

12. Εξέταση χώρου εγκατάστασης και ανάλυση σκίασης

Αντώνιος Τζινευράκης ΤΕΕ ΤΔΚ Κρήτη

Μαθησιακά Αποτελέσματα

Μετά την μελέτη του παρόντος κεφαλαίου, ο αναγνώστης θα είναι ικανός νά:

- Αντιληφθεί γιατί είναι απαραίτητη η εξέταση του χώρου εγκατάστασης
- Καταγράψει τα απαραίτητα δεδομένα στην διάρκεια μιας εξέτασης ενός χώρου
- Καταγράψει τα απαραίτητα έγγραφα και τον εξοπλισμό για μία εξέταση του χώρου εγκατάστασης
- Καταλάβει πλήρως τις απαραίτητες πληροφορίες που απαιτείται να συλλεχθούν από τον καταναλωτή/ιδιοκτήτη της εγκατάστασης
- Κατανοήσει την επίδραση της σκίασης στα φ/β πλαίσια
- Διαχωρίζει τους διαφορετικούς τύπους σκίασης
- Υπολογίζει την επίδραση της σκίασης στην απόδοση της εγκατάστασης
- Βελτιώσει την φ/β εγκατάσταση, προκειμένου να ελαττωθεί η επίδραση της σκίασης, σε περιπτώσεις που η σκίαση αυτή είναι αδύνατον να παραληφθεί

Εξέταση χώρου εγκατάστασης

Η εξέταση ενός χώρου εγκατάστασης είναι απαραίτητη για τη σχεδίαση ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος. Η εξέταση αυτή επιτρέπει την αξιολόγηση των βασικών προϋποθέσεων για τη εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος. Αρχικά, είναι σημαντικό να καθοριστεί αν το οικόπεδο ή το κτίριο είναι κατάλληλο για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος. Η διεξοδική έρευνα οδηγεί στην αποφυγή λαθών κατά τη μελέτη.

Οι εργασίες εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών πλαισίων, η θέση εγκατάστασης των μετατροπέων, οι οδεύσεις των καλωδίων και η επέκταση ή τροποποίηση του κιβωτίου του μετρητή μπορούν να εκτιμηθούν και να καθοριστούν καλύτερα σε συνεννόηση με τον πελάτη. Προτού ξεκινήσει η σχεδίαση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, ο πελάτης θα πρέπει να ερωτηθεί για το ποσό που προτίθεται να δαπανήσει καθώς και για πιθανές επιχορηγήσεις που δύναται να λάβει, τα οποία

έχουν σημαντική επίδραση στο μέγεθος και την ισχύ του φωτοβολταϊκού συστήματος που θα εγκατασταθεί.

Καταγραφή δεδομένων κατά την εξέταση του χώρου εγκατάστασης

Κατά την εξέταση ενός χώρου εγκατάστασης θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα στοιχεία. Τα δεδομένα αυτά αποτελούν τη βάση για το καλό σχεδιασμό ενός φωτοβολταϊκού συστήματος:

- Επιθυμία του πελάτη σχετικά με τον τύπο των πλαισίων και τη μέθοδο τοποθέτησης.
- Επιθυμητή ισχύς του συστήματος ή επιθυμητή απόδοση ενέργειας.
- Το πλαίσιο χρηματοδότησης συμπεριλαμβανομένων δεδομένων επιχορήγησης.
- Η επιφάνεια τοποθέτησης.
- Ο προσανατολισμός και η γωνία κλίσης.
- Το σχήμα της οροφής, η δομή της οροφής ή το είδος της στέγης στη περίπτωση κτιριακών εγκαταστάσεων.
- Δεδομένα σχετικά με σκίαση.
- Θέσεις εγκατάστασης για τους ηλεκτρικούς πίνακες και τους μετατροπείς.
- Το ερμάριο του μετρητή και οι θέσεις για επιπλέον μετρητές.
- Τα μήκη των καλωδίων, οι οδεύσεις των καλωδίων και η μέθοδος τοποθέτησής τους.
- Η πρόσβαση, ιδιαίτερα όταν απαιτείται ειδικός εξοπλισμός για την εγκατάσταση της φωτοβολταϊκού συστήματος (γερανός, σκαλωσιές, κλπ).

Στο τέλος του παρόντος κεφαλαίου δίδεται λίστα των δεδομένων που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την εξέταση ενός χώρου εγκατάστασης, η οποία βοηθά στην επιτόπια καταγραφή τους.

Έγγραφα και εξοπλισμός κατά τη επίσκεψη στο χώρο εγκατάστασης

Η προσκόμιση των ακόλουθων εγγράφων και του ακόλουθου εξοπλισμού κατά την επίσκεψη στο χώρο εγκατάστασης είναι επίσης σημαντική για τη σωστή σχεδίαση του φωτοβολταϊκού συστήματος.

- Τοπογραφικό σχέδιο του κτιρίου ή του οικοπέδου για επιβεβαίωση του προσανατολισμού του.
- Κατασκευαστικά σχέδια του κτιρίου για την επιβεβαίωση της κλίσης της οροφής, την ωφέλιμη επιφάνεια εγκατάστασης, των οδεύσεων και των μηκών των καλωδίων στη περίπτωση κτιριακής εγκατάστασης.
- Φωτογραφίες του χώρου εγκατάστασης, του περιβάλλοντα χώρου και της θέσης του μετρητή.

- Λίστα καταγραφής της επιτόπιας επίσκεψης (όπως ακολουθεί στο τέλος του κεφαλαίου).
- Πληροφορίες σχετικά με τα φωτοβολταϊκά (γενικές πληροφορίες, τεχνικά φυλλάδια εξοπλισμού, φωτογραφίες υφιστάμενων εγκαταστάσεων).
- Πυξίδα.
- Μετροταινία.
- Αναλυτής σκίασης.
- Φωτογραφική μηχανή.

Συζήτηση με τον πελάτη

Ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός φωτοβολταϊκού συστήματος ξεκινά γενικά από την έρευνα ενός πελάτη. Η συζήτηση με τον πελάτη είναι λοιπόν ένα σημαντικό και απαραίτητο βήμα πριν από τη κατασκευή ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Σε μια συζήτηση με τον πελάτη, ο εγκατάστασης πρέπει να αναγνωρίζει τις προσδοκίες και τις επιθυμίες του. Η συζήτηση στην περίπτωση αυτή, πρώτα και κύρια, βοηθά τον πελάτη να αποφασίσει για το σύστημα που θέλει να εγκαταστήσει. Ο εγκαταστάτης φωτοβολταϊκών συστημάτων θα πρέπει να έχει γνώσεις σχετικά με τη δομή, τη λειτουργία, τη διαστασιολόγηση και την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων καθώς επίσης γνώσεις σχετικά με τα κόστη ενός φωτοβολταϊκού συστήματος και των συνιστωσών του. Ο εγκαταστάτης θα πρέπει να είναι έτοιμος να απαντήσει στα ακόλουθα ερωτήματα:

- Ποιά είναι η διαφορά ανάμεσα σε μια φωτοβολταϊκή μονάδα και ένα ηλιακό συλλέκτη?
- Πώς δουλεύει ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο?
- Πόση ηλεκτρική ενέργεια θα παράγει το φωτοβολταϊκό σύστημα σε ένα χρόνο?
- Τί συμβαίνει με την τροφοδοσία ρεύματος, όταν ο ήλιος δεν φωτίζει?
- Πόση ενέργεια παράγει το φωτοβολταϊκό σύστημα όταν ο ουρανός είναι συννεφιασμένος?
- Τι σημαίνει «κιλοβάτ αιχμής»?
- Η εξεταζόμενη στέγη ή το οικόπεδο είναι κατάλληλα για ένα σύστημα σαν αυτό?
- Τί θα συμβεί αν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια έχουν σκόνη ή χιόνι?
- Μπορεί το χαλάζι να βλάψει τα φωτοβολταϊκά πλαίσια?
- Αξίζει η χρησιμοποίηση tracker που παρακολουθούν τον ήλιο?
- Ποιές άδειες χρειάζονται για την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος?
- Ποιό θα είναι το κόστος του συστήματος, συμπεριλαμβανομένης της εγκατάστασης?
- Τί επιδοτήσεις είναι διαθέσιμες?
- Πόσα χρήματα μπορεί να πάρει ο πελάτης για την ηλεκτρική ενέργεια που τροφοδοτεί στο δίκτυο ρεύματος?
- Ποιός είναι ο κατά προσέγγιση χρόνος απόσβεσης για το φωτοβολταϊκό σύστημα?
- Τί συντήρηση απαιτεί το σύστημα?

- Μπορεί ένα κεραυνικό πλήγμα να καταστρέψει το σύστημα?
- Τί διάρκεια ζωής έχει το σύστημα?
- Τί εγγυήσεις έχει το σύστημα?

Τύποι σκίασης

Στην ιδανική περίπτωση, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια πρέπει να εγκαθίστανται σε θέση με μηδενική σκίαση. Ωστόσο, τα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα βρίσκονται συνήθως σε αστικές και περιαστικές περιοχές ενώ τις περισσότερες φορές εγκαθίστανται σε στέγες, όπου κάποιου είδους σκίαση είναι μερικές φορές αναπόφευκτη. Η σκίαση μπορεί να μειώσει σημαντικά την παραγωγή μιας φωτοβολταϊκής συστοιχίας και στην ιδανική περίπτωση θα πρέπει να αποφεύγεται. Όσον αφορά τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα αυτά συνήθως βρίσκονται σε αγροτικές περιοχές και έχουν συνήθως αρκετό χώρο διαθέσιμο επί εδάφους, ώστε να αποφεύγεται η σκίαση.

