



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Επιχειρηματικός Σχεδιασμός Έργων Αποκεντρωμένης Παραγωγής Ενέργειας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βασίλειος Θ. Ζούλας

Επιβλέπων : Χάρης Δούκας
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Νοέμβριος 2021



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Επιχειρηματικός Σχεδιασμός Έργων Αποκεντρωμένης Παραγωγής Ενέργειας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βασίλειος Θ. Ζούλας

Επιβλέπων : Χάρης Δούκας
Αν. καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 5^η Νοεμβρίου 2021

.....
Χάρης Δούκας
Αν.καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
Δημήτριος Ασκούνης
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Νοέμβριος 2021

.....
Βασίλειος Θ. Ζούλας

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Βασίλειος Θ. Ζούλας

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Η επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί από τη συμφωνία του Παρισιού για την ενέργεια και το κλίμα και η περαιτέρω αξιοποίηση του πλούσιου δυναμικού των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας που διαθέτει στη χώρα μας έφεραν στην επιφάνεια το θεσμό των ενεργειακών κοινοτήτων(ΕΚΟΙΝ). Στην διπλωματική αυτή αρχικά γίνεται αναφορά στις διάφορες τεχνολογίες φωτοβολταϊκών πλαισίων αλλά και όλου του εξοπλισμού που απαιτείται για να κατασκευαστεί ένα φωτοβολταϊκό πάρκο .Στη συνέχεια γίνεται μια πλήρης περιγραφή των βημάτων που ακολουθούνται από έναν υποψήφιο επενδυτή και καταγράφεται η διαχείριση του project σε όλα τα στάδια που απαιτούνται μέχρι την πλήρη λειτουργία του. Γίνεται λεπτομερής περιγραφή του τρόπου αξιολόγησης του ηλιακού δυναμικού ,των τρόπων χρηματοδότησης αλλά και των σημαντικότερων κινδύνων που αντιμετωπίζει μια τέτοια είδους επένδυση. Επιπλέον, αναφέρονται τα στοιχεία ενός επενδυτικού πλάνου μιας ενεργειακής κοινότητας σε επενδύσεις Α.Π.Ε και οι καθοριστικοί παράγοντες για τη βιωσιμότητα του πλάνου. Τέλος παρουσιάζονται τα βασικά οικονομικά μεγέθη ενός φωτοβολταϊκού πάρκου και αξιολογείται η βιωσιμότητα του σε 4 διαφορετικά σενάρια που. Η παραπάνω μελέτη επιβεβαίωσε την υψηλή αποδοτικότητα τέτοιων επενδύσεων και τις επιχειρηματικές ευκαιρίες που παρουσιάζονται στους ενεργειακούς συνεταιρισμούς .

Λέξεις κλειδιά: Ενεργειακές Κοινότητες, Φωτοβολταϊκά , Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, , Βήματα ανάπτυξης Φωτοβολταϊκού πάρκου , Ηλιακό δυναμικό, Τρόποι Χρηματοδότησης , Κίνδυνοι φωτοβολταϊκών έργων ,Καθαρή Παρούσα Αξία , Απόδοση της Επένδυσης ,Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης

Abstract

The achievement of the goals set by the Paris Agreement on Energy and Climate and the further utilization of the rich potential of the Renewable Energy Sources available in our country brought to the surface the institution of Energy Communities (REScoop).

This thesis first refers to the various technologies of photovoltaic panels and all the equipment required to build a photovoltaic park required until it is fully operational. A detailed description is given of how to evaluate the solar potential, the ways of financing but also the most important risks faced by such an investment. In addition, the elements of an investment plan of an energy community in RES investments and the determining factors for the viability of the plan are mentioned. Finally, the basic financial figures of a photovoltaic park are presented and its viability is evaluated in 4 different scenarios. The above study confirmed the high profitability of such investments and the business opportunities that energy cooperatives have .

Keywords: Energy Communities, Photovoltaics, Renewable Energy Sources,, Steps for Photovoltaic Park Development, Solar Potential, Financing Methods, Risks of Photovoltaic Projects, Net Present Value, Return on Investment, Internal Rate of Return

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αν. Καθηγητή κ. Χάρη Δούκα για την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, κάτω από την επίβλεψη του οποίου και πραγματοποιήθηκε, στα πλαίσια των ερευνητικών δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Χρήστο Στεφανάτο, βοηθό ερευνητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, κάτω από την συνεπίβλεψη του οποίου ολοκληρώθηκε η παρούσα διπλωματική εργασία .

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τους συμφοιτητές και φίλους μου Δημήτρη Κωνσταντινίδη-Φράγκο και Μανώλη Τσάφο που στάθηκαν δίπλα μου στις πιο δύσκολες και κρίσιμες στιγμές αυτής της διαδρομής .

Τέλος, ευχαριστώ βαθύτατα τους γονείς μου Θωμά και Αναστασία που με στήριξαν σε κάθε μου βήμα και μου έδωσαν τα εφόδια να ολοκληρώσω τις σπουδές μου καθώς και τις αδερφές μου Νεκταρία και Μαρία-Ανθή για την αγάπη, την υπομονή και την ηθική υποστήριξη όλα αυτά τα χρόνια.

Περιεχόμενα

Πίνακας Εικόνων	14
Πίνακας πινάκων	15
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	16
Κεφάλαιο 2: Τεχνικά χαρακτηριστικά ενός φωτοβολταϊκού πάρκου	18
2.1 Φωτοβολταϊκά πλαίσια	18
2.1.1 Μονοκρυσταλλικό Πυρίτιο.....	19
2.1.2 Πολυκρυσταλλικό Πυρίτιο	19
2.1.3 Τεχνολογίες λεπτού υμενίου (thin film).....	19
2.2 Βάσεις Στήριξης	20
2.2.1 Σταθερές βάσεις.....	20
2.2.2 Συστήματα ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου	23
2.3 Αντιστροφείς.....	23
2.3.1 Τρόπος σύνδεσης με το δίκτυο	24
2.3.2 Inverters με ή χωρίς μετασχηματιστή	24
2.3.3 Αντιστροφείς με έναν ή πολλαπλούς MPP trackers	25
2.3.4 Υβριδικά συστήματα.....	26
2.4 Υποσταθμός Μέσης Τάσης.....	27
2.5 Μέσα Προστασίας	28
2.5.1 Αυτόματες ασφάλειες.....	29
2.5.2 Ασφάλειες Τήξης	29
2.5.3 Αυτόματοι διακόπτες Ισχύος.....	29
2.5.4 Ηλεκτρονόμοι προστασίας.....	30
2.5.5 Επιλογή μέσου προστασίας	30
2.5.6 Προστασία Μετασχηματιστή	31
2.6 Γείωση	31
2.6.1 Γείωση προστασίας	31

2.6.2 Γείωση λειτουργίας	31
2.6.2 Θεμελιακή γείωση	31
2.7 Αντικεραυνική προστασία	32
2.8 Συστήματα τηλεμετρίας	32
Κεφάλαιο 3:Βήματα ανάπτυξης ενός φωτοβολταϊκού πάρκου.....	34
3.1 Επισκόπηση ανάπτυξης του έργου	34
3.2 Σχεδίαση του project -Προσδιορισμός της τοποθεσίας.....	35
3.2.1 Προσδιορισμός της τοποθεσίας -Κριτήρια επιλογής	36
3.2.2 Αρχική σχεδίαση του Φωτοβολταϊκού Project.....	41
3.3 Προκαταρκτική μελέτη σκοπιμότητας	41
3.4 Μελέτη Σκοπιμότητας	42
3.4.1 Τεχνικός Σχεδιασμός του συστήματος.....	42
3.5 Χρηματοδότηση-Συμβόλαια	45
3.6 Σχεδιασμός -προμήθεια -κατασκευή-εμπορική λειτουργία (E.P.C).....	46
3.6.1 Ανάπτυξη λεπτομερούς σχεδιασμού φωτοβολταϊκών	46
3.6.2 Ενεργειακή απόδοση	47
3.6.3 Λεπτομερής τεκμηρίωση του έργου.....	47
3.6.4 Κατασκευή και εμπορική λειτουργία.....	48
Κεφάλαιο 4: Ηλιακό δυναμικό -Μέθοδοι προσδιορισμού της ενεργειακής παραγωγής.....	49
4.1 Αξιολόγηση ηλιακού δυναμικού.....	49
4.2 Πρόβλεψη απόδοσης ενέργειας.....	52
4.3 Ηλιακό δυναμικό στην Ελλάδα	57
Κεφάλαιο 5:Τρόποι Χρηματοδότησης Φωτοβολταϊκών Έργων	59
5.1 Μορφές Χρηματοδότησης.....	59
5.1.1 Εταιρική Χρηματοδότηση (Corporate Financing)	59
5.1.2 Χρηματοδότηση Ιδίων Κεφαλαίων (Equity financing)	59
5.1.3 Χρηματοδότηση Έργου (Project Financing)	60

5.1.4 Δέουσα Επιμέλεια (Due Diligence).....	64
5.1.5 Αναχρηματοδότηση (Re-financing).....	65
Κεφάλαιο 6: Κίνδυνοι κατά την ανάπτυξη και λειτουργία φωτοβολταϊκών έργων.....	67
6.1 Κίνδυνοι αγοράς (Market risk).....	67
6.2 Λειτουργικοί κίνδυνοι (Operational risk).....	67
6.3 Επιχειρηματικοί κίνδυνοι (Business risk).....	67
6.4 Χρηματοδοτικοί κίνδυνοι (Financing risk)	68
6.5 Αντιστάθμιση κινδύνων.....	68
6.5.1 Συμβάσεις ανταλλαγής σταθερής τιμής - όγκου.....	68
6.5.2 Εταιρικές συμβάσεις αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας.....	69
6.5.3 Συμβάσεις ανταλλαγής με επιχειρήσεις διαχείρισης κινδύνων.....	69
6.5.3 Άλλα είδη αντιστάθμισης κινδύνων	69
6.6 Περικοπή Ανανεώσιμης Ενέργειας	70
Κεφάλαιο 7: Οικονομική Ανάλυση - Κόστος και Έσοδα του Έργου.....	71
7.1 Κεφάλαιο Φωτοβολταϊκού Project και Λειτουργικό Κόστος.....	71
7.1.1 Κεφαλαιουχικές δαπάνες – <i>Capital expenditure (CAPEX)</i>	71
7.1.2 Κόστος λειτουργίας και συντήρησης – <i>Operations & maintenance Cost (OPEX)</i>	72
7.2 Έσοδα Φωτοβολταϊκού έργου	72
7.2.1 Συμβάσεις Αγοραπωλησίας Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	73
7.2.2 Σταθερές εγγυημένες τιμές (FiT).....	73
7.2.3 Εγγυημένες Διαφορικές τιμές (feed in Premium-FiP).....	74
7.2.4 Ενεργειακός Συμψηφισμός (Net metering)	74
7.2.5 Πιστοποιητικά ανανεώσιμων πηγών ενέργεια και φορολογικές ελαφρύνσεις	74
7.3 Απόδοση της επένδυσης σε φωτοβολταϊκό πάρκο	75
7.3.1 Το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (N.P.V)	75
7.3.2 Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (I.R.R)	75
7.3.3 Απόδοση της επένδυσης (R.O.I).....	76

7.3.4	Ελεύθερες ταμειακές ροές.....	76
7.4	Δημιουργία ενός οικονομικού μοντέλου για το έργο.....	76
7.5	Ανάλυση Ευαισθησίας.....	77
7.6	Χρηματοοικονομικά ορόσημα και κατώτατες τιμές.....	78
Κεφάλαιο 8: Ενσωμάτωση της τοπικής κοινότητας στο έργο -Ενεργειακές Κοινότητες (ΕΚΟΙΝ)...		79
8.1	Τι οδήγησε στη δημιουργία των Ενεργειακών κοινοτήτων.....	79
8.2	Ενεργειακή Κοινότητα - Ορισμός.....	81
8.3	Βασικά Χαρακτηριστικά μιας Ενεργειακής Κοινότητας (ΕΚΟΙΝ).....	82
8.4	Εικονικός ενεργειακός Συμψηφισμός.....	84
8.4.1	Τι είναι ο εικονικός ενεργειακός συμψηφισμός.....	84
8.4.2	Ποιοι σταθμοί παραγωγής μπορούν να συμμετέχουν.....	84
8.4.2	Δικαίωμα ένταξης.....	84
8.4.2	Όρια Ισχύος σταθμών παραγωγής.....	85
8.4	Πλάνο επιχειρηματικής ανάπτυξης μια ΕΚΟΙΝ.....	85
8.5	Παραδείγματα Ενεργειακών Κοινοτήτων σε Ελλάδα και Ευρώπη.....	93
8.5.1	Ενεργειακές Κοινότητες στην Ελλάδα.....	93
8.5.2	Ενεργειακές Κοινότητες στην υπόλοιπη Ευρώπη.....	95
Κεφάλαιο 9: Μελέτη περίπτωσης Φωτοβολταϊκού πάρκου στην Αττική.....		97
9.1	Χαρακτηριστικά Φωτοβολταϊκού πάρκου - Πρόβλεψη παραγωγής.....	97
9.2	Πρόβλεψη εσόδων.....	97
9.3	Κόστος κατασκευής εγκατάστασης (Capital Expenditure).....	97
9.4	Κόστη λειτουργίας της εγκατάστασης (Operating Expenditure).....	98
9.5	Χαρακτηριστικά επένδυσης-Διάρθρωση Κεφαλαίου.....	98
9.6	Υπολογισμός βασικών μεγεθών στα διάφορα σενάρια.....	98
9.6.1	Βασικό σενάριο.....	98
9.6.2	Σενάριο Μείωσης Απόδοσης.....	100
9.6.3	Σενάριο αλλαγής φορολογίας.....	102

9.6.4 Σενάριο μείωσης ταρίφας	103
9.7 Συμπεράσματα.....	105
Παράρτημα	106

Πίνακας Εικόνων

<i>Εικόνα 1 :Διάρθρωση φωτοβολταϊκής συστοιχίας Πηγή :[22]</i>	19
<i>Εικόνα 2 :Θεμελίωση πλαισίου με πάσσαλο. Πηγή :[21]</i>	21
<i>Εικόνα 3:Σταθερή βάση με βιδωτά θεμέλια Πηγή :[21]</i>	21
<i>Εικόνα 4:Σταθερή βάση με σκυροδέτηση Πηγή :[21]</i>	22
<i>Εικόνα 5:Μέγιστη αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύ στο φορτίο – Καμπύλη I-V Πηγή :[22]</i>	25
<i>Εικόνα 6:Μέγιστη αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύ στο φορτίο – Καμπύλη αποδιδόμενης ισχύος Πηγή :[22]</i>	25
<i>Εικόνα 7:Μέγιστο σημείο ισχύος φ/β πάνελ / ένταση φωτεινής ακτινοβολίας Πηγή:[16]</i>	25
<i>Εικόνα 8: Μέγιστο σημείο ισχύος φ/β πάνελ / θερμοκρασία [16]</i>	26
<i>Εικόνα 9:Στάδια ανάπτυξης ενός φωτοβολταϊκού έργου Πηγή:[25]</i>	35
<i>Εικόνα 10:Επίδραση της κλίσης στην απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας Πηγή :[26]</i>	49
<i>Εικόνα 11:Αποτύπωση της μέσης GHI ακτινοβολίας σε χάρτη Πηγή:[26]</i>	51
<i>Εικόνα 12:Κλιματολογικός χάρτης της Ελλάδας με τη μέση διαθέσιμη ολική ηλιακή ενέργεια που προκύπτει σε μια οριζόντια επιφάνεια κατά τη διάρκεια ενός έτους Πηγή :[2]</i>	57
<i>Εικόνα 13:Ετήσιοι κλιματικοί μέσοι όροι της λαμβανόμενης ηλιακής ακτινοβολίας DNI Πηγή :[2]</i>	58
<i>Εικόνα 14:Χάρτης Ηλιακού δυναμικού Πηγή:[26]</i>	58
<i>Εικόνα 15:Δομή του Equity Financing Πηγή :[26]</i>	60
<i>Εικόνα 16:Δομή του Project Financing Πηγή :[26]</i>	61
<i>Εικόνα 17:Ρίσκο του έργου versus χρόνος ολοκλήρωσης του έργου Πηγή :[26]</i>	62
<i>Εικόνα 18:Τυπική κατανομή εξόδων κατασκευής ενός Φωτοβολταϊκού πάρκου Πηγή :[26]</i>	72
<i>Εικόνα 19:Ο μετασχηματισμός του ηλεκτρικού δικτύου Πηγή :[2]</i>	79
<i>Εικόνα 20:Σύλληψη και σχεδιασμός μιας Ενεργειακής κοινότητας Πηγή :[32]</i>	80
<i>Εικόνα 21:Οι τρεις φάσεις ανάπτυξης ενός επιχειρηματικού σχεδίου Πηγή :[2]</i>	85
<i>Εικόνα 22:Ανάλυση SWOT για την ανάπτυξη μιας ΕΚΟΙΝ Πηγή :[2]</i>	88
<i>Εικόνα 23: Οι τέσσερις φάσεις κατά την ανάπτυξη και λειτουργία μιας ΕΚΟΙΝ Πηγή:[2]</i>	92
<i>Εικόνα 24:Αποτύπωση του πλήθους των ΕΚΟΙΝ στην ελληνική επικράτεια Πηγή :[2]</i>	93
<i>Εικόνα 25:Αποτύπωση της λειτουργίας του εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού (Virtual net metering) Πηγή :[2]</i>	95
<i>Εικόνα 26 Προβλεπόμενη παραγωγή ανά έτος στο βασικό σενάριο</i>	99
<i>Εικόνα 27 Προβλεπόμενος Κύκλος Εργασιών ανά έτος στο βασικό σενάριο</i>	99
<i>Εικόνα 28 Συγκεντρωτικές ταμειακές ροές ανά έτος στο βασικό σενάριο</i>	99
<i>Εικόνα 29 Απόδοση της επένδυσης ανά έτος στο βασικό σενάριο</i>	100
<i>Εικόνα 30:Προβλεπόμενη παραγωγή ανά έτος στο σενάριο μείωσης απόδοσης του εξοπλισμού</i>	100
<i>Εικόνα 31:Προβλεπόμενος Κύκλος Εργασιών ανά έτος στο σενάριο μείωσης απόδοσης του εξοπλισμού</i>	101
<i>Εικόνα 32:Συγκεντρωτικές ταμειακές ροές ανά έτος στο σενάριο μείωσης απόδοσης του εξοπλισμού</i>	101
<i>Εικόνα 33:Απόδοση της επένδυσης ανά έτος στο σενάριο μείωσης απόδοσης του εξοπλισμού</i>	101
<i>Εικόνα 34:Προβλεπόμενη παραγωγή ανά έτος στο σενάριο επιβολής επιπλέον φορολογίας</i>	102
<i>Εικόνα 35:Κύκλος εργασιών ανά έτος στο σενάριο επιβολής επιπλέον φορολογίας</i>	102
<i>Εικόνα 36:Συγκεντρωτικές ταμειακές ροές ανά έτος στο σενάριο επιβολής επιπλέον φορολογίας</i>	103
<i>Εικόνα 37:Απόδοση της επένδυσης ανά έτος στο σενάριο επιβολής επιπλέον φορολογίας</i>	103
<i>Εικόνα 38:Προβλεπόμενη παραγωγή ανά έτος στο σενάριο μείωσης της τιμής της κιλοβατώρας</i>	104
<i>Εικόνα 39:Κύκλος εργασιών ανά έτος στο σενάριο μείωσης της τιμής της κιλοβατώρας</i>	104
<i>Εικόνα 40:Συγκεντρωτικές ταμειακές ροές ανά έτος στο σενάριο μείωσης της τιμής της κιλοβατώρας</i>	104
<i>Εικόνα 41:Απόδοση της επένδυσης ανά έτος στο σενάριο μείωσης της τιμής της κιλοβατώρας</i>	105
<i>Εικόνα 42:Αναλυτικοί Υπολογισμοί για το βασικό σενάριο</i>	106
<i>Εικόνα 43:Αναλυτικοί Υπολογισμοί για το σενάριο Μείωσης Απόδοσης</i>	106
<i>Εικόνα 44:Αναλυτικοί υπολογισμοί για το σενάριο αλλαγής φορολογίας</i>	107
<i>Εικόνα 45:Αναλυτικοί Υπολογισμοί για το σενάριο Μείωσης Ταρίφας</i>	107

Πίνακας πινάκων

<i>Πίνακας 1: Τυπικά χαρακτηριστικά των διαφόρων τεχνολογιών φωτοβολταϊκών κυψελών Πηγή :[21]</i>	20
<i>Πίνακας 2: Τύποι παροχής και μέσα προστασίας Πηγή :[16]</i>	31
<i>Πίνακας 3: Είσοδοι οικονομικού μοντέλου</i>	76
<i>Πίνακας 4: Ενδεικτικά ερωτήματα προς συζήτηση κατά τη φάση της ανάλυσης σκοπιμότητας Πηγή:[2]</i>	86
<i>Πίνακας 5: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Φωτοβολταϊκού Πάρκου</i>	97
<i>Πίνακας 6: Κόστος Κατασκευής Εγκατάστασης</i>	97
<i>Πίνακας 7: Χαρακτηριστικά της Επένδυσης</i>	98
<i>Πίνακας 8: Συγκεντρωτικός πίνακας IRR και ROI ανά σενάριο</i>	105

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Στις μέρες μας, η Κλιματική αλλαγή και οι αρνητικές επιπτώσεις που αυτή προκαλεί στον πλανήτη οδήγησαν στην αφύπνιση της παγκόσμιας κοινότητας. Η Ε.Ε. αναγνώρισε την ανάγκη για μια παγκόσμια κινητοποίηση για την αντιμετώπιση αυτού του παγκόσμιου οικολογικού προβλήματος. Κατάφερε να οργανώσει τον Δεκέμβριο του 2015 στο Παρίσι, την Παγκόσμια Διάσκεψη για την Κλιματική Αλλαγή (COP21). Είναι η 21^η διάσκεψη όλων των συμμετεχόντων των Ηνωμένων Εθνών για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Η επιτακτική ανάγκη για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, οδήγησε στην Συμφωνία του Παρισιού για το κλίμα. Τον Οκτώβριο του 2016 επικυρώθηκε η συμφωνία και τον Νοέμβριο του ίδιου έτους τέθηκε σε ισχύ.

Η Συμφωνία του Παρισιού αφορά 195 χώρες και πρόκειται για ένα μακροπρόθεσμο σχέδιο δράσης. Αποτελεί την πρώτη οικουμενική, νομικά δεσμευτική παγκόσμια συμφωνία για την κλιματική αλλαγή. Στόχος είναι η διατήρηση της αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας αρκετά κάτω από τους 2°C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα και βασική επιδίωξη ο περιορισμός της αύξησης σε 1,5°C, δηλαδή να επιτευχθεί η κλιματική ουδετερότητα. Για να μπορέσει να πετύχει την μείωση της αύξησης της θερμοκρασίας θα χρειαστεί την συνδρομή των κυβερνήσεων. Οι κυβερνήσεις δεσμεύτηκαν ότι θα ενισχύσουν τις τοπικές κοινότητες, ώστε να μπορούν να αντιμετωπίσουν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, αλλά και να επιτύχουν την ενεργειακή μετάβαση προς τις καθαρές μορφές ενέργειας. Στη Συμφωνία του Παρισιού έχει δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην φροντίδα των ευάλωτων ομάδων και στην στήριξη των αναπτυσσόμενων χωρών, ώστε να συμμετέχουν ενεργά και δίκαια όλοι οι πολίτες στην ενεργειακή μετάβαση που υλοποιείται σήμερα.

Η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής μπορεί να επιτευχθεί αν υιοθετηθεί ένας νέος πράσινος ενεργειακός σχεδιασμός. Έχει αποδειχθεί ότι τα 2/3 των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου οφείλονται στην παραγωγή και χρήση ενέργειας. Είναι φανερό ότι η ενέργεια αποτελεί τον κρισιμότερο παράγοντα για την διάσωση του πλανήτη. Για το λόγο αυτό, η συμφωνία του Παρισιού είναι εξαιρετικά σημαντική και η εφαρμογή των περιβαλλοντικών μέτρων από μέρους των κυβερνήσεων καθοριστικής σημασίας. Η υλοποίηση των δεσμεύσεων από τα κράτη μέλη έχουν ως στόχο την μετάβαση σε ένα καθαρό σύστημα ενέργειας και την εκμηδένιση των ορυκτών ρυπογόνων καυσίμων.

Η Συμφωνία αυτή επιβάλλει ραγδαίες αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν οι οικονομίες, με σκοπό την άμεση στροφή σε καθαρές μορφές ενέργειας. Τώρα η Ελλάδα έχει την ευκαιρία να εκμεταλλευτεί το συγκριτικό της πλεονέκτημα λόγω των φυσικών πόρων που διαθέτει ώστε να έχει πρόσβαση σε καθαρές μορφές ενέργειας. Ο ήλιος, ο αέρας και οι άλλοι διαθέσιμοι φυσικοί της πόροι μπορούν να παρέχουν απεριόριστη και κυρίως φιλική προς το περιβάλλον ενέργεια ικανή να καλύψει το σύνολο των αναγκών της χώρας. Η ενεργειακή μετάβαση αποτελεί μια αναγκαιότητα αναγνωρισμένη παγκοσμίως για την αντιμετώπιση του προβλήματος της κλιματικής αλλαγής. Για να μπορέσει να πραγματοποιηθεί αυτό, θα πρέπει να επιτευχθεί η ενεργειακή μετάβαση λαμβάνοντας υπόψη τόσο τους οικονομικούς περιορισμούς, όσο και την αναγκαιότητα της αποδοχής από το σύνολο της κοινωνίας καθώς και την δίκαιη μετάβαση για το σύνολο των πολιτών σε παγκόσμιο επίπεδο.

Πως είναι όμως η ενεργειακή εικόνα της χώρας σήμερα και πως θα επιτευχθεί η ενεργειακή μετάβαση σε καθαρές μορφές ενέργειας στην Ελλάδα;

Το ελληνικό ενεργειακό σύστημα χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένες χαρακτηριστικές ιδιαιτερότητες. Μια χαρακτηριστική ιδιαιτερότητα είναι η εξάρτηση του ενεργειακού μείγματος της χώρας από πετρελαϊκά προϊόντα και στέρεα καύσιμα. Η Ελλάδα είναι μια χώρα με μεγάλο βαθμό

ενεργειακής εξάρτησης στο πετρέλαιο συγκριτικά με τις υπόλοιπες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Είναι μάλιστα τόσο μεγάλη η εξάρτηση στα πετρελαϊκά προϊόντα, αφού η συνεισφορά τους στην ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ενέργειας ξεπερνά το 50%. Ωστόσο στη δεκαετία από το 2006 έως το 2016, η Ελλάδα παρουσιάζει μια πτωτική πορεία στην εξάρτηση της από ρυπογόνα καύσιμα και αρχίζει να αξιοποιεί άλλες μορφές ενέργειας, όπως το φυσικό αέριο ή ακόμα και να στρέφεται σε ΑΠΕ. Η συνεισφορά των ΑΠΕ στην κάλυψη του ενεργειακού μείγματος της χώρας την τελευταία δεκαετία είναι εξαιρετικά σημαντική, καθώς η αύξηση υπερβαίνει το 400% [18]

Επίσης, το σύνολο των ενεργειακών της αναγκών καλύπτεται από εισαγωγές, άρα δεν είναι μια ενεργειακά αυτόνομη χώρα. Η μοναδική πηγή ορυκτού καυσίμου που διαθέτει η χώρα είναι ο λιγνίτης.

Οι παραπάνω ιδιαιτερότητες του ελλαδικού ενεργειακού τομέα πρέπει να ληφθούν υπόψη από τους αρμόδιους φορείς και να συνταχθεί ένα κατάλληλο Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), το οποίο να ικανοποιεί την Συνθήκη του Παρισιού. Σύμφωνα με την Συνθήκη του Παρισιού, η στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης στοχεύει στην αύξηση της συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών στο ενεργειακό μείγμα των χωρών μελών της. Βασικοί στόχοι για το 2030 είναι η μείωση τουλάχιστον 40 % στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, αύξηση τουλάχιστον 32% στο μερίδιο συμμετοχής των Α.Π.Ε και αύξηση τουλάχιστον 32 % στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

Οι συνθήκες στην Ελλάδα ευνοούν την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, βέβαια μέχρι σήμερα η διείσδυση των ΑΠΕ στην χώρα μας είναι σε χαμηλό επίπεδο. Είναι θετικό φυσικά ότι είμαστε κοντά στον μέσο όρο της Ε.Ε. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύ φωτοβολταϊκών και αιολικών πάρκων εκτιμάται ότι ξεπερνά τα 6.700 MW [20]. Η διείσδυση των νέων ΑΠΕ, όπως τα υβριδικά, τα ηλιοθερμικά, η βιομάζα και η γεωθερμία, στο ενεργειακό μείγμα της χώρας είναι προς το παρόν πάρα πολύ μικρή. Σύμφωνα με εκτιμήσεις του ΚΑΠΕ, ενώ «η Ελλάδα είναι πολύ ενεργοβόρα χώρα σε σχέση με άλλες χώρες και το κόστος της ενέργειας που καταναλώνει αντιστοιχεί στο 15% του ΑΕΠ της». Για το λόγο αυτό, η προώθηση των ΑΠΕ θα μπορούσε να βοηθήσει στην μείωση του κόστους ενέργειας. Συγκεκριμένα στην Ελλάδα, η εφαρμογή μικρών και αποκεντρωμένων μονάδων θα ήταν ευεργετική. [20]

Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκε ένα νέο εργαλείο, οι Ενεργειακές Κοινότητες. Ο θεσμός των Ενεργειακών Κοινοτήτων κινείται προς αυτή την κατεύθυνση. Με την ανάπτυξη και την προώθηση του θεσμού των ενεργειακών κοινοτήτων, η χώρα μας μπορεί να εφαρμόσει μία αποτελεσματική και κοινωνικά δίκαιη ενεργειακή πολιτική. Η Ελλάδα έχει την ευκαιρία σήμερα να αξιοποιήσει τον ανεκμετάλλευτο ενεργειακό πόρο της χώρας, τον ήλιο.

Οι ΕΚΟΙΝ ευνοούν την δημιουργία μικρών μονάδων ΑΠΕ σε συνεταιριστική βάση. Με έντονο το στοιχείο της εντοπιότητας και ιδιαίτερα σε νησιωτικές και απομακρυσμένες περιοχές, οι οποίες θα έχουν την ευκαιρία να αποκτήσουν ενεργειακή αυτονομία. Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι το κόστος της ενεργειακής κάλυψης των απομακρυσμένων και ιδιαίτερα των νησιωτικών περιοχών είναι αρκετά υψηλό και αποτελεί ένα χρόνιο πρόβλημα που ακόμα και σήμερα δεν έχει επιλυθεί. Η υιοθέτηση του θεσμού των ΕΚΟΙΝ ιδιαίτερα σ' αυτές τις περιοχές κρίνεται αναγκαία, ώστε να λυθεί το χρόνιο αυτό πρόβλημα και να παρέχει ενεργειακή αυτάρκεια στις συγκεκριμένες περιοχές.

Στη συνέχεια θα αναλυθούν τα βασικά τεχνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά μιας επένδυσης σε φωτοβολταϊκό πάρκο που αποτελεί τη συνηθέστερη μορφή αξιοποίησης ΑΠΕ στη χώρα μας μέσω του θεσμού των ενεργειακών κοινοτήτων.

Κεφάλαιο 2: Τεχνικά χαρακτηριστικά ενός φωτοβολταϊκού πάρκου

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται περιγραφή των κύριων εξαρτημάτων που αποτελούν ένα φωτοβολταϊκό πάρκο. Τα στοιχεία που περιγράφονται παρακάτω θα ληφθούν υπόψη κατά τους υπολογισμούς που χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό. Τα στοιχεία που περιγράφονται είναι:

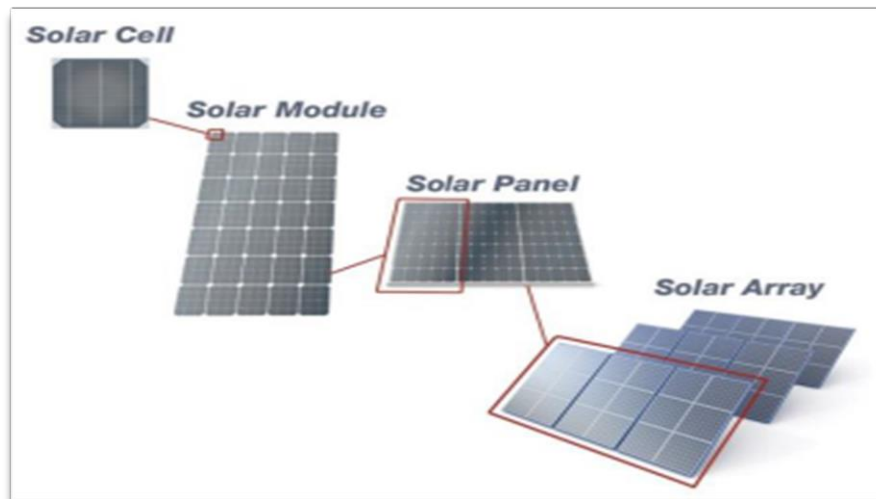
- Φωτοβολταϊκά πλαίσια
- Βάσεις στήριξης
- Αντιστροφείς
- Υποσταθμός Μέσης Τάσης
- Μέσα προστασίας
- Γείωση
- Αντικεραυνική προστασία
- Έλεγχος σημάτων
- Καλώδια

2.1 Φωτοβολταϊκά πλαίσια

Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο είναι συνδυασμός πολλών φωτοβολταϊκών κυψελών (solar cells). Τα ηλιακά κελιά αποτελούνται από δύο στρώματα ημιαγωγίμου υλικού κατασκευασμένα συνήθως από κρυστάλλους πυριτίου. Τα δύο στρώματα είναι διαφορετικού φορτίου, το ένα έχει θετικό φορτίο (τύπου-p) και το άλλο έχει αρνητικό φορτίο (τύπου-n). Η μεταξύ τους διεπιφάνεια ονομάζεται p-n επαφή.

Η ενέργεια του ηλιακού φωτός ελευθερώνει ηλεκτρόνια σε αυτά τα δύο στρώματα. Τα ηλεκτρόνια στην προσπάθειά τους να μεταφερθούν από το στρώμα τύπου-n στο στρώμα τύπου-p εμποδίζονται από το ηλεκτρικό πεδίο που υπάρχει στην p-n επαφή. Η μεταφορά τους, πραγματοποιείται μέσω εξωτερικού κυκλώματος, που συνδέει τα δύο στρώματα, στο οποίο δημιουργείται ρεύμα, το οποίο είναι και εκείνο που οδηγεί στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι φωτοβολταϊκές κυψέλες από μόνες τους χαρακτηρίζονται από χαμηλές τιμές τάσης και ισχύος. Αντίθετα ο συνδυασμός τους σε φωτοβολταϊκό πλαίσιο (φωτοβολταϊκό πάνελ) αποτελεί μια υπολογίσιμη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα Φωτοβολταϊκά πλαίσια ταξινομούνται ανάλογα με την ισχύ τους η οποία μετράται σε Watt peak (Wp). Η ισχύς αυτή μετριέται σε πρότυπες συνθήκες λειτουργίας (STC conditions). Η ισχύς αυτή αντιστοιχεί στην ισχύ που αποδίδει μια επιφάνεια ενός τετραγωνικού μέτρου όταν πάνω της προσπίπτει ακτινοβολία έντασης 1000 w/m^2 στους 25 βαθμούς κελσίου ($^{\circ}\text{C}$) και μάζα αέρα (air mass) 1.5. Το τελευταίο στοιχείο εκφράζει το μήκος οπτικής διαδρομής μέσω της γήινης ατμόσφαιρας συγκρινόμενο με το κατακόρυφο μήκος διαδρομής και εκφράζει το ηλιακό φάσμα αφού έχει διέλθει μέσα από την ατμόσφαιρα



Εικόνα 1 :Διάθρωση φωτοβολταϊκής συστοιχίας Πηγή :[22]

Αν θέλαμε να κατηγοριοποιήσουμε τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ανάλογα με το υλικό και τον τρόπο κατασκευής προκύπτουν οι εξής κατηγορίες .

2.1.1 Μονοκρυσταλλικό Πυρίτιο

Τα κελιά μονοκρυσταλλικού πυριτίου κατασκευάζονται από έναν μεγάλο κρυσταλλικό δίσκο πυριτίου. Τα κελιά αυτά κατασκευάζονται με μία διαδικασία γνωστή ως διαδικασία “Czochralski”. Χαρακτηρίζονται από υψηλή απόδοση, της τάξης του 15-18% αλλά και υψηλότερο κόστος. Τα ηλιακά κελιά κατασκευάζονται σε σχήμα κύκλου, ή σχεδόν κύκλου καθώς και τετράγωνα. Τα κυκλικά ηλιακά κελιά είναι φθηνότερα από τα υπόλοιπα επειδή είναι λιγότερα τα υπολείμματα κατά την κατασκευή τους. Ωστόσο δε χρησιμοποιούνται συχνά στην κατασκευή φωτοβολταϊκών πάνελ επειδή δεν χρησιμοποιείται αποδοτικά μία επιφάνεια, λόγω των κενών μεταξύ τους όταν τοποθετούνται δίπλα το ένα στο άλλο. Αποτελούν όμως μία καλή προοπτική για ενσωμάτωση σε κτίρια όταν απαιτείται μερική διαπερατότητα στο φως. Το χρώμα τους είναι συνήθως βαθύ μπλε έως μαύρο όταν διαθέτουν αντί-ανακλαστική (AR) επίστρωση ή γκρι (χωρίς αντιανακλαστική επίστρωση).

2.1.2 Πολυκρυσταλλικό Πυρίτιο

Τα κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου είναι φθηνότερα από αυτά του μονοκρυσταλλικού πυριτίου αλλά και λιγότερο αποδοτικά. Κατασκευάζονται από δίσκους (wafers) πυριτίου που κόβονται από τετραγωνισμένους ράβδους πυριτίου. Η μέθοδος κατασκευής τους απαιτεί πολύ μικρότερη ακρίβεια με αποτέλεσμα να έχει μικρότερο κόστος κατασκευής συγκριτικά με τα φωτοβολταϊκά μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Η απόδοση τους κυμαίνεται από 13% έως 16% και κατασκευάζονται συνήθως σε τετράγωνο σχήμα . Το χρώμα τους είναι συνήθως μπλε όταν διαθέτουν αντί-ανακλαστική (AR) επίστρωση ή γκρι-ασημί (χωρίς αντιανακλαστική επίστρωση).

2.1.3 Τεχνολογίες λεπτού υμενίου (thin film)

Στις τεχνολογίες λεπτών υμενίων (thin film) η επεξεργασία του υλικού γίνεται με μεθόδους που δεν απαιτούν την ανάπτυξη μεγάλων θερμοκρασιών άρα με μειωμένο κόστος. Το ημιαγώγιμο υλικό τοποθετείται πάνω σε ένα φτηνό υπόστρωμα, όπως γυαλί, πλαστικό ή μέταλλο, με λεπτές στρώσεις (thin film) με μεθόδους όπως η εναπόθεση ατμών. Έτσι δαπανάται πολύ λιγότερο υλικό μειώνοντας περαιτέρω το κόστος παραγωγής. Μερικά από τα ημιαγώγιμα υλικά που χρησιμοποιούνται σε αυτή την τεχνολογία είναι το άμορφο πυρίτιο (a:Si), ο δισηληνοϊνδούχος χαλκός (CIS), το τελουριούχο κάδμιο (CdTe) που χαρακτηρίζονται από πολύ καλή απορρόφηση του φωτός.

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία thin film δεν έχουν περιορισμούς όσον αφορά την μορφή τους όπως συμβαίνει με τα κρυσταλλικά στοιχεία. Θεωρητικά, το υπόστρωμα μπορεί να πάρει οποιαδήποτε μορφή προτού εναποτεθεί πάνω του το ημιαγώγιμο υλικό. Όμως επειδή η διασύνδεση των φ/β στοιχείων thin film γίνεται εσωτερικά (με μονολιθογραφία κατά το στάδιο της επίστρωσης του υλικού) και όχι με εξωτερικούς ακροδέκτες όπως με τα wafers, μόνο για πρακτικούς σκοπούς, κατασκευάζονται ορθογώνιες μορφές.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά των ΦΒ πλαισίων, συγκεντρώνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Τεχνολογία	Μονοκρυσταλλικά	Πολυκρυσταλλικά	Thin Film		
			a-Si	CdTe	CIS
Μέγιστη απόδοση σε STC	19%	15%	8,5%	11%	11%
Μέσος όρος απόδοσης σε STC	14%	13%	6%	8%	8%
Θερμοκρασιακός συντελεστής στην ονομαστική ισχύ	-0,3/-0,5	-0,3/-0,5	-0,2	-0,2	-0,2
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά kWp	7-8 m ²	8-10 m ²	10-20 m ²		

Πίνακας 1: Τυπικά χαρακτηριστικά των διαφόρων τεχνολογιών φωτοβολταϊκών κυψελών Πηγή :[21]

2.2 Βάσεις Στήριξης

Οι βασικοί τρόποι στήριξης των ΦΒ πάνελ είναι :

1. Σε βάσεις σταθερής κλίσης ως προς την οριζόντιο
2. Σε βάσεις επί διατάξεων παρακολούθησης της πορείας του ήλιου που αναφέρονται ως συστήματα ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου (trackers)

2.2.1 Σταθερές βάσεις

Οι σταθερές βάσεις αποτελούν τον απλούστερο και οικονομικότερο τρόπο έδρασης Φ/Β πάνελ. Η αρχή σχεδιασμού τους είναι απλή : Οι ακτίνες του ήλιου θα πρέπει να προσπίπτουν κάθετα στην επιφάνεια των πλαισίων κατά τη διάρκεια του μεσημεριού . Για να ικανοποιείται αυτή η συνθήκη, η κλίση τους ως προς το οριζόντιο επίπεδο θα πρέπει να συμπίπτει με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής .Για παράδειγμα ,για την περιοχή της Αθήνας η τιμή αυτή ισούται με 30 ° .

Η θεμελίωση των σταθερών βάσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί με τους τρόπους που θα περιγραφούν παρακάτω αναλόγως του εδάφους, του μεγέθους και τους κόστους εγκατάστασης .Οι τέσσερις βασικοί τρόποι είναι :

1. Πασσαλόμπτυξη
2. Βιδωτά Θεμέλια
3. Θεμελίωση με μπετόν
4. Θεμελίωση με μεταλλικούς ορθοστάτες

2.2.1.1 Θεμελίωση πλαισίου με πάσσαλο

Η μέθοδος της πασσαλόμπτυξης περιλαμβάνει την τοποθέτηση εδαφοπασσάλων σε μικρά βάθη, πάνω στους οποίους τοποθετείται η βάση. Μπορεί να γίνει είτε απευθείας ή με τη χρήση σκυροδέματος. Η απευθείας πασσαλόμπτυξη χρησιμοποιείται κυρίως, όταν το μέγεθος εγκατάστασης είναι μεγάλο ή το έδαφος είναι ακατάλληλο για χρήση μπετόν.

Ένα πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ο μικρός χρόνος εγκατάστασης, καθώς το μονοπάσσαλο σύστημα στήριξης (ένας πάσσαλος ανά τρίγωνο στήριξης) απαιτεί λιγότερο χρόνο για αλφάδιασμα των πασσάλων και λιγότερα εξαρτήματα (βίδες). Επιπλέον, πραγματοποιείται ελάχιστη παρέμβαση στο έδαφος και κατά συνέπεια δεν επιβαρύνει το περιβάλλον. Το κόστος εγκατάστασης είναι σχετικά μικρό, αλλά απαιτεί αυτοψία και γεωτεχνική μελέτη της περιοχής, ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσο είναι εφικτή η συγκεκριμένη μέθοδος χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα στατικής επάρκειας των βάσεων. Οι εδαφοπάσσαλοι κατασκευάζονται συνήθως από χάλυβα γαλβανισμένο εν θερμώ. Σε πολλές περιπτώσεις προστίθενται επιπλέον υλικά για μεγαλύτερη προστασία από διαβρώσεις στο έδαφος. Διατίθενται σε πολλά μεγέθη και σχήματα όπως είναι οι τραπεζοειδείς, IPE, C, RHS και οι sigma. Οι αντίστοιχες βάσεις μπορεί να διαθέτουν ένα ή δύο πασσάλους ανά τρίγωνο στήριξης.



Εικόνα 2 :Θεμελίωση πλαισίου με πάσσαλο. Πηγή :[21]

2.2.1.2 Βιδωτά θεμέλια

Ένας επιπρόσθετος τρόπος θεμελίωσης βάσεων, είναι με τη χρήση βιδωτών θεμελίων (εδαφοκοχλίες) όπως είναι οι γαιοβίδες και οι αγκυροβίδες. Το υλικό κατασκευής τους είναι συνήθως χάλυβας γαλβανισμένος εν θερμώ. Τα θεμέλια αυτά έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, αντέχουν σε αντίξοες καιρικές συνθήκες και μπορούν άμεσα να στηρίξουν φορτίο. Επιπλέον, είναι ανθεκτικά και στιβαρά χάρη στη συμπίκνωση του χώματος κατά την τοποθέτηση. Ειδικά οι βίδες κωνικής μορφής, συμβάλλουν στη συμπίκνωση του χώματος, προσφέροντας σταθερότητα και ασφάλεια. Επίσης, μπορούν να τοποθετηθούν υπό όλες τις καιρικές συνθήκες και χρησιμοποιούνται για όλα τα είδη εδάφους, ακόμη και για επικλινή ή βραχώδη.



Εικόνα 3: Σταθερή βάση με βιδωτά θεμέλια Πηγή :[21]

Τα βιδωτά θεμέλια τοποθετούνται στο έδαφος με ειδικά μηχανήματα που ποικίλλουν ανάλογα με το μέγεθος του θεμελίου και το είδος του εδάφους στο οποίο θα εγκατασταθούν. Τα θεμέλια οδηγούνται στο έδαφος με περιστροφική κεφαλή, χωρίς δονήσεις, ενώ ταυτόχρονα ασκείται πίεση προς τα κάτω. Μέσω της περιστροφής του βιδωτού θεμελίου, το έδαφος συμπιέζεται και συμπυκνώνεται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να ασκείται πλευρική πίεση, που δεν επιτρέπει τη μετακίνηση του θεμελίου προς όλες τις κατευθύνσεις. Για να τοποθετούνται με ακρίβεια και κάθετα τα θεμέλια, χρησιμοποιείται εξοπλισμός για προ γεώτρηση του εδάφους ιδιαίτερα σε βραχώδη εδάφη.

Οι μέθοδοι της πασσαλόμπτυξης και βιδωτών θεμελίων που προαναφέρθηκαν, παρουσιάζουν ορισμένα πλεονεκτήματα συγκριτικά με τη χρήση μπετόν. Αρχικά είναι φιλικές προς το περιβάλλον γιατί δε χρησιμοποιείται μπετόν με αποτέλεσμα το έδαφος να μην επισφραγίζεται και να μην αλλοιώνεται η εικόνα του τοπίου. Επιπλέον καταργούνται τα έξοδα απομάκρυνσης και ανακύκλωσης του σκυροδέματος μετά από μερικά χρόνια. Επιπλέον, δεν υπάρχουν κόστη και χρόνος αναμονής για εκσκαφές, μπαζώματα, ισοπεδώσεις του εδάφους και σκυροδετήσεις.

2.2.1.3 Θεμελίωση με μπετόν

Ένας ακόμη διαδεδομένος τρόπος θεμελίωσης των βάσεων, είναι η σκυροδέτηση. Για να επιτευχθεί αυτό του είδους η θεμελίωση χρησιμοποιείται ένα ενιαίο δοκάρι από οπλισμένο σκυρόδεμα το οποίο τοποθετείται κατά μήκος όλης της σειράς των βάσεων. Ακόμη μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση πελμάτων από σκυρόδεμα τα οποία τοποθετούνται είτε επιφανειακά σε προκατασκευασμένα μπλοκ, είτε επιτόπου στο έργο σε ήδη σκαμμένες οπές.

Η χρήση αυτής της μεθόδου προσφέρει ευελιξία, καθώς το μπετόν προσαρμόζεται σε όλα τα είδη εδάφους, παρουσιάζει μεγάλη ανθεκτικότητα σε θλίψη και εφελκυσμό, δεν είναι εύφλεκτο, δεν διαβρώνεται εύκολα και απαιτεί ελάχιστη συντήρηση. Έτσι, χρησιμοποιείται όταν το έδαφος είναι μαλακό και η χρήση των άλλων μεθόδων είναι οικονομικά μη συμφέρουσα.

Επιπλέον, ο μελετητής μηχανικός θα πρέπει να είναι προσεκτικός στη χρήση παρελκόμενων υλικών όπως βίδες ή σύνδεσμοι Φ/Β πάνελ καθώς θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την αποφυγή οξειδώσεων, ηλεκτρόλυσης, όδευσης καλωδίων καθώς και για τη στήριξη πινάκων ή αντιστροφών σε περίπτωση που τεχνικά διαπιστωθεί ότι αυτή είναι η βέλτιστη λύση.



Εικόνα 4: Σταθερή βάση με σκυροδέτηση Πηγή :[21]

2.2.1.3 Θεμελίωση με μεταλλικούς ορθοστάτες

Ένας ακόμη τρόπος θεμελίωσης σταθερών βάσεων, είναι με εκσκαφή οπής, τοποθέτηση μεταλλικού ορθοστάτη με πέλμα και επανεπίχωση με κατάλληλα συμπυκνωμένα υλικά. Ο μεταλλικός ορθοστάτης μπορεί να τοποθετηθεί με κρουστικά γεωτρύπανα με άκαμπτη στήλη όπως είναι τα Wagon-Drill.

Μια βάση που θεμελιώνεται με αυτόν τον τρόπο, κατασκευάζεται από χάλυβα υψηλής αντοχής (όριο διαρροής 750N/mm²) γαλβανισμένο εν θερμώ σε συνδυασμό με ψευδάργυρο με αντιδιαβρωτική προστασία. Περιλαμβάνει ένα ισχυρό τριγωνικό πλαίσιο και τρία σημεία πάκτωσης ανά στατικό φορέα, για αντοχή σε αξονικές και εγκάρσιες φορτίσεις.

