

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ-
ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΑΛΛΕΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



ΑΝΤΩΝΙΟΥ ΑΠΟΛΛΩΝ
ΑΛΕΞΙΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ
ΑΘΗΝΑ 2012

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε θερμά τον επιβλέποντα της πτυχιακής εργασίας κο Τσιώλη Σπυρίδων για τη βοήθεια και τη συνδρομή που μας παρείχε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μας.

Θα θέλαμε επίσης να ευχαριστήσουμε όλους τους ειδικούς και τις εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον τομέα της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας και των υπολοίπων τεχνολογικών εφαρμογών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, για την απρόσκοπτη παροχή πληροφοριών.

Τέλος, θα επιθυμούσαμε να αποστείλουμε τις ευχαριστίες μας στις οικογένειες μας και στους φίλους μας, οι οποίοι όλο αυτόν τον καιρό της προετοιμασίας της συγκεκριμένης εργασίας στήριξαν την προσπάθειά μας.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	4
1.1. ΕΝΕΡΓΕΙΑ	4
1.1.1. Η ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΟ ΕΤΟΣ 1973	5
1.1.2. Η ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 1973	8
1.1.3. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ	8
1.1.4. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	9
1.2. ΔΙΕΘΝΕΣ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΟ ΝΟΜΙΚΟ - ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	11
1.2.1. ΔΙΕΘΝΕΣ ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	11
1.2.2. ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ - ΦΟΡΕΙΣ	12
1.2.2.1. ΔΙΕΘΝΗΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΙΕΑ).....	12
1.2.2.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΤΩΝ ΗΝΩΜΕΝΩΝ ΕΘΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ (UNDP).....	13
1.2.2.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΤΩΝ ΗΝΩΜΕΝΩΝ ΕΘΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ (UNEP)	14
1.2.3. ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ-ΦΟΡΕΙΣ.....	15
1.2.3.1. ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΤΡΑΠΕΖΑ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ (ΕΙΒ).....	15
1.2.3.2. ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (ERDF).....	16
1.2.3.3. ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ (EIF).....	17
1.2.4. ΕΘΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	17
1.3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	19
1.3.1. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	20
1.3.2. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	23
1.3.3. ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΥΜΑΤΩΝ.....	27
1.3.4. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΕΥΜΑΤΑ	30
1.3.5. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	32
1.3.6. ΒΙΟΜΑΖΑ.....	34
1.3.7. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	36
1.3.8. Η ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ	38
2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ	40
2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	40
2.2. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	40
2.3. ΗΛΙΑΚΕΣ ΚΥΨΕΛΕΣ	42

2.3.1.	ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΚΥΨΕΛΩΝ	42
2.3.2.	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	45
2.3.2.1.	Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΜΟΡΦΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ	45
2.3.2.2.	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΛΥΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ	47
2.3.2.3.	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΟΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ.....	48
2.3.3.	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ	49
2.3.4.	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΚΥΨΕΛΩΝ	51
2.5.	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ (ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ).....	55
2.5.1.	ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΜΙΑΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ.....	55
2.5.1.1.	Η ΚΥΨΕΛΗ.....	55
2.5.1.2.	ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ	56
2.5.1.3.	ΠΛΑΙΣΙΟ	56
2.5.1.4.	ΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗ	57
2.4.1.4.	ΔΙΟΔΟΙ.....	58
2.4.1.5.	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΔΡΑΣΗΣ / ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ	58
2.4.2.	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΟΙΧΙΩΝ	59
2.4.2.1.	ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΕ ΣΕΙΡΑ	59
2.4.2.2.	ΣΥΝΔΕΣΗ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ	61
2.4.2.3.	ΔΙΟΔΟΙ.....	62
2.4.2.4.	ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΤΡΟΧΙΑΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ	62
3.	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ, ΣΥΝΘΕΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	65
3.1.	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	65
3.2.	ΕΚΤΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ Η ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΑ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (OFF-GRID Η STAND-ALONE SYSTEMS).....	66
3.2.1.	ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	66
3.2.2.	ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (HYBRID PV SYSTEMS)	67
3.3.	ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ (GRID-CONNECTED SYSTEMS).....	68
3.4.	ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	69
3.5.	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	72
4.	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	73
4.1.	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΑΚΟ -ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ.....	73
4.2.	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΑΡΚΑ	76
4.3.	ΑΔΕΙΟΔΟΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	78
4.3.1.	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ	78

4.3.2.	ΑΔΕΙΟΔΟΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	79
5.	ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	86
5.1.	ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	86
5.2.	ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ Α.Π.Ε..	90
5.2.1.	ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	90
5.2.2.	ΧΡΗΜΑΤΟΡΟΗ	90
5.2.3.	ΠΛΗΘΩΡΙΣΜΟΣ.....	91
5.2.4.	ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ.....	93
5.2.5.	ΚΟΣΤΟΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ.....	94
5.2.6.	ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	94
5.2.6.1.	ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ	95
5.2.6.2.	ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (IRR)	96
5.2.6.3.	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ	98
5.2.6.4.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ	98
5.3.	ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ Α.Π.Ε.	99
5.3.1.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ.....	102
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	103
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	104

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1:	Τυπική ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα.....	24
Σχήμα 2:	Τυπική εφαρμογή συστήματος αντλιών θερμότητας που είναι συνδεδεμένες με το υπέδαφος.....	33
Σχήμα 3:	Βασική αρχή λειτουργίας κυψέλης καυσίμου.....	38
Σχήμα 4:	Ηλιακά πλαίσια	43
Σχήμα 5:	Κρυσταλλικό πλέγμα πυριτίου με άτομα πρόσμιξης	44
Σχήμα 6:	Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο σε μία ηλιακή κυψέλη.....	52
Σχήμα 7:	Η καμπύλη I-V μίας τυπικής κυψέλης κρυσταλλικού πυριτίου σε ΠΣΔ	53
Σχήμα 8:	Παραγωγή ρεύματος και τάσης μίας ηλιακής κυψέλης υπό διαφορετικές εντάσεις φωτός.....	54
Σχήμα 9:	Επίδραση της θερμοκρασίας στις καμπύλες I-V μίας τυπικής κυψέλης κρυσταλλικού πυριτίου	54

Σχήμα 10: Συνιστώσες μίας φωτοβολταϊκής συστοιχίας.....	55
Σχήμα 11: Τομή ενός τυπικού φωτοβολταϊκού πλαισίου	57
Σχήμα 12: Τυπικές καμπύλες I-V για μία και τέσσερις κυψέλες συνδεδεμένες σε σειρά	60
Σχήμα 13: Τέσσερις ηλιακές κυψέλες συνδεδεμένες σε σειρά.....	60
Σχήμα 14: Καμπύλες I-V για μία και τέσσερις κυψέλες συνδεδεμένες παράλληλα ...	61
Σχήμα 15: Μία, δύο και τρεις κυψέλες συνδεδεμένες παράλληλα.....	62
Σχήμα 16: Παραγόμενη ισχύς από μία συστοιχία με και χωρίς σύστημα παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου	63
Σχήμα 17: Παρακολούθηση τροχιάς μονού άξονα (α) και συγκεντρωτικές κυψέλες με παρακολούθηση τροχιάς διπλού άξονα (β).....	64
Σχήμα 18: Κατηγορίες και λειτουργία ΦΒ συστημάτων	65
Σχήμα 19: Αυτόνομο ΦΒ σύστημα με συστοιχία συνδεδεμένη απευθείας στο φορτίο (DC)	66
Σχήμα 20: Αυτόνομο ΦΒ σύστημα με αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας και τροφοδοσία φορτίων συνεχούς και εναλλασσόμενης τάσης	67
Σχήμα 21: Αυτόνομο ΦΒ υβριδικό σύστημα.....	67
Σχήμα 22: ΦΒ σύστημα συνδεδεμένο στο εθνικό ή τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο.....	68
Σχήμα 23: Απλουστευμένο διάγραμμα ΦΒ διασυνδεδεμένου οικιακού συστήματος.....	69
Σχήμα 24: Διάγραμμα ροής της παραγόμενης ΦΒ ηλεκτρικής ενέργειας και τα βασικά τμήματα ενός αυτόνομου ΦΒ συστήματος	70
Σχήμα 25: Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα	71

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Τιμές ενέργειας €/MWh για διασυνδεδεμένα συστήματα και μη διασυνδεδεμένα νησιά για το έτος 2010 για κάθε είδους Α.Π.Ε. (Ν.3851/2010)	86
Πίνακας 2: Εξέλιξη της τιμής της πωλούμενης ενέργειας από φωτοβολταϊκά στο δίκτυο της ΔΕΗ (Πηγή: Νόμος 3851/10)	89
Πίνακας 3: Τιμολόγηση και αξιολόγηση Α.Π.Ε.	100
Πίνακας 4: Αποτελέσματα οικονομοτεχνικής σύγκρισης Α.Π.Ε.....	101

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα πλαίσια περιορισμού των περιβαλλοντικών προβλημάτων που συνδέονται με την παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας μέσω συμβατικών καυσίμων (υπερθέρμανση του πλανήτη, όξινη βροχή, ρύπανση υδάτων, καταστροφή βιοτόπων από διαρροές καυσίμων και απώλεια φυσικών πόρων) επιδιώκεται η ενεργειακή ανεξάρτηση από τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα, των οποίων τα αποθέματα είναι πεπερασμένα. Μεταξύ των εναλλακτικών πηγών ενέργειας, η φωτοβολταϊκή τεχνολογία παρουσιάζεται ως δελεαστική και πρόσφορη διεξόδος.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν τη δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας απευθείας μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας. Χαρακτηρίζονται από την παραγωγή καθαρής ενέργειας, χωρίς να απαιτείται η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων και απαντώνται σε μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών. Μια πολύ συνήθη και απλή εφαρμογή της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας είναι η παροχή ενέργειας για ωρολόγια και ραδιοφωνικούς δέκτες. Σε υψηλότερη κλίμακα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες εγκαθίστανται σε πληθώρα εγκαταστάσεων, ώστε να παρέχουν στους καταναλωτές ηλιακή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ή ως εφεδρικά συστήματα ηλεκτροπαραγωγής.

Η έρευνα στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία δεν είναι πρόσφατη, χρονολογείται τουλάχιστον μία εκατονταετία νωρίτερα. Το 1873, ο Βρετανός επιστήμονας Willoughby Smith παρατήρησε ότι το υλικό σελήνιο παρουσίαζε ευαισθησία στην ηλιακή ακτινοβολία. Επίσης παρατήρησε και συμπέρανε ότι η ικανότητα του σεληνίου να παράγει ηλεκτρική ενέργεια, αυξάνεται ανάλογα με τον βαθμό έκθεσης του υλικού στην ηλιακή ακτινοβολία. Η παρατήρηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου ώθησε πολλούς επιστήμονες να πειραματιστούν με αυτό το σχετικά ασυνήθιστο φαινόμενο προσδοκώντας στη χρησιμοποίηση αυτού του υλικού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το πρώτο ηλιακό ηλεκτρικό κύτταρο, κατασκευασμένο από σελήνιο, δημιουργήθηκε από τον Charles Fritts το 1880. Το συγκεκριμένο ηλιακό κύτταρο ήταν σε θέση να παράγει ηλεκτρική ενέργεια χωρίς την ανάλωση του υλικού του και χωρίς να παράγει θερμότητα.

Το 1905 σημειώθηκε ευρύτερη αποδοχή των φωτοβολταϊκών ως πηγή ενέργειας, όταν ο Albert Einstein διατύπωσε την ερμηνεία του, για το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Οι θεωρίες του Einstein συνέβαλαν σε μία πληρέστερη κατανόηση της φυσικής διαδικασίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της ηλιακής

ακτινοβολίας. Οι έρευνες σχετικά με το σελήνιο συνεχίστηκαν σε περιορισμένο βαθμό έως το 1930, παρά τη χαμηλή απόδοσή του και το υψηλό κατασκευαστικό κόστος του.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1950, τα εργαστήρια Bell διερεύνησαν μία αξιόπιστη μέθοδο τροφοδοσίας απομακρυσμένων συστημάτων επικοινωνίας. Οι επιστήμονες του συγκεκριμένου εργαστηρίου, ανακάλυψαν ότι το πυρίτιο, το δεύτερο πλέον άφθονο στοιχείο στη γη, παρουσίαζε ευαισθησία στην ηλιακή ακτινοβολία. Αναμειγνυόμενο με πρόσθετες ουσίες, υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, ανέπτυξε ηλεκτρική τάση. Μέχρι το 1954, ο Bell κατασκεύασε ένα ηλιακό κύτταρο με βάση το πυρίτιο που επιτύχανε αποδοτικότητα έξι τοις εκατό.

Η πρώτη μη-εργαστηριακή χρήση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας ήταν για την τροφοδοσία ενός τηλεπικοινωνιακού σταθμού αναμετάδοσης στην αγροτική Γεωργία στα τέλη της δεκαετίας του 1950. Επίσης, η Εθνική Υπηρεσία Αεροναυτικής και Διαστήματος (NASA), στα πλαίσια αναζήτησης μίας αξιόπιστης πηγής ενέργειας κατάλληλης για εξωτερικό χώρο, εγκατέστησε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελούμενο από εκατόν οκτώ (108) κύτταρα στον πρώτο δορυφόρο των Ηνωμένων Πολιτειών, Vanguard I. Στις αρχές της δεκαετίας του 1960, φωτοβολταϊκά συστήματα είχαν εγκατασταθεί στους περισσότερους δορυφόρους και διαστημόπλοια.

Η φωτοβολταϊκή τεχνολογία δημιούργησε και δημιουργεί νέες 'πράσινες' θέσεις εργασίας, ενώ παράλληλα η βιομηχανία των φωτοβολταϊκών αναπτύσσεται γραδαία, προσελκύοντας επενδύσεις δισεκατομμυρίων ευρώ.

Η παρούσα εργασία διαπραγματεύεται τη διερεύνηση της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών συστημάτων και παράλληλα την οικονομοτεχνική σύγκριση των συστημάτων αυτών με τεχνολογικές εφαρμογές άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η εργασία διαρθρώνεται σε έξι κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια συνοπτική περιγραφή της διεθνούς ενεργειακής κατάστασης, του καθορισμού του ενεργειακού προβλήματος, των στρατηγικών αντιμετώπισης του ενεργειακού προβλήματος, του διεθνούς θεσμικού πλαισίου που διέπει την ανάπτυξη των τεχνολογικών εφαρμογών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τέλος πραγματοποιείται σύντομη εισαγωγή στα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Το αντικείμενο του δεύτερου κεφαλαίου εστιάζεται στην τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρατίθενται η βασική κατηγοριοποίηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων και η σύνθεσή τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρατίθενται οι προβλεπόμενες διαδικασίες αδειοδότησης εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων, για το πρόγραμμα εγκατάστασης φωτοβολταϊκών στις στέγες και των φωτοβολταϊκών πάρκων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρατίθεται οικονομοτεχνική σύγκριση των φωτοβολταϊκών συστημάτων σε σχέση με συστήματα άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ενώ στο έκτο κεφάλαιο τα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά την εκπόνηση της εργασίας.

1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1. ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η ενέργεια ως φυσικός πόρος, αλλά και ως παραγωγική διαδικασία είναι άμεσα συνδεδεμένη με την οικονομική ανάπτυξη των χωρών. Είναι γεγονός, ανεξάρτητα από την ορθότητα της προσέγγισης, ότι οι δείκτες οικονομικής ανάπτυξης ενσωματώνουν με έμμεσο ή και άμεσο τρόπο τα μεγέθη των ενεργειακών καταναλώσεων.

Η ευφορία η οποία υπήρχε, ιδιαίτερα στις αναπτυγμένες χώρες, ως προς την ενεργειακή επάρκεια αλλά και τις χαμηλές τιμές των πρώτων υλών (πετρέλαιο, κάρβουνο) διακόπηκε αιφνίδια με την ενεργειακή κρίση του 1973. Την περίοδο εκείνη συνειδητοποιήθηκε όχι μόνο η ύπαρξη του ενεργειακού προβλήματος αλλά και οι επιπτώσεις από την αλόγιστη ενεργειακή χρήση, που ιδιαίτερα στις χώρες έντονης βιομηχανικής παραγωγής είχε τα χαρακτηριστικά υπερκατανάλωσης.

Είναι σήμερα πλέον αποδεκτό ότι η σημαντικότερη επίπτωση από την αλόγιστη ενεργειακή χρήση αφορά το περιβάλλον, αφού το ενεργειακό κύκλωμα (εξόρυξη, μεταφορά, παραγωγή, χρήση) είναι το κατεξοχήν υπεύθυνο για τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Αξίζει να σημειωθεί ότι περισσότερο από το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στο ενεργειακό κύκλωμα του πετρελαίου και του κάρβουνου. Οι δευτερογενείς επιπτώσεις είναι ακόμη σημαντικότερες σε μακροχρόνια βάση, αναφέρεται ενδεικτικά το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Η παρατηρούμενη εντατική υπερκατανάλωση δεν προκύπτει μόνο από την ανάγκη κάλυψης των συνεχώς αυξανόμενων αναγκών, αλλά κυρίως από τη χαμηλή αποδοτικότητα στην εξόρυξη, μεταφορά, παραγωγή και χρήση της ενέργειας. Κατά αυτόν τον τρόπο, μία στρατηγική εξοικονόμησης ενέργειας (ή χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης) που συστατικό της στοιχείο θα αποτελεί η αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας (χωρίς να δημιουργεί συνθήκες αποστέρησης), αποτελεί μία άμεση και αποτελεσματική απάντηση στο πρόβλημα.

Παράλληλα, είναι φανερό και η συμβολή των ανανεώσιμων / εναλλακτικών και ήπιων πηγών ενέργειας για την αντιμετώπιση τόσο του προβλήματος της επάρκειας των πρώτων υλών όσο και των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Οι πηγές αυτές ενέργειας εννοιολογικά, ανάλογα με το κριτήριο που εξετάζονται, χαρακτηρίζονται ανανεώσιμες, διότι πρακτικά δεν εξαντλούνται, εναλλακτικές σε

αντιδιαστολή με τις συμβατικές (πετρέλαιο, κάρβουνο) ή ήπιες λόγω του ότι δεν επιβαρύνουν σημαντικά το περιβάλλον.

Οι ανανεώσιμες, εναλλακτικές και ήπιες μορφές ενέργειας συγκρινόμενες με τις συμβατικές εμφανίζουν σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως η περιφερειακή τους διασπορά (ανάλογα με τα κλιματολογικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής) και η μη επιβάρυνση του περιβάλλοντος σε όρους που μέχρι σήμερα τουλάχιστον ήταν η καταμέτρηση / ο προσδιορισμός των επιπτώσεων (αέριοι ρύποι, υγρά απόβλητα). Τις πηγές αυτές ενέργειας χαρακτηρίζουν και μία σειρά μειονεκτήματα, τα οποία σχεδόν στο σύνολο τους προέρχονται από τις ατελείς τεχνολογικά λύσεις που έχουν δοθεί. Ορισμένα από τα μειονεκτήματα αυτά ενδεικτικά είναι η μη σταθερή ενεργειακή τροφοδοσία (συνέπεια της αστάθειας των φυσικών φαινομένων), η μη δυνατότητα κάλυψης μεγάλων και σε εντατικές συνθήκες (υψηλή θερμοκρασία) ενεργειακών απαιτήσεων.

Εκτός, όμως, από τα προηγούμενα μειονεκτήματα, τα οποία αναμένεται να αντιμετωπιστούν τεχνολογικά με αποτέλεσμα την ευρύτερη διάδοση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, έχουν αρχίσει να λαμβάνουν σημαντικές διαστάσεις άλλης φύσης και μορφής προβλήματα. Κατά αυτόν τον τρόπο, η αδυναμία εντατικής εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχει ως συνέπεια την απαίτηση εκτατικής εκμετάλλευσης (π.χ. για την ηλιακή ενέργεια απαιτούνται μεγάλες εκτάσεις απαραίτητες για την τοποθέτηση συλλεκτών ή φωτοβολταϊκών). Η εκτατική εκμετάλλευση οδηγεί στη χρήση μεγάλου πλήθους συστημάτων που δημιουργούν οπτική ρύπανση [1].

1.1.1. Η ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΟ ΕΤΟΣ 1973

Οι προσπάθειες ανασυγκρότησης των κρατών μετά τον Β' παγκόσμιο Πόλεμο είχαν συνέπεια τη δημιουργία νέων λειτουργιών και δομών στις οικονομίες τους. Στις σύγχρονες αυτές οικονομίες η ενέργεια αποτέλεσε ισχυρό αναπτυξιακό μέσο. Από την εποχή αυτήν αρχίζει να εκδηλώνεται μία στενή σχέση ανάμεσα στις ενεργειακές καταναλώσεις και την οικονομική ανάπτυξη και πολλές φορές η τιμή του λόγου της ενεργειακής κατανάλωσης προς το Ακαθάριστο Ενεργειακό Προϊόν (Α.Ε.Π.) χρησιμοποιήθηκε ως δείκτης ανάπτυξης. Χαρακτηριστικό είναι ότι οι βιομηχανικές χώρες στο διάστημα 1950-1970 διπλασίασαν την κατανάλωση ενέργειας. Είναι απαραίτητο να σημειωθεί ότι οι προσπάθειες ανασυγκρότησης μετά τον Β'

Παγκόσμιο πόλεμο δεν υπήρξαν σύμμετρες σε όλες τις χώρες. Έτσι αρκετές από αυτές τις χώρες έμειναν εκτός από την προσπάθεια, με αποτέλεσμα η απόσταση μεταξύ των αναπτυγμένων και των 'υπό ανάπτυξη' χωρών να αυξηθεί.

Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του '50 η παρουσία του άνθρακα στα ενεργειακά ισοζύγια των χωρών ήταν καθοριστική, σε σημείο που αυτός να ρυθμίζει τη διαμόρφωση των τιμών της ενέργειας. Συγκεκριμένα, η τιμή της ενέργειας διαμορφωνόταν σε επίπεδο που επέτρεπε την κατανάλωση των παραγόμενων ποσοτήτων άνθρακα (ειδικότερα στις χώρες της δυτικής Ευρώπης).

Την επόμενη δεκαετία του '60 η υπερπροσφορά του πετρελαίου από τη Μέση Ανατολή, σε ένα σταθερό αλλά και χαμηλό επίπεδο τιμών, είχε αποτέλεσμα την τεράστια εξάπλωση του στη διεθνή αγορά. Η συμμετοχή του πετρελαίου στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο τη δεκαετία αυτή υπερβαίνει το 50%. Την ίδια περίοδο οι έξω-ενεργειακές χρήσεις του πετρελαίου θεμελιώνουν τη μεγάλη δυναμικότητα πετροχημική βιομηχανία.

Χαρακτηριστικό είναι ότι οι επενδύσεις για την εκμετάλλευση του πετρελαίου πραγματοποιήθηκαν από μεγάλες πολυεθνικές εταιρείες παραγωγής, μεταφοράς και εμπορίας πετρελαιοειδών, με συνέπεια αυτές να αποκτήσουν και τον πλήρη έλεγχο της αγοράς σε βαθμό, που εκτός από την τιμή, να καθορίζουν και το ύψος της παραγωγής και τους όρους της εμπορίας.

Μετά την επιθετική αυτή είσοδο του πετρελαίου στην αγορά συμβαίνουν τα ακόλουθα:

- Συμπίεση των τιμών των άλλων καυσίμων σε βαθμό που να διακοπεί σχεδόν η παραγωγή τους. Ως παράδειγμα αναφέρεται ο άνθρακας.
- Αποδυνάμωση των βιομηχανικών ζωνών που είχαν αναπτυχθεί κοντά στα ανθρακοφόρα στρώματα.
- Σημαντικοί ρυθμοί οικονομικής ανάπτυξης ορισμένων βιομηχανικών χωρών ή περιοχών (π.χ. δυτική Ευρώπη, Ιαπωνία), που πολλές φορές ήταν εντονότεροι και ταχύτεροι από εκείνους των Η.Π.Α.
- Συνειδητοποίηση, από μέρους των πετρελαιοπαραγωγών χωρών, της δυνατότητάς τους για ανάπτυξη και ιδιαίτερα της πολιτικής σημασίας του πλούτου που διέθεταν (γεγονότα Σουέζ 1967), χωρίς όμως αντίστοιχη δραστηριοποίηση της πλεονεκτικής θέσης τους. Παρόλα αυτά, οι πετρελαιοπαραγωγικές χώρες αρχίζουν να συντονίζουν

τη δράση τους και το 1960 ιδρύουν τον Οργανισμό Πετρελαιοπαραγωγών Κρατών (ΟΠΕΚ).

Στην αρχή της δεκαετίας του '70 μία σειρά από γεγονότα είχαν αποτέλεσμα τη μεταβολή του καθεστώτος της πετρελαϊκής διαχείρισης. Συγκεκριμένα:

- Η ζήτηση πετρελαίου είναι ή γίνεται μεγαλύτερη από τις προβλέψεις. Σε αυτό συμβάλλει και το αυξανόμενο ενδιαφέρον των Η.Π.Α. για εισαγωγές πετρελαίου από τη Μέση Ανατολή (οι εισαγωγές πετρελαίου στις Η.Π.Α. είχαν περιοριστεί με απόφαση του προέδρου Αϊζενχάουερ το 1958). Θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι Η.Π.Α., αν και κατέχουν σημαντικά αποθέματα πετρελαίου, ακολουθούν μία πολιτική (έως σήμερα) διατήρησής τους ως στρατηγικά αποθέματα.
- Παρατηρείται αδυναμία παράδοσης αργού πετρελαίου λόγω ανεπαρκών επενδύσεων.

Οι χώρες του ΟΠΕΚ μετά τα προηγούμενα αντιλαμβάνονται πλέον τη δυνατότητα ουσιαστικότερης συμμετοχής τους στο κύκλωμα του αργού πετρελαίου. Πρακτικά, η μεταβολή της πολιτικής του ΟΠΕΚ εκφράζεται με τις συμφωνίες της Τεχεράνης (1971), της Νέας Υόρκης και της Βιέννης (1972) για αύξηση και αναπροσαρμογή των τιμών (ανάλογα με τις νομισματικές διακυμάνσεις) και συμμετοχή στην εκμετάλλευση των κοιτασμάτων τους. Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι ο έλεγχος της τιμής και του ύψους να περιέλθει από τα χέρια των καταναλωτών στους παραγωγούς, χωρίς να περάσει από τον μηχανισμό της ελεύθερης αγοράς. Κατά αυτόν τον τρόπο, δημιουργήθηκαν συνθήκες έλλειψης για το αργό πετρέλαιο. Ταυτόχρονα οι χώρες του ΟΠΕΚ εντείνουν τις οικονομικές τους διεκδικήσεις με σκοπό την ανάπτυξη της δικής τους οικονομίας.

Οι επιδιώξεις τους επιταχύνονται από την πολιτικοστρατιωτική κατάσταση της περιοχής (αραβοϊσραηλινή σύρραξη) και αρχίζει μία σειρά από εκρηκτικά γεγονότα:

- Φθινόπωρο 1973: Διακοπή πωλήσεων (το αργό πετρέλαιο χρησιμοποιείται ως πολιτικό όπλο).
- Δεκέμβριος 1973: Μονομερής καθορισμός των τιμών από τις χώρες του ΟΠΕΚ.
- Ύστερα από μερικές εβδομάδες τετραπλασιασμός των τιμών σε σύγκριση με εκείνες του '73.
- Απόφαση του ΟΠΕΚ για απόλυτο έλεγχο των κοιτασμάτων (εθνικοποιήσεις).

Το σύνολο των προηγούμενων αποτελεί την ενεργειακή κρίση του '73, που στη συνέχεια συνέβαλε στην οικονομική ύφεση. Ταυτόχρονα αποτέλεσε το έναυσμα για την ανακάλυψη του ενεργειακού προβλήματος [1].

1.1.2. Η ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 1973

Σε παγκόσμια κλίμακα, ο τετραπλασιασμός της τιμής του αργού πετρελαίου σε συνδυασμό με τη γενική γεωπολιτική αστάθεια αποτέλεσαν μερικούς από τους παράγοντες που δημιούργησαν την οικονομική ύφεση.

Ο τετραπλασιασμός της τιμής του αργού υποδαύλιζε τον υποβόσκοντα πληθωρισμό (στη δυτική Ευρώπη έφτασε το 1977 το 12%), επέτεινε τη νομισματική αστάθεια και συνέβαλε στην πτώση του διεθνούς εμπορίου (συστολή κατά 4% μεταξύ 1974 – 1975). Οι ρυθμοί των ενεργειακών απαιτήσεων μειώθηκαν σημαντικά και την πρωτική τους τάση ακολούθησε και η βιομηχανική παραγωγή.

Ειδικότερα στη δυτική Ευρώπη μέχρι το 1975 η βιομηχανική παραγωγή μειώθηκε κατά 8% και το ΑΕΠ κατά 2,2%. Στις αναπτυσσόμενες χώρες η κατάσταση επιδεινώθηκε σε σημείο ώστε να διπλασιαστεί το εξωτερικό τους χρέος.

Οι βιομηχανικές και περιοχές (κυρίως η Ιαπωνία και η δυτική Ευρώπη), που στη δεκαετία του '60 στήριζαν την ανάπτυξή τους στη φθηνή εισαγόμενη ενέργεια, επανήλθαν στην πρωτύτερη του '60 κατάσταση της ενεργειακής στενότητας [1].

1.1.3. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Στις αρχές της δεκαετίας του '50, έκανε δειλά την εμφάνισή του, με μορφή φιλοσοφικού στοχασμού, το ενεργειακό πρόβλημα. Παρά το γεγονός ότι το 1950 τα εκτιμώμενα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα δεν υπερέβαιναν επάρκεια είκοσι ετών, επικρατούσε κάποια νηφαλιότητα σε σχέση με την ενεργειακή τροφοδότηση. Με την εμφάνιση της ενεργειακής κρίσης άρχισε και η συνειδητοποίηση του ενεργειακού προβλήματος.

Είναι βέβαιο ότι οι υπάρχουσες ποσότητες των συμβατικών ενεργειακών πηγών (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) θα εξαντληθούν. Με αυτή την άποψη το ενεργειακό πρόβλημα συνδέεται άμεσα με την αναμενόμενη εξάντληση. Ο χρονικός ορίζοντας για την εξάντληση των ενεργειακών πηγών ποικίλει στις εκτιμήσεις των ειδικών.

Η επάρκεια και η σταθερότητα της ενεργειακής τροφοδοσίας αποτελούν την πολιτική πλευρά του προβλήματος. Συγκεκριμένα, τα διάφορα πρότυπα ενεργειακών προσφορών διαμορφώνουν σενάρια για παραγωγή πετρελαίου από τις χώρες του ΟΠΕΚ (που κυμαίνεται μεταξύ 20 και 45 εκατομμυρίων βαρέλια /ημέρα), σε μία προσπάθεια να εκτιμήσουν την αβεβαιότητα του ύψους παραγωγής του πετρελαίου στις χώρες αυτές. Με δεδομένη την άποψη του ΟΠΕΚ ότι η διαφύλαξη των πετρελαϊκών αποθεμάτων των χωρών-μελών του είναι η καλύτερη επένδυση, δε θα προκαλούσε έκπληξη μία ακόμη δραστικότερη μείωση της παραγωγής, που θα ήταν πέρα από κάθε πρόβλεψη [1].

1.1.4. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Από τα ανωτέρω γίνεται εμφανής η πολυπλοκότητα του ενεργειακού προβλήματος. Οι πιθανές στρατηγικές για τη λύση του βρίσκονται πάντοτε κάτω από τον έλεγχο αστάθμητων παραγόντων. Έχει γίνει ευρέως αποδεκτό ότι η οποιασδήποτε στρατηγική είναι απαραίτητο να εξασφαλίζει τις αξίες, τις παραδόσεις, την ευημερία και τις ελευθερίες του κοινωνικού συνόλου.

Το ενεργειακό πρόβλημα χωρίζεται χρονικά σε δύο περιόδους: την πρώτη περίοδο, η οποία εξαντλείται όταν εμφανιστούν προβλήματα σχετικά με την προσφορά επαρκών ποσοτήτων σε συμβατικά καύσιμα και τη δεύτερη που ακολουθεί. Η πρώτη περίοδος είναι κρίσιμη, δεδομένου ότι σε αυτήν είναι απαραίτητο να ανυψωθεί η τεχνολογική στάθμη, ώστε να χαρακτηριστούν οικονομικά εκμεταλλεύσιμα τα δύσκολα κοιτάσματα και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Είναι βέβαιο ότι οι λύσεις, οι οποίες θα προταθούν για την πρώτη περίοδο, θα έχουν μακροπρόθεσμες συνέπειες.

Για την πρώτη περίοδο η στρατηγική της εξοικονόμησης ενέργειας (γνωστή και ως στρατηγική της χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης) έχει γίνει ευρύτερα αποδεκτή. Επειδή δε, στηρίζεται στην αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας, δε δημιουργεί συνθήκες αποστέρησης στις κοινωνίες. Η εφαρμογή μίας τέτοιας στρατηγικής επιτυγχάνει την αποσύνδεση της στενής σχέσης ενέργειας και οικονομικής ανάπτυξης, που είχε διαμορφωθεί μετά τον Β' παγκόσμιο πόλεμο. Βασικός στόχος της στρατηγικής αυτής είναι η αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας.

Η στρατηγική μίας κοινωνίας με χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση θα πρέπει να προγραμματίσει και να οργανώσει την τακτική της δράση, έτσι ώστε:

α. Στον κοινωνικό τομέα:

- Αύξηση του αισθήματος ευθύνης σε όλα τα επίπεδα.
- Ισορροπημένη επέμβαση στο κοινωνικό σύνολο.

β. Στον οικονομικό τομέα:

- Δημιουργία επαρκών θέσεων απασχόλησης.
- Μεθόδευση της σύνδεσης οικονομικής δραστηριότητας με τις συνθήκες διαβίωσης για αύξηση της παραγωγικότητας.
- Διαμόρφωση της δομής και της πολιτικής των τιμών ως ρυθμιστών της ενέργειας.
- Χρησιμοποίηση των επενδύσεων ως ουσιαστικό παράγοντα εξοικονόμησης ενέργειας.
- Αποφυγή των δραστηριοτήτων τεχνητής μείωσης των τιμών της ενέργειας.

γ. Στο θεσμικό πλαίσιο:

- Υιοθέτηση ενεργειακών λύσεων σε ένα διαφοροποιημένο και περισσότερο αποκεντρωμένο ενεργειακό σύστημα.
- Κατεύθυνση των αγορών του κοινωνικού συνόλου σε προϊόντα χαμηλού ενεργειακού περιεχομένου.

Συμπερασματικά, η ανάπτυξη των κοινωνιών με τη στρατηγική της εξοικονόμησης της ενέργειας εξαρτάται από την ελαχιστοποίηση των απωλειών. Μία κατεύθυνση αυτού του είδους προϋποθέτει αλλαγή στις προτιμήσεις και τη συμπεριφορά των καταναλωτών, καθώς και γρήγορη προσαρμογή της τεχνολογίας στις νέες απαιτήσεις. Ειδικότερα στον τομέα της μεταποίησης η προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας όχι μόνο προωθεί τη σύγχρονη τεχνολογία αλλά συμβάλλει σημαντικά στην αύξηση της ανταγωνιστικότητας.

Η στρατηγική για τη δεύτερη περίοδο είναι άμεσα συνδεδεμένη με εκείνη της πρώτης. Μόνο στην περίπτωση όπου για την πρώτη περίοδο αποκατασταθούν συνθήκες οικονομικής ανάπτυξης, νομισματικής σταθερότητας, ορθού καταμερισμού του πλούτου των χωρών και σταθερότητας τροφοδοσίας πρώτων υλών και ενέργειας, είναι δυνατόν να τεθούν οι προϋποθέσεις μίας μακροχρόνιας στρατηγικής, η οποία θα στοχεύει στην εκμετάλλευση νέων πηγών και στην ανάπτυξη της τεχνολογίας των ανανεώσιμων [1].

1.2. ΔΙΕΘΝΕΣ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΟ ΝΟΜΙΚΟ - ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.2.1. ΔΙΕΘΝΕΣ ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η διεθνής κοινότητα στην προσπάθεια αντίδρασης στις αυξανόμενες ανησυχίες σχετικά με την παγκόσμια κλιματική αλλαγή που συντελείται τις τελευταίες δύο δεκαετίες, έχει υπογράψει μέχρι σήμερα τρεις συμβάσεις προς αυτή την κατεύθυνση, τη ‘Σύμβαση-Πλαίσιο’, το ‘Πρωτόκολλο του Κιότο’ και τη ‘Συμφωνία της Κοπεγχάγης’.

Η ‘Σύμβαση-Πλαίσιο’ για την Κλιματική Αλλαγή των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) καταρτίστηκε στις 9 Μαΐου 1992 στη Νέα Υόρκη, τέθηκε προς υπογραφή τον Ιούνιο του 1992 στο Rio de Janeiro και τέθηκε σε ισχύ στις 21 Μαρτίου 1994, αφού υπογράφηκε από το σύνολο σχεδόν των κρατών του πλανήτη.

Παρόλο που τα συμβαλλόμενα μέρη δεσμεύτηκαν για την εφαρμογή και υιοθέτηση συντονισμένων διεθνών αλλά και εγχώριων πολιτικών και μέτρων με σκοπό τη σταθεροποίηση των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου, δεν είχε προβλεφθεί η επιβολή κυρώσεων σε περίπτωση όπου κάποιο κράτος αθετούσε τις υποχρεώσεις του.

Ως συνέπεια, κρίθηκε απαραίτητη η ισχυροποίηση του θεσμικού πλαισίου, μέσω της θέσπισης ποσοτικά προσδιορισμένων και νομικά δεσμευτικών στόχων για τα συμβαλλόμενα μέρη. Κατά αυτόν τον τρόπο, καταρτίστηκε το ‘Πρωτόκολλο του Κιότο’, που υπογράφηκε στην ομώνυμη πόλη στις 11 Δεκεμβρίου το 1997.

Στο πρωτόκολλο του Κιότο περιλαμβάνονται οι ακόλουθες θεσπίσεις:

- *Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΕΔΙΕ)*: Τα συμβαλλόμενα μέρη σύμφωνα με τους εθνικά ποσοτικοποιημένους στόχους τους, θα πρέπει να κατανέμουν στις εγκαταστάσεις της επικράτειας τους, δικαιώματα εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου, τα οποία να επιτρέπουν την εκπομπή μίας συγκεκριμένης μόνο ποσότητας σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Συνεπώς, οι μονάδες που επιτυγχάνουν τη μείωση των εκπομπών τους κάτω από τα τιθέμενα όρια, θα έχουν δικαίωμα πώλησης των επιπλέον δικαιωμάτων τους, στις μονάδες που υπερέβησαν τα δικά τους όρια. Παράλληλα οι τελευταίες θα υπόκεινται και σε κυρώσεις. Απώτερος σκοπός ήταν η έμμεση άσκηση πίεσης στις επιχειρήσεις, ώστε να προβούν στην επένδυση και

εφαρμογή φιλικών προς το περιβάλλον τεχνολογιών, αφού πλέον το κόστος διατήρησης των υπαρχουσών τεχνολογιών θα επίφερε υψηλότερο λειτουργικό κόστος.