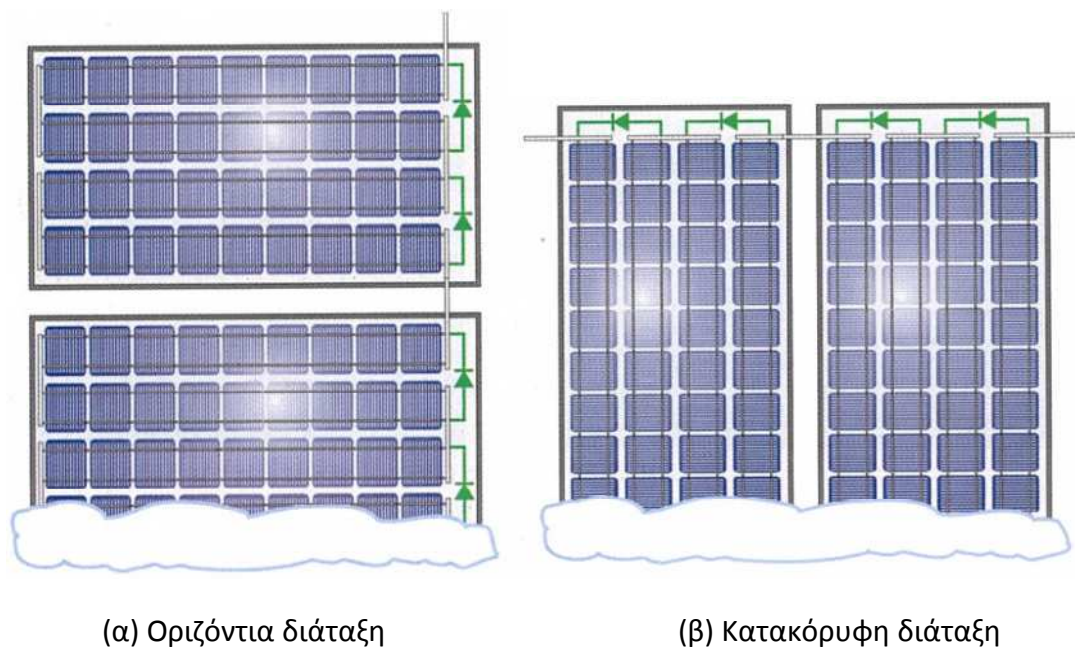
Μια σκίαση σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα έχει πολύ μεγαλύτερη επίδραση στην απόδοση από ότι, για παράδειγμα, στην περίπτωση ενός θερμικού ηλιακού συστήματος. Η σκίαση μπορεί να διακριθεί σε προσωρινή, σκίαση προερχόμενη από την τοποθεσία, σκίαση προερχόμενη από κτίριο και σε σκίαση προερχόμενη από το ίδιο το σύστημα (αυτο-σκίαση).

Προσωρινή σκίαση

Η τυπική προσωρινή σκίαση περιλαμβάνει παράγοντες όπως η σκόνη, το χιόνι, τα φύλλα δέντρων, τα περιττώματα πουλιών καθώς και άλλα είδη ακαθαρσίας. Στις ορεινές περιοχές ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας είναι το χιόνι. Στις βιομηχανικές περιοχές σημαντικός παράγοντας είναι η σκόνη και η ακαθαρσία λόγω αιθάλης και σε δασικές περιοχές τα πεσμένα φύλλα. Το χιόνι, η βρωμιά λόγω αιθάλης και τα φύλλα δέντρων είναι αιτίες σκίασης η επίδραση των οποίων γίνεται μικρότερη όταν η συστοιχία αυτοκαθαρίζεται, δηλαδή όταν καθαρίζεται από το νερό της βροχής που ρέει πάνω στα πλαίσια. Γωνία κλίσης 12° ή μεγαλύτερη είναι συνήθως αρκετή για να επιτυγχάνεται ο αυτοκαθαρισμός. Μεγαλύτερες γωνίες κλίσης αυξάνουν τη ταχύτητα ροής του νερού της βροχής και, ως εκ τούτου, βοηθούν παραπάνω στο να παρασυρθούν τα στοιχεία της ακαθαρσίας. Η επίδραση της προσωρινής σκίασης μπορεί να μειωθεί με την αύξηση της κλίσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Το χιόνι σε μια συστοιχία φωτοβολταϊκών λιώνει γρηγορότερα από ότι το χιόνι στον περιβάλλοντα χώρο, με αποτέλεσμα αυτού του είδους η σκίαση να παρουσιάζεται γενικά μόνο για λίγες ημέρες.

Σε χιονισμένες περιοχές, η διάταξη των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε οριζόντια θέση, διάταξη (α) στο σχήμα 1, έχει σαν αποτέλεσμα οι απώλειες που προκαλούνται

από το χιόνι να μειώνονται κατά το ήμισυ. Με τη διάταξη αυτή, η σκίαση που προκαλείται από το χιόνι επηρεάζει γενικά μόνο δύο και όχι τέσσερις σειρές των κυττάρων σε κάθε πλαίσιο, όπως συμβαίνει στη περίπτωση της κατακόρυφης διάταξης, διάταξη (β), σχήμα 1.



(α) Οριζόντια διάταξη

(β) Κατακόρυφη διάταξη

Σχήμα 1. Διατάξεις φωτοβολταϊκών πλαισίων σε περίπτωση σκίασης από χιόνι [1].

Η σκίαση που προκαλείται από τα φύλλα, τα περιττώματα πουλιών, την ατμοσφαιρική ρύπανση και άλλους ρύπους έχει συνήθως ισχυρότερη και μεγαλύτερης διάρκειας επίδραση. Ο τακτικός καθαρισμός των πλαισίων σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αυξάνει σημαντικά το βαθμό απόδοσης του συστήματος. Σε ένα σύστημα με ικανοποιητική κλίση, η απώλεια αυτού του είδους υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 2% έως 5%, και η απώλεια αυτή θεωρείται γενικά αποδεκτή. Για τον καθαρισμό των φωτοβολταϊκών πλαισίων πρέπει να χρησιμοποιείται νερό και ένα απαλό μέσο καθαρισμού (όπως σφουγγάρι) χωρίς τη χρήση απορρυπαντικών.

Σκίαση προερχόμενη από τη τοποθεσία

Η σκίαση που προέρχεται από τη τοποθεσία περιλαμβάνει όλες τις σκιάσεις που δημιουργούνται από το περιβάλλον του φωτοβολταϊκού συστήματος. Γειτονικά κτίρια, δέντρα, ακόμα και ψηλά κτίρια σε μεγάλη απόσταση μπορεί να σκιάζουν ένα σύστημα. Θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι, λόγω της ανάπτυξης των δέντρων και των θάμνων, η βλάστηση μπορεί να σκιάζει το σύστημα μετά από χρόνια. Επίσης, οι εναέριοι αγωγοί των δικτύων μεταφοράς και διανομής οι οποίοι οδεύουν πάνω από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα έχουν αρνητικές επιπτώσεις, προκαλώντας ωστόσο συνήθως μια μικρή κινούμενη σκίαση.

Σκίαση προερχόμενη από το κτήριο

Η σκίαση που προέρχεται από το κτήριο συνεπάγεται άμεση σκίαση στις περιπτώσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων επί κτιρίων, η οποία θα πρέπει να θεωρείται ως ιδιαίτερα κρίσιμη. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στις καμινάδες, τις κεραίες, τα αλεξικέραυνα, τα δορυφορικά πιάτα, στις προεξοχές της οροφής και της πρόσοψης καθώς και στις πέργκολες. Κάποια σκίαση μπορεί να αποφεύγεται με τη μετακίνηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων ή των αντικειμένων που προκαλούν τη σκίαση (π.χ. κεραίες). Εάν αυτό δεν είναι δυνατό, οι επιπτώσεις της σκίασης μπορούν να ελαχιστοποιηθούν λαμβάνοντάς τη υπόψη κατά τη σχεδίαση της ηλεκτρικής συνδεσμολογίας του συστήματος.

Σκίαση προερχόμενη από το ίδιο το σύστημα

Η σκίαση που προέρχεται από το ίδιο το σύστημα (αυτο-σκίαση) είναι η σκίαση που προκαλείται από τις μπροστινές σειρές των πλαισίων σε μία εγκατάσταση. Οι απαιτήσεις σε χώρο και οι απώλειες σκίασης μπορούν να ελαχιστοποιηθούν μέσω της βελτιστοποίησης των γωνιών κλίσης και των αποστάσεων μεταξύ των σειρών των πλαισίων. Η κακή σχεδίαση ή κακή εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί επίσης να προκαλεί μικρές σκιάσεις.

Άμεση σκίαση

Η άμεση σκίαση μπορεί να προκαλέσει μεγάλες απώλειες ενέργειας. Όσο πιο κοντά είναι το αντικείμενο που προκαλεί τη σκίαση, τόσο πιο σκοτεινή είναι η σκιά ενώ ο πυρήνας της σκιάς που πλήττει το φωτοβολταϊκό πλαίσιο έχει ως αποτέλεσμα τη πρόσπτωση λιγότερης διάχυτης ακτινοβολίας σε αυτό. Ο πυρήνας της σκίασης από ένα κοντινό αντικείμενο μειώνει την προσπίπτουσα ενέργεια επί ενός φωτοβολταϊκού κυττάρου περίπου από 60% έως 80%, ενώ η μερική σκίαση οδηγεί σε μείωση μόνο κατά το ήμισυ αυτού. Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση από το αντικείμενο που σκιάζει, τόσο φωτεινότερη είναι και η σκιά του και τόσο περισσότερο μειώνονται οι απώλειες λόγω σκίασης. Το σχήμα 2 δείχνει τη δημιουργία του πυρήνα της σκίασης και τη μερική σκίαση.

