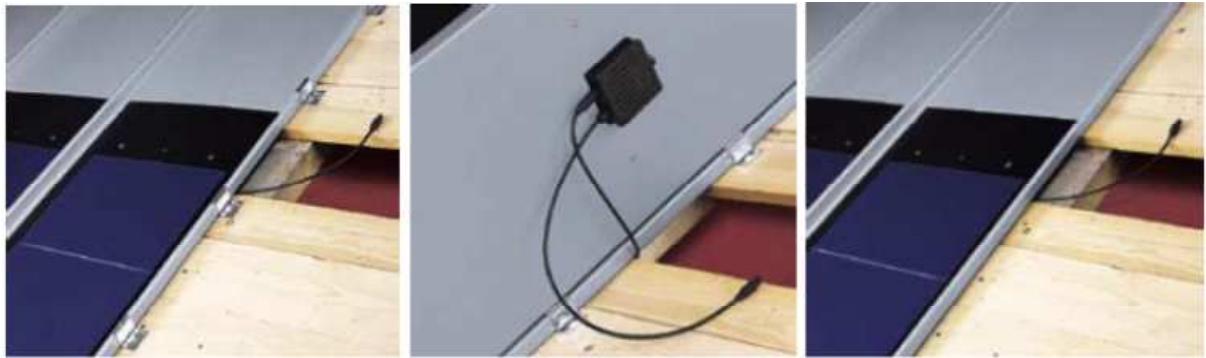
Εικόνα 2.3 κόμβος με διαρκή ραφή

Κόμβοι "γωνιακής σύνδεσης"

Οι κόμβοι γωνιακής σύνδεσης είναι χρήσιμοι για γωνίες που ξεκινούν από 25°. Το κλείσιμο των κόμβων στα προ-διαμορφωμένα πλαίσια είναι εξαιρετικά απλό, λόγω του γεγονότος πως ο τελικός γωνιακός σύνδεσμος πραγματοποιείται με την απλή αναδίπλωση ενός φτερού.

Τα πλαίσια τοποθετούνται σε πλάκες δαπέδου ενώ ελεύθερος χώρος παραχωρείται στο πίσω μέρος των πλαισίων για τις συνδέσεις στα κουτιά των μονάδων. Οι συνδέσεις με τα κουτιά θα πρέπει να γίνουν πριν από την τοποθέτηση των πλαισίων στην κτηριακή δομή.

Προκειμένου να εξασφαλιστεί αερισμός κάτω από τις μονάδες, ένας ελάχιστος χώρος πρέπει να αφεθεί ελεύθερος κάτω από τα πλαίσια και η ελάχιστη κλίση της οροφής πρέπει να είναι 6° (πάλι λαμβάνοντας υπόψη την εκκένωση του νερού από τις βροχοπτώσεις και συμπύκνωση).



Εικόνα 2.4 Υλοποίηση των πάνελ RheinZink (σύμφωνα με την τεκμηρίωση του κατασκευαστή)

Τέλος, μπορεί να αναφερθούν οι ακόλουθοι κατασκευαστές φωτοβολταϊκών μεταλλικών πλαισίων (ενδεικτικός κατάλογος): RHEINZINK, KALZIP of Corus System Building, ARCELOR MITTAL, SUN LAND 21,...

Συμπέρασμα σχετικά με τα φωτοβολταϊκά πλαίσια

Τα φωτοβολταϊκά μεταλλικά πλαίσια είναι ιδανικές λύσεις για στέγες που εκ παραδόσεως καλύπτονται από μεταλλικά πάνελ. Ωστόσο, είναι αναγκαίο να ληφθούν ορισμένα προληπτικά μέτρα για τη χρήση τους:

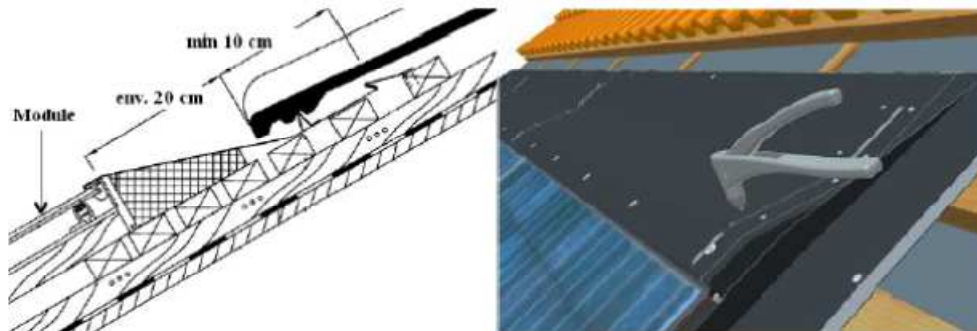
- Όλα τα μεταλλικά πλαίσια χρησιμοποιούν κόλλες για να ενώσουν τα φωτοβολταϊκά στοιχεία με τα πλαίσια: η βιωσιμότητα των αρθρώσεων είναι ένα υψίστης σημασίας στοιχείο για το σχεδιασμό και την εφαρμογή αυτών των στεγών.
- Ο εξαιρισμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι ακόμη πιο σημαντικός, καθώς τα στοιχεία είναι ευαίσθητα στην άνοδο της θερμοκρασίας. Ακόμα κι αν ορισμένα στοιχεία συμπεριφέρονται σχετικά καλά όταν έχουν ζεσταθεί (- 0.2%/°C), αυτό δεν είναι πάντα εφικτό (π.χ. πολυκρυσταλλικού τύπου) όπου η παραγωγικότητα μειώνεται δραστικά όταν κατάλληλος εξαιρισμός δεν παρέχεται (- 0.45%/°C). Έτσι, για αυτούς τους τύπους προϊόντων, είναι προτιμότερο να διατηρηθεί ένα ευρύ άνοιγμα για την κυκλοφορία του αέρα κάτω από το πλαίσιο και να ευνοούνται μεγάλες κλίσεις στεγών (τουλάχιστον 15 - 20°).
- Οι μονάδες που τοποθετούνται σε στέγες ή προσόψεις είναι δύσκολα προσβάσιμες και θα πρέπει να εξετάζονται με στόχο να μην χρειάζονται έλεγχο ή συντήρηση. Κατά συνέπεια, η ποιότητα της καλωδίωσης λαμβάνει πολύ ιδιαίτερη σημασία. Οι μονάδες με υποδοχές καλωδίων plug-in είναι προτιμητέες από αυτές με συνδέσμους με βίδες που έχουν την τάση να χαλαρώσουν σε μακροπρόθεσμη βάση. Για να διευκολυνθεί η καλωδίωση των φωτοβολταϊκών σειρών στις προσόψεις και στέγες, οι σειρές συνδέσμων βελτιώνονται τακτικά.

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι τα φωτοβολταϊκά πλαίσια στήριξης από χάλυβα απαιτούν περισσότερο μέταλλο από ένα αντίστοιχο παραδοσιακό φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Αφού το μέταλλο απαιτεί περισσότερη ενέργεια για την παραγωγή και δίπλωση, ο χρόνος απόσβεσης της ενέργειας φωτοβολταϊκών στοιχείων σε χαλύβδινα πλαίσια είναι μεγαλύτερος από εκείνο των παραδοσιακών μονάδων.

Ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κεκλιμένες σκεπές

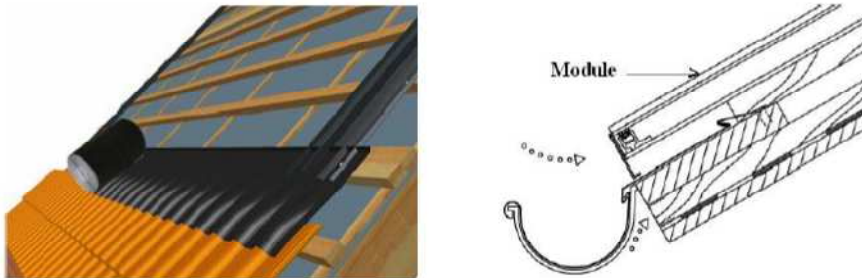
Τα περισσότερα υπάρχοντα συστήματα έχουν κατασκευαστικές ομοιότητες όσον αφορά τα συστήματα στεγανοποίησης που βρίσκονται στην περιφέρεια της εγκατάστασης (αρμοκάλυπτρα):

- Στην κορυφή, ένα πτερύγιο από μέταλλο ή πλαστικό στερεώνεται κάτω από τη γραμμή πλακιδίων (ή πλακών) που βρίσκεται πάνω από την εγκατάσταση και καλύπτει το άνω τμήμα της εγκατάστασης χωρίς να εμποδίζει τα στοιχεία. Εάν η εγκατάσταση είναι στην κορυφή της οροφής, το στοιχείο στεγανοποίησης θα είναι το κάλυπτρο της ράχης.



Εικόνα 3.1: Διαγράμματα για το σφράγισμα στην κορυφή μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης (οδηγίες συναρμολόγησης συστημάτων “Sol Montagesysteme25i” από S.E.N. και Energyroof)

- Στο κάτω μέρος, ένα πολυμερές ή μολυβένιο πτερύγιο καλύπτει το άνω μέρος των πλακιδίων (ή πλακών) και υπερχειλίζει κάτω από την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Στο τέλος της οροφής, μία προεξοχή της μονάδας πάνω από τη αποχέτευση ή η χρήση ενός στοιχείου μπλοκαρίσματος θα εξασφαλίσει τη στεγανότητα αποτρέποντας την ανάβλυση.



