

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ



ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΜΙΚΡΗΣ ΚΑΙ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:
ΖΕΡΙΤΗΣ Ι. ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ
ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΜΑΥΡΟΜΑΤΑΚΗΣ ΦΩΤΗΣ

Περίληψη Εργασίας

Η εργασία αυτή αποτελεί μία αναλυτική μελέτη εφαρμογής σχεδίασης και υλοποίησης ΦΒ Σταθμών μικρής και μεγάλης κλίμακας. Δίνει την δυνατότητα στον αναγνώστη να είναι σε θέση να υλοποιήσει ΦΒ Σταθμούς με μεγάλη ενεργειακή απολαβή κάνοντας παράλληλα και οικονομική θεώρηση για το υπο μελέτη έργο.

Paper Summary

This paper is a detailed implementation study design and implementation of PV Power Plants small and large scale. Enables the reader to be able to implement PV stations with high energy output while making and economic vision for the project under study.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ εγκάρδια την οικογένεια μου, που με στήριξε στις δύσκολες στιγμές μου και με ενθάρρυνε να συνεχίσω τις σπουδές παρ' όλες τις δυσκολίες, τους συναδέλφους μου Ιωαννή Φραγκιαδάκη, Ευάγγελο Νταβέλη, Ευάγγελο Ζεάκη, Χρύσανθο Μπατουβάκη, Μερκούρη Κυπραίο, Νίκο Χριστοδουλάκη, τους φίλους μου Χάρη καδόγλου, Ευαγγελία Ζιούτου, Πόπη Νταβέλη, να ευχαριστήσω ιδιαίτερω, τους Ιωάννη Καντζηλάκη, Δημήτρη Δαμιανάκη, Βασίλη Σερζετάκη, Άρη Κορενελάκη, Γιώργο Γαϊτανάκη, Κυριάκο Μίχα, Μιχάλη Γεωργιάδη, Γιώργο Παπαγιαννάκη, για την πολύτιμη και ιδιαίτερη βοήθεια τους, ακόμα να ευχαριστήσω το Καθηγητή μου Φώτη Μαυροματάκη που μου ανέθεσε και εμπιστεύτηκε την παρούσα εργασία.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τον άνθρωπο που με στήριξε και με στηρίζει καθημερινά, στον οποίο αφιερώνω και αυτή την εργασία, τη Νίκη.

*Και μόνο εμάς συναντά στην πορεία του ο ήλιος
μπορεί ο πιο καλός μας φίλος
«BD Foxmoor»*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ	8
1.1. Φωτοβολταϊκό φαινόμενο	8
1.2. Είδη ηλιακών κυψελών	9
1.3. Οικογένειες αντιστροφών	10
1.4. Το φαινόμενο της νησιδοποίησης (Islanding).....	11
1.5. Είδη παροχών μέσης τάσης από τη ΔΕΗ	12
1.6. Αδειοδοτική διαδικασία για την υλοποίηση ΦΒ συστήματος	12
1.7. Έκταση για την εγκατάσταση ενός ΦΒ Πάρκου	14
2. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΦΒ ΠΛΑΙΣΙΩΝ	15
2.1. Βελτίωση ενεργειακής απόδοσης.....	18
3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ - INVERTER	19
4. ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	22
4.1. Μελέτη ΦΒ συστήματος ισχύος 99,9 kWp	24
4.1.1. Αντιστροφέας-Α είσοδος.....	26
4.1.2. Αντιστροφέας-Β είσοδος.....	26
4.2. Μελέτη ΦΒ συστήματος ισχύος 765,63 kWp	28
5. ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΦΒ ΠΛΑΙΣΙΩΝ	31
5.1. Τεχνικά χαρακτηριστικά βάσης στήριξης	31
6. ΣΤΗΡΙΞΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	34
6.1. Στηρίγματα καλωδίων	34
6.2. Εσχάρες καλωδίων	34
7. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	35
7.1. Υπολογισμός παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας	36
8. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 99,9 KWP	37
8.1. Ηλιακά ενεργειακά κλιματολογικά δεδομένα.....	37
8.1.1. Σενάριο Α.....	38
8.1.2. Σενάριο Β.....	39
8.1.3. Σενάριο Γ.....	40
8.1.4. Σενάριο Δ.....	41
8.1.5. Σενάριο Ε.....	42
8.2. Συμπεράσματα.....	43
9. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 765,63 KWP	45
9.1. Ηλιακά ενεργειακά κλιματολογικά δεδομένα.....	45
9.1.1. Σενάριο Α.....	46
9.1.2. Σενάριο Β.....	47
9.1.3. Σενάριο Γ.....	48
9.1.4. Σενάριο Δ.....	49
9.1.5. Σενάριο Ε.....	50
9.2. Συμπεράσματα.....	51
10. ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	53
10.1. Βασικές σχέσεις υπολογισμών	53
10.2. Υπολογισμός διατομής αγωγού	54
10.3. Υπολογισμός DC πλευράς.....	56
10.3.1. Σύνδεση ΦΒ πλαισίων σε σειρά.....	57
10.3.2. Σύνδεση ΦΒ πλαισίων στο μετατροπέα.....	58
11. ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ DC ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΙΣΧΥΟΣ 99,9 KWP	59
11.1. Αντιστροφέας 1	60
11.1.1. Στοιχειοσειρές 1 και 2	60
11.1.2. Στοιχειοσειρά 3	61
11.1.3. Στοιχειοσειρά 4	61

11.2.	Αποτελέσματα ηλεκτρολογικής DC εγκατάστασης Ισχύος 99,9 kWp.....	62
11.3.	Επιλογή τύπου DC καλωδίου.....	62
12.	ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ AC ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	
	ΙΣΧΥΟΣ 99,9 KWP	63
12.1.	Αντιστροφείς.....	63
12.1.1.	Αντιστροφέας 1	64
12.1.2.	Αντιστροφέας 2	65
12.1.3.	Αντιστροφέας 3	65
12.1.4.	Αντιστροφέας 4	66
12.1.5.	Αντιστροφέας 5	66
12.1.6.	Αντιστροφέας 6	67
12.2.	Γενικός πίνακας χαμηλής τάσης προς σημείο διασύνδεσης με μετρητή	68
12.3.	Αποτελέσματα ηλεκτρολογικής AC εγκατάστασης Ισχύος 99,9 kWp	69
13.	ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ DC ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	
	ΙΣΧΥΟΣ 765,63 KWP.....	70
13.1.	Υποπίνακας 1-αντιστροφέας 1.....	70
13.1.1.	Στοιχειοσειρά 1	70
13.1.2.	Στοιχειοσειρά 2	70
13.1.3.	Στοιχειοσειρά 3	71
13.1.4.	Στοιχειοσειρά 4	71
13.2.	Υποπίνακας 2-αντιστροφέας 11.....	72
13.2.1.	Στοιχειοσειρά 41 και 42	73
13.2.2.	Στοιχειοσειρά 43 και 44	73
13.3.	Υποπίνακας 3-αντιστροφέας 20.....	74
13.3.1.	Στοιχειοσειρά 77 και 78	75
13.3.2.	Στοιχειοσειρά 79 και 80	75
13.4.	Υποπίνακας 4-αντιστροφέας 36.....	76
13.4.1.	Στοιχειοσειρά 141	77
13.4.2.	Στοιχειοσειρά 142	77
13.4.3.	Στοιχειοσειρά 143	77
13.4.4.	Στοιχειοσειρά 144	77
13.5.	Υποπίνακας 5-αντιστροφέας 44.....	79
13.5.1.	Στοιχειοσειρά 173	79
13.5.2.	Στοιχειοσειρά 174	79
13.5.3.	Στοιχειοσειρά 175 και 176	79
13.6.	Επιλογή τύπου DC καλωδίου.....	81
14.	ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ AC ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	
	ΙΣΧΥΟΣ 765,63 KWP.....	82
14.1.	Αντιστροφείς.....	82
14.2.	Υποπίνακες προς οικίσκο χαμηλής/μέσης τάσης	84
15.	ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΥΠΟΥ AC ΚΑΛΩΔΙΟΥ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΙΣΧΥΟΣ 99,9 KWP	85
16.	ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΥΠΟΥ AC ΚΑΛΩΔΙΟΥ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΙΣΧΥΟΣ 765,63 KWP	86
17.	ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ ΜΤ.....	89
18.	ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΕΝΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ ΦΒ	
	ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΙΣΧΥΟΣ 99,9 KWP	90
18.1.	Διακοπτικά υλικά πίνακα.....	90
18.2.	Διακοπτικά υλικά πίνακα UPS.....	91
19.	ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΟΙΚΙΣΚΟΥ ΣΤΕΓΑΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ	
	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ.....	91
19.1.	Γενική περιγραφή	91
19.2.	Διαστάσεις οικίσκου	91
19.3.	Δάπεδο.....	91

19.4.	Σκελετός	92
19.5.	Τοιχώματα.....	92
19.6.	Οροφή.....	92
19.7.	Πόρτες.....	93
19.8.	Ηλεκτρολογική εγκατάσταση	93
19.9.	Γειώσεις-Αντικεραυνική προστασία	93
19.10.	Γείωση του πίνακα	93
19.11.	Γείωση του κυκλώματος ισχύος	94
19.12.	Εξαερισμός οικίσκου	94
19.13.	Λοιπός εξοπλισμός.....	94
19.14.	Σημεία ανάρτησης και πάκτωσης οικίσκου	94
20.	ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΔΙΩΝ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ SM6	95
20.1.	Εισαγωγή.....	95
20.2.	Διακόπτης φορτίου	95
20.3.	Αυτόματος Διακόπτης Ισχύος (Α.Δ.Ι.)	96
20.4.	Πρότυπα και πιστοποιητικά ποιότητας	96
20.4.1.	Πρότυπα	96
20.4.2.	Πιστοποιητικά ποιότητας.....	97
20.5.	Τεχνικά χαρακτηριστικά πίνακα	97
20.5.1.	Χαρακτηριστικά ηλεκτρικών μεγεθών	97
20.5.2.	Ποσοτική περιγραφή πίνακα	98
20.6.	Περιγραφή πίνακα	98
20.6.1.	Πεδία SM6.....	98
20.6.2.	Εξοπλισμός	99
20.7.	Μετασηματιστές έντασης	100
20.8.	Μετασηματιστές τάσης	100
20.9.	Καλώδια γείωσης	100
20.10.	Καλωδίωση χαμηλής τάσης	101
20.11.	Αντιδιαβρωτική προστασία	101
20.12.	Σύνδεση καλωδίων	101
20.13.	Έλεγχοι-Δοκιμές	102
21.	ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ Μ/Σ ΕΛΑΙΟΥ25KVΑ 20/0,4KV	102
22.	ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ Μ/Σ ΕΛΑΙΟΥ 0,4/20KV 1000KVΑ.....	103
23.	ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΙΝΑΚΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ.....	103
24.	ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΙΝΑΚΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ	105
25.	ΚΡΟΥΣΤΙΚΟΙ ΑΠΑΓΩΓΕΙΣ	105
25.1.	Κρουστικοί απαγωγοί που προτείνονται για την εγκατάσταση	106
26.	ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΙΩΣΗΣ	107
26.1.	Γείωση Ερμαρίου ΔΕΗ	112
26.2.	Γείωση Προστασίας.....	112
26.3.	Γείωση Αντιστροφών	113
27.	ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΛΕΞΙΚΕΡΑΥΝΟΥ	114
27.1.	Υπολογισμός ύψος αλεξικέραυνου ΦΒ συστήματος ονομαστικής ισχύος 99,9 kWp.....	115
27.2.	Υπολογισμός ύψους αλεξικέραυνου ΦΒ ονομαστικής ισχύος συστήματος ισχύος 765,63 kWp	116
28.	ΕΡΓΑ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ	117
28.1.	Δρόμοι πρόσβασης	117
28.2.	Προκαταρκτικές εργασίες	117
28.3.	Απορροή υδάτων	117
28.4.	Εκκαφή χανδάκων	118
28.5.	Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου.....	118
28.6.	Περίφραξη	118
29.	ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	119

30.	ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	124
30.1.	Σύστημα παρακολούθησης	124
30.2.	Σύστημα συναγερμού	125
30.3.	Σύστημα φωτισμού	126
30.4.	Τύποι καλωδίων βοηθητικής εγκατάστασης	126
31.	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	128
31.1.	Ανάπτυξη επιχειρηματικής δραστηριότητας	128
31.2.	Βασικοί άξονες του θεσμικού πλαισίου	128
32.	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΙΣΧΥΟΣ 99,9 KWP	131
32.1.	Οικονομική ανάλυση σενάριο 1	131
32.2.	Ορισμοί βασικών οικονομικών παραμέτρων	132
32.3.	Οικονομική ανάλυση σενάριο 2	141
32.4.	Οικονομική ανάλυση σενάριο 3	145
32.5.	Οικονομική ανάλυση σενάριο 4	149
32.6.	Συμπέρασμα	152
33.	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΙΣΧΥΟΣ 765,63 KWP	153
33.1.	Οικονομική ανάλυση σενάριο 1	153
33.2.	Οικονομική ανάλυση σενάριο 2	157
33.3.	Συμπέρασμα	161
34.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1	162
34.1.	Σχηματικό διάγραμμα ΦΒ εγκατάστασης ισχύος 99,9kWp	162
34.2.	Σχηματικό διάγραμμα ΦΒ εγκατάστασης ισχύος 765,63kWp	163
35.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	164
35.1.	Ελληνική Βιβλιογραφία.....	164
35.2.	Ξένη Βιβλιογραφία.....	164
35.3.	Διαδουκτική Βιβλιογραφία	164

1. ΓΕΝΙΚΑ

Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από πολλές φωτοβολταϊκές κυψέλες που είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους. Η ΦΒ κυψέλη είναι η στοιχειώδης μονάδα ενός ΦΒ συστήματος γιατί εκεί μετατρέπεται η ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική.

Υπάρχουν πολλά είδη ΦΒ κυψελών διαθέσιμα στην αγορά και πολλά άλλα υπό ανάπτυξη. Χρησιμοποιούνται διάφορα υλικά και διατάξεις με στόχο τη μέγιστη παραγωγή ενέργειας από τη συσκευή με όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος. Έχουν κατασκευασθεί κυψέλες σε εργαστηριακό περιβάλλον με απόδοση που ξεπερνά το 30%. Ωστόσο η απόδοση αυτών που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι περίπου η μισή.

Ο ΦΒ Σταθμός περιλαμβάνει ΦΒ Πλαίσια που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια ΣΡ ανάλογα με την ηλιοφάνεια, και παράγουν την μεγαλύτερη ενέργεια μια αίθρια ημέρα, όταν ο ήλιος είναι υπό κανονική κλίση σε σχέση με τα ΦΒ Πλαίσια της διάταξης. Παράγουν λιγότερη ενέργεια τις πρωινές και απογευματινές ώρες, τις εποχές όπου ο ήλιος είναι υψηλότερα ή χαμηλότερα στον ουρανό, καθώς και τις νεφελώδεις ημέρες. Δεν παράγουν ενέργεια τη νύχτα, και όταν παρουσιάζεται κάποια βλάβη στο δίκτυο της Επιχείρησης Ηλεκτρισμού, το σύστημα αυτόματα αποσυνδέεται για λόγους ασφαλείας.

Η ΣΡ ηλεκτρική ενέργεια οδηγείται στον μετατροπέα, όπου μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο ρεύμα συμβατό με το δίκτυο της ΔΕΗ και διοχετεύεται στο δίκτυό της. Η διάρθρωση της όλης εγκατάστασης βασίζεται στην αρχιτεκτονική των επιμέρους ή των κεντρικών μετατροπέων.

Η μικρότερη δομική μονάδα του Σταθμού είναι το ΦΒ πλαίσιο το οποίο είναι ένα πλήθος από διασυνδεδεμένα ΦΒ στοιχεία (cells), τα οποία περικλείονται από προστατευτικά υλικά και είναι τοποθετημένα σε ένα πλαίσιο αλουμινίου.

Τα ΦΒ πλαίσια είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένα και τοποθετημένα σε συστοιχίες (strings). Τα πλαίσια τοποθετούνται σε μία ειδική κατασκευή στήριξης, η οποία στερεώνεται με πασσάλους. Η ΦΒ διάταξη αποτελείται από ΦΒ συστοιχίες – κυκλώματα που αποτελούν πηγές ρεύματος.

1.1. Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Το Φωτοβολταϊκό φαινόμενο περιγράφεται ως η πόλωση των ηλεκτρικών φορτίων που συμβαίνει σε συγκεκριμένα υλικά όταν αυτά εκτεθούν σε φωτεινή ακτινοβολία. Κάτι τέτοιο παρατηρείται στα φυσικά στοιχεία που ανήκουν στην ομάδα των ημιαγωγών καθώς και στις τεχνητές ημιαγωγικές διατάξεις. Η πόλωση των ηλεκτρικών φορτίων μεταφράζεται ως δημιουργία διαφοράς δυναμικού μεταξύ των δημιουργούμενων πόλων, δηλαδή έχουμε μια υποτυπώδη ηλεκτρική γεννήτρια.

Θα μπορούσαμε να παρομοιάσουμε την φωτοβολταϊκή ηλεκτρική γεννήτρια σαν μια ανεπίστροφη βαλβίδα ηλεκτρονίων, δια της οποίας τα ηλεκτρόνια μπορούν να διέρχονται μόνο προς την μια κατεύθυνση. Όταν λοιπόν συμβεί κάποιο φωτόνιο να προσκρούσει πάνω σε ηλεκτρόνιο του υλικού, τότε θα του μεταδώσει μέρος της ενέργειάς του, αναγκάζοντάς το να «εκσφενδονιστεί» από την θέση ηρεμίας του. Εάν τώρα, η κατεύθυνση που θα λάβει το «εκσφενδονισμένο» ηλεκτρόνιο συμπέσει με την φορά της βαλβίδας ηλεκτρονίων τότε αυτό θα μετατοπισθεί σε σχέση με την αρχική του θέση και θα παγιδευτεί εκεί αφού η βαλβίδα αποτρέπει την επαναφορά του στην αρχική θέση. Κατόπιν τούτου, διαπιστώνουμε ότι, σε μία «πλευρά» του υλικού (πλευρά παγίδευσης) θα έχουμε περίσσεια ενός ηλεκτρονίου ενώ στην άλλη πλευρά (πλευρά εκσφενδονισμού) θα έχουμε έλλειμμα ενός ηλεκτρονίου, που συνεπάγεται διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού.

Η ένταση του Φαινομένου (δεδομένου ότι εξετάζουμε υλικό το οποίο διαθέτει την ιδιότητα της ανεπίστροφης βαλβίδας), εξαρτάται από τρεις βασικούς παράγοντες:

- την διαθεσιμότητα ηλεκτρονίων που «μπορούν να εκσφενδονιστούν» (ηλεκτρικές ιδιότητες του υλικού)
- την πιθανότητα σύγκρουσης φωτονίου-ηλεκτρονίου (στατιστική πιθανότητα) και
- την ικανότητα της σύγκρουσης να προσδώσει στο ηλεκτρόνιο κατάλληλη ταχύτητα και διεύθυνση ώστε να μεταπηδήσει στην πλευρά παγίδευσης (επίσης στατιστική πιθανότητα).

Από αυτές τις εξαρτήσεις, γίνεται αντιληπτό ότι ένα μικρό ποσοστό της φωτεινής ακτινοβολίας λαμβάνει μέρος επί του φωτοβολταϊκού φαινομένου.

1.2. Είδη ηλιακών κυψελών

Τα είδη κυψελών, που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στην αγορά είναι τα εξής :

- **Μονοκρυσταλλικού πυριτίου**

Κατασκευάζονται από καθαρό μονοκρυσταλλικό πυρίτιο το οποίο προέρχεται από ένα μικρό «γόνο» κρύσταλλο, που αποσπάται με αργό ρυθμό από την τηγμένη μάζα του λιγότερου καθαρού πολυκρυσταλλικού πυριτίου. Αποτελούνται από ένα λεπτό στρώμα καθαρού κρυσταλλικού πυριτίου του οποίου το πάχος είναι 200 – 400μm. Επίσης γίνεται τοποθέτηση μεταλλικού πλέγματος το οποίο λειτουργεί ως ηλεκτρική επαφή και έτσι επιτυγχάνεται η λειτουργία του ως ηλιακή κυψέλη. Οι μονοκρυσταλλικές ηλιακές κυψέλες παρουσιάζουν την υψηλότερη απόδοση και το υψηλότερο κόστος από όλες τις κυψέλες πυριτίου.

- **Πολυκρυσταλλικού πυριτίου**

Οι κυψέλες αυτές κατασκευάζονται από μεγάλες ορθογώνιες ράβδους καθαρού πυριτίου σε ειδικούς κλιβάνους στους οποίους ψύχεται αργά τήγμα πυριτίου για τη δημιουργία μεγάλων κρυστάλλων. Επειδή προκύπτουν απευθείας από ορθογώνιες ράβδους οι πολυκρυσταλλικές κυψέλες είναι συνήθως τετράγωνης μορφής και μεγαλύτερου μεγέθους από αυτές από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο καθώς και έχουν και λίγο χαμηλότερη απόδοση από αυτές.

- **Λεπτής μεμβράνης (Thin-film)**

Η τεχνολογία των λεπτών μεμβρανών χρησιμοποιεί πολύ λεπτά στρώματα (πάχους λίγων μικρών) του ημιαγωγού και με τον τρόπο αυτό μειώνεται το κόστος. Τα πιο γνωστά υλικά που χρησιμοποιούνται στις κυψέλες αυτές είναι :

- Άμορφο πυρίτιο (*a-Si*)
- *Copper Indium Diselenide (CIS)*
- *Cadmium Telluride (CdTe)*
- *Gallium Arsenide (GaAs)*

Με τα δυο πρώτα να είναι τα σημαντικότερα.

Το άμορφο πυρίτιο διαφέρει από το κρυσταλλικό στο ότι τα άτομα δεν είναι τοποθετημένα σε ακριβείς αποστάσεις μεταξύ τους και οι γωνίες των δεσμών τους δεν είναι συγκεκριμένες. Σήμερα ένα εμπορικό ΦΒ πλαίσιο με κυψέλες άμορφου πυριτίου έχει απόδοση 6-8%, ενώ οι κυψέλες μονοκρυσταλλικού ή πολυκρυσταλλικού πυριτίου έχουν αποδόσεις που κυμαίνονται στο 11-14%.




Λεπτό στρώμα άμορφου πυριτίου τοποθετείται σε φύλλο γυαλιού, το οποίο έχει καλυφθεί από διάφανο οξειδίο του κασσιτέρου. Στην πίσω επιφάνεια τοποθετείται μεταλλικός αγωγός και στη συνέχεια η όλη διάταξη κόβεται με laser για την παραγωγή μιας σειράς ηλεκτρικά συνδεδεμένων άλλα ξεχωριστών στοιχείων και στο τέλος γίνεται η ενσωμάτωση τους σε μια φβ μονάδα.

- **Υβριδικά**

Για να επιτευχθεί ουσιώδης βελτίωση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών κυψελών έπρεπε να γίνει κάποια σημαντική αλλαγή. Σε μια προσπάθεια να γίνει αυτό έγινε μελέτη στη χρήση υβριδικών δομών, στις οποίες κυψέλες με διαφορετικά χαρακτηριστικά απορρόφησης φωτός συνδέονται μαζί. Αυτό επιτρέπει να πετύχουμε καλύτερα χαρακτηριστικά χρησιμοποιώντας τα ήδη υπάρχοντα υλικά και διαδικασίες.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης μιας δομής με πολλά στρώματα είναι τα εξής :

- Είναι δυνατόν να απορροφηθεί το φως σε μια πιο πλατιά φασματική περιοχή, δηλαδή αποτελεσματικότερα.
- Είναι δυνατόν να επιτευχθούν υψηλότερες τάσεις ανοιχτού κυκλώματος.
- Είναι δυνατόν να πέσει σε κάποιο βαθμό ο ρυθμός μείωσης της απόδοσης των κυψελών, ο οποίος οφείλεται σε φαινόμενα οπτικής υποβάθμισης που παρατηρούνται όταν χρησιμοποιούνται υλικά άμορφου πυριτίου.

ΤΥΠΟΣ	'Λεπού υμενίου' ή 'Thin Film'	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση	a-Si: 4,2-6,6% μ-Si: 8,1-8,5% CIS-CIGS: 6-11% CdTe: 6-11,1%	11-14,8%	11-19,3%
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά kWp	9-25 m ²	7-9 m ²	5,5-9 m ²
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά kWp) <small>(μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)</small>	1.300-1.450	1.300	1.300
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά m ²) <small>(μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)</small>	50-160	145-185	145-235
Ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (kg CO ₂ ανά kWp)	1.300-1.450	1.300	1.300

Εικόνα 1. Είδη ΦΒ πλαισίων (πηγή:ΣΠΕΦ)

1.3. Οικογένειες αντιστροφών

- **Κεντρικοί αντιστροφέις (Central Inverters)**

Οι κεντρικοί αντιστροφέις αποτελούν το είδος των αντιστροφέων που εμφανίζουν τα μεγαλύτερα επίπεδα ισχύος, της τάξης από 30-50kW έως και 1-2MW. Για το λόγο αυτό, η χρήση τους είναι περισσότερο διαδεδομένη σε σταθμούς μεγάλης ισχύος. Σε ορισμένες περιπτώσεις και σε επίπεδα ισχύος των εκατοντάδων kW οι αντιστροφέις αυτοί συνοδεύονται από μετασχηματιστή ανύψωσης 0,4/20kV, ώστε να επιτρέπουν την απευθείας σύνδεση τους στο δίκτυο MT της ΔΕΗ. Αρχικά στους κεντρικούς μετατροπέις χρησιμοποιήθηκαν θυρίστορ με χαμηλές συχνότητες μεταγωγής και αυξημένες ανάγκες χρήσης φίλτρων. Ωστόσο με την εξέλιξη της τεχνολογίας τα θυρίστορ αντικαταστάθηκαν από τρανζίστορ IGBT με μεγαλύτερες συχνότητες

μεταγωγής, τα οποία, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη εξελιγμένων τεχνικών διαμόρφωσης εύρους παλμών (PWM) υλοποιούμενων ψηφιακά, οδήγησαν τους κεντρικούς μετατροπείς στην δημιουργία σχεδόν ημιτονοειδών ρευμάτων εξόδου με χαμηλές απαιτήσεις χρήσης φίλτρων.

Οι κεντρικοί μετατροπείς χαρακτηρίζονται από το μικρό αριθμό εισόδων DC (συνήθως 1-2 εισόδους). Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τον μεγάλο αριθμό πάνελ τα οποία πρέπει να συνδεθούν στην είσοδο τους, επιβάλλει την εκτεταμένη χρήση DC καλωδίων σε αντίθεση με τις άλλες ομάδες αντιστροφέων όπου η καλωδίωση μπορεί να γίνει με AC.

- ***Αντιστροφείς κλάδων ή στοιχειοσειρών (String Inverters)***

Αποτελούν αδιαμφισβήτητα την περισσότερο διαδεδομένη κατηγορία αντιστροφέων σε σταθμούς μικρής έως και μέσης ισχύος. Η βασική αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην παράλληλη σύνδεση ενός αριθμού κλάδων (strings) σε αντίστοιχες εισόδους του αντιστροφέα (της τάξης των 2-8). Οι αντιστροφείς αυτού του τύπου κυκλοφορούν στο εμπόριο με μετασηματιστή ή χωρίς μετασηματιστή καθώς επίσης και σε μονοφασική ή τριφασική σύνδεση (συνήθως πάνω από 10kW). Διαθέτουν αρκετή ευελιξία αναφορικά με τον αριθμό των πάνελ που μπορεί να συνδεθεί στις εισόδους τους, αρκεί φυσικά να μην παραβιάζονται οι μέγιστες ρυθμίσεις ασφαλείας τους. Επιπλέον είναι σκόπιμο να συνδέονται στις εισόδους τους με τον ίδιο τύπο και αριθμό πάνελ.

- ***Αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων ή στοιχειοσειρών (Multistring Inverters)***

Οι αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων χρησιμοποιούνται όταν σε έναν αντιστροφέα είναι απαραίτητο να συνδεθούν διαφορετικά πάνελ, όσον αφορά την ονομαστική ισχύ τους, τον αριθμό των πάνελ που αποτελούν τον κλάδο, τον κατασκευαστή κτλ. Στην περίπτωση αυτή στην ουσία κάθε είσοδος είναι ανεξάρτητη από τις άλλες και διαθέτει τους δικούς της ελεγκτές μέγιστης ισχύος και μετατροπείς.

Οι αντιστροφείς αυτοί χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου η διαθεσιμότητα πάνελ επιβάλλει τη σύνδεση διαφορετικών πάνελ ή σε περιπτώσεις όπου μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά εγκατάστασης που επηρεάζουν την παραγωγή ενέργειας, όπως είναι η κλίση των πάνελ ή η ύπαρξη προβλημάτων σκίασης. Λόγω του ειδικού χαρακτήρα της χρήσης τους, η διαθεσιμότητα μοντέλων multi-string είναι σαφώς πιο περιορισμένη απ' ό,τι σε συμβατικούς string inverters.

1.4. Το φαινόμενο της νησιδοποίησης (Islanding)

Το φαινόμενο της νησιδοποίησης (islanding) αναφέρεται σε ένα τμήμα του δικτύου με φωτοβολταϊκά συστήματα που έχει αποκοπεί από την κεντρική τροφοδοσία (δηλαδή αυτή του δικτύου της ΔΕΗ). Στην περίπτωση αυτή, ο φωτοβολταϊκός σταθμός λειτουργεί ως νησίδα παραγωγής ενέργειας και αν οι αντιστροφείς παραμένουν συνδεδεμένοι ελλοχεύουν κίνδυνοι για την ασφάλεια του προσωπικού που πιθανόν να εκτελεί εργασίες στο σημείο σύνδεσης ή και για τον ίδιο τον εξοπλισμό από μεταβατικά φαινόμενα κατά την αυτόματη ή χειροκίνητη επαναφορά του δικτύου. Το φαινόμενο της νησιδοποίησης χρήζει ειδικού χειρισμού από τον αντιστροφέα, ο οποίος πρέπει να είναι σε θέση να προσδιορίσει μέσω κατάλληλων μετρήσεων την ύπαρξη του. Συνήθως για τον προσδιορισμό της κατάστασης νησιδοποίησης χρησιμοποιείται το πρότυπο VDE 0126-1-1 (Automatic disconnection device between a generator and the public lowvoltage grid) η συμμόρφωση προς το οποίο (ή αντίστοιχο ισοδύναμο του κατά τα πρότυπα άλλων χωρών πλην Γερμανίας ή χωρών που υιοθετούν τους Γερμανικούς κανονισμούς) είναι υποχρεωτική. Η ανίχνευση της κατάστασης νησιδοποίησης γίνεται συνήθως με παρακολούθηση της κατάστασης του δικτύου μέσω μετρήσεων τάσης, συχνότητας και σύνθετης αντίστασης και αν προσδιοριστεί τότε ο αντιστροφέας αποσυνδέεται αυτόματα από το δίκτυο. Ωστόσο, μετά την

επαναφορά του δικτύου, ο αντιστροφέας για λόγους προστασίας δε θα πρέπει να επανασυνδέεται αυτόματα αλλά να αφήνει την πάροδο χρόνου τουλάχιστον 3 λεπτών. Το φαινόμενο της νησιδοποίησης είναι αρκετά σοβαρό και η ΔΕΗ ζητά την προσκόμιση πιστοποιητικών συμμόρφωσης προς το πρότυπο VDE 0126-1-1 από τις εταιρείες κατασκευής των αντιστροφέων. Επιπλέον, αποτελεί έναν από τους κυριότερους ελέγχους της ΔΕΗ κατά τη δοκιμή ηλέκτρισης του σταθμού και την παραλαβή του.

1.5. Είδη παροχών μέσης τάσης από τη ΔΕΗ

Ανάλογα με το είδος του δικτύου (εναέριο ή υπόγειο) από το οποίο θα τροφοδοτηθεί ο υποσταθμός, τη συνολική ισχύ του και τα τεχνικά στοιχεία της ηλεκτρικής προστασίας του, η ΔΕΗ έχει διαμορφώσει ορισμένες τυπικές παροχές. Οι παροχές διακρίνονται σε δύο τύπους:

- Παροχές τύπου Α, όταν γίνονται από εναέριο δίκτυο της ΔΕΗ
- Παροχές τύπου Β, όταν γίνονται από υπόγειο δίκτυο της ΔΕΗ

Οι παροχές τύπου Α, διακρίνονται σε:

- Παροχές τύπου Α1, για ισχύεις μέχρι 630 kVA
- Παροχές τύπου Α2, για ισχύεις μεγαλύτερες των 630 kVA

Οι παροχές τύπου Β, διακρίνονται σε:

- Παροχές τύπου Β1, για ισχύεις μέχρι 1250 kVA
- Παροχές τύπου Β2, για ισχύεις μεγαλύτερες των 1250 kVA

Ο τύπος της παροχής καθορίζει και τη μέθοδο προστασίας από την πλευρά της ΔΕΗ και σε μεγάλο βαθμό τη μέθοδο προστασίας που πρέπει να εφαρμόσει ο καταναλωτής. Στην παροχή τύπου Α1, το μέσο προστασίας από την πλευρά της ΔΕΗ είναι ασφάλεια 30Α βραδείας τήξης ενώ το γενικό μέσο προστασίας του παραγωγού μπορεί να είναι ασφάλεια μέχρι 40 Α ταχείας τήξης ή αυτόματος διακόπτης ισχύος. Στη δεύτερη περίπτωση αυτός πρέπει να είναι εφοδιασμένος με στοιχεία στιγμιαίας λειτουργίας για να υπάρχει ικανοποιητική επιλογική συνεργασία. Στην παροχή τύπου Α2, το μέσο προστασίας από την πλευρά της ΔΕΗ είναι διακόπτης απομόνωσης. Αυτός είναι μία ειδική περίπτωση διακόπτη ο οποίος συνεργάζεται με το γενικό διακόπτη της γραμμής που χρησιμοποιείται αποκλειστικά από τη ΔΕΗ. Το μέσο προστασίας από την πλευρά του παραγωγού μπορεί να είναι ασφάλεια μέχρι 50 Α ταχείας τήξης ή αυτόματος διακόπτης ισχύος.

Στην παροχή τύπου Β1, το μέσο προστασίας από την πλευρά της ΔΕΗ είναι ασφάλειες ταχείας τήξης. Ο καταναλωτής δε χρειάζεται να εγκαταστήσει μέσο προστασίας στη μέση τάση αφού η ΔΕΗ εξασφαλίζει την προστασία του μετασχηματιστή για σφάλματα στους ζυγούς της χαμηλής τάσης. Απαιτείται όμως να εγκαταστήσει μέσο προστασίας στη χαμηλή τάση το οποίο μπορεί να είναι ασφάλεια μέχρι 400 Α που αντιστοιχεί σε μετασχηματιστή μέχρι 250 kVA. Για μεγαλύτερες ισχύεις απαιτείται η εγκατάσταση αυτόματου διακόπτη ισχύος. Στην παροχή τύπου Β2, το μέσο προστασίας από την πλευρά της ΔΕΗ είναι αυτόματος διακόπτης ισχύος. Και σε αυτήν την περίπτωση ο καταναλωτής δε χρειάζεται να εγκαταστήσει μέσο προστασίας στη μέση τάση επειδή το μέσο προστασίας της ΔΕΗ προστατεύει και το μετασχηματιστή του.

1.6. Αδειοδοτική διαδικασία για την υλοποίηση ΦΒ συστήματος

Με βάση τον νέο Νόμο 3851/2010 για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας για την υλοποίηση ενός Φ/Β Πάρκου 100kW απαιτείται αρχικά αίτηση στο κατά τόπους κατάστημα της Δ.Ε.Η. Παράλληλα

γίνεται αίτηση για έκδοση βεβαίωσης απαλλαγής από Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) στην αρμόδια υπηρεσία της εκάστοτε περιφέρειας εφόσον το αγροτεμάχιο δεν εμπίπτει στις παρακάτω κατηγορίες:

- Οριοθετημένες περιοχές Natura ή παράκτιες ζώνες σε απόσταση μικρότερη των 100m από τον αιγιαλό.
- Περιοχές που γειτνιάζουν σε απόσταση μικρότερη των 150m από άλλο σταθμό της ίδιας τεχνολογίας για τον οποίο έχει εκδοθεί άδεια παραγωγής ή ΕΠΟ ή Προσφορά Σύνδεσης. (Σε ακτίνα 150m, το άθροισμα της ισχύος των Φ/Β πάρκων δεν θα πρέπει ξεπερνά τα 500kW.)

Ταυτόχρονα, για τις ανωτέρω περιπτώσεις που υπόκεινται σε απαλλαγή από Ε.Π.Ο., κατατίθενται σε διάφορες υπηρεσίες αιτήσεις γνωμοδοτήσεων στους αρμοδίους φορείς για την έκδοση 'Αδειας έγκρισης εργασιών μικρής κλίμακας από την πολεοδομία.

Παράλληλα με την έκδοση 'Αδειας έγκρισης εργασιών μικρής κλίμακας κατατίθεται αίτηση για την σύναψη Σύμβασης Σύνδεσης και τη σύναψη Σύμβασης Αγοραπωλησίας με τη Δ.Ε.Η. και τον Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε αντίστοιχα.

Για ΦΒ Πάρκα ισχύος 500kW έως και 1MW απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση πλέον των ανωτέρω γνωμοδοτήσεων, κατά την οποία πραγματοποιείται αρχικά Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) του ΦΒ σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία κατατίθεται την αρμόδια ΔΙΣΑ (Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης) της Οικείας Περιφέρειας. Ενώ στην συνέχεια κατατίθεται αίτηση έκδοσης Ε.Π.Ο. στην Διεύθυνση Περιβάλλοντος & Χωροταξίας της οικείας Περιφέρειας.

Για συστήματα με ισχύ έως 500 kWp τα βήματα που απαιτούνται είναι:

- η βεβαίωση απαλλαγής από Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) η οποία χορηγείται από την Περιφέρεια (από την υποχρέωση αυτή εξαιρούνται τα έργα εντός οργανωμένων υποδοχέων βιομηχανικών δραστηριοτήτων)
- η έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία
- η προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ και
- η υπογραφή της σύμβασης αγοραπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ

Για συστήματα με ισχύ 500 kWp έως 1.000 kWp (1 MWp) τα βήματα που απαιτούνται είναι:

- η Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) η οποία χορηγείται από την Περιφέρεια (από την υποχρέωση αυτή εξαιρούνται τα έργα εντός οργανωμένων υποδοχέων βιομηχανικών δραστηριοτήτων)
- η έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία,
- η προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ και
- η υπογραφή της σύμβασης αγοραπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ

Τέλος, για ΦΒ Πάρκα άνω του 1MW αρχικά κατατίθεται στην ΡΑΕ αίτηση για έκδοση 'Αδειας Παραγωγής. Στη συνέχεια απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση όπως αυτή περιγράφηκε παραπάνω για τα ΦΒ πάρκα 500kW-1MW, συλλογή των προαναφερθέντων γνωμοδοτήσεων και αίτηση Διατύπωσης όρων και κόστους Σύνδεσης στον Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. Κατόπιν συνάπτεται η Σύμβαση Σύνδεσης και η Σύμβαση Αγοραπωλησίας με τη Δ.Ε.Η. και τον Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. αντίστοιχα, αφού ληφθεί και η απαραίτητη Έγκριση εργασιών μικρής κλίμακας και η Οικοδομική 'Αδεια από την Πολεοδομία. Ακολούθως, μετά από σχετικό αίτημα στο Αρμόδιο Τμήμα της Περιφέρειας εκδίδεται η 'Αδεια Εγκατάστασης. Τέλος, μετά από δοκιμαστική περίοδο εκδίδεται η 'Αδεια Λειτουργίας του Φ/Β Πάρκου από το αρμόδιο τμήμα της οικείας Περιφέρειας.

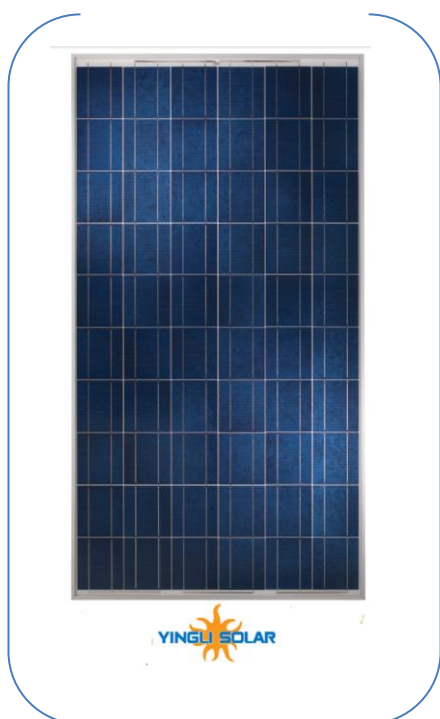
Για συστήματα με ισχύ μεγαλύτερη από 1 MWρ τα βήματα που απαιτούνται είναι:

- η έκδοση άδειας παραγωγής από τη ΡΑΕ
- στη συνέχεια άδειας εγκατάστασης από την Περιφέρεια (που προϋποθέτει και έγκριση ΕΠΟ όπου αυτή απαιτείται),
- η έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία,
- προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ,
- υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ
- και τελικά έκδοση άδειας λειτουργίας από την Περιφέρεια

1.7. Έκταση για την εγκατάσταση ενός ΦΒ Πάρκου

Απαιτούμενη επιφάνεια	Εγκατεστημένη Ισχύς	Μέση Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια
1.000τ.μ.	25kW	30.000kWh
3.500-4.000τ.μ.	100kW	120.000kWh
18.000-20.000τ.μ.	500kW	600.000kWh
35.000-38.000τ.μ.	1MW	1.200.000kWh
65.000-70.000τ.μ.	2MW	2.400.000kWh

2. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΦΒ ΠΛΑΙΣΙΩΝ



Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια πολυκρυσταλλικού πυριτίου και ονομαστικής ισχύος **225W_p**, και **235W_p** κατασκευάζονται από τον Κινέζικο οίκο **Yingli Solar**.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια **Yingli Solar** είναι σχεδιασμένα για διασυνδεδεμένα συστήματα και χαρακτηρίζονται για την υψηλή ποιότητα κατασκευής και την άριστη απόδοσή τους.

Κατασκευάζονται σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ISO 9001:2008, , BS OHSAS 18001:2007 είναι Κατηγορίας A σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14001:2004, ενώ συμφωνούν με τις προδιαγραφές Ηλεκτρικής Ασφάλειας Κατηγορίας II όπως έχει θεσπιστεί στο πρότυπο IEC61215, IEC 61730, MCS, CE, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007, SA 8000, PV Cycle.

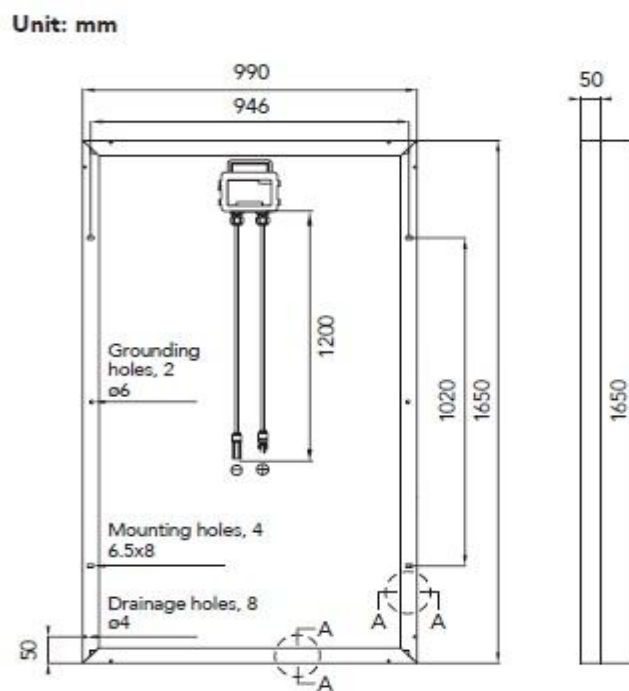
Οι συνθήκες STC (Standard Test Conditions) υπό τις οποίες τα φωτοβολταϊκά πλαίσια πιστοποιούνται είναι οι ακόλουθες:

Τυποποιημένες Συνθήκες Δοκιμής φωτοβολταϊκού στοιχείου (PV module Standard Test Conditions -STC)	
Ακτινοβολία (Irradiation)	1000 W/m ²
Φάσμα Ακτινοβολίας (Spectrum)	AM 1.5G (Air Mass 1.5 Spectrum)
Γωνία πρόσπτωσης (Angle of incidence)	0°
Θερμοκρασία στοιχείου (Cell temperature)	25°C

Το κουτί διακλάδωσης είναι τύπου *Solarlock Medium Junction Box (SMJB)* σειριακής σύνδεσης τεσσάρων επαφών, στο οποίο περιέχονται τέσσερις (4) *Δίοδοι Παράκαμψης* (By-pass diodes) οι οποίες συνδέονται παράλληλα σε τμήματα των σε σειρά συνδεδεμένων ΦΒ στοιχείων του πλαισίου για να αποφύγουμε την πιθανότητα καταστροφής των ΦΒ κυψελών και του κυκλώματος από ανάστροφα ρεύματα, εξαιτίας μερικής σκίασης των πλαισίων. Οι αντάπτορες από το κουτί διακλάδωσης είναι *IP65* και το καλώδιο είναι διατομής *4mm²* ενός μέτρου και είκοσι εκατοστών για κάθε πόλο (1,2m).



Εικόνα 2. Ηλεκτρολογικό Κουτί και αντάπτορες φωτοβολταϊκών πλαισίων (πηγή:Yingli Solar)



Σχεδιάγραμμα 1. Διαστάσεις φωτοβολταϊκού πλαισίου 225Wp και 235Wp (πηγή:Yingli Solar)

Ηλεκτρικές Προδιαγραφές Yingli Solar YL225-29b (225W_p)	
Ονομαστική Ισχύς – P_{MPP}	225 W _p
Ονομαστική Τάση - U_{MPP}	29,5 V
Ονομαστική Ένταση - I_{MPP}	7,63 A
Ένταση βραχυκυκλώσεως - I_{SC}	8,28 A
Τάση ανοικτού κυκλώματος - U_{OC}	36,5 V
Μέγιστη απόκλιση ισχύος	± 5%
Μέγιστη τάση συστήματος	1000 V
Θερμοκρασιακός συντελεστής μεταβολής ισχύος - P_N	-0,45%/K
Θερμοκρασιακός συντελεστής μεταβολής τάσης ανοικτού κυκλώματος – U_{OC}	-0,37%/K
Θερμοκρασιακός συντελεστής ρεύματος βραχυκυκλώσεως - I_{SC}	+0,06%/K
Πλήθος και τύπος ηλιακών κυψελών	60 πολυκρυσταλλικές κυψέλες,156mmX156mm
Απόδοση	13,8 %
Διαστάσεις panel (ΜxΠxΥ)	1650 x 990x 50 mm
Βάρος panel	19,5 kg
Εύρος θερμοκρασίας περιβάλλοντος	-40°...+85°C

Ηλεκτρικές Προδιαγραφές Yingli Solar YL235-29b (235W_p)	
Ονομαστική Ισχύς – P_{MPP}	235 W _p
Ονομαστική Τάση - U_{MPP}	29,5 V
Ονομαστική Ένταση - I_{MPP}	7,97 A
Ένταση βραχυκυκλώσεως - I_{SC}	8,54 A
Τάση ανοικτού κυκλώματος - U_{OC}	37 V
Μέγιστη απόκλιση ισχύος	± 5%
Μέγιστη τάση συστήματος	1000 V
Θερμοκρασιακός συντελεστής μεταβολής ισχύος - P_N	-0,45%/K
Θερμοκρασιακός συντελεστής μεταβολής τάσης ανοικτού κυκλώματος – U_{OC}	-0,37%/K
Θερμοκρασιακός συντελεστής ρεύματος βραχυκυκλώσεως I_{SC}	+0,06%/K
Πλήθος και τύπος ηλιακών κυψελών	60 πολυκρυσταλλικές κυψέλες,156mmX156mm

Απόδοση	14,4 %
Διαστάσεις panel (ΜxΠxΥ)	1650 x 990x 50 mm
Βάρος panel	19,5 kg
Εύρος θερμοκρασίας περιβάλλοντος	-40°...+85°C

Ένα χαρακτηριστικό μέγεθος των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι ο *Παράγων Πλήρωσης FF* (Fill Factor), ορίζεται ως ο λόγος της μέγιστης ισχύος εξόδου του ΦΒ στοιχείου P_{max} προς το γινόμενο της τάσης ανοικτού κυκλώματος V_{oc} επί το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} , υπό ιδανικές συνθήκες (STC) και δίνεται από τον τύπο:

$$FF_{225Wp} = \frac{P_{max}}{V_{oc} * I_{sc}} = \frac{225 Wp}{36,5 Wp * 8,28 A} = 0,744$$

$$FF_{235Wp} = \frac{P_{max}}{V_{oc} * I_{sc}} = \frac{235 Wp}{37 Wp * 8,54 A} = 0,743$$

Γενικά τιμές 0,7 έως 0,9 χαρακτηρίζουν ΦΒ πλαίσια με αποδεκτή έως και πολύ καλή ενεργειακή απόδοση.

2.1. Βελτίωση ενεργειακής απόδοσης



Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες ανομοιογένειας (*miss-match losses*), όπου η ανομοιογένεια των χαρακτηριστικών των χρησιμοποιούμενων ΦΒ πλαισίων επιφέρει σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στην απόδοση της ΦΒ συστοιχίας προκαλούμενη από εντοπισμένη κάλυψη ή σκίαση της επιφάνειας ενός ή περισσότερων ΦΒ πλαισίων, έχοντας ως αποτέλεσμα την μείωση απόδοσης όπου είναι ιδιαίτερα αισθητή. Τυπική τιμή του συντελεστή ανομοιογένειας συστοιχίας $\eta_{ανομ} = 0,98$. Τα δεδομένα του flash-report περνάνε σε ηλεκτρονική μορφή σε ειδικό λογισμικό, το οποίο «φορτώνεται» σε κατάλληλο φορητό τερματικό. Μέσω του τρόπου αυτού γίνεται ομαδοποίηση στους κλάδους των ΦΒ πλαισίων βάσει της πραγματικής ισχύος του καθενός και με την παράδοση των ΦΒ πάνελ στον τόπο του έργου, το φορητό τερματικό ταυτοποιεί τον σειριακό αριθμό του κάθε πάνελ και το κατηγοριοποιεί για ομαδοποίηση κατά κλάδους (string), γρήγορα και πάνω απ' όλα με απόλυτη αξιοπιστία. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται *βελτίωση της*

ενεργειακής απόδοσης κατά 1-2,5%, ανάλογα με τον τύπο του πάνελ που θα χρησιμοποιηθεί. Όλα τα φωτοβολταϊκά πλαίσια συνοδεύονται από τα Flash Report στα οποία αναγράφονται όλα τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους όπως ισχύς, ένταση ρεύματος, τάση κτλ.

3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ (INVERTER)

Ο αντιστροφέας τάσεως (*inverter*) είναι της γερμανικής εταιρείας SMA, τύπου *Sunny Tripower STP 17000 TL-10*, εξοπλισμένος με τον ενσωματωμένο διακόπτη απομόνωσης φορτίου *DC Electronic Solar Switch (ESS)*.

Ο τριφασικός αντιστροφέας *Sunny Tripower* ενδείκνυται για τη διαστασιολόγηση με κάθε τύπο ΦΒ πλαισίου χάρη στη νέα τεχνολογία *Optiflex* με δύο εισόδους ανίχνευσης σημείου μέγιστης ισχύος (MPP) και με μεγάλο εύρος τιμών τάσης εισόδου. Επιπλέον εξασφαλίζει μέγιστη ευελιξία στο σχεδιασμό της εγκατάστασης έως και εγκαταστάσεις κλίμακας Megawatt.



Ο *Sunny Tripower* φέρει όλες τις απαιτήσεις για την παροχή άεργου ισχύος, τη διαχείριση τροφοδοσίας και την υποστήριξη δικτύου συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο αξιόπιστα στη διαχείριση του δικτύου. Το ολοκληρωμένο σύστημα ασφάλειας *Optiprotect* με εντοπισμό βλάβης κλάδων, ηλεκτρονική ασφάλεια των κλάδων και ενσωματωμένο απαγωγό υπέρτασης DC Τύπου II, εξασφαλίζουν την υψηλή διαθεσιμότητα του αντιστροφέα.

Είναι ανθεκτικής κατασκευής, στεγανού τύπου (*IP 65*) και η χρήση του είναι κατάλληλη για εξωτερικούς χώρους με εύρος θερμοκρασιών από -25°C έως $+60^{\circ}\text{C}$. Χαρακτηρίζεται από υψηλή απόδοση, η οποία ανέρχεται στο 98.1%.

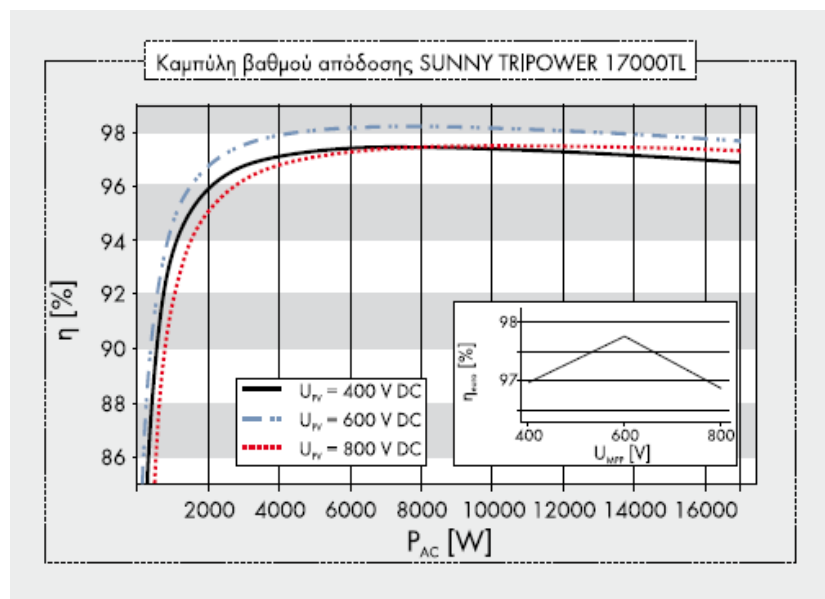
Οι αντιστροφείς τάσεως DC/AC έχουν τη δυνατότητα να εξυπηρετούν πέντε (5) κλάδους (strings) ΦΒ πλαισίων στην είσοδο Α Σημείου Μέγιστης Ισχύος (MPP) και ενός (1) κλάδου (string) ΦΒ πλαισίων στην είσοδο Β Σημείου Μέγιστης Ισχύος (MPP). Είναι ισχύος 17000 Watt (μέγιστη AC ισχύς) και εναρμονισμένοι με τα πρότυπα διασύνδεσης του Δικτύου της ΔΕΗ.

Ο αντιστροφέας STP 17000 TL-10 διαθέτει όλα τα απαραίτητα πιστοποιητικά για την αποφυγή του φαινομένου της νησιδοποίησης, σύμφωνα με το πρότυπο DIN VDE 0126-1-1, που απαιτείται από τη ΔΕΗ.

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ SMA STP 17000TL-10	
ΕΙΣΟΔΟΣ	
Μέγιστη DC Ισχύς Εισόδου – $P_{DC,max}$	17410 W
Μέγιστη Τάση Dc	1000V
Εύρος ΦΒ Τάσης MPPT – U_{PV}	400-800 V
Ελάχιστη τάση DC / Τάση εκκίνησης	600 V
Μέγιστο ρεύμα εισόδου / ανά στοιχειοσειρά	A: 33 A, B: 11 A / 33 A
Κυμάτωση Τάσης - U_{PP}	<10%
Μέγιστο πλήθος παράλληλων συστοιχιών (PV-strings)	5+1
ΕΞΟΔΟΣ	
Ονομαστική Ισχύς Εξόδου (AC)– $P_{AC,nom}$	17000 W

Μέγιστη Ισχύς Εξόδου (AC) – $P_{AC,max}$	11000 W
Μέγιστο Ρεύμα Εξόδου – $I_{AC,max}$	24,6A
Ονομαστική AC Τάση Εξόδου – $U_{AC,nom}$	3 / N / PE, 230 V / 400 V
Ονομαστική AC Συχνότητα Εξόδου – $f_{AC,nom}$	50, 60 Hz, –6 Hz, +5 Hz
ΛΟΙΠΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Μέγιστη απόδοση	98,1%
Ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης	97,7%
ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
Διαστάσεις (ΠxΥxΒ)	665 x 690 x 265 mm
Βάρος	65 kg
Εύρος θερμοκρασίας περιβάλλοντος	-25°...+60°C
Περίβλημα με πιστοποίηση κατά DIN EN 60529	IP-65 / IP-54
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	
ΣΥΝΔΕΣΗ DC	SMA SunClix
ΔΙΕΠΑΦΗ	RS485

Η καμπύλη του βαθμού απόδοσης για τον μετατροπέα SMA STP 17000TL φαίνεται στην διάγραμμα 1 για διαφορετικές τάσεις λειτουργίας των κλάδων.



Διάγραμμα 1. Καμπύλη Βαθμού απόδοσης του μετατροπέα SMA STP 17000TL-10 (πηγή:Sma)

Το σημείο μέγιστης ισχύος των ΦΒ πλαισίων μεταβάλλεται ανάλογα με την ακτινοβολία και την θερμοκρασία. Για αυτό τον λόγο οι περισσότεροι μετατροπείς ισχύος έχουν ενσωματωμένο έναν μηχανισμό ανίχνευσης του μέγιστου σημείου λειτουργίας ο οποίος λειτουργεί δυναμικά, ανιχνεύοντας συνεχώς το σημείο που τα φωτοβολταϊκά πλαίσια επιτυγχάνουν την μέγιστη απόδοσή τους.

Οι αντιστροφείς της *SMA Sunny Tripower* χρησιμοποιούν έναν ευφυή μηχανισμό ανίχνευσης του σημείου μέγιστης ισχύος, που εξασφαλίζει ότι τα φωτοβολταϊκά πλαίσια λειτουργούν πάντοτε στο σημείο μέγιστης ισχύος τους με την ονομασία *OptiTrac Global Peak*. Κατά την διαδικασία αυτή η εσωτερική αντίσταση του μετατροπέα μεταβάλλεται ελάχιστα κατά ορισμένα χρονικά

διαστήματα και έτσι ταυτόχρονα αλλάζει τόσο η τάση όσο και το ρεύμα της φωτοβολταϊκής συστοιχίας.

Αν η νέα τιμή της αντίστασης αντιστοιχεί σε τιμές τάσης και ρεύματος που οδηγούν σε μεγαλύτερη ισχύ, τότε ο μετατροπέας διατηρεί τις νέες τιμές ρεύματος και τάσης. Αν όμως οδηγεί σε χαμηλότερη ισχύ, ο μετατροπέας συνεχίζει και λειτουργεί με τις πραγματικές τιμές μέχρι το επόμενο χρονικό διάστημα.