Με βάση το πάχος d του αντικειμένου που προκαλεί τη σκίαση μπορεί να υπολογιστεί και η βέλτιστη απόσταση a_{opti} από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Η βέλτιστη απόσταση a_{opti} δίδεται από την ακόλουθη σχέση:

$$a_{opti} = \frac{(a_s + a_{opti}) \times d}{d_s} \quad (1)$$

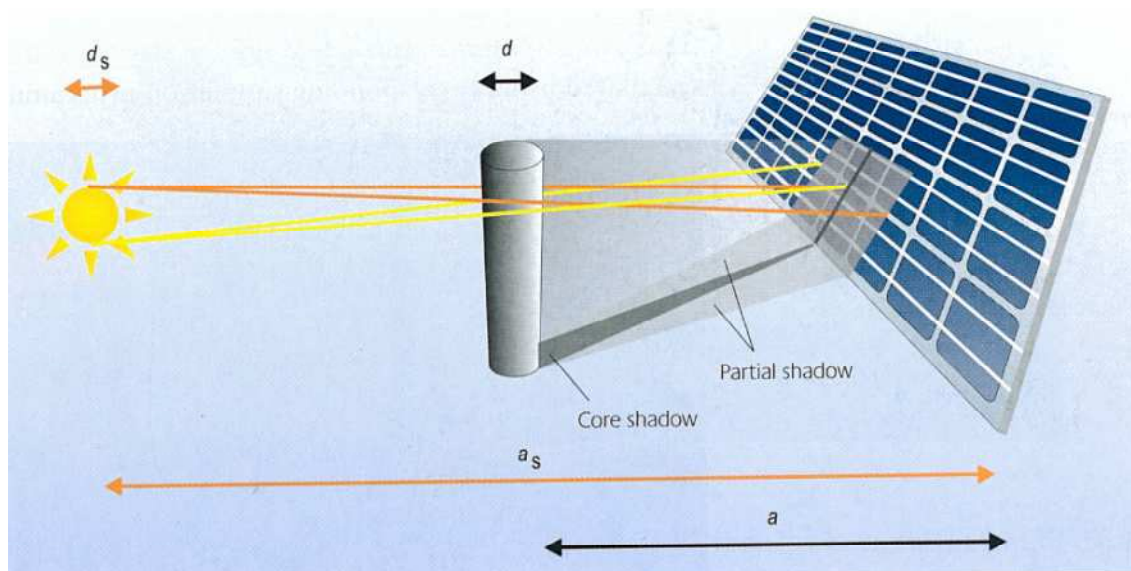
όπου

- a_s απόσταση της γης από τον ήλιο: 150 εκατομμύρια km.
- d_s διάμετρος του ήλιου: 1.39 εκατομμύρια km.

Από τη σχέση (1), επειδή $a_{opti} \ll a_s$ προκύπτει ότι:

$$a_{opti} \approx \frac{a_s \times d}{d_s} = 108 \times d \quad (2)$$

Κατά συνέπεια, ένα εναέριο καλώδιο διαμέτρου $d = 5\text{cm}$ πρέπει να είναι τουλάχιστον 5,4m μακριά έτσι ώστε καμία σκίαση πυρήνα να μην προσπίπτει επί των πλαισίων. Η άμεση σκίαση πρέπει να μειώνεται σε κάθε περίπτωση όσο το δυνατό. Η διακύμανση της σκίασης, ανάλογα με την εποχή και την ώρα της ημέρας, καθώς και οι προκύπτουσες απώλειες, μπορούν να υπολογιστούν χρησιμοποιώντας κατάλληλα προγράμματα προσομοίωσης.



Σχήμα 2. Πυρήνας της σκίασης και μερική σκίαση επί ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου[1, 2].

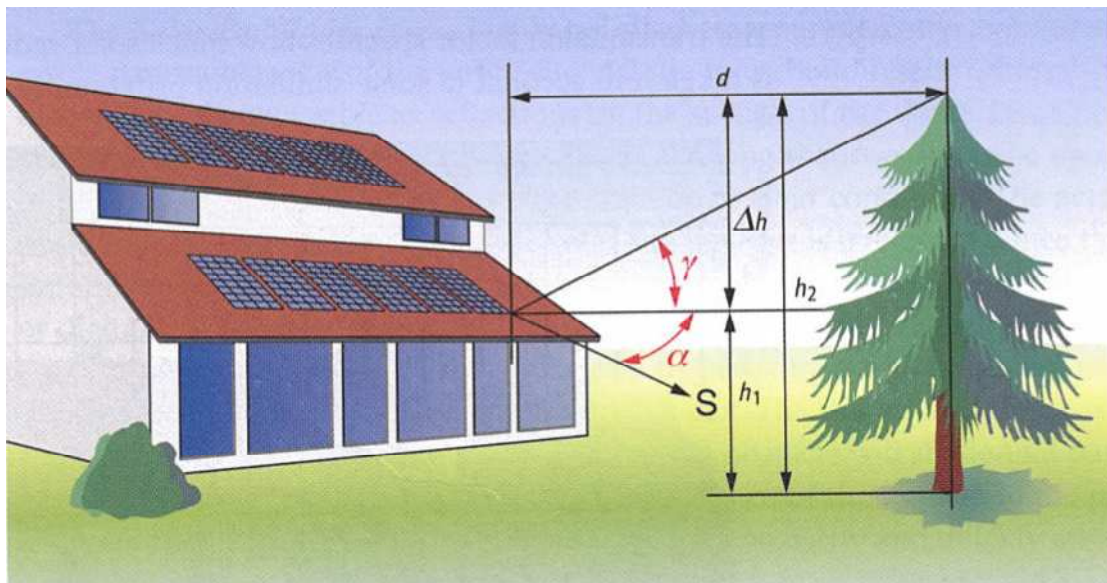
Ανάλυση σκίασης

Για την εκτίμηση της σκίασης που προκύπτει από μία τοποθεσία πρέπει να διεξάγεται ανάλυση σκίασης. Για το σκοπό αυτό, το περίγραμμα σκίασης του περιβάλλοντα χώρου γύρω από το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτυπώνεται για ένα σημείο του συστήματος, συνήθως το κεντρικό σημείο της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Σε μεγαλύτερα συστήματα ή όταν απαιτείται μεγαλύτερη ακρίβεια, η ανάλυση σκίασης διεξάγεται για περισσότερα διαφορετικά σημεία. Το περίγραμμα σκίασης του περιβάλλοντα χώρου μπορεί να βρεθεί με τη χρήση:

- Τοπογραφικού σχεδίου.
- Διαγράμματος της πορείας του ήλιου.
- Αναλυτή σκίασης (με ψηφιακή κάμερα και λογισμικό ή το Solar Pathfinder).

Χρήση τοπογραφικού σχεδίου

Με τη χρήση τοπογραφικού σχεδίου υπολογίζονται η απόσταση και οι διαστάσεις της προσπίπτουσας σκιάς των αντικειμένων στην περιοχή γύρω από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα. Από το τοπογραφικό σχέδιο, υπολογίζονται η γωνία αζιμουθίου α και η γωνία ανύψωσης γ , σχήμα 3.



Σχήμα 3. Υπολογισμός της γωνίας αζιμουθίου α και της γωνίας ανύψωσης γ ενός αντικειμένου [3, 4, 5].

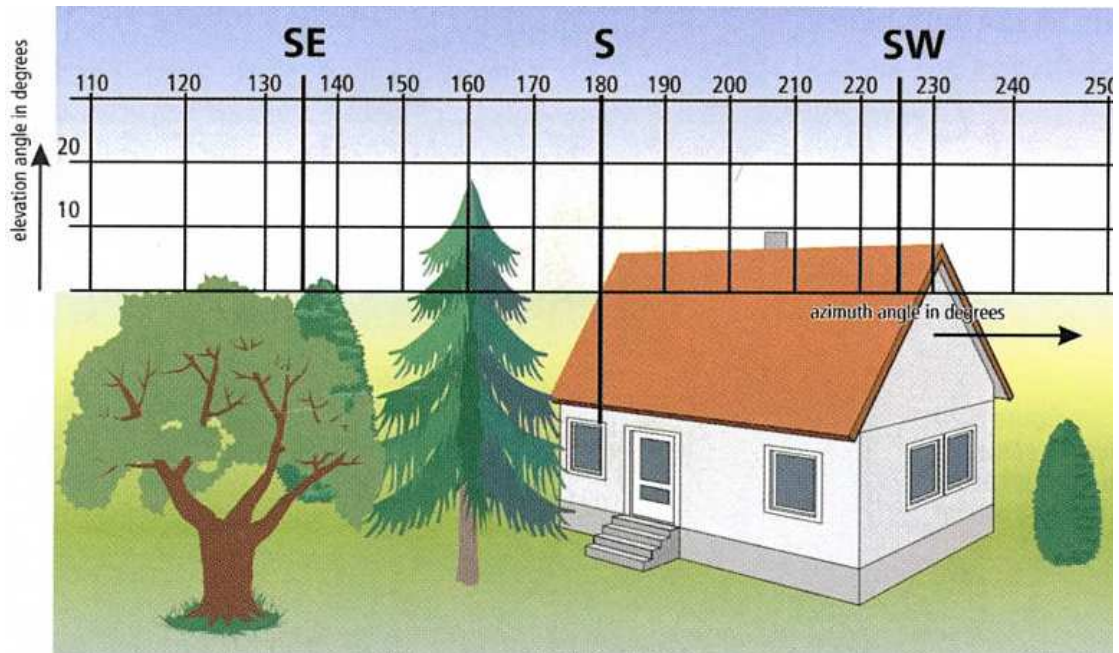
Η γωνία ανύψωσης γ υπολογίζεται από τη διαφορά μεταξύ του ύψους του h_1 του φωτοβολταϊκού συστήματος και του ύψους h_2 του αντικειμένου που σκιάζει, και της απόστασης d :

$$\tan \gamma = \frac{h_2 - h_1}{d} \rightarrow \gamma = \arctan \left(\frac{h_2 - h_1}{d} \right) = \arctan \left(\frac{\Delta h}{d} \right) \quad (3)$$