- *Προγράμματα Από Κοινού (ΠΚ)*: Τα έργα ΠΚ αναφέρονται στη δυνατότητα των ανεπτυγμένων χωρών επένδυσης σε αναπτυσσόμενες χώρες ή σε χώρες με μεταβατική οικονομία. Οι επενδύσεις αυτές θα επέφεραν όφελος από τις μειώσεις των εκπομπών, ως αποτέλεσμα της αμοιβαίας συμφωνίας.
- *Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (ΜΚΑ)*: Αντίστοιχα με τη προηγούμενη θέσπιση ήταν η υλοποίηση έργων ΜΚΑ από τα Μέρη του Πρωτοκόλλου σε αναπτυσσόμενες χώρες, όπου δεν υπήρχαν ποσοτικοί στόχοι μείωσης των εκπομπών. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησης πιστωτικών μονάδων ΜΚΑ, οι οποίες αποκτήθηκαν από έργα που υλοποιήθηκαν στις αναπτυσσόμενες χώρες. Αυτό θα παρείχε μία μεγάλη ώθηση μεταφοράς τεχνογνωσίας στις αναπτυσσόμενες χώρες, συμβάλλοντας στην υγιή τους ανάπτυξη.

Στη συνέχεια σημειώθηκε μία προσπάθεια για επέκταση του 'Πρωτοκόλλου του Κιότο', η ισχύς του οποίου λήγει το 2012. Σύμφωνα με τη Greenpeace, η διάσκεψη που πραγματοποιήθηκε στις 18 Δεκεμβρίου στην Κοπεγχάγη, στέφθηκε με απόλυτη αποτυχία αφού χάθηκε μία ιστορική ευκαιρία αποτροπής του επερχόμενου κλιματικού χάους στον πλανήτη. Παρά την ύπαρξη κάποιων θετικών σημείων, όπως τη σύσταση ενός Κλιματικού Μηχανισμού Χρηματοδότησης ύψους \$100 δις ετησίως προς τις αναπτυσσόμενες χώρες, η 'Συμφωνία της Κοπεγχάγης' σε αντίθεση με αυτή του Κιότο, δεν υποστηρίχθηκε καν από το σύνολο της ολομέλειας της, με κάποια αναπτυσσόμενα κράτη να εκφράζουν μάλιστα την πλήρη αντίθεσή τους. Καταληκτικά αναφέρεται ότι δεν προέκυψε καμία νομικά δεσμευτική συμφωνία, ούτε προβλέφθηκαν νέα μέτρα για μειώσεις των εκπομπών στις βιομηχανικές χώρες.

1.2.2. ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ - ΦΟΡΕΙΣ

1.2.2.1. ΔΙΕΘΝΗΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΙΕΑ)

Ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (ΙΕΑ) είναι ένας αυτόνομος οργανισμός που δραστηριοποιείται για την εξασφάλιση αξιόπιστης, οικονομικά προσιτής και καθαρής ενέργειας για τα εικοσιοκτώ (28) κράτη-μέλη από τα οποία συγκροτείται και όχι μόνο.

Ιδρύθηκε στα πλαίσια της αντιμετώπισης της πετρελαϊκής κρίσης των ετών 1973-1974. Ο αρχικός ρόλος του Δ.Ο.Ε. ήταν η παροχή βοήθειας προς τα κράτη για τον συντονισμό μίας συλλογικής ανταπόκρισης σε μείζονες διαταραχές που προέκυπταν στον εφοδιασμό πετρελαίου, μέσω της απελευθέρωσης αποθεμάτων πετρελαίου έκτακτης ανάγκης στις αγορές.

Αν και ο παραπάνω σκοπός εξακολουθεί να αποτελεί κύριο αντικείμενο του έργου του, ο Δ.Ο.Ε. έχει εξελιχθεί και επεκταθεί. Βρίσκεται στο επίκεντρο του παγκόσμιου διαλόγου για την ενέργεια, διεξάγοντας έγκυρες και αμερόληπτες έρευνες, στατιστικές, αναλύσεις και συστάσεις.

Σήμερα, ο Δ.Ο.Ε. εστιάζει στα ακόλουθα πεδία:

- Ενεργειακή ασφάλεια: Προώθηση της πολυμορφίας, της αποτελεσματικότητας και της ευελιξίας σε όλους τους ενεργειακούς τομείς.
- Οικονομική ανάπτυξη: Διασφάλιση σταθερής παροχής ενέργειας σε κράτη-μέλη του Δ.Ο.Ε. και προώθηση των ελεύθερων αγορών για την ενίσχυση της οικονομικής ανάπτυξης και την εξάλειψη της ενεργειακής στέρησης.
- Περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση: Ενίσχυση σε παγκόσμιο επίπεδο των επιλογών για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.
- Δέσμευση σε παγκόσμιο επίπεδο: Στενή συνεργασία με κράτη μη μέλη, ιδίως μεγάλους παραγωγούς και καταναλωτές, για την εξεύρεση λύσεων σε κοινά ενεργειακά και περιβαλλοντικά προβλήματα.

Πιο συγκεκριμένα στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η έρευνα και ταυτοποίηση των σχετικών τεχνολογιών επιβλέπεται από την Ομάδα Εργασίας Τεχνολογιών Ανανεώσιμης Ενέργειας, η οποία λογοδοτεί στην Επιτροπή Ενεργειακής Έρευνας και Τεχνολογίας. Αναφέρεται επίσης ότι το πρόγραμμα συνεργασίας στην έρευνα συστημάτων ανεμογεννητριών τέθηκε σε εφαρμογή το 1977. Το ίδιο έτος δημιουργήθηκε επίσης το πρόγραμμα ηλιακής θέρμανσης και ψύξης, το οποίο συγκροτείται από εικοσιένα (21) συμβαλλόμενα μέλη.

1.2.2.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΤΩΝ ΗΝΩΜΕΝΩΝ ΕΘΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ (UNDP)

Το Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για την Ανάπτυξη (UNDP, United Nations Development Programme), αποτελεί το βασικό θεσμικό-χρηματοδοτικό εργαλείο του Ο.Η.Ε. για την ανάπτυξη ενώ παράλληλα διευθύνει αρκετά προγράμματα σχετιζόμενα με την προώθηση ενεργειακών συστημάτων μικρής κλίμακας, την ανάπτυξη τεχνολογιών εκμετάλλευσης Α.Π.Ε. - κυρίως μέσω του

Παγκόσμιου Περιβαλλοντικού Ταμείου (Global Environmental Facility) σε συνεργασία με τη Διεθνή Τράπεζα για την Ανασυγκρότηση και Ανάπτυξη (World Bank). Ένα από τα τέσσερα προγράμματα του UNDP για τη διασφάλιση της περιβαλλοντικής αειφορίας αφορά στην προαγωγή συστημάτων εκμετάλλευσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε απομακρυσμένες, εκτός δικτύου αγροτικές κοινότητες, και στην υποστήριξη προγραμμάτων ενεργειακής αποδοτικότητας σε αστικές περιοχές.

Με έδρα τη Νέα Υόρκη, το UNDP χρηματοδοτείται καθ' ολοκληρία από εθελοντικές συνεισφορές των κρατών-μελών. Η οργάνωση έχει εγκαταστήσει γραφεία σε 177 κράτη.

1.2.2.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΤΩΝ ΗΝΩΜΕΝΩΝ ΕΘΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ (UNEP)

Το Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον (United Environment Programme) συντονίζει τις περιβαλλοντικές δραστηριότητες των Ηνωμένων Εθνών, βοηθά τις αναπτυσσόμενες χώρες να υιοθετήσουν ισχυρές περιβαλλοντικές πολιτικές και ενισχύει την αειφόρο ανάπτυξη. Η ίδρυση του είναι αποτέλεσμα της Διάσκεψης των Ηνωμένων Εθνών για το Ανθρώπινο Περιβάλλον τον Ιούνιο του 1972 και η έδρα του βρίσκεται στο Ναϊρόμπι της Κένυας. Το UNEP διατηρεί επίσης έξι περιφερειακά κέντρα καθώς και γραφεία σε πολλά κράτη.

Οι δραστηριότητές του καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα θεμάτων που αφορούν στην ατμόσφαιρα, στα θαλάσσια και χερσαία οικοσυστήματα. Έχει διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη διεθνών περιβαλλοντικών συμβάσεων, προωθώντας την περιβαλλοντική επιστήμη. Συνεργάζεται με κυβερνητικές και περιφερειακές αρχές, για την ανάπτυξη και την εφαρμογή αντίστοιχων πολιτικών, όπως επίσης και με περιβαλλοντικές μη Κυβερνητικές Οργανώσεις (ΜΚΟ). Το UNEP έχει επίσης ενεργό ρόλο στη χρηματοδότηση και την υλοποίηση έργων που αφορούν την ανάπτυξη του περιβάλλοντος.

Το UNEP έχει βοηθήσει επίσης στην ανάπτυξη κατευθυντήριων οδηγιών και συνθηκών σε θέματα όπως το διεθνές εμπόριο, τις δυνητικά επιβλαβείς χημικές ουσίες, τη διασυνοριακή ρύπανση της ατμόσφαιρας, και τη μόλυνση των διεθνών υδάτων.

1.2.3. ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ-ΦΟΡΕΙΣ

Εκτός από τον κεντρικό της ρόλο στην προπαρασκευή παραγωγού κοινοτικού Δικαίου σχετικά με την προώθηση των Α.Π.Ε., η Επιτροπή - ως το αρμόδιο θεσμικό όργανο της Ε.Ε. - έχει υιοθετήσει νέες κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με τις κρατικές ενισχύσεις στον τομέα της περιβαλλοντικής προστασίας, παρέχοντας διαφανή κριτήρια με τα οποία αποσαφηνίζεται κάτω από ποιες συνθήκες οι ενισχύσεις αυτές είναι συμβατές με την κοινοτική νομοθεσία για την Κοινή Αγορά. Στο ίδιο μήκος κύματος κινείται και η πρόταση της Επιτροπής για τη φορολόγηση των ενεργειακών προϊόντων και τη φορολογική μείωση ή απαλλαγή της προερχόμενης από Α.Π.Ε. ενέργειας.

1.2.3.1.ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΤΡΑΠΕΖΑ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ (ΕΙΒ)

Η Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων (Ε.Τ.Ε.) ανήκει στα 27 κράτη μέλη της Ε.Ε. Δανείζεται χρήματα από τις αγορές κεφαλαίων και στη συνέχεια τα δανείζει με χαμηλά επιτόκια σε προγράμματα που βελτιώνουν τις υποδομές, την προμήθεια ενέργειας ή τα περιβαλλοντικά πρότυπα τόσο εντός της Ε.Ε. όσο και σε γειτονικές ή αναπτυσσόμενες χώρες.

Η Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων στηρίζει έργα σε όλα τα κράτη μέλη της Ε.Ε. και επενδύει σε μελλοντικά κράτη μέλη και χώρες-εταίρους. Δανείζεται χρήματα από τις αγορές κεφαλαίων αντί να τα ανασύρει από τον προϋπολογισμό της Ε.Ε. Τα χρήματα χορηγούνται στη συνέχεια υπό μορφή δανείων με ευνοϊκούς όρους σε έργα που εξυπηρετούν τους πολιτικούς στόχους της Ε.Ε.

Το 90% περίπου των δανείων διατίθεται σε προγράμματα και σχέδια στο εσωτερικό της Ε.Ε. Η Ε.Τ.Ε. έχει τους παρακάτω έξι (6) κύριους στόχους δανειοδότησης οι οποίοι απαριθμούνται στο επιχειρηματικό σχέδιο της τράπεζας:

- Συνοχή και σύγκλιση.
- Στήριξη των μικρομεσαίων επιχειρήσεων (ΜΜΕ).
- Περιβαλλοντική βιωσιμότητα.
- Εφαρμογή της πρωτοβουλίας "Καινοτομία 2010".
- Ανάπτυξη διευρωπαϊκών δικτύων μεταφορών και ενέργειας.
- Βιώσιμη, ανταγωνιστική και ασφαλής ενέργεια.

Η Τράπεζα είχε εμπλακεί από τη δεκαετία του 1970 στη χρηματοδότηση κυρίως μεσαίων και μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων, και προοδευτικά έχει στραφεί

προς μικρής κλίμακας έργα που αφορούν έναν διαρκώς αυξανόμενο αριθμό ενεργειακών πηγών.

1.2.3.2.ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (ERDF)

Το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (Ε.Τ.Π.Α.) είναι το βασικό χρηματοδοτικό μέσο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ενίσχυση της οικονομικής και της κοινωνικής συνοχής μειώνοντας τις περιφερειακές διαφορές. Η συμβολή αυτή πραγματοποιείται μέσω της στήριξης της ανάπτυξης και των διαρθρωτικών προσαρμογών των περιφερειακών οικονομιών, συμπεριλαμβανομένης και της ανασυγκρότησης βιομηχανικών περιοχών που παρακμάζουν.

Ιδρύθηκε το 1975 με κύρια αποστολή τη μείωση των περιφερειακών ανισοτήτων. Πρόκειται για το μεγαλύτερο από πλευράς πόρων, διαρθρωτικό όργανο της Ε.Ε.. Η παρέμβαση του Ε.Τ.Π.Α. επικεντρώνεται σε ορισμένες θεματικές προτεραιότητες που αντικατοπτρίζουν τη φύση των στόχων "Σύγκλιση", "Περιφερειακή ανταγωνιστικότητα και απασχόληση" και "Ευρωπαϊκή εδαφική συνεργασία".

Πρόκειται, ιδίως, για χρηματοδοτήσεις που αφορούν:

- Τις επενδύσεις που συμβάλλουν στη δημιουργία βιώσιμων θέσεων απασχόλησης.
- Τις επενδύσεις σε υποδομές.
- Τα μέτρα στήριξης της περιφερειακής και τοπικής ανάπτυξης, που περιλαμβάνουν την παροχή βοήθειας και υπηρεσιών στις επιχειρήσεις, ιδίως στις μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις (ΜΜΕ).
- Την τεχνική βοήθεια.

Επισημαίνεται ότι το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ERDF-European Regional Development Fund) είναι το μεγαλύτερο από τα διαρθρωτικά ταμεία που χρηματοδοτεί δωρεάν Εθνικά Προγράμματα και Κοινοτικές Πρωτοβουλίες για υποδομές, τοπική ανάπτυξη και προστασία περιβάλλοντος. Ο νέος Κανονισμός 1783/1999, που τροποποίησε τον τρόπο λειτουργίας των διαρθρωτικών ταμείων, προβλέπει ρητά ότι το Ε.Τ.Π.Α. πρέπει να υποκινήσει την ανάπτυξη των Α.Π.Ε., ενώ ο ορισμός του σκοπού του Ταμείου περιλαμβάνει τη στήριξη των σχετικών τεχνολογιών.

1.2.3.3.ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ (EIF)

Το Ευρωπαϊκό Ταμείο Επενδύσεων συστήθηκε με κοινή συνεργασία της Ευρωπαϊκής Τράπεζας Επενδύσεων, της Ευρωπαϊκής Ένωσης και ιδιωτικών και δημόσιων οικονομικών φορέων από τα κράτη-μέλη της Ε.Ε., το 1994 για την παροχή βοήθειας στις μικρές επιχειρήσεις. Πλειοψηφικός μέτοχος του Ταμείου είναι η Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων, με την οποία αποτελούν τον "όμιλο ΕΤΕπ".

Το Ευρωπαϊκό Ταμείο Επενδύσεων παρέχει επιχειρηματικό κεφάλαιο στις μικρές εταιρίες (ΜΜΕ), ιδίως στις νέες εταιρίες και στις επιχειρήσεις τεχνολογικού προσανατολισμού. Το Ευρωπαϊκό Ταμείο Επενδύσεων δεν είναι πιστωτικό ίδρυμα: δε χορηγεί δάνεια και επιδοτήσεις σε επιχειρήσεις, ούτε επενδύει άμεσα σε εταιρίες. Αντίθετα λειτουργεί μέσω τραπεζών και άλλων χρηματοπιστωτικών ενδιάμεσων. Χρησιμοποιεί είτε δικούς του πόρους είτε τους πόρους που του έχουν εμπιστευθεί ο όμιλος ΕΤΕπ ή η Ευρωπαϊκή Ένωση. Παρέχει εγγυήσεις σε χρηματοδοτήσεις και επενδύσεις σε Κεφάλαια Υψηλού Επιχειρηματικού Κινδύνου (Κ.Υ.Ε.Κ.) που αφορούν συνήθως καινοτόμες τεχνολογίες. Έτσι, βοηθά έμμεσα και στη χρηματοδότηση ενεργειακών υποδομών, μέσω της εγγυοδότησης μικρομεσαίων επιχειρήσεων (ΜΜΕ) που δραστηριοποιούνται στην εφαρμογή αιεφόρων ενεργειακών τεχνολογιών.

Το Ταμείο δραστηριοποιείται στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς και στην Κροατία, την Τουρκία και σε τρεις χώρες της Ε.Ζ.Ε.Σ. (Ευρωπαϊκή ζώνη ελεύθερων συναλλαγών, Ισλανδία, Λιχτενστάϊν και Νορβηγία).

1.2.4. ΕΘΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η πρώτη προσπάθεια της ελληνικής πολιτείας για ανάπτυξη του τομέα των Α.Π.Ε. στην χώρα πραγματοποιήθηκε με την ψήφιση του νόμου 3468/06. Στα πλαίσια αυτού του νόμου καθορίστηκαν οι αδειοδοτικές διαδικασίες ενώ θεσπίστηκε το κατάλληλο επενδυτικό πλαίσιο, σύμφωνα με το οποίο καθορίστηκε η τιμολόγηση της πωλούμενης ενέργειας στο δίκτυο καθώς και η διάρκεια της σύμβασης πώλησης.

Κύριο μειονέκτημα των διαδικασιών αδειοδότησης υπήρξε η γραφειοκρατική διαδικασία και οι πολύ μεγάλες καθυστερήσεις, γεγονός που λειτούργησε ανασταλτικά στην ανάπτυξη των επενδύσεων στον χώρο. Ως εκ τούτου ακολούθησε ο νόμος 3734/09 με τον οποίο καθιερώθηκαν δεσμευτικά χρονοδιαγράμματα αξιολόγησης των νέων φακέλων – αιτήσεων, παγιώθηκε στα είκοσι έτη το συμβόλαιο

προμήθειας ενέργειας στο δίκτυο, ώστε να προκύψει η δυνατότητα αξιόπιστης οικονομικής αξιολόγησης των νέων επενδύσεων. Παράλληλα, θεσπίστηκε ένα μακροπρόθεσμο πλάνο τιμολόγησης της πωλούμενης ενέργειας για τα επόμενα έτη.

Εντούτοις, το επιχειρηματικό τοπίο παρέμεινε αρνητικό, με γραφειοκρατικές καθυστερήσεις. Το ενδιαφέρον όμως των επενδυτών και οι δεσμεύσεις της χώρας που προέκυπταν από την εφαρμογή της οδηγίας 2009/28 του ευρωπαϊκού κοινοβουλίου, κατέστησαν επιτακτική την ανάγκη αναθεώρησης του νομικού πλαισίου. Κατά αυτόν τον τρόπο ψηφίστηκε ο νόμος 3851/10, ο οποίος συνέβαλλε στη μείωση των γραφειοκρατικών διαδικασιών, απλοποιώντας τις αναγκαίες ενέργειες για την υποβολή νέου φακέλου και θεσπίζοντας ταυτόχρονα αυστηρά χρονοδιαγράμματα αξιολόγησης των αιτήσεων. Παράλληλα σε εναρμόνιση με το κοινοτικό δίκαιο τέθηκαν και οι στόχοι του 20-20-20 έως το 2020. Συνοπτικά περιγράφονται:

- Μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε ποσοστό τουλάχιστον 20% το 2020 συγκριτικά με το 1990.
- Μείωση σε ποσοστό 20% της πρωτογενούς χρήσης ενέργειας μέχρι το 2020.
- Διείσδυση των Α.Π.Ε. σε ποσοστό 20%, στο ενεργειακό σύστημα της χώρας, ενώ παράλληλα τέθηκε ελάχιστη συμμετοχή των Α.Π.Ε. στην κάλυψη της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, σε ποσοστό 40%.

Μία καίρια συμβολή του νόμου αυτού, θεωρείται η απαίτηση κάλυψης του συνόλου της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης των νέων κτιρίων, με συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας ή συστήματα τηλεθέρμανσης, έως τις 31/12/2019. Για νέα κτίρια στα οποία στεγάζονται υπηρεσίες του δημοσίου και ευρύτερου δημοσίου τομέα, η υποχρέωση αυτή θα πρέπει να τεθεί σε ισχύ το αργότερο έως τις 31/12/2014.

1.3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Δεδομένου των περιβαλλοντικών ζητημάτων που άπτονται της παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας (φαινόμενου θερμοκηπίου, εξάντλησης των φυσικών πόρων, ρύπανσης, ανατροπής της οικολογικής ισορροπίας), του γεγονότος ότι το 95% της ατμοσφαιρικής και της θερμικής ρύπανσης οφείλεται στην παραγωγή, στον μετασχηματισμό και στη χρήση των συμβατικών καυσίμων (άνθρακας και πετρέλαιο) αναπτύχθηκε η αξιοποίηση εναλλακτικών μορφών ενέργειας, όπως η ηλιακή, η αιολική, η υδροηλεκτρική, η βιομάζα και η γεωθερμία.

Οι εναλλακτικές μορφές ενέργειας προέρχονται από την εκμετάλλευση είτε της ηλιακής ενέργειας (σε πρωτογενή μορφή ή και σε κινητική, όπως στην περίπτωση της αιολικής, της υδροηλεκτρικής, της παλιρροιακής και της ενέργειας των κυμάτων) είτε της γεωθερμικής. Οι παραπάνω πηγές είναι πρακτικά ανεξάντλητες, ενώ ταυτόχρονα η μετατροπή τους σε χρησιμοποιήσιμες μορφές ενέργειας (θερμική, μηχανική, ηλεκτρική) δεν απαιτεί καύση, η οποία αποτελεί την κύρια πηγή παραγωγής ρύπων και έκλυσης θερμότητας. Ειδική περίπτωση αποτελεί η ενέργεια από βιομάζα, η οποία είναι μεν ανανεώσιμη αλλά η μετατροπή της σε χρησιμοποιήσιμη μορφή (ακόμη και στην περίπτωση παραγωγής βιοαερίου) απαιτεί καύση και επομένως έχει ορισμένα χαρακτηριστικά με τις συμβατικές μορφές ενέργειας.

Παρά το γεγονός ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας βρίσκονται σε αρχικό στάδιο της ανάπτυξής τους, αρκετές από αυτές είναι ήδη ανταγωνιστικές με τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής ενέργειας. Προσφέρουν λύσεις σε αρκετά από τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά προβλήματα που συνδέονται με τα ορυκτά και κοινωνικά καύσιμα. Εντούτοις, ενώ αποδεικνύονται τεχνικά ικανές να αντικαταστήσουν σε μεγάλο βαθμό τελευταία, εμφανίζονται σε γενικότερες δαπανηρότερες προς το παρόν, λόγω της υποκοστολόγησης της τιμής της ενέργειας που παράγεται με συμβατικό τρόπο, γιατί σε αυτή δεν εμπεριέχεται το περιβαλλοντικό και το γενικότερο εξωτερικό κόστος.

Πρόσφατες εκτιμήσεις του εξωτερικού κόστους, από τις διάφορες μεθόδους που υπάρχουν για την παραγωγή ενέργειας περικλείοντας δαπάνες και οφέλη, αναδεικνύουν πως σε ότι αφορά τις ανανεώσιμες πηγές το κόστος αυτό είναι κατά πολύ χαμηλότερο από εκείνο των συμβατικών καυσίμων και της πυρηνικής ενέργειας.

Η παγκόσμια αγορά των τεχνολογιών που αξιοποιούν τις ανανεώσιμες πηγές είναι ταχύτατα αναπτυσσόμενη και μία ενδεχόμενη ταχεία διερεύνηση σε τοπικό, εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο προσφέρει πολύ σημαντικές προοπτικές για την ανάπτυξη των εμπορικών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων.

Επιπλέον, λόγω του αποκεντρωμένου τους χαρακτήρα προσφέρουν απασχόληση σε τοπικές εταιρείες και δυνατότητες για βιομηχανική ανάπτυξη. Ακόμη, αυξάνουν την ποικιλία από ενεργειακές πηγές, ιδιαίτερα σε σημεία όπου το δίκτυο πάσχει και ενισχύουν την ενεργειακή ανεξαρτησία και ασφάλεια μίας χώρας.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι γεωγραφικά διεσπαρμένες και συνεπώς βοηθούν το ενεργειακό σύστημα, δίνοντας τη δυνατότητα να καλύπτονται οι ανάγκες σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, μειώνοντας ταυτόχρονα τις απώλειες μεταφοράς ενέργειας. Επίσης είναι δυνατόν να ενισχυθεί ο τουρισμός, αναβαθμίζοντας την ποιότητα σε ορισμένους τομείς όπως τον οικοτουρισμό.

Εμφανίζουν χαμηλότερους κινδύνους για την υγεία και περιορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σύγκριση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Η υποκατάσταση των σταθμών παραγωγής ενέργειας από συμβατικές πηγές οδηγεί σε ελάττωση των εκπομπών από άλλους ρυπαντές, οξείδια θείου και αζώτου που συμμετέχουν στην όξινη βροχή.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα που εμποδίζουν την ευρεία αξιοποίησή τους, είναι η υψηλή διασπορά του δυναμικού τους, οι διακυμάνσεις της διαθεσιμότητάς τους απαιτώντας την εφεδρεία άλλων ενεργειακών πηγών ή επιπλέον δαπανών αποθήκευσης και η χαμηλή διαθεσιμότητά τους [1].

1.3.1. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ο ήλιος αποτελεί μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας και ζωής. Οι προσπάθειες για την ανάπτυξη εφαρμογών αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας έχουν τις ρίζες τους στα βάθη των αιώνων και συνεχίζεται αδιάκοπα με αμείωτο ενδιαφέρον έως τις ημέρες μας.

Τα κυριότερα συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας είναι τα εξής:

1. Ενεργητικά ηλιακά συστήματα, στα οποία η ηλιακή ακτινοβολία συλλέγεται με ειδικές διατάξεις στοιχείων και στη συνέχεια μεταφέρεται σε μορφή θερμότητας με κάποιο κατάλληλο ρευστό.

Η τεχνολογία των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων έχει βασικό χαρακτηριστικό τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας και τη μεταφορά της σε μορφή θερμότητας σε νερό, αέρα ή γενικά σε κάποιο ρευστό. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι αυτοτελείς διατάξεις που είναι δυνατόν να εξυπηρετούν ένα κτίριο αλλά και να συμβάλλουν αυτοτελώς στην παραγωγή ενέργειας, η οποία στη συνέχεια διατίθεται ανάλογα με τις απαιτήσεις.

Οι κυριότερες εφαρμογές των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων είναι οι ακόλουθες:

- Παραγωγή θερμού νερού.
- Θέρμανση χώρων.
- Θέρμανση κολυμβητικών δεξαμενών.
- Κλιματισμός χώρων.
- Ηλεκτροπαραγωγή, η οποία πραγματοποιείται με τη χρήση παραβολοειδών κατόπτρων.
- Γεωργικές χρήσεις (ξήρανση προϊόντων, θερμοκήπια) για τις οποίες απαιτούνται υψηλές ποσότητες ενέργειας.

2. Παθητικά ηλιακά συστήματα, στα οποία η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται με εκμετάλλευση του φαινομένου του θερμοκηπίου που δημιουργείται από την κατάλληλη αρχιτεκτονική διάταξη ενός κτιρίου και στη συνέχεια αποθηκεύεται και μεταφέρεται επίσης με κατάλληλη διαμόρφωση των δομικών στοιχείων του κτιρίου αυτού. Από τα ανωτέρω προκύπτει ότι τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν αναπόσπαστο μέρος ενός κτιρίου και ως εκ τούτου ο σχεδιασμός τους ενσωματώνεται στον ευρύτερο σχεδιασμό ενός κτιρίου. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα διακρίνονται στις εξής κύριες κατηγορίες:

- Συστήματα άμεσου κέρδους, όταν η συλλογή, η αποθήκευση και η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται μέσα στον εξυπηρετούμενο χώρο.
- Συστήματα έμμεσου κέρδους, όταν η συλλογή και αποθήκευση θερμότητας πραγματοποιείται σε χώρο που γειτνιάζει με εκείνον στον οποίο μεταδίδεται η θερμότητα.
- Συστήματα απομονωμένου κέρδους, όταν η συλλογή και αποθήκευση θερμότητας πραγματοποιείται σε χώρο / χώρους απομακρυσμένους από τον εξυπηρετούμενο, ενώ η μετάδοση θερμότητας επιτυγχάνεται με την κυκλοφορία θερμού αέρα.

3. Φωτοβολταϊκά συστήματα, τα οποία έχουν τη δυνατότητα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ως αποτέλεσμα του φωτοβολταϊκού φαινομένου, το

οποίο εμφανίζεται σε ημιαγώγιμα υλικά όταν αυτά εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα, όπως αθόρυβη λειτουργία, μηδενική εκπομπή ρύπων στον αέρα και στο έδαφος, δυνατότητα τοποθέτησης σε οροφές κτιριακών συγκροτημάτων, δυνατότητα αυτόνομης λειτουργίας, υψηλή διάρκεια ζωής, δυνατότητα επέκτασης τους και αύξηση της ισχύος τους. Αναφέρεται επίσης ότι η λειτουργία τους συνδυάζεται με τη λειτουργία συστημάτων άλλων μορφών ενέργειας και ειδικότερα των ανανεώσιμων.

Στα μειονεκτήματά τους συγκαταλέγεται το υψηλό κόστος επένδυσης και η δημιουργία περιορισμένων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Τα περιβαλλοντικά αυτά προβλήματα σχετίζονται με τη χρήση εκτεταμένης γης σε συστήματα υψηλότερα του MW, με άμεσο αντίκτυπο την οπτική διαταραχή και τις ενδεχόμενες επιπτώσεις στα οικοσυστήματα. Επιπλέον υπάρχει ένας δυνητικός αριθμός επιπτώσεων κατά την κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων που είναι μία διεργασία έντασης ενέργειας και κατά την οποία χρησιμοποιούνται κάποια ενδεχομένως τοξικά και επικίνδυνα υλικά.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα ανάλογα με την παραγόμενη ισχύ διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Αυτόνομα συστήματα μικρής ισχύος (0,001-100Wp).

Τα συστήματα της κατηγορίας αυτής χρησιμοποιούνται σε περιοχές που δεν είναι συνδεδεμένες με το δίκτυο ή σε τροχόσπιτα, σκάφη αναψυχής για την εξυπηρέτηση αναγκών φωτισμού, ψύξης και για προϊόντα όπως ηλεκτρονικοί υπολογιστές, φανοί και άλλα.

- Αυτόνομα συστήματα μέσης ισχύος (100Wp-200kWp).

Στην κατηγορία αυτή συγκαταλέγονται συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για οικίες και μικρούς οικισμούς που δεν είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο. Ακόμη, χρησιμοποιούνται για αφαλάτωση, άντληση και καθαρισμό νερού, φωτισμό οδών, πάρκων και αεροδρομίων, συστήματα τηλεμετρήσεων και συναγερμού και ψύξη αγροτικών προϊόντων και φαρμάκων.

- Συστήματα μέσης ισχύος (200kWp – αρκετά MWp).

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει: α) συστήματα μεγέθους έως μερικές εκατοντάδες kWp που τροφοδοτούν κτιριακά συγκροτήματα και η τυχόν πλεονάζουσα ενέργεια πωλείται στο δίκτυο, β) φωτοβολταϊκούς σταθμούς μεγέθους έως μερικών MWp που

χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία διοχετεύεται απευθείας στο δίκτυο [1].

1.3.2. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Οι άνεμοι, δηλαδή η μετακίνηση μεγάλων αερίων μαζών με ταχύτητα, από μία περιοχή σε άλλη, οφείλονται στην ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της Γης από την ηλιακή ακτινοβολία. Η κινητική ενέργεια των ανέμων, είναι δυνατόν με τη χρήση των σύγχρονων τεχνολογικών εφαρμογών να υπερκαλύψει τις παγκόσμιες ανάγκες σε κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας χάνεται στα βάθη της ιστορίας. Για πολλές εκατοντάδες χρόνια η ναυσιπλοΐα εκμεταλλευόταν το αιολικό δυναμικό, ενώ η χρήση του ανεμόμυλου ως κινητήρια μηχανή εγκαταλείφθηκε στα μέσα του περασμένου αιώνα. Η πετρελαϊκή κρίση στις αρχές της δεκαετίας του '70, επανέφερε στο προσκήνιο την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας.

Υπάρχουν διάφορα είδη ανεμογεννητριών, οι οποίες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1. Οριζοντίου άξονα. Ο δρομέας είναι τύπου έλικα και είναι διαρκώς παράλληλος ως προς την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους.
2. Κατακόρυφου άξονα. Ο δρομέας παραμένει σταθερός και κάθετος ως προς το επίπεδο του εδάφους.

Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από δύο παράγοντες: το μέγεθος της και την ταχύτητα του ανέμου. Το μέγεθος της ανεμογεννήτριας καθορίζεται από τις ενεργειακές ανάγκες και κυμαίνεται μεταξύ μερικών εκατοντάδων έως μερικών εκατομμυρίων Watt.

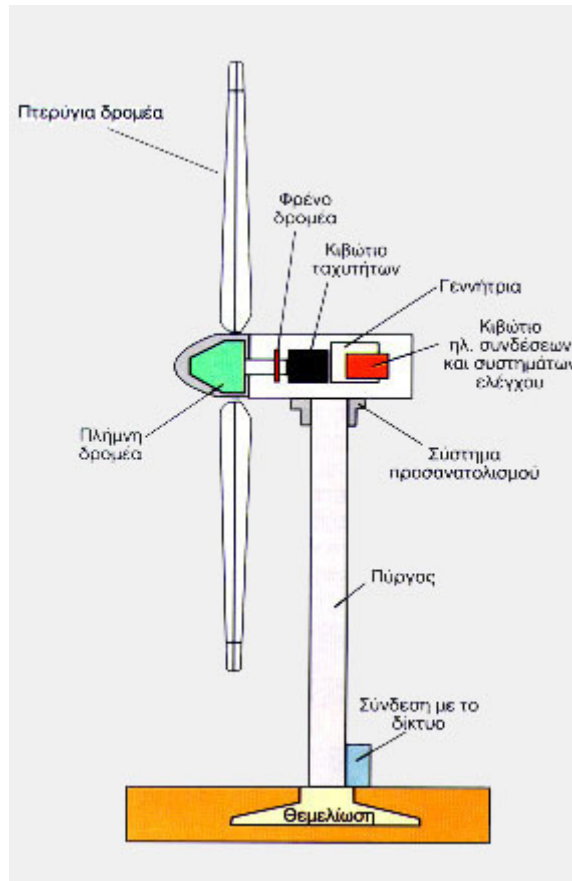
Οι τυπικές διαστάσεις μιας ανεμογεννήτριας 500 kW είναι οι ακόλουθες:

Διάμετρος δρομέα: 40 μέτρα.

Ύψος 40-50 μέτρα.

Η ανεμογεννήτρια ισχύος 3MW, διαθέτει διάμετρο δρομέα 80 μέτρα και ύψος 80–100 μέτρα.

Στην αγορά έχουν επικρατήσει κατά κύριο λόγο οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα, δύο ή τριών πτερυγίων.



Σχήμα 1: Τυπική ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα [2]

Μια τυπική ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα συγκροτείται από τα ακόλουθα μέρη:

- Τον δρομέα. Αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια ενισχυμένου πολυεστέρα. Τα πτερύγια προσδένονται πάνω στην πλήμη σταθερά, ή με δυνατότητα περιστροφής τους γύρω από τον διαμήκη άξονα τους με μεταβολή του βήματος.
- Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης. Αποτελείται από τον κύριο άξονα, τα έδρανα και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών. Το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας. Η ταχύτητα περιστροφής παραμένει σταθερή κατά την κανονική λειτουργία της μηχανής.
- Την ηλεκτρική γεννήτρια. Είναι σύγχρονη ή επαγωγική με τέσσερις (4) ή έξι (6) πόλους συνδεδεμένη με την έξοδο του πολλαπλασιαστή μέσω ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου. Μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και είναι εγκατεστημένη συνήθως επάνω στον πύργο της ανεμογεννήτριας. Παράλληλα υπάρχει το σύστημα πέδης, ένα συνηθισμένο δισκόφρενο εγκατεστημένο στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας.

- Το σύστημα προσανατολισμού. Οδηγεί συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να λαμβάνει θέση παράλληλη με τη διεύθυνση του ανέμου.
- Τον πύργο. Στηρίζει το σύνολο της ηλεκτρομηχανολογικής εγκατάστασης. Είναι κατά κανόνα σωληνωτός ή δικτυωτός και σπανιότερα κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- Τον ηλεκτρονικό πίνακα και τον πίνακα ελέγχου. Είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου. Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί, ελέγχει και συντονίζει το σύνολο των λειτουργιών της ανεμογεννήτριας.
- Ο μετασχηματιστής μετατροπής χαμηλής τάσης της ανεμογεννήτριας σε μέση τάση προκειμένου να πραγματοποιηθεί η τροφοδοσία του δικτύου της Δ.Ε.Η. Ο μετασχηματιστής εγκαθίσταται συνήθως παράπλευρα από την ανεμογεννήτρια.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα τα οποία σχετίζονται με την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας είναι τα ακόλουθα:

- Ανεξάντλητη πηγή ενέργειας.
- Τεχνολογικά ώριμες, οικονομικά ανταγωνιστικές, φιλικές προς το περιβάλλον εφαρμογές.
- Μη επιβάρυνση της τοπικής περιοχής με επικίνδυνους αέριους ρύπους.
- Ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας.
- Αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος μειώνοντας τις απώλειες μεταφοράς ενέργειας.