2.2.2 Συστήματα ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου

Η ιχνηλάτηση της πορείας του ήλιου αποτελεί μια τεχνική η οποία στοχεύει στη μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της προσπάθειας κίνησης των βάσεων των πλαισίων κατά τη διάρκεια της ημέρας, ώστε να επιτυγχάνεται συνεχώς η κάθετη πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Τα συστήματα ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου ή αλλιώς tracker χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη πολυπλοκότητα σχέση με τα συστήματα βάσεων. Παρέχουν όμως έως και 30% αυξημένη απόδοση σε σχέση με τα συστήματα βάσεων.

Οι κατηγορίες των συστημάτων αυτών είναι :

1. *Συστήματα μονού άξονα (single axis)* : Συστήματα στα οποία λαμβάνει χώρα κίνηση των πλαισίων στον άξονα Ανατολή-Δύση. Τυπικά επιτυγχάνουν αύξηση της παραγωγής κατά 20-25% σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων.
2. *Συστήματα διπλού άξονα (dual axis)*: Πρόκειται για συστήματα στα οποία είναι επιπλέον δυνατή η ρύθμιση της κλίσης των πάνελ ως προς το οριζόντιο επίπεδο.

Αυτή η επιπλέον δυνατότητα παρέχει αυξημένη απόδοση κατά 25-40% σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων.

Η κίνηση των tracker επιτυγχάνεται συνήθως με ηλεκτρο-μηχανικά ή ηλεκτρο-υδραυλικά μέσα. Η ανίχνευση της πορείας του ήλιου γίνεται συνήθως με δύο τρόπους: ο πρώτος τρόπος είναι με ηλιακούς αισθητήρες, οι οποίοι αντιλαμβάνονται τη θέση του ήλιου. Ο δεύτερος τρόπος είναι μέσω λογισμικού, από αστρονομικά δεδομένα, βάσει των οποίων υπολογίζεται η θέση και η πορεία του ήλιου για κάθε μέρα του έτους, ανάλογα με τις γεωγραφικές συντεταγμένες της περιοχής.

Το σημαντικό μέγεθος των συγκεκριμένων κατασκευών καθιστά πολυπλοκότερη την έδραση τους, με τον όγκο του οπλισμένου σκυροδέματος να φτάνει ακόμα και τα 20 έως 30 m³. Το ύψος τέτοιων έργων αυξάνει τις απαιτήσεις χώρου, λόγω των μεγαλύτερων αποστάσεων που απαιτούνται για αποφυγή των σκιάσεων. Επιπλέον, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή κατά τη μελέτη στο θέμα των ανεμοπιέσεων. Συνήθως με τη χρήση ανεμόμετρου όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει ένα όριο για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα το σύστημα κίνησης λαμβάνει εντολή να θέσει την επιφάνεια των πάνελ σχεδόν παράλληλα με το έδαφος για λόγους προστασίας. Η ταχύτητα αυτή ποικίλλει ανάλογα με τον κατασκευαστή αλλά μπορεί να είναι χαμηλή (5-6 Bf).

2.3 Αντιστροφείς

Με τον όρο αντιστροφέα (inverter) αναφερόμαστε στη διάταξη ηλεκτρονικών Ισχύος η οποία μετατρέπει τη συνεχή (DC) τάση που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πάνελ σε εναλλασσόμενη τάση (AC) κατάλληλων χαρακτηριστικών ώστε να μπορεί να τροφοδοτήσει το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Οι αντιστροφείς πάντα έχουν ένα κομβικό ρόλο στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση αφού όλη η παραγόμενη ενέργεια διοχετεύεται μέσω αυτών στο δίκτυο. Για το λόγο αυτό πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην επιλογή υψηλής απόδοσης και αξιοπιστίας αντιστροφέων σε κάθε φωτοβολταϊκό έργο.

Εκτός των κυκλωμάτων ισχύος στα τμήματα του αντιστροφέα περιλαμβάνονται και τα κυκλώματα ελέγχου, τα οποία διασφαλίζουν ότι η τάση και η συχνότητα στην έξοδο είναι εντός συγκεκριμένων

ορίων, αναλόγως του ηλεκτρικού δικτύου της χώρας στην οποία θα λειτουργήσουν, αλλά και βαθμίδων ασφαλείας όπως είναι αυτή της προστασίας κατά της νησιδοποίησης.

Οι κατηγορίες στις οποίες μπορούμε να εντάξουμε τους αντιστροφείς είναι :

1. Ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης με το δίκτυο σε μονοφασικούς και τριφασικούς αντιστροφείς
2. Αντιστροφείς με μετασχηματιστή ή χωρίς μετασχηματιστή
3. Αντιστροφείς με έναν ή πολλαπλούς MPP trackers
4. Υβριδικά συστήματα

2.3.1 Τρόπος σύνδεσης με το δίκτυο

• Μονοφασικοί αντιστροφείς

Οι μονοφασικοί αντιστροφείς είναι μικρής ισχύος και συνήθως από 2kVA έως 5 kVA. Εγκαθίστανται σε μικρές εγκαταστάσεις όπου ο χώρος είναι περιορισμένος ή σε εγκαταστάσεις όπου οι γενικές παροχές είναι μονοφασικές. Υπάρχει το ενδεχόμενο να υπάρχουν τρεις μονοφασικοί αντιστροφείς και να τροφοδοτούν τριφασικά το δίκτυο. Αφορά υλοποίηση η οποία συνηθιζόταν πριν την εμφάνιση των τριφασικών αντιστροφέων και η οποία πλέον δεν εφαρμόζεται χάριν απλότητας και οικονομίας. Ο κυριότερος όμως λόγος είναι η συμμετρία στην ισχύ εξόδου.

• Τριφασικοί αντιστροφείς

Οι τριφασικοί inverters έχουν συνήθως ισχύ από 4 έως 5kVA, και ανεβαίνουν σε ισχύ εξόδου αναλόγως κατασκευαστή έως τα 100-120kVA. Στο Ελληνικό ηλεκτρικό σύστημα δε χρησιμοποιούνται οι τριφασικοί μέχρι και τα 5kVA λόγω απαίτησης του ΔΕΔΔΗΕ. Όλοι οι αντιστροφείς που αναφέρονται είναι τύπου string inverter πλην των υβριδικών που θα αναφερθούν σε ξεχωριστή ενότητα παρακάτω. Αυτό σημαίνει ότι τα πάνελ της φωτοβολταϊκής γεννήτριας συνδέονται ως στοιχειοσειρά και στη συνέχεια καταλήγουν στην είσοδο του inverter. Ανάλογα με την ελάχιστη και τη μέγιστη επιτρεπτή τάση ανοιχτού κύκλωσης V_{oc} του αντιστροφέα υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης περισσότερων από μία συστοιχιών πάνελ.

Στην κατηγορία των τριφασικών inverters περιλαμβάνεται και η κατηγορία των τριφασικών **central inverters**. Αυτή είναι μια κατηγορία inverter μέσης ισχύος η οποία περιλαμβάνει κεντρικό μετατροπέα (ο οποίος περιλαμβάνει με την σειρά του πολλές βαθμίδες επιμέρους inverter) και μετασχηματιστή ξηρού τύπου στην έξοδο για την απευθείας σύνδεση του συγκροτήματος στη μέση τάση 20kV.

2.3.2 Inverters με ή χωρίς μετασχηματιστή

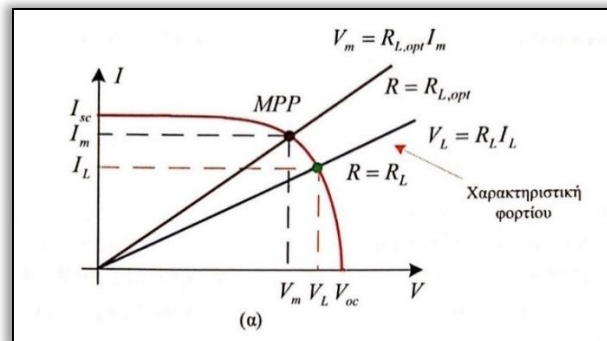
Η συγκεκριμένη κατηγοριοποίηση δεν αφορά τους central inverters που μπορεί να περιλαμβάνουν Μ/Σ ανύψωσης τάσης στην έξοδο για τη σύνδεση του συστήματος στη μέση τάση. Η διαφοροποίηση αυτή, αφορά την μικρή κατηγορία των αντιστροφέων .

Οι inverters οι οποίοι έχουν μετασχηματιστή στην έξοδο τους, έχουν ελάχιστα μικρότερο βαθμό απόδοσης από αυτούς χωρίς μετασχηματιστή. Ωστόσο είναι επιτακτική η χρήση τους σε συστήματα με πάνελ τα οποία είναι της οικογένειας thin film. Αυτό είναι απαραίτητο διότι ο κατασκευαστής των συγκεκριμένων πάνελ επιβάλει γείωση του αρνητικού άκρου των πάνελ. Με τη χρήση Μ/Σ στην έξοδο επιτυγχάνεται γαλβανική προστασία σε σχέση με το δίκτυο και μηδενική έγχυση DC στην έξοδο.

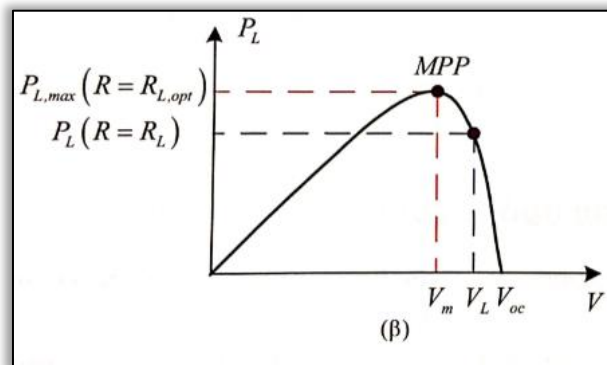
Πλέον, όμως, εφόσον γίνεται χρήση φωτοβολταϊκών πλαισίων thin film, είναι δυνατή η προμήθεια ειδικών kit με τα οποία είναι εφικτή η χρησιμοποίηση inverter χωρίς μετασχηματιστή.

2.3.3 Αντιστροφείς με έναν ή πολλαπλούς MPP trackers

Για την εύρεση του μέγιστου σημείου ισχύος της στοιχειοσειράς ή string των Φ/Β πάνελ και τη μέγιστη εκμετάλλευση της ενέργειας που αυτά παράγουν, υπάρχει ειδική διάταξη εντός του inverter. Στο παρακάτω διάγραμμα διακρίνεται το μέγιστο σημείο ισχύος ενός φωτοβολταϊκού πάνελ.

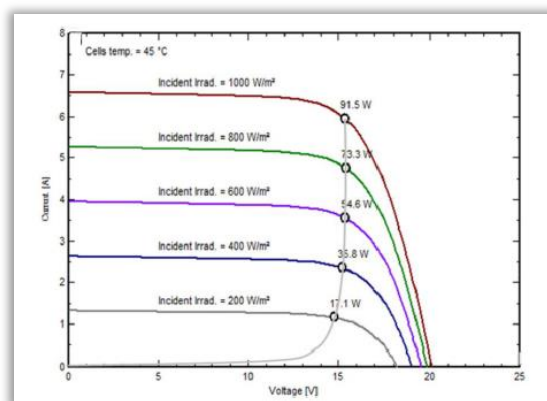


Εικόνα 5: Μέγιστη αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύ στο φορτίο – Καμπύλη I-V Πηγή :[22]

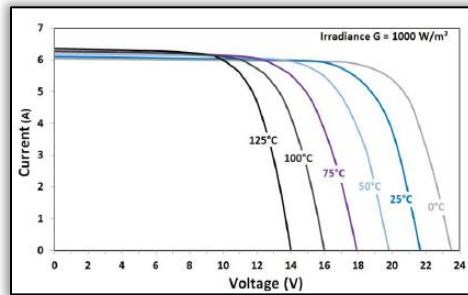


Εικόνα 6: Μέγιστη αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύ στο φορτίο – Καμπύλη αποδιδόμενης ισχύος Πηγή :[22]

Το μέγιστο σημείο ισχύος του φωτοβολταϊκού πάνελ επηρεάζεται σημαντικά από την ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας αλλά και τη θερμοκρασία του πάνελ. Η ισχύς αυξάνεται με την αύξηση της έντασης της φωτεινής ακτινοβολίας. Αντίστοιχα, η θερμοκρασία επηρεάζει αρνητικά την ισχύ του πάνελ, δηλαδή με την αύξηση της θερμοκρασίας έχουμε μείωση στην ισχύ εξόδου. Στα παρακάτω διαγράμματα απεικονίζεται αρχικά η μεταβολή του σημείου μέγιστης ισχύος του Φ/Β πάνελ σε σχέση με την ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας και έπειτα η μεταβολή του σημείου μέγιστης ισχύος του σε σχέση με τη θερμοκρασία .



Εικόνα 7: Μέγιστο σημείο ισχύος φ/β πάνελ / ένταση φωτεινής ακτινοβολίας Πηγή: [16]



Εικόνα 8: Μέγιστο σημείο ισχύος φ/β πάνελ / θερμοκρασία [16]

Λόγω της μεγάλης και συνεχούς διακύμανσης της ισχύος εξόδου του Φ/Β πάνελ σε συνθήκες λειτουργίας το κύκλωμα MPPT είναι σημαντικό για την μέγιστη απόδοσης της Φ/Β μονάδας. Υπάρχουν inverters με έναν, δύο ή και τρεις ανεξάρτητους MPP tracker στις εισόδους τους.

Τα πάνελ τα οποία συνδέονται σε κάθε συστοιχία θα πρέπει να είναι ίδιων ηλεκτρικών χαρακτηριστικών και ίδιας κλίσης και προσανατολισμού. Αυτό πρέπει να γίνεται για να έχουν κοινή μεταβολή της τάσης και του ρεύματος και, συνεπώς, της ισχύος εξόδου κατά την κίνηση της Γής περί του Ήλιου. Σε μια εγκατάσταση με 3 διαφορετικές Φ/Β στοιχειοσειρές, η κάθε μια από τις οποίες έχει διαφορετικό προσανατολισμό, είναι απαραίτητο να συνδεθούν ή σε ξεχωριστό inverter ή σε ξεχωριστή είσοδο inverter η οποία θα διαθέτει τον δικό της ανεξάρτητο MPP tracker.

Συνεπώς, αναλόγως της εγκατάστασης, επιλέγεται ο inverter όχι μόνο κρίνοντας από την ισχύ της εγκατάστασης ή αν θα είναι τριφασικός ή μονοφασικός, αλλά λαμβάνοντας υπόψη παράλληλα τη σχεδίαση και την τοπολογία της εγκατάστασης (κλίση, προσανατολισμό, σκιάσεις κλπ.).

2.3.4 Υβριδικά συστήματα

Πέραν των κατηγοριών που αναφέρθηκαν, υπάρχουν τα υβριδικά συστήματα inverters. Τα εν λόγω συστήματα αποτελούνται από τους micro inverters οι οποίοι κατανέμονται σε δύο κατηγορίες.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι micro inverters DC-DC και στη δεύτερη κατηγορία οι DC-AC. Η ιδέα των micro inverters είναι ότι σε κάθε πάνελ υπάρχει ένας MPP tracker ενώ στους “κλασσικούς” string inverters έχουμε έναν MPP tracker ανά συγκεκριμένο αριθμό πάνελ.

Τα υβριδικά συστήματα παρουσιάζουν μερικά πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα .

1. **Σκιάσεις ή βλάβη Φ/Β πάνελ** :Σε περίπτωση σκίασης ,σε έναν κλασσικό inverter όπου τα πάνελ είναι συνδεδεμένα σε συστοιχία θα επηρεαστεί η απόδοση όλης της συστοιχίας, ενώ σε μια εγκατάσταση με micro inverters επηρεάζονται μόνο τα πάνελ τα οποία έχουν σκίαση. Το ίδιο συμβαίνει και αν κάποιο από τα πάνελ της στοιχειοσειράς εμφανίσει πρόβλημα όπως για παράδειγμα στην περίπτωση σπασμένης κυψέλης.
2. **Επίλυση στα Προβλήματα διαστασιολόγησης και σχεδίασης της εγκατάστασης.** Τα πάνελ σε μια συστοιχία ενός string inverter πρέπει να έχουν όλα τον ίδιο προσανατολισμό και την ίδια κλίση. Αυτό όμως δεν είναι πάντοτε εφικτό. Έτσι όταν στην τοποθεσία εγκατάστασης υπάρχουν διαφορετικές κλίσεις ή προσανατολισμοί οδηγούμαστε στη χρήση micro inverter.
3. **Καλύτερη λειτουργία της εγκατάστασης, εποπτεία, συντήρηση και αποκατάσταση βλαβών.** Κατά τη λειτουργία της εγκατάστασης υπάρχει ενημέρωση για την απόδοση κάθε πάνελ ξεχωριστά. Αυτό βοηθάει σε μέγιστο βαθμό στην εποπτεία και την συντήρηση της μονάδας καθώς και στην γρήγορη αποκατάσταση των βλαβών. Σε ένα κλασσικό σύστημα με string

inverter, για τον εντοπισμό ενός προβληματικού πάνελ ή σύνδεσης το οποίο έχει μειωμένη απόδοση στοιχειοσειράς, θα χρειάζονταν εξειδικευμένος εξοπλισμός και πολλές εργατοώρες για την εύρεση και αποκατάσταση της βλάβης.

4. **Απουσία φαινομένου PID.** Το φαινόμενο PID (Potential Induced Degradation) είναι ένα από τα φαινόμενα που έχουν παρουσιαστεί τα τελευταία χρόνια σε συστήματα Φωτοβολταϊκών. Επηρεάζει τα τελευταία πάνελ της στοιχειοσειράς τα οποία είναι πιο κοντά στον αρνητικό πόλο. Οι τάσεις των στοιχειοσειρών πλησιάζουν τα 1000V (DC) και στα νέας γενιάς συστήματα 1500V (DC). Λόγω αυτής της υψηλής τάσης υπάρχει διαφυγή ηλεκτρονίων προς το πλαίσιο των φ/β, η οποία οδηγεί σταδιακά στην μείωση της απόδοσης των πλαισίων. Στα συστήματα των micro inverter οι τάσεις στη στοιχειοσειρά είναι περίπου της τάξης των 40V κάτι το οποίο είναι απολύτως ασφαλές για τη μη εμφάνιση του φαινομένου.
5. **Κίνδυνος ατυχήματος και πυρκαγιάς.** Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, οι τάσεις και τα ρεύματα είναι μεγάλα στις εγκαταστάσεις των string inverter. Η εν λειτουργία αποκοπή καλωδίου DC ή το άνοιγμα ενός ακροδέκτη φ/β θα δημιουργήσει ηλεκτρικό τόξο το οποίο μπορεί να προκαλέσει φωτιά σε εύφλεκτες κατασκευές ή εγκαύματα (Άνθρωπο ή ζώα). Στα συστήματα των micro inverter οι τάσεις στην στοιχειοσειρά είναι περίπου της τάξης των 40V σε κατάσταση ηρεμίας, κάτι που είναι πιο ασφαλές .
6. **Χρησιμοποίηση πάνελ διαφορετικών τύπων και χαρακτηριστικών.** Αυτό είναι κάτι το οποίο δεν μπορεί να υλοποιηθεί με τους string inverters.

Τα μειονεκτήματα των υβριδικών συστημάτων συνοψίζονται στα παρακάτω σημεία:

1. **Αυξημένο κόστος.** Το κόστος υλοποίησης σε αυτά τα συστήματα είναι μεγαλύτερο διότι προστίθεται το κόστος των επιπλέον ηλεκτρονικών διατάξεων.
2. **Μεγαλύτερη πολυπλοκότητα και πιθανότητα εμφάνισης βλαβών.** Με την αναγκαστική εισαγωγή επιπλέον εξοπλισμού στο σύστημα όπως είναι οι power optimizers αλλά και επιπλέον συνδέσεων υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης βλαβών σε σύγκριση με την απλή σύνδεση των πάνελ σε στοιχειοσειρές
3. **Δεν ενδείκνυται για εγκαταστάσεις μεγάλου μεγέθους.** Δεν υφίσταται πλεονέκτημα στις περιπτώσεις μεγάλων μονάδων με εγκαταστάσεις ίδιας κλίσης, ίδιου προσανατολισμού χωρίς σκιάσεις και πάνελ ίδιου τύπου, όπως είναι οι εγκαταστάσεις φ/β πάρκων. Επιπλέον ο συνολικός βαθμός απόδοσης του γινομένου ενός power box και ενός inverter είναι μικρότερος από τον βαθμό απόδοσης ενός inverter υψηλής απόδοσης.

2.4 Υποσταθμός Μέσης Τάσης

Όταν η εγκαταστημένη ισχύ του Φ/Β πάρκου ξεπερνά τα 100 kWp είναι απαραίτητη η τοποθέτηση ενός ή περισσότερων σταθμών Μέσης Τάσης(MT) για να πραγματοποιηθεί η σύνδεση με το δίκτυο .Ο κάθε υποσταθμός MT ενός φωτοβολταϊκού πάρκου αποτελείται από τα εξής τμήματα :

1. Πίνακα Μέσης Τάσης
2. Ένα ή περισσότερους μετασχηματιστές Ισχύος
3. Πίνακα χαμηλής Τάσης

Κατά τη σχεδίαση του φωτοβολταϊκού πάρκου είναι αναγκαία η πρόβλεψη για τη στέγαση του υποσταθμού βάσει συγκεκριμένων προδιαγραφών. Είναι προτιμότερο η περιοχή εγκατάστασης να διαθέτει τρεις ανεξάρτητους χώρους στους οποίους θα τοποθετηθεί ο πίνακας Μέσης και Χαμηλής Τάσης καθώς και όσοι μετασχηματιστές απαιτούνται. Εάν δεν υπάρχει αυτή η δυνατότητα μπορούμε

να εγκαταστήσουμε στον ίδιο χώρο τον πίνακα ΜΤ και τους Μ/Σ.Ο γενικός πίνακας χαμηλής τάσης πρέπει να βρίσκεται σε ξεχωριστό χώρο .

Επιγραμματικά ,θα αναφέρουμε κάποιες βασικές προδιαγραφές των παραπάνω χώρων όπως ορίζονται από τα αντίστοιχα πρότυπα .Οι χώροι των μετασχηματιστών και του ηλεκτρικού πίνακα Μέσης Τάσης πρέπει να είναι κλειστοί και κατασκευασμένοι από άκαυστα υλικά με μεταλλικές πόρτες από χαλυβδοέλασμα,ελάχιστου πάχους 1 mm και να διαθέτουν περσίδες για τον αερισμό του χώρου .Ο αερισμός του χώρου μπορεί να είναι φυσικός ή τεχνητός .Σε περίπτωση που ο Μ/Σ είναι ελαιόψυκτος ,ο χώρος πρέπει να διαθέτει λεκάνη με επαρκή χωρητικότητα για την περισυλλογή του λαδιού σε περίπτωση διαρροής, χωρίς όμως να αφήνει το λάδι σε ελεύθερη επιφάνεια για την αποφυγή πυρκαγιάς.

Κατά τη μελέτη ενός υποσταθμού θα πρέπει να γίνουν υπολογισμοί για τον προσδιορισμό :

- Μεγέθους και πλήθους των Μ/Σ ισχύος
- Μεγέθους και είδους των καλωδίων Μέσης Τάσης
- Μεγέθους και είδους των ζυγών στη μέση και χαμηλή τάση
- Μεγέθους και είδους των μέσων προστασίας στη μέση και χαμηλή τάση

Η ισχύς των μετασχηματιστών ενός υποσταθμού υπολογίζεται βάσει της μέγιστης ενεργού ισχύος του σταθμού η οποία καθορίζεται στη φάση της μελέτης .Η επιλογή του πλήθους των μετασχηματιστών καθορίζεται από το μέγεθος της ισχύος και τη χωροθέτηση του φωτοβολταϊκού σταθμού .Επιπλέον, λαμβάνεται υπόψιν η τάσης βραχυκύκλωσης ,η ομάδα συνδεσμολογίας του και το είδος της μόνωσης του .Συνήθως προτιμάται η τάση βραχυκύκλωσης 4-6 % για να διατηρείται η πτώση τάσης χαμηλή. Σε ιδιωτικούς υποσταθμούς συνήθως επιλέγεται η συνδεσμολογία Dy .

Ως προς το είδος του μόνωσης των μετασχηματιστών που θα επιλεγούν ,διακρίνονται οι μετασχηματιστές ελαίου και οι μετασχηματιστές ξηρής μόνωσης. Οι ελαιόψυκτοι μετασχηματιστές είναι φθηνότεροι αλλά απαιτούν ειδική διαμόρφωση του χώρου για την παραλαβή του ελαίου και αυστηρότερα μέσα πυροπροστασίας. Αντίθετα, οι μετασχηματιστές ξηρής μόνωσης είναι ακριβότεροι αλλά θεωρούνται ουσιαστικά άκαυτοι και δεν απαιτούν κάποια ειδική διαμόρφωση .

Για τον υπολογισμό του μεγέθους της διατομής του καλωδίου μέσης τάσης πρέπει να γίνει μελέτη των ρευμάτων βραχυκύκλωσης σύμφωνα με το πρότυπο VDE 0102 .Ένας από τους πλέον συνήθεις τύπους καλωδίων μέσης τάσης που χρησιμοποιούνται είναι το N(A)2XSΥ με μόνωση από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο και μανδύα από PVC .

Οι ζυγοί μέσης και χαμηλής τάσης υπολογίζονται με βάση τη θερμική αντοχή τους στο ρεύμα του φορτίου και τη μηχανική αντοχή στις δυνάμεις κατά τη διάρκεια του βραχυκυκλώματος .Οι υπολογισμοί γίνονται σύμφωνα με τα πρότυπα VDE 0103/1988,DIN 57103/1988 και IEC 865 .

2.5 Μέσα Προστασίας

Ως μέσα προστασίας εννοούνται οι συσκευές οι οποίες δύνανται να διακόψουν έγκαιρα και με ασφάλεια μια μη ομαλή κατάσταση λειτουργίας. Τέτοια κατάσταση μπορεί να είναι η υπερφόρτιση ,το βραχυκύκλωμα ,η έλλειψη τάσης και η υπέρταση .Τα μέσα γενικής προστασίας που χρησιμοποιούνται είναι οι **ασφάλειες** και οι αυτόματοι **διακόπτες ισχύος** .

Θα αναφέρουμε επιγραμματικά τα κυριότερα χαρακτηριστικά από τα δυο παραπάνω γενικά μέσα προστασίας .

Οι ασφάλειες είναι μηχανισμοί οι οποίοι διακόπτουν την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε ολόκληρη την ηλεκτρική εγκατάσταση ή σε επιμέρους κυκλώματα της όταν εμφανιστούν μεγάλες τιμές ρεύματος που οφείλονται σε βραχυκύκλωμα ή σε υπερφόρτιση .Οι ασφάλειες τοποθετούνται πάντοτε μετά από τους διακόπτες των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και δεν τοποθετούνται ποτέ σε αγωγούς γείωσης . Ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους οι ασφάλειες διακρίνονται σε **αυτόματες ασφάλειες** και **ασφάλειες τήξης** .

2.5.1 Αυτόματες ασφάλειες

Οι αυτόματες ασφάλειες φέρουν εσωτερικά μηχανισμό λειτουργίας που ενεργοποιείται όταν έχουμε βραχυκύκλωμα. Αποτελούνται από πηνίο με πυρήνα σιδήρου που μετακινείται στιγμιαία και με σκανδαλισμό ανοίγει τις επαφές του διακόπτη της ασφάλειας .Οι αυτόματες ασφάλειες διακρίνονται σε :

- Μονοπολικές
- Διπολικές
- Μονοπολικές +N
- Τριπολικές
- Τετραπολικές

Κατασκευάζονται από διάφορες εταιρείες σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς και με ικανότητα διακοπής από 3kA έως 25 kA.

2.5.2 Ασφάλειες Τήξης

Οι ασφάλειες τήξης αποτελούν την πιο παλιά διάταξη προστασίας και σήμερα η χρήση τους έχει περιοριστεί στο ελάχιστο αφού έχουν αντικατασταθεί από τις αυτόματες ασφάλειες .

2.5.3 Αυτόματοι διακόπτες Ισχύος

Οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος (circuit-breaker) είναι μέσα προστασίας τα οποία έχουν τη δυνατότητα να προστατεύσουν σε περίπτωση υπερφόρτισης, δηλαδή ρεύμα το οποίο είναι ακόμη και λίγο παραπάνω από το ονομαστικό ρεύμα αλλά και σε βραχυκυκλώματα όπως οι ασφάλειες .Οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος έχουν επιπλέον τη δυνατότητα ρύθμισης των χαρακτηριστικών τιμών λειτουργίας τους κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την επίτευξη της επιλογικής προστασίας .Υπάρχουν τα παρακάτω είδη Διακοπών Ισχύος εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου :

- Διακόπτης πτωχού ελαίου (oil-minimum)
- Διακόπτης αερίου SF6
- Διακόπτης Κενού (vacuum)

Η συνηθέστερη επιλογή είναι ο διακόπτης Ισχύος πτωχού ελαίου ο οποίος ονομάζεται έτσι λόγω της πολύ λιγότερης ποσότητας λαδιού που χρησιμοποιεί σε σχέση με παλαιότερους διακόπτες. Συναντώνται κατά κόρον στο ηλεκτρικό δίκτυο όπου αναφέρονται ως ελαιοδιακόπτες (E/Δ).

Ένας διακόπτης Ισχύος σε περίπτωση σφάλματος μπορεί να ανοίξει και να κλείσει με δύο τρόπους :

1. Όταν διεγείρεται είτε από το θερμικό στοιχείο είτε από το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο του διακόπτη .Η προστασία αυτού του τύπου ονομάζεται «πρωτογενής» προστασία .
2. Παίρνοντας εντολή από έναν ηλεκτρονόμο υπερέντασης οπότε έχουμε τη «δευτερογενή προστασία»

2.5.4 Ηλεκτρονόμοι προστασίας

Οι ηλεκτρονόμοι προστασίας (H/N) είναι συσκευές που έχουν σκοπό τη συνεχή επιτήρηση ενός ηλεκτρικού μεγέθους (συνήθως ηλεκτρικό ρεύμα) σε ένα τμήμα της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Όταν το επιτηρούμενο μέγεθος ξεπεράσει τα όρια επιτήρησης αυτόματα δίνουν τις απαραίτητες εντολές με σκοπό την προστασία του εξοπλισμού. Η συνηθέστερη εντολή είναι η εντολή ανοίγματος του διακόπτη. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι ηλεκτρονόμων προστασίας που συναντώνται στα δίκτυα Μέσης Τάσης είναι :

- H/N υπερέντασης (Overcurrent relay)
- H/N έλλειψης τάσης (Undervoltage relay)
- H/N σφάλματος προς γη (Ground overcurrent relay)
- H/N διαφορικής προστασίας (Differential protection relay)

Οι σύγχρονοι ηλεκτρονόμοι είναι πλήρως ψηφιακές συσκευές οι οποίες περιλαμβάνουν τουλάχιστον ένα μικροεπεξεργαστή που αναλαμβάνει το σύνολο των συμβατικών λειτουργιών ενός ηλεκτρονόμου. Επιπλέον, ο μικροεπεξεργαστής μπορεί να επικοινωνεί με συστήματα επιλογής και επεξεργασίας δεδομένων (SCADA).

2.5.5 Επιλογή μέσου προστασίας

Η επιλογή του κατάλληλου μέσου προστασίας (ασφάλεια ή αυτόματος διακόπτης ισχύος εξαρτάται από το είδος της παροχής του διαχειριστή του δικτύου. Ανάλογα με το είδος του δικτύου (εναέριο ή υπόγειο) από το οποίο θα τροφοδοτηθεί ο υποσταθμός, τη συνολική του ισχύ και τα τεχνικά στοιχεία της ηλεκτρικής προστασίας του ο ΔΕΔΔΗΕ έχει διαμορφώσει ορισμένες τυπικές παροχές. Οι παροχές διακρίνονται σε δύο τύπους :

- Παροχές τύπου Α, όταν γίνονται από εναέριο δίκτυο του Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε
- Παροχές τύπου Β, όταν γίνονται από υπόγειο δίκτυο του Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε

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 του ΔΕΔΔΗΕ και εν πολλοίς τη μέθοδο προστασίας που πρέπει να εφαρμόσει ο καταναλωτής. Παρακάτω παρατίθεται ένα συνοπτικός πίνακας των συνδυασμών προστασίας.

Τύπος παροχής	Μέσο προστασίας από την πλευρά του Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε	Γενικό μέσο προστασίας από την πλευρά του παραγωγού
A1	ΑΣΦΑΛΕΙΑ 30Α ΒΡΑΔΕΙΑΣ ΤΗΞΗΣ	ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΜΕΧΡΙ 40 Α ΤΑΧΕΙΑΣ ΤΗΞΗΣ Ή ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ
A2	ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ	ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΜΕΧΡΙ 50 Α ΤΑΧΕΙΑΣ ΤΗΞΗΣ Ή ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

B1	ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ ΤΑΧΕΙΑΣ ΤΗΞΗΣ	ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΣΤΗ ΜΕΣΗ ΤΑΣΗ. ΣΤΗ ΧΑΜΗΛΗ ΤΑΣΗ:ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΜΕΧΡΙ 400 Α ΠΟΥ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΙ ΣΕ Μ/Σ 250 kVA.ΓΙΑ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΕΣ ΙΣΧΥΕΙΣ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ
B2	ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ	ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΣΤΗ ΜΕΣΗ ΤΑΣΗ

Πίνακας 2: Τύποι παροχής και μέσα προστασίας Πηγή :[16]

2.5.6 Προστασία Μετασηματιστή

Εκτός των παραπάνω γενικών μέσων προστασίας κατά περίπτωση εφαρμόζονται και κάποια ειδικά μέσα προστασίας .Τέτοια είναι, η επιτήρηση θερμοκρασίας, ο ηλεκτρονόμος Buchholtz και η διαφορική προστασία .

Η επιτήρηση της θερμοκρασίας πραγματοποιείται συνήθως με ειδικές αντιστάσεις και σε περίπτωση υπέρβασης της πάνω από ένα συγκεκριμένο όριο διακόπτεται η παροχή. Η συνήθης αιτία ανύψωσης της θερμοκρασίας σε ένα μετασηματιστή είναι ένα βραχυκύκλωμα ή μια διαρκής υπερφόρτιση .

Ο ηλεκτρονόμος Buchholtz λειτουργεί με την παρουσία αερίων καύσης λαδιού ή μόνωσης σε ένα χώρο ή με την παρουσία αέρα σε αυτόν. Τα αέρια καύσης προκαλούνται από βραχυκυκλώματα ή σφάλματα της μόνωσης στο μετασηματιστή ενώ η ύπαρξη αέρα οφείλεται σε διαρροή λαδιού .Για λόγους οικονομίας εφαρμόζεται σε μετασηματιστές ισχύος 800 kVA και πάνω ή αν ζητηθεί.

Η διαφορική προστασία είναι μια σχετικά πλήρης αλλά δαπανηρή μέθοδος προστασίας. Με τη μέθοδο αυτή μπορεί να ανιχνευτούν μονοφασικά,διφασικά,τριφασικά σφάλματα ,σφάλματα μεταξύ των τυλιγμάτων ή των σπειρών του ενός τυλίγματος του μετασηματιστή .Αυτό γίνεται με σύγκριση των ανηγμένων ρευμάτων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος. Τα ρεύματα του δευτερεύοντος καταλήγουν στο διαφορικό ηλεκτρονόμο ο οποίος ελέγχει ότι τα εισερχόμενα ρεύματα είναι ίσα με τα εξερχόμενα και αν όχι δίνει εντολή απόζευξης .

2.6 Γείωση

Ως γείωση ορίζεται η αγώγιμη σύνδεση σκόπιμη ή τυχαία ,μέσω της οποίας ένα ηλεκτρικό κύκλωμα ή μια συσκευή συνδέεται με τη γη ή με ένα αγώγιμο σώμα τέτοιας έκτασης που να θεωρείται γη .Η γείωση διακρίνεται σε γείωση λειτουργίας και σε γείωση προστασίας .

2.6.1 Γείωση προστασίας

Στο σύστημα της γείωσης προστασίας Μ.Τ συνδέονται όλα τα μεταλλικά μέρη του εξοπλισμού που λειτουργούν με ονομαστική τάση μεγαλύτερη από 1 kV ,τα οποία δεν ανήκουν στο ενεργό κύκλωμα αλλά μπορούν να γίνουν ενεργά σε περίπτωση σφάλματος ή ηλεκτρικού τόξου. Παραδείγματα τέτοιων στοιχείων είναι ο πίνακας Μέσης Τάσης ,το δοχείο του Μ/Σ, οι θωρακίσεις των καλωδίων Μ.Τ κ.α.

2.6.2 Γείωση λειτουργίας

Ορίζεται η γείωση ενός σημείου του ενεργού κυκλώματος (γείωση του ουδέτερου κόμβου της χαμηλής τάσης του μετασηματιστή 20/0,4 kV .Τα δίκτυα με γειωμένο ουδέτερο κόμβο ονομάζονται δίκτυα TN .Στην κατηγορία αυτή ανήκει όλο το δίκτυο διανομής Χαμηλής Τάσης του ΔΕΔΔΗΕ.

2.6.2 Θεμελιακή γείωση

Η αντίσταση γείωσης του υποσταθμού του καταναλωτή πρέπει να είναι μικρής τιμής για να εξασφαλίζει το προσωπικό από επικίνδυνες τάσεις επαφής .

Σκοπός της χρήσης της θεμελιακής γείωσης είναι η προστασία των ανθρώπων από ηλεκτροπληξία εξ επαφής .Ως γειωτής εγκαθίσταται συνήθως χαλύβδινη ταινία θερμά επιψευδαργυρωμένη (Sn/tZn) διαστάσεων 30 x3.5 mm εντός των θεμελίων .Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται :

- Χαμηλή τιμή αντίστασης γείωσης
- Αντοχή στο χρόνο από πλευράς διάβρωσης του γειωτή
- Ευκολία στη δημιουργία κύριων και συμπληρωματικών ισοδυναμικών συνδέσεων
- Μελλοντική χρήση του θεμελιακού γειωτή και ως γείωση αντικεραυνικής προστασίας

Στην περίπτωση του υποσταθμού ,η θεμελιακή γείωση συνδέεται με πλέγμα 5cm κάτω από την επιφάνεια του δαπέδου για τη βηματική τάση ως και την εσωτερική χάλκινη ταινία γείωσης .[24]

2.7 Αντικεραυνική προστασία

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται οι απαγωγοί κρουστικών τάσεων ή SPDs, οι οποίοι εγκαθίστανται στο κύκλωμα DC επί του κυκλώματος των στοιχειοσειρών των πάνελ, δηλαδή στην είσοδο του inverter. Ο σκοπός της εγκατάστασης τους σε αυτό το σημείο είναι η προστασία των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών κυκλωμάτων των inverters, σε ενδεχόμενη κρουστική τάση η οποία θα αναπτυχθεί στο κύκλωμα DC και η διοχέτευση της προς γη μέσω της γείωσης. Οι απαγωγοί αυτοί θα πρέπει να είναι κλάσης T2 και κατασκευασμένοι σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60364-4-44.

Ένα δεύτερο σημείο στο οποίο τοποθετούνται απαγωγοί κρουστικών τάσεων είναι στο κύκλωμα AC, δηλαδή στην άφιξη του δικτύου της ηλεκτρικής εταιρείας και εξόδου του inverter. Οι απαγωγοί αυτού του τύπου εγκαθίστανται στον κεντρικό πίνακα X.T. και πρέπει να είναι κατάλληλοι για προστασία σύνθετης στάθμης T1+T2, δηλαδή έναντι υψηλών κεραυνικών ρευμάτων αλλά και κρουστικών τάσεων. [23]

Πλέον των απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων, η αντικεραυνική προστασία μπορεί να περιλαμβάνει κλωβό Faraday. Αυτό είναι απαραίτητο σε εγκαταστάσεις στην ύπαιθρο ή σε βιομηχανικές στέγες.

2.8 Συστήματα τηλεμετρίας

Τα συστήματα τηλεμετρίας είναι από τα σημαντικά στοιχεία ενός φ/β συστήματος. Το σύστημα τηλεμετρίας μας επιτρέπει να έχουμε τοπική ή και απομακρυσμένη εποπτεία της φ/β εγκατάστασης. Η επικοινωνία αυτή γίνεται χρησιμοποιώντας μια ADSL, VDSL σύνδεση στο internet ή μέσω mobile internet 3G/4G εκεί όπου δεν υπάρχει μόνιμη σύνδεση τηλεφωνικής γραμμής (π.χ. απομακρυσμένο αγροτεμάχιο).

Τα δεδομένα της φ/β εγκατάστασης αποστέλλονται σε πραγματικό χρόνο στο portal του συστήματος τηλεμετρίας και αφού επεξεργαστούν είναι διαθέσιμα στον ιδιοκτήτη, χρήστη, τεχνικό, μηχανικό της εγκατάστασης. Οι πληροφορίες που μας παρέχονται εξαρτώνται από τον κατασκευαστή καθώς και από τους αισθητήρες που είναι εγκατεστημένοι στη φ/β μονάδα. Ενδεικτικά μπορούν να παρέχονται οι εξής πληροφορίες:

- Στιγμιαία ισχύς εγκατάστασης συνολικά και ανά inverter.
- Διάγραμμα $P/hour$
- Εισερχόμενη ισχύς φωτοβολταϊκής γεννήτριας P_{DC}
- Εξερχόμενη ισχύς προς το δίκτυο γεννήτριας P_{AC}
- Βαθμός απόδοσης inverter

- Δείκτης kWh/kWp.
- Τάση $V_{DC}/string$
- Ρεύμα $I_{DC}/string$
- Ισχύς $P_{DC} / string$.
- Παραγωγή kWh ημέρας.
- Συνολική παραγωγή kWh.
- Ιστορικό παραγωγής(ημερήσιο,εβδομαδιαίο,μηνιαίο,έτους).
- Συμβάντα όσον αφορά την κατάσταση του inverter και το δίκτυο.
- Ποσοστό επίτευξης στόχων παραγωγής %.
- Εισόδημα (ημερήσιο, εβδομαδιαίο, μηνιαίο, έτους, παρελθόντων ετών).
- Μείωση εκπομπών CO₂ λόγω της παραγωγής ενέργειας μέσω φ/β.
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Θερμοκρασία πάνελ.
- Ένταση ακτινοβολίας.
- Ταχύτητα ανέμου.

Οι πληροφορίες αυτές είναι διαθέσιμες στον χρήστη μέσω Η/Υ ή μέσω εφαρμογών για smartphones.

Επιπλέον παρέχεται η δυνατότητα δημιουργίας από το σύστημα αυτόματων αναφορών στο τέλος κάθε ημέρας κλπ για την απόδοση της εγκατάστασης προς ενημέρωση του χρήστη.

Μια από τις πιο σημαντικές δυνατότητες της τηλεμετρίας/εφαρμογής είναι η ενημέρωση των χρηστών μέσω e-mail, sms, σε ενδεχόμενο σφάλμα της εγκατάστασης, έτσι ώστε να υπάρχει ενημέρωση για άμεση αποκατάσταση του σφάλματος ή της βλάβης.Το σύστημα αυτό πέραν των παραπάνω δυνατοτήτων αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για τη συντήρηση της φ/β μονάδας, αλλά και τον εντοπισμό σφαλμάτων, βλαβών ή προβλημάτων απόδοσης.

Στις περισσότερες περιπτώσεις το σύστημα τηλεμετρίας είναι ενσωματωμένο στον inverter, ενώ σε άλλες περιπτώσεις είναι εξωτερική μονάδα η οποία έχει τη δυνατότητα συνδεσιμότητας με τον ή τους inverters μέσω Θύρας RS485, Ethernet ή Bluetooth .

Πέραν των δεδομένων της παραγωγής τα οποία είναι διαθέσιμα απομακρυσμένα, ο τεχνικός της εγκατάστασης μέσω του συστήματος τηλεμετρίας, να μπορεί να κάνει αναβάθμιση λογισμικού όπου αυτό απαιτείται και να πραγματοποιήσει τεχνικό έλεγχο των μηχανημάτων χρησιμοποιώντας εξειδικευμένο λογισμικό.

Κεφάλαιο 3:Βήματα ανάπτυξης ενός φωτοβολταϊκού πάρκου

3.1 Επισκόπηση ανάπτυξης του έργου

Η διαδικασία ανάπτυξης του έργου ξεκινά μόλις το ενδιαφέρον εδραιωθεί σε μια συγκεκριμένη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Η αξιολόγηση των ευκαιριών της αγοράς λαμβάνει υπόψη ευρεία ζητήματα σε εθνικό επίπεδο, όπως το κανονιστικό περιβάλλον, τις ισχύουσες τιμές ισχύος, τη δομή της αγοράς ενέργειας, την πιστοληπτική ικανότητα των δυνητικών αγοραστών και τυχόν ειδικά οικονομικά κίνητρα για την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών σταθμών.

Τα πρώτα απτά βήματα στη διαδικασία είναι η ταυτοποίηση της τοποθεσίας που θα κατασκευαστεί ο υπό μελέτη σταθμός. Στη συνέχεια, το έργο θα περάσει από διάφορα στάδια ανάπτυξης, συμπεριλαμβανομένης της μελέτης προκαταρκτικής σκοπιμότητας, μιας πιο λεπτομερούς μελέτης σκοπιμότητας, της αδειοδότησης και της χρηματοδότησης και τέλος στο λεπτομερή σχεδιασμό από ομάδα μηχανικών, την κατασκευή και την εμπορική λειτουργία του σταθμού παραγωγής ενέργειας. Καθώς η εταιρεία που αναπτύσσει το έργο (Project developer) ξεκινά προπαρασκευαστικές δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης της εξασφάλισης συμφωνίας μίσθωσης γης και αδειών, αξιολογούνται τα συστήματα προκαταρκτικής χρηματοδότησης.

Η αξιολόγηση των ενεργειακών πόρων και οι δραστηριότητες που σχετίζονται με τη χρηματοδότηση έργων εκτελούνται παράλληλα με το σχεδιασμό του έργου. Λεπτομερείς πληροφορίες για αυτές τις αλληλεπικαλυπτόμενες ροές εργασίας και οδηγίες για το συντονισμό και την επιτυχή εκτέλεση των δραστηριοτήτων του έργου περιγράφονται στη συνέχεια.

Η ανάπτυξη ενός φωτοβολταϊκού έργου είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει πολλά στάδια και απαιτεί μια διεπιστημονική ομάδα εμπειρογνομόνων. Η εταιρεία που αναπτύσσει το έργο (Project developer) ξεκινά προσδιορίζοντας μια αγορά ενέργειας που προσφέρει επαρκείς ευκαιρίες ανταμοιβής του κινδύνου και στη συνέχεια, προσδιορίζει μια πολλά υποσχόμενη τοποθεσία, διασφαλίζοντας παράλληλα τα δικαιώματα χρήσης γης.

Στη συνέχεια, πραγματοποιεί δύο ξεχωριστούς γύρους τεχνικών-χρηματοοικονομικών αξιολογήσεων (μελέτη προκαταρκτικής σκοπιμότητας και μελέτη σκοπιμότητας), λαμβάνει όλες τις απαιτούμενες άδειες, διασφαλίζει συμβάσεις αγοράς και διασύνδεσης ισχύος, οργανώνει χρηματοδότηση και επιλέγει μια ομάδα για να σχεδιάσει και να κατασκευάσει το έργο (εργολάβος EPC), εποπτεύει την κατασκευή εγκαταστάσεων και πραγματοποιεί δοκιμές και εκκίνηση. Καθώς το έργο κινείται από το ένα στάδιο στο άλλο, οι τεχνικές-οικονομικές εκτιμήσεις γίνονται πιο λεπτομερείς έως ότου αναπτυχθεί ένα τελικό σχέδιο και αρχίσει η κατασκευή.

Είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί η παράλληλη φύση πολλών συμβάσεων και εγγράφων του έργου. Για παράδειγμα απαιτείται ένα PPA για να ολοκληρωθεί η χρηματοδότηση. Ωστόσο, πριν από αυτό πρέπει να προηγηθεί συμφωνία σύνδεσης δικτύου, άδειες κατασκευής και πρόσβασης στο χώρο, συμφωνία μίσθωσης γης, κ.λπ. Σε όλη τη διαδικασία, εμπλέκονται τεχνικοί, εμπορικοί και νομικοί/κανονιστικοί εμπειρογνώμονες, οι οποίοι εργάζονται παράλληλα σε ξεχωριστές αλλά αλληλεξαρτώμενες δραστηριότητες. Ενώ μπορούν να προσδιοριστούν σαφείς ευθύνες για κάθε εμπειρογνώμονα, οι περισσότερες δραστηριότητες του έργου σχετίζονται και το έργο ενός εμπειρογνώμονα επηρεάζει το έργο άλλων εμπειρογνομόνων. Ως εκ τούτου, απαιτείται στενός συντονισμός.