Εικόνα 3.2: Διαγράμματα της κάτω στεγανοποίησης μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης (συναρμολόγηση των συστημάτων “sol Montagesysteme25i” από S.E.N. και Energy roof)

- Στα αριστερά και δεξιά, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, ένας μεταλλικός αγωγός αποχέτευσης στις πλευρές της οροφής και εγκατάστασης μεταφέρει το νερό που συλλέγεται προς την αποχέτευση που βρίσκεται στο κάτω μέρος της εγκατάστασης. Σε άλλες περιπτώσεις, η στεγανοποίηση εκτελείται με μία τεχνική παρόμοια με εκείνες που περιγράφονται προηγουμένως, χρησιμοποιώντας λωρίδες πολυμερούς.

Τα επαναλαμβανόμενα στοιχεία των συστημάτων στεγάνωσης είναι οι ράγες και προφίλ αλουμινίου, στεγανώσεις και τα πάνελ.

Τα συστήματα ενσωμάτωσης έτσι διαφοροποιούνται κυρίως από τις λύσεις που χρησιμοποιούνται για την εξασφάλιση της στεγανοποίησης μεταξύ των πλαισίων και της μονάδας προσάρτησης των μονάδων στη στέγη.

Τέλος, ορισμένοι κατασκευαστές των ενσωματωμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων για στέγη είναι (ενδεικτικός κατάλογος): CONERGY, FONROCHE ENERGY, MARCHEGAY, MECOSUN, SCHOTT SOLAR, SCHÜCO, SOLARCENTURY, SOLARWORLD, SUNTECH POWER, SYSTOVI, TENESOL, VOLTECSOLAR...

Φωτοβολταϊκά κεραμίδια

Τα φωτοβολταϊκά κεραμίδια αρχικά αναπτύχθηκαν για να προσφέρουν προσαρμογή φωτοβολταϊκών συστημάτων σε ιδιωτικές οροφές, προκειμένου να αυξηθούν οι πιθανότητες αποδοχής και χρήσης από το κοινό.

Ωστόσο, παρουσιάζουν σημαντικά μειονεκτήματα:

- ✓ Όσο μικρότερα είναι τα κεραμίδια, τόσο μεγαλύτερος ο αριθμός των συνδέσεων και έτσι αυξάνει ο κίνδυνος δυσλειτουργιών. Επιπλέον, ο χρόνος εγκατάστασης επιμηκώνεται.
- ✓ Το κόστος τους είναι πολύ υψηλότερο από ό,τι των παραδοσιακών μονάδων για την ίδια ισχύ. Ως εκ τούτου, τα κεραμίδια προορίζονται γενικά για μικρές εγκαταστάσεις ισχύος.

Μικρή ανατροφοδότηση υπάρχει σχετικά με την απόδοση των φωτοβολταϊκών κεραμιδιών κάτω από πραγματικές συνθήκες λειτουργίας και μακροπρόθεσμα. Ωστόσο, μπορούν να υπολογιστούν κατά προσέγγιση ως παρόμοια με την απόδοση των μονάδων του ίδιου τύπου. Το κύριο στοιχείο προσοχής για την εγκατάσταση των κρυσταλλικών κεραμιδιών είναι ο αερισμός του κάτω μέρους, ο οποίος θα μπορούσε να μειώσει την αναμενόμενη παραγωγή εάν ο χώρος κάτω από τα κεραμίδια δεν αρκεί για την ψύξη τους κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.



Εικόνα 3.3: Συνολική εικόνα από μια στέγη με κεραμίδια Solar Century

Τα πολυκρυσταλλικά ή μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά κεραμίδια εξασφαλίζουν τη στεγανότητα της στέγης με επικάλυψη και μηχανική τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Τα ακόλουθα κριτήρια επιτρέπουν να καθοριστεί και να αξιολογηθεί η χρήση φωτοβολταϊκών κεραμιδιών από την άποψη των επιδόσεων και των κινδύνων:

- Το βάρος kg/m^2 (από 8 ως 50), και ο αριθμός κεραμιδιών ανά m^2 είναι μεταβλητά ανάλογα με τα προϊόντα;
- Η κλίση της οροφής υποστήριξης;