Στη συνέχεια παρατίθενται οι αρνητικές επιπτώσεις από τη χρήση των ανεμογεννητριών σε αιολικά πάρκα:

1. Θόρυβος.

Υπάρχουν δύο κατηγορίες θορύβου που εκπέμπονται από την ανεμογεννήτρια: α) Ο αεροδυναμικός θόρυβος, που σχετίζεται με την κίνηση των πτερυγίων στον αέρα και β) Ο μηχανικός θόρυβος που σχετίζεται με την κίνηση διαφόρων μηχανολογικών μερών. Παράγοντας που μειώνει τη γένεση του αεροδυναμικού θορύβου είναι η βελτίωση της σχεδίασης των πτερυγίων. Για τη μείωση του μηχανικού θορύβου, πραγματοποιούνται προσπάθειες στη βελτίωση της ποιότητας των κινούμενων μεταλλικών μερών, στην επιτυχημένη συναρμολόγηση των τμημάτων και στην ορθή συντήρησή της. Επίσης η ύπαρξη νομοθετικού πλαισίου που διασφαλίζει την ύπαρξη μίας διαχωριστικής ζώνης ακτίνας 500m, περιμετρικά της ανεμογεννήτριας εξασφαλίζει τη μείωση της ενόχλησης από τον παραγόμενο θόρυβο.

2. Πρόκληση ατυχημάτων σε πουλιά.

Οι τρόποι με τους οποίους η λειτουργία των ανεμογεννητριών επηρεάζει τη ζωή και την ασφάλεια των πουλιών είναι: α) Η σύγκρουση των πουλιών με τις ανεμογεννήτριες και β) Η παρενόχληση της διαβίωσής τους με αποτέλεσμα τη μείωση του πλήθους τους στην περιοχή όπου γίνεται αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Όπως αναφέρεται στη διεθνή βιβλιογραφία, ο αριθμός ατυχημάτων πουλιών ανά μονάδα μήκους ενός αιολικού πάρκου δεν είναι σε καμία περίπτωση υψηλότερος από το πλήθος εκείνων ανά μονάδα μήκους μίας εθνικής οδού ή ενός υπέργειου ηλεκτρικού δικτύου υψηλής τάσης.

3. Οπτική όχληση.

Η εγκατάσταση και κυρίως η περιστροφική κίνηση μεγάλων κατασκευών σε μία περιοχή προκαλούν οπτική όχληση. Παράγοντες που επηρεάζουν θετικά την κοινή γνώμη είναι ο σχεδιασμός των ανεμογεννητριών με κυλινδρικούς ατσάλινους πύργους, κατάλληλα βαμμένους, η οπτική ομοιομορφία και η διάταξη των ανεμογεννητριών σε σειρά.

4. Ηλεκτρομαγνητική παρενόχληση.

Είναι γνωστό ότι οποιαδήποτε μεγάλη κατασκευή που περιέχει σημαντικά μεταλλικά μέρη, είναι πιθανόν να παρενοχλεί τη διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών σημάτων. Ο βαθμός της ηλεκτρομαγνητικής παρενόχλησης εξαρτάται α) από το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένα τα πτερύγια και β) από τη γεωμετρία του πύργου. Όσον αφορά τα υλικά των πτερυγίων, αποδεικνύεται ότι το ξύλο απορροφά μάλλον παρά ανακλά τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα σε αντίθεση με τα μεταλλικά πτερύγια ή εκείνα που περιέχουν μεταλλικά μέρη για λόγους αυξημένης αντοχής ή τέλος εκείνα που είναι κατασκευασμένα από πλαστικό ενισχυμένο με υαλώδεις ίνες και εποξικές ρητίνες. Τα προβλήματα με την ηλεκτρομαγνητική παρενόχληση των τηλεοπτικών σημάτων που είναι και τα πλέον συχνά, μπορούν να λυθούν με ενισχυτές σήματος, καλωδιακών συνδέσεων και επαναρύθμισης των κεραιών. Επίσης, εκτός από την ηλεκτρομαγνητική παρενόχληση των τηλεοπτικών σημάτων, περισσότερο ευαίσθητα είναι τα σήματα στη ζώνη VHF, γεγονός που επηρεάζει διάφορες τηλεπικοινωνίες. Για αυτόν τον λόγο επιβάλλεται η απαγόρευση εγκατάστασης ανεμογεννήτριας κοντά σε αεροδρόμια, ραντάρ και άλλες ευαίσθητες περιοχές. Επιπλέον η σχετική νομοθεσία στην Ελλάδα, προβλέπει απόσταση υψηλότερη των 3km μεταξύ ανεμογεννητριών και τέτοιων περιοχών [3].

1.3.3. ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΥΜΑΤΩΝ

Ο θαλάσσιος κυματισμός αποτελεί, όπως όλες οι μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.), μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, ενώ διαθέτει μεταξύ των Α.Π.Ε. την υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα. Το ενεργειακό δυναμικό στους ωκεανούς του πλανήτη μας εκτιμάται εξαιρετικά υψηλό. Η εκμετάλλευση ενός μικρού μόνον ποσοστού του δυναμικού αυτού θα μπορούσε θεωρητικά να υπερκαλύψει τις ενεργειακές ανάγκες παγκοσμίως. Οι ευρωπαϊκές χώρες που περιβρέχονται από τον Ανατολικό Ατλαντικό διαθέτουν από τους υψηλότερους πόρους κυματικής ενέργειας παγκοσμίως, ενώ αξιοποιήσιμο είναι και το κυματικό δυναμικό του Αιγαίου Πελάγους [4].

Οι σημαντικότερες δυσκολίες που αντιμετωπίζονται στην εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας είναι:

- Τυχαίοι θαλάσσιοι κυματισμοί ως προς το ύψος, τη φάση και τη διεύθυνσή τους. Κατά αυτόν τον τρόπο, είναι δύσκολο να επιτευχθεί μέγιστη απόδοση μιας συσκευής σε όλο το εύρος των συχνοτήτων διέγερσής της από τους θαλάσσιους κυματισμούς.
- Οι φορτίσεις που οφείλουν να αναληφθούν από τις συσκευές σε περίπτωση ακραίων καιρικών συνθηκών, όπως τυφώνες, ενδέχεται να είναι και εκατονταπλάσια υψηλότερες από τις μέσες φορτίσεις που δέχονται οι κατασκευές σε συνήθεις καταστάσεις λειτουργίας.
- Η σύζευξη της ακανόνιστης, αργής κίνησης του κυματισμού (συχνότητας περίπου 0.1 Hz) με ηλεκτρικούς κινητήρες απαιτεί συνήθως περί τις 500 φορές υψηλότερη συχνότητα.

Η κύρια πρόκληση κατά συνέπεια είναι η σχεδίαση συστημάτων με:

- Υψηλό βαθμό αξιοπιστίας.
- Χαμηλό κόστος.
- Ασφάλεια [5].

Διακρίνονται έξι κύριοι τύποι μηχανών, όπου κάθε μια χρησιμοποιεί μία διαφορετική βασική αρχή για την παραγωγή ηλεκτρισμού:

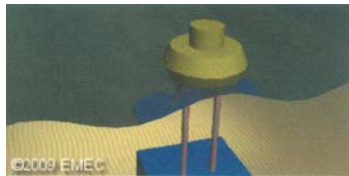
1. Συσκευές μακρόστενης μορφής (attenuator).



Πρόκειται για πλωτές επιμήκεις κατασκευές μικρής μετωπικής επιφάνειας, που λειτουργούν παράλληλα με τους κυματισμούς και κινούνται στην επιφάνεια τους. Οι

κινήσεις κατά μήκος της μηχανής μπορούν επιλεκτικά να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας μέσω υδραυλικού κυρίως μηχανισμού. Η μετωπική επιφάνεια τους προς το κύμα είναι μικρή, σε σύγκριση με άλλες συσκευές, όπου το κύμα τερματίζει την πορεία του, οπότε η συσκευή καταπονείται από μικρότερες δυνάμεις. Συσκευές αυτού του τύπου είναι το Pelamis, το Oceantech, το Dexawave.

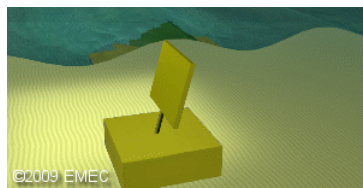
2. Σημειακοί απορροφητές ενέργειας (point absorbers).



Συνήθως είναι πλωτές κατασκευές, που απορροφούν την ενέργεια από όλες τις κατευθύνσεις μέσω της κίνησής τους στην επιφάνεια του νερού ή κοντά σε αυτήν. Το σύστημα ανάκτησης της ενέργειας (power take-off) είναι

δυνατόν να λαμβάνει διάφορες μορφές ανάλογα με τη διαμόρφωση της αντίδρασης στην κίνηση του πλωτήρα. Συσκευές αυτού του τύπου προσέγγισης αποτελούν το WaveStar, το OPT, το Wavebob, το FredOlsen& Co και το Manchesterbobber.

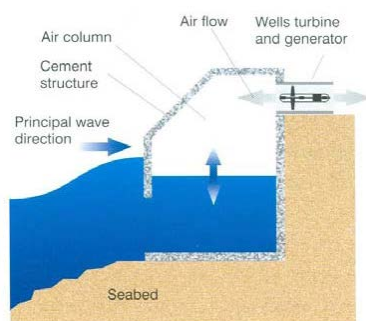
3. Συσκευές οριζόντιας κυματικής παλινδρόμησης (Oscillating Wave Surge Converter).



Οι συσκευές αυτές προσλαμβάνουν την ενέργεια από την κατά την οριζόντια κατεύθυνση, κίνηση των στοιχείων του νερού, κατά τον θαλάσσιο κυματισμό.

Ένας βραχίονας παλινδρομεί σαν εκκρεμές στηριγμένος σε περιστρεφόμενη άτρακτο. Η διεύθυνση της άτρακτου είναι κάθετη στην κίνηση τόσο του νερού όσο και του βραχίονα. Ενδεικτικά αναφέρονται συσκευές αυτού του τύπου όπως το Oyster, το Waveroller, το LangleeSystem και το NeptuneTriton.

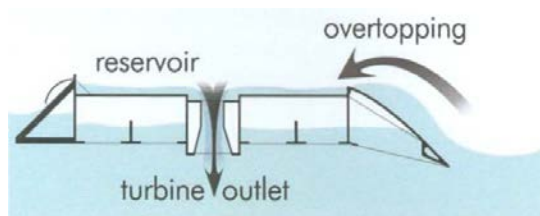
4. Παλινδρομούσα στήλη νερού (Oscillating Water Column).



Είναι συσκευές που διαθέτουν μια ημιβυθισμένη κενή εσωτερικά κατασκευή σε μορφή θαλάμου. Ο θάλαμος είναι ανοικτός προς την πλευρά της θάλασσας με το άνω τμήμα του ανοίγματος κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού. Στο εσωτερικό του, πάνω από την επιφάνεια του νερού, έχει μια στήλη αέρα. Τα κύματα κινούν παλινδρομικά τη στήλη του νερού στο εσωτερικό του θαλάμου η οποία με τη σειρά της συμπιέζει και εκτονώνει την υπερκείμενη στήλη αέρα. Όταν η στήλη νερού ανέρχεται, ο εγκλωβισμένος αέρας οδηγείται προς και από την ατμόσφαιρα μέσω ενός αεροστροβίλου. Όταν η στήλη κατέρχεται, αναρροφάται

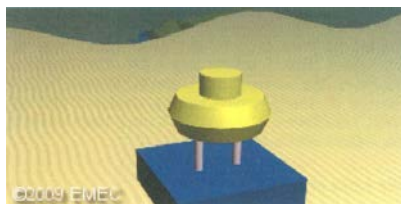
αέρας από την ατμόσφαιρα μέσω του ίδιου αεροστροβίλου, που στρέφεται γενικά προς την ίδια κατεύθυνση ανεξάρτητα από την φορά κίνησης του αέρα. Η ροπή από περιστροφική κίνηση του αεροστροβίλου χρησιμοποιείται για την κίνηση μίας γεννήτριας και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι συσκευές αυτές αρχικά σχεδιάστηκαν για εγκατάσταση επί της ακτής σε κυματοθραύστες ή άλλες κατασκευές. Στη συνέχεια δοκιμάστηκαν συσκευές αυτής της τεχνολογίας που επέλεξαν για εγκατάσταση στην ανοικτή θάλασσα με κατάλληλη αγκύρωση. Συσκευές αυτού του τύπου αποτελούν το Wavegen, το Oceanlinx και το OceanEnergyBuoy.

5. Συσκευές υπερπήδησης του νερού (Overtopping device).



Είναι συσκευές που βασίζονται στη φυσική συλλογή του νερού, που συλλαμβάνεται σε μια ανοικτή δεξαμενή, το χείλος της οποίας βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και γεμίζει με τον θαλάσσιο κυματισμό. Το νερό επιστρέφει στη θάλασσα μέσω ενός συμβατικού υδροστροβίλου, μικρού ύψους πτώσης, ο οποίος μέσω γεννήτριας, παράγει την ηλεκτρική ενέργεια. Η ενέργεια παράγεται με χρήση της δυναμικής ενέργειας του νερού, που βρίσκεται στην ανοικτή δεξαμενή ψηλότερα από τη στάθμη της θάλασσας. Αναφέρονται ως συσκευές αυτής της κατηγορίας το WaveDragon, το Waveplane και το Seawaveslot.

6. Βυθισμένες συσκευές διαφοράς πίεσης (Submerged pressure differential).



Οι συσκευές αυτές τυπικά βρίσκονται κοντά στην ακτή και στηρίζονται στον βυθό. Η κίνηση του κύματος στην επιφάνεια διαφοροποιεί την υποκείμενη πίεση η οποία μεταφέρεται κατάλληλα στο μηχανισμό παραγωγής ενέργειας. Παράδειγμα τέτοιας συσκευής είναι το AWS.

7. Άλλες συσκευές οι οποίες δεν κατατάσσονται σε κάποια κατηγορία. Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται συσκευές διαφορετικής σχεδίασης από τις πλέον γνωστές τεχνολογίες που προαναφέρθηκαν, όπως για παράδειγμα το waverotor, που είναι μια μορφή στροβίλου που κινείται κατευθείαν από τα κύματα. Ή επίσης εύκαμπτες κατασκευές που αλλάζουν σχήμα και όγκο και που αποτελούν τμήμα του συστήματος μετατροπής της ενέργειας [6].

1.3.4. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

Οι αιτίες που δημιουργούν θαλάσσια ρεύματα είναι:

α Οι παλίρροιες. Εμφανίζουν τη μέγιστη ταχύτητά τους συνήθως στις παράκτιες περιοχές, σε περιοχές που είναι δυνατόν να υλοποιηθούν τεχνικά έργα απόληψης της ενέργειας.

β Οι άνεμοι. Δημιουργούν αργά ρεύματα, όχι όμως τόσο πρόσφορα για απόληψη ενέργειας όσο τα παλιρροϊκά ρεύματα.

γ Οι θερμοκρασιακές διαφορές και οι διαφορές αλατότητας. Πρόκειται για δημιουργία αργών ρευμάτων στα βαθιά.

Η τεχνολογία παραγωγής ενέργειας από θαλάσσια παλιρροϊκά ρεύματα εκμεταλλεύεται την άνοδο και την πτώση της στάθμης των ωκεανών που οφείλεται στην αλληλεπίδραση των πεδίων βαρύτητας στα πλανητικά συστήματα του Ήλιου, της Γης και της Σελήνης. Η μέση περίοδος των ρευμάτων αυτών είναι ημερήσια, δηλαδή περίπου εικοσιτέσσερις ώρες. Κατά τη διάρκεια του έτους η κίνηση των ρευμάτων επηρεάζεται από την σχετική θέση των τριών πλανητών μεταξύ τους.

Η κατακόρυφη κίνηση της ανόδου και πτώσης της στάθμης των παλιρροϊών συνοδεύεται και από οριζόντια κίνηση υδάτινων μαζών που αναφέρονται σαν παλιρροϊκά ρεύματα. Κατά συνέπεια επιβάλλεται να πραγματοποιηθεί διάκριση μεταξύ της παλιρροϊκής δυναμικής ενέργειας (tidal range energy) και της κινητικής ενέργειας των σωματιδίων του νερού στη παλίρροια (tidal current energy).

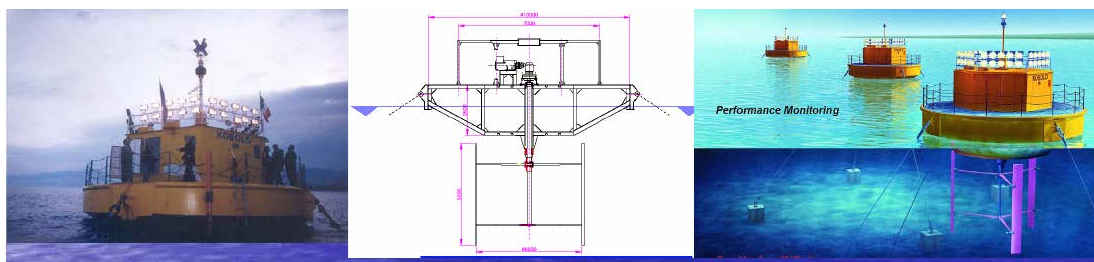
Η παγκόσμια δυναμική παλιρροϊκή ενέργεια εκτιμάται σε 3TW, εκ των οποίων το 1TW είναι διαθέσιμο σε σχετικά αβαθή νερά. Στην Ευρώπη, η Αγγλία και η Γαλλία έχουν την σχετικά υψηλότερη ενέργεια της κατηγορίας αυτής με διαφορά στάθμης του νερού που αγγίζει τα 10m.

Πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι τα θαλάσσια ρεύματα διαθέτουν δυναμικό ικανό να καλύψει σημαντικό μέρος των μελλοντικών ενεργειακών αναγκών. Εκτιμάται ότι η εγκατεστημένη ισχύς στροβιλομηχανών εκμετάλλευσης της ενέργειας των θαλάσσιων ρευμάτων είναι δυνατόν να υπερβεί τα 12.000 MW.

Υψηλές ταχύτητες ρευμάτων, αναπτύσσονται σε περιοχές γύρω από τη Βρετανία και την Ιρλανδία, μεταξύ των νησιών της Μάγχης και της Γαλλίας, στο στενό της Μεσσίνας, μεταξύ Ιταλίας και Σικελίας, μεταξύ νησιών στο Αιγαίο, στη Νότια – Ανατολική Ασία και στην Ανατολική και Δυτική ακτή του Καναδά

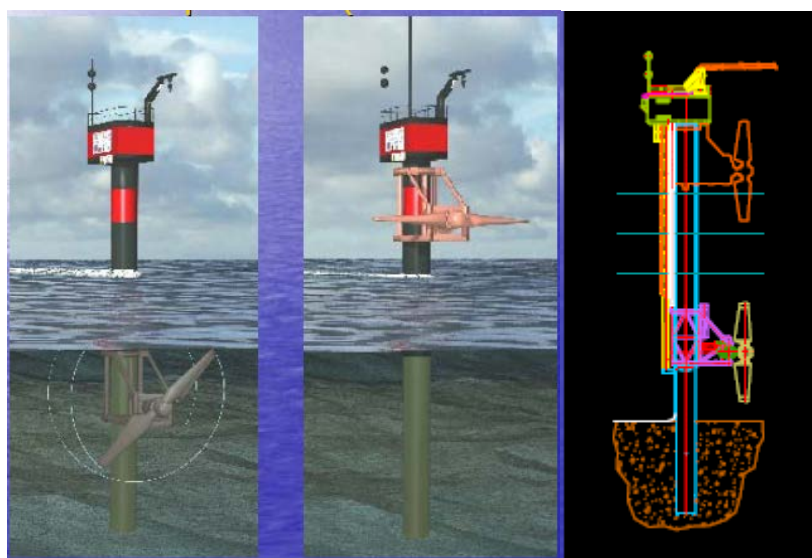
Οι σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις αφορούν τις ακόλουθες συσκευές:

1. Συσκευή Kobold (Ponte di Archimede SpA, Ιταλία).



Πρόκειται για μία τουρμπίνα κατακόρυφου άξονα που κινεί έναν σύγχρονο κινητήρα. Η ανάπτυξη της συσκευής αυτής ξεκίνησε το 1995. Η διεύθυνση της περιστροφής του ρότορα, διαμέτρου έξι (6) μέτρων, τριών (3) πτερυγίων με μεταξύ τους απόσταση πέντε (5) μέτρων, είναι ανεξάρτητη από τη διεύθυνση του ρεύματος. Το σύστημα είναι εγκαταστημένο σε πλωτή πλατφόρμα, διαμέτρου 10m, έχει σχεδιασθεί για βάθη νερού μέχρι 30 m και μέγιστη ταχύτητα ρεύματος 2m/sec. Η δυνατότητα ηλεκτρικής παραγωγής εκτιμάται σε 25kW για 1.8m/sec ταχύτητα ρεύματος, όπως επίσης και σε 80kW για 3m/sec.

2. Συσκευή SeaFlow (Marine Current Turbines Ltd., U.K.).



Πρόκειται για κατακόρυφο πυλώνα, πακτωμένο στον πυθμένα, πάνω στον οποίο προσαρμόζεται ρότορας οριζόντιου άξονα, ο οποίος έχει τη δυνατότητα πλήρους εξόδου από το νερό για εργασίες συντήρησης. Λειτουργεί πιλοτική εγκατάσταση 1km ανοικτά του Foreland Point, στο Devon, του Ηνωμένου Βασιλείου, σε βάθος νερού 30m. Ο ρότορας έχει διάμετρο 15m και μπορεί να παράγει 300kW σε ταχύτητα ρεύματος 2.7 m/sec [5].

1.3.5. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η γεωθερμική ενέργεια είναι η περιεχόμενη θερμότητα στο εσωτερικό της γης, που προκαλεί σε παγκόσμια κλίμακα διάφορα γεωλογικά φαινόμενα. Στις μέρες μας, ο όρος ‘γεωθερμική ενέργεια’ χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη γήινη θερμότητα που είναι δυνατόν να ανακτηθεί και να αξιοποιηθεί.

Μετά το πέρας του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου, η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας κατέστη προσφιλής σε πολλά κράτη, λόγω της οικονομικής ανταγωνιστικότητάς της, έναντι των συμβατικών μορφών ενέργειας. Επιπλέον η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας διέθετε το πλεονέκτημα της εγχώριας παραγωγής της.

Οι γεωθερμικοί πόροι διακρίνονται σε:

- Χαμηλής ενθαλπίας (250-1000°C).
- Μέσης ενθαλπίας (1000-1500°C).
- Υψηλής ενθαλπίας (>1500°C).

σύμφωνα με το ενεργειακό τους περιεχόμενο και το είδος αξιοποίησής τους.

Ο ηλεκτροπαραγωγικός τομέας είναι ο πλέον σημαντικός τομέας εκμετάλλευσης των γεωθερμικών πόρων υψηλής θερμοκρασίας (>1500°C). Παράλληλα, οι μέσης και χαμηλής θερμοκρασίας πόροι (<1500°C) χρησιμοποιούνται σε άλλους τύπους ενεργειακών εφαρμογών.

Η ηλεκτροπαραγωγή, πραγματοποιείται σε μονάδες συμβατικών ατμοστροβίλων ή δυαδικού κύκλου, ανάλογα με τις ιδιότητες του γεωθερμικού πόρου.

Άλλες εφαρμογές των γεωθερμικών ρευστών είναι οι ακόλουθες:

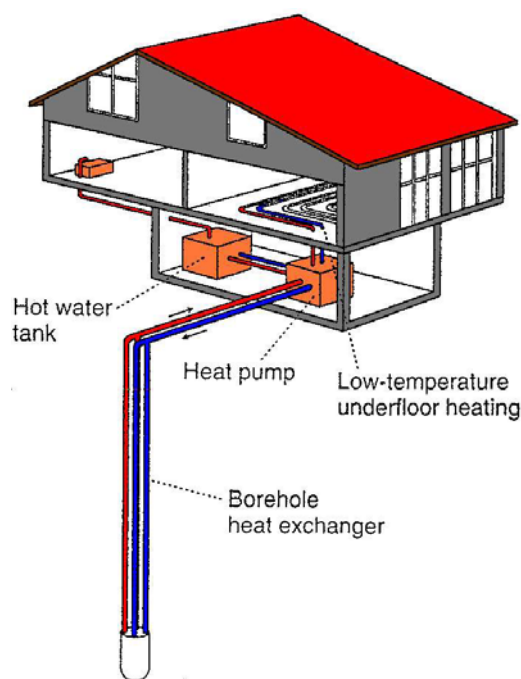
- Λουτροθεραπεία.
- Τηλεθέρμανση.
- Αγροτικές εφαρμογές, υδατοκαλλιέργειες, θέρμανση θερμοκηπίων.
- Γεωθερμικός κλιματισμός (θέρμανση και ψύξη).

Επίσης είναι δυνατή η αξιοποίηση των γεωθερμικών ρευστών (ατμός, νερό), σε όλο το θερμοκρασιακό εύρος, σε βιομηχανικές εφαρμογές.

Οι βιομηχανικές εφαρμογές εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας περιλαμβάνουν την εξάτμιση, την ξήρανση, την απόσταξη, την αποστείρωση, την τήξη πάγων, την ανάκτηση αλάτων, την εμφιάλωση νερού και ανθρακούχων ποτών, την παραγωγή χαρτιού και τμημάτων αυτοκινήτων, την ανάκτηση ελαίου, την

παστερίωση γάλακτος, τη χρήση στη βυρσοδεψία, τη χημική ανάκτηση προϊόντων, και την παραγωγή βορικών αλάτων και βορικού οξέος.

Αναφέρεται ότι στην Ιαπωνία λειτουργεί βιομηχανία που αξιοποιεί τις λευκαντικές ιδιότητες του υδρόθειου (H_2S) των γεωθερμικών υδάτων, στην κατασκευή υψηλής ποιότητας υφασμάτων γυναικείας ένδυσης. Στο ίδιο κράτος, εφαρμόζεται μια πειραματική μέθοδος για την κατασκευή ενός 'γεωθερμικού ξύλου', χαμηλού βάρους, κατάλληλου να χρησιμοποιηθεί σε ειδικές κατασκευές. Το ξύλο επεξεργάζεται με το γεωθερμικό νερό, τα πολυσακχαρίδια του ξύλου υφίστανται υδρόλυση, με αποτέλεσμα το υλικό να καθίσταται πλέον πορώδες και χαμηλότερου βάρους.



Σχήμα 2: Τυπική εφαρμογή συστήματος αντλιών θερμότητας που είναι συνδεδεμένες με το υπέδαφος [7]

Η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας συνοδεύεται από ένα πλήθος περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνοψίζονται ως εξής:

- Γεωτρήσεις.
- Η περιεκτικότητα των γεωθερμικών ρευστών (ατμός ή θερμό νερό) σε αέρια, όπως διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), υδρόθειο (H_2S), αμμωνία (NH_3), μεθάνιο (CH_4), ίχνη άλλων αερίων, όπως και διαλυμένες χημικές ενώσεις, των οποίων η περιεκτικότητα αυξάνεται σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το χλωριούχο νάτριο ($NaCl$), το βόριο (B), το αρσενικό (As) και ο υδράργυρος

(Hg) συνιστούν πηγές ρύπανσης του επιφανειακού περιβάλλοντος. Η εκπομπή υδρόθειου αποτελεί σημαντικό παράγοντα ρύπανσης.

- Η απόρριψη γεωθερμικών υδάτων υψηλότερης θερμοκρασίας, της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, συνιστά ενδεχόμενη ρυπαντική πηγή. Για τον λόγο αυτό, απαιτείται τα γεωθερμικά ρευστά υψηλής περιεκτικότητας σε βόριο, φθόριο και αρσενικό, να υφίστανται κατάλληλη επεξεργασία πριν από τη διάθεσή τους ή να εισάγονται εκ νέου στον ταμιευτήρα.
- Πρόκληση ή αύξηση σεισμικών φαινομένων εξαιτίας της απόληψης ή επανεισαγωγής γεωθερμικών ρευστών.
- Καθιζήσεις εδάφους, εξαιτίας της άντλησης υψηλών ποσοτήτων γεωθερμικών ρευστών των ταμιευτήρων.
- Παραγόμενος θόρυβος από τη λειτουργία γεωθερμικών εγκαταστάσεων, στην περίπτωση εγκαταστάσεων ηλεκτροπαραγωγής [7].

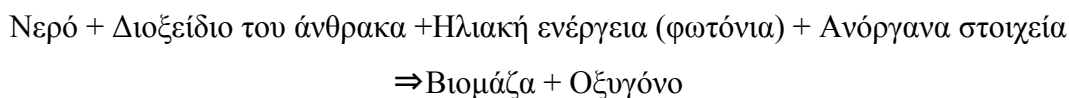
1.3.6. BIOMAZA

Με τον όρο βιομάζα, υποδηλώνεται η ύλη βιολογικής (οργανικής) προέλευσης. Ως βιομάζα εννοείται:

- Οι φυτικές ύλες των φυσικών οικοσυστημάτων, (αυτοφυή φυτά, δάση), είτε των ενεργειακών καλλιεργειών. Με τον όρο ενεργειακές καλλιέργειες αναφέρεται η καλλιέργεια γεωργικών και δασικών ειδών, (σόργο, σακχαρούχο, καλάμι, ευκάλυπτος) για παραγωγή ενέργειας μέσω της παραγωγής βιομάζας.
- Τα παραπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, (άχυρα, στελέχη αραβόσιτου, στελέχη βαμβακιάς, κλαδοδέματα, κλαδιά δένδρων, φύκη, κτηνοτροφικά απόβλητα, κληματίδες).
- Τα παραπροϊόντα της μεταποίησης ή επεξεργασίας των υλικών αυτών, (τα ελαιοπυρηνόξυλα, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, πριονίδι).
- Καυσόξυλα και ξυλάνθρακες.
- Τα αστικά λύματα και τα απορρίμματα με βιολογική προέλευση.

Πρόκειται για δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή ηλιακής ενέργειας που παράγεται από τη διαδικασία φωτοσύνθεσης των φυτικών οργανισμών. Κατά τη διαδικασία φωτοσύνθεσης, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια μέσω ενός πλήθους διεργασιών, εκμεταλλευόμενη ως κύριες πρώτες ύλες το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας, όπως επίσης το νερό και τα ανόργανα

συστατικά του έδαφος. Το σύνολο των διεργασιών αυτών είναι δυνατόν να παρασταθεί ως ακολούθως:



Η ετήσια παραγόμενη βιομάζα σε παγκόσμια κλίματα εκτιμάται σε 172 δισεκατομμύρια τόνους ξηρού υλικού. Το ενεργειακό της περιεχόμενο υπολογίζεται δεκαπλάσιο της συνολικά παγκόσμια ετησίως καταναλισκόμενης ενέργειας. Το υψηλό αυτό ενεργειακό δυναμικό, κατά το μεγαλύτερο μέρος του δεν αξιοποιείται, δεδομένου ότι η βιομάζα συνεισφέρει, σε ποσότητα μόλις ίση με το 1/7 της παγκόσμια καταναλισκόμενης ενέργειας.

Οι εφαρμογές της βιομάζας στη χώρα μας, αφορούν κυρίως στους τομείς της παραγωγής θερμότητας στον οικιακό τομέα, της θέρμανσης θερμοκηπίων και ελαιουργείων. Παράλληλα με την υιοθέτηση πλέον εξελιγμένων μεθόδων, η βιομάζα είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί στον τομέα της βιομηχανίας (εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παραγωγή προϊόντων ξυλείας, ασβεστοκάμινοι). Η προοπτική ενεργειακής εκμετάλλευσης της βιομάζας στην Ελλάδα θεωρείται ευοίωνη, αφενός λόγω του άμεσα διαθέσιμου δυναμικού, αφετέρου λόγω του γεγονότος ότι η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας είναι οικονομικά ανταγωνιστική σε σχέση με τις συμβατικές μορφές ενέργειας. Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί η δυνατότητα παραγωγής βιομάζας μέσω ενεργειακών καλλιεργειών όπου χαρακτηρίζονται από υψηλότερη παραγωγή ανά μονάδα έκτασης και διαδικασίες απλούστερης συλλογής.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα από την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας είναι τα κάτωθι:

1. Περιορισμός της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα. Κατά την καύση της βιομάζας σημειώνεται παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), αλλά κατά την παραγωγή αυτής απορροφώνται σεβαστές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα.
2. Μη εκπομπή αέριων ρύπων διοξειδίου του θείου (SO_2) που συμμετέχει στη δημιουργία 'όξινης βροχής', δεδομένου ότι η περιεκτικότητα της βιομάζας στο στοιχείο θείο εκτιμάται ως αμελητέα.
3. Ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας.
4. Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και ενίσχυση της αγροτικής περιφέρειας.

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα που σχετίζονται με την ενεργειακή εκμετάλλευση της βιομάζας είναι τα ακόλουθα:

1. Υψηλός όγκος και υψηλή περιεκτικότητά σε υγρασία.
2. Δυσχέρειες στις διαδικασίες συλλογής, μεταποίησης, μεταφοράς και αποθήκευσης.
3. Εγκαταστάσεις και εξοπλισμός υψηλού κόστους.
4. Υψηλή διασπορά και εποχιακή παραγωγή.

Η βιομάζα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (παραγωγή θερμότητας, ψύξης, ηλεκτροπαραγωγή) είτε μέσω της διαδικασίας της απευθείας καύσης, είτε μέσω της μετατροπής της σε αέρια, υγρά ή / και στερεά καύσιμα με την εφαρμογή θερμοχημικών ή βιοχημικών διεργασιών. Οι κυριότερες χρήσεις της βιομάζας συνοψίζονται ως ακολούθως:

1. Κάλυψη αναγκών θέρμανσης-ψύξης ηλεκτρισμού στον γεωργικό και βιομηχανικό τομέα.
2. Τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών.
3. Θέρμανση θερμοκηπίων.
4. Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή βιομάζας.
5. Παραγωγή υγρών καυσίμων με θερμοχημική μετατροπή βιομάζας.
6. Ενεργειακές καλλιέργειες.
7. Παραγωγή βιοαερίου για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού.
8. Παραγωγή οργανοχημικών λιπασμάτων από πτηνοτροφικά απόβλητα [8].

1.3.7. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η υδραυλική ενέργεια αξιοποιεί τις υδατοπτώσεις με στόχο την παράγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή και τον μετασχηματισμό σε απολήψιμη μηχανική. Στη χώρα μας πληθώρα υδραυλικών τροχών, νερόμυλων, υδροτριβείων, πριονιστηρίων, κλωστοϋφαντουργείων και άλλων μηχανισμών υδροκίνησης συνεχίζουν ακόμη και σήμερα να χρησιμοποιούν τη δύναμη του νερού, με απόλυτα φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο.

Το μικρό-υδροηλεκτρικό δυναμικό των χιλιάδων μικρών ή μεγαλύτερων υδατορευμάτων και πηγών της ορεινής Ελλάδας αξιοποιείται από αποκεντρωμένους, αναπτυξιακούς μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς πολλαπλής χρησιμότητας, που μπορεί να λειτουργούν ταυτόχρονα και για την κάλυψη υδρευτικών, αρδευτικών αλλά

και άλλων τοπικών αναγκών αναψυχής και αθλητισμού. Οι πολύ υψηλοί βαθμοί απόδοσης των υδροστροβίλων, που μερικές φορές υπερβαίνουν και το 90%, αλλά και η πολύ υψηλή διάρκεια ζωής των μικρο-υδροηλεκτρικών έργων, που μπορεί να υπερβαίνει και τα 100 έτη, αποτελούν δείκτες ενεργειακής αποτελεσματικότητας και τεχνολογικής ωριμότητας των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών.

Η ονομαστική εγκατεστημένη ισχύς ενός μικρού υδροηλεκτρικού έργου και η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από αυτά είναι ανάλογη της παροχής που περνά μέσα από τον υδροστρόβιλο και της υψομετρικής διαφοράς που καλύπτει το νερό στην πορεία του προς τον υδροστρόβιλο μέσα από τον αγωγό πίεσης.

Ένα μικρό υδροηλεκτρικό έργο περιλαμβάνει:

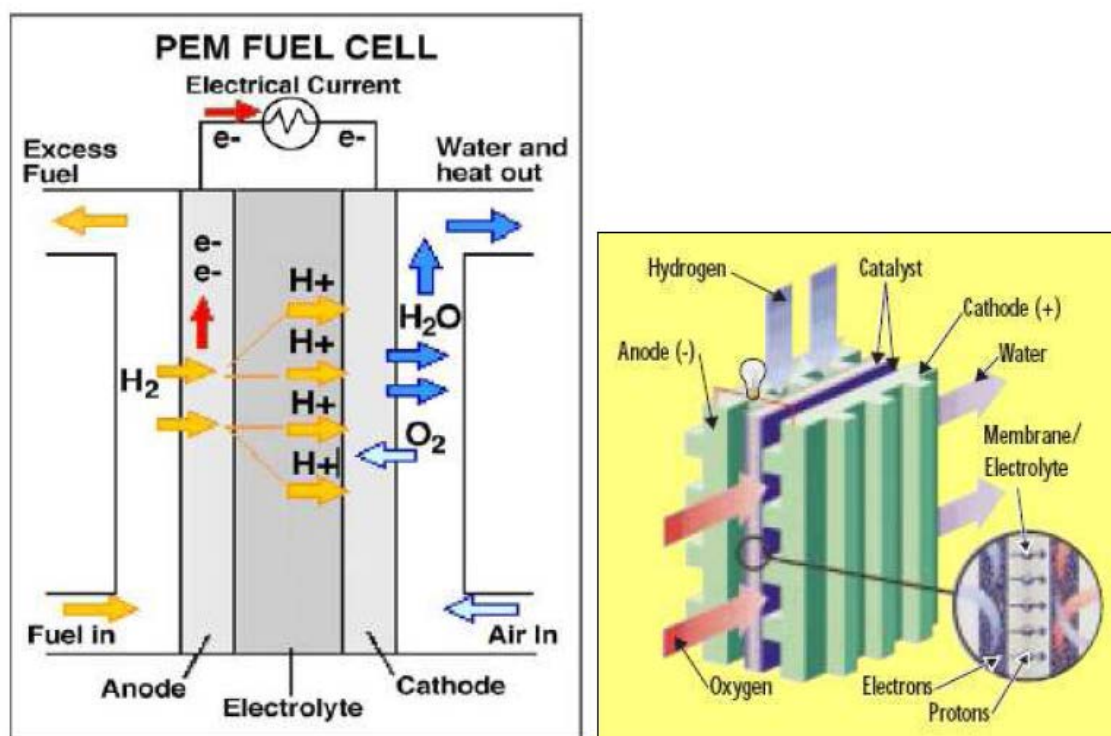
- Το σύστημα υδροληψίας – υδρομάστευσης, έναν απλό υδατοφράκτη που θα μπορούσε να συμβάλλει και στην αύξηση του διαθέσιμου ύψους πτώσης ή στη ρύθμιση της παροχής.
- Το σύστημα προσαγωγής, αποτελούμενο από έναν ανοικτό ή κλειστό αγωγό.
- Τη δεξαμενή φόρτισης.
- Τον καταθλιπτικό αγωγό.
- Τον κύριο σταθμό παραγωγής που μπορεί να περιλαμβάνει έναν ή περισσότερους υδροστρόβιλους.
- Μία σύγχρονη ή επαγωγική ηλεκτρογεννήτρια.
- Ένα κατάλληλο σύστημα ρύθμισης – ελέγχου – προστασίας – παρακολούθησης.
- Τη διώρυγα φυγής από τον σταθμό παραγωγής προς το υδατόρεμα.
- Τα συστήματα διασύνδεσης με τις γραμμές μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ανάπτυξη και η λειτουργία των υδροηλεκτρικών έργων, αν και από πρώτη άποψη απαλλάσσονται από την εκπομπή συμβατικών ρυπαντικών φορτίων, όπως οι αέριες εκπομπές, τα στερεά και υγρά απόβλητα, προκαλούν ορισμένες διαταραχές στο φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον. Αυτές μπορεί να είναι μείωση της παροχής νερού, θόρυβος και οπτική όχληση. Σε γενικές γραμμές, οι διαταραχές που προκαλούνται στις μικρές και μεσαίες υδροηλεκτρικές μονάδες είναι σημαντικά μικρότερες από εκείνες των μεγάλων συστημάτων. Η έκταση των παρεμβάσεων στο φυσικό περιβάλλον είναι σχετικής περιορισμένης κλίμακας και δεν προκαλούνται σημαντικές αλλοιώσεις στα φυσικά οικοσυστήματα που συνιστούν τις κύριες αρνητικές επιπτώσεις των μεγάλων έργων.