Οι αντιστροφείς της SMA Sunny Tripower με την χρήση του OptiTracGlobal Peak έχουν το πλεονέκτημα τόσο της υψηλής απόδοσης μετατροπής όσο και της υψηλής απόδοσης ανίχνευσης. Με τον μηχανισμό αυτό η “αντίδραση” του μετατροπέα είναι ιδιαίτερα ακριβής σε αλλαγές της ακτινοβολίας, ενώ έχουν μεγάλο εύρος τάσεων για την ανίχνευση του σημείου μέγιστης ισχύος.

Ο αντιστροφέας διαθέτει συστήματα μέτρησης που εξασφαλίζουν τον σωστό υπολογισμό του σημείου λειτουργίας με την μέγιστη απόδοση. Τα συστήματα ανίχνευσης του μετατροπέα ανιχνεύουν με ακρίβεια τις αλλαγές σε χαρακτηριστικά μεγέθη όπως το δίκτυο του ρεύματος και η φωτοβολταϊκή τάση. Τα κανάλια μέτρησης ενός μετατροπέα μπορεί να παρουσιάζουν ανοχές έως και $\pm 4\%$ για μετρήσεις τιμών DC και έως $\pm 3\%$ για μετρήσεις τιμών AC (ως προς την σχετική τελική τιμή της περιοχής μέτρησης και σε ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας).

Η SMA χρησιμοποιεί στους αντιστροφείς της την πατενταρισμένη τοπολογία κυκλώματος H5, η οποία είναι μια εντελώς νέα σύνδεση της γέφυρας των μετατροπέων, που περιορίζει τις απώλειες μετατροπής. Με αυτόν τον τρόπο διοχετεύεται περισσότερο ρεύμα στο δίκτυο και εξασφαλίζεται η υψηλότερη απόδοση του φωτοβολταϊκού σταθμού.

4. ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Για τον *ορθό ενεργειακά σχεδιασμό* του ΦΒ σταθμού θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά ο παράγοντας "σκίαση". Η μέγιστη επίδραση σκίασης συμβαίνει στο Χειμερινό Ηλιοστάσιο (χαμηλή τροχιά ηλίου), λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι σε ένα ΦΒ πλαίσιο τόσο τα ΦΒ στοιχεία (ή μέρος αυτών) όσο και τα ΦΒ πλαίσια ενός κλάδου συνδέονται μεταξύ τους εν σειρά, γίνεται κατανοητό ότι και ακόμα ο σκιασμός ενός μέρους του κλάδου μπορεί να προκαλέσει σημαντική μείωση της παραγόμενης ισχύος συγκριτικά με την αναμενόμενη τιμή αυτής.

Το συνολικό ρεύμα ενός κλάδου ΦΒ πλαισίων, καθορίζεται από το μειωμένο ρεύμα του σκιασμένου τμήματος του ΦΒ κλάδου. Σε περίπτωση που ο σκιασμός περιορίσει την τάση του (των) σκιασμένου (ων) πλαισίου (ων) αρκετά χαμηλά ώστε να εισέλθει σε αγωγή η *δίοδος παράκαμψης* (Bypass diode), το πλαίσιο αυτό εξαιρείται της παραγωγής.

Οι μόνιμοι και επαναλαμβανόμενοι τοπικοί σκιασμοί σε ώρες υψηλής ακτινοβολίας μιας ΦΒ κυψέλης ενός ΦΒ πλαισίου μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή του στοιχείου αυτού και κατά συνέπεια στην αχρήστευση όλου του ΦΒ πλαισίου. Συνεπώς είναι σημαντικό να αποφεύγονται οι σκιασμοί, έστω και από αντικείμενα μικρού όγκου όπως κολώνες, ηλεκτρικά καλώδια, δένδρα, παρακείμενα κτίρια κλπ.

Η επιλογή της θέσης θα πρέπει να γίνεται με γνώμονα την εξασφάλιση της μη σκίασης σε όλη τη διάρκεια του έτος και ειδικά τις ώρες υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας.

Η σωστή σχεδίαση ενός ΦΒ σταθμού και η άρτια εγκατάσταση του επιβάλλονται ώστε να διασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας, τόσο από άποψη ασφάλειας όσο και από άποψη ενεργειακής αποδοτικότητας.

Ένας άλλος παράγοντας που θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν είναι η "θερμοκρασία περιβάλλοντος χώρου", τόσο για την ορθή επιλογή της μόνωσης των αγωγών όσο και για την κατάλληλη επιλογή της διατομής τους (επιλογή σωστού διορθωτικού συντελεστή αύξησης διατομής).

Υπάρχει ακόμα ο παράγοντας "θερμοκρασία κυψέλης", η οποία αυξάνεται κατά το φωτισμό της, εξαιτίας της μετατροπής μέρους της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμική ενέργεια (αύξηση της εσωτερικής ενέργειας του υλικού).

Όταν το ΦΒ πλαίσιο μέσα στο οποίο βρίσκεται ενσωματωμένο το ΦΒ στοιχείο χρησιμοποιείτε σε εγκαταστάσεις στην ύπαιθρο, η διαφορά θερμοκρασιών δίνεται από το τύπο:

$$\Delta\theta = \theta_c - \theta_a$$

Όπου: θ_c : η θερμοκρασία λειτουργίας της κυψέλης και θ_a : η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα αυξάνει σχεδόν γραμμικά ως συνάρτηση της πυκνότητας της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας. Συνακόλουθα μεταβάλλεται και το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} και η τάση ανοιχτού κυκλώματος V_{oc} του ΦΒ πλαισίου. Γενικά παρατηρείται μια σχεδόν σταθερή ποσοστιαία αύξηση του I_{sc} στο διάστημα από -10C έως 60C της θερμοκρασίας ΦΒ κυψέλης. Αντίθετα η τάση ανοιχτού κυκλώματος V_{oc} μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας κυψέλης, με ποσοστιαία ελάττωση της ανά βαθμό θερμοκρασίας.

Για την αρτιότερη χωροθέτηση διαδοχικών ΦΒ συστοιχιών θα εξεταστεί η σκίαση μιας ΦΒ συστοιχίας από την αμέσως νοτιότερης της. Το αποτέλεσμα εξαρτάται από τον λόγο:

$$r = \frac{d}{h}$$

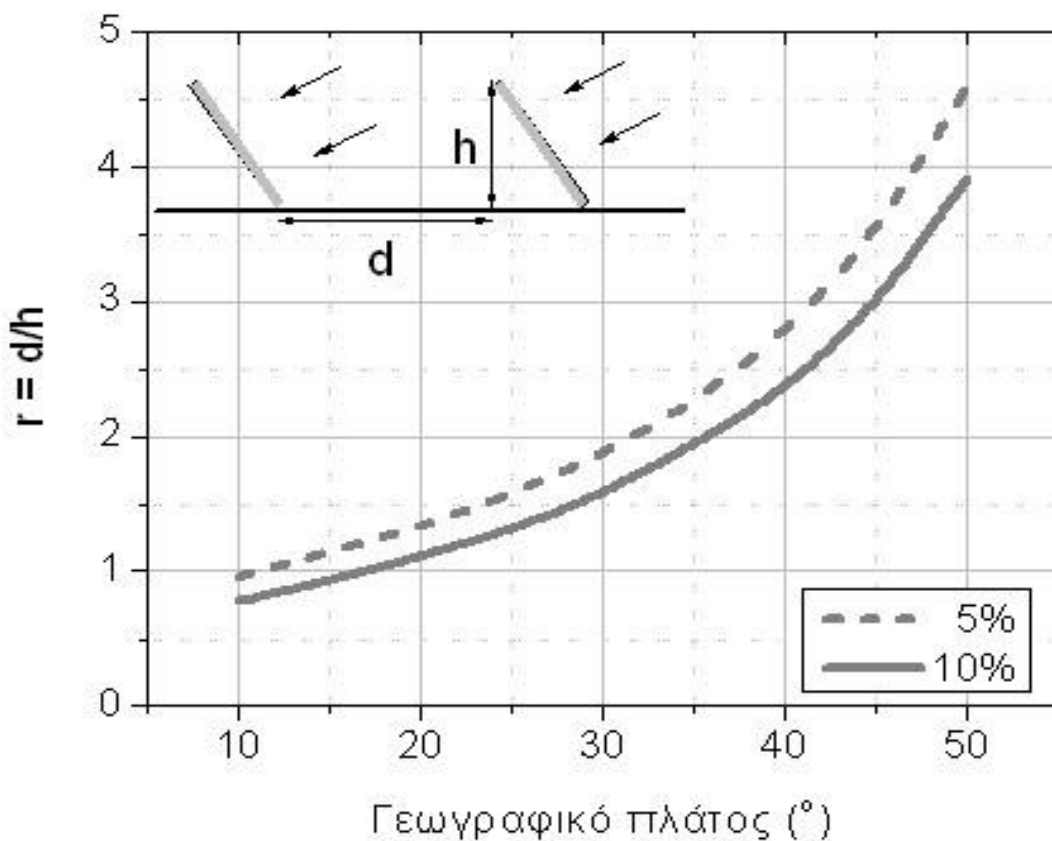
Όπου d : η απόσταση μεταξύ συστοιχιών και h : το ύψος της συστοιχίας.

Η τοποθέτηση των διαδοχικών συστοιχιών σε απόσταση τη μία από την άλλη, ίση με το μήκος της μακρύτερης μεσημεριανής σκιάς μέσα στο έτος δεν είναι ενδεδειγμένη, είναι ενεργειακά ασύμφορη. Γενικά η βορεινή συστοιχία σκιάζεται για κάποιο χρονικό διάστημα μετά την ανατολή και αντίστοιχα πριν τη δύση, από την αμέσως νοτιότερη της. Το ποσοστό της μείωσης

της ημερήσιας ενεργειακής απολαβής της ηλιακής ακτινοβολίας ή της αποδιδόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ημερησίως θα πρέπει να μην ξεπερνά μία δεδομένη τιμή. Με προσεκτικό σχεδιασμό και χωροθέτηση των ΦΒ συστοιχιών μπορούμε να βελτιστοποιήσουμε την ημερήσια ενεργειακή απολαβή για όλο το έτος.

Κατά τη σχεδίαση του ΦΒ σταθμού απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη συνεργασία μεταξύ της ΦΒ συστοιχίας και του αντιστροφέα. Ο αντιστροφέας απαιτεί στην είσοδο του ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών για την τάση λειτουργίας, έχοντας ένα ανώτατο όριο τάσης εισόδου. Το ανώτατο όριο δεν θα πρέπει να υπερβεί για να μην υπάρξει κίνδυνος καταστροφής του μετατροπέα. Οι στοιχειοσειρές υπολογίζονται ώστε να μην υπερβαίνουν τα όρια, σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας.

Για να είναι εφικτή η *μεγιστοποίηση της ενεργειακής παραγωγικότητας* των ΦΒ πλαισίων, θα πρέπει να επιτυγχάνεται η βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Η επίτευξη αυτού του στόχου έγκειται στη σωστή επιλογή της κλίσης ($\beta_{\text{βελτ.}}$) και της αζιμούθιας γωνίας του πλαισίου (ΑΣ). Η κλίση του ΦΒ πλαισίου εκφράζεται με τη γωνία (β) που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο της επιφάνειας του ΦΒ πλαισίου και το οριζόντιο επίπεδο.



Διάγραμμα 2. Γραφική παράσταση του λόγου r σε συνάρτηση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου (πηγή:ΦΒ Συστήματα, Ι.Φραγκιαδάκης).

Καθώς και για τον υπολογισμό της απόστασης μεταξύ των ΦΒ συστοιχιών (τραπέζια) θα χρησιμοποιήσουμε τον ακόλουθο τύπο:

$$\frac{S_{oε}}{b} = r * \sin \beta + \cos \beta \quad \text{ή} \quad S_{oε} = r * h + b * \cos \beta$$

Όπου: d : η απόσταση μεταξύ των ΦΒ συστοιχιών, β : η γωνία κλίσης της ΦΒ συστοιχίας

b : το πλάτος της ΦΒ συστοιχίας, h : το ύψος της ΦΒ συστοιχίας

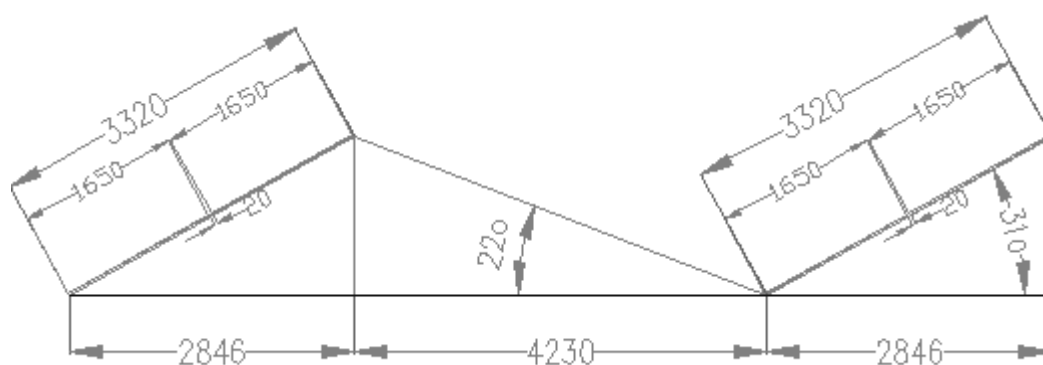
4.1. Μελέτη ΦΒ συστήματος ισχύος 99,9 kWp

Για το υπό μελέτη έργο έχουμε Γεωγραφικό Πλάτος $38^{\circ} 39' 22''$ και Γεωγραφικό Μήκος $23^{\circ} 3' 47''$. Οπότε $\varphi=38^{\circ}$ σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο για την εύρεση της βέλτιστης γωνίας κλίσης, έχουμε:

$$\beta_{\beta\epsilon\lambda} = 0,764 * \varphi + 2,14^{\circ}$$

$$\beta_{\beta\epsilon\lambda} = 31^{\circ}$$

Άρα για $\theta_{\beta\epsilon\lambda}=31^{\circ}$ έχουμε $r=2,46$ σύμφωνα με τους παραπάνω τύπους και το διάγραμμα 2.



Σχεδιάγραμμα 2. Γωνία βέλτιστης κλίσης Φβ συστοιχίας και απόστασης διαδοχικών Φβ συστοιχιών.

Η ονομαστική εγκατεστημένη ισχύς (P_p) προσδιορίζεται στις συνθήκες STC.

Για το ΦΒ σταθμό θεωρήθηκε δεδομένη η επιλογή μετατροπέα της εταιρείας SMA, Sunny Tripower 17000TL-10 καθώς και ΦΒ πλαίσια πολυκρυσταλλικού πυριτίου (mc-Si, Multicrystalline Silicon) της εταιρείας Yingli Solar YL225P-29b.

Η σύνδεση των ΦΒ πλαισίων της συστοιχίας θα πραγματοποιηθεί σε σειρά καθώς αυτός ο τρόπος σύνδεσης χαρακτηρίζεται από το μικρότερο δυνατό μέγιστο ρεύμα συστοιχίας. Οπότε και οι απώλειες στη γραμμή μεταφοράς ελαχιστοποιούνται.

Για την διαστασιολόγηση του φωτοβολταϊκού σταθμού χρησιμοποιήθηκε το υπολογιστικό πρόγραμμα της εταιρείας SMA Sunny Design v1.87 και PVSyst το οποίο έχει ενσωματωμένες βάσεις δεδομένων για τα μετεωρολογικά δεδομένα, τα εμπορικά φωτοβολταϊκά πλαίσια καθώς και όλους τους μετατροπείς του καταλόγου της.

Για τον καθορισμό της τάσης εξόδου των φωτοβολταϊκών στοιχείων θεωρήθηκε ότι η ελάχιστη θερμοκρασία του στοιχείου είναι -10°C και η μέγιστη 60°C . Η μέγιστη τάση εισόδου του αντιστροφέα επιλέγεται ώστε να είναι συμβατή με την τάση ανοικτού κυκλώματος της διάταξης των φωτοβολταϊκών στοιχείων στους -10°C για την αποφυγή υπερτάσεων και καταστροφής του μετατροπέα.

Το εύρος τάσεων Σημείου Μέγιστης Ισχύος (M_{pp}) του μετατροπέα είναι 400V-800V συνεχής τάση (Vdc) και η μέγιστη τάση συνεχούς τάσης (DC) είναι 1000V, η ελάχιστη τάση συνεχούς (DC) (τάση εκκίνησης) είναι 600V (DC). Το μέγιστο ρεύμα της A εισόδου ΣΜΙ είναι 33 A και Β εισόδου ΣΜΙ είναι 11 A.

Το μέγιστο ρεύμα των κλάδων (string) παράλληλα στην είσοδο του μετατροπέα δεν πρέπει να υπερβαίνει το μέγιστο επιτρεπόμενο. Για το μεγαλύτερο δυνατό εύρος θερμοκρασιών ο αριθμός των ΦΒ πλαισίων της συστοιχίας επιλέγεται ώστε η τάση του κλάδου να ανήκει στο εύρος τιμών των τάσεων για την ανίχνευση του σημείου μέγιστης ισχύος (MPP).

Για το υπό μελέτη έργο και για όριο ισχύος 100kWp, απαιτούνται έξι (6) μετατροπείς 9kWp με συνολικό αριθμό ΦΒ πλαισίων 444 τεμαχίων με συνολική ονομαστική ισχύ 99,9kWp.

Λόγω της ιδιαιτερότητας του μετατροπέα, θα χρησιμοποιήσουμε και τις δύο (2) εισόδους ανίχνευσης Σημείου Μέγιστης Ισχύος (MPP). Για τον υπολογισμό της στοιχειοσειράς (ων) που θα χρησιμοποιήσουμε σε κάθε μετατροπέα, χρησιμοποιούμε τον ακόλουθο τύπο:

$$N_{\sigma} \leq \frac{V_{max}}{V_{oc}}$$

Όπου: **Vmax**: η τιμή της μέγιστης τάσης εισόδου του μετατροπέα και **Voc**: η τάση ανοιχτού κυκλώματος του ΦΒ πλαισίου για θερμοκρασίες -10°C , 60°C (η ελάχιστη δυσμενέστερη θερμοκρασία και η μέγιστη δυσμενέστερη θερμοκρασία).

Η τάση ανοιχτού κυκλώματος για διάφορες θερμοκρασίες υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$V_{oc} = V_{oc, stc} * (1 + \beta_{Voc} * (\theta_c - \theta_{stc}))$$

Όπου: **Voc, stc**: η τάση ανοιχτού κυκλώματος σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας (από τον κατασκευαστή του ΦΒ πλαισίου), **β_{Voc}** : ο θερμοκρασιακός συντελεστής μεταβολής τάσης ανοιχτού κυκλώματος ΦΒ πλαισίου, **θ_c** : η επιθυμητή θερμοκρασία, **θ_{stc}** : η ονομαστική θερμοκρασία 25°C

Στην ακόλουθη μελέτη εξετάζουμε 2 σενάρια, ένα για θερμοκρασία κυψέλης -10°C και ένα για θερμοκρασία κυψέλης 60°C .

• Θερμοκρασία -10°C

Η τάση ανοιχτού κυκλώματος για θερμοκρασία κυψέλης -10°C , $V_{oc}(-10^{\circ}\text{C})$ θα υπολογιστεί από τον παρακάτω τύπο:

$$V_{oc} = V_{oc, stc} * (1 + \beta_{Voc} * (\theta_c - \theta_{stc}))$$

με γνωστά τα στοιχεία **Voc, stc** = 36,5 Volt, **β_{Voc}** = $-0,37\%/^{\circ}\text{C}$, **θ_c** = -10°C και **θ_{stc}** = 25°C .

Από τους υπολογισμούς βρήκαμε **Voc=41,22V**, οπότε χρησιμοποιώντας τον τύπο για τον υπολογισμό του συνολικού αριθμού των ΦΒ πλαισίων σε σειρά, έχουμε:

$$N_{\sigma} \leq \frac{V_{max}}{V_{oc}}$$

για **Vmax** = 800V και **Voc**=41,22V έχουμε **$N_{\sigma} \leq 19,4$** ΦΒ πλαίσια.

• Θερμοκρασία 60°C

Η τάση ανοιχτού κυκλώματος για θερμοκρασία κυψέλης 60°C , $V_{oc}(60^{\circ}\text{C})$ θα υπολογιστεί από τον παρακάτω τύπο:

$$V_{oc} = V_{oc, stc} * (1 + \beta_{Voc} * (\theta_c - \theta_{stc}))$$

με γνωστά τα στοιχεία **Voc, stc**=36,5V, **β_{Voc}** = $-0,37\%/^{\circ}\text{C}$, **θ_c** = 60°C και **θ_{stc}** = 25°C .

Από τους υπολογισμούς βρήκαμε **Voc=31,77V**, οπότε χρησιμοποιώντας τον τύπο για τον υπολογισμό του συνολικού αριθμού των ΦΒ πλαισίων σε σειρά, έχουμε:

$$N_{\sigma} \leq \frac{V_{max}}{V_{oc}}$$

για **Vmax**=800V και **Voc**=31,77V έχουμε **$N_{\sigma} \leq 25$** ΦΒ πλαίσια.

Βάση των παραπάνω σεναρίων θα επιλέξουμε το μικρότερο αριθμό ΦΒ πλαισίων, οπότε επιλέγουμε 19 ΦΒ πλαίσια ανά κλάδο. Για την επιλογή του αριθμού ΦΒ πλαισίων σε κάθε

είσοδο (ΣΜΙ) του μετατροπέα θα κάνουμε τους παρακάτω υπολογισμούς , μη ξεχνώντας ότι ο συνολικός αριθμός μετατροπέων είναι έξι (6) και ο συνολικός αριθμός ΦΒ πλαισίων είναι τετρακόσια σαράντα τέσσερα (444).

4.1.1. Αντιστροφές-Α είσοδος

Ο αριθμός φωτοβολταϊκών πλαισίων σε σειρά είναι δεκαεννέα (19), η τάση της συστοιχίας στους -10°C είναι $783,18\text{V}$ τιμή εντός των επιτρεπτών ορίων (800V), το μέγιστο ρεύμα συνεχούς (DC) στην είσοδο M_{pp} είναι 33 A , όποτε για $I_{sc}=8,28\text{ A}$ κάθε ΦΒ πλαισίου θα υπολογιστεί από τον τύπο:

$$N_{\pi} * I_{sc} \leq 33\text{ A}$$

Κάνοντας τους απαραίτητους υπολογισμούς , βρήκαμε ότι $N_{\pi} \leq 3,9$ και επιλέγουμε τρεις (3) παράλληλους κλάδους σε κάθε μετατροπέα. Άρα 6 μετατροπείς X 3 κλάδους X 19 ΦΒ πλαίσια = 342 ΦΒ πλαίσια (ισχύος 76,95kWp) , το υπόλοιπο από τα 444 (ισχύος 99,9kWp) είναι 102 ΦΒ πλαίσια (ισχύος 22,95kWp).

4.1.2. Αντιστροφές-Β είσοδος

Ο αριθμός φωτοβολταϊκών πλαισίων σε σειρά είναι δεκαεννέα (19). Η τάση της συστοιχίας στους -10°C είναι $783,18\text{V}$ τιμή εντός των επιτρεπτών ορίων (800V). Το μέγιστο ρεύμα συνεχούς (DC) στην είσοδο B_{Mpp} είναι 11 A , όποτε για $I_{sc}=8,28\text{ A}$ κάθε ΦΒ πλαισίου θα υπολογιστεί από τον τύπο:

$$N_{\pi} * I_{sc} \leq 11\text{ A}$$

Κάνοντας τους απαραίτητους υπολογισμούς , βρήκαμε ότι $N_{\pi} \leq 1,3$ και επιλέγουμε 1 κλάδο σε κάθε μετατροπέα. Άρα 6 μετατροπείς X 1 κλάδο X 19 ΦΒ πλαίσια = 114 ΦΒ πλαίσια (ισχύος 26,25kWp) το οποίο είναι διαφορετικό (22,95kWp) από τον προηγούμενο υπολογισμό.

Οπότε θα πρέπει να υπολογίσουμε τον αριθμό των εν σειρά πλαισίων εκ νέου με νέο περιορισμό το συνολικό αριθμό των ΦΒ πλαισίων , τα οποία είναι 102 ΦΒ πλαίσια.

6 μετατροπείς X 1 κλάδο X N ΦΒ πλαίσια=102 ΦΒ πλαίσια, άρα $N=17\text{ ΦΒ πλαίσια ανά κλάδο}$.

Τα 17 ΦΒ πλαίσια έχουν $V_{oc}(-10^{\circ}\text{C})=700,74\text{V} < 800\text{V}$ τιμή αποδεκτή!

Τελικά έχουμε σύνολο 444 ΦΒ πλαίσια (99,9kWp) διανεμημένα σε 6 αντιστροφείς με την ακόλουθη τοπολογία:

3 κλάδοι X 19 ΦΒ πλαίσια + 1 κλάδο X 17 ΦΒ πλαίσια ανά μετατροπέα

The screenshot displays the SMA Sunny Design software interface. At the top, there are three main steps: 1. Εγκατάσταση (Installation), 2. Μετατροπέας (Inverter), and 3. Αποτέλεσμα (Result). The current step is 'Μετατροπέας', which is further divided into 'Multi-String' and 'Καλωδίωση' (Wiring). The selected inverter is the Sunny Tripower STP 17000TL-10. Below the inverter image, its specifications are listed: Sunny Tripower STP 17000TL-10, Μέγ. ισχύς DC (cos φ=1): 17,41 kW, Μέγ. ισχύς AC: 17,00 kVA. The 'Παραμετροποίηση συστήματος' (System Parameterization) section shows: Μέγιστη ισχύς Φ/Β γεννήτριας: 99,90 kW, Επάρφεια Φ/Β γεννήτριας: 736,8 m², Αριθμός μετατροπέων: 6, Μέγ. ισχύς DC (cos φ=1): 104,46 kW, Συντελεστής μετατόπισης (cos φ): 1,00, and Τάση δικτύου (δηλ. τάση στο σημείο τροφοδοσίας): 240 V. The 'Κατάλογος Φ/Β' (PV Catalog) section shows a table of PV system parameters for a 444-module system with a 105% nameplate power ratio. The table includes values for DC power, AC power, voltages at different temperatures, and currents. A note at the bottom of the table states: 'Για τη βέλτιστη λειτουργία της πολλαπλής στοιχειοσειράς πρέπει να επιλέξετε το μέγιστο δυνατό αριθμό μονάδων ανά στοιχειοσειρά!' (For the best operation of the multi-string, you must select the maximum possible number of modules per string!).

Εικόνα 3. Διαστασιολόγηση με το Sunny Design v.1.87 (YL225P-29b, STP 17000TL)(πηγή:SMA Sunny Design)

Ο λόγος της ονομαστικής ισχύος ή το ποσοστό επί της εκατό της μέγιστης ισχύος DC του μετατροπέα ως προς την ονομαστική ισχύ της ΦΒ γεννήτριας δίνεται από τον τύπο:

$$\frac{P_{max\ inv}}{P_{max\ pv}} = 1,05\%$$

Η μέγιστη ονομαστική ισχύς των αντιστροφών είναι:

$$P_{max\ inv} = 17,41\ kW * 6\ inv = 104,46\ kW$$

Η μέγιστη ονομαστική ισχύς του ΦΒ συστήματος είναι:

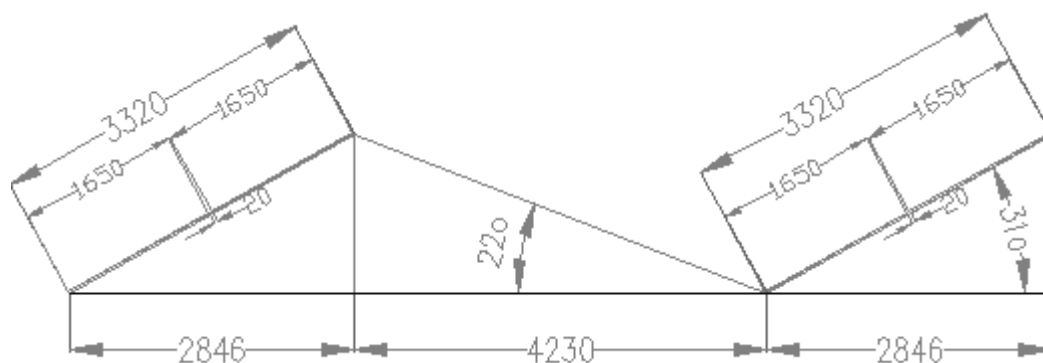
$$P_{max\ pv} = (3 * 19 + 1 * 17) * 6\ inv * 225Wp = 99,9kWp$$

4.2. Μελέτη ΦΒ συστήματος ισχύος 765,63 kWp

Για το δεύτερο υπό μελέτη έργο έχουμε Γεωγραφικό Πλάτος 38,979 N και Γεωγραφικό Μήκος 20,733 E. Οπότε $\varphi=39^0$ και σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο για την εύρεση της βέλτιστης γωνίας κλίσης, έχουμε:

$$\beta_{\beta\epsilon\lambda} = 0,764 * \varphi + 2,14^0$$

$$\beta_{\beta\epsilon\lambda} = 31^0$$



Σχεδιάγραμμα 3. Γωνία βέλτιστης κλίσης Φβ συστοιχίας και απόστασης διαδοχικών Φβ συστοιχιών.

Για το ΦΒ σταθμό θεωρήθηκε δεδομένη η επιλογή μετατροπέα της εταιρείας SMA, Sunny Tripower 17000TL-10 καθώς και ΦΒ πλαίσια πολυκρυσταλλικού πυριτίου (mc-Si, Multicrystalline Silicon) της εταιρείας Yingli Solar YL235P-29b.

Το σύστημα μας είναι ονομαστικής ισχύος 765,63 kWp αυτό μας υποδεικνύει τον συνολικό αριθμό ΦΒ πλαισίων που θα χρησιμοποιηθούν, $N=3258$ ΦΒ πλαίσια Yingli Solar 235Wp-29b.

Συνολικά θα χρησιμοποιήσουμε 45 μετατροπείς SMA STP 17000TL-10, με την ακόλουθη τοπολογία:

$$\begin{aligned} 27STP\ 17000TL-10 &= 3\ \text{κλάδους} \times 18\ \text{ΦΒ}\ \text{πλαίσια} + 1\ \text{κλάδο} \times 18\ \text{ΦΒ}\ \text{πλαίσια} \\ 18\ STP\ 17000TL-10 &= 3\ \text{κλάδους} \times 18\ \text{ΦΒ}\ \text{πλαίσια} + 1\ \text{κλάδο} \times 19\ \text{ΦΒ}\ \text{πλαίσια} \end{aligned}$$

- **Θερμοκρασία -10°C**

$$V_{oc} = V_{oc, stc} * (1 + \beta_{V_{oc}} * (\theta_c - \theta_{stc}))$$

με γνωστά τα στοιχεία $V_{oc, stc}=37V$, $\beta_{V_{oc}}=-0,37\%/K$, $\theta_c=-10^{\circ}C$ και $\theta_{stc}=25^{\circ}C$.

Από τους υπολογισμούς βρήκαμε $V_{oc}=41,8V$, οπότε χρησιμοποιώντας τον τύπο για τον υπολογισμό του συνολικού αριθμού των ΦΒ πλαισίων σε σειρά, έχουμε:

$$N_{\sigma} \leq \frac{V_{max}}{V_{oc}}$$

για $V_{max}=800V$ και $V_{oc}=41,8V$ έχουμε $N_{\sigma} \leq 19,1$ ΦΒ πλαίσια.

Ο αριθμός φωτοβολταϊκών πλαισίων σε σειρά είναι δεκαεννέα (19). Η τάση της συστοιχίας στους $-10^{\circ}C$ είναι $V_{oc}=794,2V$ τιμή εντός των επιτρεπτών ορίων (800V). Το μέγιστο ρεύμα συνεχούς (DC) στην είσοδο A Mpp είναι 33 A, οπότε για $I_{sc}=8,54 A$ κάθε ΦΒ πλαισίου θα υπολογιστεί από τον τύπο:

$$N_{\pi} * I_{sc} \leq 33 A$$

Κάνοντας τους απαραίτητους υπολογισμούς , βρήκαμε ότι $N_{\pi} \leq 3,8$ και επιλέγουμε τρεις (3) παράλληλους κλάδους σε κάθε μετατροπέα.

- **Θερμοκρασία 60°C**

$$V_{oc} = V_{oc, stc} * (1 + \beta_{V_{oc}} * (\theta_c - \theta_{stc}))$$

με γνωστά τα στοιχεία $V_{oc, stc}=37V$, $\beta_{V_{oc}}=-0,37\%/K$, $\theta_c=60^\circ C$ και $\theta_{stc}=25^\circ C$.

Από τους υπολογισμούς βρήκαμε $V_{oc}=31,2 V$, οπότε χρησιμοποιώντας τον τύπο για τον υπολογισμό του συνολικού αριθμού των ΦΒ πλαισίων σε σειρά , έχουμε:


$$N_{\sigma} \leq \frac{V_{max}}{V_{oc}}$$

για $V_{max}=800V$ και $V_{oc}=31,2 V$ έχουμε $N_{\sigma} \leq 24,8$ ΦΒ πλαίσια. Ο αριθμός φωτοβολταϊκών πλαισίων σε σειρά είναι δεκαεννέα (19). Η τάση της συστοιχίας στους $-10^\circ C$ είναι $V_{oc}=794,2V$ τιμή εντός των επιτρεπτών ορίων (800V). Το μέγιστο ρεύμα συνεχούς (DC) στην είσοδο B Mpp είναι 11 A , όποτε για $I_{sc}=8,54 A$ κάθε ΦΒ πλαισίου θα υπολογιστεί από τον τύπο:

$$N_{\pi} * I_{sc} \leq 11 A$$

Κάνοντας τους απαραίτητους υπολογισμούς , βρήκαμε ότι $N_{\pi} \leq 1,3$ και επιλέγουμε 1 κλάδο σε κάθε μετατροπέα.

27 x STP 17000TL-10

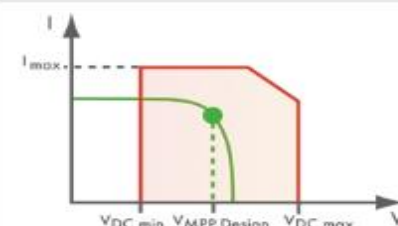
PV peak power:	456,84 kWp	 <p style="font-weight: bold; margin-top: 10px;">STP 17000TL-10</p>
Total number of PV modules:	1944	
Number of inverters:	27	
Max. DC power (cos φ = 1):	17,41 kW	
Max. AC active power (cos φ = 1):	17,00 kW	
Grid voltage:	230 V	
Nominal power ratio:	103 %	
Displacement power factor cos φ:	1	

Technical data

Input A: PV-array 1
54 x Yingli Solar YL 235 P-29b, Azimuth angle: 0°, Inclination: 31°, Mounting type: Roof

Input B: PV-array 1
18 x Yingli Solar YL 235 P-29b, Azimuth angle: 0°, Inclination: 31°, Mounting type: Roof


	Input A:		Input B:	
Number of strings:	3		1	
PV modules per string:	18		18	
Peak power (input):	12,69 kWp		4,23 kWp	
Typical PV voltage:	469 V	✔	469 V	✔
Min. PV voltage:	420 V	✔	420 V	✔
Min. DC voltage (Grid voltage 230 V):	150 V		150 V	
Max. PV voltage:	753 V	✔	753 V	✔
Max. DC voltage (PV):	1000 V		1000 V	
Max. current of PV array:	23,9 A	✔	8,0 A	✔
Max. DC current:	33,0 A		11,0 A	
Max. short-circuit current:	50,0 A		12,5 A	



PV/Inverter compatible

Εικόνα 4 . Διαστασιολόγηση με το Sunny Design v.2.07 (YL225P-29b, STP 17000TL) , Σενάριο A (πηγή:SMA Sunny Design)

18 x STP 17000TL-10

PV peak power:	308,79 kWp
Total number of PV modules:	1314
Number of inverters:	18
Max. DC power (cos φ = 1):	17,41 kW
Max. AC active power (cos φ = 1):	17,00 kW
Grid voltage:	230 V
Nominal power ratio:	101 % 
Displacement power factor cos φ:	1



STP 17000TL-10

Technical data

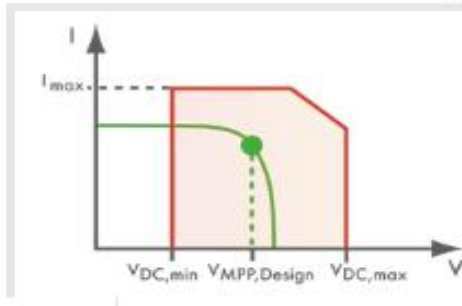
Input A: PV-array 1

54 x Yingli Solar YL 235 P-29b, Azimuth angle: 0°, Inclination: 31°, Mounting type: Roof

Input B: PV-array 1

19 x Yingli Solar YL 235 P-29b, Azimuth angle: 0°, Inclination: 31°, Mounting type: Roof

	Input A:	Input B:	
Number of strings:	3	1	
PV modules per string:	18	19	
Peak power (input):	12,69 kWp	4,47 kWp	
Typical PV voltage:	469 V 	495 V 	
Min. PV voltage:	420 V 	443 V 	
Min. DC voltage (Grid voltage 230 V):	150 V	150 V	
Max. PV voltage:	753 V 	795 V 	
Max. DC voltage (PV):	1000 V	1000 V	
Max. current of PV array:	23,9 A 	8,0 A 	
Max. DC current:	33,0 A	11,0 A	
Max. short-circuit current:	50,0 A	12,5 A	



PV/Inverter compatible

Εικόνα 5. Διαστασιολόγηση με το Sunny Design v.2.07 (YL225P-29b, STP 17000TL), Σενάριο Β (πηγή:SMA Sunny Design)

5. ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΦΒ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετούνται πάνω σε συστήματα στήριξης αλουμινίου τύπου *MSP-AL 2V* του Ελβετικού κατασκευαστικού οίκου HILTI. Το σύστημα είναι πιστοποιημένο ενώ η σχεδίαση και εγκατάσταση της συστήματος στήριξης φέρει όλες τις απαραίτητες αντοχές σε φορτία και ανεμοπιέσεις. Δίνεται εγγύηση 25 ετών για αντισκουριακή προστασία και στατική επάρκεια.

Τα δομικά τμήματα του MSP-AL είναι κατασκευασμένα από αλουμίνιο και τα εξαρτήματα σύνδεσης από ανοξείδωτο χάλυβα γαλβανισμένο εν θερμό.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα του συστήματος στήριξης της Hilti είναι τα ακόλουθα:

- Είναι κατασκευασμένα ώστε να έχουν υψηλή αντοχή σε ιδιαίτερα δυσμενείς καιρικές συνθήκες (μεγάλα φορτία λόγω ανεμοπιέσεων).
- Η εγκατάσταση γίνεται εύκολα με ειδικό μηχάνημα πασαλλόμπτυξης.
- Μειώνει τις χωματουργικές εργασίες που απαιτούνται σε μια εγκατάσταση, είναι ευέλικτο στη δομή του και έχει τη δυνατότητα να προσαρμόζει κατασκευαστικά ανοχές 2-3 μοιρών.

Για τη σχεδίαση και την εγκατάσταση του συστήματος στήριξης θα χρησιμοποιηθεί, ανάλογα με τα αποτελέσματα της γεωλογικής μελέτης που θα καθορίσει τον τύπου του εδάφους, μία από τις δύο ακόλουθες μεθόδους:



Εικόνα 5. Σύστημα στήριξης αλουμινίου HILTI MSP – AL

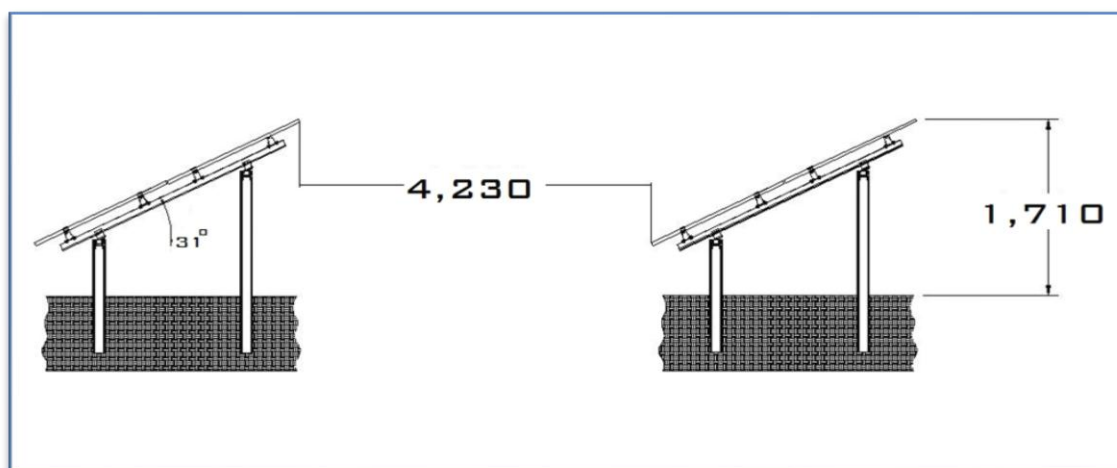
5.1. Τεχνικά χαρακτηριστικά βάσης στήριξης

Οι περιορισμοί της πολεοδομίας αναφορικά με το ύψος των βάσεων στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων καθώς και η ενεργειακή μελέτη και η προσπάθεια για βέλτιστη σχεδίαση του συστήματος μας οδήγησαν στις παρακάτω προδιαγραφές:

- Μέγιστο ύψος 1,71 μέτρα
- Απόσταση μεταξύ στοιχειοσειρών 4,23 μέτρων
- Νότιος προσανατολισμός

Έτσι στο προτεινόμενο σύστημα στήριξης τα ΦΒ πλαίσια τοποθετούνται σε δυο (2) σειρές, με τα πλαίσια τοποθετημένα οριζόντια και η γωνία κλίσης ως προς το οριζόντιο επίπεδο είναι 31° .

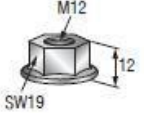
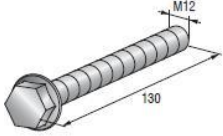
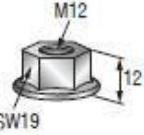
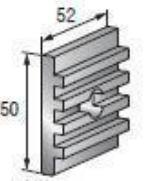
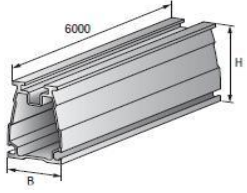
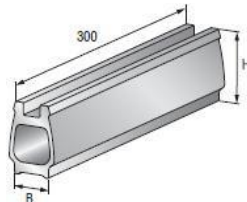
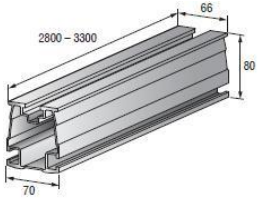
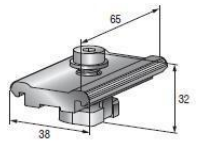
Το μήκος έμπτηξης είναι 1,8 έως 2,7 m και εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του εδάφους.



Σχεδιάγραμμα 4. Πλάγια όψη συστήματος στήριξης Hilti

Για τη βελτιστοποίηση της παραγωγής ενέργειας και για τη μείωση των σκιασμών η απόσταση μεταξύ των σειρών θα ανέρχεται στα 4 μέτρα και 23 εκατοστά, όπως προέκυψε από την μελέτη διαστασιολόγησης και χωροθέτησης. Ανεξάρτητα από τον τρόπο θεμελίωσης που θα επιλέξουμε, τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν είναι τα παρακάτω:

Εξάρτημα	Λειτουργία	Όψη
MSP-HDG-RP προφίλ για πασσαλόμπτυξη	Για τη στήριξη επίγειων Φ/Β πάρκων με τη μέθοδο της πασσαλόμπτυξης	
MSP-HDG M12x30 κοχλίας με οδοντωτή κεφαλή	Για τη σύνδεση του βραχίονα με το προφίλ πασσαλόμπτυξης	
M12 εξάγωνο παξιμάδι με ροδέλα	Για τη σύνδεση του βραχίονα με το προφίλ πασσαλόμπτυξης	
MSP-HDG-TP οδοντωτό παξιμάδι σύσφιξης (για πασσαλόμπτυξη)	Για τη σύνδεση του βραχίονα με το προφίλ πασσαλόμπτυξης	
M12x100 A2 εξάγωνος κοχλίας με ροδέλα	Για τη σύνδεση των πασσάλων με τη βάση στήριξης	

M12 εξάγωνο παξιμάδι με ροδέλα	Για τη σύνδεση των πασσάλων με τη βάση στήριξης	
M12x130 A2 εξάγωνος κοχλίας με ροδέλα	Για τη σύνδεση των πασσάλων με τους πασσάλους αλουμινίου	
M12 εξάγωνο παξιμάδι με ροδέλα	Για τη σύνδεση των πασσάλων με τους πασσάλους αλουμινίου	
MSP-AL-TP οδοντωτό παξιμάδι σύσφιξης (για μπετό)	Για τη σύνδεση των πασσάλων με τους πασσάλους αλουμινίου	
MSP-AL-LC κανάλι στήριξης πάνελου	Οριζόντια στήριξη για την τοποθέτηση των Φ/Β πάνελων	
MSP-AL-LS συνδετήρας καναλιών στήριξης πάνελων	Για τη σύνδεση των καναλιών στήριξης Φ/Β πάνελων	
MSP-AL-TC κανάλι υποτείνουσας	Για επίγειες εγκαταστάσεις Φ/Β πάνελων	
MSP-AL-XC περιστρεφόμενος συνδετήρας καναλιών	Για τη σύνδεση των καναλιών στήριξης πάνελων με τα κανάλια υποτείνουσας	

MSP-AL-CC «ευέλικτος» βραχίονας στήριξης	Για τη σύνδεση όλων των προφίλ πασσάλων με το κανάλι της υποτείνουσας	
MSP-MC Μεσαίο εξάρτημα σύσφιξης	Για την τοποθέτηση των Φ/Β πανέλων πάνω στο κανάλι στήριξης των πλαισίων	
MSP-EC Ακραίο εξάρτημα σύσφιξης	Για την τοποθέτηση των Φ/Β πανέλων πάνω στο κανάλι στήριξης των πλαισίων	

6. ΣΤΗΡΙΞΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ

6.1. Στηρίγματα καλωδίων

Τα στηρίγματα καλωδίων θα είναι διμερή, ισχυρής κατασκευής από συνθετική ρητίνη ή από ανθεκτικό πλαστικό, κατάλληλα για στερέωση σε σιδηροτροχιές (ράγες) ή και απ' ευθείας στον τοίχο (μόνο για καλώδια μικρής διαμέτρου).

6.2. Εσχάρες καλωδίων

Οι σχάρες εγκαταστάσεως καλωδίων θα είναι μεταλλικές από διάτρητη γαλβανισμένη λαμαρίνα, με διατρήσεις επιμήκειες ώστε να μπορούν να δεθούν επάνω στην εσχάρα τα καλώδια με ειδικές πλαστικές ταινίες (straps), που θα γαλβανιστεί σε θερμό λουτρό μετά τη διάτρηση της λαμαρίνας. Το πάχος της λαμαρίνας δεν θα είναι μικρότερο από 1,25 mm για σχάρες πλάτους μέχρι 200 mm και 1,50 mm για σχάρες πλάτους από 250 έως 500 mm. Το βάθος των εσχάρων θα κυμαίνεται ανάλογα με το πλάτος του και το πλήθος των καλωδίων από 25 mm μέχρι 60 mm.

Η εσωτερική επιφάνεια των σχαρών καλωδίων, που τοποθετούνται τα καλώδια, πρέπει να είναι τελείως λεία (δηλαδή να μην παρουσιάζονται "γρέζια" από την διαμόρφωση). Για παρακάμψεις, διασταυρώσεις, διακλαδώσεις, συστολές κ.λ.π. ή για μετάβαση σε εσχάρα διαφορετικού πλάτους, θα χρησιμοποιούνται τα κατάλληλα κάθε φορά προκατασκευασμένα εξαρτήματα, επίσης από λαμαρίνα επιψευδαργυρωμένη. Για τις συνδέσεις μεταξύ των εσχάρων καθώς και με τα ειδικά εξαρτήματα θα χρησιμοποιηθούν σύνδεσμοι χωρίς κοχλίες.

Η ανάρτηση των εσχάρων θα γίνει με ειδικούς βραχίονες στήριξης "κονσόλες" στον τοίχο ή με αναρτήσεις από την οροφή. Η απόσταση μεταξύ των σημείων αναρτήσεως θα προκύπτει από αναλυτικούς υπολογισμούς με βάση το βάρος των καλωδίων προσαυξημένο κατά 50% τουλάχιστον και σε καμία περίπτωση δεν θα είναι μικρότερη των 2 m.

7. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

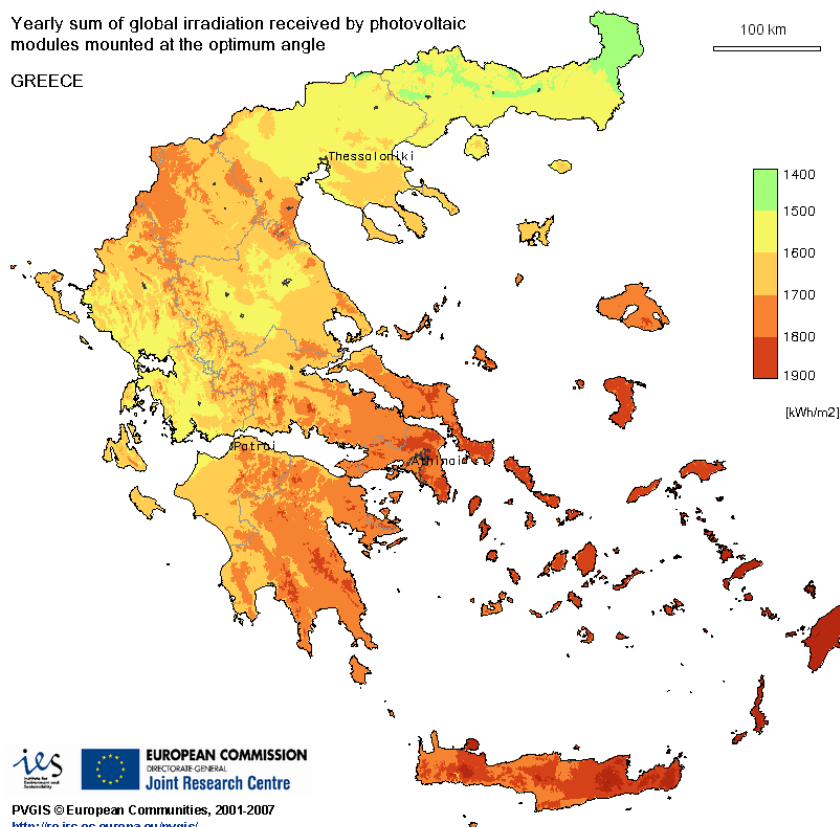
Η τοποθεσία της Ελλάδας παρουσιάζει αξιοσημείωτες προϋποθέσεις για την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών συστημάτων λόγω του υψηλού δυναμικού ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται καθημερινά στην επιφάνεια της. Η ισχύ της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μια επιφάνεια 1 m^2 σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα, μπορεί να φθάσει περίπου το 1 kW ανάλογα με το γεωγραφική θέση της πόλης στο Χάρτη της Ελλάδος.

Στο σχεδιασμό των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων χρησιμοποιείται ως μετεωρολογικό στοιχείο η μέση ολική ηλιακή ενέργεια ανά τετραγωνικό επιφανείας (kWh/m^2).

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη για τον υπολογισμό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας υπακούει στο βασικό μοντέλο υπολογισμού των απωλειών κατά τις ενεργειακές μετατροπές από την είσοδο του συστήματος (προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία) έως την έξοδο του συστήματος (σημείο διασύνδεσης με το δίκτυο της Δ.Ε.Η.). Συγκεκριμένα υπολογίζονται με βάση την ηλιακή ακτινοβολία της συγκεκριμένης περιοχής η φωτοβολταϊκή μετατροπή, οι απώλειες καλωδιώσεων μεταφοράς του συνεχούς ρεύματος στον αντιστροφέα DC/AC, οι απώλειες μετατροπής από συνεχές σε εναλλασσόμενο ρεύμα όπως και οι απώλειες του μετατροπέα και οι απώλειες του καλωδίου μεταφοράς του εναλλασσόμενου ρεύματος.

Οι τιμές για την ηλιακή ακτινοβολία της περιοχής έχουν ληφθεί συνδυαστικά από την Ευρωπαϊκή βάση δεδομένων PVGIS και από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος. Επιπλέον κλιματικά δεδομένα για την ταχύτητα των ανέμων, την υγρασία και την θερμοκρασία της περιοχής αντλήθηκαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία Ελλάδος.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία τόσο της ηλιακής ακτινοβολίας όσο της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος όπως και της ταχύτητας των ανέμων έχει γίνει και ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών.



Εικόνα 6. Ετήσιο ποσό της παγκόσμιας ακτινοβολίας (πηγή:PVGIS)

Οι ηλεκτρικές παράμετροι των φωτοβολταϊκών πλαισίων για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης πάρθηκαν από τα φυλλάδια του κατασκευαστή και αφορούν την λειτουργία σε τυπικές συνθήκες δοκιμών (STC).

Τυπικές συνθήκες δοκιμών (STC):

- Ακτινοβολία ($1\text{kW}/\text{m}^2$)
- Φασματική κατανομή (Air Mass 1.5)
- Θερμοκρασία στοιχείου ($25\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$)

Προσαρμογή παραμέτρων στις συνθήκες λειτουργίας για την γεωγραφική θέση της εγκατάστασης. Οι θερμοκρασιακές παράμετροι σύμφωνα με τα φυλλάδια των κατασκευαστών για συνθήκες κανονικής λειτουργίας (NOCT, Normal Operating Cell Temperature), είναι:

- Ακτινοβολία ($0.8\text{ kW}/\text{m}^2$)
- Φασματική κατανομή (Air Mass 1.5)
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος ($47\text{ }^\circ\text{C}$)
- Ταχύτητα ανέμου (1 m/s)

7.1. Υπολογισμός παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας

Η εκτιμώμενη παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη την συνολικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια E_s (kWh), την ισχύ αιχμής της εγκατάστασης P_p (kWp), τον λόγο επίδοσης της εγκατάστασης PR , τη μέση μηνιαία πυκνότητα ολικής ηλιακής ενέργειας στο επίπεδο του πλαισίου H_t (kWh/m²/m) και την πυκνότητα ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας σε συνθήκες εργαστηρίου G_{stc} (1kW/m²). Η σχέση που συνδέει όλες αυτές τις παραμέτρους είναι:

$$E_{\sigma} = P_p * PR_s * \frac{\bar{H}_t}{G_{stc}}$$

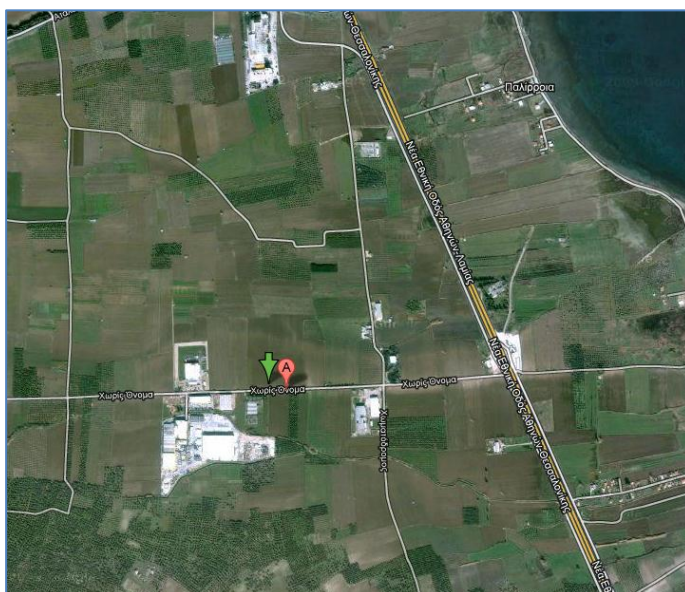
Ο λόγος επίδοσης της εγκατάστασης εκφράζεται αναλυτικά με βάση τον συντελεστή ανάκλασης PR_p , τον συντελεστή της προσπίπτουσας ακτινοβολίας PR_{ϕ} , τον συντελεστή χαμηλών τιμών ακτινοβολίας PR_{λ} , τον συντελεστή διαφοροποίησης πόλωσης της ακτινοβολίας PR_{χ} , τον συντελεστή απωλειών λόγω μη σύμπτωσης του σημείου λειτουργίας του στοιχείου με το σημείο μέγιστης λειτουργίας της συστοιχίας PR_{nit} , το λόγο επίδοσης διαφοροποίησης θερμοκρασίας κυψέλης PR_t και τον συντελεστή απωλειών λόγω ανομοιογένειας στοιχείων, διόδων αντεπιστροφής, καλωδιώσεων και απόδοσης μετατροπέα H_{aa} .