- Η πυκνότητα ισχύος ανά επιφάνεια περίπου $130 \text{ W}_p/\text{m}^2$ για τα πολυκρυσταλλικά και $140 \text{ W}_p/\text{m}^2$ για τα μονοκρυσταλλικά;
- Η μεταβλητή απόδοση εξόδου, που κυμαίνεται από 13 έως 15% ανάλογα με την τεχνολογία των μονάδων;
- Τεχνολογία σύνδεσης των μονάδων (MC3, MC4, IPC65,...) ;

Τέλος, ορισμένοι κατασκευαστές φωτοβολταϊκών ηλιακών κεραμιδιών είναι (ενδεικτικός κατάλογος): ALEO SOLAR, ENFINITY, CAPTELIA, IBC SOLAR, MOUNTING SYSTEMS, KYOCERA FINECERAMICS, ROTO-FRANK, SOLARCENTURY, SOLAR FABRIK, St GOBAIN SOLARSYSTEMS,...

Εύκαμπτες μεμβράνες

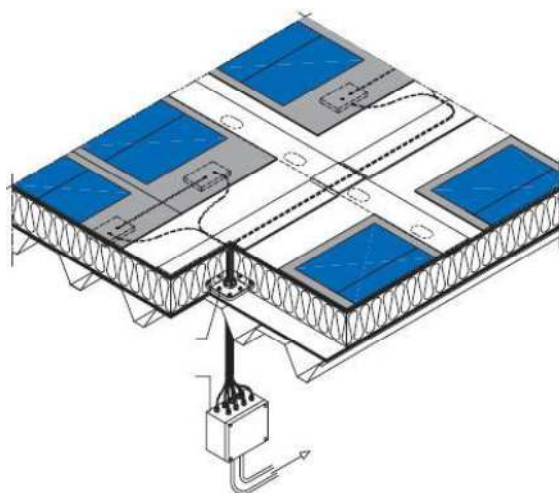
Μια παραδοσιακή δομή στέγης προσαρμοσμένη για την εγκατάσταση μίας φωτοβολταϊκής μεμβράνης άμορφου πυριτίου γενικά κατασκευάζεται από ένα χαλύβδινο πλαίσιο που παίζει το ρόλο της μηχανικής ανάρτησης, ένα θερμομονωτικό υλικό, και στη συνέχεια ένα στεγανοποιητικό.

Το θερμομονωτικό υλικό είναι μηχανικά στερεωμένο στην οροφή - οι φωτοβολταϊκές μεμβράνες στερεώνονται μηχανικά στο μονωτικό υλικό και θερμικά είναι συγκολλημένες.

Δύο επιλογές για τα καλώδια σύνδεσης των μεμβρανών:

- Οι συνδέσεις πραγματοποιούνται εξωτερικά στην οροφή;
- Τα κανάλια κινούνται κάτω από τις μεμβράνες (Εικ. 5.1);

Στη συνέχεια, τα καλώδια συγκεντρώνονται σε μία ή περισσότερες διόδους στο εσωτερικό του κτηρίου μέσω του μονωτήρα και της κτηριακής δομής. Μόλις τα καλώδια έρθουν στο εσωτερικό του κτηρίου, ο ηλεκτρολόγος μπορεί να εκτελέσει την ηλεκτρική σύνδεση.



Εικόνα 5.1: Παράδειγμα μιας στέγης με φωτοβολταϊκές μεμβράνες και περάσματα στεγανοποίησης των καλωδίων (Alwitra manufacturer)

Τα ακόλουθα κριτήρια επιτρέπουν την προδιαγραφή και την αξιολόγηση των φωτοβολταϊκών μεμβρανών σε σχέση με τις επιδόσεις και τους κινδύνους:

- Το βάρος ποικίλλει από 5 ως 10 kg/m² ανάλογα με τα προϊόντα;
- Η πυκνότητα ισχύος ανά επιφάνεια είναι περίπου 50 W_p/m²;
- Η απόδοση περίπου 7 με 8%;
- Τεχνολογία σύνδεσης των μονάδων (MC3, screw MC4 ή κουτιά συνδέσεων);
- Η δυνατότητα ή όχι πεζοπορίας στις μεμβράνες;
- Ο κίνδυνος θραύσης των στοιχείων;
- Ο κίνδυνος καταστροφής των φωτοβολταϊκών πλαισίων;
- Το πέρασμα των καλωδίων σε έναν αγωγό εξόδου (ανάλογα με το προϊόν που χρησιμοποιείται);
- Η αναγκαιότητα ή όχι (ανάλογα με το προϊόν) διάτρησης της μόνωσης και της δομής για τη διέλευση των καλωδίων προς τον αντιστροφέα;
- Η ανάγκη για εξειδικευμένα ή πιστοποιημένα συνεργεία τοποθέτησης;
- Η απώλεια της απόδοσης από την αύξηση της θερμοκρασίας.