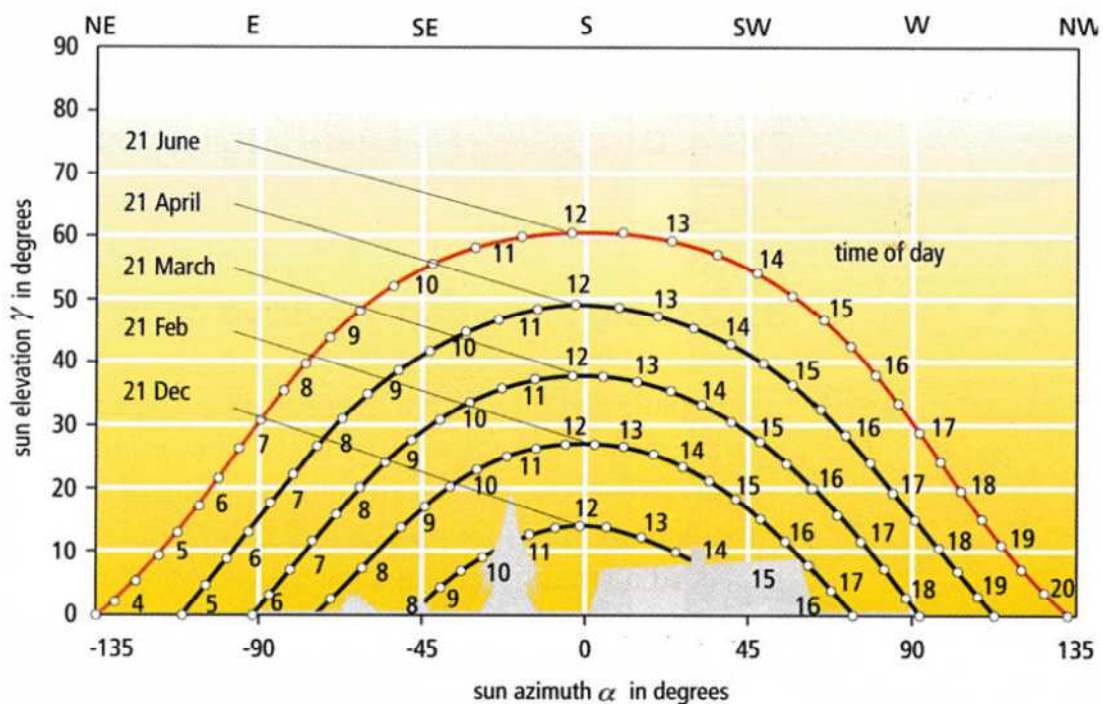
Η γωνία ανύψωσης υπολογίζεται για όλα τα εμπόδια στην περιοχή γύρω από το φωτοβολταϊκό σύστημα, υπολογίζοντας το ύψος και την απόσταση των εμποδίων αυτών από το φωτοβολταϊκό σύστημα. Η γωνία αζιμουθίου των εμποδίων μπορεί να υπολογιστεί άμεσα από το τοπογραφικό σχέδιο.

Χρήση διαγράμματος της πορείας του ήλιου

Το περίγραμμα σκίασης του περιβάλλοντα χώρου μπορεί να βρεθεί με ένα διάγραμμα της πορείας του ήλιου χρησιμοποιώντας ως άξονες τη γωνία ανύψωσης γ και τη γωνία αζιμουθίου α , σχήμα 4. Ο παρατηρητής, από τη σκοπιά του συστήματος, βλέπει τα αντικείμενα του περιβάλλοντα χώρου μέσα από το διάγραμμα και μπορεί να διαβάσει απευθείας τις γωνίες ανύψωσης και αζιμουθίου. Τα σχήματα 4 και 5 δείχνουν τη χρήση αυτού του απλού αναλυτή σκίασης.



Σχήμα 4. Περιβάλλοντα χώρος με πλέγμα σε μοίρες.



Σχήμα 5. Τυπικό διάγραμμα της πορείας του ήλιου με το περίγραμμα σκίασης.

Το αποτέλεσμα της ανάλυσης σκίασης είναι το περίγραμμα της σκίασης που προκαλείται από το περιβάλλοντα χώρο. Από το σχήμα 5 είναι δυνατό να διαβάσει κανείς το επίπεδο της σκίασης που εμφανίζεται σε ένα συγκεκριμένο μήνα. Στο παράδειγμα που παρουσιάζεται στο σχήμα 5, η τοποθεσία είναι κατά 50% σκιασμένη στις 21 Δεκεμβρίου. Από τις 21 Φεβρουαρίου και μετά δεν προκαλείται καθόλου σκίαση. Επίσης, δεν υπάρχει καμία σκίαση κατά την περίοδο από τον Μάρτιο έως τον Οκτώβριο.

Περαιτέρω αξιολόγηση μπορεί να πραγματοποιηθεί γραφικά, μέσω υπολογισμών ή ευκολότερα με τη χρήση προγραμμάτων προσομοίωσης, όπως το PV-Sol. Η γεωμετρία του φωτοβολταϊκού συστήματος και ο τρόπος με τον οποίο τα πλαίσια συνδέονται ηλεκτρολογικά μεταξύ τους λαμβάνεται υπόψη μόνο σε πιο σύνθετα προγράμματα προσομοίωσης, όπως το PVSyst. Χωρίς το λογισμικό, απαιτούνται τα επίπεδα ακτινοβολίας κάθε μήνα στο χώρο της εγκατάστασης. Αυτά επιτρέπουν το καθορισμό της απώλειας ακτινοβολίας κάθε μήνα από το ποσοστό της σκίασης, το οποίο υπολογίζεται από το διάγραμμα της πορείας του ήλιου.

Χρήση λογισμικού για την ανάλυση σκίασης

Για την ανάλυση της σκίασης υπάρχουν διαθέσιμα πολλά λογισμικά. Αυτά επιτρέπουν την ακριβή ανάλυση της σκίασης και είναι λιγότερο επιρρεπή σε υπολογιστικά λάθη σε σχέση με τις χειρωνακτικές μεθόδους.

Το Solar Pathfinder χρησιμοποιεί ένα διαφανή, κυρτό πλαστικό θόλο για να δώσει μια πανοραμική θέα του χώρου. Όλα τα δέντρα, τα κτήρια ή άλλα εμπόδια του ήλιου είναι ορατά ως αντανάκλασεις στην επιφάνεια του θόλου. Επειδή λειτουργεί με την αρχή της αντανάκλασης αντί να δείχνει πραγματικές σκιάσεις, μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε ώρα της ημέρας, οποιαδήποτε εποχή του χρόνου, ή σε οποιοδήποτε συνθήκες με σύννεφα ή χωρίς αυτά. Η πραγματική θέση του ήλιου είναι άνευ σημασίας κατά τη στιγμή της ανάλυσης στο χώρο. Η σωστή ρύθμιση του Solar Pathfinder επιτρέπει τη χρησιμοποίησή του για τη παροχή δεδομένων σκίασης είτε χειροκίνητα είτε ψηφιακά.

Περαιτέρω αξιοποίηση του διαγράμματος της πορείας του ήλιου είναι δυνατή μέσω κατάλληλων προγραμμάτων προσομοίωσης. Τα περισσότερα προγράμματα προσομοίωσης υπολογίζουν τις απώλειες ακτινοβολίας και από αυτές υπολογίζουν έπειτα την απώλεια της απόδοσης. Η απώλεια της απόδοσης γενικά προκύπτει μεγαλύτερη από ότι θα περίμενε κανείς με βάση την σκιασμένη επιφάνεια. Πιο σύνθετα προγράμματα προσομοίωσης, όπως το PVSyst, το PVcad και το 3DSolarwelt επιτρέπουν μια τρισδιάστατη ανάλυση σκίασης η οποία λαμβάνει υπόψη ανομοιογενείς σκιάσεις.

Σκίαση και σχεδίαση του φωτοβολταϊκού συστήματος

Η επίδραση της σκίασης σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Τον αριθμό των σκιασμένων πλαισίων.
- Των αριθμό των κυττάρων στα πλαίσια και των διόδων παράκαμψης.
- Το βαθμό της σκίασης.
- Τη χωρική κατανομή και τη πορεία της σκίασης με τη πάροδο του χρόνου.
- Τη σύνδεση των πλαισίων.
- Τη σχεδίαση των μετατροπέων.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο υπολογισμός της απόδοσης γίνεται μετά τον καθορισμό της σκίασης πάνω στη φωτοβολταϊκή συστοιχία. Αυτή η προσέγγιση, ωστόσο, δεν λαμβάνει υπόψη ότι η χαρακτηριστική καμπύλη I-V της φωτοβολταϊκής γεννήτριας μεταβάλλεται ως αποτέλεσμα της σκίασης. Η σκίαση μετατοπίζει το σημείο μέγιστης ισχύος (MPP), το οποίο προσπαθεί να εντοπίσει ο μετατροπέας. Η αλλαγή του MPP καθορίζει τελικά τη μείωση της απόδοσης σε σχέση με την ασκίαστη φωτοβολταϊκή συστοιχία. Το εύρος της τάσης εισόδου του μετατροπέα καθορίζει την ηλεκτρολογική σύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων εν σειρά (strings). Σε μετατροπείς στοιχειοσειράς με υψηλές τάσεις εισόδου, συχνά το σύνολο των πλαισίων συνδέεται σε μία σειρά. Εάν ο μετατροπέας έχει χαμηλή τάση εισόδου, τότε αυτό οδηγεί σε μια φωτοβολταϊκή συστοιχία με πολλές παράλληλες στοιχειοσειρές.

