

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ-ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια των προβλεπόμενων εκπαιδευτικών διαδικασιών της σχολής Μηχανολόγων-Μηχανικών. Στόχος της εργασίας αυτής είναι η σύγκρισή και αξιολόγηση δυο επενδύσεων αιολικού και φωτοβολταϊκού πάρκου με ίδιο αρχικό κόστος επένδυσης η ανάλυση των οικονομικών παραμέτρων, από τις οποίες εξαρτάται η λήψη της απόφασης για την πραγματοποίηση επένδυσης σε φωτοβολταϊκά και αιολικά συστήματα παραγωγής ενέργειας στην Ελλάδα,. Στη παρούσα εργασία έγινε κοινωνικοοικονομική αξιολόγηση αλλά και η περιβαλλοντική αποτίμηση των επενδύσεων αυτών . Για το σκοπό αυτό συγκεντρώθηκαν στοιχεία που αφορούν σε κόστη, σε απασχόληση και στη συμμετοχή Ελληνικών φορέων στην κατασκευή, εγκατάσταση συντήρηση & λειτουργία των πάρκων στην Ελλάδα. για τον υπολογισμό ενεργειακών και περιβαλλοντικών μεγεθών. Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε μέσω μιας ανάλυσης οφέλους – κόστους για την εθνική οικονομία την κοινωνία τον ιδιώτη επενδυτή, και εφαρμόστηκε στα δυο πάρκα.

Αρχικά, στο κεφάλαιο 1 γίνεται αναφορά στην αναγκαιότητα να στραφεί η ανθρωπότητα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Παράλληλα, κρίνεται σκόπιμο να γίνει μια σύντομη ιστορική αναδρομή στις ΑΠΕ , ενώ καταγράφονται και οι επενδυτικές προοπτικές της τεχνολογίας αυτής στη χώρα μας όσο και οι προοπτικές εξέλιξης .

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται επιγραμματικά ο τρόπος εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αρχικά, γίνεται αναφορά στα χαρακτηριστικά μεγέθη της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ στην συνέχεια αναλύεται το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Στο τέλος του κεφαλαίου παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά στοιχεία των Φ/Β κυψελών, πλαισίων και συστημάτων.

Στο τα τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην αιολική τεχνολογία και στο σύστημα παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία που ακολουθείται προκειμένου να επιτευχθεί η οικονομική αξιολόγηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων μέσω του υπολογιστικού προγράμματος και αναλύεται όσο το

δυνατόν διεξοδικότερα το κάθε βήμα αυτής. Παρατίθενται τιμές μεγεθών, οι οποίες είναι απαραίτητες στην όλη διαδικασία, και γίνονται ορισμένες παραδοχές για να διευκολυνθούν οι υπολογισμοί. Στη συνέχεια παρατίθενται όλα τα αποτελέσματα της ανάλυσης της επένδυσης του φ/β πάρκου

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται η χωροθέτηση και η παρουσίαση του αιολικού πάρκου. Στη συνέχεια γίνεται εκ νέου η οικονομοτεχνική ανάλυση για το αιολικό πάρκο και η παράθεση των αποτελεσμάτων.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται η σύγκριση και παρατίθενται τα αποτελέσματα για τις δυο επενδύσεις. Θεωρήθηκε σκόπιμο στη παράθεση των αποτελεσμάτων να γίνουν και γενικότερες επισημάνσεις καθώς και κάποιες προτάσεις για το μέλλον των ΑΠΕ στη χώρα μας.

## PREFACE-SUMMARY

The present project was designed in the frames of the forecasted educational procedures of the Faculty of Mechanical Engineers. The project aims at the analysis of the economical parameters which determine the decision taking of investing on photovoltaic and Aeolian systems of energy production in Greece including the environmental assessment of such investments. In this project , a socioeconomic evaluation was conducted as well as a comparison between an aeolian park and a photovoltaic park with the same original cost of investment. For this purpose , elements were gathered concerning costs in employment and participation of Greek institutions in construction , inauguration , conservation , and operation of these parks in Greece for the estimation of energy and environmental magnitudes. The evaluation was realized through a profit-cost analysis for the national economy , society ,the civilian investor and was applied to both parks.

Originally , in chapter one it is mentioned how important for the mankind is to consider renewable sources of energy. In addition , it was considered essential to take a short historical flashback on renewable sources of energy while the investing perspective of this technology in our country as well as the developing perspective is recorded.

In the second chapter ,the way solar energy is exploited via the photovoltaic phenomenon for the production of electric energy is presented sententiously. Initially, the characteristic magnitudes of solar energy are presented and the photovoltaic phenomenon is analyzed. Finally, the characteristic elements of photovoltaic cells ,frameworks and systems are presented.

The third chapter refers to the Aeolian technology and the electric energy production system.

The fourth chapter deals with the required procedure in order to achieve an economical evaluation of the photovoltaic systems through a computational programme and every step of that procedure is deeply analyzed. Rates of magnitude are apposed which are necessary through the whole procedure and certain concessions are acknowledged in order to accommodate estimations. Furthermore all the results of the analysis of the investment for the photovoltaic park are given.

In the fifth chapter the arrangement and the presentation of the Aeolian park is described. In addition ,a new economical analysis for the Aeolian park and the results are cited.

In the sixth chapter there is a comparison and the results of the two investments are shown. In the presentation of the results it was considered advisable to make some general detections as well as some proposals for the future of renewable sources of energy in our country.

## Ευχαριστίες

Η εργασία δεν θα είχε ολοκληρωθεί χωρίς τη συμβολή πολλών, τους οποίους αισθάνομαι την υποχρέωση και επιθυμώ να ευχαριστήσω.

Για την ανάθεση και επίβλεψη του θέματος εκφράζω την ευγνωμοσύνη μου στον καθηγητή κ. Αρθούρο Ζερβό, καθηγητή Ε.Μ.Π.

Για την καίρια επέμβαση και συμβουλή της σε θεμελιακής σημασίας μέρη της εργασίας ευχαριστώ θερμά την κ. Δανάη Διακουλάκη, καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Για την ανεκτίμητη συνεισφορά και την αμείωτη προθυμία τους να βοηθήσουν σε κάθε στάδιο της εργασίας ειλικρινά ευχαριστώ τον κ. Γ. Κάραλη, διδάκτορα Ε.Μ.Π. και τον κ. Α. Σαλιάγκα, Μηχ-Μηχ Ε.Μ.Π.

Τέλος για την πρόθυμη διάθεσή τους να παρέχουν στοιχεία και πληροφορίες οπουδήποτε το απαιτούσε η εργασία, ευχαριστώ τον κ. Γ. Κωταντούλα Πολ- Μηχ ΕΜΠ σε έργα ΑΠΕ, και τις εταιρείες που δραστηριοποιούνται στο χώρο τόσο της αιολικής όσο και της φωτοβολταϊκής ενέργειας για τις πολύτιμες συμβουλές τους και στοιχειά με τα οποία με εφοδίασαν .

## Πινάκας Περιεχομένων

---

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup></b> .....	1
1.1. Ιστορική αναδρομή και η εξέλιξη της ενέργειας.....	1
1.2. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	3
1.3. Παρούσα ενεργειακή κατάσταση στην Ελλάδα.....	4
1.4. Προοπτικές εξέλιξης των ΑΠΕ.....	5
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup></b> .....	7
2.1 Η Ηλιακή ακτινοβολία.....	7
2.2 Ενεργειακή απολαβή από τον ήλιο.....	9
2.3 Εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας .....	10
2.4 Συνοπτική περιγραφή του Φ/Β φαινομένου.....	13
2.5 Χαρακτηριστικά του Φ/Β στοιχείου.....	15
1. φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού Πυριτίου (Single-Crystal Silicon).....	20
2. φωτοβολταϊκά στοιχεία πολυκρυσταλλικού Πυριτίου (multicrystalline Silicon mc-Si).....	21
3. φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας (Ribbon Silicon).....	22
4. φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου Πυριτίου(Amorphous-Thin Film Silicon).....	22
2.6 Χαρακτηριστικά στοιχεία του Φ/Β πλαισίου και του Φ/Β συστήματος.....	23
2.7 Προσανατολισμός του συλλέκτη.....	26

2.7.1. Στοιχεία προσδιορισμού του προσανατολισμού ενός συλλέκτη.....	26
2.7.2. Τρόποι στήριξης των συλλεκτών και προσανατολισμός τους.....	28
α). Στήριξη του συλλέκτη με σταθερή γωνία κλίσης. Γωνία κλίσης για βέλτιστη ενεργειακή απολαβή.....	28
β). Στήριξη με δυνατότητα εποχικής ρύθμισης της κλίσης του συλλέκτη.....	33
γ). Στήριξη με δυνατότητα στροφής του συλλέκτη γύρω από έναν ή δύο άξονες.....	33

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>** /Αιολικά συστήματα στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας/ .....36

3.1 Εισαγωγή.....	36
3.1.1 Α/Γ κατακόρυφου άξονα.....	36
3.1.2 Α/Γ οριζόντιου άξονα.....	38
3.1.3 Αιολικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	44
3.2 Αεροδυναμική μετατροπή.....	45
3.2.1 Η ισχύς του ανέμου.....	45
3.2.2 Η αεροδυναμική των πτερυγίων της Α/Γ.....	47
3.2.3 Παραγωγή ισχύος.....	52
3.2.4 Αεροδυναμικός έλεγχος ισχύος Α/Γ.....	56
3.3 Οι Α/Γ και το ηλεκτρικό τους σύστημα .....	56

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>**/Υπολογιστικό Εργαλείο - Μεθοδολογία και Εφαρμογή σε Φ/Β Πάρκο/.....63

4.0 Συνοπτική Περιγραφή του Φωτοβολταϊκού Πάρκου.....	60
4.1 Τεχνική Περιγραφή.....	61



---

4.1.2 Φωτοβολταϊκά panel.....	61
4.1.3 Σύστημα στήριξης .....	62
4.1.4 Inverter.....	63
4.1.5 Καλωδιώσεις .....	64
4.1.6 Διασύνδεση με το δίκτυο.....	65
4.1.7 Σύστημα τηλεμετρίας και τηλε-ελέγχου.....	65
4.1.8 Γειώσεις - Αντικεραυνική προστασία.....	65
4.1.9 Σύνοψη αντικειμένου / Προμέτρηση.....	66
4.2 Εισαγωγή για Υπολογιστικό Εργαλείο (Υ/Ε).....	67
4.2.1 Αρχικά δεδομένα (Υ/Ε).....	67
4.2.2 Δεδομένα φωτοβολταϊκού πάρκου.....	67
4.2.3. Ενεργειακά δεδομένα φωτοβολταϊκού πάρκου.....	70
4.2.4 Κοινωνικά δεδομένα .....	71
4.2.5. Περιβαλλοντικά δεδομένα.....	71
4.2.6 Συντελεστής αναγωγής σε παρούσα αξία.....	72
4.2.7 Ενδιάμεσοι υπολογισμοί.....	72
4.2.8 Υπολογισμός δεικτών.....	74
4.3. Τυπολόγιο εύρεσης μεγεθών-δεικτών.....	77
4.3.0 Ορισμός δεικτών οφέλους-κόστους.....	77
4.3.1 Λόγος οφέλους-κόστους για την εθνική οικονομία.....	77
4.3.2. Χρόνος αποπληρωμής της επιχορήγησης.....	84
4.3.3. Λόγος οφέλους-κόστους για την κοινωνία.....	84
4.3.4 Λόγος οφέλους - κόστους για τον ιδιώτη επενδυτή .....	85

---

4.4 Αξιολόγηση Υπολογιστικού εργαλείου.....	85
4.5 Μελέτη Φωτοβολταϊκού Πάρκου 3,45 MW.....	87
4.5.1 Παρουσίαση Δεδομένων.....	87
4.5.2 Ενδιάμεσοι υπολογισμοί.....	92
4.5.3. Υπολογισμός τελικών μεγεθών και δεικτών.....	94
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup></b> /Υπολογιστικό Εργαλείο - Μεθοδολογία και Εφαρμογή σε Αιολικό Πάρκο/.....	101
5.0 Επιλογή της θέσης εγκατάστασης αιολικών πάρκων.....	101
5.1 Το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	104
5.2. Διάκριση του εθνικού χώρου σε κατηγορίες.....	105
5.3 Αποστάσεις για τη διασφάλιση της λειτουργικότητας και απόδοσης των αιολικών εγκαταστάσεων.....	107
5.4. Η περιοχή μελέτης.....	108
5.5 Επιλογή Α/Γ.....	113
5.6 Μεθοδολογία.....	115
5.7 Δεδομένα αιολικού πάρκου.....	118
5.8 Μελέτη Αιολικού Πάρκου 6.87 MW.....	121
5.8.1. Παρουσίαση Δεδομένων.....	121
5.8.2. Ενδιάμεσοι υπολογισμοί.....	126
5.8.3 Υπολογισμός τελικών μεγεθών και δεικτών.....	128
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup></b> / Σύγκριση Οικονομικής, Τεχνικής & Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης σε Α.Π.Ε και Τελικά Συμπεράσματα/.....	136
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b> /Νομικό πλαίσιο/.....	144

---

Π.1 Διαδικασία Αδειοδότησης για την εγκατάσταση και λειτουργία σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. σύμφωνα με το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο.....	145
Π.2 Τιμολόγηση της KWh από ΑΠΕ.....	156
Π.3 Τιμολόγηση της Διαδικασίας Αδειοδότησης.....	161
Π.4. Εγκρίσεις/Βεβαιώσεις για ΠΠΕ 8i ΜΠΕ.....	164
Π.5. Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού.....	165
Π.6 Χρηματοδοτική υποστήριξη εηενδύσεων ΑΠΕ.....	170
Π.7 Αναπτυξιακός Νόμος 3299/04.....	171
Π.8 Το Νέο Νομοσχέδιο για τις ΑΠΕ.....	176

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>0</sup>

## Ιστορική Αναδρομή & Ενεργειακή Κατάσταση Σήμερα

### 1.1. Ιστορική αναδρομή και η εξέλιξη της ενέργειας

Η εξέλιξη της ανθρωπότητας είναι στενά συνδεδεμένη με τη χρήση ενέργειας. Δεν είναι τυχαίο ότι οι ονομασίες των ιστορικών περιόδων της ανθρωπότητας, λίθινη εποχή, εποχή του σιδήρου ή του χαλκού, προέκυψαν από τις διαφορετικές μορφές ενέργειας που οι άνθρωποι διαχειρίζονταν στις αντίστοιχες εποχές. Σ' όλη την ιστορική του πορεία, ο άνθρωπος χρησιμοποίησε με εφευρετικότητα τις δυνατότητες που του παρείχε απλόχερα η φύση, τη δύναμη της φωτιάς, του νερού, του ανέμου και του ήλιου, με στόχο τη βελτίωση των συνθηκών της διαβίωσής του.

Στους πιο πρόσφατους αιώνες, χρησιμοποίησε την ενέργεια από την καύση του κάρβουνου και του πετρελαίου και βρήκε τρόπο να τη μετατρέπει στην περισσότερο εξευγενισμένη των μορφών της, τον ηλεκτρισμό. Στα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα, ένας νέος τρόπος παραγωγής ενέργειας ήρθε να δημιουργήσει ελπίδες, για ριζική επίλυση του παγκόσμιου ενεργειακού προβλήματος, η πυρηνική ενέργεια. Πολύ γρήγορα, όμως, δραματικά γεγονότα ήλθαν να επιβεβαιώσουν, χωρίς περιθώρια αμφισβήτησης, την αδυναμία μας να διασφαλίσουμε την ελεγχόμενη παραγωγή της πυρηνικής ενέργειας και την αποφυγή ατυχημάτων.

Επιπλέον, άρχισαν να επιβεβαιώνονται, με επιστημονικά τεκμηριωμένο τρόπο, οι προβλέψεις για σημαντικές επιβαρυντικές συνέπειες της μέχρι σήμερα συμπεριφοράς του ανθρώπου στο οικοσύστημα, εξαιτίας κυρίως της αλόγιστης χρήσης των συμβατικών καυσίμων και πολλών, φαινομενικά αθώων, τεχνολογικών προϊόντων. Η παραγωγή και χρήση της ενέργειας που προέρχεται από τα συμβατικά καύσιμα δημιούργησαν μια σειρά από περιβαλλοντικά προβλήματα με αιχμή τους, το γνωστό σε όλους μας, φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Η υπερθέρμανση του πλανήτη αλλά και η υποβάθμιση του περιβάλλοντος σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο δεν αφήνουν κανένα περιθώριο εφησυχασμού. Σύμφωνα με την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC), οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου έχουν ήδη ανεβάσει τη θερμοκρασία κατά 0.6 βαθμούς παγκοσμίως. Εάν δεν ληφθούν μέτρα, θα σημειωθεί αύξηση κατά 1.4 έως 5.8 βαθμούς έως τα τέλη του αιώνα. Όλες οι περιοχές του κόσμου ( συμπεριλαμβανομένης της Ευρωπαϊκής Ένωσης) θα αντιμετωπίσουν σοβαρές συνέπειες, τόσο για τις οικονομίες τους όσο και για τα οικοσυστήματά τους. Για το λόγο αυτό η διεθνής ερευνητική κοινότητα και η ενεργειακή βιομηχανία έχουν στρέψει το ενδιαφέρον τους αφενός σε σύγχρονες "καθαρές" τεχνολογίες παραγωγής με βελτιωμένη ενεργειακά και περιβαλλοντικά απόδοση, όπως πχ. οι "καθαρές" τεχνολογίες άνθρακα, και αφετέρου στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) [1, 2, 3].

## 1.2. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) έχουν οριστεί οι ενεργειακές πηγές, οι οποίες καθημερινά και άέναα μας παρέχονται σε βαθμό ήπιας εκμετάλλευσης. Είναι η πρώτη μορφή ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος πριν στραφεί έντονα στη χρήση των ορυκτών καυσίμων. Οι ΑΠΕ πρακτικά είναι ανεξάντλητες, η χρήση τους δεν ρυπαίνει το περιβάλλον ενώ η αξιοποίησή τους περιορίζεται μόνον από την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών που θα έχουν σαν σκοπό την δέσμευση του δυναμικού τους. Το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των τεχνολογιών αυτών εμφανίσθηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1974 και παγιώθηκε μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων την τελευταία δεκαετία. Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μια εγχώρια πηγή ενέργειας με ευνοϊκές προοπτικές συνεισφοράς στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, καθώς έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο κλάδος που ευθύνεται κατά κύριο λόγο για τη ρύπανση του περιβάλλοντος.

Οι μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι:

- ο ήλιος - ηλιακή ενέργεια, με δυνατότητα παροχής θερμότητας ή/και ηλεκτρισμού,
- ο άνεμος - αιολική ενέργεια,
- οι υδατοπτώσεις - υδραυλική ενέργεια, με περιορισμό στα μικρά υδροηλεκτρικά, ισχύος κάτω των 10 MW,
- η γεωθερμία - γεωθερμική ενέργεια: υψηλής και χαμηλής ενθαλπίας,
- η βιομάζα: θερμική ή χημική ενέργεια με την παραγωγή βιοκαυσίμων, τη χρήση υπολειμμάτων δασικών εκμεταλλεύσεων και την αξιοποίηση βιομηχανικών αγροτικών (φυτικών και ζωικών) και αστικών αποβλήτων,

- οι θάλασσες: ενέργεια κυμάτων, παλιρροϊκή ενέργεια και ενέργεια των ωκεανών από τη διαφορά θερμοκρασίας των νερών στην επιφάνεια και σε μεγάλο βάθος [2]

### 1.3. Παρούσα ενεργειακή κατάσταση στην Ελλάδα

Οι πλέον πρόσφατες εκτιμήσεις για την ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά το έτος 2010, την προσδιορίζουν σε ύψος 71,9 TWh, ήτοι κοντά στο επίπεδο των 72 TWh της 2<sup>ης</sup> Εθνικής Έκθεσης και αισθητά αυξημένο σε σχέση με τις 68 TWh της 3<sup>ης</sup> Εθνικής Έκθεσης. Κατά συνέπεια υφίσταται ανάγκη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. (συμπεριλαμβανομένων των μεγάλων υδροηλεκτρικών) της τάξης των **14,45 TWh** κατά το έτος 2010.

Το παραπάνω είναι κατά 28% υψηλότερος του αντίστοιχου του έτους 1995 (ετήσια αύξηση 2.8%). Η κατανομή των διαφόρων μορφών ενέργειας στο δείκτη αυτόν ήταν:

- Ηλεκτρισμός 21% (αύξηση 15% από το επίπεδο του έτους 1995).
- Α.Π.Ε. 5.2% (αύξηση 15% από το επίπεδο του έτους 1995).
- Πετρέλαιο 68.7% (αύξηση 28% από το επίπεδο του έτους 1995).
- Φυσικό Αέριο 2.8%.

Η κατανομή του Τ.Κ.Ε. ανά Τομέα ήταν:

- Μεταφορές 39%
- Βιομηχανία 20%
- Οικιακός, Αγροτικός, Τριτογενής 41%.

Η συνεισφορά των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο είναι της τάξης του 5%, σε επίπεδο συνολικής διάθεσης πρωτογενούς ενέργειας στη χώρα και της τάξης του 13-14%, σε επίπεδο εγχώριας παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας. Η ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ στην Ελλάδα αυξάνεται σημαντικά τα τελευταία χρόνια και είναι της τάξης του 2-2,5% της ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Αφορά κυρίως σε Αιολικά και Μικρά Υδροηλεκτρικά, σε ένα μικρό βαθμό τη Βιομάζα, ενώ σύντομα αναμένεται και η συνεισφορά της Γεωθερμίας [27].

Λαμβάνοντας υπόψη τα μεγάλα Υδροηλεκτρικά (εξαιρώντας την παραγωγή από άντληση), η ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ είναι στα επίπεδα του 10%. Η παραγωγή

θερμικής ενέργειας από ΑΠΕ προέρχεται κυρίως από ενεργητικά ηλιακά, θερμικές χρήσεις της βιομάζας και γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Η μεγάλη ανάπτυξη της βιομηχανίας ηλιακών συλλεκτών κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχει οδηγήσει την Ελλάδα στη δεύτερη θέση σε εγκατεστημένη επιφάνεια συλλεκτών σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Ωστόσο η κύρια παραγωγή θερμότητας, από βιομάζα προέρχεται είτε από καύση μη εμπορικής βιομάζας, στον οικιακό τομέα, είτε από υπολείμματα βιομάζας σε βιομηχανικές μονάδες κατεργασίας ξύλου, τροφίμων, βάμβακος, κ.λπ. όπου και χρησιμοποιείται για ίδιες ανάγκες. Θα μπορούσε κανείς να πει ότι η Ελληνική αγορά θερμότητας από ΑΠΕ είναι σε στάδιο εκκίνησης. Η χρήση των βιοκαυσίμων στην Ελλάδα είναι επίσης σε φάση εκκίνησης και ολοκληρώνεται η μελέτη για την δειξοδυσή τους στην αγορά. Αυτή τη στιγμή, προετοιμάζονται δύο μονάδες παραγωγής βιοντίζελ στην Ελλάδα, που χρηματοδοτούνται από το ΕΠΑΝ.

- **Βασικά στοιχεία ηλεκτρικού συστήματος έτους 2007**

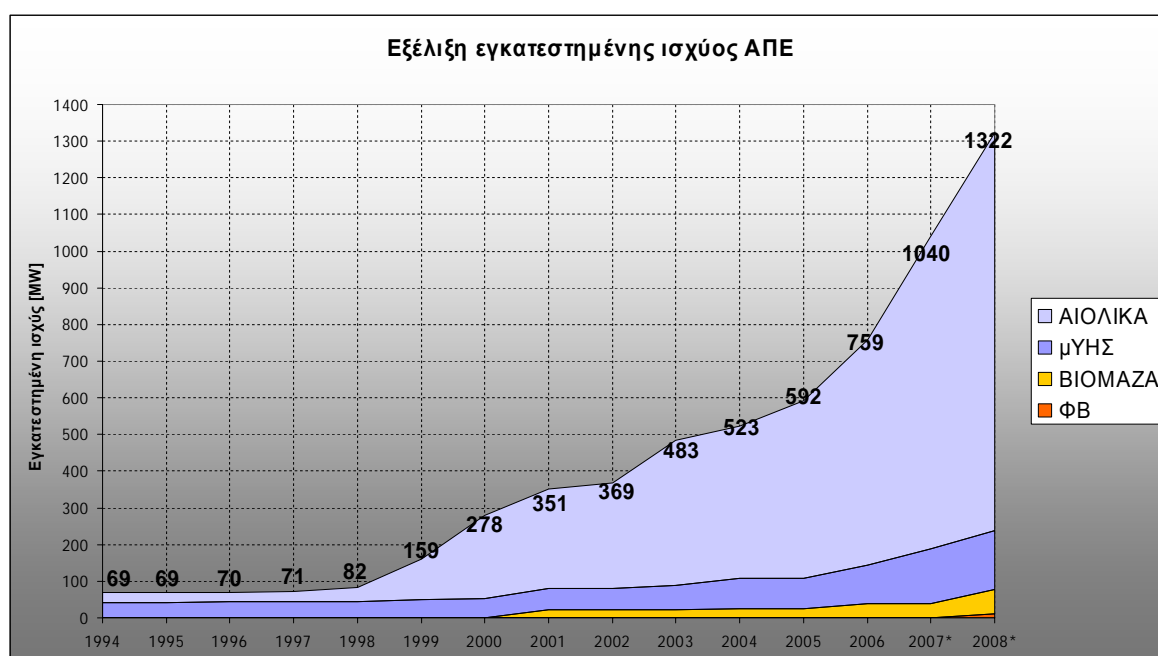
Το κύριο βάρος παραγωγής εξακολουθεί να φέρεται από τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού που ιδρύθηκε το 1950 σε μονοπωλιακή βάση και κύριο σκοπό την παραγωγή και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά το 2007 εκτιμάται ότι θα φθάσει τις 62,5 TWh με εγκατεστημένη ισχύ τάξης 12.500 MW για μονάδες της Δ.Ε.Η και 1.570 MW από αυτοπαραγωγούς και παραγωγούς συμβατικής και ανανεώσιμης ενέργειας. Οι γραμμές μεταφοράς του Συστήματος έχουν μήκος που υπερβαίνει τα 10.750 χλμ., ενώ οι γραμμές διανομής του Δικτύου στο σύνολο της χώρας ανέρχονται σε περίπου 214.000 χλμ. Ο αριθμός των εξυπηρετούμενων πελατών είναι γύρω στα 7 εκατομμύρια. Σε σχέση με τις ανταλλαγές ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να σημειωθεί ότι με τις όμορες βαλκανικές χώρες (Αλβανία, Π.Γ.Δ.Μ. και Βουλγαρία) υπάρχουν συνδέσεις ικανές να καλύψουν σε ετήσια βάση ανταλλαγές σε επίπεδο άνω του 7% των αναγκών της χώρας, κυρίως από την περίσσεια ενέργειας των συστημάτων της Βουλγαρίας και Ρουμανίας. Εξάλλου, διευθετήθηκε το θέμα της επανασύνδεσης με τις χώρες της Κεντρικής Ευρώπης που συμμετέχουν στη UCTE το οποίο παρέμενε σε εκκρεμότητα από την εποχή του πολέμου της Γιουγκοσλαβίας. Η σύνδεση με την Ιταλία με υποβρύχιο καλώδιο συνεχούς ρεύματος 400 kV και δυναμικότητα μεταφοράς αντιστοιχούσας σε 500 MW λειτουργεί εμπορικά από το 2002.



Η κυριότερη πηγή καυσίμου είναι ο εγχώριος λιγνίτης μικρής θερμογόνου δύναμης (70 εκατ. τόνοι) που αναμένεται να καλύψει φέτος το 50,5% του συνόλου των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια. Το πετρέλαιο κυρίως για την κίνηση ηλεκτροπαραγωγικών εγκαταστάσεων νησιωτικών συστημάτων μη συνδεδεμένων με την ηπειρωτική χώρα, αναμένεται να συμμετάσχει με ποσοστό 13%. Το φυσικό αέριο προερχόμενο από εισαγωγές από τη Ρωσία και σε μορφή LNG από την Αλγερία θα καλύψει το 22,5%. Κατά το ίδιο έτος, τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα αναμένεται να παράγουν το 4,8%.

Τέλος η αιολική ενέργεια, τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα, η βιομάζα και τα φωτοβολταϊκά θα συγκεντρώσουν ποσοστό τάξης 3,6%, ενώ οι εισαγωγές-εξαγωγές θα κληθούν να καλύψουν το υπόλοιπο 5,6%.



Σχήμα 1: Αθροιστικά εγκαθιστάμενη ισχύς σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση Α.Π.Ε.

Η κατ' έτος προστιθέμενη ισχύς των εγκαταστάσεων Α.Π.Ε. (χωρίς τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα) στη βάση αξιόπιστων προβλέψεων για τα έτη 2007 και 2008 που στηρίζονται στην παρακολούθηση της πορείας υλοποίησης κάθε έργου Α.Π.Ε. δίδεται στο σχήμα 1. Επισημαίνεται ότι τα στοιχεία για το 2007 και το 2008 αφορούν ισχύ έργων τα οποία θα λειτουργούν το αντίστοιχο έτος ή θα έχουν εγκατασταθεί και θα τελούν σε δοκιμαστική λειτουργία.

Στο σχήμα 1 φαίνεται σαφής και εντυπωσιακή επιτάχυνση της ανάπτυξης της αγοράς Α.Π.Ε. κατά την τρέχουσα διετία 2007-2008, η οποία τεκμηριώνεται από την αναλυτική παρακολούθηση της πορείας ανάπτυξης κάθε έργου ξεχωριστά. Η επιτάχυνση αυτή οφείλεται:

- Στην ολοκλήρωση κατά την περίοδο αυτή πολλών αδειοδοτικών και αναπτυξιακών προσπαθειών ιδιωτικών φορέων οι οποίες είχαν επιβραδυνθεί κατά την περίοδο 2001-2004, λόγω κυρίως των θεσμικών αναδιαρθρώσεων του ηλεκτρικού τομέα που είχαν δρομολογηθεί στις αρχές της δεκαετίας του 2000 (δημιουργία Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας κ.λπ.).
- Στην ωρίμανση και εμπέδωση των διοικητικών και θεσμικών παρεμβάσεων της διετίας 2003-2004, οι οποίες σαφώς απλοποίησαν το επενδυτικό περιβάλλον σε σχέση με την προηγούμενη περίοδο και ήσαν πολλά διοικητικά εμπόδια.
- Στη ριζική αναθεώρηση, με το Ν. 3468/2006, του αδειοδοτικού καθεστώτος και την διεύρυνση του χρονικού ορίζοντα της διάρκειας των συμβάσεων αγοραπωλησίας ουσιαστικά σε 20 έτη.
- Τρέχουσα κατάσταση εγκαταστάσεων Α.Π.Ε. και μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων
- Τομέας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- Η συνολική παραγωγική δυναμικότητα των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση Α.Π.Ε. (εκτός μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων) που θα έχουν εγκατασταθεί και θα λειτουργούν ή θα είναι έτοιμα προς λειτουργία μέχρι τέλος του 2007 ή το αργότερο τον Ιανουάριο του 2008, ανέρχεται σε 2,25 TWh ετησίως και θα προέρχεται κατά 79,9% από αιολικά πάρκα, 10,5% μικρά υδροηλεκτρικά έργα και 9,6% από λοιπές μορφές ανανεώσιμης ενέργειας (βιοαερίο, βιομάζα, φωτοβολταϊκά).
- Τα πλέον επικαιροποιημένα στοιχεία για τις εγκαταστάσεις Α.Π.Ε. στις οποίες έχουν περιληφθεί και τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα δίνονται στον πίνακα 7 στον οποίο περιλαμβάνονται και οι εγκαταστάσεις που τελούν σε δοκιμαστική λειτουργία.
- Πέραν των αναφερομένων στον πίνακα 7, υπάρχουν αυτή τη στιγμή επί πλέον άδειες εγκατάστασης για σταθμούς Α.Π.Ε. συνολικής ισχύος **813 MW** από τα οποία 670 MW αφορούν αιολικά πάρκα, 110 MW μικρά

υδροηλεκτρικά έργα, 1 MW φωτοβολταϊκά έργα και 32 MW σταθμούς βιομάζας. Πρόκειται για ώριμα έργα σε όλη την Ελλάδα, χωρίς προβλήματα σύνδεσης με τα δίκτυα και λυμένα τα ζητήματα περιβαλλοντικής αδειοδότησης, με συνέπεια να εκτιμάται ότι θα έχουν υλοποιηθεί μέχρι το 2010. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να υπογραμμιστεί ότι τα έργα αυτά μπορούν να συνδεθούν άμεσα, χωρίς να απαιτούνται εκτεταμένα έργα ενίσχυσης του τοπικού δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

- Αντίθετα, σε περιοχές όπως η Νότια Εύβοια, η Νότια και Ανατολική Πελοπόννησος και η Ανατολική Μακεδονία – Θράκη, τα υπό ανάπτυξη έργα Α.Π.Ε. πρέπει να αναμείνουν για την εγκατάστασή τους την ολοκλήρωση των δρομολογημένων έργων μεταφοράς. Αναλυτική εικόνα της κατάστασης στις περιοχές αυτές, όπως και στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, δίνεται στην παρ. 15.
- Όσον αφορά την πορεία ανάπτυξης λιγότερο ώριμων έργων Α.Π.Ε. στην **υπόλοιπη Ελλάδα**, δηλαδή πλην των περιοχών όπου έχουν δρομολογηθεί εκτεταμένα έργα δικτύων, πρέπει να σημειωθεί ότι ειδικά το αιολικό δυναμικό είναι εντοπισμένο σε περιοχές όπου οι τοπικές συνθήκες επιτάχυνσης της ροής του ανέμου δημιουργούν προϋποθέσεις ενεργειακής αξιοποίησής του. Είναι γεγονός ότι το εν λόγω αιολικό δυναμικό των περιοχών αυτών είναι γενικά ανεξερεύνητο, όμως τα τελευταία έτη υπήρξε σημαντική και εκτεταμένη έρευνα από ιδιωτικούς φορείς για τον εντοπισμό κατάλληλων θέσεων σε περιοχές όπου δεν υφίστανται προβλήματα επάρκειας δικτύων ή/και δεν έχουν ανακύψει προβλήματα τοπικής αποδοχής.

Περιφέρεια		Μεγάλα υδροηλεκτρικά	Αιολικά	Μικρά υδροηλεκτρικά	Φωτοβολταϊκά	Βιομάζα	ΣΥΝΟΛΑ
Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης		500,00	196,67	2,97	0,00	0,00	<b>699,64</b>
Αττικής		0,00	3,11	0,99	0,10	29,63	<b>33,83</b>
Βορείου Αιγαίου		0,00	29,90	0,00	0,00	0,00	<b>29,90</b>

<b>Δυτικής Ελλάδος</b>	907,20	58,15	24,31	0,00	0,00	<b>989,66</b>
<b>Δυτικής Μακεδονίας</b>	375,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>375,00</b>
<b>Κεντρικής Μακεδονίας</b>	492,00	17,00	34,00	0,40	8,38	<b>551,78</b>
<b>Ηπείρου</b>	543,60	0,00	45,75	0,00	0,00	<b>589,35</b>
<b>Ιονίων Νήσων</b>	0,00	40,20	0,00	0,00	0,00	<b>40,20</b>
<b>Θεσσαλίας</b>	130,00	17,00	11,43	0,00	0,35	<b>158,78</b>
<b>Κρήτης</b>	0,00	129,5	1,00	0,80	0,36	<b>131,66</b>
		0				
<b>Νοτίου Αιγαίου</b>	0,00	37,56	0,00	0,00	0,00	<b>37,56</b>
<b>Πελοποννήσου</b>	70,00	119,8	2,00	0,00	0,00	<b>191,80</b>
		0				
<b>Στερεάς Ελλάδος</b>	0,00	204,3	24,62	0,00	0,00	<b>228,92</b>
		0				
<b>ΣΥΝΟΛΑ</b>	<b>3.017,</b>	<b>853,1</b>	<b>147,0</b>	<b>1,30*</b>	<b>38,7</b>	<b>4.058,0</b>
	<b>80</b>	<b>9</b>	<b>7</b>		<b>2</b>	<b>8</b>

Πίνακας 1: *Εγκατεστημένη ισχύς συστημάτων Α.Π.Ε. σε MW έως Δεκέμβριο 2007 – Ιανουάριο 2008*

- Η ισχύς αυτή είναι η καταγεγραμμένη, αλλά υπάρχουν πολλά φωτοβολταϊκά συστήματα μη καταγεγραμμένα, λόγω απαλλαγής από την αδειοδοτική διαδικασία. Με βάση στοιχεία πωλήσεων, εκτιμάται ότι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών συστημάτων κατά τις αρχές του 2008 θα βρίσκεται σε επίπεδο 5 MW.
- Ανάλογη είναι και η κατάσταση με τις υπόλοιπες μορφές Α.Π.Ε., όπου επίσης υπάρχουν εν εξελίξει πολλές προσπάθειες ανάπτυξης έργων σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας.
- Αξιόπιστη εικόνα του εν λόγω επενδυτικού ενδιαφέροντος δίνει ο πίνακας 8, στον οποίο φαίνεται η ισχύς των αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην ηπειρωτική χώρα, σε περιοχές εκτός αυτών όπου έχει δρομολογηθεί ενίσχυση των δικτύων, για τις οποίες δεν έχουν εκδοθεί άδειες εγκατάστασης. Σημειώνεται ότι η καθυστέρηση στην ανάπτυξη ενός έργου με υπαιτιότητα του επενδυτή (π.χ. λόγω οικονομικής αδυναμίας του για υλοποίησή του έργου), οδηγεί σε ανάκληση της άδειας παραγωγής. Μέχρι σήμερα έχουν ανακληθεί άδειες περί τα 584 MW που είχαν χορηγηθεί κατά το παρελθόν σε έργα Α.Π.Ε.

<b>Τεχνολογία</b>	<b>Ισχύς [MW]</b>
<b>Αιολικά πάρκα</b>	3.059
<b>Μικρά υδροηλεκτρικά</b>	316
<b>Βιομάζα</b>	5
<b>Γεωθερμία</b>	0
<b>Φωτοβολταϊκά</b>	10
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>3.390</b>

Πίνακας 2: Άδειες παραγωγής Α.Π.Ε. στην ηπειρωτική χώρα χωρίς άδεια εγκατάστασης, σε περιοχές εκτός αυτών για τις οποίες έχουν δρομολογηθεί ενισχύσεις των δικτύων

- Με βάση τα στοιχεία ανάπτυξης του πίνακα 8 και την υπόθεση ότι η τάση εγκατάστασης έργων που επικρατεί κατά την τελευταία διετία στην Ελλάδα όχι μόνο θα συνεχιστεί, αλλά και θα εμφανίσει περαιτέρω βελτίωση κατά την τριετία 2008-2010, οφειλόμενη στις πρόσφατες θεσμικές παρεμβάσεις και την επικείμενη υιοθέτηση του Ειδικού Χωροταξικού Πλαισίου (βλ. παρ. 6 και 7), εκτιμάται ότι μέχρι το 2010 μπορεί να έχουν υλοποιηθεί στις εν λόγω περιοχές της χώρας μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί σε ποσοστό 10% και αιολικά πάρκα σε ποσοστό 20% του πίνακα 8.
- Είναι αξιοσημείωτο το ενδιαφέρον επενδυτών για ανάπτυξη αιολικών πάρκων σε νησιά και σύνδεσή τους με το ηπειρωτικό σύστημα όπως αποδεικνύεται από το γεγονός ότι μέχρι σήμερα έχουν εκδοθεί άδειες παραγωγής για 75,80 MW για τη Σκύρο και τη νησίδα Άγιος Γεώργιος, 25 χλμ. νότια του Σουνίου.
- Στο απομονωμένο ηλεκτρικό σύστημα της Ικαρίας έχει δημοπρατηθεί από την Δ.Α.Υ.Ε. υβριδικό σχήμα αποτελούμενο από τυπική αντλητική (rumped storage) υδροηλεκτρική μονάδα συζευγμένη με δύο αντλησιοταμιευτήρες ισχύος 4,1 MW και βοηθούμενο από αιολικό πάρκο 2,4 MW για την παραγωγή περίπου 10,9 GWh/έτος. Το έργο έχει ήδη ενταχθεί για παροχή δημόσιας ενίσχυσης στο Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης και έχει προκαταβληθεί η πρώτη δόση. Η έναρξη κατασκευής του έργου έχει προγραμματιστεί για τον Ιανουάριο του 2008, ενώ η υλοποίηση θα έχει ολοκληρωθεί πριν το 2010.
- Μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα

- Η Δ.Ε.Η. Α.Ε. λειτουργεί 15 μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα<sup>1</sup>, κυρίως για την κάλυψη φορτίων αιχμής, με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 3.017,8 MW με ετήσια ενεργειακή απολαβή 4,16 TWh για μέσες συνθήκες υδραυλικότητας και συντηρητικό σενάριο διαχείρισης νερών, λόγω και του χαρακτήρα των περισσότερων έργων ως πολλαπλού σκοπού. Κατά το τρέχον έτος η παραγωγή αναμένεται να φθάσει τα 3,0 TWh (περιλαμβανόμενης και παραγωγής 0,5 TWh προερχόμενης από αντλησιοταμίευση), ενώ και κατά το 2006 το μέγεθος αυτό είχε υπερβεί τις 6 TWh.
- Σήμερα βρίσκεται σε προκαταρκτική φάση υλοποίησης από ιδιωτική εταιρία το υδροηλεκτρικό έργο Αγίου Νικολάου στον ποταμό Άραχθο στη βορειοδυτική Ελλάδα με εγκατεστημένη ισχύ 93,1 MW και ετήσια παραγωγική ικανότητα 320 GWh. Επίσης, έχει χορηγηθεί μία ακόμα άδεια παραγωγής από υδροηλεκτρικό έργο σε ιδιωτική εταιρεία ισχύος 60 MW στη θέση Αυλάκι στον ποταμό Αχελώο στην Κεντρική Ελλάδα.

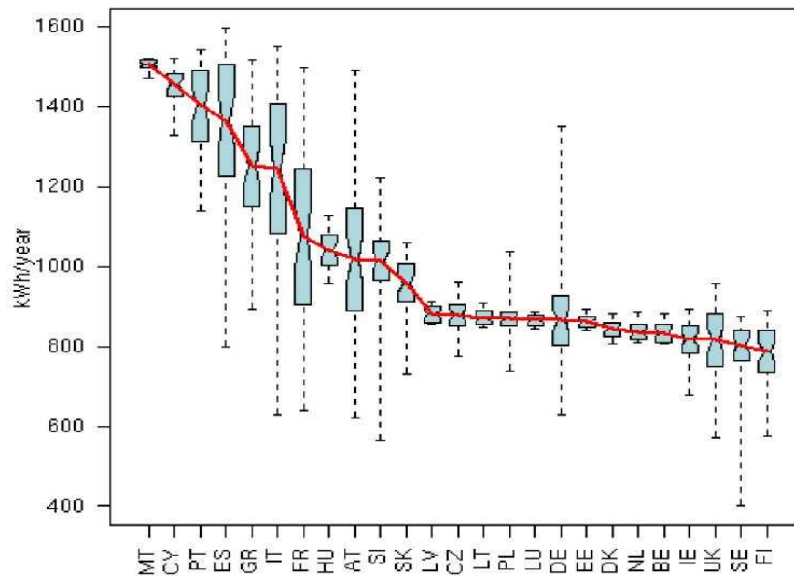
Περιφέρεια	Όνομα έργου	Ισχύς [MW]	Παραγωγική ικανότητα [GWh/έτος]
Κεντρικής Μακεδονίας	Ιλαρίωνας	153,0	527
Δυτική – Στερεά Ελλάδα	Συκιά	126,5	296
Θεσσαλία	Πευκόφυτο	160,0	340
	Μεσοχώρα	161,6	384
Ανατολικής Μακεδονίας	Τέμενος	19,0	60
Ηπείρου	Μετσοβίτικος	29,0	67
<b>ΣΥΝΟΛΑ</b>		<b>649,1</b>	<b>1.674</b>

Πίνακας 3: Υδροηλεκτρικά έργα Δ.Ε.Η. προγραμματισμένα για λειτουργία την επόμενη πενταετία

- Οι σταθμοί της Μεσοχώρας, του Ιλαρίωνα και του Μετσοβίτικου είναι προγραμματισμένοι για εμπορική λειτουργία έως το 2010.

## 1.4. Προοπτικές εξέλιξης των ΑΠΕ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει αναλάβει έναν πρωτοποριακό ρόλο στην προσπάθεια άμβλυνσης της κλιματικής αλλαγής σε παγκόσμιο επίπεδο και έχει ασκήσει μεγάλη πίεση για την υιοθέτηση συγκεκριμένων και φιλόδοξων στόχων. Ήδη, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο έχει θέσει τη νέα Ευρωπαϊκή στρατηγική για τη βιώσιμη ανάπτυξη (το λεγόμενο "πακέτο 20-20-20" που σημαίνει παραγωγή του 20% της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, 20% μείωση των ρύπων και 20% εξοικονόμηση ενέργειας) έως το έτος 2020 για την Ευρώπη [5].



Σχήμα 3 : Ετήσιο ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ένα χαρακτηριστικό σύστημα φωτοβολταϊκών 1 kWp στις οικιστικές περιοχές των 25 κρατών μελών της Ε.Ε. Τα σημεία που ενώνονται με την κόκκινη γραμμή αντιστοιχούν στο μέσο όρο και τα ψηλότερα σημεία αντιστοιχούν στο μέγιστο, τα αμέσως επόμενα στο 80% του μεγίστου, τα επόμενα στο ελάχιστο και τα χαμηλότερα στο 80% του ελαχίστου για τη βέλτιστη γωνία.

Στο σχήμα 1.4 παρουσιάζεται το ετήσιο ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ένα χαρακτηριστικό σύστημα φωτοβολταϊκών 1 kWp στις οικιστικές περιοχές των 25 κρατών μελών της Ε.Ε. Οι τιμές που παρουσιάζονται αντιστοιχούν σε : μέγιστο, μέγιστο του 80% των περιπτώσεων, μέσος όρος, ελάχιστο του 80% των περιπτώσεων και ελάχιστο για τη βέλτιστη γωνία.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

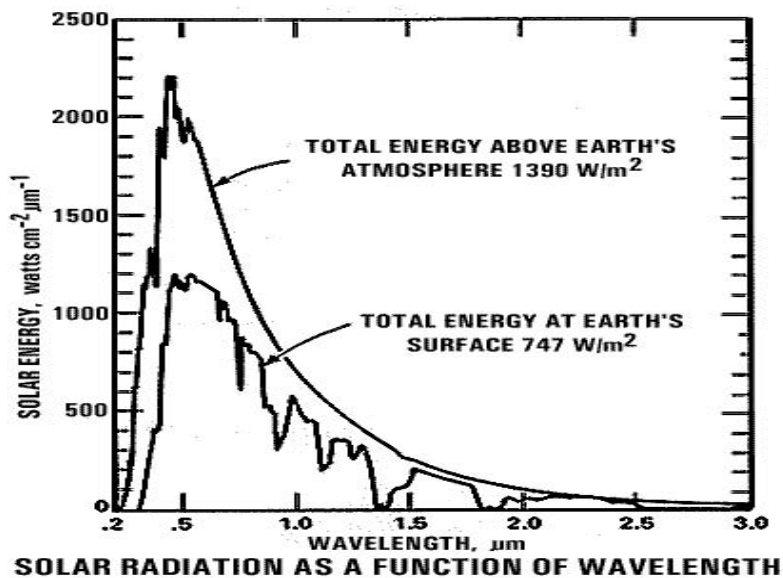
### Περιγραφή Των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

#### 2.1 Η ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπει ο ήλιος και προσπίπτει στον πλανήτη μας. Η ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που αντιστοιχεί στη μέση απόσταση πλανήτη – ήλιου ενός ηλιακού συστήματος ονομάζεται ηλιακή σταθερά του συγκεκριμένου πλανήτη. Στην περίπτωση μας, χρησιμοποιείται διεθνώς η τιμή των  $1367 \text{ W} / \text{m}^2$  ως πρότυπη τιμή της ηλιακής σταθεράς για τη γη. Παρόλ' αυτά, η τιμή αυτή δεν είναι σταθερή, αλλά μεταβάλλεται με την απόσταση μεταξύ γης και ήλιου.

Το φάσμα του ηλιακού φωτός, στα όρια της ατμόσφαιρας της γης, το οποίο χαρακτηρίζεται διεθνώς ως AM0, εκτείνεται από 0,1  $\mu\text{m}$  μέχρι 100 m (ο αριθμός που ακολουθεί τα αρκτικόλεξα AM δηλώνει πόσες φορές χωράει το πάχος της γήινης ατμόσφαιρας στο μήκος που διανύει το ηλιακό φως μέσα στη γήινη ατμόσφαιρα τη δεδομένη χρονική στιγμή). Στο Σχήμα 2.1 παρουσιάζονται τα φάσματα AM0 και AM1, στο οποίο φαίνεται καθαρά η απορρόφηση του ηλιακού φάσματος από τη γήινη ατμόσφαιρα. Ορισμένα αέρια που βρίσκονται στα κατώτερα στρώματα της γήινης ατμόσφαιρας, όπως οι υδρατμοί, το CO<sub>2</sub>, τα NO<sub>x</sub>, απορροφούν ποσοστό του ηλιακού φάσματος με αποτέλεσμα το μήκος κύματός του να βρίσκεται στην περιοχή τιμών μεταξύ των 0,3  $\mu\text{m}$  και 14  $\mu\text{m}$ . [3],[4]





Σχήμα 2.1: Φάσματα AM0 και AM1

Όταν το ηλιακό φάσμα λαμβάνεται και καταγράφεται από μετρητική διάταξη στην επιφάνεια του πλανήτη μας, εμφανίζεται μια γενικότερη ελάττωση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας σε όλα τα μήκη κύματος αυτού και νέες χαρακτηριστικές περιοχές απορρόφησης, οι οποίες δεν εμφανίζονται στο φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας εκτός ατμόσφαιρας. Η ελάττωση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας οφείλεται στην ελαστική σκέδαση στα μόρια της ατμόσφαιρας και σε μοριακές διεγέρσεις. [6]

Όπως αναφέρθηκε, κατά τη διέλευση του φωτός από τη γήινη ατμόσφαιρα, η έντασή του ελαττώνεται, καθώς τα φωτόνια σκεδάζονται αφενός στα μόρια της ατμόσφαιρας και τα πολύ μικρής διαμέτρου σωματίδια, αφετέρου στα μεγαλύτερης διαμέτρου αιωρήματά της, δηλαδή τους υδρατμούς, την σκόνη και τον καπνό. Μέρος της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας φτάνει στην επιφάνεια του πλανήτη. Συνεπώς, σε κάθε τόπο της επιφάνειας της γης φτάνουν δύο συνιστώσες της ηλιακής ακτινοβολίας: η άμεση και η διάχυτη ή σκεδαζόμενη ακτινοβολία. Η συνολική ακτινοβολία ονομάζεται ολική ακτινοβολία και συμβολίζεται διεθνώς με  $G$  (Global Irradiation). Μεταξύ της ολικής ακτινοβολίας  $G$ , της κάθετης απευθείας ακτινοβολίας  $D_N$  και της διάχυτης  $S$  ισχύει η επόμενη σχέση:  $G = D_N \cdot \cos z + S$ , όπου  $z$  η ζενιθία γωνία του ήλιου ( $z = 90 - EL$ ,  $EL$  το ύψος του ήλιου). Κατά την ανατολή του ήλιου, η ζενιθία γωνία είναι ίση με  $90^\circ$  και επομένως η ολική πυκνότητα ισχύος της ακτινοβολίας καθορίζεται κυρίως από τη διάχυτη. Καθώς το ύψος του ήλιου αυξάνει, η

απευθείας κάθετη ακτινοβολία αυξάνεται μέχρι το ηλιακό μεσημέρι, μετά από το οποίο ελαττώνεται συμμετρικά.

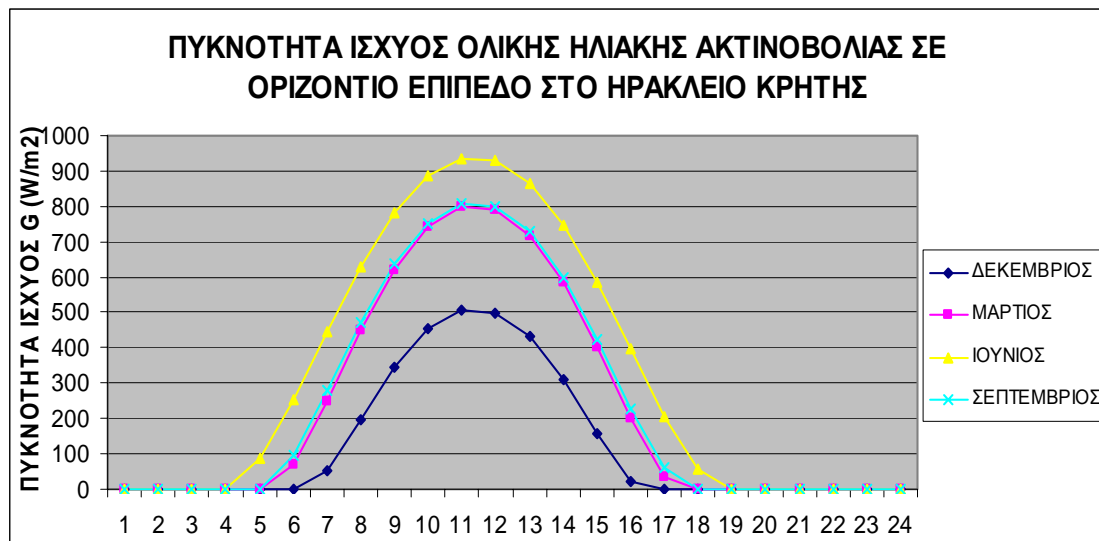
## 2.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΛΑΒΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΗΛΙΟ

Η ενέργεια ανά  $m^2$ , που φτάνει στην επιφάνεια της γης κατά την περίοδο μιας ημέρας, εξαρτάται από την κλίση της συλλεκτικής επίπεδης επιφάνειας, το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, την ημέρα του χρόνου και από τις συγκεντρώσεις των αερίων, υγρών και στερεών συστατικών και αιωρημάτων της ατμόσφαιρας κατά την ημέρα εκείνη. Προκειμένου να υπάρχουν συγκρίσιμα στοιχεία, σε διεθνή κλίμακα, αναφερόμαστε σε μετρήσεις με αισθητήρες, οι οποίοι τοποθετούνται οριζόντια. Χαρακτηριστικά μεγέθη είναι οι μέσες ημερήσιες τιμές της πυκνότητας ισχύος και της πυκνότητας ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντια επιφάνεια για κάθε μήνα και για το έτος συνολικά. Για να αξιοποιηθούν αυτά τα μετεωρολογικά στοιχεία σε πρακτικές εφαρμογές απαιτούνται μετρήσεις που να καλύπτουν περίοδο τουλάχιστον 10 ετών.

Για παράδειγμα, μια τυπική μορφή εξέλιξης της ενεργειακής πυκνότητας της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στο Ηράκλειο της Κρήτης παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.2. Ενώ στο Σχήμα 2.3 απεικονίζεται η πυκνότητα ισχύος της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στην ίδια περιοχή για 4 χαρακτηριστικούς μήνες του έτους.