Στην προκειμένη μελέτη και για τα σενάρια τα οποία θα αναλύσουμε θα έχουμε ως παραδοχή για το λόγο επίδοσης, τα ακόλουθα:

- PR σταθερό ίσο με 0,75
- PR σταθερό ίσο με 0,80
- PR μέσο όρου για το έτος ίσο με 0,80
- PR που υπολογίστηκε από το υπολογιστικό πρόγραμμα PVsyst

8. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 99,9 kWp

Γεωγραφικό Πλάτος: **38°39'22" N**,
 Γεωγραφικό Μήκος: **23°3'47" E**,
 Υψόμετρο: **13 m.a.s.l.**



8.1. Ηλιακά ενεργειακά κλιματολογικά δεδομένα

ΜΗΝΑΣ	E_d (kWh/d)	E_m (kWh/m)	H_d (kWh/m ² /d)	H_m (kWh/m ² /m)
ΙΑΝΟΥΡΙΟΣ	236	7310	2,65	82,1
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	277	7760	3,18	88,9
ΜΑΡΤΙΟΣ	365	11300	4,27	132
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	453	13600	5,41	162
ΜΑΪΟΣ	486	15100	5,98	185
ΙΟΥΝΙΟΣ	510	15300	6,42	193
ΙΟΥΛΙΟΣ	510	15800	6,49	201
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	490	15200	6,22	193
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	448	13400	5,53	166
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	350	10900	4,20	130
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	244	7330	2,83	85,0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	193	5980	2,18	67,6
ΣΥΝΟΛΟ ΕΤΟΥΣ		139000		1690

Πίνακας 1. Δεδομένα από το www.pvgis.com

- **Ed**: Μέση ημερήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)
- **Em**: Μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)
- **Hd**: Μέσο ημερήσιο άθροισμα της ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο (kWh/m²)
- **Hm**: Μέση άθροισμα της ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο (kWh/m²)

8.1.1. Σενάριο Α

Μήνας	H_t (kWh/m ² /m) Κεκλιμένο επίπεδο	PR	E_σ (kWh)
ΙΑΝΟΥΡΙΟΣ	77	0,80	6151
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	93	0,80	7459
ΜΑΡΤΙΟΣ	133	0,80	10654
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	161	0,80	12885
ΜΑΪΟΣ	195	0,80	15558
ΙΟΥΝΙΟΣ	196	0,80	15657
ΙΟΥΛΙΟΣ	203	0,80	16211
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	203	0,80	16221
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	172	0,80	13746
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	133	0,80	10666
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	100	0,80	7992
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	80	0,80	6354
ΕΤΗΣΙΑ	1746		139555

Πίνακας 2. Δεδομένα από ΤΕΕ/ΚΕΝΑΚ

Η αποδιδόμενη ετήσια ηλεκτρική ενέργεια από το ΦΒ σύστημα:

$$E_\sigma = P_p * PR_s * \frac{\bar{H}_t}{G_{stc}} = 99,9 \text{ kW} * 0,8 * \frac{1746 \text{ kWh/m}^2}{1 \text{ kW/m}^2} = 139555 \text{ kWh}$$

Αποδοτικότητα ΦΒ συστήματος:

$$\gamma_\sigma = \frac{E_\sigma}{P_p} = \frac{139555 \text{ kWh}}{99,9 \text{ kWp}} = 1396,94 \text{ kWh/kWp} * y$$

8.1.2. Σενάριο Β

Μήνας	H_t (kWh/m ² /m) Κεκλιμένο επίπεδο	PR	E_σ (kWh)
ΙΑΝΟΥΡΙΟΣ	77	0,75	5767
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	93	0,75	6993
ΜΑΡΤΙΟΣ	133	0,75	9988
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	161	0,75	12080
ΜΑΪΟΣ	195	0,75	14586
ΙΟΥΝΙΟΣ	196	0,75	14678
ΙΟΥΛΙΟΣ	203	0,75	15198
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	203	0,75	15207
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	172	0,75	12887
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	133	0,75	9999
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	100	0,75	7493
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	80	0,75	5957
ΕΤΗΣΙΑ	1746		130833

Πίνακας 3. Δεδομένα από ΤΕΕ/ΚΕΝΑΚ

Η αποδιδόμενη ετήσια ηλεκτρική ενέργεια από το ΦΒ σύστημα:

$$E_\sigma = P_p * PR_s * \frac{\bar{H}_t}{G_{stc}} = 99,9 \text{ kW} * 0,75 * \frac{1746 \text{ kWh/m}^2}{1 \text{ kW/m}^2} = \mathbf{130833 \text{ kWh}}$$

Αποδοτικότητα ΦΒ συστήματος:

$$\gamma_\sigma = \frac{E_\sigma}{P_p} = \frac{130833 \text{ kWh}}{99,9 \text{ kWp}} = \mathbf{1309,64 \text{ kWh/kWp} * y}$$

8.1.3. Σενάριο Γ

Μήνας	H_t (kWh/m ² /m) Κεκλιμένο επίπεδο	PR	E_σ (kWh)
ΙΑΝΟΥΡΙΟΣ	77	0,88	6766
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	93	0,85	7925
ΜΑΡΤΙΟΣ	133	0,82	10920
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	161	0,78	12563
ΜΑΪΟΣ	195	0,77	14975
ΙΟΥΝΙΟΣ	196	0,75	14678
ΙΟΥΛΙΟΣ	203	0,74	14995
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	203	0,72	14599
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	172	0,71	12200
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	133	0,84	11199
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	100	0,85	8492
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	80	0,87	6910
ΕΤΗΣΙΑ	1746		136223

Πίνακας 4. Δεδομένα από PVGIS

Η αποδιδόμενη ετήσια ηλεκτρική ενέργεια από το ΦΒ σύστημα:

$$E_\sigma = \sum_{n=1}^{12} (P_p * PR_s * \frac{\bar{H}_t}{G_{stc}}) = 136223 \text{ kWh}$$

Αποδοτικότητα ΦΒ συστήματος:

$$\gamma_\sigma = \frac{E_\sigma}{P_p} = \frac{136223 \text{ kWh}}{99,9 \text{ kWp}} = 1363,59 \text{ kWh/kWp} * y$$

8.1.4. Σενάριο Δ

Μήνας	H_t (kWh/m ² /m) Κεκλιμένο επίπεδο	PR	E_σ (kWh)
ΙΑΝΟΥΡΙΟΣ	82	0,88	7209
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	89	0,85	7557
ΜΑΡΤΙΟΣ	132	0,82	10813
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	162	0,78	12623
ΜΑΪΟΣ	185	0,77	14231
ΙΟΥΝΙΟΣ	193	0,75	14461
ΙΟΥΛΙΟΣ	201	0,74	14859
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	193	0,72	13882
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	166	0,71	11774
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	130	0,84	10909
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	85	0,85	7218
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	68	0,87	5910
ΕΤΗΣΙΑ	1686		131446

Πίνακας 5. Δεδομένα από ΤΕΕ-KENAK

Η αποδιδόμενη ετήσια ηλεκτρική ενέργεια από το ΦΒ σύστημα:

$$E_\sigma = \sum_{n=1}^{12} (P_p * PR_s * \frac{\bar{H}_t}{G_{stc}}) = 131446 \text{ kWh}$$

Αποδοτικότητα ΦΒ συστήματος:

$$\gamma_\sigma = \frac{E_\sigma}{P_p} = \frac{131446 \text{ kWh}}{99,9 \text{ kWp}} = 1315,77 \text{ kWh/kWp} * y$$

8.1.5. Σενάριο E

Μήνας	H_t (kWh/m ² /m) Κεκλιμένο επίπεδο	PR	E_σ (kWh)
ΙΑΝΟΥΡΙΟΣ	55	0,85	4675
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	76	0,83	6266
ΜΑΡΤΙΟΣ	123	0,83	10204
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	171	0,80	13631
ΜΑΪΟΣ	222	0,77	17106
ΙΟΥΝΙΟΣ	233	0,74	17237
ΙΟΥΛΙΟΣ	237	0,74	17557
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	220	0,75	16500
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	165	0,77	12705
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	110	0,80	8800
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	71	0,81	5765
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	53	0,83	4386
ΕΤΗΣΙΑ	1737		1348322

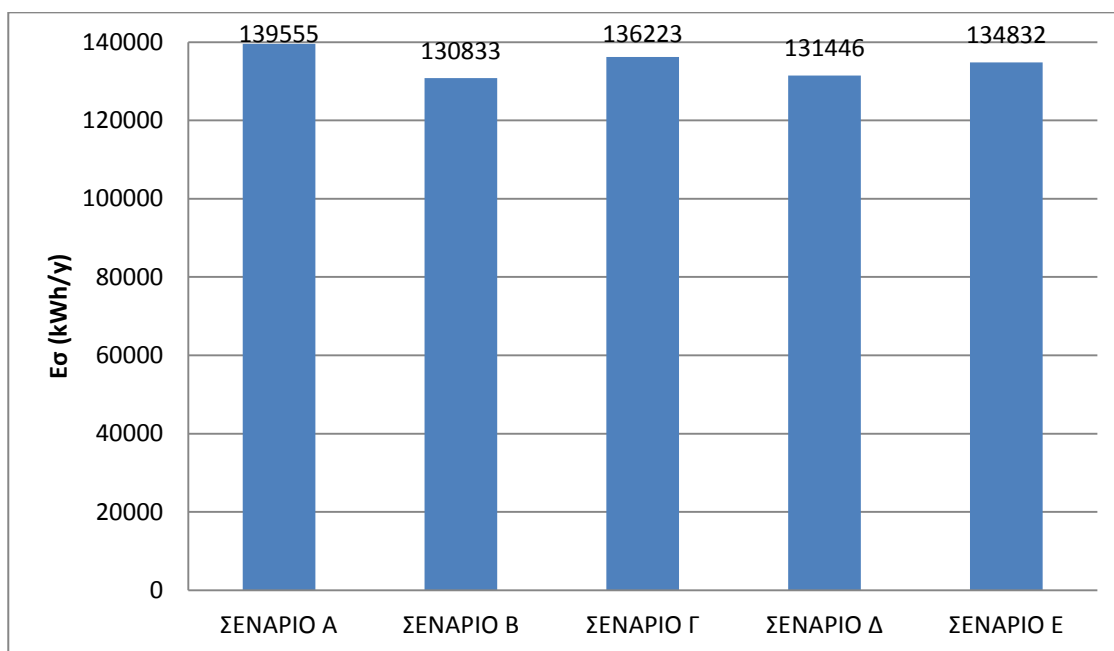
Πίνακας 5. Δεδομένα από PVsyst

Η αποδιδόμενη ετήσια ηλεκτρική ενέργεια από το ΦΒ σύστημα:

$$E_\sigma = \sum_{n=1}^{12} (P_p * PR_s * \frac{\bar{H}_t}{G_{stc}}) = 134832 \text{ kWh}$$

Αποδοτικότητα ΦΒ συστήματος:

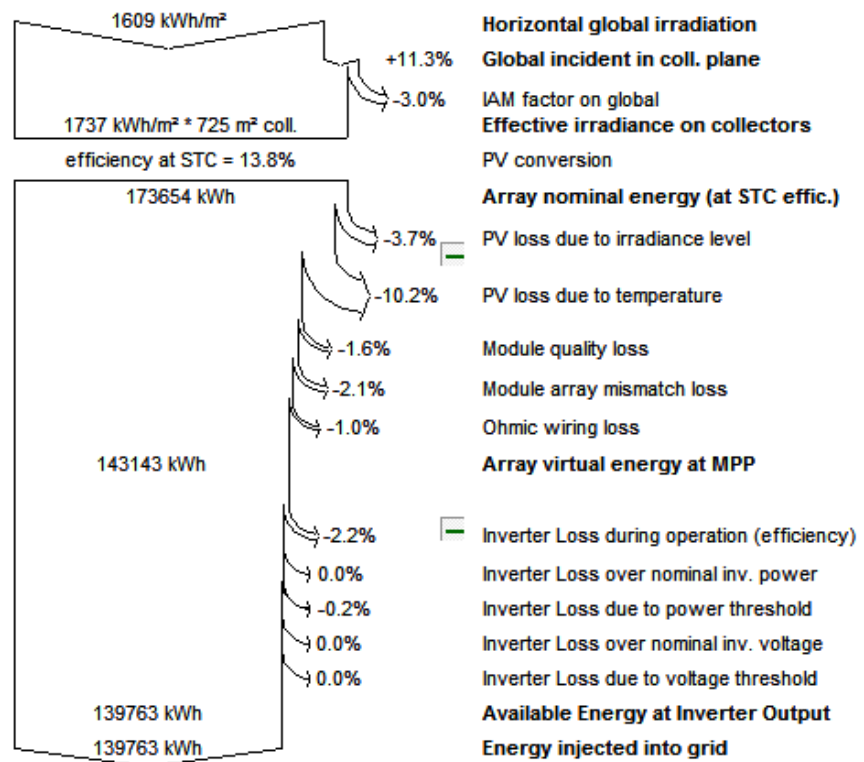
$$\gamma_\sigma = \frac{E_\sigma}{P_p} = \frac{134832 \text{ kWh}}{99,9 \text{ kWp}} = 1349,67 \text{ kWh/kWp} * y$$



Σχεδιάγραμμα 4. Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, σύμφωνα με τα σενάρια υπολογισμών

8.2. Συμπεράσματα

A/A	H_t (kWh/m ² /y)	PR	Εσ εκτιμώμενο (kWh/y)	Εσ (kWh/y)	PR θεωρητικό
Σενάριο Α (pvgis)	1746	0,75	139555	174687	0,79
Σενάριο Β (pvgis)	1746	0,80	130833	174687	0,75
Σενάριο Γ (pvgis)	1746	≈0,80	136223	174687	0,78
Σενάριο Δ (KENAK)	1686	≈0,80	131446	168684	0,78
Σενάριο Ε (PVsyst)	1737	≈0,80	134832	173796	0,77

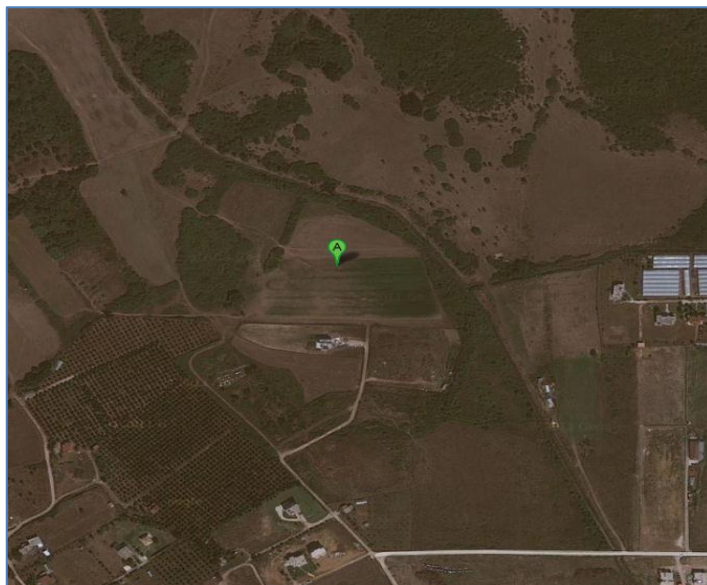


Σχεδιάγραμμα 5. Διάγραμμα Απωλειών Sankey

Από τα σενάρια που αναπτύξαμε παραπάνω, παρατηρούμε ότι η απολαβή ενέργειας είναι ικανοποιητική δίχως μεγάλες απώλειες. Ως εκτιμώμενη παραγόμενη ενέργεια για την οικονομική ανάλυση θα ορίσουμε την υπολογίσιμη ενέργεια που δίνεται από το λογισμικό PVsyst.

9. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 765,63 kWp

Γεωγραφικό Πλάτος: $38^{\circ}59'40''$ N,
Γεωγραφικό Μήκος: $20^{\circ}42'50''$ E,
Υψόμετρο: 11 m.a.s.l.



9.1. Ηλιακά ενεργειακά κλιματολογικά δεδομένα

ΜΗΝΑΣ	E_d (kWh/d)	E_m (kWh/m)	H_d (kWh/m ² /d)	H_m (kWh/m ² /m)
ΙΑΝΟΥΡΙΟΣ	18269	566350	3,44	107
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	21026	588739	3,96	111
ΜΑΡΤΙΟΣ	24268	752320	4,57	142
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	27166	814994	5,12	153
ΜΑΪΟΣ	30979	960363	5,83	181
ΙΟΥΝΙΟΣ	34303	1029088	6,46	194
ΙΟΥΛΙΟΣ	34704	1075832	6,53	203
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	33301	1032326	6,27	194
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	29620	888611	5,58	167
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	24628	763473	4,64	144
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	18857	565717	3,55	107
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	16308	505543	3,07	95
ΣΥΝΟΛΟ ΕΤΟΥΣ		9543357		1797

Πίνακας 1. Δεδομένα από το ΤΕΕ/ΚΕΝΑΚ

- **Ed**: Μέση ημερήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)
- **Em**: Μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)
- **Hd**: Μέσο ημερήσιο άθροισμα της ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο (kWh/m²)
- **Hm**: Μέση άθροισμα της ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο (kWh/m²)

9.1.1. Σενάριο Α

Μήνας	H_t (kWh/m ² /m) Κεκλιμένο επίπεδο	PR	E_σ (kWh)
ΙΑΝΟΥΡΙΟΣ	107	0,80	65538
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	111	0,80	67988
ΜΑΡΤΙΟΣ	142	0,80	86976
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	153	0,80	93713
ΜΑΪΟΣ	181	0,80	110863
ΙΟΥΝΙΟΣ	194	0,80	118826
ΙΟΥΛΙΟΣ	203	0,80	124338
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	194	0,80	118826
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	167	0,80	102288
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	144	0,80	88201
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	107	0,80	65538
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	95	0,80	58188
ΕΤΗΣΙΑ	1797		1101282

Πίνακας 6. Δεδομένα από ΤΕΕ/ΚΕΝΑΚ

Η αποδιδόμενη ετήσια ηλεκτρική ενέργεια από το ΦΒ σύστημα:

$$E_\sigma = \sum_{N=1}^{12} (P_p * PR_s * \frac{\bar{H}_t}{G_{stc}}) = \mathbf{1101282 kWh}$$

Αποδοτικότητα ΦΒ συστήματος:

$$\gamma_\sigma = \frac{E_\sigma}{P_p} = \frac{1101282Wh}{765,63 kWp} = \mathbf{1438,39 kWh/kWp * y}$$

9.1.2. Σενάριο Β

Μήνας	H_t (kWh/m ² /m) Κεκλιμένο επίπεδο	PR	E_σ (kWh)
ΙΑΝΟΥΡΙΟΣ	107	0,75	61442
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	111	0,75	63739
ΜΑΡΤΙΟΣ	142	0,75	81540
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	153	0,75	87856
ΜΑΪΟΣ	181	0,75	103934
ΙΟΥΝΙΟΣ	194	0,75	111399
ΙΟΥΛΙΟΣ	203	0,75	116567
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	194	0,75	111399
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	167	0,75	95895
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	144	0,75	82688
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	107	0,75	61442
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	95	0,75	54551
ΕΤΗΣΙΑ	1797		1032452

Πίνακας 7. Δεδομένα από ΤΕΕ/ΚΕΝΑΚ

Η αποδιδόμενη ετήσια ηλεκτρική ενέργεια από το ΦΒ σύστημα:

$$E_\sigma = \sum_{N=1}^{12} (P_p * PR_s * \frac{\bar{H}_t}{G_{stc}}) = 1032452 \text{ kWh}$$

Αποδοτικότητα ΦΒ συστήματος:

$$\gamma_\sigma = \frac{E_\sigma}{P_p} = \frac{1032452 \text{ Wh}}{765,63 \text{ kWp}} = 1348,49 \text{ kWh/kWp} * y$$

9.1.3. Σενάριο Γ

Μήνας	H_t (kWh/m ² /m) Κεκλιμένο επίπεδο	PR	E_o (kWh)
ΙΑΝΟΥΡΙΟΣ	107	0,88	72092
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	111	0,85	72237
ΜΑΡΤΙΟΣ	142	0,82	89150
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	153	0,78	91370
ΜΑΪΟΣ	181	0,77	106706
ΙΟΥΝΙΟΣ	194	0,75	111399
ΙΟΥΛΙΟΣ	203	0,74	115013
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	194	0,72	106943
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	167	0,71	90781
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	144	0,84	92611
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	107	0,85	69634
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	95	0,87	63279
ΕΤΗΣΙΑ	1797		1081215

Πίνακας 4. Δεδομένα από ΤΕΕ/ΚΕΝΑΚ

Η αποδιδόμενη ετήσια ηλεκτρική ενέργεια από το ΦΒ σύστημα:

$$E_{\sigma} = \sum_{N=1}^{12} (P_p * PR_s * \frac{\bar{H}_t}{G_{stc}}) = 1081215 \text{ kWh}$$

Αποδοτικότητα ΦΒ συστήματος:

$$\gamma_{\sigma} = \frac{E_{\sigma}}{P_p} = \frac{1081215 \text{ Wh}}{765,63 \text{ kWp}} = 1412,19 \text{ kWh/kWp} * y$$

9.1.4. Σενάριο Δ

Μήνας	H_t (kWh/m ² /m) Κεκλιμένο επίπεδο	PR	E_σ (kWh)
ΙΑΝΟΥΡΙΟΣ	101	0,88	67916
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	105	0,85	68638
ΜΑΡΤΙΟΣ	136	0,82	85552
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	147	0,78	87510
ΜΑΪΟΣ	171	0,77	100695
ΙΟΥΝΙΟΣ	182	0,75	104511
ΙΟΥΛΙΟΣ	191	0,74	108406
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	188	0,72	103418
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	161	0,71	87775
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	139	0,84	89440
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	102	0,85	66208
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	91	0,87	60305
ΕΤΗΣΙΑ	1714		1030374

Πίνακας 8. Δεδομένα από PVsyst

Η αποδιδόμενη ετήσια ηλεκτρική ενέργεια από το ΦΒ σύστημα:

$$E_\sigma = \sum_{n=1}^{12} (P_p * PR_s * \frac{\bar{H}_t}{G_{stc}}) = 1030374 \text{ kWh}$$

Αποδοτικότητα ΦΒ συστήματος:

$$\gamma_\sigma = \frac{E_\sigma}{P_p} = \frac{1030374 \text{ Wh}}{765,63 \text{ kWp}} = 1345,78 \text{ kWh/kWp} * y$$

9.1.5. Σενάριο E

Μήνας	H_t (kWh/m ² /m) Κεκλιμένο επίπεδο	PR	E_σ (kWh)
ΙΑΝΟΥΡΙΟΣ	77	0,88	52092
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	86	0,85	56236
ΜΑΡΤΙΟΣ	135	0,82	84945
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	171	0,78	101851
ΜΑΪΟΣ	201	0,77	118643
ΙΟΥΝΙΟΣ	214	0,75	122744
ΙΟΥΛΙΟΣ	221	0,74	124972
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	211	0,72	116580
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	168	0,71	91474
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	135	0,84	87017
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	81	0,85	52536
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	60	0,87	40140
ΕΤΗΣΙΑ	1761		1049231

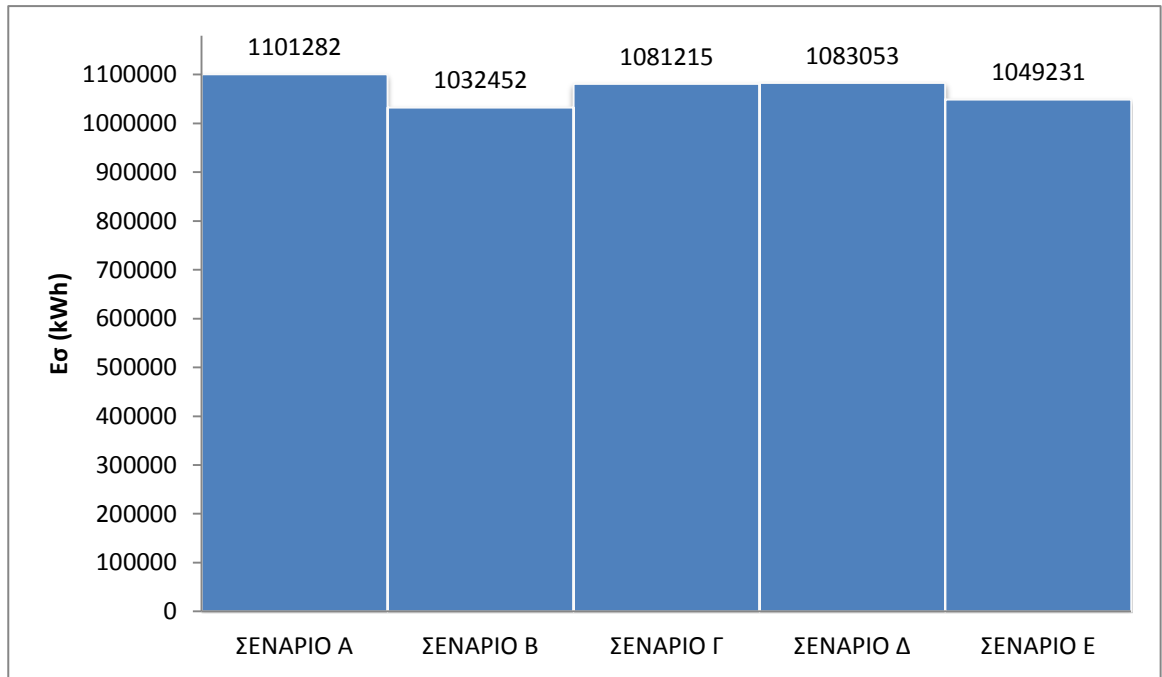
Πίνακας 9. Δεδομένα από www.pvgis.com

Η αποδιδόμενη ετήσια ηλεκτρική ενέργεια από το ΦΒ σύστημα:

$$E_\sigma = \sum_{n=1}^{12} (P_p * PR_s * \frac{\bar{H}_t}{G_{stc}}) = 1049231 \text{ kWh}$$

Αποδοτικότητα ΦΒ συστήματος:

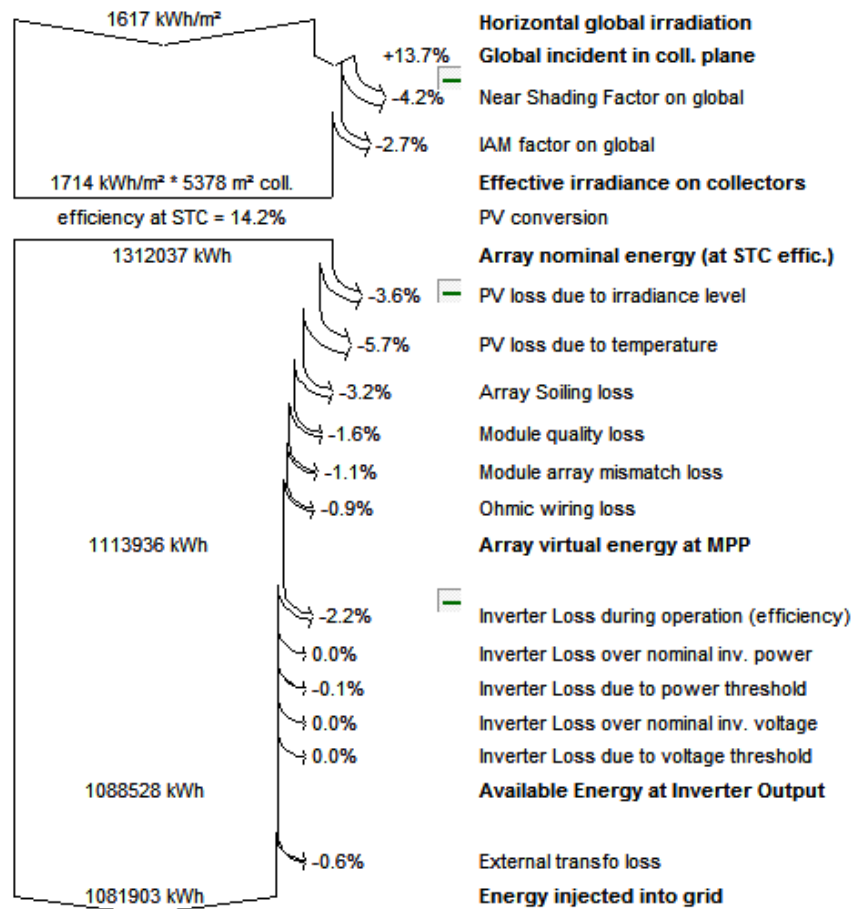
$$\gamma_\sigma = \frac{E_\sigma}{P_p} = \frac{1049231 \text{ Wh}}{765,63 \text{ kWp}} = 1370,41 \text{ kWh/kWp} * y$$



Σχεδιάγραμμα 5. Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, σύμφωνα με τα σενάρια υπολογισμών

9.2. Συμπεράσματα

A/A	H_t (kWh/m ² /y)	PR	Εσ εκτιμώμενο (kWh/y)	Εσ (kWh/y)	PR θεωρητικό
Σενάριο Α (KENAK)	1797	σταθ. 0,75	1101282	1372326	0,80
Σενάριο Β (KENAK)	1797	σταθ. 0,80	1032452	1372326	0,75
Σενάριο Γ (KENAK)	1797	≈0,80	1081215	1372326	0,78
Σενάριο Δ (PVsyst)	1714	≈0,80	1030374	1308941	0,79
Σενάριο Ε (PVGIS)	1737	≈0,80	1049231	1326505	0,79



Σχεδιάγραμμα 6. Διάγραμμα απωλειών (Sankey) , πηγή PVsyst

Από τα σενάρια που αναπτύξαμε παραπάνω, παρατηρούμε ότι η απολαβή ενέργειας είναι ικανοποιητική δίχως μεγάλες απώλειες. Ως εκτιμώμενη παραγόμενη ενέργεια για την οικονομική ανάλυση θα ορίσουμε την υπολογίσιμη ενέργεια που δίνεται από το λογισμικό PVsyst.

10. ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Η παρούσα μελέτη έγινε σύμφωνα με τα ακόλουθα πρότυπα:

Εγκαταστάσεις Ισχυρών Ρευμάτων - Γειώσεων

- Πρότυπο ΕΛΟΤ HD-384 (2η Έκδοση).
- Κοινή Υπουργική Απόφαση Αριθμ.Φ Α΄ 50/1208/642 (ΦΕΚ-1222/Β/5-9-2006) «Θέματα Ασφαλείας Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (Ε.Η.Ε). Καθιέρωση υποχρέωσης εγκατάστασης διατάξεων διαφορικού ρεύματος και κατασκευής θεμελιακής γείωσης»
- Πρότυπο ΕΛΟΤ HD-637 S1 με τίτλο «Εγκαταστάσεις ισχύος με ονομαστική τάση πάνω από 1kV εναλλασσομένου ρεύματος »
- Πρότυπο IEEE Std 81 - 1983 με τίτλο «IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System».
- Πρότυπο IEEE Std 80 - 2000 με τίτλο «IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding».
- F.Dawalibi, C.J.Blattner, «Earth Resistivity Measurement Interpretation Techniques», IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, VOL.PAS-103, No2, February 1984, pp, 374-382

Εγκαταστάσεις Ασθενών Ρευμάτων

- ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ : «Νέος Κανονισμός Εσωτερικών Τηλεπικοινωνιακών Δικτύων οικοδομών». ΦΕΚ 767 / Β / 31-12-1992.
- ANSI/TIA/EIA 568-B «COMMERCIAL BUILDING TELECOMMUNICATION BUILDING STANDARD» ή το αντίστοιχο ISO/IEC 11801.
- ANSI/TIA/EIA-569-A «COMMERCIAL BUILDING STANDARD FOR COMMUNICATIONS PATHWAYS AND SPACES»

Αντικεραυνική Προστασία

- Ελληνικό / Ευρωπαϊκό Πρότυπο **ΕΛΟΤ EN 62305 – 1 : 2006**, “Protection against lightning, Part 1: General Principles”.
- Ελληνικό / Ευρωπαϊκό Πρότυπο **ΕΛΟΤ EN 62305 – 2 : 2006**: “Protection against lightning, Part 2: Risk Management”.
- Ελληνικό / Ευρωπαϊκό Πρότυπο **ΕΛΟΤ EN 62305 – 3 : 2006**, “Protection against lightning. Physical damage to structures and life hazard”.
- Ελληνικό / Ευρωπαϊκό Πρότυπο **ΕΛΟΤ EN 62305 – 4 : 2006**, “Protection against Lightning part 4 : Electrical and electronic systems within structures“

10.1. Βασικές σχέσεις υπολογισμών

Νόμος του Ωμ $U = I * R$

Ισχύς στο συνεχές ρεύμα $P_{dc} = U * I$

Ισχύς στο εναλλασσόμενο μονοφασικό (1φ) $P_{1φ} = U * I * \cos\varphi$

Ισχύς στο εναλλασσόμενο τριφασικό (3φ) $P_{3φ} = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi$

Μεταβολή αντίστασης υλικού λόγω θερμοκρασίας $\rho_{\theta} = \rho_{20} * [1 + \alpha_{20} * (\theta - 20)]$

Πτώση τάσης εναλλασσόμενο μονοφασικό (1Φ) $V_{d_{1φ}} (V) = \frac{2 * \rho(\Omega * m) * I(A) * l(m)}{A(mm^2)}$

Πτώση τάσης εναλλασσόμενο τριφασικό (3Φ) $V_{d_{3φ}} (V) = \frac{\sqrt{3} * \rho(\Omega * m) * I(A) * L(m)}{A(mm^2)}$

όπου: V_d : Πτώση τάσης από την αρχή μέχρι το τέλος του κυκλώματος σε V, I : Ένταση ρεύματος σε A, A : Διατομή καλωδίου σε mm^2 , L : Μήκος της γραμμής σε m, ρ : ειδική αντίσταση του υλικού σε Ωm

10.2. Υπολογισμός διατομής αγωγού

Για την επιλογή της διατομής (A) των αγωγών μιας γραμμής μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να ικανοποιούνται δύο βασικά κριτήρια:

- Οι αγωγοί να διαρρέονται συνεχώς από ένταση ρεύματος η οποία δεν θα ξεπερνά τη μέγιστη επιτρεπτή ένταση ρεύματος που «αντέχει» ο αγωγός, ώστε η αναπτυσσόμενη θερμότητα να μην προκαλέσει καταστροφή της μόνωσης των αγωγών. Αυτό αποτελεί το κριτήριο ασφαλής λειτουργίας της γραμμής.
- Η επιλεγείσα διατομή των αγωγών της γραμμής να μην προκαλεί πτώση τάσης μεγαλύτερης της επιτρεπτής, αυτό εξασφαλίζει τη σωστή λειτουργία των γραμμών.
- Η διατομή του αγωγού υπολογίζεται και με την μέγιστη ένταση που διαρρέει σε αυτό.

Αναφέρεται ενδεικτικά ότι για την παρούσα ηλεκτρολογική μελέτη μέγιστο όριο πτώσης τάσης για το εναλλασσόμενο (AC) και για το συνεχές (DC) αποτελεί το:

$$\lambda = \frac{\Delta v}{v} \leq 1\%$$

Ο υπολογισμός της διατομής των αγωγών μια ηλεκτρικής γραμμής πραγματοποιείτε, λαμβάνοντας υπόψη: τη επιτρεπτή πτώση τάσης στη γραμμή, το μέγιστο ρεύμα, το μήκος και το φορτίο της γραμμής.

Η επιλογή διατομής των αγωγών γίνεται από πίνακες με βάση τον τρόπο εγκατάστασης της γραμμής, την ένταση φόρτισης και το είδος της μόνωσης των αγωγών.

Τα μονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται στους αγωγούς και τα καλώδια καθώς και η μέγιστη συνεχώς επιτρεπόμενη θερμοκρασία είναι :

- Το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), 70°C
- Το αιθυλενιούχο προπυλαινιούχο ελαστικό (EPR, B2, 3G), 90°C
- Το δικτυωμένο πολυαιθυλένιο (XLPE, 2X), 90°C

Η ωμική αντίσταση ενός αγωγού εξαρτάται από τις διαστάσεις του και από το υλικό του, και δίνεται από τη σχέση:

$$R = \rho * \frac{l}{A}$$

όπου l και A είναι το μήκος και η διατομή του αγωγού αντίστοιχα. Ο συντελεστής ρ ονομάζεται ειδική αντίσταση του υλικού και εξαρτάται κυρίως από το υλικό καθώς επίσης και από άλλες παραμέτρους, όπως είναι η θερμοκρασία. Η μονάδα του ρ στο σύστημα SI είναι το $\Omega\cdot\text{m}$. Στους αγωγούς, επειδή η διατομή τους εκφράζεται συνήθως σε mm^2 , χρησιμοποιείται στην πράξη η μονάδα $\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$.

Η αντίσταση ενός αγωγού μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία. Η αντίσταση των μετάλλων και των περισσότερων κραμάτων αυξάνεται με τη θερμοκρασία, ενώ η αντίσταση του άνθρακα και των ηλεκτρολυτών μειώνεται με τη θερμοκρασία. Είναι δυνατόν, σε ορισμένη περιοχή μεταβολής της θερμοκρασίας, να θεωρηθεί ότι η μεταβολή της αντίστασης είναι γραμμική. Η σχέση που δίνει τη μεταβολή της αντίστασης με τη θερμοκρασία είναι:

$$R_{\theta_2} = R_{\theta_1} \{1 + \alpha(\theta_2 - \theta_1)\}$$

όπου R_{θ_1} και R_{θ_2} είναι οι τιμές της αντίστασης στις θερμοκρασίες θ_1 και θ_2 αντίστοιχα και α ο θερμοκρασιακός συντελεστής μεταβολής της αντίστασης.

Ο παρακάτω πίνακας δίνει, για διάφορα μέταλλα, τις τιμές της ειδικής αντίστασης, ειδικής αγωγιμότητας (για θερμοκρασία περίπου 20°C), καθώς επίσης και τους συντελεστές θερμοκρασίας. Οι μικρές τιμές αντιστοιχούν σε μεγαλύτερο βαθμό καθαρότητας του μετάλλου.

Επιλογή διατομής αγωγών και ασφάλειας από την επιτρεπόμενη ένταση αγωγού						
Ονομαστική διατομή καλωδίων (m ²)	Μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση αγωγού / Ένταση ασφάλειας για την προστασία του αγωγού					
	ΟΜΑΔΑ I Ένας ή περισσότεροι αγωγοί στο ίδιο καλώδιο ή σωλήνα π.χ. H05V-U (NYA)		ΟΜΑΔΑ II Πολυπολικά, πεπλατυσμένα εύκαμπτα καλώδια		ΟΜΑΔΑ III Μονοπολικά καλώδια στον αέρα, με ελάχιστη απόσταση τη διάμετρο τους	
	Επιτρεπόμενη ένταση [A]	Ασφάλεια [A]	Επιτρεπόμενη ένταση [A]	Ασφάλεια [A]	Επιτρεπόμενη Ένταση [A]	Ασφάλεια [A]
0,75	-	-	13	-	16	
1	12	-	16	15	20	20
1,5	16	10	20	20	25	25
2,5	21	16	27	25	34	35
4	27	20	36	35	45	50
6	35	25	47	50	57	60
10	48	35	65	60	78	90
16	65	63	87	80	104	100
25	88	80	115	100	137	125
35	110	100	143	125	168	160
50	140	125	178	160	210	200
70	175	160	220	225	260	260
95	210	200	265	260	310	300
120	250	300	310		365	
150			355		415	
185			405		475	
240			480		560	
300			555		645	
400					770	
500					880	

Πίνακας 10. Σχέση διατομής αγωγού με μέγιστη ένταση (πηγή: Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, Π. Ντοκόπουλος)

10.3. Υπολογισμός DC πλευράς

Για τον ορθό υπολογισμό της επιθυμητής διατομής του αγωγού, θα πρέπει να γνωρίζουμε βάση του **IEC 60512-3** ότι το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να διαρρέει στον αγωγό δίδεται από τον τύπο:

$$I_{DC,max} = I_{sc_{pv}} - I_{sc_{string}}$$

Το μέγιστο ρεύμα πρέπει να είναι μεγαλύτερο ή ίσο από το ρεύμα που αντέχει ο αγωγός. Όταν αναφερόμαστε σε συστοιχία (String) ΦΒ πλαισίων, θα πρέπει να γνωρίζουμε ότι το ρεύμα βραχυκυκλώσεως (I_{sc}) προσεγγίζει το ρεύμα κανονικής λειτουργίας (I_{mp}), σύμφωνα με το **IEC 60364-7-712** ο αγωγός της συστοιχίας θα πρέπει να είναι ικανός να μεταφέρει ρεύμα έντασης:

$$I_{max} = 1,25 * I_{sc}$$

Το ρεύμα που διαρρέει τον αγωγό στη DC πλευρά της εγκατάστασης εξαρτάται από τη εξωτερική θερμοκρασία και συνεπώς από τη θερμοκρασία της ΦΒ κυψέλης, συνήθως είναι μικρότερο από το ονομαστικό ρεύμα σε συνθήκες ιδανικής λειτουργίας (STC).

Η επιλογή της κατάλληλης διατομής του αγωγού έχει άμεση συσχέτιση με την πτώση τάσης του αγωγού. Η επιθυμητή τιμή της πτώσης τάσης δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 1% της ονομαστικής τάσης σε συνθήκες ιδανικής λειτουργίας (STC).

$\rho_{\theta} = \rho_{20\theta} * [1 + \alpha_{20} * (\theta - 20)]$	Μεταβολή αντίστασης υλικού
$V_d = \frac{2 * \rho * I (A) * L(m)}{A (mm^2)}$	Πτώση τάσης
$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{km} \right) = \frac{\Delta v}{V\pi (V)} * \frac{V\pi (V)}{I (A)} * \frac{1}{2 * L (km)}$	Υπολογισμός διατομής καλωδίων

IEC 60228 A (mm²)	R/LΜέγιστη Τιμή Cu στους (20 C) (Ω/km)	IEC 60228 A (mm²)	R/LΜέγιστη Τιμή Cu στους (20 C) (Ω/km)
0,5	36,7	16	1,16
0,75	24,8	25	0,734
1	18,2	35	0,529
1,5	12,2	50	0,391
2,5	7,56	70	0,27
4	4,7	95	0,195
6	3,11	120	0,154
10	1,84		

Πίνακας 11. Τυποποιημένες διατομές αγωγών καλωδίων χαλκού (20⁰C) (πηγή:ΦΒ Συστήματα, Ι. Φραγκιαδάκης)

10.3.1. Σύνδεση ΦΒ πλαισίων σε σειρά



Θα χρησιμοποιηθούν αντάπτορες σύνδεσης τύπου **Multi Contact MC4**, τα οποία αποτελούν ένα αποτελεσματικό σύστημα βελτιωμένου κλεισίματος που αποφεύγει την τυχαία αποσύνδεση και εξασφαλίζει καλύτερη ένωση και ανώτερη ηλεκτρική ασφάλεια στην εγκατάσταση. Οι αντάπτορες (connectors) τοποθετούνται με κατάλληλα εργαλεία σύνδεσης, πρέσες σύσφιξης, για να αποφεύγονται σπινθηρισμοί και τα οποιαδήποτε ενδεχόμενα βραχυκυκλώματα.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
Διάμετρος	Ø 6 mm
Ονομαστική ένταση ρεύματος	Μέγιστη 30A (εξαρτάται από τον τύπο του σωλήνα και τη θερμοκρασία περιβάλλοντος σύμφωνα με το IEC 60364-5-523)
Μέγιστη τάση συστήματος	1000V
Υλικό επαφής	Χαλκός, επιψευδαργυρωμένος
Σύστημα επαφής	Ελάσματα επαφής MC
Κατηγορία προστασίας	Σε σύνδεση IP67
Σύστημα ασφάλισης	Κουμπωτό
Περιοχή θερμοκρασιών λειτουργίας	-40°C...+90°C
Κατηγορία προστασίας	II

Οι αντάπτορες (connectors) τοποθετούνται με κατάλληλα εργαλεία σύνδεσης, πρέσες σύσφιξης, για να αποφεύγονται σπινθηρισμοί και τα οποιαδήποτε ενδεχόμενα βραχυκυκλώματα



Εικόνα 7. Εργαλεία αντάπτορα MC4 (πηγή:Δημουλάς)

10.3.2. Σύνδεση ΦΒ πλαισίων στο μετατροπέα



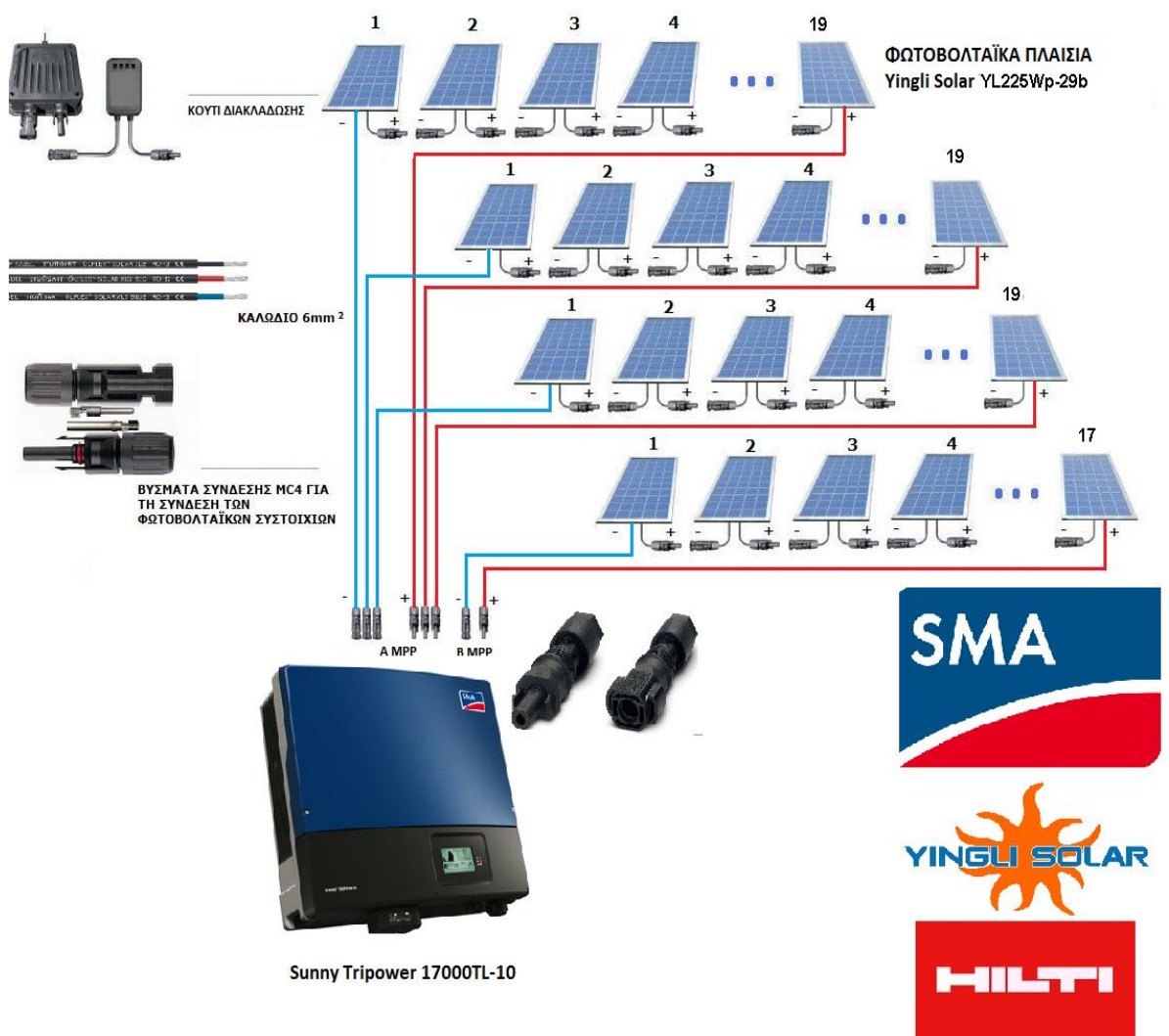
Η σύνδεση των Inverter STP 17000TL-10 πραγματοποιείται μέσω βύσματος SunClix. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου βύσματος δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
Διαστάσεις	Διάμετρος 18 mm
Ονομαστική ένταση ρεύματος	Μέγιστη 40A
Μέγιστη τάση συστήματος	1000V DC
Αντίσταση επαφής	$\leq 5 \text{ m}\Omega$
Τυπική αντίσταση επαφής	1m Ω
Υλικό επαφής	Χαλκός, επιψευδαργυρωμένος
Κατηγορία προστασίας	Σε σύνδεση IP67
Σύστημα ασφάλισης	Κουμπωτό
Περιοχή θερμοκρασιών λειτουργίας	-40°C...+85°C
Κατηγορία προστασίας	II

11. ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ DC ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΒ ΣΤΑΘΜΟΥ ΙΣΧΥΟΣ 99,9 kWp

Στη παρούσα ενότητα αναφέρεται ο εξοπλισμός DC, υλικά και ο τρόπος σύνδεσης από τα ΦΒ πλαίσια μέχρι την είσοδο των αντιστροφέων.

Η όδευση των καλωδίσεων των κλάδων θα γίνει με τέτοιον τρόπο, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι επιφάνειες των βρόχων όδευσης του αργά μεταβαλλόμενου συνεχούς ρεύματος. Κατ' αυτόν τον τρόπο, αποφεύγεται δραστικά η δημιουργία ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, τα οποία θα μπορούσαν να αυξήσουν την πιθανότητα άμεσου κεραυνικού πλήγματος, όπως και την μείωση της ενεργειακής απόδοσης.



Σχεδιάγραμμα 4. Ηλεκτρολογικό διάγραμμα καλωδίωσης DC αντιστροφέα.

11.1. Αντιστροφείας 1

A/A	Αρ. Κλάδου	Απόσταση (m)	Σύνολο V_{mp} (V)	Ρεύμα Γραμμής μεταφοράς (A)
Inverter 1 3X19+1X17	String 1	65	560,5	7,63
	String 2	65	560,5	7,63
	String 3	50	560,5	7,63
	String 4	50	501,5	7,63

11.1.1. Κλάδος 1 και 2

Ο κλάδος αποτελείται από 19 ΦΒ πλαίσια συνδεδεμένα σε σειρά, το μήκος της γραμμής είναι $L=65\text{m}$ συνολική τάση κυκλώματος είναι $V_{mp}=560,5\text{V}$ με ρεύμα γραμμής $I_{mp}=7,63\text{A}$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) = \frac{\Delta v}{V_{\pi} (V)} * \frac{V_{\pi} (V)}{I (A)} * \frac{1}{2 * L (\text{km})} = 5,65 \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right)$$

Από πίνακα 11 για θερμοκρασία 20°C , επιλέχθηκε καλώδιο διατομής $A=4\text{mm}^2$, η μεταβολή της αντίστασης του υλικού λόγω της θερμοκρασίας είναι:

$$\rho_{\theta} = \rho_{20\theta} * [1 + \alpha_{20} * (\theta - 20)] = 2,06 * 10^{-8} \Omega\text{m} \text{ στους } 70^{\circ}\text{C}$$

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) = \frac{\rho_{\theta}}{A}$$

Για θερμοκρασία 70°C και διατομή καλωδίου $A=4\text{mm}^2$:

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) = \frac{\rho_{\theta}}{A} = 2,87 \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right)$$

Από πίνακα 8 επιλέχθηκε αγωγός διατομής $A=6\text{mm}^2$, με βάση τη διατομή αυτή υπολογίζεται η πτώση τάσης:

$$I_{\max} = 1,25 * I_{sc} = 10,35 \text{ A}$$

$$V_d = \frac{2 * \rho_{70^{\circ}\text{C}} * I (A) * L(\text{m})}{6 (\text{mm}^2)} = 4,61 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,82 \%$$

Ισχύει η επιθυμητή πτώση τάσης $\lambda \leq 1\%$ για διατομή $A=6\text{mm}^2$, ακόμα παρατηρείται σύμφωνα με τον πίνακα 10, η διατομή του αγωγού μπορεί να διαχειριστεί τη μέγιστη ένταση του ΦΒ κλάδου.

11.1.2. Κλάδος 3

Ο κλάδος αποτελείται από 19 ΦΒ πλαίσια συνδεδεμένα σε σειρά, το μήκος της γραμμής είναι $L=50m$, η συνολική τάση κυκλώματος είναι $V_{mpp}=560,5V$ με ρεύμα γραμμής $I_{mpp}=7,63A$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{km} \right) = 7,35 \left(\frac{\Omega}{km} \right) \text{ και } \frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{km} \right) = \frac{\rho_{\theta}}{A} = 5,88 \left(\frac{\Omega}{km} \right)$$

Από πίνακα 11 επιλέγουμε αγωγό διατομής $A=4mm^2$, υπολογίζετε η πτώση τάσης με βάση το τύπο:

$$I_{max} = 1,25 * I_{sc} = 10,35 A \text{ και } V_d = \frac{2 * p_{70^{\circ}C} * I(A) * L(m)}{4 (mm^2)} = 5,33 V$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,95 \%$$

Ισχύει η επιθυμητή πτώση τάσης $\lambda \leq 1\%$ για διατομή $A=4mm^2$, σύμφωνα με τον πίνακα 10 η διατομή του αγωγού μπορεί να διαχειριστεί την μέγιστη ένταση του ΦΒ κλάδου.

Για λόγους μείωσης των ενεργειακών απωλειών επιλέχθηκε αγωγός μεγαλύτερης διατομής $A=6mm^2$.

$$V_d = \frac{2 * p_{70^{\circ}C} * I(A) * L(m)}{6 (mm^2)} = 3,55 V$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,63 \%$$

11.1.3. Κλάδος 4

Ο κλάδος αποτελείται από 17 ΦΒ πλαίσια συνδεδεμένα σε σειρά, το μήκος της γραμμής είναι $L=50m$, η συνολική τάση κυκλώματος είναι $V_{mpp}=501,5V$ και ρεύμα γραμμής $I_{mpp}=7,63A$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{km} \right) = 6,57 \left(\frac{\Omega}{km} \right) \text{ και } \frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{km} \right) = \frac{\rho_{\theta}}{A} = 5,26 \left(\frac{\Omega}{km} \right)$$

Από πίνακα 11 επιλέγουμε αγωγό διατομής $A=4mm^2$, υπολογίζετε η πτώση τάσης:

$$I_{max} = 1,25 * I_{sc} = 10,35 A \text{ και } V_d = \frac{2 * p_{70^{\circ}C} * I(A) * L(m)}{4 (mm^2)} = 5,33 V$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,95 \%$$

Ισχύει η επιθυμητή πτώση τάσης $\lambda \leq 1\%$ για διατομή $A=4mm^2$, ακόμα παρατηρείτε σύμφωνα με τον πίνακα 10 η διατομή του αγωγού μπορεί να διαχειριστεί την μέγιστη ένταση του ΦΒ κλάδου.

Για λόγους μείωσης των ενεργειακών απωλειών επιλέχθηκε αγωγός μεγαλύτερης διατομής $A=6mm^2$.

$$V_d = \frac{2 * p_{70^{\circ}C} * I(A) * L(m)}{6 (mm^2)} = 3,55 V$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,71 \%$$

11.2. Αποτελέσματα ηλεκτρολογικής DC εγκατάστασης Ισχύος 99,9 kWp

ΑΡΙΘΜΟΣ INVERTER	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΛΑΔΟΥ	ΜΗΚΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ (m)	ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ (%)	Διατομή (mm ²)
Inverter 1 3X19+1X17	String 1.1	65	0,82	6
	String 1.2	65	0,82	6
	String 1.3	50	0,63	6
	String 1.4	50	0,71	6
Inverter 2 3X19+1X17	String 2.1	40	0,51	6
	String 2.2	40	0,51	6
	String 2.3	25	0,23	6
	String 2.4	25	0,26	6
Inverter 3 3X19+1X17	String 3.1	65	0,82	6
	String 3.2	65	0,82	6
	String 3.3	50	0,63	6
	String 3.4	50	0,71	6
Inverter 4 3X19+1X17	String 4.1	65	0,82	6
	String 4.2	65	0,82	6
	String 4.3	50	0,63	6
	String 4.4	50	0,71	6
Inverter 5 3X19+1X17	String 5.1	40	0,51	6
	String 5.2	40	0,51	6
	String 5.3	25	0,23	6
	String 5.4	25	0,26	6
Inverter 6 3X19+1X17	String 6.1	65	0,82	6
	String 6.2	65	0,82	6
	String 6.3	50	0,63	6
	String 6.4	50	0,71	6

11.3. Επιλογή τύπου DC καλωδίου

Τύπος και χαρακτηριστικά αγωγών		R/L (Ω/km)
OLFLEX SOLAR XLR	1G6	3,08

- **ÖLFLEX SOLAR – XLR**

Καλώδια για εξωτερική χρήση κατάλληλα για ΦΒ εγκαταστάσεις σε κτήρια και γήπεδα. Υψηλή θερμική ικανότητα για την μακροχρόνια λειτουργία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης σε όλες τις εποχές του χρόνου, μειωμένη εξάπλωση της φωτιάς, ποικιλοτρόπως χρωματισμένα μονώσεις πυρήνα για απλοποίηση της πολικότητας κατά την εγκατάσταση.

Η DC καλωδίωση θα ακολουθεί την φορά είτε της μιας είτε της άλλης πολικότητας. Τα καλώδια θα οδεύουν ανά ζευγάρια, διασυνδέοντας το ένα μετά το άλλο πλαίσιο προτού οδεύσουν προς την είσοδο του αντιστροφέα. Έτσι η επιφάνεια του βρόγχου μειώνεται ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο δημιουργίας υπερτάσεων από πτώση κεραυνού στα άκρα της στοιχειοσειράς.



Εικόνα 9. Καλώδιο DC (πηγή:Kabel)

12. ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΒ ΣΤΑΘΜΟΥ ΙΣΧΥΟΣ 99,9 kWp

Τμήμα Δικτύου	Είδος Φορτίου	Φορτίο Γραμμής (KW)	CosΦ	Μήκος Γραμμής (m)	Μέγιστη ένταση (A)
Γ.Π.Χ.Τ	Πίνακας	102.0	1.0	75	147,224
INV. 1	STP 17000TL	17	1.0	20	24,537
INV. 2	STP 17000TL	17	1.0	18	24,537
INV. 3	STP 17000TL	17	1.0	16	24,537
INV.4	STP 17000TL	17	1.0	12	24,537
INV. 5	STP 17000TL	17	1.0	10	24,537
INV. 6	STP 17000TL	17	1.0	8	24,537

Πίνακας 14. Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά ΦΒ συστήματος

12.1. Αντιστροφείς

Οι αντιστροφείς είναι στεγανού τύπου (IP65) και θα τοποθετηθούν σε κατάλληλα σημεία κάτω από το σύστημα στήριξης για την ελαχιστοποίηση απωλειών.

12.1.1. Αντιστροφές 1

Θα υπολογιστεί η διατομή του καλωδίου σε θερμοκρασία $\theta=70^{\circ}\text{C}$, μήκους καλωδίου $L=20\text{m}$, ονομαστική τάση $V_{\pi}=400\text{V}$, εναλλασσομένου ρεύματος $I=24,537\text{A}$ και ποσοστό πτώσης τάσης $\lambda \leq 1\%$. Για τον υπολογισμό της διατομής του αγωγού, θα χρησιμοποιήσουμε ένα ακόμα βασικό κριτήριο εκτός του λόγου $\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right)$, το μέγιστο ρεύμα που ο αγωγός έχει την ικανότητα να μεταφέρει.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) = 4,075 \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) \text{ στους } 20^{\circ}\text{C}$$

Από πίνακα 11 επιλέγουμε αγωγό διατομής $A=4\text{mm}^2$, υπολογίζετε η πτώση τάσης:

$$\rho_{70^{\circ}\text{C}} = \rho_{20^{\circ}\text{C}} * [1 + \alpha_{20} * (\theta - 20)] = 2,06 * 10^{-8} \Omega\text{m}$$

$$V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_{\theta} * I (A) * L(m)}{4 (mm^2)} = 4,37 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 1,1 \%$$

Παρατηρείτε ότι το ποσοστό απωλειών είναι 1,1% το οποίο είναι μεγαλύτερο από το 1% που έχουμε θέσει ως ένα από τα κριτήρια επιλογής της επιθυμητής διατομής του αγωγού. Επομένως επιλέγετε καλώδιο διατομής $A=6\text{mm}^2$.

$$V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_{\theta} * I (A) * L(m)}{6 (mm^2)} = 2,92 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,71 \%$$

Έχοντας κάνει όλες τους κατάλληλους υπολογισμούς, παρατηρούμε ότι η υπολογίσιμη τιμή ικανοποιεί το κριτήριο $\lambda \leq 1\%$, στη συνέχεια εφαρμόζετε το 2^ο κριτήριο, το οποίο αναφέρει ότι ο αγωγός θα είναι σε θέση να μεταφέρει το μέγιστο ρεύμα της γραμμής μεταφοράς:

$$I_{max} = 1,25 * I_{ov} = 30,67 \text{ A}$$

Σύμφωνα με τον πίνακα 7 ικανοποιείτε και αυτό το κριτήριο. Θα πρέπει όμως να υπολογίσουμε την επιτρεπτή πτώση τάσης για I_{max} .

$$V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_{\theta} * I_{max} (A) * L(m)}{6 (mm^2)} = 3,65 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,88 \%$$

Για λόγους μείωσης των ενεργειακών απωλειών ισχύος στις γραμμές μεταφοράς $\eta_{\nu,\mu}$ επιλέγουμε την αμέσως επόμενη διατομή καλωδίου $A=10\text{mm}^2$.

$$V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_{\theta} * I_{max} (A) * L(m)}{10 (mm^2)} = 2,19 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,53 \%$$

Επιλογή καλωδίου επιθυμητής διατομής $A=10\text{mm}^2$, η οποία ικανοποιεί και τα δύο κριτήρια.