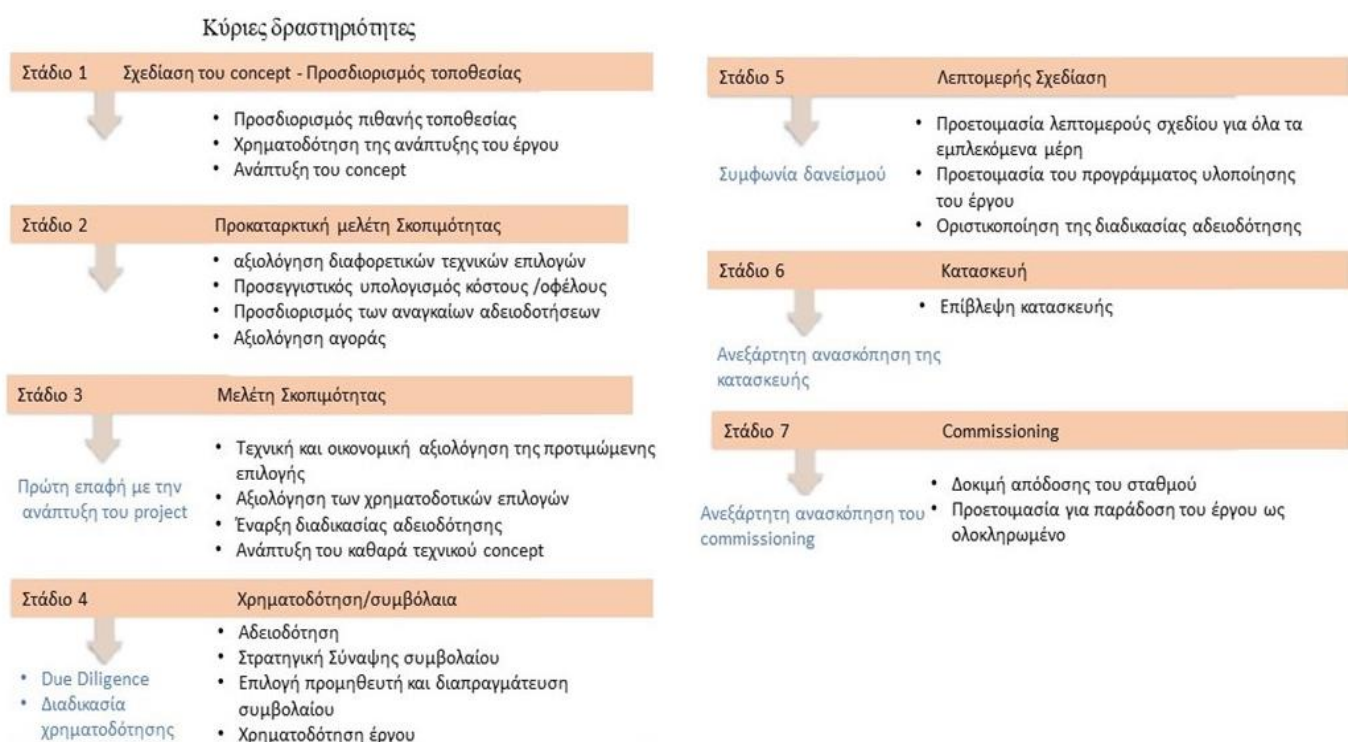
Είναι σημαντικό να τονιστεί αυτό το τελευταίο σημείο. Για λόγους απλούστευσης στην παρούσα εργασία θα περιγραφεί η διαδικασία ως μια σειρά ανεξάρτητων και διαδοχικών βημάτων ωστόσο κάποιες δραστηριότητες ανάπτυξης του έργου πρέπει να γίνουν παράλληλα. Είναι ευθύνη του project

developer να επιβλέπει τις δραστηριότητες και να βεβαιωθεί ότι συντονίζονται και συγχρονίζονται κατάλληλα .

Τα βασικά βήματα για την ανάπτυξη ενός φωτοβολταϊκού έργου είναι αρκετά καθορισμένα, αλλά δεν υπάρχει οριστικός λεπτομερής «οδικός χάρτης» που μπορεί να ακολουθήσει ένας project developer . Η προσέγγιση που ακολουθείται σε κάθε έργο εξαρτάται από συγκεκριμένες παραμέτρους της τοποθεσίας και τις προτεραιότητες του, το πόσο θέλει ή όχι να εκτεθεί σε ρίσκο ,τις κανονιστικές απαιτήσεις και τους τύπους μηχανισμών στήριξης χρηματοδότησης (δηλαδή, από τα επιτόκια αγοράς / επιδοτήσεις ή τις φορολογικές πιστώσεις) που διατίθενται σε μια δεδομένη αγορά. Ωστόσο, σε όλες τις περιπτώσεις, ορισμένες δραστηριότητες που πρέπει να ολοκληρωθούν μπορούν γενικά να οργανωθούν στα ακόλουθα πέντε στάδια:

1. Ανάπτυξη του concept και προσδιορισμός της τοποθεσίας.
2. Προκαταρκτική μελέτη σκοπιμότητας.
3. Μελέτη σκοπιμότητας.
4. Άδεια, χρηματοδότηση και συμβάσεις.
5. Λεπτομερής σχεδίαση από τους μηχανικούς του έργου, κατασκευή και εμπορική λειτουργία.

Αυτά τα στάδια περιγράφονται στις ακόλουθες ενότητες και παρουσιάζονται συνοπτικά στο παρακάτω σχήμα



Εικόνα 9:Στάδια ανάπτυξης ενός φωτοβολταϊκού έργου Πηγή:[25]

3.2 Σχεδίαση του project -Προσδιορισμός της τοποθεσίας

Το στάδιο ανάπτυξης του concept της επένδυσης περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της επενδυτικής ευκαιρίας σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία και τη διαμόρφωση μιας στρατηγικής για την ανάπτυξη έργου. Υποτίθεται ότι σε αυτό το στάδιο έχει εντοπιστεί μια αγορά στόχος και ο project developer του έργου κατανοεί τυχόν ειδικές προϋποθέσεις για επενδύσεις στη συγκεκριμένη χώρα και τον τομέα

ενέργειας. Αυτές οι αποφάσεις σε επίπεδο αγοράς απαιτούν μια λεπτομερή αξιολόγηση που λαμβάνει υπόψη προσεκτικά την διάθεση κινδύνου-ανταμοιβής των δυνητικών επενδυτών.

3.2.1 Προσδιορισμός της τοποθεσίας -Κριτήρια επιλογής

Η επιλογή μιας κατάλληλης τοποθεσίας είναι ένα κρίσιμο στοιχείο για την ανάπτυξη ενός οικονομικά βιώσιμου φωτοβολταϊκού έργου. Γενικά, η διαδικασία επιλογής τοποθεσίας πρέπει να λαμβάνει υπ' όψιν τους περιορισμούς κάθε τοποθεσίας και τον αντίκτυπο που θα έχει στο κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται.

Δεν υπάρχουν σαφείς κανόνες για την επιλογή τοποθεσίας . Κατά το παρελθόν έχουν αναπτυχθεί βιώσιμα έργα σε τοποθεσίες που μπορεί αρχικά να φαίνονται ακατάλληλες, όπως απότομες πλαγιές βουνού, σε αιολικά πάρκα και σε χώρους διάθεσης αποβλήτων. Οι κύριοι περιορισμοί που πρέπει να αξιολογηθούν είναι :

- Ηλιακό δυναμικό
- Διαθέσιμη έκταση
- Τοπικό κλίμα
- Τοπογραφία
- Χρήσεις γης
- Τοπικοί κανονισμοί / πολιτική χρήσης γης ή χωροθέτηση.
- Περιβαλλοντικοί χαρακτηρισμοί.
- Γεωτεχνικές συνθήκες.
- Γεωπολιτικοί κίνδυνοι.
- Προσβασιμότητα.
- Σύνδεση δικτύου.
- Διαθεσιμότητα νερού.
- Οικονομικά κίνητρα.

Θα περιγράψουμε πιο αναλυτικά το ρόλο που διαδραματίζει καθένας από τους παραπάνω περιορισμούς .

3.2.1.1 Ηλιακό Δυναμικό

Ορίζεται ως παγκόσμια κεκλιμένη ακτινοβολία (Global Tilted Irradiation/Irradiance (GTI) ή συνολική ακτινοβολία που λαμβάνεται σε μια επιφάνεια με καθορισμένη κλίση και αζιμούθιο. Αυτό είναι το άθροισμα της διάσπαρτης ακτινοβολίας, άμεσης και ανακλώμενης .

Ένας υψηλός μέσος όρος ετήσιου GTI(Global Tilted Irradiation/Irradiance) είναι ο βασικός παράγοντας για την ανάπτυξη ενός φωτοβολταϊκού έργου. Όσο υψηλότερος είναι ο συγκεκριμένος πόρος, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση ενέργειας ανά εγκατεστημένο kWp. Κατά την αξιολόγηση του GTI σε μια τοποθεσία, πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την ελαχιστοποίηση τυχόν σκίασης που θα μειώσει την ακτινοβολία που λαμβάνεται. Η σκίαση μπορεί να οφείλεται σε βουνά ή κτίρια στον μακρινό ορίζοντα, αμοιβαία σκίαση μεταξύ σειρών ενοτήτων ή σκίαση κοντά στην τοποθεσία λόγω δέντρων, κτιρίων ή εναέριων καλωδιώσεων. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να ληφθεί υπόψη για τυχόν

σκίαση που μπορεί να προκύψει λόγω μελλοντικών κατασκευαστικών έργων ή λόγω της ανάπτυξης της βλάστησης.

Η αποφυγή σκίασης είναι κρίσιμη, καθώς ακόμη και μικρές περιοχές σκιάς ενδέχεται να επηρεάσουν σημαντικά την έξοδο ενός πλαισίου ή μιας στοιχειοσειράς. Μια σαφής εκτίμηση του ποσοστού των πλαισίων που είναι σκιασμένα μπορεί να οδηγήσει σε πιο ακριβή εκτίμηση της παραγόμενης ενέργειας.

Κατά την αξιολόγηση της σκίασης, πρέπει να θυμόμαστε ότι η διαδρομή που διασχίζει ο ήλιος μέσω του ουρανού αλλάζει με τις εποχές. Ένα εμπόδιο που παρέχει σημαντική σκίαση στα μεσημέρια του Δεκεμβρίου ενδέχεται να μην παρέχει καθόλου σκίαση στα μέσα του Ιουνίου. Έτσι, η σκίαση πρέπει να αξιολογηθεί χρησιμοποιώντας το διάγραμμα πλήρους διαδρομής ήλιου για την τοποθεσία.

3.2.1.2 Διαθέσιμη έκταση

Η απαιτούμενη έκταση ανά kWp εγκατεστημένης χωρητικότητας ποικίλλει ανάλογα με την επιλεγμένη τεχνολογία. Η απόσταση μεταξύ των σειρών των πλαισίων (pitch) που απαιτείται για την αποφυγή σημαντικής σκίασης μεταξύ των σειρών ποικίλλει ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος της τοποθεσίας. Η τοποθεσία πρέπει να επιλέγεται με επαρκή έκταση ώστε να επιτρέπεται η εγκατάσταση της απαιτούμενης χωρητικότητας χωρίς να χρειάζεται να μειωθεί το βήμα (pitch) σε επίπεδα που προκαλούν μη αποδεκτή απώλεια απόδοσης.

3.2.1.3 Τοπικό κλίμα

Εκτός από καλό ηλιακό δυναμικό, το κλίμα στην υπό εξέταση περιοχή δεν πρέπει να χαρακτηρίζεται από ακραίες καιρικές συνθήκες που θα αυξήσουν τον κίνδυνο ζημιάς ή διακοπής λειτουργίας. Τα μετεωρολογικά γεγονότα που μπορεί να χρειαστούν προσοχή περιλαμβάνουν:

- **Πλημμύρες:** Μπορεί να προκαλέσουν ζημιά σε ηλεκτρολογικό εξοπλισμό

τοποθετημένο πάνω ή κοντά στο επίπεδο του εδάφους. Επίσης, αυξάνεται ο κίνδυνος διάβρωσης της δομής και των θεμελίων στήριξης, ανάλογα με τις γεωτεχνικές συνθήκες.

- **Υψηλές ταχύτητες ανέμου:** Πρέπει να εκτιμηθεί ο κίνδυνος υψηλού ανέμου που υπερβαίνει τις προδιαγραφές της εγκατάστασης. Πρέπει να αποφεύγονται τοποθεσίες με υψηλό κίνδυνο βλάβης της ταχύτητας του ανέμου. Τα σταθερά συστήματα δεν κλείνουν με υψηλές ταχύτητες ανέμου, αλλά τα συστήματα με solar trackers πρέπει να κλείνουν όταν υπάρχουν υψηλές ταχύτητες ανέμου.
- **Χιόνι:** Το χιόνι που εγκαθίσταται σε μονάδες μπορεί να μειώσει σημαντικά την ετήσια απόδοση ενέργειας εάν δεν συμπεριληφθούν μέτρα μετριασμού. Εάν η υπό εξέταση τοποθεσία χαρακτηρίζεται από αρκετές χιονοπτώσεις στη διάρκεια του έτους πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν παράγοντες όπως το επιπλέον βάρος στις δομές στήριξης, η απώλεια στην παραγωγή ενέργειας και το πρόσθετο κόστος φωτοβολταϊκών αυστηρότερων προδιαγραφών ή δομών στήριξης. Το κόστος απομάκρυνσης του χιονιού πρέπει να σταθμιστεί έναντι της απώλειας παραγωγής και της πιθανότητας περαιτέρω χιονοπτώσεων. Οι επιπτώσεις του χιονιού μπορούν να μετριαστούν από ένα σχέδιο με υψηλή γωνία κλίσης. Ο σχεδιασμός πρέπει επίσης να διασφαλίζει ότι το κάτω άκρο της μονάδας είναι σταθερό υψηλότερο από το μέσο επίπεδο χιονιού για την περιοχή. Το πιο σημαντικό, μια τοποθεσία που καλύπτεται τακτικά από χιόνι διάστημα μπορεί να μην είναι κατάλληλη για την ανάπτυξη φωτοβολταϊκού πάρκου.
- **Θερμοκρασία:** Η απόδοση μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Εάν εξετάζεται μια τοποθεσία υψηλής θερμοκρασίας, πρέπει να

περιλαμβάνονται μέτρα μετριασμού στο σχεδιασμό και στην επιλογή της τεχνολογίας του εξοπλισμού

- **Ατμοσφαιρικοί ρύποι:** Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η τοποθεσία του χώρου σε σχέση με τις τοπικές πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η τοπική ατμοσφαιρική βιομηχανική ρύπανση μπορεί να μειώσει την ακτινοβολία που λαμβάνεται ή να περιέχει σημαντικά επίπεδα θείου ή άλλων δυνητικά διαβρωτικών ουσιών. Ομοίως, η απόσταση από τη θάλασσα (ακτογραμμή) θα πρέπει να ληφθεί υπόψη, καθώς αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένα επίπεδα αλάτων στην ατμόσφαιρα. Όλες αυτές οι συνθήκες θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε επιταχυνόμενη διάβρωση μη προστατευόμενων εξαρτημάτων. Οι φωτοβολταϊκές μονάδες που θα χρησιμοποιηθούν σε πολύ διαβρωτικές ατμόσφαιρες, όπως οι παράκτιες περιοχές, πρέπει να είναι πιστοποιημένες για διάβρωση αλάτι σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61701.

3.2.1.4 Τοπογραφικά Χαρακτηριστικά

Στην ιδανική περίπτωση, η τοποθεσία πρέπει να είναι επίπεδη ή σε μια ελαφριά πλαγιά με νότιο προσανατολισμό στο βόρειο ημισφαίριο ή πλαγιά με νότιο προσανατολισμό στο νότιο ημισφαίριο. Αυτή η τοπογραφία καθιστά την εγκατάσταση απλούστερη και μειώνει το κόστος των τεχνικών τροποποιήσεων που απαιτούνται. Με επιπλέον κόστος και πολυπλοκότητα στην εγκατάσταση, δομές στήριξης μπορούν να σχεδιαστούν για τις περισσότερες τοποθεσίες. Γενικότερα, το κόστος γης πρέπει να σταθμίζεται έναντι του κόστους σχεδιασμού μιας δομής στήριξης και του χρόνου εγκατάστασης.

3.2.1.5 Χρήση Γης

Οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί κατασκευάζονται ιδανικά σε γη χαμηλής αξίας. Εάν η γη δεν ανήκει ήδη στον project developer, τότε πρέπει να ληφθεί υπόψη το κόστος αγοράς ή μίσθωσης. Ο project developer πρέπει να αγοράσει τη γη ή να χρησιμοποιήσει δικαιώματα για τη διάρκεια του έργου. Εκτός από την πρόσβαση στην τοποθεσία, η παροχή νερού, ηλεκτρικού ρεύματος και τα δικαιώματα αναβάθμισης των οδών πρόσβασης πρέπει να ληφθούν υπόψη μαζί με τους σχετικούς φόρους γης.

Δεδομένου ότι απαιτείται άδεια για την κατασκευή ηλιακού σταθμού, είναι απαραίτητο να αξιολογηθεί η τοποθεσία σύμφωνα με τους τοπικούς όρους που επιβάλλονται από τους αρμόδιους ρυθμιστικούς φορείς.

Εάν η γη χρησιμοποιείται επί του παρόντος για γεωργικούς σκοπούς, τότε ενδέχεται να χρειαστεί να ταξινομηθεί εκ νέου για «βιομηχανική χρήση», με επιπλέον κόστος και χρονική καθυστέρηση. Οι καλύτερες τοποθεσίες για ηλιακά πάρκα είναι συνήθως πρώην βιομηχανικοί ή εμπορικοί χώροι επειδή συχνά έχουν υπάρχουσα ενεργειακή χρήση κοντά. Εάν είναι εφικτό, πρέπει να αποφεύγεται η χρήση γεωργικής γης υψηλής ποιότητας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, λόγω της απόστασης μεταξύ των πλαισίων και της ανύψωσής τους, μπορεί να παραμείνει κάποια γεωργική δραστηριότητα.

Η μελλοντική χρήση γης της περιοχής πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη. Είναι πιθανό ότι το φωτοβολταϊκό πάρκο θα λειτουργήσει για τουλάχιστον 25 χρόνια. Επιπλέον, εξωτερικοί παράγοντες πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη για να εκτιμηθεί η πιθανότητα των επιπτώσεών τους στην απόδοση ενέργειας. Για παράδειγμα, η σκόνη που σχετίζεται με κατασκευαστικά έργα ή κυκλοφορία οχημάτων θα μπορούσε να έχει σημαντική επίδραση ρύπανσης και σχετική επίδραση στην ενεργειακή απόδοση της εγκατάστασης. Τυχόν δέντρα στην τοποθεσία του έργου και τη γύρω γη μπορεί να χρειαστεί να αφαιρεθούν, με επιπτώσεις στο κόστος.

3.2.1.6 Τοπικοί κανονισμοί - Πολιτική χρήσης γης

Θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τυχόν περιορισμοί προγραμματισμού για την περιοχή ανάπτυξης. Αυτά διαφέρουν από χώρα σε χώρα, αλλά μπορεί να περιλαμβάνουν κανονισμούς για τη χωροθέτηση της γης ή περιορισμούς σε έναν συγκεκριμένο τύπο ανάπτυξης.

Συνιστάται η επικοινωνία με τους αρμόδιους φορείς σε πρώτη φάση για να εξακριβωθούν τυχόν συγκεκριμένοι περιορισμοί στην υπό εξέταση περιοχή.

3.2.1.7 Περιβαλλοντικοί και κοινωνικοί παράγοντες

Οι περισσότερες ρυθμιστικές αρχές ζητούν κάποιο είδος εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΕΠΕ) ή εκτίμησης περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων (ΜΠΚΕ), έτσι ώστε να μπορεί να ληφθεί απόφαση από τις αρμόδιες αρχές σχετικά με το εάν μπορεί να πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση. Ωστόσο, μπορεί να υπάρχουν ορισμένες χώρες όπου δεν υπάρχουν τέτοιες κανονιστικές απαιτήσεις. Σε κάθε περίπτωση, η διαδικασία χωροθέτησης πρέπει να λαμβάνει υπ' όψιν τα ακόλουθα βασικά περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια:

- **Βιοποικιλότητα:** Η αποφυγή ευαίσθητων ή κρίσιμων οικοσυστημάτων και ειδών είναι ζωτικής σημασίας. Η κατασκευή και λειτουργία εγκαταστάσεων ηλιακής ενέργειας και βοηθητικών υποδομών (δρόμοι πρόσβασης, γραμμές μεταφοράς) οδηγεί στην εκκαθάριση υφιστάμενων οικοσυστημάτων και σε διαταραχή της πανίδας και της χλωρίδας.
- **Απόκτηση γης:** Η αποφυγή ή η ελαχιστοποίηση της ακούσιας επανεγκατάστασης αποτελεί βασικό μέλημα. Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων οδηγεί σε μακροχρόνια απόκτηση και μετατροπή γης.

Εάν είναι απαραίτητη η ακούσια επανεγκατάσταση (δηλ. Φυσική ή οικονομική μετακίνηση νοικοκυριών), αυτό μπορεί να περιπλέξει και να επιβραδύνει την ανάπτυξη του έργου και να οδηγήσει σε πιθανές καθυστερήσεις του έργου αργότερα στον κύκλο ανάπτυξης. Οι τοποθεσίες που απαιτούν φυσική μετατόπιση (μετεγκατάσταση κατοικιών) πρέπει να αποφεύγονται όπου αυτό είναι δυνατό.

3.2.1.8 Γεωτεχνικοί παράγοντες

Συνιστάται μια γεωτεχνική έρευνα της τοποθεσίας πριν από την τελική επιλογή. Σκοπός της είναι να εκτιμήσει τις συνθήκες εδάφους προκειμένου να ενημερώσει για την προσέγγιση σχεδιασμού θεμελίωσης και το δικαίωμα διέλευσης (ROW) για να εξασφαλίσει ότι οι βάσεις στήριξης θα έχουν κατάλληλα σχεδιασμένα θεμέλια. Το επίπεδο λεπτομέρειας που απαιτείται στη γεωτεχνική έρευνα θα εξαρτηθεί από τον προτεινόμενο σχεδιασμό θεμελίων. Αυτά που πρέπει να εκτιμηθούν είναι :

- Η στάθμη των υπόγειων υδάτων.
- Η αντίσταση του εδάφους.
- Οι φέρουσες ιδιότητες του εδάφους.
- Η παρουσία πετρωμάτων ή άλλων εμποδίων.
- Καταλληλότητα επιλεγμένων τύπων θεμελίων και ικανότητα οδήγησης συσσωρευμένων θεμελίων.
- Το pH του εδάφους και τα χημικά συστατικά για να αξιολογηθεί ο απαιτούμενος βαθμός προστασίας από τη διάβρωση και την κατάλληλη προδιαγραφή των ιδιοτήτων τσιμέντου που χρησιμοποιείται σε σκυρόδεμα θεμελίωσης.

Ανάλογα με την τοποθεσία, η γεωτεχνική μελέτη αναμένεται επίσης να περιλαμβάνει αξιολόγηση του κινδύνου σεισμικής δραστηριότητας, ολίσθησης εδάφους, καθίζησης εδάφους, ιστορικής

δραστηριότητας εξόρυξης ή εξόρυξης ορυκτών και της ευαισθησίας του εδάφους σε παγετό, διάβρωση και πλημμύρες.

3.2.1.9 Σύνδεση στο δίκτυο

Η ευκολία σύνδεσης στο δίκτυο είναι κομβικής σημασίας για τη βιωσιμότητα της επένδυσης. Πιο συγκεκριμένα εξετάζονται :

- **Εγγύτητα:** Μια σημαντική επίδραση στο κόστος σύνδεσης στο δίκτυο θα είναι η απόσταση από την τοποθεσία στο σημείο σύνδεσης του δικτύου. Προκειμένου να διασφαλιστεί ότι η σύνδεση δικτύου δεν επηρεάζει αρνητικά την οικονομία του έργου, είναι απαραίτητο να διεξαχθεί μια μελέτη σκοπιμότητας για την εκτίμηση της ικανότητας ισχύος και των γραμμών μεταφοράς στο στάδιο σχεδιασμού του έργου.
- **Διαθεσιμότητα:** Η διαθεσιμότητα δικτύου είναι το ποσοστό του χρόνου που το δίκτυο είναι σε θέση να δέχεται ισχύ από τη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Η ετήσια απόδοση ενέργειας από ένα φωτοβολταϊκό σταθμό μπορεί να μειωθεί σημαντικά εάν το δίκτυο έχει μεγάλα χρονικά διαστήματα στα οποία δεν μπορεί να απορροφήσει ισχύ από Α.Π.Ε. Στις ανεπτυγμένες περιοχές, η διαθεσιμότητα του δικτύου είναι συνήθως πολύ υψηλή. Σε λιγότερο ανεπτυγμένες και αγροτικές περιοχές, τα δίκτυα ενδέχεται να αντιμετωπίζουν συχνότερα πρόβλημα διαθεσιμότητας . Είναι χρήσιμο να ζητηθούν στατιστικά στοιχεία διαθεσιμότητας από τον διαχειριστή δικτύου για να προσδιοριστεί η αναμενόμενη διακοπή λειτουργίας του δικτύου.
- **Χωρητικότητα:** Η ικανότητα του δικτύου να δέχεται ενέργεια από μια ηλιακή εγκατάσταση εξαρτάται από την υπάρχουσα υποδομή δικτύου και την τρέχουσα φόρτιση του συστήματος. Η χωρητικότητα του υποσταθμού και της γραμμής μεταφοράς πρέπει να είναι κατάλληλη για την ικανότητα της μονάδας που αναπτύσσεται. Όπου το δίκτυο δεν διαθέτει επαρκή ισχύ για να επιτρέψει τη σύνδεση, υπάρχουν αρκετές διαθέσιμες λύσεις όπως η περικοπή ισχύος ή η αναβάθμιση του υφιστάμενου δικτύου .

3.2.1.10 Πρόσβαση και δικαιώματα διέλευσης (R.O.W)

Η τοποθεσία πρέπει να επιτρέπει την πρόσβαση των φορτηγών για παράδοση των υλικών κατασκευής. Αυτό μπορεί να απαιτεί την αναβάθμιση υπάρχοντων δρόμων ή την κατασκευή νέων δρόμων. Όσο πιο κοντά βρίσκεται σε έναν κύριο δρόμο πρόσβασης, τόσο χαμηλότερο είναι το κόστος προσθήκης αυτής της υποδομής.

Τα δικαιώματα διέλευσης (R.O.W) είναι μια συμφωνία που επιτρέπει στις γραμμές μεταφοράς να διασχίζουν ιδιοκτησία που ανήκει σε άλλο άτομο ή οντότητα. Προκειμένου να αποφευχθούν οι κίνδυνοι ROW, οι οποίοι ενδέχεται να επηρεάσουν το πρόγραμμα του έργου, όλες οι άδειες γης και οι συμφωνίες πρέπει να προγραμματιστούν πολύ νωρίτερα .

3.2.1.11 Ρύπανση των πλαισίων

Η απόδοση της ηλιακής εγκατάστασης θα μπορούσε να μειωθεί σημαντικά εάν τα πλαίσια καλύπτονται από σωματίδια ή σκόνη που μπορεί να προέρχεται από κυκλοφορία οχημάτων ή κάθε άλλη οικοδομική ή γεωργική δραστηριότητα . Αυτό πρέπει να συνυπολογιστεί στην αξιολόγηση μιας υποψήφιας περιοχής για εγκατάσταση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

3.2.1.12 Διαθεσιμότητα νερού

Ανάλογα με την ρύπανση των πλαισίων και τη συχνότητα των βροχοπτώσεων απαιτούνται διαφορετικές ποσότητες νερού σε κάθε περίπτωση για τον καθαρισμό των πλαισίων . Ωστόσο ένας γενικός κανόνας είναι η απαίτηση 1,6 λίτρων νερού ανά m^2 εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών πλαισίων να απαιτείται κύρια παροχή νερού, νερό από γεώτρηση, αποθηκευμένο νερό ή πρόσβαση

σε κινητή δεξαμενή νερού. Το κόστος των διαφόρων επιλογών έχει αντίκτυπο στα οικονομικά του έργου.

3.2.1.13 Οικονομικά κίνητρα

Τα οικονομικά κίνητρα όπως τα FiT ή οι φορολογικές ελαφρύνσεις, τα οποία ποικίλλουν ανάλογα με τη χώρα και ορισμένες περιφέρειες εντός των χωρών, επηρεάζουν σημαντικά την οικονομική βιωσιμότητα ενός έργου. Τέτοια κίνητρα θα μπορούσαν να αντισταθμίσουν το κόστος που σχετίζεται με έναν ή περισσότερους από τους περιορισμούς επιλογής τοποθεσίας.

3.2.2 Αρχική σχεδίαση του Φωτοβολταϊκού Project

Σε αυτό το στάδιο πρέπει να αναπτυχθεί τουλάχιστον ένας προκαταρκτικός (εννοιολογικός) σχεδιασμός που βοηθά στην εκτίμηση της εγκατεστημένης χωρητικότητας ή των μεγαβάτ (MW), των προσδοκιών, των απαιτούμενων επενδυτικών απαιτήσεων, της ενεργειακής απόδοσης και των συναφών εσόδων. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να γίνει μια προκαταρκτική αξιολόγηση του κόστους και των οφελών, συμπεριλαμβανομένης της απόδοσης επένδυσης (ROI). Ένα προκαταρκτικό οικονομικό μοντέλο αναπτύσσεται συνήθως σε αυτό το στάδιο.

Σε αυτό το αρχικό στάδιο, τα διαθέσιμα κεφάλαια είναι συνήθως ελάχιστα, αλλά ο project developer θα πρέπει να αρχίσει να σχεδιάζει έναν εσωτερικό προϋπολογισμό που θα πληροί τις απαιτήσεις καθώς το έργο προχωρά. Προς το παρόν, ο project developer πρέπει επίσης να εξετάσει εάν θα χρειαστεί ένας δευτερεύων επενδυτής. Καθώς το έργο εξελίσσεται κατά τη φάση της ιδέας, ο project developer θα αρχίσει να διερευνά επιλογές χρηματοδότησης. Είναι σημαντικό για τους projects developers να ξεκινήσουν συνομιλίες με τοπικούς χρηματοδότες νωρίς, ιδίως σε αγορές όπου υπάρχει λιγότερη εξοικείωση με τις ηλιακές τεχνολογίες, καθώς οι διαπραγματεύσεις μπορεί να διαρκέσουν πολύ περισσότερο σε αυτό το πλαίσιο.

Ο στόχος είναι σε αυτό το στάδιο να λάβει επαρκείς πληροφορίες για να αποφασίσει σχετικά με την πιθανότητα να προχωρήσει το έργο. Εάν το έργο φαίνεται πολλά υποσχόμενο, ο project developer είναι πιθανό να αποφασίσει να προχωρήσει στο επόμενο στάδιο.

3.3 Προκαταρκτική μελέτη σκοπιμότητας

Ο στόχος μιας προκαταρκτικής μελέτης είναι να αναπτυχθεί ένας αρχικός σχεδιασμός του σταθμού καθώς και οι επενδυτικές απαιτήσεις, οι οποίες επιτρέπουν περαιτέρω αξιολόγηση της οικονομικής βιωσιμότητας ενός έργου. Αυτή η αξιολόγηση περιλαμβάνει περισσότερες λεπτομέρειες από το προηγούμενο στάδιο, καθορίζει εάν θα προχωρήσει περαιτέρω το έργο και αν θα χρειαστούν πρόσθετα οικονομικά στοιχεία.

Η προκαταρκτική μελέτη σκοπιμότητας μπορεί να διεξαχθεί και χωρίς την επίσκεψη στην υποψήφια τοποθεσία, παρόλο που είναι επιθυμητή η επίσκεψη στο χώρο. Δεδομένης της αβεβαιότητας των διαθέσιμων δεδομένων σε αυτό το στάδιο, η βιωσιμότητα θα καθοριστεί σε σχέση με ένα ελάχιστο ποσοστό απόδοσης της επένδυσης και θα λάβει υπόψη ένα μεγάλο περιθώριο σφάλματος (π.χ. +/- 30%) για να αντισταθμίσει την έλλειψη συγκεκριμένων δεδομένων αξιολόγησης.

Η μελέτη αυτή πρέπει οπωσδήποτε να περιλαμβάνει :

- Την τοποθεσία του project εξασφαλίζοντας ότι η πρόσβαση στην περιοχή είναι εφικτή τόσο νομικά όσο και πρακτικά
- Έναν εννοιολογικό σχεδιασμό του έργου που δίνει διαφορετικές επιλογές τεχνολογίας (εάν υπάρχουν) και τις οικονομικές επιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένης της εκτίμησης της εγκατεστημένης χωρητικότητας.

- Το κόστος για τη γη, τον εξοπλισμό, την ανάπτυξη, την κατασκευή και τη λειτουργία του έργου κατά προσέγγιση, καθώς και τα προβλεπόμενα έσοδα.
- Εκτιμώμενη απόδοση ενέργειας του έργου: Ενώ η ειδική ανάλυση θα πρέπει να πραγματοποιηθεί σε μεταγενέστερο στάδιο, για την προκαταρκτική μελέτη σκοπιμότητας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν δημοσιευμένα, υψηλού επιπέδου δεδομένα ηλιακών πόρων και εκτιμήσεις για τις απώλειες του σταθμού ή ένας υποτιθέμενος λόγος απόδοσης (με βάση τις ονομαστικές τιμές που παρατηρούνται σε υπάρχοντα έργα). Οι εκτιμήσεις της εποχικής παραγωγής πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.
- Ένα χρηματοοικονομικό μοντέλο για τον προσδιορισμό της εμπορικής βιωσιμότητας του έργου.
- Κόστος σύνδεσης στο δίκτυο και πιθανότητα επίτευξης σύνδεσης εντός του απαιτούμενου χρονοδιαγράμματος.
- Προσδιορισμός βασικών περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραμέτρων που μπορούν να αποτελέσουν κίνδυνο που θα καθυστερήσει δραματικά ή θα ακυρώσει το project (deal breaker).
- Αδειοδοτικές απαιτήσεις, κόστος αυτών και εκτίμηση πιθανότητας έγκρισης από τις αρμόδιες αρχές
- Αξιολόγηση του τρέχοντος ρυθμιστικού περιβάλλοντος, αξιολόγηση σταθερότητας και πιθανός κίνδυνος μελλοντικών αλλαγών (για παράδειγμα, πιθανότητα αλλαγών κατά τις προσεχείς περιφερειακές / εθνικές εκλογές).
- Μια αρχική ιδέα της νομικής-εταιρικής δομής του έργου. Αυτό πρέπει να διατυπωθεί για την εκμετάλλευση υπάρχοντων ή μελλοντικών κινήτρων. Στο στάδιο της προκαταρκτικής σκοπιμότητας, ο project developer μπορεί να αρχίσει να κάνει παραδοχές σχετικά με την εταιρεία έργου που, εάν προχωρήσει το έργο, θα δημιουργηθεί για να αναπτύξει και να κατέχει το συγκεκριμένο έργο ή χαρτοφυλάκιο.
- Προκαταρκτικό χρονοδιάγραμμα για δραστηριότητες έργου. Παρότι η προγραμματισμένη ροή εργασίας θα αλλάξει αναπόφευκτα σημαντικά, είναι σημαντικό να καταγραφεί μια πρώτη εκτίμηση για το διάστημα και το χρονοδιάγραμμα των βασικών απαιτούμενων δραστηριοτήτων .

3.4 Μελέτη Σκοπιμότητας

Η μελέτη σκοπιμότητας θα βασιστεί στις εργασίες που θα πραγματοποιηθούν στο στάδιο της προκαταρκτικής μελέτης σκοπιμότητας, επαναλαμβάνοντας την αξιολόγηση με μεγαλύτερη λεπτομέρεια χρησιμοποιώντας δεδομένα για συγκεκριμένες τοποθεσίες, όπως μετρήσεις ηλιακού δυναμικού και θα πρέπει να εξεταστούν λεπτομερέστερα τυχόν περιορισμοί που προσδιορίστηκαν στην προηγούμενη φάση .Εάν αξιολογούνται πολλές τοποθεσίες , πρέπει να επιλεγεί η προτεινόμενη.

Ο στόχος της μελέτης σκοπιμότητας είναι η παροχή πιο λεπτομερών πληροφοριών σχετικά με τον πιθανό σχεδιασμό του έργου, τις επενδυτικές απαιτήσεις και τον σχεδιασμό χρηματοδότησης και υλοποίησης. Εάν τα αποτελέσματα της μελέτης είναι ευνοϊκά, ο project developer θα πρέπει να είναι έτοιμος να επενδύσει περισσότερα για να προχωρήσει το έργο στο στάδιο χρηματοδότησης.

3.4.1 Τεχνικός Σχεδιασμός του συστήματος

Σε αυτό το τμήμα της μελέτης περιλαμβάνονται :

- Σχεδιασμός της διάρθρωσης του συστήματος : Ουσιαστικά, αυτό είναι ένα σχέδιο για τη φυσική ανάπτυξη του έργου, συμπεριλαμβανομένης της διάταξης, της ταυτοποίησης του εξοπλισμού και των δαπανών κ.λπ. Ο σχεδιασμός του συστήματος απαιτείται συχνά για τη λήψη αδειών . Για να διαμορφωθεί ένα αρχικό εννοιολογικό σχέδιο, πρέπει να αξιολογηθούν διάφορες διαμορφώσεις σχεδίασης και μεγέθη πλαισίων έτσι ώστε να μπορεί να επιλεγεί ένα σχέδιο που έχει βελτιστοποιηθεί για τη συγκεκριμένη τοποθεσία.
- Αξιολόγηση της σκίασης και της αρχικής διάταξης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Η διαδικασία αυτή επιτρέπει τη βελτιστοποίηση και συνήθως λαμβάνει υπόψη τις γωνίες σκίασης, απαιτήσεις λειτουργίας και συντήρησης (O&M), στρατηγική καθαρισμού των πλαισίων, γωνία κλίσης, προσανατολισμός και παρακολούθηση, προφίλ θερμοκρασίας και ανέμου στην επιλεγθείσα τοποθεσία , λειτουργίες καλωδίων και ελαχιστοποίηση ηλεκτρικών απωλειών.
- Παραγωγή αναλυτικού σχεδίου της τοποθεσίας, συμπεριλαμβανομένων επιτόπιων ερευνών, τοπογραφικών χαρτών, απεικόνισης διαδρομών πρόσβασης και άλλων απαιτήσεων έργων πολιτικού μηχανικού .
- Υπολογισμός ηλιακού δυναμικού και περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών, ειδικά εκείνων που θα επηρεάσουν την απόδοση των τεχνικών απαιτήσεων (θερμοκρασία, ταχύτητα ανέμου και γεωλογικοί κίνδυνοι). Παρότι η ακρίβεια των δορυφορικών δεδομένων αυξάνεται και είναι αποδεκτή σε πολλές περιπτώσεις, είναι συχνά επιθυμητό να πραγματοποιούνται συγκεκριμένες τοποθεσίες μετρήσεις ακτινοβολίας όσο το δυνατόν νωρίτερα στη διαδικασία σχεδιασμού του έργου. Το στάδιο της μελέτης σκοπιμότητας είναι η κατάλληλη στιγμή για να ενσωματωθούν τέτοια δεδομένα στη διαδικασία σχεδιασμού.
- Σχεδιασμός ηλεκτρικής καλωδίωσης και μονογραμμικό διάγραμμα
- Ηλεκτρικές συνδέσεις και εξοπλισμός παρακολούθησης
- Σχεδιασμός σύνδεσης στο δίκτυο, συμπεριλαμβανομένων μετασχηματιστών και μετρητικών διατάξεων
- Πλήρης ανάλυση ενεργειακής απόδοσης με χρήση έγκυρων ηλιακών δεδομένων
- Αξιολόγηση όλων των τεχνολογικών επιλογών και ανάλυση κόστους / οφέλους των πιθανών προμηθευτών δεδομένης της τοποθεσίας του έργου, όπως:
 - Επιλογή πλαισίων. Αυτή πρέπει να είναι μια βελτιστοποιημένη επιλογή με βάση την δυνητική παραγωγή των ενέργειας των πλαισίων , την τρέχουσα διαθεσιμότητα και τις τιμές στην αγορά.
 - Επιλογή inverter
 - Επιλογή βάσεων στήριξης ή συστήματος παρακολούθησης λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα της τοποθεσίας
- Λεπτομερής καταγραφή όλων των απαραίτητων αδειών που απαιτούνται για την κατασκευή και τη λειτουργία του σταθμού παραγωγής ενέργειας. Τέτοια παραδείγματα είναι οι περιβαλλοντικές άδειες, οι άδειες χρήσης γης .
- Προκαταρκτικές συζητήσεις με τις αδειοδοτικές αρχές σχετικά με το χρονοδιάγραμμα των αδειών ώστε να αρχίσει να δημιουργείται μια εικόνα των οικονομικών επιπτώσεων που θα έχει μια πιθανή καθυστέρηση.

- Λεπτομερής ανασκόπηση περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραμέτρων, όπως η διατήρηση της άγριας πανίδας ή άλλοι χαρακτηρισμοί που ενδέχεται να επηρεάσουν επιτρεπόμενες δραστηριότητες στις τοποθεσίες του έργου. Αυτό πραγματοποιείται συνήθως με μια αξιολόγηση και, εάν είναι δυνατόν, συμπληρώνεται από μια αρχική επιτόπια έρευνα.
- Αρχικές διαβουλεύσεις με τους κύριους ενδιαφερόμενους, συμπεριλαμβανομένων ενδιαφερομένων τοπικών κοινοτήτων, ανάλογα με την περίπτωση.
- Ζητήματα σύνδεσης δικτύου. Αυτή θα πρέπει να είναι μια πιο λεπτομερής αξιολόγηση της πιθανότητας, του κόστους και του χρόνου σύνδεσης στο δίκτυο, καθώς και των δυνατοτήτων και των περιορισμών των γραμμών μεταφοράς. Αυτό μπορεί επίσης να περιλαμβάνει την υποβολή μιας αρχικής αίτησης ένταξης σε προτεραιότητα στην ουρά διασύνδεσης στο δίκτυο .
- Οικονομική μοντελοποίηση για τον προσδιορισμό της εμπορικής βιωσιμότητας και της ελκυστικότητας του έργου. Τέτοια μοντελοποίηση περιλαμβάνει όλα τα κόστη και τα έσοδα. Θα πρέπει επίσης να περιλαμβάνει ανάλυση ευαισθησίας για να αρχίσει η αξιολόγηση των κινδύνων του έργου.
- Περαιτέρω εκτίμηση της αναμενόμενης τιμής ηλεκτρικής ενέργειας και του πλαισίου πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας
- Σχέδιο υλοποίησης έργου - Επίπεδο 1 (ελάχιστο) που περιλαμβάνει ένα διάγραμμα Gantt που καθορίζει το χρονοδιάγραμμα του έργου, τις απαιτήσεις πόρων, τον προϋπολογισμό ανάπτυξης του έργου, την έννοια των προμηθειών (π.χ., πλήρης προσέγγιση με το κλειδί στο χέρι ή την κατάτμηση του έργου σε υπό εργασίες και την ανάθεση αυτών σε εργολάβους) .
- Συμφωνίες για πρόσβαση γη για όλους τους ιδιόκτητους δρόμους πρόσβασης ή συμφωνία παραχώρησης με την αρμόδια αρχή.
- Αξιολόγηση της εμπορικής δομής του έργου. Αυτό περιλαμβάνει την αξιολόγηση της εταιρείας ή των εταιρειών του έργου, οι οποίες ενδέχεται να περιλαμβάνουν μια εταιρεία ειδικού σκοπού (SPV), ανάλογα με τις δομές της εταιρείας που επιτρέπονται βάσει της τοπικής νομοθεσίας. Αυτό περιλαμβάνει επίσης την αξιολόγηση τυχόν offshore δομών μητρικής εταιρείας και τοποθεσίας βάσει νομικών, οικονομικών και φορολογικών κριτηρίων που αντιστοιχούν στο έργο.
- Απαιτήσεις επενδύσεων και χρηματοδότησης και η επενδυτική ιδέα. Αυτό πρέπει να περιλαμβάνει ποσά και πηγές συνεισφοράς ιδίων κεφαλαίων, απαιτήσεις εταίρων μετοχικού κεφαλαίου και παραδοχές χρηματοδότησης που πρέπει να περιλαμβάνονται στο χρηματοοικονομικό μοντέλο.
- Μια στρατηγική περιορισμού του κινδύνου. Σε πολλές αγορές, για να γίνει ένα έργο ικανό να προσελκύσει χρηματοδότηση χρέους σε λογικές τιμές είναι συνήθως απαραίτητο να εξασφαλιστούν πιστωτικές βελτιώσεις, οι οποίες μπορεί να είναι είτε ιδιωτικές (πιστωτικές επιστολές, τραπεζικές εγγυήσεις) είτε κυβερνητικές (κρατικές εγγυήσεις).
- Ανάθεση σε Μηχανικό από τον την εταιρεία που αναπτύσσει το έργο (Project Developer) . Καθώς μεγαλώνει η πρόθεση να προχωρήσει το έργο, έτσι και το τεχνικό πεδίο εφαρμογής του EPC ή άλλων τεχνικών συμβάσεων δημοπρασίας πρέπει να καταρτιστεί και να αναθεωρηθεί από τον Μηχανικό . Το πεδίο εργασίας του Μηχανικού σε αυτή την περίπτωση μπορεί επίσης να περιλαμβάνει υποστήριξη για τις τεχνικές προμήθειες (π.χ. εξαρτήματα

φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων) και τον τεχνικό έλεγχο του σχεδιασμού. Η ίδια εταιρεία ακολουθεί συνήθως αυτό το ρόλο και κατά τη φάση της κατασκευής.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η μελέτη σκοπιμότητας μπορεί να αλληλεπικαλύπτεται με δραστηριότητες που σχετίζονται με την άδεια, τη χρηματοδότηση και τις συμβάσεις που εκτελούνται παράλληλα. Ο συντονισμός όλων των τεχνικών, εμπορικών και κανονιστικών δραστηριοτήτων είναι απαραίτητος για την επιτυχία του έργου.

3.5 Χρηματοδότηση-Συμβόλαια

Μετά το στάδιο της Μελέτης Σκοπιμότητας και υποθέτοντας ότι το έργο εξακολουθεί να φαίνεται οικονομικά βιώσιμο, το έργο μεταβαίνει στο επόμενο στάδιο. Αυτό περιλαμβάνει την απόκτηση τελικών αδειών, την εξασφάλιση χρηματοδότησης του έργου και δραστηριότητες πριν από την εφαρμογή (εμπορικές συμβάσεις). Ο χρόνος και η αλληλουχία αυτού του σταδίου θα ποικίλλουν σημαντικά ανά έργο, αλλά αυτή η φάση περιλαμβάνει συνήθως τις ακόλουθες δραστηριότητες:

- Δέσμευση των ενδιαφερομένων.
- Προετοιμασία και υποβολή σχετικών αιτήσεων άδειας και συναφών εγγράφων για το προτεινόμενο έργο.
- Περιβαλλοντικές και κοινωνικές αξιολογήσεις που συμφωνήθηκαν σε συνεννόηση με την αρμόδια αρχή και άλλους νόμιμους φορείς, οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν πλήρη εκτίμηση περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων (ΜΠΚΕ).
- Προετοιμασία και υποβολή αίτησης σύνδεσης στο δίκτυο.
- Επανεξέταση του σχεδιασμού και τυχόν όρων άδειας / συγκατάθεσης. αναθεώρηση του σχεδιασμού ή συγκατάθεση ανάλογα με το τι απαιτείται.
- Προεπιλογή ανάδοχου, κατάταξη και κατάρτιση λίστας των επικρατέστερων υποψηφίων εταιρειών .
- Απόφαση σχετικά με την προσέγγιση χρηματοδότησης (π.χ. πηγές και αναλογίες ιδίων κεφαλαίων και χρεών).
- Απόφαση σχετικά με τη στρατηγική σύναψης συμβάσεων (σύμβαση EPC ή πολλαπλών συμβάσεων)
- Προετοιμασία τεκμηρίωσης προσφορών για τη δημιουργία του φωτοβολταϊκού πάρκου. Επιλογή προμηθευτή ανάδοχου και διαπραγματεύσεις για συμβόλαια.
- Προετοιμασία των εγγράφων σύναψης P.P.A και τελικές διαπραγματεύσεις.
- Προετοιμασία των συμβάσεων O&M, ανάλογα με την περίπτωση.
- Σύμβαση και προμήθεια σχετικών ασφαλίσεων (δηλ. κατασκευή, λειτουργία κ.λπ.).
- Προετοιμασία των προσφορών των Μηχανικών των δανειστών και των συμβούλων των δανειστών.
- Οριστικοποίηση της συμφωνίας σύνδεσης στο δίκτυο με το διαχειριστή του δικτύου .
- Προετοιμασία λεπτομερούς, τραπεζικού χρηματοοικονομικού μοντέλου που καλύπτει τον πλήρη κύκλο ζωής του σταθμού. Συνήθως, αυτό θα ολοκληρωθεί μόνο μετά από

διαπραγμάτευση των συμβάσεων EPC ή εξοπλισμού καθώς και συμβάσεων O&M, έτσι ώστε το οικονομικό μοντέλο να μπορεί να ενσωματώνει το τελικό κόστος κεφαλαίου και O&M.

- Ολοκλήρωση ανάλυσης κινδύνου έργου.
- Ανάλυση μεταφοράς (Transportation analysis), όπου αυτό είναι απαραίτητο για τοποθεσίες έργων με δύσκολη πρόσβαση.
- Οριστικοποίηση του λεπτομερούς σχεδίου υλοποίησης του έργου.

3.6 Σχεδιασμός -προμήθεια -κατασκευή-εμπορική λειτουργία (E.P.C)

Ένα ενιαίο συμβόλαιο EPC (Engineering, procurement, and construction) χρησιμοποιείται συνήθως για την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων. Σε αυτήν την περίπτωση, ένας ανάδοχος είναι υπεύθυνος για το πλήρες έργο. Ο ανάδοχος EPC υποχρεούται να επιβεβαιώσει το ηλιακό δυναμικό , να αναπτύξει τον λεπτομερή σχεδιασμό της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, να εκτιμήσει την ενεργειακή του απόδοση, να προμηθευτεί τον εξοπλισμό σύμφωνα με τις προδιαγραφές που συμφωνήθηκαν με τον project developer , να κατασκευάσει τη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, να πραγματοποιήσει τις δοκιμές αποδοχής και να αποδώσει τη μονάδα για εμπορική εκμετάλλευση στον ιδιοκτήτη ή χειριστή της.

3.6.1 Ανάπτυξη λεπτομερούς σχεδιασμού φωτοβολταϊκών

Ο ανάδοχος EPC θα προετοιμάσει τα απαραίτητα έγγραφα για την υποβολή προσφορών και την κατασκευή της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Έτσι ,απαιτούνται:

- Λεπτομερές σχεδιασμός διάταξης.
- Λεπτομερές κτιριακός σχεδιασμός (κτίρια, θεμέλια, αποχέτευση,

πρόσβαση στους δρόμους).