Τέλος, ορισμένοι κατασκευαστές φωτοβολταϊκών στεγανοποιητικών είναι (ενδεικτικός κατάλογος): DERBIGUM, ALWITRA, SMAC, UNISOLAR, MEPLE, SOLARDIS,...

Φωτοβολταϊκές προσόψεις

Χρησιμοποιούν τις ίδιες μονάδες προσάρτησης όπως συμβατικές επιμεταλλωμένες προσόψεις. Σε γενικές γραμμές, αυτές είναι κάθετες ράγες στερεωμένες στο σκελετό του κτηρίου, σε μια ορισμένη απόσταση, ώστε να ληφθεί υπόψη η θερμική μόνωση και αερισμός των πλαισίων. Οι φλάντζες στερέωσης πρέπει να επιτρέπουν μια πολύ ακριβή ευθυγράμμιση των ραγών και διαμήκεις μετατοπίσεις λόγω της διαστολής. Οι συνδετήρες των φωτοβολταϊκών πλαισίων στις ράγες πρέπει επίσης να εξασφαλίζουν μια καλή ευθυγράμμιση και σχετική κάθετη ανοχή. Επιπλέον, η συναρμολόγηση, η καλωδίωση και η πιθανή αντικατάσταση μόνο ενός πλαισίου πρέπει να είναι δυνατή. Τα συστήματα συναρμολόγησης που χρησιμοποιούνται συνήθως για την τοποθέτηση κεραμικών πλακών σε προσόψεις είναι καλοί υποψήφιοι για τη συναρμολόγηση αυτών των μονάδων.

Καλός αερισμός της κάτω πλευράς πρέπει να ληφθεί υπόψη στην περίπτωση μεγάλου ύψους. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι οι συνθήκες συλλογής δεν είναι βέλτιστες (χαμηλότερες κατά περίπου 30% από ό, τι σε μια στέγη). Μια νότια πρόσοψη παρουσιάζει ενδιαφέρουσες συνθήκες συλλογής το χειμώνα, οι ανατολικές και δυτικές είναι πιο υποβαθμισμένες και ένας προκαταρκτικός υπολογισμός είναι απαραίτητος.



Εικόνα 6.1 Φωτοβολταϊκή πρόσοψη, Lappeenranta University of Technology, Φινλανδία (ευγενική προσφορά Η.BOILEAU)

Διαυγείς και ημιδιαφανείς φωτοβολταϊκές μονάδες

Οποιοσδήποτε τύπος διαυγούς και ημιδιαφανούς πλαισίου μπορεί να προσαρμοστεί για να χρησιμοποιηθεί ως ένα Brise-soleil ή θόλος. Από αισθητική άποψη, ορισμένοι έχουν ένα συγκεκριμένο σχήμα που είναι κατάλληλο για αυτό το είδος των εφαρμογής.

Οι τύποι αγκίστρωσης που χρησιμοποιούνται είναι παρόμοιοι με εκείνους των αρχιτεκτονικών στοιχείων που τοποθετούνται στην πρόσοψη. Το σημαντικό τμήμα στήριξης είναι το σώμα που κρατά τα πλαίσια, δεδομένου ότι πρέπει να τα κρατά χωρίς να εμποδίζει και να τα υποβαθμίζει. Ορισμένα συστήματα καθιστούν δυνατή την ενσωμάτωση φ/β πλαισίων χωρίς κορνίζα και υποστηρίζουν με μεταλλικούς συνδέσμους τα στοιχεία (βλέπε σχήμα 6.1.1, αριστερά) - άλλοι χρησιμοποιούν μονάδες με πλαίσια συνδεδεμένα με μεταλλικά στηρίγματα (Σχήμα 6.1.1 στα δεξιά: θέα από κάτω, και στη μέση: θέα από την κορυφή)



Εικόνα 6.1.1: Παραδείγματα στήριξης και σκιαδίου

Μονάδες προσάρτησης που χρησιμοποιούν συνδετήρες ή άγκιστρα είναι εφικτές. Μονάδες αφιερωμένες ειδικά για χρήση ως Brise-soleil ή θόλοι υπάρχουν διαθέσιμες. Αυτές έχουν σημεία που προορίζονται για στερεώσεις, που είναι ζώνες χωρίς φωτοβολταϊκά στοιχεία και μπορούν να τρυπηθούν για τοποθέτηση στο στηρίγμα (Εικόνα 6.1.2).