12.1.2. Αντιστροφάς 2

Θα υπολογιστεί η διατομή του καλωδίου σε θερμοκρασία $\Theta=70^{\circ}\text{C}$, μήκους καλωδίου $L=18\text{m}$, ονομαστική τάση $V_{\pi}=400\text{V}$, εναλλασσομένου ρεύματος $I=24,537\text{A}$ και ποσοστό πτώσης τάσης $\lambda \leq 1\%$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) = 4,528 \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) \text{ στους } 20^{\circ}\text{C} \text{ και } V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_{\theta} * I (A) * L(m)}{4 (mm^2)} = 3,94 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,95 \%$$

$$V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_{\theta} * I_{max} (A) * L(m)}{4 (mm^2)} = 4,92 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 1,19 \%$$

Παρατηρούμε ότι δεν ικανοποιείτε το κριτήριο της μέγιστης επιτρεπτής πτώσης τάσης στη γραμμή μεταφοράς. Θα επιλέξουμε αγωγό μεγαλύτερης διατομής $A=6\text{mm}^2$.

$$V_d = 3,28 \text{ V} \text{ και } \lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,79 \%$$

Για λόγους μείωσης των ενεργειακών απωλειών ισχύος στις γραμμές μεταφοράς $\eta_{\nu,\mu}$, επιλέγουμε την αμέσως επόμενη διατομή καλωδίου, $A=10\text{mm}^2$.

$$V_d = 1,97 \text{ V} \text{ και } \lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,47 \%$$

Επιλογή καλωδίου επιθυμητής διατομής $A=10\text{mm}^2$, η οποία ικανοποιεί και τα δύο κριτήρια.

12.1.3. Αντιστροφάς 3

Θα υπολογιστεί η διατομή του καλωδίου σε θερμοκρασία $\Theta=70^{\circ}\text{C}$, μήκους καλωδίου $L=16\text{m}$, ονομαστική τάση $V_{\pi}=400\text{V}$, εναλλασσομένου ρεύματος $I=24,537\text{A}$ και ποσοστό πτώσης τάσης $\lambda \leq 1\%$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) = 5,094 \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) \text{ στους } 20^{\circ}\text{C} \text{ και } V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_{\theta} * I (A) * L(m)}{4 (mm^2)} = 3,5 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,84 \%$$

$$V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_{\theta} * I_{max} (A) * L(m)}{4 (mm^2)} = 4,37 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 1,05 \%$$

Παρατηρούμε ότι δεν ικανοποιείτε το κριτήριο της μέγιστης επιτρεπτής πτώσης τάσης στη γραμμή μεταφοράς. Θα επιλέξουμε αγωγό μεγαλύτερης διατομής $A=6\text{mm}^2$.

$$V_d = 2,92 \text{ V και } \lambda = \frac{V_d}{V_\pi} * 100 = 0,71 \%$$

Για λόγους μείωσης των ενεργειακών απωλειών ισχύος στις γραμμές μεταφοράς $\eta_{\nu,\mu}$, επιλέγουμε την αμέσως επόμενη διατομή καλωδίου, **A=10mm²**.

$$V_d = 1,75 \text{ V και } \lambda = \frac{V_d}{V_\pi} * 100 = 0,42 \%$$

Επιλογή καλωδίου επιθυμητής διατομής **A=10mm²**, η οποία ικανοποιεί και τα δύο κριτήρια.

12.1.4. Αντιστροφάς 4

Θα υπολογιστεί η διατομή του καλωδίου σε θερμοκρασία $\Theta=70^\circ\text{C}$, μήκους καλωδίου $L=12\text{m}$, ονομαστική τάση $V_\pi=400\text{V}$, εναλλασσομένου ρεύματος $I=24,537\text{A}$ και ποσοστό πτώσης τάσης $\lambda \leq 1\%$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) = 6,792 \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) \text{ στους } 20^\circ\text{C και } V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_\theta * I (A) * L(m)}{4 (mm^2)} = 2,63 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_\pi} * 100 = 0,63 \%$$

$$V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_\theta * I_{max} (A) * L(m)}{4 (mm^2)} = 3,28 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_\pi} * 100 = 0,79 \%$$

Για λόγους μείωσης των ενεργειακών απωλειών ισχύος στις γραμμές μεταφοράς $\eta_{\nu,\mu}$, επιλέγουμε την αμέσως επόμενη διατομή καλωδίου, **A=6mm²**.

$$V_d = 2,19 \text{ V και } \lambda = \frac{V_d}{V_\pi} * 100 = 0,53 \%$$

Επιλογή καλωδίου επιθυμητής διατομής **A=6mm²**, η οποία ικανοποιεί και τα δύο κριτήρια.

12.1.5. Αντιστροφάς 5

Θα υπολογιστεί η διατομή του καλωδίου σε θερμοκρασία $\Theta=70^\circ\text{C}$, μήκους καλωδίου $L=10\text{m}$, ονομαστική τάση $V_\pi=400\text{V}$, εναλλασσομένου ρεύματος $I=24,537\text{A}$ και ποσοστό πτώσης τάσης $\lambda \leq 1\%$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) = 8,151 \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) \text{ στους } 20^\circ\text{C και } V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_\theta * I (A) * L(m)}{2,5 (mm^2)} = 3,5 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_\pi} * 100 = 0,85 \%$$

$$V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_\theta * I_{max} (A) * L(m)}{2,5 (mm^2)} = 4,37 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_\pi} * 100 = 1,1 \%$$

Παρατηρούμε ότι δεν ικανοποιείτε το κριτήριο της μέγιστης επιτρεπτής πτώσης τάσης στη γραμμή μεταφοράς, οπότε επιλέγουμε αγωγό μεγαλύτερης διατομής, **A=4mm²**.

$$V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_\theta * I_{max} (A) * L(m)}{4 (mm^2)} = 2,73 V$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_\pi} * 100 = 0,66 \%$$

Για λόγους μείωσης των ενεργειακών απωλειών ισχύος στις γραμμές μεταφοράς $\eta_{V,\mu}$ επιλέγουμε την αμέσως επόμενη διατομή καλωδίου, **A=6mm²**.

$$V_d = 1,82 V \text{ και } \lambda = \frac{V_d}{V_\pi} * 100 = 0,44 \%$$

Επιλογή καλωδίου επιθυμητής διατομής **A=6mm²**, η οποία ικανοποιεί και τα δύο κριτήρια.

12.1.6. Αντιστροφείας 6

Θα υπολογιστεί η διατομή του καλωδίου σε θερμοκρασία $\Theta=70^{\circ}C$, μήκους καλωδίου $L=8m$, ονομαστική τάση $V_\pi=400V$, εναλλασσομένου ρεύματος $I=24,537A$ και ποσοστό πτώσης τάσης $\lambda \leq 1\%$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{km} \right) = 10,19 \left(\frac{\Omega}{km} \right) \text{ στους } 20^{\circ}C \text{ και } V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_\theta * I (A) * L(m)}{2,5 (mm^2)} = 2,8 V$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_\pi} * 100 = 0,7 \%$$

$$V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_\theta * I_{max} (A) * L(m)}{2,5 (mm^2)} = 3,5 V$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_\pi} * 100 = 0,84 \%$$

Παρατηρούμε ότι ικανοποιείτε το κριτήριο της μέγιστης επιτρεπτής πτώσης τάσης στη γραμμή μεταφοράς, για λόγους επιπρόσθετης ασφάλειας και λειτουργίας επιλέγουμε αγωγό μεγαλύτερης διατομής, **A=4mm²**.

$$V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_\theta * I_{max} (A) * L(m)}{4 (mm^2)} = 2,19 V$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_\pi} * 100 = 0,53 \%$$

Για λόγους μείωσης των ενεργειακών απωλειών ισχύος στις γραμμές μεταφοράς $\eta_{V,\mu}$ επιλέγουμε την αμέσως επόμενη διατομή καλωδίου, **A=6mm²**.

$$V_d = 1,46 V \text{ και } \lambda = \frac{V_d}{V_\pi} * 100 = 0,35 \%$$

Επιλογή καλωδίου επιθυμητής Διατομής (A)=6mm², η οποία ικανοποιεί και τα δύο κριτήρια.

12.2. Γενικός πίνακας χαμηλής τάσης προς σημείο διασύνδεσης με μετρητή ΔΕΗ

Θα υπολογιστεί η διατομή του καλωδίου σε θερμοκρασία $\Theta=70^{\circ}\text{C}$, μήκους καλωδίου $L=75\text{m}$, ονομαστική τάση $V_{\pi}=414\text{V}$, εναλλασσομένου ρεύματος $I=147,224\text{A}$ και ποσοστό πτώσης τάσης $\lambda \leq 1\%$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) = 0,181 \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) \text{ στους } 20^{\circ}\text{C} \text{ και } V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_{\theta} * I (A) * L(m)}{95 (mm^2)} = 4,14 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 1,0 \%$$

Παρατηρούμε ότι το ποσοστό πτώσης τάσης ισούται με το $\lambda \leq 1\%$ που έχουμε θέσει ως ένα από τα κριτήρια επιλογής της επιθυμητής διατομής του αγωγού. Για λόγους μείωσης των ενεργειακών απωλειών ισχύος στις γραμμές μεταφοράς ηγ.μ, θα επιλέξουμε την αμέσως μεγαλύτερη διατομή αγωγού $A=120\text{mm}^2$.

$$V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_{\theta} * I (A) * L(m)}{120 (mm^2)} = 3,28 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,79 \%$$

Έχοντας κάνει όλες τους κατάλληλους υπολογισμούς, παρατηρούμε ότι η υπολογίσιμη τιμή ικανοποιεί το κριτήριο $\lambda \leq 1\%$ για την επιθυμητή επιλογή διατομής αγωγού.

$$I_{max} = 1,25 * I_{ov} = 184,03 \text{ A}$$

$$V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_{\theta} * I_{max} (A) * L(m)}{120 (mm^2)} = 4,1 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,99 \%$$

Επιλογή καλωδίου υπολογιστικής διατομής $A=120\text{mm}^2$.

12.3. Αποτελέσματα ηλεκτρολογικής AC εγκατάστασης ΦΒ Σταθμού Ισχύος 99,9 kWp

Τμήμα	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	CosΦ	Ένταση γραμμής (A)	λ%	Διατομή (mm ²)
Γ.Π.Χ.Τ	75	102	1.0	147,224	0,99%	120
INV. 1	20	17	1.0	24,537	0,53%	10
INV. 2	18	17	1.0	24,537	0,47%	10
INV. 3	16	17	1.0	24,537	0,42%	10
INV.4	12	17	1.0	24,537	0,53%	6
INV. 5	10	17	1.0	24,537	0,44%	6
INV. 6	8	17	1.0	24,537	0,35%	6

Πίνακας 15. Υπολογισμοί Ηλεκτρικής Εγκατάστασης (AC)

13. ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ DC ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΒ ΣΤΑΘΜΟΥ ΙΣΧΥΟΣ 765,63 kWp

Θα υπολογίσουμε τις δυσμενέστερες γραμμές μεταφοράς κάθε υποπίνακα.

13.1. Υποπίνακας 1-αντιστροφίας 1

A/A	Αρ. Κλάδου	Απόσταση (m)	Σύνολο V _{mpp} (V)	Ρεύμα Γραμμής μεταφοράς (A)
Inverter 1 3X18+1X18	String 1	160	531	7,97
	String 2	162	531	7,97
	String 3	158	531	7,97
	String 4	156	531	7,97

13.1.1. Κλάδος 1

Ο κλάδος αποτελείται από 18 ΦΒ πλαίσια συνδεδεμένα σε σειρά, το μήκος της γραμμής είναι L=160m, η συνολική τάση κυκλώματος είναι V_{mpp}=531V με ρεύμα γραμμής I_{mpp}=7,97A.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{km} \right) = 2,06 \left(\frac{\Omega}{km} \right)$$

$$I_{max} = 1,25 * I_{sc} = 10,68 A$$

$$\rho_{70^{\circ}C} = \rho_{20^{\circ}C} * [1 + \alpha_{20} * (\theta - 20)] = 2,06 * 10^{-8} \Omega m$$

$$V_d = \frac{2 * \rho_{70^{\circ}C} * I(A) * L(m)}{10 (mm^2)} = 5,18 V$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,98 \%$$

Ισχύει η επιθυμητή πτώση τάσης λ≤1% για διατομή **A=10mm²**, σύμφωνα με τον πίνακα 10 η διατομή του αγωγού μπορεί να διαχειριστεί την μέγιστη ένταση της ΦΒ συστοιχίας

13.1.2. Κλάδος 2

Ο κλάδος αποτελείται από 18 ΦΒ πλαίσια συνδεδεμένα σε σειρά, το μήκος της γραμμής είναι L=162m, η συνολική τάση κυκλώματος είναι V_{mpp}=531V με ρεύμα γραμμής I_{mpp}=7,97A.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{km} \right) = 2,06 \left(\frac{\Omega}{km} \right) \text{ και } V_d = \frac{2 * \rho_{70^{\circ}C} * I(A) * L(m)}{10 (mm^2)} = 5,24 V$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,99 \%$$

Ισχύει η επιθυμητή πτώση τάσης λ≤1% για διατομή **A=10mm²**, σύμφωνα με τον πίνακα 10 η διατομή του αγωγού μπορεί να διαχειριστεί την μέγιστη ένταση της ΦΒ κλάδου.

13.1.3. Κλάδος 3

Ο κλάδος αποτελείται από 18 ΦΒ πλαίσια συνδεδεμένα σε σειρά, το μήκος της γραμμής είναι $L=158m$, η συνολική τάση κυκλώματος είναι $V_{mpp}=531V$ με ρεύμα γραμμής $I_{mpp}=7,97A$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{km} \right) = 2,11 \left(\frac{\Omega}{km} \right) \text{ και } V_d = \frac{2 * \rho_{70^{\circ}C} * I_{max} (A) * L(m)}{10 (mm^2)} = 5,11 V$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,96 \%$$

Ισχύει η επιθυμητή πτώση τάσης $\lambda \leq 1\%$ για διατομή $A=10mm^2$, σύμφωνα με τον πίνακα 10 η διατομή του αγωγού μπορεί να διαχειριστεί την μέγιστη ένταση της ΦΒ κλάδου.

13.1.4. Κλάδος 4

Ο κλάδος αποτελείται από 18 ΦΒ πλαίσια συνδεδεμένα σε σειρά, το μήκος της γραμμής είναι $L=156m$, η συνολική τάση κυκλώματος είναι $V_{mpp}=531V$ με ρεύμα γραμμής $I_{mpp}=7,97A$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{km} \right) = 2,14 \left(\frac{\Omega}{km} \right) \text{ και } V_d = \frac{2 * \rho_{70^{\circ}C} * I_{max} (A) * L(m)}{10 (mm^2)} = 5,05 V$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,95 \%$$

Ισχύει η επιθυμητή πτώση τάσης $\lambda \leq 1\%$ για διατομή $A=10mm^2$, σύμφωνα με τον πίνακα 10 η διατομή του αγωγού μπορεί να διαχειριστεί την μέγιστη ένταση της ΦΒ κλάδου.

ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ 1				
ΑΡΙΘΜΟΣ INVERTER	ΑΡΙΘΜΟΣ STRING	ΜΗΚΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ (m)	ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ (%)	Διατομή (mm ²)
Inverter 1 3X18+1X18	String 1	160	0,98%	10
	String 2	162	0,99%	10
	String 3	158	0,96%	10
	String 4	156	0,95%	10
Inverter 2 3X18+1X18	String 5	129	0,79%	10
	String 6	153	0,93%	10
	String 7	152	0,93%	10
	String 8	113	0,69%	10
Inverter 3 3X18+1X18	String 9	107	0,65%	10
	String 10	63	0,64%	6
	String 11	63	0,64%	6
	String 12	46	0,47%	6

Inverter 4 3X18+1X18	String 13	135	0,82%	10
	String 14	135	0,82%	10
	String 15	97	0,99%	6
	String 16	97	0,99%	6
Inverter 5 3X18+1X18	String 17	47	0,48%	6
	String 18	58	0,59%	6
	String 19	58	0,59%	6
	String 20	71	0,72%	6
Inverter 6 3X18+1X18	String 21	125	0,76%	10
	String 22	125	0,76%	10
	String 23	87	0,88%	6
	String 24	87	0,88%	6
Inverter 7 3X18+1X18	String 25	133	0,81%	10
	String 26	133	0,81%	10
	String 27	95	0,96%	6
	String 28	95	0,96%	6
Inverter 8 3X18+1X18	String 29	156	0,95%	10
	String 30	156	0,95%	10
	String 31	116	0,71%	10
	String 32	116	0,71%	10
Inverter 9 3X18+1X18	String 33	61	0,62%	6
	String 34	61	0,62%	6
	String 35	75	0,76%	6
	String 36	75	0,76%	6

13.2. Υποπίνακας 2-αντιστροφείας 11

A/A	Αρ. Κλάδου	Απόσταση (m)	Σύνολο Vmp (V)	Ρεύμα Γραμμής μεταφοράς (A)
Inverter 11 3X18+1X18	String 41	149	531	7,97
	String 42	149	531	7,97
	String 43	112	531	7,97
	String 44	112	531	7,97

13.2.1. Κλάδοι 41 και 42

Ο κλάδος αποτελείται από 18 ΦΒ πλαίσια συνδεδεμένα σε σειρά, το μήκος της γραμμής είναι L=149m, η συνολική τάση κυκλώματος είναι $V_{mpp}=531V$ με ρεύμα γραμμής $I_{mpp}=7,97A$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{km} \right) = 2,24 \left(\frac{\Omega}{km} \right) \text{ και } V_d = \frac{2 * \rho_{70^{\circ}C} * I(A) * L(m)}{10 (mm^2)} = 4,82 V$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,91 \%$$

Ισχύει η επιθυμητή πτώση τάσης $\lambda \leq 1\%$ για διατομή $A=10mm^2$, σύμφωνα με τον πίνακα 10 η διατομή του αγωγού μπορεί να διαχειριστεί την μέγιστη ένταση της ΦΒ κλάδου.

13.2.2. Κλάδοι 43 και 44

Ο κλάδος αποτελείται από 18 ΦΒ πλαίσια συνδεδεμένα σε σειρά, το μήκος της γραμμής είναι L=112m, η συνολική τάση κυκλώματος είναι $V_{mpp}=531V$ με ρεύμα γραμμής $I_{mpp}=7,97A$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{km} \right) = 2,97 \left(\frac{\Omega}{km} \right) \text{ και } V_d = \frac{2 * \rho_{70^{\circ}C} * I(A) * L(m)}{10 (mm^2)} = 3,62 V$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,68 \%$$

Ισχύει η επιθυμητή πτώση τάσης $\lambda \leq 1\%$ για διατομή $A=10mm^2$, σύμφωνα με τον πίνακα 10 η διατομή του αγωγού μπορεί να διαχειριστεί την μέγιστη ένταση της ΦΒ κλάδου.

ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ 2				
ΑΡΙΘΜΟΣ INVERTER	ΑΡΙΘΜΟΣ STRING	ΜΗΚΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ (m)	ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ (%)	Διατομή (mm ²)
Inverter 10 3X18+1X18	String 37	87	0,88%	6
	String 38	73	0,74%	6
	String 39	73	0,74%	6
	String 40	43	0,44%	6
Inverter 11 3X18+1X18	String 41	149	0,91%	10
	String 42	149	0,91%	10
	String 43	112	0,68%	10
	String 44	112	0,68%	10
Inverter 12 3X18+1X18	String 45	137	0,83%	10
	String 46	137	0,83%	10
	String 47	99	0,60%	10

	String 48	99	0,60%	10
Inverter 13 3X18+1X18	String 49	65	0,66%	6
	String 50	59	0,60%	6
	String 51	39	0,40%	6
	String 52	57	0,58%	6
	String 53	133	0,81%	10
Inverter 14 3X18+1X18	String 54	133	0,81%	10
	String 55	95	0,96%	6
	String 56	95	0,96%	6
	String 57	131	0,80%	10
Inverter 15 3X18+1X18	String 58	131	0,80%	10
	String 59	93	0,94%	6
	String 60	93	0,94%	6
	String 61	34	0,35%	6
Inverter 16 3X18+1X19	String 62	141	0,86%	10
	String 63	103	0,63%	10
	String 64	66	0,64%	6
	String 65	141	0,86%	10
Inverter 17 3X18+1X19	String 66	104	0,63%	10
	String 67	47	0,45%	6
	String 68	152	0,93%	10
	String 69	153	0,93%	10
Inverter 18 3X18+1X19	String 70	114	0,69%	10
	String 71	114	0,69%	10
	String 72	76	0,73%	6

13.3. Υποπίνακας 3-αντιστροφάς 20

A/A	Αρ. κλάδου	Απόσταση (m)	Σύνολο Vmp (V)	Ρεύμα Γραμμής μεταφοράς (A)
Inverter 20 3X18+1X18	String 77	114	531	7,97
	String 78	114	531	7,97
	String 79	152	531	7,97
	String 80	152	531	7,97

13.3.1. Κλάδοι 77 και 78

Ο κλάδος αποτελείται από 18 ΦΒ πλαίσια συνδεδεμένα σε σειρά, το μήκος της γραμμής είναι $L=114\text{m}$, η συνολική τάση κυκλώματος είναι $V_{\text{mpp}}=531\text{V}$ με ρεύμα γραμμής $I_{\text{mpp}}=7,97\text{A}$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) = 2,95 \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) \text{ και } V_d = \frac{2 * \rho_{70^\circ\text{C}} * I(A) * L(\text{m})}{10 (\text{mm}^2)} = 3,66 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_\pi} * 100 = 0,69 \%$$

Ισχύει η επιθυμητή πτώση τάσης $\lambda \leq 1\%$ για διατομή $A=10\text{mm}^2$, σύμφωνα με τον πίνακα 10 η διατομή του αγωγού μπορεί να διαχειριστεί την μέγιστη ένταση της ΦΒ κλάδου.

13.3.2. Κλάδοι 79 και 80

Ο κλάδος αποτελείται από 18 ΦΒ πλαίσια συνδεδεμένα σε σειρά, το μήκος της γραμμής είναι $L=152\text{m}$, η συνολική τάση κυκλώματος είναι $V_{\text{mpp}}=531\text{V}$ με ρεύμα γραμμής $I_{\text{mpp}}=7,97\text{A}$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) = 2,19 \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) \text{ και } V_d = \frac{2 * \rho_{70^\circ\text{C}} * I(A) * L(\text{m})}{10 (\text{mm}^2)} = 4,92 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_\pi} * 100 = 0,93 \%$$

Ισχύει η επιθυμητή πτώση τάσης $\lambda \leq 1\%$ για διατομή $A=10\text{mm}^2$, σύμφωνα με τον πίνακα 10 η διατομή του αγωγού μπορεί να διαχειριστεί την μέγιστη ένταση της ΦΒ κλάδου.

ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ 3				
ΑΡΙΘΜΟΣ INVERTER	ΑΡΙΘΜΟΣ STRING	ΜΗΚΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ (m)	ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ (%)	Διατομή (mm ²)
Inverter 19 3X18+1X18	String 73	119	0,73%	10
	String 74	88	0,89%	6
	String 75	127	0,77%	10
	String 76	127	0,77%	10
Inverter 20 3X18+1X18	String 77	114	0,69%	10
	String 78	114	0,69%	10
	String 79	152	0,93%	10
	String 80	152	0,93%	10
Inverter 21 3X18+1X18	String 81	89	0,90%	6
	String 82	77	0,78%	6
	String 83	58	0,59%	6
	String 84	52	0,53%	6

Inverter 22 3X18+1X18	String 85	88	0,89%	6
	String 86	87	0,88%	6
	String 87	125	0,76%	10
	String 88	125	0,76%	10
Inverter 23 3X18+1X19	String 89	35	0,36%	6
	String 90	52	0,50%	6
	String 91	88	0,89%	6
	String 92	125	0,76%	10
Inverter 24 3X18+1X19	String 93	32	0,31%	6
	String 94	89	0,90%	6
	String 95	126	0,77%	10
	String 96	146	0,89%	10
Inverter 25 3X18+1X19	String 97	62	0,60%	6
	String 98	98	1,00%	6
	String 99	135,5	0,83%	10
	String 100	162	0,99%	10
Inverter 26 3X18+1X19	String 101	42	0,40%	6
	String 102	98	1,00%	6
	String 103	135	0,82%	10
	String 104	160	0,98%	10
Inverter 27 3X18+1X19	String 105	72	0,69%	6
	String 106	109	0,66%	10
	String 107	146	0,89%	10
	String 108	163	0,99%	10

13.4. Υποπίνακας 4-αντιστροφίας 36

A/A	Αρ. κλάδου	Απόσταση (m)	Σύνολο Vmp _{pp} (V)	Ρεύμα Γραμμής μεταφοράς (A)
Inverter 36 3X18+1X19	String 141	97	560,5	7,97
	String 142	135	531	7,97
	String 143	158	531	7,97
	String 144	164	531	7,97

13.4.1. Κλάδος 141

Ο κλάδος αποτελείται από 19 ΦΒ πλαίσια συνδεδεμένα σε σειρά, το μήκος της γραμμής είναι $L=97\text{m}$, η συνολική τάση κυκλώματος είναι $V_{\text{mpp}}=560,5\text{V}$ με ρεύμα γραμμής $I_{\text{mpp}}=7,97\text{A}$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) = 3,43 \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) \text{ και } V_d = \frac{2 * \rho_{70^\circ\text{C}} * I(A) * L(\text{m})}{6 (\text{mm}^2)} = 5,23 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_\pi} * 100 = 0,93 \%$$

Ισχύει η επιθυμητή πτώση τάσης $\lambda \leq 1\%$ για διατομή $A=6\text{mm}^2$, σύμφωνα με τον πίνακα 10 η διατομή του αγωγού μπορεί να διαχειριστεί την μέγιστη ένταση της ΦΒ κλάδου.

13.4.2. Κλάδος 142

Ο κλάδος αποτελείται από 18 ΦΒ πλαίσια συνδεδεμένα σε σειρά, το μήκος της γραμμής είναι $L=135\text{m}$, η συνολική τάση κυκλώματος είναι $V_{\text{mpp}}=531\text{V}$ με ρεύμα γραμμής $I_{\text{mpp}}=7,97\text{A}$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) = 2,47 \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) \text{ και } V_d = \frac{2 * \rho_{70^\circ\text{C}} * I(A) * L(\text{m})}{10 (\text{mm}^2)} = 4,37 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_\pi} * 100 = 0,82 \%$$

Ισχύει η επιθυμητή πτώση τάσης $\lambda \leq 1\%$ για διατομή $A=10\text{mm}^2$, σύμφωνα με τον πίνακα 10 η διατομή του αγωγού μπορεί να διαχειριστεί την μέγιστη ένταση της ΦΒ κλάδου.

13.4.3. Κλάδος 143

Ο κλάδος αποτελείται από 18 ΦΒ πλαίσια συνδεδεμένα σε σειρά, το μήκος της γραμμής είναι $L=158\text{m}$, η συνολική τάση κυκλώματος είναι $V_{\text{mpp}}=531\text{V}$ με ρεύμα γραμμής $I_{\text{mpp}}=7,97\text{A}$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) = 2,11 \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) \text{ και } V_d = \frac{2 * \rho_{70^\circ\text{C}} * I(A) * L(\text{m})}{10 (\text{mm}^2)} = 5,11 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_\pi} * 100 = 0,96 \%$$

Ισχύει η επιθυμητή πτώση τάσης $\lambda \leq 1\%$ για διατομή $A=10\text{mm}^2$, σύμφωνα με τον πίνακα 10 η διατομή του αγωγού μπορεί να διαχειριστεί την μέγιστη ένταση της ΦΒ κλάδου.

13.4.4. Κλάδος 144

Ο κλάδος αποτελείται από 18 ΦΒ πλαίσια συνδεδεμένα σε σειρά, το μήκος της γραμμής είναι $L=164\text{m}$, η συνολική τάση κυκλώματος είναι $V_{\text{mpp}}=531\text{V}$ με ρεύμα γραμμής $I_{\text{mpp}}=7,97\text{A}$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) = 2,03 \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) \text{ και } V_d = \frac{2 * \rho_{70^\circ\text{C}} * I(A) * L(\text{m})}{10 (\text{mm}^2)} = 5,31 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_\pi} = 1,00 \%$$

Ισχύει η επιθυμητή πτώση τάσης $\lambda \leq 1\%$ για διατομή $A=10\text{mm}^2$, σύμφωνα με τον πίνακα 10 η διατομή του αγωγού μπορεί να διαχειριστεί την μέγιστη ένταση της ΦΒ κλάδου.

ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ 4				
ΑΡΙΘΜΟΣ INVERTER	ΑΡΙΘΜΟΣ STRING	ΜΗΚΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ (m)	ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ (%)	Διατομή (mm²)
Inverter 28 3X18+1X19	String 109	27	0,26%	6
	String 110	83	0,84%	6
	String 111	121	0,74%	10
	String 112	158	0,96%	10
Inverter 29 3X18+1X19	String 113	57	0,55%	6
	String 114	94	0,95%	6
	String 115	131	0,80%	10
	String 116	158	0,96%	10
Inverter 30 3X18+1X19	String 117	36	0,35%	6
	String 118	95	0,96%	6
	String 119	132	0,80%	10
	String 120	158	0,96%	10
Inverter 31 3X18+1X19	String 121	69	0,66%	6
	String 122	107	0,65%	10
	String 123	144	0,88%	10
	String 124	181	1,84%	6
Inverter 32 3X18+1X19	String 125	68	0,65%	6
	String 126	108	0,66%	10
	String 127	145	0,88%	10
	String 128	162	0,99%	10
Inverter 33 3X18+1X19	String 129	86	0,83%	6
	String 130	124	0,76%	10
	String 131	162	0,99%	10
	String 132	164	1,00%	10
Inverter 34 3X18+1X19	String 133	87	0,84%	6
	String 134	125	0,76%	10
	String 135	162	0,99%	10
	String 136	164	1,00%	10

Inverter 35 3X18+1X19	String 137	96	0,92%	6
	String 138	135	0,82%	10
	String 139	157	0,96%	10
	String 140	164	1,00%	10
Inverter 36 3X18+1X19	String 141	97	0,93%	6
	String 142	135	0,82%	10
	String 143	158	0,96%	10
	String 144	164	1,00%	10

13.5. Υποπίνακας 5-αντιστροφείας 44

A/A	Αρ. Κλάδου	Απόσταση (m)	Σύνολο V _{mpp} (V)	Ρεύμα Γραμμής μεταφοράς (A)
Inverter 44 3X18+1X19	String 173	98	560,5	7,97
	String 174	139	531	7,97
	String 175	162	531	7,97
	String 176	162	531	7,97

13.5.1. Κλάδος 173

Ο κλάδος αποτελείται από 19 ΦΒ πλαίσια συνδεδεμένα σε σειρά, το μήκος της γραμμής είναι L=98m, η συνολική τάση κυκλώματος είναι V_{mpp}=560,5V με ρεύμα γραμμής I_{mpp}=7,97A.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{km} \right) = 3,40 \left(\frac{\Omega}{km} \right) \text{ και } V_d = \frac{2 * \rho_{70^{\circ}C} * I(A) * L(m)}{6 (mm^2)} = 5,29 V$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,94 \%$$

Ισχύει η επιθυμητή πτώση τάσης $\lambda \leq 1\%$ για διατομή **A=10mm²**, σύμφωνα με τον πίνακα 10 η διατομή του αγωγού μπορεί να διαχειριστεί την μέγιστη ένταση της ΦΒ κλάδου.

13.5.2. Κλάδος 174

Ο κλάδος αποτελείται από 18 ΦΒ πλαίσια συνδεδεμένα σε σειρά, το μήκος της γραμμής είναι L=139m, η συνολική τάση κυκλώματος είναι V_{mpp}=531V με ρεύμα γραμμής I_{mpp}=7,97A.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{km} \right) = 2,40 \left(\frac{\Omega}{km} \right) \text{ και } V_d = \frac{2 * \rho_{70^{\circ}C} * I(A) * L(m)}{10 (mm^2)} = 4,50 V$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} = 0,85 \%$$

Ισχύει η επιθυμητή πτώση τάσης $\lambda \leq 1\%$ για διατομή **A=10mm²**, σύμφωνα με τον πίνακα 10 η διατομή του αγωγού μπορεί να διαχειριστεί την μέγιστη ένταση της ΦΒ κλάδου.

13.5.3. Κλάδοι 175 και 176

Ο κλάδος αποτελείται από 18 ΦΒ πλαίσια συνδεδεμένα σε σειρά, το μήκος της γραμμής είναι L=162m, η συνολική τάση κυκλώματος είναι $V_{mpp}=531V$ με ρεύμα γραμμής $I_{mpp}=7,97A$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{km} \right) = 2,06 \left(\frac{\Omega}{km} \right) \text{ και } V_d = \frac{2 * \rho_{70^\circ C} * I(A) * L(m)}{10 (mm^2)} = 5,24 V$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_\pi} = 0,99 \%$$

Ισχύει η επιθυμητή πτώση τάσης $\lambda \leq 1\%$ για διατομή $A=10mm^2$, σύμφωνα με τον πίνακα 10 η διατομή του αγωγού μπορεί να διαχειριστεί την μέγιστη ένταση της ΦΒ κλάδου.

ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ 5				
ΑΡΙΘΜΟΣ INVERTER	ΑΡΙΘΜΟΣ STRING	ΜΗΚΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ (m)	ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ (%)	Διατομή (mm ²)
Inverter 37 3X18+1X19	String 145	33	0,32%	6
	String 146	136	0,83%	10
	String 147	99	0,60%	10
	String 148	62	0,63%	6
Inverter 38 3X18+1X18	String 149	137	0,83%	10
	String 150	100	0,61%	10
	String 151	63	0,64%	6
	String 152	143	0,87%	10
Inverter 39 3X18+1X18	String 153	144	0,88%	10
	String 154	105	0,64%	10
	String 155	105	0,64%	10
	String 156	67	0,68%	6
Inverter 40 3X18+1X18	String 157	67	0,68%	6
	String 158	154	0,94%	10
	String 159	116	0,71%	10
	String 160	79	0,80%	6
Inverter 41 3X18+1X18	String 161	155	0,94%	10
	String 162	117	0,71%	10
	String 163	79	0,80%	6
	String 164	156	0,95%	10
Inverter 42	String 165	157	0,96%	10

<i>3X18+1X18</i>	String 166	129	0,79%	10
	String 167	129	0,79%	10
	String 168	90	0,91%	6
<i>Inverter 43 3X18+1X18</i>	String 169	90	0,91%	6
	String 170	121	0,74%	10
	String 171	101	0,62%	10
	String 172	101	0,62%	10
<i>Inverter 44 3X18+1X19</i>	String 173	98	0,94%	6
	String 174	139	0,85%	10
	String 175	162	0,99%	10
	String 176	162	0,99%	10
<i>Inverter 45 3X18+1X19</i>	String 177	98	0,94%	6
	String 178	139	0,85%	10
	String 179	162	0,99%	10
	String 180	162	0,99%	10

13.6. Επιλογή τύπου DC καλωδίου

<i>Τύπος και χαρακτηριστικά αγωγών</i>		<i>R/L (Ω/km)</i>
OLFLEX SOLAR XLR	1G6	3,08
OLFLEX SOLAR XLR	1G10	1,91

14. ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΙΣΧΥΟΣ 765,63 kWp

ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ 1					
Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	Είδος Φορτίου	Διατομή (mm ²)	Μέγιστη Ασφάλει α (A)
ΥΠ1.IN1	5	17	STP17000TL	6	25
ΥΠ1.IN2	6	17	STP17000TL	6	25
ΥΠ1.IN3	8	17	STP17000TL	6	25
ΥΠ1.IN4	7	17	STP17000TL	6	25
ΥΠ1.IN5	6	17	STP17000TL	6	25
ΥΠ1.IN6	5	17	STP17000TL	6	25
ΥΠ1.IN7	4	17	STP17000TL	6	25
ΥΠ1.IN8	4	17	STP17000TL	6	25
ΥΠ1.IN9	5	17	STP17000TL	6	25

14.1. Αντιστροφείς

Θα υπολογιστεί η διατομή του καλωδίου σε θερμοκρασία $\theta=70^{\circ}\text{C}$, μήκους καλωδίου $l = 8 \text{ m} = 0,008 \text{ km}$, ονομαστική τάση $V_{\pi} = 400 \text{ V}$, εναλλασσομένου ρεύματος $I = 24,537 \text{ A}$ και $\lambda \leq 1\%$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) = 10,19 \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) \text{ στους } 20^{\circ}\text{C} \text{ και } V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_{\theta} * I (A) * L(m)}{4 (mm^2)} = 1,75 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,43 \%$$

Έχοντας κάνει όλες τους κατάλληλους υπολογισμούς, παρατηρούμε ότι η υπολογίσιμη τιμή ικανοποιεί το κριτήριο $\lambda \leq 1\%$ για την επιθυμητή επιλογή διατομής αγωγού. Θα πρέπει όμως να ικανοποιεί και το άλλο κριτήριο επιλογή μας, το οποίο αναφέρει ότι ο αγωγός θα πρέπει να είναι σε θέση να μεταφέρει το μέγιστο ρεύμα της γραμμής μεταφοράς το οποίο είναι:

$$I_{max} = 1,25 * I_{ov} = 30,67 \text{ A}$$

Σύμφωνα με τον πίνακα 10 ικανοποιείτε και αυτό το κριτήριο. Θα πρέπει όμως να υπολογίσουμε την επιτρεπτή πτώση τάσης για I_{max} .

$$V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_{\theta} * I_{max} (A) * L(m)}{4 (mm^2)} = 2,19 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,54 \%$$

Για λόγους μείωσης των απωλειών ισχύος στις γραμμές μεταφοράς $\eta_{v,\mu}$ θα επιλέξουμε την αμέσως μεγαλύτερη διατομή αγωγού **A=10mm²**.

$$V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_{\theta} * I_{max} (A) * L(m)}{6 (mm^2)} = 1,46 V$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,36 \%$$

Επιλογή καλωδίου επιθυμητής **Διατομής (A)=6 mm²**, η οποία ικανοποιεί και τα δύο κριτήρια.

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	Είδος Φορτίου	Πτώση Τάσης (V)	Διατομή (mm ²)	Μέγιστη Ασφάλεια (A)
ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ 1						
ΥΠ1.IN1	5	17	STP17000TL	0.636	6	25
ΥΠ1.IN2	6	17	STP17000TL	0.763	6	25
ΥΠ1.IN3	8	17	STP17000TL	1.017	6	25
ΥΠ1.IN4	7	17	STP17000TL	0.890	6	25
ΥΠ1.IN5	6	17	STP17000TL	0.763	6	25
ΥΠ1.IN6	5	17	STP17000TL	0.636	6	25
ΥΠ1.IN7	4	17	STP17000TL	0.509	6	25
ΥΠ1.IN8	4	17	STP17000TL	0.509	6	25
ΥΠ1.IN9	5	17	STP17000TL	0.636	6	25
ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ 2						
ΥΠ2.IN10	11	17	STP17000TL	1.399	6	25
ΥΠ2.IN11	10	17	STP17000TL	1.272	6	25
ΥΠ2.IN12	9	17	STP17000TL	1.144	6	25
ΥΠ2.IN13	8	17	STP17000TL	1.017	6	25
ΥΠ2.IN14	7	17	STP17000TL	0.890	6	25
ΥΠ2.IN15	6	17	STP17000TL	0.763	6	25
ΥΠ2.IN16	5	17	STP17000TL	0.636	6	25
ΥΠ2.IN17	5	17	STP17000TL	0.636	6	25
ΥΠ2.IN18	4	17	STP17000TL	0.509	6	25
ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ 3						
ΥΠ3.IN19	11	17	STP17000TL	1.399	6	25
ΥΠ3.IN20	10	17	STP17000TL	1.272	6	25
ΥΠ3.IN21	9	17	STP17000TL	1.144	6	25
ΥΠ3.IN22	8	17	STP17000TL	1.017	6	25
ΥΠ3.IN23	7	17	STP17000TL	0.890	6	25
ΥΠ3.IN24	6	17	STP17000TL	0.763	6	25

ΥΠ3.ΙΝ25	5	17	STP17000TL	0.636	6	25
ΥΠ3.ΙΝ26	5	17	STP17000TL	0.636	6	25
ΥΠ3.ΙΝ27	4	17	STP17000TL	0.509	6	25
ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ 4						
ΥΠ4.ΙΝ28	11	17	STP17000TL	1.399	6	25
ΥΠ4.ΙΝ29	10	17	STP17000TL	1.272	6	25
ΥΠ4.ΙΝ30	9	17	STP17000TL	1.144	6	25
ΥΠ4.ΙΝ31	8	17	STP17000TL	1.017	6	25
ΥΠ4.ΙΝ32	7	17	STP17000TL	0.890	6	25
ΥΠ4.ΙΝ33	6	17	STP17000TL	0.763	6	25
ΥΠ4.ΙΝ34	5	17	STP17000TL	0.636	6	25
ΥΠ4.ΙΝ35	5	17	STP17000TL	0.636	6	25
ΥΠ4.ΙΝ36	4	17	STP17000TL	0.509	6	25
ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ 5						
ΥΠ5.ΙΝ37	11	17	STP17000TL	1.399	6	25
ΥΠ5.ΙΝ38	10	17	STP17000TL	1.272	6	25
ΥΠ5.ΙΝ39	9	17	STP17000TL	1.144	6	25
ΥΠ5.ΙΝ40	8	17	STP17000TL	1.017	6	25
ΥΠ5.ΙΝ41	7	17	STP17000TL	0.890	6	25
ΥΠ5.ΙΝ42	6	17	STP17000TL	0.763	6	25
ΥΠ5.ΙΝ43	5	17	STP17000TL	0.636	6	25
ΥΠ5.ΙΝ44	5	17	STP17000TL	0.636	6	25
ΥΠ5.ΙΝ45	4	17	STP17000TL	0.509	6	25

14.2. Υποπίνακες προς οικίσκο χαμηλής/μέσης τάσης

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	Είδος Φορτίου	Διατομή (mm²)	Μέγιστη Ασφάλεια (A)
Α.Π		765.0	Πίνακας		
Α.ΥΠ1	65	153.0	Πίνακας	150	224
Α.ΥΠ2	13	153.0	Πίνακας	120	224
Α.ΥΠ3	13	153.0	Πίνακας	120	224
Α.ΥΠ4	16	153.0	Πίνακας	120	224
Α.ΥΠ5	16	153.0	Πίνακας	120	224

Θα υπολογιστεί η διατομή του καλωδίου σε θερμοκρασία $\theta=70^{\circ}\text{C}$, μήκους καλωδίου $l = 65 \text{ m} = 0,065 \text{ km}$, ονομαστική τάση $V_{\pi} = 400 \text{ V}$, εναλλασσομένου ρεύματος $I = 220,83 \text{ A}$ και $\lambda \leq 1\%$.

$$\frac{R}{l} \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) = 0,14 \left(\frac{\Omega}{\text{km}} \right) \text{ στους } 20^{\circ}\text{C} \text{ και } V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_{\theta} * I (A) * L(m)}{120 (mm^2)} = 4,26 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 1,06 \%$$

Έχοντας κάνει όλες τους κατάλληλους υπολογισμούς , παρατηρούμε ότι η υπολογίσιμη τιμή δεν ικανοποιεί το κριτήριο $\lambda \leq 1\%$ για την επιθυμητή επιλογή διατομής αγωγού, θα επιλέξουμε την αμέσως μεγαλύτερη διατομή αγωγού $A=150\text{mm}^2$.

$$V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_{\theta} * I (A) * L(m)}{150 (mm^2)} = 3,41 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 0,85 \%$$

Θα πρέπει όμως να ικανοποιεί και το άλλο κριτήριο επιλογή μας, το οποίο αναφέρει ότι ο αγωγός θα πρέπει να είναι σε θέση να μεταφέρει το μέγιστο ρεύμα της γραμμής μεταφοράς το οποίο είναι:

$$I_{\max} = 1,25 * I_{ov} = 30,67 \text{ A}$$

Σύμφωνα με τον πίνακα 10 ικανοποιείτε και αυτό το κριτήριο. Θα πρέπει όμως να υπολογίσουμε την επιτρεπτή πτώση τάσης για I_{\max} .

$$V_d = \frac{\sqrt{3} * \rho_{\theta} * I_{\max} (A) * L(m)}{150 (mm^2)} = 4,00 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{V_d}{V_{\pi}} * 100 = 1,00 \%$$

Επιλογή καλωδίου επιθυμητής Διατομής (A)=6 mm², η οποία ικανοποιεί και τα δύο κριτήρια.

15. Επιλογή τύπου AC καλωδίου ΦΒ Συστήματος Ισχύος 99,9 kWp

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	Είδος Καλωδίου	Διατομή (mm ²)	Επιτρ. Ρεύμα (A).	Μέγιστη Ασφάλεια (A)	Ρεύμα Γραμμής (A)
Γ.Π.	75	102	J1VV-R	120	241,5	224	147,22
Γ.Π. - IN 1	20	17	H07RN-F	10	57,85	25	24,64
Γ.Π. - IN 2	18	17	H07RN-F	10	57,85	25	24,64
Γ.Π. - IN 3	16	17	H07RN-F	10	57,85	25	24,64
Γ.Π. - IN 4	12	17	H07RN-F	6	40,96	25	24,64

Γ.Π. - IN 5	10	17	H07RN-F	6	40,96	25	24,64
Γ.Π. - IN 6	8	17	H07RN-F	6	40,96	25	24,64

16. Επιλογή τύπου AC καλωδίου ΦΒ Συστήματος Ισχύος 765,63 kWp

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	Είδος Καλωδίου	Διατομή (mm ²)	Επιτρ. Ρεύμα (A).	Μέγιστη Ασφάλεια (A)	Ρεύμα Γραμμής (A)
Α.Π		765.0	J1VV-R				1109
Α.ΥΠ1	65	153.0	J1VV-R	150	241.5	224	221.7
Α.ΥΠ2	13	153.0	J1VV-R	120	241.5	224	221.7
Α.ΥΠ3	13	153.0	J1VV-R	120	241.5	224	221.7
Α.ΥΠ4	16	153.0	J1VV-R	120	241.5	224	221.7
Α.ΥΠ5	16	153.0	J1VV-R	120	241.5	224	221.7
ΥΠ1.Π		153.0	J1VV-R	150	241.5	224	221.7
ΥΠ1.IN1	5	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ1.IN2	6	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ1.IN3	8	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ1.IN4	7	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ1.IN5	6	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ1.IN6	5	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ1.IN7	4	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ1.IN8	4	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ1.IN9	5	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ2.Π		153.0	J1VV-R		241.5	224	221.7
ΥΠ2.IN10	11	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ2.IN11	10	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ2.IN12	9	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ2.IN13	8	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ2.IN14	7	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ2.IN15	6	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ2.IN16	5	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ2.IN17	5	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ2.IN18	4	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ3.Π		153.0	J1VV-R		241.5	224	221.7

ΥΠ3.ΙΝ19	11	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ3.ΙΝ20	10	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ3.ΙΝ21	9	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ3.ΙΝ22	8	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ3.ΙΝ23	7	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ3.ΙΝ24	6	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ3.ΙΝ25	5	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ3.ΙΝ26	5	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ3.ΙΝ27	4	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ4.Π		153.0	J1VV-R		241.5	224	221.7
ΥΠ4.ΙΝ28	11	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ4.ΙΝ29	10	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ4.ΙΝ30	9	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ4.ΙΝ31	8	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ4.ΙΝ32	7	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ4.ΙΝ33	6	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ4.ΙΝ34	5	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ4.ΙΝ35	5	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ4.ΙΝ36	4	17	J1VV-R	6	50.62	25	24.64
ΥΠ5.Π		153.0	J1VV-R		241.5	224	221.7
ΥΠ5.ΙΝ37	11	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ5.ΙΝ38	10	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ5.ΙΝ39	9	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ5.ΙΝ40	8	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ5.ΙΝ41	7	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ5.ΙΝ42	6	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ5.ΙΝ43	5	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ5.ΙΝ44	5	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64
ΥΠ5.ΙΝ45	4	17	J1VV-R	6	40.96	25	24.64

- **H07RN-F**

Τα καλώδια αυτά είναι κατάλληλα για ξηρούς, υγρούς ή βρεγμένους χώρους στην ύπαιθρο. Συνιστώνται σε βιομηχανικές και αγροτικές εφαρμογές, όπου υπάρχει μέση μηχανική καταπόνηση. Η τάση λειτουργίας τους (U₀/U) είναι 450/750V Η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας είναι +70°C, ενώ η ελάχιστη θερμοκρασία είναι -25°C. Η μόνωση των αγωγών είναι από λάστιχο E14. Έχουν μεγάλη ακτίνα κάμψης ανάλογα με την διατομή και την χρήση. Τα καλώδια συνοδεύονται από πιστοποιητικό συμμόρφωσης HAR.



Εικόνα 7. Καλώδιο τύπου H07RN-F (πηγή:Cablel)

- **J1VV-R**

Τα καλώδια αυτά χρησιμοποιούνται ως καλώδια ισχύος και ελέγχου τόσο σε εξωτερικού χώρου εγκαταστάσεις τόσο και εσωτερικού. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ξηρούς ή υγρούς χώρους στον αέρα ή στο έδαφος. Η τάση λειτουργίας τους (U₀/U) είναι 0.6/1kV. Η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας είναι +70οC, ενώ η ελάχιστη θερμοκρασία είναι -5οC. Η κωδικοποίηση των αγωγών είναι με τον χρωματικό κώδικα σύμφωνα με το DIN VDE 0293. Η μόνωση των αγωγών είναι από PVC καθώς και ο εξωτερικός μανδύας είναι από PVC, αυτοσβενόμενος με επιβραδυντικό φωτιάς κατά DIN VDE 0482-332-1-2. Αγωγός πολύκλωνος, ονομαστική τάση 600/1000V, προδιαγραφές IEC 60502-1, αντιστοιχεί στο NYΥ.



Εικόνα 11.Καλώδιο τύπου J1VV-R (πηγή:Cablel)

Όλοι οι αγωγοί, τα καλώδια ισχύος και ασθενών ρευμάτων θα τοποθετηθούν μέσα σε σωλήνες PVC (6 Atm), ανάλογα με τη διάσταση των καλωδίων και τις απαιτήσεις της εφαρμογής.

Για την όδευση των καλωδίων θα διανοιχθούν χαντάκια όδευσης διαστάσεων 0,6m×0,8m (Π×Β) τα οποία θα επιχρωματωθούν αρχικά με 0,5m άμμο και με τα υλικά εκσκαφής μετά την εγκατάσταση των καλωδίων. Οι οδεύσεις των ισχυρών και ασθενών καλωδίων προς τον γενικό πίνακα ,μετατροπείς , φρεάτια φωτισμού θα γίνουν υπογείως μέσα σε σωλήνα PVC (6 atm).

Θα εγκατασταθούν επισκέψιμα τιμεντοφρεάτια, ανάλογα με τον τύπο και το είδος των καλωδίων. Ακόμα θα τοποθετηθούν πλαστικά φρεάτια γείωσης. Τα τιμεντοφρεάτια θα τοποθετηθούν στις διακλαδώσεις καλωδιώσεων καθώς επίσης ένα ανά 30 μέτρα απόσταση.

Προσοχή θα πρέπει να δοθεί ώστε να διαχωριστούν κατά τις οδεύσεις μέσα στους προστατευτικούς σωλήνες τα κάτωθι καλώδια:

- **Καλώδια DC** Κατά βάση θα οδεύουν πάνω στη δοκό στήριξης των ΦΒ πάνελ. Όπου οδεύουν υπόγεια θα εγκατασταθούν μέσα σε κοινούς προστατευτικούς σωλήνες Conflex Φ63 (kounidis) και σε σωλήνες PVC-Φ100 και PVC-Φ75 (6 Atm).
- **Καλώδια ισχύος** Τα καλώδια σύνδεσης των Inverter θα οδεύουν μέσα σε προστατευτικό σωλήνα PVC Φ100 (6 Atm). Τα καλώδια σύνδεσης ΓΠΧΤ με τον μετρητή της ΔΕΗ θα οδεύουν μέσα σε προστατευτικό σωλήνα PVC-Φ100 (6 Atm).

17. Επιλογή καλωδίου ΜΤ

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ Μ/Σ ΕΛΑΙΟΥ 1000KVA 20/0,4kV	
ΙΣΧΥΣ (KVA)	1000
ΦΑΣΕΙΣ	3
ΠΡΩΤΕΥΩΝ ΤΑΣΗ (KV)	20
ΔΕΥΤΕΡΕΥΩΝ ΤΑΣΗ (KV)	0.4
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz)	50
ΤΑΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ (%)	6
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΣΙΔΗΡΟΥ (W)	1100
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΛΚΟΥ (W)	10500

Ρεύμα βραχυκυκλώσεως:

$$I_k = \frac{100 * 1000 \text{ KVA}}{\sqrt{3} * 20 \text{ kV} * 0,4 \text{ kV}} = 24 \text{ kA}$$

Υπολογισμός ελάχιστης επιτρεπτής διατομής:

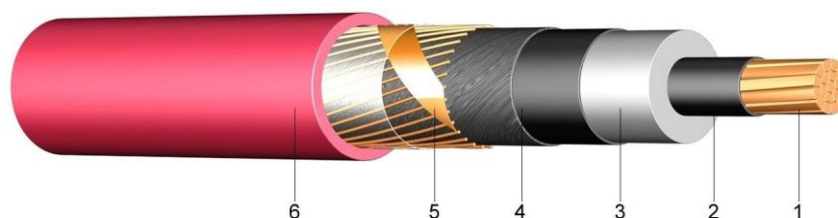
$$A = \frac{1000 * 250 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 20 \text{ kV} * \kappa} = 50,47 \text{ mm}^2$$

ΤΙΜΕΣ κ ΓΙΑ ΚΑΛΩΔΙΑ ΧΑΛΚΟΥ (Cu) ΣΕ A*vs/mm ²	
109	Πολυαιθυλένιο, χαρτί 6,6 και 15kV, βουτύλιο
115	PVC, χαρτί 20kV και 22kV
143	Δικτυωμένο πολυαιθυλένιο

$$\Delta v = 3,08 \text{ kV} \text{ και } \lambda = 0.15\%$$

• N2XSΥ

Η μόνωση των συγκεκριμένων καλωδίων προσδίδει πολύ καλά ηλεκτρικά, μηχανικά και θερμικά χαρακτηριστικά στα δίκτυα μέσης τάσης. Αυτός ο τύπος μόνωσης έχει εξαιρετική χημική αντίσταση και είναι ανθεκτικά σε χαμηλές θερμοκρασίες. Χρησιμοποιούνται για εγκατάσταση σε έδαφος, σε εξωτερικούς χώρους, εσωτερικά καθώς και για σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, βιομηχανία και τα δίκτυα διανομής. Η τάση λειτουργίας τους (U₀/U) μπορεί να είναι 3,6/6 kV, 6/10 kV, 12/20 kV και 18/30 kV. Η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας είναι +90°C, ενώ η ελάχιστη θερμοκρασία είναι -5°C. Η κωδικοποίηση των αγωγών είναι με τον χρωματικό κώδικα σύμφωνα με το DIN VDE 0293. Η μόνωση των αγωγών είναι από PVC καθώς και ο εξωτερικός μανδύας είναι από PVC, αυτοσβενόμενος με επιβραδυντικό φωτιάς κατά IEC 332-1.



Εικόνα 12. Καλώδιο τύπου N2XSY (πηγή:Cablel)

18. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΕΝΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΙΣΧΥΟΣ 99,9 kWp

Ο γενικός πίνακας είναι ένας διμερής πίνακας ο οποίος περιλαμβάνει τα στοιχεία για την ηλεκτρολογική εγκατάσταση και σύνδεση με τη ΔΕΗ και τα στοιχεία του συστήματος ελέγχου και φωτισμού

Εγκαθίσταται πάνω σε κατασκευασμένη βάση από σκυρόδεμα. Ο πίνακας θα αποτελείται από ένα τυποποιημένο μεταλλικό pillar, βαθμού προστασίας IP55, από λαμαρίνα DKP πάχους 1,50 mm, βαμμένο με ηλεκτροστατική βαφή χρώματος RAL7032, με δύο μεταλλικές πόρτες (πόρτα γενικού διακόπτη και πόρτα διανομής) και κλειδαριά. Παραδίδονται με όλα τα απαραίτητα μικροϋλικά, με τελικό σχέδιο και πιστοποιητικό δοκιμών σύμφωνα με το πρότυπο EN60439-1: Όλα τα υλικά που περιλαμβάνονται στον πίνακα διαθέτουν τα κατάλληλα πιστοποιητικά ISO:9001.

18.1. Διακοπτικά υλικά πίνακα

Υλικά	Περιγραφή	Ποσότητα
Όργανο μέτρησης kWh	ON.ΡΕΥΜΑ 40...6000 3Φ+N	1
Αυτόματος διακόπτης ισχύος 3Φ+N	COMPACT NSX250N 50kA TM200D	1
Επιτηρητής Τάσης		1
Αντικεραυνικό T1+T2	iPRD40 40kA	1
Διανομέας 3Φ	125A	1
Ασφάλεια Μικροαυτόματη 3Φ+N	iC60L 10kA - 4X40A	6
Ασφάλεια Μικροαυτόματη 1Φ+N	DPN N 10kA	3
Ρελέ ισχύος	63A	6
Διακόπτης 4Πολικός	4X63A	6
Ασφαλειοθήκες 3Φ		10
Φυσίγγια	8,5X31,5 Gc	10
Λυχνία 3Φ	Κόκκινη λυχνία	10
Πρίζα	1Φ+N	1
Πίνακας	1150Π X 850Υ X 300Β	1

18.2. Διακοπτικά υλικά πίνακα UPS

Υλικά	Περιγραφή	Ποσότητα
Αυτόματος Διακόπτης Διαρροής	2Χ20 (300mA)	1
Μικροαυτόματη 1Φ+N	DPN N 6kA 10A	3
Ασφάλεια Μικροαυτόματη 1Φ	DPN N 6kA 10A	1
Λυχνία 3Φ	κόκκινο	1
Μικροαυτόματη 1Φ+N	DPN N 6kA 16A	1

19. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΟΙΚΙΣΚΟΥ ΣΤΕΓΑΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

19.1. Γενική περιγραφή

Ο οικίσκος είναι σχεδιασμένος ειδικά προκειμένου να στεγάσει ηλεκτρομηχανικό υλικό. Η κατασκευή της οροφής εξασφαλίζει την πλήρη στεγανότητα του οικίσκου. Ο οικίσκος μπορεί να τοποθετηθεί σε βάση από μπετόν επί της οποίας πακτώνεται με βύσματα (εκτός προμήθειας (S. E. A.E)

Είναι κατασκευασμένος εξ' ολοκλήρου από γαλβανισμένη εν θερμώ λαμαρίνα και επενδυμένος εξωτερικά με πλαστικοποιημένη λαμαρίνα (plastisol) η οποία εξασφαλίζει ελάχιστες εργασίες συντήρησης και αντοχή έναντι της οξειδωσής της.