Τα σχήματα 6 έως 8 δείχνουν ότι οι καμπύλες ισχύος λόγω σκίασης έχουν δύο μέγιστα, ένα μέγιστο στις μικρές τάσεις και ένα δεύτερο μέγιστο στις υψηλότερες τάσεις. Οι παράγοντες που αναφέρθηκαν προηγουμένως καθορίζουν πόσο σαφή είναι αυτά τα μέγιστα, πόσο έντονα υπάρχουν ή όχι, πού βρίσκεται το σημείο μέγιστης ισχύος (MPP) και αν αυτό εμπίπτει στο εύρος εντοπισμού του μετατροπέα. Το ποσό της απώλειας ενέργειας στις σκιασμένες συστοιχίες εξαρτάται από το εύρος της τάσης εισόδου του μετατροπέα και ως εκ τούτου από τη διαστασιολόγηση. Επιπλέον, η αναζήτηση του σημείου μέγιστης ισχύος (MPP tracking) ενός μετατροπέα είναι επίσης αποφασιστικής σημασίας. Ανάλογα με την αναζήτηση του σημείου μέγιστης ισχύος και τη πορεία της σκίασης στη πάροδο του χρόνου, το σύστημα θα λειτουργεί σε ένα από τα δύο αυτά μέγιστα. Μεταξύ της εν σειρά και της παράλληλης συνδεσμολογίας των πλαισίων υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές, όπως φαίνεται στη συνέχεια.

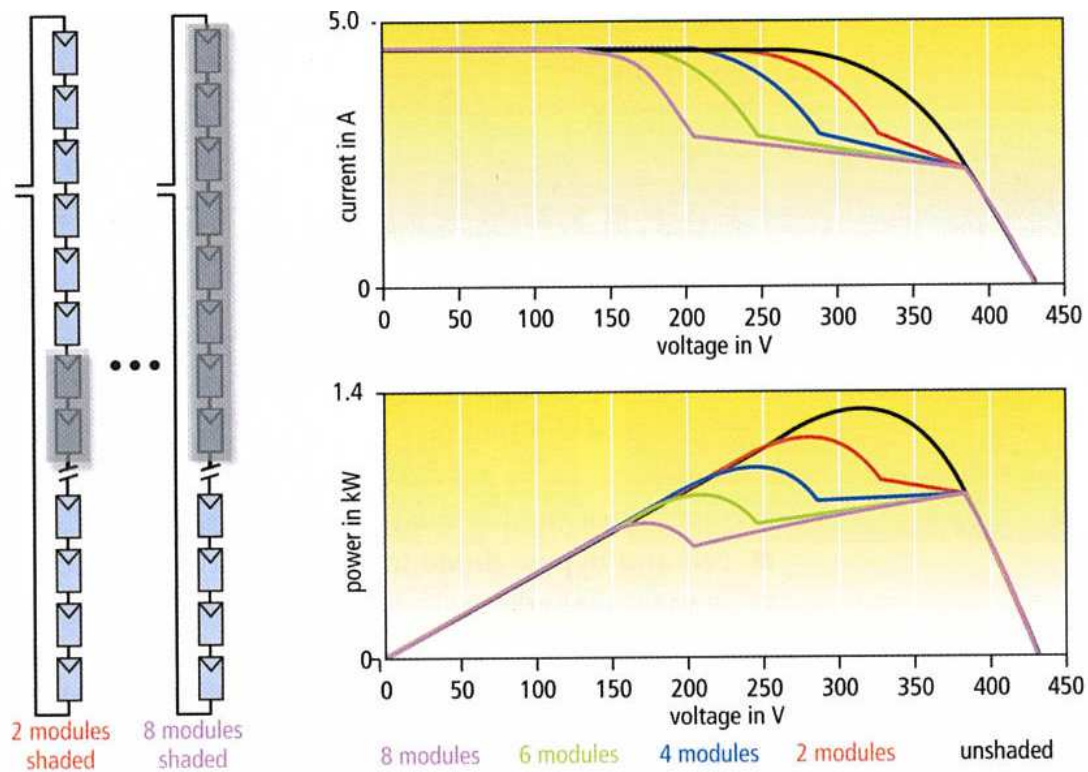
Σύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε σειρά

Με τη σύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε σειρά, και τα δύο μέγιστα της ισχύος είναι πιθανά σημεία λειτουργίας του μετατροπέα, εφόσον αυτά βρίσκονται

εντός του εύρους λειτουργίας του ανιχνευτή μεγίστης ισχύος (MPP tracker). Το ποιο από τα δύο αυτά σημεία θα εμφανιστεί εξαρτάται από την πορεία της σκίασης στη πάροδο του χρόνου και τη συμπεριφορά του ανιχνευτή.

Με την αρχικά ασκίαση φωτοβολταϊκή συστοιχία, ο μετατροπέας λειτουργεί στο μοναδικό μέγιστο της χαρακτηριστικής καμπύλης. Η σταδιακή επέκταση των σκίασης σε όλη την επιφάνεια της συστοιχίας συνεπάγεται όλο και περισσότερα σκιασμένα πλαίσια. Το αριστερό μέγιστο, το οποίο αρχικά εξακολουθεί να αποτελεί το σημείο μέγιστης ισχύος MPP, μετατοπίζεται προς μικρότερες τάσεις. Όσο αυτό το μέγιστο είναι καλά ορισμένο, ο μετατροπέας παραμένει στο μέγιστο αυτό, ακόμη και αν το σημείο μέγιστης ισχύος μετατοπίζεται στο δεξί μέγιστο, όταν υπάρχει μεγαλύτερος αριθμός σκιασμένων πλαισίων.

Εάν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια έχουν σκίαση κατά τη διάρκεια του πρωινού και υπάρχει ήδη η σκίαση κατά τη στιγμή της ενεργοποίησης του μετατροπέα, το σημείο λειτουργίας του μετατροπέα μετατοπίζεται από την τάση ανοικτού κυκλώματος προς το δεξί μέγιστο. Εφόσον το σημείο αυτό είναι καλά ορισμένο, ο μετατροπέας παραμένει στο σημείο αυτό, ανεξάρτητα από το αν το σημείο μέγιστης ισχύος MPP βρίσκεται εκεί.

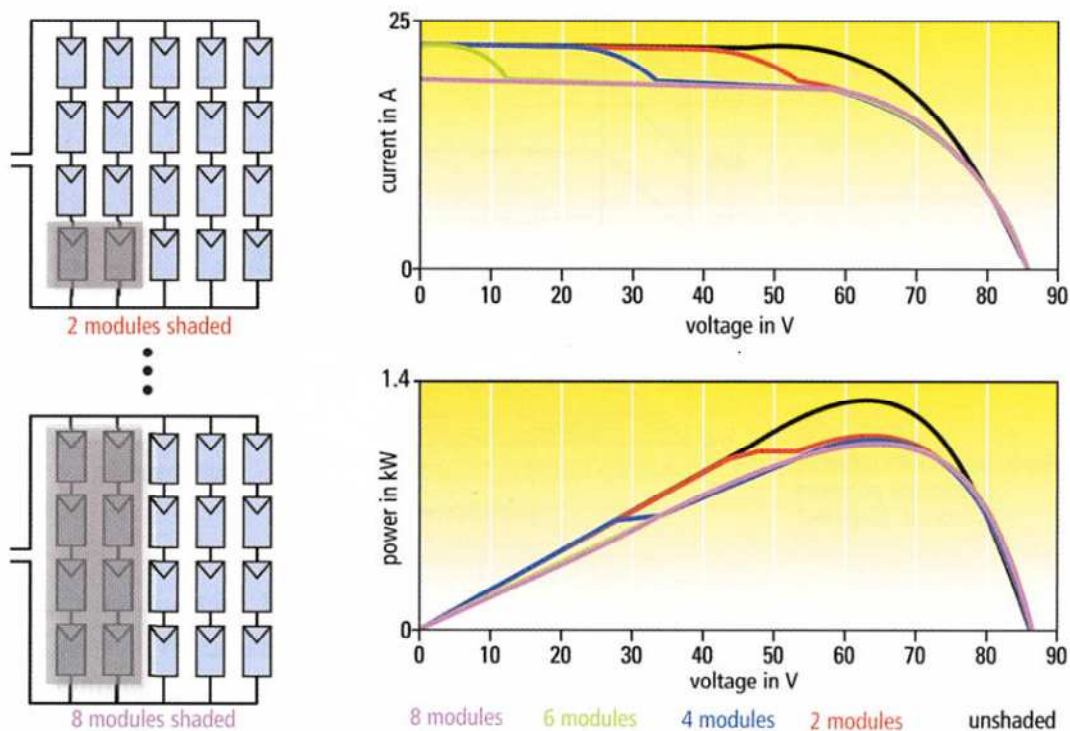


Σχήμα 6. Καταστάσεις σκίασης και χαρακτηριστικές καμπύλες I-V στην περίπτωση της σύνδεσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε σειρά. [6, 7, 8].