Σχήμα 2.2: Ενεργειακή πυκνότητα της ηλιακής ακτινοβολίας στο Ηράκλειο Κρήτης



Σχήμα 2.3: Πυκνότητα ισχύος της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο Ηράκλειο Κρήτης

Από τα συγκεκριμένα διαγράμματα προκύπτει ότι την περίοδο του καλοκαιριού η μέση ημερήσια τιμή της ηλιακής ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο προσεγγίζει τις 7 kWh / m<sup>2</sup>. Αντίστοιχα, τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο φτάνει τις 2 kWh / m<sup>2</sup>. Ενδεικτικό είναι, όμως, και το μέγεθος της πυκνότητας ισχύος της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας, αφού το μήνα Δεκέμβριο μόλις που ξεπερνά τα 500 W / m<sup>2</sup>, ενώ τον Ιούνιο προσεγγίζει τα 950 W / m<sup>2</sup>.

Με χρήση των ωρών ηλιοφάνειας, της πυκνότητας ισχύος και ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς και άλλων μετεωρολογικών δεδομένων δημιουργείται βάση δεδομένων πολλών ετών, που ως τελικό αποτέλεσμα έχει τη δημιουργία του έτους αναφοράς, που μπορεί να είναι είτε το Μετεωρολογικό Έτος για Ενεργειακούς Υπολογισμούς λαμβάνοντας υπόψη τις μηνιαίες τιμές κάθε μεγέθους είτε το Τυπικό Μετεωρολογικό Έτος αφού προσδιορίσουμε τον στατιστικά πιο πιθανό μήνα μεταξύ των ομοίων του τα τελευταία τριάντα έτη. [7],[4],[2]

## 2.3 ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας διακρίνεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία συγκαταλέγονται όλοι εκείνοι οι τρόποι που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε εσωτερική ενέργεια δομικών κατασκευών και ονομάζονται παθητικά ηλιακά

συστήματα, ενώ στη δεύτερη κατηγορία αυτοί που προκαλούν μετατροπή της σε άλλη μορφή ενέργειας ή χρησιμοποιούν θερμό ρευστό σε κίνηση. Αυτά τα συστήματα ονομάζονται ενεργά ηλιακά συστήματα και διακρίνονται σε αυτά που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε εσωτερική ενέργεια θερμού ρευστού και ονομάζονται θερμοσιφωνικά συστήματα, και σε αυτά που μετατρέπουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια, τα οποία και καλούνται φωτοβολταϊκά συστήματα.

Στα θερμοσιφωνικά συστήματα περιλαμβάνονται οι ευρέως χρησιμοποιούμενοι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες και οι λιγότερο διαδεδομένοι παραβολικοί ηλιακοί συλλέκτες. Τα επίπεδα ηλιακά θερμοσιφωνικά συστήματα αποτελούν μια πολύ διαδεδομένη διάταξη για τη θέρμανση νερού. Η συλλεκτική επιφάνεια κατασκευάζεται από μεταλλικό φύλλο, το οποίο είτε βάφεται μαύρο είτε εκ του τρόπου κατασκευής αποκτά μαύρη ματ όψη, και τοποθετείται σε κλειστή μεταλλική κατασκευή, η εμπρός επιφάνεια της οποίας κλείνεται με υαλοπίνακα για προστασία από τις καιρικές συνθήκες και τη δημιουργία αυξημένης θερμοκρασίας. Μία μορφή ενός τέτοιου θερμοσιφωνικού συστήματος παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.4. Οι παραβολικοί συλλέκτες αποτελούνται από ημικυλινδρική ανακλαστική επιφάνεια παραβολικής τομής. [10]



Σχήμα 2.4: Ηλιακό θερμοσιφωνικό σύστημα για θέρμανση νερού

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελεί το δομικό στοιχείο των φωτοβολταϊκών συστημάτων, και είναι σύστημα δύο υλικών σε επαφή, το οποίο όταν φωτίζεται εμφανίζει στα άκρα του συνεχή ηλεκτρική τάση. Βασίζεται στη δημιουργία δύο ημιαγωγίμων

στρωμάτων σε επαφή, ενός τύπου  $n$  και ενός τύπου  $p$ . Εξωτερικά τοποθετούνται κατάλληλα ηλεκτρόδια. Όταν το στοιχείο φωτίζεται, προκαλείται στο εσωτερικό του ηλεκτρικό ρεύμα ευθέως ανάλογο της πυκνότητας ισχύος του ηλιακού φωτός που προσπίπτει στην επιφάνειά του. Τα φωτοβολταϊκά κελιά συνήθως παρασκευάζονται από πυρίτιο με διάφορες μεθόδους προσφέροντας είτε το κρυσταλλικό πυρίτιο ( $c$ -Si), που διακρίνεται σε μονοκρυσταλλικό και πολυκρυσταλλικό, είτε το άμορφο πυρίτιο ( $a$ -Si). Στο Σχήμα 2.5 παρουσιάζεται ενδεικτικά ένα φωτοβολταϊκό κελί μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Πολλά κελιά συνδέονται σε σειρά, ώστε να προκύψει συνολική τάση ανοικτού κυκλώματος 17 – 22 V. Η ολοκληρωμένη αυτή διάταξη καλείται φωτοβολταϊκό πλαίσιο και αποτελεί τη βασική μονάδα σύνθεσης μεγαλύτερων μονάδων. Η εμπρόσθια πλευρά του πλαισίου καλύπτεται από υαλοπίνακα, ενώ η πίσω πλευρά από υγρομονωτική ουσία υψηλής αντοχής στο χρόνο. Μία τέτοια μονάδα φωτοβολταϊκού πλαισίου πολυκρυσταλλικού πυριτίου εμφανίζεται στο Σχήμα 2.6.



Σχήμα 2.5: Φωτοβολταϊκό κελί μονοκρυσταλλικού πυριτίου



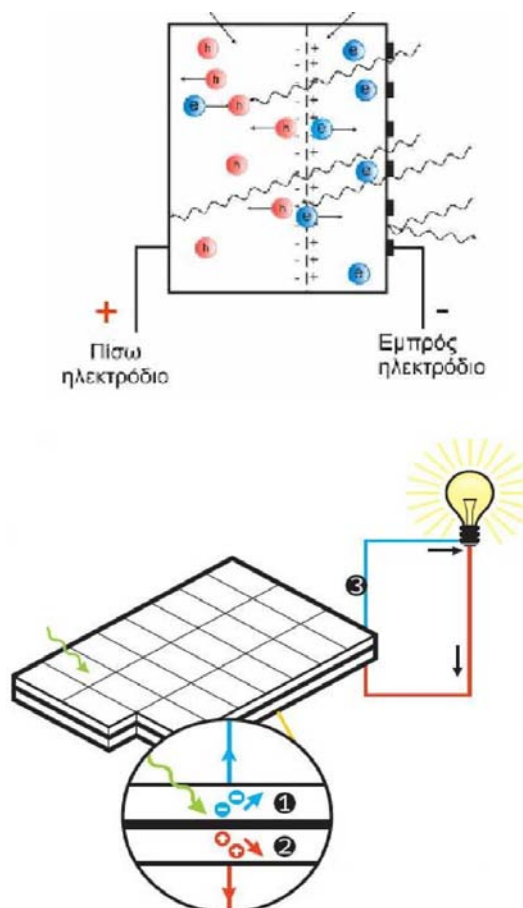
Σχήμα 2.6: Φωτοβολταϊκό πλαίσιο πολυκρυσταλλικού πυριτίου  
[1],[2],[6]

## 2.4 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο αποτελεί τη βασική φυσική διαδικασία μέσω της οποίας ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρικό ρεύμα. Είναι γνωστό ότι τα ηλιακά κύτταρα είναι δίοδοι ημιαγωγού, με τη μορφή ενός δίσκου δηλαδή η επαφή p-n εκτείνεται σε όλο το πλάτος του δίσκου, που δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία. Το ηλιακό φως είναι μικρά πακέτα ενέργειας που λέγονται φωτόνια, τα οποία περιέχουν διαφορετικά ποσά ενέργειας ανάλογα με το μήκος κύματος του ηλιακού φάσματος. Το γαλάζιο χρώμα ή το υπεριώδες πχ. έχουν περισσότερη ενέργεια από το κόκκινο ή το υπέρυθρο. Όταν λοιπόν τα φωτόνια προσκρούσουν σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο, άλλα ανακλώνται, άλλα το διαπερνούν και άλλα απορροφώνται. Κάθε φωτόνιο της ακτινοβολίας με ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, έχει τη δυνατότητα να απορροφηθεί σε ένα χημικό δεσμό και να ελευθερώσει ένα ηλεκτρόνιο. Δημιουργείται έτσι, όσο διαρκεί η ακτινοβολία, μία περίσσεια από ζεύγη φορέων (ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές), πέρα από τις συγκεντρώσεις που αντιστοιχούν στις συνθήκες

ισορροπίας. Οι φορείς αυτοί, καθώς διαχέονται στο στερεό και εφόσον δεν επανασυνδεθούν με φορείς αντιθέτου πρόσημου, μπορεί να βρεθούν στην περιοχή της ένωσης p-n οπότε θα δεχθούν την επίδραση του ενσωματωμένου ηλεκτροστατικού πεδίου

Τα φωτόνια της ακτινοβολίας, που δέχεται το στοιχείο στην εμπρός του όψη, τύπου n (σχήμα 2.7), παράγουν ζεύγη φορέων (ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές). Ένα μέρος από τους φορείς αυτούς διαχωρίζεται με την επίδραση του ενσωματωμένου πεδίου της διόδου και εκτρέπεται προς τα εμπρός (τα ελεύθερα ηλεκτρόνια,  $e^-$ ) ή προς τα πίσω (οι οπές), δημιουργώντας μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στις δυο όψεις του στοιχείου. Οι υπόλοιποι φορείς επανασυνδέονται και δεν υφίστανται σαν ελεύθεροι φορείς. Επίσης ένα μέρος της ακτινοβολίας ανακλάται στην επιφάνεια του στοιχείου, ενώ ένα άλλος μέρος της διέρχεται από το στοιχείο χωρίς να απορροφηθεί, μέχρι να συναντήσει το πίσω ηλεκτρόδιο.



Σχήμα 2.7: Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο.

Έτσι, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου n και οι οπές εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου p, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες των δύο τμημάτων της διόδου. Δηλαδή, η διάταξη αποτελεί μία πηγή ηλεκτρικού ρεύματος που διατηρείται όσο διαρκεί η πρόσπτωση του ηλιακού φωτός πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου. Η εκδήλωση της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στις δύο όψεις του φωτιζόμενου δίσκου, η οποία αντιστοιχεί σε ορθή πόλωση της διόδου, ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Η αποδοτική λειτουργία των ηλιακών φωτοβολταϊκών στοιχείων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στηρίζεται στην πρακτική εκμετάλλευση του παραπάνω φαινομένου. [12],[9],[8]

## 2.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

Μια κατάσταση στην οποία εξετάζεται το Φ/Β στοιχείο είναι το ανοικτό κύκλωμα, κατάσταση στην οποία το φωτόρευμα ισούται με το ρεύμα διάχυσης, και παράλληλα η ηλεκτρική τάση στα άκρα της επαφής p-n προσεγγίζει το ύψος  $V_{bi}$  του φραγμού επαφής. Η τάση αυτή ονομάζεται τάση ανοικτού κυκλώματος και είναι:  $V_{oc} \leq V_{bi}$ . Στο κλειστό κύκλωμα και κατά τη βραχυκύκλωση των άκρων του, το φωτόρευμα διέρχεται από τον αγωγό βραχυκύκλωσης, επομένως το ρεύμα βραχυκύκλωσης  $I_{sc}$  ισούται ιδανικά με το φωτόρευμα  $I_L$ . Στην περίπτωση της σύνδεσης μιας ωμικής αντίστασης στο κλειστό κύκλωμα, αυτή θα διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I_R = I_0 - I_L$ .

Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω, συμπεραίνουμε ότι το Φ/Β στοιχείο είναι μια πηγή ρεύματος, που έχει την ικανότητα να διατηρεί σταθερή την τιμή έντασης του ρεύματος σε μια αντίσταση ανεξάρτητα από τη τιμή της. Σε κάθε περίπτωση, η πηγή αυτή προσαρμόζει την τάση της στα άκρα της αντίστασης, ώστε το ρεύμα να μένει πρακτικά σταθερό. Επομένως, το Φ/Β στοιχείο συμπεριφέρεται ως πηγή σταθερού ρεύματος σε ορισμένα όρια τάσεων. Στην συνέχεια, και μέχρι την τάση ανοικτού κυκλώματος, το ρεύμα μειώνεται ραγδαία, προσεγγίζοντας την συμπεριφορά πηγής σταθερής τάσης.

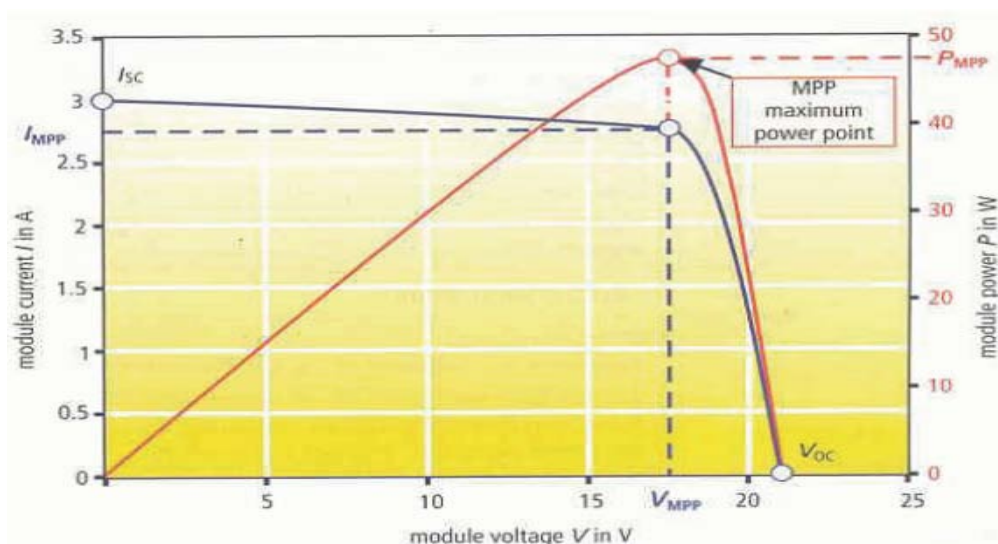
Με τη χαρακτηριστική καμπύλη  $I-V$  παρατηρούμε τις τιμές της έντασης του ρεύματος και της τάσης όταν η επαφή p-n συμπεριφέρεται ως φωτοβολταϊκό στοιχείο.



Παράλληλα, υπολογίζεται η ισχύς που παρέχει το Φ/Β στοιχείο σε συνάρτηση με την τάση στα άκρα και κατασκευάζεται το γράφημά της σε συνάρτηση με την τάση. Στις ακραίες τιμές, 0 και  $V_{oc}$ , η παρεχόμενη ισχύς είναι μηδενική, οπότε η καμπύλη παρουσιάζει μέγιστο, μάλιστα κοντά στο σημείο όπου αρχίζει η έντονη πτώση της έντασης του ρεύματος. Το σημείο αυτό καλείται Σημείο Μέγιστης Ισχύος (Maximum Power Point, στη ξένη βιβλιογραφία). Είναι προφανές ότι για την αποτελεσματικότερη εκμετάλλευση των δυνατοτήτων ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου, πρέπει να προσαρμοσθεί η αντίσταση του καταναλωτή που επιθυμούμε να συνδέσουμε στα άκρα του στοιχείου, ώστε η τάση και το ρεύμα να αντιστοιχούν στο Σημείο Μέγιστης Ισχύος. Η καμπύλη I - V φαίνεται στο Σχήμα 2.8, στο οποίο παρουσιάζεται και το Σημείο Μέγιστης Ισχύος για την συγκεκριμένη καμπύλη.

Τα Σημεία Μέγιστης Ισχύος διαφέρουν με τις συνθήκες λειτουργίας του Φ/Β στοιχείου. Το επιδιωκόμενο είναι το σημείο λειτουργίας σε κάθε διαφορετική κατάσταση να συμπίπτει με το Σημείο Μέγιστης Ισχύος  $P_m$  για τη δεδομένη κατάσταση. Οι τιμές της έντασης του ρεύματος και της τάσης στο Σημείο Μέγιστης Ισχύος συμβολίζονται με  $I_m$  και  $V_m$ , αντίστοιχα. Η μέγιστη δυνατή ισχύς που μπορεί να δώσει η κυψέλη υπό δεδομένη προσπίπτουσα πυκνότητα ακτινοβολίας είναι:

$$P_m = I_m \cdot V_m .$$



Σχήμα 2.8: Καμπύλη I-V και  $P = f(V)$  Φ/Β στοιχείου

Για τον έλεγχο της αποδοτικότητας των φωτοβολταϊκών στοιχείων και την σύγκριση μεταξύ τους, καθορίστηκαν πρότυπες συνθήκες ελέγχου (Standard Test Conditions, STC), στις οποίες ελέγχονται η ενεργειακή απόδοση  $\eta$ , ο παράγοντας πλήρωσης FF, το ρεύμα βραχυκύκλωσης  $I_{sc}$  και η τάση ανοικτού κυκλώματος  $V_{oc}$ . Αυτές οι συνθήκες είναι:

- Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία πυκνότητας ισχύος  $1 \text{ kW} / \text{m}^2$  και φάσματος αντίστοιχου του ηλιακού με AM 1,5
- Θερμοκρασία του στοιχείου ίση με  $25^0 \pm 2^0 \text{ C}$

Με βάση τις πρότυπες συνθήκες, εισάγεται η έννοια της ισχύος αιχμής,  $P_p$ , η οποία είναι η μέγιστη ηλεκτρική ισχύς που μπορεί να αποδώσει ένα Φ/Β στοιχείο υπό τις πρότυπες συνθήκες.

Όπως αναφέρθηκε, δύο από τα χαρακτηριστικά μεγέθη που ελέγχονται στις πρότυπες συνθήκες ελέγχου είναι ο παράγοντας πλήρωσης και η ενεργειακή απόδοση. Παράγοντας πλήρωσης είναι το ποσοστό της ισχύος αιχμής προς την ισχύ που θα παρείχε η Φ/Β κυψέλη στην περίπτωση που το ρεύμα ήταν εντάσεως  $I_{sc}$  και η τάση  $V_{oc}$ . Είναι,

επομένως:  $FF = \frac{I_m \cdot V_m}{I_{sc} \cdot V_{oc}}$ . Η απόδοση της ενεργειακής μετατροπής  $\eta_c$  του Φ/Β στοιχείου

είναι:  $\eta_c = \frac{P_m}{P_{in}} = \frac{I_m \cdot V_m}{E \cdot S} = \frac{FF \cdot I_{sc} \cdot V_{oc}}{E \cdot S}$ . Η απόδοση του στοιχείου εξαρτάται από το

χρησιμοποιούμενο ημιαγωγό, αυξάνεται με αύξηση της πυκνότητας ισχύος της ακτινοβολίας  $E$  για σταθερή θερμοκρασία, και μειώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας. Έχει αποδειχθεί ότι το θεωρητικό όριο απόδοσης ενός Φ/Β στοιχείου προσεγγίζει το 31% για το σύνθετο ημιαγωγό GaAs, ενώ το κρυσταλλικό πυρίτιο χαρακτηρίζεται από ιδανική απόδοση 28%. Στον Πίνακα 2.1 παρατίθενται μερικές τιμές απόδοσης ορισμένων Φ/Β στοιχείων και πλαισίων διάφορων υλικών σε εργαστηριακές εφαρμογές. Οι τιμές αυτές προσδιορίζουν το μέγιστο της απόδοσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Ενώ στον Πίνακα 2.2 παρουσιάζονται οι απώλειες ενέργειας κατά τη ροή ενέργειας σε μία φωτοβολταϊκή κυψέλη. [19],[18],[20]

Τύπος Φ/Β στοιχείου - πλαίσιου	Απόδοση %	Παρατηρήσεις
GaAs – cell	25,1±0,8	STC
GaAs – module	27,6±1,0	Συγκεντρωτικά, δύσκολη βιομηχανική παραγωγή
c – Si - cell	24,4±0,5	STC
c – Si - cell	26,8±0,8	Συγκεντρωτικά
c – Si - module	22,7±0,6	STC, σταθερό σε απόδοση
a – Si - cell	12,7±0,4	Μείωση απόδοσης κατά το φωτισμό
a – Si/a – SiGe/a – SiGe module	10,2±0,5	STC, σταθερό
CuInSe <sub>2</sub>	16,4±0,5	STC, σταθερό, πολύπλοκη η παρασκευή του
CuInSe <sub>2</sub> - module	14,2±0,2	
CdTe	16,0±0,2	STC, ειδικές συνθήκες παρασκευής
CdTe - module	9,1±0,5	STC

Πίνακας 2.1: Αποδόσεις Φ/Β στοιχείων και πλαισίων

	Ποσοστό %
<b>Ενέργεια ηλιακής ακτινοβολίας / m<sup>2</sup> που προσπίπτει στην επιφάνεια του στοιχείου</b>	<b>100</b>
<b>Απώλειες:</b>	
Θερμικής εξισορρόπησης φορέων με το πλέγμα	33
Μη απορροφούμενη ακτινοβολία	23
<b>Τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας που συμβάλει στο Φ/Β φαινόμενο</b>	<b>44</b>
Παράγοντας τάσεως	16
<b>Θεωρητικό όριο απόδοσης</b>	<b>28</b>
Απώλειες επανασύνδεσης φορέων	2
Απώλειες ανάκλασης	3,6
Απώλειες αντιστάσεων σε σειρά	3,6
<b>Τελική απόδοση Φ/Β στοιχείου</b>	<b>14 - 22</b>

Πίνακας 2.2: Ροή ενέργειας κατά τη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε Φ/Β ηλεκτρική ενέργεια

Είναι προφανές ότι η θερμοκρασία της κυψέλης αυξάνεται με το φωτισμό της. Σε συνθήκες χρήσης στο ύπαιθρο, όπου το Φ/Β στοιχείο βρίσκεται ενσωματωμένο σε πλαίσιο, η διαφορά θερμοκρασιών  $\theta_c - \theta_a$ , όπου  $\theta_c$  η θερμοκρασία λειτουργίας, και  $\theta_a$  η θερμοκρασία περιβάλλοντος, αυξάνεται σχεδόν γραμμικά συναρτήσει της πυκνότητας ολικής ηλιακής ακτινοβολίας  $G$  με ρυθμό  $\frac{\theta_c - \theta_a}{G} = 30^\circ C / \left( \frac{kW}{m^2} \right)$ . Συνακόλουθα,

μεταβάλλονται τόσο το ρεύμα βραχυκύκλωσης όσο και η τάση ανοικτού κυκλώματος. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης αυξάνεται ελαφρά με τη θερμοκρασία μέσω της σχέσης :

$$I_{sc} = \frac{E}{E_{STC}} \cdot I_{sc,STC} \cdot (1 + a_{Isc} \cdot (\theta_c - \theta_{STC})), \quad \text{όπου: } a_{Isc} = \frac{dI_{sc}}{I_{sc} dT}$$

ο θερμικός συντελεστής του ρεύματος βραχυκύκλωσης,  $I_{sc,STC}$  η τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης σε πρότυπες συνθήκες,  $E$  η πυκνότητα ισχύος,  $E_{STC} = 1000 \text{ W / m}^2$  και  $T = 273 + \theta$ . Αντίθετα, η τάση ανοικτού κυκλώματος μειώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας της κυψέλης μέσω της

$$\text{σχέσης : } V_{oc} = V_{oc,STC} \cdot (1 + \beta_{Voc} \cdot (\theta_c - \theta_{STC})) \cdot \left( 1 + \delta(\theta_c) \cdot \ln \left( \frac{E}{E_{STC}} \right) \right), \quad \text{όπου: } V_{oc,STC} \text{ η τάση}$$

ανοικτού κυκλώματος σε πρότυπες συνθήκες,  $\delta(\theta_c)$  διορθωτικός παράγοντας της εξάρτησης της  $V_{oc}$  από την  $E$ , και  $\beta_{Voc} = \frac{dV_{oc}}{V_{oc} dT}$  ο θερμικός συντελεστής τάσης ανοικτού

κυκλώματος. Η ηλεκτρική ισχύς που αποδίδεται από τη κυψέλη, όταν λειτουργεί στο σημείο μέγιστης ισχύος, δίδεται από την σχέση:  $P_m = V_m \cdot I_m = \frac{E}{E_{STC}} \cdot P_p \cdot (1 + \gamma_{Pm} \cdot (\theta_c - \theta_{STC}))$ ,

όπου:  $\gamma_{Pm} = \frac{dP}{P_m dT}$  ο θερμικός συντελεστής μέγιστης ισχύος, ο οποίος παίρνει αρνητικές

τιμές, με αποτέλεσμα ο παράγοντας θερμοκρασίας να λαμβάνει τιμές κάτω της μονάδας για θερμοκρασίες μεγαλύτερες της θερμοκρασίας των πρότυπων συνθηκών, όπως φαίνεται από την σχέση:  $\eta_T = 1 + \gamma_{Pm} \cdot (\theta_c - \theta_{STC})$ .

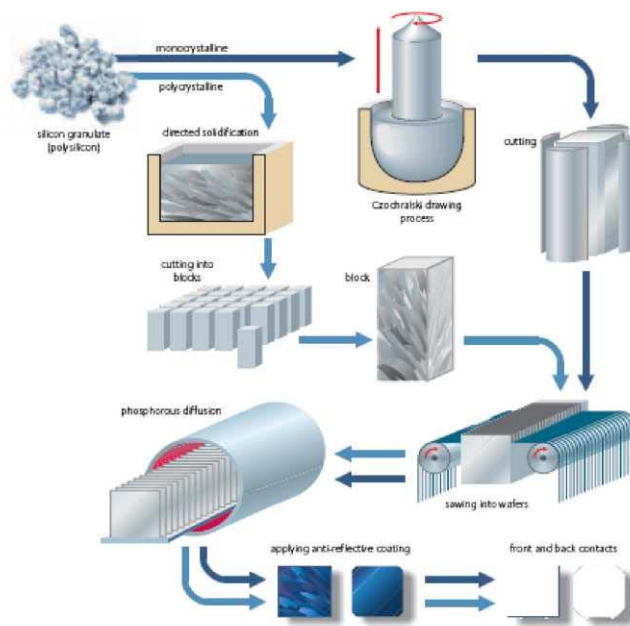
Τα Φ/Β στοιχεία μπορούν να συνδεθούν παράλληλα και εν σειρά, ανάλογα με τον επιδιωκόμενο σκοπό. Στην περίπτωση της σύνδεσης σε σειρά  $N$  όμοιων στοιχείων προκύπτει σύστημα με ανάλογα πολλαπλάσια τάση ανοικτού κυκλώματος, ενώ το ρεύμα βραχυκύκλωσης ισούται με το αντίστοιχο του ενός. Στην παράλληλη σύνδεση προκύπτει τάση ίση με αυτή του ενός, και ένταση ρεύματος ίση με  $N$  φορές έκαστης. Στην περίπτωση

της σύνδεσης σε σειρά ανόμοιων στοιχείων, το στοιχείο με το μικρότερο ρεύμα βραχυκύκλωσης επιβάλλει στο κύκλωμα το δικό του ρεύμα.

Το υλικό που χρησιμοποιείται ευρύτατα για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι το πυρίτιο, το οποίο διακρίνεται στις εξής κατηγορίες: [18],[19],[22],[13]

### 1. φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού Πυριτίου (*Single-Crystal Silicon*):

Το βασικό υλικό είναι μονοκρυσταλλικό και το πάχος του υλικού είναι σχετικά μεγάλο (Wafer ~ 300 μm). Η διαδικασία κατασκευής φωτοβολταϊκών κυττάρων μονοκρυσταλλικού πυριτίου απεικονίζεται στο σχήμα 2.9. Τα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν το πλεονέκτημα της καλύτερης σχέσης απόδοσης/επιφάνειας, η απόδοσή τους κυμαίνεται από 21% με 24%, ενώ χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος κατασκευής και έχουν σκούρο χρώμα (σχήμα 2.10).



Σχήμα 2.9: Κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων κρυσταλλικού πυριτίου.



Σχήμα 2.10: Τυπικό φωτοβολταϊκό στοιχείο μονοκρυσταλλικού πυριτίου.

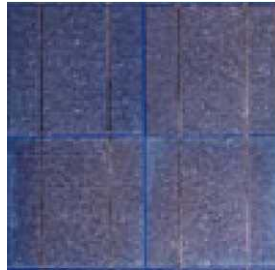
## **2. φωτοβολταϊκά στοιχεία πολυκρυσταλλικού Πυριτίου (*multicrystalline Silicon mc-Si*) :**

Στην επιφάνεια τους διακρίνονται οι διάφορες ενώσεις των κρυσταλλικών κόκκων από τους οποίους αποτελούνται (μονοκρυσταλλικές περιοχές). Γενικά, όσο μεγαλύτερες είναι οι διαστάσεις των μονοκρυσταλλικών περιοχών του πολυκρυσταλλικού φωτοβολταϊκού στοιχείου, τόσο υψηλότερη η απόδοσή του, η οποία κυμαίνεται από 17% έως 20% [1] σε εργαστηριακή μορφή κυψελίδας. Χαρακτηρίζονται από σχετικά υψηλή χρονική σταθερότητα και το κόστος παρασκευής τους είναι χαμηλότερο σε σχέση με το αντίστοιχο του μονοκρυσταλλικού πυριτίου.



Σχήμα 2.11: Τυπικό φωτοβολταϊκό στοιχείο πολυκρυσταλλικού πυριτίου.

**3. φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας (Ribbon Silicon) :** Πρόκειται για τη δημιουργία λεπτής ταινίας από τηγμένο υλικό πολυκρυσταλλικού πυριτίου απόδοσης περίπου 13% [1] (σχήμα 2.12). Είναι μέθοδος υψηλού κόστους και προς το παρόν περιορίζεται μόνο σε βιομηχανική παραγωγή.



Σχήμα 2.12 : Τυπικό φωτοβολταϊκό στοιχείο ταινίας πυριτίου.

**4. φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου Πυριτίου (Amorphous-Thin Film Silicon):** Τεχνολογία λεπτών επιστρώσεων ή υμενίων (films), θεωρητικά πολύ χαμηλού κόστους εξαιτίας της μικρής χρησιμοποιούμενης μάζας υλικού και η απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων αυτών μειώνεται έντονα, στα αρχικά στάδια φωτισμού τους, στα επίπεδα του 6% έως 8% (σχήμα 2.13). Σήμερα, η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται για την παρασκευή σύνθετων φωτοβολταϊκών στοιχείων, με διαδοχικές ενώσεις δύο ή τριών στρωμάτων με διαφορετικό ενεργειακό χάσμα, με σκοπό την αύξηση του αξιοποιήσιμου τμήματος του ηλιακού φάσματος.



Σχήμα 2.13: Τυπικό φωτοβολταϊκό στοιχείο άμορφου πυριτίου.

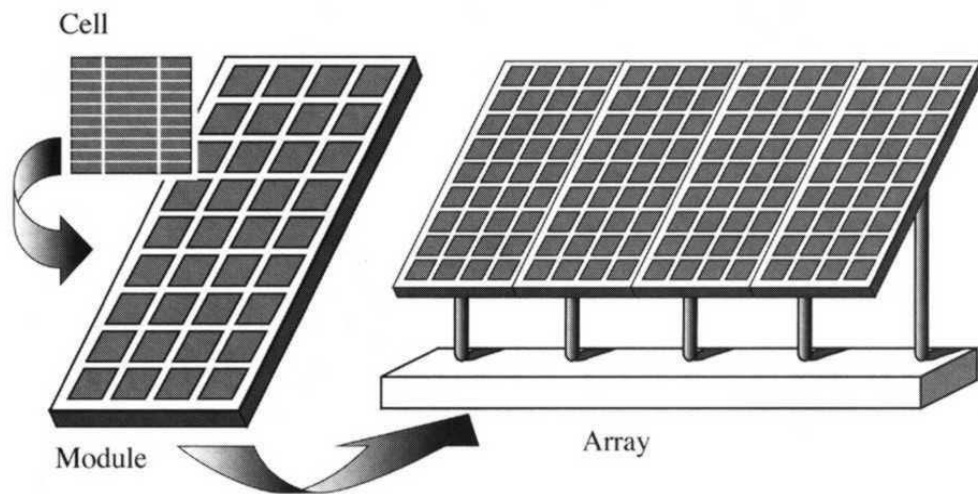
Εκτός από τα στοιχεία πυριτίου, κατασκευάζονται σήμερα στοιχεία και από άλλα υλικά, όπως το Cd, το Te, το S, το Ga, το As, το In, τα οποία συνδυάζονται ώστε να προκύψουν στοιχεία με χαρακτηριστικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα στοιχεία πυριτίου, αλλά και χαρακτηριστικά μειονεκτήματα. [4],[10],[7],[11]

## 2.6 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Μετά την παρασκευή της βασικής δομής του, το Φ/Β στοιχείο κόβεται στο επιθυμητό μέγεθος και σχήμα, συνήθως τετραγωνικό, ώστε κατά την σύνθεσή τους σε μεγαλύτερη μονάδα, να αφήνουν μεταξύ τους ελάχιστη μη εκμεταλλεύσιμη επιφάνεια. Τα βασικά κριτήρια για την σύνδεση των στοιχείων είναι ηλεκτρολογικά και μορφολογικά. Μετά την σύνθεσή τους, ακολουθεί η τοποθέτησή τους σε επίπεδη γυάλινη πλάκα υψηλής διαφάνειας προσαρμοσμένης σε μεταλλικό πλαίσιο υψηλής αντοχής και ειδικών προδιαγραφών. Αυτή η τυπική διάταξη καλείται φωτοβολταϊκό πλαίσιο (module) και αποτελεί μέρος μεγαλύτερης μονάδας, της φωτοβολταϊκής συστοιχίας (array). Στο Σχήμα 2.14 παρουσιάζεται συνοπτικά η διαδικασία που ακολουθείται ώστε να προκύψει η συστοιχία από τα πλαίσια, συνακόλουθα και από τα στοιχεία.

Η ισχύς αιχμής ενός πλαισίου προκύπτει όπως ακριβώς η αντίστοιχη της κυψέλης, δηλαδή υπό τις πρότυπες συνθήκες. Κατά τη λειτουργία, όμως, σε πραγματικές συνθήκες, η θερμοκρασία της κυψέλης αυξάνεται, ενώ και η πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας κυμαίνεται μεταξύ 0 και  $1200 \text{ W} / \text{m}^2$  την στιγμή που η ηλιακή σταθερά είναι  $1367 \text{ W} / \text{m}^2$ . Η μέγιστη παραγόμενη ισχύς είναι διαφορετική κάθε στιγμή, και κατά κανόνα μικρότερη της ισχύος αιχμής. Πέρα από τα στοιχεία που αναφέρονται στις πρότυπες συνθήκες ελέγχου, χαρακτηριστικό μέγεθος μιας φωτοβολταϊκής κυψέλης είναι και η Ονομαστική Θερμοκρασία Λειτουργίας Κυψέλης (NOCT), που αποτελεί τη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο στοιχείο όταν το πλαίσιο βρίσκεται σε κατάσταση ανοικτού κυκλώματος, η πυκνότητα ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας είναι  $800 \text{ W} / \text{m}^2$ , η θερμοκρασία περιβάλλοντος  $20^\circ\text{C}$  και η μέση ταχύτητα ανέμου  $1 \text{ m/s}$ .





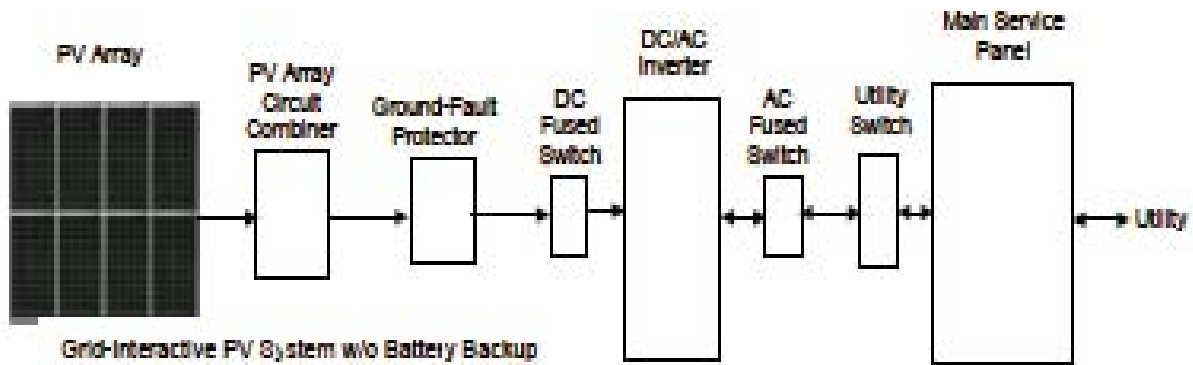
Σχήμα 2.14: Βασική σύνθεση μιας Φ/Β συστοιχίας

Με τον ίδιο τρόπο υπολογισμού του συντελεστή απόδοσης του Φ/Β κελιού γίνεται και ο υπολογισμός της απόδοσης του πλαισίου:  $\eta_m = \frac{P_m}{G \cdot S}$ , όπου:  $P_m$  η αποδιδόμενη μέγιστη ηλεκτρική ισχύς,  $S$  το εμβαδόν του πλαισίου,  $G$  η πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας. Ασφαλώς ο συντελεστής αυτός καθορίζεται από τις επιμέρους ενεργειακές απώλειες και η σχέση τους δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:  $\eta_m = \eta_{καθ} \cdot \eta_R \cdot \eta_G \cdot \eta_T \cdot \eta_D \cdot \eta_s \cdot \eta_p \cdot \eta_{m,STC}$ . Με την σειρά αναφέρονται οι ακόλουθοι συντελεστές απωλειών: λόγω μειωμένης καθαρότητας, διαφοροποίησης ανακλαστικότητας, χαμηλών περιοχών πυκνότητας ισχύος, λόγω διαφοροποίησης της θερμοκρασίας κελιού από τη θερμοκρασία αναφοράς, λόγω της διόδου αντεπιστροφής, λόγω διαφορετικού φάσματος, λόγω της πόλωσης της ηλιακής ακτινοβολίας.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η γήρανση των στοιχείων επιφέρει μείωση της απόδοσης κατά 1% ανά έτος λειτουργίας, ενώ η διαφοροποίηση της ανακλαστικότητας του πλαισίου σε σχέση με τις πρότυπες συνθήκες μειώνει τον συντελεστή απόδοσης κατά 3%. Οι απώλειες διαφοροποίησης της πόλωσης ανέρχονται στο ποσοστό του 2%, ενώ οι απώλειες χαμηλών τιμών πυκνότητας ισχύος υπολογίζονται σε 3%, οι αντίστοιχες λόγω της διαφοροποίησης του φάσματος σε 1%, ενώ σε 1% εκτιμώνται οι απώλειες λόγω της διόδου αντεπιστροφής. Ο συντελεστής απόκλισης της απόδοσης του Φ/Β πλαισίου λόγω της διαφοροποίησης της θερμοκρασίας από τη θερμοκρασία αναφοράς προκύπτει με τον ίδιο τρόπο που υπολογίζεται ο αντίστοιχος παράγοντας θερμοκρασίας για τη κυψέλη.

Ο συνδυασμός πολλών πλαισίων σε σειρά ή παράλληλα σε μια επίπεδη επιφάνεια, σταθερή ή περιστρεφόμενη, με αντίστοιχο ηλεκτρολογικό κιβώτιο, αποτελεί τη Φ/Β συστοιχία. Τα πλαίσια συνδέονται σε σειρά κατά κλάδους, ενώ και οι κλάδοι συνδέονται παράλληλα μεταξύ τους. Η σύνδεση σε σειρά αυξάνει την ολική τάση, ενώ η παράλληλη σύνδεση το ολικό ρεύμα. Σε κάθε περίπτωση, κατά την σχεδίαση ενός συστήματος, λαμβάνεται πρόνοια ώστε τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά κάθε τμήματος να συμφωνούν με τα αντίστοιχα του προηγούμενου και του επόμενου. Ένα σύνολο συνεργαζόμενων συστοιχιών αποτελούν ένα Φ/Β πάρκο, το οποίο με όλες τις απαιτούμενες διατάξεις αποτελούν το Φ/Β σταθμό.

Κατά την σύνθεση της Φ/Β συστοιχίας από τα πλαίσια, παρουσιάζονται ορισμένες απώλειες λόγω της επίδρασης της εκ της κατασκευής ανομοιογένειας των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών ορισμένων εκ των πλαισίων  $\eta_{\text{ανομ}}$  και της απώλειας στα καλώδια σύνδεσης μεταξύ των πλαισίων της συστοιχίας  $\eta_{\text{w,σ}}$ . Η τυπική τιμή του συντελεστή ανομοιογένειας της συστοιχίας και του συντελεστή απωλειών καλωδιώσεων είναι 0,98. Η συστοιχία παράγει συνεχή τάση, οπότε απαιτούνται ειδικές διατάξεις (inverters) για τη μετατροπή του συνεχούς σε εναλλασσόμενο ρεύμα προκειμένου να γίνει η σύνδεση με το υπάρχον δίκτυο ηλεκτρισμού, είτε αναφερόμαστε σε αυτόνομα είτε σε διασυνδεδεμένα συστήματα. Στην περίπτωση των διασυνδεδεμένων, τα συστήματα αυτά συνδέονται απευθείας στο εθνικό ή τοπικό δίκτυο ηλεκτρισμού, καθώς το δίκτυο αποτελεί για αυτά μια τεράστια δεξαμενή ηλεκτρικής ενέργειας σταθερής τάσης. Επομένως, στα συστήματα αυτά δεν απαιτείται αποθήκευση ενέργειας, αλλά σημειώνεται συνεχής έγχυση της ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο. Τα συστήματα αυτά διακρίνονται στα κατανεμημένα και στα κεντρικά συστήματα μεγάλης ισχύος. Τα κατανεμημένα διακρίνονται σε αυτά που χρησιμοποιούν το δίκτυο ως βοηθητική πηγή ενέργειας (grid back – up) και σε αυτά που λειτουργούν σε συνεχή αλληλεπίδραση με αυτό (grid interactive). Ένα τέτοιο σύστημα φαίνεται στο Σχήμα 2.15, με τη βοήθεια του οποίου παρατηρούμε ότι ένα τυπικό Φ/Β σύστημα αποτελείται από τα εξής κύρια τμήματα: το σύστημα των πλαισίων, τον ελεγκτή φόρτισης και τους διάφορους τύπους μετατροπών / αντιστροφών τάσης από συνεχή σε εναλλασσόμενη.



Σχήμα 2.15: Κατανεμημένο Φ/Β σύστημα αλληλεπιδρών με το δίκτυο ηλεκτρισμού

[2],[5],[14],[18],[19]

## 2.7 Προσανατολισμός του συλλέκτη

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία κάθε συστήματος που εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια είναι ο προσανατολισμός του ηλιακού συλλέκτη σε σχέση με την κατεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας. Στην παράγραφο αυτή θα αναφερθούμε, κατ' αρχήν, σε μια απλή μέθοδο προσδιορισμού του προσανατολισμού του συλλέκτη και στη συνέχεια θα εξετάσουμε σε συντομία τους διάφορους τρόπους τοποθέτησης των συλλεκτών, με βασική απαίτηση τη μεγιστοποίηση της ημερησίως συλλεγόμενης ηλιακής ενέργειας [1,9].

### 2.7.1. Στοιχεία προσδιορισμού του προσανατολισμού ενός συλλέκτη

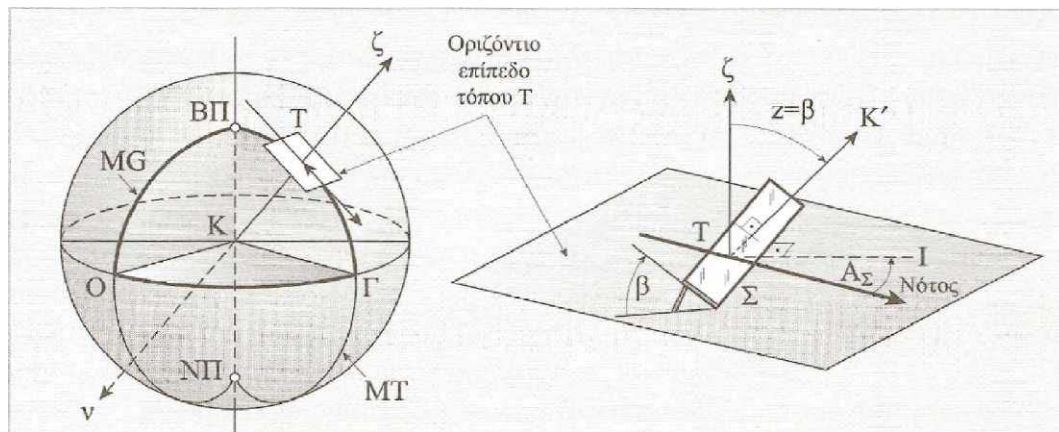
Κάθε τύπος πάνω στην επιφάνεια της γης, προσδιορίζεται από τις σφαιρικές συντεταγμένες του :

α) Το γεωγραφικό μήκος, ( $L$ ), που καθορίζεται από το τόξο ΟΓ, πάνω στον

Ισημερινό ή σε άλλο παράλληλο, με αναφορά το μεσημβρινό του Greenwich (MG), από  $0-180^\circ$  Ανατολικά και από  $0-180^\circ$  Δυτικά.

β) Το γεωγραφικό πλάτος, ( $\varphi$ ), που καθορίζεται από το τόξο ΓΤ, πάνω στο μεσημβρινό του τόπου ΜΤ, με αναφορά τον Ισημερινό, από  $0-90^\circ$  Βόρεια και  $0-90^\circ$  Νότια.

Ας θεωρήσουμε έναν επίπεδο συλλέκτη, Σ, τοποθετημένο έτσι ώστε το επίπεδό του να σχηματίζει γωνία  $\beta$ , ως προς τον ορίζοντα. Η γωνία κλίσης του συλλέκτη,  $\beta$ , ισούται με τη ζενίθια γωνία,  $z$ , της καθέτου στο επίπεδο του συλλέκτη (ΤΚ'), η οποία μπορεί να πάρει τιμές από  $0^\circ$  (Ζενίθ) έως  $180^\circ$  (Ναδίρ).



(α) (β)

Σχήμα 2.16 : (α) Παράδειγμα τόπου Τ, πάνω στην επιφάνεια της γης, ο οποίος προσδιορίζεται από το γεωγραφικό μήκος του, ίσο με το τόξο ΟΓ, και από το πλάτος του, που καθορίζεται από το τόξο ΓΤ, πάνω στο μεσημβρινό του τόπου ΜΤ. (β) ΑΣ και  $\beta$ , αζιμούθιο και γωνία κλίσης του συλλέκτη Σ.

Η γωνία ΑΣ, μεταξύ της κατακόρυφης προβολής ΤΙ, της καθέτου στο συλλέκτη, ΤΚ' πάνω στο οριζόντιο επίπεδο, με τη διεύθυνση του νότου, ονομάζεται αζιμούθιο ή αζιμουθιακή γωνία του συλλέκτη και παίρνει τιμές από  $+180^\circ$  μέχρι  $-180^\circ$ . Χαρακτηριστικές θέσεις  $+180^\circ$  (Βορράς),  $+90^\circ$  (Ανατολή),  $0^\circ$  (Νότος),  $-90^\circ$  (Δύση) και  $-180^\circ$  (Βορράς). Όταν ο συλλέκτης στραφεί ώστε οι ακτίνες του ήλιου (απευθείας ακτινοβολία), να προσπίπτουν κάθετα στην επιφάνεια του, τότε το ύψος του ήλιου ΕΛ και η γωνία κλίσης  $\beta$ , του συλλέκτη δίδουν άθροισμα  $90^\circ$  ( $\epsilon + \beta = 90^\circ$ ).

Η στροφή του συλλέκτη, ώστε αυτός να παρακολουθεί ανά πάσα στιγμή τον ήλιο, γίνεται με μηχανισμούς, οι οποίοι οδηγούνται από κατάλληλες ηλεκτρονικές διατάξεις, με βάση τις εξισώσεις κίνησης του ήλιου στην ουράνια σφαίρα. Η γωνία  $\theta$ , που σχηματίζουν, μια δεδομένη χρονική στιγμή, οι ηλιακές ακτίνες (απευθείας ακτινοβολία), με την κάθετη σ' έναν επίπεδο συλλέκτη, γωνίας κλίσης  $\beta$  και αζιμουθιακής γωνίας  $A_{\sigma}$ , δίδεται από τη σχέση

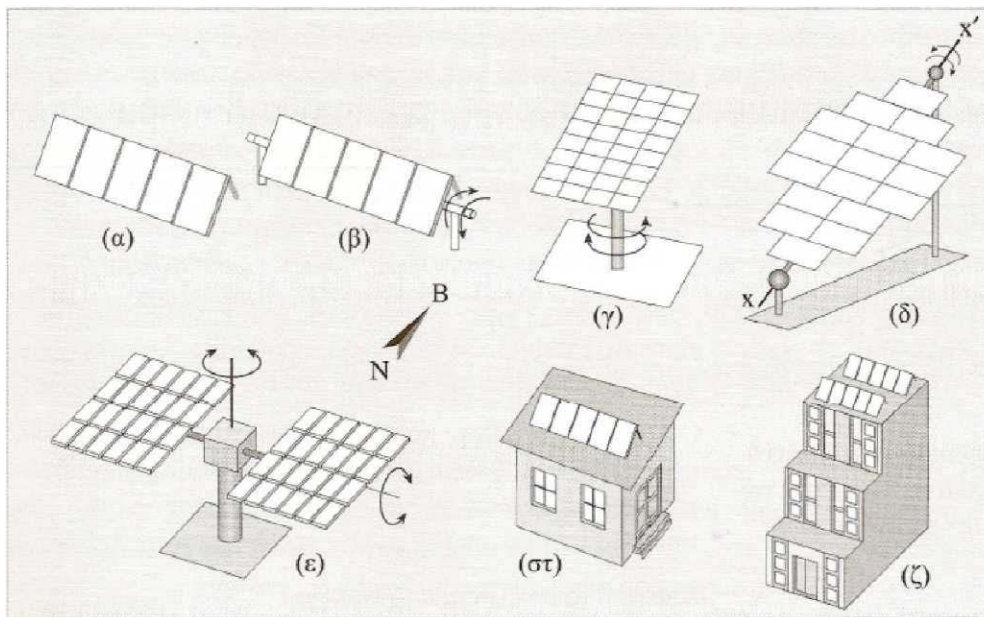
$\cos(\theta) = \cos(\beta) \cdot \cos(A - A_{\sigma}) + \sin(\beta) \cdot \sin(A - A_{\sigma})$  όπου  $A$ , η αζιμουθιακή γωνία και  $\beta$  το ύψος του ήλιου την ίδια χρονική στιγμή [1],[8],[9],[14],[18]

### 2.7.2. Τρόποι στήριξης των συλλεκτών και προσανατολισμός τους

Διακρίνουμε τρεις διαφορετικούς τρόπους στήριξης συλλεκτών. Σταθερής στήριξης, εποχιακά ρυθμιζόμενης στήριξης και συνεχούς παρακολούθησης της θέσης του ήλιου, με διάταξη που ονομάζεται ηλιοτρόπιο (Solar Tracker). Το σχήμα 2.17 δείχνει μερικούς χαρακτηριστικούς τρόπους στήριξης ΦΒ συστοιχιών [1].

#### α). Στήριξη του συλλέκτη με σταθερή γωνία κλίσης. Γωνία κλίσης για βέλτιστη ενεργειακή απολαβή

Η απουσία κινητών μερών κατά την στήριξη της συστοιχίας με σταθερή κλίση, προσδίδει στη διάταξη επαρκή μηχανική αντοχή, ιδιαίτερα μάλιστα αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε περιοχές όπου επικρατούν ισχυροί άνεμοι. Στατικές συλλεκτικές επιφάνειες χρησιμοποιούνται επίσης ενσωματωμένες σε κτίρια (σχήμα 2.17, περιπτώσεις (α), (στ), (ζ)).



Σχήμα 2.18

Σχήμα 2.17 : (α) Τοποθέτηση ΦΒ συστοιχίας με σταθερή γωνία κλίσης (β) Συστοιχία με δυνατότητα στροφής γύρω από οριζόντιο άξονα (αλλαγή ζενίθιας γωνίας της συστοιχίας) (γ) Συστοιχία σε ηλιοτρόπιο αζιμουθιακής στροφής, με σταθερή γωνία κλίσης (δ) Συστοιχία με δυνατότητα στροφής ως προς τον άξονα (χχ'), ο οποίος διατηρείται κεκλιμένος συνήθως υπό γωνία ίση (ή μερικές φορές, λίγο μικρότερη) του γεωγραφικού πλάτους του τόπου, δηλαδή ως προς άξονα παράλληλο προς τον πολικό άξονα της γης. (ε) Τυπική διάταξη ηλιοτροπίου (Tracker) δύο αξόνων. (στ) ΦΒ συστοιχία στη στέγη κατοικίας (ζ) ΦΒ πλαίσια τοποθετημένα σε διάφορες θέσεις σε μεγάλη οικοδομή (τοποθέτηση υπό κλίση στη στέγη και σε προβόλους και κατακόρυφα (facade) σε όψεις νότιου προσανατολισμού.

### β). Στήριξη με δυνατότητα εποχικής ρύθμισης της κλίσης του συλλέκτη

### γ). Στήριξη με δυνατότητα στροφής του συλλέκτη γύρω από έναν ή δύο άξονες

#### I. Στροφή γύρω από έναν άξονα

#### II. Στροφή γύρω από δύο άξονες

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### ΑΙΟΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

#### 3.1 Εισαγωγή

Οι αιολικές μηχανές είναι κατασκευές επινοημένες από τον άνθρωπο, με σκοπό την εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας του ανέμου, μέρος της οποίας μετατρέπουν σε στρεφόμενη μηχανική ενέργεια. Εάν η μηχανική ενέργεια χρησιμοποιηθεί απευθείας από κατάλληλο μηχανισμό για άντληση ή άλεση, τότε η αιολική μηχανή συνήθως λέγεται ανεμόμυλος. Εάν η μηχανική ενέργεια μετατραπεί σε ηλεκτρική, τότε η μηχανή λέγεται ανεμογεννήτρια (Α/Γ). Στην παρούσα εργασία θα μελετήσουμε φυσικά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μάλιστα όταν αυτή αποδίδεται στο ηλεκτρικό δίκτυο και πιο συγκεκριμένα στο δίκτυο μέσης τάσης των 20 KV.