19.2. Διαστάσεις οικίσκου

Ο οικίσκος περιλαμβάνει τέσσερις ανεξάρτητους χώρους με εσωτερικές διαστάσεις:

- Χώρος Μέσης Τάσης (Μ.Τ.) και εφεδρικό χώρο για μελλοντική τοποθέτηση βοηθητικού μετασχηματιστή (Μ/Σ) (4,0x2,38x2,8m)
- Χώρος Μ/Σ ισχύος (3,3x2,38x2,8m)
- Χώρος ΧΤ (3,0x2,38x2,8m)
- Εξωτερική διάσταση οικίσκου 10,51x2,54x3,0m.

19.3. Δάπεδο

Το πλαίσιο της βάσης του οικίσκου είναι κατασκευασμένο από UPN-100. Εσωτερικά του πλαισίου υπάρχουν τραβέρσες (κοιλοδοκός 100Χ50Χ3) ώστε να αναλαμβάνεται ασφαλώς, το προβλεπόμενο εσωτερικό φορτίο. Στην περιοχή έδρασης του κυρίως μετασχηματιστή υπάρχουν πρόσθετες ενίσχυσεις για την παραλαβή του φορτίου καθώς επίσης και ράγες (UPN-120) για να μπορεί ο Μ/Σ να μετακινείται επί των ραγών. Για την έδραση του βοηθητικού μετασχηματιστή υπάρχουν ράγες (UPN-80). Ο σκελετός είναι συγκολλητός και φέρει αντισκωρική επίστρωση σε όλη την επιφάνεια.

Στο πάνω τμήμα της βάσης, στο χώρο του μετασχηματιστή, τοποθετείται αντιολισθητική λαμαρίνα αλουμινίου πάχους 4mm, ενώ στο χώρο Χ.Τ / Μ.Τ τοποθετείται κόντρα πλακέ θαλάσσης πάχους 19mm επί του οποίου κολλιέται αντιστατικό δάπεδο βινυλίου πάχους 2mm. Στο κάτω τμήμα της βάσης τοποθετείται γαλβανισμένη εν θερμώ λαμαρίνα πάχους 0.5mm. Στο δε εσωτερικό της βάσης τοποθετείται υαλοβάμβακας πάχους 80mm. Στο δάπεδο του οικίσκου υπάρχουν ανοίγματα για την διέλευση των καλωδίων.

19.4. Σκελετός

Στις τέσσερις (4) γωνίες του οικίσκου καθώς επίσης και στη μέση του οικίσκου βιδώνονται ορθοστάτες, από προφίλ γαλβανισμένης εν θερμώ λαμαρίνας πάχους 3mm, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με τραβέρσες από προφίλ λαμαρίνας σχηματίζοντας έτσι ένα άκαμπτο κριώμα επί του οποίου στερεώνονται τα τοιχώματα του οικίσκου.

19.5. Τοιχώματα

Τα τοιχώματα του οικίσκου αποτελούνται από θερμομονωτικά panel πολυουρεθάνης πάχους 80mm (πυκνότητα πολυουρεθάνης 42kg/m³) με **συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $K < 0,21 \text{ Kcal/m}^2\text{hC}$** και συνδέονται μεταξύ τους στεγανά.

Η εξωτερική λαμαρίνα των panel είναι γαλβανισμένη εν θερμώ πάχους 0,9mm και φέρει πλαστική αντισκωρική επικάλυψη πάχους ~200μm, ενώ η εσωτερική είναι γαλβανισμένη εν θερμώ, πάχους 0.5mm και βαμμένη με πολυεστερική βαφή λευκής απόχρωσης. Τέλος τα τοιχώματα του οικίσκου μπορούν να αντικατασταθούν εύκολα επιτόπου σε περίπτωση ατυχήματος.

19.6. Οροφή

Η οροφή είναι κατασκευασμένη από τραπεζοειδούς διατομής panel πολυουρεθάνης (πυκνότητα πολυουρεθάνης 42kg/m³) μέσου πάχους 60mm με **συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $K < 0,29 \text{ Kcal/m}^2\text{hC}$** , των οποίων η εξωτερική γαλβανισμένη εν θερμώ λαμαρίνα πάχους 0,5mm φέρει πλαστική επικάλυψη πάχους ~200μm, ενώ η εσωτερική είναι γαλβανισμένη εν θερμώ και βαμμένη με πολυεστερική βαφή λευκής απόχρωσης.

Τα panel της οροφής συνδέονται μεταξύ τους, έτσι ώστε να αποτελούν ένα ενιαίο τεμάχιο, το οποίο τοποθετείται σαν καπάκι στα τοιχώματα του οικίσκου εξασφαλίζοντας τη

στεγανότητα και την απορροή των υδάτων. Μεταξύ της οροφής και των πλευρικών τοιχωμάτων τοποθετείται «μονωτικός πηλός» (μαστίχα) υψηλής αντοχής στις μεταβολές θερμοκρασίας και στην πάροδο του χρόνου. Τέλος ο αρμός οροφής - τοιχωμάτων καλύπτεται περιμετρικά με ειδικό στεγανοποιητικό υλικό (τύπου CERESIT-CP42).

Στην δεξιά και αριστερή πλευρά της οροφής του οικίσκου τοποθετούνται υδρορροές και γενικά λαμβάνεται μέριμνα για την απορροή των όμβριων υδάτων και την αποφυγή λιμναζόντων υδάτων επ' αυτής χρησιμοποιώντας **τραπεζοειδούς διατομής panel οροφής**. Η κατασκευή της στέγης εξασφαλίζει την δυνατότητα εργασίας ενός ατόμου επί αυτής.

19.7. Πόρτες

Η πόρτα και ο σκελετός της κατασκευάζονται από προφίλ αλουμινίου βαρέως τύπου, εντός των οποίων τοποθετείται ειδικό μονωτικό υλικό για την αποφυγή θερμογεφυρών.

Με τη χρήση ενιαίας περιμετρικής κάσσας και την τοποθέτηση ειδικών ελαστικών προφίλ από EPDM μεταξύ κάσσας και πόρτας επιτυγχάνεται απολύτως στεγανή συναρμογή. Εντός του προφίλ της πόρτας τοποθετείται panel πολυουρεθάνης πάχους 50mm (πυκνότητα πολυουρεθάνης 42kg/m³) με **συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $K < 0,32 \text{ Kcal/m}^2\text{hC}$** . Η εξωτερική λαμαρίνα του panel είναι γαλβανισμένη εν θερμώ, πάχους 0,9mm με πλαστική επικάλυψη ~200μm.

Ο οικίσκος φέρει τρεις πόρτες συνολικά:

- στον χώρο Μ.Τ. υπάρχει μια (1) δίφυλλη πόρτα
- στο χώρο Μ/Σ ισχύος υπάρχει μια (1) δίφυλλη πόρτα
- στο χώρο Χ.Τ. υπάρχει μια (1) μονόφυλλη πόρτα

Όλες οι πόρτες είναι εφοδιασμένες με μηχανισμό στερéωσης στις 110⁰, με κλειδαριά ασφαλείας και με χειρολαβή.

19.8. Ηλεκτρολογική εγκατάσταση

Ο οικίσκος είναι εξοπλισμένος με ηλεκτρολογική εγκατάσταση που περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Δύο (2) στεγανούς ρευματοδότες τύπου σούκο και τρεις (3) στεγανούς διακόπτες φωτισμού.
- Έξι (6) στεγανά φωτιστικά φθορισμού 2x36W
- Επτά (7) στεγανά φωτιστικά τύπου χελώνας 25W για τοποθέτηση εξωτερικά και περιμετρικά του οικίσκου.

Επιπλέον σε όλους τους χώρους τοποθετείται φωτιστικό ασφαλείας πάνω από την πόρτα εσωτερικά που λειτουργεί με μπαταρία. Όλες οι απαραίτητες καλωδιώσεις οδεύουν εντός πλαστικών καναλιών τύπου «Κουβίδη».

19.9. Γειώσεις-Αντικεραυνική προστασία

Περιμετρικά στην οροφή του οικίσκου εγκαθίσταται σύστημα αντικεραυνικής προστασίας (τύπου κλωβού), που περιλαμβάνει την τοποθέτηση περιμετρικά στην οροφή συλλεκτήριου αγωγού Φ10 και τέσσερις απαγωγούς (αγωγούς καθόδου) Φ10.

Περιμετρικά στο εσωτερικό του οικίσκου τοποθετείται χάλκινος αγωγός ορθογωνικής διατομής, διαστάσεων 25x5mm. Ο χάλκινος αγωγός τοποθετείται σε ύψος 20cm από το δάπεδο και σε απόσταση από τα τοιχώματα περίπου 3cm, όπου αυτό είναι δυνατό.

19.10. Γείωση του πίνακα

Κάθε πεδίο θα διατρέχεται από χάλκινη μπάρα γείωσης. Η συνέχεια του κυκλώματος γης για ολόκληρο τον πίνακα θα εξασφαλίζεται με την διασύνδεση των επιμέρους κυκλωμάτων του κάθε

πεδίου. Η διασύνδεση θα πραγματοποιείται στο πίσω μέρος του πίνακα και θα τον διατρέχει σε όλο του το πλάτος. Η μπάρα γείωσης θα είναι κατασκευασμένη για την εύκολη σύνδεσή της με την γείωση ολόκληρου του υποσταθμού χωρίς να απαιτείται καμιά αποσυναρμολόγησή της. Η διατομή των μπαρών που αποτελούν το κύκλωμα γης θα είναι διαστασιολογημένη κατάλληλα ώστε να αντέχει το βραχυκύκλωμα σύμφωνα με το IEC 60298.

19.11. Γείωση του κυκλώματος ισχύος

Η γείωση των καλωδίων ισχύος θα πραγματοποιείται με τη χρήση γειωτή που θα έχει για λόγους ασφαλείας δυνατότητα ζεύξης στο βραχυκύκλωμα (making capacity) όπως ορίζει το IEC 60129.

Θα υπάρχει η δυνατότητα χειρισμού του γειωτή όταν ο αντίστοιχος διακόπτης ή αποζεύκτης φορτίου είναι ανοικτός έτσι ώστε να μπορούν να δοκιμαστούν τα καλώδια ισχύος.

Με τη χρήση λουκέτου, θα μπορεί να κλειδωθεί ο γειωτής σε ανοικτή ή κλειστή θέση. Η θέση του γειωτή θα είναι ορατή από τη μπροστινή πλευρά του πεδίου.

Μέσω κατάλληλων μηχανικών μανδαλώσεων θα αποτρέπονται λανθασμένοι χειρισμοί όπως το κλείσιμο του γειωτή όταν ο διακόπτης ή ο αποζεύκτης φορτίου είναι κλειστός.

Δεν είναι αποδεκτό η παραπάνω μανδάλωση να επιτυγχάνεται ηλεκτρικά ή με τη χρήση κλειδιών.

19.12. Εξαερισμός οικίσκου

Στους χώρους Μ.Τ & Χ.Τ, υπάρχουν δυο ανοίγματα διαστάσεων 200x200mm και 300x300mm για τον φυσικό αερισμό του χώρου. Εσωτερικά τα ανοίγματα αυτά καλύπτονται από περσίδες αλουμινίου και εξωτερικά με χαλύβδινα καλύμματα. Ο χώρος Μ/Σ του οικίσκου είναι εξοπλισμένος με ένα (1) ανεμιστήρα. Ο ανεμιστήρας καλύπτεται εξωτερικά με χαλύβδινο κάλυμμα. Επιπλέον υπάρχουν δυο (2) ανοίγματα για την είσοδο του αέρα. Εσωτερικά τα ανοίγματα αυτά καλύπτονται από περσίδες αλουμινίου και εξωτερικά με χαλύβδινα καλύμματα.

Επιπλέον στο εσωτερικό όλων των χαλύβδινων καλυμμάτων υπάρχουν μεταλλικά ελάσματα (παγίδες άμμου).

19.13. Λοιπός εξοπλισμός

Στο δάπεδο του οικίσκου υπάρχουν DIN-Rail για την στήριξη των πεδίων ΧΤ

Δύο (2) χωρίσματα από πάνελ πολυουρεθάνης

Στο δάπεδο του οικίσκου υπάρχει πλαίσιο τοποθέτησης του πίνακα ΜΤ.

Εξοπλισμός για την αποφυγή κύλισης του Μ/Σ (no roll).

19.14. Σημεία ανάρτησης και πάκτωσης οικίσκου

Επί της βάσης του οικίσκου έχουν προβλεφθεί τέσσερα (4) σημεία για την ανάρτησή του κατά την φόρτωση – εκφόρτωση.

Στην κάτω πλευρά του οικίσκου έχουν προβλεφθεί οκτώ (8) σημεία στερέωσης των ποδαρικών που χρησιμοποιούνται για την πάκτωσή του επί της βάσης από σπλισμένο σκυρόδεμα. Τα ποδαρικά έχουν ύψος 120mm έτσι ώστε να μην υπάρχει επαφή της βάσης του οικίσκου με το έδαφος και να αποφεύγεται συγκέντρωση υδάτων και υγρασίας.

20. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΔΙΩΝ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ SM6

20.1. Εισαγωγή

Οι κυψέλες τύπου SM6 συνιστούν μια σειρά λειτουργικών μονάδων, καθε μία από τις οποίες περιλαμβάνει:

- Διακοπτικό εξοπλισμό (διακόπτης φορτίου, αυτόματος διακόπτης ισχύος, ρελέ, αποζεύκτης) σταθερού τύπου ή συρόμενου φορείου, ο οποίος βρίσκεται είτε σε περιβάλλον εξαφθοριούχου θείου (SF₆) είτε σε κενό όπως συμβαίνει με τους διακόπτες αυτόματου ισχύος Enozis.
- Προκατασκευασμένο, μεταλλοενδεδυμένο (metal enclosed) πεδίο που χρησιμοποιεί ως διηλεκτρικό μέσο μπαρών τον αέρα και περιέχει τον παραπάνω διακοπτικό εξοπλισμό.

Τα προϊόντα της σειράς SM6 ικανοποιούν τις απαιτήσεις που αφορούν την ασφάλεια του προσωπικού, την εγκατάσταση, την σωστή διαδοχή χειρισμών καθώς και την περιβαλλοντική προστασία.

20.2. Διακόπτης φορτίου

Ο διακόπτης θα χρησιμοποιεί σαν μέσο διακοπής εξαφθοριούχο θείο (SF₆) σε χαμηλή πίεση και δεν θα απαιτεί συντήρηση. Θα έχει τη μορφή κλειστού θαλάμου.

Θα είναι τοποθετημένος σε οριζόντια θέση εντός του πεδίου και οι κύριες επαφές του, θα είναι ορατές από την μπροστινή πλευρά του πεδίου. Μέσω κατάλληλης ενδεικτικής διάταξης που θα παίρνει κίνηση απευθείας από τον κύριο άξονα χειρισμού, θα είναι δυνατή η αναγνώριση της θέσης των επαφών του διακόπτη, με τη μορφή μιμικού διαγράμματος.

Ο διακόπτης θα είναι αυξημένης συχνότητας χειρισμών όπως ορίζεται στην §3.104 του IEC 60265-1. Θα έχει τρεις θέσεις λειτουργίας (ανοικτός – κλειστός – θέση γείωσης), και θα είναι πλήρως συναρμολογούμενος και δοκιμασμένος προτού εξέλθει της γραμμής παραγωγής του. Η σχετική πίεση του SF₆ που τον περιβάλλει δεν θα υπερβαίνει το 0,5 bar.

Η κατασκευή του περιβλήματος του διακόπτη, θα είναι σύμφωνη με την απαίτηση του IEC 60298 (παράρτημα G, §2.3 και 3.3) για συστήματα “στεγανά” (sealed for life) διάρκειας 30 ετών. Στην περίοδο αυτή δεν υπάρχει η ανάγκη επαναπλήρωσης του θαλάμου με SF₆. Δεν είναι αποδεκτοί διακόπτες που στη διάρκεια των 30 ετών απαιτούν επαναπλήρωση με SF₆ ή συντήρηση των κυρίων μερών τους.

Η μηχανική αντοχή του διακόπτη θα είναι κατ’ ελάχιστο 1000 χειρισμοί.

Στον διακόπτη θα υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης κινητήρα τηλεχειρισμού με εύκολο τρόπο καθώς και βοηθητικών επαφών ένδειξης της κατάστασής του.

Θα είναι επίσης δυνατή η τοποθέτηση :

- κινητήρα τηλεχειρισμού των διακοπών

- πηνίων ζεύξης – απόζευξης
- βοηθητικών επαφών
- λουκέτων ή κλειδαριών ώστε να επιτευχθεί αλληλομανδάλωση με διαφορετικά πεδία.

20.3. Αυτόματος Διακόπτης Ισχύος (Α.Δ.Ι.)

Ο Α.Δ.Ι. θα είναι τοποθετημένος κατακόρυφα εντός του πεδίου. Για ευκολία θα διαθέτει τροχούς. Η αποσύνδεση του όμως από το κύριο κύκλωμα θα απαιτεί αποκοχλίωση.

Ο Α.Δ.Ι. θα απαιτεί ελάχιστη συντήρηση. Η μηχανική και ηλεκτρική του αντοχή θα είναι 10000 χειρισμοί.

Σαν μέσο διακοπής θα χρησιμοποιεί SF6 που η σχετική του πίεση δεν θα υπερβαίνει τα 0,5 bar. Το περίβλημα του κάθε πόλου θα είναι κατασκευασμένο από εποξειδική ρητίνη και θα ακολουθούν τις απαιτήσεις για συστήματα «στεγανά» (sealed for life), διάρκειας 30 ετών όπως αυτά ορίζονται στο IEC 60056 (παραρτήματα EE 1, 2, 3). Στην περίοδο αυτή δεν υπάρχει η ανάγκη επαναπλήρωσης με SF6. Δεν είναι αποδεκτοί Α.Δ.Ι. που στην διάρκεια των 30 ετών απαιτούν συντήρηση των κυρίων επαφών τους και έλεγχο του SF6 ή επαναπλήρωσή του.

Ο Α.Δ.Ι. θα καλύπτεται από όλα τα σχετικά πιστοποιητικά δοκιμών τύπου από αναγνωρισμένο εργαστήριο που θα έχει τη διαπίστευση διεθνούς οργανισμού.

Ο μηχανισμός χειρισμού του θα είναι ταχείας λειτουργίας ανεξάρτητος από την ασκούμενη δύναμη του χειριστή και περιλαμβάνει :

- μπουτόν ανοίγματος και κλεισίματος,
- μηχανική ένδειξη κατάστασης του διακόπτη,
- ένδειξη φόρτισης ελατηρίων χειρισμού,
- χειριστήριο για τη φόρτιση του ελατηρίου (αποσπώμενο χειριστήριο δεν είναι αποδεκτό),
- βοηθητικές επαφές ένδειξης κατάστασης του Α.Δ.Ι.

Θα είναι δυνατή η εύκολη τοποθέτηση κινητήρα για τη φόρτιση του ελατηρίου και μετά την εγκατάσταση του πεδίου στο χώρο λειτουργίας του.

20.4. Πρότυπα και πιστοποιητικά ποιότητας

20.4.1. Πρότυπα

Ο εξοπλισμός έχει σχεδιαστεί, κατασκευαστεί και ελεγχθεί σύμφωνα με τα παρακάτω πρότυπα κατά IEC:

Κοινές προδιαγραφές για πίνακες μέσης τάσης	IEC 60694
Πίνακες μέσης τάσης με μεταλλικό περίβλημα (1 to 52kV)	IEC 60298
Διακόπτης φορτίου υψηλής τάσης AC	IEC 60265
Αποζεύκτης και γειωτής	IEC 60129
Αυτόματος διακόπτης ισχύος μέσης τάσης AC	IEC 62271-100
Ρελέ μέσης τάσης AC	IEC 60470

Συνδυασμένοι διακόπτες με ασφάλειες, υψηλής τάσης	IEC 60420
Μετασχηματιστές έντασης	IEC 60044-1
Μετασχηματιστές τάσης	IEC 60044-2
Ασφάλειες υψηλής τάσης	IEC 60282-1
Ηλεκτρονόμοι προστασίας	IEC 60255
Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα για μετρήσεις και όργανα ελέγχου	IEC 60801
Δείκτης προστασίας περιβλημάτων (IP)	IEC 60529

20.4.2. Πιστοποιητικά ποιότητας

Το σύστημα ποιότητας για το σχεδιασμό και την κατασκευή των κυψελών σειράς SM6 είναι εναρμονισμένο με τις απαιτήσεις και τα πρότυπα των κανονισμών ποιότητας ISO 9001. Οι μονάδες παραγωγής πιστοποιούνται κατά ISO 14001.

20.5. Τεχνικά χαρακτηριστικά πίνακα

20.5.1. Χαρακτηριστικά ηλεκτρικών μεγεθών

<i>Γενικά</i>	
Ονομαστική τάση, kV	24
Τάση λειτουργίας, kV	20
Μέγεθος μπαρών In, A	630
Συχνότητα Hz	50
Σύστημα γείωσης ουδετέρου	-
Τάση μόνωσης, kV	24
Αντοχή σε τάση βιομηχανικής συχνότητας, 50 Hz 1 mn kV rms	50
Αντοχή σε τάση κρουστικής μορφής, 1,2/50 μs kV peak	125
Αντοχή σε ρεύμα βραχυκύκλωσης 1s, kA	16 kA
Αντοχή σε δοκιμή εσωτερικού τόξου kA	12.5kA 0.7sec
Δείκτης προστασίας περιβλήματος IP	IP 2XC
Θερμοκρασία περιβάλλοντος (για τα ονομαστικά χαρ/κα)	-5 C ~ 40 °C
Τάση βοηθητικών κυκλωμάτων	230VAC

Ικανότητα διακοπής	
Διακόπτης φορτίου A	630
Μονάδα ασφαλειοαποζεύκτη kA	16
Αυτόματος διακόπτης ισχύος kA	16
Ρελέ kA	-
Ρελέ με ασφάλειες kA	-

20.5.2. Ποσοτική περιγραφή πίνακα

Η περιγραφή γίνεται επί της προσόψεως και με φορά από τα αριστερά προς τα δεξιά:

- ΧΩΡΟΣ MT οικίσκου:

Θέση	1	2	3	4
Τύπος	IMC/LA	QM375	CM	DM1-A
Αναφ. Πελάτη	Πεδίο σύνδεσης με δίκτυο	Πεδίο Τροφοδοσίας Μ/Σ Αυτοκαταναλώσεων	Πεδίο Μετρήσεων	Πεδίο προστασίας Μ/Σ
Μέγεθος (ΥxΠxΒ)	1700x500x940	1700x375x940	2050x375x940	2050x750x1220

20.6. Περιγραφή πίνακα

Η περιγραφή που ακολουθεί περιλαμβάνει γενικά στοιχεία για τα πεδία τύπου SM6.

20.6.1. Πεδία SM6

Ο εξοπλισμός ικανοποιεί τα κριτήρια όπως αυτά αναγράφονται στην παράγραφο 3.102.2 της έκδοσης 1990-12 του πρότυπου IEC 60298, σχετικά με πίνακες εσωτερικής εγκατάστασης, διαμερισματοποιημένους και μεταλλοεπενδεδυμένους. Οι κυψέλες έχουν σχεδιαστεί με πέντε τμήματα στεγασμένα σε ένα πλαίσιο και τα οποία αναφέρονται ονομαστικά στη συνέχεια. Τα διαμερίσματα είναι:

- Διαμέρισμά διακοπτικού εξοπλισμού
- Διαμέρισμα μπαρών
- Διαμέρισμα συνδέσεως καλωδίων ισχύος,
- Διαμέρισμα μηχανισμού λειτουργίας και
- Διαμέρισμα χαμηλής τάσης

20.6.2. Εξοπλισμός

• Ασφαλειο-διακόπτες

Οι διακόπτες που χρησιμοποιούν το SF6 ως μονωτικό και διακοπτικό μέσο, χαρακτηρίζονται από την κατασκευαστική τους ιδιότητα να μην απαιτείται γέμισμα καθόλη τη διάρκεια ζωής τους, κατά τα πρότυπα IEC.

Ο διακόπτης έχει 3 θέσεις : κλειστός/ανοιχτός/γειωμένος.

Συνδυάζει λειτουργίες απόψευξης και διακοπής. Ο γειωτής έχει ικανότητα ζεύξης σε βραχυκύκλωμα. Στην περίπτωση κυψέλης ασφαλειο-διακόπτη φορτίου (QM) η τήξη της ασφάλειας προκαλεί το άνοιγμα του διακόπτη φορτίου.

• Αυτόματοι Διακόπτες ΙσχύοςSF

Οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος, που χρησιμοποιούν το SF6 ως μονωτικό και διακοπτικό μέσο, είναι κλειστού τύπου και τηρούν τα πρότυπα IEC. Δεν υφίσταται η ανάγκη για αναπλήρωση με SF6 καθόλη τη διάρκεια ζωής της μονάδας. Ο αυτόματος διακόπτης ισχύος είναι εξοπλισμένος με μηχανισμό λειτουργίας (τανύσματος ελατηρίου, χειροκίνητα ή με χρήση κινητήρα), πηνία ανοίγματος και κλεισίματος (κατ' επιλογή) και βοηθητικές επαφές για ένδειξη θέσης (προαιρετικός εξοπλισμός). Ο Α.Δ.Ι μπορεί να είναι σταθερού ή συρόμενου τύπου.

• Αυτόματοι Διακόπτες ΙσχύοςEvolis

Την ίδια ακριβώς λειτουργία έχουν και οι αυτόματοι διακόπτες EVOLIS με τη διαφορά ότι οι τελευταίοι χρησιμοποιούν το κενό ως διακοπτικό μέσο. Διαθέτουν και αυτοί μηχανισμό λειτουργίας (τανύσματος ελατηρίου, χειροκίνητα ή με χρήση κινητήρα), πηνία ανοίγματος και κλεισίματος (κατ' επιλογή) και βοηθητικές επαφές για ένδειξη θέσης (προαιρετικός εξοπλισμός). Οι Α.Δ.Ι EVOLIS είναι σταθερού τύπου.

• Αυτόματοι Διακόπτες - Ρελέ ΙσχύοςROLLARC

Ο αυτόματος διακόπτης - ρελέ ισχύος ROLLARC χρησιμοποιεί SF6 ως μονωτικό και διακοπτικό μέσο και είναι κλειστού τύπου. Οι προδιαγραφές του έρχονται σε συμφωνία με τα πρότυπα IEC. Είναι εξοπλισμένος με ηλεκτρικό μηχανισμό λειτουργίας που διαθέτει μαγνητική συγκράτηση, πηνία ανοίγματος και κλεισίματος (κατ' επιλογή) και βοηθητικές επαφές για ένδειξη θέσης (προαιρετικός εξοπλισμός). Ο αυτόματος διακόπτης είναι σταθερού τύπου.

• Σύστημαπροστασίας και ελέγχου- SEPAM

Ανάλογα με την επιλογή του τύπου κυψέλης και του διακοπτικού μηχανισμού, γίνεται και η κατάλληλη επιλογή της μονάδας ελέγχου και προστασίας SEPAM, η οποία αποτελεί τη πρόταση της Schneider Electric στους ηλεκτρονόμους δευτερογενούς προστασίας.

Η σειρά SEPAM 1000+ χρησιμοποιείται στις περισσότερες απλές και συνήθεις εφαρμογές. Αποτελεί μια συσκευή με πολλαπλές λειτουργίες όπως:

- Προστασία του δικτύου και του φορτίου που τροφοδοτεί.
- Έλεγχος του συνεργαζόμενου αυτόματου διακόπτη ισχύος ή ρελέ ισχύος.
- Μέτρηση ηλεκτρικών μεγεθών
- Ένδειξη μηνυμάτων λειτουργίας

Η μονάδα προστασίας SEPAM 1000+ διακρίνεται για τις διαφορετικές δυνατότητες που προσφέρει σε συνάρτηση με τις απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής:

Διαχωρισμός τύπων μονάδος και λειτουργιών ανάλογα με τη ζητούμενη προστασία: τύπος S για υποσταθμούς, τύπος B για μπάρες, τύπος T για μετασχηματιστές, τύπος G για γεννήτριες και τύπος M για κινητήρες.

Επιλογή μεταξύ δύο User Machine Interface (UMI): του βασικού (basic) και του εξελιγμένου (advanced). Η δεύτερη επιλογή περιλαμβάνει οθόνη LCD με γραφήματα και πληκτρολόγιο. Η advanced έκδοση μπορεί να εγκατασταθεί απομακρυσμένα ενώ υπάρχει η δυνατότητα επιλογής γλώσσας λειτουργίας.

Δυνατότητα χρησιμοποίησης extra modules κατ' επιλογή:

- Κάρτες εισόδων-εξόδων (MES)
- Κάρτα σειριακής επικοινωνίας (RS 485).
- Κάρτα αναλογικής εξόδου 4-20 mA (MSA)
- Κάρτα 8 εισόδων αισθητήρων θερμοκρασίας (MET)

Οι κυψέλες SM6 στις οποίες χρησιμοποιούνται μονάδες SEPAM 1000+ έχουν διακοπτικό μηχανισμό λειτουργίας αυτόματους διακόπτες ισχύος SF6 (SF1), αυτόματους διακόπτες κενού (EVOLIS) καθώς και αυτόματους διακόπτες – ρελέ ισχύος ROLLARC.

- ***Ρελέ προστασίας – VIP300***

Το ρελέ προστασίας VIP 300 είναι σχεδιασμένο για χρήση σε δίκτυα διανομής. Έχει τη δυνατότητα χρήσης για προστασία μετασχηματιστών και εισόδου ή τροφοδότησης δικτύου.

Ανάλογα με τις προστασίες που παρέχει, διακρίνεται σε δύο επιμέρους τύπους:

- VIP 300P: Προστατεύει από σφάλμα μεταξύ φάσεων (phase to phase).
- VIP 300LL: Προστατεύει από σφάλμα μεταξύ φάσεων (phase to phase) και ως προς γη (phase to earth fault).

Το VIP 300 δεν χρειάζεται βοηθητική τάση και συνεργάζεται με κατάλληλους αισθητήρες ρεύματος. Σε περίπτωση σφάλματος ενεργοποιεί με ένα πηνίο χαμηλής κατανάλωσης (MITOP) τον μηχανισμό ανοίγματος του διακόπτη.

Οι κυψέλες SM6 στις οποίες χρησιμοποιούνται μονάδες SEPAM 1000+ έχουν διακοπτικό μηχανισμό λειτουργίας αυτόματους διακόπτες ισχύος SF6, τύπου SFSET.,

20.7. Μετασχηματιστές έντασης

Οι Μ/Σ έντασης που χρησιμοποιούνται για προστασία είναι τυπικού τύπου μέσης τάσης με πυρήνα χαμηλής τάσης. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μετρήσεις ενώ συνεργάζονται άριστα με τον ηλεκτρονόμο προστασίας SEPAM.

20.8. Μετασχηματιστές τάσης

Οι μετασχηματιστές τάσης είναι τυπικοί και σύμφωνα με τα πρότυπα IEC. Είναι διαθέσιμοι τόσο με ασφάλειες όσο και χωρίς.

20.9. Καλώδια γείωσης

Η γείωση επιτυγχάνεται μέσω ενός γειωτή με ικανότητα μανδάλωσης με το διακοπτικό εξοπλισμό.

20.10. Καλωδίωση χαμηλής τάσης

Η καλωδίωση χαμηλής τάσης χαρακτηρίζεται από την ιδιότητα αυτοσβέσης σε περίπτωση πυρκαϊάς ενώ είναι μονωμένη έως τάση στάθμης 1000 V και ενδεδυμένη με υλικό PVC. Οι διάμετροι των καλωδίων που χρησιμοποιούνται είναι:

- Κυκλώματα ρεύματος: 2,5mm²
- Κυκλώματα τάσης: 2.5mm²

Κάθε καλώδιο μαρκάρεται τόσο στην αρχή όσο και στην απόληξή του από προκατασκευασμένο δακτύλιο της που εφαρμόζει ακριβώς στη διάμετρο του καλωδίου.

Η ταυτοποίηση των καλωδίων είναι σε συμφωνία με τα τριγραμμικά σχέδια καλωδίωσης.

20.11. Αντιδιαβρωτική προστασία

Για την σωστή λειτουργία του εξοπλισμού σε οποιοδήποτε κλιματολογικές συνθήκες, έχουν ληφθεί τα παρακάτω μέτρα κατά τη διαδικασία της κατασκευής:

Οι ορατές εξωτερικές επιφάνειες του πεδίου στο εμπρόσθιο μέρος των κυψελών είναι κατασκευασμένες από φύλλα γαλβανισμένης λαμαρίνας (πάχος επικάλυψης : 3μm).

Στη συνέχεια, οι επιφάνειες υπόκεινται σε καθαρισμό με διάλυμα φωσφορικού άλατος, πρώτου κατευθυνθούν στο στάδιο της βαφής. Η βαφή είναι από πολυμερισμένο εποξικό πολυεστερικό μίγμα (το

μέσο πάχος του πολυεστερικού φιλμ είναι 50μm). Το χρώμα βαφής είναι RAL 9002 (άσπρο).

Όσον αφορά τις υπόλοιπες επιφάνειες, χρησιμοποιείται ζεστή γαλβανισμένη λαμαρίνα με μέσο πάχος επικάλυψης τα 20μm και η οποία έχει υποστεί διεργασία χρωμίου.

20.12. Σύνδεση καλωδίων

Τα ενδεικνυόμενα ακροκιβώτια για την σύνδεση των καλωδίων είναι ψυχορροστελλόμενου τύπου για τα καλώδια με ξηρά μόνωση ή καλώδια που ως μόνωση χρησιμοποιούν εμποτισμένο χαρτί. Η μέγιστη επιτρεπτή διατομή των καλωδίων για το σύνθητη εξοπλισμό είναι:

- Μονοπολικά
 - 630 mm² ή 2x400 mm² για 1250A κυψέλες
 - 300 mm² ή 2x240 mm² για 630A ή 400A κυψέλες
 - 95 mm² κυψέλες μετασχηματιστών προστασίας με ασφάλειες
- Τριπολικά
 - 630 mm² για 1250A κυψέλες
 - 50 mm² ή 300 mm² για 630A ή 400A κυψέλες

20.13. Έλεγχοι-Δοκιμές

Οι καθιερωμένοι έλεγχοι του εξοπλισμού λαμβάνουν χώρα στο εργοστάσιο μας. Είναι σε συμφωνία με τα πρότυπα IEC, εμπεριέχονται στην προσφορά και περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Συμβατότητα με τα τεχνικά σχέδια
- Έλεγχος μηχανικής λειτουργίας και μανδαλώσεων
- Έλεγχος εναλλαξιμότητας κινούμενων μερών
- Διηλεκτρική δοκιμή ΥΤ σε βιομηχανική συχνότητα
- Έλεγχος λειτουργίας κυκλώματος ΧΤ

21. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ Μ/Σ ΕΛΑΙΟΥ25ΚVA 20/0,4kV

Για τις βοηθητικές καταναλώσεις του Φ/Β σταθμού, προσφέρεται ένας (1) Μ/Σ ελαίου, σειράς ΕΛΒΗΜ της Schneider Electric, κλειστού τύπου 25kVA, 20/0.4 kV με τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά:

ΙΣΧΥΣ (kVA)	25	
ΦΑΣΕΙΣ	3	
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ ΠΡΩΤΕΥΟΝΤΟΣ (kV)	20	
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΟΣ (kV)	0.4	
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz)	50	
ΟΜΑΔΑ ΖΕΥΞΗΣ	Yzn 11	
ΨΥΞΗ	ONAN	
ΜΕΤΑΓΩΓΕΑΣ ΛΗΨΕΩΝ (%)	± 2 x 2.5	
ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΥΨΩΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΕΛΑΙΟΥ (K)	60	
ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΥΨΩΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΥΛΙΓΜΑΤΩΝ (K)	65	
ΤΑΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ (%)	4.3	
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΣΙΔΗΡΟΥ (W)	135	
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΛΚΟΥ (W)	720	
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	MxΠxΥ (mm)	1010x640x1150

Ο Μ/Σ περιλαμβάνει τα ακόλουθα παρελκόμενα:

- Κιβώτιο καλωδίων στην Χ.Τ
- Βυσματικοί διαπεραστήρες στην Υ.Τ
- DMCR relay (Όργανο που περιλαμβάνει θερμομέτρο με επαφές συναγερού και απόζευξης, επαφή υπερπίεσης, ένδειξη χαμηλής στάθμης ελαίου με επαφή)
- Βαλβίδα δειγματοληψίας και αποστράγγισης λαδιού
- Σημείο γείωσης
- Λαβές ανάρτησης
- Ρόδες
- Ενδεικτική πινακίδα

22. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ Μ/Σ ΕΛΑΙΟΥ 0,4/20KV 1000KVA

Μ/Σ ελαίου σειράς ΕΛΒΗΜ της Schneider Electric, 0.4/20kV, χαμηλών απωλειών, κλειστού τύπου, με τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά:

ΙΣΧΥΣ (KVA)	1000	
ΦΑΣΕΙΣ	3	
ΠΡΩΤΕΥΩΝ ΤΑΣΗ (KV)	20	
ΔΕΥΤΕΡΕΥΩΝ ΤΑΣΗ (KV)	0.4	
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz)	50	
ΟΜΑΔΑ ΖΕΥΞΗΣ	Dyn11	
ΨΥΞΗ	ONAN	
ΜΕΤΑΓΩΓΕΑΣ ΛΗΨΕΩΝ (%)	± 2 x 2.5	
ΜΕΓΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΛΑΙΟΥ (K)	55	
ΜΕΓΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΥΛΙΓΜΑΤΩΝ (K)	60	
ΜΕΓΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ (°C)	45	
ΤΑΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ (%)	6	
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΣΙΔΗΡΟΥ (W)	1100	
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΛΚΟΥ (W)	10500	
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΜxΠxΥ(mm)	1780x1180x1750
	ΒΑΡΟΣ (kg)	3350

Η ανοχή στις απώλειες και στην τάση βραχυκύκλωσης είναι σύμφωνα με IEC 76.

- Στο Μ/Σ περιλαμβάνονται τα παρακάτω παρελκόμενα:
- Πορσελάνινοι διαπεραστήρες στη Χ.Τ
- Βυσματικοί διαπεραστήρες στην Υ.Τ
- DMCR relay (Όργανο που περιλαμβάνει θερμόμετρο με επαφές συναγερού και απόζευξης, επαφή υπερπίεσης, ένδειξη χαμηλής στάθμης ελαίου με επαφή)
- Βαλβίδα δειγματοληψίας και αποστράγγισης λαδιού
- Ρόδες
- Ενδεικτική πινακίδα

23. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΙΝΑΚΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

Πίνακας χαμηλής τάσης (2 πεδία) τύπου PRISMA PLUS P της Schneider Electric διαστάσεων (mm) P=2250, Υ=2006, Β=450 κατασκευασμένος από ηλεκτρολυτικά επιψευδαργυρωμένο μεταλλικό έλασμα πάχους 1.5mm, με επικάλυψη θερμικά πολυμερισμένης εποξειδικής – πολυεστερικής πούδρας.

Ο προσφερόμενος πίνακας PRISMA PLUS P είναι τύπου modular, εύκολα επεκτεινόμενος, κατάλληλος για ελεύθερη έδραση πάνω στο δάπεδο, χειριζόμενος από την μπροστινή του

πλευρά και επισκέψιμος από την μπροστινή και την πίσω πλευρά του, βαθμού προστασίας IP30 (IEC 529) και τύπου διαμερισματοποίησης FORM1.

Η μπροστινή επιφάνεια των πεδίων (μέσα από την πόρτα) κλείνει με ειδικά προστατευτικά μεταλλικά μετωπικά καλύμματα στηριζόμενα πάνω σε ειδικό πλαίσιο, από τα οποία εμφανίζονται μόνο τα χειριστήρια των αυτομάτων διακοπών ισχύος, μη επιτρέποντας επαφή με ενεργά μέρη του πίνακα και εξασφαλίζοντας προστασία χειρισμού στον χρήστη.

Στους οριζόντιους και κάθετους ζυγούς διανομής (καθώς και στις μπάρες ή καλώδια τροφοδοσίας των αναχωρήσεων) θα υπάρχει σαφής τυποποίηση και ενιαία διάταξη με τοπικό χρωματισμό ή σήμανση των ζυγών για την διάκριση των φάσεων.

Η ονομαστική τάση μονώσεως των ζυγών είναι 690V, ενώ η ονομαστική τάση λειτουργίας είναι 400V/50Hz. Το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας είναι **2000A** ενώ η αντοχή σε βραχυκύκλωμα **36kA/1sec**.

Η είσοδος των καλωδίων γίνεται από το πάνω μέρος των πινάκων ενώ οι έξοδοι από το κάτω.

Οι πίνακες θα είναι συναρμολογημένοι, πλήρως καλωδιωμένοι και ελεγμένοι (δοκιμές σειράς σύμφωνα με IEC 439-1) έτοιμοι προς εγκατάσταση.

Οι πίνακες PRISMA PLUS P είναι γενικά σύμφωνα με τις προδιαγραφές IEC 529, BS 5420 και NF C20-10 και κατασκευής εναρμονισμένης με τις προδιαγραφές ICE 439-1, BS 5486.1, NFC 53-4. Ο πίνακας περιλαμβάνει τον παρακάτω εξοπλισμό:

- Ένα (1) τεμάχιο Α.Δ.Ι Χαμηλής τάσης (ΓΔΧΤ) σειράς MASTERPACT της SCHNEIDER ELECTRIC
 - σταθερού τύπου (fixed), NW20/3P, In=2000A, εξοπλισμένος με:
 - Ηλεκτρονική μονάδα Ελέγχου MICROLOGIC 2.0
 - Βοηθητικές επαφές: 1x C/O (θέσεως) και μεταγωγική: 1 x SDE (σφάλματος)
 - Πηνίο εργασίας (230VAC)
- Τρεις (3) μετασχηματιστές εντάσεως 2000/5A, κλάσης ακρίβειας 1, ισχύος 20VA, κλάσης μονώσεως
- 600V (τάση δοκιμής 3kV/1 min-50Hz), κατάλληλοι για συνεχή υπερφόρτιση 1.2In, με συντελεστή υπερεντάσεως ≤5 και γενικά σύμφωνα με IEC-185, τύπου AT 126 της FRER ή ισοδύναμους.
- Τρία (3) τεμάχια κόκκινες ενδεικτικές λυχνίες της Schneider Electric για ένδειξη τάσης στους κύριους ζυγούς του πίνακα.
- Ένα (1) τεμάχιο πολυόργανο της σειράς POWERLOGIC PM810 της SCHNEIDER ELECTRIC με δυνατότητα ψηφιακής ένδειξης για:
 - μέτρηση ρεύματος (I1, I2, I3, IN)
 - μέτρηση ρεύματος μεγίστου
 - μέτρηση τάσης φάση-φάση (U12, U23, U31)
 - μέτρηση συχνότητας
 - μέτρηση συνημίτονου (cosφ)
 - μέτρηση ισχύος (ενεργού – άεργου – φαινόμενης)
 - μέτρηση ενέργειας (ενεργού – άεργου – φαινόμενης)

Το πολυόργανο διαθέτει θύρα επικοινωνίας RS-485 modbus με υπολογιστή.

- Δεκαοχτώ (24) τεμάχια Α.Δ.Ι Χαμηλής τάσης (αναχωρήσεις) σειράς COMPACT της SCHNEIDER ELECTRIC σταθερού τύπου (fixed), NSX100B/3P, I_{sc}=25kA/1sec, εξοπλισμένοι με:
 - Θερμομαγνητική μονάδα ελέγχου TM100D
 - Αντικεραυνικό στοιχείο XT τύπου Propster P-HMS280DP4 με μονάδα προστασίας NSX/100L/4P.

24. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΙΝΑΚΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ

Επίτοιχος πίνακας ΧΤ, 400V/100A, για τις βοηθητικές καταναλώσεις του Φ/Β σταθμού, τοποθετημένος στο διαμέρισμα Μέσης τάσης του οικίσκου. Ο πίνακας περιέχει τον ακόλουθο εξοπλισμό:

- Ένα (1) τεμάχιο Α.Δ.Ι Χαμηλής τάσης σειράς COMPACT της Schneider Electric σταθερού τύπου (fixed), τριπολικός, NSX100B/3P και εξοπλισμένος με Μονάδα Θερμομαγνητικής προστασίας TM40D και βοηθητικές επαφές: 1x C/O (θέσεως) και μεταγωγική: 1 x SDE (σφάλματος).

- Μικροαυτόματοι διακόπτες της σειράς MULTI9 της Schneider Electric C60N, 1P-2P-4P, τύπου N,

σταθερού τύπου με όλα τα απαραίτητα ρελέ διαρροής ως προς γη όπου χρειάζεται.

- Τρεις Μ/Σ εντάσεως 40/5A κλάσης 0.5

- Ένα (1) πολυόργανο μετρήσεων PM210 της Schneider Electric.

Στην προσφορά περιλαμβάνεται UPS 230VAC 1000VA της APC, για την αδιάλειπτη λειτουργία των πηνίων εργασίας στα πεδία μέσης & χαμηλής τάσης, του ηλεκτρονόμου Seram S40 και των μετρητών ενέργειας PM810. Το σύστημα αυτό δεν τροφοδοτεί το μοτέρ του ΑΔΙ στο πεδίο DM1-A, το οποίο και τροφοδοτείται απ' ευθείας από τον πίνακα χαμηλής τάσης με 230V AC.

25. ΚΡΟΥΣΤΙΚΟΙ ΑΠΑΓΩΓΕΙΣ

Λόγω της μεγάλης επιφάνειας την οποία καλύπτουν και της θέσης εγκατάστασης τους τα φωτοβολταϊκά πάρκα έχουν μεγάλη πιθανότητα να δεχθούν κεραυνικό πλήγμα.

Η εγκατάσταση ΣΑΠ (Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας) θα προσφέρει στο τεράστιο ρεύμα του κεραυνού (max 200kA σε κυματομορφή 10/350 μsec) ένα προεπιλεγμένο δίαυλο, μέσω του οποίου θα οδηγηθεί στη γη.

Σε μία ενδεχόμενη απ' ευθείας κεραυνοπληξία επί των πανέλλων, η ροή του κεραυνικού ρεύματος (κυματομορφής 10/350 μsec) τόσο στα πανέλλα όσο και στα πλαίσια στερέωσης των πανέλλων (επάνω στα οποία συνήθως στερεώνονται οι μετατροπείς και οι επί μέρους ηλεκτρολογικοί πίνακες), όσο και στους αγωγούς, στους πυλώνες φωτισμού, στην περίφραξη κ.λ.π., θα προκαλέσει την ανάπτυξη πολύ μεγάλων μηχανικών, θερμικών και ηλεκτρικών καταπονήσεων σε όλο τον εξοπλισμό, οι οποίες συνοδεύονται από εντονότατες κρουστικές υπερτάσεις, ισχυρότατες ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και ανάπτυξη ιδιαίτερα υψηλής εντάσεως ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου.

Οι απαγωγείς κρουστικών υπερτάσεων τοποθετούνται σε συγκεκριμένα σημεία μέσα στο δίκτυο, με στόχο να μειώσουν το κρουστικό κύμα άμεσα σε μεγέθη ακίνδυνα.

Ο κάθε απαγωγέας κρουστικών υπερτάσεων χαρακτηρίζεται σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας του, από μία πολύ υψηλή αντίσταση μεταξύ των άκρων του. Όταν στο δίκτυο που είναι συνδεδεμένος εφαρμοστεί μία κρουστική τάση με τιμή μεγαλύτερη από την τάση διάσπασης του απαγωγέα, βραχυκυκλώνει τα άκρα του σε χρόνο της τάξης ns, μειώνοντας έτσι τις διαφορές δυναμικού μεταξύ των ηλεκτρικά μονωμένων αγωγών και μεταξύ των γειωμένων μερών, σε στάθμη που πρέπει να είναι χαμηλότερη της διηλεκτρικής αντοχής των μονωτικών της εγκατάστασης, όπως αυτή ορίζεται στο Διεθνές πρότυπο IEC 60664-1. Όταν η τάση του δικτύου

επανέλθει στα φυσιολογικά επίπεδα, ο απαγωγέας κρουστικών υπερτάσεων αυτόματα επανέρχεται στην αρχική φυσιολογική του θέση, χωρίς την ανάγκη διακοπής της παροχής του ηλεκτρικού δικτύου, αντικατάσταση τηκτών, ή επαναοπλισμού αυτόματων διακοπών.

25.1. Κρουστικοί απαγωγοί που προτείνονται για την εγκατάσταση

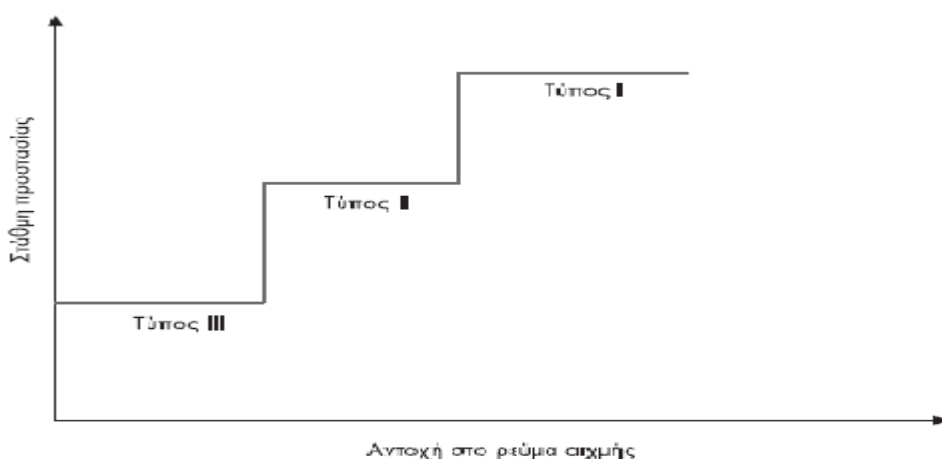
Οι τύποι ανάλογα με το σημείο εφαρμογής καθώς και τεχνικά τους χαρακτηριστικά τους:

- **Τύπου T1+T2** θα χρησιμοποιηθούν στην προστασία του γενικού πίνακα
- **Τύπου T2** θα χρησιμοποιηθεί στην προστασία των υποπινάκων.
- **Τύπου T3** θα χρησιμοποιηθεί στην προστασία του Webbox.
- **Τύπου T2+T3** θα χρησιμοποιηθεί στην προστασία της φάσης κάθε κάμερας.
- **Ουδέτερος** θα χρησιμοποιηθεί στην προστασία της γείωσης της κάθε κάμερας.

Η προστασία υπέρτασης έχει ως ρόλο να αποτρέπει την πρόκληση ζημιών στις ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές από υψηλές τάσεις. Οι συσκευές προστασίας από υπέρταση (Surge Protection Device, συντ/φία SPD) δημιουργούν σε περίπτωση επιβάρυνσης μια εξισορρόπηση δυναμικού ανάμεσα στους συνδεδεμένους αγωγούς. Έτσι αποτρέπεται η καταστροφή των συνδεδεμένων συσκευών λόγω απότομων αυξήσεων της τάσης.

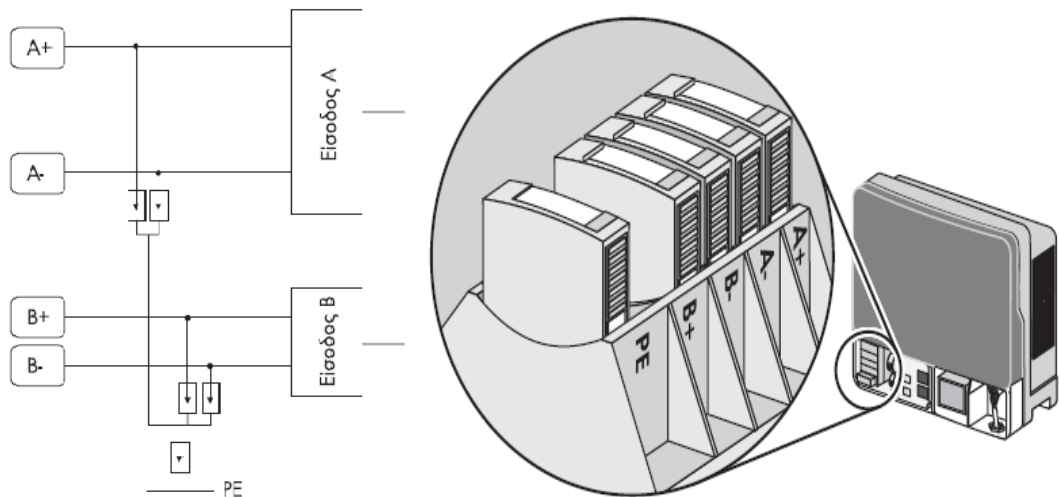
Κατηγορίες τύπου SPD (σύμφωνα με το EN 61643-11/IEC 61643-1)

- **Βασική προστασία (SPD I):** έχουν τη μεγαλύτερη θερμική αντοχή σε ρεύμα υπέρτασης, γιατί είναι σχεδιασμένες για επιβάρυνση από απευθείας χτύπημα κεραυνού.
- **Μέση προστασία (SPD II):** έχουν περιορισμένη θερμική αντοχή σε ρεύμα υπέρτασης και προστατεύουν από έμμεσες επιπτώσεις χτυπήματος κεραυνού.
- **Λεπτομερής προστασία (SPD III):** έχουν μικρότερη θερμική αντοχή σε ρεύμα υπέρτασης.



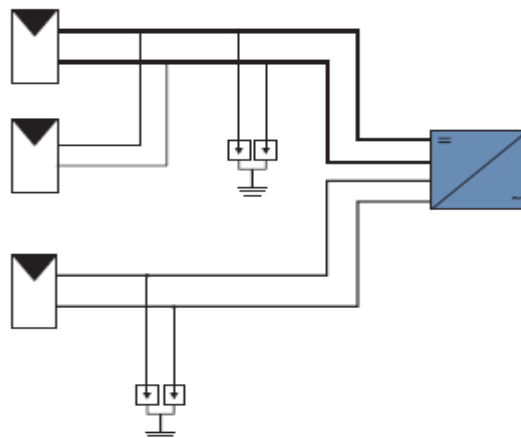
Εικόνα 13. Στάθμη προστασίας συσκευών SPD με διαφορετική μέγιστη τιμή παλμών

Στην εγκατάσταση οι μετατροπείς θα τοποθετηθούν με ενσωματωμένη προστασία υπερτάσεων (εικόνα 13). Η ενσωματωμένη ηλεκτρονική ασφάλεια στοιχειοσειράς συνδέεται στη συσκευή προστασίας από υπέρταση.



Εικόνα 14. Διάταξη των συσκευών SPD στους μετατροπείς SMA STP 17000TL-10

Στους αντιστροφείς με ιχνηλάτη MPP οι στοιχειοσειρές φωτοβολατικών στοιχείων πριν το μετατροπέα συνδέονται και η συσκευή στο σημείο επαφής. Στους μετατροπείς με περισσότερους από έναν ιχνηλάτη MPP θα πρέπει για κάθε είσοδο να υπάρχει μια συσκευή SPD ή ένας συνδυασμός συσκευών SPD (εικόνα 14)



Εικόνα 15. Πολλαπλές ΦΒ στοιχειοσειρές σ'έναν μετατροπέα πολλαπλών στοιχειοσειρών με πολλαπλούς ιχνηλάτες MPP

26. ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΙΩΣΗΣ

Γενικά, ένα κεραυνικό πλήγμα δημιουργεί έμμεσες επιπτώσεις στη γύρω περιοχή με περίμετρο περίπου το 1km, οι έμμεσες επιπτώσεις είναι ουσιαστικά επαγωγική, χωρική και γαλβανική ζεύξη. Ένας κεραυνός μπορεί να προκαλέσει κύματα τάσης τόσο στα ΦΒ πλαίσια όσο και στα καλώδια συνεχούς, εναλλασσόμενου ρεύματος και στα καλώδια ασθενών ρευμάτων, που χρησιμοποιούνται για μέτρηση και έλεγχο του ΦΒ συστήματος. Τα επίπεδα της τάσης είναι σαφώς μεγαλύτερα σε ΦΒ πλαίσια με μεταλλικά πλαίσια από ότι σε ΦΒ πλαίσια δίχως μεταλλικά πλαίσια, προκειμένου να μειωθεί το επίπεδο τάσης από ένα κεραυνικό πλήγμα, θα πρέπει τα καλώδια συνεχούς ρεύματος με αντίθετες πολικότητες να οδεύονται όσο το δυνατόν πιο κοντά.

Για την επιπλέον αντικεραυνική προστασία του ΦΒ συστήματος θα χρησιμοποιηθεί αλεξικέραυνο το οποίο προστατεύει τόσο τα ΦΒ πλαίσια όσο και τις ηλεκτρικές-ηλεκτρονικές συσκευές από ένα κεραυνικό πλήγμα. Το αλεξικέραυνο θα έχει δικό του ανεξάρτητο σύστημα γείωσης από το ήδη υπάρχον στο ΦΒ σύστημα.

Σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα *DIN VDE 0675* Μέρος 6 (Γερμανία) έχουμε διάκριση μεταξύ των διακοπτικών αντικεραυνικών κατηγοριών I και II.

- **Κλάση I**, είναι αντικεραυνικοί απαγωγείς που εκπληρώνουν άμεσα τα ρεύματα του κεραυνού και χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει αυξημένος κίνδυνος κεραυνών
- **Κλάση II**, συνήθως χρησιμοποιείται για την DC και AC πλευρά με τις τρέχουσες δυνατότητες αύξησης του 1kA (τυπική αύξηση 8/20) ανά 1kWp. Η τάση λειτουργίας U_{mpp} (DC) από τα αλεξικέραυνα θα πρέπει να αντιστοιχεί τουλάχιστον στη τάση ανοικτού κυκλώματος U_{oc} του ΦΒ πλαισίου

Στο φωτοβολταϊκό σταθμό θα εγκατασταθεί κοινό σύστημα γείωσης για όλους τους σκοπούς (λειτουργίας, προστασίας από σφάλματα και αντικεραυνικής προστασίας). Η γείωση του φωτοβολταϊκού σταθμού θα αποτελείται από το σύστημα γείωσης του φωτοβολταϊκού πάρκου (θεμελιακή γείωση) και από το σύστημα γείωσης του γενικού πίνακα. Τα δύο υποσυστήματα συνδέονται με γυμνό αγωγό γείωσης.

Οι ακριβείς διαστάσεις των αγωγών γείωσης του φωτοβολταϊκού σταθμού θα προκύψουν μετά από μετρήσεις της ειδικής αντίστασης του εδάφους.