1.3.8. Η ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

Το υδρογόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο, για την παραγωγή ενέργειας. Το κύριο πλεονέκτημά του έναντι των υπολοίπων συμβατικών καυσίμων είναι η μηδενική περιεκτικότητά του σε άνθρακα. Ένα δεύτερο σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι κατά την καύση του απελευθερώνονται υψηλότερα ποσά ενέργειας από ότι στην καύση των συμβατικών ορυκτών καυσίμων.

Το υδρογόνο ως καύσιμο είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί στην κάλυψη των καθημερινών αναγκών του ανθρώπου, στην ηλεκτροδότηση οικιών και πόλεων, στην κίνηση μεταφορικών μέσων και στη θέρμανση χώρων. Μία κλασική εφαρμογή παραγωγής ενέργειας από το υδρογόνο είναι οι κυψέλες καυσίμου υδρογόνου (fuel cells). Επίσης η χρήση του υδρογόνου ως καύσιμο είναι δυνατόν να συνδυαστεί με την εφαρμογή των υπολοίπων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (π.χ. ηλιακή και αιολική ενέργεια, υδροηλεκτρισμός κ.λπ.).



Σχήμα 3: Βασική αρχή λειτουργίας κυψέλης καυσίμου [9]

Η χρήση του υδρογόνου ως εναλλακτική λύση έναντι των συμβατικών καυσίμων προϋποθέτει τη διαμόρφωση μίας νέας ενεργειακής πραγματικότητας και οικονομίας, η οποία επιστημονικά αποκαλείται παγκόσμια οικονομία του υδρογόνου.

Οι πυλώνες της σχεδιαζόμενης οικονομίας του υδρογόνου είναι:

- Η αποκεντρωμένη και τοπικά ενεργειακή μετατροπή του υδρογόνου (local hydrogen generation). Στην περίπτωση αυτή, η πλεονάζουσα παραγόμενη ενέργεια υδρογόνου, θα πωλείται ή θα ανταλλάσσεται στο εθνικό δίκτυο, αποκλείοντας με αυτόν τον τρόπο τις διάφορες απώλειες ισχύος του υπάρχοντος εθνικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η επένδυση σε νέα δίκτυα μαζικής μεταφοράς υδρογόνου είτε σε υγρή είτε σε αέρια μορφή, η οποία θα πραγματοποιείται μέσω μεγάλων αγωγών ή μέσω μεταφοράς με δεξαμενόπλοια.

Η μαζική παραγωγή ενέργειας μέσω υδρογόνου είναι σε θέση να καλύψει τις μελλοντικές ενεργειακές απαιτήσεις. Κύριο πλεονέκτημα της χρήσης του υδρογόνου ως ενεργειακό μέσο, είναι η υψηλή ενεργειακή πυκνότητα ανά μονάδα βάρους του (33.3 kWh/kg), σε σχέση με τα χρησιμοποιούμενα υπόλοιπα ορυκτά ή μη ορυκτά καύσιμα. Ως κύριο μειονέκτημα επισημαίνεται η εξαιρετικά χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα ανά μονάδα όγκου του (0.53 kWh/l), που οφείλεται στην εξαιρετικά χαμηλή αέρια πυκνότητα του υδρογόνου σε συνθήκες περιβάλλοντος. Το χαρακτηριστικό αυτό αποτέλεσε τον σοβαρότερο ανασταλτικό παράγοντα στην ανάπτυξη τεχνολογικών εφαρμογών αξιοποίησης του υδρογόνου ως ενεργειακό καύσιμο, δεδομένης της δυσκολίας ασφαλούς αποθήκευσης που προκύπτει.

Μέσω της στάθμισης των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων που απορρέουν από την χρήση του υδρογόνου ως ενεργειακό καύσιμο, εξάγεται το συμπέρασμα ότι το υδρογόνο μπορεί να συντελέσει καθοριστικά στη βελτίωση του ενεργειακού και περιβαλλοντικού προβλήματος. Προϋπόθεση, βέβαια αποτελεί η ανάπτυξη οικονομικά λογικών τεχνολογικών εφαρμογών παραγωγής υδρογόνου και η κατασκευή ενός μαζικού δικτύου διανομής της ενέργειας του υδρογόνου.

2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούν μία υψηλή τεχνολογική εφαρμογή μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Θα μπορούσε κάλλιστα να προσομοιωθεί με μία ηλιακά τροφοδοτούμενη μπαταρία, όπου το μόνο αναλώσιμο μέρος είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία διαθέτουν σταθερά μέρη και η διαδικασία λειτουργίας τους δε δημιουργεί σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Εφόσον δε, ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα προστασίας των μερών της φωτοβολταϊκής συστοιχίας δεν υπόκεινται σε φθορές.

Δεδομένης της διαθεσιμότητας της ηλιακής ακτινοβολίας χωρικά και χρονικά, τα φωτοβολταϊκά συστήματα χαρακτηρίζονται από πρόσθετα πλεονεκτήματα έναντι των υπολοίπων συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι δυνατή σε πληθώρα βιομηχανικών, εμπορικών και οικιακών εφαρμογών.

Σημαντικό επιπλέον πλεονέκτημα αποτελεί η δυνατότητα επέκτασής τους, αντίθετα με τις ηλεκτροπαραγωγικές εφαρμογές των ορυκτών ή των πυρηνικών καυσίμων, στις οποίες απαιτείται η εγκατάσταση πολλών MWatt προκειμένου να καταστούν οικονομικά συμφέρουσες [10].

2.2. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί σημαντική πηγή ενέργειας για τον πλανήτη μας. Η συνολικά ακτινοβολούμενη ενέργεια από τον ήλιο στη γη, εκτιμάται ίση με 10.000 φορές την ολική ετήσια παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση. Υπολογίζεται σε 1.700kWh η μέση ετήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία ανά τετραγωνικό μέτρο συνιστάται κυρίως από το άμεσο ηλιακό φως και το έμμεσο ή διάχυτο ηλιακό φως. Ως έμμεσο ή διάχυτο ηλιακό φως, ορίζεται το φως που έχει διασκορπιστεί μέσω μορίων σκόνης και νερού στην ατμόσφαιρα.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα εκμεταλλεύονται την άμεση ηλιακή ακτινοβολία αλλά παράλληλα έχουν τη δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με νεφοσκεπή ουρανό. Για τη λειτουργία τους, οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες χρησιμοποιούν αφενός το διάχυτο ηλιακό φως, αφετέρου το άμεσο ηλιακό φως. Προκειμένου να καταστεί εφικτός ο προσδιορισμός του δυναμικού

ηλεκτροπαραγωγής μίας φωτοβολταϊκής συστοιχίας σε μία συγκεκριμένη τοποθεσία, είναι αναγκαία η εκτίμηση της μέσης ληφθείσας συνολικής ηλιακής ενέργειας στη διάρκεια ενός έτους.

Μέσω των φωτοβολταϊκών κυψελών, η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία χρησιμοποιείται για παραγωγή ηλεκτρισμού. Κατά την πρόσπτωση του ηλιακού φωτός σε μία φωτοβολταϊκή κυψέλη, πραγματοποιείται παραγωγή συνεχούς ρεύματος (ΣΡ). Εγκαθιστώντας κάποιο ηλεκτρικό φορτίο, είναι δυνατή η αξιοποίηση του παραγόμενου ρεύματος. Δυστυχώς δεν είναι εφικτή η μετατροπή του συνόλου του ηλιακού φωτός σε ηλεκτρισμό, δεδομένου ότι σημαντικό τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας κείται στην υπέρυθη –ή θερμή – και την υπεριώδη ακτινοβολία. Για αυτόν τον λόγο οι θεωρητικές τιμές αποδοτικότητας μετατροπής κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα της τάξης 20-30%. Επιπλέον η ύπαρξη πρακτικών ατελειών, (ανομοιογένειες), είναι δυνατόν να ελαττώσουν την απόδοση μίας φωτοβολταϊκής συστοιχίας.

Η ποσότητα της ωφέλιμης παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από μία φωτοβολταϊκή συστοιχία συνδέεται άμεσα με την ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια μετατροπής. Όσο υψηλότερο δυναμικού είναι η διαθέσιμη ηλιακή πηγή, τόσο υψηλότερα είναι τα επίπεδα ηλεκτροπαραγωγής. Αναφέρεται ότι οι τροπικοί παρέχουν έναν υψηλότερο ηλιακό πόρο σε αντίθεση με τους ηλιακούς πόρους μεγαλύτερων γεωγραφικών πλατών. Είναι προφανές ότι μία φωτοβολταϊκή συστοιχία αδυνατεί να παράγει ηλεκτρισμό κατά τις νυχτερινές ώρες, ενώ επίσης είναι αναγκαίο να αποφευχθεί ο σκιασμός των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Στην περίπτωση όπου απαιτείται κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος εκτός των ωρών της ημέρας, ή προβλέπονται συνεχή διαστήματα κακοκαιρίας, επιβάλλεται η εγκατάσταση αποθηκευτικών συστημάτων.

Προκειμένου να καταστεί δυνατή η μέγιστη εκμετάλλευση της διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας, επιβάλλεται ο προσανατολισμός της φωτοβολταϊκής συστοιχίας προς την κατεύθυνση του ηλίου. Στην περίπτωση όπου οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες έχουν σταθερή θέση, είναι αναγκαία η βελτιστοποίηση του προσανατολισμού τους ως προς τον νότο και της γωνίας κλίσης τους ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Η βέλτιστη γωνία κλίσης κυμαίνεται σε ένα εύρος περίπου 15° του γεωγραφικού πλάτους της θέσης. Αναφέρεται ενδεικτικά ότι η βέλτιστη γωνία κλίσης για τα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα στη Δυτική Ευρώπη είναι κατά εκτίμηση 35° . Για περιοχές

πλησιέστερες στον ισημερινό η γωνία κλίσης είναι χαμηλότερη, ενώ για περιοχές πλησιέστερες στους πόλους είναι υψηλότερη.

Απόκλιση της γωνίας κλίσης κατά 30 μοίρες από τη βέλτιστη γωνία εκτιμάται ότι δημιουργεί απώλειες χαμηλότερες από 10% της μέγιστης παραγωγής. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αποδείχθηκαν αποδοτικότερα σε χαμηλές θερμοκρασίες. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η μη υπερθέρμανσή τους, κρίνεται σημαντική η τοποθέτησή τους κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατή η ελεύθερη διέλευση του αέρα γύρω από αυτά. Η παραπάνω διαπίστωση είναι ιδιαίτερης σημασίας σε περιοχές όπου κατά τις μεσημβρινές ώρες σημειώνονται εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα λειτουργούν στη βέλτιστη απόδοσή τους κατά τη διάρκεια σχετικά ψυχρών, φωτεινών και ηλιόλουστων ημερών [10].

2.3. ΗΛΙΑΚΕΣ ΚΥΨΕΛΕΣ

Ως ηλιακές κυψέλες ορίζονται οι συσκευές μετατροπής της ηλιακής ενέργειας απευθείας σε ηλεκτρική, είτε άμεσα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου, είτε έμμεσα με αρχική μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε θερμότητα ή χημική ενέργεια. Οι πλέον κοινοί τύποι ηλιακών κυψελών βασίζονται στην αρχή του φωτοβολταϊκού φαινομένου, κατά το οποίο η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε μία ημιαγωγική διάταξη δύο στρωμάτων παράγει μία φωτο-τάση ή διαφορά δυναμικού μεταξύ των στρωμάτων. Η παραγόμενη τάση είναι σε θέση να δημιουργήσει ένα ρεύμα μέσω εξωτερικού κυκλώματος, παράγοντας με αυτόν τον τρόπο ωφέλιμο έργο [10].

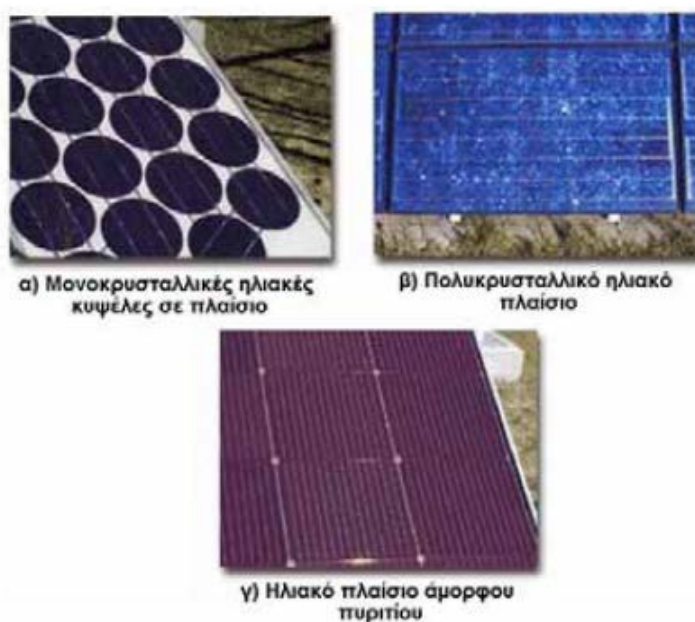
2.3.1. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΚΥΨΕΛΩΝ

Οι σύγχρονες εμπορικά διαθέσιμες ηλιακές κυψέλες πυριτίου είναι ικανές για την μετατροπή σε ηλεκτρική ενέργεια του 18% περίπου της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας. Το κόστος της διαδικασίας αυτής είναι πολύ χαμηλότερο από το αντίστοιχο μία τριακονταετία νωρίτερα. Πρόσφατα αναπτύχθηκε μία σειρά μεθόδων για την εφαρμοσμένη παραγωγή ηλιακών κυψελών πυριτίου (άμορφου, μονοκρυσταλλικού, πολυκρυσταλλικού), καθώς και κυψελών που κατασκευάζονται από άλλα υλικά με δυνατότητα εμπορικής εκμετάλλευσης, όπως είναι ο δισεληνιούχος ινδικός χαλκός (CuInSe_2) και το τελλουριούχο κάδμιο (CdTe).

Οι κυψέλες πυριτίου κατασκευάζονται με τη χρήση μονοκρυσταλλικών ή πολυκρυσταλλικών δισκίων ή λεπτών μεμβρανών. Τα μονοκρυσταλλικά δισκία

τεμαχίζονται σε φέτες (πάχους από 1/3mm έως 1/2mm) από μία μεγάλη μονοκρυσταλλική ράβδο που έχει θερμανθεί σε θερμοκρασία 1400°C. Η διεργασία αυτή είναι εξαιρετικά δαπανηρή. Επιπλέον το πυρίτιο πρέπει να είναι πολύ υψηλής καθαρότητας και να διαθέτει σχεδόν τέλεια κρυσταλλική δομή (σχήμα 4α). Τα πολυκρυσταλλικά δισκία κατασκευάζονται μέσω μίας διεργασίας χύτευσης, κατά την οποία τηγμένο πυρίτιο χύνεται σε μία μήτρα έως ότου σταθεροποιηθεί. Στη συνέχεια τεμαχίζεται σε δισκία (σχήμα 4β). Δεδομένου ότι τα πολυκρυσταλλικά δισκία κατασκευάζονται με χύτευση, το κόστος παραγωγής τους είναι αρκετά χαμηλότερο, αλλά δεν είναι εξίσου αποδοτικά με τα μονοκρυσταλλικά, εξαιτίας ατελειών στην κρυσταλλική δομή που δημιουργούνται κατά τη διεργασία της χύτευσης. Σχεδόν το ήμισυ του πυριτίου χάνεται ως σκόνη κοπής σε αυτές τις δύο διεργασίες.

Το άμορφο πυρίτιο, που συγκαταλέγεται στις τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης, παράγεται με την εναπόθεση πυριτίου μέσω ενός αέριου αντιδραστηρίου, όπως το σιλάνιο (SiH_4), σε ένα υπόστρωμα γυαλιού, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 4γ.



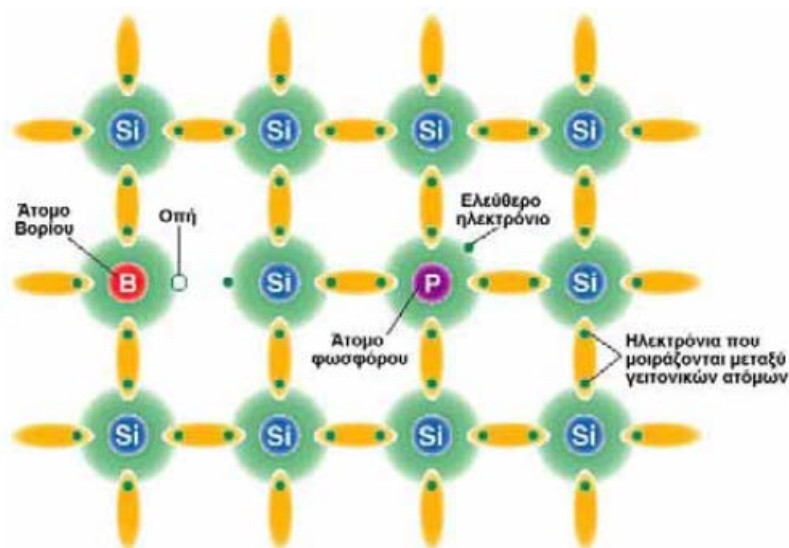
Σχήμα 4: Ηλιακά πλαίσια [10]

Ο τύπος ηλιακής κυψέλης σε μορφή λεπτής μεμβράνης είναι δυνατόν να εφαρμοστεί ως μεμβράνη σε χαμηλού κόστους υποστρώματα, όπως γυαλί ή πλαστικό. Οι υπόλοιπες τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης περιλαμβάνουν το λεπτό πολυκρυσταλλικό πυρίτιο, τις κυψέλες δισεληνιούχου ινδικού χαλκού /θειούχου καδμίου, τελλουριούχου καδμίου /θειούχου καδμίου και αρσενιούχου γαλλίου. Οι κυψέλες αυτού του είδους χαρακτηρίζονται από πλήθος πλεονεκτημάτων, όπως την

ευκολότερη απόθεση και συναρμολόγηση, την ικανότητα εναπόθεσης επάνω σε φθηνά υποστρώματα ή υλικά οικοδομών, την ευκολία μαζικής παραγωγής και την καταλληλότητά τους σε εύρος μεγάλων εφαρμογών.

Κατά την παραγωγή ηλιακών κυψελών το πυρίτιο περιέχει άτομα πρόσμιξης τα οποία εισάγονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργηθούν δύο περιοχές p-τύπου και n-τύπου, οπότε εμφανίζεται μία επαφή p-n. Η πρόσμιξη αυτή είναι δυνατόν να επιτευχθεί με διάχυση σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας, κατά τη διάρκεια της οποίας τα δισκία τοποθετούνται σε ένα φούρνο και το υλικό πρόσμιξης εισάγεται ως ατμός (υπάρχουν επίσης πολλές άλλες μέθοδοι πρόσμιξης του πυριτίου). Στην κατασκευή μερικών διατάξεων λεπτής μεμβράνης η εισαγωγή των προσμίξεων είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια εναπόθεσης των μεμβρανών ή των στρώσεων.

Το άτομο πυριτίου διαθέτει τέσσερα (4) σχετικά αδύναμα δέσμια ηλεκτρόνια (σθένους), συνδεδεμένα με γειτονικά άτομα. Στην περίπτωση αντικατάστασης ενός ατόμου πυριτίου με άτομο που διαθέτει τρία (3) ή πέντε (5) ηλεκτρόνια σθένους, δημιουργείται με αυτόν τον τρόπο ένας χώρος χωρίς κανένα ηλεκτρόνιο (μία οπή), ή ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο που έχει τη δυνατότητα πιο ελεύθερης κίνησης από τα άλλα. Εκεί στηρίζεται η βάση της πρόσμιξης. Κατά τη πρόσμιξη p-τύπου η δημιουργία πλεοναζόντων οπών επιτυγχάνεται με ενσωμάτωση ατόμων που διαθέτουν τρία (3) ηλεκτρόνια σθένους, συνήθως βορίου, ενώ στην πρόσμιξη n-τύπου η δημιουργία πρόσθετων ηλεκτρονίων επιτυγχάνεται με την ενσωμάτωση ενός ατόμου με πέντε (5) ηλεκτρόνια σθένους, συχνότερα φωσφόρου.



Σχήμα 5: Κρυσταλλικό πλέγμα πυριτίου με άτομα πρόσμιξης [10]

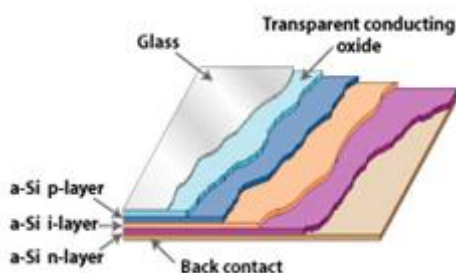
Δημιουργούμενη μία επαφή τύπου p-n, κατασκευάζονται ηλεκτρικές επαφές στην εμπρόσθια και στην οπίσθια επιφάνεια της κυψέλης με εξάτμιση ή επιφανειακή εκτύπωση μετάλλου επάνω στο δισκίο. Το οπίσθιο μέρος αυτού είναι δυνατόν να καλυφθεί πλήρως από μέταλλο, αλλά το εμπρόσθιο πρέπει να έχει κάποια δομή πλέγματος ή λεπτές γραμμές μετάλλου. Σε διαφορετική περίπτωση το μέταλλο θα εμπόδιζε την ηλιακή ακτινοβολία να φθάσει το πυρίτιο και δε θα προέκυπτε οποιαδήποτε παραγωγή από τα προσπίπτοντα φωτόνια [10].

2.3.2. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου διακρίνονται σε τρεις κυρίως κατηγορίες, ανάλογα με τη δομή του βασικού υλικού και τον τρόπο παρασκευής.

2.3.2.1. Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΜΟΡΦΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ

Δημιουργούνται με τεχνολογία λεπτών επιστρώσεων υμενίων (films). Θεωρητικά έχουν πολύ μικρό κόστος παραγωγής, καθώς η ποσότητα της μάζας του χρησιμοποιούμενου υλικού είναι πολύ μικρή. Πάνω σε επιφάνεια υποστήριξης σχηματίζεται το λεπτό επίστρωμα. Η απόδοσή τους μειώνεται έντονα στα αρχικά στάδια φωτισμού τους, στα επίπεδα του 5-8%. Το ενεργειακό διάκενο δεν έχει σταθερή τιμή αλλά κυμαίνεται, ανάλογα με τον τρόπο της παρασκευής του, από 1,2 μέχρι 1,6eV περίπου, σε σύγκριση με 1,1eV του κρυσταλλικού πυριτίου.



Σχήμα 6: Τομή άμορφου φωτοβολταϊκού στοιχείου

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν είναι το χαμηλό κόστος κατασκευής και η υψηλή απορρόφηση. Ο συντελεστής απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας ξεπερνά το 10^4cm^{-1} , είναι δηλαδή πολύ υψηλότερος του κρυσταλλικού πυριτίου.

Χαρακτηριστικό τους είναι η ομοιόμορφη εμφάνισή τους. Παρουσιάζουν σημαντικά μειονεκτήματα, όπως η πολύ χαμηλή απόδοση και η μεγάλη επιφάνεια που καταλαμβάνουν σε σχέση με άλλους τύπους (για την ίδια εγκατεστημένη ισχύ).

Για την εγκατάσταση 1kWp φωτοβολταϊκού συστήματος χρειάζεται επιφάνεια 10-20m², ενώ παράγει 65-80 kWh/m². Η εγγύηση των κατασκευαστών είναι συνήθως για 10 έτη. Για αυτούς τους λόγους δεν επιλέγονται σε μεγάλες εφαρμογές όπου η έκταση και η απόσβεση του αρχικού κόστους είναι σημαντική.

Χρησιμοποιούνται συνήθως σε ηλιακά ρολόγια και σε αριθμητικούς υπολογιστές. Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα είναι η χρήση της τεχνολογίας άμορφου πυριτίου σε μεγάλα κτίρια, γνωστά και ως Κτιριακά Ολοκληρωμένα φ/β στοιχεία (BIPVs - Building Integrated Photovoltaics), όπου αντικαθιστούν τα τζάμια (μετά από επεξεργασία για την αύξηση της διαφάνειας τους) συμβάλλοντας έτσι στην τροφοδοσία ηλεκτρικής ενέργειας στο κτίριο. Το α-Si παρασκευάζεται με σχετικά ανέξοδες μεθόδους, σε σύγκριση με το κρυσταλλικό Si, π.χ. με συμπύκνωση των προϊόντων θερμικής διάσπασης αέριων πυριτιούχων ενώσεων. Η άμορφη όμως κατασκευή του, έχει σαν αποτέλεσμα πολλοί από τους χημικούς δεσμούς στο α-Si να είναι ατελείς ή στρεβλωμένοι, που συνεπάγεται μειονεκτικές ηλεκτρικές ιδιότητες για το υλικό. Π.χ. οι φορείς του α-Si έχουν μικρή κινητικότητα και μικρό μήκος διάχυσης.



Σχήμα 7: Εύκαμπτα φωτοβολταϊκά συστήματα

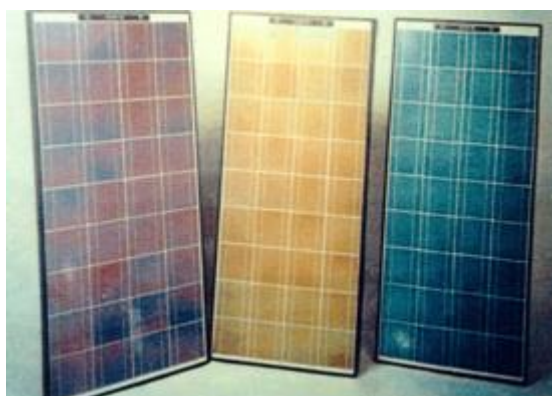
Πολύ σημαντική βελτίωση των ηλεκτρικών ιδιοτήτων του α-Si γίνεται με την προσθήκη ατόμων υδρογόνου, που αποτελούν τέρματα για τους ατελείς δεσμούς και χαλαρώνουν τον ιστό του σώματος. Το υδρογονούχο α-Si περιέχει συνήθως 10-40% υδρογόνο, σε ατομική αναλογία και με τη γενική έννοια, ένα άμορφο κράμα πυριτίου και υδρογόνου. Συμβολίζεται ως α-Si:H. Ανάλογα, και ίσως καλύτερα αποτελέσματα, έχει η προσθήκη ατόμων φθορίου αντί για άτομα υδρογόνου. Η εμπορική παραγωγή φωτοβολταϊκών στοιχείων από α-Si:H έχει ήδη αρχίσει από το 1983, κυρίως στην Ιαπωνία, σε μορφή διόδων Σότκυ με απόθεση του πυριτίου πάνω σε λεπτά φύλλα ανοξειδωτού χάλυβα. Παράλληλα, εδώ και αρκετό καιρό εξετάζεται ερευνητικά η δυνατότητα κατασκευής φθηνών φωτοβολταϊκών στοιχείων κρυσταλλικού ή

άμορφου πυριτίου με διάφορες νέες τεχνολογίες, όπως ο σχηματισμός του πυριτίου σε μορφή μεμβράνης που επιπλέει η τραβιέται κατευθείαν από το τήγμα, η απόθεση πάνω σε κεραμικά υποστρώματα ή σε γραφίτη κλπ.

2.3.2.2. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΛΥΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ

Δίνουν την δυνατότητα κατασκευής μεγάλων επιφανειών. Κατασκευάζονται με χύτευση λιωμένου πυριτίου. Παρουσιάζουν μεγαλύτερες μηχανικές αντοχές και μπορούν να κοπούν σε φέτες πάχους 10-50 μ m. Στην επιφάνειά τους διακρίνονται μονοκρυσταλλικές περιοχές οι οποίες έχουν γαλάζιο χρώμα.

Η εργαστηριακή τους απόδοση είναι 17-20% και 10-14% σε μορφή πλαισίου. Έχουν υψηλότερο κόστος κατασκευής από το άμορφο πυρίτιο. Στην επιφάνεια τις κυψελίδας διακρίνονται οι διαφορετικές μονοκρυσταλλικές περιοχές. Τα όριά τους αποτελούν θέσεις παγίδευσης των φορέων. Όσο μικρότερο είναι το συνολικό μήκος των οριακών περιοχών μέσα στο δεδομένης διάστασης Φ/Β στοιχείο, τόσο καλύτερη θα είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα τους.



Σχήμα 8: Πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά σε διάφορους σχηματισμούς

Γενικά όσο μεγαλύτερες είναι οι διαστάσεις των μονοκρυσταλλικών περιοχών του πολυκρυσταλλικού στοιχείου, τόσο υψηλότερη θα είναι η απόδοσή του. Για την εγκατάσταση συστήματος 1kWp απαιτούνται 8-10m² ενώ παράγει 130-160 kWh/m². Είναι πιο συμφέρουσα λύση, σε σχέση με το άμορφο πυρίτιο, σε μεσαίου μεγέθους εφαρμογές. Χαρακτηρίζονται από σχετικά υψηλή χρονική σταθερότητα. Συνήθως το χρώμα του είναι γαλάζιο, διατείνονται όμως και Φ/Β στοιχεία σε διάφορα χρώματα, ανάλογα των απαιτήσεων της εφαρμογής. Λόγω του χρώματός του ενσωματώνεται εύκολα σε κτίρια, όπου η αισθητική παίζει σημαντικό ρόλο. Οι εταιρίες κατασκευής

Φ/Β πλαισίων με πολυκρυσταλλικό πυρίτιο δίνουν εγγύηση για την απόδοση τους έως και 25 έτη.



Σχήμα 9: Πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πανέλα

2.3.2.3. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΟΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ

Τα Φ/Β στοιχείο μονοκρυσταλλικού πυριτίου είναι το καταλληλότερο για Φ/Β εγκαταστάσεις. Παρασκευάζεται με την μέθοδο Czochralski και τη μέθοδο επιπλέουσας ζώνης και τεμαχίζεται σε φέτες (wafers) πάχους 200-400 μm . Έχει ομοιόμορφη κρυσταλλική δομή, κάτι που του δίνει ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα σε σχέση με το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο. Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική φτάνει, σε εργαστηριακό προϊόν, το 24%. Σε βιομηχανική μορφή είναι 15-20%. Παρουσιάζει υψηλή αξιοπιστία και σταθερότητα και είναι κατάλληλο για οικιακές εφαρμογές και σε Φ/Β εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Παρουσιάζει υψηλότερο κόστος κατασκευής, καθώς απαιτείται κρύσταλλος πολύ υψηλής καθαρότητας και μεγαλύτερη ποσότητα υλικού, λόγω του πάχους του στοιχείου. Το πάχος της φέτας δεν μπορεί να είναι λιγότερο από 200 μm , καθώς υπάρχει κίνδυνος θραύσης κατά την κοπή και την επεξεργασία. Ο κρύσταλλος έχει χρώμα σκούρο μπλε και ομοιόμορφο σχηματισμό.



Σχήμα 10: Πλαίσιο με μονοκρυσταλλικά στοιχεία

Η εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος 1kWp απαιτεί 7-8 m² ενώ παράγει 160-185 kWh/m². Έτσι προτιμάται σε Φ/Β πάρκα, όπου η απόδοση, η επιφάνεια και η γρήγορη απόσβεση του κεφαλαίου είναι βασικά κριτήρια για τον σχεδιασμό του συστήματος. Οι εταιρίες κατασκευής Φ/Β πλαισίων με μονοκρυσταλλικό πυρίτιο δίνουν εγγύηση για την απόδοσή τους έως και 25 έτη.

2.3.3. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

Το κόστος αγοράς των Φ/Β πλαισίων καθορίζεται από αρκετούς παράγοντες, οι οποίοι με τη σειρά τους καθορίζονται από τα φυσικά και τα δομικά χαρακτηριστικά του πλαισίου. Φυσικά χαρακτηριστικά του πλαισίου είναι η γεωμετρία, το βάρος και τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του. Ο σχεδιαστής του πλαισίου πρέπει να δώσει ιδιαίτερη σημασία στις διαστάσεις του πλαισίου, ώστε να υπάρχει η βέλτιστη τοποθέτηση (παράγοντας κάλυψης-packing factor) των Φ/Β στοιχείων και εξοικονόμηση της διαθέσιμης επιφάνειας, χωρίς να παρουσιαστεί πρόβλημα υπερθέρμανσης των στοιχείων και ηλεκτρικής επαφής μεταξύ τους.

Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή πρέπει να παρουσιάζουν υψηλή αντοχή στις καιρικές συνθήκες, μικρό βάρος και καλή απαγωγή της θερμότητας.

Αναλυτικότερα ο υαλοπίνακας του πλαισίου πρέπει να παρουσιάζει μικρή ανακλαστικότητα, μικρό δείκτη διάθλασης, μεγάλη αντοχή στο χαλάζι, αργή γήρανση και μικρό βάρος. Η πίσω επιφάνεια του πλαισίου κατασκευάζεται από πλαστική ύλη. Πρέπει να έχει την δυνατότητα αποβολής της παραγόμενης θερμότητας και να μην επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες, την υπερϊώδη ακτινοβολία και να έχει μικρό βάρος. Όλη η κατασκευή συνδέεται με μεταλλικό πλαίσιο (συνήθως από ανοδιωμένο αλουμίνιο).

Επιπλέον τα Φ/Β πλαίσια πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές της Ε.Ε, έχοντας υποβληθεί στις παρακάτω δοκιμασίες:

- Θερμικών κύκλων
- Θερμικού σοκ
- Ψύξης-υγρασίας
- Ηλεκτρικής μόνωσης
- Κρούσεων χαλαζόπτωσης

- Μηχανικής αντοχής και στρέψης
- Περιβάλλοντος άλμης
- Ακτινοβολιών και έκθεσης στο νερό
- Πεδίου

Οι παραπάνω παράμετροι καθορίζουν την ποιότητα και τη διάρκεια ζωής του πλαισίου. Έτσι το κόστος παραγωγής του πλαισίου αυξάνεται με την ποιότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται. Η δομή των υλικών, που χρησιμοποιούνται, αναφέρεται στην τεχνολογία παρασκευής του Φ/Β στοιχείου. Το μεγαλύτερο ποσοστό του κόστους κατασκευής ενός πλαισίου το καταλαμβάνει ο ημιαγωγός. Η τιμή του εξαρτάται από το τύπο του ημιαγωγικού στοιχείου.

Το άμορφο πυρίτιο είναι το πιο φθηνό υλικό που υπάρχει αυτή τη στιγμή σε βιομηχανική παραγωγή. Τα χαρακτηριστικά του όμως δεν επιτρέπουν την εφαρμογή του σε μεγάλες εγκαταστάσεις. Έτσι λοιπόν η χρήση του περιορίζεται εκεί όπου οι ενεργειακές ανάγκες είναι μικρές. Βρίσκει βέβαια πολλές εφαρμογές την ενσωμάτωση των Φ/Β πλαισίων σε κτίρια (κατασκευάζονται έως και κεραμίδια από άμορφο πυρίτιο). Οι τιμές των πλαισίων από άμορφο πυρίτιο κυμαίνονται από 3 €/Wp έως 4,7 €/Wp.

Το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο καταλαμβάνει αρκετό μέρος της αγοράς καθώς παρουσιάζει σχετικά καλά χαρακτηριστικά. Εφαρμόζεται συνήθως σε οικιακές και εφαρμογές μεσαίου μεγέθους, όπου οι απαιτήσεις σε ενέργεια δεν είναι πολύ μεγάλες και το κόστος παίζει σημαντικό ρόλο. Η τιμή του κυμαίνεται από 4 €/Wp έως 5,5 €/Wp.

Το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο είναι ότι καλύτερο υπάρχει αυτή τη στιγμή στην αγορά, σε μορφή πλαισίου, από άποψη απόδοσης και απόσβεσης κεφαλαίου. Με την τιμή του να μειώνεται και η απόδοσή του να αυξάνεται φτάνοντας τα επίπεδα του πολυκρυσταλλικού, τείνει να καταλάβει την αγορά. Η τιμή του κυμαίνεται από 4 €/Wp έως 6,5 €/Wp.

Τα πολύ καλά χαρακτηριστικά του το κάνουν ιδανικό για εγκαταστάσεις με μεγάλες απαιτήσεις ενέργειας, όπως Φ/Β πάρκα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και οικίες. Προτιμάται σε μεγάλα πάρκα καθώς έχει μεγάλη απόδοση, καταλαμβάνει μικρότερη έκταση και παράγει περισσότερη ενέργεια ανά τ.μ, κάτι που σημαίνει ταχύτερη απόσβεση κεφαλαίου και μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η μείωση του διοξειδίου του άνθρακα συμβάλει όχι μόνο στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου και τις συνέπειες αυτού, αλλά και στους εθνικούς

στόχους που έχουν τεθεί στις χώρες που υπέγραψαν το πρωτόκολλο του Κιότο.