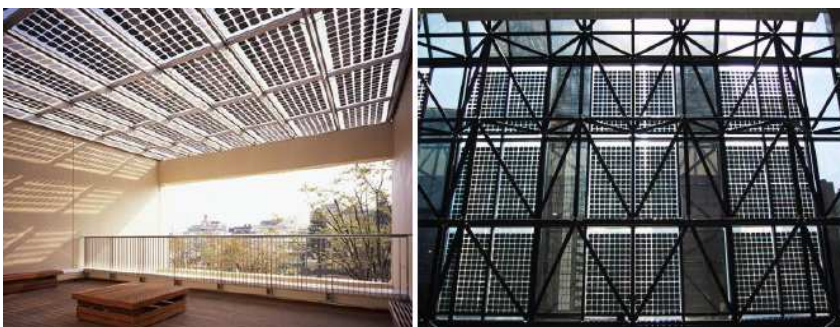
Εικόνα 6.1.2: Στερέωση πλαισίων ανοίγοντας τρύπες σε ζώνες δίχως στοιχεία.

Πολλοί προμηθευτές τέτοιων στεγάστρων υπάρχουν στην αγορά. Κυριότεροι προμηθευτές από τον τομέα των φωτοβολταϊκών (MSK, SCHOTT SOLAR, TENESOL, SCHÜCO,...) συνήθως είναι σε θέση να παρέχουν αυτού του είδους υπηρεσίες. Επιπλέον, πολλοί πάροχοι υλικού προσόψεων και κατασκευαστές κουφωμάτων ή αρχιτεκτονικών στοιχείων προσφέρουν σειρές προϊόντων με φωτοβολταϊκά.

Διαυγή πλαίσια

Τα διαθέσιμα πολυκρυσταλλικά και μονοκρυσταλλικά διαυγή πάνελ έχουν δομή όμοια με τις παραδοσιακές μονάδες, με τη διαφορά ότι είναι ενθυλακωμένα μεταξύ δύο στρωμάτων από διαφανή υλικά, είτε με Tedlar στην πλάτη, ή από διπλό γυαλί. Το μέρος που δεν περιέχει φωτοβολταϊκά στοιχεία αφήνει το φως του ήλιου να περάσει από αυτό και δίνει ένα αποτέλεσμα τετραγωνισμού στην προβαλλόμενη σκιά.

Τα διαυγή πλαίσια είναι τέλεια προσαρμοσμένα για την ένταξη σε θόλο ή Brise-Soleil. Συνδυάζουν διάφορες λειτουργίες: επικοινωνητικές διεργασίες που υποκαθιστούν τα συμβατικά δομικά υλικά, προστασία από υπερθέρμανση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού λόγω της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας, ηλεκτρική παραγωγή και, τέλος, υψηλή αισθητική.



Εικόνα 6.2.1: Παράδειγμα ενσωμάτωσης με διαυγή φ/β πλαίσια

Ημιδιαφανή πλαίσια

Τα διαφανή πλαίσια ημιμόρφου πυριτίου σε λεπτές στρώσεις αποτελούνται από τυπικές λωρίδες στοιχείων (σειριοποιημένες ενσωματωμένες στο πλακίδιο από τρεις ακτίνες λέιζερ), χωρισμένες κάθετα από ορθογώνιες σχισμές (πατέντα Solems), ή κυκλικά (πατέντα Sanyo), η αντίσταση μεταξύ των σχισμών πρέπει να είναι μικρότερη από την κόρη του ανθρώπινου ματιού.

Ως εκ τούτου, ένα πρόσωπο που βρίσκεται πίσω από το πλαίσιο βλέπει τέλεια εικόνες στην άλλη πλευρά του πλαισίου, με μία ελαφριά αδιαφάνεια που σχετίζεται με την διαπερατότητα (τυπικά το εύρος του συντελεστή φωτεινής μετάδοσης είναι μεταξύ 5 και 10%). Οι μονάδες συναρμολογούνται σε διπλά τζάμια και καθιστούν δυνατή την ελαχιστοποίηση της μετάδοσης των ηλιακών ακτίνων, αφήνοντας μόνο το 10% του φωτός να περνά.

Τα ημιδιαφανή πλαίσια μπορούν να ενσωματωθούν σε κτήρια που χρησιμοποιούν πολλά διαφορετικά συστήματα ενσωμάτωσης, και έτσι οι εφαρμογές τους είναι πολλαπλές (π.χ. θόλος, πρόσοψη, Brise-soleil).