Οι Α/Γ μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με τον προσανατολισμό του άξονα τους σε σχέση με τη ροή του ανέμου, σε **Α/Γ κατακόρυφου άξονα** και σε **Α/Γ οριζόντιου άξονα**. [28].[30]

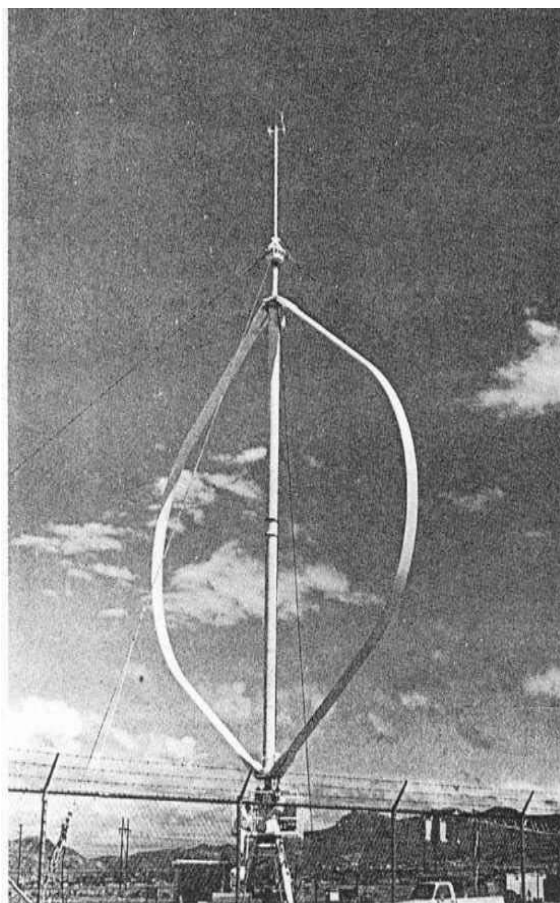
#### 3.1.1 Α/Γ κατακόρυφου άξονα

Οι Α/Γ κατακόρυφου άξονα έχουν τον άξονα του ρότορα τοποθετημένο κατακόρυφα (σχ. 2.1). Πλεονέκτημα αυτής της διάταξης είναι, ότι η μηχανή δεν χρειάζεται να προσανατολίζεται προς τον άνεμο για να είναι αποτελεσματική. Αυτό ισχύει ιδίως για τοποθεσίες όπου η κατεύθυνση του ανέμου έχει υψηλή μεταβλητότητα. Το κιβώτιο ταχυτήτων και η γεννήτρια

μπορούν να τοποθετηθούν κοντά στο έδαφος , έτσι είναι εύκολα προσβάσιμα και δεν χρειάζεται πυλώνας στήριξης. Υπάρχουν όμως και σοβαρά μειονεκτήματα όπως:

- Η ταχύτητα του ανέμου στο επίπεδο του εδάφους είναι χαμηλή και ως εκ τούτου δεν έχουν υψηλή απόδοση.
- Η ροπή εκκίνησης τους είναι χαμηλή και δεν εκκινούν μόνες τους (χρειάζεται να λειτουργήσουν σαν κινητήρες στην αρχή παίρνοντας ρεύμα από το δίκτυο ).

Γι' αυτούς τους λόγους οι μηχανές κατακόρυφου άξονα χρησιμοποιούνται κυρίως για γεωργικούς σκοπούς, ενώ στην ηλεκτροπαραγωγή έχουν κυριαρχήσει οι Α/Γ οριζόντιου άξονα.[28],[29],[30]



Σχήμα 3.1 Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα τύπου Darrieus.



### 3.1.2 A/Γ οριζόντιου άξονα

Οι A/Γ οριζόντιου άξονα έχουν τον άξονα περιστροφής οριζόντια και σχεδόν παράλληλα με την κατεύθυνση της ροής του ανέμου ( σχ. 2.2 ).



Σχήμα 3.2 Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα με τρία πτερύγια.

Οι περισσότερες από τις A/Γ του εμπορίου εμπίπτουν σε αυτή την κατηγορία. Γενικά επιδεικνύουν υψηλό αεροδυναμικό συντελεστή. Όμως η γεννήτρια και το κιβώτιο ταχυτήτων πρέπει να τοποθετηθούν στην κορυφή του πυλώνα στήριξης πράγμα που κάνει τον σχεδιασμό τους πιο σύνθετο και ακριβό. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι η ανάγκη ύπαρξης ουραίου πτερυγίου ή σερβομηχανισμού, για τον προσανατολισμό του ρότορα προς τον άνεμο.

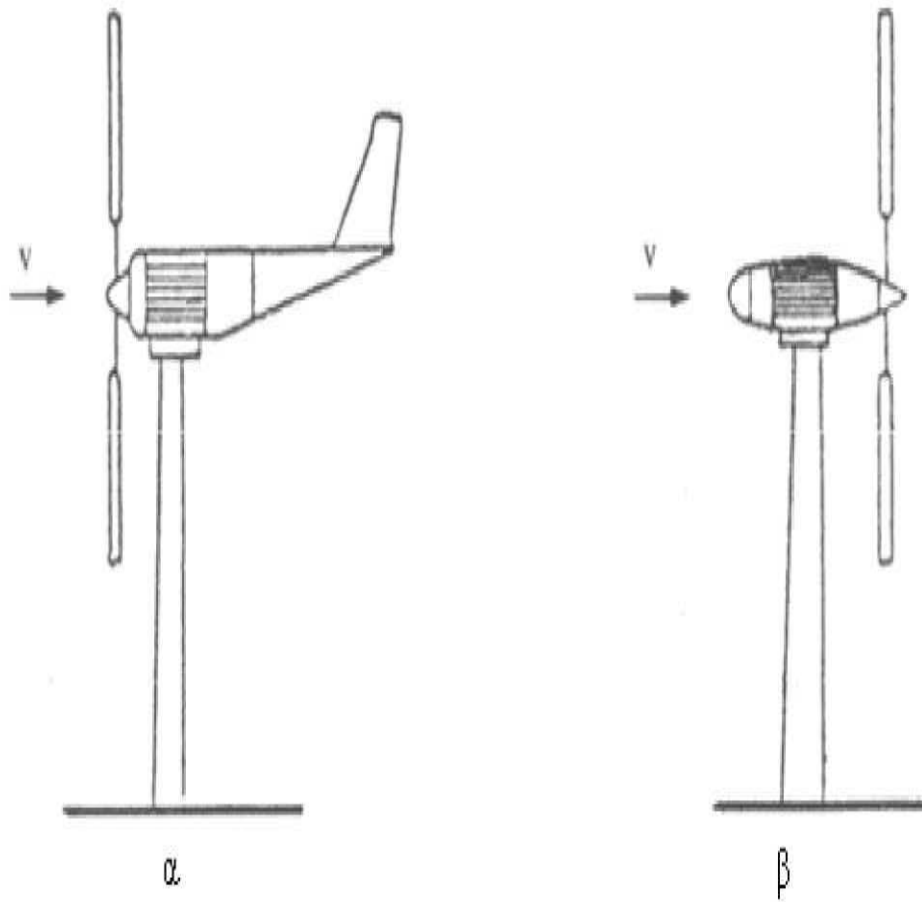
Όσον αφορά τον αριθμό των πτερυγίων τους, οι A/Γ οριζόντιου άξονα ταξινομούνται σε μονόπτερες, δίπτερες, τρίπτερες και πολύπτερες. Οι μονόπτερες είναι φθηνότερες εξαιτίας των λιγότερων πτερυγίων. Όμως για εξισορρόπηση, πρέπει να τοποθετηθεί αντίβαρο στην πλήμνη. Οι δίπτερες έχουν το ίδιο πρόβλημα σε μικρότερη έκταση. Η πλειονότητα των A/Γ που

χρησιμοποιούνται στην ηλεκτροπαραγωγή έχουν τρία πτερύγια. Είναι πιο σταθερές, καθώς το αεροδυναμικό φορτίο είναι σχετικά ομοιόμορφο. Μηχανές με μεγαλύτερο αριθμό πτερυγίων ( 6, 8, 12 ή και περισσότερα ) είναι επίσης διαθέσιμες. Ο λόγος της πραγματικής *επιφάνειας των πτερυγίων* προς την επιφάνεια σάρωσης του ρότορα ονομάζεται στιβαρότητα. Οι ρότορες μεγάλης στιβαρότητας μπορούν να εκκινήσουν εύκολα, καθώς μεγαλύτερη επιφάνεια αλληλεπιδρά με τον άνεμο . Έχει αποδειχθεί όμως ότι οι τρίπτεροι ρότορες έχουν μεγαλύτερο αεροδυναμικό συντελεστή ισχύος από τους πολύπτερους, έτσι οι τελευταίοι χρησιμοποιούνται σε κάποιες εφαρμογές όπως η άντληση υδάτων, όπου η απαιτούμενη ροπή εκκίνησης είναι μεγάλη.



Σχήμα 3.3 Πολύπτερος ανεμοκινητήρας οριζόντιου άξονα.

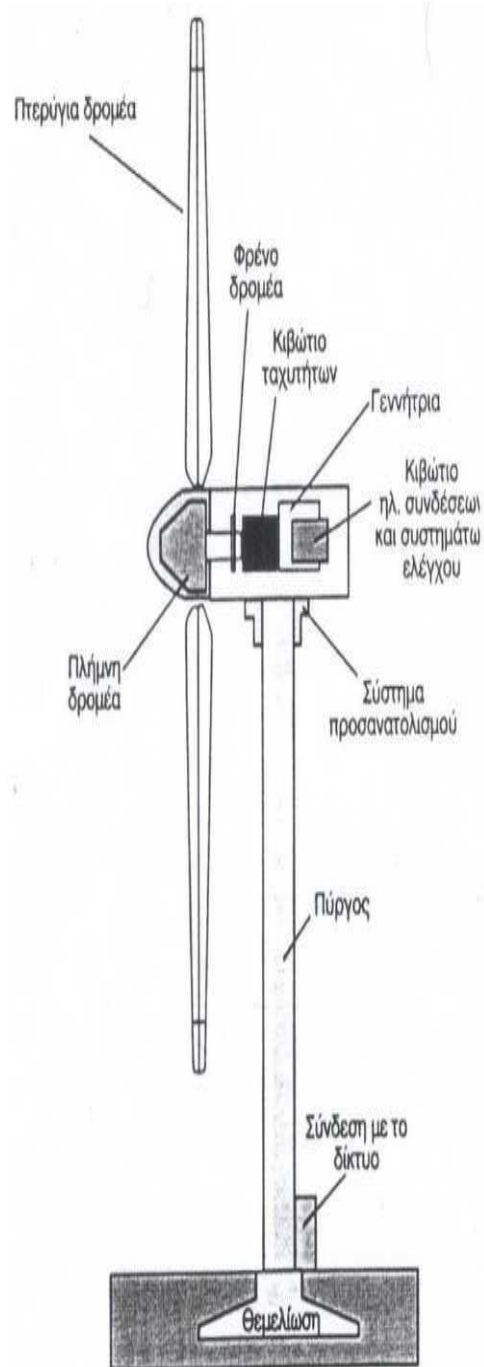
Όσον αφορά την κατεύθυνση του προσπίπτοντος ανέμου, οι Α/Γ οριζόντιου άξονα ταξινομούνται σε **ανάντη** και **κατάντη** ( σχ. 3.4 ).



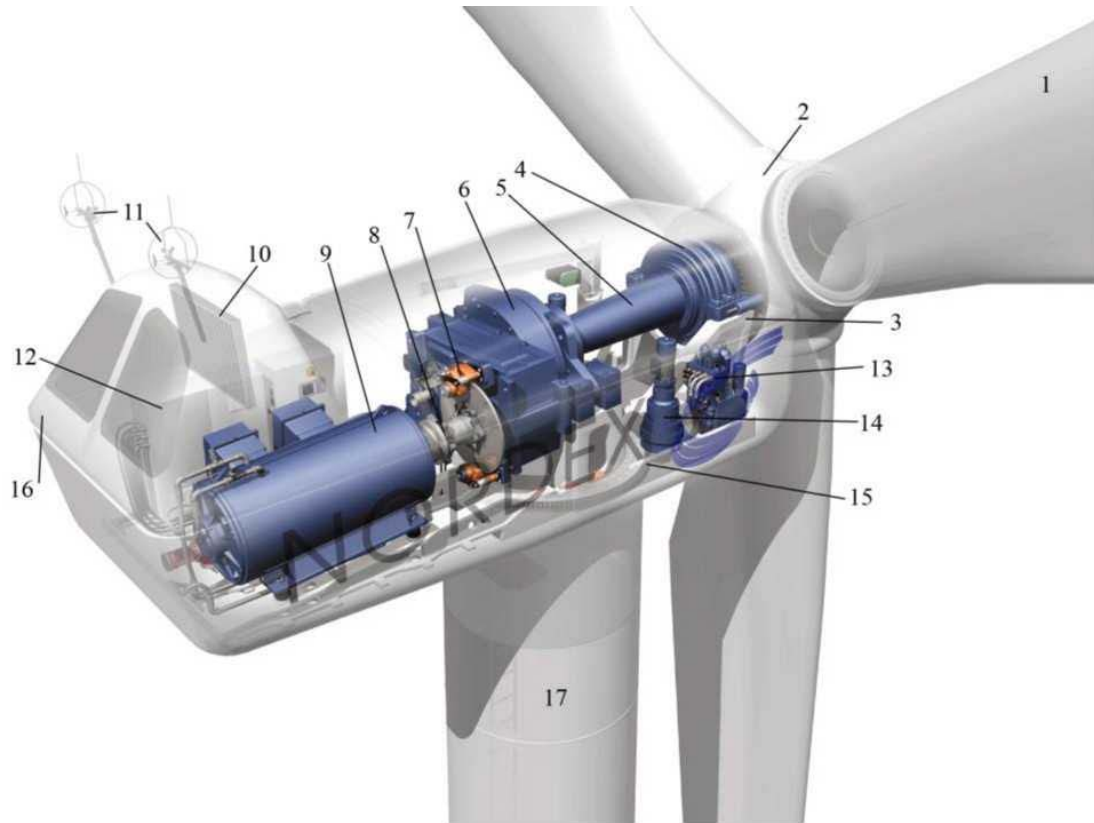
Σχήμα 3.4 α) Δρομέας ανάντη του πύργου β) Δρομέας κατάντη του πύργου.

Στις πρώτες, ο ρότορας δέχεται τον άνεμο άμεσα. Καθώς ο άνεμος περνάει πρώτα από τον ρότορα, δεν έχουν το πρόβλημα του φαινομένου της σκίασης του πυλώνα. Ο μηχανισμός του προσανατολισμού τους όμως είναι θεμελιώδης, ώστε να διατηρεί τον ρότορα στην κατεύθυνση του ανέμου. Από την άλλη μεριά οι κατάντι μηχανές δεν χρειάζονται σερβομηχανισμό προσανατολισμού, αλλά επειδή ο ρότορας τους είναι τοποθετημένος στην υπήνεμη πλευρά του πύργου, μπορεί να φορτισθούν στα πτερύγια ασύμμετρα, καθώς ο άνεμος περνάει από την 'σκιά' του πύργου.

Στο σχήμα 3.5 βλέπουμε τα βασικά δομικά στοιχεία μιας Α/Γ οριζόντιου άξονα ( πύργος, δρομέας, συστήματα προσανατολισμού και πέδησης, κιβώτιο ταχυτήτων και γεννήτρια ), ενώ στο σχήμα 3.6 φαίνονται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τα διάφορα δομικά στοιχεία της άτρακτου μιας μοντέρνας Α/Γ. Σε αυτό βλέπουμε ότι μία μοντέρνα Α/Γ αποτελείται από την πλήμνη του ρότορα ( 2 ) και τα τρία πτερυγία του ρότορα ( 1 ), κάθε ένα από τα οποία είναι ανεξάρτητα ρυθμιζόμενο ως προς την γωνία βήματος πτερυγίου ( pitch angle ). Το κύριο έδρανο ( 4 ), το οποίο πρέπει να απορροφά όλα τα στατικά και δυναμικά φορτία, στηρίζει τον άξονα του ρότορα ( 5 ). Στο κιβώτιο ταχυτήτων (6) η χαμηλή ταχύτητα των πτερυγίων μετασχηματίζεται στην ονομαστική ταχύτητα της επαγωγικής γεννήτριας ( 9 ). Στο κινητήριο σύστημα μεταξύ του κιβωτίου ταχυτήτων και της γεννήτριας, ένα δισκόφρενο ασφαλείας ( 7 ) και ένας ζεύκτης ( 8 ) είναι τοποθετημένα. Όλα αυτά τα βαριά στοιχεία είναι προσαρμοσμένα στο πλαίσιο της άτρακτου ( 3 ). Ένας ειδικός ψύκτης ( 10 ) της γεννήτριας και του κιβωτίου ταχυτήτων χρειάζεται να ελέγχει την θερμοκρασία σε δυνατούς ανέμους ή σε υψηλής θερμοκρασίας σημεία λειτουργίας. Μία μονάδα ελέγχου ( 12 ) και ένα υδραυλικό σύστημα ( 13 ) είναι επίσης τοποθετημένα στην άτρακτο. Ολη η άτρακτος με το κάλυμμα της ( 16 ) είναι προσαρμοσμένη στον πυλώνα ( 17 ) με το έδρανο του συστήματος προσανατολισμού ( 15 ). Εξαρτώμενο από την κατεύθυνση του ανέμου, η οποία μετράται με αισθητήρες ανέμου ( 11 ), το κινητήριο σύστημα του συστήματος προσανατολισμού ( 14 ) κατευθύνει την άτρακτο.



Σχήμα 3.5 Βασικά δομικά στοιχεία Α/Γ οριζόντιου άξονα.

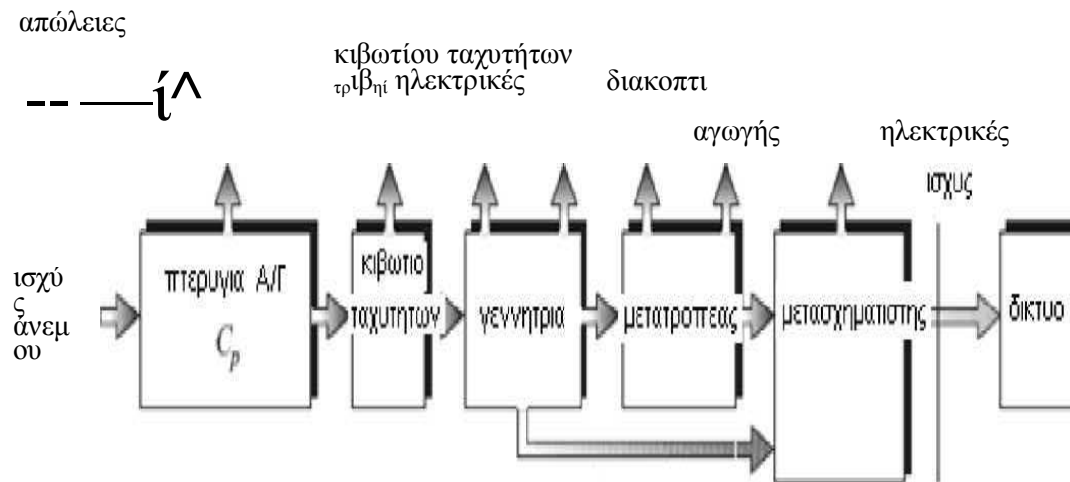


Σχήμα 3.6 Η άτρακτος μίας μοντέρνας ανεμογεννήτριας. [28].[29].[30].[40].[55].[56]

1. πτερύγιο ρότορα 2. πλήμνη 3. πλαίσιο ατράκτου 4. κύριο έδρανο 5. άξονας ρότορα 6. κιβωτιο ταχυτήτων 7. δισκόφρενο 8. ζεύκτης γεννήτριας 9. επαγωγική γεννήτρια 10. ψύκτης γεννήτριας και κιβωτίου ταχυτήτων 11. αισθητήρες ανέμου 12. έλεγχος ατράκτου 13. υδραυλικό σύστημα 14. οδηγός συστήματος προσανατολισμού 15. έδρανο συστήματος προσανατολισμού 16. κάλυμμα ατράκτου 17. Πυλώνας

### 3.1.3 Αιολικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Στο σχήμα 3.7 φαίνεται η σχηματική παράσταση ενός αιολικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία αποδίδεται τελικά στο δίκτυο. Η κινητική ενέργεια που έχει ο άνεμος, μετατρέπεται από την τουρμπίνα σε στρεφόμενη μηχανική ενέργεια, η οποία στη συνέχεια, με τον επιθυμητό αριθμό στροφών χάρη στο κιβώτιο ταχυτήτων, διοχετεύεται στον ρότορα της γεννήτριας, η οποία την μετατρέπει σε ηλεκτρική και την αποδίδει στο δίκτυο μέσω ηλεκτρονικού μετατροπέα ισχύος. Παρεμβάλλεται ένας μετασχηματιστής για την προσαρμογή της τάσης με αυτήν του δικτύου. Στο σχήμα δεν φαίνεται το σύστημα ελέγχου. Για να μελετήσουμε καλύτερα ένα τόσο πολύπλοκο σύστημα θα πρέπει πρώτα να δούμε με περισσότερη λεπτομέρεια την πηγή ενέργειας, δηλαδή τον άνεμο. [39]



Σχήμα 3.7 Σχηματική παράσταση στοιχείων αιολικού σταθμού παραγωγής.

## 3.2 Αεροδυναμική μετατροπή

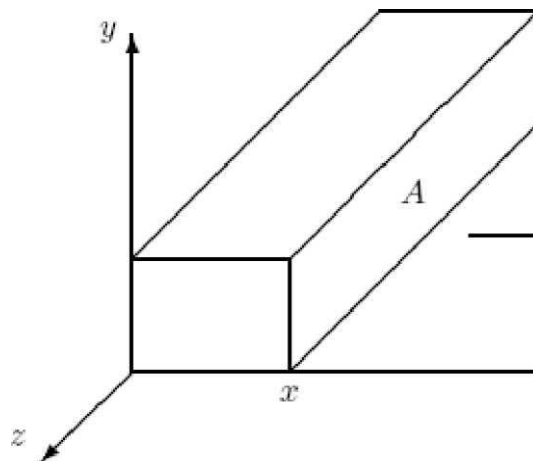
### 3.2.1 Η ισχύς του ανέμου

Η κινητική ενέργεια ενός σώματος αέρα μάζας  $m$  και ταχύτητας  $V_w$  είναι:

$$E_{κιν} = 1/2 m V_w^2 \quad (3.2.1)$$

Με την παραδοχή ότι ο άνεμος διαπερνά κάθετα μία επιφάνεια  $A$ , πάχους  $x$  και ότι η ροή του αέρα, πυκνότητας  $\rho$ , είναι ομαλή και χωρίς στροβιλισμούς, τότε η μάζα του αέρα που υπάρχει στο σώμα αυτό είναι ( σχ. 3.8 ):

$$m = \rho V = \rho A x \quad (3.2.2)$$



Σχήμα 3.8 Σώμα αέρα εμβαδού  $A$  και πάχους  $x$ .



Απο τις εξισώσεις 3.2.1 και 3.2.2 βλέπουμε ότι η κινητική ενέργεια αυτής της αέριας μάζας είναι:

$$E_{κιν}=1/2A\chi Vw^2 \quad (3.2.3)$$

Όμως  $d_x/d_t=V_w$  (3.2.4)

Από τις παραπάνω

Είναι  $dE_{κιν}/d_t=P_{wind}=1/2\rho AV_w^3$  (3.2.5)

Για μια Α/Γ  $A= \pi R^2$

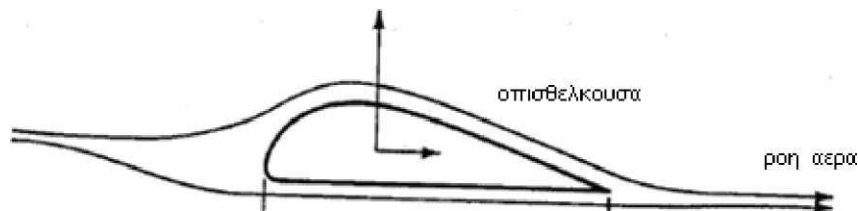
Αρα  $P_{wind}=1/2\rho \pi R^2 V_w^3$  (3.2.7)

Όπου  $\rho$  η πυκνότητα του αέρα, που σε κανονικές συνθήκες είναι ίση με 1,225 Kg/m<sup>3</sup>,  $R$  η ακτίνα του ρότορα της Α/Γ σε m και  $V_w$  η ταχύτητα του ανέμου σε m/s.

Από την εξίσωση 3.2.7 βλέπουμε την μεγάλη επίδραση που έχει η ταχύτητα του ανέμου στην ισχύ του και πόσο σημαντικό παράγοντα αποτελεί για την επιλογή της τοποθεσίας που θα εγκατασταθεί η αιολική μηχανή.  
[30].[31].[39].[40]

### 3.2.2 Η αεροδυναμική των πτερυγίων της Α/Γ

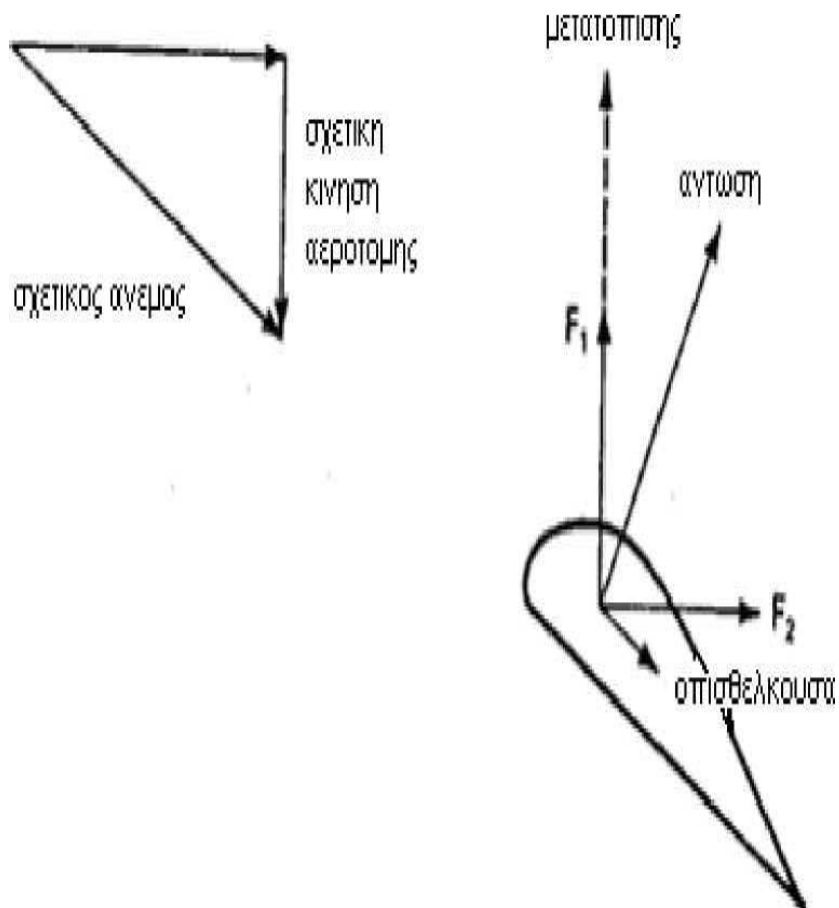
Η ροή του αέρα γύρω από μία σταθερή αεροτομή, παράγει δύο δυνάμεις. Μία δύναμη που λέγεται άντωση ( lift ) και είναι κάθετη στη ροή και μία άλλη που λέγεται οπισθέλκουσα ( draft ), στην κατεύθυνση του ανέμου ( σχ. 3.9 ).



Σχήμα 3.9 Αντωση και οπισθέλκουσα δύναμη σε μία σταθερή αεροτομή.

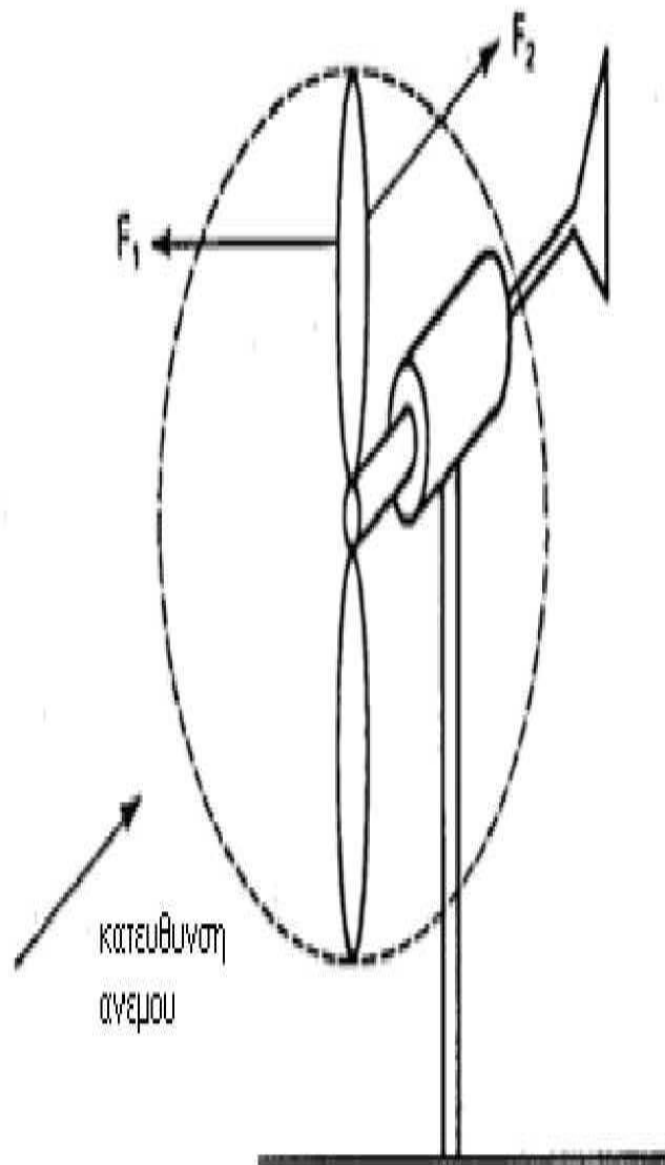
Η ύπαρξη της άντωσης εξαρτάται από την ομοιόμορφη ροή γύρω από την αεροτομή, πράγμα που σημαίνει ότι ο αέρας ρέει ομαλά και από τις δύο πλευρές της. Εάν η ροή είναι τυρβώδης, τότε θα δημιουργηθεί μικρή ή και μηδενική άντωση. Ο αέρας που ρέει πάνω από την κορυφή της αεροτομής επιταχύνεται, γιατί πρέπει να διανύσει μεγαλύτερη απόσταση και αυτή η αύξηση της ταχύτητας προκαλεί κάποια μικρή μείωση της πίεσης. Αυτή η διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο πλευρών της αεροτομής προκαλεί την άντωση, δύναμη κάθετη στην κατεύθυνση της ροής του ανέμου. Η κίνηση του ανέμου προκαλεί επίσης την οπισθέλκουσα δύναμη κατά την κατεύθυνση του ανέμου. Αυτός είναι ένας όρος απωλειών και ελαχιστοποιείται όσο είναι

δυνατόν, σε υψηλής απόδοσης Α/Γ. Και οι δύο αυτές δυνάμεις είναι ανάλογες της πυκνότητας του αέρα, της επιφάνειας της αεροτομής και του τετραγώνου της ταχύτητας του ανέμου.

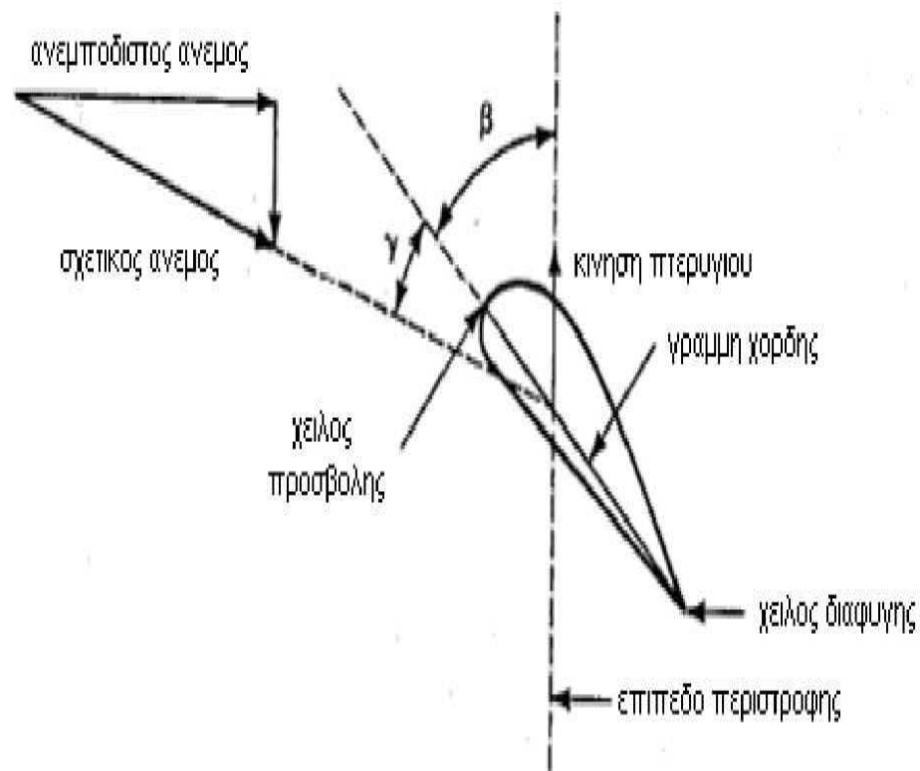


Σχήμα 3.10 Αντωση και οπισθέλκουσα δύναμη σε μία μετατοπισμένη αεροτομή.

Ας υποθέσουμε τώρα ότι επιτρέπουμε στην αεροτομή να κινηθεί κατά την κατεύθυνση της άντωσης. Αυτή η κίνηση (μετατόπιση) θα συνδυαστεί με την κίνηση του αέρα, ώστε να παραχθεί η σχετική κατεύθυνση του ανέμου (σχ. 3.10). Η αεροτομή έχει επαναπροσανατολιστεί, ώστε να διατηρήσει έναν καλό λόγο άντωσης προς την οπισθέλκουσα δύναμη. Η άντωση είναι κάθετη στην σχετική κατεύθυνση του ανέμου, αλλά δεν είναι κάθετη στην κατεύθυνση της μετατόπισης. Οι δύο δυνάμεις μπορούν να αναλυθούν σε δύο συνιστώσες, μία παράλληλη και μία κάθετη στην διεύθυνση του αδιατάρακτου ανέμου και αυτές οι συνιστώσες συνδυάζονται για να διαμορφώσουν την δύναμη  $F_1$  στην κατεύθυνση της μετατόπισης και την  $F_2$  στην κατεύθυνση του αδιατάρακτου ανέμου. Η δύναμη  $F_1$  είναι διαθέσιμη για να παράγει το χρήσιμο έργο. Η δύναμη  $F_2$  πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τον σχεδιασμό της στήριξης της αεροτομής, ώστε να υπάρχει δομική στιβαρότητα. Ένας πρακτικός τρόπος για να χρησιμοποιηθεί η  $F_1$ , είναι η σύνδεση των αεροτομών ή πτερυγίων σε μία κεντρική πλήμνη και να επιτρέψουμε σε αυτά να περιστραφούν γύρω από έναν οριζόντιο άξονα (σχ. 3.11). Η δύναμη  $F_1$  προκαλεί την ροπή, η οποία οδηγεί κάποιο φορτίο συνδεδεμένο με την προπέλα. Ο πύργος πρέπει να είναι αρκετά ισχυρός να αντέξει την δύναμη  $F_2$ . Αυτές οι δυνάμεις και η όλη απόδοση εξαρτώνται από την κατασκευή και τον προσανατολισμό των πτερυγίων. Μία σημαντική παράμετρος είναι η γωνία βήματος (κλίσης) του πτερυγίου  $\beta$  (pitch angle), η οποία είναι η γωνία μεταξύ της χορδής του πτερυγίου και του επιπέδου περιστροφής (σχ. 3.12). Η χορδή είναι μία ευθεία που συνδέει το χείλος προσβολής (leading edge) με το χείλος διαφυγής (trailing edge) μίας αεροτομής. Το επίπεδο περιστροφής είναι το επίπεδο το οποίο σχηματίζουν τα ακροπτερύγια καθώς περιστρέφονται.



Σχήμα 3.11 Αεροδυναμικές δυνάμεις στα πτερύγια μίας Α/Γ.



Σχήμα 3.12 Ορισμός της γωνίας βήματος πτερυγίου και της γωνίας πρόσπτωσης.

Μία άλλη σημαντική παράμετρος του πτερυγίου είναι η γωνία πρόσπτωσης  $\gamma$  ( angle of attack ), η οποία είναι η γωνία μεταξύ της χορδής του πτερυγίου και του σχετικού ανέμου ή της αποτελεσματικής κατεύθυνσης της ροής του αέρα. [30].[31].[39].[40].[50]

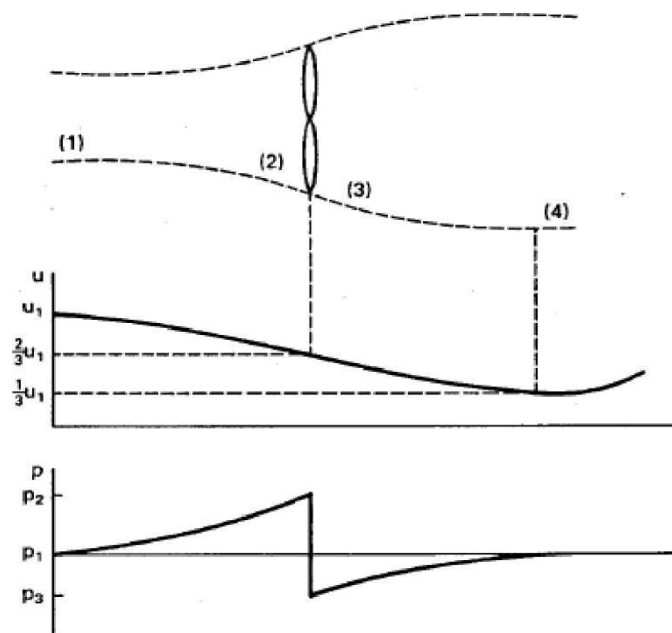
### 3.2.3 Παραγωγή ισχύος

Όπως συμβαίνει με όλα τα συστήματα μετατροπής ενέργειας, η Α/Γ δεσμεύει εν μέρος της κινητικής ενέργειας του ανέμου. Το κλάσμα

$$P_{mec}/P_{wind}=C$$

δείχνει το μέρος της κινητικής ενέργειας του ανέμου που μετατρέπεται από την Α/Γ σε μηχανική. Το κλάσμα αυτό λέγεται αεροδυναμικός συντελεστής ισχύος και συμβολίζεται με  $C_p$ .

Η παρουσία της Α/Γ μπροστά από μία μάζα κινούμενου αέρα τροποποιεί την ταχύτητα και την πίεση της όπως φαίνεται στο σχ. 3.9.



Σχήμα 3.9 Κυλινδρικός σωλήνας αέρα που πνέει μέσα από ιδανική Α/Γ.

Ας θεωρήσουμε τον σωλήνα κινούμενου αέρα με αρχική διάμετρο  $d_1$ , ταχύτητα  $u_1$  και πίεση  $p_1$ ; καθώς πλησιάζει την τουρμπίνα. Η ταχύτητα του αέρα μειώνεται και η πίεση του αυξάνεται, προκαλώντας μεγέθυνση της διαμέτρου του σωλήνα σε  $d_2$ , όση και αυτή της τουρμπίνας. Η πίεση του αέρα θα γίνει μέγιστη λίγο μπροστά από την τουρμπίνα και θα πέσει κάτω από την ατμοσφαιρική αμέσως μετά από αυτήν. Μέρος της κινητικής ενέργειας του αέρα μετατρέπεται σε δυναμική, για να προκαλέσει την αύξηση της πίεσης. Ακόμη περισσότερη κινητική ενέργεια θα μετατραπεί σε δυναμική μετά την τουρμπίνα, έτσι ώστε να αυξηθεί η πίεση του αέρα και να γίνει πάλι ίση με την ατμοσφαιρική. Αυτό προκαλεί περαιτέρω μείωση της ταχύτητας του αέρα, μέχρις ότου η πίεση γίνει και πάλι ίση με την ατμοσφαιρική (σημείο 4). Σύμφωνα με τον Γερμανό φυσικό **Albert Betz** για τον αεροδυναμικό συντελεστή  $C_p$  ισχύει η σχέση:

$$C_p = 1/2(1 + U_4/U_1)(1 - (U_4/U_1)^2) \quad (3.2.9)$$

δηλαδή αυτός είναι συνάρτηση του λόγου των ταχυτήτων του αέρα  $u_4$  και  $u_1$ . Η συνάρτηση αυτή μεγιστοποιείται, όταν η πρώτη παράγωγος της μηδενιστεί κάτι που συμβαίνει, όταν ο λόγος των ταχυτήτων γίνει ίσος με  $\frac{1}{3}$ . Τότε έχουμε:

$$C_{p_{max}} = 0.593 \quad (3.2.10)$$

Αυτό είναι το όριο του **Betz** που σημαίνει ότι από την κινητική ενέργεια του ανέμου δεν μπορούμε να δεσμεύσουμε σε μηχανική μέσω μίας Α/Γ ποσοστό μεγαλύτερο από το 59.3%, και όταν αυτό συμβεί, η ταχύτητα του αέρα μετά την τουρμπίνα θα πέσει σε μία ελάχιστη τιμή ίση με το ένα τρίτο της αρχικής.



Ο αεροδυναμικός συντελεστής ισχύος  $C_p$  δεν είναι σταθερός . Εξαρτάται από δύο παράγοντες, τον λόγο ταχύτητας ακροπτερυγίου  $\lambda$  και τη γωνία βήματος πτερυγίου  $\beta$ .

$$\lambda = \omega_{rot} / V_w \quad (3.2.11)$$

Όπου  $\omega_{rot}$  η γωνιακή ταχύτητα του ρότορα σε rad/s, R η ακτίνα του ρότορα σε m και  $V_w$  η ταχύτητα του ανέμου σε m/s .

Από τις εξισώσεις 3.2.7 και 3.2.8 προκύπτει η βασική εξίσωση της αεροδυναμικής μετατροπής ενέργειας μίας Α/Γ

$$P_{mech} = 1/2 \rho \pi R^2 C_p V_w^3 \quad (3.2.11)$$

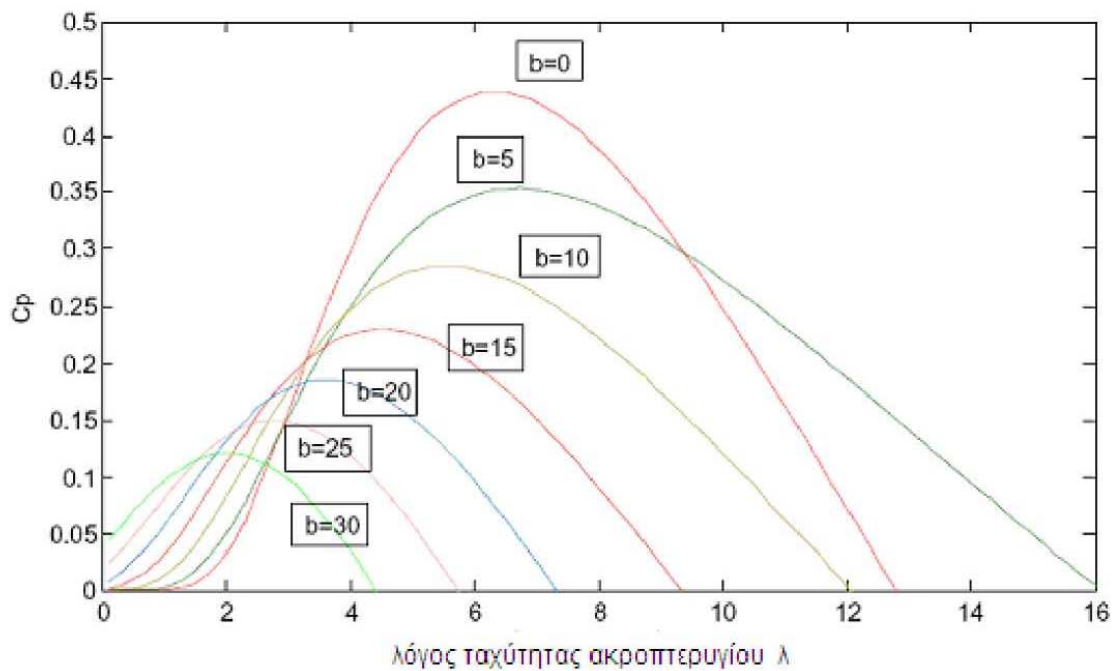
Ο συντελεστής ισχύος  $C_p$  ( $\lambda$ ,  $\beta$ ), όπως αναφέραμε παραπάνω, είναι συνάρτηση των  $\lambda$  και  $\beta$  και για κάθε ταχύτητα του ανέμου πρέπει η γωνιακή ταχύτητα του ρότορα να παίρνει τιμές που να βελτιστοποιεί τα  $\lambda$  και  $\beta$ , έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μέγιστη παραγωγή ισχύος από την Α/Γ. Για δεδομένες τιμές των  $\lambda$  και  $\beta$  υπολογίζεται η τιμή του  $C_p$  ( $\lambda$ ,  $\beta$ ) χρησιμοποιώντας σε αυτή την εργασία τον προσεγγιστικό τύπο:

$$C_p (\lambda, \beta) = 0,22(116/\lambda^i - 0,45\beta - 5)e^{-12,5/\lambda^i} \quad (3.2.12)$$

Και

$$1/\lambda = 1/\lambda + 0,08\beta - 0,035/\beta^3 + 1$$

Με τη βοήθεια του λογισμικού πακέτου MATLAB σχεδιάζουμε το  $C_p$  σαν συνάρτηση του  $\lambda$ , με το  $\beta$  σαν παράμετρο, μετρημένο σε μοίρες ( σχ. 3.10 ).



Σχήμα 3.10 Ο αεροδυναμικός συντελεστής  $C_p$  συναρτήσει του  $\lambda$  για διάφορες τιμές του  $\beta$ .

Από το σχήμα αυτό βλέπουμε ότι το  $C_p$  γίνεται μέγιστο για  $\beta=0^\circ$ . Με αυτήν την τιμή του  $\beta$  και πάλι με τη βοήθεια του MATLAB βρίσκουμε την μέγιστη τιμή του  $C_p$  η οποία είναι :

$C_{p-opt} = 0.4382$  και η οποία επιτυγχάνεται για

$\lambda = 8.12$  και  $\lambda = 6.325$

Για να επιτύχουμε όμως βέλτιστο λ πρέπει η Α/Γ να μπορεί να λειτουργήσει σε ένα εύρος γωνιακών ταχυτήτων, ανάλογα με την ταχύτητα του αέρα .  
[30].[31].[35].[40].[48].[49].[53]

### 3.2.4 Αεροδυναμικός έλεγχος ισχύος Α/Γ

Σε υψηλές ταχύτητες του ανέμου είναι απαραίτητος ο περιορισμός της παραγόμενης μηχανικής ισχύος της Α/Γ, για να μην έχουμε υπέρβαση των ονομαστικών μεγεθών της γεννήτριας. Επίσης έλεγχος εφαρμόζεται και για την αποφυγή υπερτάχυνσης του ρότορα και την αποσύνδεση της Α/Γ στις πολύ υψηλές ταχύτητες. Οι κύριοι τρόποι ελέγχου είναι:

- Έλεγχος παθητικής απώλειας στήριξης ( Passive stall control ).
- Έλεγχος βήματος πτερυγίου ( pitch control ).
- Έλεγχος ενεργής απώλειας στήριξης ( active stall control ).
- Έλεγχος προσανατολισμού ( Yaw control ).

### 3.3 Οι Α/Γ και το ηλεκτρικό τους σύστημα

Οι δύο χρησιμοποιούμενοι τύποι Α/Γ είναι οι εξής :

- **S** Α/Γ σταθερών στροφών ή σταθερής ταχύτητας ( fixed speed )
- **S** Α/Γ μεταβλητών στροφών ( variable speed )

Στις Α/Γ σταθερών στροφών η γεννήτρια ( επαγωγική ) συνδέεται απευθείας στο δίκτυο. Επειδή η ταχύτητα είναι σχεδόν σταθερή σε σχέση με την συχνότητα του δικτύου, δεν είναι δυνατόν να αποθηκεύσει τις ριπές του ανέμου υπό μορφή μηχανικής ενέργειας. Έτσι σε αυτές τις Α/Γ οι ριπές του ανέμου έχουν σαν αποτέλεσμα διακυμάνσεις στην ισχύ, επηρεάζοντας την ποιότητα ισχύος του δικτύου.

Τα τελευταία χρόνια οι Α/Γ μεταβλητών στροφών έχουν καταστεί ο κυρίαρχος τύπος των ανά έτος εγκαθιστάμενων Α/Γ. Το αυξημένο ενδιαφέρον σε αυτές οφείλεται στα ελκυστικά χαρακτηριστικά τους, εξαιτίας της παρουσίας του ηλεκτρονικού μετατροπέα ισχύος και όσον αφορά την ίδια την Α/Γ και όσον αφορά τις ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις των διαχειριστών του δικτύου.

Οι μεταβλητής ταχύτητας Α/Γ έχουν πιο πολύπλοκο ηλεκτρικό σύστημα από αυτές με σταθερή ταχύτητα. Είναι εφοδιασμένες με επαγωγική η σύγχρονη γεννήτρια και μετατροπέα ισχύος. Η παρουσία του μετατροπέα ισχύος κάνει δυνατή τη λειτουργία σε διαφορετικές ταχύτητες. Έτσι αυτές μπορούν να σχεδιασθούν να επιτύχουν μεγαλύτερο αεροδυναμικό συντελεστή ισχύος σε ένα σημαντικό εύρος ταχυτήτων ανέμου.

Ο μετατροπέας ισχύος ελέγχει την ταχύτητα της γεννήτριας κατά τέτοιο τρόπο, ώστε οι διακυμάνσεις της ισχύος που οφείλονται σε αλλαγή της ταχύτητας του ανέμου, να απορροφώνται από αλλαγή στην ταχύτητα της γεννήτριας.

Τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα της λειτουργίας με μεταβλητές στροφές σε σχέση με λειτουργία με σταθερές είναι:

- Μειωμένη μηχανική καταπόνηση στα μηχανικά μέρη, όπως ο άξονας και το κιβώτιο ταχυτήτων - η υψηλή αδράνεια της Α/Γ χρησιμοποιείται σαν αποθήκη ενέργειας κατά τη διάρκεια ριπών του ανέμου , δηλαδή η διακύμανση της ισχύος απορροφάται στην μηχανική αδράνεια της Α/Γ.

Αυξημένη απόσπαση ισχύος - εξαιτίας του χαρακτηριστικού της μεταβλητής ταχύτητας, είναι δυνατή η συνεχής προσαρμογή της γωνιακής ταχύτητας της ΑΓ στην ταχύτητα του ανέμου κατά τέτοιο τρόπο, ώστε ο αεροδυναμικός συντελεστής ισχύος να διατηρείται στη μέγιστη τιμή του.

Μειωμένος ακουστικός θόρυβος - η λειτουργία σε χαμηλές ταχύτητες είναι δυνατή σε χαμηλότερες ταχύτητες ανέμου.

Επίσης, η παρουσία του μετατροπέα δίνει στην ΑΓ την δυνατότητα να εκπληρώσει τις υψηλές τεχνικές απαιτήσεις που επιβάλλονται από τους διαχειριστές των δικτύων :

- Ελεγχόμενη ενεργό και άεργο ισχύ.
- Γρήγορη απόκριση σε περίπτωση μεταβατικών φαινομένων.
- Επίδραση στην σταθερότητα του δικτύου.
- Βελτιωμένη ποιότητα ισχύος ( βελτιωμένο επίπεδο flicker, φιλτραρισμένες κατώτερες αρμονικές και περιορισμένα ρεύματα βραχυκύκλωσης ).

Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά κάνουν τις ΑΓ μεταβλητών στροφών πολύ δημοφιλείς, παρά τα κάποια μειονεκτήματα , όπως οι απώλειες στον μετατροπέα ισχύος και το αυξημένο κόστος εγκατάστασης εξαιτίας του . Υπάρχουν δύο κυρίαρχες ομάδες με ΑΓ μεταβλητών στροφών :

- Οι διατάξεις πλήρους εύρους μεταβλητής ταχύτητας, όπου ο στάτης της γεννήτριας συνδέεται στο δίκτυο μέσω ενός μετατροπέα πλήρους ισχύος. Η γεννήτρια μπορεί να είναι σύγχρονη ή ασύγχρονη.
  
- Οι διατάξεις περιορισμένου εύρους μεταβλητής ταχύτητας, όπου ο στάτης της γεννήτριας συνδέεται στο δίκτυο. Η συχνότητα και η ταχύτητα του δρομέα ελέγχονται . Υπάρχουν δύο τέτοιες διατάξεις :
  - Η διάταξη μεταβλητής αντίστασης του δρομέα, όπου ο δρομέας συνδέεται σε μια εξωτερική ελεγχόμενη αντίσταση, της οποίας το μέγεθος καθορίζει το εύρος της μεταβλητής ταχύτητας ( περίπου 0-10% πάνω από τη σύγχρονη ).
  
  - Η διάταξη της επαγωγικής γεννήτριας διπλής τροφοδότησης ( doubly fed induction generator-DFIG ), όπου ο δρομέας ελέγχεται από ένα μετατροπέα μερικής κλίμακας , του οποίου το μέγεθος καθορίζει την ταχύτητα (  $\pm 30\%$  γύρω από την σύγχρονη ). [30].[31].[35].[41].[43].[46].[48]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### Υπολογιστικό Εργαλείο - Μεθοδολογία

### και Εφαρμογή σε

### Φωτοβολταϊκό Πάρκο

#### 4.0 Συνοπτική Περιγραφή του Φωτοβολταϊκού Πάρκου.

Στο παρόν μέρος της διπλωματικής εργασίας εξετάζουμε τη δημιουργία φωτοβολταϊκού πάρκου στο διασυνδεδεμένο σύστημα και συγκεκριμένα στο νομό Βοιωτίας στο δήμο Κορωνεϊας με συντεταγμένες  $22^{\circ}52',29''$  E  $38^{\circ}26',12''$ . Έπειτα από έρευνα αγοράς στο νομό επιλέχτηκε η λύση της μακροχρόνιας μίσθωσης της γης και συγκεκριμένα 122,5 στρεμμάτων δημοτικής γης προς 45€ έκαστο για 20 χρόνια. Το κόστος αυτό έχει συμπεριληφθεί στο ανοιγμένο κόστος επένδυσης το οποίο έχει υπολογιστεί σε 2900 €/kw.

Στη συνέχεια γίνεται η τεχνική περιγραφή και παρουσίαση του έργου.