2.3.4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΚΥΨΕΛΩΝ

Προκειμένου να γίνει κατανοητή η λειτουργία μίας φωτοβολταϊκής κυψέλης, χρειάζεται να κατανοηθεί η φύση του υλικού και της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι ηλιακές κυψέλες αποτελούνται από δύο τύπους υλικών, συνήθως πυρίτιο p-τύπου και n-τύπου. Σε συγκεκριμένα μήκη κύματος η ηλιακή ακτινοβολία είναι σε θέση να ionίσει τα άτομα στο πυρίτιο. Το παραγόμενο εσωτερικό πεδίο από την επαφή p-n διαχωρίζει μερικά από τα θετικά φορτία ('οπές') από τα αρνητικά φορτία (ηλεκτρόνια) μέσα στη φωτοβολταϊκή συσκευή.

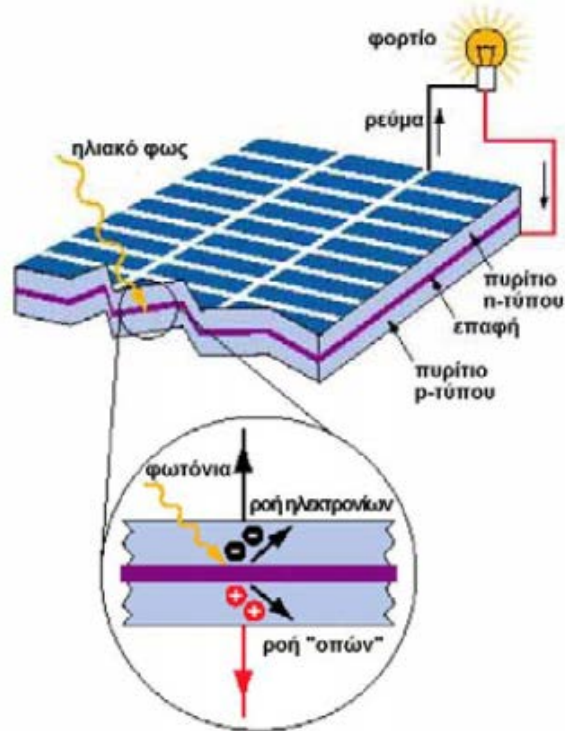
Οι οπές παρασύρονται στο θετικό ή p-στρώμα και τα ηλεκτρόνια στο αρνητικό ή n-στρώμα. Παρά το γεγονός ότι τα αντίθετα φορτία έλκονται μεταξύ τους, η πλειονότητα αυτών είναι δυνατόν να επανασυνδυαστεί μόνο κατά τη διέλευσή τους από ένα εξωτερικό κύκλωμα του υλικού, εξαιτίας του εξωτερικού φράγματος δυναμικού. Στην περίπτωση όπου κατασκευαστεί ένα κύκλωμα, όπως αυτό του σχήματος 6, είναι δυνατή η παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος στις κυψέλες σε συνθήκες φωτισμού, εφόσον τα ελεύθερα ηλεκτρόνια πρέπει να διέλθουν μέσω του φορτίου για τον επανασυνδυασμό τους με τις θετικές οπές.

Η ποσότητα της διαθέσιμης ισχύος από μία φωτοβολταϊκή συσκευή καθορίζεται από:

- Τον τύπο και την επιφάνεια του υλικού.
- Την ένταση του ηλιακού φωτός (έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία).
- Το μήκος κύματος του ηλιακού φωτός.

Αποδοτικότητα της κυψέλης ορίζεται ο λόγος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από μία ηλιακή κυψέλη προς την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία.

Οι ηλιακές κυψέλες μονοκρυσταλλικού πυριτίου, δεν έχουν τη δυνατότητα μετατροπής περισσότερης από 25% ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, δεδομένου ότι η ακτινοβολία στην υπέρυθη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος δε διαθέτει αρκετή ενέργεια για τον διαχωρισμό των θετικών και αρνητικών φορτίων στο υλικό. Οι ηλιακές κυψέλες πολυκρυσταλλικού πυριτίου έχουν αποδοτικότητα χαμηλότερη από 20% και οι κυψέλες άμορφου πυριτίου παρουσιάζουν αποδοτικότητα μόνο 10%, εξαιτίας των υψηλότερων εσωτερικών απωλειών ενέργειας έναντι αυτών του μονοκρυσταλλικού πυριτίου.



Σχήμα 11: Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο σε μία ηλιακή κυψέλη [10]

Για την ποσοτικοποίηση των επιδόσεων των ηλιακών κυψελών έχουν διεξαχθεί πλήθος εργαστηριακών δοκιμών και έχουν καθιερωθεί ορισμένες συνθήκες ως βιομηχανικά πρότυπα για τις δοκιμές, οι Πρότυπες Συνθήκες Δοκιμών (ΠΣΔ):

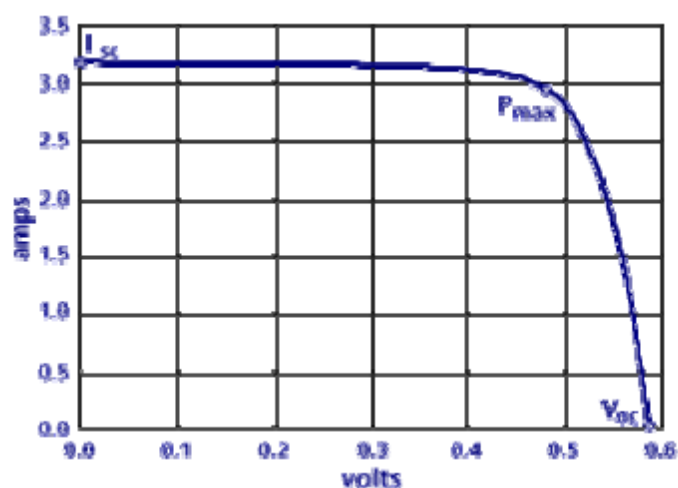
- Θερμοκρασία = 25°C.
- Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας = 1000 W/m².
- Αέρια μάζα = AM=1,5.

Η αέρια μάζα αναφέρεται στο πάχος της ατμόσφαιρας το οποίο διαπερνά η ηλιακή ακτινοβολία και αποτελεί έναν σημαντικό δείκτη των χαρακτηριστικών της διαθέσιμης ηλιακής ακτινοβολίας, δεδομένου ότι οι ηλιακές κυψέλες αξιοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία σε συγκεκριμένα μήκη κύματος. Στην περίπτωση όπου ο ήλιος βρίσκεται κατ' ευθείαν πάνω από την επιφάνεια πρόσπτωσης, η αέρια μάζα ισούται με 1.

Η ποσότητα του παραγόμενου ρεύματος εξαρτάται από την τάση και η σχέση αυτή απεικονίζεται στην καμπύλη I-V της κυψέλης. Χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της απόδοσης της κυψέλης και για τη σύγκριση μεταξύ τους κυψελών κάτω από ορισμένες συνθήκες. Στο σχήμα 7 παρουσιάζεται η καμπύλη I-V μίας κυψέλης κρυσταλλικού πυριτίου στις ΠΣΔ. Παρατηρείται ότι, αριστερά της κάμψης της καμπύλης, το ρεύμα μεταβάλλεται ελάχιστα με μεγάλες μεταβολές της τάσης, ενώ

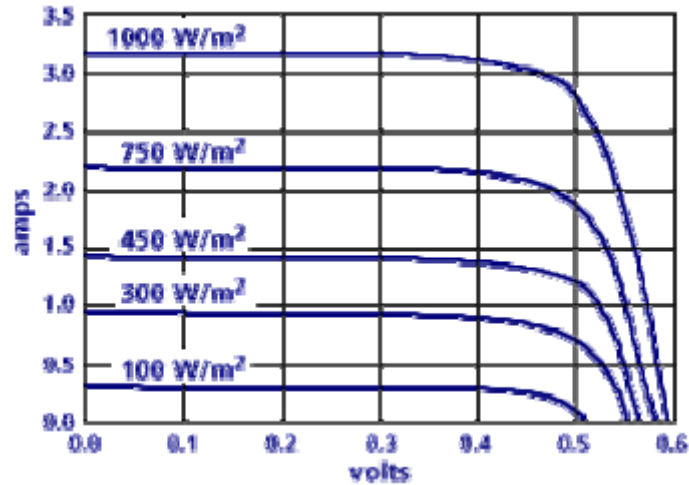
στα δεξιά μεταβάλλεται σημαντικά με μικρές μεταβολές αυτής. Για αυτόν τον τύπο κυψέλης γενικά ισχύουν:

- I_{sc} (ρεύμα βραχυκυκλώματος) = 3,36A.
- V_{oc} (τάση ανοικτού κυκλώματος) = 0,6V.
- P_{max} (σημείο μέγιστης ισχύος) = 1,5W.
- I_{max} (ρεύμα στο P_{max}) = 3A.
- V_{max} (τάση στο P_{max}) = 0,5V.



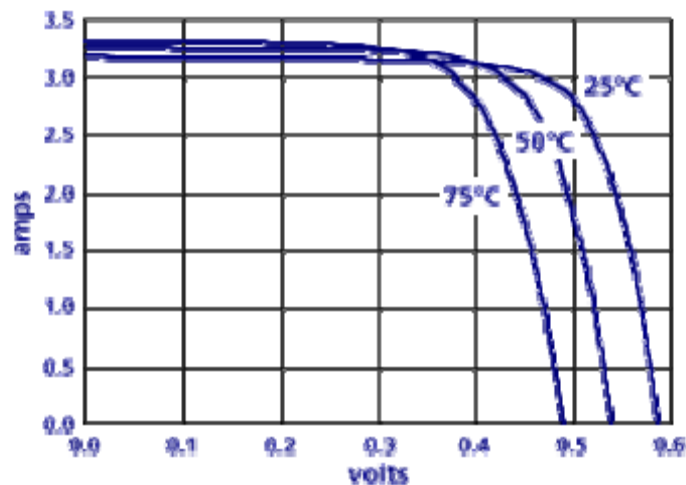
Σχήμα 12: Η καμπύλη I-V μίας τυπικής κυψέλης κρυσταλλικού πυριτίου σε ΠΣΔ [10]

Η παραγόμενη ισχύς από την κυψέλη είναι σχεδόν ευθέως ανάλογη προς την ένταση του ηλιακού φωτός (στην περίπτωση υποδιπλασιασμού της έντασης του ηλιακού φωτός υποδιπλασιάζεται η παραγόμενη ισχύς). Ένα σημαντικό γνώρισμα των φωτοβολταϊκών κυψελών είναι ότι η τάση της κυψέλης είναι ανεξάρτητη του μεγέθους της και παραμένει σχετικά σταθερή με τη μεταβολή της έντασης του φωτός. Εντούτοις, το ρεύμα σε μία διάταξη είναι σχεδόν ευθέως ανάλογο προς την ένταση του φωτός και το μέγεθός της, όπου και παρουσιάζεται στο σχήμα 8.



Σχήμα 13: Παραγωγή ρεύματος και τάσης μίας ηλιακής κυψέλης υπό διαφορετικές εντάσεις φωτός [10]

Η παραγόμενη ισχύς μέσω μίας ηλιακής κυψέλης είναι δυνατόν να αυξηθεί σημαντικά με τη χρησιμοποίηση ενός μηχανισμού παρακολούθησης της τροχιάς που να διατηρεί τη φωτοβολταϊκή διάταξη απευθείας κάθετη προς τις ακτίνες του ηλίου, ή συγκεντρώνοντας την ηλιακή ακτινοβολία με τη βοήθεια φακών ή κατόπτρων. Παρόλο αυτά, επικρατούν όρια στη διαδικασία αυτή, εξαιτίας της πολυπλοκότητας των μηχανισμών και της αναγκαίας ψύξης των κυψελών. Η παραγωγή ρεύματος είναι σχετικά σταθερή σε υψηλότερες θερμοκρασίες αλλά η τάση μειώνεται (κατά 0,0023Volts περίπου για κάθε αύξηση ενός βαθμού Κελσίου), προκαλώντας κατά αυτόν τον τρόπο τη μείωση της ισχύος σε σχέση με την αύξηση της θερμοκρασίας. Το σχήμα 9 απεικονίζει τα χαρακτηριστικά μίας κυψέλης σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες (οι υπόλοιπες συνθήκες παραμένουν σταθερές).



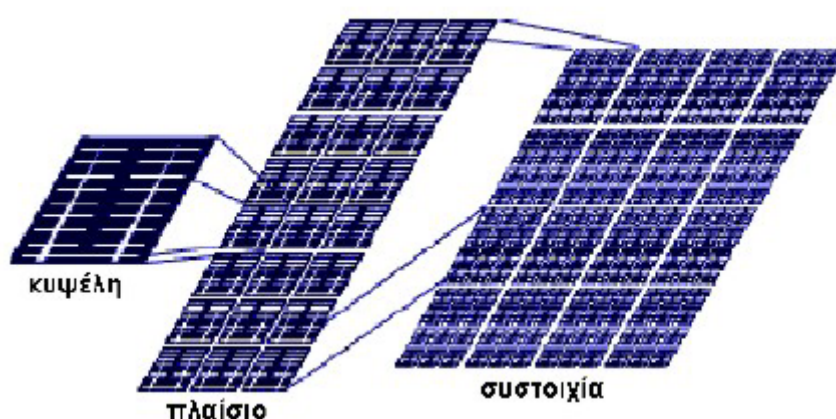
Σχήμα 14: Επίδραση της θερμοκρασίας στις καμπύλες I-V μίας τυπικής κυψέλης κρυσταλλικού πυριτίου [10]

2.5. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ (ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ)

Ο όρος ‘συστοιχία’ αφορά στο σύνολο ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, στην καλωδίωση, στις διόδους, όπως επίσης και στη βάση της συστοιχίας.

2.5.1. ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΜΙΑΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ

Οι κυψέλες ομαδοποιούνται σε πλαίσια και τα πλαίσια συναθροίζονται για να διαμορφώσουν μία συστοιχία (όπως αυτή που παρουσιάζεται στο σχήμα 10). Ανάλογα με το είδος της εφαρμογής, η συστοιχία είναι δυνατόν να αποτελείται από μία κυψέλη, ένα πλαίσιο ή πολλά πλαίσια.



Σχήμα 15: Συνιστώσες μίας φωτοβολταϊκής συστοιχίας [10]

2.5.1.1. Η ΚΥΨΕΛΗ

Μία τυπική ηλιακή κυψέλη μονοκρυσταλλικού πυριτίου χαρακτηρίζεται από βαθύ μπλε χρώμα και το βάρος της είναι χαμηλότερο από 10gr. Το μήκος και το πλάτος της είναι περίπου 10cm, ανάλογα με την εταιρεία κατασκευής. Η μεμονωμένη κυψέλη παράγει, κάτω από βέλτιστες συνθήκες, κατά προσέγγιση 1,5Watts στα 0,5Volts. Το επίπεδο αυτό ισχύος δεν είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στις περισσότερες ηλεκτρικές εφαρμογές. Προκειμένου να παραχθεί ικανή ωφέλιμη ισχύς, οι κυψέλες συνδέονται ηλεκτρικά μεταξύ τους σε σειρά ή παράλληλα, ενώ μερικές φορές κερματίζονται σε μικρότερα τεμάχια.

Η κοπή των κυψελών πραγματοποιείται για δύο κυρίως λόγους. Ο πρώτος λόγος αφορά στην αύξηση της τάσης. Στην περίπτωση όπου απαιτείται ελάχιστο ρεύμα σε υψηλή τάση, τότε τεμαχίζοντας τις κυψέλες στη μέση και με χρησιμοποίηση της καλωδίωσής τους σε σειρά μπορεί να δημιουργηθεί ένα μικρό πλαίσιο. Κάθε τμήμα θα παράγει την ίδια τάση σε σχέση με το σύνολο της κυψέλης,

αλλά με χαμηλότερο ρεύμα (στην περίπτωση όπου μία κυψέλη τεμαχιστεί στη μέση, το κάθε ήμισυ θα παράγει περίπου 0,5Volts και 1,5Amps). Ο δεύτερος λόγος για την κοπή των φωτοβολταϊκών κυψελών είναι η αύξηση της πυκνότητας συσκευασίας τους.

Οι κυψέλες με εγκοπές δημιουργούν μη ωφέλιμη επιφάνεια στις γωνίες τους και αυτό αντιμετωπίζεται τεμαχίζοντας τις κυψέλες σε ορθογώνια παραλληλόγραμμα. Το ίδιο συμβαίνει ορισμένες φορές και σε εφαρμογές όπου είναι κρίσιμες οι επιδόσεις και ο χώρος περιορισμένος. Τα κύρια μειονεκτήματα της κοπής των κυψελών είναι ότι με αυτή τη διεργασία συχνά σπαταλούνται τμήματα της κυψέλης, ενώ είναι ιδιαίτερα πιθανόν να υποστεί βλάβη κατά την κοπή ένα ποσοστό κυψελών. Η κατασκευάστρια εταιρεία είναι δυνατόν να παρέχει δεδομένα για τις ακριβείς διαστάσεις και ανοχές συγκεκριμένων τύπων κυψελών. Κατά τον υπολογισμό του συνολικού εμβαδού της κυψέλης είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι μερικές κυψέλες έχουν γωνίες με εγκοπές.

2.5.1.2.ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ

Οι κυψέλες συνδέονται ηλεκτρικά μεταξύ τους για να συστήσουν μία συνδεσμολογία. Η διασύνδεση των κυψελών πραγματοποιείται με συγκόλληση των ακροδεκτών από την κορυφή της μίας στη βάση της επόμενης κυψέλης. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται εργοστασιακά με τη χρήση ειδικών μηχανών. Είναι σημαντικό να μην υφίστανται φθορές οι κυψέλες κατά τη διεργασία, να είναι ανθεκτικές οι συνδέσεις και να διατηρείται το κατάλληλο διάστημα μεταξύ των κυψελών. Στην περίπτωση όπου οι κυψέλες εφάπτονται μεταξύ τους είναι πιθανόν να ανακύψουν προβλήματα ηλεκτρικών βραχυκυκλωμάτων όπως επίσης και προβλήματα σκίασης, ενώ παράλληλα αυξάνεται η πιθανότητα ραγίσματός τους. Τα υπερβολικά μεγάλα διάκενα μεταξύ των κυψελών συντελούν στη δαπάνη χρήσιμης επιφάνειας.

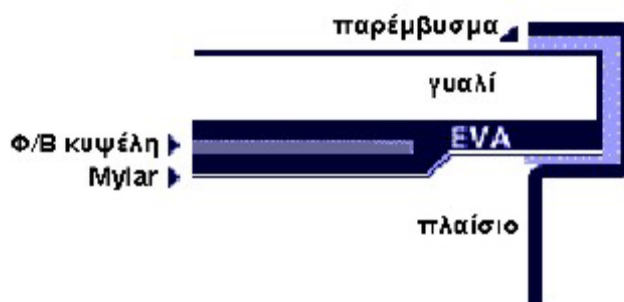
2.5.1.3.ΠΛΑΙΣΙΟ

Οι ηλιακές κυψέλες συνδέονται συνήθως σε σειρά, διαμορφώνοντας ένα σύνολο που ονομάζεται πλαίσιο. Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελεί τη μικρότερη αυτοτελή μονάδα σε μία συστοιχία, καθώς πρόκειται για μία ομάδα κυψελών που έχουν συνδεθεί μεταξύ τους και στη συνέχεια τοποθετηθεί σε ένα κέλυφος ως αυτόνομη μονάδα. Το πλήθος των κυψελών ενός πλαισίου καθορίζεται συνήθως από

τις ανάγκες της παραγόμενης τάσης του συστήματος και οι περισσότερες κατασκευάστριες εταιρείες παράγουν πλαίσια τα οποία διαστασιολογούνται σύμφωνα με τις τάσεις των χρησιμοποιούμενων συσσωρευτών. Ένα τυπικό πλαίσιο για φόρτιση ενός συσσωρευτή 12Volt διαθέτει 33 έως 36 κυψέλες (είναι απαραίτητο να παρέχει τάση υψηλότερη των 12 Volt για τη φόρτιση του συσσωρευτή). Επισημαίνεται ότι ο όρος πλαίσιο είναι δυνατόν να αναφέρεται είτε σε ένα μόνο πλαίσιο είτε σε ένα σύνολο πλαισίων.

2.5.1.4. ΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗ

Οι ηλιακές κυψέλες χρήζουν προστασίας και υποστήριξης. Για τον λόγο αυτό σχεδόν πάντα τοποθετούνται σε κέλυφος, με κάποιο τρόπο που να προστατεύονται και να μονώνονται ηλεκτρικά. Στο σχήμα 11 παρουσιάζεται η εγκάρσια τομή ενός τυπικού πλαισίου που χρησιμοποιείται σε οικιακές ή απομονωμένες εφαρμογές ή σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Τα περισσότερα πλαίσια ενθυλακώνονται σε κάποιο πολυμερές υλικό, όπως ο οξικός εστέρας αιθυλενίου – βινυλίου (EVA), το οποίο στη συνέχεια τοποθετείται μεταξύ γυαλιού στην επάνω επιφάνεια και Mylar ή Tedlar στην κάτω. Οι ακμές σφραγίζονται με ένα στεγανωτικό παρέμβυσμα και υποστηρίζονται με ένα πλαίσιο. Έχουν πραγματοποιηθεί επίσης κατασκευές με χρήση εύκαμπτων ελασμάτων.



Σχήμα 16: Τομή ενός τυπικού φωτοβολταϊκού πλαισίου [10]

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί παράγοντες που εξετάζονται κατά την επιλογή των υλικών για τη διαδικασία της ενθυλάκωσης. Η σημασία τους εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής. Τα πλέον σημαντικά χαρακτηριστικά της ενθυλάκωσης είναι τα ακόλουθα:

- Ηλεκτρική ειδική αντίσταση.

Το υλικό πρέπει να διαθέτει ιδιότητες ηλεκτρικού μονωτικού. Είναι σημαντική η απομόνωση της τάσης της συστοιχίας και η προστασία της από οποιεσδήποτε

εξωτερικές τάσεις.

- Μετάδοση του φωτός.

Στην ιδανική περίπτωση, η ενθυλάκωση δεν πρέπει να παρεμποδίζει την προσέγγιση της ηλιακής ακτινοβολίας στις κυψέλες.

- Μετάδοση της θερμότητας.

Η λειτουργία των ηλιακών κυψελών είναι αποδοτικότερη σε συνθήκες χαμηλών θερμοκρασιών. Κρίνεται χρήσιμο να υπάρχει, εφόσον είναι δυνατό, ένα υλικό ενθυλάκωσης υψηλής θερμικής αγωγιμότητας έτσι ώστε να είναι εφικτή η απομάκρυνση της θερμότητας από τις κυψέλες.

- Θερμική διαστολή.

Σε ορισμένες θέσεις η θερμοκρασία του πλαισίου είναι αρκετά χαμηλότερη του σημείου πήξης κατά τη χειμερινή περίοδο και αρκετά υψηλότερη των 40°C τη θερινή περίοδο. Θεωρείται, επομένως, σημαντικό το υλικό ενθυλάκωσης να μη συστέλλεται ή διαστέλλεται σημαντικά εξαιτίας θερμοκρασιακών μεταβολών.

- Βάρος.

Για ορισμένα είδη εφαρμογών, το βάρος αποτελεί έναν κρίσιμο παράγοντα επιλογής του υλικού ενθυλάκωσης.

- Ανθεκτικότητα.

Πολλά πλαίσια τοποθετούνται σε εξωτερικό χώρο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και υπόκεινται σε συνθήκες ανέμων, βροχοπτώσεων, χαλαζοπτώσεων, χιονοπτώσεων και έντονης ηλιοφάνειας. Τα πλαίσια αυτά αναμένεται να λειτουργήσουν για χρονικό διάστημα είκοσι τουλάχιστον ετών, οπότε το υλικό ενθυλάκωσης επιβάλλεται να είναι σε θέση να αντεπεξέλθει σε αυτές τις συνθήκες χωρίς να υπόκειται σε σημαντική φθορά.

2.4.1.4. ΔΙΟΔΟΙ

Οι ηλιακές συστοιχίες ορισμένες φορές διαθέτουν διόδους φραγής και παράκαμψης. Πρόκειται για μικρές συσκευές που περιορίζουν την κατεύθυνση της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος.

2.4.1.5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΔΡΑΣΗΣ / ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

Σε ορισμένες συσκευές, όπως τα ηλιακά ρολόγια ή τους υπολογιστές χειρός, η ηλιακή κυψέλη ενσωματώνεται στην ίδια τη συσκευή. Με τις πρόσφατες εξελίξεις που πραγματοποιήθηκαν αναφορικά με τα υλικά των ηλιακών κυψελών, οι ηλιακές

κυψέλες είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν άμεσα ως υλικά κατασκευής των κτιριακών στεγών. Παρόλο αυτά, η πλειονότητα των εφαρμογών των φωτοβολταϊκών συστημάτων απαιτεί κάποια βάση για την υποστήριξη και την τοποθέτησή τους. Οι βάσεις αυτές είναι δυνατόν να είναι απλές κατασκευές για τη συγκράτηση ενός πλαισίου σε μία στέγη (πιθανώς με μόνιμη κλίση υπό κάποια γωνία), ή σύνθετες διατάξεις παρακολούθησης της τροχιάς του ηλίου σε δύο άξονες. Η πολυπλοκότητα της βάσης στήριξης καθορίζεται από τις ανάγκες της φωτοβολταϊκής εφαρμογής και του διαθέσιμου χρηματικού κεφαλαίου.

2.4.2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΥΣΤΟΙΧΙΩΝ

Γενικά ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο ή μία συστοιχία επηρεάζεται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες με τον ίδιο τρόπο που επηρεάζεται μία φωτοβολταϊκή κυψέλη. Η τάση μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας και η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος αυξάνεται με την αύξηση της έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία.

2.4.2.1. ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΕ ΣΕΙΡΑ

Όταν οι ηλιακές κυψέλες (ή πλαίσια) συνδέονται σε σειρά, είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί μία εκτίμηση της παραγόμενης ισχύος της συνδεσμολογίας με τη μεθοδολογία που περιγράφεται στη συνέχεια. Προϋπόθεση αποτελεί η διατήρηση ίδιων συνθηκών λειτουργίας για τις κυψέλες και παρόμοιων χαρακτηριστικών I-V.

- Ρεύμα.

Το ρεύμα σε μία συνδεσμολογία κυψελών σε σειρά είναι σταθερό σε κάθε σημείο της συνδεσμολογίας, ίσο με αυτό που παράγεται από μία κυψέλη. Στην περίπτωση όπου μία κυψέλη διαθέτει χαρακτηριστικά χαμηλού ρεύματος συνδεθεί σε μία συνδεσμολογία με άλλες κυψέλες που διαθέτουν χαρακτηριστικά υψηλότερου ρεύματος, η συνδεσμολογία θα περιοριστεί στο ρεύμα της κυψέλης χαμηλού ρεύματος.

Ισειράς = (I_{max} μίας κυψέλης).

- Τάση.

Η τάση σε μία συνδεσμολογία κυψελών είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων κάθε κυψέλης. Υποθέτοντας όμοιες κυψέλες, η τάση υπολογίζεται από τον τύπο:

$V_{σειράς} = (\text{Αριθμός κυψελών}) \times (V_{max} \text{ μίας κυψέλης}).$

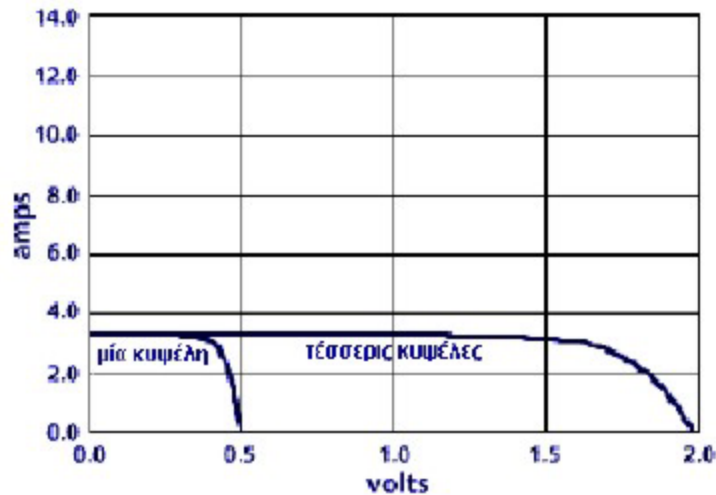
- Ισχύς.

Η παραγόμενη ισχύς μίας συνδεσμολογίας κυψελών ισούται με το ρεύμα της συνδεσμολογίας πολλαπλασιαζόμενο με την τάση.

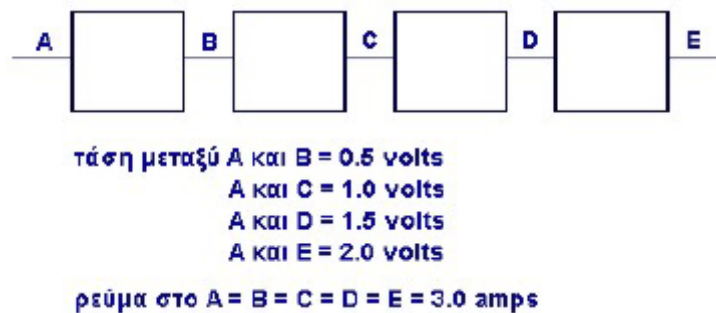
$$P_{\text{σειράς}} = I_{\text{σειράς}} \times V_{\text{σειράς}} \Rightarrow$$

$$P_{\text{σειράς}} = (I_{\text{max}} \text{ μίας κυψέλης}) \times (\text{Αριθμός κυψελών}) \times (V_{\text{max}} \text{ μίας κυψέλης}).$$

Σημειώνεται ότι, οι μεμονωμένες κυψέλες είναι δυνατόν να λειτουργούν σε διαφορετικές τάσεις, αλλά κάθε μία κυψέλη θα λειτουργεί με το ίδιο ρεύμα όπως και οι υπόλοιπες στη συνδεσμολογία. Το σχήμα 12 παρουσιάζει τον συνδυασμό των χαρακτηριστικών I-V των μεμονωμένων κυψελών για τη διαμόρφωση της καμπύλης I-V σε σειρά συνδεσμολογίας. Στο σχήμα 13 παρουσιάζεται μία σε σειρά συνδεσμολογία από τέσσερις κυψέλες και τα χαρακτηριστικά τάσης και ρεύματος αυτών.



Σχήμα 17: Τυπικές καμπύλες I-V για μία και τέσσερις κυψέλες συνδεδεμένες σε σειρά [10]



Σχήμα 18: Τέσσερις ηλιακές κυψέλες συνδεδεμένες σε σειρά [10]

2.4.2.2. ΣΥΝΔΕΣΗ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ

Στην περίπτωση όπου οι κυψέλες (ή τα πλαίσια) συνδεθούν παράλληλα, είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί εκτίμηση του ρεύματος, της τάσης και της ισχύος τους σύμφωνα με τη μεθοδολογία που περιγράφεται στη συνέχεια, υποθέτοντας σταθερές συνθήκες λειτουργίας και παρόμοια χαρακτηριστικά κυψελών I-V.

- Ρεύμα.

Το παραγόμενο ρεύμα από μία ομάδα κυψελών συνδεδεμένων παράλληλα ισούται με το άθροισμα των μεμονωμένων ρευμάτων κάθε κυψέλης. Θεωρώντας παρόμοιες κυψέλες, το ρεύμα υπολογίζεται από τη σχέση:

$I_{\text{παράλληλα}} = (\text{Αριθμός κυψελών}) \times (I_{\text{max}} \text{ μίας κυψέλης}).$

- Τάση.

Η τάση μεταξύ δύο κόμβων μίας ομάδας κυψελών συνδεδεμένων παράλληλα είναι ίση με την τάση κάθε κυψέλης:

$V_{\text{παράλληλα}} = (V_{\text{max}} \text{ μίας κυψέλης}).$

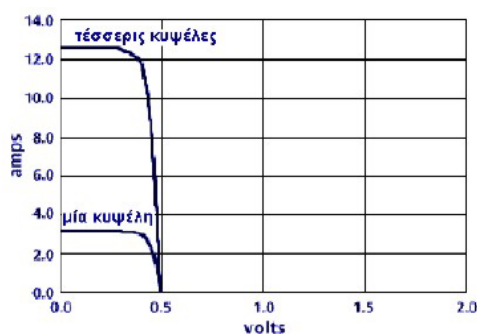
- Ισχύς.

Η παραγόμενη ισχύς από κυψέλες συνδεδεμένες παράλληλα είναι ίση με το παράλληλο ρεύμα πολλαπλασιασμένο με την παράλληλη τάση.

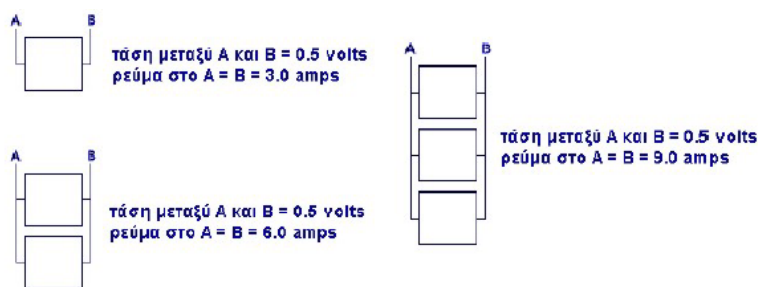
$P_{\text{παράλληλα}} = I_{\text{παράλληλα}} \times V_{\text{παράλληλα}} \Rightarrow$

$P_{\text{παράλληλα}} = (\text{Αριθμός κυψελών}) \times (I_{\text{max}} \text{ μίας κυψέλης}) \times (V_{\text{max}} \text{ μίας κυψέλης}).$

Σημειώνεται ότι, όταν μία ομάδα κυψελών συνδέεται παράλληλα, οι μεμονωμένες κυψέλες είναι δυνατόν να παράγουν ρεύματα διαφορετικής έντασης, αλλά κάθε κυψέλη θα λειτουργεί στην ίδια τάση. Στο σχήμα 14 παρουσιάζεται ο συνδυασμός των χαρακτηριστικών I-V των μεμονωμένων κυψελών για τη διαμόρφωση της καμπύλης I-V της ομάδας των κυψελών συνδεδεμένων παράλληλα. Στο σχήμα 15 απεικονίζονται ομάδες κυψελών συνδεδεμένων παράλληλα και τα χαρακτηριστικά τάσης και ρεύματος αυτών.



Σχήμα 19: Καμπύλες I-V για μία και τέσσερις κυψέλες συνδεδεμένες παράλληλα [10]



Σχήμα 20: Μία, δύο και τρεις κυψέλες συνδεδεμένες παράλληλα [10]

2.4.2.3. ΔΙΟΔΟΙ

- Δίοδοι παράκαμψης.

Οι δίοδοι παράκαμψης χρησιμοποιούνται για την προστασία των κυψελών με συνδεσμολογία σε σειρά. Γενικά, ένα πλαίσιο παρέχεται από την κατασκευάστρια εταιρεία με ενσωματωμένη δίοδο παράκαμψης, συνδεδεμένη με ολόκληρο το πλαίσιο. Κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας, η δίοδος δεν εκτελεί καμία λειτουργία εκτός της κατανάλωσης μίας ελάχιστης ποσότητας ισχύος. Σε περίπτωση σκιασμού ή παρουσίασης βλάβης μέρους του πλαισίου, η δίοδος παράκαμψης εκτρέπει το ρεύμα μέσω αυτής και γύρω από το πλαίσιο. Χωρίς τη δίοδο, το πλαίσιο που σκιάζεται ή έχει υποστεί βλάβη διαχέει το ρεύμα σε μορφή θερμότητας και τελικά καταστρέφεται.

- Δίοδοι φραγής.

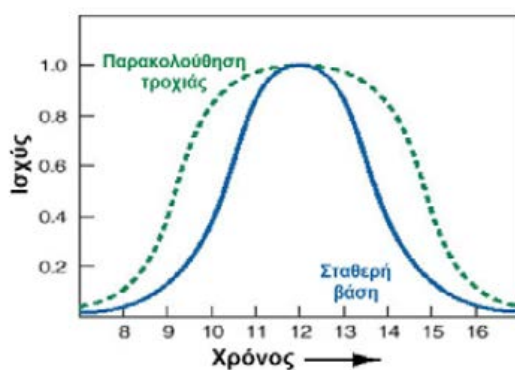
Οι δίοδοι φραγής εγκαθίστανται για να αποτρέψουν την αντιστροφή της ροής του ρεύματος προς τα πλαίσια. Μία δίοδος φραγής συνδέεται συνήθως σε σειρά μεταξύ της συστοιχίας και των συσσωρευτών. Αντί αυτού, εάν ένα πλήθος συνδεσμολογιών συνδέεται σε σειρά, οι δίοδοι φραγής είναι δυνατόν να συνδεθούν σε σειρά με κάθε μία συνδεσμολογία. Σε κάποιες περιπτώσεις ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται στα φωτοβολταϊκά συστήματα για τη ρύθμιση της ισχύος εξαλείφει την ανάγκη προσθήκης μίας δίοδου φραγής.

2.4.2.4. ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΤΡΟΧΙΑΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ

Ένα πλαίσιο κάθετα προσανατολισμένο στις ακτίνες του ηλίου λαμβάνει υψηλότερα επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας έναντι ενός άλλου μη προσανατολισμένου στον ήλιο. Η πορεία του ήλιου στον ουρανό μεταβάλλεται ανάλογα με την ώρα της ημέρας και με την ημέρα του έτους. Συνεπάγεται ότι, για να επιτευχθεί η μέγιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ένα πλαίσιο, επιβάλλεται το πλαίσιο να έχει τη δυνατότητα περιστροφής προκειμένου να ακολουθήσει την τροχιά του ήλιου. Τα

σταθερά πλαίσια τοποθετούνται ώστε να αντικρίζουν τον ισημερινό κάτω από μια ορισμένη γωνία και δεν παραμένουν αμετακίνητα. Παρά το γεγονός ότι τα πλαίσια αυτά δε διαθέτουν τη δυνατότητα παραγωγής τόσης ισχύος όση είναι σε θέση να παράγουν τα πλαίσια με συστήματα παρακολούθησης της τροχιάς, διαθέτουν το πλεονέκτημα του χαμηλότερου κόστους και της απλούστερης συντήρησης. Η πλειονότητα των εγκατεστημένων πλαισίων αφορούν σταθερά πλαίσια.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα σταθερά πλαίσια διαθέτουν τη δυνατότητα χειροκίνητης ρύθμισης. Αυτό είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί μερικές φορές το έτος ή την ημέρα ώστε να ληφθούν υπόψη οι εποχιακές ή ημερήσιες αλλαγές της πορείας του ήλιου. Μέσω της χειροκίνητης ρύθμισης των πλαισίων καθίσταται εφικτή η απόληψη ενός σημαντικού τμήματος της ηλιακής ακτινοβολίας που θα συλλεγόταν μέσω ενός συστήματος παρακολούθησης. Τα συστήματα αυτά έχουν τη δυνατότητα διπλασιασμού της παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας μίας συστοιχίας (σχήμα 16). Θα πρέπει όμως να αναλυθεί προσεκτικά, εάν το αυξημένο κόστος και η μηχανική πολυπλοκότητα της χρήσης ενός τροchioδεικτικού συστήματος είναι οικονομικά συμφέρουσα.