Εικόνα 6.3.1: Παραδείγματα της ένταξης των πλαισίων στην πρόσοψη και θόλο



Εικόνα 6.3.2: Παράδειγμα ενσωμάτωσης πρόσοψης και θόλου των ημιδιαφανών πλαισίων Schott-Solar

Φωτοβολταϊκά στέγαστρα

Πέρα από την φόρτιση των μπαταριών για ηλεκτρικά οχήματα, τα στέγαστρα μπορούν να συμβάλουν στην υιοθέτηση νέων χρήσεων και νέων υπηρεσιών:

- Έπιπλα δρόμου,
- Δημόσιος φωτισμός στο έδαφος και στον αέρα,
- Φωτεινές πινακίδες,
- ...

Η μαζική υιοθέτηση αυτών των καταφυγίων απαιτεί τη μείωση των επενδυτικών δαπανών:

- Θεμέλια πασσάλων χάλυβα αντίτσιμεντόλιθους,
- Ελαφρύτερες δομές στήριξης ευνοώντας ένα "σύστημα ενσωμάτωσης", συνδυάζοντας πρωταρχικά πλαίσια ανάρτησης και στηρίγματα γαλβανισμένου χάλυβα για φωτοβολταϊκά πλαίσια

Προτερήματα των φωτοβολταϊκών στεγαστρων:

- Ώριμες τεχνολογίες,
- Η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος κοντά στα σημεία κατανάλωσης,
- Άμεση αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών στην ηλεκτρική κίνηση,
- Άνεση του χρήστη, προστασία των οχημάτων από τη βροχή και τον ήλιο,
- Ενεργειακή αξιοποίηση των ήδη τεχνητών επιφανειών (όχι μεγαλύτερη χρήση των υφιστάμενων φυσικών ή γεωργικών χώρων),
- Σημαντικό δυναμικό γης,

Ο εκτεθειμένος χώρος στάθμευσης παράγει περίπου την ενέργεια που ένα ηλεκτρικό όχημα απαιτεί για 15000 km/έτος.

Προκλήσεις και Προοπτικές:

- Η επάρκεια των στεγαστρων ηλεκτρικής παραγωγής για τις ανάγκες των οχημάτων πρέπει να ελέγχεται,
- Μια σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο θα εγγυάται την ανατροφοδότηση και την αποφυγή σπατάλης από υπερπαραγωγή,
- Η βελτιστοποιημένη διαχείριση του φορτίου του οχήματος απαιτείται, λαμβάνοντας υπόψη την ηλιακή παραγωγή σε σχέση με το τιμολόγιο του ηλεκτρικού ρεύματος που αποστέλλεται στο δίκτυο,
- Το καταφύγιο θα πρέπει να είναι εξοπλισμένο με σταθερές μπαταρίες για τη διαχείριση ταχείας ή βέλτιστης φόρτισης,
- Να φανταστείτε έξυπνα ηλεκτρικά οχήματα, ικανά να τραβούν ρεύμα ενώ φορτίζουν τις μπαταρίες τους κάτω από το σκέπαστρο, να αποθηκεύουν ενέργεια για τροφοδότηση της οικίας ή του δικτύου κατά τις περιόδους αιχμής και κατόπιν να επαναφορτίζουν κατά τις ώρες εκτός αιχμής.

Σύνοψη

Αυτή η απογραφή των εξαρτημάτων δείχνει ότι κάθε κατηγορία φωτοβολταϊκών προϊόντων έχει εξειδικευμένες εφαρμογές. Για ένα δεδομένο έργο, το φωτοβολταϊκό προϊόν μπορεί να επιλεγεί γενικά από μία ή δύο κατηγορίες προϊόντων, σύμφωνα με τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά του έργου:

- ✓ μεταλλικά πλαίσια φωτοβολταϊκών;
- ✓ ενσωμάτωση των πλαισίων στη στέγη;
- ✓ φωτοβολταϊκά κεραμίδια;
- ✓ φωτοβολταϊκά καλύμματα;
- ✓ τελειώματα προσόψεων και μπαλκόνια (ημιδιαφανή και διαυγή πλαίσια);
- ✓ φωτοβολταϊκά στέγαστρα.

Σε γενικές γραμμές, τα πεδία εφαρμογής για κάθε κατηγορία είναι τα εξής:

Τα μεταλλικά φωτοβολταϊκά πλαίσια θα είναι επωφελή για εφαρμογές αποκλειστικά για τα παραδοσιακά μεταλλικά πλαίσια (οικότοπος σε ορεινή περιοχή, βιομηχανικά και εμπορικά κτήρια). Συνιστάται να πάρετε κάποιες προφυλάξεις, όταν επιλέγετε τα μεταλλικά πλαίσια διότι υπάρχει κάποια αρνητική ανάδραση όσον αφορά την διάσπαση των φωτοβολταϊκών προϊόντων έλασης σιδήρου επί των πλαισίων στην πάροδο του χρόνου. Καλό θα είναι να ευνοηθούν προμηθευτές που έχουν σωστά ασχοληθεί με τα προβλήματα της διαφορικής διαστολής και να βεβαιωθείτε ότι ο προμηθευτής προσφέρει μια μεγάλη εγγύηση με το προϊόν (μεγαλύτερη από 10 έτη).