- Λεπτομερές ηλεκτρολογικό σχέδιο.
- Αναθεωρημένη ενεργειακή απόδοση.
- Κατασκευαστικά σχέδια.
- Προγραμματισμός έργου.
- Πίνακας συσχετίσεων των εργασιών
- Σχέδια λειτουργίας

Τα βασικά ηλεκτρικά συστήματα πρέπει να σχεδιάζονται με αυστηρά λεπτομερή τρόπο. Αυτό θα περιλαμβάνει εξοπλισμό που απαιτείται για προστασία, γείωση και διασύνδεση στο δίκτυο. Απαιτούνται τα ακόλουθα σχέδια και προδιαγραφές :

- Συνολικά μονογραμμικά σχέδια
- Σχέδια διακοπών Μέσης και χαμηλής Τάσης
- Συστήματα προστασίας
- Συστήματα διασύνδεσης
- Απαιτήσεις σε βοηθητική Ισχύ

- Συστήματα Ελέγχου

Οι εργασίες πολιτικού μηχανικού πρέπει να αναπτυχθούν σε επίπεδο κατάλληλο για κατασκευές. Αυτές θα περιλαμβάνουν σχέδια θεμελιώσεων και κτιρίων, καθώς και δρόμους και υποδομές που απαιτούνται για την υλοποίηση και τη λειτουργία ακολουθώντας τις απαιτούμενες προδιαγραφές που ορίζεται σε κάθε χώρα .

3.6.2 Ενεργειακή απόδοση

Για την εξασφάλιση χρηματοδότησης θα απαιτηθεί απόδοση ενέργειας που να δημιουργεί όσο το δυνατόν λιγότερες αβεβαιότητες . Τις περισσότερες φορές οι επενδυτές απαιτούν απόδοση ενέργειας P90 ή μια εκτίμηση της ετήσιας παραγωγής ενέργειας που επιτυγχάνεται με πιθανότητα 90 τοις εκατό. Η τιμή P90 είναι η ετήσια πρόβλεψη απόδοσης ενέργειας που θα ξεπεραστεί με πιθανότητα 90 τοις εκατό. Συνιστάται ότι αυτή η ενεργειακή απόδοση πραγματοποιείται ή ελέγχεται από ανεξάρτητο ειδικό. Αυτό θα εξασφαλίσει ότι η εμπιστοσύνη μπορεί να δοθεί στα αποτελέσματα και θα βοηθήσει στην προσέλκυση επενδύσεων.

Η μελέτη ενεργειακής απόδοσης πρέπει να περιλαμβάνει :

- Αξιολόγηση της διαχρονικής διακύμανσης και των επιπέδων εμπιστοσύνης απόδοσης
- Εξέταση των ειδικών για την τοποθεσία παραγόντων, όπως τη ρύπανση ή το χιόνι, και το καθεστώς καθαρισμού που ορίζεται στη σύμβαση O&M.
- Πλήρη επισκόπηση σκίασης των φωτοβολταϊκών , συμπεριλαμβανομένης της κοντινής και μακρινής σκίασης.
- Λεπτομερείς απώλειες και υποβάθμιση απόδοσης με την πάροδο του χρόνου.
- ανασκόπηση του προτεινόμενου σχεδιασμού για να διασφαλιστεί ότι οι παράμετροι είναι εντός των ανοχών σχεδιασμού.

3.6.3 Λεπτομερής τεκμηρίωση του έργου

Ο ανάδοχος του EPC θα αναπτύξει μια λεπτομερή αναφορά για το έργο, η οποία μαζί με όλα τα έγγραφα του έργου (σχέδια κ.λπ.) στεγάζεται σε ένα «δωμάτιο δεδομένων» που παρέχει εύκολη πρόσβαση σε όλα τα μέρη που συμμετέχουν στο έργο. Αυτές οι πληροφορίες θα χρησιμοποιηθούν για την εξασφάλιση χρηματοδότησης από τράπεζες ή επενδυτές. Η τεκμηρίωση πρέπει να παρουσιάζεται με ένα ξεκάθαρα οργανωμένο τρόπο. Παραδείγματα των πληροφοριών που πρέπει να περιληφθούν περιγράφονται παρακάτω:

- Διάταξη τοποθεσίας που δείχνει τη θέση των πλαισίων, των μετατροπέων και των κτιρίων.
- Ενδεικτικά σχέδια που δείχνουν τα πλαίσια στήριξης και διάταξη των , Θέσεις μετατροπέων , τα θεμέλια και τα μέτρα ασφαλείας.
- Προϋπολογισμός των υλικών για τον κύριο εξοπλισμό
- Ανάλυση ενεργειακής απόδοσης
- Όλα τα δεδομένα του χρηματοοικονομικού μοντέλου
- Αντίγραφα όλων των συμβολαίων όπως το PPA και το συμβόλαιο EPC
- Αντίγραφα ισχύουσας ασφάλισης και άλλων μέτρων μετριασμού των κινδύνων.

3.6.4 Κατασκευή και εμπορική λειτουργία

Μετά την ανάθεση των συμβολαίων (πολλαπλών ή μεμονωμένων EPC), ο ρόλος του Project Developer είναι να επιβλέπει την υλοποίηση του έργου. Αυτό μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας το προσωπικό της επιχείρησης, εάν έχουν την εξειδίκευση και την εμπειρία, ή προσλαμβάνοντας έναν σύμβουλο Μηχανικό. Κάθε ανάδοχος σχεδιάζει, προμηθεύει και εγκαθιστά τα εξαρτήματα της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης σύμφωνα με τους όρους της σύμβασής του. Εάν ανατεθούν πολλά συμβόλαια, ο συντονισμός του χρονοδιαγράμματος και των μεταξύ τους επαφών είναι κρίσιμος.

Οι κρίσιμες εργασίες που πρέπει να εκτελούνται ανεξάρτητα για κάθε τύπο σύμβασης περιλαμβάνουν:

- Σχεδιασμό και αλληλουχία εργασιών.
- Διαχείριση κόστους.
- Διαχείριση κινδύνου.
- Συντονισμό όλων των εμπλεκόμενων μερών που συμμετέχουν στο έργο.

Η εμπορική λειτουργία αρχίζει μετά τη θέση σε λειτουργία, η οποία περιλαμβάνει δοκιμές απόδοσης και αξιοπιστίας που καθορίζονται στη σύμβαση. Τέτοιες δοκιμές μπορούν να διεξαχθούν για μεμονωμένα εξαρτήματα και στη συνέχεια για το συνολικό σύστημα. Απαιτείται πάντοτε έλεγχος συνιστωσών-συστατικών, αλλά ιδιαίτερα στην περίπτωση πολλαπλών συμβάσεων για να εκτιμηθεί εάν κάθε ανάδοχος έχει εκπληρώσει τις υποχρεώσεις του. Οι επιτυχημένες δοκιμές είναι συνήθως έναυσμα για την αποδέσμευση πληρωμών στον ή στους αναδόχους. Οι ανεπιτυχείς δοκιμές ενδέχεται να οδηγήσουν σε τροποποιήσεις του σχεδιασμού, ακόμη και σε νομικές ενέργειες εάν η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση δεν μπορεί να ανταποκριθεί στις εγγυήσεις απόδοσης και αξιοπιστίας.

Μετά την ολοκλήρωση των δοκιμών αποδοχής, ο ανάδοχος θα πρέπει να παρέχει στον ιδιοκτήτη της εγκατάστασης «αναφορά παράδοσης», η οποία θα πρέπει να περιλαμβάνει δεδομένα σχεδιασμού, σχέδια, διαδικασίες O&M, πληροφορίες σχετικά με ανταλλακτικά και οποιαδήποτε άλλη πληροφορία σχετικά με την πλήρη παράδοση του εργοστάσιου και την επιτυχημένη μελλοντική λειτουργία και συντήρηση του.

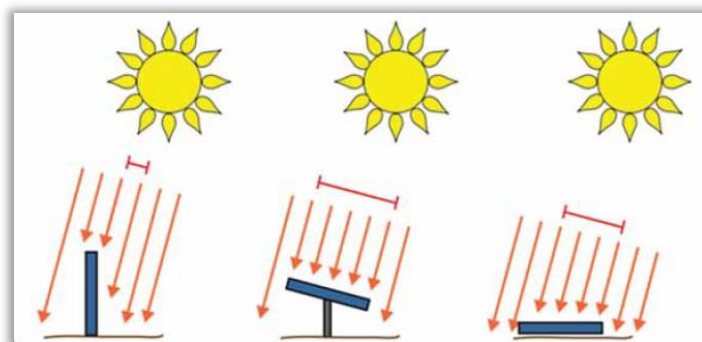
Κεφάλαιο 4: Ηλιακό δυναμικό -Μέθοδοι προσδιορισμού της ενεργειακής παραγωγής

4.1 Αξιολόγηση ηλιακού δυναμικού

Το ηλιακό δυναμικό μιας τοποθεσίας ορίζεται συνήθως από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, τη διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία και την παγκόσμια ολική ηλιακή ακτινοβολία. Για λόγους πληρότητας δίνεται ο ορισμός κάθε μιας από αυτές .

- *Άμεση ηλιακή ακτινοβολία (DNI - Direct Normal Irradiance):* Η ηλιακή ακτινοβολία που έρχεται απευθείας από τον ηλιακό δίσκο σε μια επίπεδη επιφάνεια κάθετη προς αυτή. Η άμεση ηλιακή ακτινοβολία (D.N.I) παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για ηλιακές εγκαταστάσεις που παρακολουθούν την πορεία του ήλιου.
- *Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία (DHI - Diffuse Horizontal Irradiance):* Η ηλιακή ακτινοβολία (χωρίς να περιλαμβάνεται η DNI), οποία διασκορπίζεται από τα σύννεφα, τα αερολύματα και άλλα ατμοσφαιρικά συστατικά σε μια οριζόντια επιφάνεια.
- *Ολική ηλιακή ακτινοβολία (GHI - Global Horizontal Irradiance):* Η ολική ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει από το όριο της ατμόσφαιρας σε μια οριζόντια επιφάνεια. Το ετήσιο άθροισμα του GHI έχει ιδιαίτερη σημασία για τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας.

Στο βόρειο ημισφαίριο, μια επιφάνεια με κλίση υπό γωνία προς το νότο λαμβάνει υψηλότερη συνολική ετήσια παγκόσμια ακτινοβολία σε σύγκριση με μια οριζόντια επιφάνεια. Αυτό συμβαίνει επειδή μια επιφάνεια που έχει κλίση προς το νότο βλέπει πιο άμεσα στον ήλιο για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Στο νότιο ημισφαίριο μια επιφάνεια με κλίση προς το βορρά λαμβάνει υψηλότερη συνολική ετήσια παγκόσμια ακτινοβολία. Στην εικόνα 10 απεικονίζεται ο λόγος για τον οποίο η γωνία κλίσης είναι σημαντική για τη μεγιστοποίηση της ενεργειακής παραγωγής στον επίπεδο συλλέκτη.



Εικόνα 10: Επίδραση της κλίσης στην απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας Πηγή :[26]

Οι μακροπρόθεσμες ετήσιες μέσες τιμές της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας και της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας μπορούν να βρεθούν για μια τοποθεσία με μετρήσεις που λαμβάνονται από κοντινούς επίγειους σταθμούς μέτρησης ή από ηλιακά μοντέλα που χρησιμοποιούν δορυφορικά, ατμοσφαιρικά και μετεωρολογικά δεδομένα. Στην ιδανική περίπτωση, χρησιμοποιούνται ιστορικές χρονοσειρές ωριαίων τιμών GHI και DHI για την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών έργων. Τα δεδομένα που αντιπροσωπεύουν περίοδο τουλάχιστον δέκα συνεχών ετών είναι επιθυμητά για να ληφθεί υπόψη η κλιματική μεταβλητότητα. Ωστόσο, τέτοια εκτεταμένα ιστορικά δεδομένα δεν είναι πάντα διαθέσιμα, ιδίως από σταθμούς μέτρησης στο έδαφος. Έτσι, οι πηγές δορυφορικών δεδομένων είναι συχνά αποδεκτές.

Προτιμώνται τα δεδομένα σε ωριαία ή υπο-ωριαία χρονικά βήματα. Οι στατιστικές τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μετατροπή των μέσων μηνιαίων τιμών σε προσομοιωμένες ωριαίες τιμές, εάν αυτές δεν είναι άμεσα διαθέσιμες.

Η παραδοσιακή προσέγγιση στη μέτρηση των ηλιακών πόρων είναι η χρήση επίγειων ηλιακών αισθητήρων. Μια ποικιλία αισθητήρων για μετρήσεις παγκόσμιας και διάχυτης ακτινοβολίας διατίθεται από διάφορους κατασκευαστές με διαφορετική ακρίβεια και επιπτώσεις στο κόστος. Οι δύο κύριες κατηγορίες τεχνολογίας είναι:

Θερμικά πυρανόμετρα: Αυτά αποτελούνται συνήθως από μια μαύρη επιφάνεια μεταλλικής πλάκας κάτω από δύο ημισφαιρικούς γυάλινους θόλους σε ένα λευκό μεταλλικό περίβλημα. Η ηλιακή ακτινοβολία θερμαίνει τη μαύρη μεταλλική πλάκα ανάλογα με την έντασή της. Ο βαθμός θέρμανσης, σε σύγκριση με το μεταλλικό περίβλημα, μπορεί να μετρηθεί με ένα θερμοστοιχείο. Οι μετρήσεις υψηλής ακρίβειας του παγκόσμιου ιόντος ακτινοβολίας μπορούν να επιτευχθούν με τακτικό καθαρισμό και επαναβαθμονόμηση. Επίσης, η διάχυτη ακτινοβολία μπορεί να μετρηθεί εάν ένας δίσκος σκίασης ανίχνευσης του ήλιου χρησιμοποιείται για να αποκλείσει την ακτινοβολία δέσμης που ταξιδεύει απευθείας από τον ήλιο. Ένα παράδειγμα πυρανόμετρου φαίνεται στην εικόνα 11. Η θεωρητική αβεβαιότητα των ημερήσιων συγκεντρωτικών τιμών που μετρώνται με πυρανόμετρα (ανάλογα με την κατηγορία ακρίβειας) κυμαίνεται από ± 2 τοις εκατό έως ± 8 τοις εκατό. Τα θερμικά πυρανόμετρα έχουν σχετικά αργό χρόνο απόκρισης και μπορεί να μην είναι σε θέση να συλλάβουν ταχέως μεταβαλλόμενα επίπεδα ακτινοβολίας λόγω των νεφών.

Αισθητήρες πυριτίου: Συνήθως, αυτοί είναι φθηνότεροι από τα πυρανόμετρα και αποτελούνται από φωτοβολταϊκή κυψέλη, που συχνά χρησιμοποιούν κρυσταλλικό πυρίτιο (c-Si). Το ρεύμα που παραδίδεται είναι ανάλογο με την ακτινοβολία. Η αντιστάθμιση θερμοκρασίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αύξηση της ακρίβειας, αλλά το εύρος της περιορίζεται από τη φασματική ευαισθησία του κελιού. Μερικά μήκη κύματος (δηλαδή, υπέρυθρο μήκος μεγάλου μήκους κύματος) μπορεί να μην μετρηθούν με ακρίβεια, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη αβεβαιότητα μέτρησης των ημερήσιων συγκεντρωτικών τιμών περίπου $\pm 5\%$ σε σύγκριση με τα θερμικά πυρανόμετρα.

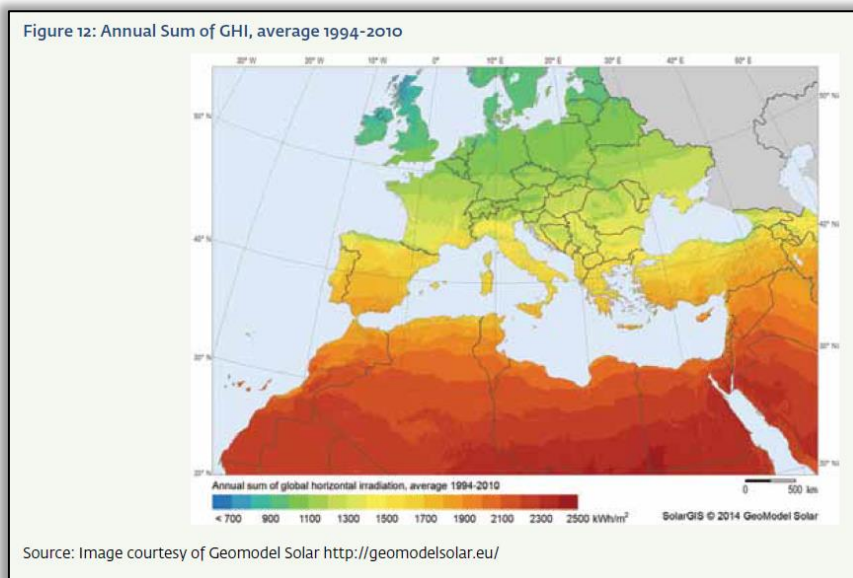
Κάθε τύπος αισθητήρα υπόκειται σε γήρανση και η ακρίβεια μειώνεται με το χρόνο. Επομένως, είναι σημαντικό να επαναβαθμονομηθεί τουλάχιστον κάθε δύο χρόνια. Η συντήρηση είναι πολύ σημαντική καθώς οι λερωμένοι ή λανθασμένα ρυθμισμένοι αισθητήρες μπορούν εύκολα να αποδώσουν αναξιόπιστα δεδομένα.

Δεδομένα που παράγονται από δορυφόρους

Τα δεδομένα που προέρχονται από δορυφόρους προσφέρουν μια ευρεία γεωγραφική κάλυψη και μπορούν να ληφθούν αναδρομικά για ιστορικές περιόδους κατά τις οποίες δεν έγιναν επίγειες μετρήσεις. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την αξιολόγηση ωριαίων ή υπο ωριαίων χρονοσειρών ή συγκεντρωτικών μακροπρόθεσμων μέσων όρων. Ένας συνδυασμός αναλυτικών, αριθμητικών και εμπειρικών μεθόδων μπορεί να προσφέρει δεδομένα 15 λεπτών ή 30 λεπτών με ονομαστική χωρική ανάλυση έως 90m x 90m, ανάλογα με την περιοχή και τον δορυφόρο.

Ένα πλεονέκτημα της αξιολόγησης των δορυφορικών πόρων είναι ότι τα δεδομένα δεν είναι επιρρεπή σε ασυνέχεια συντήρησης και βαθμονόμησης. Ο ίδιος αισθητήρας χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση τοποθεσιών σε μια ευρεία περιοχή για πολλά χρόνια. Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στη σύγκριση και κατάταξη τοποθεσιών επειδή τα σφάλματα προκατάληψης είναι συνεπή.

Οι μηνιαίοι χάρτες ηλιακής ακτινοβολίας GHI, DHI (ή DNI) σε χωρική ανάλυση περίπου 4 χιλιομέτρων είναι σήμερα πρότυπο για τη δημιουργία μακροπρόθεσμων ιστορικών χρονοσειρών και χωρικά συνεχών ηλιακών ατλάντων, όπως αυτοί που φαίνονται στην εικόνα 11.



Εικόνα 11: Αποτύπωση της μέσης GHI ακτινοβολίας σε χάρτη Πηγή: [26]

Για τοποθεσίες που έχουν χαμηλή πυκνότητα μετεωρολογικών σταθμών και βασίζονται σε δορυφορικά δεδομένα, η παρακολούθηση των πόρων-ηλιακών πόρων μπορεί να ληφθεί υπόψη κατά το στάδιο μελέτης σκοπιμότητας του έργου. Βραχυπρόθεσμες μετρήσεις πόρων της τοποθεσίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προσαρμογή (βαθμονόμηση) μακροπρόθεσμων δορυφορικών χρονοσειρών Αυτή η προσαρμογή των δορυφορικών δεδομένων μειώνει την συστηματική απόκλιση και την τυχαία απόκλιση των ωριαίων τιμών. Γενικά, τα δεδομένα μέτρησης για τουλάχιστον εννέα μήνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση της υπάρχουσας προκατάληψης και τη βελτίωση της εκτίμησης του μακροπρόθεσμου μέσου όρου. Ωστόσο, τα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται με παρακολούθηση για τουλάχιστον 12 μήνες με στόχο την καλύτερη καταγραφή των εποχιακών παραλλαγών.

Μεταβλητότητα της ηλιακής ακτινοβολίας

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι ένας πόρος εγγενώς διακοπτόμενος. Σε κάθε δεδομένο έτος, η συνολική ετήσια παγκόσμια ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο κυμαίνεται από τον μακροπρόθεσμο μέσο όρο λόγω των διακυμάνσεων του καιρού. Ακόμα κι αν ο ιδιοκτήτης μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης μπορεί να μην γνωρίζει τι απόδοση ενέργειας να περιμένει σε κάποιο δεδομένο έτος, μπορεί κανείς να έχει μια καλή ιδέα για την αναμενόμενη απόδοση κατά μέσο όρο μακροπρόθεσμα.

Με σκοπό την καλύτερη κατανόηση των δανειστών απέναντι στους κινδύνους και την πραγματοποίηση μιας ανάλυση ευαισθησίας, είναι σημαντικό να ποσοτικοποιηθούν τα όρια μιας τέτοιας μεταβλητότητας από έτος σε έτος ή «διετή διακύμανση». Συνήθως, είναι επιθυμητά 10 έτη μετρήσεων εδάφους ή δορυφορικών δεδομένων, αν και μερικές φορές μπορεί να επιτευχθεί αξιολόγηση της διαχρονικής διακύμανσης με εύλογη εμπιστοσύνη χρησιμοποιώντας ένα σύνολο δεδομένων που καλύπτει μικρότερη ιστορική περίοδο. Μελέτες δείχνουν ότι για τη νότια Ευρώπη (συμπεριλαμβανομένης της Ισπανίας), ο συντελεστής διακύμανσης είναι λιγότερο από 4%.

Πηγές δεδομένων ηλιακής ακτινοβολίας

Υπάρχει μια ποικιλία διαφορετικών συνόλων δεδομένων ηλιακών πόρων που διατίθενται με διαφορετική ακρίβεια, ανάλυση, ιστορική χρονική περίοδο και γεωγραφική κάλυψη. Τα σύνολα δεδομένων είτε χρησιμοποιούν επίγειες μετρήσεις σε καλά ελεγχόμενους μετεωρολογικούς σταθμούς είτε χρησιμοποιούν επεξεργασμένα δορυφορικά δεδομένα. Στη χρηματοδότηση έργων ηλιακής

ενέργειας, τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα γίνονται πιο εξελιγμένα στην ανάλυσή τους για το ηλιακό δυναμικό. Οι απαιτήσεις τους κινούνται προς την ανάλυση πολλαπλών συνόλων δεδομένων, την παραπομπή με τιμές που λαμβάνονται από δορυφορικά δεδομένα υψηλής ανάλυσης και μια ισχυρή ανάλυση αβεβαιότητας.

Σε μια ανταγωνιστική αγορά, τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα θα τείνουν να παρέχουν καλύτερους όρους χρηματοδότησης σε έργα που έχουν τον μικρότερο κίνδυνο για την οικονομική απόδοση. Ένα σημαντικό συστατικό της εκτίμησης κινδύνου είναι η εμπιστοσύνη στο ηλιακό δυναμικό στην τοποθεσία εγκατάστασης. Οι developers μπορούν να μειώσουν τον αντιληπτό μακροπρόθεσμο κίνδυνο ηλιακού δυναμικού :

1. Συγκρίνοντας διαφορετικές πηγές δεδομένων, αξιολογώντας την αβεβαιότητα και επιλέγοντας με σύνεση τα πιο κατάλληλα δεδομένα για την υπό εξέταση τοποθεσία .
2. Αξιολόγηση της διαχρονικής διακύμανσης του ηλιακού δυναμικού, προκειμένου να ποσοτικοποιηθεί η αβεβαιότητα στα έσοδα σε οποιοδήποτε δεδομένο έτος.

4.2 Πρόβλεψη απόδοσης ενέργειας

Συνήθως, η διαδικασία για την πρόβλεψη της ενεργειακής απόδοσης μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης γίνεται χρησιμοποιώντας λογισμικό προσομοίωσης χρονικού βήματος (ωριαία ή υπο-ωριαία) και αποτελείται από τα ακόλουθα βήματα:

1. Προμήθεια περιβαλλοντικών δεδομένων βάσει μοντέλου ή μέτρησης, όπως ακτινοβολία, ταχύτητα ανέμου και θερμοκρασία από μετεωρολογικούς σταθμούς εδάφους ή δορυφορικές πηγές (ή συνδυασμός και των δύο). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μια χρονοσειρά «τυπικής» ακτινοβολίας σε ένα οριζόντιο επίπεδο στην τοποθεσία του τόπου μαζί με τις τυπικές περιβαλλοντικές συνθήκες.
2. Υπολογισμός της ακτινοβολίας στο κεκλιμένο επίπεδο συλλέκτη για ένα δεδομένο χρονικό βήμα.
3. Μοντελοποίηση της απόδοσης της εγκατάστασης σε σχέση με τη διαφορετική ακτινοβολία και τη θερμοκρασία για τον υπολογισμό της πρόβλεψης απόδοσης ενέργειας σε κάθε χρονικό βήμα.
4. Εφαρμογή απωλειών χρησιμοποιώντας λεπτομερείς γνώσεις των μετατροπέων, των φωτοβολταϊκών μονάδων ,των χαρακτηριστικών των μετασχηματιστών, της διάταξης τοποθεσίας και της διαμόρφωσης της μονάδας, της καλωδίωσης DC και AC, τυχόν διακοπών λειτουργίας, βοηθητικού εξοπλισμού και χαρακτηριστικά επικαθήσεων στα πλαίσια .
5. Εφαρμογή στατιστικής ανάλυσης δεδομένων ηλιακού δυναμικού και αξιολόγηση της αβεβαιότητας στις τιμές εισόδου για την εξαγωγή κατάλληλων επιπέδων αβεβαιότητας στην τελική πρόβλεψη ενεργειακής απόδοσης.

Στις ακόλουθες ενότητες περιγράφονται τα κύρια βήματα που απαιτούνται για τον υπολογισμό της ηλεκτρικής ενέργειας που αναμένεται από μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση.

Ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο πλαίσιο

Προκειμένου να προβλεφθεί το ηλιακό δυναμικό κατά τη διάρκεια ζωής ενός έργου, είναι απαραίτητο να αναλυθούν ιστορικά δεδομένα για την τοποθεσία. Αυτά τα δεδομένα δίδονται συνήθως για ένα οριζόντιο επίπεδο. Στηριζόμαστε στην υπόθεση ότι το μελλοντικό ηλιακό δυναμικό θα ακολουθήσει τα ίδια πρότυπα με τις ιστορικές τιμές. Τα ιστορικά δεδομένα μπορούν να ληφθούν από χερσαίες

μετρήσεις ή από δεδομένα που λαμβάνονται από δορυφόρους. Προτιμώνται τα δεδομένα σε ωριαία ή υπο-ωριαία ώρα.

Μοντελοποίηση της απόδοσης

Για την πρόβλεψη της απόδοσης μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης σε χρονικά βήματα για ένα σύνολο συνθηκών που συναντώνται σε ένα τυπικό έτος χρησιμοποιείται εξειδικευμένο λογισμικό προσομοίωσης. Αυτό επιτρέπει μια λεπτομερή προσομοίωση της απόδοσης με την οποία ο σταθμός μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε ισχύ εναλλασσόμενου ρεύματος και τις απώλειες που σχετίζονται με τη μετατροπή. Ενώ μερικές από αυτές τις απώλειες μπορούν να υπολογιστούν στο λογισμικό προσομοίωσης, άλλες βασίζονται σε εκτιμήσεις δεδομένων από παρόμοιες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις και ανάλυση των συνθηκών της τοποθεσίας.

Υπάρχουν πολλά πακέτα λογισμικού προσομοίωσης φωτοβολταϊκών διαθέσιμα στην αγορά, τα οποία είναι χρήσιμα εργαλεία ανάλυσης για διαφορετικές φάσεις της ζωής ενός έργου. Τα διασημότερα από αυτά είναι τα : PVSyst, PV*SOL, RETScreen, HOMER, INSEL, Archelios και Polysun, μεταξύ άλλων. Για εκτιμήσεις ενεργειακής απόδοσης σε τραπεζικό επίπεδο, το PVSyst έχει γίνει ένα από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα στην Ευρώπη και σε άλλα μέρη του κόσμου λόγω της ευελιξίας και της ικανότητάς του να μοντελοποιεί με ακρίβεια μεγάλες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις .

Ανάλογα με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της τοποθεσίας και το σχεδιασμό της εγκατάστασης, οι απώλειες ενέργειας μπορεί να προκληθούν από οποιονδήποτε από τους παράγοντες που περιγράφονται παρακάτω .

Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στα φωτοβολταϊκά πλαίσια μπορεί να μειωθεί σημαντικά σε ορισμένες περιοχές λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τη βιομηχανία και τη γεωργία. Η ατμοσφαιρική ρύπανση μειώνει το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας και έτσι μειώνει την παραγωγή ισχύος. Αυτό είναι πιο σημαντικό σε αστικές και περιαστικές περιοχές .

Ρύπανση από επικαθήσεις (Soiling)

Οι απώλειες που οφείλονται σε ρύπανση από επικαθήσεις (σκόνη και περιττώματα πουλιών) εξαρτώνται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τη συχνότητα βροχόπτωσης και τη στρατηγική καθαρισμού όπως ορίζεται στη σύμβαση O&M. Αυτή η απώλεια μπορεί να είναι σχετικά μεγάλη σε σύγκριση με άλλους παράγοντες απώλειας. Έχει τη δυνατότητα να φτάσει έως και 15 τοις εκατό ετησίως και πιθανώς υψηλότερο στις ερήμους, αλλά συνήθως είναι λιγότερο από 4 τοις εκατό, εκτός εάν υπάρχει ασυνήθιστα υψηλό χρώμα ή παρουσία χιονιού για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Οι συγκεκριμένες απώλειες είναι συνήθως χαμηλότερες για τις μονάδες με υψηλή γωνία κλίσης, καθώς οι κεκλιμένες μονάδες θα επωφεληθούν περισσότερο από το φυσικό αποτέλεσμα καθαρισμού του βρόχινου νερού. Τα συστήματα με tracking καταγράφουν συνήθως παρόμοιες απώλειες ρύπων με τα σταθερά συστήματα. Καθώς αυτή η απώλεια μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στην παραγωγή ενέργειας , συνιστάται η ποσοτικοποίηση τους από ένα εμπειρογνώμονα.

Σκιάσεις (Shading)

Οι απώλειες σκίασης οφείλονται σε βουνά ή κτίρια στον μακρινό ορίζοντα, αμοιβαία σκίαση μεταξύ των σειρών των πλαισίων και σχεδόν σκίαση λόγω δέντρων, κτιρίων, πυλώνων ή εναέριων καλωδιώσεων. Για την ακριβή μοντελοποίηση των απωλειών σκίασης, συνιστάται να δημιουργηθεί μια τρισδιάστατη αναπαράσταση της εγκατάστασης και τα εμπόδια σκίασης στο λογισμικό

μοντελοποίησης. Αυτές οι απώλειες μπορεί δυνητικά να είναι αρκετά μεγάλες, επομένως είναι σημαντικό ο σταθμός να είναι μοντελοποιημένος με ακρίβεια.

Electrical shading

Η επίδραση της μερικής σκίασης στην ηλεκτρική παραγωγή της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης είναι μη γραμμική και μοντελοποιείται μέσω διαμέρισης των στοιχειοσειρών (strings) των πλαισίων. Τα πλαίσια που είναι εγκατεστημένα σε διαμόρφωση landscape για προσανατολισμό προς τον ισημερινό συνήθως αντιμετωπίζουν λιγότερες απώλειες ηλεκτρικής σκίασης από τις μονάδες που είναι εγκατεστημένες σε διαμόρφωση portrait λόγω της σύνδεσης διόδων. Ομοίως, ορισμένοι τύποι τεχνολογίας λεπτής μεμβράνης επηρεάζονται λιγότερο από τις κρυσταλλικές φωτοβολταϊκές μονάδες. Αυτές οι απώλειες μπορούν συνήθως να ρυθμιστούν στο λογισμικό μοντελοποίησης. Αυτό θα ποσοτικοποιηθεί διαφορετικά ανάλογα με τη διαμόρφωση της μονάδας, την επιλεγμένη τεχνολογία και τον τύπο του συστήματος .

Γωνία πρόσπτωσης (Incident angle)

Οι απώλειες αυτές αντιπροσωπεύουν την ακτινοβολία που ανακλάται από το μπροστινό γυαλί όταν το φως που χτυπά δεν είναι κάθετο. Για κεκλιμένες φωτοβολταϊκές μονάδες, αυτές οι απώλειες αναμένεται να είναι μεγαλύτερες από τις απώλειες που παρατηρούνται με συστήματα παρακολούθησης διπλού άξονα.

Χαμηλή ακτινοβολία (Low irradiance)

Η απόδοση μιας φωτοβολταϊκής μονάδας μειώνει γενικά σε χαμηλές εντάσεις φωτός. Αυτό προκαλεί απώλεια στην έξοδο μιας μονάδας σε σύγκριση με τις τυπικές συνθήκες δοκιμής (STC) (1.000 W / m²). Αυτή η «χαμηλή απώλεια ακτινοβολίας» εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της μονάδας και την ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι περισσότεροι κατασκευαστές μονάδων θα μπορούν να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τις χαμηλές απώλειες ακτινοβολίας της μονάδας τους. Ωστόσο, όπου είναι δυνατόν, είναι προτιμότερο να λαμβάνονται τέτοια δεδομένα από ανεξάρτητα ινστιτούτα δοκιμών.

Θερμοκρασία πλαισίου (Module temperature)

Τα χαρακτηριστικά ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου καθορίζονται σε τυπικές συνθήκες θερμοκρασίας 25°C. Για κάθε βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας Κελσίου πάνω από αυτό το πρότυπο, οι μονάδες κρυσταλλικού πυριτίου μειώνουν την απόδοση, γενικά κατά περίπου 0,5 % . Σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος υπό ισχυρή ακτινοβολία, οι θερμοκρασίες της μονάδας μπορούν να αυξηθούν αισθητά. Ο άνεμος μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της θερμοκρασίας και η μείωση αυτή μπορεί να μοντελοποιηθεί.

Ποιότητα πλαισίου (Module quality)

Οι περισσότερες φωτοβολταϊκές μονάδες δεν ταιριάζουν ακριβώς με τις ονομαστικές προδιαγραφές του κατασκευαστή. Οι μονάδες πωλούνται με ονομαστική ισχύ αιχμής και εγγύηση πραγματικής ισχύος εντός ενός δεδομένου εύρους ανοχής. Η απώλεια ποιότητας της μονάδας ποσοτικοποιεί την επίδραση στην απόδοση ενέργειας λόγω αποκλίσεων στα πραγματικά χαρακτηριστικά της μονάδας από τις προδιαγραφές. Συνήθως, η ισχύς εξόδου μονάδας στο STC είναι μεγαλύτερη από την ονομαστική ισχύ που καθορίζεται στα φύλλα δεδομένων. Ως εκ τούτου αυτό πρέπει να συνυπολογιστεί στην απόδοση ενέργειας.

Αναντιστοιχία πλαισίου (Module mismatch)

Οι απώλειες λόγω "αναντιστοιχίας" σχετίζονται με το γεγονός ότι τα πραγματικά πλαίσια σε μια στοιχειοσειρά δεν παρουσιάζουν όλα αυστηρά τα ίδια προφίλ ρεύματος / τάσης. Υπάρχει μια στατιστική διακύμανση μεταξύ τους που προκαλεί απώλεια ισχύος. Αυτή η απώλεια σχετίζεται άμεσα με την ανοχή ισχύος των πλαισίων.

Υποβάθμιση (Degradation)

Η απόδοση μιας φωτοβολταϊκής μονάδας μειώνεται με το χρόνο. Εάν δεν έχει διεξαχθεί ανεξάρτητος έλεγχος για τα πλαίσια που χρησιμοποιούνται, τότε μπορεί να υποτεθεί ένας γενικός ρυθμός υποβάθμισης ανάλογα με την τεχνολογία της μονάδας. Εναλλακτικά, ένας μέγιστος ρυθμός υποβάθμισης που συμμορφώνεται με την εγγύηση απόδοσης της μονάδας μπορεί να θεωρηθεί ως συντηρητική εκτίμηση.

Απόδοση των inverter (Inverter performance)

Οι μετατροπείς μετατρέπουν ρεύμα από DC σε AC με απόδοση που ποικίλλει ανάλογα με το φορτίο μετατροπέα. Οι κατασκευαστές είναι συνήθως σε θέση να παρέχουν ένα προφίλ απόδοσης ενός μετατροπέα για χαμηλές, μεσαίες και υψηλές τάσεις. Η εισαγωγή τους στο λογισμικό μοντελοποίησης θα παρέχει ακριβέστερες απώλειες μετατροπέα.

MPP tracking

Οι μετατροπείς αναζητούν συνεχώς το μέγιστο σημείο ισχύος (MPP) της διάταξης, μετατοπίζοντας την τάση μετατροπέα στην τάση MPP. Διαφορετικοί μετατροπείς το κάνουν αυτό με διαφορετική απόδοση

Διακοπή του tracking (Curtailment of Tracking)

Οι απώλειες απόδοσης μπορεί να προκύψουν εξαιτίας των ισχυρών ανέμων που επιβάλλουν το κλείσιμο των συστημάτων παρακολούθησης, με αποτέλεσμα οι φωτοβολταϊκές μονάδες να μην έχουν τον ιδανικό προσανατολισμό.

Απόδοση του Μετασχηματιστή (Transformer Performance)

Οι απώλειες μετασχηματιστή συνήθως ποσοτικοποιούνται σε όρους σιδήρου και αντιστάσεων / επαγωγικών απωλειών, οι οποίες μπορούν να υπολογιστούν με βάση τις απώλειες χωρίς φορτίο και πλήρες φορτίο του μετασχηματιστή.

Απώλειες DC καλωδίωσης (DC cable losses)

Η ηλεκτρική αντίσταση στο καλώδιο μεταξύ των μονάδων και των ακροδεκτών εισόδου του μετατροπέα προκαλεί ωμικές απώλειες ($I^2 R$). Αυτές οι απώλειες αυξάνονται με τη θερμοκρασία. Εάν το καλώδιο έχει σωστό μέγεθος, αυτή η απώλεια θα πρέπει να είναι μικρότερη από 3 τοις εκατό ετησίως.

Απώλειες AC καλωδίωσης (AC cable losses)

Οι απώλειες καλωδίων AC είναι οι ωμικές απώλειες στην καλωδίωση AC. Αυτό περιλαμβάνει όλα τα καλώδια μετά το μετατροπέα έως το σημείο μέτρησης. Αυτές οι απώλειες είναι συνήθως μικρότερες από τις απώλειες καλωδίων DC και συνήθως είναι μικρότερες για συστήματα που χρησιμοποιούν κεντρικούς μετατροπείς.

Βοηθητική ισχύς (Auxiliary power)

Ενδέχεται να απαιτείται ισχύς για ηλεκτρικό εξοπλισμό εντός της εγκατάστασης. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει συστήματα ασφαλείας, κινητήρες παρακολούθησης, εξοπλισμό παρακολούθησης και

φωτισμό. Οι εγκαταστάσεις με συνδεσμολογία μετατροπέα στοιχειοσειράς (string inverter) συνήθως θα αντιμετωπίσουν μικρότερες βοηθητικές απώλειες από τις διαμορφώσεις κεντρικού μετατροπέα. Συνιστάται συνήθως η μέτρηση αυτής της βοηθητικής απαίτησης ισχύος ξεχωριστά. Επιπλέον, πρέπει να ληφθεί μέριμνα για τον τρόπο ποσοτικοποίησης των βοηθητικών απωλειών τόσο της ημέρας όσο και της νύχτας.

Downtime

Ο χρόνος διακοπής λειτουργίας είναι μια περίοδος κατά την οποία η εγκατάσταση δεν παράγει ενέργεια λόγω βλάβης. Οι περίοδοι διακοπής λειτουργίας θα εξαρτηθούν από την ποιότητα των εξαρτημάτων της εγκατάστασης, το σχεδιασμό, τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τον χρόνο διαγνωστικής απόκρισης και τον χρόνο απόκρισης επισκευής.

Διαθεσιμότητα και διακοπή δικτύου (Grid availability and disruption)

Η ικανότητα μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης να εξάγει ενέργεια εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα του δικτύου διανομής ή μεταφοράς. Ο ιδιοκτήτης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης βασίζεται στον διαχειριστή του δικτύου διανομής για τη διατήρηση της υπηρεσίας σε υψηλά επίπεδα διαθεσιμότητας. Εάν δεν υπάρχουν λεπτομερείς πληροφορίες, αυτή η απώλεια βασίζεται συνήθως στην παραδοχή ότι το τοπικό δίκτυο δεν θα λειτουργεί για συγκεκριμένο αριθμό ωρών / ημερών σε ένα έτος και ότι θα συμβεί κατά τη διάρκεια περιόδων μέσης παραγωγής.

Απώλειες δικτύου (Grid compliance loss)

Η υπερφόρτωση του τοπικού εξοπλισμού δικτύου μεταφοράς ή διανομής, όπως οι εναέριες γραμμές ή οι μετασχηματιστές ισχύος μπορεί να οδηγήσει σε αστάθεια δικτύου. Σε αυτήν την περίπτωση, η τάση και η συχνότητα του δικτύου μπορεί να πέσουν εκτός των ορίων λειτουργίας των μετατροπέων και μπορεί να προκύψει διακοπή λειτουργίας της εγκατάστασης. Σε λιγότερο αναπτυγμένα περιφερειακά δίκτυα, ο κίνδυνος διακοπής λειτουργίας που προκαλείται από αστάθεια δικτύου μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στην οικονομία του έργου.

Οι αναφορές πρόβλεψης ενεργειακής απόδοσης θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη και (ιδανικά) να ποσοτικοποιούν κάθε μία από αυτές τις απώλειες.

Αβεβαιότητα στην πρόβλεψη παραγωγής ενέργειας

Η αβεβαιότητα του λογισμικού προσομοίωσης απόδοσης ενέργειας εξαρτάται από κάθε στάδιο μοντελοποίησης και από την αβεβαιότητα στις μεταβλητές εισόδου. Το ίδιο το λογισμικό μοντελοποίησης μπορεί να προκαλέσει αβεβαιότητα από 2% έως 3%.

Η αβεβαιότητα στις ημερήσιες συγκεντρωτικές τιμές της ακτινοβολίας που μετράται με πυρανόμετρα εδάφους (ανάλογα με την κλάση ακρίβειας) κυμαίνεται από ± 2 τοις εκατό έως ± 8 τοις εκατό. Αυτό αντιπροσωπεύει το ανώτατο όριο ακρίβειας των δεδομένων πόρων που λαμβάνονται μέσω μετεωρολογικών σταθμών. Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις, η παρουσία πυρανομέτρου στο έδαφος στη θέση του έργου κατά τα προηγούμενα χρόνια είναι απίθανη.

Εάν συμβαίνει αυτό, τα δεδομένα ηλιακών πόρων πιθανόν να έχουν ληφθεί χρησιμοποιώντας δορυφόρους ή με παρεμβολή. Αυτό θα αυξήσει την αβεβαιότητα στα δεδομένα, ανάλογα με την ποιότητα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται. Γενικά, μπορεί να αναμένεται αβεβαιότητα δεδομένων πόρων στην περιοχή από 5% έως 8% ή μεγαλύτερη, ανάλογα με την περιοχή.

Η αβεβαιότητα σε άλλες μεταβλητές εισόδου του μοντέλου περιλαμβάνει εκτιμήσεις στο χρόνο διακοπής λειτουργίας, εκτιμήσεις στους ρύπους, αβεβαιότητα στη διακύμανση των ηλιακών πόρων

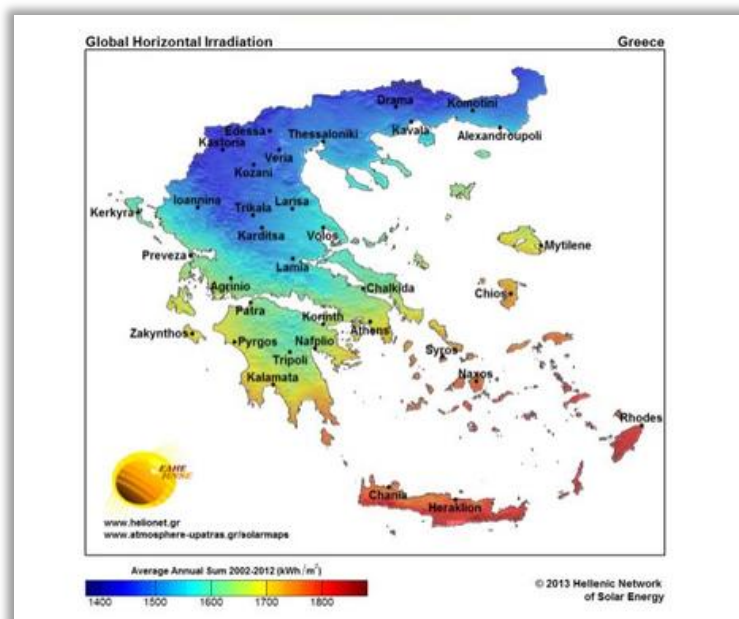
από έτος σε έτος και σφάλματα λόγω των προδιαγραφών του πλαισίου που δεν προσδιορίζουν με ακρίβεια τα πραγματικά χαρακτηριστικά του πλαισίου.

Η απόδοση ενέργειας εξαρτάται γραμμικά, ως μια πρώτη προσέγγιση, από την ακτινοβολία (plane of array irradiance) που φτάνει σε ένα οριζόντιο πλαίσιο. Επομένως, η αβεβαιότητα στα δεδομένα των πόρων επηρεάζει σημαντικά την αβεβαιότητα στην πρόβλεψη απόδοσης. Αναμένεται συνολικά στοιχεία αβεβαιότητας στην περιοχή από 8% έως 10%, ανάλογα με την περιοχή. Μια καλή έκθεση ενεργειακής απόδοσης θα ποσοτικοποιήσει την αβεβαιότητα για τη συγκεκριμένη τοποθεσία εγκατάστασης.

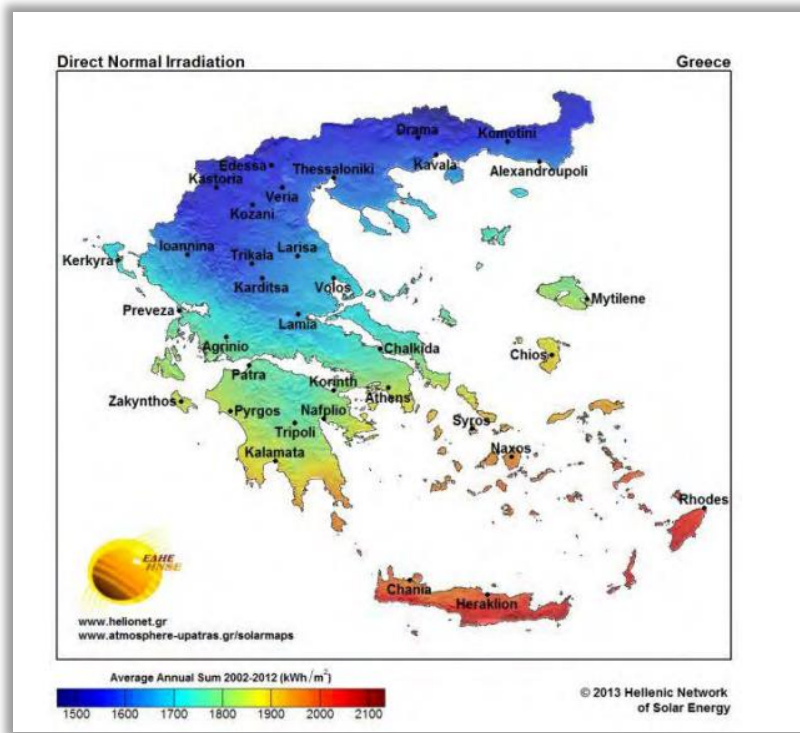
4.3 Ηλιακό δυναμικό στην Ελλάδα

Το ηλιακό δυναμικό στην Ελλάδα είναι ιδιαίτερα αυξημένο, ιδίως σε σύγκριση με την υπόλοιπη Ευρώπη. Αναφορικά με τους προηγούμενους δείκτες GHI και DNI, αυτοί παρουσιάζονται σε επίπεδο επικράτειας στις εικόνες 12 και 13.

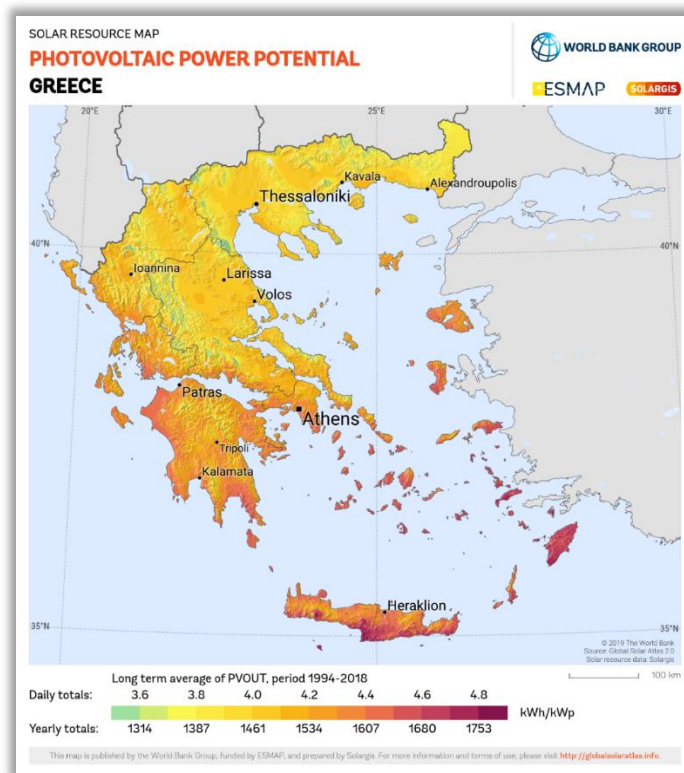
Όπως παρατηρείται, η ετήσια ηλιακή ενέργεια GHI προσεγγίζει κατά μέσο όρο τα 1450 kWh/m² στη Βόρεια Ελλάδα και τα 1850 kWh/m² στη Νότια Ελλάδα. Η διαφορά μεταξύ των δύο περιοχών είναι ιδιαίτερα σημαντική. Επιπλέον, η ηλιακή ενέργεια DNI είναι αυξημένη σε σχέση με την GHI και ακολουθεί κοινό γεωγραφικό μοτίβο σε σχέση με τη GHI. Η αύξηση της GHI σε σχέση με την DNI είναι μεγαλύτερη στη Νότια Ελλάδα σε σύγκριση με αυτήν στην Βόρεια Ελλάδα.