Σχήμα 21: Παραγόμενη ισχύς από μία συστοιχία με και χωρίς σύστημα παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου [10]

Στην παρακολούθηση τροχιάς μονού άξονα τα πλαίσια κινούνται κατά μήκος ενός άξονα προκειμένου να ακολουθήσουν την πορεία του ήλιου (σχήμα 17α). Στις περισσότερες περιπτώσεις ακολουθείται η μεταβαλλόμενη ανύψωση του ήλιου στον ουρανό, αντί της κίνησής του από ανατολή προς δύση. Στην παρακολούθηση τροχιάς διπλού άξονα (σχήμα 17β) τα πλαίσια κινούνται κατά μήκος δύο αξόνων. Μερικές συστοιχίες, όπως αυτές με συγκεντρωτικές κυψέλες, απαιτούν παρακολούθηση της τροχιάς σε δύο άξονες, δεδομένου ότι οι κυψέλες χρησιμοποιούν μόνο την άμεση

ηλιακή ακτινοβολία και η απόδοσή τους μειώνεται σημαντικά εάν η τοποθέτησή τους δεν είναι ακριβώς κάθετη ως προς τις ακτίνες του ηλίου.

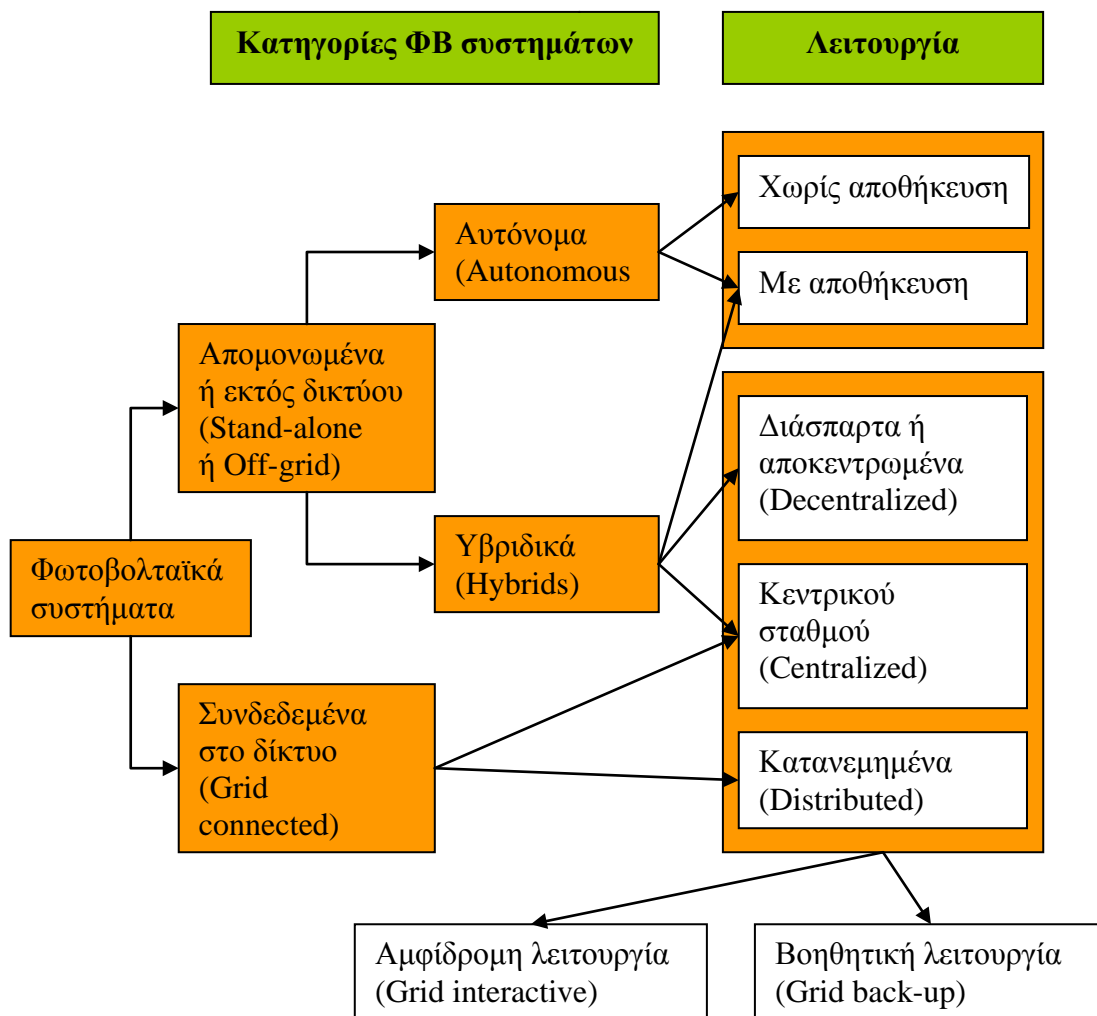


Σχήμα 22: Παρακολούθηση τροχιάς μονού άξονα (α) και συγκεντρωτικές κυψέλες με παρακολούθηση τροχιάς διπλού άξονα (β)

3. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ, ΣΥΝΘΕΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

3.1. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: α) τα απομονωμένα (stand-alone) ή εκτός δικτύου (off grid) συστήματα, (με τον όρο δίκτυο εννοείται το εθνικό (διακρατικό, πλέον) ή τοπικό δίκτυο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικές πηγές), β) τα συνδεδεμένα στο δίκτυο (grid connected). Τα απομονωμένα φωτοβολταϊκά συστήματα διακρίνονται επίσης σε αυτόνομα και υβριδικά. Το κριτήριο για τον προσδιορισμό της σύνθεσης του καταλληλότερου φωτοβολταϊκού συστήματος στις κατηγορίες αυτές, προκύπτει σύμφωνα με τις απαιτήσεις για πλήρη ή μερική κάλυψη (αυτονομία) των ενεργειακών καταναλώσεων της εφαρμογής, από το φωτοβολταϊκό σύστημα, μηνιαίως ή ετησίως [11].



Σχήμα 23: Κατηγορίες και λειτουργία ΦΒ συστημάτων

3.2. ΕΚΤΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ Η ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΑ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (OFF-GRID Η STAND-ALONE SYSTEMS)

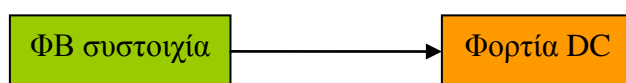
Χαρακτηρίζονται κατά αυτόν τον τρόπο τα ΦΒ συστήματα τα οποία παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, χωρίς να είναι συνδεδεμένα στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο. Διακρίνονται σε αυτόνομα, στα οποία η ΦΒ συστοιχία αποτελεί την αποκλειστική πηγή ενέργειας και σε υβριδικά, στα οποία περιλαμβάνεται και άλλη πηγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ή συμβατική ηλεκτρική πηγή (π.χ. Η/Ζ) [11].

3.2.1. ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η απαιτούμενη από την εφαρμογή, ηλεκτρική ενέργεια καλύπτεται εξολοκλήρου από τη ΦΒ συστοιχία, χωρίς τη συμμετοχή άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ή ηλεκτροπαραγωγών ζευγών και μπορεί να περιλαμβάνονται ή όχι ηλεκτρικοί συσσωρευτές. Αφορούν σε εφαρμογές μη συνδεδεμένες στο ηλεκτρικό δίκτυο. Η παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να είναι είτε συνεχούς (DC) είτε εναλλασσόμενης (AC) τάσης. Τα αυτόνομα ΦΒ συστήματα διακρίνονται σε:

- Αυτόνομα ΦΒ συστήματα άμεσης τροφοδοσίας του φορτίου της εφαρμογής (Direct-coupled PV systems).

Σε αυτά τα συστήματα, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια αποδίδεται απευθείας στην κατανάλωση, όσο φωτίζεται η ΦΒ συστοιχία, χωρίς αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας σε συσσωρευτές. Τα συστήματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε άντληση για πότισμα καλλιεργειών που δεν απαιτούν αυστηρά τακτική λειτουργία του συστήματος.

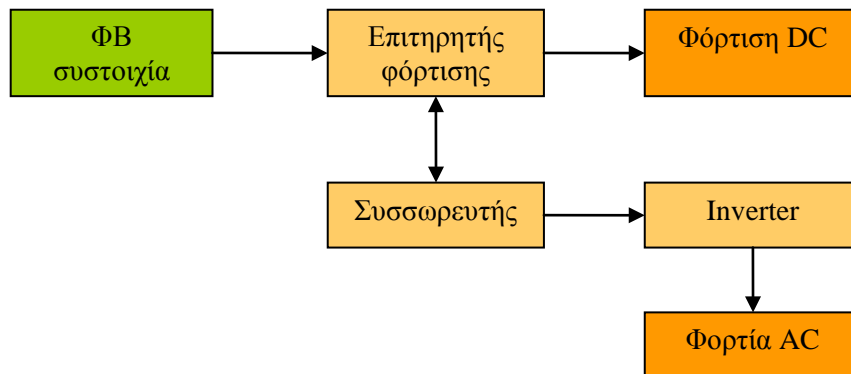


Σχήμα 24: Αυτόνομο ΦΒ σύστημα με συστοιχία συνδεδεμένη απευθείας στο φορτίο (DC)

- Αυτόνομα συστήματα με αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Ενδεικτικά αναφέρονται αυτόνομα ΦΒ συστήματα φωτισμού οδών, αρχαιολογικών χώρων, αλσουλίων, υποστήριξης συστημάτων πυρανίχνευσης δασικών εκτάσεων, τηλεπικοινωνιακών αναμεταδοτών, διατάξεων καταγραφής δεδομένων (Loggers) κ.α.

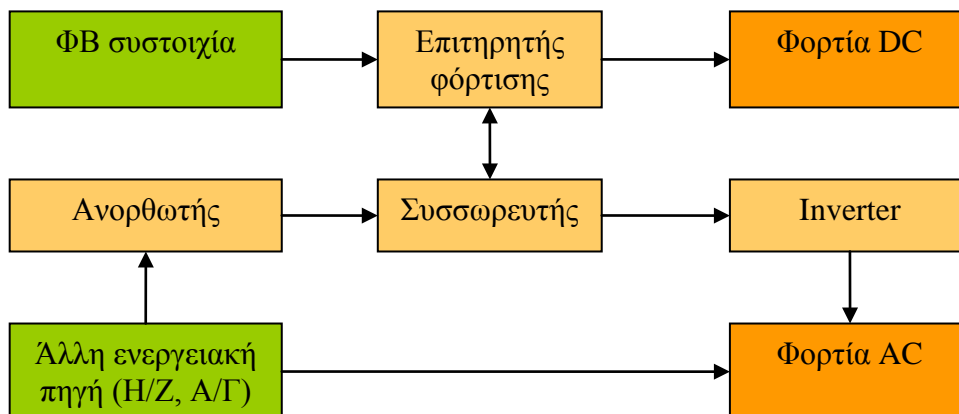
Σχεδιάζονται με πρόβλεψη ορισμένων ημερών αυτονομίας του συστήματος, με βάση το κατάλληλο μέγεθος των συσσωρευτών [11]



Σχήμα 25: Αυτόνομο ΦΒ σύστημα με αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας και τροφοδοσία φορτίων συνεχούς και εναλλασσόμενης τάσης

3.2.2. ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (HYBRID PV SYSTEMS)

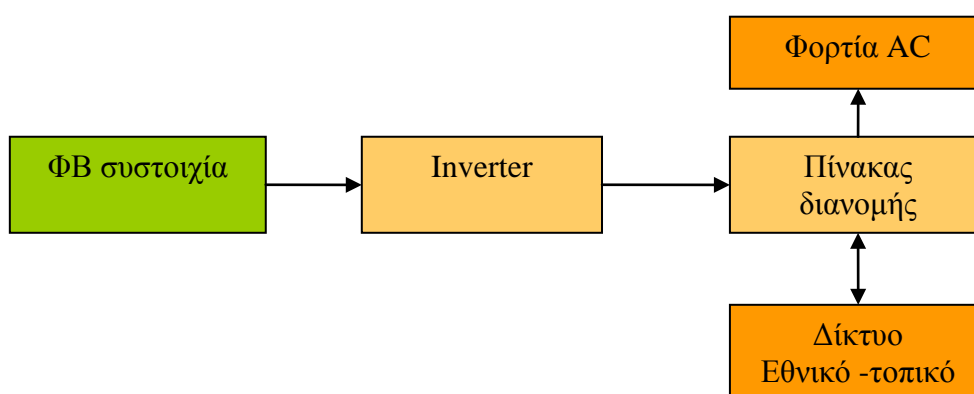
Στα υβριδικά ΦΒ συστήματα, η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια καλύπτεται από τον συνδυασμό ΦΒ συστοιχίας με άλλες πηγές ενέργειας, δηλαδή, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (π.χ. ανεμογεννήτρια, Α/Γ) ή πηγές συμβατικών καυσίμων (ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, Η/Ζ). Ο προσδιορισμός των συνιστωσών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας προκύπτει με ολοκληρωμένη οικονομοτεχνική μελέτη του συστήματος, με κριτήριο τον βαθμό συμμετοχής του Η/Ζ στη διασφάλιση της κάλυψης των ενεργειακών απαιτήσεων της εφαρμογής. Στις περισσότερες των περιπτώσεων στο σύστημα προβλέπεται αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας σε συσσωρευτές (αυτονομία αποθηκευμένης ενέργειας) [11].



Σχήμα 26: Αυτόνομο ΦΒ υβριδικό σύστημα

3.3. ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ (GRID-CONNECTED SYSTEMS)

Τα συστήματα αυτά συνδέονται απευθείας στο εθνικό ή τοπικό δίκτυο ηλεκτρικής παροχής (AC). Το δίκτυο αποτελεί για το ΦΒ σύστημα, μία εκτενή ‘δεξαμενή’ ηλεκτρικής ενέργειας, σταθερής ηλεκτρικής τάσης. Συνεπώς, στα συστήματα αυτά δεν απαιτείται αποθήκευση της παραγόμενης ΦΒ ηλεκτρικής ενέργειας. Διακρίνονται σε αυτά που είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο, ως κατανεμημένα (Distributed) συστήματα και σε εκείνα που συνιστούν κεντρικούς ΦΒ σταθμούς μεγάλης ισχύος, των οποίων η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται στο κεντρικό δίκτυο (Centralized systems). Τα συνδεδεμένα στο δίκτυο ΦΒ συστήματα αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό του συνόλου των εγκατεστημένων ΦΒ συστημάτων παγκοσμίως. Παρά τη θεαματική αύξηση των ΦΒ συστημάτων κεντρικού σταθμού, ιδίως μετά το 2002, τα κατανεμημένα ΦΒ συστήματα εξακολουθούν να αποτελούν την κύρια συνιστώσα των συνδεδεμένων στο δίκτυο ΦΒ συστημάτων.

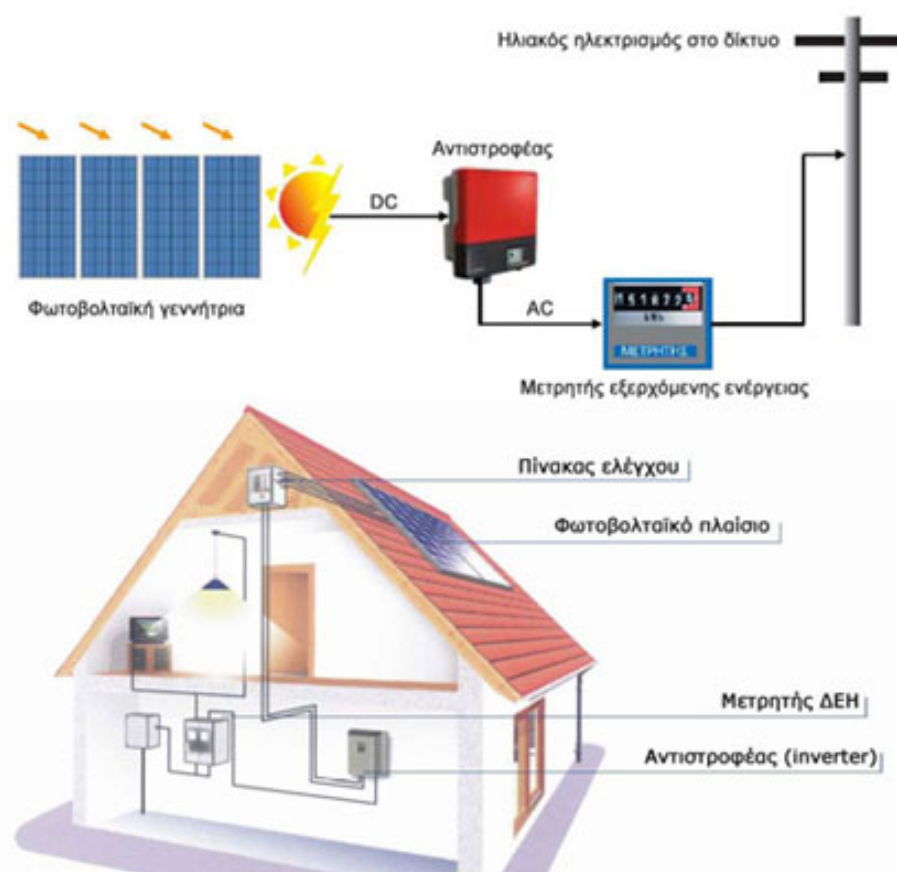


Σχήμα 27: ΦΒ σύστημα συνδεδεμένο στο εθνικό ή τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο

Τα κατανεμημένα ΦΒ συστήματα, διακρίνονται σε αυτά που χρησιμοποιούν το δίκτυο ως βοηθητική πηγή ενέργειας (Grid back-up) και σε εκείνα που λειτουργούν σε συνεχή αλληλεπίδραση με το δίκτυο, διοχετεύοντας την επιπλέον παραγόμενη ενέργεια σε αυτό (Grid interactive). Στην πρώτη περίπτωση το ΦΒ σύστημα σχεδιάζεται έτσι ώστε να καλύπτει κατά μέσο όρο τις μηνιαίες ενεργειακές απαιτήσεις της εφαρμογής. Το δίκτυο καλύπτει έκτακτη ενεργειακή ζήτηση ή καταστάσεις αστοχίας του ΦΒ συστήματος. Στη δεύτερη περίπτωση, το βασικότερο κριτήριο αφορά στην επιλογή εκείνης της ΦΒ συστοιχίας η οποία καλύπτει, κατά

μέσο όρο, τις ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις της εφαρμογής. Στις χρονικές περιόδους που το ΦΒ σύστημα υστερεί στην κάλυψη των καταναλώσεων της εφαρμογής, η απαιτούμενη ενέργεια παρέχεται από το δίκτυο. Σύμφωνα με το κριτήριο αυτό, μέσα στο έτος, η συνολική ενέργεια από το δίκτυο στην εφαρμογή, προβλέπεται να είναι ίση με τη συνολική ενέργεια από το ΦΒ σύστημα στο δίκτυο.

Δεδομένου ότι η διοχετευόμενη ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο πρέπει να είναι συμβατή με τις προδιαγραφές του δικτύου, ο αντιστροφείας είναι ειδικού τύπου. Επίσης τα συστήματα αυτά είναι υψηλής ισχύος. Το κόστος των διασυνδεδεμένων συστημάτων εκτιμάται στο ήμισυ των αντίστοιχων αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων, διότι δεν περιλαμβάνονται συσσωρευτές, ρυθμιστές φόρτισης και βοηθητική ηλεκτρική πηγή [11].



Σχήμα 28: Απλουστευμένο διάγραμμα ΦΒ διασυνδεδεμένου οικιακού συστήματος [12]

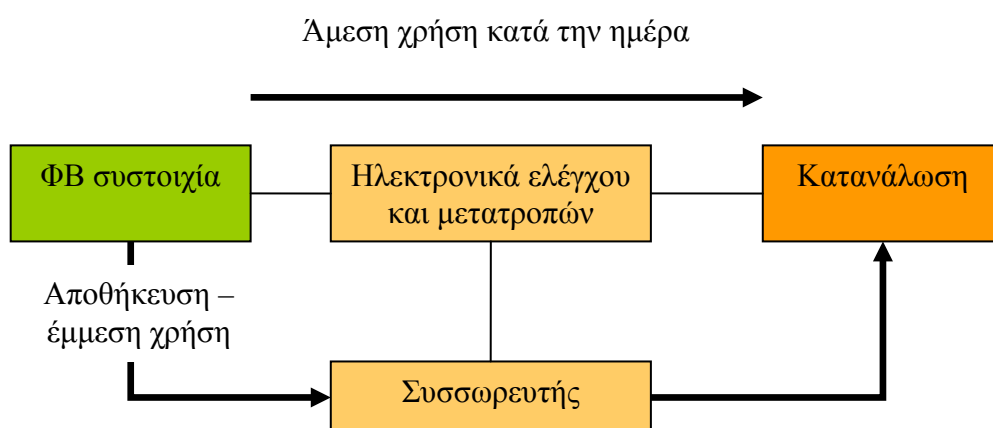
3.4. ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Στην παρούσα ενότητα παρατίθενται στοιχεία για τη διαδικασία ροής της ενέργειας από τη ΦΒ συστοιχία στην κατανάλωση.

Κατά τη διάρκεια μίας ημέρας, μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στη ΦΒ συστοιχία, μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια :

- Είτε χρησιμοποιείται για την απευθείας τροφοδοσία των ηλεκτρικών συσκευών της εφαρμογής, οι οποίες αναφέρονται στη συνέχεια, ως καταναλώσεις ή φορτία (άμεση χρήση).
- Είτε αποθηκεύεται σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές προκειμένου να χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια της νύχτας ή των περιόδων συννεφιάς (έμμεση χρήση).

Επίσης, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, είτε αξιοποιείται ως έχει, δηλαδή, ως ενέργεια συνεχούς ρεύματος, είτε μετατρέπεται σε ενέργεια εναλλασσόμενου ρεύματος, μέσω αντιστροφέα (inverter). Πάντως στις περισσότερες περιπτώσεις ενδείκνυται η μετατροπή του συνεχούς ρεύματος της ΦΒ συστοιχίας σε εναλλασσόμενο, δεδομένης της ευρείας χρήσης των συσκευών με τροφοδοσία 220Vac.



Σχήμα 29: Διάγραμμα ροής της παραγόμενης ΦΒ ηλεκτρικής ενέργειας και τα βασικά τμήματα ενός αυτόνομου ΦΒ συστήματος. Στην πλέον απλή μορφή του, η ΦΒ συστοιχία συνδέεται απευθείας στην κατανάλωση, χωρίς ηλεκτρονικά και αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας.

Συνοπτικά ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα περιλαμβάνει:

- Φωτοβολταϊκή γεννήτρια, στους ηλιακούς συλλέκτες της οποίας, πραγματοποιείται η μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια.
- Συσσωρευτές για την αποθήκευση της επιπλέον παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση ανεπαρκούς ή ανύπαρκτης ηλιακής ακτινοβολίας (έμμεση χρήση).

- Διατάξεις ρύθμισης και μετατροπής τάσης και ρύθμισης ισχύος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να επιτευχθεί αύξηση της απόδοσης του συστήματος.
- Διατάξεις προστασίας και ελέγχου.
- Βοηθητική γεννήτρια.
- Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος που να λειτουργεί με καύση βενζίνης ή πετρελαίου Diesel, για την αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών (συντήρηση ή βλάβη του συστήματος, τροφοδότηση πρόσθετων φορτίων, επικουρική λειτουργία σε απρόβλεπτα μεγάλες περιοχές χαμηλής ηλιακής ακτινοβολίας).

Σε κάθε περίπτωση, η μετατροπή της ενέργειας ηλιακής ακτινοβολίας, στην είσοδο του ΦΒ συστήματος, σε ηλεκτρική και η μεταφορά της στον χώρο τελικής αξιοποίησης της, συνοδεύεται από απώλειες. Μέρος της μεταφερόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται σε εσωτερική ενέργεια των συσκευών, αυξάνοντας τη θερμοκρασία των καλωδιώσεων και των ηλεκτρονικών διατάξεων του ΦΒ συστήματος, αποβαλλόμενη τελικά προς το περιβάλλον. Απώλειες ενέργειας σημειώνονται στη φωτοβολταϊκή συστοιχία, στη γραμμή μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας, στις ηλεκτρονικές συσκευές του φωτοβολταϊκού συστήματος και στον ηλεκτρικό συσσωρευτή, εφόσον το σύστημα περιλαμβάνει αποθήκευση ενέργειας [11].



Σχήμα 30: Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα [13]

3.5. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φωτοβολταϊκά συστήματα απαντούν εφαρμογή στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας εφεδρείας (συστήματα αδιάλειπτης παροχής – UPS). Στην περίπτωση αυτή, το φωτοβολταϊκό σύστημα είναι διασυνδεδεμένο με το δίκτυο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά παράλληλα διαθέτει συσσωρευτές και όλες τις απαιτούμενες ηλεκτρονικές διατάξεις ώστε να καλύπτει τις ανάγκες ηλεκτροδότησης για το χρονικό διάστημα διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος.

Στο παρελθόν τα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά συστήματα στην Ελλάδα εξυπηρετούσαν απομονωμένες χρήσεις, σε περιοχές όπου δεν υπήρχε σύνδεση με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, η εναλλακτική λύση εγκατάστασης ενός ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους αποδεικνυόταν εξαιρετικά δαπανηρή. Δεδομένου όμως ότι παρασχέθηκαν ισχυρά οικονομικά κίνητρα για την παραγόμενη ηλιακή ενέργεια, από τον Ιούνιο του 2006, η επιλογή της σύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο και η στη συνέχεια πώληση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο έναντι μίας νομικά προκαθορισμένης τιμής αποδείχθηκε πλέον συμφέρουσα.

4. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

4.1. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΑΚΟ -ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ

Από 1η Ιουλίου 2009 ισχύει ένα ειδικό πρόγραμμα για την εγκατάσταση μικρών φωτοβολταϊκών συστημάτων στον οικιακό-κτιριακό τομέα. Με το πρόγραμμα αυτό δίνονται κίνητρα με τη μορφή ενίσχυσης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας, ώστε ο οικιακός καταναλωτής ή μία μικρή επιχείρηση να κάνουν απόσβεση του συστήματος που εγκατέστησαν και να έχουν ένα λογικό κέρδος για τις υπηρεσίες (ενεργειακές και περιβαλλοντικές) που παρέχουν στο δίκτυο.

Αφορά οικιακούς καταναλωτές και πολύ μικρές επιχειρήσεις (Πολύ μικρή επιχείρηση είναι αυτή που απασχολεί από 1 έως και 9 άτομα και έχει κύκλο εργασιών και σύνολο ενεργητικού έως 2 εκατ. € ετησίως) που επιθυμούν να εγκαταστήσουν φωτοβολταϊκά ισχύος έως 10 κιλοβάτ (kWp) στο δώμα ή τη στέγη νομίμως υφισταμένου κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων στεγάστρων βεραντών, προσόψεων και σκιάστρων, καθώς και βοηθητικών χώρων του κτιρίου, όπως αποθήκες και χώροι στάθμευσης. Για να ενταχθούν στο πρόγραμμα, θα πρέπει να έχουν στην κυριότητά τους το χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα.

Δικαίωμα ένταξης στο Πρόγραμμα έχουν επίσης τα Νομικά Πρόσωπα Δημοσίου Δικαίου (Ν.Π.Δ.Δ.) και τα Νομικά Πρόσωπα Ιδιωτικού Δικαίου (Ν.Π.Ι.Δ.) μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα, τα οποία έχουν στην κυριότητά τους το χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα. Το δικαίωμα εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος σε κτίριο ιδιοκτησίας Νομικού Προσώπου Δημοσίου Δικαίου, τη χρήση του οποίου έχει αναλάβει διαχειριστής (π.χ. σχολική επιτροπή), παρέχεται στον διαχειριστή, μετά από συναίνεση του κυρίου του κτιρίου. Σημειώνουμε ότι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών ισχύος άνω των 10 kWp σε εμπορικές-βιομηχανικές στέγες, διέπεται από άλλους κανόνες και ισχύουν γι' αυτά τα συστήματα άλλα κίνητρα.

Ως μέγιστη ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων στο πλαίσιο του Προγράμματος ορίζεται, για την ηπειρωτική χώρα, τα Διασυνδεδεμένα με το Σύστημα νησιά και την Κρήτη τα 10 kWp και για τα λοιπά Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά τα 5 kWp.

Ως “κατοικία” στο πλαίσιο του Προγράμματος εννοείται το κτίριο της μόνιμης

διαμονής του ενδιαφερόμενου. Μπορεί επιπλέον να εγκατασταθεί φωτοβολταϊκό σύστημα (στο πλαίσιο του Προγράμματος) και στην εξοχική κατοικία. Το πρόγραμμα αφορά σε ήδη υπάρχουσες κτιριακές εγκαταστάσεις και όχι σε κατασκευές που πρόκειται να υλοποιηθούν.

Σύμφωνα με τους όρους του Προγράμματος τα φωτοβολταϊκά τοποθετούνται σε σταθερά και συγκεκριμένα σημεία των κτιρίων. Στις πέργκολες ως κατασκευές στήριξης των φυτών και μόνο και στις τέντες ως μη σταθερές κατασκευές, δεν επιτρέπεται η επικάλυψη από οποιοδήποτε υλικό μόνιμο ή προσωρινό (σχετική εγκύκλιος Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. 54435/ΕΓΚ.39/1998).

Πρέπει να συντρέχουν οι ακόλουθες προϋποθέσεις για την ένταξη στο Πρόγραμμα:

- Η ύπαρξη ενεργού σύνδεσης κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος στο όνομα του κυρίου του Φωτοβολταϊκού, στο κτίριο στο οποίο εγκαθίσταται το σύστημα.
- Η κάλυψη μέρους των αναγκών σε ζεστό νερό με την χρήση Α.Π.Ε. όπως ενδεικτικά η ύπαρξη ηλιακού θερμοσίφωνα.
- Η μη χρηματοδότηση από άλλο πρόγραμμα.

Η βασική νομοθεσία για τις οικιακές στέγες είναι η ακόλουθη:

- "Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων", ΦΕΚ 1079B' /4-6-2009.
- "Συμπλήρωση του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις", ΦΕΚ 1557B' /22-9-2010.
- "Εγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε κτίρια και οικόπεδα εντός σχεδίου περιοχών και σε οικισμούς", ΦΕΚ 376/6-9-2010.
- "Τροποποιήσεις ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε γήπεδα, οικόπεδα και κτίρια" ΦΕΚ 583B/14-4-2011.
- "Φορολογική αντιμετώπιση της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων μέχρι 10 kWp σε κτιριακές εγκαταστάσεις κατοικιών ή πολύ μικρών επιχειρήσεων", 6-8-2009.

Στη συνέχεια παρατίθεται η διαδικασία αδειοδότησης φωτοβολταϊκών συστημάτων ισχύος έως 10kWp σε κτιριακές εγκαταστάσεις.

1. Ο κύριος του φωτοβολταϊκού συστήματος επιβεβαιώνει τη δυνατότητα χρήσης του προγράμματος. Επιλέγει το φωτοβολταϊκό σύστημα και το σημείο / σημεία εγκατάστασης.

2. Ο κύριος του φωτοβολταϊκού συστήματος υποβάλλει σχετική αίτηση σύνδεσης προς την τοπική υπηρεσία της Δ.Ε.Η. Α.Ε., η οποία και χορηγεί τα σχετικά έντυπα:
 - i. Τα στοιχεία του κυρίου του Φωτοβολταϊκού και, σε περίπτωση επιχείρησης, στοιχεία που αποδεικνύουν την ιδιότητα της Μ.Μ.Ε.
 - ii. Υπεύθυνες δηλώσεις ότι πληρούνται οι ανωτέρω προϋποθέσεις για την ένταξη στο Πρόγραμμα.
 - iii. Τα στοιχεία της εγκατάστασης.
 - iv. Τα τεχνικά στοιχεία των πλαισίων και του αντιστροφέα.
3. Ο διαχειριστής του δικτύου, Δ.Ε.Η. Α.Ε. εξετάζει το αίτημα κατά προτεραιότητα, και διατυπώνει προσφορά σύνδεσης στον κύριο του φωτοβολταϊκού συστήματος.

Ο προβλεπόμενος χρόνος εξέτασης του αιτήματος και διατύπωσης προσφοράς σύνδεσης εκτιμάται σε είκοσι (20) ημέρες.

Η διάρκεια ισχύος της προσφοράς είναι τρεις; (3) μήνες από την ημερομηνία έκδοσής της.
4. Ο κύριος του φωτοβολταϊκού συστήματος αποδέχεται την προσφορά σύνδεσης.

Ο αιτών προσκομίζει από την αρμόδια πολεοδομική υπηρεσία 'έγκριση εκτέλεσης εργασιών μικρής κλίμακας'.
5. Ο κύριος του φωτοβολταϊκού συστήματος - διαχειριστής δικτύου, Δ.Ε.Η. Α.Ε. υπογράφει τη σύμβαση σύνδεσης, καταβάλλει δαπάνη έργων σύνδεσης από τον κύριο του συστήματος.
6. Ο διαχειριστής δικτύου Δ.Ε.Η. Α.Ε. δίνει εντολή για την κατασκευή έργων σύνδεσης.

Η διάρκεια των έργων σύνδεσης εκτιμάται σε είκοσι (20) ημέρες.

Η διάρκεια είναι δυνατόν να αυξηθεί αν απαιτείται κατασκευή νέων έργων δικτύου.
7. Ο κύριος του φωτοβολταϊκού συστήματος υποβάλλει αίτηση για τη σύναψη σύμβασης συμψηφισμού προς τη Δ.Ε.Η. Α.Ε. (Τοπική Υπηρεσία Εμπορίας) ή άλλο προμηθευτή που ηλεκτροδοτεί τις καταναλώσεις της ιδιοκτησίας του κυρίου όπου εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα.

Η αίτηση αυτή είναι 25ετούς διάρκειας, συντάσσεται κατά το υπόδειγμα του παραρτήματος της Κ.Υ.Α.
8. Ο προμηθευτής ολοκληρώνει τη διαδικασία συμψηφισμού εντός 15 ημερών από την παραλαβή του αιτήματος.
9. Ο κύριος του φωτοβολταϊκού συστήματος υποβάλλει αίτημα ενεργοποίησης της σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος, με το οποίο συνυποβάλλεται:

- i. Αντίγραφο της Σύμβασης Συμψηφισμού.
 - ii. Υπεύθυνη δήλωση μηχανικού κατάλληλης ειδικότητας με τα απαραίτητα συνοδευτικά έγγραφα (άρθ.4, §6 της Κ.Υ.Α.).
 - iii. Υπεύθυνη δήλωση του κυρίου του Φωτοβολταϊκού συστήματος όπου θα αναφέρεται ότι καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του Φωτοβολταϊκού δεν θα τροποποιηθούν οι ρυθμίσεις που δηλώθηκαν από τον μηχανικό.
10. Ο διαχειριστής του δικτύου (Δ.Ε.Η. Α.Ε.) ενεργοποιεί τη σύνδεση του φωτοβολταϊκού συστήματος [14].

4.2. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΑΡΚΑ

Το θεσμικό πλαίσιο για τις επενδύσεις στα φωτοβολταϊκά είναι το ακόλουθο:

Νόμοι:

- **N.4001/2011** "Για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις", ΦΕΚ 179Α/22-8-2011.
- **Ενοποίηση των διατάξεων** του Ν.3468/2006 όπως τροποποιήθηκαν από τους Ν.3734/2009, Ν.3851/2010, Ν.3889/2010 και λοιπών διατάξεων νόμων.
- **N.3851/2010**, "Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής", ΦΕΚ 85Α/4-6-2010.
- **N.3734/2009**, "Προώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας, ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με το Υδροηλεκτρικό Έργο Μεσοχώρας και άλλες διατάξεις", ΦΕΚ 8Α/28-1-2009.
- **N.3468/2006**, "Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις", ΦΕΚ 129Α/29-6-2006.

Υπουργικές Αποφάσεις

- **ΥΑΠΕ/Φ1/14810**, "Κανονισμός Αδειών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας με χρήση ΑΠΕ", ΦΕΚ 2373Β/25-10-2011.
- **ΥΑ 16-2-2011**, "Τροποποιήσεις ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε γήπεδα, οικόπεδα και κτίρια", ΦΕΚ

583B/14-4-2011.

- **ΥΑ 24839/2010**, “Έγγυοδοσία για την υπογραφή Συμβάσεων Σύνδεσης στα δίκτυα διανομής σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση Α.Π.Ε. που εξαιρούνται από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής”, ΦΕΚ 1901B/3-12-2010.
- **ΥΑ 19598/2010**, “Απόφαση για την επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και την κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας”, ΦΕΚ 1630B/11-10-2010.
- **ΚΥΑ 18513/2010**, “Συμπλήρωση του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις”, ΦΕΚ 1557B’/22-9-2010.
- **ΥΑ 40158/2010**, “Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων και ηλιακών συστημάτων σε γήπεδα και κτίρια σε εκτός σχεδίου περιοχές”, ΦΕΚ 1556B/22-9-2010.
- **ΥΑ 36720/2010**, “Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε κτίρια και οικόπεδα εντός σχεδίου περιοχών και σε οικισμούς”, ΦΕΚ 376/6-9-2010.
- **ΚΥΑ 17149/2010**, “Τύπος και περιεχόμενο συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και μέσω Συμπαράγωγης Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης στο Σύστημα και το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο και στο Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 12 παρ. 3 του Ν. 3468/2006, όπως ισχύει, πλην ηλιοθερμικών και υβριδικών σταθμών”, ΦΕΚ 1497B/6-9-2010.
- **ΚΥΑ 12323/2009**, “Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων”, ΦΕΚ 1079B’/4-6-2009.
- **ΚΥΑ 49828/2008**, “Έγκριση ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αιεφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και της στρατηγικής μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτού”, ΦΕΚ 2464B/3-12-2008.
- **ΚΥΑ 104247/2006**, “Διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.), σύμφωνα με το άρθρο 4 του Ν.1650/1986, όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 2 του Ν.3010/2002” και ΚΥΑ 104248/2006, “Περιεχόμενο, δικαιολογητικά και λοιπά στοιχεία των Προμελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.), των Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.), καθώς

και συναφών μελετών περιβάλλοντος, έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.)”, ΦΕΚ 663B/26-5-2006.