## 4.1 Τεχνική Περιγραφή

Ο φωτοβολταϊκός σταθμός αποτελείται από τα παρακάτω βασικά δομικά στοιχεία:

- Φωτοβολταϊκά panel τεχνολογίας πολυκρυσταλλικού πυριτίου του οίκου Suntech
- Συστήματα στήριξης των φωτοβολταϊκών panel του οίκου Schletter
- Σύστημα Μετατροπών (inverter) του οίκου SMA
- Σύστημα τηλεμετρίας και τηλεπαρακολούθησης του οίκου SMA

### 4.1.2 Φωτοβολταϊκά panel

Η φωτοβολταϊκή γεννήτρια θα αποτελείται από panel τεχνολογίας πολυκρυσταλλικού πυριτίου του οίκου Sunetch. Η προμελέτη στην οποία έχει στηριχθεί το έργο έχει κάνει χρήση τεμαχίων του τύπου STP280-24/Vb, ισχύος 280Wp έκαστο. Ο συγκεκριμένος τύπος φωτοβολταϊκού panel (και η τιμή της ονομαστικής του ισχύος), που θα χρησιμοποιηθεί, θα εξαρτηθεί από τη διαθεσιμότητα του οίκου.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του STP280-24/Vb είναι τα εξής:

- Τύπος κυψέλης / panel: c-Si poly / με πλαίσιο αλουμινίου
- Ονομαστική ισχύς: 280 Wp (ανοχές +/- 5 %)
- Τάση ανοιχτού κυκλώματος /  $M_{pp}$ : 35,3 V / 28,7 V
- Ρεύμα βραχυκύκλωσης /  $M_{pp}$ : 8,24 A / 7,65 A
- Συντελεστής θερμοκρασίας Ισχύος  $M_{pp}$ : -0,48 %/ K
- Διαστάσεις / Βάρος: 1660 x 990 x 50 mm / 21 kgf
- Κατασκευή panel: Κίνα
- Πιστοποιήσεις: IEC 61215 και IEC61730, CE
- Εγγύηση προϊόντος: 5 έτη
- Εγγύηση ισχύος: 90% της ονομαστικής ισχύος στα 10 έτη και 80 % στα 25 έτη



### 4.1.3 Σύστημα στήριξης

Τα συστήματα στήριξης (Schletter FS) θα είναι εξ ολοκλήρου κατασκευασμένα από αλουμίνιο, για την καλύτερη αντιδιαβρωτική προστασία της όλης κατασκευής. Η στήριξη του κάθε συστήματος επί του εδάφους θα γίνει με τη βοήθεια πασσάλων από γαλβανισμένο χάλυβα, οι οποίοι θα τοποθετηθούν εντός του εδάφους με τη βοήθεια κατάλληλου μηχανήματος έμπηξης (ramming machine).

Το σύστημα στήριξης FS προσαρμόζεται, επί τόπου, κατά τη συναρμολόγησή του, ώστε να παρακολουθεί το ανάγλυφο του εδάφους, εξασφαλίζοντας τον βέλτιστο σταθερό προσανατολισμό για το σύνολο των φωτοβολταϊκών panel, χωρίς να απαιτείται η εκτέλεση εκτεταμένων χωματουργικών εργασιών εξομάλυνσης.

Το σύστημα θεμελιώνεται εύκολα και γρήγορα με την έμπηξη πασσάλων, την οποία πραγματοποιεί ειδικό μηχάνημα. Ειδική πρόνοια έχει ληφθεί, για τη διάνοιξη οπών και η χρήση σκυροδέματος.

Η προμελέτη στην οποία στηρίχθηκε το έργο έκανε χρήση συστήματος FS2V, ικανού να φέρει 30 panel. Ο τύπος του συστήματος που θα χρησιμοποιηθεί τελικά θα προσδιοριστεί κατά τη φάση της Μελέτης Εφαρμογής

Για τον προσδιορισμό της ακριβούς μορφής των συστημάτων στήριξης πρέπει να εκπονηθεί στατική μελέτη (κατά Eurocode), με βάση τα ανεμολογικά στοιχεία και τα στοιχεία χιονόπτωσης της περιοχής εγκατάστασης. Η μελέτη αυτή θα λάβει υπόψη της επίσης, τα αποτελέσματα δοκιμών έμπηξης, κατά τη διάρκεια των οποίων θα μετρηθούν τα αποτελέσματα οριζόντιας και κατακόρυφης καταπόνησης και ληφθούν δείγματα του εδάφους σε διάφορα βάθη.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του χρησιμοποιούμενου συστήματος FS είναι τα εξής:

- Σύστημα FS2V για 30 (2x15) panel σε διάταξη portrait (οι ακριβείς διαστάσεις των δομικών του στοιχείων εξαρτώνται και θα προσδιοριστούν από τις τοπικές συνθήκες)
- Πάσσαλοι θεμελίωσης διαθέσιμοι σε έξι μεγέθη (το κατάλληλο μέγεθος θα προσδιοριστεί μετά την πραγματοποίηση αυτοψίας και γεωτεχνικής μελέτης)
- Μεγάλη ευκολία πρόσβασης για καθαρισμό του υποκείμενου έδαφος
- Εγγύηση προϊόντος: 10 έτη
- Ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης (maintenance-free) και δυνατότητα επέκτασης της εγγύησης στα 20 έτη
- Χώρα κατασκευής: Γερμανία

#### 4.1.4 Inverter

Η μετατροπή του συνεχούς ρεύματος (DC) που παράγουν τα φωτοβολταϊκά panel σε εναλλασσόμενο (AC), κατάλληλο για την τροφοδότηση της Μέσης Τάσης του Δικτύου, θα πραγματοποιείται από συνδυασμό μονοφασικών inverter στοιχειοσειράς (string inverter) του οίκου SMA.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του SMA Sunny Mini Central 11000TL, ο οποίος χρησιμοποιείται στην παρούσα προσφορά, είναι τα εξής:

- Μέγιστος συντελεστής απόδοσης (κατά IEC61683): 98 %
- Ευρωπαϊκός συντελεστής απόδοσης: 97,6 %
- Διαστάσεις / βάρος: 468 x 613 x 242 mm / 35 kg
- Κατάλληλος για υπαίθρια τοποθέτηση (κατηγορία προστασίας IP 65)
- Θερμοκρασία λειτουργίας: -25 έως +60 °C
- Ονομαστική AC ισχύς / τάση εξόδου: 11000 W
- Συχνότητα δικτύου: 50 τ 60 Hz
- Διακόπτες ισχύος DC: ενσωματωμένος
- Θύρες επικοινωνίας: RS485
- Χώρα κατασκευής: Γερμανία
- Εγγύηση προϊόντος: 5 έτη

Οι inverter ικανοποιούν όλες τις απαιτήσεις ασφαλείας σύμφωνα με τον «Οδηγό Σύνδεσης Φωτοβολταϊκών Σταθμών στο Δίκτυο Μέσης Τάσης» της ΔΕΗ. Για την προστασία κατά του φαινομένου της νησιδοποίησης (islanding) οι inverter εναρμονίζονται με το πρότυπο DIN VDE 0126-1-1 (2.06).

Ο συγκεκριμένος τύπος inverter μπορεί να αντικατασταθεί από ισοδύναμο κατά τη φάση της Μελέτης Εφαρμογής.

#### 4.1.5 Καλωδιώσεις

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ θα συνδεθούν εν σειρά, ανά 30 για τη δημιουργία συνολικά 410 string. Τα string θα οδηγηθούν, με τη βοήθεια καλωδίων (διατομής 6mm<sup>2</sup>), σε πίνακα DC. Τα καλώδια έχουν υψηλή αντοχή στην υπεριώδη (UV) ακτινοβολία, την υγρασία και ακραίες θερμοκρασιακές συνθήκες (- 40 / + 120 °C), χαρακτηρίζονται δε από μικρό βάρος, ευκαμψία και ευκολία τοποθέτησης, καθώς και υψηλή πυραντίσταση και χαμηλή τοξικότητα σε περίπτωση φωτιάς.

Ο πίνακας DC θα περιλαμβάνει κυκλώματα διασύνδεσης καθένα από τα οποία θα προστατεύεται από υπέρταση με κατάλληλη διάταξη απαγωγής υπερτάσεων (surge arrester του οίκου Propster) και θα τροφοδοτήσει ένα inverter. Σε κάθε κύκλωμα διασύνδεσης θα παραλληλιστούν 2 ή 3 string των 15 panel.

Οι 314 inverter, ανά 3, θα τροφοδοτούν τις 3 φάσεις του δικτύου της ΔΕΗ μέσω του Γενικού Πίνακα AC της εγκατάστασης. Ο πίνακας αυτός θα διαθέτει κατάλληλη διάταξη απαγωγής υπερτάσεων (τριφασικό) και τριφασική αναχώρηση για τον πίνακα καταναλώσεων.

#### 4.1.6 Διασύνδεση με το δίκτυο

Στην παρούσα μελέτη περιλαμβάνεται η σύνδεση του Φωτοβολταϊκού Σταθμού με το Δίκτυο Μέσης Τάσης, στο όριο του γηπέδου.

#### 4.1.7 Σύστημα τηλεμετρίας και τηλε-ελέγχου

Η λειτουργία του σταθμού των 3.45 MWp θα επιτηρείται από ελεγκτή (controller) του γερμανικού οίκου SMA (Sunny WebBox). Ο controller θα λαμβάνει μέσω καλωδίων, όλα τα δεδομένα από τους inverter καθώς και από τους αισθητήριες ακτινοβολίας και θερμοκρασίας και θα τα αποστέλλει, μέσω ασύρματου modem, σε απομακρυσμένο υπολογιστή. Από τον υπολογιστή αυτό παρατηρείται και καταγράφεται η λειτουργία της εγκατάστασης, τυχόν ανωμαλίες και σφάλματα της, ενώ παρέχεται και η δυνατότητα ρύθμισης του controller και, συνεπώς, των inverter. Το λογισμικό του controller επιτρέπει, επίσης, την αποθήκευση και μετάδοση δεδομένων για την ανασκόπηση της αποδοτικότητας της Γεννήτριας.

#### 4.1.8 Γειώσεις - Αντικεραυνική προστασία

Τα διαδοχικά συστήματα στήριξης κάθε σειράς (διεύθυνση ανατολή-δύση) θα διασυνδεθούν με τη βοήθεια αγωγού αλουμινίου, για την επίτευξη ομοιόμορφου δυναμικού. Η ομογενοποίηση του δυναμικού διαδοχικών σειρών των συστημάτων στήριξης θα επιτευχθεί με τη σύνδεση ενός συστήματος κάθε σειράς με αμόνωτο αγωγό επικασσιτερωμένου χαλκού, ο οποίος θα διατρέχει ενταφιασμένος το χώρο των συστοιχιών, με διεύθυνσή βορρά-νότου, και ο οποίος θα καταλήγει σε τρίγωνο γείωσης.

Η προστασία της εγκατάστασης έναντι αμέσου πλήγματος από κεραυνό θα εξασφαλιστεί από αλεξικέραυνο ιονισμού το οποίο θα τοποθετηθεί επί ιστού ύψους 7,5m και του οποίου ο αγωγός καθόδου γειώθηκε άμεσα. Το αλεξικέραυνο θα τοποθετηθεί κεντροβαρικά στο βόρειο άκρο του γηπέδου.

#### 4.1.9 Σύνοψη αντικειμένου / Προμέτρηση [56]

Ο βασικός εξοπλισμός που περιλαμβάνεται στην παρούσα προσφορά συνοψίζεται στον παρακάτω πίνακα:

No	ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΗΣ / ΤΥΠΟΣ		ΤΕΜ./Μ
1	Φωτοβολταϊκό Πλαίσιο	Suntech STP280-24/Vb Φ/Β πλαίσιο c-Si 280Watt	12246
2	Σύστημα στήριξης	<b>Schletter FS2V</b>	525
3	Inverter	<b>SMA SMC11000TL</b> Μετατροπέας στοιχειοσειράς 10.000W	314
		<b>SMA Sunny Web Box (GSM/GPRS)</b> Ελεγκτής με θύρα RS485 και θύρα Ethernet	2
4	Σύστημα Τηλεμετρίας	<b>SMA Sunny SensorBox</b> Αισθητήρας Ακτινοβολίας/Θερμοκρασίας φωτοβολταϊκού πλαισίου	2
		<b>Γενικός Πίνακας DC</b> Με αντικεραυνική προστασία (9x PHYD 806)	1
6	Καλώδια DC και σύνδεσμοι	<b>Καλώδια Solar Studer 1x6mm<sup>2</sup></b> (UV-resistant, 1000VDC rated, halogen-free)	140.000
		Σύνδεσμοι Lumberg απλοί	2800
7	Καλώδια AC και Επικοινωνίας	Καλώδιο NYYO 3x10mm <sup>2</sup>	2000
		Καλώδιο NYYO 3x120mm <sup>2</sup> + <b>70mm<sup>2</sup>+70mm<sup>2</sup></b>	2000
		Καλώδιο RS485 Unitronic Li2YCYn (TP) 2x2x0.22	3500
8	Πίνακας AC	<b>Γενικός Πίνακας AC</b> Με 3φασικό αντικεραυνικό (PHMS 280 3+1)	1

## 4.2 Εισαγωγή για Υπολογιστικό Εργαλείο (Υ/Ε)

Το υπολογιστικό εργαλείο, με το οποίο πραγματοποιείται η παρούσα μελέτη, στηρίζεται στη μεθοδολογία που παρουσιάστηκε. Η γενική δομή είναι:

- ☞ Καθορισμός δεδομένων
- ☞ Ενδιάμεσοι υπολογισμοί
- ☞ Υπολογισμός τελικών μεγεθών και δεικτών

Συγκεκριμένα, για την αξιολόγηση οικονομικών μεγεθών (κόστη, στοιχεία για την απασχόληση) θεωρείται η περίπτωση του φωτοβολταϊκού πάρκου, από το οποίο έχουμε πραγματικά δεδομένα που έχουν προκύψει μέσω ερωτηματολογίου. Η ανάλυση εφαρμόζεται για το συγκεκριμένο πάρκο ενώ πραγματοποιείται παράλληλη ανάλυση του Ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος με σκοπό την τροφοδότηση του κυρίως προγράμματος με ενεργειακά δεδομένα. Το πρόγραμμα παρουσιάζεται αναλυτικά στη συνέχεια.

### 4.2.1 Αρχικά δεδομένα (Υ/Ε)

Αφορούν στην παρουσίαση γενικών δεδομένων, όπως η ονομαστική ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου και ο αριθμός των δομοστοιχείων που περιλαμβάνει, η συνολική επένδυση και η επιχορήγηση, ο χρονικός ορίζοντας της επένδυσης και τέλος το επιτόκιο προεξόφλησης.

### 4.2.2 Δεδομένα φωτοβολταϊκού πάρκου

Τα δεδομένα του φωτοβολταϊκού πάρκου παρουσιάζονται σε τρεις φάσεις. Τη φάση Κατασκευής, τη φάση Εγκατάστασης και τη φάση Συντήρησης και Λειτουργίας. Ο διαχωρισμός γίνεται γιατί οι τρεις αυτές φάσεις διαφέρουν ως προς τη χρονική στιγμή που πραγματοποιούνται, αλλά και την χρονική διάρκειά τους.

Αρχικά, σε κάθε φάση και για κάθε επιμέρους δραστηριότητα δίνονται το κόστος, το ποσοστό της ελληνικής συμμετοχής, στοιχεία απασχόλησης και χρονική διάρκεια. Στο κόστος συμπεριλαμβάνεται το κόστος εξοπλισμού και τα εργατικά. Το ποσοστό της

ελληνικής συμμετοχής δείχνει την προστιθέμενη αξία που δημιουργείται από την συγκεκριμένη εργασία. Τα στοιχεία απασχόλησης περιλαμβάνουν τον αριθμό ατόμων που απασχολούνται σε κάθε εργασία, την ειδίκευση τους (Μηχανικοί, Χειριστές Μηχανημάτων, Τεχνίτες, Ανειδίκευτοι εργάτες) και το χρόνο απασχόλησης τους. Αυτά τα στοιχεία έχουν προκύψει από την επεξεργασία των ερωτηματολογίων.

Οι δραστηριότητες κατά την κατασκευή και εγκατάσταση πραγματοποιούνται στο αρχικό στάδιο της επένδυσης, ενώ η φάση συντήρησης και λειτουργίας εκτείνεται σε όλη τη διάρκεια ζωής του φωτοβολταϊκού πάρκου. Τα στοιχεία που αφορούν τη φάση συντήρησης και λειτουργίας αναφέρονται σε ετήσια βάση.

Οι εργασίες που περιλαμβάνονται σε κάθε φάση και ο εξοπλισμός που απαιτείται φαίνονται αναλυτικά παρακάτω:

#### ⊕ Φάση κατασκευής εξοπλισμού

##### ☞ Κατασκευή εξοπλισμού φωτοβολταϊκού Πάρκου

- Κατασκευή εξοπλισμού εξωτερικού δικτύου
- Εξοπλισμός Θεμελίωσης και υλικά για την κατασκευή
- Κατασκευή εξοπλισμού Ηλεκτρικής Διασύνδεσης
- Κατασκευή Εσωτερικού Δικτύου (υπόγειο, υπέργειο)
- Κατασκευή Μετασχηματιστή Μέσης Τάσης

#### ⊕ Φάση εγκατάστασης

##### ☞ Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού Πάρκου

- Γη (ενοικίαση).
- Οδοποιία και (χωματουργικά).
- Μετρήσεις Ηλιακού Δυναμικού
- Υποσταθμός-Εξωτερικό Δίκτυο
- Control Room

##### ☞ Εργασίες Θεμελίωσης

- Εκσκαφή, Διαμόρφωση Πλατείας
- Μπετόν Καθαριότητας

- Σύστημα στήριξης
- Γείωση
- Οπλισμός Βάσης, Σίδερα
- Μπετόν
- ☞ Μεταφορά εξοπλισμοί μέχρι το φωτοβολταϊκού Πάρκο
- ☞ Τοποθέτηση δομοστοιχείων
- ☞ Εγκατάσταση Ηλεκτρικής Διασύνδεσης
  - Εσωτερικό Δίκτυο (υπόγειο, υπέργειο)
  - Μετασχηματιστής Μέσης Τάσης
  - Σύστημα Επικοινωνίας(καλώδιο-Control Room)
- ☞ Δοκιμαστική θέση σε λειτουργία
- ⊕ Φάση συντήρησης και λειτουργίας

Κατά τη φάση συντήρησης και λειτουργίας η απασχόληση που δημιουργείται έχει μόνιμο χαρακτήρα, οπότε λαμβάνεται υπόψη η δημιουργία έμμεσης εργασίας .

Με βάση τα παραπάνω γίνονται υπολογισμοί που δίνουν τα συνολικά δεδομένα ανά φάση. Συγκεκριμένα:

- ⊕ Φάση κατασκευής εξοπλισμού.
  - ☞ Ποσοστό Ελληνικής Συμμετοχής στην Κατασκευή του Εξοπλισμού
  - ☞ Ανθρωποχρόνια μηχανικών κατά την κατασκευή
  - ☞ Ανθρωποχρόνια τεχνιτών κατά την κατασκευή
  - ☞ Συνολική απασχόληση κατά την κατασκευή (ανθρωποχρόνια)
- ⊕ Φάση εγκατάστασης



- ☞ Συνολικό κόστος εγκατάστασης
- ☞ Ποσοστό Ελληνικής Συμμετοχής στην εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού Πάρκου
- ☞ Ανθρωποχρόνια μηχανικών κατά την εγκατάσταση
- ☞ Ανθρωποχρόνια χειριστών μηχανημάτων κατά την εγκατάσταση
- ☞ Ανθρωποχρόνια τεχνιτών κατά την εγκατάσταση
- ☞ Ανθρωποχρόνια ανειδίκευτων εργατών κατά την εγκατάσταση
- ☞ Συνολική απασχόληση κατά την εγκατάσταση (ανθρωποχρόνια)
- ⊕ Φάση συντήρησης και λειτουργίας
  - ☞ Κόστος συντήρησης και λειτουργίας (€/ έτος)
  - ☞ Παρούσα Αξία κόστους συντήρησης και λειτουργίας (€)
  - ☞ Ποσοστό Ελληνικής Συμμετοχής κατά την συντήρηση και λειτουργία
  - ☞ Μόνιμες θέσεις εργασίας που δημιουργούνται (άμεσες)
  - ☞ Άμεσες και έμμεσες θέσεις
  - ☞ Συνολική απασχόληση ανά έτος λειτουργίας (ανθρωποχρόνια)

#### 4.2.3. Ενεργειακά δεδομένα φωτοβολταϊκού πάρκου

Με βάση την ανάλυση του ελληνικού ενεργειακού συστήματος υπολογίζονται η παραγόμενη ανανεώσιμη ενέργεια σε kWh αναλυτικά για το διασυνδεδεμένο σύστημα. Στη συνέχεια για τον υπολογισμό της ενέργειας που θα υποκατασταθεί έγινε η παραδοχή ότι οι απώλειες λόγω μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του δικτύου από το σημείο παραγωγής στον καταναλωτή είναι οι ίδιες στη συμβατική ηλεκτροπαραγωγή με την παραγωγή ενέργειας από τα φωτοβολταϊκού πάρκα, οπότε θεωρούμε ότι όση ενέργεια παράγεται από το φωτοβολταϊκό πάρκο, τόση συμβατική υποκαθίσταται .[47].[54]

Επιπλέον χρησιμοποιώντας στοιχεία από τη ΔΕΗ και άλλες σχετικές εργασίες υπολογίστηκε η μέση τιμή του υποκαθιστάμενου καυσίμου για κάθε σύστημα παραγωγής λαμβάνοντας υπόψη την κατανάλωση καυσίμου, τις μονάδες (λιγνιτικές,

πετρελαϊκές και φυσικού αερίου) του κάθε συστήματος καθώς και το ποσοστό συμμετοχής της κάθε μονάδας στην ηλεκτροπαραγωγή.

Για τον υπολογισμό της παραγόμενης ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά πάρκα, θεωρήθηκε συντελεστής εκμεταλλευσιμότητας ίσος με 15%. Στο μη διασυνδεδεμένο δίκτυο θα έπρεπε να ληφθεί υπόψη το θέμα της απόρριψης ισχύος.

#### 4.2.4 Κοινωνικά δεδομένα

Στα κοινωνικά δεδομένα περιλαμβάνονται:

- ☞ Ετήσιος αριθμός ωρών εργασίας στη χώρα
- ☞ Φόροι εισοδήματος
- ☞ Μέσο μήκος ανεργίας
- ☞ Μέσο επίδομα ανεργίας σε σχέση με τον καθαρό μισθό
- ☞ Μέσος ετήσιος καθαρός μισθός
- ☞ Φόρος προστιθέμενης αξίας (ΦΠΑ)

Επιπλέον καθορίζονται ο καθαρός και μικτός μισθός αναλυτικά ανάλογα με την ειδικότητα του μηχανικού, του χειριστή μηχανημάτων, του τεχνίτη και του ανειδίκευτου εργάτη.

#### 4.2.5. Περιβαλλοντικά δεδομένα

Στο σημείο αυτό υπολογίζονται οι εκπομπές ρύπων ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$ ) για το Διασυνδεδεμένο σύστημα, ανά παραγόμενη kWh, ώστε σε επόμενο στάδιο να μπορούν να υπολογιστούν οι ρύποι που αποφεύγονται από την υποκατάσταση ενέργειας. Επιπλέον δίνονται και τα εξωτερικά κόστη για κάθε έναν από τους παραπάνω ρύπους και αναλυτικά στα συστήματα παραγωγής τόσο ανά MW όσο και ανά GWh. Ενδεικτικά αναφέρονται και τα συνολικά εξωτερικά κόστη από την αποφυγή των εκπομπών.[34].[50]

#### 4.2.6 Συντελεστής αναγωγής σε παρούσα αξία

Η αναγωγή των μεγεθών σε παρούσα αξία, όπου αυτό είναι απαραίτητο σύμφωνα με ότι έχει αναφερθεί στην περιγραφή της μεθοδολογίας γίνεται με τον παρακάτω τύπο:

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

όπου: C είναι το μέγεθος προς αναγωγή

i το επιτόκιο αναγωγής, στην παρούσα μελέτη  $i = 5\%$

t η περίοδος προεξόφλησης

n η χρονική περίοδος, στην παρούσα μελέτη  $n = 20$  χρόνια

#### 4.2.7 Ενδιάμεσοι υπολογισμοί

Οι ενδιάμεσοι υπολογισμοί αναφέρονται στον υπολογισμό μεγεθών που εμπεριέχονται στους τελικούς δείκτες. Συνίστανται στον υπολογισμό της προστιθέμενης αξίας, των καθαρών και μικτών εισοδημάτων, των δημόσιων εισφορών και τέλος των ετήσιων εκπομπών CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> που αποφεύγονται. Τα παραπάνω υπολογίζονται αναλυτικά για κάθε φάση (κατασκευή, εγκατάσταση, συντήρηση και λειτουργία) εκτός από τις ετήσιες εκπομπές που υπολογίζονται αναλυτικά.

Αναλυτικότερα η προστιθέμενη αξία υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\left( \begin{array}{c} \text{καθαρή} \\ \text{προστιθέμενη} \\ \text{αξία} \end{array} \right) = \frac{\left[ (\text{κόστος εξοπλισμού}) \times \left( \begin{array}{c} \text{ποσοστό} \\ \text{ελληνικής} \\ \text{συμμετοχής} \end{array} \right) \right] - [\text{μικτά εισοδήματα}]}{1 + (\text{Φ.Π.Α.})}$$

Στον παραπάνω τύπο με τον όρο «καθαρή» εννοούμε την προστιθέμενη αξία χωρίς τους φόρους. Ο τύπος είναι ο ίδιος για κάθε φάση με τη διαφορά ότι κάθε φορά

χρησιμοποιούνται τα στοιχεία (κόστος εξοπλισμού, ποσοστό ελληνικής συμμετοχής, εισοδήματα) που αφορούν στην κάθε φάση.

Τα καθαρά εισοδήματα υπολογίζονται κατά αντιστοιχία από τον παρακάτω τύπο για τις τρεις φάσεις κατασκευής, εγκατάστασης και λειτουργίας και συντήρησης:

$$\left( \begin{array}{c} \text{καθαρά} \\ \text{εισοδήματα} \end{array} \right) \equiv \sum_i \sum_j \left( \begin{array}{c} \text{αριθμός} \\ \text{ατόμων} \end{array} \right)_j \times \left( \begin{array}{c} \text{χρόνος} \\ \text{απασχόλησης} \end{array} \right)_j \times \left( \begin{array}{c} \text{καθαρός} \\ \text{μισθός} \end{array} \right)_j$$

όπου i: κάθε επιμέρους εργασία της συγκεκριμένης φάσης

j: μηχανικοί, χειριστές μηχανημάτων, τεχνίτες, ανειδίκευτοι εργάτες

Για τον υπολογισμό των μικτών εισοδημάτων χρησιμοποιείται ο ίδιος τύπος με την διαφορά ότι αντί του καθαρού χρησιμοποιείται ο μικτός μισθός

Οι δημόσιες εισφορές υπολογίζονται από τον τύπο:

$$\left( \begin{array}{c} \text{δημόσιες} \\ \text{εισφορές} \end{array} \right) \equiv \left( \sum_i \left( \begin{array}{c} \text{καθαρά} \\ \text{εισοδήματα} \end{array} \right) \right) \times \left[ \left( \begin{array}{c} \text{φόρος} \\ \text{εισοδήματος} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{κοινωνικές} \\ \text{εισφορές} \end{array} \right) \right]$$

όπου i: φάση κατασκευής, εγκατάστασης, συντήρησης και λειτουργίας

Οι ετήσιες εκπομπές ρύπων υπολογίζονται ξεχωριστά για κάθε ρύπο (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>) από τον τύπο:

$$\left( \begin{array}{c} \text{ετήσια} \\ \text{εκπομπή} \\ \text{ρύπου} \end{array} \right)_i \equiv \left( \begin{array}{c} \text{εκπομπή} \\ \text{ρύπου (tn/kWh)} \end{array} \right) \times \left( \begin{array}{c} \text{υποκαθιστώμενη} \\ \text{ενέργεια (kWh/έτος)} \end{array} \right)$$

όπου i: η τιμή για το διασυνδεδεμένο σύστημα.

#### 4.2.8 Υπολογισμός δεικτών

Στο στάδιο αυτό γίνεται ο υπολογισμός κάποιων μεγεθών, ανάλυση κόστους-οφέλους και προκύπτουν οι τελικοί δείκτες. Οι δείκτες που έχουν επιλεγεί είναι ο λόγος του οφέλους – κόστους για την εθνική οικονομία, για την κοινωνία και για των ιδιώτη επενδυτή. Παράλληλα προκύπτει ο χρόνος αποπληρωμής της επιχορήγησης, και το δημόσιο κόστος για τη δημιουργία εργασίας.

Στην παρούσα εργασία υπολογίζονται οι οικονομικοί δείκτες, ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης (διεθνώς αναφέρεται ως Internal Rate of Return – IRR), και η Καθαρά Παρούσα Αξία (Net Present Value), ο λόγος οφέλους – κόστους (Benefit / Cost Ratio).

Βέβαια, για την ανάλυση των επενδύσεων στον τομέα της ενέργειας είναι απαραίτητος και ο συνυπολογισμός της αβεβαιότητας της συμπεριφοράς της επένδυσης. Γι' αυτό το λόγο κρίνεται σκόπιμη η χρήση της ανάλυσης ευαισθησίας για τους διάφορους δείκτες οικονομικής συμπεριφοράς σε ορισμένες εκ των περιπτώσεων.

Για να υπολογιστούν οι οικονομικοί δείκτες, που αποτελούν κριτήρια για τη βιωσιμότητα των επενδυτικών προσπαθειών, θα πρέπει να εκτιμηθούν ορισμένα χρηματοοικονομικά μεγέθη, τα οποία και παρατίθενται στον Πίνακα 4.1. Τα μεγέθη αυτά προέκυψαν έπειτα από παρακολούθηση παρόμοιων περιπτώσεων επένδυσης σε φωτοβολταϊκά συστήματα στο εξωτερικό, καθώς και από έρευνα σε χρηματοπιστωτικά ιδρύματα της χώρας.

Παράλληλα, έγινε χρήση των διατάξεων των Νόμων 3468 / 2006, 3299 / 2004, 3522 / 2006 και της Κοινής Υπουργικής Απόφασης της 5<sup>ης</sup> Ιουλίου περί της τιμολόγησης της ηλεκτρικής kWh από Φ/Β συστήματα, της δημόσιας επιδότησης των επενδύσεων στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και του ελάχιστου ποσοστού της ίδιας συμμετοχής στην επένδυση. Μετά την εκτίμηση των συγκεκριμένων μεγεθών, έπεται ο υπολογισμός των οικονομικών δεικτών που αποτελούν κριτήρια για τη βιωσιμότητα των επενδύσεων.

Πίνακας 4.1: Εκτιμηθέντα χρηματοοικονομικά μεγέθη για επενδύσεις στα Φ/Β συστήματα

Ρυθμός αύξησης τιμών ενέργειας	2,4 %
Πληθωρισμός	3 %
Επιτόκιο αναγωγής	9 %
Χρόνος ζωής επένδυσης	20 έτη
Επιτόκιο δανεισμού	7 %
Χρόνος αποπληρωμής δανείου	10 έτη
Φορολόγηση επί των κερδών	25 %
Αποσβησθέντα στοιχεία	H/M εξοπλισμός (εκτός της επιδότησης)
Περίοδος απόσβεσης	10 έτη

- *Καθαρά Παρούσα Αξία*

Με την Καθαρά Παρούσα Αξία ανάγονται όλες οι ετήσιες χρηματοροές στην αρχή του πρώτου έτους λειτουργίας του ενεργειακού συστήματος. Η Καθαρά Παρούσα Αξία δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:  $NPV = -C_{in} + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1+d)^t} + \frac{SV_N}{(1+d)^N}$ , όπου:  $C_{in}$ : η αρχική επένδυση,  $F_t$ : το ετήσιο καθαρό όφελος,  $N$ : ο κύκλος ζωής της επένδυσης,  $d$ : το επιτόκιο αναγωγής ή προεξόφλησης,  $SV_N$ : η απομένουσα αξία της επένδυσης στο τέλος του κύκλου ζωής της.

Με τη χρήση της μεθόδου της Καθαρής Παρούσας Αξίας αξιολογείται η αποδοτικότητα της επένδυσης. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, αν η Καθαρά Παρούσα Αξία προκύπτει θετική, τότε η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα και η πραγματοποίησή της εγκρίνεται, καθώς η απόδοσή της προκύπτει μεγαλύτερη από το επιτόκιο προεξόφλησης. Στην αντίθετη περίπτωση, αν η Καθαρά Παρούσα Αξία προκύπτει αρνητική, τότε η πραγματοποίηση της επένδυσης απορρίπτεται. Στην περίπτωση που η τιμή της κυμαίνεται γύρω από το μηδέν, τότε εξετάζονται και άλλες παράμετροι της επένδυσης μέσω της ανάλυσης ευαισθησίας.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να οριστεί το ετήσιο καθαρό όφελος, το οποίο δίνεται από την ακόλουθη σχέση:  $F_t = f_t - A_L - \phi \cdot f_{\phi\tau}$ , όπου:  $f_t$ : το ετήσιο λειτουργικό όφελος,  $A_L$ : η ετήσια δόση αποπληρωμής του δανείου,  $\phi$ : η φορολογική κλίμακα της επένδυσης,  $f_{\phi\tau}$ : τα ετήσια φορολογητέα κέρδη. Το ετήσιο λειτουργικό όφελος δίνεται

από την σχέση:  $f_t = (K_\eta - \Delta)_t$ , όπου:  $K_\eta$ : η αξία της παραγόμενης ενέργειας από το Φ/Β σύστημα,  $\Delta$ : το κόστος δαπανών και συντήρησης του συστήματος. Στην περίπτωση που κάποιο μέγεθος αυξάνεται διαχρονικά με κάποιο ετήσιο ρυθμό, είτε αυτός καλείται γενικός δείκτης πληθωρισμού είτε αύξηση τιμών ενεργειακών προϊόντων, τότε το ύψος του μεγέθους για το έτος  $t$  δίνεται από την σχέση:  $k_t = k \cdot (1+i)^t$ , όπου:  $k$ : αρχική τιμή του μεγέθους,  $i$ : ετήσιος δείκτης αύξησης τιμών. Η

ετήσια δόση αποπληρωμής του δανείου είναι ίση με:  $A_L = L \cdot \frac{r \cdot (1+r)^{N_L}}{(1+r)^{N_L} - 1}$ , όπου:  $r$ : το

επιτόκιο δανεισμού και  $N_L$ : η περίοδος αποπληρωμής του δανείου. Τα φορολογητέα κέρδη της επένδυσης προκύπτουν από τον ακόλουθο τύπο:  $f_{\phi\tau} = f_t - A - I_{L,t}$ , όπου:  $A$ : οι λογιστικές αποσβέσεις και  $I_{L,t}$ : οι τόκοι του δανείου κατά το έτος  $t$ .

Τα μεγέθη που υπολογίζονται είναι τα δημόσια οφέλη, το κόστος καυσίμου υποκαθιστάμενης ενέργειας, το όφελος από την παραγωγή της ενέργειας, το κόστος επένδυσης, το κόστος συντήρησης και λειτουργίας, τα εξωτερικά κόστη από την αποφυγή των εκπομπών, δημιουργούμενη απασχόληση, καθαρά εισοδήματα και καθαρή προστιθέμενη αξία. Επίσης υπολογίζονται οι συνέπειες που προκαλούνται από την μείωση της λειτουργίας των συμβατικών σταθμών και αφορούν τις απώλειες σε δημόσια οφέλη, τις απώλειες σε απασχόληση και τις απώλειες σε καθαρά εισοδήματα.

### 4.3 Τυπολόγιο εύρεσης μεγεθών-δεικτών

#### 4.3.0 Ορισμός δεικτών οφέλους-κόστους

Στόχος της παρούσας προσέγγισης είναι να αποτιμήσει την αποδοτικότητα του έργου εισάγοντας, παράλληλα με την αξιολόγηση με ιδιωτικά κριτήρια, την οπτική γωνία της εθνικής οικονομίας και της κοινωνίας.

Στα πλαίσια αυτής της προσπάθειας επιλέγεται η ανάλυση κόστους – οφέλους [European Commission (1996), Snell M. (1997)], και ο δείκτης:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{όφελος}}{\text{κόστος}}$$

Ο παραπάνω λόγος ορίζεται με διαφορετικό τρόπο, αφού μεταβάλλονται τα προσμετρούμενα οφέλη και κόστη ανάλογα με την οπτική γωνία και τον αποφασίζοντα. Επίσης, επισημαίνεται η ανάγκη αναγωγής σε κοινή χρονική βάση (παρούσα αξία) των διαφόρων όρων που περιλαμβάνει το όφελος και το κόστος, ώστε οι χρηματικές μονάδες να είναι άμεσα συγκρίσιμες. Θεωρητικά, η τιμή του παραπάνω λόγου συγκρίνεται με τη μονάδα και κρίνεται η αποδοτικότητα του σχεδίου.

#### 4.3.1 Λόγος οφέλους-κόστους για την εθνική οικονομία

Ο τύπος, από τον οποίο υπολογίζεται ο λόγος οφέλους – κόστους για την εθνική οικονομία έχει την παρακάτω μορφή:

$$\left( \begin{array}{c} \text{λόγος} \\ \text{οφέλους} \\ \text{κόστους} \end{array} \right) = \frac{\left( \begin{array}{c} \text{Συνολικά} \\ \text{δημόσια} \\ \text{οφέλη} \end{array} \right) - \left( \begin{array}{c} \text{απώλειες} \\ \text{δημοσίων} \\ \text{οφελών} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{κόστος} \\ \text{υποκαθιστάμενου} \\ \text{καυσίμου} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{όφελος από} \\ \text{την παραγωγή} \\ \text{ενέργειας} \end{array} \right) - \left( \begin{array}{c} \text{κόστος} \\ \text{συντήρησης} \\ \text{λειτουργίας} \end{array} \right)}{\left( \begin{array}{c} \text{κόστος επένδυσης} \end{array} \right)}$$



### ☛ Δημόσια οφέλη

Αρχικά υπολογίζονται τα καθαρά και τα μικτά εισοδήματα σε παρούσες αξίες, χρησιμοποιώντας τον συντελεστή αναγωγής που ορίστηκε παραπάνω, το κόστος επένδυσης και στη συνέχεια τα δημόσια οφέλη προκύπτουν από τον παρακάτω τύπο:

$$\begin{pmatrix} \text{Δημόσια} \\ \text{οφέλη} \end{pmatrix}_i = \begin{pmatrix} \text{καθαρά} \\ \text{εισοδήματα} \end{pmatrix}_i \times \begin{pmatrix} \text{φόρος} \\ \text{εισοδήματος} \end{pmatrix} + \left[ \begin{pmatrix} \text{συνολική} \\ \text{επένδυση} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \text{Μικτά} \\ \text{εισοδήματα} \end{pmatrix} \right] \times (\Phi\text{ΠΑ})$$

όπου  $i$ : η φάση κατασκευής, η φάση εγκατάστασης και η φάση συντήρησης και λειτουργίας

Επίσης υπολογίζονται τα επιδόματα ανεργίας που αποφεύγονται χάρις στην δημιουργία εργασίας. Ο υπολογισμός γίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\begin{pmatrix} \text{όφελος από} \\ \text{επιδόματα} \\ \text{ανεργίας} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{απασχόληση} \\ \text{κατά ττ} \\ \text{λειτουργία} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \text{μέσο} \\ \text{μήκος} \\ \text{ανεργίας} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \text{μέσο} \\ \text{επίδομα} \\ \text{ανεργίας} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \text{μέσος} \\ \text{καθαρός} \\ \text{μισθός} \end{pmatrix}$$

Τα συνολικά δημόσια οφέλη προκύπτουν, τελικά από το άθροισμα των παραπάνω, δηλαδή είναι:

$$\begin{pmatrix} \text{συνολικά} \\ \text{δημόσια} \\ \text{οφέλη} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{δημόσια} \\ \text{οφέλη} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{όφελος από} \\ \text{επιδόματα} \\ \text{ανεργίας} \end{pmatrix}$$

Για τις απώλειες στα δημόσια οφέλη υπολογίζονται αρχικά οι απώλειες σε καθαρά εισοδήματα στη συμβατική ηλεκτροπαραγωγή από τον τύπο:

$$\begin{pmatrix} \text{απώλειες} \\ \text{καθ.εισοδημάτων} \\ \text{συμβ.ηλεκτροπαραγωγής} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{απώλειες σε} \\ \text{απασχόληση στη} \\ \text{συμβ.ηλεκτροπαραγωγή} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \text{μέσος} \\ \text{ετήσιος} \\ \text{καθ.μισθός} \end{pmatrix}$$

Οι απώλειες στην απασχόληση στο συμβατικό τομέα από την υποκατάσταση συμβατικής ενέργειας έχουν υπολογιστεί κατά την ανάλυση του ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος. Στη συνέχεια υπολογίζεται η παρούσα αξία των απωλειών στα καθαρά εισοδήματα στη συμβατική ηλεκτροπαραγωγή και τέλος οι απώλειες σε δημόσια οφέλη από την υποκατάσταση ενέργειας στο συμβατικό τομέα υπολογίζονται από τον τύπο:

$$\begin{pmatrix} \text{απώλειες σε} \\ \text{δημόσια} \\ \text{οφέλη} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{απώλειες σε} \\ \text{καθ.εισοδήματα} \\ \text{συμβ.ηλεκτροπαραγωγής} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \text{φόροι} \\ \text{εισοδήματος} \end{pmatrix}$$

### Απασχόληση

Η αυξημένη προστιθέμενη αξία, συνεπάγεται αυξημένη συμβολή στην απασχόληση σε τοπικό ή εθνικό επίπεδο [ECOTEC (1999)], που σε οικονομικούς όρους περιλαμβάνει τους καθαρούς μισθούς των εργαζομένων και τους φόρους εισοδήματος που εισπράττει το κράτος.

Η δημιουργία απασχόλησης περιλαμβάνει τη δημιουργία προσωρινής απασχόλησης ή μόνιμων θέσεων εργασίας. Επιπρόσθετα, η δημιουργία μόνιμων θέσεων εργασίας σε έναν τομέα, θεωρείται ότι δημιουργεί νέα έμμεση εργασία σε άλλους τομείς και σε άλλες γεωγραφικές περιοχές. Η επίπτωση αυτή συναντάται στη βιβλιογραφία ως “spin off effect” [European Commission (1995)] και λαμβάνεται υπόψη.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, εκτός από τη δημιουργία απασχόλησης είναι πιθανό να προκαλέσει απώλειες στην απασχόληση στον συμβατικό τομέα λόγω μειωμένης λειτουργίας. Επιπρόσθετα, ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται και τον συντελεστή εγγυημένης ισχύος που προσδιορίζεται, μπορεί να θεωρηθεί ότι η επένδυση υποκαθιστά εκτός από λειτουργία συμβατικών μονάδων, περισσότερο ή λιγότερο εγκαταστάσεις συμβατικών σταθμών παραγωγής. Επομένως, η μείωση της απασχόλησης μπορεί να σχετίζεται με τη μείωση της λειτουργίας των συμβατικών σταθμών αλλά και με την αναβολή της κατασκευής νέων συμβατικών σταθμών.

### ☛ Κόστος υποκαθιστώμενου καυσίμου

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα Φ/Β πάρκα υποκαθιστά ενέργεια από συμβατικά καύσιμα. Με την υποκατάσταση ενέργειας αποφεύγεται το κόστος του καυσίμου για την παραγωγή συμβατικής ενέργειας και κατά συνέπεια δημιουργείται ένα σημαντικό οικονομικό όφελος. Το κόστος καυσίμου που υποκαθίσταται υπολογίζεται αναλυτικά από τη διαδικασία ανάλυσης και προσομοίωσης του ηλεκτρικού συστήματος. Προκύπτει για κάθε χρονικό βήμα με βάση την απαιτούμενη θερμή εφεδρεία των συμβατικών μονάδων και το σημείο φόρτισης των συμβατικών μονάδων.

Έτσι υπολογίζεται για το διασυνδεδεμένο σύστημα, καθώς και για κάθε καύσιμο (λιγνίτης, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) ξεχωριστά. Ο αναλυτικός υπολογισμός έχει γίνει στο κεφάλαιο 2.

### ☛ Όφελος από την παραγωγή ενέργειας

Η ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί ένα καταναλωτικό αγαθό. Το προτεινόμενο σύστημα αιολική ενέργειας αποσκοπεί στην παραγωγή αυτού του αγαθού. Η αποτίμηση του αγαθού της ηλεκτρικής ενέργειας σε μια ιδανική (απελευθερωμένη) αγορά θα προέκυπτε με βάση τη διάθεση του παραγωγού να πουλήσει και του καταναλωτή να αγοράσει. Στη σημερινή αγορά ηλεκτρικής ενέργειας η τιμή της kWh καθορίζεται με υπουργική απόφαση, κατόπιν πρότασης της ΔΕΗ και γνωμοδότησης της ΡΑΕ. Παλαιότερα, η ΔΕΗ λειτουργούσε ως κοινωφελής κρατικός οργανισμός, ενώ σήμερα αναζητάει το ρόλο της στην υπό διαμόρφωση απελευθερωμένη αγορά και υιοθετεί σταδιακά ιδιωτικό-οικονομικά κριτήρια. Σε κάθε περίπτωση, στα πλαίσια της αρχής της ισότητας μεταξύ των πολιτών, η χρέωση του καταναλωτή από το διασυνδεδεμένο σύστημα μέχρι και το τελευταίο αυτόνομο μη διασυνδεδεμένο νησί γίνεται με τα ίδια τιμολόγια, ανεξάρτητα από το κόστος παραγωγής της. Η πολιτική αυτή εξυπηρετεί μεταξύ άλλων και εθνικούς στόχους. Η τιμή αυτή μπορεί να θεωρηθεί μονάχα ως μια ενδεικτική τιμή αποτίμησης της ηλεκτρικής ενέργειας ως καταναλωτικό αγαθό.

Ο υπολογισμός γίνεται με βάση την παραγόμενη ενέργεια από το αιολικό πάρκο και την τιμή που αντικατοπτρίζει την αξία της παραγόμενης ενέργειας. Ο τύπος υπολογισμού είναι:

$$\left( \begin{array}{l} \text{όφελος από τη} \\ \text{παραγωγή ενέργειας} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{l} \text{παραγόμενη} \\ \text{ανανεώσιμη} \\ \text{ενέργεια} \end{array} \right) \times \left( \begin{array}{l} \text{τιμή αγοράς} \\ \text{για το} \\ \text{καταναλωτή} \end{array} \right)$$

#### ☞ Κόστος συντήρησης και λειτουργίας:

Υπολογίζονται ξεχωριστά το εγχώριο και το εισαγόμενο κόστος συντήρησης και λειτουργίας και στη συνέχεια η παρούσα αξία τους. Ο υπολογισμός γίνεται από το συνολικό κόστος συντήρησης και λειτουργίας με βάση τα ποσοστά συμμετοχής, εγχώριο και εισαγόμενο ποσοστό. Για τον υπολογισμό του εισαγόμενου κόστους συντήρησης και λειτουργίας χρησιμοποιείται η σκιώδης τιμή 1,2 όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενη παράγραφο.

☞ Κόστος επένδυσης: Περιλαμβάνει το κόστος κατασκευής του εξοπλισμού και το κόστος εγκατάστασης.

$$\left( \begin{array}{l} \text{κόστος} \\ \text{κατασκευής} \end{array} \right) = (\text{εγχώριο κόστος}) + (\text{εισαγόμενο κόστος})$$

$$\left( \begin{array}{l} \text{κόστος} \\ \text{εγκατάστασης} \end{array} \right) = (\text{εγχώριο κόστος}) + (\text{εισαγόμενο κόστος})$$

Το εισαγόμενο μέρος του κόστους επένδυσης πολλαπλασιάζεται με τη σκιώδη τιμή 1,2 σύμφωνα με όσα έχουν αναπτυχθεί στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας και υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\left( \begin{array}{l} \text{κόστος} \\ \text{επένδυσης} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{l} \text{εγχώριο κόστος} \\ \text{κατασκ. και εγκατ.} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{l} \text{εισαγόμενο κόστος} \\ \text{κατασκ και εγκατ.} \end{array} \right) \times \left( \begin{array}{l} \text{σκιώδης} \\ \text{τιμή} \end{array} \right)$$

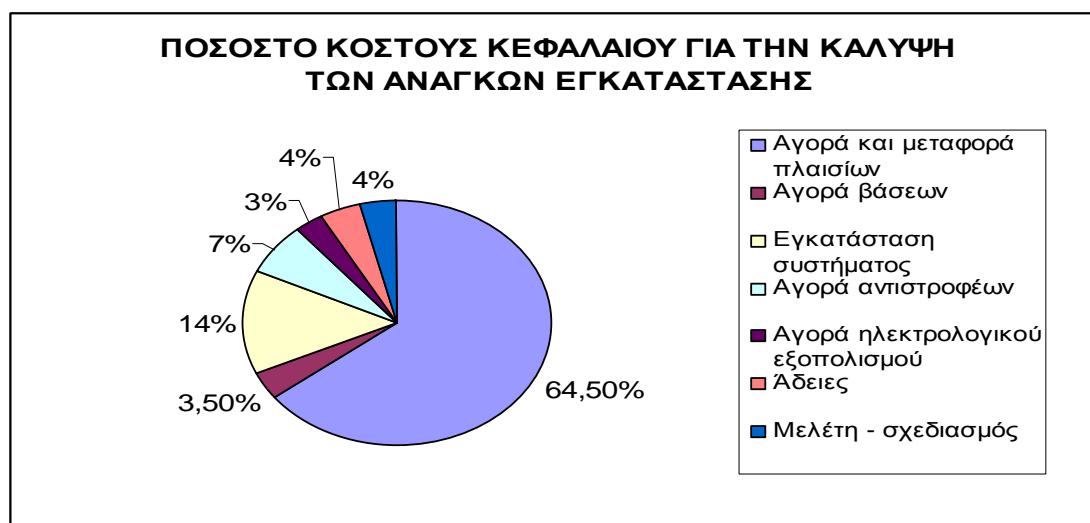
- Πραγματικά δεδομένα στην υπηρεσία της ανάλυσης κόστους

Για εκτίμηση του κόστους εγκατάστασης και του λειτουργικού κόστους της συγκεκριμένης διάταξης, ελήφθησαν δεδομένα στοιχεία της αγοράς μέσω ιστοσελίδων προμηθευτών Φ/Β συστημάτων μονοκρυσταλλικού και πολυκρυσταλλικού πυριτίου, αφού έγινε η διασταύρωση των στοιχείων με την ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία. Σύμφωνα με την Παγκόσμια Υπηρεσία Ενέργειας (International Energy Agency), το κόστος αγοράς και εγκατάστασης ενός Φ/Β συστήματος κυμαινόταν μεταξύ 4,7 και 10,3 €/ kWp στις ανεπτυγμένες χώρες το 2001. Ο στόχος για μείωση του κόστους στα 3 – 4 €/ kWp μέχρι το 2007, επετεύχθη εν μέρη, γιατί παρουσιάστηκε έλλειψη πρώτης ύλης, δηλαδή πυριτίου, από την αγορά. Σύμφωνα με τα νεότερα στοιχεία, το κόστος αγοράς ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου μονοκρυσταλλικού πυριτίου κυμαίνεται γύρω στα 2,7 €/ kWp, ενώ το αντίστοιχο του πολυκρυσταλλικού πυριτίου γύρω στα 2,5 €/ kWp. Αποτελεί δεδομένο ότι το συνολικό κόστος μιας τέτοιας επένδυσης κυμαίνεται γύρω στα 2.8 €/ kWp στη χώρα μας. Θεωρήθηκε ότι τα φωτοβολταϊκά συστήματα ακολουθούν την οικονομία κλίμακας με αποτέλεσμα τα μεγαλύτερης ισχύος να απαιτούν μικρότερο ποσό χρημάτων ανά kWp. Στον Πίνακα 4.2 εμφανίζεται το κόστος εγκατάστασης των συστημάτων στις πρωτεύουσες των διοικητικών περιφερειών τόσο για αυτά του μονοκρυσταλλικού όσο και για αυτά του πολυκρυσταλλικού πυριτίου. Εκτός από το κόστος εγκατάστασης, υπάρχει και το λειτουργικό και το περιοδικό κόστος. Στο λειτουργικό κόστος περιλαμβάνονται το κόστος συντήρησης (περίπου 1% του κόστους εγκατάστασης) και τα ασφάλιστρα (περίπου 0,3% αυτού). Στο περιοδικό κόστος περιλαμβάνεται η αντικατάσταση του inverter κάθε δεκαετία, εάν χρειαστεί. Οι συγκεκριμένες τιμές είναι ενδεικτικές του κόστους των φωτοβολταϊκών συστημάτων μονοκρυσταλλικού και πολυκρυσταλλικού πυριτίου και χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διενέργεια της οικονομικής αξιολόγησης.

Πίνακας 4.2: Κόστος εγκατάστασης Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των Διοικητικών Περιφερειών

Πόλη	Τύπος συστήματος					
	Μονοκρυσταλλικού πυριτίου			Πολυκρυσταλλικού πυριτίου		
	P = 20 kWp	P = 100 kWp	P = 1 MWp	P = 20 kWp	P = 100 kWp	P = 1 MWp
<b>Αθήνα</b>	43.000 €	282.000 €	2.663.500 €	39.500 €	264.500 €	2.485.500 €
<b>Θεσσαλονίκη</b>	45.500 €	293.000 €	2.769.000 €	42.000 €	275.500 €	2.591.000 €
<b>Ηράκλειο</b>	46.000 €	293.500 €	2.769.000 €	42.500 €	276.000 €	2.591.000 €
<b>Ιωάννινα</b>	46.500 €	298.500 €	2.821.500 €	43.000 €	280.500 €	2.643.500 €
<b>Λάρισα</b>	45.000 €	292.500 €	2.768.500 €	41.500 €	275.000 €	2.590.500 €
<b>Πάτρα</b>	44.500 €	289.500 €	2.737.000 €	41.000 €	272.000 €	2.559.000 €

Στο Σχήμα 4.1 δείχνεται το ποσοστό του κόστους κεφαλαίου που απαιτείται για την κάλυψη των αναγκαίων εργασιών για την εγκατάσταση του συστήματος. Παρατηρώντας το γράφημα, φαίνεται ότι σχεδόν το 90% του ποσού δαπανάται για την αγορά, τη μεταφορά και την εγκατάσταση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (Φ/Β πλαίσια, βάσεις, αντιστροφείς, ηλεκτρολογικός εξοπλισμός).



Σχήμα 4.1: Ποσοστό κόστους κεφαλαίου για την κάλυψη των απαιτούμενων εργασιών

### 4.3.2. Χρόνος αποπληρωμής της επιχορήγησης

Ένας συμπληρωματικός δείκτης, ιδιαίτερα χρήσιμος στους αποφασίζοντες, είναι η περίοδος αποπληρωμής της επιχορήγησης. Ο δείκτης αυτός εκφράζει τον αριθμό ετών που απαιτούνται για την ανάκτηση του ποσού της επιδότησης μέσω του αθροιστικού δημόσιου οφέλους. Αντιστρόφως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της μέγιστης επιδότησης που δύναται να δοθεί για την προώθηση μιας καινοτόμου τεχνολογίας.