Εικόνα 12:Κλιματολογικός χάρτης της Ελλάδας με τη μέση διαθέσιμη ολική ηλιακή ενέργεια που προκύπτει σε μια οριζόντια επιφάνεια κατά τη διάρκεια ενός έτους Πηγή :[2]



Εικόνα 13: Ετήσιοι κλιματικοί μέσοι όροι της λαμβανόμενης ηλιακής ακτινοβολίας DNI Πηγή : [2]



Εικόνα 14: Χάρτης Ηλιακού δυναμικού Πηγή: [26]

Κεφάλαιο 5: Τρόποι Χρηματοδότησης Φωτοβολταϊκών Έργων

Προκειμένου να αποκτήσει χρηματοδότηση ένα φωτοβολταϊκό έργο απαιτείται η προετοιμασία μιας ολοκληρωμένης τεκμηρίωσης των λεπτομερειών του έργου, έτσι ώστε οι δυνητικοί χρηματοδότες να μπορούν να εκτιμήσουν τον κίνδυνο της επένδυσης. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τη χρηματοδότηση του έργου, καθώς ο δανειστής εξαρτάται εξ ολοκλήρου από τις ταμειακές ροές του έργου για την αποπληρωμή των δανείων .

Για την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών έργων ένα σύνολο τρόπων χρηματοδότησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί, ωστόσο η χρηματοδότηση είναι η πιο κοινή λύση. Η κατάλληλη δομή επηρεάζεται από τις εμπορικές και οικονομικές ανάγκες των επενδυτών, καθώς και από την αγορά και τα διαθέσιμα κίνητρα για έργα ηλιακής ενέργειας .Στα αρχικά στάδια, η χρηματοδότηση ιδίων κεφαλαίων χρησιμοποιείται για να διερευνήσει και να αναπτύξει μια επενδυτική ευκαιρία και αργότερα, η χρηματοδότηση μέσω χρέους συνήθως εισάγεται για την κατασκευή έργου. Γενικά, οι περισσότερες δομές χρηματοδότησης θα περιλαμβάνουν δύο βασικά στοιχεία:

- Ίδια κεφάλαια από έναν ή περισσότερους επενδυτές, που εισάγονται απευθείας ή μέσω του developer του έργου σε ένα όχημα ειδικού σκοπού (SPV ή «εταιρεία έργου»).
- Χρέος από έναν ή περισσότερους δανειστές, εξασφαλισμένο έναντι των περιουσιακών στοιχείων που ανήκουν στο SPV.

5.1 Μορφές Χρηματοδότησης

5.1.1 Εταιρική Χρηματοδότηση (Corporate Financing)

Οι μεγάλες εταιρείες μπορούν να χρηματοδοτούν Φωτοβολταϊκούς σταθμούς «στον ισολογισμό», παρέχοντας ίδια κεφάλαια και αναλαμβάνοντας χρέη στο πλαίσιο των ευρύτερων δραστηριοτήτων τους και της εταιρικής χρηματοδότησης. Αυτό το μοντέλο θα ήταν τυπικό για αυτοπαραγωγή (δηλ. για τις ανάγκες ενέργειας ενός χρήστη), αντί για τα μεγαλύτερα έργα . Αυτός ο τύπος χρηματοδότησης μπορεί επίσης να είναι το κατάλληλο μοντέλο όταν ο developer του έργου είναι μια μεγάλη οντότητα που έχει πρόσβαση σε χρηματοδότηση πολύ χαμηλού κόστους, κάτι που μπορεί να ισχύει για ένα μεγάλο utility ενέργειας ή έναν όμιλο .

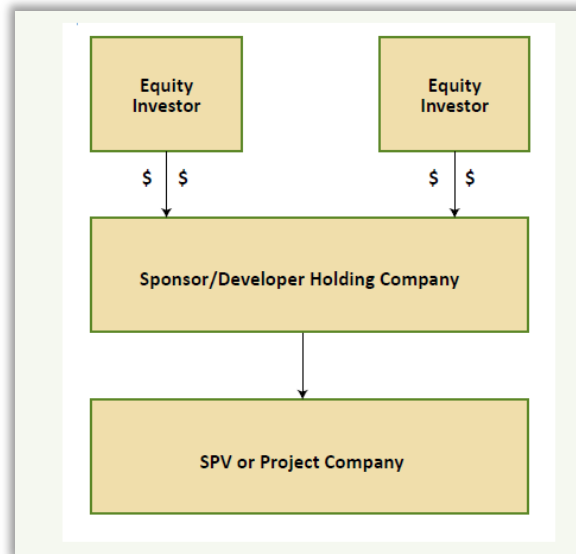
5.1.2 Χρηματοδότηση Ιδίων Κεφαλαίων (Equity financing)

Γενικά, το χρέος είναι φθηνότερο από τα ίδια κεφάλαια, και ως εκ τούτου η χρηματοδότηση έργων μέσω έκδοσης χρέους καθίσταται πιο ελκυστική. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις, τα έργα ηλιακής ενέργειας μπορεί να χρηματοδοτούνται εξ ολοκλήρου με ίδια κεφάλαια. Εάν το χρέος δεν είναι διαθέσιμο σε ελκυστικές τιμές , μπορεί να επιδιωχθεί χρηματοδότηση μετοχικού κεφαλαίου, ειδικά για μικρότερα έργα.

Για παράδειγμα, στην Ευρώπη μετά την παγκόσμια χρηματοπιστωτική κρίση, πολλές τράπεζες που δραστηριοποιούνται στο παρελθόν στον χώρο χρηματοδότησης έργων δεν δανείζουν πλέον ή δανείζουν μόνο για μικρότερο χρονικό ορίζοντα από ό, τι τα προηγούμενα χρόνια. Ωστόσο, λόγω των ισχυρών κινήτρων πολιτικής, τα έργα ανανεώσιμης ενέργειας εξακολουθούν να προσφέρουν αρκετά υψηλές αποδόσεις σε σύγκριση με άλλες επενδυτικές ευκαιρίες που ήταν διαθέσιμες εκείνη τη στιγμή για να καταστήσουν ελκυστικές τις επενδύσεις μετοχών σε ηλιακά έργα και πραγματοποιήθηκαν συμφωνίες μετοχικού κεφαλαίου.[1]

Η χρηματοδότηση ιδίων κεφαλαίων μπορεί επίσης να είναι ευκαιριακή. Τα ίδια κεφάλαια μπορούν συχνά να αναπτυχθούν πιο γρήγορα από το χρέος, οπότε εάν υπάρχει μια ευκαιρία υψηλής απόδοσης και αυστηρά χρονοδιαγράμματα για την εξασφάλιση κινήτρων όπως τα τιμολόγια τροφοδοσίας (FiTs) έως μια συγκεκριμένη ημερομηνία, ένας επενδυτής μπορεί να είναι πρόθυμος να χρηματοδοτήσει

ολόκληρο το έργο ή σε συνεργασία με έναν συγχρηματοδότη , όπως ένα ταμείο υποδομής. Μόλις το έργο κατασκευαστεί και τεθεί σε λειτουργία και μειωθεί το προφίλ κινδύνου, οι κάτοχοι μετοχών μπορούν στη συνέχεια να επιδιώξουν να το αναχρηματοδοτήσουν χρησιμοποιώντας φθηνότερη χρηματοδότηση χρέους.



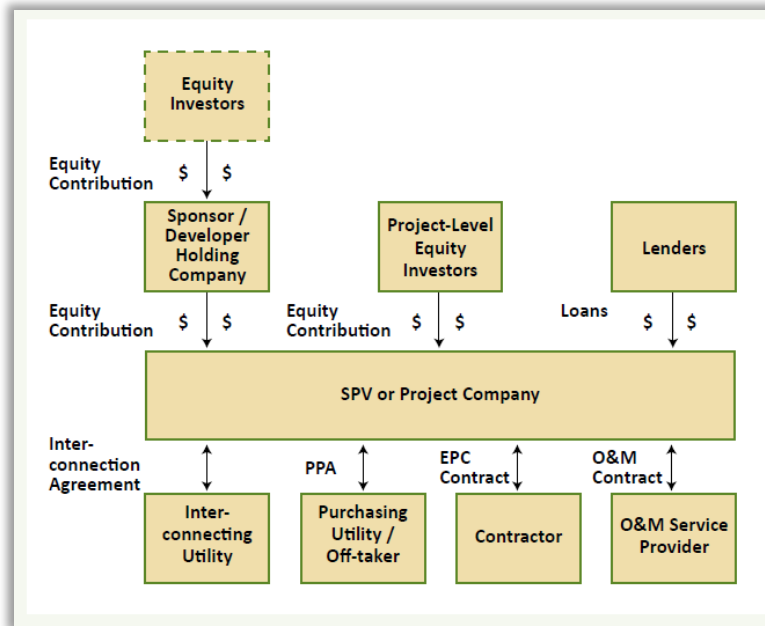
Εικόνα 15:Δομή του Equity Financing Πηγή :[26]

5.1.3 Χρηματοδότηση Έργου (Project Financing)

Η χρηματοδότηση έργων είναι η πιο κοινή προσέγγιση για μακροπρόθεσμη χρηματοδότηση ηλιακών έργων . Το κύριο χαρακτηριστικό της χρηματοδότησης έργων είναι ότι τα δάνεια λαμβάνονται με βάση την ισχύ των εστιασμένων εσόδων του έργου, χωρίς καμία ή περιορισμένη προσφυγή στον χρηματοδότη του έργου. Αυτή η προσέγγιση διαχωρίζει ένα μεμονωμένο έργο από άλλες δραστηριότητες του χρηματοδότη. Η χρηματοδότηση έργων είναι ελκυστική για τους φορείς που αναπτύσσουν ηλιακά πάρκα, καθώς μπορεί να επιτρέψει υψηλότερα ποσοστά μόχλευσης (μεγιστοποιώντας έτσι την απόδοση ιδίων κεφαλαίων) και να μεταφέρει τις υποχρεώσεις σε μια εταιρεία έργου αντί να τις διατηρεί στον project developer. Επιτρέπει επίσης στους project developers να ελευθερώσουν τα ίδια κεφάλαια για να αναπτύξουν περισσότερα έργα. Με δομή χρηματοδότησης έργου, τα έργα συνήθως πραγματοποιούνται σε εταιρεία έργου ή σε όχημα ειδικού σκοπού (SPV) που διατηρεί όλα τα περιουσιακά στοιχεία και τις υποχρεώσεις του έργου.

Δεδομένης της περιορισμένης προσφυγής στη μητρική εταιρεία, οι δανειστές απαιτούν να υπάρχει μια ασφαλής ροή εσόδων από το έργο και θα αναλάβουν σε βάθος τη δέουσα επιμέλεια του έργου (due diligence) για να αποκτήσουν εμπιστοσύνη στην ικανότητα του έργου να εξυπηρετήσει την αποπληρωμή του χρέους. Αυτό θα περιλαμβάνει μια εμπεριστατωμένη τεχνική και νομική αναθεώρηση του έργου και όλων των σχετικών συμβάσεων, ιδίως του PPA, έτσι ώστε να υπάρχει εμπιστοσύνη στα έσοδα του έργου .

Το σχήμα 16 απεικονίζει τις επιλογές χρηματοδότησης έργων.



Εικόνα 16: Δομή του Project Financing Πηγή : [26]

5.1.3.1 Ο ρόλος του SPV

Ο project developer και οι μετοχικοί εταίροι συνήθως ξεκινούν τη διαδικασία ανάπτυξης σχηματίζοντας μια εταιρεία έργου ή SPV, στην οποία ανατίθενται όλα τα δικαιώματα και οι υποχρεώσεις του έργου. Το SPV κατέχει το έργο και το σταθμό όταν κατασκευάζεται, υπογράφει τη σύμβαση EPC, τη σύμβαση O&M, το P.P.A και πληρώνεται τα έσοδα του έργου.

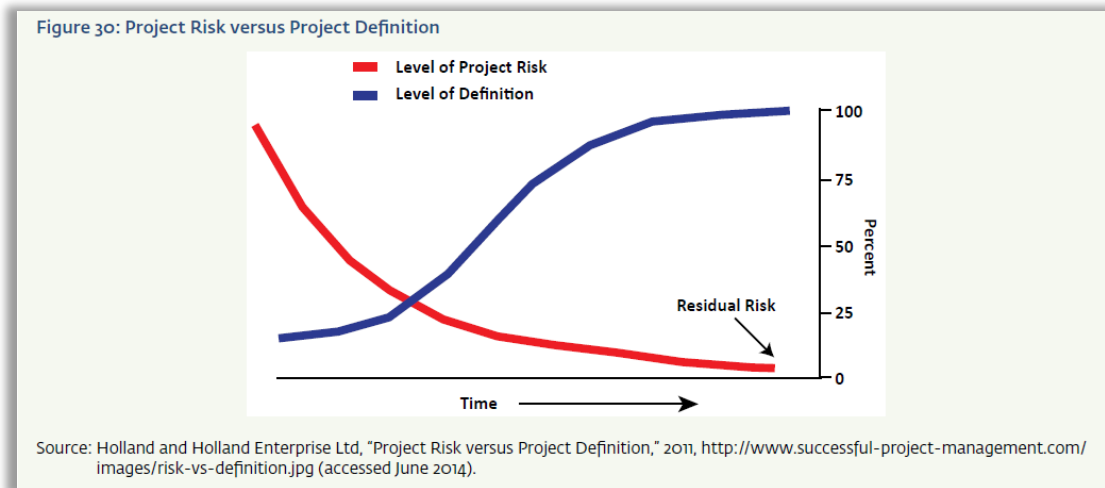
Τέτοιες δομές έργων προσφέρουν στις επιχειρήσεις την ευκαιρία να απομονώσουν το φωτοβολταϊκό έργο από τις υπόλοιπες επιχειρηματικές δραστηριότητες του developer. Οι απαιτήσεις του κεφαλαίου κίνησης και η εξυπηρέτηση του χρέους λαμβάνονται και από τις ταμειακές ροές του έργου (αν και ο ανάδοχος ενδέχεται να υποχρεωθεί να εισφέρει κεφάλαιο σε περίπτωση που υπάρχει κίνδυνος παραβίασης των απαιτούμενων δεικτών κάλυψης χρέους). Συνήθως απαιτείται λογαριασμός αποθεματικού εξυπηρέτησης χρέους, ο οποίος λειτουργεί ως μηχανισμός υποστήριξης στην κάλυψη χρεών. Συνήθως απαιτούνται συμφωνίες από τους δανειστές για να αποτρέψουν τους μετόχους από τη λήψη μερισμάτων όταν οι λόγοι εξυπηρέτησης του χρέους πέφτουν κάτω από ένα καθορισμένο σημείο.

Μόνο όταν έχουν εκπληρωθεί άλλες χρηματοοικονομικές υποχρεώσεις, οι εταίροι των μετοχών θα πραγματοποιήσουν την επιστροφή τους, συχνά με τη μορφή μερισμάτων. Τα SPV μπορούν να διέπονται από την τοπική νομοθεσία ή μπορεί να αναφέρονται στο κατάλληλο διεθνές δίκαιο, ανάλογα με τις απαιτήσεις της χώρας στην οποία αναπτύσσεται το έργο και τις προτιμήσεις των μετόχων.

5.1.3.2 Μετοχικό κεφάλαιο και ύψος χρέους ένταξης

Οι όροι χρηματοδότησης ενός έργου ηλιακής ενέργειας θα εξελιχθούν κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής του. Αρχικά, το έργο δεν είναι καλά καθορισμένο: υπάρχουν κίνδυνοι και αβεβαιότητες όσον αφορά πολλές πτυχές του έργου, συμπεριλαμβανομένου του ηλιακού δυναμικού, της αναμενόμενης απόδοσης, της σύνδεσης δικτύου και των μισθώσεων γης, των δικαιωμάτων ανάπτυξης με τον ιδιοκτήτη γης. Καθώς ένα έργο εξελίσσεται, καθίσταται καλύτερα καθορισμένο: η αξιολόγηση των ηλιακών πόρων πραγματοποιείται και ο σχεδιασμός του περιγράμματος επιτρέπει την εκτέλεση μιας πρόβλεψης απόδοσης ενέργειας. Η ισορροπία κινδύνου και καθώς το έργο προχωρά φαίνεται στην εικόνα 14.

Εάν ένας project developer δεν διαθέτει επαρκή κεφάλαια για να ολοκληρώσει ένα έργο πρέπει να εξετάσει τότε στον κύκλο του έργου να αναζητήσει πρόσθετη χρηματοδότηση από άλλους επενδυτές. Όσο νωρίτερα συμμετέχουν οι επενδυτές στο έργο, τόσο υψηλότερος είναι ο κίνδυνος που αναλαμβάνουν και τόσο υψηλότερη είναι η απόδοση που θα απαιτήσουν, ανάλογα με τον κίνδυνο. Ένας πάροχος χρέους δεν θα δανείζει ένα έργο έως ότου υπάρξει υψηλός βαθμός βεβαιότητας ότι το έργο μπορεί να προχωρήσει και έχουν ελαχιστοποιηθεί οι κίνδυνοι επαρκώς.



Εικόνα 17: Ρίσκο του έργου versus χρόνος ολοκλήρωσης του έργου Πηγή : [26]

5.1.3.3 Ο κύκλος ανάπτυξης του έργου και η αξιολόγηση του έργου

Κάθε εταιρεία που αναπτύσσει έργα φωτοβολταϊκών πάρκων λειτουργεί με διαφορετική στρατηγική και στόχους. Ορισμένοι developers επικεντρώνονται αποκλειστικά στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης έργων και στις τοπικές γνώσεις που απαιτούνται για την εξασφάλιση γης, αδειών και σύνδεσης δικτύου. Ειδικά εάν δεν έχουν πρόσβαση σε δικό τους κεφάλαιο, το επιχειρηματικό τους μοντέλο μπορεί να περιλαμβάνει την πώληση του έργου έναντι αμοιβής επιτυχίας σε άλλον (συνήθως μεγαλύτερο) developer, ο οποίος στη συνέχεια αναλαμβάνει την κατασκευή του έργου.

Σε μια άλλη περίπτωση, οι μικρότεροι developers ενδέχεται να ξεκινήσουν την ανάπτυξη του έργου και να επιθυμούν να μεταφέρουν το έργο σε εμπορική λειτουργία, αλλά δεν διαθέτουν επαρκή χρηματοδότηση από τους ίδιους πριν από το στάδιο όπου θα ήταν δυνατό να αναζητηθεί έκδοση χρέους. Στη συνέχεια, ο developer μπορεί να ζητήσει επιπλέον κεφάλαια από έναν δεύτερο χρηματοδότη του έργου, είτε από έναν «παθητικό» χρηματοοικονομικό επενδυτή που αναζητά μια απόδοση, είτε από ένα εξειδικευμένο ταμείο που παρέχει εξειδικευμένη χρηματοδότηση και τεχνογνωσία υλοποίησης του έργου. Ως προϋπόθεση της εξωτερικής επένδυσης σε μετοχές, ο πρώτος developer αναμένεται συχνά να παραμείνει κρατήσει χαμηλά το ποσοστό του έτσι ώστε όλα τα μέρη να έχουν κίνητρο να διασφαλίσουν ότι το έργο θα ολοκληρωθεί.

Όταν ένα έργο ή μερίδιο συμμετοχής σε ένα έργο πωλείται, τα δύο μέρη πρέπει να συμφωνήσουν για την αποτίμηση ενός έργου. Όσο νωρίτερα βρίσκεται σε εξέλιξη ένα έργο, τόσο λιγότερο βέβαιο είναι ότι θα υλοποιηθεί επιτυχώς, τόσο λιγότερο σίγουρη είναι η ροή εσόδων του και τόσο περισσότερη συζήτηση υπάρχει μεταξύ του αγοραστή και του πωλητή σχετικά με την αξία του έργου. Η πρόκληση να συμφωνηθεί μια τιμή έργου δεν είναι σίγουρα μοναδική για τα έργα ηλιακής ενέργειας, αλλά μπορεί να είναι πιο δύσκολη σε νέες αγορές, όπου τα «βιομηχανικά πρότυπα» δεν έχουν ακόμη αναπτυχθεί και υπάρχει έλλειψη σαφών πληροφοριών σχετικά με διαφορετικά βήματα στο διαδικασία ανάπτυξης και την αξία που προσθέτει κάθε βήμα. Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών είναι επίσης μοναδική στο ότι η έχει σημειώσει δραματική μείωση του κόστους, αφήνοντας developers που

αγόρασαν πάνελ μόνο 18 μήνες νωρίτερα από άλλους με ένα σχετικά ακριβό και μη ανταγωνιστικό έργο.

5.1.3.4 Δομή Χρηματοδότησης Έργου

Σε μια τυπική δομή χρηματοδότησης έργου, θα υπάρξει ένας ή περισσότεροι επενδυτές που εισπράττουν κεφάλαια απευθείας ή μέσω του developer του έργου στην εταιρεία έργου (SPV). Οι δανειστές, συνήθως μια κοινοπραξία τραπεζών, παρέχουν χρέος, το οποίο είναι εξασφαλισμένο έναντι των περιουσιακών στοιχείων που περιέχονται στο SPV.

Κατά την εξέταση της χρηματοδότησης έργων, οι προγραμματιστές θα πρέπει να λάβουν υπόψη τα εξής:

- Ο συνήθης όρος ενός δανείου χρηματοδότησης έργου κυμαίνεται από 10 έως 15 χρόνια ή περισσότερο. Για ηλιακά φωτοβολταϊκά έργα, ο όρος μπορεί να περιορίζεται στην περίοδο των PPA ή FiT, ενδεχομένως συμπεριλαμβάνοντας κινδύνους αναχρηματοδότησης σε περίπτωση που το έργο απαιτεί χρηματοδότηση χρέους πέραν αυτής της περιόδου.
- Οι δανειστές ενδέχεται να έχουν απαιτήσεις ή προϋποθέσεις που σχετίζονται με τον όρο (διάρκεια) και τη μορφή της δομής του PPA, καθιστώντας το ιδανικό για την οριστικοποίηση συμβάσεων μετά τη διεξαγωγή συζητήσεων βασικών όρων με τον δανειστή. Ωστόσο, το P.P.A είναι ουσιαστικής σημασίας και ορισμένοι δανειστές ενδέχεται να μην υπογράψουν εντολές ή να προχωρήσουν σε αξιολόγηση χωρίς τη σύναψη P.P.A. Οπότε είναι απαραίτητο να υπογραφεί μια άμεση συμφωνία που θα μπορεί να τροποποιηθεί αργότερα με τις απαιτήσεις του δανειστή.
- Μεμονωμένα έργα από μικρότερους developers ενδέχεται να λάβουν χρηματοδότηση με λόγο δανείου προς αξία 75 τοις εκατό (π.χ. δείκτη μόχλευσης 75 τοις εκατό), ενώ χαρτοφυλάκια φωτοβολταϊκών έργων από έμπειρους developers μπορεί να χρηματοδοτούνται με μόχλευση έως και 80 τοις εκατό.
- Ανάλογα με τον χρηματοδότη, την αγορά και τα τέλη χρηματοδότησης έργου, η χρηματοδότηση έργων ενδέχεται να μην είναι ελκυστική για έργα με λιγότερα από 10 MW. Οι developers μπορούν να εξετάσουν το ενδεχόμενο ενοποίησης αρκετών φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων σε ένα χαρτοφυλάκιο για να λάβουν χρηματοδότηση σε ένα μεγαλύτερο χαρτοφυλάκιο. Για παράδειγμα, ένας developer μπορεί να συγκεντρώσει δέκα ηλιακά φωτοβολταϊκά έργα 5 MWp και να ζητήσει χρηματοδότηση σε χαρτοφυλάκιο 50 MWp.
- Οι δανειστές θα διεξαγάγουν τη δέουσα επιμέλεια στο έργο πριν από την επίτευξη οικονομικού κλεισίματος και θα περιλαμβάνουν συγκεκριμένους όρους που περιορίζουν τον κίνδυνο εξυπηρέτησης του χρέους καθ' όλη τη διάρκεια του δανείου. Οι δανειστές θα περιλαμβάνουν επίσης προηγούμενες προϋποθέσεις (απαιτήσεις που πρέπει να επιτευχθούν πριν από την εκταμίευση κεφαλαίων), όπως η λήψη άδειας ή η εκτέλεση ενός συμβολαίου.
- Οι επενδυτές (Equity investors) μπορούν να βασίζονται στη δέουσα επιμέλεια του δανειστή ή να διεξαγάγουν οι ίδιοι.
- Λόγω της παγκόσμιας χρηματοπιστωτικής κρίσης και της εισαγωγής των μεταρρυθμίσεων της Βασιλείας III υπάρχουν αυστηρότεροι περιορισμοί στις απαιτήσεις τραπεζικών αποθεματικών. Οι τράπεζες ενδέχεται να έχουν πρόθεση μειωμένου κινδύνου και μπορεί να είναι λιγότερο πρόθυμες να παρέχουν δάνεια μεγάλης διάρκειας.

5.1.4 Δέουσα Επιμέλεια (Due Diligence)

Όπως με όλες τις επενδύσεις, οι επενδυτές και οι δανειστές σε ένα φωτοβολταϊκό έργο πρέπει να κατανοήσουν τους κινδύνους. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τους δανειστές που παρέχουν χρηματοδότηση έργου, καθώς η αποπληρωμή δανείων εξαρτάται από τις ταμειακές ροές του έργου, χωρίς ή με περιορισμένη προσφυγή στον ισολογισμό του χορηγού. Οι δανειστές απαιτούν τη δέουσα επιμέλεια σε έργα ώστε να είναι πρόθυμοι να κλείσουν τη χρηματοδότηση και να χρηματοδοτήσουν το δάνειο.

Η διαδικασία της δέουσας επιμέλειας ενδέχεται να απαιτήσει σημαντική προσπάθεια από τον developer για την ικανοποίηση των απαιτήσεων των εμπορικών δανειστών. Έτσι, θα πρέπει να σχεδιάσουν να ξεκινήσουν τη διαδικασία χρηματοδότησης αρκετούς μήνες πριν από την αναμενόμενη ημερομηνία που απαιτείται η χρηματοδότηση .

Η διαδικασία δέουσας επιμέλειας θα εντοπίσει κινδύνους και θα βοηθήσει στην ανάπτυξη λύσεων για τον μετριασμό των κινδύνων που εντοπίστηκαν, συνήθως συμπεριλαμβανομένων των ακόλουθων θεμάτων :

- *Νομική δέουσα επιμέλεια* για την αξιολόγηση των αδειών και των συμβάσεων έργων (EPC και O&M), συμπεριλαμβανομένων των δικαιωμάτων εκχώρησης και των δικαιωμάτων εισόδου.
- *Περιβαλλοντική και κοινωνική δέουσα επιμέλεια* για την αξιολόγηση περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων και μετριασμού των κινδύνων, συμπεριλαμβανομένων των σχετικών διαβουλεύσεων με τα ενδιαφερόμενα μέρη.
- *Τεχνική δέουσα επιμέλεια* για την αξιολόγηση της τεχνολογίας, του προφίλ παραγωγής ενέργειας, του σχεδιασμού, των κινδύνων κατασκευής, της ολοκλήρωσης και των τεχνικών πτυχών των αδειών και συμβάσεων (EPC και O&M). Η τεχνική διαδικασία δέουσας επιμέλειας μπορεί να εντοπίσει κινδύνους που είναι μη αποδεκτοί από τον δανειστή, οπότε ενδέχεται να απαιτηθούν αλλαγές στο σχεδιασμό, εξαρτήματα ή συμβόλαια για να καταστεί το έργο αποδεικτικό για τους δανειστές.
- *Οικονομική / εμπορική δέουσα επιμέλεια* για την αξιολόγηση της οικονομικής υγείας της εταιρείας έργου. Αυτό θα περιλαμβάνει αξιολόγηση της ποιότητας και της εμπορικής βιωσιμότητας του P.P.A. Είναι σημαντικό να υπάρχουν ρεαλιστικά χρηματοοικονομικά μοντέλα με ξεκάθαρα τα σημεία αβεβαιότητας.

Η δέουσα επιμέλεια που πραγματοποιείται στο στάδιο της καθαρής θέσης μπορεί να βασίζεται σε προκαταρκτικές τεχνικές πληροφορίες που παρέχονται από τον developer του έργου .Καθώς η δέουσα επιμέλεια για τους δανειστές χρηματοδότησης έργων πραγματοποιείται σε μεταγενέστερο στάδιο της αναπτυξιακής διαδικασίας, συχνά θα υποστηρίζεται με πιο λεπτομερείς τεχνικές πληροφορίες και σχέδια με υψηλότερο επίπεδο βεβαιότητας. Ενώ ο κίνδυνος είναι εγγενής σε κάθε έργο, ο developer θα πρέπει να μετριάσει αυτούς τους κινδύνους όπου είναι δυνατόν. Αυτά τα έργα που θεωρούνται χαμηλού κινδύνου μπορούν να προσελκύσουν χρέη με χαμηλότερο κόστος.

Οι δανειστές και οι εταίροι μετοχικών κεφαλαίων μπορεί συχνά να θέλουν να επηρεάσουν την επιλογή της τεχνολογίας του εξοπλισμού, του σχεδιασμού και των όρων των συμβάσεων με βάση αυτό που θεωρούν ως «τραπεζικά». Ενδέχεται να απαιτούν συναίνεση για βασικές αποφάσεις, όπως ο κατασκευαστής του πάνελ ή η επιλογή του μετατροπέα. Είναι επομένως σκόπιμο να διεξαχθούν συζητήσεις με τους πιθανούς εταίρους χρηματοδότησης έργων στην αρχή του σχεδιασμού για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις όλων των εταίρων και να αποφευχθούν αναθεωρήσεις. Ωστόσο, η συμμετοχή πλήρως στη διαδικασία της δέουσας επιμέλειας πολύ νωρίς

μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολικές και περιττές δαπάνες εάν απαιτούνται αλλαγές στην τεχνολογία του έργου, στο σχεδιασμό ή ακόμη και στην επιλογή δανειστή. Αυτό το κόστος επιβαρύνει τελικά τον developer .Ο επαρκής χρόνος στο στάδιο διαπραγμάτευσης των συμφωνιών P.P.A και E.P.C για την επίτευξη ευνοϊκών όρων θα εξοικονομήσει χρόνο και χρήμα στο στάδιο χρηματοδότησης, αποφεύγοντας εκτεταμένες επαναδιαπραγματεύσεις.

5.1.4.1 Τεχνική Δέουσα Επιμέλεια (Technical Due Diligence)

Οι επενδυτές και οι δανειστές του έργου, ειδικότερα, θα απαιτήσουν την τεχνική δέουσα επιμέλεια για το φωτοβολταϊκό έργο προκειμένου να κατανοήσουν τον επενδυτικό κίνδυνο. Η διαδικασία τεχνικής δέουσας επιμέλειας μπορεί να διαρκέσει αρκετές εβδομάδες και περιλαμβάνει τεχνικούς εμπειρογνώμονες που εκτελούν τις ακόλουθες εργασίες:

- Επιτόπια επίσκεψη για την αξιολόγηση της καταλληλότητας της τοποθεσίας για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού σταθμού.
- Αξιολόγηση ηλιακού δυναμικού και πρόβλεψη ενεργειακής απόδοσης με ανάλυση αβεβαιότητας.
- Επανεξέταση του σχεδιασμού συστήματος για επιβεβαίωση της βιωσιμότητας.
- Επισκόπηση τεχνολογίας πλαισίων, μετατροπέων, μετασχηματιστών, και βάσεις στήριξης ή trackers, συμπεριλαμβανομένων των εγγυήσεων και του χρόνου ζωής που δίνεται από τους κατασκευαστές .
- Ανασκόπηση συμβολαίων (E.P.C, O&M και P.P.A)
- Αξιολόγηση της εγγύησης που παρέχεται από τις συμβάσεις
- Ανασκόπηση της συμφωνίας και των χρονοδιαγραμμάτων σύνδεσης δικτύου.
- Ανασκόπηση της κατάστασης αδειών για επιβεβαίωση της συμμόρφωσης με όλες τις απαραίτητες άδειες και εγκρίσεις, και απουσία σοβαρών περιβαλλοντικών ζητημάτων.
- Ανασκόπηση των εισροών χρηματοοικονομικού μοντέλου για να διασφαλιστεί ότι οι χρηματοοικονομικές προβλέψεις είναι ρεαλιστικές.
- Ανασκόπηση των διαδικασιών των δοκιμής αποδοχής.

Η διαδικασία της τεχνικής δέουσας επιμέλειας απαιτεί συνήθως από τον να τοποθετήσει την τεκμηρίωση του έργου σε ένα διαδικτυακό «data room» και καταλήγει στην παράδοση μιας αναφοράς τεχνικής δέουσας επιμέλειας.

5.1.5 Αναχρηματοδότηση (Re-financing)

Μόλις ένα έργο τεθεί σε λειτουργία, ιδιαίτερα μετά από ένα ή δύο χρόνια, οι κίνδυνοι του έργου, συμπεριλαμβανομένων των κατασκευών, της τεχνολογίας, της ενεργειακής απόδοσης και του κινδύνου απόδοσης, μειώνονται σημαντικά και υπάρχει η ευκαιρία να αναχρηματοδοτηθεί το έργο αναζητώντας χρέος με χαμηλότερο επιτόκιο.

Λιγότερος κίνδυνος σημαίνει ότι οι τράπεζες δέχονται συχνά λιγότερη απόδοση από το δάνειο τους, οπότε μπορεί να είναι δυνατή η διαπραγμάτευση καλύτερων όρων χρέους, είτε από τον αρχικό δανειστή είτε από άλλο δανειστή. Μια μάλλον νέα εξέλιξη στον τομέα των φωτοβολταϊκών έργων είναι η χρήση της τιτλοποίησης, μιας διαδικασίας που επιτρέπει σε μια εταιρεία που υλοποίησε ένα φωτοβολταϊκό πάρκο να αποχωρήσει από την επένδυση.

Από το 2013 σημειώθηκε ραγδαία ανάπτυξη στην τιτλοποίηση ηλιακών και άλλων στοιχείων ενεργειακής παραγωγής. Η τιτλοποίηση είναι η διαδικασία συγκέντρωσης πολλαπλών έργων και δημιουργίας ενός χαρτοφυλακίου ως εμπορεύσιμου περιουσιακού στοιχείου . Αυτό μπορεί να είναι είτε με τη μορφή ενός ομολόγου που βασίζεται στο έργο είτε από ένα "yieldco". Το yieldco είναι μια οντότητα εισηγμένη στο χρηματιστήριο που έχει σχεδιαστεί για να διατηρεί περιουσιακά στοιχεία που δημιουργούν χρηματικές ροές, γενικά με σταθερά αναμενόμενα μερίσματα. Ενώ η τιτλοποίηση είναι κοινή για άλλα περιουσιακά στοιχεία, όπως στεγαστικά δάνεια και χρηματοδότηση αυτοκινήτων, και για υποδομές σε χώρες όπως η Αυστραλία και ο Καναδάς, είναι ένα σχετικά νέο εργαλείο για έργα ηλιακής ενέργειας.

Τα ηλιακά έργα είναι κατάλληλα για τιτλοποίηση, επειδή συνήθως έχουν προβλέψιμα μακροπρόθεσμα έσοδα που εξασφαλίζονται μέσω ενός P.P.A και έχουν μετριάσει πολλές αβεβαιότητες και κινδύνους έργων μέσω της δομής χρηματοδότησης του έργου τους. Αυτές οι σταθερές, χαμηλού κινδύνου ταμειακές ροές είναι επιθυμητές για θεσμικούς επενδυτές, όπως οι διαχειριστές συνταξιοδοτικών ταμείων.

Μόλις ένα έργο τεθεί σε λειτουργία, οι project developers συχνά θέλουν να βγουν από το έργο έτσι ώστε να μπορούν να επικεντρωθούν στην ανάπτυξη του κεφαλαίου τους και στη δημιουργία αξίας με νέα έργα. Η τιτλοποίηση τους επιτρέπει να δημιουργήσουν το δικό τους εταιρικό όχημα για τη διαχείριση έργων, έτσι ώστε να μπορούν να πουλήσουν το έργο στο τιτλοποιημένο όχημα και να αποχωρήσουν από την επένδυσή τους.

Αν αυτό μπορεί επίσης να επιτευχθεί μέσω της πώλησης σε άλλον αγοραστή, δημιουργώντας τη δική τους τιτλοποιημένη ομάδα περιουσιακών στοιχείων, οι developers μπορούν να διατηρήσουν μεγαλύτερη αξία. Η τιτλοποίηση είναι επίσης ελκυστική για μεγάλες ομάδες μικρότερων έργων, καθώς μπορεί να μειώσει το κόστος συναλλαγής της πώλησης αυτών των έργων ξεχωριστά.

Κεφάλαιο 6: Κίνδυνοι κατά την ανάπτυξη και λειτουργία φωτοβολταϊκών έργων

Οι κίνδυνοι που συνοδεύουν την ανάπτυξη ενός φωτοβολταϊκού έργου χωρίζονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες :

- Τους κινδύνους αγοράς
- Τους λειτουργικούς κινδύνους
- Τους επιχειρηματικούς κινδύνους
- Τους χρηματοδοτικούς κινδύνους

Θα αναλύσουμε ξεχωριστά καθεμιά από τις παραπάνω κατηγορίες κινδύνων .

6.1 Κίνδυνοι αγοράς (Market risk)

Ο τύπος κινδύνων που αφορά στην αγορά (κίνδυνοι αγοράς - Market risk) συνδέεται με το ενδεχόμενο οι οικονομικές εξελίξεις της αγοράς να επηρεάσουν τα τελικά έσοδα από την προσφερόμενη ηλεκτρική ενέργεια .Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα εκείνα να είναι χαμηλότερα από το αναμενόμενο . Αυτό το ενδεχόμενο μπορεί να οδηγήσει μια επιχείρηση που διαθέτει ένα χαρτοφυλάκιο από φωτοβολταϊκά έργα σε έλλειψη δυνατότητας τήρησης των υποχρεώσεων της απέναντι στους χρηματοδότες της . Ειδικότερα ,τα μειωμένα έσοδα μπορεί να σχετίζονται με:

- Αλλαγή του κανονιστικού πλαισίου που αφορά τα έργα Α.Π.Ε. Μια τέτοια μεταβολή μπορεί να έχει αναδρομική ισχύ και να επηρεάσει τις υφιστάμενες συμβάσεις πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας .Αυτός ο τύπος κινδύνου αναφέρεται στη διεθνή βιβλιογραφία ως *regulatory risk*.
- Την πιθανότητα η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας να επηρεαστεί σημαντικά από την προσφορά και τη ζήτηση στην αγορά και να είναι χαμηλότερη από την προβλεφθείσα. Ο συγκεκριμένος κίνδυνος απαντάται ως κίνδυνος μεταβολών στην τιμή (*price risk*).
- Το ενδεχόμενο ο αντισυμβαλλόμενος αγοραστής της ηλεκτρικής ενέργειας να μη τηρεί τις οικονομικές του υποχρεώσεις και, κατά συνέπεια, η επιχείρηση να έχει μειωμένα έσοδα (*counterparty risk*).

6.2 Λειτουργικοί κίνδυνοι (Operational risk)

Ο τύπος κινδύνων που αφορά στη λειτουργία (*operational risk*) σχετίζεται με το ενδεχόμενο μειωμένης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας λόγω κατασκευαστικών αστοχιών ή ελλιπούς συντήρησης. Είναι πιθανό περιβαλλοντικοί κίνδυνοι να επηρεάσουν δυσμενώς την ομαλή λειτουργία των μονάδων παραγωγής ενέργειας, αφού μπορεί να υπάρξουν καταστροφές λόγω αυξημένης ανεμοπίεσης, λόγω πλημμύρας ή άλλης εξωγενούς αιτίας.

6.3 Επιχειρηματικοί κίνδυνοι (Business risk)

Αυτός ο τύπος κινδύνων αφορά στη επιχειρηματική κατάσταση της επιχείρησης (*business risk*) και σχετίζεται με το ενδεχόμενο να υπάρξουν τεχνολογικές εξελίξεις ή λανθασμένες επιχειρηματικές αποφάσεις που μπορεί να μειώσουν τα έσοδα που έχουν προβλεφθεί. Πιο συγκεκριμένα :

- Η εξέλιξη της τεχνολογίας τόσο στα φωτοβολταϊκά πλαίσια όσο και στα υπόλοιπα κύρια μέρη ενός φωτοβολταϊκού πάρκου όπως οι inverters ενδέχεται να καταστήσουν παρωχημένη τη

μέθοδο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με αποτέλεσμα αυτός να μην είναι πλέον ανταγωνιστικός (Obsolescence risk).

- Λανθασμένες προβλέψεις για τον όγκο της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ή η τελική απαίτηση σε ενέργεια να είναι χαμηλότερη από την αναμενόμενη. Ο συγκεκριμένος κίνδυνος αναφέρεται ως κίνδυνος μεταβολών στην ποσότητα (Volume risk).
- Είναι πιθανό να υπάρχει αναντιστοιχία μεταξύ της ώρας παραγωγής ενέργειας και της ώρας απαίτησης της ενέργειας με αποτέλεσμα να μην συνολικά να παράγεται η απαιτούμενη ενέργεια αλλά να μην παράγεται σε ώρες αιχμής και, άρα, να έχει χαμηλότερη χρονοχρέωση (Profile risk).
- Υπάρχει κίνδυνος που σχετίζεται με την πιθανότητα μη ολοκλήρωσης του έργου εντός του αντίστοιχου χρονοδιαγράμματος (On Time Completion Risk).

6.4 Χρηματοδοτικοί κίνδυνοι (Financing risk)

Ο τύπος κινδύνων που αφορά στη χρηματοδότηση (financing risk) σχετίζεται με :

- Ενδεχόμενο αδυναμίας αναχρηματοδότησης του έργου (refinancing risk) σε περίπτωση που ο δανεισμός ή ένα ομόλογο λήξει προτού ολοκληρωθεί η φάση λειτουργίας του έργου. Αυτό μπορεί να οδηγήσει το έργο σε μελλοντική αδυναμία κάλυψης πιθανών δανειακών υποχρεώσεων.
- Αύξηση του επιτοκίου δανεισμού εάν αυτό είναι κυμαινόμενο (interest rate risk). Σε αυτήν την περίπτωση οι τόκοι μπορεί να αυξηθούν σημαντικά και να οδηγήσουν σε προβληματικές χρηματοοικονομικές ροές και σε έλλειψη ρευστότητας.
- Προεξόφληση των δανειακών υποχρεώσεων νωρίτερα από το αναμενόμενο (prepayment risk). Αυτός ο κίνδυνος ελλοχεύει για τον δανειστή σε περίπτωση που το έργο έχει ολοκληρωθεί, υπάρχει καλή λειτουργία και τα επιτόκια της αγοράς βρίσκονται κάτω από το επιτόκιο που υπήρχε κατά τη σύναψη της δανειακής σύμβασης. Οπότε, ο κύριος του έργου έχει συμφέρον να προπληρώσει, στερώντας με αυτόν τον τρόπο από το δανειστή το κέρδος από τα μελλοντικά επιτόκια.

6.5 Αντιστάθμιση κινδύνων

Υπάρχουν πολλοί τρόποι που αξιοποιούνται προκειμένου να επιτευχθεί αντιστάθμιση των κινδύνων που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Στη διεθνή βιβλιογραφία αυτές οι μέθοδοι αναφέρονται ως risk hedging instruments. Αυτοί οι τρόποι εφαρμόζονται συνήθως με τη βοήθεια ενός φορέα που παρέχει αντιστάθμιση κινδύνου (hedge provider), όπως μια τράπεζα, ένα κέντρο εμπορίας (market hub), κάποιας επιχείρησης διαχείρισης κινδύνων, όπως μια ασφαλιστική εταιρεία ή κάποιου μεγάλου καταναλωτή ενέργειας. Θα αναφερθούμε επιγραμματικά στις πιο συνήθεις από αυτές τις μεθόδους .

6.5.1 Συμβάσεις ανταλλαγής σταθερής τιμής - όγκου

Οι συμβάσεις ανταλλαγής σταθερής τιμής - όγκου (fixed volume price swaps) έχουν την παρακάτω αρχή λειτουργίας. Για συγκεκριμένες χρονικές περιόδους η επιχείρηση αγοράζει έναν συγκεκριμένο όγκο ενέργειας στην τρέχουσα τιμή από το κέντρο εμπορίας. Αυτήν την ενέργεια την πουλά στον φορέα που παρέχει αντιστάθμιση κινδύνου σε προσυμφωνημένη τιμή (η οποία μπορεί να είναι είτε χαμηλότερη είτε υψηλότερη από την τρέχουσα τιμή). Ακολούθως, η παραγόμενη ενέργεια πωλείται στην αγορά με την εκάστοτε τιμή αγοράς στο σημείο σύνδεσης.

6.5.2 Εταιρικές συμβάσεις αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας

Οι εταιρικές συμβάσεις αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας (Corporate Power Purchase Agreements) αποτελούν συμβάσεις οι οποίες έχουν αρκετές ομοιότητες με τις συμβατικές συμβάσεις αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με αυτές η εταιρεία του έργου πληρώνει την κυμαινόμενη τιμή ανά MWh για ένα σταθερό ποσοστό παραγόμενης ισχύος και ο πάροχος αντιστάθμισης πληρώνει μια προκαθορισμένη σταθερή τιμή ανά MWh για την ίδια ποσότητα ισχύος. Η κυμαινόμενη τιμή είναι η τιμή αγοράς στο χρονικό διάστημα. Μέσω αυτής της συναλλαγής ανταλλαγής αμφοτερά τα μέρη αντισταθμίζουν την έκθεσή τους σε αλλαγές στην τιμή της κυμαινόμενης αγοράς. Το έργο πωλεί τη φυσική του παραγωγή ενέργειας στην αγορά σε διαφορετικό αντισυμβαλλόμενο. (π.χ. εταιρεία κοινής ωφέλειας). Ο αντισυμβαλλόμενος ανταλλαγής είναι συνήθως ένας μεγάλος καταναλωτής της βιομηχανίας ή μια μεγαλύτερη εταιρεία που αντισταθμίζει τον κίνδυνο πιθανής αύξησης της τιμής της ενέργειας.

6.5.3 Συμβάσεις ανταλλαγής με επιχειρήσεις διαχείρισης κινδύνων

Στις συμβάσεις ανταλλαγής με επιχειρήσεις διαχείρισης κινδύνων (proxy revenue swaps) προσυμφωνείται μια, συνήθως ετήσια, πληρωμή για συγκεκριμένο όγκο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με κάποια επιχείρηση διαχείρισης κινδύνων. Η επιχείρηση διαχείρισης κινδύνων ουσιαστικά απορροφά τις διακυμάνσεις του όγκου και της τιμής της ενέργειας. Ο όγκος γενικά υπολογίζεται βάσει της ενέργειας που θα παραγόταν υπό τις πραγματικές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας, σε συγκεκριμένη όμως απόδοση του εξοπλισμού.

Για παράδειγμα, σε ένα σενάριο όταν η διαθέσιμος ηλιακή παραγωγή ήταν υψηλότερη από το αναμενόμενο για ένα δεδομένο έτος, ο πάροχος αντιστάθμισης λαμβάνει καθαρή εισροή μετρητών από την ανταλλαγή. Αυτό συμβαίνει δεδομένου ότι η σταθερή πληρωμή για το συγκεκριμένο έτος από τον πάροχο αντιστάθμισης θα είναι χαμηλότερη. Σε αυτήν την περίπτωση, η αντιστάθμιση αναιρεί μέρος των υψηλότερων από το μέσο όρο εσόδων που θα λάβει το έργο για το δεδομένο έτος από τις πραγματικές πωλήσεις ενέργειας στην αγορά.

Από την άλλη πλευρά, σε ένα σενάριο στο οποίο η διαθέσιμη ηλιακή παραγωγή ήταν χαμηλότερη από το αναμενόμενο για ένα δεδομένο έτος, η εταιρεία του έργου λαμβάνει καθαρή εισροή μετρητών από την ανταλλαγή. Σε αυτήν την περίπτωση, η αντιστάθμιση αναιρεί την απώλεια των αναμενόμενων εσόδων από τις πωλήσεις ενέργειας για την εταιρεία.

6.5.3 Άλλα είδη αντιστάθμισης κινδύνων

Για την αντιμετώπιση του κινδύνου αύξησης του επιτοκίου σε περίπτωση που είναι κυμαινόμενο (interest rate risk) είναι δυνατό να συναφθεί σύμβαση ανταλλαγής (swap) με κάποια άλλη επιχείρηση η οποία θα μπορούσε να απορροφήσει το κυμαινόμενο επιτόκιο με την ταυτόχρονη παροχή σταθερών πληρωμών. Με αυτόν τον τρόπο ο κίνδυνος αλλά και το πιθανό κέρδος μεταφέρεται στην επιχείρηση με την οποία συνάπτεται η σύμβαση ανταλλαγής.

Για την αντιμετώπιση του ενδεχόμενου κινδύνου αδυναμίας αναχρηματοδότησης του έργου προβλέπεται η τοκοχρεολύσια μέθοδος (amortization) σύμφωνα με την οποία πραγματοποιούνται ισόποσες και περιοδικές καταβολές για την αποπληρωμή του δανείου. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται ο κίνδυνος έλλειψης ρευστότητας και κατ' επέκταση και ο κίνδυνος αδυναμίας αναχρηματοδότησης (refinancing risk).

6.6 Περικοπή Ανανεώσιμης Ενέργειας

Στην παράγραφο αυτή θα γίνει αναφορά σε ένα από τους σημαντικότερους κινδύνους που αντιμετωπίζει ένα φωτοβολταϊκό πάρκο και επηρεάζει πάρα πολύ την οικονομική του απόδοση. Θα μπορούσαμε να το εντάξουμε στους λειτουργικούς κινδύνους ωστόσο λόγω της ολοένα μεγαλύτερης συχνότητας που εμφανίζεται αξίζει να γίνει ιδιαίτερη μνεία σε αυτό .

Η διείσδυση των φωτοβολταϊκών στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται μέρα με την ημέρα, όπου κάτω υπό τις παρούσες πολιτικές εκτιμάται ότι το παγκόσμιο φωτοβολταϊκό δυναμικό, από τα 435 TWh που παράχθηκαν το 2017 θα φτάσει να παράγει μέχρι και 1334 TWh μέχρι το 2025 και μέχρι 2956 TWh μέχρι το 2040, ενώ με καινούριες πολιτικές η ενέργεια που θα παράγεται από τα φωτοβολταϊκά θα φτάσει σε ακόμη υψηλότερα επίπεδα. Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (International Energy Agency – IEA), τα Φωτοβολταϊκά είναι μία από τις πιο ραγδαία αναπτυσσόμενες τεχνολογίες και αναμένεται να γίνει η δεύτερη μεγαλύτερη εγκατεστημένη πηγή ενέργειας, με εγκατεστημένη ισχύ να ξεπερνά την αιολική τα επόμενα χρόνια, την υδροηλεκτρική εντός 15 ετών, αλλά και την ενέργεια από άνθρακα πριν το 2040 .