- **ΚΥΑ 19500/2004**, “Τροποποίηση και συμπλήρωση της 13727/724/2003 κοινής υπουργικής απόφασης ως προς την αντιστοίχιση των δραστηριοτήτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τους βαθμούς όχλησης που αναφέρονται στην πολεοδομική νομοθεσία”, ΦΕΚ 1671B/11-11-2004.

Εγκύκλιοι

- **Εγκύκλιος ΥΑΠΕ/Φ1/οικ.28135 (27-12-2010)**, “Διευκρινίσεις σχετικά με την προτεραιότητα εξέτασης αιτημάτων για τη χορήγηση προσφορών σύνδεσης από τον αρμόδιο διαχειριστή δικτύου”.
- **Εγκύκλιος ΥΑΠΕ/Φ1/οικ.26928 (16-12-2010)**, “Εφαρμογή των διατάξεων του ν.3851/2010 σχετικών με την εξέταση αιτημάτων για την εγκατάσταση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. σε γεωργική γη υψηλής παραγωγικότητας, συμπεριλαμβανομένης της κατηγορίας των επαγγελματιών αγροτών”.
- **Εγκύκλιος 1078580/6637/491/B0014 (6-8-2009)**, “Φορολογική αντιμετώπιση της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων μέχρι 10 kWp σε κτιριακές εγκαταστάσεις κατοικιών ή πολύ μικρών επιχειρήσεων”

4.3. ΑΔΕΙΟΔΟΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Στη συγκεκριμένη ενότητα, παρατίθενται τα βήματα των διαδικασιών αδειοδότησης, όπως αναρτώνται στον σύνδεσμο εταιρειών φωτοβολταϊκών.

4.3.1. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ

Συστήματα <10 kWp

1. Αίτηση στην τοπική Δ.Ε.Η. για προσφορά όρων σύνδεσης και υπογραφή σύμβασης συμψηφισμού με τη Δ.Ε.Η.
2. Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού.

Συστήματα 10-100 kWp

1. Αίτηση στην τοπική Δ.Ε.Η. για προσφορά όρων σύνδεσης.
2. Υπογραφή σύμβασης αγοροπωλησίας με ΔΕΣΜΗΕ.
3. Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού.

Συστήματα 100-1000 kWp

1. Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία.
2. Αίτηση στο περιφερειακό γραφείο της Δ.Ε.Η. για προσφορά όρων σύνδεσης.
3. Υπογραφή σύμβασης αγοροπωλησίας με ΔΕΣΜΗΕ.
4. Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού.

Συστήματα >1000 kWp

1. Αίτηση στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) για έκδοση Άδειας Παραγωγής.
2. Αίτηση στην Περιφέρεια για έκδοση Άδειας Εγκατάστασης.
3. Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία.
4. Αίτηση στον ΔΕΣΜΗΕ για προσφορά όρων σύνδεσης.
5. Υπογραφή σύμβασης αγοροπωλησίας με ΔΕΣΜΗΕ εγκατάσταση φωτοβολταϊκού.
6. Αίτηση στην Περιφέρεια για έκδοση Άδειας Λειτουργίας.

4.3.2. ΑΔΕΙΟΛΟΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Συστήματα <500 kWp

1. Δεν απαιτείται άδεια παραγωγής, ούτε άλλη σχετική διαπιστωτική απόφαση (Ν.3468/2006, αρθ.4, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.2, §12).
2. Αίτηση στην Περιφέρεια για βεβαίωση απαλλαγής από Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων –Ε.Π.Ο.

Αυτή εκδίδεται από την ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ. της οικείας Περιφέρειας εντός αποκλειστικής προθεσμίας 20 ημερών, μετά την άπρακτη παρέλευση της οποίας θεωρείται αυτή χορηγηθείσα (Ν.3851, αρθ.3). Για την απόδειξη της άπρακτης παρέλευσης, ο ενδιαφερόμενος πρέπει στα επόμενα στάδια να προσκομίζει σχετική βεβαίωση της Περιφέρειας, ή εναλλακτικά, αντίγραφο του αιτήματός του με τον αριθμό πρωτοκόλλου και την ημερομηνία κατάθεσής του, μαζί με υπεύθυνη δήλωση για την παρέλευση του 20ημέρου χωρίς έκδοση ούτε απαλλαγής, ούτε αρνητικής απόφασης. Κατ' εξαίρεση απαιτείται Ε.Π.Ο. εάν:

- α) το έργο εγκαθίσταται εντός περιοχής Natura 2000 ή σε απόσταση < 100m από αιγιαλό
- β) γειτνιάζει σε απόσταση <150m με άλλο σταθμό ίδιας τεχνολογίας, η δε αθροιστική ισχύς υπερβαίνει το όριο των 500 kW.

Δεν απαιτείται Ε.Π.Ο. αλλά ούτε και απαλλαγή για τα Φ/Β που εγκαθίστανται

εντός οργανωμένων υποδοχέων βιομηχανικών δραστηριοτήτων (ΒΙ.ΠΕ., ΒΙ.ΠΑ. κτλ), πάνω σε κτίρια, ή άλλες δομικές κατασκευές (Ν.3468/2006, αρθ.8, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.3, §2). Στην περίπτωση αυτή, πρέπει να προσκομίζεται τοπογραφικό διάγραμμα ή έγγραφο προσφοράς σύνδεσης απ' όπου να προκύπτει σαφώς η εγκατάσταση σε υποδοχέα ή πάνω σε κτίριο αντίστοιχα.

Εφόσον απαιτείται, πρέπει να ζητηθεί η έκδοση των αναγκαίων αδειών για την απόκτηση του δικαιώματος χρήσης της θέσης εγκατάστασης.

Δεν απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης (Ν.3468/2006, αρθ.8, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.3, §2).

3. Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία.

Με την ΥΑ.36720, ΦΕΚ.Β'376/6.9.2010 όπως τροποποιήθηκε και ισχύει, επιβάλλονται ειδικοί όροι και περιορισμοί για την εγκατάσταση Φ/Β σε κτίρια καθώς και σε ιστορικά τμήματα πόλεων ή περιοχές ιδιαίτερου φυσικού κάλλους. Μεταξύ άλλων ορίζεται ότι:

- Για την τοποθέτηση Φ/Β ≤ 100 kW πάνω σε κτίρια δεν απαιτείται οικοδομική άδεια, ούτε έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας, αλλά έγγραφη γνωστοποίηση εργασιών και εκπόνησης της μελέτης εγκατάστασης του Φ/Β προς τον προμηθευτή που ηλεκτροδοτεί το κτίριο.
- Για τα μεγαλύτερης ισχύος απαιτείται η συνυποβολή έγκρισης εργασιών μικρής κλίμακας και δήλωσης πολιτικού μηχανικού για τη στατική επάρκεια του κτιρίου.
- Για την εγκατάσταση Φ/Β ισχύος > 10 kW σε κτίρια εκτός σχεδίου πόλεως απαιτείται επιπλέον η συνυποβολή τοπογραφικού διαγράμματος και αντιγράφου της οικοδομικής άδειας (δες άρθ.2, §3 της τροποποίησης).
- Για την εγκατάσταση στους ακάλυπτους χώρους των οικοπέδων εντός σχεδίου περιοχών ή εντός οικισμών απαιτείται έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας.
- Δε δικαιολογείται η τοποθέτηση Φ/Β σε αδόμητα οικόπεδα (άρθ.4, §2 της τροποποίησης).

Με την ΥΑ.40158, ΦΕΚ.Β'1556/22.9.2010 όπως τροποποιήθηκε και ισχύει, επιβάλλονται ειδικοί όροι για την εγκατάσταση Φ/Β ανεξαρτήτως ισχύος σε γήπεδα εκτός σχεδίου περιοχών. Δεν απαιτείται τα γήπεδα να είναι άρτια και οικοδομήσιμα, εκτός αν ζητούνται δομικές κατασκευές πέραν των “απολύτως αναγκαίων”. Ως “απολύτως αναγκαίες κατασκευές” νοούνται: α) ο στυλίσκος μετρητή της ΔΕΗ, β) ένας οικίσκος εγκατάστασης ηλεκτρονικού εξοπλισμού Φ/Β ανά 500 kW ισχύος με εμβαδόν ως 15 τ.μ., γ) προστατευτική περίφραξη ύψους ως 2,5 μ. με συμπαγές τοιχίο

ως 30 εκατ. (άρθ.2, §1 της τροποποίησης). Επιπλέον, τα Φ/Β δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν σε κάλυψη το 60% του γηπέδου. Σε περίπτωση ανέγερσης και άλλων χρήσεων δομικών κατασκευών εντός του γηπέδου (όπως σπίτι, γεωργικές αποθήκες, κλπ.), αυτές συνυπολογίζονται στο παραπάνω καθοριζόμενο ποσοστό κάλυψης, ενώ ως προς τους λοιπούς όρους και περιορισμούς δόμησης για τις χρήσεις αυτές θα ισχύουν οι γενικοί της εκτός σχεδίου δόμησης ή οι τυχόν ειδικοί όροι και περιορισμοί που ισχύουν από άλλες ρυθμίσεις.

Δεν απαιτείται οικοδομική άδεια εκτός αν πρόκειται να εκτελεστούν εργασίες από σκυρόδεμα, π.χ. θεμελιώσεις βάσεων στήριξης στοιχείων με μπετόν.

4. Αίτηση στο τοπικό (<100 kWp) ή περιφερειακό (>100 kWp) γραφείο της ΔΕΗ για προσφορά όρων σύνδεσης, ο οποίος και θεωρεί τα τοπογραφικά διαγράμματα αποτύπωσης του τρόπου σύνδεσης. Χορηγείται προσφορά σύνδεσης καταρχήν μη δεσμευτική. Αυτή οριστικοποιείται και καθίσταται δεσμευτική μετά το τέλος της περιβαλλοντικής αδειοδότησης, όπου απαιτείται (αρθ.187, Ν.4001/2011).

5. Υπογραφή σύμβασης αγοροπωλησίας με ΔΕΣΜΗΕ.

6. Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού.

7. Δεν απαιτείται δοκιμαστική λειτουργία.

8. Δεν απαιτείται άδεια λειτουργίας (Ν.3468/2006, αρθ.8, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.3, §2) [15], [16].

Συστήματα 500-1000 kWp

1. Δεν απαιτείται άδεια παραγωγής, ούτε άλλη σχετική διαπιστωτική απόφαση (Ν.3468/2006, αρθ.4, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.2, §12).

2. Αίτηση στην περιφέρεια για Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ).

Αυτή εκδίδεται από την ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ. της οικείας περιφέρειας εντός αποκλειστικής προθεσμίας 20 ημερών, μετά την άπρακτη παρέλευση της οποίας θεωρείται αυτή χορηγηθείσα (Ν.3851, αρθ.3). Για την απόδειξη της άπρακτης παρέλευσης, ο ενδιαφερόμενος πρέπει στα επόμενα στάδια να προσκομίζει σχετική βεβαίωση της Περιφέρειας, ή εναλλακτικά, αντίγραφο του αιτήματός του με τον αριθμό πρωτοκόλλου και την ημερομηνία κατάθεσής του, μαζί με υπεύθυνη δήλωση για την παρέλευση του 20ημέρου χωρίς έκδοση ούτε απαλλαγής, ούτε αρνητικής απόφασης. Κατ' εξαίρεση απαιτείται Ε.Π.Ο. εάν:

α) το έργο εγκαθίσταται εντός περιοχής Natura 2000 ή σε απόσταση < 100m από αιγιαλό

β) γειτνιάζει σε απόσταση <150m με άλλο σταθμό ίδιας τεχνολογίας, η δε αθροιστική ισχύς υπερβαίνει το όριο των 500 kW.

Δεν απαιτείται Ε.Π.Ο. αλλά ούτε και απαλλαγή για τα Φ/Β που εγκαθίστανται εντός οργανωμένων υποδοχέων βιομηχανικών δραστηριοτήτων (ΒΙ.ΠΕ., ΒΙ.ΠΑ. κτλ), πάνω σε κτίρια, ή άλλες δομικές κατασκευές (Ν.3468/2006, αρθ.8, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.3, §2). Στην περίπτωση αυτή, πρέπει να προσκομίζεται τοπογραφικό διάγραμμα ή έγγραφο προσφοράς σύνδεσης απ' όπου να προκύπτει σαφώς η εγκατάσταση σε υποδοχέα ή πάνω σε κτίριο αντίστοιχα.

Εφόσον απαιτείται, πρέπει να ζητηθεί η έκδοση των αναγκαίων αδειών για την απόκτηση του δικαιώματος χρήσης της θέσης εγκατάστασης.

Δεν απαιτείται άδεια εγκατάστασης (Ν.3468/2006, αρθ.8, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.3, §2).

3. Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία.

Με την ΥΑ.36720, ΦΕΚ.Β'376/6.9.2010 όπως τροποποιήθηκε και ισχύει, επιβάλλονται ειδικοί όροι και περιορισμοί για την εγκατάσταση Φ/Β σε κτίρια καθώς και σε ιστορικά τμήματα πόλεων ή περιοχές ιδιαίτερου φυσικού κάλλους. Μεταξύ άλλων ορίζεται ότι:

- Για την τοποθέτηση Φ/Β ≤ 100 kW πάνω σε κτίρια δεν απαιτείται οικοδομική άδεια, ούτε έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας, αλλά έγγραφη γνωστοποίηση εργασιών και εκπόνησης της μελέτης εγκατάστασης του Φ/Β προς τον προμηθευτή που ηλεκτροδοτεί το κτίριο.
- Για τα μεγαλύτερης ισχύος απαιτείται η συνυποβολή έγκρισης εργασιών μικρής κλίμακας και δήλωσης πολιτικού μηχανικού για τη στατική επάρκεια του κτιρίου.
- Για την εγκατάσταση Φ/Β ισχύος > 10 kW σε κτίρια εκτός σχεδίου πόλεως απαιτείται επιπλέον η συνυποβολή τοπογραφικού διαγράμματος και αντιγράφου της οικοδομικής άδειας (άρθ.2, §3 της τροποποίησης).
- Για την εγκατάσταση στους ακάλυπτους χώρους των οικοπέδων εντός σχεδίου περιοχών ή εντός οικισμών απαιτείται έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας.
- Δε δικαιολογείται η τοποθέτηση Φ/Β σε αδόμητα οικόπεδα (άρθ.4, §2 της τροποποίησης).

Με την ΥΑ.40158, ΦΕΚ.Β'1556/22.9.2010 όπως τροποποιήθηκε και ισχύει, επιβάλλονται ειδικοί όροι για την εγκατάσταση Φ/Β ανεξαρτήτως ισχύος σε γήπεδα εκτός σχεδίου περιοχών. Δεν απαιτείται τα γήπεδα να είναι άρτια και οικοδομήσιμα, εκτός αν ζητούνται δομικές κατασκευές πέραν των “απολύτως αναγκαίων”. Ως

“απολύτως αναγκαίες κατασκευές” νοούνται: α) ο στυλίσκος μετρητή της ΔΕΗ, β) ένας οικίσκος εγκατάστασης ηλεκτρονικού εξοπλισμού Φ/Β ανά 500 kW ισχύος με εμβαδόν ως 15 τ.μ., γ) προστατευτική περίφραξη ύψους ως 2,5 μ. με συμπαγές τοιχίο ως 30 εκατ. (άρθ.2, §1 της τροποποίησης). Επιπλέον, τα Φ/Β δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν σε κάλυψη το 60% του γηπέδου. Σε περίπτωση ανέγερσης και άλλων χρήσεων δομικών κατασκευών εντός του γηπέδου (όπως σπίτι, γεωργικές αποθήκες, κλπ.), αυτές συνυπολογίζονται στο παραπάνω καθοριζόμενο ποσοστό κάλυψης, ενώ ως προς τους λοιπούς όρους και περιορισμούς δόμησης για τις χρήσεις αυτές θα ισχύουν οι γενικοί της εκτός σχεδίου δόμησης ή οι τυχόν ειδικοί όροι και περιορισμοί που ισχύουν από άλλες ρυθμίσεις.

Δεν απαιτείται οικοδομική άδεια εκτός αν πρόκειται να εκτελεστούν εργασίες από σκυρόδεμα, π.χ. θεμελιώσεις βάσεων στήριξης στοιχείων με μπετόν.

4. Αίτηση στο περιφερειακό γραφείο της ΔΕΗ για προσφορά όρων σύνδεσης, ο οποίος και θεωρεί τα τοπογραφικά διαγράμματα αποτύπωσης του τρόπου σύνδεσης. Χορηγείται προσφορά σύνδεσης καταρχήν μη δεσμευτική. Αυτή οριστικοποιείται και καθίσταται δεσμευτική μετά το τέλος της περιβαλλοντικής αδειοδότησης, όπου απαιτείται (αρθ.187, Ν.4001/2011).

5. Υπογραφή σύμβασης αγοροπωλησίας με ΔΕΣΜΗΕ.

6. Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού.

7. Δεν απαιτείται δοκιμαστική λειτουργία.

8. Δεν απαιτείται άδεια λειτουργίας (Ν.3468/2006, αρθ.8, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.3, §2), [15], [16].

Συστήματα >1000 kWp

1. Αίτηση στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.) για έκδοση άδειας παραγωγής.

2. Αίτηση στην περιφέρεια για έκδοση άδειας εγκατάστασης (περιλαμβάνει και έκδοση Ε.Π.Ο.). Χορηγείται κατόπιν αιτήσεως που συνοδεύεται από Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.) τύπου ανάλογου με την κατηγορία του έργου.

Δεν απαιτείται Ε.Π.Ο. αλλά ούτε και απαλλαγή για τα Φ/Β που εγκαθίστανται εντός οργανωμένων υποδοχέων βιομηχανικών δραστηριοτήτων (ΒΙ.ΠΕ., ΒΙ.ΠΑ. κτλ), πάνω σε κτίρια, ή άλλες δομικές κατασκευές (Ν.3468/2006, αρθ.8, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.3, §2). Στην περίπτωση αυτή, πρέπει να

προσκομίζεται τοπογραφικό διάγραμμα ή έγγραφο προσφοράς σύνδεσης απ' όπου να προκύπτει σαφώς η εγκατάσταση σε υποδοχέα ή πάνω σε κτίριο αντίστοιχα.

Εφόσον απαιτείται, πρέπει να ζητηθεί η έκδοση των αναγκαίων αδειών για την απόκτηση του δικαιώματος χρήσης της θέσης εγκατάστασης.

Απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης.

3. Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία.

Με την ΥΑ.36720, ΦΕΚ.Β'376/6.9.2010 όπως τροποποιήθηκε και ισχύει, επιβάλλονται ειδικοί όροι και περιορισμοί για την εγκατάσταση Φ/Β σε κτίρια καθώς και σε ιστορικά τμήματα πόλεων ή περιοχές ιδιαίτερου φυσικού κάλλους. Μεταξύ άλλων ορίζεται ότι:

- Για την τοποθέτηση Φ/Β ≤ 100 kW πάνω σε κτίρια δεν απαιτείται οικοδομική άδεια, ούτε έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας, αλλά έγγραφη γνωστοποίηση εργασιών και εκπόνησης της μελέτης εγκατάστασης του Φ/Β προς τον προμηθευτή που ηλεκτροδοτεί το κτίριο.
- Για τα μεγαλύτερης ισχύος απαιτείται η συνυποβολή έγκρισης εργασιών μικρής κλίμακας και δήλωσης πολιτικού μηχανικού για τη στατική επάρκεια του κτιρίου.
- Για την εγκατάσταση Φ/Β ισχύος > 10 kW σε κτίρια εκτός σχεδίου πόλεως απαιτείται επιπλέον η συνυποβολή τοπογραφικού διαγράμματος και αντιγράφου της οικοδομικής άδειας (άρθ.2, §3 της τροποποίησης).
- Για την εγκατάσταση στους ακάλυπτους χώρους των οικοπέδων εντός σχεδίου περιοχών ή εντός οικισμών απαιτείται έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας.
- Δεν δικαιολογείται η τοποθέτηση Φ/Β σε αδόμητα οικόπεδα (άρθ.4, §2 της τροποποίησης).

Με την ΥΑ.40158, ΦΕΚ.Β'1556/22.9.2010 όπως τροποποιήθηκε και ισχύει, επιβάλλονται ειδικοί όροι για την εγκατάσταση Φ/Β ανεξαρτήτως ισχύος σε γήπεδα εκτός σχεδίου περιοχών. Δεν απαιτείται τα γήπεδα να είναι άρτια και οικοδομήσιμα, εκτός αν ζητούνται δομικές κατασκευές πέραν των “απολύτως αναγκαίων”. Ως “απολύτως αναγκαίες κατασκευές” νοούνται: α) ο στυλίσκος μετρητή της ΔΕΗ, β) ένας οικίσκος εγκατάστασης ηλεκτρονικού εξοπλισμού Φ/Β ανά 500 kW ισχύος με εμβαδόν ως 15 τ.μ., γ) προστατευτική περίφραξη ύψους ως 2,5 μ. με συμπαγές τοιχίο ως 30 εκατ. (άρθ.2, §1 της τροποποίησης). Επιπλέον, τα Φ/Β δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν σε κάλυψη το 60% του γηπέδου. Σε περίπτωση ανέγερσης και άλλων χρήσεων δομικών κατασκευών εντός του γηπέδου (όπως σπίτι, γεωργικές αποθήκες, κλπ.), αυτές συνυπολογίζονται στο παραπάνω καθοριζόμενο ποσοστό κάλυψης, ενώ

ως προς τους λοιπούς όρους και περιορισμούς δόμησης για τις χρήσεις αυτές θα ισχύουν οι γενικοί της εκτός σχεδίου δόμησης ή οι τυχόν ειδικοί όροι και περιορισμοί που ισχύουν από άλλες ρυθμίσεις.

Δεν απαιτείται οικοδομική άδεια εκτός αν πρόκειται να εκτελεστούν εργασίες από σκυρόδεμα, π.χ. θεμελιώσεις βάσεων στήριξης στοιχείων με μπετόν.

4. Αίτηση στον ΔΕΣΜΗΕ για προσφορά όρων σύνδεσης, ο οποίος και θεωρεί τα τοπογραφικά διαγράμματα αποτύπωσης του τρόπου σύνδεσης. Χορηγείται προσφορά σύνδεσης καταρχήν μη δεσμευτική. Αυτή οριστικοποιείται και καθίσταται δεσμευτική μετά το τέλος της περιβαλλοντικής αδειοδότησης, όπου απαιτείται (αρθ.187, Ν.4001/2011).

5. Υπογραφή σύμβασης αγοροπωλησίας με ΔΕΣΜΗΕ εγκατάσταση φωτοβολταϊκού.

6. Αίτηση στην περιφέρεια για έκδοση άδειας λειτουργίας.

7. Απαιτείται προσωρινή σύνδεση για δοκιμαστική λειτουργία που γίνεται κατόπιν αιτήσεως προς τον αρμόδιο διαχειριστή. Εφόσον επιτευχθεί απροβλημάτιστη λειτουργία 15 ημερών, ο διαχειριστής εκδίδει βεβαίωση επιτυχούς περάτωσης των δοκιμών (ΥΑ.13310/2007, ΦΕΚ.Β'1153, άρθ.14), [15], [16].

5. ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

5.1. ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας κατά την προηγούμενη περίπτωση, εκτός από την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από φωτοβολταϊκούς σταθμούς για τους οποίους έχουν οριστεί ξεχωριστές τιμές από τον Ν. 3734/2009 (ΦΕΚ 8 Α'), όπως ισχύει, γίνεται με βάση τα στοιχεία του ακόλουθου πίνακα:

Πίνακας 1: Τιμές ενέργειας €/MWh για διασυνδεδεμένα συστήματα και μη διασυνδεδεμένα νησιά για το έτος 2010 για κάθε είδους Α.Π.Ε. (Ν.3851/2010)

Παραγωγή ηλεκτρική ενέργειας από	Τιμή Ενέργειας (€/MWh) 2010	
	Διασυνδεδεμένο Σύστημα	Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
(α) Αιολική ενέργεια > 50kW	87,85	99,45
(β) Αιολική ενέργεια ≤ 50kW	250	
(γ) Φωτοβολταϊκές μονάδες ≤ 10 kW peak σε κτίρια	550	
(δ) Υδροηλεκτρικά ≤ 15 MWe	87,85	
(ε) Ηλιοθερμικοί Σταθμοί	264,85	
(στ) Ηλιοθερμικοί Σταθμοί με απόθήκευση τουλάχιστο 2 ώρες	284,85	
(ζ) Γεωθερμική ενέργεια χαμηλής θερμοκρασίας	150	
(η) Γεωθερμική ενέργεια υψηλής θερμοκρασίας	99,45	
(θ) Βιομάζα ≤ 1 MW	200	
(ι) Βιομάζα >1 MW και ≤ 5 MW	175	
(ια) Βιομάζα > 5 MW	150	
(ιβ) Βιοαέριο από ΧΥΤΑ και βιολογικούς καθαρισμούς ≤ 2 MW	120	
(ιγ) Βιοαέριο από ΧΥΤΑ και βιολογικούς καθαρισμούς > 2 MW	99,45	
(ιδ) Βιοαέριο από οργανικά υπολείμματα ≤ 3 MW	220	
(ιε) Βιοαέριο από οργανικά υπολείμματα > 3 MW	200	
(ιστ) Σ.Η.Θ.Υ.Α.	87,45xΣΠ	99,45xΣΠ
(ιζ) Λοιπές Α.Π.Ε.	87,45	99,45

Οι τιμές της περίπτωσης (ιστ) του ανωτέρω πίνακα που αφορούν σε σταθμούς Σ.Η.Θ.Υ.Α. που κάνουν χρήση φυσικού αερίου προσαυξάνονται κατά ποσό ίσο με την τιμή επί το συντελεστή ρήτρας φυσικού αερίου ο οποίος ορίζεται ως εξής:

$$\Sigma P = 1 + (M.T.\Phi.A. - 26) / (100 \times \eta_{el})$$

Όπου:

M.T.Φ.Α.: η ανά τρίμηνο μέση μοναδιαία τιμή πώλησης φυσικού αερίου για συμπαραγωγή σε €MWh ανωτέρας θερμογόνου δύναμης (Α.Θ.Δ.) στους χρήστες Φ.Α. στην Ελλάδα, εξαιρουμένων των πελατών ηλεκτροπαραγωγής. Η τιμή αυτή ορίζεται με μέριμνα της Δ.Ε.Π.Α. Α.Ε. και κοινοποιείται ανά τρίμηνο στον Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε..

η_{el} : ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης της διάταξης Σ.Η.Θ.Υ.Α. επί ανωτέρας θερμογόνου δύναμης (Α.Θ.Δ.) φυσικού αερίου, η οποία ορίζεται σε 0,33 για μονάδες Σ.Η.Θ.Υ.Α. $\leq 1\text{MWe}$, και σε 0,35 για μονάδες Σ.Η.Θ.Υ.Α. $> 1\text{MWe}$. Η τιμή του ΣΡ δεν μπορεί να είναι μικρότερη της μονάδας.

Στην περίπτωση που οι ανωτέρω Σ.Η.Θ.Υ.Α. που κάνουν χρήση φυσικού αερίου αξιοποιούν τα καυσαέρια για γεωργικούς σκοπούς ο συντελεστής ΣΡ μπορεί να προσαυξάνεται με απόφαση της Ρ.Α.Ε. μέχρι 20%.

Η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Παραγωγό ή Αυτοπαραγωγό μέσω σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Σ.Η.Θ.Υ.Α. πραγματοποιείται ανά μήνα με βάση τη Μ.Τ.Φ.Α. του προηγούμενου τριμήνου.

Οι τιμές του ανωτέρω πίνακα για τους Αυτοπαραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας ισχύουν μόνο για σταθμούς Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. με εγκατεστημένη ισχύ έως τριάντα πέντε (35) MW και για το πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας που διατίθεται στο Σύστημα ή το Δίκτυο, το οποίο μπορεί να ανέλθει μέχρι ποσοστό 20% της συνολικά παραγόμενης, από τους σταθμούς αυτούς, ηλεκτρικής ενέργειας, σε ετήσια βάση.

Η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Παραγωγό ή Αυτοπαραγωγό μέσω σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Σ.Η.Θ.Υ.Α. πραγματοποιείται ανά μήνα με βάση τη Μ.Τ.Φ.Α. του προηγούμενου τριμήνου.

Η παραγόμενη ενέργεια από σταθμούς Α.Π.Ε. πλην φωτοβολταϊκών και ηλιοθερμικών σταθμών, εφόσον οι επενδύσεις υλοποιούνται χωρίς τη χρήση δημόσιας επιχορήγησης, τιμολογείται με βάση τις τιμές του ανωτέρω πίνακα τιμολόγησης, προσαυξημένες κατά ποσοστό 20% για τις περιπτώσεις (α), (δ), (ζ), (η) και (ιζ), καθώς και κατά ποσοστό 15% για τις περιπτώσεις (θ) έως (ιε). Για την

περίπτωση (ιστ), η προσαύξηση κατά 15% εφαρμόζεται μόνο στο σταθερό σκέλος της τιμολόγησης, εφόσον η επένδυση υλοποιείται χωρίς επιχορήγηση από οποιοδήποτε εθνικό, ευρωπαϊκό ή διεθνές πρόγραμμα ή αναπτυξιακό νόμο, για την κάλυψη τμήματος της σχετικής δαπάνης ούτε υπόκειται σε φοροαπαλλαγή οποιασδήποτε μορφής περιλαμβανομένου και του αφορολόγητου αποθεματικού.

Κάθε παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε., στον οποίο χορηγείται άδεια παραγωγής επιβαρύνεται, από την έναρξη της εμπορικής λειτουργίας του σταθμού του, με ειδικό τέλος ποσοστού 3% επί της, προ Φ.Π.Α., τιμής πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας στον Διαχειριστή του Συστήματος ή του Δικτύου ή των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών. Τα συστήματα Α.Π.Ε. σε κτίρια και τα φωτοβολταϊκά συστήματα απαλλάσσονται από την καταβολή του ειδικού τέλους. Τα ειδικά τέλη καταβάλλονται, μέχρι ποσοστό 1% επί της προ Φ.Π.Α. τιμής πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε., στους οικιακούς καταναλωτές του Ο.Τ.Α. της περιοχής που έχει εγκατασταθεί ο εκάστοτε σταθμός Α.Π.Ε. Με αυτόν τον τρόπο πιστώνονται οι λογαριασμοί καταναλωτών εντός των διοικητικών ορίων του δημοτικού ή κοινοτικού διαμερίσματος που έχουν εγκατασταθεί οι σταθμοί Α.Π.Ε., ανάλογα με την ενέργεια που κατανάλωσε, με την προϋπόθεση να μην δημιουργείται υπέρβαση του ανωτέρω ποσοστού. Ποσοστό 0,3% επί της προ Φ.Π.Α. τιμής πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας αποδίδεται στο Ειδικό Ταμείο Εφαρμογής Ρυθμιστικών και Περιβαλλοντικών Σχεδίων (Ε.Τ.Ε.Ρ.Π.Σ.).

Το υπόλοιπο ποσό (ποσοστό 1,7%) καταβάλλεται κατά 80% στον Ο.Τ.Α. όπου έχει εγκατασταθεί ο σταθμός Α.Π.Ε. και κατά 20% στον Ο.Τ.Α. από την εδαφική περιφέρεια του οποίου διέρχεται η γραμμή σύνδεσης του σταθμού με το σύστημα ή το δίκτυο. Εάν ο σταθμός Α.Π.Ε. είναι εγκατεστημένος σε περισσότερους από έναν Ο.Τ.Α., το ποσό από το ειδικό τέλος κατανέμεται σε αυτούς ανάλογα με την ισχύ των μονάδων του σταθμού που είναι εγκατεστημένος στην περιοχή δικαιοδοσίας του Ο.Τ.Α. Στην περίπτωση σημειακών υδροηλεκτρικών σταθμών με εγκατεστημένη ισχύ $\leq 15\text{MWe}$ το ποσοστό κατανέμεται ανάλογα με το μήκος του τμήματος του αγωγού που είναι εγκατεστημένο στην περιοχή του κάθε Ο.Τ.Α. Εάν το υδροηλεκτρικό σύστημα δεν έχει αγωγούς το ποσοστό κατανέμεται ισόποσα μεταξύ των Ο.Τ.Α. εντός των ορίων των οποίων εγκαθίσταται το έργο. Εάν η γραμμή σύνδεσης του Σταθμού με το σύστημα ή με το δίκτυο διέρχεται από περιοχή περισσότερων του ενός Ο.Τ.Α., τότε το ποσοστό κατανέμεται στους Ο.Τ.Α. ανάλογα με το μήκος της γραμμής σύνδεσης που βρίσκεται στην περιοχή του κάθε Ο.Τ.Α. Τα

σημεία σύνδεσης του σταθμού Α.Π.Ε. καθορίζονται από τον αρμόδιο διαχειριστή (Ν.3851/2010).

Αναφορικά με τα φωτοβολταϊκά συστήματα, προβλέπεται ειδική τιμολογιακή πολιτική. Στο πέρας της διαδικασίας αδειοδότησης, για έργα ισχύος άνω των 10kW, υπογράφεται συμβόλαιο με τον ΔΕΣΜΗΕ βάσει του οποίου δεσμεύεται η πώληση ενέργειας στο δίκτυο της Δ.Ε.Η. για χρονικό διάστημα είκοσι ετών, σε προκαθορισμένη τιμή. Η αρχική τιμή αντιστοιχεί στην τιμή της περιόδου σύνδεσης (μεταβάλλεται ανά εξάμηνο από τον Αύγουστο του 2010 και μετά) ενώ στη συνέχεια αυξάνεται καθ' όλη τη διάρκεια της σύμβασης ανάλογα με το μέγιστο δύο παραμέτρων, είτε του 25% του πληθωρισμού του προηγούμενου έτους, είτε σύμφωνα με τη μεταβολή της μεσοσταθμικής τιμής των τιμολογίων της Δ.Ε.Η. Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθεται η εξέλιξη της τιμής της πωλούμενης ενέργειας για τα επόμενα έτη.

Πίνακας 2: Εξέλιξη της τιμής της πωλούμενης ενέργειας από φωτοβολταϊκά στο δίκτυο της ΔΕΗ (Πηγή: Νόμος 3851/10)

Έτος - Μήνας	Διασυνδεδεμένο - Μη Διασυνδεδεμένο	
	A	B
	>100 kW	≤100 kW
2009 Φεβρουάριος	400,00	450,00
2009 Αύγουστος	400,00	450,00
2010 Φεβρουάριος	400,00	450,00
2010 Αύγουστος	392,04	441,05
2011 Φεβρουάριος	372,83	419,43
2011 Αύγουστος	351,01	394,89
2012 Φεβρουάριος	333,81	375,54
2012 Αύγουστος	314,27	353,55
2013 Φεβρουάριος	298,87	336,23
2013 Αύγουστος	281,38	316,55
2014 Φεβρουάριος	268,94	302,56
2014 Αύγουστος	260,97	293,59
Για κάθε έτος ν από το 2015 και μετά	1,3*μΟΤΣν-1	1,4*μΟΤΣν-1
μΟΤΣν-1: Μέση Οριακή Τιμή Συστήματος κατά το προηγούμενο έτος ν-1		

Εκτός των ανωτέρω, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, έχει τεθεί σε ισχύ από το 2009 η ΚΥΑ με αριθμό ΦΕΚ 1079-B-4.6.2009. Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη ΚΥΑ, καθορίζεται η διαδικασία αδειοδότησης για φωτοβολταϊκά πλαίσια σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ειδικότερα σε δώματα και στέγες κτιρίων ισχύος έως 10kW.

Στη συγκεκριμένη κατηγορία, η τιμή της πωλούμενης ενέργειας στο δίκτυο, έχει οριστεί σε 0,55€/kWh για το σύνολο των συναπτόμενων συμβάσεων για τα έτη 2009, 2010 και 2011. Παράλληλα προβλέπεται ετήσια αναπροσαρμογή της τιμής

προς τα κάτω κατά 5%, για όλες τις συμβάσεις οι οποίες θα ολοκληρωθούν το χρονικό διάστημα από 1.1.2012 μέχρι και 31.12.2019.

5.2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ Α.Π.Ε..

5.2.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Σκοπός της οικονομικής αξιολόγησης είναι η διερεύνηση της αποδοτικότητας του επενδυτικού σχεδίου και ο προσδιορισμός της σχέσης απόδοσης (κέρδους) και επενδύμενου κεφαλαίου. Δεδομένου ότι η οικονομική αποδοτικότητα, είναι ιδιαίτερης σημασίας, η οικονομική ανάλυση αξιολογεί και ελέγχει τον βαθμό αξιοπιστίας της αποδοτικότητας από άποψη αβεβαιότητας και ευαισθησίας σε ορισμένες πιθανές εξελίξεις [17].

5.2.2. ΧΡΗΜΑΤΟΡΟΗ

Χρηματοροή καλείται μια πληρωμή (δαπάνη) ή είσπραξη (έσοδο) που πραγματοποιείται μια δεδομένη χρονική στιγμή. Θετικές χρηματοροές (ταμειακές εισροές) θεωρούνται όλες οι εισροές μετρητών από τους χρηματοδοτικούς πόρους (ιδία κεφάλαια, δανεισμός, πιστώσεις κλπ) και τα έσοδα πωλήσεων της μονάδας (εισπράξεις). Αρνητικές χρηματοροές (ταμειακές εκροές) θεωρούνται οι συνολικές επενδύσεις και εγκαταστάσεις, το λειτουργικό κόστος, η εξυπηρέτηση των δανείων, οι πληρωμές των φόρων και οι λοιπές πληρωμές που μπορεί να πραγματοποιηθούν.

