

## Performance Ratio

### 1.1 Υπολογισμός Performance Ratio Φ/Β Σταθμού για τις ανάγκες του Διαγωνισμού

Το Performance Ratio (PR) ενός Φ/Β Σταθμού, όπως αυτό παρουσιάζεται στο IEC 61724, περιγράφει την απόδοση ενός Φ/Β συστήματος μετά την αφαίρεση των απωλειών ενέργειας που οφείλονται στο σχεδιασμό, την εγκατάσταση και τη λειτουργία του.

Για τον υπολογισμό του PR η μετρούμενη ενέργεια θα είναι η τελική παραγόμενη ενέργεια από το Φωτοβολταϊκό Σταθμό.

Το PR θα υπολογίζεται με βάση τον ακόλουθο τύπο:

$$PR = \frac{E_{prod}}{G_{incl} \times A \times \eta_{PV}}$$

Από τα ανωτέρω μεγέθη

- $G_{incl}$  είναι η προσπίπτουσα ακτινοβολία στην επικλινή επιφάνεια των Φ/Β πλαισίων (δίνεται ως αποτέλεσμα με βάση τα μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής εγκατάστασης που εξάγονται από το λογισμικό).
- $A$  συνολική επιφάνεια που καταλαμβάνουν τα Φ/Β πλαίσια (αριθμός πλαισίων x εμβαδό έκαστου πλαισίου)
- $\eta_{PV}$  η απόδοση του Φ/Β πλαισίου όπως δίνεται από τον κατασκευαστή στο τεχνικό φυλλάδιο σε πρότυπες συνθήκες (STC).

Το « $A \times \eta_{PV}$ » αποτελεί την εγκατεστημένη ισχύ των Φ/Β πλαισίων (σύμφωνα με τον αριθμό αυτών και την ονομαστική ισχύ έκαστου πλαισίου που δίνεται από τον κατασκευαστή) εκφρασμένη με διαφορετικό τρόπο.

Το « $E_{prod}$ » υπολογίζεται και θα ληφθεί από την ενεργειακή μελέτη με χρήση έγκριτου λογισμικού της αγοράς (ενδεικτικά αναφέρονται τα PVGIS, PVSYST, PVSOL), όπου θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και να δηλώνονται όλες οι παράμετροι σχεδιασμού του Φ/Β Σταθμού.

Συγκεκριμένα θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθες απώλειες:

- Απώλεια λόγω σκίασης (λόγω χωροθέτησης)
- Απώλειες λόγω χαρακτηριστικών της Φ/Β μονάδας που θα επιλεγεί
- Απώλειες λόγω επικαθήσεων στα Φ/Β πλαίσια
- Απωλειών λόγω διαφορών στα χαρακτηριστικά των Φ/Β Πλαισίων (mismatch losses)
- Απώλειες λόγω καλωδίωσης DC
- Απώλειες λόγω Inverter DC/AC
- Απώλειες λόγω AC ΧΤ καλωδίων
- Απώλειες λόγω ιδιοκαταναλώσεων στον Η/Μ εξοπλισμό του Φ/Β Σταθμού
- Απώλειες λόγω υποβάθμισης των Φ/Β πλαισίων
- Απώλειες λόγω διαθεσιμότητας του Φ/Β Σταθμού

Όπως αναλύεται στις υποπαραγράφους που ακολουθούν, σε περίπτωση που κάποιος/κάποιοι από τους παραπάνω παράγοντες δεν υπολογίζονται μέσω του λογισμικού ή δεν μπορούν να δηλωθούν από τον χρήστη σε κάποιο πεδίο του προγράμματος προκειμένου να συνυπολογιστούν ως απώλεια και να προκύψει η τελική μετά απωλειών παραγωγή, οι παράγοντες αυτοί θα πολλαπλασιάζονται επί της υπολογιζόμενης παραγωγής ώστε η τελική παραγωγή που θα δηλωθεί από τους διαγωνιζόμενους να τους λαμβάνει υπόψη. Στην περίπτωση αυτή ο τύπος βάσει του οποίου θα υπολογιστεί το PR θα είναι της μορφής:

$$PR = \frac{E_{grid}}{G_{incl} \times A \times \eta_{PV}} \times \prod_{i=1}^n A_i$$

π.χ. αν οι απώλειες  $A_1, A_4, A_5$  δεν υπολογίζονται από το λογισμικό ή δεν υπάρχει η δυνατότητα να οριστούν χειροκίνητα σε κάποιο πεδίο ώστε να συμπεριληφθούν στο τελικό αποτέλεσμα παραγωγής μετά απωλειών, τότε το PR θα είναι ίσο με:

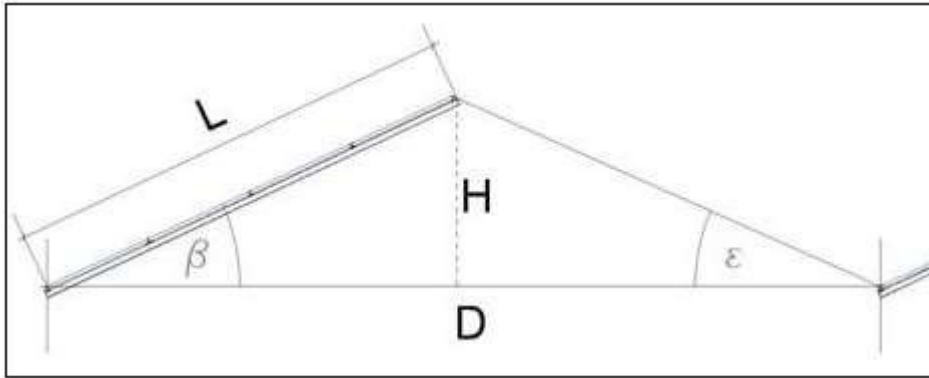
$$PR = \frac{E_{grid}}{G_{incl} \times A \times \eta_{PV}} \times A_1 \times A_4 \times A_5$$

### 1.1.1 Παράγοντας Απωλειών Λόγω Σκίασης

Για τις απώλειες σκιάσεων θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ο σχεδιασμός και οι αποστάσεις μεταξύ των βάσεων. Για το σκοπό αυτό θα πρέπει να εισαχθεί η ακριβής χωροθέτηση στο λογισμικό (μόνο οι συστοιχίες των Φ/Β πλαισίων επί των βάσεων με τις αποστάσεις μεταξύ τους, όχι λουπός Η/Μ εξοπλισμός).

Εναλλακτικά και μόνο σε περίπτωση που δεν δίνεται η δυνατότητα αναπαράστασης ή εισαγωγής της χωροθέτησης στο λογισμικό προσομοίωσης που θα χρησιμοποιηθεί ώστε να υπολογίζονται αυτόματα οι απώλειες λόγω σκιάσεων, ο υπολογισμός τους θα γίνει βάσει:

- α) της κλίσης των Φ/Β Πλαισίων ( $\beta$ ),
- β) το συνολικό μήκος των Συστοιχιών ( $L$ ),
- γ) την απόσταση μεταξύ του χαμηλότερου σημείου μιας Συστοιχίας και του αντίστοιχου σημείου της επόμενης γειτονικής Συστοιχίας ( $D$ ).



Εικόνα 1 Παράμετροι καθορισμού Παράγοντα Απωλειών Σκίασης

Οι παραπάνω παράμετροι, όπως φαίνεται και στην ανωτέρω εικόνα, διαμορφώνουν τη γωνία σκίασης ( $\epsilon$ ), η οποία με τη σειρά της διαμορφώνει την τιμή του παράγοντα απωλειών λόγω σκίασης.

Για τον υπολογισμό του παράγοντα αυτού ( $A_1$ ) θα ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία:

Καθορισμός της γωνίας σκίασης ( $\epsilon$ ) σε μοίρες:

$$\epsilon = \tan^{-1} \left( \frac{L \cdot \sin \beta}{D - L \cdot \cos \beta} \right)$$

Καθορισμός του  $A_1$ :

$$A_1 = (-7 \times 10^{-5}) \cdot \epsilon^2 + 0,0015 \cdot \epsilon + 0,973$$

Σε περίπτωση που ο συγκεκριμένος δείκτης δεν προκύπτει από το λογισμικό προσομοίωσης, το αποτέλεσμα θα πολλαπλασιάζεται επί της συνολικής παραγωγής που θα υπολογιστεί προκειμένου να προκύψει η τελική παραγωγή.

### 1.1.2 Απώλειες λόγω χαρακτηριστικών Φ/Β πλαισίων

Για το σκοπό αυτό παραδίδεται από τον διαγωνιζόμενο αρχείο με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πλαισίου (data sheet).

Το αρχείο αυτό θα εισάγεται στο λογισμικό προσομοίωσης.