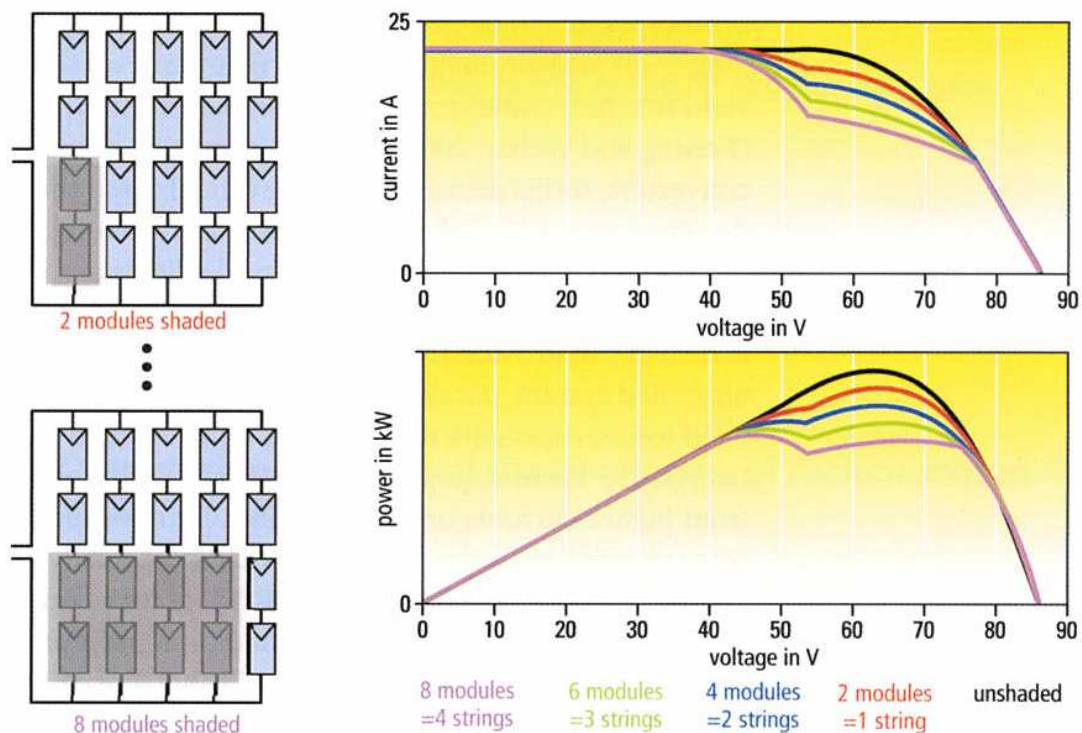
Παράλληλη σύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων

Οι καταστάσεις σκίασης που παρατηρούνται με τη παράλληλη σύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων παράγουν εντελώς διαφορετικές χαρακτηριστικές καμπύλες. Η καλύτερη συμπεριφορά προκύπτει όταν τα σκιασμένα φωτοβολταϊκά πλαίσια είτε βρίσκονται στην ίδια στοιχειοσειρά είτε κατανέμονται σε λίγες μόνο στοιχειοσειρές. Το αριστερό σημείο μέγιστης ισχύος βρίσκεται εδώ στη μισή ή λιγότερο από τη μισή τάση ανοικτού κυκλώματος της φωτοβολταϊκής συστοιχίας και επομένως είναι σχεδόν πάντα εκτός της περιοχής ανίχνευσης του σημείου μέγιστης ισχύος του μετατροπέα. Ο μετατροπέας σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις ανιχνεύει μόνο το δεξί μέγιστο.

Με την αύξηση του αριθμού των σκιασμένων στοιχειοσειρών το αριστερό μέγιστο ισχύος γίνεται ολοένα πιο ορισμένο. Με έντονες σκιάσεις των στοιχειοσειρών είναι δυνατό το σημείο μέγιστης ισχύος να εντοπιστεί εκεί. Ωστόσο το αριστερό μέγιστο βρίσκεται στο μισό της τάσης ανοικτού κυκλώματος των φωτοβολταϊκών πλαισίων και είναι επομένως έξω από το εύρος λειτουργίας του μετατροπέα.



Σχήμα 7. Καταστάσεις σκίασης και χαρακτηριστικές καμπύλες I-V στην περίπτωση της παράλληλης σύνδεσης και σκίασης δύο στοιχειοσειρών [6, 7, 8].



Σχήμα 8. Καταστάσεις σκίασης και χαρακτηριστικές καμπύλες I-V στην περίπτωση της παράλληλης σύνδεσης και σκίασης από μία έως τέσσερις στοιχειοσειρές [6, 7, 8].

Σύγκριση των διαφορετικών δυνατοτήτων σύνδεσης των πλαισίων

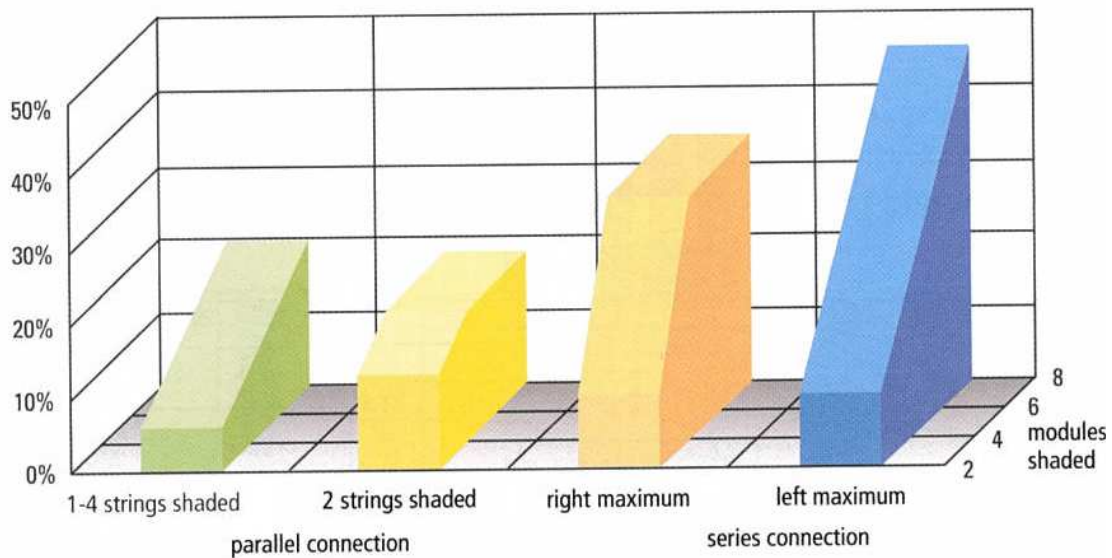
Με τη σύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε σειρά, είναι εμφανή και τα δύο μέγιστα ισχύος της χαρακτηριστικής καμπύλης με σκίαση. Όσο λιγότερα τα πλαίσια με σκίαση, τόσο οι τάσεις είναι εντός του εύρους ανίχνευσης του μετατροπέα. Για το λόγο αυτό, και τα δύο σημεία λειτουργίας θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στην ακόλουθη σύγκριση. Με τη παράλληλη σύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων, ο μετατροπέας μπορεί να ακολουθήσει μόνο το δεξί μέγιστο ισχύος αποτελεσματικά, δεδομένου ότι το αριστερό είναι ασθενές και η τάση είναι πολύ χαμηλή. Ο μετατροπέας θα ήταν δυνατό να εντοπίσει το αριστερό μέγιστο αν υπήρχε σοβαρή σκίαση σε πολλές στοιχειοσειρές. Σε αυτή την περίπτωση, θα υπήρχε λιγότερη απώλεια ενέργειας σε σχέση με το δεξί μέγιστο.

Με τη παράλληλη σύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων φαίνεται σαφώς ότι η απώλεια ισχύος εξαρτάται μόνο από τον αριθμό των σκιασμένων στοιχειοσειρών. Με τη σκίαση σε δύο στοιχειοσειρές, ανεξάρτητα της αύξησης από δύο σκιασμένα πλαίσια σε οκτώ, η απώλεια ισχύος παραμένει σχεδόν σταθερή. Η σύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε σειρά παρουσιάζει σημαντικά μεγαλύτερες απώλειες ισχύος. Στο αριστερό μέγιστο, η απώλειες αυξάνουν με κάθε επιπλέον σκιασμένο

πλαίσιο. Στο δεξί μέγιστο, υπάρχει μια μεγαλύτερη σταθερή απώλεια ισχύος με την εκτεταμένη σκίαση [7].

Η μείωση της ενεργειακής απόδοσης εξαρτάται από τη διάρκεια της σκίασης καθ' όλο το έτος. Η επίδραση της σκίασης με την εν σειρά και παράλληλη σύνδεση των πλαισίων μελετήθηκε και συγκρίθηκε σε μακροπρόθεσμη βάση, χρησιμοποιώντας την πρόσοψη με φωτοβολταϊκά στο Πανεπιστήμιο Επιστήμης και Τεχνολογίας Saarland. Για λόγους σύγκρισης, και τα δύο σχέδια εφαρμόστηκαν στο ίδιο φωτοβολταϊκό σύστημα με εναλλαγή μεταξύ των δύο. Προκειμένου να περιοριστούν τα ρεύματα με την παράλληλη σύνδεση, συνδέθηκαν μετατροπείς DC-DC σε κάθε πλαίσιο και συνδέθηκαν κατόπιν σε ένα κεντρικό μετατροπέα μέσω ενός διαύλου DC. Οι μακροπρόθεσμες μετρήσεις αποκάλυψαν ότι υπήρχε μέχρι και 30% μεγαλύτερη απόδοση ενέργειας για την παράλληλη σύνδεση των πλαισίων σε σύγκριση με την σύνδεση εν σειρά [9].