Η αξία μιας χρηματοροής εξαρτάται από την αναφερόμενη χρονική, δεδομένου ότι η αξία του χρήματος μεταβάλλεται στο χρόνο με ρυθμό, το λεγόμενο επιτόκιο αναγωγής. Συνεπώς, δεδομένου ότι ένα επενδυτικό σχέδιο εξαρτάται από μια σειρά χρηματοροών όπου η κάθε χρηματοροή πραγματοποιείται σε διαφορετική χρονική στιγμή, δεν υπάρχει ομοιογένεια και συγκρισιμότητα μεταξύ των χρηματοροών. Κατά αυτόν τον τρόπο καθίσταται απαραίτητη η αναγωγή όλων των χρηματοροών σε μία κοινή χρονική βάση. Θεωρώντας i το επιτόκιο αναγωγής, S την τελική αξία μετά από n περιόδους χρόνου (π.χ. έτη) μιας παρούσας χρηματοροής και P την παρούσα αξία μιας μελλοντικής χρηματοροής πραγματοποιούμενης μετά από n περιόδους χρόνου (π.χ. έτη), τότε ισχύουν:

$$S = P(1+i)^n$$

$$P = \frac{S}{(1+i)^n} = S(1+i)^{-n}$$

Ο πρώτος μετασχηματισμός ονομάζεται αναγωγή παρούσας χρηματοροής σε μελλοντική αξία, και μετατρέπει σημερινές αξίες σε ισοδύναμες μελλοντικές ανάλογα με το επιτόκιο αναγωγής. Ο δεύτερος μετασχηματισμός ορίζεται ως αναγωγή μελλοντικής χρηματοροής σε παρούσα αξία και ανάγει αξίες που αναφέρονται σε κάποια χρονική στιγμή στο μέλλον σε σημερινές τιμές [18].

5.2.3. ΠΛΗΘΩΡΙΣΜΟΣ

Ο προσδιορισμός της αξίας μιας χρηματοροής δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τη χρονική αξία του χρήματος. Το φαινόμενο του πληθωρισμού αποτελεί αιτία διαχρονικής μείωσης της αξίας του χρήματος. Σε συνθήκες πληθωρισμού με την πάροδο του χρόνου, με το ίδιο χρηματικό ποσό αγοράζονται όλο και λιγότερα αγαθά και υπηρεσίες. Ο πληθωρισμός αντικατοπτρίζεται στην αύξηση των τιμών των αγαθών και υπηρεσιών. Συνεπώς με τη χρήση ενός δείκτη που εκφράζει την ετήσια ποσοστιαία μεταβολή τους, ποσοτικοποιείται το φαινόμενο του πληθωρισμού (συντελεστής πληθωρισμού).

Στην πράξη ο συντελεστής αυτός διαμορφώνεται ανάλογα με τις μεταβολές των τιμών ενός συγκεκριμένου φάσματος καταναλωτικών αγαθών και υπηρεσιών, που θεωρούνται αντιπροσωπευτικά των αναγκών του μέσου καταναλωτή (Δείκτης Τιμών Καταναλωτή = ΔΚΤ). Αν δ_t/δ_0 είναι ο λόγος των τιμών που παίρνει ο ΔΚΤ στην χρονική στιγμή t και 0 αντίστοιχα, ο μέσος συντελεστής πληθωρισμού που εκφράζει την πληθωριστική τάση της περιόδου, δίνεται από τη σχέση:

$$f_t = \left(\delta_t/\delta_0\right)^{1/t} - 1$$

Η αξία μιας χρηματοροής μετά από t έτη σε πληθωριστικό περιβάλλον προκύπτει από τη σχέση:

$$S_t = C \cdot \left(\frac{1+i}{1+f_t}\right)^t$$

Είναι προφανές ότι η πραγματική αύξηση της αξίας της χρηματοροής επιτυγχάνεται μόνο στην περίπτωση όπου το επιτόκιο i είναι υψηλότερο από τον

ρυθμό αύξησης του πληθωρισμού. Αντίστοιχα η παρούσα αξία μιας χρηματοροής που θα προκύψει μελλοντικά μετά από t έτη, σε πληθωριστικό περιβάλλον είναι:

$$P_t = C \cdot \left(\frac{1+i}{1+f_t} \right)^{-t}$$

Τα τελευταία έτη, πολλά κράτη παρουσιάζουν ιδιαίτερα έντονα φαινόμενα πληθωρισμού. Στις περιπτώσεις αυτές η αξιολόγηση της οικονομικότητας ενός επενδυτικού σχεδίου μεταβάλλεται ανάλογα με την επίδραση του πληθωρισμού στις αξίες των χρηματοροών. Διακρίνονται δύο βασικές μέθοδοι αντιμετώπισης του πληθωρισμού στη διαδικασία αξιολόγησης ενός επενδυτικού σχεδίου:

Μέθοδος σταθερών τιμών

Η μέθοδος αυτή αγνοεί τελείως τον πληθωρισμό, θεωρώντας είτε ότι δεν επηρεάζει αισθητά τις τιμές των χρηματοροών της επένδυσης είτε ότι επηρεάζει στο ίδιο ποσοστό το κόστος και το όφελός της (τις αρνητικές και τις θετικές χρηματοροές). Σε αυτή την περίπτωση εφαρμόζονται σταθερές τιμές σε όλα τα μεγέθη και ισχύουν χωρίς καμιά διαφοροποίηση οι εξισώσεις προσδιορισμού της παρούσας (ή μελλοντικής) αξίας της επένδυσης.

Μέθοδος των πληθωριστικά μεταβαλλόμενων χρηματοροών

Οι δυσκολίες στην πρόβλεψη της μεταβολής των τιμών για κάθε επενδυτικό στοιχείο, επιβάλλει συχνά τη χρησιμοποίηση ενιαίου συντελεστή πληθωρισμού για όλη την επένδυση και πληθωρίζεται απλά η καθαρή χρηματοροή με τον προβλεπόμενο από την εξέλιξη του ΔΚΤ συντελεστή. Πρακτικά επειδή όλα τα μεγέθη των χρηματοροών των επενδυτικών σχεδίων μεταβάλλονται με τον ίδιο γενικό ρυθμό πληθωρισμού, ή οι σχετικές μεταβολές των τιμών δε διαφέρουν σημαντικά, εφαρμόζονται οι ισχύουσες τιμές κατά τη φάση ανάλυσης-αξιολόγησης της επένδυσης, δηλαδή πραγματοποιείται χρησιμοποίηση των σταθερών τιμών για όλες τις μελλοντικές αξίες. Με τη μέθοδο αυτή εφαρμόζονται διαφορετικοί ρυθμοί πληθωρισμού (τρέχουσες τιμές) στα επί μέρους μεγέθη που υπόκεινται πληθωριστικές μεταβολές κατά την περίοδο της κατασκευής και λειτουργίας του σχεδίου επένδυσης. Σε περίπτωση όμως που υπάρχουν εναλλακτικά σχέδια επένδυσης, η σύγκριση τους πρέπει να βασίζεται στον υπολογισμό της αποδοτικότητας με την ίδια μέθοδο [19].

5.2.4. ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ

Οι αποσβέσεις αντιπροσωπεύουν τη σταδιακή μείωση της αξίας των πάγιων περιουσιακών στοιχείων μιας επένδυσης (λόγω φθοράς, τεχνολογικής απαξίωσης κτλ) και θεωρητικά καθιστούν εφικτή την αντικατάστασή τους μετά το πέρας της ωφέλιμης ζωής τους.

Μέσω της μεθόδου των αποσβέσεων επιδιώκεται η κατανομή του κόστους παγίων στοιχείων σε όλη τη διάρκεια ζωής τους και η αντίστοιχη επιβάρυνση του κόστους παραγωγής (που έχει ως αποτέλεσμα την αντίστοιχη φορολογική ελάφρυνση). Η επιβάρυνση αυτή δεν αποτελεί πραγματική ταμειακή εκροή κατά τα έτη της παραγωγικής λειτουργίας, δεδομένου ότι η δαπάνη κτήσης του περιουσιακού στοιχείου πραγματοποιήθηκε κατά τη φάση αγοράς του. Για τον υπολογισμό αποσβέσεων ενός παγίου περιουσιακού στοιχείου, πρέπει να είναι γνωστά:

- Το ύψος δαπάνης αγοράς, μεταφοράς, εγκατάστασης και απαιτούμενων συνολικών εξόδων μέχρι την έναρξη λειτουργίας του (αρχικό κόστος επένδυσης).
- Η ωφέλιμη διάρκεια ζωής του.
- Η υπολειμματική αξία, (πιθανά έσοδα που προκύπτουν κατά την εκποίηση του περιουσιακού στοιχείου), μετά την ωφέλιμη διάρκεια ζωής του [18].

Η αξία που αποσβένεται είναι η διαφορά μεταξύ αρχικού επενδυτικού κόστους και υπολειμματικής αξίας. Μέσω της κλασσικής σταθερής μεθόδου απόσβεσης, το ετήσιο ύψος απόσβεσης ισούται με το πηλίκο της ανωτέρω διαφοράς προς την ωφέλιμη διάρκεια ζωής. Πρακτικά, η σταθερή μέθοδος εφαρμόζεται με τη χρήση ενός σταθερού ποσοστού (ή συντελεστή απόσβεσης) στη θέση του ωφέλιμου χρόνου ζωής. Για κάθε κατηγορία περιουσιακού στοιχείου, ισχύει ένας ανώτατος συντελεστής απόσβεσης νομοθετικά καθοριζόμενος. Με τους νόμους περί κινήτρων είναι δυνατή η προσαύξηση αυτών των συντελεστών ανάλογα με την περιοχή εγκατάστασης της επένδυσης. Η προσαύξηση αυτή, επιτυγχανόμενη και μέσω άλλων μη σταθερών μεθόδων απόσβεσης (στις οποίες το ετήσιο ύψος απόσβεσης μειώνεται σε συνάρτηση με το χρόνο), συνιστά μια έμμεση οικονομική ενίσχυση της επιχείρησης, ιδιαίτερα χρήσιμη κατά τα πρώτα έτη λειτουργίας της. Για φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις ο κατώτατος συντελεστής ορίζεται ίσος με πέντε τοις εκατό (5%) και ο ανώτατος ίσος με επτά τοις εκατό (7%).

5.2.5. ΚΟΣΤΟΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ

Μέρος του απαιτούμενου κόστους για την υλοποίηση ενός επενδυτικού σχεδίου, καλύπτεται συχνά με δανεισμό κεφαλαίων. Στην περίπτωση ενός μεμονωμένου σχεδίου εξοπλισμού, είναι πιθανόν το συνολικό επενδυτικό κόστος να καλύπτεται μέσω δανεισμού. Κάθε κεφάλαιο δανεισμού χαρακτηρίζεται από:

- Το ύψος του.
- Τον χρόνο λήψης.
- Την περίοδο χάριτος εφόσον υπάρχει.
- Το επιτόκιο του.
- Τη συμφωνία για κεφαλαιοποίηση ή μη των τόκων κατά την περίοδο χάριτος.
- Τον τρόπο αποπληρωμής του δανείου.

Η αποπληρωμή πραγματοποιείται με τοκοχρεολυτικές δόσεις (TX) που περιλαμβάνουν: το χρεολύσιο (X) δηλαδή την επιστροφή του δανείου και τον τόκο (T), για το υπόλοιπο μη επιστρεφόμενο δάνειο [20].

5.2.6. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Η απόφαση για την υλοποίηση μίας επένδυσης είναι ιδιαίτερα σοβαρή και κατά συνέπεια κρίνεται απαραίτητη η διερεύνηση της χρηματοοικονομικής αποδοτικότητας του εξεταζόμενου επενδυτικού σχεδίου, πριν τη λήψη της οριστικής απόφασης. Η διαδικασία της οικονομικής ανάλυσης περιλαμβάνει σύνθεση των στοιχείων κόστους και των επενδυτικών οφελών, κλιμακούμενων χρονικά ή συνολικά, ανάλογα με τη λήψη ή μη της χρονικής χρηματικής αξίας. Πλέον συγκεκριμένα επιβάλλεται η εκτίμηση των ακόλουθων στοιχείων:

- Συνολικό επενδυτικό κόστος και σχεδιαζόμενη χρονική κατανομή εκροών.
- Κατάλληλο χρηματοδοτικό σχήμα, ύψος μετοχικού κεφαλαίου, ύψος δανειακών κεφαλαίων και όροι επιχορήγησης.
- Ύψος απαραίτητου κεφαλαίου κίνησης.
- Προβλεπόμενη ωφέλιμη διάρκεια ζωής της επένδυσης.
- Πωλήσεις και αναμενόμενα έσοδα.
- Λειτουργικό κόστος επιχείρησης.
- Πιθανή υπολειμματική αξία της επένδυσης στο πέρας της ωφέλιμης διάρκειας ζωής.

- Νομικό και οικονομικό περιβάλλον λειτουργίας της επιχείρησης, σύμφωνα με το οποίο καθορίζεται το ύψος των φορολογικών συντελεστών, ο ρυθμός απόσβεσης των παγίων περιουσιακών στοιχείων, οι πιθανές κρατικές επιχορηγήσεις και το προβλεπόμενο ύψος του πληθωρισμού.

Στην ιδιωτικό-οικονομική ανάλυση χρησιμοποιούνται οι τιμές αγοράς δηλαδή οι ισχύουσες αγοραστικές τιμές που περιλαμβάνουν φόρους και άλλες επιβαρύνσεις. Οι επενδυτές, ως ιδιωτικοί φορείς, εστιάζουν στο καθαρό κέρδος (κατόπιν της φορολόγησης). Ως κέρδος νοείται η αμοιβή κεφαλαίου (το επιτόκιο μακροχρόνιου δανεισμού) στο οποίο προστίθεται το περιθώριο επιχειρηματικού κινδύνου. Η υπόθεση ότι το κέρδος του επενδυτή πρέπει να είναι ίσο προς το επιτόκιο δανεισμού δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, δεδομένου ότι ο επενδυτής δε δανείζει απλά τα κεφάλαιά του, αλλά αναλαμβάνει μια επιχειρηματική πρωτοβουλία, ευρύτερης παραγωγικής αποστολής και διατρέχει επιχειρηματικό κίνδυνο [19].

5.2.6.1. ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ

Το κριτήριο αυτό αποτελεί ένα ευρύτατο εφαρμοζόμενο μέτρο οικονομικής αποδοτικότητας για την αξιολόγηση των επενδυτικών σχεδίων. Η καθαρή παρούσα αξία, γνωστή με τα αρχικά NPV εκφράζει την αξία σε χρηματικές μονάδες, που προκύπτει από την προεξόφληση, στο παρόν, όλων των καθαρών χρηματοροών κάθε έτους (διαφορά μεταξύ μελλοντικών ταμειακών εισροών ή εσόδων και εκροών ή εξόδων) για το σύνολο του χρονικού ορίζοντα λειτουργίας του επενδυτικού σχεδίου. Υπολογίζεται από τον εξής γενικό τύπο:

$$NPV = \sum_{t=1}^n C_t \cdot (1+i)^{-t}$$

όπου:

i, το επιτόκιο προεξόφλησης.

t, η περίοδος προεξόφλησης.

n, το σύνολο των χρονοσειρών ή ροών.

Η έννοια της καθαρής χρηματοροής διαφοροποιείται από την έννοια του καθαρού κέρδους καθώς αποδίδει την ακριβή ταμειακή κατάσταση της επιχείρησης και όχι κάποια λογιστικά μεγέθη. Το επιτόκιο προεξόφλησης επιλέγεται σύμφωνα με τις τρέχουσες συνθήκες της τραπεζικής αγοράς, υπό την προϋπόθεση της ομαλής λειτουργίας της, και αντισταθμίζει τις πραγματικές συνθήκες προσφοράς και ζήτησης

κεφαλαίων. Κατά κανόνα στο τραπεζικό επιτόκιο προστίθεται ένα επιπλέον ποσοστό, το λεγόμενο περιθώριο κινδύνου, που σκοπό έχει την αντιστάθμιση του ρίσκου του εγχειρήματος και κυμαίνεται σε επίπεδο μεταξύ 1% και 4% ανάλογα με τον βαθμό αβεβαιότητας του επενδυτικού σχεδίου ή του κλάδου. Η καθαρή παρούσα αξία αποτελεί αξιόπιστη μέθοδο αξιολόγησης διότι μετατρέπει τις μελλοντικές ροές αξιών του επενδυτικού σχεδίου σε παρούσες αξίες, δηλαδή στις ισχύουσες κατά τη λήψη της απόφασης. Δεν έχει ιδιαίτερη σημασία, η τιμή της καθαρής παρούσας αξίας, αλλά το πρόσημό της, θετική ή αρνητική [19].

Γενικά ισχύει:

- Όταν $NPV > 0$: Υψηλότερη αποδοτικότητα από το επιτόκιο προεξόφλησης και επενδυτικό σχέδιο αποδεκτό.
- $NPV < 0$: Χαμηλότερη αποδοτικότητα από το επιτόκιο προεξόφλησης και επενδυτικό σχέδιο απορριπτέο.
- $NPV = 0$: Οριακή αποδοτικότητα. Η αποδοχή ή μη του επενδυτικού σχεδίου επένδυσης εξαρτάται και από άλλους παράγοντες.

Στην εφαρμογή της μεθόδου αυτής, πρέπει να δοθεί προσοχή στα ακόλουθα:

- Οι εκροές-κόστος (έξοδα) και οι εισροές-ωφέλειες (έσοδα) υπολογίζονται στον πραγματικό χρόνο.
- Οι αποσβέσεις παρόλο που εμφανίζονται στον Λογαριασμό Εκμετάλλευσης δεν αποτελούν πραγματική εκροή (εκταμίευση) και για αυτόν τον λόγο δε συμπεριλαμβάνονται στις ταμειακές εκροές.
- Η αποπληρωμή των δανείων συνυπολογίζεται στις εκταμιεύσεις διότι αποτελεί ταμειακή εκροή.
- Ο χρόνος προεξόφλησης των ροών πρέπει να αναφέρεται στο σύνολο της διάρκειας ζωής του επενδυτικού σχεδίου (φάση κατασκευής και λειτουργίας). Εφαρμόζεται σε συγκεκριμένη χρονική βάση για το σύνολο των ροών (ομοιογενής χρονική βάση).
- Η υπολειμματική αξία του επενδυτικού σχεδίου υπολογίζεται ως θετική ροή [19].

5.2.6.2. ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΛΟΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (IRR)

Το εσωτερικό ποσοστό απόδοσης (IRR) είναι το υπολογιζόμενο επιτόκιο (εσωτερική αποδοτικότητα) με το οποίο η παρούσα αξία των ταμειακών εισροών ισούται με την παρούσα αξία των ταμειακών εκροών (άθροιση καθαρών

χρηματοροών του συνόλου του χρονικού ορίζοντα του επενδυτικού σχεδίου ίση με μηδέν). Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι είναι ένα μοναδικό εσωτερικό επιτόκιο που ανάγει την καθαρή παρούσα αξία σε μηδέν. Το κριτήριο αυτό διατυπώνεται μαθηματικά ως εξής:

$$NPV = \sum_{t=0}^n C_t \cdot (1 + IRR)^{-t} = 0$$

Δηλαδή το εσωτερικό ποσοστό επένδυσης είναι το εκτιμώμενο επιτόκιο το οποίο μηδενίζει το άθροισμα των ανωτέρω προεξοφλούμενων καθαρών χρηματοροών. Συγκρίνοντας την τιμή του εσωτερικού ποσοστού επένδυσης με το επίσημο επιτόκιο της αγοράς i προκύπτουν συμπεράσματα σχετικά με την αποδοτικότητα ή μη του επενδυτικού σχεδίου επένδυσης. Συγκεκριμένα:

- $IRR > i$: Αποδοχή του επενδυτικού σχεδίου.
- $IRR < i$: Απόρριψη του επενδυτικού σχεδίου.
- $IRR = i$: Οριακή αποδοχή του επενδυτικού σχεδίου, εξαρτώμενη και από άλλους παράγοντες.

Σε περίπτωση που υπάρχουν πολλά εναλλακτικά επενδυτικά σχέδια επιλέγεται εκείνο που διαθέτει το υψηλότερο εσωτερικό ποσοστό επένδυσης, υπό την προϋπόθεση ότι $IRR > 0$. Ο υπολογισμός του IRR πραγματοποιείται συνήθως με δοκιμή και σφάλμα (με χρήση κατάλληλου λογισμικού). Αναλυτικότερα, προσδιορίζεται η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης με πλήθος τιμών επιτοκίων (συνήθως χρησιμοποιούνται τρεις (3) τιμές, μία χαμηλή, μία μέση και μία υψηλή). Στην περίπτωση όπου η προεξόφληση με χαμηλό επιτόκιο i_1 δίνει θετική καθαρή παρούσα αξία, δοκιμάζεται ένα υψηλότερο επιτόκιο i_2 . Εάν η τιμή της καθαρής παρούσας αξίας NPV_2 λαμβάνει αρνητική τιμή, αυτό συνεπάγεται ότι το εσωτερικό ποσοστό επένδυσης IRR κυμαίνεται μεταξύ i_1 και i_2 και υπολογίζεται μέσω της σχέσης:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1 \cdot (i_2 - i_1)}{NPV_1 + |NPV_2|}$$

Το εσωτερικό ποσοστό επένδυσης είναι υπολογιζόμενο. Αντανακλά το υψηλότερο επιτόκιο που είναι σε θέση να καταβάλει ο επενδυτικός φορέας ή η επιχείρηση χωρίς να διακινδυνεύσει την απώλεια των επενδυμένων χρημάτων, ακόμη και στην περίπτωση όπου το σύνολο των χρημάτων προέρχεται από δανεισμό. Ο IRR ως επιτόκιο ή και συντελεστής, δηλώνει την πραγματική αποδοτικότητα της

συνολικής επένδυσης και κατά αυτόν τον τρόπο προσδιορίζονται οι όροι δανεισμού του επενδυτικού σχεδίου [19].

5.2.6.3. ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Η τιμή του κριτηρίου αυτού, εκφράζει το πλήθος των ετών που απαιτούνται για την ανάκτηση του αρχικού επενδυμένου κεφαλαίου μέσω του αθροιστικού (για μία σειρά ετών) καθαρού κέρδους της επιχείρησης. Προκειμένου να προκύψουν αξιόπιστα αποτελέσματα, πρέπει το ύψος του ετήσιου καθαρού κέρδους της επιχείρησης να είναι σχετικά ομοιόμορφο.

Σε αντίθετη περίπτωση, επιβάλλεται η διαδοχική αφαίρεση από την τιμή του επενδυτικού κόστους, των ετήσιων καθαρών κερδών P_i (για i από 1 έως N) μέχρι την επανείσπραξη του ποσού που αντιστοιχεί στο επενδυτικό κόστος. Το καθαρό κέρδος υπολογίζεται στην περίπτωση αυτή, κατόπιν της αφαίρεσης των φόρων. Οπωσδήποτε, προκειμένου να είναι αποδεκτό ένα επενδυτικό σχέδιο, σύμφωνα με αυτό το κριτήριο, επιβάλλεται ο χρόνος αποπληρωμής του να είναι πολύ χαμηλότερος από τον προβλεπόμενο χρονικό ορίζοντα λειτουργίας της επένδυσης.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα είναι η ταχεία και εύκολη παροχή χρήσιμων ενδεικτικών πληροφοριών σχετικά με τον κίνδυνο ανάληψης μιας επενδυτικής δραστηριότητας και τη συνεπαγόμενη ρευστότητα [19].

Τα κυριότερα μειονεκτήματα είναι:

- Δε λαμβάνεται υπόψη η χρονική αξία του χρήματος.
- Αμελείται το ύψος των χρηματοροών κατόπιν του χρόνου αποπληρωμής.
- Εμφάνιση ως πλεονεκτικότερων, βραχύβιων και μικρής κλίμακας επενδυτικών σχεδίων, στρέφοντας το επενδυτικό ενδιαφέρον στο βέβαιο και εύκολο κέρδος.

5.2.6.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Μέσω της τεχνικής αυτής, επιχειρείται η ποσοτική διερεύνηση των επιπτώσεων που θα παρουσιαστεί, εξαιτίας της διακύμανσης μίας σημαντικής παραμέτρου στην οικονομικότητα της επένδυσης. Σε πολλές περιπτώσεις, οι επιπτώσεις αυτές αλληλοαναιρούνται, είναι όμως πιθανόν να οδηγήσουν σε ουσιαστική ανατροπή των αρχικών συμπερασμάτων σχετικά με τη σκοπιμότητα προώθησης του επενδυτικού σχεδίου. Συγκεκριμένα σε μια ανάλυση ευαισθησίας, υπολογίζεται η τιμή του κριτηρίου της οικονομικής αποδοτικότητας που μελετάται για ένα σύνολο τιμών που πιθανόν να λάβει η παράμετρος αυτή μελλοντικά. Το εύρος

των εξεταζόμενων τιμών διαμορφώνεται ώστε να συμπεριλάβει όλες τις πιθανές αποκλίσεις σχετικά με την εκτιμώμενη πιθανότερη τιμή. Το αποτέλεσμα μίας ανάλυσης αυτού του είδους, παρέχει πληροφορίες σχετικά με την πιθανότητα εμφάνισης μίας ή άλλης τιμής οικονομικής αποδοτικότητας, αλλά παράλληλα αναδεικνύει τη σοβαρότητα μίας λαθεμένης εκτίμησης σε σχέση με τη μελλοντική τιμή της εξεταζόμενης παραμέτρου.

5.3. ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ Α.Π.Ε.

Στην παρούσα ενότητα αξιολογούνται οι τεχνολογίες Α.Π.Ε. που συμπεριλαμβάνονται στον πίνακα 3. Θεωρούνται οι ακόλουθες παραδοχές:

- Α' Χρηματοδοτικό σενάριο:
30% ίδια κεφάλαια, 70% δάνειο, χωρίς επιχορήγηση.
- Β' Χρηματοδοτικό σενάριο:
30% ίδια κεφάλαια, 40% δάνειο, 30% επιχορήγηση.
-Η διάρκεια αποπληρωμής του δανείου είναι 10 έτη.
-Επιτόκιο δανεισμού 6%.
-Η διάρκεια ζωής των εγκαταστάσεων 20 έτη.
-Η διάρκεια ζωής των ηλιοθερμικών σταθμών 25 έτη.
-Η υπολειματική αξία είναι 35%.
-Η φορολόγηση φτάνει στο 35%.

Στον πίνακα 3, παρατίθενται στοιχεία εγκατεστημένων συστημάτων Α.Π.Ε., όπως το τυπικό μέγεθος κάθε μονάδας, το αρχικό κόστος (€/kW), το κόστος συντήρησης και λειτουργίας (% επί του αρχικού), η ενεργειακή απόδοση (% σε ώρες) και η τιμή πώλησης (€/MWh). Η τιμή πώλησης προκύπτει από τους πίνακες 1 και 2. Το κόστος εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών συστημάτων προκύπτει από έρευνα αγοράς (Ιανουάριος 2012). Το κόστος εγκατάστασης των λοιπών συστημάτων Α.Π.Ε. ελήφθη από την πηγή [21].

Πίνακας 3: Τιμολόγηση και αξιολόγηση Α.Π.Ε.

Εφαρμογή	Τυπικό μέγεθος μονάδας (MW)	Αρχικό κόστος (€/kW)	Κόστος συντ.& Λειτουργίας (% του αρχικού)	Ενεργειακή απόδοση (% σε ώρες)	Τιμή πώλησης (€/MWh)
Αιολική ενέργεια	20	1500	2%	26%	87,85
Αιολική ενέργεια (ΜΑΝ)	10	1700	2%	35%	99,45
Μικρές Α/Γ (<50kW)	0,05	3000	3%	20%	250
Φωτοβολταϊκά σε στέγες	0,01	2500	1%	13,6%	550
Φωτοβολταϊκά	0,02	2500	1%	14,8%	394,89
Φωτοβολταϊκά	0,10	2150	1%	14,8%	394,89
Φωτοβολταϊκά	0,50	2000	1%	14,8%	351,01
Φωτοβολταϊκά	2,00	1700	1%	14,8%	351,01
Μικρά υδροηλεκτρικά	2,00	2000	2%	40%	87,85
Ηλιοθερμικά	30	2500	1%	14%	264,85
Ηλιοθερμικά με αποθήκευση	30	2650	1%	14%	28,85
Γεωθερμικά χαμ. Θερμ.	2	8000	3%	90%	150
Γεωθερμικά υψηλ. Θερμ.	20	5000	3%	90%	99,45
Βιομάζα	1	3500	28%	80%	200
Βιομάζα	3	3250	25%	80%	175
Βιομάζα	10	3000	22%	80%	150
Βιοαέριο από ΧΥΤΑ <2MW	1	3000	10%	65%	120
Βιοαέριο από ΧΥΤΑ	5	2600	10%	70%	99,45
Βιοαέριο από οργ. Υπολείμματα	1	4000	25%	80%	220
Βιοαέριο από οργ. Υπολείμματα	3	3500	25%	80%	200

Στον πίνακα 4, παρατίθεται η οικονομοτεχνική σύγκριση των διαφόρων τεχνολογιών συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, για το Α' και Β' χρηματοδοτικό σενάριο.

Πίνακας 4: Αποτελέσματα οικονομοτεχνικής σύγκρισης Α.Π.Ε.

			επιχορήγηση 0%			επιχορήγηση 30%
Εφαρμογή	Τυπικό μέγεθος μονάδας (MW)	Τιμή πώλησης (€/MWh)	IRR	IRR, 20% προσαύξηση	IRR, 15% προσαύξηση	IRR
Αιολική ενέργεια	20	87,85	9,63%	13,29%		14,96%
Αιολική ενέργεια (ΜΑΝ)	10	99,45	16,07%	21,57%		22,86%
Μικρές Α/Γ (<50kW)	0,05	250	9,91%			15,30%
Φωτοβολταϊκά σε στέγες	0,01	550	31,23%			
Φωτοβολταϊκά	0,02	394,89	21,58%			
Φωτοβολταϊκά	0,10	394,89	27,07%			
Φωτοβολταϊκά	0,50	351,01	25,29%			
Φωτοβολταϊκά	2,00	351,01	32,22%			
Μικρά υδροηλεκτρικά	2,00	87,85	12,43	16,86%		18,42%
Ηλιοθερμικά	30	264,85	10,59%			
Ηλιοθερμικά με αποθήκευση	30	248,85	10,85%			
Γεωθερμικά χαμ. Θερμ.	2	150	10,16%	14,26%		15,60%
Γεωθερμικά υψηλ. Θερμ.	20	99,45	11,28%	15,70%		17,00%
Βιομάζα	1	200	11,59%		20,91%	17,38%
Βιομάζα	3	175	12,60%		21,48%	18,62%
Βιομάζα	10	150	13,05%		21,31%	19,17%
Βιοαέριο από ΧΥΤΑ <2MW	1	120	12,66%		17,88%	18,69%
Βιοαέριο από ΧΥΤΑ	5	99,45	13,51%		18,94%	19,73%
Βιοαέριο από οργ. Υπολείμματα	1	220	13,80%		23,05%	20,09%
Βιοαέριο από οργ. Υπολείμματα	3	200	16,08%		26,06%	22,88%

5.3.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ

Μέσω του πίνακα 4, καθίσταται σαφές ότι οι επενδύσεις στον τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, αποτελούν μία ιδιαίτερα ελκυστική επένδυση, ανεξάρτητα από την ύπαρξη ή μη ύπαρξη χρηματοδότησης. Κύριο κριτήριο για την αποδοχή ενός επενδυτικού στοιχείου σε μία συγκεκριμένη τεχνολογική εφαρμογή Α.Π.Ε. είναι ο υπολογισμός του Εσωτερικού Ποσοστού Απόδοσης (IRR). Όπως εξηγήθηκε σε προηγούμενη ενότητα του συγκεκριμένου κεφαλαίου, ως εσωτερικό ποσοστό απόδοσης ορίζεται το προεξοφλητικό επιτόκιο που απαιτείται για την προεξόφληση όλων των χρηματοροών του προγράμματος. Ένα επενδυτικό σχέδιο, γίνεται αποδεκτό, όταν παρουσιάζει υψηλότερο εσωτερικό ποσοστό απόδοσης από την ελάχιστη οριζόμενη απαιτούμενη απόδοση του επενδυτή.

Σύμφωνα με τον πίνακα 4, η βέλτιστη επένδυση αφορά στις μη χρηματοδοτούμενες εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων. Η αναμενόμενη μείωση του κόστους του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων αναμένεται να καταστήσει αυτές τις επενδύσεις ακόμη πιο ελκυστικές.

Μεταξύ των επιδοτούμενων επενδύσεων, δελεαστικές είναι οι επενδύσεις σε εγκαταστάσεις βιοαερίου οργανικών υπολειμμάτων μεγάλης κλίμακας και τα αιολικά συστήματα μεγάλης κλίμακας σε μη διασυνδεδεμένα νησιά.

Από τις μη επιδοτούμενες επενδύσεις, επίσης τα αιολικά συστήματα μεγάλης κλίμακας σε μη διασυνδεδεμένα νησιά αποτελούν μία ελκυστική επένδυση.

Τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα παρουσιάζουν επίσης υψηλό ποσοστό απόδοσης, αλλά είναι αβέβαια ως προς την απόδοσή τους μακροπρόθεσμα, λόγω της κλιματικής αλλαγής και των αδειοδοτικών δυσκολιών.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάπτυξη των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, παράλληλα με τις μεθόδους εξοικονόμησης ενέργειας και ενεργειακής αποδοτικότητας, είναι δυνατόν να διαμορφώσουν ένα βιώσιμο ισοζύγιο ενεργειακής προσφοράς και ζήτησης. Βάσει του γεγονότος ότι οι τεχνολογικές εφαρμογές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εκμεταλλεύονται φυσικούς, ενδογενείς πόρους μπορούν να αποτελέσουν μία αξιόπιστη εναλλακτική λύση έναντι των συμβατικών πηγών ενέργειας.

Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας εστιάστηκε στην τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων και στην οικονομοτεχνική σύγκριση των φωτοβολταϊκών συστημάτων με άλλες τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Στην αρχή της εργασίας, παρουσιάστηκε η διεθνής ενεργειακή κατάσταση, ο καθορισμός του ενεργειακού προβλήματος, οι στρατηγικές αντιμετώπισης του, το διεθνές θεσμικό πλαίσιο που διέπει την ανάπτυξη των τεχνολογιών Α.Π.Ε. και παρατέθηκε μία σύντομη εισαγωγή των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Στη συνέχεια, η εργασία διαπραγματεύτηκε την τεχνολογία και κατασκευή των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Περιγράφηκε η σύνθεση των φωτοβολταϊκών συστημάτων και η κύρια κατηγοριοποίησή τους.

Παρουσιάστηκαν οι προβλεπόμενες διαδικασίες αδειοδότησης εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων, αφενός για το πρόγραμμα εγκατάστασης φωτοβολταϊκών στις στέγες και για το σύνολο των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων.

Η συγκεκριμένη εργασία ολοκληρώθηκε με την οικονομοτεχνική σύγκριση των φωτοβολταϊκών συστημάτων σε σχέση με συστήματα άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Μέσω της οικονομοτεχνικής αξιολόγησης που πραγματοποιήθηκε, διαπιστώθηκε ότι οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις αποτελούν εξαιρετικά δελεαστικές επενδύσεις έναντι των υπολοίπων συστημάτων ανανεώσιμων πηγών. Δεδομένης της αναμενόμενης μείωσης του κόστους εξοπλισμού και εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών συστημάτων και των ευνοϊκών καιρικών συνθηκών του ελληνικού χώρου, προβλέπεται η αύξηση των επενδύσεων στον τομέα αυτό, η ανάπτυξη της βιομηχανίας τους και η δημιουργία νέων 'πράσινων' θέσεων εργασίας.

Βιβλιογραφία

- [1] Α.Αραβαντινός, Θ.Βλαστός, Δ.Εμμανουήλ, Δ.Μαρίνος-Κουρής, Κ.Μέμος, Γ.Σκίκος, Κ.Σμπόνιας, Θ.Τσούτσος, (1999), Εισαγωγή στο Φυσικό και Ανθρωπογενές Περιβάλλον, Τόμος Β₁, Κεφάλαιο Ενέργεια, Πάτρα Ε.Α.Π.
- [2] http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_windmill.htm
- [3] Ε. Μπινόπουλος, Π. Χαβιαρόπουλος Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αιολικών πάρκων: "Μύθος και πραγματικότητα".
- [4] Γ. Λεμονής Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. 'Κυματική ενέργεια στην Ευρώπη, Εθνικές δραστηριότητες και προοπτικές αξιοποίησης'.
- [5] Σ.Α.Μαυράκος, Ε.Μ.Π. (5/12/2007), 'Θαλάσσια ενέργεια'.
- [6] Παναγιωτόπουλος Μιχαήλ, Κ.Α.Π.Ε., Πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις συστημάτων αξιοποίησης Κυματικής Ενέργειας Προώθηση της εισαγωγής ενέργειας από θαλάσσιο κυματισμό στην Ευρωπαϊκή αγορά Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [7] Mary H. Dickson και Mario Fanelli, Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa, Italy, 'Τί είναι Γεωθερμική Ενέργεια; (What is Geothermal Energy?)'
- [8] http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf.
- [9] http://en.wikipedia.org/wiki/Proton_exchange_membrane_fuel_cell.
- [10] Οδηγός Τεχνολογιών Ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε..
- [11] Ι.Ε.Φραγκιαδάκης, Φωτοβολταϊκά συστήματα, 3^η Έκδοση, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- [12] <http://www.green-tech.com.gr/photovoltaics.php?ips>.
- [13] <http://www.reni.gr/content.asp?Catid=13>.
- [14] http://www.helapco.gr/Οικιακά_συστήματα.html.
- [15] http://www.helapco.gr/Φωτοβολταϊκά_πάρκα.html.
- [16] <http://www.desmie.gr/ape-sithya/adeiodotiki-diadikasia-kodikopoiisi-nomothesias-ape/periechomena/loipa-fotovoltaika-ektos-eidikon-programmaton>.
- [17] Tietenberg Thomas, 'Οικονομική του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων', εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα 1996.
- [18] Λαζαρίδης Γ – Παπαδόπουλος Δ, «Χρηματοοικονομική Διοίκηση», Τεύχος Α, Θεσσαλονίκη 2005.
- [19] Λαζαρίδης Γ – Παπαδόπουλος Δ, «Χρηματοοικονομική Διοίκηση», Τεύχος Β, Θεσσαλονίκη 2005.

[20] Λαζαρίδης Γ – Παπαδόπουλος Δ, «Χρηματοοικονομική Διοίκηση», Τεύχος Γ, Θεσσαλονίκη 2005.

[21] Κάραλης Γ., «Θεσμικό Πλαίσιο για τις ΑΠΕ», Ειδικός Συνεργάτης Υ.Π.Ε.Κ.Α., Ημερίδα ΚΑΠΕ, 9 Σεπτεμβρίου 2010.