### 1.1.3 Απώλειες λόγω επικαθήσεων & αιωρούμενων σωματιδίων στα Φ/Β πλαίσια

Ο παράγοντας αυτός ( $A_3$ ) περιγράφει τις απώλειες που προκαλούνται λόγω επικαθήσεων αιωρούμενων σωματιδίων & εν γένει ξένων σωμάτων (ακαθαρσιών) στην επιφάνεια των Φ/Β Πλαισίων. Οι επικαθήσεις αυτές έχουν ως αποτέλεσμα τη μερική σκίαση των Φ/Β Πλαισίων και επομένως τη μείωση στην απόδοση τους. Η τιμή του παράγοντα αυτού θα είναι συγκεκριμένη για όλους τους Διαγωνιζόμενους και ορίζεται ίση με 0,98 ( $A_3 = 0,98$ ).

Σε περίπτωση που ο συγκεκριμένος παράγοντας δε δηλώνεται σε κάποιο πεδίο του λογισμικού προσομοίωσης προς συνυπολογισμό του επί της τελικής παραγωγής, ο παράγοντας αυτός θα πολλαπλασιάζεται επί της υπολογιζόμενης παραγωγής, ώστε η τελική παραγωγή που θα δηλωθεί από τους διαγωνιζόμενους να τον λαμβάνει υπόψη.

### 1.1.4 Απώλειες Λόγω Διαφορών στα Χαρακτηριστικά των Φ/Β Πλαισίων (mismatch losses)

Ο παράγοντας αυτός ( $A_4$ ) περιγράφει τις απώλειες που προκαλούνται λόγω διαφορών μεταξύ των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών των Φ/Β Πλαισίων που συνδέονται μεταξύ τους σε μία Φ/Β Συστοιχία. Οι διαφορές αυτές παρουσιάζονται είτε μεταξύ των εν σειρά συνδεδεμένων Φ/Β Πλαισίων της ίδιας Φ/Β Σειράς είτε μεταξύ των εν

παραλλήλω Φ/Β Σειρών της ίδιας Φ/Β Συστοιχίας. Η απώλεια αυτή δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 1%. Για τις ανάγκες του διαγωνισμού θεωρείται σταθερή και ίση με  $A_4 = 0,99$ .

Σε περίπτωση που ο συγκεκριμένος παράγοντας δε δηλώνεται σε κάποιο πεδίο του λογισμικού προσομοίωσης προς συνυπολογισμό του επί της τελικής παραγωγής, ο παράγοντας αυτός θα πολλαπλασιάζεται επί της υπολογιζόμενης παραγωγής ώστε η τελική παραγωγή που θα δηλωθεί από τους διαγωνιζόμενους να τον λαμβάνει υπόψη.

### 1.1.5 Απώλειες λόγω Ηλεκτρικών απωλειών της καλωδίωσης DC

Ο παράγοντας αυτός ( $A_5$ ) περιγράφει τις απώλειες που προκαλούνται από την καλωδίωση του δικτύου διανομής συνεχούς ρεύματος. Η τιμή του παράγοντα αυτού εξαρτάται από το υλικό των αγωγών των καλωδίων, τη διατομή τους και το μήκος τους. Ο διαγωνιζόμενος θα καταθέσει αναλυτικούς υπολογισμούς με τις καλωδιώσεις DC για κάθε ένα string χωριστά έως τον Inverter DC/AC. Η τιμή αυτή θα υπολογίζεται από την τιμή που θα έχει ο κάθε διαγωνιζόμενος για το σύνολο του έτους λειτουργίας. Παρόλα αυτά, η τιμή του παράγοντα αυτού δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από 0,99 ( $A_5 \geq 0,99$ ).

Σε περίπτωση που ο συγκεκριμένος παράγοντας δεν δηλώνεται σε κάποιο πεδίο του λογισμικού προσομοίωσης προς συνυπολογισμό του επί της τελικής παραγωγής, ο παράγοντας αυτός θα πολλαπλασιάζεται επί της υπολογιζόμενης παραγωγής ώστε η τελική παραγωγή που θα δηλωθεί από τους διαγωνιζόμενους να τον λαμβάνει υπόψη.

### 1.1.6 Απώλειες λόγω Inverter DC/AC

Ο παράγοντας αυτός ( $A_6$ ) περιγράφει τις συνολικές ηλεκτρικές απώλειες που υπάρχουν σε κάθε αντιστροφέα, τόσο στα κύρια όσο και στα βοηθητικά του συστήματα. Η τιμή του παράγοντα αυτού θα είναι ίση με τη διαφορά 100% μείον το συντελεστή απόδοσης Euro-efficiency των αντιστροφέων, όπως αυτός αναγράφεται στα σχετικά τεχνικά φυλλάδια.