Με χαμηλή ή καθόλου σκίαση, οι πιθανές αποδόσεις είναι ανεξάρτητες από τη συνδεσμολογία της φωτοβολταϊκής συστοιχίας. Εδώ, λόγω απλούστερης και πιο αποδοτικής τοποθέτησης, οι μετατροπείς στοιχειοσειράς μπορούν να προσφέρουν οικονομικά την καλύτερη λύση. Εάν δεν μπορεί να αποφευχθεί ένα ασκίαστο σύστημα, τα παράλληλα συνδεδεμένα πλαίσια οδηγούν σε μικρότερες απώλειες απόδοσης, ειδικά αν ο προσεκτικός σχεδιασμός οδηγεί σε σκιάσεις που συμβαίνουν σε λίγες στοιχειοσειρές. Τα μειονεκτήματα αυτών των διαμορφώσεων, όπως οι μεγαλύτερες απώλειες των καλωδίων που προκύπτουν από τα υψηλότερα ρεύματα ή η αύξηση των δαπανών εγκατάστασης, αντισταθμίζεται με το παραπάνω από την αύξηση της απόδοσης, ειδικότερα καθώς και άλλοι παράγοντες, όπως η επίδραση του mismatching, έχουν μεγαλύτερη επίδραση με τη σύνδεση των πλαισίων εν σειρά από ότι με τη σύνδεση εν παραλλήλω. Τα τυπικά προγράμματα προσομοίωσης δεν είναι σε θέση να λάβουν επαρκώς υπόψη αυτές τις πολύπλοκες καταστάσεις, ειδικά όταν δεν υπάρχει άμεση σκίαση των πλαισίων.



Σχήμα 9. Απώλειες ενέργειας λόγω διαφορετικών συνδέσεων των πλαισίων [6, 7, 8].

Σκίαση φωτοβολταϊκών πλαισίων σε ελεύθερη τοποθέτηση

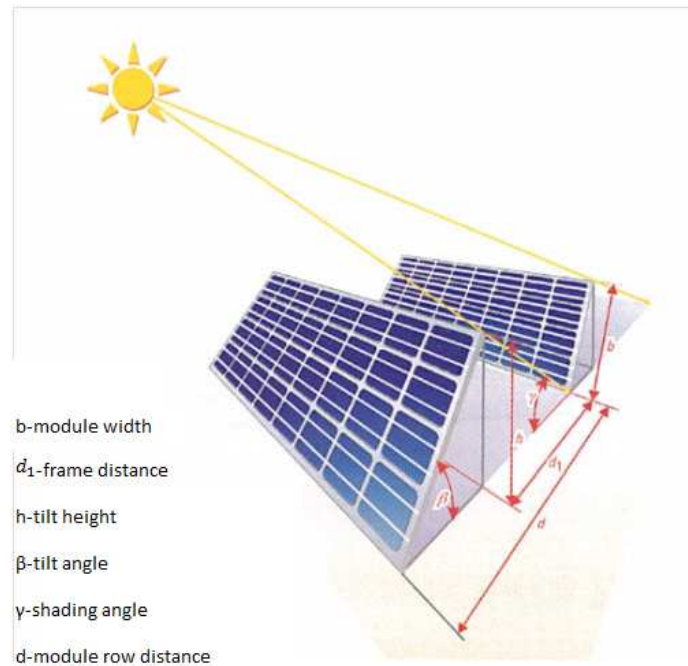
Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετούνται συχνά σε ελεύθερη τοποθέτηση, για παράδειγμα σε επίπεδες οροφές ή ανοιχτούς χώρους επί οικοπέδων. Τα πλαίσια μπορούν να τοποθετηθούν με οριζόντια κλίση, αλλά η μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση επιτυγχάνεται όταν υπάρχει η βέλτιστη κλίση. Στην Ελλάδα, η γωνία 30° οδηγεί κατά μέσο όρο σε αύξηση της απόδοσης 10% σε σύγκριση με την οριζόντια τοποθέτηση [11]. Επιπλέον, στην οριζόντια τοποθέτηση τα φωτοβολταϊκά πλαίσια πρέπει να καθαρίζονται πιο συχνά, διαφορετικά θα εμφανίζονται σημαντικές απώλειες ως αποτέλεσμα της ακαθαρσίας.

Για το καθορισμό της χρήσης μιας συγκεκριμένης περιοχής, χρησιμοποιείται ο συντελεστής εκμετάλλευσης f , ο οποίος ορίζεται από το λόγο του πλάτους ενός πλαισίου b προς την απόσταση των σειρών των πλαισίων d :

$$f = \frac{b}{d} \quad (4)$$

Οι αποστάσεις b και d δίδονται στο σχήμα 10.

Η σχέση αυτή οδηγεί συνήθως σε ένα συντελεστή εκμετάλλευσης χώρου μεταξύ 0 και 1, ή 0% και 100%. Ένας συντελεστής εκμετάλλευσης χώρου του 100% θα δημιουργούσε σημαντική αμοιβαία σκίαση μεταξύ των σειρών.



Σχήμα 10. Σκίαση φωτοβολταϊκών πλαισίων σε ελεύθερη τοποθέτηση.

Η χαμηλή γωνία κλίσης β δημιουργεί μικρότερη σκίαση και η περιοχή μπορεί να αξιοποιηθεί καλύτερα. Ωστόσο με τον τρόπο αυτό η ενεργειακή απόδοση καθ' όλη τη χρονιά μειώνεται. Για το λόγο αυτό, επιλέγεται συνήθως μια γωνία κλίσης των 30° , καθώς επίσης ένας συντελεστής εκμετάλλευσης χώρου μεταξύ 30% και 40%. Η απόσταση μεταξύ των σειρών των πλαισίων εξαρτάται από το πλάτος των πλαισίων, καθώς και από τις γωνίες κλίσης και σκίασης ως εξής:

$$d = b \times \frac{\sin(180^\circ - \beta - \gamma)}{\sin \gamma} \quad (5)$$

όπου γ η γωνία σκίασης, όπως φαίνεται στο σχήμα 10.

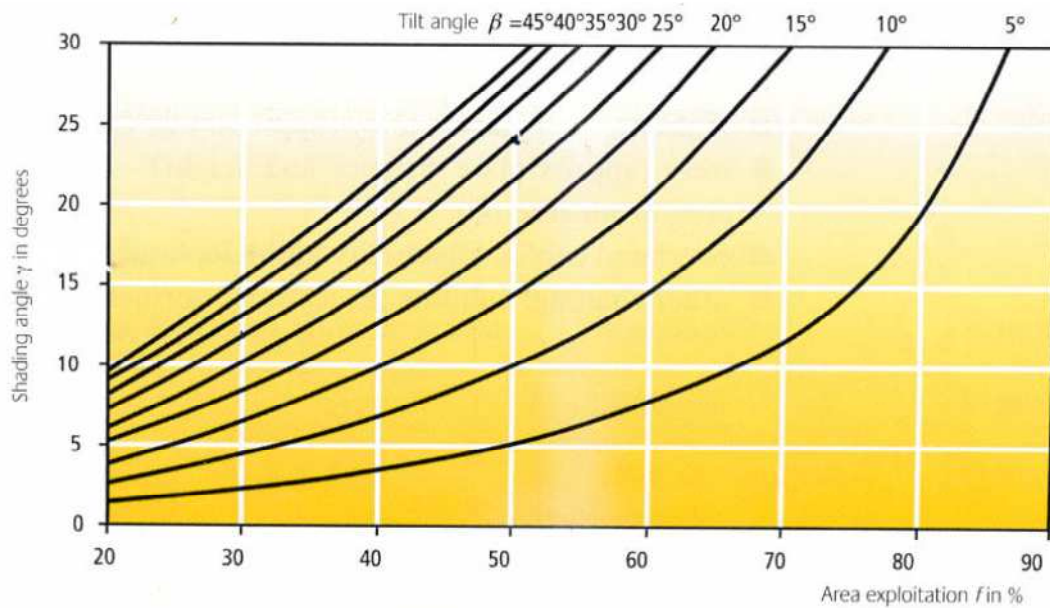
Σε γενικές γραμμές, δύο κανόνες έχουν αποδειχτεί χρήσιμοι με γωνία κλίσης $\beta=30^\circ$:

- 1 Για τη μείωση των απωλειών: απόσταση $d_1 = 6 \times \text{ύψος } h$
- 2 Για τη βέλτιστη εκμετάλλευση του χώρου: απόσταση $i = 3 \times b$.