### 4.3.3. Λόγος οφέλους-κόστους για την κοινωνία

Ο λόγος οφέλους - κοινωνικού κόστους υπολογίζεται όπως ο αντίστοιχος λόγος για την εθνική οικονομία με τη διαφορά ότι στο λογο αυτό προστίθενται τα συνολικά εξωτερικά κόστη από την αποφυγή των εκπομπών, δηλαδή ισχύει:

$$\left( \begin{array}{c} \text{λόγος} \\ \text{κοινωνικού} \\ \text{οφέλους} \\ \text{κόστους} \end{array} \right) = \left\{ \begin{array}{l} \left( \begin{array}{c} \text{Συνολικά} \\ \text{δημόσια} \\ \text{οφέλη} \end{array} \right) - \left( \begin{array}{c} \text{απώλειες} \\ \text{δημοσίων} \\ \text{οφελών} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{κόστος} \\ \text{υποκαθιστάμενου} \\ \text{καυσίμου} \end{array} \right) + \\ + \left( \begin{array}{c} \text{όφελος από} \\ \text{την παραγωγ} \\ \text{ενέργειας} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{συνολικά} \\ \text{εξωτερικά} \\ \text{κόστη} \end{array} \right) - \left( \begin{array}{c} \text{κόστος} \\ \text{συντήρησης} \\ \text{λειτουργίας} \end{array} \right) \end{array} \right\} \left( \begin{array}{c} \text{κόστος} \\ \text{επένδυσης} \end{array} \right)$$

όπου τα συνολικά εξωτερικά κόστη είναι ανηγμένα σε παρούσες αξίες και υπολογίζονται ως εξής:

$$\left( \begin{array}{c} \text{συνολικά} \\ \text{εξωτερικά} \\ \text{κόστη} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{εξωτερικό} \\ \text{κόστος} \\ \text{για το CO}_2 \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{εξωτερικό} \\ \text{κόστος} \\ \text{για το PM}_{10} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{εξωτερικό} \\ \text{κόστος} \\ \text{για το SO}_2 \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{εξωτερικό} \\ \text{κόστος} \\ \text{για το NO}_x \end{array} \right)$$

όπου i: το διασυνδεδεμένο σύστημα

#### 4.3.4 Λόγος οφέλους - κόστους για τον ιδιώτη επενδυτή

Το όφελος για τον ιδιώτη επενδυτή προκύπτει από την αναγωγή στο παρόν των εσόδων από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας. Σε μια κλασσική ιδιωτικό-οικονομική ανάλυση [Κάραλης (1997)], τα έσοδα από τις πωλήσεις ελαφρύνονται με τη μέθοδο των αποσβέσεων, αφαιρείται το κόστος συντήρησης και λειτουργίας, οπότε προκύπτουν τα κέρδη προ φόρων, επιβάλλεται η φορολογία και προκύπτουν τα καθαρά κέρδη μετά φόρων. Ο τύπος για να υπολογίσουμε των παραπάνω λόγο φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί:

$$\left( \begin{array}{l} \text{λόγος} \\ \text{οφέλους} \\ \text{κόστους} \\ \text{για ιδιώτη} \\ \text{επενδυτή} \end{array} \right) = \frac{\left( \begin{array}{l} \text{ΠΑ} \\ \text{συνολικού} \\ \text{οφέλους} \end{array} \right)}{\left( \begin{array}{l} \text{Συνολικό κκοστο επένδυσης} \\ \text{για τον ιδιώτη επενδυτή [πλην} \\ \text{επιχορήγησης]} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{l} \text{ΠΑ} \\ \text{Κόστους} \\ \Sigma + \Lambda \\ \text{για τον ιδιώτη} \\ \text{επενδυτή} \end{array} \right)}$$

Στον υπολογισμό του δείκτη οφέλους-κόστους, ως κόστος λαμβάνεται το κόστος επένδυσης του έργου (χωρίς την επιχορήγηση), καθώς και τα διάφορα κόστη συντήρησης και λειτουργίας. Εάν υπάρχει και δάνειο τότε προσμετράτε και αυτό στα κόστη προσαυξημένο κατά το χρηματοοικονομικό κόστος του δανεισμού.

Τα μεγέθη αναφέρονται στην παρούσα αξία των χρηματοροών κατά τη διάρκεια ζωής της επένδυσης. Το κόστος Συντήρησης & Λειτουργίας μπορεί να αφαιρείται στον αριθμητή (ή να προστίθεται στον παρανομαστή), δεδομένου ότι το κρίσιμο κόστος για την υλοποίηση είναι το αρχικό κόστος της επένδυσης.

#### 4.4 Αξιολόγηση Υπολογιστικού εργαλείου

Το υπολογιστικό εργαλείο που δημιουργήθηκε για την παρούσα εργασία είναι ιδιαίτερα εύχρηστο και απλό στη χρήση του. Αυτό οφείλεται στο ότι το στήσιμο ολόκληρου του



υπολογιστικού εργαλείου πραγματοποιήθηκε σε περιβάλλον EXCEL εκμεταλλευόμενο τις δυνατότητες, την ευελιξία και την λειτουργικότητα του συγκεκριμένου προγράμματος.

Η ανάλυση ολοκληρώθηκε σε ένα μόνο αρχείο, ωστόσο χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά φύλλα εργασιών, όπου ήταν απαραίτητο. Συγκεκριμένα, η κυρίως ανάλυση έγινε σε τρία φύλλα. Το πρώτο από αυτά με το όνομα “φ/β1” αποτελεί το υπολογιστικό εργαλείο και περιλαμβάνει τα δεδομένα της ανάλυσης, τους ενδιάμεσους υπολογισμούς, τους τύπους υπολογισμού των τελικών μεγεθών και δεικτών καθώς και την ανάλυση και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μελέτη του φωτοβολταϊκού πάρκου των 3,45 MW. Οι δυνατότητες που παρέχει το EXCEL και συγκεκριμένα η μορφή που έχει το φύλλο εργασίας του προγράμματος με τη χρήση κελιών για δεδομένα και τη δυνατότητα πραγματοποίησης μαθηματικών υπολογισμών μεταξύ στηλών, σειρών ή και μεμονωμένων κελιών βοήθησαν στη λειτουργική εισαγωγή και παρουσίαση των δεδομένων. Έτσι έγινε δυνατός ο διαχωρισμός σε τρεις φάσεις (κατασκευή, εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση φωτοβολταϊκού πάρκου), ο διαχωρισμός κάθε φάσης ανά εργασία και η εισαγωγή σειράς δεδομένων (κόστη, ποσοστά ελληνικής συμμετοχής, στοιχεία απασχόλησης). Τα δεδομένα εισάγονται στους τύπους υπολογισμών μεγεθών και δεικτών με τέτοιο τρόπο ώστε οποιαδήποτε αλλαγή στη τιμή τους να μεταβάλλει αυτόματα την τιμή του αντίστοιχου μεγέθους ή δείκτη. Επομένως το υπολογιστικό εργαλείο μπορεί να εφαρμοστεί για οποιοδήποτε φωτοβολταϊκό πάρκο και να δώσει πληροφορίες, που αφορούν στην εκτίμηση των οφελών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών που θα προκύψουν από την εγκατάσταση και λειτουργία του, όπως επίσης μπορεί να προσδιορίσει την συνεισφορά του στη δημιουργία απασχόλησης σε τοπικό επίπεδο καθώς και τη δημιουργία τοπικής προστιθέμενης αξίας.

Παράλληλα, στο δεύτερο φύλλο του υπολογιστικού εργαλείου με το όνομα “φ/β2” έγινε η ανάλυση του Ελληνικού Ηλεκτρικού Συστήματος. Τα αποτελέσματα που τροφοδότησαν το κυρίως πρόγραμμα, προέκυψαν από στοιχεία της ΔΕΗ, που είναι ο μοναδικός διανομέας της ηλεκτρικής ενέργειας στον Ελλαδικό χώρο και επομένως δίνουν μια ολοκληρωμένη και εμπειριστατωμένη εικόνα της πραγματικότητας κάτι που δίνει αξιοπιστία στο υπολογιστικό εργαλείο. Η ανάλυση αυτή και η εισαγωγή των

αποτελεσμάτων της στο κυρίως πρόγραμμα επιτρέπουν την εφαρμογή οποιουδήποτε σεναρίου διείσδυσης της ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα δίνοντας τη δυνατότητα να αξιολογηθούν αποτελέσματα που στηρίζονται και λαμβάνουν υπόψη την παρούσα πραγματική κατάσταση στο τομέα παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο τρίτο φύλλο του προγράμματος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης και συγκεκριμένα τα απότέλεσματα για διείσδυση της ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα σύμφωνα με το σενάριο που έχει θεωρηθεί. Στο ίδιο φύλλο δίνονται τόσο αναλυτικά αριθμητικά αποτελέσματα όσο και διαγράμματα, ώστε να είναι δυνατή μια πιο παραστατική και άμεση εικόνα των αποτελεσμάτων. Με τη θεώρηση διαφορετικού σεναρίου είναι δυνατή η αυτόματη λήψη των αποτελεσμάτων και η άμεση σύγκρισή τους. Η δυνατότητα αυτή μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη στη λήψη αποφάσεων σχετικά με επενδυτικά σχέδια που αφορούν στη διείσδυση της ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα. Τα αποτελέσματα είναι αξιόπιστα λόγω της λεπτομερειακής ανάλυσης που έχει γίνει κατά το στήσιμο του υπολογιστικού εργαλείου. [50]

## 4.5 Μελέτη Φωτοβολταϊκού Πάρκου 3,45 MW

### 4.5.1 Παρουσίαση Δεδομένων

Το υπολογιστικό εργαλείο εφαρμόστηκε αναλυτικά στην περίπτωση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου 3,45 MW με σκοπό την κοινωνικό-οικονομική αξιολόγηση των οφελών από τη λειτουργία του. Τα στοιχεία που τροφοδότησαν το υπολογιστικό εργαλείο είναι πραγματικά και συγκεντρώθηκαν μέσω ερευνάς αγοράς, που απαντήθηκε από τις εταιρίες IBC solar και juwi για το συγκεκριμένο φωτοβολταϊκό πάρκο.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα δεδομένα και η εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας. Η εφαρμογή της μεθοδολογίας για τη μελέτη περίπτωσης φωτοβολταϊκού πάρκου πραγματοποιείται σε τρία στάδια:

1. Παρουσίαση δεδομένων
2. Ενδιάμεσοι υπολογισμοί

## 3. Υπολογισμός τελικών μεγεθών και δεικτών

Στη παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα αρχικά δεδομένα που αφορούν στο φωτοβολταϊκό πάρκο.

<b>Αρχικά δεδομένα</b>	
Ονομαστική ισχύς φ/β πάρκου (MW)	3,45
Αριθμός δομοστοιχείων	12255
Συνολική επένδυση (κόστος εξοπλισμού και εγκατάστασης)-εκ. €	10000
Επιχορήγηση (30%)-εκ. €	3000
Ιδία κεφάλαια (Συνολική επένδυση - Επιχορήγηση)	7000
Χρονικός ορίζοντας επένδυσης (έτη)	20
Επιτόκιο προεξόφλησης	5%

Στα παρακάτω δίνεται αναλυτικά η απασχόληση που δημιουργείται στην Ελλάδα κατά την κατασκευή του εξοπλισμού, την εγκατάσταση και τη συντήρηση και λειτουργία του πάρκου. Η παρουσίαση της δημιουργούμενης απασχόλησης γίνεται κατά ειδικότητα. Οι ειδικότητες που εμφανίζονται είναι: Μηχανικοί (Μ), Τεχνίτες (Τ), Χειριστές Μηχανημάτων (Χ.Μ.), Ανειδίκευτοι Εργάτες (Α.Ε.).

<b>Φάση: Κατασκευή εξοπλισμού</b>		
<b>Κόστος κατασκευής εξοπλισμού (χιλιάδες Ευρώ)</b>		8000
<b>Ποσοστό Ελληνικής Συμμετοχής στην Κατασκευή του Εξοπλισμού</b>		7%
Ανθρωποχρόνια μηχανικών κατά την κατασκευή		0,0
Ανθρωποχρόνια τεχνιτών κατά την κατασκευή		0,0
Ανθρωποχρόνια χειριστών μηχανημάτων κατά την κατασκευή		0,0
Ανθρωποχρόνια ανειδίκευτων εργατών κατά την κατασκευή		0,0
<b>Συνολική απασχόληση κατά την κατασκευή (ανθρωποχρόνια)</b>		0,0

<b>Φάση εγκατάστασης</b>		
<b>Συνολικό κόστος εγκατάστασης</b>		2000,0
<b>Ποσοστό Ελληνικής Συμμετοχής στην εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου</b>		90%
Ανθρωποχρόνια μηχανικών κατά την εγκατάσταση		2,07
Ανθρωποχρόνια τεχνιτών κατά την εγκατάσταση		0,00
Ανθρωποχρόνια χειριστών μηχανημάτων κατά την εγκατάσταση		0,00
Ανθρωποχρόνια ανειδίκευτων εργατών κατά την εγκατάσταση		22,41
<b>Σύνολική απασχόληση κατά την εγκατάσταση (ανθρωποχρόνια)</b>		24

<b>Φάση: Κατασκευή εξοπλισμού</b>			
<b>Κόστος συντήρησης και λειτουργίας (χιλιάδες Ευρώ/έτος)</b>		100,0	
<b>ΠΑ κόστους συντήρησης και λειτουργίας (χιλιάδες €)</b>		1869	
<b>Ποσοστό Ελληνικής Συμμετοχής</b>		80%	
Μόνιμες θέσεις εργασίας Μηχανικών που δημιουργούνται		0	
Μόνιμες θέσεις εργασίας Τεχνικών που δημιουργούνται		0	
Μόνιμες θέσεις εργασίας Χ.Μ. που δημιουργούνται		0	
Μόνιμες θέσεις εργασίας Α.Ε. που δημιουργούνται		0	
Συνολικές μόνιμες θέσεις που δημιουργούνται		0	
spin off effect		33%	
Συνολική απασχόληση ανα έτος λειτουργίας (ανθρωποχρόνια)		0,573276	

Τα δεδομένα της φάσης συντήρησης και λειτουργίας περιλαμβάνουν κόστη που συμβαίνουν καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του φωτοβολταϊκού πάρκου σε αντίθεση με τα δεδομένα των άλλων δύο φάσεων (κατασκευή και εγκατάσταση). Για την ορθή χρήση όλων των δεδομένων στους ίδιους δείκτες και την εξαγωγή συμπερασμάτων, τα

δεδομένα της φάσης συντήρησης και λειτουργίας ανάγονται σε παρούσες αξίες (ΠΑ), όπως έχει περιγραφεί στη μεθοδολογία. Οι τιμές του επιτοκίου αναγωγής και του συντελεστή αναγωγής σε παρούσα αξία είναι:

<b>Επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία</b>	5%
<b>Συντελεστής αναγωγής σε παρούσα αξία (για σταθερή χρηματορροή)</b>	12,46

Στους πίνακες που ακολουθούν θα παρουσιαστούν τα κοινωνικά, ενεργειακά και περιβαλλοντικά δεδομένα, που χρησιμοποιήθηκαν.

<b>ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ</b>		
Ετήσιος αριθμός ωρών εργασίας στη χώρα	1820	
Κοινωνικές εισφορές (εργαζόμενου-εργοδότη) επί τοις % του καθαρού μισθού	50%	
Φόροι εισοδήματος	20%	
Μέσο μήκος ανεργίας σε μήνες	15	
Μέσο επίδομα ανεργίας σε σχέση με τον καθαρό μισθό %	28%	
Μέσος ετήσιος καθαρός μισθός στη χώρα (χιλιάδες €)	15	
Φόρος προστιθέμενης αξίας (ΦΠΑ)	21%	
	Καθαρός	Μικτός
Μισθός Μ. (1000€/έτος)	13	22
Μισθός Χ.Μ. (1000€/έτος ος).	8	13
Μισθός Τ. (1000€/έτος)	8,8	15
Μισθός Α.Ε. (1000€/έτος)	7,1	12

<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ</b>	
Υποκαθιστώμενη ενέργεια από το Φωτοβολταϊκό (MWh)	4531
	Case study 1α
Μέση τιμή εισαγόμενου υποκαθιστάμενου καυσίμου για συμβατική ηλεκτροπαραγωγή (€/kWh)	0,022
Μέση τιμή εισαγόμενου υποκαθιστάμενου καυσίμου για συμβατική ηλεκτροπαραγωγή τις ώρες αιχμής (€/kWh)	0,011
Κόστος υποκαθιστάμενου καυσίμου (χιλιάδες Ευρώ/έτος) από φωτοβολταϊκό πάρκο	113

<b>ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ tn/GWh</b>			
<b>Εκπομπές μέσης GWh</b>		<b>Διασυνδ</b>	<b>Διασυνδ</b>
Εκπομπή CO <sub>2</sub> (tn/GWh)		1321,7	1322
Εκπομπή PM <sub>10</sub> (tn/GWh)		0,3	0,27
Εκπομπή SO <sub>2</sub> (tn/GWh)		1,4	1,45
Εκπομπή NO <sub>x</sub> (tn/GWh)		1,1	1,09
<b>Εκπομπές GWh αιχμής</b>		<b>Διασυνδ</b>	<b>Διασυνδ</b>
Εκπομπή CO <sub>2</sub> (tn/GWh)		109,7	109,67
Εκπομπή PM <sub>10</sub> (tn/GWh)		0,0	0,00
Εκπομπή SO <sub>2</sub> (tn/GWh)		0,0	0,01
Εκπομπή NO <sub>x</sub> (tn/GWh)		0,2	0,17
<b>Εξωτερικά κόστη (χιλιάδες €/GWh)</b>		<b>Διασυνδ</b>	<b>Διασυνδ</b>
Εκπομπή CO <sub>2</sub>		23,8	23,79
Εκπομπή PM <sub>10</sub>		0,6	0,55
Εκπομπή SO <sub>2</sub>		3,0	2,97
Εκπομπή NO <sub>x</sub>		1,3	1,35
<b>Εξωτερικά κόστη (χιλιάδες €/GWh) - για την αιχμή</b>		<b>Διασυνδ</b>	<b>Διασυνδ</b>
Εκπομπή CO <sub>2</sub>		2,0	1,97
Εκπομπή PM <sub>10</sub>		0,0	0,00
Εκπομπή SO <sub>2</sub>		0,0	0,01
Εκπομπή NO <sub>x</sub>		0,2	0,21

#### 4.5.2 Ενδιάμεσοι υπολογισμοί

Με τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν γίνονται οι ενδιάμεσοι υπολογισμοί, όπως περιγράφηκε στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας, δηλαδή υπολογίζονται οι προστιθέμενες αξίες κάθε φάσης, τα εισοδήματα (καθαρά και μικτά) καθώς και οι συνολικές εκπομπές ρύπων σε κάθε σύστημα παραγωγής. Τα αποτελέσματα φαίνονται αναλυτικά στους παρακάτω πίνακες. Στον πίνακα, που ακολουθεί, με τον όρο καθαρή προστιθέμενη αξία εννοείται το μέρος της προστιθέμενης αξίας χωρίς τους φόρους και χωρίς τα εισοδήματα.

Καθαρή Π.Α. σημαίνει χωρίς φόρους, χωρίς εισοδήματα		
Καθαρή προστιθέμενη αξία που δημιουργείται κατά την φάση κατασκευής (χιλ. €)		336,1
Καθαρή προστιθέμενη αξία κατά την εγκατάσταση (χιλιάδες €)		1217,8
Καθαρή προστιθέμενη αξία κατά την λειτουργία και συντήρηση (χιλιάδες €/έτος)		92,8

Πίνακας 4.3. Προστιθέμενη αξία

Τα εισοδήματα υπολογίζονται αναλυτικά χρησιμοποιώντας τα στοιχεία, που έχουν συγκεντρωθεί, για την απασχόληση μέσω του ερωτηματολογίου.

Καθαρά και Μικτά εισοδήματα		
Καθαρά εισοδήματα κατά την φάση κατασκευής (χιλιάδες €)		0
Καθαρά εισοδήματα κατά την φάση εγκατάστασης (χιλιάδες €)		206
Καθαρά εισοδήματα κατά την συντήρ. και λειτουργία (χιλιάδες €/έτος)		7
Μικτά εισοδήματα κατά την φάση κατασκευής (χιλιάδες €)		0
Μικτά εισοδήματα κατά την φάση εγκατάστασης (χιλιάδες €)		351
Μικτά εισοδήματα κατά την συντήρηση και λειτουργία (χιλιάδες €/έτος)		10

Πίνακας 4.4. Καθαρά και Μικτά εισοδήματα

Οι δημόσιες εισφορές αφορούν στους φόρους εισοδήματος επί των καθαρών εισοδημάτων, που εισπράτει το κράτος από την δημιουργία απασχόλησης.

Δημόσιες εισφορές		
Δημόσιες εισφορές κατά την κατασκευή και εγκατάσταση (χιλιάδες €)		41
Δημόσιες εισφορές κατά την λειτουργία και συντήρηση (χιλιάδες €/έτος)		1
ΠΑ Δημόσιων εισφορών κατά την Λειτ.& Συντ. (χιλιάδες €)		17
Συνολικές Δημόσιες εισφορές στα εισοδήματα (χιλιάδες €) για όλη τη διάρκεια ζωής		58

Πίνακας 4.5. Δημόσιες εισφορές

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που προκύπτουν από την υποκατάσταση ενέργειας στον συμβατικό τομέα λόγω της λειτουργίας του Φ/Β πάρκου.

Συνολικοί Ρύποι που αποφεύγονται		Διασυνδ
Ετήσια εκπομπή CO <sub>2</sub> που αποφεύγεται (tn/έτος)		5989
Ετήσια εκπομπή PM <sub>10</sub> που αποφεύγεται (tn/έτος)		1
Ετήσια εκπομπή SO <sub>2</sub> που αποφεύγεται (tn/έτος)		7
Ετήσια εκπομπή NO <sub>x</sub> που αποφεύγεται (tn/έτος)		6

Πίνακας 4.6. Ετήσιες εκπομπές ρύπων



### 4.5.3. Υπολογισμός τελικών μεγεθών και δεικτών

#### Ανάλυση κόστους – οφέλους για την εθνική οικονομία

Στο στάδιο αυτό υπολογίζονται τα τελικά μεγέθη που εμφανίζονται στο δείκτη αξιολόγησης κόστους –οφέλους και αφορούν στη λειτουργία του φωτοβολταϊκού πάρκου των 3,45 MW. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στους πίνακες που ακολουθούν:

Αρχικά, όπως περιγράφηκε και στη μεθοδολογία, υπολογίζονται τα δημόσια οφέλη και οι απώλειες στο συμβατικό τομέα σε δημόσια οφέλη λόγω της υποκατάστασης ενέργειας καθώς και το όφελος που δημιουργείται από την αποφυγή πληρωμής επιδομάτων εργασίας.

Δημόσια οφέλη		
Δημόσια οφέλη κατά την φάση κατασκευής και εγκατάστασης (χιλιάδες €)		1877
Δημόσια οφέλη κατά την φάση Λειτ.& Συντ. (χιλιάδες €/έτος)		28
ΠΑ Δημόσιων οφελών κατά την φάση Λειτ. & Συντ. (χιλιάδες €)		350
Όφελος από τη δημιουργία εργασίας (επιδόματα ανεργείας που αποφεύγονται) (χιλιάδες €)		3
Συνολικά δημόσια οφέλη (χιλιάδες €)		2227

Πίνακας 4.7. Δημόσια οφέλη

Απώλειες σε Δημόσια οφέλη		Διασυνδ
Απώλειες σε δημόσια οφέλη (φόροι σε εισοδήματα)-(χιλιάδες €)		21,4

Πίνακας 4.8. Απώλειες σε Δημόσια οφέλη

Στη συνέχεια παρουσιάζονται το κόστος υποκαθιστώμενης ενέργειας και το όφελος από την παραγωγή ενέργειας.

<b>Κόστος καυσίμου υποκαθιστάμενης ενέργειας</b>		
Κόστος καυσίμου υποκαθιστάμενης ενέργειας (χιλιάδες €/έτος)		113
Κόστος καυσίμου υποκαθιστάμενης ενέργειας (χιλιάδες €/MW/έτος)		29
ΚΠΑ κόστους καυσίμου υποκαθιστώμενης ενέργειας (χιλιάδες €)		1407
ΚΠΑ κόστους καυσίμου υποκαθιστώμενης ενέργειας (χιλιάδες €/MW)		366

Πίνακας 4.9. Κόστος καυσίμου υποκαθιστάμενης ενέργειας

<b>Όφελος από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας</b>		
Όφελος (στην εθνική οικονομία-καταναλωτή) από την παραγωγή της ηλ.ενέργειας (χιλιάδες €/έτος)		434,6
Όφελος (στην εθνική οικονομία-καταναλωτή) από την παραγωγή της ηλ.ενέργειας (χιλιάδες €/MW/έτος)		113
ΠΑ όφελους (χιλιάδες €)		5416
ΠΑ όφελους (χιλιάδες €/MW)		1408

Πίνακας 4.10. Όφελος από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Για τον υπολογισμό του πρώτου δείκτη υπολογίζεται το κόστος επένδυσης, χρησιμοποιείται η σκιώδης τιμή 1,2 για το εγχώριο μέρος, όπως έχει αναλυθεί στη μεθοδολογία.

<b>Κόστος επένδυσης, συντήρησης και λειτουργίας</b>		
Κόστος επένδυσης εγχώριο		2200
Σκιώδης τιμή για εισαγόμενο εξοπλισμό		1,2
Κόστος επένδυσης εισαγόμενο (σκιώδη τιμή)		9360
ΠΑ κόστους συντήρησης και λειτουργίας εγχώριο		1495
ΠΑ κόστους συντήρησης και λειτουργίας εισαγόμενο (σκιώδη τιμή)		449

Πίνακας 4.11. Κόστος επένδυσης, συντήρησης και λειτουργίας

Με βάση τα παραπάνω, ο λόγος οφέλους-κόστους για την εθνική οικονομία και ο χρόνος αποπληρωμής της επιχορήγησης είναι:

Λόγος οφέλους – κόστους για την εθνική οικονομία		
Λόγος όφελους για την εθνική οικονομία προς κόστος (B/C <sub>N</sub> )		0,62

Πίνακας 4.12. Λόγος οφέλους – κόστους για την εθνική οικονομία

### Ανάλυση κοινωνικού κόστους – οφέλους

Αντίστοιχα γίνονται οι υπολογισμοί για την εκτίμηση του λόγου οφέλους-κόστους για την κοινωνία. Στη συγκεκριμένη ανάλυση λαμβάνεται ως επιπλέον όφελος τα εξωτερικά κόστη από τις εκπομπές των ρύπων που αποφεύγονται όπως προέκυψαν από την ανάλυση του Ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος. Τα αποτελέσματα φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Εξωτερικά κόστη ρύπων		
Εξωτερικό κόστος εκπομπών CO <sub>2</sub> (χιλιάδες €/έτος)		120
Εξωτερικό κόστος εκπομπών PM <sub>10</sub> (χιλιάδες €/έτος)		3
Εξωτερικό κόστος εκπομπών SO <sub>2</sub> (χιλιάδες €/έτος)		15
Εξωτερικό κόστος εκπομπών No <sub>x</sub> (χιλιάδες €/έτος)		7

Πίνακας 4.13. Εξωτερικά κόστη ρύπων

Παραπάνω φαίνονται τα εξωτερικά κόστη για κάθε ρύπο ξεχωριστά ενώ στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα συνολικά εξωτερικά κόστη:

<b>Συνολικά εξωτερικά κόστη από την αποφυγή των ρύπων</b>		
Συνολικό εξωτερικό κόστος από την αποφυγή των εκπομπών (χιλιάδες €/έτος)		145
Συνολικό εξωτερικό κόστος από την αποφυγή των εκπομπών (χιλιάδες €/έτος/MW)		38
ΚΠΑ συνολικού εξωτερικού κόστους από την αποφυγή των εκπομπών (χιλιάδες €)		1805
ΚΠΑ συνολικού εξωτερικού κόστους από την αποφυγή των εκπομπών (χιλιάδες €/MW)		469

Πίνακας 4.14. Συνολικά εξωτερικά κόστη από την αποφυγή των ρύπων

Παρατηρούμε ότι το εξωτερικό κόστος από την αποφυγή των εκπομπών είναι σημαντικά μεγαλύτερο στο Διασυνδεδεμένο δίκτυο λόγω της ευρείας χρήσης των λιγνιτών μονάδων .

Με βάση τα παραπάνω ο λόγος οφέλους-κόστους για την εθνική οικονομία και την κοινωνία διαμορφώνεται ως εξής:

<b>Λόγος κοινωνικού οφέλους – κόστους</b>		
Λόγος όφελους για την εθνική οικονομία και την κοινωνία προς κόστος (B/C <sub>N,S</sub> )		0,73

Πίνακας 4.15. Λόγος κοινωνικού οφέλους – κόστους

## Συνεισφορά στη δημιουργία θέσεων εργασίας

Κατά την ανάλυση κόστους-οφέλους καθώς και κατά την επεξεργασία των δεδομένων προκύπτουν μεγέθη που είναι ενδιαφέρον να παρουσιαστούν μεμονωμένα. Πρόκειται για στοιχεία που αφορούν στην απασχόληση δηλαδή εργασία μόνιμου και μη μόνιμου χαρακτήρα που δημιουργείται από την εγκατάσταση και λειτουργία του πάρκου και υπολογίζεται σε ανθρωποχρόνια. Μόνιμη απασχόληση δημιουργείται μόνο κατά τη συντήρηση και λειτουργία του πάρκου. Παρακάτω παραθέτονται σε πίνακες τα αντίστοιχα αποτελέσματα.

<b>Συνεισφορά στη δημιουργία θέσεων εργασίας</b>		
Απασχόληση κατά την κατασκευή (ανθρωποχρόνια)		0,0
Απασχόληση κατά την εγκατάσταση (ανθρωποχρόνια)		24,46
Απασχόληση κατά την συντήρηση και λειτουργία (ανθρωποχρόνια/έτος)		1
Συνολική απασχόληση (ανθρωποχρόνια)		33,1

Πίνακας 4.16 Στοιχεία απασχόλησης

Επιπλέον υπολογίζονται και παρουσιάζονται οι απώλειες στο συμβατικό τομέα από την λειτουργία του πάρκου. Θεωρείται ότι το πάρκο θα λειτουργήσει για ένα χρονικό ορίζοντα 15 ετών. Οι απώλειες στο συμβατικό τομέα εκφράζουν τη μείωση της απασχόλησης που θα συμβεί κατά τη λειτουργία τους εξαιτίας της μείωσης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, κατά ποσότητα ίση με την παραγωγή του αιολικού πάρκου.

<b>Απώλειες στην απασχόληση λόγω φωτοβολταϊκού πάρκου</b>	<b>Διασυνδ</b>
Απασχόληση στον συμβατικό τομέα (ανθρωποχρόνια/GWh)	0,126
<b>Απώλειες στη συμβατική παραγωγή (ανθρωποχρόνια/έτος)</b>	0,57
<b>Απώλειες στη συμβατική παραγωγή ((ανθρωποχρόνια/έτος)/MW)</b>	<b>0,166</b>
Συνολικές απώλειες -σε όλη τη διάρκεια ζωής (ανθρωποχρόνια)	11,4

Πίνακας 4.17. Απώλειες στην απασχόληση στη συμβατική παραγωγή

## Τοπικά οφέλη σε επιχειρήσεις – εργατικό δυναμικό

Παρακάτω παρουσιάζονται συγκεντρωτικά αποτελέσματα που αφορούν στην προστιθέμενη αξία και τα καθαρά εισοδήματα που δημιουργούνται από την εγκατάσταση και λειτουργία του φωτοβολταϊκού πάρκου των 3,45 MW. Και τα δύο είναι οφέλη για τις τοπικές επιχειρήσεις και δίνουν μια εικόνα για την ανάπτυξη που δημιουργείται σε τοπικό επίπεδο. ( Στον πίνακα που ακολουθεί, με τον όρο Ε.Π.Α. εννοούμε το Ελληνικό (όχι το εισαγόμενο) μέρος της προστιθέμενης αξίας)

Συγκεντρωτικά στοιχεία για την προστιθέμενη αξία		
Καθαρή Ε.Π.Α κατά την φάση κατασκευής και εγκατάστασης (εκ.δρχ)		1554
Καθαρή Ε.Π.Α κατά την φάση Λειτ.& Συντ.(εκ.€/έτος)		93
ΚΠΑ Ε.Π.Α κατά την φάση Λειτ.& Συντ.(εκ.€)		1156
Συνολική Ε.Π.Α (εκ.€)		2710

Πίνακας 4.18. Συγκεντρωτικά στοιχεία για την προστιθέμενη αξία

Συγκεντρωτικά στοιχεία για τα καθαρά εισοδήματα		
Καθαρά εισοδήματα κατά την φάση Κατασκ. & Εγκατ. (εκ.€)		206
Καθαρά εισοδήματα κατά την φάση Λειτ.& Συντηρ. (εκ.€/έτος)		7
ΠΑ καθαρών εισοδημάτων κατά την φάση Λειτ.& Συντηρ. (εκ.€)		83
Συνολικά καθαρά εισοδήματα (εκ.€)		289

Πίνακας 4.19. Συγκεντρωτικά στοιχεία για τα καθαρά εισοδήματα

Απώλειες σε εισοδήματα στο συμβατικό τομέα		
Απώλειες σε καθ. εισοδήματα στην συμβατική ηλ.παραγωγή (εκ.€/έτος)		9,6
ΠΑ απωλειών σε καθ.εισοδ. στη συμβατική ηλ.παραγωγή (εκ.€)		119

Πίνακας 4.20. Απώλειες σε εισοδήματα στο συμβατικό τομέα

<b>Ανάλυση κόστους-οφέλους για τον ιδιώτη επενδυτή</b>		
Συνολικό κόστος επένδυσης για τον ιδιώτη επενδυτή (πλην επιχορηγήσεις)		7000,0
Ετήσιο Συνολικό κόστος Σ & Λ για τον ιδιώτη επενδυτή (χιλιάδες €)		150
Π.Α. Κόστους Σ&Λ για τον ιδιώτη επενδυτή (χιλιάδες €)		1869
		Διασυνδ
Όφελος από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας (χιλιάδες €/έτος)		1812,4
ΠΑ συνολικού όφελους (χιλιάδες €)		22586,7
		Διασυνδ
B/C <sub>F</sub>		2,5

Πίνακας 4.21. Ανάλυση κόστους-οφέλους για τον ιδιώτη επενδυτή

<b>Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης {IRR}</b>	
Φ/Β πάρκο	19.26%

Πίνακας 4.22. Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης

<b>Καθαρά Παρούσα Αξία {NPV}</b>	
Φ/Β πάρκο	5045,39 x10 <sup>3</sup> €

Πίνακας 4.23. Καθαρά παρούσα αξία

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>0</sup>

### Υπολογιστικό Εργαλείο - Μεθοδολογία και Εφαρμογή σε Αιολικό Πάρκο

#### 5.0 Επιλογή της θέσης εγκατάστασης αιολικών πάρκων

Ο αντικειμενικός σκοπός της διαδικασίας επιλογής της θέσης εγκατάστασης ενός αιολικού πάρκου είναι ο προσδιορισμός, σε λογικό χρονικό διάστημα, των θέσεων οι οποίες παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη πιθανότητα οικονομικοτεχνικής βιωσιμότητας των μελλοντικών αιολικών εγκαταστάσεων με την ταυτόχρονη μεγαλύτερη κοινωνική και περιβαλλοντική αποδοχή.

Από την πλευρά της βέλτιστης επιλογής της τοποθεσίας εγκατάστασης μιας ανεμογεννήτριας σε σχέση με το αιολικό δυναμικό η τήρηση των βασικών ανεμολογικών κριτηρίων προϋποθέτει την επιλογή τοποθεσιών με ):

- Υψηλή μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου
- Αιολικό δυναμικό υψηλής ποιότητας, δηλαδή μεγάλη διάρκεια ισχυρών ανέμων και περιορισμένη ύπαρξη περιόδων νηνεμίας
- Απουσία αποφράξεων του ανέμου καθώς και υψηλών εμποδίων

Κατά τη διαδικασία χωροθέτησης των ανεμογεννητριών, είναι επιθυμητό να υπάρχει όσο το δυνατό ευρύτερη και ανοιχτή όψη στην κατεύθυνση του επικρατούντος αέρα, λιγότερα εμπόδια και χαμηλότερη τραχύτητα σε εκείνη την κατεύθυνση. Είναι καλό να τοποθετούνται κοντά σε ένα στρογγυλεμένο λόφο και να αναζητούνται περιπτώσεις φυσικής επιτάχυνσης της ροής του αέρα. Επίσης, είναι απαραίτητο να μην υπάρχουν φυσικά ή τεχνητά εμπόδια διότι όταν η ροή του ανέμου είναι κάθετη σε κάποιο εμπόδιο, όπως ένα βουνό, τότε σύμφωνα με τους νόμους της ρευστομηχανικής επιταχύνεται και



αντίστοιχα επιβραδύνεται μετά την προσπέλαση του εμποδίου ). Επομένως, με βάση τα παραπάνω κριτήρια, ενδιαφέροντα μέρη αποτελούν οι κορυφές λείων και κυκλοτερών λόφων με ελαφρές κατωφέρειες και ανοικτό ορίζοντα καθώς και οι ανοικτές πεδιάδες ή τέλος και τα ανοίγματα των βουνών που δημιουργούν φυσικούς επιταχυντές (ρεύματα αέρα) . Ένα εξίσου ευνοϊκό μέρος για τη χωροθέτησή τους είναι τα παραθαλάσσια μέρη όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί η θαλάσσια αύρα, καθώς και μέσα στη θάλασσα (offshore wind parks). Τα offshore αιολικά πάρκα δεν έχουν αναπτυχθεί καθόλου στην Ελλάδα και δεν αναμένεται κάτι τέτοιο τα προσεχή χρόνια.

Το φυσικά διαθέσιμο δυναμικό μιας τοποθεσίας χαρακτηρίζεται χονδρικά συνήθως από τη μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου (σε m/sec ή σε miles/h). Αυτό όμως μπορεί να διαφέρει μέχρι και 20% από χρόνο σε χρόνο και για το λόγο αυτό, μια πλήρης εικόνα του ανέμου απαιτεί μετρήσεις τριών τουλάχιστον χρόνων. Στις περισσότερες όμως περιπτώσεις χρησιμοποιούνται δεδομένα 3-6 μηνών ή το πολύ ενός χρόνου σαν πρώτη εκτίμηση του αιολικού δυναμικού. Για τη μέτρηση του ανέμου και την εκτίμηση του αιολικού δυναμικού, χρησιμοποιούνται ειδικές συσκευές (ανεμογράφοι) που μετρούν την ταχύτητα και την διεύθυνση του ανέμου.

Οι μετρήσεις αρχικά γίνονται σε ύψος 10m από το έδαφος όπως συστήνει ο παγκόσμιος μετεωρολογικός οργανισμός (WMO) και καταγράφονται σε ειδικό όργανο που περιέχει κατάλληλο πρόγραμμα συλλογής και αποθήκευσης των μετρήσεων. Στην συνέχεια μεταφέρονται σε υπολογιστή και γίνεται η επεξεργασία τους με κατάλληλα προγράμματα. Αν τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά και προκειμένου να μελετηθεί με ακρίβεια η πιθανή απόδοση μιας αιολικής μηχανής (όπως άλλωστε απαιτείται για την αδειοδότηση του αιολικού πάρκου), οι μετρήσεις επεκτείνονται και σε ύψος 40 m που είναι το συνηθισμένο ύψος του άξονα των μεγάλων μηχανών ([www.ape.chania.teicrete.gr](http://www.ape.chania.teicrete.gr)). Η ακρίβεια των μετρήσεων των ανεμολογικών δεδομένων είναι δύσκολο να επιτευχθεί δεδομένου ότι η ταχύτητα του ανέμου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η τραχύτητα της επιφάνειας της περιοχής, και η ύπαρξη εμποδίων (π.χ. δέντρα, κτίρια).

Με τις σημερινές συνθήκες της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, θέσεις με μέση ετήσια ταχύτητα άνω των **6,4 m/s** θεωρούνται καταρχήν κατάλληλες για περαιτέρω διερεύνηση με επιτόπιες μετρήσεις.

Επειδή η εκτίμηση του αιολικού δυναμικού αποτελεί τον πρωταρχικό αλλά όχι και καθοριστικό παράγοντα επιλογής της θέσης της αιολικής εγκατάστασης, αυτή θα είναι η κατάλληλη εφόσον συνυπολογιστούν και οι ακόλουθες συνιστώσες:

- Οικονομικά συμφέρουσα παραγωγή ενέργειας
- Επιπτώσεις στο περιβάλλον από την αιολική εγκατάσταση (οπτική και ηχητική όχληση, ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, επιδράσεις στα πουλιά κλπ)
- Κανονισμοί και περιορισμοί στη χρήση γης
- Αποδοχή της ανεμογεννήτριας από το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο
- Αντιμετώπιση ακραίων μετεωρολογικών συνθηκών (πολύ ισχυροί άνεμοι, ακραίες θερμοκρασίες, σχετική υγρασία, βροχοπτώσεις κλπ)
- Αποδοχή της εγκατάστασης από το κοινό .

Η εγκατάσταση του αιολικού πάρκου θα πρέπει να βρίσκεται σε περιοχή προσπελάσιμη στα συνήθη μεταφορικά μέσα, να υπάρχει πρόσβαση σε λιμάνια ή συγκοινωνιακούς κόμβους για τη μεταφορά των υλικών και φυσικά να είναι κοντά στο δίκτυο της ΔΕΗ στη συνήθη περίπτωση σύνδεσής της με αυτό. Το ηλεκτρικό δίκτυο που βρίσκεται κοντά στις ανεμογεννήτριες θα πρέπει να είναι ικανό να δεχτεί την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από την ανεμογεννήτρια. Εάν υπάρχουν ήδη αιολικά πάρκα στην περιοχή, θα πρέπει να εξεταστεί αν το δίκτυο χρειάζεται ενίσχυση.

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της θέσης μιας αιολικής εγκατάστασης είναι η μορφολογία και η φύση του εδάφους, η διαθέσιμη έκταση και οι χρήσεις της, το άμεσο περιβάλλον της θέσης, η προσέγγιση σε αρχαιολογικούς ή άλλους ευαίσθητους χώρους (π.χ. στρατιωτικούς), η γεινίαση με οικισμούς ή αεροδρόμια, η ύπαρξη εγκαταστάσεων τηλεπικοινωνιών ή τηλεοράσεως στο άμεσο περιβάλλον, η ύπαρξη οδών

μετανάστευσης ή χώρων διαβίωσης πτηνών και ιδιαίτερα σπανίων καθώς και οι κλιματικές συνθήκες (Hunter and Elliott, 1994).

Συνοψίζοντας, λαμβάνοντας υπόψη το αιολικό δυναμικό της περιοχής καθώς και όλες τις παραπάνω παραμέτρους είναι δυνατή η κατασκευή μιας οικονομικοτεχνικά βιώσιμης εγκατάστασης αιολικής ενέργειας. Σε επόμενη παράγραφο, θα αναλυθούν τα κριτήρια που ορίζει το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ για την χωροθέτηση μιας αιολικής εγκατάστασης, τα οποία σχετίζονται κυρίως με τους κανονισμούς και τους περιορισμούς στις χρήσεις γης. [54].[52].[29]

### 5.1 Το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Η θεσμοθέτηση Ειδικού Πλαισίου αποτελεί, ίσως, την πλέον ενδεδειγμένη και νομικά ασφαλή λύση για την αποτελεσματική χωροθέτηση εγκαταστάσεων ΑΠΕ και ειδικότερα αιολικών πάρκων, καθώς κατοχυρώνει τον μακροπρόθεσμο χωρικό σχεδιασμό και καλύπτει τις απαιτήσεις στρατηγικού σχεδιασμού για την χωρική ένταξη των έργων ΑΠΕ.

Το Ειδικό Πλαίσιο, σύμφωνα με την Κοινή Διακήρυξη Αρχών για την προώθηση ΑΠΕ που εξέδωσαν οι αρμόδιοι φορείς, πρέπει να περιλαμβάνει σαφή κριτήρια για τη χωροθέτηση τους, λαμβάνοντας υπόψη, κατά προτεραιότητα όλες τις άλλες οριζόντιες πολιτικές εθνικού επιπέδου (Εθνικές και Κοινοτικές πολιτικές και δεσμεύσεις), την ιδιαιτερότητα των ΑΠΕ, τον περιβαλλοντικά φιλικό χαρακτήρα τους, τη σημειακή τους φύση (εγκατάσταση όπου υπάρχει δυναμικό), ενσωματώνοντας τα ζητήματα προστασίας του περιβάλλοντος και ελαχιστοποίησης των όποιων επιπτώσεων μπορεί να συνεπάγεται η εγκατάσταση έργου ΑΠΕ σε μια περιοχή και γενικότερα στο σύνολο της επικράτειας ( 2006).

## 5.2. Διάκριση του εθνικού χώρου σε κατηγορίες

Το Ειδικό Πλαίσιο, για την καλύτερη χωροθέτηση των αιολικών εγκαταστάσεων, διακρίνει τον εθνικό χώρο στις ακόλουθες μείζονες κατηγορίες, με βάση το εν δυνάμει εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό του και τα ιδιαίτερα χωροταξικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά του:

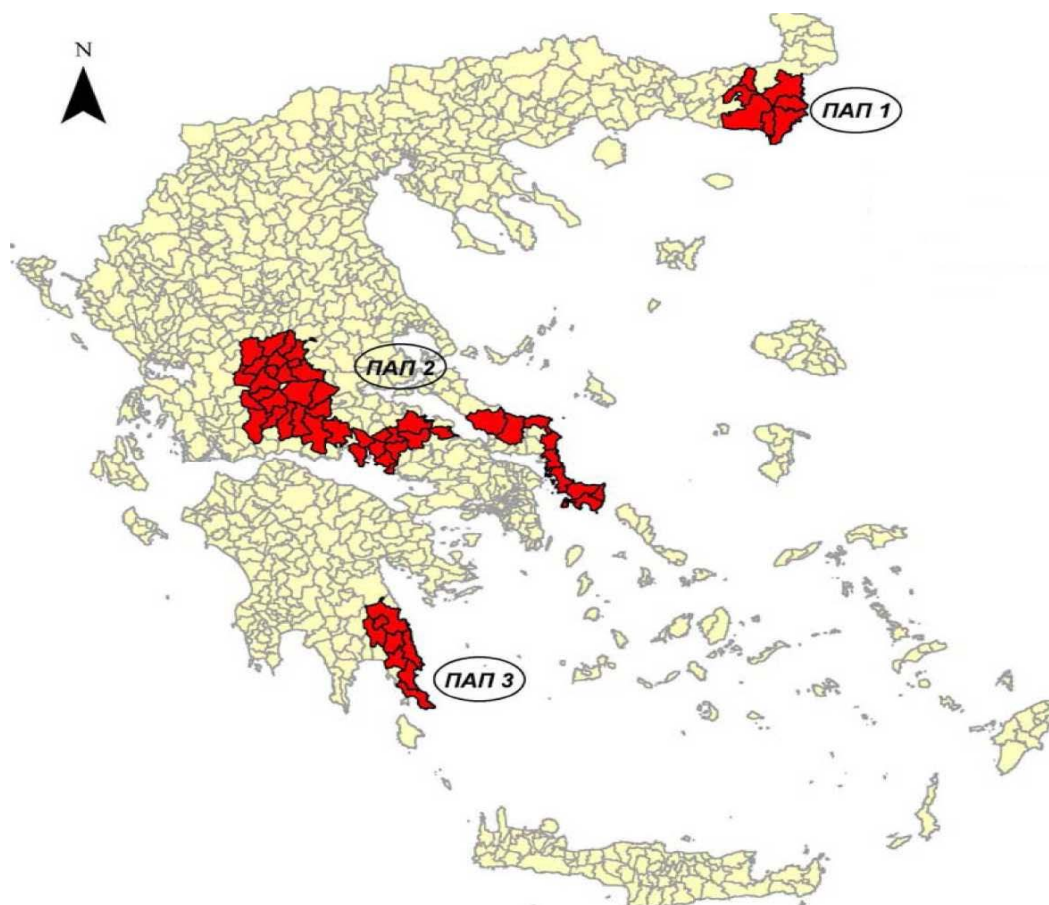
- α. Στην ηπειρωτική χώρα, συμπεριλαμβανομένης και της νήσου Εύβοιας
- β. Στην Αττική, που αποτελεί ειδικότερη κατηγορία της ηπειρωτικής χώρας λόγω του μητροπολιτικού χαρακτήρα της
- γ. Στα κατοικημένα νησιά του Ιονίου και Αιγαίου Πελάγους, συμπεριλαμβανομένης και της Κρήτης
- δ. Στον υπεράκτιο θαλάσσιο χώρο και τις ακατοίκητες νησίδες.

Εν συνεχεία, η ηπειρωτική χώρα διακρίνεται περαιτέρω σε Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (ΠΑΠ ) και σε Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (ΠΑΚ) ως εξής:

- Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (ΠΑΠ): Είναι οι περιοχές της ηπειρωτικής χώρας, που απεικονίζονται στην ακόλουθη εικόνα. Πρόκειται για τμήματα των νομών Ροδόπης και Έβρου (περιοχή 1), τμήματα των νομών Ευβοίας, Ευρυτανίας, Βοιωτίας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας και Καρδίτσας (περιοχή 2) και τέλος, τμήματα των νομών **Λακωνίας** και Αρκαδίας (περιοχή 3). Στο Παράρτημα, αναφέρονται όλοι οι Δήμοι που περιλαμβάνονται στις ΠΑΠ. Σύμφωνα με το Ειδικό Πλαίσιο και τη μελέτη που προηγήθηκε, οι περιοχές αυτές διαθέτουν συγκριτικά πλεονεκτήματα για την εγκατάσταση αιολικών σταθμών. Εν πρώτοις, διαθέτουν ικανό εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό ενώ υπάρχει αυξημένη ζήτηση εγκατάστασης ανεμογεννητριών από μέρους των επενδυτών. Ταυτόχρονα, προσφέρονται από άποψης επίτευξης των χωροταξικών στόχων (ελεγχόμενη συγκέντρωση των αιολικών εγκαταστάσεων) διότι συγκεντρώνουν τη μεγαλύτερη ζήτηση με βάση τις αιτήσεις για άδειες παραγωγής, εγκατάστασης και λειτουργίας.

Στις περιοχές αυτές, εκτιμάται η μέγιστη δυνατότητα χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων (φέρουσα ικανότητα), όπως ειδικότερα αυτή προσδιορίζεται στο Παράρτημα. Ως «Φέρουσα Ικανότητα» ή «χωρητικότητα» μιας περιοχής ως προς την εγκατάσταση έργων ΑΠΕ, ορίζεται ως «η μέγιστη δυνατότητα εγκατάστασης έργων ΑΠΕ στη περιοχή αυτή, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραμέτρους, στον βαθμό που αυτές συνηγορούν ή περιορίζουν την μέγιστη δυνατότητα εγκατάστασής των, έτσι ώστε, να μην αλλοιώνονται ανεπιστρεπτί, τα βασικά χαρακτηριστικά του υποδοχέα». (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, 2008). Η στάθμιση των πιο πάνω παραμέτρων, επιτυγχάνεται με βάση συγκεκριμένα κριτήρια προσδιοριζόμενα, κατά το δυνατόν, αντικειμενικά. Ο ορισμός της φέρουσας ικανότητας είναι από τη φύση του εξαιρετικά πολύπλοκος και δύσκολα ποσοτικοποιήσιμος.

Χάρτης 1: Περιοχές αιολικής προτεραιότητας



- Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (ΠΑΚ): Είναι ομάδες ή επιμέρους περιοχές πρωτοβάθμιων Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης της ηπειρωτικής χώρας καθώς και μεμονωμένες θέσεις, οι οποίες δεν εμπίπτουν σε ΠΑΠ αλλά διαθέτουν ικανοποιητικό εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό, και προσφέρονται για το λόγο αυτό για την χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων. Στις ΠΑΚ συμπεριλαμβάνονται και οι κατάλληλες για χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων ζώνες, που θα προσδιοριστούν, με βάση τα κριτήρια του Ειδικού Πλαισίου, από τα οικεία Περιφερειακά Πλαίσια, Ρυθμιστικά Σχέδια, Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια, Σχέδια Χωρικής και Οικιστικής Οργάνωσης Ανοικτών Πόλεων, Ζώνες Οικιστικού Ελέγχου ή άλλα σχέδια χρήσεων γης.

### 5.3 Αποστάσεις για τη διασφάλιση της λειτουργικότητας και απόδοσης των αιολικών εγκαταστάσεων

Για τη διασφάλιση της λειτουργικότητας και της απόδοσης των εγκαταστάσεων αιολικών πάρκων, είναι σκόπιμο να τηρούνται κάποιες αποστάσεις. Αυτές σχετίζονται με τις αποστάσεις από το οδικό δίκτυο, από το δίκτυο μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας, από στοιχεία που εμποδίζουν την αξιοποίηση του ανέμου καθώς και τις μεταξύ των ανεμογεννητριών αποστάσεις. Πιο συγκεκριμένα:

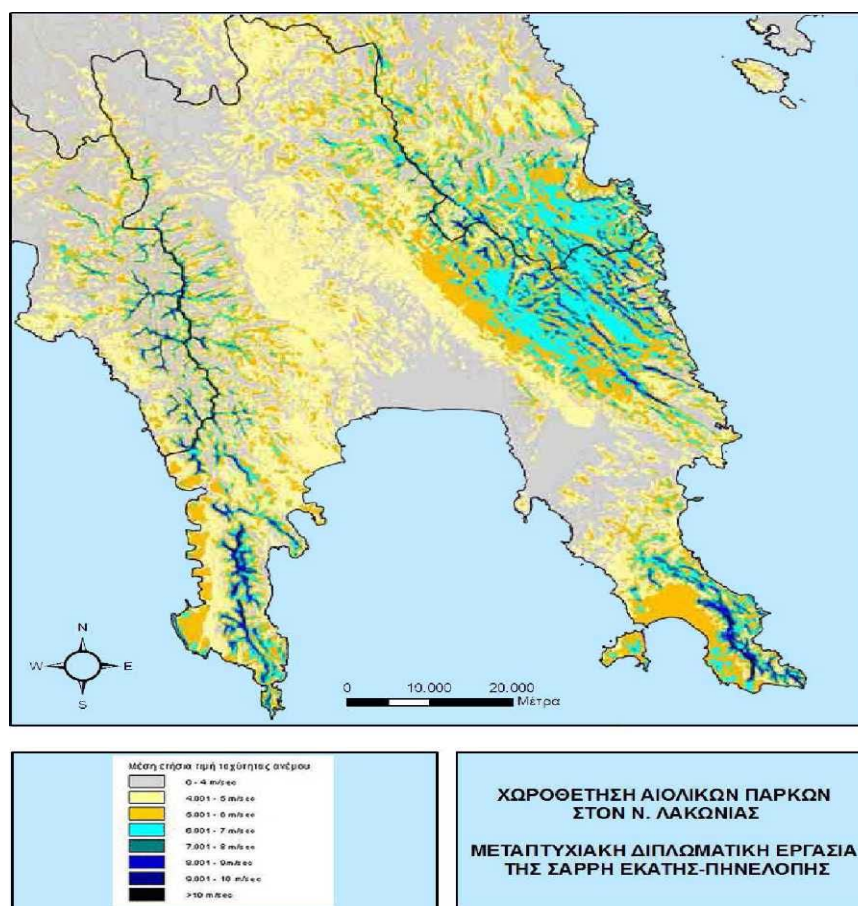
- Μέγιστη απόσταση από υφιστάμενη οδό χερσαίας προσπέλασης οποιασδήποτε κατηγορίας:
  - Για εγκατεστημένη ισχύ κάτω των 10 MWe: Σε ΠΑΠ και Αττική 20km μήκους όδευσης
  - Σε άλλες περιοχές (ΠΑΚ) 15km μήκους όδευσης, ανεξάρτητα από την εγκατεστημένη ισχύ
  - Σε νησιά 10km μήκους χερσαίας όδευσης, ανεξάρτητα από την εγκατεστημένη ισχύ

- Μέγιστη απόσταση από το σύστημα (δίκτυο) μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας Υψηλής, Μέσης, Χαμηλής Τάσης: όπως ορίζει ο ΔΕΣΜΗΕ στους όρους σύνδεσης της εγκατάστασης (με υψηλή τάση) και η ΔΕΗ (με μέση και χαμηλή τάση).
- Ελάχιστη απόσταση (A) από σημαντικά σταθερά στοιχεία άμεσης παρεμβολής (φυσικά ή ανθρωπογενή) που εμποδίζουν την εκμετάλλευση του ανέμου: 7 φορές το ύψος του σταθερού στοιχείου άμεσης παρεμβολής ( $A=7\chi\Upsilon$ ).
- Ελάχιστη απόσταση (A) μεταξύ των ανεμογεννητριών:
  - Με ανάπτυγμα κάθετα στην κατεύθυνση του κυρίαρχου ανέμου: 3 φορές τη διάμετρο (d) της φτερωτής της ανεμογεννήτριας ( $A=3d$ )
  - Με ανάπτυγμα παράλληλο στην κατεύθυνση του κυρίαρχου ανέμου: 7 φορές τη διάμετρο (d) της φτερωτής της ανεμογεννήτριας ( $A= 7d$ ).