### 1.1.7 Απώλειες λόγω Ηλεκτρικών απωλειών της καλωδίωσης AC XT

Ο παράγοντας αυτός ( $A_7$ ) περιγράφει τις απώλειες που προκαλούνται στην καλωδίωση των γραμμών του δικτύου διανομής Χαμηλής Τάσης. Η τιμή του παράγοντα αυτού εξαρτάται από το υλικό των αγωγών των καλωδίων, τη διατομή τους και το μήκος τους. Ο διαγωνιζόμενος θα καταθέσει αναλυτικούς υπολογισμούς με τις καλωδιώσεις AC X.T. για κάθε inverter AC/DC έως τον σχετικό Γενικό Πίνακα στον Οικίσκο Ελέγχου και με τις Καλωδιώσεις AC X.T. έως στον Τερματικό Υποσταθμό σύνδεσης του Φ/Β Σταθμού, ώστε να προκύπτουν οι σχετικές απώλειες. Η τιμή αυτή θα υπολογίζεται από την τιμή που θα έχει ο κάθε διαγωνιζόμενος για το σύνολο του έτους λειτουργίας. Παρόλα αυτά, η τιμή του παράγοντα αυτού δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από 0,99 ( $A_7 \geq 0,99$ ). Σε περίπτωση που ο συγκεκριμένος παράγοντας δεν δηλώνεται σε κάποιο πεδίο του λογισμικού προσομοίωσης προς συνυπολογισμό του επί της τελικής παραγωγής, ο παράγοντας αυτός θα πολλαπλασιάζεται επί της υπολογιζόμενης παραγωγής ώστε η τελική παραγωγή που θα δηλωθεί από τους διαγωνιζόμενους να τον λαμβάνει υπόψη.

### 1.1.8 Απώλειες λόγω ιδιοκαταναλώσεων του Η/Μ εξοπλισμού του Φ/Β Σταθμού

Ο παράγοντας αυτός ( $A_8$ ) περιγράφει τις απώλειες που οφείλονται στην ενέργεια που καταναλώνεται (ιδιοκαταναλώσεις) από τους αντιστροφείς και τα λοιπά συστήματα που είναι εγκατεστημένα στους Οικίσκους Η/Μ Εξοπλισμού (φωτισμός, αερισμός, σύστημα ελέγχου, κλπ.). Ο παράγοντας αυτός δηλαδή περιγράφει την καταναλισκόμενη ενέργεια για τη λειτουργία του Φ/Β Σταθμού.

Η τιμή των απωλειών αυτών και λαμβανομένου υπόψη ότι οι ιδιοκαταναλώσεις είναι συγκεκριμένες θα λαμβάνεται σταθερός και ίσος με  $A_8 = 0,99$ . Σε περίπτωση που ο συγκεκριμένος παράγοντας δεν δηλώνεται σε κάποιο πεδίο του λογισμικού προσομοίωσης προς συνυπολογισμό του επί της τελικής παραγωγής, ο παράγοντας αυτός θα πολλαπλασιάζεται επί της υπολογιζόμενης παραγωγής, ώστε η τελική παραγωγή που θα δηλωθεί από τους διαγωνιζόμενους να τον λαμβάνει υπόψη.

### 1.1.9 Παράγοντας Απωλειών Λόγω Υποβάθμισης των Φ/Β Πλαισίων

Ο παράγοντας αυτός ( $A_{\text{degradation}}$ ) περιγράφει τις απώλειες που προκαλούνται λόγω υποβάθμισης (degradation) της μέγιστης ισχύος των Φ/Β Πλαισίων με την πάροδο του χρόνου. Η τιμή του παράγοντα αυτού, σε αντίθεση με όλους τους προηγούμενους παράγοντες, δεν θα είναι σταθερή. Λαμβάνοντας την δυσμενέστερη περίπτωση για την οποία εγγυάται ο κατασκευαστής των φ/β πλαισίων (θεωρώντας ότι η μέγιστη απώλεια απόδοσης λόγω υποβάθμισης των φ/β κυψελών συμβαίνει όντως και δη από την πρώτη μέρα λειτουργίας του Φ/Β σταθμού) θεωρούμε ότι η παραγωγή που υπολογίζεται στο πρώτο έτος θα πολλαπλασιάζεται με την ελάχιστη εγγυημένη τιμή στο τέλος του πρώτου έτους από τα τεχνικά φυλλάδια του κατασκευαστή και από τις εγγυήσεις προϊόντος. Το δεύτερο έτος λειτουργίας των Φ/Β Σταθμών η παραγωγή θα πολλαπλασιάζεται ποσοστιαία με το άθροισμα του πρώτου έτους και το ποσοστό απώλειας για ένα

ακόμα έτος. Το τρίτο έτος η παραγωγή που υπολογίστηκε από το λογισμικό θα θεωρείται μειωμένη κατά την απώλεια του πρώτου συν του δεύτερου συν του τρίτου έτους και ούτω καθεξής.