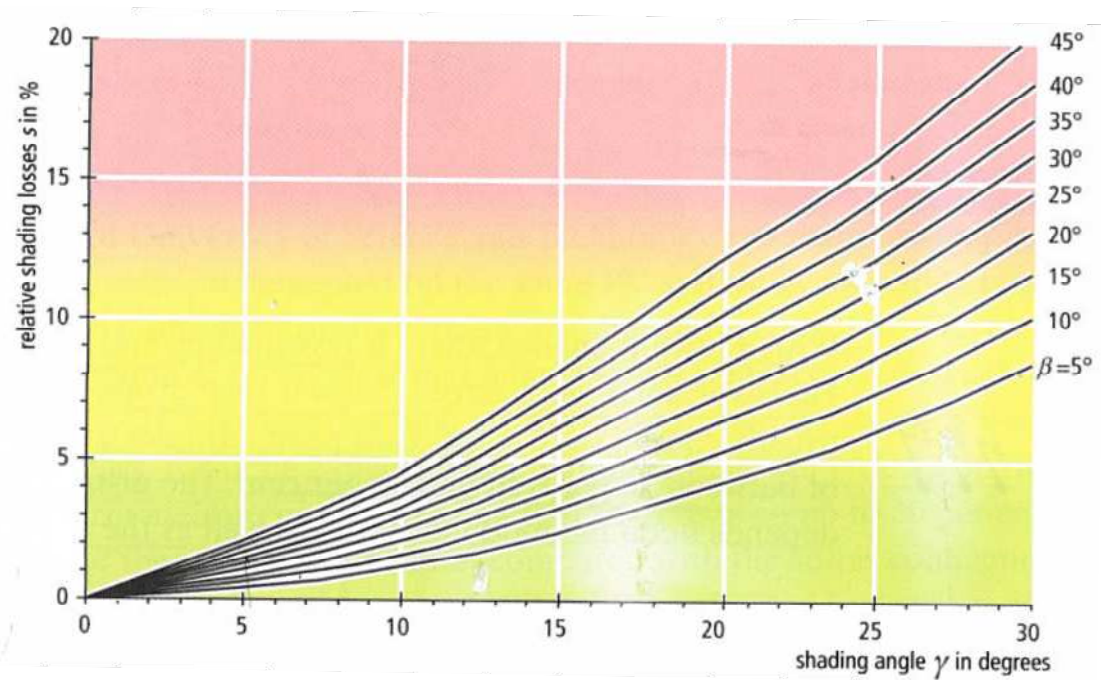
Τα σχήματα 11 και 12 μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό των απωλειών σκίασης [1-5]. Από το σχήμα 11 για μια συγκεκριμένη γωνία κλίσης και ένα συντελεστή εκμετάλλευσης του χώρου επιλέγεται η γωνία σκίασης γ . Από τη γωνία σκίασης γ και τη κλίση β προκύπτει από το σχήμα 12 η απώλεια σκίασης.

Για παράδειγμα, για γωνία κλίσης $\beta=30^\circ$ και συντελεστή εκμετάλλευσης του χώρου 50% προκύπτει από το σχήμα 11 γωνία σκίασης $\gamma=24^\circ$. Από τη γωνία σκίασης $\gamma=24^\circ$ και τη κλίση $\beta=30^\circ$ προκύπτει από το σχήμα 12 η απώλεια σκίασης 12%.

Οι προκύπτουσες απώλειες απόδοσης επηρεάζονται επίσης και από τις άλλες σκιάσεις των πλαισίων και από το σχεδιασμό του συστήματος.



Σχήμα 11. Γωνία σκίασης σε συνάρτηση με τον συντελεστή εκμετάλλευσης f και τη γωνία κλίσης β [1-5].



Σχήμα 12. Απώλειες σκίασης σε συνάρτηση με τη γωνία σκίασης γ και τη γωνία κλίσης β [1-5].

Κατάλογος για την εξέταση του χώρου εγκατάστασης

Στη συνέχεια ακολουθεί κατάλογος για την εξέταση του χώρου εγκατάστασης ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος. Από τον πελάτη θα πρέπει να αναζητούνται αντίγραφα σχετικών εγγράφων, όπως τοπογραφικό οικοπέδου ή κάτοψη και τομή του κτιρίου.

Τα ακόλουθα στοιχεία θα πρέπει επίσης να σημειώνονται στο σχέδιο του χώρου εγκατάστασης (με φωτογραφίες, όπου είναι απαραίτητες):

- επιφάνεια, λαμβάνοντας υπόψη τον προσανατολισμό της.
- ωφέλιμη επιφάνεια του φωτοβολταϊκού συστήματος.
- καμινάδες, κεραίες και δορυφορικά πιάτα στη περίπτωση κτιρίων.
- γειτονικά κτίρια που βρίσκονται κοντά (κατά προσέγγιση απόσταση και ύψος).
- δέντρα (κατά προσέγγιση απόσταση και ύψος).
- εναέρια καλώδια, αν αυτά θα μπορούσαν να σκιάζουν το φωτοβολταϊκό σύστημα.
- Άλλες σκιάσεις.

Κατάλογος φωτοβολταϊκού συστήματος

Επωνυμία πελάτη:

Οδός, αριθμός:

Τ.Κ., πόλη:

Τηλ.:

Fax:

Διεύθυνση χώρου εγκατάστασης:

Διαθέσιμος χώρος: Μήκος= _____ m × Πλάτος = _____ m = _____ m²

Πρόσθετα στοιχεία:

- Καμινάδα
- Φωταγωγός
- Κεραία
- Αλεξικέραυνο
- Άλλος:

Χρήσιμα έγγραφα

Κατασκευαστικά σχέδια

- Τοπογραφικό οικοπέδου
- Φωτογραφίες
- Κάτοψη
- Όψεις
- Κάτοψη οροφής
- Περιγραφή κτιρίου

Επιθυμίες πελάτη

Στήριξη επί του οικοπέδου

- Μπετόπληξη
- Πασσαλόπληξη
- Πέδιλα οπλισμένου σκυροδέματος

Στήριξη επί του κτιρίου

- Ενσωμάτωση στην οροφή
- Στήριξη σε δώμα
- Στήριξη σε στέγη

Τύπος φωτοβολταϊκών πλαισίων

- Άμορφο πυρίτιο
- Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο
- Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο
- Λεπτού υμενίου

Άλλες επιθυμίες

Ισχύς του φωτοβολταϊκού (προσεγγιστικά) _____ kWp

Μέγιστο ποσό επένδυσης € _____

Επιθυμητά απόδοση ενέργειας _____ kWh/a

Μέγιστη επιφάνεια _____ m²

Άλλο _____

Οροφή κτιρίου σε κτιριακή εγκατάσταση

Σχέδιο οροφής

- Δώμα οπλισμένου σκυροδέματος
- Μονόριχτη στέγη με κεραμίδια
- Δίριχτη στέγη με κεραμίδια
- Στέγη με βιομηχανικό πάνελ
- Άλλο _____

Κατασκευή οροφής

Θερμομόνωση? ναι όχι

Υπόστρωμα στέγης _____

Απόσταση μεταξύ τεγίδων = _____ m

Προσβασιμότητα οροφής _____

Φωτοβολταϊκά πλαίσια, μετατροπείς και μετρητές

Προσανατολισμός του φωτοβολταϊκού συστήματος από -90° (ανατολικά) μέσω 0° (νότια) σε $+90^\circ$ (δυτικά): _____ $^\circ$

Κλίση του φωτοβολταϊκού συστήματος από 0° (οριζόντια) σε 90° (κατακόρυφη): _____ $^\circ$

Ύπαρξη υφιστάμενης αντικεραυνικής προστασίας: ναι όχι

Πού μπορεί να γειωθεί το φωτοβολταϊκό σύστημα? _____

Θέση του γενικού πίνακα? _____

Θέση του ηλεκτρικού μετρητή? _____

Σύνδεση μετρητή? _____

Διαθέσιμος χώρος για νέο μετρητή? ναι όχι

Διαθέσιμος χώρος για μετατροπέα? ναι όχι

Τοποθέτηση του μετατροπέα? _____

Τοποθέτηση του κεντρικού διακόπτη DC ? _____

Γραμμές και εγκατάσταση

Μήκος καλωδίου μεταξύ φωτοβολταϊκών πλαισίων και υποπίνακα (προσεγγιστικά): _____ m

Μήκος καλωδίου μεταξύ υποπίνακα και μετατροπέα: _____ m

Μήκος καλωδίου μεταξύ μετατροπέα και γενικού πίνακα: _____ m

Μήκος καλωδίου μεταξύ γενικού πίνακα και κεντρικής παροχής: _____ m

Τοποθέτηση και τύπος εγκατάστασης των DC καλωδίων: _____

Τοποθέτηση και τύπος εγκατάστασης των AC καλωδίων: _____

Άλλα

Ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση? _____ kWh/έτος

Είναι το σπίτι διατηρητέο ή η περιοχή προστατευόμενη? ναι όχι

Βιβλιογραφία

1. Haselhuhn, R. 2004, *Auswertung von Betriebsdaten der PV-Fassadenanlage am Energieforum Berlin*, DGS, Berlin.
2. Haselhuhn, R. 2005, *Photovoltaik - Gebäude liefern Strom*, Hrsg, BINE - Fachinformationsdienst Karlsruhe, TÜV-Verlag, Cologne.
3. Quaschnig, V. 1996, *Simulation der Abschattungsverluste bei solarelektrischen Systemen*, Verlag Dr. Köster, Berlin.
4. Quaschnig, V., 2000, *Systemtechnik einer Klimaverträglichen Elektrizitätsversorgung in Deutschland für das 21. Jahrhundert*, VDI Verlag, pp. 40-50.
5. Quaschnig, V., Grochowski A., and Hanitsch R., 1998, *Untersuchungen von Alterungserscheinungen bei Photovoltaik - Modulen an der TU-Berlin*, Technische Universität Berlin, Berlin.
6. Siegfriedt, U., 1999, *Optimierung von abgeschatteten Solargeneratoren bei Netzeinspeisung*, Diplomarbeit TU-Berlin Fachbereich Elektrotechnik, Berlin.
7. Siegfriedt, U., 2000, *'Solarmodule richtig verschalten - Leistungsverluste bei verschatteten Solarstromanlagen verringern'*, Fachartikel Sonnenenergie 4.
8. Siegfriedt, U. and Slickers, G., 2001, Vergleich des solaren Ertrages von nachgeführten und feststehenden PV- Anlagen, Fachbeitrag zum DGS- Workshop- Betriebsergebnisse von Photovoltaikanlagen, DGS, Berlin.
9. Freitag, O. and Weber, U A, 2000, *Systematische Untersuchungen zur Abschattungsproblematik von PV-Generatoren mit ihren Auswirkungen auf den Energieertrag*, Beitrag zum 12', Internationale Sonnenforum 2000 der DGS, Berlin.
10. Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS), *Planning & Installing photovoltaic systems. A guide for installers, architects and engineers*, second edition.
11. CRES, 2009, *"Guidelines for installation of building integrated PV systems"*