Ωστόσο, καθώς η Φωτοβολταϊκή ενέργεια αυξάνει τα μερίδια της στα ηλεκτρικά δίκτυα και λόγω του ότι η παραγωγή της δεν είναι ελεγχόμενη αφού εξαρτάται από το ηλιακό δυναμικό, μερική διαθέσιμη φωτοβολταϊκή ενέργεια θα περικόπτεται από το δίκτυο και δεν θα χρησιμοποιείται αφού δεν θα υπάρχει αντιστοιχία φορτίου-παραγωγής σε περίπτωση ολικής χρησιμοποίησής της.

Ο όρος «curtailment», δηλαδή «περικοπή», είναι ο βιομηχανικός όρος που αντιπροσωπεύει την περικοπή της διαθέσιμης ανανεώσιμης ενέργειας. Η περικοπή της ενέργειας αυτής στην περίπτωση των φωτοβολταϊκών γίνεται με παρέμβαση στους αναστροφείς ενέργειας, είτε ρυθμίζοντάς τους έτσι ώστε η ενέργεια που εγγέουν προς το δίκτυο να είναι μικρότερη από την μέγιστη ενέργεια που θα μπορούσαν να δώσουν, είτε με την ολική αποσύνδεσή τους από το δίκτυο σε ακραίες περιπτώσεις. Οι λόγοι περικοπής της φωτοβολταϊκής ενέργειας είναι είτε τεχνικοί είτε οικονομικοί. Οι περισσότερες φωτοβολταϊκές περικοπές προέρχονται από κάποιο περιορισμό του συστήματος ο οποίος εμποδίζει το ηλεκτρικό δίκτυο να απορροφήσει περισσότερη Φωτοβολταϊκή ενέργεια.

Η περικοπή της ενέργειας των φωτοβολταϊκών σταθμών επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις επενδύσεις σε αυτά και θα μπορούσε να εμποδίσει την μελλοντική ανάπτυξη Φωτοβολταϊκών σταθμών. Ως αποτέλεσμα, οι διάφορες πρακτικές του δικτύου και της αγοράς αποθαρρύνουν τις περικοπές, όπως βοηθητικά προγράμματα για αντιστάθμιση των σταθμών παραγωγής για περιορισμένη παραγωγή και απαγόρευση διασύνδεσης συστημάτων αν πρόκειται να οδηγήσουν σε περικοπές [31].

Η λύση στο πρόβλημα αυτό προϋποθέτει την κατάλληλη διαστασιολόγηση συστήματος μπαταριών που στις οποίες θα αποθηκεύεται η ενέργεια που δε μπορεί να πωληθεί στο δίκτυο και θα πωλείται μετέπειτα στο δίκτυο υπό συγκεκριμένους όρους .Τέτοιου τύπου σταθμοί ονομάζονται Υβριδικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας .

Κεφάλαιο 7: Οικονομική Ανάλυση - Κόστος και Έσοδα του Έργου

7.1 Κεφάλαιο Φωτοβολταϊκού Project και Λειτουργικό Κόστος

Οι κεφαλαιουχικές δαπάνες (Capex) και οι δαπάνες Λειτουργίας και Συντήρησης

(O&M) είναι συγκεκριμένες για την κάθε τοποθεσία και πρέπει να αξιολογούνται ως μέρος των προμελετών σκοπιμότητας και των μελετών σκοπιμότητας. Αρχικά, αυτά τα κόστη καθορίζονται ως παραδοχές βάσει αποδεικτικών στοιχείων και οριστικοποιούνται μόνο με την υπογραφή της σύμβασης EPC. Παρόλα αυτά, αποτελούν ουσιαστικά στοιχεία για το οικονομικό μοντέλο. Ενδεικτικά αναφέρονται κάποια χαρακτηριστικά κόστη και έσοδα ενός φωτοβολταϊκού έργου .

7.1.1 Κεφαλαιουχικές δαπάνες – *Capital expenditure (CAPEX)*

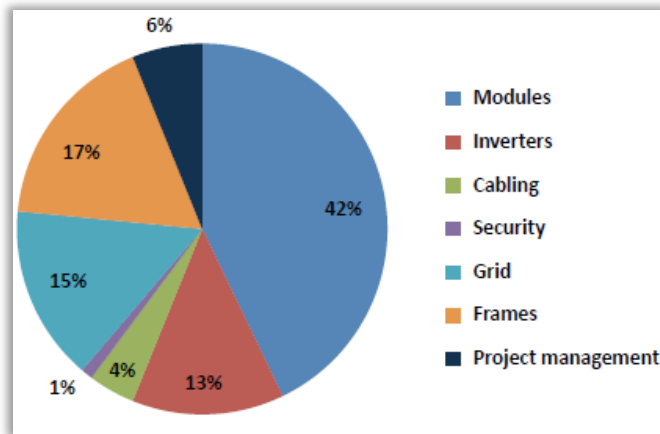
Με τον όρο αυτό αναφερόμαστε στις δαπάνες που πρέπει να κάνει μια εταιρεία που αναπτύσσει φωτοβολταϊκά πάρκα προκειμένου να κατασκευάσει το πάρκο. Αυτές μπορούν να διακριθούν σε έξοδα για την έναρξη λειτουργίας και έξοδα κατασκευής.

Τα έξοδα για την έναρξη λειτουργίας ενός φωτοβολταϊκού πάρκου αφορούν έξοδα έκδοσης αδείας, έξοδα μελέτης, έξοδα διαχείρισης, νομικά έξοδα και λοιπά έξοδα. Ανάλογα με το μέγεθος της ισχύος διαφοροποιείται και το κόστος, δεδομένου ότι όσο αυξάνεται η ισχύς εγκατάστασης επιτυγχάνονται οικονομίες κλίμακας, με αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους .

Τα έξοδα κατασκευής περιλαμβάνουν τα ακόλουθα συστήματα με τις αντίστοιχες εργασίες:

- Φωτοβολταϊκά πάνελ
- Σκελετοί
- Σκελετός στήριξης φωτοβολταϊκών πάνελ και θεμελίωση
- Περίφραξη
- Βάση υποπινάκων
- Οικίσκος και βάση οικίσκου
- Βάση μετρητή
- Ικρίωματα καμερών και φωτισμού
- Αντιστροφείς (inverters)
- Μετρητικός εξοπλισμός
- Καλωδιώσεις
- Κύρια καλώδια από τον γενικό πίνακα ως τον μετρητή
- Καλωδίωση φωτισμού
- Καλωδίωση συστήματος καμερών και τηλε-παρακολούθησης
- Καλωδίωση συστήματος συναγερμού
- Καλωδίωση μετεωρολογικού σταθμού
- Αντικεραυνική προστασία και βάση αλεξικέραυνου
- Σύνδεση με το δίκτυο

Στο παρακάτω γράφημα φαίνεται μια τυπική κατανομή των εξόδων ενός πάρκου όπως έχει προκύψει από στοιχεία εταιριών που αναπτύσσουν τέτοια έργα σε αγορές της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής που είναι σχετικά ώριμες αγορές για τέτοια είδους έργα. Η ποσόστωση αυτή δεν είναι δεσμευτική καθώς σε κάθε αγορά υπάρχουν διαφορετικά δεδομένα τα οποία και μεταβάλλονται συνεχώς αλλά αποτελεί μια καλή αρχική εκτίμηση .



Εικόνα 18:Τυπική κατανομή εξόδων κατασκευής ενός Φωτοβολταϊκού πάρκου Πηγή :[26]

7.1.2 Κόστος λειτουργίας και συντήρησης – *Operations & maintenance Cost (OPEX)*

Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης (O&M) για φωτοβολταϊκά έργα είναι σημαντικά χαμηλότερο από άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συμβατικές τεχνολογίες, λόγω της απλής κατασκευής τους και της σχετικά μικρής απαιτούμενης συντήρησης. Το μέσο κόστος O&M στην ανεπτυγμένη ευρωπαϊκή αγορά είναι σήμερα περίπου 4.000 €/ MW ετησίως .

Τα βασικά έξοδα κατά τη λειτουργία του έργου είναι τα κάτωθι:

- Μισθοδοσία προσωπικού
- Ασφαλιστικά έξοδα
- Έξοδα ακινήτου
- Συντήρηση εξοπλισμού
- Έξοδα διοίκησης
- Λειτουργικά κόστη
- Αποσβέσεις εξοπλισμού

7.2 Έσοδα Φωτοβολταϊκού έργου

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ένα φωτοβολταϊκό έργο μετατρέπεται σε έσοδα με την πώλησή της σε έναν αντισυμβαλλόμενο ο οποίος μπορεί να είναι μια εταιρεία ενέργειας ή οποιοσδήποτε έχει έρθει σε συμφωνία για την αγορά της παραγόμενης ενέργειας .Στη βιβλιογραφία χρησιμοποιείται ο όρος Solar Offtaker .Το ποσό των εσόδων θα εξαρτηθεί από την ποσότητα ενέργειας που παράγεται και την τιμή ανά μονάδα ενέργειας. Η ύπαρξη ισχυρής πρόβλεψης και των δύο αυτών εισροών είναι επομένως θεμελιώδους σημασίας για τη δύναμη των αποτελεσμάτων του χρηματοοικονομικού μοντέλου και για την απόκτηση εξωτερικής χρηματοδότησης.

Η ετήσια απόδοση ενέργειας πρέπει να υπολογίζεται από έναν έμπειρο, ανεξάρτητο και κατάλληλα καταρτισμένο σύμβουλο ηλιακής ενέργειας που είναι σε θέση να παρέχει ανάλυση ενεργειακής απόδοσης bank grade.

Το επίπεδο εμπιστοσύνης της πρόβλεψης απόδοσης (ή αβεβαιότητα) είναι επίσης σημαντικό, καθώς η ετήσια ενεργειακή απόδοση επηρεάζει άμεσα τα ετήσια έσοδα και συνεπώς τη βιωσιμότητα του έργου. Συνήθως απαιτείται αξιολόγηση P90. Ωστόσο, τα έργα μεγάλης κλίμακας που περιλαμβάνουν μια επαγγελματική ανεξάρτητη αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης, που παράγονται ή / και επαληθεύονται από έναν έμπειρο σύμβουλο με ιστορικό παραγωγής δεδομένων «τραπεζικής ποιότητας», μερικές φορές μπορούν να λάβουν τραπεζική χρηματοδότηση με διάστημα εμπιστοσύνης P75.

7.2.1 Συμβάσεις Αγοραπωλησίας Ηλεκτρικής Ενέργειας

Οι συμβάσεις αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας (Power Purchase Agreements – P.P.A) αποτελούν νομικές συμβάσεις μεταξύ ενός πωλητή ηλεκτρικής ενέργειας και ενός αγοραστή ηλεκτρικής ενέργειας. Συνήθως έχουν μεγάλη χρονική διάρκεια, της τάξης των δύο δεκαετιών. Σε αυτές καθορίζονται πλήρως και με σαφήνεια οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας και η διάρκεια της σύμβασης. Επιπλέον, οι συμβάσεις περιλαμβάνουν στοιχεία σχετικά με τις διαδικασίες ανάθεσης, με τις συνδέσεις στο δίκτυο, με τον τρόπο λήξης της σύμβασης και άλλα.

Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας δύναται να καθοριστεί ως σταθερή ή και να είναι συνδεδεμένη με την τρέχουσα τιμή της τοπικής αγοράς. Επιπλέον, έχει σημαντική αξία ο τρόπος αποζημίωσης σε περίπτωση υπολειτουργίας του παραγωγού και, άρα, μειωμένης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τέτοιου είδους περιπτώσεις υπάρχουν σε περιπτώσεις συντήρησης, περιορισμένης ζήτησης στο δίκτυο ή δυσκολίας μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμη ,προβλέπονται διατάξεις με ρήτρες που έρχονται να καλύψουν το ενδεχόμενο σοβαρών αποκλίσεων από την αναμενόμενη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, ο παραγωγός είναι υποχρεωμένος να παρέχει ημερήσιες ή και ωριαίες προβλέψεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Σε περίπτωση που οι προβλέψεις του δεν είναι ακριβείς, ελλοχεύει ο κίνδυνος ποινών από την πλευρά του αγοραστή. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε φωτοβολταϊκά έργα καθώς η ηλιακή ακτινοβολία έχει μεγάλη χρονική μεταβλητότητα.

7.2.2 Σταθερές εγγυημένες τιμές (FiT)

Το σύστημα των σταθερών εγγυημένων τιμών (Feed-In-Tariff - FIT) συνίσταται στη σύναψη συμφωνιών βάσει των οποίων παρέχεται σταθερή αποζημίωση ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας. Η διάρκεια των συμφωνιών είναι μεγάλη, εξασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο σιγουριά στον επενδυτή για τις μελλοντικές χρηματοοικονομικές ροές.

Ο καθορισμός του ύψους της τιμής μπορεί να είναι αποτέλεσμα διαγωνιστικής διαδικασίας ή να παραμετροποιείται ανάλογα με το κόστος παραγωγής, την κρατική πολιτική γύρω από τα έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την προστιθέμενη αξία της εκάστοτε μορφής ενέργειας, την περιοχή και το μέγεθος εγκατάστασης κ.α.

Ακόμη και στην περίπτωση των σταθερών εγγυημένων τιμών μπορεί να υπάρχει διαφοροποίηση των τιμών κατά τη διάρκεια λειτουργίας βάσει:

- Διαφόρων δεικτών, όπως του πληθωρισμού, του κόστους συμβατικής ηλεκτροπαραγωγής.
- Προσυμφωνημένης μείωσης ανάλογα με τον χρονικό ορίζοντα του έργου.
- Των περιόδων έγχυσης της ηλεκτρικής ενέργειας, όπως αυξημένη τιμή τις ώρες αιχμής.

Αυτός ο τρόπος αποζημίωσης της ηλεκτρικής ενέργειας δημιουργεί τη μικρότερη αβεβαιότητα στον επενδυτή καθώς εξαλείφει το ρίσκο διακύμανσης της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας. Χρησιμοποιήθηκε κατά κόρον από τις κυβερνήσεις όταν τα φωτοβολταϊκά ήταν μια σχετικά νέα τεχνολογία με υψηλό κόστος προκειμένου να δημιουργηθεί ένα ευνοϊκό πλαίσιο για επενδύσεις στον κλάδο. Ωστόσο, το υψηλό κόστος αποζημίωσης που επιβάρυνε τα τιμολόγια ηλεκτρικής ενέργειας των καταναλωτών καθώς και η ραγδαία μείωση του κόστους των φωτοβολταϊκών έχει δημιουργήσει τις συνθήκες για την σταδιακή εγκατάλειψη του.

7.2.3 Εγγυημένες Διαφορικές τιμές (feed in Premium-FiP)

Στο σύστημα των εγγυημένων διαφορικών τιμών (feed-in-premium - FiP) προσφέρεται μια προνομή της τιμής άμεσης παράδοσης (spot price) της αγοράς ηλεκτρισμού. Με αυτόν τον τρόπο το συγκεκριμένο σύστημα διαφοροποιείται από το σύστημα σταθερών εγγυημένων τιμών, αφού είναι άμεσα συνδεδεμένο με την τρέχουσα τιμή ηλεκτρικής ενέργειας στην αγορά. Μάλιστα, η ίδια η προνομή μπορεί να είναι σταθερή (fixed FiP) ή να μεταβάλλεται και εκείνη (floating FiP).

Τα βασικά χαρακτηριστικά αυτού του συστήματος είναι τα ακόλουθα:

- Ακολουθεί την αγορά και την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας.
- Δίνει έμφαση στην παροχή ενέργειας τις ώρες αιχμής όπου είναι ανεβασμένο το κόστος.
- Δε δημιουργεί στρεβλώσεις στην αγορά.
- Αποτρέπει υπερβολικά κέρδη στους παραγωγούς.

7.2.4 Ενεργειακός Συμψηφισμός (Net metering)

Ο ενεργειακός συμψηφισμός (net metering) αποτελεί τον συμψηφισμό της εγγεόμενης στο δίκτυο ενέργειας από φωτοβολταϊκό σταθμό με την απορροφώμενη ενέργεια στην εγκατάσταση του αυτοπαραγωγού. Βασικός σκοπός του είναι η κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών μιας κατανάλωσης χαμηλής τάσης ή μέσης τάσης, δίχως να είναι απαραίτητος ο ταυτοχρονισμός παραγόμενης και καταναλισκόμενης ενέργειας.

Μέσω του ενεργειακού συμψηφισμού προκύπτει πρόσθετο όφελος στον αυτοπαραγωγό σε περίπτωση αύξησης της τιμής της ενέργειας ενώ του δίνεται η δυνατότητα να επιτύχει ρυθμιζόμενες μειωμένες χρεώσεις με κατάλληλη διαχείριση των φορτίων του. Επιπλέον, από τη σκοπιά του διαχειριστή δικτύου προκύπτει σημαντική μείωση των απωλειών δικτύου τόσο στη χαμηλή όσο και στη μέση τάση ενώ υπάρχει και η προοπτική μείωσης των επεκτάσεων του δικτύου.

Παρ' όλα αυτά λόγω των μειωμένων χρεώσεων του δικτύου διανομής στους αυτοπαραγωγούς, αυξάνεται το κόστος στους υπόλοιπους καταναλωτές ενώ, επιπροσθέτως, υπάρχει το ενδεχόμενο ο αυτοπαραγωγός να λειτουργεί χωρίς φορτίο συσσωρεύοντας ενέργεια στο δίκτυο το οποίο υπάρχει η πιθανότητα να λειτουργεί υπό μέγιστη ισχύ και ελάχιστο φορτίο.

7.2.5 Πιστοποιητικά ανανεώσιμων πηγών ενέργεια και φορολογικές ελαφρύνσεις

Τα πιστοποιητικά ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (renewable energy certificates - REC) και οι μονάδες άνθρακα (carbon credits) αποτελούν είδη πιστοποιητικών που είναι προς πώληση. Πολλές επιχειρήσεις, όπως βιομηχανίες, υπόκεινται σε ανώτατα όρια εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Επομένως, για να έχουν τη δυνατότητα να ξεπεράσουν αυτά τα όρια είναι υποχρεωμένες να αγοράσουν κάποιο από τα προαναφερθέντα πιστοποιητικά. Έτσι αντισταθμίζονται εν τέλει οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και, ταυτόχρονα, τα έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως τα φωτοβολταϊκά έργα, αποκτούν μια επιπλέον πηγή εσόδων από την πώληση των πιστοποιητικών.

7.3 Απόδοση της επένδυσης σε φωτοβολταϊκό πάρκο

7.3.1 Το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (N.P.V)

Για να μπορέσουμε να εξετάσουμε το πραγματικό όφελος από μια επένδυση σε ένα φωτοβολταϊκό έργο, ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται συχνά στις επενδύσεις είναι αυτό της καθαρής παρούσας αξίας (ΚΠΑ) (Net Present Value - NPV). Σύμφωνα με αυτό, η αξία ενός έργου λογίζεται στο παρόν θεωρώντας τη διαφορά της παρούσας αξίας των μελλοντικών καθαρών ταμειακών ροών ΚΤΡ, λαμβάνοντας υπόψη το προβλεπόμενο επιτόκιο r και την τελική αξία της επένδυσης (AT) με το αρχικό κεφάλαιο επένδυσης C . Στις μελλοντικές καθαρές ταμειακές ροές αφαιρούνται τα μελλοντικά λειτουργικά έξοδα (OM) και λοιπά έξοδα (OC) από τα έσοδα (S). Η συνολική έκφραση παρουσιάζεται ακολούθως:

$$NPV = \sum_{i=1}^T \frac{S_i - OM_i - OC_i}{(1 + r_i)^i} + \frac{A_T}{(1 + r_T)^T} - C \quad \text{όπου}$$

C = κόστος κεφαλαίου υπολογισμένο στο έτος 0

S_i = Έσοδα από πωλήσεις ενέργειας για το έτος $i = P_i * V_i$

P_i = Μέση τιμή πώλησης ανά Mwh που πωλήθηκε στο δίκτυο το έτος i

V_i = Όγκος πωλήσεων ενέργειας στο έτος i σε Mwh

OM_i = έξοδα λειτουργίας και συντήρησης το έτος i

OC_i = μη χρηματοοικονομικά έξοδα το έτος i

F_i = χρηματοοικονομικά έξοδα το έτος i

T = χρονικός ορίζοντας της επένδυσης

A_T = Υπολειπόμενη αξία του project στο τέλος του χρονικού ορίζοντα

r_i = επιτόκιο αναγωγής

Διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις :

- Όταν η Καθαρή Παρούσα αξία είναι θετική, τότε η επένδυση γίνεται αποδεκτή. Όσο υψηλότερη τιμή έχει τόσο πιο ελκυστική είναι για ένα υποψήφιο επενδυτή.
- Όταν η καθαρή παρούσα αξία είναι μηδενική, τότε η επένδυση είναι αδιάφορη από άποψη επενδυτικής αξίας.
- Όταν η καθαρή παρούσα αξία είναι αρνητική, τότε η επένδυση δε γίνεται αποδεκτή, καθώς οδηγεί σε ζημιά.

Υποθέτει ότι το προεξοφλητικό επιτόκιο παραμένει σταθερό σε όλη τη διάρκεια του επενδυτικού προγράμματος, κάτι που δεν είναι ρεαλιστικό.

7.3.2 Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (I.R.R)

Είναι το επιτόκιο για το οποίο το άθροισμα της παρούσας αξίας των ταμειακών ροών της επένδυσης ισούται με την αρχική του δαπάνη, ή για το οποίο η ΚΠΑ του έργου είναι ίση με μηδέν. Ο ΕΒΑ συγκρίνεται με το κόστος του κεφαλαίου.

$$NPV = \sum_{i=0}^T \frac{C_i}{(1 + IRR)^i}$$

Εάν ο IRR είναι μεγαλύτερος από το επιτόκιο αναγωγής προκρίνεται η επένδυση .

7.3.3 Απόδοση της επένδυσης (R.O.I)

Η απόδοση επένδυσης ή επιστροφή επί της επένδυσης (Return On Investment - ROI) αποτελεί έναν δείκτη για την αξιολόγηση της απόδοσης μιας επένδυσης. Πρόκειται για τον λόγο του οφέλους μιας επένδυσης, δηλαδή του κέρδους της επένδυσης (Net Profit - NP) σε παρούσα αξία αφαιρώντας το αρχικό κόστος επένδυσης C, προς το αρχικό κόστος επένδυσης C όπως παρουσιάζεται από τη σχέση :

$$R.O.I = \frac{NP}{C}$$

7.3.4 Ελεύθερες ταμειακές ροές

Μέσα από την κατάσταση ταμειακών ορών (ΚΤΡ) (cash flow statement - CFS) μπορούν να υπολογίζονται οι ελεύθερες ταμειακές ροές (ETP) (free cash flows - FCF) οι οποίες ορίζονται ως οι ταμειακές ροές από λειτουργικές δραστηριότητες αφαιρουμένων των καθαρών ταμειακών εκροών για προγραμματισμένες επενδύσεις και εξυπηρέτηση χρεών.

Γενικά, οι ελεύθερες ταμειακές ροές θα μπορούσαν να υπολογιστούν από τον τύπο :

$$FCF_i = EBITDA_i - Taxes_i - \Delta(WC)_i - CAPEX_i$$

λαμβάνοντας υπόψη το μικτό κέρδος (EBITDA - earnings before interest, tax, depreciation and amortization), τους φόρους (taxes), το κόστος κεφαλαίου (capital expenditures - CAPEX) και το κεφάλαιο κίνησης (working capital - WC) στο εκάστοτε οικονομικό έτος i .

7.4 Δημιουργία ενός οικονομικού μοντέλου για το έργο

Απαιτείται ένα οικονομικό μοντέλο για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας του έργου. Ένα τέτοιο μοντέλο ζητείται από χρηματοπιστωτικά ιδρύματα και είναι ένα ουσιαστικό κομμάτι στην προετοιμασία του έργου για την επίτευξη χρηματοδότησης.

Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται οι βασικές εισροές για το οικονομικό μοντέλο ενός φωτοβολταϊκού έργου που βασίζεται τόσο στα ίδια κεφάλαια όσο και στο χρέος.

Είσοδοι Οικονομικού μοντέλου
Μέγεθος του Φ/Β πάρκου (MW)
Παραγωγή ενέργειας/Capacity factor
P.PA και άλλες πηγές εσόδων
Κόστη Capex
Κόστη Opex
Κόστη εξυπηρέτησης χρέους και επαναπληρωμών
Κόστη Χρήσης του δικτύου
Φόροι

Πίνακας 3: Είσοδοι οικονομικού μοντέλου

Οι δανειστές ασχολούνται κυρίως με την ικανότητα του έργου να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις εξυπηρέτησης του χρέους. Το οικονομικό μοντέλο που θα προκύψει πρέπει να αντιμετωπίσει αυτήν την ανησυχία και πρέπει να περιλαμβάνει τους ακόλουθους υπολογισμούς :

Διαθέσιμες ταμειακές ροές (Cash Flow Available for Debt Service CFADS)

Οι διαθέσιμες ταμειακές ροές για την υπηρεσία χρέους υπολογίζονται αφαιρώντας τις λειτουργικές δαπάνες, την προσαρμογή του κεφαλαίου κίνησης, τους τόκους και τους φόρους από τα έσοδα. Δεν περιλαμβάνει στοιχεία εκτός μετρητών όπως αποσβέσεις ή μετρητά που έχουν ήδη δεσμευτεί αλλού. Το CFADS χρησιμοποιείται ως δείκτης για το πόσα μετρητά θα παράγει το έργο και, συνεπώς, πόσο χρέος μπορεί να εξυπηρετηθεί άνετα.

Λόγος κάλυψης υπηρεσιών χρέους (Debt Service Coverage Ratio -DSCR)

Ο λόγος κάλυψης υπηρεσιών χρέους (DSCR) είναι ένα απλό μέτρο της ικανότητας ενός έργου να πληρώνει τόκους και αποπληρωμές κεφαλαίου κατά τη διάρκεια του χρέους. Υπολογίζεται ως CFADS διαιρεμένο με το ποσό της αναμενόμενης υπηρεσίας χρέους για μια συγκεκριμένη περίοδο.

Αναλογία κάλυψης ζωής δανείου (Loan Life Coverage Ratio -LLCR)

Ο δείκτης αναλογίας κάλυψης ζωής δανείου (LLCR) παρέχει ένα άλλο μέτρο της πιστωτικής ικανότητας του έργου, εξετάζοντας την ικανότητα του έργου να πληρώνει για τη συνολική διάρκεια του έργου. Υπολογίζεται διαιρώντας την καθαρή παρούσα αξία (NPV) του CFADS κατά τη διάρκεια ζωής του έργου με το υπόλοιπο οφειλόμενο ποσό.

Λογαριασμός αποθεματικών συντήρησης (Maintenance Reserve Account- MRA)

Ο Λογαριασμός αποθεματικών συντήρησης (MRA) είναι ένα ποσό για την κάλυψη λειτουργικών δαπανών αντικατάστασης εξοπλισμού, όπως αντικαταστάσεις μετατροπέα.

Από όλα τα παραπάνω το πλέον σημαντικό μέτρο για ανάλυση είναι το DSCR. Ο μέσος DSCR αντιπροσωπεύει τη μέση δυνατότητα εξυπηρέτησης του χρέους του έργου κατά τη διάρκεια του χρέους. Ένα υψηλό DSCR υποδεικνύει υψηλότερη ικανότητα του έργου να εξυπηρετήσει το χρέος, ενώ το ελάχιστο DSCR αντιπροσωπεύει την ελάχιστη ικανότητα αποπληρωμής του έργου κατά τη διάρκεια του χρέους. Το μοντέλο του δανειστή θα πρέπει να περιέχει ανάλυση του ελάχιστου και του μέσου όρου DSCR για μια σειρά σεναρίων, συμπεριλαμβανομένων των διακριτών χρονικών περιόδων κατά την ανάπτυξη του έργου. Μια ελάχιστη τιμή DSCR μικρότερη από 1,0 δείχνει ότι το έργο δεν είναι σε θέση να εξοφλήσει το χρέος σε τουλάχιστον ένα έτος.

7.5 Ανάλυση Ευαισθησίας

Η ανάλυση ευαισθησίας περιλαμβάνει την αλλαγή των εισροών στο οικονομικό μοντέλο (όπως τιμολόγιο ισχύος, κόστος κεφαλαίου και ενεργειακή απόδοση) για να αναλυθεί πώς επηρεάζονται οι ταμειακές ροές του έργου. Οι δανειστές θα πραγματοποιήσουν αναλύσεις ευαισθησίας γύρω από αυτές τις βασικές μεταβλητές προκειμένου να προσδιορίσουν εάν το έργο θα είναι σε θέση να εξυπηρετήσει το χρέος σε μια κακή χρονιά, για παράδειγμα εάν η απόδοση ενέργειας είναι χαμηλότερη από το αναμενόμενο ή εάν οι επιχειρησιακές δαπάνες είναι υψηλότερες από το αναμενόμενο. Η ανάλυση ευαισθησίας δίνει στους δανειστές και τους επενδυτές μια καλύτερη κατανόηση των επιπτώσεων των αλλαγών στις εισροές, όπως τα τιμολόγια ισχύος, στην κερδοφορία του έργου. Βοηθά τους δανειστές και τους επενδυτές να κατανοήσουν τους βασικούς κινδύνους που σχετίζονται με το έργο.

Τυπικές μεταβλητές που διερευνώνται κατά την ανάλυση ευαισθησίας είναι :

- Κόστος κεφαλαίου, ειδικά στα πλαίσια και τους μετατροπείς.
- Λειτουργικό κόστος (λιγότερο κρίσιμο για φωτοβολταϊκά έργα).
- Ετήσια παραγωγή ενέργειας.

- Επιτόκιο.

7.6 Χρηματοοικονομικά ορόσημα και κατώτατες τιμές

Τα φωτοβολταϊκά έργα πρέπει να έχουν συνήθως ένα συνδυασμό χρεών-ιδίων κεφαλαίων με τους ακόλουθους γενικούς όρους:

- Δομή χρηματοδότησης με ίδια κεφάλαια 30 % (ή υψηλότερο) και αντίστοιχα χρέος 70 % ή λιγότερο.
- IRR ιδίων κεφαλαίων άνω του 10 % και πλέον σε αγορές υψηλού κινδύνου
- Περίοδος αποπληρωμής χρέους μεταξύ 8 και 18 ετών.
- Λόγο κάλυψης υπηρεσιών χρέους DSCR τουλάχιστον 1.3 ή 1.5 για εμπορικά φωτοβολταϊκά έργα.

Κεφάλαιο 8: Ενσωμάτωση της τοπικής κοινότητας στο έργο - Ενεργειακές Κοινότητες (ΕΚΟΙΝ)

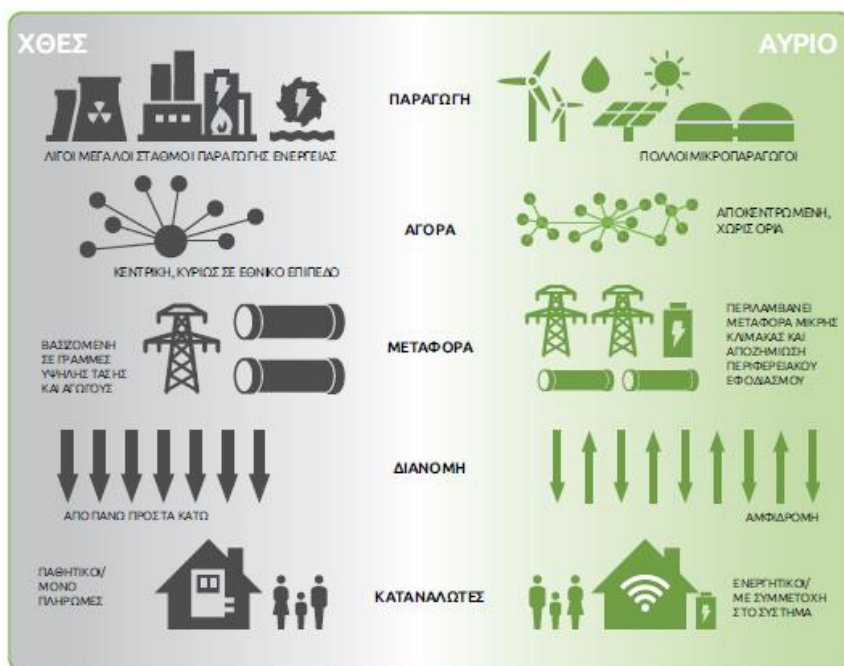
8.1 Τι οδήγησε στη δημιουργία των Ενεργειακών κοινοτήτων

Σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες οι ενεργειακοί συνεταιρισμοί αναπτύσσονται ήδη εδώ και πολλά χρόνια. Η Ελλάδα, θέλοντας κι αυτή να συμμετάσχει στην παγκόσμια προσπάθεια για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και ακολουθώντας την ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική, θέσπισε το νόμο 4513 τον Ιανουάριο του 2018 για τις Ενεργειακές Κοινότητες, κάνοντας έτσι διαθέσιμο ένα ακόμη σημαντικό εργαλείο, το οποίο έχει ως κύριο σκοπό την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και την επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί .

Μέσω των Ενεργειακών Κοινοτήτων δίνεται για πρώτη φορά η δυνατότητα σε πολίτες, επιχειρήσεις, τοπικούς φορείς και Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ) να συμμετάσχουν ενεργά στη διαδικασία μετασχηματισμού του ενεργειακού συστήματος της χώρας. Κατά κύριο λόγο, η δραστηριότητα των Ενεργειακών Κοινοτήτων εδράζεται στον συμψηφισμό ανάμεσα στην κατανάλωση που έχει ένα υποκείμενο και στη δυνατότητά του να παράγει αυτήν τη συγκεκριμένη κατανάλωση με τα δικά του μέσα.

Βασικός στόχος των ενεργειακών κοινοτήτων είναι η παραγωγή προστιθέμενης αξίας η οποία θα ενισχύει τις τοπικές κοινωνίες προωθώντας συνέργειες και συμπράξεις πολιτών και φορέων διασφαλίζοντας παράλληλα την ισοτιμία των συμμετεχόντων .

Εισάγεται συνεπώς η έννοια της Ενεργειακής Δημοκρατίας και του Ενεργού Πολίτη που αποκτά δικό του πλέον ρόλο ως καταναλωτής και ως παραγωγός ενέργειας (Farrel 2017).



Εικόνα 19: Ο μετασχηματισμός του ηλεκτρικού δικτύου Πηγή : [2]

Το σύστημα παραγωγής, αποθήκευσης και διαχείρισης της ηλεκτρικής ενέργειας στο οικιακό και κοινοτικό επίπεδο αναμένεται να αποκτήσει μεγαλύτερη σημασία στο ολοκληρωμένο ενεργειακό σύστημα (Integrated Energy System). Επιπλέον, οι καταναλωτές μπορούν όχι μόνο να καταναλώνουν, αλλά και να επενδύουν ενεργά σε έργα διεσπαρμένης παραγωγής από Α.Π.Ε , καθώς και να ανταποκρίνονται στις τιμές και να παρέχουν υπηρεσίες στο ενεργειακό σύστημα. Η ταχεία πτώση των

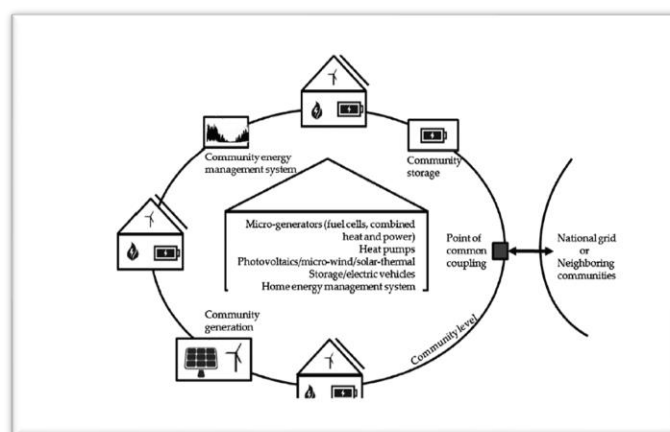
τιμών των έργων ΑΠΕ δημιουργεί ευκαιρίες για επενδύσεις μέσω συνεργατικών σχημάτων των πολιτών. Ως αποτέλεσμα, οι τεχνολογικές και θεσμικές ρυθμίσεις των εν λόγω σημερινών ενεργειακών συστημάτων πρέπει επίσης να αλλάξουν και να δημιουργηθούν νέα επιχειρηματικά μοντέλα. Ένα τέτοιο μοντέλο αποτελεί μία Ενεργειακή Κοινότητα – ΕΚΟΙΝ. (Community Energy System – CES).

Οι Ενεργειακές Κοινότητες διαφέρουν σημαντικά από τα μεμονωμένα νοικοκυριά που εγκαθιστούν έργα διεσπαρμένης παραγωγής λόγω της δυνατότητας συνεργασίας και τοπικής ανταλλαγής. Το δίκτυο μέχρι στιγμής υπήρξε πάντοτε ένας μηχανισμός για την ενοποίηση των έργων διεσπαρμένης παραγωγής.

Με την αυξανόμενη διείσδυση της διεσπαρμένης παραγωγής από Α.Π.Ε, οι ΕΚΟΙΝ. μπορούν είτε να ενσωματωθούν στο δίκτυο είτε να αποσυνδεθούν από το δίκτυο. Στην διασυνδεδεμένη λειτουργία του δικτύου, το έλλειμα ενέργειας μπορεί να αγοραστεί από το δίκτυο και το πλεόνασμα μπορεί να πωληθεί στο δίκτυο. Με άλλα λόγια, το δίκτυο λειτουργεί ως αποθηκευτικός χώρος για την ΕΚΟΙΝ. Από την άλλη πλευρά σε ένα μη διασυνδεδεμένο δίκτυο, το σύστημα πρέπει να καλύπτει όλη την ζήτηση σε τοπικό επίπεδο (Krishnamurthy 2012). Το αυξανόμενο κόστος στους λογαριασμούς ενέργειας και η μείωση του κόστους επένδυσης και λειτουργίας των σταθμών διεσπαρμένης παραγωγής, δημιουργούν ένα ευνοϊκό περιβάλλον για τους πελάτες να αποσυνδεθούν από το δίκτυο και να διαχειριστούν το δικό τους τοπικό δίκτυο.

Οι τοπικές κοινότητες είναι σε θέση να εντοπίζουν τις τοπικές ενεργειακές ανάγκες και να φέρνουν τους ανθρώπους μαζί για να επιτύχουν κοινούς στόχους, όπως η αυτάρκεια, η αυτοδιάθεση, η ευελιξία και η αυτονομία. Τα τοπικά ενεργειακά συστήματα όπως οι ΕΚΟΙΝ. εφαρμόζονται με στόχο τη μείωση του ενεργειακού κόστους, των εκπομπών CO₂ και της μείωσης της εξάρτησης από τις παραδοσιακές υφιστάμενες επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας – ΔΕΚΩ. Αν και οι τοπικές ενεργειακές πρωτοβουλίες αναδύονται γρήγορα, τα κίνητρα υπήρξαν και παραμένουν κυρίως οικονομικά.

Οι Ενεργειακές Κοινότητες διαθέτουν ποικιλία επιλογών για τοπική παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, ευέλικτη απόκριση σε ζήτηση, καθώς και αποθήκευση ενέργειας. Μια τέτοια ολοκληρωμένη προσέγγιση σε τοπικό επίπεδο συμβάλλει στην αποτελεσματική αντιστοίχιση της τοπικής προσφοράς και ζήτησης. Ταυτόχρονα, η πρόοδος στις τεχνολογίες έξυπνων δικτύων όχι μόνο αυξάνει την αξιοπιστία και την αποτελεσματικότητα τέτοιων τοπικών ενεργειακών συστημάτων, αλλά μπορεί επίσης να επηρεάσει την υπάρχουσα αρχιτεκτονική του συστήματος και να επηρεάσει τον τρόπο με τον οποίο θα εξελιχθούν τέτοια και παρόμοια τοπικά ενεργειακά συστήματα.



Εικόνα 20: Σύλληψη και σχεδιασμός μιας Ενεργειακής κοινότητας Πηγή : [32]

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, τα νοικοκυριά αποτελούν τις βασικές μονάδες μίας ΕΚΟΙΝ. Στο μεταβαλλόμενο τοπικό ενεργειακό τοπίο, αυτά τα νοικοκυριά μπορούν να επενδύσουν σε τοπικές τεχνολογίες παραγωγής όπως τα φωτοβολταϊκά (PV), τα αιολικά (Wind), η ηλιακή θερμική ενέργεια (ηλιακούς θερμοσυσσωρευτές), η συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ενέργειας (συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, ΣΗΘ - combined heat and power, CHP), τα καύσιμα, η ηλεκτρική και θερμική αποθήκευση, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα και οι αντλίες θερμότητας (heat pumps, HP) όπως επίσης σε συστήματα για την εξασφάλιση αποτελεσματικού ενεργειακού ισοζυγίου και έξυπνης λειτουργίας σε επίπεδο νοικοκυριών [32].

Μία ομάδα καταναλωτών μπορεί να συνεργαστεί μέσω μίας ΕΚΟΙΝ, λαμβάνοντας υπόψη κάποια σημαντικά πλεονεκτήματα, όμως και κάποιες προκλήσεις. Τα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν :

- μεγαλύτερες οικονομίες κλίμακας λόγω κοινών εγκαταστάσεων,
- συνδυαστικά κέρδη μέσω πολλαπλών φορέων από την ομαδοποίηση διαφορετικών πηγών ενέργειας διαθέσιμες για όλη την κοινότητα (π.χ. ηλεκτρική ενέργεια, θέρμανση, ψύξη),
- αύξηση της αξιοπιστίας με χαμηλότερο κόστος,
- την εμπλοκή ολόκληρης της κοινότητας και την εκπλήρωση των κοινοτικών οραμάτων, όπως η αυτάρκεια και η ενεργειακή ανεξαρτησία.

Περαιτέρω επενδύσεις είναι δυνατές σε τεχνολογίες κοινοτικού επιπέδου, εάν η προσφορά της τοπικής κοινότητας δεν είναι αρκετή ή είναι φθηνότερη σε σύγκριση με τις επενδύσεις των νοικοκυριών ή την παροχή ηλεκτρικού δικτύου σε περίπτωση συστημάτων που συνδέονται με το δίκτυο.

Από την άλλη πλευρά, οι προκλήσεις περιλαμβάνουν τη συλλογική λήψη αποφάσεων σχετικά με τις επενδύσεις και τη λειτουργία των συστημάτων τοπικού δικτύου και διαχείρισης της ενέργειας, αναντιστοιχία μεταξύ των κύκλων ζωής των καταναμημένων ενεργειακών πόρων και του τοπικού δικτύου, μια περίπλοκη διαδικασία λήψης αποφάσεων καθώς και ζητήματα με διαχωρισμό κινήτρων. Με βάση αυτά τα πλεονεκτήματα και τις προκλήσεις, οι τοπικές κοινότητες μπορούν να αποφασίσουν να λειτουργήσουν το ενεργειακό τους σύστημα ενσωματωμένο στο δίκτυο ή μη διασυνδεδεμένο.

8.2 Ενεργειακή Κοινότητα - Ορισμός

Η Ενεργειακή Κοινότητα είναι ένας αστικός συνεταιρισμός που έχει ως στόχο την προώθηση της κοινωνικής και αλληλέγγυας οικονομίας όπως ορίζεται στην παράγραφο 1 του άρθρου 2 του Νόμου 4430/2016 (Α' 205)1(Κοινωνική και αλληλέγγυα οικονομία και ανάπτυξη των φορέων και άλλες διατάξεις) της καινοτομίας στον ενεργειακό τομέα καθώς και την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας.

Επιπροσθέτως μία Ενεργειακή Κοινότητα έχει ως σκοπό την παραγωγή, αποθήκευση, διανομή, ιδιοκατανάλωση και προμήθεια ενέργειας, καθώς επίσης την ενίσχυση της ενεργειακής αυτάρκειας και ασφάλειας σε νησιώτικους δήμους και τέλος την βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο.

Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της δραστηριοποίησης στους τομείς των Α.Π.Ε (Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας), της Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α), της σωστής χρήσης ενέργειας, των βιώσιμων μεταφορών, της ενεργειακής αποδοτικότητας, της διαχείρισης της ζήτησης, της παραγωγής, διανομής και προμήθειας ενέργειας.

8.3 Βασικά Χαρακτηριστικά μιας Ενεργειακής Κοινότητας (ΕΚΟΙΝ)

Δικαίωμα Συμμετοχής

Σε μια Ενεργειακή Κοινότητα μπορούν να συμμετέχουν φυσικά ή νομικά πρόσωπα, καθώς και Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.) α' και β' βαθμού. Τα φυσικά πρόσωπα πρέπει να έχουν πλήρη δικαιοπρακτική ικανότητα, οι Ο.Τ.Α. α' βαθμού πρέπει να είναι της ίδιας περιφέρειας όπως και η έδρα της Ενεργειακής Κοινότητας ή επιχειρήσεις αυτών, καθώς και οι Ο.Τ.Α. β' βαθμού πρέπει να βρίσκονται εντός των διοικητικών ορίων των οποίων βρίσκεται η έδρα της Ενεργειακής Κοινότητας.

Εντοπιότητα

Για να εξασφαλιστεί το κριτήριο της εντοπιότητας, υπάρχει η απαίτηση πάνω από το 50% μελών να σχετίζονται με τον τόπο στον οποίο βρίσκεται η έδρα της Ενεργειακής Κοινότητας. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται η συμμετοχή των πολιτών, των μικρομεσαίων επιχειρήσεων αλλά και των Φορέων Τοπικής Αυτοδιοίκησης σε μια Ενεργειακή Κοινότητα, σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο .

Τύποι Ενεργειακών Κοινοτήτων

Οι Ενεργειακές Κοινότητες διαχωρίζονται σε δύο τύπους: Κερδοσκοπική και Μη Κερδοσκοπική. Οι τύποι αυτοί διαφοροποιούνται μεταξύ τους όσον αφορά τη δυνατότητα διανομής πλεονασμάτων στα μέλη της, το οποίο ισχύει μόνο για τα μέλη των κερδοσκοπικών Ενεργειακών Κοινοτήτων, τη σύνθεση αλλά και τον ελάχιστο αριθμό των μελών τους. Ο κερδοσκοπικός ή μη κερδοσκοπικός χαρακτήρας μιας Ενεργειακής Κοινότητας παραμένει καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας της.

Συνεταιριστικές Μεριδες και Δικαιώματα Ψήφου

Κάθε μέλος κατέχει υποχρεωτικά μια συνεταιριστική μερίδα, έχοντας όμως τη δυνατότητα να κατέχει μία ή περισσότερες προαιρετικές συνεταιριστικές μερίδες πέραν της υποχρεωτικής, με ανώτατο όριο συμμετοχής στο συνεταιριστικό κεφάλαιο το 20%. Εξαιρέση είναι οι Ο.Τ.Α. οι οποίοι μπορούν να συμμετέχουν στο συνεταιριστικό κεφάλαιο με μεγαλύτερα ποσοστά. Κάθε μέλος, άσχετα με το ποσοστό συμμετοχής στο συνεταιριστικό κεφάλαιο, συμμετέχει στη γενική συνέλευση με μία μόνο ψήφο. Βάση αυτών των κανονισμών, παρατηρούμε ότι έχουν τεθεί κάποια νομοθετικά όρια με σκοπό τη δημοκρατική διακυβέρνηση της Ενεργειακής Κοινότητας.

Αντικείμενο Δραστηριότητας

Οι Ενεργειακές Κοινότητες διαθέτουν ένα μεγάλο εύρος επιλογών όσον αφορά τις δραστηριότητες που μπορούν να ασχοληθούν (υποχρεωτικά), οι οποίες περιστρέφονται γύρω από την Ενέργεια και την Ενεργειακή αναβάθμιση . Μερικά παραδείγματα είναι η ανάπτυξη έργων ΑΠΕ εντός της περιφέρειας που βρίσκεται η έδρα της Ενεργειακής Κοινότητας, αλλά και η παροχή ενεργειακών υπηρεσιών υπό μορφή Επιχείρησης Ενεργειακών Υπηρεσιών (ΕΕΥ). Η Ενεργειακή Κοινότητα έχει επίσης τη δυνατότητα, χωρίς να υποχρεούται, να δραστηριοποιείται και σε άλλα θέματα όπως για παράδειγμα η ενημέρωση, η εκπαίδευση και η ευαισθητοποίηση των πολιτών για θέματα ενεργειακής αειφορίας, υποστήριξη εύαλωτων καταναλωτών και αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας .

Μία ΕΚΟΙΝ. μπορεί να παράγει, να πουλά ή να ιδιοκαταναλώνει ηλεκτρική και θερμική ενέργεια που παράγεται από ΑΠΕ, όπως αιολικά και φωτοβολταϊκά έργα, ή μονάδες βιοαερίου και βιομάζας. Επίσης, μπορεί να δραστηριοποιηθεί στην προμήθεια ρεύματος και φυσικού αερίου, να εγκαθιστά συστήματα τηλεθέρμανσης και μονάδες αφαλάτωσης, αλλά και να εγκαθιστά και να διαχειρίζεται υποδομές και οχήματα εναλλακτικών καυσίμων (π.χ. ηλεκτρικά).

Με δεδομένο πως οι ΕΚΟΙΝ κινούνται γύρω από την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, αρκετά ακόμη κίνητρα αφορούν ειδικά την εγκατάσταση και λειτουργία μονάδων ΑΠΕ και

Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (ΣΗΘΥΑ). Επίσης, οι Ενεργειακές Κοινότητες μπορούν να αξιοποιούν τον εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό (virtual net metering), κάτι που στο παρελθόν επιτρεπόταν μόνο στους κατ' επάγγελμα αγρότες και νομικά πρόσωπα δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου που επεδίωκαν κοινωφελείς ή άλλους δημοσίου ενδιαφέροντος σκοπούς.