### 1.1.10 Απώλειες λόγω διαθεσιμότητας

Οι απώλειες αυτές προκύπτουν λόγω βλάβης που σχετίζεται με δυσλειτουργία του εξοπλισμού. Δεν οφείλονται σε σφάλματα απώλειας του δικτύου ή ακραία καιρικά φαινόμενα ή περιπτώσεις που περιγράφονται ως ανωτέρα βία, και η τιμή αυτών των απωλειών δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το 2% του χρόνου που θα μπορούσε να λειτουργεί ο εξοπλισμός ομαλά. Το ποσοστό θεωρείται ότι είναι ανάλογο των ωρών που βρισκόταν εκτός λειτουργίας το σύνολο του Φ/Β Σταθμού, ενώ σε περίπτωση μερικής απώλειας το ποσοστό μη διαθεσιμότητας ορίζεται σαν το μέρος επί του συνόλου του Φ/Β Σταθμού. Για τις ανάγκες του διαγωνισμού η απώλεια διαθεσιμότητας θεωρείται σταθερή και ίση με τη μέγιστη επιτρεπτή τιμή της, δηλαδή 2% το έτος και αυτή η τιμή θα πρέπει να δηλωθεί στο λογισμικό υπολογισμού της παραγόμενης ενέργειας. Σε περίπτωση που ο συγκεκριμένος παράγοντας δεν δηλώνεται σε κάποιο πεδίο του λογισμικού προσομοίωσης προς συνυπολογισμό του επί της τελικής παραγωγής, ο παράγοντας αυτός θα πολλαπλασιάζεται επί της υπολογιζόμενης παραγωγής ώστε η τελική παραγωγή που θα δηλωθεί από τους διαγωνιζόμενους να τον λαμβάνει υπόψη.

### 1.1.11 Τρόπος Υπολογισμού του Performance Ratio

Ο κάθε Διαγωνιζόμενος στην προσφορά του θα δίνει μία τιμή για το Performance Ratio που θα αφορά:

- Το Performance Ratio για το έτος 1 που θα προκύψει με την μέθοδο που αναλύθηκε ανωτέρω.
- Το Performance Ratio για το έτος 2 που θα προκύψει με την μέθοδο που αναλύθηκε ανωτέρω

Ο κάθε Διαγωνιζόμενος θα πρέπει μαζί με την προσφορά του να καταθέτει συμπληρωμένο τον παρακάτω πίνακα «Υπολογισμός του Performance Ratio για το 1<sup>ο</sup> και το 2<sup>ο</sup> Έτος», με υπολογισμένα και συμπληρωμένα τα πεδία όλων των τιμών του PR και των παραγόντων απωλειών.

Η τιμή του PR του Φ/Β Σταθμού που προκύπτει στο τέλος του δεύτερου έτους λειτουργίας, κατά τον σχεδιασμό, δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 0,79 ή 79%.

Απωλειών	Περιγραφή	Τιμή
A1	Απώλεια λόγω σκίασης λόγω χωροθέτησης	
A2	Απώλειες λόγω χαρακτηριστικών Φ/Β μονάδας σε χαμηλή ακτινοβολία	
A3	Απώλειες λόγω επικαθήσεων στα Φ/Β πλαίσια	0,98
A4	Απωλειών Λόγω Διαφορών στα Χαρακτηριστικά των Φ/Β Πλαισίων (mismatch losses)	0,99
A5	Απώλειες λόγω καλωδίωσης DC (min 0,99)	
A6	Απώλειες λόγω Inverter DC/AC	
A7	Απώλειες λόγω AC XT καλωδίων (min 0,99)	
A8	Απώλειες λόγω ιδιοκαταναλώσεων στον Η/Μ του Φ/Β	0,99
A10	Απώλεια διαθεσιμότητας	2,00
PR	Περιγραφή	Τιμή PR
A9 (f_degradation year 1)	Απώλειες Λόγω Υποβάθμισης Πλαισίων στο τέλος του 1ου Έτος	
PR_Year_1	Performance Ratio Έτος 1	
A9 (f_degradation year 2)	Απώλειες Λόγω Υποβάθμισης Πλαισίων στο τέλος του 2ου Έτος	
PR_Year_2	Performance Ratio Έτος 2	

Πίνακας 1. Υπολογισμός του Performance Ratio