Η αντίσταση γείωσης του ΦΒ πάρκου θα είναι μικρότερης ή ίσης του 1Ω.

Γενικοί ορισμοί:

- **Ηλεκτρόδιο γείωσης,**

ένα αγωγίμο σώμα ή ένα σύνολο αγωγίμων σωμάτων σε στενή επαφή με τη γη, όπου εξασφαλίζει την ηλεκτρική σύνδεση με αυτή
- **Ηλεκτρικώς ανεξάρτητα ηλεκτρόδια γείωσης,**

τοποθετημένα σε τέτοια απόσταση μεταξύ τους, ώστε το μέγιστο ρεύμα που θα μπορούσε να διοχετευθεί από ένα από αυτά προς τη γη, να μην επηρεάζει αισθητά το δυναμικό των άλλων
- **Συνολική αντίσταση γείωσης,**

η αντίσταση μεταξύ του κύριου ακροδέκτη γείωσης μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης και της γης
- **Αγωγός προστασίας,**

αγωγός απαιτούμενος για την εφαρμογή ορισμένων μέτρων προστασίας και προοριζόμενος για την ηλεκτρική σύνδεση των ακτεθειμένων αγωγίμων μερών προς ένα ή περισσότερα από τα ακόλουθα:
 - ξένα αγωγίμα στοιχεία
 - κύριος ακροδέκτης γείωσης
 - ηλεκτρόδιο γείωσης
 - γειωμένο σημείο της πηγής τροφοδότησης ή τεχνητός ουδέτερος κόμβος
- **Αγωγός γείωσης,**

ένας αγωγός που συνδέει τον κύριο ακροδέκτη γείωσης με το ηλεκτρόδιο γείωσης
- **Ισοδυναμική σύνδεση,** ηλεκτρική σύνδεση που διατηρεί στο ίδιο ή περίπου στο ίδιο δυναμικό τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη και τα ξένα αγωγίμα στοιχεία
- **Αγωγός ισοδυναμικής σύνδεσης,** ένας αγωγός που εξασφαλίζει ισοδυναμική σύνδεση
- **Γείωση λειτουργίας,** η γείωση ενός τμήματος της εγκατάστασης το οποίο ανήκει στο κύκλωμα λειτουργίας. Η γείωση λειτουργίας μπορεί να μην περιλαμβάνει άλλες αντιστάσεις, εκτός της αντίστασης γείωσης και της αντίστασης του αγωγού γείωσης ή να

περιλαμβάνει πρόσθετες ωμικές, επαγωγικές ή χωρητικές αντιστάσεις. Ανοιχτές γειώσεις δεν μπορούν να θεωρούνται γειώσεις λειτουργίας

- **Γείωση προστασίας**, η χωρίς παρεμβολή άλλων αντιστάσεων (πλην της αντίστασης γείωσης και της αντίστασης του αγωγού γείωσης) γείωση ενός αγωγίμου τμήματος της εγκατάστασης που δεν ανήκει στο κύκλωμα λειτουργίας για την προστασία ατόμων και ζώων έναντι υψηλών τάσεων επαφής

Όλα τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της ηλεκτρικής εγκατάστασης πρέπει να συνδέονται, μέσω αγωγών προστασίας, προς τον κύριο ακροδέκτη γείωσης. Αυτός πρέπει να συνδέεται προς το γειωμένο αγωγό του συστήματος τροφοδότησης, ο οποίος πρέπει να είναι συνδεδεμένος προς τη γη στον – ή κοντά στον- υποσταθμό (μετασχηματιστή), ή στο σταθμό παραγωγής, που τροφοδοτεί το σύστημα.

Γενικά γειωμένος αγωγός του συστήματος τροφοδότησης είναι ο ουδέτερος. Αν ο ουδέτερος κόμβος δεν είναι διαθέσιμος ή δεν είναι προσιτός, πρέπει να γειωθεί ένας αγωγός φάσης. Σε καμία περίπτωση αγωγός φάσης, έστω και γειωμένος, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αγωγός PEN.

Όταν γειωμένος αγωγός του συστήματος του συστήματος τροφοδότησης είναι ο ουδέτερος, το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN ονομάζεται ουδετερογείωση. Αν υπάρχει η δυνατότητα αποτελεσματικής γείωσης και σε άλλα σημεία, συνιστάται να γειώνονται οι αγωγοί προστασίας όπου αυτό είναι δυνατόν. Η πολλαπλή γείωση σε σημεία κατανεμημένα όσο είναι δυνατόν πιο ομοιόμορφα, αποσκοπεί στη διατήρηση του δυναμικού του αγωγού προστασίας, σε περίπτωση σφάλματος, όσο το δυνατόν πλησιέστερα προς το δυναμικό της γης.

Η επιλογή και εγκατάσταση του υλικού των διατάξεων γείωσης πρέπει να εξασφαλίζουν ότι:

- Η τιμή της αντίστασης γείωσης θα ικανοποιεί τις απαιτήσεις προστασίας και λειτουργίας της εγκατάστασης και θα διατηρεί συνεχώς αυτή την ιδιότητα
- Τα ρεύματα σφάλματος προς τη γη και τα ρεύματα διαρροής προς γη θα μπορούν να κυκλοφορούν χωρίς να δημιουργείται κίνδυνος, ιδιαίτερα από τις θερμικές θερμομηχανικές και ηλεκτρομηχανικές καταπονήσεις
- Είναι επαρκώς στιβαρής κατασκευής ή έχουν κατάλληλη πρόσθετη μηχανική προστασία, ώστε να αντέχουν στις αναμενόμενες εξωτερικές συνθήκες
- Πρέπει να λαμβάνονται προληπτικά μέτρα έναντι των κινδύνων βλαβών άλλων μεταλλικών μερών από ηλεκτρόλυση
- Για τον σχεδιασμό των διατάξεων γείωσης πρέπει να λαμβάνεται η ενδεχόμενη αύξηση της αντίστασης γείωσης εξαιτίας της διάβρωσης

Η αποτελεσματικότητα ενός ηλεκτροδίου γείωσης εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες του εδάφους και πρέπει να επιλέγονται ένα ή περισσότερα ηλεκτρόδια γείωσης κατάλληλα για τις συνθήκες του εδάφους και για την αντίσταση γείωσης. Η αντίσταση γείωσης του ηλεκτροδίου μπορεί να υπολογίζεται ή να μετριέται. Ο τόπος και το βάθος έμπηξης ή τοποθέτησης των ηλεκτροδίων γείωσης μέσα στο έδαφος πρέπει να είναι τέτοια ώστε η αποξήρανση και το πάγωμα του εδάφους να μην αυξάνουν την αντίσταση γείωσης πέρα από την απαιτούμενη τιμή του 1 Ω.

Η σύδεση του αγωγού γείωσης με το ηλεκτρόδιο γείωσης πρέπει να εκτελείται με ιδιαίτερη προσοχή και αν απαιτείται να προστατεύεται κατάλληλα, για την αποφυγή μηχανικών βλαβών και διαβρώσεων. Όταν χρησιμοποιείται σφινγκτήρας, πρέπει να είναι κατάλληλου τύπου, ώστε να μην προκαλείται βλάβη στο ηλεκτρόδιο ή στον αγωγό γείωσης.

Ελάχιστες διατομές αγωγών γείωσης θαμμένων στο έδαφος	
	Χωρίς μηχανική προστασία
Με προστασία έναντι διάβρωσης	16 mm ² χαλκός 16 mm ² γαλβανισμένος χάλυβας
Χωρίς προστασία έναντι διάβρωσης	25 mm ² χαλκός 50 mm ² γαλβανισμένος χάλυβας

Σε κάθε εγκατάσταση πρέπει να προβλέπεται ένας κύριος ακροδέκτης ή ζυγός γείωσης, προς τον οποίο θα συνδέονται οι ακόλουθοι αγωγοί:

- Αγωγοί γείωσης
- Αγωγοί προστασίας
- Αγωγοί κύριας ισοδυναμικής σύνδεσης
- Αγωγοί λειτουργίας, εάν απαιτείται

Η αποτελεσματικότητα μιας ισοδυναμικής σύνδεσης επιτυγχάνεται μέσω του περιμετρικού ζυγού γείωσης και εξαρτάται από τη σύνθετη αντίσταση μεταξύ των σημείων σύνδεσης προς αυτήν και επομένως από τη διατομή και την διαδρομή της. Ο περιμετρικός ζυγός γείωσης μπορεί να είναι γυμνός ή μονωμένος, πρέπει να εγκαθίσταται κατά τέτοιο τρόπο που να είναι προσιτός σε όλο το μήκος του και ενδείκνυται να έχει τη μορφή κλειστού δακτυλίου.









Για την γείωση του φωτοβολταϊκού πάρκου θα κατασκευαστεί δίκτυο γείωσης εντός του εδάφους και κάτω από το σύστημα στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων, σε βάθος 0,8 m με χρήση χάλκινης επιψευδαργυρωμένης εν θερμό (St/tZn) ταινίας διατομής **30x3,5mm**. Για τις ενώσεις των ταινιών θα χρησιμοποιηθούν σύνδεσμοι βαρέου τύπου **30/30** (St/tZn). Για την στήριξη της ταινίας **30x3,5** θα χρησιμοποιηθούν στηρίγματα κατακόρυφης συγκράτησης 250mm (St/tZn).

Η θεμελιακή γείωση του φωτοβολταϊκού συστήματος θα ενωθεί με το σύστημα στήριξης μέσω χαλύβδινου επιψευδαργυρωμένου εν θερμό (St/tZn) αγωγού ενδεικτικής διατομής **50 mm²** (Φ10) μέσω της ταινίας 30x3,5mm με συνδέσμους βαρέου τύπου Φ10/ταινία (St/tZn) θα οδύονται στους πάσσαλους μέσω με ειδικών συνδέσμων (επί μεταλλικών ακμών σχήματος Η) οι οποίοι δε θα τραυματίζουν τη κατασκευή. Θα χρησιμοποιηθεί ακόμα *αντιδιαβρωτική ταινία* σε κάθε περίπτωση που έχουμε αλλαγή διαφοράς δυναμικού (πχ. έδαφος-αέρας). Πάνω από την θεμελιακή γείωση θα τοποθετηθεί αργιλώδες χώμα, κοσκινισμένο σε ύψος 0,3m.

Στο σημείο σύνδεσης θα κατασκευαστεί τρίγωνο γείωσης ανεξάρτητο από την υπόλοιπη γείωση. Θα έχει πλευρές μήκους 3m (ισόπλευρο τρίγωνο) και θα χρησιμοποιηθούν τρεις χάλκινοι ηλεκτολυτικοί ράβδοι (Cu-E) διατομής **Φ10**, αγωγός χάλκινος ηλεκτρολυτικός (Cu-E) **Φ20,2** και σύνδεσμοι ηλεκτροδίων με αγωγό γείωσης ορειχάλκινοι επικαχαλκισμένοι (Ms/eCu).

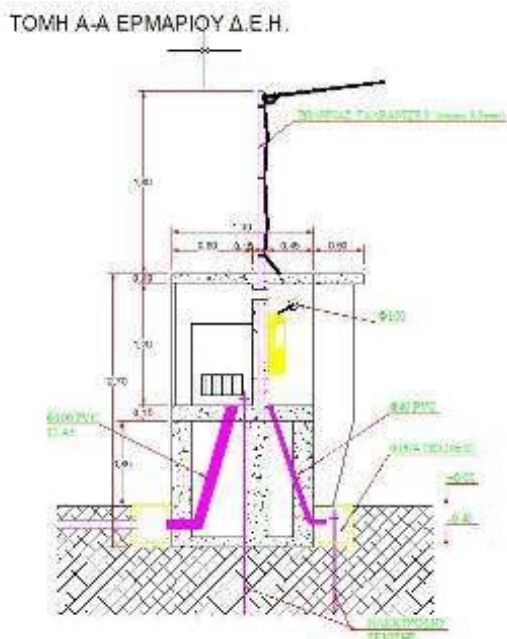
Για την γείωση των αλουμινίων θα χρησιμοποιηθούν αγωγοί γεφύρωσης χάλκινοι ηλεκτρολυτικοί με επένδυση PVC 25mm² (Cu-E/PVC).

Όλες οι εκτεθειμένες μεταλλικές επιφάνειες του φωτοβολταϊκού συστήματος θα γειωθούν άμεσα ενώ η σχεδίαση, εγκατάσταση και τα υλικά θα είναι σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα.

Α/Α	ΕΙΔΟΣ	ΟΨΗ
1	Ταινία St/tZn 30x3.5 mm (EN 50164-2)	
2	Αγωγός St/tZn ϕ 10 mm (EN 50164-2)	
3	Στήριγμα Κατακ. Συγκ. Ταιν. x250mm St/tZn (EN 50164-2)	
4	Σύνδεσμος Ταινίας Ταινίας ΒΤ 3ΠΛ 30/30 St/Zn (EN 50164-1)	
5	Σύνδεσμος Αγωγού Ταινίας ΒΤ 3ΠΛ ϕ 8-10/30 St/Zn (EN 50164-1)	
6	Φρεάτια Γειώσεως 25x25 PVC (EN 50164-5)	
7	Σύνδεσμος Μεταλλικών Ακμών από 5-18mm St/tZn (EN 50164-2)	
8	Αντιδιαβρωτική Ταινία 50mm x 33m PVC	

26.1. Γείωση Ερμαρίου ΔΕΗ

Από το ερμάριο της ΔΕΗ θα πρέπει να εκκινήσει χάλκινος αγωγός διατομής 50 mm² το οποίο με κατάλληλους συνδέσμους και από την εξωτερική πλευρά του ερμαρίου εντός στεγανοποιημένου σωλήνα, οδηγείται σε τρίγωνο γείωσης πλησίον του ερμαρίου το οποίο και κατασκευάζεται αποκλειστικά για την γείωση του ερμαρίου. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ΕΛΟΤ και της ΔΕΗ, η αντίσταση γείωσης δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 1 Ohm.



Εικόνα 16.Ερμάριο ΔΕΗ

26.2. Γείωση Προστασίας

Σκοπός της γείωσης προστασίας είναι να μηδενιστεί η πιθανότητα να τεθεί υπό κατάσταση ηλεκτρικού δυναμικού οποιαδήποτε αγωγίμη επιφάνεια με την οποία δύναται να έρθει σε επαφή ο άνθρωπος. Δημιουργώντας μια κατασκευή στην οποία όλες οι εκτεθειμένες στην ατμόσφαιρα επιφάνειες είναι συνδεδεμένες έμμεσα ή άμεσα με το σύστημα γείωσης απομακρύνουμε τον κίνδυνο ατυχήματος. Για τον λόγο αυτό όλες οι εκτεθειμένες στην ατμόσφαιρα κατασκευές οι οποίες είναι αγωγίμες θα συνδεθούν με απόληξη γείωσης. Οι μεταλλικές επιφάνειες της ίδιας σειράς θα είναι ισοδυναμικά συνδεδεμένες, ενώ όλες οι σειρές θα διασυνδεθούν με αγωγό διατομής 1x50 mm² (κιτρινοπράσινο) προκειμένου να διασφαλιστεί η ισοδυναμική γείωση μεταξύ όλων των σειρών του πάρκου.

Τα πάνελ θα είναι και αυτά συνδεδεμένα από κατάλληλη οπή και μέσω αγωγού διατομής 1x6mm² (κιτρινοπράσινο) με τις μεταλλικές βάσεις.

Οι μεταλλικές σχάρες μέσα στις οποίες θα οδεύουν τα καλώδια θα είναι συνδεδεμένες και αυτές με την ισοδυναμική γείωση των σειρών του πάρκου μέσω αγωγού διατομής 1x6mm² (κιτρινοπράσινο).

Η μπάρα γείωσης του κεντρικού πίνακα, οι απαγωγείς κρουστικών υπερτάσεων εντός αυτού, καθώς επίσης και η ισοδυναμική γείωση των σειρών του πάρκου θα συνδεθούν με ένα τρίγωνο γείωσης που θα κατασκευαστεί δίπλα στο κτίριο μέσω αγωγού διατομής 1x50mm² (κιτρινοπράσινο).

Το τρίγωνο θα αποτελείται από 3 ηλεκτρόδια Φ20x150 εκ πακτωμένα κάθετα στην γη 120 εκ, σχηματίζοντας ισόπλευρο τρίγωνο πλευράς 2.5μ, το οποίο θα συμπληρώνεται με λάμα 30x3 χιλ από θερμογαλβανισμένο χάλυβα.

Ένα τρίγωνο ιδίων διαστάσεων με το προηγούμενο θα κατασκευαστεί δίπλα στο ερμάριο της ΔΕΗ από το οποίο θα εκκινεί γυμνός χαλκαγωγός διατομής 100 mm² και θα συνδέεται σε μπάρα γείωσης που θα είναι τοποθετημένη στο παράθυρο του ερμαρίου.

Τα δύο τρίγωνα θα συνδέονται μεταξύ τους με αγωγό διατομής 1x50mm². Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα ισοδυναμικό σύστημα γείωσης και προστασίας του πάρκου.

Σε περίπτωση που δεν είναι εφικτή η χαμηλή αντίσταση γείωσης (<4 Ohm) θα γίνει διπλός έλεγχος με μέτρηση της σύνθετης αντίστασης του εδάφους και προσθήκη ειδικών βελτιωτικών γείωσης.

Στην περίμετρο της κάθε στέγης καθώς και στον κάθε κορφιά θα τοποθετηθεί συλλεκτήριο σύστημα συλλογής και καθόδου άμεσων κεραυνικών πληγμάτων αποτελούμενο από χαλύβδινους αγωγούς διατομής Φ10 και αγωγούς καθόδου εγκατεστημένους στο κάθετο τμήμα του κτιρίου και οι οποίοι θα καταλήγουν στο σύστημα γείωσης του ΦΒ πάρκου.

26.3. Γείωση Αντιστροφών

Η γείωση (άμεση ή ουδετέρωση, ανάλογα με την περιοχή) αποσκοπεί κυρίως στην προστασία των εγκαταστάσεων παραγωγής και την ασφάλεια των προσώπων και θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τους αντίστοιχους κανονισμούς (HD384). Στο σχήμα 6 παρουσιάζονται οι δυνατοί τρόποι γείωσης των διασυνδεδεμένων κτηριακών Φ/Β συστημάτων. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι η γείωση ενός εκ των ακροδεκτών του αντιστροφέα στην πλευρά συνεχούς ρεύματος δεν είναι υποχρεωτική στις Ευρωπαϊκές χώρες, σε αντιδιαστολή με τις Η.Π.Α.

Τονίζεται ότι η γείωση ή μη της πλευράς Σ.Ρ. εξαρτάται από την τεχνολογία των Φ/Β πλαισίων και την τοπολογία του αντιστροφέα. Οι Φ/Β συστοιχίες που διαμορφώνονται από συγκεκριμένα είδη πλαισίων (λεπτών επιστρώσεων, back-contact) γειώνονται με υπόδειξη του κατασκευαστή, προκειμένου να διασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία τους αλλά και η βελτιστοποίηση της απόδοσής τους. Ειδικότερα, τα Φ/Β πλαίσια λεπτών επιστρώσεων (thin film) με υλικά όπως το άμορφο πυρίτιο (a-Si) και το τελλουριούχο κάδμιο (CdTe), λόγω της τεχνολογίας κατασκευής τους (superstrate technology), παρουσιάζουν συνήθως υψηλό κίνδυνο διάβρωσης του στρώματος TCO, γεγονός που επιφέρει καταστρεπτικά για τα πλαίσια αποτελέσματα. Για να αποφευχθεί κάτι τέτοιο, γειώνεται ο αρνητικός ακροδέκτης της Φ/Β πηγής. Το φαινόμενο αυτό δεν εμφανίζεται, βάσει των υφιστάμενων μελετών, σε Φ/Β πλαίσια thin film με άλλα υλικά (π.χ. CIS). Σε συστήματα με Φ/Β πλαίσια τεχνολογίας back-contact, επιβάλλεται (από τον κατασκευαστή) η γείωση του θετικού ακροδέκτη στην πλευρά Σ.Ρ. για βελτιστοποίηση της απόδοσης. Η γείωση σε αυτήν την περίπτωση μπορεί να γίνει μέσω μεγάλης αντίστασης. Σε αυτές τις περιπτώσεις επιβάλλεται η χρήση αντιστροφέα με Μ/Σ απομόνωσης, εκτός αν πιστοποιείται από τον κατασκευαστή ότι ο επιλεγμένος τύπος αντιστροφέα (χωρίς Μ/Σ) είναι κατάλληλος για χρήση με τα πλαίσια που έχουμε επιλέξει. Όσον αφορά στα συνήθη κρυσταλλικά πλαίσια, δεν έχουν τεθεί ιδιαίτερες απαιτήσεις από τους κατασκευαστές ως προς τη γείωση ή μη των ακροδεκτών της πλευράς Σ.Ρ. Σε αυτές τις περιπτώσεις, εφόσον δεν γειώνονται ενεργά μέρη στην πλευρά ΣΡ, είναι δυνατή η χρήση αντιστροφέα χωρίς Μ/Σ απομόνωσης. Σε κάθε περίπτωση, ο μελετητής του συστήματος ακολουθεί τις οδηγίες του κατασκευαστή για τις ειδικές απαιτήσεις που προκύπτουν ανάλογα με την τεχνολογία των Φ/Β πλαισίων. Συνήθως οι κατασκευαστές αντιστροφέων, λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, προτείνουν τον κατάλληλο εξοπλισμό ανάλογα με τον τύπο του πλαισίου. Τονίζεται ότι, αν ο αντιστροφέας δεν περιλαμβάνει μετασχηματιστή απομόνωσης, η πλευρά Σ.Ρ. δεν γειώνεται. Αντίθετα όλα τα εκτεθειμένα μεταλλικά μέρη του Φ/Β εξοπλισμού (π.χ. βάσεις στήριξης και μεταλλικά μέρη των Φ/Β πλαισίων) γειώνονται υποχρεωτικά. Στις παραγράφους που ακολουθούν αναλύονται ορισμένα θέματα τα οποία χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής ανάλογα με τον τρόπο γείωσης του αντιστροφέα.

27. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΛΕΞΙΚΕΡΑΥΝΟΥ



Στο φωτοβολταϊκού πάρκο θα τοποθετηθεί αλεξικέρανο ενισχυμένου ιονισμού **Tesla-S**. Η κεφαλή του αλεξικέρανου φέρει διμερή ακίδα σύλληψης του κεραυνού από ειδικό κράμα ορείχαλκου, με διάκενο ασφαλείας. Διαθέτει μεταλλικό δίσκο συλλογής (αγώγιμο προς την ακίδα και προς το περίβλημα της κεφαλής), ο οποίος ζευγνύεται χωρητικά προς το ηλεκτρικό πεδίο κακοκαιρίας και φορτίζεται επαγωγικά με την αύξηση του ανωτέρω πεδίου. Η κεφαλή περιλαμβάνει ειδικό μεταλλάκτη παραγωγής υψηλής τάσης ιονισμού, μέσω της φυσικής αστάθειας τόξου (πλάσματος) και με την βοήθεια μαγνητικού πεδίου, με χαρακτηριστικό γνώρισμα την εν σειρά σύνδεση σπινθηριστική με πηνίο και πυκνωτή.

Στον χώρο γύρω από την ακίδα του αλεξικερανού, δημιουργείται ισχυρότατος ιονισμός.

Το αλεξικέρανο Tesla-S λειτουργεί όταν υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες κεραυνοφόρου πεδίου, φαινόμενο που διαρκεί μερικά λεπτά της ώρας. Η κεφαλή φέρει διάταξη ασφαλείας για την προστασία των κυκλωμάτων της, κατά τη στιγμή της πτώσης και σύλληψης κεραυνού.

Η κεφαλή Tesla-S θα αποτελείται από :

- **Τον ιστό στήριξης**, (ιστός τηλεσκοπικός, ανακλινόμενος ή μη) από χαλύβδινους σωλήνες βαρέου τύπου με συγκολλήσεις βαθιάς διεισδύσης (MIG-MAG), ακόμα φέρει επίτονα με εντατήρες
- **Αγωγός καθόδου**, γυμνός χάλκινος πολύκλωνος ηλεκτρολυτικός αγωγός διατομής 50mm²
- **Ηλεκτρόδια γείωσης**, τύπου χαλύβδινα επιχαλκωμένα διαμέτρου 16mm και μήκους 1,6 μέτρων
- **Σφικτήρες αγωγού – ηλεκτροδίο**
- **Λυόμενο σύνδεσμο ελέγχου γείωσης**, στον αγωγό καθόδου
- **Κάρτα μαγνητικής καταγραφής κεραυνικών ρευμάτων**, OBO-BETTERMANN



Αλεξικέρανο TESLA-S, παλμικής διέγερσης, με ενισχυμένο σύστημα ιονισμού

Πιστοποιητικά - Δοκιμές - Επιστημονικές αναφορές

- Εργαστήριο BET Γερμανίας
- Εργαστήριο ICMET Ρουμανίας
- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας
- East London University
- TGMC U.S.A.
- EUROPE'S Marbella Ισπανία
- IASTED International Conference κ.α.

Το αλεξικέρανο Tesla-S είναι φιλικό στο περιβάλλον. Εργαστηριακά δοκιμασμένο κατά ΕΛΟΤ EN 50164-1

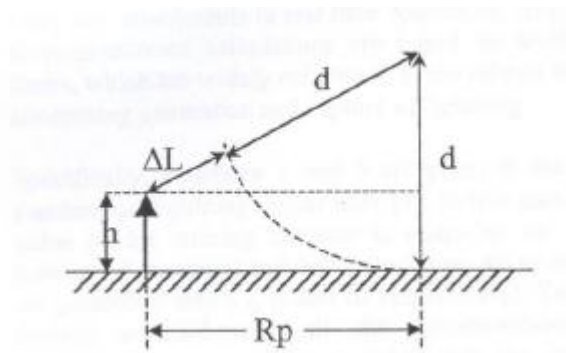
Εικόνα 17. Αλεξικέρανο τύπου Tesla-S

Στην εν λόγω εγκατάσταση θα τοποθετηθεί ένα Tesla ιονισμού όπως απεικονίζεται στο σχέδιο χωροθέτησης του φωτοβολταϊκού πάρκου, **Παράρτημα 1**.

Η γείωση του αλεξικέραυνου θα αποτελείται από ανεξάρτητο τρίγωνο γείωσης από ηλεκτρόδια χαλύβδινα επιχλασμένα με ορειχάλκινους σφιγκτήρες αγωγού-ηλεκτροδίου που δεν θα συνδέεται με την θεμελιακή. Θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την επίτευξη χαμηλής ωμικής αντίστασης.

27.1. Υπολογισμός ύψος αλεξικέραυνου ΦΒ συστήματος ονομαστικής ισχύος 99,9 kWp

Στο ΦΒ πάρκο θα επιλέξουμε βαθμό προστασίας I (D=20m), το ύψος θα βρεθεί βάση του ακόλουθου τύπου :



Εικόνα 18. Ακτίνα προστασίας αλεξικεραύνου

$$R_p = \sqrt{h(2d - h) + \Delta l(2d + \Delta l)}, h > 5m$$

Όπου :

- **R_p**= Ακτίνας προστασίας σε m
- **h**= Ύψος (απόσταση) της κορυφής της ακίδας από το έδαφος (h>2m)
- **d**= Ακτίνα κεραυνικής σφαίρας
- **Δl**= Κέρδος απόστασης

ΒΑΘΜΟΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	I (D=20m)				
	Δl=15m	Δl=30m	Δl=45m	Δl=60m	Δl=80m
h (m)	Ακτίνα Προστασίας R _p (m)				
2	13	19	25	32	-
4	25	38	51	64	-
6	32	48	63	79	99
8	33	49	64	79	99
10	34	49	64	79	99
16	35	50	65	80	100
20	35	50	65	80	100

25	35	50	65	80	100
30	35	50	65	80	100
45	35	50	65	80	100
60	35	50	65	80	100

Πίνακας 16. Ακτίνα προστασίας

Για την επιλογή του ύψους βασικός παράγοντας είναι η θέση εγκατάστασης του αλεξικέραυνου, βάσει του σχεδίου χωροθέτησης του ΦΒ Σταθμού. Η επιλογή του σημείου γίνεται με γνώμονα μη σκίασης των ΦΒ γεννητριών και την πλήρη προστασία του ΦΒ Σταθμού από κεραυνικό πλήγμα.

Οπότε η καταλληλότερη θέση είναι στο βορεινό τμήμα της εγκατάστασης και σε απόστασης τουλάχιστον **5m** από το τελευταίο τραπέζι.

Βάσει του σχεδίου χωροθέτησης διαπιστώνουμε ότι το αλεξικέραυνο θα πρέπει να έχει τουλάχιστον **Ακτίνα Προστασίας $R_p \sim 80m$** .

Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν ότι η επιλογή μας θα είναι αλεξικέραυνο με ακτίνα προστασίας $R_p=80m$, κέρδος απόστασης $\Delta l=60m$.

Έτσι βάσει του τύπου :

$$R_p = \sqrt{h(2d - h) + \Delta l(2d + \Delta l)}, h > 5m$$

Βρίσκουμε ελάχιστο ύψος αλεξικεραύνου **$h=16m$** .

27.2. Υπολογισμός ύψους αλεξικέραυνου ΦΒ ονομαστικής ισχύος συστήματος ισχύος 765,63 kWp

ΒΑΘΜΟΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	III (D=60m)				
	$\Delta l=15m$	$\Delta l=30m$	$\Delta l=45m$	$\Delta l=60m$	$\Delta l=80m$
h (m)	Ακτίνα Προστασίας R_p (m)				
2	20	28	36	44	-
4	41	57	72	87	-
6	52	72	90	107	129
8	54	73	91	108	130
10	56	75	92	109	131
16	61	79	95	112	133
20	63	81	97	113	134
25	66	83	99	115	135
30	69	85	101	116	137
45	74	89	104	119	139
60	75	90	105	120	140

Βάσει του σχεδίου χωροθέτησης διαπιστώνουμε ότι το αλεξικέραυνο θα πρέπει να έχει τουλάχιστον **Ακτίνα Προστασίας $R_p \sim 130m$** .

Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν ότι η επιλογή μας θα είναι αλεξικέραυνο με ακτίνα προστασίας $R_p=130m$, κέρδος απόστασης $\Delta l=80m$.

Έτσι βάσει του τύπου :

$$R_p = \sqrt{h(2d - h) + \Delta l(2d + \Delta l)}, h > 5m$$

Βρίσκουμε ελάχιστο ύψος αλεξικεραύνου **$h=25m$** .

28. ΕΡΓΑ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ

Οι παρεμβάσεις οι οποίες πραγματοποιούνται στον περιβάλλοντα χώρο περιγράφονται ακολούθως :

28.1. Δρόμοι πρόσβασης

Δεδομένου ότι για την πρόσβαση στον χώρο εγκατάστασης υπάρχει ήδη διαμορφωμένος αγροτικός δρόμος, ο οποίος φθάνει μέχρι τον χώρο εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού πάρκου, προβλέπεται μόνο η διάνοιξη του υπάρχοντος δρόμου έτσι ώστε να δοθεί η δυνατότητα προσπέλασης φορτηγών αυτοκινήτων και γερανών που απαιτούνται κατά την μεταφορά και ανέγερση του εξοπλισμού όπου αυτό απαιτηθεί.

28.2. Προκαταρκτικές εργασίες

Πριν από την κάθε έναρξη των κυρίως γενικών εκσκαφών (γαιών - ημίβραχου κτλ) θα πραγματοποιείται ο καθαρισμός και η εκρίζωση σε όλη την επιφάνεια της εκσκαφής. Ο καθαρισμός συνίσταται στην αφαίρεση του επιφανειακού στρώματος της φυτικής γης και λοιπών χαλαρών εδαφών, στην εκρίζωση, στην εκθάμνωση και κοπή κάθε είδους δένδρων, κορμών, ριζών κτλ. Η άδεια επέμβασης θα πρέπει να δίνεται από τον εργοδότη του έργου κατόπιν έγγραφης αποδοχής από το τοπικό Δασαρχείο.

Όλα τα ακατάλληλα υλικά που θα προκύψουν κατά τον καθαρισμό, εκρίζωση, κοπή δένδρων, κορμών κλπ. και την κατεδάφιση φρακτών κλπ. θα απομακρύνονται από την περιοχή του έργου οικοπέδου.

Αντιθέτως σε περίπτωση που τα επιφανειακά στρώματα της φυτικής γης είναι κατάλληλα για επένδυση πρανών επιχωμάτων, τότε, θα εναποτίθενται προσωρινώς σε θέσεις προκειμένου να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα.

28.3. Απορροή υδάτων

Θα πρέπει λάβουμε μέτρα απορροής των υδάτων (με ελαφριές χωματοουργικές εργασίες δημιουργίας κλίσεων εδάφους) τα οποία προκύπτουν για την απορροή ομβρίων υδάτων από τον χώρο της εγκατάστασης.

28.4. Εκσκαφή χανδάκων

Για τη διέλευση των καλωδίων χαμηλής τάσης και των καλωδίων σημάτων ελέγχου θα διανοιχτούν ακόλουθοι χάνδακες:

- Χάνδακες πλάτους 0,5m και βάθους 0,8m όπως προβλέπεται από τους ηλεκτρολογικούς κανονισμούς και από τις οδηγίες της ΔΕΗ, κατά μήκος του εσωτερικού δρόμου του φωτοβολταϊκού Πάρκου.
- Για τις τοποθέτηση των γειώσεων θα ανοιχθεί χάνδακας πλάτους 0,5 m και βάθους 1 m.

Για την όδευση των συστημάτων καμερών, δεσμών, εξωτερικού φωτισμού θα ανοιχθεί χάνδακας πλάτους 0.5 m και βάθους 0,8 μέτρου.

28.5. Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου

Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών θεμελίωσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων και των καναλιών διέλευσης των καλωδίων ισχύος και σημάτων, θα γίνουν οι απαιτούμενες επιχώσεις όπως προβλέπεται στις σχετικές προμελέτες και στην συνέχεια θα ολοκληρωθεί η γενικότερη διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου. Ιδιαίτερη έμφαση θα δοθεί στην επαναφορά στη φυσική αρχική του κατάσταση, ώστε να μειωθεί στο ελάχιστο η οποιαδήποτε τεχνική παρέμβαση.

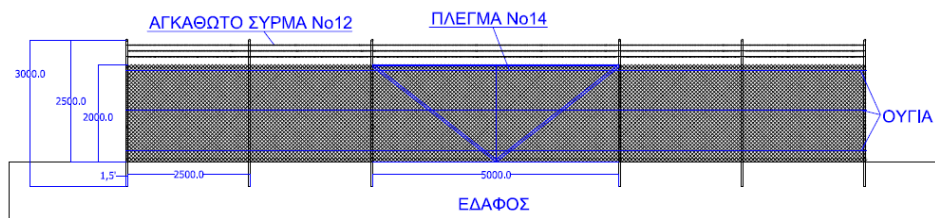
28.6. Περίφραξη

Η περίφραξη θα φτάνει σε ύψος το πολεοδομικό όριο των 2,5 m με χρήση 3 σειρών αγκαθωτού σύρματος στο πάνω μέρος.

Οι ορθοστάτες θα είναι από σιδηροσωλήνες γαλβανιζέ κυκλικής διατομής 1,5'' ίντσα, με πάχος τοιχώματος 2 χιλιοστά ενώ η απόσταση μεταξύ των ορθοστατών θα είναι 2,5 μέτρα. Δεν θα υπάρχει τοίχο από μπετόν. Οι ορθοστάτες θα πακτωθούν με περιμετρική χρήση σκυροδέματος.

Θα χρησιμοποιηθεί συρματόπλεγμα Νο 14 , διαστάσεως 5,5 X 5,5 cm και θα τοποθετηθεί ούγια στο πάνω, κάτω και μεσαίο μέρος.

Θα τοποθετηθεί μια πόρτα ανοιγόμενη 5μετρη, δυο φύλλων σε σημείο που θα ορίσει ο εργοδότης κατά την εφαρμογή.



Εικόνα 19. Περίφραξη

29. ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

Από κάθε μετατροπέα θα διατρέχει ένα καλώδιο σηματοδοσίας προκειμένου να υπάρχει η φυσική διασύνδεση και η συλλογή των δεδομένων από τον κεντρικό συλλέκτη και επεξεργαστή δεδομένων **Sunny WebBox** το οποίο. Επιπλέον θα εγκατασταθεί και ένα καλώδιο ιδίου τύπου από το **Sunny Sensor Box** έως το **Sunny WebBox** για τη μέτρηση της θερμοκρασίας των πάνελ.

Προκειμένου η μονάδα παραγωγής ενέργειας να είναι επιτηρήσιμη και άρα να υπάρχει η δυνατότητα απομακρυσμένης επίβλεψης του έργου (Σύστημα Τηλεπίβλεψης), εντός του κεντρικού πίνακα θα εγκατασταθεί το σύστημα Sunny WebBox.



Το σύστημα **Sunny WebBox** συνδέεται «φυσικά» με όλα τα συστήματα αντιστροφών εντός του έργου, καθώς και με συσκευή συλλογής μετεωρολογικών δεδομένων (Sunny Sensor Box) προκειμένου να είναι επιτηρήσιμη τόσο η κατάσταση και στιγμιαία απόδοση των αντιστροφών όσο και οι μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή.

Από την πλευρά της εγκατάστασης, συλλέγει διαρκώς όλα τα δεδομένα και δίδει έτσι την δυνατότητα να γίνει έλεγχος οποιαδήποτε στιγμή της τρέχουσας κατάστασής της.

Τα κύρια χαρακτηριστικά που προσφέρει το σύστημα τηλεπίβλεψης Sunny WebBox είναι:

1. Ασφάλεια:

- Συνεχής έλεγχος του Φ/Β συστήματος
- Επιτήρηση μέσω δικτύου στιγμιαίων και συγκεντρωτικών δεικτών του πάρκου
- Έγκαιρος εντοπισμός σφαλμάτων λειτουργίας
- Καταγραφή ενεργειακής απόδοσης
- Ασφαλή αποθήκευση δεδομένων

2. Φιλικό Προς τον Χρήστη:

- Διάγνωση και ρύθμιση εγκατάστασης σε οποιοδήποτε τερματικό
- Αυτόματη μετάδοση δεδομένων
- Επεξεργασία δεδομένων και απεικόνιση στο διαδίκτυο



Το **Sunny SensorBox** είναι σταθμός μετρήσεων με πολύ μικρό μέγεθος και μεγάλη ευκολία εγκατάστασης. Στη συσκευή βρίσκεται ενσωματωμένο φωτοβολταϊκό κύτταρο, το οποίο μετρά την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Τοποθετείται στην εξωτερική, φωτιζόμενη πλευρά των φωτοβολταϊκών πλαισίων και με τη βοήθεια του συμπεριλαμβανόμενου αισθητήρα θερμοκρασίας πραγματοποιεί μέτρηση και της θερμοκρασίας τους.



Το **Meter Connection Box** καθιστά δυνατή την απλή ενσωμάτωση μετρητών ενέργειας στο σύστημα επιτήρησης της εγκατάστασης. Συνδέεται απευθείας στην έξοδο S0 ενός μετρητή ενέργειας, λαμβάνοντας με αυτό τον τρόπο κάθε μεταβολή του μετρητή. Σε συνδυασμό με το Sunny WebBox και το Sunny Portal το ενεργειακό ισοζύγιο μπορεί εύκολα να παρουσιασθεί και να αναλυθεί. Ανάλογα με τη διάταξη των συνδεδεμένων μετρητών ενέργειας, η συσκευή επιτρέπει την παραστατική σύγκριση της απορροφόμενης και παραγόμενης ενέργειας καθώς και της φωτοβολταϊκής ιδιοκατανάλωσης.

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ SMA SUNNY WEBBOX	
Επικοινωνία	
Επικοινωνία μετατροπών	RS485, 10 / 100 Mbit Ethernet (μόνο για συσκευές Sunny Central)
Επικοινωνία Η/Υ	10 / 100 Mbit Ethernet
Μόντεμ	Αναλογικό (προαιρετικά), GSM (προαιρετικά)
Διεπαφή δεδομένων	Modbus TCP, RPC
Συνδέσεις	
Ethernet	10 / 100 Mbit, RJ45
Μετατροπέας	1 x SMACOM
Μέγιστος αριθμός συσκευών SMA	
RS485, Ethernet	50 / 50
Bluetooth	—
Μέγιστη εμβέλεια επικοινωνίας	
RS485	1200 m
Ethernet	100 m
Bluetooth σε ανοιχτό χώρο	—

Τροφοδοσία τάσης	
Τροφοδοσία τάσης	Εξωτερικό κουμπωτό τροφοδοτικό
Τάση εισόδου	100 V – 240 V AC, 50 / 60 Hz
Κατανάλωση ισχύος	Τύπος 4 W / μέγ. 12 W
Περιβαλλοντικές συνθήκες κατά τη λειτουργία	
Θερμοκρασία περιβάλλοντος	-20 °C ... +65 °C
Επιτρεπτή μέγιστη τιμή για τη σχετική υγρασία (χωρίς συμπύκνωση)	5 % ... 95 %
Μνήμη	
Εσωτερική	8 MB με οργάνωση κυκλικής μνήμης
Εξωτερική	Κάρτα SD 1 GB / 2 GB (προαιρετικά)
Γενικά χαρακτηριστικά	
Διαστάσεις (Π / Υ / Β)	255 / 130 / 57 mm
Βάρος	0,75 kg
Σημείο εγκατάστασης	Σε εσωτερικό χώρο
Δυνατότητα χρήσης	Τοποθέτηση σε ράγες, επίτοιχη τοποθέτηση, επιτραπέζια συσκευή
Ένδειξη κατάστασης	LED
Γλώσσα λογισμικού, γλώσσα οδηγιών χρήσης	Γερμανικά, Αγγλικά, Ιταλικά, Ισπανικά, Γαλλικά, Ολλανδικά, Πορτογαλικά, Ελληνικά, Κορεάτικα, Τσέχικα
Εξοπλισμός	
Χειρισμός	Ενσωματωμένος διαδικτυακός διακομιστής (πρόγραμμα περιήγησης στο Internet)
Εγγύηση	5 χρόνια
Πιστοποιητικά και εγκρίσεις	www.SMA-Solar.com
Εξαρτήματα	
SMA <i>Bluetooth</i> Repeater για επέκταση της μέγιστης εμβέλειας επικοινωνίας	—
Sunny SensorBox	Σύνδεση μέσω RS485-Power Injector
Sunny Matrix	προαίρ.
Κάρτα SD 1 GB / 2 GB (προαιρετικά)	προαίρ.
Εξωτερική κεραία GSM, κάρτα δεδομένων GSM	προαίρ. / προαίρ.
Καλώδιο επικοινωνίας	προαίρ.

RS485	
Εμβυσματώσιμο τροφοδοτικό με προσαρμογείς	ναι

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ SMA SUNNY SENSORBOX	
Επικοινωνία	
Καταγραφέας δεδομένων	RS485 για Sunny WebBox, <i>Bluetooth</i> για Sunny WebBox με <i>Bluetooth</i>
Συνδέσεις	
Sunny WebBox και Power Injector	Ελατηριωτοί συνδετήρες
Μέγιστη εμβέλεια επικοινωνίας	
RS485	1200 m
<i>Bluetooth</i> σε ανοιχτό χώρο	έως και 100 m (δυνατότητα επέκτασης με SMA <i>Bluetooth</i> Repeater)
Τροφοδοσία τάσης	
Τροφοδοσία τάσης	RS485 Power Injector ή SMA Power Injector με <i>Bluetooth</i>
Τάση εισόδου	100 V – 240 V AC; 50 / 60 Hz
Κατανάλωση ισχύος	< 1 W
Περιβαλλοντικές συνθήκες κατά τη λειτουργία	
Θερμοκρασία περιβάλλοντος	-25 °C ... +70 °C
Είδος προστασίας κατά το EN IEC 60529	IP65
Γενικά χαρακτηριστικά	
Διαστάσεις (Π / Υ / Β)	120 / 50 / 90 mm
Βάρος	0,5 kg
Σημείο εγκατάστασης	Σε εξωτερικό χώρο
Δυνατότητα χρήσης	Πλάκα εγκατάστασης, γωνία οροφής
Γλώσσα εγχειριδίου οδηγίων	Γερμανικά, Αγγλικά, Ιταλικά, Ισπανικά, Γαλλικά, Ολλανδικά, Πορτογαλικά, Ελληνικά, Κορεάτικα, Τσέχικα
Γενικά στοιχεία	
Χειρισμός	Μέσω της επιφάνειας Sunny WebBox
Εγγύηση	χρόνια
Πιστοποιητικά και εγκρίσεις	www.SMA-Solar.com
Εξαρτήματα	
SMA <i>Bluetooth</i> Repeater	προαίρ.

Πλάκα εγκατάστασης	προαίρ.
Γωνία οροφής	προαίρ.
Αισθητήρας ανέμου	προαίρ.
Επίτοιχη βάση για τον αισθητήρα ανέμου	προαίρ.
Αισθητήρας θερμοκρασίας περιβάλλοντος PT100	προαίρ.
Αισθητήρας θερμοκρασίας περιβάλλοντος PT100	ναι
RS485 Power Injector ή SMA Power Injector με <i>Bluetooth</i>	ναι



ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ SMA SUNNY METER CONNECTIONBOX	
Επικοινωνία	
Καταγραφέας δεδομένων	RS485 για Sunny WebBox
Μετρητής ενέργειας	Παλμοί S0
Συνδέσεις	
Sunny WebBox	Τετραπολικός ελατηριωτός συνδετήρας
Μετρητής ενέργειας	Διπολικός ελατηριωτός συνδετήρα
Μέγιστη εμβέλεια επικοινωνίας	
Παλμοί S0	3 m
RS485	1200 m
Τροφοδοσία τάσης	
Τροφοδοσία τάσης	Εξωτερικό εμβυσματώσιμο τροφοδοτικό
Τάση εισόδου	12 V ... 24 V DC \pm 10%
Κατανάλωση ισχύος	1 W
Περιβαλλοντικές συνθήκες κατά τη λειτουργία	
Θερμοκρασία περιβάλλοντος	-20 °C ... +65 °C
Σχετική υγρασία ατμόσφαιρας	5 % ... 95 %
Κατηγορία προστασίας (κατά το IEC 60529)	IP20
Ύψος πάνω από την επιφάνεια της	0 m ... 2000 m




θάλασσας (NN)	
Γενικά χαρακτηριστικά	
Διαστάσεις (Π / Υ / Β)	102 / 30 / 54 mm
Βάρος	80 g
Σημείο τοποθέτησης	Εσωτερικά
Τρόπος τοποθέτησης	Ράγα / Επιτοίχια βάση στήριξης
Ένδειξη κατάστασης	Λυχνίες LED
Διαθέσιμες γλώσσες	Γερμανικά, Αγγλικά, Ισπανικά, Ιταλικά, Γαλλικά, Ολλανδικά, Τσέχικα, Ελληνικά, Πορτογαλικά
Χειρισμός	Μέσω της επιφάνειας Sunny WebBox
Εξοπλισμός	
Εγγύηση	5 χρόνια
Απαιτήσεις από το μετρητή ενέργειας	
Έξοδος παλμού S0	DIN EN 62053-31

30. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

30.1. Σύστημα παρακολούθησης

Το σύστημα καμερών δίνει την δυνατότητα ελέγχου του χώρου, αποτελούμενο από κάμερες υψηλής ευκρίνειας με φωτισμό για νυχτερινή λήψη. Τα δεδομένα από τις κάμερες θα αποθηκεύονται σε καταγραφικό μέσω του οποίου θα είναι δυνατή η παρακολούθηση τους τόσο τοπικά όσο και απομακρυσμένα. Αναλυτικά, το σύστημα καμερών θα αποτελείται από:

A/A	Εξαρτημα	Λειτουργια	Τεμαχια	Οψη
1	Κάμερα νυχτερινής λήψης 9~22MM, IP66, με τροφοδοτικό, φακό SONY Super HAD Color CCD	Καταγραφή εικόνας	6	
2	Καταγραφικό 08 Θέσεων (HDD 500GB, DVD-RW, LAN, 2 κανάλια ήχου, 2 x CCTV- OUT)	Καταγράφει και αποθηκεύει τα δεδομένα από τις κάμερες	1	

4	Πομποδέκτης Video	Συνδέει την κάμερα με το καταγραφικό	6	
5	UPS MGE NOVA AVR 1250VA USB	Σύστημα για την αδιάλειπτη λειτουργία του καταγραφικού	1	
6	Κρουστικός Απαγωγέας	Προστατεύει τις γραμμές δεδομένων και τροφοδοσίας από υπερτάσεις	12	


30.2. Σύστημα συναγερμού

Το σύστημα δεσμών χρησιμοποιείται στον έλεγχο του χώρου και αποτελείται από διπλές υπέρυθρες δέσμες. Αναλυτικά αποτελείται από:

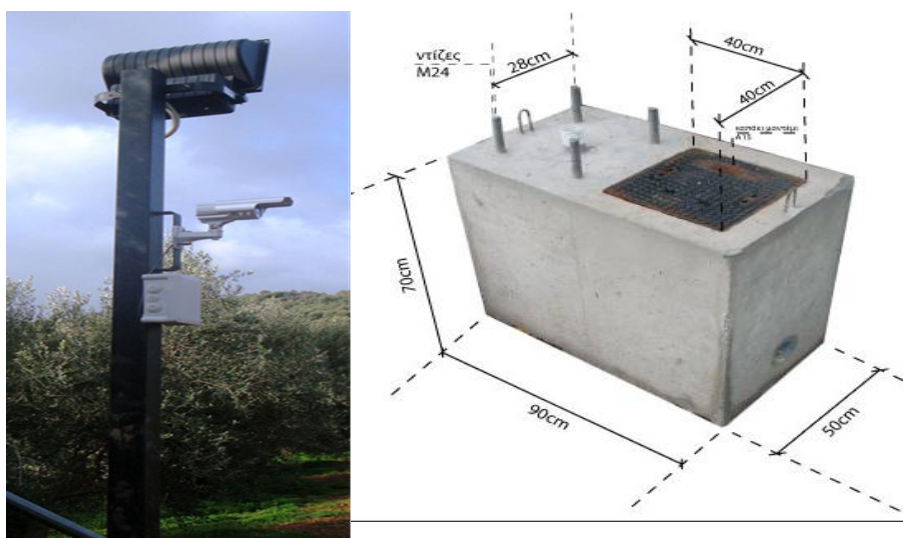
A/A	Εξαρτημα	Λειτουργια	Τεμαχια	Οψη
1	Κεντρική Μονάδα	Έλεγχος συστήματος δεσμών	1	
2	Τροφοδοτικό	Τροφοδοτεί την κεντρική μονάδα	1	
3	Υπέρυθρη Ζώνη	Ελέγχει για παραβιάσεις την περιφέρεια του χώρου	12	
4	Σειρήνα	Σε περίπτωση παραβίασης προειδοποιεί ηχητικά	1	

30.3. Σύστημα φωτισμού

Το σύστημα εξωτερικού φωτισμού χρησιμοποιείται στον έλεγχο του πάρκου και αποτελείται από προβολείς ΗQI. Πιο αναλυτικά:

A/A	Εξαρτημα	Τεμαχια	Όψη
1	Προβολέας ΗQI 150Watt	6	

Ο τρόπος εγκατάστασης των συστημάτων καμερών, δεσμών και εξωτερικού φωτισμού φαίνεται ενδεικτικά στις παρακάτω φωτογραφίες:



Εικόνα 19. Βάση ιστών φωτισμού

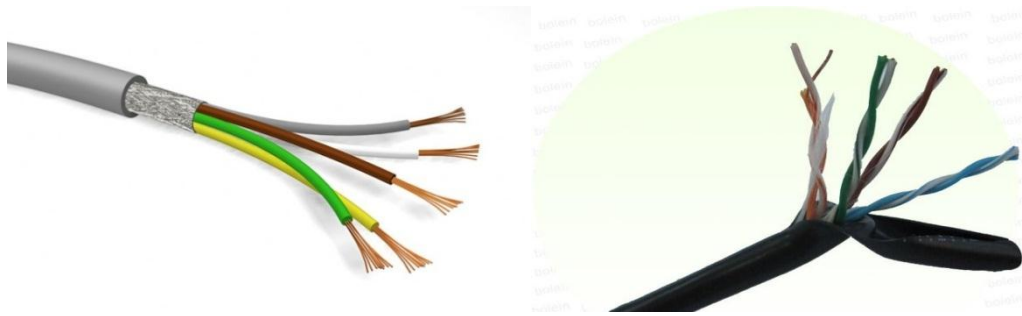
30.4. Τύποι καλωδίων βοηθητικής εγκατάστασης

- **FTP cat5e**

Για την επικοινωνία των καμερών θα χρησιμοποιηθεί καλώδιο FTP εξωτερικών χώρων CAT5 4x2x0.5 mm² (4x2x24 AWG). Τα καλώδια αυτά ανήκουν στην κατηγορία μετάδοσης φωνής και δεδομένων. Εφαρμογή έχουν σε εξωτερικές εγκαταστάσεις και είναι άμεσης ταφής. Το μεταφερόμενο σήμα προστατεύεται από παρεμβολές, με τον ίδιο τρόπο που περιγράφηκε για το LiYCY, με ηλεκτροστατική θωράκιση. Αποτελείται από τέσσερα ζεύγη μονόκλωνων αγωγών καθαρού χαλκού. Η θωράκιση γίνεται με φύλλο αλουμινίου, ενώ το περίβλημα είναι από PVC. Το εξωτερικό περίβλημα είναι από PVC με προστασία UV.

- **LiYCY**

Για τα ασθενή ρεύματα και την επικοινωνία των inverter θα χρησιμοποιηθεί καλώδιο LiYCY 3x2x0.5 mm². Τα καλώδια αυτά είναι κατάλληλα για μεταφορά δεδομένων, σε υπολογιστές και συστήματα ελέγχου, όπου απαιτείται η προστασία του μεταφερόμενου σήματος από παρεμβολές. Η προστασία αυτή εξασφαλίζεται από την ηλεκτροστατική τους θωράκιση, που τα προστατεύει από εξωτερικές παρεμβολές. Συνιστώνται για μέτριες μηχανικές καταπονήσεις. Η μόνωση των αγωγών είναι από βραδύκαυστο PVC, όπως και ο εξωτερικός μανδύας. Το PVC του εξωτερικού μανδύα είναι χρώματος γκρι κατά RAL 7032. Οι αγωγοί είναι πολύκλωνοι από συνεστρεμμένα χάλκινα σύρματα, σύμφωνα με το πρότυπο DIN 47100. Η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας είναι +75°C, ενώ η ελάχιστη θερμοκρασία είναι -20°C. Η ελάχιστη ακτίνα κάμψης είναι ίση με δέκα φορές την διάμετρο του επιλεγμένου αγωγού.



Εικόνα 20. Καλώδια τύπου LiYCY και FTP cat5e

- **J1VV-R**

Τα καλώδια αυτά χρησιμοποιούνται ως καλώδια ισχύος και ελέγχου τόσο σε εξωτερικού χώρου εγκαταστάσεις τόσο και εσωτερικού. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ξηρούς ή υγρούς χώρους στον αέρα ή στο έδαφος. Η τάση λειτουργίας τους (U₀/U) είναι 0.6/1kV. Η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας είναι +70°C, ενώ η ελάχιστη θερμοκρασία είναι -5°C. Η κωδικοποίηση των αγωγών είναι με τον χρωματικό κώδικα σύμφωνα με το DIN VDE 0293. Η μόνωση των αγωγών είναι από PVC καθώς και ο εξωτερικός μανδύας είναι από PVC, αυτοσβενόμενος με επιβραδυντικό φωτιάς κατά DIN VDE 0482-332-1-2.

Τα καλώδια NYG που θα χρησιμοποιηθούν σύμφωνα με τη ηλεκτρολογική μελέτη είναι τα ακόλουθα

- Διατομής 3x2,5 mm² - Τροφοδοσία καμερών
- Διατομής 5x2,5 mm² - Τροφοδοσία δεσμών
- Διατομής 3x4 mm² - Τροφοδοσία εξωτερικού φωτισμού

31. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

31.1. Ανάπτυξη επιχειρηματικής δραστηριότητας

Οι εξελίξεις, που σημειώνονται διεθνώς στον τομέα της παραγωγής ενέργειας κατά την τελευταία δεκαπενταετία, στρέφονται γύρω από τρεις βασικούς άξονες:

- την αποδοτικότερη χρήση πιο φιλικών προς το περιβάλλον συμβατικών μορφών ενέργειας,
- τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης της ζήτησης (Demand Side Management)
- την ενισχυμένη προώθηση των αποκεντρωμένων ενεργειακών συστημάτων (Α.Ε.Σ.) είτε αξιοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είτε συμβατικές

Στην Ελλάδα οι αλλαγές αυτές εκφράστηκαν με την ψήφιση του Ν.2244/94 και τις συμπληρωματικές υπουργικές αποφάσεις 8295/95 και 8907/96, ο οποίος επιτρέπει, για πρώτη φορά, την παραγωγή και διάθεση ηλεκτρικής ενέργειας από ιδιώτες. Η αλλαγή του θεσμικού πλαισίου ολοκληρώθηκε με τον Ν.2086/00 που όρισε τις συνθήκες απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Παρουσιάζει, επομένως, ενδιαφέρον να διερευνηθεί κατά πόσο το ισχύον ελληνικό θεσμικό πλαίσιο παρέχει στον ιδιώτη-παραγωγό τις δυνατότητες ανάπτυξης οικονομικά σκόπιμων ενεργειακών επιχειρηματικών δραστηριοτήτων που ταυτόχρονα θα είναι επωφελείς και για την εθνική οικονομία.