Επιπρόσθετα, αρκετοί υφιστάμενοι συνεταιρισμοί έχουν ήδη υιοθετήσει βέλτιστες πρακτικές και μεθόδους ενεργειακής διαχείρισης, ώστε να αυξήσουν τα έσοδα και την αυτάρκεια καθαρής ενέργειας για τα μέλη τους, αλλά και τα περιβαλλοντικά οφέλη για τον πλανήτη. Έτσι, σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι, μία από τις πιο επιτυχημένες συμπληρωματικές δυνατότητες/τεχνολογίες μέσα σε μία ΕΚΟΙΝ αποδείχτηκε η εγκατάσταση Έξυπνου Μετρητή. Χρησιμοποιείται από αρκετούς συνεταιρισμούς ήδη και οδηγεί σε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από 9% έως 28%

Ως εκ τούτου, οι βασικές τεχνολογίες που μπορούν να ενσωματωθούν σε μία ΕΚΟΙΝ περιλαμβάνουν:

- Ανεμογεννήτριες
- Φωτοβολταϊκά Πάνελ
- Μονάδες Βιοαερίου και Βιομάζας
- Τηλεθέρμανση
- Μονάδες Αφαλάτωσης
- Διατάξεις Αποθήκευσης Ενέργειας
- Ηλεκτροκίνηση και σταθμοί φόρτισης

Παράλληλα δίνεται η δυνατότητα άσκησης ορισμένων επιπλέον δραστηριοτήτων που αφορούν:

- Προσέλκυση κεφαλαίων για την πραγματοποίηση επενδύσεων αξιοποίησης των ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ ή παρεμβάσεων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης εντός της Περιφέρειας που βρίσκεται η έδρα της ΕΚΟΙΝ.
- Σύνταξη μελετών αξιοποίησης των ΑΠΕ ή της ΣΗΘΥΑ (τεχνο-οικονομικών μελετών) ή υλοποίησης παρεμβάσεων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης ή παροχή στα μέλη της τεχνικής υποστήριξης στους ανωτέρω τομείς.
- Διαχείριση ή συμμετοχή σε προγράμματα χρηματοδοτούμενα από εθνικούς πόρους ή πόρους της Ε.Ε. σχετικά με τους σκοπούς της.
- Παροχή συμβουλών για τη διαχείριση ή συμμετοχή των μελών της σε προγράμματα χρηματοδοτούμενα από εθνικούς πόρους ή πόρους της Ε.Ε. σχετικά με τους σκοπούς της.
- Ενημέρωση, εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο για θέματα ενεργειακής αειφορίας.
- Δράσεις για την υποστήριξη ευάλωτων καταναλωτών και την αντιμετώπιση της ενεργειακής ένδειας πολιτών που ζουν κάτω από το όριο της φτώχειας, εντός της Περιφέρειας στην οποία βρίσκεται η έδρα της ΕΚΟΙΝ, ανεξάρτητα αν είναι μέλη της ΕΚΟΙΝ, όπως παροχή ή συμψηφισμός ενέργειας, ενεργειακή αναβάθμιση κατοικιών ή άλλες δράσεις που μειώνουν την κατανάλωση της ενέργειας στις κατοικίες των ανωτέρω.

8.4 Εικονικός ενεργειακός Συμψηφισμός

Όπως αναφέρθηκε και στις προηγούμενες ενότητες, ένα μέτρο στήριξης των Ενεργειακών Κοινοτήτων είναι η δυνατότητα χρήσης του εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού (Virtual Net Metering), ένα χρήσιμο εργαλείο το οποίο μπορεί να συμψηφίζει την παραγόμενη με την καταναλισκόμενη ενέργεια, παρόλο που δεν είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο μέσω της ίδιας παροχής.

8.4.1 Τι είναι ο εικονικός ενεργειακός συμψηφισμός

Ο εικονικός ενεργειακός συμψηφισμός είναι ο συμψηφισμός της παραγόμενης ενέργειας από τη μονάδα παραγωγής, με την καταναλισκόμενη ενέργεια από τους συμμετέχοντες στο σχέδιο αυτό, όπως π.χ. τα μέλη μιας Ενεργειακής Κοινότητας που λαμβάνουν μέρος στον εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό, αλλά και ευάλωτους καταναλωτές ή πολίτες που ζουν κάτω από το όριο της φτώχειας.

Ο συμψηφισμός χαρακτηρίζεται εικονικός αφού ο σταθμός παραγωγής δε συνδέεται ηλεκτρικά με καμία από τις προς συμψηφισμό παροχές κατανάλωσης. Το κυριότερο πλεονέκτημα του είναι ότι ο συγκεκριμένος συμψηφισμός καθίσταται δυνατός χωρίς να είναι απαραίτητο οι εγκαταστάσεις των καταναλωτών να βρίσκονται στον ίδιο ή γειτονικό χώρο με την μονάδα παραγωγής, παρά μόνο η μονάδα παραγωγής να βρίσκεται στην ίδια Περιφερειακή Ενότητα με την έδρα της Ενεργειακής Κοινότητας.

Η βασική διαφορά μεταξύ εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού και του εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού από αυτοπαραγωγό, είναι ότι στον εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό από αυτοπαραγωγό, ο ίδιος ο αυτοπαραγωγός (φυσικό ή νομικό πρόσωπο) έχει στο όνομά του τόσο το σταθμό παραγωγής, όσο και τις προς συμψηφισμό παροχές κατανάλωσης, σε αντίθεση με τον εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό από Ενεργειακές Κοινότητες, όπου φορέας του σταθμού παραγωγής είναι η Ενεργειακή Κοινότητα, ενώ των εγκαταστάσεων κατανάλωσης τα μέλη της, όπως επίσης και ευάλωτοι καταναλωτές ή πολίτες που ζουν κάτω από το όριο της φτώχειας εφόσον συμπεριληφθούν στο προσάρτημα της Σύμβασης Εικονικού Ενεργειακού Συμψηφισμού Ενεργειακής Κοινότητας (Σ.Ε.Ε.Σ.Ε.Κ.).

8.4.2 Ποιοι σταθμοί παραγωγής μπορούν να συμμετέχουν

Οι τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί, οι σταθμοί βιομάζας/βιορευστών, οι σταθμοί βιοαερίου, μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί, σταθμοί Σ.Η.Θ.Υ.Α. καθώς και σταθμοί μικρών ανεμογεννητριών.

Στο διασυνδεδεμένο σύστημα, ο σταθμός παραγωγής πρέπει να βρίσκεται στην ίδια Περιφέρεια με τις παροχές κατανάλωσης προς συμψηφισμό. Ειδικά για τις Ενεργειακές Κοινότητες που έχουν έδρα εντός της Περιφέρειας Αττικής, ο σταθμός παραγωγής μπορεί να εγκατασταθεί εντός γειτονικής περιφέρειας, υπό την προϋπόθεση ότι συνδέεται στο Διασυνδεδεμένο Δίκτυο. Στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (ΜΔΝ), ο σταθμός παραγωγής πρέπει να εγκαθίσταται στο ίδιο ηλεκτρικό σύστημα και στο ίδιο δίκτυο διανομής με τις εγκαταστάσεις κατανάλωσης, εντός της περιφέρειας στην οποία βρίσκεται η έδρα της Ενεργειακής Κοινότητας .[27]

Η κάθε Ενεργειακή Κοινότητα έχει δικαίωμα να εγκαταστήσει περισσότερο από ένα σταθμούς παραγωγής, της ίδιας ή διαφορετικής τεχνολογίας, με σκοπό τον συμψηφισμό της παραγόμενης ενέργειας με τις συνολικές καταναλώσεις των εγκαταστάσεων προς συμψηφισμό.

8.4.2 Δικαίωμα ένταξης

Δικαίωμα ένταξης στον εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό έχουν τα φυσικά ή/και νομικά πρόσωπα τα οποία είναι μέλη της Ενεργειακής Κοινότητας. Δικαίωμα ένταξης έχουν επίσης και οι ευάλωτοι καταναλωτές ή πολίτες που ζουν κάτω από το όριο της φτώχειας, ανεξάρτητα του αν είναι μέλη ή όχι της Ενεργειακής Κοινότητας, εφόσον αυτή τους έχει συμπεριλάβει στο προσάρτημα της Σύμβασης Εικονικού Ενεργειακού

Συμψηφισμού Ενεργειακής Κοινότητας (Σ.Ε.Ε.Σ.Ε.Κ.). Επιπλέον, για κάθε σταθμό παραγωγής, τόσο η παροχή του σταθμού παραγωγής όσο και οι παροχές των καταναλώσεων προς συμψηφισμό που αντιστοιχούν στο σταθμό παραγωγής, πρέπει να εκπροσωπούνται υποχρεωτικά από τον ίδιο προμηθευτή ενέργειας.

Δικαίωμα συμμετοχής έχουν και παροχές κατανάλωσης οι οποίες συμμετέχουν σε κάποιο άλλο καθεστώς συμψηφισμού εφόσον μεταβιβάσουν την παροχή τους στο πρόγραμμα του εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού μέσω ΕΚΟΙΝ. Στις περιπτώσεις αυτές συνάπτεται νέα Σύμβαση Εικονικού Ενεργειακού Συμψηφισμού (Σ.Ε.Ε.Σ.) για το υπολειπόμενο χρονικό διάστημα της 25ετίας της αρχικής Σύμβασης Συμψηφισμού.

Δεν επιτρέπεται η συνύπαρξη κανενός άλλου συστήματος αυτοπαραγωγής με σύστημα εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού και δεν επιτρέπεται η συμμετοχή ή η ένταξη μιας παροχής κατανάλωσης σε περισσότερα από ένα συστήματα ενεργειακού ή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού.

8.4.2 Όρια Ισχύος σταθμών παραγωγής

Οι περιορισμοί που υφίστανται στην ισχύ του σταθμού παραγωγής μιας Ενεργειακής Κοινότητας εξαρτώνται από το σύστημα στο οποίο είναι συνδεδεμένος ο σταθμός παραγωγής. Στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα, οι σταθμοί παραγωγής μπορούν να έχουν ισχύ μέχρι 20kW ή μέχρι το άθροισμα της συμφωνημένης ισχύος του συνόλου των καταναλώσεων προς συμψηφισμό, εφόσον υπερβαίνει τα 20kW. Ωστόσο, η μέγιστη ισχύς του σταθμού παραγωγής δε μπορεί να υπερβαίνει το 1MW. Ειδικά για σταθμούς μικρών ανεμογεννητριών, η εγκατεστημένη ισχύς δε μπορεί να ξεπερνά το όριο των 60kW. Στο Μη Διασυνδεδεμένο Σύστημα, οι σταθμοί παραγωγής μπορούν να έχουν ισχύ μέχρι 10kW και ειδικά για την Κρήτη μέχρι 20kW ή μέχρι το άθροισμα της συμφωνημένης ισχύος του συνόλου των καταναλώσεων προς συμψηφισμό εφόσον αυτό υπερβαίνει τα 10kW ή 20kW αντίστοιχα .[2]

8.4 Πλάνο επιχειρηματικής ανάπτυξης μια ΕΚΟΙΝ

Όπως κάθε οργανισμός, έτσι και μια ΕΚΟΙΝ, είναι σημαντικό να αναπτύσσει και να βελτιώνει συνεχώς το σχεδιασμό της για την επιχειρηματική της βιωσιμότητα και ανάπτυξη. Ο επιχειρηματικός σχεδιασμός μιας ΕΚΟΙΝ δεν πρέπει να αποτελεί μια στατική διαδικασία, αλλά μια συνεχή και δυναμική διαδικασία όπου νέα δεδομένα συνεχώς ενσωματώνονται και την εξελίσσουν. Τόσο στις περιπτώσεις που επιλεχθεί η κερδοσκοπική μορφή, όσο και σε αυτές που επιλεχθεί τελικά η μη-κερδοσκοπική μορφή, συνιστάται τα μέλη να προετοιμαστούν για όλα τα βήματα που αφορούν τον σχεδιασμό της επιχειρηματικής ανάπτυξης της ΕΚΟΙΝ που σχεδιάζουν. [2]

Ένα σχέδιο επιχειρηματικής ανάπτυξης μιας ΕΚΟΙΝ γενικά χωρίζεται σε τρεις χρονικές φάσεις :

- **Ανάλυση Σκοπιμότητας** (Υλοποίηση ή μη της ιδέας)
- **Επιχειρηματικός σχεδιασμός** (Πώς θα την υλοποιήσουμε;)
- **Χρηματοδοτικό πλάνο** (εξεύρεση των κεφαλαίων για την υλοποίηση της ιδέας)



Εικόνα 21: Οι τρεις φάσεις ανάπτυξης ενός επιχειρηματικού σχεδίου Πηγή :[2]

Φάση 1:Ανάλυση Σκοπιμότητας

Από τη στιγμή που έχει δημιουργηθεί μια ομάδα δράσης (η οποία συνήθως αποτελεί και την ιδρυτική ομάδα) και μια αρχική ιδέα (concept idea), η πρώτη ουσιαστική φάση θα ήταν μια ανάλυση που θα αφορά τη σκοπιμότητα του εγχειρήματος. Η ανάλυση σκοπιμότητας θα βοηθήσει την ομάδα να αναλύσει περισσότερο το κατά πόσο είναι βιώσιμη η αρχική ιδέα ή όχι. Θα απαντήσει στην ουσία στο ερώτημα “*Να προχωρήσουμε με την προτεινόμενη ιδέα ή μήπως όχι;*”. Η κατάταξη του ερωτήματος σε υπο-ερωτήματα, ανά κατηγορίες, είναι μια απλή και εύκολη μέθοδος η οποία θα βοηθήσει την ομάδα να συζητήσει σε μεγαλύτερο βάθος και να αποκτήσει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της ιδέας, ώστε να τελικά να είναι σε θέση να αποφασίσει.[2]

Παρακάτω φαίνεται ένας πίνακας με τα πιο βασικά ερωτήματα ανά κατηγορία που πρέπει να απαντηθούν στη φάση αυτή .

Υποκατηγορίες	Ενδεικτικά Ερωτήματα
Ανάλυση Αγοράς	<ul style="list-style-type: none"> Υπάρχει ανάγκη για κάτι τέτοιο ; Καταγραφή των προτεινόμενων προϊόντων και υπηρεσιών ; Σε τι τιμή θα παρέχονται ; Τα πιθανά μέλη θα είναι διατεθειμένα να πληρώσουν για αυτά τα προϊόντα και τις υπηρεσίες ; Θα ήταν σκόπιμο να λάβουμε κάποια γνώμη και από ειδικούς στο χώρο της ενέργειας ; Ποιος είναι ο ανταγωνισμός ,αν υπάρχει και ποια τα χαρακτηριστικά του ;
Τεχνική Ανάλυση	<ul style="list-style-type: none"> Τι κατασκευές πρέπει να γίνουν ; Υπάρχει επάρκεια τεχνογνωσίας; Θα πρέπει να υπάρξει συνεργασία με εξωτερικούς συνεργάτες (μηχανικούς κλπ) Τι μελέτες απαιτούνται ;Τι όδεις θα χρειαστούν ; Ποιος θα συντονίσει το έργο αυτό ; Ποιες τεχνολογίες θα χρησιμοποιηθούν ;
Διαχειριστική και Διοικητική Ανάλυση	<ul style="list-style-type: none"> Γνωρίζουμε πως λειτουργεί και πως διοικείται μια ΕΚΟΙΝ ; Θα χρειαστούμε εξωτερική υποστήριξη ; Ποιες είναι οι λειτουργίες και οι εργασίες ; Ποιοι θα τις αναλάβουν Ζητήματα εσωτερικής επικοινωνίας
Οικονομική Ανάλυση	<ul style="list-style-type: none"> Σύντομη οικονομική ανάλυση Ανάλυση νεκρού σημείου Προϋπολογισμός
Χρηματοδοτική Ανάλυση	<ul style="list-style-type: none"> Πόσα κεφάλαια απαιτούνται ως αρχικό ταμείο Μείγμα χρηματοδότησης
Χωροταξική Ανάλυση	<ul style="list-style-type: none"> Αρχική ανάλυση για την καταλληλότητα της τοποθεσίας εγκατάστασης σταθμού ΑΠΕ
Κοινωνική Ανάλυση και Συνέργειες	<ul style="list-style-type: none"> Πως επηρεάζει το έργο την τοπική κοινωνία Θα υπάρξουν αντιδράσεις και αν ναι ποια θα είναι η στρατηγική αντιμετώπισης Ποιες συνέργειες απαιτούνται και με ποιους
Ανάλυση για την ασφάλεια	<ul style="list-style-type: none"> Ασφάλεια ανθρώπων Ασφάλεια εγκαταστάσεων
Περιβαλλοντική Ανάλυση	<ul style="list-style-type: none"> Θα υπάρχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις; Θα υπάρξουν πιθανές σχετικές αντιδράσεις και αν ναι, τότε πώς θα αντιμετωπιστούν; Τι ειδους μελέτες θα απαιτηθούν;

Πίνακας 4:Ενδεικτικά ερωτήματα προς συζήτηση κατά τη φάση της ανάλυσης σκοπιμότητας Πηγή:[2]

Φάση 2: Επιχειρηματικό Σχέδιο

Στη δεύτερη φάση μπορούμε να εμβαθύνουμε στο επιχειρηματικό σχέδιο και στο μοντέλο που θα ακολουθήσει η ΕΚΟΙΝ. Μερικά ενδεικτικά στοιχεία τα οποία μπορεί να περιλαμβάνει ο επιχειρηματικός σχεδιασμός είναι:

Σύνοψη του Επιχειρηματικού Σχεδίου

Περιγραφή του οράματος και στοιχεία που αφορούν την ταυτότητα της ΕΚΟΙΝ.

1. Περιγραφή της ιδέας.
2. Λόγους για τους οποίους πιστεύουμε ότι η επιχειρηματική μας ιδέα θα πετύχει
3. Περιγραφή της Ε.Κοιν η οποία, μεταξύ άλλων, θα περιλαμβάνει: Ονομασία, στόχοι, συμμετέχοντες/ουσες, τοποθεσία, υπηρεσίες, στάδια που έχουν υλοποιηθεί έως τώρα.
4. Η αγορά στην οποία θα δραστηριοποιηθεί.
5. Ποιες είναι (συνοπτικά) οι κεφαλαιακές ανάγκες και πότε αναμένεται να γίνει απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου.

Η σύνοψη έχει ιδιαίτερο ρόλο καθώς μπορεί να αποτελέσει ένα εργαλείο προσέλκυσης υποψηφίων επενδυτών που δεν έχουν το χρόνο να ασχοληθούν με περαιτέρω λεπτομέρειες για να αποφασίσουν αν θα επενδύσουν στην Ε.Κοιν ή όχι .

Έρευνα αγοράς

Αφορά στην ανάλυση και κατανόηση της αγοράς στην οποία θα δραστηριοποιηθεί η ΕΚΟΙΝ. Είτε πρόκειται για παραγωγή ενέργειας, εξοικονόμηση ενέργειας ή κάποια άλλη δραστηριότητα, είναι σημαντικό να συγκεντρωθούν και να αναλυθούν ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της αγοράς, στην οποία στοχεύει να δραστηριοποιηθεί η Ε.Κοιν.

Υπηρεσίες

Αφορά στην παρουσίαση και ανάλυση των προϊόντων και υπηρεσιών που θα προσφέρει η ΕΚΟΙΝ καθώς και μια ανάλυση της τιμολογιακής πολιτικής που θα ακολουθήσει. Θα πρέπει να απαντά σε ερωτήματα όπως η χρέωση των υπηρεσιών ,το ενδεχόμενο τα προϊόντα και οι υπηρεσίες να είναι διαθέσιμα και σε μη-μέλη της Ε.ΚΟΙΝ, διαφορετικές τιμολογιακές πολιτικές για μέλη και μη-μέλη.

Ανταγωνισμός

Ο ευρύτερος τομέας της ενέργειας είναι ιδιαίτερα ανταγωνιστικός. Γι' αυτό απαιτείται να γίνει μια έρευνα σε βάθος σχετικά με τον ανταγωνισμό που θα κληθεί να αντιμετωπίσει η ΕΚΟΙΝ, ώστε να καταφέρει να βρει πρόσβαση σε ένα μερίδιο της αγοράς που θα την καταστήσει επιχειρηματικά βιώσιμη. Είναι επίσης ωφέλιμη η τμηματοποίηση της αγοράς (market segmentation) ώστε να μπορεί να μελετηθεί σε βάθος. Η τμηματοποίηση μπορεί να γίνει με διάφορα κριτήρια, π.χ. γεωγραφικά, δημογραφικά, κριτήρια που αφορούν τη συμπεριφορά αλλά και ψυχογραφικά κριτήρια. Η έρευνα πρέπει να περιλαμβάνει επίσης στοιχεία για το ποιοι είναι οι βασικοί ανταγωνιστές, τι μερίδιο της αγοράς εξυπηρετούν, ποια είναι τα ανταγωνιστικά τους πλεονεκτήματα κ.λπ.

Ανάλυση SWOT

Η Ανάλυση SWOT μπορεί να αποτελέσει ιδιαίτερα σημαντικό εργαλείο για μια ΕΚΟΙΝ κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων ή/και επιλογής των δραστηριοτήτων της, δεδομένου ότι βοηθά στη

μελέτη των ισχυρών και αδύναμων σημείων της αλλά και των ευκαιριών και απειλών που προκύπτουν από το περιβάλλον στο οποίο δραστηριοποιείται.

<p>Στα ΙΣΧΥΡΑ σημεία μιας ΕΚΟΙΝ μπορεί να περιλαμβάνονται:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Καινοτόμα προϊόντα και υπηρεσίες. • Δράσεις υποστήριξης των μελών της. • Διαδικασίες διασφάλισης ποιότητας (πιστοποιήσεις). • Τεχνογνωσία και εμπειρία του αντικείμενου δραστηριοποίησης. • Οικονομικοί πόροι (χρηματοοικονομική κατάσταση, υποδομές). • Γεωγραφική θέση (δυναμικό ΑΠΕ, δυναμικό ΕΕ). • Ισχυρό δίκτυο συνεργασιών. • Χρονοδιάγραμμα-Οργανόγραμμα. 	<p>Στα ΑΔΥΝΑΜΑ σημεία μιας ΕΚΟΙΝ ενδέχεται να είναι:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Μη στοχευμένη στρατηγική ανάπτυξης της. • Έλλειψη εμπειριών διοίκησης και οργάνωσής της. • Μη διαφοροποιημένα προϊόντα ή/και υπηρεσίες σε σχέση με τον ανταγωνισμό. • Έλλιπής οικονομική διαχείριση. • Έλλειψη αξιοπιστίας. • Μη υιοθέτηση πρακτικών μάρκετινγκ. • Μη εξειδικευμένο και ανεκπαιδευτο προσωπικό. • Προβλήματα στις λειτουργίες της (π.χ. παραγωγή, διανομή, προώθηση, τιμολόγηση, κ.λπ.). • Μειωμένη ανανγνωρισμότητα.
<p>Δυνητικά, ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ για μια ΕΚΟΙΝ αποτελούν:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Νέο θεσμικό πλαίσιο για τις ΕΚΟΙΝ (π.χ. οικονομικά κίνητρα και μέτρα στήριξης των ΕΚΟΙΝ). • Θεσμικό πλαίσιο ανάπτυξης των ΑΠΕ (π.χ. εικονική αυτοπαραγωγή ενέργειας). • Προωθούμενες πολιτικές για την ΕΕ (π.χ. πρόγραμμα ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων) και τη βιώσιμη ανάπτυξη. • Νέες υποδομές (π.χ. έργα διασύνδεσης μη-διασυνδεδεμένων νησιών, έργα ΑΠΕ & ΕΕ). • Προωθούμενες πολιτικές για καταπολέμησης της ενεργειακής φτώχειας. • Προωθούμενες πολιτικές για την τοπική παραγωγή ενέργειας. • Η "ανάγκη" για νέα προϊόντα και υπηρεσίες από τους πολίτες/μέλη (π.χ. μείωση του κόστους της ενέργειας, απόκτηση διττού ρόλου καταναλωτή και παραγωγού ενέργειας-prosumers). • Αναπτυξιακά Εθνικά και Ευρωπαϊκά προγράμματα (π.χ. ΕΣΠΑ). • Περιθώρια βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας στην τελική κατανάλωση. • Τεχνολογική πρόοδος (νέα υλικά, νέες μέθοδοι παραγωγής, αποθήκευσης, διανομής ενέργειας κ.λπ.). • Ερευνητική εμπειρία σε τεχνολογίες ΑΠΕ και ΕΕ. 	<p>Οι ΚΙΝΔΥΝΟΙ (ή απειλές) που μπορούν να εμφανιστούν περιλαμβάνουν:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Αρνητικές οικονομικές συνθήκες. • Αντιδράσεις μελών της κοινωνίας και η έλλειψη καθολικής κοινωνικής αποδοχής των ΑΠΕ (τοπικά συμφέροντα, έλλιπής ενημέρωση, κ.λπ.). • Αυξημένος ανταγωνισμός με ιδιωτικές επιχειρήσεις (παροχής ενεργειακών υπηρεσιών). • Αλλαγές στη νομοθεσία (π.χ. αύξηση φορολογίας, επιπλέον άδειες ή εγκρίσεις για άδεια λειτουργίας, κ.λπ.).

Εικόνα 22:Ανάλυση SWOT για την ανάπτυξη μιας ΕΚΟΙΝ Πηγή :[2]

Εμπορική διάθεση προϊόντων και υπηρεσιών

Αφορά στο σχεδιασμό των διαδικασιών εμπορικής διάθεσης των προϊόντων και των υπηρεσιών, ώστε η ΕΚΟΙΝ να έχει έσοδα.Επιπλέον,αναφέρεται σε τρόπους προσέγγισης εξωτερικών πελατών,μεθόδους προσέγγισης νέων μελών και διατήρησης των υφιστάμενων μελών .

Λειτουργίες

Αφορά στην ανάλυση και περιγραφή των διαδικασιών και του μοντέλου λειτουργίας της ΕΚΟΙΝ και σχετίζεται άμεσα με θέματα όπως οι τεχνολογίες και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιούνται ,οι διαδικασίες σχετικά με το εργατικό δυναμικό ,αξιολόγηση προιοντων και υπηρεσιών που παρεχει η Ε.Κοιν και τα πληροφοριακά συστήματα που υποβοηθούν τις λειτουργίες της .

Οργάνωση και Διοίκηση

Αφορά στην ανάλυση του τρόπου οργάνωσης, διαχείρισης, διοίκησης και μεθόδων λήψης αποφάσεων. Μεταξύ άλλων αναλύονται ζητήματα όπως η δομή της εσωτερικής λειτουργίας,το οργανόγραμμα,οι εξωτερικοί σύμβουλοι και οι στρατηγικές συνεργασίες.

Οικονομική Ανάλυση ,προυπολογισμός χρήσης και προυπολογισμός ταμειακών ροών

Προϋπολογισμός χρήσης: Ο προϋπολογισμός χρήσης δείχνει τα προσδοκώμενα κέρδη (ή ζημίες) ανά έτος, αφού υπολογίσουμε λεπτομερώς τα έσοδα και τα έξοδά της Ε.Κοιν. Είναι προτιμότερο να υπάρχουν εναλλακτικά σενάρια (καλό, μέτριο, κακό), ώστε η Ε.Κοιν να έχει ένα σχέδιο για κάθε σενάριο. Αυτό που έχει σημασία είναι να εκφραστούν ρητά οι υποθέσεις και να συμπεριληφθούν όσο το δυνατόν πιο ακριβείς πληροφορίες. Ο Προϋπολογισμός Χρήσης χωρίζεται στο σταθερό και στο μεταβλητό τμήμα του. Στο σταθερό περιλαμβάνονται τα έξοδα που είναι απαραίτητα για την ίδρυση της ΕΚΟΙΝ, για τα οποία έχουμε ήδη συγκεντρώσει τις απαραίτητες πληροφορίες από την έρευνα αγοράς που έχουμε πραγματοποιήσει. Αντίστοιχα, περιλαμβάνονται έσοδα τα οποία έχουμε ήδη εξασφαλίσει ανεξάρτητα από την πορεία των πωλήσεών μας (π.χ. επιχορήγηση ίδρυσης). Στο μεταβλητό τμήμα περιλαμβάνονται έξοδα και έσοδα τα οποία σχετίζονται άμεσα με τον όγκο των πωλήσεων και εξαρτώνται περισσότερο από τις υποθέσεις εργασίας που έχουμε διατυπώσει (π.χ. ανταπόκριση μελών και εξωτερικών πελατών).

Προϋπολογισμός Ταμειακής Ροής (cashflow): Ο Προϋπολογισμός Ταμειακής Ροής δεν συμπίπτει με τον Προϋπολογισμό Χρήσης, διότι τα έσοδα και τα έξοδα δεν πραγματοποιούνται με την ίδια περιοδικότητα. Για παράδειγμα, αν έχουμε πωλήσεις επί πιστώσει, πρέπει να υπολογίσουμε πότε θα πάρει η ΕΚΟΙΝ τα χρήματα από τα μέλη και τους εξωτερικούς συνεργάτες. Αντίστοιχα, υπάρχουν περίοδοι κατά τις οποίες συγκεντρώνονται πολλά έξοδα τα οποία είναι απαιτητά (π.χ. προμηθευτές, εργαζόμενοι/ες). Αν δεν τα έχουμε προϋπολογίσει με όρους ταμείου, είναι πιθανό να βρεθούμε σε κατάσταση επείγουσας έλλειψης ρευστότητας, παρόλο που η ΕΚΟΙΝ είναι δεν έχει πρόβλημα βιωσιμότητας.

Break even analysis: Αφορά στην εκτίμηση για το πότε θα γίνει απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου που θα επενδυθεί. Νεκρό σημείο (break even point) ονομάζεται το ακριβές ποσό των πωλήσεων (κύκλου εργασιών), που μια επιχείρηση καλύπτει το σύνολο των εξόδων της, σταθερά και μεταβλητά, μη πραγματοποιώντας ούτε κέρδος ούτε ζημιά. *Ως αξία επί των πωλήσεων*, μας δείχνει πόση είναι η χρηματική αξία των πωλήσεων που πρέπει να κάνει η ΕΚΟΙΝ ώστε να μην έχει ούτε κέρδος ούτε ζημιά. *Ως ποσοστό επί των πωλήσεων*, δείχνει σε ποιο ποσοστό επί των πωλήσεων που έκανε ή αναμένεται να κάνει η επιχείρηση, δεν έχει ούτε κέρδος ούτε ζημιά. *Ως ποσότητα πωλήσεων*, δείχνει πόσα τεμάχια από το παραγόμενο προϊόν πρέπει να πουλήσει η επιχείρηση ώστε να μην έχει ούτε κέρδος, αλλά ούτε και ζημιά, και *ως χρόνος* μας δείχνει πόσο χρόνο αναμένεται ότι θα χρειαστεί η ΕΚΟΙΝ ώστε να πουλήσει τον απαραίτητο αριθμό μονάδων προϊόντος, ώστε να μην έχει ούτε κέρδος ούτε ζημιά.[2]

Πλάνο διαχείρισης Κινδύνων (Risk managment) και πλάνο εξόδου

Η διαχείριση κινδύνου θα επιτρέψει στην ΕΚΟΙΝ να αναγνωρίσει δυνητικούς κινδύνους και απειλές, να τους αξιολογήσει και να καταστρώσει ένα σχέδιο αντιμετώπισης τους, σε περίπτωση που αυτοί επαληθευτούν. Η διαδικασία κατάρτισης ενός πλάνου διαχείρισης κινδύνων είναι συνεχής και δυναμική. Πολύτιμα δεδομένα που μπορούν να τροφοδοτήσουν ένα τέτοιο πλάνο μπορούμε να εξάγουμε από την ανάλυση SWOT

Οι κίνδυνοι μπορεί να είναι ενδογενείς και να σχετίζονται με ζητήματα ασφάλειας, οργάνωσης, μείωσης του αριθμού των μελών, χρηματοδοτική ανεπάρκεια κ.λπ. Μπορεί να είναι και εξωγενείς και να σχετίζονται με καθυστερήσεις στις πληρωμές, αλλαγές στο φορολογικό ή θεσμικό πλαίσιο κ.λπ. Η ανάλυση των δυνητικών κινδύνων θα βοηθήσει τα μέλη να καταρτίσουν εναλλακτικά σενάρια αντιμετώπισής τους, για να θωρακίσουν την ΕΚΟΙΝ. Η ύπαρξη τους αυξάνει την εμπιστοσύνη όλων των εμπλεκομένων (συμπεριλαμβανομένου και των πιστωτών και υποστηρικτών) καθώς αντιλαμβάνονται τον επαγγελματισμό και τη μεθοδικότητα με την οποία αντιμετωπίζει η ΕΚΟΙΝ το ζήτημα της επιχειρηματικής της βιωσιμότητας.

Μια επιπλέον διαδικασία αφορά στο πλάνο εξόδου, που περιλαμβάνει ένα σχέδιο για την περίπτωση που η επιχειρηματική επιβίωση της ΕΚΟΙΝ δεν είναι πλέον εφικτή και απαντά ουσιαστικά στο ερώτημα «Πώς θα ελαχιστοποιηθούν οι όποιες απώλειες;». Η νομοθεσία προβλέπει κάποιες συγκεκριμένες διαδικασίες για τις ΕΚΟΙΝ οι οποίες αποτυπώνονται και στο καταστατικό. Από εκεί και πέρα, μια αναλυτικότερη συζήτηση και ένας σχεδιασμός ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε ΕΚΟΙΝ είναι εξαιρετικά ωφέλιμος. [2]

Φάση 3: Χρηματοδοτικός Σχεδιασμός

Η ελληνική και η διεθνής εμπειρία έχουν δείξει ότι, συνήθως, τα συνεταιριστικά ενεργειακά έργα ΑΠΕ απαιτούν μεγάλα κεφάλαια. Τα κεφάλαια αυτά είναι εξαιρετικά δύσκολο να καλυφθούν εξ' ολοκλήρου από τα μέλη της ΕΚΟΙΝ και αυτό που συνήθως αναζητείται είναι ένα μείγμα χρηματοδοτικών πόρων και εργαλείων. Το μείγμα αυτό, εκτός ότι καθιστά εφικτή την υλοποίηση των έργων, μειώνει και τους κινδύνους λόγω της διασποράς του ρίσκου.

Είτε η ομάδα απευθυνθεί στα μέλη είτε σε εξωτερικές πηγές, είναι σημαντικό να μπορεί να πείσει για το επίπεδο ωρίμανσης του έργου και για την επιχειρηματική του βιωσιμότητα. Παρακάτω, παρουσιάζονται, ενδεικτικά, μερικές πηγές χρηματοδότησης για ΕΚΟΙΝ.

1. Χρηματοδότηση από τα μέλη
2. Έσοδα από επιχειρηματικές δραστηριότητες
3. Δανεισμός
4. Επιχορηγήσεις-δωρεές
5. Συνεταιριστικά ταμεία και ταμεία ενεργειακών συνεταιρισμών
6. Επενδυτικοί άγγελοι (angel investors)
7. Θεσμικοί επενδυτές
8. Εθνικά και ευρωπαϊκά προγράμματα (ΕΣΠΑ)
9. Υβριδικές πηγές έμμεσης χρηματοδότησης
10. Διαγωνισμοί επιχειρηματικότητας
11. Fintech και καινοτόμοι μέθοδοι χρηματοδότησης βασισμένες στο crowdfunding
12. Θερμοκοιτίδες επιχειρηματικότητας

Θα αναφέρουμε επιγραμματικά τα κύρια χαρακτηριστικά καθενός από τους παραπάνω τρόπους χρηματοδότησης .

Χρηματοδότηση από τα μέλη :διασφαλίζει χρηματοδοτική ευελιξία και ανεξαρτησία της ΕΚΟΙΝ.Απο τα δεδομένα που υπάρχουν συνήθως δεν ξεπερνά το 30% του προϋπολογισμού .

Έσοδα από επιχειρηματικές δραστηριότητες : Σε περίπτωση που δε βρισκόμαστε στο στάδιο της εκκίνησης (start up) αλλά σε στάδιο προχωρημένης λειτουργίας, μέρος των εσόδων από τις επιχειρηματικές δραστηριότητες της ΕΚΟΙΝ μπορεί να χρηματοδοτήσει νέα έργα, νέες υπηρεσίες και νέα προϊόντα.

Δανεισμός :Είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος πρόσβασης σε κεφάλαια Για τη λήψη δανείου ιδιαίτερο ρόλο παίζουν η έκταση της ευθύνης των μελών όπως ορίζεται στο καταστατικό της ΕΚΟΙΝ ,η

δυνατότητα ή μη εγγυοδοσίας και η δυνατότητα κατανόησης του επιχειρηματικού μοντέλου από το πιστωτικό ίδρυμα.

Επιχορηγήσεις-Δωρεές : Συνήθως παρέχονται από ιδιώτες, εταιρίες και φιλανθρωπικά ιδρύματα είτε απευθείας είτε μέσω συμμετοχής της ΕΚΟΙΝ σε κάποιο πρόγραμμα πχ πρόγραμμα καταπολέμησης της ενεργειακής φτώχειας.

Συνεταιριστικά ταμεία και ταμεία ενεργειακών συνεταιρισμών : Είναι τα ταμεία που δημιουργούνται από συνεταιριστικές επιχειρήσεις και από άλλες ΕΚΟΙΝ στην Ελλάδα και το εξωτερικό .Παρέχουν ανταγωνιστικά επιτόκια,έχουν πολύ καλή αντίληψη της λειτουργίας του μοντέλου των ΕΚΟΙΝ και μπορούν να συνεισφέρουν και σε τεχνογνωσία που θα βοηθήσει στην βιωσιμότητα του εγχειρήματος .

Επενδυτικοί άγγελοι (angel investors): Οι επενδυτικοί άγγελοι εφόσον πειστούν για την ιδέα, μέσω μιας κατάλληλης επιχειρηματικής παρουσίασης (pitching), μπορούν να επενδύσουν σημαντικά κεφάλαια. Παρότι μπορούν να επενδύσουν κεφάλαια ακόμη και σε εγχειρήματα που έχουν χαμηλό επίπεδο ωρίμανσης, τα μελλοντικά ανταλλάγματα και οφέλη για αυτούς είναι συνήθως μεγάλα.

Θεσμικοί Επενδυτές : Πρόκειται για οργανισμούς που διαχειρίζονται πολύ μεγάλα κεφάλαια που προέρχονται από ταμεία ασφαλιστικών εταιριών, πιστωτικών οργανισμών, επενδυτικών ταμείων, συνταξιοδοτικών ταμείων, hedge funds, mutual funds κ.λπ. Έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν ικανοποιητικούς όρους και πολλοί θεσμικοί επενδυτές έχουν θετική ροπή για επενδύσεις στον τομέα των ΑΠΕ. Συνήθως, δε χρηματοδοτούν μεμονωμένα μικρά έργα αλλά συγκεντρώνουν, αξιολογούν και ομαδοποιούν δυνητικά επενδυτικά σχέδια πριν προχωρήσουν σε όποιες επενδύσεις.

Εθνικά και ευρωπαϊκά προγράμματα (ΕΣΠΑ): Μια ΕΚΟΙΝ μπορεί να λάβει χρηματοδοτική στήριξη άμεσα, από εθνικά προγράμματα, π.χ. προγράμματα ανταγωνιστικότητας, ο επενδυτικός νόμος, προγράμματα ΕΣΠΑ, προγράμματα για ενίσχυση της κοινωνικής οικονομίας, προγράμματα ενίσχυσης των ΕΚΟΙΝ, προγράμματα αγροτικών ενισχύσεων, προγράμματα σχετικά με την παραγωγή και εξοικονόμηση ενέργειας κ.λπ. Επίσης, από ευρωπαϊκά προγράμματα και ενισχύσεις ευρωπαϊκών ταμείων, π.χ. προγράμματα για το περιβάλλον, την έρευνα και την καινοτομία, την ανταγωνιστικότητα κ.λπ.

Υβριδικές πηγές έμμεσης χρηματοδότησης : Κάθε ΕΚΟΙΝ, ανάλογα με τις ανάγκες της, μπορεί να διερευνήσει διάφορους τρόπους έμμεσης οικονομικής υποστήριξης. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η δωρεάν παροχή ενέργειας ή άλλων ενεργειακών υπηρεσιών σε κάποιον ιδιοκτήτη γης με αντάλλαγμα τη χρήση της γης του από την ΕΚΟΙΝ.

Διαγωνισμοί επιχειρηματικότητας : Οι διαγωνισμοί επιχειρηματικότητας που πραγματοποιούνται στην Ελλάδα και στο εξωτερικό μπορούν να παρέχουν κάποιο ποσό (συνήθως μικρό) με τη μορφή βραβείου, αλλά ταυτόχρονα μπορούν να φέρουν την ΕΚΟΙΝ σε επαφή με μέντορες και επενδυτές. Η συμμετοχή είναι συνήθως δωρεάν αλλά απαιτείται πολλές φορές αρκετός χρόνος για τη συγγραφή της ιδέας και την υποβολή της πρότασης, καθώς ο κάθε διαγωνισμός έχει διαφορετικές διαδικασίες, προτεραιότητες και ερωτήματα στα οποία καλούνται να απαντήσουν οι διαγωνιζόμενοι/ες.

Fintech και καινοτόμοι μέθοδοι χρηματοδότησης βασισμένες στο crowdfunding : Η εφαρμογή νέων τεχνολογιών στον τραπεζικό και χρηματοπιστωτικό κλάδο είναι μια ταχύτατα αναπτυσσόμενη πηγή νέων ιδεών, προϊόντων και υπηρεσιών που μπορούν να διευκολύνουν τις συναλλαγές, να μειώσουν τα λειτουργικά έξοδα της ΕΚΟΙΝ και να τη βοηθήσουν να συγκεντρώσει κεφάλαια. Άλλα σχετικά εργαλεία είναι πλατφόρμες που επιτρέπουν την προβολή και χρηματοδότηση της ιδέας, χρηματοδοτικές λύσεις μέσω κρυπτονομισμάτων, ψηφιακές εφαρμογές για την πώληση και αγορά ενέργειας κ.λπ.

Η χρηματοδότηση από το πλήθος (crowdfunding) είναι επίσης μια καινοτόμος μέθοδος χρηματοδότησης που μπορεί να διερευνηθεί από την ΕΚΟΙΝ. Η ιδέα παρουσιάζεται συνήθως σε κάποια πλατφόρμα crowdfunding όπου μεταξύ άλλων αναφέρεται τι θα κάνει το έργο, ποια είναι τα μέλη, πότε θα ξεκινήσει, ποιοι συμμετέχουν και πόσα κεφάλαια απαιτούνται. Υπάρχουν τέσσερις βασικές κατηγορίες crowdfunding:

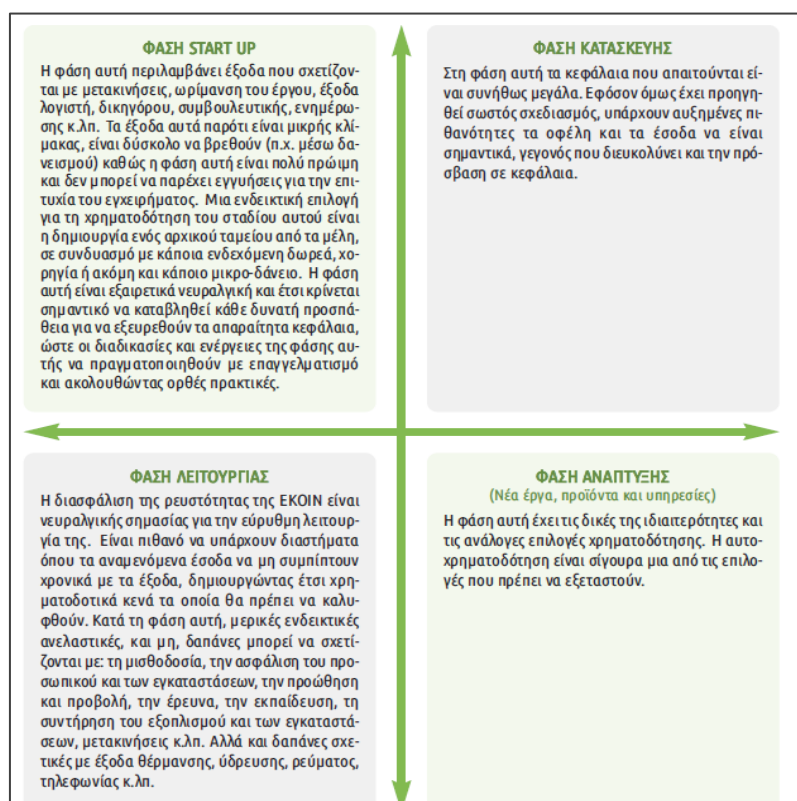
- *Donation based*: Όπου οι υποστηρικτές κάνουν κάποια δωρεά για την υποστήριξη του έργου.
- *Equity based*: Όπου μπορούν να παρέχονται χρήματα με αντάλλαγμα συνεταιριστικές μερίδες και άμεση συμμετοχή στο εγχείρημα.
- *Reward based*: Όπου μπορούν να παρέχονται χρήματα με ανταλλαγή π.χ. κάποιας αντίστοιχης μελλοντικής παροχής υπηρεσιών ή προϊόντων ίσης αξίας με το προσφερόμενο ποσό.
- *Debt based*: Παρέχεται μικρο-δανεισμός από τους υποστηρικτές.

Η κάθε περίπτωση έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, αλλά και τους πιθανούς περιορισμούς.

Θερμοκοιτίδες επιχειρηματικότητας : Οι θερμοκοιτίδες επιχειρηματικότητας, συνήθως, δεν παρέχουν άμεση χρηματοδότηση αλλά μπορούν να παρέχουν συμβουλευτική, εκπαίδευση, υποστήριξη για την αύξηση του επιπέδου ωρίμανσης του έργου, δικτύωση, ανταλλαγή τεχνογνωσίας και πρόσβαση σε δυνητικούς επενδυτές, υποστηρικτές και μέλη.

Ανάλογα με τη φάση στην οποία βρίσκεται η ΕΚΟΙΝ ενδέχεται κάποιες πηγές να είναι καταλληλότερες από άλλες .

Στο παρακάτω σχεδιάγραμμα συνοψίζονται οι τέσσερις φάσεις κατά την ανάπτυξη και λειτουργία μιας ΕΚΟΙΝ .



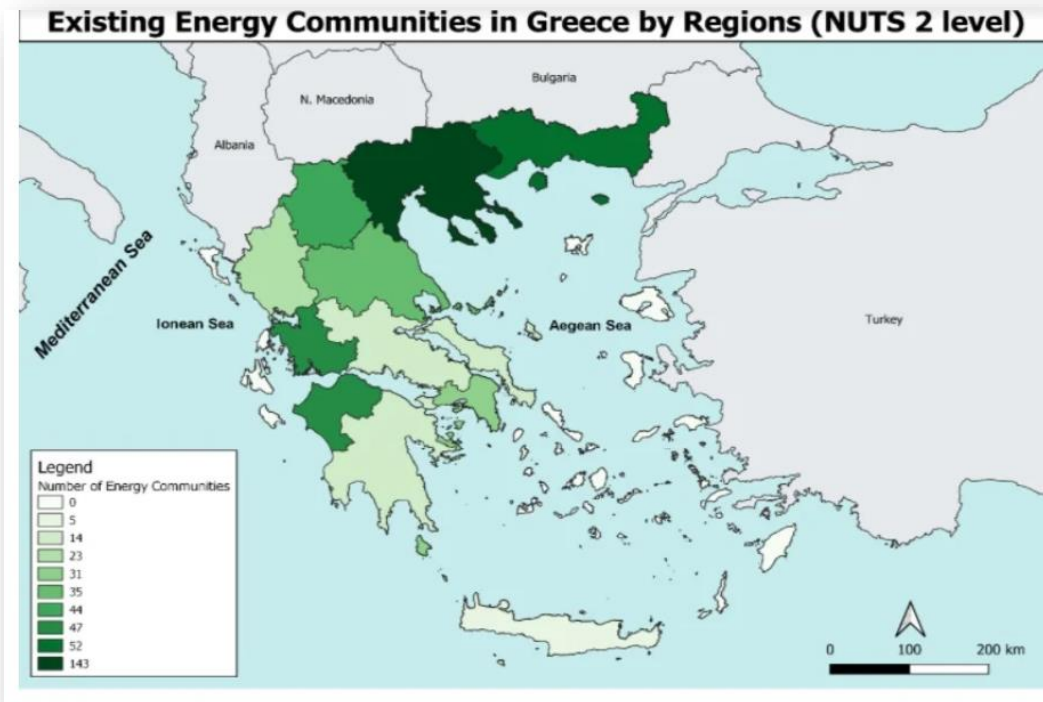
Εικόνα 23: Οι τέσσερις φάσεις κατά την ανάπτυξη και λειτουργία μιας ΕΚΟΙΝ Πηγή:[2]

8.5 Παραδείγματα Ενεργειακών Κοινοτήτων σε Ελλάδα και Ευρώπη

Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετήσουμε διάφορα παραδείγματα ενεργειακών κοινοτήτων τόσο στην Ελλάδα όσο και στην Ευρώπη και θα παρουσιάσουμε κάποια χαρακτηριστικά τους .

8.5.1 Ενεργειακές Κοιότητες στην Ελλάδα

Με βάση μελέτη του Ε.Μ.Π και της Greenpeace που πραγματοποιήθηκε το 2020 μέχρι τον Αύγουστο του ίδιου έτους είχαν καταχωρηθεί 409 Ενεργειακές Κοιότητες .



Εικόνα 24: Αποτύπωση του πλήθους των ΕΚΟΙΝ στην ελληνική επικράτεια. Πηγή :[2]

Το 4% των Ενεργειακών Κοινοτήτων έχει συνεταιριστικό κεφάλαιο το οποίο υπερβαίνει τα 100.000 ευρώ, το 35% έχει συνεταιριστικό κεφάλαιο μεταξύ 10.000 ευρώ και 100.000 ευρώ, ενώ το υπόλοιπο 61% έχει συνεταιριστικό κεφάλαιο μικρότερο των 10.000 ευρώ .

Παρακάτω θα αναφερθούμε σε μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα (case studies) εν λειτουργία Ενεργειακών Κοινοτήτων στην Ελλάδα .