#### 5.4. Η περιοχή μελέτης

Ο Ν. Λακωνίας παρουσιάζει πολύ έντονο επενδυτικό ενδιαφέρον για εγκατάσταση αιολικών πάρκων, το μεγαλύτερο στην Περιφέρεια της Πελοποννήσου. Γεγονός είναι ότι διαθέτει ένα πολύ σημαντικό φυσικό διαθέσιμο, υψηλό αιολικό δυναμικό, το οποίο εντοπίζεται σε περιοχές όπως η βορειοανατολική, η νοτιοανατολική και νοτιοδυτική πλευρά του, όπως φαίνεται και στον ακόλουθο χάρτη του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ). Σε αυτές τις περιοχές, η μέση ετήσια τιμή της ταχύτητας του ανέμου ξεπερνάει τα 6 m/s και θεωρείται, με βάση τα σημερινά τεχνικοοικονομικά δεδομένα, αξιοποιήσιμη για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων. Ο χάρτης αυτός αποτελεί μια πολύ χρήσιμη και ασφαλή εκτίμηση του αιολικού δυναμικού στο Ν. Λακωνίας, αλλά σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βασικό κριτήριο για μια εκ των προτέρων επιλογή θέσεων και χωροθέτηση σταθμών, αφού όπως έχει ήδη αναλυθεί στο πρώτο κεφάλαιο, η επιλογή της θέσης εξαρτάται από πολλούς επιπλέον παράγοντες.

Χάρτης 2 Αιολικό δυναμικό του Ν. Λακωνίας



Πηγή: ΚΑΠΕ ([http://www.cres.gr/kape/images/maps/ima\\_pre2.htm](http://www.cres.gr/kape/images/maps/ima_pre2.htm))

Με βάση τον χάρτη 2 διαπιστώνεται ότι η ύπαρξη τεχνικά και οικονομικά εκμεταλλεύσιμοι αιολικού δυναμικού εντοπίζεται, κυρίως, στο ανατολικό τμήμα του Νομού Λακωνίας, κατά μήκος του Πάρνωννα. Οι περιοχές με εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό, άνω του ελάχιστου ορίου των 6 m/s, έχουν υψόμετρο συνήθως μεγαλύτερο των 400 m.

Αναλυτικά, για το ανατολικό τμήμα του νομού, ο δήμος Βοιών διαθέτει μικρά ποσοστά αιολικού δυναμικού εκτός του ανατολικού τμήματός του προς το Αιγαίο, όπου υπάρχει συγκέντρωση αιολικού δυναμικού μέσου μεγέθους. Οι δήμοι Νιάτων και Ζάρακα, λόγω των έντονων γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών, διαθέτουν υψηλό αιολικό δυναμικό το οποίο κατανέμεται σε όλη τους σχεδόν την έκταση. Οι Δήμοι Μονεμβασίας, Ασωπού, Μολάων και Έλους χαρακτηρίζονται από σαφώς πιο ήπια μορφολογία και μικρά ποσά αιολικού δυναμικού. Στο



δυτικό τμήμα του νομού, ισχυρό αιολικό δυναμικό διαθέτουν οι δήμοι Ανατολικής Μάνης και Οιτύλου κατά μήκος του Ταυγέτου.

Στην "Ειδική Χωροταξική Μελέτη αναζήτησης αιολικών σταθμών στη ΒΑ Λακωνία" επισημαίνεται ότι «στο ανατολικό τμήμα του Νομού Λακωνίας (όπου συγκεντρώνεται κυρίως το αιολικό δυναμικό του) υπάρχουν δύο ευρύτερες ενότητες εκμεταλλεύσιμου αιολικού δυναμικού, η ΒΑ ενότητα (πιο εκτεταμένη και ανομοιογενής, με υψηλότερα συνολικά μεγέθη) και η ΝΑ ενότητα (μικρότερη και πιο ομοιογενής). Ουσιαστικά, πρόκειται για δύο διαφορετικές περιοχές, που απαιτούν διαφορετική προσέγγιση για την εξακρίβωση της φέρουσας ικανότητάς τους όσον αφορά τη χωροθέτηση αιολικών σταθμών». Δεν αποκλείεται φυσικά η ύπαρξη θέσεων με κατάλληλο αιολικό δυναμικό εκτός των δύο ενοτήτων, αλλά εκτιμάται ότι αυτές θα είναι διάσπαρτες και δεν θα οδηγούν σε τοπική συσσώρευση αιολικών σταθμών.

Σύμφωνα με τα αρχεία αιτήσεων της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ), για το Ν. Λακωνίας έχουν δοθεί 20 θετικές γνωμοδοτήσεις για άδειες παραγωγής για αιολικά πάρκα (στοιχεία Μαΐου 2008). Μέχρι τον Ιούνιο του 2008 εκκρεμούσαν 29 αιτήσεις, συνολικής ισχύος 590,6 MW, για άδεια παραγωγής και προμήθειας. Άδειες παραγωγής έχουν δοθεί σε 20 αιολικά πάρκα στο Ν. Λακωνίας με συνολική ισχύ 337,5 MW. Τέλος, στον πίνακα 5 και σύμφωνα με τον Διαχειριστή του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ), φαίνονται τα αιολικά πάρκα που έχουν όρους σύνδεσης (ισχύς, τοποθεσία και με ποιον υποσταθμό θα συνδεθεί με το κύκλωμα της ΔΕΗ) αλλά δεν έχουν άδεια λειτουργίας. Εκκρεμούν 5 αιτήσεις μονάδων αιολικών πάρκων για προσφορά σύνδεσης. Οι αιτήσεις επικεντρώνονται στους προαναφερθέντες δήμους που χαρακτηρίζονται από αξιοποιήσιμο αιολικό δυναμικό.

**Πίνακας 5.1:** Αιολικά πάρκα με όρους σύνδεσης από τον ΔΕΣΜΗΕ στο Ν. Λακωνίας

ΟΝΟΜΑ ΦΟΡΕΑ	ΙΣΧΥΣ (ΣΕ MW)	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΜΕ ΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ
WRE ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	4,8	Αλώνια Ελληνικού	Μ.Τ.
ΑΙΟΛΙΚΗ ΖΑΡΑΚΑ ΚΟΥΠΙΑ Α.Ε.	4,5	I Μουτζούρι Κουπιών Δ.Ζάρακος	ΛΑΚ2
ΑΙΟΛΙΚΗ ΜΟΛΑΩΝ	20,4	Γκρόπες-Ράχη Γκιώνη	ΛΑΚ2- Τροποπ/ση (Ν) ή Μ.Τ.

ΛΑΚΩΝΙΑΣ Α.Β.Ε.Ε.		Δ.Ζάρακος	- Μολάοι
ΑΙΟΛΙΚΗ ΖΑΡΑΚΑ ΣΠΑΡΤΙΛΑ Α.Ε.	6,6	Σπαρτίλα-Κάρκανο Ρειχέας Δ.Ζάρακα	ΛΑΚ2- Τροποπι/ση (N) ή Μ.Τ. - Μολάοι
ΑΙΟΛΙΚΗ ΖΑΡΑΚΑ ΚΟΝΤΟΡΡΑΧΗ Α.Ε.	10,8	Κοντορράχη Λαμπόκαμπου Δ.Ζάρακος	ΛΑΚ2-Τροπι/ση (N)
ΜΕΛΤΕΜΙ ΚΑΣΤΡΙ Α.Β.Ε.Τ.Ε.	17,0	Κατάρτια/Τούρλες Δ.Μολάων	ΚΡΕΜΑΣΤΗ (N)
ΑΙΟΛΙΚΗ ΖΑΡΑΚΑ ΤΟΥΡΛΑ Α.Ε.	8,25	Τούρλα-Κορδέλιζα Κουπιών Δ.Ζάρακος	ΛΑΚ2
ΑΛΦΑ ΑΙΟΛΙΚΗ ΜΟΛΑΩΝ ΑΕΒΕ	20,4	Καλογεροβούνι Δ.Ζάρακα	Μολάοι
ΑΙΟΛΙΚΗ ΖΑΡΑΚΑ ΡΑΧΗ ΓΚΙΩΝΗ Α.Ε.	9,0	Ράχη Λούτσας-Γκιώνη Κουπιών-Λαμπόκαμπου Δ.Ζάρακος	ΛΑΚ2
ΜΕΛΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΛΦΑ ΑΕ	1,5	ΔΙΚΛΑΔΙ Δ.ΒΟΙΩΝ	Μ.Τ.
ΑΙΟΛΙΚΗ ΜΠΕΛΕΧΕΡΙ Α.Ε.	18,0	Μπελεχέρι Δ.Νιάτων	ΚΡΕΜΑΣΤΗ 2 (N)

Πηγή : [http://www.desmie.gr/content/index.asp?parent\\_id=41&cat\\_id=1281&page\\_id=2003&lang=1](http://www.desmie.gr/content/index.asp?parent_id=41&cat_id=1281&page_id=2003&lang=1)

Στον παρακάτω χάρτη που έχει διαμορφώσει ο ΔΕΣΜΗΕ, φαίνεται το ελληνικό διασυνδεδεμένο σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας της περιόδου 2006-2010 για την περιοχή της Λακωνίας. Κάποια από τα έργα, δεν έχουν ακόμη πραγματοποιηθεί αλλά εντάσσονται στην παρούσα περίοδο και αναμένεται η κατασκευή τους. Αναμένεται επίσης, η κατασκευή του έργου σύνδεσης αιολικών πάρκων στην ανατολική Λακωνία, του ΛΑΚ1, ενώ ο ΛΑΚ2 έχει ήδη κατασκευαστεί..

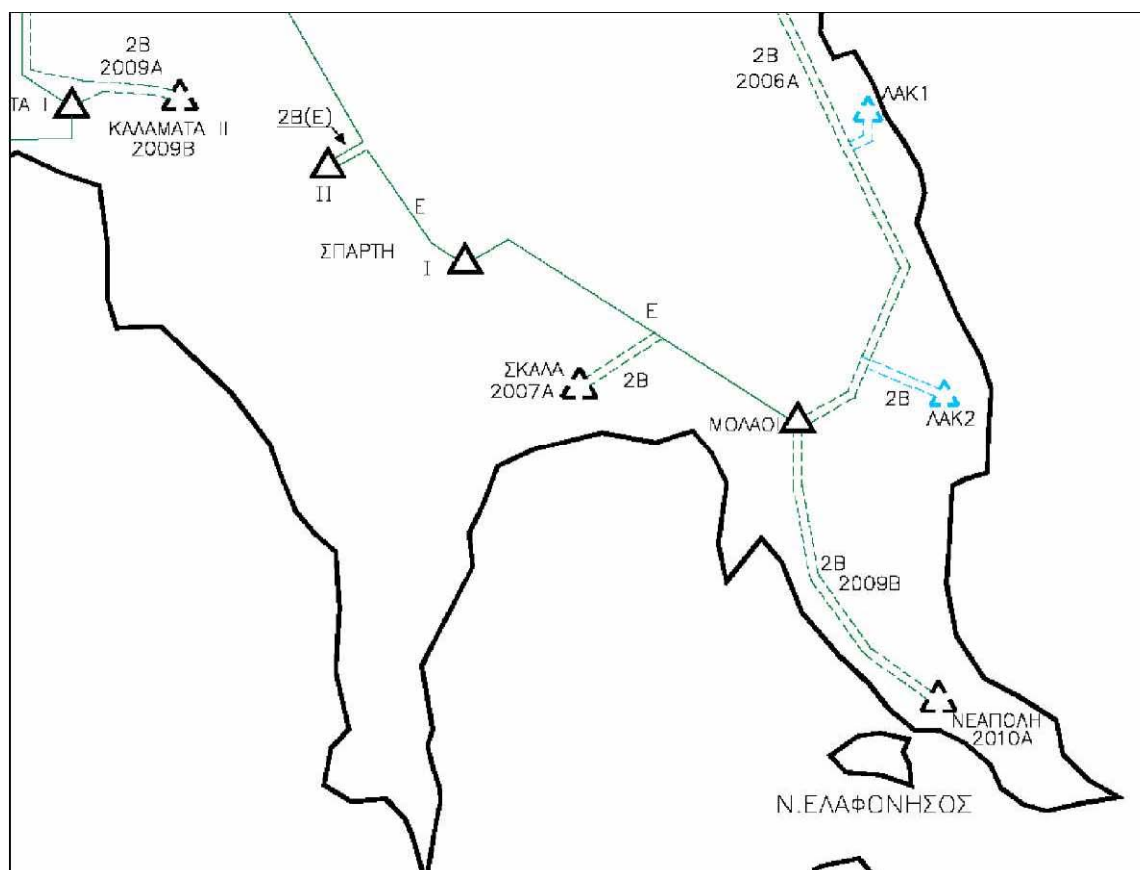
Η νέα γραμμή Άστρος - Μολάοι έχει ως ένα από τους στόχους της την αύξηση της αιολικής διείσδυσης στην περιοχή Λακωνίας - Κυνουρίας. Τα πιο πάνω έργα, σύμφωνα με τον ΔΕΣΜΗΕ, θα επιτρέψουν την αύξηση της ικανότητας απορρόφησης ισχύος αιολικών πάρκων στην περιοχή έως τα 280 MW. Σε μεταγενέστερο στάδιο και εφόσον αδειοδοτηθούν νέα έργα στην περιοχή, σχεδιάζεται η κατασκευή νέας γραμμής μεταφοράς 2B/150 Μολάοι-Μεγαλόπολη.

Η Πελοπόννησος αποτελεί την κρισιμότερη περιοχή του συστήματος για τα επόμενα έτη, καθώς έχει αρχίσει να είναι εισαγωγική σε περιόδους υψηλού

φορτίου, ενώ υπάρχει αβεβαιότητα όσον αφορά την μελλοντική κατάσταση από άποψη διαθέσιμου παραγωγικού δυναμικού στην περιοχή Μεγαλόπολης (ΔΕΣΜΗΕ, 2006).

Γενικά, παρατηρείται η τάση βελτίωσης του υπάρχοντος συστήματος αφού η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας πολλαπλασιάζεται, με ταυτόχρονη πρόνοια για την διείσδυση της αιολικής ενέργειας. Επομένως, για ένα από τα προβλήματα ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας, που ήταν η έλλειψη των κατάλληλων δικτύων για τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας, γίνεται προσπάθεια επίλυσής του.

**Χάρτης 3:** Ελληνικό διασυνδεδεμένο σύστημα μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας της περιόδου 2006 - 2010 για την περιοχή της Λακωνίας



Πηγή: ΔΕΣΜΗΕ

([http://www.desmie.gr/up/files/%CE%A7%CE%91%CE%A1%CE%A4%CE%97%CE%A3\\_%CE%9C%CE%91%CE%A3%CE%9C\\_2006.pdf](http://www.desmie.gr/up/files/%CE%A7%CE%91%CE%A1%CE%A4%CE%97%CE%A3_%CE%9C%CE%91%CE%A3%CE%9C_2006.pdf))

Για τους λόγους που προαναφέρθηκαν, δηλαδή την ύπαρξη εκμεταλλεύσιμου αιολικού δυναμικού, το έντονο επενδυτικό ενδιαφέρον που υπάρχει για ανάπτυξη αιολικών πάρκων, την βελτίωση του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας που δίνει τη δυνατότητα για μεγαλύτερη διείσδυση αιολικής ενέργειας, ταυτόχρονα με το γεγονός ότι δεν υπάρχει καμία αιολική εγκατάσταση στην περιοχή αλλά προωθείται από Ειδικό Πλαίσιο, ο Ν. Λακωνίας θεωρήθηκε κατάλληλος για την εφαρμογή της χωροθέτησης αιολικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. [29]

## 5.5 Επιλογή Α/Γ

Στο παρόν μέρος της διπλωματικής εργασίας εξετάζουμε τη δημιουργία του πάρκου γίνεται η τεχνική περιγραφή της επιλεχθείσας Α/Γ και παρουσίαση του έργου.

Για το αιολικά πάρκα στο Ν. Λακωνίας επιλέχτηκε η Α/Γ της εταιρίας **VESTAS V52-850KW** ως κατάλληλη για απομακρυσμένες εφαρμογές. Λόγω δυσκολίας των μεταφορών στο νομό, δεδομένου ότι η υποδομή στους δρόμους και δεν είναι ανεπαρκής καθώς και ότι το ανάγλυφο καθιστά δύσκολη την πρόσβαση σε αρκετές τοποθεσίες, θεωρήθηκε ότι μεγαλύτερη Α/Γ θα ήταν ακατάλληλη. Θεωρείται ιδανική για όλες τις ανεμολογικές συνθήκες [17]. Διαθέτει ιδιαίτερα προηγμένο pitch control, με μικροεπεξεργαστές οι οποίοι ελέγχουν την κλίση των πτερυγίων ώστε να διασφαλιστεί η συνεχής προσαρμογή των λεπίδων στο βέλτιστο σε σχέση με τον επικρατέστερο άνεμο. Σημειώνεται εδώ ότι η επιλογή μηχανής με **pitch control** και όχι τεχνολογίας stall είναι προτιμότερη αφού έχουμε συχνά ιδιαίτερα αυξημένες και μη προβλεπόμενες ταχύτητες ανέμου, ενώ αντίθετα οι μηχανές stall δεν έχουν σταθερό Σ.Ι σε μέρη με έντονα μεταβαλλόμενο αέρα.

Σύμφωνα με το φυλλάδιο προδιαγραφών της Α/Γ η V52 διαθέτει ένα προηγμένο σύστημα το οποίο μεγιστοποιεί την απόδοση εκμεταλλευόμενο την δύναμη των μεταβατικών ανεμοδίνων γεγονός που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την εξεταζόμενη περιοχή.

Επιπλέον η μηχανή αυτή λόγω των αναπτυγμένων συστημάτων ελέγχου της ταχύτητας ελαχιστοποιεί τον παραγόμενο θόρυβο, αποτελώντας έτσι δανική επιλογή για περιοχές ευαίσθητες όπως ο συγκεκριμένος νομός.

Σύμφωνα πάντα με το φυλλάδιο προδιαγραφών της εταιρίας, το σύστημα που διαθέτει η μηχανή βοηθά στην παραγωγή ενέργειας με αυξημένη ποιότητα ισχύος, όπως μειωμένες αρμονικές και flicker .

Τέλος αναφέρουμε κάποια στοιχεία σχετικά με την μηχανή τα οποία είναι απαραίτητα κατά τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης.

- Διάμετρος ρότορα = 52 m
- Ύψος πλήμνης = 40 m
- Ταχύτητα έναρξης (cut-in wind speed) = 4 m/s
- Ταχύτητα αποσύνδεσης (cut-out wind speed) = 25 m/s
- Ονομαστική ταχύτητα περιστροφής = 26 ΣΑΛ
- Ονομαστική ταχύτητα ανέμου = 16 m/s.

Το ανοιγμένο κόστος επένδυσης έχει υπολογιστεί σε 1500€/kw άρα για το συγκεκριμένο πάρκο θα έχουμε 8 μηχανές. [55]

## 5.6 Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που υποστηρίζει το υπολογιστικό εργαλείο έχει παρουσιαστεί στο προηγούμενο κεφάλαιο και εκτιμά τις επιπτώσεις της διείσδυσης της αιολικής ενέργειας στα παρακάτω:

- ☞ Εθνική Οικονομία
- ☞ Απασχόληση
- ☞ Περιβάλλον

Καταρχήν παρουσιάζονται τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν, δηλαδή τα πραγματικά δεδομένα που συγκεντρώθηκαν για ένα αιολικό πάρκο 6,87 MW. Τα στοιχεία αυτά προέκυψαν από την ανάλυση, τις Κατασκευαστικές Εταιρείες και τη ΔΕΗ. Από την επεξεργασία του ερωτηματολογίου προκύπτουν αναλυτικά στοιχεία για την φάση κατασκευής, την φάση εγκατάστασης και την φάση συντήρησης και λειτουργίας.

Η μεθοδολογία στην οποία στηρίζεται το υπολογιστικό εργαλείο εκτιμά τις επιπτώσεις που θα έχει το προτεινόμενο σύστημα (αιολικό πάρκο):

Στον ιδιώτη επενδυτή,

Στην εθνική οικονομία, στην κοινωνία και στο περιβάλλον.

Στο πρώτο επίπεδο ανάλυσης, εξετάζονται τα οφέλη που προκύπτουν για τον ιδιώτη επενδυτή σε σύγκριση με τα απαιτούμενα ίδια κεφάλαια. Στο δεύτερο επίπεδο ανάλυσης εξετάζονται τα οφέλη που προκύπτουν για το σύνολο της κοινωνίας σε σύγκριση με το σύνολο των πόρων που δεσμεύονται στην επένδυση. Κατά συνέπεια απαιτείται η καταγραφή δεδομένων που σχετίζονται με τις επιπτώσεις από την υλοποίηση του έργου και τη δυνατότητα εμπλοκής τοπικών φορέων στις διάφορες φάσεις του. Σε κάθε μία από τις φάσεις<sup>1</sup> του έργου και για κάθε επιμέρους εργασία και τμήμα του εξοπλισμού καταγράφεται το κόστος, το ποσοστό της Ελληνικής συμμετοχής και στοιχεία για την απασχόληση<sup>2</sup>. Επίσης, απαιτούνται στοιχεία που προκύπτουν από

<sup>1</sup> Φάση κατασκευής, φάση εγκατάστασης και φάση συντήρησης και λειτουργίας

<sup>2</sup> Αριθμός ατόμων που απασχολούνται, ειδικότητα και χρόνος απασχόλησης

την ενεργειακή μελέτη και την προσομοίωση, όπως η ενεργειακή συνεισφορά, η ποσότητα του καυσίμου που εξοικονομείται και οι ρύποι που αποφεύγονται. Παράλληλα, απαιτείται η καταγραφή εργασιακών δεδομένων<sup>3</sup> για τον τόπο εγκατάστασης (π.χ. Ελλάδα), ώστε να μπορεί να εκφραστεί σε χρηματικές μονάδες το όφελος που προκύπτει από τη δημιουργούμενη απασχόληση και την αποφυγή επιδομάτων ανεργίας που αυτή συνεπάγεται.

Η ανάλυση περιλαμβάνει ένα πρώτο στάδιο υπολογισμού των επιμέρους ωφελειών, όπως είναι η τοπική προστιθέμενη αξία, τα εισοδήματα και οι δημόσιες εισφορές που προκύπτουν χάρις στην επένδυση. Αντίστοιχα, ποσοτικοποιούνται απώλειες που μπορεί να συμβούν από τη μειωμένη λειτουργία ή τη μη εγκατάσταση συμβατικών μονάδων.

Το τελικό στάδιο της ανάλυσης περιλαμβάνει τον υπολογισμό των αθροιστικών μεγεθών και των δεικτών αξιολόγησης. Τα αθροιστικά μεγέθη περιλαμβάνουν τα δημόσια οφέλη, το όφελος από την παραγωγή ενέργειας, τη δημιουργούμενη απασχόληση, ενώ ως τελικοί δείκτες αξιολόγησης ορίζεται ο λόγος οφέλους – κόστους για την εθνική οικονομία και την κοινωνία.

**Τέλος πολύ σημαντική θα είναι και χρηματοοικονομική ανάλυση που θα πρέπει να προκύψει.** Σκοπός της είναι να διερευνήσει την αποδοτικότητα του σχεδίου επένδυσης για τον ενδιαφερόμενο ιδιώτη επενδυτή. Η ουσία της είναι να προσδιορίσει τη σχέση μεταξύ απόδοσης (κέρδους) και επενδύσιμου κεφαλαίου και είναι ιδιαίτερα κρίσιμη για τον επενδυτικό φορέα [Κάραλης Γ. (1997)].

Άρα όπως και στην ανάλυση του φ/β πάρκου θα χρησιμοποιηθεί η ίδια μεθοδολογία και το ίδιο πρόγραμμα με τα εξής βήματα:

1. Προστιθέμενη Αξία
2. Απασχόληση
3. Υποκατάσταση Συμβατικής Ενέργειας
4. Όφελος από την Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας

<sup>3</sup> Ωρες απασχόλησης, μισθοί, φόροι

5. Δημόσια Οφέλη
6. Περιβαλλοντικά Οφέλη
7. Εξωτερικές Οικονομίες και Εξωτερικό Κόστος της Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας
8. Χρονική Αξία Χρήματος – Πληθωρισμός - Παρούσα Αξία
9. Δείκτες Αξιολόγησης
10. Δείκτης οφέλους – κόστους για την εθνική οικονομία
11. Δείκτης οφέλους – κόστους για την κοινωνία
12. Ενεργειακά δεδομένα αιολικού πάρκου
13. Κοινωνικά δεδομένα
14. Περιβαλλοντικά δεδομένα
15. Οικονομικά Κριτήρια Αξιολόγησης Επενδύσεων
  - *Καθαρά Παρούσα Αξία*
  - *Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης*
  - *Λόγος οφέλους – κόστους*
  - *Χρόνος απόσβεσης*
16. *Χρόνος εμφάνισης θετικής χρηματορροής*
17. Συντελεστής αναγωγής σε παρούσα αξία
18. Δείκτης οφέλους για τον ιδιώτη επενδυτή



## 5.7 Δεδομένα αιολικού πάρκου

Τα δεδομένα του αιολικού πάρκου παρουσιάζονται σε τρεις φάσεις. Τη φάση κατασκευής, τη φάση εγκατάστασης και τη φάση συντήρησης και λειτουργίας. Ο διαχωρισμός γίνεται γιατί οι τρεις αυτές φάσεις διαφέρουν ως προς τη χρονική στιγμή που πραγματοποιούνται, αλλά και την χρονική διάρκειά τους.

Αρχικά, σε κάθε φάση και για κάθε επιμέρους δραστηριότητα δίνονται το κόστος, το ποσοστό της ελληνικής συμμετοχής, στοιχεία απασχόλησης και χρονική διάρκεια. Στο κόστος συμπεριλαμβάνεται το κόστος εξοπλισμού και τα εργατικά. Το ποσοστό της ελληνικής συμμετοχής δείχνει την προστιθέμενη αξία που δημιουργείται από την συγκεκριμένη εργασία. Τα στοιχεία απασχόλησης περιλαμβάνουν τον αριθμό ατόμων που απασχολούνται σε κάθε εργασία, την ειδίκευση τους (Μηχανικοί, Χειριστές Μηχανημάτων, Τεχνίτες, Ανειδίκευτοι εργάτες) και το χρόνο απασχόλησης τους. Αυτά τα στοιχεία έχουν προκύψει από την επεξεργασία των ερωτηματολογίων.

Οι δραστηριότητες κατά την κατασκευή και εγκατάσταση πραγματοποιούνται στο αρχικό στάδιο της επένδυσης, ενώ η φάση συντήρησης και λειτουργίας εκτείνεται σε όλη τη διάρκεια ζωής του αιολικού πάρκου. Τα στοιχεία που αφορούν τη φάση συντήρησης και λειτουργίας αναφέρονται σε ετήσια βάση.

Οι εργασίες που περιλαμβάνονται σε κάθε φάση και ο εξοπλισμός που απαιτείται φαίνονται αναλυτικά παρακάτω:

### ⊕ Φάση κατασκευής εξοπλισμού

#### ☞ Κατασκευή εξοπλισμού Αιολικού Πάρκου

- Κατασκευή Ανεμομέτρων
- Κατασκευή εξοπλισμού εξωτερικού δικτύου
- Κατασκευή εξοπλισμού Control Room

#### ☞ Κατασκευή Ανεμογεννήτριας

- Εξοπλισμός Θεμελίωσης και υλικά για την κατασκευή
- Κατασκευή Πύργου

- Κατασκευή Νασέλας, Γεννήτριας, Πτερυγίων
- Κατασκευή Συστήματος Ελέγχου, Ηλεκτρονικών
- ☞ Κατασκευή εξοπλισμού Ηλεκτρικής Διασύνδεσης
  - Κατασκευή Εσωτερικού Δικτύου (υπόγειο ,υπέργειο)
  - Κατασκευή Μετασχηματιστή Μέσης Τάσης
  - Κατασκευή Συστήματος Επικοινωνίας (καλώδιο,Control Room)
- ⊕ Φάση εγκατάστασης
  - ☞ Εγκατάσταση Αιολικού Πάρκου
    - Γη
    - Οδοποιία
    - Μετρήσεις Αιολικού Δυναμικού
    - Υποσταθμός-Εξωτερικό Δίκτυο
    - Control Room
  - ☞ Εργασίες Θεμελίωσης
    - Εκσκαφή, Διαμόρφωση Πλατείας
    - Μπετόν Καθαριότητας
    - Κατασκευή Βάσης
    - Γείωση
    - Οπλισμός Βάσης, Σίδερα
    - Μπετόν
  - ☞ Μεταφορά Ανεμογεννήτριας μέχρι το Αιολικό Πάρκο
  - ☞ Ανέγερση Ανεμογεννήτριας
  - ☞ Εγκατάσταση Ηλεκτρικής Διασύνδεσης
    - Εσωτερικό Δίκτυο (υπόγειο, υπέργειο)
    - Μετασχηματιστής Μέσης Τάσης
    - Σύστημα Επικοινωνίας(καλώδιο-Control Room)
  - ☞ Δοκιμαστική θέση σε λειτουργία
- ⊕ Φάση συντήρησης και λειτουργίας

Κατά τη φάση συντήρησης και λειτουργίας η απασχόληση που δημιουργείται έχει μόνιμο χαρακτήρα, οπότε λαμβάνεται υπόψη η δημιουργία έμμεσης εργασίας (spin-off effect).

Με βάση τα παραπάνω γίνονται υπολογισμοί που δίνουν τα συνολικά δεδομένα ανά φάση. Συγκεκριμένα:

- ⊕ Φάση κατασκευής εξοπλισμού
  - ☞ Συνολικό Κόστος κατασκευής εξοπλισμού (εκ. €)
  - ☞ Ποσοστό Ελληνικής Συμμετοχής στην Κατασκευή του Εξοπλισμού
  - ☞ Ανθρωποχρόνια μηχανικών κατά την κατασκευή
  - ☞ Ανθρωποχρόνια τεχνιτών κατά την κατασκευή
  - ☞ Συνολική απασχόληση κατά την κατασκευή (ανθρωποχρόνια)
- ⊕ Φάση εγκατάστασης
  - ☞ Συνολικό κόστος εγκατάστασης
  - ☞ Ποσοστό Ελληνικής Συμμετοχής στην εγκατάσταση του Αιολικού Πάρκου
  - ☞ Ανθρωποχρόνια μηχανικών κατά την εγκατάσταση
  - ☞ Ανθρωποχρόνια χειριστών μηχανημάτων κατά την εγκατάσταση
  - ☞ Ανθρωποχρόνια τεχνιτών κατά την εγκατάσταση
  - ☞ Ανθρωποχρόνια ανειδίκευτων εργατών κατά την εγκατάσταση
  - ☞ Συνολική απασχόληση κατά την εγκατάσταση (ανθρωποχρόνια)
- ⊕ Φάση συντήρησης και λειτουργίας
  - ☞ Κόστος συντήρησης και λειτουργίας (εκ. €/έτος)
  - ☞ Παρούσα Αξία κόστους συντήρησης και λειτουργίας (εκ. €)
  - ☞ Ποσοστό Ελληνικής Συμμετοχής κατά την συντήρηση και λειτουργία
  - ☞ Μόνιμες θέσεις εργασίας που δημιουργούνται (άμεσες)
  - ☞ Άμεσες και έμμεσες θέσεις (επίδραση spin off effect)
  - ☞ Συνολική απασχόληση ανά έτος λειτουργίας (ανθρωποχρόνια)

## 5.8 Μελέτη Αιολικού Πάρκου 6.87 MW

### 5.8.1. Παρουσίαση Δεδομένων

Το υπολογιστικό εργαλείο εφαρμόστηκε αναλυτικά στην περίπτωση ενός αιολικού πάρκου 6,87 MW με σκοπό την κοινωνικό-οικονομική αξιολόγηση των οφελών από τη λειτουργία του. Τα στοιχεία που τροφοδότησαν το υπολογιστικό εργαλείο είναι πραγματικά και συγκεντρώθηκαν μέσω απο την εταιρία vestas-hellas, που απαντήθηκε . για το συγκεκριμένο αιολικό πάρκο.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα δεδομένα και η εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας. Η εφαρμογή της μεθοδολογίας για τη μελέτη περίπτωσης αιολικού πάρκου πραγματοποιείται σε τρία στάδια:

1. Παρουσίαση δεδομένων
2. Ενδιάμεσοι υπολογισμοί
3. Υπολογισμός τελικών μεγεθών και δεικτών

Στη παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα αρχικά δεδομένα που αφορούν στο αιολικό πάρκο.

<b>Αρχικά δεδομένα</b>	
Ονομαστική ισχύς αιολικού πάρκου (MW)	6,87
Αριθμός ανεμογεννητριών	8
Συνολική επένδυση (κόστος εξοπλισμού και εγκατάστασης)-εκ. €	10000
Επιχορήγηση (30%)-εκ. €	3000
Ιδία κεφάλαια (Συνολική επένδυση - Επιχορήγηση)	7000
Χρονικός ορίζοντας επένδυσης (έτη)	20
Επιτόκιο προεξόφλησης	5%

Στα παρακάτω δίνεται αναλυτικά η απασχόληση που δημιουργείται στην Ελλάδα κατά την κατασκευή του εξοπλισμού, την εγκατάσταση και τη συντήρηση και λειτουργία του πάρκου. Η παρουσίαση της δημιουργούμενης απασχόλησης γίνεται κατά ειδικότητα. Οι ειδικότητες που εμφανίζονται είναι: Μηχανικοί (Μ), Τεχνίτες (Τ), Χειριστές Μηχανημάτων (Χ.Μ.), Ανειδίκευτοι Εργάτες (Α.Ε.).

<b>Φάση: Κατασκευή εξοπλισμού</b>		
<b>Κόστος κατασκευής εξοπλισμού (χιλιάδες Ευρώ)</b>		8000
<b>Ποσοστό Ελληνικής Συμμετοχής στην Κατασκευή του Εξοπλισμού</b>		6%
Ανθρωποχρόνια μηχανικών κατά την κατασκευή		0,0
Ανθρωποχρόνια τεχνιτών κατά την κατασκευή		0,0
Ανθρωποχρόνια χειριστών μηχανημάτων κατά την κατασκευή		0,0
Ανθρωποχρόνια ανειδίκευτων εργατών κατά την κατασκευή		0,0
<b>Σύνολική απασχόληση κατά την κατασκευή (ανθρωποχρόνια)</b>		0,0

<b>Φάση εγκατάστασης</b>		
<b>Συνολικό κόστος εγκατάστασης</b>		2000,0
<b>Ποσοστό Ελληνικής Συμμετοχής στην εγκατάσταση του αιολικού πάρκου</b>		90%
Ανθρωποχρόνια μηχανικών κατά την εγκατάσταση		4
Ανθρωποχρόνια τεχνιτών κατά την εγκατάσταση		0,00
Ανθρωποχρόνια χειριστών μηχανημάτων κατά την εγκατάσταση		0,00
Ανθρωποχρόνια ανειδίκευτων εργατών κατά την εγκατάσταση		43,33

Σύνολική απασχόληση κατά την εγκατάσταση (ανθρωποχρόνια)

47

<b>Φάση: Κατασκευή εξοπλισμού</b>		
<b>Κόστος συντήρησης και λειτουργίας (χιλιάδες Ευρώ/έτος)</b>		150,0
<b>ΠΑ κόστους συντήρησης και λειτουργίας (χιλιάδες €)</b>		1869
<b>Ποσοστό Ελληνικής Συμμετοχής</b>		80%
Μόνιμες θέσεις εργασίας Μηχανικών που δημιουργούνται		0
Μόνιμες θέσεις εργασίας Τεχνικών που δημιουργούνται		0
Μόνιμες θέσεις εργασίας Χ.Μ. που δημιουργούνται		0
Μόνιμες θέσεις εργασίας Α.Ε. που δημιουργούνται		0
Συνολικές μόνιμες θέσεις που δημιουργούνται		0
spin off effect		33%
Σύνολική απασχόληση ανα έτος λειτουργίας (ανθρωποχρόνια)		1,108333

Τα δεδομένα της φάσης συντήρησης και λειτουργίας περιλαμβάνουν κόστη που συμβαίνουν καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του αιολικού πάρκου σε αντίθεση με τα δεδομένα των άλλων δύο φάσεων (κατασκευή και εγκατάσταση). Για την ορθή χρήση όλων των δεδομένων στους ίδιους δείκτες και την εξαγωγή συμπερασμάτων, τα δεδομένα της φάσης συντήρησης και λειτουργίας ανάγονται σε παρούσες αξίες (ΠΑ), όπως έχει περιγραφεί στη μεθοδολογία. Οι τιμές του επιτοκίου αναγωγής και του συντελεστή αναγωγής σε παρούσα αξία είναι:

Επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
Συντελεστής αναγωγής σε παρούσα αξία (για σταθερή χρηματορροή)	12,46

Στους πίνακες που ακολουθούν θα παρουσιαστούν τα κοινωνικά, ενεργειακά και περιβαλλοντικά δεδομένα, που χρησιμοποιήθηκαν.

<b>ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ</b>		
Ετήσιος αριθμός ωρών εργασίας στη χώρα	1820	
Κοινωνικές εισφορές (εργαζόμενου-εργοδότη) επί τοις % του καθαρού μισθού	50%	
Φόροι εισοδήματος	20%	
Μέσο μήκος ανεργίας σε μήνες	15	
Μέσο επίδομα ανεργίας σε σχέση με τον καθαρό μισθό %	28%	
Μέσος ετήσιος καθαρός μισθός στη χώρα (χιλιάδες €.)	15	
Φόρος προστιθέμενης αξίας (ΦΠΑ)	21%	
	Καθαρός	Μικτός
Μισθός Μ. (1000€/έτος)	13	22
Μισθός Χ.Μ. (1000€/έτος ος).	8	13
Μισθός Τ. (1000€/έτος)	8,8	15
Μισθός Α.Ε. (1000€/έτος)	7,1	12

<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ</b>		
Υποκαθιστώμενη ενέργεια από το Αιολικό (MWh)		21072
		Case study 2α
Μέση τιμή εισαγόμενου υποκαθιστώμενου καυσίμου για συμβατική ηλεκτροπαραγωγή (€/kWh)		0,022
Μέση τιμή εισαγόμενου υποκαθιστώμενου καυσίμου για συμβατική ηλεκτροπαραγωγή τις ώρες αιχμής (€/kWh)		0,011
Κόστος υποκαθιστάμενου καυσίμου (χιλιάδες Ευρώ/έτος) από αιολικό πάρκο		472

<b>ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ tn/GWh</b>			
<b>Εκπομπές μέσης GWh</b>		<b>Διασυνδ</b>	<b>Διασυνδ</b>
Εκπομπή CO <sub>2</sub> (tn/GWh)		1321,7	1322
Εκπομπή PM <sub>10</sub> (tn/GWh)		0,3	0,27
Εκπομπή SO <sub>2</sub> (tn/GWh)		1,4	1,45
Εκπομπή NO <sub>x</sub> (tn/GWh)		1,1	1,09
<b>Εκπομπές GWh αιχμής</b>		<b>Διασυνδ</b>	<b>Διασυνδ</b>
Εκπομπή CO <sub>2</sub> (tn/GWh)		109,7	109,67
Εκπομπή PM <sub>10</sub> (tn/GWh)		0,0	0,00
Εκπομπή SO <sub>2</sub> (tn/GWh)		0,0	0,01
Εκπομπή NO <sub>x</sub> (tn/GWh)		0,2	0,17
Εξωτερικά κόστη (χιλιάδες €/GWh)		<b>Διασυνδ</b>	<b>Διασυνδ</b>
Εκπομπή CO <sub>2</sub>		23,8	23,79



Εκπομπή PM <sub>10</sub>		0,6	0,55
Εκπομπή SO <sub>2</sub>		3,0	2,97
Εκπομπή NO <sub>x</sub>		1,3	1,35
Εξωτερικά κόστη (χιλιάδες €/GWh) - για την αιχμή		Διασυνδ	Διασυνδ
Εκπομπή CO <sub>2</sub>		2,0	1,97
Εκπομπή PM <sub>10</sub>		0,0	0,00
Εκπομπή SO <sub>2</sub>		0,0	0,01
Εκπομπή NO <sub>x</sub>		0,2	0,21

### 5.8.2. Ενδιάμεσοι υπολογισμοί

Με τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν γίνονται οι ενδιάμεσοι υπολογισμοί, όπως περιγράφηκε στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας, δηλαδή υπολογίζονται οι προστιθέμενες αξίες κάθε φάσης, τα εισοδήματα (καθαρά και μικτά) καθώς και οι συνολικές εκπομπές ρύπων σε κάθε σύστημα παραγωγής. Τα αποτελέσματα φαίνονται αναλυτικά στους παρακάτω πίνακες. Στον πίνακα, που ακολουθεί, με τον όρο καθαρή προστιθέμενη αξία εννοείται το μέρος της προστιθέμενης αξίας χωρίς τους φόρους και χωρίς τα εισοδήματα.

<b>Καθαρή Π.Α. σημαίνει χωρίς φόρους, χωρίς εισοδήματα</b>		
Καθαρή προστιθέμενη αξία που δημιουργείται κατά την φάση κατασκευής (χιλ. €)		336,1
Καθαρή προστιθέμενη αξία κατά την εγκατάσταση (χιλιάδες €)		985,9
Καθαρή προστιθέμενη αξία κατά την λειτουργία και συντήρηση (χιλιάδες €/έτος)		86,9

Πίνακας 5.2. Προστιθέμενη αξία

Τα εισοδήματα υπολογίζονται αναλυτικά χρησιμοποιώντας τα στοιχεία, που έχουν συγκεντρωθεί, για την απασχόληση μέσω του ερωτηματολογίου.

<b>Καθαρά και Μικτά εισοδήματα</b>		
Καθαρά εισοδήματα κατά την φάση κατασκευής (χιλιάδες €)		0
Καθαρά εισοδήματα κατά την φάση εγκατάστασης (χιλιάδες €)		369
Καθαρά εισοδήματα κατά την συντήρ. και λειτουργία (χιλιάδες €/έτος)		12
Μικτά εισοδήματα κατά την φάση κατασκευής (χιλιάδες €)		0
Μικτά εισοδήματα κατά την φάση εγκατάστασης (χιλιάδες €)		627
Μικτά εισοδήματα κατά την συντήρηση και λειτουργία (χιλιάδες €/έτος)		17

Πίνακας 5.3. Καθαρά και Μικτά εισοδήματα

Οι δημόσιες εισφορές αφορούν στους φόρους εισοδήματος επί των καθαρών εισοδημάτων, που εισπράτει το κράτος από την δημιουργία απασχόλησης.

<b>Δημόσιες εισφορές</b>		
Δημόσιες εισφορές κατά την κατασκευή και εγκατάσταση (χιλιάδες €)		74
Δημόσιες εισφορές κατά την λειτουργία και συντήρηση (χιλιάδες €/έτος)		2
ΠΑ Δημόσιων εισφορών κατά την Λειτουργία & Συντήρηση (χιλιάδες €)		29
Συνολικές Δημόσιες εισφορές στα εισοδήματα (χιλιάδες €) για όλη τη διάρκεια ζωής		103

Πίνακας 5.4. Δημόσιες εισφορές

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που προκύπτουν από την υποκατάσταση ενέργειας στον συμβατικό τομέα λόγω της λειτουργίας του αιολικού πάρκου.

<b>Συνολικοί Ρύποι που αποφεύγονται</b>		<b>Διασυνδ</b>
Ετήσια εκπομπή CO <sub>2</sub> που αποφεύγεται (tn/έτος)		27852
Ετήσια εκπομπή PM <sub>10</sub> που αποφεύγεται (tn/έτος)		6
Ετήσια εκπομπή SO <sub>2</sub> που αποφεύγεται (tn/έτος)		30
Ετήσια εκπομπή NOx που αποφεύγεται (tn/έτος)		23

Πίνακας 5.5. Ετήσιες εκπομπές ρύπων

### 5.8.3 Υπολογισμός τελικών μεγεθών και δεικτών

#### Ανάλυση κόστους – οφέλους για την εθνική οικονομία

Στο στάδιο αυτό υπολογίζονται τα τελικά μεγέθη που εμφανίζονται στο δείκτη αξιολόγησης κόστους –οφέλους και αφορούν στη λειτουργία του αιολικού πάρκου των 6,67 MW. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στους πίνακες που ακολουθούν:

Αρχικά, όπως περιγράφηκε και στη μεθοδολογία, υπολογίζονται τα δημόσια οφέλη και οι απώλειες στο συμβατικό τομέα σε δημόσια οφέλη λόγω της υποκατάστασης ενέργειας καθώς και το όφελος που δημιουργείται από την αποφυγή πληρωμής επιδομάτων εργασίας.

<b>Δημόσια οφέλη</b>		
Δημόσια οφέλη κατά την φάση κατασκευής και εγκατάστασης (χιλιάδες €)		1856
Δημόσια οφέλη κατά την φάση Λειτ.& Συντ. (χιλιάδες €/έτος)		28

ΠΑ Δημόσιων οφελών κατά την φάση Λειτ. & Συντ. (χιλιάδες €)		344
Όφελος από τη δημιουργία εργασίας (επιδόματα ανεργείας που αποφεύγονται) (χιλιάδες €)		6
Συνολικά δημόσια οφέλη (χιλιάδες €)		2206

Πίνακας 5.6. Δημόσια οφέλη

Απώλειες σε Δημόσια οφέλη		Διασυνδ
Απώλειες σε δημόσια οφέλη (φόροι σε εισοδήματα)-(χιλιάδες €)		99,4

Πίνακας 5.7. Απώλειες σε Δημόσια οφέλη

Στη συνέχεια παρουσιάζονται το κόστος υποκαθιστάμενης ενέργειας και το όφελος από την παραγωγή ενέργειας.

Κόστος καυσίμου υποκαθιστάμενης ενέργειας		
Κόστος καυσίμου υποκαθιστάμενης ενέργειας (χιλιάδες €/έτος)		471
Κόστος καυσίμου υποκαθιστάμενης ενέργειας (χιλιάδες €/MW/έτος)		68
ΚΠΑ κόστους καυσίμου υποκαθιστάμενης ενέργειας (χιλιάδες €)		5865
ΚΠΑ κόστους καυσίμου υποκαθιστάμενης ενέργειας (χιλιάδες €/MW)		853

Πίνακας 5.8. Κόστος καυσίμου υποκαθιστάμενης ενέργειας

<b>Όφελος από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας</b>		
Όφελος (στην εθνική οικονομία-καταναλωτή) από την παραγωγή της ηλ. ενέργειας (χιλιάδες €/έτος)		1685,8
Όφελος (στην εθνική οικονομία-καταναλωτή) από την παραγωγή της ηλ.ενέργειας (χιλιάδες €/MW/έτος)		245
ΠΑ όφελος (χιλιάδες €)		21008
ΠΑ όφελος (χιλιάδες €/MW)		3057

Πίνακας 5.9. Όφελος από την παραγωγή αιολικής ενέργειας

Για τον υπολογισμό του πρώτου δείκτη υπολογίζεται το κόστος επένδυσης, χρησιμοποιείται η σκιώδης τιμή 1,2 για το εγχώριο μέρος, όπως έχει αναλυθεί στη μεθοδολογία.

<b>Κόστος επένδυσης, συντήρησης και λειτουργίας</b>		
Κόστος επένδυσης εγχώριο		2200
Σκιώδης τιμή για εισαγόμενο εξοπλισμό		1,2
Κόστος επένδυσης εισαγόμενο (χσκιώδη τιμή)		9360
ΠΑ κόστους συντήρησης και λειτουργίας εγχώριο		1495
ΠΑ κόστους συντήρησης και λειτουργίας εισαγόμενο (χσκιώδη τιμή)		449

Πίνακας 5.10. Κόστος επένδυσης, συντήρησης και λειτουργίας

Με βάση τα παραπάνω, ο λόγος οφέλους-κόστους για την εθνική οικονομία και ο χρόνος αποπληρωμής της επιχορήγησης είναι:

<b>Λόγος οφέλους – κόστους για την εθνική οικονομία</b>		
Λόγος οφέλους για την εθνική οικονομία προς κόστος (B/C <sub>N</sub> )		2,15

Πίνακας 5.11. Λόγος οφέλους – κόστους για την εθνική οικονομία

## Ανάλυση κοινωνικού κόστους – οφέλους

Αντίστοιχα γίνονται οι υπολογισμοί για την εκτίμηση του λόγου οφέλους-κόστους για την κοινωνία. Στη συγκεκριμένη ανάλυση λαμβάνεται ως επιπλέον όφελος τα εξωτερικά κόστη από τις εκπομπές των ρύπων που αποφεύγονται όπως προέκυψαν από την ανάλυση του Ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος. Τα αποτελέσματα φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν.

<b>Εξωτερικά κόστη ρύπων</b>		
Εξωτερικό κόστος εκπομπών CO <sub>2</sub> (χιλιάδες €/έτος)		501
Εξωτερικό κόστος εκπομπών PM <sub>10</sub> (χιλιάδες €/έτος)		12
Εξωτερικό κόστος εκπομπών SO <sub>2</sub> (χιλιάδες €/έτος)		63
Εξωτερικό κόστος εκπομπών Nox (χιλιάδες €/έτος)		28

Πίνακας 5.12. Εξωτερικά κόστη ρύπων

Παραπάνω φαίνονται τα εξωτερικά κόστη για κάθε ρύπο ξεχωριστά ενώ στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα συνολικά εξωτερικά κόστη:

<b>Συνολικά εξωτερικά κόστη από την αποφυγή των ρύπων</b>		
Συνολικό εξωτερικό κόστος από την αποφυγή των εκπομπών (χιλιάδες €/έτος)		604
Συνολικό εξωτερικό κόστος από την αποφυγή των εκπομπών (χιλιάδες €/έτος/MW)		88
ΚΠΑ συνολικού εξωτερικού κόστους από την αποφυγή των εκπομπών (χιλιάδες €)		7526
ΚΠΑ συνολικού εξωτερικού κόστους από την αποφυγή των εκπομπών (χιλιάδες €/MW)		1095

Πίνακας 5.13. Συνολικά εξωτερικά κόστη από την αποφυγή των ρύπων

Παρατηρούμε ότι το εξωτερικό κόστος από την αποφυγή των εκπομπών είναι σημαντικά μεγαλύτερο στο Διασυνδεδεμένο δίκτυο λόγω της ευρείας χρήσης των λιγνιτών μονάδων που παρουσιάζουν περισσότερους ρύπος ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας από αντίστοιχους πετρελαϊκούς σταθμούς του μη διασυνδεδεμένου δικτύου.

Με βάση τα παραπάνω ο λόγος οφέλους-κόστους για την εθνική οικονομία και την κοινωνία διαμορφώνεται ως εξής:

<b>Λόγος κοινωνικού οφέλους – κόστους</b>		
Λόγος όφελους για την εθνική οικονομία και την κοινωνία προς κόστος (B/C <sub>N,S</sub> )		2,7

Πίνακας 5.14. Λόγος κοινωνικού οφέλους – κόστους

#### Συνεισφορά στη δημιουργία θέσεων εργασίας

Κατά την ανάλυση κόστους-οφέλους καθώς και κατά την επεξεργασία των δεδομένων προκύπτουν μεγέθη που είναι ενδιαφέρον να παρουσιαστούν μεμονωμένα. Πρόκειται για στοιχεία που αφορούν στην απασχόληση δηλαδή εργασία μόνιμου και μη μόνιμου χαρακτήρα που δημιουργείται από την εγκατάσταση και λειτουργία του πάρκου και υπολογίζεται σε ανθρωποχρόνια. Μόνιμη απασχόληση δημιουργείται μόνο κατά τη συντήρηση και λειτουργία του πάρκου. Παρακάτω παραθέτονται σε πίνακες τα αντίστοιχα αποτελέσματα.

<b>Συνεισφορά στη δημιουργία θέσεων εργασίας</b>		
Απασχόληση κατά την κατασκευή (ανθρωποχρόνια)		0,0
Απασχόληση κατά την εγκατάσταση (ανθρωποχρόνια)		48,8

Απασχόληση κατά την συντήρηση και λειτουργία (ανθρωποχρόνια/έτος)		1
Συνολική απασχόληση (ανθρωποχρόνια)		65,9

Πίνακας 5.15 Στοιχεία απασχόλησης

Επιπλέον υπολογίζονται και παρουσιάζονται οι απώλειες στο συμβατικό τομέα από την λειτουργία του πάρκου. Θεωρείται ότι το πάρκο θα λειτουργήσει για ένα χρονικό ορίζοντα 15 ετών. Οι απώλειες στο συμβατικό τομέα εκφράζουν τη μείωση της απασχόλησης που θα συμβεί κατά τη λειτουργία τους εξαιτίας της μείωσης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, κατά ποσότητα ίση με την παραγωγή του αιολικού πάρκου.

Απώλειες στην απασχόληση λόγω αιολικού πάρκου		Διασυνδ
Απασχόληση στον συμβατικό τομέα (ανθρωποχρόνια/GWh)		0,126
<b>Απώλειες στη συμβατική παραγωγή (ανθρωποχρόνια/έτος)</b>		2,66
<b>Απώλειες στη συμβατική παραγωγή ((ανθρωποχρόνια/έτος)/MW)</b>		0,387
Συνολικές απώλειες -σε όλη τη διάρκεια ζωής (ανθρωποχρόνια)		53,2

Πίνακας 5.16. Απώλειες στην απασχόληση στη συμβατική παραγωγή



### Τοπικά οφέλη σε επιχειρήσεις – εργατικό δυναμικό

Παρακάτω παρουσιάζονται συγκεντρωτικά αποτελέσματα που αφορούν στην προστιθέμενη αξία και τα καθαρά εισοδήματα που δημιουργούνται από την εγκατάσταση και λειτουργία του αιολικού πάρκου των 6.87 MW. Και τα δύο είναι οφέλη για τις τοπικές επιχειρήσεις και δίνουν μια εικόνα για την ανάπτυξη που δημιουργείται σε τοπικό επίπεδο.( Στον πίνακα που ακολουθεί, με τον όρο Ε.Π.Α. εννοούμε το Ελληνικό (όχι το εισαγόμενο) μέρος της προστιθέμενης αξίας)

Συγκεντρωτικά στοιχεία για την προστιθέμενη αξία		
Καθαρή Ε.Π.Α κατά την φάση κατασκευής και εγκατάστασης (εκ.δρχ)		1322
Καθαρή Ε.Π.Α κατά την φάση Λειτ.& Συντ.(εκ.δρχ/έτος)		86
ΚΠΑ Ε.Π.Α κατά την φάση Λειτ.& Συντ.(εκ.δρχ)		1077
Συνολική Ε.Π.Α (εκ.δρχ)		2399

Πίνακας 5.17. Συγκεντρωτικά στοιχεία για την προστιθέμενη αξία

Συγκεντρωτικά στοιχεία για τα καθαρά εισοδήματα		
Καθαρά εισοδήματα κατά την φάση Κατασκ. & Εγκατ. (εκ.δρχ)		369
Καθαρά εισοδήματα κατά την φάση Λειτ.& Συντηρ. (εκ.δρχ/έτος)		12
ΠΑ καθαρών εισοδημάτων κατά την φάση Λειτ.& Συντηρ. (εκ.δρχ)		147
Συνολικά καθαρά εισοδήματα (εκ.δρχ)		516

Πίνακας 5.18. Συγκεντρωτικά στοιχεία για τα καθαρά εισοδήματα

Απώλειες σε εισοδήματα στο συμβατικό τομέα		
Απώλειες σε καθ. εισοδήματα στην συμβατική ηλ. παραγωγή (εκ.€/έτος)		39,9
ΠΑ απωλειών σε καθ.εισοδ. στη συμβατική ηλ. παραγωγή (εκ. €)		497

Πίνακας 5.19. Απώλειες σε εισοδήματα στο συμβατικό τομέα.