Τα συστήματα της εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών στοιχείων στη στέγη είναι καλά προσαρμοσμένα στις στέγες των σπιτιών, αλλά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για άλλες επιφάνειες στεγών. Λίγα συστήματα φαίνεται να εγγυώνται τον βέλτιστο αερισμό στη κάτω πλευρά των πλαισίων και την ορθή χρήση του αέρα εξαερισμού. Κάποιος θα πρέπει πράγματι να αναζητήσει πλαίσιο εγκατάστασης που εγγυάται 5 έως 10 cm εντελώς ανοικτού χώρου μεταξύ των πλαισίων και της οροφή για να εξασφαλίσει την ικανοποιητική ψύξη των πλαισίων με φυσικό ή μηχανικό αερισμό.

Τα φωτοβολταϊκά κεραμίδια προορίζονται κυρίως ως παραδοσιακά καλύμματα σπιτιού που αντιπροσωπεύουν ένα σχετικά περιορισμένο πεδίο εφαρμογής. Είναι πιο ακριβά από τα φ/β πλαίσια, η εφαρμογή τους είναι χρονοβόρα και απαιτεί πολλές ηλεκτρικές συνδέσεις που αυξάνουν τον κίνδυνο δυσλειτουργιών. Επιπλέον, πλακίδια που χρησιμοποιούν κρυσταλλική τεχνολογία πυριτίου φαίνονται μειονεκτικά για αυτό το είδος των εφαρμογών επειδή ο αερισμός στο κάτω μέρος των κεραμιδιών, στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι δύσκολο να εξασφαλιστεί.

Τα φωτοβολταϊκά στεγανοποιητικά φαίνονται καλά προσαρμοσμένα στις βιομηχανικές στέγες, όπου αυτό το είδος της στεγάνωσης είναι ευνοϊκό. Καλό είναι να ευνοηθούν τα προϊόντα που επιτρέπουν τη δρομολόγηση των καλωδίων επί της στεγάνωσης και να αποφευχθεί η διάτρησή αυτής ή της στέγης. Επίσης, είναι μια τεχνολογία που προσφέρει εύκολη πρόσβαση στα καλώδια όπου αυτό είναι απαραίτητο (με την προϋπόθεση ότι μπορεί κανείς να περπατήσει στο μονωτικό υλικό).

Για τις εφαρμογές που χρησιμοποιούν φωτοβολταϊκά στοιχεία σε προσόψεις, ακόμα και αν είναι ημιδιαφανή πλαίσια, διαυγή ή αδιαφανή, που αντικαθιστούν μία πρόσοψη. Οι μονάδες ενσωμάτωσης που προέρχονται από τα υφιστάμενα συστήματα του τομέα της πρόσοψης έχουν ευρεία ανατροφοδότηση σχετικά με την απόδοση και τη μηχανική αντοχή των στηρίξεων. Δεδομένου ότι η ηλεκτρική απόδοση είναι εγγυημένη από τους παρόχους των πλαισίων, τα συστήματα προσόψεων αυτά φαίνονται από τα πιο αξιόπιστα προϊόντα για ενσωμάτωση σε κτήριο. Η κύρια παράμετρος που πρέπει να ελεγχθεί είναι ο καλός αερισμός της κάτω πλευράς των πλαισίων, τόσο για την περίπτωση διπλής όσο και στην περίπτωση μονής πρόσοψης.

Έτσι, σε όλες τις προαναφερθείσες εφαρμογές, η πρόκληση του κατάλληλου εξαερισμού φαίνεται αποφασιστικής σημασίας για την καλή απόδοση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων. Θα είναι έτσι πάντα απαραίτητο να ζυγισθούν οι μέθοδοι εγκατάστασης των προϊόντων, καθώς και να παρέχουν επαρκή εξαερισμό στην οπίσθια πλευρά των πλαισίων.

Βιβλιογραφία

- The guide of photovoltaic - Ralf Haselhuhn, Uwe Hartmann; Edisun Power France 2014
- Photovoltaics in the urban environment: lessons learned from large-scale projects; Bruno Gaiddon, Henk Kaan, Donna Munro Earthscan 2009; ISBN: 978-1-84407-771-7
- *Le Journal du Photovoltaïque* April 2013, special issue #
- The newspaper of photovoltaic October 2011, special issue #6
- <http://www.rheinzink.fr/>