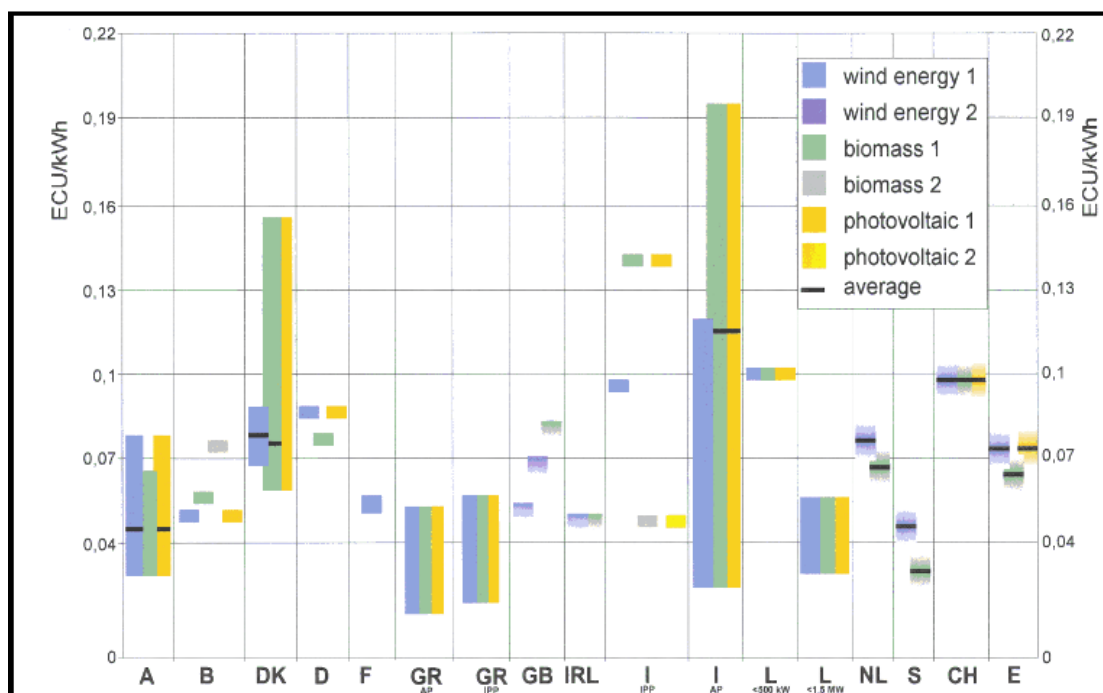
31.2. Βασικοί άξονες του θεσμικού πλαισίου

Οι δύο κύριοι άξονες του ισχύοντος θεσμικού πλαισίου είναι οι εξής:

- Η διάκριση ανάμεσα στον αυτοπαραγωγό και τον ανεξάρτητο παραγωγό.
- Η διάκριση ανάλογα με την αξιοποιούμενη πηγή ενέργεια

Πράγματι, εξετάζοντας τις παρ. 3 και 4 του ίδιου άρθρου διαπιστώνεται ότι η *αυτοπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας* επιτρέπεται χωρίς περιορισμούς ισχύος σε αυτόνομους σταθμούς με εκμετάλλευση αιολικής ενέργειας, ηλιακής ενέργειας, βιομάζας, γεωθερμικής ενέργειας και παλιρροϊκής ενέργειας. Για τους μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς τίθεται ως άνω όριο ισχύος η τιμή των 2MW, ενώ υπάρχει η δυνατότητα αύξησης της τιμής αυτής ως τα 5 MW, εφόσον πρόκειται για σταθμό που δεν έχει ήδη εντάξει η Δ.Ε.Η. στο δεκαετή προγραμματισμό της. Σε ό,τι αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τη συμπαραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, γίνεται ο διαχωρισμός ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη πρωτογενή πηγή ενέργειας.

Συγκεκριμένα, εφόσον χρησιμοποιούνται συμβατικές πηγές ενέργειας (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο), η ισχύς του συστήματος δεν μπορεί να υπερβαίνει την ηλεκτρική και θερμική ισχύ των εγκαταστάσεων του αυτοπαραγωγού που καταναλίσκουν ενέργεια. Αν, όμως, χρησιμοποιούνται υποπαραγάγα της παραγωγικής διαδικασίας του αυτοπαραγωγού ή συστήματα επανάκτησης της απορριπτόμενης θερμότητας, τότε δεν τίθεται όριο ισχύος. Επισημαίνεται ότι στην ίδια κατεύθυνση κινείται η τιμολογιακή πολιτική στο σύνολο σχεδόν των ευρωπαϊκών χωρών, όπως φαίνεται και από τα στοιχεία του σχήματος 1.



Εικόνα 21. Τιμολογιακά πολιτική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από αυτοπαραγωγούς και ανεξάρτητους παραγωγούς στην Ευρώπη

Για την περίπτωση του ανεξάρτητου παραγωγού γίνεται καταρχήν διαχωρισμός ανάλογα με τη μορφή ενέργειας που χρησιμοποιείται και τη μορφή ενέργειας που παράγεται.

Τα συστήματα που παρουσιάζουν επιχειρηματικό ενδιαφέρον είναι αυτά που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια είτε από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, υπάρχει το άνω όριο ισχύος των 50 MW.

Ο δεύτερος κύριος άξονας του ισχύοντος θεσμικού πλαισίου είναι η διαφοροποίηση που επέρχεται ανάλογα με την αξιοποιούμενη πηγή ενέργειας. Η διαφοροποίηση αφορά καταρχήν την παροχή αδειας λειτουργίας και εν συνεχεία την τιμολόγηση της παραγόμενης ενέργειας.

Σε ό,τι αφορά την τιμολόγηση της παραγόμενης ενέργειας, η τιμή πώλησής της για τους ιδιώτες-παραγωγούς προσδιορίζεται ως ποσοστό του αντίστοιχου τιμολογίου πώλησης της Δ.Ε.Η. Όπως προκύπτει από τα στοιχεία που σημειώνονται στον πίνακα 13, η τιμή πώλησης μεταβάλλεται ανάλογα με τη θέση εγκατάστασης του συστήματος παραγωγής (στο αυτόνομο-νησιωτικό σύστημα ή στο διασυνδεδεμένο), τη διάκριση αυτοπαραγωγής-ανεξάρτητης παραγωγής, την τάση παραγωγής (χαμηλή, μέση ή υψηλή), τη ζώνη φορτίου στην οποία παράγεται η ενέργεια (για την υψηλή τάση), το είδος της χρησιμοποιούμενης πηγής ενέργειας και, τέλος, την ισχύ λειτουργίας του συστήματος.

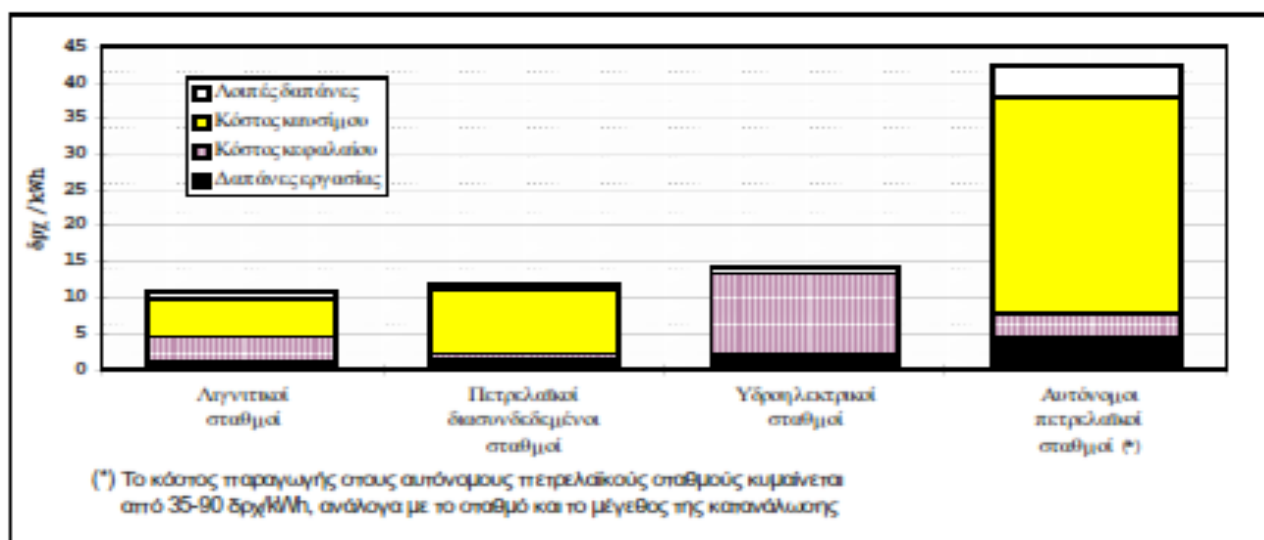
Τα παραπάνω στοιχεία οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το θεσμικό πλαίσιο, με τις υψηλότερες τιμές πώλησης που προβλέπει για την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο νησιωτικό απομονωμένο σύστημα, ενισχύει επενδύσεις προς αυτήν την κατεύθυνση. Αν λάβει κανείς υπόψη του τα πιο πρόσφατα στοιχεία κόστους παραγωγής της Δ.Ε.Η., που παρατίθενται στο σχήμα 2 και που προκύπτουν από τον απολογισμό δραστηριοτήτων της επιχείρησης για το 1995, προκύπτει ότι το κόστος παραγωγής της Δ.Ε.Η. σε αυτόνομους σταθμούς είναι υπερδιπλάσιο του αντίστοιχου στους διασυνδεδεμένους σταθμούς. Με βάση αυτά τα στοιχεία και λαμβάνοντας υπόψη ότι η τιμολογιακή πολιτική της Δ.Ε.Η. είναι ίδια για όλη την επικράτεια, προκύπτει ότι ορθώς ενθαρρύνονται οι επενδύσεις στο νησιωτικό χώρο. Αντίθετα, στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, όπου το κόστος παραγωγής της Δ.Ε.Η. είναι χαμηλό, το θεσμικό πλαίσιο παρέχει στην τελευταία ένα σαφές πλεονέκτημα. Μπορεί κανείς επομένως να διαπιστώσει ότι το κύριο σκεπτικό που

επικράτησε κατά την κατάρτιση του Ν.2244/94 ήταν η διασφάλιση συνθηκών ανάπτυξης επιχειρηματικών πρωτοβουλιών στο χώρο της παραγωγής ενέργειας, σε τομείς όπου η Δ.Ε.Η. δεν έχει άμεσο ενδιαφέρον ή άμεση οικονομική σκοπιμότητα δραστηριοποίησης, όχι, όμως, και σε τομείς όπου θα μπορούσε να αναπτυχθεί ανταγωνιστική δραστηριότητα σε μεγάλης κλίμακας παραγωγή ενέργειας.

Νησιωτικό απομονωμένο σύστημα		Διασυνδεδεμένο σύστημα					
Αυτο παραγωγή	Ανεξάρτητη παραγωγή	Χαμηλή τάση 220 / 380 V	Μέση τάση 6.6 - 22 kV		Υψηλή τάση 150 kV		
		Χρέωση ενέργειας	Χρέωση ενέργειας		Χρέωση ενέργειας		
		ΑΠ	ΑΠ	ΑΝΠ	Ζώνη φορτίου	ΑΠ	ΑΝΠ
70% Γ22	90% Γ22	70% Γ22	70% B2	90% B2		70% A	90% A
60% Γ22		60% Γ22	60% B2	70% B2		60% A	70% A
					Αιχμής Ενδιάμεση Χαμηλή		
			Χρέωση μέγιστης ισχύος Ολες οι ζώνες φορτίου		Χρέωση μέγιστης ισχύος Ζώνη αιχμής		
				50% B2			50% A
				466*σ			1058,5*σ

Πρόκειται για μέσες τιμές συναρτήσει των αντίστοιχων τιμολογίων της ΔΕΗ

Εικόνα 22. Τιμολογιακή πολιτική για συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και φυσικού αερίου. Οι γραμμοσκιασμένες τιμές αφορούν Α.Π.Ε., οι λευκές φυσικό αέριο

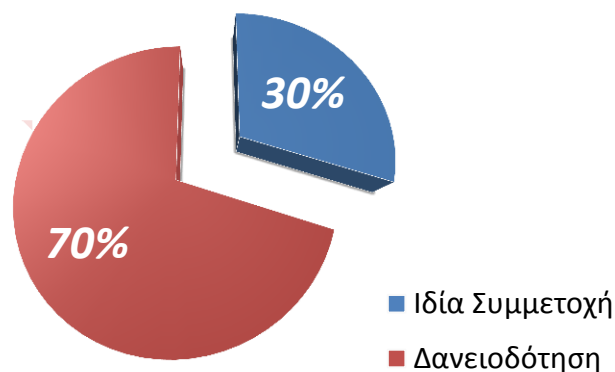


Εικόνα 23. Κόστος παραγωγής της Δ.Ε.Η. (1998)

32. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΙΣΧΥΟΣ 99,9 kWp

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε 4 σενάρια οικονομικής ανάλυσης του ΦΒ συστήματος υπολογίζοντας το χρόνο απόσβεσης της επένδυσης.

32.1. Οικονομική ανάλυση σενάριο 1



Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης αφού σημειώσουμε πως για δεδομένα ηλιοφάνειας χρησιμοποιήσαμε τα αποτελέσματα του προγράμματος προσομοίωσης που είναι εμφανώς δυσμενέστερα και όχι τα πραγματικά αποτελέσματα.

Έτσι λοιπόν στους παρακάτω πίνακες έχουμε τις γενικές παραδοχές όπου εκτός από την τιμή πώλησης της kWh (0,419 €/kWh) και κόστος κατασκευής του πάρκου (**297.045,00 €**) λάβαμε υπ' όψιν **τραπεζικό δανεισμό 70%** του κόστους της επένδυσης με επιτόκιο 6% , κόστος ασφαλίσεων και συντήρησης 7 €/kWh και 9 €/kWh αντίστοιχα και ποσοστό φορολογίας 20%.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Συγκριτικός προϋπολογισμός ΦΒ συστήματος			
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΟΣΤΟΣ	ΦΠΑ	ΤΕΛΙΚΟ ΠΟΣΟ
Μηχανολογικός Εξοπλισμός	170.000,00 €	39.100,00 €	209.100,00 €
Σύνδεση με το Δίκτυο της ΔΕΗ	11.500,00 €	2.645,00 €	14.145,00 €
Αγορά άδειας	60.000,00 €	13.800,00 €	73.800,00 €
ΣΥΝΟΛΟ	241.500,00 €	55.545,00 €	297.045,00 €

Στον πίνακα 1 παρουσιάζεται το συνολικό κόστος χρηματοδότησης του έργου. Εκτός από το κόστος σύνδεσης με την ΔΕΗ δεν υπήρξαν άλλα, γιατί το οικόπεδο ήταν ιδιόκτητο και δεν απαιτήθηκε κάποιο κόστος για έργα υποδομής κλπ.

Η απόσταση από το δίκτυο Μέσης τάσης της ΔΕΗ είναι 10m και απαιτήθηκε επιπλέον η τοποθέτηση μετασχηματιστή από την ΔΕΗ 20KV/400V 160 KVA.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Παραδοχές		
Ιδία Συμμετοχή	30,00%	89.113,50 €
Δανειοδότηση	70,00%	207.931,50 €
Ετήσιο Επιτόκιο	6,00%	
Έτη αποπληρωμής δανείου, <i>N</i>	20	
Ετήσια μείωση απόδοσης	0,80%	
Ετήσια αύξηση τιμής πώλησης	0,00%	
Ετήσια αύξηση εξόδων λόγω πληθωρισμού	3,00%	
Φορολογικός συντελεστής	20,00%	
Αρχική τιμή πώλησης €/kWh	0,419	
Εκτιμώμενη παραγωγή kWh	139902	

Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται οι προβλεπόμενες πωλήσεις ενέργειας λαμβάνοντας υπ' όψιν μείωση της απόδοση σε ποσοστό περίπου 0,8% ανά έτος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Ετήσια κόστη ΦΒ συστήματος		
ΑΣΦΑΛΙΣΕΙΣ	ΚΟΣΤΟΣ (€/kWp)	ΣΥΝΟΛΟ
Ασφάλιση κατά παντός κινδύνου	7 €	699,30 €
ΚΟΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ (€/kWp)	ΣΥΝΟΛΟ
Πάγιο κόστος	9 €	899,10 €
ΣΥΝΟΛΟ		1.598,40 €

Στον πίνακα 3 περιλαμβάνουμε το πάγιο ετήσιο κόστος το οποίο αποτελείται από το κόστος συντήρησης και το κόστος ασφάλισης του πάρκου.

32.2. Ορισμοί βασικών οικονομικών παραμέτρων

Η οικονομική αξιολόγηση στηρίζεται σε ορισμένους δείκτες ή κριτήρια. Εναλλακτικά συστήματα κάλυψης των ηλεκτρικών του χρήστη μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους από πλευράς οικονομικής αξίας, εάν προσδιορισθούν οι κατάλληλοι δείκτες. Για να αποφευχθούν παραπλανητικά αποτελέσματα και λανθασμένα συμπεράσματα, ο κάθε δείκτης πρέπει να υπολογίζεται με αναγωγή μελλοντικών αξιών και όρων σε παρούσες αξίες, ώστε οι σχετικές συγκρίσεις να έχουν κοινή βάση. Ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνεται αυτή η αναγωγή αναφέρεται στη συνέχεια.

Τόκος και επιτόκιο (*d*)

Επιτόκιο είναι ο τόκος ανά μονάδα χρόνου και κεφαλαίου. Συνήθως εκφράζεται επί τοις εκατό ανά έτος. Υπάρχουν δύο όψεις του επιτοκίου: το επιτόκιο δανεισμού, που ο δανειζόμενος καταβάλλει για χρήματα που δανείσθηκε και επομένως αποτελεί δαπάνη, και το επιτόκιο αγοράς (market interest rate) που κερδίζει κάποιος όταν δανείζει ή επενδύει χρήματα. Το επιτόκιο

αγοράς μπορεί να είναι επίσης ο επιθυμητός ή αναμενόμενος βαθμός απόδοσης μιας επένδυσης.

Οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης (N)

Ως οικονομικός κύκλος ζωής μιας επένδυσης θεωρείται η χρονική περίοδος κατά τη διάρκεια της οποίας ανακτάται το αρχικό επενδυτικό κεφάλαιο καθώς και η επιθυμητή απόδοση αυτού. Ο οικονομικός κύκλος ζωής πρέπει να είναι ίσος ή μικρότερος της πραγματικής ζωής του βασικού εξοπλισμού της επένδυσης.

Πληθωρισμός (i)

Πληθωρισμός είναι η αύξηση του κόστους των αγαθών και υπηρεσιών ανά μονάδα χρόνου. Ο πληθωρισμός των επιμέρους συνιστωσών κόστους μιας επένδυσης μπορεί να διαφέρει από συνιστώσα σε συνιστώσα και από έτος σε έτος. Για λόγους ευκολίας, συνηθίζεται ο πληθωρισμός να αναφέρεται σε ένα έτος και σε συγκεκριμένη ομάδα δαπανών, π.χ., μισθοδοσία, καύσιμα, ανταλλακτικά κ.λ.π

Παρούσα αξία (P)

Η μέθοδος της παρούσας αξίας μετατρέπει το σύνολο των χρηματοροών που αναμένεται να εμφανιστούν σε ένα χρονικό ορίζοντα σε μια μοναδική παρούσα αξία σε σταθερό χρόνο μηδέν. Αυτό το ποσό αναφέρεται ως παρούσα αξία, παρούσα τιμή, ή καθαρή παρούσα αξία. Φυσικά, αυτό μπορεί να γίνει μόνο βάσει κάποιας υπόθεσης εργασίας για το προεξοφλητικό επιτόκιο. Δηλαδή, ο αναλυτής της επένδυσης πρέπει να χρησιμοποιήσει ως προεξοφλητικό επιτόκιο αυτό που θεωρείται ευρύτερα αποδεκτό για τη δεδομένη οικονομική κατάσταση και τη συγκεκριμένη κατηγορία επένδυσης. Το επιτόκιο αυτό αποτελεί, υπό αυτήν την έννοια, μια γενική εκτίμηση της κόστους του κεφαλαίου και συχνά αναφέρεται ως ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο απόδοσης, (EAEA) ή MARR (minimum attractive rate of return). Με αυτήν την προσέγγιση εάν σήμερα επενδυθεί ποσό **P**, το άθροισμα κεφαλαίου και τόκων (γενικότερα, απόδοσης κεφαλαίου) μετά από **N** περιόδους θα είναι:

$$F = P * \prod_{t=1}^N (1 + d_t)$$

Όπου **dt** είναι το επιτόκιο αγοράς κατά το έτος **t**. Αντίστροφα, για να αποκτηθεί ποσό **F** μετά από **N** περιόδους, πρέπει σήμερα να επενδυθεί ποσό:

$$P = \frac{F}{\prod_{t=1}^N (1 + d_t)}$$

Το **P** λέγεται παρούσα αξία του μελλοντικού ποσού **F**. Εάν το επιτόκιο θεωρηθεί σταθερό, τότε:

$$P = \frac{F}{(1 + d)^N}$$

Το επιτόκιο **d** λέγεται και επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία.

Συντελεστής παρούσας αξίας (present worth factor, PWF)

Εάν μια πληρωμή επαναλαμβάνεται κάθε χρονική περίοδο επί **N** περιόδους και δεν μεταβάλλεται παρά μόνον εξαιτίας πληθωρισμού, τότε η παρούσα αξία των **N** ποσών υπολογίζεται με τη σχέση:

$$P = \sum_{t=1}^N P_t = A * PWF(N, i, d)$$

Όπου:

- **A** το ποσό της πρώτης πληρωμής
- **PWF** ο συντελεστής παρούσας αξίας,
- **i** δείκτης πληθωρισμού μιας χρονικής περιόδου (ετήσιος),
- **d** επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία.

Εάν μπορεί να θεωρηθεί ότι η πληρωμή επαναλαμβάνεται στο τέλος της κάθε περιόδου, τότε ο συντελεστής παρούσας αξίας υπολογίζεται με τη σχέση:

$$PWF(n, i, d) = \sum_{t=1}^N \frac{(1+i)^{t-1}}{(1+d)^t} = \frac{1}{d-i} \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+d} \right)^N \right], i \neq d$$
$$PWF(n, i, d) = \sum_{t=1}^N \frac{(1+i)^{t-1}}{(1+d)^t} = \frac{N}{1+i}, i = d$$

Τοκοχρεολύσιο

Κάθε ισόποση δόση που καταβάλλεται προς τμηματική εξόφληση δανείου. Ο αριθμός των χρεολυσίων είναι ανάλογος του βάθους χρόνου αποπληρωμής του δανείου υπολογιζόμενος συνηθέστερα σε μήνες. Αν σε κάθε χρεολύσιο προστεθεί και ο προβλεπόμενος από την έντοκη δανειακή σύμβαση τόκος τότε προκύπτει το λεγόμενο τοκοχρεολύσιο. Με την συνομολόγηση δανειακής σύμβασης καταρτίζεται και ειδικός πίνακας χρεολυσίων του συγκεκριμένου δανείου που προσαρτάται στο κύριο σώμα της σύμβασης ή ως παράρτημα αυτής.

Συντελεστής τοκοχρεολυτικής απόσβεσης (capital recovery factor, CRF)

Λέγεται επίσης και συντελεστής ανάκτησης κεφαλαίου. Χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του ετήσιου κόστους (ή ετήσιας αξίας) κεφαλαίου μιας επένδυσης.

Ισχύει η σχέση:

$$A = P * CRF (N, d)$$

Όπου:

- **A** ετήσιο κόστος κεφαλαίου
- **P** ποσό της επένδυσης
- **CRF** συντελεστής τοκοχρεολυτικής απόσβεσης:

$$CRF(N, d) = \frac{d(1+d)^N}{(1+d)^N - 1}$$

Οι ίδιες σχέσεις χρησιμοποιούνται επίσης για τον προσδιορισμό των ισόποσων δόσεων A, που πρέπει να καταβάλλονται στο τέλος κάθε περιόδου α ώστε σε **N** περιόδους, να εξοφληθεί δάνειο ύψους **P** με επιτόκιο δανεισμού **d**.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΔΑΝΕΙΟΔΟΤΗΣΗ

Έτος	Αρχικό κεφάλαιο	Χρεολύσιο	Τόκοι	Τοκοχρεολύσιο	Υπόλοιπο
2012	207.931,50 €	5.652,53 €	12.475,89 €	18.128,42 €	202.278,97 €
2013	202.278,97 €	5.991,68 €	12.136,74 €	18.128,42 €	196.287,29 €
2014	196.287,29 €	6.351,18 €	11.777,24 €	18.128,42 €	189.936,11 €
2015	189.936,11 €	6.732,25 €	11.396,17 €	18.128,42 €	183.203,86 €
2016	183.203,86 €	7.136,18 €	10.992,23 €	18.128,42 €	176.067,68 €
2017	176.067,68 €	7.564,35 €	10.564,06 €	18.128,42 €	168.503,33 €
2018	168.503,33 €	8.018,22 €	10.110,20 €	18.128,42 €	160.485,11 €
2019	160.485,11 €	8.499,31 €	9.629,11 €	18.128,42 €	151.985,80 €
2020	151.985,80 €	9.009,27 €	9.119,15 €	18.128,42 €	142.976,53 €
2021	142.976,53 €	9.549,82 €	8.578,59 €	18.128,42 €	133.426,71 €
2022	133.426,71 €	10.122,81 €	8.005,60 €	18.128,42 €	123.303,90 €
2023	123.303,90 €	10.730,18 €	7.398,23 €	18.128,42 €	112.573,72 €
2024	112.573,72 €	11.374,02 €	6.754,40 €	18.128,42 €	101.199,70 €
2025	101.199,70 €	12.056,42 €	6.072,00 €	18.128,42 €	89.143,28 €
2026	89.143,28 €	12.779,82 €	5.348,60 €	18.128,42 €	76.363,46 €
2027	76.363,46 €	13.546,62 €	4.581,80 €	18.128,42 €	62.816,84 €
2028	62.816,84 €	14.359,42 €	3.769,00 €	18.128,42 €	48.457,42 €
2029	48.457,42 €	15.221,02 €	2.907,40 €	18.128,42 €	33.236,40 €
2030	33.236,40 €	16.134,22 €	1.994,20 €	18.128,42 €	17.102,18 €
2031	17.102,18 €	17.102,18 €	1.026,10 €	18.128,42 €	0,00 €
	Σύνολο	207.931,50 €	154.636,71 €	362.568,31 €	207.931,50 €

Στον **πίνακα 4** παρουσιάζουμε την ανάλυση του δανείου διάρκειας 10 ετών. Έτσι παρουσιάζουμε τον τόκο και το χρεολύσιο για κάθε έτος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: Ταμειακή ροή ΦΒ συστήματος

Έτος	Παραγωγή (kWh)	Πωλήσεις €	Έξοδα €	Κέρδη προ τόκων €	Χρεολύσιο €	Τόκοι €	Μεικτά Κέρδη €
2012	139902	58.618,94 €	-1.598,40 €	57.020,54 €	-5.652,53 €	-12.475,89 €	38.892,12 €
2013	138783	58.149,99 €	-1.646,35 €	56.503,63 €	-5.991,68 €	-12.136,74 €	38.375,22 €
2014	137673	57.684,79 €	-1.695,74 €	55.989,04 €	-6.351,18 €	-11.777,24 €	37.860,63 €
2015	136571	57.223,31 €	-1.746,61 €	55.476,69 €	-6.732,25 €	-11.396,17 €	37.348,28 €
2016	135479	56.765,52 €	-1.799,01 €	54.966,51 €	-7.136,18 €	-10.992,23 €	36.838,10 €
2017	134395	56.311,40 €	-1.852,98 €	54.458,41 €	-7.564,35 €	-10.564,06 €	36.330,00 €
2018	133320	55.860,91 €	-1.908,57 €	53.952,33 €	-8.018,22 €	-10.110,20 €	35.823,91 €
2019	132253	55.414,02 €	-1.965,83 €	53.448,19 €	-8.499,31 €	-9.629,11 €	35.319,77 €
2020	131195	54.970,71 €	-2.024,81 €	52.945,90 €	-9.009,27 €	-9.119,15 €	34.817,48 €
2021	130145	54.530,94 €	-2.085,55 €	52.445,39 €	-9.549,82 €	-8.578,59 €	34.316,98 €
2022	129104	54.094,69 €	-2.148,12 €	51.946,58 €	-10.122,81 €	-8.005,60 €	33.818,17 €
2023	128071	53.661,94 €	-2.212,56 €	51.449,38 €	-10.730,18 €	-7.398,23 €	33.320,96 €
2024	127047	53.232,64 €	-2.278,94 €	50.953,70 €	-11.374,02 €	-6.754,40 €	32.825,28 €
2025	126031	52.806,78 €	-2.347,30 €	50.459,48 €	-12.056,42 €	-6.072,00 €	32.331,06 €
2026	125022	52.384,33 €	-2.417,72 €	49.966,60 €	-12.779,82 €	-5.348,60 €	31.838,18 €
2027	124022	51.965,25 €	-2.490,26 €	49.475,00 €	-13.546,62 €	-4.581,80 €	31.346,58 €
2028	123030	51.549,53 €	-2.564,96 €	48.984,57 €	-14.359,42 €	-3.769,00 €	30.856,15 €
2029	122046	51.137,13 €	-2.641,91 €	48.495,22 €	-15.221,02 €	-2.907,40 €	30.366,80 €
2030	121069	50.728,04 €	-2.721,17 €	48.006,87 €	-16.134,22 €	-1.994,20 €	29.878,45 €
2031	120101	50.322,21 €	-2.802,80 €	47.519,41 €	-17.102,18 €	-1.026,10 €	29.391,13 €

Χρηματοροή (cash flow)

Το χρηματικό ποσό που εισέρχεται ή εξέρχεται από μία οικονομική μονάδα μία χρονική στιγμή.

- Θετικές χρηματοροές: έσοδα
- Αρνητικές χρηματοροές: έξοδα
- Καθαρές χρηματοροές: η διαφορά θετικών και αρνητικών χρηματοροών

Ετήσιο καθαρό όφελος (ft)

Προκειμένου να αξιολογηθεί μια επένδυση σε επίπεδο ιδιώτη επενδυτή, είναι αναγκαίο να προσδιορισθούν οι χρηματοροές της (ή η ταμιακή εξυπηρέτησή της) και κατόπιν να υπολογισθεί η καθαρή απόδοση των ιδίων κεφαλαίων.

Τα ίδια κεφάλαια μιας ιδιωτικής επένδυσης εξαρτώνται από τη δυνατότητα του ίδιου του επενδυτή να δεσμεύει κεφάλαια, από την δυνατότητα εξεύρεσης πόρων μέσω των επιχορηγήσεων και άλλων κινήτρων που προσφέρουν οι αναπτυξιακοί νόμοι, τα διεθνή ή ευρωπαϊκά προγράμματα συγχρηματοδότησης, και από τη δυνατότητα πρόσβασης του επενδυτή στην εγχώρια ή διεθνή χρηματαγορά.

Το ύψος των ιδίων κεφαλαίων, K , μιας επένδυσης προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$K = C - C_{\varepsilon} - L = (1 - \Pi_{\varepsilon} - l) * C$$

Όπου:

- C κόστος του συστήματος συμπαραγωγής
- C_{ε} ποσό επιδότησης
- L ποσό προερχόμενο από δανεισμό
- Π_{ε} ποσοστό επιδότησης: $\Pi_{\varepsilon} = C_{\varepsilon}/C$
- l ποσοστό δανεικού κεφαλαίου: $l = L/C$

Η ετήσια δόση αποπληρωμής του δανείου προκύπτει από τη σχέση:

$$A_L = L * CRF * (N_L, r)$$

Όπου:

- N_L περίοδος αποπληρωμής του δανείου
- r επιτόκιο δανεισμού.

Η δόση αυτή αποτελείται από ένα μέρος του δανεικού κεφαλαίου και από τους τόκους. Οι τόκοι μειώνονται σταδιακά κατά τη διάρκεια της περιόδου αποπληρωμής του δανείου, διότι εξαρτώνται από το ποσό δανεισμού που έχει απομείνει στην αρχή του κάθε έτους.

Είναι χρήσιμα τα εξής μεγέθη:

- L_t υπολειπόμενο ποσό δανείου στην αρχή του έτους t
- Για $t=1$, είναι $L_1=L$.
- Il_t τόκοι του δανείου κατά τη διάρκεια του έτους t :
- $Il_t = r L_t$
- ΔL_t μείωση του ποσού του δανείου στο τέλος του έτους t :
- $\Delta L_t = A_L - Il_t$
- L_{t+1} υπολειπόμενο ποσό δανείου στην αρχή του έτους $t+1$:
- $L_{t+1} = L_t - \Delta L_t$

Το ετήσιο καθαρό όφελος το οποίο προκύπτει από την ένταξη ενός συστήματος εξοικονόμησης ενέργειας, π.χ. ενός συστήματος συμπαραγωγής στο ενεργειακό σύστημα μιας επιχείρησης, προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$F_t = f_t - A_L - \phi f_{\phi t}$$

Όπου:

- F_t καθαρό όφελος κατά το έτος t
- f_t λειτουργικό όφελος κατά το έτος t
- ϕ φορολογική κλίμακα του επενδυτή
- $f_{\phi t}$ φορολογητέα κέρδη κατά το έτος t , $f_{\phi t} = f_t - A_L - Il_t$
- A ετήσια λογιστική απόσβεση $A=C/v$
- v χρονική διάρκεια λογιστικής απόσβεσης

ΠΙΝΑΚΑΣ 6: Λογιστικής απόσβεσης <i>Χρηματοροή και Αθροιστική Χρηματοροή</i>					
Έτος	Χρηματοροές	Αποσβέσεις	Φόρος	Καθ. Χρηματοροές	-297.045,00 €
2012	44.544,65 €	-17.000,00 €	-5.508,93 €	39.035,72 €	-258.009,28 €
2013	44.366,90 €	-17.000,00 €	-5.473,38 €	38.893,52 €	-219.115,76 €
2014	44.211,81 €	-17.000,00 €	-5.442,36 €	38.769,45 €	-180.346,32 €
2015	44.080,53 €	-17.000,00 €	-5.416,11 €	38.664,42 €	-141.681,90 €
2016	43.974,28 €	-17.000,00 €	-5.394,86 €	38.579,42 €	-103.102,48 €
2017	43.894,35 €	-17.000,00 €	-5.378,87 €	38.515,48 €	-64.586,99 €
2018	43.842,13 €	-17.000,00 €	-5.368,43 €	38.473,71 €	-26.113,29 €
2019	43.819,08 €	-17.000,00 €	-5.363,82 €	38.455,27 €	12.341,98 €
2020	43.826,75 €	-17.000,00 €	-5.365,35 €	38.461,40 €	50.803,38 €
2021	43.866,80 €	-17.000,00 €	-5.373,36 €	38.493,44 €	89.296,82 €
2022	43.940,98 €		-8.788,20 €	35.152,78 €	124.449,60 €
2023	44.051,14 €		-8.810,23 €	35.240,91 €	159.690,52 €
2024	44.199,30 €		-8.839,86 €	35.359,44 €	195.049,96 €
2025	44.387,48 €		-8.877,50 €	35.509,98 €	230.559,94 €
2026	44.618,00 €		-8.923,60 €	35.694,40 €	266.254,34 €
2027	44.893,20 €		-8.978,64 €	35.914,56 €	302.168,90 €
2028	45.215,57 €		-9.043,11 €	36.172,45 €	338.341,35 €
2029	45.587,82 €		-9.117,56 €	36.470,26 €	374.811,61 €
2030	46.012,67 €		-9.202,53 €	36.810,13 €	411.621,74 €
2031	46.493,31 €		-9.298,66 €	37.194,65 €	448.816,39 €

Στον πίνακα 6 παρουσιάζεται ο πίνακας λογιστικής απόσβεσης της επένδυσης όπου αποσβένεται το 7 έτος λειτουργίας της.

Οικονομικά κριτήρια αξιολόγησης

Διάφοροι οικονομικοί δείκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση επενδύσεων συμπαραγωγής: καθαρή παρούσα αξία, απόδοση κεφαλαίου, λόγος οφέλους κόστους, έντοκη περίοδος αποπληρωμής κ.λ.π.

Ορίζονται στη συνέχεια οι δείκτες αυτοί. Στην περίπτωση κάποιων δεικτών περιπτώσεις, απαιτείται η ύπαρξη ενός συστήματος αναφοράς με το οποίο να συγκρίνεται το εξεταζόμενο ενεργειακό σύστημα. Ως σύστημα αναφοράς κατά κανόνα θεωρείται ο συμβατικός τρόπος κάλυψης των ενεργειακών αναγκών, όπως είναι η αγορά ή παραγωγή ηλεκτρισμού από τη Δ.Ε.Η., η παραγωγή θερμότητας με λέβητα πετρελαίου κ.ο.κ.

Καθαρή παρούσα αξία επένδυσης (Net present value, NPV)

Καθαρή παρούσα αξία είναι το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης. Που προκύπτει ως διαφορά μεταξύ του λειτουργικού οφέλους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του

κύκλου ζωής της επένδυσης. Όλα τα ποσά εκφράζονται σε παρούσα αξία, ανηγμένη συνήθως στην αρχή του πρώτου έτους λειτουργίας του συστήματος. Η καθαρή παρούσα αξία προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$NPV = -C_{in} + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1+d)^t} + \frac{SV_N}{(1+d)^N}$$

Όπου:

- C_{in} αρχική επένδυση,
- F_t ετήσιο καθαρό όφελος,
- N οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης,
- d επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία (επιθυμητή απόδοση κεφαλαίου),
- SV_N αξία εκποίησης (απομένουσα αξία) της επένδυσης στο τέλος του οικονομικού κύκλου ζωής N .

Διακρίνονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

- $NPV > 0$: Η επένδυση είναι βιώσιμη κάτω από τις δεδομένες συνθήκες (οικονομικό κύκλο ζωής, N , και επιθυμητό βαθμό απόδοσης της επένδυσης, d).
- $NPV = 0$: Η επένδυση είναι βιώσιμη με μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης ίσο με d .
- $NPV < 0$: Η επένδυση είναι αντιοικονομική

Απόδοση κεφαλαίου (internal rate of return, IRR)

Απόδοση κεφαλαίου είναι η τιμή του επιτοκίου αγοράς, IRR, που κάνει την παρούσα αξία μιας σειράς πληρωμών και εισπράξεων ίση με το μηδέν. Προσδιορίζεται ως της εξίσωσης:

$$NPV_{(d=IRR)} = 0$$

Όπου NPV η παρούσα αξία, ενώ η ένδειξη $d=IRR$ υπονοεί ότι η εξίσωση λύνεται ως προς d .

Λόγος οφέλους/ κόστους (benefit to cost ratio, BCR)

Το πηλίκο του συνολικού οφέλους προς το συνολικό κόστος μιας επένδυσης κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της, N , με όλα τα ποσά ανηγμένα σε παρούσα αξία, αποτελεί επίσης ένα κριτήριο οικονομικής βιωσιμότητας μιας επένδυσης. Ο λόγος αυτός ορίζεται από τη σχέση:

$$BCR = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{B_t}{(1+d)^t}}{N_{t=0}^N \frac{C_t}{(1+d)^t}}$$

Όπου

- B_t το όφελος κατά το έτος t ,
- C_t κόστος κατά το έτος t (η τιμή C_0 αντιστοιχεί στην αρχική επένδυση).

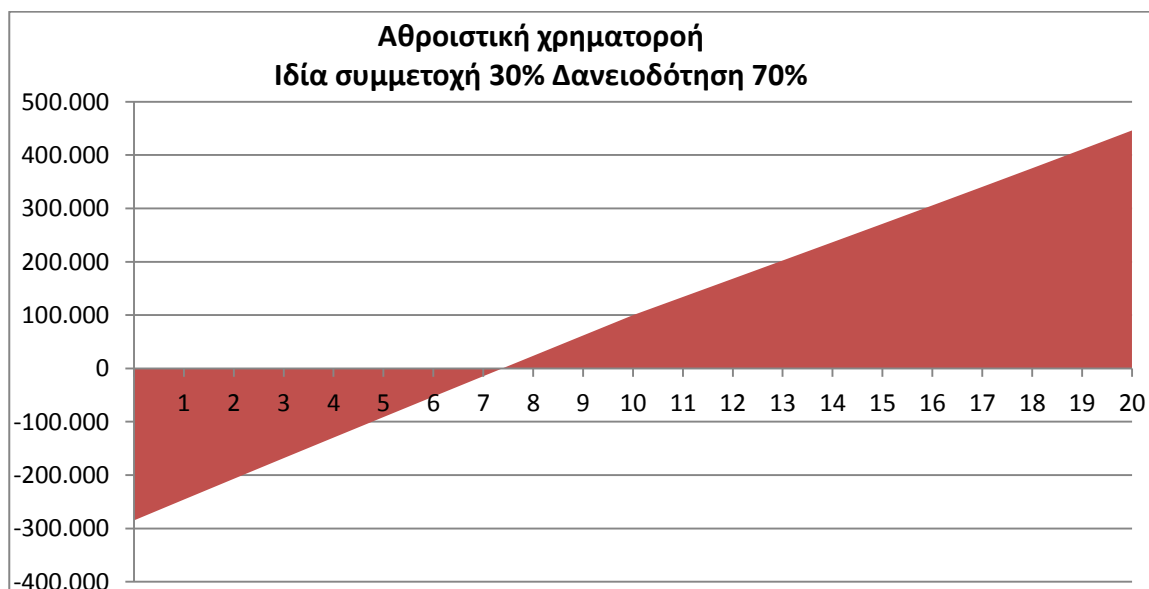
Εάν οι αρχικές δαπάνες αφαιρεθούν από τα κέρδη, τότε ο αριθμητής της εξίσωσης αποτελεί καθαρό όφελος και γη σχέση απλουστεύεται στη μορφή:

$$BCR = \frac{NPV + C_{in}}{C_{in}} = 1 + \frac{NPV}{C_{in}}$$

Μια επένδυση είναι οικονομικά βιώσιμη, εάν ο λόγος οφέλους/ κόστους είναι μεγαλύτερος από ή ίσος με τη μονάδα ($BCR \geq 1$). Ειδικότερα για επενδύσεις εξοικονόμησης ενέργειας, όπως αυτές των συστημάτων συμπαραγωγής θερμότητας ηλεκτρισμού ή των ηλιακών συστημάτων, «όφελος» είναι η παρούσα αξία του συνόλου της εξοικονόμησης λειτουργικών δαπανών, ενώ

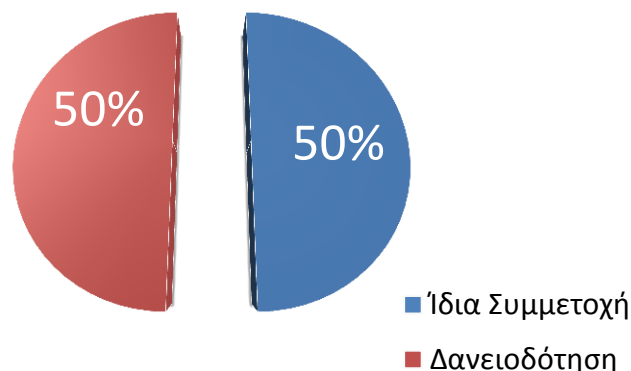
«κόστος» είναι η παρούσα αξία της αρχική επένδυσης και του συνόλου των λειτουργικών δαπανών του συστήματος.

Δείκτες	
Απόδοση κεφαλαίου IRR 10 ετών	5,10%
Απόδοση κεφαλαίου IRR 20 ετών	11,26%
Καθαρή παρούσα αξία NPV 10 ετών	-11.765,43 €
Καθαρή παρούσα αξία NPV 20 ετών	127.216,96 €
Λόγος οφέλους/ κόστους BCR 10 ετών	0,96%
Λόγος οφέλους/ κόστους BCR 20 ετών	1,43%
Αποπληρωμή κεφαλαίου σε περίπου 7 έτη	



Από τα παραπάνω αποτελέσματα και τις αθροιστικές ταμειακές ροές συμπεραίνουμε ότι η πραγματική απόσβεση του κόστους της επένδυσης επέρχεται στο τέλος του 7 έτους. Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι τα αποτελέσματα μας δίνουν μια ισχυρά συμφέρουσα επένδυση.

32.3. Οικονομική ανάλυση σενάριο 2



Στους παρακάτω πίνακες έχουμε τις γενικές παραδοχές όπου εκτός από την τιμή πώλησης της kWh (0,419 €/kWh) και κόστος κατασκευής του πάρκου (**297.045,00 €**) λάβαμε υπ' όψιν **τραπεζικό δανεισμό 50%** του κόστους της επένδυσης με επιτόκιο 6% , κόστος ασφαλίσεων και συντήρησης 7 €/kWh και 9 €/kWh αντίστοιχα και ποσοστό φορολογίας 20%.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Συγκριτικός προϋπολογισμός ΦΒ συστήματος			
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΟΣΤΟΣ	ΦΠΑ	ΤΕΛΙΚΟ ΠΟΣΟ
Μηχανολογικός Εξοπλισμός	170.000,00 €	39.100,00 €	209.100,00 €
Σύνδεση με το Δίκτυο της ΔΕΗ	11.500,00 €	2.645,00 €	14.145,00 €
Αγορά άδειας	60.000,00 €	13.800,00 €	73.800,00 €
ΣΥΝΟΛΟ	241.500,00 €	55.545,00 €	297.045,00 €

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Παραδοχές		
Ίδια Συμμετοχή	50,00%	148.522,50 €
Δανειοδότηση	50,00%	148.522,50 €
Ετήσιο Επιτόκιο	6,00%	
Έτη αποπληρωμής δανείου, N	20	
Ετήσια μείωση απόδοσης	0,80%	
Ετήσια αύξηση τιμής πώλησης	0,00%	
Ετήσια αύξηση εξόδων λόγω πληθωρισμού	3,00%	
Φορολογικός συντελεστής	20,00%	
Αρχική τιμή πώλησης €/kWh	0,419	
Εκτιμώμενη παραγωγή kWh	139902	

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Ετήσια κόστη ΦΒ συτήματος		
ΑΣΦΑΛΙΣΕΙΣ	ΚΟΣΤΟΣ (€/kWp)	ΣΥΝΟΛΟ
Ασφάλιση κατά παντός κινδύνου	7 €	699,30 €
ΚΟΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ (€/kWp)	ΣΥΝΟΛΟ
Πάγιο κόστος	9 €	899,10 €
ΣΥΝΟΛΟ		1.598,40 €

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΔΑΝΕΙΟΔΟΤΗΣΗ					
Έτος	Αρχικό κεφάλαιο	Χρεολύσιο	Τόκοι	Τοκοχρεολύσιο	Υπόλοιπο
2012	148.522,50 €	4.037,52 €	8.911,35 €	12.948,87 €	144.484,98 €
2013	144.484,98 €	4.279,77 €	8.669,10 €	12.948,87 €	140.205,21 €
2014	140.205,21 €	4.536,56 €	8.412,31 €	12.948,87 €	135.668,65 €
2015	135.668,65 €	4.808,75 €	8.140,12 €	12.948,87 €	130.859,90 €
2016	130.859,90 €	5.097,27 €	7.851,59 €	12.948,87 €	125.762,63 €
2017	125.762,63 €	5.403,11 €	7.545,76 €	12.948,87 €	120.359,52 €
2018	120.359,52 €	5.727,30 €	7.221,57 €	12.948,87 €	114.632,22 €
2019	114.632,22 €	6.070,94 €	6.877,93 €	12.948,87 €	108.561,28 €
2020	108.561,28 €	6.435,19 €	6.513,68 €	12.948,87 €	102.126,09 €
2021	102.126,09 €	6.821,30 €	6.127,57 €	12.948,87 €	95.304,79 €
2022	95.304,79 €	7.230,58 €	5.718,29 €	12.948,87 €	88.074,21 €
2023	88.074,21 €	7.664,42 €	5.284,45 €	12.948,87 €	80.409,79 €
2024	80.409,79 €	8.124,27 €	4.824,60 €	12.948,87 €	72.285,52 €
2025	72.285,52 €	8.611,77 €	4.337,10 €	12.948,87 €	63.673,75 €
2026	63.673,75 €	9.128,47 €	3.820,40 €	12.948,87 €	54.545,28 €
2027	54.545,28 €	9.676,17 €	3.272,70 €	12.948,87 €	44.869,11 €
2028	44.869,11 €	10.256,77 €	2.692,10 €	12.948,87 €	34.612,34 €
2029	34.612,34 €	10.872,17 €	2.076,70 €	12.948,87 €	23.740,17 €
2030	23.740,17 €	11.524,47 €	1.424,40 €	12.948,87 €	12.215,70 €
2031	12.215,70 €	12.215,70 €	732,90 €	12.948,87 €	0,00 €
Σύνολο	148.522,50 €	110.454,62 €	258.977,37 €	148.522,50 €	

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: Ταμειακή ροή ΦΒ συστήματος

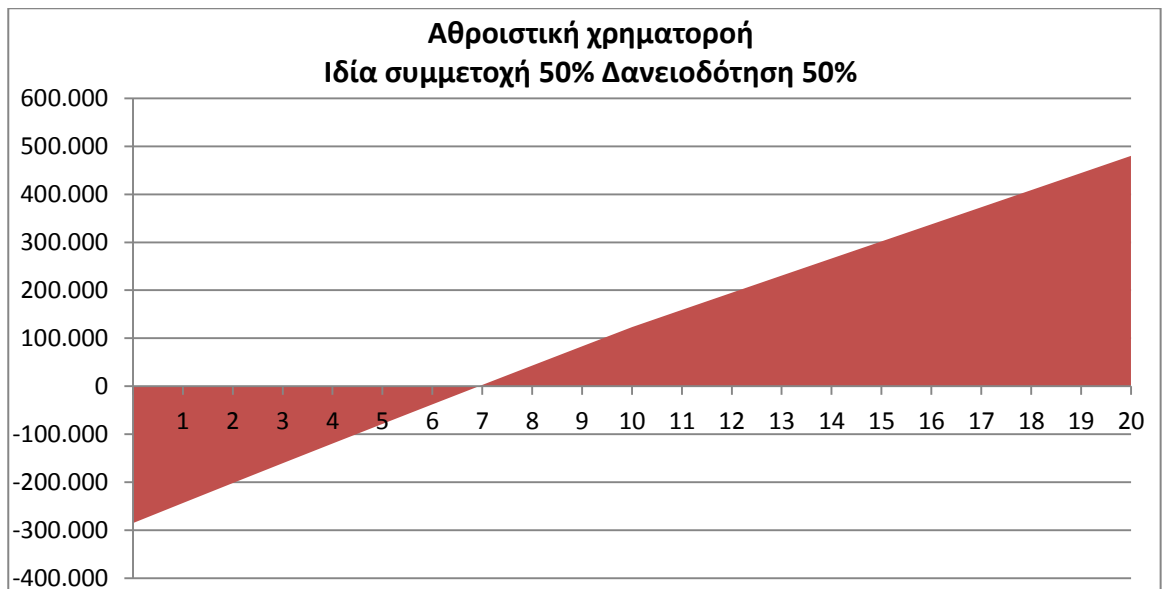
Έτος	Παραγωγή (kWh)	Πωλήσεις €	Έξοδα €	Κέρδη προ τόκων €	Χρεολύσιο €	Τόκοι €	Μεικτά Κέρδη €
2012	139902	58.618,94 €	-1.598,40 €	57.020,54 €	-4.037,52 €	-8.911,35 €	44.071,67 €
2013	138783	58.149,99 €	-1.646,35 €	56.503,63 €	-4.279,77 €	-8.669,10 €	43.554,77 €
2014	137673	57.684,79 €	-1.695,74 €	55.989,04 €	-4.536,56 €	-8.412,31 €	43.040,17 €
2015	136571	57.223,31 €	-1.746,61 €	55.476,69 €	-4.808,75 €	-8.140,12 €	42.527,82 €
2016	135479	56.765,52 €	-1.799,01 €	54.966,51 €	-5.097,27 €	-7.851,59 €	42.017,64 €
2017	134395	56.311,40 €	-1.852,98 €	54.458,41 €	-5.403,11 €	-7.545,76 €	41.509,55 €
2018	133320	55.860,91 €	-1.908,57 €	53.952,33 €	-5.727,30 €	-7.221,57 €	41.003,46 €
2019	132253	55.414,02 €	-1.965,83 €	53.448,19 €	-6.070,94 €	-6.877,93 €	40.499,32 €
2020	131195	54.970,71 €	-2.024,81 €	52.945,90 €	-6.435,19 €	-6.513,68 €	39.997,03 €
2021	130145	54.530,94 €	-2.085,55 €	52.445,39 €	-6.821,30 €	-6.127,57 €	39.496,53 €
2022	129104	54.094,69 €	-2.148,12 €	51.946,58 €	-7.230,58 €	-5.718,29 €	38.997,71 €
2023	128071	53.661,94 €	-2.212,56 €	51.449,38 €	-7.664,42 €	-5.284,45 €	38.500,50 €
2024	127047	53.232,64 €	-2.278,94 €	50.953,70 €	-8.124,27 €	-4.824,60 €	38.004,83 €
2025	126031	52.806,78 €	-2.347,30 €	50.459,48 €	-8.611,77 €	-4.337,10 €	37.510,61 €
2026	125022	52.384,33 €	-2.417,72 €	49.966,60 €	-9.128,47 €	-3.820,40 €	37.017,73 €
2027	124022	51.965,25 €	-2.490,26 €	49.475,00 €	-9.676,17 €	-3.272,70 €	36.526,13 €
2028	123030	51.549,53 €	-2.564,96 €	48.984,57 €	-10.256,77 €	-2.692,10 €	36.035,70 €
2029	122046	51.137,13 €	-2.641,91 €	48.495,22 €	-10.872,17 €	-2.076,70 €	35.546,35 €
2030	121069	50.728,04 €	-2.721,17 €	48.006,87 €	-11.524,47 €	-1.424,40 €	35.058,00 €
2031	120101	50.322,21 €	-2.802,80 €	47.519,41 €	-12.215,70 €	-732,90 €	34.570,81 €

ΠΙΝΑΚΑΣ 6: Λογιστικής απόσβεσης Χρηματοροή και Αθροιστική Χρηματοροή

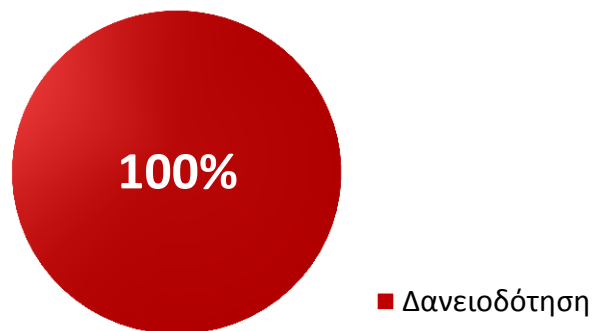
Έτος	Χρηματοροές	Αποσβέσεις	Φόρος	Καθ. Χρηματοροές	-297.045,00 €
2012	48.109,19 €	-17.000,00 €	-6.221,84 €	41.887,35 €	-255.157,65 €
2013	47.834,54 €	-17.000,00 €	-6.166,91 €	41.667,63 €	-213.490,02 €
2014	47.576,73 €	-17.000,00 €	-6.115,35 €	41.461,39 €	-172.028,64 €
2015	47.336,57 €	-17.000,00 €	-6.067,31 €	41.269,26 €	-130.759,38 €

2016	47.114,91 €	-17.000,00 €	-6.022,98 €	41.091,93 €	-89.667,44 €
2017	46.912,66 €	-17.000,00 €	-5.982,53 €	40.930,12 €	-48.737,32 €
2018	46.730,76 €	-17.000,00 €	-5.946,15 €	40.784,61 €	-7.952,71 €
2019	46.570,26 €	-17.000,00 €	-5.914,05 €	40.656,20 €	32.703,49 €
2020	46.432,22 €	-17.000,00 €	-5.886,44 €	40.545,78 €	73.249,27 €
2021	46.317,83 €	-17.000,00 €	-5.863,57 €	40.454,26 €	113.703,54 €
2022	46.228,29 €		-9.245,66 €	36.982,63 €	150.686,17 €
2023	46.164,92 €		-9.232,98 €	36.931,94 €	187.618,11 €
2024	46.129,10 €		-9.225,82 €	36.903,28 €	224.521,39 €
2025	46.122,38 €		-9.224,48 €	36.897,90 €	261.419,29 €
2026	46.146,20 €		-9.229,24 €	36.916,96 €	298.336,25 €
2027	46.202,30 €		-9.240,46 €	36.961,84 €	335.298,09 €
2028	46.292,47 €		-9.258,49 €	37.033,97 €	372.332,06 €
2029	46.418,52 €		-9.283,70 €	37.134,82 €	409.466,88 €
2030	46.582,47 €		-9.316,49 €	37.265,97 €	446.732,85 €
2031	46.786,51 €		-9.357,30 €	37.429,21 €	484.162,06 €

Δείκτες	
Απόδοση κεφαλαίου IRR 10 ετών	6,42%
Απόδοση κεφαλαίου IRR 20 ετών	12,18%
Καθαρή παρούσα αξία NPV 10 ετών	5.507,02 €
Καθαρή παρούσα αξία NPV 20 ετών	149.056,36 €
Λόγος οφέλους/ κόστους BCR 10 ετών	1,02%
Λόγος οφέλους/ κόστους BCR 20 ετών	1,50%
Αποπληρωμή κεφαλαίου περίπου στα 7 έτη	



32.4. Οικονομική ανάλυση σενάριο 3



Στους παρακάτω πίνακες έχουμε τις γενικές παραδοχές όπου εκτός από την τιμή πώλησης της KWh (0,419 €/kWh) και κόστος κατασκευής του πάρκου (**297.045,00 €**) λάβαμε υπ' όψιν **τραπεζικό δανεισμό 100%** του κόστους της επένδυσης με επιτόκιο 6% , κόστος ασφαλιστρων και συντήρησης 7 €/kWh και 9 €/kWh αντίστοιχα και ποσοστό φορολογίας 20%.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Συγκεντρωτικός προϋπολογισμός ΦΒ συστήματος			
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΟΣΤΟΣ	ΦΠΑ	ΤΕΛΙΚΟ ΠΟΣΟ
Μηχανολογικός Εξοπλισμός	170.000,00 €	39.100,00 €	209.100,00 €
Σύνδεση με το Δίκτυο της ΔΕΗ	11.500,00 €	2.645,00 €	14.145,00 €
Αγορά άδειας	60.000,00 €	13.800,00 €	73.800,00 €
ΣΥΝΟΛΟ	241.500,00 €	55.545,00 €	297.045,00 €

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Παραδοχές		
Ίδια Συμμετοχή	0,00%	0,00 €
Δανειοδότηση	100,00%	297.045,00 €
Ετήσιο Επιτόκιο	6,00%	
Έτη αποπληρωμής δανείου, N	20	
Ετήσια μείωση απόδοσης	0,80%	
Ετήσια αύξηση τιμής πώλησης	0,00%	
Ετήσια αύξηση εξόδων λόγω πληθωρισμού	3,00%	
Φορολογικός συντελεστής	20,00%	
Αρχική τιμή πώλησης €/kWh	0,419	
Εκτιμώμενη παραγωγή kWh	139902	

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Ετήσια κόσθη ΦΒ συτήματος		
ΑΣΦΑΛΙΣΕΙΣ	ΚΟΣΤΟΣ (€/kWp)	ΣΥΝΟΛΟ
Ασφάλιση κατά παντός κινδύνου	7 €	699,30 €
ΚΟΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ (€/kWp)	ΣΥΝΟΛΟ
Πάγιο κόστος	9 €	899,10 €
ΣΥΝΟΛΟ		1.598,40 €

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΔΑΝΕΙΟΔΟΤΗΣΗ					
Έτος	Αρχικό κεφάλαιο	Χρεολύσιο	Τόκοι	Τοκοχρεολύσιο	Υπόλοιπο
2012	297.045,00 €	8.075,04 €	17.822,70 €	25.897,74 €	288.969,96 €
2013	288.969,96 €	8.559,54 €	17.338,20 €	25.897,74 €	280.410,42 €
2014	280.410,42 €	9.073,11 €	16.824,63 €	25.897,74 €	271.337,31 €
2015	271.337,31 €	9.617,50 €	16.280,24 €	25.897,74 €	261.719,81 €
2016	261.719,81 €	10.194,55 €	15.703,19 €	25.897,74 €	251.525,26 €
2017	251.525,26 €	10.806,22 €	15.091,52 €	25.897,74 €	240.719,04 €
2018	240.719,04 €	11.454,59 €	14.443,14 €	25.897,74 €	229.264,45 €
2019	229.264,45 €	12.141,87 €	13.755,87 €	25.897,74 €	217.122,58 €
2020	217.122,58 €	12.870,38 €	13.027,35 €	25.897,74 €	204.252,20 €
2021	204.252,20 €	13.642,60 €	12.255,13 €	25.897,74 €	190.609,60 €
2022	190.609,60 €	14.461,16 €	11.436,58 €	25.897,74 €	176.148,44 €
2023	176.148,44 €	15.328,83 €	10.568,91 €	25.897,74 €	160.819,61 €