Ανάλυση κόστους-οφέλους για τον ιδιώτη επενδυτή		
Συνολικό κόστος επένδυσης για τον ιδιώτη επενδυτή (πλην επιχορηγήσεις)		7000,0
Ετήσιο Συνολικό κόστος Σ & Λ για τον ιδιώτη επενδυτή (χιλιάδες €)		150
Π.Α. Κόστους Σ&Λ για τον ιδιώτη επενδυτή (χιλιάδες €)		1869
		Διασυνδ
Όφελος από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας (χιλιάδες €/έτος)		1833,3
ΠΑ συνολικού όφελους (χιλιάδες €)		22846,7
		Διασυνδ
B/C <sub>F</sub>		2,6

Πίνακας 5.20. Ανάλυση κόστους-οφέλους για τον ιδιώτη επενδυτή

Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης {IRR}	
Αιολικό πάρκο	25.46%

Πίνακας 5.21. Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης

Καθαρά Παρούσα Αξία {NPV}	
Αιολικό πάρκο	6623,35 x10 <sup>3</sup> €

Πίνακας .22. Καθαρά παρούσα αξία

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>

### Τελικά Συμπεράσματα

Κάθε μορφή ενέργειας παρουσιάζει όπως διαπιστώνουμε ιδιαίτερα οφέλη αλλά και δυσκολίες. Στον ενεργειακό σχεδιασμό της χώρας πρέπει να ληφθεί υπόψη το επίπεδο ηλιοφάνειας και το αιολικό της δυναμικό. Η ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα έπρεπε ήδη να αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο του ενεργειακού της σχεδιασμού. Αν ληφθεί υπόψη, ότι σήμερα, σύμφωνα με τα στοιχεία του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) , η μέση χρονική διάρκεια αδειοδότησης ξεπερνά τα 2 χρόνια και ότι μόνο το 40% των αιτήσεων για άδεια παραγωγής ΑΠΕ εγκρίνονται, τότε καθίσταται πρόδηλο πόσο άμεση είναι η επιτάχυνση των επενδυτικών σχεδίων.

Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται η παράθεση αποτελεσμάτων των συστημάτων αιολικής και φωτοβολταϊκής ενέργειας ,συγκριτικά στα δύο επίπεδα ανάλυσης. Στο πρώτο επίπεδο έγινε αξιολόγηση με καθαρά χρηματοοικονομικούς όρους και αξιολογήθηκε η ελκυστικότητα της επένδυσης για τον ιδιώτη επενδυτή. Στο δεύτερο επίπεδο ανάλυσης, έγινε αξιολόγηση για την εθνική οικονομία και την κοινωνία. Η μεθοδολογική προσέγγιση έγινε με λεπτομερή καταγραφή και ανάλυση των επιπτώσεων των έργων αυτών κατά την ανάπτυξη και τη λειτουργία τους. Στόχος αυτής της προσέγγισης είναι να αποτιμήσει την ένταξη συστημάτων αιολικής και φωτοβολταϊκής ενέργειας με κριτήρια κοινωνικο-οικονομικά και περιβαλλοντικά. Από τη μελέτη και τη παράθεση των αποτελεσμάτων που προηγήθηκε, συνοψίζοντας έχουμε τον παρακάτω πίνακα:

Συγκριτικά αποτελέσματα των δυο πάρκων		
	Φ/Β ΠΑΡΚΟ	ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ
Αρχικό κόστος(χιλιάδες €)	10000	10000
Ισχύς MW	3,45	6,87
Παραγώμενη ενέργεια σε MWH	4531	21072
Απασχόληση (ανθρωποχρόνια)	33,1	65,9
Ρύποι που αποφεύγονται tn/έτος(CO2)	5989	27852
B/CF	2,5	2,6
B/CN	0,63	2,26
B/CN,S	0,75	2,82
IRR	19.26%	25.46%
NPV (χιλιάδες €)	5045,39	6623,4

Όπως προκύπτει από των παραπάνω πίνακα τα κυριότερα συμπεράσματα είναι τα εξής:

- Τα αιολικό πάρκο είναι σχεδόν διπλάσιας ισχύος.
- Τόσο ο συντελεστής IRR όσο και ο NPV είναι καλύτεροι για το αιολικό.
- Με τη σωστή χωροθέτηση του αιολικού πάρκου παρατηρούμε ότι η παραγόμενη ενέργεια σε MWH μπορεί να είναι έως και πέντε φορές μεγαλύτερη αυτής του Φ/Β πάρκου.
- Η απασχόληση σε ανθρωποχρόνια, εφόσον εισάγουμε το σύνολο του εξοπλισμού, προκύπτει σχεδόν διπλάσια του αιολικού έναντι αυτής του Φ/Β πάρκου.
- Οι ρύποι CO<sub>2</sub> που αποφεύγονται ανά έτος από το αιολικό πάρκο είναι σχεδίων πενταπλάσιοι αυτών του Φ/Β.

- Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο συντελεστής  $B/C_F$  για τον ιδιώτη επενδυτή, που είναι σχεδόν ίσος και για τις δυο επενδύσεις. Αυτό οφείλεται κυρίως στις ιδιαίτερες ελκυστικές τιμές της παραγόμενης ενέργειας από τα Φ/Β πάρκα.
- Αντίθετα οι συντελεστές  $B/C_N$  , που εκφράζει τον λόγο οφέλους – κόστους για την εθνική οικονομία και ο  $B/C_{N,C}$  , που δίνει τον λόγο οφέλους – κόστους για την εθνική οικονομία και κοινωνία, είναι αισθητά μεγαλύτεροι για το αιολικό πάρκο.
- Όπως προέκυψε από τον υπολογισμό του κόστους παραγωγής της ενέργειας, οι συντελεστές οι οποίοι σχετίζονται με την αγορά και συντήρηση του εξοπλισμού των Α/Γ όσο και των φωτοβολταϊκών έχουν και την μεγαλύτερη συμμετοχή στο σύνολο των επενδύσεων. Επιπλέον το αρχικό Κόστος Εγκατάστασης των πάρκων (ανοιγμένο ετήσιο) αποτελεί πάνω απ το 90% του συνολικού κόστους, δικαιολογώντας έτσι τον χαρακτηρισμό των αιολικών πάρκων όσο και των φ/β παρκων ως capital-intensive technology (τεχνολογίες έντασης κεφαλαίου), σε σύγκριση με τεχνολογίες όπως των συμβατικών σταθμών παραγωγής στερεών καυσίμων και φυσικού αερίου στις οποίες τα έξοδα Λειτουργίας και Συντήρησης αποτελούν το 40-60% του συνολικού κόστους

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν το προτέρημα ότι προσφέρουν μεγαλύτερη επεκτασιμότητα της ισχύος τους, καθώς μπορούν πιο εύκολα να γίνουν προσθαφαιρέσεις στον αριθμό των ηλιακών πλαισίων, αυξομειώνοντας ανάλογα την παραγωγική τους δυνατότητα. Οι ανεμογεννήτριες από την άλλη προσφέρουν μικρότερα περιθώρια ευελιξίας, καθώς είναι προκαθορισμένου μεγέθους και δεν επιδέχονται εύκολη επεκτασιμότητα.

Η στοχαστικότητα των ανεμογεννητριών, εξαιτίας των χαρακτηριστικών του ανέμου, ενέχει κινδύνους, ενώ παράλληλα προϋποθέτει

την συνεχή παρακολούθηση και αξιολόγηση των δεδομένων καθώς και την συστηματική διενέργεια προβλέψεων προκειμένου να εντοπιστούν εγκαίρως ανεπιθύμητες απότομες πτώσεις στην απόδοσή τους. Η εποχικότητα του αιολικού δυναμικού, η οποία στην ηπειρωτική χώρα παίρνει χαμηλές τιμές κατά τους κρίσιμους καλοκαιρινούς μήνες όταν η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος είναι αυξημένη, εξαιτίας κυρίως της μεγάλης προσέλευσης τουριστών και της αυξημένης χρήσης των κλιματιστικών αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα της αιολικής. Εξαιρέση αποτελούν οι νησιωτικές περιοχές κυρίως του Αιγαίου πελάγους, της Θράκης και των νομών Εύβοιας και Λακωνίας.

Αντιθέτως τα φωτοβολταϊκά συστήματα χαρακτηρίζονται από σταθερότητα και λαμβάνουν την υψηλότερη τους απόδοση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες όταν οι ανάγκες είναι αυξημένες, ενώ το μόνο που απαιτείται είναι αλλαγή της κλίσης τους μερικές φορές τον χρόνο ούτως ώστε να συμβαδίζουν με την κίνηση του ηλίου. Αυτό βεβαίως είναι εφικτό μόνο στα συστήματα μεταβλητού άξονα.

Όσον αφορά στην εγκατάσταση και των δύο συστημάτων υπάρχουν προτερήματα και μειονεκτήματα. Η εγκατάσταση ανεμογεννητριών απαιτεί τη διάνοιξη δρόμων μεγάλου συνολικού μήκους, δεδομένου ότι οι ανεμογεννήτριες συνήθως εγκαθίστανται σε δυσπρόσιτες περιοχές προκειμένου να εκμεταλλευτούν πλήρως το αιολικό δυναμικό, και τη δημιουργία πλατειών. Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού σταθμού απ την άλλη δεσμεύει εκτάσεις πολλών στρεμμάτων για μεγάλο χρονικό διάστημα και δε δίνει τη δυνατότητα για καμία άλλη χρήση στη συγκεκριμένη γη. Το μειονέκτημα αυτό έρχεται να αντισταθμίσει το γεγονός ότι υπάρχουν άγονες και μη καλλιεργήσιμες εκτάσεις με το ίδιο ηλιακό δυναμικό σε πάρα πολλά σημεία της χώρας. Επομένως οι περιοχές επιλογής είναι περισσότερες.

Οι οικολογικές οργανώσεις και κυρίως η ορνιθολογική εταιρία έχει επισημάνει, ότι οι ανεμογεννήτριες τοποθετούνται σε σημεία που

εντάσσονται στις διαδρομές τις οποίες έχουν επιλέξει τα αποδημητικά πουλιά για είσοδο-έξοδο. Οι παρεμβάσεις αυτές έχουν πολλές φορές υπάρξει ανασταλτικός παράγοντας για την υλοποίηση επενδυτικών σχεδίων. Ιδιαίτερα η παραπληροφόρηση και η εσκεμμένη δαιμονοποίηση των ανεμογεννητριών, για υπερβολικό θόρυβο, αυξημένη οπτική όχληση για προβλήματα στη βοσκή των ζώων για αλλοίωση και υποβάθμιση χώρων φυσικού και αρχαιολογικού κάλους, έστρεψε μερίδα της κοινής γνώμης ενάντια στη δημιουργία αιολικών πάρκων. Τα προβλήματα της παραπληροφόρησης χρειάζονται ιδιαίτερα επίπονη προσπάθεια από τους φορείς της πολιτείας και τους επιστήμονες ώστε να αναστραφεί το αρνητικό κλίμα όπου υπάρχει. Τέλος προβλήματα έχουν αναφερθεί για παρεμβολές στα ραντάρ της αεροπορίας και στις τηλεπικοινωνίες που ενδεχομένως οφείλονται στις ανεμογεννήτριες .{42}

Το πρόβλημα με τα αιολικά πάρκα είναι ότι συνήθως συνδέονται σε δίκτυα απομακρυσμένων περιοχών, κατά κανόνα ασθενή. Οι κυριότερες επιπτώσεις στη λειτουργία των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με τον ΔΕΣΜΗΕ{54} είναι οι ακόλουθες :

- αλλαγές στο επίπεδο της τάσης των δικτύων
- μειωμένη ποιότητα ηλεκτρικής ισχύος
- μεταβολή των ρευμάτων από σφάλματα του δικτύου- αλλαγή του επιπέδου βραχυκύκλωσης
- αύξηση της αρμονικής παραμόρφωσης των τάσεων και ρευμάτων του δικτύου
- διακύβευση της ευστάθειας του συστήματος

Αρκετά από αυτά τα προβλήματα μπορούν να αντιμετωπισθούν με τη χρήση των:

- Ευέλικτων Συστημάτων Μεταφοράς Εναλλασσόμενου Ρεύματος (EP) - Flexible AC Transmission System (FACTS).
- Ανεμογεννητριών μεταβλητών στροφών.

Όταν το αιολικό πάρκο πρέπει να συνδεθεί σε ένα απομακρυσμένο δίκτυο EP, μια ενδιαφέρουσα τεχνολογία είναι αυτή της Διασύνδεσης Εναλλασσόμενου Ρεύματος/ Συνεχούς Ρεύματος/ Εναλλασσόμενου

Ρεύματος (EP/ΣΡ/EP) με Μετατροπείς Πηγής Τάσης (ΜΠΤ), γνωστή με το όνομα HVDC link ή HVDC PLUS.

Στην παρούσα εργασία το σύνολο του Φ/Β εξοπλισμού (panel, inverter) είναι εισαγωγής. Στη χώρα μας λειτουργούν 3 καθετοποιημένες βιομηχανίες παράγωγης πολυκρυσταλλικών και μονοκρυσταλλικών πάνελ οι οποίες εφόσον ενισχυθούν κατάλληλα θα μπορούν να παράγουν περισσότερο από το 75% του εξοπλισμού των Φ/Β πάρκων. Άρα η ανάπτυξη της εγχώριας φωτοβολταϊκής βιομηχανίας θα συμβάλει ευεργετικά στην εθνική οικονομία, απασχόληση, φόροι κτλ όσο και μεσοπρόθεσμα θα μειώσει το κόστος παραπάνω επενδύσεων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η εγκατάστασή των φωτοβολταϊκών σε κατοικίες και άλλα κτίρια είναι προτιμότερη από τις μεγάλες εγκαταστάσεις για δύο λόγους. Πρώτον αποφεύγεται η δέσμευση μεγάλων γεωργικών εκτάσεων για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών και η περαιτέρω αισθητική επιβάρυνση και αλλοίωση της υπαίθρου μας. Επιπλέον η ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών σε κτίρια μπορεί να γίνει με τρόπο που να «δένει» αρχιτεκτονικά με την αισθητική των κτηρίων. Κατά δεύτερον η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών οδηγεί σε διεσπαρμένη παραγωγή ενέργειας κοντά στην κατανάλωση και κατά συνέπεια βοήθα στην μεγαλύτερη διείσδυση και στην αποφυγή απωλειών ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος του συστήματος. Η ανάπτυξη φωτοβολταϊκών κοντά στη ζήτηση θα μπορούσε να βοηθήσει στην καθυστέρηση ή αποφυγή επενδύσεων στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής ενέργειας.

Η χρονική μετάθεση για το μέλλον μιας μείζων αναβάθμισης του δικτύου διανομής (σε γραμμές μεταφοράς και καλώδια, σε μετασχηματιστές, σε πυκνωτές αντιστάθμισης και σε διατάξεις προστασίας, τηλεμετρήσεων και τηλεχειρισμών, κ.λ.π), όπως μας έδειξε η πρόσφατη εμπειρία την περίοδο των Ολυμπιακών Αγώνων, έχει κόστος περί τις 770.000 €/MW. Αντιθέτως, η εμπειρία της Γερμανίας έδειξε ότι η απλή αναβάθμιση υπαρχόντων δικτύων χαμηλής και μέσης τάσης για να μπορέσουν να εξυπηρετήσουν τα διάσπαρτα



φωτοβολταϊκά, ανέρχεται σε λιγότερο από 20.000 €/MW (για εξυπηρέτηση 1,1 GWh φωτοβολταϊκών στη Βαυαρία), Υπάρχει λοιπόν μία διαφορά 750.000 €/MW.

Ωστόσο μία από τις διαπιστώσεις από την έως τώρα εμπειρία είναι ότι η εγκατάσταση αιολικών και Φ/Β συστημάτων για ιδιοκατανάλωση και για συνδέσεις εκτός δικτύου είναι οικονομικά ασύμφορη και προτείνεται σαν λύση μόνο σε απομονωμένες περιοχές της χώρας, όπου δεν υπάρχει εναλλακτική λύση . Οι εσωτερικοί βαθμοί απόδοσης των επενδύσεων σε αυτόνομα αιολικά και φωτοβολταϊκά συστήματα είναι όχι μόνο μικρότεροι του λαμβανόμενου ως επιτοκίου αναγωγής 9% αλλά και αρνητικοί σε πολλές των περιπτώσεων. Οι επιδοτήσεις που προβλέπονται για την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων, αφορούν μόνο τα σχετικά μεγάλα συστήματα και αποκλείονται, μέχρι στιγμής τουλάχιστον, οι μικρές επενδύσεις με αντιστάθμισμα την αυξημένη τιμή πώλησης του ρεύματος. Η «πολιτική» για την εξάπλωση των ΑΠΕ στο επίπεδο του οικιακού τομέα, ο οποίος θεωρείται και ένας από τους πλέον ενεργοβόρους και ταυτόχρονα ρυπογόνους τομείς της ελληνικής οικονομίας, θεωρείται κλειδί και για τη διαμόρφωση κουλτούρας εξοικονόμησης ενέργειας. Χαρακτηριστικά, σημειώνουμε, ότι η μεγάλη διείσδυση των Φ/Β συστημάτων στην Γερμανία, Ιαπωνία και σε άλλες ανεπτυγμένες χώρες οφείλεται κυρίως στις μικρές ιδιωτικές εφαρμογές και όχι σε μεγάλες εγκαταστάσεις οι οποίες καταλαμβάνουν εκτάσεις γης, που δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται παράλληλα για άλλη εκμετάλλευση, όπως αγροτική ή κτηνοτροφική.

Αντίθετα, ευνοούνται από το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο οι επενδύσεις σε σχετικά μεγάλα συστήματα, αιολικά και φωτοβολταϊκά διασυνδεδεμένα στο κεντρικό δίκτυο, όπως τα δυο της ανάλυσης ,τα οποία τυγχάνουν της δυνατότητας υψηλής επιδότησης αλλά και πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας στη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, σε σχετικά υψηλή τιμή.

Στην κατηγορία άνω του 1MW οι αιολικές επενδύσεις εμφανίζουν μεγαλύτερους βαθμούς απόδοσης στις περιοχές που εμφανίζουν υψηλό αιολικό δυναμικό και φαίνεται να υπερτερούν έναντι των αντίστοιχων φωτοβολταϊκών εγχειρημάτων. Απαραίτητη προϋπόθεση ωστόσο για την

σωστή εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας παραμένει η σωστή επιλογή κατάλληλης περιοχής..

Είναι σαφές ότι η αιολική τεχνολογία αποδίδει καλύτερα σε εγκαταστάσεις πάνω του ενός MW. Πρόκειται για ώριμη τεχνολογία μεγάλης δυναμικότητας που θα μπορούσε να αποφέρει σημαντικές επενδυτικές ευκαιρίες και τεράστια ηλεκτροπαραγωγή. Στις μέρες μας δεν θεωρούνται επενδύσεις υψηλού ρίσκου, μπορούν να είναι βιώσιμες με μικρότερα οικονομικά κίνητρα και επιδοτήσεις και με μικρότερους συντελεστές απόδοσης.

Από την άλλη μεριά τα φωτοβολταϊκά συστήματα με το ισχύον νομικό πλαίσιο και ακόμα περισσότερο εάν διευρυνθεί η χρήση τους στο επίπεδο του οικιακού τομέα με τα κατάλληλα κίνητρα μπορούν να ενσωματωθούν αρμονικά και να συνεισφέρουν στον οικιακό ενεργειακό ισοζύγιο. Η έως τώρα εμπειρία μας από τις επενδύσεις σε Φ/Β καταδεικνύει μια συνεχώς αυξανόμενη τάση για δημιουργία μικρών και μεσαίων εταιρειών τόσο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όσο και στην μελέτη – κατασκευή Φ/Β εγκαταστάσεων. Η επιχειρήσεις αυτές αποτελούν ιδιαίτερα ευεργετικό παράγοντα για την τόνωση των οικονομιών. Σε αντίθεση τα αιολικά πάρκα δύνανται να δημιουργηθούν μόνο από μεγάλες εταιρίες με αποτέλεσμα την μικρότερη συνεισφορά στις τοπικές κοινωνίες.

Η εκτίμηση που βασίζεται στις προβλέψεις του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (Φεβρουάριος 2005), κάνει λόγο για αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στην περιοχή μας το μήνα Ιούλιο κατά 7-8 βαθμούς ως τα τέλη του αιώνα, πολύ πάνω δηλαδή από την αναμενόμενη μέση αύξηση σε παγκόσμιο επίπεδο .Συνυπολογίζοντας την ασφάλεια του εφοδιασμού που παρέχουν τα φωτοβολταϊκά όσο και τα αιολικά από κρίσεις σαν και αυτή με το Ιράν ή τη κρίση Ρωσίας-Ουκρανίας που λίγο έλειψε να στερήσει από την Ευρώπη το πολύτιμο φυσικό αέριο καθιστά την ανάπτυξη των Α.Π.Ε αναγκαία για την βιώσιμη και αειφόρο ανάπτυξη .

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### Νομικό πλαίσιο

#### Γενικά

Η Ευρωπαϊκή Ένωση με την πράσινη Βίβλο (96/576) έφερε στο προσκήνιο τους προβληματισμούς για τις ΑΠΕ και ώθησε τα κράτη-μέλη προς την συστηματικότερη χρήση των φιλικών προς το Περιβάλλον πηγών ενέργειας. Ακολούθησε η Λευκή Βίβλος, η οποία πρότεινε μια συλλογική στρατηγική και ένα σχέδιο δράσης (97/599) σχετικά με τις ΑΠΕ, μέσω προγραμμάτων, όπως το JOULE - THERMIE, το INCO και το FAIR και φυσικά το σημαντικότερο όλων το ALTENER και το ALTENER II. Σκοπός του σχεδίου αυτού ήταν να προωθήσει την πρόσβαση των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρισμού και να καθιερώσει φορολογικά και χρηματοδοτικά κίνητρα και ελαφρύνσεις προς εταιρείες και ιδιώτες, προκειμένου να χρησιμοποιούν «πράσινη» ενέργεια για τις ανάγκες τους.

Στην Ελλάδα το νομοθετικό πλαίσιο είναι επηρεασμένο ως ένα βαθμό από την Ευρωπαϊκή πολιτική στα ζητήματα της Ενέργειας. Το ελληνικό κράτος το 1994 με τον Ν. 2244 (Φ.Ε.Κ. Α' 168) κάνει το πρώτο βήμα για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τρίτους εκτός της Δ.Ε.Η., δίνοντας τη δυνατότητα και σε ανεξάρτητους παραγωγούς να διεισδύσουν στον χώρο αυτόν και ιζ) ιδιαίτερα στην ηλεκτροπαραγωγή από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Το 1999 με τον Ν. 2773 (Φ.Ε.Κ. Α' 286), εναρμονίζεται το θεσμικό πλαίσιο της Ελλάδας σύμφωνα με την Οδηγία 96/92/ΕΚ, L.0092 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και η Ελλάδα οδηγείται προς την απελευθέρωση της αγοράς. Με τον νόμο αυτό, δημιουργείται ένα ευνοϊκό καθεστώς για τους σταθμούς παραγωγής από ΑΠΕ, δίνοντας προτεραιότητα στην απορρόφηση της παραγόμενης από αυτούς ενέργειας έναντι των συμβατικών μονάδων (άρθρα 35 έως 37) αλλά και ορίζοντας ιδιαίτερο τρόπο τιμολόγησής της (άρθρα 38 και 39). Επιπλέον, το 2006 με τον Ν. 3468 (Φ.Ε.Κ. Α' 129), αφ' ενός μεταφέρεται στο ελληνικό δίκαιο η Οδηγία 2001/77/ΕΚ, L.283 και αφ' ετέρου προωθείται κατά προτεραιότητα, με κανόνες και αρχές, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

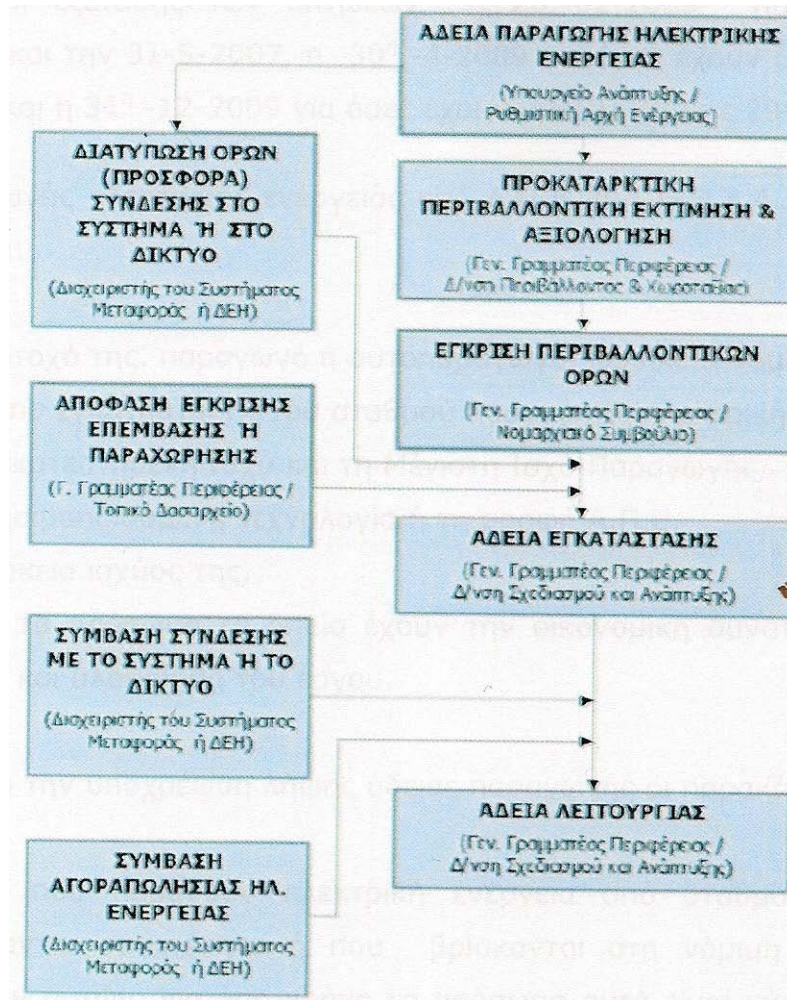
από μονάδες ΑΠΕ και μονάδες Συμπαραγωγής.

Στις 23 Ιανουαρίου 2008 παρουσιάστηκαν δύο προτάσεις από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, σε συνέχεια του ευρωπαϊκού Σχεδίου Δράσης για την Ενέργεια, για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά την περίοδο 2013-2020 και για τις ΑΠΕ. Για τις ΑΠΕ, η μέτρηση της διείσδυσης θα γίνεται στην τελική κατανάλωση(και όχι στην πρωτογενή ενέργεια), όπου ισχύει 20% διείσδυση σε ευρωπαϊκή επίπεδο. Για την Ελλάδα, ο στόχος είναι 18% επί της τελικής κατανάλωσης ενέργειας για το 2020.

Τελικά, ο νέος νόμος Ν.3734/2009 επέφερε νέες ρυθμίσεις στο αδειοδοτικό και λειτουργικό πλαίσιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα σημαντικότερα σημεία του είναι η επίσπευση των διαδικασιών αδειοδότησης καθώς και οι αλλαγές στην τιμολόγηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς.

### Π.1 Διαδικασία Αδειοδότησης για την εγκατάσταση και λειτουργία σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. σύμφωνα με το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο

Για την κατασκευή και την λειτουργία ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, απαιτείται η έκδοση ή υπογραφή σχετικών αδειών και συμβάσεων. Αυτές χορηγούνται από ΤΟΥC; αρμόδιους κατά περίπτωση φορείς κατόπιν αιτήσεως η οποία συνοδεύεται από τα απαραίτητα δικαιολογητικά και μελέτες. Η υφιστάμενη αδειοδοτική διαδικασία έργων ΑΠΕ, όπως αυτή προκύπτει από το ισχύον θεσμικό και κανονιστικό πλαίσιο, απεικονίζεται σχηματικά στο διάγραμμα που ακολουθεί:



Πηγή: [www.draxis.gr](http://www.draxis.gr)

Σχήμα π.1: υφιστάμενη αδειοδοτική διαδικασία έργων ΑΠΕ

Η διαδικασία αδειοδότησης για την εγκατάσταση και λειτουργία σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με την χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) απαρτίζεται από τα ακόλουθα 7 διακριτά βήματα:

### ~ Βήμα 1ο . Άδεια παραγωγής

Η άδεια παραγωγής προβλέπεται από το άρθρο 3 του Ν. 3468 / 2006 (ΦΕΚ129/Α/27-6-2006) και 9 του Ν. 2773/1999 και απαιτείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από κάθε ενεργειακή πηγή (συμβατικά καύσιμα, ΑΠΕ, κ.α.). Χορηγείται από τον Υπουργό Ανάπτυξης ύστερα από γνώμη της ΡΑΕ, σύμφωνα με τους όρους και τις προϋποθέσεις που προβλέπονται στο Ν. 2773/99 και στον Κανονισμό Αδειών παραγωγής και

Προμήθειας Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΥΑ 17951/8.12.2000). Με τον νέο Νόμο Ν.3734/2009 ορίζεται χρονοδιάγραμμα για την αδειοδότηση από τη ΡΑΕ και πιο συγκεκριμένα ορίζεται ως προθεσμία αξιολόγησης και εξέτασης των αιτήσεων η 28<sup>η</sup>-02-2009 για όσες έχουν υποβληθεί έως και την 31-5-2007, η 30<sup>η</sup> -4-2009 για όσες έχουν υποβληθεί έως και 30-6-2007 και η 31 η -12-2009 για όσες έχουν υποβληθεί έως 29-02-2008.

Η άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. περιλαμβάνει τα εξής στοιχεία:

- α) τον κάτοχό της, παραγωγό ή αυτοπαραγωγό, φυσικό ή νομικό πρόσωπο, β) τον τόπο εγκατάστασης του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, γ) την Εγκατεστημένη Ισχύ και τη Μέγιστη Ισχύ παραγωγής,
- δ) τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία ή τη μορφή Α.Π.Ε.
- ε) τη διάρκεια ισχύος της,
- στ) το ή τα πρόσωπα τα οποία έχουν την οικονομική δυνατότητα για τη χρηματοδότηση και υλοποίηση του έργου.

Εξαιρούνται από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής οι παρακάτω:

1. πρόσωπα που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από σταθμούς οι οποίοι εγκαθίστανται σε ακίνητο ή που βρίσκονται στη νόμιμη κατοχή των προσώπων αυτών, για όσο χρόνο τα πρόσωπα αυτά είναι κύριοι ή νόμιμοι κάτοχοι, εφόσον η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται:

- α) Με γεωθερμική ενέργεια, από σταθμούς με Εγκατεστημένη Ισχύ μικρότερη ή ίση του μισού (0,5) MWe.

- β) Με χρήση βιομάζας ή βιοκαυσίμων. από σταθμούς με Εγκατεστημένη Ισχύ μικρότερη ή ίση των εκατό (100) KWe.

- γ) Από φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, από σταθμούς με

Εγκατεστημένη Ισχύ μικρότερη ή ίση των εκατόν πενήντα (150) kW<sub>peak</sub>.

δ) Με αιολική ενέργεια, από σταθμούς με Εγκατεστημένη Ισχύ μικρότερη ή ίση των είκοσι (20) kW<sub>e</sub>, εφόσον οι σταθμοί αυτοί εγκαθίστανται σε Απομονωμένα Μικροδίκτυα, όπως αυτά ορίζονται στο άρθρο 2 του ν. 2773/1999 ή από σταθμούς με Εγκατεστημένη Ισχύ μικρότερη η ίση των σαράντα (40) kW<sub>e</sub>, εφόσον οι σταθμοί αυτοί εγκαθίστανται στα λοιπά Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά και με Εγκατεστημένη Ισχύ μικρότερη ή ίση των πενήντα (50) kW<sub>e</sub>, εφόσον οι σταθμοί αυτοί εγκαθίστανται στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα.

ε) Από σταθμούς με Εγκατεστημένη Ισχύ έως πέντε (5) MW<sub>e</sub>, που εγκαθίστανται από εκπαιδευτικούς ή ερευνητικούς φορείς, του δημόσιου ή ιδιωτικού τομέα, για όσο χρόνο οι σταθμοί αυτοί λειτουργούν αποκλειστικά για εκπαιδευτικούς ή ερευνητικούς σκοπούς.

στ) Από σταθμούς που εγκαθίστανται από το Κέντρο Ανανεώσιμων πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.), για όσο χρόνο οι σταθμοί αυτοί λειτουργούν για τη διενέργεια πιστοποιήσεων ή μετρήσεων.

ζ) Από λοιπούς σταθμούς με Εγκατεστημένη Ισχύ μικρότερη ή ίση των πενήντα (50) kW<sub>e</sub>, εφόσον οι σταθμοί αυτοί χρησιμοποιούν Α.Π.Ε., από τις οριζόμενες στην παράγραφο 2 του άρθρου 2, με μορφή διαφορετική από αυτή των ανωτέρω περιπτώσεων.

2. Σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α., με Εγκατεστημένη Ισχύ έως είκοσι (20) kW<sub>e</sub>, εκτός εάν πρόκειται για σταθμούς που εγκαθίστανται σε Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά όπου υφίσταται κορεσμός του δικτύου, ο οποίος διαπιστώνεται με απόφαση της Ρ.Α.Ε.
3. Αυτόνομοι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. οι οποίοι δεν συνδέονται στο Σύστημα ή στο Δίκτυο, με Εγκαταστημένη Ισχύ μικρότερη ή ίση των πέντε (5) MW<sub>e</sub>. Για αυτόνομους

σταθμούς με Εγκαταστημένη Ισχύ έως πενήντα (50) kW δεν απαιτείται διαπιστωτική απόφαση της Ρ.Α.Ε.

## **Βήμα 2ο . Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση & Αξιολόγηση (Π.Π.Ε.Α)**

Συνοπτικά προβλέπεται από τους νόμους: 1650 / 85 για την προστασία του περιβάλλοντος, 3010/ 02 περί κατάταξης των δημοσίων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων, ΚΥΑ 104247/2006 (ΦΕΚ 663/8/26-5-2006) περί «Διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων έργων Α.Π.Ε», ΚΥΑ 104248/2006 (ΦΕΚ 663/8/26-5-2006) περί «Περιεχομένου, δικαιολογητικών και λοιπών στοιχείων των Προμελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, των Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, καθώς και συναφών μελετών περιβάλλοντος, έργων Α.Π.Ε» και από την ΚΥΑ 1726 / 2003 περί έγκρισης περιβαλλοντικών όρων για έργα ΑΠΕ.

Σύμφωνα με τις διατάξεις της ΚΥΑ 1726/03, πρέπει να τηρείται μία αυστηρά καθορισμένη διαδικασία προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.)

### **Φάκελος ΠΠΕΑ**

Ο φάκελος αυτός περιλαμβάνει τα εξής δικαιολογητικά:

#### **1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ**

Αναφέρονται συνοπτικά η ονομασία και το είδος του έργου (μέγεθος, τεχνολογία), η γεωγραφική θέση και η υπάρχουσα κατάσταση περιβάλλοντος



και γίνεται συνοπτική περιγραφή αυτού σε όσον αφορά στην έκταση και στο είδος των επεμβάσεων και στα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης των επιπτώσεων).

## 2. ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΒΑΜΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

Η περάτωση της ΠΠΕ είναι συνήθως χρονοβόρα και μπορεί να αποτελέσει εύκολο στόχο ενστάσεων κατόπιν στη πορεία της διαδικασίας αδειοδότησης. Αρχικά γίνεται μια γενική περιγραφή του έργου (θέση, είδος, έκταση) και προσδιορίζεται το είδος, η εφαρμοζόμενη τεχνολογία και τα γενικά τεχνικά χαρακτηριστικά του έργου ή της δραστηριότητας. Κατόπιν παρουσιάζονται οι συνθήκες της περιοχής στην οποία θα πραγματοποιηθεί το έργο ή η δραστηριότητα (τοπογραφικές συνθήκες, αναφορά σε τυχόν εγκεκριμένα χωροταξικά και ρυθμιστικά σχέδια, πολεοδομικά σχέδια και χρήσεις γης που εφαρμόζονται στην προτεινόμενη περιοχή εγκατάστασης του έργου ή της δραστηριότητας, γεωλογικές υδρολογικές και εδαφολογικές συνθήκες, κλιματολογικές συνθήκες, βλάστηση πανίδα - βιότοποι, τοπίο - αισθητική εκτίμηση, τυχόν υφιστάμενη διαχείριση δασικών εκτάσεων), διευκρινίζεται η χρήση των φυσικών πόρων όπως αυτή προβλέπεται και αναλύεται η σωρευτική δράση του υπόψη έργου με άλλα έργα ή δραστηριότητες.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις πιθανές επιπτώσεις και οχλήσεις του έργου προς το φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον (παραγωγή αποβλήτων, προκαλούμενη ρύπανση και οχλήσεις, μεταβολές στη γεωμορφολογία και επιπτώσεις στο τοπίο, επιπτώσεις στη βλάστηση - βιότοπους, επιπτώσεις στην πανίδα, επιπτώσεις στον υδρολογικό κύκλο και στις υφιστάμενες χρήσεις του νερού, κίνδυνοι φωτιάς, ξήρανσης, κλπ. στο χώρο επέμβασης και στην ευρύτερη δασική περιοχή, επιπτώσεις από λύματα, επιπτώσεις στο πολιτιστικό και ανθρωπογενές περιβάλλον). Απαιτείται επίσης και ειδική μελέτη θορύβου που περιλαμβάνει την φωτορεαλιστική απεικόνιση της εγκατάστασης και τις επιπτώσεις των επιπέδων του εκτιμώμενου θορύβου στην κοινωνική και αναπτυξιακή φυσιογνωμία της περιοχής)

Εκτενής περιγραφή γίνεται στα μέτρα που προβλέπονται προκειμένου να

αποφευχθούν, να μειωθούν και εφόσον είναι δυνατόν, να επανορθωθούν σημαντικές δυσμενείς επιπτώσεις (Αποκατάσταση γεωμορφολογίας, μέτρα για τη διατήρηση ειδών και βιοτόπων, διατήρηση - αποκατάσταση του χαρακτήρα του τοπίου-αισθητική αναβάθμιση, μέτρα για την προληπτική και κατασταλτική προστασία της βλάστησης) καθώς επίσης και στην πρόληψη ατυχημάτων ιδίως από τη χρήση ουσιών ή τεχνολογίας. Ακόμα περιγράφονται οι εναλλακτικές λύσεις που εξέτασε ο κύριος του έργου ή της δραστηριότητας και αναφέρονται οι βασικοί λόγοι της τελικής επιλογής του, λαμβανομένων υπ' όψη των επιπτώσεων στο περιβάλλον.

Τέλος καταγράφονται τα οφέλη για την εθνική οικονομία, την εθνική ασφάλεια, τη δημόσια υγεία και την εξυπηρέτηση άλλων λόγων δημοσίου συμφέροντος, οι θετικές επιπτώσεις στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον, σε μία ευρύτερη περιοχή από εκείνη που επηρεάζεται άμεσα από το έργο ή τη δραστηριότητα καθώς και τα αναγκαία μέτρα μετά την οριστική παύση της δραστηριότητας.

### 3. ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Στο έντυπο οπτικό υλικό που κατατίθενται περιλαμβάνονται τοπογραφικοί χάρτες κατάλληλης κλίμακας (1: 50.000 και 1: 5.000), που αποτυπώνουν τη θέση και την έκταση του έργου, όπως και τις υφιστάμενες υποδομές και χρήσεις γης στην περιοχή καθώς επίσης και την όδευση του δικτύου διασύνδεσης του σταθμού παραγωγής ενέργειας με το τυχόν υφιστάμενο Σύστημα Μεταφοράς ή Δίκτυο. Επίσης απαιτείται φωτογραφικό υλικό της θέσης εγκατάστασης, τόσο από το εσωτερικό της, όσο και από χαρακτηριστικά σημεία της ευρύτερης περιοχής.

#### ~ Βήμα 3ο . Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο)

Η έγκριση περιβαλλοντικών όρων των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ αποτελεί μία από τις πλέον σημαντικές προϋποθέσεις που απαιτούνται για την έκδοση της άδειας εγκατάστασης. Η διαδικασία έγκρισης

περιβαλλοντικών όρων διέπεται από τις διατάξεις του Ν. 1650/85 για την προστασία του περιβάλλοντος, όπως αυτός έχει τροποποιηθεί από το Ν. 3010/02 κατάταξης των δημοσίων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων. Στόχος του αρχικού Ν. 1650/85 ήταν η ενσωμάτωση στο ελληνικό δίκαιο της Οδηγίας 85/337/ΕΚ σχετικά με την εκτίμηση των επιπτώσεων ορισμένων δημόσιων και ιδιωτικών έργων στο περιβάλλον.

Οι υπουργικές αποφάσεις ΚΥΑ 104247/2006 (ΦΕΚ 663/Β/26-5-2006) περί «Διαδικασία προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων έργων Α.Π.Ε» ,ΚΥΑ 104248/2006 (ΦΕΚ 663/Β/26-5-2006) περί «Περιεχομένου, δικαιολογητικών και λοιπών στοιχείων των Προμελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, των Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, καθώς και συναφών μελετών περιβάλλοντος, έργων Α.Π.Ε» και ΚΥΑ 1726 / 2003 περί έγκρισης περιβαλλοντικών όρων για έργα **ΑΠΕ** συμπληρώνουν την υφιστάμενη ισχύουσα νομοθεσία.

### **ΦΑΚΕΛΟΣ ΕΠΟ**

Ο φάκελος αυτός περιλαμβάνει την πλήρη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.) του έργου, η οποία αναλύει εκτενέστερα και αναλυτικότερα το σύνολο των στοιχείων που περιέχονται στην Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων

(Π.Π.Ε.).

Τόσο στην ΠΠΕΑ όσο και στη ΜΠΕ, περιλαμβάνεται χωριστό κεφάλαιο, το οποίο αναφέρεται στα έργα που σχετίζονται με το δίκτυο διασύνδεσης, σε επίπεδο προμελέτης - βασικού σχεδιασμού. Η αδειοδότηση των άνω έργων διασύνδεσης γίνεται σύμφωνα με την κείμενη Νομοθεσία.

### **~ Βήμα 4ο . Βεβαίωση Χρήσης Γης**

Ιδιαίτερη σημασία έχει η υποβολή νόμιμου αποδεικτικού αποκλειστικής

χρήσης του γηπέδου ή του χώρου εγκατάστασης του σταθμού ΑΠΕ, δυνάμει εμπράγματος δικαιώματος ή ενοχικής σχέσης. Στα δικαιώματα αυτά περιλαμβάνεται το δικαίωμα επικαρπίας ή κυριότητας, η μισθωτική σχέση που περιβάλλεται τον τύπο του συμβολαιογραφικού εγγράφου, εφόσον το τελευταίο αυτό έχει μετεγγραφεί στο οικείο υποθηκοφυλακείο, καθώς και η χρηματοδοτική μίσθωση.

Η αποκλειστική χρήση του γηπέδου ή του χώρου εγκατάστασης είναι δυνατό να αποδειχθεί και με Απόφαση Έγκρισης Επέμβασης σε δασική έκταση, σύμφωνα με τις διατάξεις του Ν. 998/79 περί προστασίας των δασών. Σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 2 του Ν. 2941/01, τα έργα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, στα οποία συμπεριλαμβάνονται τα έργα δικτύων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, κατασκευής υποσταθμών και εν γένει κάθε κατασκευή που αφορά την υποδομή και εγκατάσταση σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, χαρακτηρίζονται ως δημόσιας ωφέλειας, ανεξάρτητα από το φορέα υλοποίησής τους.

### ~ Βήμα 5ο . Άδεια Εγκατάστασης

Η διαδικασία χορήγησης άδειας εγκατάστασης έργων ΑΠΕ διέπεται από το άρθρο 8 του Ν. 3468 / 2006 και τις διατάξεις της υπ' αριθμόν Δ6/Φ1/2000/6.2.2002 Απόφασης του Υπουργού Ανάπτυξης. Η παραπάνω απόφαση ισχύει μέχρι σήμερα, όπως έχει τροποποιηθεί με την υπ' αριθμόν Δ6/Φ1/10200/S.6.2002 Απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης. Για την εγκατάσταση σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. απαιτείται σχετική άδεια. Η άδεια αυτή εκδίδεται με απόφαση του Γενικού Γραμματέα της περιφέρειας, στα όρια της οποίας εγκαθίσταται ο σταθμός.

Για την έκδοση των αδειών εγκατάστασης παρέχεται στον Υπουργό Ανάπτυξης, από το Κ.Α.Π.Ε., γραμματειακή, τεχνική και επιστημονική

υποστήριξη, αντί αμοιβής, η οποία καθορίζεται με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και Ανάπτυξης. Η άδεια εγκατάστασης ισχύει για δύο (2) έτη και μπορεί να παρατείνεται, κατά ανώτατο όριο, για ίσο χρόνο, μετά από αίτηση του κατόχου της υπό προϋποθέσεις.

Για την εγκατάσταση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. απαιτείται η Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων. Για σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. που εξαιρούνται από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής δεν απαιτείται η λήψη άδειας εγκατάστασης και λειτουργίας. Για τους σταθμούς αυτούς απαιτείται, σε κάθε περίπτωση, η περιβαλλοντική αδειοδότηση.

### ~ Βήμα 6ο . Οικοδομική Άδεια

Σύμφωνα με το Ν. 2941/01, για την εγκατάσταση αιολικών σταθμών και ανεμογεννητριών δεν απαιτείται η έκδοση οικοδομικής άδειας, αλλά θεώρηση που χορηγείται από την αρμόδια Πολεοδομική Υπηρεσία, ύστερα από αίτηση του ενδιαφερόμενου, συνοδευόμενη από υπεύθυνες δηλώσεις αναθέσεων και αναλήψεων μελετών και επιβλέψεων του έργου, τοπογραφικό διάγραμμα με σαφές οδοιπορικό, διάγραμμα κάλυψης, σχέδια, προϋπολογισμό του έργου, αποδεικτικά πληρωμής φόρων και αποδεικτικά εισφορών και αμοιβών μηχανικών. Δεν απαλλάσσονται από την υποχρέωση έκδοσης οικοδομικής άδειας οι δομικές κατασκευές, όπως τα θεμέλια των πύργων των ανεμογεννητριών, τα οικήματα στέγασης του εξοπλισμού ελέγχου και των μετασχηματιστών.

Σε κάθε περίπτωση, τα έργα ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας υπάγονται στις περί βιομηχανικών εν γένει εγκαταστάσεων διατάξεις του άρθρου 4 του από 24.5.1985 Προεδρικού Διατάγματος για την εκτός σχεδίων πόλεων δόμηση, καθώς και σε κάθε άλλη ειδική διάταξη του ίδιου Προεδρικού Διατάγματος που αφορά έργα της ΔΕΗ, ανεξάρτητα από το φορέα υλοποίησής τους.

Με κοινή απόφαση των Υπουργών Ανάπτυξης, Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων και του κατά περίπτωση αρμόδιου Υπουργού, που δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, μπορεί να καθορίζονται ειδικοί όροι και περιορισμοί δόμησης για την ανέγερση εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης ΑΠΕ, καθώς και ειδικές αποστάσεις από τα όρια οικισμών κατά παρέκκλιση των διατάξεων του ως άνω Προεδρικού Διατάγματος (ήδη άρθρου 268 του Κώδικα Βασικής Πολεοδομικής Νομοθεσίας).

Η κανονιστική απόφαση που ρύθμισε την παραπάνω διαδικασία είναι η ΚΥΑ 19500 (ΦΕΚ 1671/11.11.2004), η οποία τροποποίησε και συμπλήρωσε την ΚΥΑ 13727/724/2003 ως προς την αντιστοίχιση των δραστηριοτήτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τους βαθμούς όχλησης που αναφέρονται στην πολεοδομική νομοθεσία. Σημαντικότερη διάταξη της απόφασης αυτής είναι ο χαρακτηρισμός των μικρών υδροηλεκτρικών έργων (<\_10 MW), των έργων ηλεκτροπαραγωγής από ανεμογεννήτριες ισχύος <\_20 KW και των φωτοβολταϊκών συστημάτων ισχύος <\_0,5 MW ως μη οχλουσών δραστηριοτήτων.

### **~ Βήμα 7ο . Άδεια Λειτουργίας**

Για τη λειτουργία σταθμών που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, απαιτείται και άδεια λειτουργίας σύμφωνα με τα άρθρα 8 του Ν. 3468/ 2006 (ΦΕΚ 129/Α/27-6-2006) και άρθρα 14, 15 της Υ.Α 2000/2002, ΦΕΚ Β 158/13-2-02. Η άδεια αυτή χορηγείται με απόφαση του οργάνου που είναι αρμόδιο για τη χορήγηση της άδειας εγκατάστασης μετά από αίτηση του ενδιαφερομένου και έλεγχο, από τα αρμόδια όργανα, της τήρησης των τεχνικών όρων εγκατάστασης κατά τη δοκιμαστική λειτουργία του σταθμού, καθώς και έλεγχο, από το Κ.Α.Π.Ε., της διασφάλισης των αναγκαίων λειτουργικών και τεχνικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού του σταθμού. Η άδεια λειτουργίας εκδίδεται εντός αποκλειστικής προθεσμίας δεκαπέντε (15) ημερών από την ολοκλήρωση των ανωτέρω ελέγχων, εφόσον αυτοί αποβούν θετικοί και ισχύει για είκοσι (20) τουλάχιστον έτη και μπορεί να ανανεώνεται μέχρι ίσο χρονικό διάστημα.

## Π.2 Τιμολόγηση της KWh από ΑΠΕ

Ο βασικός νόμος που ρυθμίζει τα θέματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ είναι ο Νόμος 2773/99 για την απελευθέρωση της εσωτερικής αγοράς ηλεκτρισμού και ο Νόμος 3486/2006 για την «παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης», και πιο συγκεκριμένα τα Άρθρα 9 περί Ένταξης σταθμών Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α στο Σύστημα ή το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο, το Άρθρο 10 περί Ένταξης σταθμών Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, το Άρθρο 12 για την Σύμβαση Πώλησης και το άρθρο 13 περί Τιμολόγησης ηλεκτρικής ενέργειας από σταθμούς Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. και από Υβριδικούς Σταθμούς. Με τον Νέο Νόμο Ν3734/2009 και συγκεκριμένα με το άρθρο του 27Α θεσπίζεται νέο πλαίσιο για την τιμολόγηση της ηλιακής ενέργειας.

Οι βασικές διατάξεις του Νόμου 3486/2006 και του Νόμου 3734/2009 που αφορούν τις ΑΠΕ έχουν ως εξής:

- ~ Για σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. που συνδέονται με το Σύστημα ή το Δίκτυο, εκτός από το Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, εφόσον δεν τίθεται σε κίνδυνο η ασφάλεια του Συστήματος ή του Δικτύου, ο αρμόδιος Διαχειριστής του Συστήματος ή του Δικτύου υποχρεούται, κατά την κατανομή του Φορτίου, να δίνει προτεραιότητα σε διαθέσιμες εγκαταστάσεις παραγωγής, στις οποίες η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από Α.Π.Ε., ανεξάρτητα από την Εγκατεστημένη Ισχύ τους, καθώς και σε υδροηλεκτρικές μονάδες με Εγκατεστημένη Ισχύ μέχρι δεκαπέντε (15) MWe.
- ~ Στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, ο αρμόδιος Διαχειριστής αυτών υποχρεούται να απορροφά, κατά προτεραιότητα, την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από σταθμό Α.Π.Ε. παραγωγού ή Αυτοπαραγωγού, καθώς και από τις μονάδες Α.Π.Ε. Υβριδικού

Σταθμού και, ακολούθως, το πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει Αυτοπαραγωγός από σταθμό Σ.Η.Θ.Υ.Α.

- ~ Για την ένταξη σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. στο Σύστημα ή στο Δίκτυο, περιλαμβανομένου και του Δικτύου των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, εφόσον οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνδέονται στο Σύστημα είτε απευθείας είτε μέσω του Δικτύου ή ο Διαχειριστής Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, εφόσον οι εγκαταστάσεις παραγωγής συνδέονται με το Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, υποχρεούνται να συνάπτουν σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας με τον κάτοχο της άδειας παραγωγής της.
- ~ Η σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας ισχύει για δέκα (10) έτη και μπορεί να παρατείνεται για δέκα (10), επιπλέον, έτη, μονομερώς, με έγγραφη δήλωση του παραγωγού, εφόσον αυτή υποβάλλεται τρεις (3), τουλάχιστον, μήνες πριν από τη λήξη της αρχικής σύμβασης. Η σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Υβριδικούς Σταθμούς ισχύει για είκοσι (20) έτη και μπορεί να παρατείνεται, σύμφωνα με τους όρους της άδειας αυτής, μετά από έγγραφη συμφωνία των μερών, εφόσον ισχύει η σχετική άδεια παραγωγής.

Ειδικότερα για την ηλιακή ενέργεια με τον Νόμο 3734/2009 ορίζονται νέες τιμές πώλησης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας. Οι τιμές αυτές θα είναι εγγυημένες για μια 20ετία (και για τα παλιά συμβόλαια που τρέχουν ήδη) και θα αναπροσαρμόζονται ετησίως με το 25% του πληθωρισμού της περασμένης χρονιάς. Οι τιμές αυτές κλειδώνουν με την υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ (ή τη ΔΕΗ για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά) και στη συνέχεια έχει κανείς άλλους 18 μήνες για να υλοποιήσει το έργο κάνοντας χρήση αυτής της τιμής. Αν καθυστερήσει πάνω από 18 μήνες, θα πάρει την τιμή που ισχύει τη στιγμή της έναρξης



λειτουργίας. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι οι τιμές παραμένουν σταθερές έως και το 2011.

~ Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από Παραγωγό ή Αυτοπαραγωγό μέσω σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. ή μέσω Υβριδικού Σταθμού και απορροφάται από το Σύστημα ή το Δίκτυο, τιμολογείται, σε μηνιαία βάση, κατά τα ακόλουθα:

1. Η τιμολόγηση γίνεται με βάση την τιμή, σε ευρώ ανά μεγαβατώρα (MWh), της ηλεκτρικής ενέργειας που απορροφάται από το Σύστημα ή το Δίκτυο, συμπεριλαμβανομένου και του Δικτύου Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών.
2. Η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας κατά την προηγούμενη περίπτωση εκτός από την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από φωτοβολταϊκούς σταθμούς, γίνεται με βάση τα στοιχεία του ακόλουθου πίνακα όπως αυτός αναπροσαρμόστηκε σύμφωνα με την Υπουργική απόφαση υπ' αριθ. Δ6/Φ1/Οικ.14619 σχετικά με την αναπροσαρμογή των τιμολογίων απορρόφησης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ:

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από:	Τιμή Ενέργειας (C/MWh)	
	Διασυνδεδεμένο Σύστημα	Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
(α) Αιολική ενέργεια	75,82	87,42
(β) Αιολική ενέργεια από αιολικά πάρκα στη θάλασσα	92,82	
(γ) Υδραυλική ενέργεια που αξιοποιείται με μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς με Εγκατεστημένη Ισχύ έως δεκαπέντε (15) MWe	75,82	87,42
(στ) Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από μονάδες άλλης τεχνολογίας, πλην αυτής των φωτοβολταϊκών, με Εγκατεστημένη Ισχύ έως πέντε (5) MWe	252,82	272,82
(ζ) Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από μονάδες άλλης τεχνολογίας, πλην αυτής των φωτοβολταϊκών, με Εγκατεστημένη Ισχύ μεγαλύτερη των πέντε (5) MWe	232,82	252,82
η) Γεωθερμική ενέργεια, βιομάζα, αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και βιοαέρια	75,82	87,42
(θ) Λοιπές Α.Π.Ε.	75,82	87,42
(ι) Σ.Η.Θ.Υ.Α	75,82	87,42

Πίνακας π.1.: Τιμή Ενέργειας (C/MWh) για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ

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 35 MW και για το πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας που διατίθεται στο Σύστημα ή στο 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 φωτοβολταϊκούς σταθμούς γίνεται με βάση τα στοιχεία του ακόλουθου πίνακα (€/MWh):

Έτος Μήνας	ΔΙΑΙΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ		ΜΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕ.ΔΕΜΕΝΟ	
	A	B	Γ	Δ
	-			
	>100 kW	<: 100 kW	> 100 kW	<:100kW
2009 Φεβρουάριος	400.00	450.00	450.00	500,00
2009 Αύγουστος	400.00	450.00	450.00	500,00
2010 Φεβρουάριος	400.00	450,00	450.00	500.00
2010 Αύγουστος	392,04	441.05	441.05	490.05
2011 Φεβρουάριος	372,83	419,43	419,43	466.03
2011 Αύγουστος	351.01	394.88	394.88	438,76
2012 Φεβρουάριος	333.81	375.53	375,53	41726
2012 Αύγουστος	31427	353.56	353.56	392.84
2013 ΦεβροΟοριος	298.87	33623	336,23	373,59
2013 Αύγουστος	281.38	316,55	316,55	351.72
2014 Φεβρουάριος	268,94	302,56	302,56	336.18
2014 Αύγουστος	260~7	~3.,59	293.59	32322
Για κάθε έτος ν από το 2015 και με μετά	1.3χμΟΤΣν-1	1.4χμΤΣν-1	1.4χμΟΤΣν-1,	1.5χμΟΤΣν-1

μΟΤΣν-.ι: Μέση Οριακή Τιμή συστήματος κατά το προηγούμενο έτος ν-1

Πίνακας π.2.: Τιμή Ενέργειας (€/MWh) για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς

Η σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκό σταθμό συνάπτεται για είκοσι (20) έτη, συνομολογείται με την τιμή αναφοράς που αναγράφεται στον ανωτέρω πίνακα και αντιστοιχεί στο μήνα και έτος που

υπογράφεται η Σύμβαση Αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας με τον αρμόδιο Διαχειριστή, υπό την προϋπόθεση έναρξης δοκιμαστικής - λειτουργίας ή για τις περιπτώσεις που δεν προβλέπεται περίοδος δοκιμαστικής λειτουργίας ενεργοποίησης της σύνδεσης του φωτοβολταϊκού σταθμού. εντός δεκαοχτώ (18) μηνών για τους σταθμούς ισχύος έως 10 MW και εντός τριάντα έξι μηνών (36) για τους σταθμούς ισχύος από 10 MW και άνω. Σε αντίθετη περίπτωση, ως τιμή αναφοράς θα λαμβάνεται η τιμή που αντιστοιχεί στο μήνα και έτος που πραγματοποιείται η έναρξη δοκιμαστικής λειτουργίας ή για τις περιπτώσεις που δεν προβλέπεται περίοδος δοκιμαστικής λειτουργίας η ενεργοποίηση της σύνδεσης του φωτοβολταϊκού σταθμού, με βάση την ισχύ που διαθέτει ο σταθμός κατά την εν λόγω χρονική στιγμή.

Οι τιμές που καθορίζονται στον ανωτέρω πίνακα, αναπροσαρμόζονται κάθε έτος, κατά ποσοστό 25% του δείκτη τιμών καταναλωτή του προηγούμενου έτους, όπως αυτός καθορίζεται από την Τράπεζα της Ελλάδος. Αν η τιμή που αναφέρεται στον πίνακα αυτό, αναπροσαρμοσμένη κατά τα ανωτέρω, είναι μικρότερη της μέσης Οριακής Τιμής του Συστήματος, όπως αυτή διαμορφώνεται κατά το προηγούμενο έτος, προσαυξημένης κατά 30%, 40%, 40% και 50%, αντίστοιχα για τις περιπτώσεις Α, Β, Γ, και Δ του ανωτέρω πίνακα, η τιμολόγηση γίνεται με βάση τη μέση οριακή Τιμή του Συστήματος του προηγούμενου έτους, προσαυξημένη κατά τους αντίστοιχους ως άνω συντελεστές.

### Π.3 Τιμολόγηση της Διαδικασίας Αδειοδότησης

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται ενδεικτικές τιμές των απαραίτητων εγγράφων αδειοδότησης που απαιτούνται για την εγκατάσταση μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ:

Βήμα	Άδεια	Ενδεικτική τιμή (€)		Σ.χόλιο
		Εξαίρεση	Άδεια	
1ο	Άδεια Παραγωγής	1.000	4.000-5.000	Η τιμή καθορίζεται σε συνεννόηση με Τον Μηχανικό-Οικονομολόγο που εκπονεί την Τεχνοοικονομική Μελέτη
2ο	Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση & Αξιολόγηση (Π.Π.Ε.Α)	2000	2000-5000	Η τιμή εξαρτάται από την Περιβαλλοντική Κατάταξη του έργου Όπως αναλύεται
3ο	Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ)			
4ο	Βεβαίωση Χρήσης Γης			Στην §4 του παράnten
5ο	Άδεια Εγκατάστασης	3000	Ανάλογα με Την περιοχή	Η τιμή καθορίζεται Σε συνεννόηση με τον Μηχανολόγο μηχανικό που εκπονεί την Μηχανολογική μελέτη
6ο	Οικοδομική Άδεια	3.000	Ανάλογα με το κτίριο και το μέγεθος	Η τιμή καθορίζεται σε Συνεννόηση με τον Πολιτικό μηχανικό και Τον τοπογράφο που Εκπονούν τις σχετικές Μελέτες όταν απαιτούνται
7ο	Άδεια Λειτουργίας	0	1000	Δεν απαιτείται εκπόνηση Μελετων παρα μόνον Κατάθεση φακέλου Δικαιολογητικών
ΣΥΝΟΛΟ		10.000 - 15.000		

(πηγή: <http://www.draxis.gr>)

Πίνακας π.3. Ενδεικτικές τιμές απαιτήτων εγγράφων αδειοδότησης για την εγκατάσταση μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ

1.1.4. Τιμολόγιο ΠΠΕ & ΜΠΕ Εγκαταστάσεων Ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε.

Ο/Α	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ Ή ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ	ΟΜΑΔΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ		ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ (Κατάθεση)			ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ (Χωρίς ΦΠΑ)
			ΚΑΤΗΓ. 1 ΥΠΟΚΑΤΗΓ. 1 (Α1)	ΚΑΤΗΓ. 2 ΥΠΟΚΑΤΗΓ. 2 (Α2)	Ενδεικτική Αξία Α1	Ενδεικτική Αξία Α2	Ενδεικτική Αξία Β3	
15	Υδροκατασκευή	2 ΑΥΤΟΜΑΤΑ ΕΡΓΑ	ΚΑΤΗΓ. 1 ΥΠΟΚΑΤΗΓ. 1 (Α1) 16 τμχ. από 1000000€ έως 2000000€	ΚΑΤΗΓ. 1 ΥΠΟΚΑΤΗΓ. 2 (Α2) Ταλαντοφόρα υδατογενή υδροηλεκτρικά έργα με ισχύ < 40 MW	ΚΑΤΗΓ. 2 ΥΠΟΚΑΤΗΓ. 2 (Β3) 2 τμχ. από 1000000€ έως 2000000€			Α1: 3.000€ Α2: 3.000€ Β3: 3.000€
16	Ανεμογεννήτρια σε ανοικτό πεδίο	10 ΜΕΙΟΝ ΕΡΓΑ	ΚΑΤΗΓ. 1 ΥΠΟΚΑΤΗΓ. 1 (Α1) ΚΑΤΗΓ. 2 ΥΠΟΚΑΤΗΓ. 2 (Α2) 16 τμχ. από 1000000€ έως 2000000€	ΚΑΤΗΓ. 1 ΥΠΟΚΑΤΗΓ. 2 (Α2) Ανεμογεννήτρες με ισχύ < 40 MW	ΚΑΤΗΓ. 2 ΥΠΟΚΑΤΗΓ. 2 (Β3) 4 τμχ. από 1000000€ έως 2000000€			Α1: 3.000€ Α2: 3.000€ Β3: 3.000€
17	Ανεμογεννήτρες σε φανερωμένα τόξα	10 ΜΕΙΟΝ ΕΡΓΑ	ΚΑΤΗΓ. 1 ΥΠΟΚΑΤΗΓ. 1 (Α1) ΚΑΤΗΓ. 2 ΥΠΟΚΑΤΗΓ. 2 (Α2) 16 τμχ. από 1000000€ έως 2000000€	ΚΑΤΗΓ. 1 ΥΠΟΚΑΤΗΓ. 2 (Α2) Ανεμογεννήτρες με ισχύ > 40 MW	ΚΑΤΗΓ. 2 ΥΠΟΚΑΤΗΓ. 2 (Β3) 4 τμχ. από 1000000€ έως 2000000€			Α1: 3.000€ Α2: 3.000€ Β3: 3.000€
20	Σύστημα ηλεκτροπαραγωγής από γεωθερμική ενέργεια	10 ΜΕΙΟΝ ΕΡΓΑ	ΚΑΤΗΓ. 1 ΥΠΟΚΑΤΗΓ. 1 (Α1) ΚΑΤΗΓ. 2 ΥΠΟΚΑΤΗΓ. 2 (Α2) 16 τμχ. από 1000000€ έως 2000000€	ΚΑΤΗΓ. 1 ΥΠΟΚΑΤΗΓ. 2 (Α2) Ανεμογεννήτρες με ισχύ > 40 MW	ΚΑΤΗΓ. 2 ΥΠΟΚΑΤΗΓ. 2 (Β3) 4 τμχ. από 1000000€ έως 2000000€			Α1: 3.000€ Α2: 3.000€ Β3: 3.000€

(πηγή: <http://www.draxis.gr>)

- Σύμφωνα με την ΚΥΑ 15393/2332/2002 (ΦΕΚ 1022B/5-8-2002) περί «Κατάταξη εδδημόσιων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων» και όπως αυτή τροποποιείται από την ΥΑ 145799 (ΦΕΚ 1002B/18-7-2005).
- Η τιμή μπορεί να τροποποιηθεί ανάλογα με την δυσκολία της μελέτης π.χ χωροθέτηση σε προστατευόμενη περιοχή κ.α

## Π.5. Εγκρίσεις/Βεβαιώσεις για ΠΠΕ 8ι ΜΠΕ

Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται συνοπτικά οι βεβαιώσεις που απαιτούνται για την Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.) και για την Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.) από την εκάστοτε αρμόδια υπηρεσία και ανάλογα με την κατηγορία που ανήκει η Μελέτη:

α/α	ΥΠΗΡΕΣΙΑ	ΒΕΒΑΙΩΣΗ	A1	A2	B4	Παρατήρηση ή εναλλακτική όγκου της καταβολής της μ
1	Διεύθυνση Χωροταξίας ΥΠΕΧΩΔΕ	Γνωμοδότηση συνοδευόμενη από χάρτη προποτύπικς θεωρημένο από το φορέα.	✓			
2	Διεύθυνση Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού του ΥΠΕΧΩΔΕ εάν το έργο βρίσκεται εντός Natura 2000 ή Ramsar.	Γνωμοδότηση συνοδευόμενη από χάρτη προποτύπικς θεωρημένο από το φορέα.	✓			
3	Γενικό Επιτελείο Εθνικής Άμυνας	Γνωμοδότηση συνοδευόμενη από χάρτη προποτύπικς θεωρημένο από το φορέα.	✓	✓		
4	Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας	Γνωμοδότηση συνοδευόμενη από χάρτη προποτύπικς θεωρημένο από το φορέα.	✓	✓		
5	Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων	Γνωμοδότηση συνοδευόμενη από χάρτη προποτύπικς θεωρημένο από το φορέα.	✓			
6	Περιφερειακή Υπηρεσία Δασών / ΝΕΧΩΠ οικίας Νομαρχίας	Γνωμοδότηση συνοδευόμενη από χάρτη προποτύπικς θεωρημένο από το φορέα. Χαρακτηρισμός έκτασης. Έγκριση χρήσης γης ως γη μη υψηλής παραγωγικότητας		✓	✓	✓
7	Υπουργείο Τουριστικής Ανάπτυξης	Γνωμοδότηση συνοδευόμενη από χάρτη προποτύπικς θεωρημένο από το φορέα.	✓			
8	Περιφερειακή Υπηρεσία Τουρισμού	Γνωμοδότηση συνοδευόμενη από χάρτη προποτύπικς θεωρημένο από το φορέα.		✓		
9	Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση – Εφορεία κλασικών αρχαιοτήτων και εφορεία βυζαντινών αρχαιοτήτων.	Γνωμοδότηση συνοδευόμενη από χάρτη προποτύπικς θεωρημένο από το φορέα. Βεβαίωση μη ύπαρξης αρχαιολογικού ενδιαφέροντος.	✓	✓	✓	✓
10	Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών. <u>Αποκλειστικά για θέματα επικοινωνίας.</u>	Γνωμοδότηση συνοδευόμενη από χάρτη προποτύπικς θεωρημένο από το φορέα.	✓			
11	Περιφερειακή Υπηρεσία Υπουργείου Μεταφορών και Επικοινωνιών. <u>Αποκλειστικά για θέματα επικοινωνίας.</u>	Γνωμοδότηση συνοδευόμενη από χάρτη προποτύπικς θεωρημένο από το φορέα.		✓		
12	Ο.Ρ.Α ή Ο.Ρ.ΘΕ εάν το γήπεδο εγκατασταθεί υπάνεται στις περιοχές δικαιοδοσίας τους.	Γνωμοδότηση συνοδευόμενη από χάρτη προποτύπικς θεωρημένο από το φορέα.	✓	✓	✓	
13	Φορείς Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών εάν το έργο βρίσκεται εντός περιοχής δικαιοδοσίας τους.	Γνωμοδότηση συνοδευόμενη από χάρτη προποτύπικς θεωρημένο από το φορέα.	✓			
14	Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας, εάν το έργο εγκαθίσταται στην θάλασσα ή στο αιγιαλό.	Γνωμοδότηση συνοδευόμενη από χάρτη προποτύπικς θεωρημένο από το φορέα.	✓			
15	Αρμόδια Λιμενική Αρχή του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας, εάν το έργο εγκαθίσταται στην θάλασσα ή στο αιγιαλό.	Γνωμοδότηση συνοδευόμενη από χάρτη προποτύπικς θεωρημένο από το φορέα.		✓		
16	Περιφερειακή Διεύθυνση Υδάτων, <u>αποκλειστικά για Υδροηλεκτρικά έργα</u>	Γνωμοδότηση συνοδευόμενη από χάρτη προποτύπικς θεωρημένο από το φορέα.	✓	✓	✓	
17	Οικία Δήμος – Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών.	Χαρακτηρισμός οδού προστασίας από δέμνο ή κοινότοπο και βεβαίωση για το πλάτος αυτής.	✓	✓		✓
18	Οικία Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση – Διεύθυνση Πολεοδομίας & Περιβάλλοντος εάν απαιτούνται κτηριακές εγκαταστάσεις	Βεβαίωση για τους καθόντες όρους δόμησης στο πολεοδομικό χάρτη του έργου (κλίμακας 1:2000).	✓	✓	✓	✓
19	Τεκμηρίωση / διευκρίνιση ιδιοκτησιακού καθεστώτος		✓	✓	✓	✓
20*	ΔΕΗ	Αίτηση ηλεκτροδότησης	✓	✓		✓
21*	ΟΤΕ	Αίτηση τηλεφωνικής σύνδεσης	✓	✓		✓

(πηγή: <http://www.draxis.gr>)

Πίνακας π.5. βεβαιώσεις που απαιτούνται για την Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.) και για την Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων

(Μ.Π.Ε.)

## Π.6. Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού

Αν και τα έργα ΑΠΕ χαρακτηρίζονται ως δραστηριότητες φιλικές προς το περιβάλλον, εν τούτοις δεν στερούνται παντελώς επιπτώσεων σε αυτό. Οι επιπτώσεις αυτές διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος της εκάστοτε χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας ΑΠΕ (αιολική, υδροηλεκτρική, γεωθερμική, ηλιακή ενέργεια κλπ.), ενώ μπορεί να εκτείνονται τόσο στο ανθρωπογενές (πόλεις, οικισμούς και εν γένει οικιστικές περιοχές) όσο και στο φυσικό περιβάλλον (τοπίο, χλωρίδα και πανίδα, κλπ.) των περιοχών εγκατάστασης, καθώς και στις γειτνιάζουσες παραγωγικές δραστηριότητες (τουρισμό, γεωργία κλπ.). Για την πρόληψη, την άμβλυση και την αποτροπή των επιπτώσεων αυτών απαιτείται η καθιέρωση σαφών κανόνων χωροθέτησης των έργων ΑΠΕ, ώστε αφενός να μειωθούν οι αβεβαιότητες και οι συγκρούσεις χρήσεων γης που συχνά αναφύονται επί του πεδίου και αφετέρου να ικανοποιηθούν οι ευρύτερες ανάγκες

προστασίας του περιβάλλοντος και η αειφόρος ανάπτυξη των περιοχών υποδοχής

τους. Αξίζει να σημειωθεί ότι η δημιουργία του Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού σχεδιασμού αποτελούσε πάγιο αίτημα των τελευταίων ετών και αναμένεται να δώσει σε κάποιο ποσοστό λύση στον μεγάλο αριθμό εμπλεκόμενων φορέων και στις παρατηρούμενες χρονικές καθυστερήσεις

Η χωροθέτηση των εγκαταστάσεων ΑΠΕ στην Ελλάδα έχει αντιμετωπισθεί μέχρι σήμερα αποκλειστικά στο πλαίσιο των διαδικασιών περιβαλλοντικής αδειοδότησης των σχετικών έργων. Η διαδικασία αυτή, αν και επιτρέπει την εκτίμηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον στο επίπεδο κάθε συγκεκριμένης εγκατάστασης, εν τούτοις δεν μπορεί, λόγω του εξατομικευμένου χαρακτήρα της, να απαντήσει στην ανάγκη καθιέρωσης γενικών κριτηρίων χωροθέτησης έργων ΑΠΕ, δηλαδή κριτηρίων που να διασφαλίζουν ένα κοινό πλαίσιο χωρικής οργάνωσης της συγκεκριμένων δραστηριοτήτων ανάλογα με τη



φυσιογνωμία και τις χωροταξικές ιδιαιτερότητες των επιμέρους ενοτήτων του ελληνικού χώρου, τις επιμέρους κατηγορίες έργων ΑΠΕ και τις ειδικές ανάγκες ανάπτυξης, προστασίας ή διαφύλαξης που απαντώνται σε συγκεκριμένες περιοχές και σε ευπαθή οικοσυστήματα της χώρας.

Για τους παραπάνω λόγους επομένως εγκρίθηκε το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας που καθορίζει τις βασικές κατευθύνσεις και τους γενικούς κανόνες για τη χωροθέτηση έργων ΑΠΕ στο σύνολο του εθνικού χώρου, ώστε αφενός να καθιστούν εκ των προτέρων γνωστές οι κατηγορίες περιοχών στις οποίες αποκλείεται εν όλο ή εν μέρει η χωροθέτηση έργων ΑΠΕ και αντιστοίχως οι εν δυνάμει κατάλληλες για την υποδοχή τους περιοχές και αφετέρου οι ειδικότερες, ανά κατηγορία ΑΠΕ, χωροταξικές προϋποθέσεις εγκατάστασης ιδίως σε συνάρτηση με τη φυσιογνωμία, τη φέρουσα ικανότητα και εν γένει το περιβάλλον των περιοχών εγκατάστασης.

Σκοπός του συγκεκριμένου Ειδικού Πλαισίου είναι:

- η διαμόρφωση πολιτικών χωροθέτησης έργων ΑΠΕ, ανά κατηγορία

δραστηριότητας και κατηγορία χώρου, βάσει των διαθέσιμων σε εθνικό επίπεδο στοιχείων. Ειδικότερα όσον αφορά στις αιολικές εγκαταστάσεις αποσκοπεί στον εντοπισμό, με βάση τα διαθέσιμα σε εθνικό επίπεδο στοιχεία αιολικού δυναμικού, κατάλληλων περιοχών που θα επιτρέπουν ανάλογα με τις χωροταξικές και περιβαλλοντικές ιδιαιτερότητές τους τη μεγαλύτερη δυνατή χωρική συγκέντρωση των αιολικών εγκαταστάσεων και την επίτευξη οικονομιών κλίμακας στα απαιτούμενα δίκτυα .

- η καθιέρωση κανόνων και κριτηρίων χωροθέτησης που θα επιτρέπουν αφενός την δημιουργία βιώσιμων εγκαταστάσεων ΑΠΕ και αφετέρου την αρμονική ένταξή τους στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον .
- η δημιουργία ενός αποτελεσματικού μηχανισμού χωροθέτησης

των εγκαταστάσεων ΑΠΕ, ώστε να επιτευχθεί ανταπόκριση στους στόχους των εθνικών και ευρωπαϊκών πολιτικών.

Δεν υπάγονται στο Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο:

- α. Οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ που εξαιρούνται από την υποχρέωση λήψης αδείας παραγωγής και αδείας εγκατάστασης και λειτουργίας, σύμφωνα με τα άρθρα 4 και 8 παρ. 8 του ν. 3468/2006 (ΦΕΚ 129 Α').
- β. Οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ που χαρακτηρίζονται ως μη οχλούσες εγκαταστάσεις, σύμφωνα με το άρθρο 2 της ΚΥΑ 19500/2004 (ΦΕΚ 1671 Β' / 11.11.2004) με εξαίρεση τα ΜΥΗΕ.
- γ. Οι εγκαταστάσεις ΑΠΕ που αφορούν Αυτόνομους Παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας κατά την έννοια του άρθρου 2 παρ. 4 του ν. 3468/2006 (ΦΕΚ 129 Α').

Για τη χωροθέτηση των αιολικών εγκαταστάσεων ο εθνικός χώρος, με βάση το εν δυνάμει εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό του και τα ιδιαίτερα χωροταξικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά του, διακρίνεται στις 4 κατηγορίες:

1. Στην ηπειρωτική χώρα, συμπεριλαμβανομένης και της νήσου Εύβοιας
2. Στην Αττική, που αποτελεί ειδικότερη κατηγορία της ηπειρωτικής χώρας λόγω του μητροπολιτικού χαρακτήρα της
3. Στα κατοικημένα νησιά του Ιονίου και του Αιγαίου Πελάγους, συμπεριλαμβανομένης και της Κρήτης
4. Στον υπεράκτιο θαλάσσιο χώρο και τις ακατοίκητες νησίδες.

ηπειρωτική χώρα διακρίνεται περαιτέρω σε περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας ( ΑΠ) και σε περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (ΠΑΚ) όπως απεικονίζονται στον Πίνακα που ακολουθεί:

## Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (Π.Α.Π)

ΠΕΡΙΟΧΗ 1	
ΝΟΜΟΣ ΕΒΡΟΥ	ΝΟΜΟΣ ΡΟΔΟΠΗΣ
Δ. Φερών	Δ. Αοσιανών
Δ. Τραϊανούπολης;	Κ. Κέγχρου)
Δ. Αλεξανδρούπολης; (όμορος)	
Δ. Σουφλίου (όμορος)	
Δ. Τυχερού (όμοροξς)	
Αιολικά δυναμικό της Περιοχής 1: 538 τυπικές Α/Γ (ενδεικτικά 1.076 MWe).	
ΠΕΡΙΟΧΗ 2	
ΝΟΜΟΣ ΕΥΒΟΙΑΣ	ΝΟΜΟΣ ΑΙΤΟΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ
Δ. Αυλώνος	Δ. Αποδοτίας
Δ. Δυστίων	Δ. Πλατάνου
Δ. Καρύστου	Δ.. Θέρμου (όμορος)
Δ. Μαρμαρίου	Γ. Θ. ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ
Δ. Μεσσαπίων	Δ. Αγ. Γεωργίου Τυμφορηστού
Δ. Στυραίων	Δ.. Σπερχειάδος
Κ. Καφηρέως	Δ. Υπάτης
Δ. Διρφύων (όμορος)	Δ. Αταλάντης
Δ. Κύμης; (όμορος)	Δ. Μακρακώμη; (όμορος)
	Δ. Οπουντίων (όμορος)
ΝΟΜΟΣ ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	ΝΟΜΟΣ ΦΩΚΙΔΑΣ
Δ. Αγράφων	Δ. Βαρδουσίων
Δ. Βίβιανης;	Δ. Λιδωρικίου
Δ. Δομνίσταξ	Δ. Δεσφίνης
Δ. Καρπενησίου	Δ. Αμφίσσης (όμορος)
Δ. Κτιμενίων	Δ. καλιέων (όμορος)
Δ. Ποταμιά;	ΝΟΜΟΣ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ
Δ. Προυσσού	Δ. Καλλιφώνου
Δ. Φουονά	Δ. Μενελαΐδας
Δ. Φραγκίσ τα.; (όμορο«)	Δ. Ρεντίνης
ΝΟΜΟΣ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	Δ. Ιτάμου (όμορος)
Δ. Δαύλειας	
Δ. Διστόμου	
Δ. Λεβαδέων	
Δ. Ορχομενού	
Δ. Χαιρώνειας	
Δ. Αραχώβης	
Κ. Κυριακίου	
Αιολικό δυναμικό της Περιοχής 2: 2.174 τυπικές Α/Γ (ενδεικτικά 4.348 MWe)	
ΠΕΡΙΟΧΗ 3	
ΝΟΜΟΣ ΛΑΚΩΝΙΑΣ	ΝΟΜΟΣ ΑΡΚΑΔΙΑΣ
Δ. Βοιών	Δ. Λεωνιδίου
Δ. Γερονθρών	Κ. Κοσμά
Δι Ζάρακα	
Δ. Μολάων	
Δ. Μονεμβασιά ;	
Δ. Νιάτων	
Αιολικό δυναμικό της Περιοχής 3: 478 τυπικές Α/Γ(ενδεικτικά 955-MWe)	
Συνολικό αιολικό δυναμικό των ΠΑΠ: 3.190 τυπικές Α/Γ (ενδεικτικά 6.379 MWe)	

Περιοχές Αιολικής προτεραιότητας (ΠΑΠ) είναι οι περιοχές της ηπειρωτικής χώρας, που διαθέτουν συγκριτικά πλεονεκτήματα για την εγκατάσταση αιολικών σταθμών (ύπαρξη εκμεταλλεύσιμου αιολικού δυναμικού, αυξημένη ζήτηση εγκατάστασης Α/Γ κλπ), ενώ ταυτόχρονα προσφέρονται από απόψεως επίτευξης των χωροταξικών στόχων διότι συγκεντρώνουν τη μεγαλύτερη ζήτηση (αιτήσεις παραγωγής, εγκατάστασης, λειτουργίας). Στις περιοχές αυτές εκτιμάται η μέγιστη δυνατότητα χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων (φέρουσα ικανότητα)

Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (ΠΑΚ) είναι οι ομάδες ή επιμέρους περιοχές πρωτοβάθμιων οργανισμών τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.) της ηπειρωτικής ώρας καθώς και μεμονωμένες θέσεις, οι οποίες δεν εμπίπτουν σε ΠΑΠ αλλά θέτουν ικανοποιητικό εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό, και προσφέρονται για το λόγο αυτό για την χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων

Στο ίδιο πλαίσιο τίθενται επίσης κριτήρια χωροθέτησης εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας. Οι γυμνές και άγονες περιοχές σε χαμηλό υψόμετρο της ηπειρωτικής και της νησιωτικής χώρας, κατά προτίμηση αθέατες από πολυσύχναστους χώρους, και με δυνατότητες διασύνδεσης με το Δίκτυο ή το Σύστημα ορίζονται ως περιοχές προτεραιότητας για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας (Φωτοβολταϊκά πεδία). Αντίστοιχα ορίζονται και ζώνες αποκλεισμού για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας, δηλαδή ζώνες στις οποίες πρέπει να αποκλείεται η εγκατάστασή τους.

Στο πρόγραμμα Δράσης του ειδικού Χωροταξικού Πλαισίου θεσπίζονται επιπροσθέτως μέτρα και δράσεις θεσμικού και διοικητικού - οργανωτικού χαρακτήρα :

1. Εναρμόνιση των περιφερειακών Πλαισίων Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης.

2. Εναρμόνιση των Γενικών Πολεοδομικών Σχεδίων (ΓΠΣ) και των Σχεδίων Χωρικής και Οικιστικής Οργάνωσης Ανοικτών Πόλεων (ΣΧΟΟΑΠ).
3. Τροποποίηση των προδιαγραφών εκπόνησης των ΓΠΣ και των ΣΧΟΟΑΠ.
4. Διερεύνηση τοπικών χωροταξικών δεδομένων σε πρωτοβάθμιους ΟΤΑ με υψηλό δείκτη τουριστικής ανάπτυξης και υψηλή ζήτηση αιολικών εγκαταστάσεων.
5. Δημιουργία μηχανισμού παρακολούθησης και αξιολόγησης της εφαρμογής του Ειδικού Πλαισίου.
6. Δημιουργία βάσης δεδομένων για τις άδειες παραγωγής και τις άδειες εγκατάστασης και λειτουργίας έργων ΑΠΕ.
7. Συνεχής καταγραφή και επικαιροποίηση δεδομένων εκμεταλλεύσιμου δυναμικού από ΑΠΕ.
8. Δημιουργία των αναγκαίων έργων υποδομής για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων ΑΠΕ.
9. Επέκταση του Συστήματος για την κάλυψη των αναγκών των εγκαταστάσεων ΑΠΕ.
10. Διερεύνηση βέλτιστων τεχνικών λύσεων για τη διέλευση του Συστήματος από περιοχές που υπάγονται σε ειδικό καθεστώς προστασίας και διαχείρισης.
11. Προγραμματισμός - κατασκευή τοπικών οδικών δικτύων προσπέλασης εντός των περιοχών Αιολικής προτεραιότητας.

## Π.7 Χρηματοδοτική υποστήριξη επενδύσεων ΑΠΕ

Το κύριο χρηματοδοτικό όργανο για την ενίσχυση παραγωγικών εν γένει επενδύσεων, το οποίο παρέχουν σημαντικές δημόσιες επιχορηγήσεις (μεταξύ άλλων) και σε επενδυτικά έργα ΑΠΕ είναι ο νέος Αναπτυξιακός Νόμος (Νόμος 3299/04, ο οποίος τέθηκε σε ισχύ το Δεκέμβριο του 2004)

## Π.8 Αναπτυξιακός Νόμος 3299/04

Αναπτυξιακός Νόμος είναι ένα εθνικό, οικονομικό εργαλείο, που καλύπτει τις ιδιωτικές επενδύσεις στην Ελλάδα, σε όλους σχεδόν τους τομείς οικονομικής δραστηριότητας. Στο καθεστώς του Ν. 3299/2004, Φ.Ε.Κ. Α' 261, όπως αυτός έχει τροποποιηθεί με τους νόμους 3470/2006, Φ.Ε.Κ. Α' 132, 3522/2006, Φ.Ε.Κ. Α, 276 και 3631/2008, Φ.Ε.Κ. Α' 6, έχουν υπαχθεί και τα επενδυτικά σχέδια παραγωγής ηλεκτρισμού από ήπιες μορφές ενέργειας και ειδικότερα την αιολική, την ηλιακή, την υδροηλεκτρική, τη γεωθερμική, την βιομάζα καθώς και σχέδια συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας. (ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 4, ως προς τα ποσοστά χρηματοδότησης: νέα κατηγορία 1)

Ο αναπτυξιακός νόμος έχει ισχυρό περιφερειακό αναπτυξιακό χαρακτήρα, γι' αυτό και το ύψος της χορηγούμενης δημόσιας ενίσχυσης εξαρτάται σε καθοριστικό βαθμό από τη γεωγραφική περιοχή, στην οποία προγραμματίζεται να υλοποιηθεί η συγκεκριμένη ιδιωτική επένδυση. Περιοχές με υψηλά ποσοστά ανεργίας και χαμηλό κατά κεφαλήν εισόδημα λαμβάνουν και το υψηλότερο ποσοστό δημόσιας επιχορήγησης ανά επένδυση.

Οι βασικές ρυθμίσεις του Νόμου 3299/04 που αφορούν στην επιχορήγηση επενδύσεων ΑΠΕ είναι οι ακόλουθες:

- Παρέχεται δημόσια επιχορήγηση 30% επί του συνολικού επιλέξιμου κόστους μιας επένδυσης ΑΠΕ (συμπεριλαμβανομένου του κόστους διασύνδεσης με το Σύστημα ή το Δίκτυο). Το ποσοστό επιχορήγησης αυξάνεται σε 40% για τη Θράκη και τη συνοριακή ζώνη (20 χλμ.) της Ανατολικής Μακεδονίας και της Ηπείρου, για τους Νομούς της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου, τους Νομούς της Περιφέρειας Πελοποννήσου καθώς και τους Νομούς της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδος, ενώ μειώνεται σε 20% για τα νομαρχιακά διαμερίσματα Αττικής και Θεσσαλονίκης .
- Εναλλακτικά, παρέχεται φοροαπαλλαγή κατά 100% για τις γεωγραφικές ζώνες Β' και Γ' και κατά 60% για τη ζώνη Α' στο

συνολικό επιλέξιμο κόστος μιας επένδυσης ΑΠΕ.

Γεωγραφική ζώνη	Τοποθεσίες	Ποσοστό επιχορήγησης	Φορολογική απαλλαγή
<b>Α'</b>	Περιλαμβάνει τους Νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης πλην των Βιομηχανικών Επιχειρηματικών Περιοχών (Β.Ε.ΠΕ.) και των νησιών των Νομών αυτών που εντάσσονται στην περιοχή Β	20% + (10% για μεσαίες Επιχειρήσεις, 20% για μικρές)	60%
<b>Β'</b>	Περιλαμβάνει τους Νομούς της Περιφέρειας Θεσσαλίας (Καρδίτσας, Λάρισας, Μαγνησίας, Τρικάλων), τους Νομούς της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου (Κυκλάδων, Δωδεκανήσου), τους Νομούς της Περιφέρειας Ιονίων Νήσων (Κέρκυρας, Λευκάδας, Κεφαλληνίας, Ζακύνθου), τους Νομούς της Περιφέρειας Κρήτης (Ηρακλείου, Λασιθίου, Ρεθύμνου, Χανίων), τους Νομούς της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας (Χαλκιδικής, Σερρών, Κιλκίς, Πέλλας, Ημαθίας, Πιερίας), τους Νομούς της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας (Γρεβενών, Κοζάνης, Φλώρινας, Καστοριάς), καθώς και τους	30% + (10% για μεσαίες Επιχειρήσεις, 20% για μικρές)	100%

	Νομούς της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδος (Φθιώτιδας, Φωκίδας, Εύβοιας, Βοιωτίας, Ευρυτανίας)		
<b>Γ'</b>	Περιλαμβάνει τους Νομούς της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης (Καβάλας, Δράμας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου), τους Νομούς της Περιφέρειας Ηπείρου (Άρτας, Πρέβεζας, Ιωαννίνων, Θεσπρωτίας), τους Νομούς της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου (Λέσβου, Χίου, Σάμου), τους Νομούς της περιφέρειας Πελοποννήσου (Λακωνίας, Μεσσηνίας, Κορινθίας, Αργολίδας, Αρκαδίας), καθώς και τους Νομούς της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδος (Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Ηλείας)	40% + (10% για μεσαίες Επιχειρήσεις, 20% για μικρές)	100%

Κατηγορία Επιχείρησης	Περιοχή σύμφωνα με τον Αναπτυξιακό Νόμο		
	A	IB	Γ
Μεγάλη	20%	30%	40%
Μεσαία	30%	40%	40%
Μικρή	40%	40%	40%
Πολύ μικρή	40%	40%	40%

**Πίνακας π.8. Ποσοστό επιχορήγησης ανάλογα με το μέγεθος της επιχείρησης**

ΚΑ ΤΑΤΑΞΗ ΕΤΑΙΡΙΩΝ ΣΕ ΚΑ ΤΗΓΟΡΙΕΣ				
	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΜΙΚΡΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΜΕΓΑΛΗ
Εργαζόμενοι	<10	<50	<250	>250
Κύκλος Εργασιών	<2 εκ. €	<10 εκ. €	<50 εκ. €	≥50 εκ. €
Σύνολο ενεργητικού	<2 εκ. €	<10ε.κ.€	<43 εκ. €	≥43εκ €

**Πίνακας π.9. κριτήρια κατάταξης επιχειρήσεων**





Σχήμα π.1. Ποσοστό επιχορήγησης αναπτυξιακού νόμου κατά νομό .

- Το ποσοστό επιχορήγησης ή φορολογικής απαλλαγής μιας επένδυσης είναι ανεξάρτητο από τη συγκεκριμένη τεχνολογία ΑΠΕ που χρησιμοποιείται (αιολικά, βιομάζα, μικρά υδροηλεκτρικά, κλπ.)
- |   |  |
|---|--|
| Απαιτούμενο ελάχιστο ύψος ιδίων κεφαλαίων | Απαιτούμενο ελάχιστο 25% του συνολικού κόστους |
|---|--|

 της επένδυσης .
- Απαιτούμενο ελάχιστο ύψος επένδυσης: 100.000-500.000 Ευρώ (ανάλογα με το μέγεθος της αιτούμενης επιχείρησης) .
- Μέγιστο ύψος επιχορήγησης: 20 εκατομμύρια Ευρώ (σρωρευτικά για 5 χρόνια) για επενδύσεις που αφορούν την ίδια παραγωγική διαδικασία .

- Οι αιτήσεις των φορέων για ένταξη επενδύσεων ή και προγραμμάτων χρηματοδοτικής μίσθωσης εξοπλισμού για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συνοδεύονται υποχρεωτικά από την άδεια παραγωγής του Υπουργείου Ανάπτυξης.

Η τροποποίηση του αναπτυξιακού νόμου (Ν.3752/09) προβλέπει ότι όταν ξαναρχίσει η διαδικασία υποβολής αιτήσεων στη ΡΑΕ, τα έργα με ισχύ άνω των 2 MWp δεν θα δικαιούνται επιδότησης από τον αναπτυξιακό. Αντίθετα, δεν υπάρχει όριο για τις αιτήσεις που έχουν υποβληθεί μέχρι τώρα.

Προτάσεις ιδιωτικών επενδύσεων μπορούν να υποβάλλονται στον Αναπτυξιακό νόμο οποιαδήποτε χρονική στιγμή, αξιολογούνται δε ανάλογα με το βαθμό κάλυψης (πληρότητας) των θεσμοθετημένων κριτηρίων επιλογής επενδυτικών έργων, δηλαδή, στην ουσία, αξιολογούνται ανεξάρτητα από άλλες υποβληθείσες προτάσεις. Ο Νόμος 3299/04 δεν έχει συνολικό ανώτατο όριο (ετήσιου) προϋπολογισμού, κατά συνέπεια (θεωρητικά) δεν υπάρχει προκαθορισμένο ανώτατο όριο στον αριθμό και το συνολικό προϋπολογισμό των προτάσεων που μπορούν να εγκριθούν για δημόσια επιχορήγηση.

Η καταβολή της δημόσιας επιχορήγησης σε ένα επενδυτικό έργο γίνεται σε δύο δόσεις. Το πρώτο 50% της επιχορήγησης καταβάλλεται με την ολοκλήρωση του 50% του έργου, ενώ το υπόλοιπο 50% καταβάλλεται μετά την επίσημη πιστοποίηση της πλήρους ολοκλήρωσης του έργου και την έναρξη της εμπορικής λειτουργίας του. Παρέχεται η δυνατότητα εφάπαξ προκαταβολής στον επενδυτή μέχρι και 30% επί της συνολικής επιχορήγησης), υπό τον όρο ότι θα προσκομίσει ισόποση (+ 10%) εγγυητική επιστολή. Μπορεί επίσης να εγκριθεί, κατά την διάρκεια υλοποίησης μιας επένδυσης, αναθεωρημένος προϋπολογισμός, μέχρι και 5% του αρχικού, και να καλυφθεί, αντίστοιχα, από δημόσια επιχορήγηση.

## Π.9 Το Νέο Νομοσχέδιο για τις ΑΠΕ

Το νέο νομοσχέδιο σκοπό έχει να ενισχύσει τον ανταγωνισμό, να απλοποιήσει τις διαδικασίες περιβαλλοντικής έγκρισης, να αναβαθμίσει το ρόλο της ρυθμιστικής αρχής ενέργειας, να περιορίσει το εμπόριο αδειών και να ενισχύσει την διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας. Ο Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ) χαρακτήρισε θετικό το νομοσχέδιο για τις ΑΠΕ. Ο Σύνδεσμος ανέφερε ότι το νομοσχέδιο υιοθετεί απλούστερες αδειοδοτικές διαδικασίες που έχουν δοκιμαστεί με επιτυχία σε άλλες χώρες, αλλά και τις ρυθμίσεις της νέας κοινοτικής Οδηγίας για τις ΑΠΕ (2009/28) που ψηφίστηκε στις αρχές του έτους.

Όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά συστήματα, επισημαίνεται ότι με το νομοσχέδιο υιοθετούνται πολλά από τα αιτήματα της αγοράς και συγκεκριμένα:

- καταργείται η διαδικασία έκδοσης άδειας παραγωγής (ή άλλης διαπιστωτικής πράξης), καθώς και άδειας εγκατάστασης και λειτουργίας για τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς.
- Καταργείται η διαδικασία της περιβαλλοντικής αδειοδότησης για τα μικρά και μεσαία φωτοβολταϊκά συστήματα που χαρακτηρίζονται ως μη οχλούσες δραστηριότητες, ενώ καταργείται τελείως το στάδιο της περιβαλλοντικής αδειοδότησης για συστήματα που εγκαθίστανται σε κτίρια και οργανωμένες βιομηχανικές περιοχές.
- Βελτιώνεται το Ειδικό Χωροταξικό για τις ΑΠΕ καθώς καθορίζονται με σαφήνεια οι περιοχές αποκλεισμού (περιοχές προστασίας), ενώ επιτρέπεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε γαίες υψηλής παραγωγικότητας.

Η υιοθέτηση των προτάσεων αυτών από το κοινοβούλιο, όχι μόνο

θα απεγκλωβίσει χιλιάδες επενδύσεις που σήμερα λιμνάζουν λόγω γραφειοκρατίας, άλλα θα οδηγήσει σε μία εύρωστη και υγιή αγορά φωτοβολταϊκών τα επόμενα χρόνια σύμφωνα με τον ΣΕΦ.

Ορισμένες από τις νέες ρυθμίσεις που φέρνει το υπό διαβούλευση νομοσχέδιο για ΑΠΕ αποτελούν και οι ακόλουθες: Τα φωτοβολταϊκά πάρκα (ανεξαρτήτως ισχύος), τα αιολικά ως; 700 KW, τα μικρά υδροηλεκτρικά ως 10 MW, οι μονάδες γεωθερμίας και βιομάζας ως 5 MW και οι μονάδες συμπαραγωγής ως τα 5 MW, απαλλάσσονται από την υποχρέωση έκδοσης άδειας παραγωγής με το νέο σχέδιο για τις ΑΠΕ. Συγχρόνως, σταθμοί από ΑΠΕ μέχρι 500 KW απαλλάσσονται από την υποχρέωση της περιβαλλοντικής αδειοδότησης και οποιασδήποτε άλλης άδειας.

Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας όμως κρούει το καμπανάκι του κινδύνου για τις επιπτώσεις που μπορεί να υπάρχουν στο περιβάλλον και στην τσέπη του

καταναλωτή, η σχεδόν ανεξέλεγκτη υλοποίηση επενδύσεων ΑΠΕ. Η κατάργηση των εν λόγω αδειών, μπορεί να εγκυμονεί πολλούς κινδύνους, τόσο σε τεχνικό επίπεδο όσο και σε οικονομικό, με τεράστια επιβάρυνση από την υλοποίηση αθρόων επενδύσεων π.χ φωτοβολταϊκά, καθώς οι παραγωγοί ενέργειας από τον ήλιο αμείβονται με υψηλότερες εγγυημένες τιμές. Η ΡΑΕ επισήμανε, στα σχόλια που κατέθεσε στο υπό διαβούλευση νομοσχέδιο, ότι τα μικρά έργα ΑΠΕ μέχρι 500 KW θα μπορούν να υλοποιούνται και να διασυνδέονται μόνο με μία απευθείας αίτηση στον αρμόδιο διαχειριστή δικτύου, γεγονός που μπορεί να δημιουργήσει «συνωστισμό», προβλήματα στο περιβάλλον και υπέρμετρη επιβάρυνση των καταναλωτών μέσω του τέλους υπέρ ΑΠΕ. Επίσης η απελευθέρωση της αδειοδότησης φωτοβολταϊκών πάρκων ανεξαρτήτως ισχύος στην ηπειρωτική χώρα συνεπάγεται ότι κάθε ενδιαφερόμενος μπορεί να κλειδώσει τις ιδιαίτερα ευνοϊκές τιμές (feed-in-tariffs) του ν. 3734/2009, επιβαρύνοντας τους καταναλωτές μέσω του τέλους υπέρ ΑΠΕ, χωρίς αυτό να είναι απαραίτητο, καθώς οι επενδύσεις θα είναι εξαιρετικά κερδοφόρες, δεδομένης της πτώσης του κόστους εγκατάστασης φωτοβολταϊκών», αναφέρει η ΡΑΕ.

## Βιβλιογραφία

1. **Μπαλτάς Πλάτων, 2007.** Δυνατότητες Εφαρμογών Φ/Β Συστημάτων στην Ανατολική Μακεδονία και Θράκη
2. **Παπαδόπουλος Άγις, 2001.** Διδακτικές Σημειώσεις στα μαθήματα: Οικονομική των Επιχειρήσεων και Ανάλυση – Αξιολόγηση Επενδύσεων, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Α.Π.Θ.
3. **Πολυχρονιάδου Αικατερίνη, 2004.** Τεχνικοοικονομική μελέτη εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων στα κτίρια του Ξενία (διδακτορική διατριβή στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου)
4. **Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών, 2009** Η αγορά φωτοβολταϊκών: τάσεις και προοπτικές **2009.** Ευρωβαρόμετρο για τα Φ/Β
- 5.
6. **Υπουργείο Ανάπτυξης, 2008.** 4<sup>η</sup> Εθνική Έκθεση για το επίπεδο διεύθυνσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας το έτος 2012
7. **Φραγκιαδάκης Ι. Ε., 2004.** Φωτοβολταϊκά Συστήματα
8. **Χατζηβασιλειάδης Ιωάννης, 2007.** Ανάπτυξη των Φωτοβολταϊκών εφαρμογών στην Ελλάδα
9. **Baptiste P.J., Ducroux R., 2008.** Energy policy and climate change. Energy Policy 31, 155 – 166
10. **Boyle Godfrey, Everett Bob, Ramage Janet, 2009.** Energy Systems and Sustainability
11. **California Energy Commission, 2001.** A guide to PV system design and installation
12. **European Commission, 2007.** Energy for the Future: Renewable Sources of Energy (White Paper for a Community Strategy and Action Plan)
13. **European Commission, 2009.** Promotion of green electricity
14. **European Commission, 2007.** Special Barometer: Energy Technologies
15. **International Energy Agency, 2009.** Market deployment strategies for PV systems in the built environment, Report IEA - PVPS
16. **International Energy Agency, 2007.** Trends in PV Applications, PV Power Systems Programme, Report IEA – PVPS
17. **International Energy Agency, 2007.** World Energy Prospects
18. **Markvart Tom, Castaner Louis, 2003.** Practical Handbook of photovoltaics: fundamentals and applications

19. **Markvart Tom, 2000.** Solar electricity
20. **Patel Mukund, 2002.** Wind and solar power systems
21. **Pilavachi P.A., 2002.** Mini and micro – gas turbines for combined heat and power. Applied Thermal Engineering 22, 2003 – 2014
22. **U.S. Photovoltaic Industry, 2007.** The Photovoltaic Industry Roadmap
23. **Μουφλουζέλλης Ευστράτιος, 2005.** Κατανεμημένη Παραγωγή Ενέργειας: Ανάπτυξη Πλαισίου και Εφαρμογή (διδακτορική διατριβή στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου)
24. **Διακουλάκη Δανάη, 2006.** Διδακτικές Σημειώσεις στο μάθημα: Οικονομική της Ενέργειας και του Περιβάλλοντος, Τμήμα Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.
25. **Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης, 2007.** Ενέργεια, Περιβάλλον και Επιχειρηματικότητα
26. **Καρβούνης Σωτήρης, Γεωργάκελλος Δημήτρης, 2003.** Διαχείριση του Περιβάλλοντος: Επιχειρήσεις και Βιώσιμη Ανάπτυξη
27. **Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, 2009.** Θεσμικό, αδειοδοτικό και χρηματοοικονομικό πλαίσιο υλοποίησης έργων ΑΠΕ στην Ελλάδα
28. **Αρθούρος Ζερβός.....** Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
29. **Αρθούρος Ζερβός.....** Σημειώσεις αιολικής ενέργειας
30. **Γιώργος . Μπεργελές 2005** «Ανεμοκινητήρες», Εκδόσεις Συμεών
31. **Νικόλαος Αθανασιαδης.....** Αεροδυναμική και Αεριοδυναμική
32. **Fedarene.....**“Elvire evaluation guide for renewable energy projects in Europe”, Altener publication.
33. **“Externe Externalities of energy Vol.6 Wind & Hydro”...** Prepared by EEE, UK and ENCO,N.,2005.
34. **Σ. Μοιρασγεντής.....**“Εξωτερικές οικονομίες στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας: Αποτίμηση και επιπτώσεις στον ενεργειακό σχεδιασμό” Διδακτορική διατριβή, Αθήνα 1998
35. **National Technical University of Athens – RENES –** Regional Energy Agency of Crete, “Renewable Energy Sources in Crete: An Implementation Plan”, Altener publication.
36. **Fluids section, Department of Mechanical Engineering NTUA,** “Implementation plan for the large scale deployment of renewable energy sources in Crete-Greece”, Final Report, Athens 1998,

37. **“European Cost Analysis Methodology (EUBC)”**, A Guidebook for B/C Evaluation of DSM and Energy Efficiency Services Programs, European Commission, February 2006.
38. **Michael Snell**, “Cost – Benefit analysis for engineers and planners”, Thomas Telford publication.
39. **Gary L. Johnson**, Wind energy systems. Electronic edition. October 2006
40. **T. Burton, D. Sharpe, N. Jenkins, E. Bossanyi**, Wind Energy Hand Book. John Wiley & Sons, Ltd, 2001.
41. **Lars Helle**, Modelling and Comparison of Power Converters for Doubly Fed Induction Generators in Wind Turbines, PhD Thesis, Aalborg University,
42. **A. Petersson**, PhD. “Analysis, Modelling and Control of Doubly-Fed Induction Generators for Wind Turbines”, Division of Electric Power Engineering, Chalmers University of Technology, Sweden 2005.
43. **Stefan Soter, Ralf Wegener**, Development of Induction Machines in Wind Power Technology, University of Dortmund, Germany.
44. **Ion Boldea**, “Variable speed generators”, Taylor & Francis Group, LLC, 2006.
45. **Z. Qiu, G. Chen**, Study and Design of Grid Connected Inverter for 2 MW Wind Turbine, IEEE 2007.
46. **F. Iov, A. D. Hansen, P. Sørensen**, , Mapping of grid faults and grid codes, Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark 2007.
47. **ΔΕΗ**, «Το Ελληνικό ηλεκτρικό σύστημα», Ετήσια έκθεση 2007.
48. **“Wind Energy The Facts”**, A Plan for Action in Europe, European Commission, 2008
49. **ECOTEC**, “The Impact of Renewables on Employment and Economic Growth” A draft Final Report to DG XVII ALTENER, July 2008
50. **Γ. Κάραλης**, «Ανάπτυξη και ανάλυση συστημάτων ανεμοκινητήρων και αντλιοσταμειυτήρων», Διδακτορική διατριβή, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα, Μάρτιος 2008.
51. **Η.Ι.Κόρδας**, “Αντισταθμιστικά μέτρα από ρυπαίνουσες διεργασίες – νομισματική αποτίμηση των επιπτώσεων από τα αέρια κατάλοιπα της καύσης του λιγνίτη στην ευρύτερη περιφέρεια Κοζάνης-Πτολεμαΐδας-Φλώρινας”, Τεχνικά χρονικά, ΤΕΕ, “Λιγνίτης και λοιπά στερεά καύσιμα της χώρας μας: παρούσα κατάσταση και προοπτικές”, .

52. **Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού**, Διεύθυνση Εναλλακτικών Μορφών Ενέργειας, «Αιολικό Δυναμικό Ελλάδας, Προοπτικές Εκμετάλλευσης», 2004
53. **Ελληνική Εταιρεία Αιολικής Ενέργειας**, «Εξαγγελία Αρχών και Θέσεων της ΕΛΕΤΑΕΝ για ένα Εθνικό Πρόγραμμα Ορθολογικής Ανάπτυξης της Αιολικής Ενέργειας»
54. **ΔΕΣΜΗΕ** : Ελληνικό διασυνδεδεμένο σύστημα μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας.
55. **VESTAS HELLAS**
56. **IBC HELLAS JUWI**
57. **ΚΑΠΕ**

## **ΔΙΚΤΥΑΚΟΪ ΤΌΠΟΙ**

---

**ExterneE – Externalities of Energy. A Research Project of the European Commission**

<http://externe.jrc.es/>

**EUREC Agency**

<http://www.eurec.be>

**EUFORES, the European Forum for Renewable Energy Sources**

<http://www.eufores.org>

**A global overview of Renewable Energy Sources**

<http://www.agores.org>

**Eurostat's Home Page**

<http://europa.eu.int/comm/eurostat/>

- [www.cres.gr](http://www.cres.gr)
- [www.eere.doe.gov](http://www.eere.doe.gov)
- [www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov)
- [www.epia.org](http://www.epia.org)
- <http://europa.eu>
- [www.helapco.gr](http://www.helapco.gr)
- [www.iea.org](http://www.iea.org)



- [www.noa.gr](http://www.noa.gr)
- [www.nrel.gov](http://www.nrel.gov)
- [www.pvresources.com](http://www.pvresources.com)
- [www.rae.gr](http://www.rae.gr)
- [www.solarbuzz.com](http://www.solarbuzz.com)
- <http://unfccc.int>
- [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
- [www.ypan.gr](http://www.ypan.gr)