Ενεργειακή Κοινότητα Φούρνων-Κορσεών

Είναι η πρώτη ενεργειακή κοινότητα της νησιωτικής Ελλάδας με έναρξη το 2018. Στόχος της δημοτικής αρχής είναι να μετατραπεί σε ένα αυτόνομο πράσινο ενεργειακό νησί. Η δημιουργία της ΕΚΟΙΝ οφείλεται στην συμμετοχή του δήμου Φούρνων Κορσεών, της εταιρείας EUNICE LABORATORIES AE καθώς και πολιτών και επιχειρήσεων, με κατοικία ή έδρα δραστηριότητας στο νησί.

Στην ενεργειακή κοινότητα μπορούν να συμμετέχουν και απλοί καταναλωτές, οι οποίοι θα μπορούν να επωφεληθούν από τα ενεργειακά και οικονομικά οφέλη της λειτουργίας του συνεταιρισμού. Τα οφέλη αυτά προκύπτουν από την δραστηριοποίηση στους τομείς της παραγωγής και του συμψηφισμού ενέργειας προερχόμενης από ΑΠΕ (net-metering και virtual net-metering), της ενεργειακής τροφοδότησης μονάδων αφαλάτωσης ή άλλων παρεμφερών χρήσεων, της

εξοικονόμησης ενέργειας, των βιώσιμων μεταφορών και της ηλεκτροκίνησης, της διαχείρισης της ζήτησης και της παραγωγής, καθώς και των δραστηριοτήτων διανομής και προμήθειας ενέργειας σε τοπικό επίπεδο.

Σύντομα, οι Φούρνοι-Κορσεοί θα είναι το πρώτο Smart Grid Green Island της Ευρώπης. Όλοι οι πολίτες του νησιού, θα έχουν δωρεάν ηλεκτρική ενέργεια αλλά και πρόσθετα οικονομικά έσοδα, καθώς η περισσευούμενη παραγόμενη ενέργεια θα εξάγεται στα διασυνδεδεμένα με τους Φούρνους γειτονικά νησιά [26,27].

- **Μινώα Ενεργειακή Κοινότητα - MINOAN ENERGY Ενεργειακή Κοινότητα**

Η ΜΙΝΩΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ είναι η πρώτη Ενεργειακή Κοινότητα στην Κρήτη αλλά και σε όλη τη νησιωτική Ελλάδα . Η ενεργειακή κοινότητα Μινώα ιδρύθηκε τον Οκτώβριο του 2019 . Τα ιδρυτικά μέλη της κοινότητας είναι 38 ενώ τα ενεργά μέλη της υπερβαίνουν ήδη τα 200 με διαρκώς αυξητική τάση . Ασχολείται με την ανάπτυξη μιας ευρείας γκάμας έργων ενέργειας όπως είναι οι εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων, τα αιολικά πάρκα, τα υβριδικά έργα Α.Π.Ε. και η αποθήκευση ενέργειας .Τα μέλη της κοινότητας αποτελούνται από αγρότες, νοικοκυριά, πολίτες αστικών περιοχών, την περιφερειακή αρχή της Κρήτης, τρεις δήμους καθώς και συνεταιρισμούς.[28]

- **Ενεργειακή Κοινότητα Atlas**

Η ενεργειακή κοινότητα Atlas ιδρύθηκε το 2020 με έδρα την Θεσσαλία. Στόχος της ενεργειακής κοινότητας είναι η αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας σε ορεινές περιοχές της κεντρικής Ελλάδας καθώς και η ανάπτυξη έργων ΑΠΕ, τα οποία θα συνεισφέρουν στην ανάπτυξη του αγροδιατροφικού τομέα βοηθώντας αγρότες, συνεταιρισμούς και επιχειρήσεις του εν λόγω τομέα . Αυτή την περίοδο αναπτύσσει ένα χαρτοφυλάκιο έργων και υπηρεσιών, τα οποία περιλαμβάνει την αποθήκευση ενέργειας, την παραγωγή καθαρής ενέργειας, την ενεργειακή απόδοση καθώς και την ανάπτυξη ανθρώπινου δυναμικού. Είναι ενεργή σε δράσεις όπως η παραγωγή καθαρής ενέργειας, αφού παράγει, αποθηκεύει και ιδιοκαταναλώνει ενέργεια παραγόμενη από ανανεώσιμες πηγές στην Κεντρική Ελλάδα, η αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας μέσω συλλογικής ιδιοκατανάλωσης και βελτιώσεων ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, η ευαισθητοποίηση των τοπικών κοινοτήτων για την ενεργειακή αειφορία και η δημιουργία ισχυρών δεσμών με την κοινότητα καθώς και την συμβολή στην ενεργειακά αποδοτική και βιώσιμη γεωργία, διατηρώντας τους φυσικούς πόρους και ελαχιστοποιώντας το κόστος . [19]

- **Hyperion Energy Community**

Η ενεργειακή κοινότητα Hyperion ιδρύθηκε το 2020 και με έδρα την Αθήνα. Στόχος της είναι η εφαρμογή του εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού με σκοπό την παραγωγή καθαρού ηλεκτρισμού για νοικοκυριά και μικρές επιχειρήσεις στην Αθήνα, καθώς και η ανάπτυξη εργαλείων και υπηρεσιών, έχοντας ως σκοπό την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας σε αστικές περιοχές. Στόχος της είναι η ανάπτυξη, δοκιμή και πιστοποίηση υπηρεσιών, μοντέλων και έργων τα οποία μπορούν να αναπαραχθούν σε άλλες περιοχές της Ελλάδας αλλά και στα Βαλκάνια. Στο φωτοβολταϊκό έργο το οποίο βρίσκεται υπό ανάπτυξη, συμμετέχουν 36 μέλη και έχει ισχύ 180kWp. Έχει τη δυνατότητα τροφοδότησης πάνω από 50 σπίτια και μικρές επιχειρήσεις αφού μπορεί να παράγει και να προμηθεύει 264.500kWh καθαρής ηλιακής ενέργειας για περίοδο 25 χρόνων.



Εικόνα 25: Αποτύπωση της λειτουργίας του εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού (Virtual net metering) Πηγή :[2]

- **Ένωση Αγρινίου**

Η Ένωση Αγρινίου ιδρύθηκε το 1930 από τους συνεταιρισμούς καπνοπαραγωγών και ελαιοπαραγωγών οι οποίοι δραστηριοποιούνταν στο νομό Αιτωλοακαρνανίας. Η ένωση παράλληλα με τις επιτυχημένες εμπορικές δραστηριότητες στον αγροδιατροφικό τομέα, πήρε τη στρατηγική απόφαση ενασχόλησης με έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας χρησιμοποιώντας ως «όχημα» το εργαλείο των ενεργειακών κοινοτήτων . Η ένωση έχει ήδη αναπτύξει 17 ενεργειακές κοινότητες, από τις οποίες οι 10 θα οικοδομήσουν αιολικά πάρκα με ισχύ 168MW τα οποία θα συμπεριλαμβάνουν 1750 οικογένειες. Η αρχική επένδυση ανέρχεται στα 220 εκατομμύρια ευρώ με ετήσιο όφελος 45 εκατομμύρια ευρώ για την τοπική κοινότητα. Οι υπόλοιπες 7 κοινότητες θα οικοδομήσουν φωτοβολταϊκά έργα με ισχύ 126MW τα οποία θα συμπεριλαμβάνουν 500 οικογένειες. Η αρχική επένδυση ανέρχεται στα 93 εκατομμύρια ευρώ με ετήσιο όφελος 14 εκατομμύρια ευρώ για την τοπική κοινότητα. Τα φωτοβολταϊκά έργα κατά την περίοδο κατασκευής τους θα παρέχουν 90 θέσεις εργασίας, ενώ μετά την ολοκλήρωσή τους θα παρέχουν 90 μόνιμες θέσεις .[9]

8.5.2 Ενεργειακές Κοινότητες στην υπόλοιπη Ευρώπη

Ο θεσμός των ενεργειακών κοινοτήτων υπάρχει στην υπόλοιπη Ευρώπη αρκετά χρόνια πριν εφαρμοστεί στην Ελλάδα. Θα αναφέρουμε μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα επιτυχημένων ενεργειακών κοινοτήτων .

- **Som Energia (Ισπανία)**

Στην Ισπανία μία από τις μεγαλύτερες ενεργειακές κοινότητες ονομάζεται Som Energia το οποίο σημαίνει «είμαστε ενέργεια». Οι κεντρικοί στόχοι της συγκεκριμένης ενεργειακής κοινότητας είναι η δημιουργία ενός κοινωνικού κινήματος το οποίο θα μπορούσε να σπάσει το ολιγοπωλιακό μοντέλο του ενεργειακού συστήματος και να ενισχύσει τη ζήτηση πράσινης ενέργειας. Η πρωτοβουλία δημιουργίας της Som Energia ξεκίνησε με την υποστήριξη του πανεπιστημίου της Ζιρόνα αλλά σύντομα επεκτάθηκε στην περιοχή της Καταλονίας. Το έτος 2019 έφτασε τις 54.300 μέλη και κάλυψε πάνω από 60.000 πελάτες ενώ μπορεί να καλύψει τις ετήσιες ενεργειακές ανάγκες 4.200 οικογενειών. Αυτή η κοινότητα έχει ήδη επενδύσει πάνω από 13 εκατομμύρια ευρώ σε έργα ΑΠΕ και έχει παράγει πάνω από 11.80 GWh, (Wikipedia 2021).

Η Som Energia μέχρι σήμερα συμπορεύεται με περισσότερους από 300 δήμους με ποσοστό αυτών πάνω από 50% να θέλουν την Som Energia ως προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπροσθέτως η συγκεκριμένη ενεργειακή κοινότητα συνεργάζεται με μικρά χωριά με λιγότερο από 500 κατοίκους οι οποίοι μπορούν να γίνουν μέλη της Som Energia χωρίς να πληρώσουν το εισιτήριο συμμετοχής τουποσού των 100 ευρώ.

Για την Som Energia τα χαμηλά εισοδήματα δεν αποτελούν λόγω αποκλεισμού ενός δυνητικού μέλους. Σε συνεργασία με ορισμένους δήμους αντεπιτίθεται στην ενεργειακή φτώχεια. Η συνεργασία της κοινότητας με τους δήμους είναι καθοριστικής σημασίας όσον αφορά την ενεργειακή φτώχεια για την προστασία του κλίματος και της μετάβασης προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που συμπεριλαμβάνουν όλα τα μέλη της κοινωνίας ιδιαίτερα τα ευάλωτα.[11]

- **Δανία (Hvide Sande)**

Οι ενεργειακοί συνεταιρισμοί και κυρίως τα αιολικά πάρκα γνωρίζουν μεγάλη άνθηση στη Δανία. Οι δέκα από τις αιολικές τουρμπίνες του εμβληματικού αιολικού πάρκου Middelgrunden, το οποίο αποτελεί ορόσημο της Κοπεγχάγης, είναι κτήμα ενεργειακής κοινότητας της Δανίας. Ο αριθμός των μελών της είναι 8.852 και το καθαρό χρηματικό τους κέρδος από τη συμμετοχή τους είναι της τάξεως του 3-4% του επενδυτικού κεφαλαίου ακόμη υψηλότερο από το επιτόκιο των τραπεζών. Στο διάστημα της πετρελαιοκρίσης το έτος 1970 δημιουργήθηκαν πολλές ενεργειακές κοινότητες και μεγάλο μέρος του πληθυσμού άρχισε να γίνεται μέλος των ενεργειακών κοινοτήτων. Ήδη εν έτη 2001 πάνω από 150.000 οικογένειες στη Δανία συμμετείχαν σε ενεργειακούς συνεταιρισμούς.

Το αιολικό πάρκο στο Hvide Sande στη Δανία είναι ένα ακόμα παράδειγμα ενεργειακής κοινότητας. Η παραγωγή ενέργειας στη συγκεκριμένη κοινότητα ωφελεί όχι μόνο τα άτομα που ανήκουν σε αυτήν έχοντας μετοχές αλλά και την κοινότητα συνολικά. Στον συγκεκριμένο τόπο έχουν δημιουργηθεί τρεις υπεράκτιες ανεμογεννήτριες το έτος 2010 κάτω από την καθοδήγηση αρκετών τοπικών βιομηχανιών και επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας και έχουν δημιουργήσει μία Ενεργειακή Κοινότητα. Το υψηλό κοινό συμφέρον της κοινότητας στη συγκεκριμένη περίπτωση επέτρεψε την υλοποίηση του έργου, παρόλο που υπήρχαν αυστηροί περιορισμοί λόγω του μεγέθους του συγκεκριμένου αιολικού πάρκου. [40]

- **Brixton Energy**

Η ενεργειακή κοινότητα Brixton Energy έχει την έδρα της στο Νότιο Λονδίνο. Έχει ήδη ολοκληρώσει 3 έργα παραγωγής ενέργειας με τη χρήση των φωτοβολταϊκών. Το κάθε έργο είναι εγγεγραμμένο σαν ξεχωριστός συνεταιρισμός ο οποίος ανήκει αποκλειστικά στα μέλη του έργου, τα οποία μπορούν να γίνουν μέλη σε αυτό αγοράζοντας μερίδιο ξεκινώντας από το ποσό των 250 λιρών. Οι πωλήσεις των μεριδίων αυτών ήταν υπεύθυνες για την χρηματοδότηση των έργων.

Το έργο Brixton Solar 1 ολοκληρώθηκε τον Μάρτιο του 2012, με το οποίο εγκαταστάθηκαν εκατοντάδες τετραγωνικά μέτρα από φωτοβολταϊκά πλαίσια στην οροφή του Elmore House, με ισχύ 37.24kWp. Στο έργο ανταποκρίθηκαν 103 επενδυτές, από τους οποίους σχεδόν οι μισοί ήταν από την περιοχή του Brixton. Το έργο Brixton Solar 2 ολοκληρώθηκε το 2013, όπου τοποθετήθηκαν φωτοβολταϊκά σε 5 συγκροτήματα κατοικιών του Styles Gardens ισχύος 45kWp και τέλος, το Brixton Solar 3 του 2014, όπου φωτοβολταϊκά πλαίσια ισχύος 52kWp εγκαταστάθηκαν σε 4 κτίρια στο Roupell Park Estate. Η ενέργεια που παράγεται από αυτά τα έργα πωλείται πρώτα σε χρήστες των κτιρίων αυτών, ενώ η περίσσεια ενέργεια πωλείται στο Εθνικό Δίκτυο. Οι επενδυτές των έργων λαμβάνουν επιτόκιο 3% και 20% των κερδών από τα έργα επιστρέφεται στο Κοινοτικό Ταμείο Ενεργειακής Απόδοσης και δαπανάται σε τοπικές πρωτοβουλίες οι οποίες έχουν ως στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας στην τοπική περιοχή [26]

Κεφάλαιο 9: Μελέτη περίπτωσης Φωτοβολταϊκού πάρκου στην Αττική

Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετηθούν τα στοιχεία ακτινοβολίας ενός φωτοβολταϊκού πάρκου στην Αττική και θα αξιολογηθεί η οικονομική βιωσιμότητα του έργου σε τέσσερα εναλλακτικά σενάρια .

9.1 Χαρακτηριστικά Φωτοβολταϊκού πάρκου - Πρόβλεψη παραγωγής

Όπως προέκυψε από την ανάλυση των στοιχείων του έργου το φωτοβολταϊκό πάρκο έχει μέγιστη ισχύ 10 MWp.

Επιπλέον, θεωρείται ετήσια πτώση παραγωγικότητας σύμφωνα με τον κατάλογο των προϊόντων ίση με 0.5 % και η διάρκεια ζωής του έργου ορίζεται στα 20 έτη.

Χαρακτηριστικά Φωτοβολταϊκού Πάρκου	
Ισχύς	10 Mw _p
Ετήσια Απομείωση Παραγωγής	0,5 %
Εκτιμώμενη Ετήσια Παραγωγή	$8760h \times \text{Ισχύς(Mw}_p) \times 16\% = 14,016 \text{ Mwh}$

Πίνακας 5:Τεχνικά Χαρακτηριστικά Φωτοβολταϊκού Πάρκου

Παρατηρούμε ότι λόγω της απομείωσης, σε διάστημα 20 ετών χάνουμε παραγωγή ίση με 1.331.520 kWh .

9.2 Πρόβλεψη εσόδων

Βάσει της τρέχουσας ελληνικής νομοθεσίας για επενδυτές σε έργα >500 kW_p που τίθενται σε λειτουργία από 01.01.2020, η τιμή μετά τη 01.05.2021 γίνεται ρυθμιζόμενη με τιμή που έχει καθοριστεί στα 65 €/MWh. Αυτή είναι και η τιμή που καθορίστηκε για τον υπολογισμό των εσόδων. Γνωρίζοντας την προβλεπόμενη παραγωγή και πολλαπλασιάζοντας την με ένα συντελεστή 0,8 που χρησιμοποιείται για να αποτυπώσει το ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας που μπορεί να απορροφήσει το ηλεκτρικό δίκτυο υπολογίζουμε τον κύκλο εργασιών για κάθε έτος .

Από τα έσοδα αφαιρούνται :

- Οι δαπάνες συντήρησης που αντιστοιχούν στο 7% του κύκλου εργασιών
- Τα ασφάλιστρα παγίων που αντιστοιχούν στο $0.5\% \times \text{Αξία παγίων} \times 1,02^i$ όπου i το έτος υπολογισμού $0 \leq i \leq 20$
- Το ενοίκιο του γηπέδου στο οποίο στεγάζεται το φωτοβολταϊκό πάρκο που υπολογίζεται ως 0.0003€ ανά kW

9.3 Κόστος κατασκευής εγκατάστασης (Capital Expenditure)

Σύμφωνα με τα τρέχοντα στοιχεία της αγοράς το συνολικό κόστος της εγκατάστασης εκτιμάται στα 0.068 €/W_p. Οπότε το συνολικό κόστος ανέρχεται στα 6.800.000 €.

Κόστη εγκατάστασης Φωτοβολταϊκού Πάρκου			
Μηχανικός	0.05 €/W _p	€500.000	Απόσβεση σε 20 χρόνια
Σύστημα	0.068 €/W _p	€6.800.000	Απόσβεση σε 10 χρόνια
Διασύνδεση	0.05 €/W _p	€500.000	Απόσβεση σε 20 χρόνια
Διάφορα	0.10 €/W _p	€1.000.000	Απόσβεση σε 10 χρόνια
Συνολικό Κόστος		€8.800.000	

Πίνακας 6:Κόστος Κατασκευής Εγκατάστασης

Το κόστος αυτό επιμερίζεται σε :

- Κόστος ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και στηρίξεων :77%
- Κόστος διασύνδεσης :6%
- Κόστος Μηχανικού (Μελέτη & επίβλεψη):6%
- Λοιπά έξοδα :11%

9.4 Κόστη λειτουργίας της εγκατάστασης (Operating Expenditure)

Σύμφωνα με τα τρέχοντα στοιχεία της αγοράς, τα κόστη εκτιμώνται στα:

- Ετήσιες Δαπάνες συντήρησης: 7% του κύκλου εργασιών /έτος
- Ετήσια Ασφάλιστρα παγίων : Συνολικό Κόστος x 0,5% x (1.02)^t, όπου t=έτος
- Ετήσιο ενοίκιο γηπέδου: 200 €/στρέμμα x 15 στρέμματα/MWp x Ισχύς(MWp)= 30.000/έτος
- Ετήσια Έξοδα διοίκησης: 5% του ετήσιου κύκλου εργασιών

9.5 Χαρακτηριστικά επένδυσης-Διάρθρωση Κεφαλαίου

Θεωρούμε ότι το έργο χρηματοδοτήθηκε κατά 70% με δανεισμό και 30% ίδια κεφάλαια.

Χαρακτηριστικά της Επένδυσης Φωτοβολταϊκού Πάρκου		
Δάνειο	70%	€ 6.160.000
Εξόφληση Δανείου		15 έτη
Επιτόκιο Δανείου		4%
Επιτόκιο Αναγωγής		4%
Πληθωρισμός		1%
Φόρος Εισοδήματος		24%
Τιμή Πώλησης Ενέργειας		0.065 €/kWh

Πίνακας 7:Χαρακτηριστικά της Επένδυσης

9.6 Υπολογισμός βασικών μεγεθών στα διάφορα σενάρια

Στην παράγραφο αυτή θα καταγράψουμε τα αποτελέσματα της οικονομικής αξιολόγησης σε κάθε ένα από τα υπό εξέταση σενάρια .

9.6.1 Βασικό σενάριο

Στο σενάριο αυτό θεωρούμε ότι τα μεγέθη που μας ενδιαφέρουν δηλαδή η προβλεπόμενη παραγωγή ανά έτος θα είναι πολύ κοντά στα μεγέθη που έχουν υπολογιστεί κατά τη φάση της μελέτης του έργου. Θεωρούμε επίσης ότι έχουν προληφθεί περιπτώσεις σκίασης και ότι ο εξοπλισμός δεν θα παρουσιάσει στη διάρκεια ζωής της επένδυσης κάποια ραγδαία πτώση της απόδοσης του αλλά μόνο την προβλεπόμενη από τον κατασκευαστή μείωση .Επιπλέον θεωρούμε ότι η τιμή πώλησης της ενέργειας στο δίκτυο θα παραμείνει σταθερή στη διάρκεια της εικοσαετίας .Με βάση αυτά υπολογίζονται ο προβλεπόμενος κύκλος εργασιών ,οι συγκεντρωτικές ταμειακές ροές και η απόδοση της επένδυσης ανά έτος .



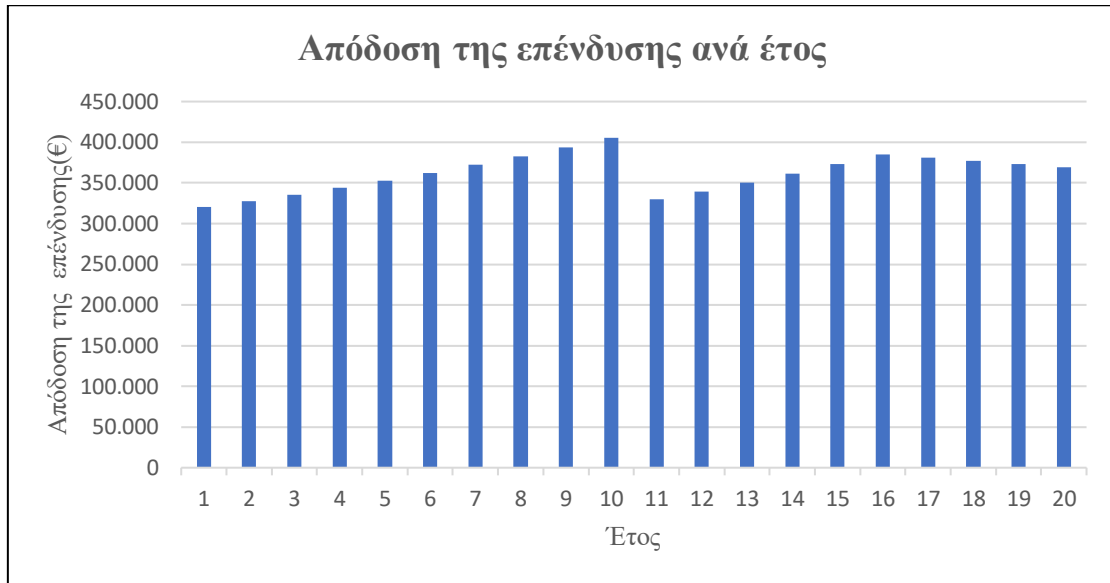
Εικόνα 26 Προβλεπόμενη παραγωγή ανά έτος στο βασικό σενάριο



Εικόνα 27 Προβλεπόμενος Κύκλος Εργασιών ανά έτος στο βασικό σενάριο



Εικόνα 28 Συγκεντρωτικές ταμειακές ροές ανά έτος στο βασικό σενάριο

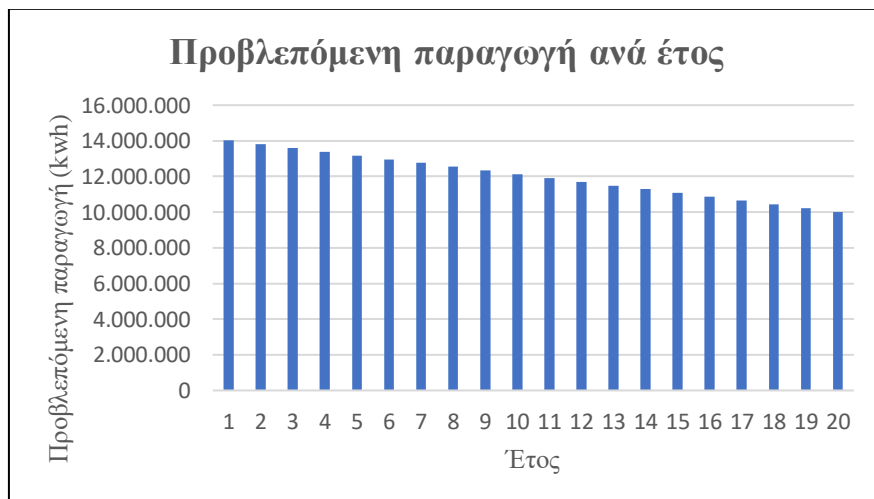


Εικόνα 29 Απόδοση της επένδυσης ανά έτος στο βασικό σενάριο

Στο σενάριο αυτό επιτυγχάνεται εσωτερικός βαθμός απόδοσης για την επένδυση (IRR) **12%** και ROI **25,42%** .

9.6.2 Σενάριο Μείωσης Απόδοσης

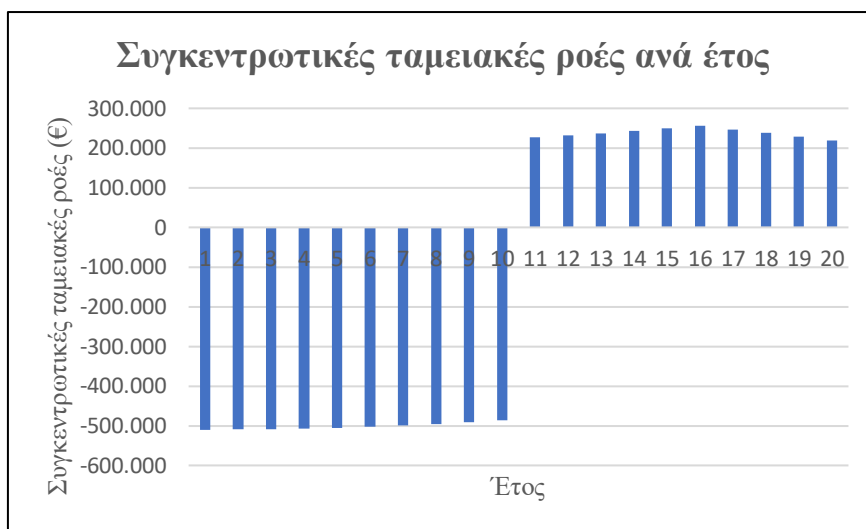
Στην περίπτωση αυτή εξετάζεται η απόδοση του έργου στην περίπτωση που ο εξοπλισμός παρουσιάζει μείωση στην απόδοση του κατά 1,5% ετησίως και όχι 0,5 % όπως θεωρήθηκε στο βασικό σενάριο . Επιπλέον θεωρούμε ότι η τιμή πώλησης της ενέργειας στο δίκτυο θα παραμείνει σταθερή στη διάρκεια της εικοσαετίας .Με βάση αυτά υπολογίζονται ο προβλεπόμενος κύκλος εργασιών ,οι συγκεντρωτικές ταμειακές ροές και η απόδοση της επένδυσης ανά έτος όπως φαίνονται παρακάτω .



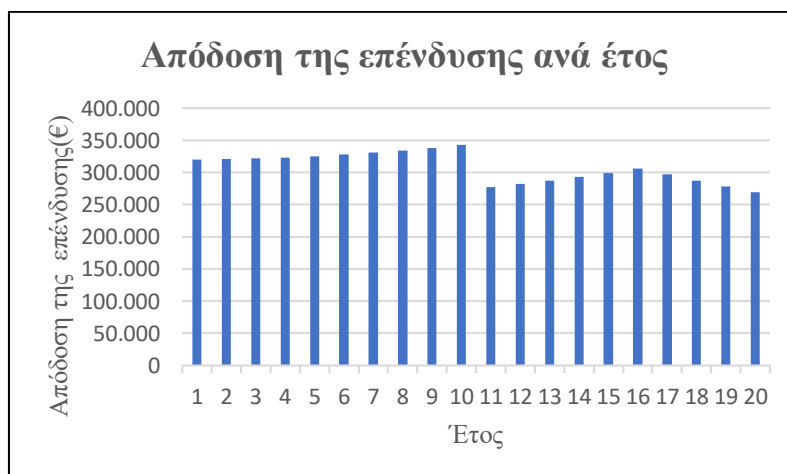
Εικόνα 30: Προβλεπόμενη παραγωγή ανά έτος στο σενάριο μείωσης απόδοσης του εξοπλισμού



Εικόνα 31: Προβλεπόμενος Κύκλος Εργασιών ανά έτος στο σενάριο μείωσης απόδοσης του εξοπλισμού



Εικόνα 32: Συγκεντρωτικές ταμειακές ροές ανά έτος στο σενάριο μείωσης απόδοσης του εξοπλισμού

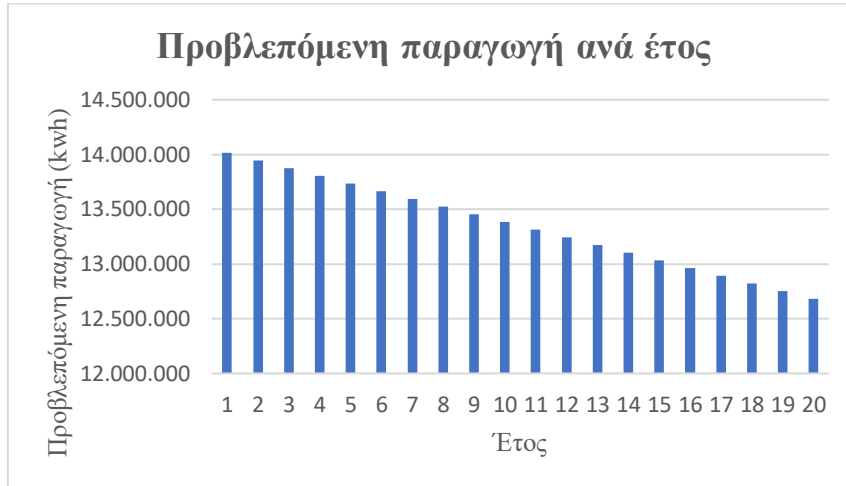


Εικόνα 33: Απόδοση της επένδυσης ανά έτος στο σενάριο μείωσης απόδοσης του εξοπλισμού

Στην περίπτωση αυτή όπως φαίνεται και στον πίνακα επιτυγχάνουμε ένα εσωτερικό βαθμό απόδοσης για την επένδυση της τάξης του **10,3 %** και **ROI 18,11 %** .

9.6.3 Σενάριο αλλαγής φορολογίας

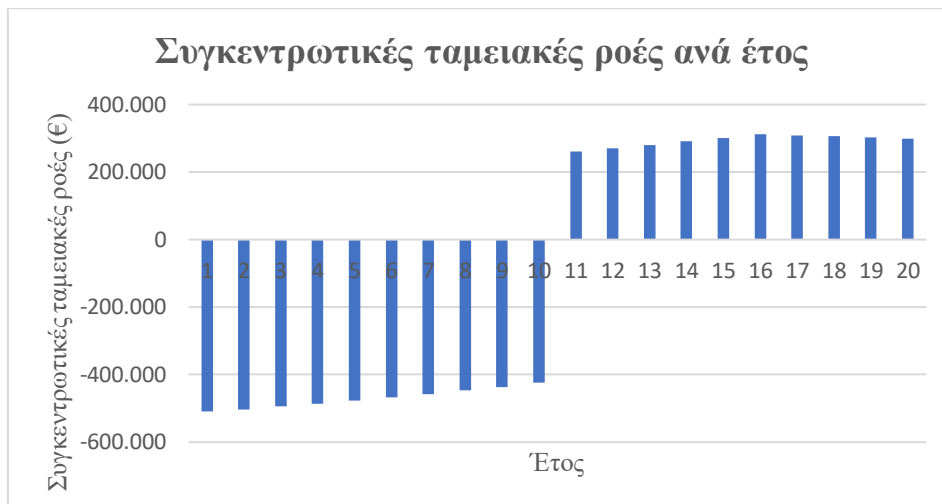
Στο σενάριο αυτό θεωρούμε η προβλεπόμενη παραγωγή ανά έτος θα είναι αυτή που θεωρήθηκε στο βασικό σενάριο. Επιπλέον θεωρούμε ότι η τιμή πώλησης της ενέργειας στο δίκτυο θα παραμείνει σταθερή στη διάρκεια της εικοσαετίας αλλά αυξάνεται η φορολογία από 24% που υποτέθηκε στο βασικό σενάριο στο 29% .Με βάση αυτά υπολογίζονται ο προβλεπόμενος κύκλος εργασιών ,οι συγκεντρωτικές ταμειακές ροές και η απόδοση της επένδυσης ανά έτος .



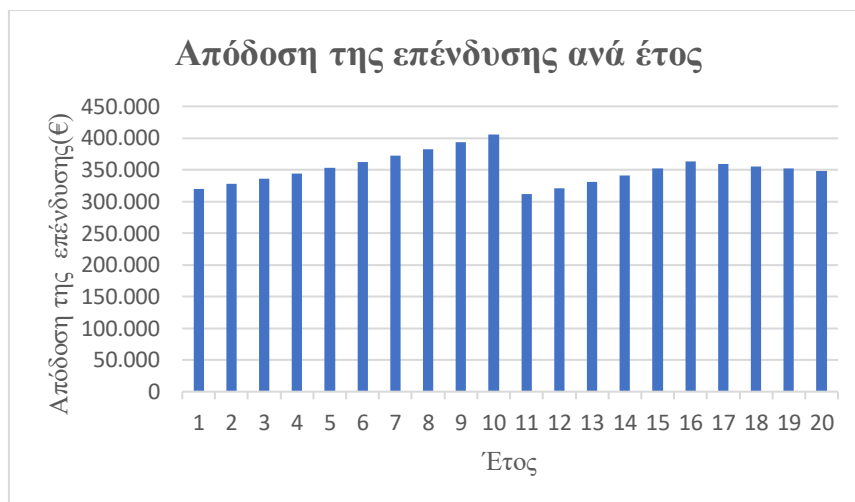
Εικόνα 34: Προβλεπόμενη παραγωγή ανά έτος στο σενάριο επιβολής επιπλέον φορολογίας



Εικόνα 35: Κύκλος εργασιών ανά έτος στο σενάριο επιβολής επιπλέον φορολογίας



Εικόνα 36: Συγκεντρωτικές ταμειακές ροές ανά έτος στο σενάριο επιβολής επιπλέον φορολογίας

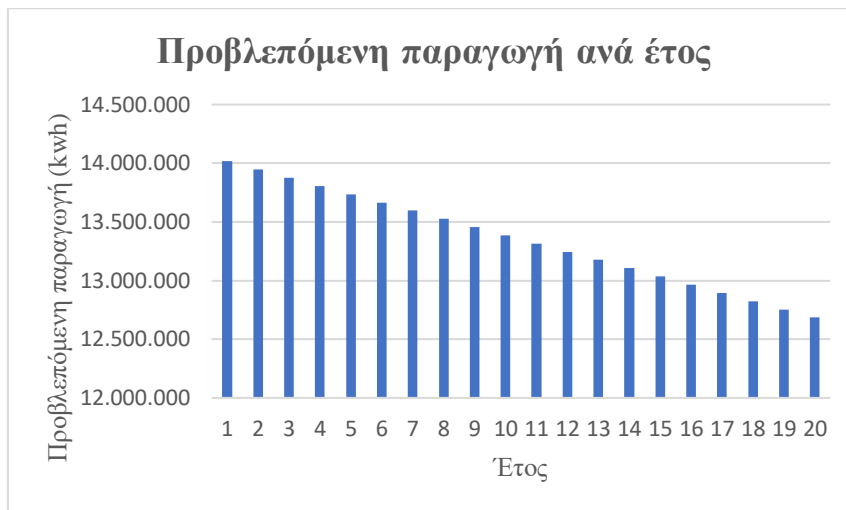


Εικόνα 37: Απόδοση της επένδυσης ανά έτος στο σενάριο επιβολής επιπλέον φορολογίας

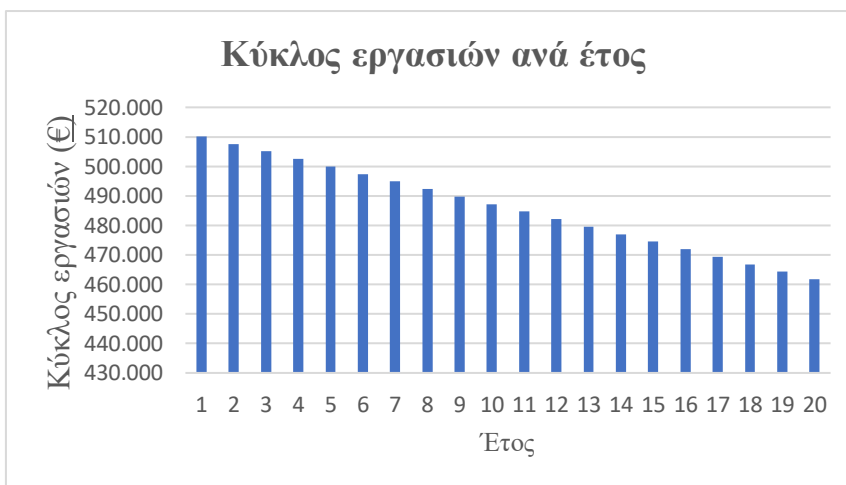
Στην περίπτωση αυτή όπως φαίνεται και στον πίνακα επιτυγχάνουμε ένα εσωτερικό βαθμό απόδοσης για την επένδυση της τάξης του **11,8 %** και **ROI 24,1%** .

9.6.4 Σενάριο μείωσης ταρίφας

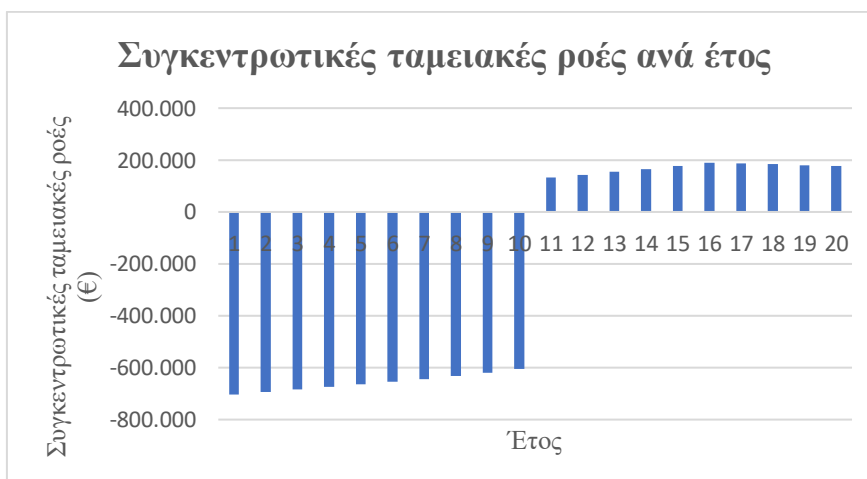
Στο σενάριο αυτό θεωρούμε η προβλεπόμενη παραγωγή ανά έτος θα είναι αυτή που θεωρήθηκε στο βασικό σενάριο. Επιπλέον θεωρούμε ότι η φορολογία θα είναι αυτή που θεωρήθηκε στο βασικό σενάριο αλλά η τιμή πώλησης της ενέργειας στο δίκτυο θα μειωθεί κατά 30 % σε σχέση με το βασικό. Με βάση αυτά υπολογίζονται ο προβλεπόμενος κύκλος εργασιών ,οι συγκεντρωτικές ταμειακές ροές και η απόδοση της επένδυσης ανά έτος .



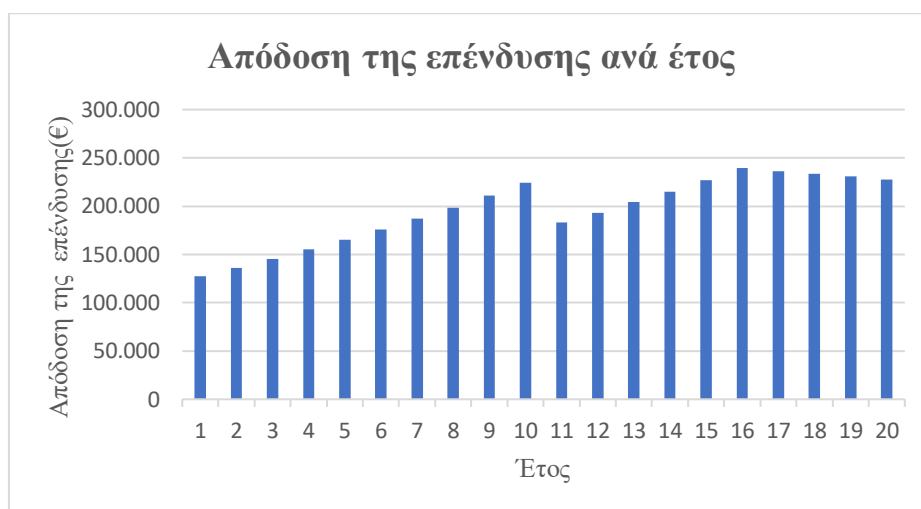
Εικόνα 38: Προβλεπόμενη παραγωγή ανά έτος στο σενάριο μείωσης της τιμής της κλοβατόρας



Εικόνα 39: Κύκλος εργασιών ανά έτος στο σενάριο μείωσης της τιμής της κλοβατόρας



Εικόνα 40: Συγκεντρωτικές ταμειακές ροές ανά έτος στο σενάριο μείωσης της τιμής της κλοβατόρας



Εικόνα 41: Απόδοση της επένδυσης ανά έτος στο σενάριο μείωσης της τιμής της κιλοβατώρας

Στην περίπτωση αυτή όπως φαίνεται και στον πίνακα επιτυγχάνουμε ένα εσωτερικό βαθμό απόδοσης για την επένδυση της τάξης του 3,7 % και ROI – 0.89 % .Προφανώς η επένδυση είναι μη βιώσιμη.

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται τα υπό εξέταση οικονομικά μεγέθη για τα τέσσερα σενάρια .

Σενάρια	IRR	ROI
Βασικό σενάριο	12%	25,42%
Σενάριο Μείωσης Απόδοσης	10,3%	18,11%
Σενάριο αλλαγής Φορολογίας	11,8%	24,1%
Σενάριο μείωσης ταρίφας	3,7 %	-0,89%

Πίνακας 8: Συγκεντρωτικός πίνακας IRR και ROI ανά σενάριο

9.7 Συμπεράσματα

Βάσει των υπολογισμών που έγιναν στα διαφορετικά σενάρια παρατηρούμε ότι το μόνο σενάριο στο οποίο η επένδυση είναι μη βιώσιμη, είναι το σενάριο μείωσης της ταρίφας κατά 30%. Αυτό καταδεικνύει την πολύ ισχυρή εξάρτηση που έχουν αυτού του τύπου έργα από τις ταρίφες που επιβάλλονται από τις αρμόδιες αρχές για την αποζημίωση των παραγωγών από Α.Π.Ε. Ωστόσο επειδή πρόκειται για ένα σενάριο που δύσκολα θα πραγματοποιηθεί ,το γεγονός ότι στα υπόλοιπα 3 σενάρια η επένδυση επιτυγχάνει IRR άνω του 10% είναι εξαιρετικά σημαντικό .Επιπλέον, το γεγονός ότι σε μια επένδυση σε φωτοβολταϊκό πάρκο μέσω ενεργειακών κοινοτήτων ο κίνδυνος επιμερίζεται σε όλους τους συμμετέχοντες στην ΕΚΟΙΝ μειώνει ακόμα το ρίσκο κάθε υποψήφιου επενδυτή.

Τέλος, σε επόμενη μελέτη θα μπορούσε να μελετηθεί ο συνδυασμός του φωτοβολταϊκού πάρκου μαζί με σύστημα αποθήκευσης ενέργειας ή εναλλακτικά με το σύστημα του εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού(Virtual Net Metering) και οι οικονομικές αποδόσεις που επιτυγχάνονται σε αυτήν την περίπτωση .

Table with 22 columns (A-V) and 35 rows. It presents a detailed financial analysis for a solar energy project under the scenario of a tax rate change. Key figures include: Total investment of 8,800,000 €, IRR of 11.8%, and a Net Present Value (NPV) of 2,640,000 €. The table breaks down costs into categories like PV modules, inverters, and BOS, and provides annual revenue and cash flow projections for 20 years.

Εικόνα 44: Αναλυτικοί υπολογισμοί για το σενάριο αλλαγής φορολογίας

Table with 22 columns (A-V) and 37 rows. It presents a detailed financial analysis for a solar energy project under the scenario of a decrease in the cost of capital. Key figures include: Total investment of 8,800,000 €, IRR of 3.7%, and a Net Present Value (NPV) of 2,561,983.35 €. The table breaks down costs into categories like PV modules, inverters, and BOS, and provides annual revenue and cash flow projections for 20 years.

Εικόνα 45: Αναλυτικοί Υπολογισμοί για το σενάριο Μείωσης Ταρίφας

Βιβλιογραφία

- [1] Stefanatos C. Redefining RES project capital structure: introduction of Parity, a crowdfunding platform. Athens: Parity Platform PC Report: 2018.
- [2] “Χτίζοντας Ενεργειακές Κοινότητες - Η ενέργεια στα χέρια των πολιτών.” Ίδρυμα Χάινριχ Μπελ Ελλάδας, Ελλάδα.
- [3] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, “Εθνικό σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα.”
- [4] Next Kraftwerke, “Power Purchase Agreement | PPA | Definition.” <https://www.next-kraftwerke.com/knowledge/ppa-power-purchase-agreement>.
- [5] “Νόμος 4513/18 για Ενεργειακές Κοινότητες.” Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας.
- [6] W. Kenton, “Feed-In Tariff (FIT) Definition.” <https://www.investopedia.com/terms/f/feed-in-tariff.asp>
- [7] “Χαρτογράφηση των Ενεργειακών Κοινοτήτων στην Ελλάδα.” ELECTRA ENERGY.
- [8] “Minoan Energy Community – Μινωική Ενεργειακή Κοινότητα.” <https://minoanenergy.com/>
- [9] “Ένωση Αγρινίου – Αγροτικός Συνεταιρισμός.” <https://www.e-ea.gr/>.
- [10] “Coopernico.” <https://www.coopernico.org/>.
- [11] “Παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας | Som Energia.” <https://www.somenergia.coop/es/produccion/>.
- [12] “Απόφαση για Εικονικό Ενεργειακό Συμψηφισμό.” Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας
- [13] Επεξήγηση της συμμετοχικής χρηματοδότησης. Ευρωπαϊκή Επιτροπή: 2015.
- [14] Ένας πρακτικός οδηγός για επενδύσεις στα φωτοβολταϊκά. Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών: 2020.
- [15] GlobalSolarAtlas - Ηλεκτρονική εφαρμογή για τον υπολογισμό της ηλιακής ακτινοβολίας, 2021.
- [16] Κ.Θ.Δέρβος , «Εισαγωγή στα ημιαγώγιμα υλικά και φωτοβολταϊκές διατάξεις», Αθήνα 2011
- [17] Αποστολοπούλου Α. Μέθοδοι εκτίμησης του ηλιακού δυναμικού και τυπικές τιμές για τον Ελλαδικό χώρο. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών, μεταπτυχιακή εργασία: 2017.
- [18] Χτίζοντας Ενεργειακές Κοινότητες : Η ενέργεια στα χέρια των πολιτών”, ElectraEnergy, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ & ΚΑΠΕ, Heinrich Boll Stiftung, Θεσσαλονίκη, 2019
- [19] ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ: Συνοπτικό Πληροφοριακό Δελτίο, Ιούνιος 2020 ΔΑΠΕΕΠ <https://www.dapeep.gr/dimosieuseis/sinoptiko-pliroforiako-deltio-ape/>
- [20] Ευκαιρίες και Προκλήσεις για την ενέργεια στην Ελλάδα <https://www.cnn.gr/oikonomia/insights/story/51441/oi-eykairies-kai-oi-prokliseis-gia-tin-energeia-stin-ellada>
- [21] Ελισάβετ Γκιρίτη. Τεχνική Σχεδίαση Φωτοβολταϊκού πάρκου. Αθήνα :Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, διπλωματική εργασία :2015
- [22] Μαλατέστας Παντελής Β.(2019). Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αθήνα .Εκδόσεις Τζιόλα
- [23] Αναστασοπούλου Αγγελική .Αντικεραυνική προστασία φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων. Θεσσαλονίκη :Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, διπλωματική εργασία :2009

- [24] Κοκάλης Χρήστος Χριστόδουλος. Μελέτη Συμπεριφοράς Κεραυνικών Πληγμάτων Σε Απομονωμένα Συστήματα Αντικεραυνικής Προστασίας Φωτοβολταϊκών Πάρκων. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, διπλωματική εργασία :2016
- [25] IFC. International Finance Corporation, “Utility-Scale Solar Photovoltaic Power Plants,” Washington, D.C., 2015.
- [26] Στους Φούρνους η πρώτη Ενεργειακή Κοινότητα της νησιωτικής Ελλάδας <https://www.tovima.gr/2018/09/16/society/stous-fourounous-i-proti-energeiaki-koinotita-tis-nisiotikis-elladas/>
- [27] Ενεργειακή Κοινότητα Φούρνων-Κορσεών <http://eunice-group.com/gr/projects/energy-communities/>
- [28] Hyperion Energy Community <https://electraenergy.coop/>
- [29] “Brixton Energy.” <https://brixtonenergy.co.uk/>.
- [30] Hvide Sande Havn," [Online]. Available: <https://hvidesandehavn.dk/en/offshore/>
- [31] E. O’Shaughnessy, J. R. Cruce, and K. Xu, “Too much of a good thing? Global trends in the curtailment of solar PV,” Solar Energy, vol. 208. pp. 1068–1077, 2020, doi: 10.1016/j.solener.2020.08.075
- [32] Koirala, Binod P. 2016. «Local Alternative for Energy Supply: Performance Assessment of Integrated Community Energy Systems.» Energies, MDPI 9 (12): 981
- [33] Π.Κάπρος, Οικονομική ανάλυση επιχειρήσεων, Αθήνα , 2007.