2024	160.819,61 €	16.248,54 €	9.649,20 €	25.897,74 €	144.571,07 €
2025	144.571,07 €	17.223,44 €	8.674,30 €	25.897,74 €	127.347,63 €
2026	127.347,63 €	18.256,84 €	7.640,90 €	25.897,74 €	109.090,79 €
2027	109.090,79 €	19.352,34 €	6.545,40 €	25.897,74 €	89.738,45 €
2028	89.738,45 €	20.513,44 €	5.384,30 €	25.897,74 €	69.225,01 €
2029	69.225,01 €	21.744,24 €	4.153,50 €	25.897,74 €	47.480,77 €
2030	47.480,77 €	23.048,94 €	2.848,80 €	25.897,74 €	24.431,83 €
2031	24.431,83 €	24.431,83 €	1.465,90 €	25.897,74 €	0,00 €
Σύνολο	297.045,00 €	220.909,74 €	517.954,73 €	297.045,00 €	

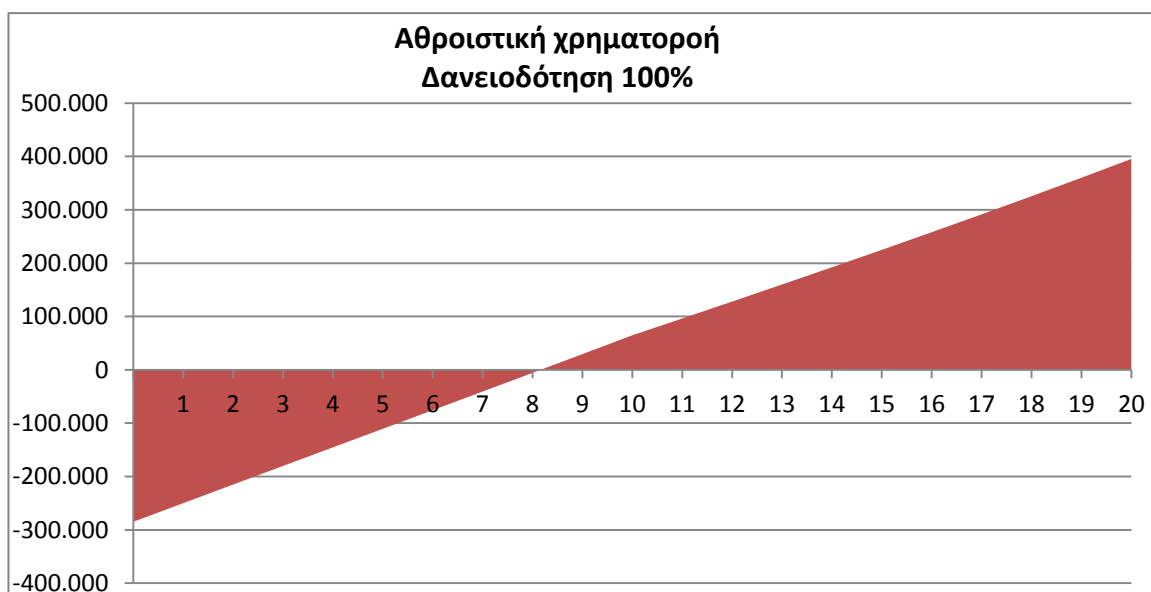
ΠΙΝΑΚΑΣ 5: Ταμειακή ροή ΦΒ συστήματος

Έτος	Παραγωγή (kWh)	Πωλήσεις €	Έξοδα €	Κέρδη προ τόκων €	Χρεολύσιο €	Τόκοι €	Μεικτά Κέρδη €
2012	139902	58.618,94 €	-1.598,40 €	57.020,54 €	-8.075,04 €	-17.822,70 €	31.122,80 €
2013	138783	58.149,99 €	-1.646,35 €	56.503,63 €	-8.559,54 €	-17.338,20 €	30.605,90 €
2014	137673	57.684,79 €	-1.695,74 €	55.989,04 €	-9.073,11 €	-16.824,63 €	30.091,31 €
2015	136571	57.223,31 €	-1.746,61 €	55.476,69 €	-9.617,50 €	-16.280,24 €	29.578,95 €
2016	135479	56.765,52 €	-1.799,01 €	54.966,51 €	-10.194,55 €	-15.703,19 €	29.068,77 €
2017	134395	56.311,40 €	-1.852,98 €	54.458,41 €	-10.806,22 €	-15.091,52 €	28.560,68 €
2018	133320	55.860,91 €	-1.908,57 €	53.952,33 €	-11.454,59 €	-14.443,14 €	28.054,60 €
2019	132253	55.414,02 €	-1.965,83 €	53.448,19 €	-12.141,87 €	-13.755,87 €	27.550,45 €
2020	131195	54.970,71 €	-2.024,81 €	52.945,90 €	-12.870,38 €	-13.027,35 €	27.048,17 €
2021	130145	54.530,94 €	-2.085,55 €	52.445,39 €	-13.642,60 €	-12.255,13 €	26.547,66 €
2022	129104	54.094,69 €	-2.148,12 €	51.946,58 €	-14.461,16 €	-11.436,58 €	26.048,84 €
2023	128071	53.661,94 €	-2.212,56 €	51.449,38 €	-15.328,83 €	-10.568,91 €	25.551,64 €
2024	127047	53.232,64 €	-2.278,94 €	50.953,70 €	-16.248,54 €	-9.649,20 €	25.055,96 €
2025	126031	52.806,78 €	-2.347,30 €	50.459,48 €	-17.223,44 €	-8.674,30 €	24.561,74 €
2026	125022	52.384,33 €	-2.417,72 €	49.966,60 €	-18.256,84 €	-7.640,90 €	24.068,86 €
2027	124022	51.965,25 €	-2.490,26 €	49.475,00 €	-19.352,34 €	-6.545,40 €	23.577,26 €
2028	123030	51.549,53 €	-2.564,96 €	48.984,57 €	-20.513,44 €	-5.384,30 €	23.086,83 €
2029	122046	51.137,13 €	-2.641,91 €	48.495,22 €	-21.744,24 €	-4.153,50 €	22.597,48 €
2030	121069	50.728,04 €	-2.721,17 €	48.006,87 €	-23.048,94 €	-2.848,80 €	22.109,13 €
2031	120101	50.322,21 €	-2.802,80 €	47.519,41 €	-24.431,83 €	-1.465,90 €	21.621,68 €

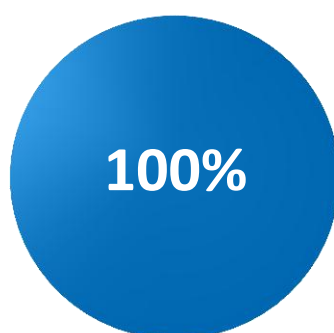
ΠΙΝΑΚΑΣ 6: Λογιστικής απόσβεσης Χρηματοροή και Αθροιστική Χρηματοροή

Έτος	Χρηματοροές	Αποσβέσεις	Φόρος	Καθ. Χρηματοροές	-297.045,00 €
2012	39.197,84 €	-17.000,00 €	-4.439,57 €	34.758,27 €	-262.286,73 €
2013	39.165,44 €	-17.000,00 €	-4.433,09 €	34.732,35 €	-227.554,38 €
2014	39.164,42 €	-17.000,00 €	-4.432,88 €	34.731,54 €	-192.822,85 €
2015	39.196,45 €	-17.000,00 €	-4.439,29 €	34.757,16 €	-158.065,68 €
2016	39.263,32 €	-17.000,00 €	-4.452,66 €	34.810,66 €	-123.255,03 €
2017	39.366,90 €	-17.000,00 €	-4.473,38 €	34.893,52 €	-88.361,51 €
2018	39.509,19 €	-17.000,00 €	-4.501,84 €	35.007,35 €	-53.354,15 €
2019	39.692,32 €	-17.000,00 €	-4.538,46 €	35.153,86 €	-18.200,30 €
2020	39.918,55 €	-17.000,00 €	-4.583,71 €	35.334,84 €	17.134,54 €
2021	40.190,26 €	-17.000,00 €	-4.638,05 €	35.552,21 €	52.686,75 €
2022	40.510,00 €		-8.102,00 €	32.408,00 €	85.094,75 €
2023	40.880,47 €		-8.176,09 €	32.704,38 €	117.799,13 €
2024	41.304,50 €		-8.260,90 €	33.043,60 €	150.842,73 €
2025	41.785,18 €		-8.357,04 €	33.428,14 €	184.270,87 €
2026	42.325,70 €		-8.465,14 €	33.860,56 €	218.131,43 €
2027	42.929,60 €		-8.585,92 €	34.343,68 €	252.475,11 €
2028	43.600,27 €		-8.720,05 €	34.880,21 €	287.355,32 €
2029	44.341,72 €		-8.868,34 €	35.473,38 €	322.828,70 €
2030	45.158,07 €		-9.031,61 €	36.126,45 €	358.955,15 €
2031	46.053,51 €		-9.210,70 €	36.842,81 €	395.797,96 €

Δείκτες	
Απόδοση κεφαλαίου IRR 10 ετών	3,07%
Απόδοση κεφαλαίου IRR 20 ετών	9,89%
Καθαρή παρούσα αξία NPV 10 ετών	-37.674,11 €
Καθαρή παρούσα αξία NPV 20 ετών	94.457,87 €
Λόγος οφέλους/ κόστους BCR 10 ετών	0,87%
Λόγος οφέλους/ κόστους BCR 20 ετών	1,32%
Αποπληρωμή κεφαλαίου σε περίπου 8 έτη	



32.5. Οικονομική ανάλυση σενάριο 4



Στους παρακάτω πίνακες έχουμε τις γενικές παραδοχές όπου εκτός από την τιμή πώλησης της KWh (0,419 €/kWp) και κόστος κατασκευής του πάρκου (**297.045,00 €**) λάβαμε υπ' όψιν **τραπεζικό δανεισμό 0%** του κόστους της επένδυσης με επιτόκιο 6% , κόστος ασφαλιστρων και συντήρησης 7 €/kWp και 9 €/kWp αντίστοιχα και ποσοστό φορολογίας 20%.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Συγκριτικός προϋπολογισμός ΦΒ συστήματος			
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΟΣΤΟΣ	ΦΠΑ	ΤΕΛΙΚΟ ΠΟΣΟ
Μηχανολογικός Εξοπλισμός	170.000,00 €	39.100,00 €	209.100,00 €
Σύνδεση με το Δίκτυο της ΔΕΗ	11.500,00 €	2.645,00 €	14.145,00 €
Αγορά άδειας	60.000,00 €	13.800,00 €	73.800,00 €
ΣΥΝΟΛΟ	241.500,00 €	55.545,00 €	297.045,00 €

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Παραδοχές		
Ίδια Συμμετοχή	100,00%	297.045,00 €
Δανειοδότηση	0,00%	0,00 €
Ετήσιο Επιτόκιο	6,00%	
Έτη αποπληρωμής δανείου, N	20	
Ετήσια μείωση απόδοσης	0,80%	
Ετήσια αύξηση τιμής πώλησης	0,00%	
Ετήσια αύξηση εξόδων λόγω πληθωρισμού	3,00%	
Φορολογικός συντελεστής	20,00%	
Αρχική τιμή πώλησης €/kWh	0,419	
Εκτιμώμενη παραγωγή kWh/kW	139902	

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Ετήσια κόσθη ΦΒ συτήματος		
ΑΣΦΑΛΙΣΕΙΣ	ΚΟΣΤΟΣ (€/kWp)	ΣΥΝΟΛΟ
Ασφάλιση κατά παντός κινδύνου	7 €	699,30 €
ΚΟΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ (€/kWp)	ΣΥΝΟΛΟ
Πάγιο κόστος	9 €	899,10 €
ΣΥΝΟΛΟ		1.598,40 €

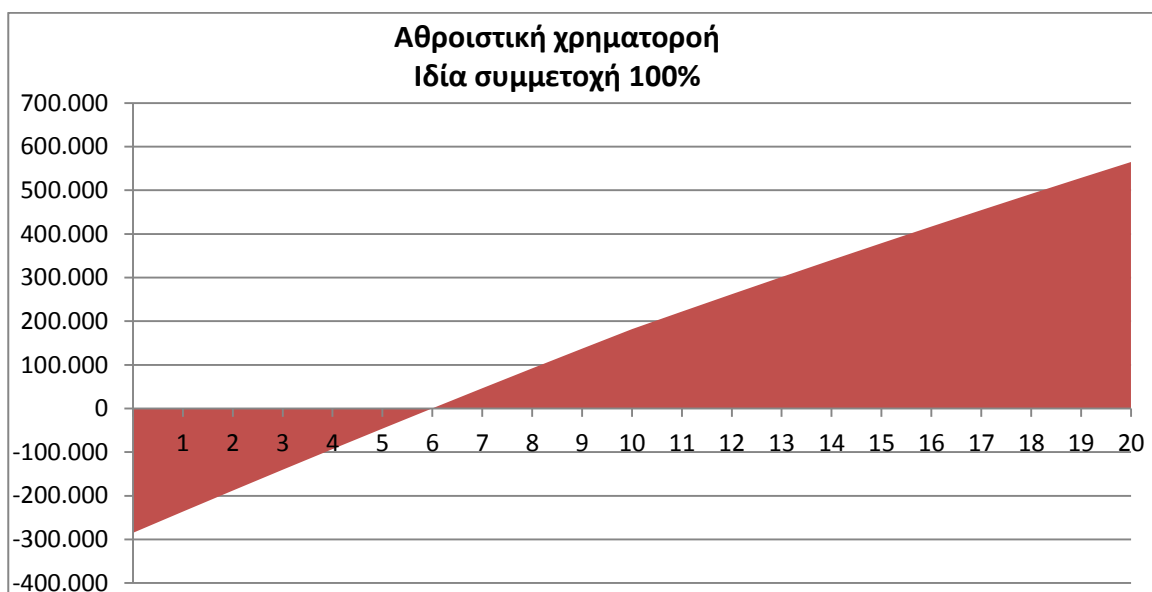
ΠΙΝΑΚΑΣ 5: Ταμειακή ροή ΦΒ συστήματος					
Έτος	Παραγωγή (kWh)	Πωλήσεις €	Έξοδα €	Κέρδη προ τόκων €	Μεικτά Κέρδη €
2012	139902	58.618,94 €	-1.598,40 €	57.020,54 €	57.020,54 €
2013	138783	58.149,99 €	-1.646,35 €	56.503,63 €	56.503,63 €
2014	137673	57.684,79 €	-1.695,74 €	55.989,04 €	55.989,04 €
2015	136571	57.223,31 €	-1.746,61 €	55.476,69 €	55.476,69 €
2016	135479	56.765,52 €	-1.799,01 €	54.966,51 €	54.966,51 €
2017	134395	56.311,40 €	-1.852,98 €	54.458,41 €	54.458,41 €
2018	133320	55.860,91 €	-1.908,57 €	53.952,33 €	53.952,33 €
2019	132253	55.414,02 €	-1.965,83 €	53.448,19 €	53.448,19 €
2020	131195	54.970,71 €	-2.024,81 €	52.945,90 €	52.945,90 €
2021	130145	54.530,94 €	-2.085,55 €	52.445,39 €	52.445,39 €
2022	129104	54.094,69 €	-2.148,12 €	51.946,58 €	51.946,58 €

2023	128071	53.661,94 €	-2.212,56 €	51.449,38 €	51.449,38 €
2024	127047	53.232,64 €	-2.278,94 €	50.953,70 €	50.953,70 €
2025	126031	52.806,78 €	-2.347,30 €	50.459,48 €	50.459,48 €
2026	125022	52.384,33 €	-2.417,72 €	49.966,60 €	49.966,60 €
2027	124022	51.965,25 €	-2.490,26 €	49.475,00 €	49.475,00 €
2028	123030	51.549,53 €	-2.564,96 €	48.984,57 €	48.984,57 €
2029	122046	51.137,13 €	-2.641,91 €	48.495,22 €	48.495,22 €
2030	121069	50.728,04 €	-2.721,17 €	48.006,87 €	48.006,87 €
2031	120101	50.322,21 €	-2.802,80 €	47.519,41 €	47.519,41 €

ΠΙΝΑΚΑΣ 6: Λογιστικής απόσβεσης Χρηματοροή και Αθροιστική Χρηματοροή

Έτος	Χρηματοροές	Αποσβέσεις	Φόρος	Καθ. Χρηματοροές	-297.045,00 €
2012	57.020,54 €	-17.000,00 €	-8.004,11 €	49.016,43 €	-248.028,57 €
2013	56.503,63 €	-17.000,00 €	-7.900,73 €	48.602,91 €	-199.425,66 €
2014	55.989,04 €	-17.000,00 €	-7.797,81 €	48.191,24 €	-151.234,43 €
2015	55.476,69 €	-17.000,00 €	-7.695,34 €	47.781,35 €	-103.453,07 €
2016	54.966,51 €	-17.000,00 €	-7.593,30 €	47.373,21 €	-56.079,87 €
2017	54.458,41 €	-17.000,00 €	-7.491,68 €	46.966,73 €	-9.113,13 €
2018	53.952,33 €	-17.000,00 €	-7.390,47 €	46.561,87 €	37.448,73 €
2019	53.448,19 €	-17.000,00 €	-7.289,64 €	46.158,55 €	83.607,28 €
2020	52.945,90 €	-17.000,00 €	-7.189,18 €	45.756,72 €	129.364,01 €
2021	52.445,39 €	-17.000,00 €	-7.089,08 €	45.356,31 €	174.720,32 €
2022	51.946,58 €		-10.389,32 €	41.557,26 €	216.277,58 €
2023	51.449,38 €		-10.289,88 €	41.159,50 €	257.437,08 €
2024	50.953,70 €		-10.190,74 €	40.762,96 €	298.200,05 €
2025	50.459,48 €		-10.091,90 €	40.367,58 €	338.567,63 €
2026	49.966,60 €		-9.993,32 €	39.973,28 €	378.540,91 €
2027	49.475,00 €		-9.895,00 €	39.580,00 €	418.120,91 €
2028	48.984,57 €		-9.796,91 €	39.187,65 €	457.308,56 €
2029	48.495,22 €		-9.699,04 €	38.796,18 €	496.104,73 €
2030	48.006,87 €		-9.601,37 €	38.405,49 €	534.510,23 €
2031	47.519,41 €		-9.503,88 €	38.015,53 €	572.525,75 €

Δείκτες	
Απόδοση κεφαλαίου IRR 10 ετών	9,58%
Απόδοση κεφαλαίου IRR 20 ετών	14,48%
Καθαρή παρούσα αξία NPV 10 ετών	48.688,16 €
Καθαρή παρούσα αξία NPV 20 ετών	203.654,72 €
Λόγος οφέλους/ κόστους BCR 10 ετών	1,16%
Λόγος οφέλους/ κόστους BCR 20 ετών	1,69%
Αποπληρωμή κεφαλαίου σε περίπου 6 έτη	



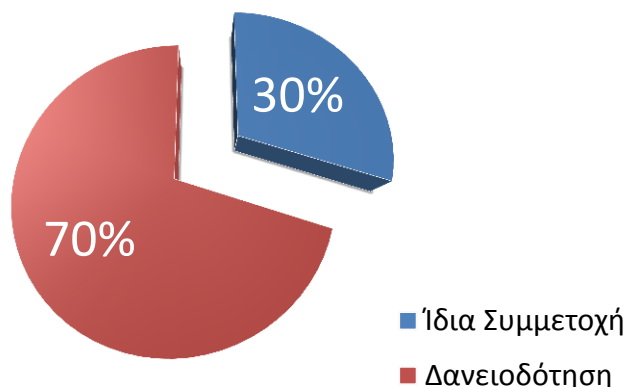
32.6. Συμπέρασμα

Από την σύντομή οικονομική ανάλυση μιας επένδυσης στα Φωτοβολταικά προκύπτει ότι είναι μια δελεαστική τόσο από πλευράς προώθησης της αγοράς όσο και από πλευράς διασφάλισης του προσδοκώμενου εσόδου σε εξασφαλισμένη χρονική διάρκεια.

Η απόσβεση σε έξι με οκτώ χρόνια όπως μας έδωσαν τα σενάρια είναι τόσο ελκυστική όσο και ρεαλιστική. Με ενδεχόμενη μείωση του κόστους του εξοπλισμού κατά 10% κάτι που θα μεταβάλει το κόστος εγκατάστασης κατά 6% ο χρόνος απόσβεσης μειώνεται κατά ένα έτος όπως δείχνει και το παραπάνω διάγραμμα.

33. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΙΣΧΥΟΣ 765,63 kWp

33.1. Οικονομική ανάλυση σενάριο 1



Στους παρακάτω πίνακες έχουμε τις γενικές παραδοχές όπου εκτός από την τιμή πώλησης της kWh (0,419 €/kWp) και κόστος κατασκευής του πάρκου (**2.134.665,00 €**) λάβαμε υπ' όψιν **τραπεζικό δανεισμό 50%** του κόστους της επένδυσης με επιτόκιο 6% , κόστος ασφαλίσεων και συντήρησης 9 €/kWp και 13 €/kWp αντίστοιχα και ποσοστό φορολογίας 20%.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Συγκριτικός προϋπολογισμός ΦΒ συστήματος			
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΟΣΤΟΣ	ΦΠΑ	ΤΕΛΙΚΟ ΠΟΣΟ
Μηχανολογικός Εξοπλισμός	1.480.000,00 €	340.400,00 €	1.820.400,00 €
Σύνδεση με το Δίκτυο της ΔΕΗ	35.500,00 €	8.165,00 €	43.665,00 €
Αγορά άδειας	220.000,00 €	50.600,00 €	270.600,00 €
ΣΥΝΟΛΟ	1.735.500,00 €	399.165,00 €	2.134.665,00 €

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Παραδοχές		
Ίδια Συμμετοχή	30,00%	640.399,50 €
Δανειοδότηση	70,00%	1.494.265,50 €
Ετήσιο Επιτόκιο	6,00%	
Έτη αποπληρωμής δανείου, N	20	
Ετήσια μείωση απόδοσης	0,80%	
Ετήσια αύξηση τιμής πώλησης	0,00%	
Ετήσια αύξηση εξόδων λόγω πληθωρισμού	3,00%	
Φορολογικός συντελεστής	20,00%	
Αρχική τιμή πώλησης €/kWh	0,39204	
Εκτιμώμενη παραγωγή kWh/kW	1081903	

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Ετήσια κόστη ΦΒ συτήματος		
ΑΣΦΑΛΙΣΕΙΣ	ΚΟΣΤΟΣ (€/kWp)	ΣΥΝΟΛΟ
Ασφάλιση κατά παντός κινδύνου	9 €	6.890,67 €
ΚΟΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ (€/kWp)	ΣΥΝΟΛΟ
Πάγιο κόστος	13 €	9.953,19 €
ΣΥΝΟΛΟ		16.843,86 €

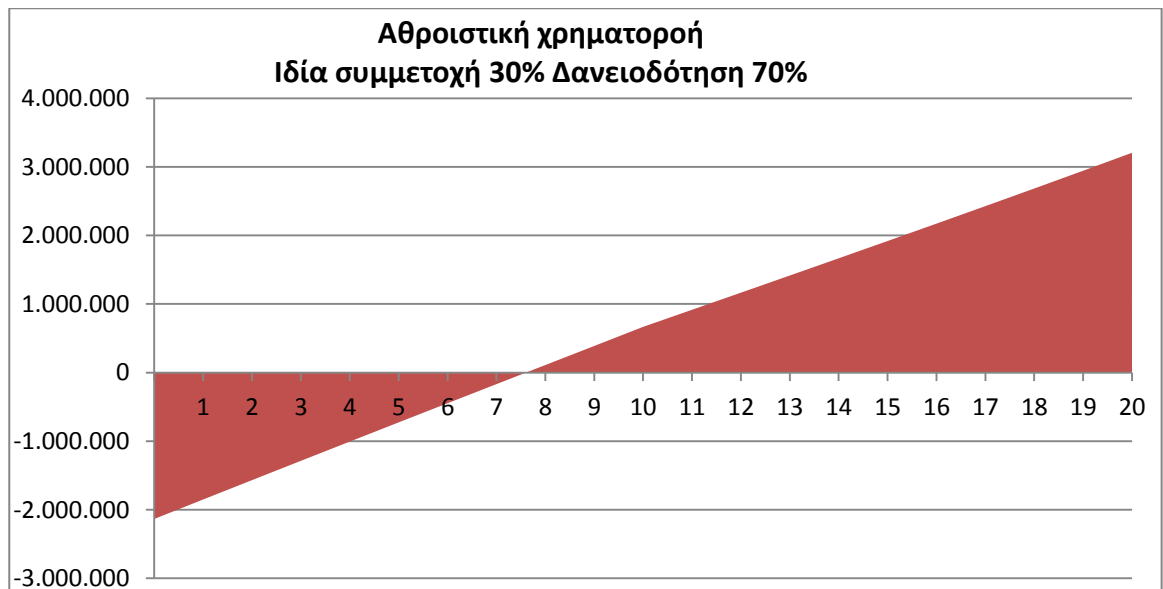
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΔΑΝΕΙΟΔΟΤΗΣΗ					
Έτος	Αρχικό κεφάλαιο	Χρεολύσιο	Τόκοι	Τοκοχρεολύσιο	Υπόλοιπο
2012	1.494.265,50 €	40.620,95 €	89.655,93 €	130.276,88 €	1.453.644,55 €
2013	1.453.644,55 €	43.058,20 €	87.218,67 €	130.276,88 €	1.410.586,35 €
2014	1.410.586,35 €	45.641,69 €	84.635,18 €	130.276,88 €	1.364.944,66 €
2015	1.364.944,66 €	48.380,20 €	81.896,68 €	130.276,88 €	1.316.564,46 €
2016	1.316.564,46 €	51.283,01 €	78.993,87 €	130.276,88 €	1.265.281,45 €
2017	1.265.281,45 €	54.359,99 €	75.916,89 €	130.276,88 €	1.210.921,46 €
2018	1.210.921,46 €	57.621,59 €	72.655,29 €	130.276,88 €	1.153.299,87 €
2019	1.153.299,87 €	61.078,88 €	69.197,99 €	130.276,88 €	1.092.220,99 €
2020	1.092.220,99 €	64.743,62 €	65.533,26 €	130.276,88 €	1.027.477,37 €
2021	1.027.477,37 €	68.628,23 €	61.648,64 €	130.276,88 €	958.849,14 €
2022	958.849,14 €	72.745,93 €	57.530,95 €	130.276,88 €	886.103,21 €
2023	886.103,21 €	77.110,68 €	53.166,19 €	130.276,88 €	808.992,53 €
2024	808.992,53 €	81.737,28 €	48.539,60 €	130.276,88 €	727.255,25 €
2025	727.255,25 €	86.641,58 €	43.635,30 €	130.276,88 €	640.613,67 €
2026	640.613,67 €	91.840,08 €	38.436,80 €	130.276,88 €	548.773,59 €
2027	548.773,59 €	97.350,48 €	32.926,40 €	130.276,88 €	451.423,11 €
2028	451.423,11 €	103.191,48 €	27.085,40 €	130.276,88 €	348.231,63 €
2029	348.231,63 €	109.382,98 €	20.893,90 €	130.276,88 €	238.848,65 €
2030	238.848,65 €	115.945,98 €	14.330,90 €	130.276,88 €	122.902,67 €
2031	122.902,67 €	122.902,67 €	7.374,20 €	130.276,88 €	0,00 €
Σύνολο	1.494.265,50 €	1.111.272,04 €	2.605.537,51 €		

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: Ταμειακή ροή ΦΒ συστήματος

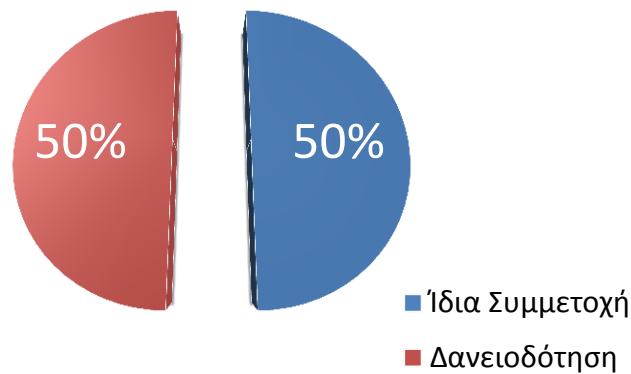
Έτος	Παραγωγή (kWh)	Πωλήσεις €	Έξοδα €	Κέρδη προ τόκων €	Χρεολύσιο €	Τόκοι €	Μεικτά Κέρδη €
2012	1081903	424.149,25 €	-16.843,86 €	407.305,39 €	-40.620,95 €	-89.655,93 €	277.028,51 €
2013	1073248	420.756,06 €	-17.349,18 €	403.406,88 €	-43.058,20 €	-87.218,67 €	273.130,01 €
2014	1064662	417.390,01 €	-17.869,65 €	399.520,36 €	-45.641,69 €	-84.635,18 €	269.243,49 €
2015	1056144	414.050,89 €	-18.405,74 €	395.645,15 €	-48.380,20 €	-81.896,68 €	265.368,27 €
2016	1047695	410.738,48 €	-18.957,91 €	391.780,57 €	-51.283,01 €	-78.993,87 €	261.503,69 €
2017	1039314	407.452,57 €	-19.526,65 €	387.925,92 €	-54.359,99 €	-75.916,89 €	257.649,05 €
2018	1030999	404.192,95 €	-20.112,45 €	384.080,50 €	-57.621,59 €	-72.655,29 €	253.803,63 €
2019	1022751	400.959,41 €	-20.715,82 €	380.243,59 €	-61.078,88 €	-69.197,99 €	249.966,71 €
2020	1014569	397.751,74 €	-21.337,30 €	376.414,44 €	-64.743,62 €	-65.533,26 €	246.137,56 €
2021	1006453	394.569,72 €	-21.977,42 €	372.592,30 €	-68.628,23 €	-61.648,64 €	242.315,43 €
2022	998401	391.413,16 €	-22.636,74 €	368.776,42 €	-72.745,93 €	-57.530,95 €	238.499,55 €
2023	990414	388.281,86 €	-23.315,84 €	364.966,02 €	-77.110,68 €	-53.166,19 €	234.689,14 €
2024	982491	385.175,60 €	-24.015,32 €	361.160,29 €	-81.737,28 €	-48.539,60 €	230.883,41 €
2025	974631	382.094,20 €	-24.735,78 €	357.358,42 €	-86.641,58 €	-43.635,30 €	227.081,54 €
2026	966834	379.037,44 €	-25.477,85 €	353.559,60 €	-91.840,08 €	-38.436,80 €	223.282,72 €
2027	959099	376.005,15 €	-26.242,19 €	349.762,96 €	-97.350,48 €	-32.926,40 €	219.486,08 €
2028	951426	372.997,10 €	-27.029,45 €	345.967,65 €	-103.191,48 €	-27.085,40 €	215.690,77 €
2029	943815	370.013,13 €	-27.840,33 €	342.172,79 €	-109.382,98 €	-20.893,90 €	211.895,91 €
2030	936264	367.053,02 €	-28.675,54 €	338.377,48 €	-115.945,98 €	-14.330,90 €	208.100,60 €
2031	928774	364.116,60 €	-29.535,81 €	334.580,79 €	-122.902,67 €	-7.374,20 €	204.303,92 €

ΠΙΝΑΚΑΣ 6: Λογιστικής απόσβεσης <i>Χρηματοροή και Αθροιστική Χρηματοροή</i>					
Έτος	Χρηματοροές	Αποσβέσεις	Φόρος	Καθ. Χρηματοροές	-2.134.665,00 €
2012	317.649,46 €	-148.000,00 €	-33.929,89 €	283.719,57 €	-1.850.945,43 €
2013	316.188,21 €	-148.000,00 €	-33.637,64 €	282.550,57 €	-1.568.394,86 €
2014	314.885,18 €	-148.000,00 €	-33.377,04 €	281.508,14 €	-1.286.886,72 €
2015	313.748,47 €	-148.000,00 €	-33.149,69 €	280.598,78 €	-1.006.287,95 €
2016	312.786,70 €	-148.000,00 €	-32.957,34 €	279.829,36 €	-726.458,58 €
2017	312.009,04 €	-148.000,00 €	-32.801,81 €	279.207,23 €	-447.251,35 €
2018	311.425,22 €	-148.000,00 €	-32.685,04 €	278.740,17 €	-168.511,18 €
2019	311.045,59 €	-148.000,00 €	-32.609,12 €	278.436,48 €	109.925,30 €
2020	310.881,18 €	-148.000,00 €	-32.576,24 €	278.304,94 €	388.230,24 €
2021	310.943,66 €	-148.000,00 €	-32.588,73 €	278.354,93 €	666.585,17 €
2022	311.245,48 €		-62.249,10 €	248.996,38 €	915.581,55 €
2023	311.799,82 €		-62.359,96 €	249.439,86 €	1.165.021,41 €
2024	312.620,69 €		-62.524,14 €	250.096,55 €	1.415.117,96 €
2025	313.723,12 €		-62.744,62 €	250.978,50 €	1.666.096,45 €
2026	315.122,80 €		-63.024,56 €	252.098,24 €	1.918.194,69 €
2027	316.836,56 €		-63.367,31 €	253.469,25 €	2.171.663,94 €
2028	318.882,25 €		-63.776,45 €	255.105,80 €	2.426.769,74 €
2029	321.278,89 €		-64.255,78 €	257.023,11 €	2.683.792,86 €
2030	324.046,58 €		-64.809,32 €	259.237,26 €	2.943.030,12 €
2031	327.206,59 €		-65.441,32 €	261.765,27 €	3.204.795,39 €

Δείκτες	
Απόδοση κεφαλαίου IRR 10 ετών	5,29%
Απόδοση κεφαλαίου IRR 20 ετών	11,31%
Καθαρή παρούσα αξία NPV 10 ετών	-66.743,55 €
Καθαρή παρούσα αξία NPV 20 ετών	914.811,95 €
Λόγος οφέλους/ κόστους BCR 10 ετών	0,97%
Λόγος οφέλους/ κόστους BCR 20 ετών	1,43%
Αποπληρωμή κεφαλαίου περίπου στα 8 έτη	



33.2. Οικονομική ανάλυση σενάριο 2



Στους παρακάτω πίνακες έχουμε τις γενικές παραδοχές όπου εκτός από την τιμή πώλησης της KWh (0,419 €/kWh) και κόστος κατασκευής του πάρκου (**284.984,50 €**) λάβαμε υπ' όψιν **τραπεζικό δανεισμό 50%** του κόστους της επένδυσης με επιτόκιο 6% , κόστος ασφαλίσεων και συντήρησης 13 €/kWh και 15 €/kWh αντίστοιχα και ποσοστό φορολογίας 20%.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Συγκριτικός προϋπολογισμός ΦΒ συστήματος			
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΟΣΤΟΣ	ΦΠΑ	ΤΕΛΙΚΟ ΠΟΣΟ
Μηχανολογικός Εξοπλισμός	1.480.000,00 €	340.400,00 €	1.820.400,00 €
Σύνδεση με το Δίκτυο της ΔΕΗ	35.500,00 €	8.165,00 €	43.665,00 €
Αγορά άδειας	220.000,00 €	50.600,00 €	270.600,00 €
ΣΥΝΟΛΟ	1.735.500,00 €	399.165,00 €	2.134.665,00 €

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Παραδοχές		
Ίδια Συμμετοχή	50,00%	1.067.332,50 €
Δανειοδότηση	50,00%	1.067.332,50 €
Ετήσιο Επιτόκιο	6,00%	

Έτη αποπληρωμής δανείου, N	20	
Ετήσια μείωση απόδοσης	0,80%	
Ετήσια αύξηση τιμής πώλησης	0,00%	
Ετήσια αύξηση εξόδων λόγω πληθωρισμού	3,00%	
Φορολογικός συντελεστής	20,00%	
Αρχική τιμή πώλησης €/kWh	0,39204	
Εκτιμώμενη παραγωγή kWh	1081903	

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Ετήσια κόστη ΦΒ συτήματος		
ΑΣΦΑΛΙΣΕΙΣ	ΚΟΣΤΟΣ (€/kWp)	ΣΥΝΟΛΟ
Ασφάλιση κατά παντός κινδύνου	9 €	6.890,67 €
ΚΟΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ (€/kWp)	ΣΥΝΟΛΟ
Πάγιο κόστος	13 €	9.953,19 €
ΣΥΝΟΛΟ		16.843,86 €

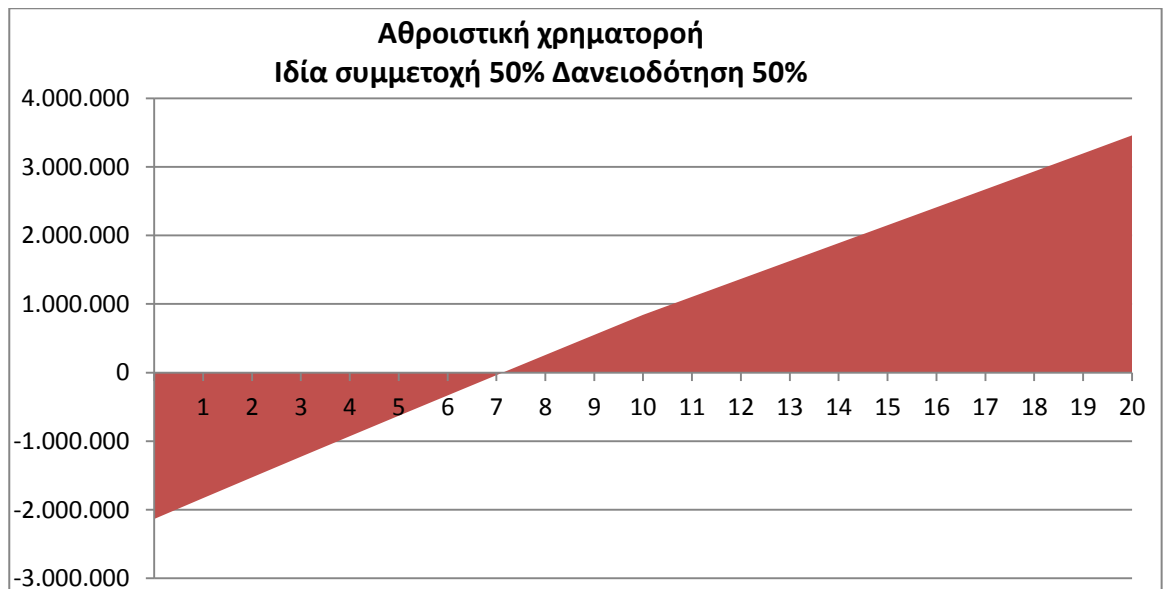
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΔΑΝΕΙΟΔΟΤΗΣΗ					
Έτος	Αρχικό κεφάλαιο	Χρεολύσιο	Τόκοι	Τοκοχρεολύσιο	Υπόλοιπο
2012	1.067.332,50 €	29.014,96 €	64.039,95 €	93.054,91 €	1.038.317,54 €
2013	1.038.317,54 €	30.755,86 €	62.299,05 €	93.054,91 €	1.007.561,68 €
2014	1.007.561,68 €	32.601,21 €	60.453,70 €	93.054,91 €	974.960,47 €
2015	974.960,47 €	34.557,28 €	58.497,63 €	93.054,91 €	940.403,19 €
2016	940.403,19 €	36.630,72 €	56.424,19 €	93.054,91 €	903.772,47 €
2017	903.772,47 €	38.828,56 €	54.226,35 €	93.054,91 €	864.943,91 €
2018	864.943,91 €	41.158,28 €	51.896,63 €	93.054,91 €	823.785,63 €
2019	823.785,63 €	43.627,77 €	49.427,14 €	93.054,91 €	780.157,86 €
2020	780.157,86 €	46.245,44 €	46.809,47 €	93.054,91 €	733.912,42 €
2021	733.912,42 €	49.020,17 €	44.034,75 €	93.054,91 €	684.892,25 €
2022	684.892,25 €	51.961,38 €	41.093,54 €	93.054,91 €	632.930,87 €
2023	632.930,87 €	55.079,06 €	37.975,85 €	93.054,91 €	577.851,81 €
2024	577.851,81 €	58.383,81 €	34.671,10 €	93.054,91 €	519.468,00 €
2025	519.468,00 €	61.886,81 €	31.168,10 €	93.054,91 €	457.581,19 €
2026	457.581,19 €	65.600,01 €	27.454,90 €	93.054,91 €	391.981,18 €
2027	391.981,18 €	69.536,01 €	23.518,90 €	93.054,91 €	322.445,17 €
2028	322.445,17 €	73.708,21 €	19.346,70 €	93.054,91 €	248.736,96 €
2029	248.736,96 €	78.130,71 €	14.924,20 €	93.054,91 €	170.606,25 €

2030	170.606,25 €	82.818,51 €	10.236,40 €	93.054,91 €	87.787,74 €
2031	87.787,74 €	87.787,61 €	5.267,30 €	93.054,91 €	0,13 €
Σύνολο		1.067.332,37 €	793.765,85 €	1.861.098,22 €	

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: Ταμειακή ροή ΦΒ συστήματος							
Έτος	Παραγωγή (kWh)	Πωλήσεις €	Έξοδα €	Κέρδη προ τόκων €	Χρεολύσιο €	Τόκοι €	Μεικτά Κέρδη €
2012	1081903	424.149,25 €	-16.843,86 €	407.305,39 €	-29.014,96 €	-64.039,95 €	314.250,48 €
2013	1073248	420.756,06 €	-17.349,18 €	403.406,88 €	-30.755,86 €	-62.299,05 €	310.351,97 €
2014	1064662	417.390,01 €	-17.869,65 €	399.520,36 €	-32.601,21 €	-60.453,70 €	306.465,45 €
2015	1056144	414.050,89 €	-18.405,74 €	395.645,15 €	-34.557,28 €	-58.497,63 €	302.590,24 €
2016	1047695	410.738,48 €	-18.957,91 €	391.780,57 €	-36.630,72 €	-56.424,19 €	298.725,66 €
2017	1039314	407.452,57 €	-19.526,65 €	387.925,92 €	-38.828,56 €	-54.226,35 €	294.871,02 €
2018	1030999	404.192,95 €	-20.112,45 €	384.080,50 €	-41.158,28 €	-51.896,63 €	291.025,59 €
2019	1022751	400.959,41 €	-20.715,82 €	380.243,59 €	-43.627,77 €	-49.427,14 €	287.188,68 €
2020	1014569	397.751,74 €	-21.337,30 €	376.414,44 €	-46.245,44 €	-46.809,47 €	283.359,53 €
2021	1006453	394.569,72 €	-21.977,42 €	372.592,30 €	-49.020,17 €	-44.034,75 €	279.537,39 €
2022	998401	391.413,16 €	-22.636,74 €	368.776,42 €	-51.961,38 €	-41.093,54 €	275.721,51 €
2023	990414	388.281,86 €	-23.315,84 €	364.966,02 €	-55.079,06 €	-37.975,85 €	271.911,10 €
2024	982491	385.175,60 €	-24.015,32 €	361.160,29 €	-58.383,81 €	-34.671,10 €	268.105,38 €
2025	974631	382.094,20 €	-24.735,78 €	357.358,42 €	-61.886,81 €	-31.168,10 €	264.303,51 €
2026	966834	379.037,44 €	-25.477,85 €	353.559,60 €	-65.600,01 €	-27.454,90 €	260.504,69 €
2027	959099	376.005,15 €	-26.242,19 €	349.762,96 €	-69.536,01 €	-23.518,90 €	256.708,05 €
2028	951426	372.997,10 €	-27.029,45 €	345.967,65 €	-73.708,21 €	-19.346,70 €	252.912,74 €
2029	943815	370.013,13 €	-27.840,33 €	342.172,79 €	-78.130,71 €	-14.924,20 €	249.117,88 €
2030	936264	367.053,02 €	-28.675,54 €	338.377,48 €	-82.818,51 €	-10.236,40 €	245.322,57 €
2031	928774	364.116,60 €	-29.535,81 €	334.580,79 €	-87.787,61 €	-5.267,30 €	241.525,88 €

ΠΙΝΑΚΑΣ 6: Λογιστικής απόσβεσης <i>Χρηματοροή και Αθροιστική Χρηματοροή</i>					
Έτος	Χρηματοροές	Αποσβέσεις	Φόρος	Καθ. Χρηματοροές	-2.134.665,00 €
2012	343.265,44 €	-148.000,00 €	-39.053,09 €	304.212,35 €	-1.830.452,65 €
2013	341.107,83 €	-148.000,00 €	-38.621,57 €	302.486,26 €	-1.527.966,38 €
2014	339.066,66 €	-148.000,00 €	-38.213,33 €	300.853,33 €	-1.227.113,06 €
2015	337.147,52 €	-148.000,00 €	-37.829,50 €	299.318,02 €	-927.795,04 €
2016	335.356,38 €	-148.000,00 €	-37.471,28 €	297.885,10 €	-629.909,94 €
2017	333.699,58 €	-148.000,00 €	-37.139,92 €	296.559,66 €	-333.350,28 €
2018	332.183,87 €	-148.000,00 €	-36.836,77 €	295.347,10 €	-38.003,18 €
2019	330.816,45 €	-148.000,00 €	-36.563,29 €	294.253,16 €	256.249,98 €
2020	329.604,97 €	-148.000,00 €	-36.320,99 €	293.283,97 €	549.533,95 €
2021	328.557,56 €	-148.000,00 €	-36.111,51 €	292.446,05 €	841.980,00 €
2022	327.682,89 €		-65.536,58 €	262.146,31 €	1.104.126,31 €
2023	326.990,16 €		-65.398,03 €	261.592,13 €	1.365.718,44 €
2024	326.489,19 €		-65.297,84 €	261.191,35 €	1.626.909,79 €
2025	326.190,32 €		-65.238,06 €	260.952,26 €	1.887.862,05 €
2026	326.104,70 €		-65.220,94 €	260.883,76 €	2.148.745,80 €
2027	326.244,06 €		-65.248,81 €	260.995,25 €	2.409.741,05 €
2028	326.620,95 €		-65.324,19 €	261.296,76 €	2.671.037,82 €
2029	327.248,59 €		-65.449,72 €	261.798,87 €	2.932.836,69 €
2030	328.141,08 €		-65.628,22 €	262.512,86 €	3.195.349,55 €
2031	329.313,49 €		-65.862,70 €	263.450,79 €	3.458.800,34 €

Δείκτες	
Απόδοση κεφαλαίου IRR 10 ετών	6,60%
Απόδοση κεφαλαίου IRR 20 ετών	12,23%
Καθαρή παρούσα αξία NPV 10 ετών	57.382,09 €
Καθαρή παρούσα αξία NPV 20 ετών	1.071.756,95 €
Λόγος οφέλους/ κόστους BCR 10 ετών	1,03%
Λόγος οφέλους/ κόστους BCR 20 ετών	1,50%
Αποπληρωμή κεφαλαίου περίπου στα 7 έτη	



33.3. Συμπέρασμα

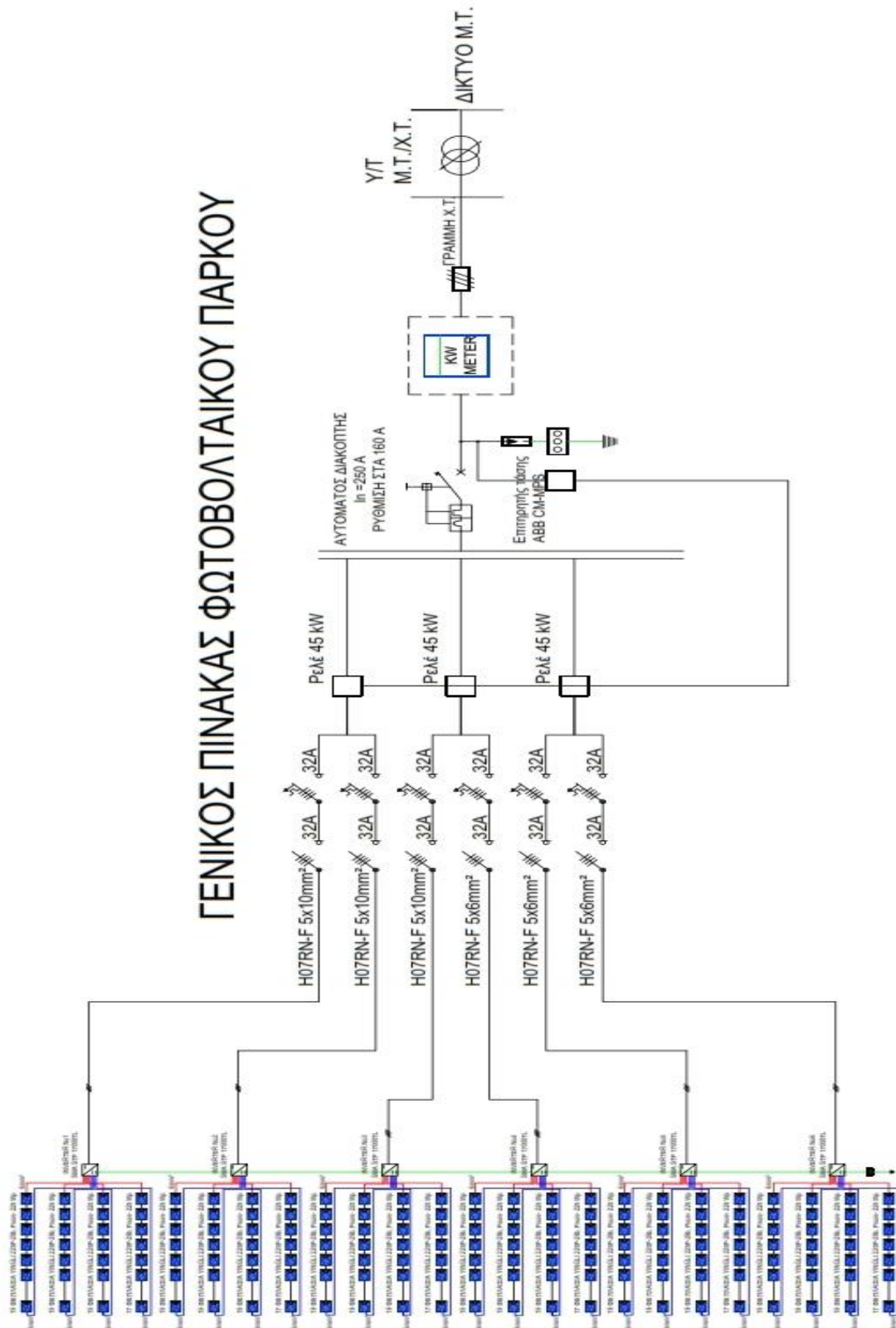
Από την σύντομη οικονομική ανάλυση μιας επένδυσης στα Φωτοβολταικά προκύπτει ότι είναι μια δελεαστική τόσο από πλευράς προώθησης της αγοράς όσο και από πλευράς διασφάλισης του προσδοκώμενου εσόδου σε εξασφαλισμένη χρονική διάρκεια.

Η απόσβεση σε επτά με οκτώ χρόνια όπως μας έδωσαν τα σενάρια είναι τόσο ελκυστική όσο και ρεαλιστική. Με ενδεχόμενη μείωση του κόστους του εξοπλισμού κατά 10% κάτι που θα μεταβάλει το κόστος εγκατάστασης κατά 6%, ο χρόνος απόσβεσης μειώνεται κατά ένα έτος όπως δείχνει και το παραπάνω διάγραμμα. Έτσι η μείωση του κόστους εγκατάστασης είναι επιθυμητή όταν όμως αυτή προέρχεται από διορθώσεις των τιμών στην ευρύτερη αγορά των Φωτοβολταικών και δεν θα πρέπει να είναι ο αυτοσκοπός του έργου.

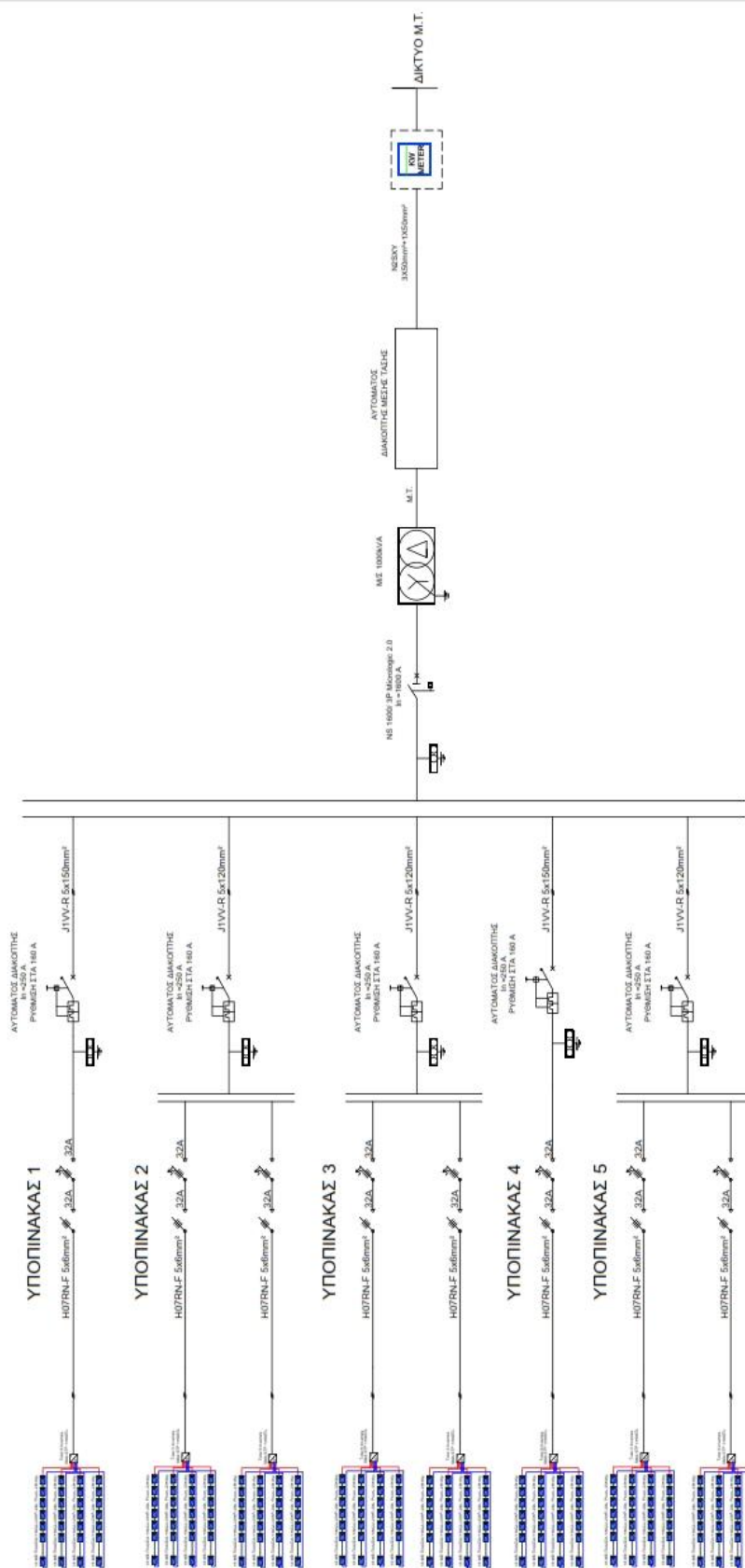
Δεν θα πρέπει λοιπόν να επιδιώκεται η μείωση του κόστους εγκατάστασης σε βάρος της ποιότητας του έργου καθώς είναι μια επένδυση με 20ετή τουλάχιστον διάρκεια και ως εκ τούτου από την πρώτη στιγμή της επιλογής των συνεργατών – προμηθευτών θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η αξιοπιστία και η διάρκεια του έργου.

34. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

34.1. Σχηματικό διάγραμμα ΦΒ εγκατάστασης ισχύος 99,9kWp



34.2. Σχηματικό διάγραμμα ΦΒ εγκατάστασης ισχύος 765,63kWp



35. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

35.1. Ελληνική Βιβλιογραφία

- Ιωάννης Φραγκιαδάκης, «**Φωτοβολταϊκά Συστήματα**», 3^η έκδοση, έτος 2009, εκδόσεις Ζήτη
- Πέτρος Ντοκόπουλος, «**Ευρωπαϊκά Πρότυπα και Κανονισμοί Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων**», έτος 1998, εκδόσεις Ζήτη
- Πέτρος Ντοκόπουλος, «**Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών Χαμηλής και Μέσης Τάσης**», έτος 1995, εκδόσεις Ζήτη
- Δανατσοπούλου Ευτυχία, Γαλάνη Κωνσταντίνα, Θεός Θεόδωρος, «**Τεχνο-Οικονομική Μελέτη Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Φωτοβολταϊκό Πάρκο Ισχύος 95,04kWp**», έτος 2010, Κοζάνη, Ανώτατο Τεχνολογικό Ίδρυμα Κοζάνης
- Δρ. Γ. Περαιτζάκης, «**Ηλεκτροτεχνία-Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, κεφάλαιο 6. Εισαγωγικές Έννοιες στις Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις**», Βόλος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Μωυσής Δαμιανίδης, Γεώργιος Κατσαρός, Ματθαίος Τόλης, Φώτιος Στεργιόπουλος, «**Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων**», έτος 2011, Θεσσαλονίκη, ΤΕΕ Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας
- Αναστασοπούλου Αγγελική, «**Αντικεραυνική Προστασία Φωτοβολταϊκών Εγκαταστάσεων**», έτος 2009, Θεσσαλονίκη, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

35.2. Ξένη Βιβλιογραφία

- «**Planning and Installing Photovoltaic Systems**», 2nd edition, year 2006, London, England
- «**Photovoltaics in Buildings-Guide to the Installation of PV Systems**», 2nd edition, year 2006, United Kingdom

35.3. Διαδυκτιακή Βιβλιογραφία

- Schneider Electric, «**Electrical Installation**», «**chapter P. Photovoltaic Installation**», «**chapter G. Sizing and Protection of Conductors**», «**chapter A. General Rules of Electrical Installation Design**», year 2010, www.schneider.com
- Javier Relancio, Luis Recuero, «**Photovoltaic System Training**», «**Season 1-Design**», year 2010, www.LeonardoEnergy.com
- «**Βασικές Αρχές Αξιολόγησης Επενδύσεων**», www.survey.dua.gr
- «**Hilti, PV systems**», www.hilti.com.gr
- «**Cablel, Ελληνικά καλώδια**», www.cablel.gr
- «**Sma**», www.sma.gr
- «**Yingli Solar**», www.Yingli.com